

ELEKTRİK TESİSATLARINDA SİSMİK KORUMA UYGULAMALARI

Ö. Okan SEVER

Ulus Yapı Tesisat Malzemeleri Sanayi Ticaret A.Ş.
okan.sever@ulusyapi.com.tr

ÖZET

Depremler öngörülemeyen doğal afetlerdir. Hiçbir insan gelecekteki bir depremi önceden bilip bunun sonuçlarından kaçamaz. Bununla birlikte, günümüze kadar gerçekleşmiş olan depremlerden elde edilen gözlemsel veriler doğrultusunda, bundan sonra olacak depremlerin büyüklüklerine dair gözleme dayalı hesaplar yapılabilir. Neticede bu hesaplar, içinde yaşadığımız mekânların, binalarımızın ve tesislerimizin depreme karşı korunmasına bir temel oluşturacaktır.

Günümüzde profesyonel deprem mühendisleri, depreme dayanıklı binalar inşa etmemizi sağlayacak bilgi birikimine ve deneyime sahiptirler. Ancak büyük bir projenin karar vericileri için kabul edilemez bir hata, yapısal olmayan bileşenlerin (özellikle tesisatların) sismik korumasının yaptırılmamasıdır. Gerçekte yapısal olmayan bileşenlerin, özellikle acil durum ve enerji sistemleri, yangın sprinkler boruları, yakıt hatları ve benzerlerinin sismik koruması hayati önem taşımaktadır. İşlevlerini tam olarak yerine getirebilen mekanik ve elektrik tesisatları olmadan ne yangın koruması, ne enerji beslemesi, ne iletişim ve ne de sağlık hizmetleri sağlanabilir ve böylesi bir durum insan yaşamı ve kamu güvenliği açısından ölümcül sonuçlara sebep olacaktır.

Bu bildiride elektrik tesisatlarında deprem güvenliğiyle ilgili kısa bir tarihçeye yer verilecektir. Gerçek hayattan örneklerle binaların elektrik tesisatlarında sismik koruma uygulamaları anlatılacaktır.

1. TESİSATLARDA DEPREM GÜVENLİĞİ

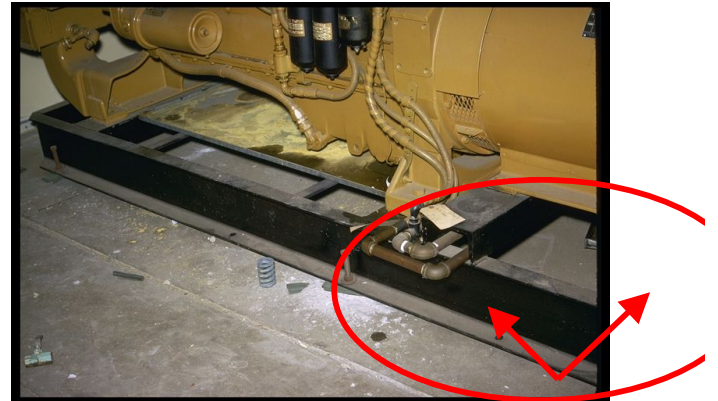
1.1. Tesisatlardan Kaynaklanan Deprem Hasarları

Depremler insanlık tarihi boyunca yıkıcı hasarlara, mal ve can kayıplarına sebep olmuş doğal afetlerdir. Üstelik antik çağlardan günümüze değin depremlerle ilgili pek fazla değişiklik olduğu da söylenemez. Bir başka deyişle günümüzde halen depremler yıkıcı hasarlara, mal ve can kayıplarına sebep olmaktadır.

Ancak önemli bir değişiklik, günümüzde modern binalardaki tesisatların maliyetinin, binaların toplam maliyeti içinde çok büyük oranlara varmasıdır. Yüksek kapasiteli ve teknoloji ağırlıklı cihazlar olan jeneratörler, trafolar, alçak gerilim panoları, orta gerilim hücreleri, server kabinetleri, vb'leri, kendi başlarına dahi çok yüksek maliyetler getirmektedirler. Üstelik bu ekipmanların tesisatlara olan bağlantıları ile kablo ve busbar hatlarının kendileri de kayda değer bedellere mal olmaktadır.

Maddi kaygılardan çok daha önemlisi ise insanların can güvenliğidir. Örneğin bir binadaki yangından korunma ve acil durum sistemleri, ancak tesisatlar sayesinde çalışır vaziyette olabilmektedir. Nitekim uluslar arası sigorta ve reasürans kurumlarının yaptığı araştırmalara göre, bir deprem sonrasında meydana gelen hasarların ve kayıpların %80'e varan kısmı yangınlardan kaynaklanmaktadır.

Şekil 1'de titreşim yalıtımı yapılmak üzere açık yaylı izolatörler üzerine yerleştirilen ve fakat beraberinde sismik sınırlandırıcı kullanılmamış olan bir jeneratörün deprem sonrasında izolatörlerinden koparak ötelenmiş hali görülmektedir.



Şekil 1. Deprem koruması yapılmamış titreşim yalıtımlı ekipmanlarda hasar oluşumu [8]

Sabitlenmemiş raylı sistem trafolar ve beraberinde cihazda deprem sonrasında meydana gelen hasarlar Şekil 2a ve 2b’de görülmektedir.



Şekil 2a ve 2b. Deprem koruması olmayan ekipmanlarda hasar oluşumu [8]

Dikili tip panolarda alttan ve üstten bağlantı yapılmadığı takdirde deprem sırasında oluşacak yanal yükler doğrultusunda ağırlık merkezinin yukarıda bulunduğu donanımların Şekil 3a ve 3b’de görüldüğü üzere ayakta kalması imkansızdır.



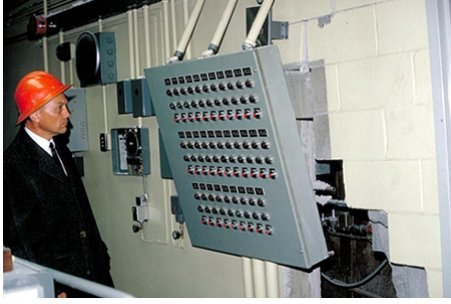
Şekil 3a ve 3b. Döşemeye ve/veya tavana bağlanmamış pano gruplarında, deprem sonrası meydana gelen hasar [8]

Aküler ve rafları sabitlenmediği ve yanal hareketlere karşı sınırlanmadıkları takdirde deprem sonrasında aldıkları hasarlar Şekil 4’de görülmektedir.



Şekil 4. Sınırlandırılmamış akü ve raflardaki hasar oluşumu [8]

Duvar tipi panolarda ve serbest duran ekipmanlarda deprem yükleri esas alınmadan gerçekleştirilen montajlardaki hasarlar Şekil 5a ve 5b’de görülmektedir.



Şekil 5a ve 5b. Deprem yükü hesaplanmamış donanımlar [8]

Tesisat donanımlarının kendi başlarına sismik korumalarının yapılması tam anlamıyla yeterli olmayacaktır. Donanıma bağlanacak boru, hava kanalı vs hatların da sismik açıdan uygun olmaları şarttır. Ayrıca sismik koruma amacıyla alınan tedbirlerde, tesisat ekipmanı ve/veya sismik donanım ile yapı arasındaki bağlantıların da uygun yöntemlerle hesaplanmış sismik yüklere karşı yeterli dayanımda olduğundan emin olunması gerekmektedir.

Şekil 6a ve 6b’de görüldüğü üzere asma tavanlar depreme dayanıklılık konusunda çok hassaslardır. Bunlara bağlantısı gerçekleştirilen aydınlatma armatürlerinin ayrıca tavana bağlantıları şarttır.

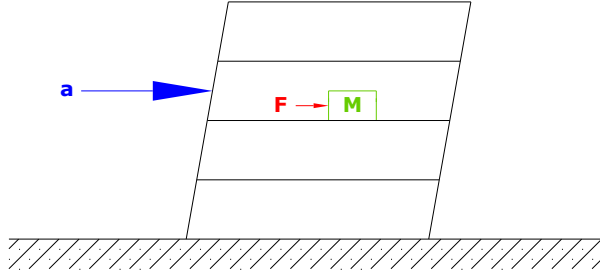


Şekil 6a, 6b. Asma tavanlara bağlantıları gerçekleştirilmiş aydınlatma armatürleri [8]

Şekil 7a ve 7b’de tavana asılı aydınlatma armatürlerinin deprem sırasında oluşturacakları salınımlarının alınması amacıyla 45°’lik bağlantılarının yapılmaması sonucu gerçekleşen hasarlar görülmektedir.



Şekil 7a, 7b. Tavana bağlı aydınlatma sistemlerindeki gerçekleşen deprem sonrası hasarlar [8]



Şekil 8. Tesisat donanımına etkiyen deprem kuvveti [4]

Bu hasarlar, sadece ekipmanlarda değil, aynı zamanda bunlara bağlanan kablo tavalarında, kablo merdivenlerinde, busbar hatlarında vb.'lerinde de sismik koruma yapılmasının ne derece önemli olduğunun bir ispatıdır.

1.2. Sismik Yüklerin Hesaplanması

Bir binanın herhangi bir katında yer alan bir tesisat donanımına deprem anında etkiyen kuvvet, donanımın bulunduğu noktada ortaya çıkan deprem ivmesinin bir sonucudur. Depremi sebep olduğu (**a**) ivmesine bağlı olarak (**m**) ağırlığındaki bir tesisat donanımına etkiyen deprem kuvveti (**F**), klasik fizikteki (**F=ma**) denklemiyle hesaplanır (Şekil 8). Burada belirlenmesi gereken değer (**a**) ivmesidir ve bu değer çeşitli uluslararası standartlara göre farklı yöntemlerle belirlenir.

F : Deprem kuvveti

M : Donanımın kütlesi

a : Deprem ivmesi

Dünyada 2011 yılı itibariyle yürürlükte olan en geçerli deprem standardı *Uluslararası Kod Konseyi (ICC – International Code Council)* tarafından yayınlanan *Uluslararası Bina Kodu (International Building Code) IBC-2009*'dur.

IBC-2009'a göre sismik korumanın gerekli görüldüğü durumlarda, sismik yükler aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır:

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

Burada (**F_p**) ile gösterilen yatay deprem yükünün hesaplanmasında kullanılan denklem aşağıdaki bileşenleri içermektedir:

a_p: Bileşen yükseltgeme faktörü (tesisat bileşeninin deprem yükünü artırma oranı)

S_{DS} : Ani spektral karşılık ivmesi (zemin ivmesi hesabında belirtilir)

W_p : Tesisat bileşeninin ağırlığı

z : Tesisat bileşeninin bina içindeki konumunun yüksekliği

h : Binanın toplam yüksekliği

R_p : Bileşen karşılık faktörü (tesisat bileşeninin deprem yüküne karşı koyma oranı)

I_p : Bileşenin önem faktörü

Denklem 1'den de görüldüğü üzere IBC-2009 yönetmeliği uyarınca tesisat bileşenlerine etkiyen deprem yüklerinin hesaplanmasında kullanılacak deprem zemin ivmesi değeri, ani spektral karşılık ivmesi (S_{DS}) değerine bağlı olarak sismik tasarımcı tarafından belirlenir. Ayrıca (S_{DS}) değerinin, binanın bulunduğu arazi şartlarını da içermesi sebebiyle, projeye özel çok hassas deprem yükü hesabı yapılması mümkün olmaktadır. Benzer şekilde bileşen önem faktörü (I_p) proje sahibi ve/veya tasarımcı tarafından, ihtiyaca ve beklentilere bağlı olarak belirlenebilmektedir.

Türkiye'de 2011 yılı itibariyle halen yürürlükte olan deprem standardı *T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı* tarafından ilk sürümü 1997 yılında yayınlanmış olan ve son sürümü 2006'da yürürlüğe giren ***Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik***'tir. Bu yönetmeliğin 2.11 numaralı maddesi altında mekanik ve elektrik donanımına etkiyen deprem yüklerinin aşağıdaki denkleme göre hesaplanması gerektiği belirtilmektedir.

$$f_e = w_e A_0 I (1 + H_i / H_N) \quad (2)$$

Burada (f_e) ile gösterilen yatay deprem yükünün hesaplanmasında kullanılan denklem, aşağıdaki bileşenleri içermektedir:

A_0 : Deprem zemin ivmesi

I : Önem faktörü

H_i : Tesisat bileşeninin bina içindeki konumunun yüksekliği

H_N : Binanın toplam yüksekliği

Denklem 2'den de görüldüğü üzere Türkiye'de yürürlükte olan yönetmelik uyarınca tesisat bileşenlerine etkiyen deprem yüklerinin hesaplanmasında kullanılacak deprem zemin ivmesi değeri ve önem faktörü, tesisat şartnamesinde belirtilmiş olmalıdır. Hangi tesisat bileşenlerine sismik koruma yapılması gerektiğine dair detaylı bilgi veren bir bölüm ve/veya madde ise yönetmelikte yer almamaktadır.

2. TESİSATLARDA SİSMİK KORUMA UYGULAMALARI

Depreme karşı korunması gereken bir tesisat bileşeni (ekipman, tava, busbar hatları vs) için titreşim yalıtımı yapıp yapılmayacağına bağlı olarak sismik koruma uygulamasının nasıl olması gerektiği, aşağıda çeşitli başlıklar altında anlatılmıştır.

2.1. Döşemeye Oturan Ekipmanlar

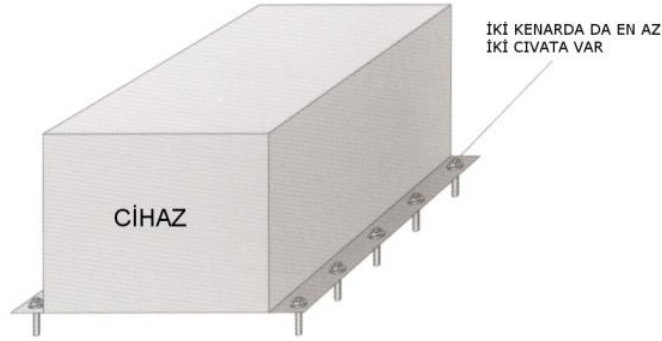
Bodrum katlarda, teraslarda, mekanik/elektrik tesisat odalarında vb mekânlarda direk döşeme üstüne ya da beton veya çelik bir kaide üzerine monte ekipmanlar olarak jeneratörler, trafolar, elektrik panoları, kabinetler vb sayılabilir. Bunlar arasında titreşim yapan ekipmanlar için titreşim yalıtımı yapılması gerekebilir. Sismik koruma ise titreşim yalıtımı yapıp yapılmayacağına bağlı olarak farklılıklar göstermektedir.

Titreşim yalıtımı yapılmayacak bir ekipman doğrudan beton döşeme üzerine monte edilecekse sismik koruma açısından yapılması gereken tek şey, ekipmanın beton döşemeye sabit olarak bağlanmasıdır. Şayet ekipmanın kendi şasisi, hesaplanacak sismik yüklere karşı yeterli dayanımda ise, ekipmanın kendi şasisinden bağlantı yapılabilir. (Şekil 9).

Burada önemli olan iki noktadan ilki, söz konusu ekipmana etkiyecek sismik yüklerin uygun yöntemlerle hesaplanması;

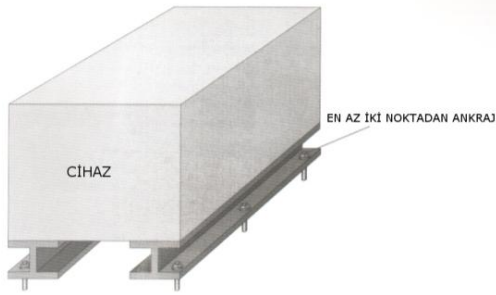
ikincisi ise bu yüklere karşı yeterli dayanımı sağlayacak bağlantının yöntemi,

ebatları ve benzeri bilgileri içerecek şekilde detaylı olarak projelendirilmesidir.

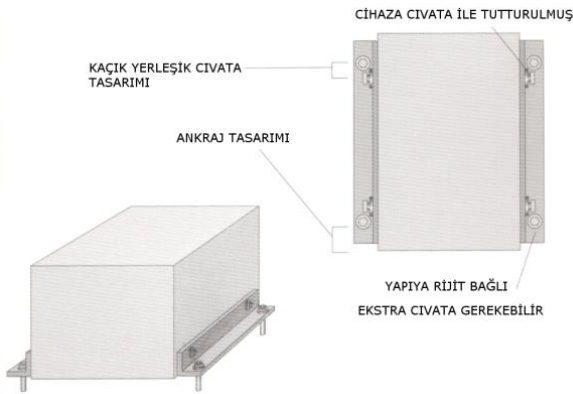


Şekil 9. Ekipmanın kendi şasisinden döşemeye doğrudan sabitlenmesi [4]

Ekipmanın kendi şasisinin, hesaplanacak sismik yüklere karşı yeterli dayanımda olmadığı durumlarda, ekipman altına ilave bir şasi yapılabilir (Şekil 10) veya ekipmanın etrafına çelik malzemelerden takviyeler kullanılabilir (Şekil 11).



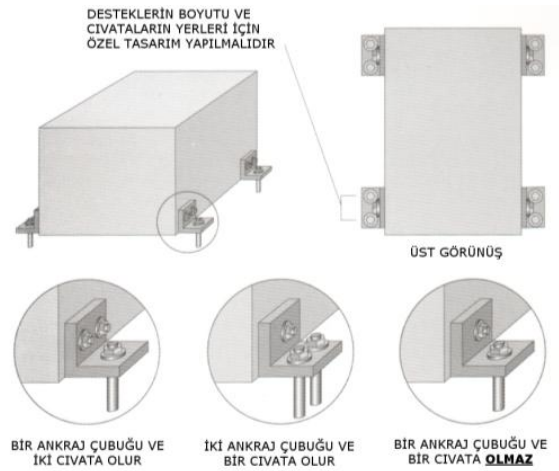
Şekil 10. Ekipmanın altına yapılan ilave şasiden döşemeye sabitlenmesi [4]



Şekil 11. Ekipmanın ilave takviye ile döşemeye sabitlenmesi [4]

Bir tesisat ekipmanın döşemeye doğrudan bağlanmasında önemli bir nokta olarak, söz konusu ekipmana etkiyecek sismik yüklere karşı yeterli dayanımı sağlayacak

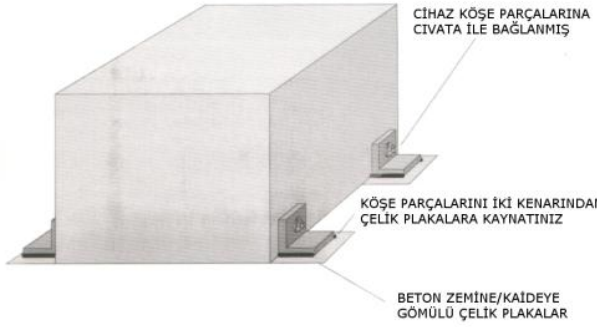
bağlantının yöntemi, ebatları ve benzeri bilgileri içerecek şekilde detaylı olarak projelendirilmesinin gerekliliğini belirtmiştik. Buna bir örnek olarak Şekil 12’de görülen detay verilebilir. Burada kenarlarından boylu boyunca değil, sadece köşelerinden ilave takviyelerle desteklenerek sismik koruması yapılan bir ekipman görülmektedir. Köşe takviyelerin ekipmana ve döşemeye sadece birer civata ile bağlanması durumunda, herhangi bir sismik hareket esnasında bu noktalarda dönme hareketi oluşabileceğinden ötürü, takviye parçalar bir tarafta en az iki civata ile bağlanmalıdır. Bir başka seçenek ise takviye parçasının ekipmana (Şekil 13) veya yapıya (Şekil 14) kaynatılmasıdır.



Şekil 12. Ekipmanın köşe takviye parçalarından bağlanmasında uygulanması gereken detay [4]

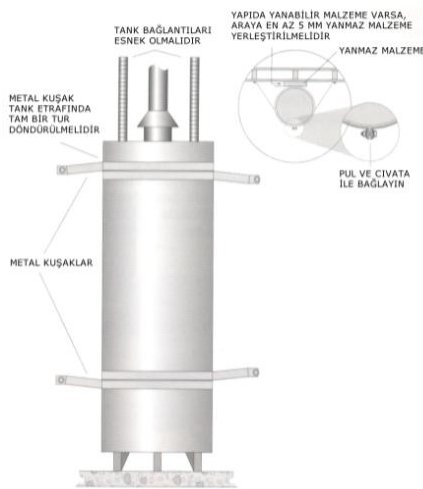


Şekil 13. Köşe takviye parçasının ekipmana kaynatılması [4]



Şekil 14. Köşe takviye parçasının yapıya kaynatılması [4]

Silindirik sistemlerin merkezlerinin yerden yüksekte olmasından ötürü döşemeye bağlanarak sismik korunması, ancak yapılacak hesaba göre yeterli dayanımda bağlantı parçaları kullanılabildiği takdirde mümkün olacaktır. Aksi takdirde ekipmanın ağırlık merkezinin üstünden halatlarla veya kuşaklarla (Şekil 15) bağlanması veya çevresi boyunca ilave bir çelik veya ahşap kafes içinde hapsedilmesi gerekebilir.



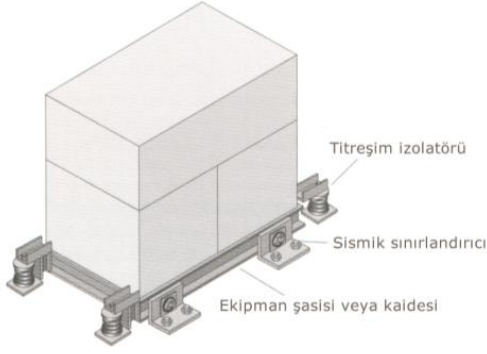
Şekil 15. Bir silindirik ekipmanın ağırlık merkezinin üstünde bir noktadan kuşaklarla bağlanması [4]

Döşemeye oturan ekipmanlar için özel bir durum, yükseltilmiş döşeme uygulamalarıdır. Özellikle bilgisayar odalarındaki klima cihazları, yükseltilmiş döşeme üzerine monte edildiklerinden ötürü, bu ekipmanların beton zemine bağlı takviyelere bağlanarak sismik korunması yapılmalıdır.

Titreşim yalıtımı yapılması gereken bir ekipman beton döşeme veya çelik kaide üzerine titreşim izolatörleri ile monte edilmelidir. Böyle bir durumda sismik koruma için iki seçenek vardır: Açık tip izolatörlerle birlikte sismik sınırlandırıcı kullanılması veya sismik koruma özelliğine sahip kombine izolatörler kullanılması.

Şayet ekipman açık tip izolatörler ile monte edilmişse, ilave sismik sınırlandırıcılar kullanılması gerekir (Şekil 16). Örneğin jeneratör vb bazı ekipmanlar, üretici firmadan titreşim izolatörleri ile birlikte temin edilebilmektedir. Benzer şekilde, önceden titreşim izolatörleri üzerine monte edilmiş bir ekipman için sonradan sismik koruma istendiği takdirde, ilave sismik sınırlandırıcılar kullanılması gerekir.

Burada önemli olan iki noktadan ilki; kullanılacak sismik sınırlandırıcının, uygun yöntemlerle hesaplanmış sismik yüklere karşı yeterli dayanımda olduğunun, bağımsız kuruluşlarca verilen sertifikalarla ispatlanması gerekliliğidir. İkinci önemli nokta ise sismik sınırlandırıcının, uzman mühendislerce belirlenmiş hesaplamalara uygun nitelikte bağlantısının yapılmasıdır. Buna göre bağlantıda kullanılacak civataların derinliği ve kenar mesafeleri sismik dayanıma göre projelendirilmelidir.

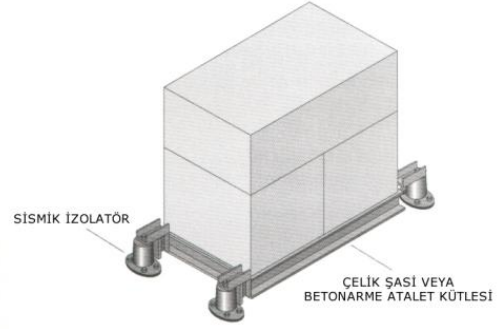


Şekil 16. Açık tip titreşim izolatörleri ile birlikte sismik sınırlandırıcı kullanılması [4]

Şayet ekipman monte edilmeden önce sismik projelendirme yapılacaksa, söz konusu ekipman için sismik izolatörler seçilmelidir. Jeneratörler gibi titreşim yaratan birçok ekipman, sismik korumalı izolatörler ile yapıya bağlanabilir (Şekil 17).

Sismik izolatörler, ekipmanın zorlamalı frekansına bağlı olarak seçilecek çökme miktarında yaylı ve/veya elastomer (kauçuk, neopren vs) esaslı titreşim alıcılar sayesinde hem ekipmanın titreşiminin yapıya geçmesini engellemekte, hem de titreşim yalıtımı amacıyla ekipmana müsaade edilen salınımı sınırlandırarak depreme karşı gerekli korumayı sağlamaktadır.

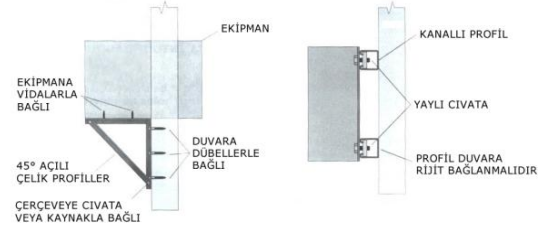
Burada önemli iki noktadan ilki; kullanılacak sismik izolatörün, uygun yöntemlerle hesaplanmış sismik yüklere karşı yeterli dayanımda olduğunun, bağımsız kuruluşlarca verilen sertifikalarla ispatlanması gerekliliğidir. İkinci önemli nokta ise sismik izolatörün, uzman mühendislerce belirlenmiş hesaplamalara uygun nitelikte bağlantısının yapılmasıdır. Buna göre bağlantıda kullanılacak cıvataların derinliği ve kenar mesafeleri sismik dayanıma göre projelendirilmelidir.



Şekil 17. Sismik izolatörler ile monte edilmiş ekipman [4]

2.2. Duvara Bağlı Ekipmanlar

Duvara bağlı ekipmanlar, elektrik panoları, yangın dolapları vs doğrudan duvara monte edilecekse, sismik koruma açısından yapılması gereken şey, ekipmanın duvara sabit olarak bağlanmasıdır (Şekil 18). Söz konusu ekipmana etkiyecek sismik yüklerin uygun yöntemlerle hesaplanması; ikincisi ise bu yüklere karşı yeterli dayanımı sağlayacak bağlantının yöntemi, ebatları ve sismik koruma için seçilecek profillerin seçimi ve benzeri bilgileri içerecek şekilde detaylı olarak projelendirilmesidir.

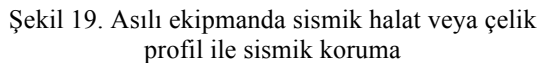


Şekil 18. Duvara doğrudan bağlı ekipmanda sismik koruma [4]

2.3. Tavana Asılı Ekipmanlar

Tesisat odalarında, koridorların ve hemen her tür mahallin asma tavanlarında asılı olarak monte ekipmanlar arasında aydınlatma armatürleri vb sayılabilir. Asılı ekipman, askı çubuklarıyla veya çelik profiller ile tavana doğrudan asılacaksa, sismik koruma açısından yapılması gereken şey, ekipmana etkiyecek sismik yüklere karşı yeterli dayanımda bir sismik sınırlandırma yapılmasıdır. Bunun için, ekipmanın askı çubukları ile yatayda ve düşeyde 45° ($\pm 15^\circ$ tolerans payıyla) aç

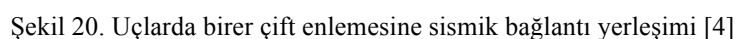
Burada önemli olan iki noktadan ilki, söz konusu ekipmana etkiyecek sismik yüklerin uygun yöntemlerle hesaplanması; ikincisi ise bu yüklere karşı yeterli dayanımı sağlayacak çelik profillerin veya sismik halatların ve bunların bağlantı şekillerinin detaylı olarak projelendirilmesidir.



Yapısal olmayan sistemlerde sismik koruma açısından en kritik konulardan biri tavalar ve busbar tesisatlarıdır. Bunun sebebi, çok çeşitli amaçlı ve farklı malzemelerden tavalar yatayda, düşeyde, tavana asılı, duvara bağlı, döşeme üzerinde ve daha başka birçok şekilde monte

Tavana asılı hatlar, deprem açısından en kritik sistemlerdir. Bunu sebebi, deprem yüklerinin anlık olmayıp dalgalar halinde farklı büyüklüklerde ve frekanslarda arka arkaya gelmesi neticesinde kablo hatlarının rezonansa girme tehlikesidir. Böyle bir durumda çok küçük sismik yükler dahi hatların kırılıp kullanılmaz hale gelmesine ve daha kötüsü çevresindeki diğer tesisatlara da zarar vermesine sebep olabilir. Üstelik yangından korunma ve benzeri can güvenliği sistemlerinin çalışması, tesisatların sağlamlığına bağlı olduğundan ötürü, sismik korumayı tesisatlar için en önemli konulardan biri yapmaktadır.

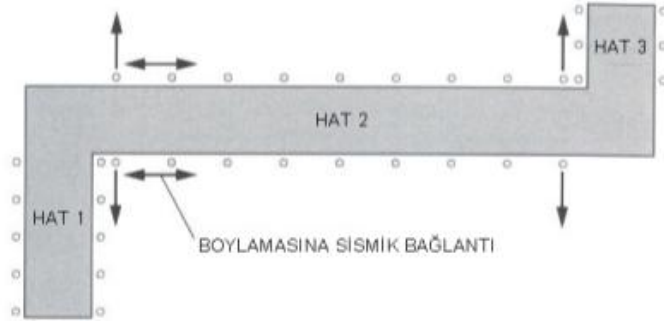
Daha sonra, numaralandırılmış her hat için, uçlarda birer çift olmak üzere asgari 2 çift enlemesine sismik bağlantı noktası seçilir.



taşıyıcılarında 12 metrede bir enlemesine, yine busbarlarda 12m, diğer taşıyıcılarda ise 24 metrede bir

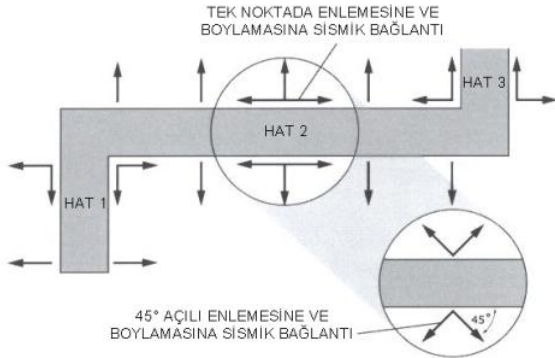
boylamasına sismik halat bağlantısı yapılması gerekmektedir. Buna göre, bir hattın uçları arasındaki mesafe belirtilmiş olan sınırı aşıyorsa, aralarda da sismik halat bağlantıları yapılması gerekir (Şekil 21).

Boylamasına sismik bağlantılar, her bir hat için bir set olabilir (Şekil 21).



Şekil 21. Her hat için bir set boylamasına sismik bağlantı yerleşimi [4]

Tesisatlarda hem enlemesine hem de boylamasına sismik bağlantı vazifesi gören 45° açılı bağlantılar yapılması durumunda maliyet ve zamandan büyük ölçüde tasarruf yapılabilir (Şekil 22).



Şekil 22. Tek noktada enlemesine ve boylamasına sismik bağlantı yerleşimi [4]

Tesisatlardaki sismik bağlantılar, katı çelik profiller ile yapılabileceği gibi sismik çelik halatlar kullanılarak da yapılabilir. Ancak titreşim yalıtımı yapılan ve/veya ısı genleşmelere maruz boru hatlarında katı çelik profiller kullanılamaz. Ayrıca sismik çelik halatlar gerek malzeme hafifliği gerekse uygulama kolaylığı açısından,

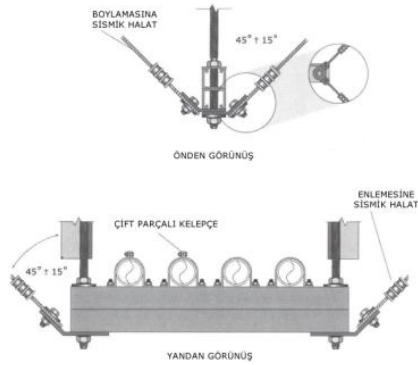
Ayrıca, maliyet azaltıcı bir teknik olarak, hatların dönüş yaptığı köşelerde hem enlemesine hem de boylamasına bağlantı yapılabilir (Şekil 21). Böylelikle bir hattın enlemesine bağlantısı, diğer hattın boylamasına bağlantısı olarak vazife görür.

hemen her zaman hem malzemeden hem de işçilik giderlerinden ekonomi sağlamaktadır. Üstelik sismik çelik halatların uluslararası bağımsız kuruluşlar tarafından sertifikalandırılmış olanları da mevcut olup, işverenin veya kontrol mühendisinin güvenlikle ilgili talepleri doğrudan karşılanabilir.

Katı profiller hem çekme hem de basma kuvvetlerine karşı gelir. Bu nedenle boru hattının sadece tek tarafında kullanılırlar ve bundan dolayı askı çubuğunun da sismik yüklere maruz kalmasına sebep olurlar. Bu durum, katı profillerle sismik koruma tasarımını daha kritik yapmaktadır. Çelik halatlar ise sadece çekme kuvvetine karşı çalıştıklarından dolayı, karşılıklı iki halat şeklinde her zaman çift olarak kullanılırlar ve askı çubuğuna sismik yük aksettirmezler. Sismik halatların bu özellikleri, hem enlemesine hem de boylamasına bağlantının tek bir noktada yapılmasını sağlayan 45° açılı bağlantılar yapılmasına olanak vermektedir. Bu durum, asma tavan içinde yer sıkıntısı olan projeler için büyük avantajlar sağlamanın

yanı sıra, özellikle işçilik maliyetlerinden de büyük oranda tasarruf edilmesini sağlamaktadır.

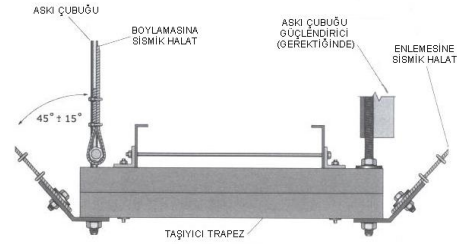
Asılı boru hatlarında birden fazla borunun tek bir trapez üzerinde taşınması durumunda, taşıyıcı trapezin sismik olarak bağlanması gerekir. Bu durumda önemli olan nokta, boruların trapez üzerinde sismik yüklere karşı dayanıklı olarak bağlanması gerekliliğidir. Bunu sağlamak üzere boruların U-kelepçeler veya benzeri tipte bağlantılarla trapeze sabitlenmesi gerekir (Şekil 23). Tek noktadan bağlanan klasik kelepçeler, bağlantı noktasının bir moment kolu oluşturması ve çoğu zaman bu noktanın yeterli dayanımda olmaması sebebiyle sismik açıdan uygun değildirler.



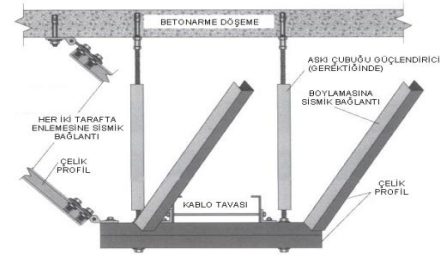
Şekil 23. Trapez üzerindeki boru gruplarında sismik bağlantı [4]

2.5. Elektrik Tavaları ve Diğer Hatlar

Asılı elektrik tavaları, busbar ve benzeri hatlarda da tıpkı boru ve hava kanalı trapezlerinde olduğu gibi sismik çelik halatlar (Şekil 24) veya katı profillerle (Şekil 25) sismik bağlantı yapılabilir. Duvar dibinden ve/veya döşeme üzerinden giden hatlarda ise, hattın monte edildiği yapısal elemanın sismik yüklere dayanıklı olması kaydıyla, ilave donanımlarla sismik koruma yapılmasına gerek olmayabilir.



Şekil 24. Elektrik tavalarında sismik halatlar ile sismik bağlantı [4]



Şekil 25. Elektrik tavalarında çelik profiller ile sismik bağlantı [4]

2.6. Kaideler ve Atalet Şasileri

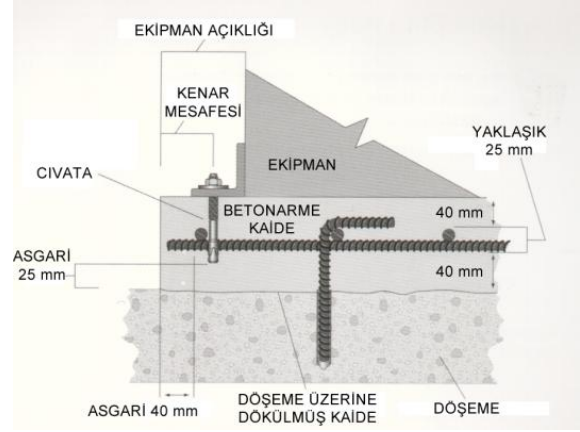
Döşeme üzerine monte edilecek mekanik ve elektrik tesisat ekipmanlarının, imalat makinelerinin ve benzeri cihazların bakım, temizlik vs amaçlarla döşemeden yüksekte olmasını temin etmek üzere betondan veya çelikten kaideler kullanılır. Bu kaidelerin deprem açısından güvenilirliğinin sağlanabilmesi için çeşitli tedbirler alınması gerekir.

Her şeyden önce beton kaideler kesinlikle çelik donatılı olmalıdır (Şekil 26). Ayrıca kaidenin donatısı, üzerinde bulunduğu döşemenin donatısıyla bağlantılı olmalıdır. Bunun temin edilebilmesi için çeşitli yöntemler mevcuttur. En düşük maliyetli ve güvenilir yöntem, döşeme donatısından kaide için filizler bırakılmasıdır. Ancak bunun için inşaat işlerinin elektrik ve mekanikle çok titiz bir koordinasyon dahilinde yürütülmesi şarttır. Bunun sağlanamadığı durumlarda, döşemeye sonradan çelik dübeller çakılarak kaide donatısı bu dübellere saplı rot çubuklarına bağlanır. Bazı durumlarda sismik yüklere yeterli dayanımı sağlayacak çelik dübellerin çaplarının büyüklüğü ve çakma derinlikleri, uygulama açısından büyük zorluklara hatta imkânsızlıklara sebep olabilir. Böyle durumlarda çelik çakma

dübel yerine, küçük çapta ve dalma derinliğinde aynı dayanımı sağlayacak kimyasal dübeller kullanılabilir.

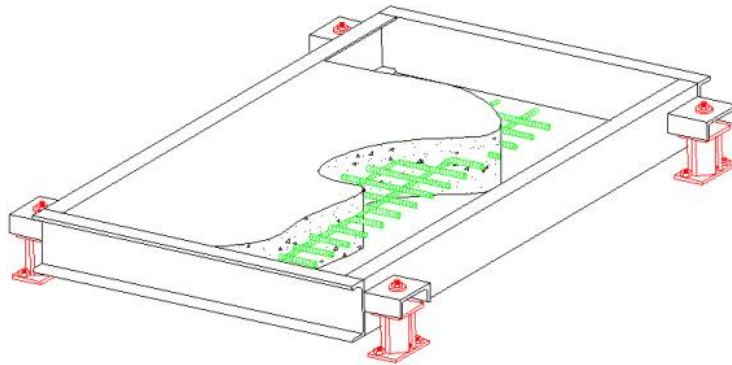
Beton kaide tasarımında çok kritik bir nokta, ekipmanın kaideye bağlantılarının, kaide kenarlarına olan mesafeleridir (Şekil 26). Şayet bu mesafeler gereğinden az olursa, bağlantı civatasının betonu patlatma tehlikesi ortaya çıkar. Bu bağlantı mesafeleri, detaylı bir sismik mühendislik çalışmasıyla belirlenir. Ancak genel prensipler açısından bazı detaylar Şekil 26’de gösterilmiştir.

Önceden yapılmış ve döşeme ile bağlanmamış kaidelerin depreme karşı korunabilmeleri için Şekil 26’daki gibi yanal sınırlandırıcı elemanlar kullanılmalıdır.



Şekil 26. Beton kaide üzerindeki ekipmanın ve bağlantı noktalarının kenar mesafeleri [4]

Özellikle kritik mahallerde (altında veya yanında gürültü hiç istenmeyen mekanik odalar vb) ciddi oranda titreşim yalıtımı gereken ekipmanların (büyük pompalar, kompresörler vb) döşemeden yüksekte durmasını temin etmek üzere çelik ve/veya yine donatılı beton atalet kaideleri kullanılmalıdır. Bu kaideler, sadece titreşim yalıtımı amacıyla kullanılacaklarsa, çelik yaylı titreşim izolatörleri üzerine monte edilirler (Şekil 27)



Şekil 27. Çelik/beton atalet kaidelerinde sismik izolatör uygulaması [4]

3. UYGULAMA ÖRNEKLERİ

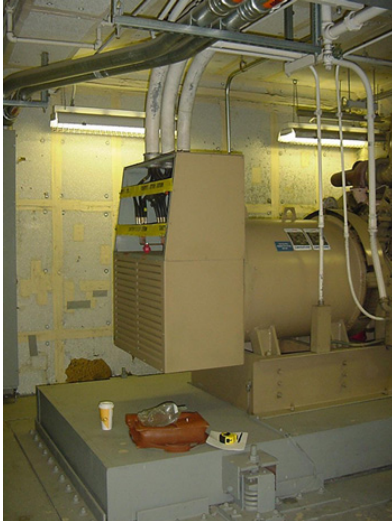
3.1. Döşemeye Oturan Ekipmanlar

Titreşim yapmayan ekipmanlar döşemeye direk kendi şaselerinden veya ilave destek profilleriyle bağlanırlar. (Şekil 28a, 28b)



Şekil 28a, 28b. Döşemeye oturan titreşim yalıtımı ihtiyacı olmayan sistemlerin deprem koruması

Bina içerisinde yer alan jeneratörlerde Şekil 29'da görüldüğü gibi bir atalet kütlesi yardımıyla Jeneratörlerin titreşimleri standart uygulamalarla %98 oranında azaltılabilmektedir.



Şekil 29. Atalet kütlesi yardımıyla titreşime karşı yalıtılmış, deprem korumaları gerçekleştirilmiş bir jeneratör



Şekil 30a, 30b. Döşemeye oturan dikili tip panoların çelik profiller yardımıyla deprem koruması



Şekil 31. Döşemeye oturan dikili tip panoların sismik halatlar yardımıyla deprem koruması



Şekil 32a, 32b. Akü ve raflarının deprem koruması

3.2. Yan Duvarlara Bağlanan Ekipmanlar

Sıva üstü montajları gerçekleştirilecek panolar, taşıyıcı olan duvarlara sismik hesaplar yapılarak direk monte edilebilmektedirler. Yalnız taşıyıcı olmayan duvarlara (gazbeton, tuğla vb) bağlantısı yapılmak zorunda olan panolarda ise takviye profiller atılarak duvarın arkasından bir plaka yardımı ile monte edilirler. (Şekil 33)



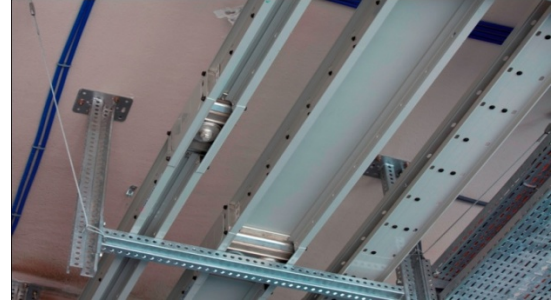
Şekil 33. Sıva üstü panoların taşıyıcı olmayan duvarlara bağlantısı

3.3. Tavanda Asılı Tesisatlar

Tüm tesisatlar hassasiyet değerlerine bağlı olarak rijit (çelik profiller) sistemler yardımıyla ve/veya uluslar arası kuruluşlarca gerçekleştirilmiş bağımsız testlere tabii tutulmuş sismik kullanım için üretilmiş halatlarla da çok pratik olarak uygulamalar gerçekleştirilebilmektedir. (Şekil 34 ve 35)



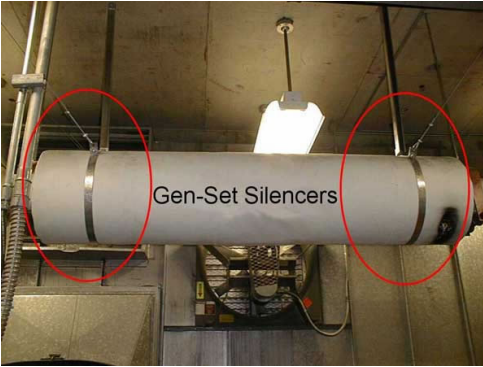
Şekil 34a, 34b. Tesisatların çelik profiller yardımıyla deprem koruması



Şekil 35a, 35b, 35 c. Tesisatların onaylı sismik halatlarla deprem koruması

3.4. Tavana Asılı Ekipmanlar

Tavana asılan armatürler veya jeneratör susturucuları gibi ekipmanlar hem çelik profillerle hem de yukarıda belirtildiği şekilde özel olarak üretilmiş deprem halatlarıyla 4 yönlü olarak askılanarak depremde hem kendilerine hem de çevrelerine zarar vermeleri engellenebilmektedir. (Şekil 36a, 36b)



Şekil 36a, 36b. Asılı ekipmanların 4 yönlü deprem koruması

3.5. Yükseltilmiş Döşemeye Oturan Ekipmanlar

Mevcut yükseltilmiş döşemelere konulacak kabinetler muhakkak betonarme yapıya uzun bağlantı elemanlarıyla tutturulmalıdırlar. Asla serbest bir şekilde bırakılmamalıdırlar. Mümkün ise önceden yerleri tasarlanarak çelik profillerden bir şase yapılmalı, şase ana döşemeye bağlı olup ekipman da bu şaseye cıvatalanmalıdır. Yüzer döşeme bu bağlantılar bittikten sonra döşenmelidir. (Şekil 37a, 37b)



Şekil 37a, 37b. Yüzer döşeme ve üzerine oturan ekipmanların deprem koruması

4. SONUÇ

Özellikle 17 Ağustos 1999 depreminden sonra ülkemizde hemen her kesimde uyanan *deprem güvenliği bilinci* umut vericidir. Ancak bu konuda yapılan çalışmalar genellikle somut ve amaca yönelik olmaktan uzak kalmakta, bunun yerine her kesimde konu hakkında sadece yüzeysel yorumlar yapılmaktadır.

Bir başka üzücü gerçek, ülkemizde deprem güvenliği konusundaki faaliyetlerin, sadece binaların temel yapılarının korunması üzerine yoğunlaştığıdır. Tesisatlarda sismik koruma konusu ise özel olarak ele alınan bir husus olmaktan uzak kalmış, bu konuya gereken önem verilmemiştir. Ülkemizde beklenen olası depremlere karşı alınması gereken en önemli tedbirlerin başında, can güvenliği tesisatlarının güvence altına alınması gelmektedir.

Elektrik tesisatlarında sismik koruma yapılması, can ve mal güvenliğini sağlayan bir unsurdur. Binaların ve hatta tesisatların toplam maliyetleri içinde küçük bir yer işgal eden bu konu, karşılığında elde edilen güvenlikle kıyaslanamaz. Küçük bir depremde sonra hasa görmüş bir

jeneratörden kaynaklı işlevini yitirmiş yangın söndürme tesisatı sebebiyle basit gibi görünen bir yangının büyümesi, çok yüksek maddi kayıplara neden olabilir. Daha da kritik bir örnek olarak, depremde elektrik bağlantıları kopmuş bir bir merdiven basınçlandırma veya duman tahliye fanı örneği verilebilir. Böyle bir durumda, deprem sonrası basit gibi görünen bir yangın esnasında panikle kaçışan insanlar arasında tek bir kişinin dahi, deprem yüzünden değil duman sebebiyle boğularak veya daha kötüsü izdiham altında ezilerek ölmesinin bedeli hiçbir şeyle ödenemez.

Tesisatların sismik koruması, yönetmelikler ve uygulamalar konusunda deneyimli ve yetkili uzman mühendislerce projelendirilmelidir. Ayrıca sismik donanımlar, bağımsız kuruluşlarca sertifikalandırılmış olmalıdır. Atölye işi imal edilmiş parçaların, sismik koruma amacıyla kullanılmasının bedeli insan hayatıyla ödenebilir. Üstelik ürünler ve donanımlar doğru seçilse dahi, ancak bunların doğru projelendirmesi yapıldığı takdirde gerekli deprem güvenliği sağlanmış olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Erdik, M., “Kuvvetli Deprem Yer Hareketi (Temel Bilgiler)”, Türkiye Köprü ve İnşaat Cemiyeti “Yapıların Genel Deprem Hesabı Kursu”, ODTÜ, 1982
- [2] Okutan, C., “Yapıda Sismik Önlemler”, Tesisat Dergisi, 114, S. 102, Teknik Yayıncılık, 2005
- [3] Kalafat, E., “Tesisatlarda Deprem Güvenliği”, Tesisat Dergisi, 116, S. 146, Teknik Yayıncılık, 2005
- [4] Kalafat, E., “Tesisatlarda Sismik Koruma: Türkiye’den Uygulama Örnekleri”, TESKON 2005, VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 2005
- [5] Kalafat, E., “Mekanik Tesisatlarda Deprem Koruması ve Titreşim Yalıtımı”, Eğitim Semineri, Türk Tesisat Mühendisleri Derneği, İTÜ, 12 Kasım 2005
- [6] Naeim, F., “Learning From Structural and Nonstructural Seismic Performance of 20 Extensively Instrumented Buildings”, 12th

World Congress on Earthquake Engineers, 2000

- [7] Simmons, R.E., “Maneuvering Through the Maze of Seismic Building Codes and Guides”, ASHRAE Transactions, V. 107, Pt. 1, 2001
- [8] Tauby, J.R., “A Practical Guide to Seismic Restraint”, ASHRAE, 1999
- [9] The Earthquake Engineering Online Archive, Regents of the University of California and the National Information Service for Earthquake Engineering, 1996-2005
- [10] Sever, O., “Tesisatlarda Deprem Koruması”, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Makine Fakültesi, 2006
- [11] FEMA, Federal Emergency Management Agency, FEMA 74, FEMA 413, FEMA 414, FEMA 415 www.fema.org