

DEPREM YALITIMLI VE GELENEKSEL BİNALARDA TESİSATLAR İÇİN SİSMİK KORUMA HESABI VE GEREKİNİMİ

Seismic Protection Calculations for Electrical and Mechanical Installations for Seismic Isolated and Conventional Buildings

Bahadır ŞADAN

ÖZET

İnşaat Mühendisleri, olası büyük bir deprem senaryosu için, binanın taşıyıcı elemanlarını ve içinde yaşayan insanların can güvenliğini sağlamak için tasarım yapmaktadırlar. Halbuki, büyük bir deprem sonrası mali kayıp tabloları incelendiğinde, mali kayıpların en büyük bölümünü yapısal olmayan elemanlardaki hasarın oluşturduğunu görebiliriz. Dışarıdan bakıldığında hasarsız gözükken, taşıyıcı elemanlarında hasar olmayan bir binanın içerisine girildiğinde, sadece kendi ağırlığını taşımak için askılanmış ve doğru sismik koruma uygulanmamış tesisatların, tavaların ve diğer tavana asılı ekipmanların, yüksek deprem ivmesi nedeni ile hasar gördüğü ve binanın kullanılmaz hale geldiği gözlemlenebilir. Bu durum özellikle deprem sonrası hemen hizmet vermesi gereken kritik binalar için (ör. hastaneler, ulaşım ve haberleşme yapıları vb.) daha büyük önem taşımaktadır.

Sağlık bakanlığı bu bağlamda, 2013 yılında yayınladığı bir genelge ile, 1. ve 2. derece deprem bölgesindeki, 100 ve üzeri yatak kapasiteli tüm devlet hastanelerinde sismik izolatörler ile deprem yalıtımını zorunlu hale getirmiştir. Deprem yalıtımı, binaya etkiyen deprem ivmelerini dolayısı ile deprem kuvvetlerini çok büyük oranda sönmüleyerek, sadece bina taşıyıcı sisteminin değil aynı zamanda diğer muhteviyatın (tesisatlar, ivmeye hassas cihazlar vb.) deprem sırasında korunmasını sağlamaktadır. Fakat bu azaltma deprem etkilerini tamamen yok etmediği için tesisatlarda sismik koruma yapılmasına gerek olmadığı anlamına gelmemektedir.

Bu bildiriye, 18 Mart 2018, 30364 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak, 1 Ocak 2019 tarihi itibari ile resmi olarak yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne (TBDY) göre elektrik ve mekanik tesisatların sismik koruma hesabı tariflenmektedir. Ayrıca yine TBDY'e göre deprem yalıtımlı binalarda sismik koruma hesabı gereksinimi irdelenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sismik İzolasyon, Sismik Koruma, Hastane, Tesisat, Yapısal Olmayan, Deprem

ABSTRACT

Civil engineers design the buildings targeting the life safety performance level. However, after a major earthquake, the greater part of the financial losses is the damage to the non-structural elements of the building. A building that is seen as intact from outside after a major quake can be unserviceable due to the damage to its walls, suspended ceilings, electrical and mechanical installations that are not seismically restrained. This issue is especially important for critical buildings such as hospitals, transportation and communication structures etc. that need to be immediately in service after a major seismic event.

In this context, the Ministry of Health of Turkey, issued a circular in 2013, and obliged the use of seismic isolators for the state hospitals with more than 100 beds capacity that are going to be constructed in the 1st and 2nd level seismic zones. Seismic isolation reduces the seismic accelerations hence the seismic forces acting on the building to a great extent by additional damping, protecting not only the structural system, but also other building content like installations, ceilings, acceleration

sensitive devices etc. However, this reduction does not necessarily mean that seismic protection is not required for nonstructural elements as seismic acts on these elements do not diminish.

In this paper, seismic protection calculations for electrical and mechanical installations are described as per the Turkish Building Seismic Code, published in Official Gazette No. 30364 and become official as of January 1st, 2019. Necessity of seismic protection for nonstructural elements is discussed both for conventional fixed based building systems and seismic isolated systems.

Key Words: Seismic isolation, Seismic protection, hospitals, installations, non-structural systems, earthquake

1. GİRİŞ

Halk arasında, deprem yönetmeliğine uygun olarak inşa edilmiş binaların “depreme dayanıklı” olduğu şeklinde bir yanlış hakimdir. Bu yanlış sadece mühendislikten uzak kişilerde değil, bizzat inşaat mühendislerinde bile bulunmaktadır. Deprem yönetmeliğine göre inşa edilmiş bir binanın “depreme dayanıklı” olduğu anlamına gelmediğini, biz mühendisler ne kendimize, ne de mühendislik hizmeti verdiğimiz müşterilerimize itiraf edebilmekteyiz.

2007 yılında yayınlanan, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik’te [1], genel ilkelerin anlatıldığı ilk maddede, binalarımızı nasıl bir deprem performansı için tasarladığımız açıkça belirtilmektedir. Bu maddeye göre “yeni yapılacak binaların depreme dayanıklı tasarımının ana ilkesi; hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlandırılmasıdır.”

Büyük bir deprem sonrası, can kayıpları dışında, binalarda oluşan yapısal ve yapısal olmayan hasarın mali etkileri incelendiğinde, sanılanın aksine, yapısal olmayan elemanlarda oluşan hasarların onarılması için gereken tutarın, yapısal hasar onarımı için gereken tutarın çok üzerinde olduğu görülmektedir.

Deprem, fırtına, sel ve tsunami gibi afetlerden sonra oluşacak hasarın tahmin edilebilmesi için FEMA tarafından geliştirilen HAZUS programında [2], deprem sonrası oluşacak hasarın onarılması için gereken maliyetin, yapının yeniden inşa edilme maliyetine oranları araştırılmıştır. Bu araştırmada, ağır hasarlı bir binada oluşan yapısal hasarın maliyet oranının, toplam hasarın %15’inden daha az olduğu görülmektedir.

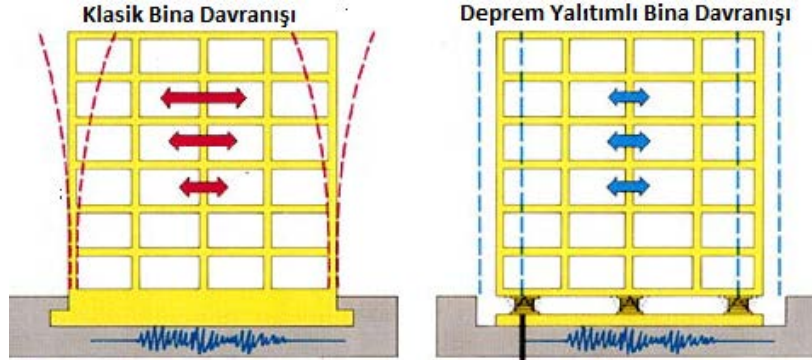
Tablo 1’de çeşitli bina kullanım sınıfları için, ağır hasarlı binalardaki yapısal elemanlar, ivmeye hassas elemanlar ve ötelemeye hassas elemanların onarımlarının, bina yeniden yapım maliyetine oranları görülmektedir. Burada ivmeye hassas elemanlar; asma tavanlar, mekanik ve elektrik ekipmanlar ve asansörleri içermektedir. Ötelemeye hassas elemanlar ise; bölme duvarlar ile cephe kaplamalarını kapsamaktadır.

Tablo 1. Çeşitli bina kullanım sınıflarına göre deprem sonrası ağır hasarlı binalarda, yapısal, ivmeye hassas ve ötelemeye hassas elemanların onarım oranlarının yeniden yapım maliyetine oranları [2].

Kullanım Sınıfı	Yapısal	İvmeye Hassas	Ötelemeye Hassas
Konut (Apartman)	14%	44%	43%
İş Merkezleri	19%	48%	33%
Banka/Finans Merkezleri	14%	52%	35%
Hastaneler	14%	51%	35%
Sanayi Tesisleri	16%	73%	12%
Kamu Binaları	18%	49%	33%
Okullar	19%	32%	49%

Büyük ve nadir depremlerde, binalarda hem yapısal hem de yapısal olmayan hasarın önüne geçebilmenin en ekonomik ve güvenilir çözümü günümüzde deprem yalıtımı (sismik izolasyon) yöntemidir.

Deprem yalıtımı, yapıların deprem etkilerinden korunmasını sağlayan ve doğru kullanıldığı takdirde, depremin yıkıcı etkilerini sıfırlayan bilinen en etkili teknolojidir. Deprem yalıtımı, çok basitçe, yapının belirli bir seviyesine, yatayda çok esnek, düşeyde rijit elemanlar (sismik izolatörler) yerleştirilerek, yapıyı yüksek frekanslı deprem ivmesinden korumaya yarayan bir teknolojidir. Sismik izolatörler binanın temel seviyesine yerleştirilebileceği gibi bodrum kat kolonları üzerine veya herhangi bir ara kata da yerleştirilebilirler.



Şekil 1. Klasik bina davranışı ve sismik izolasyonlu bina davranışı

Son on yılda, sismik izolasyonlu yapıların sayısı ülkemizde özellikle Sağlık Bakanlığı yatırımlarında kullanılması ile birlikte, büyük bir vime kazanmıştır. Sağlık Bakanlığı tarafından 2013 yılında yayınlanan bir genelge ile 1. ve 2. derece deprem bölgesindeki, 100 yatak ve üzeri kapasiteli devlet hastanelerinin sismik izolasyonlu olarak inşa edilmesi mecbur kılınmıştır. Bu tarz bir düzenleme, dünyada başka hiçbir ülkede bulunmamaktadır.

Sismik izolasyon yöntemi sağlık yapıları dışında, sıklıkla köprülerde ve veri merkezlerinde de kullanılmaktadır. Konut ve diğer tipteki yapılarda kullanımı ise oldukça sınırlıdır.

Deprem yalıtımı, binaya etkileyen deprem ivmelerini dolayısı ile deprem kuvvetlerini çok büyük oranda sönmüleyerek, sadece bina taşıyıcı sisteminin değil aynı zamanda diğer muhteviyatın (tesisatlar, ivmeye hassas cihazlar vb.) deprem sırasında korunmasını sağlamaktadır. Fakat bu azaltma deprem etkilerini tamamen yok etmediği için tesisatlarda sismik koruma yapılmasına gerek olmadığı anlamına gelmemektedir.

2. MEKANİK VE ELEKTRİK TESİSAT İÇİN SİSMİK KORUMA HESABI

Binaların ve bina donanımlarının depreme karşı tasarımı ve güçlendirilmesini konu alan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) [3], 18 Mart 2018, 30364 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanmıştır. Bu yönetmelikle birlikte, 1 Ocak 2019 tarihinden itibaren, 2007 yılında yayınlanmış Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik yürürlükten kalkmaktadır.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’nin 6.Bölümü’nde “Deprem Etkisi Altında Yapısal Olmayan Bina Elemanlarının Tasarım Esasları” ile ilgili hükümler bulunmaktadır. Bu bölümde anlatılan deprem yükü hesap esasları, genel kabul görmüş, gelişmiş deprem yönetmelikleriyle (Ör. ASCE/SEI 7-16 [4]) benzer bir yol izlemektedir. Bu bildiride TBDY hükümlerine göre tesisatlara etkileyen deprem yükünün hesabından bahsedilecektir.

Burada tariflendiği şekilde hesaplanacak eşdeğer deprem yükleri, sismik koruma hesabı yapılacak tesisat elemanının ağırlık merkezine, birbirine dik iki yatay deprem doğrultusunda ayrı ayrı olmak üzere, eleman veya donanımın sabit yükü, elemanın taşıdığı servis yükleri ve düşey eşdeğer deprem yükü ile birlikte uygulanacaktır. Uygulanan eşdeğer deprem yükü sonrasında tesisat elemanının bağlantılarına, askı elemanlarına vb. etkiyen iç kuvvetler hesaplanarak sismik koruma tasarımı ve boyutlandırması yapılacaktır.

3.1. Sismik Koruma Hesabı Gereksinimi

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Deprem Tasarım Sınıfı (DTS=4) olan binalar haricindeki bütün binalarda yapısal olmayan elemanlar için sismik koruma hesabını zorunlu hale getirmiştir. Bir binanın DTS=4 sınıfına girebilmesi için, bölgedeki sismik riskin çok düşük ($S_{DS} < 0.33$, Tablo 2.) ve binanın genel kullanımlı, görelî olarak düşük öneme sahip (BKS=2,3, Tablo 3.) bir bina olması gerekir.

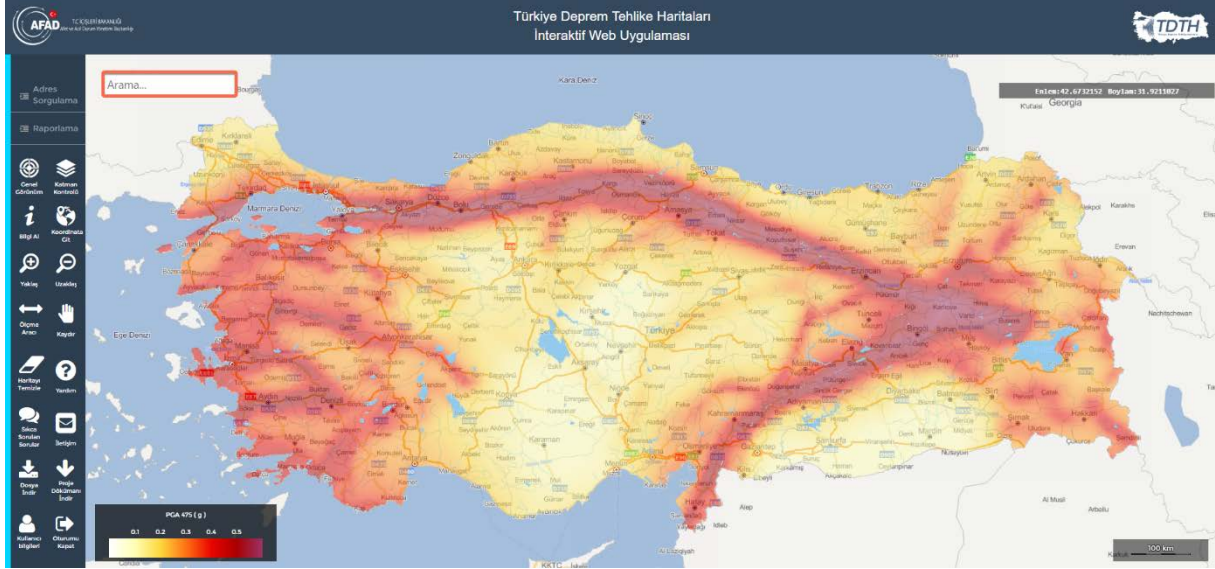
Tablo 2. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne göre Deprem Tasarım Sınıfları (DTS) [3].

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS = 1	BKS = 2, 3
$S_{DS} < 0.33$	DTS = 4a	DTS = 4
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	DTS = 3a	DTS = 3
$0.50 \leq S_{DS} < 0.75$	DTS = 2a	DTS = 2
$0.75 \leq S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

Tablo 3. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne göre Bina Kullanım Sınıfları (BKS) [3].

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS = 1	Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. c) Müzeler d) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
BKS = 2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1.2
BKS = 3	Diğer binalar BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1.0

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ile birlikte Türkiye Deprem Haritası da güncellenmiştir [5]. Yeni güncellenmiş deprem haritası ile birlikte, bir konuma ait deprem tehlikesi, o bölgenin coğrafi koordinatları ve bir web ara yüzü ile [6] hesaplanabilmektedir. Güncellenmiş deprem haritalarına, e-devlet imlik bilgileri ile <https://tdth.afad.gov.tr/> adresinden ulaşılabilmektedir.



Şekil 2. Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması [6]

3.2. Elektrik ve Mekanik Tesisata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükünün Hesabı

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne göre eleman veya donanım ağırlık merkezine yatay olarak etkiyen ve eleman veya donanıma etkiyen eşdeğer deprem yükü F_{ie} Denklem 1'deki gibi tanımlanır:

$$F_{ie} = \frac{m_e A_{ie} B_e}{R_e} \geq 0.3 m_e \cdot I \cdot S_{DS} \cdot g \quad (1)$$

Burada m_e eleman veya donanımın çalışır durumdaki kütesini, A_{ie} DD-2 deprem yer hareketi altında i 'nci kattaki eleman veya donanımın döşemeye bağlandığı bölgeye etkiyen en büyük toplam ivmeyi, B_e eleman veya donanıma uygulanan büyütme katsayısını, R_e eleman veya donanım için tanımlanan davranış katsayısını, I bina önem katsayısını, S_{DS} ise kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısını göstermektedir.

Bina taşıyıcı sistemine askı tipi (zincir, kablo gibi) bağlantılarla tutturulmuş eleman veya donanımlarda, yukarıda belirtilen eşdeğer deprem yükleri yerine, eleman veya donanım ağırlığının 1.4 katına eşit olan bir yük yatay ve düşey doğrultularda birlikte uygulanarak hesap yapılacaktır.

Eşdeğer deprem yükü, birbirine dik iki yatay deprem doğrultusunda ayrı ayrı olmak üzere, eleman veya donanımın sabit yükü, elemanın taşıdığı servis yükleri ve $(0.3 m_e \cdot I \cdot S_{DS} \cdot g)$ büyüklüğünde düşey eşdeğer deprem yükü ile birlikte uygulanacaktır.

Tablo 4. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne göre Mekanik ve Elektrik Tesisatlar için Büyütme Katsayıları ve Davranış Katsayıları [3].

Mekanik veya Elektrik Donanım	B_e	R_e
Havalandırma, ısıtma, soğutma sistemleri gibi sacdan yapılmış mekanik sistemler.	2.5	6.0
Su ısıtıcıları, su soğutucuları, ısı değiştirme sistemleri gibi esnek malzemelerden yapılmış mekanik sistemler.	1.0	2.5
Motorlar, türbinler, pompalar, kompresörler, vb. elemanlar	1.0	2.5
Asansörler ve yürüyen merdiven aksamları	1.0	2.5
Jeneratörler, transformatörler, ve benzeri elektrik donanımları	1.0	2.5
İnce sacdan yapılmış kontrol panelleri, enstrüman kabineleri, bağlantı ve değiştirme kutuları, ve benzeri donanımlar	2.5	6.0
Haberleşme ekipmanları, bilgisayarlar, cihazlar ve kontrol sistemleri	1.0	2.5
Ağırlık merkezinin altından yatay olarak desteklenen çatıya inşa edilmiş bacalar, kuleler, soğutma ve elektrik sistemleri	2.5	3.0
Ağırlık merkezinin üstünden yatay olarak desteklenen çatıya inşa edilmiş bacalar, kuleler, soğutma ve elektrik sistemleri	1.0	2.5
Aydınlatma sistemleri	1.0	1.5
Diğer mekanik ve elektrik sistemler	1.0	1.5
Titreşim yalıtımı uygulanmış donanımlar	2.5	2.5
İçinden yalıtılmış donanımlar.	2.5	2.0
Titreşim yalıtımlı askı sistemleri tarafından taşınan veya içinden yalıtılmış asılı donanımlar.	2.5	2.5
Şekildeğiştirme kapasitesi düşük malzemelerden (örn. dökme demir, cam, rijit plastik gibi) yapılmış boru ve tüp sistemleri	2.5	3.0
Şekildeğiştirme kapasitesi yüksek malzemelerden yapılmış ve birbirine kaynak veya sert lehimle bağlanmış kanal dağıtım sistemleri	2.5	9.0
Şekildeğiştirme kapasitesi yüksek malzemelerden yapılmış ve birbirine kaynak veya sert lehim dışında maddelerle bağlanmış kanal dağıtım sistemleri	2.5	6.0
Şekildeğiştirme kapasitesi düşük malzemelerden (örn. dökme demir, cam, rijit plastik gibi) yapılmış kanal dağıtım sistemleri	2.5	3.0
Elektrik iletim boruları, su boruları, rijit olarak bağlanmış kablo tepsileri	1.0	2.5
Asılı kablo tepsileri	2.5	6.0

3.2. Elektrik ve Mekanik Tesisatın Bağlı Olduğu Kattaki En Büyük Toplam İvmenin Hesabı

Bir kattaki eleman veya donanımın döşemeye bağlandığı bölgeye etkiyen en büyük toplam ivmenin, A_{ie} hesabı için seçilen yapısal analiz yöntemine uygun olarak üç farklı yaklaşım bulunmaktadır.

a) Yapısal analiz yöntemi olarak TBDY Bölüm 4.7'de tariflenen doğrusal hesap yöntemi kullanılması durumunda, herhangi bir i'nci katın eleman veya donanımın bulunduğu konumda, ilgili doğrultuda hesaplanan mutlak ivme değeri A_{ie} Denklem 2'deki gibi hesaplanacaktır:

$$A_{ie} = (R/I) \left(\frac{2\pi}{T_p} \right)^2 u_i \quad (2)$$

Burada T_p , binanın gözönüne alınan deprem doğrultusunda hakim doğal titreşim periyodudur. R taşıyıcı sistem davranış katsayısıdır. u_i ise göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın i'nci katında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yatay yerdeğiştirmedir. Bu denklemde kullanılan taşıyıcı sistem davranış katsayısı Denklem 1'de kullanılan ve Tablo 4'te tanımlı eleman veya donanım için tanımlı davranış katsayısı ile karıştırılmamalıdır.

b) Yapısal analiz yöntemi olarak TBDY Bölüm 4.8.2'de tariflenen modal hesap yöntemlerinin kullanılması durumunda, herhangi bir i'nci katın eleman veya donanımın bulunduğu konumda, ilgili doğrultuda hesaplanan mutlak modal kat ivmesi A_{ien} 'lerin karelerinin toplamının kare kökü olarak alınacaktır. Dikkate alınan her bir yapı davranış modu (n) için o moda ait mutlak modal kat ivmesi, A_{ien} Denklem 3'teki gibi hesaplanacaktır.

$$A_{ien} = (R/I) \left(\frac{2\pi}{T_n} \right)^2 u_{in} \quad (3)$$

Burada T_n binanın n'inci doğal titreşim periyodunu, u_{ien} ise göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın i'nci katında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yatay modal yerdeğiştirmeyi göstermektedir.

c) Yapısal analiz yöntemi olarak TBDY Bölüm 4.8.3 veya 5.8'de tariflenen zaman tanım alanında deprem hesap yönteminin kullanılması durumunda, binanın i'nci katında eleman veya donanımın bulunduğu konumda, ilgili doğrultuda onbir yer hareketi takımı için hesaplanan mutlak maksimum ivmelerin ortalaması A_{ie} olarak tanımlanacaktır

Eleman veya donanımın ve/veya bağlantılarının kendi rijitlik ve kütlelerinin gözönüne alınması gerekli görülen özel durumlarda, eleman veya donanımın bulunduğu konumda zaman tanım alanında elde edilmiş bulunan ivme fonksiyonu kullanılarak kat spektrumu türetilir ve eleman veya donanımın T_e doğal titreşim periyoduna karşı gelen spektral ivmesi A_{ie} olarak hesaplanabilir. T_e doğal titreşim periyodu Denklem 4'te gösterildiği şekilde hesaplanacaktır.

$$T_e = 2\pi \sqrt{\frac{m_e}{k_e}} \quad (4)$$

Burada k_e eleman veya donanımın ve/veya bağlantısının etkin rijitlik katsayısıdır. Bu durumda Büyütme Katsayısı $B_e = 1$ alınacaktır

3. DEPREM YALITIMLI BİNALARIN MEKANİK VE ELEKTRİK TESİSATI İÇİN SİSMİK KORUMA GEREKSİNİMİ

Deprem yalıtımlı binaların mekanik ve elektrik tesisatı için sismik koruma hesabının nasıl yapılacağına veya gerek olup olmadığına dair yeterli kaynak bulunmamaktadır. Amerikan, Avrupa ve Türk yönetmeliklerinde bu konu ile ilgili bir bilgi bulunmamaktadır.

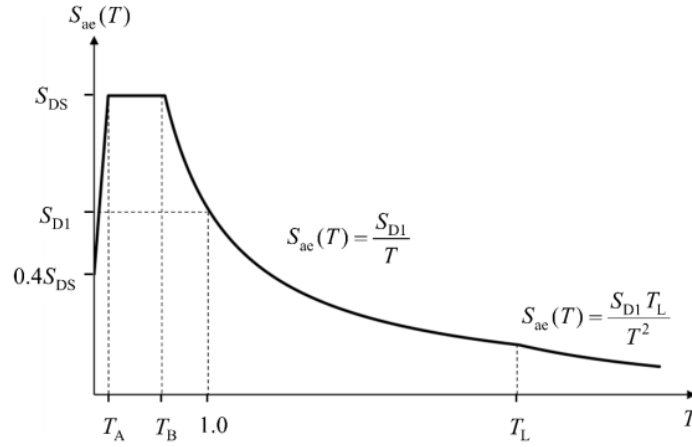
Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde DTS=4 sınıfı yapılarda sismik koruma hesabı yapılmasına gerek olmadığı belirtilmektedir. Bir binanın DTS=4 sınıfına girebilmesi için, bölgedeki sismik riskin çok düşük ($S_{DS} < 0.33$, Tablo 2.) ve binanın genel kullanımlı, görel olarak düşük öneme sahip (BKS=2,3, Tablo 3.) bir bina olması gerekir.

Bu tanımdan yola çıkarak bina kullanım sınıfı, BKS=1 olan deprem yalıtımlı binalarda sismik koruma hesabının yapılması gerektiği anlamı çıkartabiliriz.

BKS=2 veya BKS=3 sınıfına giren deprem yalıtımlı binalarda ise $S_{DS} < 0.33$ olması şartı aranabilir. Fakat bu durum deprem tehlikesinin çok düşük olduğu bölgelere denk geldiği için bu bölgelerde deprem yalıtımı bina inşa etmeye gerek görülmeyebilir.

Deprem ivme spektrumu tanımında, kısa periyot spektral ivmesi olan S_{DS} in %40'ı en büyük yer ivmesine (Peak Ground Acceleration, PGA) denk gelmektedir (Şekil 3). Buradan yola çıkarak, sismik koruma hesabı yapılmaması şartı olarak DD-2 deprem düzeyinde $S_{DS} < 0.33$ şartına benzer şekilde $PGA < 0.132g$ şartı da istenebilir.

Deprem yalıtımlı binalarda, sismik izolatörlerin (yalıtım düzlemi) üzerindeki döşemeyi, geleneksel yöntemlerle inşa edilmiş binalardaki temel seviyesi olarak kabul edebiliriz. Bu durumda BKS=2 ve BKS=3 sınıfına giren deprem yalıtımlı binalarda, DD-2 deprem düzeyi için gerçekleştirilecek zaman tanım alanında hesap sonucunda, sismik izolatörlerin üzerindeki döşemedeki ortalama kat ivmesi 0.132g den daha düşük ise sismik koruma hesabı yapılmasına gerek yoktur diyebiliriz.



Şekil 3. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Tasarım İvme Spektrumu [3]

Burada tariflenen kat ivmesinin belirlenmesinde yalıtım birimlerinin nominal özelliklerinin mi, yoksa üst sınır özelliklerinin mi kullanılacağı açık değildir. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Bölüm 14.3.10'da "Binadaki kat ivmelerinin belirlenmesinde ve donanım tahkiklerinde yalıtım sisteminin ilgili parametrelerinin nominal değerleri kullanılabilir" denilmektedir.

Bu bildirinin yazarı, yalıtım birimlerinin üst sınır özelliklerinin kullanılarak deprem yalıtımlı binalarda tesisatlar için sismik koruma hesabı gereksiniminin kontrolünün daha doğru olacağı düşüncesindedir.

SONUÇ

Bir binanın deprem yönetmeliğine uygun inşa edilmiş olması, o binanın depreme dayanıklı olduğu anlamına gelmemektedir. Günümüzde en modern deprem yönetmeliklerinde bile ana performans hedefi, binanın büyük ve nadir bir depremi yıkılmadan atlatması ve can güvenliğinin sağlanmasıdır.

İnşaat mühendisleri arasındaki genel yanlışlığı, bina yapısal tasarımının, artırılmış deprem kuvvetleri ile yapılması ve binanın rijitleştirilmesi ile binanın depremde hasar görmeyecek olduğudur. Bu şekilde rijitleştirilen binaların katlarında, daha yüksek deprem ivmeleri oluşmakta, bina taşıyıcı sistemi depremi hasarsız atlatsa bile muhteviyatı (duvarlar, asma tavanlar, cihazlar, elektrik ve mekanik tesisat vb.) büyük oranda hasar görmektedir. Böyle bir durumda yapısal olmayan elemanların onarımı ve binanın yeniden kullanıma açılması süre ve maliyet bakımından elverişli olmamaktadır.

Büyük ve nadir depremlerde, binalarda hem yapısal hem de yapısal olmayan hasarın önüne geçebilmenin en ekonomik ve güvenilir çözümü günümüzde deprem yalıtımı (sismik izolasyon) yöntemidir. Deprem yalıtımı ile binaya etkileyen deprem enerjisi sismik izolatörler aracılığıyla sönmülmekte, binanın hâkim titreşim periyodu uzatılarak, deprem esnasında binada oluşan kat ivmeleri çok büyük oranda azaltılmaktadır.

Mart 2018 tarihinde yayınlanan ve Ocak 2019'da resmi olarak yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde, farklı taşıyıcı sisteme sahip binaların deprem hesap esasları anlatılmaktadır. Bu yönetmeliğin 6. bölümünde yapısal olmayan mimari elemanlar ile elektrik ve mekanik tesisatın d sismik koruması için gerekli olan deprem yükü hesabı tariflenmektedir. Ayrıca 14. Bölümde de deprem yalıtımlı binalar için tasarım esasları verilmektedir.

Sağlık Bakanlığı'nın 2013 yılında yayınladığı genelge ile 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde, 100 yatak ve üzeri tüm devlet hastanelerinin deprem yalıtımlı olarak inşa edilmesi zorunlu kılınmıştır. Bu hastaneler her ne kadar deprem yalıtımlı olarak inşa edilmiş olsa da, hastane elektrik ve mekanik tesisatı için sismik koruma hesabı yapılması ve gerekmesi durumunda uygun sismik önlemlerin alınması zaruridir.

KAYNAKLAR

- [1] “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik”, Resmi Gazete No.: 26454, 2007
- [2] “Multi-hazard Loss Estimation Methodology Earthquake Model Hazus MH-MR4 Technical Manual”, Department of Homeland Security Emergency Preparedness and Response Directorate FEMA Mitigation Division, 2003.
- [3] “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği”, TC İçişleri Bakanlığı AFAD Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Resmi Gazete No.: 30364, 2018
- [4] “Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures”, ASCE/SEI 7-16, American Society of Civil Engineers, 2017.
- [5] “Türkiye Deprem Tehlike Haritası” TC İçişleri Bakanlığı AFAD Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Resmi Gazete No.: 30364, 2018
- [6] “Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması”, TC İçişleri Bakanlığı AFAD Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı

ÖZGEÇMİŞ

Bahadır ŞADAN

Bahadır Şadan, 2002 yılında Yıldız Teknik Üniversitesinden İnşaat Mühendisliği lisans, 2005 yılında Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü'nden Deprem Mühendisliği yüksek lisans ve 2009 yılında Milano Politeknik Üniversitesi'nden (Politecnico di Milano) Yapı Deprem Mühendisi doktora derecelerini almıştır.

2002-2013 yılları arasında yurtiçinde ve İtalya'da farklı yapı mühendisliği proje firmalarında çalıştıktan sonra 2013 yılında OBS Proje Mühendislik Müşavirlik Ltd.Şti.'yi kurmuştur.

Başlıca çalışma alanları, deprem yalıtımlı binaların tasarımı, deprem mühendisliği teknolojilerinin kullanımı, depreme dayanıklı yapı tasarımı, mevcut yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesi ve güçlendirilmesi ile tarihi yapılarıdır.

2003 yılından günümüze kadar Deprem İzolasyon Derneği yönetim kurulunda yer alıp, 2005-2007 yılları arasında Deprem İzolasyon Derneği yönetim kurulu başkanlığı yaparak, deprem izolasyon sistemlerinin Türkiye'de yaygınlaşması ve doğru olarak uygulanması amacıyla birçok seminer ve eğitimler düzenlemiştir.

Türkiye Deprem Mühendisliği Derneği ve Türkiye Deprem Vakfı Deprem Mühendisliği Komitesi üyesidir. 2018 yılında yayınlanan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nin “Deprem Etkisi Altında Yalıtımlı Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı İçin Özel Kurallar” bölümünün hazırlama komitesinde, konu ile ilgili tecrübesi ve yetkinliği ile aktif rol oynamıştır.

OBS Mühendislik'te sunduğu profesyonel mühendislik ve danışmanlık hizmetlerinin yanı sıra Uludağ Üniversitesi, MEF Üniversitesi ve İstanbul Kültür Üniversitesi'nde misafir öğretim görevlisi olarak “Deprem Yalıtımlı Binaların Tasarımı” ve “Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı” derslerini vermektedir.