

MEKANİK TESİSATIN SİSMİK KORUNMASI

Ahmet ARISOY

ÖZET

Bu seminer notunda mekanik tesisatın deprem koruması verilmektedir. Öncelikle deprem ve geçerli olan kuvvetler tanımlanmaktadır. Kısaca deprem kuvvetlerinin hesabından sonra kullanılan elemanlar ve bunların seçim esasları anlatılmıştır. Tipik cihazlar olarak, yere monte edilen cihazlar ele alınmıştır. Beton kaideler verilmiş, ayrıca kolon boruları, asılı boru ve kanallar, sprinkler boruları deprem bağlaması anlatılmıştır. Son kısımda da doğal gaz tesisatı üzerinde durulmuştur.

1. GİRİŞ

Türkiye sıkça depremlerin yaşandığı, önemli bir bölümü 1. Dereceden deprem kuşağında olan bir ülkedir. Bu durum göz önünde bulundurularak, yapının statüğünde 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 konuydu. Ancak dış kaynaklı bazı projelerde belirli ölçülerde önlem alınması öngörülüyordu. Son depremlerden sonra bu konunun daha önem kazanarak, uygulamanın yaygınlaşacağını ümit etmek mümkündür.

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.

Mekanik tesisatın sismik tasarımında ve sismik korunmasında amaç, bina tahrip olmadığı halde mekanik sistemin göçmesinin veya tahrip olmasının önlenmesidir.

2. TEMEL DEPREM BİLGİSİ

Bir deprem basitçe yerin sarsılması olarak tanımlanabilir. Üç tip doğal deprem vardır. 1. Yer altındaki mağara, maden veya boşlukların tavanlarının çökmesiyle oluşan depremler, 2. Volkanik faaliyetler sonucu oluşan depremler, 3. Tektonik depremler.

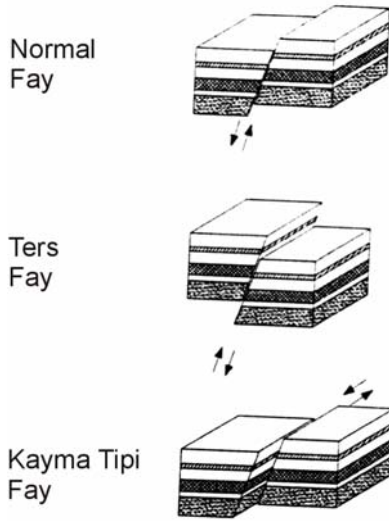
2.1. Tektonik Depremler

En genel deprem biçimi tektonik depremlerdir. Tektonik levha kenarlarının bir diğer levhaya göre kaymasıyla veya hareketiyle oluşurlar. Dünya dış kabuğu katı kaya levhalardan oluşur. Bu levhalar

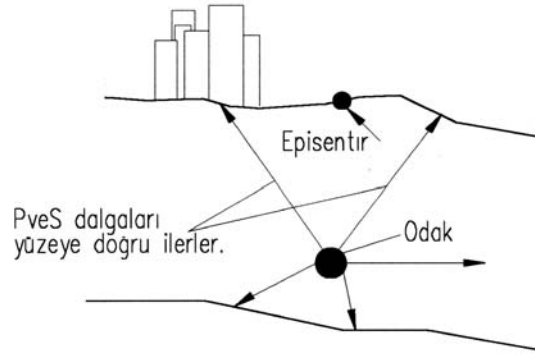
dünyanın dış yüzeyini oluşturur. Bu levhalar kendi içlerinde göreceli olarak karardır. Ancak birbirlerine temas ettikleri kenarlarda kararsızdırlar. Levhalar sürekli hareket içindedir ve birbirlerine göre bir kayma hareketi yaparlar veya biri diğerinin altına doğru hareket eder. Şiddetli depremleri ancak, levhaların bu izafi hareketleri yaratabilirler. Depremlerin büyük çoğunluğu bu levhalar boyunca yer alan fay hatlarında meydana gelir.

Faylar jeolojik yapıda oluşmuş kırıklardır. Fayların bazıları aktif değildir ve binlerce yıldır bir hareket görülmemiştir. Diğer taraftan aktif faylar sürekli hareket eder ve stres (gerilme) oluştururlar ki bu stres sonunda depreme yol açar.

Şekil 1'de görüldüğü gibi üç ana tip fay söz konusudur. Birincisi normal faydır ve düşey doğrultuda bir yer değiştirmedir. Bir kenar aşağı doğru 0 ile 90 derece arasında bir açı ile kayar. İkincisi ters faydır ki burada da düşey yer değiştirme vardır. Ancak hareket bir kenarın diğerine göre yükselmesi şeklindedir. Son tip ise, kayma tipi faydır. Bunlarda esas olarak yatay düzlemde kayma vardır. Yer değiştirme sağa doğru veya sola doğru olabilir. Gerçekte ise faylar genelde bu üç karakterin hepsine birden sahiptir.



Şekil 1. Üç temel fay tipi



Şekil 2. Sismik dalga ilerlemesi

2.2. Deprem Dalgaları

Farklı deprem tiplerine karşılık, hepsinin ortak noktası şok veya sismik dalga yaymalarıdır. Depremle ilişkili olarak dört temel tip dalga vardır. En hızlıları primer dalga (P dalgası) adı verilen dalgadır. Bundan sonra sekonder dalga (S dalgası) gelir. Her iki dalga da kayalar içinde yüzeye doğru ilerler. Şekil 2'de sismik dalga ilerlemesi verilmiştir.

P dalgalarının sıkışma ve genişleme zonları vardır. Buna karşılık S dalgaları ilerleme yönlerine dik olarak, strataya (yatay tortu tabakalara) kesme uygular. İlk önce P dalgaları ulaşmasına karşılık, aşağı yukarı ve yandan yana hareketleriyle binalarda en büyük tahribatı S dalgaları yaparlar.

Son iki dalga yüzey dalgaları olarak bilinir, çünkü bunlar sadece yüzey yakınında görülürler. Love dalgası düşey bileşeni olmayan bir S dalgasını andırır ve binaların temelinden çıkmasına neden olan ana etkenlerden biridir. Sonuncusu Rayleigh dalgasıdır ki hareket yönünde eliptik olarak yuvarlanır.

P ve S dalgaları depremin odağından (merkezinden) kaynaklanırlar ve farklı tabakalardan geçerken yansıtılabilir veya kırılabilirler ve birçok yönde dalgalar gönderebilirler. Merkez yüzeyin altında derinde bulunur ve merkezin yüzeye projeksiyonu olan noktaya depremin episentri adı verilir.

2.3. Şiddet ve Büyüklük

Şiddet ve büyüklük depremin tahrip düzeyini tanımlarlar. Farklı şiddet skalaları tanımlanmıştır. Günümüzde kullanılan değiştirilmiş Mercalli şiddet skalası, depremin şiddetini binalarda ve yeryüzünde meydana gelen tahribat ve hayvanların tepkilerinin gözle incelenmesiyle 12 seviyede değerlendirir. Bu yöntem çok hassas olmasına karşın, çok zaman alıcıdır ve haftalar veya aylar mertebesinde bir değerlendirme süresine gerek vardır.

Deprem büyüklük olarak da değerlendirilebilir. En bilinen deprem büyüklük ölçeği Richter ölçeğidir. Sismografik okumalara dayanır ve hemen deprem ertesinde hesaplanabilir. P ve S dalgaları arasındaki zaman farkından deprem merkezine uzaklık belirlenebilir. Bu zaman farkının S dalgasının amplitüdü ile birlikte ele alınmasıyla Richter ölçüsü belirlenir.

Büyüklükler, iki ilişkili fakat farklı referans ortaya koymaktadır. Bunlar yerin hareketi ve açığa çıkan enerjidir. 6 büyüklüğünde bir depremde, 5 büyüklüğündeki depreme göre 10 misli daha fazla büyüklükte yer hareketi söz konusudur. Buna karşılık fay boyunca iki deprem arasında 30 misli daha fazla açığa çıkan enerji farkı vardır. Bu demektir ki 7 büyüklüğünde bir depremde, 5 büyüklüğündeki depreme göre 100 misli daha fazla yer hareketi ve 900 misli daha fazla enerji bulunmaktadır. 5 büyüklüğündeki bir depremde bir atom bombasından 10 misli daha fazla enerji açığa çıkmaktadır.

3. CİHAZLARIN SİSMİK KORUMASI

Sismik koruma için 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 kalabilse ama çalışmaya devam edebilse 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, depremden 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.

Döşemeye monte edilen cihazlar genellikle ya cıvata ile katı olarak veya titreşim izolatörleri üzerinde esnek olarak yapıya 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 emergency hallerinde, 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 ağır ve rijitse (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 (pompalar gibi) yeterince ağır ve rijit değilse, atalet kütlesi oluşturacak bir beton kaideye doğrudan cıvata ile katı bağlanır, bu beton kaide, titreşim izolatörü malzeme (mantar, çelik yaylı ayaklar, özel lastik yastık vs.) üzerine oturtulmak suretiyle yapıya esnek olarak tespit edilir.

Normal çalışma sırasında cihaz bu esnek bağlantı üzerinde titreşirken, titreşimler yapıya geçmez. Yani yapıda bir hareket yokken, üzerindeki cihaz bir titreşim hareketi yapmaktadır. Deprem anında cihazla yapı arasındaki sınırlı izafi (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 izafi hareketleri sınırlandıracak 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 kanal bağlantıları vardır. Cihazlara olan boru ve kanal bağlantıları, eğer cihaz titreşim yapıyorsa, esnek (fleksibil) bağlantıdır. Esnek bağlantılar sayesinde cihaz titreşimleri boru ve kanallara geçmez. Daha sonra boru ve kanallar kendileri titreşmiyorsa, titreşim yalıtımı sağlayan sabit elemanlarla yapıya tespit edilirler. Tespit elemanları arasında sabit ve kayar mesnetler ve askılar sayılabilir. Bu tespit metal-metal veya metal-beton temasının önlenmesi ve titreşim izolasyon kabiliyeti olan özel elemanların kullanılması konfor açısından çok önemlidir. Tespit elemanları cinslerine göre boru ve kanallara belirli yönlerde hareket serbestliği tanıyabilirler. Bu tespit elemanları sadece boru ve kanalları taşımakla görevlidir. Deprem göz önüne alındığında, boru ve kanalların da depremde yerinde kalması gereklidir. Bunun için sismik korumada boru ve kanalların yapıya ayrıca bağlanmaları esastır. Boru ve kanal depremde yapıyla birlikte hareket edecektir. Buna karşılık cihazla boru/kanal arasındaki bağlantılar esnek olacak ve cihazla boru (veya kanal) bağımsız hareket edebileceklerdir.

4. BİNA DEPREM YÖNETMELİKLERİ

Mekanik tesisatın depreme karşı korunmasıyla ilgili bir yönetmelik Türkiye'de bulunmamaktadır. Mekanik tesisatın deprem göz önüne alınarak tasarımı ve bununla ilgili kullanılacak elemanların seçimi uluslararası yönetmeliklere dayanmaktadır. Bu konuda referans alınabilecek bina yönetmelikleri Amerika (Kaliforniya) kaynaklıdır. Bunlar içinde esas olarak, BOCA National Code 1996, SBCCI 1997 Standard Building Code ve International Building Code (IBC) 2000 bu alana yön veren ana yönetmeliklerdir. Türkiye için de hesap yöntemi bu yönetmeliklere dayanmalıdır. Özellikle IBC 2000 mekanik tesisatın sismik tasarımı için temel standart kabul edilebilir.

Tesisatın ve ekipmanların deprem dayanım hesaplarında esas, bunlara gelen deprem kuvvetlerinin belirlenmesidir. Ekipman, tesisat ve bunları yapıya bağlayan elemanlar bu kuvvetlere göre hesaplanır veya seçilir. Cihazlara ve tesisata etkiyen deprem kuvvetlerinin hesabında, dinamik hesap ve statik hesap olmak üzere farklı iki yöntem vardır. Kritik cihazların hesabında dinamik hesap kullanılmalıdır. Dinamik hesap uzmanlık isteyen karmaşık bir hesabı gerektirir. Refere edilen bina kodlarında statik hesap verilmektedir. Sistemin tasarımı bu hesap yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Genel tasarım bakış açısından, tekniğine uygun uygulama halinde, statik hesap yeterlidir.

1996 BOCA ve 1997 SBCCI yapı kodlarına göre hesap

Statik hesapta bağlanacak cihazın ağırlık merkezine yatay ve düşey yönde etkileyecek deprem kuvvetleri hesaplanır. Cihaz ve bağlama elemanları bu kuvvetlere dayanacak şekilde seçilir. 1996 BOCA ve 1997 SBCCI yapı kodlarında bir cihazın ağırlık merkezine gelen yatay deprem tasarım kuvveti,

$$F_p = A_v \cdot C_c \cdot P \cdot a_c \cdot W_c \quad (1)$$

biçiminde tanımlanmıştır. Düşey yöndeki kuvvet ise bu yatay kuvvetin %33'üdür.

$$F_{pv} = 0,33 \cdot F_p \quad (2)$$



Burada geçen sembollerin anlamı aşağıda verilmiştir:

A_v = Pik hız ilişkili ivmeyi temsil eden bir katsayı. Bu katsayı a) bölgenin deprem risk grubuna, b) uygulamanın sismik tehlikeye açıklık grubuna bağlı olarak ilgili tablolardan seçilir. Dört deprem risk bölgesi ve üç sismik tehlikeye açıklık grubu tanımlanmıştır. A_v sayısı 0.05 değerinden küçük ve 0.20 değerinden büyük olabilir.

C_c = Mekanik ve elektrik komponentlerin ve sistemlerin sismik katsayısı. Bu katsayı sistemler ve komponentler için bir tablo halinde verilmiştir ve 0.67 ile 2 değeri arasında değişmektedir.

P = performans kriteri faktörü. Bu faktör sismik tehlikeye açıklık grubuna bağlı olarak tablo halinde çeşitli sistem ve komponentler için C_c ile aynı tabloda verilmiştir. 0.5 ile 1.5 arasında değişmektedir.

a_c = bağlantı amplifikasyon faktörü. Bu faktör deprem kuvvetlerinin cihaza geçmesi esnasındaki sönüm veya yükseltkenmesi ile ilgilidir ve bağlantının, cihazın ve binanın doğal frekanslarına bağlı olarak hesaplanır ve bir tablo halinde verilir. Değeri 1.0 veya 2.0 olabilir.

W_c = göz önüne alınan cihaz veya elemanın çalışma ağırlığıdır.

Örnek

Beton kadesine katı olarak bağlanmış bir kazan, 61 m uzunlukta yüksek bir binada zeminde yer almaktadır. Ağırlığı 4336 kg değerindedir. Bölge deprem risk zonuna göre A_v katsayısı 0.3 değerindedir. Diğer katsayı ve faktörler ilgili tablolardan aşağıdaki gibi seçilmiştir:

$$A_v = 0.3$$

$$C_c = 2.0$$

$$P = 0.5$$

$$a_c = 1.0$$

$$W_c = 4536 \text{ kg}$$

Buna göre değerler formülde yerine konularak,

$$F_p = 0,3(2,0)(0,5)(1,0)(4536)(9,81)/1000 = 13,4 \text{ kN}$$

$$F_{pv} = 0,33 (13,4) = 4.4 \text{ kN}$$

IBC 2000 yapı koduna göre hesap

Bu kodda yukarıda tanımlanan cihaza etkiyen yatay kuvvet,

$$F_p = \frac{0.4a_p S_{DS} I_p}{R_p} \left(1 + 2 \frac{z}{h}\right) W_p$$

şeklinde ifade edilmiştir. Düşey yöndeki kuvvet, yine yatay kuvvetin %33'ü değerindedir. Formül genel yapısıyla aynı olmakla birlikte daha detaylıdır ve daha fazla parametreyi dikkate almaktadır. Bunların içinde en önemlisi cihazın bina içinde bulunduğu yükseklik konumunu dikkate almasıdır. Zeminde bulunan cihazlarla çatıda bulunan cihazlar arasında aynı depremden gelen kuvvetler bakımından fark vardır. Yatay kuvvet değeri F_p ; $1,6.S_{DS}I_pW_p$ değerinden büyük ve $0,3.S_{DS}I_pW_p$ değerinden küçük olamaz. Bu formülde,

W_p = yine cihazın ağırlığıdır.

I_p = Komponent önem faktörüdür. Değeri 1.0 veya 1.5 olabilir. Yeni bir kavram olup, cihazın ne kadar hayati olmasıyla ilgilidir.

z = cihazın yerden itibaren bulunduğu seviyenin yüksekliğidir.

h = binanın yere göre yüksekliğidir.

a_p = cihaz yapısının yükseltme faktörüdür. Tablo halinde verilmiş olup, değeri 1.0 ile 2.5 arasında değişir.

R_p = cihaz cevap modifikasyon faktörüdür. Değeri 1.25 ile 5 arasında değişir.

S_{DS} = kısa süreli tasarım spektral cevap ivmesidir. Bu faktör göz önüne alınan maksimum depremin spektral cevap ivmesine ve binanın kurulduğu yerin zemin yapısına bağlı olarak hesaplanır. Gerekli data ve formülasyon kod tarafından verilmiştir.

Örnek

Daha önceki örnekte ele alınan aynı kazanın, bu yönetmeliğe göre değerlendirilmesi. Burada S_{DS} 0.73 hesaplanmıştır. Katsayılar aşağıdaki gibidir:

$$W_p = 4536 \text{ kg.}$$

$$I_p = 1.0$$

$$z = 0.$$

$$h = 61$$

$$a_p = 1.0$$

$$R_p = 2.5$$

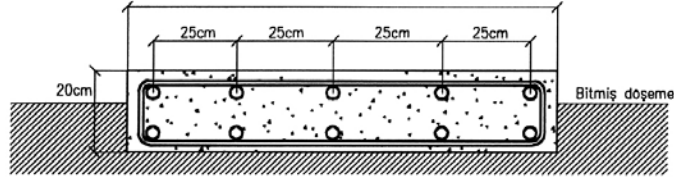
$$S_{DS} = 0.73$$

Buna göre $F_p = 8.6$ kN bulunur. F_p , 52 kN'den büyük, 9.8 kN'den küçük olamayacağından, $F_p = 9.8$ kN olarak alınır.

5. DÖŞEME TİPİ CİHAZLARIN YAPIYA TESPİTİ VE SİSMİK KORUNMALARI

5.1. Genel notlar:

1. Cihazların döşemeye katı olarak (titreşim yalıtımı yapılmaksızın) bağlanmasında civata ve somun kullanılır. Cihaz, beton kaidesi üzerinde bırakılan saplamalara, civatalar yardımıyla bağlanır. Kullanılan civatalar deprem yüklerine dayanıklı olmalıdır.
2. Cihazların kaideye civata ile sabit bağlanmasında cihaz şasesindeki delik civatadan çok büyükse, deprem anında cihazın yanıl hareketi dolayısıyla oluşan sismik kuvvet civatayı keser ve cihaz yerinden kopar. Bunun için civata ile delik boşluğu arasını dolduracak neopren takoz kullanılmalıdır.
3. Cihaz kaideleri Şekil 3'deki gibi bitmiş döşeme içindeki çukura girmelidir. Eğer düz bitmiş döşeme üzerine kaide dökülecek olursa, iki beton arasında özel ankraj elemanlarıyla bağlantı gerçekleştirilmelidir. Şekil 4
4. Ağır cihazlar döşemeye (veya beton kaideye) doğrudan titreşim yalıtımlı ayakları vasıtasıyla oturur (Şekil 5). Bu ayaklar kombine izolatör + sismik sınırlayıcı ayaklar olabileceği gibi (Şekil 6), titreşim izolatörlü ayakların yanına Şekil 7'de görülen sismik sınırlayıcı elemanlar ayrı olarak da monte edilebilir (Şekil 8). Cihaz bu ayakların kaideye civatalanmasıyla tespit edilir.
5. Atalet bloku olarak kullanılan yüzer kaideye katı olarak monte edilen daha hafif cihazlar, bu kaidelerin döşemeye kombine ayaklarla oturtulması sayesinde dolaylı olarak döşemeye tespit edilirler. Yüzer beton kaidenin döşemeye titreşim yalıtımlı olarak bağlanmasında yukarıdaki gibi kombine ayakla veya ayrı ayrı izolatörlü ayak ve sismik sınırlayıcıyla bağlanırlar (Şekil 9).



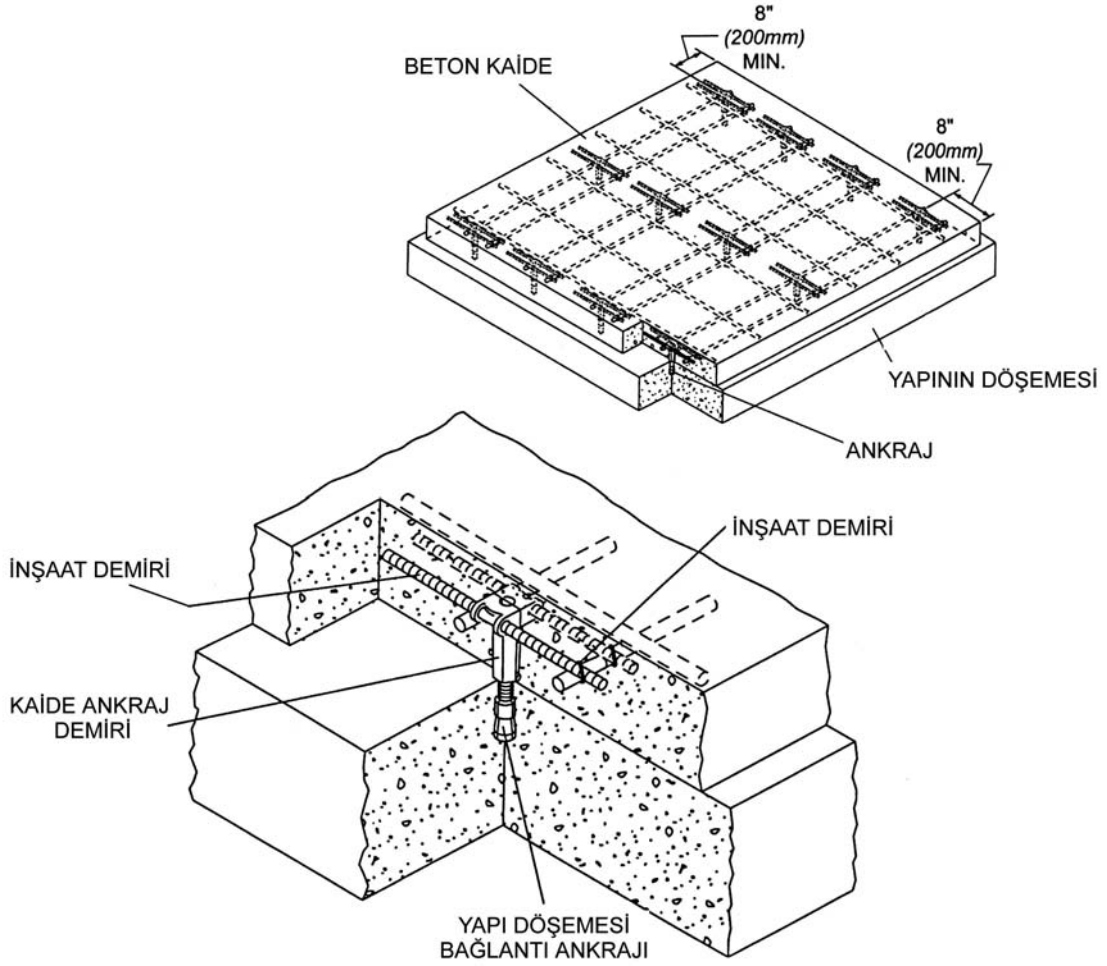
Yatay çubuklar: Ø12mm

Etriyeler : Ø8mm

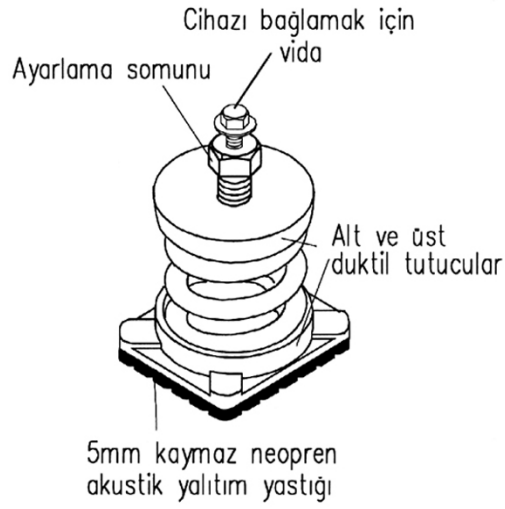
Beton: BS 525

- * Kaide üzerine sadece master çekilip bırakılmalıdır.
- * Kaide üzerine fayans vb. zayıf malzeme kullanılmamalı ve mala çekilmemelidir.
- * Kaide üzerinin düz olması çok önemlidir.

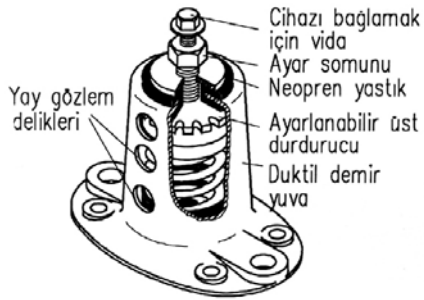
Şekil 3. Beton kaide detayı



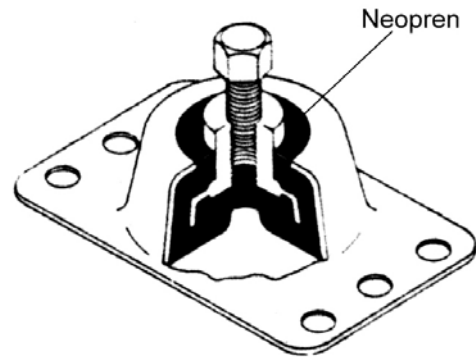
Şekil 4. Kaidenin yapı döşemesine bağlanması



Şekil 5. Sismik sınırlayıcı takoz

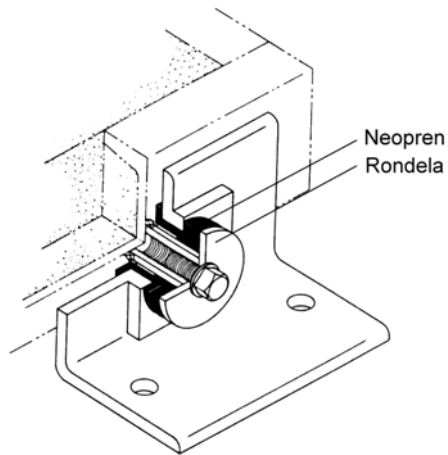


C Tipi
Sismik sınırlayıcı takoz

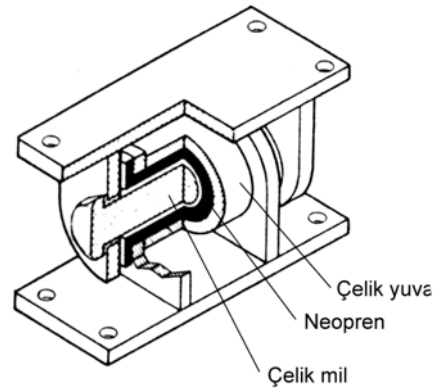


D Tipi
Sismik sınırlayıcı takoz

Şekil 6. Sismik sınırlayıcılar

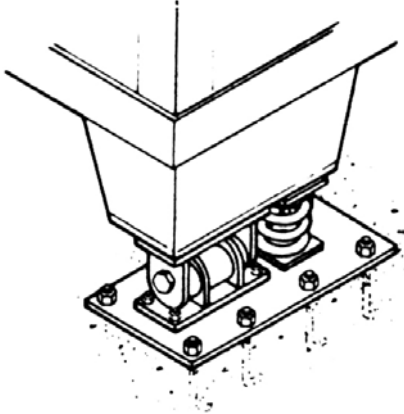


A Tipi
Sismik sınırlayıcı

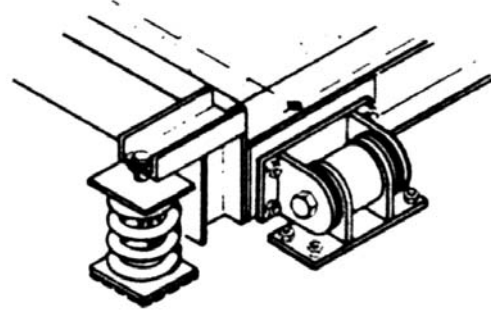


B Tipi
Sismik sınırlayıcı

Şekil 7. Sismik sınırlayıcılar



Şekil 8. Cihaz altına monte edilmiş sismik sınırlayıcı



Şekil 9. Cihaza yandan monte edilmiş sismik sınırlayıcı

5.2. Beton Kaideler

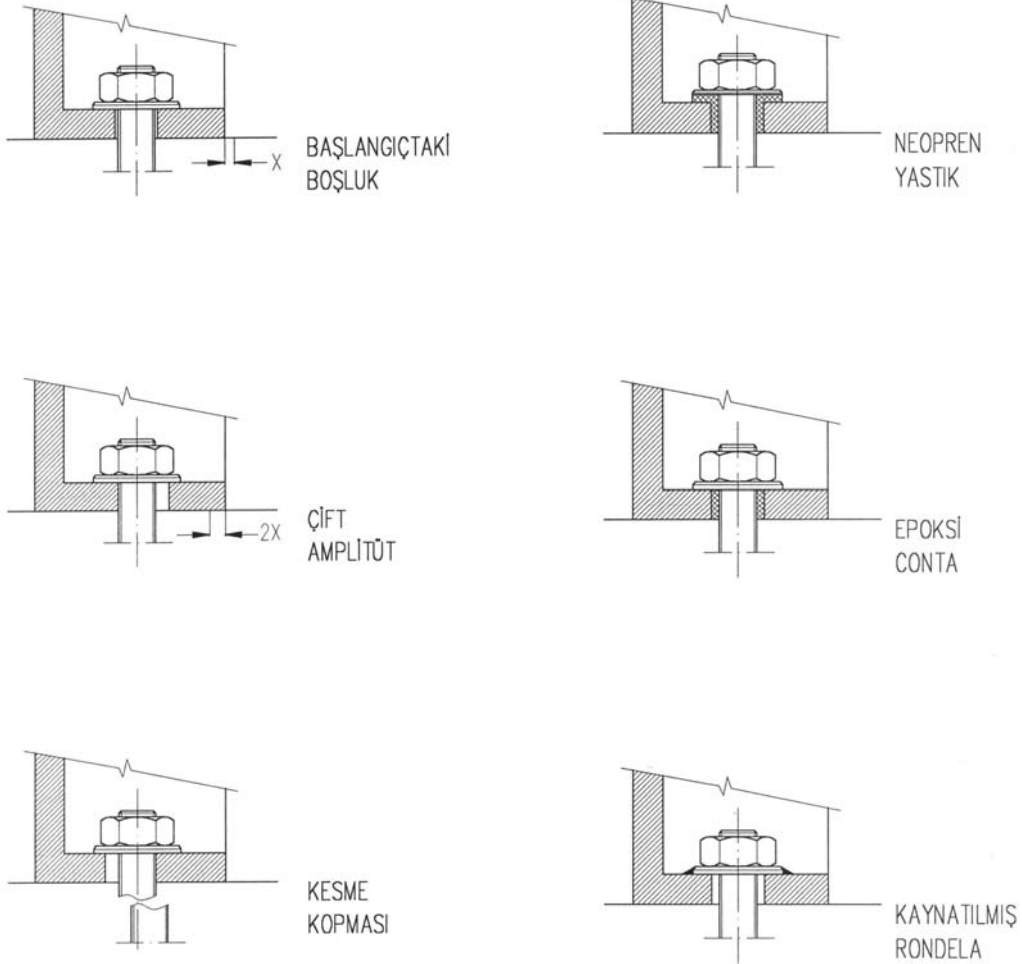
Beton kaideler iki farklı kavramı ifade etmek için de kullanılabilir. Esas beton kaideler cihazların üzerine yerleştirildiği, yapının bir parçası olan kaidelerdir. Bu kaideler inşaat demiri konstrüksiyonla yapı zeminine bağlanır ve genelde BS-25 dozda beton dökülerek oluşturulurlar. Beton kaide detayı Şekil 3'de verilmiştir. Beton kaide 12 mm² yatay demir çubuklar ve 8 mm² etriyeler kullanılarak takviye edilmelidir. Beton kaidenin üst yüzeyi düz olmalı ve seramik vb. zayıf malzeme ile kaplanmamalıdır. Bu kaideler cihazları belirli ölçüde döşeme yüzeyinden yükseltmek ve sağlam bir bağlantı zemini oluşturmak amacıyla kullanılırlar. Yukarıda ifade edildiği gibi cihazın deprem güvenliği öncelikle bu kaidenin yeterli mukavemette olması ve cihazın bu kaideye yeterli mukavemette bağlanabilmesine bağlıdır. Tablo 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.

Tablo 1. Civataların taşıyabilecekleri gerilmeler

Çap inç	Minimum Saplama Uzunluğu, cm	Kesme gerilmesi Uzama gerilmesi		
		Minimum beton mukavemeti, kg/cm ²		
		140	200	140-350
¼	5	17	17	14
3/8	6,5	38	38	35
½	8,5	69	69	65
5/8	8,5	95	103	103
¾	10	101	123	155
7/8	13	123	143	220
1	15	123	143	220
11/8	17	123	155	220
11/4	19	123	183	220

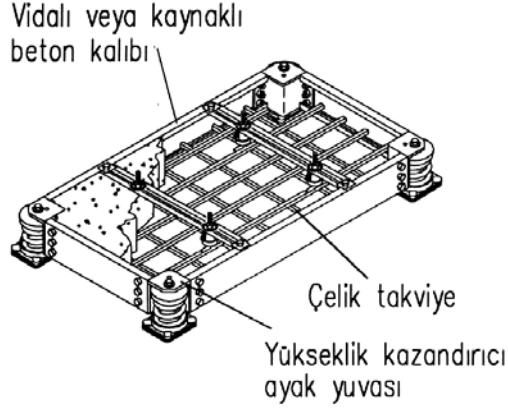
Cihazların kaideye katı bağlanmasında en az dört civata kullanılmalı ve civata ile delik arasında boşluk 3 mm değerini aşmamalıdır. Şekil 10'da görüldüğü gibi böyle bir boşluk, deprem sırasında civatanın kesilmesine neden olur. Bunun önlenmesi için en iyisi Şekil 11'de görülen neopren yastık parçalar kullanılmalıdır. Bağlama noktaları köşelere yakın olmalıdır. Bunun için 8 noktadan bağlama en iyi çözümdür.

Diğer bir beton kaide tipine ise, yüzer beton kaide denilmesi daha doğrudur. Örneği Şekil 12'de görülen bu beton kaideler hafif cihazların titreşim izolasyonunda kütle teşkil etmek ve rijit olmayan cihazlara istenilen rijitlikte bir taban sağlamak 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. Üzerinde cihaz olan kaide, bu izolatörlerle döşemeye veya sabit beton kaideye oturtulur. Yüzer beton kaidelerin daha çok Türkiye'de kullanılan montaj şekli, zeminde açılan bir yuva içine titreşim yalıtıcı mantar, lastik veya köpük tabaka üzerine yerleştirilmeleridir. Burada yuvanın derinliği beton blokun dönme momentlerine dayanımı açısından çok önemlidir. Bu montaj biçiminde cihazın titreşim yalıtımı ve yatay deprem kuvvetlerine karşı belirli ölçüde korunması sağlanmışken, dikey deprem kuvvetlerine karşı tamamen korunmasızdır. Bu tip yüzer kaide montajından vazgeçilmeli, bunun yerine Şekil 12'de görülen döşeme üzerine titreşim izolatörleriyle oturan çelik kasalı beton atalet blokları kullanılmalıdır. Beton atalet bloğunun sismik hareket sınırlaması için de uygun bir sismik sınırlayıcı kullanılmalıdır.

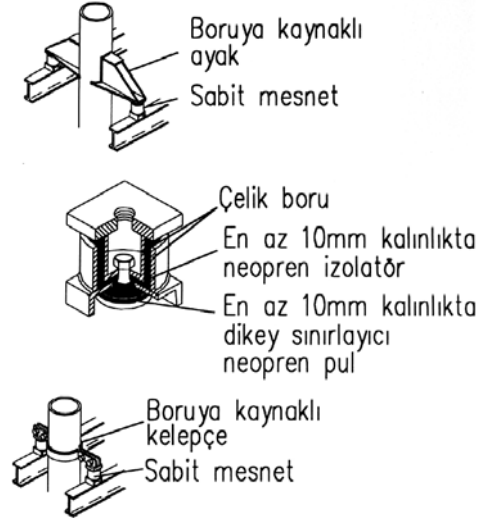


Şekil 10. Çarpma ile kesme kırılması

Şekil 11. Büyük delik çözümleri



Şekil 12. Beton kaide



Şekil 13. Sabit mesnet

Belirli bir büyüklük üzerindeki fan ve pompalar yüzer beton kaideler üzerine monte edilmelidir. Yaylı ayaklar üzerine oturan bloklarda döşemeden 50 mm yüksekte kalınmalıdır. Blok kalınlıkları fan ve pompa gücüne göre aşağıdaki tabloda verilmiştir:

Fan motor gücü	Pompa motor gücü	Beton blok kalınlığı
	4-12 kW	150 mm
37 kW'a kadar	15-37 kW	200 mm
45-60 kW	45-75 kW	250 mm
75 kW üstü	75 kW üstü	300 mm

Kaide kalınlığı için bir başka ölçü, kaide açıklığının 1/10'u olarak ifade edilebilir. Ancak kalınlık hiç bir zaman 30 cm değerini aşmamalıdır. Yaylı ayakların yüklü durumda statik çökmesi en az 25 mm olmalıdır.

6. SİSMİK SINIRLAYICILAR

Titreşim yapan cihazlar doğrudan döşemeye katı olarak bağlanamaz. Aksi halde cihazın titreşimleri yapıya geçerek, burada yaşayanları ciddi biçimde rahatsız eder. Bunu önlemek için bu tip cihazlar yapıya titreşim izolatörleri üzerinde otururlar. Titreşim izolatörleri a) yaylı ayaklar veya b) lastik takoz ayaklar (veya yastıklar) olabilir. Bu ayaklar yapıya katı olarak bağlı olmadıklarından deprem anında cihaz rahatça savrulabilir.

Döşemeye titreşim izolatörleri ile oturan elemanların sismik korumasında sismik sınırlayıcılar kullanılır. 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, pnömomatik 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 aşılırsa, çelik mil esnek tampona çarparak cihaz salınımını sınırlar. Böylece cihaz yerinde kalır. Herhangi bir kopma olmaz ve cihaz fonksiyonuna devam eder.

Cihazın doğrudan oturtulmasında, sismik sınırlayıcıları cihaz şasesinin altına veya yanına monte etmek mümkündür. Şekil 8 ve 9'da bu örnekler görülmektedir. Şekil 9'da cihaz çelik konstrüksiyon şasesinin bir köşesi görülmektedir. Yaylı titreşim izolatörü ve sismik sınırlayıcı birlikte şasesinin yan tarafına bağlanmıştır. Her iki eleman da alttan beton kaideye bağlıdır. Şekil 8'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 (4) 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 da cihazın kendi iç mukavemetidir. Cihaz yerinde kalsa bile, içinden parçalanabilir veya tahrip olabilir. Fanlar, pompalar, klima santralleri yüksek iç mukavemete sahiptir. 4 veya 5g kuvvetlere dayanabilirler. Halbuki transformatör, dimmer gibi elektrikli cihazlar, dişli kutuları çok zayıftır ve ancak 0.25-0.5g kuvvetlere dayanabilirler. Soğutma kulesi, havalı kondenserler ve paket tipi cihaz gibi cihazlar ise ancak 3g kadar kuvvetlere dayanabilirler.

6.1. Pasif Tip Sismik Sınırlayıcılar ve Bağlama Elemanları

Şekil 6 ve 7'de cihazları bağlamakta kullanılan çeşitli tip sismik sınırlayıcılar ve bağlama elemanları örnekleri verilmiştir. Farklı fonksiyonları ve özellikleri olan bu elemanlar bu şekildeyle sınırlı değildir. Sadece örnek olarak verilmişlerdir.

1. Sadece sınırlayıcılar

Bu tip elemanlar sadece deprem sırasında devreye giren ve cihazın yerinde kalmasını sağlayan elemanlardır. Bu elemanlarla birlikte ayrıca cihazın titreşim yalıtımını sağlayan yaylı ayak gibi elemanlar kullanılmalıdır. Cihaz normal çalışmasında bu titreşim izolatörleri üzerinde durur.

A Tipi : Şekil 7'de görülen bu eleman bütün yönlerde sınırlama yapar, değiştirilebilir dökme neopren takozu vardır ve sınırlayıcı çelik rondela kalınlığı 5 mm'den az olamaz. Normal çalışma sırasında her yönde temas olmaksızın 2,5 mm boşluk bulunmalıdır.

B Tipi: Aynı şekilde görülen bu örnek eleman da bütün yönlerde sınırlama yapar, değiştirilebilir dökme neopren takozu vardır ve çelik yuva kalınlığı 15 mm'den az olamaz.

2. Hem titreşim izolatörü hem de sismik sınırlama görevi yapan ayaklar

Bu tip elemanlar yukarıda tanımlanan her iki fonksiyonu birden üstlenirler. Yani hem titreşim izolasyonu fonksiyonu vardır, hem de deprem halinde sınırlayıcı görevi yerine getirir. Bununla ilgili elemanlara Şekil 6'da örnek olarak gösterilmiştir.

C Tipi: Yuvalı yaylı ayakta, cihazın normal çalışmada yay üzerinde serbest titreşim hareketi yapabileceği açıklıklar bırakılmıştır. Ama ayak içindeki sınırlandırıcı, depremde olduğu gibi, normal dışı genliklerde salınımına izin vermez. Düşey doğrultuda sınırlayıcı pozisyonu ayarlanabilir ve maksimum boşluk her yönde 5 mm değerindedir.

D Tipi: İçine bütün yönlerde pozitif sınırlayıcı monte edilmiş minimum çökme derinliği 4 mm olan neopren ayak. Duktıl demir içinde ters yönde çalışan iki bağımsız dökme neopren elemandan oluşur. Çelik veya beton bloklara civatalanmaya uygundur.

6.2. Sismik Sınırlayıcı Seçimi

Sismik sınırlayıcılar statik veya dinamik analiz (hesap) sonucu seçilmelidir. Burada 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 kaynaktan çeşitli deprem zonları ve bina tiplerine göre çok sayıdadır. Burada örnek olarak sadece en büyük risk zonunda yüksek yapılar için hazırlanan tablo verilmiştir. Tablo 2'de eleman tipi yanında, kullanılması gerekli analiz yöntemi de işaretlenmiştir. Burada sınırlayıcı tipi yanındaki I harfi dinamik sınırlayıcıları, J harfi ise statik sınırlayıcıları gösterir.

Sadece yerinde kalması istenen önemsiz cihazlar yönetmeliklerde verilen tablolardan yararlanılarak statik analizle belirlenebilir. Bu tip bağlantı elemanlarının ve bağlandıkları yapısal kaidenin 1g mertebesinde kuvvetlere dayanabilir olmaları beklenir. Sınırlayıcı, dolayısıyla cihaz üzerine etki eden kuvvet darbe karakteri taşıdığından, cihaz yerinde kalmakla birlikte bozulabilir ve çalışmayabilir (Aslında ortaya çıkan dinamik kuvvetlerin, statik olarak seçilmiş sınırlayıcıları kopartmaları da mümkündür). Cihazın yerinde kalıp, çalışmaya devam edip etmemesi, darbenin cihazın kırılma mukavemetini aşıp 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.

Zamanla oluşan tecrübe, içinde tercihen 15 mm kalınlıkta neopren yastık içeren sınırlayıcıların çok daha iyi sonuç verdiğini göstermiştir.

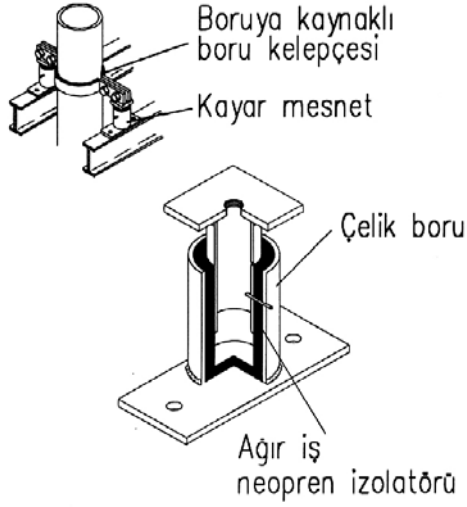
7. YAPIYA MESNETLENEN KOLON VE YATAY BORULARIN SİSMİK KORUMASI

Döşemeye (zemine veya beton kanal içine) mesnetlenen yatay borularda özel sismik koruyuculu ayaklar kullanılabilir. Mesnete gelen yüklerde sismik yükler de dikkate alınmalıdır. Yatay boruların mesnetlenmesinde, cihazların katı olarak yapıya tespitlerindeki önlemler alındığında, deprem için özel ayrı bir önleme gerek yoktur. Düşey borularda ise, kolon mesnetlerinin hem boru ağırlığını taşıması ve hem de ısıl genleşmelere izin vermesi beklenir. Bu mesnetler aynı zamanda ilave deprem yüklerine dayanabilmelidir.

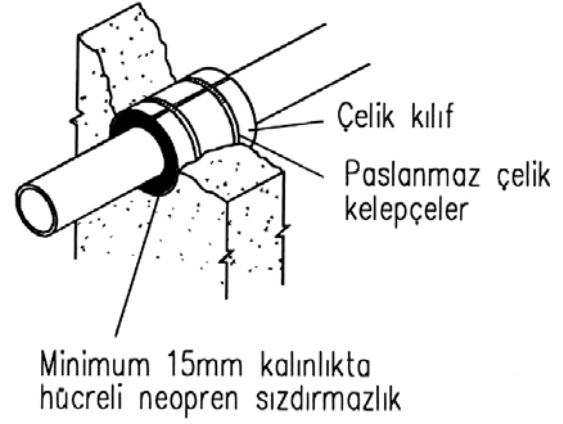
Kolon borularını mesnetlemek için özel tip elemanlar geliştirilmiştir. Deprem yüklerine dayanıklı sabit ve kayar mesnet tipleri vardır. Şekil 13'de sabit tip görülmektedir. Özel olarak kolon sabitlemek veya titreşim yalıtımını yapmak için tasarlanmıştır. En az 10 mm kalınlıkta neopren perde ile ayrılmış içiçe iki çelik borudan oluşur. Düşey yönde hareket yine bir neopren yapı ile engellenmiştir. Normal olarak çelik konstrüksiyon destekler üzerine monte edilir, boruya ve çelik profile kaynatılır. Şekil 14'de kayar mesnet tipi verilmiştir. Burada düşey doğrultuda hareket serbestliği vardır. Montaj biçimleri sabit mesnet ile aynıdır.

1. Kolon boruları ve dikey kanallar her kat geçişinde sıkıca mesnetlenmişse , 5 kata kadar yapılarda sismik bağlanmaya gerek yoktur.
2. Açık şafttaki kolon boruları yatay sismik yükleri alacak şekilde mesnetlenmelidir. Mesnet aralıkları :
0,25 g kuvvete kadar 12,2 m
1 g kuvvete kadar 9,1 m
2 g kuvvete kadar 6,1 m olmalıdır.
3. Düşey dökme demir borular , mesnetlenmemiş bölümlerindeki bağlantı noktalarında sağlamlaştırılmalıdır.

Boru duvar geçişlerinde Şekil 15'deki gibi önlem alınmalıdır.



Şekil 14. Kayar mesnet



Şekil 15. Akustik duvar, tavan veya döşeme geçiş sızdırmazlığı

8. ASILI BORU VE KANALLARIN SİSMİK KORUMASI

1" çapından büyük yakıt boruları, gaz boruları, tıbbi gaz boruları, basınçlı hava boruları; 11/4" çapından büyük mekanik tesisat dairelerindeki borular ve 21/2" çapından büyük diğer borular sismik olarak korunmalıdır. Borular ve kanalların sismik korumasında kritik olan asılı boru ve kanallardır. Yere ve galeriler içine mesnetlenmiş borular ve kanallar zaten sabit ve kayar mesnetlerle koruma altına alınmıştır. Deprem koruması esas olarak asılı boru ve kanallar için geçerlidir.

Tek boru ve kanallar tek başına asılır. Grup halindeki boru (ve kanallar) ise trapez adı verilen bir askı elemanına (profile) sabit bağlanarak (kelepçelenerek) ve bu trapez iki ucundan tavana asılarak taşıtılırlar. Burada tek boruların asılmasında veya trapezin asılmasında vidalı çubuk kullanılır. Vidalı çubuk kullanılması halinde tavana katı bağlantı söz konusudur. Borudaki titreşimler yapıya geçebilir. Daha büyük çaplı ve yüksek basınçlı akışkan taşıyan ve titreşimlerin yapıya geçmesi istenilmeyen durumlarda yaylı askılı çubuklar kullanılmalıdır. Çubuklarla tavana asılan boru ve kanallar deprem yanıl kuvvetlerini taşımaya uygun değildir. Önlem alınmazsa, bu asılı boru ve kanallar deprem sırasında savrulur ve tahrip olurlar. Depreme karşı boru ve kanal sistemleri belirli aralıklarla tek veya iki düzlemde bağlanarak hareketleri sınırlandırılmalıdır. Boru ve kanalların depreme karşı bağlanmalarında, tek boru (veya kanal) tekil olarak bağlanır (Şekil 16). Grup boru veya kanallar ise trapezlerin bağlanması suretiyle bağlanır (Şekil 17). Bağlama için kullanılan iki ana tip eleman vardır. A) Çelik halatlar B) Çelik çubuklar. Bu iki tip Şekil 18 ve 19'da görülmektedir. Çelik halatlar deprem bağlaması için daha uygun elemanlardır. Yatayla yaklaşık 45 derece açı yapacak şekilde aynı düzlemde iki yönden boru çelik halatlarla tavana bağlanır. Deprem kuvvetleri etkilediğinde, çelik halatlar çekmeye çalışır. Boruyu (veya kanalı) tavana asan çelik çubuklar ise basmaya çalışırlar. Böylece bağlama düzleminde boru (veya kanal) tavana göre hareketsiz, sabit kalır. Deprem bağlaması yapılan hallerde kullanılacak yaylı asma çubukları özel olmalı ve normal titreşim genliği dışında harekete izin vermemelidir. Yani basma kuvvetlerini taşıyacak özellikte olmalıdır. Boru ve kanalların bağlanmasında çelik çubuklar ancak yer yetersizliği nedeniyle borunun iki yandan bağlanması mümkün değilse kullanılır. Bu gibi durumlarda çelik çubuklarla tek yandan bağlama yapmak mümkündür. Bu elemanlar hem basmaya hem de çekmeye çalışırlar. Bağlama elemanlarının hesabı ve seçimi firma kataloglarında yer almaktadır. Bunun üzerinde durulmayacaktır.

Esnek Bağlantı Parçaları (Körükler)

Boru ve kanalların, döşeme üzerinde sabit duran 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. Burada kullanılacak boru kompensatörleri Şekil 20'de verilen örnekte olduğu gibi, depreme dayanıklı olarak özel üretilmiş, çok iyi kalite olmalıdır. Bunlar bütün hesaplanmış hareketleri alma kabiliyetinde dökme naylonla takviye edilmiş düz veya dirsek şeklinde boru bağlantı parçalarıdır. Tek küresel körükler, her iki uçta çelik flanş ile sonlanır. 2" üzerindeki çaplarda iki küreli (bombeli) körükler kullanılır ki iki bombe arasında dayanıklılığı artırmak ve formu korumak üzere çelik bir halka bulunur. Eğer içinden geçen akışkanın sıcaklığı, basıncı veya cinsi kullanılan malzemenin dayanım sınırlarını aşıyorsa, naylon yerine paslanmaz çelik örgülü, paslanmaz çelik esnek boru kullanılabilir. Bunların 3" çap üzerindeki tipleri flanşlı olmalıdır. Böylece sistemde her iki tarafın bağımsız hareket edebilme imkanı yaratılır. Cihazlar ve borular (veya kanallar) yapıya ayrı ayrı sabitlenmiştir ve her iki grup da farklı hareketler yapabilir.

8.1. Asılı Boru ve Kanallar İçin Sismik Koruma Genel Notları

1. İki veya daha fazla sayıda mesnetlenen düz boru / kanal geçişleri yanal yönde en az iki yerde bağlanmayı gerektirir.
2. Her düz boru / kanal geçişi eksenel yönde en az bir adet bağlanmayı gerektirir.
3. Yanal veya eksenel bağlanma yatay düzlemlerle 45° ye kadar açı yapabilir.
4. Sismik bağlama çubuk şeklinde katı elemanlarla yapılabilir (ki bunlar hem basmaya hem çekmeye çalışabilirler) veya çelik halatlarla yapılabilir (ki bunlar sadece çekmeye çalışır) Her iki bağlama yöntemi de boru veya kanalın düşey yönde 100 mm içinde asılı olmasını şart koşar.
5. Katı bağlama ve halatla bağlama aynı yönde karışık olarak kullanılamaz.
6. Bağlama sistemi yapının depremde farklı çalışabilecek iki ayrı elemanına (örneğin duvar ve tavana) birlikte bağlanamaz.
7. Trapezlerin sismik bağlamasında her elemanın trapeze sıkı bir biçimde kelepçelenmiş veya vidalanmış olduğu ön görülür. Eğer ısıl genleşmeler için döner elemanlara oturan borular varsa , bunlar sadece sismik bağlama noktalarında trapeze kelepçelenirler ancak bu kelepçeleme kayar olmalı , yani genleşme dolayısıyla borunun uzamasını engellememelidir.
8. Çoklu trapezler (aynı askı çubuklarını paylaşan) ayrı ayrı sismik bağlanmalıdır.
9. Askıdaki boru ve kanal sisteminden cihazlara (veya esnek bağlantıya) inen düşey bölümler yanal veya eksenel yönde sismik bağlanabilir. Bu durumda cihazla bağlama noktası arasındaki mesafe maksimum sismik bağlama mesafesinin yarısını aşmamalıdır.
10. Bina dilatasyonlarını (veya sismik birleşme ara yüzeylerini) geçen her hangi bir boru veya kanal sisteminde dilatasyon deplasman aralığının iki misli hareketi alacak şekilde önlem alınmalıdır.
11. Boru ve kanalları taşıyan askı sistemi , bunların ağırlığını taşıyacak şekilde hesaplanarak boyutlandırılır. Sismik olarak bu sistemlerden ilave bir özellik istenmez. Sismik koruma yukarıda anlatıldığı gibi ayrı bir sistemle gerçekleştirilir.
12. Aynı zamanda sismik bağların iliştiirileceği vidalı düşey askı çubukları sağlamlaştırılmayı gerektirebilir. Bu amaçla özel sağlamlaştırıcı elemanlar mevcuttur. Eğer askı çubuğu bir titreşim izolatörü ile yapıya bağlanıyorsa , titreşim izolatörü ile yapı arasındaki açıklık en fazla 10 mm olabilir. Titreşim izolatörü alt tarafında 6 mm açıklığı olan bir durdurucu ile donatılmış olmalıdır. (Yani 6 mm üzerindeki titreşimlere izin vermemelidir Şekil 16)
13. Sismik bağların yapıya tutturulmasında özel elemanlar kullanılır ve bunlardan belirli bir dayanım istenir. Betona yapılacak ankraj veya çelik profillere bağlamada kullanılacak elemanlar kataloğlarda tanımlanmıştır.

8.2. Yatay boruların titreşim izolasyonu ve sismik koruması

Mekanik cihazdan sonra ana hattaki boruları taşıyan ilk üç boru askısının, ön sıkıştırılmış yaylı ve neopren sismik durduruculu özel tip olması gereklidir. Asılı kaynak veya lehimle bağlı çelik veya bakır borularda, yanal bağlama noktaları arasındaki maksimum mesafe:

0,25 g kuvvete kadar 15,2 m
 1 g kuvvete kadar 12,2 m
 2 g kuvvete kadar 6,1 m

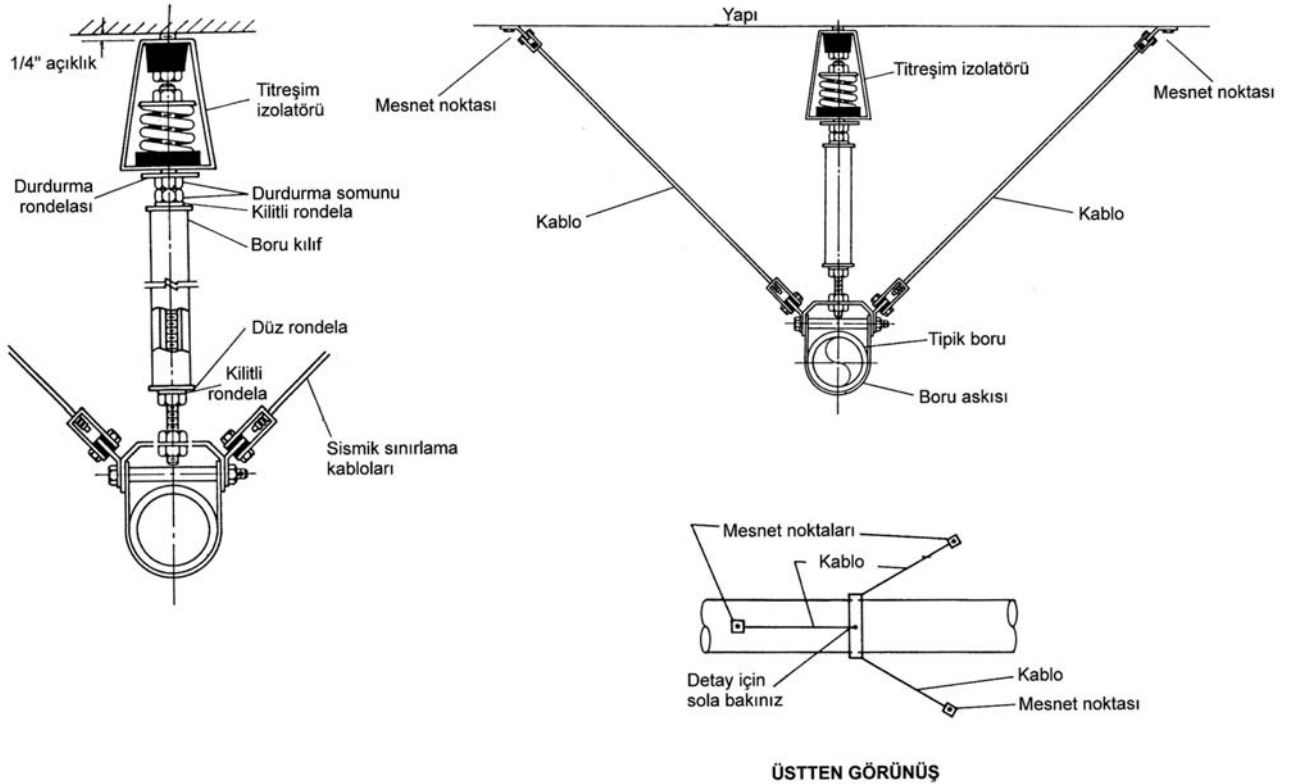
eksenel bağlama noktaları arasındaki maksimum mesafe:

1 g kuvvete kadar 24,4 m
 2 g kuvvete kadar 12,2 m

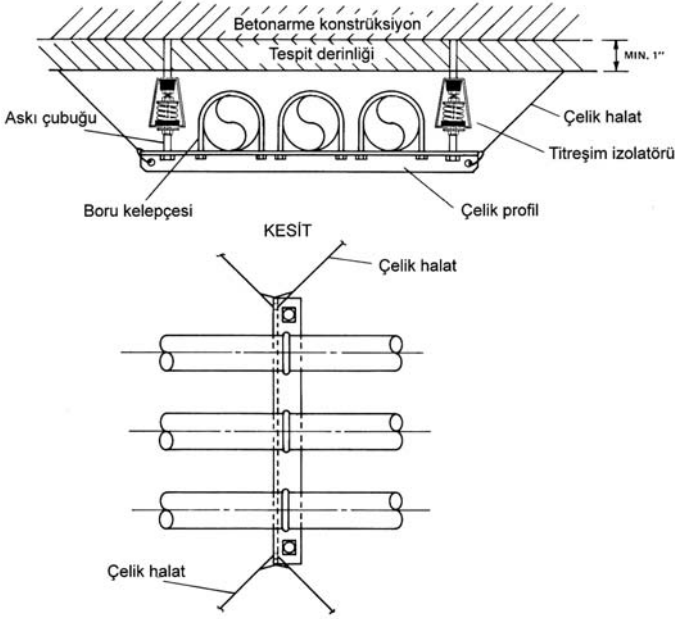
b. Vidalı bağlı çelik veya bakır borular için yukarıdaki mesafelerin yarısı kadar,
 c. Döküm borular için aralıklar yukarıdakilerin yarısı kadar olmalıdır.

Bodrum kat tavanına asılı 3" çapa kadar borularda askı yaylarında 15 mm çökmeye, 6" çapa kadar borularda ise 30 mm çökmeye izin verilir.

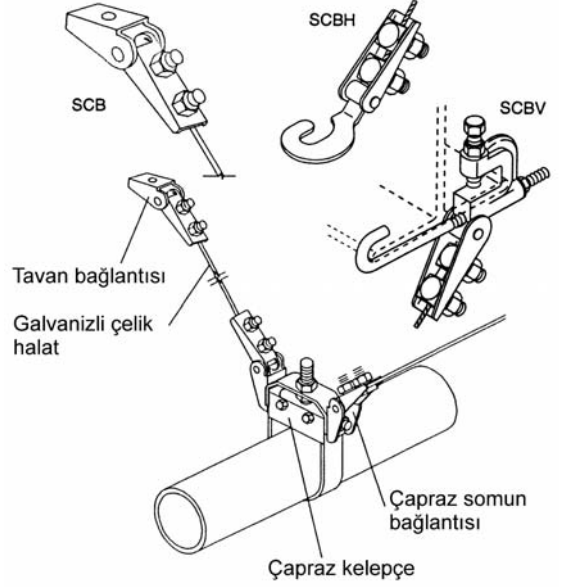
Şekil 16'da tek boru dört yönlü bağlama detayı ve Şekil 17'de boru demetlerinin 4 yönlü korumaya alınması görülmektedir. Bu tip bağlantılarda kullanılan çelik halatların uçlarındaki bağlantı halkaları halatın kopmaması açısından çok önemlidir. Halatın en zayıf noktaları bu bağlantı uçlarıdır.



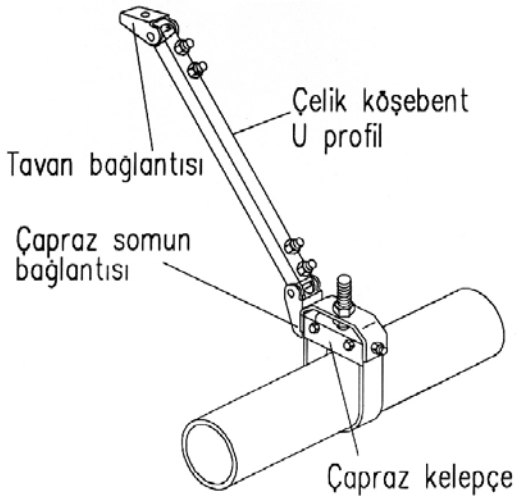
Şekil 16. Titreşim izoleli borunun tipik bağlanması



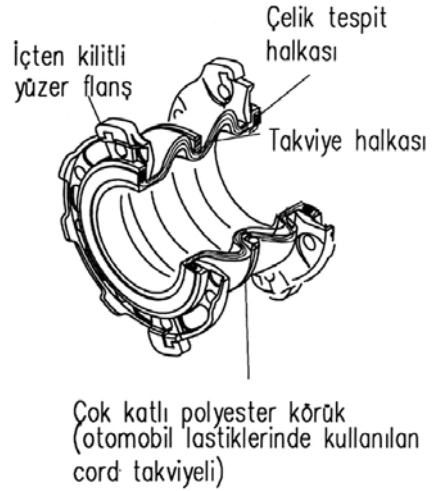
Şekil 17. Yatay ve dikey hareketlere karşı korunmuş boru kesiti sızdırmazlığı



Şekil 18. Çelik halat sınırlayıcılar



Şekil 19. Katı boru askısı



G Tipi

Şekil 20. Boru kompansatörü

8.3. Sprinkler Borularının Deprem Koruması

Sprinkler sistemleri depreme karşı aşağıdaki şekillerde korunur:

- Farklı bina hareketlerinin boru tesisatı üzerinde yarattığı gerilmeler esnek bağlantılar kullanılarak ve duvardan yeterli açıklıklar bırakılarak minimize edilmesi.
- Tavan gibi bir bütün olarak hareket etmesi beklenen yapı elemanlarına mesnetlenerek boruların mümkün olduğu kadar rijit bir şekilde korunması.

Sprinkler boru sisteminin ana bölümleri arasında esnekliğin artırılması bir çok halde boruların tahrip olmasını önler. Gerilmeyi almak üzere gerekli önlemler alınmadan, boru tesisatının bir bölümü rijit olarak tutulurken, diğer bölümünün tamamen serbest olarak hareketine izin verilmemelidir. Esneklik esnek bağlantılar (rakor vs.) kullanılarak, boruları duvar ve döşemelerden yeteri kadar açıkta monte ederek sağlanabilir. Bina hareketleri sonucu boruların tahrip olmalarını önlemek için duvardan bırakılacak açıklıkların yanında, diğer tesisat borularından da yeteri kadar açıkta bulunulmalıdır. 2" ve altındaki çaplarda borularda yeterince esneklik mevcuttur. Bunların esnek bağlantıya gereksinimi yoktur.

Bina genleşme dilatasyonlarından boru geçişlerinde, bir tarafta esnek bağlantı (rakor) kullanılması yeterlidir. Sismik dilatasyonlarda ise, özellikle birinci katın üzerinde, çok daha fazla esnekliğe gereksinim vardır. NFPA 13 A'da detaylar mevcuttur.

Kolona bağlanan boruların duvar ve döşeme geçişlerinde katı olarak binaya sabitlenmeleri önlenmelidir. Aynı şekilde yatay boruların duvar ve temel geçişlerinde buralara sabit olarak bağlanmaları yasaktır. Bu durumda boru sisteminde gerilmeler birikir. Bu geçişlerde boru etrafında açıklık bırakılmalı ve bu boşluk esnek bir malzeme ile doldurulmalıdır. Dikey boruların asma tavan geçişlerinde de boru, asma tavan çerçeve elemanlarına bağlanmamalıdır.

Boruların duvara, tavana veya döşemeye paralel döşenmesinde ve bu elemanlara tutturulmalarında askılar, kelepçeler, çelik halatlar veya çeşitli bağlantı elemanları kullanılır. Bu elemanlarla yapıya bağlanan borunun farklı serbestlik dereceleri vardır. Bu serbestlik dereceleri 2 yönlü, 4 yönlü ve 6 yönlü olabilir. 2 yönlü bağlantılarda, borunun duvara veya tavana paralel olarak yanal hareketi veya eksenel hareketi sınırlanır. Örneğin tavana asılan borularda 2 yönlü (yollu) bağlantı için 2 adet halat kullanılır. 4 yönlü bağlantılarda 4 halat kullanılır ve borunun duvara paralel yanal ve eksenel bütün hareketleri sınırlanır. Eğer 6 yönlü sınırlama isteniyorsa, 4 halata ilave olarak, tavana esnek askı elemanı ve rijit çubukla bir bağlantı daha yapılır ve böylece borunun hiçbir yönde oynamaması sağlanır. Kelepçe ve halatlarla borunun yapıya rijit bağlanmasında seçilecek boru bölümü çok önemlidir. Sprinkler sisteminde olduğu gibi, ana dağıtım borusu ve buna dik branşman borularından oluşan bir sistemde branşman boruları yapıya sabit bağlanırsa, ağır ana borunun hareketiyle kopma riski daha fazladır. Prensip olarak ana dağıtım boruları yapıya rijit bağlanmalı, göreceli olarak hafif olan tali dağıtım boruları bu ana boruya esnek bağlantı elemanlarıyla (dirsek, T, vb.) bağlanmalı ve bunlarda yanal rijitlik aranmamalıdır. Çok gerekirse sadece eksenel doğrultuda hareket sınırlanabilir. 4 yönlü sınırlayıcılar ise sadece köşelerdeki kolon boruları için düşünülebilir.

8.4. Kanallarının titreşim izolasyonu ve sismik koruması

1. 0,56 m² üzeri dikdörtgen kanal veya 711 mm çap üzeri yuvarlak kanallar sismik koruma için bağlanmalıdır.
2. SMACNA standardına uygun kanallar için bağlama aralıkları aşağıdaki gibidir:
Yanal bağlama aralıkları,
0,25 g kadar 12,2 m
1 g kadar 9,1 m
2 g kadar 6,1 m
Eksenel bağlama aralıkları
0,25 g kadar 24,4 m
1 g kadar 18,3 m
2 g kadar 12,2 m
Plastik veya fiberglass kanallar için yukarıdakilerin yarısı
3. Kanallar sismik bağlama noktasında kuvvetlendirilmelidir.
4. Çoklu kanallar tek bir çerçevede bağlanabilir.
5. Duvar geçişleri yanal bağlama olarak kabul edilebilir. Ancak duvara yerleştirilmiş duman damperleri için bu geçerli değildir.
6. Düşey kanalların döşeme geçişleri yanal ve eksenel bağlama olarak kabul edilebilir. Bu yine duman damperleri için geçerli değildir.

7. Kanala doğrudan bağlı (inline) cihazlar 23 kg'dan ağırsa ayrıca sismik bağlanmalıdır.
8. Bağlandığı cihazdan 15 m'den daha fazla uzunluğa sahip olan bütün besleme kanalları titreşim izolatörlü askılar kullanılarak binadan izole edilmelidirler. 5 m/s hava hızı üzerindeki kanallarda ön sıkıştırılmış yaylı tip askı elemanları kullanılmalıdır.

Asılı Boru ve Kanallarda Sismik Bağların Yerleşimi

İki yön değiştirme arasında kalan düz geçişe , düz boru denir. Aşağıda tabloda görülen maksimum kayma (offset) mesafeleri içinde kalan kayma halinde boru hala düz olarak kabul edilir.

Çelik borularda maksimum kayma mesafesi (m)

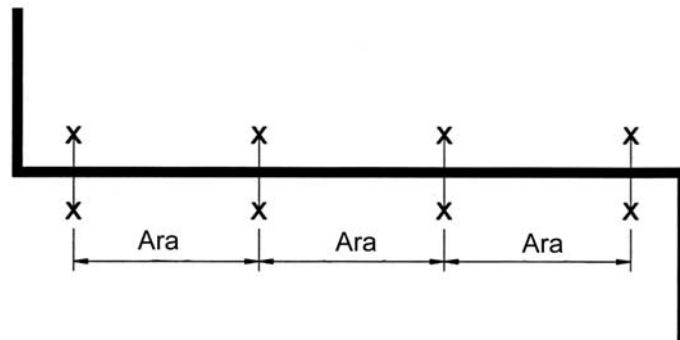
Boru Çapı (mm)	Maksimum Kayma Uzunluğu		
	0,25 g	0,5 g	1 g
32 – 51	1,2	0,6	0,3
64 - 76	2,4	1,2	0,6
102 - 127	3	1,8	0,9
152	3	3	1,5
203	3	3	2,1
254 – 305	3	3	2,7
256 – 610	3	3	3

Kanallar için maksimum kayma (offset) mesafesi kanal genişliğinin iki mislidir. Buna göre

1. Her düz boru geçişinde her iki uçta yanıl yönde sismik bağlama yapılmalıdır (Şekil 21).
2. Eğer iki yanıl bağlama arasındaki mesafe maksimum bağ mesafesinden fazla ise gereği kadar yanıl bağ ilave edilmelidir (Şekil 22).



Şekil 21. Yanıl bağlama



Ara ≤ maksimum yanıl bağlama aralığı

Şekil 22. Yanıl bağ aralıkları

9. DOĞAL GAZ TESİSATINDA DEPREM ÖNLEMLERİ

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 olmakla birlikte, bilyeli mekanik tipleri çok daha güvenilirdir ve tercih edilmelidir. 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 vb. elemanlar kullanılarak bağlanmasıdır. Esnek hortumlar yeteri kadar uzun olmalı ve cihazın depremdeki hareketlerine kopmadan izin vermelidir.

9.1. Deprem Emniyet Ventilleri

Doğal gaz, LPG ve propan hatları depreme karşı deprem emniyet ventilleri ile korumaya alınmalıdır. Doğal gaz , LPG ve propan hatları deprem anında, bina içinde binaya etkiyen deprem kuvvetleri neticesinde kırılabilir ve kontrolsüz gaz kaçaqları meydana çıkabilir. Bu gaz kaçaqları neticesinde çıkabilecek yangınlar , depreminde getirdiği olumsuz şartlar ile birlikte deprem felaketinin etkisini artırabilir. Deprem ventilleri doğal gaz , LPG ve propan hatlarına monte edilirler. Görevleri, belirli bir büyüklüğün üzerindeki depremlerde binaya gaz akışını kesip, bina içindeki gaz hatlarında olası bir kırılma da kontrolsüz gaz kaçaqlarını engellemektir.

Doğal gaz, LPG ve propan hatlarında kullanılabilecek deprem emniyet ventilleri çalışma prensibi olarak mekanik ve elektronik olarak ikiye ayrılabilir. Elektronik deprem emniyet ventilleri, voltajdaki dalgalanmalardan ve elektrik kesilmelerinden ki Türkiye de voltajlarda sürekli dalgalanma ve sık sık elektrik kesilmesi olmaktadır, etkilenmekte ve emniyetli olarak çalışmamaktadırlar.

Mekanik deprem emniyet ventilleri ise, elektrik enerjisine bağlı olmadıklarından güvenli ve emniyetli olarak , sadece belirli bir büyüklüğün üzerindeki depremlerde aktive olup gaz akışını keserler. Deprem emniyet ventilleri şiddeti 5,4 ve üzeri olan depremlerde devreye girerek %100 emniyetli olarak gazı keser ve tam sızdırmazlık sağlar. Ventil içinde bulunan çelik kapatma küresi, şiddeti 5,4 ve daha üzerindeki depremlerde sallantının etkisiyle gaz hattını kapatmakta ve tam sızdırmazlık sağlamaktadır. Ventil tekrar kurulmadan gaz akışına izin vermemektedir. Dolayısıyla ventil mekanik yapısı sayesinde sadece deprem anında devreye girer, servis ve bakım ihtiyacı yoktur. Deprem sırasında gazı kesen deprem emniyet ventili, deprem sonrası boru hatlarının sızdırmazlık ve gaz kaçağı kontrolleri yapıldıktan sonra bir tornavida yardımı ile tekrar kurulur. Ventil yatay monte edilmelidir, yatay montajı kontrol için su terazisi ventilin üzerindedir. Tekrar kurulan ventil, üzerindeki gözetleme camından kontrol edilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Tauby, J.R., Lloyd, R., Noce, T., Tünnissen, J., “A practical Guide to Seismic Restraint”, ASHRAE RP- 812, 1999
- [2] Mason Industries, “Seismic Restraint Guidelines”, 1999
- [3] ASHRAE Handbook Applications, “Seismic and wind Restraint Design”, Chp.53, 1999
- [4] NFPA 13, “Instillation of Sprinkler Systems”, 1996
- [5] Isısan Çalışmaları No.265, “Isıtma Tesisatı”, Bölüm13, 2000



ÖZGEÇMİŞ

Ahmet ARISOY

Ahmet Arısoy 1950 Ankara doğumlu olup, İTÜ Makina Fakültesini 1972 yılında bitirmiştir. 1979 yılında doktor, 1984 yılında doçent ve 1991 yılında profesör ünvanı almıştır. Çalışma konuları Yanma, Isı Tekniği ve Enerji olarak sayılabilir. Meslek hayatı İTÜ Makina Fakültesinde öğretim üyesi olarak geçmiştir. Halen aynı yerde görev yapmaktadır.