



MAKÜ FEBED  
ISSN Online: 1309-2243  
<http://febed.mehmetakif.edu.tr>

*Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 3 (2): 16-20 (2012)*

**Araştırma Makalesi / Research Paper**

## **Güçlendirilmiş Betonarme Binaların Deprem Güvenliği**

Hamide Tekeli, Hakan Dilmaç, Mustafa Türkmen, Fuat Demir

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta

*Geliş Tarihi (Received): 22.10.2012, Kabul Tarihi (Accepted): 24.12.2012*

✉ *Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): hamidetekeli@gmail.com (H. Tekeli)*

☎ 0 246 211 1190 📠 0 246 237 08 59

### **ÖZET**

Beton dayanımının, depreme maruz binalarda meydana gelen hasar oluşumunda oldukça önemli bir parametre olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada güçlendirilmiş bir hastane binasının deprem güvenliğinin beton dayanımı açısından değerlendirilmesi hedeflenmektedir. Güçlendirilmiş olan bu binanın deprem güvenliği, piyasada yaygın olan bir hazır paket program kullanılarak incelenmiştir. Bu amaçla, model binanın güçlendirme perde beton dayanımı 20, 10, 5 ve 3 MPa olarak dikkate alınmış ve 2007 Deprem Yönetmeliği esasları çerçevesinde deprem güvenliği incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirilerek, binaların deprem güvenliğinin belirlenmesinde hazır program kullanılması durumunda ortaya çıkabilecek problemler ve yapılabilecek bazı hatalar vurgulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Beton dayanımı, Betonarme binalar, Güçlendirme

### **Seismic Safety of Retrofitting Reinforced Concrete Buildings**

#### **ABSTRACT**

Strength of concrete in the even of earthquake damage to the building is known to be very important. In this study, earthquake safety of retrofitting Isparta Hospital Building is examined in terms of strength of concrete. Earthquake safety of retrofitting the building was investigated using a computer program which are commonly used by engineers. For this purpose, the concrete strength of retrofitting elements was selected as 20, 10, 5, 3 MPa, and earthquake safety of the retrofitting building was examined according to 2007 Turkish Earthquake Code. While engineers use the programs, some mistakes can be done by them. In this study, it was emphasized the mistakes which could be done.

**Key Words:** Concrete strength, Reinforced concrete building, Retrofitting

#### **1. GİRİŞ**

Türkiye'deki mevcut yapıların büyük bir kısmı deprem riski altındadır. Son yıllarda meydana gelen depremler bu durumu açıkça göstermektedir. Depremlerde ortaya çıkan bina hasarları incelendiğinde; mevcut binaların deprem güvenliğinin değerlendirilerek gerekli önlemlerin alınması ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bu kapsamda, olası bir deprem felaketi sonrası ayakta kalması gereken hastane ve okul türü binaların öncelikli olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. 2007 Deprem

Yönetmeliği, deprem bölgelerinde bulunan mevcut ve güçlendirilmiş tüm bina ve bina türü yapıların deprem güvenliğinin değerlendirilmesinin 7. bölümde verilen hesap kuralları çerçevesinde belirlenmesini zorunlu kılmaktadır.

Binaların deprem güvenliğini etkileyen çok sayıda parametre bulunmaktadır. En önemli parametrelerden biri de beton kalitesidir (Atımtay, 2000). Beton kalitesinin düşük olmasının önemli bir hasar nedeni olduğu bilinen bir gerçektir. Bu nedenle beton kalitesi ile binalarda

meydana gelen hasarlar doğrudan ilişkilendirilebilir (Celep, 2000). Hazır beton kullanımı beton kalitesinin yükseltilmesi açısından son derece önemlidir. Ancak, mevcut binalarda, beton dayanımının proje dayanımından çok daha düşük olduğu da bilinmektedir.

Bu çalışmada güçlendirilmiş binaların deprem güvenliğinin beton dayanımı açısından değerlendirilmesi hedeflenmektedir. Bu kapsamda, güçlendirme perdelerinin beton dayanımının proje dayanımından düşük olması durumunda, güçlendirilmiş binanın deprem güvenliği incelenecektir. Bunun yanısıra, yapıların deprem güvenliğinin değerlendirilmesi aşamasında karşılaşılabilecek hatalar ve dikkat edilmesi gereken hususlar vurgulanacaktır.

## 2. MATERYAL ve YÖNTEM

Ülkemiz topraklarının büyük bir bölümü deprem bölgesinde yer almaktadır. Bu nedenle, bölge ve nüfus olarak ülkemizin büyük bir bölümünün farklı boyutlarda deprem tehlikesi ile karşıya olduğunu söylemek mümkündür. 1992 Erzincan, 1995 Dinar, 1998 Adana-Ceyhan, 1999 İzmit-Adapazarı-Gölcük-Yalova, 1999 Düzce ve 2011 Van'da meydana gelen depremlerde, ortaya çıkan can ve mal kayıpları, tehlikenin büyüklüğünü ortaya koymuştur. Bu depremlerde ortaya çıkan kayıpların, ülkemizde, gelişmiş ülkelere göre çok daha büyük boyutlarda olması, mevcut binaların deprem güvenliklerinin acilen belirlenmesini gündeme getirmektedir. Bu gereksinim "1997 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" in (1997 ABYYHY) yeniden düzenlenmesine ve mevcut binaların değerlendirilmesi ile ilgili bir bölümün yönetmeliğe ilave edilmesine neden olmuştur. Yenilenen bu yönetmelik "2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik" (2007 DBYBHY) ismiyle 06 Mart 2006 tarihinde resmi gazetede yayınlanmış, bundan bir yıl sonra da yürürlüğe girmiştir. Bu iki yönetmelik kıyaslandığında yeni yapılacak binalar için belirtilen kriterlerin hemen hemen aynı olduğu, aralarındaki en büyük farkın ise, "mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi" ile ilgili bölümün yönetmeliğe ilave edilmesi olduğu söylenebilir.

Yönetmeliğe ilave edilen bu bölümde, mevcut ve güçlendirilmiş binaların deprem performanslarının belirlenmesinde kullanılacak yöntemler açıklanmaktadır. Günümüzde, bu yöntemlerin uygulanması ancak bilgisayar programları ile yapılabilmektedir. Bu yüzden, Türkiye'de kullanılan

birçok hazır paket programda yönetmelik ile uyumlu hale getirilmiştir. Yönetmelik çerçevesinde mevcut binaların deprem performanslarının incelenmesi, bu programlar aracılığı ile kolay bir şekilde yapılabilmektedir.

Binaların deprem performansı yeni bir kavramdır. Deprem performansı, "belirli bir deprem etkisi altında bir binada oluşabilecek hasarların düzeyi ve dağılımına bağlı olarak belirlenen yapı güvenliği durumu" olarak tanımlanabilir (Sucuoğlu, 2007). Binaların deprem performansının değerlendirilmesinde öncelikle kullanım amacına uygun olarak hedef performans seviyesi belirlenir. Yönetmelikteki hedef performans düzeyleri, Hemen Kullanım (HK), Can Güvenliği (CG), Göçmenin Önlenmesi (GÖ) ve Göçme Durumu (GD) olarak tanımlanmıştır. Bina performans seviyesi ile hedef performans seviyesi karşılaştırılarak binanın deprem güvenliği belirlenir (Aydınoglu vd., 2009).

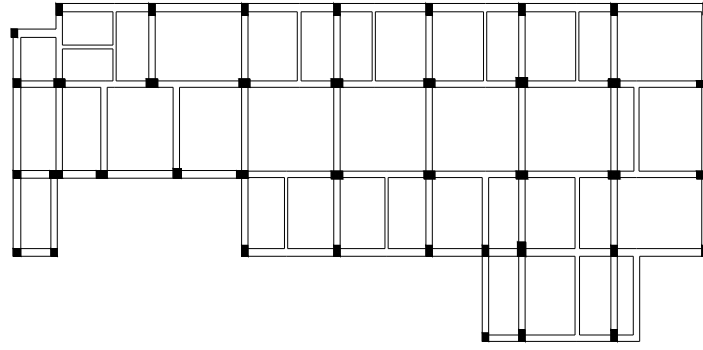
Yapı güvenliğinin değerlendirilmesi için 2007 Deprem Yönetmeliği, doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan yöntemlerin kullanımını önerir. Doğrusal elastik yöntem kuvvet esaslı iken, doğrusal elastik olmayan yöntem şekil değiştirme esaslıdır. Çalışma kapsamında her iki yöntem için de çözümler yapılmıştır.

## 3. BULGULAR

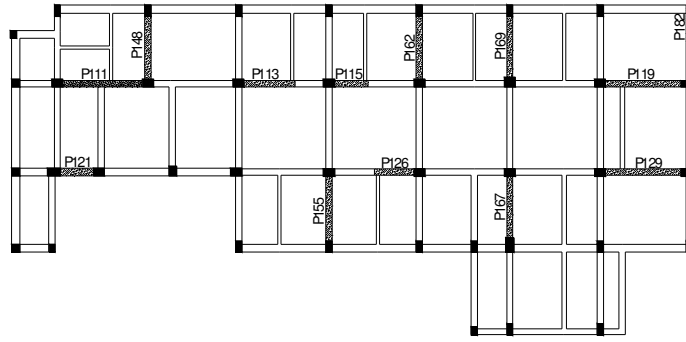
Fonksiyonları ve deprem sonrası muhtemel kullanımları gözönüne alındığında kamu binalarının (hastane, okul, vb.) deprem performanslarının öncelikli olarak belirlenmesi ve gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir (Celep, 2008). Ancak, performans kavramının yeni bir kavram olması nedeniyle değerlendirme sırasında bazı hatalar yapılabilmektedir. Bu çalışmada, binaların deprem güvenliklerinin değerlendirilmesinde ortaya çıkabilecek problemleri incelemek amacıyla, Isparta il sınırlarında bulunan Şarkikaraağaç Kızıldağ Göğüs Hastalıkları Hastanesi model olarak seçilmiştir. Hastane binası, A, B, C, D ve E olmak üzere toplam 5 bloktan oluşmaktadır. Hastane binasının deprem güvenliğinin belirlenmesi amacıyla yapılan incelemeler neticesinde B bloğa ait binanın güçlendirilmesine karar verilmiştir. Taşıyıcı sistemi betonarme çerçevelerden oluşan B bloğu, zemin + 1. kat + 2. kat olmak üzere 3 katlıdır. Binanın güçlendirme işlemi taşıyıcı sisteme yeni deprem perdeleri ilave edilerek yapılmıştır. Hastane binasının B bloğuna ait dış cephe görünüşleri ve yerleşimi Şekil 1'de, mevcut ve güçlendirme projelerine ait kat planları ise Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Isparta Şarkikaraağaç Devlet Hastanesi B Blok Dış Cephe Görünüşleri ve Yerleşimi



(a) Mevcut bina



(b) Güçlendirilmiş bina

Şekil 2. Isparta Şarkikaraağaç Kızıldağ Göğüs Hastalıkları Hastanesi B Bloğuna Ait Kalıp Planları

Güçlendirme işlemi sırasında sisteme ilave edilen yeni perde duvarların betonu, ulaşım problemlerinden dolayı şantiye şartlarında hazırlanmıştır. Yerinde yapılan incelemelerde, güçlendirme perdelerinin beton dayanımının proje de öngörülen beton dayanımından düşük olduğu tespit edilmiştir. Güçlendirilmiş olan bu binanın deprem güvenliği, piyasada yaygın olan bir hazır paket program kullanılarak incelenmiştir. Buradaki amaç, binaların deprem güvenliğinin belirlenmesinde hazır program kullanılması durumunda ortaya çıkabilecek problemleri irdelemektir.

Bu amaçla güçlendirme perdelerinin beton dayanımı 20, 10, 5 ve 3 MPa olarak dikkate alınmıştır. Bina deprem güvenliği hazır paket program yardımıyla, hem doğrusal elastik hem de doğrusal elastik olmayan yöntemler kullanılarak belirlenmiştir. Bu hesaplamalar sonucunda güçlendirme perdelerinin beton dayanımının 3 MPa alınması durumunda bile hem doğrusal elastik hemde doğrusal elastik olmayan yöntemlerle yapılan değerlendirmede öngörülen performans seviyesinin sağlandığı görülmüştür. Beton dayanımının 3 MPa olması durumunda betonarme davranışından söz etmek mümkün değil iken 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem için HK, %2 olan deprem için ise CG performans seviyesinin sağlanması son derece dikkat çekicidir. Her ne kadar bina, hedef performans

seviyesini sağlasa dahi bu binanın güvenli olduğunu söylemek son derece yanıltıcı olabilir.

Mevcut binaların değerlendirilmesi ile ilgili Yeni Deprem Yönetmeliği ve paket programlarda kullanılan esaslar genellikle Amerika ve Avrupa'da verilen esasların Türkiye şartlarına göre düzenlenmesinden ibarettir. Burada en önemli husus; bu ülkelerdeki yapıların en düşük beton dayanımı ile Türkiye'deki yapıların en düşük beton dayanımının büyük farklılıklar göstermesidir. Bu durum özellikle az katlı yapılarda göze çarpıcı bazı gerçekleri ortaya çıkarmaktadır. Az katlı yapılarda düşey taşıyıcı elemanların aksenal yük düzeyi düşük olduğu için bu elemanlarda eğilme davranışı hakim olmaktadır.

Elemanların eğilme momenti kapasitesi Denklem (1) kullanılarak hesaplanabilmektedir. Denklem (1)' den de görüldüğü gibi beton dayanımı, eğilme davranışı hakim kesitlerde çok etkili bir parametre değildir. Bu durum beton dayanımının önemsiz olduğu gibi bazı yanlış düşünceleri de beraberinde getirebilmektedir.

$$M_r = A_s \times f_{yd} \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \quad (1)$$

Elde edilen sonuçlardan, perdeye ait eğilme kapasitesinin beton dayanımının azalması ile çok fazla değişmediği görülmüştür. Bu amaçla, farklı beton dayanımları için perde elemanlara ait moment kapasite değerleri hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1. Farklı beton sınıfı için x ve y yönü perdelerinin moment kapasiteleri

PERDE NO	$M_R$ (TM)			
	C20	C10	C5	C3
P111	1836	1792	1732	1681
P113	931	910	883	859
P115	584	574	562	552
P119	1705	1659	1598	1548
P121	886	874	859	847
P126	447	433	416	401
P129	1748	1703	1642	1593
P148	1231	1199	1155	1233
P155	1394	1357	1308	1158
P162	1238	1203	1157	1231
P167	1429	1390	1341	1566
P169	1277	1239	1191	1407

Farklı beton dayanımları için X ve Y yönü perdelerinin taşıdığı kesme kuvveti için, taban kesme kuvvetinin yüzdesi olarak hesaplanan değerleri Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2. X ve Y yönü perdelerinin taşıdığı kesme kuvveti (%)

Yön	C20	C10	C5	C3
X Yönü Perdeleri	91	90	89	88
Y Yönü Perdeleri	88	87	85	84

Sonuçlar incelendiğinde, beton basınç dayanımının 3 MPa olması durumunda bile sisteme ilave edilen güçlendirme perde elemanlarının %80'in üzerinde kesme kuvvetini taşıdığı gözlenmektedir. Elde edilen bu sonuç, mühendisler için önemli bir yanılığa neden olabilir. Çünkü, 3 MPa beton dayanımına sahip taşıyıcı sistem elemanlarında betonarme davranışından söz etmek mümkün değildir.

Genel olarak perdelerin üzerine alacağı kesme kuvveti, sistemdeki taşıyıcı elemanların eğilme rijitlikleri (EI) ile orantılı olarak dağıtılır. Farklı beton dayanımı için güçlendirme perde elemanının taşıyacağı kesme kuvveti, perde kesit boyutları sabit olduğundan Elastisite Modülü oranına göre değişmektedir. TS 500, elastisite modülü için

$$E = 3250\sqrt{f_c} + 14000 \quad (2)$$

bağıntısını önermektedir. Beton dayanımının 20 MPa'dan 3 MPa değerine düşmesi durumunda beton dayanımı yaklaşık 7 kat azalırken elastisite modülü yaklaşık 1,5 kat azalmaktadır. Beton dayanımının 3 MPa olması durumunda bile güçlendirme perdeleri deprem yükünün büyük bir çoğunluğunu taşımaktadır. Hatta beton dayanımı sıfır olsa dahi elastisite modülü 14000 MPa olacağı için güçlendirme perdeleri eğilme rijitliği

(EI) oranında yük almaya devam edeceği gibi son derece yanılıcı bir sonuç elde edilir.

#### 4. SONUÇLAR

Binanın yatay yük taşıma kapasitesini, taşıyıcı elemanların kapasiteleri belirlemektedir. Dolayısıyla taşıyıcı elemanların kapasitesi yapının kapasitesini doğrudan etkilemektedir. Günümüzde, mevcut betonarme binaların deprem performanslarının belirlenmesinde doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan yöntemler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemleri kullanarak elle hesap yapmak oldukça zordur. Bu nedenle piyasada kullanılan hazır paket programlar bu yöntemlerle uyumlu hale getirilmiştir.

Binaların deprem güvenliğinin sağlanmasındaki önemli etkenlerden biri beton basınç dayanımıdır. Eksenel yük düzeyi düşük olan düşey taşıyıcı elemanlarda eğilme davranışı hakim olmaktadır. Bu elemanların moment taşıma kapasitesinde beton dayanımının etkisi oldukça düşüktür. Bu durum beton dayanımının önemsiz olduğu gibi oldukça yanlış anlaşılmalara neden olabilmektedir.

Çalışma kapsamında incelenen Hastane binasının güçlendirme elemanlarının betonu hazır beton temin edilememesi nedeniyle şantiye şartlarında hazırlanarak dökülmüştür. Bunun sonucu projede istenen beton dayanımı sağlanamamıştır. Bu çalışmada beton basınç dayanımı değişiminin bina performansını üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bilgisayar programından elde edilen sonuçlara göre güçlendirme perde elemanlarının 3MPa beton dayanımına sahip olması durumunda bile yapıda istenen performans seviyesinin sağlandığı gözlenmiştir. Deprem yükünün büyük çoğunluğunu üzerine alan perde duvarların beton dayanımı 3 MPa olan bir yapıda betonarme davranışından bile söz edilemezken, deprem sonrasında kullanılmasını gerektiren hastane binasının "Hemen Kullanım" performans seviyesini sağladığını iddia etmek oldukça yanlış olacaktır. Bu durum tecrübesi olmayan mühendislerin program sonucuna bağlı olarak yanılmasına neden olabilecektir.

Yapının deprem performansının değerlendirilmesinde yönetmeliğin öngördüğü yöntemlerin kullanımının belli beton dayanımları için sınırlandırılması gerekebilir. Ya da beton dayanımına bağlı olarak belli bir azaltma katsayısının kapasite denklemlerine uygulanması zorunlu olabilir.

#### 5. KAYNAKLAR

- Atımtay, E., (2000). Afet bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (Betonarme Yapılar). Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 2 Cilt, Ankara.
- Aydinoğlu, N., Celep, Z., Özer, E., Sucuoğlu, H., (2009). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik Açıklamalar ve Örnekler Kitabı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Celep, Z., Kumbasar, N., (2000). Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı. İstanbul Teknik Üniversitesi, 596 s. İstanbul.

Celep, Z., (2008). Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme, Beta Dağıtım, İstanbul.  
DBYBHY, (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.

Sucuoğlu H., (2007). Deprem Yönetmeliği Performans Esaslı Hesap Yöntemlerinin Karşılıklı Değerlendirmesi, Türkiye Mühendislik Haberleri, 445, 25-36.

---