

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DEPREM SONUCU OLUŞAN SİSMİK KUVVETLERİN
MEKANİK TESİSATLARA VE EKİPMANLARA OLAN
ETKİSİ VE BU SİSTEMLERİN DEPREM
GÜVENLİKLERİNİN SAĞLANMASI**

Makina Mühendisi Mehmet Niyazi ÖZİPEK

**FBE Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Isı Proses Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Eyüp AKARYILDIZ (YTÜ)

İSTANBUL, 2004

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	iv
KISALTMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
ÖNSÖZ.....	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT.....	xi
1 GİRİŞ.....	1
2 DEPREMLER.....	3
2.1 Depremlerin Oluşumu, Özellikleri ve Faylar.....	4
2.2 Deprem Türleri.....	6
2.3 Depremlerin Sınıflandırılması.....	7
2.4 Deprem Dalgaları.....	8
2.5 Deprem Şiddeti.....	9
2.6 MKS Uluslararası Deprem Şiddeti.....	10
2.7 Eş Şiddet (İzoseist) Eğrileri ve Haritaları.....	12
2.8 Deprem Büyüklüğü (Magnitude).....	12
2.9 Zemin Durumunun Deprem Şiddeti Üzerindeki Etkisi.....	14
3 TÜRKİYE'NİN DEPREMSELLİĞİ.....	17
3.1 Türkiye’de Deprem Bölgeleri.....	18
3.2 Türkiye’deki Büyük Depremler.....	18
4 TÜRKİYE’DE DEPREMLE İLGİLİ YAPI DENETİM KANUNLARI VE HUKUKİ MEVZUAT.....	21
4.1 Yapı Hasarları Ve Dereceleri.....	22
4.2 Zemin-Yapı-Mekanik Tesisat Etkileşimi.....	23
5 MEKANİK TESİSATIN DEPREM DAVRANIŞI.....	26
5.1 Mekanik Tesisatın Deprem Sonucu Gördüğü Zararlar.....	27
5.2 Mekanik Tesisata Binen Deprem Yüklerinin Analiz Metodları.....	29
6 MEKANİK TESİSATIN DEPREM (SİSMİK) KUVVETLERİNE KARŞI YALITIMI.....	30
6.1 Mekanik Tesisatın Deprem Korumasında Kullanılan Elemanlar.....	30
6.2 Sismik Koruma İçin Ekipman Montajı.....	31

6.2.2	Sadece Sınırlayıcılar.....	33
6.3.3	Ayaklar.....	33
6.3.4	Çelik Halatlar ve Titreşim Yalıtımlı Askılar.....	34
6.3.5	Esnek Bağlantı Parçaları.....	34
6.3.6	Çelik Platformlar.....	34
7	SİSMİK SINIRLAYICI SEÇİMİ.....	35
7.1	Sismik Sınırlayıcı Kullanım Örnekleri.....	38
7.1.1	Beton Kaideler.....	38
7.1.2	Asılı Boru ve Kanalların Sismik Koruması.....	42
7.1.3	Doğal Gaz ve LPG Tesisatlarında Deprem Önlemleri	65
7.1.4	Bina atık sistemleri ile ilgili önlemler.....	66
8	DEPREM ÖNCESİNDE ve SONRASINDA YAPILACAK İŞLER.....	67
9	YAPILARDA HİZMET VEREN MEKANİK TESİSAT CİHAZLARI İÇİN TİTREŞİM YALITIMI VE DEPREM GÜVENLİĞİ SİSTEMLERİ SEÇİMİ GENEL PRENSİPLERİ.....	71
10	SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	77

SİMGE LİSTESİ

A_0	Büyükluğu sıfır kabul edilen referans depremin genliği
A	Wood Anderson sismografında ölçülen genlik
f_e	Yatay deprem yükleri
w_e	Mekanik veya elektrik donanım ağırlıkları
A_I	Etkin yer ivmesi katsayısı
I	Bina önem katsayısı
H_i	Binanın i 'nci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği
H_N	Binanın temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği

KISALTMA LİSTESİ

UBC	Uniform Building Code
BOCA	Building Officials Code Administration
SBCI	Southern Building Code Congress International
CCR	California Code of Regulations
M	Mercalli Cetveli
MM	Modified Mercalli Cetveli
MCS	Mercalli Cancani Sieberg cetveli
JS	Japon Cetveli
MSK	Medvedev Sponhever Karnik cetveli
KAF	Kuzey Anadolu Fayı
DAF	Doğu Anadolu Fayı
BBK	Bitlis Bindirme Kuşağı

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Bir faylanma sonucu eş şiddet eğrilerinin gösterimi.....	12
Şekil 3.1	Yurdumuzdaki önemli fay çizgileri.....	17
Şekil 3.2	Türkiye’de deprem bölgeleri.....	18
Şekil 5.1	Zemine yaylar ile monte edilmiş cihazların deprem anındaki hareketleri.....	26
Şekil 5.2	Cihazlar sadece yay ile değil deprem anında cihazın hareketini engelleyen sabitleme elemanları ile bulunduğu noktaya bağlanmalıdır.....	26
Şekil 5.3	Deprem anında binanın üst katlarında bulunan HVAC cihazlarına daha yüksek deprem kuvvetleri etki eder.....	26
Şekil 5.4	Cihazların deprem kuvvetleri etkisinde kalarak yerinden oynaması.....	27
Şekil 5.5	Havalandırma kanalları ve chiller ünitesinin gördüğü zarar.....	28
Şekil 5.6	Tank ve dirsek bağlantısının gördüğü zararlar.....	28
Şekil 7.1	Çeşitli sismik sınırlandırıcılar.....	36
Şekil 7.2	Cihaza yandan monte edilmiş sismik sınırlayıcı.....	39
Şekil 7.3	Cihazın altına monte edilmiş sismik sınırlayıcı.....	39
Şekil 7.4	Çelik halat sismik koruyucular.....	40
Şekil 7.5	Rijit boru askısı, sağ üstte kayar mesnet.....	40
Şekil 7.6	Beton temel (kaide) ,akustik duvar geçişi.....	40
Şekil 7.7	Sabit mesnet.....	41
Şekil 7.8	Çiftler halinde kullanılan yatay kanal sismik sınırlandırıcılar.....	41
Şekil 7.9	Beton temel detayı.....	41
Şekil 7.10	Asılmış borunun sismik koruması.....	43
Şekil 7.11	Yatay ve dikey sismik hareketlere karşı korunmuş tesisat boruları.....	43
Şekil 7.12	Paralel boru veya kanal geçişleri.....	44
Şekil 7.13	Düz ilerleyen boru ve kanallar.....	44
Şekil 7.14	Birden fazla sabitleme gereken tesisatlarda boyutlara uygun olarak belli mesafelerde kelepçeleme.....	45
Şekil 7.15	Her 90 ⁰ dönüşte kelepçeleme.....	45
Şekil 7.16	Tesisat dönüşlerinde gerekli noktalara kelepçeleme.....	46
Şekil 7.17	Tesisat geçişlerinde orta noktalarda kullanılan kelepçeler.....	46
Şekil 7.18	Cihaza bağlanan dikey kod düşüşlerinde çapraz kelepçeler.....	47
Şekil 7.19	Titreşim yutucu yaylı ve güçlendirilmiş profil destekli boru çapraz kelepçe detayı.....	47
Şekil 7.20	Tavana bağlanan boru geçişleri.....	48
Şekil 7.21	Tavana bağlanan kanal geçişleri.....	49
Şekil 7.22	Boru geçiş istikametine göre yapılmış titreşim yalıtımlı kelepçeleme detayı.....	50
Şekil 7.23	Titreşim yalıtımlı boru kelepçeleme detayı.....	50
Şekil 7.24	Çapraz titreşim yalıtımsız boru kelepçeleme detayı.....	51
Şekil 7.25	Boru geçiş istikametine göre yapılmış titreşim yalıtımsız kelepçeleme detayı.....	52
Şekil 7.26	Tek taraflı titreşim yalıtımsız kelepçeleme detayı.....	53
Şekil 7.27	Boru geçişine paralel rijit tek taraflı titreşim yalıtımsız kelepçeleme detayı.....	54
Şekil 7.28	Titreşim yutucu yaylı, dört yönden kelepçelenmiş profil.....	55
Şekil 7.29	Boru geçiş yönüne dik titreşim yutuculu kelepçeleme detayı.....	56
Şekil 7.30	Boru geçiş yönüne dik kelepçeleme detayı.....	57
Şekil 7.31	Boru geçiş yönüne paralel profil destekli, çok boru geçişli kelepçeleme.....	58
Şekil 7.32	Kanala paralel ve dik yönlü titreşim yutuculu kanal kelepçeleme.....	59
Şekil 7.33	Yuvarlak kanal geçişine dik ve aynı yönde titreşim yutuculu kelepçeleme.....	60
Şekil 7.34	Beton tavana tutturulmuş sismik kelepçeleme ve dübel sistem detayı.....	61
Şekil 7.35	Ahşap tavana tutturulmuş sismik kelepçeleme detayı.....	62

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 7.36	Sismik kelepçe kanal bağlantı detayı.....	63
Şekil 7.37	Beton tavana monteli hareketli dübel sistemi detayı.....	64
Şekil 7.38	Dikey yükselen boru geçişi sismik koruma sistem detayı.....	65

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1	Depremlerin büyüklüklerine göre sınıflandırılması.	7
Çizelge 2.2	Depremlerin derinliklerine göre sınıflandırılması.....	7
Çizelge 2.3	Depremlerin uzaklıklarına göre sınıflandırılması.....	7
Çizelge 2.4	Msk şiddet cetveli.....	11
Çizelge 2.5	Magnitud – şiddet ilişkisi.....	14
Çizelge 3.1	Türkiye’de büyük depremler.....	19
Çizelge 4.1	Msk cetveline ve bayındırlık ve iskan bakanlığı’na göre yapı hasarları.....	22
Çizelge 4.2	Yapı hasar dereceleri ve miktarları.....	23
Çizelge 7.1	En yüksek risk bölgesindeki yüksek yapılar için tavsiye edilen sismik sınırlayıcı ve analiz yöntemi seçim tablosu.....	37
Çizelge 7.2	Betona gömülü dübeller için maksimum kesme ve çekme mukavemetleri tablosu.....	42
Çizelge 9.1	Tesisat ekipmanlarının deprem yalıtımı ve titreşim alıcı seçim tablosu.....	68

ÖNSÖZ

Türkiye bilindiği gibi 3 kıtanın arasında kalmış ve jeolojik olarak kıtasal kaymaların olduğu bir bölgede bulunmaktadır. Bu durum ülkemizi gerçekte bir deprem ülkesi yapmaktadır. Fakat halen ülke olarak bir doğa olayı olan depremle beraber yaşamayı öğrendiğimizi söyleyemeyiz. Son olarak yaşadığımız 1999 depremleri bu gerçeği acı bir biçimde tekrar hatırlamamızı sağlamıştır. Depremle beraber yaşamayı öğrenmemiz ancak ona karşı gerekli önlemlerin alınması ile mümkündür.

Binaların, konutların ve endüstriyel tesislerin inşaat mühendisliği yönünden statik olarak deprem sonrasında ayakta kalmaları tek başına yeterli görülse de , aslında insan hayatı için ve bu bölgelerdeki üretim sistemlerinin emniyeti için yeterli olmamaktadır. Örnek olarak tesis yıkılmaz ama doğal gaz veya kazanların bağlantılarında meydana gelen boru v.b. kırılmalar yangınlara ve ölümlere neden olurlar. Bina veya tesis statik olarak ayakta kalır ama mekanik tesisatta da deprem önlemleri alınmamışsa çıkan yangınlar hem insan hayatına ve maddi kayıplara neden olur. Bu tez de ülkemizde çok fazla dile getirilmeyen deprem ve Makine Mühendisliği ilişkisi Türkiye’de ilk olarak ele alınmış ve bu disiplinin endüstriyel tesislerde alması gereken tedbirler daha ziyade uygulamaya dönük olarak, mümkün olduğunca teorik ve karmaşık hesaplardan kaçınılarak pratik bilgiler halinde düzenlenmiştir.

Bu çalışmayı hazırlarken beni teşvik edici tavsiye ve önerilerde bulunan ve çalışmanın her safhasında yardımlarını esirgemeyen ve yol gösteren Sayın Hocam Doç. Dr. Eyüp Akaryıldız’a teşekkür ederim.

ÖZET

Bu çalışma ; mekanik tesisatın temelini oluşturan boru tesisatları, havalandırma kanalları, kazanlar, pompalar, vantilatör ve aspiratör sistemleri ile bunlara ait çeşitli ekipmanların sismik (yerkabuğu hareketlerinden kaynaklanan) kuvvetlere karşı güvenlik tedbirlerinin alınması için genel bir rehber özelliği taşımaktadır.

HVAC elemanlarının şantiye alanında montajından önce proje mühendisinin, mekanik tesisatın yapıya sabitlenecek noktalarını ve yapı içinde sismik güvenlik gereken bölgeleri tespit ederek bunun için gerekli olan özel ekipmanları kataloglardan ve tablolardan faydalananarak belirlemesi gerekir. Bu çalışmada yer almayan uygulamalar ve pratikte karşılaşılabilecek problemler, genel mühendislik kaideleri ve konuyla ilgili standartlar dikkate alınarak çözümlenmelidir.

Mekanik tesisat sismik kuvvetlere karşı çeşitli sabitleme elemanları ile bulundukları bölgeye sabitlenmektedir. Bunun için çeşitli kelepçeler, yüksek mukavemetli ve havacılıkta da kullanılan çelik halatlar , titreşim yutucu yaylar , atalet momentini arttıran beton ve çelik kaideler (temeller) ve bağlantı elemanları kullanılmaktadır. Çelik halatlar kullanılırken kendi elastisitetlerine uygun olarak ön germeli halde tesisata bağlanmalıdırlar. Bu halatlar ve onlarla beraber kullanılan çelik malzemeler için minimum emniyet katsayısı 2 olmalıdır. Çelik konstrüksiyonlar tesisat üzerine bağlanırken kolaylık sağlaması için oynayabilir ve her açıdan montajı uygun ve kolay olmasına dikkat edilmelidir. Aynı sistemde ya tamamen çelik halatlar kullanılmalı ya da tamamen uzun çelik profiller kullanılmalıdır.

Anahtar kelimeler: Deprem, mekanik tesisat, hasar, HVAC.

ABSTRACT

This study intends to be a general guide of the safety measurements to be taken against seismic (born by the movement of the earth's crust) forces for the pipe lines, air conditioner canals, boilers, pumps, ventilators and aspirators systems that are the basic components of the mechanical installations.

Prior to the installation of those HVAC equipments at construction site, project engineers should ascertain the fixing points of the mechanical installation to the building. The regions that the seismic safety measurements should be taken in the building should be established and the special equipments to be used for the subject measurements should also be found out from the leaflets and tables. The applications and the problems to be faced with in practice that have not been mentioned in this study should be solved taking into consideration of the general engineering laws and the related standards.

The mechanical installations are fixed to the related parts using different kinds of fixing components against seismic forces. For this purpose, various kinds of fixing clamps, highly strong steel ropes being used in aviation, vibration absorbing springs, concrete and steel bases(foundation) increasing the moment of inertia and some connection component are used. If the steel ropes are used, the same should be connected to the installation with pre-tension taking into consideration of their elasticity.

The safety coefficient of these ropes and the steel materials being used together with them should be minimum "2". The steel constructions should be movable and appropriate for mounting from all angles in order to be mounted to the main installation easily. In a system, either just steel ropes or just long steel profiles should be used.

Keywords: Earthquake, Mechanical Installations, damage, HVAC.

1. GİRİŞ

Mekanik Tesisat için Genel Deprem Güvenliği Kuralları;

Bu çalışma hazırlanırken Türkiye’de konuyla ilgili maalesef yaşanan tüm acılara rağmen yaptırım gücü olan yönetmelikler henüz olmadığı için bu çalışmadaki pratik mühendislik tedbirleri Amerika’da kullanılan yönetmeliklerle paralellik göstermektedir.Bu yönetmelikler şunlardır ;

1998 Kaliforniya Eyalet Yönetmeliği. (California Code of Regulations – CCR)

1997 Standart Yapı Tüzüğü. (Uniform Building Code – UBC)

1996 Yapı Denetim Kuruluşu. (Building Officials Code Administration- BOCA)

1997 Güney Birliği Yapı Denetimi. (Southern Building Code Congress International- SBCI)

Yukarıda ismi geçen bütün standartlar az katlı binalar ve endüstriyel tesisler için yapılmıştır. Çok katlı binalar kendi başına incelenmeli ve gerekli mühendislik tedbirleri bu yönetmelikler doğrultusunda ele alınmalıdır.

Bütün hesap kurallarına uyularak hesaplanmış bir yapının deprem esnasındaki davranışının iyi olacağını söylemek oldukça zordur. İyi bir hesabın yanı sıra , mimari ve taşıyıcı sistemin düzgün seçilmiş ve oluşturulmuş olması gerekir.

Daha başlangıçta yapılan tasarım hataları , yanlış geometri seçimleri , estetik ve görünüş kaygıları nedeniyle yapılan hatalı seçimler yapıyı ve de dolayısıyla ona ait olan mekanik tesisatı önemli ölçüde riske sokmaktadır. Oluşan bu riski taşıyıcı sistem elemanları ile sonradan çözmek çok zor hale gelmekte ve mekanik tesisatlar için de bir çözüm ortaya çıkmamaktadır..

Yapı tasarımından başlayıp , mekanik tesisatın yapılış aşamasına kadar , estetik ve görünüşle ilgili ekonomik olguların yanı sıra sağlamlık ve dayanıklılık da ön plana çıkartılmalıdır. Amaç nitelikli yapı, insan ve çevre konforunu sağlamaya yönelik tesisat tasarımı olmalıdır. Çağdaş yapıdan; hava kirliliği oluşturmayan, çevreyle uyumlu, estetik, amacına uygun, kullanışlı, yangın güvenliği olan su ve ses yalıtımı yapılmış , enerji kullanımını minimum seviyeye indirmiş, deprem güvenliği olan mekanik tesisata sahip , mimari ve taşıyıcı sistemi iyi seçilmiş yapılar kastedilmiştir.

İyi bir mimari tasarımla başlayan süreç, iyi bir taşıyıcı sistem seçimiyle devam etmelidir. Prefabrik, ön gerilmeli, çelik yada betonarme olarak ele alınan taşıyıcı elemanlar veya taşıyıcı sistem öncelikle mimari tasarıma ve yapının kullanım amacına uygun olmalıdır. Taşıyıcı elemanlar ne az kullanılmalı ne de yapıyı ağırlaştırmalıdır. Sistem makine ve elektrik tesisatlarına kullanım imkanı vermelidir.

Sistem elemanları ısı ve ses köprüsü oluşturmamalı, yangına karşı dayanıklı olmalıdır. Bununla birlikte, en önemlisi de, olası bir deprem dahil bütün yüklere karşı yapı yeterli yapı ve performansı göstermelidir. Böyle bir yapının oluşumunda da bütün mesleki disiplinlere önemli görev ve sorumluluklar düşmektedir.

Yapı üretim ve tasarım sürecinde yapısal güvenliği etkileyen faktörler şöyle sıralanabilir;

Deprem ve özellikleri,
Yerel zemin ve jeoteknik koşullar,
Kullanılan yapısal malzeme,
Mimari tasarım,
Taşıyıcı sistem tasarımı,
İmalattaki özen ve işçilik,
Proje ve yapı denetimi olarak sıralayabiliriz.

Taşıyıcı sistem tasarımı içinde yer alan "yapısal analiz ve hesaplar" da en az yukarıda verilen faktörler kadar önemlidir. Malzeme ve taşıyıcı sistemin idealleştirilmesi, sistemin kurulması ve modellenmesi, gerçeğe uyan yada ona çok yakın analizlerin yapılması hesaplardaki doğruyu sağlayacaktır.

2. DEPREMLER

Yer kabuğunun yavaş hareketleri yatay veya düşey yönde olmakta milyonlarca yıl süren bir zaman içinde dünyanın şekillenmesini sağlamaktadır. Düşey yöndeki hareketler epirojenik hareketler, yapay kuvvetlerin etkisiyle yer kabuğunu meydana getiren rijit levhaların birbirine yaklaşması şeklinde gelişen hareketlere de orojenik (dağ oluşturan) hareketler adı verilmektedir. Benzer şekilde yatay hareketlerin etkisiyle birbirinden uzaklaşan levhaların arasında kalan bölgede okyanuslaşma denilen bir süreçle okyanuslar ortaya çıkmıştır. Deprem adı verilen ve farklı bir takım nedenlere takılan hareketlerin en önemli nedeni ise yerkabuğunun yavaş hareketleri sonucu belli bölgelerde biriken enerjidir. Yani kısaca hızlı hareketlerin kaynağı yavaş hareketlerdir diyebiliriz.

Depremle ilgili ilk kayıtlar MÖ. 2000'li yıllara kadar geriye gitmektedir. Aristo depremlerle ilgilenmiş, sınıflamalar yapmıştır. Deprem hareketini kaydeden ilk alet ise MS. 132 de Çin'de yapılmıştır. John Mitchel 1760 da İngiltere de yazdığı yazılarda depremin yerkabuğundaki hareketlerle ilgili olduğundan söz etmiştir. John Hoff 1840 da bütün dünyayı kapsayan bir deprem katalogu yayınlanmıştır. Robert Mallet 1857 Napoli Depreminden sonra ilk arazi çalışmasını yaparak hasar tespitlerinde bulunmuş, deprem gözetleme evlerinin kurulması önerisini getirmiştir. Daha sonra Palmieri İtalya'da depremleri kaydedebilecek ilkel bir sismograf yapmıştır. 1897 de Oldham, sismograflardan alınan kayıtlardan yararlanarak P ve S dalgalarının matematiksel denklemini ortaya koymuştur. Daha sonra depremlerle ilgili bilimsel çalışmalar hızla ilerlemeye başlamış ve bugün birçok problem çözülmüş durumdadır. Ancak henüz çözülemeyen pek çok problem de varlığını sürdürmektedir.

Doğal nedenlere bağlı olarak oluşan ve yeryüzünde hissedilen yer sarsıntılarına deprem denilmektedir. Oluşumları rijit, katı litosfer parçalarının kırılması veya kayması ya da dünyanın iç ısısında meydana gelen artışlara bağlanmaktadır. Genellikle yer kabuğunu oluşturan katı kaya tabakalarında, nadiren de üst mantoda oluşurlar. Pek çoğu da büyük boyutlu yer kabuğu kırıkları olan faylara bağlıdır. Özellikle diri fay adı verilen aktif genç faylar tektonik depremlerin ortaya çıkmasına neden olurlar. Türkiye'de ve dünyada da meydana gelen pek çok önemli deprem bu türdendir. Türkiye'nin deprem olaylarını kontrol eden en önemli etken, ülkeyi bir uçtan öbür uca kadar doğu-batı yönünde kat eden Kuzey Anadolu fayıdır. Bunun çok büyük bir benzeri kırık da ABD, California'da San Francisco

yakınlarındaki San Andreas Fayı dır. Bu bölgede dünyanın önemli deprem kuşaklarından biri üzerinde bulunmaktadır.

Depremlerin oluşumuna ilişkin ortaya atılan teorilerden en çok kabul göreni, 1906 San Francisco deprem'inden sonra Reid tarafından ortaya atılmış olanıdır. Buna göre belli bölgelerde biriken elastik deformasyon (şekil değiştirme) enerjisinin yer kabuğunu oluşturan katı kayaçların kırılma dayanımını aşması sonucu ortaya çıkan ani kırılma ya da yırtılma hareketi (fay oluşumu) sonunda depremler oluşmaktadır.

Son yıllarda depremlerin asıl kaynağının sürekli ısınan yer içinde oluşan gerilmeler olduğu inancıda birtakım bilim adamlarınca ortaya atılmakta ve kabul görmektedir. (Habber,1984)

Depremleri inceleyen bilim dalına sismoloji adı verilir. (seimos: sarsıntı, logos: bilim) Sismoloji bilimi iki bilim dalıyla iç içe girmiş durumdadır ki bunlardan biri jeoloji , ötekide jeofiziktir. Bu iki bilim dalının çalışmaları bir araya getirilerek sonuca gidilmeye çalışılır. Oluş bakımından jeolojik bir olay olan depremlerin gözle görülen etkilerini jeoloji bilim dalı inceler, yani makro sismik etütler yapar. Jeofizik ise deprem dalgalarının özellikleri, yayılma mekanizmaları , etkileri vb. konuları alet kayıtlarından yararlanarak inceler.Yani mikro sismik etütler yapar.

2.1 Depremlerin Oluşumu, Özellikleri ve Faylar.

Yerkabuğunda muhtelif sebeplerle potansiyel enerji oluşur. Bu enerji birikiminin sebepleri aşağıda verilmiştir:

a) Yerküresi, ısısı dolayısıyla sıcaklığı çok fazla olan pek çok katmandan oluşur. Eğer iki katman arasında ısı farkı varsa ve bu iki katman birbirine komşu ise aralarında bir ısı akımı vardır. Bunun anlamı bir kütle artımının olmasıdır (kütle transferi). Bu durum yerkürenin kütleli dengesini bozar. Diğer taraftan bu, kuvvetler dengesinin bozulması demektir.

b) Dünyayı saran atmosfer tabakaları güneşten aldığı atmosfer enerjisiyle pek çok atmosferik olaylara sebep olur. Güneşten aldığı ısı enerjisi birtakım dinamik hareketlere yol açar, kinetik enerjiye dönüşür. Dünyanın çeşitli yerlerinde basınç farkları görülür. (Isı arttıkça basınç artar, yüksek basınçtan alçak basınca doğru bir hava akımı oluşur) Bu da iç zorlamalara neden olur.

c) Dünyanın kendi etrafında dönmesi.

d) Yerkürenin uzaydaki diğer cisimlerle çekim halinde olmasıdır. Bu çekim sonucunda yine iç zorlamalar ve gel git olayları olur.

e) Karstik bölgelerdeki yer altı suyu yer altı boşluklarına neden olur. Büyüyen bu boşluklar nedeniyle boşluğun tavanı çökebilir.

f) Maden bölgeleri.

g) Volkanik faaliyetler.

Konveksiyon akımlarının yükseldiği yerlerde levhalar birbirlerinden uzaklaşmakta ve buradan yükselen magma okyanus ortası sırtlarını oluşturmaktadır. Levhaların birbirlerine değdikleri bölgelerde sürtünmeler ve sıkışmalar olmakta, sürtünen levhalardan biri aşağıya mantoya batmakta ve eriyerek itme bölgelerini oluşturmaktadır. Konveksiyon akımlarının sebep olduğu bu süreç taşkürenin altında sürüp gitmektedir.

Böylece yerkabuğunu oluşturan levhaların birbirine sürtündükleri, birbirlerini ittikleri ve sıkıştırdıkları, birbirlerinin üstüne çıktıkları ya da altına girdikleri bu levhaların sınırları yerkürede depremle meydana geldikleri başlıca yerlerdir. Depremle büyük çoğunluğu bu levhaların birbirlerini zorladıkları levha sınırlarında dar kuşaklar üzerinde oluşmaktadır. Depremle izah den teori ile “dağ oluşum teorileri” bu bakımdan paralellik gösterir.

Depremle büyük bir bölümü, yukarıda verilen etkilerden meydana gelen şekil değiştirme enerjisinin ani olarak açığa çıkmasından meydana gelir. Böyle bir olay sırasında yerkabuğunu oluşturan plakalar kendisini sınırlayan çizgiler olan faylar boyunca ani olarak kayar. Bu tür tektonik depremde ortaya çıkan yer değiştirme dalgaları sönümlenerek uzaklara yayılır. Deprem hareketinin bu tür açıklanması “Elastik Geri Sekme Teorisi” olarak isimlendirilir. Depremle oluşumunu izah eden bu teori 1911 yılında Amerikalı bilim adamı Reid tarafından ortaya koyulmuştur. Bu teori bugün herkes tarafından tektonik depremleri açıklayan teori olarak kabul görmektedir.

Levha parçalarının hareketlerinin ve yerkabuğu altında sıvı halde bulunan magmanın basıncında soğuma veya benzer nedenlerle meydana gelen basınç değişimlerinin yerkabuğunda gerilmeler oluşturacağı açıktır. Öte yandan kabuğun birçok yerde kırık hatlarla (faylarla) kesilmiş olduğu da bilinmektedir. Bu kırık hatlar, mekanik olarak yer kabuğunun zorlanmalara karşı zayıf bölgeleridir. Yerkabuğunda artan gerilmeler, zayıf olan bu çizgiler üzerinde veya belirli zayıf bölgelerde yer kabuğunun taşıma gücünü aşarak ani bir kayma olmasına neden olur. Böylece uzun zamanda toplanan şekil değiştirme enerjisi yırtılma hareketleriyle yerkabuğunun taşıyabileceği seviyeye ani boşalma ile iner. Sözü edilen boşalma yerkabuğunda gevşeme, yani depremlerin meydana gelme zaman aralığı açıldıkça zamanla toplanan enerjide artar. Bu da meydana gelecek yer hareketinin daha şiddetli olması sonucunu doğurur. Yer kabuğunda meydana gelen kaymanın bir dalga hareketi olarak yayılması sonucu oluşan yüzey titreşimleri deprem olarak algılanır.

Faylar ise depremlerin nedenleri değil, sonuçlarıdır ve geometri ve göreceli kayma yönüne göre sınıflandırılır. Fay yönelmesi, üç boyutta ve iki açı ile tanımlanır. İlki eğim açısı olup, yatay düzlemle fay yüzeyinin yaptığı açıyı temsil eder. İkincisi fayın doğrultusu olup, yeryüzündeki fay izinin yüzey ile yapmış olduğu açıyı tanımlar. Faylar eğim ve doğrultu boyunca hareketin durumuna göre sınıflandırılır.

Fay yırtılmasını veya kaymasının ortak yüzeyde ne kadarlık bir alan üzerinde olduğu depremin büyüklüğünü belirleyen en önemli etkenlerden biridir. Kaymanın oluşturduğu fay alanı büyüdükçe, deprem daha geniş bir alanda hissedilir. Örneğin fay kırılması 1 km' den 100 km' ye çıktığında deprem büyüklüğü de yaklaşık olarak iki katına çıkar. Yırtılma bölgesi yeryüzüne yakın olabildiği gibi derinlerde de bulunabilir.

2.2 Deprem Türleri.

A) Tektonik depremler : Yerkabuğunu oluşturan levha hareketlerinden kaynaklanan bu tür depremler, tektonik kuvvetlerin meydana getirdiği gerilmelerin etkisiyle kabukta meydana gelen ve fay adı verilen kırıkların başlangıç noktalarından boşalıp zemin dalgaları (sarsıntı) halinde ortaya çıkar ve etrafına yayılır. Yer sarsıntılarının % 90' ın dan fazlası bu şekilde oluşur.

B) Volkanik depremler : Yerkabuğunun nispeten zayıf bölgelerinde magma tabakasının yol bularak deşarj olmasıyla meydana gelir.

C) Çöküntü Depremler : Karstik (boşluklu, oyuklu) yapıya sahip yer kabuğu bölgelerinde, çeşitli şekillerde oluşmuş yer kabuğu boşlukları üzerindeki kütle kırılarak çöker. Bu çökmeler de yer sarsıntılarına neden olur. Bunlara çöküntü depremi denilebilir.

2.3 Depremlerin Sınıflandırılması.

Depremler; büyüklüklerine göre Çizelge 2.1’de, odak derinliklerine göre Çizelge 2.2’de ve uzaklık ölçülerine göre Çizelge 2.3’ de gösterilebilmekte olduğu gibi sınıflandırılmaktadır.

Çizelge 2.1 Depremlerin büyüklüklerine göre sınıflandırılması

Magnitüd (m)	Büyüklük Sınıflaması
$M < 7$	Büyük deprem
$5 < M < 7$	Orta deprem
$3 < M < 5$	Küçük deprem
$1 < M < 3$	Mikro deprem
$M < 1$	Küçük mikro deprem

Çizelge 2.2 Depremlerin derinliklerine göre sınıflandırılması

Derinlik H (km)	Derinlik Sınıflaması
$H < 60$	Sığ deprem
$60 < H < 300$	Orta derin deprem
$H < 300$	Derin deprem

Çizelge 2.3 Depremlerin uzaklıklarına göre sınıflandırılması

Uzaklık (D) km	Uzaklık Sınıflaması
$D < 100$	Yerel deprem
$100 < D < 1000$	Yakın deprem
$1000 < D < 5000$	Bölgesel deprem
$D < 5000$	Uzak deprem

2.4 Deprem Dalgaları.

Yerkabuğunun kırılğan bölgelerinde oluşan depremlerden , ortamın elastik parametrelerine bağımlı olacak şekilde dalgalar yayılır. Yani elastik bir ortamda dinamik etkinin yayılması dalga hareketi şeklinde olur. Bu dalgalara sismik dalgalar denir.Bu dalgaların oluşturduğu sarsıntılar yüksek frekanslı olduğu gibi birkaç saniye yada birkaç dakika uzunluğunda da olabilir. Depremi oluşturan faylanma ile birlikte çeşitli türde dalgalar oluşur. Bunların başlıcaları aşağıda kısaca açıklanmıştır.

A) Boyuna (premier) dalgalar (p) : Ses dalgalarna benzeyen boyuna dalgalar, hızları en fazla dalgalar olduklarından kayıt istasyonlarına ilk gelen dalgalardır. Primer dalgalar da denilen bu dalgaların hızları 7-8 km/sn kadardır.Bunların yayılması sırasında titreşim hareketi,dalganın yayılma doğrultusundadır.

B) Enine (sekonder) dalgalar (s) : Bunlara kayma dalgaları da denir. Hızları 3.45 – 4.10 km/sn kadar, P dalgalarna göre düşük ancak, genlikleri daha büyük dalgalardır, gözlem noktasına daha geç gelirler.

C) Yüzey dalgaları (L,R) : P ve S dalgalarının yanında yeryüzüne yakın olarak yayılan yüzey dalgaları da mevcuttur. Yüzey dalgaları yeryüzünde en büyük genlikle oluşur. Yıkıcı hasar yapan ve ölçüm istasyonlarına en son gelen dalgalardır.

Yerkabuğu tabakalı bir yapıya sahip olduğu için tekrar yeryüzüne çıkar ve yansımaya uğrar. P dalgasının yansmasıyla S dalgası ortaya çıkar.Bunlar sırasıyla PP ve PS olarak gösterilebilir. Aynı şekilde S dalgasının yansmasından SS ve SP dalgaları oluşur. Hacim dalgaları da denilen P ve S dalgalarının yansımalarına ise yansımış boyuna dalga (PP) ve yansımış enine dalga (SS) denir.

Değışik özelliklere sahip bir tabakadan diğerine gečen dalgalar yansıma ile geldikleri ortalama geri dönüp yayılırken kırılma ile komşu tabakaya geçerek orada yayılırlar. Örneğın yerkürenin sıvı çekirdeğine erişen P dalgası yansırken, kırılarak çekirdekte de yayılır. Sıvı ortamda S dalgası yayılamayacağı için çekirdeğe ulaşan S dalgası yansıyarak geri döner.

2.5. Deprem Şiddeti.

Yerin belirli derinliklerinde bulunan odaktan (hiposantır) yayılmaya başlayan dalgaların yeryüzünde meydana getirdiği sarsıntı etkisinin ölçüsü olarak , farklı araştırmacılar tarafından şiddet terimi tanımlanmış ve kullanılmıştır. Depremler önce hafif sarsıntı ve garip gürültülerle başlayıp , aniden şiddetlenerek en yüksek mertebeye ulaşır ve hasar yapıcı etkisini gösterir. Daha sonra ise yavaşlayarak duyulmaz olur. Depremler , hasar yapıcı özellikleri ile canlılar , doğal çevre ve yapılar üzerinde birtakım etkiler yaratırlar. Deprem şiddeti de bu etkilerin bir ölçüsüdür.

Depremlerin etkisi ;

- Bölgenin tektonik özelliklerine (jeolojik yapısına) ,
- Deprem dalgalarının geçtiği zemin ve kaya tabakalarının özelliklerine ,
- Depremde ortaya çıkan enerjinin büyüklüğüne ,
- Deprem odağının derinliğine ,
- Üst merkeze olan mesafeye ,
- Yapıların davranışına.

Bağlı olarak değişmektedir. Ani ve ivmeli bir yer sarsıntısı olan depremler , kütlesi olan her şeyde atalet kuvvetlerinin doğmasına neden olurlar. Bu kuvvetlere mukabele edemeyecek güçte olan yapılar ve buna bağlı olarak mekanik ve elektrik tesisatları da hasarlanır. Su kaynakları kuruyup yeni kaynaklar ortaya çıkar. Denizlerde büyük dalgalar oluşur. Bu dalgalar kıyılarda büyük tahribatlar yapar. Yeraltı suyu seviyesi yüksek kumlu tabakalarda sıvı gibi davranışlar gösterir. Sıvılaşmış zemin üzerindeki yüzeysel temeli yapılar batır , gömülür.

Depremin insanlar , hayvanlar , yapılar ve tabiat üzerindeki etkilerinin önceden tanımlanan bir takım cetvellere göre ve gözlemlerin değerlendirilmesine dayanarak yapılan derecelendirmesine deprem şiddeti denir. Günümüze değin depremi yaşayan çeşitli millet ve bilim adamları pek çok deprem şiddet cetveli oluşturmuşlardır.

Bunlardan bazıları şunlardır;

- Mercalli Cetveli (M)

- Modified Mercalli Cetveli (MM) (1931 – 1956)
- Mercalli Cancani Sieberg cetveli (MCS) (1917)
- Rossi Forel Cetveli (1873)
- Japon Cetveli (JS)
- Medvedev Sponhever Karnik cetveli (MSK) (1964)

Bunlarda Rossi Forel ve Japon cetveli hariç diğerleri oldukça birbirine yakın tanımlar ve derecelendirmeler içerir. Bunlardan sonuncusu , MSK cetveli 1964 yılında UNESCO’ nun organizasyonu ile toplanan “ Hükümetler arası deprem mühendisliği ve sismoloji konferansında” Paris’te “ Uluslar arası deprem şiddeti cetveli” olarak kabul edilmiştir.

2.6 MKS Uluslararası Deprem Şiddeti.

MSK deprem şiddet cetveli , yapıların sınıflandırılması , hasar yüzdeleri , yapı hasarlarını derecelendirilmesi depremin insanlar ve çevre , yapılar ve arazi şekilleri üzerindeki etkilerini her bir deprem derecesinde tarif eder. XII çeşit deprem şiddet derecesi vardır ve yapılar üzerindeki tahribat V. Dereceden başlar.

Uluslar arası deprem şiddet cetvelinde yapılar üç tipte gruplandırılır.

- A tipi yapılar : Kerpiç , moloz ve kesme taştan yapılmış, çamur harçlı köy tipi evler.
- B tipi yapılar : Tuğla , briket ve kesme taştan yapılmış , çimento harçlı yapılar , ahşap ve ahşap karkas yapılarla , prefabrik binalar.

Depremlerden sonra yukarıda gösterilen ve gösterilmeyen tüm binalar için hasar tespitleri aşağıda verilen hasar oranına bakılarak yapılmaktadır. Buna göre herhangi bir yerleşim birimindeki tüm binaların ;

- % 5’i hasar görmüşse , az hasarlı (Q)
- % 50 ‘ si hasar görmüşse , az hasarlı (N)
- % 75 ‘ i hasar görmüşse , ağır hasarlı (P)

şeklinde bölgelere ayrılmaktadır. Bayındırlık ve iskan bakanlığı mühendislik hizmeti görmüş yapılar için hasar tespit formunda ise yapıda görülen hasarlar puanlandırılır ve hesaplanan

hasar puanına göre yapı hasar durumu belirlenir. Bu hesaplama da taşıyıcı eleman , bölme duvar , merdiven , çatı gibi her elemanın hasar durumu ayrı puanlandırılmış , puanlama hasarlı eleman sayısı ile çarpılmak sūratıyla elde edilmektedir. Hasar tespitinde en çok hasarın olduğu kat dikkate alınmaktadır.

Çizelge 2.4 Msk şiddet cetveli

ŞİDDET DERECESİ	ÖZELLİKLER
I	Genellikle insanlar tarafında hissedilmemekte olup ancak duyarlı sismograflar tarafından kaydedilebilmektedir.
II	Ancak istirahat eden ve özellikle yapıların üst katlarındaki kişiler tarafından hissedilmektedir.Asılmış konumdaki bazı eşyalar sallanır.
III	Yapıların içinde ve özellikle yapıların üst katlarındaki kişiler tarafından hissedilmektedir. Süresi algılanabilmektedir.
IV	Gündüzleri , yapıların içinde bulunan bir çok kişi , dışarıda ise bazı kişiler tarafından algılanmakta , geceleri bazı insanlar uyanabilmektedir.Duvarlar gıcırdama sesleri çıkarmakta , duran araçlar sarsılabilmektedir.
V	Hemen herkes hissetmekte , bir çok kişi uykudan uyanmaktadır. Sıvalar çatlamakta ya da düşmektedir.Kararlı olmayan eşyalar devrilmektedir.Kötü yapılmış bacalar ve bahçe duvarları yıkılmakta, yönü izlenebilmektedir.
VI	Herkes hisseder , yürümek zorlaşır , pek çok kişi dışarı kaçar.Pencere camları ve cam eşyalar kırılır, ağır eşyaların bir bölümü yerinden oynamaktadır.Sıvalar ve D türü yapılarda çatlaklar oluşur.
VII	Ayakta durmak zorlaşır , herkes dışarı kaçar , araba kullananlar depremin farkına varırlar. Asılı cisimler , sıva , zayıf tutturulmuş tuğla ,taş fayans , korniş , parapet ve yapı dekorasyon malzemeleri düşmektedir.D türü yapılarda çatlak ve hasar oluşur.Havuzda dalgalanma , su birikintilerinde çamurlanma , kum ve çakıl birikintilerinde küçük kaymalar ve çukurlar oluşmaktadır.
VIII	Araba sürmek zorlaşır , C türü yapılarda hasar ve kısmen yıkılma olur, B türü yapılarda da az hasar görülmektedir.A türü yapılarda ise hasar görülmemektedir.Temeli zayıf ahşap yapılar devrilirler.zayıf duvarlar , heykeller , yüksekte duran su tankları , yığılmış malzemeler, kuleler ve bacalar yıkılır. Su kaynaklarının debisi ve sıcaklığı değişir. Arazide kum fıskırması , çatlaklar ve kırıklar oluşmaktadır.
IX	Genel bir panik olmaktadır. D türü yapıların tümü yıkılır. C türü yapılar ağır hasarlanır. B türü yapılarda da önemli derecede hasar görülmektedir.Bir çok yapının temeli hasarlanır.Yeryüzünde büyük yarık ve çatlaklar oluşur.Yeraltındaki borular kopar.kumlu zeminler sıvılaşır.
X	B,C,D türü yapıların çoğu yıkılır , iyi yapılmamış ahşap , karkas ,betonarme , yapılarda çok ağır hasar ya da kırılma başlangıcı olur.Yeryüzünde büyük çatlaklar oluşur. Raylar bükülür , ırmak kıyılarında ve dik yamaçlarda heyelanlar olur, sıvılaşma meydana gelir.
XI	Çok az sayıda yapı ayakta kalır , köprüler yıkılır , yer altı boruları tümüyle işe yaramaz hale gelir.Yeryüzünde geniş çatlaklar oluşur, yumuşak zeminde yer kaymaları ve toprak yığintıları olur.
XII	Tüm yapılar yıkılmakta , deprem bölgesindeki yeryüzü şekli değişmekte ,

Şiddet, belirli bir bölgede hasar durumunu belirtmek için iyi bir gösterge olsa da, depremin büyüklüğü hakkında tam bir bilgi vermez. Belli bir şiddetteki deprem dar bölgede veya geniş bir bölgede meydana gelmiş olabilir; o zaman, bu ikisini birbirinden ayıracak bir başka göstergeye daha ihtiyaç vardır. Deprem büyüklüğü bu ihtiyacı karşılar. Deprem büyüklüğü, deprem sırasında açığa çıkan ve hareket (kinetik) enerjisine dönüşen enerjisinin bir enerjisi olarak tanımlanır. Ancak, bu enerjinin doğrudan doğruya ölçülmesi imkanı olmadığından, aletsel bir ölçüyle belirlenir, günümüzde depremin büyüklüğü yer titreşimlerini hassas olarak kaydedebilen sismograf cihazlarının kayıtlarını kullanarak Richter tarafından geliştirilmiş basit bir ölçekle belirlenmektedir (Çizelge 2.5). Richter ölçeği ile belirlenen depremin aletsel büyüklüğü olarak tanımlanır ve bu değer;

$$M = \log(A/A_0) \quad (2.1)$$

Burada A, büyüklüğü bulunacak depremin 2800 kat büyütme, 0,8 s periyotlu ve %80 sönüm oranlı bir standart WOOD-ANDERSON sismografındaki en büyük genliğini; A_0 ise büyüklüğü sıfır kabul edilen referans depremin aynı şekilde ölçülen genliğini göstermektedir. Deprem hareketini ölçülen büyük genliği, kayma ve yırtılmanın meydana geldiği bölgeye olan mesafe ile değişir. Genliğin değişimi merkez üstünde bir tepe oluşturacak şekilde belirlenir. Gerçekte pratik olmamakla birlikte bu tepenin altında kalan hacim, depremin büyüklüğü için iyi bir ölçüdür. Richter ölçüsüne göre depremin büyüklüğünü hesaplamak için episantir dan 100 km. uzaklıktaki en büyük genlik hesaba katılır, büyüklüğü sıfır olan referans depremi için aynı mesafede en büyük genlik $A_0 = 0,001$ mm olarak kabul edilmiştir. Fakat depremin aketsel büyüklüğü deprem merkezinde ifade eden bir ölçüdür. Deprem büyüklüğünün hesaplanmasında kullanılacak formüller, 1967 Zürih toplantısında karar altına alınmış ve uluslar arası anlamda standartlaştırılmıştır.

Enerji ile bu şekilde tanımlanan deprem büyüklüğü arasında güvenilir ilişkilerin bulunduğu bilinir. Bunların en çok kullanılanları aşağıda verilmiştir.

- | | |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| 1. $\log E = 11,4 + 1,5M$ | erg (Gutenberg – Richter) |
| 2. $\log E = 9,4 + 2,14M - 0,054M^2$ | erg (Gutenberg – Richter) |
| 3. $\log E = 7,2 + 2,0M$ | erg (Bath) |

Örneğin 1 nolu denkleme göre büyüklüğü 7,4 richter olan 17 Ağustos depreminin enerjisi $E = 10^{22,5} \text{ erg} = 316,228 \times 10^{20} \text{ erg}$ 'dir.

Bir fikir vermek açısından 1945'te Hiroşima ve Nagazaki'ye atılan bombalardan herbiri $8 \times 10^{20} \text{ erg}$ 'tir.

Yani 20 kiloton trinitrotoluenin patlaması ile açığa çıkan toplam enerji büyüklüğündedir. Dolayısıyla körfez depreminde depreminde ortaya çıkan enerji Hiroşimaya atılan bombanın 40 katına eşittir.

Çizelge 2.5 Magnitud – şiddet ilişkisi

Şiddet (MSK)	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Richter Büyüklüğü	4	4,5	5,1	5,6	6,2	6,6	7,3	7,8	8,4

2.9 Zemin Durumunun Deprem Şiddeti Üzerindeki Etkisi.

Zemin koşullarının deprem şiddeti üzerindeki etkisini belirleyen etkenler, zeminin mekanik karakterleridir. Bu karakterler bir taraftan jeolojik yapıya , bir taraftan da özellikle gevşek dokuların varlığı , kalınlığı gibi sebeplerle arazinin jeomorfolojik özelliklerine iklim ve hidrolojik şartlara bağlıdır.

Deprem şiddeti , deprem kaynak uzaklığı ve magnitüde bağlı olarak hesaplanabilmesine rağmen , geçmiş depremlerde gözlemlerde uzaklık-azalım ilişkisine göre tahmin edilen şiddet değerleri ile gözlenen şiddet değerleri arasında önemli farklar olduğu görülmüştür. Bu farkta zemin koşulları yapı hasarı üzerinde etkili olduğunu açık ortaya koymaktadır. Örneğin Burdur depremine (1971) ait ampirik formülden hesaplanmış uzaklık azalım ilişkisine göre tahmin edilen şiddet eğrileri ile gözlenen şiddet eğrileri karşılaştırıldığında , gözlenen şiddet eğrilerinin , hesaplanmış şiddet eğrilerinden çok fazla sapma gösterdiği görülmektedir. Gözlenen sismik şiddet biçimindeki belirsizlikler , sismik dalgaların karşılaştıkları jeolojik formasyonlara , tektonik yapıya ve kaynaktaki deprem mekanizmasına bağlı olmakla birlikte zemin koşullarının deprem şiddetini büyütmesinin bir ifadesi olarak değerlendirilmektedir.

Gediz depreminde (1970) Soğuksu köyünde Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından yeni inşa ettirilen , 65 adet tek katlı tuğla afet evlerinin hepsi de aynı plana göre düzgün sıralar halinde inşa edilmesine rağmen , bir sıranın depremde geniş ölçüde etkilenmesi dikkat çekmiştir. Malzeme , işçilik ve detay bakımından evler arasında bazı farklılıklar bulunmakla beraber , hasar derecelerindeki bu büyük farkın zemin etkisinden olduğu yapılan araştırmalar sonucunda ortaya çıkmıştır. Benzer tipte hasarlara Gölcük'te bulunan kooperatif evlerinde 1999 Gölcük depremi sırasında da rastlanılmıştır.

Çeşitli jeolojik katmanların ve zemin koşullarının şiddet artışına etkisini incelemek amacıyla Bochert ve diğerleri (1970-1976) San Francisco Bay bölgesinde araştırmalar yapmışlardır. Bölgenin yapısı granit , yarı konsolide olmayan alüvyon gibi farklılıklar göstermektedir. Bu çalışmalarda jeolojik ve zemin yapısının şiddet üzerinde etkili olduğu açıkça ortaya konmakta , özellikle bölgede yapılan aletsel ölçümler neticesinde şiddet artımının 2,5'e kadar yükselmesi özellikle zemin şartlarının jeolojik yapıdan daha fazla belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır.

Jeolojik yapının üzerinde yer alan zemin tabakasının dolgu ve çökelti malzemelerinin ve bunların özelliklerinin hasara etkisinin büyük olduğu farklı depremlerde çeşitli derinliklerde ölçülen ivme değerleri ile de kanıtlanmıştır. Jeolojik , fiziksel , dinamik statik , deformasyon özellikleri , yer altı su seviyesi , topoğrafya , zemin tabakalarının kalınlıkları gibi özelliklerin farklılaşması ile zeminin çok yakın mesafelerde bile değişken olması , sismik uyarılma karşısında farklı şiddet artımlarına sebep olabilmektedir.

Yumuşak zeminlerin sert zeminlere oranla daha uzun periyotlarda titreşmesi , deprem süresinin daha uzun ve deplasmanın daha büyük olması , genelde hasarı artırıcı etkenler olarak sayılabilir. Kum ve çakıl gibi kohezyonsuz zeminler, özellikle gevşek durumda iseler deprem titreşimleri sonucu hacim değişikliğine ve oturmaya yol açarlar.

Yumuşak tabakaların varlığı halinde yer hareketi ana kayada , yumuşak tabakaların yüzeyine birkaç kat , bazı hallerde 15 kat şiddetlendirilmiş olarak gelebilmektedir. Zemin ne kadar gevşek , gevşek tabakalar ne kadar ince, toprak ne kadar nemli ve yer altı suyu tablası ne kadar yüksekse deprem şiddeti de genel olarak o kadar artmaktadır. Çünkü bu şartlar altında deprem , zemini oluşturan depolarda kayma, göçme , sıvılaşma gibi deformasyonlara ve kitle hareketlerine yol açmaktadır.

Zemin tabakalarının özelliklerine göre , deprem özelliklerine bağlı olarak göstereceği titreşim özellikleri modellenenilmekte ve zemin üzerindeki ivme değerle dolayısıyla şiddet artırımı hesaplanabilmektedir.

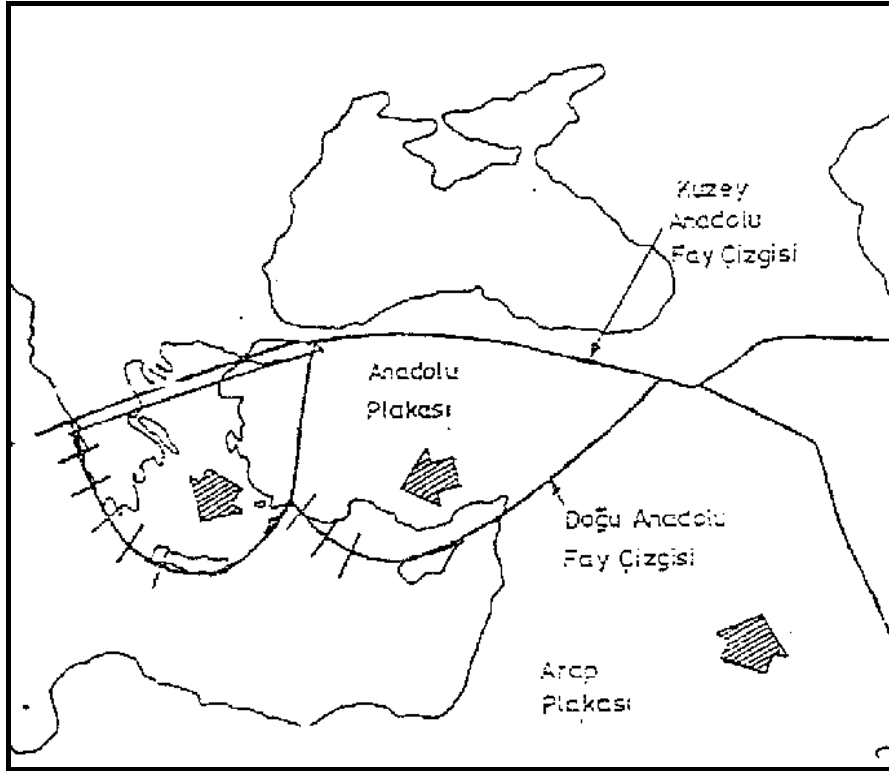
Yerleşmelerin zemin yapısı ve özellikleri , alt bölgeler bazında gösteren mikro bölgeleme haritaları , afet etkilerinin hasar görebilirlik çalışmalarına dayalı arazi kullanım planları ile azaltılabılmesinde önemli bir araçtır.

Mikro bölgelendirme haritalarının zeminin elastik ve sönüm özellikleri , hakim periyodu gibi zeminin depreme karşı davranışlarını karakterize eden parametreleri de içermeleri nedeniyle , afetin etkilerini ekonomik olarak da en aza indirmeyi amaçlayan arazi kullanım planlamalarında ,yapısal yoğunlukların belirlenmesi konusunda doğrudan girdi sağlayabilmesi aşağıda açıklanan teknik bilgiler bazında gerçekleştirilebilmektedir.

Her yapının olduğu gibi, her zemin tabakasının bir hakim periyodu vardır. Zemin tabakası , gelen deprem dalgaları arasında kendi hakim periyoduna uygun olanları seçerek büyütür. Yapıların titreşim periyotları , üzerinde oturdukları zeminlerin hakim periyotlarına rastlarsa rezonansa benzeyen bir olay meydana gelir ve bu olay yapıda önemli hasar yaratır. Yapıların hakim periyotlarının yapı tiplerine ve kat adetlerine göre değişmesi ve bunların bilinmesi, mikro bölgeleme haritalarında hakim periyotları belli olan alt bölgelerde ,sosyal analizler sonucu ortaya çıkan mevcut yapı tipi eğilimine kat adetlerinin saptanması afetin etkilerinin azaltılmasında atılacak önemli bir teknik adım olacaktır. Rezonans olayının önüne geçilmesi için de sert zeminler üzerinde uzun periyotlu “esnek yapılar”, yumuşak zeminler üzerinde ise kısa periyotlu “rijit” yapılar tavsiye edilmektedir.

3. TÜRKİYE'NİN DEPREMSELİĞİ .

Türkiye jeolojik konumu dolayısıyla dünyada en sık yıkıcı deprem oluş periyoduna sahip ülkelerden biridir. Ülkemizde Azor adalarından başlayıp Güneydoğu Asya'ya uzanan Alp-Himalaya Deprem Kuşağının Doğu Akdeniz bölgesinde depremselliğin en karmaşık olduğu kesimde yer almaktadır (Şekil 3.1). Bu karmaşıklık bölgede değişik boyutlarda ve hızlarda levhaların mevcudiyetinden kaynaklanmaktadır. Bölgede deprem oluşumundaki egemen rolü Afrika , Arap ve Avrupa levhaları oluşturmaktadır. Yani bölgedeki depremlerin çoğunluğu bu levhaların sınırları boyunca meydana gelmektedir.



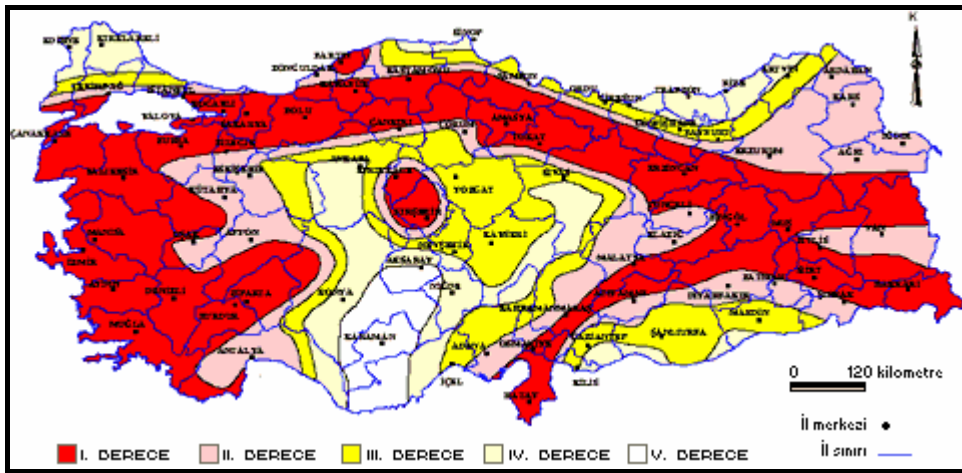
Şekil 3.1 Yurdumuzdaki önemli fay çizgileri. (Y.T.Ü İnşaat Mühendisliği Ders Notları, Ali Koçak ,2001, İstanbul.)

Anadolu levhası güneyde kuzey-kuzeybatıya hareket eden Afrika ve Arap levhaları ile kuzeydeki Avrupa levhası arasında yer almakta olup hareketin kinematiğe göre de batıya kayışa zorlanmaktadır. Bu durumda depremler Anadolu levhasının çevresindeki levhalarla olan sınır zonlarında meydana gelmektedir. Bu zonlar kuzey Anadolu Fayı (KAF) , Doğu

Adnadolu Fayı (DAF) ve Bitlis Bindirme kuşağı (BBK) adını alırlar. Ayrıca batıya kaymaya çalışan Anadolu levhasının hareketi , batıda Ege levhasınca durdurulmaya çalışılınca bölgede kuzey-güney yönlü genişleme söz konusu olmuş ve Ege greabenleri oluşmuştur. Batı Anadolu’da meydana gelen depremlerin genel nedeni bu rejimdir.

3.1 Türkiye’de Deprem Bölgeleri

Türkiye toprakları her bir yerleşim yerinde , o yerleşimi geçmişte etkileyen depremler değerlendirilerek , belirlenen deprem şiddetine göre deprem bölgelerine ayrılmıştır. 1996 yılında yayımlanan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası’nda , beş bölge tanımlanmıştır (Şekil 3.2). Bunlar şiddeti azalan sıra ile 1., 2., 3., 4. derece deprem bölgeleri ve depremsiz bölgelerdir.



Şekil 3.2 Türkiye’de deprem bölgeleri.(Y.T.Ü İnşaat Mühendisliği Ders Notları, Ali Koçak, 2001, İstanbul.)

3.2 Türkiye’deki Büyük Depremler

Bu tabloda , büyüklükleri 5 ve daha yüksek olan depremlere yer verilmiştir. 17 ağustos 1999 Marmara depremindeki ölü ve yaralıları ile ilgili rakamlar 19.10.1999 tarihli Başbakanlık Kriz yönetim merkezi açıklamasından alınmıştır.

12 Kasım 1999 Düzce depremindeki ölü ve yaralıları ile ilgili rakamlar 2.2.2000 tarihli Başbakanlık Kriz yönetim merkezi açıklamasından alınmıştır.

Çizelge 3.1 Türkiye’de büyük depremler

SIRA	TARİH	YER	BÜYÜKLÜK	ÖLÜ SAYISI	HASARLI BİNA
1	10.07.1894	İstanbul	7	474	387
2	08.11.1901	Erzurum	6.1	500	10000
3	24.04.1903	Malazgirt	6.7	2626	4500
4	28.04.1903	Patnos	6.3	3560	12000
5	04.12.1905	Malatya	6.8	500	5000
6	19.01.1909	Foça	6	8	1700
7	09.02.1909	Menderes	6.3	500	5000
8	09.08.1912	Mürefte	7.3	216	5540
9	03.10.1914	Burdur	7.1	4000	17000
10	24.01.1916	Tokat	7.1	500	5000
11	18.11.1919	Soma	6.9	3000	16000
12	13.09.1924	Pasinler	6.9	310	4300
13	13.09.1924	Horasan	6.8	50	25000
14	18.03.1926	Finike	6.9	27	190
15	31.03.1928	Torbalı	7	50	2100
16	18.05.1929	Suşehri	6.1	64	1357
17	06.05.1930	Hakkari	7.2	2514	3000
18	04.01.1935	Erdek	6.7	5	600
19	01.05.1935	Digor	6.2	200	1300
20	19.04.1938	Kırşehir	6.6	149	3860
21	22.09.1939	Dikili	7.1	60	1235
22	26.12.1939	Erzincan	7.9	32962	116720
23	20.02.1940	Develi	6.7	37	530
24	23.05.1941	Muğla	6	2	500
25	15.11.1942	Bigadiç	6.1	7	1262
26	20.12.1942	Niksar	7	3000	32000
27	20.06.1943	Hendek	6.6	336	2240
28	26.11.1943	Tosya	7.2	2824	25000
29	01.02.1944	Gerede	7.2	3959	20865
30	25.06.1944	Gediz	6.2	21	3476
31	06.10.1944	Edremit	7	27	1158
32	20.03.1945	Ceyhan	6	10	650
33	21.12.1945	Denizli	6.8	190	400
34	23.07.1949	Karaburun	7	1	824
35	17.08.1949	Karlıova	7	450	3000
36	13.08.1951	Kurşunlu	6.9	52	3354
37	18.03.1953	Gönen	7.4	265	9760
38	16.07.1955	Söke	7	23	470
39	25.04.1957	Fethiye	7.1	67	3100
40	26.05.1957	Abant	7.1	52	4201
41	23.05.1961	Marmaris	6.5	0	1000
42	18.09.1963	Çınarcık	6.3	1	230
43	14.06.1964	Malatya	6	8	678
44	06.10.1964	Manyas	7	23	5398
45	19.08.1966	Varto	6.9	2394	20007

46	22.07.1967	Adapazarı	7.2	89	5569
47	26.07.1967	Pülümür	6.2	97	1282
48	30.07.1967	Akyazı	6	0	1000
49	03.09.1968	Bartın	6.5	29	2073

Çizelge 3.1 'in devamı

SIRA	TARİH	YER	BÜYÜKLÜK	ÖLÜ SAYISI	HASARLI BİNA
50	14.01.1969	Fethiye	6.2	0	1000
51	23.03.1969	Demirci	6.1	0	1000
52	25.03.1969	Demirci	6	0	1000
53	28.03.1969	Alaşehir	6.6	41	4372
54	28.03.1970	Gediz	7.2	1086	9452
55	12.05.1971	Burdur	6.2	57	1389
56	22.05.1971	Bingöl	6.7	878	5617
57	27.03.1975	Gelibolu	6.4	7	980
58	06.09.1975	Lice	6.9	2385	8149
59	24.11.1976	Çaldıran	7.2	3840	9552
60	30.10.1983	Horasan	6.8	1155	3241
61	07.12.1988	Akyaka	6.9	4	546
62	13.03.1992	Erzincan	6.8	653	6702
63	01.10.1995	Dinar	5.9	94	4909
64	27.06.1998	Ceyhan	6.3	145	0
65	17.08.1999	Kocaeli	7.4	18000	77349
66	12.11.1999	Düzce	7.2	816	7850

4.TÜRKİYE’DE DEPREMLE İLGİLİ YAPI DENETİM KANUNLARI VE HUKUKİ MEVZUAT.

Türkiye’de depremle ilgili olarak bir çok kanun ve yönetmelik yürürlüktedir. Bunların başlıcaları şunlardır;

1. Yapı denetimi hakkında kanun.
2. Yapı denetimi usul ve esasları yönetmeliği.
3. Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik.
4. Zemin ve temel etüdü raporunun hazırlanmasına ilişkin esaslar
- 5.Mimarî proje düzenlenmesinde bütün safhalarda uygulanacak esaslar.
- 6.Zorunlu deprem sigortasına dair kanun hükmünde kararname.

Mekanik tesisatla ilgili olarak somut bir hesap şekli sadece Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelikte geçmektedir. Fakat tamamen yetersiz ve eksik olduğu açıkça görülmektedir. Adı geçen yönetmeliğin 6.maddesinin 11. fıkrasının 2.bendinde “ Mekanik ve elektrik donanımına etkileyen deprem yükleri “ başlığı altında şöyle denmektedir :

1. Binalardaki mekanik ve elektrik donanımların ve bunların bina taşıyıcı sistem elemanlarına bağlantılarının hesabında kullanılacak yatay deprem yükleri denklem (4.1) ile verilmiştir. Ancak , denklem (4.1)’de w_e ile gösterilen mekanik veya elektrik donanım ağırlıklarının binanın herhangi bir i ’inci katındaki toplamının $0,2w_i$ den büyük olması durumunda ,donanımların ağırlıklarının ve binaya bağlantılarının rijitlik özellikleri , bina taşıyıcı sisteminin deprem hesabında göz önüne alınacaktır.

$$f_e = w_e A I (1 + H_i / H_N) \quad (4.1)$$

2. Kalorifer , brülör ve kazanları acil yedek elektrik sistemleri ile dolgu duvarlarına bağlanan donanımlar ve bunların bağlantılarında denklem (4.1) ile hesaplanan deprem yükünün iki katı alınacaktır.

3. Endüstri binalarında ,mekanik veya elektrik donanımının bulunduğu kattaki en büyük ivme spekturumunun uygun yöntemlerle belirlenmesi durumunda denklem (4.1) uygulanmayabilir.

Yukarıda tam metni verilen mekanik tesisat için deprem yönetmeliğinin ne kadar yetersiz ve teknik açıdan bir çok soru işareti taşıdığı ortadadır. Ülkemizde konu ile ilgili standartların devlet tarafından eksisiz ve tüm teknik ayrıntıları da içine alan bir kanuna ihtiyaç vardır.

4.1 Yapı Hasarları Ve Dereceleri.

Depremlerin neden olduğu yapı hasarları ise aşağıdaki şekilde sınıflanıp tanımlanmıştır (Çizelge 4.1) .

1. Derece Hasar : İnce sıva çatlakları , küçük sıva parçalarını dökülmesi , yapının 0,0052'den daha az yatmış olması.

2. Derece Hasar : Duvarlarda küçük çatlaklar , büyük sıva parçaları dökülmesi , binanın bütün olarak 0,015 'ten daha az yatmış olması. (Kolonlarda 0,2 mm 'yi ,kirişlerde 0,3 mm'yi , duvarlarda 1 mm'yi geçmeyen çatlakların bulunması)

3. Derece Hasar : Duvarlarda derin çatlaklar , kısmi parçalanma , taşıyıcı sistem birleşim yerlerinde çatlak oluşması , yapının 0,03'den daha az yatmış olması (kolonlarda 1,5 mm'ye , kirişlerde 2 mm'ye ,birleşim yerlerinde 0,5 mm'ye kadar ezilme ve kesme –eğilme çatlakları bulunması , duvarlarda 2 mm'ye kadar çatlağın bulunması)

4. Derece Hasar : Duvarlarde yarılam , kısmi yıkılmalar , taşıyıcı sistem birleşim yerlerinde kopma ve ezilmeler , b,inada 0,03^den fazla yana yatmalar. (duvarlarda 5 mm 'den kolonlarda 2 mm'den daha geniş çatlakların oluşması.)

5. Derece Hasar :Tamamen yıkılma.

Çizelge 4.1. Msk cetveline ve bayındırlık ve iskan bakanlığı'na göre yapı hasarları aşağıdaki gibidir.

	1. Derece Hasar	2. Derece Hasar	3. Derece Hasar	4. Derece Hasar	5. Derece Hasar
--	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

MSK Uluslararası Şiddet Cetveli	HAFİF (SLİGHT)	ORTA (MODERATE)	AĞIR (HEAVY)	KİSMİ YIKINTI (PARTIAL FAILURE)	YIKINTI (FAILURE)
Bayındırlık ve İskan Bak. Uyg.	Hafif	Az	Orta	Ağır	Yıkıntı

Deprem bölgelerinde insanlar ve yapılar tarafından hissedilen yer hareketi şiddeti kişilerin ve yapıların etkilenen bölgedeki konumuna bağlı olarak değişir. Mühendislik açısından yer hareketinin şiddetinin ölçülmesi daha önemlidir. Deprem şiddeti yeryüzünün belirli bir noktasında tanımlanır ve bu noktada yaptığı etkinin derecesi ile belirlenir. Deprem yarattığı yer hareketinin şiddeti en fazla deprem merkezinde hissedilir. Merkezden uzaklaştıkça yer hareketi şiddeti ve dolayısıyla yapılar üzerindeki etkisi azalır. Değiştirilmiş Mecalli Cetvelinde bu durum XII deprem şiddetinde açıklanmıştır.

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik “ 1998’de tanımlanan deprem bölgeleri , bu bölgelerde beklenen tasarım deprem şiddeti ve anılan MSK Uluslararası Deprem Şiddeti Cetveli tanımları ile beklenen yapı hasar dereceleri ve miktarları , bir fikir vermek amacıyla aşağıdaki Çizelge 4.2 hazırlanmıştır.

Çizelge 4.2 Yapı hasar dereceleri ve miktarları

Türkiye’de Deprem Bölgesi	Deprem Şiddeti MSK	Zemin maks. İvmesi cm/s ²	Zemin Maks. Hızı cm/s	YAPI TİPLERİ		
				A Kırsal yapılar	B Prekast yapılar	C Betonarme yapılar
	V	12-25	1,0-2,0	Q ₁	-	-
4. Derece	VI	25-50	2,1-4,0	Q ₂ -N ₁	Q ₁	-
3. Derece	VII	50-100	4,1-8,0	Q ₄ -N ₃	Q ₂	Q ₁
2. Derece	VIII	100-200	8,1-16,0	Q ₅ -N ₄	Q ₄ -N ₃	Q ₃ -N ₂
1. Derece	IX	200-400	16,1-32,0	N ₅	Q ₅ -N ₄	Q ₄ -N ₃
	X	400-800	32,1-64	P ₅	N ₅	Q ₅ -N ₄

Not :

Q ₁ = %5 hafif hasar	N ₁ = %50 hafif hasar
Q ₂ = %5 az hasar	N ₂ = %50 az hasar
Q ₃ = %5 orta hasar	N ₃ = %50 orta hasar
Q ₄ = %5 ağır hasar	N ₄ = %50 ağır hasar
Q ₅ = %5 yıkıntı	N ₅ = %50 yıkıntı

4.2 Zemin-Yapı-Mekanik Tesisat Etkileşimi

Ana kayadan gelen hareket zemini içinde değişikliği zemin yüzüne çıkar. Bu yer hareketi de yapı temeli ile yapıya iletilmektedir. Fakat deprem hareketi sırasında zemin , yapı ve mekanik tesisat beraber hareket edecek ve birbirlerini etkileyeceklerdir. Örneğin 1970 Gediz depreminin merkez üssüne 135 km'de hiçbir bina yıkılmazken tek bir fabrika yıkılmıştır. Yapılan inceleme sonucu fabrikanın ilk frekansının üzerinde bulunduğu zemine yaklaşık olarak eşit olduğu görülmüştür. Bu durum zemin yapı etkileşiminden çok , zeminin yapı davranışına olan etkisini göstermektedir.

Deprem hesaplarında genellikle yapıların temele ankastre olarak mesnetlendiği kabul edilir. Bu durumda yapının taşıyıcı sisteminin davranışına zeminin etkisi ihmal edilir. Bu durum bazen yeterli olsa da , özellikle yüksek yapılar , su kuleleri , bacalar, nükleer reaktörler gibi yapıların güvenilir olması için tasarımda zemin-yapı davranışını değişik şekillerde etkiler.

a) Yapının altında bulunan zemin ana kayadaki deprem etkisini değiştirerek verir. Bazı durumlarda bu nedenle etkinin büyüdüğü görülür. Örneğin sağlam bir zemin üzerine yapılmış bir yapıya etki eden deprem hareketinde hiçbir değişiklik görülmezken yumuşak bir zemin üzerindeki yapının deprem hareketinde büyük değişiklikler olmaktadır.Yapı-zemin arasında bir etkileşim olduğundan deprem hareketindeki değişiklik daha da büyümektedir.

b) Zemin – yapı etkileşimi sonucu zeminin etkisiyle yapının periyod ve mod şekilleri gibi dinamik özelliklerinde de değişiklik olur.

c) Yapı rejimine rijit olarak mesnetlenmediği için yapının titreşim enerjisinin büyük bir bölümü zemindeki sönüm ve yayılma ile söner.

d) Yapının bulunduğu zemin nedeniyle deprem sırasında farklı oturmalar oluşabilir.

Bu olaylarda şu görülebilir ki yapının davranışı kısmi olarak zeminden ve aynı şekilde zeminin davranışı da yapının olup olmamasından etkilenir. Yani yapının temelinde meydana gelen hareketle , aynı noktada yapı olmadığında meydana gelecek olan serbest yüzey hareketi arasında fark ortaya çıkar. Fakat uygulamada genelde bu göz önüne alınmaz ve yapının

zemin rijit olarak mesnetlendiği kabul edilir. Yinede bazı özel durumlarda zemin-yapı etkileşiminin göz önüne alınması gerekir.

Deprem hareketinin ana kayaya uygulanması ve bunun üst zemin ve yapıdaki etkilerinin hesaplanması yapı davranışının incelenmesinde ideal bir yoldur. Fakat ölçülen yer hareketinin ana kayaya ait olmayıp , yeryüzü ölçümlerinden elde edildiği düşünülürse , bunun gerçekçi olmadığı ortaya çıkar. Bunun yerine deprem hareketinin yüzeyden etkilendiğini kabul ederek yapının temelinde yay ve sönüm olarak daha uygun olur. Yada zeminin dinamik karakteristikleri önceden belirlenerek zemin ve yapının davranışı beraber incelenebilir. Zeminin dinamik özelliklerinin belirlenmesinde , zemin rijitliği ve sönümü sonsuz ortama enerji yayılması gibi özellikleri içeren farklı modeller geliştirilmiştir. Bu modeller şu şekilde sıralanabilir.

a) Yapının temelinde kabul edilen eşdeğer elastik yay ve sönümleyicilerle modelleme. Zemine yerleştirilen yaylarla temsil edilmektedir. Zeminin hareketine katılan kısmı olarak belirli bir kütlenin harekete iştirak ettiği kabul edilebilir.

b) Zemini düşey doğrultuda elastik yay ve sönümleyicilerin bir arada kullanıldığı kayma kirişi modellemesi.

c) Zemin elastik veya yay viskoelastik homojen bir yarı sonsuz ortam olarak kabul edilmektedir. Zemin rijitliği ve sönümü frekansa bağlı olarak hesaba girmektedir.

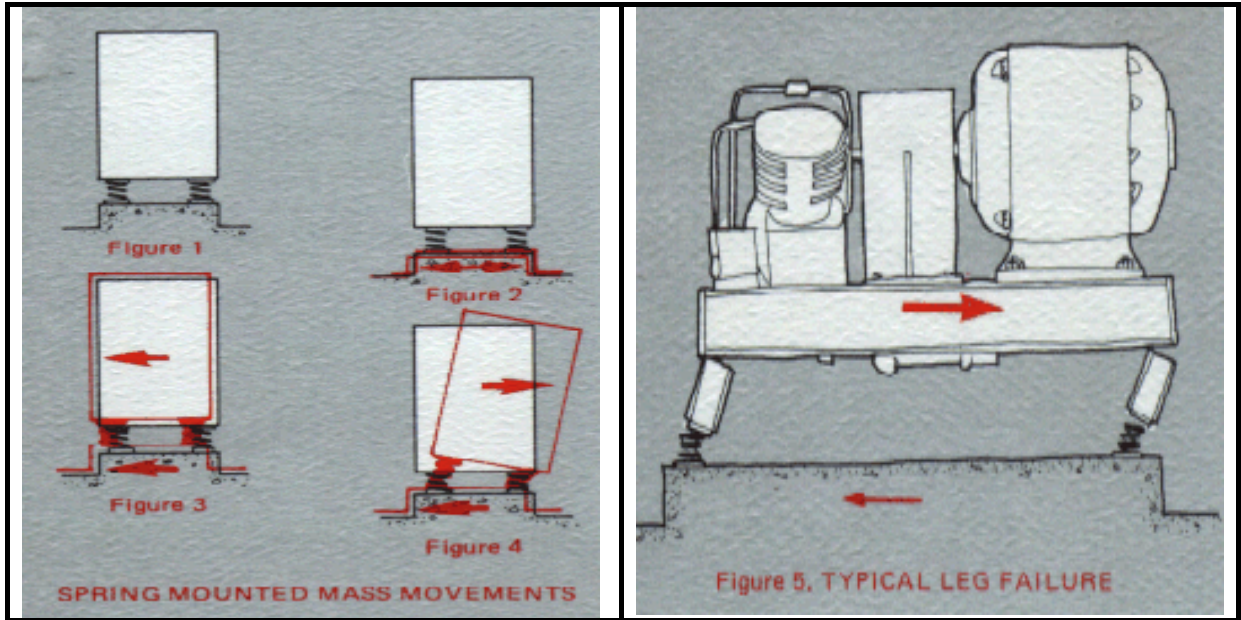
d) Zeminin iki veya üç boyutlu sonlu elemanlarla modellenmesi. Zeminin en gerçekçi modellenmesi sonlu elemanlar kullanılarak yapılabilir. Fakat oldukça pahalı bir yöntemdir.

Zemin-yapı etkileşiminin göz önüne alınması gereken zaman ve para açısından ekonomik değildir. Bu konuda yapılan çalışmalar sonucunda şu sonuçlara varılmıştır.

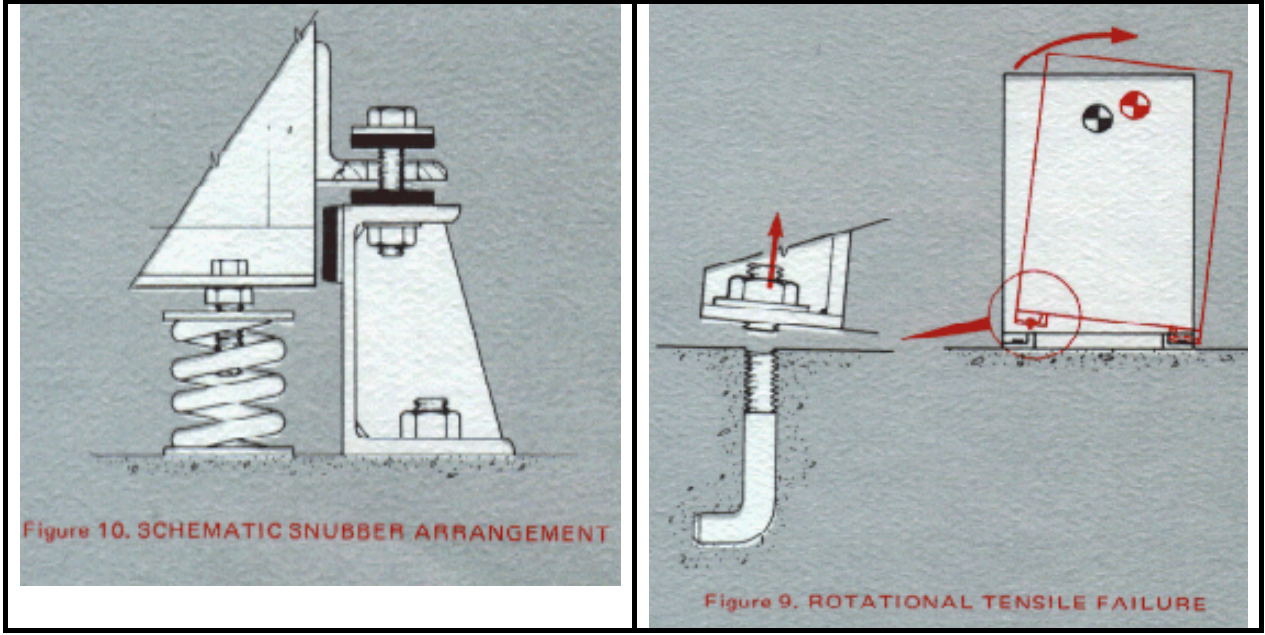
Yapının titreşim periyotlarının büyüdüğü ve yapı taban kesme kuvvetinin azaldığı görülmüştür. Söz konusu problemin deprem yönetmeliklerine yansması ise esas olarak yapının periyodunun etkileşim sonucu büyümüş olan değerinin kullanılması ile taban kesme kuvveti ve devirme momentlerinde bir azaltma yapılabilmesi olduğu söylenebilir.

Zemin-yapı etkileşiminin göz önüne alınıp alınmamasında karar verilmesi veya yapının zemine rijit olarak bağlı olduğunun kabul edilmesinin sonuçlara olan etkisinin tahmin edilmesi önemli bir adımdır.

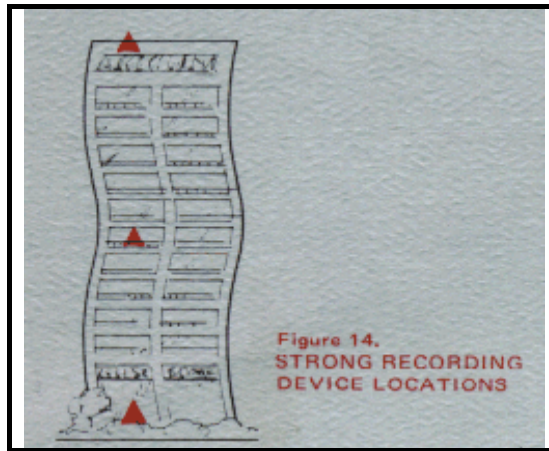
5. MEKANİK TESİSATIN DEPREM DAVRANIŞI.



Şekil 5.1 Zemine yaylar ile monte edilmiş cihazların deprem anındaki hareketleri görülmektedir. Bağlantı noktalarında hasar meydana gelir. (1999, Seismic Restraint Guidelines, New Jersey.)



Şekil 5.2 Cihazlar sadece yay ile değil deprem anında cihazın hareketini engelleyen sabitleme elemanları ile bulunduğu noktaya bağlanmalıdır. Sadece vida ile yapılan montajlarda civatalar burulma ve kesme kuvvetleri etkisi ile kırılabilirler. (1999, Seismic Restraint Guidelines, New Jersey.)



Şekil 5.3 Üstteki şekilde deprem anında binanın üst katlarında bulunan HVAC cihazlarına daha yüksek deprem kuvvetleri etki eder. (1999, Seismic Restraint Guidelines, New Jersey.)

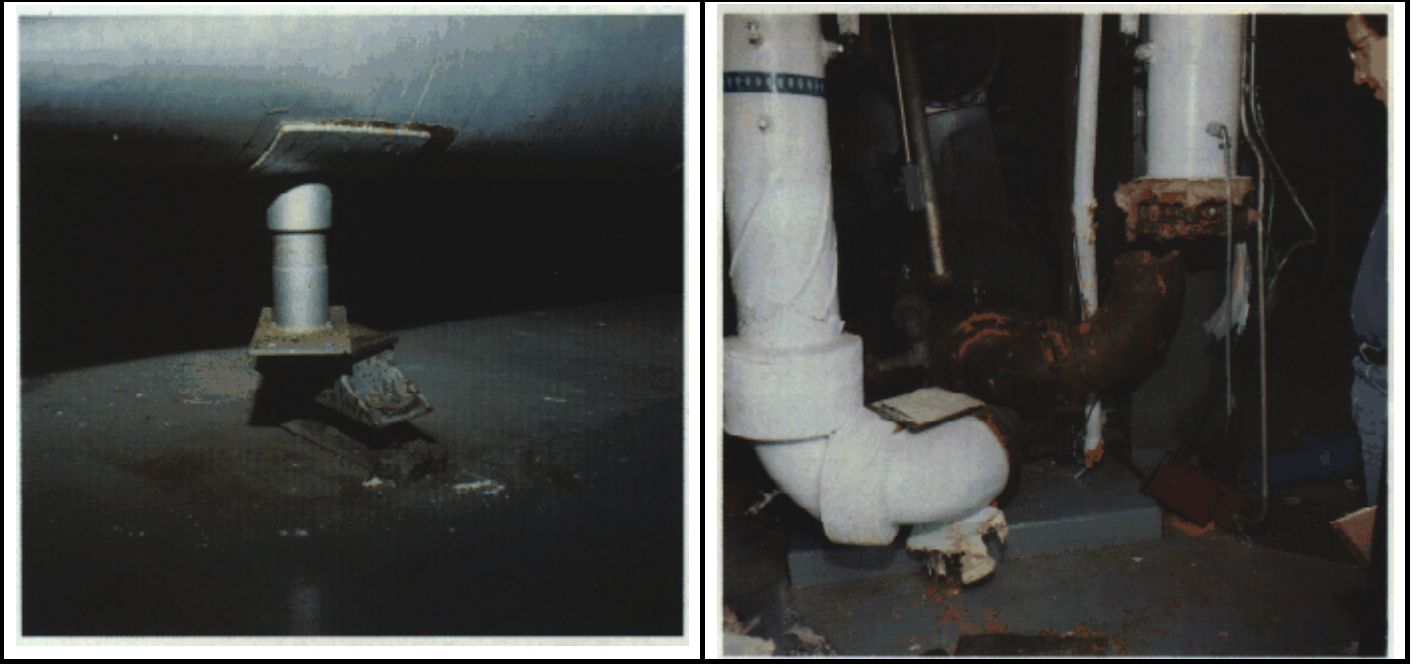
5.1 Mekanik Tesisatın Deprem Sonucu Gördüğü Zararlar.



Şekil 5.4 Sağ üstte klima santrali deprem kuvvetleri etkisinde kalarak yerinden oynamış, solda ise ısı değiştirici tedbir alındığı için yerinde duruyor fakat bağlı olduğu beton temel parçalanmış.



Şekil 5.5 Sağ üstte Havalandırma kanalları deprem sonucu devrilmiş durumda, sol üstte ise chiller ünitesi sadece titreşim sönümleyici yaylarla sabitlendiği için yay ayakları kırılmış durumda.



Şekil 5.6 Sağda tank bulunduğu noktadan kopmuş durumda, solda ise deprem sonucu dirsek bağlantılarından kırılmış olan tesisat boruları görülmektedir.

5.2 Mekanik Tesisata Binen Deprem Yüklerinin Analiz Metodları.

I Tipi: (Dinamik analiz yöntemi) Dinamik hesap sonucunda cihaza etkiyen kuvvetler bulunur. Bu maksimum kuvvet seviyesi 4 g olabilir. Burada g yerçekimi ivmesi olup, 4 g seviyesinde bir kuvvet cismin ağırlığının 4 misli bir kuvvet anlamına gelir. Burada dinamik analiz detayları verilmeyecektir.

J tipi: (Statik analiz yöntemi) Dinamik bir hesap yapmak yerine, cihaza etkiyen yatay ve dikey kuvvetleri verilen tablolardan seçme yöntemidir. Bu tablolardaki değerler genellikle 1 g'nin altındadır.

6.MEKANİK TESİSATIN DEPREM (SİSMİK) KUVVETLERİNE KARŞI YALITIMI.

6.1 Mekanik Tesisatın Deprem Korumasında Kullanılan Elemanlar.

Türkiye sıkça depremlerin yaşandığı, önemli bir bölümü 1.Dereceden deprem kuşağında olan bir ülkedir. Bu durum göz önünde bulundurularak, yapının statığında olduğu gibi, mekanik tesisatın kurulmasında da bir takım önlemler alınması gerekir. Bugüne kadar mekanik tesisat tasarımında ve uygulamasında sismik koruma Türkiye'de dikkate alınmayan bir konudur. Ancak dış kaynaklı bazı projelerde belirli ölçülerde önlem alınması öngörülmektedir. Deprem doğrudan insanları öldürmez. Esas öldürücü olan insan eliyle yapılan yapıların çökmesidir. Bu nedenle burada esas olarak insan eliyle yapılan yapılar ve özellikle mekanik ekipman ve tesisat üzerine depremin etkileri üzerinde durulacak ve alınabilecek önlemler tartışılacaktır. Bu çerçevede önemli bir nokta, mekanik tesisatın sürekli çalışmakta olmasıdır. Deprem ise bina ömrü içinde birkaç kere olabilecek bir olaydır. Hiç olmayabilir de. Dolayısıyla çok uzun aralıklarla olması muhtemel bir olay için alınacak önlemler ekipmanların normal çalışmasını etkilememeli, ancak deprem olduğunda devreye girmelidir.

Deprem Kuvvetleri depremin oluşumu ve etkileri bilinmektedir. Deprem sırasında yer kabuğu kırılması dolayısıyla 4 tip dalga oluşur. Bunlar içinde özellikle binaları sallayan ve çökerten P ve S dalgaları olarak isimlendirilen basınç ve yüzey dalgalarıdır. Burada iki noktanın altını çizmekte yarar vardır:

1- Deprem sırasında serbest kalan ve dalgalarla iletilen enerji çok büyüktür. 5.5 Richter ölçeğinde bir depremin sahip olduğu enerji 10^{20} erg değerindedir. 1946'da Bikini nükleer test patlamasındaki enerji 10^{19} erg değerindedir (yani 10 misli daha küçüktür).

2- Mekanik tesisatın tasarımında ve sismik korunmasında ,normal olarak, 7 ve üzerindeki Richter ölçeğindeki büyük depremlerde , deprem merkezinde binanın kendisinde öyle büyük tahribat meydana gelir ki , sonuçta sistemlerin sökülüp, yenilenmesi gerekir. Mekanik tesisatın sismik korumasında amaç bina tahrip olmadığı, tamir edilebilir olduğu halde, mekanik sistemin göçmesinin veya tahrip olmasının önlenmesidir. Bu da ancak küçük ve orta şiddetli depremlere dayanım özelliği anlamına gelir. Ayrıca normal ömrü içinde binanın küçük ve orta şiddette depremle birkaç kez karşılaşması muhtemeldir. Ama büyük bir depremle karşılaşma olasılığı çok düşüktür.

6.2 Sismik Koruma İçin Ekipman Montajı.

Sismik Koruma için ekipman montajı da öncelikle mühendisin karar vermesi gereken bir dizi konu vardır. Örneğin cihaza ne olursa olsun yerinde kalması yeterli mi? (Yani çalışmaya devam edip etmemesi ikinci planda mı?) Yoksa cihaz, küçük tahribatlarla bile olsa, yerinde kalabilsin ama çalışmaya devam edebilsin mi? Bu karar dolayısıyla cihazın ne derecede hayati olduğuna bağlıdır. Ana taze hava besleme sistemi fanı ve tesisatı veya ana su besleme sistemi pompası ve tesisatı gibi birinci derecede önemli ekipmanlar ve tesisat, depremde sonra da çalışmaya devam edebilmelidir. Ama örneğin tuvalet egzost aspiratörü çalışmasa da, sadece etrafa zarar vermeden yerinde kalabilse yeterlidir. Bu karar cihaz montajı için gerekli elemanların seçimi için esastır. Cihazlar genellikle ya cıvata vs. ile katı olarak yapıya bağlanırlar veya titreşim izolatörleri üzerinde esnek olarak bağlanırlar. Katı olarak bağlanan ekipmanlarda sorun yoktur. Bunlar deprem anında yapıyla birlikte hareket ederler ve bağlantılarda bir sismik kuvvet artışı etkisi görülmez. Bağlantı yeteri kadar kuvvetliyse, cihaz deprem sırasında yerinde kalır. Bu nedenle elektrik jeneratörleri ve yangın pompaları gibi sadece acil hallerde, kısa sürelerle çalışan hayati öneme sahip ekipman mümkünse cıvatalar yardımı ile binaya katı bağlanmalı, titreşim izolasyonu yapılmamalıdır (Ancak elektrik kesilmeleri nedeniyle jeneratörler Türkiye'de daha sık ve uzun çalışmaktadır). Sürekli çalışan ve titreşim kaynağı olan havalandırma fanları, pompalar, soğutma grupları gibi ekipman ise, mutlaka titreşim izolatörleri üzerine monte edilirler. Bu cihazlar yeteri kadar ağırlarsa (örneğin soğutma grubu), titreşim yalıtımı kabiliyeti olan yaylı veya lastik ayaklar üzerinde yapıya otururlar. Bu cihazların üzerine konulduğu beton kaideler doğrudan yapıya bağlıdır. Eğer cihazlar (küçük pompalar gibi) yeterince ağır değilse, atalet kütlesi oluşturacak bir beton kaideye doğrudan cıvata ile katı bağlanır, bu beton kaide titreşim izolatörü malzeme (mantar, çelik yaylı ayaklar, özel lastik malzeme vs.) üzerine oturtulmak suretiyle yapıya esnek olarak tespit edilir. Normal çalışma sırasında cihaz bu esnek bağlantı üzerinde titreşirken, bu titreşimler yapıya geçmez. Yani yapıda bir hareket yokken, üzerindeki cihaz bir titreşim hareketi yapmaktadır. Deprem anında cihazla yapı arasındaki sınırlı ızaş (titreşim) harekete yapının salınımları ilave edilir. Bu salınımlar normal titreşimlere göre çok daha büyük genliklidirler. Öte yandan titreşim izolatörleri üzerine oturtularak yapıya bağlanan cihazlar, deprem sırasında yapı ile farklı fazda salınım hareketi içinde olabilirler. Titreşim izolatörünü taşıyan bina ana yapısı ekipmanla ters yönde bir hareket yapıyorsa, deprem kuvveti çok daha şiddetli olarak bağlantıya (ayaklara) etkiler veya sistem deprem salınımları dolayısıyla

rezonansa girebilir. Buna sismik kuvvet artışı etkisi denir. Sonuçta cihaz yerinden koparak savrulur ve tahrip olur. Bu nedenle deprem sırasında cihazla yapı arasındaki izaş hareketleri sınırlandırarak ve cihazın yerinde kalmasını sağlayacak bağlantı elemanlarına gereksinim vardır. Bunlara sismik sınırlayıcılar denilir. Sismik sınırlayıcılar deprem sırasında ekipmanın sallanmasını sınırlar ama normal çalışma sırasındaki titreşimlere (titreşim izolasyonu sistemine) kesinlikle etkilemezler. Sadece sismik olay sırasında devreye girip etkili olurlar. Bu elemanlar içlerinde bırakılan boşluk nedeniyle sismik kuvvetleri artırma eğilimindedirler. Ancak buna dayanıklı olarak yapılırlar.

Binaların mekanik tesisatında ekipmanlar tek başlarına durmazlar. Bunların, boru veya kanalı bağlantıları vardır. Cihazlara olan boru ve kanal bağlantıları, eğer cihaz titreşim yapıyorsa, esnek (flexible) bağlantıdır. Esnek bağlantılar sayesinde cihaz titreşimleri boru ve kanallara geçmez. Daha sonra boru ve kanallar kendileri titreşmiyorlarsa, sabit bağlantı elemanlarıyla yapıya tespit edilirler. Bağlantı elemanları arasında sabit ve kayar mesnetler ve askılar sayılabilir. Bağlantı elemanları cinslerine göre boru ve kanallara belirli yönlerde hareket serbestliği tanıyabilirler. Deprem göz önüne alındığında, boru ve kanalların da depremde cihazın sınırlı hareketleri sırasında yerinde kalması gereklidir. Bunu temin etmek üzere boru ve kanalların yapıya bağlantılarında özel elemanlar kullanılması gerekir. Bu elemanlar sayesinde boru ve kanal da yapıyla birlikte hareket edecektir. Yine buradaki bağlantı çeşitli tip mesnetlerde olduğu gibi katı olabilir veya belirli yönlerde hareket serbestliği sağlayan askı, titreşim izolatörlü askı vs. gibi esnek olabilir. Sismik korumada boru ve kanalların yapıya sabitlenmesi esastır. Boru ve kanal depremde yapıyla birlikte hareket edecektir. Buna karşılık cihaz bağlantıları esnek olacak ve cihazla boru veya kanal bağımsız hareket edebileceklerdir.

6.2.1 Sismik Sınırlayıcılar .

Aktif ve pasif tipler olarak iki grupta toplanabilir. Aktif tip elemanlarda, bir veya birkaç sensör yardımıyla deprem hissedilerek, korunan cihazı anında otomatik olarak döşemeye katı bir biçimde tespit edecek bir kilit mekanizması tetiklenir. Normal çalışmada (deprem dışında) kilit mekanizması açıktır ve cihaz döşemeye yüzer olarak bağlıdır. Yani aktif elemanlar bir titreşim izolatörü görevi yapmaktadır. Deprem algılandığı anda bu yüzer bağlantı, katı bağlantıya döner. Duyar eleman elektronik veya mekanik olabilir. Kilitleme mekanizması da elektrik, pnömatik veya mekanik aktivatörlü olabilir. Ancak bu aktif elemanlar hem pahalıdır. Hem de, daha önemlisi, bakım ve servis gerektirir. Normal şartlarda hiç çalışmayan bir

mekanizmanın belirli periyotlarda bakımının yapılması ve test edilmesi genellikle ihmal edilir ve bu elemanlar çoğu kez deprem anında çalışmazlar. Sismik sınırlayıcı olarak en yaygın kullanılan elemanlar pasif tiplerdir. Bunlar bakım gerektirmezler. Pasif sınırlayıcılar genellikle elastik yastıklar ve bunları çevreleyen çelik bir yuvadan oluşurlar. Bu içi elastik tampon kaplı çelik yuva içinde serbestçe hareket edebilen çelik bir mil bulunur. Çelik mil ve çelik yuva biri cihaza, diğeri yapıya sabitlenmiştir. Cihazın normal titreşim genlikleri içinde yuva içindeki milin hareketi sınırlanmaz. Ancak deprem halinde olduğu gibi bu genlik aşılsa, çelik mil esnek tampona çarparak cihaz salınımını sınırlar. Böylece cihaz yerinde kalır. Herhangi bir kopma olmaz ve cihaz fonksiyonuna devam eder. Pasif Tip Sismik Sınırlayıcılar (koruyucular) Şekil 7.1'de çeşitli tip sismik sınırlayıcılar verilmiştir. Bu elemanlar çeşitli harfle ifade edilen tiplere ayrılmıştır.

Buna göre,

6.2.2 Sadece Sınırlayıcılar.

A Tipi : Bütün yönlerde sınırlama yapar, değiştirilebilir dökme neopren takozu vardır ve sınırlayıcı çelik rondela kalınlığı 5 mm'den az olamaz.

B Tipi: Bütün yönlerde sınırlama yapar, değiştirilebilir dökme dökme neopren takozu vardır ve çelik yuva kalınlığı 15 mm'den az olamaz.

6.3.3 Ayaklar

C Tipi: (Yuvalı, yaylı ayaklı), A tipinde içten sınırlayıcı içeren montaj ayağı. Bu ayakta, cihazın normal çalışmada yay üzerinde serbest titreşim hareketi yapabileceği açıklıklar bırakılmıştır. Ama ayak içindeki sınırlandırıcı, depremde olduğu gibi, normal dışı genliklerde salınıma izin vermez.

D Tipi: İçine bütün yönlerde sınırlayıcı monte edilmiş neopren ayak. Çelik veya beton bloklara civatalanmaya uygun.

E Tipi: Kolon borusu veya boru kılavuzu mesneti D tipine benzer fakat özel olarak kolon sabitlemek veya titreşim yalıtımını yapmak için tasarlanmıştır. Normal olarak çelik

konstrüksiyon destekler üzerine monte edilir ve yerine kaynatılır. 6" üstü çap ve 50 m'den fazla uzunluktaki kolonlar için kullanılır. (Şekil 7.2)

6.3.4 Çelik Halatlar ve Titreşim Yalıtımlı Askılar.

F Tipi: Her üç eksene 45° açıyla en az dört çelik halat tesis edilmiştir. Standart bağlantı ile halat bağlantıları keskin kenarlar boyunca kıvrılmaları önleyecek biçimdedir. Halatlar, en az 5 mm kalınlıkta neopren sismik takozlar içeren, titreşim yalıtımlı askılarla birlikte kullanılacaktır. Halatlar normal olarak ekipmanın her dört köşesine veya her boru askısına iki tane olmak üzere her bir sonraki bağlantı noktasında yönleri değişmek üzere yerleştirilirler.

6.3.5 Esnek Bağlantı Parçaları.

(Körükler) G Tipi: Bütün hesaplanmış hareketleri alma kabiliyetinde, dökme naylonla takviye edilmiş düz veya dirsek şeklinde boru bağlantı parçaları. Eğer içinden geçen akışkanın sıcaklığı, basıncı veya cinsi neoprenin dayanım sınırlarını aşıyorsa, neopren yerine ondüleli paslanmaz çelik kullanılabilir.

6.3.6 Çelik Platformlar.

H tipi: Asma tip, çelik konstrüksiyon platform. Üzerine monte edilmiş ekipman tarafından uygulanan sismik yüklere dayanabilecek mukavemettedir.

7.SİSMİK SINIRLAYICI SEÇİMİ.

Sismik sınırlayıcılar statik veya dinamik analiz (hesap) sonucu seçilmelidir. Burada bu hesap üzerinde durulmayacaktır. Sadece seçime rehber olması gayesiyle hazırlanmış örnek bir seçim tablosu verilmiştir. Bu tablo sadece rehber olmak amacıyla verilmiştir. Esas eleman seçimi hesaplara dayanılarak yapılmalıdır. Bu tablolar orijinal kaynakta çeşitli deprem zonları ve bina tiplerine göre çok sayıdadır. Burada sadece en büyük risk zonunda yüksek yapılar için hazırlanan tablo örnek olarak Çizelge 7.1'de verilmiştir. Tabloda eleman tipi yanında, kullanılması gerekli analiz yöntemi de işaretlenmiştir. Burada sınırlayıcı tipi yanındaki I harfi statik sınırlayıcıları, J harfi ise statik sınırlayıcıları gösterir. Sadece yerinde kalması istenen önemsiz cihazlar yönetmeliklerde verilen tablolardan yararlanılarak statik analizle belirlenebilir. Bu tip koruyucu (sınırlayıcı) bağlantı elemanların ve bağlandıkları yapısal kaidenin 1 g mertebesinde kuvvetlere dayanabilir olmaları beklenir. Sınırlayıcı, dolayısıyla cihaz üzerine etki eden kuvvet darbe karakteri taşıdığından, cihaz yerinde kalmakla birlikte bozulabilir ve durabilir aslında ortaya çıkan dinamik kuvvetlerin, statik olarak seçilmiş sınırlayıcıları kopartmaları da mümkündür. Cihazın yerinde kalıp, çalışmaya devam edip etmemesi, darbenin cihazın kırılma mukavemetini aşp aşmamasına bağlıdır. Özellikle yerinde kalması ve çalışmaya devam etmesi istenen ekipman ise dinamik analizle seçilen sismik sınırlayıcılarla donatılmalıdır. Dinamik sınırlayıcılar hesaplarının karmaşık olması yanında, montajında da, çok daha küçük açıklıklara sahip olmaları nedeniyle, hassas olunmasını gerektirirler ve bunların tesisi çok daha zordur.

Çizelge 7.1 En yüksek risk bölgesindeki yüksek yapılar için tavsiye edilen sismik sınırlayıcı ve analiz yöntemi seçim tablosu.

Cihaz Önem Faktörleri	Primer; Deprem sırasında ve sonrasında çalışmaya devam etmeli			Sekonder; Depremden 48 saat sonra tamir edilerek çalışmaya başlayabilir			Önemsiz; Sadece yerinde kalmalı		
	7.5 m'ye kadar	7.5 - 33 m	34 m ve üstü	7.5 m'ye kadar	7.5 - 33 m	34 m ve üstü	7.5 m'ye kadar	7.5 - 33 m	34 m ve üstü
Sogutma Makinaları							Daima Primer veya Sekonder Önemlidir		
Absorpsiyon	AJ	BJ	BGI	A	AJ	BGJ			
Santrifüj Chiller veya Isı Pompası	AJ	BJ	BGI	A	AJ	BGJ			
Hermetik Kompresörler	AJ	BJ	BGI	A	AJ	BGJ			
Kondenserle Birlikte Hermetik Kompresörler	AJ	BJ	BGI	A	AJ	BGJ			
Pistonlu Kompresörler									
2000 kg kadar	A	AJ	BGJ	A	CJ	BGJ			
2000 kg üzerinde	AJ	BJ	BGI	AJ	AJ	BGJ			
Pistonlu Chillerler veya Isı Pompaları									
2000 kg kadar	A	AJ	BGJ	A	AJ	BGJ			
2000 kg üzerinde	AJ	BJ	BGI	AJ	AJ	BGJ			
Paket Sıcak Su veya Buhar Kazanları	AJ	AGJ	AGJ	AJ	AJ	AGJ	AJ	AJ	AJ
Pompalar									
Akuple Pompalar									
5 hp	AJ	AJ	AJ	A	A	AJ	A	A	A
7.5 hp ve üstü	A	AJ	AGJ	A	A	AJ	A	A	A
Şasefi Pompalar									
60 hp'ye kadar	AJ	AGJ	BGJ	AJ	AJ	AGJ	AJ	AJ	AJ
75 hp ve üstü	AJ	AGJ	BGI	AJ	AJ	AGJ	AJ	AJ	AJ
Fabrikada Monte Edilmiş Isıtma ve Klima Üniteleri									
Çatı Üstü Üniteler (Roof top)									
Asma Tip Üniteler									
5 hp	F	F	FJ	F	F	FJ	F	F	FJ
7.5 hp ve üstü	F	FJ	FI	F	FJ	FJ	F	F	FJ
Döşeme Tipi Üniteler									
5 hp	C	CJ	CJ	C	C	CJ	C	C	C
7.5 - 40 hp	C	CJ	CJ	C	CJ	AJ	C	C	CJ
50 hp ve üstü	CJ	AJ	AJ	CJ	AJ	BJ	A	A	AJ
Kompresörler									
Depolu Tip	A	AJ	AJ	A	AJ	AJ	A	A	AJ
V-W Tipi	A	AJ	AJ	A	AJ	BJ	A	AJ	AJ
Dikey - Yatay, 1 veya 2 Silindiri									
275 - 499 d'd	AJ	BJ	BJ	AJ	BJ	BJ	A	AJ	AJ
500 - 800 d'd	AJ	BJ	BJ	BJ	BJ	BJ	A	AJ	AJ
Fanlar									
Set Halinde Döşeme Tipi	C	CJ	CJ	C	C	CJ	C	C	C
Asma Santrifüj Tipi	CH	CH	CHJ	CH	CH	CHJ	CH	CH	CH
Fan Kafaları Döşeme Tipi	A	AJ	AJ	A	AJ	AJ	A	A	AJ
Santrifüj ve Eksenel Asma Tip Fanlar									
25 hp'ye kadar	F	F	FJ	F	F	FJ	F	F	F
30 hp ve üstü	F	FJ	FI	F	FJ	FI	F	F	FJ
Döşeme Tipi Motor Fan Kasası İçinde	A	AJ	AJ	A	AJ	AJ	A	A	AJ
Döşeme Tipi Bağımsız									
Monte Edilmiş Motorlu	A	AJ	AJ	A	AJ	AJ	A	A	AJ
Sogutma Kuleleri ve									
Kondenser Üniteleri	AJ	AJ	BI	AJ	AJ	BJ	AJ	AJ	AJ
6" veya daha küçük İzoleli Borular	F	F	FJ	F	F	FJ	F	F	F
8" ve üstü İzoleli Borular	FJ	FJ	FI	FJ	FJ	FJ	F	F	FJ
6" ve üstü Çapta ve 50 metre uzunluğu üstünde Kolonlar	EJ	EJ	EJ	EJ	EJ	EJ			

NOT: Bu seçim tablolarındaki ilk harfler ilerde verilen sismik sınırlayıcı tiplerini, harflerin yanındaki I ve J harfleri analiz yöntemini ifade etmektedir. I dinamik analizle seçilmesi gerektiğini, J statik analizle seçimin yeterli olabileceğini ifade eder.

7.1 Sismik Sınırlayıcı Kullanım Örnekleri.

Sismik sınırlayıcıları cihaz şasesinin altına veya yanına monte etmek mümkündür. Şekil 7.2 ve Şekil 7.3'de bu örnekler görülmektedir. Şekil 7.2'de cihaz çelik konstrüksiyon şasesinin bir köşesi görülmektedir. Yaylı titreşim izolatörü ve sismik sınırlayıcı birlikte şasenin yan tarafına bağlanmışlardır. Her iki eleman da alttan beton kaideye bağlıdır. Şekil 7.3'de her iki eleman cihaz ayağının altına monte edilmiştir. Her iki durumda da cihazın normal çalışması sırasında yaylar üzerinde yaptığı titreşime, sismik sınırlayıcı etki etmeyecek, bu titreşim sınırlayıcının açıklığı içinde kalacak şekilde elemanların montajı ve ayarı yapılır.

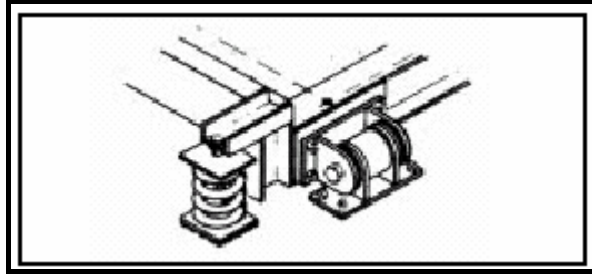
Bu amaçla ;

- (1) Sismik sınırlayıcının yapıya (beton kaidesine) bağlantısı,
- (2) Gelebilecek kuvvete sınırlayıcının dayanabilme gücü,
- (3) Sınırlayıcının cihaza veya cihazın beton veya çelik konstrüksiyon şasesine bağlantısı ve cihazın kendisinin şasesine bağlantısı mukavemet açısından tek tek sağlanmalıdır.

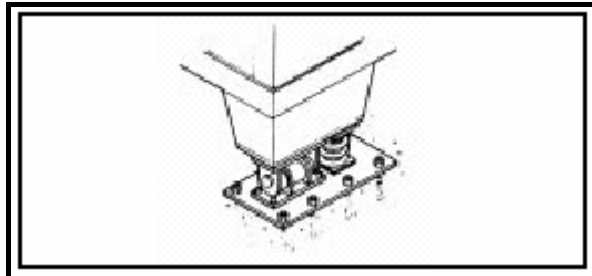
Bunlardan birinin yeterli mukavemette olmaması bütün korumayı etkisiz kılar ve cihaz yerinden kopar. Bir başka önemli husus ta cihazın kendi iç mukavemetidir. Cihaz yerinde kalsa bile, içinden parçalanabilir veya tahrip olabilir. Fanlar, pompalar, klima santralleri yüksek iç mukavemete sahiptir. 4 veya 5 g kuvvetlere dayanabilirler. Halbuki transformatör, dimmer gibi elektrikli cihazlar, dişli kutuları çok zayıftır ve ancak 0.25-0.5 g kuvvetlere dayanabilirler. Soğutma kulesi, havalı kondenserler ve paket tipi cihaz gibi cihazlar ise ancak 3 g kadar kuvvetlere dayanabilirler. Şekil 7.4 ve Şekil 7.5'de boru askı uygulama örnekleri verilmiştir. Şekil 7.7'de kolonların sabit mesnetlenmesi, Şekil 7.5'de kayar mesnetlenmesi görülmektedir. Boruların duvar geçişlerinde ise Şekil 7.6'daki önlem alınmalıdır. Kanalların cihazlarla bağlantısında yatay hareketlerin sınırlandırılması için Şekil 7.8'deki elemanlar kullanılabilir. Yaylı ayaklar üzerine oturan beton kaide konstrüksiyon detayı Şekil 7.6' dadır.

7.1.1 Beton Kaideler.

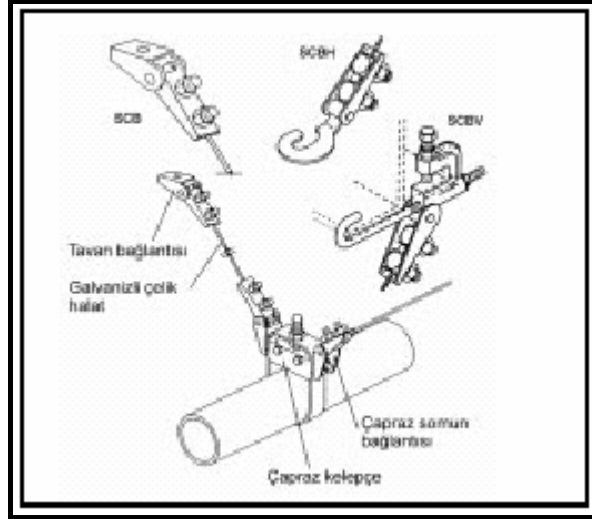
Beton kaideler iki farklı kavramı ifade etmek için de kullanılabilir. Esas beton kaideler cihazların üzerine yerleştirildiği, yapının bir parçası olan kaidelerdir. Bu kaideler inşaat demiri konstrüksiyonla yapı zeminine bağlanır ve genelde BS-25 dozda beton dökülerek oluşturulurlar. Beton kaide yapım detayı Şekil 7.9' da verilmiştir. Beton kaide 12 mm² yatay demir çubuklar 8 mm² etriyeler kullanılarak takviye edilmelidir. Beton kaidenin üst yüzeyi düz olmalı ve seramik ve benzeri zayıf kaplama malzemeleri ile kaplanmamalıdır. Bu kaideler cihazları belirli ölçüde döşeme yüzeyinden yükseltmek ve sağlam bir bağlantı zemini oluşturmak amacıyla kullanılırlar. Yukarıda (1) numara ile ifade edildiği gibi cihazın deprem güvenliği öncelikle bu kaidenin yeterli mukavemette olması ve sismik sınırlayıcının bu kaideye yeterli mukavemette bağlanabilmesine bağlıdır. Çizelge 7.1 'de beton kaideye saplanacak civataların çaplarına göre beton içine saplama miktarları ile taşıyabilecekleri müsaade edilen kesme ve uzama gerilmeleri ve gerekli minimum beton mukavemeti verilmiştir. Diğer bir beton kaide tipine ise yüzer beton kaide denilmesi daha doğrudur. Örneği Şekil 7.6'da görülen bu beton kaideler hafif cihazların titreşim izolasyonunda kütle teşkil etmek amacıyla oluşturulurlar. Aslında bu kaideler beton şase olarak ta ifade edilebilirler. Bu bölümde bu elemanlar cihazın bir parçası olarak düşünülmüştür. Titreşim izolatörleri ve sismik sınırlayıcılar bu elemanların altına veya yanına bağlanır.



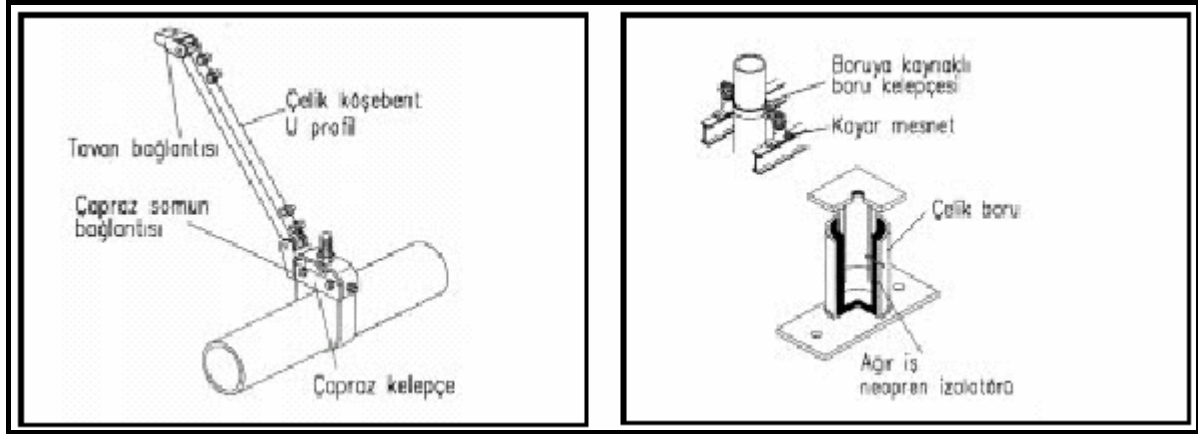
Şekil 7.2 Cihaza yandan monte edilmiş sismik sınırlayıcı.



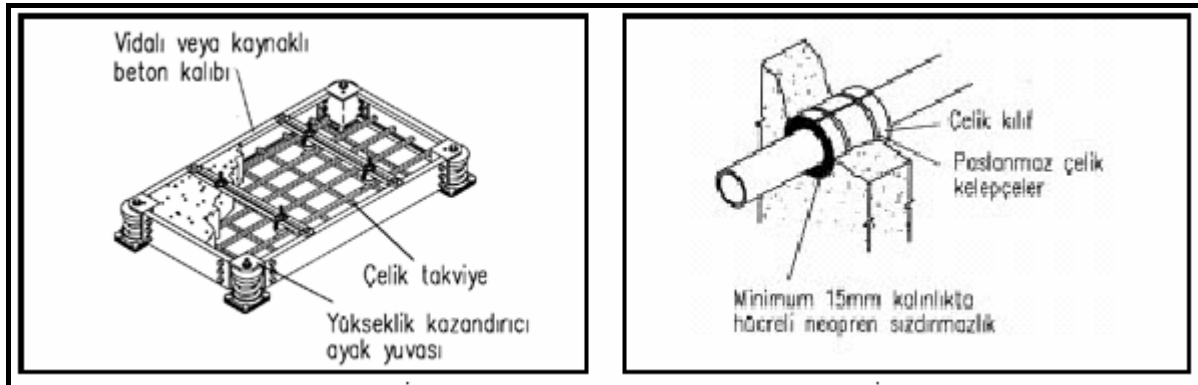
Şekil 7.3 Cihazın altına monte edilmiş sismik sınırlayıcı.



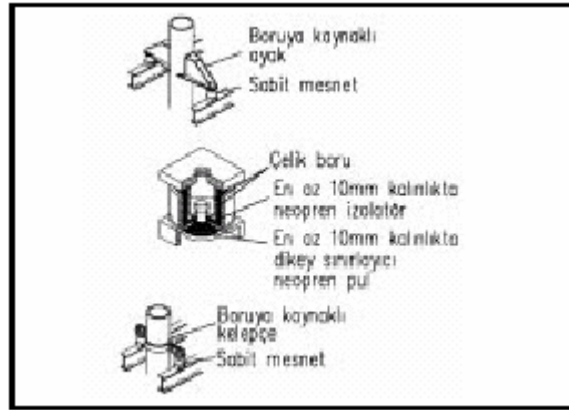
Şekil 7.4 Çelik halat sismik koruyucular.



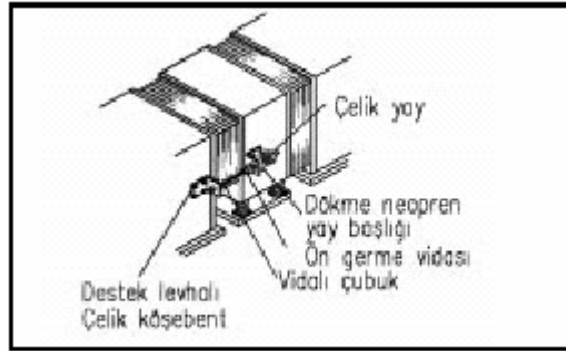
Şekil 7.5 Sol üstte rijit boru askısı, sağ üstte kayar mesnet.



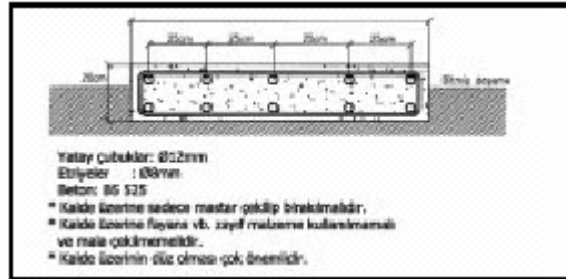
Şekil 7.6 Sol üstte beton temel (kaide) , sağ üstte akustik duvar geçişi.



Şekil 7.7 Sabit mesnet.



Şekil 7.8 Çiftler halinde kullanılan yatay kanal sismik sınırlandırıcılar.



Şekil.7.9 Beton temel detayı.

Çizelge 7.2 Betona gömülü dübelller için maksimum kesme ve çekme mukavemetleri tablosu.
(Seismic Restraint Guidelines, 1999.)

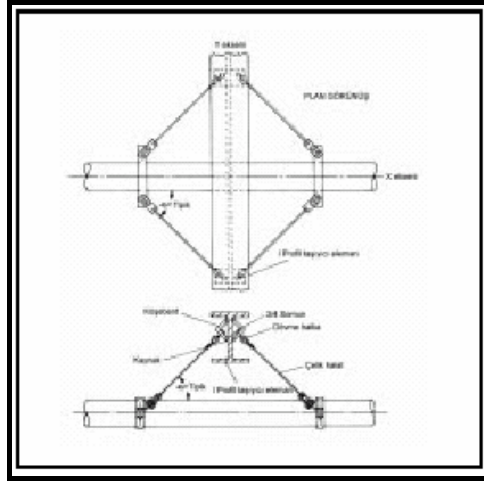
Çap (inç)	Minimum Betona gömülme mesafesi (cm)	Çekme Gerilmesi		Kesme Gerilmesi
		Minimum beton mukavemeti (kg/cm ²)		
		140	200	140- 350
¼	6	17	17	14
3/8	6,5	38	38	35
½	8,5	69	69	65
5/8	8,5	95	103	103
4/3	10	101	123	155
7/8	13	123	143	220
1	15	123	143	220
1-1/8	17	123	155	220
1-1/4	19	123	183	220

Uçtan da döşemeye veya sabit beton kaideye bağlanırlar.Yüzer beton kaidelerin bir diğer montaj şekli ise, zeminde açılan bir yuva içine titreşim yalıtıcı mantar veya köpük tabaka üzerine yerleştirilmeleridir. Bu montaj biçiminde cihazın titreşim yalıtımı ve yatay deprem kuvvetlerine karşı korunması sağlanmışken dikey deprem kuvvetlerine karşı tamamen korunmasızdır. Bu tip yüzer kaide üzerine cihaz montajlarında beton atalet blokunun düşey hareket sınırlaması için önlem alınmalı ve detay geliştirilmelidir.

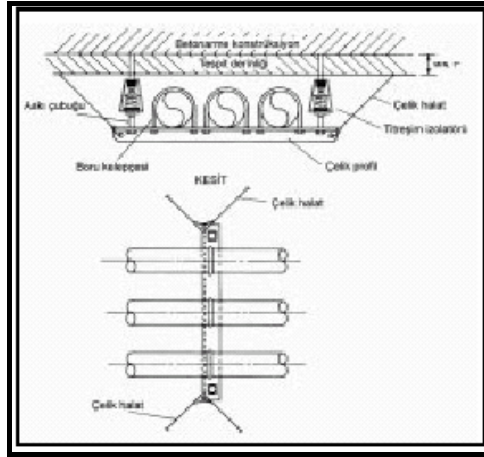
7.1.2 Asılı Boru ve Kanalların Sismik Koruması.

Sismik koruma amacıyla öncelikle boru ve kanalların cihazlara katı bağlanmaması gereklidir. Bu aynı zamanda titreşim izolasyonu bakımından da istenen bir husustur. Bu amaçla boru ve kanallar körük veya kompensatörler yardımı ile cihazlara bağlanır. Bu amaçla kullanılacak boru kompensatörleri şekil 7.1’de G tipi olarak verilen örnekte olduğu gibi, depreme dayanıklı olarak özel üretilmiş, çok iyi kalitede olmalıdır. Böylece her iki parçanın bağımsız hareket edebilme imkanı yaratılır. Cihazlar ve borular (veya kanallar) yapıya ayrı ayrı sabitlenir. Boru ve kanalların zeminden veya shaft içinden geçişinde mesnetlenmelerinde deprem yükleri dikkate alınırsa, konstrüksiyon olarak sismik korunmaları da temin edilmiş olur. shaft içinden geçen kolonların sabit mesnetlenmesinde Şekil 7.7, kayar mesnetlenmesinde Şekil 7.5 detayı kullanılabilir. Boru duvar geçişlerinde ise Şekil 7.6’da görüldüğü gibi önlem alınmalıdır. Esas boru ve kanalların yapıya asılarak geçişleri sismik açıdan ayrıca ele

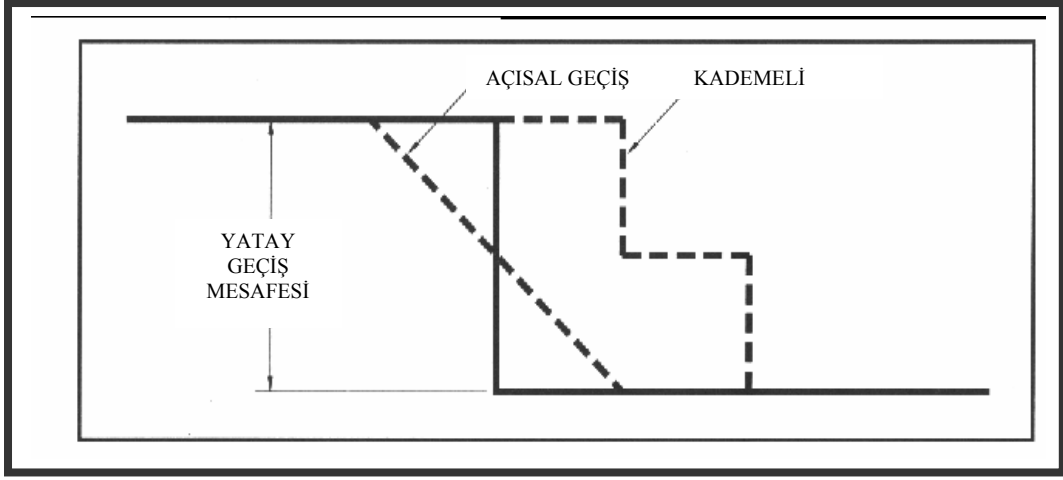
alınmaları gereken bir konudur. Şekil 7.10'da tavandaki bir çelik I profile dik olarak geçen borunun asılma detayı görülmektedir. Bu detayda boru x ve y eksenlerinde hareketlere karşı tamamen koruma altına alınmıştır. Şekil 7.11'de alternatif asılmış tek boru veya boru demetlerinin her üç eksende hareketlere karşı korumaya alınması görülmektedir. Bu tip bağlantılarda kullanılan çelik halatların uçlarındaki bağlantı halkaları halatın kopmaması açısından çok önemlidir. Halatın en zayıf noktaları bu bağlantı uçlarıdır. Buraların keskin olmaması gerekir.



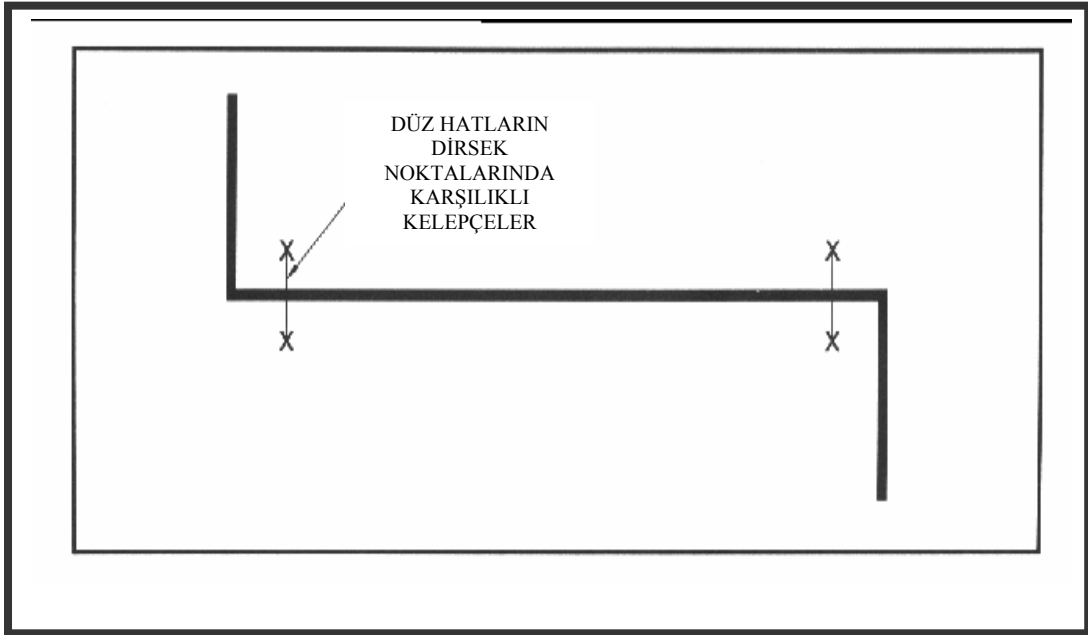
Şekil 7.10 Asılmış borunun sismik koruması.



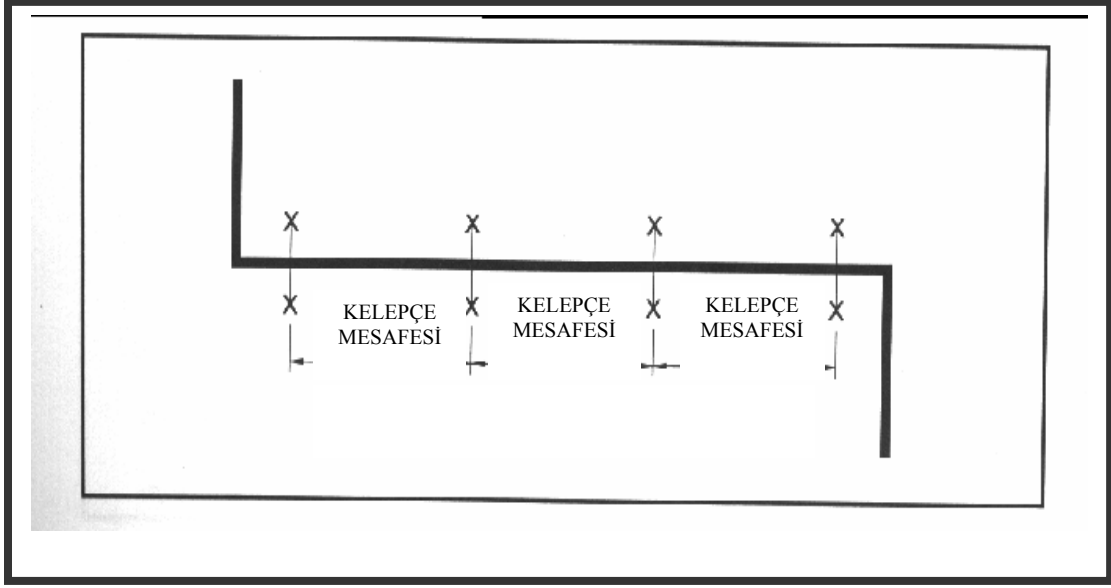
Şekil 7.11 Yatay ve dikey sismik hareketlere karşı korunmuş tesisat boruları.



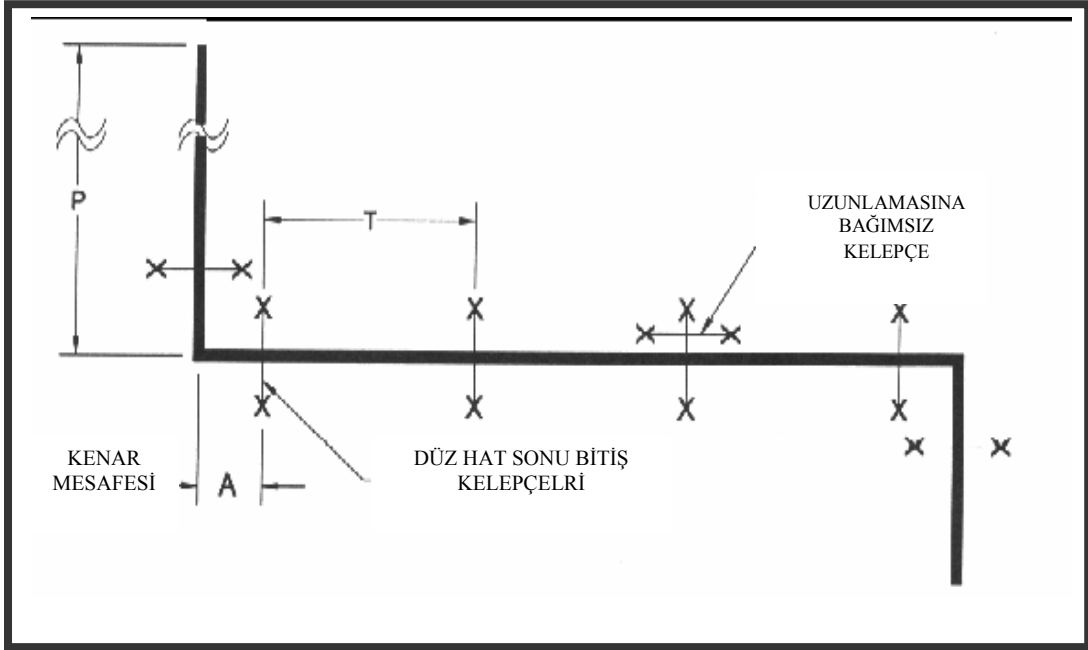
Şekil 7.12 Paralel boru veya kanal geçişleri kanal genişliğinin en fazla 2 katı olmalıdır, boru geçişleri ise en fazla 0.6 metre olmalıdır.



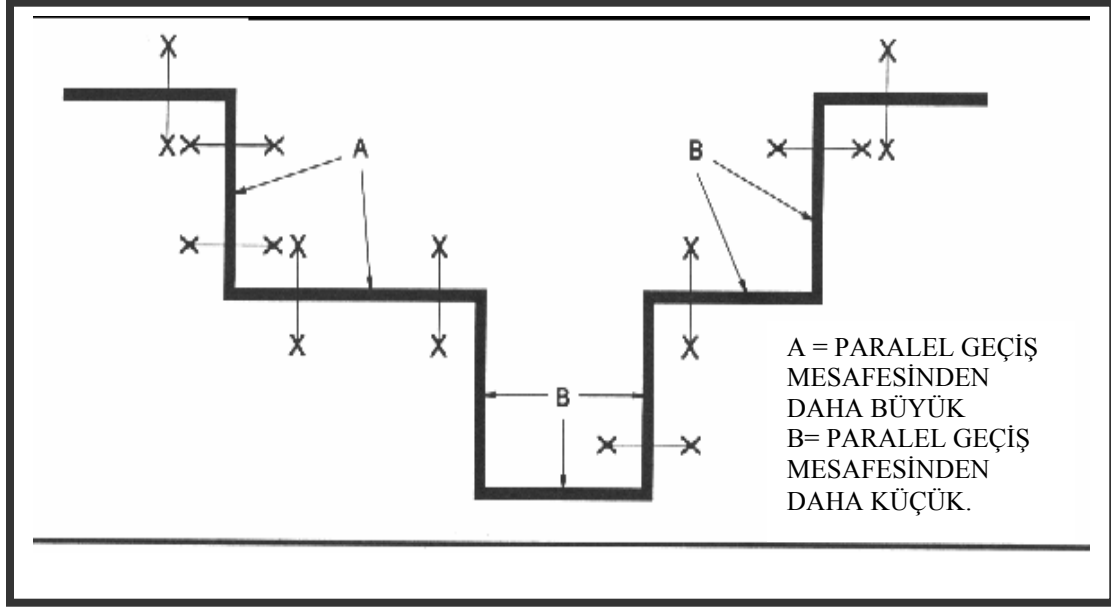
Şekil 7.13 Düz ilerleyen boru ve kanallar başlangıç ve bitiş noktalarından karşılıklı olarak kelepçelenmelidir.



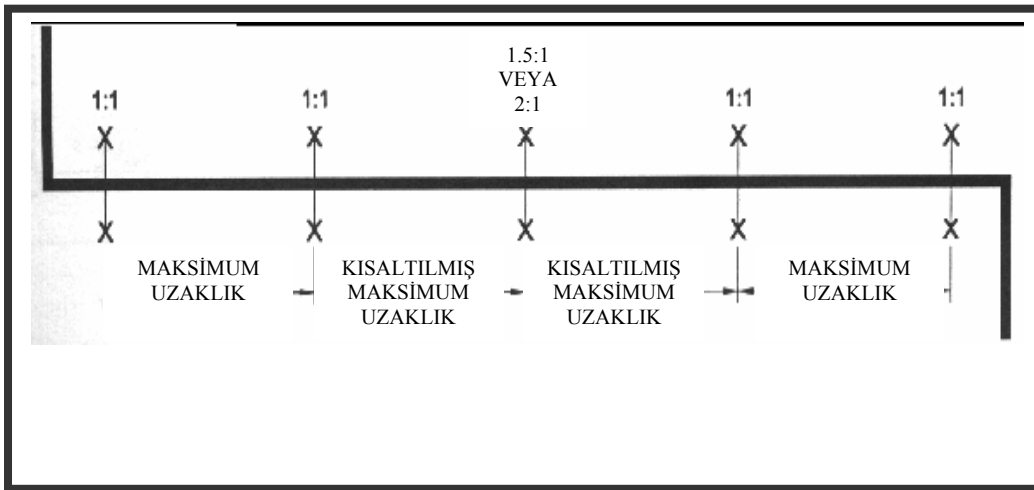
Şekil 7.14 Birden fazla sabitleme gereken tesisatlarda boyutlara uygun olarak belli mesafelerde kelepçeleme yapılmalıdır.



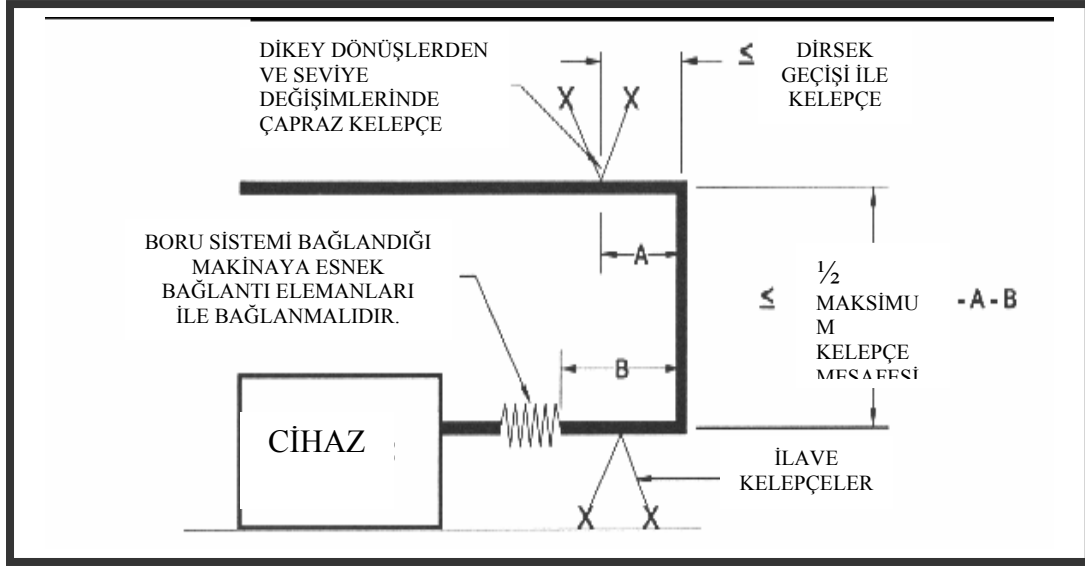
Şekil 7.15 Her 90° dönüşte kelepçeleme yapılmalıdır.



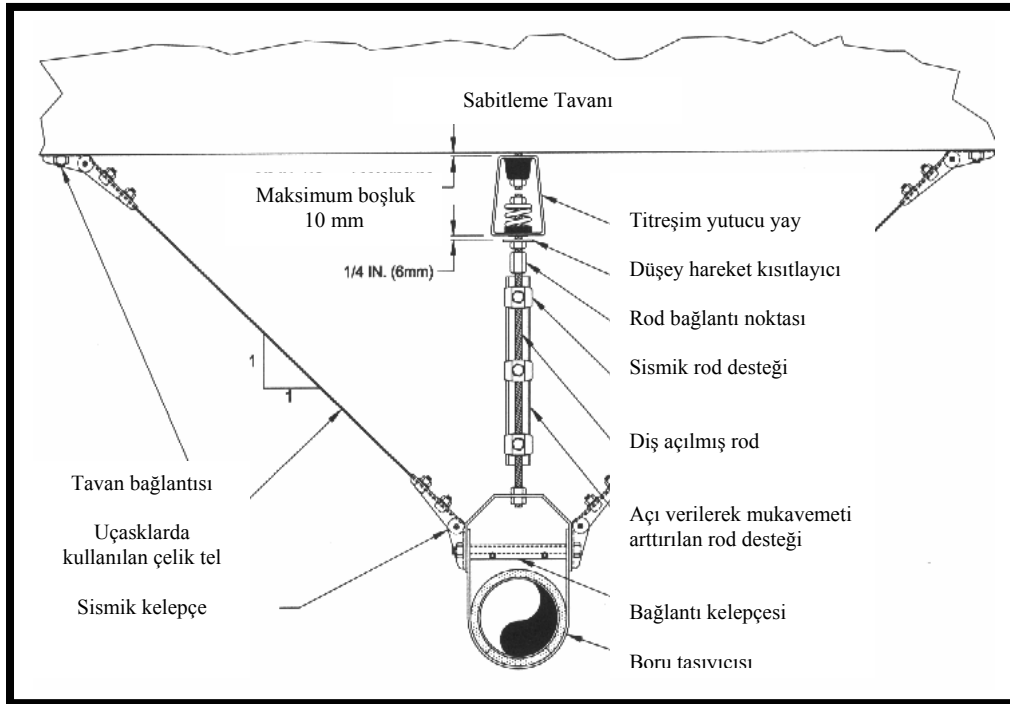
Şekil 7.16 Tesisat dönüşlerinde gerekli noktalara kelepçeleme yapılmalıdır.



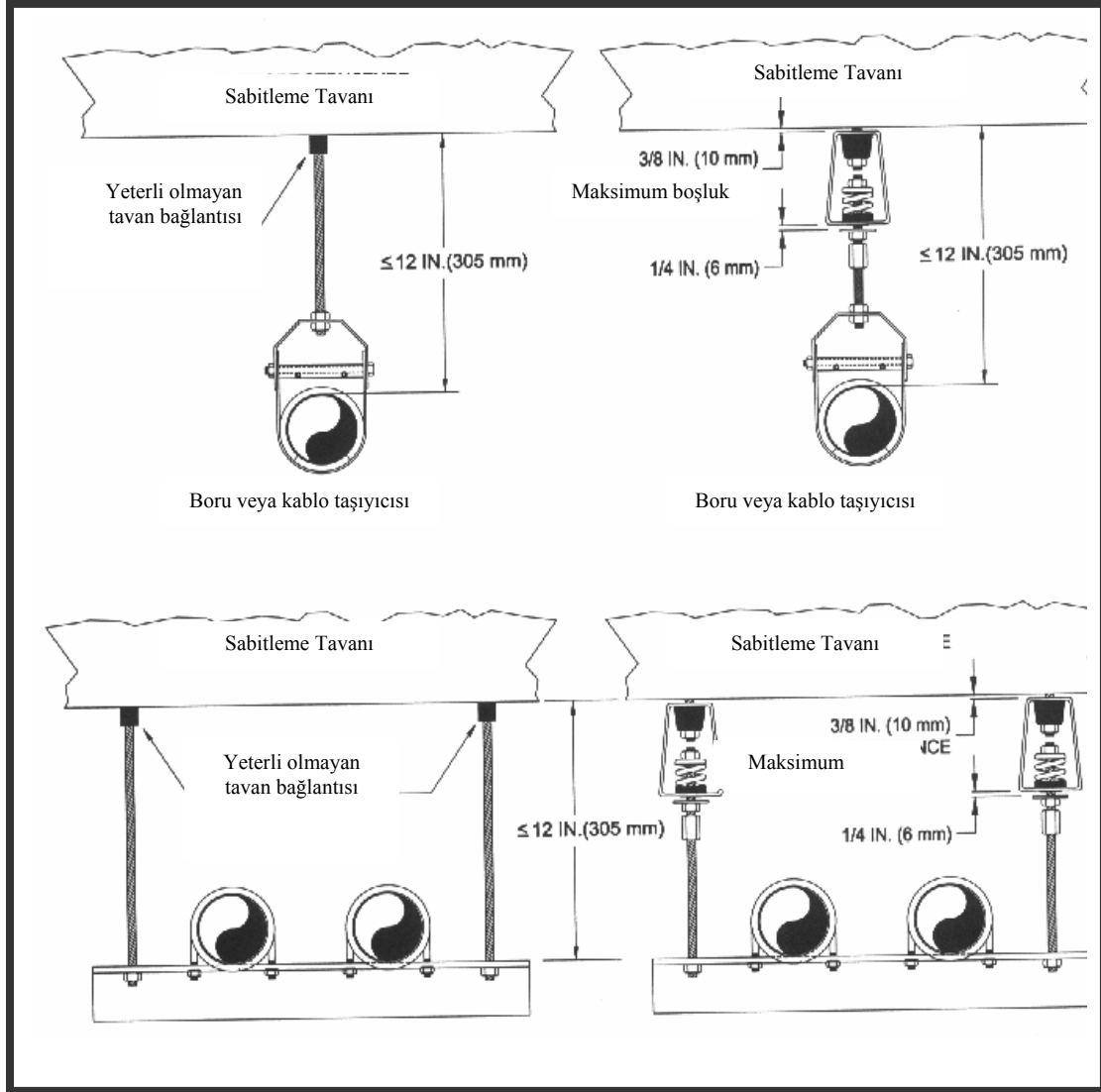
Şekil 7.17 Tesisat geçişlerinde orta noktalarda kullanılan kelepçelerin tavanla yaptığı açı 45^0 den büyük olmalıdır.



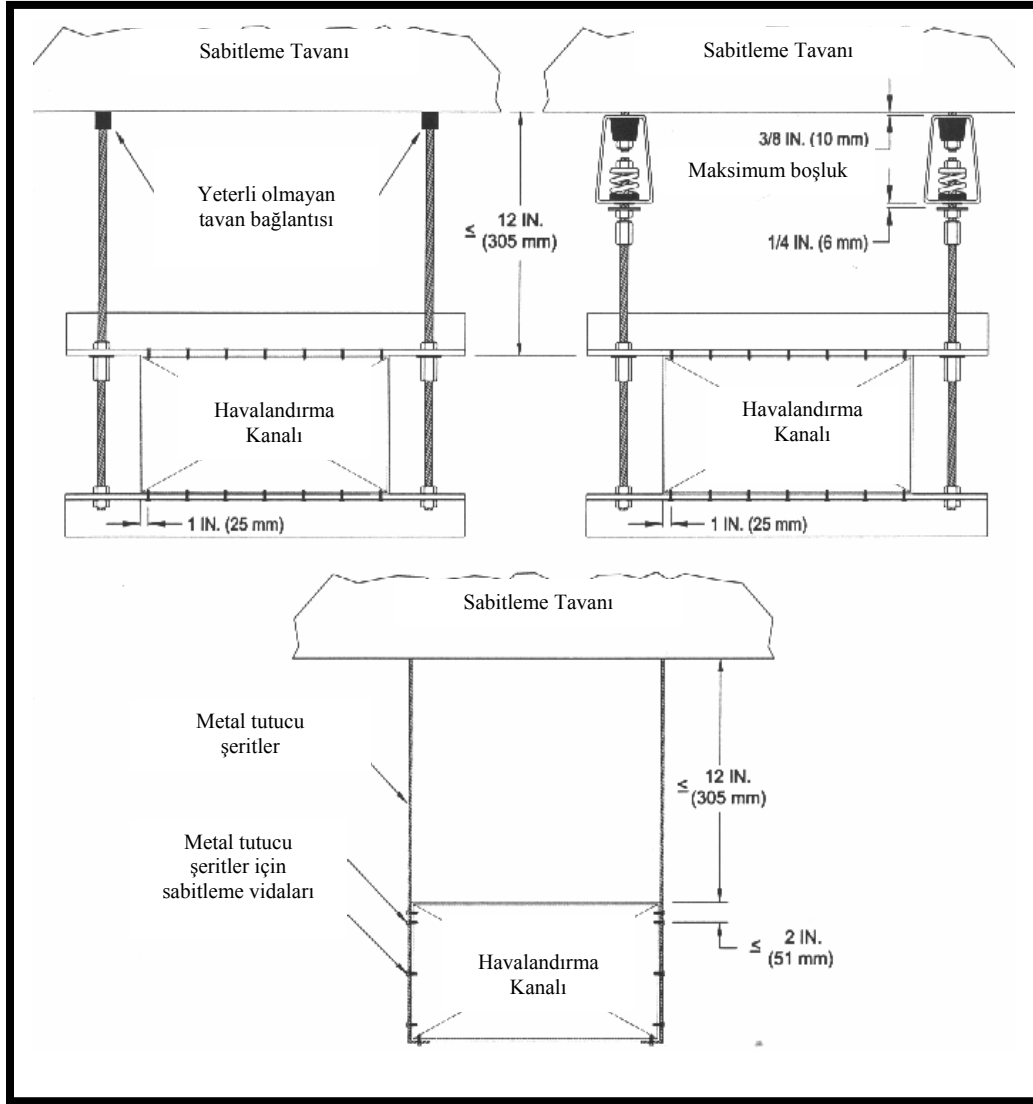
Şekil 7.18 Cihaza bağlanan dikey kod düşüşlerinde çapraz kelepçeler kullanılmalıdır.



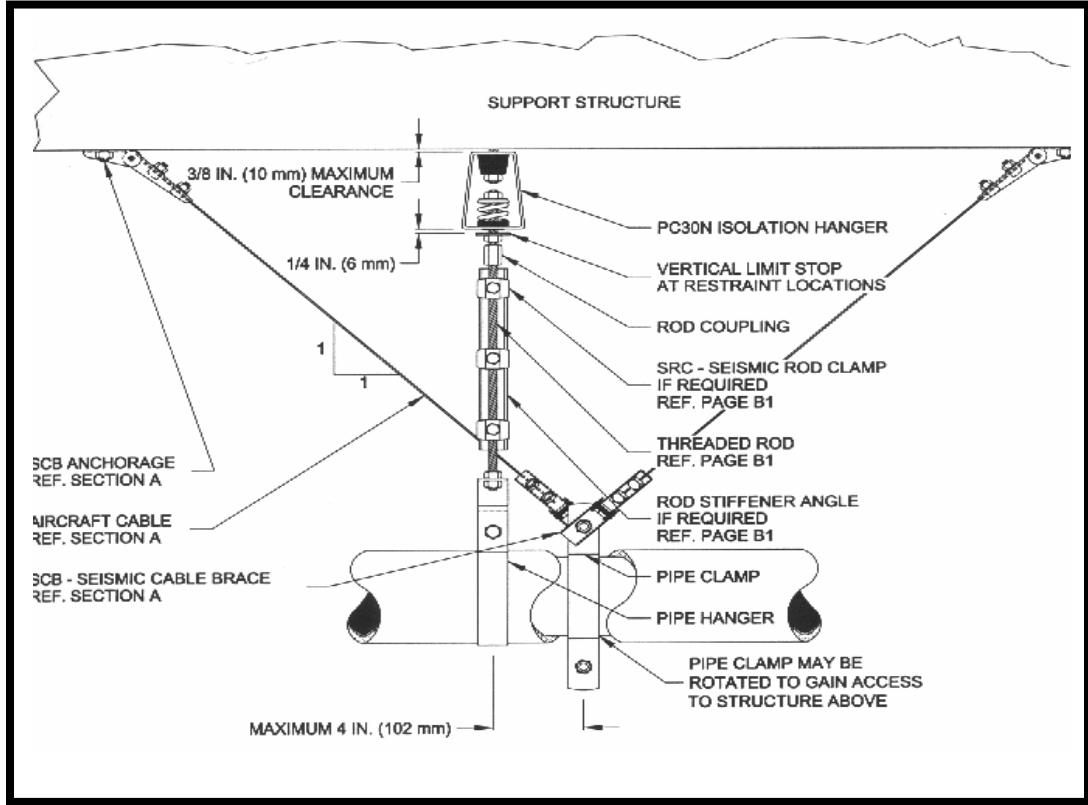
Şekil 7.19 Titreşim yutucu yaylı ve güçlendirilmiş profil destekli boru çapraz kelepçe detayı.



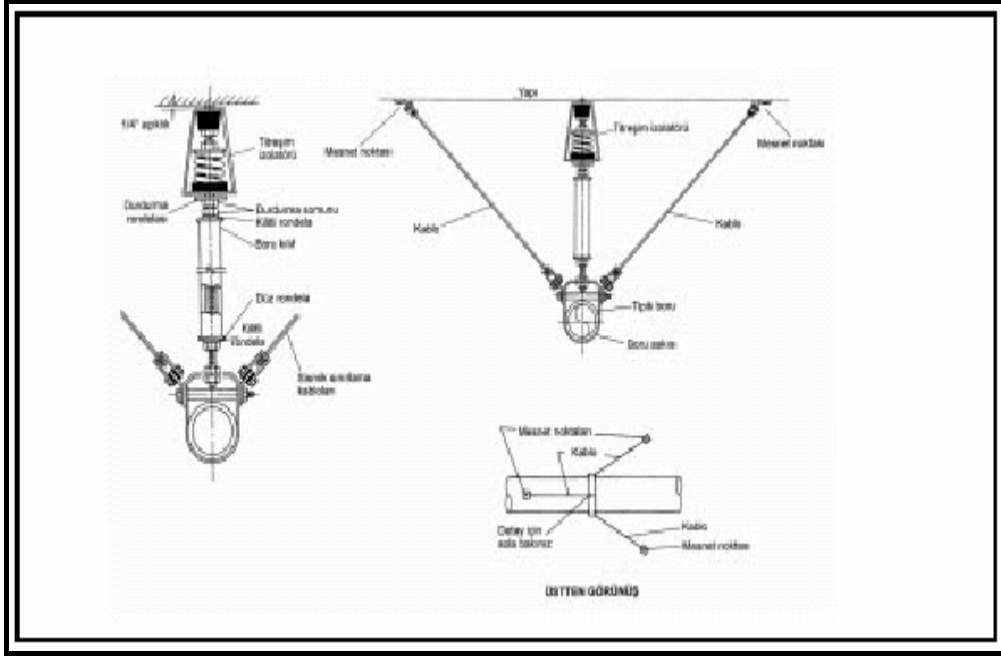
Şekil 7.20 Tavana bağlanan boru geçişleri tavandan en fazla 305 mm aşağıda olmalıdırlar.



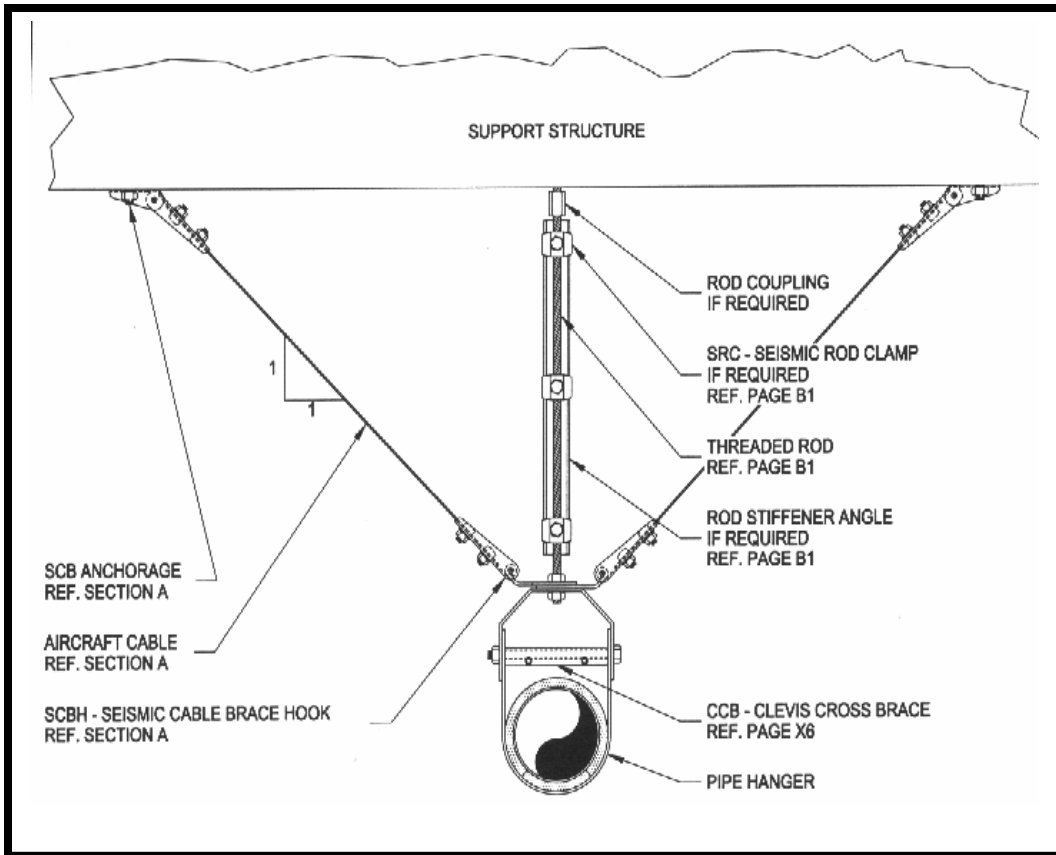
Şekil 7.21 Tavana bağlanan kanal geçişleri tavandan en fazla 305 mm aşağıda olmalıdırlar.



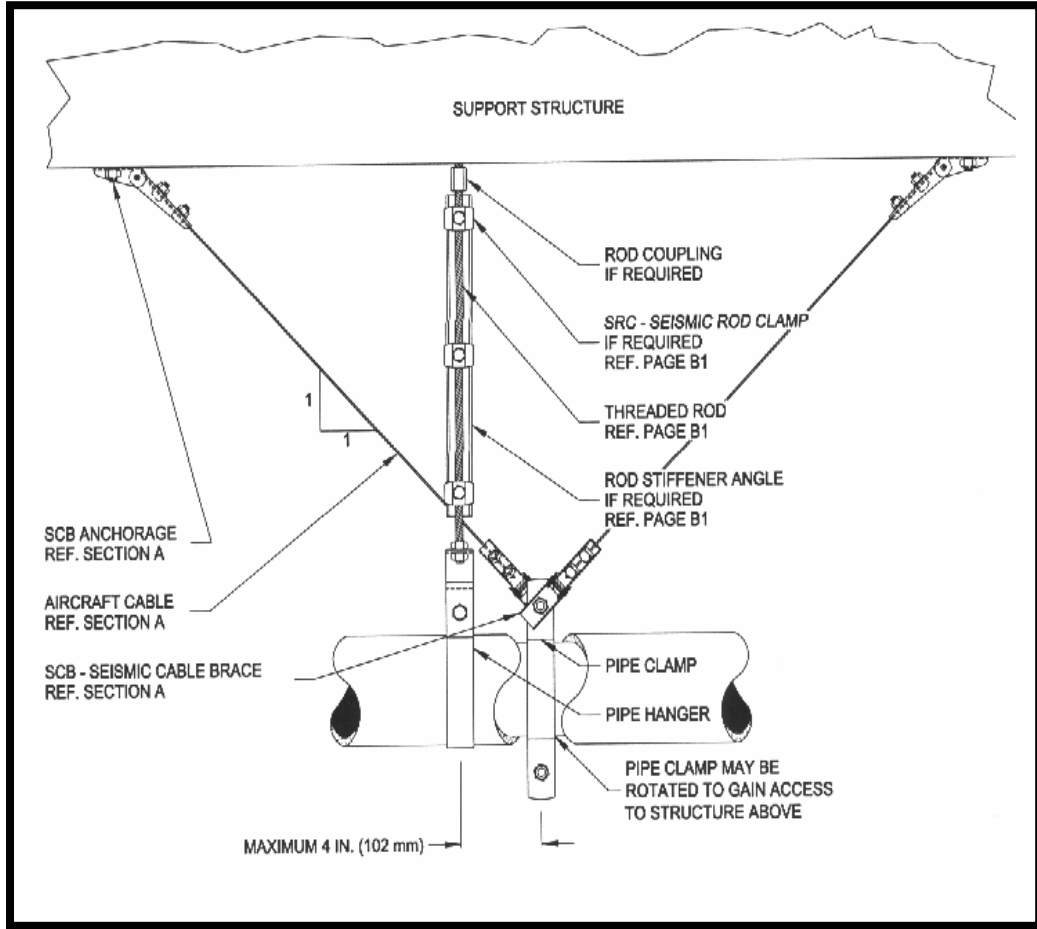
Şekil 7.22 Boru geçiş istikametine göre yapılmış titreşim yalıtımlı kelepçeleme detayı.



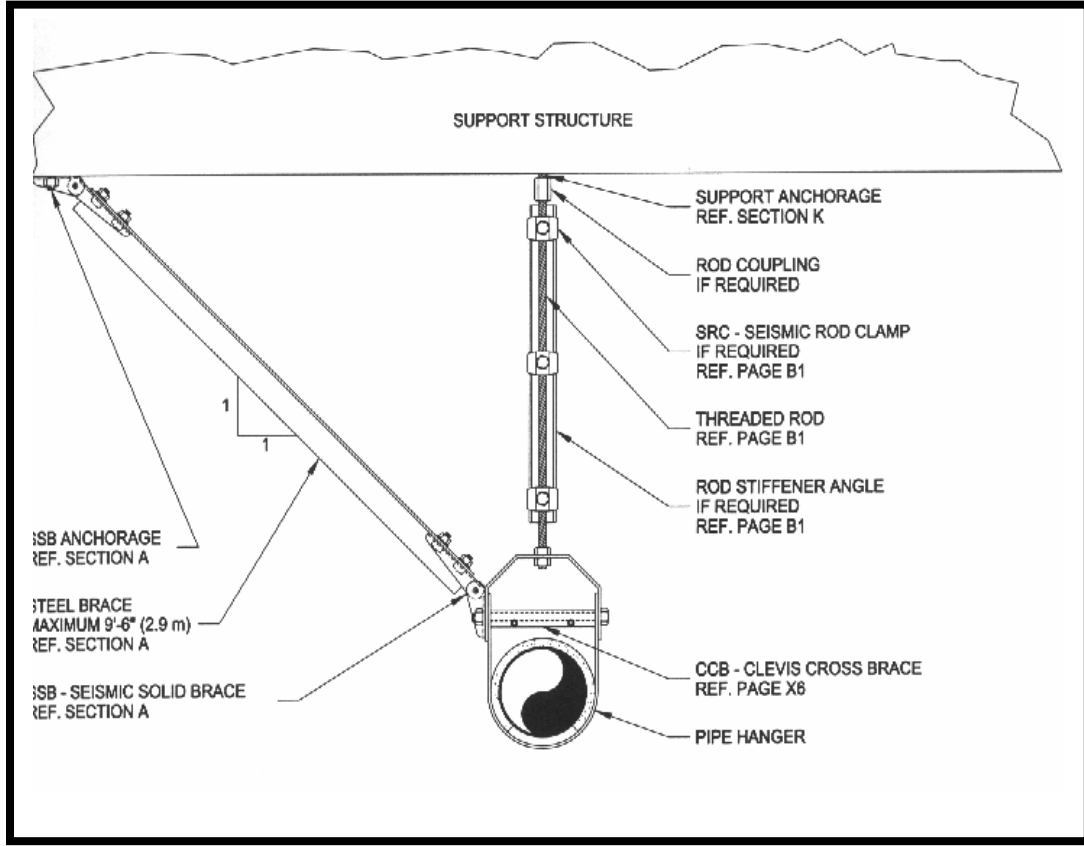
Şekil 7.23 Titreşim yalıtımlı boru kelepçeleme detayı.



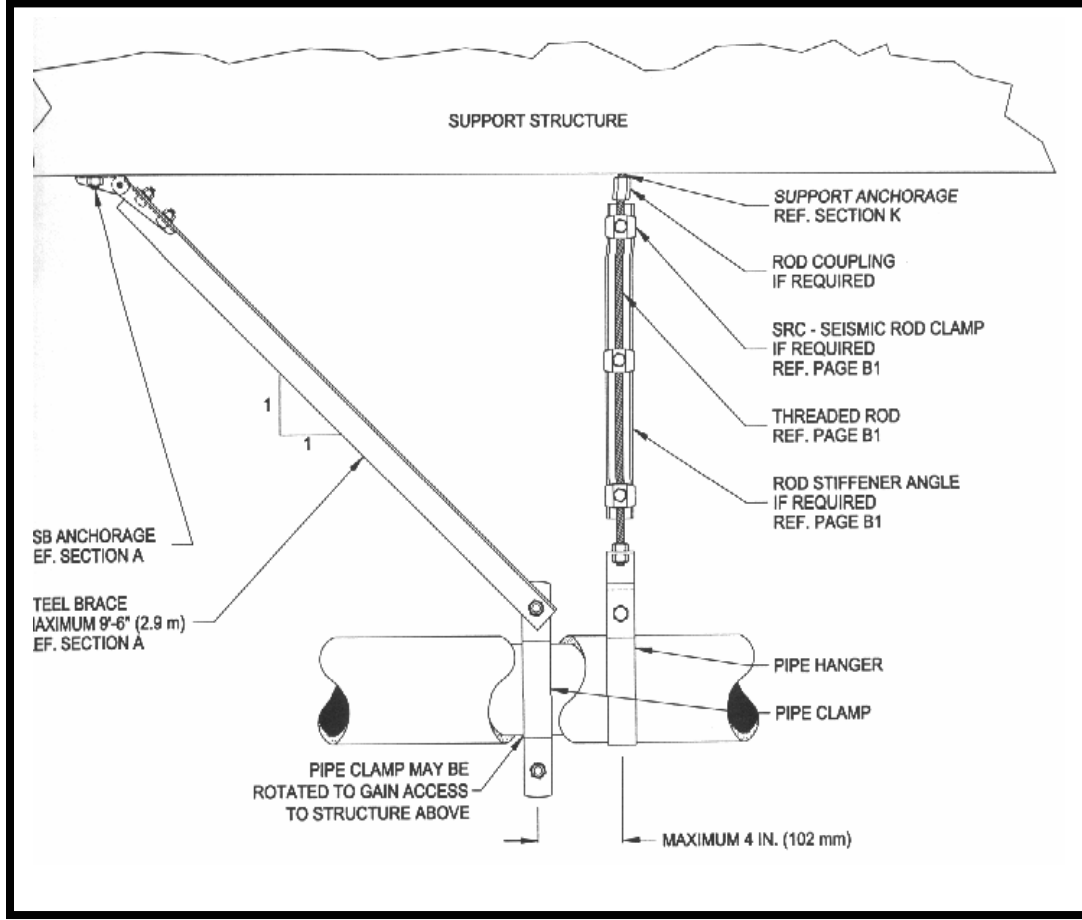
Şekil 7.24 Çapraz titreşim yalıtımsız boru kelepçeleme detayı.



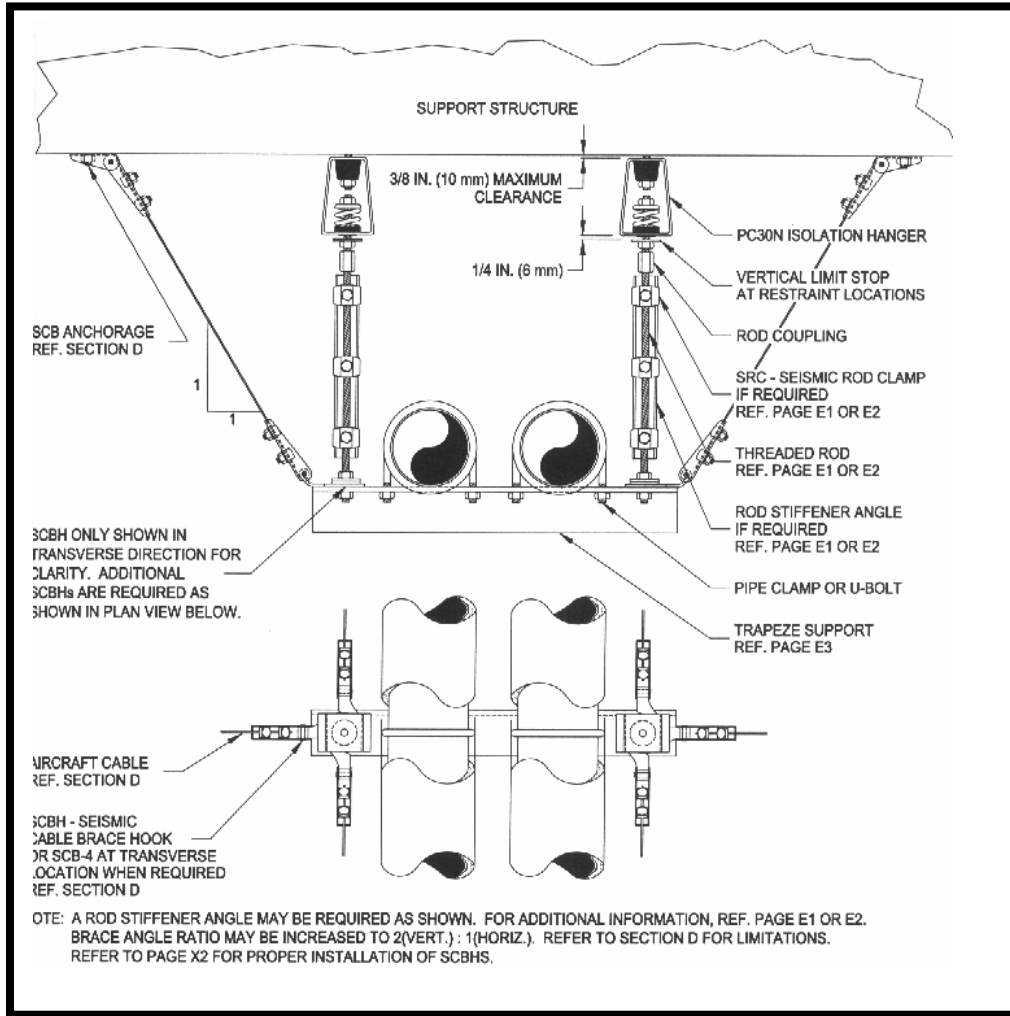
Şekil 7.25 Boru geçiş istikametine göre yapılmış titreşim yalıtımsız kelepçeleme detayı.



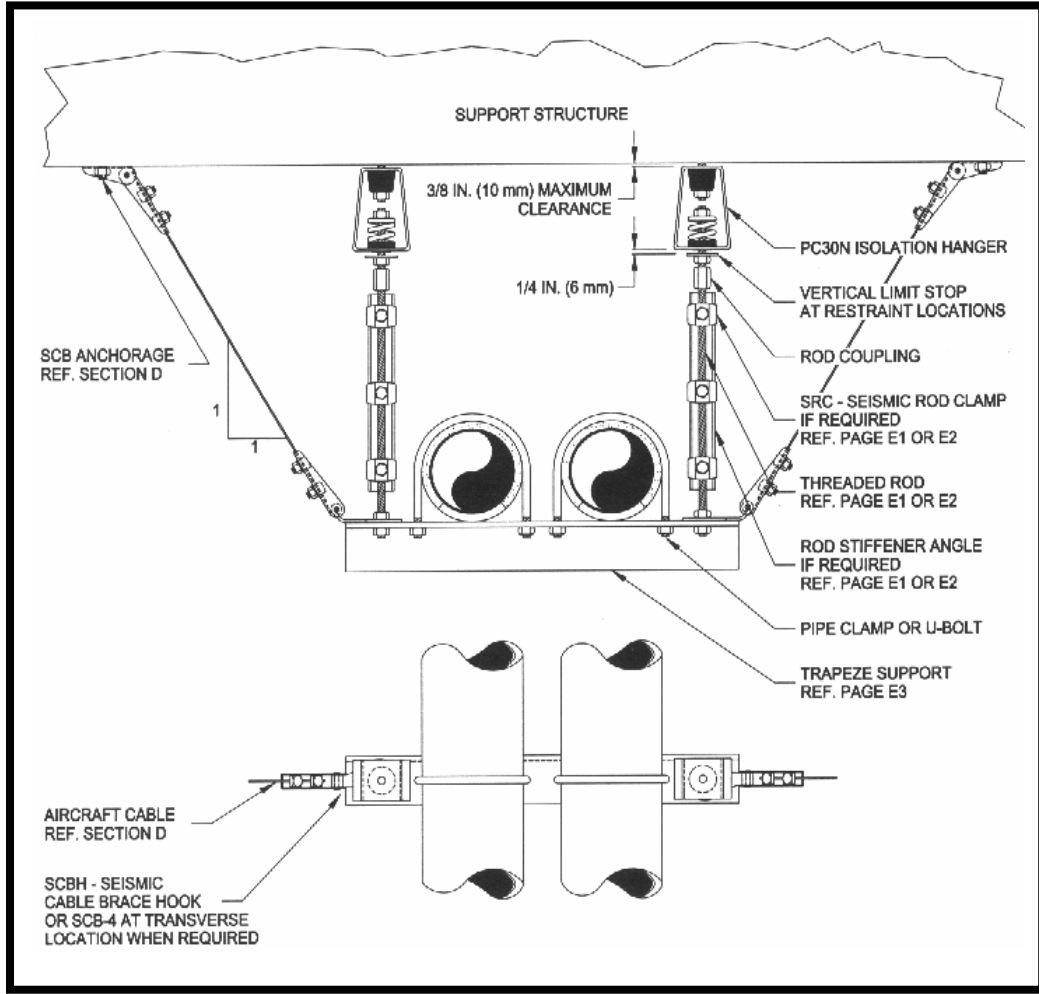
Şekil 7.26 Tek taraflı titreşim yalıtımsız kelepçeleme detayı.



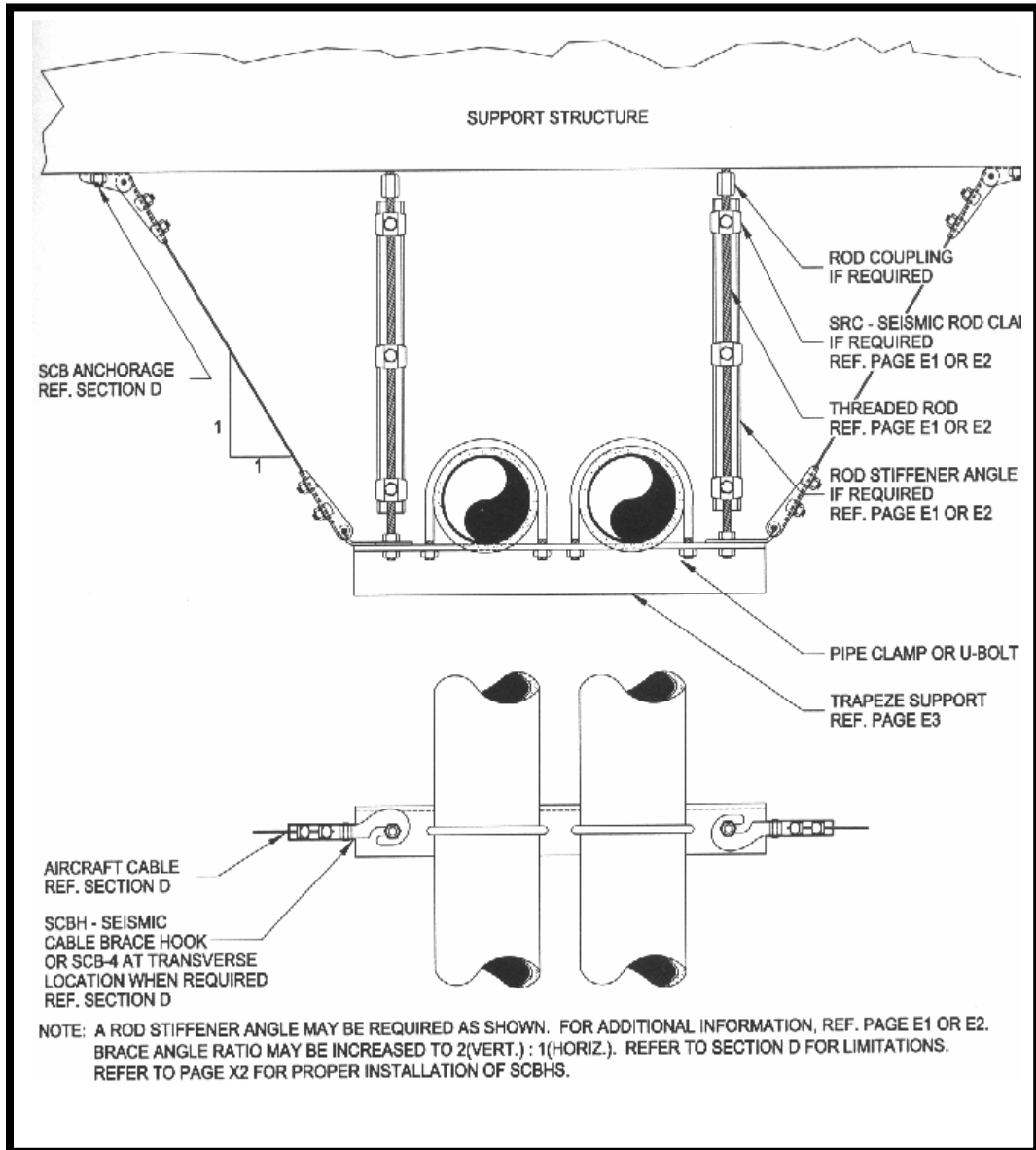
Şekil 7.27 Boru geçişine paralel rijit tek taraflı titreşim yalıtımsız kelepçeleme detayı.



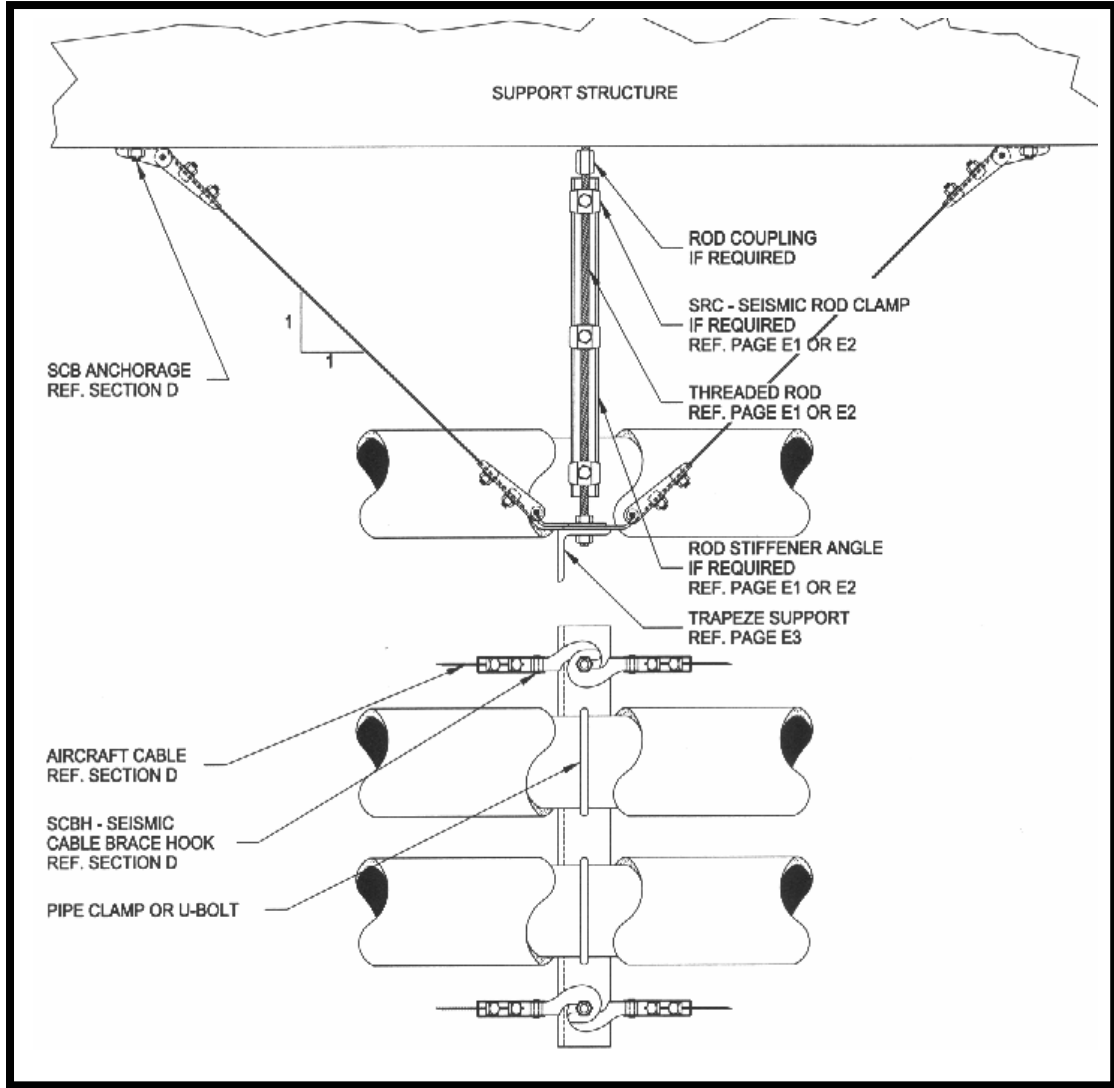
Şekil 7.28 Titreşim yutucu yaylı, dört yönden kelepçelenmiş profil destekli kelepçe detayı.



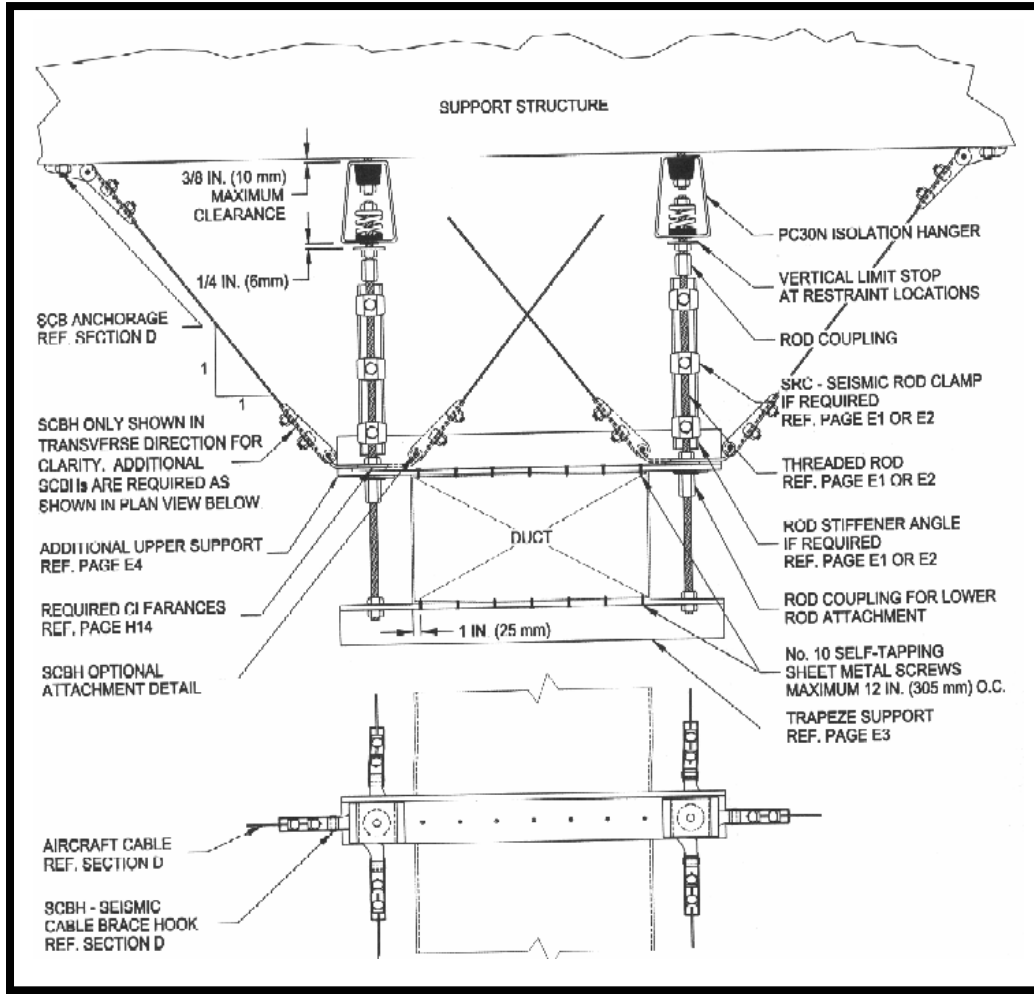
Şekil 7.29 Boru geçiş yönüne dik titreşim yutuculu kelepçeleme detayı.



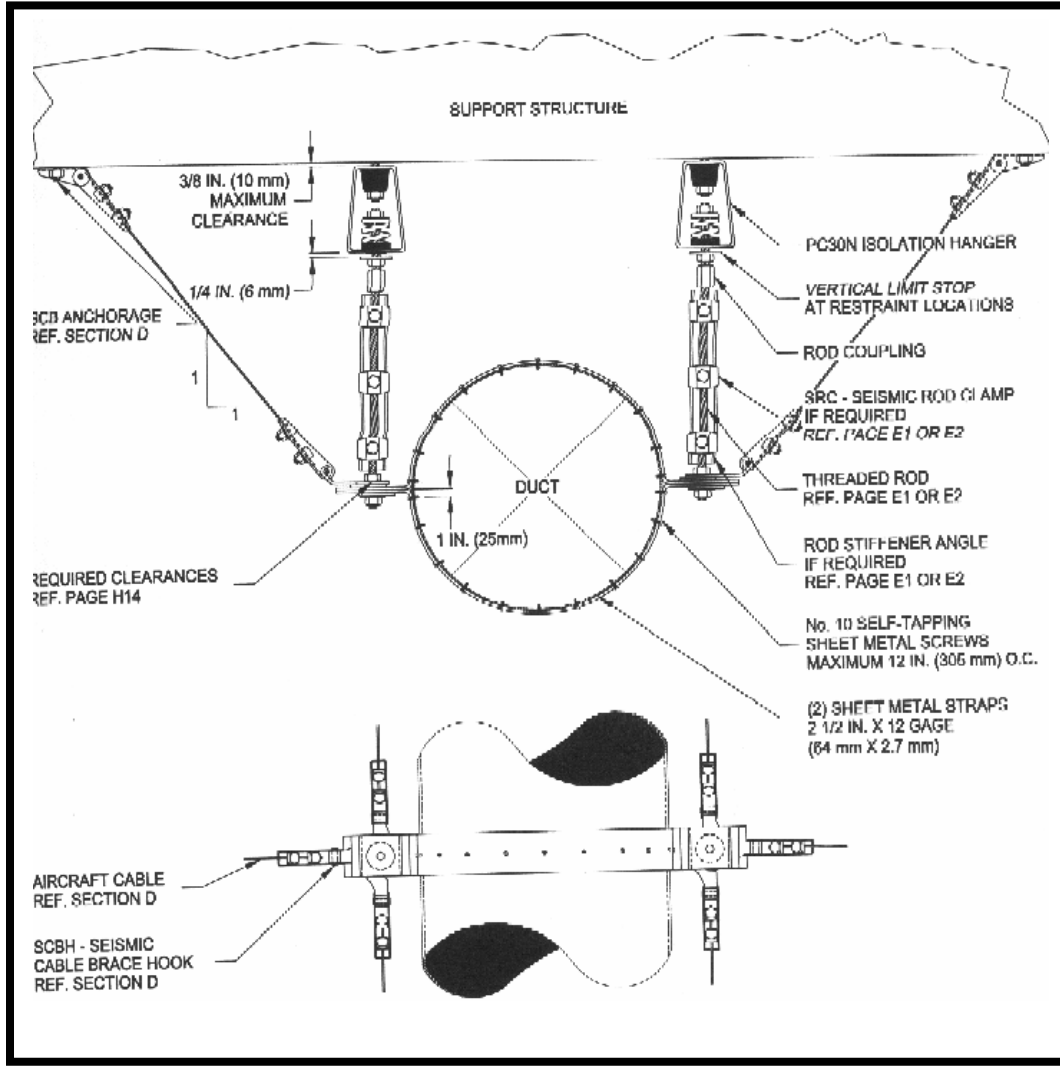
Şekil 7.30 Boru geçiş yönüne dik kelepçeleme detayı.



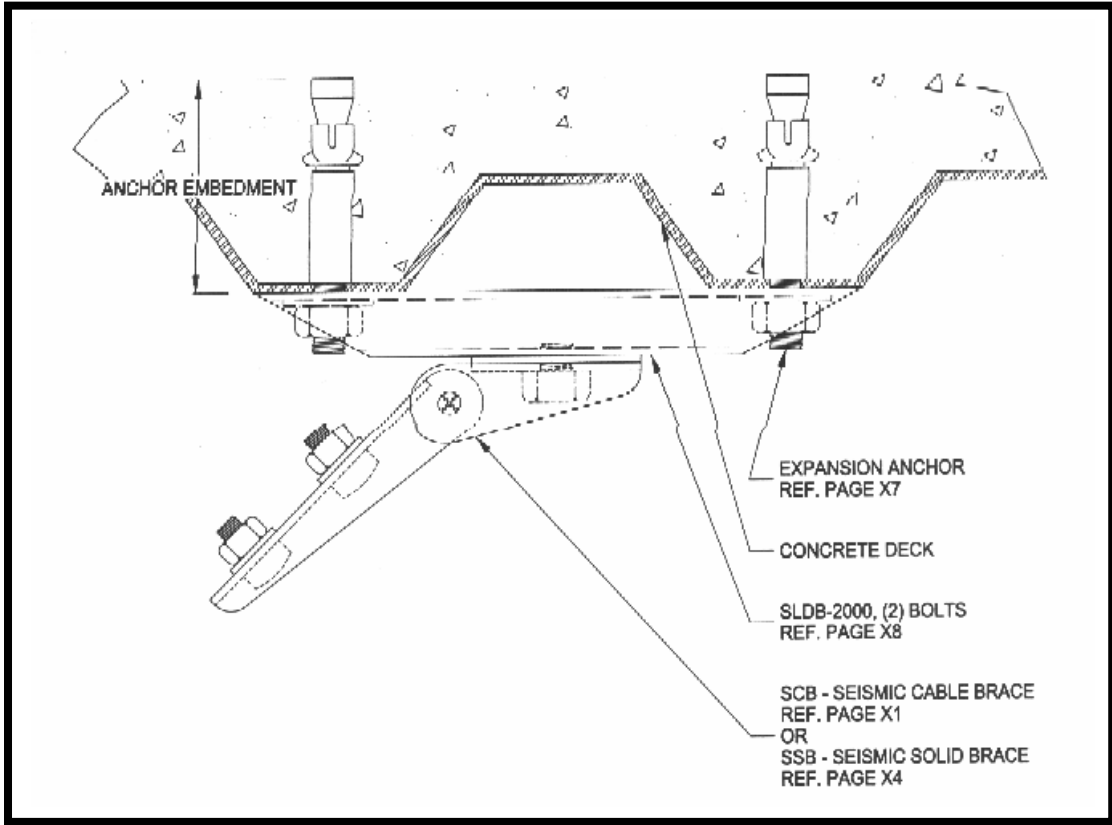
Şekil 7.31 Boru geçiş yönüne paralel profil destekli, çok boru geçişli kelepçeleme detayı.



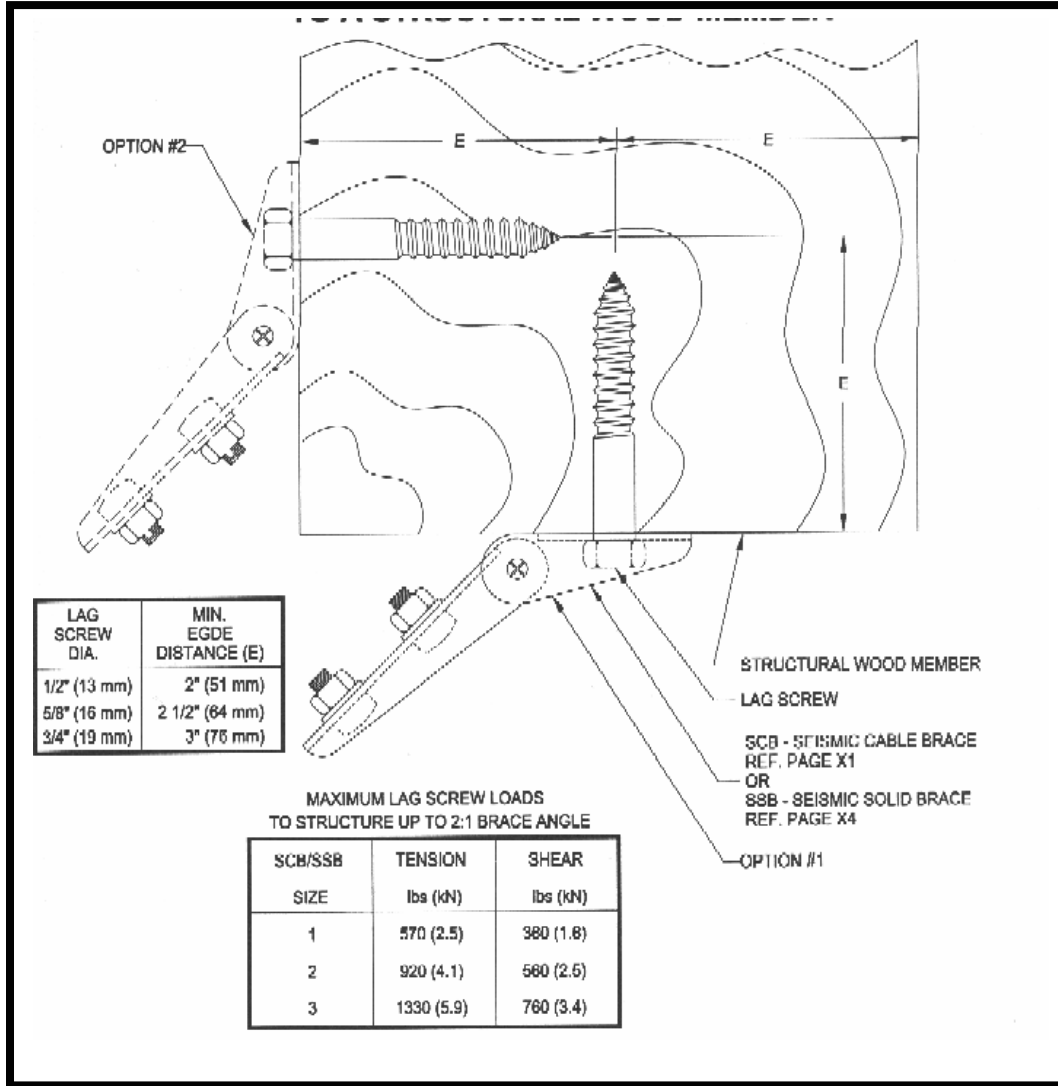
Şekil 7.32 Kanala paralel ve dik yönlü titreşim yutuculu kanal kelepçeleme detayı.



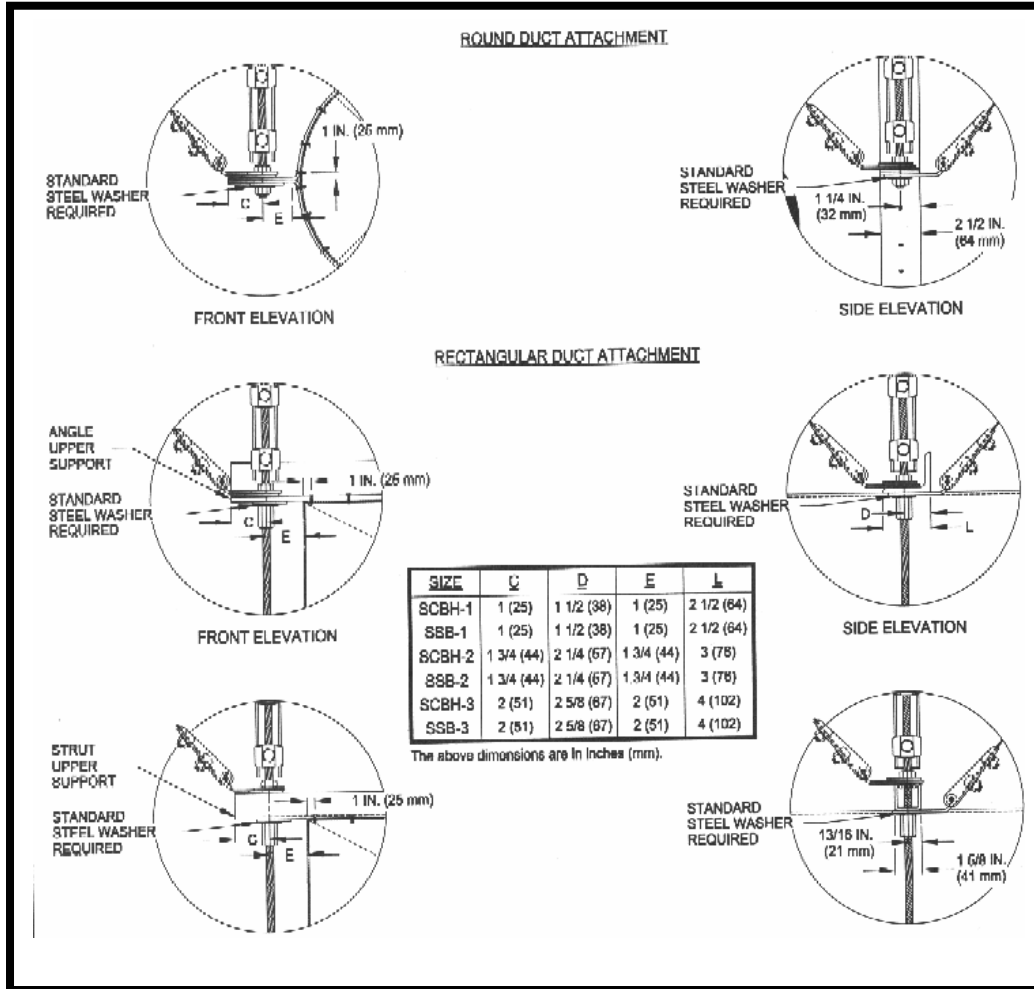
Şekil 7.33 Yuvarlak kanal geçişine dik ve aynı yönde titreşim yutuculu kelepçeleme detayı.



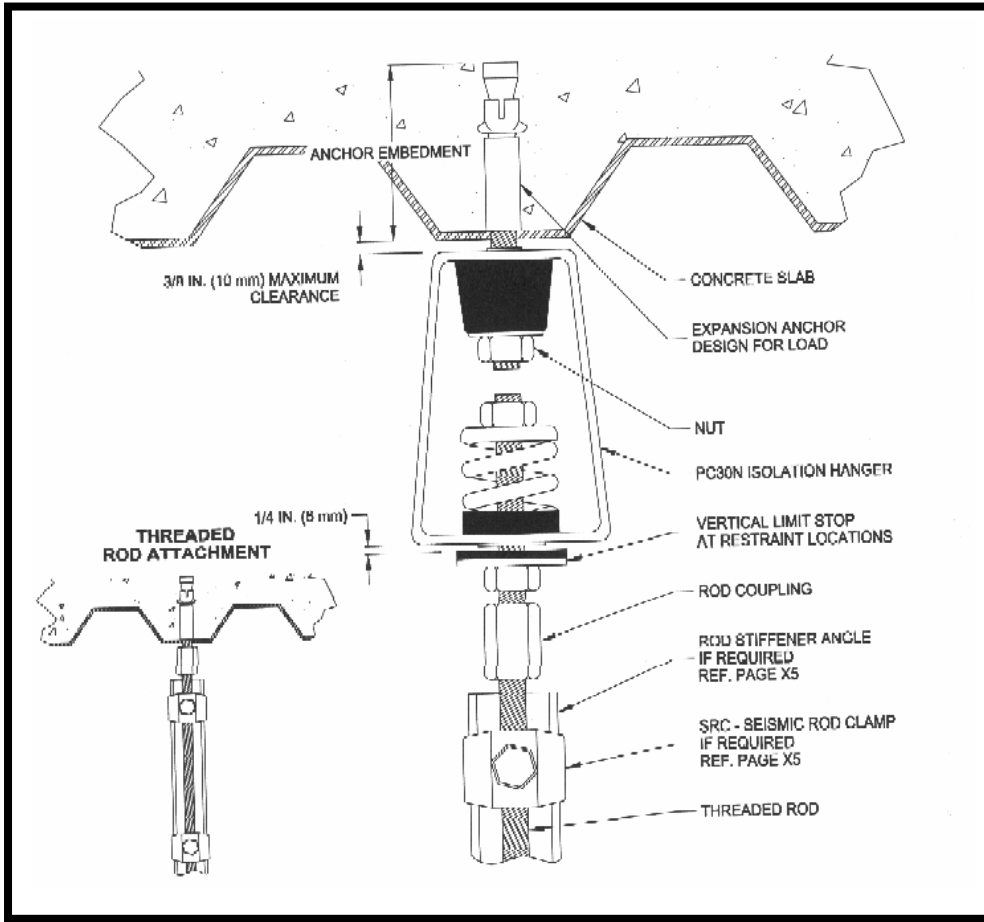
Şekil 7.34 Beton tavana tutturulmuş sismik kelepçeleme ve dübel sistem detayı.



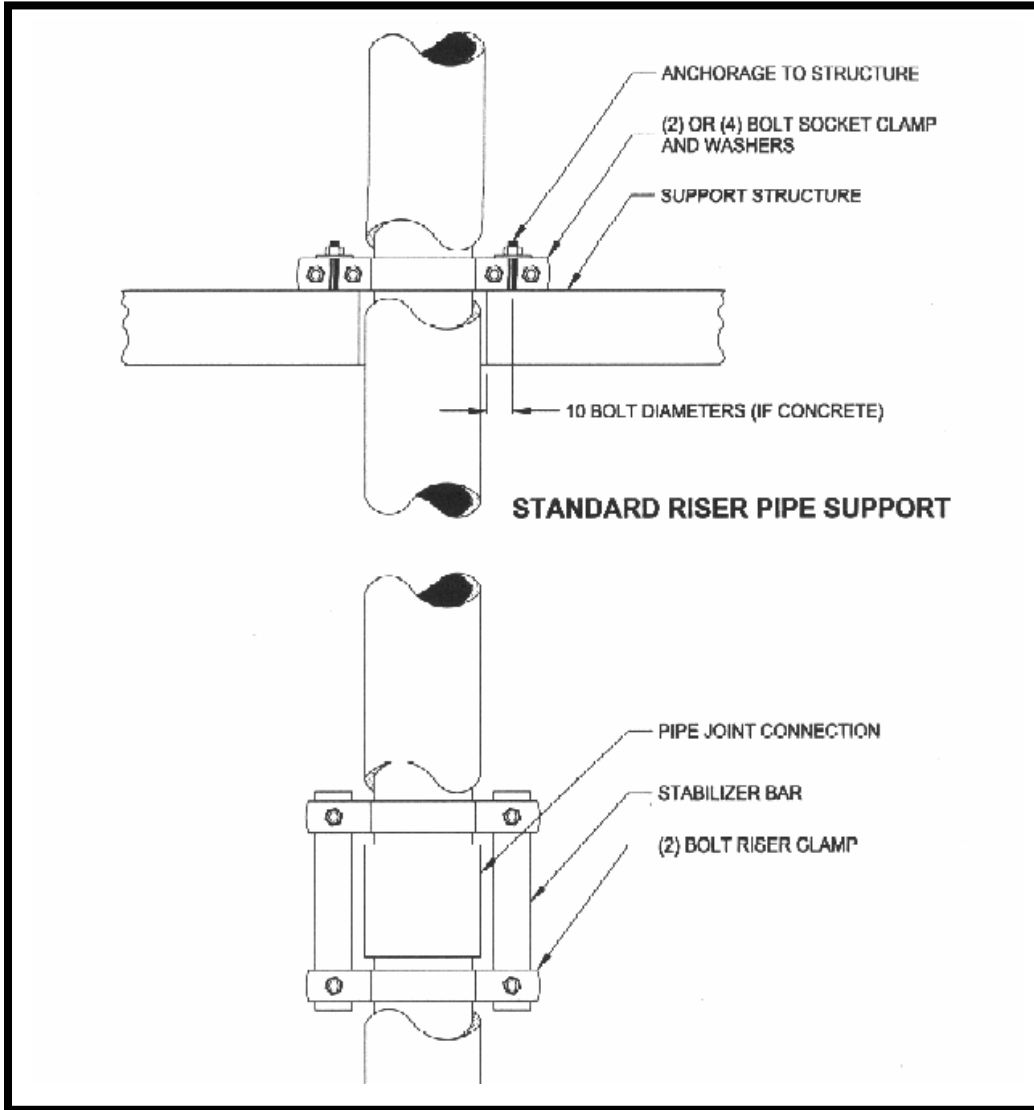
Şekil 7.35 Ahşap tavana tutturulmuş sismik kelepçeleme detayı.



Şekil 7.36 Sismik kelepçe kanal bağlantı detayı.



Şekil 7.37 Beton tavana monteli hareketli dübel sistemi detayı.



Şekil 7.38 Dikey yükselen boru geçişi sismik koruma sistem detayı.

7.1.3 Doğal Gaz ve LPG Tesisatlarında Deprem Önlemleri .

Doğal gaz (veya LPG) sisteminin esas olarak bir boru tesisatı olduğu düşünülürse, yukarıda anlatılan boru tespit konuları bu tesisat için de geçerlidir. Doğal gaz tesisatı için önemli olan deprem sırasında veya hemen sonrasında bina gaz bağlantısının kesilmesidir. Bu konuda ancak ana gaz dağıtım hatlarında önlem alınması deprem senaryoları içinde yer almıştır. Ancak binaların gaz bağlantılarının kesilmesi insan eliyle gerçekleşmektedir. Doğal gaz tesisatı yönetmeliklerinde bu yönde bir zorunluluk yoktur. Ancak deprem anında otomatik olarak gazı kesen vanalar mevcuttur ve bunlar örneğin ABD deprem bölgelerinde kullanılmaktadır. Bu vanaların elektrik ve mekanik tipleri bulunmakla birlikte bilyeli mekanik tipleri çok daha güvenilirdir ve tercih edilmelidir. Bu vanaların Türkiye'de deprem riski yüksek olan bölgelerde kullanılması gündemdedir. Doğal gaz tesisatında deprem açısından önemli olan bir başka nokta ise, mutfak fırını, ocak vs. cihazların sabit boru tesisatına çok kaliteli tip esnek hortum vs. gibi elemanlar kullanılarak yapılmalıdır. Esnek hortumlar yeteri kadar uzun olmalı ve cihazın depremdeki hareketlerine kopmadan izin vermelidir.

7.1.4 Bina atık sistemleri ile ilgili önlemler

1.bacalar : Doğal gazlı veya farklı yakıtlı kalorifer tesisatlarında deprem açısından dikkati çeken bir başka nokta bacaların zayıflığıdır. Depremlerde tuğla bacalarda çatlaklar oluşmakta ve zehirli duman gazlarının yaşam mahallerine sızması mümkün olmaktadır. Bir başka nokta ise, bacaların çatı üzerine devam eden ve mahyayı aşan bölümleri çok büyük ölçüde zarar görmektedir. Bu örme tuğladan yapılan bu kısımlar yıkılmaktadır. Bunların önlenmesi için öncelikle duman bacaları (tercihen izoleli) paslanmaz çelikten yapılmalı ve ancak dışında tuğla örgü bulunmalıdır. Bacaların çatı üstüne devam eden bölümleri ise, tuğla yerine betondan yapılmalı veya sağlamlaştırılmalıdır. Benzer şekilde kombi, şofben ve fırınların havalandırma bacaları için önlem alınmalı ve bu bacalar bu kitabın ilgili bölümünde tanımlandığı gibi oluşturulmalıdır.

2.Bina drenaj sistemleri : Deprem açısından bir başka inşaatla ilgili önlem yer altı suyu drenajı ve kuyularla ilgilidir. Buna göre,

a) Çevre drenaj borusu alt kotunun temel alt kotu ile aynı seviyede veya bunun üzerinde olmasını bodrum döşemesinin altındaki seviyeyi aşmayacak şekilde) öneriyoruz.

b) Bina yakınındaki sızdırmalı foseptikler, normal veya derin kuyular kaya zeminde önemli değildirler. Ancak kumlu zeminlerde yapılan binalarda, bunların binadan en az 20 m uzakta olmasını tavsiye ediyoruz.

c) Rögarların, rögarlar arasındaki boruların ve bağlantılarının sızdırmaz yapılmasına özen gösterilmelidir.

8. DEPREM ÖNCESİNDE ve SONRASINDA YAPILACAK İŞLER.

Deprem Öncesinde Yapılacak işler.

- 1.Mekanik tesisatta kullanılan cihazların kaideleri ve bu cihazların kaidelere bağlantıları depreme göre iyi projelendirilip, buna uygun yapılmalıdır.
2. Cihaz ankrajları amaca uygun olmalıdır (Sabit veya sismik sınırlandırıcılı titreşim yalıtımlı).
- 3.Doğal gaz tesisatında bina girişlerinde deprem vanası kullanılmalıdır.
- 4.Fırın, ocak vs. gibi doğal gaz kullanan cihazlar çok iyi kalite esnek hortumlarla tesisata bağlanmalıdır.
- 5.Yüzer döşemelerde deprem emniyeti özel sismik elemanlarla alınmalıdır.
- 6.Pompa ve cihaz çıkışlarında deprem dayanımı olan iyi kalite özel titreşim absorberleri kullanılmalı ve cihazlar boru tesisatına bunlarla bağlanmalıdır.
- 7.Tesisatta kullanılacak boru genleşme parçaları kompansatör ve omegalar deprem yüklerini karşılayacak şekilde seçilmeli ve çok iyi kalite ve normlara uygun olmalıdırlar.
- 8.Boru tesisatındaki sabit ve kayar mesnetler deprem yükleri de göz önüne alınarak seçilmeli ve çok iyi kalite ve normlara uygun olmalıdırlar.
- 9.Ankraj cıvata ve bağlantıları deprem yüklerine göre hesaplanmalı ve norma uygun kaliteli tip olmalıdırlar.

Deprem Sonrasında Yapılacak işler

Deprem geçtikten sonra mekanik tesisatta yapılacak işleri sırayla şu şekilde vermek mümkündür:

1. Yakıt kaçak kontrolleri (doğal gaz, LPG veya sıvı yakıt)
2. Yakıt depoları kontrolleri
3. Boru ve kanal cihaz esnek bağlantı noktalarının kontrolu
4. Boru tesisatında kaçak kontrolu
5. Baca kontrolu (mekanik kontrol ve duman tabletleriyle çekiş kontrolu)
6. Yangın tesisatının kontrolu
7. Cihazların fonksiyon kontrolleri.

9. YAPILARDA HİZMET VEREN MEKANİK TESİSAT CİHAZLARI İÇİN TİTREŞİM YALITIMI VE DEPREM GÜVENLİĞİ SİSTEMLERİ SEÇİMİ GENEL PRENSİPLERİ.

Bu bölümde anlatılanlar seçim tablosunda (Çizelge 9.1) belirtilen referans notlarının açıklamasıdır. Bu tabloda önerilen çözümler emniyetli olmasına rağmen ,bazı durumlarda istenen düzeyde titreşim yalıtımı sağlayamayabilir. Kronik hale gelmiş problemlerde kısa vadeli çözümlerden uzak durulmalıdır. Bu gibi durumlarda titreşim yutucunun çökme miktarını arttırmak , düşük frekanslı hava yayları kullanmak, dengelenmemiş kuvvetleri dengeleyerek titreşimi azaltmak veya son çözüm olarak ek kütle ilave edilerek sistemin frekansını değiştirerek çözüme ulaşılabilir.

Not 1 : Titreşim alıcının belirtilen çökme miktarı , makinanın oturduğu döşemenin kolon açıklığına bağlı olarak beklenebilecek döşeme sertliğine göre belirlenmiştir.

Not 2 : Büyük titreşim kuvvetleri ve yapısal gürültü doğuran büyük makinalarda titreşim alıcısının çökme miktarının artırılmasıdır.Böyle bir durumda titreşim yutucunun sertliği oturduğu yüzeyin sertliğinin % 10'u kadar olmalıdır.

Not 3 : Gürültülü bölgelerin yakınında seseduyarlı mekanlar bulunuyorsa makine dairelerinin ses yalıtım kriterleri esas alınarak yalıtım yapılmalıdır.

Not 4 : Özel tasarımlar , direkt olarak tek başına çalışan titreşim yutuculara (Tip-A) uygulanmalıdır. Gerekli görüldüğünde makine üreticilerinin ve de titreşim uzmanlarının görüşü alınmalıdır.(Temel Türü.)

Not 5 :Tasarımda rüzgar yükü de dikkate alınmalıdır.Stabilitenin sağlanması için tahditli yay ve ilave kelepçe kullanılmalıdır.(Tip-4.)

Not 6 :Bazı ekipmanlar çatı üstünde çerçeveli kaide üzerine oturmalıdır. Bunlarda havanın meydana getirdiği gürültüde dikkate alınmalıdır.

Not 7 : Titreşim yutucuda rezonans meydana gelmesini nlemek için , titreşim yutucunun çökme miktarı , makinenin minimum hızının en fazla % 40'ına denk gelen frekans olacak şekilde tayin edilmelidir.

Not 8 : İstenmeyen hareketleri engellemek için iki ucu profilli-tahkimli yaylar (Tip-5), 50mm veya üstü statik basınçta çalışan titreşimli havalandırma kanalı esnek bağlantılarında kullanılırlar.

Not 9 : 55 Kw'den büyük pompalarda ilave kütle ve titreşim alıcılar kullanılmalıdır.

ÖZEL CİHAZLARDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN NOKTALAR.

Not 10. Soğutma Makinaları : Büyük santrifüj , hermetik veya pistonlu soğutma makinaları yüksek seviyede gürültü oluşturlar.Bu cihazlar mağaza ve benzeri alanlar gibi , gürültüye duyarlı alanların yakınlarında kullanıldıkları takdirde dikkatli ve özenli monte edilmelidirler.yüksek ses hassasiyeti gerekli olan yerlerde bir akustik uzmanına başvurulmalıdır.

Not 11. Kompresörler : Hava kompresörleri tek veya çift silindirli olmak üzere iki gruptur. Bunların dikey, yatay ve L başlı olan türleri mevcuttur. Tek ve çift silindirli kompresörler yüksek titreşim kuvvetleri oluşturdıkları için büyük atalet sağlayıcı temel (Tip-C) üzerine oturmalıdır. Bu tür kompresörler gürültüye duyarlı yerlerin yakınlarında kullanılmamalıdır, eğer mecburiyetten dolayı kullanılması gerekiyorsa üretici firmadan dengelenmemiş kuvvetin miktarı öğrenilip bir titreşim danışmanıya beraber sistemin titreşim yalıtımı yapılmalıdır.

Not 12. Çok silindirli kompresörler : Y,W ve çok silindirli tip kompresörler kullanıldığında , gerekli olan atalet kütlelerinin hesaplanabilmesi için üretici firmadan dengelenmemiş kuvvetin miktarı öğrenilmelidir.

Not 13 : 4 Kw'ye kadar olan kaideli kompresörler ve 8 Kw'ye kadar olan yatay tanklı hava kompresörleri direkt olarak titreşim yutucu yayların (Tip-3) üzerine monte edilmelidir. Gerekli durumlarda çelik ray tipi yaylar (Tip-B) tercih edilmelidir. 10-75 Kw arasındaki kompresörler kendi ağırlıklarının 1 veya 2 katı olan (Tip-C) atalet sağlayan temel üzerine oturtulmalıdır.

Not 14. Pompalar : Bütün elastik kavramalı pompalarda Tip-C betonlu atalet kaideleri yaylı titreşim izolatörleri ile kullanılmalıdır. Direkt akuple pompalarda ise tercihen Tip-C betonlu atalet kaidesi veya Tip-B çelik kaide ve izolatörle kullanılmalıdır. Direkt akuple pompalar

kaidesiz olarak titreşim izolatörleri üzerine oturtulmalıdır. Tip-C atalet kaideleri pompanın emiş (ve split pompalarda) ağızlarındaki dirsek desteklerini de taşıyacak şekilde dizayn edilmelidirler. Kütle ,55 Kw'ye kadar olan pompalarda önemli bir faktör değildir. 55 Kw ve daha büyük pompalarda ilave kütle kalkış momenti kuvvetlerinden dolayı meydana gelecek olan aşırı hareketi sınırlarlar. Tip-C atalet kaidelerinin kalınlığı en uzun ölçüsünün % 10'u kadar olmalıdır. Ancak bu tip kaidelerin kalınlıkları aşağıdaki değerlerin altına düşmemelidir.

- 1- 20 Kw'a kadar – 150 mm.
- 2- 30-55 Kw arası – 200 mm.
- 3- 75 Kw ve daha üstü – 300 mm.

55 Kw 'nin üzerindeki pompalar ve çok kademeli pompalar ilk çalışma sırasında aşırı hareket ederler. Bu yüzden gerekiyorsa ilave hareket sınırlandırıcı elemanlar kullanılmalıdır. 90 Kw'nın üzerindeki pompaların kalkış kuvvetleri oldukça yüksektir. Bu pompaların montajında bir titreşim uzmanına danışılmalıdır.

Not 15. Paket çatı tipi klima cihazları : Bu tür cihazlar sese ve titreşime hassas olan hafif yapılarda kullanılırlar. Bu teçhizatın altına çerçeveli titreşim alıcı temeller konulur.

Tablo , Tip-D, 6 metre kiriş açıklığına kadar titreşim yutucu seçimini göstermektedir. Fakat 6 metrenin üzerindeki kiriş açıklıklarında cihaz zayıf bir yüzeye oturmuşsa azami ölçüde dikkatli davranılması gerekir. Burada ekipmanın çatı üzerinde yaptığı semin miktarı hesaplanmalıdır. Çünkü sehim miktarı 6 mm'nin altında ise titreşim yutucunun çökme miktarı çatıdaki çökmenin 15 katı olacak şekilde seçilmelidir. Çatıdaki çökme 6 mm'den büyükse çatı konstrüksiyonu sağlamlaştırılmalı veya ekipmanın yeri değiştirilmelidir.

Özellikle büyük ünitelerde yüksek gürültü seviyeleri olabildiği için ünite altına çatı ile arasında tampon görevi gören platform konmalıdır. Üniteyi çatı duvarlarından uzak bir yere koymak kanalların binaya girmeden önce akustik yalıtımının yapılmasına öncelik verir.

Bazı çatı ekipmanlarının içten yalıtımı yapılmış , fan v.b elemanları vardır. Makina içi yalıtım , makine içinde oluşan kısa devre ,yetersiz çökme miktarı veya panel rezonansı oluşturduğundan yetersiz kalmaktadır. Çatıya yerleştirilen ekipmanla dıştan yalıtım yapılması tavsiye edilir.

Not 16. Soğutma kuleleri : Soğutma kulelerinin altına direkt olarak tahkimli yay titreşim yutucular (Tip-4) yerleştirilir. Havalandırma fanlarının altına çökme miktarı yüksek titreşim yutucular konur. Bu uygulama yapılırken çok dikkatli davranılmalıdır.

Not 17. Fan ve havalandırma ekipmanları : Fan ve havalandırma ekipmanları için titreşim yutucular seçilirken aşağıdaki şartlar dikkate alınmalıdır.

Çapı 560 mm ve daha az olan fanlarla, çalışma devirleri 300 d/d'ye kadar olan fanlar büyük titreşim kuvvetleri oluşturmazlar. Fan devir hızı 300 d/d'ye kadar olan fanlarda kullanılan titreşim alıcıların doğal frakansı , fan çalışma hızına karşılık gelen hızın % 40'ı kadar veya daha az olmalıdır. Örnek olarak 275 d/d'da çalışan bir fan için titreşim yutucunun frekansı 110 d/d (1,8 Hz) veya daha az olmalıdır. ($275 \times 0,4 = 110$). 75 mm çökmeye sahip bir titreşim yutucunun kullanılması uygun olur , esnek kanal bağlantıları kanalın giriş ve çıkışına yerleştirilmelidir.

Atalet arttırıcı temel kaideler (Tip-C) ataleti arttırarak sistemin titreşimini zorlaştırır. İki ucu profilli tahkimli titreşin alıcı yaylar (Tip-5) ; 500 Pa ve daha fazla statik basınçta çalışan fanlar da , yere tavana monte edilmiş fanlarda kullanılan titreşim alıcılarla aynı çökme miktarına sahip olmalıdır.

TİTREŞİM ALICILAR:

HVAC ekipmanlarının titreşim yalıtımı için aşağıdaki ürünler kullanılmaktadır. Herhangi bir uygulamada titreşim yutucu seçilirken çökme miktarı yanında işletme ömrü , maliyet ve de kullanışlı olması önem taşımaktadır.

Not 18. Kauçuk titreşim alıcılar: Kauçuk titreşim alıcılar plaka (Tip-1) ve takoz (Tip-2) olarak üzere 2 ayrı tiptir. Plaka titreşim alıcılar tek tabaka halinde kullanılabilirler. Takoz titreşim alıcıların sertliği 30-70 durometre (sertlik ölçüsü) arasında değişmektedir. 70 durometreden büyük sertlikteki titreşim alıcıların yalıtım kabiliyeti yok denecek kadar azdır. Titreşim alıcıların maksimum 13 mm çökmeye göre dizayn edilirler. Fakat genel olarak 8 mm veya daha az çökme gereken şartlarda kullanılırlar.sert kauçuktan ve kompozit kauçuktan imal edilen plakalar da üretilmektedir. Bu malzemeler yüksek taşıma kapasitesine ve düşük çökme miktarına sahip olduklarından kolonlarda gürültü bariyeri ve boru askı elemanı olarak kullanılabilirler. Bu plakaların iyi bir titreşim yalıtımı sağlaması için üzerine binen yükün

homojen dağılması gerekir. Bu amaçla yükün plakaya homojen dağılmasını sağlayan bir metal plaka kesilerek plakanın üstüne konmalıdır.

Not 19. Titreşim alıcı yaylar : Titreşim alıcı çelik yaylar uzun ömürlü olmaları ve hemen hemen bütün çökme seviyelerinde üretilebildiklerinden HVAC sektörü için çok kullanışlı ve popüler malzemelerdir. Bütün titreşim alıcı çelik yaylar yüksek frekanslı titreşimi düşürmek için akustik kauçuk bariyeri sahip olmalıdır. aksi takdirde gürültü yaya geçerek başka mahallere kayabilir. Dış ortama ve korozyon olan ortamlara yerleştirilen yaylar korozyona dayanıklı olmalıdır.

Not 20. Açık tip titreşim alıcı yaylar: Açık tip titreşim alıcı yayların alt ve üst kısmında yükseklik ayarı yapılabilen yük taşıyıcı plakalar bulunur. Yükseklik ayarı civata vasıtasıyla yapılır. Yaylarda stabilitenin sağlanması için yatay sertliğin en azından düşey sertlik kadar olası istenir. Taşıma kapasitesinden % 50 daha büyük olan yükleri emniyetli olarak taşıyabilmelidir.

Not 21. Tahkimli titreşim yutucu yaylar : Tahkimli titreşim yutucu yaylar (Tip-4) üzerlerinde dikey hareketlerini kısıtlayan civatalara sahiptir. Bu tip yaylar , soğutma makinaları gibi çok değişik ağırlıklara sahip teçhizatın hareketlerinin kısıtlanması ve dış ortamda bulunan ekipmanların rüzgar yükünden dolayı oluşan hareketleri kısıtlamak için kullanılırlar. Seçim kriterleri açık yaylarla aynıdır. Yaylardaki engel ancak gerekli olduğunda geçici olarak devreye girer.

HAVALI YAYLAR : Havalı yaylar bütün frekanslar için üretilebilirler fakat 1.33 hz ve daha aşağı frekanslar için ekonomiktirler. (150 mm ve daha büyük çökmeler için.). Büyük tip yaylar yüksek frekanslı gürültüyü absorbe ederler. Çökme miktarı büyük yayların problemleri çalıştığı yerlerde onların yerine kullanılabilirler. Sabit bir hava kompresörü gerektirirler, ayrıca havanın nemini alan bir akıcı da bulunmalıdır.

Not 22. Titreşim alıcı askı yaylar : Titreşim alıcı askı yaylar , askıda durması gereken boru ve ekipmanlar için kullanılırlar. Kauçuk , yay ve de ikisinin kombine olarak kullanıldığı türleri vardır. Seçim kriterleri normal açık yaylarla aynıdır. Termal gerilmelerden dolayı asılı olan tesisatın hareketine izin verilmesi amacıyla yayın boruya bağlı olduğu rod 20-35° arasında hareket edebilmelidir.

Not 23. İki ucu tahkimli titreşim yutucu yaylar: Bu yaylar (Tip-5), açık tip yaylarda olduğu gibi aynı seçim kriterlerine sahiptirler.

DİREKT YALITIM (TİP-A)

Not 24. direkt yalıtım : Titreşim yalıtımı yapılacak ekipman stabil ve rijit ise herhangi bir ek yalıtım gerektirmez. Büyük Çillerler, paket klimalar ve hava soğutmalı kondenserler herhangi bir ilave yalıtım gerektirmezler. Bu konuda bir tereddüt söz konusu ise çelik konstrüksiyon temeller (Tip-A) veya atalet arttırıcı (Tip-B) temeller kullanılabilir. Gerekli görüldüğünde üretici firmanın görüşüne müracaat edilmelidir.

Not 25. Çelik konstrüksiyon temeller : Çelik konstrüksiyon temeller , cihazların tek başlarına monte edilemediği veya cihazın tüm parçaları için düz bir satıh gereken yerlerde kullanılır. Bu temeller hem çelik yaylarla beraber hem de kauçuk esaslı yaylarla beraber kullanılabilir. (Tip-2 ve Tip-3) Ayrıca bu temeller yapılırken ; titreşim yutucular arasındaki mesafe kullanılan profil genişliğinin 10 katı olmalıdır. Mecbur kalınmadıkça profil genişliği 100 mm'den küçük ve de 300 mm²den büyük olmamalıdır. Bu tür temeller genelde dikdörtgen şeklinde dizayn edilirler.

Not 26. Çelik konstrüksiyon raylar: Bu raylar düz bir satıh gerekmeyen yerlerde kullanılabilirler. Bu raylar hem titreşim yutucu raylarla beraber hem de kauçuk esaslı raylarla beraber kullanılabilirler. Ray üzerine binen yükü taşıyacak kadar mukavemetli olmalıdır. Endüstriyel uygulamalarda , titreşim yutucular arasındaki mesafe kullanılan profil genişliğinin 10 katı olmalıdır. Mecbur kalınmadıkça profil genişliği 100 mm'den küçük ve de 300 mm'den büyük olmamalıdır.

Not 27. Beton kaideler : Beton temelin dışında betonu tutan çelik profil bir çerçeve vardır. Bu tür temeller genelde dikdörtgen şeklinde dizayn edilirler. Titreşim yutucular arasındaki mesafe kullanılan profil genişliğinin 10 katı olmalıdır. Mecbur kalınmadıkça profil genişliği 100 mm'den küçük ve de 300 mm'den büyük olmamalıdır.

Not 28. Çerçeve kaideler : Çerçeve temeller (Tip-D) , çatıya yerleştirilen ekipmanların altına yerleştirilirler. Çerçeve temellerde su ve hava geçirmeyen titreşim yutucu yay sistemi vardır. Çerçevelerin içinde 25-75 mm arasında çökme yapabilen yaylar bulunur.

10. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.

Türkiye’de kendi alanında ilk araştırma özelliğine sahip olan bu çalışma , mekanik tesisat ve deprem arasındaki ilişkiyi incelemiş, mekanik tesisatın deprem güvenliği için temel kural ve kaidelere ait bilgiler vermeyi amaçlamıştır. Yapıların planlanmasında ve yapımında proje en önemli elemandır. Proje yapımı için yeterli zaman ayrılmalı ve kaliteli proje için yeterli kaynak ayrılmalıdır. Bütün bina ve sistemler proje aşamasında çözümlenmelidir. Rezervasyonlar, delikler, geçişler, sistemlerin birbirleriyle ilişkileri bu aşamada çözümlenmelidir. Uygulama sırasında bunlar çözülmeye kalkıldığında, yapıda pek çok statığe uygun olmayan değişiklikler yapılmak zorunda kalınmaktadır. Yeni delikler delinmekte,kesitler değiştirilmektedir. Sistemler zorlanmaktadır. Her müdahale aslında binayı zayıflatmaktadır. Toplam kalite açısından da, depreme dayanıklılık açısından da proje en önemli aşamadır. İyi bir proje hem mekanik sistemlerin deprem dayanımı, hem de binanın kendisinin depreme dayanımı için gerekli ilk ve en önemli adımdır. Proje safhasında mekanik tesisatla beraber deprem yönünden risk taşıyan bölgelerde yapılan yapılar için mekanik tesisatın deprem güvenliğine yönelik alınan önlemler de projede mutlaka yer almalıdır. Bundan sonraki en önemli aşamalardan birisi de projeyi yüklenen firmanın projedeki güvenlik önlemlerinden taviz vermeden deprem güvenliğine yönelik tedbirleri harfiyen uygulamasıdır.Bu önlemlere uymayanları ağır cezai sorumluklar beklemelidir.

KAYNAKLAR

ASHRAE Handbook, Fundamentals, 1993.

ASHRAE Handbook, “ HVAC Systems and Equipment “, 1992.

Bildiri Kitabı, (27-31 Mart 1995), 3. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul.

Coburn A. & R. Spence, (1992), “Earthquake Protection.” Wiley, 355.

Euro Code-8, (1994), “Design Provisions for Earthquake Resistance of Structure.”, European Committee for Standardization.

Fema 273-NENRP, (1997), “Guidelines for The Seismic Rehabilitation of Buildings.” Federal Emergency Agency, Washington D.C.

HVAC Systems Applications, SMACNA, 1987.

Mazzolani And Tremblay, (2000), “STESSA 2000- Behaviour of Steel Structures In Seismic Areas”, Balkema, Rotterdam.

M.N. Özipek, (1998), “ODE Mühendislik Çalışmaları”, İstanbul.

Noise and Vibration Control in Buildings, Robert S. Jones, McGraw Hill Book Company, 1984 Bölüm 7.

Norm Mason and Pat Lama, (1999), “Seismic Restraint Guidelines”, New Jersey.

Whitier, (1997), “UBC 1997-Uniform Building Code”, International Conference of Building Officials, 1997.

Y.T.Ü İnşaat Mühendisliği Ders Notları, Ali Koçak, 2001, İstanbul.

INTERNET KAYNAKLARI

[1] www.seismic.ca.gov

[2] www.mason-ind.com

[3] www.ısisan.net

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	05.05.1974	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1985-1991	Vefa Lisesi.
Lisans	1993-1997	Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fak. Makine Mühendisliği Bölümü Isı-Proses Opsiyonu.
Askerlik Hizmeti	2000-2001	Zırhlı Birlikler Okulu.Etimesgut/Ankara.
Yüksek Lisans	2001-2004	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Müh. Anabilim Dalı, Isı Proses Programı.

Çalıştığı kurumlar

1997-1998	Özköseoğlu Isı San. Ltd. Şti. Ar&Ge Mühendisi.
1998-1999	ODE Mühendislik Teknik Yalıtım Sorumlusu.
2001-2002	Hidroser-Parker, Hidrolik Mühendisi.
2002-	Vitsan A.Ş, Risk Mühendisi.