

HASTANE TESİSATLARINDA SİSMİK HASARLARIN AZALTILMASI – FEMA 150 STANDARDI

Eren KALAFAT
E. Alp YÜCERMAN

ÖZET

Hastaneler ve sağlık merkezleri insanların tedavi olmak ve sağlıklarını geri kazanmak amacıyla gittikleri tesisler olarak hayati önem taşıyan binalardır. Yapılan istatistiklerde büyük bir deprem sonrasında ilk 24 ile 48 saat arasında hastane acil servislerinin tamamen dolduğu ve bunun yanında hasta ve yaralıların 77%'sinin depremi takip eden 3 gün içerisinde hastanelerde tedavi altına alındıkları görülmüştür.

Hastanelerin, yaşanan bir depremin ardından, deprem sırasında içeride halihazırda bulunmakta olan hastalar ve sağlık personelinin güvenliğini sağlayabilmenin yanı sıra depremden zarar görmüş hastalara da acil olarak hizmet verebilecek durumda olması gerekmektedir. Bu çalışmada, hastanelerin yapısal anlamda deprem nedeniyle oluşacak sismik yüklere dayanıklı olduğu kabulü yapılmıştır. Fakat yapısal elemanların depreme dayanıklı olması yeterli değildir. Yakın geçmişte yaşanmış depremler göstermektedir ki yapısal olmayan bileşenlerin sismik açıdan ele alınması bir zorunluluktur.

Araştırmalara göre gelecekteki depremlerde yaşanacak kayıpların %50'sinin yapısal olmayan sistemlerin depreme karşı korunmamış olmasından ileri geleceği öngörülmektedir. Bu makale, hastane ve sağlık merkezlerindeki yapısal olmayan sistemlerin maruz kalabileceği hasarlar ve tesisatlar başta olmak üzere bu sistemlerin depreme karşı korunması konularını kapsamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Hastane, Sağlık, Deprem, Sismik, Can güvenliği, Hasar

ABSTRACT

Healthcare facilities are buildings of great importance by being the places where people goes for treatment. Based on independent statistics; in the first 24–48 hours after a major earthquake, hospital emergency departments flood with large numbers of patients and 77% of patients need treatment during the first three days after the earthquake.

Healthcare facilities should not only provide protection for patients and the healthcare staff, but also need to be available to people after being injured in an earthquake. In this study, we are assuming the building structure of the healthcare facility withstands the seismic forces comprised of the earthquake, which is in fact not sufficient.

Recent earthquakes indicated that seismic design of nonstructural elements must be considered. Researchs signify that in future earthquakes at least 50% of losses will be due to nonstructural elements loss. This article is about vulnerability of nonstructural components in healthcare facilities and mainly focuses on seismic mitigation for installations.

Key Words: Hospital, Healthcare, Earthquake, Seismic, Life safety, Damage

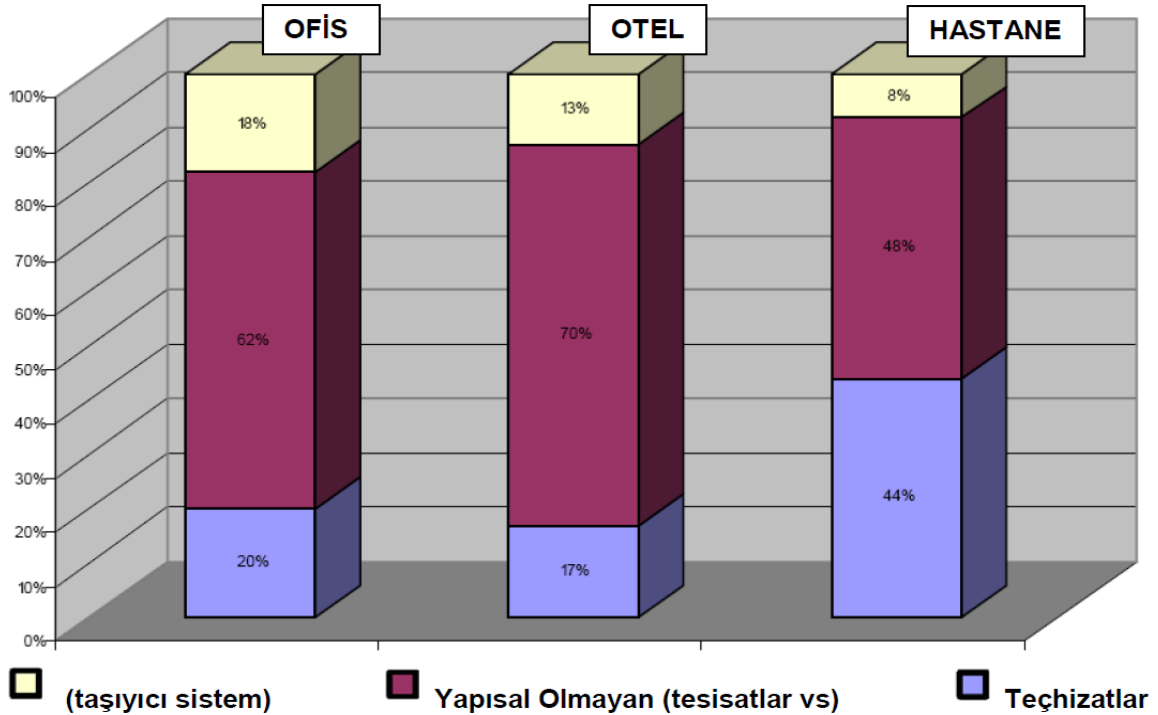
1. GİRİŞ

Önemli bir deprem sonrasında her ülkede vatandaşlar kendi hastanelerine akın ederler. Beklentileri, deprem esnasında oluşan her türlü yaralanmanın tedavisinin yapılmasıdır. Hastaneye ulaştıklarında sıklıkla görülen, oluşan hasardan hastanenin boşaltılması ve servislerin ciddi ölçüde kısıtlanmış olması ya da tamamen servis dışı kalması durumudur. Bazen yapısal hasar ve aşırı durumlarda yapının çökmesi dahi söz konusu olabilir. Tesisteki operasyonel ve fonksiyonel (yapısal olmayan) elemanlar hasar almış ve bunun neticesinde hizmet veremez durumda olabilir.

Hastane kolayca hasar görebilen bir tesistir. İronik olarak en ileri teknoloji modern hastaneler sismik açıdan en savunmasız olanlardır. Yüksek teknoloji ürünü birçok ekipman çoğunlukla bilgisayar kontrolüne ve telekomünikasyon ağına bağımlı olup bozulmaya çok yatkındır ve çoğu zaman bu durum binanın boşaltılmasını tetikler. Bununla beraber, büyük bir hastanede içlerinden su, yakıt, tıbbi gaz, tıbbi atık ve diğer maddeler geçen yüzlerce kilometre uzunluğunda tesisatlar bulunmaktadır. Bu tesisatların hasar görmesi durumunda yangınlar, su baskınları, biyolojik ve kimyasal kirlenmeler ve yaşamsal sistemlerin durması söz konusu olabilir.

Hastanelerin yapısal veya yapısal olmayan hasarlara maruz kalması hastanenin kapanmasıyla sonuçlanabilir. Hastanelerin boşaltılması genellikle tercih edilmeyen bir durumdur. Bir hastanenin kriz anında boşaltılması riskli bir iştir. En istenildiği anda mevcut hastalara sağlanan desteği kesmek, halka açık tıbbi servisleri durdurmak başlı başına kabul edilemez olmakla birlikte dışarı çıkarılan hastaların depremden hasar görmüş bir çevrede olacakları gerçeğini de unutmamak gerekir. Bu koşullar altında hastalar daha ileri tıbbi komplikasyonlara maruz kalabilir hatta hayatlarını kaybedebilirler.

Hastaneler kritik tesisatlara sahip olmalarının yanı sıra, depremde kolaylıkla zarar görebilen veya işlev göremez hale gelebilen çok sayıda ekipman içerirler. Şekil 1’de farklı tipte binalardaki yatırım maliyetlerinin dağılımı verilmiştir. Görüldüğü üzere hastanelerdeki yatırım tutarının büyük çoğunluğu tesisatlar ve bu gibi hassas ekipmanlardan oluşmaktadır. Can güvenliği ve tesis işlevselliği, sismik riski azaltma konusunda başta gelen kriterlerdir oluştururken, ister kamu ister özel sektör olsun yüksek değerdeki mal varlığının korunması da göz ardı edilmemelidir. Hastaneler tüm toplumların afet sonrası yaşamlarındaki hayati tesislerdir ve sismik risklerin azaltılması konusunda önemle üzerinde durulmalıdır. [1]



Şekil 1. Bina Yapımındaki Tipik Yatırım Maliyetleri [1]

2. HASTANELERDEN BEKLENEN DEPREM PERFORMANSI

Yakın zamana kadar inşaat sektörü mimari, elektrik ve mekanik alanlarda yapısal olmayan bileşenlerin sismik koruma gereksinimlerini ihmal etmiştir. Sonuç olarak, hastane ve benzeri tesislerdeki tesisatlar çoğunlukla korunmamıştır. [1]

Bu önemli ihmal için birçok neden vardır. Bunlar şöyle sıralanabilir:

- Yetersiz düzenleyici standartlar: Tam olarak hangi bileşenin korunacağına ilişkin yönetmeliklerdeki belirsiz tanımlar.
- Uygulamaya yönelik zayıf direktifler: Görsel talimatları olmayan, kuralcı olmaktan çok performansla yönelik bir yönetmelik.
- Yetersiz açıklamalar: İnşaat sektörü, rekabet ortamında yönetmeliğin açıklarını yakalamaya zorlanır.
- Endüstri uzmanlığı eksikliği: Yakın zamana kadar sismik sınırlandırıcı dizayn ve uygulamasındaki zayıf anlayış.
- Yönetmeliklerin yaptırımında yetersizlik: Yapısal olmayan sismik koruma sistemlerinin uygulanması ve gereksinimleri ilgili görevlilerin eğitim ve bilinç eksikliği.
- Mali kısıtlamalar: Gereksinimler açıkça tanımlanmamış ve zorunlu kılınmamışken bina sahiplerinin ilave maliyet konusundaki isteksizlikleri.

2.1. Yönetmelikler

Bina yapısal sistemlerinin deprem güvenliği hakkında gelişmiş ülkelerin tatmin edici düzeyde yönetmelikleri mevcut olmakla birlikte, tesisatların sismik koruması söz konusu olduğunda başvurulabilecek kaynaklar ABD kökenli uluslararası yönetmeliklerle sınırlanmaktadır. Bu durum ülkemiz için de geçerli olup, 2006 yılında yenilenerek yayınlanan "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik" bir önceki sürümü olan 1997 tarihli "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" ile hemen hiçbir farklılık içermemektedir. Her iki yönetmelikte de tesisat sistemlerine etkiyen deprem yüklerinin belirlenmesine dair bir hesap formülü verilmiş ve birkaç genel madde ile yönetmeliğin bu bölümü sınırlandırılmıştır. Buna göre, ülkemizde yürürlükte olan deprem yönetmeliğinde, tesisatlarda sismik korumanın ne zaman ve nasıl yapılması gerektiğine dair hiçbir bilgi yer almamaktadır. Bundan ötürü ülkemizde yerel kaynaklarla yapılan projelerde dahi uluslararası yönetmelikler esas alınmaktadır. [2]

Uluslararası yönetmelikler arasında en güncel olan ve başta ABD olmak üzere tüm Dünya'da en geçerli olanı Uluslararası Bina Kodu (IBC – International Building Code)'dur. Bu yönetmeliğin ilk sürümü 2000 yılında yayınlanmış ve bu tarihten önceki en geçerli yönetmelikleri (UBC – Uniform Building Code, BOCA – Building Officials Code Administrators ve diğerlerini) bir araya getirmiştir. Uluslararası Kod Konseyi (ICC – International Code Council) tarafından kaleme alınan bu yönetmeliğin 2003 ve 2006 yıllarında yeni sürümleri yayınlanmıştır. Ancak tesisatların sismik koruması bölümü IBC–2000 sürümünden beri temel bir değişikliğe uğramamıştır. [3]

IBC'nin yanı sıra başvuru kılavuzu niteliğinde yararlanılabilecek bazı uluslararası yayınlar aşağıdadır:

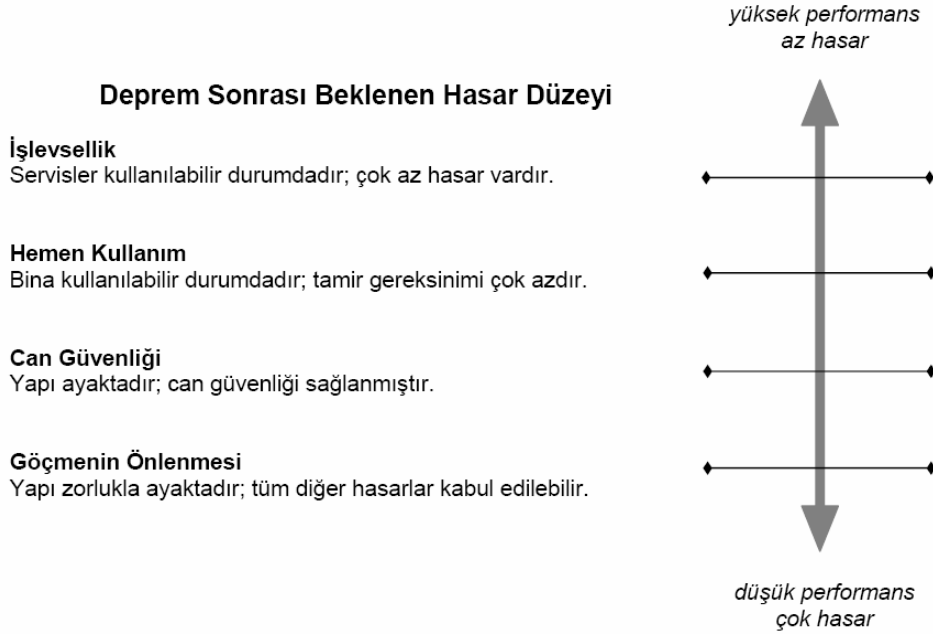
- ASHRAE El Kitabı – Temeller (Handbook – Fundamentals) 2005 – Bölüm 54
- ASHRAE Sismik Koruma İçin Pratik Bir Rehber (A Practical Guide to Seismic Restraint) 1999
- SMACNA Sismik Koruma Kılavuzu: Mekanik Sistemler İçin Yönergeler (Seismic Restraint Manual: Guidelines for Mechanical Systems) 1998
- FEMA 412 Mekanik Ekipmanlarda Sismik Sınırlandırma, 2002
- FEMA 413 Elektrik Ekipmanlarında Sismik Sınırlandırma, 2004
- FEMA 414 Hava Kanallarında ve Borularda Sismik Sınırlandırma, 2004

Bu konuda son olarak belirtilmesi gereken bir husus, özel bir konu olan yangın söndürme tesisatlarının sismik koruması için esas alınması gereken ABD kökenli Ulusal Yangından Korunma Birliği (NFPA – National Fire Protection Association) yönetmeliğidir. Nitekim gerek IBC'de gerekse diğer yayınlarda,

yangın söndürme tesisatları için sismik koruma hususu NFPA yönetmeliğine atıfta bulunmaktadır. Ancak yine bir ülkemiz gerçeği olarak şunu da söylemeliyiz ki, NFPA’de bu konuyla ilgili onlarca sayfa dolusu bilgi ve yönergeler verilmekte iken, Türkiye’de 2007 yılında yürürlüğe girmiş olan Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik’te deprem güvenliğiyle ilgili sadece küçük bir paragraf mevcuttur.

2.2. Yapılarda Deprem Performansı

Yasal yükümlülükler açısından ülkemizde uymamız gereken Deprem Yönetmeliği’nin son sürümünde, uluslararası standartlar arasında en geçerli olanlardan biri olarak FEMA 356’dan faydalanılarak (FEMA–356, Prestandard and Commentary for Seismic Rehabilitation of Buildings, 2000), bir deprem anında ve sonrasında binalardan ve tesislerden beklenen deprem performansı derecelendirmiştir. FEMA’da 4 kademe olarak yapılan bu derecelendirme bizim yönetmeliğimizde 3 kademe olarak yer almıştır. Bu farkı yaratan ise FEMA’daki en üst düzey performans derecesinin (işlevsellik) bizim yönetmeliğimize girmemiş olmasıdır. Aşağıda FEMA’daki 4 kademeye göre performans dereceleri tanımlanmıştır. [4]



Şekil 2. Yapılardan Beklenen Depreme Dayanıklılık Performansı Kademeleri [4]

İşlevsellik Performans Seviyesi

Yapısal olmayan elemanlarda işlevsellik performans seviyesi kısaca “yapının deprem sonrası hasar durumunda, yapısal olmayan elemanlarının (tesisatların vb) deprem öncesindeki fonksiyonlarını aynı şekilde devam ettirebilmeleri” durumu olarak tanımlanabilir.

Bu performans seviyesi; yapıdaki acil durum, yangından korunma, aydınlatma, mekanik ve elektrik tesisatları ve bilgi işlem sistemlerinin büyük bir bölümünün işlevlerini yerine getirmeye devam ettiği veya bu sistemlere yapılacak küçük tamirat işlemleri ile eski durumlarına devam etmelerinin mümkün olduğu durumdur. Bu özel yapısal olmayan performans seviyesi yapı mühendislerinin ilgi ve uzmanlık alanına girdiği için söz konusu elemanların deprem sonrasında bu performans seviyesini göstermesi, ancak sismik koruma yapılmasıyla mümkün olacaktır.

Özellikle kuvvetli bir yer hareketi sonrası hastane, haberleşme merkezleri, elektrik üretim merkezleri gibi ilk kullanılacak yapılarda bulunan elektronik ve mekanik sistemlerin deprem güvenliği için sismik koruma yapılması hayati derecede önemlidir. Özellikle hastanelerdeki sistemlerin deprem esnasında dahi işlevlerini yerine getirebilmeleri, tam bir can güvenliğinin sağlanması için gereklidir.

Hemen Kullanım Performans Seviyesi

Yapısal olmayan elemanlarda hemen kullanım performans seviyesi kısaca “deprem sonrasında yapıdaki giriş-çıkış kapıları, merdivenler, asansörler, acil aydınlatma sistemleri, yangın alarm sistemleri gibi sistemlerin genel olarak işlevlerini sürdürülebilmekte olduğu durum” olarak tanımlanabilir.

Söz konusu performans seviyesinde bazı camlarda küçük kırıklar ve bazı yapısal olmayan elemanlarda hafif hasar meydana gelebilir, ancak binada yapısal olarak hiçbir tehlike yoktur. Binada genel bir temizlik ve düzenleme yeterli olacaktır. Genel olarak bu performans seviyesinde, yapıdaki elektrik ve mekanik sistemler için önlemler alınmalı ve işlevlerini sürdürmeleri sağlanmalıdır. Ancak bazı sistemlerin doğrultularında ve konularında küçük değişimler ve sistemlerin içinde küçük hasarlar meydana gelmiş olabilir. Konut tarzı yapılarda bulunan ısıtma, su tesisatı, doğal gaz ve haberleşme sistemleri işlev dışı kalabilir, ancak yapısal olmayan elemanlardan kaynaklanabilecek can kaybı riski oldukça düşüktür.

Bu performans seviyesi özellikle hastaneler ve haberleşme merkezleri için yeterli güvenliği sağlayamayabilir. Ancak yüksek nitelikli ofis vb binalar için tercih edilebilir.

Can Güvenliği Performans Seviyesi

Yapısal olmayan elemanlarda can güvenliği performans seviyesi kısaca “deprem sonrasında binadaki yapısal olmayan elemanlarda hasarın meydana geldiği, ancak bu hasarın can güvenliğini tehlikeye atacak boyutta olmadığı” duruma karşılık gelmektedir.

Söz konusu performans seviyesinde, binadaki yapısal olmayan elemanlar (tesisatlar vb) oldukça hasar görmüştür ve hasarın maddi boyutu oldukça fazladır, ancak yapısal olmayan elemanlar buldukları yerlerden çıkıp düşmemiş ve binanın içinde veya dışındakilerin can güvenliğini tehdit edecek durumda değildirler. Binadaki hafif yapısal olmayan elemanların yarattığı enkazlar çıkışları kısmen kapatabilir; havalandırma, sıhhi tesisat ve yangın sistemleri zarar görebilir ve işlevlerini yitirebilir. Bu performans seviyesinde yapısal olmayan elemanlardan kaynaklanan yaralanmalar meydana gelebilir, ancak binada genel olarak can güvenliğini tehdit edecek riskler oldukça düşüktür. Yapıdaki yapısal olmayan elemanların yeniden işlevsel durumlarına getirilmesi zaman ve maliyet alan bir işlemdir.

Bu performans seviyesi, ancak deprem sonrasında uzun süre kullanım dışı kalmasının mahsur teşkil etmeyeceği depo vb gibi binalarda tercih edilebilir.

Göçmenin Önlenmesi (Göçme Öncesi) Performans Seviyesi

Yapısal olmayan elemanlar için göçmenin önlenmesi performans seviyesi kısaca “deprem sonrası hasar gören yapısal olmayan elemanların düşme tehlikesi meydana gelebilecek durumu” olarak tanımlanabilir. Bu durumda dış ortama yüksek zarar verebilecek olan yapısal olmayan elemanların, insanların çok bulunduğu yerlere düşmelerinin engellenmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Söz konusu performans seviyesinde, deprem sonrası yapısal olmayan elemanlarda oldukça ağır hasar meydana gelmektedir; ancak parapet, dış cephe panelleri, ağır kaplamalar, asma tavanlar, büyük raflar gibi düşme riski olan ve düştüklerinde insanların can güvenliğine bir tehdit olabilecek ağır elemanların düşmelerinin engellenmesi için önlem alınmalıdır.

Bu hasar seviyesinde amaç, tüm yapıdaki yapısal olmayan elemanlarda meydana gelen hasarları belirlemek değil, insanlar için tehlike oluşturabilecek yapısal olmayan elemanların belirlenmesidir. Dolayısıyla bu performans seviyesi, ancak hiçbir nitelik beklenmeyen en alt sınıf binalar için ve sadece deprem esnasındaki can güvenliğinin sağlanması açısından tercih edilebilir.

Yukarıdaki performans seviyelerine göre tesisatlarda meydana gelebilecek hasarlar aşağıdaki tabloda ayrıntılarıyla özetlenmiştir. Hastanelerin “işlevsellik” deprem performans seviyesinde inşa edilebilmeleri için bu gereksinimin tasarım aşamasında hesaba katılması gerekir. Buna göre şartnamenin sismik koruma bölümü hazırlanırken, bu gereksinim belirtilmeli ve tesisatların bu performans derecesini sağlayacak dayanımda olması için gerekli her türlü donanımın da şartnamede

yer alması gerekmektedir. Ayrıca bu hedefe ulaşabilmek için gerekli sismik tasarım hizmetlerinin alınması ve şantiyede montaj esnasında gerekli gözlemlerin de yapılması gerekir.

Tablo 1. Performans Seviyelerine Bağlı Olarak Tesisatların Deprem Sonrası Durumları [4]

Tablo C1-6 Yapısal Olmayan Elemanların Performans Seviyeleri ve Hasarlar¹ Mekanik, Elektrik ve Sıhhi Tesisat Sistemleri ve Ekipmanları				
Sistemler / Ekipmanlar	Yapısal Olmayan Elemanların Performans Seviyeleri			
	Göçme Öncesi² N-D	Can Güvenliği N-C	Hemen Kullanım N-B	İşlevsellik N-A
Asansörler	Asansörler servis dışı kalır. Raylar bozulur.	Asansörler servis dışı kalır. Raylar sağlamdır.	Asansörler işlev görür. Elektrik olduğu anda çalışabilirler.	Asansörler çalışır vaziyettedir.
Isıtma-Soğutma-Havalandırma Ekipmanları	Birçok ekipman servis dışı kalır. Çoğu devrilir ve düşer, bir daha kullanılamaz hale gelirler.	Ekipmanlar yerlerinden oynar ve boru, kanal ve kabloları kopar. Ancak devrilme ve düşme olmaz.	Ekipmanlar sağlam ve kullanılabilir durumdadır. Elektrik olduğu anda çalışırlar.	Ekipmanlar sağlam ve çalışır vaziyettedir. Acil durum elektrigi vs gerekiyorsa devrede olur.
İmalat Makineleri	Makineler kayar ve devrilir. Bağlı hatlar kopar. Ağır makineleri tekrar hizalamak gerekir ve hassas makinelerin ayarı bozulur.	Makineler yerlerinden oynar ve bağlı hatları kopar. Tekrar kullanılabilmesi için yeniden kurulmaları gerekir.	Makineler sağlam ve kullanılabilir durumdadır. Elektrik olduğu anda çalışırlar.	Makineler sağlam ve çalışır vaziyettedir. Elektrik vd beslemeler devrededir.
Hava Kanalları	Kanallar, bağlı ekipmanlardan ve menfezlerden koparlar. Bazı kanallar ve taşıyıcılar düşer.	Kanallar, bağlı ekipmanlardan ve menfezlerden koparlar. Bazı kanallar ve taşıyıcılar düşer.	Bağlantılarda ufak hasarlar olabilir. Ancak hava kanalları kullanılabilir durumdadır.	Hasar ihmal edilebilir derece azdır.
Borular	Borular kopar, bazı borular ve taşıyıcılar düşer.	Bağlantılarda kopmalar ve sızıntılar oluşur. Bazı taşıyıcılar düşer.	Az sayıda küçük sızıntı noktaları oluşabilir.	Hasar ihmal edilebilir derece azdır.
Otomatik Yangın Söndürme Sistemleri	Sulama başlıkları kırılır. Bağlantı yerlerinde sızıntı oluşur. Borular kopar ve düşer.	Bazı sulama başlıkları kırılır. Bazı bağlantı yerlerinde sızıntılar oluşur.	Az sayıda küçük sızıntı noktaları oluşabilir. Ancak sistem kullanılabilir durumdadır.	Hasar ihmal edilebilir derece azdır.
Yangın Alarm Sistemleri	Yangın algılama donanımları hasar görür ve işlevlerini yitirirler.	Yangın algılama donanımları hasar görür ve işlevlerini yitirirler.	Sistem çalışır durumdadır.	Sistem çalışır durumdadır.
Acil Durum Aydınlatmaları	Aydınlatma armatürleri kopar ve düşer. Acil durum elektrigi olmayabilir.	Bazı armatürler kırılır. Acil durum jeneratörü çalışırsa kısmi aydınlatma olur.	Sistem çalışır durumdadır.	Sistem çalışır durumdadır.
Elektrik Dağıtım Ekipmanları	Elektrik üniteleri kayar ve devrilir. Bağlı kablolar kopar. Kesintisiz güç kaynakları devre dışı kalır. Dizel jeneratörler çalışmaz.	Elektrik üniteleri yerlerinden oynar ve bağlı hatları kopabilir. Şebeke kesilir, ancak acil durum jeneratörü çalışabilir.	Elektrik üniteleri sağlam ve kullanılabilir durumdadır. Jeneratörler çalışır, ancak bazı servisler enerjisiz kalabilir.	Elektrik üniteleri sağlam ve çalışır vaziyettedir. Acil durum elektrigi gerekiyorsa devrede olur.
Aydınlatma Armatürleri	Aydınlatma armatürleri kırılır. Ancak halka açık binalardaki ağır armatürler düşmez.	Aydınlatma armatürleri kırılır. Ancak bazı ağır armatürler düşmez.	Az hasar oluşur. Bazı avize tipi armatürler kırılır.	Hasar ihmal edilebilir derece azdır.
Sıhhi Tesisatlar	Tesisat donanımları kırılır. Hatlar kopar. Şebeke kesilir.	Tesisat donanımları kırılır. Hatlar kopar. Şebeke kesilir.	Tesisat donanımları ve hatlar sağlamdır. Şebeke kesilebilir.	Sistem çalışır durumdadır. Su beslemesi vardır.

¹ Burada belirtilmiş olan hasarlar, söz konusu Yapısal Olmayan Donanımların Performans Seviyesi kriteri dâhilinde oluşabilecek hasarlar hakkında bir fikir vermek amaçlıdır. Bu bilgiler, bir deprem sonrasında oluşacak hasar seviyesinin belirlenmesinde veya yapılması gereken tamirlerin tanımlanmasında kullanılamaz.

² Göçme Öncesi seviyesinden Can Güvenliği seviyesine terfi ettirilmiş bileşenler, yine Göçme Öncesi seviyesinde değerlendirilirler.

2.3. Hastanelerin Önemi

Kamu veya özel hastaneler ile poliklinikler deprem sonrası yaralanmalar için ihtiyaç duyulan tesisler olduğundan bu gibi binaların inşa aşamasında sismik koruma önlemleri önemle üzerinde durulması

gereken bir faktördür. Sağlık tesisleriyle ilgili olarak tasarım ve yapım aşamasında göz önünde bulundurulması gereken bazı özel konular aşağıda sıralanmıştır. [5]

- Hastaların ve sağlık personelinin korunması birincil önceliğe sahiptir.
- Sağlık kuruluşları 7 gün 24 saat hizmet veren tesislerdir.
- Özellikle yüksek kapasiteli acil yardım hastanelerinde, hareket edemeyecek ya da ettirilemeyecek durumdaki birçok hasta için güvenli bir ortam ciddi bir gerekliliktir. Bunun sağlanabilmesi içinse, sismik yüklerin de hesaba katılmış olduğu güvenli bir yapı tekniğinin kullanılması ve yapısal olmayan bileşenlerin devrilmelerinin engellenmiş olması gerekir.
- Hastaneler, depremzedelerin acil müdahalesinde ve tedavilerinde kritik rol oynayan bir tesistir.
- Sağlık personelinin acil müdahale ve tedavi süreçlerinde önemli rol oynayacakları unutulmamalıdır.
- Acil tanı ve tedavi için kullanılan hayati öneme sahip tüm ekipman ve malzemelerin her an kullanıma hazır bulunabilmesi hasta bakım ve tedavisi için büyük öneme sahiptir.
- Hastanelerde tutulan tıbbi ve diğer kayıtların elektronik veya yazılı ortamda her an ulaşılabilir olması hasta bakımının devamlılığı için önemlidir.
- Bir sağlık tesisinin herhangi bir süre için hizmet veremez hale gelmesi, çok ihtiyaç duyulan sağlık personelinin kaybı veya hizmet veremez halde olması gibi ihtimaller ile de körüklenerek çok ciddi toplumsal kaoslara yol açabilir.
- Birçok hastane sadece servis sağlayıcı olmayıp kâr amaçlı ya da kâr amacı gütmeyen işletmeler olabilirler. İşletme maliyetleri ve gelirleri çok yüksek düzeyde olduğundan tesisin hizmet dışı kaldığı her gün ciddi mali kayıplar anlamına gelmektedir.

2.4. Deprem Performansı Beklenti ve Gereksinimleri

Sağlık tesisleri için sismik performans hedefleri aşağıdaki gibi sıralanabilir. [5]

- Dizayn seviyesinde bir deprem sırasında halihazırda tesis içinde ve hemen dışında bulunan hastalar, personel ve ziyaretçiler en az "can güvenliği" performans seviyesinde korunmalıdır.
- Dizayn seviyesinde bir depremin ardından en fazla 2 saat içinde tesis içerisinde acil müdahale ve ayakta tedavi faaliyetleri için ayrılmış güvenli alanlar oluşturulabilir olmalıdır (iklim koşullarına göre dış alanlarda da olabilir).
- Dizayn seviyesindeki bir depremin ardından en fazla 3 saat sonra hemen hemen tüm hastane servisleri çalışır durumda olmalıdır.
- Tesisteki acil durum sistemleri dizayn seviyesindeki bir depremin hemen ardından çalışır durumda kalmalıdır.
- Dizayn seviyesindeki bir deprem sonrasında tesisin servisleri ve yardımcı üniteleri en az 4 gün boyunca kendi kendini idare edebilir düzeyde olmalıdır.
- Dizayn seviyesinde bir deprem sırasında halihazırda tesis içinde bulunan personel, hastalar ve hasta yakınları, depremin ardından güvenli ve süratli bir şekilde binayı terk edebilmelidirler.
- Acil durum birimleri dizayn seviyesindeki bir depremin hemen ardından minimum engel ve tehlike ile karşı karşıya kalarak binaya girebilmelidir.
- Dizayn seviyesinde bir deprem sonucunda tesiste tıbbi, kimyasal vb zararlı madde sızıntısı olmamalıdır.

3. HASTANELERDE SİSMİK KORUMA TASARIMI

Bu bölümde hastanelerde istenen deprem performansını elde edebilmek için dikkate alınması gerekli konular özetlenerek, sismik risk yönetiminde göz önünde bulundurulması gereken kıstaslar üzerinde durulacaktır.

3.1. Konum ve Deprem Riski

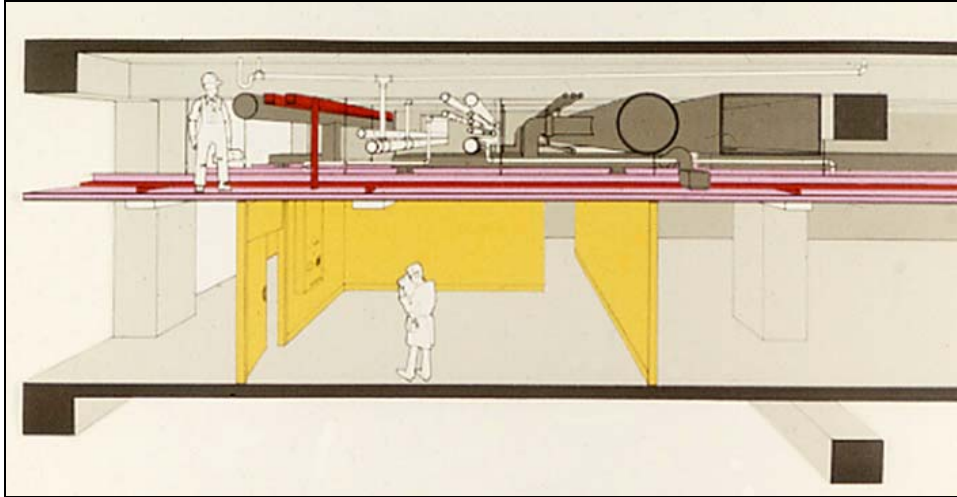
Zayıf zemin karakteristikleri gibi uygunsuz saha koşulları binanın yönetmelikler tarafından beklenenden daha düşük bir deprem performansı sergilemesine yol açabilir. Bu veya bunun gibi jeolojik tehlikelerden şüpheleniliyorsa, söz konusu sahaya özel bir çalışma yapılmalıdır. Eğer uygunsuzluklar tespit edilirse, tesis için alternatif bir konum düşünülmeli ya da yer hareketleri sonucunda oluşacak deprem hasarlarının önüne geçebilmek için uygun zemin stabilizasyonu, temel tasarımları ve yapısal dizayn yaklaşımları üzerinde durulmalıdır. Bunlara ek olarak, eğer mümkünse sağlık tesisleri, ulaşım açısından sorunsuz ve kriz anında kapanabilecek köprü, tünel gibi ulaştırma elemanlarınca erişiminin engellenmeyeceği şekilde konumlandırılmalıdır.

3.2. Yapısal Sistemler ve Tesisat Bileşenleri

Yoğun ve kompleks servis ihtiyaçları nedeniyle hastanelerdeki kat yükseklikleri diğer binalara (örneğin ofis binalarına) göre daha fazla olabilmektedir. Böylece tesisatlar için asma tavan üzerinde daha fazla alan sağlanmaktadır. Bazı büyük hastanelerde tesisatlar için ara katlar dizayn edilmekte olup bu sayede ilk kurulum ve gelecekte gerekebilecek bakım, onarım veya genişleme faaliyetlerinde büyük kolaylıklar sağlanmaktadır (Şekil 3).

3.3 Yapısal Olmayan Sistemlerde Sismik Sınırlama

Yer hareketleri ve sarsıntılar tavanlarda, duvarlarda, aydınlatma elemanlarında ve camlarda hasarlara neden olabilir. Bunlara ek olarak, depolama üniteleri, kitap rafları ve dosya dolapları vb ekipmanlar sismik yüklere karşı sınırlandırılmamış ise deprem anında tehlike yaratabilirler. Bununla beraber yanal hareketler neticesinde çatıda yer alan ekipmanlarda, yangın söndürme ana hatları ve branş boruları ile diğer tesisatlarda hasarlar meydana gelebilir. Ağır mekanik ve elektrik ekipmanları (kazanlar, soğutma grupları, jeneratörler, soğutma kuleleri, klima santralleri, trafolar vb) sismik yükler etkisi altında sürüklenebilir hatta devrilebilirler ve bu durum neticede yakın çevresinde halihazırda bulunmakta olan kişilerin hayatlarını tehlikeye sokabilir. İkincil olarak ise yaşanabilecek bu gibi hasarlar hastanenin deprem sonrasında hizmet verebilme yetisinin yok olmasına neden olabilir.



Şekil 3. Yeni Hastanelerde Yapısal Olmayan Ekipman ve Sistemler İçin Tipik Ara Tesisat Katı Tasarımı [5]

İşlevselliğin devamlılığı çoğu zaman hassas ve maliyetli ekipmanları içeren yapısal olmayan elemanlara ve sistemlere bağlıdır. Tıbbi karışımlar ve oksijen gazı gibi tehlikeli madde içeren tanklar ve benzerleri gibi hastanelere özel bileşenlerin işlevselliği sağlanmalıdır. Tüm bu ve bunun gibi sistemler deprem sırasında sızıntılara ve kırılmalara mahal vermeyecek şekilde korunmalıdır. Tehlikeli gaz dağıtım sistemlerinin sismik açıdan uygun şekilde sınırlandırılması gerekmektedir. Sıhhi tesisatın,

ofis binaları gibi gereksinimin daha az olduğu yapıların aksine hastanelerde birçok alana erişimi gereklidir ve bu nedenle de hastanelerde sıhhi tesisat sistemlerinde oluşacak hasarların etkisi çok daha büyüktür.

Zemin, bina ve eleman özellikleri, can güvenliği ve performans gereklilikleri göz önünde tutularak yapısal olmayan elemana ait bir önem katsayısı belirlenebilir. Bu önem katsayısı belirlenirken hastanelerin bina önem katsayısı da hesaba katılmalıdır. Bu değerlendirme yapılırken, dizayn ekibi özellikle hastaneye özel ekipmanların tüm fonksiyonunun ve işlevselliğinin bilincinde olamayabileceğinden, hastane personelinin ve kullanıcıların yorumlarını almak gerekebilir.

Hastanelerde bulunan sistemlerin çoğu, bileşenlerinden birinde oluşan arıza nedeniyle kullanılamaz hale gelecektir. Bu yüzden bir eleman ele alınırken düşük öneme sahip olsa bile içinde bulunduğu sistem baştan sona bir bütün olarak düşünülmelidir. Herhangi bir sistem onun en zayıf elemanı kadar dayanıklıdır. Örnek olarak bir acil durum jeneratör sisteminin ana yakıt deposu, pompası, yakıt hattı, marş aküleri, jeneratör, susturucu, elektrik aksamı ve elektrik tesisatının hepsi sismik olarak sınırlandırılmalıdır. Örneğin susturucunun çok düşük bir önem katsayısı olsa bile o da korunmalıdır çünkü en zayıf halkada oluşacak bir arıza bile sistemin işlev göremez hale gelmesine sebep olabilir.

Yapısal olmayan elemanların sismik sınırlandırılması işleriyle ilgili sorumluluklar dizayn ekibi içerisinde belirgin ve açık bir şekilde belirtilmiş olmalıdır. Yapısal olmayan elemanların sismik sınırlama uygulamalarının doğruluğunun kontrolü ve takibinin yapılabilmesi için bir kontrol listesi oluşturulabilir. Böyle bir liste, söz konusu ekipman ve sistemlerin sismik koruma dizaynı, montajı, denetimi ve gözetimi konularında bir rehber olarak fayda sağlayacaktır.

4. HASTANELERDE SİSMİK SINIRLAMA MÜHENDİSLİĞİ VE UYGULAMALARI

4.1. Mühendislik ve Proje Yönetimi

Mühendislik faaliyetleri, yapısal olmayan elemanların yerlerinin ve etrafındaki bileşenlerin belirlenmesi ile başlar. Elemanlar detaylı yer bilgileri ve fotoğrafları ile birlikte dijital ortama kaydedilebilir. Buna ek olarak, ekipmanın genel görünümünün yanı sıra diğer elemanlarla meydana gelebilecek çakışmaları daha iyi anlayabilmek adına fotoğraflar da çekilebilir. Tesisatlar için ise kat planları çıkarılmalı ve her bir sınırlandırma noktası plan üzerinde ilgili detay numarası ile gösterilmelidir.

Montajı yapan ekibin doğru yere doğru detayı uygulaması için elinde yeterli mühendislik talimatlarının bulunması son derece önemlidir. Montaj kolaylığı ve kafa karışıklığına mahal vermemek adına ekipmanlar ve tesisatlar için sismik sınırlandırma noktaları sahada detay çizim numaralarıyla etiketlenebilir.

Sınırlandırma sistemi için ilk mühendislik kriteri beklenen sismik kuvveti karşılayacak en basit olanı tasarlamak olacaktır. Zaman zaman ideal sistemin, sınırlandırma noktasının etrafındaki boşluklar sebebiyle elden geçirilmesi gerekebilir. Örneğin, montaj açısından kolaylık sağlayan halatlı çözümlerin koridorlar gibi yoğun tesisat kesitlerinin söz konusu olduğu alanlarda uygulanması mümkün olamayabilmektedir. Bağlantı elemanlarının montajı da ayrıca bir sorundur. En son olarak da bu sistemin ekonomik yönden uygun olup olmadığına bakılır. Sistemin, işçilik ve malzeme açısından en verimli sistem olup olmadığı değerlendirilir.

Bütün sismik sınırlandırma süreci mühendislik çalışması içerir. İnşaat her zaman süre baskısında yapılır. Bu alanda sıklıkla yapılan hatalardan bazıları aşağıdaki şekilde sıralanabilir. [6]

- Tasarlanmış olan projeye saha uygulamalarının uyuşmaması
- Mühendislik dayanağı olmayan plansız uygulamalar
- Yapısal bağlantı detaylarının önemsenmemesi (Şekil 4)
- Disiplinler arası koordinasyon eksikliği
- Sertifikasız ürünlerin kullanımı



Şekil 4. Sismik İzolatör ile Beton Kaide Arası Bağlantı Hatasından Kaynaklanan Hasar [7]

Sismik sınırlama süreçlerinin proje yönetiminde tanımlanması esastır. Bugüne kadar yapılan çoğu sismik sınırlama işi “sonradan düşünülen” işler olmuş ve bunlar da zaman darlığı gibi sebeplerle uygun şekilde planlama yapılamamıştır.

Proje yönetimi, görev listesinin oluşturulmasıyla başlar. Görevleri doğru sırada oluşturmak kolay bir iş gibi görünebilir fakat geçmişte çoğu organizasyon bu aşamada başarısız olmuştur. Doğru sıralama yapılamaması maliyet artışları, gecikmeler ve kalitenin düşmesi gibi sonuçlar doğurabilir.

4.2. Sismik Sınırlandırıcılar

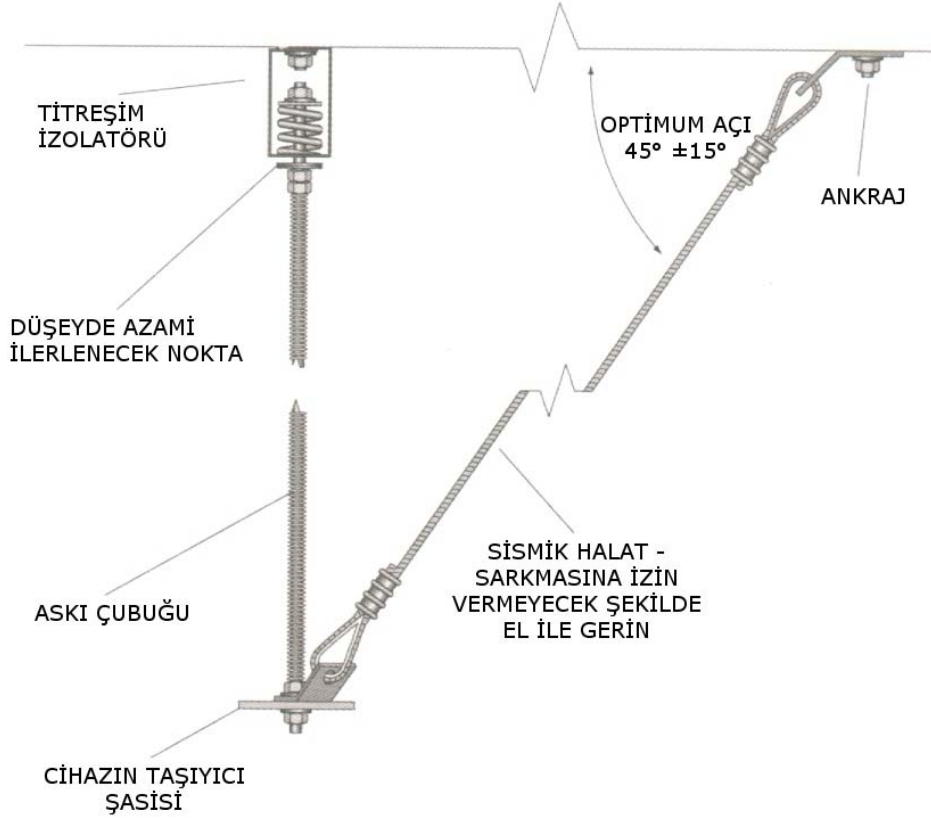
Sismik projelerde çok sayıda sınırlandırıcı, cihaz ve bağlantı elemanı kullanılır. Dikey hat kelepçeleri, bağlantı parçaları, halatlar ve bağlantı elemanları kit halinde özel imalata yer bırakmayacak şekilde ulaşılabilmektedir.



Şekil 5. Sismik Sınırlayıcı Örnekleri

Tesisatların depremden korunmaları amacıyla kullanılacak ürünlere gerçek anlamıyla bir devreye alma ve test etme uygulaması yapılamayacağı aşikârdır. Bu ürünlerin gerçekten vazifelerini gördükleri veya göremedikleri ancak bir deprem esnasında ortaya çıkacaktır. Bu aşamadan sonra ise hataların ve kusurların özrü bir anlam ifade etmeyecektir. Sonuç, çok yüksek oranda maddi kayıplar ve çok daha kötüsü can kayıpları olabilir. [8]

Yukarıda belirtilen sebeplerden ötürü sismik koruma donanımlarının bağımsız laboratuvarlarda test edilmiş ve sertifikalandırılmış ürünler olması, hayati derecede önem taşımaktadır. Ayrıca bu ürünler çok uzun yıllar boyunca nitelikleri bozulmadan durabilmeli ve olası bir deprem anında fonksiyonlarını yerine getirebilmelidirler. Bunlara ek olarak, hastanelere özel temizlik ve steril ortam gereksinimlerinin sağlanabilmesi gerekmektedir. Paslanmaz çelik kullanımı ve sıcak daldırma galvaniz, toz boyama gibi endüstriyel kaplamalar kullanılan yaygın çözümlerdir. Günümüzde seri üretime girmiş sismik sınırlayıcılar piyasada kolayca ulaşılabilir durumdadır. Borular, havalandırma kanalları ve kablo tavaları gibi asılı sistemler için üretilen ön germeli sismik halatlar (Şekil 6) bunlara iyi bir örnektir. [9]

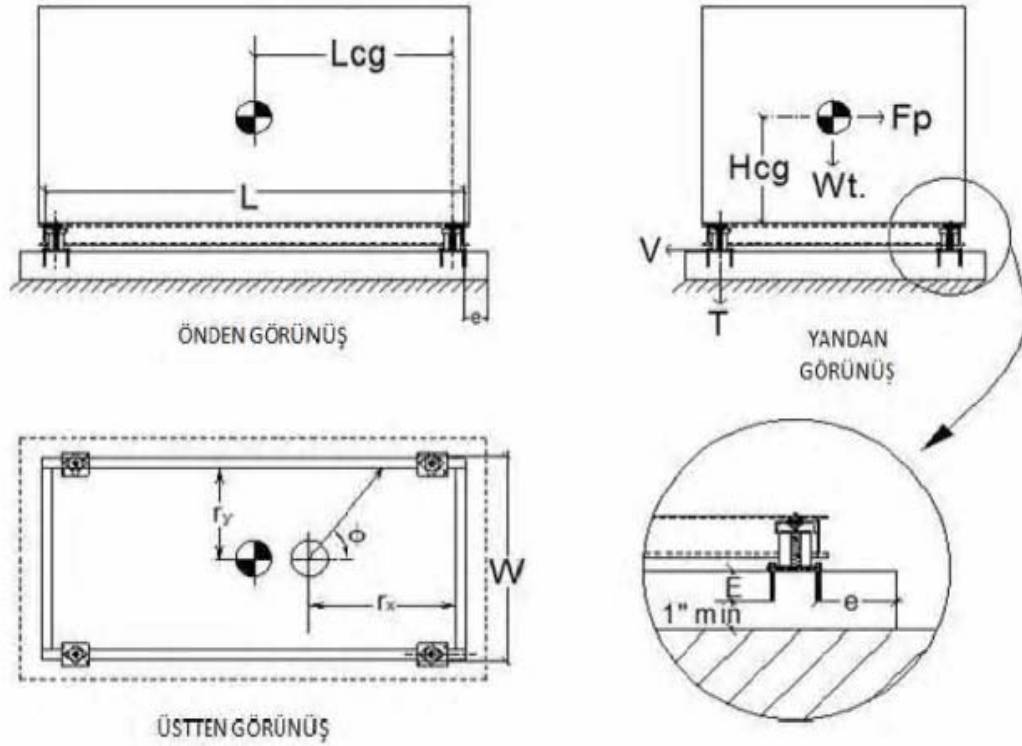


Şekil 6. Örnek Sismik Halat Detayı [9]

4.3. Tasarım, Uygulama, Gözlem ve Kontrol

Tesisatların depremden korunması amacıyla kurulacak sistemlerin ve kullanılacak donanımların doğru şekilde tesis edildiğinden emin olunması, ancak şantiyedeki uygulamaların uzman sismik tasarım mühendislerinin gözetiminde yapılması sayesinde mümkün olabilmektedir. Sismik koruma sistemleri standart bir test ve devreye alma uygulamasına olanak vermediğinden, bu sistemlerin hassas ve titiz bir şekilde uygulanması, sistemin fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için olmazsa olmaz bir şarttır.

Tesisatlar ve ekipmanlar için sismik sınırlama tasarımları alanında uzman mühendis ekipler tarafından yapılmalıdır. Sismik tasarımın önemli bir aşaması olan deprem yükü hesapları yapılırken, sismik izolatör ve sınırlayıcıların bağlantı detaylarının da hesapları yapılmalıdır. Bu detaylar, dübel-cıvata sayısı ve ebatlarının yanı sıra, dübel çakma derinliği ve delik kenar çapı gibi ayrıntıları da içermelidir (Şekil 7). Aksi takdirde sismik bağlantı yapılan betonun kırılması gibi durumlar meydana gelebilir.



Şekil 7. Sismik İzolatör Bağlantı (Dübel-Cıvata) Ayrıntıları [9]

Bina kullanıma girdikten sonra bütün sismik gereksinimler yönetmeliklere uygun olsa bile zamanla zayıflayacaktır. Hastanelerde bazı ekipmanların kullanımda kalma süreleri kısadır. Eski ekipmanın yerine yenisi konulduğu zaman sismik sınırlayıcı dizaynı yeni ekipmanın gereksinimleri doğrultusunda revize edilmeli ve varsa gerekli değişiklikler uygulamaya geçirilmelidir.

SONUÇ

Hastaneleri depreme karşı dayanıklı hale getirmek yıldırıcı bir iştir. Binalar komplekstir ve pahalı ekipmanlarla doludur. Günümüzde geçmişten alınmış dersler ve kazanılan deneyimler neticesinde risk değerlendirme, mühendislik, proje yönetimi, sınırlayıcı dizaynı ve montajı alanlarında çeşitli metot ve uygulamalar geliştirilmiş bulunmaktadır.

Geçmişte uygulanan, makro açıdan ele alınmamış ve sezgisel çözümler artık uygulanmamaktadır. Artık birçok ülkede depremde oluşan can kayıplarını azaltmak için bina yönetmelikleri benimsenmiş olup bu sayede depremlerde oluşan mali kayıplar da gittikçe azalmaktadır.

Mühendislik, tam ve tartışmasız mükemmel olanı yapmak için çabalamak değil, mükemmele en yakın olanı yapabilmek için çabalamaktır. Bunun için olmazsa olmazlar ilk bakışta edinilen bilgi birikimi, pratikle edinilen bilgi birikimi ve deneyim üçlüsüdür. Ancak özellikle insan hayatı ve toplum güvenliği gibi kritik konularda sorumluluk içeren mühendislik konularında bir olmazsa olmaz daha vardır ki bu da etik kurallardır.

Tesisatların deprem koruması; hataların kabul edilemeyeceği, daha da önemlisi ticarî çıkarlar uğruna temel mühendislik esaslarının göz ardı edilemeyeceği bir husustur. Unutulmamalıdır ki bir sismik koruma sistemi, standart yöntemlerle test edilemez. Böyle bir sistemin birebir gerçek testi, doğadan gelecek bir depremdir ve bu saatten sonra artık hataların düzeltilebilmesi söz konusu değildir.

KAYNAKLAR

- [1] LEWIS, J., WANG, M., “Seismic Risk Mitigation of Operational and Functional Components in Hospitals – The British Columbia Experience”, 13th World Conference on Earthquake Engineering, 2004
- [2] KALAFAT, E., “Tesisatlarda Sismik Koruma Uygulamaları: Dünya’da ve Türkiye’de Gelişmeler”, Türk Tesisat Mühendisleri Derneği, Uluslararası Yapıda Tesisat Teknolojisi Sempozyumu, 2006
- [3] KALAFAT, E., “Seismic Protection of Fire Sprinkler and Other Mechanical Systems: Best Practices from Turkey”, Clima 2007 Well Being Indoors, Helsinki, 2007
- [4] ERDİK, M., “Tesisat sistemlerinin depreme karşı korunması hakkında ön bilgilendirme raporu”, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, 2005
- [5] FEMA 389, “Primer for Design Professionals”, 2004
- [6] KALAFAT, E., SEVER, Ö.O, “Pitfalls in Seismic Restraint Applications”, Clima 2010
- [7] KALAFAT, E., “Tesisatlarda Sismik Koruma: Türkiye’den Uygulama Örnekleri”, TESKON 2005, VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 2005
- [8] KALAFAT, E., “Mekanik Tesisatlarda Deprem Koruması ve Titreşim Yalıtımı”, Eğitim Semineri, Türk Tesisat Mühendisleri Derneği, İTÜ, 2005
- [9] KALAFAT, E., “Tesisatlarda Deprem Korumasının Uygulamalı Mühendislik Esasları”, Türk Tesisat Mühendisleri Derneği, Uluslararası Yapıda Tesisat Teknolojisi Sempozyumu, 2008

ÖZGEÇMİŞ

Eren KALAFAT

Makine Mühendisi Eren Kalafat orta ve lise öğrenimini İstanbul Erkek Lisesi’nde, lisans eğitimini 1997 yılında YTÜ Makine Mühendisliği Bölümü’nde, işletme yüksek lisans (MBA) eğitimini Yeditepe Üniversitesi’nde tamamladı. Ersa Mühendislik ve Sönmez Metal firmalarında mekanik tesisat projelendirme, taahhüt ve yeni ürün geliştirme konularında çalıştı. ABD’de Oklahoma Eyalet Üniversitesi, ASHRAE ve özel firmaların sismik koruma ve titreşim yalıtımı, YKIP (Yer Kaynaklı Isı Pompası) ve değişken debili havalandırma (VAV) sistemleri üzerine eğitim programlarını tamamladı. YKIP konusunda faaliyet gösteren ISIMAS A.Ş.’yi kurdu. Halen 1997’de kurmuş olduğu Ulus Yapı Malzemeleri ve İnşaat Ltd. Şti.’de Genel Müdürlük ve 2007’de kurduğu Ulus Yapı Tesisat A.Ş.’de Yönetim Kurulu Başkanlığı görevlerini sürdürmektedir. Üyesi olduğu MMO’da Kartal Temsilciliği Yürütme Kurulu Üyeliği ile Bilim ve Teknoloji Komisyonu Başkanlığı görevlerinde bulunmuştur. Halen TTMD’de Yönetim Kurulu’nda yer almaktadır. Ayrıca Uluslararası Kod Konseyi (ICC) ve ASHRAE Sismik Komite (TC 2.7) üyesidir.

E. Alp YÜCKERMAN

İnşaat Mühendisi Emin Alp Yückerman orta ve lise öğrenimini Kenan Evren Anadolu Lisesi’nde, lisans eğitimini 2003 yılında YTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü’nde tamamladı. 2008 yılında Ulus Yapı Tesisat A.Ş.’de sismik dizayn mühendisi olarak çalışmaya başladı. ISKAV ve özel firmaların satış teknikleri ve proje yönetimi (PMI) konuları üzerine eğitim programlarını tamamladı. Halen Ulus Yapı Tesisat A.Ş.’de Projeler ve Şantiye Süpervizyonu Takım Lideri görevini sürdürmektedir. İMO ve PMI üyesidir.