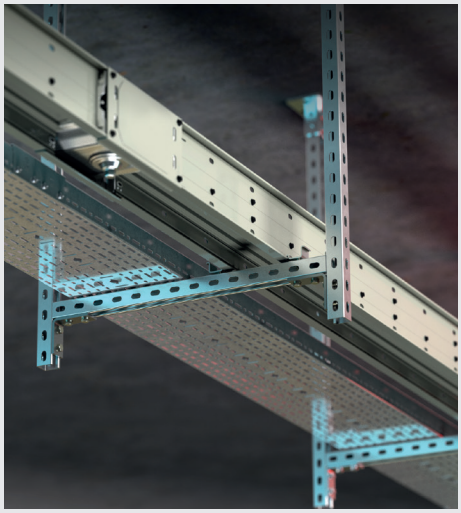
MTMD'nin Ücretsiz Yayınıdır

MEKANİK
TESİSAT
MÜTEAHHİTLERİ
DERNEĞİ

Elektromekanik Askı ve Destek Sistemleri

El Kitabı












Teknik Yayın No: 6

MEKANİK
TESİSAT
MÜTEAHHİTLERİ
DERNEĞİ

MTMD'nin Ücretsiz Yayınıdır

Elektromekanik Askı ve Destek Sistemleri El Kitabı

Derleyen/Hazırlayan
Serdar UZGUR

Düzenleyenler
İrfan ÇELİMLİ
İbrahim KARAKAŞ
ve
Sektör Kuruluşları

MTMD - Mekanik Tesisat Müteahhitleri Derneği
Yenişehir Mah. Battal Gazi Sok. No:2 Kat:2 Daire:2, 34779 Ataşehir / İstanbul
Tel: 0216 469 85 90 **Faks:** 0216 469 85 90 **E-posta:** bilgi@mtmd.org.tr
www.mtmd.org.tr

Teknik Yayın No: 6
Haziran 2021

Elektromekanik Askı ve Destek Sistemleri El Kitabı

Derleyen/Hazırlayan: Serdar UZGUR
Düzenleyenler: İrfan ÇELİMLİ, İbrahim KARAKAŞ ve Sektör Kuruluşları

1. Basım Haziran 2021

ISBN: 978-975-6263-50-1

Her hakkı mahfuz olup yazarların veya MTMD'nin tasarrufundadır, referans kaynak belirtilerek kısmen çoğaltılabilir ve şartname veya diğer dokümanlar içerisinde kullanılabilir.

Baskı ve Cilt:
Matsis Matbaa Hizmetleri Ltd. Şti.
Tevfik Bey Mahallesi Dr. Ali Demir Cad. No:51
Sefaköy / Küçükçekmece / İstanbul
Tel: 0212 624 21 11
Faks: 0212 624 21 17

Doğa Yayıncılık Ltd. Şti.
Ali Nazım Sk. No: 30 Koşuyolu 34718 Kadıköy / İSTANBUL
Tel: 0216 327 80 10
Faks: 0216 327 79 25
www.dogayayin.com
info@dogayayin.com

BAŞKANDAN

MTMD olarak henüz altı ay dolmadan, siz değerli okurlarımıza ikinci bir özgün yayın sunmanın sevinci ve gururu içindeyiz.

Derneğimizin 6. teknik yayını olan *Elektromekanik Askı ve Destek Sistemleri* kitabımızın tamamen özgün bir çalışma olarak hazırlanmasına rağmen, bu kadar kısa sürede bitirilebilmiş olmasının arkasında elbette yine şükran duyduğumuz birçok emekçi var. Ancak bunların arasında kitabın yazarı sevgili dostum, tasarım dünyasının bilinen ismi, profesyonel HVAC Mühendisi Serdar UZGUR ve Yönetim Kurulu Üyemiz ve geçmiş dönem başkanımız İrfan ÇELİMLİ ve Onursal Üyemiz İbrahim KARAKAŞ ayrı bir teşekkürü hak ediyor.

Bu yayın, 2020 Kasım ayında yayımlanan bir önceki *Tesisat Boru ve Bağlantı Elemanları El Kitabı*'nın devamı niteliğinde aslında. Çok da uzak olmayan bir tarihe kadar önemini bilmediğimiz veya bilsek de uygulamadığımız bir tesisat konusu. Üstelik her türlü tesisat elemanını bizzat ilgilendirmesine rağmen.

Artık yapılarımızdaki her türlü tesisat elemanı, deprem ve yangından çok daha az etkileniyor ve içerisinde yaşayan canlara yaşamını sürdürebilme şansı tanıyor. Ne mutlu ki son yıllarda bu konuda ciddi mühendislik çalışmalarıyla modern çözümler sunan firmalarımız var. Bu yayınımızın hazırlığı sırasında verdikleri destekler için hepsine yürekten teşekkür ediyorum.

Kitabımıza reklam yoluyla destek veren ve bugüne kadar hep yanımızda olan değerli firmalarımıza da minnettarız. Sektörel dayanışmada onların katkıları her zaman çok değerli olacaktır.

Bu ilk baskıda çıkabilecek hataları ve bir sonraki baskıda düzeltilmek ve eklenmek üzere değerli yorum ve görüşlerinizi bizlere iletmeniz, kitabın yaşamasına katkıda bulunacaktır.

Saygılarımla,

İbrahim BİNER
MTMD 7. Dönem Yönetim Kurulu Başkanı
Nisan 2021

HAZIRLAYANLAR ve KATKI KOYANLAR

2020 Aralık ayında yayınlanan 5 no'lu **Boru ve Bağlantı Elemanları El Kitabı** hazırlanırken, sektör bileşenlerinden gelen istekler sonrasında yaptığımız değerlendirmeler sonucu, **Elektromekanik Askı ve Destek Sistemleri**'nin ayrı bir çalışma olarak hazırlamasının daha uygun olacağı öngörüldü. Bu yayın için yine önceki yayında olduğu gibi, üç makina mühendisi Serdar UZGUR, İbrahim KARAKAŞ ve İrfan ÇELİMLİ'den oluşan Yayın Komisyonu olarak çalışma yapılmıştır. Ancak çalışmanın tamamen üretimi ve hazırlanması, Sayın Serdar UZGUR tarafından gerçekleştirilmiş olup, diğer komisyon üyeleri ise, düzenlenme ile redaksiyon çalışmaları konularında destek olmuşlardır. İlk etapta yayın içeriği taslak olarak hazırlanmış ve sektör bileşenlerinden görüş istenmiştir, sonrasında ön içerik iskeleti kurularak üretim çalışmaları başlamıştır. Bu süreçte, destek veren firmalar ile komisyon üyeleri arasında çok sayıda toplantılar düzenlenerek yayın rotası ve içeriği tanımlanmıştır. Kasım 2020 tarihi itibariyle çalışmalar başlamış ve 2021 Mayıs'ında da basılmıştır.

Bunun için konu ile ilgili üretim ve temin yapan aşağıdaki sektörel destekçilerin katkılarıyla bu derleme çalışma hazırlanmıştır. Firma isimlerinin alfabetik sıralamasına göre;

DARHAN : S. Ahmet ÇAĞLAR, J. Cenk MÜBAREK ve Eray AÇAN,

DKM : Günay DÜRMÜŞ, Volkan DİKMEN ve Ömer DÜLGER,

EAE : Gürsel ALEMDAROĞLU ve Erdoğan DEMİREL,

HILTI : Ç. Ilgaz ŞENEL, Yağmur S. YÜCEL, Fatih ERAY ve Ahmet B. GÜLBAĞ,

İNKA : Emre ÇAM,

KAYSE : Atakan YÜRÜK ve Serkan ÇÖL,

LINK : Fuat TOPGÜL ve Özkan ÜNAL.

OBS Deprem Müh. : İnş. Müh. ve Deprem Yük. Müh. Dr. Bahadır ŞADAN

Verdikleri çok değerli bilgi, eleştiri ve katkılar için MTMD adına şükranlarımızı sunarız.

Yayının hazırlanma ilkesi, ulusal ve uluslararası yaygın kullanılan standartlar ve yönetmelikler esas alınarak bir "Derleme Esası" ile hazırlanmış olup, alınan bilgilere ait kaynak referanslar yayın içinde ilgili sayfa altında verilmiştir.

Ayrıca bu yayın hazırlıklarını yürüten Kurumsal İletişim Müdürümüz Sayın Ela UYSAL'a, reklam çalışmalarını yürüten Dernek Müdürümüz Sayın Nilgün İLİK ile Sedat ÜNLÜ'ye teşekkür ediyoruz. Önceki MTMD Yayınlarında olduğu gibi, bu yayının da basım çalışmalarını büyük bir özenle yürüten DOĞA Ajans ekibine ve ortağı Sayın Oya BAKIR'a teşekkürlerimizi sunarız.

Bu yayının hazırlanması için görsel, katalog linki ve tanıtım karşılığı maddi katkı sağlayan, tüm saygıdeğer sektörel kurumlarımıza da çok teşekkür ediyoruz.

Dernek Yönetim Kurulunun da onayıyla, bu kaynak yayının, isteyen tüm sektör çalışanlarına kolay ulaşımını sağlamak için, elektronik ortamda dernek web sayfamızda yayınlanmaktadır. Birinci basım bu haliyle en az üç yıl süreyle bu haliyle korunacak olup, gelecek üç yıl sonunda, gelecek öneri ve eleştiriler esas alınarak, ikinci baskı çalışması da yürütülmesi öngörülmüştür.

Saygılarımızla,

Yayın Komisyonu

KISALTMALAR

AFAD	AFET VE ACİL DURUM YÖNETİM BAŞKANLIĞI
UDAP	ULUSAL DEPREM ARAŞTIRMA PROĞRAMI
TBDY	TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ
PSHA	PROBABILISTIC SEISMIC HAZARD ANALYSIS (SİSMİK HASAR OLASILIK ANALİZİ)
TCIP/DASK	TURKISH CATASTROPHE INSURANCE POOL/DOĞAL AFET SİGORTALARI KURUMU
BT	BİLGİ TEKNOLOJİLERİ
DOF	DEGREE OF FREEDOOM (SERBESTLİK DERECESİ)
ICC	INTERNATIONAL CODE COUNCIL (ULUSLARARASI STANDARTLARI KONTROL ÜSTKURULU)
GMPE	GROUND MOTION PREDICTION EQUATION, YER HAREKETLERİ/DEPREM TAHMİN FORMÜLÜ
PGV	MAKSİMUM YERYÜZÜ HIZI (PEAK GROUND VELOCITY)
PGA	MAKSİMUM YERYÜZÜ İVMESİ (PEAK GROUND ACCELERATION)
PGD	MAKSİMUM YERYÜZÜ YER DEĞİŞİMİ (PEAK GROUND DISPLACEMENT)
JWWA	JAPON SİSMİK TASARIM ORGANİZASYONU
TCLEE	TECHNICAL COUNCIL ON LIFELINE EARTHQUAKE ENGINEERING (YAŞAM HATTI DEPREM MÜHENDİSLİĞİ TEKNİK KONSEYİ)
ASHRAE	AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AIR CONDITIONING ENGINEERS
ASCE	AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS
ANSI	AMERICAN NATIONAL STANDARTS INSTITUTE
IEEE	INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS
NASA	NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION
TBDY	TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ
HVAC	HEATING VENTILATING AIR CONDITIONING (İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ)
AISC	AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION
ASTM	AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS
ASME	THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS
SMACNA	SHEET METAL AND AIR CONDITIONING CONTRACTORS
FEMA	FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY (FEDERAL ACİL DURUM YÖNETİM KURUMU)
NFPA	NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION
EUROCODE 3	AVRUPA ÜRETİM TEST STANDARTI
EUROCODE 8	DESIGN OF STRUCTURES FOR EARTHQUAKE RESISTANCE (AVRUPA BİNA DEPREM STANDARTI)
IBC	INTERNATIONAL BUILDING CODE ULUSLARASARI BİNA STANDARTLARI
NEMA	NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION (ULUSAL ELEKTRİK ÜRETİCİLERİ İRLİĞİ)
ETA	EUROPEAN TECHNICAL APRROVAL (AVRUPA TEKNİK ONAYI)
MTHW	MEDIUM TEMPERATURE HOT WATER (ORTA SICAKLIK ISITMA SUYU)
HTHW	HIGH TEMPERATURE HOT WATER (KIZGIN ISITMA SUYU)
BMJ	BUILDING MOVEMENT JOINT (BİNA HAREKET BAĞLANTISI, DİLATASYON)
CIBSE	CHARTERED INSTITUTION OF BUILDING SERVICES ENGINEERS
MSS	MANUFACTURERS STANDARDIZATION SOCIETY OF THE VALVE AND FITTINGS INDUSTRY
RAL	RAL, QUALITY ASSURANCE SYSTEM (KALİTE GÜVENCE ALMAN ENSTİTÜSÜ VE SERTİFİKASYON)
ASD	ALLOWABLE STRENGTH DESING (EMNİYETLİ DAYANIMA GÖRE TASARIM)

LRFD	LOAD AND RESISTANCE FACTOR DESIGN (YÜK VE MUKAVEMET ÇARPANINA GÖRE TASARIM)
TÜV	TECHNISCHER UBERWACHUNGSVEREIN (TEKNİK MUAYENE BİRLİĞİ)
NACE	NOMENCLATURE STATISTIQUE DES ACTIVITÉS ÉCONOMIQUES DANS LA COMMUNAUTÉ EUROPÉENNE, (THE STATISTICAL CLASSIFICATION OF ECONOMIC ACTIVITIES IN THE EUROPEAN COMMUNITY / AVRUPA TOPLULUĞUNDA EKONOMİK FAALİYETLERİN İSTATİSTİKİ SINIFLAMASI)
NACE	NATIONAL ASSOCIATION OF CORROSION ENGINEERS (AMERİKAN ULUSAL KOROZYON MÜHENDİSLERİ BİRLİĞİ)
AGA	AMERICAN GALVANIZERS ASSOCIATION (AMERİKAN GALVANİZCİLER BİRLİĞİ)
IRR	INTERNAL RATE OF RETURN (DAHİLİ/İÇ GETİRİ ORANI)
SIR	SAVINGS TO INVESTMENT RATIO (YATIRIM KAZANÇ ORANI)
SSPC	THE SOCIETY FOR PROTECTING COATINGS (KORUYUCU KAPLAMALAR DERNEĞİ)
ISO	INTERNATIONAL STANDART ORGANISATION
IEC	THE INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
ETTY	ELEKTRİK TESİSLERİNDE TOPRAKLAMALAR YÖNETMELİĞİ
EN	EUROPEANE NORM (AVRUPA BİRLİĞİ STANDARTLARI)
TSE	TÜRK STANDARTLAR ENSTİTÜSÜ
TS	TÜRK STANDARTLARI
DIN	DEUTSCHES INSTİTUT FÜR NORMUNG (ALMAN STANDARTLAR ENSTİTÜSÜ)
BS	BRITISH STANDARTS (BİRLEŞİK KRALLIK STANDARTLARI)
CSA	CANADIAN STANDARTS ASSOCIATION
FM	FACTORY MUTUAL
UL	UNDERWRITER LABORATORIES
CAESARII	PIPE STRESS ANALYSIS SOFTWARE (BORU STRES ANALİZ YAZILIMI)
ANSYS	SONLU ELEMANLAR İLE TAŞIYICI SİSTEMLER İÇİN STRES ANALİZ YAZILIMI
SAP2000	SONLU ELEMANLAR İLE TAŞIYICI SİSTEMLER İÇİN STRES ANALİZ YAZILIMI
CAEPIPE	PIPE STRESS ANALYSIS SOFTWARE (BORU STRES ANALİZ YAZILIMI)
AUTOPIPE	PIPE STRESS ANALYSIS SOFTWARE (BORU STRES ANALİZ YAZILIMI)
OSHPD	CALIFORNIA'S OFFICE OF STATEWIDE HEALTH PLANNING AND DEVELOPMENT
DPN	DIAMOND PYRAMID HARDNESS NUMBER (ELMAS PİRAMİT SERTLİK NO)
OEM	ORIGINAL EQUIPMENT MANUFACTURER (ORİJİNAL ÜRÜN ÜRETİCİSİ)
ILO	INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION (ULUSLARARASI İŞÇİ SENDİKALARI BİRLİĞİ)
BIM	BUILDING INFORMATION MODEL (YAPI BİLGİ MODELLEMESİ)
PTS	PERMANENT THRESHOLD SHİFT (KALICI EŞİK DEĞİŞİM)
MSD	MINIMUM STATIC DEFLECTION (MİNİMUM STATİK SARKMA)
RT	REVERBERATION TIME (YANKILANMA SÜRESİ)
NC	NOISE CRITERIA (GÜRÜLTÜ SEVİYESİ)
RC	ROOM CRITERIA (ODA GÜRÜLTÜ SEVİYESİ)
VAV KUTULARI	VARIABLE AIR VOLUME BOXES (DEĞİŞKEN DEBİ KONTROLLU HAVA DAĞITIM ÜNİTESİ)
VAQ İSTASYONU	VARIABLE AIR QUALITY STATION (DEĞİŞKEN HASSAS DEBİ KONTROL ÜNİTESİ)

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ 1

2. TÜRKİYE DEPREM HARİTASI VE DEĞİŞEN KAVRAMLAR 3

2.1. DEPREM VERİLERİNİN TASARIM İÇİN KULLANIMI 7

2.1.1. Deprem İvme ve Hız Kavramları Öncesi Yapılmış Tesisler 9

2.1.1.1. Toprağa Gömülü Su Boru Hatları ve Pompa İstasyonları 10

2.1.1.2. Elektrik Trafo Bina ve İndirme İstasyonları 11

2.1.1.3. Kritik Tesisat Türleri, Depo, Tank, Yakıt ve Kimya Tesisleri 12

3. DOĞAL FREKANS KAVRAMI VE SİSTEM ELEMANLARI İÇİN DOĞAL FREKANS HESAPLARI 13

3.1. BİNALARIN TEMEL DOĞAL FREKANSLARI 18

3.1.1. Sismik Hareketlerin Binalara Etkileri 18

3.2. TESİSAT EKİPMANLARININ DOĞAL FREKANSLARI 20

3.2.1. Tesisat Boru Doğal Frekans Hesapları 20

3.2.2. Hava Kanalları Doğal Frekans Hesapları 28

3.2.3. Tesisat Ekipman Doğal Frekans Hesapları 31

3.3. GÜRÜLTÜ VE SES FREKANSLARI 32

4. MEKANİK-ELEKTRİK KRİTİK CİHAZLARIN STANDARTLAŞTIRILMIŞ SES VE TİTREŞİM DEĞERLERİ 38

4.1. SES VE TİTREŞİM KAYNAKLARININ İZOLASYONU 42

4.1.1. Makineler İçin Hava Akustik Ses Seviye Kriterleri 42

4.1.2. Makineler İçin Titreşim Veri Kriterleri 43

4.1.3. Tarif Edilen Titreşim Yutucular ve Veri Kriterleri 48

4.2. MEKANİK VE ELEKTRİK HACİMLERİ AKUSTİK VE TİTREŞİM İZOLASYONU 51

4.3. MEKANİK/ ELEKTRİK CİHAZLARIN MODÜLER KAİDE SES VE TİTREŞİM İZOLASYONLARI 62

4.4. MEKANİK ELEKTRİK CİHAZLARIN SİSMİK VE DEVRİLME HESAP KRİTERLERİ 65

4.4.1. Öncelikle 2018 Türkiye Deprem Yönetmeliği Kabul ve Hesaplarını Sırası ile Özetlersek 66

4.4.2. Yönetmeliğin Kapsamadığı Konular 68

4.4.2.1. Acil Durum Uyarı-Müdahale Ekipman Sistemleri ve Yedek Sistemler 68

4.4.2.1.a. Su Boruları 69

4.4.2.1.b. ASCE-7-16 Kısım 13 74

5. ASKI VE DESTEK SİSTEMLERİNİN GENEL SINIFLANDIRMASI 81

6. TESİSAT NİTELİĞİNE GÖRE ASKI VE DESTEK TASARIM KRİTERLERİ (ÖRNEKLER HESAPLAR) 89

6.1. TESİSAT TİPLERİNE GÖRE GENEL ASKI VE DESTEK SİSTEMLERİNİN TAYİNİ (DEPREM YÖNETMELİĞİ KRİTERLERİNE GÖRE) 96

6.1.1 Cihaz Kaideleri 101

6.1.2. Boru Tesisatı 101

6.1.2.1. Yangın Tesisatı 105

6.1.2.2. Diğer Tesisat Türleri 108

6.1.2.3. Sıhhi Tesisat ve Kritik Ekipmanlar 110

6.1.3. Hava Kanalı Tesisatı 110

6.1.4. Busbar ve Kablo Kanalı Tesisatı 113

6.2. BORULARDA ISIL UZAMA-KISALMA (TERMAL GENLEŞME) HESAPLARI VE ASKI SİSTEMİNE ETKİLERİ 120

6.3. KAYAR MESNET, ROLLER VE ENDÜSTRİYEL KAYAR MESNET KULLANIMI 130

6.4. KÖRÜKLÜ TİTREŞİM ELEMANI VE TİTREŞİM YUTUCU SEÇİMLERİ 132

6.5. ASKI VE DESTEK NOKTALARINDA ISIL İZOLASYON 141

6.6. BORU BAĞLANTI KELEPÇESİ TİPİNİN BELİRLENMESİ 141

6.7. TESİSAT TİPİNE VE BORU MALZEMESİNE GÖRE MAKSİMUM DESTEK ARALIKLARI 142

7. YÜKLEME DURUMLARI 145
7.1. YÜK DURUMUNA GÖRE 156
7.1.1. Statik Yükler 157
7.1.2. Deprem Yükleri 158
7.1.3. Sürtünme Yükleri 162
7.1.4. Sabit Nokta Yükleri 163
7.1.5. Rüzgâr ve Kar Yükleri 167
7.2. TAŞIYICI ELEMANLARIN HESABI VE BELİRLENMESİ 168
7.2.1. Yapıya Bağlantı Elemanının Belirlenmesi 173
7.2.2. Betonarme Yapılarda Hesaplar ve Bağlantı Elemanı Seçimi 176
7.2.3. Çelik Yapılarda Hesaplar ve Bağlantı Elemanı Seçimi 176
7.2.4. Dübel Hesapları ve Ürün Seçimi Kriterleri 176
7.3 YAPIYA BAĞLANTI ELEMANININ BELİRLENMESİ 176
8. ORTAM ŞARTLARINA BAĞLI OLARAK ASKI VE DESTEK SİSTEMİNİN KOROZYONA KARŞI KORUMASI 178
9. EŞ POTANSİYEL VE TOPRAKLAMA ESASLARI 186
9.1. TOPRAKLAMA (IEC 60364-5-54) 186
10. TASARIM- İHALE ŞARTNAMELERİ 190
10.1. CİHAZ KAİDE ŞARTNAMELERİ 190
10.2. BORU TAŞIYICI SİSTEM VE ASKI ŞARTNAMELERİ 190
10.2.1. Performans Kriterleri 191
10.2.2. Özel Dizayn Kriterleri 192
10.2.3. Kalite Güvence 192
10.2.4. Onaya Sunulacak Dökümanlar 193
10.2.5 Genel Şartnameler, Standartlar ve Yönetmelikler 193
10.2.6. Sunumlar 195
10.2.6.1 Ürün Bilgileri 195
10.3. KANAL TAŞIYICI SİSTEM VE ASKI ŞARTNAMELERİ 201
10.4. ELEKTRİK VE MEKANİK TESİSAT SİSTEMLERİ VE ŞARTNAMELERİ 201
10.4.1. Elektrik Genel Şartname 201
10.4.2. Mekanik Tesisat Genel Şartname 203
10.4.3. Kimyasal ve Mekanik Ankraj (Dübel) ile Beton-Çelik Bağlantı İşleri Teknik Şartnamesi 207
11. KULLANIM ORTAMLARINA GÖRE MALZEME SEÇİM KRİTERLERİ 214
11.1. YÜZEY KAPLAMA YÖNTEMLERİ 221
EK-1 TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ 2018 228
EK-2 KATI VE SIVILARDA SES HIZLARI 240
EK-3 ASTM GALVANİZ STANDARTLARI 248
EK-4 SİSMİK TEHLİKE HARİTASI ÖZET RAPORU 255

1. GİRİŞ

Elektromekanik sistemlerin taşıyıcı elemanları için birçok hesap metodu kitap içerisinde tanımlamadan önce, öncelikle biraz konu ile ilgili deprem analiz metotları ve gelişimi konusunda bilgi vermek gerekir. Bu bilgiler, gerek depremler için oluşma sıklıkları ile öngörüleri, gerekse depremin mevcut zemin yapısı üzerinde oluşturduğu hasar ve risklerin tanımlama çalışmaları olarak özetlenecektir. Deprem sonucu oluşan hasarlardan dolayı artık eskiden yapıldığından farklı olarak tüm Elektrik-Mekanik ekipmanlar ile dağıtım elemanlarının ve tüm sistemlerin her türlü risk koşulu altında emniyetli çalışmalarını sağlayacak şekilde tasarlanması, hesaplanması ve uygulanması gerçeği ile karşılaşılmıştır.

[1]Deprem tehlikesi iki farklı şekilde analiz edilebilir:
- Deterministik (belirleyici) Yöntem, herhangi tek bir (genellikle) en olumsuz deprem senaryosu tanımlanır, ya da,
- Probabilistik (olasılıksal), tüm potansiyel deprem senaryoları açıkça meydana gelme olasılığı ile tamamı kabul edilir.

Deterministik yaklaşımlar, kavramsal olarak daha basit ve daha muhafazakâr olarak algılanabilir.

Olasılıksal bir deprem tehlike analizi (PSHA) modelinin geliştirilmesi, deprem boyutu, yeri ve oluşum zamanındaki belirsizlikleri hesaba katmak için karmaşık matematiksel formül ve denklemler gerektirir ve sonuçları belirli bir zaman diliminde bir bölgede gözlemlenebilen değişik çeşit ve seviyede olası olan zeminin sallanma durumları ile ilgilidir.

Olasılıksal deprem tehlike analizi genellikle iki ana yaklaşımı izler:

Zamandan bağımsız: binlerce yıla kadar deprem döngüleri kapsayan "seismogenic model" elde etmek için hem enstrümantal hem de tarihsel deprem katalogları ile jeolojik ve jeodezik kanıtlar birleştiren yaklaşımdır.

Zamana bağlı: deprem tekrar etme periyodik eğilimleri için bir önceki olaydan bu yana geçen süre verilen bir kaynakta meydana gelen deprem olasılığını tahmin etmek için hesap yapmayı kapsayan yaklaşımdır.

Bu analiz varsayımsal bir olay olabilir ve bir deprem farklılıklarının tanımı gerektirir (tarihsel depremler veya PSHA modeline[2-3] dayalı tanımlanan) veya yeni depremler parametreleri "inversiyon analizleri"[4] kullanılarak hesaplanabilir. Eski yaklaşımda, zemin sallantısı bir veya birden fazla GMPE'lar (Ground Motion Prediction Equation) kullanılarak hesaplanır. Sonrasında, zemin sallantı miktarı GMPE'ler ve deprem istasyonlarından kayıtları kullanılarak hesaplanabilir.[5] Genel olarak, zemin sallantısı dağılımı değerleri hasar veya kayıpları hesaplamak için kullanılabilir, öne çıkan pozlama (mod) modeli ve kırılganlık veya güvenlik açığı fonksiyonlarıdır.

Bazı risk azaltma önlemleri olası tüm dikkate alınan deprem senaryoları olasılıksal modelleme kullanılarak olayların oluşma sıklığına göre hesaplanır. Örneğin, bu analizler risk azaltma müdahaleleri gerektiren bölgelere veya bina sınıflarına öncelik verebilir. Olası bir yaklaşım gerektiren bir diğer risk azaltma önlemi de sigorta havuzlarının oluşturulmasıdır. Bu finansal mekanizmalar finansal riski uluslararası sigorta piyasasına aktararak, yerel yönetimler ve hane halkları üzerindeki yeniden yapılanmanın ekonomik yükünü azaltıyor. Böyle bir tedbirin iyi bir örneği Türkiye Afet Sigortası Havuzu (TCIP)[6]'dir. 1999'daki Kocaeli ve Düzce depremlerinden sonra, devam eden süreç ve sonrasında yeniden yapılanma maliyetlerinin daha çok Hükümet tarafından karşılanması gerekiyordu.

---

1 *Words into Action Guidelines: National Disaster Risk Assessment Hazard Specific Risk Assessment 1. Earthquake Hazard and Risk Assessment Key words: vulnerability function, probabilistic seismic hazard analysis (PSHA), ground motion prediction equation (GMPE), exposure model, earthquake hazard map UNISDR 2017*

2 *Bendimerad, F. (2001). Loss Estimation: a Powerful Tool for Risk Assessment and Mitigation. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, vol. 21, issue 5, pp. 467-472.*

3 *Ansal, A. and others (2009). Loss Estimation in Istanbul Based on Deterministic Earthquake Scenarios of the Marmara Sea Region (Turkey). Soil Dynamics and Earthquake Engineering, vol. 29, pp. 699-709.*

4 *Ji, C., D. Wald and D. Helmberger (2002). Source Description of the 1999 Hector Mine, California Earthquake; Part I: Wavelet Domain Inversion Theory and Resolution Analysis. Bulletin of the Seismological Society of America, vol. 92, issue 4, pp. 1192-1207*

5 *Worden, B. and D. Wald (2016). ShakeMap Manual. United States Geological Survey Technical Report, dx.doi.org/10.5066/F7D21VPQ.*

6 *Bommer, J. and others (2002). Development of an Earthquake Loss Model for Turkish Catastrophe Insurance. Journal of Seismology, vol. 6, pp. 431-446.*

Bu ek fonlar da depremden sonra tekrar binaların yenilenmesi için gereken zamanı azaltabilir. PSHA modeli, tarihi bilinen depremlerden yararlanarak büyük kümeleri oluşturmak için kullanılabilir, her belirli bir zaman dilimi içinde tekâmül eden depremselliği anlatmaktadır. (Örneğin 10.000 yıl). Her olay için, pozlama (mod) modelleri içindeki varlıkların konumunda sallanarak zeminin mekânsal dağılımını hesaplamak için birkaç GMPE (Ground Motion Prediction Equation) denklemi kullanılabilir. Daha sonra, bir dizi güvenlik açığı işlevi kullanarak, tüm portföyün toplu kayıpları veya belirli tekrarlanma süreci de belirlenmektedir.[7]

[7] *Silva, V. (2017). Critical Issues in Probabilistic Seismic Risk Analysis. Journal of Earthquake Engineering.*

2. TÜRKİYE DEPREM HARİTASI VE DEĞİŞEN KAVRAMLAR

Tablo 2-1 Türkiye deprem Haritası[8]



TÜRKİYE DEPREM TEHLİKE HARİTASI HAKKINDA AÇIKLAMALAR

En son 1996 yılında yürürlüğe giren Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası, AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından yenilenmiş, 18 Mart 2018 tarih ve 30364 sayılı (mükerrer) Resmî Gazete'de yayımlanmıştır. **Yeni harita 1 Ocak 2019 tarihinde yürürlüğe girmiştir.**

Yeni harita en güncel deprem kaynak parametreleri, deprem katalogları ve yeni nesil matematiksel modeller dikkate alınarak çok daha fazla ve ayrıntılı veriyle hazırlanmıştır. Yeni haritada, bir önceki haritadan farklı olarak deprem bölgeleri yerine **en büyük yer ivmesi değerleri** gösterilmiş ve "deprem bölgesi" kavramı ortadan kaldırılmıştır.

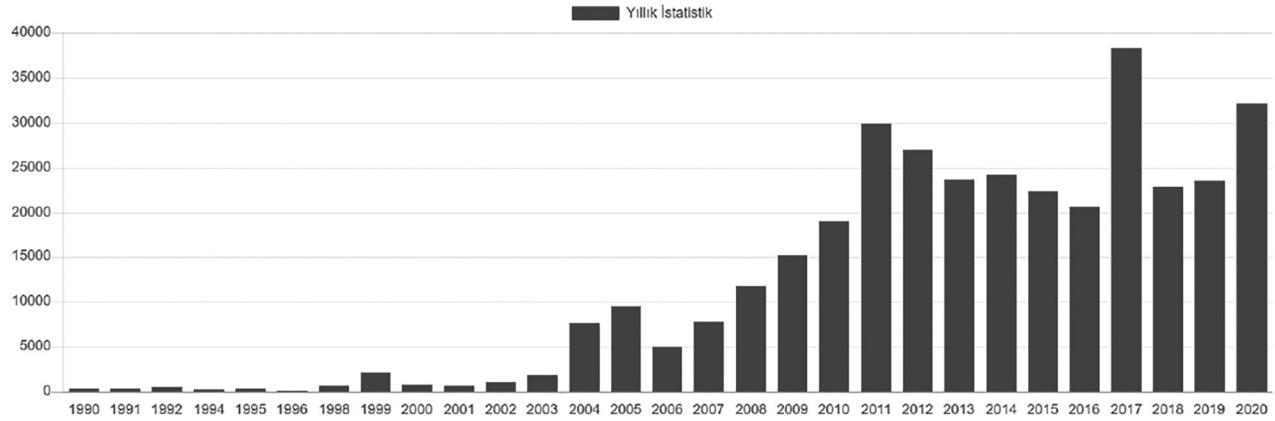
Deprem tehlike haritası RİSK haritası değildir. RİSK haritası olması için bu tehlike haritası üzerinde yapıların, nüfusun deprem anında etkilenme durumunu bilmek, ekonomik kayıpları saptamak ve depremin çevreye vereceği zararları hesaplayıp bu zarar ve kayıp sonuçlarını gösteren harita oluşturmak gerekir.

Yeni harita, AFAD Ulusal Deprem Araştırma Programı (UDAP) tarafından desteklenen Türkiye Sismik Tehlike Haritasının Güncellenmesi[9] başlıklı proje ile kamu ve üniversite iş birliği kapsamında hazırlanmıştır.

---

[8] *AFAD 2018 DEPREM HARİTASI*
[9] *AFAD 2018*

Tablo 2-2 TÜRKİYE DEPREM SIKLIK İSTATİSTİĞİ[10]



BATI ANADOLU AÇILMA SİSTEMİ ÜZERİNDE MEYDANA GELEN TARİHSEL VE ALETSEL DÖNEM (M ≥ 5.5) DEPREM AKTİVİTESİ:

Tarihsel Dönem Depremleri:

22 Eylül 1595 Sart-Manisa, 1645-1646 Ege,
7 Haziran 1651 Honaz (Denizli),
22 Şubat 1653 Aydın,
14 Şubat 1672 Bozcaada (Çanakkale),
Temmuz 1688 İzmir, 1700 Kütahya,
Şubat 1702 Denizli,
Nisan 1739 Foça (İzmir),
3-5 Temmuz 1778 İzmir,
5 Ağustos 1794 Söğüt,
1850 Kemalpaşa,
28 Şubat 1855 Bursa,
Şuhut (Afyon),
23 Şubat 1865 Midilli (Yunanistan),
7 Mart 1867 Midilli (Yunanistan),
1 Aralik 1869 Kerme (Muğla),
3 - 5 Mayıs 1875 Dinar (Afyon),
1880 Sakız Adası (Yunanistan),
15 Ekim 1883 Çeşme (İzmir),
19 Ağustos 1895 Aydın,
20 Eylül 1899 Mendres Vadisi depremleri.

Aletsel Dönem Depremleri:

11 Ağustos 1904 Samos (Yunanistan) Ms=6.2,
3 Ekim 1914 Burdur Ms=7.0,
18 Kasım 1919 Ayvalık (Balıkesir) Ms=7.0,
Kasım 1924 Altıntaş (Kütahya) Ms=5.9,
7 Ağustos 1925 Dinar (Afyon) Ms=5.9,

[10] *AFAD DEPREM SIKLIK İSTATİSTİK ÇİZELGESİ-12-12-2020*

31 Mart 1928 İzmir Açıkları Ms=6.2,
2 Mayıs 1928 Harmancık (Bursa) Ms=6.1,
23 Nisan 1933 Kos Açıkları (Ege Denizi) Ms=6.4,
19 Temmuz 1933 Çal (Denizli) Ms=5.7,
22 Eylül 1939 Dikili (İzmir) Ms=6.6,
23 Mayıs 1941 Muğla Ms=6.0,
15 Kasım 1942 Dursunbey (Balıkesir) Ms=6.1,
25 Haziran 1944 Uşak Ms=6.0,
21 Şubat 1946 Argıthanı (Konya) Ms=5.5,
23 Temmuz 1949 İzmir Açıkları Ms=6.6,
16 Temmuz 1955 Söke (Aydın) Ms=6.8,
20 Şubat 1956 Eskişehir Ms=6.4,
9 Temmuz 1956 Ege Denizi Ms=7.4, Ms=6.5,
23 Mayıs 1961 Köyceğiz Açıkları Ms=6.3,
11 Mart 1963 Buldan (Denizli) Ms=5.5,
25 Mart 1969 Sındırgı (Balıkesir) Ms=6.0,
28 Mart 1969 Alaşehir (Manisa) Ms=6.5,
28 Mart 1970 Gediz (Kütahya) Ms=7.2,
12 Mayis 1971 Burdur Ms=5.9,
6 Kasim 1992 Seferihisar (İzmir) Mw=6.0,
1 Ekim 1995 Dinar (Afyon) Mw=6.4,
17 Ağustos 1999 İzmit /Gölcük/Marmara depremi, Mw=7.5,
15 Aralık 2000 Bolvadin (Afyon) Mw=6.0,
03 Şubat 2002 Sultandağı (Afyon) Mw=6.5,
10 Nisan 2003 Urla (İzmir) Mw=5 7,
04 Ağustos 2004 Ege Denizi Mw=5.5,
17 Ekim 2005 Sığacık (İzmir) Mw=5.5,
19 Mayıs 2011 Simav (Kütahya) Mw=5.9 depremleri.

DEPREM İVME VE RİSK KAVRAMLARI

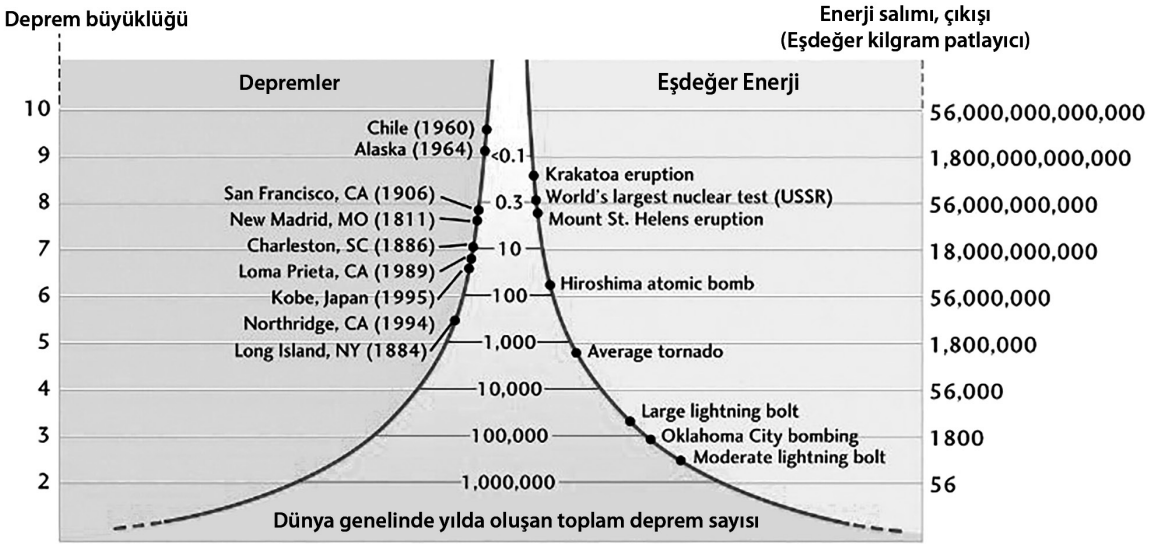
Eskiden Richter ölçeğinde tanımlanan depremlerin, daha farklı olarak Ms veya Mw birimleri ile tanımlandığına dikkatinizi çekmek isteriz. Bu yeni tanımlar kompleks gelse de, özellikli binaların deprem riskleri için nüanslarını anlamakta yardımcı olmaktadır.

Büyüklük (M)

Başlangıç olarak Büyüklük kelimesi hepimizin aşina olduğu depremin göreceli büyüklük kıyaslanması veya ne kadar enerjinin açığa çıktığını anlatır. Birçok deprem ölçme skalası bulunmasına rağmen artık sismologlar Richter yerine, anlık büyüklük ölçeği sının kullanmayı tercih etmektedirler. (Moment Magnitude Scale MMS). Sadece 1 adım değer artışı $10^{1.5}$ (yaklaşık 32) kere salınan enerji salınımına ve 2 adım değer artışı 10^3 (1,000) kere enerji artışına sebep olmaktadır. Buna göre, 7 büyüklüğündeki deprem, 6 büyüklüğündeki depremden 32 kat daha fazla ve 5 büyüklüğünde depremden de 1000 kere daha fazla enerji salınımına sebep olur.

Deprem büyüklüğü kavramı, kayıplar hakkında bir öngörü vermekle birlikte, bilim insanları deprem sırasında depremden bağımsız olarak yeryüzü hareketinin, bina ve taşıyıcı sistem üzerinde daha fazla zarar verdiğini tespit etmişler. Sonuç olarak da bina zarar görebilirliğini, PGV ve PGA değerleri ile ilintilendirmişler.

Tablo 2-3 DEPREMLER KARŞILIĞI ENERJİ DENKLİĞİ

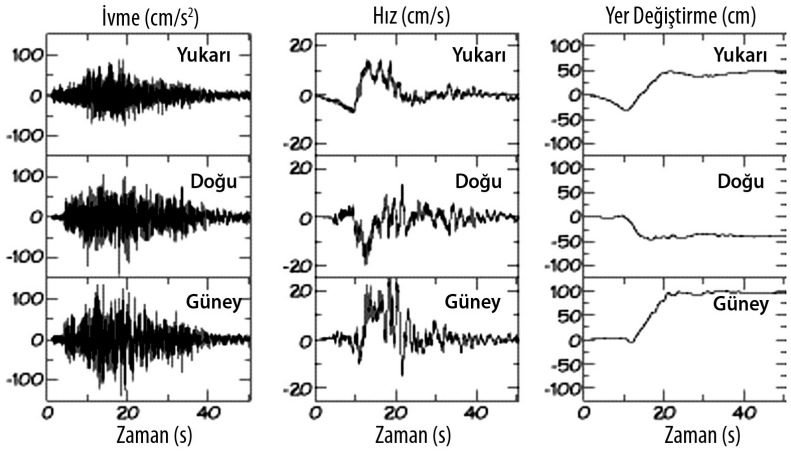


Maksimum Yeryüzü Hızı (Peak Ground Velocity (PGV))

Bu kriteri anlamak için önce hızı tarif edersek, herhangi bir kütlenin bir doğrultuda zaman diliminde yer değiştirme miktarı diyebiliriz. (Örnek: 50 km/saat veya 13,89 m/s doğu) Depreme uyarlarsak "deprem sırasında yeryüzünün ne hızla sallandığı" ve deprem sırasında bir noktanın kaydedilen en yüksek sallanma hızı da PGV olarak adlandırılır.

Maksimum Yeryüzü İvmesi (Peak Ground Acceleration (PGA))

Aynı yaklaşımla ivme ise arabanın hızının zaman karşı ne kadar hızlandığı veya yavaşladığıdır. Depremsellikte ise yeryüzünün sallanma hız değişimidir. Depremsellikte en yüksek ivme bir noktanın deprem sırasında hız değişiminin olduğu değerdir. Genelde yerçekimi ivmesi ile orantılanarak söylenir. Yerçekimi ivmesi 9,81 m/s^2



Şekil 2.1 Üç Eksende Yer Değiştirme, Hız ve İvme Ölçümü

Deprem Risk Öngörü Uygulaması (Application in Seismic Risk Assessments)

Bir depremden bahsediyorsak, onun büyüklüğü ne kadar binaya zarar verdiği veya binaya ne kadar zarar verdiğinden bahsediyoruz demektir. Binanın taşıyıcı sisteminin gördüğü zarar yeryüzünün hareketi sonucudur. Daha kesin olarak PGA veya PGV değerleri sonucudur.

PGA değeri genel olarak deprem mühendisleri tarafından bina tasarım kodlarında zarar tehlikesi risk haritası için kullanılmaktadır. Bina tasarımında daha kolay olarak kuvvet hesaplarına dönüşür ve kullanılır. Deprem dalgalarının ivmesi binanın kütlesi ve veya ağırlığının hareket sırasında ne oranda yatay kuvvet oluşturduğunu hesaplamakta faydalıdır. 7 kata kadar olan veya altındaki binaların depremdeki zarar risk seviyesini belirlemekte daha faydalı indeks değeridir.

PGV ise yüksek katlı binaların depremsel tehlike hesaplarında kullanılan indeks değeridir. Özellikle makro deprem yoğunluğu ve zemin sıvılaşma potansiyeli ve deprem tasarımı ile gömülü boru hatları risk değerlendirmelerinde kullanılmaktadır.

Buraya kadar sadece konulara aşina olmak amacı ile deprem haritalarında verilen değerleri anlamak için detay bilgilere ulaştık bu noktadan sonra hesaplar ve nasıl tasarlanacağı başka bir mühendislik uzmanlığı olarak kabul edilmeli ve değerlendirilmelidir.

2.1. DEPREM VERİLERİNİN TASARIM İÇİN KULLANIMI

Bir depremin zemin üzerindeki etkisini karakterize etmek veya ölçmek için (diğer bir deyişle yer hareketi), aşağıdaki tanımlar yaygın olarak kullanılır:

- Hızlanma, 980 cm/s² veya 1,00 g'de "g" cinsinden ölçülen hız değişim hızıdır.
  - Örneğin;
  - 0.001g veya 1 cm/sn^2 insanlar tarafından algılanabilir.
  - 0,02 g veya 20 cm/sn^2 insanların dengesini kaybetmesine neden olur.
  - 0.50 g'den yüksek ama süre kısa ise, kütle ve yapılandırmada yeterli sönümleme varsa, binalar hayatta kalabilir.
- Hız, saniyede santimetre cinsinden ölçülen konum değişim hızıdır.
- Deplasman, santimetre cinsinden ölçülen dinlenme noktasından olan uzaklıktır.
- Süre, şok döngülerin devam ettiği zaman sürecidir.
- Büyüklük, depremin "boyutu", Moment Büyüklük Ölçeği daha sık kullanılan yeni önlemli tanımdır.

Hızlanma düzeyi süre ile birleştirilirse, imha gücü tanımlanır. Genellikle uzun sürede düşük ivme, binanın dayanıklılığını artırır. Bir bina, yapıda yer alan sönümleme önlemleri ile çok kısa bir süre için çok yüksek ivmelenmeye dayanabilir hale gelir.

Yoğunluk, depremin yerel olarak neden olduğu hasar miktarıdır, bu da her seviyenin zemin ivmesi ile ilişkili belirli bir yıkım miktarını belirlediği *12 seviyeli Modifiye Mercalli Ölçeği* (MM) ile karakterize edilebilir. Deprem hasar kökeni (veya merkez üssü), yerel toprak koşulları ve inşaat türüne bağlı olarak değişir.

Deprem verileri ve çalışmaları; tesis, bina, konstrüksiyon veya tesisat için kullanımı temel olarak inşaat-deprem mühendisi uzmanlık konusu olsa da Makine Mühendisliği altındaki tesisat mühendisliği uzmanlığı alanında gerek tasarım gerekse sahada imalat ve montaj aşamaları sürecinde çok önemli bir yer tutmaktadır.

Herhangi bir amaçla yapılan binaların, tasarım aşamasında temelden itibaren temiz su, atık su, yağmur suyu ve gaz bağlantıları ile başlayan etkileşim ısıtma, soğutma, havalandırma ve her türlü özellikli konfor tesisatı ile çatı seviyesine kadar devam etmektedir. Bina için düşünülen fonksiyon gereksinimi ağırlıklı olarak tesisat ekipmanlarının inşaatın kullanım amacına göre değişiklik gösterse de insan yaşam konforu ve emniyeti açısından ayrıca yangın tesisatı, duman tahliye tesisatı ve insan tahliye yolları ve sistemleri için, deprem riskleri değerlendirilmeden veya öngörülüp doğru çözüm oluşturulmadan tamamlanamaz.

Bu noktada ayrıca deprem kavramı içerisinde başka tanımlara da ihtiyaç duyulmaktadır. Binaların hizmet fonksiyonları için kritik nitelikte olanlar için, önem (Importance) ve başkaca tanımlara da ''TESİSAT BORU VE BAĞLANTI ELEMANLARI EL KİTABI'' EK 5 Deprem ve Titreşim Kontrolü kısmında tablolar ile yer verilmişti. Bu tablolar ile ilgili olarak ayrıca terim ve tanımlara da ihtiyaç vardır. Aşağıda bu simge ve tanımlar listelenmiştir, artık tasarım içinde benzeri tanımlarla daha çok karşılaşacağımız tartışmasız bir gerçektir.

Daha detaylı kaynak için, İnşaat Mühendisleri Odası tarafından üyelerine duyurulan **Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği**'ni görmek için tıklayınız: **https://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/89227ad223d3b7a_ek.pdf**

Türkiye Deprem Tehlike Haritası ve Parametre Değerleri Hakkında Bakanlar Kurulu Kararı görmek için tıklayınız: **https://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/5cfde9fd570c3eb_ek.pdf**

Alt başlıktaki simgeler ve tanımlar kitap içerisinde özellikle deprem hesapları süresince çok karşılaşılacaktır. Konu ile detaylar EK-1 içerisinde gerek yapısal gerek ise yapısal olmayan sistemlerin davranış, yer değiştirme, hız ve ivme konuları ile etkileyen kuvvetlerden bahsedilecektir.

Simgeler ve Tanımlar

DD-1 = 50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi

DD-2 = 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi

DD-3 = 50 yılda aşılma olasılığı %50 (tekrarlanma periyodu 72 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi

DD-4 = 50 yılda aşılma olasılığı %68 (tekrarlanma periyodu 43 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi

F_S = Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı

F_1 = 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı

g = Yerçekimi ivmesi [g = 9.81 m/s^2]

S_{ae} (T) = Yatay elastik tasarım spektral ivmesi [g]

S_{aeD} (T) = Düşey elastik tasarım spektral ivmesi [g]

S_{de} (T) = Yatay elastik tasarım spektral yer değiştirmesi [m]

S_{DS} = Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{D1} = 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_S = Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_1 = 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

T = Doğal titreşim periyodu [s]

T_A = Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]

T_{AD} = Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]

T_B = Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]

T_{BD} = Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]

T_L = Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu [s]

T_{LD} = Düşey elastik tasarım spektrumunda sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu [s]

T_p = Binanın hâkim doğal titreşim periyodu [s]

$(V_S)_{30}$ = Üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı [m/s]

Elektrik ve mekanik tesisat yapan taşıyıcı olmayan yapılar ile uğraşan mühendisler için toplam üç çeşit bina yapısı mevcuttur.

- Sismik dirençli,
- Sismik sönümleme,
- Sismik izolasyon.

Sismik sistemin seçimi binanın sismik performans gereksinimlerini karşılayan başarılı bir tasarım için anahtardır.

Sismik Dirençli Bina Yapısı

Sismik dayanıklı yapı, ana çerçeveyi oluşturan kolonların, kirişlerin ve duvarların mukavemeti ve sertliği ile depremlere dayanıklıdır. Deprem enerjisine, yapı tarafından basit ve doğrudan tepki verdiği için, bina deprem kadar büyük bir deformasyona uğrar. Bu nedenle yapısal ana çerçeve, depremin ölçeğine bağlı olarak hasarlanmaya devam edecektir. Bina hasarını netleştirmek için deprem sonrası detaylı denetim gereklidir. Pratik ve olması gerektiği kadar onarım yapılmalıdır. Artçı depremlerin izin verdiği kadar sismik dirençli yapılar için gerekli sismik performans hasar miktarını ve maliyetini etkin bir şekilde elde etmek için duvarları, kolon ve kirişlerinde uygun konumlara yerleşimlerinde değişiklik olmadığının tespiti önemlidir. Bu yapısal sistem, küçük ölçekli konutlardan yüksek katlı binalara kadar en yaygın olarak kullanılan sistemdir. Yeni yönetmelik ile ağırlıklı olarak bu tip binalar esas olarak tesisat tasarımında da öne çıkmaktadır.

Sismik Sönümlemeli Bina Yapısı

Sismik sönümleme yapısı binalara monte edilmiş sönümleyici bileşenler (amortisörler) ile deprem enerjisini emer. Böylece çok daha az deprem enerjisi ana çerçeveyi etkiler ve ana çerçevedeki zararlar azalır. Tipik olarak amortisörler büyük bir depremden sonra değiştirilmesi gerekmez. Zarar görmüş olsalar da tek tek onarılabilir veya değiştirilebilir. Bu sistem nispeten deprem öncesi koşullara geri dönüşü daha kolaylaştırır. Amortisörlerin etkisiyle bu yapılar sismik dirençli yapıdan çok daha küçük titreşime ve deformasyona uğrar. Amortisörleri rüzgâr ve diğer etkenlerin neden olduğu harekete karşı etkili hale getirmek de mümkündür. Sönümleme ile titreşim kontrolü, küçük ve orta ölçekli binalar için geçerli olan serbest oturan birleşim yerleri veya Tokyo Skytree®[11]'nin ayarlanmış bir kütle amortisörü olarak çalışan prekast beton merkezi sütunu gibi çeşitli uygulamalardır.

Sismik İzolasyonlu Bina Yapısı

Bir sismik izolasyonlu bina yapısında, deprem izolatörleri ve amortisörleri deprem enerjisini emerken yüzen taban böylece binayı yerden ayırmakta kullanılır. Deprem enerjisi yapıya aktarılmadan önce sismik izolasyon tabakasındaki amortisörler tarafından emilirken, binanın kendisine verilen hasar daha etkili bir şekilde azaltılır. Amortisörler, genellikle büyük bir depremden sonra değiştirilmesine ihtiyaç olmamasına rağmen ancak hasarın derecesinin araştırılması sırasında performansın bozulduğunu ortaya çıkarırsa, amortisörlerin onarılması veya değiştirilmesiyle deprem öncesi koşullar geri kazanılabilir. Sismik izolasyon yapıları sismik dirençli ve sismik sönümleme yapılardan daha fazla bina sallanmasını ve deformasyonu azaltabilir. Tüm avantajlarına rağmen ilk kurulum maliyeti daha yüksektir. Sismik izolasyon tabakası imalatı inşaat için ek maliyetler oluşturması nedeniyle sismik izolasyon bileşenleri ve sismik genleşme düğümleri dikkat ile tanımlanmalıdır. Ancak, binadaki kat sayısı arttıkça, maliyet artış oranı da o kadar düşük olur. Bir sismik izolasyon yapısı, daha iyi sismik performans sağlamasının yanı sıra bina tasarımcıları için diğer sismik sistemlere göre mimari planlamada daha fazla özgürlük sağlar.

Deprem sırasında sismik izolasyon yapısı yavaş yavaş sallandıkça, mobilya ve taşıyıcı olmayan diğer elemanların parçalarının düşmesini engelleyerek bina içerisindeki hasarı azaltır. Deprem sonrası artçı depremlerde de bina fonksiyonları da yeterince korunabilir. Son yıllarda daha fazla bina büyük ölçekli oranda bu yapı türünü benimsemektedir.

2.1.1. Deprem İvme ve Hız Kavramları Öncesi Yapılmış Tesisler

Bu konuda ilgili deprem yönetmeliği kapsamında tadilat, tamirat ve güçlendirme çalışmaları için hesap, kontrol ve uygulama esasları ile tarif edilmiştir. Konu ile ilgili eksiklik, mekanik ve elektrik tesisatı ile imal edildiği tarihte boru, kanal ve diğer mekanik-elektrik ekipmanların yeni duruma göre uygunluğunun nasıl kontrol edileceğidir. Bu konu ile ilgili olarak mutlaka bir yönetmelik çerçevesinde çalışma yapılarak yayınlanmalıdır.

YÖNETMELİK SONRASI YENİ YAPILACAK BİNALAR İÇİN ELEKTRİK-MEKANİK TESİSAT

Özellikle yeni yapılacak binalar içerisinde yer alan gerek elektrik ve mekanik tesisat, gerekse ekipmanların deprem yönetmeliği kapsamında nasıl bina taşıyıcı sistemlerine, kaide ve taşıyıcı sistemlerin nasıl ankraj edilmesi gerektiğine ihtiyacı olduğu, bu kitap içinde beşinci bölümde ve sonrasında sırası ile anlatılmıştır. Konu ile ilgili bilgi tanımlaması için, öncelikle binaların tipik depremsel tasarım farkları ile başladıktan sonra her türlü mekanik ve elektrik tesisatı için akustik, titreşim ve sismik tasarım ilkeleri ile tarif edilmiş ve standart hale getirilmiş kaide, askı, destek, sabit ve kayar kelepçeler ile toprağa gömülü boru hatları için karşı kuvvet kütleleri için tipik hesap modelleri ve malzeme seçim kriterlerini detaylandırılmıştır.

---

[11] *Kulede sismik düzeltme **(Earthquake-resistant structures - Wikipedia)** vardır, betonarme yapılmış merkezi bir şaft da dahil olmak üzere. Ana iç sütun ilk 125 metre (410 ft) yerden dış kule yapısına iliştirilmiştir. Oradan 375 metre (1,230 ft) sütun bir deprem sırasında yastık olarak hareket eden yağlı amortisörler ile kule çerçevesine bağlıdır. Ek esneklik bir "ek kütle kontrol mekanizması" (veya ayarlı kütle amortisörü) **(Tuned mass damper - Wikipedia)** ile elde edilir - bir sönümleme sistemi, bir deprem durumunda, binanın yapısı ile adım dışarı hareket eder, kulenin mümkün olduğunca merkezi olarak ağırlık merkezini tabanı üzerinde tutmak için çalışır. Tasarımcılara göre, amortisörler bir depremden gelen enerjinin yüzde 50'sini emebilir.*

2.1.1.1. Toprağa Gömülü Su Boru Hatları ve Pompa İstasyonları [12]

Bu kitap içerisinde özellikle yeni yapılacak binalar içerisinde yer alan gerek elektrik ve mekanik tesisat gerekse ekipmanların deprem yönetmeliği kapsamında nasıl taşıyıcı sistemlere kaide ile sabit hale getirilmeye ihtiyacı olduğunu sırası ile tarif edeceğiz. Konu ile ilgili bilgi tanımlaması için öncelikle binaların tipik depremsel tasarım farkları ile başladıktan sonra her türlü mekanik ve elektrik tesisatı tasarım ilkeleri ile tarif edilmiş ve standart hale getirilmiş kaide, askı, destek, sabit ve kayar kelepçeler ile toprağa gömülü boru hatları için karşı kuvvet kütleleri için tipik hesap modelleri ve malzeme seçim kriterlerini detaylandıracağız. Aşağıda kaleme alınan bilgiler ise ayrıca bu konu ile ilgili yayınlanmış kaynaktan alınarak kullanılmıştır. Konu ile ilgili site, yerleşke, bölge, köy, kasaba, yaygın kullanım suyu boru, yangın boru hatları tasarım yapan veya kanalizasyon hatları tasarımı yapan tasarım büroları tarafından detayları ile kullanılabilir.

Kaynak Kılavuzlar, çok fazla su borusu gözlemini ele alarak geliştirilmiştir. Depremlerde temiz su borularının kırılması ve geniş yolların zarar görmesi potansiyeli kentsel toplumlarımıza büyük ekonomik zarar vermiştir. 1990'ların başından beri, "Teknik Lifeline Deprem Mühendisliği Konseyi" (TCLEE) bir dizi depremlerde su sistemlerinin performansını içeren grafik ve tablolar üretti. Bunlardan bazıları şunlardır: Depremden Sonra Yangın (Scawthorn, Eidinger, Schiff, 2005), Su ve Atık su Tesisleri için Sismik Tarama Kontrol Listeleri (Heubach, 2003) ve Su İletim Hatlarının Tesislerinin Sismik İyileştirme Rehberi (Eidinger ve Avila, 1999).

1995'teki Büyük Hanshin (Kobe) Depreminden kısa bir süre sonra, gömülü su boru hatlarının zarar görmesi, su temini eksikliği nedeni ile yangınların önemli etkisi ve 10 hafta süre boyunca su hatlarının tamir edilememiş olması dolayısıyla, birçok Japon ve Amerikan su hizmetleri mühendisleri, ne olduğunu anlamaya yönelik bir araya gelip "neler yanlış gidiyor" ve bu konuda "neler yapılmalıdır" konularında çalışma yapmışlardır. İki önemli sonuç olarak; 1-Su sistemleri için Japon sismik tasarım kılavuzunun geliştirilmesi (JWWA 1997) ile 2- Dört ortak Japonya-Amerikan atölye (çalışma) grubu oluşturarak, su hizmetleri için sismik sorunları ele almışlar ve ileride detaylı açıkladığımız sonuçları elde etmişlerdir.

Bu Kılavuzda açıklanan tasarım yaklaşımlarından herhangi birini kullanabilmek için kullanıcının genellikle boru hattı için uygun PGA (yer üstü kurulumları için), PGV (yer altı kurulumları için) ve PGD[13] (herhangi bir zaman diliminde) değerlerini zemine bağlı olarak oluşturması gerekir. PGD hesaplamak için PGA ve diğer faktörler ile deprem süresi bilgisi de ayrıca gerekir.

Çoğu zaman bu Kılavuzda sunulan bilgiler yeterli olmayabilir ve bir yerbilimleri uzmanının projeye özel bilgi aktarması gerekebilir.

Su boruları için endişe edilecek birincil deprem tehlikeleri geçici ve kalıcı zemin hareketleridir. Tsunami kıyı bölgeleri boyunca bir tehlike teşkil eder. Özellikle yer üstü borular için, ancak bu kitap içerisinde ek olarak kısmi detayda aktarılacaktır. Borular için suyun kaldırma etkisi, özellikle zemin sıvılaşmasına yatkın bölgelerde, yer altı su kaynaklarına yakın bölgelerde su basıncında artış olan boru hatlarını etkileyebilir.

Kalıcı olmayan zemin hareketi, enerji kaynağından yayılan deprem dalgalarının zemin yüzeyindeki artışı, yüzeye yakın zemin yapısı ve topoğrafya koşulları olarak tanımlanır. Kalıcı yer hareketi ise yüzey fay kopmaları, arazi eğim hareketleri ve heyelan etkisi, zemin sıvılaşması ile yanal yayılma ve akış arızası ve bütünleşik oturma gibi nedenlerden kaynaklanan zemin arızalarını açıklar. **Tablo 2-1**, bu Kılavuzda dikkate alınan ve su boru hatlarına zarar verebilecek geçici ve kalıcı yer hareketi tehlikelerini, her bir tehlikenin mühendislik değerlendirmesi için gerekli olan deprem parametrelerini, deprem parametrelerinin elde edilmesi için önerilen yöntemleri ve deprem tehlikesinin uygun bir mühendislik değerlendirmesi için gerekli jeoteknik parametreleri özetler.

Bu bölümün amacı, bir su boru hattının maruz kalabileceği deprem tehlikelerini belirlemek, tehlikenin boru hatlarını nasıl etkilediğine dair genel bir açıklama sağlamak ve mühendislik tasarımı için deprem tehlikelerini ölçmek için gereken parametreleri tanımlamaktır. Aşağıdaki bölümler, su boru hatlarında farklı deprem tehlikeleri varsa gerçek etkilenme ve endişe düzeyini değerlendirmek için jeoteknik incelemeler ve değerlendirmelerin gerçekleştirilmesi için öneriler sunmaktadır.

---

[12] *AmericanLifelinesAlliance A Public-Private Partnership to Reduce Risk to Utility and Transportation Systems From Natural Hazards And Manmade Threats "Seismic Guidelines for Water Pipelines" March 2005*

[13] *PGD, as used in the Guidelines, refers to permanent ground deformations, and not peak ground displacements*

Tablo 2-1. Boru Hattı Tasarımı İçin Gerekli Deprem Tehlikeleri ve Parametreleri

Tehlike	Deprem Parametre	Kaynak	Zemin Parametreleri
Geçici Yer Hareketi			
Genel Olarak Sallanma	PGA, PGV, spektral tepkime	PSHA [14]	Toprak/kaya koşulları, derinlik, vb.
Kaynağa Yakın Yönlenme	Fay mesafesi	PSHA, Fay haritası	Fay tipi, yönelim ve kırılma yönü
Zemin Genleşmesi	PGA, PGV, spektral tepkime	PSHA	Saha toprağı ve kaya koşulları, vs
Kalıcı Yer Hareketi			
Faylanma	Büyüklük, Uzunluk	Ayrıştırmak PSHA veya Jeolog	Fay tipi, doğrultu yönelim
Zemin Sıvılaşması	PGA, büyüklük	PSHA, deaggregate	Toprak tipi, göreceli yoğunluk, kalınlık, Yeraltı suyu suyugroundwater
Yanal Atım ve Akış Bozulması	PGA, büyüklük, mesafe	PSHA,deaggregate	Topoğrafya, toprak yapısı, kuvveti, kalınlığı, yeraltı suyu
Eğim Hareketi, Heyelan	PGA, Tarih süreci ivmeler	PSHA	Topoğrafya, zemin kuvveti, yeraltı suyu
Oturma	PGA	PSHA	Toprak yapısı, kuvveti, kalınlığı, yeraltı suyu

2.1.1.2. Elektrik Trafo Bina ve İndirme İstasyonları

Depremlerin kuvvetine, yani şiddetine veya büyüklüğüne göre kategorize edilmesinin yanı sıra, bir diğer önemli yönü de belirli bir depremin meydana gelme olasılığıdır. Türkiye'de BT ve Telekomünikasyon tesisleri için depremden korunma ve elektrik altyapı tesisatı ile ilgili gereksinimler, genellikle bu deprem bölgelerine dayanmaktadır. TS EN/IEC 60068-3 ile ilgili IEEE 693-2018 elektrik sistemlerini ve olası riskleri tarif etmektedir.

Bu durum, bölgeleri tanımlayan ulusal standartlar arasındaki tekdüzelik eksikliğinden daha da karmaşık hale gelen tasarım bilgi tanımından farklı değerlere hız, ivme ve yer değişim tanımlaması ile yeniden değerlendirilmesinde fayda vardır. Ancak depreme dayanıklı sistemlerin yapım ve montajı söz konusu olduğunda, deprem bölgelerinin sınıflandırılması ve yer seçimleri ile zemin özellikleri öne çıkmaktadır. Uygun önlemler olarak - ek maliyetler doğuran - sadece yüksek riskli alanlarda alınması gerekir.

Elektrik tesisatında depremden korunmanın önemini değerlendirmek için, öncelikle bir depremde meydana gelebilecek hasara genel bir bakış ön değerlendirmesi yapılmalıdır, Bir elektrik sistemi arızalanırsa, oluşabilecek herhangi bir hasar da dahil olmak üzere öngörü değerlendirmesine eklenmelidir. İlgili yapının türüne bağlı olarak, bu sistem için yüklenen değerler genellikle yapısal elemanların kendilerinden daha yüksektir. Bu nedenle, binanın deprem direncinin ötesine tek başına bakmak ve aynı zamanda bir deprem durumunda sistemleri ile ilgili potansiyel gereksinimleri dikkate almak mantıklıdır.

Nükleer tesisler gibi kritik ve yüksek güvenlikle ilgili altyapıların kurulumlarının yüksek büyüklükteki depremlerden sonra bile faaliyetine devam etmesi özellikle önemlidir. Kitap kapsamı dışında olan çok geniş bir tedbir yelpazesi gerektirir.

Yüksek düzeyde sistem kullanılabilirliği ve dolayısıyla depremlere karşı sağlam koruma, telekomünikasyon ve BT için de özellikle hayati önem taşımaktadır. Aynı zamanda, tesislerin belirli bir süre için çalışır durumda kalabilme veya hızlı bir şekilde hizmete devam edebilme yeteneği de depremden sonraki önemli konulardır.

Bir deprem sırasında meydana gelen titreşimlerin frekansı genellikle 0.3 Hz ve 50 Hz arasında değişmektedir. Bu titreşimlerin bir pano şalter sistemine uyguladığı gerilmeler hem arızalara hem de tüm sistemde yapısal hasarlara neden olabilir. Arızalar çok az gecikme ile giderilebilir, bu nedenle bir şalter sistemi nispeten hızlı bir şekilde bir deprem sonrasında tekrar hizmete alınabilir. Bu genellikle gevşek bir temas veya aşırı yüklenmenin, güvenlik sistemleri tarafından kesintiye geçici kısa devre yapması da sebep olabilir.

[14] *PSHA*

Daha yıkıcı hasarlar, bileşenlerin bir trafonun destek rayından veya montaj plakasından kopması, yerinden ayrılması veya devrilmesini içerebilir veya bağlantı kablolarının komple zemin sıvılaşması veya bölgesel çökme nedeniyle çoklu hasarlar oluşturabilir. Şalter sistemindeki ciddi hasarlar, genellikle enerji kaynağı için uzun süreli bir kesintiye neden olur.

Örnek: Depremde devrilme momentine dirençli monte edilmiş bir muhafaza içinde olsa iyi bir ankraj veya yaylı izolatörler üzerine monte edilmiş trafo ve panoları için, sadece kablo bağlantıları riski ve çökme sorunlarına karşı risk oluşturur.

Bina içerisinde konulan trafo ve şalt sistemleri herhangi bir yapısal hasar karşısında risk içerir. Muhafazaları son derece önemli bir rol oynar, çünkü depreme dayanamazlarsa tüm sistem başarısız olur. Bu muhafazalar için, deprem koruma önlemleri tüm ilgili standartlarda önemli bir faktördür. Sadece bu yönü ile deprem izolasyonu olarak kabul edilemez ancak daha ziyade çevreleyen bina ve tüm yüklü bileşenleri de ilgili gereksinimlerine uyulmak zorundadır. Bu nedenle sistemin bir depremden sonra hatta sırasında da çalışır durumda kalması gerekiyorsa uygun bir muhafaza tek başına yeterli olmayacaktır. Buna ek olarak yüklü bileşenler de uygun standart gereksinimlerini karşılamalı ve tüm sistemin işleyişi test koşulları altında kanıtlanmalıdır.

Depremden korunma çok önemlidir. Buna bağlı olarak, ilgili teknik disipline bağlı olarak farklı standartlar uygulanır. Bu standartlar kabaca inşaat mühendisliği, BT ve telekomünikasyon ve elektrik mühendisliği kategorilerine ayrılabilir. Ayrıca geçerli standartlar da pazarın coğrafi konumuna göre farklılık göstermektedir. Bina standartları depreme dayanıklı elektrik şalt sistemlerinin yapımında rol oynamaktadır. Ancak burada ayrıntılı olarak anlatılmamaktadır. Özellikle elektrik sistemleri trafo merkezleri çoğunlukla bina altlarına konulmuş olduğu için, bu standartlar da belirli bir rol oynamaktadır.

Elektrik mühendisliği, BT (bilgi teknolojileri) ve telekomünikasyon için geçerli olan standartların bazılarının kökeni bir yapı standardına sahiptir, ancak ilgili cihazlar için özel gereksinimlere aktarmaktadır. Örnek, binalar aslında bir depremin etkisini artırma davranışı sergilerken, potansiyel olarak oluşan daha fazla genlik ve ivmeler bir elektrik sistemi üzerinde uygulanan yükleri artırmaktadır.

Özellikle yüksek katlı binalarda yaygın olan bir diğer yaklaşım da aktif bir unsur olarak sarkaç etkisini kullanmaktır. Deprem hareketlerini sarkaç salıncak yapmak, binanın yapılarına hiçbir hasar vermez, böylece enerjinin hemen hemen tümünü emer. Üçüncü bir olasılık, kuvvetleri emen bir sistem vasıtası ile yeryüzünden (ve depremden) korunacak nesneyi ayırmaktır. Bir bina veya ekipman parçası sıkıca yere sabitlenmeden, bunun yerine amortisörler üzerinde duruyorsa, bir depremin ivmesinden korunur. Bu durumda sönümlenecek ağırlığın tam olarak bilinmesi ve yeterli yay/sönümleme değerinin mevcut olması gerekir.

2.1.1.3. Kritik Tesisat Türleri, Depo, Tank, Yakıt ve Kimya Tesisleri

Temel olarak petrokimya tesislerinin tamamında, risk yüksekliği nedeni ile gerek arazi gerekse bölge ve depremsellik ölçümleri yerinde tanımlandıktan sonra tasarıma başlanır. Tüm hesaplar çok katı şekilde elastik modelleme ile standartlar dahilinde yapılmaktadır. Konu ile ilgili API ve diğer normlar, değişen yönetmelikler ile neredeyse birebir eşleşmektedir. Bu konu ile ilgili problem olan konular ise bina altlarında olan benzinlikler ve çeşitli bölgelerde kontrolsüz olarak varil ve uygun olmayan nitelikte küçük ölçekteki tanklardır (Örnek: binalardaki günlük yakıt tankları, depolarda tutulan tiner, benzen, boya ve diğer kimyasallar, tesis/bina içerisinde bulunan gaz, ısıtma yakıtı depoları ve bağlantı tesisatı taşıyıcı sistemleridir.).

Özellikle yeni bina ve tesislerde gerek bu kitabın kaynak olarak kullanılması gerekse süreç içerisinde yenilenecek yönetmelikler ile doğru olarak planlanıp uygulanacağı konusunda emin olunmasına rağmen endişe edilmesi gereken konu; yönetmelikler öncesi yapılmış bina ve tesisatın düzenlenmesi konusunda ve sürecindedir. Konu ile ilgili örnek ve anlatımlar ile detay çözümleri ilgili kısımlara geldikçe detaylandırılacaktır.

3. DOĞAL FREKANS KAVRAMI VE SİSTEM ELEMANLARI İÇİN DOĞAL FREKANS HESAPLARI

Konu başlından da anlaşılacağı üzere işin biraz teorik kısmı ile ilgili bazı kavramları ve basit modellemeleri değerlendirmekte fayda vardır.

Titreşim dinamiğin bir alt kolu olup tekrarlanan hareketler ile ilgilenir[15]. Bu kitap içeriğinde elektromekanik yapılar ile ilgili titreşim problemleri ele alınmakla birlikte, titreşim aynı zamanda insanların iletişiminin de temelinde bulunmaktadır. Müzikal enstrümanların birçoğunda, özellikle telli enstrümanlarda titreşim istenilen bir olaydır. Diğer taraftan titreşim birçok mekanik sistem için istenmeyen, bazı durumlarda da yıkıcı bir durumdur. Örnek: Borular ve elektrik tahrikli mekanik ekipmanların gövdesindeki titreşimler yorulmaya neden olur ve sonuç olarak hasara yol açar. Deprem kaynaklı titreşimler binalarda çatlaklara ve hasarlara sebep olabilir. Günlük hayatta titreşim sıkça karşılaşılan bir etkidir ve genellikle titreşim seviyelerinin azaltılması temel mühendisliğin ilgi alanıdır.

Kütlesi olan her varlık yerinde sabit dursa bile beraberinde hareketli olan herhangi başka bir bileşenden titreşim alır. Bu titreşim kütlelerin büyüklüğü ile orantılı olarak her iki kütlede farklı etkiler oluşturur. Küçük olan kütle temasta titreşimi azalırken büyük olan kütle titreşmeye başlar. Ayrıca içinde devingen mekanizma olan kütleler de kendileri titreşim üretir. Örnek, pompa içerisinde dönen çark pompanın tamamına titreşim üretirken, pompalanan akışkan ayrıca boru üzerinde bir titreşim üretmektedir. Aynı şekilde akustik sesler hareket üretirken ve/veya her türlü hareket de ses üretmektedir. Hesaplarda modelleme ideal olarak ve gerçekte olan için de ayrı ayrı yapılabilmektedir.

Titreşim, cisimlerin sabit bir referans eksene veya nominal bir pozisyona (denge konumu) göre tekrarlanan hareket olarak ifade edilir. Titreşim her yerde mevcut olan ve mühendislik tasarımlarının yapısını etkileyen bir olgudur. Titreşim karakteristikleri mühendislik tasarımları için belirleyici faktör olabilir. Titreşim bazen zararlı olabilir ve kaçınılmalıdır, bazen de oldukça yararlıdır ve istenilir. Her iki durumda da titreşimin nasıl analiz edileceği, ölçüleceği ve kontrol edileceği mühendislik için önemli bir bilgidir. Aşağıdaki kavramlar her biri konunun anlaşılması için kritik önem taşır.

- Kütle
- Yay
- Damper (Sönümleyici)
- Hareket
- Hız
- İvme
- Süre
- Frekans

Harmonik Hareket

Genelde elektrik ve mekanik sistemler harmonik (ritmik) titreşir, aşağıda modelleme ile tanımlanan yay kütle sistemi doğal frekansı olarak bilinen karakteristik bir frekansta titreşmeye yatkındır. Bu tüm istikrarlı mekanik sistemlerin bir özelliği olarak ortaya çıkar.

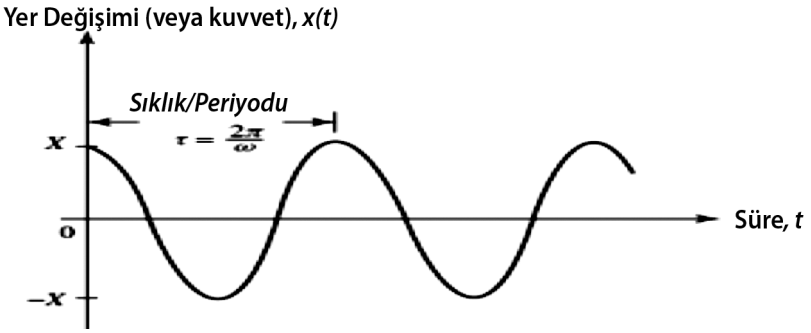
Tüm kararlı, serbest, elektrik ve mekanik sistemler, sistemin doğal frekansları olarak bilinen belirli ayrık frekanslarda harmonik olarak titreşir.

Genel olarak, birden fazla doğal frekansa sahip sistemler harmonik olarak titreşmez.

---

[15] *Theory of Vibrations-W.T.Thomson, Elements of Vibration Analysis-L. Meirovitch, Vibrations of Continuous SystemsS. Rao, Fundamentals of Mechanical Vibrations-S.G. Kelly, Vibration Problems in Engineerin-W.Weaver, S.P. Timoshenko, D.H. Young, Engineering Vibrations-D.J. Inman, Mühendislik Sistemlerinin Modellenmesi ve Dinamiği-Yücel Ercan Mekanik Titreşimler*

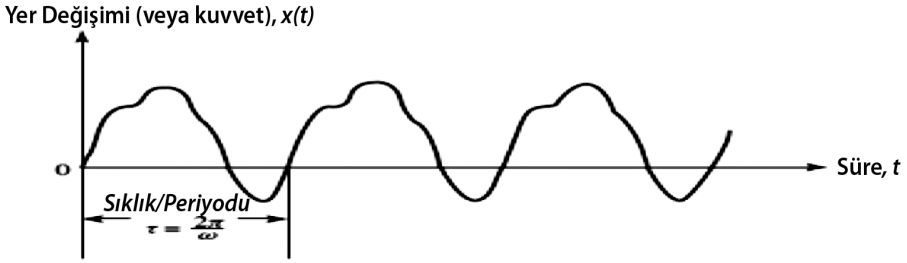
Öncelik ile Titreşim teorisi cisimlerin ve ilgili kuvvetlerin salınımlı (oscillatory) hareketleri ile ilgilenir. Şekil 3-1' de görülen salınımlı hareket Harmonik Hareket olarak adlandırılır ve aşağıdaki formül ile ifade edilir.



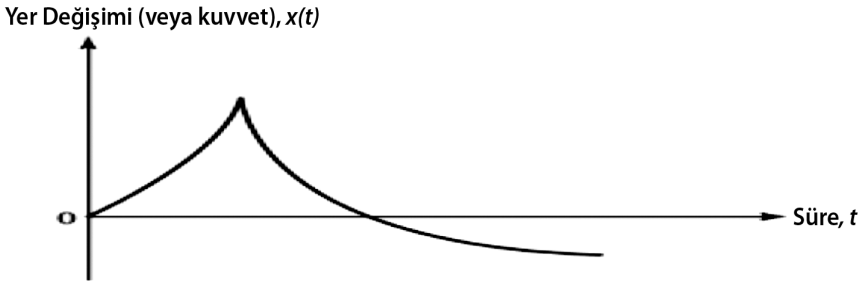
Şekil 3-1 Basit Harmonik Hareket.

$x(t) = X \cos\omega t$

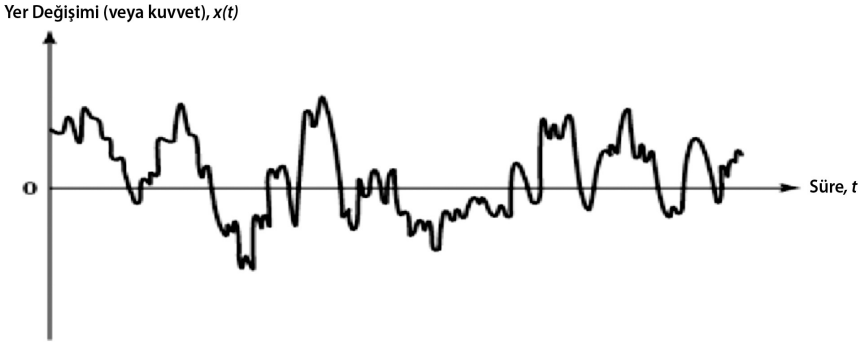
Burada X hareketin genliği, ω hareketin frekansı ve t zamandır. Şekil 3-2'de periyodik (periodic) hareket, Şekil 3-3 periyodik olmayan (nonperiodic) veya geçici (transient) hareket, Şekil 3-4 ise gelişigüzel veya uzun zamanlı periyodik olmayan hareket eğrileri görülmektedir.



Şekil 3-2 Periyodik Hareket



Şekil 3-3 Geçici (Transient) Hareket



Şekil 3-4 Gelişigüzel (Random) veya Uzun Zamanlı Periyodik Hareket

Titreşim olayı potansiyel enerjinin kinetik enerjiye, kinetik enerjinin ise potansiyel enerjiye dönüşümünü içermektedir. Bu nedenle titreşim yapan sistemler potansiyele enerji ve kinetik enerji depolayan elemanlara sahip olmalıdır. Potansiyel enerji depolayan elemanlar **yay** veya **elastik** elamanlar, **kinetik enerji depolayan elemanlar** ise **kütle** veya **atalet** elemanlarıdır. Elastik elemanlar potansiyel enerji depolar ve bu enerjiyi atalet elemanına Mekanik Titreşimler kinetik enerji olarak geri verir.

Titreşim yapan sistemlere uygulanan başlangıç kuvveti kütleye uygulanan başlangıç deplasmanı ve/veya hızı şeklinde olabilir. Bu başlangıç girdisi sisteme potansiyel ve/veya kinetik enerji kazandırılmasına neden olur. Bu başlangıç girdisi sistemi serbest titreşim olarak adlandırılan salınımlı bir harekete sürükler. Serbest titreşim anında potansiyel ve kinetik enerji arasında bir değişim söz konusudur. Eğer sistem serbest/korunumlu (conservative) ise sistemin potansiyel ve kinetik enerjisinin toplamı sabittir ve zamana göre değişimi sıfırdır. Bu durumda sistem teorik olarak sonsuza dek titreşir. Pratikte ise titreşim yapan sistemlerde sönüm veya sistemi çevreleyen ortamdan kaynaklanan sürtünme (örneğin hava direnci) mevcuttur ve bu etkiler hareket sırasında sistemin enerjisini kaybetmesine sebep olur. Sönüm etkisi sistemin toplam enerjisinin sürekli olarak azalmasına ve sıfırlanmasına (hareketin sonlandığı nokta) sebep olur. Eğer sisteme sadece ilk hareket şartları ile (yer değiştirme/hız) girdi sağlanmış ise ortaya çıkan salınımlı hareket sonunda sonlanacaktır. Bu şekildeki başlangıç girdilerine geçici zorlama (transient excitation) ve sonuç olarak ortaya çıkan harekete ise geçici hareket (transient motion) adı verilir.

TİTREŞİMİN SINIFLANDIRILMASI

Titreşim problemleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir.

1. Sönümsüz ve sönümlü titreşimler: Eğer sistemde sürtünme veya benzeri dirençler sebebi ile enerji kaybı ve sönümüne sebep olacak bir etki yok ise titreşim problemi sönümsüz (undamped) olarak adlandırılır. Eğer sistemde sönüm mevcut ise sistem sönümlü (damped) olarak adlandırılır. Titreşim problemlerini incelerken sönüm ihmal edilerek çözüm basitleştirilebilir, fakat sönüm etkileri özellikle rezonans durumu için oldukça önemlidir.

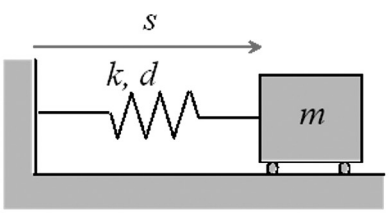
2. Serbest ve zorlanmış titreşimler: Eğer sistem ilk şartlar neticesinde titreşiyor ise (t>0 için sisteme etki eden dış zorlama yok) sistem titreşimlerine serbest titreşim adı verilir. Eğer sistem dış zorlama etkisi ile titreşiyor ise oluşan titreşimlere zorlanmış titreşim adı verilir.

3. Lineer ve lineer olmayan (nonlinear) titreşimler: Eğer titreşim yapan sistemin tüm bileşenleri doğrusal (lineer) davranışa sahip ise oluşan titreşimlere lineer titreşim adı verilir. Eğer sistem elemanlarından herhangi biri doğrusal olmayan davranışa sahip ise oluşan titreşimlere lineer olmayan (nonlinear) titreşim adı verilir. Bu tip sistemlerin hareketini ifade eden diferansiyel denklemler lineer olmayan formdadır. Birçok titreşim sistemi, büyük titreşim genlikleri için lineer olmayan davranışa sahiptir.

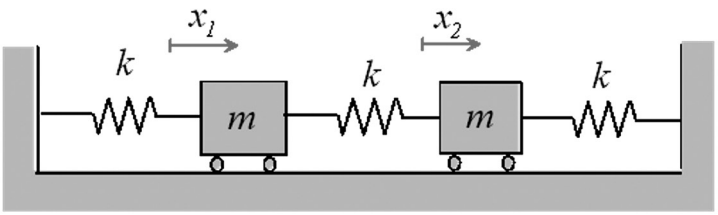
Biraz da Serbestlik Derecesinden Bahsedelim

Herhangi bir sistemin hareketi bir ve/veya birden fazla değişken ölçek ile tanımlanıyor ise o kadar sayıda serbestlik derecesi vardır. İşin teorik kısmı veya hesaplamak için matematik modellemelere girmeden konunun anlaşılması için iki örnek verdikten sonra kitabın ilerleyen bölümlerinde tablo haline getirilmiş elektrik ve mekanik ekipmanlar ve sistemler için kullanacağız.

Tüm bir serbestlik dereceli (1DOF) doğrusal korunumlu sistemler, tam olarak aynı şekilde hareket eder;



Şekil 3-5 1 DOF Sistem Modeli



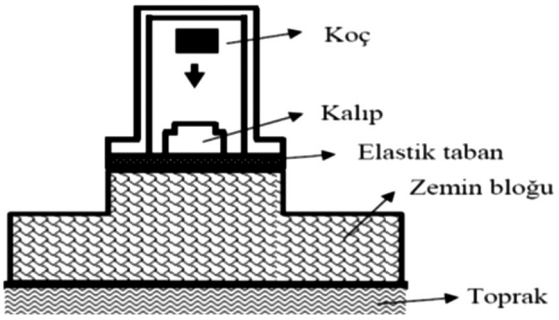
Şekil 3-6 2 DOF Sistem Modeli

Beher kütle sistemi için sadece bir doğal frekans bulduk. Daha karmaşık sistemlerin çeşitli doğal frekansları vardır. Örneğin, yukarıda gösterilen ve aşağıda formüle edilen iki kütleli sistem, iki doğal frekansa sahiptir.

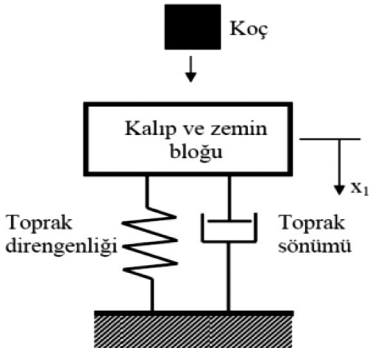
$$\omega_1 = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad ; \quad \omega_2 = \sqrt{\frac{3k}{m}}$$ ***Denklem 3-1 Doğal Frekans***

Üç kütleli bir sistemin üç titreşim frekansı olurdu, vb.

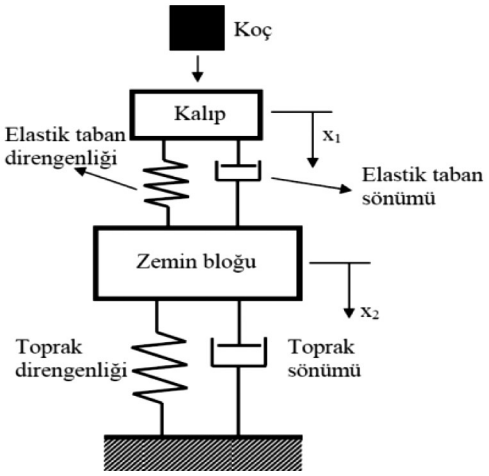
Mühendislik sistemleri ile ilgili titreşim analizlerini gerçekleştirirken, öncelikle sistem serbestlik dereceleri için yapılacak titreşim analizi ile uyumlu olarak temsil edecek matematik modele ihtiyaç duyulur. Daha önce verilen matematik model ile ilgili ek örnekler aşağıda verilmiştir. Aşağıdaki dövme makinesi için farklı serbestlik dereceli matematik modeller oluşturulabilir.



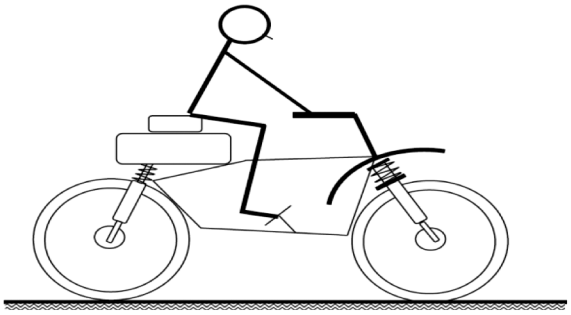
Şekil 3-7 Dövme Kalıbı Modeli



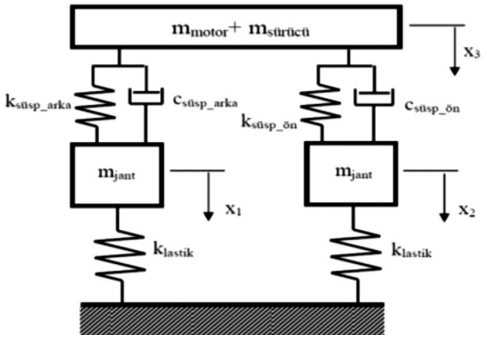
Şekil 3-8 Tek Serbestlik Dereceli Model



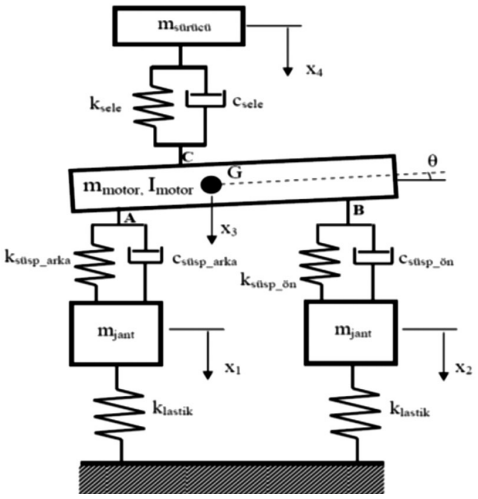
Şekil 3-9 İki Serbestlik Dereceli Model



Şekil 3-10 Motosiklet Sürücü Modeli



Şekil 3-11 Üç Serbestlik Dereceli Model



Şekil 3-12 Beş Serbestlik Dereceli Model

Derleyen Notu: *yukarıda motosiklet serbestlik derecesi örneğine baktığımızda farkı anlamak için sadece asfaltta motosiklet kullanan insanların motosiklet üzerine oturduğunu, arazide Enduro yarışlarında ise tüm yarış süresince neden motosiklet üzerinde ayakta sürdüklerini anlarsınız. Sadece beden üst tarafına titreşimi aktarmamak için bacakları ve dizlerinin yay ve amortisör etkisinden faydalanmak olduğu, sürüş konforunu artırdığını artık bilimsel olarak da anlamış durumdayız.*

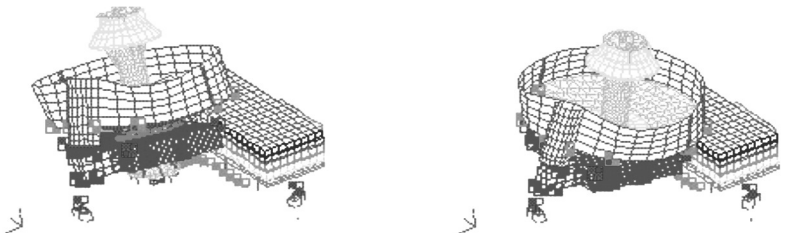
Bir sistemin harmonik olarak titreşmesine neden olan özel ilk yer değiştirmelerine sistem için 'mod şekilleri' denir.

Bir sistemin birkaç doğal frekansı varsa, her doğal frekans için karşılık gelen bir titreşim modu vardır.

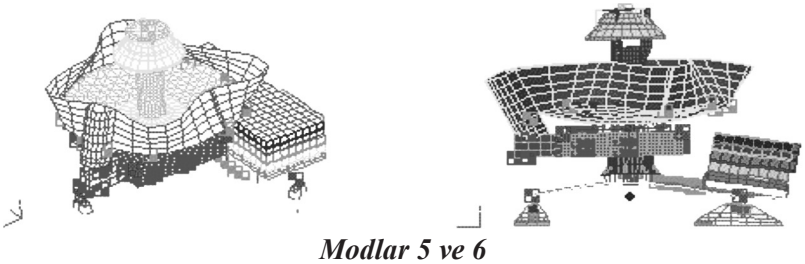
Doğal frekanslar ve pozlama (mod şekilleri), herhangi bir mekanik sistemin tartışmasız tek en önemli özelliğidir. Bunun nedeni, göreceğimiz gibi doğal frekansların sistemin rezonans frekanslarıyla (neredeyse) çakışıyor olmasıdır. Yani, sisteme değişen bir zamanda kuvvet uygularsanız ve uygulanan kuvvetin frekansını doğal frekanslardan birine eşit olarak seçerseniz, çok büyük genlik titreşimlerini gözlemleyeceksiniz.

Mekanik bir sistem tasarlarken, doğal titreşim frekanslarının sistemin görebileceği herhangi bir uyarma frekansından çok daha büyük olduğundan emin olmak gerekir. Bu olabilecek en yüksek salınımı gösterecektir.

Tasarım egzersizine güzel bir örnek, NASA'nın Goddard Uzay Uçuş Merkezi ***MOLA (nasa.gov)*** ana sayfasında bulunabilir. Aşağıdaki örnek Doğal frekanslar ve titreşim modları Lazer Altimetre ile Mars Orbiter için hesaplanmıştır. Bu animasyonlar, "Sonlu Elemanlar Analizi" olarak bilinen bir bilgisayar simülasyon tekniği kullanılarak tahmin edilen sistem için bazı pozlama (mod) şekillerini göstermektedir. Titreşim genliği büyük ölçüde netlik için abartılı gösterilmiştir. (Not: Gerçek sistem aşağıda gösterilen kadar büyük deplasmanlara dayanamazdı)



Modlar 1 ve 2:



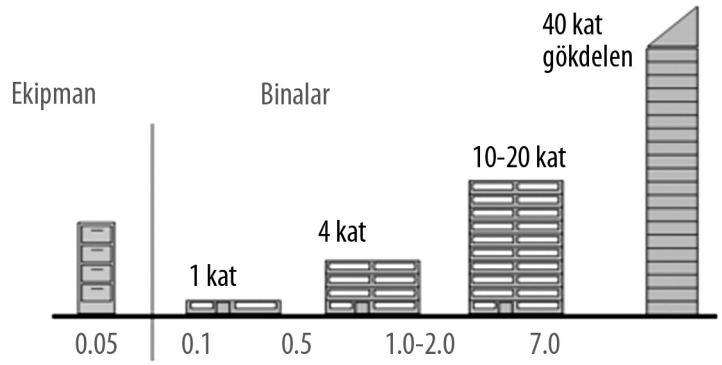
Modlar 5 ve 6

Bir prototip üretildikten sonra, bir sistemin doğal frekanslarını ve Pozlama (mod) şekillerini ölçmek olağandır. Bu sisteme bir dizi ivmeölçer ekleyerek yapılır ve sonra bir çekiç ile vurulur (Bu genellikle normal bir kauçuk uçlu çekiç). Deneme yanılma ile bir başka bağımsız titreşim her modu canlandırmak için cihaza vurmak için bir nokta bulabilirsiniz. Böyle bir nokta bulduğunuzda anlayabilirsiniz, çünkü tüm sistem ahenkli bir şekilde titreşir. Her titreşim modu doğal frekansı ve mod şekli daha sonra ivmeölçer okumalarından belirlenir ve yazılıma aktarılır.

3.1. BİNALARIN TEMEL DOĞAL FREKANSLARI

Bina envanteri, taşıyıcı sistemleri genelinde farklılıklar içermekle birlikte kendi tasarım kriterleri içerisinde ayrıca deprem ve bina işlevine bağlı olarak özel yükleme ve çalışma prensiplerine göre tasarlanır. Ayrıca binanın bulunduğu arsanın zemin yapısı da bina doğal frekansı için temel değerleri oluşturur ve tasarım için kullanılır. Yukarıda örneklediğimiz titreşim ve serbestlik derece kavramlarını göz önüne aldığımızda binaların tasarımlarına paralel olarak doğal frekans ve alınan tedbirlere göre MEP taşıyıcı sistem askılar ile kaideler seçilmelidir. TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ 2019 6. Bölüm kapsamında taşıyıcı olmayan ekipmanların tasarım için ilgili kuralları tarif etmektedir.

Binaların yapım esasları ve temel malzeme seçimleri tasarım sırasında olası doğal frekansları konusunda da bilgi vermektedir.



Şekil 3-13 Yükseklik doğal frekansın ana belirleyicisidir, her nesnenin titreyeceği kendi doğal frekans vardır.[16]

TBDY-2018'e göre ampirik hâkim doğal titreşim periyodunun formülü aşağıda verilmiştir. Bu denklemde Taşıyıcı sistemi sadece betonarme çerçevelerden oluşan binalarda $\mathbf{C_t = 0,1}$

Çelik çerçevelerden veya çaprazlı çelik çerçevelerden oluşan binalarda $\mathbf{C_t = 0,08}$

Diğer tüm binalarda $\mathbf{C_t = 0,07}$ alınacaktır.

$\mathbf{H_N}$ ise yapının zeminden itibaren toplam yüksekliğidir. Bu formül UBC'den (uniform building code) alınmadır. TBDY 2007'de kaldırılmıştı, fakat TBDY 2018'de tekrar kullanılmaya başlanmıştır.

$$T_{pA} = C_t H_N^{3/4}$$ ***Denklem 3-2 Bina Doğal Frekans Hesabı***

3.1.1. Sismik Hareketlerin Binalara Etkileri

Depremlerin binalara uyguladığı kuvvetleri hesaplamak için basit hesaplama yöntemi sismik hareketler binanın oturduğu zemini sallayarak binalar içinde Atalet (Inertia) Kuvveti (F_{Atalet}) oluşturur.

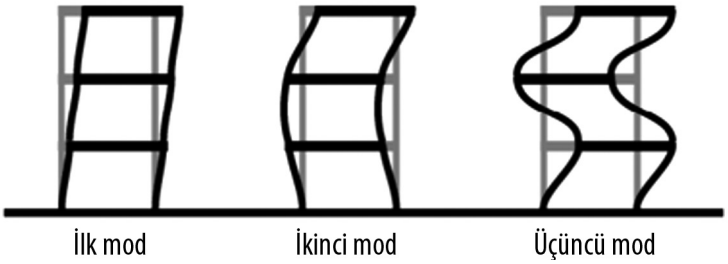
F_{Atalet} = Kütle (M) X İvme (A). ***Denklem 3-3 Atalet Hesabı***

[16] *WBDG (Whole Building Design Guide) Gabor Lorant, FAIA Lorant Group, Inc 11-10-2016*

Kütle (binanın ağırlığı) ne kadar büyükse bina taşıyıcı çerçeve atalet kuvvetleri o kadar büyük türde hareket kuvvetleri oluşturur. Daha az kütleli hafif yapılar, sismik tasarımda tipik olarak büyük bir avantaj sağlar. Daha büyük kütlenin daha büyük yanal kuvvetler oluşturması nedeni ile taşıyıcı kolonların yerlerinden oynama olasılığını artırır, dikliğini kaybetmesi dışında ve/veya dikey yük altında bükülebilir. (P delta Etkisi).

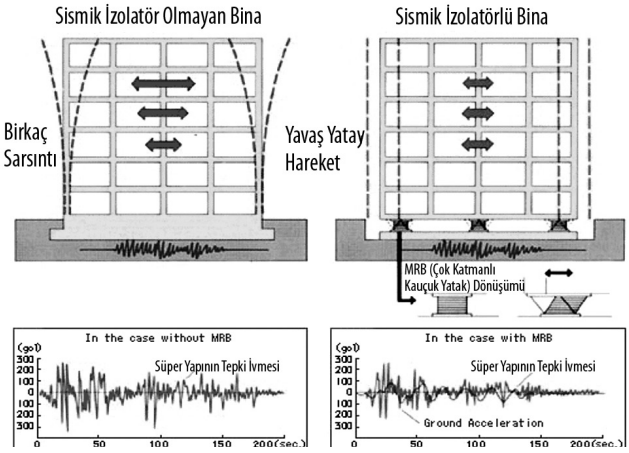
Sismik hareket dalgaları yavaş ve uzun veya kısa ve ani olabilir. Saniye cinsinden tam bir döngü uzunluğu dalganın doğal boyudur (periyod) ve Frekansın tersidir. Binalar da dahil olmak üzere tüm nesneler, bir şokla sarsılırsa titreştirdikleri doğal veya temel bir periyoda sahip olur. Doğal frekans sismik tasarım için birincil husustur ve bina tasarımının diğer konularında azaltma önlemlerine daha düşük ölçekte katkıda bulunur. Şok dalgasının salınımı, binanın doğal frekansı ile çakışıyorsa, bina "rezonansa girecek" ve titreşimi birkaç kez artacak veya "yükseltecektir".

Ayrıca binanın bulunduğu toprak zemin de 0,4 ve 1,5 sn arasında değişen bir frekans periyoduna sahiptir. Yumuşak toprakların, genellikle kayaya göre 2-6 kat daha fazla titreşimi artırma yatkınlığı vardır. Ayrıca, binanın doğal frekansı ile çakışan toprak zemin frekansı büyük ölçüde binanın sismik ivmesini artırma eğilimi, tasarım için göz önüne alınması gereken en kritik konudur. Yüksek binalar deprem sırasında çeşitli titreşim modları geçirecektir, ancak sismik tasarım için (çok yüksek binalar hariç) temel frekans (doğal frekans), ya da ilk frekans modu genellikle en önemlisidir.



Şekil 3-14 Binaların sismik titreşim sürecindeki kritik frekansları

Depremlerin yol açtığı potansiyel hasarı azaltmak için geçmiş yöntemler kesme duvarları veya çapraz bağlanmış çerçeveler ekleyerek bina rijitliği artırılmaktadır. "Sismik Baz İzolasyon Sistemi" yapının yerden izole edilmesi ile sismik şokun yapı üzerine etkisini azaltmak için esnek bir yaklaşımdır. "Sismik Taban İzolasyon Sistemi" yapısal hasar olasılığını azaltmanın yanı sıra, bina içindeki bilgisayarlar, hassas aletler, tıbbi ekipmanlar ve iletişim sistemleri gibi ekipmanlara ikincil zararı da en aza indirir, dolayısı ile birçok kritik hizmet binaları, hastahaneler, laboratuvarlar, hava alanları hizmet binaları, bilgi işlem merkezleri bu prensipte tasarlanan bina örnekleridir.



Şekil 3-15 İki tip bina için şematik deprem tepkileri

Bu farklı tip bina izolasyon teknikleri içerisinde yönetmeliğe paralel olarak elektrik ve mekanik tesisat yaklaşımları farklı metodlarla yer almaktadır.

3.2. TESİSAT EKİPMANLARININ DOĞAL FREKANSLARI

İster elektrik, isterse mekanik tesisat sistemleri içerisinde genel olarak dört tip temel eleman vardır.

1. Servis üretici elemanları
2. Taşıyıcı elemanlar
3. Servis veya dağıtım elemanları
4. Yukarıdaki her üç tip için kaide, destek, askı ve titreşim, ses yutucu ile sabitleme elemanları

Yaylar ve titreşim, izolasyon verimliliği veya aktarılabilirlik yerine, izolatör sarkma değeri daha önemlidir. Bir tasarımcı için zemin yay katsayısı ve bina rezonansları, destek döşemesinden daha fazla esnek sarkma değerine sahip olmalıdır. İzolatör saptırma, izolatörlerin doğal frekansı ve buna karşılık izolatör verimliliği ile ilgilidir. Titreşim izolatörleri, bir yay ekipmanın ağırlığı altında sıkıştırdığı miktar olan maksimum statik çökme açısından tanımlanır. Bir yay boşaltıldığında 50 mm uzunluğundaysa ve yüklendiğinde 25 mm'ye sıkıştırılıyorsa, 25 mm statik çökmeye sahiptir. Statik çökme doğrudan titreşim yalıtım verimliliği ile ilgilidir: 25 mm statik çökme, titreşim enerjisinin yaklaşık %88 izolasyon ile eş değerdir ve 12 mm statik çökme kabaca %50 değeri izole eder. Statik çökme aynı zamanda en düşük titreşim frekansı ile de ilgilidir. Çok düşük frekansların izole edilmesi (20 Hz den az) 100 mm veya daha fazla çok büyük statik çökme gerektirir. Belirli bir noktanın ötesinde, yaylar artık işi yapamaz, bu durumda iki aşamalı izolatörlere veya özel hava izolatörlerine ihtiyaç vardır. Çökme (sarkma ile izole sistemin doğal frekansı arasındaki ilişki d_{st} milimetre cinsinden statik çökmedir.

$$f_n = \frac{15{,}77}{\sqrt{d_{st}}}$$ *Denklem 3-4 Tesisat Doğal Frekans Hesabı*

Bahsedilen her tesisat elemanı gerek bina içerisinde gerekse bina dışında mutlaka son sırada yer alan madde ile anılmaktadır. Depremsel hesap gerekse de gerekmese de bu kitap içerisinde hepsinden sırası ile detayla bahsedilecek ve tablolar ile davranışlarının sınırları, hesap metot ve kriterleri açıklanacaktır.

Doğal titreşim periyodu bulunduktan sonra aşağıda görmüş olduğumuz Eurocode-8'deki yatay eşdeğer deprem yükü formülünde ihtiyacımız olan yapısal olmayan elemanın doğal titreşim periyodunu üretici firmadan temin ederiz. **Eğer bilinmiyorsa en kötü senaryo rezonans hali olacağı için yapının doğal titreşim periyodu ile aynı alınabilir.** Yani bunun sonucunda $\mathbf{T_a/T_1=1}$ alınabilir.

Eğer yapısal olmayan eleman yapıya rijit sismik sınırlandırmayla bağlı ise yapısal olmayan elemanın doğal titreşim periyodu 0'a çok yakın olacağı için Ta/T1=0 alınabilir.
Fa: Yatay eşdeğer deprem yükü
T1: Yapının ilgili yöndeki doğal titreşim periyodu
Ta: Yapısal olmayan elemanın doğal titreşim periyodu

$$F_\alpha = \frac{S_\alpha x \gamma_\alpha}{q_\alpha} \times W_\alpha$$ *Denklem 3-5,*

$$S_\alpha = \frac{\alpha_g x\, S}{g} \times \left[\frac{3x\left(1+\frac{Z}{H}\right)}{1+\left(1-\frac{T_\alpha}{T_1}\right)^2} - 0,5\right]$$ *Denklem 3-6*

Öncelikle mekanik tesisat ile ilgili boru, kanal, ses ve gürültü konularıyla ilgili doğal frekans hesaplarını kontrol etmek için EL İLE NASIL YAPILIR üzerinde durulacaktır. Daha sonra elektrik için konu detay verildikten sonra makine/elektrik cihazlarının, titreşim ve akustik ses sınırlarını uluslararası kabul ölçeklerinde anlatılacaktır.

3.2.1. Tesisat Boru Doğal Frekans Hesapları

Bir boru için frekans nasıl hesaplanır? SI birim sisteminde frekans saniyedeki titreşim sayısı;
ν = sesin havadaki hızı (oda sıcaklığı)~ 330-340 m/s
λ = Dalga boyu (4 çarpı metre cinsinden boru boyu) 10cm = .10 m
f = frekans, Hertz

Ses dalgasının hızı (v) frekans (f) çarpı dalga boyuna (L_{mes}) eşittir veya Frekans dalga hızı bölü dalga boyuna eşittir.
f = v/λ.
f= 340m/s / (.10m x 4) = 340m/s / .40 m = 850 Hertz.

a. Borunun Doğal Frekansı

Hareket şekilleri, Doğal Frekans kavramı, serbestlik dereceleri ve pozlama (Mod) konuları ile ilgili genel bilgilendirme önceki bölümlerde yapılmıştı. Şimdi biraz da boru sistemleri için tipik doğal frekans, kritik frekanslar için basit anlatımlara bakalım.

Boru tesisatında salınım süresi bir saniye ise frekansı da saniyede bir veya 1Hz'dir. Zaman dilimi yarım saniye ise frekans 2Hz ve benzeri değerindedir. Prensip olarak boru frekansı, pompalanan akışkana pompa tarafında çarkın her dönüşü sırasında boru içerisine gönderdiği akışkan miktarı ile ilintilidir. Aynı mantıkla boru doğal bir salınım dönemine sahiptir ve bu nedenle doğal bir frekansa sahiptir. Borunun doğal frekansı, rijitliğine (yaylanma katsayısı) ve kütlesine bağlıdır; Boru ne kadar rijit ise, boru o kadar yüksek frekanstadır, boru ve içerisindeki akışkanın kütlesi ne kadar fazla ise, doğal frekans o kadar düşük olur.

Sabit destekler ile bir borunun doğal frekansını hesaplamak için aşağıdaki formül kullanılır:

$$f_n = \frac{1}{2\pi} * 22{,}4\sqrt{\left[\frac{E*I)}{(\mu*L^4)}\right]}$$

Denklem 3-7 Boru doğal frekansı

f = borunun doğal frekansı (Hz)
E = Young elastikiyet modülü (çelik için 200 GPa yaklaşık olarak ama yeterince yakın)
I = Boru için ataletin 4.kuvveti
μ = borunun birim uzunluğu başına kütle (sıvının kütlesini içermeyi unutmayın) kg/m
L = boru destekleri arasındaki mesafe (inç veya metre)

Örnek olarak;

A-106 Gr B Sch80 olan 12" (300 mm) borunun doğal frekansını bulalım. Boru destekleri 5 m arayla konulmuştur.

Verilen:

Boru OD = 323,8 mm, Boru Kimliği = 288,84 mm, et kalınlığı =17,48 mm

İçerisin de su dolu iken veya yakıt dolu iken

m_{su} = 1000 kg/m; $m_{yakıt}$ = 800 kg/m

Kütle/uzunluk boş= 132,05 kg/m,

Kütle/uzunluk su dolu = 132,05 + π(0,28884)2/4 * 1000 = 197,57 kg/m E = 200 x 10^9 Pa

Kütle/uzunluk yakıt dolu = 132,05 + π(0,28884)2/4 * 800 = 184,44 kg/m E = 200 x 10^9 Pa

I = 0,049*(D^4-d^4) = 0,49*(0,332384-0,288844) = 0,00019759 m4

Doğal Frekans:

$$f_{n\,boru} = \frac{1}{2\pi} * 22{,}4\sqrt{\left[200E^9 * \frac{0{,}00019759)}{(132{,}05 * 5^{4)}}\right]} = 78{,}01Hz$$

$$f_{n\,boru-su} = \frac{1}{2\pi} * 22{,}4\sqrt{\left[200E^9 * \frac{0{,}00019759)}{(197{,}57 * 5^{4)}}\right]} = 63{,}77Hz$$

$$f_{n\,boru-yakıt} = \frac{1}{2\pi} * 22{,}4\sqrt{\left[200E^9 * \frac{0{,}00019759)}{(184{,}44 * 5^{4)}}\right]} = 66{,}01Hz$$

Artık titreşim teknisyenlerinizden boru çalışırken, boru üzerinde titreşim ölçümü yapmalarını istediğiniz borunun doğal frekansını hesapla bulunmuş oluyor.

Boru Frekansı ile hesaplanan frekans ile aynıysa borunun bir rezonans sorunu vardır ve bir sonraki adım doğal frekansı rezonansa götürecek kuvvetin ne olduğunu belirlemektir.

b. VIV (Vortex-Induced-Vibration) (Girdap Kaynaklı Titreşim)

Boru doğal frekansını yukarıda tespit ettik, fakat bu doğal frekansla ilgili rezonans olması için aşağıdaki birkaç şeyden herhangi biri de olabilir:

- Pompa veya kompresörden gelen aynı frekansta titreşim (genellikle hız ile ilgilidir): Bu, dengesizliğe ve yanlış hizalamaya neden olabilir, bir şey gevşek gelmiş olabilir ya da doğal frekans ile aynı frekansta bir titreşime neden olan bir makinede de olabilir.
- Akış kaynaklı titreşim: Öncelikle akışkan sıvının boru iç akışından ya da borunun dışına maruz kaldığı rüzgârdan olabilir. Rüzgâr belirli bir hıza ulaştığında borular sallanmaya başlar. Çünkü rüzgârla ilişkili salınım kuvveti borunun dış çapı ve rüzgâr hızının bir fonksiyonudur, böylece rüzgâr, borunun rüzgâr tarafında girdaplar veya girdaplar da KARMAN titreşimini tetikler.

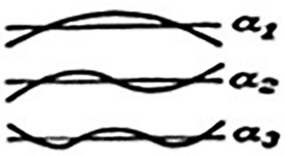
Rezonans altındaki borunun etrafına baktığınızda, boru doğal frekansına çok yakın bir çalışma hızına (veya çalışma hızına ait bir harmonik) sahip devingen veya dönen cihaz olup olmadığına bakın, eğer varsa ya makinenin hızını değiştirebilirsiniz (mümkünse, çünkü bu en kolay seçenektir) ya da borunun doğal frekansını değiştirebilirsiniz.

Borunun doğal frekansını değiştirmenin kolay bir yolu L'nin değerini değiştirmektir, diğer bir deyişle boru desteklerinin yerini değiştirmek veya başka bir destek eklemektir. Başka bir destek eklerseniz, yüksek genlikli bir yere koyduğunuzda dikkatli olunması gerekir.

Kullandığımız frekans değiştiricinin (a=22.4) yalnızca "kelepçeli" bir kirişin veya borunun ilk titreşim moduna uygulanabileceğini aşağıdaki görüntüden görebilirsiniz. Mevcut desteklerin ortasına başka bir boru desteği konulursa ancak boru ikinci modda titreşir (a=61.7) ve titreşim genliği etkilenmez.

Eğer yakınlarda boru elemanını etkileyecek pompa vs. gibi bir cihaz olma durumu yoksa, başka olası nedenler olup olmadığını ve girdap kaynaklı titreşim olup olmadığını kontrol etmek gerekir.

Tablo 3-1 Konsol Tipine Bağlı Modelleme (Boru Sabitleme Şekline Bağlı) Kritik Hız Frekans Katsayısı

	**Konsol Kiriş** (Bir ucu sabit, diğer ucu serbest konsol)	$a_1 = 3.52$
		$a_2 = 22.4$
		$a_3 = 61.7$
		$a_4 = 121.0$
		$a_5 = 200.0$
	**Ayaklı Konsol** (Menteşe Destekli Kiriş)	$a_1 = x^2 = 9.87$
		$a_2 = 4x^2 = 39.5$
		$a_3 = 9x^2 = 88.9$
		$a_4 = 16x^2 = 158.$
		$a_5 = 25x^2 = 247.$
	**Yüzer/Serbest Konsol**	$a_1 = 22.4$
		$a_2 = 61.7$
		$a_3 = 121.0$
		$a_4 = 200.0$
		$a_5 = 298.2$

	**İki Ucu Sabit Konsol** (Tam sabit konsol, Yüzer konsol ile aynı frekansta)	a_1 = 22.4
		a_2 = 61.7
		a_3 = 121.0
		a_4 = 200.0
		a_5 = 298.2
	**Kenetli ve Menteşeli Konsol** (Sabit ve menteşeli konsol)	a_1 = 15.4
		a_2 = 50.0
		a_3 = 104.
		a_4 = 178.
		a_5 = 272.
	**Menteşesiz Serbest Konsol**	a_1 = 0
		a_2 = 15.4
		a_3 = 50.0
		a_4 = 104.
		a_5 = 178.

Yine de borumuza ne olduğuyla ilgileniyoruz. Strouhal ve Karman'a göre rüzgârın hızı, borunun çapı ve salınım kuvvetinin frekansı arasında belirgin bir ilişki vardır.

St=f * D/V ***Denklem 3-8 Strouthal Numarası***

f = Borunun frekansı (Hz)
D = Boru çapı m
V = Rüzgâr hızı m/s
S_t = Strouthal numarası, Reynold sayısı ile değişmektedir 0,22

Örnek: 10 m/s rüzgâr hızına sahip alanda ve borumuzun OD= 0,3238 m'lik bir olduğunda

VIV frekansı=V* S_t /D= 0.22*10/0.3238 = 6.79 Hz.

Ancak girdap frekans etkisi dış rüzgâr ile sınırlı değildir. Benzer etki boru boyunca akan sıvının herhangi bir engel ile karşılaştığında da alınır.

Boru üzerinde bir mili yükselmeyen Sürgülü Vana (non-rising stem gate valve) ve mil çapı 3,5 cm ve boru içerisindeki akışkan (su) hızı 10 m/s ise VIV frekansı 62,8 Hz olacaktır.

Borumuzun doğal frekansı 63.77 Hz olmasından dolayı rezonans oluşturacak kadar yakın olduğu unutulmamalıdır.

c. AKIŞ HIZINDAN GELEN TİTREŞİM

Bir borunun doğal frekansını (a) alt başlığında çözdük ve (b) alt başlığında rezonans uyarmasının yakındaki bir dönen ekipmandan mı yoksa girdap kaynaklı titreşimden mi çıktığını yukarıda değerlendirdik. Bu seçeneklerin hiçbiri rezonans sıklığını belirlemeye yaklaşamadıysa biraz başka nedenlere de bakmamız gerekir.

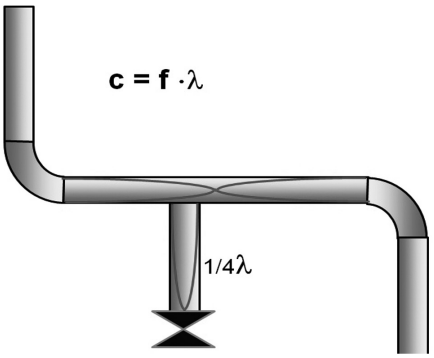
Süreç içinde çoğumuz, çalışan tesisatta (Özellikle petrol ve gaz veya rafineri tesisatta) borunun normal bir bölümü mükemmel çalışırken, **"aniden"** akış hızında hafif bir değişiklik dışında belirgin bir neden olmadan titreşmeye başlar. Borunun kütlesinde, ya da rijitliği de bir değişiklik olmadığından dolayı doğal frekans değişmemiştir. Pompanın da çalışma hızını değiştirilmediği ve VIV titreşiminde problem olmadığını kontrol edildiğinde, sorun frekansına yaklaşılmadığı tespit edilebilir.

Doppler etkisini anlamak için gürültü ve sesi iyi anlamamız gerekir. Ses konuştuğumuzda, yaklaşık 330 m/s hızda havada yolculuk yapar. Bu, 330 m/s hızla hızda ağzımızdan hava attığımız anlamına gelmez. Ses tellerimiz ağız boşluğunda titreşerek yüksek yoğunluktaki hava moleküllerini iterek ses oluşturur. Bu yüksek yoğunluklu ses dalgaları yanındaki havaya çarpar ve enerjiyi komşu hava moleküllerine aktararak geri yankılanır. Enerjinin bitişik hava moleküllerine iletilme hızı sesin hızıdır.

Ses (veya ses hızı) elastik bir ortamdan geçen ses dalgalarının hızını ifade eder. Gerçek hız ortama bağlıdır (örneğin, ses dalgaları suda, havadan daha hızlı hareket eder. Çünkü su daha yüksek bir yoğunluğa sahiptir). Özellikle, sıcaklık ile ortamın özellikleri de önemli faktörlerdir.

C=f*λ ***Denklem 3-9 Çeşitli Sıvılar İçin Ses Hızı***

C =Sıvıdaki ses hızıdır
f = Sesin frekansıdır
λ= Sesin yüksek basınçta titreşim alt üst sınır arasındaki dalga boyudur.



Şekil 3-16 Dalga Boyu Yankı ve Nötr Nokta

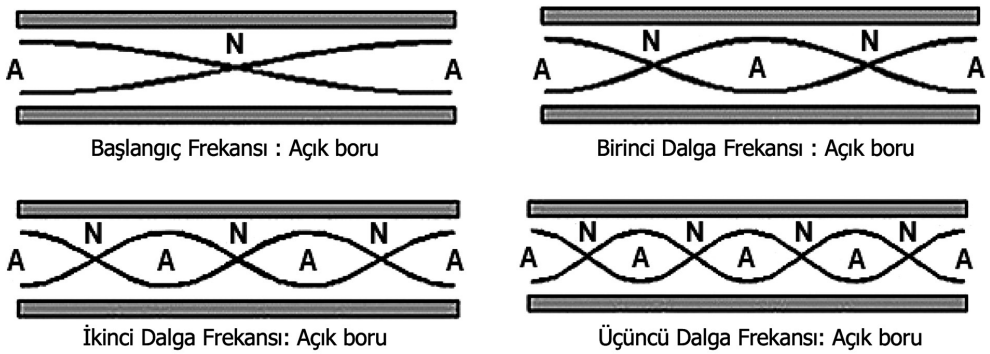
Borunun uzunluğu ile akışkanın dalga uzunluğu denk olduğunda durağan dalga oluşur (Standing wave), borunun uzunluğu ayarlanarak ve vana kullanılarak iki dirsek arasında yankılanması ile ayarlanabilir.

Yarım dalga boyu aslında dirsekler arasındaki mesafeden daha ileridedir (%15 civarı ekleyin). Kol ayrımının alt kısmındaki vana ile biten kol ayrımı çeyrek dalga boyu yaratır.

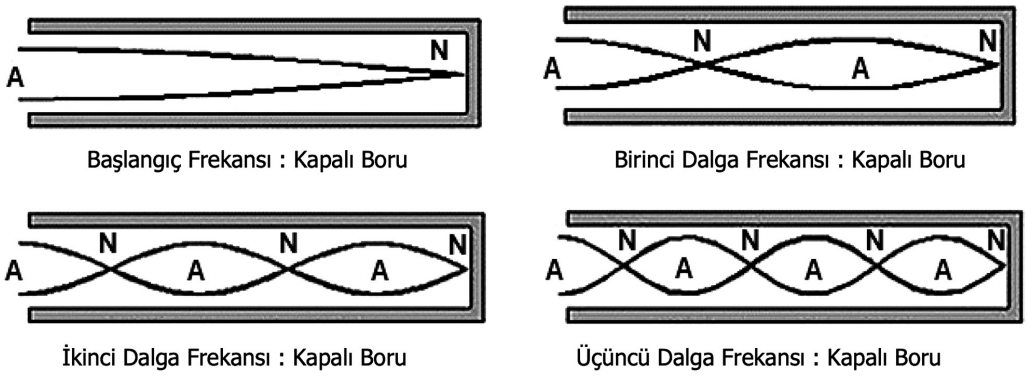
Şimdi borumuzdaki durağan dalga ve Doppler etkisini birleştirelim. Boru boyunca hareket eden sıvı veya gaz akışkan içindeki ses hızına göre akış hızını değiştirerek dalga boyunun değişmesine neden olur. Bu iki şekilde problem oluşturur.

1. Aynı frekansta bir zorlama titreşim varsa boru içinde sıvı rezonansı olur.
2. Eğer kol ayrımında oluşan dalganın frekansı, borunun mekanik bölümünün doğal frekansına yakınsa rezonans oluşturur.

AÇIK BORU



KAPALI BORU



Şekil 3-17 Çeşitli Boru Durumları için Harmonik Dalgalar

Durağan dalgalar sadece temel frekansta değil, aynı zamanda harmonik yankılarda da "overtones" oluşabilir.

Temel frekansı hesaplamak için C = f*λ kullanıyoruz, böylece 330 m/s ses hızı ve 10 m'lik uç düzeltmeli dalga boyu ile 33 Hz'lik temel bir tona sahip olacağız. Ama borudan sıvı akar akmaz dalga boyunu değişir. Yani, 33 m/s'de aksa, bu sesin görünür hızında %10'luk bir değişim anlamına gelir ve böylece yeni frekans (330+33) /10 = 36.3 Hz. olur.

Örnek: Doğalgaz Borusu 80°C'de 365 m/s ses hızı ile 22 MW doğal gaz taşıyor. Boru bölümümüz iki dirsek arasındaki kısmı 8,5 m uzunluğunda ve iki ucu açık/açık boruya denk gelen kısımda 8,5 m uzunluğa sahiptir. Böylece toplam 17 m dalga boyu verir. "Uç etki" düzeltmesi için bu uzunluğa %15 eklersek, 365/ (10*1,15) = 18,54 Hz. temel bir ton veya frekans elde edilir.

Boru içerisinde 20 m/s gaz akarken ve Doppler etkisi göz önüne alındığında bu frekansı 19.72 Hz olarak değişmektedir. Ama asıl endişe verici kılan ilk yankı (overtone) 39,45 Hz, ikinci yankı (overtone) 49,31 Hz ve üçüncü yankı (overtone) 78,9 Hz olarak *a* 78 Hz mekanik doğal frekansa yakın olmasıdır.

Bu noktada boru içerisindeki akışkanın değişikliğinin yanı sıra borunun et kalınlığı ve başka özelliklerine de bakmak gerekir.

Ses hızı bulunduğu ortam ile ilgili olarak değişiklikler gösterir demiştik; sırası ile bakarsak;

Sıvılar ve sıvı dolu dairesel borularda ses hızının hesaplanması için formüller aşağıdaki gibidir. Gazlar için tıkanmış akışın hesaplanmasında ve sıvı dolu sistemlerin basınç geçişi analizi için boru sistemlerinde seslerin hızı önemlidir.

a **:** Akışkan içinde ses hızı
D **:** Borunun iç çapı
E **:** Borunun elastik modülü
e **:** Boru et kalınlığı
K **:** Sıvının bulk modülü
L **:** Borunun uzunluğu
t **:** Basınç dalgası için seyahat süresi
ψ **:** Boru destek faktörü
v **:** Poisson Oranı Boru Malzeme

$$a = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

Denklem 3-10 Newton- Laplace rijit borular için ses hızı

$$a = \sqrt{\frac{1}{\rho\left(\frac{1}{K}+\frac{D\psi}{Ee}\right)}}$$

Denklem 3-11 Elastik cidarlı borular için ses hızı (hortum vb.)

Burada bir tablo ile çeşitli boru et kalınlığı, akışkan ile genleşme ve sabitleme durumuna göre parametreleri irdelemekte fayda var. Ayrıca D⁄e> 10 ise ince etli boru kabul edilir

Tablo 3-2 Elastik Boru Destek Tipleri ve Şekline Göre Boru Destek Faktör Hesabı

Durum	Boru destek faktör denklemi
İnce etli boru ve boyunca serbest genleşebiliyor	$\psi = 1$
İnce etli boru sadece baş tarafında sabitlenmiş ise	$\psi = 1 - 0{,}5\nu$
İnce etli boru boyunca sabitlenmiş ise	$\psi = 1 - \nu^2$
Kalın etli boru ve boyunca serbest genleşebiliyor	$\psi = \frac{2e}{D}(1+\nu) + \frac{D}{D+e}$
Kalın etli boru sadece baş tarafında sabitlenmiş ise	$\psi = \frac{2e}{D}(1+\nu) + \frac{D}{D+e}\left(1 - \frac{\nu}{2}\right)$
Kalın etli boru boyunca sabitlenmiş ise	$\psi = \frac{2e}{D}(1+\nu) + \frac{D}{D+e}(1-\nu^2)$
Dairesel bir tünel içerisinde ise	$\psi = \frac{2e}{D}(1+\nu)$

Bir sıvı için kütle modülü, basınç değişiminin hacimdeki göreli değişime oranı olarak tanımlanır. K , Bulk (sıvılar için kütle) modülüs için ortak kullanımlar şunlardır:

- Basınç dalgalarının dinamik modelleme ve dalgalanma analizi gibi önemli olduğu uygulamalar için yararlı olan sıvılar için ses hızının hesaplanması.
- Hidrolik sistemler için yanıt süresi gecikmesinin belirlenmesi.

0,1 MPa ve 20°C'deki çeşitli sıvıların özellikleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 3-3 Çeşitli Sıvılar İçin Bulk Modülüs Değerleri

Sıvılar	Eş sıcaklı KT MPa	İsentropik KS MPa
Sıvı	K(t)	K(s)
Etanol	896	1070
Benzen	1060	1540
Biyodizel (Kolza Yağı'ndan)	-	1733
Karbon Disülfür	1075	-
Karbon Tetraklorür	958	1410
Dizel Yakıt	-	1545
Gliserin	4510	4960
Gazyağı	1300	1440
Makine Yağı	1300	1510
Cıva	24800	28600
Su, Taze	2180	2200
Su, Tuz	2340	2370

Havada yaklaşık ses hızı (saniyede metre cinsinden) sıcaklığa bağlı olarak aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanabilir:

$C_{hava}=331{,}5+(0{,}6\times\vartheta)$ *m⁄s* **Denklem 3-12 Hava içerisinde Sıcaklık Bağımlı Ses Hızı**

ϑ Santigrat derece (°C) sıcaklıktır.

Aşağıdaki su, ses hızını belirlemeye çalışırken kolay bir referans noktası olarak derlenmiştir.

Tablo 3-4 Seçilen sıcaklıklar için su içerisindeki ses hızı

°C	m/s
0	1402
1	1407
2	1412
3	1417
4	1421

°C	m/s
5	1426
6	1430
7	1434
8	1439

Konu ile ilgili katı ve diğer sıvıların referans değerlerini EK-2 içerisinde bulabilirsiniz.

d. Metal Körükler ve Doğal Frekans

Titreşimin yüksek frekanslı ve düşük genlikli olduğu uygulamalarda metal körükler kullanılabilir. Pistonlu makinelerden kaynaklananlar gibi frekansın düşük ve genliğin yüksek olduğu titreşimler için uygun değildir. Basınç darbelerinin sonucu olan titreşimler, bir kompansatör takılarak giderilemez, çünkü basınç darbeleri akış ortamı yoluyla körük ötesine iletilir. Bu durumda, bir titreşim sönümleyicisi ekipmanı gereklidir.

Boru sistemi tasarımcısı, boru sistemindeki titreşim yüklerinin körüklerin işlevine olumsuz etki etmemesini sağlamalıdır. Tasarımcı, titreşim etkilerini azaltmada veya ortadan kaldırmada harici sönümleme cihazlarının veya sistem kütle ayarlamalarının kullanımını düşünmek isteyebilir.

Akış hızlarının yüksek olduğu yerlerde, körük bölümünde oluşan türbülanslı akış veya körüğün yukarı akışından kaynaklanan türbülans titreşime neden olabilir. Bu olguyu en aza indirmek için gömlekli (Liner) kullanılmalıdır.

1. Tek Körüklü Sistem

Titreşim olduğunda ve frekans bilindiğinde körükler, doğal frekansı (f_n) ve daha yüksek modları sistem frekansı ile çakışmayacak şekilde tasarlanmalıdır. Körükte bir rezonans tepkisini önlemek için, körüğün doğal frekansı, sistem frekansının 2/3'ünden az veya sistem frekansının 2 katından fazla olmalıdır.

Eksenel Titreşim: (Akordeon Modu)

$$f_n = C_n\sqrt{\frac{K_{sr}}{W}}\ (Hz)$$

Denklem 3-13 Tek Körük için Doğal Frekans

W = Takviye dahil körük ağırlığı (N). Sıvı ortam için, yalnızca kıvrımlar arasında bulunan sıvının ağırlığını dahil edin.

C_n =Tek körük eksenel ve yanal titreşim frekanslarının hesaplanmasında kullanılan sabit. Doğal veya temel frekans için C_1, ilk harmonik için C_2, gibi.

Tablo 3-5 Boğum Sayısına Bağlı Körük Doğal Frekans Değerleri

Boğum Sayısı	C1	C2	C3	C4	C5
1	8,84	-	-	-	-
2	9,51	17,7	23,1	-	-
3	9,75	18,8	26,5	32,5	36,2
4	9,75	19,1	27,8	35,4	41,6
5	9,81	19,3	28,4	36,8	44,2
6	9,81	19,4	28,7	37,5	45,6
7	9,81	19,5	28,9	38,0	36,6
8	9,81	19,5	29,1	38,0	47,1
9	9,81	19,5	29,1	38,5	47,5
10 ve üstü	9,81	19,6	29,2	38,6	47,8

Yanal Titreşim:

$$v = \frac{C_n \cdot D_m}{L_b} \cdot \sqrt{\frac{K_{sr}}{W}} \text{ (hz)}$$

Denklem 3-14 Yanal Titreşim

C_n için değerler;

C_1 =24,8 C_2 =68,2 C_3 =133 C_4 =221 C_5 =330

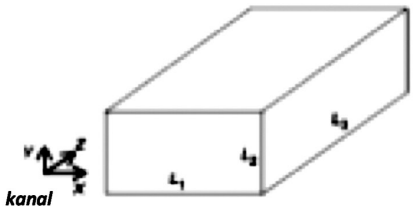
Derleyen Notu: Yukarıdaki tabloda dikkat edilmesi gereken en önemli konu, körüklü titreşim yutucu kullanılıyor ise 5 boğumlu üzerindeki tüm körük boğum sayılı olan titreşim yutucular 5. Kritik hızda (harmonik) titreşimi sönümlemek yerine artırma ve rezonans eğilimi göstermeleridir.

3.2.2. Hava Kanalları Doğal Frekans Hesapları

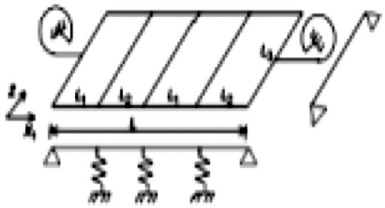
Isıtma, havalandırma ve klima sistemlerinde çeşitli kenet ve imalat şekillerinde yoğun olarak kullanılan hava kanalları, genelde malzeme kalınlığı ile ilgili olarak özellikle akustik GÜRÜLTÜ VE SES FREKANSLARI başlığı altında incelenecektir. Ayrıca malzeme transferi ile ilgili olarak toz toplama sitemlerinde kullanılan daha kalın etli özellikteki silindirik yapıda olan kanallarda doğal frekans hesapları öne çıkmaktadır.

Genel olarak klima santralları (AHU üniteleri) tarafından üretilen ses dalgaları, dikdörtgen kesitli kanallarda, eliptik ve dairesel kesitli kanallara göre daha düşük rijitliği olduğundan dolayı, enine ve aksiyel (eksenel) yönde daha fazla ses/gürültü iletir. Patlama sesi genelde düşük frekansta etkili olarak hissedilir. Yanal doğrultuda ses üretimi, kritik olarak kanal akustiği ve imalat şekline bağlı olarak rol oynar. Öncelikle temel olarak kanal yapısı için bağlantı metotları ile baktığımızda, doğal frekans hesapları için sonlu elemanlar analiz metotlarının (FEM) öne çıktığı, Rayleigh-Ritz[17] statik konsol hesap metodunun ise aralara konulan destekler dahil dikdörtgen kanal hesaplarının daha emniyetli olarak hesaplandığı görülmüştür. Diğer öne çıkan konu ise kanal imalatındaki en/boy oranıdır, özellikle birbirlerine yakın ölçüde olan kenar uzunlukları doğal frekans için düşük değerleri, artan fark ise yüksek doğal frekans değerlerine sebep olur.

Rayleigh-Ritz metot ve FEM (ANSYS) aksiyel yünde dört 4 kent tipi için sonuçlar karşılaştırıldığında statik konsol fonksiyonlarının kabul edilebilir sonuç verdiği görülmüştür. Örnek olarak farklı modlar için farklı en-boy oranına göre farklı kenet türleri aşağıdaki tablolarda verilmiştir. Kanal boyunca basit tipik kenetli (Simple-Simple (S-S)), flanş kelepçeli (Clamped-Clamped (C-C)), yapma flanş basit kelepçeli (Clamped-Simple (C-S)) ve flanş-serbest (Clamped-Free (C-F)) bağlantı şekilleri için hesaplanan doğal frekanslar sırasıyla aşağıdaki şekil ve tablolarda verilmiştir.[18]



Şekil 3-18 Şematik Kanal Çizimi



Şekil 3-19 Katlanmamış Basit Desteklenmiş Dikdörtgen kanal

---

[17] *Rayleigh-Ritz yöntemi, özellikle matris diferansiyel denklemleri olarak ifade edilebilen fiziksel sınır değeri problemlerinin çözümü bağlamında, analitik olarak çözülmesi zor olan eigenvalue denklemlerine yaklaşımlar bulmanın sayısal bir yöntemidir. Makina mühendisliğinde, uygun sönümleme kılavuzunu yapmak için bir yapının rezonans frekanslarını bulmak gibi fiziksel bir sistemin eigenmodes'unu yaklaşık olarak belirlemek için kullanılır.*

[18] *Free Vibration Analysis of a Rectangular Duct with Different Axial Boundary Conditions Pruthviraj Namdeo Chavan and B. Venkatesham Department of Mechanical Engineering, Indian Institute of Technology Hyderabad, Ordnance Factory Estate, Yeddumailaram, 502205, A.P., India.- International Journal of Acoustics and Vibration, Vol. 20, No. 1, 2015*

Tablo 3-6 S-S Kenetli Dikdörtgen Kanal İlk 5 Doğal Frekans Hesap Karşılaştırılması

Sr. No.	Statik Konsol Metodu	Lee Makale[19] Sonuçları	Transfer Matris Metodu	FEM Sonuçları
1	97.97	97.97	97.87	97.87
2	113.16	113.16	113.04	113.03
3	129.81	129.82	125.47	126.81
4	138.76	138.76	138.62	138.59
5	141.41	141.41	140.05	139.88

Tablo 3-7 C-C Kenetli Dikdörtgen Kanal İlk 5 Doğal Frekans Karşılaştırılması

Sr. No.	Statik Konsol Metodu	FEM Sonuçları
1	99.27	99.16
2	117.98	117.79
3	130.79	128.32
4	145.27	143.93
5	148.43	148.19

Tablo 3-8 C-S Kenetli Dikdörtgen Kanal İlk 5 Doğal Frekans Karşılaştırılması

Sr. No.	Statik Konsol Metodu	FEM Sonuçları
1	98.57	98.46
2	115.39	115.24
3	130.26	127.53
4	143.19	141.76
5	143.34	143.11

Tablo 3-9 C-F Kenetli Dikdörtgen Kanal İlk 5 Doğal Frekans Karşılaştırılması

Sr. No.	Statik Konsol Metodu	FEM Sonuçları
1	94.15	93.65
2	104.69	104.30
3	125.83	125.18
4	127.45	-
5	135.32	132.10

Farklı metotlar kullanılsa da alüminyum kanal için yapılmış hesapların neredeyse hepsi için birbirlerini teyit eden %95 hassasiyette sonuçlara ulaşılmıştır. Hesaplar için Şekil 2-8 Şematik kanal çizimi;

$L1$ = 0.4 m, $L2$ = 0.3 m, $L3$ = 1.5 m

Plaka kalınlığı h = 0.005 m,

Elastisite katsayısı E = 71 GPa, Alüminyum için

Poisson's oranı, v = 0.29, malzeme cinsine bağlı parametre

$v = \frac{-\varepsilon_{Boyuna}}{\varepsilon_{Genişlik}}$ = (Boyuna Değişim Kuvveti/Enine Değişim Kuvveti) her malzeme için farklıdır.

Yoğunluk, ρ = 2770 kg/m^3,

Frekans f = Hz.

[19] *Lee H. P., Natural frequencies and modes of cylindricalpolygonal ducts, Journal of Sound and Vibration, 164, 182-187, (1993).*

Ayrıca hesapları bir de kanal kenarlarının birbirine göre olan durumları (kanal genişliğinin yüksekliğine (S_1) veya tam tersi) ile kanal kesiti çevre ölçüsünün, kanal boyuna oranı (S) ve sabit değer (λ_0) aksiyel kenet tiplerine göre Tablo 3-2-5 kullanılarak, boyutsuz olarak frekans (λ) (0,25-,0,50-,075- ve 1) değerlerinin kombinasyonu olarak %95 doğrulukta tablolardan okunabilir ve herhangi bir malzeme için *E, v, ρ değerlerini kullanarak ilk ve sonraki doğal frekansları, proğram kullanmadan da hesaplanabilir.*

$$f_n = \frac{\lambda}{2\pi * L_3^2} \sqrt{\left[\frac{E * h^2)}{12\rho(1-\nu^{2)}}\right]} Hz$$

Denklem 3-15 Kanal Doğal Frekansı

$$\lambda = \lambda_0 * S^{-1,96} * S_1^{0,31}$$

Denklem 3-16 Boyutsuz Frekans Parametresi

Tablo 3-10 Kenet Tiplerine Göre 'λ_0 'Sabit Değer Tablosu

Aksiyel Sınır Koşulları	'λ_0 ' Sabit Değer
S-S	169
C-C	171.5
C-S	170
C-F	165

Tablo 3-11 S-S Kenet Koşulları için Boyutsuz Frekans Parametreleri (λ)

Mod no.	S1 ↓ \ S →	0.25	0.5	0.75	1
1	0.25	1678.81	424.56	192.37	111.19
2		1698.35	444.75	213.57	130.32
3		1731.41	480.53	227.03	133.55
4		1779.04	503.55	245.79	150.33
1	0.5	2066.62	522.62	236.72	136.69
2		2090.51	546.78	261.36	161.90
3		2130.53	588.06	295.12	168.77
4		2187.11	647.61	304.25	189.31
1	0.75	2409.82	609.41	276.02	159.34
2		2437.71	637.34	304.05	187.50
3		2484.11	684.12	351.20	211.54
4		2549.40	750.01	370.74	233.18
1	1	2536.54	641.52	290.61	167.78
2		2566.14	671.13	320.21	197.39
3		2615.41	720.48	369.56	246.74
4		2684.52	789.57	438.65	254.14

Tablo 3-12 C-C Kenet Koşulları için Boyutsuz Frekans Parametreleri (λ)

Mod no.	S1 ↓ \ S →	0.25	0.5	0.75	1
1	0.25	1679.71	426.02	194.49	114.12
2		1701.64	450.18	221.69	132.86
3		1739.22	492.66	228.86	144.41
4		1790.91	504.81	252.95	160.12
1	0.5	2067.81	524.15	238.81	139.48
2		2094.34	552.26	269.08	171.01
3		2139.32	600.20	296.77	171.96
4		2200.11	657.45	320.45	197.92
1	0.75	2411.15	611.05	278.14	162.07
2		2441.91	643.01	311.65	197.15
3		2494.03	696.64	367.04	213.58
4		2563.62	769.22	372.31	240.96
1	1	2537.91	643.21	292.76	170.52
2		2570.52	676.93	327.85	206.98
3		2625.82	733.28	385.44	256.09
4		2699.31	808.97	447.52	261.29

Tablo 3-13 C-S Kenet Koşulları için Boyutsuz Frekans Parametreleri (λ)

Mod no.	S1 ↓ \ S →	0.25	0.5	0.75	1
1	0.25	1679.23	425.22	193.32	112.46
2		1700.02	447.36	217.33	131.43
3		1735.07	486.24	227.84	138.50
4		1784.83	504.12	249.11	154.78
1	0.5	2067.24	523.31	237.67	137.93
2		2092.51	549.47	265.01	166.55
3		2134.62	593.78	295.86	169.76
4		2193.55	656.79	311.88	193.27
1	0.75	2410.47	610.15	276.98	160.56
2		2439.91	640.18	307.70	192.02
3		2488.83	690.04	358.68	212.45
4		2556.35	759.26	371.44	236.80
1	1	2537.11	642.28	291.58	169.01
2		2568.42	674.05	323.90	201.91
3		2620.36	726.50	377.07	255.02
4		2691.81	798.94	446.67	255.68

Tablo 3-14 C-F Kenet Koşulları için Boyutsuz Frekans Parametreleri (λ)

Mod no.	S1 ↓ \ S →	0.25	0.5	0.75	1
1	0.25	1673.84	419.56	187.35	106.12
2		1687.01	433.38	201.87	121.26
3		1714.45	462.46	222.62	125.87
4		1777.71	499.18	232.96	139.24
1	0.5	2060.52	516.49	230.60	130.58
2		2076.94	533.24	247.76	148.15
3		2109.71	567.12	282.94	164.01
4		2152.16	616.66	290.38	177.96
1	0.75	2402.53	602.24	268.88	152.23
2		2419.63	621.66	288.55	172.15
3		2450.82	660.51	327.82	206.34
4		2506.91	719.04	365.55	211.42
1	1	2528.80	633.90	283.02	160.24
2		2549.34	654.50	303.83	181.26
3		2590.37	695.72	345.11	222.43
4		2651.32	756.99	407.09	248.42

Kanal genişliğinin yüksekliğine oranı (S_1) / kanal kesiti çevresi ölçüsünün kanal boyuna oranı (S) için (S_1) 0,25-0,50-075-1 değerleri için yukarıdan aşağı kolonlarda (en x boy) oranı eşitlendiğinde her dört kritik hız için (λ) frekans parametreleri büyümektedir. Aynı şekilde *kanal kesitinin çevresinin ölçüsünün kanal boyuna oranı* (S) 1-0,75-0,50-025 satırda ters yönde gidildikçe her dört kritik hız için (λ) büyümektedir.

SONUÇ: Herhangi bir kanalın (S_1) oranı 1'e yaklaştıkça f_n doğal frekans yükselmekte ve kanal kesitinin çevresinin ölçüsünün kanal boyuna oranı (S) oranı da 0,25'e yaklaştıkça f_n doğal frekans yükselmekte olup seçtiğiniz fan devri ve yaratacağı (bir sonraki kısımda detaylandıracağımız) ses ve gürültü frekanslar değerlerini de göz önüne alarak tasarlanmalıdır.

3.2.3. Tesisat Ekipman Doğal Frekans Hesapları

Konu ile ilgili tüm tesisat ekipmanları için yukarıda örneklenen metotlar kullanılarak veya FEM hesapları ile doğal frekanslar hesaplanabilir. Ayrıca imalatçılar tarafından titreşim ve akustik ses değerleri kullanılarak oluşturulan tablolar kullanılmak sureti ile çeşitli ekipmanların bina veya tesisat sistemlerine aktardıkları doğal frekans titreşimleri içinde sönümleme ve izolasyon yapmak mümkündür.

Bir sonraki 4. Kısım içerisinde kabul edilebilir titreşim sınırları ve alınacak tedbirlere de bakacağız.

Ayrıca ilerleyen kısımlarda depremsel hesapların yapılması zorunlu olan bina ve zemin yapılarına tekâmül eden PGA, PGV, PGD ve devrilme momentleri ile konuyu irdelemeye devam edeceğiz.

3.3. GÜRÜLTÜ VE SES FREKANSLARI

Mekanik ve elektrik sistemlerinin tasarımında, kurulumunda, kullanımında ses ve titreşim kontrolü temel prensipleri uygulanıyorsa kullanıcı kabul olasılığı yüksek olan uygun gürültü ve titreşim seviyeleri sağlanır. Temel tanımlar ve akustik terminolojisinde, sese insan tepkisi, akustik tasarım hedefleri ve titreşim yalıtımı temelleri de dahil olmak üzere temel ilkeler tarif edilmektedir. Bu yayında her türlü teorik kısım üzerinden sadece bilgi düzeyinde açıklama yapacağız, konu ile ilgili detay ve derin bilgi *"ASHRAE El Kitabı-HVAC Uygulamaları Bölüm 8[20]"de mevcuttur.*

HVAC sistemlerinin ve ekipmanlarının tasarımında dikkat edilmesi gereken temel birincil amaç, belirli bir alandaki akustik ortamın çeşitli insan faaliyetleri için kabul edilebilir olmasını sağlamak için gürültü ve titreşimi doğru değerlendirmektir. Herhangi bir **kaynak** tarafından oluşturulan ses ve titreşim, bir veya farklı **yollar** boyunca **alıcıya** iletilir. Sesi yöneltmek ve seste değişikliklere neden olmak, istenmeyen gürültüyü ve titreşimi azaltmak için bu unsurların herhangi birine veya tümüne uygulanabilir yöntemlerdir, ancak genellikle kaynaktaki gürültüyü **kaynakta** azaltmak en etkili ve en ucuz maliyetli yöntemdir.

Öncelikle ses ve gürültü frekansları için başlangıç noktası bir referans birim veya birimler tanımına ihtiyaç var. Desibel (dB) ses seviyesinin ölçüsü, mikro paskal 20 uPa desibel ses basınç düzeyi veya picowatt, pW ses güç düzeyi için tanımlanan ve başvurulan ölçü birimleri olması yanında, dBA ise "A" ağırlıklı ses seviyesi anlamına gelmekte ve bundan sonra kitap içerisinde çokça karşılaşacağımız tarif ve kısaltmaları ifade eder.

Ses, bir akışkanda (gaz, sıvı) veya katı bir maddede yayılan dalgaların yarattığı bir etkileşimdir. Havadaki ses, *havadan gelen ses* veya sadece ses denir. Titreşen bir yüzey veya türbülanslı akış tarafından üretilir. Katılardaki sese, genellikle yapı kaynaklı ses denir. HVAC sistem tasarımında hem havadan hem de yapı üzerinden iletilen ses yayılımı önemlidir.

Gürültü ise gerek insan kulağını gerekse katı, sıvı veya hava (gaz) ortamlarda iletilen ve rahatsız edici ses şiddetidir.

Picowatt (pW) 10^{-12} Watt, Mikropaskal (uPa, µPa) 10^{-6} Newton/metre^2

Ses verileri ise 63 ile 8000 Hz. arasında, sekiz oktav bandında dB cinsinden ses gücü veya ses basıncı değerleri dB(A) olarak tarif edilir.

Ses seviyesi

Ses ve titreşim fiziksel özelliklerinin büyüklüğü hemen hemen her zaman düzeyleri ifade edilir. Aşağıdaki denklemlerde gösterildiği gibi L düzeyi (seviyesi) güç fiziksel bir özelliğin büyüklüğü bir oranı ortak (baz 10 logaritmaya dayanmaktadır, birim alandaki şiddet veya enerji özelliği aynı tür bir referans büyüklüğü:

$$L = 10\,log\left[\frac{A}{A_{ref}}\right]$$ ***Denklem 3-17 L Ses Seviyesi (Düzeyi)***

Burada A ilgi fiziksel özelliğinin büyüklüğü ve A_{ref} referans değeridir. Oranın boyutsuz olduğunu unutulmamalıdır.

LA_{eq} için Oktav bantları L_{eq} (ses seviyesi yerine) olarak ölçülür. Genel dB(A) değerini hesaplamak için tüm gürültü enerjisini bir araya toplamamıza olanak sağladığından bu önemlidir.

Oktav bantları tarafından toplanan verilerin ses seviyesi ölçerdeki genel dB(A) değerini hesaplamak için kullanılan verilerle aynı olup olmadığıdır. LAeq'nin ses seviyesi ölçerde hesaplanmasında 10Hz'den 20 kHz'e kadar uzanan bir *A-ağırlık* filtresi kullanılırken, oktav bant filtreleri sadece 63Hz ile 8 kHz arasında merkez

[20] *ASHRAE HANDBOOK APPLICATION CHAPTER 8 2019*

frekanslarını kapsayabilir. Ölçülen gürültü bu bantların dışında önemli miktarda gürültü içeriyorsa, hesaplanan değerler ölçülen değerlerden önemli ölçüde farklı olabilir.

İdeal olarak 31Hz'den 16kHz'e kadar her oktav bandının değerlerine ihtiyacımız olduğu ve bunların herhangi bir şekilde frekans ağırlıklı olup olmadığını da bilmemiz gerekiyor.

1:1 veya 1:3 oktav bantlarını ölçmenin en iyi yolu, ölçümden sonra düzeltmeleri uygulamak için herhangi bir frekans ağırlığı kullanmamaktır. Bu genellikle eski ses seviyesi ölçerler ile ilgili bir sorun olup ölçüm sırasında cihaz ya aşırı yük veya az aralık ile oluşan herhangi bir sorunu önler.

Ayrıca, elimizde veri bulunan her frekans için *A-ağırlık* için düzeltmeleri de bilmemiz gerekir.

Örnek bir hesaplama

Aşağıda yeni nesil ses seviyesi ölçer ile LZeq veya Leq dB(Z) olarak ölçülen gürültü seviyeleri verilmiştir:

Frekans (Hz)	31.5	63	125	250	500	1kHz	3kiz	4kHz	8kHz	16kHz
Düzey (dB)	70.9	78.4	83.3	87.6	87.3	93.5	93.8	97.0	99.9	98.2

Bir sonraki adım, ölçülen düzeylere *A-ağırlık* düzeltmeleri eklemektir:

Frekans (Hz)	31.5	63	125	250	500	1kHz	3kiz	4kHz	8kHz	16kHz

A-Ağırlık

Düzeltme (dB)	-39.4	-26.2	-16.1	-8.6	-3.2	0	1.2	1	-1.1	-6.6
Düzey (dB)	70.9	78.4	83.3	87.6	87.3	93.5	93.8	97	99.9	98.2
Sonuç (dB)	31.5	52.2	67.2	79	84.1	93.5	95	98	98.8	91.6

Şimdi elde edilen değerlerin her birini almalı ve her biri için bir hesaplama yapmalıyız. Öncelikle her değeri 10'a bölmemiz ve sonra her değeri anti-log'a bölmemiz gerekir. Bunu yapmanın en basit yolu, L'nin her frekanstaki değerin olduğu formül 10 ^(L/10)'u kullanmaktır.

Şimdi tüm bu değerleri bir araya getiriyoruz, bu değeri kaydediyoruz ve son dB(A) değerini vermek için 10 ile çarpıyoruz.

Bu adımlar, bu ses ölçümünün genel dB(A) değerini hesaplamamızı sağlar ve sonunda sahip olduğumuz değer 103.2dB(A).

Ses Basıncı ve Ses Basıncı Seviyesi

Havadaki ses dalgaları atmosfer basıncının üstünde ve altındaki basınç değişimleridir. **Ses basıncı** Paskal (Pa) cinsinden ölçülür.

İnsan kulağı ses basınçları geniş bir yelpazede yanıt verir. Ağrı eşiğine işitme eşiği yaklaşık 10^{14}: 1 oranındadır. **Tablo 3-15** çeşitli kaynaklar tarafından kaynaktan belirli mesafelerde ses basıncının yaklaşık değerlerini verir.

Tablo 3-15 ses basıncı aralığı o kadar büyüktür ki bu değerin logaritması ile orantılı bir ölçek kullanmak daha uygundur. Bu nedenle, **desibel** (dB) ölçeği akustik miktarları sunmak için tercih edilen yöntemdir. Ses düzeyleri ses basınçları yapmak ses büyüklüğüne insan tepkileri ile daha iyi ilişkili olduğu için güç düzeylerini açıklar, şiddet ve enerji, ses basıncı ve titreşim ivme gibi diğer fiziksel özellikleri, karesi ile orantılıdır.

Bir ses basıncına karşılık gelen **Ses Basıncı Seviyesi, L_p**

$$\boldsymbol{Lp} = 10\,\boldsymbol{log}\left[\frac{P}{P_{ref}}\right]^2 = 20\,log\left[\frac{P}{P_{ref}}\right] \qquad \textit{Denklem 3-18 Ses Basıncı Seviyesi}$$

P paskal, akustik basıncın ortalamanın karesinin, kare kök (RMS) değeridir. Kök ortalama kare akustik basınç oranının karesi zaman ortalamasının kare köküdür. Oran (P/P_{ref}) yoğunluk veya enerji ile orantılı miktarları elde etmek için karesi alınır. Parantez içindeki terim boyutsuz olması için bir referans değeri gereklidir. Havadaki ses basınç düzeyleri için, referans basınç P_{ref} 20 µPa, ile saf bir ses tonu ile iyi işitme sahibi genç bir kişi için işitme yaklaşık eşiğine 1000 Hz frekansı karşılık gelir.

Desibel ölçeği ses ile ilgili birçok farklı tanımlayıcılar için kullanılır: Kaynak gücü, belirli bir yerdeki ses düzeyi ve yayılma yolları boyunca azalma veya artma durumu. Tanımlanan her üçü için farklı bir referans değeri vardır. Bu nedenle ***desibel*** veya düzey teriminin kullanıldığında ne ifade ettiğinin farkında olmak önemlidir. Çoğu akustik ses miktarı için, uluslararası kabul görmüş bir referans değeri vardır. Bir referans değeri her zaman açıkça söylenmese bile ne ifade ettiği anlaşılır. Ses basıncı seviyesini ölçmek nispeten daha kolaydır ve bu nedenle çoğu gürültü kodları ve kriterleri içinde tanımlamakta kullanılır. (İnsan kulağı ve mikrofonlar basınç hassasiyetine sahiptir). *Ses basınçlarına karşılık gelen için ses basıncı düzeyleri* de aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Ses Gücü ve Ses Gücü Düzeyi

Bir kaynağın ses gücü akustik enerji emisyon oranıdır ve watt cinsinden ifade edilir. Ses gücü çalışma koşullarına bağlıdır, ancak gözlem yerinin kaynaktan veya çevreden uzaklığı değildir. Ortak kaynaklar için yaklaşık ses gücü çıkışları Tablo 3-15'te verilmiştir. Ses gücü seviyesi, Lw için güç referansı 10−12 W veya 1 picowatt'tır. Bu nedenle ses gücü düzeyinin tanımı :

$$L_w = 10\,log\left(\frac{W}{10^{-12}}\right)$$ *Denklem 3-19 Ses Gücü Seviyesi*

Tablo 3-15 Tipik Ses Basınçları ve Ses Basıncı Düzeyleri

Kaynak	Ses Basıncı Pa	Ses Basınç Seviyesi, dB re 20 µPa	Öznel Reaksiyon
Askeri jet kalkış 30 m	200	140	Aşırı tehlike
Topçu ateşi 3 metre	63.2	130	
Yolcu jeti kalkış 15 m	20	120	Acı eşiği
Gürültülü Rock grubu	6.3	110	Rahatsızlık eşiği
Otomobil kornası 3 m	2	100	
Büyük dizel motor sesi 40 mesafede	0.6	90	Çok yüksek sesle
Hızlanan dizel kamyon 15 mesafede	0.2	80	
Yük treni 30 m'de	0.06	70	Yüksek sesle
Karşılıklı konuşma 1 mesafede	0.02	60	
Pencere kliması 3 m	0.006	50	Orta
Sakin yerleşim alanı	0.002	40	Sessiz
Fısıltılı konuşma 2 m	0.0006	30	
Böcek uğultusu 1 m	0.0002	20	Fark edilir
İyi işitme eşiği	0.00006	10	Zayıf
Mükemmel genç kulağı işitme eşiği	0.00002	0	İşitme eşiği

Duyulabilir frekans aralığı engelli olmayanlar için yaklaşık 20 Hz ile 20 kHz'e kadar olan değer aralığındadır. Bazı durumlarda duyma seviyesi alt sınırın altındaki (Infrasound) (<20 Hz) veya ultrason frekans üzeri (>20 kHz) değerler önemlidir, ancak bu frekans bölgeleri için yöntem ve enstrümanlar özeldir.

Kaynağı tarafından yayılan ses gücü W (Watt) olarak ifade edilir. (Bir kaynak tarafından yayılan ses gücü ile kaynağın tükettiği güç aynı değildir. Tüketilen gücün sadece küçük bir kısmı sese dönüştürülür. Örneğin, 100 W olarak anılan hoparlör %1-5 verimlilikle ancak sadece 1-5 W ses gücü üretir). Burada unutulmaması gereken ses gücü seviyesinin referans ses gücü oranına logaritmik on kat ve ses basıncının, referans ses basıncına oranı logaritmik 20 kat olduğu hatırlanmalıdır.

Çoğu mekanik ekipman ses gücü düzeyleri açısından derecelendirilir, böylece yapılan karşılaştırma odadaki mesafe ve akustik koşullardan bağımsız olarak ortak bir referans kullanılarak yapılabilir. Konu 4.kısımda daha detaylı tablolar ve referanslar ile verilecektir.

Ayrıca ses şiddeti, ses yutumu, artırımı ve üst üste gelen seslerin nasıl toplanacağı konularına da değindikten sonra bu kısım için diğer konulara devam edilmeyecektir.

Tablo 3-16 Ses Gücü Çıkışları ve Ses Gücü Düzeyleri Örnekleri

Kaynak	Ses Gücü, W	Ses Gücü Seviyesi, dB re 10^{-12} W
Büyük roket fırlatma (örn. uzay mekiği)	10^{8}	200
Kalkışta jet uçağı	10^{4}	160
Büyük boru Org sesi	10	130
Küçük uçak motoru	1	120
Büyük HVAC fanı	0.1	110
Otoyolda ağır kamyon	0.01	100
Ses, bağırarak	0.001	90
Çöp öğütme makinası	10^{-4}	80
Ses, konuşma düzeyi	10^{-5}	70
Elektronik ekipman havalandırma fanı	10^{-6}	60
Ofis havalandırma difüzörü	10^{-7}	50
Küçük elektrikli saat	10^{-8}	40
Ses, yumuşak fısıltı	10^{-9}	30
Yaprak hışırtısı	10^{-10}	20
İnsan nefesi	10^{-11}	10

Ses Düzeylerini Birleştirme

Her kaynaktan gelen ses düzeylerinden veya birden çok kaynaktan gelen ses düzeylerini belirlemek için ses yoğunluklarının (düzeyler değil) eklenmesi gerekir. Böylece, ses düzeyleri ilk yoğunluklarını bulmak için ***ses yoğunluklarına*** dönüştürülmelidir ve ses yoğunlukları toplandıktan sonra tekrar ***ses düzeyine*** dönüştürülür, bu yüzden birden fazla ses düzeyi kombinasyonu L_1, L_2, vb aşağıdaki formül ile ses düzey L_{toplam} üretir.

$$L_{toplam} = 10\ log\left(\sum_i 10^{L_i/10}\right)$$ ***Denklem 3-20 Ses Düzeylerinin Toplanması***

Ses basıncı seviyesi için Lp, $10^{L_i/10} \cong P_i^2/P_{ref}^2$ ve L_i için ***i***. kaynağı için ses basıncı seviyesidir.

Daha basit olarak doğru yöntem Tablo 3-17'de özetlenmiştir. Bu yöntem, kesin olmasa da 1dB veya daha az hatalarla sonuçlanır. Ses düzeyleri için bir dizi işlem sonraki en büyük düzey ile birleştirerek kısaltılabilir, daha sonra üçüncü büyük ile bu toplamı birleştirerek, daha sonra dördüncü büyük ve böylece kalan düzeylerin kombinasyonu toplamda 10 dB düzey altına kadar devam ettirilir.

Tablo 3-17 İki Ses Düzeyini Birleştirme Kuralı

Birleştirilecek ses düzeyleri arasında fark, dB	ila 1	2 ila 4	5 ila 9	10 ve Fazla
Kombine seviye elde etmek için en yüksek seviyeye eklenecek desibel sayısı	3	2	1	0

Denklem 3-20 ve Tablo 3-17'te tarif edilen işlem prosedürleri, tek tek ses düzeyleri yüksek korelasyonda değilse geçerlidir, herhangi bir HVAC sistemlerinde karşılaşılan çoğu ses için kural doğrudur. Bir önemli istisna saf ses tonlarıdır. İki veya daha fazla ses sinyali aynı frekansta saf ton içeriyorsa, iki kombine tonun toplam ses basıncı düzeyini bulmak için, basınçlar (dalga genliği ve fazı) ve seviyenin (20 log) eklendikten sonra toplam

alınmalıdır. Birleştirilmiş ses düzeyi, sadece her ton için (basıncın genliği) değil, aynı zamanda tonlar arasındaki faz farkının da bir fonksiyonudur. Eşit genlik ve frekanstaki iki tondan oluşan birleşik ses seviyeleri sıfır ile (tonlar faz 180° dışında ise) her iki ses ton seviyesinden 6 dB'e (tonlar tam olarak aynı fazdaysa) kadar değişebilir. Benzer genlikte iki ton frekans olarak çok yakın ama tam olarak aynı olmadığında, tonlar faza girip çıktıkça birleştirilmiş ses seviyesi salınım yapar. Bu salınım etkisi iki ton arasındaki frekans farkının tersine eşit bir süre ile duyulabilir akustik "vuruş" oluşturur.

Bireysel kaynaklar tarafından oluşturulan ses düzeylerinin ölçümleri arka plan gürültüsü (ilgi alanı dışındaki kaynaklardan gelen gürültü) varken yapılır. Böylece ölçüm, kaynaktan gelen ve arka plandaki sesleri içerir. Arka plan gürültüsünü kaldırmak isterseniz geceleyin duyduğunuz tüm seslerin verdiği rahatsızlık ile karşılaşırsınız. (Sessizlikte duyulan horlama sesi veya su damlama sesi, vb.) Eğer arka planda olan sesi çıkartmak isterseniz, kaydedilmemiş ve arka plandaki ses basıncının karesini, kaynak ve arka plan gürültüsünün birleşimi için ses basıncının karesinden çıkarılması gerekir.

$$L_t = 10\,log\left(10^{L_{Toplam}/10} - 10^{L_{arkaplan}/10}\right)$$ ***Denklem 3-21 Ses Düzeylerinin Toplanması***

$L_{arkaplan}$ ilgi kaynağı (alıcı) ile ölçülen arka plan ses basınç seviyesidir.

Kaynak açık ve kapalı düzeyleri arasındaki fark 10 dB'den büyükse arka plan gürültü düzeyleri, kaynakla ölçülen düzeylerdeki arka plan gürültüsünün etkisinin göz ardı edilebilecek kadar düşük türdedir. Örnek, İstanbul Maslak'ta 85 dB olan araç trafiği gürültüsünde olan sürücünün cam açıkken radyosunda dinlediği müziği bir düşünün. (arka plan sesi bastırabilmek için daha yüksek sesli dinlemesi gerekir)

Akustik Rezonanslar

Akustik rezonanslar bir oda veya HVAC plenum gibi kapalı hacimlerde meydana gelir ve mekanik rezonanslar bir kanal cidarının doğal titreşim frekansında meydana gelir. Rezonanslar, uyarmaya sistem tepkisinin yüksek olmaya yatkın olduğu ayrık frekanslarda daha çok görülür. Rezonansı önlemek için rezonansların meydana geldiği frekanslar, özellikle kaynaklardaki ayrık frekans tonları bilinmeli ve kaçınılmalıdır. Ses ton gürültüsünün frekansını, gürültünün yayıldığı alanın rezonans frekanslarıyla denk getirmekten kaçınmak gerekir.

Rezonans sırasında hacim içindeki çoklu yansımalar minimum basınç tonunda ve maksimum basınçta antinodlarla duran dalga modeli (mod şekli olarak adlandırılır) oluşturur. Her bir sallanma (minimum akustik basınç) ve antimodlar (maksimum akustik basınç) arasındaki aralık rezonans sıklığı için akustik dalga boyunun dörtte biridir.

Gürültü

Gürültü kavramı, herhangi bir istenmeyen ses veya kulağı tırmalayan ses olarak tanımlanabilir. Ses, aşağıda tanımlanan örneklerde insan kulağı için gürültüye dönüşmüştür.

- Çok yüksek ses: Ses rahatsız eder veya konuşmayı anlamak kolay olmaz,
- Aniden ve beklenmedik ses (örnek; cam kırılma sesi),
- Kontrolsüz ses (örnek; çim biçme makinasi çalışması veya ağaç kesme makinası sesi),
- Yanlış zamanda olur (örnek; gecenin bir yarısı çarpan kapı sesi),
- İstenmeyen ses tonları (örnek; mızmızlanma, bebek ağlaması, ıslık veya uğultu),
- İstenmeyen bilgiler iletir veya dikkat dağıtıcıdır (örnek; yan odada sesli telefon görüşmesi veya istenmeyen yüksek sesli müzik),
- Sürekli ses (örnek; gece metal eviyeye damlatan musluk sesi),
- Öğrenilmiş deneyimleri ifade eden sesler (örnek; sivrisinek vızıltısı veya yakınlaşan siren sesi),
- Yukarıdaki örneklerin birkaçının aynı anda gerçekleşmesi.

Gürültü olması için, sesin sadece istenmeyen seviyede yüksek olması gerekmez, aynı zamanda can sıkıcı olmanın yanı sıra *yüksek ses gürültüsü* işitme kaybına da neden olabilir ve diğer faktörlere de bağlı olarak *stres düzeyini* etkileyebilir, uyku düzenini ve/veya kalp hızını, ritmini de bozar.

Öznelliği (kişiye özelliği) artırmak için oda içerisinde radyo yayınları, geniş bant aralığında rastgele (random) gürültü jeneratörü olan elektronik sistem ses yükseltici ve birden fazla ses hoparlörü istenmeyen sesleri yutarak yayılır. Bu tip kaynaklardan çıkan ses düşük seviyeli seslerin yan hacimlere geçmemesi için maskelenir. Bu kontrollü ses aslında *gürültü* olarak adlandırılabilir, ancak istenmeyen ses bağlamında değildir, daha doğrusu, göze batmayan geniş banttaki nötr sestir. Aynı zamanda bir sıkıntı kaynağı olmadan bitişik alanlardan gelen düşük seviyeli müdahaleci sesi etkili bir şekilde maskeleyen gürültü üretecek klima sistemleri tasarlamak zor ve pahalıdır.

Rasgele gürültü bir salınımın, herhangi bir an için tarif edilemeyen anlık genlik büyüklüğüdür. Rasgele bir gürültünün anlık büyüklükleri yalnızca olasılık dağılımları ile belirtilir ve büyüklüğün veya bir dizi büyüklüğün belirli bir aralıkta yer alan toplam sürenin oranını verir (ANSI Standart S1.1).

Üç tür rastgele gürültü vardır:

Beyaz gürültü, belirli bir frekans aralığında hertz başına eşit enerjiye sahip sürekli bir frekans spektrumuna sahiptir. Oktav bantları birbirini izleyen her bant için genişliği iki katına çıkardığından, beyaz gürültü için enerji, birbirini izleyen her oktav bandında iki katına çıkar. Böylece 1/3 oktav veya oktav bant grafiğinde görüntülenen beyaz gürültü, oktav başına 3 dB oranında artar.

Pembe gürültü, oktav veya 1/3 oktav bant gibi sabit yüzde bant genişliği başına eşit enerjiye sahip sürekli bir frekans spektrumuna sahiptir. Böylece pembe gürültü yatay bir çizgi olarak 1/3 oktav veya oktav bant grafiğinde görünür.

Kırmızı gürültü, oktav bant seviyeleri ile artan frekansla oktav başına 4-5 dB oranında azalan sürekli frekans spektrumuna sahiptir. Kırmızı gürültü iyi tasarlanmış HVAC sistemlerinden gelen gürültünün tipik bir nedenidir.

4. MEKANİK-ELEKTRİK KRİTİK CİHAZLARIN STANDARTLAŞTIRILMIŞ SES VE TİTREŞİM DEĞERLERİ

Daha önceki 3. Kısım içerisinde öncelikle titreşim sonrasında da ses ve gürültü için doğal frekans ile rezonans frekansının hesapları, genel tanım ve basit hesap metotlarından bahsettik.

Esas sorun, sadece cihaz ve tesisat elemanlarının titreşip sorun çıkarması ile sınırlı değildir. Önemli ölçüde insan vücudu üzerinde yarattığı konforsuzluk ve rahatsızlık meselesidir.

Gürültü konusunda 3. Kısım altında verilen değerlerin dışında insan sağlığı açısından da etkilerini değerlendirecek olursak;

Aşağıda insan vücudunun ani olarak karşılaştığı ivme, frekans ve gürültü değerleri sınırları görülmektedir. Bu yüzden tüm cihazlar için deprem koşulları olup olmamasına bakılmaksızın standart titreşim ve ses gürültü sınırlamaları endüstride tarif edilmiştir.

Gürültünün Etkileri[21]

İşitme kaybına neden olan gürültü, kesinlikle yan etkisi en iyi bilinen ve muhtemelen en ciddi olanıdır ama tek değildir. Diğer zararlı etkileri de kulak çınlaması, konuşma iletişimi bozulması ile girişim ve uyarı sinyalleri algısı ile iş performansında sıkıntı ve ekstra işitsel etkilerde bozulmadır. İLO[22], bu konuda çalışanlar açısından şirketlerin iyi gürültü kontrolü ve işitme koruma programları uygulamaları için ek destek sağlamaktadır.

İşitme Bozukluğu

Gürültüye bağlı işitme bozukluğu çok yaygındır ancak görünür etkileri ve çoğu durumda ağrı olmadığı için genellikle küçümsenen bir durumdur. Aile ve arkadaşlarla iletişimin aşamalı bir kaybı ve kuş sesi, müzik gibi akustik çevredeki seslere karşı duyarlılık kaybı vardır. Ne yazık ki, iyi işitme genellikle kaybolana kadar hafife alınır.

Bu kayıplar o kadar kademeli olabilir ki, bireyler bozulma veya işitme eşiği geçilene kadar neler olduğunu fark etmezler. İlk işaret genellikle diğer insanların eskisi kadar net konuşamamasıdır. İşitme engelli kişi başkalarından kendilerini tekrar etmelerini istemek zorunda kalacaktır ve o genellikle onların belirgin düşünce eksikliğinden rahatsız olur. Aile ve arkadaşlara sık sık "Bana bağırma. Seni duyabiliyorum ama ne dediğini anlamıyorum" diyebilir.

İşitme kaybı kötüleştikçe, birey sosyal durumlardan çekilmeye başlar. Toplantılar, sosyal etkinlikler ve tiyatro cazibesini kaybetmeye başlar ve birey evde kalmayı, yalnızlığı seçer.

Presbycusis[23], doğal olarak yaşlanma sürecine eşlik eden işitme kaybı, gürültüye bağlı işitme kaybı olan kişi yaşlandığında mevcut işitme kaybına eklenir. İşitme kaybı sonucunda birey, artık kolaylıkla aile veya arkadaşlar ile iletişim kuramaz hale gelir, işitme kaybı ciddi bir aşamaya vardığında birey, gerçekten izole edilir. İşitme cihazları bazı durumlarda yardımcı olabilir, ama doğal işitme netliği görme netliğinin gözlük ile sağlanabilmesinin aksine asla geri döndürülemez.

Mesleki İşitme Bozukluğu

Gürültüye bağlı işitme bozukluğu, genellikle bir yaralanmadan ziyade bir meslek hastalığı veya hastalık olarak kabul edilir, çünkü ilerlemesi aşamalıdır. Nadir durumlarda, çelik perçinleme işinde veya patlayıcılarla çalışan bireylerde, çok yüksek seviyede sese maruz kaldığı bir olayın akabinde kalıcı işitme kaybı olabilir. Bu durumlarda işitme kaybı bazen bir yaralanma olarak ve "akustik travma" olarak adlandırılır. Her zamanki işitme kayıp durumu olup, ancak uzun yıllar boyunca işitme yeteneği yavaş yavaş azalmaya devam eder. Bozulma miktarı gürültü seviyesine, maruz kalma süresine ve bireyin duyarlılığına bağlıdır. Ne yazık ki mesleki işitme bozukluğu için hiçbir tıbbi tedavi yoktur, sadece önleme vardır.

Gürültünün işitsel etkileri iyi belgelenmiştir ve değişen işitme kaybına neden olan sürekli gürültü miktarı konusunda çok az tartışma vardır (ISO 1990). Ancak bu aralıklı gürültünün işitme kaybına yol açacağı da

---

[21] *Certain of the materials which follow have been adapted from Suter, AH, "Noise and the conservation of hearing", Chapter 2 in Hearing Conservation Manual (3rd ed.), Council for Accreditation in Occupational Hearing Conservation, Milwaukee, WI, USA (1993)*

[22] *İLO Uluslararası İşçi Organizasyonu*

[23] *Yaşlılığa bağlı olarak ortaya çıkan işitme kaybı*

bir gerçektir. Ancak sessiz dönemler tarafından kesilen gürültü dönemleri, iç kulağa geçici işitme kaybından kurtulma fırsatı sunabilir ve bu nedenle sürekli gürültüden biraz daha az tehlikeli olabilir. Bu durum çoğunlukla açık hava meslekleri için geçerlidir. Ancak gerekli sessiz aralıkların nadir olduğu mekanik odalar, komşu mekanlar, fabrikalar gibi iç ortamlar için geçerli değildir (Suter 1993).

İnsanın Titreşim, Ses ve Gürültü Tahammül Sınırları[24]

Tüm vücut titreşimi, vücut titreşen bir yüzey üzerinde desteklendiğinde oluşur (örneğin, titreşen bir koltukta otururken, titreşen bir zeminde dururken veya titreşen bir yüzeyde eğilirken veya deprem sırasında). Ayrıca tüm vücut titreşimi, her türlü taşımada ve bazı endüstriyel makinelerin yakınında çalışırken oluşur ve insanın dengesini etkiler.

Elle aktarılan titreşim, vücuda ellerden giren titreşimdir. Titreşen aletlerin veya iş parçalarının el veya parmaklar tarafından kavrandığı veya itildiği sanayi, tarım, madencilik ve inşaat süreçlerinden kaynaklanır. Elle iletilen titreşime maruz kalmak çeşitli bozuklukların gelişmesine yol açabilir.

Biyodinamik

Tüm mekanik yapılar gibi insan vücudu da vücudun maksimum mekanik tepki gösterdiği rezonans frekanslarına sahiptir. Titreşime insan tepkileri sadece tek bir rezonans frekansı ile açıklanamaz. Vücutta birçok rezonanslar vardır, rezonans frekansları insanlar arasında farklıdır ve duruş şekliyle de değişir. Vücudun iki mekanik tepkisi vardır, genellikle titreşim vücut hareketine neden olduğu şekilde tanımlamak için kullanılır: Geçirimlilik ve Empedans.

Geçirgenlik, örneğin koltuktan kafaya iletilen titreşimin kısmını gösterir. Vücudun geçirimliliği yüksek titreşim frekansı, titreşim ekseni ve vücut duruşuna bağlıdır. Bir koltuktaki dikey titreşim, kafadaki çeşitli eksenlerde titreşime neden olur; dikey baş hareketi için geçirgenlik 3 ila 10 Hz. yaklaşık aralığında büyük olma eğilimindedir.

Vücudun mekanik empedansı, vücudun her frekansta hareket etmesi için gereken kuvveti gösterir. Empedans vücut kütlesine bağlı olmasına rağmen, insan vücudunun dikey empedansı genellikle yaklaşık 5 Hz. rezonans gösterir. Bu rezonans da dahil olmak üzere vücudun mekanik empedansı, titreşim koltuklar aracılığıyla iletilir, büyük bir etkisi vardır.

Rahatsızlık

Titreşim ivmesinin neden olduğu rahatsızlıklar titreşim frekansına, titreşim yönüne, vücutla temas noktasına ve titreşime maruz kalma süresine bağlıdır. Oturan kişilerin dikey titreşim için, titreşim büyüklüğü ile orantılı olarak herhangi bir frekans artışları nedeniyle titreşim rahatsızlığı; titreşim yarıya indiğinde titreşim rahatsızlığı da yarı yarıya inme eğilimindedir.

Titreşim tarafından üretilen rahatsızlık, uygun frekans ağırlıkları kullanımı ile tahmin edilebilir (aşağıya bakın) ve rahatsızlık semantik bir ölçek ile açıklanabilir. Titreşim rahatsızlığı için yararlı bir sınır seviyesi yoktur: sadece kabul edilebilir rahatsızlık durumu, bir ortamdan diğerine geçişlerde değişir.

Binalardaki kabul edilebilir titreşim büyüklükleri titreşim algılama eşiklerine yakındır. Binalarda titreşim insanlar üzerindeki etkileri titreşim frekansı, yönü ve süresine ek olarak binanın kullanımına bağlı olduğu varsayılır. Bina titreşiminin değerlendirilmesinde rehberlik, binalardaki titreşim ve şokun değerlendirilmesi için bir prosedür tanımlayan British Standard 6472 (1992) gibi çeşitli standartlarda verilmektedir.

Diğer Sağlık Riskleri

Epidemiyolojik[25] çalışmalar, tüm vücut titreşiminin diğer sağlık risklerine katkıda bulunan etkenlerin biri olduğunu göstermektedir. **Gürültü, yüksek zihinsel zorlanma ve vardiyalı çalışma, sağlık bozuklukları ile ilişkili olduğu bilinen önemli eşlik eden faktörlerin örnekleridir.** Diğer bedensel sistemlerin bozukluklarına yönelik araştırmaların sonuçları genellikle farklı olmuştur veya patolojinin yaygınlığının tüm vücut titreşiminin büyüklüğüne (yani daha düşük yoğunlukta yan etkilerin daha yüksek yaygınlığına) paradoksal bir bağımlılık olduğunu göstermiştir. Merkezi sinir sisteminin semptomları ve patolojik değişikliklerinden oluşan

[24] *Michael J. Griffin Chapter 50 Vibration http://www.ilocis.org/en/contilo.html İlo iş sağlığı ve Güvenliği Ansiklopedisi 4. Baskı*
[25] *Toplumdaki hastalık, kaza, ve sağlıkla ilgili durumların dağılımını ve görülme sıklığı ile belirtileri inceleyen tıp bilim dalı*

karakteristik bir kompleks olan kas-iskelet sistemi ve dolaşım sistemi semptomları, betonun vibro-sıkıştırması için kullanılan makinelerde duran ve 40 Hz'in üzerindeki frekanslara sahip ISO 2631'in maruz kalma sınırının ötesinde tüm vücut titreşimine maruz kalan işçilerde gözlenmiştir (Rumjancev 1966). Bu kompleks **"titreşim hastalığı"** olarak belirlenmiştir. Birçok uzman tarafından reddedilmesine rağmen, aynı terim bazen düşük frekanslı tüm vücut titreşimine uzun süreli maruz kalmanın neden olduğu belirsiz bir klinik tabloyu tanımlamak için kullanılmıştır. Bu tablo, iddiaya göre başlangıçta spesifik olmayan fonksiyonel karaktere sahip periferik[26] ve serebral vegeto-vasküler[27] bozukluklar olarak kendini gösterir. Eldeki verilere dayanarak farklı fizyolojik sistemlerin birbirinden bağımsız olarak tepki verdiği ve tüm vücut titreşiminin neden olduğu patolojinin bir göstergesi olabilecek hiçbir belirti olmadığı sonucuna varılabilir.

Sinir sistemi, vestibüler organ ve işitme rahatsızlıkları ve hasarları: 40 Hz'den yüksek frekanslarda yoğun tüm vücut titreşimi merkezi sinir sisteminde hasara ve rahatsızlıklara neden olabilir. 20 Hz'in altındaki frekanslarda tüm vücut titreşiminin etkileri hakkında çelişkili veriler bildirilmiştir. Sadece bazı çalışmalarda baş ağrısı ve sinirlilik artışı gibi spesifik olmayan şikayetlerde artış saptanmıştır. Tüm vücut titreşimine uzun süreli maruz kaldıktan sonra elektro ensefalogram[28] (EEG) bozuklukları bir yazar tarafından iddia edilmiş ve diğerleri tarafından reddedilmiştir. Yayınlanan bazı sonuçlar azalmış vestibüler uyarılabilirlik ve baş dönmesi de dahil olmak üzere diğer vestibüler bozuklukların daha yüksek insidansı[29] ile tutarlıdır. Ancak paradoksal yoğunluk-etki ilişkileri tespit edilmiştir, çünkü tüm vücut titreşim ve merkezi sinir sistemi veya vestibüler sistem değişiklikleri arasında nedensel bağlantılar olup olmadığı şüpheli kalmaktadır.

Bazı çalışmalarda, tüm vücut titreşim ve gürültü kombine uzun süreli maruz kaldıktan sonra işitme kalıcı eşik vardiya (PTS) ek bir artış gözlenmiştir. Schmidt (1987) tarım çalışanları ve teknisyenler üzerinde bir araştırma yaptı ve 3 ile 25 yıl sonra kalıcı eşik vardiyaları karşılaştırdı. Uluslararası Standart 2631'e (ISO 1985) göre ağırlıklı ivme 1,2 m/s^2 r.m.s aşarsa, tüm vücut titreşiminin 3, 4, 6 ve 8 kHz'de ek bir eşik değişimine yol açabileceği sonucuna vardı.

Dolaşım ve sindirim sistemleri: Tüm vücut titreşimine maruz kalan işçiler arasında daha yüksek bir insidansı ile dört ana dolaşım bozukluğu grubu tespit edilmiştir:

1. Raynaud sendromu[30] gibi çevresel bozukluklar, tüm vücut titreşim uygulama sitesine yakın (yani, ayakta işçilerin ayakları veya sadece düşük derece ile, sürücülerin elleri)
2. Bacaklarda varis, hemoroit ve varikosel[31]
3. İskemik[32] kalp hastalığı ve hipertansiyon
4. Nörovasküler[33] değişiklikler.

Bu dolaşım bozukluklarının morbiditesi[34] her zaman titreşime maruz kalmanın büyüklüğü veya süresi ile ilişkili değildir. Sindirim sisteminde sık sık çeşitli bozuklukların yaygın olarak gözlemlenebilmiştir ve hemen hemen tüm yazarlar, tüm vücut titreşiminin bu bozukluklar için bir neden olduğu, muhtemelen de en önemlisi olduğu konusunda hemfikirdir.

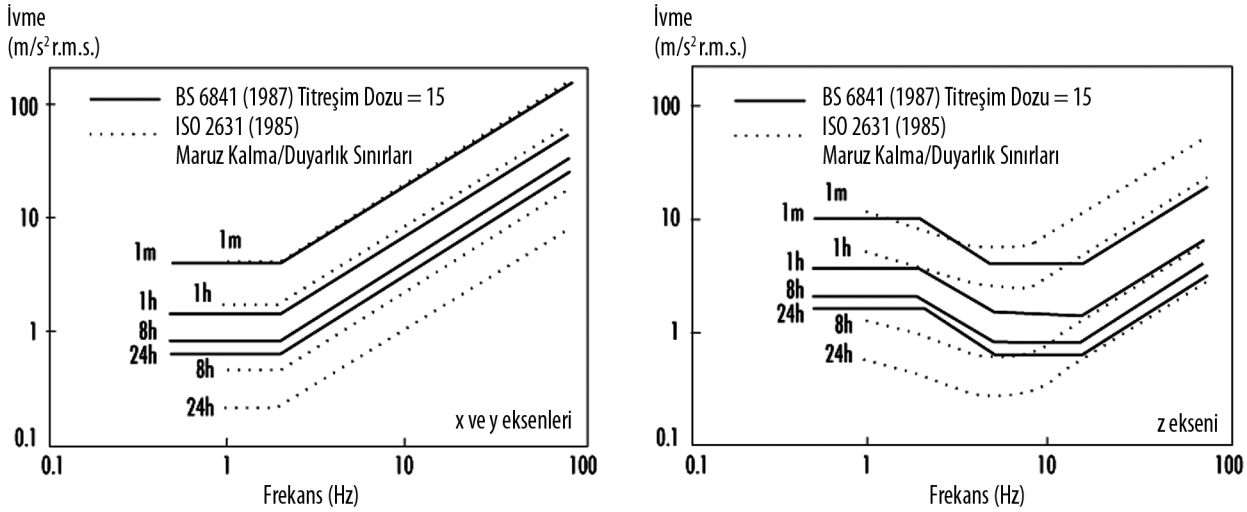
Kadın üreme organları, gebelik ve erkek ürogenital sistemi: Kürtaj, adet bozuklukları ve pozisyon anomalilerinin (örneğin, rahim inişi) artan risklerinin tüm vücut titreşimine uzun süreli maruz kalma ile ilişkili olduğu varsayılmıştır (bkz. Seidel ve Heide 1986). Bu sağlık riskleri konusunda daha yüksek bir riski önlemek için güvenli bir maruz kalma sınırı literatürü yoktur. Bireysel duyarlılık ve zamansal değişiklikler muhtemelen bu biyolojik etkileri birlikte belirler. Mevcut literatürde, tüm vücut titreşiminin insan cenini üzerinde zararlı doğrudan bir etkisi rapor edilmemiştir, ancak bazı hayvan çalışmaları tüm vücut titreşiminin cenini etkileyebileceğini düşündürmektedir. Gebelik üzerindeki yan etkiler için bilinmeyen eşik değeri, en düşük makul ölçüde mesleki maruziyet üzerinde bir sınırlama göstermektedir.

---

[26] *Kalbi besleyen damarlar dışındaki damarların daralması ile ortaya çıkan felç gibi sonuçları olan hastalık*
[27] *Beyni besleyen damarların tıkanması veya kanaması ile ortaya çıkan hasar*
[28] *Beyin çizgesi yöntemi: Beyin dalgaları aktivitesini elektriksel yöntemle izlenmesini ölçen yöntem veya çıktı.*
[29] *Belirli bir nüfus içerisinde belirli bir zaman dilimi içerisinde belirli bir hastalık veya hastalıkların yeni olgu sayısı.*
[30] *Soğuk hava koşullarına maruz kalma sonrası el parmakları, ayak parmakları, burun, kulak gibi kan dolaşımının zayıf olduğu yerlerde görülen morarma*
[31] *Skrotumda (erbezi torbaları) yer alan toplardamarların şişerek genişlemesi veya büyümesi*
[32] *Vücutta herhangi bir doku veya organa kan akışının azaldığı ya da kesildiği ciddi bir durum*
[33] *Hem sinir hem de damar sistemlerini etkileyen*
[34] *İstatistiksel olarak belli bir nüfus içinde hastalığa tutulanların sayısının sağlıklı kalmış olanların sayısına oranı.*

Standartlar

Tüm vücut titreşiminin neden olduğu rahatsızlıkları önlemek için kesin bir sınır sunulamaz, ancak standartlar titreşim şiddetini ölçmek için yararlı yöntemler tanımlar. Uluslararası Standart 2631 (ISO 1974, 1985) tanımlanmış maruz kalma limitleri (Bkz. şekil 4-1) "sağlıklı insan denekler için ağrı eşiği (veya gönüllü tolerans sınırı) olarak kabul edilen seviyenin yaklaşık yarısı olarak belirlenmiştir". **Şekil 4-1**'de de gösterilen, İngiliz Standardı 6841'den (BSI 1987b) türetilen dikey titreşim için bir titreşim dozu değeri eylem seviyesidir; bu standart kısmen Uluslararası Standart taslak revizyona benzer. (Tüm ülkelerde aynı değerler kabul edilmiş ve onaylanmış değildir).

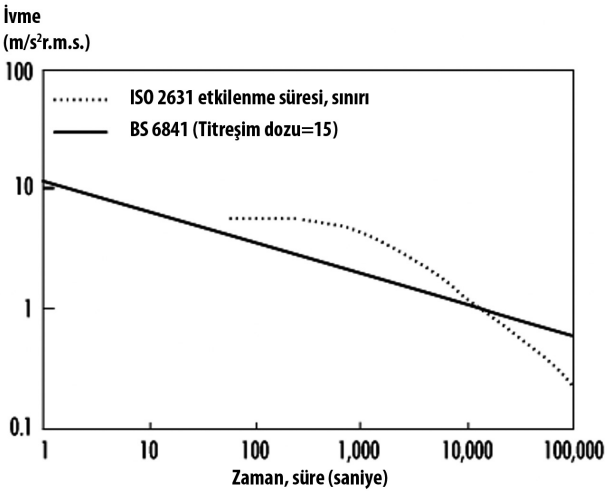


Şekil 4-1 Tüm Vücut x-y ve z Doğrultularında Titreşime İnsan Tepkisi için Frekans Duyarlılık Sınırları

Titreşim doz değeri ölçülen titreşim eşit derecede şiddetli olacak titreşim bir saniyelik bir süre büyüklüğü olarak kabul edilebilir. Titreşim doz değeri, mümkün olan en kısa şoktan tam bir titreşim gününe kadar maruz kalma süresi boyunca titreşim şiddetini biriktirmek için dördüncü güç süresi bağımlılığını kullanır (örn. BSI 6841):

$$\textbf{Vibrasyon Doz Değeri} = \left[\int_{t=0}^{t=\infty} a(t)^4 \; dt\right]^{\frac{1}{4}} \qquad \textit{Denklem 4-1}$$

Titreşim doz değeri prosedürü hem titreşim hem de tekrarlayan şokların şiddetini değerlendirmek için kullanılabilir. Bu dördüncü güç zaman bağımlılığının kullanımı ISO 2631'deki zaman bağımlılığından daha kolaydır (bkz. Şekil 4-2).



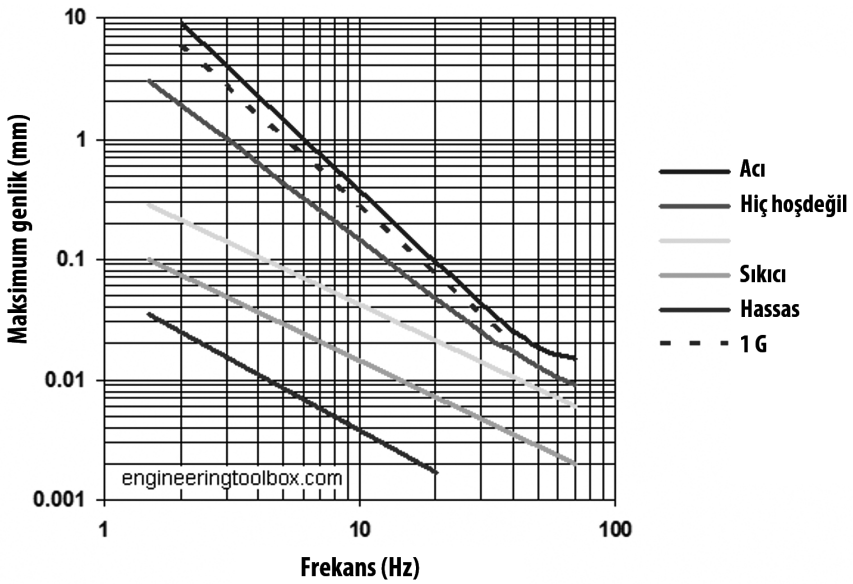
Şekil 4-2 Tüm Vücut Titreşimine İnsan Tepkisi için Zaman Bağımlılıkları

Tablo 4-1 Maruz Kalan Kişilerin %10'unda Parmak Beyazlatma Oluşturması Beklenebilir Frekans Ağırlıklı Titreşim İvme Büyüklükleri (m/s^2 rms)

Günlük Maruz Kalma (saat)	Yaşam Boyu Pozlama (yıl)					
	0.5	**1**	**2**	**4**	**8**	**16**
0.25	256.0	128.0	64.0	32.0	16.0	8.0
0.5	179.2	89.6	44.8	22.4	11.2	5.6
1	128.0	64.0	32.0	16.0	8.0	4.0
2	89.6	44.8	22.4	11.2	5.6	2.8
4	64.0	32.0	16.0	8.0	4.0	2.0
8	44.8	22.4	11.2	5.6	2.8	1.4

Tablo 4-2 İnsan Bedeni İvme Değerine Duyarlılık Sınırları

Titreşim Seviyesi- İvme (m/s^2)	İnsan Algılama Şekli
<0,315	Konforlu Hissetmez
0,315- 0,63	Çok Az Konforlu
0,5- 1	Biraz Konforsuz
0,8 - 1,6	Konforsuz
1,25- 2,5	Çok Konforsuz
> 2	Çok Rahatsız Edici



Şekil 4-3 İnsanın Titreşim Genlik Miktarına Duyarlılık Sınırları

4.1 SES VE TİTREŞİM KAYNAKLARININ İZOLASYONU

4.1.1. Makineler için Hava Akustik Ses Seviye Kriterleri [35]

Mekanik-elektrik tesisat ekipmanları için tarif edilmiş olan akustik havada izin verilen ses gücü seviye ve ses basıncı seviye değerleri sınır değerleri tablo haline getirilmiştir. Daha detaylı bilgi için ASHRAE Sistem El Kitabı Ses ve Titreşim kontrol kısmına başvurunuz.

[35] *ASHRAE Sistem El Kitabı Ses ve Titreşim Kontrol Kısım 8*

Tablo 4-3 Kabul Edilebilir Makine Ses Gücü Seviyeleri [36]

Ses Veri Çizelgesi								
Ekipman	Maksimum Ses Gücü Seviyesi (dB)							
	Oktav Bant Seviye Merkezi Frekansı (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Havalandırma Santralı AHU	94	90	89	89	89	84	82	79
Taze Hava Fan Ünitesi	91	91	80	84	82	76	71	65
Klima Santralı	100	96	90	89	86	80	75	72
Kazan	75	72	72	75	76	63	55	50
Soğutma Grubu (Çiller)	98	98	96	95	93	94	88	81
Soğutma Kulesi	110	110	105	102	98	95	92	87
Hava Kompresörü	90	89	92	93	92	92	90	81
Pompa	85	80	82	82	80	77	74	72
Fan	55	50	48	47	48	46	42	37

4.1.2. Makineler için Titreşim Veri Kriterleri [37]

Her makine öğesi için hesaplanan yay statik çökmelerinin belirtilen minimum statik çökmelerden daha az olmadığını göstermek için yay statik çökmelerini belirtilen minimum statik çökmeler ile karşılaştırın. Hesaplanan yay statik çökmeleri yerine nominal yay statik çökmeleri kabul edilemez. [Sismik koruma gerektiğinde, doğrulama hesaplamaları gereklidir]. Aşağıda verilen Tablo 4-4, Tablo 4-5, uluslararası kod konsül (ICC) tarafından tavsiye edilmiş, AISC 360-2016, AWS D1.1/D1.1M -2019, ASTM ilgili kodlar ve SMACNA ilgili kanal imalat standartları ile ilişkilendirilmiştir. Tablo 4-6 ASHRAE Tablo 47'nin bütünleşik halidir.

Tablo 4-4 Kabul Edilebilir Makine Statik Çökme Değerleri

Titreşim İzolatör Tipleri ve Minimum Statik Çökme						
(MSD, mm) 100-200 mm Kalınlıkta Döşeme için ve Kolon Destekli Döşemeler.						
Kolonlar Arası Mesafe	Toprağa oturan ve akslar arası 0-9 metre zemin üzeri döşeme		Akslar arası 9,1-12 metre		Akslar arası 12,1-15 metre	
Ekipman	Türü (Not (1))	MSD (Not (1))	Türü (Not (1))	MSD (Not (1))	Türü (Not (1))	MSD (Not (1))
Absorbsiyon Soğutma Grupları	SV-R BU,	25.40	SV-R	44.45	SV-R	69.85
Santrifüj Soğutma Grubu veya Isı Pompaları						
Hermetik Tip	S-R	44.45	S-R	63.50	S-R	88.90
Açık Tip	S-R	38.10	S-R	63.50	S-R	88.90
Pistonlu Soğutma Grubu veya Isı Pompaları						
500 ile 750 rpm arası	SV-R	44.45	SV-R	63.50	SV-R	88.90
751 rpm ve üzeri	SV-R	38.10	SV-R	63.50	SV-R	88.90
Paket Kazanlar	SV	25.40	SV	63.50	SV-R	88.90
Kapalı Kaplinli Pompalar						
5 ½ kW kadar	S-I	25.40	S-I	25.40	S-I	25.40
5 ½ kW Üzeri	S-I	38.10	S-I	63.50	S-I	63.50
Şaseli Pompalar						
15 kW kadar	S-I	38.10	S-I	63.50	S-I	63.50
15- 56 kW	S-I	38.10	S-I	63.50	S-I	88.90
56 kW üzeri	S-I	63.50	S-I	88.90	S-I	88.90
Soğutma Kuleleri ve Evaporatif Kondanserler		SV tip, Yaylar kirişlerde desteklendiğinde santrifüj fanlar için tanımlı sarkma için kullanılır. Yaylar sütunlar veya taşıyıcı duvarlar üzerinde bulunduğunda 9 metreye kadar kolon aralığına sahip kolon destekli zeminler için listelenen sarkma miktarını kullanın.				

[36] *AHRI 575-2008, ANSI/AHRI 370-12015 Ek1 2016 Akustik veriler*
[37] *INTERNATIONAL CODE COUNCIL (ICC) datas*

Yüksekte Asılı Üniteler						
3 3/4 kW'a kadar	H	25.40	H	25.40	H	25.40
3 3/4 kW üzeri						
400 rpm'e kadar	H	44.45	H	44.45	H	44.45
401 rpm üzeri	H	25.40	H	38.10	H	63.50
Döşeme üzeri montajlı üniteler						
3 3/4 kW kadar	S	25.40	S	25.40	S	25.40
3 3/4 kW üzeri						
400 rpm'e kadar	S-R	44.45	S-R	44.45	S-R	63.50
401 rpm üzeri	S-R	25.40	S-R	38.10	S-R	63.50
Santrifüj Fanlar						
175-224 rpm arası	S-B	120.65	S-B	120.65	S-B	120.65
225-299 rpm arası	S-B	95.25	S-B	120.65	S-B	120.65
300-374 rpm arası	S-B	69.85	S-B	114.30	S-B	120.65
375-499 rpm arası	S-B	63.50	S-B	88.90	S-B	114.30
500 rpm üzeri	S-B	44.45	S-B	63.50	S-B	88.90
Santrifüj ve aksiyel Jet fanlar (Not (2))						
Askıya Alınmış		H Tip, santrifüj fanlara tanımlanmış Çökme için kullanılır.				
Fabrikada Monte Santrallar için AH (hava santralı), AC (Klima) ve HV (Taze hava) Santralları (Not (2))						
Zemine Montajlı Uygulamalar 1 &9		S-B tip, Santrifüj üfleyiciler için belirtilen sarkmalar				
Yardımcı Fanlar (Not (2))						
Askıya Alınmış		H tip, Santrifüj fanlar için belirtilen ancak 69,85 mm'yi geçmemek üzere sarkmalar da kullanılır				
Zemine Montajlı		S-R tip, Santrifüj fanlar için belirtilmeyen ancak 69,85 mm'yi geçmeyen sarkmalar da kullanılır				
Yüksek Basınç Fanları (1494 Pa Statik Basınç Üzeri) ve İtme kuvvet Üreten Diğer Makineler (Not (2))		HR Tip, istenmeyen karşı kuvvet etkilerini en aza indirmek için tavsiye edilir				
İçi Yanmalı Motorlar ve Motor Tahrikli Ekipmanlar						
750 rpm ve üzeri	S	38.10	S	63.50	S	88.90
Voltaj Regülasyon panoları ve Transformatörler						
454 kg'a kadar	Nm	8.89	Nm	8.89	Nm	88.90
454 kg üzeri	SV	25.40	Sv	25.40	Sv	25.40
Notlar:						
(1) Ekipman Titreşim İzolasyon Çizelgesi Gösterimi (Gösterim işaretlemesi aşağıdaki kombinasyonları kapsar:)						
B - Kaynaklı yapısal çelik kaideler.						
H - Yaylı izolatörleri (askıda ekipman ve borular) Gerektiğinde, ayarlanabilir ön yükleme cihazları ile kullanın.						
HR - Karşı kuvvet sınırlandırılmalıdır.						
I- Çelik formunda beton kaideler.						
NM- Neopren kasalı bağlantılar.						
NP- Neopren takozlar.						
R - Ekipman montajı için taşıyıcı çelik raylar.						
S - Kendi başına durabilen yaylı izolatörler (Döşemeye konulan ekipmanlar).						
SV- Kendi başına durabilen yaylı izolatörler (Döşemeye konulan ekipmanlar).						
SX- Yatay ve dikey durdurucu yastıklı kendi başına duran yaylı izolatörler (Döşemeye serbest oturan ekipmanlar da kullanılır.) Korumalı Yaylı izolatör SX tip, S veya SV tipler tarif edilmişler yerine tüm gereksinimleri karşılamak için kullanılabilir.						
(2) Fanlar						
a. 56 kW veya üzeri fan motorları için sarkma miktarı için akslar arası bir sonraki büyük açıklık değerleri kullanılır. Zemin üzerine basan döşemeler için en az 63.50 mm kullanılmalıdır, sadece daha büyük sarkma santrifüj fan için tabloda tarif edilmemişse.						
b. 996 Pa fan basıncı üzerindeki Santrifüj ve Aksiyel jet fanlar için sallanmayı engelleyecek izolatörlü çapraz bağlantı yapılmalıdır.						
c. 996 Pa fan basıncı üzerindeki Santrifüj ve Aksiyel jet fanlar için taşıyıcı yapı çelik kaide veya yukarıda tarif edilen raylar yerine kütle kaide kullanılmalıdır.						
d. Yüksek basınçlı fanlar gibi karşı kuvvet oluşturan makinalar ve taşıyıcı strüktür arasında yaylı askı izolatörler köprülerine çapraz destekler kullanılmalıdır. H ve HR tipler, normalde çekme reaksiyonu için kullanılırken S, SV ve SX normalde sıkıştırma reaksiyonu için kullanılır. Karşı kuvvet sınırlamalı tipler düşük maliyetli ve verimli birleşenlerdir ve imalatçılardan temin edilebilir. Karşı kuvvet sınırlamalı tipler, kütle ataletinin hareket miktarını azaltmak veya ihtiyacı ortadan kaldırmak için kullanılır.						

Tablo 4-5 Kılavuz Olarak Kabul Edilebilir Makine Statik Çökme Değerleridir

Sınıf II Titreşim İzolatör Tipleri ve Minimum Statik Sarkma		
(MSD, mm) Bodrum katı ve zemin döşemelerinin altındaki bodrum katları için		
Ekipman	**Türü (Not (1))**	**MSD**
Absorbsiyon Soğutma Makineleri	NP	6.35
	NM	8.89
Santrifüj Soğutma Grubu veya Isı Pompaları		
Hermetik Tip	NP	6.35
	NM	8.89
Açık Tip	NM-I	8.89
Pistonlu Hava veya Soğutma Kompresörleri		
500 ile 750 rpm arası	S	25.40
751 rpm ve üzeri	S	25.40
Pistonlu Soğutma Grubu veya Isı Pompaları		
500 ile 750 rpm arası	SV	25.40
751 rpm ve Üzeri	SV	25.40
Paket Kazanlar	NP	6.35
	NM	8.89
Pompalar		
Mekanik Salmastıralı Akuple	NP	6.35
5 ½ kW'a kadar	NM	8.89
5 ½ kW üzeri	S-I	25.40
Şaseli Pompalar		
15 kW'a kadar	S-I	25.40
15- 56 kW arası	S-I	25.40
56 kW üzeri	S-I	25.40
Soğutma Kuleleri ve Evaporatif Kondenser	NP	6.35
	NM	8.89
Fabrika Montajlı Hava Santralleri AH, AC ve HV Birimleri (Not (2))		
Askı montajlı Ekipmanlar		
3 ¾ kW'a kadar	H	25.40
3 ¾ kW üzeri		
400 rpm'e kadar	H	44.45
401 rpm üzeri	H	25.40
Zemine Montajlı Üniteler		
3 ¾ kW'a kadar	NP	6.35
	NM	8.89
3 ¾ Kw		
400 rpm'e kadar	NM	8.89
401 rpm üzeri	NM	8.89
Santrifüj Fanlar		
175- 224 rpm	NM-B	8.89
225- 299 rpm	NM-B	8.89
300- 374 rpm	NM-B	8.89
375- 499 rpm	NM-B	8.89
500 rpm üzeri	NM-B	8.89
Santrifüj ve Aksiyel Jet Fanlar (Not (2))		
Askıda Montaj	Santrifüj üfleyiciler için belirtilen çökmeler ile H	
Döşemeye Montajlı Uygulamalar 1 & 9	NM	8.89
Yardımcı Fanlar (Not (2))		
Askıda ve Santrifüj	H Tip, Santrifüj fanlar için belirtilen sarkma değerleri	
Zemine Montajlı	NM	8.89
Yüksek Basınçlı Fanları (1494 Pa Statik Basınç Üzeri) ve Karşı Kuvvet Üreten Diğer Makineler (Not (2))		HR, istenmeyen karşı kuvvet etkilerini en aza indirmek için tavsiye edilir
İçten Yanmalı Motorlar ve Motor Tahrikli Ekipmanlar		
750 rpm ve üzeri	S	25.40
Voltaj Regülasyon Pano ve Transformatörler		
454 kg'a kadar	NP	6.35
	NM	8.89
454 kg'dan fazla	SV	25.40
NOTLAR: Not (1) ve Not (2) TABLO 4-4 ile aynıdır.		

Esas olarak bu iki grup tablolar arasında ASHRAE Vibrasyon izolatörlerini seçerken iki altında tanımlamaktadır. Yukarıdaki tablolarda ise ayrı isimler ile anılmaktadır. **Prensip olarak kitabın bundan sonraki bölümlerinde ASHRAE El kitabı notasyonlarını esas alarak, paralel deyim ve detayları kullanacağız.** Ayrıca çeşitli imalatçılar tarafından geliştirilmiş, değiştirilmiş ve birleştirilmiş ürünlerin kataloglarından da faydalanılarak, çözümlerin zenginleştirilmesi veya değişik izolatörler ile daha basit ve verimli çözümler için kullanılarak standart norm ve test prosedürlerini karşılamaları koşulları ile kullanılmaları önerilmektedir.

1. Temel kaide tipi
2. İzolatör tipi

Tablo 4-6 Vibrasyon İzolasyonu Seçim Kılavuzu-1 [38]

				Ekipman Konumu						
				Toprak Üzeri Döşeme 6 m Aks Açıklık						
Ekipman Tipi	**Ekipman Kategorisi**	**Beygir gücü ve Diğer (Şaft Gücü, kW ve Diğer)**	**Rpm**	**Temel Tipi**	**İzolatör Tipi**	**Min. Çökme (mm)**	**Temel**	**İzolatör Tipi**	**Min. Çökme Tipi (mm)**	**Referans Notları**
Gazlı soğutma Makineleri ve Su Soğutma Grupları	Pistonlu	Tüm	Tüm	4	1	(6)	4	3	(19)	--
	Santrifüj	Tüm	Tüm	4	1	(6)	4	3	(19)	--
	Açık Santrifüj	Tüm	Tüm	7	1	(6)	7	3	(19)	--
	Absorbsiyon	Tüm	Tüm	4	1	(6)	4	3	(19)	--
Hava Kompresörleri ve Vakum Pompalar	Tanka Montajlı	10'a kadar (7,5)	Tüm	4	2	(19)	4	2	(19)	--
		15 (11) ve üzeri	Tüm	7	2	(19)	7	2	(19)	--
	Şase üzerinde	Tüm	Tüm	7	2	(19)	7	2	(19)	--
	Büyük Pistonlu	Tüm	Tüm	7	2	(19)	7	2	(19)	6
Pompalar	Kapalı Kaplinli	7,5'e kadar (5,6)	Tüm	5/6*	1	(6)	7	2	(19)	7
		10 (7.5) ve üzeri	Tüm	7	2	(19)	7	2	(19)	5, 7
	İnline tip	5 ila 25 (3,7 ila 19)	Tüm	4	2	(19)	4	2	(44)	--
		30 (22) ve üzeri	Tüm	4	2	(44)	4	2	(44)	2.5
	Uçtan Emme	en fazla 40 (30)	Tüm	7	2	(19)	7	2	(19)	7
		50 ila 125 (37- 93)	Tüm	7	2	(19)	7	2	(19)	5, 7
		150 (110) ve üzeri	Tüm	7	2	(19)	7	2	(44)	5, 7
	Bölünmüş Tip	en fazla 40 (30)	Tüm	7	2	(19)	7	2	(19)	7
		50 ila 125 (37 - 93)	Tüm	7	2	(19)	7	2	(19)	5, 7
		150 (110) ve üzeri	Tüm	7	2	(19)	7	2	(44)	5, 7
Soğutma Kuleleri	Santrifüj	Tüm	300'e kadar	4	1	(6)	4	3	(89)	1, 3
			301 ile 500 arası	4	1	(6)	4	3	(64)	1
			500 ve üzeri	4	1	(6)	4	3	(19)	1
	Aksiyel Fanlı	Tüm	300'e kadar	4	1	(6)	4	3	(89)	1, 3
			301 ile 500 arası	4	1	(6)	4	3	(64)	1
			500 ve üzeri	4	1	(6)	4	3	(19)	1
Kazanlar	Tüm	Tüm	Tüm	4	1	(6)	5/6*	3	(19)	1
Aksiyel Fanlar ve Fan Gövdeleri	22" Ø 'ye kadar	Tüm	Tüm	4	1	(6)	4	2	(19)	1, 3
	24" Ø & üzeri	500 Pa statik basınca kadar	300'e kadar	5/6	2	(64)	7	2	(89)	1, 3, 4
			301 ile 500 arası	5/6	2	(19)	5/6	2	(44)	1
			501 ve üzeri	5/6	2	(19)	5/6	2	(44)	1
		501 Pa statik basınç ve üzeri	300'e kadar	7	2	(64)	7	2	(89)	1, 3, 4
			301 ile 500 arası	7	2	(44)	7	2	(44)	1, 4
			501 ve üzeri	7	2	(19)	7	2	(44)	1, 4

[38] *ASHRAE HANDBOOK Vibration Types esas alınarak üretilmiştir.*

Santrifüj Fanlar	22" Ø 'ye kadar	Tüm	Tüm	5/6	1	(6)	5/6	2	(19)	3, 4
	24" Ø & üzeri	40 (30) kadar	300'e kadar	5/6	2	(64)	5/6	2	(89)	3
			301 ile 500 arası	5/6	2	(44)	5/6	2	(44)	3
			501 ve üzeri	5/6	2	(19)	5/6	2	(19)	3
		50 (37) ve üzeri	300'e kadar	7	2	(64)	7	2	(89)	3, 4
			301 ile 500 arası	7	2	(44)	7	2	(44)	3, 4
			501 ve üzeri	7	2	(25)	7	2	(44)	3, 4
Aksiyel Fanları	Duvara Monte Fanlar	Tüm	Tüm	4	1	(6)	4	1	(6)	1
	Çatı Egzoz Fanlar	Tüm	Tüm	4	1	(6)	4	1	(6)	1
Isı Pompa ve Dış Üniteler	Tüm	Tüm	Tüm	4	2	(19)	4	2	(19)	--
	Tüm	Tüm	Tüm	4	1	(6)	4	3	(19)	--
(AH, AC) Klima Santral ve (H & V) Isıtma Havalandırma Santralları	Tüm	10'a kadar (7,5)	Tüm	4	2	(19)	4	2	(19)	--
		15 (11) ve üzeri 1 kPa statik basınca kadar	300'e kadar	4	2	(19)	4	2	(89)	1, 4
			301 ile 500 arası	4	2	(19)	4	2	(64)	4
			501 ve üzeri	4	2	(19)	4	2	(44)	4
		15 (11) ve üzeri 1 kPa statik basınç ve üzeri	300'e kadar	5/6	2	(19)	7	2	(89)	1, 3, 4
			301 ile 500 arası	5/6	2	(19)	7	2	(44)	1, 4
			501 ve üzeri	5/6	2	(19)	7	2	(44)	1, 4
Paket Tip Çatı Ekipmanları	Tüm	Tüm	Tüm	4/8	1	(6)	8	2	(19)	8

Üretici Linki: FORM MITSUBISHI HEAVY IND.

Tablo 4-7 Vibrasyon İzolasyonu Seçim Kılavuzu-2 [39]

				Ekipman Konumu						
				6- 9 m Aks Açıklık			9 -12 m Aks Açıklık			
Ekipman Tipi	**Ekipman Kategorisi**	**Beygir gücü ve Diğer (Şaft Gücü, kW ve Diğer)**	**Rpm**	**Temel Tipi**	**İzolatör Tipi**	**Min. Çökme (mm)**	**Temel Tipi**	**İzolatör Tipi**	**Min. Çökme (mm)**	**Referans Notları**
Gazlı soğutma Makineleri ve Su Soğutma Grupları	Pistonlu	Tüm	Tüm	4	2	(44)	4	3	(64)	--
	Santrifüj	Tüm	Tüm	4	2	(44)	4	2	(44)	--
	Açık Santrifüj	Tüm	Tüm	7	2	(44)	7	2	(44)	--
	Absorbsiyon	Tüm	Tüm	4	2	(44)	4	2	(44)	--
Hava Kompresörleri ve Vakum Pompalar	Tanka Montajlı	10'a kadar (7,5)	Tüm	4	2	(44)	4	2	(44)	--
		15 (11) ve üzeri	Tüm	7	2	(44)	7	2	(44)	--
	Şase üzerinde	Tüm	Tüm	7	2	(44)	7	2	1,75 (44)	--
	Büyük Pistonlu	Tüm	Tüm	7	2	(44)	7	2	(44)	6
Pompalar	Kapalı Kaplinli	7,5'e kadar (5,6)	Tüm	7	2	(19)	7	2	(19)	7
		10 (7.5) ve üzeri	Tüm	7	2	(44)	7	2	(44)	5, 7
	İnline tip	5 ila 25 (3,7 ila 19)	Tüm	4	2	(44)	4	2	(44)	--
		30 (22) ve üzeri	Tüm	4	2	(44)	4	2	(64)	2.5
	Uçtan Emme	En fazla 40 (30)	Tüm	7	2	(44)	7	2	(44)	7
		50 ila 125 (37- 93)	Tüm	7	2	(44)	7	2	(64)	5, 7
		150 (110) ve üzeri	Tüm	7	2	(44)	7	2	(64)	5, 7
	Bölünmüş Tip	en fazla 40 (30)	Tüm	7	2	(44)	7	2	(44)	7
		50 ila 125 (37- 93)	Tüm	7	2	(44)	7	2	(64)	5, 7
		150 (110) ve üzeri	Tüm	7	2	(44)	7	2	(64)	5, 7

[39] *ASHRAE HANDBOOK Vibration Types esas alınarak üretilmiştir*

Soğutma Kuleleri	Santrifüj	Tüm	300'e kadar	4	3	(89)	4	3	(89)	1, 3
			301 ile 500 arası	4	3	(64)	4	3	(64)	1
			500 ve üzeri	4	3	(19)	4	3	(44)	1
	Aksiyel Fanlı	Tüm	300'e kadar	4	3	(89)	4	3	(89)	1, 3
			301 ile 500 arası	4	3	(64)	4	3	(64)	1
			500 ve üzeri	4	3	(19)	4	3	(44)	1
Kazanlar	Tüm	Tüm	Tüm	5/6*	3	(44)	5/6*	3	(64)	1
Aksiyel Fanlar ve Fan Gövdeleri	22" Ø 'ye kadar	Tüm	Tüm	4	2	(19)	7	2	(19)	1, 3
	24" Ø & üzeri	500 Pa statik basınca kadar	300'e kadar	7	2	(89)	7	2	(89)	1, 3, 4
			301 ile 500 arası	7	2	(64)	7	2	(64)	1
			501 ve üzeri	5/6	2	(44)	5/6	2	(44)	1
		501 Pa statik basınç ve üzeri	300'e kadar	7	2	(89)	7	2	(89)	1, 3, 4
			301 ile 500 arası	7	2	(64)	7	2	(64)	1, 4
			501 ve üzeri	7	2	(44)	7	2	(64)	1, 4
Santrifüj Fanlar	22" Ø 'ye kadar	Tüm	Tüm	5/6	2	(19)	7	2	(44)	3, 4
	24" Ø & üzeri	40 (30) kadar	300'e kadar	5/6	2	(89)	5/6	2	(89)	3
			301 ile 500 arası	5/6	2	(64)	5/6	2	(64)	3
			501 ve üzeri	5/6	2	(19)	5/6	2	(44)	3
		50 (37) ve üzeri	300'e kadar	7	2	(89)	7	2	(89)	3, 4
			301 ile 500 arası	7	2	(64)	7	2	(64)	3, 4
			501 ve üzeri	7	2	(44)	7	2	(64)	3, 4
Aksiyel Fanları	Duvara Monte Fanlar	Tüm	Tüm	4	1	(6)	4	1	(6)	1
	Çatı Egzoz Fanlar	Tüm	Tüm	5/6*	3	(44)	8	3	(44)	1
Isı Pompaları ve Dış Üniteleri	Tüm	Tüm	Tüm	4	2	(19)	4/8	2	(44)	--
	Tüm	Tüm	Tüm	4	3	(44)	4/8	3	(44)	--
(AH, AC) Klima Santral ve (H & V) Isıtma Havalandırma Santralları	Tüm	10'a kadar (7,5)	Tüm	4	2	(19)	4	2	(19)	--
		15 (11) ve üzeri 1 kPa statik basınca kadar	300'e kadar	4	2	(89)	7+	2	(89)	1, 4
			301 ile 500 arası	4	2	(64)	4	2	(64)	4
			501 ve üzeri	4	2	(44)	4	2	(44)	4
		15 (11) ve üzeri 1 kPa statik basınç ve üzeri	300'e kadar	7	2	(89)	7	2	(89)	1, 3, 4
			301 ile 500 arası	7	2	(64)	7	2	(64)	1, 4
			501 ve üzeri	7	2	(44)	7	2	(64)	1, 4
Paket Tip Çatı Ekipmanları	Tüm	Tüm	Tüm	Bkz. Not #9			Bkz. Not #9			8

4.1.3. Tarif Edilen Titreşim Yutucular ve Veri Kriterleri

Burada genel hatları ile titreşim yutucular konusundaki karışıklığı engellemek için biraz bilgi verecek olmamıza rağmen, esas olarak 5. Madde altında daha detaylı bilgi aktarılacaktır.

Esas olarak ICC tarafından sınıflandırılmış tipleri tanımladığımızda, ASHRAE'de farklı notasyonlar ile karşılaşılacaktır. Eğer Şartname yazmak istenirse, aşağıdaki bilgiler ile tarif etmekte fayda var ve [xxx] köşeli ayraç içinde tanımlanmış değerlerden sadece bir tanesini tarif etmek gerekir.

Destekler:

Tip A: 6,3 milimetre kalınlığında elastomer üst ve alt katmanlara sahip, tüm yatay yönlerde kaymaz özelliklere sahip bir desen içerecek şekilde kalıplanan kompozit ped. Elastomer yüklemesi 275 kilopaskalı geçmemelidir. Toplam kalınlığın minimum 25 milimetre olduğundan emin olun ve 6,3 milimetre kadar maksimum çökmeye izin verilir.

Tip B: Üstte ve altta kalıplanmış çelik takviyeli çift katmanlı [kayma içinde kauçuk] [kayma içinde elastomer] ve 12,7 milimetreye kadar maksimum çökmeye izin verilir.

Tip C: 12,7 milimetre üzerindeki çökmeler için bağımsız duran yanal olarak stabil açık yay tipi, yerleşik yatak ve tesviye provizyonları, 6,3 milimetre kalınlığında Tip A taban elastomer pedleri ve aksesuarlar. Her bir yayın dış çapının, nominal yük altında yayın çalışma yüksekliğinin 0,9 katına eşit veya daha büyük olduğundan emin olun.

Tip D: Yayların etrafında en az 12,7 milimetre açıklığa sahip bir veya daha fazla dikey olarak tutturulmuş yay içeren, ayarlanabilir sınır durdurucular, 6,3 milimetre kalınlıkta Tip A taban elastomer pedleri ve aksesuarlar ile kısmen muhafaza edilmiş tip.

Tip E: Her yönde 6,3 milimetre, 6,3 milimetre kalınlıkta Tip A taban elastomer pedleri maksimum hareketlere izin vermek için esnek yatay ve dikey kısıtlamalara sahip bağımsız duran sabit yaylı sarkaç süspansiyon konfigürasyonu.

Tip F: Askı çubuğu montajı için çerçeveli [makas içinde yay ve kauçuk] [makas içinde elastomer] çelik, toplam statik çökme minimum 25 milimetre

NOT: Yayların pratik olmadığı yerlerde, hava yaylarını (amortisör) kullanın. Yay çökmesinin (deflection) 89 milimetreyi aştığı durumlarda kullanmayı düşünün. Ekipmanı "destek ayağı" aparatları ile tip tabanına monte edin. Güvenilir hava beslemesi ve gerekli yerlerde hortum bağlantıları dahil bağlantı provizyonlarını ayrıntılı detaylandırın. Çoğu uygulama için doğal frekanslara sahip servo kontrollü hava yaylı izolatörleri sağlanabilir. Sistem yükleri 227 ila 226.796 kilogram arasında değişebilir. Servo mekanizmalar, izole edilmiş kütlenin yüksekliğini 0,13 milimetre içinde tutacaktır.

Tip G: Özellikle uygulama ortamına uygun, güçlendirilmiş elastomerden yapılmış gövdeli hava yayı. Geleneksel olarak belirtilen çelik yayların 127 milimetre sarkmasına eşit doğal bir frekans sağlamak için hava yayı seçin. Desteklenen cihazın ölü seviye ayarı ve yükseklik kontrolü için kolaylık sağlayın.

Kaideler:

Aşağıdaki kaideleri sağlayın:

Tip U: Raylar, yapısal çelik tabanlar veya atalet blokları olmayan ünite izolatörleri ile kullanılır.

Tip R: İzolatörler, güç aktarımı, bileşenin yanlış hizalaması ve herhangi bir sarkma ağırlığı arasındaki 1/1440'ını aşan desteklenmeyen aralığın orta noktasında çökmeyi önlemek için yeterli boyutta [bağlı] [bağlantısı kesilmiş] öğütülmüş yapı çeliği kullanılarak yapılır. Tip R kaidelerin belirtildiği ve önerilen cihazın ilave taban desteği gerektirdiği durumlarda Tip S kaide kullanın.

Tip S: Destekli bir montajda ortak olan yapısal çelik kaideler, kapalı çevre konfigürasyonuna sahip kaynaklı eklemli değirmen haddelenmiş yapısal çelikten yapılmış, destek ayaklarına takılı izolatörler. Güç aktarımı bileşenlerinin ekipman üreticisinin önerdiği hizalamayı ve görev verimliliğini korumak için gereken sertliği sağlamak için çelik elemanların yüksekliğinin yeterli olduğundan emin olun. Çelik elemanın yüksekliğinin, izolatörler arasındaki aralığın 1/1440'ından daha fazla desteklenmeyen açıklığın orta noktasında eleman çökmesine neden olmadığından emin olun. Minimum yükseklik 127 mm'dir.

NOT: Aşağıdaki beton eylemsizlik-blok kalınlığı ve kütle kriterleri zorunludur, genel kapsamdadır ve her uygulama için gözden geçirilmeli ve belirli iş koşullarını yansıtacak şekilde yeniden yazılmalıdır.

Eylemsizlik bloğunun kütlesi, desteklenen ekipmanın ağırlığının bir ila üç katı arasında değişebilir. Genellikle 1'e 1 oranı tatmin edicidir ve 1-1 / 2'ye 1 oranı alışılmadık değildir. Klima santrallerinde ekipman ve atalet kaidesi arasında, özellikle de büyük boyutta olabilecekleri yerlerde eşit bir ağırlık elde etmek çok zordur.

Daha karmaşık biçimlendirme ve izolatör yapısının gerekli olması nedeniyle, girintili izolatör montaj hükümlerine sahip bloklar daha pahalıdır ve yalnızca personelin tehlikesini ortadan kaldırmak için belirtilmelidir.

Tip CIB: Tüm montaj için ortak olan beton atalet blokları, kaynaklı eklemli yapı, haddelenmiş yapısal çelik çevreler, kaynaklı No. 4 takviye çubukları, bloğun altına yakın her yönde merkezde 200 milimetre, payanda-izolatör montaj hükümleri, ankraj cıvataları sağlayın. 20.68 Mega paskal kürlenmiş dayanıklı beton ile doldurun.

Desteklenen ekipmana uyum sağlamak için dikdörtgen atalet kaidelerini yapılandırın.

Uygun kütle sağlamanın yanı sıra minimum atalet kaidesi kalınlığının, ekipman üreticisinin önerilen hizalamasını ve güç aktarımı bileşenlerinin görev verimliliğini korumak için rijitliği sağlamak için yeterli olduğundan ve desteklenmeyen genişliğin izolatörler arasındaki aralığın 1/1440'ından daha fazlası olmadığından ve orta noktasında taban çökmesine neden olmak için yeterli olmadığından emin olun. Minimum kalınlığın, önceki gerekliliklere rağmen en uzun kaide boyutunun yüzde 8'i olduğuna emin olunması gerekir.

NOT: Pompa kaideleri pratik olduğu kadar rijit olmalıdır. 300 milimetre 12 inç kalınlığındaki kaideler yaygındır. Rijitliğe ulaşmak için, montaj ağırlığının 1-1/2 katı kadar kütle göz önüne alınabilir. Gerektiğinde kalınlığı aşağıdaki paragraftaki gibi değiştirin.

Esnek kaplinlere sahip pompaların 200 milimetre kalınlığından daha az atalet kaidesine sahip olmadığından ve minimum beton atalet bloğu kütlesinin ağırlık olarak desteklenen ekipmana en az eşit olduğundan emin olun.

Boru ve Kanal Titreşim İzolasyonu

NOT: Çizimler proje koşullarının gerektirdiği boru ve kanal yalıtımını göstermelidir. Askı çubuğu uzunluğu, elastomerler için zararlı olabilecek iletilen ısıyı dağıtacak kadar uzun olmalıdır. Çizimler, boru izolatörlerinin türünü ve aralığını aşağıdaki kılavuza göre göstermelidir.

Tablo 4-8 Boru Tesisat Vibrasyon İzolasyon Seçim Kılavuzu

Boru Çapı Milimetre	İzole Edilecek Uzaklık (mm)	İzolatörler Arası Maksimum Boşluk (mm)
25	3048	3048
50	4572	3048
75	6096	3048
100	7620	3048
150	9144	3048
200	12192	3048
250	13716	3048
300	15240	3048
406	18288	3048

Tip G: Bina yapısına tesisatı sabitlemek için seri olarak tutulan çelik yaylara ve önceden oluşturulmuş elyaflı cam veya kloropren-elastomer elemanlara sahip izolatörler kullanılır. Sırasıyla 25 milimetre ve 10 milimetre minimum yay ve elastomer statik çökme üretmek için çalışma koşulları sırasında cihazları desteklenmiş sistemlerle takviye ederek kullanılmalıdır.

NOT: Boruyu tablo mesafesinin ötesinde desteklemek için, gerektiğinde Tip H ve Tip J izolatörleri kullanın.

Tip H: Bina-yapı elemanlarına bağlamak için içerdiği kloropren-elastomer elemanlara sahip izolatörler sağlayın. 10 milimetre minimum elastomer statik çökme üretmek için çalışma koşulları sırasında cihazları desteklenmiş sistemlerle takviye ederek kullanmalıdır.

Tip J: Zemin destekli kolonlara veya doğrudan zemine monte edilmiş elastomerik izolatörler kullanın. 10 milimetre minimum elastomer statik sarkma üretmek için çalışma koşulları sırasında cihazları desteklenmiş sistemlerle takviye ederek kullanılmalıdır.

Zemine Monte Boru Tesisatı

Tip K: Zemin destekli kolonlara veya doğrudan zemine monte edilmiş yaylara sahip izolatörler sağlayın. 25 milimetre minimum yay statik sarkması üretmek için çalışma koşulları sırasında cihazları desteklenmiş sistemlerle takviye ederek kullanılmalıdır.

Dikey Boru Tesisatı

NOT: Yaklaşık DN100 ve daha büyük borular için. Titreşim izolasyon borusunda Tip l tipik dikey boru eklerini kullanmayın.

Tip L: Bir veya daha fazla çelik yaya sahip boru tabanı destek cihazları olan izolatörler sağlayın. 25 milimetre minimum statik sarkma üretmek için çalışma koşulları sırasında cihazları desteklenen sistemle yükleyin. Zemine montaj için cihazları ön sıkıştırma ve dikey limit özelliklerinin yanı sıra minimum 6,4 milimetre kalınlığında elastomer akustik ses izolasyon yastığı ve izolasyon pulları ile donatın.

Tip M: Elastomer montajlı taban plakası olan izolatörler ve nominal yük altında minimum 10 milimetre statik sarkmaya sahip çift etkili elastomer elemanlar içeren yükseltici boru kılavuz cihazları sağlayın. Sabit kılavuz halkasında ısı yalıtımı sağlamak için izolatörü boyutlandırın.

4.2. MEKANİK VE ELEKTRİK HACİMLERİN AKUSTİK VE TİTREŞİM İZOLASYONU

Elektrik ve mekanik odalar genel olarak ne yaparsak yapalım mutlaka herhangi bir katta komşu yaşam alanları ile kesişim gösterir. Daha önce akustik konular ile bahsettiğimiz ses ve gürültü kavramları tam da bu mahaller için tanımlanmıştır. Ayrıca çok kullandığımız split klima iç ve dış ünitelerinin yerleşimleri de benzer nitelikte sorunları beraberinde taşır. Daha önce ses ve gürültü bölümünde anlatılmıştı.

Diğer titreşim kaynakları insan olabilir, sert zeminlerde ayak sesleri veya ofis alanının üzerindeki bir balo salonundaki hareketli masa ve sandalyeler gibi unsurlar olabilir. Titreşim, yakındaki trenler veya bina dışındaki diğer ağır ekipmanlar gibi dış kaynaklardan da kaynaklanabilir. Elektrik mekanik cihazların aynı zamanda titreşim ürettiklerini de bilmekteyiz.

Algısal olarak titreşim, genellikle yaklaşık 20 Hz (saniyede döngüler) altındadır, duyulabilir sesler ile karşılaştırıldığında frekans daha düşük olabilir. Titreşim aynı zamanda yaklaşık 20 ila 20.000 Hz duyulur frekans aralığında olabilir ve havadan gürültü olarak yapıdan yayılır. Prensip olarak yakın mekanların Ses veya Oda kriterlerine bakmakla başlanır. Sonrasında akustik hassasiyet hiyerarşisine bakılır ve hacimlerin birbirlerine göre yerleşimini değerlendirir sonrasında ne tür ses kaynaklarına nasıl tedbir alınması gerektiğine karar verilir.

İnsan konforu sorunlarının yanı sıra, bir binadaki titreşim, elektron mikroskoplarının bozulmasından tavana monte edilmiş video projektörlerine kadar işlevsel sorunlar da yaratabilir.

Yankılanma ve konuşma anlaşılabilirliği (Yankı), kapalı bir alanda ses inerken duyulur. Sert yüzeylere sahip boşluklar, toplam geniş bir yumuşak yüzeye sahip olanlara göre daha yankılayıcı olacaktır. Bir boşluktaki yankı düzeyini ölçmek için kabul edilen ve standart yöntem, kaynak ses durduktan sonra sesin 60 dB bozulması için gereken süreyi ölçerek yankılanma süresi olarak tanımlanır ve RT olarak gösterilir.

Gürültü ve yankı konuşma anlaşılabilirliğini etkiler, bu da belirli bir ortamda konuşan ve dinleyici arasında kelimelerin ne kadar iyi duyulduğunun bir ölçüsüdür. Yankılanmayı ve gürültüyü azalttığımızda konuşma anlaşılabilirliğini artırırız.

Bir alan akustik karo tavanlar, halı kaplı zeminler ve kumaş sarılı fiberglas akustik paneller gibi daha pürüzlü yüzeylere sahip olduğunda yankı azalır. Akustik ortamda yankılanmanın rolü karmaşıktır;

Tablo 4-9 Çeşitli Mahallerde Gürültü Kaynakları ve Ses Şiddet Değerleri (dB ref 10^{-12} W)

Ev	Çalışma	Rekreasyon
50 buzdolabı	40 sessiz ofis, kütüphane	40 sessiz yerleşim alanı
50- 60 elektrikli diş fırçası	50 büyük ofis	70 otoyol trafiği
50- 75 çamaşır makinesi	65- 95 çim biçme makinesi	85 yoğun trafik, gürültülü restoran
50- 75 klima	80 manuel makine, takım	90 kamyon, konuşma bağırma
50- 80 elektrikli tıraş makinası	85 el testeresi	95- 110 motosiklet
55 kahve değirmeni	90 traktör	100 kar motosikleti
55- 70 bulaşık makinesi	90- 115 metro	100 okul dansı, bom kutusu
60 dikiş makinesi	95 elektrikli matkap	110 disko
60- 85 elektrikli süpürge	100 fabrika makineler	110 meşgul video arcade
60- 95 saç kurutucu	100 ahşap işçiliği	110 senfoni konseri
65- 80 çalar saat	105 kar üfleyici	110 araba kornası
70 TV ses	110 güçlü testere	110 -120 rock konseri
70- 80 kahve öğütücü	110 yaprak üfleyici	112 kişisel kaset çalar yüksek
70- 95 çöp öğütücü	120 zincir testere, çivi üzerinde çekiç	117 futbol maçı (stadyum)
75- 85 gömme tuvalet	120 havalı kırıcı, ağır makine	120 grup konseri
80 tost makinesi	120 jet uçağı (rampada)	125 otomatik stereo (fabrika kurulmuş)
80 kapı zili	120 ambulans sireni	130 F1 araba yarışları
80 zil telefonu	125 zincir testere	143 bisiklet kornası
80 ıslık çıtası	130 matkap,	150 havai fişek
80- 90 gıda karıştırıcı	130 hava saldırısı	156 capgun
80- 90 parçalayıcı	130 Senfonide perküsyon bölümü	157 balon patlatma
80- 95 çöp öğütücü	140 uçak kalkışı	162 havai fişek (3 metre)
110 bebek ağlaması	150 jet motoru kalkış	163 tüfek
110 gıcırtılı oyuncak kulağa yakın	150 topçu ateşi 140 metre	166 tabanca
135 gürültülü sıkma oyuncaklar	Rampadan 180 roket fırlatılıyor	170 av tüfeği

Tablo 4-10 Oda Ses Kriterleri [40]

		Oktav Bandı Analizi[a]	Yaklaşık Bütün Ses Basınç Düzeyi[a]	
ODA TİPİ		**NC/RC[b]**	**dBA[c]**	**dBC[c]**
Konutlar, apartman daireleri, Tam kat	Yaşam alanları	30	35	60
	Banyo, mutfak, diğer odalar	35	40	60
Otel/motel	Özel odalar veya süitler	30	35	60
	Toplantı/ziyafet odaları	30	35	60
	Koridorlar ve lobi	40	45	65
	Servis/destek alanları	40	45	65
Ofis binaları	İşlem ve özel odalar	30	35	60
	Konferans odaları	30	35	60
	Telekonferans odaları	25	30	55
	Açık-plan ofisler	40	45	65
	Koridorlar ve lobiler	40	45	65

[40] *ASHRAE Handbook Chapter 49 Noise and Vibration*

Adliye, mahkeme salonu	Mikrofonsuz konuşma	30	35	60
	Mikrofonlu konuşma	35	40	60
Performans sanat sahneleri	Drama tiyatro, konser ve resital salonları	20	25	50
	Müzik eğitim stüdyoları	25	30	55
	Müzik çalışma odaları	30	35	60
Hastahane ve klinikler	Hasta odaları	30	35	60
	Koğuşlar	35	40	60
	Ameliyathane ve işlem odaları	35	40	60
	Koridor ve bekleme odaları	40	45	65
Laboratuvarlar	Test/araştırma sessiz	50	55	75
	Grup eğitimi verilen sözlü iletişim ve telefon konuşması yapılan odalar	45	50	70
	Grup öğretim sınıfları	35	40	60
Kilise, cami, sinagog	Genel geniş alan[e]	25	30	55
Okullar[f]	Derslikler	30	35	60
	Büyük derslik mikrofonlu	30	35	60
	Büyük oditoryum -ses yükseltici sistemli	25	30	55
Kütüphaneler		30	35	60
Kapalı spor salonlar, cimlastik salonları	Antrenman, yüzme havuz[g]	45	50	70
	Geniş oturma alanları akustik sesi yükselten[g]	50	55	75

a Tipik bina insan kullanım kabul sınırlarına göre tarif edilmiş deneyim sonucu elde edilen değerlerdir.

b NC: bu metrik, en yüksek teğet çizgi değerine eşit sayı derecesine sahip, referans eğrileri ailesine karşı oktav bant ses düzeylerini çizer.

RC: Hacimde ses kalitesi önemli olduğunda, RC Kriteri konuşma girişim seviyesini ve spektral dengesizliği ölçmek için teşhis aracıdır.

c dB A ve dB C: Bunlar A- ve C ağırlıklı genel ses basıncı seviyesi ölçümleridir ve hızlı, tek sayılı ölçüm için iyi referanslar olarak hizmet verir. Ayrıca, tasarım için oktav bant ses verilerinin bulunmadığı durumlarda belirtim için de uygundur.

d Gürültü burada arka plan gürültü düzeylerine katkıda bulunması muhtemel olası iklim dışı gürültünün değerlendirilmesinde kullanılmak üzere ele alınmıştır

e Deneyimli bir akustik danışman akustik kritik alanlarda rehberlik için muhafaza edilmelidir (RC 30 altında) ve tüm sahne sanatları alanları için.

f Bazı eğitimciler ve diğerleri, bu tablonun önceki sürümlerinde listelenen okullar için HVAC ile ilgili ses kriterleri, çok yüksek ve her yaştan etkilenen gruplar için öğrenme engeli olduğuna inanıyoruz. Sınıf akustiği ve okullarda daha düşük ses kriterleri için bir gerekçe için ANSI/ASA Standart S12.60'a bakın. HVAC ile ilgili arka plan sesi yaklaşık NC/RC 25 ise toplam gürültü HVAC bileşeni bu standardın arka plan gürültü gereksinimini karşılar. Bu kategori içinde, K-8 okullar için tasarımlar lise ve kolejler için daha sessiz olmalıdır.

g Bu alanlar için RC veya NC kriterlerinin yalnızca istenilen konuşma ve işitme koşulları için seçilmesi gerekir.

Tablo 4-11 Akustik Hassasiyet Hiyerarşisi

Akustik Hassas Yerler	Boşluk Bölgeleri	Gürültülü Alanlar
Kayıt stüdyoları, ses ve video konferans odaları, yatak odaları- uyuma alanları oditoryumlar, toplantı odaları, toplanma alanları, antrenman odaları, konut yaşam alanları	Koridorlar Depolar Veri veya Telekom Odaları Fonksiyon Odaları	Mekanik odalar, çatı klima üniteleri, elektrik odaları, jeneratör odaları, asansörler, fotokopi -faks -baskı odaları, jimnastik odaları, gece kulüpleri, tuvaletler

Tablo 4-12 Hacimlerin Komşu Alan Planlaması

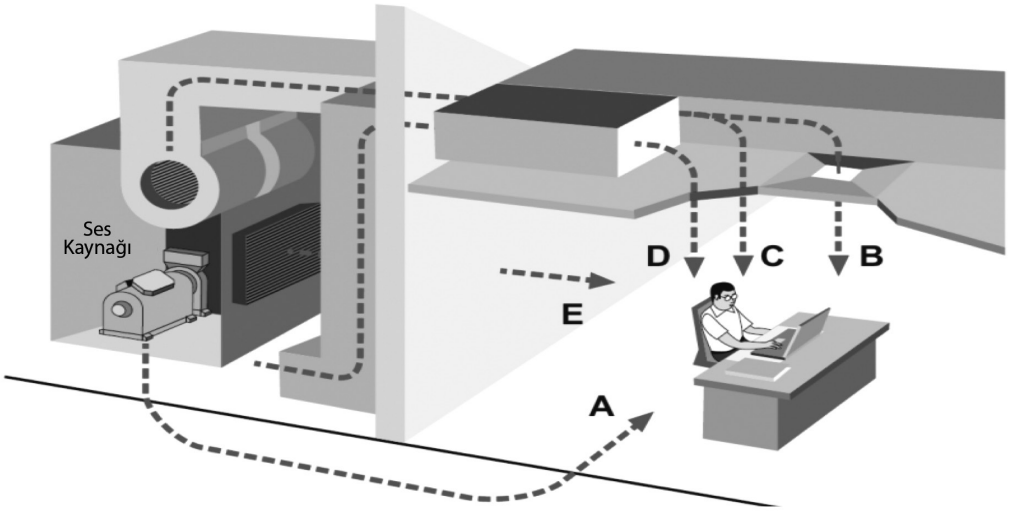
Akustik Hassasiyet	Örnek Hacimler
Çok Özel	Kayıt stüdyoları, ses ve görüntülü konferans odaları, uyku alanları
Yüksek	Oditoryum, toplantı alanları, toplantı odaları, çalışma odaları, konut içinde yatak odası dışındaki tüm odalar
Ortalama	Açık ofisler, özel ofisler, kabul alanları, yemek salonları, genel alanlar, koridorlar
Düşük	Depolar, mekanik ve makine odaları, elektrik odaları, garajlar, tuvaletler

Öncelikle sesin nasıl iletildiğine bir bakalım[41] (Şekil 4-4)

Havadan Gelen Ses: Havadan gelen ses, etrafındaki havayı doğrudan titreştirerek ses üreten kaynak anlamına gelir.

Darbe Sesi: Darbe sesi, bir binanın bir kısmının darbesel mekanik titreştirmesi ile ses üreten kaynak anlamına gelir (Örnek, ayak sesleri, elektrik ışığı anahtarları, çarpan kapılar). Bir çok darbe ses üreten kaynak önemli düzeyde havadan iletilen ses üretmektedir.

Yapı kaynaklı Ses: Yapı kaynaklı ses, özellikle yapıya doğrudan bağlanan titreşimli makinelerle bağlantılı olarak, yapı üzerinden uzun mesafeler kat eden sesi ifade etmek için kullanılır.



Yol A: Zeminden yapı kaynaklı titreşim yolu,
Yol B: Üfleme hava kanal ile hava yolu,
Yol C: Besleme hava kanalından kanal ayrımı,
Yolu D: Dönüş hava kanalı ile hava yolu,
E Yolu: Mekanik ekipmanlarla havadan giden yol.

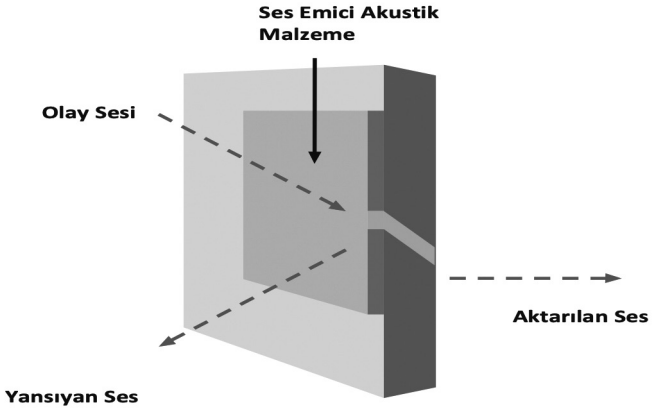
Şekil 4-4 İklimlendirme Sistemlerinde Tipik Gürültü ve Titreşim Yayılma Yolları

SES EMME, SES YALITIMI KAVRAMLARI FARKI

Ses Yalıtımı: Sesin bir alandan diğerine veya bir kaynaktan alıcıya aktarılmasını engelleme eylemini ifade eder. Tipik örnekler bitişik daire birimleri arasında veya yoğun bir otoyol ve bir yatak odası arasında ses yalıtımı içerir. İki alan arasındaki yalıtımı geliştirmenin en iyi yolu genellikle beton veya alçı pano gibi ağır malzemelerin kullanılmasıdır.

Ses emme: Ses emme bir yüzeydeki ses enerjisi olayının bir kısmının veya tamamının ısıya dönüştürüldüğü veya emiciden geçtiği durum anlamına gelir.

[41] *ASHRAE CHAPTER 49 NOISE AND VIBRATION CONTROL*



Şekil 4-5 Ses Emme ve Ses Yalıtım Detayı

HVAC- İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ GÜRÜLTÜ KONTROLÜ

Kanal İçi Hava Hızları: Kanal sistemi içindeki hava hızı gürültü seviyelerini önemli ölçüde etkiler. Tekrarlanan ses gürültüsü geçiş parçaları, dirsekler, menfez, damperler ve difüzerler tarafından oluşturulabilir. Kanal sistemi içindeki hava hızları sınırlandırılarak tekrarlanan gürültü önlenebilir.

Tablo 4-13 İstenen Akustik Tasarım Değerleri İçin Kanal İçi Hava Hızları

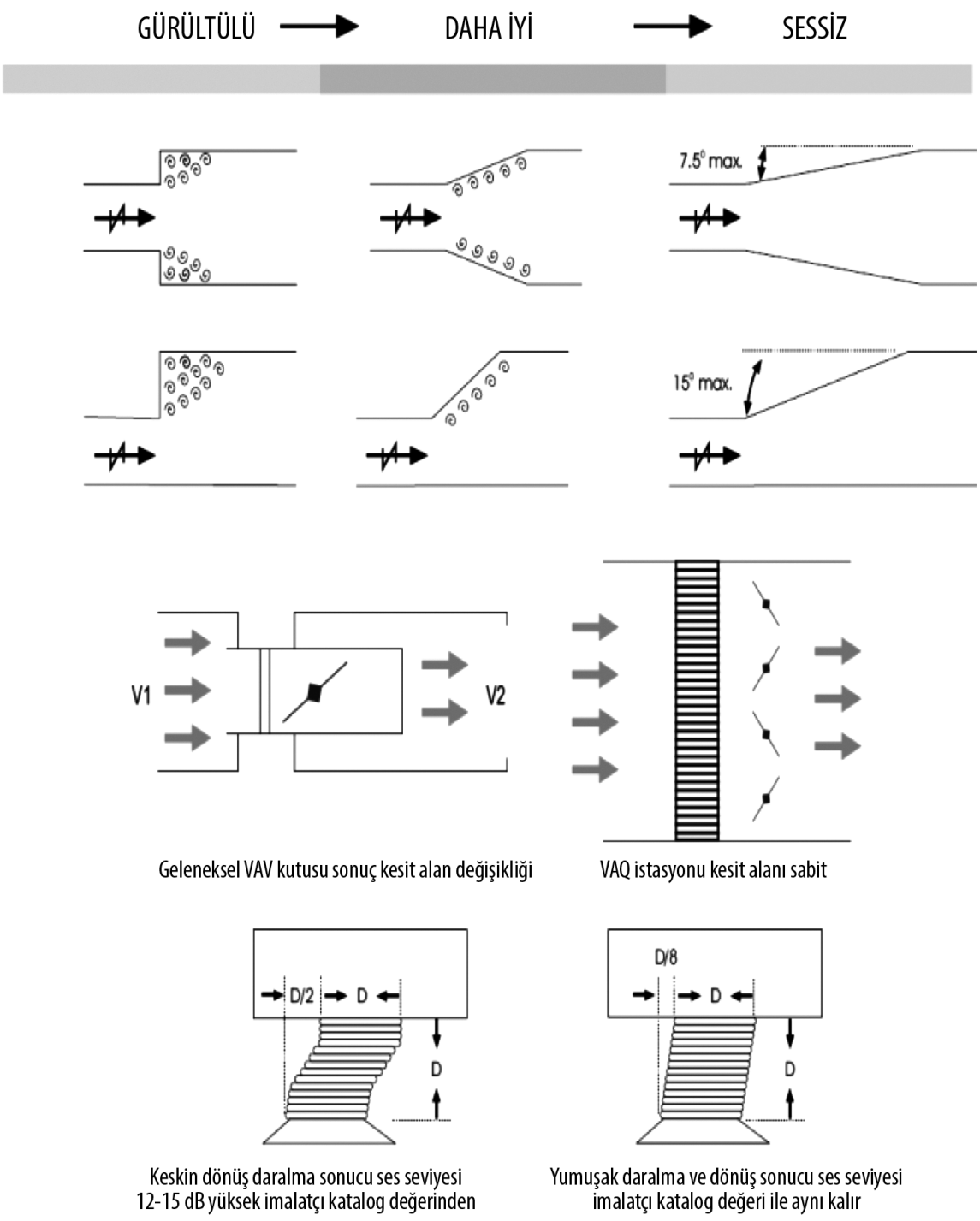
NR veya NC Tasarım Değeri	Kanal içi hava hızı (m/s)		
	Ana hat	Kol Ayrımı	Son Menfez
20	4.5	3.5	2.0
25	5.0	4.5	2.5
30	6.5	5.5	3.25
35	7.5	6.0	4.0
40	9.0	7.0	5.0

Tekrar üretilen gürültü: (Kanal elemanları ve VAV kutuları)

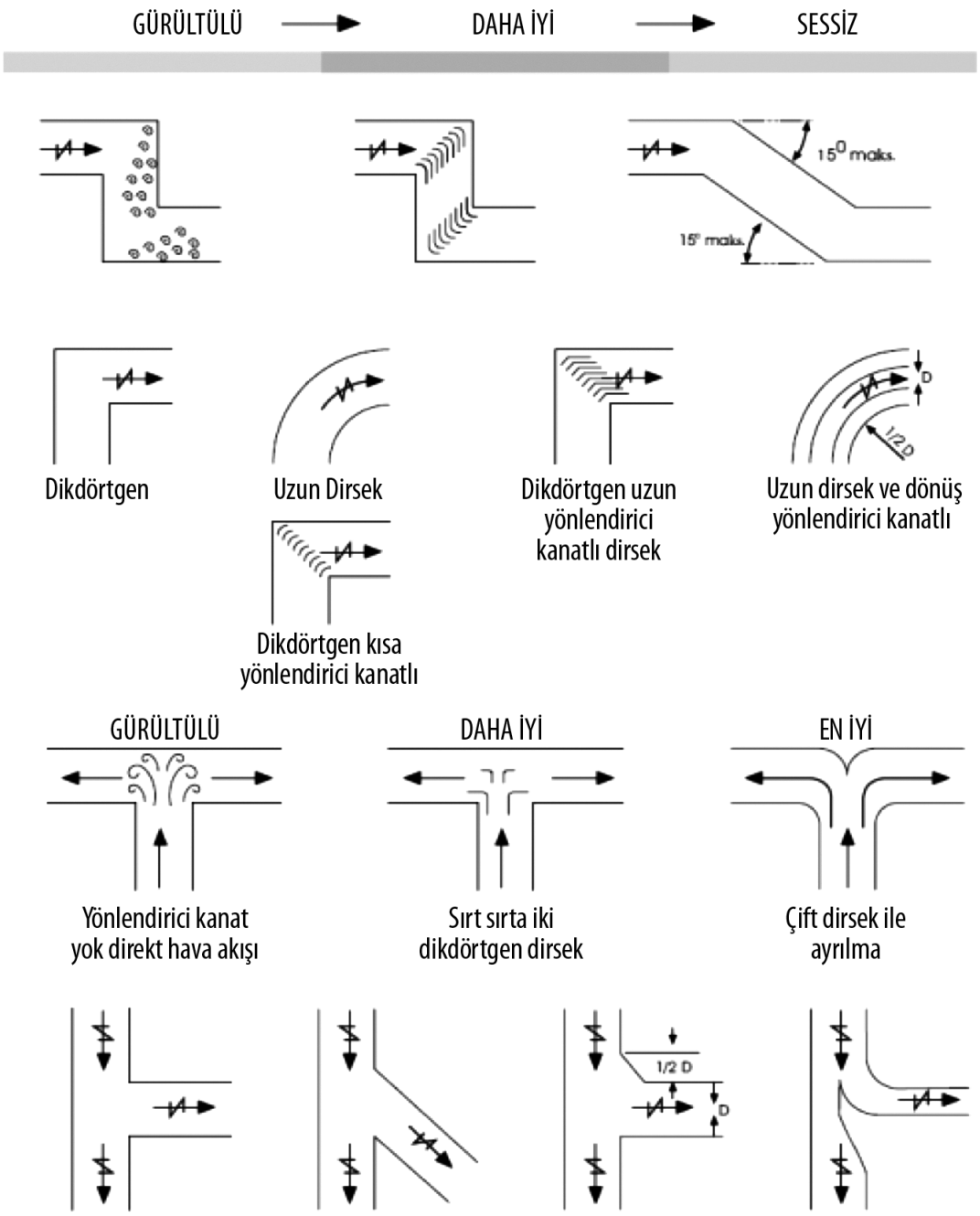
Fanların gürültüsü dışında kanalda aerodinamik ses üretilir. Dirsekler, menfezler, kol ayrımı veya birleşimi, hava modülasyon üniteleri, ses zayıflatıcılar ve diğer kanal elemanları. Hareketli havanın yapı ile etkileşimi ile üretilen her oktav frekans bandındaki ses gücü seviyeleri kanal elemanı geometrisi ve hava akımının türbülansına ve kanal elemanının çevresindeki hava akımı hızına bağlıdır. Kanala bağlı aerodinamik gürültü problemleri;

- Hava hızını düşük tutmak için kanal veya kanal konfigürasyonlarını boyutlandırma,
- Kanal kesit alanında boşluklu ani değişiklikler.

Kanal dağıtım genleşme, daralma ve dirseklerde yumuşak geçişler sağlamak akustik gürültüyü azaltır.



Şekil 4-6 Akustik Hava Gürültüsünü Azaltma Önerileri (Genleşme Daralma Damper ve Menfezler için)



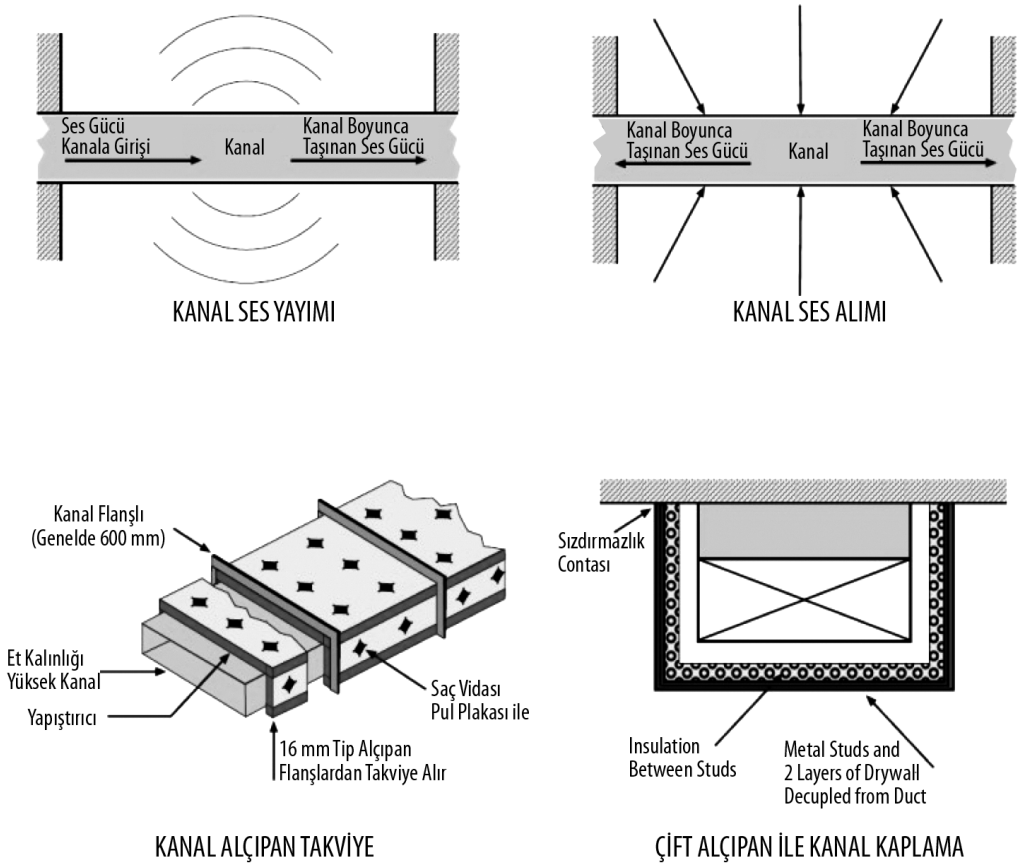
Şekil 4-7 Kanal Yön değiştirme, Dirsek, Kol Ayrılma Akustik Hava Gürültü Azaltma Önerileri

Kanallardan yayılan ses: Bir HVAC fanı ve bağlı kanal çalışması, fandaki akustik ve aerodinamik hava basıncı dalgalanmalarının kanal sistemindeki diğer yerlere iletildiği yarı kapalı, sıkıştırılabilir hava pompalama sistemi olarak hareket eder.

Koparma sesi, kanal duvarlarından çevreye yayılan bir kanal içindeki fan veya hava akımı gürültüsü ile ilişkili sestir.

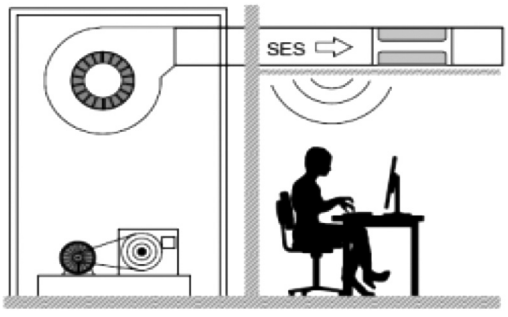
Çevredeki bir kanala iletilen sese, kanal çalışmasında daha fazla taşınan **gürültü kırma** (breaking) sesi denir.

Bu seslerin her iki türü de kanallarda takviyeler kullanılarak ve kanallarda ayrılmış alçıpan muhafazaları veya akustik astar kullanılarak önlenebilir



Şekil 4-8 Kanal Akustik İzolasyon Detayları

Kanaldan yayılan kanal kırılması ve yayılan sesleri de burada belirtildiği gibi uygun yerde ve yerleştirmede düzgün seçilmiş ses yutucu kullanılarak önlenebilir ve dolayısıyla bu sesler yalıtılabilir.



Şekil 4-9 Kanaldan Yayılan Seslere Karşın İzolasyonlar

Tablo 4-14 Elektromekanik Cihaz Odaları Sese Hassasiyetli Odalardan Ayıran Döşeme Seçimi [42]

Döşeme Kalınlığı mm (2300 kg/m³ Beton) *			
Ekipman Tipi	**Ekipman Odası En büyük Cihaz veya Motorlar (kW) Toplamı**	**Ses-Hassas İnsan yerleşimi (Ör. NC-35)**	**Zaman Zaman Hassas İnsan Yerleşimi (Ör.NC-40)**
Pistonlu Soğutma Grubu	Tüm Kapasiteler	200**	200
Santrifüj Soğutma Grubu	1000 kW'a kadar	200	150
	1000 kW ve Üzeri	200**	200
Vidalı Soğutma Grubu	Tüm Kapasiteler	200**	200
Fan veya AHU (Kanal bağlantı olmayan taraf)	7.5 kW'a kadar	100	75
	7.5-22.5 kW Arası	160	100
	22.5 kW üzeri	200**	150
Kanallı fan veya AHU (Her iki taraf kanallı)	22.5 kW'a kadar	100	75
	22.5 kW ve Üzeri	150**	100
Pompalar	18.5 kW'a kadar	100	75
	18.5 kW -75 kW arası	150	100
	75 kW Üzeri	200	160
Soğutma Kulesi, Evaporatif Soğutucu, Hava Soğutmalı Kondenser, Hava Soğutmalı Soğutma Grubu	22.5 kW'a kadar	150	100
	22.5 kW-75 kW Arası	200**	150
	75 kW Üzeri	200**	200

* Mekanik odalarda çeşitli tip ekipmanlar bulunur ve döşeme tipi ve kalınlığına karar verirken, en büyük değerli ekipman esas alınır. Döşeme kalınlığı, eğer yüksek dozajlı beton kullanılmışsa %33 artırılmalıdır.

** Bazı montaj tipleri ve çeşitli tip birçok ekipman mekanik odalar da her biri için, 200 mm yüzer döşemeye ihtiyaç duyar (Şekil 4.2-11).

Not: Hiçbir zaman mekanik ekipmanları NC-30 veya altı kriterli hacimlere bitişik odalarda veya yerlerde konuşlandırmayın.

[42] *A Practical Guide to Noise and Vibration Control for HVAC Systems Mark E. Schaffer, PE, Member ASHRAE,*



Kötü Montaj:

Cihaz ağırlığı konsol arasına geldiği için konsolda çökme ve izoleli cihaz olsa bile titreşim transferi söz konusu olur.



Makul/Normal Montaj:

Ortaya eklenen üçüncü ayakla dengeli montaj



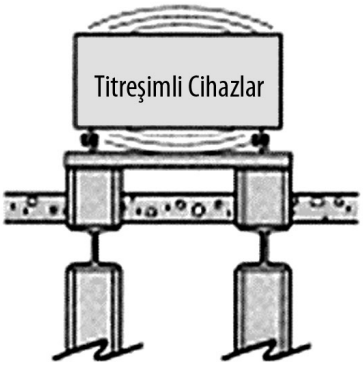
İyi Montaj:

Cihaz altına ek titreşim alıcı pedler eklenerek daha sağlam bir konsol oluşur. Taşıyıcı yapıya (Çatı veya döşeme) daha az zarar verir.



Çok İyi Montaj:

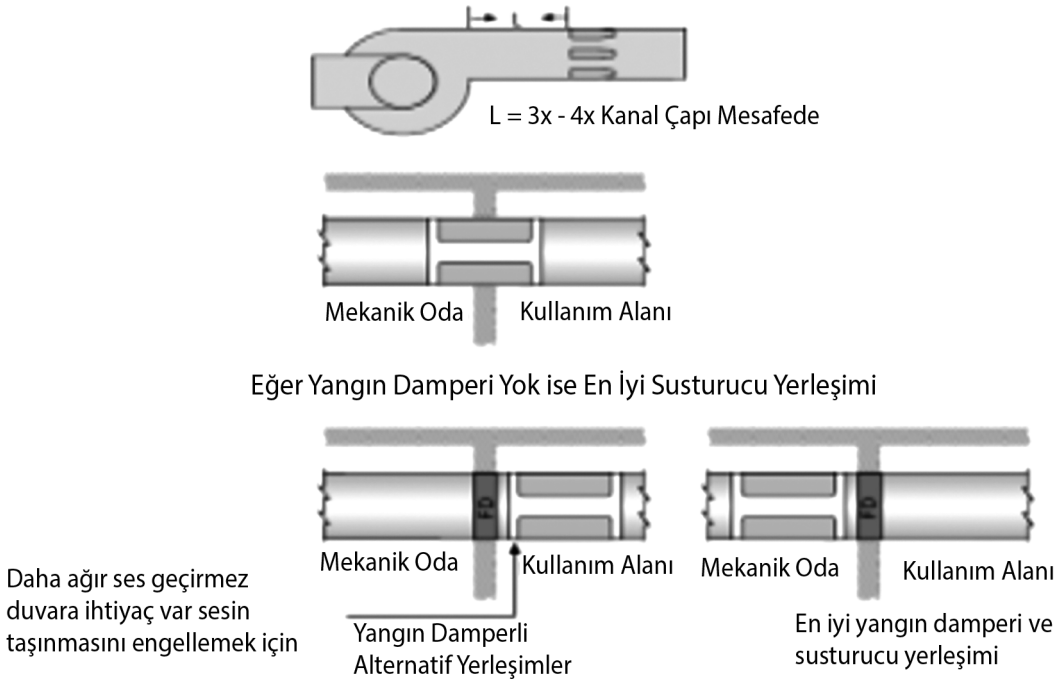
Cihaz altına taşıyıcı kolon eklenerek, taşıyıcıya mukavemet sağlar, ama yine de cihaz titreşimi döşemeye geçebilir.



En İyi Montaj:

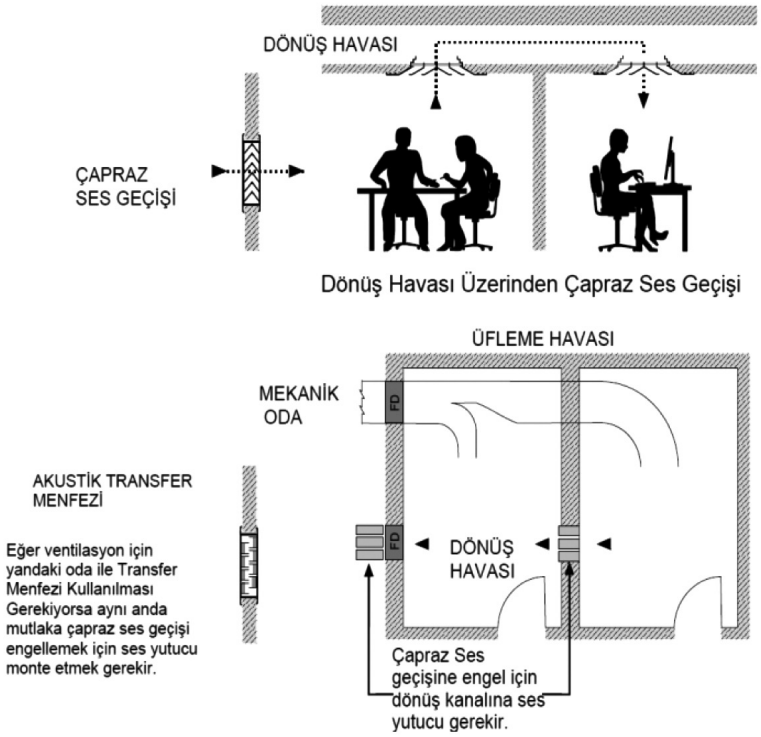
Cihaz için yapılan döşemeden (veya çatıdan) bağımsız iki taşıyıcı ayakla yapılması halinde, hiçbir titreşim ana yapıya geçmez.

Şekil 4-10 Cihazların Döşeme Üzerine Montaj Tipleri

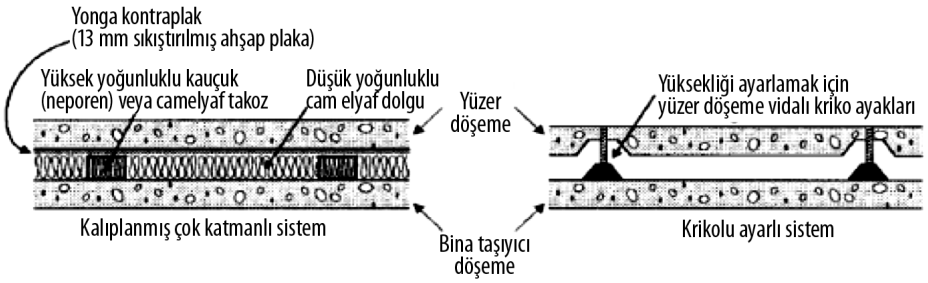


Şekil 4-11 En İyi Susturucu Yerleştirme yeri

Çapraz Ses Geçişi: Bitişik veya yakın konumlandırılmış iki oda aynı besleme hava kanallarını veya dönüş hava yolunu paylaştığında ses, dönüş hava yolundan veya kapı/bölmede havalandırma transferi yoluyla hareket eder.



Şekil 4-12 Çapraz Ses Geçişi ve Engelleme Örnekleri



Şekil 4-13 İki Tip Yüzer Döşeme Montaj Kesit Görünüşü

Tablo 4-15 Mekanik Oda Duvar Seçimi İçin Kılavuz

	Ölçüler mm'dir	125 / 16 mm ALÇIPAN PANEL / Keçe,elyaf yalıtım / Esnek bağlantı, kalafatlama	150	190 / Beton Blok	Hava boşluğu / Structural Steel Studs (Typ.)	250	16 mm ALÇIPAN PANEL / 190 mm Beton Blok / Esnek bağlantı, kalafatlama / Hava boşluğu	250
	Ses Geçirme Sınıfı (STC)	45	55	50	>60		>65	
Merkezi Tesisat	Pistonlu Soğutma Grubu							
	Diğer Soğutma Grupları							
Kanallı fan veya AHU (Her iki taraf kanallı)	≤7.5 kW							
	>7.5 kW							
Kanalsız fan veya AHU (Tek taraf kanallı)	≤7.5 kW							
	>7.5 kW							

Legend — Adjacent Occupancy: Very Sensitive; Moderately Sensitive; Non-Sensitive

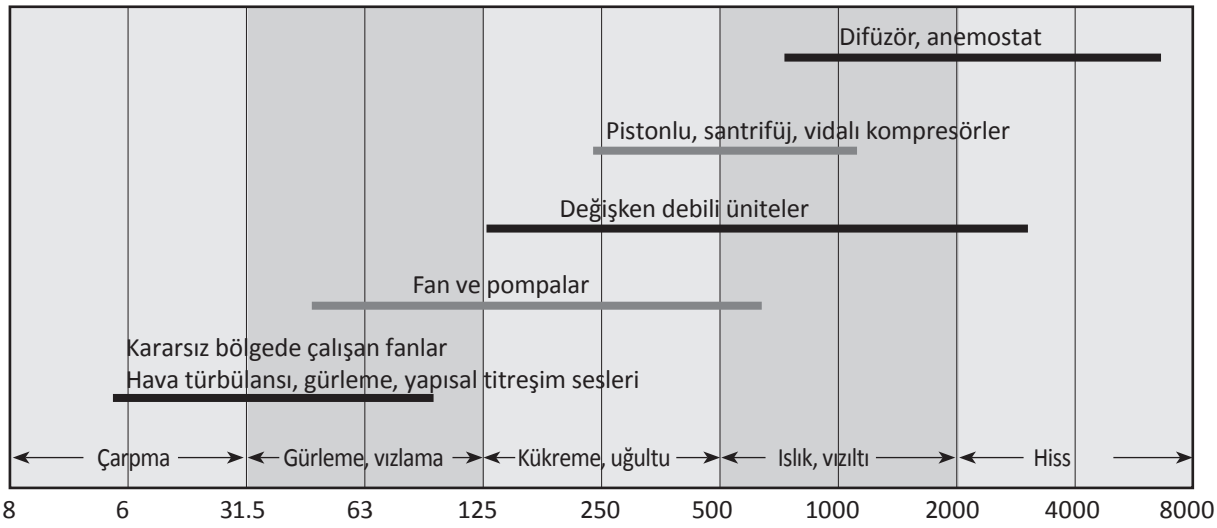
Not: Mekanik Odadaki tüm motorların kW değerleri benzer ekipmanlar kWs toplamıdır.

4.3. MEKANİK/ ELEKTRİK CİHAZLARIN MODÜLER KAİDE SES VE TİTREŞİM İZOLASYONLARI

Bir binadaki gürültü ve titreşim, mekanik sistem gürültüsünde olduğu gibi doğrudan yapı elemanlarından kaynaklanır ya da otomobil veya hava trafik gürültüsünde olduğu gibi binayı dışarıdan etkilemesine izin verilir. Kapalı alanlarda yankılanma da oda şekli, bitiş seçimleri, oda boyutu ve alandaki kişi sayısına göre belirlenen önemli bir akustik parametredir.

Akustik ortamın sorumluluğu, mekanik, elektrik ve sıhhi tesisat (MEP) sistemleri gibi gürültü kaynaklarına, hem mekanları çevreleyen hem de gürültüyü izole eden mimari elemanlara dikkat gerektiren bina tasarım ekibine aittir.

Dört temel terim öne çıkar: gürültü (daha önceki kısımlarda yeterince dile getirildi), titreşim (Özellikle 4.1.2 ve 4.1.3 kısımlarında depremsellik hariç konuşuldu), **yankılanma** ve **konuşma anlaşılabilirliği**. Bunlar, sıcaklık, nem ve hava hareketi mekanik sistem tasarımı için temel insan konforu faktörleri olduğu gibi, temel akustik insan konforu parametreleridir de.



Şekil 4-14 E/M Ekipman gürültü seviyeleri Hz

Mekanik ve elektrik cihazların tamamı için neredeyse yere monte edilirken birçok şekilde montajı da mümkündür. Burada montaj için birden fazla ön koşul mevcuttur, en önemlisi hangi seviyede montaj yapıldığı ve sonrasında da hangi tür binada montaj yapılacağıdır. Ne miktarda titreşime izin verilmesinin yanında ne kadar titreşimin taşıyıcı yapıya aktarılacağı da önemlidir. Çeşitli binalar için kabul edilen titreşim kriterleri mevcuttur.

Tablo 4-16 Ses Kaynakları, İletim Yolları ve Önerilen Gürültü Azaltma Yöntemleri

Ses Kaynağı	**Ses geçiş Yolu (Tablo 4.17'ye bknz.)**
Hava sirkülasyon fanları, menfezler, ızgara menfezler, difüzörler, odadaki üniter ekipmanlar	1
İndüksiyon üniteleri ve fanlı VAV üniteleri	1, 2
Hizmet verilen oda dışında bulunan klima ekipmanları, uzaktaki AHU ve bileşenleri fanlar, üfleyiciler, damperler, kanal dirsekleri, hava yıkayıcıları	2, 3
Kompresörler, pompalar diğer pistonlu ve dönen ekipmanlar (AHU lar hariç)	4, 5, 6
Soğutma kuleleri, hava soğutmalı kondenserler	4, 5,6,7
Egzoz fanları, pencere klimaları	7, 8
Odalar arası ses geçişi	9, 10

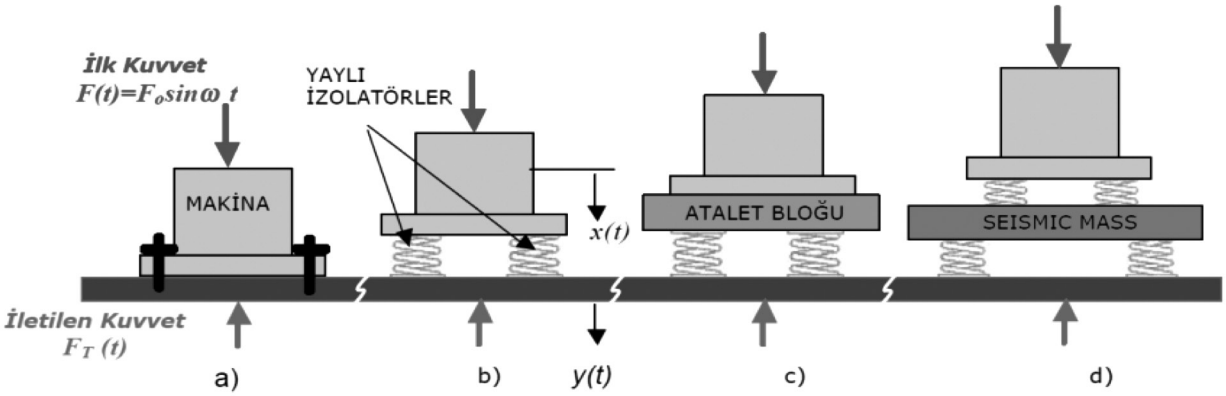
Tablo 4-17 Ses Kaynakları, Ses Geçiş Yolları ve Önerilen Gürültü Azaltma Yöntemleri

No	İletim Yolları	Gürültü Azaltma Yöntemleri
1	Ses kaynağından kulağa yayılan doğrudan ses Duvarlardan, tavandan ve zeminden yansıyan ses	Doğrudan ses sadece sessiz ekipman seçilerek kontrol edilebilir. Yansıyan ses, odaya ve ekipman konumuna ses emilimi eklenerek kontrol edilir
2	Gövdelerden ve kanal duvarlarından yayılan hava ve yapı kaynaklı ses : plenumlar, duvarlardan ve tavandan odaya iletilir.	Düşük türbülans için tasarım kanalı ve bağlantı parçaları; kritik olmayan alanlarda yüksek hızlı kanallar yapılır; neopren veya yay askıları ile kullanılan kanallar ve ses plenumlarda izole edilir.
3	Odadaki difüzörler besleme ve dönüş hava kanalları yoluyla yayılan havadan gelen ses Yol 1 vasıtası ile dinleyiciye ulaşır.	Minimum ses gücü için fanları seçilir; ses emici malzeme ile kaplı kanalları kullanarak; besleme ve dönüş hava kanallarında kanal susturucuları veya ses plenumları kullanılır.
4	Ekipman odası duvarlarından ve zeminlerinden bitişik odalara aktarılan gürültü.	Ekipman odalarını kritik alanlardan uzakta tutun, Mekanik ekipman oda duvarları için duvar blokları veya beton kullanılır, mekanik odalarda yüzen döşemeler kullanılır.
5	Bina yapısı üzerinden komşu duvar ve tavanlara aktarılan titreşim, Yol 1 vasıtası ile odaya gürültü olarak yayılır.	Tüm makineleri düzgün tasarlanmış titreşim izolatörleri ile monte edin, dinamik yükler için mekanik ekipman odasını tasarlamak, denge dönen ve karşılıklı ekipman.
6	Borular ve kanal duvarları boyunca titreşim iletimi	Boru ve kanalları neopren veya yaylı askıları ile yapıdan izole edilir, borular, kanallar ve titreşimli makineler arasında esnek konektörler kullanılır.
7	Dış mekanlara yayılan gürültü oda pencerelerine girer.	Ekipmanı kritik bölgelerden uzakta tutun, gürültü yollarını kesmek için bariyerler ve kapaklar kullanın, sessiz ekipman seçin.
8	İç mekân gürültüsü Yol 1'i takip eder.	Sessiz ekipmanları seçin.
9	Odadaki bir hava difüzörüne, bir kanala ve hava yoluyla iletilen gürültü başka bir odada difüzör üzerinde duyulur.	Odalar arasındaki duvar iletim kaybını eşleştirmek için kanal zayıflatma tasarımı ve kurulumu, kanal çapraz geçişe susturucu kullanılır.
10	Oda bölümü üzerinden, üzerinde ve çevresinde ses iletimi.	Tavan döşeme ve sıkıca her yerinde mühür bölümü genişletin; tüm boru, kanal, kanal ve diğer bölümlere izole edilip geçiş engellenir.

Tablo 4-15 ses kaynaklarından iletilen gürültü ile Tablo 4-16'te ses geçiş yollarını ve gürültü azaltma yöntemlerine baktığımızda en önemli konulardan birinin ses ve titreşimi kaynağında kesme işleminin esas çözüm olması ve kullanılacak malzemelerin standartlaştırılmasının önemi gözükmektedir. Şekil 4-14'te kaide tip ve izolasyon şekilleri gözükmektedir. Çözümlerden a) olanı genelde toprak temaslı zeminlerde kullanılmakla birlikte mutlaka montaj sırasında makine şasisi ile beton arasında boşluk ve terazi sağlanması için ayrıca destek parçaları ve sıkıştırılabilir elastik malzemeler de kullanılmaktadır. Temel olarak atalet kütlesi ile ağırlık merkezi yer seviyesi ve altına indirilmeye çalışılması neticesi, sınırlı kullanıma sahip bir metottur. Sadece titreşimi tüm zemine iletmesi açısından ayrıca zeminden de kaide altındaki kısım koparılmalıdır. Hesaplar kısmında bu tip

kaidelerin dinamik ağırlıklarının 3-6 kat daha yüksek kütle betonuna sahip olması ihtiyacı, olması gereken modüler kaidelere göre kontrol ve yönetilmesi daha zor bir metottur.

Konu mekanik odalar ve atölye, fabrika ortamlarında çoklu makinenin birlikte çalıştığı koşular değerlendirildiğinde b), c), d) seçeneklerinin modüler hesaplanmış kaideler ile yer seviyesi üzerindeki döşemelerde kullanılması önem arz etmektedir. Özellikle depremsellik hesap kavram içeriği, gerek hesapların dinamik serbestlik derece dahilinde daha hassas yer değiştirme, hız ve ivme değerlerini kapsayan 3 boyutlu etkileşimi, ekipman veya makine ağırlığını etkileyen sismik güçler karşısında davranışları da sönümlemek ve hareket miktarını sınırlamak, engellemek, sönümlemek temelindedir.



Şekil 4-15 Çeşitli Kaide Tipleri ve İzolasyon Şekilleri

Titreşim izolasyon sistemleri:

a) Rijit bir döşemeye sabitlenen makine,
b) Yalıtım yayları ile desteklenen rijit temel,
c) Atalet bloğuna bağlı makine,
d) İzolasyon yaylarında desteklenen, katı olmayan temel (zemin gibi) veya izolasyon yayları, sismik kütle ve izolatör yaylarının ikinci seviyesi üzerinde makine montajı yapılmasıdır.

Bir önceki maddede ağırlıklı olarak mekanik odaların ses hassasiyeti olan hacimler ile bir araya getirmemek gerektiği detaylı olarak anlatılmıştır. Döşeme kalınlıkları ve duvar kalınlıkları da ayrı ayrı tablolar ile tavsiye niteliğinde sunulmuştur. Tüm bunlara rağmen elektrik ve mekanik cihazların destek, kaide ve taşıyıcı sistemlerinin tasarım ve uygulama aşamasında dikkat edilmesi gereken detaylar bulunmaktadır.

Modüler yapılması gereken kaideler sadece klima ve konfor tesisat cihazları ile elektrik trafo jeneratör dışında elektrik panoları, telekomünikasyon cihazları, medikal cihazlar ve yüksek teknoloji içeren hassas laboratuvar ve imalat cihazları içinde zorunluluktur. Konu sadece yer değiştirme, titreme, gürültü ile sınırlı kalmayıp devrilme, zarar görme ve zarar verme kavramlarını da kapsamaktadır. Bu kısımdan itibaren sadece vibrasyon (titreşim) hesapları ve akustik konulardan öte sismik hareketler ile uluslararası kabul görmüş hesap kriterlerini de değerlendireceğiz.

4.4. MEKANİK ELEKTRİK CİHAZLARIN SİSMİK VE DEVRİLME HESAP KRİTERLERİ

Konu sismik olduğu zaman, harekete sebep olan yer değiştirme, hız ve ivme ile değişken etkiyen faktörleri konuşmaya başlamış da oluyoruz. Sadece bina veya tesisten bahsetmiyoruz aynı zamanda zemin yapısı, bina önem derecesi ile tesisat sistem ve ekipmanlarında önem derecelerini hesaba katmaya başlıyoruz. Konu için sadece bilgi vermek ve el kitabı okuyucusunu simgelere, terim, kavram ve bazı formüller ile başlayan hesap metotlarına da aşina etmek amacıyla bu kısım kaleme alınmıştır.

Depremsellik hesapları içerisine sizlere bina yapısal hesaplar ile birlikte münferit olarak yapısal olmayan kritik tesisat türlerinin, boru hatlarının, altyapı tesisatlarının (temiz su, kanalizasyon, yangın - yakıt hidrant boru tesisat ile pompa istasyonları, yeraltı doğalgaz, elektrik enerji hatları ve trafo binaları için bağımsız kaide,

kütle betonu, hafif yerüstü barakaları, sundurma altı tesisat merkezleri konusunda temel teori ve hesap metodu konusunda bilgilendirmek amacı ile bu kısım oluşturulmuştur. Öncelikle sıra ve tarih sırasına bakmaksızın ilgili yönetmeliklere bakarsak;

TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ[43] -2018
EUROCODE-8 [44]
IBC [45]
ASCE-7-16 [46]
FEMA [47]
NFPA-13 [48]

Belirtilen standartlar E/M sistemleri için mevcut Türkiye Deprem Yönetmeliğinden Eurocode-8 dışında çok daha fazla detay ile teorik-pratik bilgi ve hesap metodolojileri içermektedir.

Burada oluşturulan kaynak en tutucu ve koruyuculuğu en yüksek olan hesap yöntemlerini benimsemektedir. Değişen koşullar ve elde edilen sonuçlar ile bağlantılı olarak formül ve yöntemler de zaman içerisinde değişiklikler süreç içerisinde yenilenecektir.

4.4.1 Öncelikle 2018 Türkiye Deprem Yönetmeliği Kabul ve Hesaplarını Sırası ile Özetlersek; [49]

Derleyen Notu: Ek 1 kapsamında detaylı yönetmelik bilgileri yer aldığı için, burada sadece bilgi ve derleyen notları yer almaktadır. İlgilenenler; gerek yönetmelik gerekse kitabın yayınlanması sonrası olası değişikler için referans olarak yer alması için Ek-1 olarak eklenen bilgilerden faydalanabilir veya değişiklikleri kıyaslayabilirler.

EK-1 İÇERİĞİ

BÖLÜM 1 - GENEL HÜKÜMLER

1.1.7 - Binalar ve bina türü yapıların dışında kalan köprüler, barajlar, kıyı ve liman yapıları, tüneller, boru hatları, enerji nakil hatları, nükleer tesisler, doğal gaz depolama tesisleri gibi yapılar, tamamı yer altında bulunan yapılar ve binalardan farklı hesap ve güvenlik esaslarına göre projelendirilen diğer yapılar bu Yönetmeliğin kapsamı dışındadır.

1.1.8 - Tarihi ve kültürel değeri olan tescilli yapıların ve anıtların deprem etkisi altında değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi bu Yönetmeliğin kapsamı dışındadır.

1.1.9 - Bu Yönetmeliğin kapsamı dışındaki bina ve bina türü yapıların deprem etkisi altında tasarımı için kendi özel yönetmelikleri yapılıncaya dek, öncelikle ilgili Türk Standartlarında verilen hükümler ile, uluslararası geçerliliği kabul edilen eşdeğer diğer standart, yönetmelik gibi teknik düzenlemeler veya kurumlarınca belirlenen teknik kurallar, bu Yönetmelikte öngörülen ilkeler gözetilerek kullanılabilir.

1.2.2 - Bu Yönetmeliğe göre deprem etkisi altında yeni binaların tasarımında ve mevcut binaların değerlendirilmesinde esas alınacak Bina Performans Hedefleri ile Deprem Tasarım Sınıfları (DTS) Bölüm 3'te tanımlanmıştır.

---

[43] *Türkiye Deprem Yönetmeliği- 2018*
[44] *Eurocode 8: Seismic Design of Buildings Worked examples 2011*
[45] *IBC-2012/2015 Using Structural Dynamics / ASCE 7-10*
[46] *ASCE/SEI 7-16 Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*
[47] *FEMA E-74 / December 2012 Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage - A Practical Guide*
[48] *NFPA-13 Standard for the Installation of Sprinkler Systems-2019*
[49] *Deprem Yönetmelik Numaralama sistemi orijinal kısım, bölüm, ek, tablo, şekil numaraları kullanılarak tanımlanmıştır.*

2.2. DEPREM YER HAREKETİ DÜZEYLERİ

Bu Yönetmelik kapsamında aşağıda belirtilen dört farklı deprem yer hareketi düzeyi tanımlanmıştır.

Derleyen Notu: İnşaat Mühendisliği kapsamında DD-4 koşulları için yapılacak tasarım hesapları kapsamında ElektroMekanik herhangi bir deprem tasarımı hesabı istenmese de Elektro Mekanik tesisat tasarımı ve uygulaması yapan mühendislik grupları, standart titreşim ve akustik tasarım kuralları DD-4 için de geçerli olup, bu kitapta anlatılan esaslar uygulanır.

2.3.2. Harita Spektral İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları

2.3.2.1 - Boyutsuz ***harita spektral ivme katsayıları,*** 1-de belirtilen dört farklı deprem yer hareketi düzeyi için ***Türkiye Deprem Tehlike Haritaları*** kapsamında tanımlanmıştır:

(a) Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı SS

(b) 1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı S1

Birbirine dik iki yatay doğrultudaki deprem etkilerinin geometrik ortalamasına karşı gelen ***harita spektral ivme katsayıları***, belirli bir deprem yer hareketi düzeyi için referans zemin koşulu **[(VS) 30 = 760 m/s]** esas alınarak **%5** sönüm oranı için ***harita spektral ivmeleri*** yerçekimi ivmesine bölünmesi ile boyutsuz katsayılar olarak tanımlanmıştır.

2.3.2.2 - 2.3.2.1'de tanımlanan harita spektral ivme katsayıları SS ve S1, aşağıdaki şekilde ***tasarım spektral ivme katsayıları*** S_{DS} ***ve*** S_{D1}'e dönüştürülür:

$$S_{DS}=S_S F_S$$

$$S_{D1}=S_1 F_1 \qquad \textit{Denklem 4.4 1}$$

Burada F_S ve F_1 2.3.3'te tanımlanan ***yerel zemin etki katsayıları*** göstermektedir.

2.3.2.3 - Yerel Zemin Etki Katsayıları

2.3.3.1 - 16.4'te tanımlanan yerel zemin sınıflarına bağlı olarak yerel zemin etki katsayıları FS ve F1, sırası ile Tablo 2.1 ve Tablo 2.2'de verilmiştir. Tablolarda harita spektral ivme katsayılarının ara değerleri için doğrusal interpolasyon yapılabilir.

Derleyen Notu: Yönetmelik yayınından itibaren bina yerel zemin etki katsayıları kullanılarak eski Deprem ZON kavramı kaldırılmıştır.

3.2. DEPREM TASARIM SINIFLARI

3.1.1'de tanımlanan Bina Kullanım Sınıflarına ve DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için 2.3.2.2'de tanımlanan Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısına bağlı olarak, bu Yönetmelikte deprem etkisi altında tasarımda esas alınacak Deprem Tasarım Sınıfları (DTS), Tablo 3.2'ye göre belirlenecektir.

3.4. BİNA PERFORMANS DÜZEYLERİ

Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi, Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi, Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi, Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi için hesaplar yapılır

Ek-1 Tablo 3.4. Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Yeni Yapılacak veya Mevcut Binalar İçin Performans Hedefleri ve Uygulanacak Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımları göstermektedir.

3.5.1.2 - Tablo 3.4'te belirtilmeyen yığma, ahşap ve hafif çelik binalar, DD-2 deprem yer hareketinin etkisi altında Kontrollü Hasar (KH) performans hedefini sağlayacaktır.

Derleyen Notu: Yönetmelik kapsamında bu noktaya kadar depremsellik, zemin, yükseklik, bina performansı tasarım kriterleri ile inşaat ve yapısal konular ile ilişkisine baktık. Bina olmayan ve taşıyıcı olmayan sistemler konusunda yönetmelik çerçevesinde tarif edilen konulara da değineceğiz. Eksiklik gördüğümüz veya tanımlanmamış konular ile ilgili ek bilgi, yönetmelikler, formüller ve hesap metotlarda kitap içerisinde yer alacaktır. İleriki bölümlerde yer alan zemin sıvılaşması veya yüksek katlı binalar, yalıtımlı binalar konusu hesap ve yöntemleri deprem inşaat yapı tasarım sorumlusuna bırakılacaktır.

BÖLÜM 6 - DEPREM ETKİSİ ALTINDA YAPISAL OLMAYAN BİNA ELEMANLARININ TASARIM ESASLARI

6.1. GENEL KURALLAR

6.1.1 - Depremde hasar görmesi durumunda insanlara veya binanın yapısal sistemine zarar verebilecek veya binanın kullanımına engel olabilecek taşıyıcı sisteme bağlı fakat bağımsız çalışan her türlü çıkıntılar (balkon, parapet, baca, konsol gibi), cephe ve ara bölme panoları, mimari elemanlar ile mekanik ve elektrik donanımlar ve bunların yapıya bağlantıları için bu Bölümde verilen kurallara göre deprem hesabı yapılması zorunludur. Ancak binadaki mobilyalar ile binada geçici olarak bulunan ve binaya bağlı olmayan donanımlar ve ***Deprem Tasarım Sınıfı*** DTS=4 olan binalardaki yapısal olmayan elemanlar için deprem hesabı yapılması zorunlu değildir.

6.1.2 - Yapısal olmayan eleman ve donanımlar yapıya sabit olarak bağlanmalı ve bağlantı elemanları bu Bölümde verilen eşdeğer deprem yüklerini ve yer değiştirmeleri karşılayacak kapasitede olmalıdır. Donanımı yapıya bağlayan bağlantı elemanlarının (örneğin kaynak, bulon, dübel, perçin, vb.) deprem etkisi altında hesabında sürtünmelerden oluşan ilave kapasite göz önüne alınmayacaktır. Bağlantı elemanları, donanımdan yapıya yük aktarımını kesintisiz olarak sağlayacak dayanıma sahip olmalıdır.

6.1.3 - Yapısal olmayan eleman veya donanımın ağırlığı bulunduğu katın toplam ağırlığının %10'undan büyük ise eleman veya donanım bina taşıyıcı sisteminin bir parçası olarak kabul edilecektir. Bu durumda eleman veya donanımın kütlesi ile binaya bağlantısının rijitlik özellikleri, bina taşıyıcı sisteminin deprem hesabında göz önüne alınacaktır.

6.2.5 - Bina taşıyıcı sistemine askı tipi (zincir, kablo gibi) bağlantılarla tutturulmuş eleman veya donanımlarda, yukarıda belirtilen eşdeğer deprem yükleri yerine, eleman veya donanım ağırlığının 1,4 katına eşit olan bir yük yatay ve düşey doğrultularda birlikte uygulanarak hesap yapılacaktır.

Derleyen Notu: Yapısal olmayan elemanların davranış ve büyütme katsayıları ile ilgili birkaç şey burada söylenmelidir. Özellikle mimari konular kapsamında olan, EK1 Bölüm 6 Tablo-1 içeriğinde tarif edilmiş elemanlara bağlı olarak destek sistemlerine sabitlenmiş veya balkon, konsol gibi yerler ile yığma veya taşıyıcı olmayan bölmelere sabitlenmiş elektrik- mekanik tesisat elemanlarını değerlendirdiğimiz zaman, konunun kritik ve riskleri göz ardı edilemeyecek kadar önemlidir. Bahsedilen elemanlara sabitlenen elektromekanik ekipman taşıyıcı için yaptığınız hiçbir titreşim, akustik veya depremsellik hesabı geçerli ve doğru değildir. Gerekli olan durumlarda uluslararası norm ve standartlar kullanılmalıdır.

4.4.2. Yönetmeliğin Kapsamadığı Konular

Deprem Yönetmeliği genel Hükümler 1.1.7 altında belirtilen yönetmelik tarafından kapsayan sistemler ve DD4 dahil deprem için tekrarlama periyodu servis deprem yer hareketi kapsamında kabul edilen bölgelerde ve BKS-1, BKS-2, BKS-3 için KRİTİK EKİPMAN ve SİSTEMLER Bina kullanım sınıfına bakılmaksızın (I) önem faktörü yüksek alınması gereken sistemler listelenmiştir.

4.4.2.1 Acil Durum Uyarı-Müdahale Ekipman Sistemleri ve Yedek Sistemler

Yedek enerji besleme sistemleri kapsamında binalarda yedek enerji sistemine bağlı veya münferit tüm sistemler sadece deprem açısından değil; diğer tabii afetler, Tsunami, sel, su baskını, fırtına, hortum ve rüzgâr ile yoğun kar dahil AFAD sitesinde tanımlanmış tüm tabiat risklerine karşı korunmalıdır. Korunması gereken belli başlı sistemler şunlardır;

- Yangın uyarı ve algılama sistemleri,
- Yangın boru ve söndürme tesisatı,
- Yangın gazlı söndürme tesisatı,
- Yangın hidrant ve su besleme sistemleri,
- Acil durum uyarı ve bildirme tesisatı ile anons sistem ekipman ve tesisatları,
- Acil aydınlatma çıkış ve kaçış yolları aydınlatma tesisatı,
- Duman tahliye ekipman ve tesisatı,
- Yangın su tahliye pompaları,
- Zorunlu havalandırma sistemleri,
- Zorunlu egzoz sistemleri,

- Kanalizasyon terfi istasyonları ve pompalar,
- Temiz su besleme merkezi dağıtım ve tali boru sistemleri,
- Özellikle acil soğutma veya ısıtma tesisatı,
- Kritik ekipmanların yakıt destek sistemleri,
- Bina yönetim merkezi bilgisayar ve kontrol odaları (Enerji-havalandırma -klima-soğutma-yangın söndürme).

4.4.2.1.a. Su Boruları [50]

Dört farklı kategoride su taşıma (şebeke) boruları vardır. Ana su iletim (isale hattı) boruları, alt iletim, su dağıtım ve servis/hidrant borularıdır. Belirli bir su şebekesi, bu yönergeleri kendi su sistemleri için uygulayabilir ve çeşitli boru hattı kategorileri için farklı terminoloji kullanabilir. Hangi terminoloji kullanılırsa kullanılsın, performans hedeflerinin Kılavuzlarda sunulan kavramlarla tutarlı olarak belirlenmesini öneririz.

Su temini ve dağıtım ağlarındaki farklı boru hattı türleri farklı işlevlere hizmet eder. Örneğin, su arıtma gereksinimi için su kemerleri büyük miktarlarda ham su taşır. Ana hatlar, arıtma tesislerinden ve merkezi depolardan, ham veya içilebilir su kaynaklarını şebeke besleme noktalarına taşır. Besleme şebekeleri de, bireysel müşterilere su dağıtır ve servis yanal dağıtım hatları şebekeden gelen suyu doğrudan hizmet verilen tesise taşır. Su kemerleri, ana hatlar, dağıtım ve servis bağlantılarında boru tipi ve uygulama şekline dikkat edilmelidir. Boru fonksiyonu, topluma ve bireysel tesislere su temini sağlamada önemli bir konudur.

Mevcut bina kodlarında (DSİ, İller Bankası, Belediyeler gibi) açıklanan bazı tesislerin önemi, sadece tesisin deprem sırasında ve sonrasında insan hayatını ve mallarını korumak için minimum düzeyde performans göstermesini değil, aynı zamanda su sisteminin yeterli performans göstermesini, böylece afet kurtarma ekiplerinin acil müdahale faaliyetlerini makul bir şekilde gerçekleştirmek için yeterli yangın ve içilebilir su kaynaklarına sahip olmasını gerektirir.

Tablo 4-18 Boru Fonksiyon Sınıfları

Boru Fonksiyon Sınıfı	Depremsel Önem	Tanım
I	Çok Düşük veya yok	Kırılması veya arıza yapması durumunda insan hayatını çok etkilemeyen, deprem sonrası mutlaka hemen çalışması gerekmeyen veya tamiratı (haftalar veya daha fazla) toplumun ekonomik yaşamına zarar vermeyen.
II	Tipik, normal	Normal ve tipik bütün su sistemlerinde kullanılan boru sistemleri. Bütün borular Fonksiyon I, III veya IV kategorilerinde tanımlanmayan.
III	Kritik	Kritik boru hatları, çok sayıda insana hizmet veren ve arıza durumunda toplum için hatırı sayılır ekonomik etkileri olan veya ikincil bir zarar oluşturan.
IV	Öncelikli önemli	Öncelikle önemli boru hatları deprem sonrası mutlaka çalışması gereken ve tamir edilmesi gereken ve görevini yapmaya devam eden depremsel tasarımlı boru hatları.

Fonksiyon- I: Arıza durumunda insan hayatı ve malları için çok düşük bir tehlikeyi temsil eden boru hatları. Bu boru hatları öncelikle tarımsal kullanım, belirli geçici tesisler veya küçük depolama tesisleri için hizmet vermektedir. Boru hatları maksimum 50 servis bağlantısı için içilebilir su kaynağı sağlar ve önemli bir depremin ardından herhangi bir yangın söndürme seviyesi için gerekli değildir. Fonksiyon I boru hattı da ham su iletim hattı içerebilir, bu hattaki arıza yerel toplumu etkilememesi durumunda, uygun terminal depolama (veya başka bir kaynağın) mevcudiyeti nedeniyle, hasarın toplumun ekonomik refahını etkilemeden önce hızla onarılabilir.

Fonksiyon II: Normal ve sıradan boru hattı kullanımı, çoğu su sisteminde ortak boru hatları. İşlev I, III veya IV

[50] *Seismic Guidelines for Water Pipelines March 2005, American Lifelines Alliance, G&E Engineering Systems Inc. John Eidinger,G&E Report 80.01.01, Revision 0,March, 2005*

olarak sınıflandırılmamış tüm borular. DD-2 ,475 yıllık tekrarlanan depremlerde Fonksiyon II boru hatlarının hedef ortalama kırılma miktarı, 300 metreye 0,03 ila 0,06 veya daha az olduğu belirlenmiştir. "Ortalama" derken, su sistemindeki bazı Fonksiyon II boru hatlarının daha yüksek kırılma oranına sahip olsa bile genel kırılma oranı hedef aralıkta olmaktadır.

Fonksiyon III: Çok sayıda müşteriye hizmet veren kritik boru hatları ve sonuçları, arıza durumunda insan hayatı ve malları için önemli bir tehlike oluşturur.

- En az 1.000 dahil olmak üzere servis bağlantısına su sağlayan boru hatları konut, endüstriyel ve iş veya diğer müşteriler; bunun için kesinti şansı yoktur.
- Pompa istasyonları ve tanklar arasında "ana belkemiği" hattı olarak hizmet veren boru hatları.
- Ciddi boru hattı zarar görmesi durumunda çok uzun süre su kaynatılarak kullanılmasına sebep olur.
- Boru hatları, su şebekesi, nadir olarak depremden sonraki 24 saat içinde sorumluluk tepki kapasitesini kullanarak su borusunu tamir edip suyu bu tesise geri aktarmalıdır, aşağıda belirtilen tesislerden herhangi biri için mutlaka hizmet sağlamalıdır:
- Enerji üreten santrallar ve işletme için içme suyu gerektiren diğer temel kamu hizmetleri binaları.
- Fonksiyon III, arızası ikincil felaketlere neden olabilecek, potansiyel acil kurtarmayı veya tesislerin tahliyesini engelleyebilecek yüksek basınçlı su ve/veya sel alanlarını tahliye edebilecek tali iletim ve yedek iletim borularını içerir.
- Boru hatları tamir servis tesisleri yeterli olmalıdır, olmuyor ise Fonksiyon II olarak sınıflandırılır:
- Eğer hatlar hasar görürse, tekrar devreye almak çok zordur.

DD-2 475 yıllık tekrarlanan depremlerde, 12 inç çapında ve daha büyük çaplar için Fonksiyon III boru hatlarının kırılma miktarı, 300 metreye 0.004 ila 0.008 veya daha az olmasına göre hedef belirlenmelidir.

Fonksiyon IV: Deprem sonrası müdahale ve kurtarma için gerekli olan ve tasarım depremi sırasında ve sonrasında işlevsel ve çalışır durumda kalması amaçlanan temel boru hatlarıdır.

- Aşağıdaki gibi deprem sırasında ve sonrasında çalışır durumda kalması amaçlanan temel tesislere su hizmeti sağlayan boru hatları ve tamirat ödenekleri:
  - Hastaneler ve acil sağlık hizmetleri,
  - Acil durum barınakları,
  - Acil durum hazırlık ve müdahale tesisleri,
  - Devlet temel iletişim merkezleri,
  - Havacılık kontrol kuleleri, hava trafik kontrol merkezleri ve acil durum uçak hangarları,
  - Milli savunma için kritik yapılar.
- Son derece önemli tesislere kritik su hizmeti sağlayan boru hatları nüfus ve çevre üzerinde ciddi bir felaket oluşturan tehlikeli toksit veya patlayıcı maddeler.
- Fonksiyon Sınıfı IV, arızası yüksek basınçlı su ve/veya sel alanlarına neden olabilecek alt iletim ve iletim borularını içerir ikincil olağanüstü durumlar, olası acil durum kurtarmayı engellemek veya Fonksiyon IV işlem hatlarının hizmet sağladığı listelenen tesislerin boşaltılması sağlanabilmelidir.
  - Boru hattı hasarının acil durum müdahalesini ve bu tesislere yapılan işlemleri kesintiye uğrar.
  - Özel olarak eğer hasar görürse, tadil edilmesi çok zordur.
- Güvenilir yangın söndürme sistemleri için su basıncını korumak için gerekli boru hatları.
- Büyük sosyal ve ekonomik merkezler olarak hizmet veren boru hatları, bunun zarar görmesi devlet, ulusal veya uluslararası sosyal ve ekonomik faaliyetleri önemli ölçüde etkileyecektir.

DD-2 475 yıllık tekrarlanan depremlerde Fonksiyon IV boru hatlarının hedef kırılma miktarı her 300 metreye 0.004 veya daha azı kırılma olmalıdır.

Yukarıdaki kılavuzu kullanırken otoriteler hizmet bağlantılarının sayısını ölçerken mantıksal öngörü ile devamındaki kabuller hesaplanmıştır. Bazı durumlarda mevcut bina kodlarından rehberlik sağlanmıştır. Bu sayılar belirli durumlar için uygun olarak ayarlanabilir. Yaklaşık 1800 km su boru hattına sahip bir şebekede, tüm boruların yaklaşık %5'inin (kilometreye) **Fonksiyon Sınıfı I** olduğu; yaklaşık %75 ila %85 **fonksiyon sınıfı II**; yaklaşık %10-%20 **fonksiyon sınıfı III** ve yaklaşık %1 ila %5 **fonksiyon sınıfı IV**.

Boru hatları, topluma yerel su temini sağlamak için gereklidir. Sonuç olarak, boru hatları toplumların bir depremden kurtulmasına yardımcı olmak ve bir depremin ardından yangın ve hastalık gibi ikincil felaketleri

önlemeye yardımcı olmak için kritik öneme sahiptir. Toplum için bir bütün olarak tutarlı sismik tasarım kriterlerinin geliştirilmesi de önemlidir; yani kavramsal düzeyde, boru hattının hizmet veren tesis (lerden) veya deprem sonrası kullanım amacından daha büyük sismik kriterlerle tasarlanmasına veya topluluğun beklediğinden daha az bir standartta tasarlanmasına gerek yoktur. Çok düşük, normal veya sıradan, kritik ve temel boru hatları için sismik önem açıklamaları, bina tesisleri için kod tanımları oluşturmakla tutarlı ve benzerdir. Örneğin, yapı kodunda temel olarak tanımlanan işlem hatları hizmet tesisleri de benzer şekilde bu Yönergelerde gerekli olarak tanımlanır. Otoriteler, kullanıcıyı "aşırıya kaçmaması" ve boru hatlarının büyük kısmını "temel" hatta "kritik" olarak adlandırmaması konusunda uyarıyor, çünkü ağ genelinde oldukça yeterli performans, en büyük yüzdeye sahip olarak karşılanabilir.

Deprem Tehlikesi Şebeke Tesisat Tamirat Süresi

Performansa dayalı bir yaklaşım kullanmanın avantajlarından biri, amaçlarını en iyi yansıtan performans sınırına ve risk/maliyet arasındaki dengeye karar vermede Belediye/işletme operatörün katılımına izin vermesidir.

Herhangi bir zamanda belediye, genel performans hedefinin uygun maliyetli bir şekilde karşılanmasına tabi olan herhangi bir işlem hattının Fonksiyon İşlev Sınıfı düzeyini yenileyebilir; yani su kesintileri, nadir bir deprem göz önüne alındığında, kullanıcıların büyük çoğunluğu ile yaklaşık 3- 7 günden az bir süre ile sınırlıdır.

Çalışma sahipleri, DD-2 *Deprem Yer Hareketi* yüklemesinin %150'si için Fonksiyon Sınıf IV boru hatlarının tasarlanmasını ve DD-2 *Deprem Yer Hareketi* yüklemesinin %125'i için **sınıf III** boru hatları, makul derecede yüksek depremselliğe sahip herhangi bir yer için (kıyı Kaliforniya'nın çoğu gibi).

T = 50 yılı tanımlamak tek tip bir tasarım temeli sunmak için gereklidir ve çoğu tesisin tasarımı için ortak mühendislik uygulamasıyla tutarlıdır. Tasarım prosedürlerinde basitlik ve homojenlik için, tesis daha uzun tasarım ömrü tanımına sahip olsa bile, bu değerin değiştirilmesi önerilmez. Farklı bir tasarım ömrü değerlendirilecekse, *P* tasarım parametrelerini t ve *T* açısından yeniden değerlendirmek en iyisidir. Örnek, fonksiyon II boru hattının 100 yıllık bir tasarım ömrü varsa, deprem tehlikesi

P=1 - exp (-100 / 475) = 0.19 veya 100 yıl içinde %19 aşılmışlık olasılığı olarak sunulabilir. Bu şekilde, bir sistemdeki tüm borular, tanınan yararlı sürelerine bakılmaksızın tekdüze bir tehlike aşma seviyesine göre tasarlanabilir.

Yedeklilik (Redundancy)

Yedekli boru hatları, yedek olması aşağıdaki kriterleri karşılaması koşuluyla deprem sonrası operasyonların güvenilirliğini artırır:

1. Bir borudaki sızıntı veya kırılma, muhtemelen diğer boruları etkileme açısından gereksiz hasara yol açmaz ve
2. Tüm yedek borular, deprem sonrası çalışır ihtiyaçları karşılamak için minimum ihtiyaç duyulan akışı sağlayabilir. Depremlerden sonra gereken minimum akış seviyesi genellikle maksimum kış saati akış hızında veya toplumun ev ve çoğu ekonomik faaliyeti için yeterli su seviyesinde olmalıdır ve
3. Yedek borular, zemin deformasyonunun meydana gelmesi durumuna karşı, her yedek borunun gerçek tasarım parametrelerine bakılmaksızın, bir deformasyon bölgesi boyunca hareketteki doğal değişim nedeniyle aynı miktarda zemin hareketine maruz kalmayacağı, potansiyel zemin deformasyon bölgelerinden (heyelan, arıza hareketi, zemin arızası, yanal yayılma vb.) yeterli bir mesafe uzakta ve mekânsal olarak ayrılır.

Yukarıdaki gereksinimleri karşılayan işlem hatlarının işlevleri, yedekleme LR düzeyi açısından Tablo 4.4-18'de gösterildiği gibi yeniden sınıflandırılabilir. LR=0'da yedekleme yok. Tek yedek işlem hattı için LR=1. İki veya daha fazla yedekli işlem hattı için LR=2.

Tablo 4-19 Boru fonksiyonuna Göre Yedekleme Hattı

Boru Fonksiyon	LR = 0	LR = 1	LR = 2
I	I	I	I
II	II	II	II
III	III	II	II
IV	IV	III	II

Yedek boru sistemindeki güvenilirlik, R aşağıdaki şekilde belirlenir:

R = 1 - (1 - R_1) (1 - R_2)(K)(1 - RL) ***Denklem 4.4-2***

R_L sistem emniyeti, L_R kez boru hattının paralel yedeklenmesidir. Örnek, bir hesaplama, belirli bir boyuttaki depremin meydana gelmesi göz önüne alındığında, Fonksiyon Sınıfı II boru hattının güvenilirliğinin %85 olduğunu gösterir. Daha sonra, Denklem 4.4-2 kullanımı, tek bir yedekleme güvenilirlikte muazzam artış sağladığını gösterir, örnek üç benzer şekilde güvenilir yedekli fonksiyon II borusu (R=1-(0,15) (0,15) (0,15) = %99,7) genel olarak %99,7 güvenilirlik sağlar, fonksiyon IV borular için normalde önerilenden daha yüksek güvenilirlik seviyesi sağlar.

Deprem Tehlikeleri

Bu Yönergelerde açıklanan tasarım yaklaşımlarından herhangi birini kullanmak için kullanıcı genellikle uygun PGA (yer üstü kurulumları için), PGV (toprak altı kurulumları için) ve işlem hattı için PGD (bazı zamanlar) değerleri tercih eder. Bu, bir sonraki PGD' nin hesaplanması ayrıca PGA bilgisi ve titreme süresi ve diğer faktörler yaygın olarak kullanılabilir. Basitleştirilmiş bir şekilde yapmak için rehberlik sağlar, veri kaynakları ayrıca yorumlar ek iyileştirmeler sağlar. Çoğu zaman, sunulan bu kılavuz yeterli olmayabilir ve projeye özgü bir yerbilimleri uzmanının katılması gerekecektir. Su boruları için endişe verici olan, birincil deprem tehlikeleri geçici ve kalıcı yer hareketleridir. Tsunami kıyı bölgeleri boyunca, özellikle yer üstü borular için tehlike oluşturur. Zemin altı boruları burada daha fazla ele alınmayacaktır. Yüzdürme suyun kaldırma kuvveti, özellikle sahil bölgelerinde kumlu gözenekli zeminlerde su basıncında artış olması durumunda, boru hattı bölge zemini sıvılaşmaya eğilimli olduğu koşullarda etkilidir.

Geçici zemin hareketi, sallanma tehlikesini, yüzey ve yüzeye yakın zemin koşulları nedeniyle enerji kaynağını arttırma eğilimine ve topografyaya bağlıdır. Kalıcı zemin hareketi, ortaya çıkan zemin arızalarını tarif eder, yüzey arızası yırtılmalarından, eğim hareketlerinden ve heyelanlardan, sıvılaşmaya bağlı yanal yayılma ve akış hatası ve parçalı sıkışma Tablo 2-1. özetlenmiştir. Kaynakta dikkate alınarak geçici ve kalıcı zemin hareketi tehlikeleri, su boru hatlarına zarar verebilir. Mühendislik için gerekli deprem parametrelerine her tehlike için değerlendirme, deprem durumu için önerilen yöntemler, tedbirler uygun bir mühendislik değerlendirmesi için gerekli parametreler ve jeoteknik parametreler de dikkate alınarak deprem tehlikesini en az hasar ile bertaraf eder.

Zemin Sıvılaşması

Zemin Sıvılaşması, kesme mukavemetinin kaybı ve buna karşılık gelen etkili stres azalmasıdır, çalkantı ile zeminde etkilenen gözenekler su basıncını artırması nedeniyle doymuş veya neredeyse doymuş topraklarda zemin sıvılaşmasını artırır. Boru hatları için tehlike oluşturan sıvılaşmanın etkileridir. Gerçek sıvılaşma olayları, gözenekli zeminde su basıncı artışları boruları yüzdürmesi uygun şekilde hesaba katılmazsa, boru yüzdürülmesine yol açabilecek gömülü boru hatları için olası hasarlar artar. Toprak kesme mukavemetinin kaybı, büyük kalıcı zemin çökmelerine yol açabilir. Kalıcı zemin hareketleri yanal yayılma, akış arızası ve yerleşme (toprağın oturması) ile kendini gösterir. Yanal yayılma, döngüsel atalet kütlesi yüklendiğinde meydana gelen aşağı eğim hareketidir, kesme dayanımı azaltılmış etkili toprak dayanımını aşmak ve genellikle sığ yüzey zemin eğimleri (yüzde eğimin bir kısmı kadar düşük) oluşturur. Akış hatası bir eğimdir, eğimli zemindeki statik kesme gerilmelerinin sıvılaştırılmış toprak artık mukavemetini koruyamaz. Sıvılaşma kaynaklı oturmalar ve çökmeler sıvılaşma olmayan yerleşimlerden genellikle daha büyüktür ve daha fazladır. Toprak taşıma mukavemetinde azalmalar da yer üstü boruları için de ciddi sorunlar oluşturur. Sıvılaşma ayrıca borunun suyun kaldırma kuvveti ile yüzmesine de neden olabilir, yaygın olarak kullanılan boş borular özellikle kanalizasyon sistemleri gibi. Yüzdürme, su boru hatları için yaygın bir hasar kaynağı olmamıştır, çünkü nadiren (varsa) boştur.

Tablo 4-20 Tortul Yatakların Sıvılaşma Duyarlılığı [51]

Depozito Türü	General Mevduatta Uyumsuz Çökeltilerin Dağılımı	Doymuşken Uyumsuz Çökeltilerin Sıvılaşmaya Duyarlı Olma Şansı (Depozito Yaşına Göre)			
		Modern < 500 yıl	Holosen <11.000 yıl	Pleistosen Buzul Çağı 11 Ma-2 Ma	Pleistosen Buzul Çağı Öncesi >2 Ma
(a) Kıtasal Yataklar					
Nehir kanalı	Yerel değişken	Çok Yüksek	Yüksek	Düşük	Çok Düşük
Taşkın ovası	Yerel değişken	Yüksek	Orta	Düşük	Çok Düşük
Alüvyon fan ve düz	Yaygın	Orta	Düşük	Düşük	Çok Düşük
Deniz terasları ve ovaları	Yaygın	---	Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük
Delta ve yelpaze delta	Yaygın	Yüksek	Orta	Düşük	Çok Düşük
Gölet ve oynak zemin	Değişken	Yüksek	Orta	Düşük	Çok Düşük
Tepe altına yığılan toprak	Değişken	Yüksek	Orta	Düşük	Çok Düşük
Eğimli arazi	Yaygın	Düşük	Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük
Kum tepeleri	Yaygın	Yüksek	Orta	Düşük	Çok Düşük
Killi ve kumlu balçık	Değişken	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Bilinmeyen
Buzul kayası	Değişken	Düşük	Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük
Süngertaşı kayası	Nadir	Düşük	Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük
Volkanik kaya parçaları	Yaygın	Yüksek	Yüksek	?	?
Artık topraklar	Nadir	Düşük	Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük
Sebka	Yerel değişken	Yüksek	Orta	Düşük	Çok Düşük
(b) Kıyı bölgesi					
Delta	Yaygın	Çok Yüksek	Yüksek	Düşük	Çok Düşük
Nehir ağzı	Yerel değişken	Yüksek	Orta	Düşük	Çok Düşük
Plaj					
Yüksek dalga enerjisi	Yaygın	Orta	Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük
Düşük dalga enerjisi	Yaygın	Yüksek	Orta	Düşük	Çok Düşük
Lagün	Yerel değişken	Yüksek	Orta	Düşük	Çok Düşük
Gel git arazisi	Yerel değişken	Yüksek	Orta	Düşük	Çok Düşük
(c) Yapay					
Sıkıştırılmamış dolgu	Değişken	Çok Yüksek	---	---	---
Sıkıştırılmış dolgu	Değişken	Düşük	---	---	---

Tablo 4-21 Boru Fonksiyonu için Zemin Sıvılaşma Riski Tavsiye Edilen Şartlar

Boru Fonksiyonu	Zemin sıvılaşması sırasındaki değişim
II	Yüksek, Çok yüksek
III	Yüksek, Çok yüksek
IV	Ortalama, Yüksek, Çok yüksek

[51] *Youd and Perkins, 1978*

Zemin Sıvılaşma Sonucu Kalıcı Yer Değiştirme

Tablo 4-22 Zemin Sıvılaşması Sonucu Kalıcı Yer Hareketi Tasarım Tavsiyesi

Boru Fonksiyonu	Yanal Hareket Tasarım, PGD
II	PGDL (M=475)
III	1.35 * PGDL (M=475)
IV	1.5 * PGDL (M=475)

Heyelan Risk Öngörüsü

Potansiyel heyelan kaynaklı boru hattı zarar riski için aşağıdaki adımları takip etmek gerek:
Adım 1. Öncelikle zemin heyelan hassasiyetini kontrol et.
Adım 2. Heyelan tetikleme şartları ve eğim deformasyon potansiyelini değerlendir.
Adım 3. Heyelan ve eğim deformasyon oluşma olasılığını hesapla.
Adım 4. Heyelan ve eğim deformasyon tehlike sonuçlarını hesapla.
Adım 5. Heyelan tehlikesinin boru hatlarına etkisini hesapla.
Adım 6. Heyelan tehlike etkisini azaltacak alternatifleri değerlendir.

Tablo 4-23 Heyelan Sonucu Kalıcı Yer Değiştirme Hareketi Tasarım Tavsiyesi

Boru Fonksiyonu	Yanal Hareket Tasarım, PGD
II	PGDS (475)
III	1.6 * PGDS (475)
IV	2.6 * PGDS (475)

ENERJİ VE TABİ KAYNAKLAR BAKANLIĞI "TÜRKİYE BORU HATTI SİSTEMLERİ VE SIVI DEPOLAMA TANKLARI DEPREM YÖNETMELİĞİ" 7 MART 2021 TARİH VE 31416 SAYI İLE YAYINLANMIŞTIR. İlgilenenler için ekli kaynaktan indirilebilir. **https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/03/20210307-1.htm**

4.4.2.1.b. ASCE-7-16[52] Kısım 13

Kapsam: Bu bölümde, yapılara kalıcı olarak bağlı olan yapı dışı bileşenler ile bunların destekleri ve ekleri için minimum tasarım ölçütleri oluşturulmuştur. Yapısal olmayan bir bileşenin ağırlığının etkili sismik ağırlığın %25'inden büyük veya eşit olduğu durumlarda, Bölüm 12.7.2'de tanımlanan yapının W'si (ağırlığı), bileşen yapısal olmayan bir yapı olarak sınıflandırılacak ve Bölüm 15.3.2'ye uygun olarak tasarlanacaktır. (13.1.1 madde).

Sismik Tasarım Kategorisi: Bu bölümün amaçları doğrultusunda, yapısal olmayan bileşenler, işgal ettikleri veya bağlı oldukları yapı ile aynı Sismik Tasarım Kategorisine atanacaktır (13.1.2 madde).

Ekipman Önem Faktörü: Tüm bileşenlere bu bölümde belirtildiği gibi bir Ekipman Önem Faktörü atanacaktır. Bileşen Önem Faktörü, Ip olarak alınacaktır. Eğer, Ip 1,5 değerinde ise aşağıdaki koşullar geçerlidir ve uygulanır (13.1.3 madde):

1. Deprem sonrası can güvenliği amacıyla çalışması gereken önemli sistemler, yangından korunma, yağmurlama sistemleri ve çıkış merdivenleri gibi.
1. Taşıyıcı ekipman, malzeme miktarının Karar Yetkisine Sahip Otorite tarafından belirlenen miktarı aştığı ve serbest bırakılırsa, halk için tehdit oluşturuyor ise, sistemin yeterli olması durumu dahil toksin madde, son derece toksin veya patlayıcı maddeleri sınırları içerisinde taşıyorsa ayrıca desteklenir veya taşıma başka bir metot kapsamında yapılır.
2. Taşıyıcı ekipman Risk Kategorisi IV konstrüksiyonlar olarak kabul edilir veya buna bağlı ve tesisin sürekli çalışması için gerekli ise veya arızası tesisin sürekli çalışmasını tamir edildikten sonra sağlanabilir.

[52] *ASCE-7-16 KISIM13 YAPISAL OLMAYAN BİLEŞENLER İÇİN SİSMİK TASARIM GEREKSINIMLERİ*

3. Tehlikeli madde taşıyan ekipmanların destekleri veya başka bir şekilde tehlikeli malzeme kapları ve karar vermeye yetkili otorite tarafından tehlikeli miktar sınırında olarak yanıcı parlayıcı, patlayıcı olarak sınıflandırılan malzemeler konstrüksiyona veya bir kısmına bağlantıları dahil tehlikeli bölge olarak sınıflandırılır.

Diğer tüm konstrüksiyonlar için Önem Faktörü, Ip değeri 1,0'e eşit ekipmanlar olarak kabul edilir.

İSTİSNA: Aşağıdaki yapı dışı bileşenler bu bölümün gereksinimlerinden muaf olarak kabul edilir:
1. Tablo 13.5-1'de belirtildiği gibi depolama dolapları hariç mobilyalar,
2. Geçici veya hareketli eşyalar, Önem Faktörü, Ip bileşeninin 1,0'a eşit olması koşuluyla, parapetler dışındaki Sismik Tasarım Kategorisi B olan mimari ekipmanlar,
3. Sismik Tasarım Kategorisi B'de mekanik ve elektriksel parça birleşenleri,
4. Sismik Tasarım Kategori C'deki mekanik ve elektriksel parça birleşenleri ya da;
   a) Ekipman Önem Faktörü, Ip, eşittir 1.0'a ve taşıyıcı yapıya parça birleşenleri pozitif olarak bağlananlar, 10 kg (89 N) veya daha az ağırlıkta parça birleşenler ile dağıtım sistem durumunda 73 N/m veya daha azı için.
   b) Sismik Tasarım Kategorileri D, E veya F'deki bağımsız mekanik ve elektriksel parça birleşenler konstrüksiyona pozitif olarak bağlı olmak kaydıyla, bileşen 200 kg (1.779 N) veya daha az ağırlığında, kütle merkezi birleştirilmiş halde, zemin seviyesinden 1,22 m veya daha az yukarıda bulunan parça birleşenleri ve ilgili kanal, boru ve kanal ile bileşen Önem Faktörü arasında esnek bağlantılar sağlanır, Ip, 1,0'a eşittir; veya bileşen 20 lb (89 N) veya daha az veya dağıtılmış bir sistem durumunda 5 lb=ft (73 N=m) veya daha az ağırlığındadır; ve Bölüm 13.6.5'teki kanal, kablo tepsisi ve yuvarlanma yolları, 13.6.6'daki kanal sistemleri ve 13.6.7.3'teki boru ve boru sistemleri istisnalarına D, E veya F Sismik Tasarım Kategorilerindeki dağıtım sistemleri dahildir. Vanalar, hat içi askıda pompalar ve karıştırma kutuları gibi hat içi bileşenlerin bağımsız destek gerektirdiği durumlarda, bunlar ayrı bileşenler olarak ele alınacak ve ekli diş çıkarma sisteminin kol katkısı göz önünde bulundurularak desteklenecektir.
   Önceden Üretilmiş Modüler Mekanik ve Elektrik Sistemleri; Bölüm 13 uyarınca ön yeterliliği olmayan ve mekanik ve elektrik bileşenleri içeren veya destekleyen 1,8 m yüksekliğinde ve daha uzun olan önceden üretilmiş mekanik ve elektrik prefabrik modülleri, Bölüm 15'teki bina olmayan benzer taşıyıcı yapılar için hükümlere uygun olarak tasarlanacaktır. Modüler sistemlerde bulunan veya desteklenen yapısal olmayan bileşenler Bölüm 13'e uygun olarak tasarlanacaktır. (13.1.5)
   Yapı Dışı Bileşen Gerektirmelerinin İnşaat Olmayan Yapılara Uygulanması; diğer yapılar tarafından desteklenen bina dışı yapılar (depolama rafları ve tanklar dahil) Bölüm 15'e uygun olarak tasarlanacaktır. Bölüm 15.3 sismik kuvvetlerin Bölüm 13'e uygun olarak belirlenmesini ve Tablo 13.5-1 veya 13.6-1'de Rp değerinin sağlanmadığı durumlarda, Rp, Bölüm 15'te listelenen Rp değerine eşit olarak alınacaktır. RP değeri Tablo 13.5-1 veya 13.6-1 dipnota uygun olarak belirlenecektir.

MEKANİK VE ELEKTRİKSEL BİLEŞENLER (13.6)

1. Genel: Mekanik ve elektriksel bileşenler ve destekleri bu bölümün gereksinimlerini karşılar. Mekanik ve elektriksel bileşenlerin ve bunların desteklerinin yapıya bağlanması Bölüm 13.4'ün gereksinimlerini karşılayacaktır. Tablo 13.6-1'den uygun katsayılar seçilmelidir. (13.6.1 madde)

İSTİSNA: Zincirler tarafından desteklen veya yapıdan başka bir şekilde askıya alınan kanallara veya borulara bağlı olmayan ışık armatürleri, ışıklı işaretler ve tavan fanları, aşağıdaki kriterlerin tümünü karşılamaları koşuluyla sismik kuvvet ve göreceli yer değiştirme gereksinimlerini karşılamak için gerekli değildir:

1.1. Bu tür öğelerin tasarım yükü, çalışma ağırlığının 1,4 katına eşit eşzamanlı yatay yük ile aşağı hareket eden çalışma ağırlığının 1,4 katına eşit olacaktır. Yatay yük, tasarım için en kritik yükleme ile sonuçlanan yönde uygulanmalıdır.

1.2. Bölüm 13.2.3'e göre sismik etkileşim etkileri göz önünde bulundurulmalıdır.

1.3. Yapıya bağlantı, yatay düzlemde 360 derece hareket aralığına izin verir. Sismik etkiler için mekanik ve elektriksel bileşenlerin tasarlanması gerektiğinde, bileşenlerin dinamik etkilerine, içeriklerine ve uygun olduğunda desteklerine ve ekli parçalara dikkat edilmelidir. Bu gibi durumlarda, bileşenler ve diğer mekanik ve elektriksel bileşenler de dahil olmak üzere destekleyici dikme destekleri arasındaki etkileşim de dikkate alınacaktır.

2. Mekanik Bileşenler. HVACR kanalı Bölüm 13.6.6'nın gerekliliklerini karşılayacaktır. Boru sistemleri Bölüm 13.6.7'nin gereksinimlerini karşılayacaktır. Kazanlar ve Kaplar Bölüm 13.6.10'un gerekliliklerini karşılayacaktır. Asansörler Bölüm 13.6.11'in gerekliliklerini karşılayacaktır. Diğer tüm mekanik bileşenler Bölüm 13.6.13'ün gereksinimlerini karşılayacaktır. Ip 1.0'dan büyük mekanik bileşenler sismik kuvvetler ve göreceli yer değiştirmeler için tasarlanmıştır, Bölüm 13.3.1 ve 13.3.2'de tanımlanmıştır ve aşağıdaki ek gereksinimleri karşılar: (13.6.2 madde)

2.1. Darbeye açık bileşenler için sismik etkiyi ortadan kaldırmak, sünek olmayan malzemelerden oluşan bileşenler için ve servis koşulları (örneğin, düşük sıcaklık uygulamaları) nedeniyle malzeme sünekliğinin azaltılacağı durumlarda sismik etkiyi ortadan kaldırmak için hüküm verilecektir.

2.2. Destek noktalarının ayrı yapılar üzerindeki tümleşik hareketinden kaynaklanan, bağlanmış yardımcı veya servis hatlarının bağımsız taşıyıcı sistem üzerindeki destek noktalarına bileşik yüklenen yüklerin olma olasılığı değerlendirilecektir.

2.3. Borulama veya HVACR kanal bileşenlerinin birbirine göre yer değiştirme yapabilen yapılara ve bu bileşenlerin izolasyon kesişim geçiş yalıtılmış yapılara bağlı olduğu durumlarda, bileşenler Bölüm 13.3.2'de tanımlanan sismik nedenli yer değiştirmelere uyum sağlayacak şekilde tasarlanacaktır.

3. HVACR Ekipmanları. ANSI/AHRI Standardı 1271'in (SI) Bölüm 1 ile 10 arasında bölüm 1 gerekliliklerine uygun olarak nitelikli olan HVACR ekipmanı, aşağıdaki gerekliliklerin tümünü karşılandığı takdirde Bölüm 13.2.2'nin sismik yeterlilik gereksinimlerini karşılamış sayılır:

a) Aktif ve/veya enerjilendirilmiş bileşenler, yalnızca sallama tablosu testi veya deneyimince verileri aracılığıyla sismik olarak onaylanacaktır;
b) Aktif olmayan bileşenlerin analiz yoluyla sertifikasyonunda dikkate alan sismik talep, 1,0'a eşit Rp=Ip'ye dayanacaktır;
c) Sismik belgelemede kullanılan aktif olmayan bileşenlerin analiz yoluyla kapasitesi ASCE 7 hükümlerine dayanacaktır;
d) Sağlam bileşenler Bölüm 11'deki tanıma uygun olacaktır.

4. Elektrik Bileşenleri. Kanal, kablo tepsisi ve merdivenler Bölüm 13.6.5'in gereksinimlerini karşılayacaktır. Hizmet ve servis hatları Bölüm 13.6.9'un gerekliliklerini karşılayacaktır. Diğer elektrik bileşenleri Bölüm 13.6.13'ün gerekliliklerini karşılayacaktır. Ip=1.0'den büyük tüm elektrik bileşenleri sismik kuvvetler ve göreceli yer değiştirmelere göre tasarlanmalıdır. Ayrıca Bölüm 13.3.1 ve 13.3.2'de tanımlanan yer değiştirmeler ile aşağıdaki ek gereksinimleri de karşılamalıdır: (13.6.3 madde);

4.1. Sismik darbe parça bileşenlerini arasında birbirlerine zarar vermeyecek halde olacaktır.

4.2. Ayrı yapılara bağlı ekli yardımcı veya servis hatları tarafından bileşenlere yüklenen yükler değerlendirilir.

4.3. Raflardaki piller, pillerin raflardan düşmemesini sağlamak için sarma sınırlamalarına sahip olacaktır. Bölüm aralarında, akülerin zarar görmesini önlemek için hareket sınırlayıcılar ve aküler arasında temas olmamalıdır. Raflar yeterli yanal yük kapasitesine uygun yeterlilikte olmalıdır.

4.4. Kuru tip trafolar için iç bobinleri, kapalı muhafazası içindeki destekleyici taşıyıcı yapılara pozitif olarak bağlanmalıdır.

4.5. Elektrik kontrol panelleri, bilgisayar ekipmanları ve kayma ihtimaline sahip diğer ekipmanları, yerlerinde sabit tutmak için bir yerinde tutma düzeneği olmalıdır.

4.6. Elektrik pano, kabin tasarımı, ilgili Ulusal Elektrik Üreticileri Birliği (NEMA) standartları ile uyumlu olacaktır. Alt kesme panelinde üretici tarafından yapılmamış ve kabinin gücünü önemli ölçüde azaltan kesikler, delikler özel olarak dikkate alınacaktır.

4.7. Pano üreticisi tarafından yerleştirilmemiş 445 N'dan daha ağır ek harici malzeme ekleri özel olarak dikkate alınacaktır.

4.8. Kanal, kablo tepsileri veya benzeri elektrik dağıtım bileşenlerinin birbirine göre yer değiştirme yapabilen yapılara ve bu bileşenlerin izolasyon kesişim geçtiği yalıtılmış yapılara bağlı olduğu durumlarda, parça birleşenler Bölüm 13.3.2'de tanımlanan sismik göreceli olarak oluşacak deplasmanları da karşılayacak şekilde tasarlanacaktır.

5. Destek Parçaları: Elektrik ve mekanik tesisat malzemelerinin destek sistemleri (Ip = 1.0 olanlar dahil olarak) ve 13.3.1 ve 13.3.2.'de açıklanan, ekipmanlara eklenen tüm parçalara kuvvet ve yer değiştirme hesabı yapılacaktır. Bu destek konstrüksiyon dahil çapraz takviyeler, ana çatkı, sehpa, baza, ayaklar, kablolar, korkuluk, çerçeve, şok yutucuları, zincir, dövme ve döküm mekanik elektrik sistemlerinin tüm parçalarıdır. (13.3.4 madde)

5.1. Tasarım Temeli: Standart destekler, örneğin ASME B31, NFPA 13 veya MSS SP-58 veya tescilli destekler kullanılıyorsa, bunlar ya yük değeri (örnek, test) veya hesaplanan sismik kuvvetler için tasarlanacaktır. Ek olarak, destek parçasının dayanıklılığı, uygun olduğunda, destek için sismik yük hesap şekli amaçlanan işlevini yerine getirebileceği şekilde tasarlanacaktır.

5.2. Göreli Yer Değiştirme için Tasarım: Bileşen destekleri, Bölüm 13.3.2 uyarınca belirlenen destek noktaları arasındaki sismik göreceli yer değiştirmeleri de karşılayacak şekilde tasarlanmalıdır.

5.3. Parçalara Destek Ekleri Yapılması: Desteklerin bileşene bağlı olduğu araçlar, tamamlayıcı tek parçalar (yani döküm veya dövme parçalar) hariç olmak üzere, Bölüm 13.3.1 ve 13.3.2 uyarınca belirlenen kuvvetleri ve yer değiştirmeleri karşılayacak şekilde tasarlanacaktır. Destek elemanı için Ip = 1,5 değeri kullanılması gerekiyor ise, destek eklentisinin sisteme bağlandığı nokta yerel bölge, yük aktarımının bileşen duvarı üzerindeki etkisi için kontrol edilir.

5.4. Malzeme Detaylandırma Gereksinimleri: Desteklerden ve parçalara bağlanma araçlarından oluşan malzemeler, servis koşullarının etkileri de dahil olmak üzere uygulamaya uygun malzemelerden inşa edilecektir. (Örnek, düşük sıcaklık uygulamaları). Malzemeler ulusal olarak tanınan bir standarda uygun olmalıdır.

5.5. Ek Yapma Gereksinimler: Mekanik ve elektriksel ekipman destekleri için aşağıdaki ek gereksinimler geçerlidir:

5.1.1. Sismik destekler, destek sistemlerinin devamı için imal edilmelidir.

5.1.2. Cıvata, somun için takviye (örnek, çözülme önleyen kimyasal veya çözülme engelleyen pullar gibi), bu bölümde belirtilen ekipman sismik yükleri ekipmandan yapıya aktarmak için gerektiğinde sac levha donatım muhafazaları aracılığıyla cıvatalı bağlantılarla sağlanacaktır. Ekipmanın madde 13.2.2, 13.2.5 veya 13.2.6'da belirtilen sertifika olması durumlarda, ankraj cıvataları veya diğer bağlantı elemanları ve sertifikaya dahil edilen ilgili donanım, üreticinin montaj talimatlarına uygun olarak monte edilecektir. Sertifika olmaması durumunda ya deprem tasarım sorumlusu veya profesyonel mühendis tarafından onaylanmasına karar verilecektir.

5.1.3. Sismik yük hesabında soğuk şekillendirilmiş çelik desteklerin zayıf eksenli bükülme işlemine kabul edilirse bu destekler özellikle değerlendirilecektir.

5.1.4. Titreşim izolatörlerine monte edilen bileşenler, her yatay yönde bir tampon kısıtlamasına veya titreşim yutucuya sahip olacak ve devrilmeye karşı koymak için gereken yerlerde dikey sınırlamalar sağlanacaktır. İzolatör muhafazaları ve sınırlamaları sünek malzemelerden imal edilmelidir. (Tablo 13.6-1'e b dipnotunda ek tasarım gücü gereksinimlerine bakın.) Darbe yükünü sınırlamak için tampon ve bileşenler arasında uygun kalınlıkta bir viskoelastik takozlar veya benzeri bir malzeme kullanılmalıdır.

5.6. Bölüm 13.3'ün sismik kuvvetleri ve göreli yer değiştirmeleri için tasarım yapıldığında, diğer kanallar veya mekanik bileşenlerle etkilenmemekte veya bu tür bir etki durumunda kanalları korumak için hükümlerin yapıldığı durumlarda gerekli olmayacaktır, dağıtım sistemi yapıya pozitif şekilde bağlanır, HVACR kanalları 0,557 m^2'den daha az kesit alanına sahip ve 10 kg (292 N/m) veya daha az ağırlığa sahip olmalıdır.

Kanal sistemine uygun olarak takılan fanlar, terminal üniteleri, ısı değiştiriciler (eşanjörler) ve nemlendiriciler gibi 38 kg (334 N) daha yüksek bir çalışma ağırlığına sahip bileşenler, kanal sisteminden bağımsız olarak ve yanal çapraz bağlarla da desteklenmelidir ve bu çapraz bağlar Bölüm 13.3.1'in kuvvet gereksinimlerini karşılamalıdır. Kanal sistemine uygun olarak takılan, küçük terminal üniteleri, damperler, panjurlar ve difüzörler gibi 38 kg (334 N) veya daha az çalışma ağırlığına sahip olan ve aksi takdirde bağımsız olarak desteklenmemiş bileşenler, her iki taraftaki rijit kanala mekanik bağlantı elemanları ile pozitif olarak tutturulmalıdır. Hat içi ekipmana bağlı boru ve kanal, Bölüm 13.3.2'nin sismik bağıl yer değiştirmeleri karşılamak için yeterli esneklik sağlanmalıdır.

Dağıtım Sistemleri (Boru ve Boru Sistemleri): Bu bölümde aksi belirtilmedikçe, boru ve boru sistemleri Bölüm 13.3'ün sismik kuvvetleri ve sismik bağıl yer değiştirmeleri için tasarlanacaktır. ASME basınçlı boru sistemleri Bölüm 13.6.7.1'in gereksinimlerini karşılar. Yangından korunma sprinkler boruları Bölüm 13.6.7.2'nin gereksinimlerini karşılamalıdır. Asansör sistemi boruları Bölüm 13.6.11'in gerekliliklerini karşılamalıdır.

Diğer uygulanabilir malzeme standartlarının veya tanınan tasarım temelinin kullanılmadığı durumlarda, servis yüklerinin dikkate alınması da dahil olmak üzere boru tasarımı aşağıdaki izin verilen gerilmelere dayanacaktır:

a) Sünek malzemelerle (örneğin, çelik, alüminyum veya bakır) üretilen borular için, belirtilen minimum verim mukavemetinin %90'ı;
b) Sünek malzemelerle inşa edilen borularda dişli bağlantılar için, belirtilen minimum verim mukavemetinin %70'i;
c) Düktil olmayan malzemelerle (örneğin dökme demir veya seramik) inşa edilen borular için, malzemenin minimum belirtilen çekme mukavemetinin %10'unu;
d) Sünek olmayan malzemelerle inşa edilen borulardaki dişli bağlantılar için, malzeme minimum belirtilen çekme mukavemetinin %8'i.

Diğer bileşenlere bağlantılardaki sismik parçalı hareket yerleşimlerini karşılamak için boru parçaları ve bileşenler arasındaki bağlantının arızalanmaması için yeterli esnekliğe sahip bağlantılarla sağlanacaktır.

Vanalar, süzgeçler, kondenstoplar, pompalar, hava ayırıcılar ve tanklar gibi boru sistemi üzerine konulmuş ve rijit bir şekilde bağlanmış ve desteklenen askıya alınmış bileşenlerin, yanal hareketi azaltma ihtiyacını sınırlandırmak ve boyutlandırmak amacıyla boru sisteminin bir parçası olarak kabul edilmesine izin verilir. Bileşenlerin ağırlıkları nedeniyle bağımsız olarak yanal takviye konulması, ancak ilgili boruların desteklendiği durumlarda, bileşenler arasındaki bağıl hareketi karşılamak için gerektiği şekilde esneklik sağlanmalıdır. (Madde 13.6.7.)

ASME Basınçlı boru sistemleri: ASME B31'e uygun olarak tasarlanan ve montaj edilen destekleri de dahil olmak üzere basınçlı boru sistemleri bu bölümün kuvvet, yer değiştirme ve diğer gereksinimlerini karşılayabilir olarak kabul edilecektir. ASME B31'de sağlanan özel kuvvet ve yer değiştirme gereksinimleri yerine, Bölüm 13.3'ün kuvvet ve yer değiştirme gereksinimleri kullanılacaktır. ASME B31'in tokluk gereksinimlerini karşılayan malzemeler yüksek deforme olabilir malzemeler olarak kabul edilecektir. (Madde13.6.7.1.)

Asansör ve Yürüyen Merdiven Tasarım Gereksinimleri: ASME A17.1'in sismik gereksinimlerine uygun olarak tasarlanan asansör ve yürüyen merdivenler, aşağıdaki metinde değiştirilmiş olmak dışında bu bölümün sismik kuvvet gereksinimlerini karşılarken kabul edilecektir. Bölüm 13.6.7.3'ün istisnaları asansör boruları için geçerli değildir. (Madde 13.6.11.)

Yürüyen Merdivenler, Asansörler ve Vinç Yapısal Sistemleri. Yürüyen merdivenler, asansörler ve asansör boşluğu yapısal sistemleri Bölüm 13.3.1 ve 13.3.2'nin kuvvet ve yer değiştirme gereksinimlerini karşılayacak şekilde tasarlanmalıdır. (Madde 13.6.11.1.)

Asansör Ekipmanları ve Kontrol Ünitesi Destekleri ve Eklentileri. Asansör ekipmanları ve kontrol ünitesi destekleri ve eklentileri Bölüm 13.3.1 ve 13.3.2'nin kuvvet ve yer değiştirme gereksinimlerini karşılayacak şekilde tasarlanacaktır. (Madde 13.6.11.2.)

Asansörler için Sismik Kontroller. 150 ft= dk (46 m= dk) veya daha yüksek bir hızda çalışan asansörlere sismik anahtarlar sağlanacaktır. Sismik anahtarlar, yapısal hareketlerin asansörlerin çalışmasının uygunsuz büyüklükte olduğunda durumu gösteren bir elektrik sinyali sağlayacaktır. ASME A17.1'in Bölüm 8.4.10.1.2'sine uygun sismik anahtarlar bu bölümün gerekliliklerini karşılarken kabul edilecektir. (Madde 13.6.11.3.)

İSTİSNA: Sismik anahtarların ASME A17.1 uyarınca bir sütunun yakınında bulunamadığı durumlarda, iki yatay hassasiyet eksenine sahip olacak ve yapının tabanında veya yakınında bulunduğu yerlerde yerçekimi ivmesinin %20'sine ve diğer tüm konumlarda yerçekiminin hızlanmasının %50'sine ayarlanmış bir tetik seviyesine sahip olacaktır.

Sismik şalterin etkinleştirilmesi üzerine asansör işlemleri, aşağıdaki metinde belirtilenler dışında ASME A17.1 gerekliliklerine uygun olacaktır.

Asansör kullanımının kaybedilmesinin can güvenliği sorunu olduğu tesislerde, asansör ancak sismik anahtar tetiklendikten sonra,

a) Asansör servis hızından daha hızlı çalışmaz ve
b) Asansör işgal etmeden önce çalıştırılabilir olduğunu doğrulamak için yukarıdan aşağıya ve yukarıdan yukarıya doğru çalıştırılır.

Tutucu Plakalar. Aracın üst ve alt kısmında tutucu plakalar ve karşı ağırlık gereklidir. (Madde 13.6.11.4.)

Çatı güneş panelleri: Çatı katındaki güneş panelleri ve eklentileri Bölüm 13.3'te belirlenen kuvvetler ve yer değiştirmeler için tasarlanmalıdır. (Madde 13.6.12.)

İSTİSNA: Çatı yapısına pozitif doğrudan bağlanmayan balastlı güneş panellerine risk kategorisi I, II ve III yapılarında altı kat veya daha az yüksekliğe ve aşağıdakilere uymak koşuluyla 20'de 1'e eşit veya daha az bir maksimum çatı eğimine sahip olması koşullarında izin verilir:

1. Çatı yüzeyinin üzerindeki herhangi bir panelin kütle merkezinin yüksekliği, panelin planlarındaki en az aralığın yarısından daha azdır, ancak hiçbir durumda 0,9 m'den büyük olmamalıdır.
2. Her panel, herhangi bir çatı kenarına veya ara mesafeye göre panelin sismik yer değiştirmesini, δmpv ve δmpv'nin (Madde 13.6.1.) uygun şekilde belirlendiği çatı yüzeyinde 1,.2 m' den az olmamak kaydı ile kaymaya yönelik herhangi bir bordür veya engelden etkilemeden, sallantı veya destek kaybı olmadan uyum sağlayacak şekilde tasarlanmış olmalıdır.

$$\delta_{mpv} = 5I_e (S_{DS}-0,4)^2 \qquad (13.6\text{-}1)$$

Bitişik eklenmemiş paneller arasındaki minimum ayrım $0,5\delta_{mpv}$ olarak alınacaktır. Uyarılar veya çatı işaretleri (örneğin, sarı çizgiler) panelin etrafındaki tıkanıklıklardan uzak tutulması gereken alanı sınırlandırmalıdır. Alternatif olarak, δ_{mpv} sallantı masası testi veya doğrusal olmayan yanıt geçmişi analizi ile belirlenebilir, böylece δ_{mpv} değeri Denklem 13.6-1 ile hesaplanan değerin %80'inden daha az alınmayacaktır, ancak bağımsız otorite değerlendirmesi Bölüm 1.3.1.3.4 uyarınca kabul etmedikçe geçerli değildir.

3. Her panel, $0,2S_{DS}W_{pi}$ yatay kuvvetine dayanabilmesi için birbirine bağlanır, dikey bir düzlem tarafından kesilen herhangi bir bölümde, Wpi iki bölümden daha küçük olanın ağırlığıdır.
4. Panel karkas ve destekleri sismik bir kuvvet için tasarlanmıştır. Bölüm 13.3.1 ve $0.6W_p$'den F_p'den daha az olmasına eşit sürtünme direncinin yerine bağlı olarak her bileşenin kütle merkezinden irtibatlı, burada W_p her bileşenin ağırlığıdır.
5. Bir panelden başka bir panele veya başka bir çatı nesnesine giden tüm elektrik kabloları, yırtılma veya sıkıntı olmadan parçalı hareketler, panelin burulma hareketine ve elektrik kablolarındaki olası engeline verilen göz önünde bulundurularak, $1,0\delta_{mpv}$ kablo bağlantı noktalarını barındıracak şekilde tasarlanacaktır.
6. Panellerin yer aldığı çatı yüzeylerinin tüm kenarları ve ofsetleri, 12 inç (0,3 m)'den az olmayan yüksekliğinde bordür veya parapet ile sınırlandırılır ve kaldırım veya parapet ile panelin ağırlığının $0,2S_{DS}$ katından daha az olmayan panel arasındaki olası darbe noktalarına uygulanan konsantre bir yüke dayanacak şekilde tasarlanmış olmalıdır. Alternatif olarak, panel yerleştirilecek böylece panelin tüm parçaları en az $2,0\delta_{mpv}$, ancak herhangi bir çatı kenarından veya mesafe 4 ft den (1,22 m) az olmamalıdır.
7. Test ve analizi yapılmış olduğu durumlarda, SDC, C ve D'ye atfedilen yapılar için maksimum çatı eğiminin Bölüm 1.3.1.3.4 uyarınca bağımsız yüz yüze incelemesi yapılması koşuluyla 12'de 1 olmasına izin verilecektir.

Diğer Mekanik ve Elektriksel Bileşenler: Bölüm 23'teki referans belgelerine uygun olarak tasarlanmamış ve inşa edilmemiş konveyör sistemleri de dahil olmak üzere mekanik ve elektrik bileşenleri aşağıdakileri karşılayacaktır: (Madde 13.6.13.)

1. Bileşenler ve destekleri ve ekleri Bölüm 13.4, 13.6.2, 13.6.3 ve 13.6.4 gerekliliklerine uygun olacaktır.
2. Tehlikeli maddelere sahip mekanik bileşenler ve bir bileşen Önem Faktörü Ip= 1,5 olanlar için Bölüm 13.1.3 uyarınca basınçlı tanklar ve kazanlar ve ASME BPVC uygun olarak tasarlanmayan basınçlı kaplar, diğer servis yükleri ile birleşik sismik yükler için tasarım gücü ve uygun çevresel etkilere aşağıdaki malzeme özelliklerine dayanmalıdır:

a. Sünek malzemelerle (örneğin, çelik, alüminyum veya bakır) üretilen mekanik bileşenler için minimum tanımlanmış verim mukavemetinin %90'ı;
b. Sünek malzemelerle inşa edilen bileşenlerdeki dişli bağlantılar için minimum tanımlanmış verim mukavemetinin %70'i;
c. Sünek olmayan malzemelerle (örnek, plastik, dökme demir veya seramik) üretilen mekanik bileşenler için malzeme minimum tanımlanmış çekme mukavemetinin %10'unu; ve
d. Sünek olmayan malzemelerle inşa edilen bileşenlerdeki dişli bağlantılar için malzeme minimum tanımlanmış çekme mukavemetinin %8'i.

Tablo 4-24 Mekanik ve Elektrik Bileşenler için Sismik Katsayılar (ASCE Tablo 7-16)

Bileşen	a_p^a	R_P^b	Ω_u^c
MEKANİK VE ELEKTRİK SİSTEM ELEMANLARI			
Hava tarafı HVACR, fanlar, hava işleyicileri, klima üniteleri, dolap ısıtıcıları, hava dağıtım kutuları ve diğer mekanik bileşenler sac levha çerçevelemeden yapılmış	2½	6	2
Su tarafı HVACR, kazanlar, fırınlar, atmosferik tanklar ve kutular, soğutucular, su ısıtıcıları, ısı eşanjörleri, evaporatörler, hava ayırıcılar, imalat ve proses ekipmanları ve kolay deforme olabilecek tüm mekanik ekipmanlar	1	2½	2
Hava soğutucuları (fin fanları), hava soğutmalı ısı eşanjörleri, yoğuşma üniteleri, kuru soğutucular, hareketli radyatörler ve diğer mekanik integral yapısal çelik veya sac levha ayak üzerinde tüm ürünler	2½	3	1½
Motorlar, türbinler, pompalar, kompresörler ve basınçlı kaplar eteklerde desteklenmez ve Bölüm 15 kapsamında desteklenmeyenler	1	2½	2
Bölüm 15 kapsamında olmayan etek destekli basınçlı kaplar	2½	2½	2
Asansör ve yürüyen merdivenlerin tüm bileşenleri	1	2½	2
Jeneratörler, aküler, frekans çeviriciler, motorlar, trafolar ve yüksek deforme edilebilir tüm elektrik tüm malzemeler ve diğer elektrik bileşenleri	1	2½	2
Motor kontrol merkezleri, panolar, anahtarlar, ölçme alet kabinleri ve sac çerçeveden yapılmış diğer bileşenler.	2½	6	2
İletişim ekipmanları, bilgisayarlar, enstrüman ve kontrol ekipmanları	1	2½	2
Çatıya monte edilmiş yığınlar, soğutma ve elektrik kuleleri, kütle merkezlerinin altında yanal olarak desteklenmiştir	2½	3	2
Çatıya monte edilmiş yığınlar, soğutma ve elektrik kuleleri, kütle merkezlerinin üzerinde yanal olarak desteklenmiştir	1	2½	2
Aydınlatma armatürleri	1	1½	2
Diğer mekanik veya elektriksel bileşenler	1	1½	2
TITREŞIM İZOLE BILEŞENLERI VE SISTEMLERI			
Yaylı izole elemanlar ve sistemler ile titreşim izolasyonlu zeminler, dahili veya ayrı elastomerik malzeme kullanılarak hareketi kısıtlayan sınırlayıcı izolatör veya esnek çevre durdurucuları.	2½	2	2
İçten yalıtılmış bileşenler ve sistemler	2½	2	2
İçten izoleli kanala bağlı cihazları ve askıya alınmış dahili izole bileşenler de dahil olmak üzere titreşimden izole edilmiş askıya alınmış ekipmanlar	2½	2½	2
DAĞITIM SİSTEMLERİ			
ASME B31 (2001, 2002, 2008 ve 2010) standartı uyarınca borulama kaynakla veya lehimli yapılan boru üzerindeki ekipmanlar	2½	12	2
ASME B31'e uygun standartta çekme ve kaynaklı borular, yüksek veya sınırlı deforme edilebilir malzemeden üretilen boru üzerindeki bağlantı elemanları da dahil olmak üzere, diş açma, yapıştırma, sıkıştırma kavramaları veya yivli kavramalar ile yapılan tesisat imalatları.	2½	6	2
Yüksek deforme edilebilir malzemelerden üretilen boru hattı bileşenler de dahil olmak üzere ASME B31'e uygun olmayan kaynaklı ve çekme borular, kaynak veya lehimleme ile yapılan bağlantı elemanlı boru tesisatı.	2½	9	2
Yüksek veya sınırlı deformasyona sahip boru hattı üzerinde fitingler de dahil olmak üzere ASME B31'e uygun olmayan kaynaklı ve çekme borular diş açma, yapıştırma, sıkıştırma kavramaları veya yivli bağlantı elemanları ile yapılan boru tesisatları.	2½	4½	2
Dökme demir, cam ve sünek olmayan plastik gibi düşük deforme edilebilir malzemelerden yapılmış kaynaklı ve çekme borular.	2½	3	2
Kaynak veya lehimle ile birleştirilen, yüksek deforme edilebilir malzemelerden üretilen kanal üzeri bileşenler de dahil olmak üzere kanal tesisatları.	2½	9	2
Kanal boyunca ekler ve bağlantı elemanları bileşenlerde dahil olmak üzere kanal, kaynak veya lehim hariç diğer yollarla yapılan bağlantı elemanlı yüksek veya sınırlı deforme edilebilir malzemelerden yapılmıştır.	2½	6	2
Dökme demir, cam ve sünek olmayan plastik gibi düşük deforme edilebilir malzemelerden oluşan kanal tesisatı bileşenler de dahil olmak üzere kanallar	2½	3	2
Elektrik borusu ve kablo tavaları	2½	6	2
Busbar kanalları	1	2½	2
Sıhhi tesisat	1	2½	2
Pnömatik tüplü taşıma sistemleri	2½	6	2

a Ayrıntılı dinamik analizlerle gerekçelendirildiği durumlarda A_P için a_A'nın daha düşük değerine izin verilir. A_p değeri 1'den az olmayacaktır. Ap'nin 1'e eşit değeri sert bileşenler ve sert bir şekilde tutturulmuş bileşenler içindir. A_p'nin 21/2'ye eşit değeri esnek bileşenler ve esnek bir şekilde tutturulmuş bileşenler içindir.

b Titreşim izolatörlerine monte edilen bileşenlerin her yatay yönde bir tampon kısıtlaması veya durdurucu olacaktır. Ekipman destek çerçevesi ile kısıtlama arasındaki nominal boşluk (hava boşluğu) 0,25 inç'den (6 mm) büyükse, tasarım kuvveti $2F_p$ olarak alınacaktır. İnşaat belgelerinde belirtilen nominal boşluk 0,25 inç (6 mm) büyük değilse, tasarım kuvvetinin F_p olarak alınmasına izin verilir.

c Beton ve duvara ankraj için gerektiği gibi. Aşırı boy da dahil olmak üzere sismik yük efektleri için Bölüm 12.4.3'e bakın.

5. ASKI VE DESTEK SİSTEMLERİNİN GENEL SINIFLANDIRMASI

Yapıya hizmet eden elektro-mekanik sistemlerin tüm iç ve dış etkiler gözetilerek askılanması, taşıtılması ve desteklenmesi; ilgili hatların ve ekipmanların uzun yıllar boyunca sağlıklı ve etkin bir şekilde görevini yapabilmesi için önemlidir. Bu askı-destek sistemleri ve tasarımları en az tesisatın ve ekipmanın kendisi kadar önemli olmakla beraber doğru bir şekilde kurgulanmamış bu sistemlerin yapının çalışma süresi boyunca can ve mal kaybına sebep olabileceği, asla göz ardı edilmemesi gereken bir gerçektir.

ASHRAE tarafından tarif edilmiş askı ve destek sistemleri ***Tablo 4-6 Vibrasyon İzolasyonu Seçim Kılavuzu-1 ve 2***'de detaylı verilmiştir. Burada tekrar aynı tabloyu tekrarlamak yerine, görseller ile destekleyerek tipik cihazlar ve sistemleri değerlendireceğiz.

HVAC tasarımcısı için titreşim kriterleri üç alana göre belirtilir:
(1) Titreşime insan tepkisi,
(2) Binada hassas ekipmanın kullanımında potansiyel bozulma ile ilişkili titreşim seviyeleri,
(3) İşletim makinesinin titreşim şiddeti.

Bina yapısında titreşim için önerilen kabul edilebilir kriterleri Yolcu titreşim kriterleri, ANSI Standardı S2.71-1983 (R2006) ve ISO Standardı 2631-2'de önerilen yönergelere dayanmaktadır.

Tablo 5-1 İzin Verilen Maksimum RMS Hız Düzeyleri

Ekipman	İzin verebilen rms Hızı, mm/s
Pompalar	3.3
Santrifüj kompresörler	3.3
Fanlar (havalandırma setleri, santrifüj, eksenel)	2.3

Kabul edilebilir titreşim değerleri ekipman üreticilerinden temin edilir. Ekipman ve bileşenler üzerinde ölçülen titreşim seviyeleri, ekipman dengesizliği, ekipman bileşenlerinin yanlış hizalanması ve titreşimli ekipman parçası ile yerleştirildiği zemin arasındaki rezonans etkileşimi ile etkilenebilir. Bir ekipman parçası kabul edilebilir toleranslar içinde hizalanmış ve dengelenmişse ve aşırı titreşim seviyeleri hala mevcutsa ekipman ve kurulum olası rezonans koşulları açısından kontrol edilmelidir Tablo5-1 seçilen ekipman parçaları için izin verilen maksimum rms hız seviyeleri verir.

TİTREŞİM İZOLATÖRLERİNİN SPESİFİKASYONU

Titreşim izolatörleri sadece gerekli izolasyon verimliliğini sağlamak için değil, aynı zamanda izole sistemin doğal frekansının zeminin doğal frekansına yakın olmadığından emin olmak için seçilmelidir. Titreşim izolatörleri doğru seçilmezse izolatör iletilen kuvveti gerçekten yükseltebilir. Zemin açıklıkları, ekipman çalışma hızları, ekipman gücü, sönümleme ve diğer faktörler için ASHRAE Tablo 47 göz önünde bulundurulmaktadır. Daha önce detaylı olarak çökme ve ekipmanların davranışlarından bahsettik bu kısımda belirtilen uyarılar ve ASHRAE'de yer alan Elemanları tarif edeceğiz

KAİDE ÜRLERİ:

A. Taban yok, doğrudan ekipmana bağlı izolatörler (Not 28),
B. Yapısal çelik raylar veya taban (Notlar 29 ve 30),
C. Beton atalet tabanı (Not 30),
D. Bordüre monte taban (Not 31).

İZOLATÖR TÜRLERİ:

1. Ped, kauçuk veya cam elyaf (Notlar 20 ve 21),
2. Kauçuk zemin izolatör veya askı (Notlar 20 ve 25),
3. Yaylı zemin izolatör veya askı (Notlar 22, 23 ve 26),
4. Kısıtlanmış yaylı izolatör (Notlar 22 ve 24),
5. İtme kısıtlaması (Not 27),
6. Hava yayı (Not 25).

TİTREŞİM İZOLASYONU İÇİN SEÇİM KILAVUZU

Tablo 47 için Notlar:

Bu notlar, Tablo 47'deki Başvuru Notları başlıklı sütuna ve tablodaki diğer başvuru numaralarına anahtardır. Kılavuz muhafazakâr olmasına rağmen, binaya titreşim iletiminin hala aşırı olduğu durumlar ortaya çıkabilir. Tüm kısa devreler ortadan kaldırıldıktan sonra sorun devam ederse destek yolunu değiştirerek (örnek tavandan zemine), izolatör çökmesini artırarak, düşük frekanslı hava yayları kullanarak, çalışma hızını değiştirerek, dönen bileşen dengelemesini iyileştirerek son çare olarak sertleştirerek veya daha fazla kütle ekleyerek zemin frekansını değiştirerek hemen hemen her zaman düzeltilebilir. Nitelikli titreşim danışmanının yardımı, bu sorunların çözümünde çok yararlı olabilir.

Not 1. Gösterilen izolatör çökmeleri, zemin açıklığına ve ekipman sınıfına göre makul bir şekilde beklenen zemin yaylanmasına dayanmaktadır. Bazı boşluklar daha yüksek yalıtım düzeylerini dikte edebilir. Örnek, bar ağı çatılar fabrikalar üzerinde 38 mm statik çökme gerektirebilir, ancak ticari ofis binaları üzerinde 64 mm.

Not 2. Önemli titreşimli kuvvetler ve yapı kaynaklı gürültü üretebilen büyük ekipmanlar için, gerekirse izolatör çökmesini artırın, bu nedenle izolatör sertliği, ekipman desteğinde yük nedeniyle çökme ile tanımlandığı gibi, destekleyici yapının onda birinden daha azdır.

Not 3. Bitişik veya gürültüye duyarlı alanların yakınında gürültülü ekipmanlar için Mekanik Ekipman Odası Ses Yalıtımı bölümüne bakın.

Not 4. Belirli tasarımlar doğrudan bireysel izolatörlere (A tipi) monte edilemez ve ek destek (baz tipi) ihtiyacı konusunda ekipman üreticisine veya titreşim uzmanına danışılmalıdır.

Not 5. Rüzgâr yükü koşulları göz önünde bulundurulmalıdır. Kısıtlama, kısıtlanmış yay izolatörleri (tip 4), ek frenleme, durdurucu veya limit stopları ile elde edilebilir.

Not 6. Bazı ekipman türleri bordüre monte edilmiş bir taban gerektirir (D tipi). Havadan gelen gürültü göz önünde bulundurulmalıdır.

Not 7. Ekipman bitişik askı konumları ve ekipman odaları için Esnek Boru Askıları ve Destekleri bölümüne bakın.

Not 8. İzolatör rezonans sorunlarını önlemek için rezonans sıklığının ekipmanın en düşük normal çalışma hızının %40'ı veya daha az olması için izolatör çökmesi seçin (bkz. 2017 ASHRAE El Kitabı'ndaki Bölüm 8-Temeller). Değişken frekanslı sürücüler, vidalı soğutucular ve aksiyel kanatlı fanlar gibi yüksek hızlı ekipmanlar gibi bazı ekipmanlar çok yüksek frekanslı titreşim üretir. Bu ekipman, binanın yapısından gelen yüksek frekanslı gürültü ve titreşimin yalıtımında yeni teknik zorluklar yaratır. İzolatörlere hem iç hem de dış yapısal rezonanslar, yüksek frekanslarda performanslarını önemli ölçüde düşürebilir. Ne yazık ki şu anda izolatörlerin yüksek frekanslı dinamik özelliklerini ölçmek için herhangi bir test standardı yoktur ve ticari olarak mevcut ürünler yüksek frekanslar için etkinliklerini belirlemek için test değildir. Yüksek frekanslı titreşim iletimi olasılığını azaltmak için yaylı izolatörlerin taban plakasına (tip 3, Not 22, 23, 24) en az 20 mm kalınlığında elastomerik ped (tip 1, Not 20) ekleyin. Bazı hassas konumlar için hava yayları (Not 25) gerekebilir. Ekipman son derece gürültüye duyarlı alanların yakınında bulunuyorsa, akustik danışmanın tavsiyelerine uyun.

Not 9. İstenmeyen hareketi sınırlamak için, 500 Pa veya daha fazla toplam statik basınçta çalışan tavana asılı ve zemine monte edilmiş tüm üniteler için itme kısıtlamaları (tip 5) gereklidir.

Not 10. 55 kW'ın üzerindeki pompalar ekstra kütleye ve kısıtlamalara ihtiyaç duyabilir.

Not 11. Tam tartışma için metne bakın.

BELİRLİ EKİPMANLAR İÇİN İZOLASYON

Not 12. Soğutma Makineleri: Büyük santrifüj, vida ve pistonlu soğutma makineleri çok yüksek gürültü seviyeleri üretebilir; bu tür ekipmanlar üst katlı yerlere veya gürültüye duyarlı alanların yakınına monte edildiğinde özel dikkat gerekir. Ekipman son derece gürültüye duyarlı alanların yakınında bulunuyorsa, akustik danışmanın önerilerini izleyin.

Not 13. Kompresörler: İki temel pistonlu kompresör (1) genellikle hava kompresörleri olan tek ve çift silindirli dikey, yatay veya L başlı ve (2) Y, W ve çok başlı veya çok kanallı hava ve soğutma kompresörleri. Tek ve çift silindirli kompresörler, büyük atalet tabanları (tip C) gerektiren yüksek titreşimli kuvvetler üretir ve genellikle üst kat konumları için uygun değildir. Bu ekipmanın gürültüye duyarlı bölgelerin yakınında üst katlı bir yere veya sınıf gibi bir yere monte edilmesi gerekiyorsa, beklenen maksimum dengesiz kuvvet verileri ekipman üreticisinden alınmalı ve izolasyon sisteminin tasarımı için titreşim uzmanına danışılmalıdır.

Not 14. Kompresörler: Y, W ve çok başlı ve çok silindirli kompresörleri kullanırken, atalet tabanı ihtiyacının değerlendirilebilmesi için ekipman üreticisinden dengesiz kuvvetlerin büyüklüğünü elde edin.

Not 15. Kompresörler: 4 kW'tan büyük tabana monte kompresörler ve 8 kW'tan 8 kW'a kadar yatay tank tipi hava kompresörleri, gerekirse yapısal tabanlara (tip B) sahip yaylı izolatörlere (tip 3) ve kompresör kütlesinin 1 ila 2 katı kütleye sahip atalet bazalarına (tip C) sahip yaylı izolatörlere (tip 3) doğrudan monte edilebilir.

Not 16. Pompalar: Beton atalet tabanları (tip C) tüm esnek bağlantılı pompalar için tercih edilir ve çelik bazalar (tip B) kullanılabilmesine rağmen, çoğu yakın bağlantılı pompa için arzu edilir. Yakın bağlantılı pompalar doğrudan bireysel izolatörlere (A tipi) monte edilmelidir, çünkü çark genellikle motor destek tabanını taşır ve arka montajın gerginlik içinde olmasına neden olur. C tipi tabanlar/kaideler için öncelikli gereksinim, kaideden boru dirsek desteklerine uyum sağlayacak şekilde taban yapılmasıdır. Kütle genellikle bir faktör değildir, 55 kW üzerindeki pompalar hariç, ekstra kütle başlangıç tork ve kuvvetleri nedeniyle fazla hareketi sınırlamaya yardımcı olur. Beton tabanlar (C tipi) minimum kalınlıkla en uzun boyutun onda biri kalınlığı için aşağıdaki gibi tasarlanmalıdır: (1) 20 kW'a kadar, 150 mm; (2) 30 ila 55 kW, 200 mm için; ve (3) için 75 kW ve yukarı, 300 mm. 55 kW'ın üzerindeki pompalar ve çok kademeli pompalar başlangıçta aşırı hareket gösterebilir (kaldırma); gerekirse ek kısıtlama cihazları takılabilir. 90 kW'ın üzerindeki pompalar yüksek başlangıç kuvvetleri üretebilir, titreşim uzmanına danışın.

Not 17. Paket Çatı Klima Ekipmanları: Bu ekipman genellikle ses ve titreşim iletim sorunlarına duyarlı düşük kütleli yapılara monte edilir. Gürültü problemleri, besleme ve geri dönüş havası için büyük çatı açıklıkları gerektiren bordüre monte edilmiş ekipmanlarla daha da karmaşıktır. Tablo, 6 m'ye kadar olan tüm açıklıklar için D tipi titreşim izolatör seçimlerini gösterir, ancak özellikle inşaat açık ağ kirişleri veya ince, düşük kütleli plakalar ise, 6 m'nin üzerindeki açıklıklarda bulunan ekipmanlar için aşırı özen gösterilmelidir. Önerilen prosedür, çatıdaki ekipmanın neden olduğu ek çökmeyi belirlemektir. Ek çatı çökmesi 6 mm veya daha az ise, izolatör ek çatı çökmesinin 10 katına kadar seçilmelidir. Ek çatı çökmesi 6 mm'nin üzerindeyse çatı çökmesini 6 mm'nin altına düşürmek için ek yapılarak çatı sertliği yükseltilmeli veya ünite daha sert olan çatı konumuna monte edilmelidir.

Yüksek gürültü seviyeleri üretebilen mekanik üniteler için, bir hava boşluğu (tampon bölge) sağlamak için üniteyi çatı güvertesinin üzerindeki bir platforma monte edin ve binaya girmeden önce kanalların akustik olarak izolasyonuna izin vermek için üniteyi ilgili çatı deliklerinden uzağa yerleştirin.

Bazı çatı ekipmanlarındaki kompresörler, fanlar ve dahili olarak izole edilmiş diğer ekipmanlar vardır. Bu yalıtım, iç kısa devre, yetersiz statik çökme veya panel rezonansları nedeniyle her zaman güvenilir değildir. 135 kg'ın üzerindeki çatı ekipmanlarının, iç izolasyon kullanılmamış gibi harici olarak izole edilmesi önerilir.

Not 18. Soğutma Kuleleri: Bunlar normalde doğrudan kulenin veya kule koruma tahtasının altında kısıtlanmış yay izolatörleri (tip 4) ile izole edilir. Doğrudan motor fan tertibatı altında kullanılması önerilen yüksek çökme izolatörleri, tüm hava koşullarında dengeli ve güvenliği sağlamak için son derece dikkatli kullanılmalıdır. Bkz. Not 5.

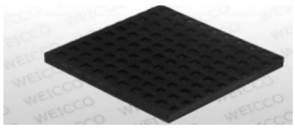
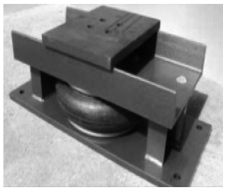
Not 19. Fanlar ve Hava Taşıma Ekipmanları: Fanlar ve hava taşıma ekipmanları için izolasyon sistemlerini seçerken aşağıdakileri göz önünde bulundurun:

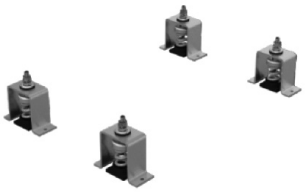
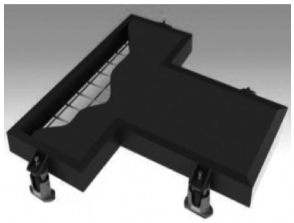
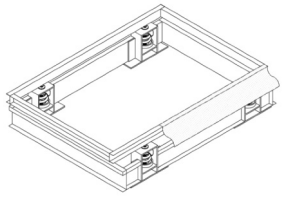
1. Tekerlek çapları 560 mm ve daha az olan fanlar ve 300 rpm'ye kadar hızlarda çalışan tüm fanlar büyük titreşimli kuvvetler üretmez. 300 rpm altında çalışan fanlar için izolatör çökme seçeneğini belirleyin, böylece izolatör doğal frekansı fan hızından %40 veya daha azdır. Örnek, 275 rpm çalışan fan için 0,4 × 275 = 110 rpm. Bu nedenle, 110 rpm veya daha düşük izolatör doğal frekans gereklidir. Bu, 75 mm çökme izolatörü (tip 3) ile gerçekleştirilebilir.
2. Hava kanalı yapılarına titreşim iletimini azaltmak için tüm fanların ve hava işleme ekipmanları alımına ve

deşarjı için esnek kanal konektörleri monte edilmelidir.

3. Atalet tabanları (tip C), tüm sınıf 2 ve 3 fanlar ve hava taşıma ekipmanları için önerilir, çünkü ekstra kütle, ağırlaşma hareketlerini sınırlayan daha sert yayların kullanılmasına izin verir.
4. İzolatörlerle aynı çökme içeren itme tutucular (tip 5), tüm fan kafaları, tüm askıya alınmış fanlar ve 500 Pa veya daha fazla toplam statik basınçta çalışan tabana monte edilmiş ve askıya alınmış tüm hava taşıma ekipmanları için kullanılmalıdır. Kısıtlama hareketi ayarı normal işletme çalışma statik basınçlar altında yapılmalıdır.

TABLO 5-2 TİTREŞİM İZOLATÖRLERİ: MALZEMELER, TÜRLER VE KONFİGÜRASYONLAR (ASHRAE TABLO 47)

 	**Not 20:** Kauçuk izolatörler ped (Tip 1) ve kalıplanmış (Tip 2) konfigürasyonlarda mevcuttur. Pedler, tek veya birden çok katmanda kullanılır. Kalıplanmış izolatörler 30 ila 70 durometre (sertlik ölçüsü) aralığında gelir. 70 durometreyi aşan malzeme genellikle etkisizdir, çünkü durometre bir izolatör sertliğinin ölçüsü değildir. İzolatörler 13 mm'ye kadar sapma için tasarlanmıştır, ancak 8 mm veya daha az çökme gerekli olduğu yerlerde kullanılır. Masif kauçuk ve komposit kumaş ve kauçuk pedler de mevcuttur. Küçük çökme ile yüksek yük kapasiteleri sağlar ve kolonların altında ve boru destekleri için gürültü bariyeri olarak kullanılır. Bu ped tipleri sadece düzgün yüklendiğinde ve kütle yükü tüm ped yüzeyine eşit olarak dağıtıldığında iyi çalışır. Metal yükleme plakaları bu amaçla kullanılabilir.
	**Not 21:** Elastik kaplamalı cam elyaf (Tip 1). Bu tip izolasyon pedi, esnek, nem geçirimsiz elastomerik membran ile ayrı ayrı kaplanmış önceden sıkıştırılmış kalıplanmış fiberglas pedlerdir. Fiberglas titreşim izolatörlerinin doğal frekansı, desteklenen ekipmanın çalışma yük aralığı için esasen sabit olmalıdır. Kütle yükü tüm ped yüzeyine eşit olarak dağıtılır. Metal yükleme plakaları bu amaçla kullanılabilir.
	**Not 22.** Çelik yaylar, HVAC uygulamaları için en popüler ve çok yönlü izolatörlerdir, çünkü hemen hemen her çökme için kullanılabilir ve neredeyse sınırsız bir ömürlü hayata sahiptir. Yay izolatörleri, çelik yay bobininden aşağı göç edebilecek yüksek frekanslı titreşim ve gürültü iletimini azaltmak için kauçuk akustik bariyere sahip olabilir. Açık havada veya aşındırıcı bir ortamda monte edilirse korozyon korumalı olmalıdır. Temel türler şunlardır: **Not 23.** *Açık yaylı izolatörler* (Tip 3), tesviye ekipmanı için ayar cıvatalarına sahip üst ve alt yük plakalarından oluşur. Yaylar, dengeli duruşu sağlamak için dikey sertliğin en az %80'i (kx /ky) yatay sertlik ile tasarlanmalıdır. Benzer şekilde, yaylar, çökmüş yay yüksekliğine bölünen çap için minimum 0,8 oranına sahip olmalıdır.
 	**Not 24.** *Kısıtlanmış yay izolatörleri* (Tip 4), dikey ve yatay hareketi sınırlamak için durdurma cıvatalarına sahiptir. Su çıkarıldığında hareketi kısıtlamak ve borularda zorlanmayı önlemek için (a) Kütle olarak büyük varyasyonlara sahip ekipmanlarla (örnek kazanlar, soğutucular, soğutma kuleleri), (b) Yoğuşma üniteleri ve soğutma kuleleri gibi dış mekân ekipmanları, rüzgâr yükleri nedeniyle aşırı hareketi önlemek ve (c) Sismik kuvvetlere tabi herhangi bir ekipmanla kullanılır. Yay kriterleri açık yay izolatörleri ile aynı olmalıdır ve sınırlayıcılar sadece geçici bir kısıtlama gerektiğinde etkinleştirilecek şekilde yeterli açıklığa sahip olmalıdır. Tipik durdurucu (snubber) türleri için ASHRAE Bölüm56'ya bakın. *Kapalı montajlar veya yuvalı yaylı izolatörler*, esnek bir malzeme ile ayrılmış iki teleskopik gövdeden oluşur. Bunlar yanal hareketi azaltma ve ekipman hareketinin bazı dikey sönümlemelerini sağlar, ancak dikey hareketi sınırlamaz. Dikey hareketin sınırlı olması gereken yerlerde ek dikey durdurucu kullanılmalıdır (bkz. Bölüm 56). Bağlama ve kısa devreyi en aza indirmek için seçim ve kurulumda dikkatli olunmalıdır.
	**Not 25.** Hava yaylar (Tip 6) herhangi bir frekans için tasarlanabilir, ancak yalnızca doğal frekanslara sahip uygulamalarda ekonomiktir. 1,33 Hz veya daha az (150 mm veya daha fazla çökme). Yüksek frekanslı gürültü iletmezler ve genellikle sorunlu işlerde (örnek, üst kat kurulumlarındaki büyük transformatörler) yüksek sapma yaylarının yerini almak için kullanılır. Sabit hava beslemesi (hava kurutuculu hava kompresörü) ve tesviye vanaları tipik olarak gereklidir.

	**Not 26.** İzolasyon askıları (Tip 2 ve 3) askıda boru ve ekipman için kullanılır ve kauçuk, yaylar veya yay ve kauçuk elemanların bir kombinasyonuna sahiptir. Kriterler açık yaylı izolatörlere benzer olmalıdır, ancak yanal dengeleme daha az önemlidir. Destek çubuğu açısal yanlış hizalamanın bir sorun olduğu durumlarda, çubuğun muhafazaya dokunmasını önlemek için yeterli boşluğa sahip askılar kullanın ve/veya kauçuk burçları dahil edin. Büyük termal hareketlere tabi boru sistemlerine bağlantılar için döner veya gezgin düzenlemeleri gerekebilir. Önceden bastırılmış *yay askıları*, izole ekipmanın veya sistemin hareketini en aza indirmek için izolatör yayı ön sıkıştırma veya ön yükleme araçlarını içerir. Bunlar genellikle kurulum ve çalışma arasında kütleyi önemli ölçüde değiştirebilen boru sistemlerinde kullanılır.
	**Not 27.** İtme kuvvetleri (Tip 5) yay askılarına veya izolatörlere benzer ve hava basıncının neden olduğu itmeye karşı koymak için çiftler halinde monte edilir. Bunlar genellikle yanal hareketi 6,4 mm veya daha azla sınırlamak için boyutlandırılır.
	**Not 28.** Doğrudan izolasyon (tip A), ekipman üniter ve sert olduğunda ve ek destek gerektirmediğinde kullanılır. Doğrudan izolasyon, büyük soğutucular, bazı fanlar, paketlenmiş hava işleme üniteleri ve hava soğutmalı kondenserlerle kullanılabilir. Ekipmanın doğrudan izolatörlerde desteklenebileceğine dair herhangi bir şüphe varsa, yapısal bazları (tip B) veya atalet bazlarını (C tipi) kullanın veya ekipman üreticisine danışın.
	**Not 29.** Yapısal bazlar (tip B), ekipmanın tek tek konumlarda desteklenemediği ve/veya ekipmandaki bileşen parçalarının hizalamasını sağlamak için bazı araçların gerekli olduğu yerlerde kullanılır. Bu bazlar yaylı veya kauçuk izolatörlerle (tip 2 ve 3) kullanılabilir ve ek bekleme cihazları olmadan tüm başlatma ve çalıştırma kuvvetlerine karşı koymak için yeterli sertliğe sahip olmalıdır. Tabanlar, izolatörler arasındaki en uzun yayılma alanının onda birine eşit derinliğe sahip yapısal elemanlar kullanılarak dikdörtgen konfigürasyonlarda yapılır. Tipik taban derinliği 100 ila 300 mm arasındadır, ancak yapısal veya hizalama konuları aksini belirler.
	**Not 30.** Yapısal raylar (Tip B), üniter bir taban gerektirmeyen veya izolatörlerin ekipmanın dışında olduğu ve rayların beşik görevi gördüğü ekipmanları desteklemek için kullanılır. Yapısal raylar yay veya kauçuk izolatörlerle kullanılabilir ve ekipmanı esnemeden destekleyecek kadar sert olmalıdır. Olağan uygulama, yapısal hususların aksini dikte ettiği durumlar dışında, genellikle 100 ila 300 mm arasında izolatörler arasındaki en uzun yayılma alanının onda biri kadar derinliğe sahip yapısal elemanlar kullanmaktır.
	**Not 31.** Beton tabanlar kaideler (Tip C), desteklenen ekipmanın sert bir destek gerektirdiği durumlarda (örnek, esnek bağlantılı pompalar) veya yaylı izolatörlerde aşırı ağırlaşma hareketinin meydana gelebileceği yerlerde kullanılır. Genellikle kaynaklı takviye çubukları, ekipman tutma için provizyon ve izolatör braketleri ile çelik bir dökme formundan oluşur. Yapısal bazalar gibi, beton tabanlar da boru dirsek ayaklarını destekleyecek şekilde, dikdörtgen veya T şeklinde olmalı ve sertlik için izolatörler arasındaki en uzun yayılma alanının onda birine eşit bir derinliğe sahip olmalıdır. Kütle, sertlik veya bileşen hizalaması için özel olarak ek derinlik gerekmedikçe taban derinliği genellikle 150 ila 300 mm arasındadır.
	**Not 32.** Bordür izolasyon sistemleri (Tip D), kaldırım destekli çatı ekipmanları için özel olarak tasarlanmıştır ve su geçirmez ve bazen hava geçirmez bir montajla yay izolasyonu sağlar. *Çatı rayları*, doğal olmayan yaylarla ayrılmış üst ve alt çerçevelerden oluşur ve mimari çatı bordürlerinin üzerinde dinlenir. *İzolasyon bordürleri*, çatı kaldırımını tasarımlarına da dahil eder. Her iki türde Tip 3'te açıklanan tasarım kriterlerini karşılamak için 25 ila 75 mm aralığında statik sapmalara sahip yaylarla tasarlanmıştır. Esnek elastomerik contalar genellikle üst ve alt çerçeveler arasında hava koşullarına karşı koruma için en etkilidir. Üst çerçevenin çevresine sürekli bir sünger conta genellikle kurulumu, daha fazla hava koşullarına dayanıklı hale getirmek için uygulanır.

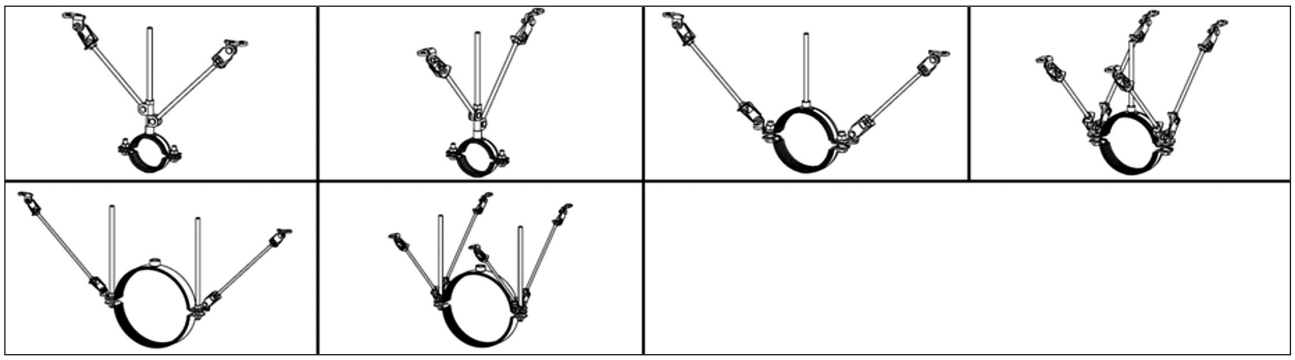
TİTREŞİM İZOLATÖRLERİ: MALZEMELER, TÜRLER VE KONFİGÜRASYONLAR

Yukarıdaki tabloda verilen Not 20 ila 32, HVAC ekipmanı için piyasada bulunan izolatörlerin değerlendirilmesine yardımcı olacak rakamlar içerir. Belirli bir uygulama için seçilen izolatör, gerekli çökmeye, ekonomik ömrüne, maliyete ve ilişkili yapılarla uyumluluğa bağlıdır.

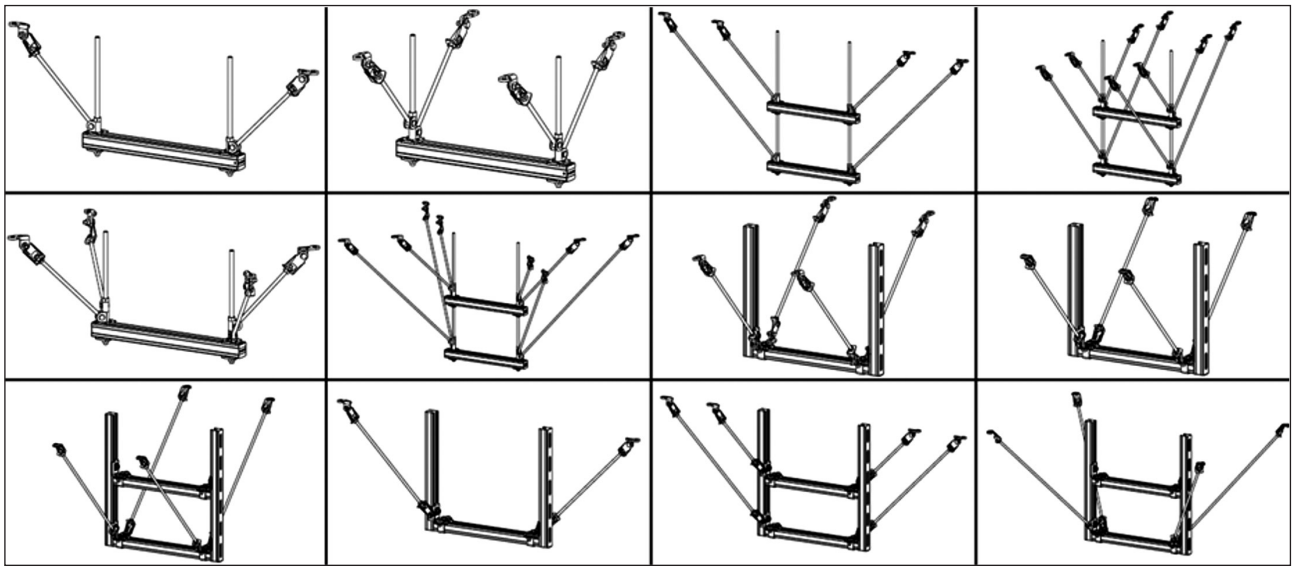
Zemin açıklıklarının genel referans amaçlı olduğu unutulmamalıdır. Aslında izolatörler, plakanın statik çökmesini mekanik ekipman yükünden oluşturduktan, yayılmış plakanın rezonans frekansını belirledikten ve plakadan 10 kat daha fazla sapmaya sahip izolatör kullandıktan sonra seçilmelidir. Mekanik ekipmanlar rezonansa yakın veya altındaki frekanslarda çalışmamalıdır. Ayrıca her öğenin ayrıntılı izolatör seçimi ve kurulumu için referans notları olduğu unutulmamalıdır. İzolasyon verimliliği veya enerji aktarılabilmesi yerine izolatör çökme belirtirken tasarımcı zemin sertliğini ve bina rezonanslarını, destek kat döşemesinden daha fazla çökmeye sahip olmasını talep etmelidir. İzolatör çökmesi, izolatörlerin doğal frekansı ve buna karşılık izolatör verimliliği ile ilgilidir. Titreşim izolatörleri maksimum statik çökme, yay ekipmanın ağırlığı altında sıkıştırdığı miktardır. Yay boşaltıldığında 50 mm uzunluğundaysa ve yüklendiğinde 25 mm sıkıştırılıyorsa 25 mm statik çökmeye sahiptir. Statik çökme, doğrudan titreşim yalıtım verimliliği ile ilgilidir; 25 mm statik çökme, titreşim enerjisinin yaklaşık %88 izolasyonu ile eş değerdir ve 12 mm statik çökme kabaca %50'yi izole eder. Statik çökme aynı zamanda en düşük titreşim frekansı ile de ilgilidir. Çok düşük frekansların izole edilmesi (20 Hz den az) 100 mm veya daha fazla çok büyük statik çökmeler gerektirir. Belirli bir noktanın ötesinde, yaylar artık işi yapamaz, bu durumda iki aşamalı izolatörlere veya özel hava izolatörlerine ihtiyaç vardır. Çökme ve izole sistemin doğal frekansı arasındaki ilişki Denklem 3-3'de verilmişti.

Biraz da askı kelepçe ve sismik koruma sistemlerine bakalım;

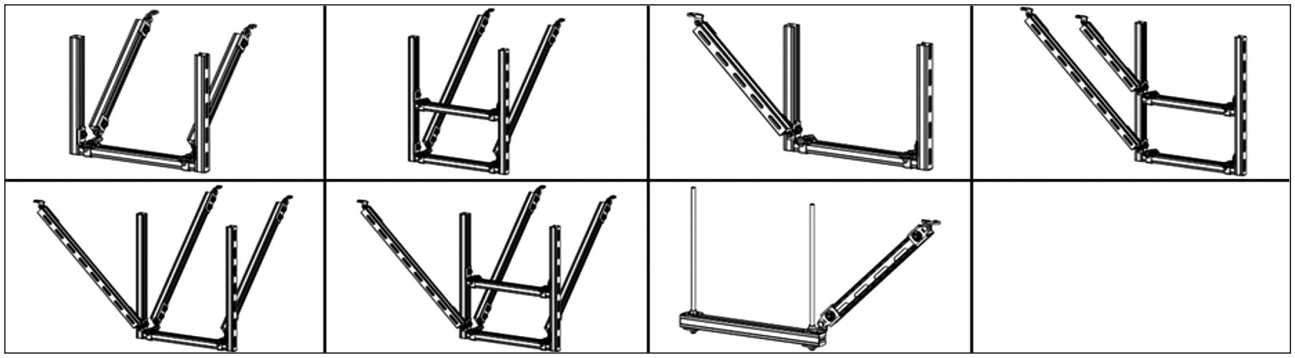
Tekli Boru Kelepçe Destekleri



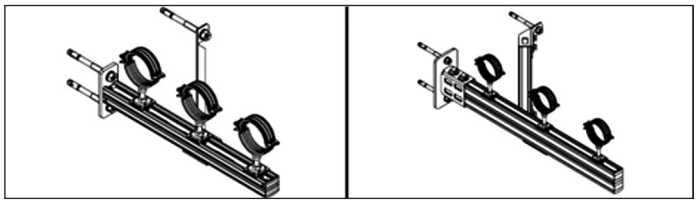
Rod (Askı Tijleri) Sistemleri ile Rijit Sismik Çözümler



Kanal Sistemleri ile Rijit Sismik Çözümler



Duvar Konsol Sistemleri



SİSMİK SINIRLAMA ve TİTREŞİM KONTOLÜNDE İSTİSNAİ DURUMLAR; BORULAR

- Gaz borularında, 1" çap altındaki borular sismik korumadan istisna tutulabilir.
- Mekanik odalarda, 1¼" çap altındaki borular sismik korumadan istisna tutulabilir.
- Diğer tüm borularda, 2½" çap altındaki borular sismik korumadan istisna tutulabilir.
- Boru üst kotu ile tavan mesafesi (bağlanan nokta) 30 cm'den daha küçük olan hatlar sismik korumadan istisna tutulabilir.
- Yangın tesisatında, boru üst kotu ile tavan arası mesafe 15 cm ve altında ise yalnızca boyuna sismik askılama, 15 cm üzerinde ise enine ve boyuna sismik askılama yapılacaktır.
- Uzunluğu 3,6 metreden fazla ve boru üst kotu ile tavan arasındaki mesafe 15 cm'den fazla olan, ucu boştaki branşman uçlarının sonuna enine sismik askı yapılacaktır.
- Uzunluğu 3,6 metreden kısa veya boru üst kotu ile tavan arasındaki mesafe 15 cm'den az olan, ucu boştaki branşman uçlarının son askı kelepçesi ağır yük kelepçesi (yanıcı materyal içermeyen) olacaktır.
- 15 kg/m birim ağırlığın altında kalan asılı tesisat sismik korumadan istisna tutulabilir.
- Borulardaki enine askı aralığı maksimum 12 metre, boyuna askı aralığı maksimum 24 metre olmalıdır.

KANALLAR;

- Kesit alanı 0,56m² altındaki havalandırma kanalları sismik korumadan istisna tutulabilir.
- Kesit alanı 0,37m² altındaki duman egzoz kanalları sismik korumadan istisna tutulabilir.
- Bağlantı noktası ile tavan mesafesi (bağlanan nokta) 30 cm'den daha küçük olan hatlar sismik korumadan istisna tutulabilir.
- Hava hızı 6 m/sn'nin altındaki kanallara titreşim önlemi gerekmemektedir.
- Kanallarda enine askı aralığı maksimum 9 metre, boyuna askı aralığı maksimum 18 metre olmalıdır.

ASILI EKİPMANLAR;

- VAV kutuları ya da fan-koil gibi asılı ekipmanların ağırlıkları 9 kg'ın altında ise deprem koruması gerekmemektedir.
- VAV kutuları ya da fan-koil gibi asılı ekipmanların tij yüksekliği 30 cm altında ise sismik askılama yapılmayabilir.
- Kanal sistemine inline olarak bağlanan kanal tipi fanlarda, 35 kg altındaki fanlara sismik askılama yapılmayabilir.
- Askı tipi kauçuk veya yaylı titreşim izolatörü ile titreşim yalıtımı yapılan tüm asılı ekipmanlara, sismik önlem alınacaktır.

NOT: Sismik sınırlayıcılar ve titreşim alıcı ayakların seçimi, altında kullanılacak sac plakaların tasarımı, zemine montajı için gerekli sismik çelik dübellerin seçimi, sismik ve titreşim alıcı askıların seçimi, yere bağlanacak ekipmanların altındaki beton kaidenin deprem koruması için tasarım, pompa fan gibi ekipmanlar için kullanılacak eylemsizlik kaidelerinin tasarımı, sismik malzeme tedarikçi firma mühendisleri tarafından seçilecek veya tasarlanacaktır.

Eğer cihazların altına beton kaide yapılacaksa, beton kaidenin deprem anında parçalanmaması için kaide ya zemin betonu ile aynı anda dökülerek soğuk derz ortadan kaldırılmalı ya da sonradan dökülecekse, HPA (Housekeeping pad anchor) ankraj elemanları kullanılarak depreme karşı korunmalıdır. Beton cihaz kaidelerinin boyutları, cihazların bağlantısında kullanılacak izolatör veya ankraj tipi göz önünde bulundurularak belirlenmelidir.

6. TESİSAT NİTELİĞİNE GÖRE ASKI VE DESTEK TASARIM KRİTERLERİ (ÖRNEK HESAPLAR)

Sektör içerisinde çok alışkın olmadığımız bir örnek "**Askı ve Destek Tasarım Hesap Uygulaması**" bu bölümde hazırlanmıştır. Tipik mimari depreme dayanıklı yapılar içinde yer alan aşağıda ekli şemalar üzerinde seçili gerçek ürünlerin;

- Farklı illerde,
- Aynı ilin farklı sismik bölgelerinde ve
- Aynı bölgelerin farklı zemin karakterleri ile seçilen adrese bağlı imarli arazilerde olmak üzere,
- Sismik etki olmadan (koruma gerekmeyen) ve ASHRAE kılavuzuna göre seçilen titreşim ve akustik kaide, askı ve destek sistemleri ile
- Sismik koruma gerektiren ve yeni TC Deprem Yönetmeliğine göre yapılan sismik tasarım ile
- Sonradan deprem güçlendirme yapılacak binaların elektromekanik tesisatların sismik koruma için

Sismik koruma sistemlerinin ilgili yönetmelik ve uluslararası standartlara göre örnek hesaplar yapılmış ve hesap sonuçları aşağıda paylaşılmıştır. Aşağıda görüleceği üzere kullanılacak malzemelerin tipleri, maliyetleri ve şematik koruma yöntemleri ile gerek bütçe gerekse koruma malzemeleri tipleri tablolar haline getirilmiştir. Detaylı hesap bilgileri ile ürün detayları, ilgili kare kodlar üzerinden ulaşılabilir.

Öncelikle DD1, DD2, DD3, DD4 için aynı il ve bölge için farklı parsellerde bulunan zemin karakterlerine göre AFAD sitesinden temin edilen spektral ivme (Bkz. Ek-4, Tablo 6-1) ve diğer değerlerin sonra da mekanik tesisat örneklerinin bahsedilen zemin karakterlerine göre seçilmiş örnek ekipmanlar ve sismik koruma ile tasarım ve sonradan bina güçlendirmesi sonrasında yapılacak sismik koruma ekipmanları ile USD bazında ürün temel maliyet hesap tabloları hazırlanmıştır.

Derleyen Notu: Ne yazık ki bu kısım için birçok firma ile irtibata geçilmiş olmasına rağmen sınırlı sayıda ürün için bu hesap ve bütçeler oluşturulmuştur. Bundan sonraki süreçte bu değerler, herhangi bir bina için mekanik veya elektrik tesisat tararımı ve bina önem derecesine göre sismik hesap yaparken sonradan koruma yapılması gereken tesisatlar ve depremsel güçlendirme yapılan binaların tesisatları için yapılacak sismik koruma ekipmanları ve maliyetleri benzer ürünler için de örnek bir mertebe olacaktır.

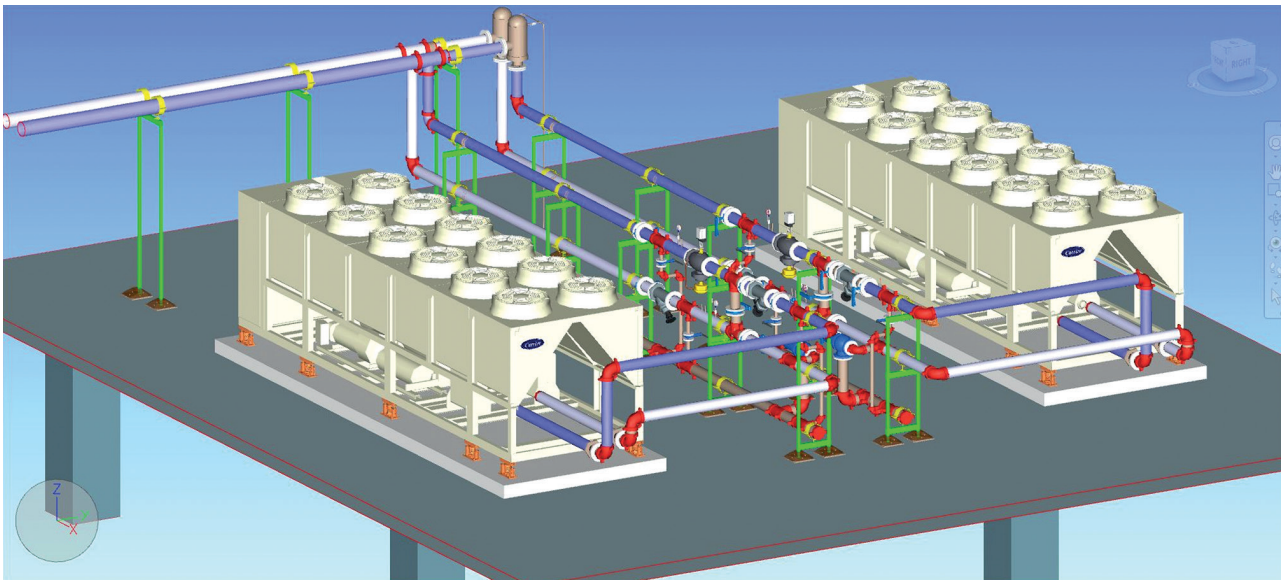
Özellikle yönetmeliklere göre yapılması gereken işlemlerin ve ekipman maliyetlerinin de oluşturmasına katkı sağlaması hedeflenmiştir.

Depremsellik (sismik) hesapları için seçilen bölgeler sırasıyla AFAD sitesinden adrese dayalı olarak temin edildikten sonra içerisinden seçilen il ve zemin karaktelerine göre hesaplar yapılmıştır. Bu hesapların sonucu seçilen sismik koruma ürünlerinin uygulama bütçesi USD cinsinden tabloda üç Paydaş firma için görülmektedir. ***BIM Revit olarak çizimi yapılmış her bir ürün için ekli karekodlar ile ister vektörel objelere ve isterseniz çizim üzerinde klima ürünleri reklam ve tanıtım dosyalarına ulaşabilirsiniz.***

Tablo 6-1 DD2-DEPREM YER HAREKET DÜZEYİ İÇİN SDS

		S_{DS}: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]	
		ZEMİN SINIFI	
		B	D
İSTANBUL	ARNAVUTKÖY	0,503	0,756
	BAKIRKÖY	1,109	1,241
	BAŞAKŞEHİR	0,746	0,969
EDİRNE	EDİRNE	0,382	0,621
SİNOP	KORUCUK	0,614	0,856
	HAVAALANI	0,301	0,512
NEVŞEHİR	NEVŞEHİR	0,186	0,331

Hesaplar için oluşturulan Revit modeli **(https://a360.co/3hddfgb)** belirtilen BKS , bina önem sınıflarına göre (BKS- 1,5,BKS-1,2 ve BKS-1) sismik koruma hesapları yapılarak, aşağıdaki tablolarda sismik koruma malzeme bütçeleri tablolar haline getirilmiştir. Ayrıca tablolar ile ilgili ürün revit resimleri ile kataloglarına da bağlantıları kullanarak ulaşabilirsiniz.



Resim 6-1 Alarko Carrier 30 kav/Kavp Hava Soğutma Grubu

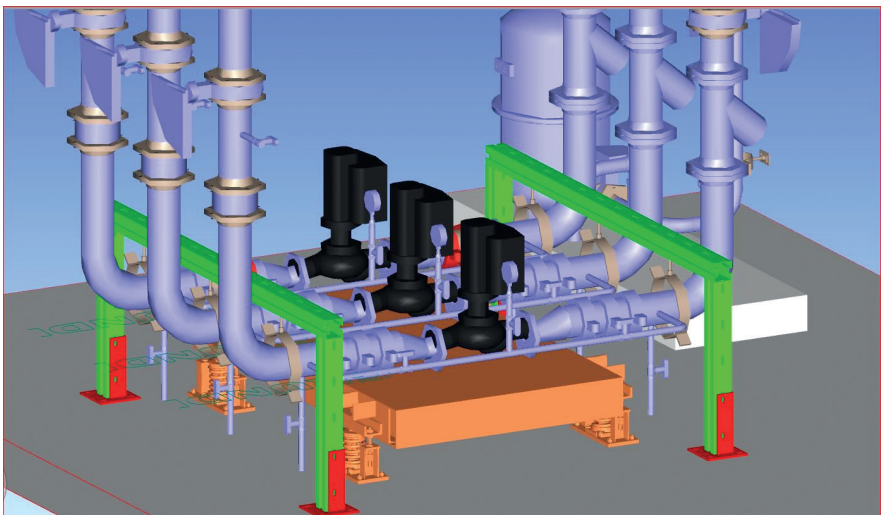
Tablo 6-2 ALARKO CARRIER 30KAV/KAVP SOĞUTMA GRUBU SİSMİK KORUMA BÜTÇESİ

CİHAZ TİP: CARRIER 30KAV/KAVP SOĞUTMA GRUBU					
CİHAZ EBAT (EN x BOY x YÜKSEKLİK): 10305 x 2261 x 2324 mm					
CİHAZ İŞLETME AĞIRLIĞI: 8332 kg					
		SİSMİK KORUMA MİNİMUM BEDEL			
		ZEMİN SINIFI / EKİPMAN KONUMU			
		B/Bodrum Katlar	B/Üst Katlar	D/Bodrum Katlar	D/Üst Katlar
KONUM	BAKIRKÖY	$1.340,00	$1.355,00	$1.340,00	$1.355,00
	EDİRNE	$1.340,00	$1.340,00	$1.340,00	$1.345,00
	KORUCUK	$1.340,00	$1.345,00	$1.340,00	$1.355,00
	NEVŞEHİR	$1.340,00	$1.340,00	$1.340,00	$1.340,00

LİNK ÜRÜN SEÇİMİ: Birim cihaz için 10 adet 2" Çökmeli 1000 kg kapasiteli Sismik Yaylı İzolatör + 40 adet M12 C1/C2 Sismik Dübel

DKM ÜRÜN SEÇİMİ: Birim cihaz için 10 adet 25 mm Çökmeli 1000 kg kapasiteli Sismik Yaylı İzolatör + 40 adet C1/C2 Sismik Dübel

DARHAN ÜRÜN SEÇİMİ: Birim cihaz için 10 adet 22 mm Çökmeli 1040 kg kapasiteli Sismik Yaylı İzolatör + 20 adet M16 C1/C2 Sismik Dübel



Resim 6-2 Soğutma Grubu Pompa GRUNDFOS TPE 100-480/2 SC-A-F-A-BQQE-RX1

Tablo 6-3 GRUNDFOS TPE 100-480/2 SC-A-F-A-BQQE-RX1 (3'LÜ GRUP) SİSMİK KORUMA BÜTÇESİ

CİHAZ TİPİ: GRUNDFOS TPE 100-480/2 SC-A-F-A-BQQE-RX1 *(3'LÜ GRUP)*					
CİHAZ İŞLETME AĞIRLIK: 531 kg (3'LÜ GRUP TOPLAM AĞIRLIK = 531 x 3 = 1593 kg)					
BETON ATALET KÜTLESİ EBAT (uzunluk x genişlik x yükseklik)/AĞIRLIK: 3000x1500x200mm/2250 kg					
		SİSMİK KORUMA MİNİMUM BEDEL			
		ZEMİN SINIFI / EKİPMAN KONUMU			
		B/Bodrum Katlar	B/Üst Katlar	D/Bodrum Katlar	D/Üst Katlar
KONUM	BAKIRKÖY	$600,00	$610,00	$600,00	$620,00
	EDİRNE	$600,00	$600,00	$600,00	$610,00
	KORUCUK	$600,00	$610,00	$600,00	$620,00
	NEVŞEHİR	$600,00	$600,00	$600,00	$600,00

LİNK ÜRÜN SEÇİMİ: Birim Cihaz için 4 adet 2" Çökmeli farklı 1200 kg kapasiteli Sismik Yaylı İzolatör + 16 adet M12 C1/C2 Sismik Dübel

DKM ÜRÜN SEÇİMİ: Birim Cihaz için 4 adet 25 mm Çökmeli 1200 kg kapasiteli Sismik Yaylı İzolatör + 16 adet C1/C2 Sismik Dübel

DARHAN ÜRÜN SEÇİMİ: Birim Cihaz için 4 adet 22 mm Çökmeli farklı 1040 kg kapasiteli Sismik Yaylı İzolatör + 16 adet M12 C1/C2 Sismik Dübel

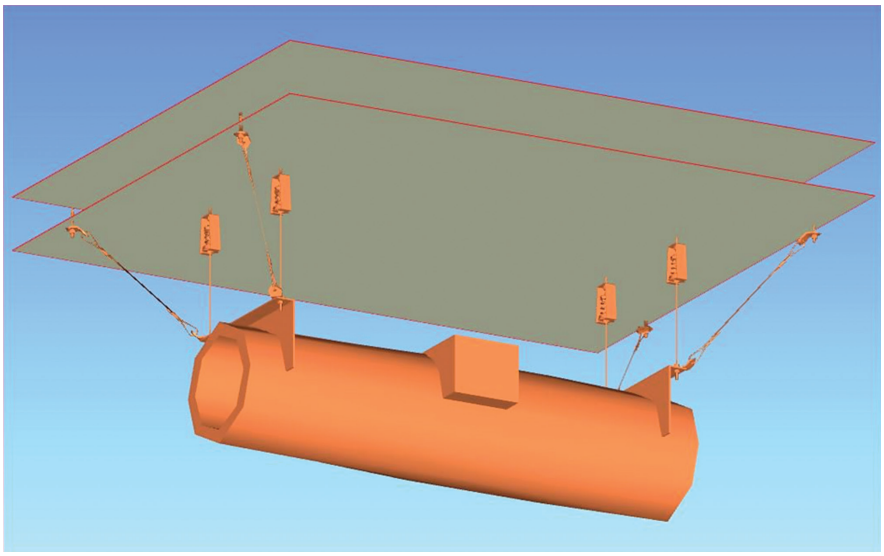
Tablo 6-4 GRUNDFOS TPE 150-220/4 A-F-B-BQQE-PX3 (3'LÜ GRUP) SİSMİK KORUMA BÜTÇESİ

CİHAZ TİP: GRUNDFOS TPE 150-220/4 A-F-B-BQQE-PX3 (3'LÜ GRUP)					
CİHAZ İŞLETME AĞIRLIK: 439 kg (3'LÜ GRUP TOPLAM AĞIRLIK: 439 x 3 = 1317 kg)					
BETON ATALET KÜTLESİ EBAT (uzunluk x genişlik x yükseklik) / AĞIRLIK: 3000x1500x160mm / 1800 kg					
		SİSMİK KORUMA MİNİMUM BEDEL			
		ZEMİN SINIFI / EKİPMAN KONUMU			
		B / Bodrum Katlar	B / Üst Katlar	D / Bodrum Katlar	D / Üst Katlar
KONUM	BAKIRKÖY	$520,00	$530,00	$520,00	$530,00
	EDİRNE	$520,00	$520,00	$520,00	$520,00
	KORUCUK	$520,00	$525,00	$520,00	$525,00
	NEVŞEHİR	$520,00	$520,00	$520,00	$520,00

LİNK ÜRÜN SEÇİMİ: Birim Cihaz için 4 adet 2" Çökmeli farklı 1000 kg kapasiteli Sismik Yaylı İzolatör + 16 adet M12 C1/C2 Sismik Dübel

DKM ÜRÜN SEÇİMİ: Birim Cihaz için 4 adet 25 mm Çökmeli 1000 kg kapasiteli Sismik Yaylı İzolatör + 16 adet C1/C2 Sismik Dübel

DARHAN ÜRÜN SEÇİMİ: Birim Cihaz için 4 adet 22 mm Çökmeli farklı 1040 kg kapasiteli Sismik Yaylı İzolatör + 16 adet M12 C1/C2 Sismik Dübel



Resim 6-3 ATC JETFAN –JA -402-03-R - 300°C-2h

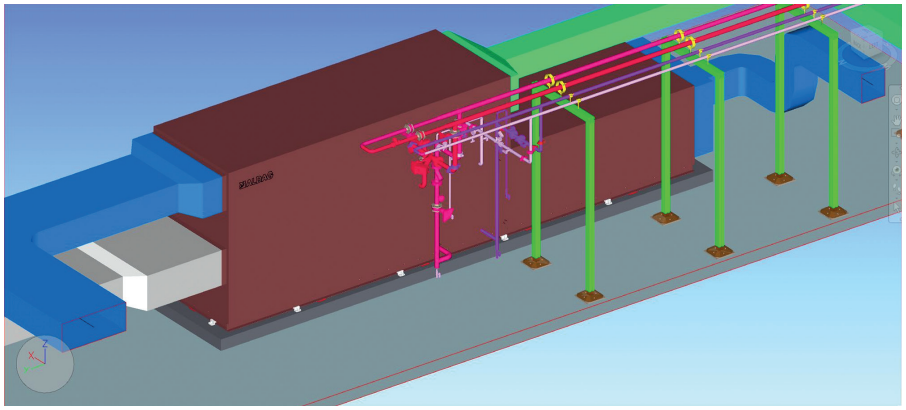
Tablo 6-5 ATC JETFAN - JA-402-03-R - 300°C-2h SİSMİK KORUMA BÜTÇESİ

CİHAZ TİP: ATC JETFAN - JA-402-03-R - 300°C-2h					
CİHAZ İŞLETME AĞIRLIK: 74 kg					
		SİSMİK KORUMA MİNİMUM BEDEL			
		ZEMİN SINIFI / EKİPMAN KONUMU			
		B/Bodrum Katlar	B/Üst Katlar	D/Bodrum Katlar	D/Üst Katlar
KONUM	BAKIRKÖY	$80,00	$80,00	$80,00	$80,00
	EDİRNE	$80,00	$80,00	$80,00	$80,00
	KORUCUK	$80,00	$80,00	$80,00	$80,00
	NEVŞEHİR	$80,00	$80,00	$80,00	$80,00

LİNK ÜRÜN SEÇİMİ: Birim Cihaz için 4 adet yaylı izolatör + 4 adet Sismik Halat Seti + 4 adet M10 Sismik Dübel

DKM ÜRÜN SEÇİMİ: Birim Cihaz için 4 adet yaylı izolatör + 4 adet Sismik Halat Seti + 4 adet C1/C2 Sismik Dübel

DARHAN ÜRÜN SEÇİMİ: Birim Cihaz için 4 adet yaylı izolatör + 4 adet Sismik Halat Seti + 4 adet M10 Sismik Dübel



Resim 6-4 ALDAĞ KLİMA SANTRALI: AKS-RW60 1216 KS Modeli

Tablo 6-6 ALDAĞ KLİMA SANTRALI: AKS-RW60 1216 KS SİSMİK KORUMA BÜTÇESİ

CİHAZ TİP: ALDAĞ KLİMA SANTRALI: AKS-RW60 1216 KS					
CİHAZ İŞLETME AĞIRLIK: 4831 kg					
		SİSMİK KORUMA MİNİMUM BEDEL			
		ZEMİN SINIFI / EKİPMAN KONUMU			
		B/Bodrum Katlar	B/Üst Katlar	D/Bodrum Katlar	D/Üst Katlar
KONUM	BAKIRKÖY	$260,00	$270,00	$260,00	$270,00
	EDİRNE	$260,00	$260,00	$260,00	$260,00
	KORUCUK	$260,00	$265,00	$260,00	$265,00
	NEVŞEHİR	$260,00	$260,00	$260,00	$260,00

LİNK ÜRÜN SEÇİMİ: 28 adet 50*100 titreşim izolasyon pedi + 16 adet sismik sınırlayıcı + 32 adet M10 sismik dübel

DKM ÜRÜN SEÇİMİ: 28 adet 50*200 Titreşim İzolasyon Pedi + 16 adet Sismik Sınırlayıcı + 32 adet C1/C2 Sismik Dübel

DARHAN ÜRÜN SEÇİMİ: 28 adet 50*100 titreşim izolasyon pedi + 16 adet sismik sınırlayıcı + 32 adet M12 sismik dübel

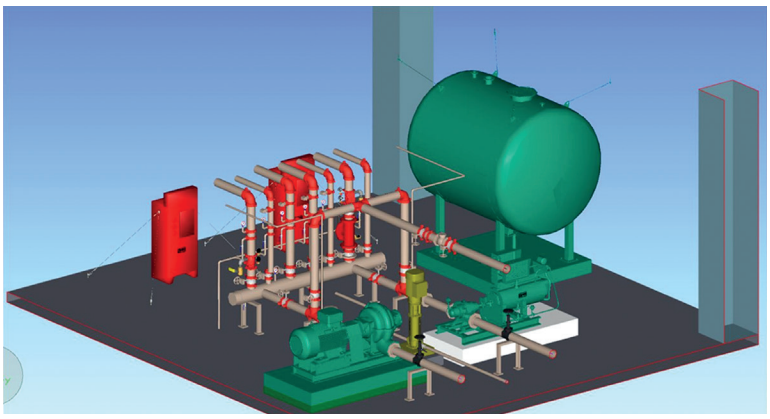
Tablo 6-7 ALDAĞ KLİMA SANTRALİ- AKS-RW60 911 KS SİSMİK KORUMA BÜTÇESİ

CİHAZ TİPİ: ALDAĞ KLİMA SANTRALİ- AKS-RW60 911 KS					
CİHAZ İŞLETME AĞIRLIK: 2934 kg					
		SİSMİK KORUMA MİNİMUM BEDEL			
		ZEMİN SINIFI / EKİPMAN KONUMU			
		B/Bodrum Katlar	B/Üst Katlar	D/Bodrum Katlar	D/Üst Katlar
KONUM	BAKIRKÖY	$260,00	$270,00	$260,00	$270,00
	EDİRNE	$260,00	$260,00	$260,00	$260,00
	KORUCUK	$260,00	$265,00	$260,00	$265,00
	NEVŞEHİR	$260,00	$260,00	$260,00	$260,00

LİNK ÜRÜN SEÇİMİ: 24 adet 50*100 titreşim izolasyon pedi + 16 adet sismik sınırlayıcı + 32 adet M10 sismik dübel

DKM ÜRÜN SEÇİMİ: 24 adet 50*200 Titreşim İzolasyon Pedi + 16 adet Sismik Sınırlayıcı + 32 adet C1/C2 Sismik Dübel

DARHAN ÜRÜN SEÇİMİ: Birim Cihaz için 4 adet 22 mm Çökmeli farklı 1250 kg kapasiteli Sismik Yaylı İzolatör + 16 adet M12 C1/C2 Sismik Dübel



Resim 6-5 NORM TEKNİK Yangın Pompa Seti

Tablo 6-8 NORM TEKNİK, XYLEM AC FIRE PUMP (H)6x4x10F-M – 8100 SERIES SİSMİK KORUMA BÜTÇESİ

CİHAZ TİP: NORM AC FIRE PUMP (H)6x4x10F-M - 8100 SERIES					
CİHAZ İŞLETME AĞIRLIK: 499 kg					
		SİSMİK KORUMA MİNİMUM BEDEL			
		ZEMİN SINIFI / EKİPMAN KONUMU			
		B / Bodrum Katlar	B / Üst Katlar	D / Bodrum Katlar	D / Üst Katlar
KONUM	BAKIRKÖY	$20,00	$20,00	$20,00	$20,00
	EDİRNE	$20,00	$20,00	$20,00	$20,00
	KORUCUK	$20,00	$20,00	$20,00	$20,00
	NEVŞEHİR	$20,00	$20,00	$20,00	$20,00

LİNK ÜRÜN SEÇİMİ: 6 adet M20 sismik dübel

DKM ÜRÜN SEÇİMİ: 6 adet C1/C2 Sismik Dübel

DARHAN ÜRÜN SEÇİMİ: 6 adet M20 sismik dübel

Tablo 6-9 NORM TEKNİK - XYLEM JOKEY POMPA - 3SV16../D SİSMİK KORUMA BÜTÇESİ

CİHAZ TİP: JOKEY POMPA - 3SV16../D					
CİHAZ İŞLETME AĞIRLIK: 104 kg					
		SİSMİK KORUMA MİNİMUM BEDEL			
		ZEMİN SINIFI / EKİPMAN KONUMU			
		B / Bodrum Katlar	B / Üst Katlar	D / Bodrum Katlar	D / Üst Katlar
KONUM	BAKIRKÖY	$4,00	$4,00	$4,00	$4,00
	EDİRNE	$4,00	$4,00	$4,00	$4,00
	KORUCUK	$4,00	$4,00	$4,00	$4,00
	NEVŞEHİR	$4,00	$4,00	$4,00	$4,00

LİNK ÜRÜN SEÇİMİ: 4 adet M10 sismik dübel

DKM ÜRÜN SEÇİMİ: 4 adet C1/C2 Sismik Dübel

DARHAN ÜRÜN SEÇİMİ: 4 adet M10 sismik dübel

Tablo 6-10 NORM TEKNİK YANGIN POMPASI KONTROL PANOSU Model GPY SİSMİK KORUMA BÜTÇESİ

CİHAZ TİP: YANGIN POMPASI KONTROL PANOSU Model GPY					
CİHAZ İŞLETME AĞIRLIK: 74 kg					
		SİSMİK KORUMA MİNİMUM BEDEL			
		ZEMİN SINIFI / EKİPMAN KONUMU			
		B / Bodrum Katlar	B / Üst Katlar	D / Bodrum Katlar	D / Üst Katlar
KONUM	BAKIRKÖY	$20,00	$25,00	$20,00	$25,00
	EDİRNE	$20,00	$20,00	$20,00	$20,00
	KORUCUK	$20,00	$20,00	$20,00	$25,00
	NEVŞEHİR	$20,00	$20,00	$20,00	$20,00

LİNK ÜRÜN SEÇİMİ: 4 adet Sismik Halat Seti + 4 adet M10 Sismik Dübel

DKM ÜRÜN SEÇİMİ: 4 adet Sismik Halat Seti + 4 adet C1/C2 Sismik Dübel

DARHAN ÜRÜN SEÇİMİ: 4 adet Sismik Halat Seti + 4 adet M10 Sismik Dübel

Tablo 6-11 NORM TEKNİK YANGIN DİZEL POMPA YAKIT TANKI SİSMİK KORUMA BÜTÇESİ

CİHAZ TİP: YANGIN DİZEL POMPA YAKIT TANKI					
CİHAZ İŞLETME AĞIRLIK: 1240 kg					
		SİSMİK KORUMA MİNİMUM BEDEL			
		ZEMİN SINIFI / EKİPMAN KONUMU			
		B / Bodrum Katlar	B / Üst Katlar	D / Bodrum Katlar	D / Üst Katlar
KONUM	BAKIRKÖY	$45,00	$50,00	$45,00	$55,00
	EDİRNE	$30,00	$35,00	$30,00	$35,00
	KORUCUK	$35,00	$40,00	$35,00	$45,00
	NEVŞEHİR	$30,00	$30,00	$30,00	$30,00

LİNK ÜRÜN SEÇİMİ: 4 adet Sismik Halat Seti + 20 adet Sismik Dübel

DKM ÜRÜN SEÇİMİ: 4 adet Sismik Halat Seti + 20 adet C1/C2 Sismik Dübel

DARHAN ÜRÜN SEÇİMİ: 4 adet Sismik Halat Seti + 4 adet Sismik Dübel

Yukarıdaki tablolarda da görüldüğü üzere, verilen örnek elektromekanik tesisat ekipmanları için sismik koruma neredeyse Türkiye sınırları içerisinde tüm bölgelerde karşılaşılacak bir olgu haline gelmekte ve ayrıca bunlar önemli maliyet oluşturmaktadır. Sektör içerisinde üretim yapan, tasarım yapan, yüklenici olarak yer alan tüm firmaların, gerek yeni yapılarda gerekse deprem güçlendirmesi yapılacak binalarda dikkat etmek gerekir.

Derleyen Notu: Özellikle yangın pompa grupları için gerek akustik gerekse malzeme yorulması nedeni ile ayrıca binadan koparılmış kütle betonu olmadan yangın pompaları montajı yapılamaz. Her şart altında yangın pompa grupları sadece yangın esnasında devreye alınıp çalışmazlar, yıllar boyunca günlük- haftalık- çeyrek yıl- yarım yıl ve yıllık olarak test kontrol amaçlı çalıştırılarak düzenli bakım ve tadilatları yapılmaktadır. Kitap içerisinde akustik hassas hacimler ve mekanik tesisat odalarının yeterince nitelikli yapılamadığı veya amacı dışında kullanılan binalarda statik olarak elektrikli ve dizel pompalar dışında dizel jeneratörler ve devingen ekipmanlar için dikkat edilmesi gerekir.

6.1. TESİSAT TİPLERİNE GÖRE GENEL ASKI VE DESTEK SİSTEMLERİNİN TAYİNİ (DEPREM YÖNETMELİĞİ KRİTERLERİNE GÖRE)

Derleyen Notu: Burada gönül isterdi ki tek bir norm ve standart temel alınarak tüm verileri detaylarıyla anlatabilmek. Ne yazık ki bölgesel olarak deprem standartları ve hesap yöntemleri açısından gerek Amerika gerekse sismik aktiviteleri yüksek bölge standartlarına göre binalarımızı ve sistemlerimizi tasarlamaya çalışırken diğer taraftan Avrupa bölgesinde bulunmamız nedeni ile imalat, test, normlarına uygun olarak ürünler ve montaj kuralları uygulamaya çalışmaktayız. Dolayısıyla en yeni standartlar ile henüz düzeltilmemiş eski standartlar da kitap içerisinde yer almaktadır.

Ayrıca kitabın yayınlanmasından sonrasına yönelik olarak; BIM kullanımına dair yenilenen yapım teknolojisi tasarım ve uygulama süreçlerine dair kısa açıklama gerekir. Bahsedilen süreçten dolayı kendimiz ister tasarımcı isterse uygulamacı olarak, askı- destek- taşıyıcı sistemlerin farklı yükleme koşullarına göre hesap veya uygulamalar için BIM temelinde hazırlamak zorundayız.

BIM nedir?

Bir yapının doğduğu andan bittiği ana kadar geçen süreçte bu projeyi sahiplenen herkesin hedeflediği verimlilik, çalışanların niteliği, şeffaf ve isabetli veri kaydı, risk ve güvenlik konularında sağlıklı bilgi akışı gibi konuları eksiksiz takip etmesi istenir. Ancak elle yapılan pek çok kayıtta bu hedeflerden sapılması ihtimali yükselir. İşte Yapı Bilgi Modellemesi (BIM), projenin çeşitli kollarını yöneten birçok kişi tarafından sürekli güncellenen bilgilerle bütünsel olarak bu hedeflere ulaşılması için çok büyük önem arz etmektedir.

Projelerin zamanında teslim edilmesi oranını artıran bu sistem, şantiye üretkenliği, çalışanların verimliliği ve maliyet optimizasyonu gibi kalemlerde proje sahibine avantaj kazandırır. BIM'le etkin bir çalışma disiplinini benimseyen proje sahiplerine kesintisiz ve hata payı çok düşük bir belgelendirme fırsatı sunar. Bunun yanında önceden yapılan ölçüm ve elde edilen bilgilere göre üretilen çözümler, verilen imalat ve lojistik servisleriyle işgücü ve veri sağlamada kesinlik, hız ve şeffaflık sağlar. Sahada yerinde çözüm için harcanan zaman ve emeği önceden tasarlayarak ürettiği çözümlerle minimize eder.

Örneğin projede belirlenmiş delme yerlerini koordinat sistemine göre çalışan BIM temelli çalışan ekipman ile doğrudan sahada göstererek delim işlemlerinde önden yapılan delinecek noktayı arama sürecini ortadan kaldırır ve hızla ilerlemeyi sağlar. Yahut farklı noktalara dağılmış dokümanları tek bir yerde toplayarak bilgi akışındaki yavaşlığı ortadan kaldırır, tekrarlanan veri girişleri gibi hataların yapılmasını engeller.

Modüler Destek ile Taşıyıcı Askı Sistemleri ve BIM

Günümüzde inşaat sektöründe faaliyet gösteren her firmanın önceliği, doğal olarak kâr elde etmek ve verimli bir şekilde çalışmaktır. Bu amaca ulaşırken pek çok farklı etkene dikkat etmek ve tutarlı tahminlerde bulunmak çok önemlidir. Bunun yanında elde edilen verilerin planlanan verilerle örtüşmesi de kritik bir önem taşır. Artık tasarım sürecinin tamamıyla dijital ortamda yapılabildiği bir dönemde, modüler malzeme üreticileri olarak inşaat aşamasına geçildikten sonra da dijital takibin sürdürülebileceği yepyeni bir anlayış olan Yapı Bilgi Modellemesi (BIM)'e ait uygulamaların hayata geçmesi zamanıdır.

Askılama Sistemlerinde Sismik Tasarım

Son yıllarda depremlerin, binalar içerisinde yapısal olmayan elemanlara verdiği zararlar nedeniyle de sismik tasarımın önemi dünya çapında arttı.

Makine, cepheler, iç dekorasyon, borulama ve dağıtım hatları gibi elemanlar sadece statik olarak tasarlandıklarında, genellikle nispeten düşük yoğunlukta olsa bile bir sismik olaydan kaynaklanan ilave yatay kuvvetleri destekleyemez.

Bir deprem temelli hareket, trafolar veya dağıtım merkezlerindeki ekipmanların, makinelerin yer değiştirmesine, düşmesine veya boruların ve elektrik hatlarının kırılmasına ve bunun sonucunda düşük yoğunlukta bile ortaya çıkan riskleri oluşturur. Örnek olarak sıralarsak;

- Yanıcı gazların veya elektriğin varlığından dolayı yangının yayılması veya patlamalar,
- Tehlikeli sıvıların varlığı nedeniyle kirlilik veya zehirlenme riski,
- Olası kaçış yollarının engellenmesi riski,

- Kamu güvenliği ile ilgili binalardaki hizmetlerin işlevsellik kaybı riski,
- Üretim binaları, fabrikalarda hizmet kesintisi.

Çalışmalar, sismik bir olaydan kaynaklanan onarım maliyetinin büyük ölçüde uğradığı hasardan etkilendiğini göstermiştir. Taşıyıcı olmayan inşai, elektrik ve mekanik sistemler ile eşyaların deprem sırasında kolon, kiriş gibi bina taşıyıcı elemanlarından çok daha fazla etkilendiği ve hasar maliyet olarak da çok daha yüksek maliyetler oluşturduğu görülmüştür. Bahsedilen malzemelerin dinamik yüklerinin (ölü ve çalışma yükleri) toplamının taşıyıcı sistem üzerindeki etkisi de daha baskındır.

Dinamik yük kaynakları olarak yapısal olmayan armatürler, ekipmanlar ve tesisat elemanları hesaplarına tasarım sırasında dikkat etmek gereklidir. Genellikle bu türden bileşenler de inşa edilirken; tespitleri tasarlanıp kurulduğundan, sadece ağırlıktan kaynaklanan dikey olarak etki eden kuvvetler hesaba katılır.

Çoğu durumda, yatay bir yönde sürekli veya değişken kuvvetler etki etmediği varsayılır, yatay kuvvetlere karşı direnç şu şekildedir:

Genellikle dikey yöndeki yüklerden önemli ölçüde daha küçüktür.

Bunun ışığında, binalarda yapısal olmayan elemanlarda; armatürlerde, ekipmanlarda tesisatta oluşabilecek tipik hasarlar söz konusu olabilir.

Deprem için, yatay kuvvetlerin olağanüstü etkisini dikkate alınarak bağlanmalıdır.

Hidrolik sistemlerin özel durumu, örneğin, borular belirli bir ivme nedeniyle yatay kuvvetler üretir.

Zeminin durumu: Bu nedenle, sismik tasarım aşamasında sahanın sismik tehlikesi ve bina ile ilgili belirli faktörler çok önemlidir.

Yapısal Olmayan Elemanlar

Binaların destekleyici çerçevesinin bir parçasını oluşturmayan tesisat ve donanımlar, yapısal olmayan elemanlar olarak tanımlanmaktadır.

Yapısal olmayan elemanlar bina kaplamaları, cepheler veya asma tavanlar, boru hatları, aparat ve makineler, fotovoltaik tesisat gibi tesisler ve ekipmanlar da yapısal olmayan elemanlar olarak belirlenmiştir.

Yapısal olmayan elemanların depreme dayanıklı olacak şekilde tasarlanması ve emniyete alınması gerekiyorsa tasarım için belirleyici faktör ve boyutlandırma, zeminin (yer ivmesi a_g) değil, binanın veya zeminin hareketidir, belirleyici kat ivmesi a_f, bir deprem sırasında kat hareketlerini ileten binaya bağlıdır.

Bina destek yapıları rijitliğinden dolayı özellikle binanın doğal frekansı ve eylemleri alanında zemin titreşimlerini bir frekans amplifikatörü gibi yükseltir.

Dinamik büyütme eğilimi, yapısal olmayan elemanın kendisi tarafından da sağlanır. Burada belirleyici faktör elementin doğal titreşim davranışı, sönümleme özellikleri, enerjiyi elastik ve plastik deformasyon yoluyla dağıtma yeteneğidir.

Tablo 6-12 Sismik Hareketler ve Yer İvme Değerleri TS EN IEC 60068-3-3: 2019-12,

Sismik Aktivite Bölgesi	Zone 0	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
Yer ivmesi, a_g (m/s^2)	0	1	2	3	5

Aşağıda tepe yer ivmelenme değerine bağlı olarak bazı sismik sınıflandırmalar arasındaki denklik tablosu verilmektedir.

Tablo 6-13 Sismik Aktivite Bölge ve Deprem Ölçekleri Arasındaki İlişki TS EN IEC 60068-3-3: 2019-12,

Sismik Aktivite Bölgesi	Tepe Yer İvmelenmesi (PGA) (m/s^2)	Düzenlenmiş Mercalli İndeksi (MMI)	Richter Ölçeği
0	0,01	I	0- 2
	0,01- 0.02	II	1- 2
	0,02- 0.05	II	2- 3
	0,05- 0.1	IV	3- 4
1	0,1- 0.2	V	4- 5
	0,2- 0.5	VI	5- 6
2	0,5- 1	VII	5- 7
3	1- 2	VIII	6- 8
4	2- 5	IX	7- 9
	5- 10	X	8 veya daha büyük
	10- 20	XI	
	20'den büyük	XII	

Sıralama Kriterleri

Kriter 0: Sismik deneye tabi tutulup, deney esnasında ve deney sonrasında hiç arıza göstermeyen cihaz.

Kriter 1: Sismik deneye tabi tutulup, deney esnasında bir arıza geçiren fakat deneyden sonra normal duruma geri dönen cihaz.

Kriter 2: Sismik deneye tabi tutulup, deney esnasında bir arıza geçiren ve deneyin tamamlanmasından sonra yeniden kurma ve ayar gerektiren fakat herhangi bir parça değiştirme veya tamir gerektirmeyen cihaz.

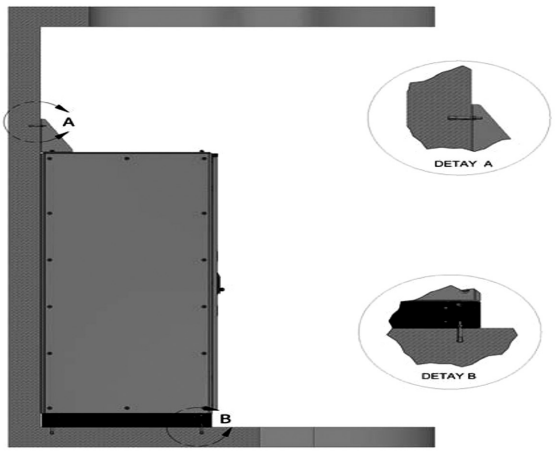
Deprem riski bulunan bölgelerdeki tesislerde, enerjinin kesintisiz bir şekilde sağlanması için kullanılacak olan alçak gerilim panolarının, TS EN IEC 60068-3-3 standardına göre gerekli testlerin yaptırılmış ve sertifikalandırılmış olması gereklidir.

Derleyen Notu: ASCE 7-16 ise konu ile ilgili 13.1.5 maddesinde, Önceden Üretilmiş Modüler Mekanik ve Elektrik Sistemleri. Bölüm 13 uyarınca önceden nitelenmemiş, mekanik ve elektriksel bileşenleri içeren veya destekleyen 1,8 m yüksekliğinde ve daha yüksek olan önceden atölye veya fabrikada üretilmiş mekanik ve elektrik modülleri, Bölüm 15'teki binalara benzer yapı dışı yapılar için hükümlere uygun olarak tasarlanacaktır. Modüler sistemlerde bulunan veya desteklenen yapısal olmayan bileşenler Bölüm 13'e uygun olarak tasarlanacaktır.

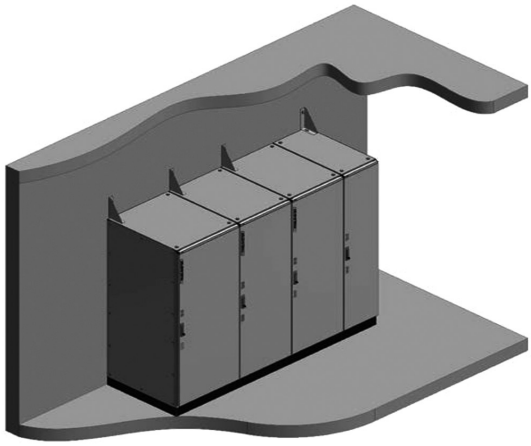
Derleyen Notu: Notun Anlamı 1,8 metreyi geçen yükseklikteki her türlü prefabrik yapılmış taşıyıcı sisteme sahip, cıvata somun ile birleştirilen tüm elektrik ve mekanik ekipmanlar ile taşıyıcı sistemler Bölüm 15 altındaki tasarım kurallarına göre kuvvet, dayanaklılık, hesaplarına sahip olmalıdır.

DİKİLİ TİP KABİNLERİN (PANOLARIN) SİSMİK MONTAJ KURALLARI

Üstten Rijit Bağlantı:



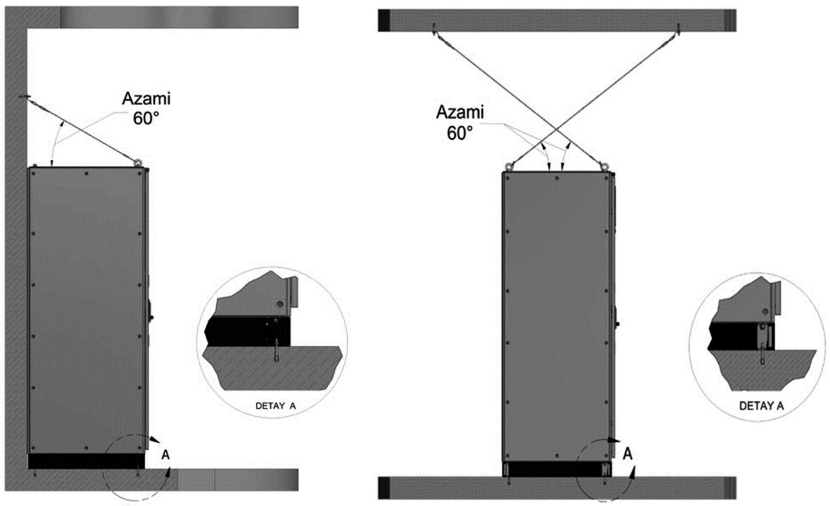
Şekil 6-1 Elektrik Panosu Üst Destek



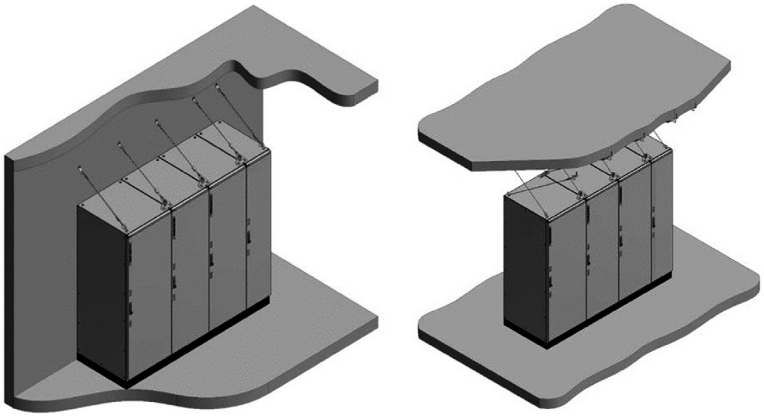
Şekil 6-2 Elektrik Pano İzometrik Görünüş

1. Her pano gözü, bazasında bulunan 4 adet montaj deliğinden minimum 8.8 mekanik mukavemete sahip M12 ankraj cıvataları ile montaj zeminine bağlanacaktır.
2. Her pano gözü, üst kaldırma bağlantı cıvatalarının en az birinden minimum 3 mm kalınlığında çelik malzemeden imal edilmiş mukavim braketler ile M12 ankraj cıvataları kullanılarak betonarme yapı elemanına bağlanacaktır.
3. Bağlantıların gerçekleştirildiği yapı elemanlarının kendi sismik dayanımının olduğu varsayılmaktadır.

Üstten Halat ile Bağlantı:



Şekil 6-3 Pano Üstten Sismik Korumalı



Şekil 6-4 Pano Üstten Sismik Koruma İzometrik Görünüşü

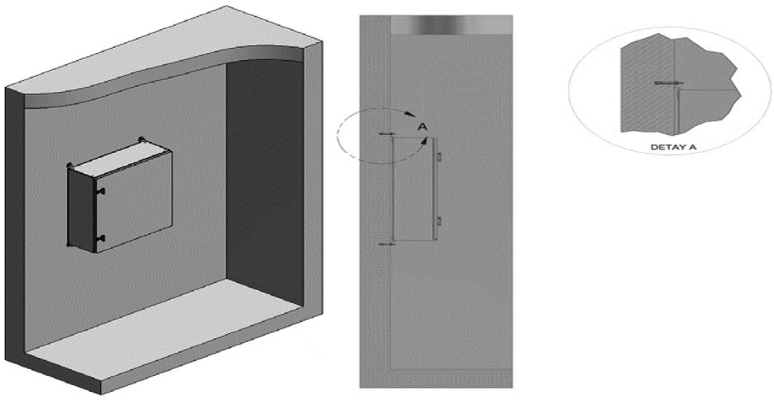
1. Her kabin (pano gözü), bazasında bulunan 4 adet montaj deliğinden minimum 8.8 mekanik mukavemete sahip M12 ankraj cıvataları ile montaj zeminine bağlanacaktır.
2. Her pano gözü, taşıma halkalarından minimum 4.8 mm çapında çelik halatlar ile M12 ankraj cıvataları kullanılarak betonarme yapı elemanına bağlanacaktır. İlk ve son gözlerde tekli taşıma halkaları, ara gözlerde ise ikili askı taşıma halkaları kullanılacaktır.
3. Çelik halatların kabin (pano gözü) üst yüzeyi ile oluşturacağı açı 60°'yi geçmeyecektir.
4. Bağlantıların gerçekleştirildiği yapı elemanlarının ve buradaki bağlantı şeklinin kendi sismik dayanımının olduğu varsayılmaktadır.

Duvar Tipi Kabinlerin (Panoların) Sismik Montaj Kuralları

Betonarme Duvar:

Duvar tipi kabinler betonarme duvarlara bağlantı braketlerinden minimum 8.8 mekanik mukavemete sahip 4 adet M8 ankraj cıvatası ile bağlanacaktır.

Uygulama Örneği:



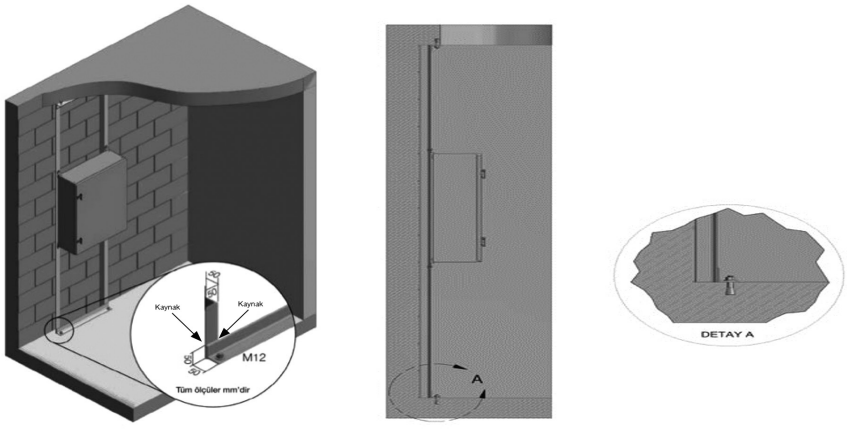
Şekil 6-5 Duvar Tipi Pano Sismik Koruması

Betonarme Olmayan Duvar:

Duvar tipi kabinler betonarme olmayan duvarlara doğrudan bağlanmayacaktır. Bu gibi durumlarda betonarme taban ve tavan arasına çelik taşıyıcı konstrüksiyon yapılacak ve kabinin (panonun) bağlantı braketleri bu konstrüksiyona minimum 8.8 mekanik mukavemete sahip 4 adet M8 cıvata ile sabitlenecektir.

Uygulama Örneği:

Aşağıda görülen uygulama ASCE 7-16'ya göre taşıyıcı olmayan duvarlar için kullanılan yer değiştirme ve kuvvet kurallarına göre veya ASCE 7-16 Bölüm 15 kurallarına göre destek elemanları tasarlanacaktır.



Şekil 6-6 Duvar Tipi Pano Komple Sismik Koruma

6.1.1. Cihaz Kaideleri

Cihaz kaideleri konusunda 5. Kısım altında çok detaylı bilgi verilmiştir. Sadece ASHRAE uyarıları ve öngörüleri burada da tanımlanacaktır.

Bilgileri uygulamak için ASHRAE Tablo 47, kaide tipi, izolatör türü ve minimum çökme sütunları ekipman zamanlamasına eklenir. Bu izolatör teknik özellikleri daha sonra proje için mekanik şartnamelere dahil edilir.

Tablodaki minimum çökme, akustik ve mekanik danışmanların ve titreşim kontrol üreticilerinin deneyimine dayanmaktadır. Önerilen izolatör tipi, taban tipi ve minimum statik çökme, çoğu HVAC ekipmanı kurulumu için uygun ve güvenli önerilerdir. Seçimler, tipik zemin yaylanmasına göre 100 ila 300 mm kalınlığında beton ekipman odası zeminlerine gerekmektedir. Ekipman türü, gürültüye duyarlı alanlara yakınlık ve bina inşaat türü, özellikle hafif zeminli çelik binalar gibi durumlarda bu seçenekleri değiştirebilir.

Aşağıdaki yöntem, belirli uygulamalar için izolatör seçimi geliştirir:

1. Mekanik ekipmanlara uyum sağlamak için özel olarak tasarlanmış zeminler için ASHRAE Tablo 47'yi kullanın.
2. Gürültüye duyarlı alanlara bitişik zemin destekli levhalardaki ekipmanlar için 6 m açıklıklı sütundan önerileri kullanın.
3. Açık kiriş ağı ile inşa edilmiş çatılar ve zeminler için; ince, uzun açıklıklı plakalar; ahşap konstrüksiyon ve herhangi bir olağandışı aydınlatma yapısı ekipmanın neden olduğu yapının ek çökmesini belirlemek için 140 kg'dan fazla kütleye sahip tüm ekipmanı değerlendirin. İzolatör çökme, Tablo 47'de gösterilen ek çökme veya çökmenin 10 katına kadar olmalıdır. Gerekli yaylı izolatör çökme değeri piyasada bulunan ürünleri aşarsa, hava yaylarını veya iki aşamalı izolasyonu düşünün, destekleyici yapıyı rijit hale getirin veya ekipmanın konumunu değiştirin.
4. Mekanik ekipman gürültüye duyarlı alanlara bitişik olduğunda, sadece yeterli titreşim yalıtımı sağlamakla kalmaz, aynı zamanda mekanik ekipman odası gürültüsünü izole etmek için çevredeki zeminlerin, tavanların ve duvarların yapımını koordine etmek de önemlidir.

İzolatör Çökme Gereksinimlerini Karşılamak için Titreşim İzolatörlerinin Seçilmesi

Titreşim izolatörlerini seçme prosedürüne genel bir bakış aşağıdaki gibidir:

1. Desteklenecek toplam ekipman kütlesini oluşturun. Bu, tüm ekipman ve destek çerçevesini içerir. Ekipmana bağlı boru kütlesinin de göz önünde bulundurulmasını gerekebilir, çünkü bu kısmen ekipmandan desteklenebilir.
2. Çalışma kütlesi oluşturun (örnek, soğutucuda veya soğutma kulesinde su kütlesi).
3. Destekleyen yayların konumunu belirleyin.
4. Statik kuvvet dağıtım yöntemlerini kullanarak ağırlığın destekleyici yayların her birine dağılımını hesaplayın.
5. Destekleyen yaylar üzerindeki kütle dağılımını değiştirebilecek dinamik kuvvetleri göz önünde bulundurun.
6. Üreticinin tavsiye ettiği gibi titreşim izolatör yay sabitine göre minimum çökme elde etmek için titreşim izolatörlerini seçin.

Yukarıdaki prosedürün, geçerli kodları ve standartları karşılamak için titreşim izolatör seçiminde dikkate alınması gereken sismik kısıtlama gereksinimlerini karşılamadığını unutmayın. İstendiği durumlarda veya hassas projeler için aşağıdaki hesaplamalar gözden geçirilebilir:

1. Kuru ve çalışma kütleleri (itme kuvvetleri dahil),
2. Ekipmanın çalışma durumu göz önüne alındığında, destek noktalarının her birinde faaliyet kitleleri,
3. Seçilen titreşim izolatör yay sabiti göz önüne alındığında, destek noktalarının her birinde izolatör,
4. Rüzgâr kuvvetleri, (açık havada kurulursa).

6.1.2. Boru Tesisatı

Boru tesisatı için dikkat edilmesi gereken noktalar; aşağıda kalın punto olarak yazılmış 10 adet karar verilmesi için sonrasında gerek vibrasyon ve akustik gerekse sismik önlemlerinizi tarif eder.

a. Tesisat Türü ve Ömrü,
b. Boru Malzemesi,
c. Boru İç ve Dış Kaplaması
d. Çalışma Sıcaklığı,
e. Çalışma Basıncı,
f. Çalışma Ortamı,
g. Yükleme Koşulları,
h. Önem Derecesi,
i. Bağlantı Elemanları,
j. İzolasyon ve Koruması.

Bu başlıkların yanıtları paralelinde aşağıdaki malzeme seçimleri uygun olarak yapılır.
- Askı Aralıkları,
- Kullanılan Rot ve Dübel Çapı,
- Isıl Genleşme Şartları ve Destek Tasarım,
- Kayar Mesnet ve Sabit Nokta Tasarımı,
- İzolasyonlu veya İzolasyonsuz Kelepçe Seçimi.

Tüm boru sistemleri, ekipman tarafından üretilen mekanik titreşime, boru et kalınlığı ve su kütlesi tarafından iletilen pompa çarkı ve akış kaynaklı titreşim ve gürültüye sahiptir. Ek olarak, titreşim izolatörleri tarafından desteklenen ekipman, çalışma sırasında basınç itmelerinden kaynaklanan bazı hareketleri sergiler. Titreşim izolatörleri, ekipman titreşimi izolatörlerin rezonans frekansından geçerken ilk çalışma ve durdurma sırasında daha da büyük yük enerjisini taşımak zorunda kalır. Boru sistemi,
(1) Sistem, kapsadığı boru ve bağlantı elemanları boyunca titreşim iletimini azaltacak kadar esnek olmalıdır,
(2) Titreşim izolatörlerinin performansını düşürmeden ekipman hareketine izin vermelidir ve
(3) Bağlantı elemanları ve ekipmana aşırı yük getirmeden, bağlantı elemanları ekipman hareketini veya boruların ısıl hareketini karşılamalıdır.

Borulardaki akış gürültüsü ve titreşim türbülansı, ani basınç düşüşleri ve sürüklenen hava ile yeniden ortaya çıkarılabilir. Ancak, boru çapları doğru boyutlandırılarak oluşan titreşimler en aza indirilebilir. Bunun için boru içerisindeki akışkan hızları; boru çapı 50 mm ve daha küçük olanlar için maksimum 1,2 m/s ve daha büyük boru çapları için maksimum 3 m/s hıza sahip olmalı ve boru çap seçiminde, boru uzunluğunun metre başına 400 Pa basınç düşürme sınırlamasına uyulmalıdır.

Esnek Boru Askıları ve Destekleri

Boru sisteminden bina yapısına titreşim ve gürültü iletimini önlemek ve borularda esneklik sağlamak için esnek boru askıları ve destekleri kullanılabilir.

Askıya Alınmış Borular. ASHRAE Tablo 47, Not 26'da açıklanan izolasyon askıları, ekipman odalarındaki tüm borular için ve titreşimden izole edilmiş ekipman ve basınç düzenleyici vana (PRV) istasyonlarından 15 m'ye kadar kullanılmalıdır. Ekipman izolatörlerinin etkinliğini azaltmak için ekipmandan en az ilk üç askı, maksimum 50 mm çökme sınırlaması ile ekipman izolatörleriyle aynı çökmeyi sağlamalıdır; kalan askılar 20 mm çökme ile yay veya kombinasyon yay ve kauçuk olmalıdır.

Boru sistemi dolduğunda, ekipman flanşlarına yük aktarımını önlemek için ekipmanın bitişiğindeki ilk iki askı konumlandırma veya önceden bastırılmış tip yaylı askı kullanılmalıdır. Konumlandırma askısı, büyük çaplı boru montajına yardımcı olur ve birçok mühendis 200 mm ve daha büyük çaplı borular için, tüm izole boru askıları için bu türü tercih eder.

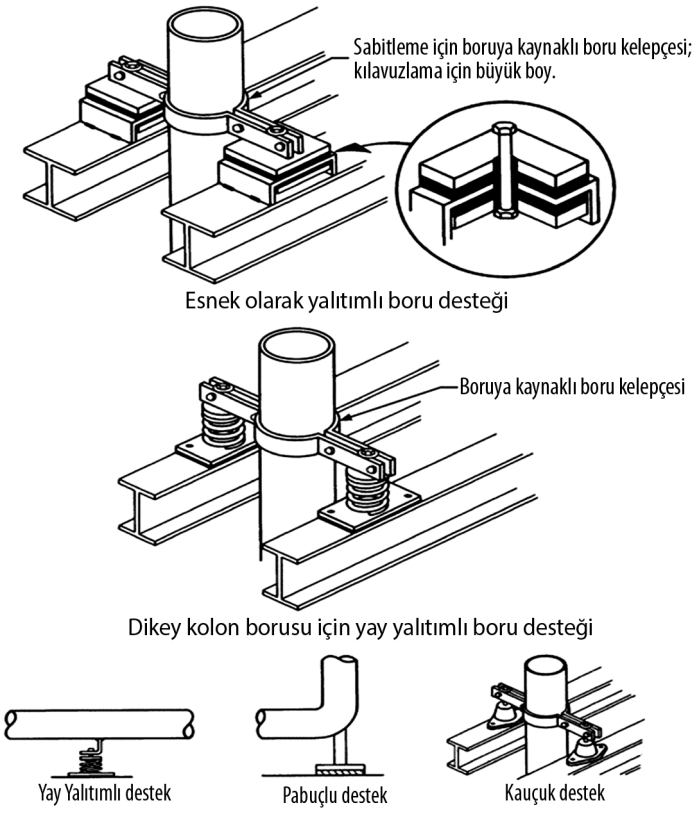
Gürültüye duyarlı alanların altında veya içinde asılı olan 50 mm'nin üzerindeki borular, izolasyon askıları ile asılmalıdır. Gürültüye duyarlı alanlara bitişik askılar, yay ve kauçuk kombinasyon Tip 3 olmalıdır.

Zemin Destekli Boru: Ekipman odalarında ve izole ekipmana bitişik borular için zemin desteklerinde, Tablo 47'de açıklandığı gibi titreşim izolatörleri kullanmalıdır. Askılar yönergelere göre seçilmelidir. İlk iki bitişik zemin desteği, borular doldurulduğunda veya boşaltıldıkça ekipman flanşlarına yük transferini önleyen bir engelleme özelliğine sahip, kısıtlanmış yay tipi olmalıdır. Borunun büyük ısıl harekete maruz kaldığı durumlarda,

izolatöre bir kayma plakası (PTFE, grafit veya çelik) monte edilmeli ve kauçuk ürünler doğrudan buhar veya sıcak su hatlarının altına monte edildiğinde ısıl bariyer kullanılmalıdır. 60°C'nin üzerindeki sıcaklıklar kauçuk izolatörleri etkileyebilir.

Kolon Destekleri, Ankraj ve Kayar Kılavuzlar: Birçok boru sisteminin, özellikle kolonlarda, genleşme bağlantılarının, dirseklerin veya boru omegalarının düzgün çalışmasına izin vermek için ankrajları ve kayar kılavuzları vardır. Ankrajlar ve kayar kılavuzlar, boru hareketini ortadan kaldırmak veya sınırlamak için tasarlanmıştır ve yapıya sağlam bir şekilde tutturulmalıdır. Bu, yapıya sabitleme ankrajları, borunun etkili titreşim izolasyonu için gereken esneklikle tutarsızdır. Mühendis, bitişik kaynaktan gürültüye duyarlı alanlar yerine, asansör kuyuları, merdiven boşlukları ve tuvaletler gibi kritik olmayan alanlardaki boru şaftlarına, ankrajları ve kayar kılavuzlarını yerleştirmeye çalışmalıdır. Titreşim iletimi ile ilgili endişelerin olduğu durumlarda boru destekleri, ankrajlar ve kayar kılavuzlar için bir tür titreşim yalıtım desteği veya akustik izolasyonlu destek gerekir.

Sabit noktaların veya kayar kılavuzların yapıya sağlam şekilde bağlanması gerektiğinden, izolatör daha önce tartışılan anlamda eksenden sapamaz ve birincil ilgi konusu akustik bariyerdir. Minimum sapma ile büyük yükleri barındırabilen ağır hizmet tipi kauçuk pedler böylece akustik bariyer sağlayabilir. Şekil 6.1-7 esnek ankrajlar ve kılavuzlar için bazı düzenlemeler gösterir. Boru için benzer esnek destekler de kullanılabilir. Boru, ankrajlar ve kılavuzlar için esnek destekler gürültü iletimini de azaltır, ancak titreşimi izole etmek için gereken esnekliği sağlamaz. Titreşim, esnek boru konektörleri ve esnek izolasyon askıları veya destekleri tasarlanarak ankraj kılavuz sisteminde kontrol edilmelidir.



Şekil 6-7 Boru Tesisat Kolon Yerden Destekleme

Ankrajları ve kılavuzları ortadan kaldıracak tamamen yaylı kolon destek sistemler birçok durumda başarıyla kullanılmış ve etkili titreşim ve akustik izolasyon sağlamıştır. Bu tip izolasyon sisteminde yaylar, ısıl genleşmeyi veya kısalmayı da karşılamak, boruyu yönlendirmek ve desteklemek için boyutlandırılır. Bu sistemler öngörülebilir yük aktarımı sağlar. Çünkü ısıl genleşme/kısalma, ancak boruların aşırı strese maruz kalmasını

önlemek için sadece kolonlarda değil, aynı zamanda kol ayrımlarında karşılaşılan hareketleri karşılamak için de dikkatli mühendislik tasarım hizmeti gerektirir.

Boru Beton, Duvar Geçişleri. HVAC sistemleri tipik olarak zeminlerden, duvarlardan ve tavanlardan geçen borulara sahiptir. Bu geçişler düzgün şekilde yapılamaz ise havadaki gürültü için kaynak sağlar, bu da işgal edilen alanın akustik bütünlüğünü yok edebilir. Ekipman odaları gibi gürültülü alanlar arasında boru kovanlarındaki açıklıkları, lifli malzeme ve esnek akustik izolasyon gibi akustik bariyerli veya Şekil 6.1-8'de gösterildiği gibi tasarlanmış boru geçiş contaları ile doldurulur.

Esnek Boru Bağlantı Elemanları. Esnek boru elemanları;

(1) İzolatörlerin düzgün çalışmasına izin vermek için boru esnekliği sağlar,

(2) Ekipmanı yanlış hizalama ve boruların uzama/kısalmasından kaynaklanan gerilmelerden korur ve

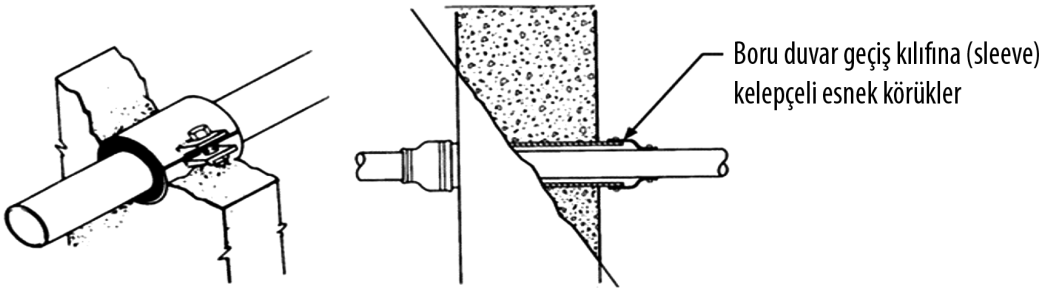
(3) Boru boyunca gürültü ve titreşim iletimini azaltır.

Şekil 6.1-9'daki Konnektörler iki tipte mevcuttur:

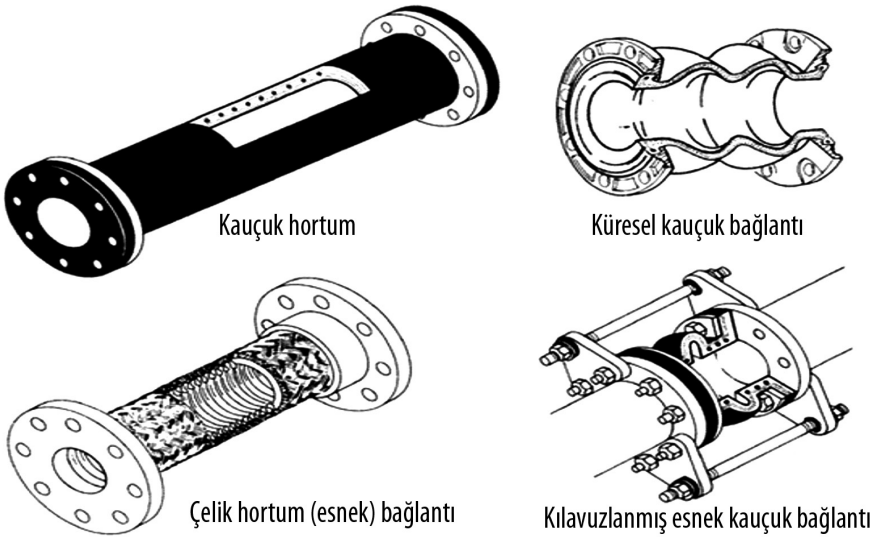
(1) Hortum tipi, kauçuk veya metalden düz veya hafif oluklu bir duvar yapısı ile

(2) Kemerli veya genleşme körüklü tip, bir veya daha fazla büyük yarıçaplı boğumlu kısa uzunlukta bağlantı elemanı, kauçuk, PTFE veya metal.

Metal genleşme körükleri akustik olarak etkisizdir ve HVAC sistemlerinde titreşim ve ses yalıtımı için nadiren başarıyla kullanılır; geleneksel boru titreşim izolatörlerinin yerine geçmeleri beklenmemelidir. Isıl uzama/kısalma, ancak boruların aşırı strese sokmasını önlemek için sadece kolonda değil, aynı zamanda kol ayrımlarında da karşılaşılan hareketleri karşılamak için dikkatli bir mühendislik gerektirir.



Şekil 6-8 Boru Duvar Geçişi



Şekil 6-9 Boru Esnek Bağlantı Elemanları

Basınç itme gücünü karşılamak için esnek bağlantı elemanlarına yapılması gereken sınırlamalar:
(1) Bağlantı elemanına eklenen ek sınırlama elemanı,
(2) Boru güzergah tasarımını değiştirmek,
(3) Boru sistemine eklenen (ankraj) veya
(4) Sistemin esnekliğini sınırlamak için yerleştirilmiş eksen dışı hareket kısıtlaması gerektirir.

Esnek bağlantı elemanları kullanıldığında izole edilmiş ekipman üzerindeki basınç itme gücünün neden olduğu deformasyon da göz önünde bulundurulmalıdır. Aşırı serbestlik veya sabitlemek itme gücü fazlalığını kontrol etmek başarısızlığa neden olur. Üreticilerin kısıtlama, basınç ve sıcaklık sınırlamalarına ilişkin tavsiyelerine kesinlikle uyulmalıdır. Bazen bu kısıtlama sistemleri esnek bağlantı elemanlarının faydalı etkilerini neredeyse ortadan kaldırır.

Detaylı yük ve hareket analizleri ilerideki kısımlarda anlatılmıştır.

6.1.2.1 Yangın Tesisatı

Yangın tesisat hesapları yapılırken, farklı otoriteler farklı risk değerlendirmelerinde bulunarak farklı metotlar izleyebilmektedir. Yangın tesisatı askılamasında FM2.0 veya NFPA 13-2019 standartları baz alınmalıdır. Bu her iki standarta göre de askılama hesapları birbirinden farklılıklar içermektedir. Hangisinin ne şekilde izleneceği yerel otorite, yönetmelik veya uzman tercihine göre izlenmelidir. Ülkemizde bu konuda net bir uygulama metodu olmadığı gibi özellikle yabancı yatırımlarda tesisi sigorta yapan sigorta firmasının direktifleri kabul edilmektedir. Aşağıda her ikisinden de özet açıklamalar verilmiştir.

6.1.2.1.1. NFPA 13'e Göre Yangın Tesisatı Askı ve Destek Hesapları

Yangınla Mücadele Tesisatı[53]

Hemen her yönetmelikte yangın tesisatında yapılacak sismik koruma uygulamaları ve gereksinimleri ile ilgili veriler olmakla birlikte temel kaynak NFPA-13 olarak kabul edilmektedir. Proje yangın danışmanının yorumları, projelendirme ve ürün seçimleri konusunda önem arz etmektedir. NFPA-13'ün 9. Bölümü yangın tesisatı askı destek sistemleri ile sınırlandırılmasına (sismik koruma) ayrılmıştır. Bu bölüme göre:

1. 2 ½" çap ve üzeri yangın tesisatı ana hat borularında sismik önlem alınmalıdır. (NFPA 13-2016-9.3.5.5.1).
2. Boru üst kotu ile tavan bağlantı noktası arasındaki mesafe 15 cm ve üzerinde ise sismik askılama yapılmalıdır (NFPA 13-2016-9.3.5.5.10.1).
3. En fazla 12 metre aralıklarla enlemesine sismik askılama (NFPA 13-2016-9.3.5.5.2.2), en fazla 24 metre aralıklarla boylamasına sismik askılama yapılmalıdır (NFPA 13-2016-9.3.5.6.1).
4. 2 ½" çapla başlayan hatlarda sismik askılama yapılması gereken çapta boru uzunluğu 3,7 m'den daha kısa olması durumunda sismik askılama yapılmayabilir (NFPA 13-2016-9.3.5.5.4).
5. Son enlemesine askılama noktası ile hat bitiş veya dönüş noktası arasındaki mesafe maksimum 1,8 m olabilir (NFPA 13-2016-9.3.5.5.5). Boyuna askılamada bu mesafe maksimum 12 m'dir (NFPA 13-2016-9.3.5.6.3).
6. Hat dönüş almadan önce 60 cm içerisindeki enine sismik askı dönüş sonrası için boyuna askı kabul edilir (tersi de geçerlidir). (NFPA 13-2016-9.3.5.6.2)
7 3,7 m'nin altındaki hat dönüşlerinde sismik korumanın bitişik hatlardaki askılarla yapıldığı kabul edilebilir (NFPA 13-2016-9.3.5.7.2).
8. Çap gözetmeksizin ucu boşta olan 3,7 metreden uzun kol ayrımları ucuna enine sismik önlem alınmalıdır. (NFPA 13-2016-9.3.6.3).
9. 1,2 m üzeri yukarı püskürten başlıklar yanal hareketlere karşı sınırlandırılmalıdır. (NFPA 13-2016-9.3.6.6).
10. Branşman hatlarında yapılacak sismik askılama önlemleri için etkili bölge (Zone of influence) yöntemi kullanılır. (NFPA 13-2016-9.3.5.1.5, 9.3.5.9.6).

NFPA-13 Tablo 9.3.5.9.3'den spektral ivme (Ss) değerine göre okunan sismik sabite (Cp) göre Tablo 9.3.6.4'den her bir boru çapı için maksimum sismik askı mesafesi belirlenir.

[53] *NFPA 13-2016*

Tablo 6-14 Deprem Katsayısı Tablo ASHRAE 9.3.5.9.3

S_S	C_p	S_S	C_p
0.33 veya Az	0.35	2.2	1.03
0.4	0.38	2.3	1.07
0.5	0.4	2.4	1.12
0.6	0.42	2.5	1.17
0.7	0.42	2.6	1.21
0.8	0.44	2.7	1.26
0.9	0.48	2.8	1.31
1	0.51	2.9	1.35
1.1	0.54	3	1.4
1.2	0.57	3.1	1.45
1.3	0.61	3.2	1.49
1.4	0.65	3.3	1.54
1.5	0.7	3.4	1.59
1.6	0.75	3.5	1.63
1.7	0.79	3.6	1.68
1.8	0.84	3.7	1.73
1.9	0.89	3.8	1.77
2	0.93	3.9	1.82
2.1	0.98	4	1.87

Tablo 6-15 Çelik Boru Maks. Destek Arası Tablo ASHRAE 9.3.6.4(a)

Boru in. (mm)	Sismik Katsayı, C_p			
	$C_p \leq 0.50$	$0.5 < C_p \leq 0.71$	$0.71 < C_p \leq 1.40$	$C_p \geq 1.40$
1⁄2 (15)	34 (10.3)	29 (8.8)	20 (6.1)	18 (5.5)
3⁄4 (20)	38 (11.6)	32 (9.7)	23 (7.0)	20 (6.1)
1 (25)	43 (13.1)	36(11.0)	26 (7.9)	22 (6.7)
11⁄4 (32)	46 (14.0)	39(11.9)	27 (8.2)	24 (7.3)
11⁄2 (40)	49 (14.9)	41(12.5)	29 (8.8)	25 (7.6)
2 (50)	53 (16.1)	45(13.7)	31 (9.4)	27 (8.2)

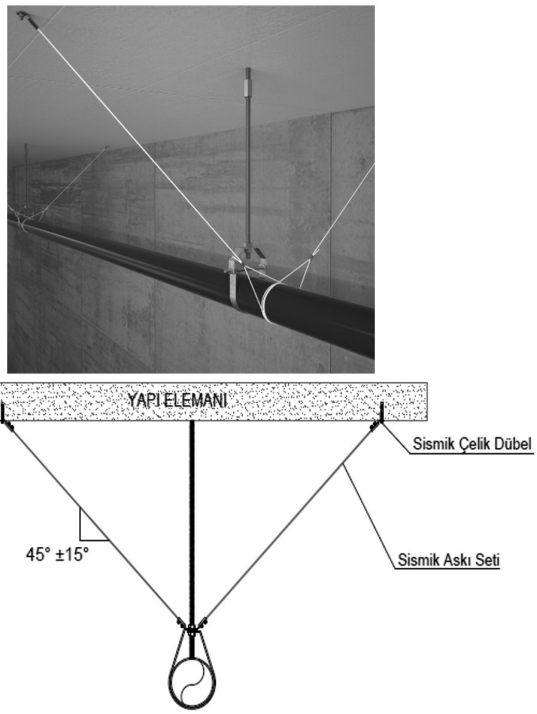
Tablo 6-16 CPVC, Bakır, Pirinç Boru Maks. Destek Arası Tablo ASHRAE 9.3.6.4(b)

Boru in. (mm)	Sismik Katsayı Cp			
	$C_p \leq 0.50$	$0.5 < C_p \leq 0.71$	$0.71 < C_p \leq 1.40$	$C_p \geq 1.40$
1⁄2 (15)	26 (7.9)	22 (6.7)	16 (4.9)	13 (4.0)
3⁄4 (20)	31 (9.4)	26 (7.9)	18 (5.5)	15 (4.6)
1 (25)	34 (10.3)	28 (8.5)	20 (6.1)	17 (5.2)
11⁄4 (32)	37 (11.3)	31 (9.4)	22 (6.7)	19 (5.8)
11⁄2 (40)	40 (12.2)	34 (10.3)	24 (7.3)	20 (6.1)
2 (50)	45 (13.7)	38 (11.6)	27 (8.2)	23 (7.0)

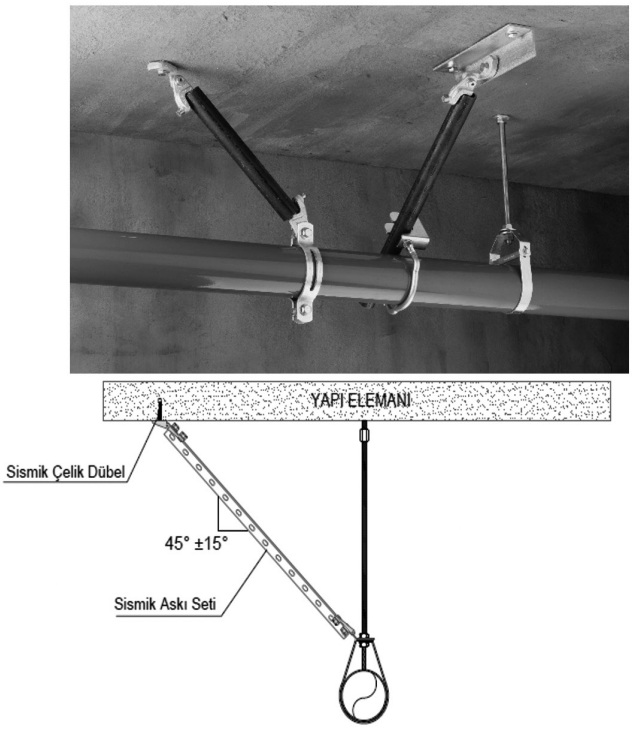
Sismik Projelendirme:

Proje üzerinde enine ve boyuna askılamalar, hesaplanan askılama mesafelerine uygun şekilde noktasal olarak gösterilmelidir.

Bir enine askılama noktasında çelik halatlı uygulamalarda 2, rijit profilli ve borulu uygulamalarda 1 adet askı seti kullanılmaktadır. Bu setler boru eksenine dik olarak yatayla 45° açı yapacak şekilde karşılıklı olarak asılacaktır. 45° açının sağlanamadığı kritik durumlarda açı 30° ile 60° arasında olabilir.

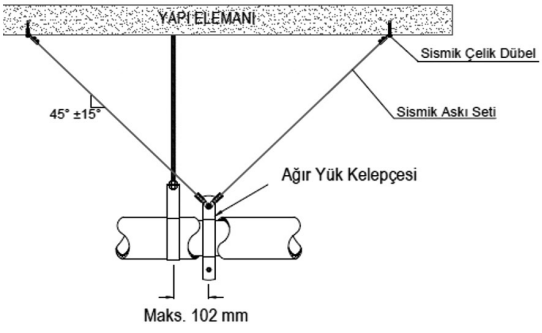


Şekil 6-10 Enine Halatlı Askılama

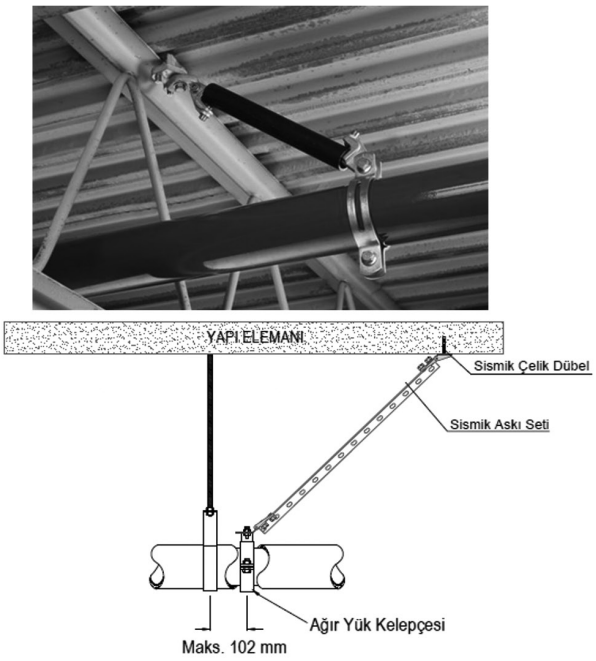


Şekil 6-11 Enine Rijit Askılama

Bir boyuna askılama noktasında çelik halatlı uygulamalarda 2, rijit profilli ve borulu uygulamalarda 1 adet askı seti kullanılmaktadır. Bu setler boru eksenine paralel olarak yatayla 45° açı yapacak şekilde karşılıklı olarak asılacaktır. 45° açının sağlanamadığı durumlarda açı 30° ile 60° arasında olabilir. Tij uzunluğu hesaplanan limitin üzerinde olan noktalarda, burkulma olmaması için rot güçlendirici kullanılmalıdır.



Şekil 6-12 Boyuna Halatlı Askılama



Şekil 6-13 Boyuna Rijit Askılama

Setlerin kullanıldığı tüm noktalarda yapı elemanına ankraj da en az sismik askılama seti kadar önemlidir. Bu noktalarda kullanılacak olan sismik dübellere gelen kesme ve çekme kuvvetleri hesaplanmalıdır. ETA, ICC Evaluation Service veya uluslararası muadil bir kuruluş tarafından çatlaklı betona göre kapasiteleri onaylanmış uygun sismik dübeller kullanılmalıdır.

NFPA 13 kısım 17 [54]

17.1. GENEL

17.1.1

Askılar 17.1.2'de belirtilen gereksinimleri karşılamazsa askı tipleri kısım 9.1.1. şartlarında olmalıdır.

17.1.2

Profesyonel Mühendis tarafından onaylanmış ve test sertifikalarına sahip askılar, kısım 9.1 gereksinimlerini karşılamış alternatif olarak kabul edilebilir.

(1) Yangın borularını askılama yaparken, her bir borunun su dolu ağırlığının 5 katından 115 kg fazlası alınmalıdır.
(2) Konsol seçilirken bu durum uygun şekilde dikkate alınmalıdır.
(3) Askı mesafeleri tablolarda verilen boru cinsleri için verilen mesafeleri geçemez. Tablo 174.2.1.a ve Tablo 17.4.2.1.b.
(4) Askı birleşenleri demir temelli olmalıdır.
(5) Detaylı hesaplar ihtiyaç duyulduğunda Otorite tarafından incelenebilmesi için sunulmalıdır. (askıdaki oluşan stres, boru ve fiting ile uygulanan emniyet katsayısı)

6.1.2.1.2. FM 2.8'e Göre Yangın Tesisatı Askı ve Destek Hesapları

FM 2.5.4.3.1. Boru Askıları Minimum Yük Hesabı

Temel minimum tasarım yükü için emniyet faktörü akma dayanımı (yield strenght) için 1.0 veya maksimum çekme dayanımı (ultimate tensile strenght) için 1.25 olan içi su dolu yangın sistem boruları noktasal yük hesabı için ağırlığının 2 katı her bir askı sistemi (tijler, payanda, köşebentler, kayışlar) ve destekleyen yapısal elemanlar (Aşıklar, birleşme yerleri, ***mafsallar*** kirişler, kalın plakalar) alınmalıdır. Yükün 170 kg altında olduğu durumlarda minimum 170 kg alınmalıdır.

FM 2.5.4.3.2. Boru Askı Bağlantı Elemanları ve Bağlantı Minimum Yükü

Temel minimum tasarım yükü için emniyet faktörü maksimum çekme dayanımı (ultimate tensile strenght) 1.0 altında olmayan olan içi su dolu yangın sistem boruları noktasal yük hesabı için ağırlığının 5 katı bağlantı eleman parçaları her bir askı sistem bağlantı elemanları, bağlantılar (Kaynaklar, vidalar,cıvatalar, vb.) ve destekleyen yapısal elemanlar (Aşıklar, birleşme yerleri, mafsallar kirişler, kalın plakalar) alınmalıdır. Yükün 340 kg altında olduğu durumlarda minimum 340 kg alınmalıdır.

6.1.2.2. Diğer Tesisat Türleri

Birden fazla mekanik tesisat birleşeninin taşınacağı durumlarda gelişigüzel ankrajlama yapılmamalı, olabildiğince fazla tesisat birleşenini tek altyapıda taşıtacak şekilde konsol imalatı yapılmalıdır. Konsol imalatında sıcak işçilik (kaynaklı imalat) kullanılmamalı, kolay montaj elemanları ve özel kesitli profiller ile imalat yapılmalıdır. Uygulanacak konsolun taşıma kapasitesi, dinamik ve statik yük hesaplamaları üretici firma tarafından belgelenmeli, firma tarafından kontrol makamına sunulmalıdır.

Isıtma/Soğutma, Temiz Su, Pis Su ve Diğer Boru Tesisatı

Boru Demetleri

1. Trapez üzerinde taşınan çoklu borularda, tijin trapez bağlantı noktasından itibaren tavan bağlantı noktasına kadar boyunun 30 cm ve üzerinde olması veya trapez üzerinde taşıtılan boruların metresinin toplam ağırlığı 15 kg ve üzerinde olması durumunda sismik önlem alınmalıdır. (ASCE 7/16 13.6.8.3).
2. Düktil malzemeden borular (bakır, düktil demir, çelik, alüminyum malzemeden sert lehim, kaynak veya vidalı bağlantısı olan) için en fazla 12 metre aralıklarla enlemesine, 24 m aralıklarla boylamasına sismik askılama yapılmalıdır (FEMA E-74).

---

[54] *NFPA 13 Kısım 17 Installation Requirements for Hanging and Support of System Piping*

3. Düktil olmayan malzemeden borular (dökme demir, PVC, PPRC, plastik, cam, vb) için en fazla 6 metre aralıklarla enlemesine, 12 m aralıklarla boylamasına sismik askılama yapılmalıdır (FEMA E-74).

4. ASCE 7/16 ile Ip=1 olan yapılarda baz alınan ağırlıklar kullanılan tij kalınlıklarına göre değişmiştir (ASCE 7/16 13.6.7.3). Buna göre:

- 30 cm'den daha kısa M10 tijli trapezlerle taşıtılan tesisatta tek bir trapeze gelen yük 45 kg altında ise sismik korumadan istisna tutulabilir.
- 30 cm'den daha kısa M13 tijli trapezlerle taşıtılan tesisatta tek bir trapeze gelen yük 90 kg altında ise sismik korumadan istisna tutulabilir.
- 61 cm'den daha kısa M13 tijli trapezlerle tesisatta tek bir trapeze gelen yük 45 kg altında ise sismik korumadan istisna tutulabilir.
- 30 cm'den daha kısa M10 veya M13 tekil tijlerle taşıtılan tesisatta tek bir tije gelen yük 22 kg altında ise sismik korumadan istisna tutulabilir

Tablo 6-17 Boru Demetleri

L (cm)	W_{trapez} (kg)	d^{tij}
<30	45	M10
<30	90	M13
<61	45	M13
<30	22*	M10, M13

* 4. Satır tekil tij ile taşıtılma durumudur. Baz alınan ağırlık tek bir tije gelen yüktür.

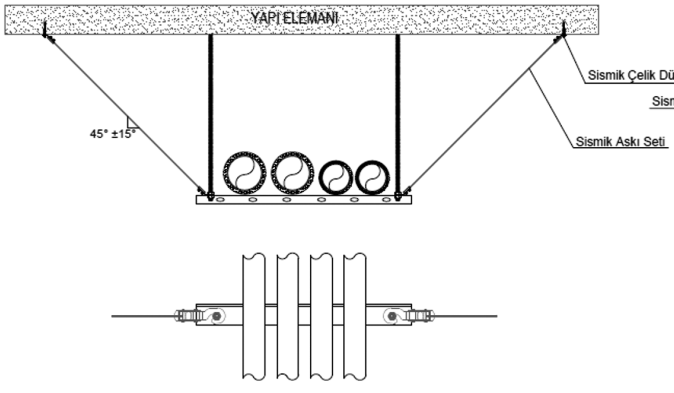
4. Yukarıdaki kısıtlar doğrultusunda sismik koruma kapsamı dışında tutulabilecek aşağıdaki boru çapları elde edilmektedir (ASCE 7/16 13.6.7.3):

- Sismik Dizayn Kategorisi C, Ip değeri 1.0'in üzerinde olan yapılarda nominal çap 2" ve altı
- Sismik Dizayn Kategorisi D, E veya F; Ip değeri 1.0'in üzerinde olan yapılarda nominal boru çapı 1" ve altı
- Sismik Dizayn Kategorisi D, E veya F; Ip değeri 1.0 olan yapılarda nominal boru çapı 3" ve altı

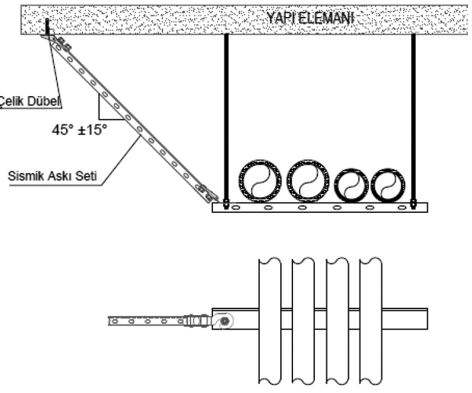
Sismik Projelendirme:

Proje üzerinde enine ve boyuna askılamalar hesaplanan askılama mesafelerine uygun şekilde noktasal olarak gösterilmelidir.

Bir enine askılama noktasında çelik halatlı uygulamalarda 2, rijit profilli ve borulu uygulamalarda 2 adet askı seti kullanılmaktadır. Bu setler boru eksenine dik olarak yatayla 45° açı yapacak şekilde karşılıklı olarak asılacaktır. 45° açının sağlanamadığı kritik durumlarda açı 30° ile 60° arasında olabilir.

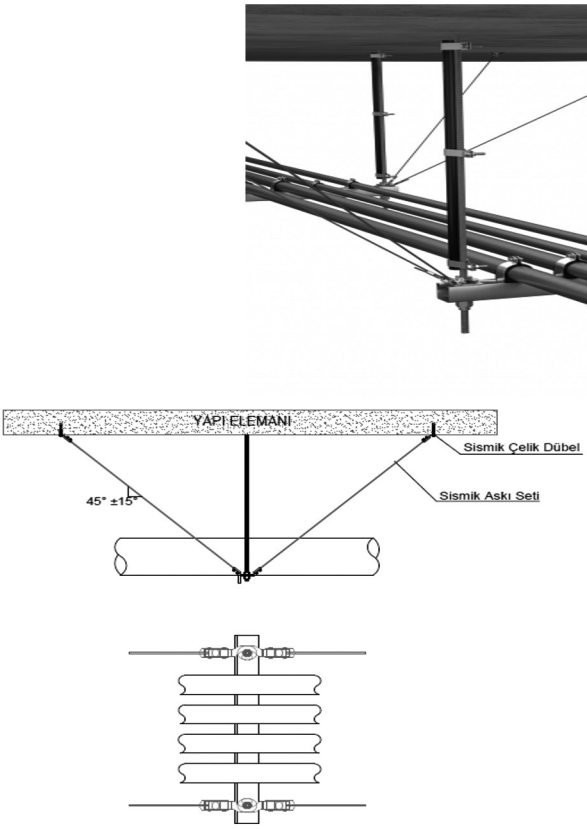


Şekil 6-14 Enine Halatlı Askılama

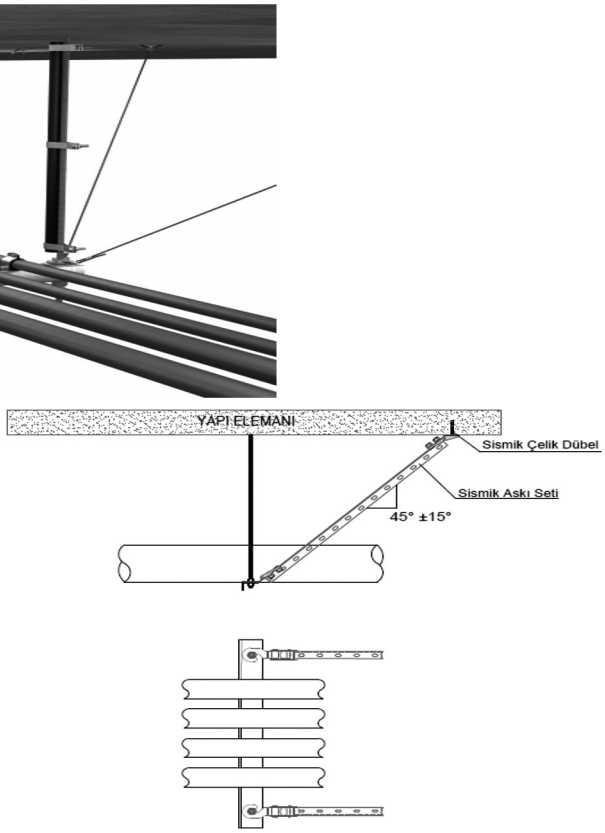


Şekil 6-15 Enine Rijit Askılama

Bir boyuna askılama noktasında çelik halatlı uygulamalarda 4, rijit profilli ve borulu uygulamalarda 2 adet askı seti kullanılmaktadır. Bu setler boru eksenine paralel olarak yatayla 45° açı yapacak şekilde karşılıklı olarak asılacaktır. 45° açının sağlanamadığı durumlarda açı 30° ile 60° arasında olabilir. Tij uzunluğu hesaplanan limitin üzerinde olan noktalarda, burkulma olmaması için rod güçlendirici kullanılmalıdır.



Şekil 6-16 Boyuna Halatlı Askılama



Şekil 6-17 Boyuna Rijit Askılama

Setlerin kullanıldığı tüm noktalarda yapı elemanına ankraj da en az sismik askılama seti kadar önemlidir. Bu noktalarda kullanılacak olan sismik dübellere gelen kesme ve çekme kuvvetleri hesaplanmalıdır. ETA, ICC Evaluation Service veya uluslararası muadil bir kuruluş tarafından çatlaklı betona göre kapasiteleri onaylanmış uygun sismik dübeller kullanılmalıdır.

6.1.2.3. Sıhhi Tesisat ve Kritik Ekipmanlar

Ekipmanlar

1. Döşemeye sabit olarak monte edilen ve aşağıda belirtilen özelliklerin tümünü taşıyan ekipmanlar sismik korumadan istisnadır (ASCE 7/16 13.1.4):
- Önem faktörü (Ip=1) olan,
- Yapının işleyişi açısından kritik durumda olmayan,
- 180 kg veya daha az ağırlıkta olan,
- Ağırlık merkezinin yüksekliği döşemeden 120 cm'e kadar olan,
- Tüm boru kanal bağlantıları esnek bağlı olan ekipmanlar,

2. 9 kg'ın altında kalan asılı ekipmanlar sismik koruma kapsamı dışında değerlendirilebilir.

6.1.3. Hava Kanalı Tesisatı

Havalandırma Kanalları

1. Havalandırma kanalları, tijin trapez bağlantı noktasından itibaren tavan bağlantı noktasına kadar boyunun 30 cm ve üzerinde olması durumunda sismik önlem alınmalıdır (*kanalı taşıyan trapezden kanalın üzerine de 1 tane atılıp sıkıştırılması durumunda üstteki trapeze bağlantı noktası ile tavan arasındaki tij mesafesi*

alınır). Bu koşul sağlandıktan sonra trapez üzerindeki kanalın kesit alanının 0,56 m² (Duman tahliye kanalları için 0,37 m²) ve üzerinde olması durumunda sismik önlem alınmalıdır. Aynı trapezde birden fazla kanal bağlanmış ise kanalların toplam metre ağırlığı 15 kg ve üzerinde ise sismik önlem alınmalıdır. (ASCE 7/16 13.6.7)

2. En fazla 9m aralıklarla enine, 18 m aralıklarla boyuna sismik askılama yapılır.

3. ASCE 7/16 ile Ip=1 olan yapılarda baz alınan ağırlıklar kullanılan tij kalınlıklarına göre değişmiştir (ASCE 7/16 13.6.6) Buna göre:

- 30 cm'den daha kısa M10 tijli trapezlerle taşıtılan tesisatta birim ağırlık 15 kg/m altında ise sismik korumadan istisna tutulabilir.
- 30 cm'den daha kısa M13 tijli trapezlerle taşıtılan tesisatta tek bir trapeze gelen yük 90 kg altında ise sismik korumadan istisna tutulabilir.
- 61 cm'den daha kısa M13 tijli trapezlerle tesisatta tek bir trapeze gelen yük 45 kg altında ise sismik korumadan istisna tutulabilir.
- 30 cm'den daha kısa M10 veya M13 tekil tijlerle taşıtılan tesisatta tek bir tije gelen yük 22 kg altında ise sismik korumadan istisna tutulabilir.

Tablo 6-18 Kanallar

L (cm)	W_{trapez} (kg)	d^{tij}
<30	15 kg/m	M10
<30	30 90	M13
<61	45	M13
<30	22*	M10, M13

* 4. Satır tekil tij ile taşıtılma durumudur. Baz alınan ağırlık tek bir tije gelen yüktür.

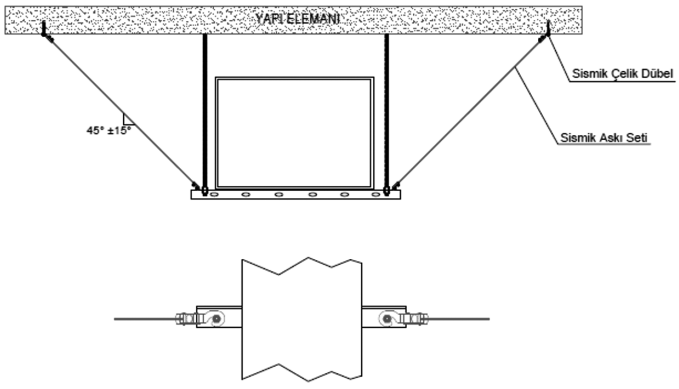
4. Kesit alanı 0,56 m² ve ağırlığı 30 kg/m'nin altındaki kanal hatları sismik korumadan istisna tutulabilir. (ASCE 7/16 13.6.6)

5. Kanal hatlarına doğrusal (inline) bağlı 34 kg altındaki ekipmanlar (fan, nem cihazı, ısı değiştirici, ısıtıcı, vb) sismik korumadan istisna tutulabilir. (ASCE 7/16 13.6.6)

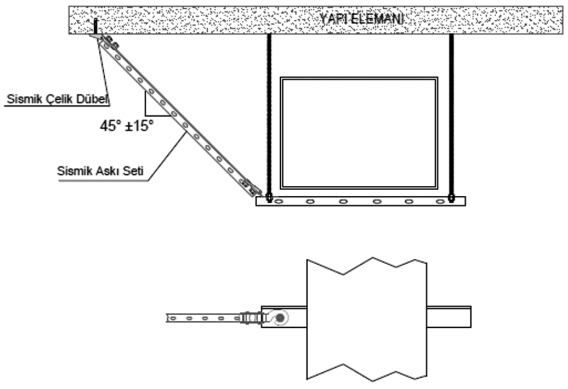
Sismik Projelendirme:

Proje üzerinde enine ve boyuna askılamalar, hesaplanan askılama mesafelerine uygun şekilde noktasal olarak gösterilmelidir.

Bir enine askılama noktasında çelik halatlı uygulamalarda 2, rijit profilli ve borulu uygulamalarda 2 adet askı seti kullanılmaktadır. Bu setler kanal eksenine dik olarak yatayla 45° açı yapacak şekilde karşılıklı olarak asılacaktır. 45° açının sağlanamadığı kritik durumlarda açı 30° ile 60° arasında olabilir.

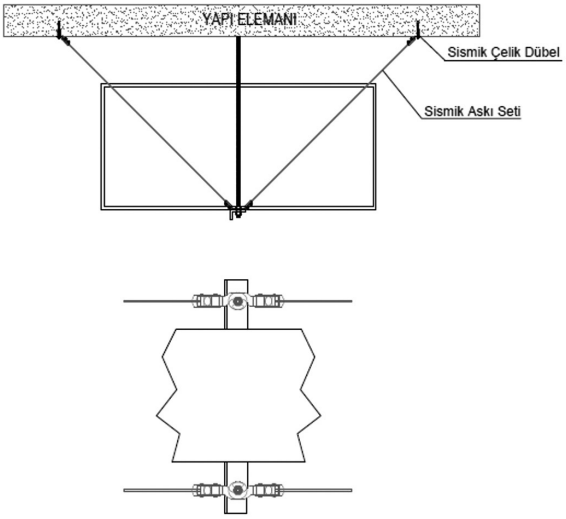


Şekil 6-18 Enine Halatlı Askılama

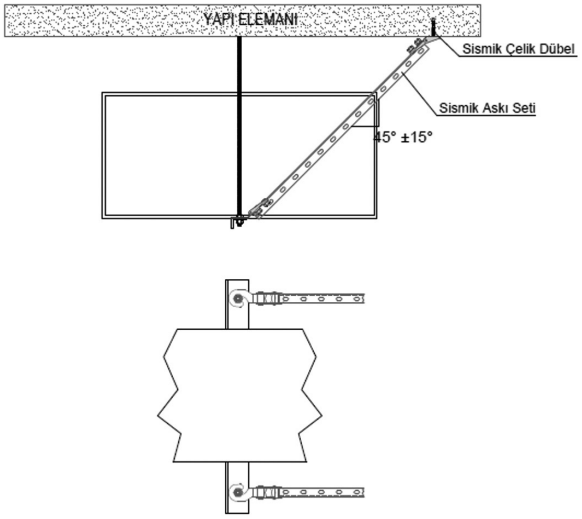


Şekil 6-19 Enine Rijit Askılama

Bir boyuna askılama noktasında çelik halatlı uygulamalarda 4, rijit profilli ve borulu uygulamalarda 2 adet askı seti kullanılmaktadır. Bu setler kanal eksenine paralel olarak yatayla 45° açı yapacak şekilde karşılıklı olarak asılacaktır. 45° açının sağlanamadığı durumlarda açı 30° ile 60° arasında olabilir. Tij uzunluğu hesaplanan limitin üzerinde olan noktalarda, burkulma olmaması için rot güçlendirici kullanılmalıdır.



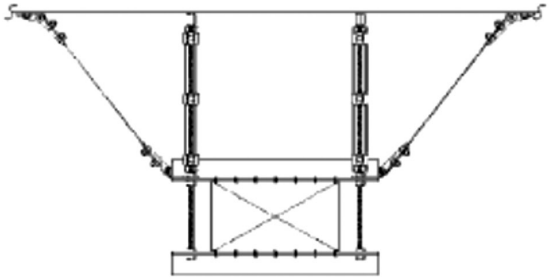
Şekil 6-20 Boyuna Halatlı Askılama



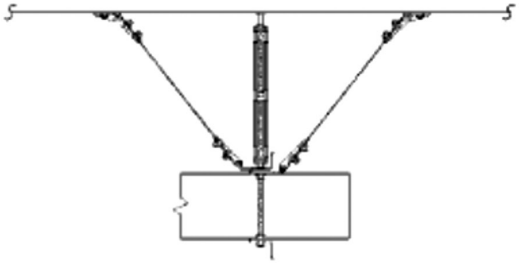
Şekil 6-21 Boyuna Rijit Askılama

Setlerin kullanıldığı tüm noktalarda yapı elemanına ankraj da en az sismik askılama seti kadar önemlidir. Bu noktalarda kullanılacak olan sismik dübellere gelen kesme ve çekme kuvvetleri hesaplanmalıdır. ETA, ICC Evaluation Service veya uluslararası muadil bir kuruluş tarafından çatlaklı betona göre kapasiteleri onaylanmış uygun sismik dübeller kullanılmalıdır.

Kanal Askı Sınırlama İçin Pratik Örnek Çözüm



Şekil 6-22 Enine Sınırlama Bağlantısı



Şekil 6-23 Boyuna Sınırlama Bağlantısı

Tablo 6-19 Kanal Askı Maksimum Aralıkları

Maksimum Deprem İvme Değeri (g)	Enlemesine Bağlantı Maksimum Aralık, ft (m)	Boylamasına Bağlantı Maksimum Aralık ft (m)
0.25	40 (12.2)	80 (24.4)
0.50	30 (9.1)	60 (18.2)
1.0	30 (9.1)	60 (18.2)
2.0	20 (6.1)	40 (12.2)

Modüler Kanal Sistemlerinin Kurulumu

Modüler kanal sistemlerinin sahip olduğu kanal ve aksesuar birleşimlerinde bir çok civata somun ve akıllı kilit sistemleri kullanılmaktadır. Bu kilit mekanizmaların doğru çalışması yapılan tasarımın istendiği gibi çalışması için kritik önem içermektedir. Sistemde bulunan cıvataların ve bağlantı parçalarının gerektiğinden fazla olarak torklanması veya eksik torklanması, sistemin istenilen performans ve verimlilikte çalışmasını engellemektedir.

Bunun yanı sıra sistemin sahip olduğu her bir cıvata ve bağlantı parçasının doğru tork değerinde sıkılıp bunun dökümante edilmesi de kritik önem taşımaktadır. Otomatik torklama veya eşdeğer bir kalibre edilmiş torklama anahtarı kullanılması, her sıkma işlemi için önemlidir. Otomatik darbeli torklamada her kurulum işlemi, doğru kurulumun bir kanıtı olarak belgelendirmesi önemlidir.

Kurulum, tasarım mühendisi tarafından belirtilen bilgilerle desteklenebilecek olup üreticinin talimatlarına göre yapılmalıdır. Bağlantı elemanının orijinal spesifikasyon göre tedarik edilememesi veya kurulamaması durumunda, alternatif bir ürünün onayı veya yenilenmiş spesifikasyon onayı için sorumlu mühendise danışılmalıdır.

6.1.4. Busbar ve Kablo Kanalı Tesisatı

Kablo Tavaları

1. Kablo tavaları ile busbarlarda, tijin trapez bağlantı noktasından itibaren tavan bağlantı noktasına kadar boyunun 30 cm ve üzerinde olması durumunda sismik önlem alınmalıdır. Bu koşul sağlandıktan sonra, trapez üzerindeki tavaların toplam ağırlıklarının 15 kg ve üzerinde olması durumunda sismik önlem alınmalıdır. (ASCE 7/16 13.6.7)
2. ASCE 7/16 ile Ip=1 olan yapılarda baz alınan ağırlıklar kullanılan tij kalınlıklarına göre değişmiştir. (ASCE 7/16 13.6.5) Buna göre:
   - 30 cm'den daha kısa M10 tijli trapezlerle taşıtılan tesisatta tek bir trapeze gelen yük 45 kg altında ise sismik korumadan istisna tutulabilir.
   - 30 cm'den daha kısa M13 tijli trapezlerle taşıtılan tesisatta tek bir trapeze gelen yük 90 kg altında ise sismik korumadan istisna tutulabilir.
   - 61 cm'den daha kısa M13 tijli trapezlerle tesisatta tek bir trapeze gelen yük 45 kg altında ise sismik korumadan istisna tutulabilir.
   - 30 cm'den daha kısa M10 veya M13 tekil tijlerle taşıtılan tesisatta tek bir tije gelen yük 22 kg altında ise sismik korumadan istisna tutulabilir.

Tablo 6-20 Kablo Tavası, Busbar, Konduit

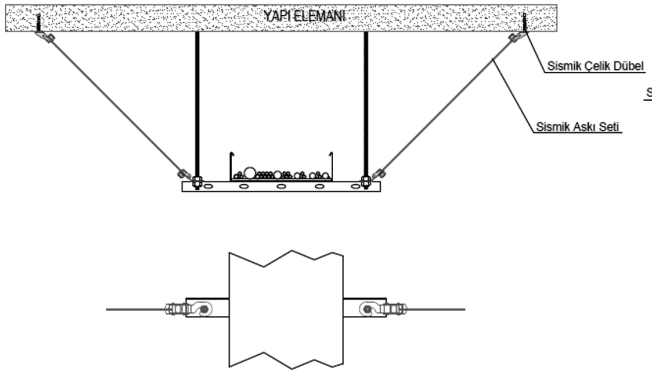
L (cm)	W_{trapez} (kg)	d_{tij}
30	45	M10
30	90	M13
61	45	M13
30	22*	M10, M13

* 4. Satır tekil tij ile taşıtılma durumudur. Baz alınan ağırlık tek bir tije gelen yüktür.

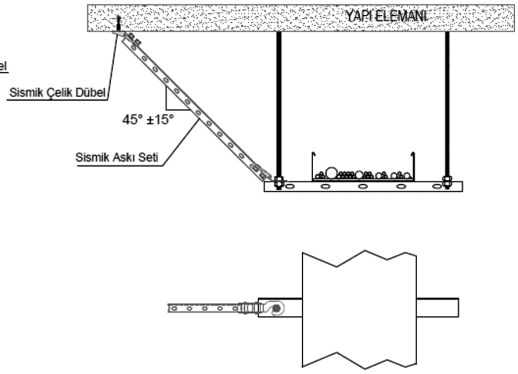
Sismik Projelendirme:

Proje üzerinde enine ve boyuna askılamalar hesaplanan askılama mesafelerine uygun şekilde noktasal olarak gösterilmelidir.

Bir enine askılama noktasında çelik halatlı uygulamalarda 2, rijit profilli ve borulu uygulamalarda 2 adet askı seti kullanılmaktadır. Bu setler kablo tavası eksenine dik olarak yatayla 45° açı yapacak şekilde karşılıklı olarak asılacaktır. 45° açının sağlanamadığı kritik durumlarda açı 30° ile 60° arasında olabilir.

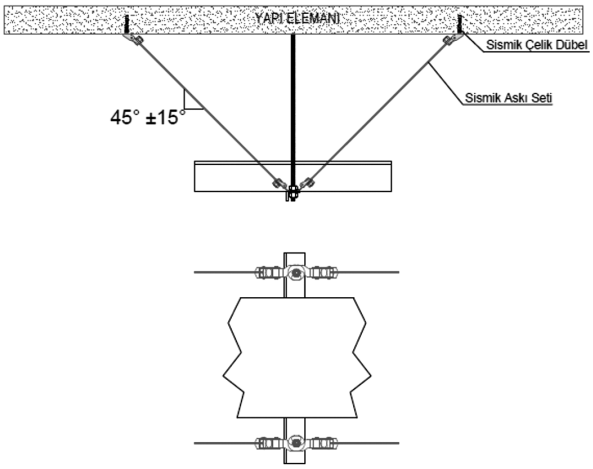


Şekil 6-24 Enine Halatlı Askılama

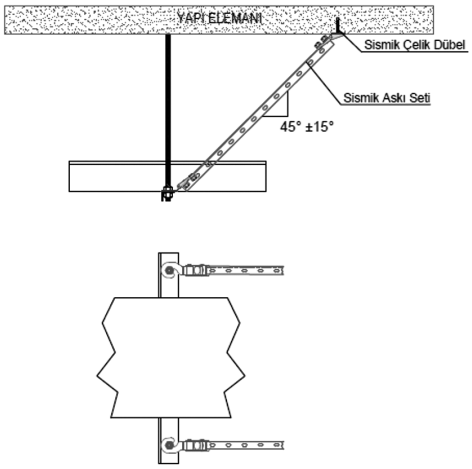


Şekil 6-25 Enine Rijit Askılama

Bir boyuna askılama noktasında çelik halatlı uygulamalarda 4, rijit profilli ve borulu uygulamalarda 2 adet askı seti kullanılmaktadır. Bu setler kablo tavası eksenine paralel olarak yatayla 45° açı yapacak şekilde karşılıklı olarak asılacaktır. 45° açının sağlanamadığı durumlarda açı 30° ile 60° arasında olabilir. Tij uzunluğu hesaplanan limitin üzerinde olan noktalarda, burkulma olmaması için rod güçlendirici kullanılmalıdır.



Şekil 6-26 Boyuna Halatlı Askılama



Şekil 6-27 Boyuna Rijit Askılama

Setlerin kullanıldığı tüm noktalarda yapı elemanına ankraj da en az sismik askılama seti kadar önemlidir. Bu noktalarda kullanılacak olan sismik dübellere gelen kesme ve çekme kuvvetleri hesaplanmalıdır. ETA, ICC Evaluation Service veya uluslararası muadil bir kuruluş tarafından çatlaklı betona göre kapasiteleri onaylanmış uygun sismik dübeller kullanılmalıdır.

Busbar Uygulamalarını Etkileyen Faktörler:

1) Isıl Uzama ve Uzama Kuvvetleri,
2) Yük tipi: Tek yük, Dağıtılmış yük, Karma yük,
3) Proje esnasında yangın için proje uygulanmakta mı, gelecekte uygulanacak mı?
4) Proje esnasında deprem için proje uygulanmakta mı, gelecekte uygulanacak mı?
5) Risk analizine göre özel istemler,
6) Genel- Özel sınır şartları: Gerilim düşümü, talep ve eşzamanlılık faktörü, kısa devre vb.

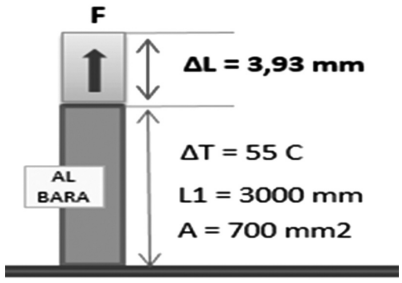
1) Isıl (Termal) Uzama ve Uzama kuvveti:

Termal uzama ve kuvvetleri, Busbar sistemleri gibi uzun hatlardan oluşan her sistem için son derece önemli bir konudur. Bildiğimiz gibi doğada bulunan her malzeme, ısıyla belli bir oranda genleşir. Genleşme 3 boyutludur ve her yöne doğrudur. Küçük kısa parçalarda ihmal edilebilir, ancak uzun parçalarda fark edilir boyutlara ulaşır.

Tablo 6-21 Isıl Uzama, Uzama Kuvveti

$\Delta L = \alpha \cdot L1 \cdot \Delta T$		
ΔL	mm	Genleşme
α	1/ C	Genleşme sabiti
L1	mm	İlk Uzunluk
ΔT	C	Sıcaklık Değişimi
α (Çelik)		0,0000110
α (Bakır)		0,0000170
α (Aluminyum)		0.000023

$F = \varepsilon \cdot A \cdot (\Delta L / L)$		
F	N	Uzama Kuvveti
ε	N/m2	Elastik Modül
A	mm2	Malzeme kesiti
ε (Çelik)		2,E+11
ε (Bakır)		1,E+11
ε (Aluminyum)		7.E+10

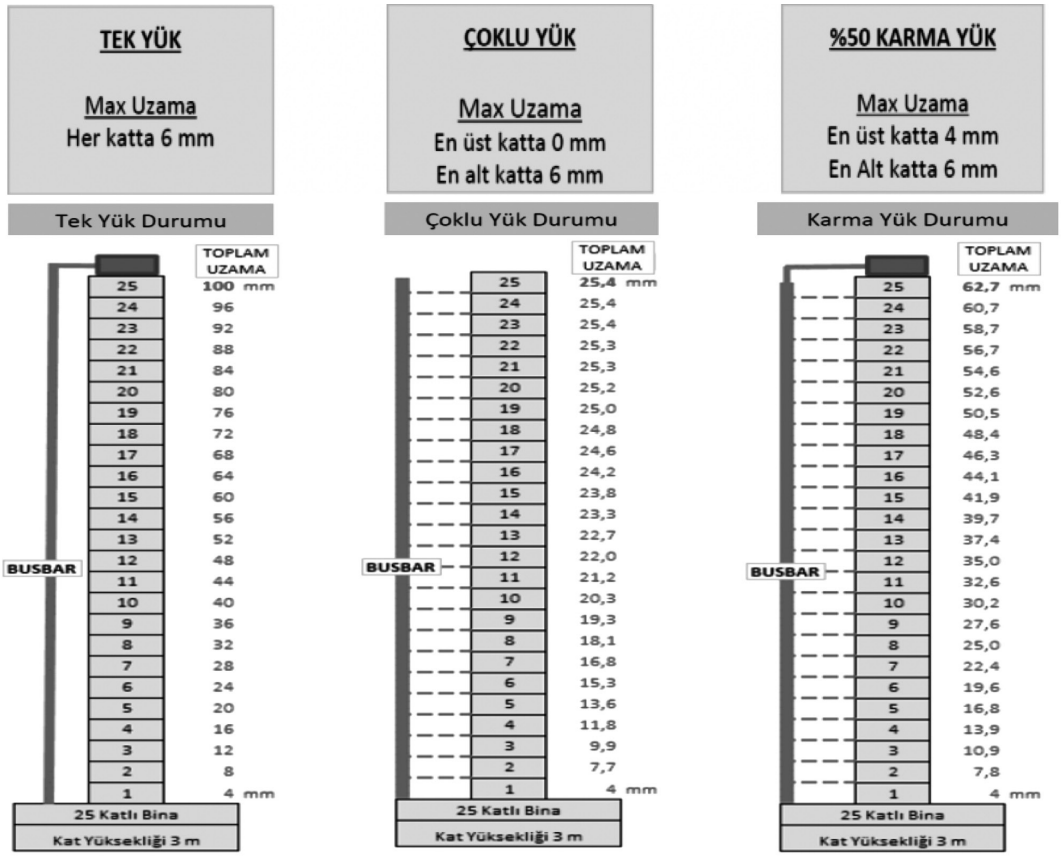


Şekil 6-28 Alüminyum BusBar Uzaması

Hesaplamada görüldüğü gibi 3 metre uzunluğunda bir alüminyum bara, Sıcaklığın 55°C artması ile 3,93 mm uzamaktadır. Bu uzama gerçekleşirken baranın ucunda oluşan kuvvet F = 6,4 ton'dur. Yani bara yaklaşık 4 mm uzarken önündeki sistemi 6,4 ton ile itecektir.

2- Yük Tipi ve Tam Yükte Toplam UZAMA Ölçüleri:

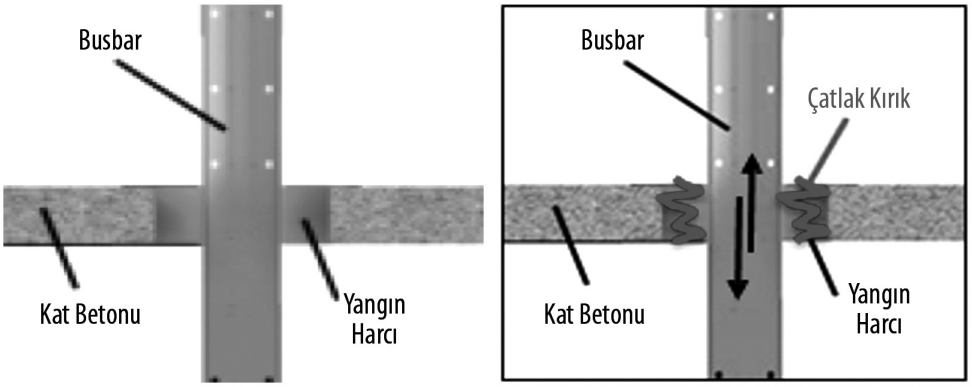
3 tip yük durumuna göre Busbar uzamaları değişmektedir. 3 m boyunda bir alüminyum barada 5°C lik sıcaklık artışında yaklaşık 4 mm uzama oluşmaktadır. Bu uzamaya ilaveten tam yükte bir kısa devre yaşanması halinde bu uzama 6 mm olabilmektedir. Çok katlı bir binada Busbar hattı en alt katta sabitlendiği düşünülürse;



Şekil 6-29 Yüksek Katlı Binalarda Busbar Uygulaması

3- Yangına Karşı Yangın Projesi Uygulanması Durumu:

Özellikle yüksek katlı binalarda yangın riski son derece önemli bir konudur. Dünyada yetkililer; yangın çıkmaması, çıktığında yayılmaması, yayıldığında kısa sürede sönmesi ve bu esnada duman, korozif ve zehirli gazların oluşumunun ve yayılmasının engellenmesi için ciddi önlemler almaktadır. Ayrıca binalar bu önlemlere uygun şekilde tasarlanmakta, olası en kötü senaryolarda bile etkili bir tahliye ve kurtarmanın gerçekleşmesi istenmektedir.



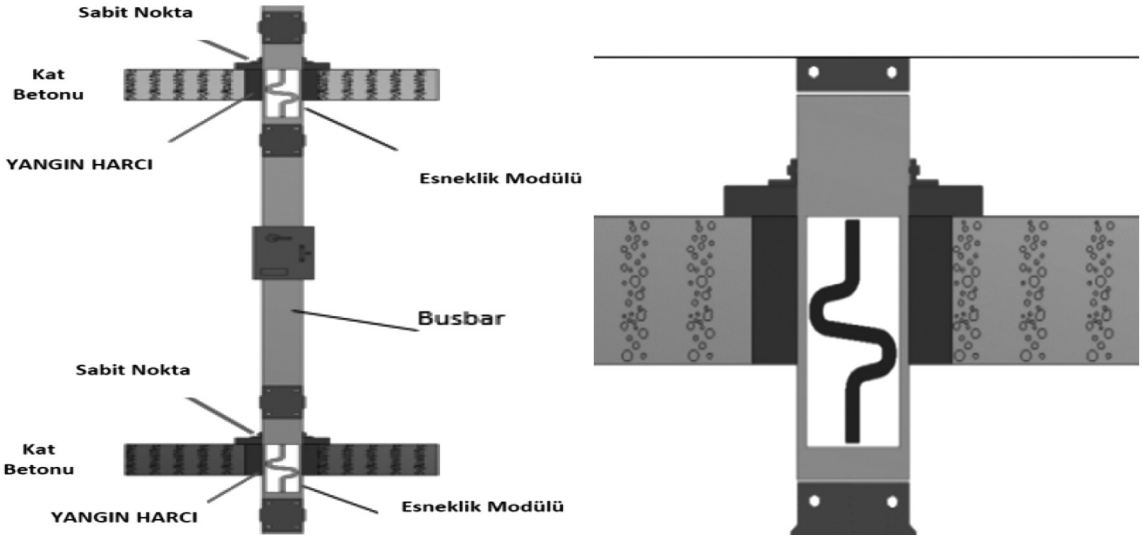
Şekil 6-30 Busbar Sistem Isıl Uzama/Kısalma Yangın Korunma Çözümleri

Yangın projelerinin temel amaçlarından biri de; **Yangın ve gazların bina içinde bir bölümden diğer bölüme geçmesinin önlenmesi ve yangının çıktığı yerde yayılamadan söndürülmesidir.** Bu amaçla her kat ve bölümler birbirinden bağımsız olarak yalıtılmakta, tesisatın geçtiği şaft boşlukları yangın harcı gibi özel malzemelerle kapatılmaktadır.

Busbarın yük altında uzama ve kısalmaları, yangın harcını çatlatıp ve kırmakta, bu da zehirli ve kızgın gazların üst kata geçişini hızlandırmakta, yangının üst katlara yayılmasına neden olmaktadır.

Örnek hesaplamada görüldüğü gibi uzama kuvveti yaklaşık 6,4 ton'dur. Bu kadar yüksek itme basıncı önündeki her şeyi eğip büküp kırmaktadır.

Sonuçta hangi tür tesisat olursa olsun kat geçişlerinde hareket etmesi ve yangın harçlarını kırıp çatlaması istenmemektedir. Bu sebeple uzama ve etkileri her katta birbirinden bağımız olarak çözülmelidir. Yukarıdaki hesaplamalarda görüldüğü gibi tek yüklerde 100 mm, yayılı yüklerde 25 mm, karma yüklerde 62 mm'lik toplam uzamalar oluşmaktadır. Bu durumu engellemenin tek yolu her katın uzaması kendi katında absorbe edilmesidir. Böylece toplam uzama sıfır olacaktır.



Şekil 6-31 Özel Busbar Döşeme Geçiş Elemanı

4- Yaylı askı kullanımı:

Pek çok yatay Busbar projesinde özellikle titreşim ve salınım bölgelerinde yaylı askılarını sönümleyiciler ile kullanması gerekir. **Ancak dikey uygulamalarda hiçbir şekilde yaylı askı kullanmamalıdır.** Yaylı askı uygulamaları Busbarın sadece gövdesini tutmakta, iç iletkenlerin uzamasına bir çözüm sunmamaktadır. Oysa asıl uzamalar iç iletkenlerde oluşmaktadır. Bu sebeple Busbar hatları her katta bağımsız değil bir bütün olarak uzayıp kısalmaktadır. Bu da binaya ve Busbar hattına ciddi zararlar vermektedir.

Yaylı askıların dikey hatlarda kullanım etkileri:

1. Tüm katlardaki yangın yalıtımlarını çatlatıp kırmaktadır.
2. Sönümleyici kullanılmadığı için binanın doğal frekansları ile rezonans durumu oluşabilmekte ve neticesinde ciddi hasarlar oluşabilmektedir.
3. Yaylı askı sadece gövdeye tutunduğu için iç iletkenlerde ciddi stresler oluşmaktadır.
4. Çıkış kutuları takılıp çıkarılırken yaz ve kış hava sıcaklık etkisi ile yaylarda ayar yapmak gerekir.

5- Depreme karşı sismik projesi uygulanması durumu:

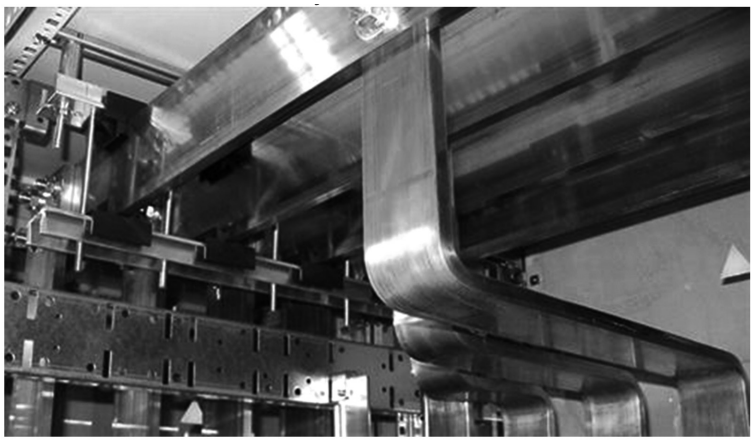
Özellikle yüksek katlı binalarda binaların doğal frekansına bağlı olarak bir salınım meydana gelmektedir. Bu salınıma ilaveten deprem salınımları da eklendiğinde ciddi salınımlar oluşabilmektedir.

Sismik teoriye göre her türlü tesisatın bina salınımına uyarak binayla birlikte hareket etmesi istenir ve önlemler buna göre alınır.

Mevcut sismik uygulamaların tümünde tesisat binayla birlikte hareket etmesi için binaya sabitlenir ve sabit askılar kullanılır. Aksi takdirde rezonans durumları oluşur ve bina farklı, tesisat farklı hareket eder ve oldukça yıkıcı bir etki meydana gelir.

Bu rezonans olma durumunun doğal salınımda ya da ufak deprem salınımlarında dahi oluşmaması için askılar her katta sabitlenir. Kesinlikle yaylı askı ve kayar askı türevleri kullanılmamalıdır.

Busbar Sistemlerindeki Gerilimler ve Azaltma Yöntemleri [56]



Resim 6-32 Busbar Sistem Montaj Resmi

Bir iletken akım taşıyorsa, bir kuvvet üretmek için mevcut diğer manyetik alanlarla etkileşime giren bir manyetik alan oluşturur. İki komşu iletkenden akan akımlar aynı yönde olduğunda, çekim kuvveti zıt yönlerde olduğunda ise itici bir kuvvet oluşur.

"Birçok Busbar Sistemlerinde, Akım Taşıyan İletkenler Genellikle Düzdür ve Birbirine Paraleldir."

"İki iletken Tarafından Üretilen Kuvvet, Akımlarının Çarpımlarıyla Orantılıdır."

Normalde çoğu bara sisteminde kuvvetler çok küçüktür ve ihmal edilebilir. Ancak kısa devre koşulları altında büyüktür ve iletken izolatörünü tasarlarken iletken malzeme yapısı gerilmeleri ve bunlarla ilgili desteklerin yeterli olmasını sağlamak için güvenlik faktörleri ile düşünülmesi gerekir.

---

[56] *www.elektrikport.com*

İzolatörler, enerji iletim hatları, **şalt sahaları** ve dağıtım merkezilerinde bulunan iletkenleri, direklere tespit eden, taşıyan, birbirinden ve topraktan yalıtan **şebeke malzemeleridir**.

Dikkate alınması gereken faktörler şu şekilde özetlenebilir:

► Doğrudan yanal çekici ve itici kuvvetler nedeniyle gerilimler,

► Titreşim gerilimleri,

► Yanal sapmadan kaynaklanan uzunlamasına gerilmeler,

► Yanal sapmalara bağlı olarak büküm momentleri.

Çoğu durumda kısa devrelerden kaynaklanan kuvvetler aniden uygulanır. Doğru akımlar tek yönlü kuvvetlere neden olurken, alternatif akımlar titreşim kuvvetleri üretir.

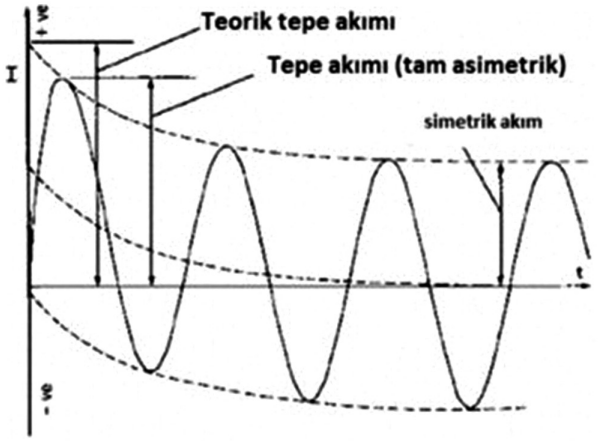
Maksimum gerilimler

Bir bara sistemi normal olarak çalışırken ara faz kuvvetleri baraların statik ağırlığı baskın bir bileşen olduğu için normalde çok küçüktür. Kısa devre koşulları altında akım, normal değerinin yaklaşık otuz misli artar ve birkaç devirden sonra başlangıç değerinin on katına düştüğü için durum böyle değildir. Bu yüksek geçici akımlar, yalnızca Busbarlar da değil aynı zamanda destek sistemlerinde de büyük mekanik kuvvetler yaratır.

"Destek izolatörlerinin ve bunlarla ilişkili çelik yapıların, rüzgâr, buz, sismik ve statik yükler gibi normal yapısal gereksinimlerinin yanı sıra bu yüksek yüklere dayanacak şekilde tasarlanması gerektiği anlamına gelir."

Tepe değerinde veya tamamen asimetrik kısa devre akımı, busbarlar ile ilgili elektrik tesisatının güç faktörüne (cos φ) bağlıdır. Bu değer, rms simetrik akımı, dengeli üç fazlı kısa devre gerilmelerinde verilen uygun faktör ile çarpılarak elde edilir.

Sistemin güç faktörü bilinmiyorsa özellikle de jenerasyon söz konusu olduğunda, 2.55 faktörü gerçek sistem değerine yakın olacaktır. Bu faktör için teorik maksimum cos φ = 0 olduğunda $2\sqrt{2}$ veya 2.828 olacağına dikkat ediniz. Bu tepe değerleri katlanarak azalır ve yaklaşık 10 çevrimden sonra faktör 1.0'a düşer. Bu nedenle tepe kuvvetleri, normal olarak, aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi ilk iki döngüde (0.04 s) meydana gelir.



Şekil 6-33 Busbar Asimetrik Güç Akımı Dalgalanması

Tamamen asimetrik bir akım dalgası durumunda kuvvetler, besleme frekansına eşit bir frekansta ve dalga simetrik hale geldiğinde ise iki kat frekansta uygulanacaktır. Bu nedenle, 50 Hz besleme durumunda bu kuvvetlerin frekansı 50 veya 100 Hz olur.

Bir bara yapının maruz kalma ihtimali olan maksimum gerilimler, hat kısa devre akımlarının 180° yer değiştirdiği tek fazlı bir bara sisteminde kısa devre esnasında meydana gelir.

Üç fazlı bir sistemde, iki faz arasındaki kısa devre, tek fazlı durumla hemen hemen aynıdır ve faz akımları

normalde 120° yer değiştirmiş olsa da, kısa devre koşullarında, iki fazın faz akımları neredeyse 180° faz dışıdır. Üçüncü fazın etkisi ihmal edilebilir.

"Dengeli bir üç fazlı kısa devrede, üç fazın herhangi birindeki sonuç kuvvetleri, tek fazlı durumda olanlardan daha azdır ve üç fazın göreli fiziksel konumlarına bağlıdır."

Tek fazlı bir kısa devre durumunda üretilen kuvvetler tek yönlüdür ve bu nedenle yön değiştiren üç fazlı kısa devre nedeniyle olanlardan daha şiddetli olur. Kısa devre kuvvetleri önce iletken tarafından absorbe edilmelidir. Bu nedenle, iletken, bu kuvvetler kalıcı çarpıtma olmadan taşımak için yeterli bir dayanıklılığa sahip olmalıdır. Bakır, diğer iletken malzemelerle karşılaştırıldığında yüksek mukavemete sahip olduğu için bu gereksinimi karşılar.

Tablo 6-22 Busbar Malzemesi Olarak Alüminyum-Bakır Karşılaştırılması

Cu ve AL'ın özellikleri	Bakır (CW004A)	Alüminyum (1350)	Birimler
Elektrik iletkenliği (tavlanmış)	101	61	% IACS
Elektrik direnci (tavlanmış)	26299	30348	μΩ cm
Direnç sıcaklık katsayısı (tavlanmış)	0.0039	0.004	/° C
20° C'de ısı iletkenliği	397	230	W/ mK
Genleşme katsayısı	17 x 10-6	23 x 10-6	/° C
Çekme mukavemeti (tavlanmış)	200-250	50-60	N/mm2
Çekme mukavemeti (yarı sert)	260-300	85-100	N/mm2
%0,2 darbe gerilmesi (tavlanmış)	50-55	20-30	N/mm2
%0,2 dayanıklılık stres (yarı sert)	170-200	60-65	N/mm2
Elastik modül	116-130	70	N/mm2
Öz ısı	385	900	J/kg K
Yoğunluk	33451	25600	g/cm3
Erime noktası	1083	660	°C

Bakırın yüksek mukavemeti nedeniyle yalıtkanlar daha düşük mukavemetli malzemelerle mümkün olduğu orandan daha geniş aralıklarla yerleştirilebilir.

İletken Gerilimlerini Azaltma Yöntemleri:

Normal akımlarda titreşim olasılığı olan durumlarda veya iletkene zarar veren kısa devre kuvvetlerine maruz kaldığında, aşağıdaki durumlar bu etkiyi azaltabilir veya ortadan kaldırabilir:

A) İzolatör destekleri arasındaki mesafeyi azaltmak: Bu yöntem, sürekli titreşimin ve bunun kısa devre kuvvetlerinden kaynaklanan etkilerini azaltmak için kullanılabilir.
B) İzolatör destekleri arasındaki mesafeyi artırmak: Bu yöntem yalnızca sürekli bir akımdan kaynaklanan titreşim etkilerini azaltmak için kullanılabilir. Bir kısa devre akımı nedeniyle gerilimleri artıracaktır.
C) İletken desteklerinin esnekliğini artırmak veya azaltmak: Bu yöntem kesintisiz akıma bağlı titreşim etkilerini azaltacaktır, ancak kısa devre kuvvetleri nedeniyle bunun üzerinde çok az etki bulunmaktadır.
D) İletken esnekliğini artırmak: Bu sadece sürekli bir akımdan dolayı titreşimin etkilerini azaltmak için kullanılabilir. Kısa devre etkisi artar.
E) İletken esnekliğini azaltmak: Bu yöntem, sürekli bir akım veya kısa devre nedeniyle titreşimin etkilerini azaltacaktır.

Busbar Uygulamalarını Etkileyen Faktörler:

- Isıl Uzama ve Uzama Kuvvetleri,
- Yük tipi: Tek yük, Dağıtılmış yük, Karma yük,
- Proje esnasında yangın için proje uygulanıyor mu, gelecekte uygulanacak mı?
- Proje esnasında deprem için proje uygulanıyor mu, gelecekte uygulanacak mı?
- Risk analizine göre özel istemler,
- Genel- Özel sınır şartları: Gerilim düşümü, talep ve eşzamanlılık faktörü, kısa devre, vb.

6.2. BORULARDA ISIL UZAMA-KISALMA (TERMAL GENLEŞME) HESAPLARI VE ASKI SİSTEMİNE ETKİLERİ

Borular için uzama/kısalma davranışı sistematik olarak süreklilik arzeden davranış şeklidir, konu ile ilgili metodik yaklaşım yapmak istersek bazı değerleri doğru tespit edip metodolojik yaklaşımı bir sonuç ile bitirmek gerekir.

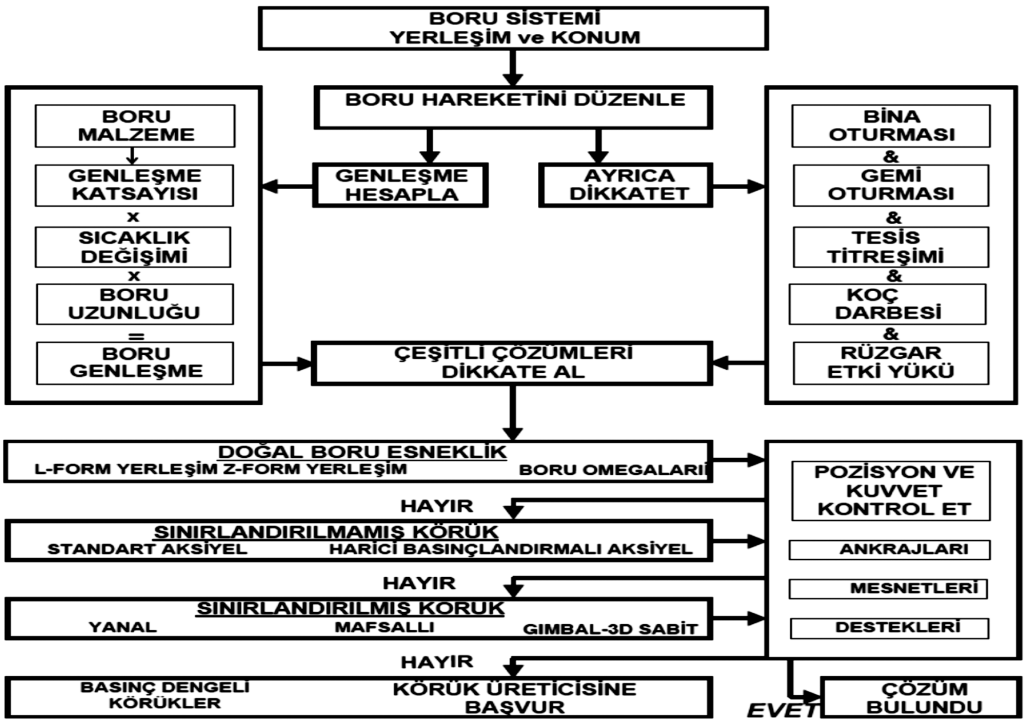
METODİK YAKLAŞIM

Gerçekten **"mutlak doğru"**, metodoloji için mümkün değildir, çözümlerden biri veya birkaçı problemi çözmek için elimizde seçenekler olur. Bu hesapları yaparken etken birçok faktör dikkate alınmalıdır ve faktörlerin tiplerine göre de çözüm metotları kullanılmalıdır. Bunlar;

- Boru Malzemesi (genleşme katsayısı),
- Boru Anma çapı (ve anma sınıfı, et kalınlığı veya çalışma sınıfı),
- Boru uzunluğu, yerleşimi ve güzergahı,
- Sıcaklık (en düşük, en yüksek ve başlangıç montaj sıcaklığı),
- Basınçlar (çalışma ve test),
- Bağlantı elemanları ve kol ayrımları,
- Bina yapısı (duvarların dayanımı ve tipi, döşeme tipi, taşıyıcı sistemin prefabrik, beton veya çelik olması ve hangi katta bulunduğu; bodrum, ara kat, çatı vb.)

Fiziğin temel kurallarından biri de maddelerin sıcaklık değişimleri sonucu genleşmesi veya büzüşmesidir. Malzemelerin içerisinde yer alan atomlar, ısıya maruz kaldıkça kinetik enerjileri artar ve dolayısıyla daha fazla titreşmeye başlar. Bu sebeple malzemenin sıcaklığı artmaya başlar ve sıcaklık arttıkça atomlar arası titreşme genliği artar. Atomlar arası mesafe de bu titreşimden dolayı artar ve malzeme genleşir.

Genellikle ısıya maruz kalan malzemelerin boyutlarında artış, soğutulan malzemelerin boyutlarında ise azalma meydana gelir. Ancak bazı malzemeler tam tersi tepki gösterir ve sıcaklığı arttıkça büzüşür, yani hacmi azalır. Bu tarz malzemeler negatif ısıl genleşme katsayısına sahiptir. Alüminyum, makaron kablo, kauçuk, bazı karbon fiber malzemeler negatif ısıl genleşme katsayısına sahip malzemelere örnek olarak gösterilebilir.

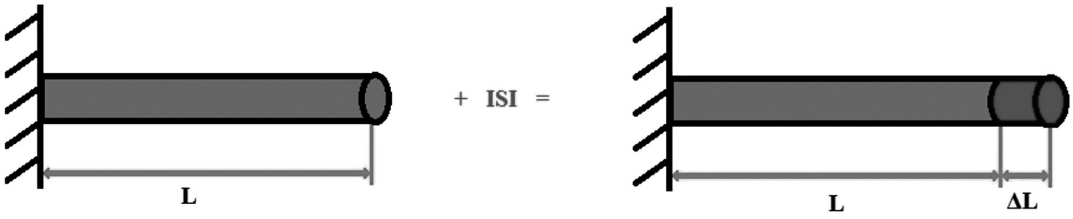


Şema 6.1 Boru Tesisatı Uzama/Kısalma için Karar Verme Akış Şeması

Üretici Linki: http://www.kayse.com.tr

Borular akışkan malzemelerin bir noktadan başka bir noktaya taşınması için kullanılır ve genellikle metal ve termoplastik malzemelerden imal edilir. Boruların içinden sıcak akışkanların geçtiği uygulamalarda, termal genleşmenin problemlere sebep olmaması için planlama aşamasında gerekli hesaplamaların yapılması ve uygun önlemlerin alınması gereklidir. Büyük sıcaklık farklarının söz konusu olduğu uygulamalarda, termal genleşme tüm sistemi tehlikeye sokacak boyuta ulaşmasına sebep olabilir.

Borularda genellikle lineer ısıl uzama ve kısalma dikkate alınmaktadır. Lineer ısıl uzama, 3 temel parametreye bağlı olarak değişmektedir. Borunun bir ucu sabit diğer ucu serbest bırakılmışsa ısıl uzama Şekil 6-34'deki gibi gerçekleşir.



Şekil 6-34 Borunun Boyu Etkili Olan Sıcaklığa Bağlı Olarak Uzamaktadır.

$$\Delta L = \alpha \, L \, \Delta T \qquad \textit{Denklem 6-1}$$

ΔL = Isıl Uzama [mm],
α = Isıl Genleşme Katsayısı [mm/m°C],
L = Uzunluk [m],
ΔT = Sıcaklık Farkı [°C].

Lineer ısıl genleşme katsayısı (α): Bir malzemenin birim sıcaklık artışındaki uzama miktarını göstermektedir ve malzemeye bağlı değişen bir katsayıdır.

Uzunluk (L): Isıl genleşmeye uğrayan elemanın uzunluğudur. Boru sistemleri uzadıkça termal genleşme artar.

Sıcaklık farkı (ΔT): Sistemin maruz kaldığı en yüksek ve en düşük sıcaklık arasındaki farkı ifade eder. Boru sistemlerinde genel olarak işletme sıcaklığı ile montaj sıcaklığı arasındaki fark olarak hesaplanır.

Tablo 6-23 Çeşitli Çeşitli Demir/Çelik Malzemelerin Isıl Genleşme Tablosu [57]

ASME B31.1-2016 ((Table B-1 (SI))															
A = Ortalama Isıl Genleşme Katsayısı,10-²mm/ mm/ °C *B = Birim ısıl uzama değeri, mm/m*		}	*20°C'den başlayarak belirtilen sıcaklık değerine kadar (Bkz. Not 1)*												
MALZEME CİNSİ	**Katsayı**	**SICAKLIK SINIRLARI 20°C 'den ...**													
		-200	**-100**	**-50**	**20**	**50**	**75**	**100**	**125**	**150**	**175**	**200**	**225**	**250**	**275**
Grup 1 Düşük alaşımlı karbon çelikler (Not 2)	A	9.9	10.7	11.1	11.5	11.8	11.9	12.1	12.3	12.4	12.6	12.7	12.9	13.0	13.2
	B	-2.2	-1.3	-0.8	0	0.4	0.7	1.0	1.3	1.6	2.0	2.3	2.6	3.0	3.4
Grup 2 Düşük alaşımlı çelikler (Not 3)	A	10.8	11.7	12.0	12.6	12.8	13.0	13.1	13.2	13.4	13.5	13.6	13.7	13.8	13.9
	B	2.4	-1.4	-0.8	0	0.4	0.7	1.0	1.4	1.7	2.1	2.4	2.8	3.2	3.6
Krom-Molibden çelikler (5Cr-1Mo)	A	10.1	10.8	11.2	11.5	11.8	12.0	12.1	12.3	12.4	12.5	12.6	12.6	12.7	12.8
	B	-2.2	-1.3	-0.8	0	0.4	0.7	1.0	1.3	1.6	1.9	2.3	2.6	2.9	3.3
Krom-Molibden çelikler (9Cr-1Mo)	A	9.0	9.8	10.1	10.5	10.6	10.7	10.9	11.0	11.1	11.2	11.3	11.4	11.5	11.6
	B	-2.0	-1.2	-0.7	0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6	3.0
Düz paslanmaz krom çelikler (12Cr - 13Cr)	A	9.1	9.9	10.2	10.6	10.9	11.0	11.1	11.3	11.4	11.4	11.5	11.6	11.6	11.7
	B	-2.0	-1.2	-0.7	0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0
Krom Çelikler (15Cr - 17Cr)	A	8.1	8.8	9.1	9.6	9.7	9.9	10.0	10.1	10.2	10.3	10.4	10.5	10.6	10.7
	B	-1.8	-1.1	-0.6	0	0.3	0.5	0.8	1.1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.4	2.7

[57] *ASME B31.1-2016*

Krom çelikler (27Cr)	A	7.7	8.5	8.7	9.0	9.2	9.2	9.3	9.4	9.4	9.5	9.5	9.6	9.6	9.7
	B	-1.7	-1.0	-0.6	0	0.3	0.5	0.7	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2	2.5
Östenitik paslanmaz çelikler (304, 305, 316, 317 vb.) 321, 347, 348 19-9DL XM-15,vb.)	A	13.5	14.3	14.7	15.3	15.6	15.9	16.2	16.4	16.6	16.8	17.0	17.2	17.4	17.5
	B	-3.0	-1.7	-1.0	0	0.5	0.9	1.3	1.7	2.2	2.6	3.1	3.5	4.0	4.5
Diğer östenitik paslanma çelikler (309, 310, 315, xm-19 vb.)	A	12.8	13.6	14.1	14.7	15.0	15.2	15.4	15.6	15.7	15.9	16.0	16.1	16.3	16.4
	B	-2.8	-1.6	-1.0	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.5	2.9	3.3	3.7	4.2
Pik Döküm	A	...	...	...	9.8	10.1	10.2	10.4	10.5	10.7	10.8	11.0	11.1	11.2	11.4
	B	...	...	...	0	0.3	0.6	0.8	1.1	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6	2.9
Esnek pik döküm	A	...	8.8	9.5	10.3	10.5	10.7	10.9	11.1	11.3	11.6	11.8	12.0	12.2	12.4
	B	...	-1.1	-0.7	0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.5	2.8	3.1
Monel (67Ni-30Cu) N04400	A	10.4	12.2	13.0	13.8	14.1	14.4	14.6	14.8	15.0	15.1	15.3	15.4	15.5	15.6
	B	-2.3	-1.5	-0.9	0	0.4	0.8	1.2	1.6	1.9	2.3	2.8	3.2	3.6	4.0
Nikel alaşımları N02200 ve N02201	A	9.6	10.8	11.4	11.9	12.4	12.7	13.0	13.3	13.5	13.7	13.9	14.0	14.2	14.3
	B	-2.2	-1.4	-0.8	0	0.4	0.7	1.0	1.4	1.8	2.1	2.5	2.9	3.3	3.6
Nikel alaşımlar N06022	A	...	...	...	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.5	12.5	12.6
	B	...	...	...	0	0.4	0.7	1.0	1.3	1.6	1.9	2.2	2.6	2.9	3.2
Nikel alaşımları N06600	A	9.9	10.8	11.5	12.3	12.5	12.7	12.8	13.0	13.2	13.3	13.5	13.6	13.7	13.8
	B	-2.2	-1.3	-0.8	0	0.4	0.7	1.0	1.4	1.7	2.1	2.4	2.8	3.2	3.5
Nikel alaşımlar N06625	A	...	...	...	12.0	12.4	12.6	12.8	12.9	13.0	13.1	13.2	13.2	13.2	13.3
	B	...	...	...	0	0.4	0.7	1.0	1.4	1.7	2.0	2.4	2.7	3.0	3.4
Nikel alaşımlar N08800 ve N08810	A	10.6	12.5	13.3	14.2	14.6	14.9	15.1	15.3	15.5	15.6	15.8	15.9	16.0	16.1
	B	-2.3	-1.5	-0.9	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8	3.0	3.3	3.7
Nikel alaşımlar N08825	A	...	...	12.9	13.5	13.6	13.7	13.9	14.0	14.2	14.3	14.4	14.4	14.5	14.6
	B	...	...	-0.9	0	0.4	0.8	1.1	1.5	1.8	2.2	2.6	3.0	3.3	3.7
Nikel alaşımlar N10276	A	...	...	...	10.8	11.0	11.2	11.4	11.6	11.7	11.9	12.0	12.2	12.4	12.5
	B	...	...	...	0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.2	2.5	2.8	3.2

Not 1: Bu veriler bilgi amaçlıdır ve gösterilen tüm sıcaklık aralıkları için bu malzemelerin kullanımının uygun olduğunu göstermez

Literatürde malzemelerin ısıl uzamaları için çeşitli diyagramların tablo hali (Tablo 6-23) mevcuttur.

Borular içinde bulunduğu ortamın sıcaklığından veya içinden geçen akışkanın sıcaklığından dolayı uzadıkça veya kısaldıkça, boru destekleri borunun hareketini kısıtlamaya çalışır. Bu durum boru ve destek sistemi üzerinde ciddi kuvvet ve gerilmelerin oluşmasına sebep olabilir (Şekil 6-35).



Şekil 6-35 Termal Uzamanın Sınırlandırılması Halinde Kuvvetler Çok Yüksek Değerlere Çıkabilir.

Hooke kanuna göre iki ucundan desteklenmiş L(m) uzunluğundaki düz bir boru için ısıl gerilme;

$$\sigma = E\,(\alpha\,\Delta T) = E\,e \qquad \textit{Denklem 6-2}$$

σ = Termik Gerilme [N/mm²]
E = Elastiklik Modülü [N/mm²]
α = Isıl Genleşme Katsayısı [mm/m°C]
ΔT = Sıcaklık Farkı [°C]
e = Sıcaklığa bağlı birim ısıl uzama [mm/m]

Bu gerilme ise boru ekseninde kuvvet oluşmasına sebep olur;

$F = \sigma A$ *Denklem 6-3*

F = Kuvvet [N]
σ = Termik Gerilme [N/mm²]
A = Kesit Alanı [mm²]

Not: Denklemden de anlaşılacağı gibi termik gerilme miktarı borunun uzunluğuna bağlı değildir.

Literatürde malzemelerin esneklik (elastiklik) modülleri için Tablo 6-13'teki gibi değerler mevcuttur.

Tablo 6-24 Çeşitli Demir Esaslı Boru Malzemelerin Esneklik Modülü (Tablo C-1)

MALZEME CİNSİ	E= Esneklik katsayısı, MPa (,Tabloda verilen değerleri 10 ile çarpın, Not 1)]																
	Sıcaklık, °C																
	-75	25	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800
Karbon Çeliği, %0,30 dan daha düşük karbon içerenler	209	202	198	195	192	189	185	179	171	162	151	137	122	107	...	...	..
Karbon Çeliği, %0,30 karbon içerenler	207	201	197	194	191	188	183	178	170	161	149	136	121	106	...	...	..
Karbon- Molibden Çelikleri	207	200	196	193	190	187	183	177	170	160	149	135	121	106	...	...	..
Nikel Çelikleri	197	191	187	184	181	178	174	171	167	163	158	153	147	141	133	...	..
Krom Çelikleri:																	
1/2Cr ile 2Cr arası	210	204	200	197	193	190	186	183	179	174	169	164	157	150	142	...	...
2 1/4Cr ile 3Cr arası	217	210	206	202	199	196	192	188	184	180	175	169	162	155	146	...	...
5Cr ile 9Cr arası	220	213	208	205	201	198	195	191	187	183	179	174	168	161	153	...	...
Ostenitik Paslanmaz Çelikler:																	
Tip 304, 18Cr-8Ni	201	195	189	186	183	179	176	172	169	165	160	156	151	146	140	134	127
Tip 310, 25Cr-20Ni	201	195	189	186	183	179	176	172	169	165	160	156	151	146	140	134	127
Tip 316, 16Cr-12Ni-2Mo	201	195	189	186	183	179	176	172	169	165	160	156	151	146	140	134	127
Tip 321, 18Cr-10Ni-Ti	201	195	189	186	183	179	176	172	169	165	160	156	151	146	140	134	127
Tip 347, 18Cr-10Ni-Cb	201	195	189	186	183	179	176	172	169	165	160	156	151	146	140	134	127
Tip 309,23Cr-12Ni	201	195	189	186	183	179	176	172	169	165	160	156	151	146	140	134	127
Düz Paslanmaz krom Çelikler (12Cr, 17Cr,27Cr)	208	201	195	192	189	186	182	178	173	166	157	145	131	...	...	...	...
Pik Döküm	...	92	91	89	87	85	82	78	73	67	...	...	...	...	...	...	...

NOT:(1) Bu veriler bilgi amaçlıdır ve gösterilen tüm sıcaklık aralıkları için bu malzemelerin kullanımının uygun olduğunu göstermez.

Örnek: DN150 (A = 3206.3 mm^2) St35 Çelik Boru, 50 m uzunluğundadır ve içinden geçen sıcak su ile 20 °C'den 120 °C'ye ısınarak uzamaya çalışır. Borunun uzama katsayısı 12,5*10-6 1/°C ve elastiklik modülü çelik boru için 2,1 10^5 N/mm^2 ise;

Ucu serbest boru için uzama;

$\Delta L = \alpha L \Delta T$

$= (12{,}5*10^{-6}) \times 50 \times (120-20)$

$\Delta L = 0{,}0625$ mm

Borunun iki ucu sabitlenmiş ise ısıl gerilme;

$\sigma = E\,(\alpha\,\Delta T) = E\,e$

$= (2{,}1*10^5)\ x\ ((12{,}5*10^{-6})\ x\ (120\text{-}20))$

$\sigma = 262{,}5\ N/mm^2$

Boru dış çapı (168,3 mm ve et kalınlığı 4,5 mm ise;

$$A = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi(D-2t)^2}{4}$$

$$= \frac{\pi 168{,}3^2}{4} - \frac{\pi(168{,}3 - 2*4{,}5)^2}{4}$$

$A = 2316\ mm^2$

Ucu sınırlandırılmış borunun eksenel kuvveti;

$F = \sigma\ a$

$F = 262{,}5 * 2316$

$F = 607950\ N = 608\ kN$ (Boru sabit noktalarına etkiyen kuvvet)

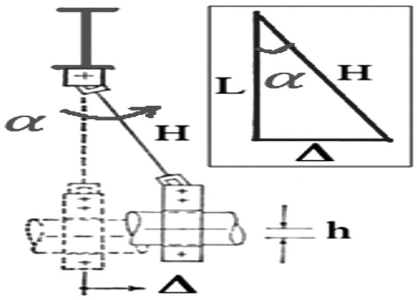
Isıl Uzamanın Askı Tasarımına Etkileri

Isıl uzama ve kısalma sonucunda borular sistem üzerinde muazzam bir kuvvet ve gerilme oluşturma potansiyeline sahiptir. Bununla birlikte boru tesisatı yeterince esnekse ısıl genleşme sonucu oluşacak büyük kuvvetlerin ve gerilmelerin oluşmasının önüne geçilebilmektedir. Bu sebeple boru tesisatı için uygun esnekliğin sağlanması, projenin tasarım aşamasında dikkat edilmesi gereken önemli bir konudur. Bu esneklik iki şekilde sağlanabilir.

1) Boruların taşıyıcı sisteme esnek bağlanması (Örneğin; yaylı mesnetler, kayar mesnetler ve serbest hareket edebilen elemanlar kullanılması,
2) Boruların esnek bir şekilde birbirlerine bağlanması (Örneğin; körüklü titreşim elemanı kullanılması).

1- Esnek Bağlantılar

Askı tasarımı için termal uzamaların hesaplanması daha düşük maliyetli çözümler üretilebilmesi adına önemlidir. Pratikte rotlu askılar için izin verilen sapma sınırı 4^0'dir (Şekil 6-36)[58].



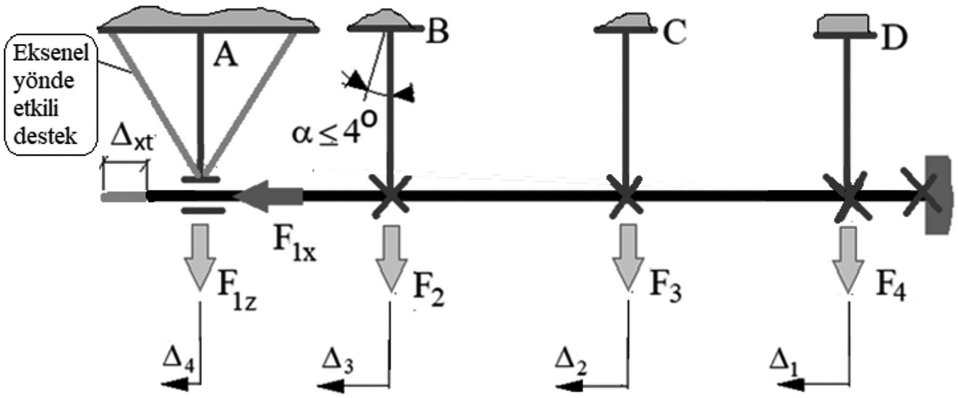
Şekil 6-36 Rotlu Askı Sapma Açısının Şematik Gösterimi

Eğer $a<4^0$ ise rotların boru ekseni yönündeki kuvvetler etkisinde dayanımı kontrol edilir. Bu tip mesnetlerde düşey askı olarak rot kullanımı yeterlidir. Ayrı bir kayar mesnet uygulamasına gerek duyulmaz.

Eğer $a>4^0$ ise kayar mesnet kullanılmalıdır. Kayar mesnetlerde etkili $\mathbf{F_{1x}}$ kuvveti sürtünmeye bağlı olarak belirlenir ve gerektiğinde rotlar eksenel yönde desteklenir (Şekil 6-37).

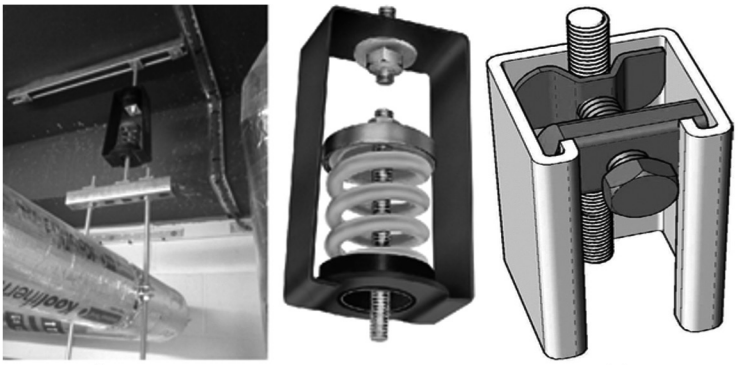
---

[58] *Piping Design and Engineering, ITT Grindell Industrial Piping, Inc., Sixth Edition, 168-169, (1981)*



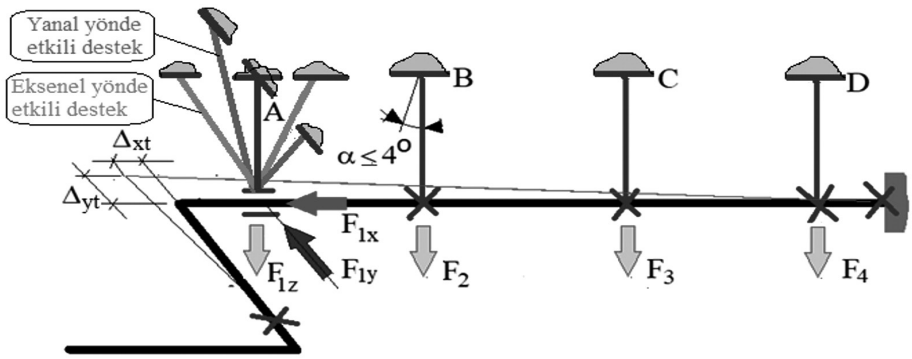
Şekil 6-37 Rot Açısı 4^0'yi Geçtiği Durumlarda Kayar Mesnet Kullanılmalı ve Gerekiyorsa Rotlar Eksenel Yönde Desteklenmelidir. (Bak. Sismik Kurallar)

Deprem veya düşey boruların termal uzamaları sonucunda oluşan kuvvetlerin yukarı yönde düşey doğrultudaki etkileri sonucu rotlu askılar en tehlikeli durum olarak basma kuvvetleri ile zorlanır. Bu durumda ya profil askı kullanılır ya da Şekil 7'de gösterilen üç farklı tasarım şekli kullanılmaktadır.



Şekil 6-38 Termal Hareketlere Karşı Tasarım Önlemleri. Burada; a-) Yaylı veya Tek Yönlü Rot Bağlantısı, b-) Rot Desteği (Stiffener)

Yatay düzlemde yön değiştiren boru uygulamalarında termal genleşme nedeni ile yanal kuvvetler oluşabilir. Yanal yönde veya her iki yönün bileşkesi cinsinden rotlarda esneme açısının 4^0'den küçük olduğu kontrol edilmelidir. Bu değerin aşılması durumunda yanal termal yükler etkisinde mesnetler tasarlanmalıdır (Şekil 6-39). Rotlu askı uygulamalarında yanal yönde de kaymaya izin verilmesi daha uygun olup ayrıca bu kısımda oluşan yanal sürtünme kuvvetleri için de etkili destekler kullanılabilir.

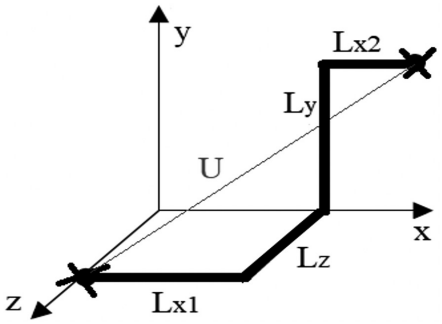


Şekil 6-39 Bir Boru Tesisatında Termal Uzama İçin Tasarım Örneği

Burada termal uzamanın en fazla etkili olduğu A noktasında eksenel ve yanal destekler kayar mesnet kullanılır. Diğer noktalarda rot salınım açısı 40'yi geçmediği için herhangi bir önlem almaya gerek yoktur.

2-Boru Esnekliği

Genel olarak bir boru sisteminin esneklik analizi ASME B31.1 standardına göre aşağıdaki gibi önerilmektedir.



Şekil 6-40 Bir Boru Sisteminde Isıl Uzamaları Sistemin Kendisi Esneyerek Telafi Edebilir.

Aksi takdirde konstrüksiyonda tedbirler (örneğin körüklü titreşim elemanı kullanımı, vb.) alınması gerekir. Bak Şema 6-1 Boru Tesisatı Uzama/Kısalma için Karar Verme Akış Şeması

$$U = \sqrt{L_x^2 + L_y^2 + L_z^2}$$ ***Denklem 6-4***

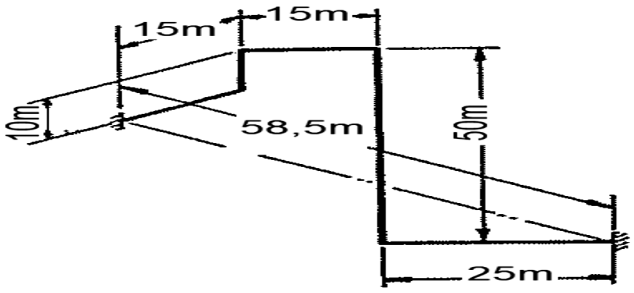
Olarak değerlendirildiğinde;

$$\frac{(D*\Delta L)}{(L-U)^2} \leq K_1$$ ***Denklem 6-5 Koşulu sağlandığında boru için esneklik yeterlidir.***

$$K_1 = 208300\ \frac{S_A}{E} \cong 208,3\ (\frac{mm}{m})^2$$

D: Boru anma çapı (mm)
y: Termal uzama değeri (mm)
L: Borunun toplam uzunluğu (m)
U: İki sabit nokta arasındaki dik uzaklık (m)

Örnek: Şekildeki boru sistemi için esneklik analizini yapınız. Tasarım sıcaklığı 100°C ve borular DN100 olduğuna göre sistemin esnekliği yeterli midir? (Çelik boru için birim uzama e=1,25 mm/°C kabul edilebilir.)



Şekil 6-41 Örnek Hesap

U=58,5m

ΔL = αLΔT

= (12,5*10^{-6})*58,5*100

ΔL = 73,125 mm

$$\frac{(D * \Delta L)}{(L-U)^2} = \frac{(100 * 73,125)}{(116-58,5)^2} = 2,2\ (\frac{mm}{m})^2 \leq 208,3(\frac{mm}{m})^2$$

Esneklik yeterlidir.

Not: Daha kapsamlı veriler için termal analiz yapılması tavsiye edilir.

Borular, akışanları bir noktadan başka bir noktaya taşımak için kullanılır. Yani başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki mesafe (U) sabittir. Termal genleşme (ΔL) borunun malzemesine ve akışkan sıcaklığına bağlıdır. Borunun dış çapı (D) örneğin ısıtma soğutma sistemleri için ihtiyaç duyulan ısıyı sağlayacak akışkanın debisiyle ve 1 m'deki basınç düşümü ile bağlantılıdır. Boru hattının uzunluğunu artırmak formülden de anlaşılabileceği gibi borunun esnekliğinin artmasını sağlar. Fakat fazla uzayan boru hatları ekstra boru maliyetine ve basınç düşmesinden ötürü pompa maliyetlerinin artmasına sebep olabilir.

Boru esnekliğinin yetersiz kaldığı durumlarda, esnekliği artırmak için ve ısıl uzama-kısalma ile başa çıkmak için iki temel yöntem kullanılmaktadır.

1) Doğal uzama/kısalma yöntemi, örneğin L dirseği, Z dirseği, Omega dirsek vb…kullanımı

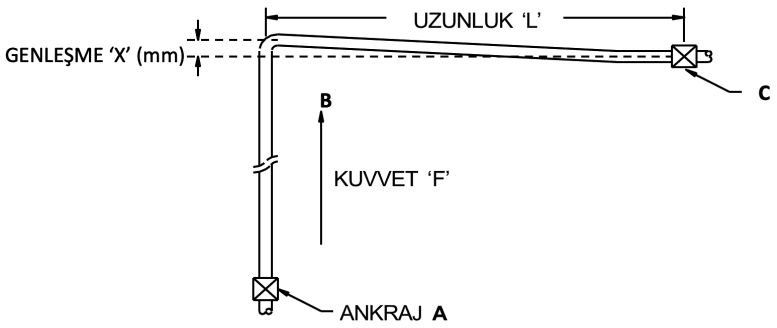
2) Teknik uzama/ kısalma yöntemi, örneğin sabit nokta ve körüklü titreşim elemanı kullanımı (detaylı olarak Bölüm 6.4 altında anlatılacaktır.

1) Doğal Uzama/Kısalma Yöntemleri

Genel olarak boru hattının boyunun uzamasını sağlayıp, körüklü titreşim elemanı kullanmadan termal genleşmeden kaynaklı stres ve kuvvetleri büyümeden karşılamak için kullanılır.

a- L Dirsek

Her iki tarafından sabitlenmiş boru dönüş parçası için uzama-kısalma miktarı aşağıdaki gibi hesaplanabilir.



Şekil 6-42 L Dirsek Şematik Görünümü

$$L = \sqrt{\left[\frac{(3\Delta DE)}{S_A}\right]} \qquad \textit{Denklem 6-6}$$

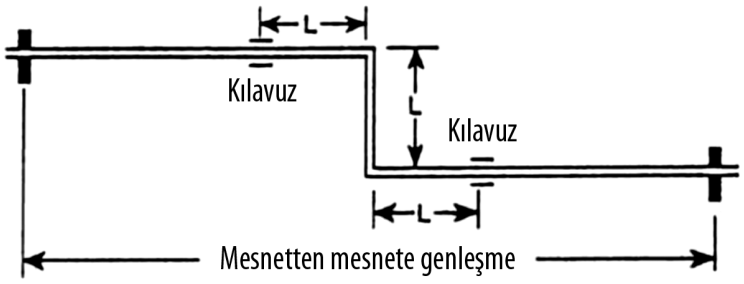
L = BC ayağının AB ayağının termal uzamasını karşılayacak uzama miktarı [mm]
ΔL = AB parçasının termal uzama-kısalma miktarı [mm]
D = Borunun gerçek dış çap ölçüsü [mm]
E = Elastisite modülü [N/mm²]
SA = İzin verilen stres miktarı [N/mm²]

$$F = \frac{12EI\Delta L}{10^6 L^3} \qquad \textit{Denklem 6-7}$$

F = Kuvvet Miktarı [N]
L = Boru eksen değişme miktarı [mm]
ΔL = Eksen değişme parça boy farkı [mm]
D = Borunun gerçek dış çap ölçüsü [mm]
E = Elastisite modülü [N/mm²]
I = Atalet modülü [mm^4]

b- Z Dirsek

İki ucundan sabitlenmiş, iki uç arasında kayar mesnetler ile hareketi yönlendirilen borunun L mesafesi kadar yolu değiştirilmiştir (Şekil 6-43). Kayar mesnetlerin arasındaki mesafe, en az L mesafesi (eksen kayma mesafesi) kadar veya daha büyük olmalıdır. Ayrıca boru eksen çökme kısmında da askı, yan destek plakası, yaylı askılar kullanılmalıdır.



Şekil 6-43 Z Dirsek Şematik Görünümü

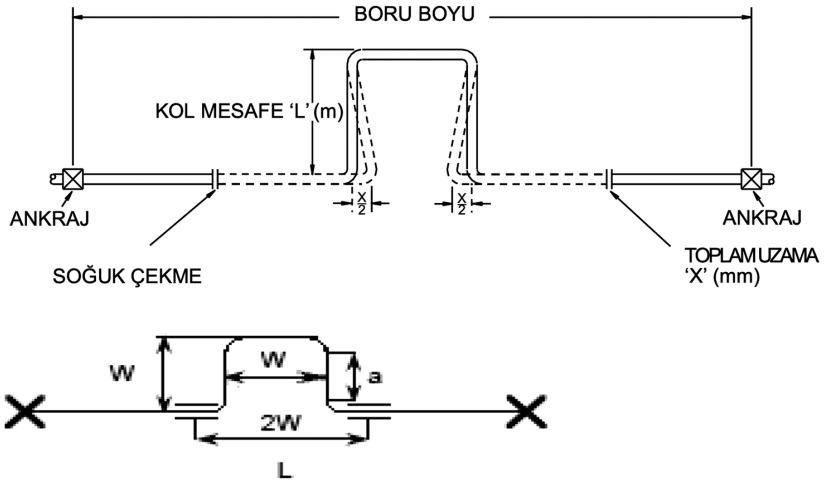
Basitleştirilmiş hali ile aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$L = 48.7\sqrt{\Delta D} \qquad \textit{Denklem 6-8}$$

L = BC ayağının AB ayağının termal uzamasını karşılayacak uzama miktarı [mm]
Δ = AB parçasının termal uzama-kısalma miktarı [mm]
D = Borunun gerçek dış çap ölçüsü [mm]

c- Omega Dirsek Boru Hattı

En sık kullanılan doğal Uzama/Kısalma kontrol yöntemidir. Boyutlarına göre çok fazla çeşidi ve literatürde geniş araştırmalar bulunmaktadır. Şekil 6-44'de gösterilen genişlik ve derinlik ölçüleri aynı olan omega dirsek için Tablo 6-14'de örnek değerler gösterilmiştir.



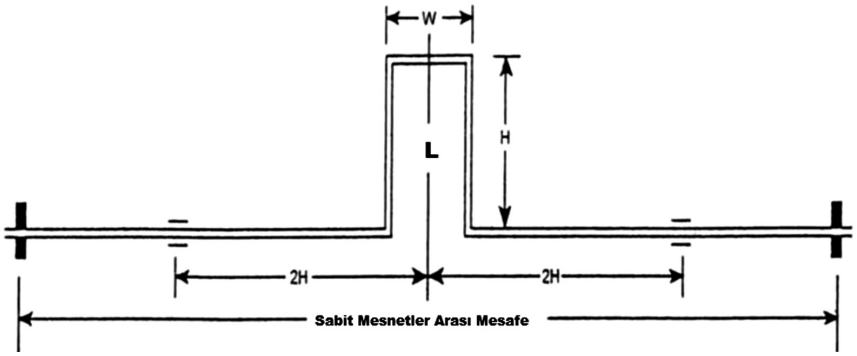
Şekil 6-44 Omega Dirsek Şematik Görünümü [59]

[59] *POLİTEKNİK LTD.ŞTİ. "Boru Genleşme Parçaları Kompansatörler", 1989*

Tablo 6-14 Genişliği Derinliğine Eşit Omega Dirsek Değerleri [60]

Boru Çapı DN	L (m)									
	30		46		61		76		91	
	W (mm)	a (mm)	W (mm)	a (mm)	W (mm)	a (mm)	W (mm)	a (mm)	W (mm)	a (mm)
20	1016	966	1296	1244	1474	1423	1626	1575	2084	1779
25	1169	1092	1447	1372	1626	1550	1096	1830	2058	1981
32	1296	1194	1600	1497	1830	1728	2084	1984	2236	2135
40	1525	1397	1881	1548	2185	2058	2544	2413	2021	2693
50	1728	1575	2135	1981	2490	2210	2846	2693	3126	2973
65	1906	1702	2210	2135	2745	2541	3126	2922	3507	3304
80	2185	1956	2745	2516	3202	2973	366	3430	4041	3812
100	2516	2210	3125	2845	3736	3430	4524	4219	4727	4421
125	2795	2413	3557	3150	4193	3812	7803	4421	5337	4956
150	2973	2541	3836	3380	4515	4117	5235	4778	5845	5388
200	3304	2693	4320	3710	5185	4575	5997	5388	6633	6022
250	3507	2745	4651	3888	5642	4880	6505	5743	7269	6506
300	3609	2693	4880	3965	5947	5032	8082	5947	7701	6706

Uzun hatlarda en sık tercih edilen doğal omega genleşme parçaları sabit mesnetler arası mesafeye göre hesaplanan genleşme veya büzüşme miktarına göre Şekil 6-45'de belirtilen ve olması gereken W, H ve L mesafeleri belirlenmelidir.



Şekil 6-45 Omega Dirsek Şematik Görünümü

Mesnetler arası hesaplanan uzama ve kısalma miktarına göre ilk önce L mesafemiz hesaplanmalıdır. Bu da L tip genleşme parçası için kullanılan formül ile aynıdır.

$$L = \sqrt{\left[\frac{(3*\Delta L*D*E)}{S_A}\right]} \qquad \textit{Denklem 6-9}$$

L = Omega parçasının derinliği [mm]
ΔL = Düz hattın termal uzama-kısalma miktarı [mm]
D = Borunun dış çapı [mm]
E = Elastisite modülü [N/mm²]
S_A = İzin verilen stres miktarı [N/mm²]

[60] *ALARKO A.Ş. Boru Hatları Analizi*

Bu formül A53 Grade B karbon çelik boru ve B88 çekme bakır boru yukarıdaki formülün sadeleşmiş hali aşağıdaki gibidir;

$$L = 75\sqrt{\Delta L * D}$$ *Denklem 6-10*

Şekilde bulunan diğer iki bilinmeyen ise aşağıdaki formüller ile bulunuyor.

W = L/5 (mm)

*H = 2 * W (mm)*

Şekil 6-45'de belirtilen 2H mesafesi omegadan sonra bulunan ilk kayar mesnetin (kılavuzların) mesafesini belirtmektedir.

2. Teknik Uzama/Kısalma Yöntemleri

Körüklü titreşim elemanı genleşme parçası olarak işlevi, boru hatlarının ısıl genleşme sorunlarını çözmektir. Körüklü titreşim elemanı yapısını oluşturan ana eleman paslanmaz CR-NI çelik olan körük kısmıdır. Boru hattının ısıl genleşmesinden doğacak gerilimler körük tarafından yutularak telafi edilir. Körüklü titreşim elemanı körük kısmı hem ısıl genleşmeleri telafi edebilecek esneklikte hem de basınç-sıcaklık ve akışkan şartlarına karşı yeterli mukavemette tasarlanması gerekmektedir.

Körüklü titreşim elemanı hesaplarında genel olarak Amerikan EJMA (Expansion Joints Manufacturers Association) Standartları esas alınmaktadır.

Boru hattının özelliğine ve telafi edilecek hareketin çeşidine bağlı, genleşme parçaları üç ayrı tipte kullanılır ve incelenir.

NOT: Körüklü titreşim elemanı tedarikçisinin, sabit noktalar ile titreşim elemanı yerleşimi ve montajı ile ilgili talimatlarına kesinlikle uyulmalıdır.

a. Eksenel Körüklü Titreşim Elemanı

Boru hatlarının veya bölümlerinin düz bir hat halinde uzandığı, yanal veya açısal bir sapma yapmadığı hallerde kullanılır. Boru hattının uç noktaları sabitlenir. Böylece düz bir hat halinde uzanır. Borudaki ısıl genleşmeler, körüğün boyunun uzayıp kısalmasıyla ısıl genleşme gerilimleri meydana getirmeden telafi edilir.

6.3. KAYAR MESNET, ROLLER VE ENDÜSTRİYEL KAYAR MESNET KULLANIMI

Isıtma /soğutma boru hatlarında hattın uzunluğu, kullanılan boru malzemesinin ısı iletim katsayısı ve maksimum sıcaklık farklarına bağlı bir genleşme oluşmaktadır. Bu genleşme miktarını sönümleyecek askı noktalarına ekstra genleşme kuvveti etkisi yaratmayacak bağlantı elemanlarına ihtiyaç bulunmaktadır.

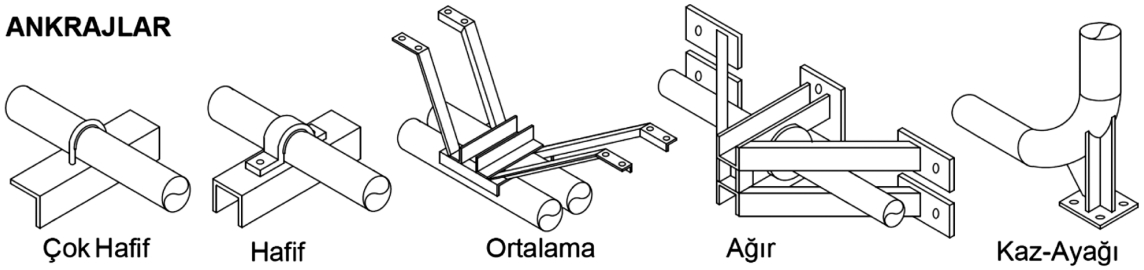
Bu sönümleme elemanları genleşme miktarları, boru çapları ve kullanım noktalarına göre değişkenlik göstermektedir.

Küçük çaplı ve genleşmenin belirli bir miktarı (ortalama 20 mm) geçmediği durumlarda kayar mesnetler kullanılabilir, boru çapları büyüdükçe kayar mesnetler aynı zamanda sürtünme ve tepki kuvvetlerine de dayanıklı olması gerektiği için malzeme mukavemetinin artırılması gerekmektedir.

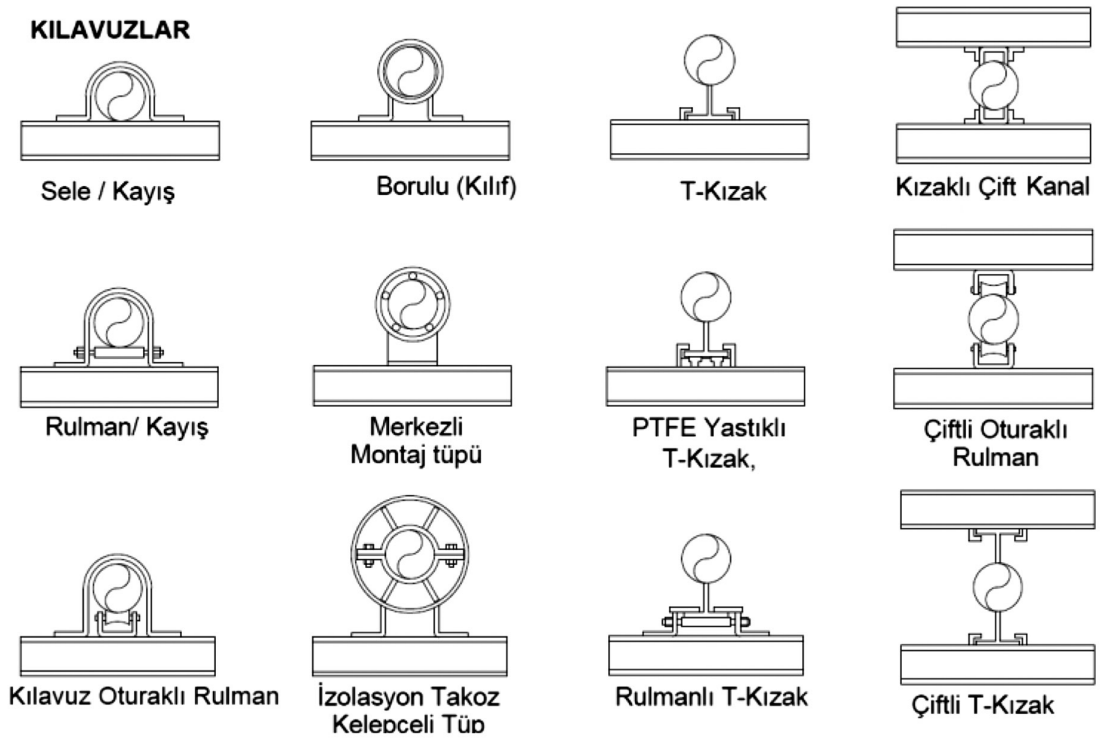
Böyle durumlarda da endüstriyel kayar mesnetler kullanılmalıdır.

Genleşme miktarının çok yüksek olduğu genellikle uzun hatlarda veya boru çaplarının büyük olduğu buhar tesisatı ve sıcaklık farklarının yüksek olduğu (ΔT) hatlarda rulmanlar kullanılmalıdır.

Rulmanlar sonsuz genleşme miktarına sahip olup, hesaplamalar ve seçimler yapılırken üzerindeki rulman malzemesinin hem mukavemet değerleri hem de dönme esnasında oluşturacağı sürtünme kuvvetleri dikkate alınmalıdır.



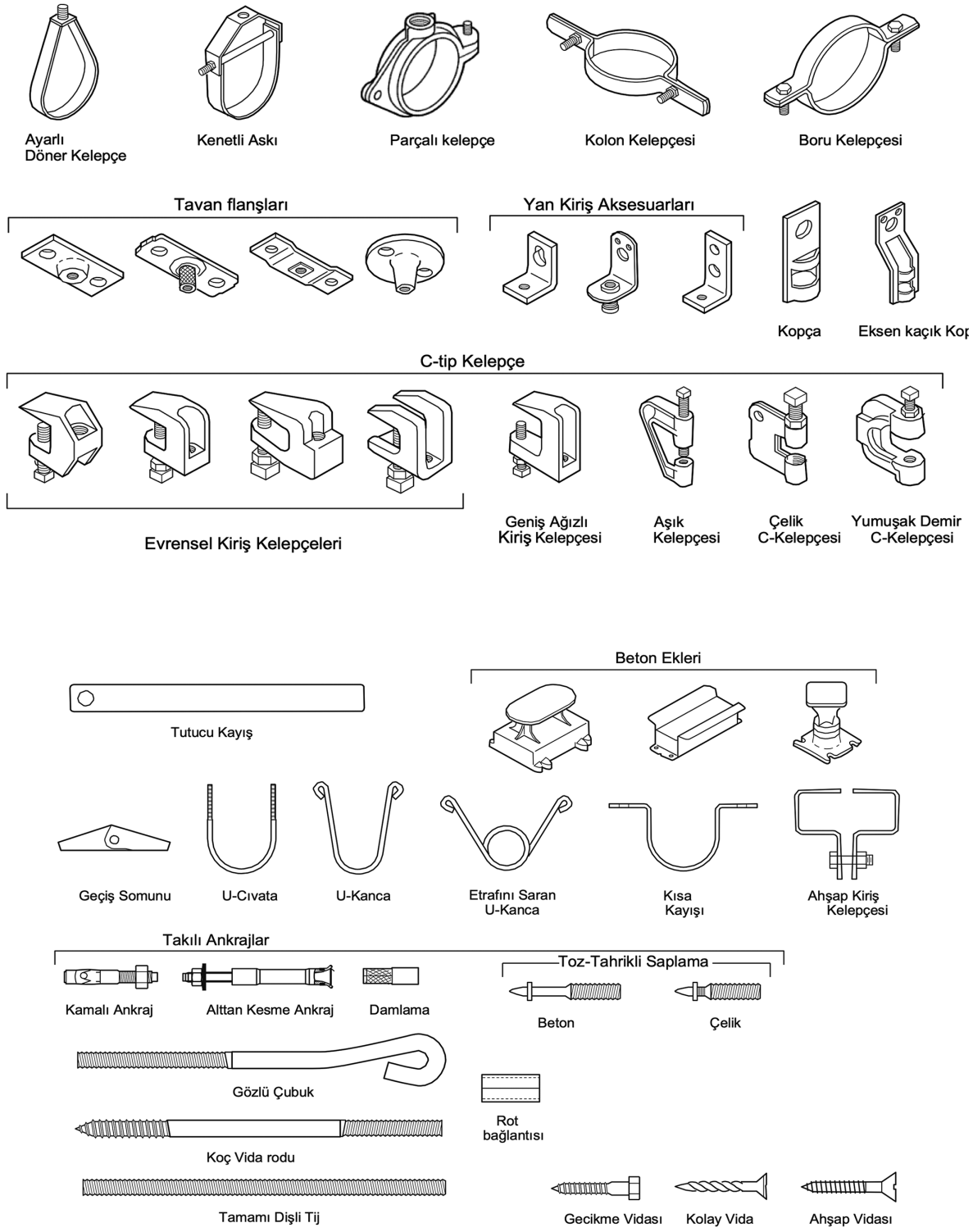
Şekil 6-46 Tipik Boru Ankraj Elemanları (Yangın Hariç)



Şekil 6-47 Tipik Boru Kılavuz Elemanları (Yangın Hariç)



Şekil 6-48 Tipik Boru Yaylı Destek Elemanları (Yangın Hariç)



Şekil 6-49 Tipik Yangın Boru Kabul Edilen Askı Tipleri (NFPA 13 Kısım 9 Figür A.9.1.1.)

6.4. KÖRÜKLÜ TİTREŞİM ELEMANI VE TİTREŞİM YUTUCU SEÇİMLERİ

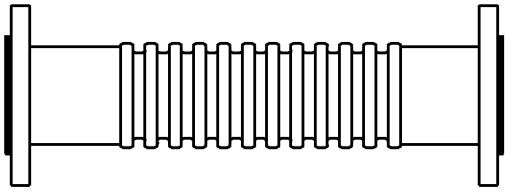
Doğal esneklik yetersizse veya ortaya çıkan kuvvetler aşırıysa genleşme elemanları kullanmak bir sonraki çözümdür. Ancak, birkaç farklı model vardır ve tasarlanan boru sistemi için hangisinin en iyi olduğuna karar verilmelidir.

Ankrajların ve kılavuzların olası konumları ile güçlü yönleri göz önünde bulundurulmalıdır. Boru sistemi parametreleri ile birleştirildiğinde, farklı genleşme eklemi modelleri farklı kuvvetlere karşı dayanacaktır.

Genleşme elemanları iki ana gruba ayrılabilir. Bunlar "**sınırlandırılmamış**" ve "**kısıtlanmış veya sınırlandırılmış**" genleşme körükleridir. Tüm genleşme elemanları aşağıda tarif edilmiştir:

SINIRLANDIRILMAMIŞ GENLEŞME ELEMANLARI

EKSENEL genleşme elemanı, kısıtlanmamış gruba giren tek modeldir. Genellikle 25/30 mm ile 50/60 mm arasındaki hareketleri karşılamak için tasarlanmıştır. Sadece eksenel yöndeki hareketle sınırlıdır ve hasarı önlemek için uygun şekilde tutturulmalı ve yönlendirilmelidir. Bu kuralın tek istisnası, kombine ısı ve güç egzoz uygulamaları gibi 2 Bar'a kadar çok düşük basınçlı sistemlerdedir.

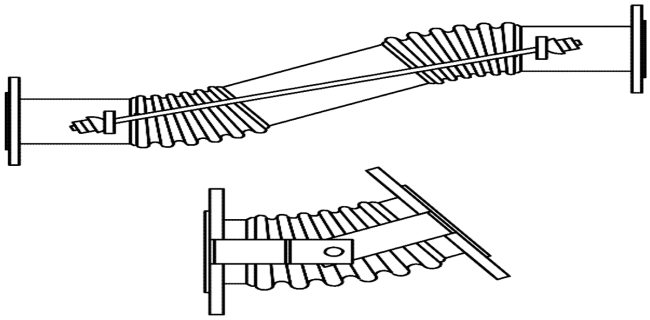


Şekil 6-50 Eksenel Körük

KISITLANMIŞ GENLEŞME ELEMANLARI

Kısıtlanmış gruba giren birkaç genleşme eleman modeli vardır. Tüm bu modellerde, ankraj kuvvetleri genellikle sınırsız genleşme körüklerine göre daha düşüktür ve ayrıca daha az boru kılavuzu gerekir.

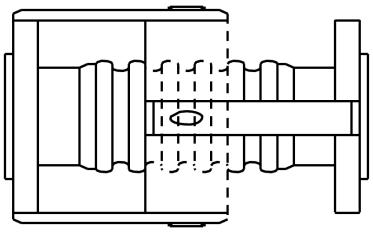
YANAL Genleşme Körükleri çok büyük hareketleri barındıracak şekilde tasarlanabilir. Sadece yanal hareket ile sınırlıdır. TAM KÖRÜKLÜ modeller, ana eksenlerinden herhangi bir yönde yanal harekete izin verebilir. ÇİFT MENTEŞELİ modeller yalnızca bir düzlemde yanal harekete izin verebilir.



Şekil 6-51 Yanal ve Mafsallı Körükler

MAFSALLI genleşme körükleri, 2 veya 3'lük setlerde kullanıldığında çok büyük hareketleri sönümleyecek şekilde tasarlanabilir. Sadece açısal hareketle sınırlıdır, ancak 2 veya 3 ünite peş peşe olarak kullanıldığında etkili bir şekilde doğru çalışan boru ankraj aralıkları oluşturur. AÇISAL genleşme körükleri olarak da bilinir.

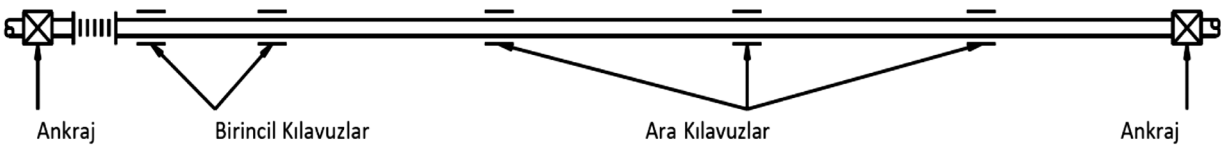
GIMBAL (Üç boyutlu, kardan mafsallı tip) genleşme elemanları, prensip olarak MAFSALLI modele benzer, ancak ana eksenlerinden herhangi bir yönde sınırlı açısal harekete izin verir, diğer yönlerde peş peşe kullanılarak doğru çalışabilir. 2 veya 3'lü setlerde veya MAFSALLI modelleriyle birlikte kullanıldığında, çok büyük hareketlere uyum sağlayacak şekilde tasarlanabilir.



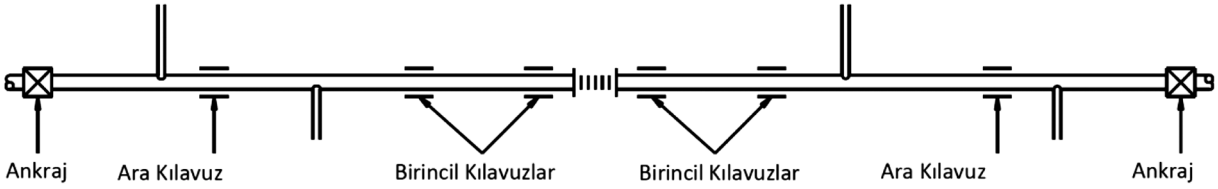
Şekil 6-52 Gimbal Tip Mafsallı Körük

TİPİK SINIRLANDIRILMAMIŞ SABİT NOKTA (ANKRAJ) VE KAYAR ARA KILAVUZ MESNETLERİN MONTAJ ŞEKİLLERİ

Kısıtlanmamış EKSENEL genleşme elemanının sadece yeterince tutturulmuş ve yönlendirilmiş düz boru çalıştırmalarında kullanılması gerekir. Tipik düzenler aşağıda gösterilmiştir:

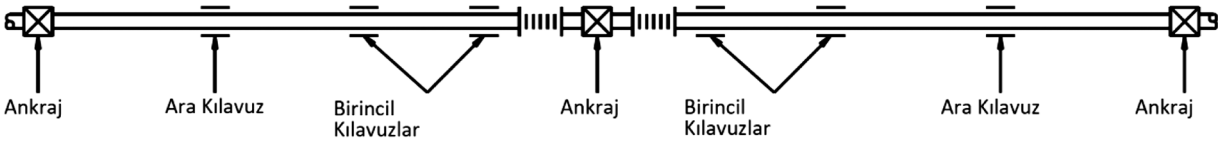


Şekil 6-53 Tipik Düz Boru Sabit ve Kayar Mesnet Yerleşimi

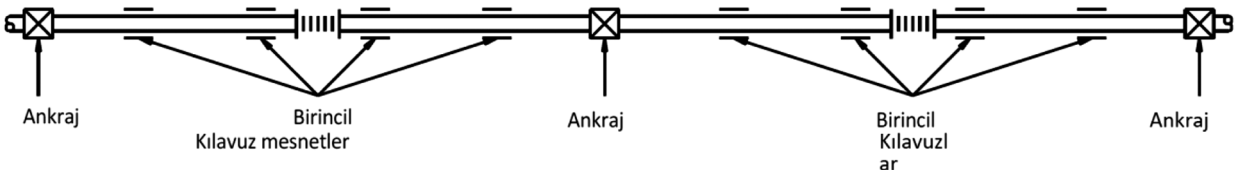


Şekil 6-54 Tipik Düz Boru Kol Ayrımı İçin Sabit ve Kayar Mesnet Yerleşimi

Yukarıdaki iki Şekil karşılaştırıldığında, eksenel genleşme ekleminin düz bir boru çalışmasında herhangi bir yere yerleştirilebileceği görülebilir. Bununla birlikte gerekli birincil ve ara kılavuzların sayısı değişir, bu nedenle sahada bulunan seçenekleri dikkatlice göz önünde bulundurmak önemlidir.



Şekil 6-55 Tipik Düz Boru Kol Ayrımı İçin Sabit ve Kayar Mesnet Yerleşimi Alternatif-1

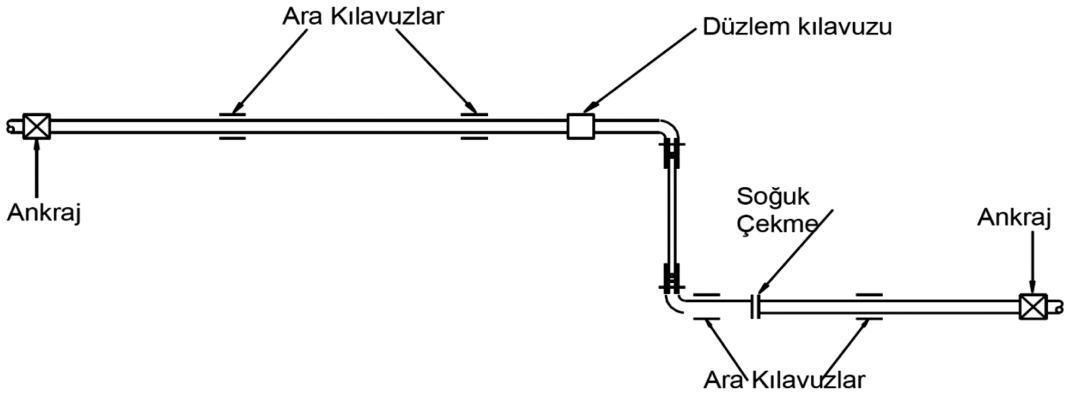


Şekil 6-56 Tipik Düz Boru Kol Ayrımı İçin Sabit ve Kayar Mesnet Yerleşimi Alternatif-2

Yukarıdaki iki diyagram için kılavuzların sayısı ile aynı karşılaştırma yapılabilir. Ayrıca bu iki durumda gelecekte periyodik muayene için erişim kolaylığını göz önünde bulundurun; bir erişim noktası veya iki erişim noktası.

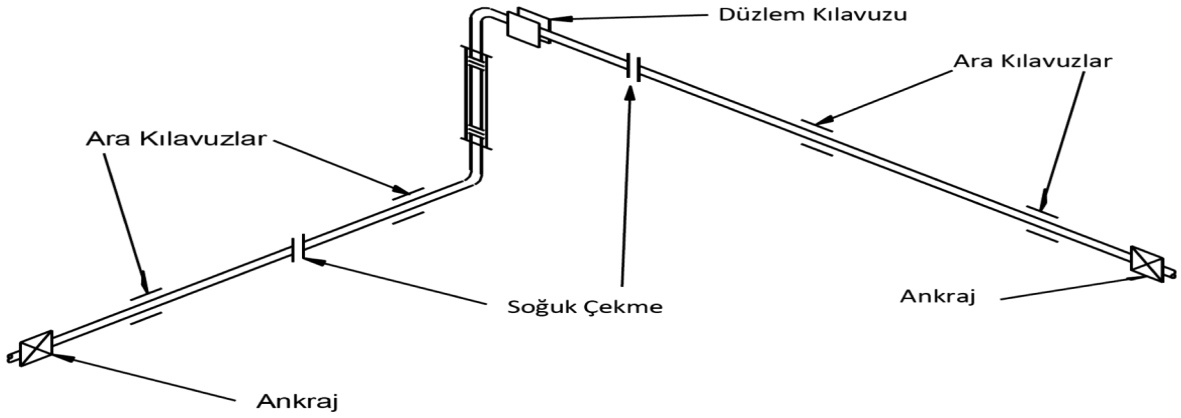
TİPİK KISITLANMIŞ YANAL GENLEŞME PARÇASI SABİT NOKTA VE KAYAR ARA KILAVUZ MESNETLERİN MONTAJ ŞEKİLLERİ

Kısıtlanmış YANAL genleşme elemanları, yön değişiklikleri içeren boru çalışmalarında veya paralel çalışmayan iki boru çalışmasının kesişiminde kullanılabilir. Tipik güzergahlar aşağıda gösterilmiştir:



Şekil 6-57 Tipik Kısıtlanmış Yanal Körük İçin Sabit ve Kayar Mesnet Yerleşimi

Yukarıdaki YANAL genleşme elemanı uygulamasında, birbirine paralel iki boru çalışması arasındaki uzaklık ile düzlem kılavuzuna dikkat edilmelidir. Dairesel salınımı karşılamak için üstteki borunun bükülmemesi için genleşme elemanı doğru yere monte edilmelidir.

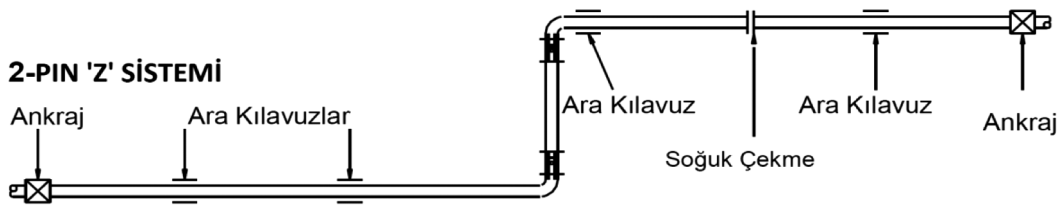


Şekil 6-58 Tipik Birbirine Dik İki Eksen Boru Hareketi Yanal Körük ile Çözümü

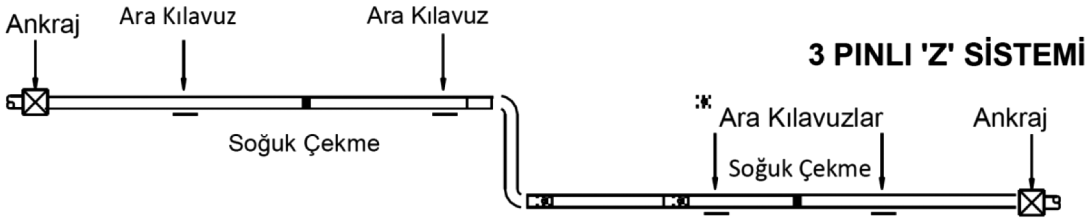
YANAL genleşme elemanı, birbirine dik iki boru çalışması arasında dikey eksen değiştirmede kullanılır. Genleşme elemanının dairesel salınımını telafi etmek için üst borunun bükülmesine izin veren düzlem kılavuzuna dikkat edilmelidir.

KISITLANMIŞ MAFSALLI GENLEŞME PARÇASI SABİT NOKTA VE KAYAR ARA KILAVUZ MESNETLERİN TİPİK MONTAJ ŞEKİLLERİ

Kısıtlanmış MAFSALLI genleşme elemanı, yön değişiklikleri içeren boru çalışan 2 veya 3'lük kümelerde kullanılabilir veya paralel olmayan iki boru çalışmalarında kesişim kısımda kullanılabilir. Tipik düzenler aşağıda gösterilmiştir:

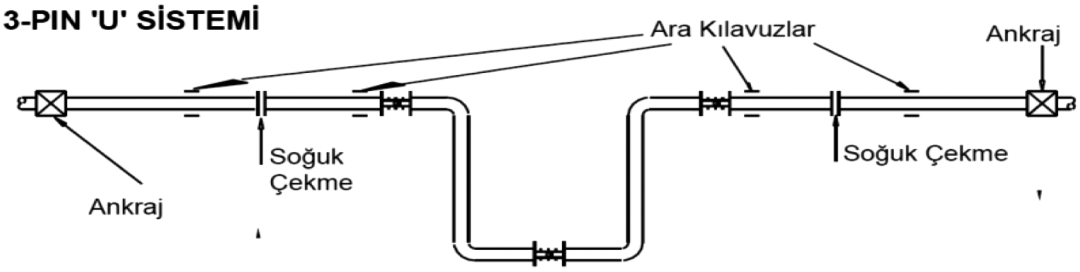


Burada iki MAFSALLI genleşme elemanları, birbirine paralel iki borunun çalışması durumunda eksen kaymasında kullanılır.



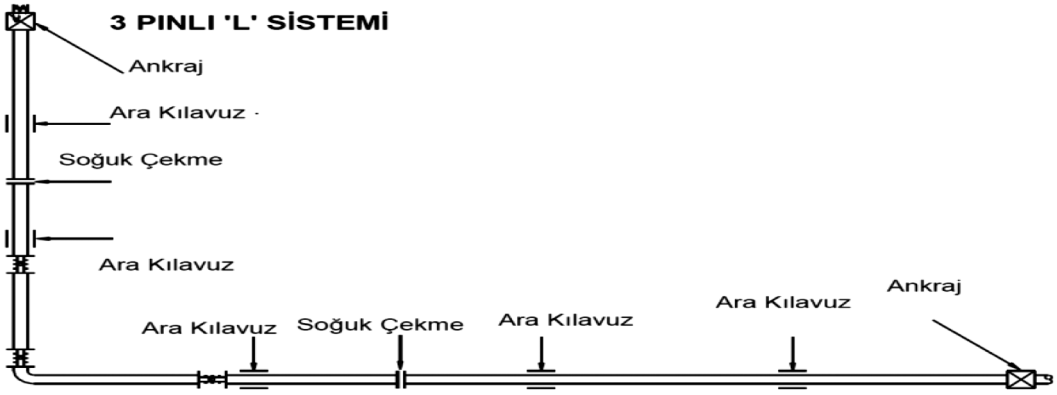
Üç MAFSALLI genleşme elemanları, birbirine paralel iki boru çalışmasında arada küçük eksen kayması bitişiğinde kullanılır.

Şekil 6-59 Tipik İki ve Üç Pinli Z Sistemi Mafsallı Körük Yerleşimi



Şekil 6-60 Tipik Üç Pinli Omega Sistemi Mafsallı Körük Yerleşimi

Üç MAFSALLI genleşme elemanı çok uzun düz boru çalışması olan Omega da kullanılır.

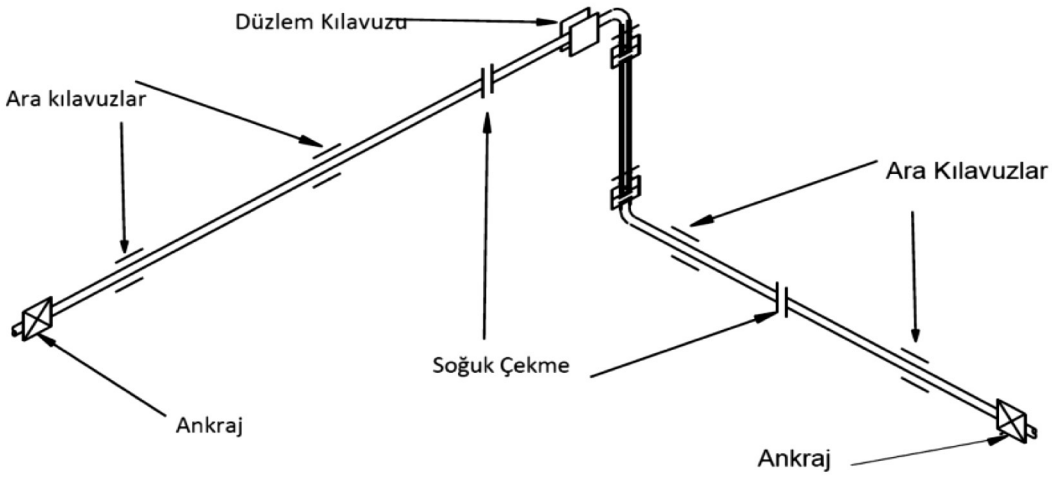


Şekil 6-61 Tipik Üç Pinli L Sistemi Mafsallı Körük Yerleşimi

Birbirine dik iki uzun boru çalışması arasındaki yön değişiminde üç MAFSALLI genleşme elemanı kullanılır.

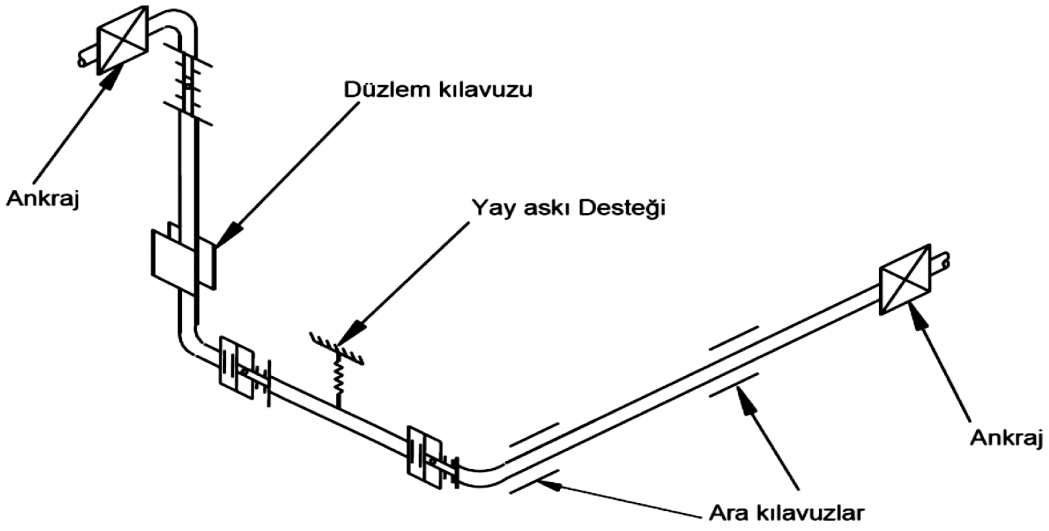
TİPİK KISITLANMIŞ GIMBAL GENLEŞME ELEMANI SABİT NOKTA VE KAYAR ARA KILAVUZ MESNETLERİN MONTAJ ŞEKİLLERİ

Kısıtlanmış GIMBAL genleşme elemanı tek başına 2'li setlerde veya 1 mafsallı genleşme elemanı ile 2'lik sette kullanılabilir. Yön değişiklikleri içeren boru çalışmalarında kullanılabilir veya paralel çalışmayan bir kesişim de iki boru çalışması için kullanılabilir. Tipik güzergâh aşağıdaki Şekildedir:



Şekil 6-62 İki Düzlem Kontrollü Gimbal Körük ile Z Genleşme Kontrolü

İki GIMBAL genleşme elemanı birbirine dik iki boru çalışması aradaki dikey eksen kaymasında kullanılır. Genleşme elemanının dairesel salınımını telafi etmek için üst borunun bükülmesine izin veren düzlem kılavuzuna dikkat edin.

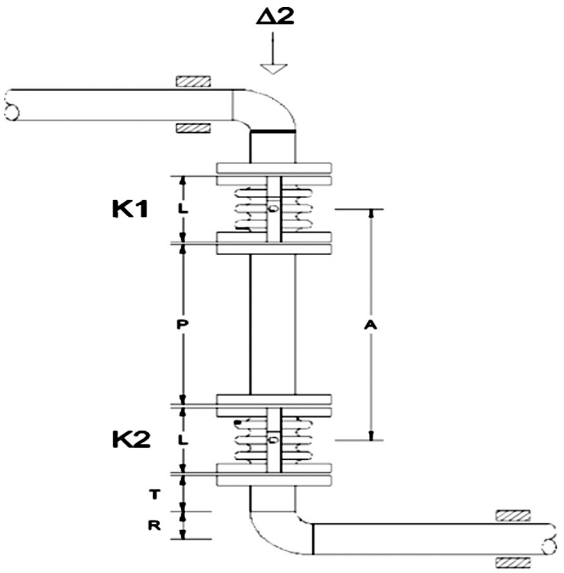


Şekil 6-63 Gimbal ve Mafsallı Körük ile Yay Takviyeli Z Genleşme Kontrolü

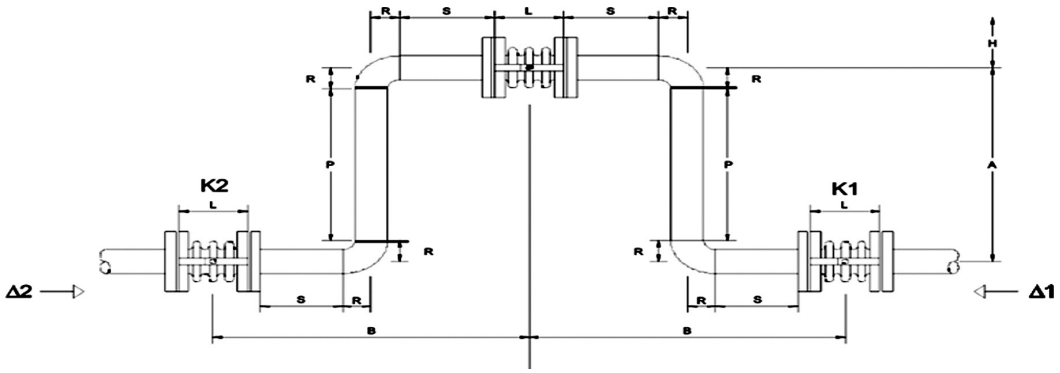
İki GIMBAL genleşme elemanı, karmaşık çok yönlü boru sisteminde ısıl genleşmeyi karşılamak için MAFSALLI genleşme elemanı ile kullanılır.

Aşağıdaki diyagramlar, 2 veya 3 kısıtlı MAFSALLI genleşme elemanının bir boru sisteminde geometrik olarak nasıl düzenlenebileceğini ve ısıl genleşmeyi iki yönden kabul ederken bükülme açılarının nasıl hesaplanabildiğini göstermektedir.

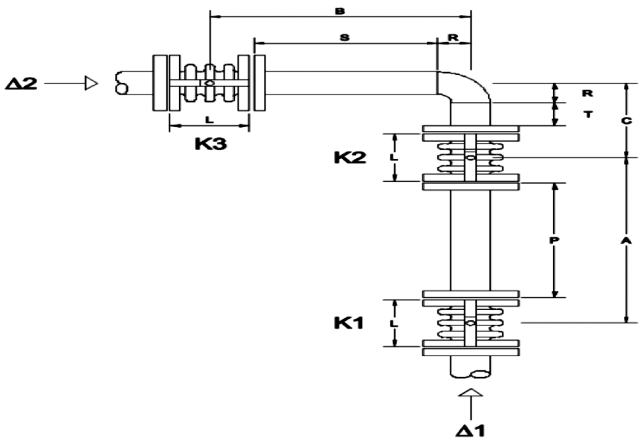
2 PIN 'Z' SİSTEM



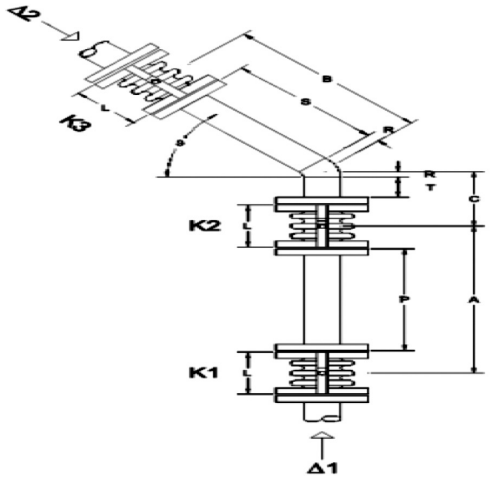
3 PINLI 'U' SİSTEMİ



3 PIN 'L' SİSTEMİ Açıyla Boru Güzergahı = 90 derece.



3 PINLI 'L' SİSTEMİ Açı> 90 derecelik Borular Kesişimi.



Bilgisayar destekli hesaplamaların yapılabilmesi için diyagramlardaki boyutlar gereklidir. Boyutları daha sonra en uygun genleşme bağlantı geometrisini belirlemek için alternatifler olabilir.

SOĞUK ÇEKME (SOĞUK GERME)

Soğuk çekme veya soğuk germe, 'doğal' esneme çözümünün yanı sıra sınırsız ve kısıtlanmış genleşme elemanı çözümleri için de geçerlidir. Soğuk çekme, boru eksen kaydırma, döngü veya genleşme elemanına uygulanan hareketi yarıya indirme potansiyeline sahip işlemdir.

%50 Soğuk Çekme

Genleşme miktarının %50'sini soğuk çekme olarak çalışan bir boruya uygulayarak, bir boru uzunluğunda veya omeganın daha az miktarda çökmesi ve gerilmelerin etkili bir şekilde azaltılmasını sağlar. Soğuk çekmeyi düşünmenin bir başka yolu, borunun sıcaklığın yarısına maruz kaldığında nötr konuma geri dönen ve tam sıcaklığa ulaşıldığında nötr konumun ötesine geçen bir pozisyona önceden ayarlanmışsa, bir boru eksenel kayma veya Omega daha fazla genleşmeye uyum sağlayabilmesidir.

%100 Soğuk Çekme

%100 soğuk çekmenin en iyi olduğu durumlar vardır. Örneğin, sürekli ısıya maruz kalan çok yüksek sıcaklık boruları (örneğin buhar, MTHW veya HTHW dağıtım şebekeleri) göz önüne alındığında, körük kıvrılmaları güzergahta oluşan çalışma stresi nötr konumlarında dengeye gelirlerse önemli ölçüde azaltılabilir.

Ön- Soğuk Çekme Uygulanmış Genleşme Elemanları

Eksenel genleşme elemanları genellikle fabrikada uygulanan soğuk çekme ile sağlanır. Bu işlem, sahada mühendisin tercih edeceği her doğrultuda boru genleşmesi için soğuk çekme uygulaması stres miktarını rahatlattığı için iyi bir uygulamadır. Bununla birlikte, eksenel genleşme elemanları kurulduktan sonra sıcaklık düşüşünün olduğu yerlerde, genleşmeye ve daralmaya izin veren modeller belirtilmelidir. Açısal ve yanal modeller gibi kısıtlanmış genleşme elemanları için genellikle ön-soğuk çekme uygulanamaz.

Sınırsız Genleşmeli Bağlantı Sistemlerine Soğuk Çekme Uygulaması

Soğuk çekme miktarını hesapladıktan sonra soğuk çekme miktarına eşit bir kereste bloğu, eksenel genleşme elemanı flanş ile karşı flanş arasında veya ankrajdan önce borunun daha aşağısındaki 2 karşı flanş arasında 2 flanş arasına yerleştirilir. Boru montajı, ankrajlar ve kılavuzlarla birlikte tamamen tamamlanır. Kereste bloğu çıkarılır ve boşluk, elbette contalar hesaba katılarak uzun yüksek çekme cıvataları ile tamamlanır. Sonrasında uzun cıvatalar standart uzunluk cıvataları ile değiştirilmemeli ve konum, ileri zamanda gerektiğinde mühendislerin bu şekilde tanımlayabilmesi için SOĞUK ÇEKME pozisyonu olarak açıkça tanımlanmalıdır.

Kısıtlı Genleşme Eleman Sistemlerine ve Doğal Esnek Borusuna Soğuk Çekme Uygulaması

İşlem aynı şekilde gerçekleştirilir, ancak aynı genişletme sistemine doğru 'itme' genleşmeli ile iki önemli boru çalışması varsa, iki soğuk çekme pozisyonu önerilir.

DİĞER HUSUSLAR

Boru İzolasyonu/Hareketi Engelleme

Genleşme elemanları olan boruları yalıtırken aşağıdaki noktalara dikkat edilmelidir;

Genleşme elemanlarının hareketi yalıtım malzemesi ile kısıtlanmamalıdır.

Esnek borunun hareketi yalıtım malzemesi ile kısıtlanmamalıdır.

İzolasyon malzemesi, periyodik muayeneye izin vermek için genleşme elemanı çıkarılabilir olmalıdır. Kullanılacak yalıtım malzemesinin türü göz önünde bulundurularak çok dikkatli olunmalıdır, bazı izolasyon yapıştırıcı malzemeler belirli koşullar altında körük zarının korozyonuna neden olabileceği bilinmelidir.

Montaj Denetim Listesi

Genleşme elemanları, kılavuzlar, ankrajlar ve destekler vb. tamamlandıktan sonra, mühendis aşağıdaki soruları göz önünde bulundurarak kontrol etmelidir;

- Doğru genleşme eleman türü kullanıldı mı?
- Genleşme elemanları doğru monte edildi mi?
- Genleşme elemanları, kılavuzlar ve ankrajlar doğru yere monte edildi mi?
- Doğru miktarda soğuk çekme (soğuk germe) uygulandı mı?
- Genleşme elemanlarının doğru çalışması için yeterli hareket alanı var mı?
- Genleşme elemanları herhangi bir şekilde montaj sonrası hasar gördü mü?
- Tüm taşıma destekleri kaldırıldı mı?

Devreye Alma işlemi

Bir boru sisteminin devreye alınması genellikle, hedeflenen sistem çalışma basıncının 1,5 veya 2 katında basınç testi içerir, çalışma basıncı 10 bar iken test basıncı problem olmaz iken çalışma basıncı 11-12 Bar olan tesisatta PN 16 standartında ürün seçilebilirken test basıncı 16,5-18 Bar veya üzerinde olmasından dolayı risk yaşanır. Basınç testi normalde ortam sıcaklığında olacaktır, uzun süreli veya atmosfere açık alanlarda günlük sıcaklık farklılıkları da sorun yaratabilir.

Genleşme elemanlarını test etmeden önce, sistemden çıkarmak iyi bir uygulama değildir. Zira genleşme elemanları, test basıncını yenecek niteliktedir. Çünkü ankrajlar, kılavuzlar, destekler vb. yerlerinde ve körüklerde benzer koşullarda imalat testlerine sahiptir, sadece eksenel ve/veya açısal hareketlerini sınırlama tedbiri alınabilir. Ayrıca, test sırasında genleşme körükleri mevcut değilse, sistem çalışma koşullarına geçene kadar genleşme körüğünde herhangi bir sızıntı da belirlenemeyecektir. Mühendis körük ve montaj yerlerini aşağıdaki anlatıldığı gibi kontrol etmelidir:

Basınç testinden önce kontrol edin:

- Sistem test basıncının genleşme körükleri için maksimum hareketi aşmamasını sağlayın.
- Ana ve ara ankrajların test basıncına dayanacak kadar güçlü olduğundan emin olun.
- Birincil ve ara kılavuzların boru hareketine izin vermek için serbest olduğundan emin olun.
- Genleşme elemanları hareketli parçalarının harekete izin vermek için serbest olduğundan emin olun.
- Basınç testi sırasında kontrol edin: UYARI: Basınçlı bileşenleri kontrol ederken dikkatli olun!
- Sızıntı olup olmadığını kontrol edin. Basınç kaybı olup olmadığını kontrol edin.
- Genleşme elemanlarının, ankrajların, kılavuzların ve desteklerin arıza olup olmadığını kontrol edin.
- Körük zarında herhangi bir deformasyon veya zarar görme kanıtı olup olmadığını özellikle kontrol edin. TÜM anormal değişiklikleri veya beklenmeyen gerçekleşmeleri araştırın.

Basınç testinden sonra KONTROL EDİN:

- Hareketli bileşenlerin orijinal konumlarına geri döndüğünden emin olun.
- Gerekli tüm drenajların sağlandığından emin olun.

Başlatma Denetimi:

- Kimyasal katkı maddelerinin doğru olduğundan ve genleşme elemanına körük zarlarına zarar vermemesini sağlayın.

6.5. ASKI VE DESTEK NOKTALARINDA ISIL İZOLASYON

Burada ısıl izolasyon için iki önemli konuyu ele almak gerekir.
- Isıl izolasyon malzemesinin yoğunluğu, buhar ve ısı geçiş miktarı,
- Kayar ve sabit kelepçeler ile izolasyon malzemesinin kanal ve boru üzerindeki kaplama ile uygulaması.

Tipik olarak boru ve kanal izolasyon malzemelerini sıralarsak;
Prefabrik kauçuk köpüğü,
Prefabrik polietilen köpüğü,
Prefabrik cam yünü-taş yünü-cam köpüğü,
Prefabrik eps-xps,
Prefabrik veya bulk poliüretan-fenol köpüğü,
Beyaz cam yünü veya taş yünü şiltesi,
Enjekte poliüretan,
Kalsiyum Silikat.

Derleyen Notu: Konu hakkında detaylı olarak çok fazla burada bahsedilmemesine rağmen tam anlamı ile uygulamada kargaşa yaşanmaktadır. Hangi malzemeyi kullanırsanız kullanın kelepçenin izolasyon üzerine sıkıldığı durumlarda mutlaka izolasyon kalınlığında, boyutsal deformasyon, yırtılma, yanal veya düzlemsel hareketlerde zarar görmesini engellemek çok kolay değildir. Bu durumu yönetmek için mutlaka uygun kalınlıkta takozlar ile kullanmak gereklidir. Takozlara denk gelen bölgelerde ısıl köprülerin oluşması nedeni ile ya izolasyon malzeme dolgulu takozlar kullanmak veya tekrar kelepçe çevresine ısıl izolasyon eklemek gerekir.

Alternatif uygulamalar ise ön izolasyon ve takviyeli kaplaması olan boru veya kanal kullanılmasında fayda vardır. Ayrıca izolasyon ve kaplama ile sadece ısıl köprüler değil aynı zamanda yangın, buhar geçiş ve galvanik reaksiyon ile korozyon kontrolü de yapılması mümkün olur.

6.6. BORU BAĞLANTI KELEPÇESİ TİPİNİN BELİRLENMESİ

Boru bağlantı kelepçelerini tanımlamak için öncelikle ne kadar yük ile karşı karşıya kalacağı ve kelepçenin çalışma sıcaklığı ile boru veya izolasyona ne şekilde temas edeceği ve boru cinsine bağlı olarak galvanik reaksiyon riski olmadığı da değerlendirilmelidir. Madde 6.3 içerisinde tipik örnekler görülmektedir. Ayrıca Madde 5 içerisinde ASHRAE Tablo 47'de tarif edilen notlar ile kullanılır.

Tablo 6-26 Bağlantı Elemanları Yük Aralığı

Normal YÜK	Fn kN	7	12	20	33	50	70	100	132	180	240	270	300	400	500
Bağlantılar	Dış Çapı / Cıvata Çapı	M.12 12	M.16 16	M.20 20	M.24 24	M.30 30	M.36 36	M.42 42	M.48 48	M.56 56	M.64 64	M.68 68	M.72 72	M.80 80	M.90 90

Tablo 6-27 Boru Askı ve Destek Elemanları Malzeme Listesi

Ürün Grupları	**Boru Kelepçesi ve Kılavuzları**	**U Bolt ve Dişli Aksesuarlar**	**Kaynaklı Bağlantı Elemanları**	**Gerdirme, Mapa ve Göz Halkaları**	**Boru Kılavuzları Sürtünme Yüzeyi**	**İzolasyon Takozları**	**Kelepçe İzolesi**	**Taşıyıcı Konsollar**
Malzeme	Karbon Çelik	Karbon Çelik	Karbon Çelik	Dövme Çelik	Paslanmaz Çelik	Poliüretan	EPDM	Karbon Çelik
	Paslanmaz Çelik		Paslanmaz Çelik				Cam Elyaf	
	Alaşımlı Çelik	Paslanmaz Çelik	Alaşımlı Çelik		Telefon	Kalsiyum Silikat	Seramik Elyaf	Paslanmaz Çelik
					Grafit		Paslanmaz Çelik	

Tablo 6-28 Çalışma Sıcaklığına Göre Yük Düzeltme Katsayısı

Sıcaklık C°	20-80	100	200	250	300	350	400	450	480	500	520	540	560	580
Malzeme														
S235	1	0.89	0,81	0,73	0,6	0,51								
P265GH		1,06	1	0,83	0,76	0,7	0,63	0,31						
16Mo3					0,87	0,79	0,71	0,66	0,6	0,46				
10CrMo910								0,87	0,83	0,66	0,5	0,37	0,27	0,2
14.301	0,92	0,87	0,72	0,66	0,62	0,59	0,57	0,56						
14.571	1,02	1	0,9	0,85	0,8	0,77	0,75	0,73						

Tablo 6-29 Malzeme Isıl Dayanımları

Materyal EN	Materyal USA	Materyal No	Kullanım Sıcaklıkları	
			Minimum	Maksimum
S 235 JR	ASTM A283 C	1,0038	-20	350
S 275 JR	ASTM A283 D	1,0044	-20	400
P265 GH	ASTM A516 GR60	1,0425	-30	400
P265 NL	ASTM A633 GR A	1,0488	-50	350
16 Mo 3	ASTM A 204 GR B	1,5415	-20	500
13 CrMo 4.5	ASTM A 387 GR 12	1,7335	350	550
10CrMo 9.10	ASTM A 387 GR 22	1,738	450	600
X5 CrNi 18.10	ASTM 304	1,4301	-200	530
X5 CrNi 17.12	ASTM 316L	1,4401	-200	531

6.7. TESİSAT TİPİNE VE BORU MALZEMESİNE GÖRE MAKSİMUM DESTEK ARALIKLARI

Boru askılama mesafesinin belirlenmesi için en küçük çaplı borunun söz konusu mesafede sehim vermemesi gerekmektedir. Daha doğrusu hiçbir malzeme rijit olmadığı için herhangi bir kuvvet karşısında mutlaka şekil değiştireceği için bahsedilen sehim değerlerinin toleranslar dahilinde olması gerekmektedir. Bu değer genellikle boru boyunun 1/200 veya 1/240 oranında kabul edilebilir değerdir.

Boru sehim hesapları yine boru malzemesi ve atalet momentiyle ilgilidir. Yani hem malzeme akma dayanımı, Elastisite modülü, young modülü ve malzemenin geometrisiyle orantılıdır. Atalet momenti mm4 veya cm4 olarak ifade edildiği için malzeme geometrisi sehim hesabı için en etkili değişkendir. Bu nedenle küçük çaplı borular daha kolay sehim vermektedir.

Plastik malzemelerin (PPRC, PVC veya Polietilen borular gibi) çelik malzemelere göre sehim verme olasılıkları malzeme yapısından ötürü daha kolaydır.

Bu nedenle plastik borularda askılama mesafeleri daha düşük tutulmalıdır.

Tablo 6-30 ASHRAE 2 Boru, Boru ve Fittingsler İçin Askı Tij Ölçüleri[61]

Önerilen Askı Aralığı ve Düz Yatay Çalışmalar için Çubuk Boyutu (m)					
Anma Çapı mm		Çelik Boru*		Bakır	Dişli Tij Ölçüsü mm
		Su	Buhar	Su	
1/2"	15	2,1	2,4	1,5	6,4
3/4"	20	2,1	2,7	1,5	6,4
1"	25	2,1	2,7	1,8	6,4
1 1/4"	32	-	-	-	-
1 1/2"	40	2,7	3,7	2,4	10
2"	50	3	4	2,4	10
2 1/2"	65	3,4	4,3	2,7	10
3"	80	3,7	4,6	3	10
4"	100	4,3	5,2	3,7	13
6"	150	5,2	6,4	4,3	13
8"	200	5,8	7,3	4,9	16
10"	250	6,1	7,9	5,5	19
12"	300	7	9,1	5,8	22
14"	350	7,6	9,8	-	25
16"	400	8,2	10,7	-	25
18"	450	8,5	11,3	-	32
20"	500	9,1	11,9	-	32

* Aralık hesaplamalarının yapıldığı veya flanşlar, vana özellikleri vb. gibi destekler arasına konsantre yüklerin yerleştirildiği yerlerde boşluk uygulanmaz.

Tablo 6-31 Önerilen Boru Destek Aralığı (m)[62] (Table 121.5)

Önerilen Boru Destek Aralığı (m)

Boru Anma Ölçüsü		Su Tesisatı	Buhar ve Hava Tesisatı
1/2"	-	-	-
3/4"	-	-	-
1"	25	2,1	2,7
1 1/4"	32	-	-
1 1/2"	40	-	-
2"	50	3	4
2 1/2"	65	-	-
3"	80	3,7	4,6
4"	100	4,3	5,2
6"	150	5,2	6,4
8"	200	5,8	7,3
10"	250	-	-
12"	300	7	9,1
14"	350	-	-
16"	400	8,2	10,7
18"	450	-	-
20"	500	9,1	11,9
24"	600	9,8	12,8

Genel Notlar:

(a) 750'F (400'C) maksimum çalışma sıcaklığında standart ve daha ağır boruların yatay düz geçişleri için boru desteği arasında önerilen maksimum boşluk.

(b) Açıklık hesaplamalarının yapıldığı veya flanşlar, vanalar, özellikler vb. gibi destekler arasında yoğun yüklerin olduğu yerlerde geçerli değildir.

(c) Aralık, 2,300 psi'yi (15,86 MPa) aşmayan bir bükülme gerilimine sahip sabit bir kiriş desteğine ve buhar, gaz veya hava hizmeti için çelik boruya dayanmaktadır ve hattın eğimi, 0,1 inçlik bir sarkma olacak şekildedir. Destekler arasında (2,5 mm) olmasına izin verilir.

---

[61] Kaynak: MSS Standardı SP-69 uyarlanmış

[62] ASME B31.1- 2007

Tablo 6-32 Askılar Arası Maksimum Mesafe (m)[63] (Table 9.2.2.1 (b))

Boru Anma Çapı		Çelik Boru	Çelik Boru (Dişli)	Bakır Boru	CPVC	Dişli Çubuk Ölçüsü mm
1/2"	-	-	-	-	-	-
3/4"	20	-	-	2,44	1,68	9,5
1"	25	3,66	3,66	2,44	1,83	9,5
1 1/4"	32	-	-	-	-	-
1 1/2"	40	4,57	3,66	3,05	1,98	9,5
2"	50	4,57	3,66	3,66	2,44	9,5
2 1/2"	65	4,57	3,66	3,66	2,74	9,5
3"	80	4,57	3,66	3,66	3,05	9,5
4"	100	4,57	-	4,57	-	9,5
6"	150	4,57	-	4,57	-	12,7
8"	200	4,57	-	4,57	-	12,7
10"	-	-	-	-	-	-
12"	-	-	-	-	-	-
14"	-	-	-	-	-	-
16"	-	-	-	-	-	-
18"	-	-	-	-	-	-
20"	-	-	-	-	-	-

Tablo 6-33 Yatay Yükü Belirlemek İçin Boru Ağırlıkları (Table A.9.3.5.9)

Nominal Çap		Su Dolu Boru Ağırlığı
in.	mm	kg/m
Schedule 40 Boru		
1	25	3,05
1 (1/4)	32	4,36
1 (1/2)	40	5,37
2	50	7,63
2 (1/2)	65	11,74
3	80	16,10
3(1/2)	90	20,06
4	100	24,40
5	125	34,92
6	150	47,15
8*	200	70,98
Schedule 10 Boru		
1	25	2,69
1 (1/4)	32	3,75
1 (1/2)	40	4,52
2	50	6,28
2 (1/2)	65	8,76
3	80	11,81
3(1/2)	90	14,55
4	100	17,53
5	125	25,74
6	150	34,27
8	200	59,64

* Schedule 30.

[63] *NFPA 13.9 Tablo 9.2.2.1 (b)*

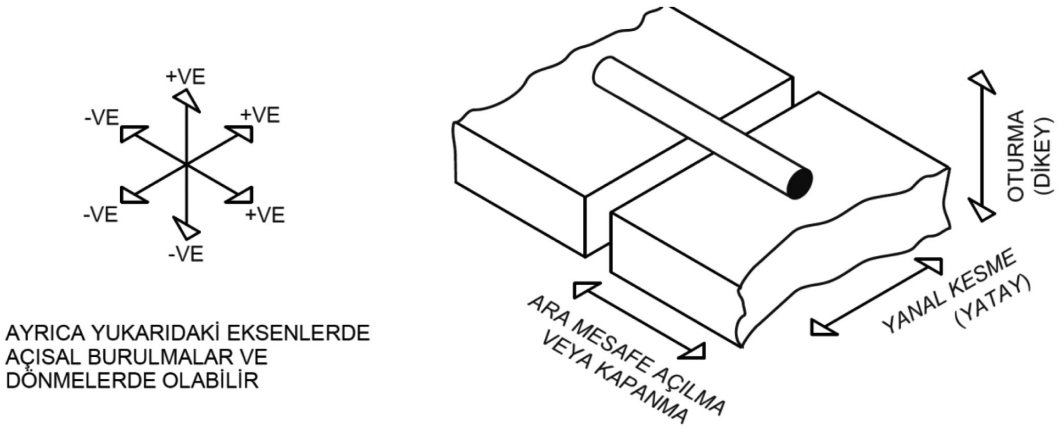
7. YÜKLEME DURUMLARI

YAPISAL/BİNA HAREKETİ

Borular binalarda, yollarda, köprülerde vb. yapısal hareket derzleri üzerinden yönlendirilse, diferansiyel yer değiştirmelere maruz kalacaktır. Boru sistemi tasarlanırken bunlar dikkate alınmalıdır. Genleşme derz sistemi belirlenmeden önce yer değiştirmelerin büyüklüğü ve yönü (hareketler) belirlenmelidir. Yer değiştirmeler aşağıdakileri içerebilir, ancak bunlarla sınırlı değildir:

- Temel yerleşimi veya arazi yükselmesi,
- Isıl değişikliklere bağlı yapısal daralma veya genişleme,
- Beton dökülürken kürlenme ve kurutma nedeniyle yapısal büzülme,
- Artan yapısal ölü ağırlık yüklerine zemin sarkması,
- Bina hizmetleri ve insan kullanım yoğunluğu gibi dayatılmış yükler nedeniyle zemin sarkması,
- Ayrı taşıyıcı sistemler arasındaki boşluğun kapanması veya açılması,
- Ayrı yapılar arasında yanal kesme kuvvetleri etkileri,
- Bina cephelerindeki rüzgâr yükleri nedeniyle yapısal sallanma etkisi.

Bu yer değiştirmeler aşağıdaki gibi yatay veya dikey bir yöne ve pozitif veya negatif büyüklüklere (+ veya -) sahip olarak kabul edilebilir.



Şekil 7-1 Yapısal Taşıyıcı Sistemlerde Hareket Olasılıkları

Borular, bina hareket bağlantısı (BMJ) her iki tarafındaki yapıdan desteklenecek/askıya alınacak ve bu nedenle boruda hasara neden olabilecek eksen sapmalarına maruz kalacaktır. Çoğu zaman, boru yatay pozisyonda olacak ve bina hareket bağlantısına dik olacaktır, ancak bazen boru yatay olmayabilir ve farklı bir açıda geçebilir.

Bu yer değiştirmelerin birleşimi halinde gerçekleşebileceği ve bu nedenle ortaya çıkan yer değiştirmelerin genleşme elemanı çözümü düşünülmeden önce her zaman hesaplanmalıdır.

BMJ'nın bir tarafındaki yapının hareketini karşı taraftaki harekete göre göz önünde bulundurmak en iyisidir. Bu nedenle, örnek, bir yapı 25 mm temel yerleşiminden (dikey olarak aşağı doğru) sorun yaşarken, diğer yapı 10 mm arazi yükselmesini (dikey olarak yukarı doğru) yaşayabilir. Sonuçta ortaya çıkan yer değiştirme, her ikisinin toplamı, yani 35 mm olacaktır. Özellikle kanalizasyon boruları, merkezi dağıtım boruları vb.

İster yapısal çelik, isterse prefabrik yapılar olsun, tüm E/M sistemlerin bir şekilde asılması veya desteklenmesi için sabitlenme ihtiyacı vardır.

E/M sistemlere ait ekipmanlar ve elemanların taşıtılması için de, ağırlıklarını veya teknik terim ile sisteme verdikleri yükleri çeşitli durumlar için hesaplamak ve bu hesapları da tesisatın en zorlu çalışma koşulları için yapmak gerekmektedir.

Yük durumlarını tek tek veya farklı yükler bir araya bütün olarak getirilerek ele alınmalıdır. Eğer sistem kapalı ve rüzgâr, kar gibi yüklerden korunaklı bir alanda ise ve deprem koruması farklı bir sistem ile yapılacaksa, sadece statik yük ile analiz yapılabilir veya sistem toprak altında ise, farklı zemin koşullarında sismik hesaplar

yapılırken sadece statik yükler değil ayrıca üzerinde oluşan toprak, akış yükleri veya sismik olarak zemin sıvılaşması, su kaldırma kuvvetlerini kapsayan yükleri de göz önüne almak gerekir.

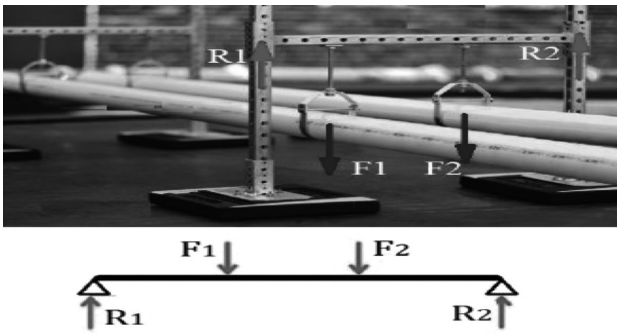
Toprak altı sistemlerde karşı ağırlık kütleleri ile yapı giriş çıkış noktalarındaki sismik yanal atım veya oturma, batma, çökme kesme kuvvetleri de değerlendirilmelidir.

Sistem rüzgâr ve kar yüklerinden korunaklı bir alanda değilse, bu yükler de sisteme etki ettirilmelidir. Etki ettirilecek ağırlığın ne olduğunu bulabilmek için bölüm 7.1.2. ve 7.1.5.'i inceleyiniz.

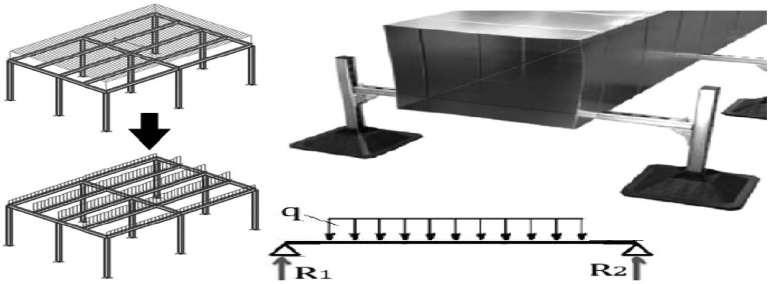
Bu analizler bir inşaat mühendisi veya makine mühendisi tarafından yapılıp yorumlanmalıdır.

En basit olarak yükler, taşıyıcı veya askı sistemler için serbestlik derecesine bağlı olarak parçalar üzerinde etki mesafelerine göre ikiye ayrılır;

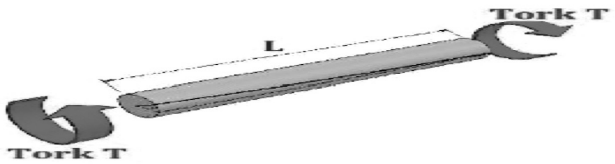
a. Noktasal yükler,
b. Yayılı yükler;
   - Çizgisel yayılı yükler,
   - Alana yayılı yükler.



Şekil 7-2 Noktasal Yükleri ve Reaksiyon Kuvvetleri için Örnek

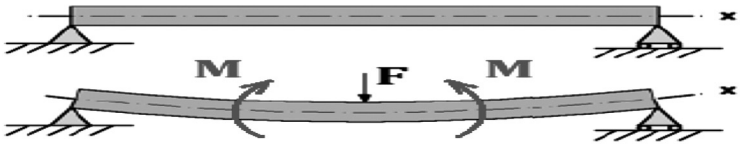


Şekil 7-3 Yayılı Yükler ve Reaksiyon Kuvvetleri için Örnek



Şekil 7-4 Burulma Momenti, Tork için Örnek

Eğilme momenti



Şekil 7-5 Döndürme Momenti veya Eğilme Momentine Örnek

BORU ANKRAJLARI

Boru genleşme veya kısalmayı kontrol etmek ve 'doğal' esneklik veya genleşme bağlantılarının tasarlandığı gibi çalışması için boru ankrajları gereklidir. Boru ankrajlarına hareket eden kuvvetler aşağıdaki maddelerden birini veya birkaçını oluşturur:

- Boru eğimine göre destekler üzerinde hareket eden borunun sürtünme kuvveti,
- Uzaklık veya dirsek bükülme kuvveti,
- Genleşme elemanı körüklerinin yay kuvveti,
- Sınırsız genleşme elemanları basınç itme kuvveti,
- Boru yönü değişikliklerine göre hareket eden akan akışkanın santrifüj kuvveti,
- Rüzgâr hızına ve yerden yüksekliğe göre rüzgâr yükleme kuvveti,
- Boru, ortam, yalıtım ve bileşenlerin ölü ağırlık kuvveti.

Sürtünme Kuvveti

Boru genişledikçe veya destekleri üzerinde daraldıkça sürtünme ile karşılaşır. Ankrajlar, borunun ağırlığının, yalıtımının ve içeriğinin, sürtünme katsayısının ve borunun eğiminin bir işlevi olan bu sürtünme kuvvetine direnmelidir. Dikey borular (yükselticiler) için sürtünme kuvvetleri küçüktür, ancak sürtünme katsayısı ile çarpılan ankraj kuvvetinin %15'i olarak tahmin edilebilir.

Sürtünme kuvveti matematiksel olarak şu formül kullanılarak hesaplanabilir:

$$F = M \times G \times C_{Sürtünme} \qquad \textit{Denklem 7-1}$$

F = Kuvvet (N)
M = Kütle (kg)
G = Yerçekimi ivmesi (9,81m/s^2)
$C_{Sürtünmesi}$= Sürtünme Katsayısı

Sürtünme katsayıları. Kılavuz olarak aşağıdakileri kullanın:

Çelik P. T. F.E. üzerinde	=	0.03
Çelik- Çelik üzerinde Noktasal Temas	=	0.20
Çelik- Çelik üzerinde Çizgisel Temas	=	0.25
Çelik- Çelik üzerinde Kenar Teması	=	0.30
Çelik- Çelik üzerinde Yüzey Teması	=	0.40

Tablo 7-1 Tipik Çeşitli TS EN 10255 (BS 1387) Ağır Seri Boru Çapları için Sürtünme Kuvvetleri

Katsayı Sürtünme	1 m yatay su dolu yalıtımlı* BS1387 ağır çelik boru uzunluğu için sürtünme kuvveti (N)										
	15 mm	20 mm	25 mm	32 mm	40 mm	50 mm	65 mm	80 mm	100 mm	125 mm	150 mm
0.03	0.5	0.6	1.0	1.4	1.7	2.4	3.4	4.4	6.7	9.1	11.7
0.2	3.1	4.3	6.9	9.4	11.2	16.3	22.6	29.4	44.7	60.6	78.3
0.25	3.9	5.4	8.6	11.8	14.0	20.4	28.2	36.8	55.9	75.8	97.9
0.3	4.7	6.5	10.3	14.1	16.8	24.4	33.8	44.1	67.1	90.9	117.4
0.4	6.3	8.6	13.7	18.8	22.4	32.6	45.1	58.9	89.5	121.3	156.6

* İzolasyon 50 mm kalınlıkta 200 kg/m^3 yoğunluğa sahiptir

Bükme Kuvveti

Boru genleştikçe veya daraldıkça, hareket sonundaki uzunlukları veya ana borunun kol ayrımlarını bükmeye çalışabilir. Ankrajlar, borunun atalet momentinin, genleşme miktarının ve bükülebilen borunun uzunluğunun bir işlevi olan bu bükülme kuvvetine direnmelidir.

Bükme kuvveti formül kullanılarak matematiksel olarak hesabı:

Karbon çelik borular için $F = (24 \times I \times X) \div L^3$ ***Denklem 7-2***

Bakır borular için $F = (8{,}4 \times I \times X) \div L^3$ ***Denklem 7-3***

F = Kuvvet (N)

I = Atalet Momenti (cm^4)

X = Genleşme (mm)

L = Uzunluk (m)

Tablo 7-2 TS EN 10255 (BS 1387) Ağır Seri Boru İçin Belirtilen Uzama Şartlarında Metre Başına Oluşan Bükme Kuvvetleri

Genleşme (mm)	Belirtilen genleşme ile 2 m uzunluğunda BS1387 ağır çelik boruyu bükme kuvveti (N)										
	15 mm	20 mm	25 mm	32 mm	40 mm	50 mm	65 mm	80 mm	100 mm	125 mm	150 mm
1	2.4	5.3	12.9	27.5	41.9	92.4	193.5	342.0	816.0	1560.0	2586.0
2	4.7	10.5	25.7	55.0	83.9	184.8	387.0	684.0	1632.0	3120.0	5172.0
3	7.1	15.8	38.6	82.4	125.8	277.2	580.5	1026.0	2448.0	4680.0	
4	9.5	21.0	51.5	109.9	167.8	369.6	774.0	1368.0	3264.0		
5	11.9	26.3	64.4	137.4	209.7	462.0	967.5	1710.0			
10	23.7	52.5	128.7	274.8	419.4						
15	35.6	78.8	193.1								
20	47.4	105.0									
25	59.3										
Bu satır boruda yüksek stres oluştuğu için boş bırakılmıştır.											

Yaylanma Kuvveti

Boru çapının arttığı ve azaldığı durumlarda, boru sistemine monte edilmiş körüklü genleşme eleman saptırması gerekebilir. Ankrajlar, genleşme miktarının ve genleşme eleman veri sayfalarında bulunabilen körük doğrusal veya açısal yay oranı sonucu olan körüklerin 'yaylanma' reaksiyon kuvvetini karşılamalıdır.

Yay kuvveti aşağıdaki formüller ile matematiksel olarak hesabı:

Eksenel genleşme elemanları için $F = D_{Lin} \times S_{Lin}$ ***Denklem 7-4***

F = Kuvvet (N)

D_{Lin} =Doğrusal Çökme (mm)

S_{Lin} =Doğrusal Yay Hızı (N/mm)

Mafsallı genleşme elemanları için $F = (D_{Ang} \times S_{Ang}) \div L$ ***Denklem 7-5***

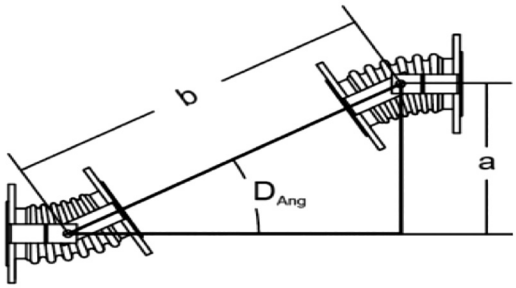
F = Kuvvet (N)

D_{Ang} = Açısal Sapma* (deg)

S_{Ang} = Açısal Yay Hızı (Nm/deg)

L = Körükler arası mesafe (m)

* Açısal Sapma formülle hesaplanır: D_{Ang} = sin-1 (a ÷ b)



Şekil 7-6 Açısal Sapma Geometrik Şeması

Genleşme elemanı tam olarak sapmasa da genleşme elemanı veri sayfalarında belirtilen çökme için maksimum kuvveti kullanmak genellikle daha kolaydır.

Basınç İtme Kuvveti

Boru genleştikçe, boru sistemine monte edilmiş eksenel genleşme körükleri saptırmak gerekebilir. Ankrajlar, sınırsız (eksenel) genleşme derzleri kullanıldığında mevcut olan basınç itme kuvvetine karşı koyabilmelidir. Bu kuvvet, körüklerin etkili alanının ve genleşme elemanı konumundaki çalışma veya test basıncının bir işlevidir.

Basınç itme kuvveti formül kullanılarak matematiksel olarak hesabı:

Çalışma koşulları için $F = A_E \times P_{çalışma} \times 0.1$ ***Denklem 7-6***

Test koşulları için $F = A_E \times P_{test} \times 0.1$ ***Denklem 7-7***

F = Kuvvet (N)
A_E = Etkili Alan (cm^2), Katalogdan alınan
P_{Work} = Çalışma Basıncı (kN/m^2)
P_{Test} = Test Basıncı (kN/m^2), genellikle 1,5x çalışma basıncı
0.1 = Düzeltme Faktörü, kullanılan ölçüm birimleri nedeniyle

Tablo 7-3 Belirtilen Basınçta Eksenel Körük Tarafından Uygulanan Basınç İtme Kuvveti (N)

Basınç		Belirtilen Basınçta Eksenel Genleşme Körük Tarafından Uygulanan Basınçlı İtme Kuvveti (N)										
(kN/m^2)	(bar)	15 mm	20 mm	25 mm	32 mm	40 mm	50 mm	65 mm	80 mm	100 mm	125 mm	150 mm
100	1	60	80	100	190	230	350	530	720	1110	1690	2340
200	2	120	160	200	380	460	700	1060	1440	2220	3380	4680
300	3	180	240	300	570	690	1050	1590	2160	3330	5070	7020
400	4	240	320	400	760	920	1400	2120	2880	4440	6760	9360
500	5	300	400	500	950	1150	1750	2650	3600	5550	8450	11700
600	6	360	480	600	1140	1380	2100	3180	4320	6660	10140	14040
700	7	420	560	700	1330	1610	2450	3710	5040	7770	11830	16380
800	8	480	640	800	1520	1840	2800	4240	5760	8880	13520	18720
900	9	540	720	900	1710	2070	3150	4770	6480	9990	15210	21060
1000	10	600	800	1000	1900	2300	3500	5300	7200	11100	16900	23400
1100	11	660	880	1100	2090	2530	3850	5830	7920	12210	18590	25740
1200	12	720	960	1200	2280	2760	4200	6360	8640	13320	20280	28080
1300	13	780	1040	1300	2470	2990	4550	6890	9360	14430	21970	30420
1400	14	840	1120	1400	2660	3220	4900	7420	10080	15540	23660	32760
1500	15	900	1200	1500	2850	3450	5250	7950	10800	16650	25350	35100
1600	16	960	1280	1600	3040	3680	5600	8480	11520	17760	27040	37440
2000	20	1200	1600	2000	3800	4600	7000	10600	14400	22200	33800	46800
2400	24	1440	1920	2400	4560	5520	8400	12720	17280	26640	40560	56160

Santrifüj Kuvveti

Akışkan borudan akarken birçok dirseklerle karşılaşır. Her bir yön değiştirme sırasında akışkan boruya santrifüj kuvveti uygular. Ankrajlar (ve kılavuzlar) bu santrifüj kuvvetlerine maruz kalır, santrifüj kuvvetler akışkanın yoğunluğu, akışkanın akış hızı, dirsek sayısı ve dirseklerin açılarının fonksiyon olarak etki miktarı artar.

Santrifüj kuvveti hesaplamak için matematiksel formül:

$$F = D \times V^2 \times A \times Sin\ B_{Ang}$$ ***Denklem 7-8***

F = Kuvvet (N)
D = Akışkan Yoğunluğu (kg/m^3)
V = Hızı (m/s)
A = Akışkanın İçinden Aktığı Dirseğin Alanı (m^2)
B_{Ang} = Dirsek Açısı (derece)

Tablo 7-4 Santrifüj Kuvvetlerin Belirtilen Hız İçin Akışkanı Su olan Boru Değerleri

Hız (m/s)	Belirtilen Hızda 90deg Çelik Boru Dirsek İçinde Akan Suyun Oluşturduğu Santrifüj Kuvveti (N)										
	15 mm	20 mm	25 mm	32 mm	40 mm	50 mm	65 mm	80 mm	100 mm	125 mm	150 mm
1.0	0.2	0.4	0.6	1.0	1.4	2.2	3.7	5.1	8.7	13.3	19.0
2.0	0.8	1.5	2.3	4.1	5.5	8.8	14.8	20.5	34.7	53.0	75.8
3.0	1.8	3.3	5.3	9.1	12.4	19.8	33.3	46.0	78.1	119.3	170.6
4.0	3.3	5.9	9.4	16.3	22.0	35.3	59.2	81.8	138.9	212.0	303.2
5.0	5.1	9.2	14.7	25.4	34.4	55.1	92.5	127.9	217.0	331.3	473.8
6.0	7.4	13.2	21.1	36.6	49.5	79.4	133.2	184.1	312.5	477.0	682.2
su yoğunluğu 20C'de 1000 kg/m^3'dür											

Rüzgâr Yükleme Kuvveti

Rüzgâr yükleme kuvvetleri, maruz kalan yerlerde yüksek rüzgar hızında önemli ölçüde meydana gelir. Ankrajlar (ve kılavuzlar), rüzgâr hızının, yerden yüksekliğin ve borunun yan tarafının (ve yalıtımın) fonksiyonu olan bu rüzgâr yükleme kuvvetine karşı taşıyıcı sistem dayanmak zorundadır.

Rüzgâr yükleme kuvveti matematiksel olarak şu formül kullanılarak hesabı:

$$F = F_{rüzgar} \times A_{Etkili}$$ ***Denklem 7-9***

F = Kuvvet (N)

$F_{Rüzgar}$ = Yanal Rüzgâr Kuvveti (N/m^2)

A_{Etkisi} = Etkili Alan (m^2)

Tablo 7-5 Yalıtımlı TS EN 10255 (BS 1387) Ağır Seri Çelik Boru Yanal Rüzgâr Yükleme Kuvveti (N)/(m) İzoleli Boru

Rüzgâr Hızı (m/s)	Rüzgâr Tipi	Yanal Rüzgâr Mukavemet (N/m^2)	Yalıtımlı BS1387 Ağır Çelik Boru Yanal Rüzgâr Yükleme Kuvveti (N)/(m) İzoleli Boru (*)										
			15 mm	20 mm	25 mm	32 mm	40 mm	50 mm	65 mm	80 mm	100 mm	125 mm	150 mm
		ETKİLİ Alanı (m^2)	0.122	0.127	0.134	0.143	0.149	0.161	0.177	0.189	0.215	0.241	0.266
5	Hafif Esinti	16	2.0	2.0	2.1	2.3	2.4	2.6	2.8	3.0	3.4	3.9	4.3
10	Taze Esinti	63	7.7	8.0	8.4	9.0	9.4	10.1	11.2	11.9	13.5	15.2	16.8
15	Mutedil Fırtına	139	17.0	17.7	18.6	19.9	20.7	22.4	24.6	26.3	29.9	33.5	37.0
20	Sert Fırtına	250	30.5	31.8	33.5	35.8	37.3	40.3	44.3	47.3	53.8	60.3	66.5
25	Şiddetli Fırtına	390	47.6	49.5	52.3	55.8	58.1	62.8	69.0	73.7	83.9	94.0	103.7
30	Fırtına	563	68.7	71.5	75.4	80.5	83.9	90.6	99.7	106.4	121.0	135.7	149.8
35	Kasırga	761	92.8	96.6	102.0	108.8	113.4	122.5	134.7	143.8	163.6	183.4	202.4
40		1000	122.0	127.0	134.0	143.0	149.0	161.0	177.0	189.0	215.0	241.0	266.0
(*) İzolasyon 200 kg/m^3 yoğunlukta ve 50 mm kalınlıktadır.													

Ölü Ağırlık Kuvveti

Ankrajlar, kılavuzlar ve destekleri tasarlarken ölü ağırlık kuvvetleri her zaman dikkate alınmalıdır. Ankraj (ve boruyu desteklemek için kullanıldığında kılavuzlar) bu ölü ağırlık kuvvetlerine karşı koymak zorundadır. Ölü ağırlık hesabı içerisinde boru üzerinde bulunan fiting, körük, vana, hava atıcı, pislik tutucu ağırlıkları da unutulmamalıdır. Bu, yüksek binalarda dikey borular (kolonlar) için ankrajlar tasarlarken çok önemlidir.

Ölü ağırlık kuvvetleri formül kullanılarak matematiksel olarak hesabı:

$$F = (M_{boru} + M_{ortam} + M_{yalıtımı}) \times G \times L \qquad \textit{Denklem 7-10}$$

F = Kuvvet (N)
M_{BORU} = Boru Metre Başına Ağırlık (kg/m)
$M_{AKIŞKAN}$ = Akışkanın Metre Balına Ağırlığı (kg/m)
$M_{YALITIM}$ = İzolasyon Metre Başına Ağırlığı (kg/m)
G = Yer Çekimi Sabiti (9,81 m/s^2)
L = Boru Uzunluğu (m)

Tablo 7-6 Boru İçin Kütle (kg/m), TS EN 10255 (BS 1387) Ağır Seri Çelik Boru, Su ve İzolasyonlu Ağırlığı

Bileşen	Boru için Kütle (kg/m), BS1387 Ağır Seri Çelik Boru, Su Dolu ve İzolasyonlu Ağırlığı										
	15 mm	20 mm	25 mm	32 mm	40 mm	50 mm	65 mm	80 mm	100 mm	125 mm	150 mm
Boru	1.45	1.90	2.97	3.84	4.43	6.17	7.90	10.10	14.40	17.80	21.20
Su	0.18	0.33	0.52	0.93	1.27	2.07	3.53	4.91	8.38	13.05	18.70
İzolasyon (*)	2.30	2.40	2.60	2.90	3.10	3.50	4.00	4.40	5.20	6.00	6.80
TOPLAM	3.93	4.63	6.09	7.67	8.80	11.74	15.43	19.41	27.98	36.85	46.70
(*) İzolasyon 200 kg/m^3 yoğunlukta 50 mm kalınlıktadır.											

Ayrıca yükün taşınma tipi dışında mekanik ve elektrik tesisatına etki eden yükler ile sabitleme ankraj noktalarına etkileme açısından da aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir;

1. Ölü yükler,
2. Canlı Yükler,
3. Kar Yükleri,
4. Rüzgâr Yükleri,
5. Deprem Yükleri.

İlgili projenin coğrafi konumu ve/veya müşterinin talebine göre aşağıdaki standartlardan uygun olanlar, tasarıma esas standart olarak belirlenir.

Buraya kadar sürekli yüklerden bahsettik ve bir türlü bu yükleri nasıl yöneteceğimiz veya boru, kanal, uzama kısalma elemanlarını nasıl sabit nokta veya hareket kılavuzu ile yönlendireceğimizi, bu elemanları nerelere yerleştireceğimizden bahsetmedik.

BORU KILAVUZLARI (KAYAR MESNETLER) [64]

Boru genleşme veya kısalma yönünü kontrol etmek ve doğal esneklik veya genleşme körük çözümünün tasarlandığı gibi çalışması için boru kılavuzları gereklidir.

Boru ankraj üzerinde hareket eden toplam kuvvetin %15'inin yanal kuvvetine dayanabilmelidir. Yanal kuvvet, boru eksenine dik olan herhangi bir yönde hareket edebilir. Bu, Genleşme Körük Ortak Üreticileri Birliği (EJMA) standartlarında tavsiye edilmektedir.

Boru kılavuzu aralıkları matematiksel olarak şu formül kullanılarak hesabı:

$$L_{KILAVUZ} = \frac{3{,}142}{f_{KILAVUZ}} * \sqrt{\left[\frac{E*I)}{(F*S}\right]} \qquad \textit{Denklem 7-11}$$

$L_{KILAVUZ}$ = Kılavuzlar Arası Mesafe (m)
$f_{KILAVUZ}$ = Kılavuz Faktörü
E = Elastik Modülü (10^9 N/m2)
I = Atalet Momenti (cm^4)
F = Toplam Bükme Kuvveti (N)
S = Emniyet Faktörü (Tavsiye 3)

Yönlendirilen boru bölümü için Kılavuz Faktörü [$f_{Kılavuz}$] değerleri aşağıdaki gibidir:

Genleşme elemanının her iki tarafın da eksensel olarak yönlendirildiğinde (yakın tolerans),$f_{Kılavuzu}$= 0.5
Her iki taraf da basitçe desteklendiğinde (makaralı/sandalye), $f_{Kılavuzu}$= 1.0

Elastik modülü için tipik değerler tabloda verilmiştir, daha doğru değerler için Tablo 7-7'ye bakınız

Tablo 7-7 Boru Malzemeleri için Elastikiyet Modülü

Ortak Boru Malzemeleri için Elastikiyet Modülü (Yaklaşık) (E), Pa			
Metal		Plastik	
Malzeme	Modülü (Tablodaki Değerleri 10^9 ile Çarpın)	Malzeme	Modülü (Tablodaki Değerleri 10^9 ile Çarpın)
Bakır	70	Abs	1.8
Karbon Çeliği	200	PVCU	3.0
Paslanmaz Çelik (Östenitik)	190	PVCC	2.8
Paslanmaz Çelik (Ferritik)	190	PE	0,7 ila 0,9
Alüminyum	65	PP	0,9 ila 1,5

Atalet Momenti Matematiksel olarak aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$I = \frac{3{,}142*(D^4 - d^4)}{64} \qquad \textit{Denklem 7-12}$$

D = Boru Dış Çapı

d = Boru İç Çapı

[64] *BS 3974 Boru Destekleri*

Boru kısmı için Toplam Bükme Kuvveti [F] birçok bileşenlerini içerir:

Standart eksenel genleşme körükleri için (kısıtlanmamış) bileşenler genellikle:

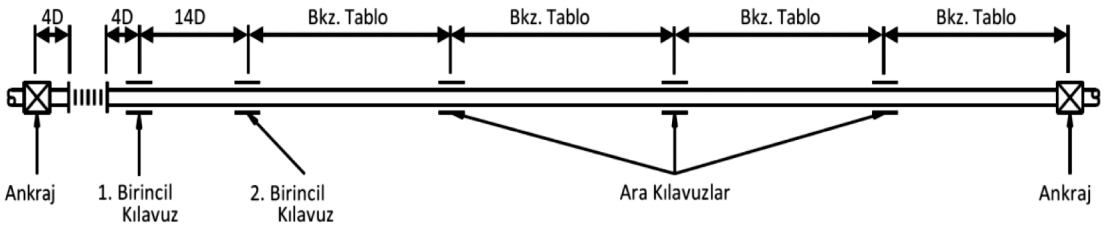
Sürtünme Kuvveti + Yay Hızı Kuvveti + Basınç İtme Kuvveti

Yanal, mafsallı ve gimbal genleşme körükleri (kısıtlı) için bileşenler genellikle:

Sürtünme Kuvveti + Yay Hızı Kuvveti

Eksen kaymaları ve omegalar gibi doğal esneme borusu kurulumları için bileşenler genellikle:

Sürtünme Kuvveti + Bükme Kuvveti



Şekil 7-7 Sınırsız Genleşme Körükleri ile Kullanılan Boru Kılavuzları [65]

Birincil Kılavuzlar

Bunlar, sınırsız veya eksenel genleşme eklemleri gözönüne alındığında çok önemlidir. Genleşme körüğünden 1. kılavuza kadar en fazla 4 boru çapı ve 1. kılavuzdan 2. kılavuza kadar 14 boru çapı olmalıdır. Bu BS129'da tavsiye edilir. Genleşme körük sabit ankraja bitişik olarak yerleştirilmişse, ankraja olan mesafe maksimum 4 boru çapı olmalıdır.

Ara Kılavuzlar

Bunlar, borunun 2. kılavuzlar arasındaki aralık boru nominal boyutuna (NB), malzemeye, duvar kalınlığına ve boru boyunca hareket eden kuvvetlere bağlıdır.

Boru kılavuzu aralıkları önceki formül kullanılarak matematiksel olarak hesabı:

$$L_{KILAVUZ} = \frac{3{,}142}{f_{KILAVUZ}} * \sqrt{\left[\frac{E*I)}{(F*S}\right]} \qquad \textit{Denklem 7-13}$$

Eksenel genleşme körüklerinin her iki tarafı da her zaman yönlendirilmesi gerektiğinden (aşağıda ayrıntılı olarak belirtildiği gibi yakın tolerans), değeri 0.5 Kılavuz Faktörü için alınmıştır [$f_{Kılavuz}$].

Basınç maksimum sistem test basıncı olarak alınır.

Körük Etkili Alanı (A_E) Katalog sayfalarından alınır.

[65] *BS 129 Tavsiyeleri*

Tablo 7-8 CIBSE Guide B'de Tavsiye Edilen Destek Merkezleri Mesafesi

Test Basıncı Maks. (Barg)	Eksenel Körükler BS1387 Orta Ağır Çelik Boru için Ara Kılavuz Mesafesi (m)										
	15 mm	20 mm	25 mm	32 mm	40 mm	50 mm	65 mm	80 mm	100 mm	125 mm	150 mm
Elastik Modülü, E	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Atalet Momenti, I	0.71	1.5	3.7	7.74	11.78	26.2	54.5	97	231	470	787
Kılavuz Faktörü, G	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Körük Etkili Alan (cm^2)	6	8	10	19	23	35	53	72	111	169	234
2.5	3.5	4.4	6.2	6.5	7.3	8.9	10.4	11.9	14.8	17.1	18.8
6	2.3	2.9	4.0	4.2	4.7	5.7	6.7	7.7	9.6	11.0	12.1
10	1.8	2.2	3.1	3.3	3.7	4.4	5.2	6.0	7.4	8.6	9.4
16	1.4	1.8	2.5	2.6	2.9	3.5	4.1	4.7	5.9	6.8	7.4
25	1.1	1.4	2.0	2.1	2.3	2.8	3.3	3.8	4.7	5.4	6.0
(Destek Merkezleri)	**2.0**	**2.4**	**2.7**	**2.7**	**3.0**	**3.4**	**3.7**	**3.7**	**4.1**	**4.4**	**4.8**

Bakır borular düşünüldüğünde, ara kılavuz aralığını yaklaşık %30 azaltın, çünkü bakır çelikten daha esnektir ve daha kolay eğilme veya tokalama eğilimindedir.

Genleşme hareketini eksenel bir genleşme elemanına yönlendirmek için boru kılavuzlarının etkinliği, boru ile kılavuz arasındaki boşluğa bağlıdır.

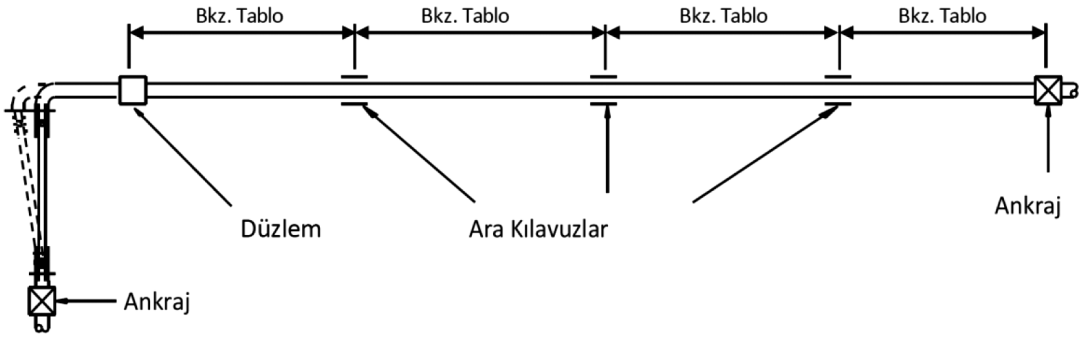
Birincil kılavuzlarda boru çevresindeki kılavuz boşlukları için; 150 mm nominal çapa kadar 1 mm ve daha büyük çaplı borular için 2 mm çevresel boşluk önerilir.

Ara kılavuzlarda boru çevresindeki kılavuz boşlukları için; 150 mm nominal çapa kadar 2 mm ve daha büyük çaplı borular için 4 mm çevresel boşluk önerilir.

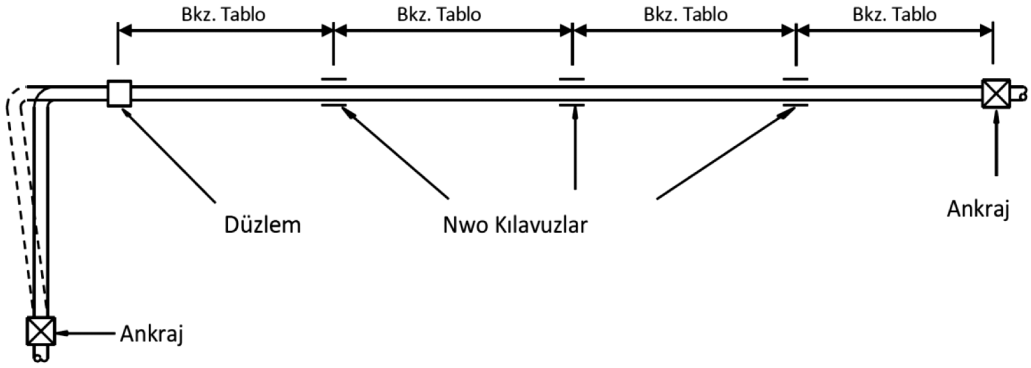
NOT: Yatay borular doğal olarak kılavuzun dibine oturabileceğinden, borunun üzerindeki boşluk yukarıda belirtilen boşlukların iki katı olacaktır.

Boru kılavuzları ve destekleri hakkında daha fazla bilgiyi Bkz. BS 3974'te bulabilirsiniz

Kısıtlanmış Genleşme Körükleri veya 'Doğal' Boru Esnekliği ile kullanılan Boru Kılavuzları



Şekil 7-8 Kısıtlanmış Genleşme Körükleri ile Kullanılan Boru Kılavuzları



Şekil 7-9 Doğal Boru Esnekliği ile Kullanılan Boru Kılavuzları

Kısıtlanmış genleşme eleman sistemleri veya doğal esneklik boru sistemleri ile kullanılmak üzere boru kılavuzları düşünüldüğünde, aralık boru nominal boyutuna, malzemeye, duvar kalınlığına ve boru boyunca hareket eden kuvvetlere bağlıdır.

Önceki formül, kılavuz aralıklarını en büyük bağlantı kuvvetine göre tablolamamızı sağlar.

Tablo 7-9 TS EN 10255(BS 1387) Orta Seri İçin Kısıtlı Körük/Doğal Esneklik Tercihli Kılavuz Aralığı (m)

Ankraj Kuvveti Maks. (N)	BS1387 Orta Çelik Boru için Kısıtlı Körük/Doğal Esneklik Tercihli Kılavuz Aralığı (m)										
	15 mm	20 mm	25 mm	32 mm	40 mm	50 mm	65 mm	80 mm	100 mm	125 mm	150 mm
Esneklik Modülü, E	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Atalet Momenti, I	0.71	1.5	3.7	7.74	11.78	26.2	54.5	97	231	470	787
Kılavuz Faktörü, G	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
1000	1.37	1.99	3.12	4.51	5.57	8.31	11.98	15.98	24.66	35.18	45.52
2000	0.97	1.41	2.21	3.19	3.94	5.87	8.47	11.30	17.44	24.87	32.19
3000	0.79	1.15	1.80	2.61	3.22	4.79	6.92	9.23	14.24	20.31	26.28
4000	0.68	0.99	1.56	2.26	2.78	4.15	5.99	7.99	12.33	17.59	22.76
5000	0.61	0.89	1.40	2.02	2.49	3.71	5.36	7.15	11.03	15.73	20.36
6000	0.56	0.81	1.27	1.84	2.27	3.39	4.89	6.52	10.07	14.36	18.58
7000		0.75	1.18	1.71	2.10	3.14	4.53	6.04	9.32	13.30	17.20
8000			1.10	1.60	1.97	2.94	4.23	5.65	8.72	12.44	16.09
9000				1.50	1.86	2.77	3.99	5.33	8.22	11.73	15.17
10000					1.76	2.63	3.79	5.05	7.80	11.12	14.39
20000						1.86	2.68	3.57	5.51	7.87	10.18
30000							2.19	2.92	4.50	6.42	8.31
40000								2.53	3.90	5.56	7.20
50000									3.49	4.97	6.44
60000										4.54	5.88
70000											5.44
(Destek Merkezi)	**2.0**	**2.4**	**2.7**	**2.7**	**3.0**	**3.4**	**3.7**	**3.7**	**4.1**	**4.4**	**4.8**
CIBSE Guide B'de Bulunan Destek Merkezleri - Emniyet Faktörü 3											

Bu kılavuzlar için, boru ve kılavuz arasındaki boşluk, eksenel genleşme körüklerine kıyasla çok kritik değildir. 150 mm'e kadar nominal çaplı borular için 2 mm, daha büyük çaplı borular için 4 mm çevresel kılavuz boşluğu önerilir.

Çelik yapı ve birleşimlerin genel tasarımı için aşağıdaki standartlar;
- The American Institute of Steel Construction, AISC,
- Manufacturers Standardization Society, MSS.
- Deprem tasarımı "The International Building Code, IBC" standardı,
- Yangın tasarımı ise "National Fire Protection Association, NFPA" standardı.

Projede uygulanacak yük kombinasyonlarının da belirlenmesi gerekmektedir. Taşıyıcı elemanların tasarımı, aşağıda belirtilen AISC standardındaki yük kombinasyonlarına göre yapılmaktadır. İlgili yönetmelikler de kontrol edilerek bu kombinasyonlar kullanılarak, ya da müşterinin talebine uygun yük kombinasyonları ile, manuel ya da analiz programlarından biri kullanılarak taşıyıcı elemanın tasarımı yapılabilir.

Analizlerde AISC-LRFD93 ve/veya AISC-ASD89 yük kombinasyonları da kontrol edilerek optimal çözüm üretilir.
1. 1.4G
2. 1.2G+0.5S
3. 1.2G+1.6S+0.8W
4. 1.2G+0.5S+1.6W
5. 1.2G+0.2S+Ex
6. 1.2G+0.2S+Ey

Yük ve mukavemet çarpanına göre tasarım (AISC- LRFD93); **1,4D** **1.2D + 1,6L** **0,9D + 1,0E** **1,2D + 1,0E** **1.2D + 0,5 L + 1,0E**	Emniyet gerilmelerine göre tasarım (AISC- ASD89 D); **D + L** **D + E** **D + L + E**	**- D (Dead load): Ölü yükler** **- L (Live loads); Canlı yükler** **- E (Earthquake loads): Deprem yükleri**

ASCE 7 ve ASME B31.1 standardına göre ölü ve canlı yüklerin hesaba katılış şekilleri aşağıda anlatılmıştır;

- **Yüklerin ayrı hesaplanması durumunda, ASCE 7 standardına göre yük kabullerinde;**
- Ölü yükler (G): Boru askı ve destek sistemlerinin ağırlıkları, boru ağırlıkları, izolasyonların ağırlıkları, tesisattaki vana vb. elemanların ağırlıkları ve boru içindeki sıvıların ağırlıklarının tamamı,
- Canlı yükler (L): Kablo tavaları ve havalandırma kanalları ağırlıkları, termal yükler.

- **Yükler ASME B31.1 standardına göre boru stres analizi sonucunda toplam olarak hesaplanmış ise yük kabullerinde;**
- Ölü yükler (G): Boru askı ve destek sistemlerinin ağırlıkları,
- Canlı yükler (L): Toplam yük
  1. 1.4G
  2. 1.2G+0.5S
  3. 1.2G+1.6S+0.8W
  4. 1.2G+0.5S+1.6W
  5. 1.2G+0.2S+Ex
  6. 1.2G+0.2S+Ey

7.1. YÜK DURUMUNA GÖRE

Taşıyıcı elemanın üzerindeki malzemenin toplam durgun ağırlığıdır. Autodesk inventor gibi 3 boyutlu analiz programları kullanarak bu yükün sistemde oluşturacağı deformasyon ve gerilimler analiz edilebilir.

Bu analizlerin gerekli koşulu sağlayıp sağlamadığını belirlemek için bazı standartlara bakılır. Bunlar;

Gerilme koşulu için;

Malzemenin cinsine göre değişir. S235 kalite çelik için 235 MPa gerilme üst sınır olarak kabul edilebilir.

Deformasyon koşulu için;

Yapısal olmayan elemanların hasar görmemesi, fonksiyonlarının olumsuz etkilenmemesi, ikinci mertebe etkilerinin aşırı değerler almaması ve göz güvenliğinin bozulmaması için, düşey yer değiştirmelerin sınırlandırılması gerekmektedir. Hareketli yüklerden oluşan düşey yer değiştirmelerin (sehimlerin) açıklığa oranı, kat döşemelerinde 1/360, çatı döşemelerinde 1/240 sınır değerini aşmayacaktır. Sabit yükler ve hareketli yükler (kar yükleri) altında, Bölüm 15.1'de verilen ilgili yük birleşimleri ve notlar göz önünde tutularak hesaplanan toplam düşey yer değiştirmelerin açıklığa oranı 1/300 sınır değerini aşmayacaktır. Konsol elemanlarda düşey yer değiştirmenin konsol boyuna oranı 1/150 sınır değerini aşmamalıdır. [66]

[66] *4/2/2016 Tarihli ve 29614 Sayılı Resmî Gazete'de Yayımlanan Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmeliği*

7.1.1. STATİK YÜKLER

Zamana göre şiddeti değişmeyen yüklerdir.

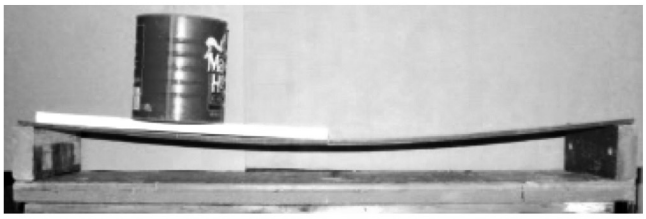
Bu grupta en çok karşılaşılan yükler:

A. Ölü Yükler

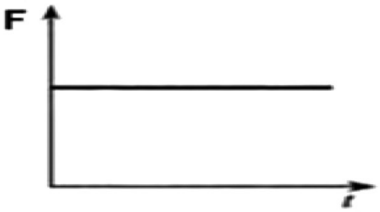
Dikkate alınan ilk dikey yük, ölü yüktür. Ölü yükler, ömür boyu yapıya aktarılan kalıcı veya sabit yüklerdir.
- Taşıyıcı sistem elemanlarının kendi ağırlıkları,
- Boru ağırlıkları (Boru içindeki su, akışkan ve izolasyon ağırlıkları dahil),
- Havalandırma kanalı ağırlıkları (varsa izolasyon ağırlığı dahil).

B. Canlı Yükler

Bir yapının tasarımında dikkate alınan ikinci dikey yük, uygulanan yükler veya hareketli yüklerdir. Canlı yükler, herhangi bir hızlanma veya darbe olmadan oluşan hareketli veya değişken yüklerdir. Bunlar;
- Termal Yükler (Isıtma ve soğutma sistemlerindeki sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan yüklerdir.)
- Diğer dış etkilerden kaynaklanan yükler (İnsan ve makine vb. hareketlerinden kaynaklanan yüklerdir.)



Resim 7-1 Ağırlık Yükleri Zamana Göre Değişmemektedir.



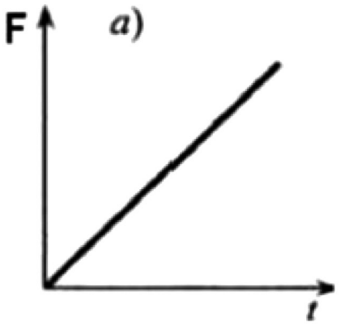
Şekil 7.10 Kuvvet Zaman Değişimi

Kuvvet, F zamana göre sabit oranlı bir artışa sahip ise bu da bir statik yükleme durumudur.

Çekme testleri süresince test parçasına etkiyen kuvvetler buna örnek verilebilir.



Resim 7-2 Çekme Testi



Şekil 7-11 Kuvvet Zaman Değişimi

Ağırlık Yükleri

Boru ağırlıklarından kaynaklanan yükler üç adımda hesaplanmaktadır,

a. Boru Askı ve Destek Noktalarında Oluşan Ağırlık Yüklerinin Belirlenmesi

$$G = 9{,}81\ q_t L \qquad \textit{Denklem 7-14}$$

G: Destek noktasında boru ağırlığından kaynaklanan yük, N
q_t: Boruların toplam ağırlığı, kg/m
L: Boru desteklerinin aralığı, m

b. Boru Destek Aralığı Belirlenmesi

Boru destek aralıklarının belirlenmesinde en çok kullanılan standartlar;
- Manufacturers Standardisation Society, MSS SP-69……..ş ***Gp = G***
- The American Society of Mechanical Engineers, ASME B31.1 ***Gp = G***
- National Fire Protection Association, NFPA 13…… …. ***Gp = 5G + 114 (kg)***

c. Boru Ağırlıkları Belirlenmesi

Boruların birim boylarındaki ağırlıkları dört temel parametreye bağlıdır, bunlar;
- Boru malzemesinin cinsi (Çelik, bakır veya plastik gibi)
- Boru malzemesinin anma çapı ve et kalınlığı
- Boru malzemesi üzerindeki izolasyonun ve içindeki akışkanın ağırlığı

Canlı Yükler

Aşağıdaki yük çeşitleri canlı yük olarak kabul edilecektir.

1. Havalandırma kanallarının ve izolasyonlarının ağırlıkları etkisi ile oluşan yükler
Burada ağırlıklardan kaynaklanan yükler SMACNA standardına uygun olacak şekilde üç adımda hesaplanmaktadır;
- Havalandırma kanallarının destek aralıklarının belirlenmesi,
- Havalandırma kanallarının ağırlıklarının belirlenmesi,
- Askı ve destek noktalarında oluşan ağırlık yüklerinin belirlenmesi.

2. Boru tesisatında termal etkilerle oluşan yükler
- Borular üzerinde termal etkiler, düşey, yanal ve eksenel yüklere sebep olur.
- Termal yükler, boru stres analizleri yardımı ile hesaplanır. Bu yükler canlı yük olarak tanımlanır.
- Termal eksenel yük, kayar mesnedin iletebileceği yük değerini aşamaz.

3. Kayar mesnette etkili sürtünme kuvveti yükleri

Termal yük durumunda, $F_s = \mu G$ ***Denklem 7-15***

μ: Kayar mesnetin sürtünme katsayısı.
Kayar mesnetin sürtünme katsayısı için, ASTM D202, ASTM D4918 standartlarına göre yapılan testler sonucunda, aşağıdaki değerler kabul edilmektedir.
- Çelik-çelik çalışması (eski tip kayar mesnetler) için, μ = 0,3
- Teflon-çelik çalışması (yeni tip kayar mesnetler) için, μ = 0,2

7.1.2. DEPREM YÜKLERİ

ASCE 7-16, IBC 2012 veya Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 standartlarında, deprem analizleri aşağıdaki gibi üç farklı sistem yapısı için ayrı ayrı incelenmektedir, bunlar;
- Binalar (Tamamen Kitap Kapsam Dışındadır)
- Bina olmayan yapılar (Non-building structures) ASCE 7-16 Kısım 15
- Yapısal olmayan elemanlar (Non-structural component) ASCE 7-16 Kısım 13

SİSMİK YÜK HESABI YÖNTEMLERİ

- **Etkin Yer İvmesi Yöntemi:**

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2007'de yer alan sismik yük hesaplama yöntemidir. Yapısal olmayan elemanın yapısı ve bağlantı metodunu göz ardı ettiği için yaklaşık sonuçlar vermektedir.

$$f_e = 0,5\, A_0 I \omega_e \left[1 + 2\frac{H_i}{H_N}\right]$$ ***Denklem 7-16***

f_e: Eşdeğer deprem yükü
A_0: Etkin yer ivmesi katsayısı (proje statik grubunca hesaplanır)

I: Bina önem katsayısı (1-1,5 arasında seçilir)
W_e: Ekipman ağırlığı
H_i: Ekipmanın bina içindeki yüksekliği
H_N: Toplam bina yüksekliği

- **Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi:**

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'de yer alan sismik yük hesap yöntemidir.

$$F_{ie} = \frac{m_e A_{ie} B_e}{R_e} \qquad \textit{Denklem 7-17}$$

F_{ie}: Eşdeğer deprem yükü
m_e: Ekipman çalışır durumdaki kütlesi
A_{ie}: i'nci katta elemanın döşemeye bağlandığı noktaya etkiyen en büyük toplam ivme
B_e: Elemana uygulanan büyütme katsayısı (Ek-1 Tablo 1.3.1)-16
R_e: Eleman için tanımlanan davranış katsayısı (Ek-1 Tablo 1.3.1)

$$A_{ie} = \left(\frac{R}{I}\right)\left(\frac{2\pi}{T_p}\right)^2 u_i \qquad \textit{Denklem 7-18}$$

R: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
I: Bina önem katsayısı (1-1,5 arasında seçilir)
T_p: Binanın doğal titreşim periyodu (s)
u_i: i'nci kattaki maksimum yatay yer değiştirme (m)

Elektromekanik Ekipmanlar için Büyütme ve Davranış Katsayıları için Ek-1 Tablo 6.1 bkz.

Burada *me* eleman veya donanımın çalışır durumdaki kütlesini, A_{ie} DD-2 deprem yer hareketi altında i'nci kattaki eleman veya donanımın döşemeye bağlandığı bölgeye etkiyen en büyük toplam ivmeyi, Be eleman veya donanıma uygulanan büyütme katsayısını, Re eleman veya donanım için tanımlanan davranış katsayısını, *I* ise **Tablo 3.1**'de tanımlanan bina önem katsayısını göstermektedir. B ve R katsayıları, yapısal olmayan mimari elemanlar için Ek-1 Tablo 6.1'de, mekanik ve elektrik donanım için ise Ek-1 Tablo 6.2'de verilmiştir.

6.2.2 - Eleman veya donanıma etkiyen en büyük toplam ivme, aşağıda belirtilen hesaplardan elde edilecek en büyük değer olarak tanımlanacaktır:

(a) Bina taşıyıcı sistemi için 4.7'ye göre yapılacak doğrusal deprem hesabı sonucunda, herhangi bir i'nci katın eleman veya donanımın bulunduğu konumunda, ilgili doğrultuda hesaplanan mutlak ivme değeri A_{ie}

6.3. YER DEĞİŞTİRMELERİN SINIRLANDIRILMASI

6.3.1 - Yapısal olmayan elemanlar ve donanımın aynı yapının farklı yer değiştirme yapabilecek iki ayrı noktasına veya iki ayrı taşıyıcı sistemdeki noktalara bağlandığı durumlarda, bağlantı noktaları arasında deprem sırasında meydana gelen göreli yer değiştirmelerden oluşan etkiler de gözönüne alınmalıdır. Göreli yer değiştirmeler, Bölüm 4 veya Bölüm 5'e göre uygulanacak hesap yönteminin sonuçlarını kullanarak elde edilecektir.

6.3.2 - Tipik (X) deprem doğrultusu için yapısal olmayan eleman ve donanımla ilgili etkin göreli kat ötelemesi $\delta_e(X)$ Denklem 7-19'u sağlayacaktır.

$$\delta_e^{(X)} \le \left(h_x - h_y\right)\frac{\delta_{i,max}^{(X)}}{h_i} \qquad \textit{Denklem 7-19}$$

Burada h_x ve h_y sırası ile, yapısal olmayan eleman ve donanımın üst ve alt bağlantı noktalarının ilgili kat tabanından itibaren yüksekliğini, $\delta_{imak}(X)/ h_i$ ise, kullanılan yönteme göre Ek-1 4.9.1.3'de izin verilen en büyük göreli kat ötelemesi oranını göstermektedir.

- **Spektral İvme Yöntemi:**

ASCE-7'de yer alan sismik yük hesap formülüdür.

$$F_p = \frac{0{,}4\alpha_p S_{DS} W_p}{\left[\frac{R_p}{I_p}\right]} \left[1 + 2\frac{z}{h}\right] \qquad \textit{Denklem 7-20}$$

F_p : Sismik yük
a_p : Bileşen yükseltgeme faktörü (Tablo 1.3.2)
R_p : Bileşen karşılık faktörü (Tablo 1.3.2)
S_{DS} : Ani spektral karşılık ivmesi
W_p : Ekipman ağırlığı
I_p : Bileşen önem faktörü
z : Ekipmanın bina içindeki yüksekliği
h : Toplam bina yüksekliği

Yatay deprem yükü ASCE 7-10 13.3-2 ve 13.3-3 formüllerinin arasında bir değerde olmalıdır.

F_p=1,6S_{DS} I_p W_p ASCE 7-10 13.3-2 F_p Hesaplana değerden büyük alınamaz

F_p=0,3S_{DS} I_p W_p ASCE 7-10 13.3-3 Fp Hesaplana değerden küçük alınamaz

Dikey yük (vertical force) ise aşağıdaki formül yardımıyla bulunabilir.

Dikey Yük ± 0,2S_{DS} W_p

Fazlalık Faktörü (Redundancy Factor) ρ= 1 ,

Aşırı Güç Faktörü (Overstrength Factor) Ω_0 Uygulanamaz.

- **Yangın tesisatında NFPA 13 standardına göre deprem yükü,**

$$F_{pw} = \frac{0{,}4\alpha_p S_{DS} W_p}{\left[\frac{R_p}{I_p}\right]} \left[1 + 2\frac{z}{h}\right] \qquad \textit{Denklem 7-21}$$

$$C_p = \frac{0{,}4\alpha_p S_{DS}}{\left[\frac{R_p}{I_p}\right]} \left[1 + 2\frac{z}{h}\right] \qquad \textit{Denklem 7-22}$$

Basitleştirilmiş denklem,

$F_{pw}=C_P$ W_p Tablo 9.3.5.9.3 Sismik Katsayılar kullanılarak hesaplanabilir.

- **Havalandırma kanallarında SMACNA standardına göre deprem yükü,**

$$F_p = \frac{0{,}4\alpha_p S_{DS} W_p}{\left(\frac{R_p}{I_p}\right)} \left[1 + 2\frac{z}{h}\right] = C_s W_p \left(1 + 2\frac{z}{h}\right) (N) \qquad \textit{Denklem 7-23}$$

Basitleştirilmiş temel denklem,

$F_{pw}=C_s$ W_p *Denklem 7-24*

SMACNA standardına göre C_s dört farklı sismik hasar seviyesine (SHL) göre ayrı ayrı belirlenmektedir.

SHLA A için C_s=1,0

SHLA B için C_s=0,75

SHLA C için C_s=0,50

SHLA D için C_s=0,25

- **Kat İvmeleri Yöntemi:**

ASCE-7'de yer alan alternatif hesap yöntemidir. Özellikle yapısal deprem izolatörlü binalarda kullanılmaktadır.

$$F_p = \frac{\alpha_i \ \alpha_p \ A_\chi}{\frac{R_p}{I_p}} \ W_p \qquad \textit{Denklem 7-25}$$

F_p : Yatay sismik yük
W_p : Bileşen ağırlığı
I_p : Önem faktörü
A_x : Torsiyonel yükseltgeme faktörü
ai : Maksimum kat ivmesi (m/sec2)
a_p : Bileşen yükseltgeme faktörü **(Tablo 1.3.2)**
R_p : Bileşen karşılık faktörü **(Tablo 1.3.2)**

Tablo 7-10 Mekanik ve Elektrik Bileşenleri için Sismik Katsayılar ASCE 7-16 Tablo 13.6-1

Mekanik ve Elektrik Bileşenleri	a_p [a]	R_p [b]
Hava tarafı HVAC, fanlar, klima santralleri, klima üniteleri, kabinli ısıtıcılar, hava dağıtım kutuları ve sac metal çerçeveden yapılmış diğer mekanik bileşenler	2.5	6.0
Su taraf HVAC, kazanlar, fırınlar, atmosferik tanklar ve silolar, çillerler, su ısıtıcıları, ısı eşanjörleri, evaporatörler, hava ayırıcılar, imalat veya proses ekipmanları ve yüksek deforme olabilen malzemelerden yapılmış diğer mekanik bileşenler	1.0	2.5
Etekler üzerinde desteklenmeyen ve Bölüm 15 kapsamında olmayan motorlar, türbinler, pompalar, kompresörler ve basınçlı kaplar	1.0	2.5
Bölüm 15 kapsamına girmeyen etek destekli basınçlı kaplar	2.5	2.5
Asansör ve yürüyen merdiven bileşenleri	1.0	2.5
Yüksek deforme olabilen malzemelerden yapılmış jeneratörler, bataryalar, inverterler, motorlar, transformatörler ve diğer elektrikli bileşenler	1.0	2.5
Motor kontrol merkezleri, elektrik panoları, şalt tesisleri, enstrümantasyon ve kontroller	2.5	6.0
İletişim ekipmanı, bilgisayarlar, enstrümantasyon ve kontroller	1.0	2.5
Çatıya monte edilmiş bacalar, kütle merkezinin altına yanal olarak desteklenmiş soğutma ve elektrik kuleleri.	2.5	3.0
Çatıya monte edilmiş bacalar, kütle merkezinin altına yanal olarak desteklenmiş soğutma ve elektrik kuleleri.	1.0	2.5
Aydınlatma armatürleri	1.0	1.5
Diğer mekanik veya elektrik bileşenleri	1.0	1.5
Titreşim İzolasyonlu Bileşenler ve Sistemler		
Neopren elemanlar ve yerleşik veya ayrı elastomerik sönümleme cihazları veya esnek ön ölçüm durdurucuları olan neopren izole zeminler kullanılarak izole edilmiş bileşenler ve sistemler	2.5	2.5
Yerleşik veya ayrı elastomerik sönümleme cihazları veya esnek ön ölçüm durdurucuları kullanılarak sıkıca tutturulmuş yay izolasyonlu bileşenler ve sistemler ve titreşimden izole edilmiş zeminler	2.5	2.0
Dahili olarak izole edilmiş bileşenler ve sistemler	2.5	2.0
Hat içi kanal cihazları ve askıya alınmış dahili olarak izole edilmiş bileşenler dahil olmak üzere asılı titreşimden izole edilmiş ekipmanlar.	2.5	2.5
Dağıtım Sistemleri		
Tüm borular ASME B31 (2001, 2002, 2008 and 2010)'e göre ve boru hattı üzerindeki kaynak veya lehimli tüm bağlantı elemanları	2.5	12.0
Diş açma, bağlama, sıkıştırma kaplinleri veya yivli kaplinlerle yapılan bağlantılara sahip, sıralı bileşenler dahil, yüksek veya sınırlı deforme olabilir malzemelerden yapılmış ASME B31'e uygun borular	2.5	6.0

ASME B31'e uygun olmayan borular, sıralı bileşenler dahil, yüksek deforme olabilir malzemelerden yapılmış, kaynak veya sert lehimleme ile yapılan borular	2.5	9.0
ASME B31'e uygun olmayan borular, sıralı bileşenler dahil, yüksek veya sınırlı deforme olabilir malzemelerden yapılmış, diş açma, bağlama, sıkıştırma kaplinleri veya yivli kaplinler ile yapılan bağlantılar	2.5	4.5
Dökme demir, cam ve sünek olmayan plastikler gibi düşük deforme olabilen malzemelerden yapılmış borular	2.5	3.0
Sıralı bileşenler de dahil olmak üzere, kaynak veya sert lehimleme ile yapılan donatılarla yüksek deforme olabilen malzemelerden yapılmış kanal sistemi	2.5	9.0
Sıralı bileşenler dahil olmak üzere, yüksek veya sınırlı deforme olabilen malzemelerden yapılmış, diğer kaynak veya sert lehimleme yöntemleriyle yapılan donatılarla yapılan kanal sistemi	2.5	6.0
Sıralı bileşenler dahil olmak üzere, dökme demir, cam ve esnek olmayan plastikler gibi düşük deforme olabilen malzemelerden yapılmış kanal sistemi	2.5	3.0
Elektrik kanalı kablo tavaları	2.5	6.0
Bus Barlar	1.0	2.5
Sıhhi Tesisat	1.0	2.5
Üretim veya işlem konveyörleri (personel olmayan)	2.5	3.0
[a] Ayrıntılı dinamik analizlerle gerekçelendirildiğinde, p için daha düşük bir değere izin verilir. Ap değeri 1.0'dan az olmayacaktır. 1.0'a eşit ap değeri, sert bileşenler ve sağlam bir şekilde bağlanmış bileşenler içindir. 2,5'a eşit Ap değeri, esnek bileşenler ve esnek bir şekilde bağlanmış bileşenler içindir.		
[b] Titreşim yalıtıcıları üzerine monte edilen bileşenler, her yatay yönde bir tampon sınırlamasına veya söndürücüye sahip olacaktır. Ekipman destek çerçevesi ile tutma arasındaki nominal boşluk (hava boşluğu) 0,25 inç'ten (6 mm) büyükse, tasarım kuvveti 2Fp olarak alınacaktır. İnşaat belgelerinde belirtilen nominal boşluk 0,25 inç'ten (6 mm) fazla değilse, tasarım kuvvetinin Fp olarak alınmasına izin verilir.		
ASCE 7ASCE 7-16 veya Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018'e göre **• Tesisatta borular, havalandırma kanalları ve kablo kanalları yapısal olmayan elemanlar statüsünde hesaplanmaktadır.**		

7.1.3. Sürtünme Yükleri

Isıl genleşme nedeniyle borularda uzamalar ve kısalmalar görülmektedir. Bu etkileri sınırlamak için boru askı sistemlerinde kayar mesnetler ve sabit noktalar tasarlanmaktadır. Boruların uzayıp kısalması sırasında gerilmelerin ve kuvvetlerin sabit noktalara düzgün bir şekilde iletilmesi için ve boru destek sistemlerinin zarar görmemesi için kayar mesnet kullanılır. Kayar mesnetlerde borunun bir veya iki eksende hareketine izin verilir. Bu hareketten ötürü, kayar mesnet üzerindeki hareketli ve sabit malzeme arasında sürtünme kuvveti oluşmaktadır. Sürtünme kuvveti aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$F_{yük} = F_{sür} = F_{yük} \, x \, \mu \, [N] \qquad \textit{Denklem 7-26}$$

$F_{yük}$= İçi akışkan dolu boru ağırlığı (askı aralığı boyunca) [N]
μ = Kayar mesnetteki hareketli ve sabit yüzeyler arasındaki sürtünme katsayısı

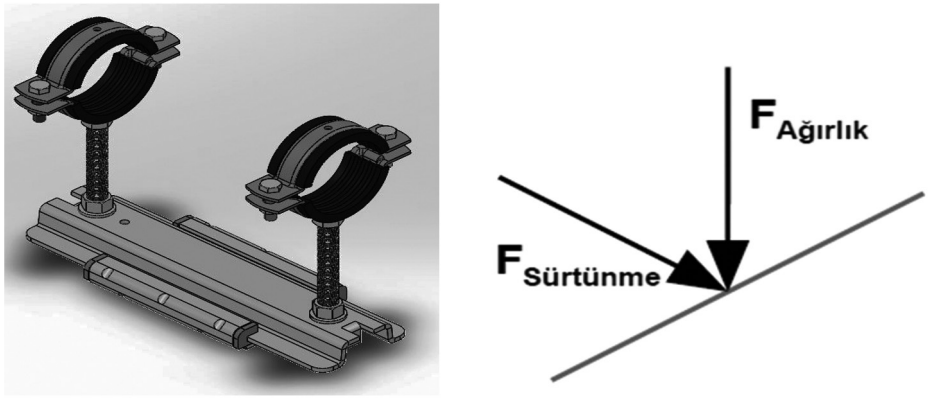
Tablo 7-11 Çeşitli Malzemeler için Sürtünme Katsayısı

Kayar Mesnetlerde. Sürtünen Yüzeyler	Sürtünme Katsayısı (μ)
Çelik-Çelik	0,3
Çelik-Teflon	0,1
Teflon-Teflon	0,1
Çelik-Beton	0,6
Kayar mesnet (Roller)	0,05

NOT: Teflon ve kayar mesnet katsayısı için imalatçı tarafından tavsiye edilen değer hesaplarda kullanılmalıdır.

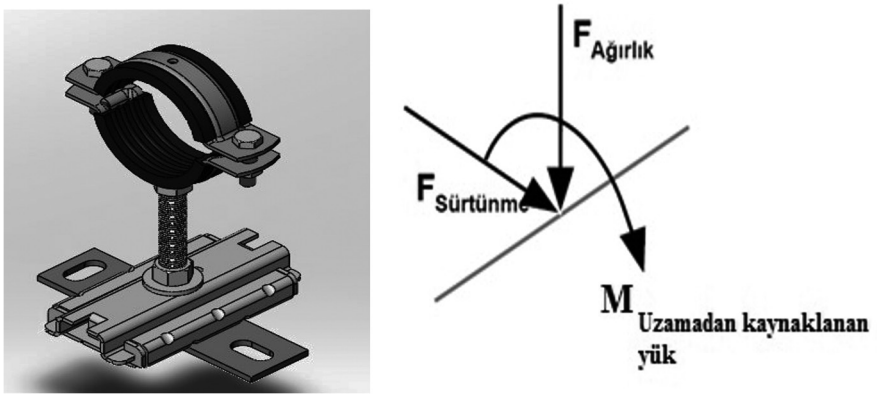
Kayar mesnetlerde hareketli ve sabit yüzeyler arasındaki sürtünmeden ötürü oluşan sürtünme kuvveti boru destek sistemine bağlantı şekline göre farklı yükler iletmektedir. Tek kelepçeli ve çift kelepçeli kayar mesnet tiplerinde boru destek sistemine etki eden yükler aşağıda gösterilmiştir.

1. Çift kelepçeli kayar mesnetli bağlantıda, boru ağırlığı ve sürtünme kuvveti etki etmektedir.



Şekil 7-12 Kuvvet Zaman Değişimi Çift Kelepçeli Kayar Mesnet Bağlantısında Taşıyıcı Sisteme Etkiyen Kuvvetin Şematik Görünüşü

Tek kelepçeli kayar mesnetli bağlantıda, boru ağırlığı ve sürtünme kuvvetinin yanında momente etki etmektedir.



Şekil 7-13 Tek Kelepçeli Kayar Mesnet Bağlantısında Taşıyıcı Sisteme Etkiyen Kuvvetin Şematik Görünüş

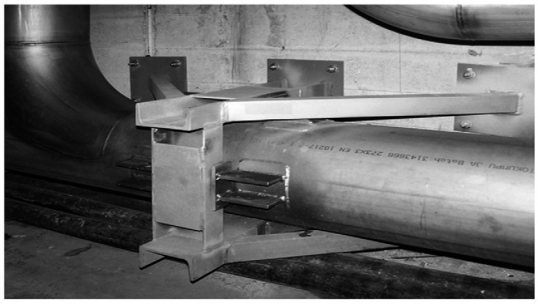
NOT: G kanallar gibi açık ağızlı profillerde her zaman çift kelepçeli kayar mesnet tercih edilmelidir.

7.1.4. Sabit Nokta Yükleri

DN65 ve DN65'ten daha büyük çaplar ve düz bir hat boyunca 10 m veya 10 m'den daha uzun olan boru hatlarında genleşme kontrol edilmeli ve gerekliyse hattın ortasına bir sabit nokta eklenmelidir.

Mekanik odalarda bazı cihazlarda, ısıl genleşme sonucu oluşan borunun eksenel kuvvetinden ötürü cihazın dengesinin bozulmasına sebep ve hasar görme riski söz konusu olabilir. Bu durum söz konusu olduğunda, boru hattının başlangıcına bir sabit nokta eklenmesi gereklidir.

Sabit noktaların yerleşimi yapılırken, her zaman yapının yük taşıma kapasitesi hesaba katılmalıdır. Sabit noktanın etkisi ile ilgili yapıdan sorumlu mühendise danışılmalıdır. Sabit noktadan gelen yükler betonun taşıma kapasitesinin üzerine çıkabilir veya bir kirişin burulmasına ve yapının dengesinin bozulmasına etki edebilir.



Resim 7-3 Sabit Nokta Örneği

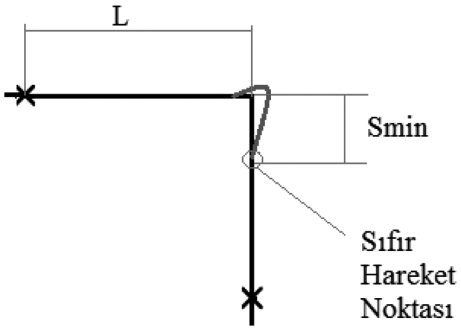
Sabit noktaların temel fonksiyonu, borunun hareketini 0'a indirecek şekilde sabitleyip, borunun genleşmesinden ötürü oluşan kuvvetleri taşımak ve binanın bu kuvvetleri taşıyabileceği bir noktasına aktarılmasını sağlamaktır. Sabit nokta üzerinde etkili olan yükler uzama/kısalma şekline bağlı olarak değişmektedir.

1. Doğal Uzama/Kısalma
Doğal uzama/kısalmada genel olarak iki farklı yük etkilidir;
a) FCR: Uzama/kısalma direnci (L dirsek, U-dirseği, ...)
b) ΣFFR: Tüm boru desteklerindeki sürtünme kuvvetleri
2. Teknik Uzama/kısalmada üç farklı tip yük etkilidir;
a) FSR: Körüklü titreşim elemanından gelen yükler
b) FTP: Boru basıncından kaynaklanan yükler
c) ΣFFR: Tüm boru desteklerindeki sürtünme kuvvetleri

1. Doğal uzama/kısalma

Sıfır Hareket Noktası

Sıfır hareket noktası, genleşmelerin artık ihmal edilemeyeceği, doğal uzama/kısalma hareket ile gelen yüklerin destek sistemlerine artık etki etmeyeceği (ihmal edilebileceği) noktadır.



Şekil 7-14 Sıfır Hareket Noktasının Şematik Görünümü

Sıfır hareket noktasına kadar yerleştirilen boru destekleri üzerinde yanal yükler etki etmektedir. Bu yükler aynı zamanda sabit nokta üzerinde etkili olacak yüklerin artmasına sebep olmaktadır. (Sürtünme kuvvetinden ötürü)

Sıfır hareket noktasından sonra yerleştirilen boru destekleri üzerinde yatay yükler etki etmemektedir. (Yatay yükler ihmal edilebilecek kadar düşüktür.)

$$S = \sqrt{\left[\frac{(3E)}{(2\sigma)}\right]} * \sqrt{\Delta L * AD} \qquad \textit{Denklem 7-27}$$

E = Boru malzemesinin elastiklik modülü (sıcaklığa bağlı)
σ = Boru malzemesi üzerinde izin verilen gerilme (sıcaklığa bağlı ve yük katsayısı dahil - akma gerilmesi / güvenlik faktörü)

$$\Delta L = L * \Delta T * \alpha$$

ΔT = T_{maks} - T_{mon} = Sıcaklık Farkı [°C]
α = Isıl Genleşme Katsayısı [mm/m°C]
L = Sabit nokta ile dirsek arasındaki boru uzunluğu [m]
T_{maks} = Maksimum işletme sıcaklığı [°C]
T_{mon} = Sabit Noktaların Montaj Sıcaklığı [°C]
AD = Borunun Dış Çapı [mm]

Doğal Uzama/kısalma uygulamasında sabit nokta yükleri

Düşey ağırlık yükünün haricinde boru ekseninde ve yatay eksende oluşan kuvvetler;

$$F_{FP} = F_{CR} + \Sigma F_{FR}$$ ***Denklem 7-28***

F_{CR} = Uzama/kısalma yükleri (dirsekler) [N]
ΣF_{FR} = Tüm boru desteklerindeki sürtünme yükü [N]

$$F_{CR} = E \times I \times (\Delta L \times 3/s^3)$$ ***Denklem 7-29***

E = Elastiklik modülü [N/mm^2]
I = Borunun Atalet momenti [mm^4]
ΔL = Isıl uzama [mm]
S = Dirsek ile sıfır noktası arasındaki mesafe [mm]

$$F_{FR} = \mu \times M \times L$$ ***Denklem 7-30***

μ = Sürtünme katsayısı
M = Su dolu boru ağırlığı; izolasyon dahil [kg/m]
L = Sabit nokta ile dirsek arasındaki mesafe [m]

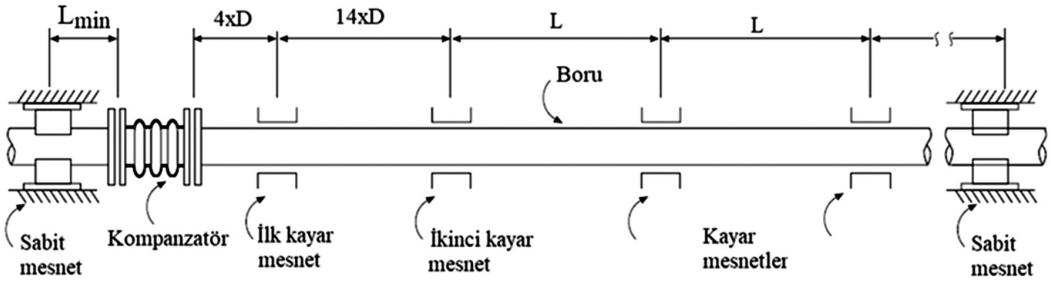
NOT: Sistem üzerinde dikkate alınması gerekiyor ise sismik yükler, rüzgâr yükü, kar yükü, titreşim vb. yüklerde bu yüklerin üzerine eklenmelidir.

Doğal Uzama/kısalma için sabit nokta tasarım kuralları

a) Doğal uzama/kısalma için dirsek eklenmeyen bir boruya hiçbir zaman iki sabit nokta eklenmemelidir.
b) Doğal uzama/kısalma için eklenen her dirseğin iki ucunda sabit nokta bulunmalıdır.
c) İki dirsek arasında kalan sabit nokta, yüksek yük değerini karşılayacak şekilde tasarlanmalıdır.
d) Endüstriyel uygulamalarda genellikle, genleşmeyi daha çok kontrol edebilmek için U dirsek kullanarak sabit noktalar tercih edilmektedir. Bu kısımda özel olarak son destek sistemi ve sıfır hareket noktasına kadar olan tüm destek sistemlerinde kayar mesnetler yanal harekete de izin verecek şekilde tasarlanmalıdır.
e) Boru destekleri dirseklere sıfır hareket noktasından önce yerleştirildiği durumlarda (yük taşıma kapasitesinin veya askı aralığının mesafesi aşılması durumlarında), boru destekleri düşey, yatay ve eksenel yükleri taşıyabilmeli ve farklı yönlerde hareket edebilecek şekilde tasarlanmalıdır. Kayar mesnetlerin yeterli hareket kapasitesine sahip olup olmadığı kontrol edilmelidir.

2. Teknik Uzama/Kısalma

Teknik uzama/kısalma bölgesinde körüklü titreşim elemanı basınç altındaki bir yay gibi davranış gösterir. Geri esneme etkisi ise yönünün belirsizliği sebebi, körüklü titreşim elemanının boru hattında ciddi deformasyonlara sebep olmasına sebep olabilmektedir. Ayrıca boru desteklerine uygulanacak kuvvetlerin miktarını ve yönünü kestirmenin zorlaşmasına sebep olmaktadır. Bu yüzden körüklü titreşim elemanının çevresindeki genleşme kontrol edilmeli ve iki ucundan uygun mesafelerde sabitlenmelidir (Şekil 7-15).



Şekil 7-15 İki Sabit Nokta Arasında Körüklü Titreşim Elemanı ve Mesnet Yerleşiminin Şematik Görünümü

D: Boru anma çapı,
L: Standartlarda tavsiye edilen boru destek aralığı. L_{min} olabilecek en kısa mesafedir.

Ayrıca sistemde vanalar gibi tekil yük kaynakları varsa bu elemanların da askılara olabildiğince yakın yerleştirilmesi gereklidir.

Teknik Uzama/kısalma uygulamasında sabit nokta yükleri

Düşey ağırlık yükünün haricinde boru ekseninde ve yatay eksende oluşan kuvvetler;

$$F_{FP} = F_{TP} + F_{SR} + F_{FR} \qquad \textit{Denklem 7-31}$$

F_{TP} = Boru basınç yükü [N]
F_{SR} = Körüklü titreşim elemanı yükü [N]
ΣF_{FR} = Tüm boru desteklerindeki sürtünme yükü [N]

$$F_{TP} = 10 \times P \times A \qquad \textit{Denklem 7-32}$$

P = Tasarım için basınç değeri [N/mm^2]
A = Körüklü titreşim elemanı etkili alan (üreticiden bilgi alınmalı) [mm^2]

$$F_{SR} = \Delta L \times C$$

ΔL = Boru genleşmesi [mm]
C = Körüklü titreşim elemanın yay katsayısı (üreticiden bilgi alınmalı) [N/mm]

Not: Ön gerilmeli genleşme körüklü titreşim elemanı da $F_{SR} = 2 \times \Delta L \times C$

$$F_{FR} = \mu \times M \times L \qquad \textit{Denklem 7-33}$$

μ = Sürtünme katsayısı
M = Su dolu boru ağırlığı (izolasyon dahil) [N/m]
L = Sabit noktadan dirseğe kadar olan boru uzunluğu [m]

NOT: Sistem üzerinde dikkate alınması gerekiyor ise sismik yükler, rüzgâr yükü, kar yükü, titreşim vb. yüklerde bu yüklerin üzerine eklenmelidir. Ayrıca boru bağlantı şekline bağlı olarak akışkanın momentumundan gelen kuvvet değerinin de hesaba katılması söz konusu olabilmektedir.

Teknik uzama/kısalma yutucu için sabit nokta tasarım kuralları

a) Körüklü titreşim elemanı olmayan bir boruya hiçbir zaman iki sabit nokta eklenmemelidir.
b) Tüm körüklü titreşim elemanı iki ucunda sabit nokta bulunmalıdır.

c) Tüm sabit noktalar eksenel olarak iki yönden de desteklenmelidir.
d) İki körüklü titreşim elemanı arasında kalan sabit noktalar yüksek yük değeri potansiyeline sahip körüklü titreşim elemanının yükünü taşıyacak şekilde tasarlanmalıdır.
e) Körüklü titreşim elemanı tedarikçisinin talimatlarına uygun olacak şekilde körüklü titreşim elemanı eksenel yönde genleşmeye izin veren kayar mesnetlerle desteklenmelidir.

7.1.5. Rüzgâr ve Kar Yükleri

Yükleri hesaplarken, tesisatın yapıldığı bölgelere ve denizden yüksekliğine bağlı olarak ***Rüzgâr*** ve ***Kar*** yükleri tasarım şartlarında öne çıkmaktadır. Özellikle deniz üzeri platform veya açık denizler ile yüksek rakımlı bölgelerde, dış sahada yapılan tesisat boru köprüleri ile rüzgâr türbinleri veya elektrik direkleri ile enerji taşıma hatlarında mevsim sıcaklıklarına bağlı ısıl uzama/kısalma yanında, yanal rüzgârlar boru köprülerinde blok halinde, elektrik nakil hatlarında ise sallanma ve sürekli değişen doğal frekans salınımı nedeni ile çok yüksek reaksiyon kuvvetlerine ihtiyaç duyulmasına sebep olur.

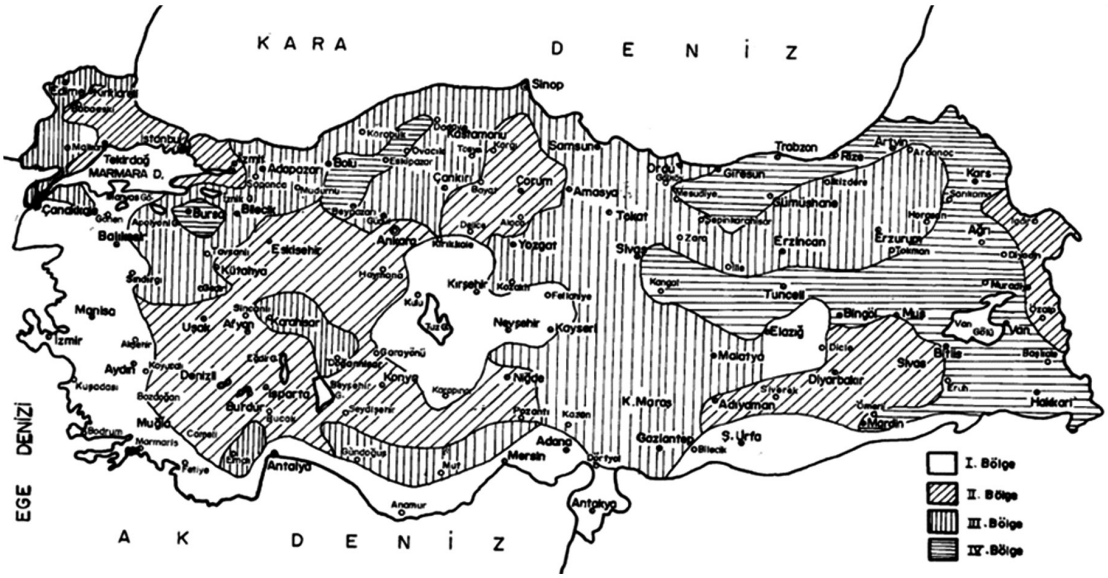
Rüzgâr ve kar yükü hesaplanırken aşağıdaki formüller kullanılabilir. Rüzgâr yükü hesaplanırken TS EN 1991-1-4 standardı kullanılabilir. Burada rüzgâr hızını hesaplarken TS 498'den değerler alınabilir.

SAP2000 programında rüzgâr hızını direkt olarak etki ettirebiliyoruz, fakat farklı analiz programları kullanılacaksa, TS 498'den gerekli formüller kullanılarak hesaplamalar yapılabilir.

Tablo 7-12 Yüksekliğe Bağlı Olarak Rüzgâr Hızı ve Emme TS 498 Kasım 1997

Zeminden yüksekte	Rüzgâr hızı (v)	Emme (q)
(m)	(m/s)	(kN/m²)
0 ~ 8	28	0,5
9 ~ 20	36	0,8
21 ~ 100	42	1,1
> 100	46	1,3

Kar yükü hesaplanırken TS EN 1991-1-3 standardı kullanılabilir. Burada önemli olan yapının bulunduğu ilçe, yapı yerinin denizden yüksekliği, topografik bölge (rüzgâra açık, normal, korunmuş) yapısal olmayan elemanın eğimi ve ölçüleridir.



Resim 7-4 Türkiye Kar Yükü Atlası

Özellikle denizden yüksek rakımlarda yapılan boru köprüleri ve elektrik nakil hatlarında kar yükü mevsimsel olarak hem ağırlığın artmasına hem de hacimsel blok oluşması nedeni ile yanal rüzgârlara daha yüksek etkilenmeye sebep olur. Ayrıca buzlanma ve ısıl nedenlerle kayar mesnetlerin hareket etme zorlukları nedeni ile sabit ve kayar mesnetlerde öngörülmeyen yüklerin oluşmasına sebep olur. Bu tip bölgelerde yapısal taşıyıcı tasarımları yapılması ve zemin etüdü ile risklerin doğru tespitini zorunlu kılar.

Tablo 7-13 MA.1- Karakteristik Zemin Kar Yükü (sk) Değerleri kN/m²(*)

1	Yapı yerinin denizden yüksekliği	Bölgeler			
	(m)	I	II	III	IV
	=<200	0,75	0,75	0,75	0,75
2	300	0,75	0,75	0,75	0,8
	400	0,75	0,75	0,75	0,8
	500	0,75	0,75	0,75	0,85
3	600	0,75	0,75	0,8	0,9
	700	0,75	0,75	0,85	0,95
	800	0,8	0,85	1,25	1,4
4	900	0,8	0,95	1,3	1,5
	1000	0,8	1,05	1,35	1,6
5	1000<1500	0,88	1,16	1,49	1,76
	1500>=	0,92	1,21	1,55	1,84
>1000 değerleri için 1000 m'ye tekabül eden değerler, 1500 m'ye kadar %10, 1500 m'den yukarı yüksekliklerde %15 artırılır. Yukarı yüksekliklerde %15 artılır.					
* Kar yağmayan yerlerde kar yükü hesap değeri sıfır alınır.					

7.2. TAŞIYICI ELEMANLARIN HESABI VE BELİRLENMESİ

Yapı elemanları üzerindeki dış yüklerden kaynaklanan gerilmeler hesaplandıktan sonra dayanım kontrolleri yapılacaktır. Burada bahsedilen gerilmelerin hesabı elle manuel olarak veya SAP2000, Solidworks Simulation vb analiz programları yardımı ile ilgili standartlara uygun olarak yapılacaktır.
Yapı elemanları üzerinde etkili olan gerilmeler iki kısma ayrılır;

- Normal gerilmeler (Çekme ve eğilme gerilmeleri),
- Kayma gerilmeleri (Kesilme gerilmeleri ve burulma gerilmeleri).

Taşıyıcı elemanların üzerindeki gerilmeler hesaplandıktan sonra iki çeşit kontrol yapılır;
a) Dayanım kontrolleri,
b) Deplasman ve depremde öteleme (drift) kontrolleri.

a) Dayanım Kontrolleri

Gerilmeler hesaplandıktan sonra standartlara uygun olarak belirlenmiş dayanım değerleri ile karşılaştırılır. Burada genellikle iki farklı yöntem kullanılır. Bunlar;

• Emniyet Gerilmesine Göre Tasarım (ASD)
Tasarım aşağıdaki denkleme uygun olarak gerçekleştirilir.

$$\sigma_t = S_n \, \Omega \qquad \textit{Denklem 7-34}$$

σ_t : ASD yük birleşimi ile belirlenen gerilmeler toplamı
S_n : Akma dayanımı veya maksimum dayanım
Ω : Emniyet katsayısı

• ***Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (LRFD)***

Tasarım aşağıdaki denkleme uygun olarak gerçekleştirilir.

$$\sigma_t = \phi\, S_n \qquad \textit{Denklem 7-35}$$

σ_t : ASD yük birleşimi ile belirlenen gerilmeler toplamı,

ϕ : Akma dayanımı veya maksimum dayanım,

S_n : Lokal emniyet katsayısı (AISC; 0,75 ile 0,90 arası, Eurocode;1,0).

El ile Yapılan Dayanım Kontrolleri

Bu tip analizlerin kapsamı,
- Basit yapılı elemanlar,
- Karmaşık olmayan kolon veya kirişler,
- Cıvatalı ve kaynaklı bağlantıların analizleri.

Dış kuvvetlerin etkisi (Analiz)

Bu tip analizlerde elemanlar üzerinde etkili kuvvet ve gerilmeler, aşağıdaki yöntemlerle hesaplanabilir,
- El ile manuel olarak,
- Excell programında hazırlamış olduğumuz formüller yardımıyla.

Dayanım kontrolleri
- Kontrol standardı MSS, RAL, AISC veya Eurocode olarak belirlenir,
- Dayanım kontrolü yapılır,
- Deplasman kontrolü yapılır.

Boru Desteklerinin MSS SP-58 Standardına Uygun Dayanım Kontrolleri

Profiller, kelepçeler ve diğer bağlantı parçalarının analizinde etkili kuvvetler

MSS standardına göre analizlerde ASD yük kombinasyonu kullanılmakta ve emniyet katsayıları bu standart tarafından tanımlanmaktadır.

a) Profiller, kelepçeler ve diğer bağlantı parçalarının dayanım kontrolü

Basma zorlamalarında dayanım, yapısal stabilite ve burkulma esasına göre azaltılmalıdır.

Birleşik gerilme durumu için kontrol

$$\frac{\textit{Çekme veya Basma Gerilmesi}}{\textit{Çekme veya Basma Dayanımı}} + \frac{\textit{Eğilme Gerilmesi}}{\textit{Eğilme Dayanımı}} \leq 1 \qquad \textit{Denklem 7-36}$$

Kaynaklı bağlantılar

Kaynak dikişleri için izin verilen maksimum kesme dayanımı, birleştirilen ana metallerin zayıf olanının kesme dayanımının %80'i ile sınırlı olacaktır.

Kaynaklardaki çekme ve eğilme dayanımı, birleştirilen ana metallerin zayıf olanının dayanımı ile sınırlı olacaktır.

Askı rotları ve cıvatalar,

Karbon çeliğinden yapılmış dişli askı rotları için yük değerleri imalatçı tablolarına göre kullanılmalıdır. Üretici tablolarında olmayanlar ise, aşağıdaki denkleme göre hesaplanacaktır. Tabloda belirtilmeyen malzemeler için dayanım değeri aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (Bkz. Denklem 7-37).

$$S_{em} = \frac{0{,}75\sigma_{ut}}{3{,}5}\ (MPa)$$ *Denklem 7-37*

σ_{ut} : Malzemenin çekme gerilmesi (MPa),
S_{em} : Dişli askı rotu için izin verilen dayanım (MPa).

Cıvata ve somunlarda (rot askılar, U boltlar hariç) dayanım değerini %25 azaltmaya (yani 0,75 ile çarpmaya) gerek yoktur.

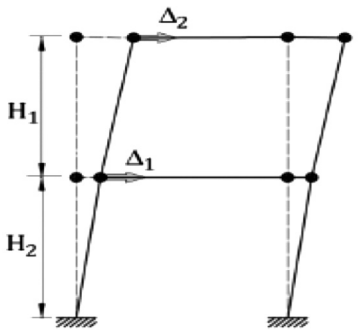
b) Deplasman Kontrolleri

Tasarımlarda deplasman kontrolleri iki ayrı durum için ayrı ayrı yapılmalıdır, bunlar;

1. Deprem tasarımı için deplasman kontrolü (drift control),
2. Yapı elemanlarının tasarımında çökme kontrolü (deflection control).

1. Deprem Tasarımı İçin Deplasman Kontrolü (Drift Control);

Bu kontrol tarzında yapı bir bütün olarak değerlendirilir ve maksimum öteleme hareketi yapan köşe için kontrol yapılır. Deprem tasarımlarında ve deplasman kontrollerinde, yapı üzerindeki tüm yüklerin etkili olduğu kombinasyonların, en olumsuz durumu (envelope) kullanılabilir.



Şekil 7-16 Deplasman Kontrolu

ASCE/SEI 7-16 standardına göre depremde drift kontrolü

Risk kategorileri, (Table 1.5-1)

1. Hasarları insan yaşamı için düşük risk oluşturacak binalar ve diğer yapılar.
2. I, III ve IV risk kategorilerinde listelenmeyen binalar ve diğer yapılar.
3. Hasarları insan yaşamı için önemli risk oluşturacak binalar ve diğer yapılar.
4. Hasarları önemli bir ekonomik etkiye neden olacak veya sivillerin günlük yaşamlarında kitlesel bozulmalara neden olacak binalar ve diğer yapılar.

Tablo 7-14 İzin Verilen Kat Ötelemesi (drift) Değeri, (Tablo 12.12-1)

Yapı Cinsi	Risk Sınıfı		
	I veya II	III	IV
Dört kata kadar perde duvarlı yapılar	0,025h	0,020h	0,015h
Perde duvarlı konsol yapılar	0,010h	0,010h	0,010h
Diğer perde duvarlı yapılar	0,007h	0,007h	0,007h
Diğer bütün yapılar	0,020h	0,015h	0,010h

h: Kat yüksekliği

Yapının SAP2000 analizi sonucunda drift değeri, δ bulunur.

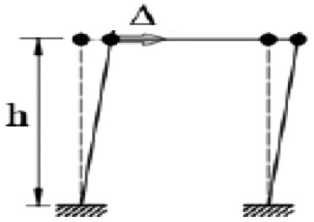
C_d çökme artırma faktörü ASCE/SEI 7 16 standardından, Table 12.2-1'den alınır,
- Genel çelik yapılar, $C_d = 3$
- Genel konsol kirişler, $C_d = 1{,}25$

I, yapı önem faktörü, ASCE/SEI 7 -16 standardından, Table 12.2-1'den alınır. Genel yapılar için, I=1 dir. I değeri 1 ile 1,5 arasındadır.

Yapının artırılmış kat ötelemesi (drift) değeri,

$$\boldsymbol{\delta = \frac{C_d}{I}\,\Delta} \qquad \textit{Denklem 7-38}$$

İzin verilen kat ötelemesi değeri, tablodan



Şekil 7-17 Deplasman Kontrolu, Örnek İçin

$$\boldsymbol{\frac{\delta_{maks}}{h} \leq 0{,}02}$$

$$\textbf{Kontrol, } \boldsymbol{\delta \leq \delta_{maks}} \qquad \textit{Denklem 7-39}$$

Türk Deprem Yönetmeliği, TBDY 2018' ne Göre Depremde Drift Kontrolü

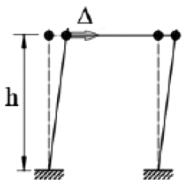
Yapının artırılmış kat ötelemesi (drift) değerinin hesabı, ASCE/SEI 7-16 standardı ile aynıdır ve aynı C_d, I katsayıları kullanılmaktadır.

$$\boldsymbol{\delta = \frac{C_d}{I}\,\Delta}$$

İzin verilen kat ötelemesi değeri,

$$\boldsymbol{\lambda \frac{\delta_{maks}}{h} \leq 0{,}016\kappa} \qquad \textit{Denklem 7-40}$$

Çelik yapılarda, κ = 0,5 Maksimum katsayı, λ = 0,4



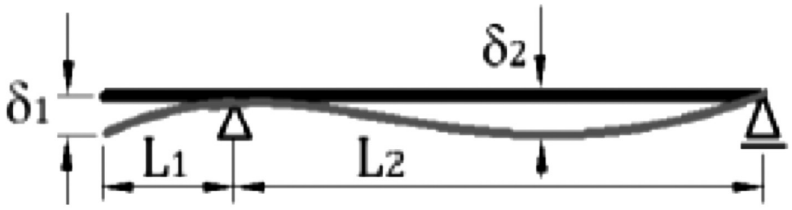
$$0{,}4\,\frac{\delta_{maks}}{h} \leq 0{,}016x0{,}5$$

$$\boldsymbol{\delta_{maks} = 0{,}02h}$$

$$\textbf{Kontrol, } \boldsymbol{\delta \leq \delta_{maks}}$$

2. Yapı Elemanlarının Tasarımında Çökme Kontrolü (Deflection Control)

Bu kontrolde yapıyı oluşturan tüm elemanların çökme değerleri, bağlantı noktalarına göre kontrol edilmektedir.



Şekil 7-18 Çökme (Deflection) Kontrolu

a) RAL-GZ 655, Rohrbefestigung Pipe Suppots Standardına Göre Çökme Kontrolü

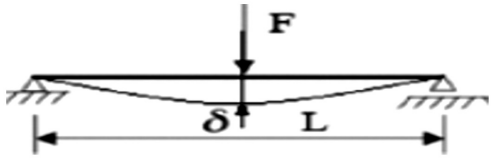
Kirişin çökme analizinde hesaba katılacak kuvvetler,
- Ağırlık kuvvetleri,
- Canlı yükler (Termal genleşmeden kaynaklanan kuvvetler veya sürtünme kuvvetleri ile diğer canlı yükler),
- Bu analizlerde deprem, rüzgâr, kar ve yağmur etkilerinden kaynaklanan kuvvetler hesaplara katılmayacaktır.

a. Konsol kirişler İçin Çökme Kontrolleri, Konsol Kirişlerde Müsaade Edilen Çökme Değeri, $\delta \leq L/150$



Şekil 7-19 Konsol Çökme Kontrolu

b. Basit Kirişler İçin Çökme Kontrolleri, Basit Kirişlerde Müsaade Edilen Çökme Değeri, $\delta \leq L/200$



Şekil 7-20 Basit Kiriş Çökme Kontrolu

Notlar:
- RAL'e göre yapı elemanlarının çökme kontrollerinde yükler katsayısız olarak kullanılmalıdır.
- Bu nedenle, eğer LRFD tasarım yöntemi kullanılıyor ise muhakkak ayrı bir çökme yük kombinasyonu oluşturulması gereklidir.
- ASD tasarım yöntemi kullanıldığında ağırlık ve canlı yüklerin olduğu mevcut yük kombinasyonundan yararlanılabilir.

a) IBC 2000 standardına göre çökme kontrolü

Kirişin çökme analizinde hesaba katılacak kuvvetler, (Tablo 1604.3)
- Ağırlık kuvvetleri, D
- Canlı yükler, L
- Kar yükleri, S
- Rüzgâr yükleri, W

Kiriş tiplerine göre izin verilen çökme (deflection) değerleri, (Tablo 1604.3)

İzin verilen çökme için boru destek yapılarında "supporting nonplaster ceiling" alternatifi uygun olacaktır, buna göre çökme kontrolü,

L yük kombinasyonu için,

$$\delta \leq \frac{\mathcal{L}}{240}$$

D+L yük kombinasyonu için,

$$\delta \leq \frac{\mathcal{L}}{180}$$

İzin verilen çökme değerleri

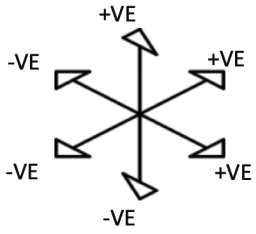
İzin verilen çökme, yapının cinsine ve yüklere göre değişiklikler gösterir.

Tablo 7-15 Çökme Sınırları [a,b,c,h,l] Tablo 1604.3 [67]

KONSTRÜKSİYON	L	S veya W[f]	D + L[dg]
Çatı elemanları[e]			
Desteklenen boyalı tavan	l/360	l/360	l/240
Desteklenen boyasız tavan	l/240	l/240	l/180
Desteklenmeyen tavan	l/180	l/180	l/120
Döşeme Elemanları	l/360	-	l/240
Dış Duvarlar ve İç Bölmeler			
Kırılgan Malzeme Kaplama	-	l/240	-
Esnek Malzeme Kaplama	-	l/180	-
Çiftlik Binaları	-	-	l/180
Yeşil Binalar	-	-	l/120

7.2.1. Yapıya Bağlantı Elemanının Belirlenmesi

Derleyen Notu: Tüm standart ve normlarda karşınıza çıkan terim olarak pozitif (+VE) bağlanma şekli konusunda kafa karışıklığı yaşanmaktadır. Anglo -Sakson dünyada algı şekli bazı terimleri basitleştirmek için kullanılmaktadır. Bundan böyle herhangi bir konuda tarif edilen bağlantı şeklini algılarken askı ve destek sistemlerde (+VE) bağlantı üstten bindirme anlamına gelmektedir, yatay eksenlerde ise (+VE) dış taraftan bağlantı anlamına gelir.

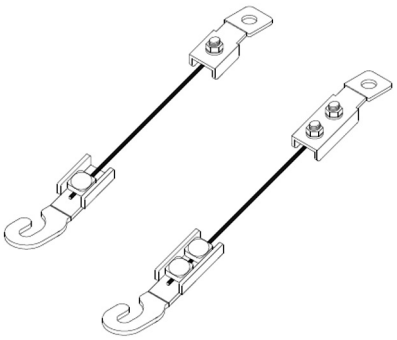


Şekil 7-21 Anglo-Sakson Bağlantı Kısaltması

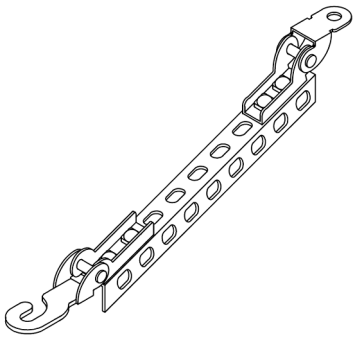
[67] 4/2/2016 Tarihli ve 29614 Sayılı Resmî Gazete'de Yayımlanan Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmeliği

SİSMİK KORUMA ÜRÜNLERİ

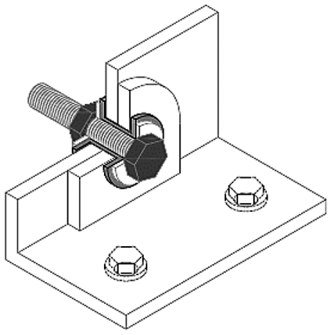
• Halatlı Sismik Askı Setleri

	HSB halatlı sismik askı setleri yapı elemanına bağlanacak parça, taşıyıcı tije bağlanacak parça ve iki parça arası gerdirilecek kapasitelerine göre farklı renk kodlarına sahip galvanize halat olmak üzere 3 parçadan oluşur. Montaj kolaylığı açısından tije bağlanacak parça kancalı yapıda olabilir. Askı setleri montajlı halde ANSI-ASHRAE 171-2017 standardına göre TÜV veya muadili bir kuruluş gözetiminde testleri yapılıp sertifikalandırılmalıdır. Önerilen maksimum kapasite test sonuçlarına göre en az 1,5 kat emniyetli olarak belirlenmelidir.

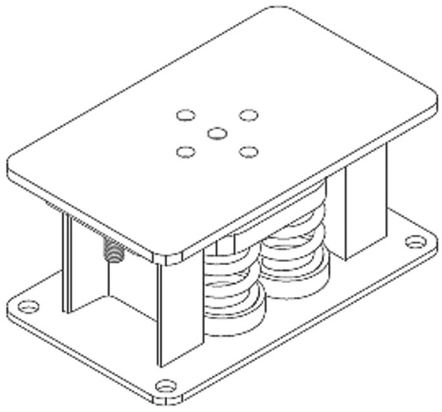
• Profilli Sismik Askı Setleri

	PSB Profilli sismik askı setleri yapı elemanına bağlanacak mafsallı parça, taşıyıcı tije bağlanacak mafsallı parça ve iki parça arasına bağlanacak perfore profil olmak üzere 3 parçadan oluşur. Montaj kolaylığı açısından tije bağlanacak parça kancalı yapıda olabilir. Askı setleri montajlı halde ANSI-ASHRAE 171-2017 standardına göre TÜV veya muadili bir kuruluş gözetiminde testleri yapılıp sertifika ile tanımlandırılmalıdır. Önerilen maksimum kapasite test sonuçlarına göre en az 1,5 kat emniyetli olarak belirlenmelidir.

• Sismik Sınırlayıcılar

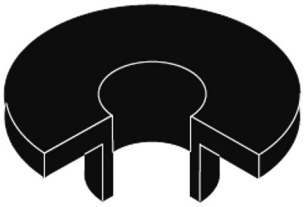
	Her yönden gelecek sismik yüklere karşı dayanım sağlayan, cihaza cıvatalı bağlantı imkânı sağlayan, tek parça dökülmüş, neopren bağlantı burcu ile titreşim geçişine müsaade etmeyecek SSL tipi sismik sınırlayıcı. Zemin tipine göre dübel, cıvata veya kaynaklı montaja uygun olmalıdır. ANSI-ASHRAE 171-2017 standardına göre TÜV veya muadili bir kuruluş gözetiminde testleri yapılıp sertifikalandırılmalıdır. Önerilen maksimum kapasite test sonuçlarına göre en az 1,5 kat emniyetli olarak belirlenmelidir.

• Sismik Sınırlayıcılı Yaylı İzolatörler

	Yaylar; gövdesiz, dikine serbest duran tip ve yatay yüklemeye karşı stabil olmalıdır. Yaylar alttan neopren yuva içine monte edilmiş veya altlarında akustik neopren sürtünme yastığı bulunmalıdır. Bütün yaylı titreşim izolatörlerinde ekipmana rijid bağlantı için seviye ayarlı somun bulunmalıdır. İzolatörün rijid bir gövdesi ve bu gövde içinde yayın üzerinden yük kalktığında yayın açılmasını önleyecek dikey hareket sınırlama elemanları bulunmalıdır. Yayın çalışma fonksiyonunu yerine getirebilmesi (ve kısa devre yapıp bloke olmaması) için bağlama cıvatasının etrafında ve yay ile gövde arasında boşluk bırakılmış olmalı, çalışma esnasında sınırlandırıcı gövde ile yay temas halinde olmamalıdır. Gövde her yönden gelecek sismik yükleri karşılayacak nitelikte tasarlanmış olmalıdır.

Zemin tipine göre dübel, cıvata veya kaynaklı montaja uygun olmalıdır. İzolatörler ANSI-ASHRAE 171-2017 standardına göre TÜV veya muadili bir kuruluş gözetiminde testleri yapılıp sertifikalandırılmalıdır. Önerilen maksimum kapasite test sonuçlarına göre en az 1,5 kat emniyetli olarak belirlenmelidir.

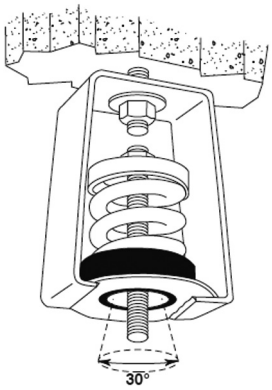
• Kauçuk Burç Contalar

	Tek parça halinde dökülmüş, ağır hizmet tipi neopren ankraj burcu ankraj cıvatasını saracak ve yassı rondela yüzeyi metal metale teması önleyecek özellikte olmalıdır.

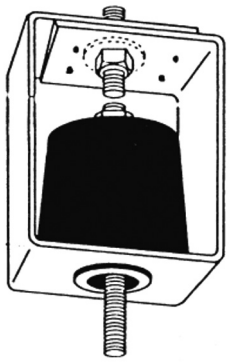
• Titreşim Alıcı Kauçuk Padler

	Modüler yapıda ihtiyaç duyulan kapasiteye uygun olarak kesilerek kullanılmaya uygun plakalar halinde olmalıdır. Kullanım yerine göre farklı kalınlıklar tercih edilebilir. Açık alanlarda kullanılabilir, ozon dayanımı olan inorganik malzemeden imal edilmiş olmalıdır. Kauçuk padin ilgili yük altında beklenen çökmeyi sağlayacağını gösterir basınç testi raporu olmalıdır.

• Titreşim Alıcı Yaylı Askı

	Askıların titreşim eleman grubu rijid çelik bir çerçeve veya kabin içine alınmış olmalıdır. Yaylar gövdesiz, dikine serbest duran tip ve yatay yüklemeye karşı stabil olmalıdır. Yaylar alttan neopren yuva içine geçirilmiş olmalı ve neopren yuvanın kabindeki deliğe oturmasını sağlayan burç yapısı olmalıdır. Yay kabini tavana dübel veya rot ile montaja uygun olmalıdır. Yay çapları ve askı çerçevesinin alt delik çapı askı çubuğunun delik içindeki neopren burca temas etmeden 30º lik bir salınım yapabileceği büyüklükte (çapta) seçilmiş olmalıdır.

• Titreşim Alıcı Kauçuk Askı

	Askıların titreşim eleman grubu rijid çelik bir çerçeve veya kabin içine alınmış olmalıdır. Üst kısımda bağlantı somunu, alt kısımda ise çift çökmeli kauçuk izolatör olmalıdır.

7.2.2. Betonarme Yapılarda Hesaplar Ve Bağlantı Elemanı Seçimi

Betonarme yapılarda konsol askılamaları genellikle bir yapı bağlantı elemanı ve dübel ile yapılmaktadır. Belirlenen askı mesafesindeki tüm ağırlıklara karşı hem yapı bağlantı elemanı hem de kullanılacak dübeller dayanıklı olmak zorundadır.

Modüler askı sistemlerinde yapıya bağlanan bağlantı elemanlarının tamamı, kaynaksız cıvatalı bağlantı olacağı için hem malzemenin kendi mukavemet değerleri, hem de civata, somun, kolay kilit gibi tüm bağlantı parçalarının mukavemet değerleri incelenmelidir.

Bağlantı elemanları boruların ağırlıklarından dolayı yerçekimi yönünde çekme kuvvetine, deprem kuvveti etkisi ile yatay yönde kesme kuvvetine maruz kalacaktır. Tüm bu yükler hesaba katılarak ürün seçimi yapılmalıdır.

7.2.3. Çelik Yapılarda Hesaplar Ve Bağlantı Elemanı Seçimi

Çelik yapılarda askı konsollarının bağlantısı hem çelik yapı malzemesi hem de kullanılan malzemenin mukavemet değerlerine göre değişkenlik göstermektedir. İlaveten çelik yapı malzemesinin delinerek cıvata somun yardımıyla bağlantı yapılabildiği gibi çelik yapı malzemesini sıkıştırarak bağlantı da yapılabilmektedir.

Aşağıda söz konusu yöntemler ile ilgili birkaç örnek görsel bulunmaktadır. Tüm bu örneklerde kullanılan yapı bağlantı elemanı betonarme binalarda olduğu gibi söz konusu yerçekimi yönünde ağırlık ve sismik yüklere mukavim olması gerekmektedir.

7.2.4. Dübel Hesapları Ve Ürün Seçimi Kriterleri

Dübel hesapları yapılırken konuyla ilgili birkaç standart bulunmaktadır. Standartların yanı sıra, belirli güvenlik katsayılarını hesaba kattıktan sonra ASD (Allowable Stress Design) sistemine göre de hesap yapılabilir.

Söz konusu sistemde birkaç parametre önemlidir. Öncelikle dübelin kesme ve çekme mukavemetleri, kullanılan beton tipi ve sınıfına göre değişkenlik göstermektedir.

Beton tipi çatlaklı veya çatlaksız olarak hesaplanır, diğer parametre ise C20 - C25 - C30 gibi beton sınıflarıdır.

Söz konusu dübele gelen yük değerleri bu güvenlik katsayıları ile çarpıldıktan sonra ASD yöntemine göre oluşan çekme ve kesme yükleri tespit edilir.

Son olarak çekme yükünün dübelin çekme mukavemetine, kesme yükünün de dübelin kesme mukavemetine oranları 1'den küçük olmalıdır.

Bahsedilen iki oranın toplamı da 1,20'den küçük olmalıdır.

Böyle bir durumda seçilen dübel güvenlidir.

7.3. YAPIYA BAĞLANTI ELEMANININ BELİRLENMESİ

Kitap içerisinde birçok defa kaide, askı ve taşıyıcı elemanlar ile sismik koruma konusunda bilgiler aktardık. Ekipmanların tipleri, konumları, koruma metotları ile bulundukları yerlerde sabit veya hareketli olmalarına göre de çeşitli ürünler ve farklarından bahsettik. Her şart altında bahsedilen malzemelerin sabit taşıyıcı sistemlerle irtibatlandırılmaları da gerekmektedir.

Gerek ekipmanların sabitlenmesi gerekse hareketlerinin sınırlanması için toprak altında boru hatlarında, yeraltı tanklarında yüzmemesi için, bina içerisinde, taşıyıcı karkaslar üzerinde, betonarme, çelik veya ahşap taşıyıcı sistemlere bağlanması gerekmektedir. Neredeyse hiçbir ekipmanın ağırlığı kendi başına serbest durmasına yetmemektedir ve ağırlıkları ölçeğinde sürtünme kuvvetleri olsa da dikey, yatay kuvvetler ile devrilmelerine sebep verecek moment kuvvetlerini taşıyıcı sistemlerine aktarmaktadır.

Bulundukları yerlere göre tasnif edersek;

- Deniz, göl, dere içindeki tesisat: Suyun kaldırma kuvveti sorun kaynağıdır, dalgalar, akış
- Toprak altı tesisat (Toprak cinsi): Suyun kaldırma kuvveti dışında, boru gibi malzemelerde karşı kuvvetler, sismik kuvvetler, kayma, yer değiştirme vb.

- Toprak üzeri tesisat: Çökme, boru malzemelerde karşı kuvvetler, sismik kuvvetler, kayma yer değiştirme kuvvetleri vb.
- Yer üstü bina yapıları (Betonarme): Döşeme, kolon, kiriş karşı kuvvetler, sismik kuvvetler
- Yer üstü bina yapıları (Betonarme): Çatı (betonarme) karşı kuvvetler, rüzgâr, kar, sismik kuvvetler,
- Yer üstü bina yapıları (Betonarme): Çatı (çelik) karşı kuvvetler, rüzgâr, kar, sismik kuvvetler,
- Yer üstü bina yapıları (Çelik prefabrik): Çatı (çelik) karşı kuvvetler, rüzgâr, kar, sismik kuvvetler,
- Yer üstü bina yapıları (Yığma, Ahşap): Çatı (ahşap) karşı kuvvetler, rüzgâr, kar, sismik kuvvetler,
- Yer üstü bina olmayan yapılar (çelik): Çatı (çelik) karşı kuvvetler, rüzgâr, kar, sismik kuvvetler,

Yukarıdaki taşıyıcı bina ve bina olmayan yapılar için çeşitli birleştirme metotları ve sabitleme elemanları mevcuttur. Beton temelli taşıyıcı sistemler için Kısım 10. altında bulunan şartnameler içerisinde detaylı olarak anlatılmıştır, ayrıca NFPA 13 içerisinde askıların çeşitli tavan tiplerine bağlı olarak nasıl ve ne ile bağlanacakları tablolar ile verilmiştir. (Kitap içerisine tekrarlanan bilgiler olmaması için konulmamıştır, ilgilenenler kısım 6 örnek şema veya ile ilgili kaynaklardan veya üretici kataloglarından faydalanabilirler.)

Derleyen Notu: Kaynaklı elemanlar eğer kaynak atölyede yapılmış ve komple sismik kurallar için test edilmemişse sahada yapılan kaynaklı imalatların kullanılmaması tavsiye olunur. Ayrıca cıvata, somun, rondela, pul ve kullanılan bağlantı elemanları için mutlak imalatçı tarafından test edilmiş ve bağımsız laboratuvar tarafından onaylanmış yük değerlerine ile uygulanması gereken "Tork Değerleri" sahada uygulanmış olarak kullanılmalıdır.

8. ORTAM ŞARTLARINA BAĞLI OLARAK ASKI VE DESTEK SİSTEMİNİN KOROZYONA KARŞI KORUMASI

Askı ve destek sistemleri seçilirken korozyon dayanımı ve malzemenin ömrü temel kriterlerden en önemli olandır. Konut ve endüstriyel olmayan yapılarda tesisat elemanlarının (boru, kanal, kombi, kazan vb.) ekonomik ömürleri 10-30 sene içerisinde kabul edilir. Doğal olarak destek ve taşıyıcı elemanlarının ömürleri de ekipman ve tesisat ömürlerine bağlantılı olarak değerlendirilmelidir. Endüstriyel ve alt yapı tesisatı için de ömür 50-100 sene olarak öngörülebilir. Aşağıda örnek olarak verilen yol bariyerleri, elektrik direkleri, köprü ve taşıyıcı yapı elemanları en can alıcı örneklerdir.

Eğer tasarım yenilik ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak değişmiyor ise taşıyıcı elemanların da çok değişikliğe ihtiyaçları yoktur. Konu ile ilgili çeşitli ekonomik süreç analiz yazılımları vardır. Genel olarak sürdürülebilirlik ve yeşil bina konularında öne çıkan bu analizler aynı zamanda depremsellik ve yenileme çalışmalarında öne çıkmaktadır. Doğru ve ekonomik koruma yapmak için aşağıda belirtilen konuları detaylı değerlendirmek gerekir. [68]

Bu bölümde, korozyon koruma sisteminizi belirtmeden önce uygulama, performans özellikleri, korozyon direnci ve dikkate alınması gereken diğer bilgiler de dahil olmak üzere çeşitli korozyon koruma yöntemleri hakkında bilgi verilecektir.

İşlemleri tek tek veya birden fazlası ardı sıra uygulanarak uygun koşullar için doğru sistem seçilir. Genelde en yaygın olan galvaniz kaplama ve hatta daldırma galvaniz kaplamadır. Başlık 11'de özellikle daha detaylı galvaniz kaplama konusunda ve özellikle daldırma galvaniz kaplama işlem ve ömür konularından bahsedilecektir. Yüzeylerin korozyona karşın korunması için öncelikle;

- Korozyonu tanımlayın ve korozyonun ekonomik, çevresel ve güvenlik etkisini tanıyın,
- Temel elektrokimya terimlerini ve tanımlarını tanımanın yanı sıra elektrokimya, oksidasyon ve azaltma reaksiyonları, termodinamik, kinetik ve pasiflik süreçlerini ve kavramlarını doğru tanımlayın,
- Atmosferik, su ve diğer elektrolitler, toprak ve yüksek sıcaklık ortamları gibi yaygın olarak karşılaşılan aşındırıcı ortamların özelliklerini belirleyin,
- Metaller, metal olmayanlar, kompozitler, beton ve seramikler gibi mühendislik malzemeleri ile korozyon kontrolü arasındaki ilişkiyi ayırt edin,
- Çeşitli korozyon biçimlerini, her formun nasıl tanınacağı, her forma tabi malzemeleri, her formu tanıtan ortamları ve her formun nasıl kontrol edileceğini tartışın,
- Tasarım sürecinde korozyonun inşaat yoluyla nasıl kontrol edilebileceğini, proses parametrelerinin, drenajın, benzer olmayan metallerin, çatlakların ve korozyon süre ve maliyetinin nasıl kontrol edilebileceğini açıklayın
- Kontrol korozyon yöntemlerinin nasıl ve ne zaman kullanılacağına, malzeme seçimine, çevrenin değiştirilmesine, koruyucu kaplamalara ve katodik ve anodik korumaya ilişkin maliyetleri değerlendirin,
- Muayene ve izleme arasında ayrım yaparak her biri için ortak test tekniklerini belirleyin.

Korozyon Süreci

Elementler nadiren saf metal durumda bulunur. Aksine, bir veya daha fazla metalik olmayan element ile kimyasal kombinasyonlarda bulunur. Bu kimyasal kombinasyonlar genellikle maden veya cevher olarak bilinir. Demir, bakır ve çinko cevheri yer kabuğunda bulunan en yaygın cevherlerden üçüdür.



Resim 8-1 Korozyon Süreci Malzeme Cevhere Dönüşümü

[68] *NACE Temel Korozyon Eğitim İlkeleri*

Cevheri saf metale indirgemek için önemli miktarda enerji harcanmalıdır. Bu enerji metalürjik veya kimyasal yollarla uygulanabilir ve eritme ve rafine etme adı verilen işlemle yapılır. Ek enerji, soğuk çalışma veya ısıtma ve saf metalin çalışma şekline dökümü şeklinde de kullanılabilir. Basitçe pas olarak tanımlanabilen korozyon, metallerin cevherin doğal, daha düşük enerji durumuna geri dönme eğilimidir.

Metalik korozyon hem oksidasyon hem de ortamdaki oksijene maruz kalma ve elektrokimyasal süreçleri içerir. Yani metal yüzeyinde, metalin cevher durumuna dönüşümünü büyük ölçüde hızlandıran korozyon hücreleri oluşturur ve hem kimyasal reaksiyonları hem de elektronların akışını içerir. Metallerin korozyona uğratan temel bir elektrokimyasal işlem galvanik eylem hücre bileşenleri arasında meydana gelen fiziksel ve kimyasal reaksiyonlar tarafından dahili olarak üretilen galvanik eylemdir.

Korozyon Türleri [69]

Çeşitli korozyon türleri vardır ve bu süreçlerin bilimi ve anlayışı sürekli gelişmektedir. İşte bazı yaygın korozyon türlerine kısa bir genel bakış:



Resim 8-2 Korozyona Uğramış Çelik Eleman

- **Galvanik Korozyon,** korozyonun en yaygın ve etkili şeklidir. Bir elektrolit varlığında iki farklı (farklı) metal temas ettiğinde ortaya çıkar. Galvanik bir hücrede (bimetalik çift), daha aktif metal (anot) korozyona neden olur ve daha asil metal (katot) korunur. Metal türleri, anot bağıl boyutu ve ortam (sıcaklık, nem, tuzluluk vb.) dahil olmak üzere galvanik korozyonu etkileyen bir dizi faktör vardır.
- **Çukurlaşma Korozyonu:** Belirli koşullar altında meydana gelir ve bu da parça boyunca düzgün korozyon yerine, belirli alanlarda korozyonun fazla olmasıdır. Bu koşullar, düşük oksijen konsantrasyonlarını veya pasifleştirme yapan filmi oluşturma alaşımlarının yeteneğini engelleyen yüksek klorür konsantrasyonlarını (anyonlar) içerir. En kötü durumlarda, yüzeyin çoğu korunmaya devam eder, ancak küçük dalgalanmalar filmi birkaç kritik alanda bozulur. Bu noktalarda korozyon artmıştır ve çukurlara neden olabilir.
- **Mikrobiyal Korozyon:** Yaygın olarak mikrobiyolojik olarak etkilenen korozyon (MIC) olarak adlandırılan, mikro organizmalardan kaynaklanır. Oksijenli veya oksijensiz hem metalik hem de metalik olmayan malzemeler için geçerlidir. Oksijen olmadığında, sülfat azaltıcı bakteriler aktiftir ve sülfit stres çatlağı neden olan hidrojen sülfit üretir. Oksijen mevcut olduğunda, bazı bakteriler demiri doğrudan demir oksitlere ve hidroksitlere oksitlenebilir. Konsantrasyon hücreleri korozyon ürünlerinin birikintilerinde oluşabilir ve bu da yöresel korozyona yol açabilir.
- **Yüksek Sıcaklık Korozyonu:** Adından da anlaşılacağı gibi, ısıtma nedeniyle bir metalin bozulmasıdır. Bu, metal oksijen, kükürt veya malzemeyi oksitleyebilen başka bir bileşik varlığında sıcak bir atmosfere maruz kaldığında ortaya çıkabilir.
- **Yarık Korozyonu:** Parçalar arasındaki boşluklar ve temas alanları gibi ortamdan sıvı erişiminin sınırlı olduğu kapalı alanlarda, contaların veya contaların altında, çatlakların ve dikişlerin içinde ve birikintilerle dolu alanlarda meydana gelir.

[69] *Amerikan Galvanizciler Birliği (AGA)*

Bariyer Koruması (Toprak, Su ve Hava Korozyon Riski)

Bariyer koruması, belki de korozyon korumasının en eski ve en yaygın kullanılan yöntemidir. Baz metali ortamdan izole ederek hareket eder. Boyalar gibi, sıcak daldırma galvanizli kaplama da çeliğe bariyer koruması sağlar. Bariyer sağlam olduğu sürece çelik korunur ve korozyon oluşmaz. Ancak, bariyer delinirse, korozyon başlayacaktır.

Korozyon direnci sağlamak için bir bariyerin sağlam kalması gerektiğinden, bariyer korumasının iki önemli özelliği baz metale yapıştırma ve aşınma direncidir. Çinkonun sıkıca bağlanmış, geçirimsiz doğası galvanizlemenin çok iyi bir bariyer kaplaması olmasını sağlar. Ayrıca, çinko çevreye bağlı olarak çelik oranını yaklaşık 1/10 ila 1/40 oranında aşındırır ve ince bir çinko kaplamanın korozyon oranını çok daha kalın bir çelik parçaya eşdeğer hale getirir. Pim delikleri olan boya gibi kaplamalar, film korozyonunun hızla yayılmasına neden olan elemanlar tarafından penetrasyona karşı hassastır.

Benzer sorunlar galvaniz taşıyıcı ve destek elemanları için de söz konusudur, sahada yapılan her delme, taşlama veya kaynak işlemleri galvaniz kaplama işlemine zarar verir.



Resim 8-3 Yol Kenarı Emniyet Bariyerleri

Katodik Koruma

Galvanik Metaller Serisi, metalleri ve alaşımları azalan elektriksel aktivite sırasına göre listelenir[70]. Tesisat Boru ve Bağlantı Elemanları El Kitabında detaylı listelenen galvanik reaksiyon seri listesi, özellikle çeşitli malzemelerin birbirlerine göre durumlarını açıklar ve dolayısıyla, elektro-mekanik destek ve taşıyıcı elemanları kaplama teknikleri açısından da ömür açısından da çok önemli rol oynar.

Katodik koruma korozyona karşı daha etkili bir yöntemdir. Yeni bir korozyon elemanı eklemek, korozyon riskli devrenin başka bir elemanını değiştirmeyi gerektirir, böylece baz metalin devrenin katodik elemanı olmasını sağlar.

Sıcak daldırma galvanizleme işlemi, kurban anot yöntemine benzer şekilde çeliği katodik olarak korur. Temel olarak, baz metalin (çelik) yerine aşındırması için devreye başka bir metal (çinko) anodik olarak yerleştirilir. Galvanik Metal Serisi, deniz suyundaki (elektrolit) elektrokimyasal aktivite sırasına göre düzenlenmiş metallerin bir listesidir. Metallerin bu düzeni, her ikisinin elektrolitik bir hücreye konduğunda anot ve katodun ne olacağını belirler. Listede daha yüksek olan metaller aşağıdaki metallere anodiktir, yani ikisi birbirine bağlandığında katodik veya kurban koruması sağlar.

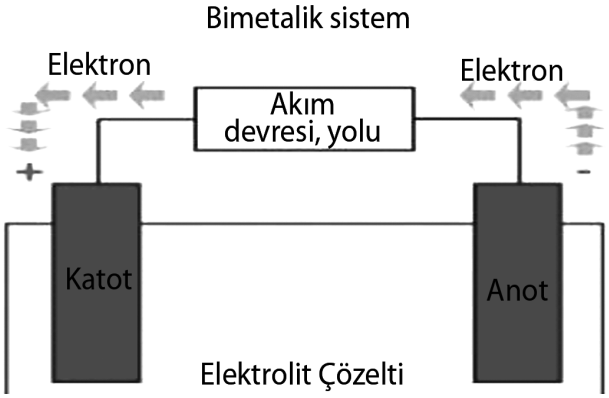
Listeden, sıcak daldırma galvanizleme durumunda, çinko alttaki baz çeliği korumak için tercihen korozyonu koruyacaktır. Aslında, HDG'nin katodik koruması, kaplama çıplak çeliğin maruz kaldığı noktaya zarar verse bile (çapı 8 mm'e kadar), çevredeki tüm çinko tüketilene kadar korozyona başlanmamasını sağlar.

Galvanik Korozyon [71]

Korozyona neden olan iki ana galvanik hücre türü vardır: İki metalik çift ve konsantrasyon hücresi. İki metalik çift, elektrolit çözeltiye batırılmış iki farklı metalden oluşan bir pil gibidir. İki elektrot harici, iletken bir yol ile bağlandığında bir elektrik akımı (elektron akışı) üretilir.

---

[70] Tesisat Boru ve Bağlantı Elemanları El Kitabı MTMD 2020
[71] Amerikan Galvanizciler Birliği (AGA)



Şekil 8-1 Galvanik Korozyon Oluşma Tekniği

Konsantrasyon hücresi, aynı metal veya alaşımdan bir anot ve katot ve dönüş akımı yolundan oluşur. Elektromotor kuvvet, yüzeylerin dış yoldan konsantrasyon farkı ile sağlanır.

Galvanik bir hücrede korozyon oluşması için gerekli dört element vardır:

- **Anot -** Galvanik reaksiyonların elektron ürettiği elektrot- negatif iyonlar diğer tarafa gider ve pozitif iyonlar oluşur. Anotta korozyon meydana gelir.
- **Katot -** Elektron alan elektrot- pozitif iyonlar boşaltılır, negatif iyonlar oluşur. Katot korozyona karşı korumalıdır.
- **Elektrolit** Akımın taşındığı iletken. Elektrolitik sulu çözeltiler veya diğer sıvıları içerir.
- **Dönüş Akımı Yolu -** Anodu katoda bağlayan metalik yol. Genellikle alttaki metal tabakasıdır.

Korozyon oluşması için dört element de (anot, katot, elektrolitik ortam ve dönüş akımı yolu) gereklidir. Bu elemanlardan herhangi birinin aradan çıkarılması akım akışını durdurur ve galvanik korozyon oluşmaz. Anot veya katot için farklı bir metalin değiştirilmesi, akımın yönünün tersine çevrilmesine neden olabilir ve bu da elektroda korozyona neden olabilir.

Galvanik Metal Serisi (sağda), metalleri ve alaşımları azalan elektriksel aktivite sırasına göre listeler. Tablonun tepesine daha yakın metaller daha az asil metallerdir ve elektronları kaybetme eğilimi, listede daha düşük bulunan daha asil metallerden daha fazladır.

Tablo 8-1 Galvanik Metaller Serisi Metal ve Alaşımları Azalan Elektriksel Aktivite Sırasına Göre

Kurban malzeme (Anodik)
Magnezyum
Çinko
Alüminyum
Çelik
Kurşun
Teneke
Nikel
Pirinç
Bronz
Bakır
Paslanmaz çelik (pasif)
Gümüş
Altın
Platin
Korunan taraf (Katodik)

Derleyen Notu: Öncelikle ekonomik ömür analizi nasıl yapılmalıdır ve yazılımlar neleri içermelidir? Bugün ülkemizde birçok proje-tasarım oluşum sürecinde, kaynak bilgi problemi yaşanmakta ve özellikle E/M konuları ile ilgili ciddi sorunlar yaşanmaktadır. Çözüm olarak ya yatırım maliyeti içerisinde elektrik ve mekanik tesisat için ayrılan bütçede hata yapmakta veya sonuç olarak yapılması gereken alınması gereken tedbirleri doğru yönetemeden projeyi bitirmeye çalışmaktadır. Dikkat edilemeyen detaylar süreç içerisinde sistem arızası veya yeni sorunların kaynağı olmaktadır.

Korozyon Oranı

Üretilen tüm çeliğin yaklaşık %85'i karbon çeliğidir ve bu nedenle doğal oksidasyon ve galvanik korozyona karşı hassastır. Korozyon oranı tipik atmosferik koşullara göre çok net anlaşılmış ve standartlar ile tarif edilmiştir, ancak tasarım mühendisi için, tasarımın nihai dayanıklılığına güvenmesi için hassas yerel veya mikro çevre koşulları iyi tespit edilmelidir. Diğer mikro ortamlar arasında tatlı ve tuzlu suya (içinde veya çok yakın) veya toprağa maruz kalmak bulunur.

Mikro ortamlarda karbon çeliğinin ve hatta alaşımlı çeliklerin korozyonu çok karmaşık olabilir. Örneğin pH değeri, nem içeriği ve klorür seviyesi, galvanizli çeliğin topraktaki korozyon oranını belirleyen değişkenlerden sadece üçüdür.

Herhangi bir mikro ortamda bulunan birçok değişken nedeniyle, korozyon grafiklerinin geliştirilmesi zordur. Örneğin, sudaki korozyon oksijen içeriği, ajitasyonun boyutu, dalga eylemi, sıcaklık, klorür seviyeleri ve daha fazlası gibi faktörleri göz önünde bulundurmalıdır. Bu, belirli bir konum için korozyon oranlarını tahmin eden bir grafik geliştirmeyi kapsamlı ve bazen maliyetli hale getirir. Neden birçok korozyon oranı grafiği olmasının sebebi, ancak yalnızca benzersiz konumlar ve koşullar için test edilerek yıpranma, bozulma ve ömürlerini tarif etmek içindir.

Atmosferik

Metalik korozyon için en yaygın maruz kalma ortamı atmosferiktir. Çelik, bakır, magnezyum, alüminyum ve diğerleri atmosfere maruz kaldıkça, oksit geliştirmek için serbest akan hava ve nem ile reaksiyona girer. Atmosferik olarak maruz kalan metallerin performansı beş ana faktöre bağlıdır: sıcaklık, nem, yağış, havadaki kükürt dioksit (kirlilik) konsantrasyonu ve hava tuzluluğu. Bu faktörlerin hiçbiri korozyona ana katkıda bulunan olarak sıralanamaz. Bu metaller üzerinde kapsamlı çalışmalar yapılmıştır ve her biri için öngörülebilir bir korozyon oranı mevcuttur.

Karbon çeliğinin korozyonu, havanın bağıl nemi %70 ila %80 olduğunda ve hava sıcaklığı 0 °C'nin üzerinde olduğunda meydana gelir.

Karbon çeliğinin farklı atmosferlerde genel korozyon oranları ve mikro ortamlarda korozyon oranlarının bu korozyon oranlarını büyük ölçüde aşabileceği unutulmamalıdır.

Toprakta

Topraktaki çelik, atmosferik maruz kalma koşullarında yaşananların aksine bir dizi aşındırıcı kuvvete maruz kalır ve zemindeki çeliğin performansı, yer üstü uygulamalardaki dayanıklılık kadar iyi anlaşılmaz. Farklı toprak türleri ile topraklarda korozyon oranı çeşitlidir ve tahmin etmesi zordur. Çeliği aşındırmak için oksijen, nem ve çözünmüş tuzların varlığı gerekir. **Bunlardan herhangi biri yoksa, korozyon reaksiyonu sona erer veya çok yavaş ilerler.** Çelik asidik ortamlarda hızlı bir şekilde aşınır ve alkalilik arttıkça yavaşlar veya hiç olmaz. Çeliğin topraktaki korozyon oranı, uygun koşullarda yılda 0,2 mikrondan az, çok agresif topraklarda yılda 20 mikrona veya daha fazlasına kadar değişebilir.

Topraktaki metallerin korozyonu son derece değişkendir ve toprak ortamı karmaşık olsa da, toprak türleri ve korozyon hakkında bazı genellemeler yapmak mümkündür. Toprağın aşındırıcılığını belirleyen ana faktörler nem içeriği, pH seviyesi ve klorürlerdir. Bu toprak koşulları havalandırma, sıcaklık, direnç ve doku veya parçacık boyutu gibi ek özelliklerden etkilenir. Herhangi bir toprak, üç aşamadan oluşan çok heterojen bir malzemedir: Katı, gazlı ve sulu.

Katı faz boyutu, kimyasal bileşim ve organik malzeme seviyesi değişen toprak parçacıklarından oluşur. Toprakların katı fazı ortalama partikül boyutlarına ve kimyalarına göre sınıflandırılır. Geleneksel olarak, 0,07

mm ile 2 mm arasındaki parçacıklar kum, 0,0005 mm ile 0,07 mm arasındaki parçacıklar silt ve 0,005 mm ve daha küçük olanlar kil olarak kabul edilir. Daha küçük parçacık boyutu ve suyu kolayca emme yetenekleri nedeniyle, killi topraklar kumlu topraklardan daha yüksek bir korozyon oranı sunar.

Gaz fazı, toprak gözeneklerindeki ortam havasından oluşur. Gazın (havanın) toprağa erişimi geçirgenliğine bağlıdır. Daha kuru topraklar veya kaba taneli topraklar, alt yüzeye daha fazla oksijen erişimi sağlayacak ve daha az oksijene sahip alanlara göre çelik korozyon oranını artıracaktır.

Sulu faz veya toprak nemi korozyonun devam etmesine izin veren araçtır. Sulu çözeltinin göreli asitliği korozyon oranındaki en önemli faktördür. Düşük pH'da hidrojenin evrimi koruyucu film oluşumu olasılığını ortadan kaldırma eğilimindedir, bu nedenle çelik korozyonu devam eder, ancak alkali çözeltilerde koruyucu filmler oluşturulur ve korozyon oranını azaltır. Alkalilik ne kadar büyük olursa, saldırı hızı o kadar yavaş olur. Nötr çözümlerde, havalandırma gibi diğer faktörler daha önemli hale gelir, bu nedenle genellemelerin geliştirilmesi daha zordur.

Deniz (Su)

Metal için daha az yaygın bir ortam suya batırılır veya suya maruz kalır. Nem, çelik, alüminyum ve çinko dahil olmak üzere çoğu metal için oldukça aşındırıcıdır. Birçok farklı su türü; saf su, doğal tatlı su, içme suyu (arıtılmış içme suyu) ve deniz suyu vardır ve her biri korozyon oranını belirleyen farklı mekanizmalara sahiptir. Sudaki metallerin korozyonunu etkileyen parametreler arasında pH seviyesi, oksijen içeriği, su sıcaklığı, ajitasyon, inhibitörlerin varlığı ve gelgit koşulları bulunur.

Deniz korozyonunun karadaki alanları arasında, katodik koruma sağlayan kurban anotlarının kullanılabileceği rıhtımlar, limanlar, deniz bahçelerinin yanı sıra deniz boyaları ve galvanizleme gibi koruyucu kaplamalar bulunmaktadır. Açık deniz petrol ve gaz platformları, deniz tuzu spreyi ve daldırmadan kaynaklanan özellikle agresif korozyona maruz kalmaktadır.

Boru Hattı

Taşınan ürünün niteliğine, maruz kalma koşullarına, çalışma koşullarına (7/24 ve çalışma yılı) ve bakım taahhüdüne bağlı olarak, boru hattı korozyonu bir yıl veya 50'den fazla yıl yararlı bir ömür anlamına gelebilir. Sadece Kuzey Amerika'da boru hattı korozyonunun maliyeti yılda yaklaşık 9 milyar Dolar'dır ve %10'luk kısmı arıza maliyetine, %38'i sermaye gereksinimlerine ve %52'si operasyon ve bakıma tahsis edilir.

Boru hattı korozyonunun zorluklarından biri, genellikle borunun iç kısmına başlamasıdır ve bu da algılamayı zorlaştırır. Boru hattı endüstrisinde yaygın olan, düzeltmek için bir hata oluşana kadar bekleme zihniyetidir. Bunun nedeni, akıllı pig gibi etkili muayeneyi uygulama maliyetinin çok yüksek olmasıdır. Bu kısa bakış strateji yakın vadede tasarruf edebilir, ancak kesinlikle çevreye ve gelecekteki sermaye gereksinimlerine daha yüksek bir maliyeti vardır.

Mühendislik Tesisat Sistemleri Ekonomik Ömür Analiz Çalışmaları

Çalışma 1: Özel Sektör Yaşam Döngüsü Analizi

- Tasarım alternatiflerinin yaşam döngüsü ekonomisinin ayrıntılı karşılaştırmalarını oluşturmalıdır. Analiz, yatırım kararları alan özel firmaların ihtiyaç duyduğu teknik özellikleri sağlanmalıdır.
- Bu uygulamalarda en üst düzeyde kâr etmek anahtar kelimedir.
- Tesisat sistem alternatifleri, dahili getiri oranı (IRR), net başlangıç tasarruf, toplam başlangıç değer ve yatırımın geri ödeme süresi kriterlerine göre sıralanır. (Örnek bina tesisat tasarımını değişken debili VAV cihazları ile çözmek veya sabit debili CAV cihazlar ile veya FC üniteleri ve taze hava santralları ile çözmek.) Özellikle taşıyıcı ve destek elemanlarının ağırlıkları ile depremsellik arasında ciddi bir orantı artışı söz konusudur.

Çalışma 2: Kamu Sektörü Yaşam Döngüsü Analizi

- Tasarım alternatiflerinin yaşam döngüsü ekonomisinin ayrıntılı karşılaştırmalarını oluşturmalıdır. Bu durumda, analiz, ekonomik kararlar alan devlet veya kâr amacı gütmeyen kuruluşların ihtiyacı olan acil durumlarda sistemlerin performanslarının karşılanması özellikleri sağlar. (Örnek Deprem sonrası hızla sistemin tamir edilmesi, yenileme çalışmalarının toplumsal sorunlara yol açmayacak şekilde tamamlanması, yeraltı şehir şebekesinin için boru tipi ve bağlantı şekli seçimi gibi.)

- Bu uygulamalarda maliyet faktörü sistemin emniyetli çalışma performansına endekslenir.
- Tasarımlar, tasarruftan yatırım oranına (SIR), toplam bugünkü değere ve geri ödeme süresine göre tasnif edilir.

Çalışma 3: Basit Geri Ödeme Analizi
- Yatırım geri ödeme süresini belirlemek için tasarım alternatif çiftlerinin yatırım ve işletme maliyetleri bir arada karşılaştırılır.
- Bu analiz hızlı, basit maliyet çalışmaları için yararlıdır.

Çalışma 4: Basit Nakit Akışı Analizi
- Düşünülen her tasarım alternatifi için bir nakit akışı tablosu oluşturur.
- Bu analiz, maliyetlerin yıllar içinde yansıttığı ve bir tasarımın toplam mevcut değerini belirlemek için yararlıdır.

Mühendislik Ekonomik Analiz Programlarının özellikleri aşağıdaki özellikleri sağlamalıdır.
- Her tasarım alternatifi için birden fazla yatırım maliyet kaleminin, kredilerin, yatırımların amortismanının, yıllık işletme maliyetlerinin ve periyodik işletme maliyetlerinin dikkate alınması önemlidir ve bu veriler doğru kullanılmalıdır.
- Nakit akışını, toplam bugünkü değeri, net bugünkü tasarrufları, iç getiri oranını, geri ödemeyi, tasarrufları yatırım oranına hesaplar.
- Oluşturulan raporların içeriğini, gerçekleştirilen analiz türüne ve dolayısıyla karar vermek için kullanılan ekonomik kriterlere göre özelleştirmelidir.
- Metin ve grafikleri birleştiren raporlar oluşturmalıdır.
- Nakit akışı bilgilerini elektronik tablo programlarına yüklenmeye uygun bir metin biçiminde dışa aktarmalıdır. Bu, verilerin kullanıcılar tarafından özel analizini kolaylaştırır.

Genel olarak Amerikan Galvanizciler birliği direktifleri ve temel kaynaklarını kullandık, fakat konu ile ilgili ISO ve EN normları ile ulusal normlar da mevcuttur.

Uluslararası Standartlar, ISO Spesifikasyonları, ISO 1461

Fabrikasyon Demir ve Çelik Montajlarda Sıcak Daldırma Galvanizli Kaplamalar. ISO 1461, fabrikasyon demir ve çelik maddeler üzerinde çinko kaplama için (diğer metallerin %2'sinden fazlasını içermeyen) sıcak daldırma uygulama genel özelliklerini ve test yöntemlerini belirtir. Sadece imalat sonrası sıcak daldırma galvanizli ürünler içindir ve belirli standartların bulunduğu ve Avrupa Standardı'ndan farklı ek gereksinimler veya gereksinimler içerebilecek ürünler için geçerli değildir.

Diğer Kuruluşlar Belirtimleri:

Koruyucu Kaplamalar Derneği (SSPC) ve Ulusal Korozyon Mühendisleri Derneği (NACE)
- SSPC SP2: El Aleti Temizliği,
- SSPC SP5/NACE No. 1: Beyaz Metal Kumlama Temizliği,
- SSPC SP10/NACE No. 2: Beyaza Yakın Kumlama Temizliği,
- SSPC SP 11: Elektrikli Aletin Çıplak Metale Temizlenmesi,
- SSPC-SP 16: Demir Dışı Metallerin Fırçalamalı Kumlama Temizliği,

Kısım 11 altında korozyon koruması için ISO normu şematik olarak yer almaktadır.

Bu kısımda esas anlatılmak istenen seçilen malzeme ömrüne paralel olarak taşıyıcı sistemlerde korozyon korumasına sahip olmalı ve ayrıca kullanılan tesisat ekipmanları ve gerek titreşim ve destek gerek ise sismik malzemeler ile galvanik korozyon riskinin oluşmamasıdır. Aşağıda konu ile ilgili ASHRAE ekipman ekonomik ömür süresi tablosu iyi bir kılavuz olarak kullanılmalıdır.

Tablo 8.2 ASHRAE Elektrik/Mekanik Tesisat Sistemleri İçin Ömür Tablosu Öngörüsü

Cihaz Tipleri	Ekonomik Ömür (Yıl)	Cihaz Tipleri2	Ekonomik Ömür (Yıl)	Cihaz Tipleri3	Ekonomik Ömür (Yıl) 2
Paket Hava Şartlandırıcılar		**Hava Dağıtım/Toplama Üniteleri**		**Hava Soğutmalı Kondenserler**	20
Pencere Tipi	10	Anemostatlar, Menfezler	27	**Evaporatif Kondenserler**	20
Ticari Duvar Tipi Paket	15	Fankoil ve İndüksiyon Üniteleri	20	**Yalıtım**	
Evsel Tekli ve Çoklu Split Paket Üniteler	15	Değişken Debili VAV ve Debi Kontrol Kutuları	20	Prefabrik, Kalıplı	20
Su Soğutmalı Paket Tipi	15	Nemlendirici/Hava Yıkayıcılar	17	Şilte /Plaka	24
Isı Pompaları		**Hava Kanalları**	**30**	**Pompalar**	
Evsel, Hava Kaynaklı Klimalar	15	Damperler	20	Kaideli Pompalar	20
Ticari, Hava Kaynaklı Klimalar	15	Fanlar		Boru Tipi	10
Ticari, Su Kaynaklı Klimalar	19	Radyal	25	Çukur ve Kuyu Pompaları	10
Çatı Tipi Paket Klimalar		Aksiyel	20	Kondens Pompaları	15
Tek Bölgeli (Zonlu)	15	Pervaneler	15	**Pistonlu Makinalar**	20
Çok Bölgeli (Zonlu)	15	Çatı Tipi Fanlar	20	**Buhar Türbinleri**	30
Kazanlar		**Serpantinler**		**Elektrik Motorları**	18
Çelik Su Borulu	24 (30)	Soğutkan-DX, Sulu veya Buharlı	20	**Motor Yolvericiler, Sürücüler**	17
Çelik Alev Duman Borulu	25 (25)	Elektrikli	15	**Elektrik Trafoları**	30
Döküm Dilimli	35 (30)	**Isı Değiştiriciler**		**Kontrol Üniteleri**	
Elektrikli	15	Serpantinli Eşanjör (Shell&Tube)	24	Pnömatik/Hava Tahrikli	20
Brülörler	21	Pistonlu Kompresörler	20	Elektrikli	16
Sıcak Hava Üreticileri		**Paket Soğutma Grupları**		**Vana Tahrik Üniteleri**	
Gaz ve Sıvı Yakıtlı	18	Pistonlu	20	Hidrolik	15
Isıtıcı Apareyler		Santrifüj	23	Pnömatik/Hava Tahrikli	20
Gaz veya Elektrikli	13	Absorbsiyonlu Üniteler	23	Kendinden Kontrollü	10
Sıcak Sulu ve Buharlı	20	**Soğutma Kuleleri**			
Radyant Isıtıcılar		Galvanizli Kule	20		
Elektrik	10	Ahşap Kule	20		
Sıcak Su veya Buhar	25	Seramik Kule	34		

9. EŞPOTANSİYEL VE TOPRAKLAMA ESASLARI

9.1. Topraklama (IEC 60364-5-54) [72]

2001 yılında Enerji Bakanlığı tarafından Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği yayınlandı. Bu yönetmelik sadece AG ve YG'de topraklamayı değil aynı zamanda projelerde uygulanması gereken çok önemli normları içermektedir.

Temel Topraklama:

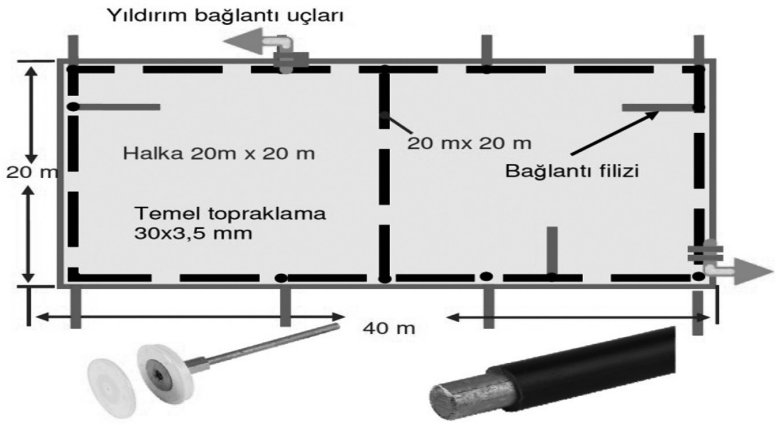
Alçak gerilim Elektrik Tesislerinde Topraklama Yönetmeliği'nin (ETTY) 8. maddesinde detayları verilmiştir. Hata anında (dolaylı temasa karşı) koruma yöntemlerinin temel maddeleri:
1) Beslemenin otomatik olarak ayrılması ile koruma,
2) Koruma sınıfı II olan donanım kullanarak veya eşdeğeri yalıtım ile koruma,
3) İletken olmayan mahallerde koruma,
4) Topraklamasız tamamlayıcı yerel (mahalli) eş potansiyel kuşaklama ile koruma,
5) Elektriksel ayırma ile koruma.

Topraklama otomatik açma için önemini yitirmiştir. Ancak tesiste potansiyel dengeleme açısından çok önemlidir.

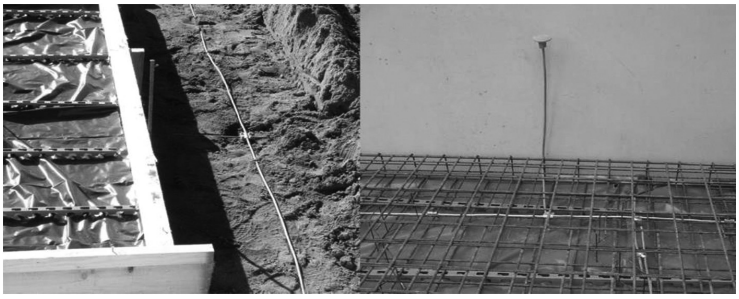
Yeni yapılan tüm binalarda temel topraklamanın uygulanması zorunludur. Son yıllarda mesafe tutucular ile yapılan temel topraklamanın yanı sıra hasırı olan veya olmayan bina temeli, beyaz ve siyah tekne metodu ile yapılan topraklamalar ile tesisler daha güvenli hale gelmiştir.

Temel topraklama yayılma direncinin hesabı yapılmalıdır. Temel topraklamaya ek olarak,
- Koruma ve
- Potansiyel dengeleme (Eşpotansiyel)

Elektrik ve mekanik iletken tesisler arasında (Örnek: gaz, su kalorifer, elektrik ve elektronik tesisler, kablo tavaları, boru sabit kayar destekleri ve taşıyıcı profiller) ortaya çıkan hatalar nedeniyle potansiyel farklılıkları ve gerilimleri önlemek veya en az indirgemek için yapılan bir işlemdir.



***Şekil 9-1** Örnek Bir Temel Topraklama Tesisi*



Resim 9-1 Temel Topraklama Uygulaması

[72] *Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı Elektrik Tesisleri Temel El Kitabı*

Potansiyel Dengeleme:

Güvenlik amaçlı olarak (koruma potansiyel dengeleme) her bina ve tesiste uygulanması zorunlu ve gereklidir. Fonksiyon potansiyel dengeleme işletme şartlarından dolayı (Örnek; elektro manyetik dayanıklılık veya binaların yıldırım riskine karşı korunması gibi) gereklidir.

Beton içine tesis edilen temel topraklamanın direnci genelde 1 Ω'un altındadır. Temel topraklamanın yayılma direnci yarı küre metoduna göre hesaplanmalıdır.

Beyaz ve siyah tekne adı verilen yalıtımlı temelde temel topraklama potansiyel düzenleyici görevini yapar. Geçiş direnci 0,2 Ω'un altında olmalıdır ve ölçülmelidir. Burada halka topraklama ana topraklama görevini görür. Buna ek olarak kazıkların çakılması gerekli değildir.

Koruma İletkeni Kesitleri:

Koruma iletkenleri kesitleri ana dış iletkene bağlı olarak verilen çizelgeye göre seçilecektir. Bu çizelge sadece TN (Terminal Nötr) sistemi için geçerlidir.

Tablo 9-1 Faz İletkeninin Kesit Alanına Göre Koruma İletkenin Minimum Kesit Alanı Hesabı

Ana dış iletken kesiti S_L mm²	Koruma iletkeni kesiti S_{PE} mm²	
	Koruma iletkeni ile ana dış iletken ayni malzemeden	Ayrı malzemeden olursa
$S_L \leq 16$	$S_{PE} = S_L$	$\frac{k_1}{k_2} \cdot S_L$
$16 < S_L \leq 35$	16	$\frac{k_1}{k_2} \cdot 16$
$S_L > 35$	$\frac{S_L}{2}$	$\frac{k_1}{k_2} \cdot \frac{S_L}{2}$

TT (Temel Topraklama) sistemde koruma iletkeni kesiti 25 mm² Bakır ve 35 mm² Alüminyum ile sınırlandırılmıştır.

Koruma iletkenin kesiti hesaplanmak istenirse, aşağıdaki formül ile kesit, elde edilen değerden küçük **olmayacaktır**.

$$S = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{k}$$

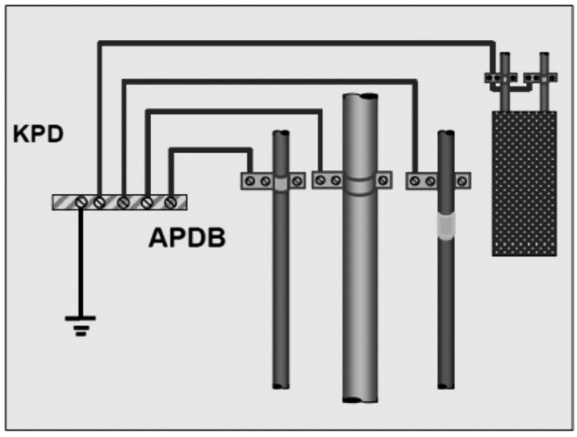
Denklem 9.1

- S: İletkenin mm² olarak anma (nominal) kesit alanıdır.
- I: Hata akımı. (AA için etkin değer). Biliniyor ise ya tek kutuplu kısa devre akımı ya da açma akımı alınır.
- *t*: Koruma cihazının hata akımına (A) karşılık gelen açma süresi (s).
- *k*: İletken malzemesinin öz direncini, sıcaklık katsayısını, ısı kapasitesini, ve aynı zamanda ilgili başlangıç ve son sıcaklıkları hesaba alan bir katsayıdır. "k" katsayısının değeri çizelgeden okunur veya hesap yolu ile bulunur.

Koruma Potansiyel Dengeleme İletkenleri Kesitleri:

Ana potansiyel dengeleme barasına tesis edilen koruma potansiyel dengeleme iletken (KPD) kesitleri aşağıdaki değerlerden küçük olmayacaktır;

- Bakır 6 mm²
- Alüminyum 16 mm²
- Çelik 50 mm²



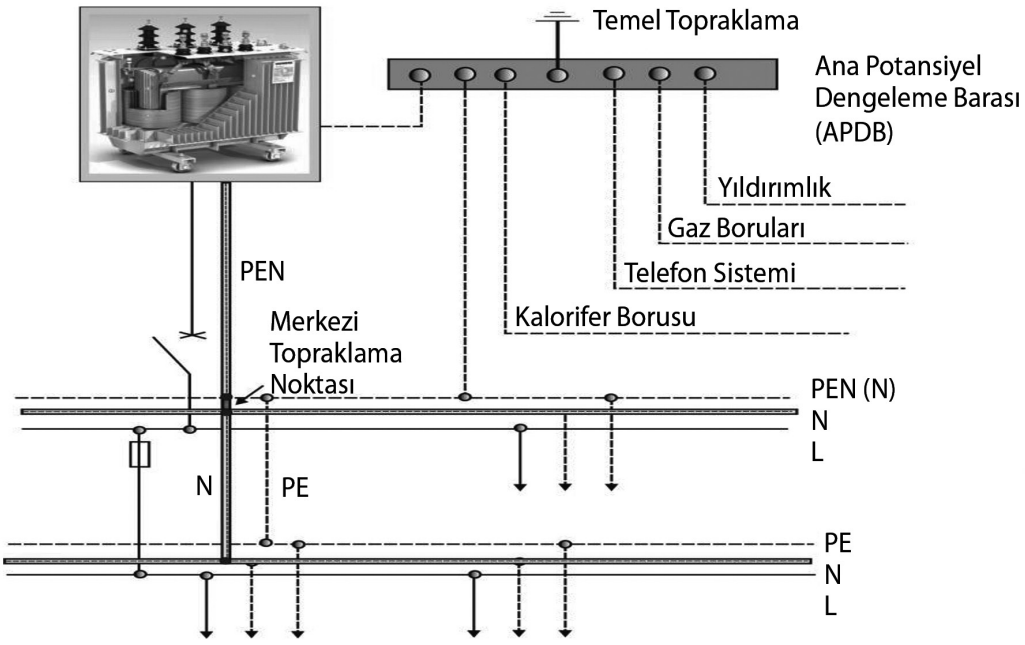
Şekil 9-2 Tipik Tesisat Eşpotansiyel ve Topraklama Tesisat Bağlantısı

Merkezi Topraklama Sistemi:

Koruma iletkeni ve bilgi işlem (data) kabloları üzerinden akan akımlar sistemde hatalara ve bozukluklara yol açar. Topraklamanın şekli bu hatalar için belirleyicidir.

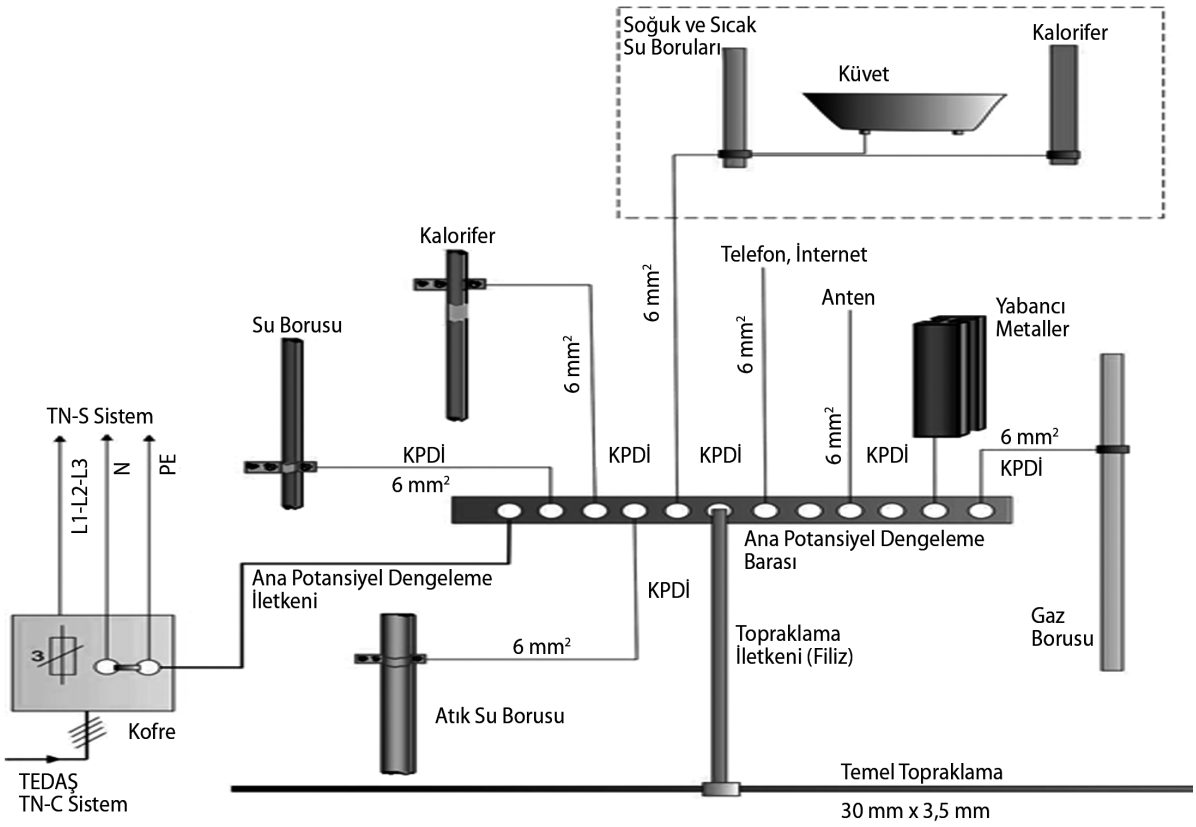
TN sistemde nötr ve koruma iletkeni tamamen ayrılmalı, transformatörün yıldız noktasından gelen hat izole edilmelidir. İşletme ve koruma topraklaması bir noktada birleştirilmeli ve topraklanmalıdır.

TT sistemde bu sorun yoktur ve nötr ile koruma iletkeni hiçbir zaman birleştirilmemelidir.



Şekil 9-3 Temel Topraklama Detayı

TT sistemde kofredeki nötr N ile PE arasındaki köprü ve ana potansiyel dengeleme iletkeni olmayacak. Linyelerden gelen koruma iletkenleri (PE) dağıtım panosundaki PE klemensine tesis edildikten sonra tek bir iletken ile ana potansiyel dengeleme barasına bağlanacak.



Şekil 9-4 Bina Tesisat ve Kablo Kanal ile Destek Elemanları Eşpotansiyel ve Topraklama

10. TASARIM- İHALE ŞARTNAMELERİ

10.1. CİHAZ KAİDE ŞARTNAMELERİ

Cihaz kaideleri, yaylı izolatörler, kauçuk ve cam elyef takviyeli pedler ile hareket sınırlayıcılar, yanal hareket engelleyiciler, atalet kütleleri için gerek kısım 4.1'de bahsedilen tasarım kıstasları ile Kısım 5'te ASHRAE Tablo 47 kapsamındaki tavsiyelere uygun akustik, titreşim yutucu ve sismik koruyucu malzemeleri üretici tavsiyelerine uygun olarak şartname haline getirmek gerekir. Özellikle farklı kapasite ve nitelikte cihaz kaideleri için öncelikle bulunduğu döşeme tipi, kolonlar arası mesafe ve akustik ve titreşim hassasiyeti olan hacimlere yakınlığı kaide şartnamelerini şekillendirir. Kısım 4.1, 4.2'de, tamamen akustik ve titreşim hassasiyeti konusunda okuyucuya farklı kaide tipleri ve koruma metotları detaylı şekilde örnekler ile anlatılmıştır.

Dikkat edilmesi gereken en önemli konu ise sismik tasarım yapılması gereken yeni projeler kapsamında seçeneklerin çokluğu olmasına rağmen, deprem güçlendirmesi yapılan binalarda sismik koruma yapılması konusunda sınırlı seçenekler vardır. Tamamen tasarımcı ve profosyonel mühendis kontrol tarafından hangi seçeneklerin nasıl uygulanacağı konusu aynı zaman da Deprem Sorumlu Mühendisi olan inşaat deprem hesaplarını yapan yetkili ile koordineli olarak çözülmesi ve hassas şekilde uygulanması zorunluluktur.

Oluşturulacak tasarım ve uygulama şartnameleri için belirtilen kılavuzlar ile ilgili çelişkili durumlar da Bina Deprem Tasarım Sorumlusu, PE mühendis, ilgili orijinal kaynaklar ve tasarım sorumlusu yetki hiyerarşisine uyulması tavsiye edilir.

10.2. BORU TAŞIYICI SİSTEM VE ASKI ŞARTNAMELERİ

İçindekiler

10.2.1. PERFORMANS KRİTERLERİ

10.2.2. ÖZEL DİZAYN KRİTERLERİ

10.2.3. KALİTE GÜVENCE

10.2.3.1. Malzeme Hammadde Sertifikaları

10.2.3.2. Malzeme Test Süreci

10.2.3.3. Kaynak

10.2.3.4. Malzeme Test Raporları ve Sertifikasyon

10.2.4. ONAYA SUNULACAK DÖKÜMANLAR

10.2.4.1. Ürün Bilgileri

10.2.4.1.1. Askı ve Destekler

10.2.4.1.1.1. Boru Kelepçeleri

10.2.4.1.1.2. Kayar Mesnetler, Makaralı Boru Destekleri, Koruma Saçları

10.2.4.1.1.3. İzolasyon Takozları

10.2.4.1.1.4. Çelik Mengeneler

10.2.4.1.1.5. Rotlar ve diğer bağlantı parçaları

10.2.4.1.2. Modüler Destek Sistemleri

10.2.4.1.2.1. Perfore Profil Sistemleri ve Bağlantı Parçaları

10.2.4.1.1.2. Kutu Profil Sistemleri ve Bağlantı Parçaları

10.2.4.2. Yerinde İmalat (Shop-drawing) Çizimleri

10.2.4.3. Ürün Sertifikaları

10.2.4.4. Kaynak Sertifikaları

10.2.4.5. Hesap Raporları

10.2.5. GENEL ŞARTNAMELER, STANDARTLAR VE YÖNETMELİKLER

10.2.5.1. Tasarım

10.2.5.2. Kalite Güvence

10.2.5.3. Malzeme

10.2.5.4. Kaynak

10.2.5.5. Kaplama

10.2.5.6. İmalat

10.2.6. SUNUMLAR

10.2.6.1. Ürün Bilgileri

10.2.6.2. Askı ve Destekler

10.2.6.3. Boru Kelepçeleri

10.2.6.4. Kayar Mesnetler

10.2.6.5. İzolasyon Takozları

10.2.6.6. Rotlar ve Diğer Bağlantı Parçaları

10.2.6.6.1. Rotlar

10.2.6.6.2. Somun ve Cıvatalar

10.2.6.6.2.1. Standart Somun ve Cıvatalar

10.2.6.6.2.2. Özel Bağlantı Elemanları

10.2.6.6.2.2.1. T Başlı Cıvatalar

10.2.6.6.2.2.2. Kare Boyunlu Cıvatalar

10.2.6.7. Perfore Profil Sistemleri ve Bağlantı Parçaları

10.2.6.7.1. Perfore Profiller

10.2.6.7.2. Profil Bağlantı Parçaları

10.2.6.8. Kutu Profil Sistemleri ve Bağlantı Parçaları

10.2.6.8.1. Kutu Profil Sistemleri

10.2.6.8.2. Kutu Profil Bağlantı Parçaları

Ek-1 Boru Askı Aralıkları

10.2.1. Performans Kriterleri

1.1. Desteklenen sistemler için askı ve desteklerin tasarımları, dayanım analizleri ve bunların kontrolleri, sistem gereksinimleri ve TS/American Institute of Steel Construction TSE/EN/EN*TSE/(AISC)/FM/ASCE/NFPA standartlarına göre yapılmalıdır.

1.2. Askı ve destekler, galvanik korozyona sebep olmayacak malzemeden imal edilmelidir.

1.3. Askı ve destekler, EN ISO 12944 ve ISO 9223 standartları kapsamında, çevre ve hava koşullarına uygun şekilde kaplanmış olmalıdır.

1.4. Mühendislik Sorumluluğu: Boru askı ve destekleri için yerinde imalat (shop-drawing) çizimleri, tasarım ve hesaplarının hazırlanması nitelikli bir profesyonel mühendis tarafından yapılmalıdır.

1.4.1. Profesyonel Mühendis Tanımı: Söz konusu mühendis, askı ve destek sistemleri uygulamaları kapsamında malzeme seçimi, tasarım ve projelendirme işlemleri için deneyimli olmalıdır.

10.2.2. Özel Dizayn Kriterleri

2.1 Özel tasarım gerektiren Askı ve Destek Sistemleri: Aşağıda belirtilen boru sistemleri için özel tasarım yapılmalıdır.

2.1.1 Çalışma ve kurulum sıcaklıkları arasında minimum 10 °C sıcaklık farkı olan borular.

2.1.2 ASME B31.1 veya EN 13480 standartlarına göre tehlikeli (aşındırıcı veya yanıcı) sıvı içeren borular.

2.1.3 200 kPa (2 barg'den) daha yüksek basınçlı sıvı içeren borular.

2.2 Boru sistemleri, termal genleşme ve/veya daralma, işletme basıncı ve sıcaklığı, hidro/pnömatik testler ve proje sahası koşullarındaki yük durumlarına göre değerlendirilmeli ve analiz edilmelidir.

2.3 Boru stres analizi onaylı/sertifikalı bir boru stres analizi yazılımıyla (Örn. CAESARII, Bentley AUTOPIPE, CAEPIPE, Rohr2, Start-Prof, vb.) yapılmalı ve boru tasarımında veya analizinde sertifikalı kullanıcı deneyime sahip bir boru stres analizi mühendisi tarafından onaylanmalıdır.

2.4 Boru stres analizi çalışmasının ardından özel tasarım gerektiren askı ve destek sistemleri tasarlanmalıdır.

2.4.1 Askı ve destek sistemleri tasarımı için kullanılacak tasarım yükleri boru stres analizinden alınmalıdır.

2.4.2 Askı ve destek sistemleri tasarımı 2D Kiriş Yapısı uygulayan bir simülasyon yazılımı veya 3D sonlu elemanlar analizi ile yapılmalıdır.

2.4.3 Askı ve destek sistemlerinin tasarım ve analizleri AISC, MSS SP-58, MSS SP-69, Eurocode3 veya benzer uluslararası standartlara uygun olmalıdır.

2.4.4 Tasarlanan askı ve destekler için sunulacak dokümanlar:

2.4.4.1 Hesaplamalarda kullanılan girdiler ve referanslar,

2.4.4.2 Yük tabloları (Boru stres analizi program çıktıları veya hesap tabloları),

2.4.4.3 Yapısal çelik analiz raporu,

2.4.4.4 Sonlu elemanlar analiz raporu,

2.4.4.5 Bağlantı /cıvata hesap raporu,

2.4.4.6 Ayrıntılı teknik çizimler.

10.2.3. Kalite Güvence

Malzeme Hammadde Sertifikaları

Projelerde kullanılacak askı ve destek sistemlerinin imalatında kullanılacak malzemelerin mekanik özelliklerini gösteren ilgili test raporu ve sertifikaları tedarikçilerden temin edilmeli ve müşterinin isteği doğrultusunda müşteriye sunulabilmelidir.

Üretici firma projede kullanılacak tüm ürünler için çelik hammaddelerin EN 10204'e göre hammadde analiz sertifikalarını müşteri talep ettiği durumlarda sağlamalıdır. EN 10204 göre 2.2 ya da 3.1 sertifikaları müşteri istediği durumlarda sağlanmalıdır.

Malzeme Test Süreci

Üretici firma projede kullanılacak tüm askı ve desteklerin performansını fabrika testleri ile doğrulamalıdır. Talep edildiği takdirde bu testlere ait raporlar müşteriye sunulmalıdır.

Müşteri tarafından istenildiği takdirde 3.parti gözetimi ürünler için yapılabilmelidir.

Kaynak

ASME Kazan ve Basınçlı Kaplar Standardı Bölüm IX ve/veya EN 3834-2 standardına göre süreçleri, cihazları (kaynak robotları vb.) ve operatörleri nitelendirilecektir.

EN 9606-1 veya EN 14732 ye göre kaynakçılar ve kaynak operatörleri sertifikalandırılacaktır.

EN ISO 15614-1 göre kaynak prosedürleri nitelendirilecektir.

EN ISO 15609-1 göre kaynak şartnameleri hazırlanacak ve üretim bu şartnamelere göre yapılacaktır.

Malzeme Test Raporları ve Sertifikasyon

Ürünlerle ilgili olan sertifikasyonlar müşteriye sunulmalıdır. TSE, TSEK belgeleri veya diğer sertifikasyon belgeleri istenildiği takdirde sunulabilmelidir.

Yangın Sistemleri ile ilgili olan ürünlerde FM ve UL belgeleri müşteriye sunulabilmelidir.

10.2.4. Onaya Sunulacak Dökümanlar

3.1. Ürün Bilgileri

3.1.1. Askı ve Destekler

3.1.1.1. Boru Kelepçeleri

3.1.1.2. Kayar Mesnetler, Makaralı Boru Destekleri, Koruma Sacları

3.1.1.3. İzolasyon Takozları

3.1.1.4. Çelik Mengeneler

3.1.1.5. Rotlar ve Diğer Bağlantı Parçaları

3.1.2. Modüler Destek Sistemleri

3.1.2.1. Perfore Profil Sistemleri ve Bağlantı Parçaları

3.1.2.2. Kutu Profil Sistemleri ve Bağlantı Parçaları

3.2. Yerinde İmalat (Shop-Drawing) Çizimleri: Dayanım hesaplarını içeren, imalat ve montaj detaylarını gösteren, üretici firmanın konusunda uzman mühendisi tarafından hazırlanmış, kaşeli ve imzalı:

3.3. Ürün Sertifikaları

3.4. Kaynak Sertifikaları

3.5. Hesap Raporları

10.2.5. Genel Şartnameler, Standartlar ve Yönetmelikler

5.1. DİZAYN

- ASME B31.1: Yüksek Basınçlı Boru Tesisatı Dizayn Esasları
- ASME B31.3: Proses Boruları Tesisatı Dizayn Esasları
- ASME B31.9: Bina Servis Boruları Tesisatı Dizayn Esasları
- NFPA 13: Sprinkler Sistemi Montaj Esasları Standardı
- DIN EN 13480-1/BS EN 13480-1: Endüstriyel Metalik Borular - Bölüm 1: Genel
- DIN EN 13480-2/BS EN 13480-2: Endüstriyel Metalik Borular - Bölüm 2: Malzemeler
- DIN EN 13480-3/BS EN 13480-3: Endüstriyel Metalik Borular - Bölüm 3: Tasarım ve hesaplama
- DIN EN 13480-4/BS EN 13480-4: Endüstriyel Metalik Borular - Bölüm 4: İmalat ve montaj

- DIN EN 13480-5/BS EN 13480-5: Endüstriyel Metalik Borular - Bölüm 5: Muayene ve deneyler
- FM: (Factory Mutual) Otomatik Sprinkler Sistemleri Boru Askısı Bileşenleri için (FM Onayı Standardı)
- UL: (Underwrites Laboratories) Yangın Söndürme (UL Onayı Standardı)

5.2. KALİTE GÜVENCE

- ISO 9001:2015: Kalite Yönetim Sistemleri - Gereksinimler
- ISO 14001:2015: Çevre Yönetim Sistemleri - Kullanım için rehberlik ve gereksinimler
- OHSAS 18001:2007: İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemleri -Gereksinimler
- EN ISO 3834-2: Metalik malzemelerin füzyon kaynağı için kalite gereksinimleri - Bölüm 2: Kapsamlı kalite gereksinimleri

5.3. MALZEME

- EN 10025-2: Sıcak haddelenmiş yapı çeliği ürünleri - Bölüm 1: Genel teknik teslim şartları
- EN 10130: Soğuk şekillendirme için soğuk haddelenmiş düşük karbonlu yassı ürünler - Teknik teslim şartları
- EN 10111: Soğuk şekillendirme için sürekli sıcak haddelenmiş düşük karbonlu çelik sac ve şerit - Teknik teslim şartları
- EN 10088-2: Paslanmaz çelikler - Bölüm 2: Genel amaçlar için korozyona dirençli çelikler için sac/levha ve şerit için teknik teslim şartları
- EN 10346: Sıcak daldırmayla sürekli olarak kaplanmış çelik yassı mamuller - Teknik teslim şartları
- ISO 4017/DIN 933: Altıgen başlı vidalar - Ürün kaliteleri A ve B
- ISO 4032/DIN 934: Altıgen somun, stil 1 - Ürün kaliteleri A ve B
- MSS SP 58: TABLO A2M / A2: Malzemeler ve İzin Verilen Gerilmeler

5.4. KAYNAK

- EN ISO 3834-2: Metalik malzemelerin füzyon kaynağı için kalite gereksinimleri - Bölüm 2: Kapsamlı kalite gereksinimleri
- EN ISO 9606-1: Kaynakçıların kalifikasyon testi - Füzyon kaynağı - Bölüm 1: Çelikler
- EN ISO 14732: Kaynak personeli - Metalik malzemelerin mekanize ve otomatik kaynaklanması için kaynak operatörlerinin ve kaynak setlerinin kalifikasyon testleri
- EN ISO 14731: Kaynak koordinasyonu - Görevler ve sorumluluklar
- EN ISO 15609-1: Metalik malzemeler için kaynak prosedürlerinin belirlenmesi ve nitelendirilmesi - Kaynak prosedürü özellikleri - Bölüm 1: Ark kaynağı
- EN ISO 15614-1: Metalik malzemeler için kaynak prosedürlerinin belirlenmesi ve nitelendirilmesi - Kaynak işlemi testi - Bölüm 1: Çeliklerin ark ve gaz kaynağı ve nikel ve nikel alaşımlarının ark kaynağı
- EN ISO 9712: Tahribatsız testler - NDT personelinin kalifikasyonu ve sertifikalandırılması - Genel prensipler
- EN ISO 17637: Kaynakların tahribatsız muayenesi - Füzyon kaynaklı eklemlerin görsel testi
- EN ISO 5817: Kaynak - Çelik, nikel, titanyum ve alaşımlarında füzyon kaynaklı bağlantılar (kiriş kaynağı hariç) - Kusurlar için kalite seviyeleri
- EN ISO 3452-1: Tahribatsız muayene - Penetrant testi - Bölüm 1: Genel prensipler (ISO 3452-1: 2013)
- EN ISO 23277: Kaynakların tahribatsız muayenesi - Kaynakların penetrant testi - Kabul seviyeleri
- ASME SECTION IV: ASME KAZANI VE BASINÇLI KAPLAR KODU Kalifikasyon ve lehimleme prosedürleri, kaynakçılar, lehimciler, kaynak ve lehimleme operatörleri
- AWS D1.1: Yapısal Kaynak Kodu / Çelik

5.5. KAPLAMA

- ISO 1461: İşlenmiş demir ve çelik ürünler üzerinde sıcak daldırma galvaniz kaplamalar - spesifikasyon ve test yöntemleri
- ASTM A153/A153M: Demir ve Çelik Donanımda Çinko Kaplama (Sıcak Daldırma) için Standart Şartname
- ASTM A123/A123M: Demir ve Çelik Ürünleri Çinko (Sıcak Daldırma Galvaniz) Kaplamalar için Standart Şartname
- ASTM B633: Demir ve Çelik Üzerine Çinko Elektro Kaplama Uygulamaları için Standart Şartname
- ISO 2081: Metalik ve diğer inorganik kaplamalar - Demir veya çelik üzerinde tamamlayıcı işlemlerle çinko elektrolitik kaplamalar
- DIN 50961: Elektrolitik kaplamalar - Demir veya çelik üzerinde çinko kaplamalar - Terimler, testler ve korozyon direnci
- ISO 4042: Bağlantı Elemanları-Elektroliz Kaplamalar
- EN 10684: Bağlantı elemanları - Sıcak daldırma galvaniz kaplamalar

5.6. İMALAT

- MSS SP 58: Boru Askıları ve Destekleri, Malzemeleri, Tasarımı, İmalatı, Seçimi, Uygulaması, Montajı
- MSS SP 69: Boru Askıları ve Destekleri - Seçim ve Uygulama
- MSS SP 89: Boru Askıları ve Destekleri - İmalat ve Montaj Uygulamaları
- BS 3974 Part 1: Boru askıları, kayarmesnet ve makara tipi destekler
- BS 3974 Part 2: Boru kelepçeleri, kafesler, braket ve kirişlere ek parçaları
- ISO 2768-1: Genel toleranslar - Bölüm 1: Bireysel tolerans göstergeleri olmadan doğrusal ve açısal boyutlar için toleranslar
- DIN 6930-2: Damgalı çelik parçalar - Bölüm 2: Genel toleranslar
- ISO 3302-1: Kauçuk - Ürünler için Toleranslar - Bölüm 1: Boyut toleransları
- EN 877: Pik boru ve ek parçaları, bunların bağlantı parçaları ve binalardan su tahliyesi için aksesuarlar - Gereksinim test yöntemleri ve kalite güvencesi
- EN ISO 9227: Yapay ortamlarda korozyon testleri - Tuz püskürtme testleri
- EN 898-1: Karbon çeliği ve alaşımlı çelikten yapılmış bağlantı elemanlarının mekanik özellikleri - Bölüm 1: Belirtilen özellik sınıflarına sahip cıvata, vida ve çiviler - Kaba ve ince diş
- EN 898-2: Karbon çeliği ve alaşımlı çelikten yapılmış bağlantı elemanlarının mekanik özellikleri - Bölüm 2: Belirtilen özellik sınıflarına sahip somunlar - Kaba ve ince diş

10.2.6. Sunumlar

10.2.6.1 Ürün Bilgileri

Ürün Teknik Özellikleri: Her tip askı ve destek malzemesi için ürün teknik özellikleri onaya sunulmalıdır

---

6.2. ASKI VE DESTEKLER

6.2.1. Kullanılması öngörülen askı ve desteklerin tam detayları sunulmalıdır. Önceden onaylanması kaydıyla özel bir destek sistemi kullanılabilir. İki veya daha çok sayıda borunun bir tek destekle taşınacağı yerlerde destekler arasındaki aralık, askı aralığı kısa olan boruya göre ayarlanmalıdır.

6.2.2. Boru Askı Aralıkları: Bkz. tablolar

6.3. BORU KELEPÇELERİ

- Boru kelepçeleri imalatında hammadde olarak kullanılan sacların tamamı malzeme sertifikalı olup gerek kimyasal kompozisyonları gerekse fiziksel özellikleri, üretici firma tarafından garanti altında olmalı ve bu sertifikalar istenildiğinde müşteriye ulaştırılmalıdır.
- Boru kelepçeleri üretimi izlenebilirlik (tracebility) özelliğine sahip olmalıdır ve üretici firma gerektiğinde tüm üretim safhalarını ve kullanılan malzemeleri geriye doğru inceleyebilmelidir.
- Boru kelepçelerinin gövdesinde marka logo ve var ise ürün sertifikaları net okunabilir şekilde yer almalıdır.
- Boru kelepçelerinin gövdesinde ölçü ve/veya sıkma aralığı bilgileri net okunabilir şekilde yer almalıdır (Boru kelepçelerinde sıkma aralığı bilgisi lastikli ve lastiksiz kullanımı ayrı ayrı gösterecek şekilde belirtilmelidir).
- Boru kelepçeleri için kullanılan sac kalınlığı ve diğer ölçüsel değerler üretici firma kataloğunda yer almalıdır.
- Boru kelepçeleri için üretici kataloğunda belirtilen mukavemet değerleri minimum 3 kat yüklerle test edilmiş olmalı ve bu durum ürün kataloğunda açık olarak belirtilmelidir.
- Boru kelepçeleri için üretici kataloğunda yer alan test değerleri bağımsız laboratuvar ya da kuruluş tarafından onaylanmalı ve bu raporlar istenildiğinde müşteriye ulaştırılmalıdır.
- Yangın tesisatında kullanılacak boru kelepçeleri NFPA 13 standartının son versiyonunda verilmiş olan detaylara uygun ve MSS (Manufacturer's Standardization Society) standardına uygun üretilmelidir.
- Yangın tesisatında kullanılacak boru kelepçeleri FM ve UL sertifikalarına sahip olmalıdır.
- Boru kelepçelerine kaynak yapılan somunlar; Noktasal punto/ kaynak teli (projection welding yöntemiyle (Middle Frequency Direct Current system) puntalanmalıdır.
- Boru kelepçelerinde kullanılan EPDM lastik DIN 53517 standardına göre 24 saat boyunca 100°C'de bozulmamalı ve %100 ozon dayanımına sahip olmalıdır. Aynı zamanda DIN 4109 standardına uygun olarak 15 dB kadar ses yalıtımı sağlamalıdır.
- Boru kelepçelerinin yan bağlantı cıvatalarında montaj esnasında cıvataların düşmemesini sağlayan polietilen pul bulunmalıdır (Yan bağlantıda somun içermeyen boru kelepçeleri için geçerlidir).
- Boru kelepçeleri için elektro-galvaniz kaplama: ISO 2081 veya ASTM B 633 standardına uygun ve Cr+3 free doğaya dost yöntemle olmalıdır.
- Boru kelepçeleri için sıcak daldırma kaplama: ISO 1461 veya ASTM A153 standardına uygun olmalıdır.

6.4. KAYAR MESNETLER

- Yatay boru hatları için kayar mesnetler, öncelikle zemine oturan veya tavana asılı borular için tasarlanmış olmalıdır. Kayar mesnetlerin sürtünme kuvvetlerini boru ekseni yönünde aktarması gerekir. Bu nedenle, montaj sırasında her destek konumunda yanal destek gereksinimi hesaba katılmalıdır. Kılavuz yataklar ile boru kelepçesi arasındaki bağlantı parçaları, eğilme momentlerini karşılayacak şekilde tasarlanmalıdır.
- Çalışma koşulları altında, kayar plaka orta konum etrafında gidip gelecektir. Kayma hareketinin yönü ve mesafesi montaj sırasında dikkate alınmalıdır.
- Kızak destekleri boru eksenine ve/veya hareket yönüne göre hizalanmalıdır.
- Kayar mesnetlerin imalatında hammadde olarak kullanılan sacların tamamı malzeme sertifikalı olup gerek kimyasal kompozisyonları gerekse fiziksel özellikleri, üretici firma tarafından garanti altında olmalı ve bu sertifikalar istenildiğinde müşteriye ulaştırılmalıdır.
- Kayar mesnetlerin üretimi izlenebilirlik (tracebility) özelliğine sahip olmalıdır ve üretici firma gerektiğinde tüm üretim safhalarını ve kullanılan malzemeleri geriye doğru inceleyebilmelidir.
- Kayar mesnetlerin montajı için gerekli tüm ölçüler ve montaj şekline göre tavsiye edilen taşıma yükleri üretici firma kataloğunda yer almalıdır.

- Kayar mesnetlerde sürtünme katsayısını düşürmek amacıyla gerekli dayanımı sağlayacak ve metal metale teması engelleyecek düşük sürtünme katsayılı yastıklama malzemeleri kullanılmalıdır.
- Kayar mesnetler montaj yapılacak yapı elemanlarının tipine (Betonarme, çelik konstrüksiyon vb.) ve montaj şekline (tabana oturan veya tavana asılan) uygun olarak farklı modellerde imal edilebilmelidir.

6.5. İZOLASYON TAKOZLARI

- Genel olarak ısıtma soğutma hatları ve izole edilmiş kullanım suyu hatlarında kelepçe ile boru arasında ısı köprüsü oluşumunu engellemek için uygun özelliklerdeki izolasyon takozları kullanılacaktır.
- Poliüretan izolasyon takozları kapalı hücreli poliüretan sert köpükten mamul özgül ağırlığı ASTM D 1621 standardına göre en az 80 kg/m^3 olan ısı geçirgenlik katsayısı 0,030 W/m^2, ısıl direnç aralığı 150°C'den +130°C'ye kadar ve basma dayanımı en az 75 N/cm^2 olmalıdır.
- Poliüretan izolasyon takozları mükemmel fiziksel özelliklere sahip olup, DIN4102 Standardına göre B1 yanmazlık sınıfında olmalıdır.
- Soğuk hatlarda terleme oluşmasını engellemek amacıyla kendinden buhar bariyerli izolasyon takozları kullanılmalıdır.
- Poliüretan basma dayanımının yeterli olmadığı koşullarda izolasyon takozlarının zarar görmesini engellemek amaçlı koruma sacı kullanılmalıdır. Koruma saclarının kalınlıkları MSS SP-58'e göre belirlenmelidir. Poliüretan izolasyon takozlarında DN15 (1/2")-DN32 (1¼") arası çaplarda koruma sacı kullanımına gerek yoktur. DN40 (1½") ve üzeri çaplarda koruma sacı boyutlandırılması kullanılacak izolasyon kalınlıklarına göre üretici firmanın yetkili mühendisi tarafından yapılacak dayanım hesapları uyarınca belirlenmelidir.
- Soğuk Hatlarda buhar difüzyonunu engellemek için izolasyon takozu uzunluğu MSS SP-58 Standardı gereği koruma sacından 50 mm uzun olmalıdır.
- DN200 ve altındaki çaplarda poliüretan izolasyon takozunun yoğunluğu en az 80 kg/m^3, DN250 ve üzeri için poliüretan izolasyon takozunun yoğunluğu en az 120 kg/m^3 olmalıdır.

6.6. ROTLAR VE DİĞER BAĞLANTI PARÇALARI

6.6.1. ROTLAR

- EN 898-1 standartlarına göre üretilecek olan dişli rotlar, bina içerisinde kullanılacak ise korozyona karşı ISO 2081 veya ASTM B 633 standardına uygun olarak elektro galvaniz yöntemiyle aynı üretim tesisinde minimum 5 µm olacak şekilde Cr+3 free doğaya dost yöntemle kaplanmalıdır.
- Ürünün bina dışı atmosfere açık mekânlarda kullanılması durumunda, DIN EN ISO 10684 veya ASTM A153 standardına göre ürünler daldırma yöntemiyle (HDG) de kaplanmış olmalıdır.
- Dişli rotlar 4.6 ile 8.8 kalite aralığında üretilebilmelidir.
- İstenildiği takdirde Geomet (Al/Zn) veya uygun farklı kaplama uygulamaları yapılabilmelidir.

6.6.2. SOMUN VE CIVATALAR

6.6.2.1. Standart somun ve cıvatalar

- ISO 4032-DIN 934 standardına göre üretilmiş olan somunlar, EN 898-2 standardında belirtilen mekanik özellikleri taşımalıdır.
- Bina içerisinde kullanılacak ise, korozyona karşı ISO 4042 veya ASTM B 633 standardına uygun olarak elektro galvaniz yöntemiyle aynı üretim tesisinde minimum 8 µm olacak şekilde Cr+3 free doğaya dost yöntemle kaplanmalıdır.

- Ürünün bina dışı atmosfere açık mekanlarda kullanılması durumunda, DIN EN ISO 10684 veya ASTM A153 standardına göre ürünler daldırma yöntemiyle (HDG) de kaplanmış olmalıdır.
- ISO 4017-DIN 933 standardına göre üretilmiş olan cıvatalar, EN 898-1 standardında belirtilen mekanik özellikleri taşımalıdır.
- Bina içerisinde kullanılacak ise, korozyona karşı ISO 4042 veya ASTM B 633 standardına uygun olarak elektro galvaniz yöntemiyle aynı üretim tesisinde minimum 5 µm olacak şekilde Cr+3 free doğaya dost yöntemle kaplanmalıdır.
- Ayrıca ürünün bina dışı atmosfere açık mekanlarda kullanılması durumunda, DIN EN ISO 10684 veya ASTM A153 standardına göre ürünler daldırma yöntemiyle (HDG) de kaplanmış olmalıdır.

6.6.2.2. Özel Bağlantı Elemanları

6.6.2.2.1. T Başlı Cıvatalar

- T Başlı cıvatalar kelepçelerin, kayar mesnetlerin, köşe ve bağlantı parçalarının kutu profillere bağlantılarının yapılması için kullanılır. T Başlı cıvatalar, kelepçelerin ve ek parçalarının kutu profillere slotlar ile kolay ve güvenli bir şekilde takılmasını sağlar.
- T başlı cıvatalar kutu profillerde yer alan slotlar ile uyumlu çalışacak ve kolay montaja imkân verecek şekilde özel imal edilmiş olmalıdır.
- Aksi belirtilmediği takdirde (8.8) kalite cıvatalar kullanılacaktır. Dişli parçalar geomet/uygun farklı kaplama ile uygulama için kullanılacak pullar, DIN EN ISO 10684 veya ASTM A153 standardında daldırma yöntemiyle (HDG) kaplanmış olmalıdır.

6.6.2.2.2. Kare Boyunlu Cıvatalar

- Kare boyunlu cıvatalar, dikey (kare delikli) kutu profiller üzerine bağlantı parçalarının monte edilmesi için kullanılır. Bağlantı parçaları ve dikey kutu profiller arasında şekil bağlantısı sağlayarak dikeyde daha büyük yüklerin taşınmasına imkân verir.
- Aksi belirtilmediği takdirde DIN 603 normuna uygun (8.8) kalite cıvatalar kullanılacaktır.
- Dişli parçalar geomet/farklı uygun kaplama ile, uygulama için kullanılacak pullar, DIN EN ISO 10684 veya ASTM A153 standardında daldırma yöntemiyle (HDG) kaplanmış olmalıdır.

6.7. PERFORE PROFİL SİSTEMLERİ VE BAĞLANTI PARÇALARI

6.7.1. PERFORE PROFİLLER

- Boru ve havalandırma kanalları ile bu malzemelerin ekipmanlarını taşıtmak için imal edilecek askı ve konsollarda kullanılacak olan perfore profiller; EN 10346 standardına uygun pregalvanizli sac malzemeden soğuk şekil verme yöntemi ile üretilmiş olmalıdır.
- Üretici firma, U, L, C ve G profil formlarında üretim yapabilmelidir.
- Tedarikçi firma, ihtiyaç halinde ISO 1461 veya ASTM A153 standartlarına uygun daldırma galvaniz yöntemiyle kaplama yapma imkânı da sunmalıdır.
- Profil üzerinde bulunan delikler kolay montaj imkânı sağlamalı, üretici firmanın diğer ürünleri ve bağlantı parçaları ile uyumlu olmalı ve çapaksız olmalıdır.
- Profillerin sahip olduğu mukavemet değerleri, farklı boylarda ve yükleme koşullarında tavsiye edilen emniyetli taşıma yükleri katalogda belirtilmelidir.
- Perfore profiller ile tasarlanan konsolların taşınacak sistem için hesaplanan yükleri emniyetli şekilde taşıyabileceği test edilmiş, 3 boyutlu hesap kabiliyetine haiz programlar ile gerilme ve sehim kontrolleri, seçilen kanal tip ve boyutlarını da içeren hesap raporu imalatçı firma tarafından hazırlanarak onaya sunulacaktır.

6.7.2. PROFİL BAĞLANTI PARÇALARI

- Perfore profillerin, birbirlerine, betonarme yapıya ve/veya sabit bir noktaya montajlarının yapılabilmesi için kullanılacak olan profil bağlantı parçaları; EN 10111 ve 10130 standartlarına uygun sac malzemeden soğuk şekil verme yöntemi ile ve/veya kaynaklı imalat ile üretilmiş olmalıdır.
- Korozyona karşı, ISO 2081 veya ASTM B 633 standartlarına uygun; 8-10 mikron kalınlığında elektro galvaniz yöntemiyle kaplanmış olmalıdır. Tedarikçi firma, ihtiyaç halinde ISO 1461 veya ASTM A153 standartlarına uygun daldırma galvaniz yöntemiyle kaplama yapma imkânı da sunmalıdır.
- Profil bağlantı parçaları üzerinde bulunan delikler kolay montaj imkânı sağlamalı, üretici firmanın diğer ürünleri ve bağlantı parçaları ile uyumlu ve çapaksız olmalıdır.
- Bağlantı parçalarının montaj şekilleri ve kullanılan profil et kalınlıklarına göre sahip olduğu emniyetli taşıma yükleri katalogta belirtilmelidir.

6.8. KUTU PROFİL SİSTEMLERİ VE BAĞLANTI PARÇALARI

6.8.1. KUTU PROFİL SİSTEMLERİ

- Kutu Profiller; EN 10025-2 standardına uygun sac malzemeden soğuk şekil verme yöntemi ile üretilmiş olmalıdır.
- Korozyona karşı, TS EN ISO 1461'e uygun sıcak daldırma galvaniz kaplama uygulanmalıdır.
- Profil bağlantı parçaları üzerinde bulunan delikler kolay montaj imkânı sağlamalı, üretici firmanın diğer ürünleri ve bağlantı parçaları ile uyumlu ve çapaksız olmalıdır.
- Profillerin sahip olduğu mukavemet değerleri, farklı boylarda ve yükleme koşullarında tavsiye edilen emniyetli taşıma yükleri katalogta belirtilmelidir.
- Kutu profiller ile tasarlanan konsolların taşınacak sistem için hesaplanan yükleri emniyetli şekilde taşıyabileceği test edilmiş, 3 boyutlu hesap kabiliyetine haiz programlar ile gerilme ve sehim kontrolleri, seçilen kanal tip ve boyutlarını da içeren hesap raporu imalatçı firma tarafından hazırlanarak onaya sunulacaktır.

6.8.2. KUTU PROFİL BAĞLANTI PARÇALARI

- Kutu profillerin, birbirlerine, betonarme yapıya ve/veya sabit bir noktaya montajlarının yapılabilmesi için kullanılacak olan profil bağlantı parçaları; EN 10111 ve 10130 standartlarına uygun sac malzemeden soğuk şekil verme yöntemi ile ve/veya kaynaklı imalat ile üretilmiş olmalıdır.
- Korozyona karşı, tedarikçi firma, ISO 1461 veya ASTM A153 standartlarına uygun daldırma galvaniz yöntemiyle kaplama yapılmalıdır.
- Profil bağlantı parçaları üzerinde bulunan delikler kolay montaj imkânı sağlamalı, üretici firmanın diğer ürünleri ve bağlantı parçaları ile uyumlu olmalı ve çapaksız olmalıdır.

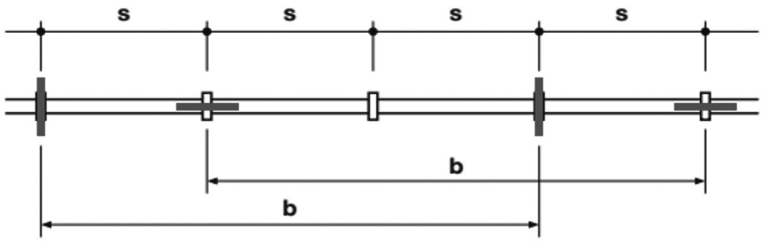
Boru Hattındaki Sismik Desteklerin Durumu

Depreme dayanıklı bir kurulum için desteklerin, birbirlerinden (b) mesafeli olarak düzenlenmesi gerekir. Sismik ivme, boruların kütlesi (genel olarak sistem) ve kuşakların kendisinin türü ile ilişkisi- yani durumu sismik destek borunun ana eksenine göre değişir.

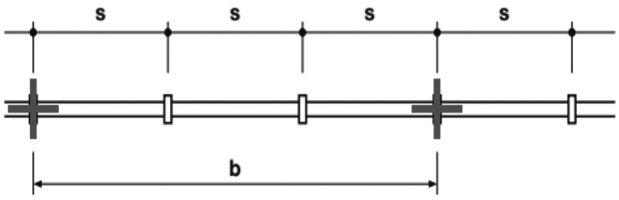
Bu nedenle, sismik dayanıklı ortamın üç temel türünü ayırt edebiliriz:

- **Boyuna Destek:** Bitkinin ana yönüne boylamasına yerleştirilmiş sismik destek- yatay direnç borunun ana ekseni boyunca hareket eden yükler.
- **Enine Destek:** Sistemin ana yönüne dik sismik destek- hareket eden yatay hareketlere direnç borunun enine
- **4 Yollu Destek:** Hem uzunlamasına hem de enine desteklerden oluşan yapı, bu nedenle tüm kuvvetlere dayanabilir yatay düzlemde hareket edebilir.

Desteklemenin normal boru sabitleme aralığının (aralıklarının) x katı olan bir aralıkta olması avantajlıdır, böylece örneğin, her üçüncü veya dördüncü boru bağlantısı ile sistem sismik bir çözüm haline dönüşebilir.



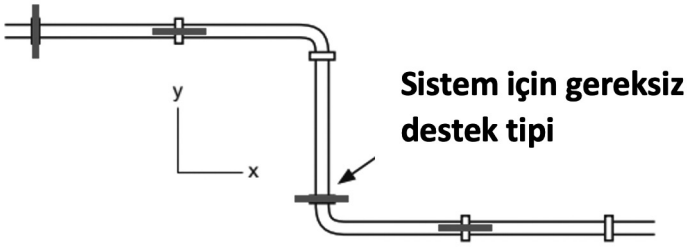
Şekil 10-1
Enine ve Boylamasına Yerleştirilmiş Destek Her Durumda Boru Eksenine Destek Sağlamakta



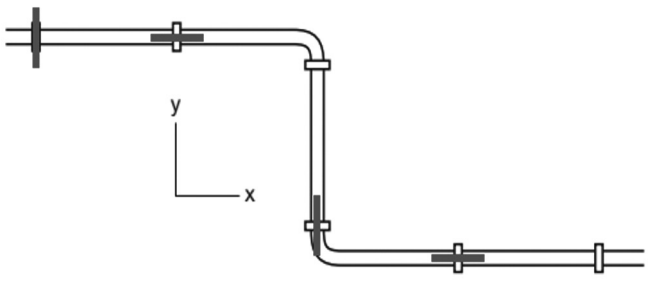
Şekil 10-2
Aynı Destek Üzerinde Enine ve Boyuna Destek

- 4 Yollu Destek

Borunun yön değiştirdiği durumlarda, desteklemenin yalnızca tek yönde sağlanmadığından emin olmak için özel dikkat gereklidir (Şekil 10.2-3). Bu gibi durumlarda, bazen boru boyunca birbiri ardına aynı destek setlerinin düzenlenmesi gerekebilir. (Şekil 10.2.-4).



Şekil 10-3
Uygun Olmayan Destek Düzeni (y Yönünde Yok)



Şekil 10-4
Y Yönündeki Yatay Kuvvetleri Boyuna Atılan Destek Sistemleri ile Çözüm Sağlanıyor

10.3. KANAL TAŞIYICI SİSTEM VE ASKI ŞARTNAMELERİ

Kanal taşıyıcı sistem ve askı şartnameleri için 10.2'de bulunan tümleşik şartnameler sadece hava kanal ve toz, malzeme taşıma kanalları için sırası ile Smacna, FM, ASCE 7-16 ve NFPA duman tahliye sistemleri ile ilgili detaylar farklı başlıklar altında sismik tasarım kuralları çerçevesinde oluşturulmalıdır. Özellikle toz toplama ve çeşitli malzemeleri taşıma kanalları için kanalların rijitliği kenet şekilleri, hem taşıyıcı ve askı mesafelerini değiştirir hem de kanal ağırlığı ile ilgili olarak taşıyıcı yaylı askıların tiplerini değiştirir. Yine benzer şekilde kaideler için bahsedilen kanal ve havalandırma ekipmanları için montaj kuralları ekipmanların niteliği, üzerlerinde fan olup olmaması, ağırlığı, ağırlık merkezi ve akustik perfonmanslarına bağlı olarak belirlenmelidir.

Cihaz askı kaideleri, yaylı izolatörler, kauçuk ve cam elyef takviyeli pedler ile hareket sınırlayıcılar, yanal hareket engelleyiciler gerek kısım 4.1'de bahsedilen tasarım kıstasları ile Kısım 5'te ASHRAE Tablo 47 kapsamındaki tavsiyelere uygun akustik, titreşim yutucu ve sismik koruyucu malzemeleri üretici tavsiyelerine uygun olarak şartname haline getirmek gerekir. Özellikle farklı kapasite ve nitelikte cihazlar için öncelikle bağlandığı, döşeme, tavan tipi, kolonlar arası mesafe ve akustik ve titreşim hassasiyeti olan hacimlere yakınlığı kanal askı ve taşıyıcı şartnamelerini şekillendirir. Kısım 4.1, 4.2, tamamen akustik ve titreşim hassasiyeti konusunda okuyucuyu farklı kaide tipleri ve koruma metotları detaylı şekilde örnekler ile anlatılmıştır.

Dikkat edilmesi gereken en önemli konu ise sismik tasarım yapılması gereken yeni projeler kapsamında seçeneklerin çokluğu olmasına rağmen, deprem güçlendirmesi yapılan binalarda sismik koruma yapılması konusunda sınırlı seçenekler vardır. Tamamen Tasarımcı ve Profosyonel mühendis kontrol tarafından hangi seçeneklerin nasıl uygulanacağı konusu aynı zamanda Deprem Sorumlu Mühendisi olan inşaat deprem hesaplarını yapan yetkili ile koordineli olarak çözülmesi ve hassas şekilde uygulanması zorunluluktur.

Oluşturulacak tasarım ve uygulama şartnameleri için belirtilen kılavuzlar ile ilgili çelişkili durumlarda Bina Deprem Tasarım Sorumlusu, PE mühendis, ilgili orijinal kaynaklar ve tasarım sorumlusu yetki hiyerarşisine uyulması tavsiye edilir.

10.4. ELEKTRİK VE MEKANİK TESİSAT SİSTEMLERİ VE ŞARTNAMELERİ

10.4.1. Elektrik Genel Şartname

Tüm elektrik ekipmanları, pano, trafo, yol verici, sürücü, motor, fotovoltaik paneller, aküler, jeneratör ve elektrik taşıyıcı sistemleri aşağıdaki standartlara göre test edilmiş olmalıdır.

- IEC EN 61537
- BS EN 61537
- TS EN 61537

Taşıyıcı destek sistemlerindeki sehim kontrolü IEC EN 61537 standardına göre yapılmalıdır. Maksimum deplasman konsolun uzunluğunun %1'inden fazla olmamalıdır. Ayrıca tüm modüler ve/veya modüler olmayan taşıyıcı nitelikteki 1,8 metre ve üzerindeki konstrüksiyonlar yapısal deprem tasarım kurallarına uygun yapılmalıdır. ASHRAE Tablo 47 altında belirtilen depremsel koruma ve vibrasyon, akustik koruma tedbirlerine sahip olmalıdır.

Sismik Askı Sistemleri;

1- Genel Tanım:

Olası bir deprem sonucunda, binada yer alan asılı elektrik, mekanik tesisat sistemleri ve ekipmanlarının hasar görmesini önlemek için teknik önlemler alınmalıdır. Deprem sonucunda tesisatlar bulunduğu çevredeki can ve mal güvenliğini tehdit etmemelidir. Binalardaki tesisat ve ekipmanlar deprem sırasında oluşacak salınımlara karşı altta belirtilen standart ve teknik tanımlara uygun olarak sismik destekler ile korunmalıdır.

2- Standartlar & Sertifikasyon:

Sismik destek sistemleri; uluslararası IEEE 693 standardına, EN 60068-2-6, EN 60068-2-47 ve EN 60068-3-3 normlarına göre, uluslararası kabul görmüş akredite bir test laboratuvarında test edilerek, onaylanmış ve sertifikalandırılmış olmalıdır.

Sismik desteklerin; IBC 2012'ye uygun şekilde hesaplanmış yanal deprem ivmelerine göre taşıma kapasiteleri belirtilmiş ve belirtilen değerler IBC göre yetkili uzman sismik mühendis (P.E., Professional Engineer) tarafından onaylanmış olmalıdır.

Sismik destekler; FEMA 412, 413, 414'te belirtilen şematik detaylara uygun olmalıdır.

Sismik destek sistemleri, ISO 9001 kalite ve ISO 14001 çevre yönetim sistemlerine sahip bir tesiste imal edilmelidir.

3- Sistemin Genel Yapısı:

Sismik destek sistemi, aşağıda belirtilen yapıya uygun olarak, kopma dayanımları belirlenmiş sismik halat veya rijit destek profili sıcak daldırma galvanizlenmiş, cıvata/somun, tij ve diğer bağlantı parçaları alkali çinko kaplanmış olmalıdır. Rijit destek profilini tesisata bağlayan cıvata tork kontrollü olmalı ya da bu cıvatanın tork değerine göre ayarlı montaj aleti olmalıdır.

3.1-Gövde ve Genel Yapı:

Sismik halat takımı asgari kopma dayanımlarının 2 mm için 300 kgf-3 mm için 630 kgf-5 mm için 1650 kgf olduğu 1 mt/2 mt/3 mt/5 mt/8 mt boylarda üretilerek montaj kolaylığı açısından ve şantiyedeki işçilik hatalarını önlemek amaçlı özel patentli %100 yerli kilitlemeli ayarlı klemensli olmalı ve şantiye ye montaja hazır olarak takım halinde sevk edilmelidir.

Sismik halatların ön gerilmeleri yapılmış 2 adet 45 derece açılı çift taraftan halat bağlantısı yapılabilecek çelik esaslı malzemeden üretilip yüzeyi Alkali çinko ile kaplanmış bağlantı parçasından meydana gelmelidir.

Sismik montajda kullanılacak dübeller ETA onaylı, C2 sismik belgeli opsion1 belgesine sahip olmalıdır.

Sismik desteği tij ile askıya bağlayan parça, M8-M10-M12 tijlere veya M14-M16-M20 tijlere uyumlu olmalı ve tesisatın montajı bittikten sonra dahi tijli askı sökülmeden uygulanabilmelidir.

Tijli askının tij boyuna ve çapına göre sismik destek noktalarında tij güçlendiricisi kullanılmalıdır.

Tijli askı profilinin sismik destek noktalarındaki düşey ağırlık ve yatay deprem yükü dayanımları 1999 AISI ASD uygun olarak IBC 2012 yük kombinasyonlarına göre belirtilmiş ve belirtilen değerler IBC göre yetkili uzman sismik mühendis (P.E., Professional Engineer) tarafından onaylanmış olmalıdır (Ülkemizde böyle bir yetki tanımlanmamıştır).

Sismik desteğin tijli askı dışında bağlandığı askıya uygun bağlantı parçaları olmalıdır.

Sismik destek; FEMA 412, 413, 414'e uygun olarak ideal 45 derece bağlantı açısıyla birlikte, değişken bağlantı açılarına olanak tanıyan mafsallı bir yapıya sahip olmalıdır. Bağlantı açılarına göre hesaplanmış dayanımlar belirtilmiş ve belirtilen değerler IBC göre yetkili uzman sismik mühendis (P.E., Professional Engineer) tarafından onaylanmış olmalıdır.

Sismik destek, tesisat eninde ve boyunda bağlantılar için uygun olmalıdır.

Destek boyu, destek profili kesilmeden ayarlanabilmelidir. Gerekli olan yerlerde destek profilinin kesilmesine de olanak tanımalıdır.

Destek profili TS EN ISO 1461'e uygun olarak sıcak daldırma galvaniz kaplama yapabilen bir tesiste ortalama 55 µm galvaniz kaplanmış olmalıdır. (Bkz madde 11 uygun malzeme ve kaplama seçimleri)

Somun/cıvata, tij bağlantısı ve diğer bağlantı parçaları, DIN 50961 standardına göre alkali çinko üzeri lak kaplama olup pasivasyon işlemine tabi tutulmalıdır. Kaplama kalınlığı 7-12 µm arasında olup 400 saat tuz testine dayanıklı olmalıdır.

3.2- Yapı Bağlantısı:

Yapı bağlantısının dübel veya cıvatasında oluşan yükler, oyulma faktörü ile belirtilmiş ve belirtilen değerler IBC göre yetkili uzman sismik mühendis (P.E., Professional Engineer) tarafından onaylanmış olmalıdır.

Yapı bağlantı parçasının yapısı, oyulma faktörünü 35-70 derece bağlantı açılarında minimize edecek şekilde olmalıdır.

Sismik desteğin çelik yapılarda bağlantısının yapılabilmesi için uygun bağlantı parçaları olmalıdır

4- Tesisat Bağlantıları:

Asılı tesisatın sismik destek ile bağlandığı askılarda, tesisat FEMA 412, 413, 414'e uygun şekilde U kelepçe veya özel bağlantı parçaları/yöntemleri ile askı profiline bağlanmalıdır. Tesisat, askı üzerinde serbest bırakılmamalıdır

5- Uygulama ve Montaj:

Tesisat, tesisat hattı enine ve tesisat hattı boyuna olacak şekilde sismik destekler kullanılarak sismik koruma yapılmalıdır.

İki enlemesine sismik destek arasındaki mesafe, ısıtma soğutma ve sıhhi tesisat boruları için 12 m'yi, sprinkler ve yangın hatlarında NFPA normları, HVAC kanallarında SMACNA prensiplerinde belirtileni aşmamalıdır.

İki enlemesine sismik destek arasındaki mesafe, elektrik Busbar ve elektrik kablo kanal tesisatı için 9 m'yi, elektrik kablo boruları için 12 m'yi aşmamalıdır.

İki enlemesine sismik destek arasındaki maksimum mesafe, içerisinden yanıcı, toksik, insan hayatını tehdit eden sıvıların geçtiği tesisat için 6 m'yi aşmamalıdır.

İki boylamasına sismik destek arasındaki maksimum mesafe, yukarıda belirtilen tesisat için ilgili tesisatın enlemesine sismik destek mesafesinin iki katını aşmamalıdır.

Sismik destek sistemlerinin montajı, hesaplanmış dayanımlara uygun olarak bu hesaplardaki ürün tipi ve gösterimlerine uygun şekilde monte edilmeli, montaj işlemleri sırasında üretici montaj talimatlarına dikkatle uyulmalıdır. Tork kontrollü güvenlik cıvataları, cıvata başı kopana kadar sıkılmalı ve somun ile sabitlenmelidir. Konik uçlu cıvatalar uygun montaj aleti ile belirtilen tork değerinde sıkılmalı ve somun ile sabitlenmelidir.

Sismik destek sisteminin montajı tamamlandıktan sonra güvenlik cıvata başları kontrol edilerek uygun tork değerinde montaj yapıldığı onaylanmalıdır.

10.4.2. Mekanik Tesisat Genel Şartname

YAPISAL OLMAYAN ELEMANLARDA SİSMİK KORUMA ve TİTREŞİM KONTROL ŞARTNAMESİ

1- KAPSAM

Proje dahilindeki mekanik tesisat ve ekipmanların SİSMİK SINIRLAMA ve bağlantılı olarak TİTREŞİM KONTROLÜ için gereken malzemeleri, projelendirme ve hesaplarını kapsamaktadır. Ayrıca ekipman ve tesisatın oluşturacağı titreşimin ve katı yolu ile geçecek sesin strüktüre iletilmesine engel olma ve ekipmanların verimini artırma çalışmalarını kapsamaktadır.

Hesaplamalar ve projelendirme ulusal ve uluslararası yönetmeliklere ve kodlara uygun olarak yapılacaktır:
- Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018,
- IBC 2018 (International Building Code),
- ASCE 7 (American Society of Civil Engineers),
- NFPA13 2016 Edition,
- FEMA E-74 (Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage),
- ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers).

Seçilecek sismik malzemeler OSHPD, UL, FM veya TÜV veya muadili bir firma gözetiminde ANSI-ASHRAE 171-2017 standardına göre testleri yapılıp sertifikalandırılmış olmalıdır. Aşağıdaki açıklamalarda, sistemler için özellikle istenecek sertifika ayrıca belirtilecektir.

2- HESAPLAR ve PROJELENDİRME

Tüm sismik yük hesapları ve titreşim yalıtımı hesapları, sismik sınırlandırma hizmetini veren firmanın uzman mühendisi tarafından yapılmalıdır. İzolatörler, sismik sınırlayıcılar ve sismik yük hesapları için uygulama çizimleri, hesap evrakları ve kullanılacak elemanların teknik verileri, imzalı olarak sunulmalıdır.

3- MEKANİK SİSTEM BİLEŞENLERİNDE ALINACAK ÖNLEMLER

• Klima Santralleri:

Fan motoru altında çelik yaylı titreşim izolatörü olması durumunda:

Klima santralleri, ağırlıkları, ebadı ve teknik özelliklerine göre seçilen uygun sismik sınırlayıcılar ve en az 5 mm çökme sağlayacak kauçuk modüler titreşim alıcı ped ile zemine monte edilecektir. Sismik sınırlayıcılar OSHPD onaylı veya TÜV veya muadili bir firma gözetiminde ANSI-ASHRAE 171-2017 standardına göre testleri yapılıp sertifikalandırılmış olmalıdır. Kauçuk pedin ilgili yük altında 5 mm çökme sağlayacağını gösterir ve basınç testi raporu olmalıdır. Sismik sınırlayıcılar zemine sismik çelik dübellerle ankraj edilecektir. Sismik çelik dübeller ETA C2 veya ICC onaylı olmalıdır.

Fan motoru altında kauçuk titreşim izolatörü olması durumunda:

Klima santralleri minimum 600 d/dk çalışabilecekse;

Klima santralleri, ağırlıkları, ebadı ve teknik özelliklerine göre seçilen sismik sınırlayıcılı en az 25 mm çökmeli yaylı titreşim izolatörü ile hem sismik önlem alınacak hem de titreşim yalıtımı yapılacaktır. Sismik sınırlayıcılı yaylı titreşim izolatörleri, OSHPD onaylı veya TÜV veya muadili bir firma gözetiminde ANSI-ASHRAE 171-2017 standardına göre testleri yapılıp sertifikalandırılmış olmalıdır. Sismik sınırlayıcılı titreşim izolatörleri zemine sismik çelik dübellerle ankraj edilecektir. Sismik çelik dübeller ETA C2 veya ICC onaylı olmalıdır.

Klima santralleri minimum 1200 d/dk çalışabilecekse;

Klima santralleri, ağırlıkları, ebadı ve teknik özelliklerine göre seçilen uygun sismik sınırlayıcılar ve en az 5 mm çökme sağlayacak kauçuk modüler titreşim alıcı ped ile zemine monte edilecektir. Sismik sınırlayıcılar OSHPD onaylı veya TÜV veya muadili bir firma gözetiminde ANSI-ASHRAE 171-2017 standardına göre testleri yapılıp sertifikalandırılmış olmalıdır. Kauçuk pedin ilgili yük altında 5 mm çökme sağlayacağını gösterir basınç testi raporu olmalıdır. Sismik sınırlayıcılar zemine sismik çelik dübellerle ankraj edilecektir. Sismik çelik dübeller ETA C2 veya ICC onaylı olmalıdır.

• Pompalar (Kaideli, zemine monte edilecek):

Yatay montajlanacak pompaların yanal titreşimlerin olası zararını engellemek için dengeleyici nitelikte atalet kaidesi ile ağırlıkları artırılmalıdır. Pompa ağırlığının 1-1.5 katı ağırlıkta olması gereken atalet kaidesi, NPU profillerden oluşturulacak çerçevenin içine beton dökülerek imal edilebilir. Pompalar atalet kaidesine rijit olarak bağlanmalıdır ve sismik, titreşim önlemleri atalet kaidesinde alınmalıdır. Pompaların emme ve basma çıkışına uygun kompansatör kullanılarak, akışkan titreşiminin boru sistemine geçmesi bir miktar engellenecektir.

Atalet kaidesinin uygun noktalarına monte edilecek L kulakçıklara pompaların ağırlıkları, ebadı ve teknik özelliklerine göre seçilen sismik sınırlayıcılı en az 25 mm çökmeli yaylı titreşim izolatörü ile hem sismik önlem alınacak hem de titreşim yalıtımı yapılacaktır. Sismik sınırlayıcılı yaylı titreşim izolatörleri, OSHPD onaylı veya TÜV veya muadili bir firma gözetiminde ANSI-ASHRAE 171-2017 standardına göre testleri yapılıp sertifikalandırılmış olmalıdır. Sismik sınırlayıcılı titreşim izolatörleri zemine sismik çelik dübellerle ankraj edilecektir. Sismik çelik dübeller ETA C2 veya ICC onaylı olmalıdır.

• In-line Pompalar:

In-line pompaların, emme ve basma çıkışında uygun kompansatör kullanılarak pompalar ayrı bir çelik konstrüksiyon ile zemine taşıtılmalıdır. Bu konstrüksiyonun zemin ile temas eden ayaklarında; pompaların ağırlıkları, ebadı ve teknik özelliklerine göre seçilen sismik sınırlayıcılı en az 25 mm çökmeli yaylı titreşim izolatörü ile hem sismik önlem alınacak hem de titreşim yalıtımı yapılacaktır. Sismik sınırlayıcılı yaylı titreşim izolatörleri, OSHPD onaylı veya TÜV veya muadili bir firma gözetiminde ANSI-ASHRAE 171-2017 standardına göre testleri yapılıp sertifikalandırılmış olmalıdır. Sismik sınırlayıcılı titreşim izolatörleri zemine sismik çelik dübellerle ankre edilecektir. Sismik çelik dübeller ETA C2 veya ICC onaylı olmalıdır.

• Kolektörler ve Mekanik Odalarda Çelik profiller ile Taşıtılan Tesisat Bileşenleri

Özellikle mekanik odalarda, çelik profiller ile taşıtılan boru, kanal veya kolektörlerin betonarmeye bağlantı noktalarında; sistemin ağırlıkları, ebadı ve teknik özelliklerine göre seçilen en az 5 mm çökmeli kauçuk modüler

titreşim alıcı ped, kauçuk burç conta içinden sismik çelik dübel geçirilerek montajlanacaktır. Kauçuk pedin ilgili yük altında 5 mm çökme sağlayacağını gösterir basınç testi raporu olmalıdır. Kauçuk Burç Contanın kesme, basma ve çekme dayanımlarının yapılan hesaplamalarla güvenli olduğu gösterilmelidir. Sismik çelik dübeller ETA C2 veya ICC onaylı olmalıdır.

• Fanlar (Zemine monte edilecek):

Yalnızca tehlike anında çalışacak olan fanlar (Basınçlandırma Fanları vb.):

Titreşim problemi olmadığı için, yapılacak hesaplamalar doğrultusunda uygun sismik çelik dübeller ile zemine montajlanmalıdır. Sismik çelik dübeller ETA C2 veya ICC onaylı olmalıdır.

Diğer fanlar,

Fan motoru altında çelik yaylı titreşim izolatörü olması durumunda:

Ağırlıkları, ebadı ve teknik özelliklerine göre seçilen uygun sismik sınırlayıcılar ve en az 5 mm çökme sağlayacak kauçuk modüler titreşim alıcı ped ile zemine monte edilecektir. Sismik sınırlayıcalar OSHPD onaylı veya TÜV veya muadili bir firma gözetiminde ANSI-ASHRAE 171-2017 standardına göre testleri yapılıp sertifikalandırılmış olmalıdır. Kauçuk pedin ilgili yük altında 5 mm çökme sağlayacağını gösterir basınç testi raporu olmalıdır. Sismik sınırlayıcılar zemine sismik çelik dübellerle ankre edilecektir. Sismik çelik dübeller ETA C2 veya ICC onaylı olmalıdır.

Fan motoru altında kauçuk titreşim izolatörü olması durumunda:

Minimum 600 d/dk çalışabilecekse;

Ağırlıkları, ebadı ve teknik özelliklerine göre seçilen sismik sınırlayıcılı en az 25 mm çökmeli yaylı titreşim izolatörü ile hem sismik önlem alınacak hem de titreşim yalıtımı yapılacaktır. Sismik sınırlayıcılı yaylı titreşim izolatörleri, OSHPD onaylı veya TÜV veya muadili bir firma gözetiminde ANSI-ASHRAE 171-2017 standardına göre testleri yapılıp sertifikalandırılmış olmalıdır. Sismik sınırlayıcılı titreşim izolatörleri zemine sismik çelik dübellerle ankraj edilecektir. Sismik çelik dübeller ETA C2 veya ICC onaylı olmalıdır.

Minimum 1200 d/dk çalışabilecekse;

Ağırlıkları, ebadı ve teknik özelliklerine göre seçilen uygun sismik sınırlayıcılar ve en az 5 mm çökme sağlayacak kauçuk modüler titreşim alıcı ped ile zemine monte edilecektir. Sismik sınırlayıcılar OSHPD onaylı veya TÜV veya muadili bir firma gözetiminde ANSI-ASHRAE 171-2017 standardına göre testleri yapılıp sertifikalandırılmış olmalıdır. Kauçuk pedin ilgili yük altında 5 mm çökme sağlayacağını gösterir basınç testi raporu olmalıdır. Sismik sınırlayıcılar zemine sismik çelik dübellerle ankraj edilecektir. Sismik çelik dübeller ETA C2 veya ICC onaylı olmalıdır.

Fan motoru altında titreşim izolatörü olmaması durumunda:

Minimum 600 d/dk çalışabilecekse;

Ağırlıkları, ebadı ve teknik özelliklerine göre seçilen sismik sınırlayıcılı en az 25 mm çökmeli yaylı titreşim izolatörü ile hem sismik önlem alınacak hem de titreşim yalıtımı yapılacaktır. Sismik sınırlayıcılı yaylı titreşim izolatörleri, OSHPD onaylı veya TÜV veya muadili bir firma gözetiminde ANSI-ASHRAE 171-2017 standardına göre testleri yapılıp sertifikalandırılmış olmalıdır. Sismik sınırlayıcılı titreşim izolatörleri zemine sismik çelik dübellerle ankre edilecektir. Sismik çelik dübeller ETA C2 veya ICC onaylı olmalıdır.

Minimum 1200 d/dk çalışabilecekse;

Ağırlıkları, ebadı ve teknik özelliklerine göre seçilen uygun sismik sınırlayıcılar ve en az 5mm çökme sağlayacak kauçuk modüler titreşim alıcı ped ile zemine monte edilecektir. Sismik sınırlayıcılar OSHPD onaylı veya TÜV veya muadili bir firma gözetiminde ANSI-ASHRAE 171-2017 standardına göre testleri yapılıp sertifikalandırılmış olmalıdır. Kauçuk pedin ilgili yük altında 5 mm çökme sağlayacağını gösterir basınç testi raporu olmalıdır. Sismik sınırlayıcılar zemine sismik çelik dübellerle ankre edilecektir. Sismik çelik dübeller ETA C2 veya ICC onaylı olmalıdır.

• Kanal Tipi Fanlar-Fankoiller:

Sismik sınırlandırma gerektiren asılı ekipmanlar dört köşesinden birer adet HSB (Halatlı Sismik Braket) sismik askı seti kullanılarak tavana sabitlenecektir. Kullanılacak ürünler OSHPD, UL veya FM onaylı veya TÜV veya muadili bir firma gözetiminde ANSI-ASHRAE 171-2017 standardına göre testleri yapılıp sertifikalandırılmış olmalıdır.

Motor gücü 0,56 KW üzerinde olan asılı cihazlarda titreşim kontrolü için yaylı veya kauçuk askı tipi izolatörler kullanılmalıdır. Bunun dışında her asılı ekipman için tij üzerine takılan conta şeklindeki Kauçuk Titreşim Alıcı kullanılacaktır.

• Kazanlar:

Ağırlıkları, ebadı ve teknik özelliklerine göre seçilen uygun sismik sınırlayıcılar ve en az 5 mm çökme sağlayacak kauçuk modüler titreşim alıcı ped ile zemine monte edilecektir. Sismik sınırlayıcılar OSHPD onaylı veya TÜV veya muadili bir firma gözetiminde ANSI-ASHRAE 171-2017 standardına göre testleri yapılıp sertifikalandırılmış olmalıdır. Kauçuk pedin ilgili yük altında 5 mm çökme sağlayacağını gösterir, basınç testi raporu olmalıdır. Sismik sınırlayıcılar zemine sismik çelik dübellerle ankraj edilecektir. Sismik çelik dübeller ETA C2 veya ICC onaylı olmalıdır.

• Su Soğutucu -Soğutma Grupları- Soğutma Kuleleri:

Eğer cihazla birlikte titreşim izolatörleri mevcut ise;

Ağırlıkları, ebadı ve teknik özelliklerine göre seçilen uygun sismik sınırlayıcılar zemine monte edilecektir. Sismik sınırlayıcılar OSHPD onaylı veya TÜV veya muadili bir firma gözetiminde ANSI-ASHRAE 171-2017 standardına göre testleri yapılıp sertifikalandırılmış olmalıdır. Kauçuk pedin ilgili yük altında 5 mm çökme sağlayacağını gösterir basınç testi raporu olmalıdır. Sismik sınırlayıcılar zemine sismik çelik dübellerle ankraj edilecektir. Sismik çelik dübeller ETA C2 veya ICC onaylı olmalıdır.

Eğer cihazla birlikte titreşim alıcıları mevcut değil ise;

Ağırlıkları, ebadı ve teknik özelliklerine göre seçilen sismik sınırlayıcılı en az 25 mm çökmeli yaylı titreşim izolatörü ile hem sismik önlem alınacak hem de titreşim yalıtımı yapılacaktır. Sismik sınırlayıcılı yaylı titreşim izolatörleri, OSHPD onaylı veya TÜV veya muadili bir firma gözetiminde ANSI-ASHRAE 171-2017 standardına göre testleri yapılıp sertifikalandırılmış olmalıdır. Sismik sınırlayıcılı titreşim izolatörleri zemine sismik çelik dübellerle ankraj edilecektir. Sismik çelik dübeller ETA C2 veya ICC onaylı olmalıdır. Hesaplamalarda gerekli görülmesi durumunda, montaj esnasında sınırlayıcıların altına, dübellerin çalışması için gerekli mesafeyi sağlayacak plaka kaynatılacaktır.

• Isı Değiştiriciler (Eşanjörler):

Ağırlıkları, ebadı ve teknik özelliklerine göre seçilen en az 5 mm çökmeli kauçuk modüler titreşim alıcı ped, kauçuk burç conta içinden sismik çelik dübel geçirilerek montajlanacaktır. Kauçuk pedin ilgili yük altında 5 mm çökme sağlayacağını gösterir basınç testi raporu olmalıdır. Kauçuk Burç Contanın kesme, basma ve çekme dayanımlarının yapılan hesaplamalarla güvenli olduğu gösterilmelidir. Sismik çelik dübeller ETA C2 veya ICC onaylı olmalıdır.

• Tanklar ve Boylerler:

Genleşme ve büzüşme tankları, akümülasyon tankları, silindirik boyler gibi ekipmanların sismik koruması HSB (Halatlı Sismik Braket) sismik askı seti kullanılarak yapılacaktır. Kullanılacak ürünler OSHPD, UL veya FM onaylı veya TÜV veya muadili bir firma gözetiminde ANSI-ASHRAE 171-2017 standardına göre testleri yapılıp sertifikalandırılmış olmalıdır.

• Boruların ve kanalların titreşim kontrolü ve deprem koruması:

Ekipmandan çıkan boru veya kanal tij ile taşıtılıyorsa, ekipmandan çıkıştan itibaren ilk 15 m içindeki tijlere veya ilk 5 tije en az 5 mm çökmeli askı tipi kauçuk titreşim izolatörü kullanılacaktır. (Yangın tesisatı ve pis su tesisatı hariç)

Ekipmandan çıkan boru veya kanal çelik profil ile taşıtılıyorsa, "Kolektörler ve Mekanik Odalarda Çelik Profiller ile Taşıtılan Tesisat Bileşenleri" başlığındaki durum geçerlidir.

Asılı tesisatta sismik koruma, HSB (Halatlı Sismik Braket) veya PSB (Profilli Sismik Braket) sismik askı seti kullanılarak yapılacaktır. Kullanılacak ürünler OSHPD, UL veya FM onaylı veya TÜV veya muadili bir firma gözetiminde ANSI-ASHRAE 171-2017 standardına göre testleri yapılıp sertifikalandırılmış olmalıdır.

• Dilatasyon Geçişleri (Boruların) Deprem Koruması:

Bina sismik dilatasyonlardan geçen veya dilatasyonları kesen bütün sprinkler boruları üzerinde, dilatasyon geçiş noktalarında NFPA13 standartlarına uygun, sismik hareketlenmeyi karşılayacak, bu amaç için özel tasarlanmış V tipi esnek bağlantı elemanları bulunacaktır. Esnek boru bağlantı elemanları boru sistemi mesnetlerine ve bina strüktürüne yatay çekme veya itme kuvveti uygulamayacak şekilde tasarlanmış olacaktır. Esnek bağlantı elemanlarının boru sistemine bağlandığı noktalardan 4 boru çapı geride, esnek elemanın her iki tarafında dikey boru taşıyıcı askıları bulunacak ve askılar hem enine hem de boyuna doğrultuda NFPA13 e uygun 45 °deprem takviyeleri (transverse and longitunidal bracing) kuvvetlendirilmiş olacaktır. Esnek boru bağlantıları +X, +Y, +Z düzlemlerinde, 3-boyutlu herhangi bir boru hareketini boru sisteminin sürekliliğini bozmadan rahatça taşıyabilir özellikte olacaktır. Dilatasyon geçişlerinde her yönde UL onaylı (Underwriter Laboratories) 100 mm sismik hareketi alabilen V şeklinde (VGN v e VFL tip) çift kat çelik hasır örgülü (double braided-yüksek basınç dayanımlı) esnek hortumlar kullanılmalıdır.

• Dikey Boruların Sismik Koruması ve Titreşim Yalıtımı:

Yangın tesisatı dikey boruları, göreli kat ötelemesinden dolayı zarar görmemesi için NFPA'ya göre kat geçişlerinin altında ve üstünde esnek kaplin kullanılmalıdır.

Diğer tesisat bileşenlerinde, tesisat boru veya kanalını şafta bağlamak için yapılacak konstrüksiyonun betonarme ile bağlantı noktalarında, ağırlık, ebat ve teknik özelliklere göre seçilen en az 5 mm çökmeli kauçuk modüler titreşim alıcı ped, kauçuk burç conta içinden sismik çelik dübel geçirilerek montajlanacaktır. Kauçuk pedin ilgili yük altında 5mm çökme sağlayacağını gösterir basınç testi raporu olmalıdır. Kauçuk Burç Contanın kesme, basma ve çekme dayanımlarının yapılan hesaplamalarla güvenli olduğu gösterilmelidir. Sismik çelik dübeller ETA C2 veya ICC onaylı olmalıdır.

STANDARTLAR VE YÖNETMELİKLER

- Hesap ve projelerde esas alınacak regülasyonlar NFPA 13 2016, Uluslararası Bina Kodu - 2018 (IBC - International Building Code), ASCE 7-16 ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'dir.
- Yapılacak tüm çalışmalar, geçerli ve uygulama tarihinde güncel olan standartlara, kurallara ve teknik gereksinimlere uygun olarak yapılacaktır.
- Yapılacak tüm uygulamalar Türkiye'de geçerli ve zorunlu mevzuata tümüyle ve eksiksiz uygun olmalıdır.

10.4.3. Kimyasal ve Mekanik Ankraj (Dübel) ile Beton-Çelik Bağlantı İşleri Teknik Şartnamesi

A) MALZEME UYGUNLUK KRİTERLERİ

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) Başlık "1.2. Genel İlkeler"e göre deprem etkisi altında tasarımı yapılan binalar, malzeme ve işçilik koşulları bakımından Çevre ve Şehircilik Bakanlığı şartnamelerine uygun olmalıdır.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın "Yapı İşleri İnşaat, Makine ve Elektrik Tesisatı Genel Teknik Şartnameleri - Bölüm 6: Betonarme İşleri Genel Teknik Şartnamesi'nde yer aldığı gibi mekanik ve kimyasal ankrajların "Beton - Çelik Birleşimi (Anchor)" uygulamasında "C2 Deprem Performans Kategorisinde ETA (Avrupa Teknik Değerlendirmesi) belgesine sahip olmalıdır.

Beton - çelik birleşiminde kullanılacak mekanik ve kimyasal ankrajların ETA belgesinde aşağıdaki ifadelere dikkat edilmelidir.

- **Ürün sınıfı (Product family) tanımlamasında:**

o Kimyasal ankrajlar için: "*bonded anchor/fastener for use in concrete*" ,
o Mekanik ankrajlar için: "*mechanical anchor/fastener for use in concrete*"
ifadesi yer almalıdır.

- Ek C (Annex C) bölümünde "*Characteristic resistance under tension load for seismic category C2 in concrete*" başlığı altında C2 deprem performans sınıfı dayanım değerlerini içeren tablolar yer almalıdır. C2 deprem performans değerleri olmayan mekanik ve kimyasal ankrajlar kullanılamaz.
  Ankraj; karotla delik açılması, baş üstü uygulamaları, su dolu delik uygulamaları gibi özel durumlardaki uygunluğu ETA belgesinde belirtilmelidir. Korozyon riski bulunan uygulamalarda uygun paslanmazlık sınıfında ankraj çelik malzemesi (ankraj rotu ya da mekanik ankraj) kullanılmalıdır.

Ankraj Malzemeleri Listesi;

- **Kimyasal Ankraj:** MARKA VE MODEL YAZILMALIDIR.
- **Ankraj Rotu:** MARKA VE MODEL YAZILMALIDIR.
- **Mekanik Ankraj:** MARKA VE MODEL YAZILMALIDIR.

B) TASARIM ESASLARI

Madde A'da belirtilen "Betonarme İşleri Teknik Şartnamesi" Bölüm 6.10.2 ve Bölüm 6.10.3 gereği kimyasal ve mekanik ankraj (dübel) tasarımında "TS EN 1992-4 Betonda Kullanılacak Bağlantıların Tasarımı" standardı kullanılacaktır. Depremli durum yük kombinasyonlarının ankraj tasarımı TS EN 1992-4 Ek C'ye göre yapılacak ve C2 deprem performans kategorisi dayanım değerleri kullanılacaktır. Belirlenen ankraj tipi, çapı ve derinliği depremli ve depremsiz durum yük kombinasyonlarının gerekliliklerinin her ikisini de sağlayacaktır. Bu değerleri sağlayan mekanik ve/veya kimyasal ankrajların hesap raporları ve ETA belgeleri sunulacaktır.

C) UYGULAMA ESASLARI

Uygulama prosedürü "Betonarme İşleri Teknik Şartnamesi" de belirtildiği üzere kullanılacak ankraj elemanının ETA belgesinde tariflendiği şekilde gerçekleştirilmelidir. Genel yönergeler aşağıda verildiği gibi olmalıdır.

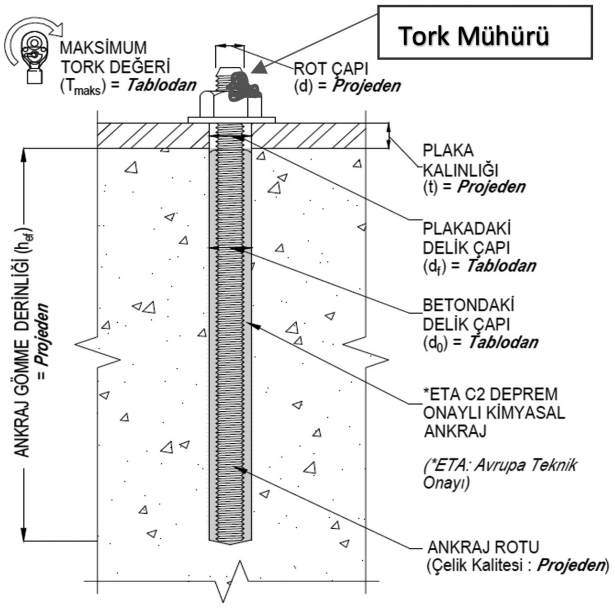
Uygulayıcı Yeterliği

• Uygulamayı yapacak olan uygulayıcı "Ankraj Uzman Uygulayıcı Sertifikası" sahip olmalıdır.

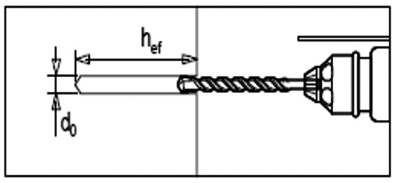
C.1. KİMYASAL ANKRAJ UYGULAMA ESASLARI

Ön Hazırlık

- Uygulayıcı işlem süresince koruyucu gözlük, eldiven ve giysi kullanacaktır. (Kimyasal ankraj doğrudan cilt ve göz ile temasından kaçınılacaktır.)
- Kullanılacak kimyasal ankrajlar 5-25 °C sıcaklık aralığında depolanmalıdır.



Delik Açılması

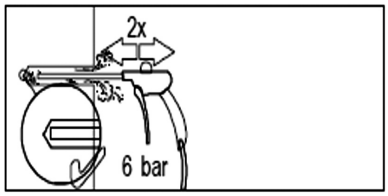


- Projede verilen delik derinliği ve delik çapına göre, yüzeye dik şekilde darbeli matkap ile delik açılacaktır. (**Bkz. Hata!** Başvuru kaynağı bulunamadı.0.4-1 veya ETA belgesi)

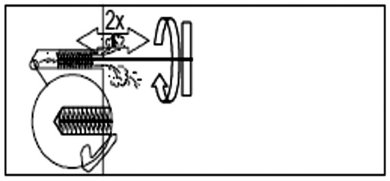
Tablo 10-1 Beton ve Plaka Delim Çapları Tablosu

Ankraj Rotu Çapı (d) [mm]	Betondaki Delik Çapı (d_0) [mm]	Plakadaki Delik Çapı (d_f) [mm]
M8	10	9
M10	12	12
M12	14	14
M16	18	18
M20	22	22
M24	28	26
M27	30	30
M30	35	33

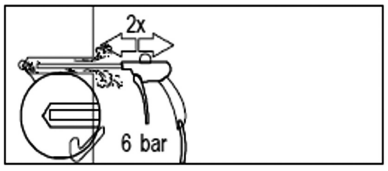
Delik Temizliği



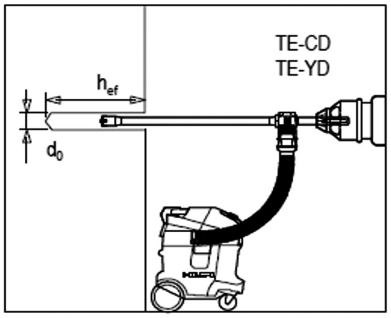
- 6 bar basınçlı kompresör ile delik tozdan arındırılana kadar hava uygulanacaktır.



- Delik çapına uygun tel fırça (harbi) ile delik iç yüzeyine tutunmuş olan tozlar yüzeyden uzaklaştırılacaktır.

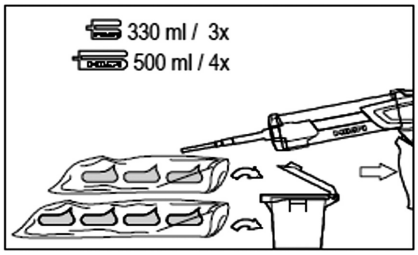


- Fırçalama işleminden sonra, delik içerisinde biriken tozdan arındırılana kadar tekrar 6 bar basınçlı kompresör ile hava uygulanacaktır.

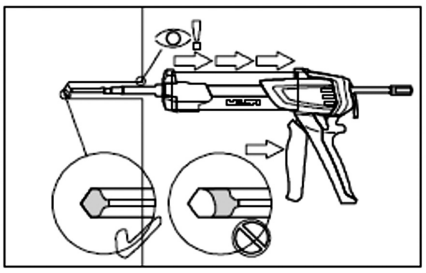


(Not: Darbeli matkaba endüstriyel tip süpürge cihazının bağlanarak kullanıldığı Tozsuz Delim Yönteminin uygulanması durumunda ayrıca delik temizliği yapılmayacaktır.).

Kimyasal Ankrajın ve Ankraj Rotunun Uygulanması

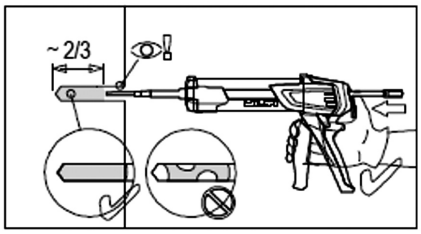


- Çift komponentli kimyasal ankrajın ilk 4 tetik miktarı kullanılmayacak, doğaya zarar vermeyecek şekilde biriktirilip atılacaktır.



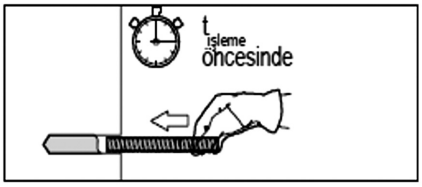
- Ankraj deliği dip noktasından, hava boşluğu kalmayacak şekilde doldurulmaya başlanacaktır.

o Delik derinliği 25 cm'den fazla ise hava boşluğu kalmasını önleyici, uygun çaptaki, piston tıkaç (piston-plug) aparatı kimyasal ankraj mikser ucuna takılarak enjeksiyon yapılacaktır.

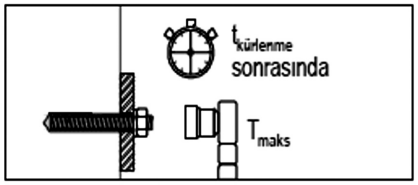


- Delik derinliğinin 2/3'ü, delik dip noktasından başlanarak yavaş hamlelerle, delik içerisinde hava boşluğu kalmayacak şekilde kimyasal ankraj ile doldurulacaktır.

• Kullanılan kimyasal ankrajın ETA belgesinde yer alan 'uygulama süreleri' tablosundaki;



- Mevcut beton sıcaklığına tekabül eden "işleme süresi ($t_{işleme}$)" öncesinde ankraj rotu ankraj deliğine kendi ekseninde çevrilerek, yavaşça yerleştirilir. ***(Bkz. Derleyen Notu: Aşağıdaki Örnek Tablolar Reklam İçerir Firma Ürün Özellikleridir. Farklı ürünler için farklı zaman süreleri söz konusudur.***
- **Tablo 10-2 veya ETA belgesi)**



- Mevcut beton sıcaklığına tekabül eden "kürlenme süresi ($t_{kürlenme}$)" tamamlanmadan ankraj rotu üzerine yük etki edebilecek herhangi bir işlem yapılmayacaktır. ***(Bkz. Derleyen Notu: Aşağıdaki Örnek Tablolar Reklam İçerir Firma Ürün Özellikleridir. Farklı ürünler için farklı zaman süreleri söz konusudur.***
- **Tablo 10-2 veya ETA belgesi)**
- Kürlenme süresi tamamlandıktan sonra taban plakası, pul ve somun yerleştirilir.
- Ankraj rotu çapına tekabül eden "maksimum tork (T_{maks})" değerinden fazla olmamak şartı ile ankraj torklanır. (Bkz. Tablo Tablo 10-3 veya ETA belgesi)
- Torklama işleminde kalibre edilmiş, tork değeri ayarlanabilir tork cihazı kullanılacaktır.
- Tork işlemi uygulanmış malzeme ankraj ve somun üzerine renk kodu tarif edilmiş yağlı boya ile mühürleme işlemi yapılacaktır.
- Uygulama yapılan deliğin nemli olması ya da doğrudan suya maruz kalması durumunda "kürlenme süresi" ürün özelliklerinde verilen kürlenme sürelerinin 2 katı olarak alınır. (Su içeren ortamda kullanılan kimyasal ankrajın bu duruma uygunluğu teyit edilmelidir.)

Derleyen Notu: Aşağıdaki örnek tablolar reklam içerir firma ürün özellikleridir. Farklı ürünler için farklı zaman süreleri söz konusudur.

Tablo 10-2 Kimyasal Ankraj Uygulama Süreleri Örnek Tabloları

TİPİK-1 KİMYASAL ANKRAJ UYGULAMA SÜRELERİ

Kuru Beton	Beton Sıcaklığı [°C]	$t_{işleme}$ Kimyasal Ankrajın Uygulanmasından Sonra Ankraj Rotunun Yerleştirilmesi Gereken Maksimum Süre	$t_{kürlenme}$ Kimyasal Ankrajın Kürlenme Süresi — Ankraj Sistemi Üzerine Yükleme Yapılabilmesi İçin Gerekli Minimum Süre
	-5 ... -1	2 sa	168 sa
	0 ... 4	2 sa	48 sa
	5 ... 9	2 sa	24 sa
	10 ... 14	1.5 sa	16 sa
	15 ... 19	1 sa	16 sa
	20 ... 24	30 dk	7 sa
	25 ... 29	20 dk	6 sa
	30 ... 34	15 dk	5 sa
	35 ... 39	12 dk	4.5 sa
	40	10 dk	4 sa

Kimyasal Ankraj Malzeme Depolama Sıcaklığı 5~25 °C

Islak Beton | Su Dolu Delik | Su Altı Uygulama = 2 x $t_{kürlenme}$

TİPİK-2 KİMYASAL ANKRAJ UYGULAMA SÜRELERİ

Kuru Beton	Beton Sıcaklığı [°C]	$t_{işleme}$ Kimyasal Ankrajın Uygulanmasından Sonra Ankraj Rotunun Yerleştirilmesi Gereken Maksimum Süre		$t_{kürlenme}$ Kimyasal Ankrajın Kürlenme Süresi — Ankraj Sistemi Üzerine Yükleme Yapılabilmesi İçin Gerekli Minimum Süre	
		*HIT-HY 200-A	*HIT-HY 200-R	*HIT-HY 200-A	*HIT-HY 200-R
	-10 ... -5	1,5 sa	3 sa	7 sa	20 sa
	-4 ... 0	50 dk	2 sa	4 sa	8 sa
	1 ... 5	25 dk	1 sa	2 sa	4 sa
	6 ... 10	15 dk	40 dk	75 dk	2,5 sa
	11 ... 20	7 dk	15 dk	45 dk	1,5 sa
	21 ... 30	4 dk	9 dk	30 dk	1 sa
	31 ... 40	3 dk	6 dk	30 dk	1 sa

Kimyasal Ankraj Malzeme Depolama Sıcaklığı 5~25 °C

* HIT-HY 200-A ve HIT-HY 200-R kimyasal ankrajları uygulama/kürlenme süreleri açısından farklılık göstermektedir. Dayanım değerlerinde farklılık yoktur.

Tablo 10-3 Kimyasal Ankraj Maksimum Tork Değerleri (T_{maks})

Ankraj Rotu Çapı (d) [mm]	Maksimum Tork Değeri (T_{maks}) [Nm]	
M8	*10	Beyaz
M10	*20	Sarı
M12	*40	Turuncu
M16	*80	Yeşil
M20	*150	Açık Mavi
M24	*200	Koyu Mavi
M27	*270	Kırmızı
M30	*300	Lacivert

* Tabloda verilen değerler örnek olması açısından ticari bir ürüne ait özel bilgilerdir.

Uygulama Kontrolü

- Yapılan uygulamaları test etmek için uygulanan ankraj adedinin %2,5'una çekme testi yapılacaktır.

C.2. MEKANİK ANKRAJ (DÜBEL) UYGULAMA ESASLARI

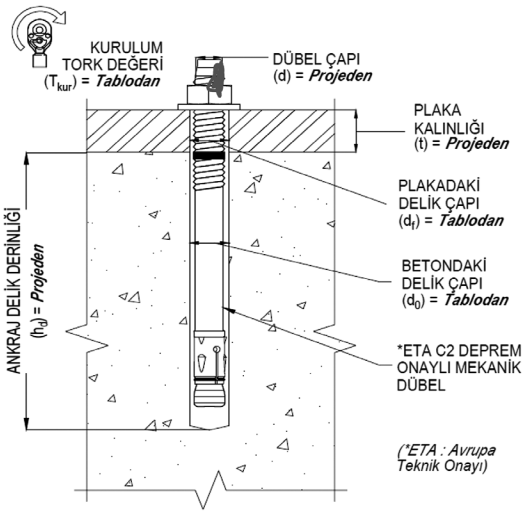
Bu uygulama içeriği "klipsli mekanik dübeller" için hazırlanmıştır.

Önemli Uyarı (!)

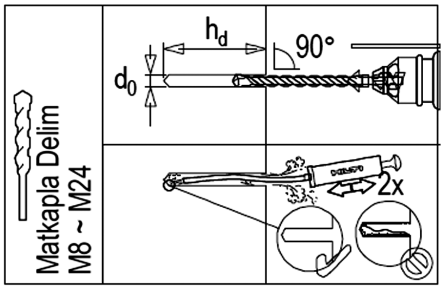
Tork ayarlama özelliği olmayan mekanik ya da elektronik tork cihazları hiçbir aşamada kullanılamaz.

Ön Hazırlık

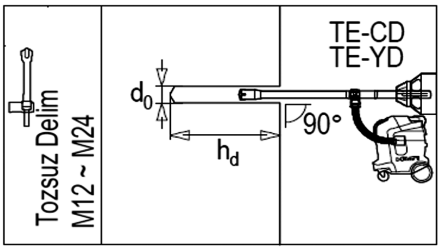
- Uygulayıcı işlem süresince koruyucu gözlük, eldiven ve giysi kullanacaktır.



Delik Açılması



- Projede verilen delik derinliği ve delik çapına göre, yüzeye dik şekilde darbeli matkap ile delik açılacaktır.
  (Bkz. Tablo 10.4-3 veya ETA belgesi)
- Deliğin dip noktasından itibaren pompa ile delik tozdan arındırılana kadar hava uygulanacaktır.

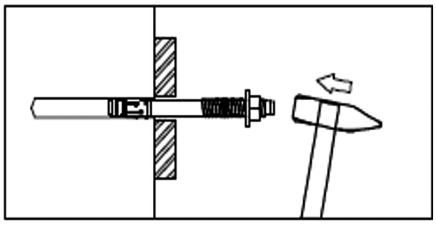


(Not: Darbeli matkaba endüstriyel tip süpürge cihazının bağlanarak kullanıldığı ***Tozsuz Delim Yönteminin*** uygulanması durumunda ayrıca delik temizliği yapılmayacaktır.)

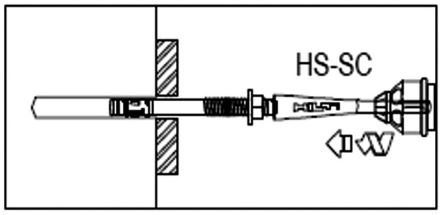
Tablo 10-4 Mekanik Ankraj (Dübel) Uygulama Değerleri

Mekanik Dübel Çapı (d) [mm]	Beton Delik Çapı (d_0) [mm]	Maksimum Plaka Delik Çapı (d_f) [mm]	Somun Çapı (d_s) [mm]	Ankraj Delik Derinliği (h_d) [mm]	Kurulum Tork Değeri (T_{maks}) [Nm]	
M8	8	9	13	59	*20	Sarı
M10	10	12	17	73	*45	Turuncu
M12	12	14	19	88	*60	Yeşil
M16	16	18	24	106	*110	Açık Mavi
M20	20	22	30	124	*180	Koyu Mavi
M24	24	26	36	151	*300	Lacivert
* Tabloda verilen değerler örnek olması açısından ticari bir ürüne ait özel bilgilerdir.						

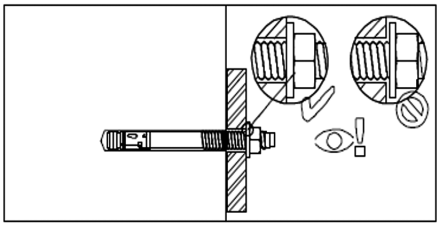
Ankrajın (Dübelin) Yerleştirilmesi



- Mekanik ankraj, üzerinde yer alan boyalı çizgi beton yüzeyi ile aynı hizaya gelene kadar, çekiç yardımı ile ankraj deliğine yerleştirilir. Çekiç darbeleri somuna etki etmemelidir, ankraj gövdesi başlığına uygulanmalıdır.

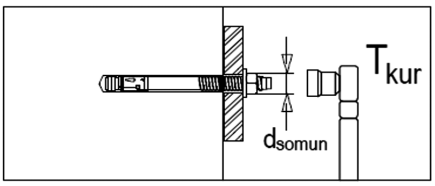


- *(Alternatif)* Hızlı kurulum için kurulum aparatı da (HS-SC) kullanılabilir.

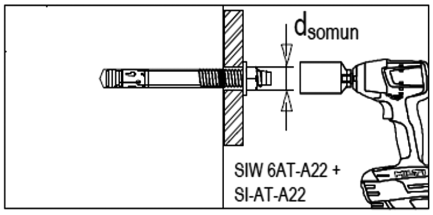


- Mekanik ankraj, pulu ile taban plakası arasında boşluk kalmayacak şekilde yerleştirildiği görsel olarak kontrol edilir.

Torklama



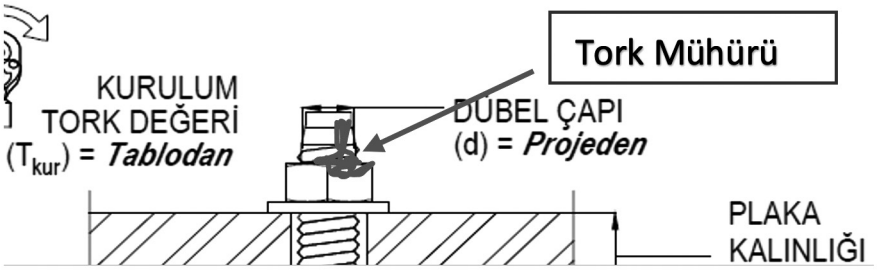
- Ankraj çapı için Tablo 10.4'de (veya ETA belgesinde) verilen kurulum tork değerine (T_{kur}) göre ankraj ayarlanabilir tork anahtarı ile torklanır.



- (!) Kurulum tork değerinden (T_{kur}) az ya da fazla torklama asla gerçekleştirilemez.
- (A*lternatif)* Hızlı Torklama için M8, M10 ve M12 ankrajlar tork değerini otomatik ayarlayan elektronik torklama aparatı (SI-AT-A22) da kullanılabilir. Yapılan torklama işlemlerinin özeti dijital ortama aktarılarak kontroller sağlanabilir.
- *Tork işlemi uygulanmış malzeme ankraj ve somun üzerine renk kodu tarif edilmiş yağlı boya ile mühürleme işlemi yapılacaktır.*

Uygulama Kontrolü

- Yapılan uygulamaları test etmek için uygulanan ankraj adedinin %2,5'una çekme testi yapılacaktır.



11. KULLANIM ORTAMLARINA GÖRE MALZEME SEÇİM KRİTERLERİ

Kısım 8'de belirtilen kaplama işlemleri ile ilgili daha önce de bahsettiğimiz üzere galvaniz işlemleri en yoğun yapılan işlemlerdir. Atmosfer şartlarına, toprak temasına, su ile temas veya deniz teması koşullarına göre, malzeme kaybı farklılıklar arz eder.

İç ortam (atmosfer şartlarından izole) ve dış ortamlarda (atmosfer şartlarına açık) kullanılacak askılama ve destek sistemlerinde, proje yerine uygun bölgesel korozif etkiler göz önünde bulundurulmalıdır.

Özellikle dış ortamda kullanılacak ürünlerin kaplama malzemesinin derecesi, düşük karbon ayak izi ve kaynak tüketimini mümkün kılan, uygun maliyetli ve yüksek korozyon performansı sağlayabilmek için çinko-magnezyum (ZM310) veya eşdeğeri olacaktır.

Kaplama malzemesi, ISO 9227 ve EN ISO 16701 olarak adlandırılan Avrupa tuz püskürtme ve döngüsel korozyon testine göre onaylı olmalıdır.

HVAC cihaz yüzey kaplamalarında korozyon testi, ASTM-B117, ISO 9227, ISO 12944-6 ve ISO 20340 dahil olmak üzere bir dizi standarda göre yapılabilir. Bu testlerden, gerçek hizmet ortamlarını en yakından temsil eden ISO 12944-9 (eski adıyla ISO 20340) ve daha yaygın olan ASTM B-117'dir.

ISO, farklı aşındırıcı ortamlarda uzun süreli malzeme kilo kaybı ve yüzey bozulması testlerine dayanarak C1 ile CX arasında korozyon kategorilerinde ortamları sınıflandırır. Bu kategoriler gerektiği gibi güncelleştirilir; Korozyon kategorilerine yönelik 2018 güncellemesi, zorlu kara ortamları için C5-I ve C5-X kategorilerinin yerine C5 ve açık deniz ortamları için CX' i esas almaktadır.

Dikkat etmek önemlidir; boya sistemleri tipik olarak daha yüksek korozyon seviyelerine karşı test edilir, çünkü en şiddetli C5 veya CX ortamlarına karşı koruyabilen bir kaplama kesinlikle daha az şiddetli bir ortamda koruma sağlayabilir.

Korozyon kategorileri şunlardır: [73]

C1 - Çok Düşük
- Örnek ortamlar şunlardır: Okullar veya ofisler gibi temiz atmosferlere sahip ısıtmalı binalar.

C2 - Düşük
- Örnek dış ortamlar şunlardır: Düşük kirlilik seviyelerine sahip atmosferler, çoğunlukla kırsal alanlar.
- Örnek iç ortamlar şunlardır: Depolar veya spor salonları gibi yoğuşmaların meydana gelebileceği ısıtılmamış binalar.

C3 - Orta
- Örnek dış ortamlar şunlardır: Kentsel ve endüstriyel atmosferler, orta derecede kükürt dioksit kirliliği veya tuzluluğu düşük kıyı alanları
- Örnek iç ortamlar şunlardır: Yüksek neme sahip üretim odaları ve gıda işleme tesisleri, çamaşırhaneler, bira fabrikaları veya mandıralar.

C4 - Yüksek
- Örnek dış ortamlar şunlardır: Orta tuzluluk ile endüstriyel alanlar ve kıyı alanları.
- Örnek iç ortamlar şunlardır: Kimyasal tesisler, yüzme havuzları, kıyı gemisi ve tekne bahçeleri.

C5 - Çok Yüksek
- Kıyı dış ortamlarında örnek olarak şunlar verilebilir: Yüksek neme ve agresif atmosferlere sahip endüstriyel alanlar.
- Kıyı iç ortamlarında örnek olarak şunlar verilebilir: Binalar neredeyse kalıcı yoğuşma ve yüksek kirliliğe sahip alanlardır.
- Örnek açık deniz dış ortamları şunlardır: Tuzluluğu yüksek kıyı ve açık deniz alanları.

[73] *ISO*

- Denizaşırı iç ortamlara örnek olarak şunlar verilebilir: Neredeyse kalıcı yoğuşma ve yüksek kirliliğe sahip binalar veya alanlar.
- Kıyı iç ortamlarında örnek olarak şunlar verilebilir: Binalar neredeyse kalıcı yoğuşma ve yüksek kirliliğe sahip alanlardır.
- Örnek açık deniz dış ortamları şunlardır: Tuzluluğu yüksek kıyı ve açık deniz alanları
- Denizaşırı iç ortamlara örnek olarak şunlar verilebilir: Neredeyse kalıcı yoğuşma ve yüksek kirliliğe sahip binalar veya alanlar.
- 2018'de, C5-M ve C5-I birleştirildi ve şimdi hem yeni C5 (sert kıyıda) hem de CX (açık deniz) kategorileri tarafından temsil ediliyor.

CX - Aşırı

- Bu, 2018'de aşırı ortamlar için eklenen yeni bir kategoridir
- Örnek ortamlar arasında aşırı endüstriyel alanlar, açık deniz alanları ve tuz spreyi bulunur

Korozyon kategorisi bilindiğinde, askı ve destek elemanları ve cihazlar için doğru kaplamayı seçmek mümkün olabilir. Bununla birlikte, daha yüksek bir seviyede koruma sağlayabilen bir kaplamanın helezonik yay verimliliğini etkilemeden test edilen seviyenin altındaki her koroziflik seviyesinde de iyi koruduğunu belirtmek önemlidir. Bu nedenle, ekipman ömrü uzatma ve bobin verimliliğini elde etmek için, daha yüksek bir korozyon kategorisine sahip bir kaplama seçmek en iyisidir.

ISO 12944 her bir kaplama için dayanıklılık sınırlarını aşağıdaki gibi vermiştir:

- Düşük Dayanıklılık (L): <7 yıl altı
- Orta Dayanıklılık (M): 7-15 yıl
- Yüksek Dayanıklılık (H): 15-25 yıl
- Çok Yüksek Dayanıklılık (VH): >25 yıl üzeri

Elektro mekanik ekipmanlar için **Tablo 8.2'ye baktığımızda (ASHRAE'ye göre),** HVAC/R için M-L ve VH koruma dayanıklılığını görmekteyiz. Tabii ki bu koruma dayanıklılık değerlendirmesi maliyet ve imalat süreçlerini de değiştirmektedir. Her sismik tasarım aynı zamanda en yüksek maliyet anlamına gelmemektedir. Bu kontrolü yazımlar ile proje başında değerlendirmek mümkün olması, süreç ve sahada bu maliyetleri değerlendirmek kendi içerisinde çeşitli baskı sebepleri ile yönetilmesi zor bir durumdur.

İç ortam koşulları için:

C1/C2 seviye düşük korozif çevre koşulları altında:

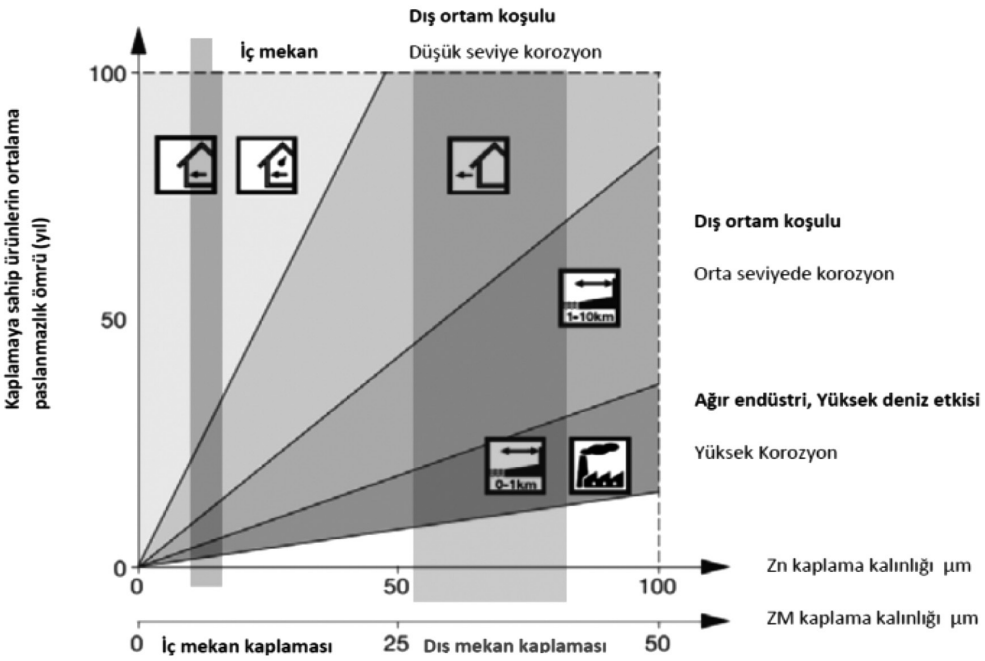
- Taşıyıcı kanallar ve profiller: **Sendzimir Galvaniz Kaplama** (EN 10346),
- Bağlantı elemanları ve taban plakaları: **Elektro Galvaniz Kaplama** (ISO 2081).

Bazı firmalar, uzun yıllardır farklı modüler kanal sistemlerinde de kullanılan bu kaplama sistemleri ile C1 seviyesi kuru iç ortam çevre koşullarında yaklaşık 50 yıl, C2 seviye korozif çevre koşullarında ise yaklaşık 25 yıl korozyon dayanımı sağlanabilmektedir (Ortam koşullarındaki farklılıklar bu sürelerin azalmasına veya artmasına neden olabilir).

Dış ortam koşulları için:

Dış ortam (C3/C4 orta ve yüksek seviye korozotif) koşulları altında:

- Taşıyıcı kanallar ve profiller: **Çinko-Magnezyum (ZM) Kaplama** (EN 10346, ASTM A1046)
- Bağlantı elemanları ve taban plakaları: **Sıcak Daldırma Galvaniz (HDG) kaplama** (EN 10346, ASTM A1046)



Şekil 11-1 İç Ortam-Dış Ortam Malzeme Kaplama Ömrü

Korozyon Koruma Teknolojisi ile ilgili Kısım 8 ve burada seçenekler konusunda farklı firmaların uyguladığı genel ve özel detayları da anlatmaya çalışmaktayız. Her bir farklı teknoloji ve uygulama metodu aynı zamanda MALİYET farkı anlamına gelmektedir.

Aşındırıcı kumlama temizliği genellikle kumtaşı kumlama, bilye kumlaması veya kum ile kumlama olarak adlandırılır ve sonraki NDT testlerine veya boyaların, kaplamaların veya astarların uygulanmasına hazırlık için çelik yüzeyleri temizlemenin en etkili yoludur.

Aşındırıcı kumlama temizliği, el ile yüzey temizliğine ticari açıdan faydalı bir alternatiftir ve diğer temizlik yöntemlerine kıyasla gereken sürenin %75'i kadar tasarruf sağlar. Aşındırıcı ortamın kendileri nispeten ucuzdur ve bazı durumlarda daha fazla maliyet tasarrufu için geri dönüştürülebilir ve yeniden kullanılabilir.

BS EN ISO 8501-1:2007, bir dizi pas derecesini ve çelik yüzeylerin hazırlık kalitelerini belirten yüzey temizliğinin görsel bir değerlendirmesidir. Çeşitli notlar, fotoğraflarla birlikte yazılı açıklamalarla tanımlanır ve aşağıda özetlenmiştir.

PAS DERECELERİ

A) Çelik yüzey büyük ölçüde temiz ve Mill Skalası ile ölçeğine göre pas, ancak çok az varsa.
B) Paslanmaya başlayan ve Mill Skalasında ölçeğinde paslanmaya başlayan çelik yüzey.
C) Mill Skalasında paslanmanın başladığı veya kazınabileceği, ancak normal görüş altında hafif çukurlaşmanın görülebildiği çelik yüzey.
D) Mill Skalasında paslanmanın arttığı ve normal görüşte alt kısımda genel çukurlaşmanın görülebildiği çelik yüzey.

Darbeli Püskürtme Temizleme ile Yüzey Hazırlama "Sa" harfleri ile belirlenir.

- **Sa 1: Hafif Kumlama Temizliği -** Büyütme olmadan bakıldığında, yüzey görünür yağ, gres ve kirden ve zayıf tutturma değirmeni ölçeğinden, pastan, boya kaplamalarından ve yabancı maddelerden arındırılmalıdır.
- **Sa 2: Kapsamlı Kumlama Temizliği -** Büyütme olmadan bakıldığında, yüzey görünür yağ, gres ve kirden ve değirmen ölçeğinin çoğundan, pastan, boya kaplamalarından ve yabancı maddelerden arındırılmalıdır. Herhangi bir artık kontaminasyon sıkıca bağlı kalacaktır.
- **Sa 2 1/2: Çok Kapsamlı Kumlama Temizliği -** Büyütme olmadan bakıldığında, yüzey görünür yağ, gres ve kirden ve değirmen ölçeğinden, pastan, boya kaplamalarından ve yabancı maddeden arındırılmış olmalıdır. Kalan kontaminasyon izleri sadece lekeler veya çizgiler şeklinde hafif lekeler olarak gösterilecektir.
- **Sa 3: - Patlama Temizliğinden Görsel Olarak Temiz Çeliğe -** Büyütme olmadan bakıldığında, yüzey görünür yağ, gres ve kirden ve Mill skalasında, pastan, boya kaplamalarından ve yabancı maddelerden arındırılmış, tek tip metalik bir renge sahip olmalıdır.



Resim 11-1 Aşırı Korozyona Uğramış Köprü Desteği

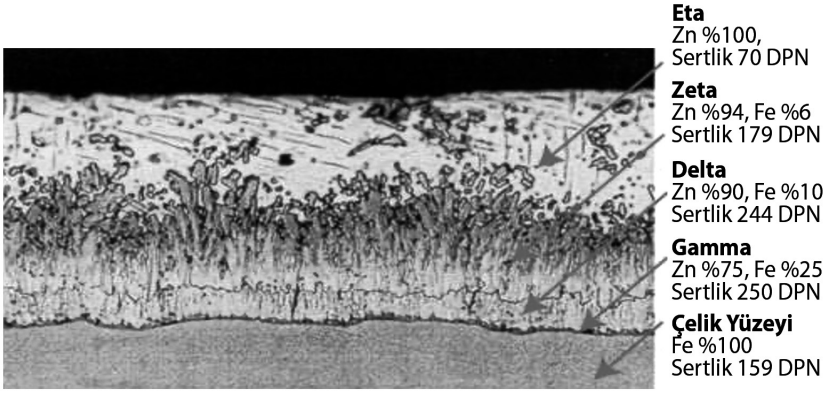
Aşırı Korozyon

Çelik, ***(AISC Home | American Institute of Steel Construction)*** belirleyicilere tasarım özgürlüğü sağlayan bol, verimli bir yapı malzemesidir. Bununla birlikte, atmosfere ve diğer zorlu ortamlara maruz kalan projeler için, korozyon koruması için çeliğin kaplanması önemlidir. Genellikle büyük inşaat projeleri, dayanıklı, uzun süreli korozyon koruması ihtiyacını vurgulayan 50-100 yıllık bir tasarım ömrünü hedefler. En zorlu ortamlarda sıcak daldırma galvaniz kaplama için, kanıtlanmış koruma gösteren sayısız örnek vardır.

Sıcak daldırma galvanizlemenin (HDG) kapsamlı kullanımının nedeni, kaplamanın üç kat koruyucu doğasıdır. Bariyer kaplama olarak, çelik yüzeyi tamamen kaplayan ve çeliği çevrenin aşındırıcı etkisinden kapatan sert, metalürjik olarak bağlanmış bir çinko kaplama sağlar. Ek olarak, çinkonun kurban davranışı, kaplamada hasar veya küçük bir süreksizlik meydana gelse bile çeliği korur. Son olarak, kaplamanın doğal yıpranması, yüzeyde ek bir koruma katmanının gelişmesine neden olur.

Aşınma Direnci

Sıcak daldırma galvanizli (HDG) kaplamanın benzersiz bir özelliği, aşınmaya dayanıklı, intermetalik katmanlar arasında sıkıca bağlantı (~3.600 psi) geliştirilmesidir. Galvanizli çelik kaplamanın kesiti, üç intermetalik tabakayı (Gama, Delta ve Zeta) ve üst saf çinko tabakasını (Eta) gösterir. Galvanizleme işlemi sırasında, bu katmanlar çelikteki demir ile su ısıtıcısındaki çinko arasındaki metalürjik reaksiyon sırasında doğal olarak gelişir.

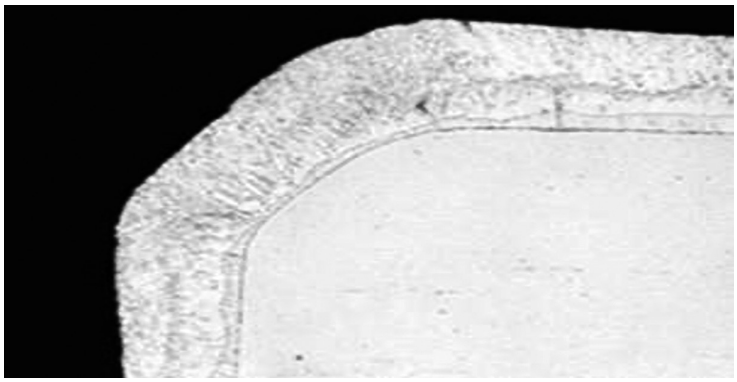


Resim 11-2 Sıcak Daldırma Katmanlar Arası Bölgeler

Fotomikrograf ayrıca katmanların her birinin sertliğini Elmas Piramit Numarası (DPN) olarak gösterir. DPN, sertliğin ilerici bir ölçüsüdür; sayı ne kadar yüksekse, sertlik o kadar büyüktür. Tipik olarak, Gama, Delta ve Zeta katmanları alttaki çelikten daha serttir. Bu iç katmanların sertliği olağanüstü aşınma direnci sağlar. Dış, Eta tabakası, iç katmanlarla birleştiğinde HDG kaplamasına zarar vermeyi çok zorlaştıran bazı darbe direnci sağlayan oldukça sünek bir yapıya sahiptir.

Sıcak daldırma galvanizleme aşınma direnci, taşıma ve montaj sırasında ve serviste kaba montaj ve taşımanın neden olduğu hasarlara karşı eşsiz bir koruma sağlar. Diğer kaplamalar tipik olarak yaklaşık 3.600 psi olan galvanizleme ile karşılaştırıldığında inç kare (psi) başına yaklaşık 300-600 pound civarında bağ gücüne sahiptir. Bu nedenle, bariyer koruması kaplamanın bütünlüğüne bağlı olduğundan, diğer kaplamalar sevkiyat ve inşaat sırasında kolayca zarar görebilerek etkinliklerini zayıflatabilir.

Tek tip koruma

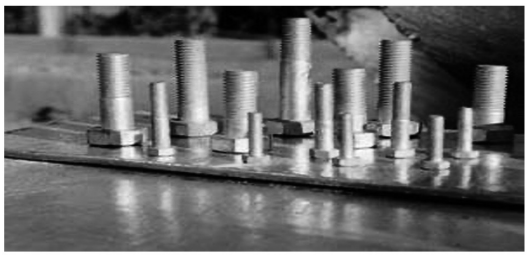


Resim 11-3 Köşe Dönüş Etrafındaki Galvanizli Çeliğin Kesiti

Çelik galvanizleme su ısıtıcısındayken, erimiş çinko galvanizli kaplamayı oluşturmak için çelikteki demirle reaksiyona neden olur. Etkileşim bir difüzyon reaksiyonudur, yani galvanizli kaplama tüm yüzeylere dik büyür. Bu nedenle, kaplama doğal olarak köşelerde ve kenarlarda düzgün koruma sağlayan düz yüzeyler kadar kalındır. Kaplama hasarı büyük olasılıkla kenarlarda meydana geldiğinden, en çok bu noktalarda ek korumaya ihtiyaç vardır.

Fotomikrograf, köşe dönüş etrafındaki düzgün kalınlığı gösteren köşe galvanizli çeliğin bir kesitini gösterir. Fırça veya spreyle uygulanan kaplamalar, parçayı saldırmaya eğilimli bırakarak köşelerde ve kenarlarda inceltme eğilimine sahiptir. Tersine sıcak daldırma, galvanizli çeliğin düzgün koruması hızlandırılmış korozyon için zayıf noktalar bırakmaz.

Tam Kapsam



Resim 11-2 Sıcak Daldırma Metodu

Galvanizleme, bağlantı elemanlarının iplikleri ve içi boş yapıların iç kısmı dahil olmak üzere tam kapsama alanı sağlar.

Sıcak daldırma galvanizleme tamamen daldırma işlemidir, yani tüm çelik iç ve dış yüzeyler tamamen temizleme çözeltilerine ve erimiş çinko kaplamaya batırılır. Bu tam kapsama alanı, içi boş ve borulu yapıların iç kısmının ve bağlantı elemanlarının ipliklerinin bile kaplanmasını sağlar.

Korozyon, nem ve yoğuşmanın meydana geldiği içi boş yapıların iç kısmında artan bir oranda meydana gelme eğiliminde olduğundan, iç mekân kapsamı çok faydalıdır. Boyanan içi boş yapıların iç tarafında korozyon koruması yoktur. Tam kaplama bağlantı elemanları, yapısal bütünlük için kritik öneme sahip bağlantı noktalarında kullanıldığı için eşit derecede önemlidir

Tablo 11-1 Bazı Ortamlarda Çinko Kaplamanın Erime Hızları (Yıllık ve m^2 Cinsinden)

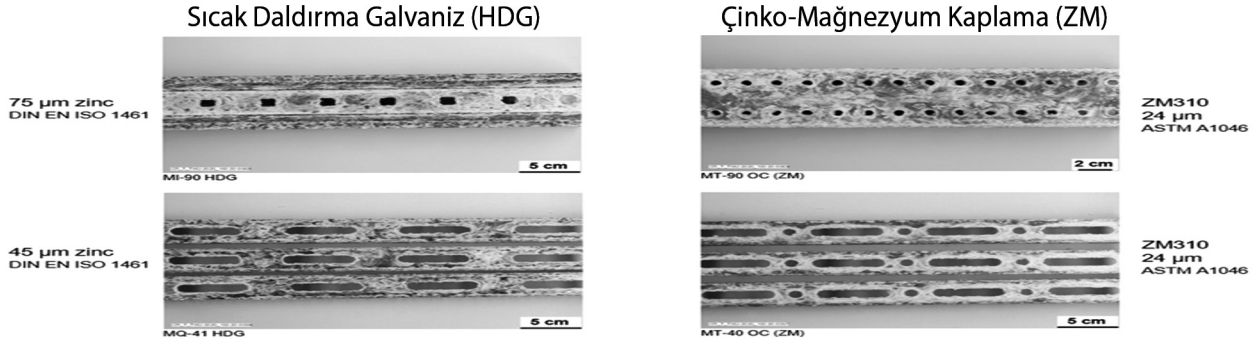
Malzeme Çalışma Ortamı	Yıllık Malzeme Kaybı (Yıl)	Yıllık Malzeme Kaybı (m^2)
Kırsal Ortamlarda	1-2 µm/yıl	7-15 gr/m^2
Çok Yağış Alan Endüstriyel Olmayan Ortamlarda	2-3 µm/yıl	15-22 gr/m^2
Endüstriyel Bölgelere Yakın Ortamlarda	3-5 µm/yıl	22-36 gr/m^2
Tropikal Ortamlarda	5-8 µm/yıl	36-57 gr/m^2
Endüstriyel Ortamlarda	5-8 µm/yıl	36-57 gr/m^2
Deniz Kenarı Ortamlarında (100-500 m mesafe)	5-8 µm/yıl	36-57 gr/m^2
Denize Temas Ortamlarında	8-15 µm/yıl	57-107 gr/m^2

Tablo 11-2 ISO Normunda İç ve Dış Atmosferik Ortamda Çinko Kaybı (Hollanda Temel Alınmıştır)

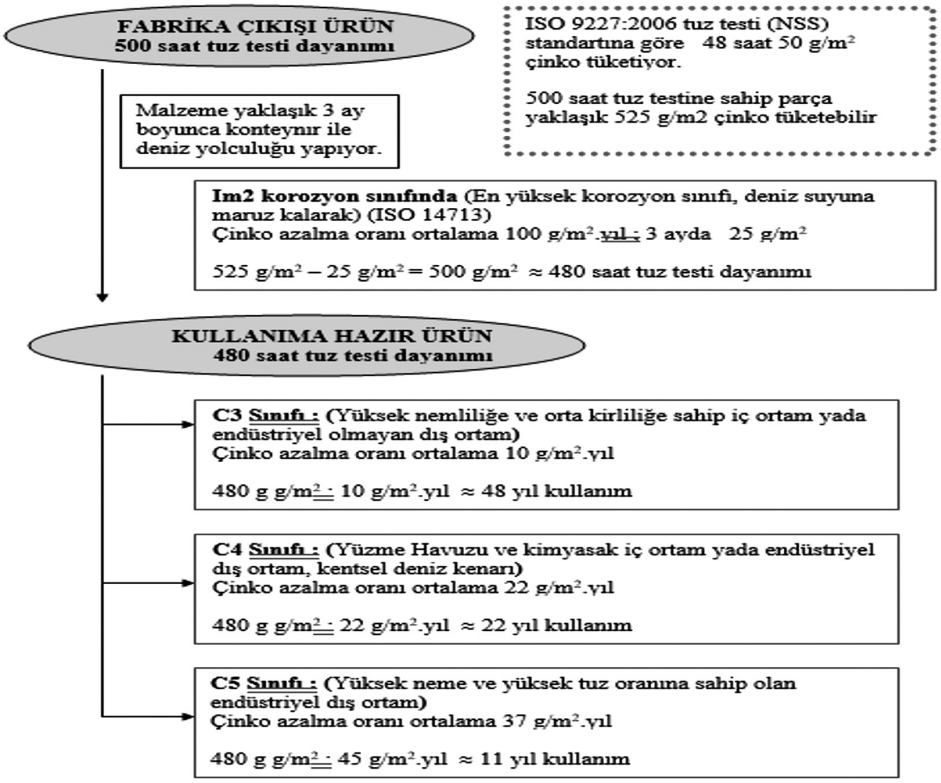
İklim kategorisi	Korozyon olasılığı	Ortalama yıllık çinko kaybı	Dışarıda korozyon kategorisi	İçeride korozyon kategorisi
C1	Çok düşük	<0,1- 8 µm	Yok	Kuru hava ve temiz bir iç mekân iklimi ile ısıtmalı binalar; oteller, ofisler, mağazalar, okullar.
C2	Düşük	0,1- 0,7 µm	Kırsal alanlar (iç kesimler), düşük kirlilik seviyesine ve düşük neme sahip atmosfer.	Hafif yoğuşmanın mümkün olduğu ısıtılmamış binalar; depolama tesisleri, spor salonları.
C3	Ortalama	0,7- 2 µm	Yüksek nem, orta derecede SO_2 kirliliği ile kentsel ve endüstriyel alan. Tuzluluğu düşük kıyı bölgeleri.	Yüksek nem ve düşük hava kirliliği seviyelerine sahip ticari tesisler; gıda endüstrisi, çamaşırhaneler, bira fabrikaları, süt çiftlikleri.
C4	Yüksek	2- 4 µm	Orta tuzluluk ile endüstriyel ve kıyı alanları. Yüksek nem ve agresif atmosfer. Sabit nem ve kirletici seviyelerine sahip kimyasal yapılar.	Yüksek nem, ılımlı kirlilik; kimya şirketleri, yüzme havuzları, limanlar, gemi rıhtımları.
C5-I (Endüstri)	Çok yüksek	4- 8 µm	Yüksek nem ve agresif atmosfere sahip endüstriyel alan.	Neredeyse kalıcı yoğuşma ve çok yüksek kirlilik seviyesine sahip alanlar ve binalar.
C5-M (Denizcilik)	Çok yüksek	4- 8 µm	Kıyı alanları ve agresif bir atmosfere ve yüksek tuz konsantrasyonuna sahip açık deniz alanları; açık deniz alanları, açık deniz rüzgâr türbinleri, sondaj kuleleri.	Neredeyse kalıcı yoğuşma ve çok yüksek kirlilik seviyesine sahip alanlar ve binalar.

ÇİNKO-MAGNEZYUM (ZINC-MAGNESIUM) KAPLAMANIN HDG KAPLAMALARLA KIYASI

ISO 9227 ve EN ISO 16701 olarak adlandırılan Avrupa tuz püskürtme ve döngüsel korozyon testleri:



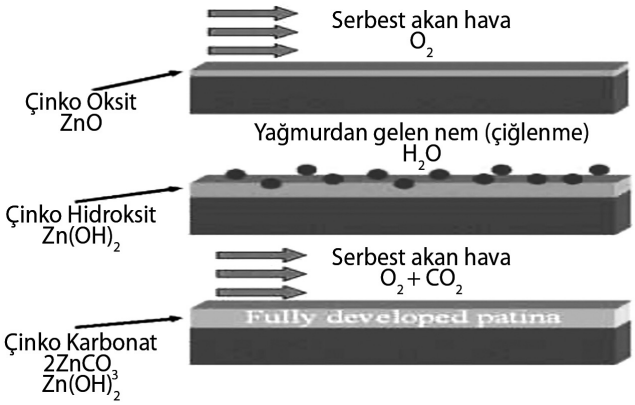
Şekil 11-4 Doğal Tuz Sprey Testi (EN ISO 9227: 620 Saat)



Şekil 11-5 Tipik ISO 9227: 2006 Tuz Testi

Çinko Patina [74]

Çeliğin korozyona karşı dayanıklı bariyer ve katodik korumadan farklı olarak çinko patina, çinko kaplamayı korur. Çinko, tüm metaller gibi, atmosfere maruz kaldığında korozyona başlar. Böylece, taze galvanizli çelik, ortamda ıslak ve kuru döngülere maruz kaldığında doğal bir yıpraşma işlemi ile ilerler.



Şekil 11-6 Çinko Patina Oluşma Mekanizması

Galvanizli kaplamalar serbest akan havaya maruz kaldıkça, çinko patinasının oluşumu ince bir çinko oksit tabakası ile başlar. Daha sonra parça neme (yağış, çiğ, nem) maruz kaldıkça, çinko oksit parçacıkları gözenekli, jelatinli bir çinko hidroksit oluşturmak için su ile reaksiyona girer. Daha sonra kuru döngüler sırasında, karbondioksit çinko hidroksit ile reaksiyona solur ve ince, kompakt ve sıkıca yapışan bir çinko karbonat tabakasına dönüşür. Patina oluşum oranı çevre koşullarına göre değişmekle birlikte, tam olarak gelişmesi genellikle yaklaşık 6-12 ay sürmektedir.

Tamamen geliştirilmiş patina, çinko yüzeyine yapışan ve suda çözünmeyen pasif, kararlı bir filmdir, böylece yağmurda veya karda yıkanmaz. Bu nedenle, çinko patina, çok yavaş aşınır ve korozyon oranını, aynı ortamdaki çelike göre yaklaşık 1/30'una kadar geciktirilebilir ve altındaki galvaniz kaplamayı bir süre daha korur. Çinko patina geliştikçe, galvanizli kaplama mat gri bir renge dönüşecektir.

[74] *Amerikan Galvanizciler Birliği (AGA)*

Çinko patina oluşumu, sıcak daldırma galvanizlemenin uzun süreli korozyon direncinde kritik öneme sahiptir. Patina gelişimi, ortamda bulunan doğal ıslak ve kuru döngülere dayandığından, sürekli ıslak maruziyete dayanan tuz püskürtme testlerinin sonuçları, galvanizli kaplamaların gerçek dünyadaki ömrünü tahmin etmede tam doğru değildir.

Çinko-Magnezyum Kaplama (ZM)

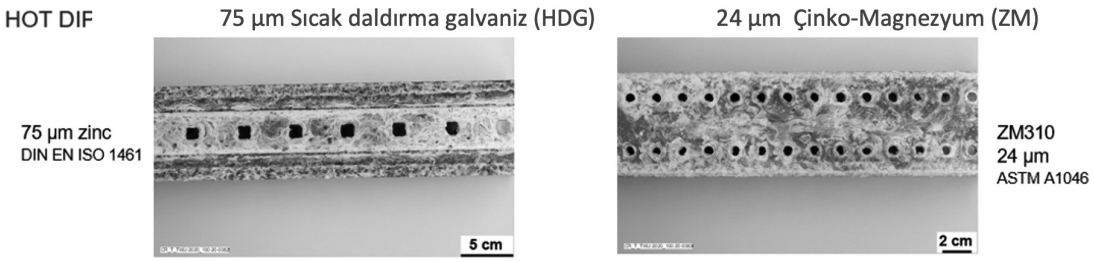
Korozyon koruma teknolojisi, en yenilikçi ve teknolojik sistemlerden birisi olan Çinko-Magnezyum (ZM) kaplama, içeriğindeki çinko, magnezyum ve alüminyum ile birlikte geleneksel Sıcak Daldırma Galvaniz (HDG) kaplamaya kıyasla, hem daha ince bir kalınlıkta uygulanabilmekte hem de daha yüksek bir korozyon direnci göstermektedir. Çinko-Magnezyum kaplama oldukça yeni bir teknoloji olması rağmen hem Avrupa (EN 10346:2015) hem de Amerika (ASTM A1046-17) standartlarında yer almaktadır. Bu anlamda da kendini ispatlamış bir sistemdir.

Çinko-Magnezyum kaplama gösterdiği yüksek korozyon direnci sayesinde, Sıcak Daldırma Galvaniz kaplamanın kullanılabildiği tüm koşullarda kullanılabilmektedir. Söz konusu yüksek korozyon direncine ek olarak bu yeni teknoloji birçok avantaj sunmaktadır:

- Kendi kendini onarabilme özelliği sayesinde kaplamanın zarar gördüğü noktalar için rötuş (çinko sprey vb) gibi ek işlemlere ihtiyaç duyulmaz. Özellikle bağlantı noktaları ve kesim yapılan noktalarda magnezyum içeriği sayesinde bu alanları kapatır.



- Yüksek yüzey sertliği sayesinde montaj ve işletme aşamalarında zarar görme ihtimali daha düşüktür.
- Gelişmiş üretim, lojistik ve çok daha ince kaplama kalınlığı sayesinde düşük CO_2 emisyonu değerleri ile çevre dostudur.
- Geleneksel üretim aşamalarında ön işlem, son işlem ve bu adımlara bağlı lojistik adımların oluşturduğu masraflar, Çinko-Magnezyum kaplamanın doğrudan çelik üzerine uygulanabilmesi sayesinde ortadan kalkar. Bu sayede optimum maliyet sağlanır.
- Aynı kalınlıkta uygulanmış Çinko-Magnezyum kaplama, Sıcak Daldırma Galvaniz kaplamaya göre 2-3 kat daha yüksek korozyon dayanımı gösterir.
- 24 µm kalınlıkta Çinko-Magnezyum kaplama C3 ortamları için ideal olduğu açıkça belirtilmiştir ve kırmızı pas 15 yıldan önce başlamaz ise C4 ortamlarında 5 ila 15 yıl sonra başlayan kırmızı pas oluşumları olabilir*
- ISO 9277 Standartları altında 920 saat tuzlu su ve korozif ortam teslerinden başarılı ile geçmiştir.



11.1. YÜZEY KAPLAMA YÖNTEMLERİ

Aşağıda sayılan ekonomik ömür sistemlerine göre korozyon ve iklim, bina içi, bina dışı ve maruz kalacağı diğer faktörler de hesaba katılarak kullanılacak taşıyıcı destek elemanları kaplamasına karar verilmelidir.

Genelde konu ile ilgili uygulanan yüzey kaplama işlemlerini alt alta yazarsak;

1- Çinko kaplama,
2- Fosfat kaplama,
3- Sert krom kaplama,

4- Gümüş kaplama,
5- Nikel kaplama,
6- Bakır kaplama,
7- Pirinç kaplama,
8- Eloksal kaplama,
9- Metal renklendirilmesi,
10- Epoksi kaplama,
11- Kataforez kaplama

Çelik için ise, yaygın kaplama metotları aşağıdaki gibidir. Tesisat için seçilen askı ve destek elemanları için en yaygın kullanılan malzeme ise çelik olmasından dolayı, yukarıda belirtilen ömür süreçlerine göre de uygulanacak koruma sistemine karar vermek doğru olacaktır.

Çelik İçin Korozyon Koruması

Çelik, Sanayi Devrimi'nden bu yana kullanılan ve dayanıklılığı kanıtlanmış verimli bir yapı malzemesidir. Uygun maliyetli, estetik açıdan hoş, sürdürülebilir ve güçlüdür. Bununla birlikte, tüm metaller gibi, çelik de atmosfere maruz kaldığında aşınır. Bu nedenle, çıplak çelikle projeler inşa ederken korozyon koruma yöntemlerini göz önünde bulundurmak gereklidir. Göz önünde bulundurulacak bir dizi farklı korozyon koruma sistemi vardır:

- Sıcak Daldırma Galvaniz kaplama (Galvanizleme terimi genellikle, çelik için çeşitli çinko kaplamaları tanımlamak için yanlış kullanılır. Genel veya imalat sonrası sıcak daldırma galvanizleme olarak adlandırılan süreç ve bilgiler bu işlemle ilgilidir ve diğer çinko kaplamalara uygulanmamalıdır.)
- Çift Yönlü Sistemler,
- Çinko Kaplamalar,
- Koruyucu Kaplamalar,
- Özel Çelikler,
- Kurbanlık Anotlar.

Korozyon Koruması İçin Dubleks Sistemler

Birçok belirleyici, bir tür korozyon koruma sistemine veya başka birine aşinadır, ancak çok azı dubleks sistem adı verilen ikisini birlikte kullanmanın içsel değerini fark eder. Dubleks sistem, sıcak daldırma galvanizli çelik üzerine boya veya toz boya ile oluşturulur. Korozyon korumasını geliştirmek için onlarca yıl boyunca kullanılan iki sistem arasındaki sinerji, bağımsız olarak kullanılan her iki sistemden de çok daha üstün koruma sağlar.

Dubleks sistemler en sık estetik nedenlerle tercih edilir. Bununla birlikte, boya veya toz kaplama, çok agresif ortamlarda galvanizleme veya renk kodlaması için ve mevcut galvanizli yapıların ömrünü uzatmak için de eklenebilir. Başarılı bir dubleks sistemin anahtarı, galvanizli yüzeyi ASTM D6386 ve ASTM D7803'e göre boya veya toz için uygun şekilde hazırlamaktır.

Sıcak daldırma galvanizli çelik boyandığında veya tozla kaplandığında, dubleks kaplama sinerjik etki olarak bilinen daha güçlü (sofistike) korozyon koruması sağlar. Boya veya toz boyanın dış tabakası ek bir bariyer görevi görür ve çinkonun tüketilme hızını yavaşlatarak galvanizli çeliğin ömrünü büyük ölçüde uzatır. Buna karşılık, alttaki galvanizli kaplama, genellikle çıplak çelikte görülen iğne deliği korozyonunu ve soyma etkisini ortadan kaldırır ve asıl bir astar görevi görür. Dış katman yıpranmaya maruz kaldıktan veya hasar gördükten sonra, altındaki çinko katodik ve bariyer koruması korozyonu engellemek için hala kullanılabilir.

Bu sinerjik etkinin bir sonucu olarak, çelik katmanına sadece her sistemin beklenen ömrünün 1,5 ila 2,3 katı korozyon koruması sağlar. Örneğin, siyah çelik üzerine tek başına galvanizli bir kaplama 70 yıl bakım gerektirmeyen koruma sağlayacaksa ve bir boya kaplaması 10 yıl boyunca herhangi bir bakım gerektirmeyecekse, kombinasyon dubleks sistemi aynı ortamda 120 ila 184 yıl boyunca bakım gerektirmez.

Bu, orijinal boyanın veya toz boyanın bir yüzyıldan fazla süreceğini önermek değildir. Bunun yerine bu ömür, hiçbir bakım yapılmayacağını ve boya veya toz kaplamanın doğal olarak aşınma yolu açacağını ve daha sonra galvanizlemenin yaşamın geri kalanı için korozyon koruması sağlayacağını varsayar. Bununla birlikte, mal sahibi muhtemelen estetik için boya/toz sistemini korumak isteyecektir. Bu nedenle, pratikte sinerjik etki, dubleks sistemin boya/toz kaplamasının gecikmeli bakım döngüsünde (rötuş, bakım boyası ve tam yeniden

boyama) gerçekleştirilir. Galvanizli çelik üzerindeki bakım döngüsü boyası/ tozu, çıplak çelik üzerindeki boya/ toz için döngünün 1,5 ila 2 katıdır.

Bu uzun bakım programı sadece dubleks sistemin ömrünü uzatmakla kalmaz, aynı zamanda projenin ömrü boyunca daha az maliyet anlamına gelir. **Çift yönlü sistem maliyetini,** ***(System Selection | Life-Cycle Cost Calculator (galvanizeit.org)***[75] çevrimiçi yaşam döngüsü maliyet hesaplayıcısı ile çıplak çeliği boyamaya karşılaştırabilirsiniz.

Çinko Kaplamalar

Çinko doğal ve sağlıklı bir element olup, çinko kaplama kullanımı 1790'lı yıllarda inşaatlarda kullanılmaya başlanmıştır. Çoğu ortamda çinko hücreli korozyon direnci, çeşitli ürünlerde ve birçok maruz kalma koşulunda koruyucu bir kaplama olarak başarılı bir şekilde kullanılmasını sağlar.

Bu kanıtlanmış korozyon direnci, çinkoların yoğun, yapışık korozyon yan ürünleri oluşturma yeteneğinin bir sonucudur, bu da çevreye bağlı olarak demirli malzemelerden 10 ila 100 kat daha yavaş bir korozyon oranına yol açar. Taze bir çinko yüzey atmosfere maruz kaldığında oldukça reaktifken, kaplama atmosferdeki doğal ıslak ve kuru döngülere maruz kaldığı için çinko korozyon ürünleri yüzeyde hızla gelişir. Toplu olarak çinko patina olarak bilinen bu korozyon ürünleri, çelik ve çevre arasında ek bir bariyer görevi görür.

Çinko kaplamaları çeliğe uygulamak için her biri benzersiz özelliklere sahip olan bir dizi farklı yöntem ticari olarak mevcuttur. Genellikle bu kaplamaların tümü yanlış galvanizleme olarak etiketlenir, ancak farklılıkları anlamak önemlidir. Bu süreçlerin her biri tarafından üretilen ürünler uygulanabilirliklerine, göreceli ekonomiklik ve beklenen hizmet ömürlerine bağlı olarak farklı kullanım alanlarına sahiptir.

Çinko Kaplama Seçimi

Korozyon koruması için çinko kaplama kullanma kararı alındıktan sonra, uygulama ve servis ortamı için uygun kaplamanın seçilmesini sağlarken birkaç ek faktör göz önünde bulundurulmalıdır. Bu bölümde kapsanan her çinko kaplama, çeşitli derecelerde korozyon koruması sağlar ve seçilen kaplamanın yeterli hizmet ömrü sağlayıp sağlamayacağını belirlemek için maruz kalma ortamının aşındırıcılarını belirlemek önemlidir.

Bazı çinko kaplamalar sadece doğa tarafından ortadan kaldırılacaktır (yapısal çelik elemanların koruyucu kaplaması için küçük parçalar veya sac çeliklerle sınırlı çinko kaplama işlemleri düşünülemez); diğerleri maliyet, görünüm, kullanılabilirlik vb.

Kaplama Kalınlığı ve Kaplama Ağırlığı Karşılaştırması

Çinko kaplamaların hizmet ömrü, çinko kaplama kalınlığının doğrusal bir işlevidir. Bununla birlikte, çinko kaplama kalınlığı, farklı prosesler tarafından uygulanan çinkoyu değerlendirirken tek başına aldatıcı olabilir. Kalınlık ek olarak, birim hacim veya yoğunluk başına mevcut çinko miktarı da önemlidir.

Çeşitli ASTM ve/veya diğer özellikler farklı ağırlıklar veya kalınlıklar gerektirir, bu nedenle karşılaştırma için tüm kaplamaları ortak bir paydaya dönüştürmek zorunludur. Bazı çinko kaplama türleri için kaplama yoğunlukları neredeyse aynı olsa da, diğerleri önemli ölçüde farklılık gösterir. Kaplama yoğunlukları, yüzeyin metrekare başına 305,15 gr çinkoya eşit olması için gereken kalınlık açısından şunlardır:

Tablo 11-3 Çeşitli Kaplam Yöntemleri Kalınlık Karşılaştırması

Kaplama	1 oz/ft² kalınlık 1 oz/ft² = 305,15 gr/m²
Sıcak daldırma galvanizleme (toplu veya sürekli), elektroliz, çinko kaplama	43 µm
Metalizasyon (çinko püskürtme)	48 µm
Mekanik kaplama	55 µm
Çinko bakımından zengin boya	75-150 µm

Çinko birim alanı başına aynı ağırlığı temsil eden bu kalınlıkların her birinin eşdeğer hizmet ömrü sağlaması beklenir; yani 43 µm sıcak daldırma galvaniz, bağ mukavemeti ve kenar korumasının faktör olmadığını varsayarsak, çinko bakımından zengin boyanın 55 µm mekanik kaplaması veya 75-150 µm (boya formasyonuma bağlı olarak) ile aynı hizmet ömrünü verecektir.

[75] *System Selection | Life-Cycle Cost Calculator (galvanizeit.org) AGA karşılaştırma yazılımı*

Elektro galvaniz dahil olmak üzere tüm sürekli galvanizli sac malzemeleri için hatırlamak da önemlidir, kaplama ağırlığı tabakanın her iki tarafı için toplam için verilir. Yüzeyin birim alanı başına çinko miktarını elde etmek için, verilen ağırlık her iki tarafta eşit dağılım varsayılarak ikiye bölünmelidir. Örneğin, bir ASTM A653 Sınıf G90 tabakası, 275 gr/m^2 çinko içerir veya her iki tarafta da olması gereken miktar yaklaşık 137 gr/m^2'dir.

Ekonomik Hususlar

Çelik korozyon koruması belirtilirken ilk maliyet her zaman dikkate alınacaktır. Bununla birlikte, ilk maliyete ek olarak, çinko kaplamanın amaçlanan ortamdaki performansını değerlendirmek, koruyucu sistemin ekonomisini de etkiler. Sahanın erişilebilirliği, bakım kaplaması nedeniyle üretim kaybı ve metal püskürtme ve boyama gibi emek yoğun kaplamalar için artan ücretler gibi gizli maliyetler de göz önünde bulundurulmalıdır.

En ekonomik sistemin seçimi kesin değildir, çünkü gelecekteki bakımın zamanlaması veya maliyeti doğru tahmin edilebilir. Buna ek olarak, sermaye yatırımının amortismanı, yatırım için vergi indirimi ve bakım maliyeti ve paranın zaman değeri göz önünde bulundurulmalıdır ve değişebilir. Bununla birlikte, **projelerin ömrü boyunca kaplama sisteminin en gerçekçi maliyetini elde etmek için, farklı kaplamaların yaşam döngüsü maliyetlerini karşılaştırmak için ekonomik modeller geliştirilmiştir.** Amerikan Galvanizciler Birliği, yaşam döngüsü maliyetlerini değerlendirmenin karmaşık sürecini kolaylaştırmak için çevrimiçi bir hesap makinesi oluşturdu. Çevrimiçi hesap makinesi, ASTM A1068'de önerilenle aynı ekonomik formülü kullanır ve veriler gerçek performans verileri ve yayınlanan raporlar tarafından sağlanır (NACE Yayın 8279, 2008). Karşılaştırma ve seçim yapmak için **http://lccc.galvanizeit.org/** web adresini kullanabilirsiniz.

Tablo 11-4 Çeşitli Kaplama Yöntemleri İçin Teknik Karşılaştırma

KAPLAMA TİPİ	SICAK DALDIRMA GALVANİZLEME	RULO SAC SICAK GALVANİZLEME	ÇİNKO ALAŞIMLI BOYAMA	METAL KAPLAMA	MEKANİK KAPLAMA	ELEKTROGALVANİZ	ÇİNKO KAPLAMA
UYGULAMA ORTAMI	Kontrollü Atölye ortamı/özel şartlar gerekmez	Kontrollü Atölye ortamı/özel şartlar gerekmez	Atölye ortamı veya şantiye sahasında/İnsan hatasına açık bir uygulama	Atölyede veya Şantiye sahası	Kontrollü Atölye ortamı/özel şartlar gerekmez	Kontrollü Atölye ortamı/özel şartlar gerekmez	Kontrollü Atölye ortamı/özel şartlar gerekmez
TEKNİK ÖZELLİKLER/STANDART	ASTM A123 A153, A767, CSA G164 ISO 1461	ASTM A653	SSPC-PS Guide 12.00, 22.00; SSPC-PS Paint 20; SSPC-PS 12.01	AWS C2.2	ASTM B695	ASTM A879	ASTM B633
MİNİMUM KAPLAMA KALINLIĞI/TİPİK	35,56 µm ile 99,06 µm arasında /50,8 ile 203,2 µm arası	0 ile 81,28 µm arası[b]/ 0 ile 3.2 µm arası	15,24 ile 127 µm arası/kaplama/ 101,6 ile152,4 µm arası	83,82 µm/ 101,6 ile 152,4 µm arası	5,08 ile 106,68 µm arasıc/ 5,08 ile 106,68 µm arası	7,112 µm[b]/ 0 ile 7,112 µm arası	7,112 ile 25,4 µm arası[c]/ 7,112 ile 25,4 µm arası
UYGULANACAK MALZEME BOYUTLARI	27.432,0 mm'ye kadar olan uzun cıvata somun bağlantılı kiriş vb.	Çelik plaka saclar 0,25-43 mm kalınlık, 1850 mm genişliği	Sınırsız	Sınırsız	Küçük boyutlu parçalar, 203-9229 mm uzunluğunda ve 0,45 kg den hafif	çelik sac kaplama	Küçük boyutlu parçalar
UYGULAMA SÜRESİ/KÜRLEME SÜRESİ	<1 saat	<1 saat	24-72 saat	<24 saat[d]	<1 saat	<1 saat	<1 saat
KAPLAMA VERİMİ	Kenarlar, köşeler ve iç yüzeylerde 100% > düz yüzeyler	Hava jeti ile kontrol edildiğinde, homojen bir kalınlık alınır	Kaplama kalınlıkları değişken,uygulayan becerisine bağlı,kenar ve köşelerde ince uygulama, iç yüzeylerde kaplamasız oluşumlar	Uygulayıcı becerisine bağlı olarak farklı kalınlıklar olabilir	Kaplama kalınlıkları değişken,kenarlarda, köşelerde ve girintili noktalarda ince uygulama	100% kaplama	100% kaplama
YÜZEY ÇELİĞİNE BAĞLAMA	Metalurjik~24.821,0 kPa	Metalurjik~24.821,0 kPa	Mekanik olarak 2.758,-4.137,0 kPa	Mekanik olarak ~10.342,0 kPa	Mekanik olarak 2.758,-4.137,0 kPa	Mekanik olarak 2.068,-3.447,0 kPa	Mekanik olarak 2.068,-3.447,0 kPa
AŞINMA DİRENCİ/SERTLİK	Metaller arası katmanlar; 179-250 DPN	~70 DPN	Yumuşak aşınmaya dayanıksız	~70 DPN	75 DPN	~70 DPN	75 DPN
YÜZEY BİTİMİ/GÖRÜNÜM	Değişken; mat gri, parlak, pürüzlü veya bunların bileşimi	Kontrollü; minimumdan çok pürüzlü	Pürüzsüz yüzey; seçiciye uygun renk	Mat gri, pürüzlü	Mat gri, elektro kaplamaya kıyasla pürüzlü	Pürüzsüz yüzey; pasifleştirilmedikçe parlak	Pürüsüzsüz yüzey; donuk griden parlaklığa; katkı maddeleri ile kontrol edilir
KULLANIM YERLERİ	Topluluk Tarafından Doğrulandı simgesi	İç veya orta derecedeki korozif	İç/Dış Ortam	İç/Dış Ortam	İç/Dış Ortam	İç Ortam	İç Ortam

[a] ASTM, ISO ve CSA standartlarına bağlı ve teknik şartlara tanımlanmış değerlere uygun olarak, verilen kalınlıklar minimum değerlerdir.
[b] Sacın her iki yüzeyindeki kaplama kalınlığı olan toplam değeridir.
[c] ASTM standardına bağlı ve teknik şartlara tanımlanmış değerlere uygun olarak, verilen kalınlıklar minimum değerlerdir
[d] Sonkat kaplama sızdırmazlık şartlarına bağlıdır.
DPN -ELMAS PİRAMİT SERTLİĞİ

Koruyucu Kaplamalar

Çeliğe uygulanan boya ve toz boyalar gibi koruyucu kaplamalar bariyer koruması sağlar. Bariyer koruması kaplamanın bütünlüğüne bağlı olduğundan, boyalı ve toz kaplı malzemelerin seçimi, uygulanması ve işlenmesi çok önemlidir. Bu kaplamaların kurulum sırasında özenle ele alınması ve hasar görmüşse planlandığı kadar dayanıklı olduklarından emin olmak için onarılması zorunludur.

Bariyer korumasının tüm organik formları bir dereceye kadar geçirgendir ve koruyucu kaplama delindikten sonra korozyon direnci tehlikeye girer. Çoğu boya ve toz gözenekli ve kolayca hasar görür ve elektrolitlerin (nem, nem) alttaki çeliğe ulaşmasını sağlar. Düzenli bakım yapılmazsa, koruma film altı korozyonu başlar ve kaplama nispeten kısa bir süre içinde sorun çıkartır. Boyalar ve toz boyalar tarafından sağlanan katodik koruma yoktur, bu da zamanlarını çoğu ortamda ilk bakımla on yıl veya daha az süreyle sınırlar.

Hem boya hem de toz boyalar, dubleks sistem olarak bilinen sıcak daldırma galvanizleme ile kullanılabilir. İki kaplama, bir belirleyicinin herhangi bir estetik tercihe uygun olmasını sağlarken, bilirkişi korozyon koruması sağlamak için sinerji içinde çalışır.

Boya

Boya, çelik ve çevre arasında bariyer filmi sağlayan mekanik olarak bağlanmış bir yüzey kaplamasıdır. Bir boya sistemi, yapının maruz kalacağı ortamın türüne bağlı olarak birkaç kaplama katmanının ve bazen farklı boya formüllerinin kullanılmasını içerir. İkincisinin bir örneği, epoksi bir ara katla kaplanmış ve poliüretan ile kaplanmış inorganik çinko bakımından zengin bir boya olabilir.

Boya sistemlerinin başarısı için en önemli faktör yapışıklık ve sürekliliktir. Boya çeliğe yapışmazsa, onu çevrenin aşındırıcı etkilerinden koruyamaz. Çelik parçanın SSPC SP-10'a yüzey hazırlığı son derece önemlidir, çünkü boya yapışma derecesi uygulamadan hemen sonra belirgin olmayabilir. Zayıf yüzey hazırlığı, alanda sadece birkaç ay sonra boya arızasında kendini gösterebilir ve kabarma, soyma veya pullanma boyası ile kanıtlanır. Temiz, düzgün hazırlanmış bir yüzeye sahip olmak, boya sisteminin tüm potansiyelinin gerçekleşmesini sağlamaya yardımcı olur.

Boya her boyutta veya şekilde çeliğe uygulanabilir, ancak belirtildiği gibi, boya sistemlerinin sürekliliği karbon çeliği için son derece önemlidir. Uygulama işlemi (fırça veya sprey) nedeniyle, kaplama kalınlığında, özellikle köşelerde ve kenarlarda bazı tutarsızlıklar olacaktır ve içi boş yapıların iç kısmında kaplama veya koruma yoktur. Aşağıdaki grafik, boya kaplamasındaki bir iğne deliğinde, çizikte veya boşlukta korozyonun nasıl başladığını ve ilerlediğini göstermektedir.



Bir boya bariyeri kaplaması delindiğinde (çizilmiş, iğne delikleri, vb.), açıkta kalan çelik aşınır ve bir pas cebi oluşturur. Pas çelikten çok daha hacimli olduğundan, cep şişer ve boya filmini metal yüzeyden kaldırarak bir kabarcık oluşturur. Hem korozyon çukuru hem de kabarcık büyümeye devam ediyor.

Şekil 11-7 Boya Kaplama Paslanma Mekanizması

Hafif ortamlarda inorganik çinko bakımından zengin boya gibi tek kat sistemleri kullanılabilir. Bununla birlikte, daha ağır ortamlarda, servis ömrünü uzatmak için yüksek performanslı iki veya üç kat sistemi ve düzenli bakım gereklidir. Dikkate alınması gereken bir dizi boya sistemi vardır ve korozyon direnci büyük ölçüde farklı formüllere ve farklı ortamlara göre değişir.

Toz Boya

Boyalı çeliğe benzer şekilde, toz kaplı çelik de çelik tabakası için bariyer koruması sağlar. Toz boya işlemi, bir yüzeyi toz malzeme ile kaplamayı, daha sonra kaplamayı tamamlamak için bir fırında kürlemeyi içerir.

Bu, parçaya elektrostatik yüklü toz püskürtülerek veya akışkan bir toz yatağına indirilerek elde edilebilir. Toz boyalara renk eklenebilir veya kimyasallardan korunma, aşınma ve ultraviyole ışınları gibi belirli ihtiyaçları karşılamak için çeşitli formüllerinde değişik seçeneklerde oluşabilir.

Tozla kaplandıktan sonra, parça erimek için 190 °C ile 204 °C arasında ısıtılmış bir fırında kürlenir, parçanın üzerinde birlikte yayılan, pürüzsüz bir film jel oluşur ve daha sonra sağlam, dayanıklı bir yüzey olarak kurutulur. Son kaplama, tozun formülüne bağlı olarak yüksek parlaklıktan, mat olmasına kadar yüzey değişebilir.

Boyada olduğu gibi, yapıştırma, sarkmalar, damlamalar, çalıştırmalar veya kabarcıklardan arındırılmış tutarlı, düzgün bir toz kaplama sağlamak için kritik öneme sahiptir. Aynı zamanda metale mekanik olarak bağlanmasına rağmen, özenle uygulanan ve düzenli olarak muhafaza edilen bir toz kaplama, boyanın yapabileceği şekilde çatlamaz, talaşlamaz veya soyulmaz. Kaplamanın performansı formüle ve yer aldığı ortama göre dayanır. Toz boya, fabrikada uygulanan bir işlemdir ve sprey kabininin veya kür fırınının boyutu ile sınırlanabilir.

Özel Çelikler

Paslanmaz ve hava koşulları gibi özel çelikler, belirli kimya ve elemanlardan yararlanarak korozyon koruması sağlar. Ayrışma Çeliği (atmosferik korunma çeliği) ve paslanmaz çelik, dar tanımlı ortamlarda veya uygulamalarda en iyi şekilde çalışma eğilimindedir ve her birinin kendi sınırlamaları vardır.

Paslanmaz Çelik

Paslanmaz çelik, demir ve krom içeren alaşımlı bir çeliktir. Genellikle alaşımların yüzde 12-20'si olan krom içeriği nedeniyle, paslanmaz çelik leke ve paslara karşı mükemmel dirence sahiptir. Mikro yapısına göre tanımlanan 50'den fazla paslanmaz çelik türü vardır. Östenik paslanmaz çelikler en az %6 nikel ve östenik içerir, iyi korozyon direnci ve yüksek süneklik sağlar. Ferritik paslanmaz çelikler stres korozyona karşı östenikten daha iyi dirence sahiptir, ancak kaynak yapması daha zordur. Ağırlıkla gıda işleme endüstrisi tarafından kullanıldığı tahmin ediliyor.

Paslanmaz, inanılmaz derecede pasif olduğu için çoğu uygulamada uzun yıllar dayanıklıdır. Genellikle uygulamalarda sıcak daldırma galvanizli çelik ile eşleştirilir. Ancak, maliyet, boyut ve kurulumdaki zorluk da dahil olmak üzere yaygın kullanımında bir dizi sınırlama vardır. Paslanmaz çelik, kaplamalı (boyalı veya galvanizli) karbon çeliği, yıpranmış çelik ve diğer yapı malzemelerine kıyasla özel kalite olarak satılmaktadır. Ek olarak, sadece belirli boyutlarda ve şekillerde, düzensiz bir görünüme sahip uzun ömürlü malzeme kolayca kullanılabilir ve kaynak yapması zordur. Bu nedenlerden dolayı daha çok, paslanmaz olmayan bazı ekipmanları, gıda endüstrisi için daha üstün özelliklere sahip hale getirmek için kullanılmaktadır.

Ayrışım Çeliği (Yıpranmış Görünümlü Çelik)

Bakır içeren yıpranma çeliği, bir kez oluştuktan sonra stabil olan ve karbon çeliği ile karşılaştırıldığında artan korozyon direnci gösteren doğal bir demir-oksit (pas) patina geliştirir. Koruyucu tabakanın korozyon geciktirici etkisi, mevcut alaşım elemanlarının özel dağılımı ve konsantrasyonu ile üretilir. Yüzeyi koruyan tabaka, havanın etkisine maruz kaldığında sürekli gelişir ve yenilenir. Başka bir deyişle, çeliğin patina veya koruyucu tabaka oluşturmak için paslanmasına izin verilir.

Bu çelik türü genellikle ve özellikle köprü ve otoyol pazarına bakımsız bir çelik olarak pazarlanır. Pas patinası nın gelişimi kırılgandır ve dengeli bir ıslak-kuru döngü gerektirir ve nemli alanlarda veya bitki örtüsünün çelikle temas ettiği yerlerde iyi performans göstermez. Eskitilmiş görünüm bazen tasarımcılar tarafından tercih edilmiş olsa da, pas akıntısı ve direklerin ve köprü sütunlarının beton tabanlarının boyanması konuları hoş değildir ve yıpranmış görünümlü çeliğin kullanımını sınırlamıştır.

Kurbanlık Anotlar

Bir tür katodik koruma sistemi kurban anottur. Anot, koruduğu yapının metalinden (katot) daha "aktif" voltaja (daha negatif elektrokimyasal potansiyel) sahip bir metal alaşımından yapılır. İki metal arasındaki potansiyel farkı, kurban anot malzemesinin yapıyı tercih ettiği anlamına gelir. Bu, koruma olan yapının metali üzerindeki oksidasyon reaksiyonlarını etkili bir şekilde durdurur.

Kurban anot yönteminin çalışması için anot ve katot dışında iki koşul daha bulunmalıdır. Elektronların anottan koruduğu malzemeye akması için bir dönüş akımı yolu (fiziksel temasta olmak olağan yoldur) ve elektronları iletmek için bir elektrolit (su, nem) olmalıdır.

Kurbanlık anotlar genellikle üç metalde gelir: Magnezyum, alüminyum ve çinko. Magnezyum, üçünün en olumsuz elektro potansiyeline sahiptir (bkz. galvanik seri) ve elektrolit (toprak veya su) direncinin daha yüksek olduğu kıyıdaki boru hatları için daha uygundur. Elektro potansiyel fark çok büyükse, korunan yüzey (katot) kırılgan hale gelebilir veya kaplamanın parçalanmasına neden olabilir.

Çinko ve alüminyum genellikle direncin genellikle daha düşük olduğu tuzlu suda kullanılır. Tipik kullanım alanları; gemilerin ve teknelerin gövdeleri, açık deniz boru hatları ve üretim platformları, tuzlu su soğutmalı deniz motorları, küçük tekne pervaneleri ve dümenleri ve depolama tanklarının iç yüzeyidir.

Kurbanlık anot sistemlerinin diğerlerine göre avantajı, harici bir güç kaynağına ihtiyaç duymamaları, kurulumu kolay olmaları, anot ile koruduğu yüzey arasındaki düşük voltaj ve akımın nadiren başıboş akım üretmesi, aşırı korumanın olası olmaması ve eğitimli personel için muayene ve izlemenin basit olmasıdır.

Anot kütlesine dayalı sınırlı bir akım kapasitesi, yüksek dirençli ortamlarda etkisizlik dahil olmak üzere birkaç dezavantaj vardır. Korunan yapı üzerindeki ağırlığın artması ve gemiler gibi hareketli yapılarda hava ve su akışının artmasıdır.

EK-1 TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ 2018

BÖLÜM 1 - GENEL HÜKÜMLER

1.1.1 - Bu Yönetmelik hükümleri, yeni yapılacak binaların deprem etkisi altında tasarımı ile mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirme tasarımı için uygulanır.

1.1.2 - Bu Yönetmelik hükümleri, deprem etkisi altında yerinde dökme ve ön-üretimli betonarme, çelik, hafif çelik, yığma ve ahşap malzemeden yapılan binaların deprem etkisi altında tasarımı için uygulanır.

1.1.3 - Deprem etkisi altında yüksek binaların tasarımı için özel kurallar Bölüm 13'te tanımlanmıştır.

1.1.4 - Deprem etkisi altında yalıtımlı binaların tasarımı için özel kurallar Bölüm 14'te tanımlanmıştır.

1.1.5 - Deprem etkisi altında mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi için özel kurallar Bölüm 15'te tanımlanmıştır.

1.1.6 - Deprem etkisi altında binalarda 1.1.4 kapsamındaki yalıtım uygulamalarından farklı aktif ve pasif davranış kontrolü uygulamaları ve bunlara ilişkin tasarım kuralları bu Yönetmeliğin kapsamı dışındadır.

1.1.7 - Binalar ve bina türü yapıların dışında kalan köprüler, barajlar, kıyı ve liman yapıları, tüneller, boru hatları, enerji nakil hatları, nükleer tesisler, doğal gaz depolama tesisleri gibi yapılar, tamamı yer altında bulunan yapılar ve binalardan farklı hesap ve güvenlik esaslarına göre projelendirilen diğer yapılar bu Yönetmeliğin kapsamı dışındadır.

1.1.8 - Tarihi ve kültürel değeri olan tescilli yapıların ve anıtların deprem etkisi altında değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi bu Yönetmeliğin kapsamı dışındadır.

1.1.9 - Bu Yönetmeliğin kapsamı dışındaki bina ve bina türü yapıların deprem etkisi altında tasarımı için kendi özel yönetmelikleri yapılıncaya dek, öncelikle ilgili Türk Standartlarında verilen hükümler ile, uluslararası geçerliliği kabul edilen eşdeğer diğer standart, yönetmelik gibi teknik düzenlemeler veya kurumlarınca belirlenen teknik kurallar, bu Yönetmelikte öngörülen ilkeler gözetilerek kullanılabilir.

1.2.2 - Bu Yönetmeliğe göre deprem etkisi altında yeni binaların tasarımında ve mevcut binaların değerlendirilmesinde esas alınacak *Bina Performans Hedefleri ile Deprem Tasarım Sınıfları* (DTS) Bölüm 3'te tanımlanmıştır.

2.2. DEPREM YER HAREKETİ DÜZEYLERİ

Bu Yönetmelik kapsamında aşağıda belirtilen dört farklı deprem yer hareketi düzeyi tanımlanmıştır.

2.2.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1 (DD-1)

DD-1 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının **%2** ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu çok seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, ***göz önüne alınan en büyük deprem*** yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

2.2.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2)

DD-2 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının **%10** ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, ***standart tasarım deprem yer hareketi*** olarak da adlandırılmaktadır.

2.2.3. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3 (DD-3)

DD-3 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının **%50** ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu sık deprem yer hareketini nitelemektedir.

2.2.4. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4 (DD-4)

DD-4 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının **%68** (30 yılda aşılma olasılığı %50) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu çok sık deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, ***servis deprem yer hareketi*** olarak da adlandırılmaktadır.

2.3. STANDART DEPREM YER HAREKETİ SPEKTRUMLARI

2.3.1. Tanım

Deprem yer hareketi spektrumları, belirli bir deprem yer hareketi düzeyi esas alınarak %5 sönüm oranı için, 2-1, 2-2, 2-3 ve 2-4'te açıklandığı üzere ***harita spektral ivme katsayıları*** ve y***erel zemin etki katsayılarına*** bağlı olarak standart biçimde veya 2.4.1'e göre ***sahaya özel deprem tehlikesi analizleri*** ile özel olarak tanımlanır.

2.3.2. Harita Spektral İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları

2.3.2.1 - Boyutsuz ***harita spektral ivme katsayıları***, 2.2'de belirtilen dört farklı deprem yer hareketi düzeyi için ***Türkiye Deprem Tehlike Haritaları*** kapsamında tanımlanmıştır:

a) Kısa periyot ***harita spektral ivme katsayısı SS***

b) 1,0 saniye periyot için ***harita spektral ivme katsayısı S1***

Birbirine dik iki yatay doğrultudaki deprem etkilerinin geometrik ortalamasına karşı gelen ***harita spektral ivme katsayıları***, belirli bir deprem yer hareketi düzeyi için referans zemin koşulu [(VS) 30 = 760 m/s] esas alınarak %5 sönüm oranı için ***harita spektral ivmeleri*** yerçekimi ivmesine bölünmesi ile boyutsuz katsayılar olarak tanımlanmıştır.

2.3.2.2 - 2.3.2.1'de tanımlanan harita spektral ivme katsayıları S_S ve S_1, aşağıdaki şekilde ***tasarım spektral ivme katsayıları SDS*** ve ***SD1***'e dönüştürülür:

$$S_{DS} = S_S F_S$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 \qquad \textit{Denklem 2.1}$$

Burada F_S ve F_1 2.3.3'te tanımlanan yerel zemin etki katsayıları göstermektedir.

2.2. Yatay ve düşey elastik tasarım spektrumları, Denk (2.1) ile elde edilen ***tasarım spektral ivme katsayılarından*** yararlanılarak, sırası ile, 2.3.4 ve 2.3.5'te tanımlanmıştır.

2.3.2.3 - Yerel Zemin Etki Katsayıları

2.3.3.1 -16.4'te tanımlanan yerel zemin sınıfları'na bağlı olarak yerel zemin etki katsayıları F_S ve F_1, sırası ile, Tablo 2.1 ve Tablo 2.2'de verilmiştir. Tablolarda harita spektral ivme katsayılarının ara değerleri için doğrusal interpolasyon yapılabilir.

Tablo 2.1 - Kısa Periyot Bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F1					
	$S_S \le 0.25$	$S_S = 0.50$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.00$	$S_S = 1.25$	$S_S \ge 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).					

Tablo 2.2 - 1.0 saniye Periyot için Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F1					
	$S_1 \le 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \ge 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).					

2.3.3.2 - Tablo 2.1 ve/veya Tablo 2.2'ye göre ZF yerel zemin sınıfına giren zeminler için sahaya özel zemin davranış analizleri 16.5'e göre yapılacaktır.

2.3.4. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

2.3.4.1 - Gözönüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için yatay elastik tasarım ivme spektrumunun ordinatları olan yatay elastik tasarım spektral ivmeleri S_{ae} (T), doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yerçekimi ivmesi [g] cinsinden Denk. (2.2)'de tanımlanmıştır (Şekil 2.1):

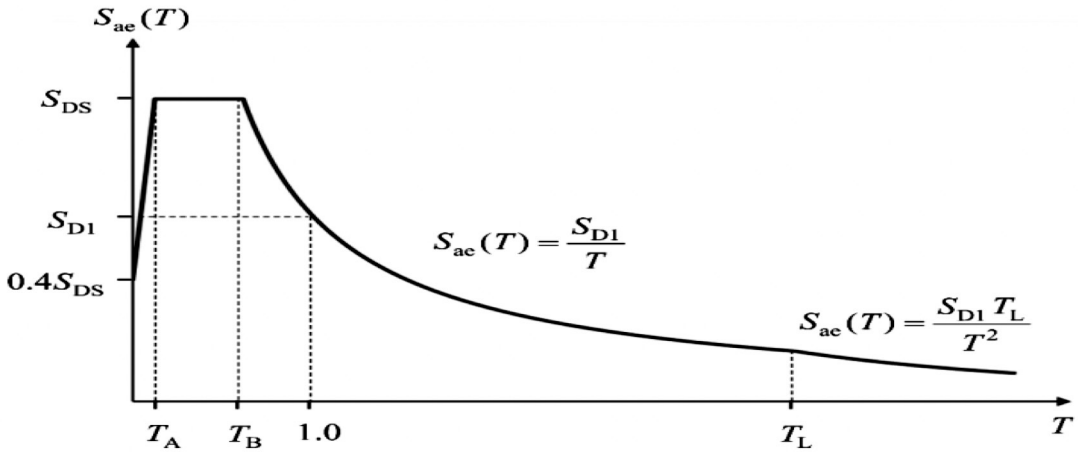
$$
\begin{aligned}
S_{ae}(T) &= \left(0,4 + 0,6\frac{T}{T_A}\right) S_{DS} && (0 \le T \le T_A) \\
S_{ae}(T) &= S_{DS} && (T_A \le T \le T_B) \\
S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}}{T} && (T_B \le T \le T_L) \\
S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1} T_L}{T^2} && (T_L \le T)
\end{aligned}
\qquad \textit{Denklem 2.2}
$$

Burada S_{DS} ve S_{D1} 2.3.2.2'de tanımlanan tasarım spektral ivme katsayılarını, T ise doğal titreşim periyodu göstermektedir. Yatay tasarım spektrumu köşe periyotları T_A ve T_B Denk 2.3 ile S_{DS} ve S_{D1}

S_{D1}

$$T_A = 0,2\,\frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad : \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \qquad \textit{Denklem 2.3}$$

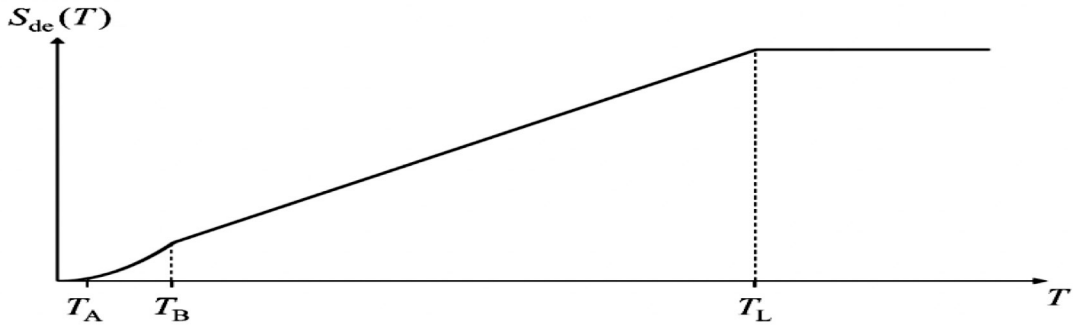
Sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu T_L= 6 s alınacaktır.



Şekil 2-1

2.3.4.2 -Gözönüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için yatay elastik tasarım yerdeğiştirme spektrumu ordinatları olan yatay elastik tasarım spektral yer değiştirmeleri S_{de} (T) , doğal titreşim periyoduna bağlı olarak metre [m] cinsinden Denk.(2.4) ile tanımlanır (Şekil 2.2):

$$S_{de}(T) = \frac{T^2}{4\pi^2}\, g S_{ae}(T) \qquad \textit{Denklem 2.4}$$



Şekil 2-2

2.3.5. Düşey Elastik Tasarım Spektrumu

Gözönüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için düşey elastik tasarım ivme spektrumu ordinatları olan düşey elastik tasarım spektral ivmeleri $S_{aeD}(T)$, yatay deprem yer hareketi için tanımlanan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına ve doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yerçekimi ivmesi [g] cinsinden Denk.(2.5) ile tanımlanır (Şekil 2.3):

Denk (2.5)'te yer alan T_{AD} ve T_{BD} düşey spektrum köşe periyotları ile T_{LD} periyodu Denk (2.6)'da verilmiştir.

$$S_{aeD}(T) = \left(0.32 + 0.48\frac{T}{T_{AD}}\right)S_{DS} \qquad (0 \le T \le T_{AD})$$

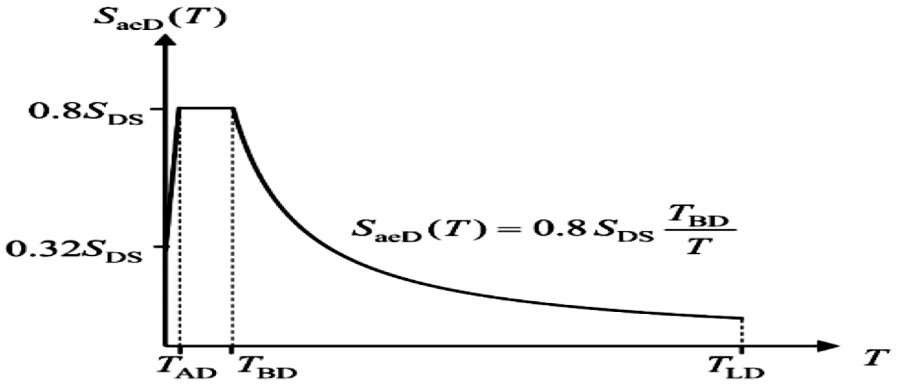
$$S_{aeD}(T) = 0.8\,S_{DS} \qquad (T_{AD} \le T \le T_{BD})$$

$$S_{aeD}(T) = 0.8\,S_{DS}\frac{T_{BD}}{T} \qquad (T_{BD} \le T \le T_{LD})$$

Denklem 2.5

$$T_{AD} = \frac{T_A}{3} \quad ; \quad T_{BD} = \frac{T_B}{3} \quad ; \quad T_{LD} = \frac{T_L}{2}$$

Denklem 2.6



Şekil 2-3

3.1.1. Bina Kullanım Sınıfları

3.2'de tanımlanan Deprem Tasarım Sınıfları belirlenmesine esas olmak üzere Bina Kullanım Sınıfları (BKS), binaların kullanım amaçlarına bağlı olarak Tablo 3.1'de tanımlanmıştır.

3-1-2. Bina Önem Katsayıları

Bina Kullanım Sınıflarına bağlı olarak Bina Önem Katsayıları Tablo 3.1'de tanımlanmıştır.

Tablo 3.1 Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS = 1	**Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar** **a)** Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) **b)** Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. **c)** Müzeler **d)** Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
BKS = 2	**İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar** Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1.2
BKS = 3	**Diğer binalar** BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1.0

3.2. DEPREM TASARIM SINIFLARI

3.1.1'de tanımlanan *Bina Kullanım Sınıflarına* ve DD-2 *deprem yer hareketi düzeyi* için 2.3.2.2'de tanımlanan *Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısına* bağlı olarak, bu Yönetmelikte deprem etkisi altında tasarımda esas alınacak *Deprem Tasarım Sınıfları* (DTS), Tablo 3.2'ye göre belirlenecektir.

Tablo 3.2 - Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (SDS)	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS = 1	**BKS = 2, 3**
$S_{DS} < 0.33$	DTS = 4a	DTS = 4
$0.33 \le S_{DS} < 0.50$	DTS = 3a	DTS = 3
$0.50 \le S_{DS} < 0.75$	DTS = 2a	DTS = 2
$0.75 \le S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

3.3. BİNA YÜKSEKLİĞİ VE BİNA YÜKSEKLİK SINIFLARI

3.3.1. Bina Tabanı ve Bina Yüksekliği

3.3.1.1 - Aşağıda (a) ve (b)'de verilen koşulların her ikisini de sağlayan bodrumlu binalarda bina tabanı, bodrum perdelerinin üst kotundaki kat döşemesi seviyesinde tanımlanır.

(a) Rijit bodrum perdelerinin binayı her taraftan veya en az üç taraftan çevrelemesi,

(b) Birbirine dik bina eksenlerinin her birinin doğrultusundaki hakim titreşim modunda, bodrum katlar dahil binanın tümü için hesaplanan doğal titreşim periyodunun, aynı taşıyıcı sistemde zemin kat döşemesi dahil tüm bodrum kütleleri hesaba katılmaksızın aynı doğrultuda hesaplanan doğal titreşim periyodu oranının 1.1'den küçük olması ($T_{p,tüm} \le 1.1\ T_{p,üst}$)

3.3.1.2 - 3.3.1.1'de verilen koşullardan herhangi birini sağlamayan bodrumlu binalar ve bodrumsuz binalarda bina tabanı temel üst kotunda tanımlanır.

3.3.1.3 - Deprem hesabı bakımından bina yüksekliği H N, 3.3.1.1 veya 3.3.1.2'ye göre tanımlanan bina tabanından itibaren ölçülen yükseklik olarak tanımlanır. Bu tanımda, çatı döşemesinin üzerinde yer alan asansör makine dairesi ve benzeri küçük kütleli uzantılar dikkate alınmayabilir.

3.3.2. Bina Yükseklik Sınıfları

3.3.2.1 - Deprem etkisi altında tasarımda binalar yükseklikleri bakımından sekiz Bina Yükseklik Sınıfı (BYS) ayrılmıştır. Bu sınıflara giren binalar için 3.3.1.3 esas alınarak tanımlanan yükseklik aralıkları, Tablo 3.2'deki Deprem Tasarım Sınıflarına bağlı olarak Tablo 3.3'te verilmiştir.

3.3.2.2 - Tablo 3.3'te BYS =1 olarak belirtilen binalar Bölüm 13'e göre yüksek binalar olarak sınıflandırılacaktır.

Tablo 3.3 Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları

Bina Yükseklik Sınıfı	**Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]**		
	DTS = 1,1a, 2, 2a	**DTS = 3, 3a**	**DTS = 4, 4a**
BYS = 1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS = 2	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N$	$91 < H_N$
BYS = 3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N$	$56 < H_N$
BYS = 4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS = 5	$17.5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS = 6	$10.5 < H_N \leq 17.5$	$17.5 < H_N \leq 28$	
BYS = 7	$7 < H_N \leq 10.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$	
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H\ N \leq 10.5$	

3.4. BİNA PERFORMANS DÜZEYLERİ

Bina Performans Hedeflerinin tanımına esas olmak üzere, deprem etkisi altında bina taşıyıcı sistemleri için Bina Performans Düzeyleri 3.4.1, 3.4.2, 3.4.3, 3.4.4'te tanımlanmıştır.

3.4.1. Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi

Bu performans düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında yapısal hasarın meydana gelmediği veya hasarın ihmal edilebilir ölçüde kaldığı duruma karşı gelmektedir.

3.4.2. Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi

Bu performans düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında sınırlı düzeyde hasarın meydana geldiği, diğer deyişle doğrusal olmayan davranışın sınırlı kaldığı hasar düzeyine karşı gelmektedir.

3.4.3. Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi

Bu performans düzeyi, can güvenliğini sağlamak üzere bina taşıyıcı sistem elemanlarında çok ağır olmayan ve çoğunlukla onarılması mümkün olan hasar düzeyine karşı gelmektedir.

3.4.4. Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi

Bu performans düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında ileri düzeyde ağır hasarın meydana geldiği göçme öncesi duruma karşı gelmektedir. Binanın kısmen veya tamamen göçmesi önlenmiştir.

3.5. DEPREM ETKİSİ ALTINDA BİNA PERFORMANS HEDEFLERİ VE UYGULANACAK TASARIM YAKLAŞIMLARI

Deprem etkisi altında *bina performans hedefleri*, 2.2'de tanımlanan deprem yer hareketi düzeyleri altında hedeflenen ve 3.4'e göre tanımlanan *bina performans düzeylerini* ifade eder.

3.5.1. Bina Performans Hedefleri

3.5.1.1 - 2.2'de tanımlanan dört deprem yer hareketi düzeyi için bu Yönetmelik kapsamındaki binalara uygulanmak üzere, *Deprem Tasarım Sınıfı* DTS =1, 2, 3, 3a, 4, 4a için tanımlanan *Normal Performans Hedefleri* ile *Deprem Tasarım Sınıfı* DTS =1a, 2a için tanımlanan *İleri Performans Hedefleri* Tablo 3.4 ve Tablo 3.5'te verilmiştir. Yapı sahibinin isteğine bağlı olarak Tablo 3.4'teki deprem yer hareketi düzeylerine karşı gelen daha ileri performans hedefleri seçilebilir.

Tablo 3.4. Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Yeni Yapılacak veya Mevcut Binalar İçin Performans Hedefleri ve Uygulanacak Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımları

(a) Yeni Yapılacak Yerinde Dökme Betonarme, Önüretimli Betonarme ve Çelik Binalar (Yüksek Binalar Dışında - BYS ≥ 2)

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1,1a[(1)] , 2, 2a[(1)] , 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a[(2)] , 2a[(2)])	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	--	--	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT[(5)]	KH	DGT[(3,4)]
DD-1	--	--	KH	ŞGDT

(b) Yeni Yapılacak veya Mevcut Yüksek Binalar (BYS = 1)

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-4	KK	DGT	--	--
DD-3	--	--	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT(3)	KH	DGT(3,4)
DD-1	GÖ	ŞGDT	KH	ŞGDT

(c) Mevcut Yerinde Dökme Betonarme, Önüretimli Betonarme ve Çelik Binalar (Yüksek Binalar dışında - BYS ≥ 2)

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	--	--	SH	ŞGDT
DD-2	KH	ŞGDT	--	--
DD-1	--	--	KH	ŞGDT

(1) BYS > 3 olan binalarda uygulanacaktır.
(2) BYS = 2,3 olan binalarda uygulanacaktır.
(3) Ön tasarım olarak yapılacaktır.
(4) I = 1.5 alınarak uygulanacaktır.
(5) Bkz. 3.5.2.2.

3.5.1.2 - Tablo 3.4'te belirtilmeyen yığma, ahşap ve hafif çelik binalar, DD-2 deprem yer hareketinin etkisi altında *Kontrollü Hasar* (KH) performans hedefini sağlayacaktır.

3.5.2. Uygulanacak Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımları

3.5.2.1 - Bölüm 4'te hesap esasları verilen *Dayanıma Göre Tasarım* (DGT) yaklaşımı ile Bölüm 5'te hesap esasları verilen *Şekil Değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım* (ŞGDT) yaklaşımı'nın uygulama kapsamları Tablo 3.4 ve Tablo 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.5. Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Deprem Yalıtımlı Binalar için Performans Hedefleri ve Uygulanacak Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımları

(a) Yeni Yapılacak Deprem Yalıtımlı Binalar - Üstyapı

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-2	SH	DGT	KK	DGT
DD-1	--	--	--	--

(b) Deprem Yalıtımı Yapılarak Güçlendirilecek Mevcut Binalar - Üstyapı

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-2	KH	DGT	SH	DGT
DD-1	--	--	--	--

(c) Yeni Yapılacak ve Güçlendirilecek Deprem Yalıtımlı Binalar - Yalıtım Sistemi ve Altyapı

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-2	--	--	--	--
DD-1	KK	ŞGDT(1)-DGT(2)	KK	ŞGDT(1)-DGT(2)

(1) Yalıtım sistemi için uygulanacaktır.
(2) Altyapı için uygulanacaktır.

3.5.2.2 - Bölüm 8'de tanımlanan tam ard-germeli ön üretimli binaların ön tasarımı DGT yaklaşımı ile kesin tasarımı ise 8.4.3'e göre ŞGDT yaklaşımı ile yapılacaktır.

3.5.2.3 - Tablo 3.4'te belirtilmeyen yığma, ahşap ve hafif çelik binaların tasarımı Bölüm 4'e göre Dayanıma Göre Tasarım (DGT) yaklaşımı ile yapılacaktır.

BÖLÜM 6 - DEPREM ETKİSİ ALTINDA YAPISAL OLMAYAN BİNA ELEMANLARININ TASARIM ESASLARI

6.0. SİMGELER

A_{ie} = DD-2 deprem yer hareketi altında i'nci kattaki eleman veya donanımın döşemeye bağlandığı bölgeye etkiyen en büyük toplam ivme

B_e = Eleman veya donanıma uygulanan büyütme katsayısı

F_{ie} = Eleman veya donanımın ağırlık merkezine yatay olarak etkiyen ve eleman veya donanımın üzerinde kendi kütlesi ile orantılı olarak dağıtılabilen eşdeğer deprem yükü

g = Yerçekimi ivmesi [9.81 m/s^2]

h_i = i'inci katın yüksekliği [m]

h_x, h_y = Yapısal olmayan eleman ve donanımın üst ve alt bağlantı noktalarının ilgili kat tabanından itibaren yüksekliği [m]

I = Bina Önem Katsayısı

k_e = Eleman veya donanımın ve/veya bağlantısının etkin rijitlik katsayısı

m_e = Eleman veya donanımın çalışır durumdaki kütlesi [t]

R = Taşıyıcı sistem davranış katsayısı

R_e = Eleman veya donanım için tanımlanan davranış katsayısı

S_{DS} = Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

T_e = Eleman veya donanımın doğal titreşim periyodu [s]

T_n = Binanın n'inci doğal titreşim periyodu [s]

T_p = Binanın göz önüne alınan deprem doğrultusunda hakim doğal titreşim periyodu [s]

u_i = Binanın i'nci katında göz önüne alınan deprem doğrultusunda azaltılmış deprem yükleri altında göre hesaplanan yatay yer değiştirme

u_{in} = Binanın i'nci katında göz önüne alınan deprem doğrultusunda azaltılmış deprem yükleri altında hesaplanan n'inci moda ait yatay yer değiştirme

(X)e = Tipik (X) deprem doğrultusu için yapısal olmayan eleman ve donanımla ilgili etkin göreli kat ötelemesi

$(X)_{i,max}$ = (X) deprem doğrultusu için, binanın i'inci katındaki etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri [m]

6.1. GENEL KURALLAR

6.1.1 - Depremde hasar görmesi durumunda insanlara veya binanın yapısal sistemine zarar verebilecek veya binanın kullanımına engel olabilecek, taşıyıcı sisteme bağlı fakat bağımsız çalışan her türlü çıkıntılar (balkon, parapet, baca, konsol gibi), cephe ve ara bölme panoları, mimari elemanlar ile mekanik ve elektrik donanımlar ve bunların yapıya bağlantıları için bu Bölüm'de verilen kurallara göre deprem hesabı yapılması zorunludur. Ancak binadaki mobilyalar ile binada geçici olarak bulunan ve binaya bağlı olmayan donanımlar ve ***Deprem Tasarım Sınıfı*** DTS=4 olan binalardaki yapısal olmayan elemanlar için deprem hesabı yapılması zorunlu değildir.

6.1.2 - Yapısal olmayan eleman ve donanımlar yapıya sabit olarak bağlanmalı ve bağlantı elemanları bu Bölümde verilen eşdeğer deprem yüklerini ve yer değiştirmeleri karşılayacak kapasitede olmalıdır. Donanımı yapıya bağlayan bağlantı elemanlarının (örneğin kaynak, bulon, dübel, perçin, vb.) deprem etkisi altında hesabında sürtünmelerden oluşan ilave kapasite göz önüne alınmayacaktır. Bağlantı elemanları, onanımdan yapıya yük aktarımını kesintisiz olarak sağlayacak dayanıma sahip olmalıdır.

6.1.3 - Yapısal olmayan eleman veya donanımın ağırlığı bulunduğu katın toplam ağırlığının %10'undan büyük ise, eleman veya donanım bina taşıyıcı sisteminin bir parçası olarak kabul edilecektir. Bu durumda eleman veya donanımın kütlesi ile binaya bağlantısının rijitlik özellikleri, bina taşıyıcı sisteminin deprem hesabında göz önüne alınacaktır.

6.2. EŞDEĞER DEPREM YÜKLERİ

6.2.1 - Eleman veya donanımın ağırlık merkezine yatay olarak etkiyen ve eleman veya donanıma etkiyen eşdeğer deprem yükü F_{ie} aşağıdaki bağıntı ile tanımlanır:

$$F_{ie} = \frac{m_e A_{ie} B_e}{R_e}$$ ***Denklem 6.1***

Burada m_e eleman veya donanımın çalışır durumdaki kütlesini, A_{ie} DD-2 deprem yer hareketi altında i'nci kattaki eleman veya donanımın döşemeye bağlandığı bölgeye etkiyen en büyük toplam ivmeyi, B_e eleman veya donanıma uygulanan büyütme katsayısını, R_e eleman veya donanım için tanımlanan davranış katsayısını, I ise Tablo 3.1'de tanımlanan bina önem katsayısını göstermektedir. B ve R katsayıları, yapısal olmayan mimari

elemanlar için Tablo 6.1'de, mekanik ve elektrik donanım için ise Tablo 6.2'de verilmiştir.

6.2.2 - Eleman veya donanıma etkiyen en büyük toplam ivme, aşağıda belirtilen hesaplardan elde dilecek en büyük değer olarak tanımlanacaktır:

(a) Bina taşıyıcı sistemi için 4.7'ye göre yapılacak doğrusal deprem hesabı sonucunda, herhangi bir i'nci katın eleman veya donanımın bulunduğu konumunda, ilgili doğrultuda hesaplanan mutlak ivme değeri A_{ie} Denk. (6.2) ile hesaplanacaktır.

$$A_{ie} = (R/I)\left(\frac{2\pi}{T_p}\right)^2 u_i \qquad \textit{Denklem 6.2}$$

Burada T_p , binanın göz önüne alınan deprem doğrultusunda hakim doğal titreşim periyodudur.

R Tablo 4.1'de tanımlanan taşıyıcı sistem davranış katsayısıdır. u_i ise göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın i'nci katında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yatay yer değiştirmedir.

(b) Bina taşıyıcı sistemi için 4.8'e göre yapılan hesapta A_{ie} , 4.8.1.2'e göre YM titreşim modunun her biri için binanın i'inci katında, eleman veya donanımın bulunduğu konumda, ilgili doğrultuda hesaplanan mutlak modal kat ivmesi A_{ien}'lerin karelerinin toplamının kare kökü olarak alınacaktır. A_{ien} Denk (6.3) ile hesaplanacaktır.

$$A_{ien} = (R/I)\left(\frac{2\pi}{T_n}\right)^2 u_{in} \qquad \textit{Denklem 6.3}$$

Burada T_n binanın n'inci doğal titreşim periyodunu, uien ise göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın i'nci katında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yatay modal yer değiştirmeyi göstermektedir.

Tablo 6.1. Mimari Elemanlar için Büyütme ve Davranış Katsayıları

Mimari Eleman	**B_e**	**R_e**
Yapısal olmayan yığma iç duvarlar ve bölmeler	1.0	1.5
Yapısal olmayan diğer iç duvarlar ve bölmeler	1.0	2.5
Yanal desteği olmayan veya yanal desteği ağırlık merkezinin altında olan konsol		
elemanlar (parapetler, konsol iç duvarlar, bacalar vb)	2.5	2.5
Yanal desteği ağırlık merkezinin üstünde olan konsol elemanlar (parapetler, konsol dış duvarlar, bacalar vb).	1.0	2.5
Dış duvarlar ve bağlantıları	1.0	2.5
Cephe kaplama panelleri	1.0	1.5
Yapı sisteminden bağımsız çatı katları	2.5	3.5
Asma tavanlar	1.0	2.5
Depolama kabinleri ve laboratuvar ekipmanları	1.0	2.5
Erişim katları	1.0	1.5
Reklam panoları	2.5	2.5
Diğer rijit mimari elemanlar	1.0	2.5
Diğer esnek mimari elemanlar	2.5	2.5

(c) Bina taşıyıcı sistemi için 4.8.3 veya 5.8'e göre yapılacak zaman tanım alanında deprem hesabı sonucunda, binanın i'nci katında eleman veya donanımın bulunduğu konumda, ilgili doğrultuda onbir (11) yer hareketi takımı için hesaplanan mutlak maksimum ivmelerin ortalaması A_{ie} olarak tanımlanacaktır.

(d) Eleman veya donanımın ve/veya bağlantılarının kendi rijitlik ve kütlelerinin gözönüne alınması gerekli görülen özel durumlarda, eleman veya donanımın bulunduğu konumda 6.2.2 (c)'de tanımlandığı şekilde zaman

tanım alanında elde edilmiş bulunan ivme fonksiyonu kullanılarak kat spektrumu türetilir ve eleman veya donanımın T_e doğal titreşim periyoduna karşı gelen spektral ivmesi A_{ie} olarak hesaplanabilir. T_e doğal titreşim periyodu Denk (6.4) ile hesaplanacaktır.

$$T_e = 2\pi\sqrt{\frac{m_e}{k_e}} \qquad \textit{Denklem 6.4}$$

Burada k_e eleman veya donanımın ve/veya bağlantısının etkin rijitlik katsayısıdır. Bu durumda Denk (6.1)'de tanımlanan Büyütme Katsayısı $B_e = 1$ alınacaktır.

6.2.3 -Denk (6.1) ile hesaplanan eşdeğer deprem yükü, Denk (6.5)'te verilen değerden daha küçük alınmayacaktır.

$$F_{ie} \geq 0.3 m_e I S_{DS} g \qquad \textit{Denklem 6.5}$$

Tablo 6.2. Mekanik ve Elektrik Donanımlar için Büyütme ve Davranış Katsayıları

Mekanik veya Elektrik Donanım	**Be**	**Re**
Havalandırma, ısıtma, soğutma sistemleri gibi sacdan yapılmış mekanik sistemler	2.5	6.0
Su ısıtıcıları, su soğutucuları, ısı değiştirme sistemleri gibi esnek malzemelerden yapılmış mekanik sistemler	1.0	2.5
Motorlar, türbinler, pompalar, kompresörler, vb. elemanlar	1.0	2.5
Asansörler ve yürüyen merdiven aksamları	1.0	2.5
Jeneratörler, trafolar ve benzeri elektrik donanımları	1.0	2.5
İnce sacdan yapılmış kontrol panelleri, enstrüman kabinleri, bağlantı ve değiştirme kutuları, ve benzeri donanımlar	2.5	6.0
Haberleşme ekipmanları, bilgisayarlar, cihazlar ve kontrol sistemleri	1.0	2.5
Ağırlık merkezinin altından yatay olarak desteklenen çatıya inşa edilmiş bacalar, kuleler, soğutma ve elektrik sistemleri	2.5	3.0
Ağırlık merkezinin üstünden yatay olarak desteklenen çatıya inşa edilmiş bacalar, kuleler, soğutma ve elektrik sistemleri	1.0	2.5
Aydınlatma sistemleri	1.0	1.5
Diğer mekanik ve elektrik sistemler	1.0	1.5
Titreşim yalıtımı uygulanmış donanımlar	2.5	2.5
İçinden yalıtılmış donanımlar	2.5	2.0
Titreşim yalıtımlı askı sistemleri tarafından taşınan veya içinden yalıtılmış asılı donanımlar	2.5	2.5
Şekil değiştirme kapasitesi düşük malzemelerden (örn. dökme demir, cam, rijit plastik gibi) yapılmış boru ve tüp sistemleri	2.5	3.0
Şekil değiştirme kapasitesi yüksek malzemelerden yapılmış ve birbirine kaynak veya sert lehimle bağlanmış kanal dağıtım sistemleri	2.5	9.0
Şekil değiştirme kapasitesi yüksek malzemelerden yapılmış ve birbirine kaynak veya sert lehim dışında maddelerle bağlanmış kanal dağıtım sistemleri	2.5	6.0
Şekil değiştirme kapasitesi düşük malzemelerden (örn. dökme demir, cam, rijit plastik gibi) yapılmış kanal dağıtım sistemleri	2.5	3.0
Elektrik iletim boruları, su boruları, rijit olarak bağlanmış kablo tepsileri	1.0	2.5
Asılı kablo tepsileri	2.5	6.0

6.2.4 - Eşdeğer deprem yükü, birbirine dik iki yatay deprem doğrultusunda ayrı ayrı olmak üzere, eleman veya donanımın sabit yükü, elemanın taşıdığı servis yükleri ve ($\pm 0.3\, m_e\, IS_{DS} g$) büyüklüğünde düşey eşdeğer deprem yükü ile uygulanacaktır.

6.2.5 - Bina taşıyıcı sistemine askı tipi (zincir, kablo gibi) bağlantılarla tutturulmuş eleman veya donanımlarda, yukarıda belirtilen eşdeğer deprem yükleri yerine, eleman veya donanım ağırlığının 1,4 katına eşit olan bir yük yatay ve düşey doğrultularda birlikte uygulanarak hesap yapılacaktır.

6.3. YER DEĞİŞTİRMELERİN SINIRLANDIRILMASI

6.3.1 - Yapısal olmayan elemanlar ve donanımın aynı yapının farklı yer değiştirme yapabilecek iki ayrı noktasına veya iki ayrı taşıyıcı sistemdeki noktalara bağlandığı durumlarda, bağlantı noktaları arasında deprem sırasında meydana gelen göreli yer değiştirmelerden oluşan etkiler de gözönüne alınmalıdır. Göreli yer değiştirmeler, Bölüm 4 veya Bölüm 5'e göre uygulanacak hesap yönteminin sonuçlarını kullanarak elde edilecektir.

6.3.2 - Tipik (X) deprem doğrultusu için yapısal olmayan eleman ve donanımla ilgili etkin göreli kat ötelemesi $\delta_{\varepsilon}^{(X)}$ Denk(6.6)'yı sağlayacaktır.

$$\delta_e^{(X)} \le \left(h_x - h_y\right)\frac{\delta_{i,max}^{(X)}}{h_i} \qquad \textit{Denklem 6.6}$$

Burada h_X ve h_Y sırası ile, yapısal olmayan eleman ve donanımın üst ve alt bağlantı noktalarının ilgili kat tabanından itibaren yüksekliğini, $\delta_{max}^{(X)}/ h_i$ ise, kullanılan yönteme göre 4.9.1.3'de izin verilen en büyük göreli kat ötelemesi oranını göstermektedir.

EK-2 KATI VE SIVILARDA SES HIZLARI

Tablo 1: Katılarda Ses Hızları

Ses Hızı* Kesme Dalgası (25°C)	
Malzeme	**m/s**
Çelik, %1 Karbon, sertleştirilmiş	3,150
Karbon Çelik	3,230
Hafif Çelik	3,235
Çelik, %1 Karbon	3,220
302 Paslanmaz Çelik	3,120
303 Paslanmaz Çelik	3,120
304 Paslanmaz Çelik	3,141
304L Paslanmaz Çelik	3,070
316 Paslanmaz Çelik	3,272
347 Paslanmaz Çelik	3,095
Alüminyum	3,100
Alüminyum (haddelenmiş)	3,040
Bakır	2,260
Bakır (Tavlanmış)	2,325
Bakır (haddelenmiş)	2,270
Cuni (%70 Cu %30 Ni)	2,540
Cuni (%90 Cu %10 Ni)	2,060
Pirinç (Deniz)	2,120
Altın (sert çekilmiş)	1,200
Inconel	3,020
Demir (elektrolitik)	3,240
Demir (Armco)	3,240
Sünek Demir	3,000
Dökme Demir	2,500
Monel	2,720
Nikel	2,960
Tin (haddelenmiş)	1,670
Titanyum	3,125
Tungsten (Tavlanmış)	2,890
Tungsten (çizilmiş)	2,640
Tungsten (karbür)	3,980
Çinko (haddelenmiş)	2,440
Cam (pyrex-Ateşe dayanıklı)	3,280
Cam (ağır silikonlu)	2,380
Cam (ışık optik yayıcı)	2,840
Naylon	1,150
Naylon, 6-6	1,070
Polietilen (LD-Düşük Yoğunlukta)	540
PVC, CPVC	1,060
Akrilik	1,430

* Bu değerlerin nominal olarak kabul edilmesi gerektiğini lütfen unutmayın. Katılar homojen ve Anizotropik olabilir. Gerçek değerler tam bileşimi, sıcaklık ve daha az bir ölçüde, basınç ve stres bağlıdır

Tablo 2: Akışkanlarda Ses Hızları

	v/Ã°C				
Madde	**Kimyasal Formül**	**Özgül Yerçekimi**	**m/s**	**m/s/°C**	**m^2/s**
Asetik anhidrit (22)	(CH3CO)2O	1.082 (20°C)	1,180	2.5	0.769
Asetik asit, anhidrit (22)	(CH3CO)2O	1.082 (20°C)	1,180	2.5	0.769
Asetik asit, nitril	C2H3N	0.783	1,290	4.1	0.441
Asetik asit, etil ester (33)	C4H802	0.901	1,085	4.4	0.467
Asetik asit, metil ester	C3H6O2	0.934	1,211		0.407
Aseton	C3H6O	0.791	1,174	4.5	0.399
Asetonitril	C2H3N	0.783	1,290	4.1	0.441
Asetonlaceton	C6H10O2	0.729	1,399	3.6	
Asetilen diklorür	C2H2Cl2	1.26	1,015	3.8	0.400
Asetilen tetrabromür (47)	C2H2Br4	2.966	1,027		
Asetilen tetraklorür (47)	C2H2Cl4)	1.595	1,147		1.156 (15°c)
Alkol	C2H6O	0.789	1,207	4.0	1.396
Alkazene-13	C15H24	0.86	1,317	3.9	
Alkazene-25	C10H12Cl2	1.20	1,307	3.4	
2-Amino-etanol	C2H7NO	1.018	1,724	3.4	
2-Aminotolidin(46)	C7H9N	0.999 (20°C)	1,618		4.394 (20°C)
4-Aminotolidin(46)	C7H9N	0.966 (45°C)	1,480		1.863 (50°C)
Amonya (35)	NH3	0.771	1.729 (-33°C)	6.68	0.292 (-33°C)
Amorföz Poliolefin		0.98	962.6 (190°C)		26,600
t-Amyl Pololefin	C5H12O	0.81	1,204		4.374
Aminobenzen (41)	C6H5NO2	1.022	1,639	4.0	3.63
Anilin (41)	C6H5NO2	1.022	1,639	4.0	3.63
Argon (45)	Ar	1.400 (-188°C)	853 (-188°C)		
Azine	C6H5N	0.982	1,415	4.1	0.992 (20°C)
Benzen (29, 40, 41)	C6H6	0.879	1,306	4.65	0.711
Benzol (29, 40, 41)	C6H6	0.879	1,306	4.65	0.711
Brom (21)	Br2	2.928	889	3.0	0.323
Bromo-benzen (46)	C6H5Br	1.522	1.170 (20°C)		0.693
1-Bromo-bütan (46)	C4HgBr	1.276 (20°C)	1,019		0.275
Bromo-etan (46)	C2H5Br	1.460 (20°C)	900 (20°C)		0.275
Bromoform (46,47)	CHBr3	2.89 (20°C)	918	3.1	0.654
n-Bütan(2)	C4H10	0.601 (0°C)	1,085 (-5°C)	5.8	
2-Butanol	C4H10O	0.81	1,240	3.3	3.239
sn-Butilalkol	C4H10O	0.81	1,240	3.3	3.239
n-Butil bromür (46)	C4H9Br	1.276 (20°C)	1,019 (20°C)		0.49 (15°C)
n-Butil klorür (22,46)	C4H9Cl	0.887	1,140	4.57	0.529 (15°C)
Tert Butil klorür	C4H9Cl	0.84	984	4.2	0.646
Butil oleate	C22H42O2		1,404	3.0	
2,3 Bütilen glikol	C4H10O2	1.019	1,484	1.51	
Kadmiyum (7)	Cd		2,237.7 (400°C)		1.355cp (440°C)
Karabina (40,41)	CH4O	0.791 (20°C)	1,076	292	0.695

Karbitol	C6H14O3	0.988	1,458		
Karbondioksit (26)	Co2	1.101 (-37°C)	839 (-37°C)	7.71	0.137 (-37°C)
Karbon disülfür	CS2	1.261 (22°C)	1,149		0.278
Karbon tetraklorür (33, 35, 47)	CCl4	1.595 (20°C)	926	2.48	0.607
Karbon tetraflorür (14) (Freon 14)	FFQ	1.75 (-150°C)	875.2 (-150°C)	6.61	
Cetane (23)	C16H34	0.773 (20°C)	1,338	3.71	4.32
Kloro-benezene	C6H5Cl	1.106	1,273	3.6	0.722
1-Kloro-bütan (22,46)	C4H9Cl	0.887	1,140	4.57	0.529 (15°C)
Kloro-diFlorometan (3) (Freon 22)	CHClF2	1.491 (-69°C)	893.9 (-50°C)	4.79	
Kloroform (47)	CHCl3	1.489	979	3.4	0.55
1-Kloro-propan (47)	C4H7Cl	0.892	1,058		0.378
Klorotriflorometan	CClF3		724 (-82°C)	5.26	
Cinnamaldehit	C9H8O	1.112	1,554	3.2	
Sinnamik aldehit	C9H8O	1.112	1,554	3.2	
Kolamin	C2H7NO	1.018	1,724	3.4	
o-Cresol (46)	C7H8O	1.047	1,541		4.29
m-Cresol (46)	C7H8O	1.034 (20°C)	1,500 (20°C)		5.979 (40°C)
Siyanometan	C2H3N	0.783	1,290	4.1	0.441
Sikloheksane (15)	C6H12	0.779	1,248	5.41	1.31
Sikloheksane	C6H12O	0.962	1,454	3.6	0.071 (17°C)
Sikloheksanone	C6H10O	0.948	1,423	4.0	
Decane (46)	C10H22	0.730	1,252		1.26 (20°C)
1-Decane (27)	C10H20	0.746	1,235	4.0	
n-Decylene (27)	C10H20	0.746	1,235	4.0	
Diasetil	C4H6O2	0.99	1,236	4.6	
Diamylamin	C10H23N		1,235	3.9	
1,2 Dibrimo-etan (47)	C2H4Br2	2.18	995		0.79 (20°C)
trans-1,2-Dibromoethane (47)	C2H2Br2	2.231	935		
Dibutil ftalat	C8H22O4		1,408		
Dikloro-t-butil alkol	C4H8Cl2O		1,304	3.8	
2,3 Dichlorodioxane	C2H6Cl2O2		1,391	3.7	
Diklorodiflorometan (3) (Freon 12)	CCl2F2	1.516 (40°C)	774.1	4.24	
1,2 Dikloro etan (47)	C2H4Cl2	1.253	1,193		0.61
cis1,2-Dichloro-ethene (3, 47)	C2H2Cl2	1.284	1,061		
trans1,2-Dichloro-ethene (3,47)	C2H2Cl2	1.257	1,010		
Dikloro-florometan (3) (Freon 21)	CHCl2F	1.426 (0°C)	891 (0°C)	3.97	
1-2-Dichlorohexafluoro-siklobütan (47))	C4Cl2F6	1.654	669		
1-3-Dikloro-isobütan	C4H8Cl2	1.14	1,220	3.4	
Dikloro metan (3)	CH2Cl2	1.327	1,070	3.94	0.31
1,1-Dikloro-1,2,2,2 tetra floroetan	CClF2-CClF2	1.455	665.3 (-10°C)	3.73	
Dietil eter	C4H10O	0.713	985	4.87	0.311
Dithilen glikol	C4H10O3	1.116	1,586	2.4	
Dietilen glikol, monoetil eter	C6H14O3	0.988	1,458		
Dietietilenimid oksit	C4H9NO	1.00	1,442	3.8	
1,2-bis(DiFluoramino) bütan (43)	C4H8(NF2)2	1.216	1,000		

1,2-bis(DiFluoramino)-2-metilpropan (43)	C4H9(NF2)2	1.213	900		
1,2-bis(DiFluroamino)-propan (43)	C3H6(NF2)2	1.265	960		
2,2-bis(DiFluoramino)- propan (43)	C3H6(NF2)2	1.254	890		
2,2-Dihidroksidiethy eter	C4H10O3	1.116	1,586	2.4	
Dihidroksetan	C2H6O2	1.113	1,658	2.1	
1,3-Dimethyl-benzen (46)	C8H10	0.868 (15°C)	1,343 (20°C)		0.749 (15°C)
1,2-Dimethyl-benzen (29, 46)	C8H10	0.897 (20°C)	1,331.5	4.1	0.903 (20°C)
1,4-Dimethyl-benzen (46)	C8H10		1,334 (20°C)		0.662
2,2-Dimethyl-bütan (29, 33)	C6H14	0.649 (20°C)	1,079		
Dimetil keton	C3H6O	0.791	1,174	4.5	0.399
Dimetil pentane (47)	C7H16	0.674	1,063		
Dimetil ftalat	C8H10O4	1.2	1,463		
Diido-metan	CH2I2	3.235	980		
Dioksan	C4H8O2	1.033	1,376		
Ondecane (23)	C12H26	0.749	1,279	3.85	1.80
1,2-Etanediol	C2H6O2	1.113	1,658	2.1	
Etaneitril	C2H3N	0.783	1,290		0.441
Etanoik anhidrit (22)	(CH3CO2)2O	1.082	1,180		0.769
Etanol	C2H6O	0.789	1,207	4.0	1.39
Etanol amid	C2H7NO	1.018	1,724	3.4	
Etoksietan	C4H10O	0.713	985	4.87	0.311
Etil asetat (33)	C4H8O2	0.901	1,085	4.4	0.489
Etil alkol	C2H6O	0.789	1,207	4.0	1.396
Etil benzen	C8H10	0.867 (20°C)	1,338 (20°C)		0.797 (17°C)
Etil Bromür (46)	C2H5Br	1.461 (20°C)	900 (20°C)		0.275 (20°C)
Etiyodid (46)	C2H5I	1.950 (20°C)	876 (20°C)		0.29
Eter	C4H10O	0.713	985	4.87	0.311
Etil eter	C4H10O	0.713	985	4.87	0.311
Etyene bromür (47)	C2H4Br2	2.18	995		0.79
Etilen klorür (47)	C2H4Cl2	1.253	1,193		0.61
Etilen glikol	C2H6O2	1.113	1,658	2.1	17,208 (20°C)
d-Fenochone	C10H16O	0.947	1,320		0.22
d-2-Fenechanone	C10H16O	0.947	1,320		0.22
Flor	F	0.545 (-143°C)	403 (-143°C)	11.31	
Floro-benzen (46)	C6H5F	1.024 (20°C)	1,189		0.584 (20°C)
Formaldehit, metil ester	C2H4O2	0.974	1,127	4.02	
Formamide	CH3NO	1.134 (20°C)	1,622	2.2	2.91
Formik asit, amid	CH3NO	1.134 (20°C)	1,622		2.91
Freon R12			774.2		
Furfural	C5H4O2	1.157	1,444	3.7	
Furfural alkol	C5H6O2	1.135	1,450	3.4	
Fural	C5H4O2	1.157	1,444	3.7	
2-Furalehit	C5H4O2	1.157	1,444	3.7	
2-Furancarboxaldehit	C5H4O2	1.157	1,444	3.7	
2-Furyl-Metanol	C5H6O2	1.135	1,450	3.4	

Galyum	Ga	6.095	2,870		
Gliserin	C3H8O3	1.26	1,904	2.2	757.1
Gliserol	C3H8O3	1.26	1,904	2.2	757.1
Glikol	C2H6O2	1.113	1658	2.1	
%50 Glikol / %50 H2O			1,578		
Helyum (45)	Ner	0.125 (-269°C)	183 (-269°C)		0.025
Heptane (22,23)	C7H16	0.684 (20°C)	1,131	4.25	0.598 (20°C)
n-Heptane (29, 33)	C7H16	0.684 (20°C)	1,180	4.0	
Hexachloro-Cyclapentadiene (47)	C5Cl6	1.7180	1,150		
Hexadecane (23)	C16H34	0.773 (20°C)	1,338	3.71	4.32 (20°C)
Hexalin	C6H12O	0.962	1,454	3.6	70.69 (17°C)
Heksane (16, 22, 23)	C6H14	0.659	1,112	2.71	0.446
n-Hexane (29, 33)	C6H14	0.649 (20°C)	1,079	4.53	
2,5-Hexanedione	C6H10O2	0.729	1,399	3.6	
n-Hexanol	C6H14O	0.819	1,300	3.8	
Heksahidrobenzen	C6H12	0.779	1,248	5.41	1.31 (17°C)
Heksahidrofenol	C6H12O	0.962	1,454	3.6	
Hexamethylene (15)	C6H12	0.779	1,248	5.41	1.31 (17°C)
Hidrojen (45)	H2	0.071 (-256°C)	1,187 (-256°C)		0.003 (-256°C)
2-Hidroksi-toluen (46)	C7H8O	1.047 (20°C)	1,541 (20°C)		4.29 (40°C)
3-Hidroksi-toluen (46)	C7H8O	1.034 (20°C)	1,500 (20°C)		5.979 (40°C)
İado benzen (46)	C6H5I	1.823	1,114 (20°C)		0.954
İado-etan (46)	C2H5I	1.950 (20°C)	876 (20°C)		0.29
İado-metan	CH3I	2.28 (20°C)	978		0.211
İzobutil asetat (22)	C6H12O		1,180 (27°C)	4.85	
Izobutanol	C4H10O	0.81 (20°C)	1,212		
Iso-bütan			1219.8		
Isopentane (36)	C5H12	0.62 (20°C)	980	48	0.34
İzopropanol (46)	C3H8O	0.785 (20°C)	1.170 (20°C)		2.718
İzopropil alkol (46)	C3H8O	0.785 (20°C)	1.170 (20°C)		2.718
Gazyağı		0.81	1,324	3.6	
Ketohexamethylene	C6H10O	0.948	1,423	4.0	
Lityum florür (42)	Lıf		2,485 (900°C)	1.29	
Cıva (45)	Hg	13.594	1,449 (24°C)		0.114
Mesityloxide	C6H16O	0.85	1,310		
Metan (25, 28, 38, 39)	CH4	0.162 (-89°C)	405 (-89°C)	17.5	
Methanol (40, 41)	CH4O	0.791 (20°C)	1,076	292	0.695
Methyl acetate	C3H6O2	0.934	1,211		0.407
o-Methylaniline	C7H9N	0.999 (20°C)	1,618		4.394 (20°C)
4-Methylaniline	C7H9N	0.966 (45°C)	1,480		1.863 (50°C)
Methyl alcohol (40,44)	CH4O	0.791	1,076	292	0.695
Methyl benzene	C7H8	0.867	1,328 (20°C)	4.27	0.644
2-Methyl-butane (36)	C5H12	0.62 (20°C)	980		0.34
Methyl carbinol	C2H6O	0.789	1,207	4.0	1.396
Methyl-chloroform (47)	C2H3Cl3	1.33	985		0.902 (20°C)

Methyl-cyanide	C2H3N	0.783	1,290		0.441
3-Methyl cyclohexanol	C7H14O	0.92	1400		
Methylene chloride (3)	CH2Cl2	1.327	1,070	3.94	0.31
Methylene iodide	CH2I2	3.235	980		
Methyl formate (22)	C2H4O2	0.974	1.127	4.02	
Methyl iodide	CH3I	2.28 (20°C)	978		0.211
a-Methyl napthalene	C11H10	1.090	1,510	3.7	
2-Methylphenol	C7H8O	1.047	1,541		4.29
3-Methylphenol	C7H8O	1.034 (20°C)	1500 (20°C)		5979 (40°C)
Milk, homogenized			1,548		
Morpholine	C4H9NO	1.00	1,442	3.8	
Naptha		0.76	1,225		
Natural Gas (37)		0.316 (-103°C)	753 (-103°C)		
Neon (450	Ne	1.207 (-246°C)	595 (-246°C)		
Nitrobenzene (46)	C6H5NO2	1.204 (20°C)	1,415 (20°C)		1.514
Nitrogen (45)	N2	0.808 (-199°C)	962 (-199°C)		0.217 (-199°C)
Nitromethane (43)	CH3NO2	1.135	1,300	4.0	0.549
Nonane (23)	C9H2O	0.718 (20°C)	1,207	4.04	0.99 (20°C)
1-Nonene (27)	C9H18	0.736 (20°C)	1,207	4.0	
Octane (23)	C8H18	0.703	1,172	4.14	0.73
n-Octane (29)	C8H18	0.704 (20°C)	1,212.5	3.50	0.737
1-Octene (27)	C8H16	0.723 (20°C)	1,175.5	4.10	
Oil of Camphor Sassafrassy			1390	3.8	
Oil, Car (SAE 20a.30)		1.74	870		190
Oil, Castor	C11H10O10	0.969	1,477	3.6	0.670
Oil, Diesel		0.80	1,250		
Oil, Fuel AA gravity		0.99	1,485	3.7	
Oil (Lubricating X200)			1530		
Oil (Olive)		0.912	1431	2.75	100
Oil (Peanut)		0.936	1,458		
Oil (Sperm)		0.88	1,440		
Oil, 6			1,509		
2,2-Oxydiethanol	C4H10O3	1.116	1,586	2.4	
Oxygen (45)	O2	1.155(-186°C)	952 (-186°C)		0.173
Pentachlorine-ethane (47)	C2HCl5	1.687	1,082		
Pentalin (47)	C2HCl5	1.687	1,082		
Pentane (36)	C5H12	0.626 (20°C)	1,020		0.363
n-Pentane (47)	C5H12	0.557	1,006		0.41
Perchlorocyclopentadiene (47)	C5Cl6	1.718	1,150		
Perchloro-ethylene (47)	C2Cl4	1.632	1,036		
Perfluoro-1-Hepten (47)	C7F14	1.67	583		
Perfluoro-n-Hexane (47)	C6F14	1.672	508		
Phene (29, 40, 41)	C6H6	0.879	1306	4.65	0.711
b-Phenyl acrolein	C9H8O	1.112	1554	3.2	
Phenylamine (41)	C6H5NO2	1.022	1639	4.0	3.63

Phenyl bromide (46)	C6H5Br	1.522	1170 (20°C)		0.693
Phenyl chloride	C6H5Cl	1.106	1273	3.6	0.722
Phenyl iodide (46)	C6H5I	1.823	1114 (20°C)		0.954 (15°C)
Phenyl methane (16, 52)	C7H8	0.867 (20°C)	1328 (20°C)	4.27	0.644
3-Phenyl prapenal	C9H8O	1.112	1554	3.2	
Phthalardione	C8H4O3		1125 (152°C)		
Phthalic acid, anhydride	C8H4O3		1125 (152°C)		
Pthalic anhydride	C8H4O3		1125 (152°C)		
Pimelic ketone	C6H10O	0.948	1423	4.0	
Plexigas, Lucite, Acrylic			2651		
Polyterpene Resin		0.77	1099.8		39,000
Potassium bromide (42)	KBr		1169 (900°C)	0.71	.715cp (900°C)
Potassium fluoride (42)	KF		1792 (900°C)	1.03	
Potassium Iodide (42)	KI		985 (900°)	0.64	
Potassium nitrate (48)	KNO3	1.859 (352°C)	1740.1 (352°C)	1.1	1.19 (327°C)
Propane (2,13) (-45 to -130°C)	C3H8	0.585 (-45Ãƒ???°C)	1003 (-45°C)	5.7	
1,2,3-Propanetriol	C3H8O3	1.26	1904	2.2	.000757
1-Propanol (46)	C3H8O	0.78 (20°C)	1222 (20°C)		
2-Propanol (46)	C3H8O	0.785 (20°C)	1170 (20°C)		2.718
2-Propanone	C3H6O	0.791	1174	4.5	0.399
Propene (17, 18, 35)	C3H6	0.563 (-13°C)	963 (-13°C)	6.32	
n-Propyl acetate (22)	C5H10O2		1280 (2°C)	4.63	
n-Propyl-alcohol	C3H8O	0.78 (20°C)	1,222 (20°C)		2.549
Propylchloride (47)	C3H7Cl	0.892	1058		0.378
Propylene (17, 18, 35)	C3H6	0.563 (-13°C)	963 (-13°C)	6.32	
Pyridine	C6H5N	0.982	1415	4.1	0.992 (20°C)
Refrigerant 11 (3,4)	CCl3F	1.49	828.3 (0°C)	3.56	
Refrigerant 12 (3)	CCl2F2	1.516 (-40°C)	774.1 (-40°C)	4.24	
Refrigerant 14 (14)	CF4	1.75 (-150°C)	875.24 (-150°C)	6.61	
Refigerant 21 (3)	CHCl2F	1.426 (0°C)	891 (0°C)	3.97	
Refrigerant 22 (3)	CHClF2	1.491 (-69°C)	893.9 (50°C)	4.79	
Refrigerant 113 (3)	CCl2F-CClF2	1.563	783.7 (0°C)	3.44	
Refrigerant 114 (3)	CClF2-CClF2	1.455	665.3 (-10°C)	3.73	
Refrigerant 115 (3)	C2ClF5		656.4 (-50°C)	4.42	
Refigerant C318 (3)	C4F8	1.62 (-20°C)	574 (-10°C)	3.88	
Selenium (8)	Se		1072 (250°C)	0.68	
Silicone (30 cp)		0.993	990		30
Sodium fluoride (42)	NoF	0.877	2082 (1000°C)	1.32	
Sodium nitrate (48)	NoNO3	1.884 (336°C)	1763.3 (336°C)	0.74	1.37 (336°C)
Sodium nitrite (48)	NoNO2	1.805 (292°C)	1876.8 (292°C)		
Solvesso # 3		0.877	1370	3.7	
Spirit of wine	C2H6O	0.789	1207	4.0	1.396
Sulfur (7, 8, 10)	S		1177 (250°C)	-1.13	
Sulfuric Acid (1)	H2SO4	1.841	1257.6	1.43	11.16
Tellerium (7)	Te		991 (450°C)	0.73	

1,1,2,2-Tetrabromo-ethane (47)	C2H2Br4	2966	1027		
1,1,2,2-Tetrachloro-ethane (67)	C2H2Cl4	1595	1147		1156 (15°C)
Tetrachloroethane	C2H2Cl4	1553 (20°C)	1170 (20°C)		1.19
Tetrachloro-ethene (47)	C2Cl4	1.632	1036		
Tetrachloro-Methane (33, 47)	CCl4	1.595 (20°C)	926		0.607
Tetradecane (46)	C14H3O	0.763 (20°C)	1331 (20°C)		2.86 (20°C)
Tetraethylene glycol	C8H18O5	1.123	1586	3.0	
Tetrafluoro-methane (14) (Freon 14)	CF4	1.75 (-150°C)	875.24 (-150°C)	6.61	
Tetrahydro-1,4-isoxazine	C4H9NO	1.000	1442	3.8	
Toluene (16, 52)	C7H8	0.867 (20°C)	1328 (20°C)	4.27	0.644
a-Toluidine (46)	C7H9N	0.999 (20°C0	1618		4.394 (20°C)
p-Toluidine (46)	C7H9N	0.966 (45°C)	1480		1.863 (50°C)
Toluol	C7H8	0.866	1308	4.2	0.58
Tribromo-methane (46,47)	CHbr3	2.89 (20°C)	918		0.654
1,1,1-Trochloro-ethane (47)	C2H3Cl3	1.33	985		0.902 (20°C)
Trichloro-ethene (47)	C2HCl3	1.464	1028		
Trichloro-fluoromethane (3) (Freon 11)	CCl3F	1.49	828.3 (0°C)	3.56	
Trichloro-methane (47)	CHCl3	1.489	979	3.4	0.55
1,1,2-Trichloro- 1,2,2-Tricfluoro-Etham	CCl2F-CClF2	1.563	783.7 (0°C)		
Triethyl-amine (33)	C6H15N	0.726	1123	4.47	
Triethylene glycol	C6H14O4	1.123	1608	3.8	
1,1,1-Trifluoro-2-Chloro-2-Bromo-Ethane	C2HClBrF3	1.869	693		
1,2,2-Trifluorotrichloro-ethane (Freon 13)	CCl2F-CClF2	1.563	783.7 (0°C)	3.44	
d-1,2,2-Trimethylnorcamphor	C10H16O	0.947	1320		0.22
Trinitroluene	C7H5(NO2)3	1.64	1610 (81°C)		
Turpentine		0.88	1255		1.4
Unisis 800		0.87	1346		
Water, distilled (49, 50)	H2O	0.996	1498	-2.4	1.00
Water, heavy	D2O		1400		
Water, sea		1.025	1531	-2.4	1.00
Wood Alcohol (40, 41)	CH4O	0.791	1076	2.92	0.695
Xenon (45)	Xe		630 (-109°C)		
m-Xylene (46)	C8H10	0.868 (15°C)	1343 (20°C)		0.749 (15°C)
o-Xylene (29, 46)	C8H10	0.897	1,331.5	4.1	0.903 (20°C)
p-Xylene (46)	C8H10		1334 (20°C)		0.662
Xylene hexafluoride	C8H4F6	1.37	879		0.613
Zinc (7)	Zn		3298 (450°C)		

EK-3 ASTM GALVANİZ STANDARTLARI

ASTM Teknik Özellikleri

ASTM'nin telif hakkı, AGA'nın listelenen özelliklerin tam metin sürümlerini çevrimiçi olarak içermesine izin vermez. Bununla birlikte, AGA galvanizleme ile ilgili özelliklerin bir derlemesini sağlar. AGA'dan bir kopya satın alın veya yerel galvanizleyicinizle iletişime geçin.



Aşağıda, ilgili çeşitli sıcak daldırma galvanizleme özelliklerinin bir özeti bulunmaktadır.

- ASTM Ana Standartları
- ASTM Ön Galvanizleme Tasarım Destek Özellikleri
- ASTM Galvanizleme Sonrası Destekleyici Özellikler
- Diğer Teknik Özellikler

ASTM Specifications | American Galvanizers Association (galvanizeit.org)

ASTM Ana Standartları



ASTM A123/A123M

Demir ve Çelik Ürünlerinde Çinko (Hot-Dip Galvanizli) Kaplamalar için Şartname, bireysel çelik parçalarının yanı sıra çeşitli malzeme sınıflarının montajlarını kapsar. Şartnamede kapsanan malzeme kategorileri arasında yapısal çelik ve plaka, şeritler ve çubuklar, borular ve borular ve teller yer almaktadır. İmalatlar, çerçeve montajı gibi birden fazla malzeme kategorisine sahip olabilir. Bu ürünlerin herhangi bir kombinasyonu tek bir imalat halinde monte edilebilir ve daha sonra sıcak daldırma galvanizlenebilir.

Ürünün sıcak daldırma galvanizleme işleminden (destekleyici özellikler) önce düzgün bir şekilde tasarlandığından ve inşa edildiğinden emin olmak tasarımcının ve imalatçının sorumluluğundadır. Galvaniz yapıcı sorumluluğu, ürün referans alınan teknik özelliklere uygun olarak tasarlandığı ve imal edildiği sürece spesifikasyonlara uyulmasını sağlamaktır. Bununla birlikte, galvanizleme, ürünü drenajı veya havalandırmayı

kolaylaştırmak için delikler açmak gibi sıcak daldırma galvanizleme için hazırlamak için ek çalışma yapmak zorunda kalırsa, galvaniz kaplamacı müşteriyle iletişim kuracak ve sorunu çözecektir.

ASTM A123/A123 M'de listelenen gereksinimler arasında kaplama kalınlığı, kaplama, görünüm ve yapışma bulunur. Kaplama kalınlığı için spesifikasyon gereksinimleri sadece minimumları içerir, şartnamede maksimum kaplama kalınlığı sınırlaması yoktur. Bitiş gereksinimi sürekli, pürüzsüz ve tekdüzedir, görünüm ise kaplamasız alanlar veya kullanıma yönelik imalatlara müdahale eden sorunlar gerektirmez. Son olarak, yapışma gereksinimi, tüm kaplamanın galvanizli çeliğin hizmet ömrü boyunca güçlü bir yapışmaya sahip olmasıdır.

ASTM A153/A153M



Demir ve Donanımda Çinko Kaplama (Hot-Dip) için Şartname, dökümler, bağlantı elemanları, haddelenmiş, preslenmiş ve dövülmüş ürünler gibi donanım ürünleri ve fazla çinkoyu çıkarmak için santrifüj metodu ile, döndürülecek veya başka bir şekilde ele alınacak çeşitli dişli nesneler için geçerlidir. Bu şartname gereksinimleri, dişli ürünlerin eklenmesi ve gevreklik gereksinimleri dışında A123'tekilere çok benzer.

A153, kaplamasız alan (iş parçacıkları dahil) veya kullanım amacını engelleyen sorunlar olmadan sürekli, pürüzsüz ve düzgün bir kaplama gerektirir. Kaplama kalınlığı minimumları vardır, ancak maksimum yoktur ve dişler kaplama kalınlığı gereksinimine tabi değildir. Yapışma gereksinimi, sıcak daldırma galvanizli çeliğin ömrü boyunca güçlü bir bağ için A123 ile aynıdır. Son olarak, A153, yüksek mukavemetli bağlantı elemanlarının (>150ksi) ve dökümlerin gevrekliğe (embrittlement'e) tabi olabileceği bilgisini içerir. ASTM A143/A143M'de, uygun kimyalara sahip çeliklerin seçilmesinin yanı sıra, gevrekliği önlemek için dikkat edilmesi gereken önlemler vardır.

ASTM A767/A767M

Beton Takviyesi için Çinko Kaplı (Galvanizli) Çelik Çubuklar için Şartname hem pürüzsüz hem de deforme (tel hariç) inşaat demiri olarak bilinen takviye çelik çubuklarının sıcak daldırma galvanizleme için özel olarak geçerlidir. Şartnamedeki gereksinimler, yüksek kaliteli bir çinko kaplamanın üretimini kolaylaştırır ve A123 ve A153'te bulunanlara benzer. Bitiş, görünüm ve bağlılık gereksinimleri diğer ana standartlardakilerle aynıdır. Ancak, galvanizli inşaat demiri için birkaç ek gereksinim vardır. İlk olarak, şartname çubuk boyutuna göre kaplama kalınlığı gereksinimlerini detaylandırıyor. Ayrıca A767, galvaniz kaplamacıların tutarlı malzeme izleme ve kimlik sorumluluğunu özetlemektedir. Son olarak, beton ve çinko kaplama arasında ve büküm çaplarında reaksiyonu önlemek için malzemenin (kromaj) geçişi için gereksinimler vardır. inşaat demiri galvanizlemeden önce yaygın olarak bükülür ve çap ve en iyi uygulamalar için öneriler A767'de sağlanır. Galvanizli kaplama uygulandıktan ve herhangi bir pullanma veya çatlama meydana geldikten sonra inşaat demiri bükülmüşse (imal edilmişse) reddedilemez.

ASTM Ön Galvanizleme Tasarım Destek Özellikleri



ASTM A143/A143M

Hot-Dip Galvanizli Yapısal Çelik Ürünlerinin gevrekliklerine Karşı Koruma Uygulaması ve Gevrekliği Tespit Etme Prosedürü, imalat sonrası galvanizlenmiş çelik sıcak daldırmanın olası gevrekliğe karşı koruma prosedürlerini ve gevrekliği tespit etmek için test prosedürlerini kapsar. Gevreklik, yağlanmış bir ürünün karakteristik olarak kayda değer bir deformasyon olmadan kırılarak başarısız olduğu bir çelikteki süneklik kaybı veya kısmi kaybıdır. Galvanizli çelikle yaygın olarak karşılaşılan gevreklik türleri yaşlanma olayları, soğuk çalışma ve hidrojen emilimi ile ilgilidir. Ürünün tasarımı ve normal galvanizleme işlemlerine dayanabilmesi için uygun çeliğin seçimi tasarımcının ve imalatçının sorumluluğundadır.

ASTM A384/A384 M

Çelik Montajların Sıcak Daldırma Galvanizleme Sırasında Savaş ve Bozulmaya Karşı Koruma Uygulaması, sıcak daldırma galvanizleme işlemi sırasında buruşma ve bozulmayı önlemek için en iyi tasarım uygulamalarını detaylandırıyor. Montajların yaygın bozuk ve çarpık üyeleri, kaynak veya perçinleme ile monte edilen levhalar veya plakalardır. Aşağıdakiler savaş ve bozulmaya neden olabilir:

- Kanallar gibi simetrik olmayan bölümlerin kullanımı,
- Damalı plaka kullanımı,
- İki çelik parçası için düzgün bir şekilde üst üste binen eklem değil ve
- Belirli bir galvanizleme su ısıtıcısı için çok büyük montaj.



ASTM A385/A385 M

Yüksek Kaliteli Çinko Kaplamalar (Hot-Dip) Sağlama Uygulaması, galvanizlemeden sonra en kaliteli ürünü sağlamak için çelik seçimi ve havalandırma ve boşaltma, kaynak gibi diğer tasarım uygulamaları hakkında ayrıntılı bilgi sağlar. Montajlar, benzer kimya ve yüzey durumu unsurlarından oluşmalıdır. Farklı çelik analizleri veya farklı çelik yüzeyler bir montajda birleştirilirse, galvanizli kaplama görünüşte genellikle tekdüze değildir.

Tüm fabrikasyon montajlar, montajların temizleme çözeltilerine veya erimiş çinkoya batırılması sırasında hava sıkışmayacak şekilde havalandırma ve drenaj delikleri ile tasarlanacaktır.

ASTM A1068

Demir Çelik Ürünlerinde Korozyon Koruma Sistemlerinin Yaşam Döngüsü Maliyet Analizi için Uygulama, çeşitli korozyon koruma sistemlerinin yaşam döngüsü maliyeti (LCC) analizini gerçekleştirmek için denklem ve teknoloji sağlar. LCC analizi sadece sistemin başlangıç maliyetini değil, aynı zamanda gelecekteki maliyetleri de (bakım, değiştirme vb.) dikkate alır. Hesaplamanın amacı, gelecekteki maliyetleri yüksek olan başlangıçta daha az pahalı bir kaplamaya göre düşük bir yaşam döngüsü maliyetine sahip daha yüksek bir başlangıç maliyet sisteminin satın alınması için gerekçe sağlamaktır.

ASTM Galvanizleme Sonrası Destekleyici Özellikler;



ASTM A780

Sıcak Daldırma Galvanizli Kaplamaların Hasarlı ve Kaplamasız Alanlarının Onarımı için Uygulama, donanım, yapısal şekiller ve ilk sıcak daldırma galvanizlemeden sonra kalan kaplamasız alanlar da dahil olmak üzere diğer sıcak daldırma galvanizli ürünler üzerindeki hasarlı sıcak daldırma galvanizli kaplamaları onarmak için kullanılan uygun yöntemleri kapsar. İlk sıcak daldırma galvanizlemeden sonra kaplamasız alanların yenilenmesi ile ilgili gereksinimler malzeme özelliklerinde (A123, A153, A767) yer almaktadır. Spesifikasyon, kabul edilebilir üç rötuş formunu özetlemektedir:

- Çinko bazlı lehimler,
- Çinko bakımından zengin boyalar ve
- Metalizasyonun yanı sıra onarımın gerekli kaplama kalınlığı.

ASTM D6386

Boyama için Çinko (Hot-Dip Galvanizli) Kaplamalı Demir Çelik Ürün ve Donanım Yüzeylerinin Hazırlanması için Uygulama. Daha fazla bilgi için Çift Yönlü Sistemler Belirtme bkz.

ASTM D7803

Toz Boya için Çinko (Hot-Dip Galvanizli) Kaplamalı Demir Çelik Ürün ve Donanım Yüzeylerinin Hazırlanması için Uygulama. Daha fazla bilgi için Çift Yönlü Sistemler Belirtme bkz.

ASTM E376

Manyetik Alan veya Girdap Akımı (Elektromanyetik) Muayene Yöntemleri ile Kaplama Kalınlığını Ölçmek için Uygulama. Girdap-akım tipi kalınlık ölçümü, kaplama kalınlığı değişimlerinden kaynaklanan girdap akımı, indükleme bobininin empedansındaki tahribatsız bir test ölçüm şeklidir. Sadece kaplamanın elektrik iletkenliği alt tabakadan önemli ölçüde farklıysa kullanılabilir.

Diğer İlgili Özellikler;



ASTM A36

Yapısal Çelik için Şartname : Bu spesifikasyon, köprülerin ve binaların perçinlenmiş, cıvatalı veya kaynaklı yapımında ve genel yapısal amaçlar için kullanılmak üzere yapısal kalitede karbon yapısal çelik şekilleri, plakaları ve çubuklarını kapsar.

ASTM A500

Yuvarlak ve Şekillerde Soğuk Şekilli Kaynaklı ve Dikişsiz Karbon Çelik Yapısal Borular için Şartname: Bu spesifikasyon, köprülerin ve binaların kaynaklı, perçinli veya cıvatalı inşası ve genel yapısal amaçlar için soğuk biçimli kaynaklı ve dikişsiz karbon çelik yuvarlak, kare, dikdörtgen veya özel şekilli yapısal boruları kapsar. Bu boru hem kaynaklı hem de dikişsiz boyutlarda üretilecek ve karbon, manganez, fosfor, kükürt ve bakırın kimyasal gereksinimlerine sahip olmalıdır.

ASTM A501

Sıcak Şekilli Kaynaklı ve Dikişsiz Karbon Çelik Yapısal Boru için Şartname. Bu spesifikasyon, kaynaklı, perçinli veya cıvatalı konstrüksiyon veya köprüler ve binalar için ve genel yapısal amaçlar için siyah ve sıcak daldırma galvanizli sıcak biçimli kaynaklı ve dikişsiz karbon çelik kare, yuvarlak, dikdörtgen veya özel şekilli yapısal boruları kapsar.

ASTM A563

Karbon ve Alaşımlı Çelik Somunlar için Şartname: Bu spesifikasyon, cıvatalar, saplamalar ve diğer harici dişli parçalar üzerinde genel yapısal ve mekanik kullanımlar için karbon ve alaşımlı çelik somunların sekiz sınıfı (O, A, B, C, D, DH, C3 ve DH3 sınıfları) için kimyasal, mekanik ve boyutsal gereksinimleri kapsar. Çelik malzemeler ve somunlar kendi kalitelerine uygun olarak üretilecek, işlenecek ve oluşturulacaktır.

ASTM A572

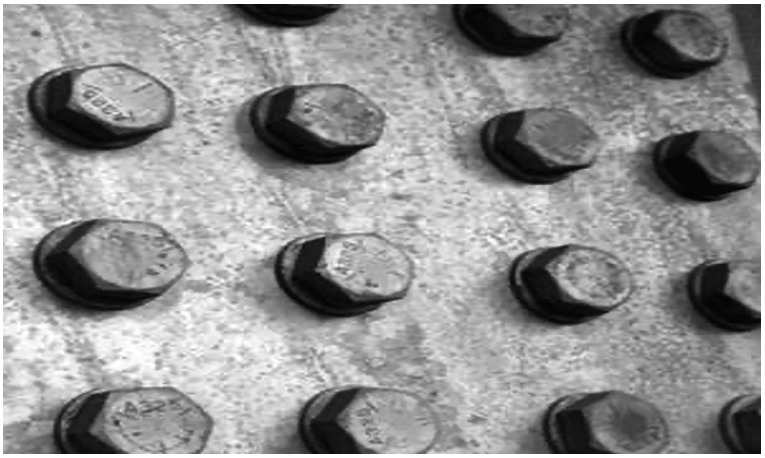
Yapısal Kalitede Yüksek Mukavemetli Düşük Alaşımlı Kolumbiyum-Vanadium Çelikleri için Şartname: Bu spesifikasyon, köprü ve binalarda cıvatalı, kaynaklı ve perçinli yapılardaki uygulamalar için yüksek mukavemetli düşük alaşımlı Kolumbiyum-Vanadium yapısal çelik şekilleri, plakalar, sac kazıklama ve çubukların 42, 50, 55, 60 ve 65 sınıfları için standart gereksinimleri kapsar. Ayrıca ticari adıyla da bilinebilir, örnek Exten (USS0)

ASTM A944

Kiriş Uçlu Numuneler Kullanarak Çelik Takviye Çubuklarının Bağ Mukavemetini Betonla Karşılaştırmak için Test Yöntemi: Bu test yöntemi, kiriş uçlu numuneler kullanılarak betondaki çelik takviye çubuklarının bağıl bağ mukavemetinin oluşturulmasına yönelik standart prosedürleri ele almaktadır. Bu test yöntemi, yüzey hazırlığının veya durumunun (çubuk kaplamalar gibi) deforme olmuş çelik takviye çubuklarının betona bağlanma mukavemeti üzerindeki etkilerini belirleyecektir.

ASTM A992

Bina Çerçevelemede Kullanılmak Üzere Çelik Yapısal Şekiller için Özellikler: Bu spesifikasyon, çerçeveleme veya köprü yapımında veya genel yapısal amaçlar için kullanılan haddelenmiş çelik yapısal şekilleri kapsar. Gerekli kimyasal bileşim için karbon, manganez, fosfor, kükürt, vanadyum, nikel, krom, molibden, kolumbiyum ve bakır yüzdesini belirlemek için ısı analizi kullanılmalıdır.



ASTM B6

Çinko için şartname: Bu spesifikasyon, ham madde veya diğer malzemelerden damıtma işlemiyle veya elektrolizle beş sınıfta yapılan çinko metalini kapsar:

- LME sınıfı,
- Özel yüksek dereceli,
- Yüksek dereceli,
- Orta dereceli ve
- Asal batı sınıfı.

ASTM B201

Krom Kaplamaların Çinko ve Kadmiyum Yüzeylerde Testi için Pratik Yapın: Bu uygulama: Renksiz (hem bir hem de iki daldırma), yanar döner sarı veya bronz, zeytin haki rengi, siyah, renksiz anodik, sarı veya siyah anodik tipleri ve boyalı çeşitliliğin krom kaplamaları, elektro-depozitlenmiş çinko, mekanik olarak biriken çinko, sıcak daldırma çinko, haddelenmiş çinko, elektro-depozit kadmiyum veya mekanik olarak biriken kaplamaların yüzeylerine uygulandığında geçerlidir.

ASTM B960

Prime Western Sınıfı Geri Dönüştürülmüş Çinko için Şartname: Bu spesifikasyon, curuf ve kaymak dahil ancak bunlarla sınırlı olmamak üzere, çinko ikincil malzemelerinin geri dönüştürülmesiyle yapılan birinci sınıf batı sınıfı geri dönüştürülmüş (PWG-R) çinkoları kapsar.

ASTM F2329

Çinko Kaplama, Sıcak Daldırma, Karbon ve Alaşımlı Çelik Cıvatalara Uygulama Gereksinimleri, Vidalar, Pullar, Somunlar ve Özel Dişli Bağlantı Elemanları için Şartname: Bu spesifikasyon, karbon çelik ve alaşımlı çelik cıvatalara, vidalara, pullara, somunlara ve sıcak daldırma kaplama işlemi tarafından uygulanan özel dişli bağlantı elemanlarına uygulanan sıcak daldırma çinko kaplama gereksinimlerini kapsar.

Kataforez Kaplama:

Kataforez kaplama için özet bir tanımlama yapmak gerekirse; otomotiv sektöründe daha sık uygulanan, elektrokimya prensiplerine dayanan elektro kaplama işlemidir. İletken özellik gösteren karmaşık, geometrik metal parçaların boyanarak korozyondan korunması için çok etkili bir yöntemdir.

Kataforez Kaplamanın Avantajları;

- Yalnız metallere uygulanabilen bu işlem, tek renk uygulamasında ekonomiktir.
- Toz boya kaplama ve sprey sistemleri ile karşılaştırıldığında, kurulum maliyeti yüksektir ve enerji tüketimi yüksektir. Üretim olmasa bile 24 saat banyodaki karıstırma işlemi sürdürülmelidir. Bu sınırlamanın yanı sıra, kataforez kaplama diğer yöntemlere göre;
- Korozyon direnci yüksek,
- Karmaşık yüzeylerin kaplamasına uygun,
- Film kalınlığının kontrolü kolay,
- Yüksek verim ve kalite özelliklerine sahiptir.

Kataforez işlemi, otomatik olarak çalısır. Film voltaj ayarı ile kontrol edilir ve çok hızlı kaplama özelliği gösterir. Kataforez teknolojisi çevre dostudur. Hava ve suyu kirletmez. Katı atığı, yangın tehlikesi ve insan sağlığına zararı olmayan, ekonomik ve uygulama kolaylığı olan bir işlemdir.

Kataforez işlem hattında; yağ alma, aktivasyon, pasivasyon, fosfat, kataforez ve durulama banyolarından oluşmaktadır.

EK-4 SİSMİK TEHLİKE HARİTASI ÖZET RAPORU

AFAD

TDTH

Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	Nevşehir	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi:	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZB	Az ayrışmış, orta sağlam kayalar
Enlem:	38.621897°	
Boylam	34.710664°	

Çıktılar

$S_S = 0.207$	$S_1 = 0.068$	$S_{DS} = 0.186$	$S_{D1} = 0.054$
$PGA = 0.090$	$PGV = 5.905$		

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

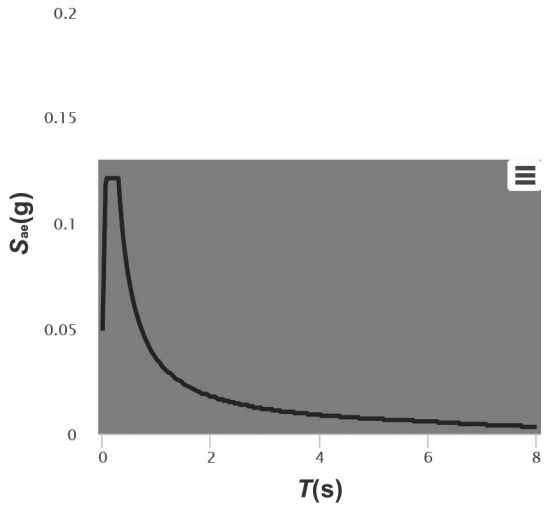
S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

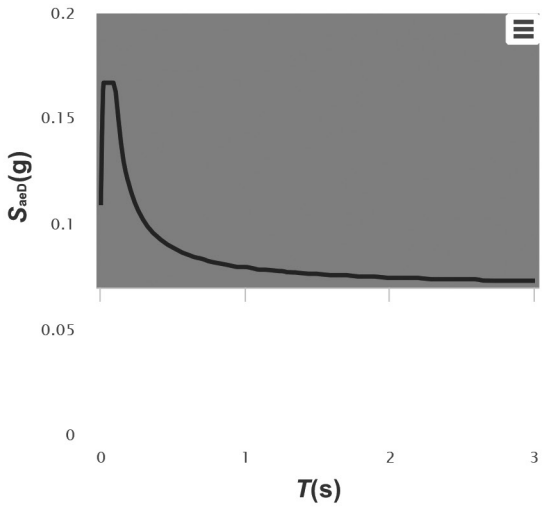
PGA : En büyük yer ivmesi [g]

PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]

Yatay Elastik Tasarım Spektrumu



Düşey Elastik Tasarım Spektrumu



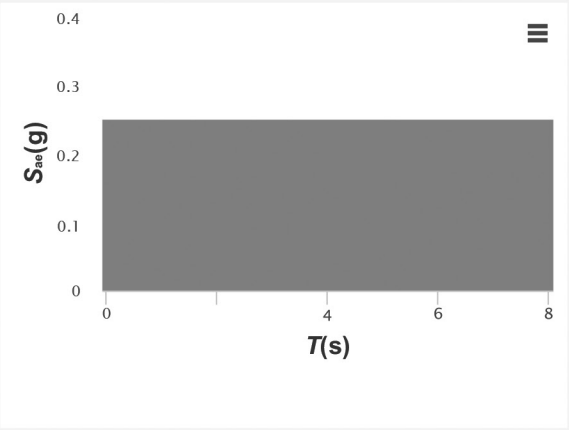
Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	Nevşehir	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi:	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZD	Orta sıkı - sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
Enlem:	38.621897°	
Boylam	34.710664°	

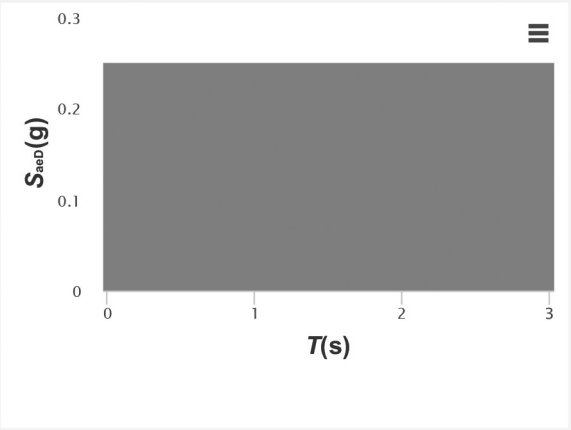
Çıktılar

$S_S = 0.207$	$S_1 = 0.068$	$S_{DS} = 0.331$	$S_{D1} = 0.163$
$PGA = 0.090$	$PGV = 5.905$		

Yatay Elastik Tasarım Spektrumu



Duşey Elastik Tasarım Spektrumu



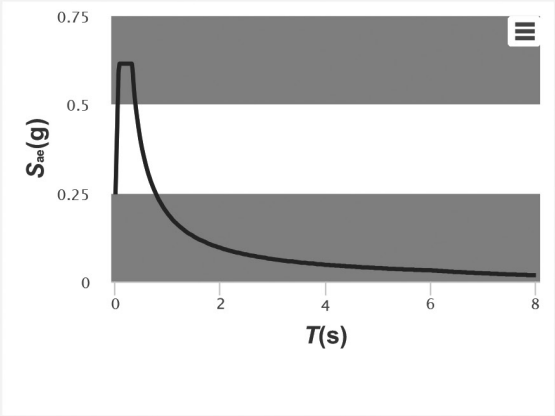
Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	Korucuk ZB	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi:	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZB	Az ayrışmış, orta sağlam kayalar
Enlem:	41.379578°	
Boylam	34.916265°	

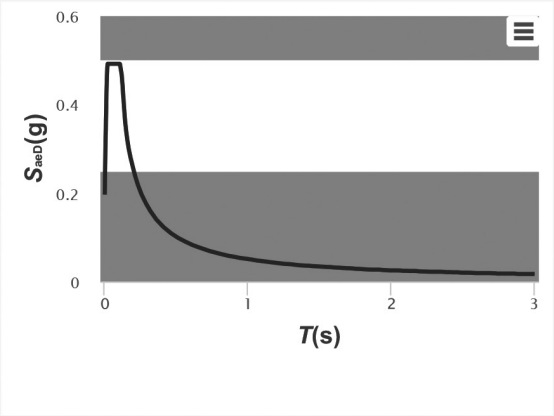
Çıktılar

$S_S = 0.682$	$S_1 = 0.237$	$S_{DS} = 0.614$	$S_{D1} = 0.190$
$PGA = 0.286$	$PGV = 20.379$		

Yatay Elastik Tasarım Spektrumu



Düşey Elastik Tasarım Spektrumu



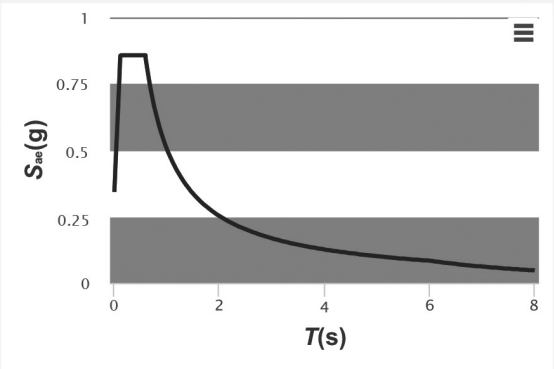
Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	Korucuk ZD	
Düzeyi:	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZD	Orta sıkı - sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
Enlem:	41.379578°	
Boylam	34.916265°	

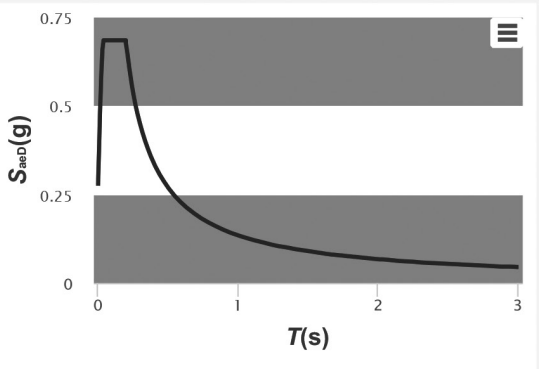
Çıktılar

$S_S = 0.682$	$S_1 = 0.237$	$S_{DS} = 0.856$	$S_{D1} = 0.504$
$PGA = 0.286$	$PGV = 20.379$		

Yatay Elastik Tasarım Spektrumu



Duşey Elastik Tasarım Spektrumu



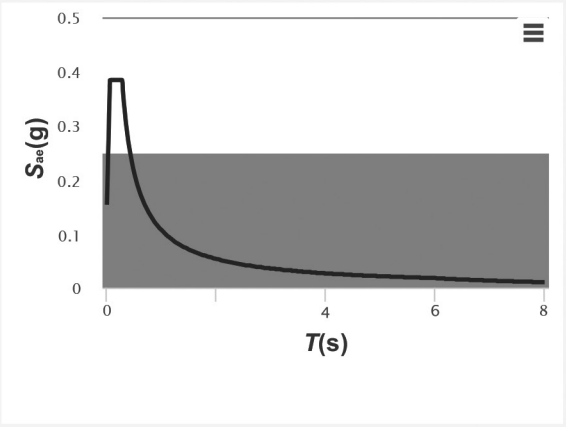
Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	Edirne ZB	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi:	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZB	Az ayrışmış, orta sağlam kayalar
Enlem:	41.675438°	
Boylam	26.570553°	

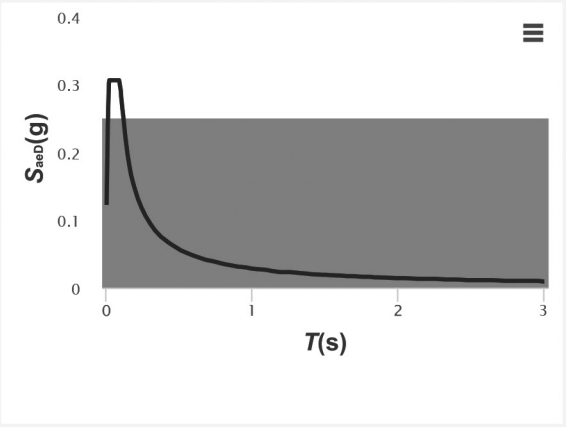
Çıktılar

$S_S = 0.425$	$S_1 = 0.132$	$S_{DS} = 0.382$	$S_{D1} = 0.106$
$PGA = 0.181$	$PGV = 11.685$		

Yatay Elastik Tasarım Spektrumu



Duşey Elastik Tasarım Spektrumu



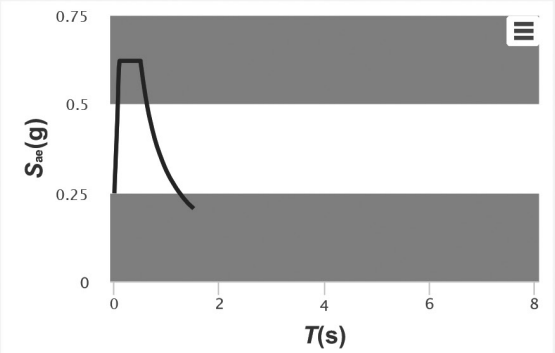
Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	Edirne ZD	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi:	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZD	Orta sıkı - sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
Enlem:	41.675438°	
Boylam	26.570553°	

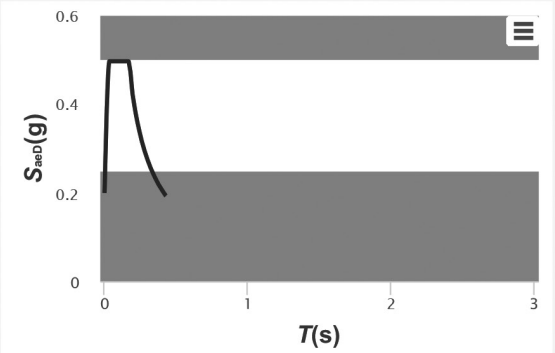
Çıktılar

$S_S = 0.425$	$S_1 = 0.132$	$S_{DS} = 0.621$	$S_{D1} = 0.308$
$PGA = 0.181$	$PGV = 11.685$		

Yatay Elastik Tasarım Spektrumu



Duşey Elastik Tasarım Spektrumu



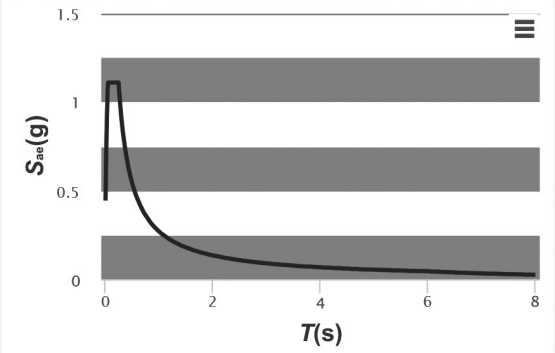
Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	Bakırkoy I stanbul	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi:	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZB	Az ayrışmış, orta sağlam kayalar
Enlem:	40.980108°	
Boylam	28.813653°	

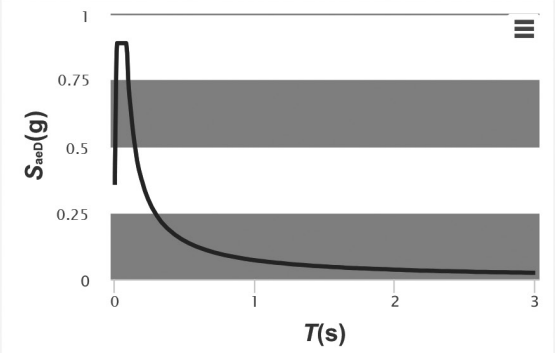
Çıktılar

$S_S = 1.232$	$S_1 = 0.335$	$S_{DS} = 1.109$	$S_{D1} = 0.268$
$PGA = 0.506$	$PGV = 30.962$		

Yatay Elastik Tasarım Spektrumu



Duşey Elastik Tasarım Spektrumu



Kullanıcı Girdileri

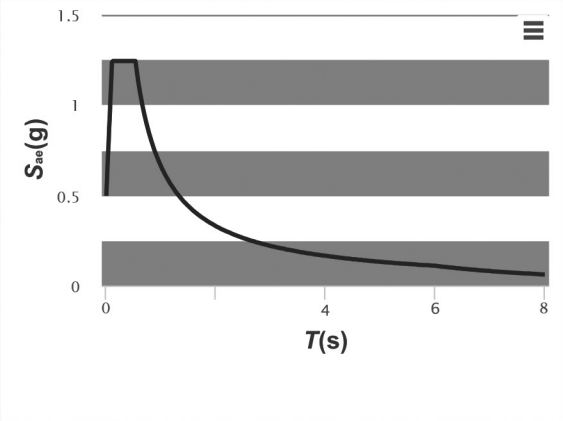
Rapor Başlığı:	Bakırkoy I stanbul	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi:	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZD	Orta sıkı - sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
Enlem:	40.980108°	
Boylam	28.813653°	

Çıktılar

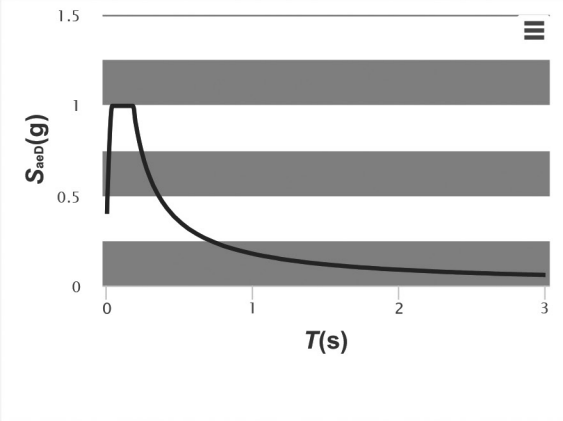
$S_S = 1.232$ $S_1 = 0.335$ $S_{DS} = 1.241$ $S_{D1} = 0.658$

$PGA = 0.506$ $PGV = 30.962$

Yatay Elastik Tasarım Spektrumu



Duşey Elastik Tasarım Spektrumu



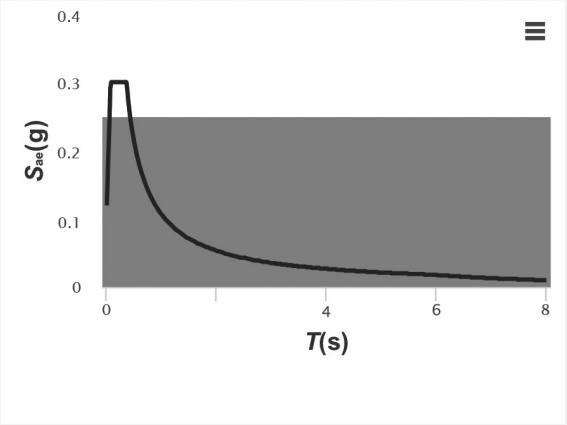
Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	Sinop ZB	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi:	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZB	Az ayrışmış, orta sağlam kayalar
Enlem:	42.01956°	
Boylam	35.073181°	

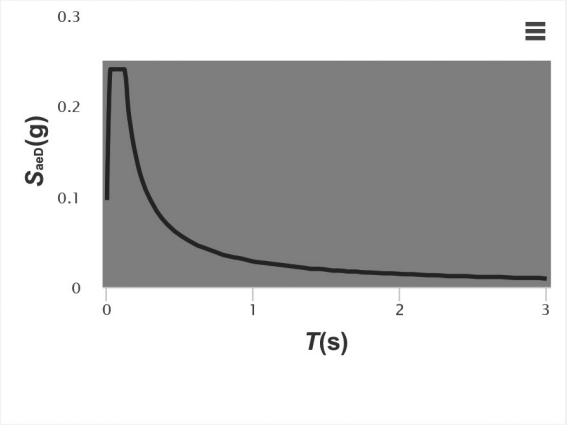
Çıktılar

$S_S = 0.334$	$S_1 = 0.133$	$S_{DS} = 0.301$	$S_{D1} = 0.106$
$PGA = 0.146$	$PGV = 10.965$		

Yatay Elastik Tasarım Spektrumu



Duşey Elastik Tasarım Spektrumu



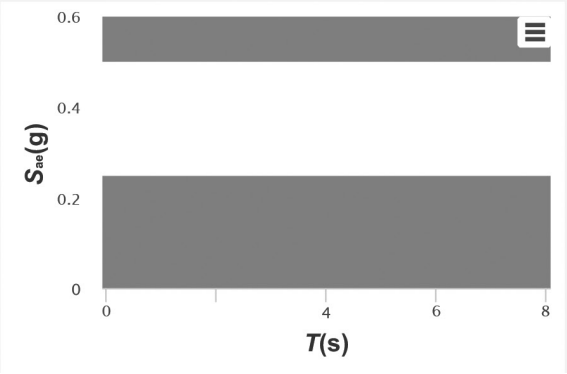
Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	Sinop ZD	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi:	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZD	Orta sıkı - sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
Enlem:	42.01956°	
Boylam	35.073181°	

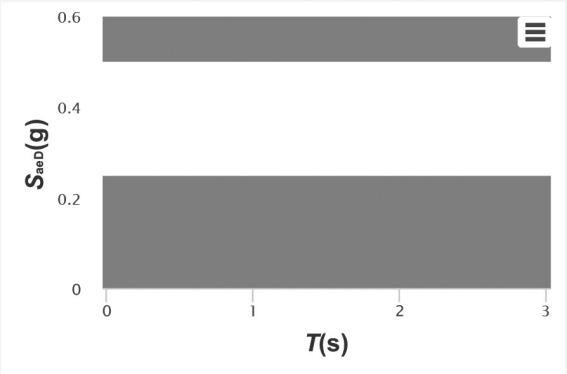
Çıktılar

$S_S = 0.334$	$S_1 = 0.133$	$S_{DS} = 0.512$	$S_{D1} = 0.310$
$PGA = 0.146$	$PGV = 10.965$		

Yatay Elastik Tasarım Spektrumu



Duşey Elastik Tasarım Spektrumu



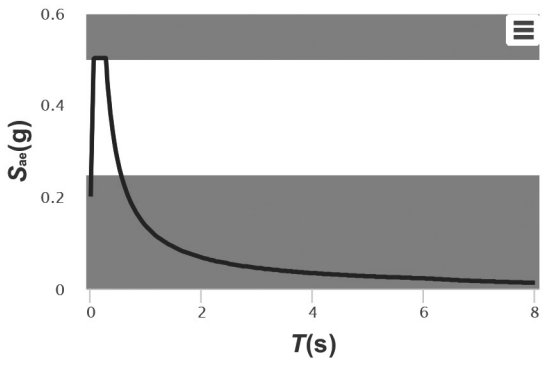
Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	Arnavutkoy	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi:	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZB	Az ayrışmış, orta sağlam kayalar
Enlem:	41.279283°	
Boylam	28.759577°	

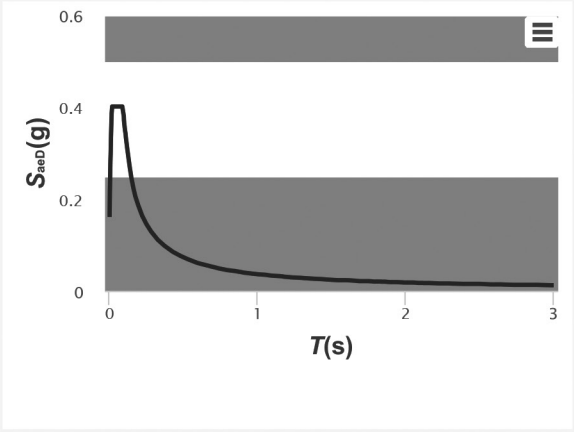
Çıktılar

$S_S = 0.559$	$S_1 = 0.170$	$S_{DS} = 0.503$	$S_{D1} = 0.136$
$PGA = 0.234$	$PGV = 14.906$		

Yatay Elastik Tasarım Spektrumu



Duşey Elastik Tasarım Spektrumu



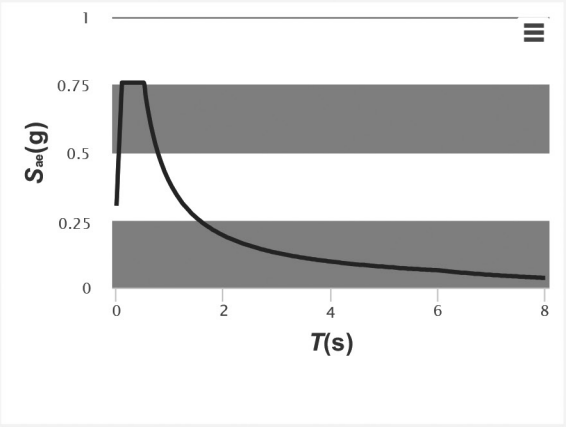
Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	Arnavutkoy ZD	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi:	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZD	Orta sıkı - sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
Enlem:	41.279283°	
Boylam	28.759577°	

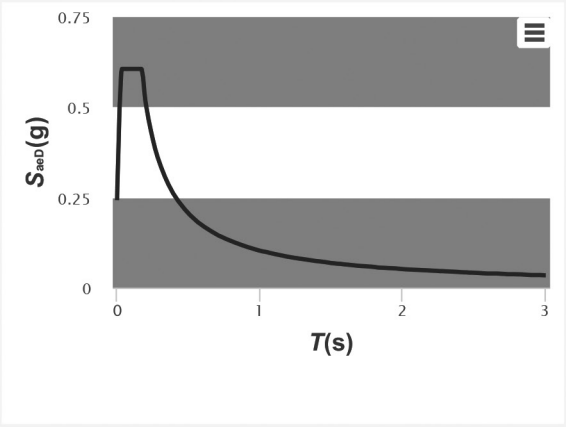
Çıktılar

$S_S = 0.559$	$S_1 = 0.170$	$S_{DS} = 0.756$	$S_{D1} = 0.384$
$PGA = 0.234$	$PGV = 14.906$		

Yatay Elastik Tasarım Spektrumu



Duşey Elastik Tasarım Spektrumu



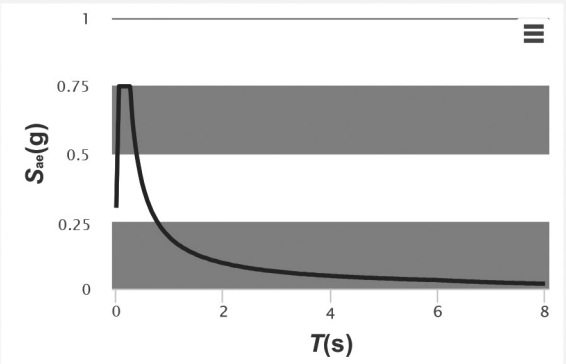
Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	Başakşehir ZB	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi:	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZB	Az ayrışmış, orta sağlam kayalar
Enlem:	41.074372°	
Boylam	28.765657°	

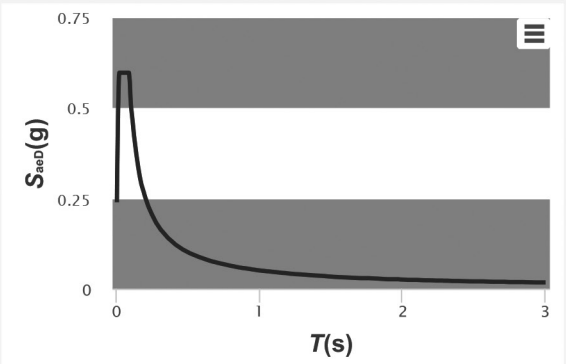
Çıktılar

$S_S = 0.829$	$S_1 = 0.235$	$S_{DS} = 0.746$	$S_{D1} = 0.188$
$PGA = 0.344$	$PGV = 21.577$		

Yatay Elastik Tasarım Spektrumu



Duşey Elastik Tasarım Spektrumu



Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	Başakşehir ZD	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi:	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZD	Orta sıkı - sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
Enlem:	41.074372°	
Boylam	28.765657°	

Çıktılar

$S_S = 0.829$	$S_1 = 0.235$	$S_{DS} = 0.969$	$S_{D1} = 0.501$
$PGA = 0.344$	$PGV = 21.577$		

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

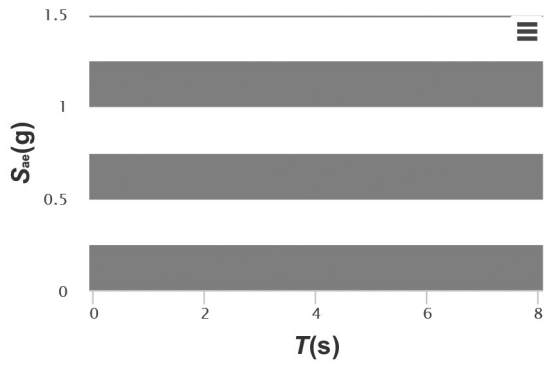
S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

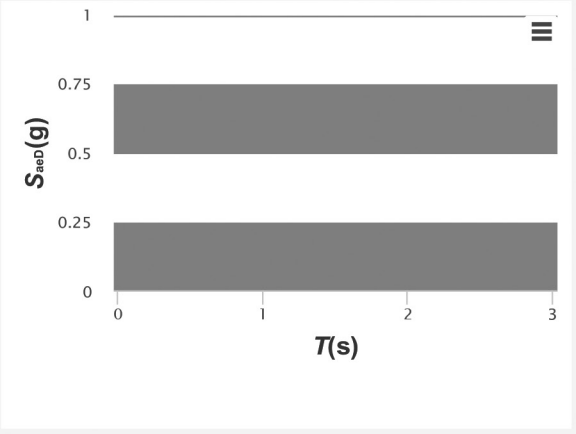
PGA : En büyük yer ivmesi [g]

PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]

Yatay Elastik Tasarım Spektrumu



Duşey Elastik Tasarım Spektrumu



NOTLAR

NOTLAR

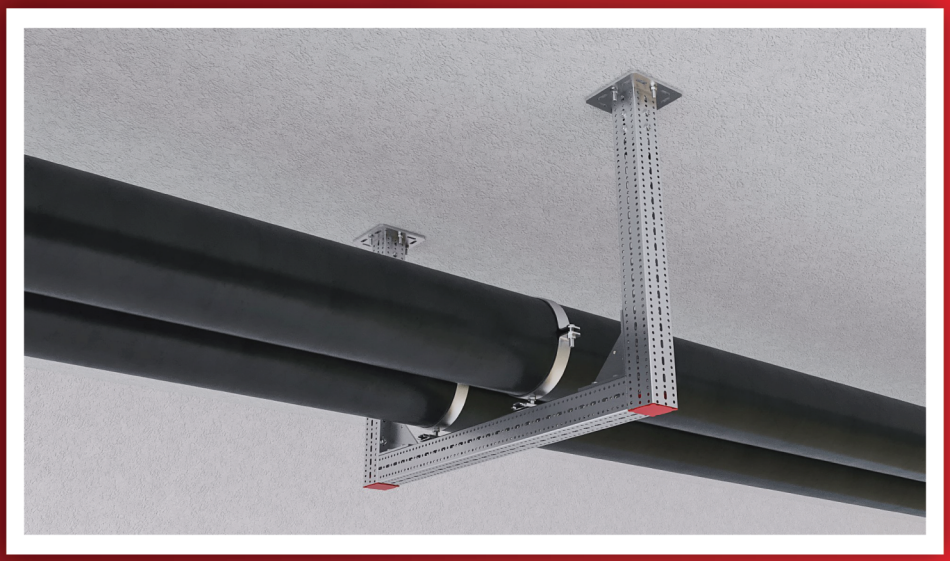
NOTLAR

MODÜLER ASKI ve DESTEK SİSTEMLERİ

Elektromekanik tesisatın askılanmasında **Darhan** mühendisliği ve ürünleri ile zamandan ve malzemeden kazanç sağlayın.

EUROPEAN NORM EN





DARHAN

Aydınevler Mah. Kaptan Rıfat Sk. No:5 34854 - Maltepe / İstanbul
+90 (216) 410 04 06 www. darhan.com.tr | info@darhan.com.tr

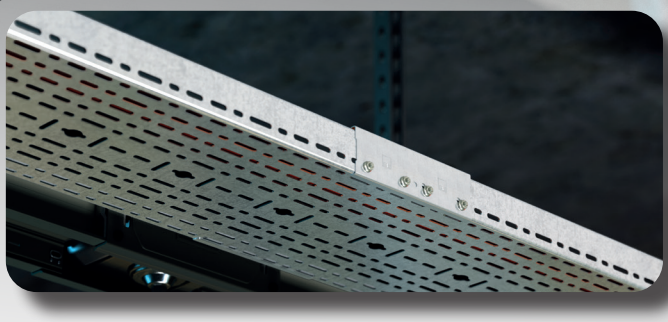
BUSBAR & KABLO KANALI

Busbar Kanal Enerji Dağıtım Sistemleri
Kablo Taşıma Sistemleri



EAE E-Line Busbar Enerji Dağıtım Sistemleri; modüler yapısıyla modern işletme ve binalarda, hem kuruluş hem de işletme sırasında gereksinim duyulan her türlü güç ihtiyacına cevap vermekte olup; yerleşim değişikliklerine, makina ilavelerine, çeşitli noktalardaki enerji teminine, tesisin çalışan kısımlarını aksatmadan imkân sağlamaktadır.

Metal gövde içerisinde, izole edilmiş baralar vasıtası ile dağıtılan enerjiyi özel çıkış üniteleri ile istenilen noktalardan güvenli bir şekilde enerjiyi kesmeden almak mümkün olmaktadır.



EAE kablo kanalları; otomatik üretim hatlarında "ROLL FORMING" metoduyla imal edilmektedir. Standart kanal boyu 3m'dir. İsteğe bağlı olarak 6'm üretilebilir.

6 metre kanallar sayesinde ek takım ve cıvataların sayısı azalmakta, kablo kanalı montajı için harcanan işçilik süresi de kısalmaktadır.

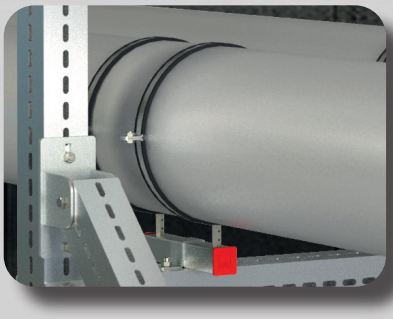
Pregalvaniz ve Sıcak daldırma ürünlerimiz, modern teknolojiye uygun olarak, tam otomasyonlu robotik sistemler ile üretilmektedir.

MFIX

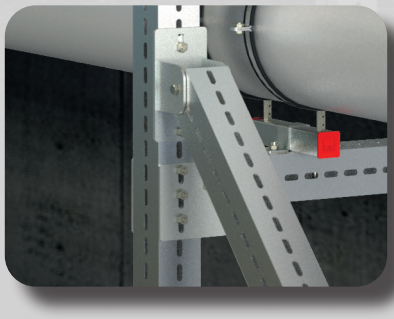
Elektro-Mekanik Taşıyıcı ve Askı Sistemleri

Elektro-Mekanik Taşıyıcı ve Askı Sistemleri, yüksek kaliteli ve pratik uygulanabilirliği ile elektrik ve mekanik tesisat askılama projelerinde en uygun ve profesyonel çözümleri sunar.

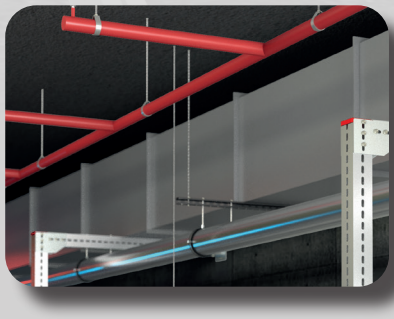
Modüler yapısı ile hızlı ve kolay montaj avantajı sağlar.



Profiller, kelepçeler, aksesuarlar ve sarf malzemeler montajlanarak bir bütün oluşturmaktadır.



Elektro-Mekanik taşıyıcı ve askı sistemleri, farklı tasarımlar ve hızlı montaj yeteneği ile modüler çözümler sağlamaktadır.



Çeşitli uygulama alanları ve ürün gruplarına özel çözüm sunmaktadır.



İZİNDEYİZ, ÇALIŞIYORUZ...

entaş

ENTAŞ ENDÜSTRİYEL ÜRÜNLER TİCARET VE TAAHHÜT A.Ş.

www.entasend.com


HILTI
İHTİYACINIZ
OLAN DESTEĞİ
MT İLE ALIN
Tek bir sistem ile tüm destek ve askılama ihtiyaçlarınız için sorunsuz çözüm
Great Place To Work.
Certified
MART 2021 - 2022 TÜRKİYE
44 HILTI 44584
www.hilti.com.tr
hizmet@hilti.com.tr
Hilti-Turkey
Hilti Türkiye
Hilti.Turkiye
HiltiTurkey

Yangın korunum sistemlerinde dünya liderinden eşsiz çözümler ve ürün yelpazesi...

Tyco Yangından Korunum Ürünleri artık Johnson Controls çatısı altında. Kapsamlı yangın korunum sistemlerimiz ile hala bildiğiniz ve güvendiğiniz sektör lideriyiz. Onlarca yıllık tecrübe, küresel liderlik ve yenilikçi bina güvenliği çözümleriyle bilinen Johnson Controls ile gelecek, daha güvenli ve aydınlık olacaktır.







ANSUL | AquaMist | Grinnell | iFlow technology | SABO FOAM | HYGOOD | SAPPHIRE suppression systems | SKUM | tyco

Yangın söndürme sistemleri hakkında en son bilgiler ve yenilikçi ürünler için **http://www.johnsoncontrols.com** internet adresinden veya **+90 (0) 312 840 01 00** nolu telefondan bize ulaşın.

Johnson Controls

© 2019 Johnson Controls. All rights reserved.

karsac
HAVALANDIRMA
ISITMA SOĞUTMA İNŞ. SAN. ve TİC. LTD. ŞTİ.



Karsac İmzası Taşıyan Hava Kanalları Uluslararası Projelerin Tercihi

Sertifikalarımız

ISO 9001	CE	TSE
TSEK	TÜV	SMACNA
TS EN 1505 TS EN 1506	TS EN 1507	TS 12237

D Class Sızdırmazlık Sertifikasına Sahip
Tek Yerli Üretici

Yıllık 600.000 m² üretim kapasitesi

- ✓ Kendinden Flanşlı Hava Kanalları
- ✓ Çakma Flanşlı Hava Kanalları
- ✓ Spiral Kenetli Hava Kanalları
- ✓ Siyah ve DKP Sacdan İmal Hava Kanalları
- ✓ Oval Hava Kanalları
- ✓ Susturucu - Hava Damperleri - Jetcapler
- ✓ Askı Kelepçesi, Flanş Profili, Köşe, Perfore
- ✓ Özel İmalatlar

karsac
HAVALANDIRMA

Karsac Havalandırma Isıtma Soğutma İnş. Taah. San. ve Tic. Ltd. Şti.
Dilovası OSB 3. Kısım Muallimköy Cad. D-3001 Sok. No:3 Gebze / Kocaeli
Tel: 0262 502 00 13 (pbx) **Faks:** 0 262 502 01 42
e-posta: karsac@karsac.com.tr
www.karsac.com.tr

LINK

Mekanik Tesisatın Lider Çözüm Üreticisi





we link the world

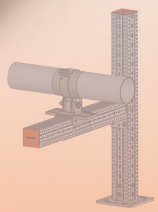
info@linkyapi.com.tr
444 LINK / 444 5465
+90 262 751 4517
Gebze OSB2 Mahallesi 1000. Cadde
No: 1016/1 41420 Çayırova / Kocaeli
www.linkyapi.com.tr

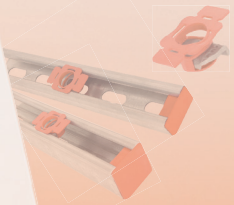
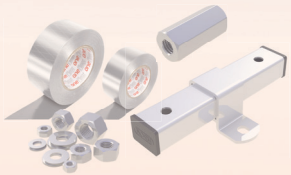
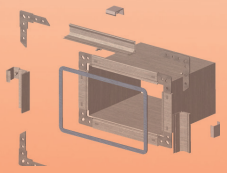
MAKRO TEKNİK



Birlikte daha **Güçlüyüz**



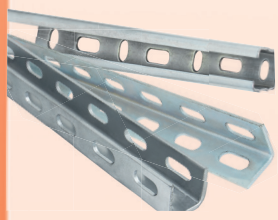



Kauçuk Yalıtım Malzemeleri



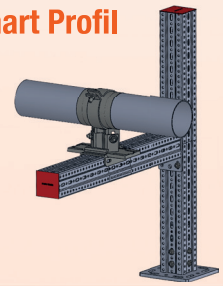
CLU Profiller



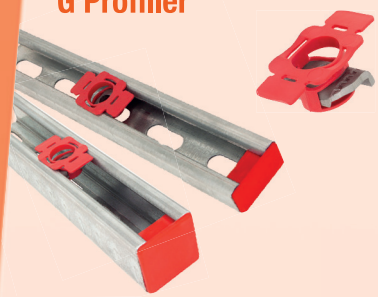
Flexible Borular



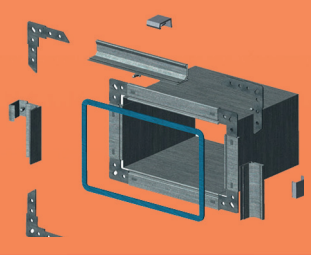
Smart Profil



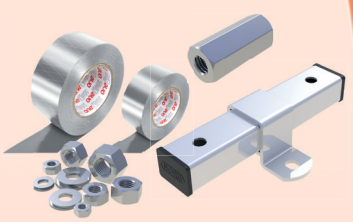
G Profiller



Flanş ve Aksesuarları



Montaj Malzemeleri



Kelepçeler



www.makroteknik.com.tr
info@makroteknik.com.tr
instagram.com/@makro_teknik











T: 0216 304 36 47 - 48 - 50 - 52 **F:** 0216 304 36 49
info@oraymekanik.com • www.oraymekanik.com

NİŞANTEPE MAH. SARAY CAD. NO:186/A
ALEMDAĞ - ÇEKMEKÖY - İSTANBUL

ISO 9001
LL-C (Certification)

TSEK

CE

Yeni Vitodens 100-W Göz Kamaştırıcı Modern Tasarım

Viessmann'ın yeni nesil kombisi sürdürülebilirlik ve verimlilikte en yüksek değerlere ulaşıyor. Dizayn ve kullanım konforunda da standartları belirleyen yeni Vitodens 100-W benzersiz avantajlar sunmaktadır.

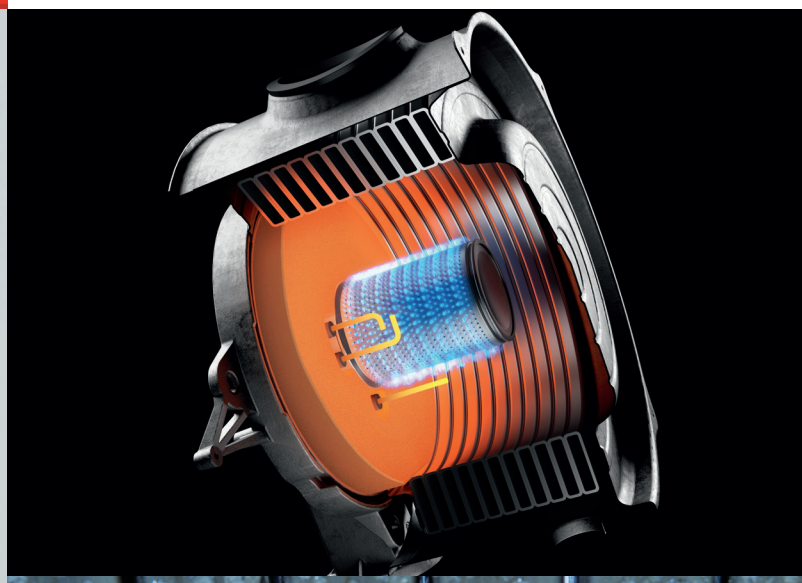
VITODENS 100-W

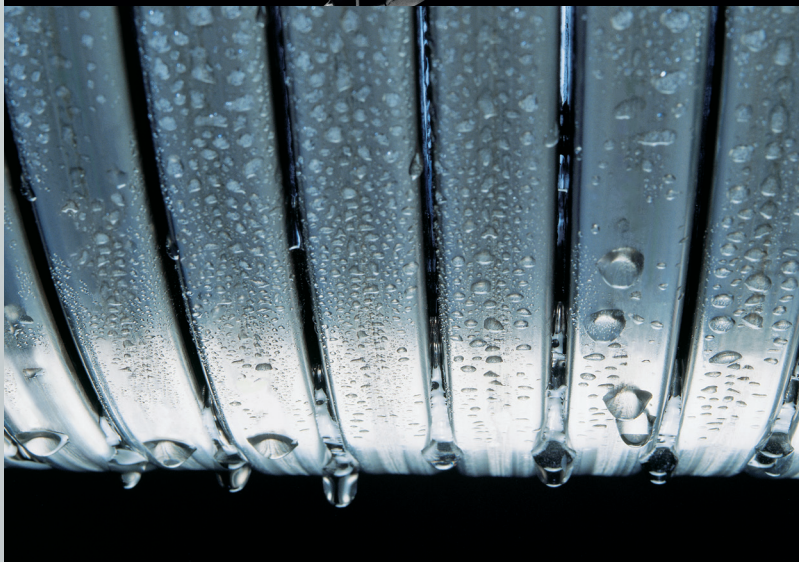
- Dayanıklı ve verimliliği kanıtlanmış paslanmaz çelikten Inox-Radial-eşanjör
- Yeni MatriX-brülör ile yüksek modülasyon
- Otomatik yanma kontrol sistemi Lambda Pro Control ile değişmeyen istikrarlı alev
- Yeni nesil elektronik platform ile kullanım kolaylığı
- Entegre WiFi arayüzü ile internet bağlantısı
- Vitoguide uygulaması ile basit devreye alma
- Modüler tasarım sayesinde daha az yedek parça

Isıtmanın yeni neslini
www.viessmann.com.tr
sayfasında keşfedin!



Entegre WiFi özelliği





MEKANİK
TESİSAT
MÜTEAHHİTLERİ
DERNEĞİ

MTMD - Mekanik Tesisat Müteahhitleri Derneği
Yenişehir Mah. Battal Gazi Sok. No:2 Kat:2 Daire:2, 34779 Ataşehir / İstanbul
Tel: 0216 469 85 90 **Faks:** 0216 469 85 90 **E-posta:** bilgi@mtmd.org.tr
www.mtmd.org.tr