

## Mevcut Betonarme Binaların Deprem Güvenliğinin İncelenmesi ve Güçlendirilmesi Çalışmaları için Afyonkarahisar'dan Bir Hastane Örneği

Ali Ergün<sup>1</sup>, Gökhan Kürklü<sup>2</sup>, Veli Başaran<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Afyonkarahisar.

<sup>2</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.

e-posta: aergun@aku.edu.tr, kurklu@aku.edu.tr, vbasaran@aku.edu.tr

Geliş Tarihi: 07 Kasım 2012; Kabul Tarihi: 17 Aralık 2012

### Özet

Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı (UDSEP 2023) kapsamında deprem güvenli yerleşme ve yapılaşma bölümü içerisinde başta okullar ve hastaneler olmak üzere, mevcut binaların deprem risk gruplaması yapılarak depreme dayanıklı hale getirme çalışmaları yer almaktadır. Eylem planı çerçevesinde, insanların yoğun olarak yaşadığı yapı önem katsayısı yüksek olan hastaneler, okullar gibi yapıların mevcut durumları itibariyle performanslarının belirlenmesi ve yetersizlik durumunda ise güçlendirilmesi öncelikler arasındadır. Ülkemizde, mevcut binaların deprem güvenliğinin değerlendirilmesinde Deprem Yönetmeliği (DBYBHY 07)'nin 7. bölümünde geçen esaslar dikkate alınarak performans seviyeleri belirlenebilmektedir. Bu çalışmada, 1991 yılında projelendirilip inşa edilen daha öncesi Araştırma Hastanesi olarak kullanılan Afyon Kocatepe Üniversitesi'ne ait binanın, Dişçilik Fakültesi Eğitim ve Tedavi binası olarak yeniden kullanımı için yapılacak düzenlemelerden önce binanın mevcut durumunun deprem performansının değerlendirilme analizinde kullanılan işlem aşamaları ve güçlendirme için geliştirilen uygulama detayları verilmiştir. Çalışmanın amacı ise Afyonkarahisar'daki bir hastane binasının deprem güvenliğinin incelenmesi ve güçlendirme çalışmaları örneğinin, mevcut binaların Deprem Yönetmeliği (DBYBHY 07) esaslarına göre doğru biçimde değerlendirilmesinde ve güçlendirme detaylarının uygun biçimde seçilmesinde mühendislere yol gösterici olmasıdır.

### Anahtar kelimeler

Mevcut betonarme binalar;  
Değerlendirme;  
Deprem Yönetmeliği;  
Afyonkarahisar;  
Hastane binası

## A Hospital Case Study in Afyonkarahisar for Evaluating Seismic Safety and Strengthening Work on Existing Reinforced Concrete Buildings

### Abstract

The building inventory in Turkey led by schools and hospitals to be extracted and all existing buildings to be grouped on the basis of their damageability and risk as outlined in the National Earthquake Strategy and Action Plan (UDSEP 2023). In accordance with action plan, the determination of seismic performances and retrofitting of the buildings as deemed necessary with precedence placed on schools and hospitals are among the priorities. In our country, seismic safety of existing buildings is evaluated and performance levels are determined conforming to the Chapter 7 of Turkish Earthquake Code (DBYBHY 07). In this study, the seismic safety evaluation procedures and applied strengthening methods for one of the existing buildings at Afyon Kocatepe University constructed in 1991 which was used as a training and research hospital were elaborated before the new arrangements for re-use of the building as Faculty of Dentistry Education and Treatment Building. The purpose of this study is to guide Engineers for the seismic safety evaluation and the selection of proper strengthening details of existing buildings according to Turkish Earthquake Code (DBYBHY 07).

### Key words

Existing reinforced concrete buildings;  
evaluation; Turkish Earthquake Code  
Afyonkarahisar;  
Hospital building

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

### 1. Giriş

Yıkıcı depremlerin yoğunlukla yaşandığı ülkemizde topraklarımızın %66'sı, nüfusumuzun %71'i 1. ve 2.

derece deprem bölgelerinde bulunmaktadır. Afyonkarahisar'da bu bölgelerde yer alan illerden birisidir. Ülkemizde deprem odaklı tartışmaların merkezinde İstanbul ili bulunmaktadır. Bunun

sebebi sahip olduğu nüfus, ekonomik hacim ve kültürel mirastan kaynaklı olarak Türkiye'nin en önemli kenti olmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum İstanbul'u ön plana çıkarmakla birlikte, illeri nüfus ve ekonomik şartlarına göre sıralayıp bu önem sırasına göre öncelikle bu illerde gereken güçlendirme çalışmalarının yapılması anlamına gelmemektedir. Deprem güvenli yerleşme ve yapılaşma çalışmaları, deprem olgusunun ciddiye alınması için kullanılan istatistiki bilgilere göre değil yerleşim biriminin deprenselliğine göre yurt genelinde gerçekleştirilmelidir. Bunun yanında öyle yapılar vardır ki yıkılmaları deprem anında ve sonrasında afetin boyutunu kat ve kat arttırabilmektedir. Bu durum da yapıların önem katsayılarını belirler. Yapı önem katsayısı yüksek olan, olası şiddetli bir depremin hemen ardından kullanılması gerekli binalardan olan hastaneler öncelikle ele alınması gereken yapılardandır. Bu nedenle hastane binaları projelendirilirken ve güçlendirilirken emniyet faktörü sıradan yapılara göre daha üst düzeyde tutulmalıdır.

Ülkemizin nüfus ve sanayi bakımından büyük bir bölümünü içine alan Marmara bölgesinde 1999 da meydana gelen deprem sonrası mevcut yapı stokunun deprem güvenliği bakımından değerlendirilmesi ve değerlendirme sonrası gerekirse yapıların güçlendirilerek olası deprem riski açısından can ve mal kaybını en aza indirilmesi konusunda ciddi çalışmalar başlamıştır (Ergün ve Kürklü, 2007). Ülkemizdeki son depremlerin doğurduğu felaket sonrası manzaralar ve yeni yönetmelik uygulaması, yeni binaların tasarımında ve yapımında etkili olurken, 1998 öncesi mevcut binaların durumunu da sorun olarak ortaya çıkartmıştır. Bundan dolayı mevcut yapıların deprem davranışlarının ve deprem güvenliklerinin belirlenerek, gerekli görüldüğünde güvenliğin yetersiz olduğu binalarda güçlendirme ve iyileştirme yapılarak olası bir deprem felaketinde can kaybının en aza indirilmesi gerekli olmuştur. 2007 öncesi, mevcut binaların deprem güvenliğinin belirlenmesinde kullanılabilecek ulusal bir standart ve yönetmelik esaslarının olmaması, yapılan değerlendirmelerin ve güçlendirmelerin güvenliği

noktasında endişe ve sorunları paralelinde getirmekteydi. Bu olumsuzlukların ortadan kaldırılması ve standart uygulamaların yapılması için 2007 de "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (1998)" revize edilmiştir (DBYBHY, 2007). Yürürlüğe giren yeni yönetmelikte yer alan 7. bölüm (mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi) binaların deprem güvenliğinin değerlendirmesi ve önerilecek güçlendirme çalışmaları için standart kriterler içermektedir (Ergün ve Kürklü, 2009).

Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı (UDSEP 2023) kapsamında deprem güvenli yerleşme ve yapılaşma bölümü içerisinde başta okullar ve hastaneler olmak üzere, mevcut binaların deprem risk gruplaması yapılarak depreme dayanıklı hale getirme çalışmaları yer almaktadır (R.G. 18.08.2011/28029). Eylem planı çerçevesinde, insanların yoğun olarak yaşadığı yapı önem katsayısı yüksek olan hastaneler, okullar gibi yapıların mevcut durumları itibariyle performanslarının belirlenmesi ve yetersizlik durumunda ise güçlendirilmesi öncelikler arasındadır. 04.08.2012 tarihinde yürürlüğe giren "Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkındaki Kanunun Uygulama Yönetmeliği" mevcut yapıların deprem güvenliğinin incelenmesinde DBYBHY 07'nin 7. bölümünde geçen kriter esaslarının uygulanmasını istemektedir (R.G. 04.08.2012/28374).

Bu çalışmada, 1991 yılında projelendirilip inşa edilen daha öncesi Araştırma Hastanesi olarak kullanılan Afyon Kocatepe Üniversitesi'ne ait binanın, Dişçilik Fakültesi Eğitim ve Tedavi binası olarak yeniden kullanımı için yapılacak düzenlemelerden önce binanın mevcut durumunun DBYBHY 07 doğrusal elastik hesap yöntem esaslarına göre değerlendirilmesi yapılmış, elemanlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranlarına bağlı performans düzeyleri belirlenerek, ilgili binanın güvenlik seviyesi bulunmuştur. Binanın 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem yükleri altında "Hemen Kullanım (HK)" ve 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem yükleri

altında, "Can Güvenliği (CG)" performans hedefini sağlayamadığından betonarme perde ilavesiyle güçlendirme çalışmaları yapılarak istenen performans düzeyine ulaşılmıştır. Bu arada, DBYBHY 07'ye göre hesaplarda kullanılacak malzeme dayanımı, donatı tespiti gibi bilgilerin toplanmasındaki ölçütler ve değerlendirmeler ile güçlendirme için geliştirilen uygulama detayları ayrıntılı biçimde ortaya konulmuştur.

Afyonkarahisar'daki bir hastane binasının deprem güvenliğinin incelenmesi ve güçlendirme çalışmaları örneğinin ayrıntılı olarak verilmesindeki temel amaç, mevcut binaların Deprem Yönetmeliği (DBYBHY 07) esaslarına göre doğru ve güvenilir biçimde değerlendirilmesinde ve güçlendirme detaylarının uygun biçimde seçilmesinde tasarımcı ve uygulayıcı mühendisler için yol gösterici olmasıdır.

## **2. Materyal ve Metot**

### **2.1. Depremde bina performansının doğrusal elastik hesap yöntemleri ile belirlenmesi**

DBYBHY 2007 tanımlanan binaların deprem performanslarının belirlenmesi için kullanılacak doğrusal elastik hesap yöntemlerinden biri "eşdeğer deprem yükü" yöntemidir. Bu yöntemde, taban kesme kuvveti hesaplamasında  $R_a=1$  alınır, bodrum hariç iki kattan fazla betonarme yapılar için, hesaplanan bu kuvvet  $\lambda=0.85$  sayısı ile çarpılır. Betonarme elemanlar, kırılma türü eğilme ise "sünek", kesme ise "gevrek" olarak sınıflandırılır. Doğrusal elastik hesap yöntemleri ile değerlendirmede sünek elemanların kesitlerinin etki/kapasite oranları ( $r$ ) kullanılır. Kırılma türü eğilme olan sünek kiriş, kolon ve perde kesitlerinin eğilme etki/kapasite oranı, sadece deprem etkisi altında hesaplanan eğilme momentinin (ME), eğilme momenti (MK) ile düşey yüklerle oluşan eğilme momentinin (MD) farkıyla bulunan kesit artık moment (MA) kapasitesine bölünmesi ile elde edilir. Kırılma türü kesme olan gevrek kiriş, kolon ve perdelerin etki/kapasite oranları, kritik kesitlerde hesaptan elde edilen kesme kuvvetinin ( $V_e$ ), TS-500'e göre hesaplanan kesme kuvveti dayanımına

( $V_r$ ) bölünmesi ile elde edilir. Kırılma türü basınç olan gevrek kolonların etki/kapasite oranları, hesaptan elde edilen basınç kuvvetinin (NE) TS-500'e göre hesaplanan basınç dayanımına (NK) bölünmesi ile elde edilir (Kayhan ve ark., 2006)

Kapasite hesaplanmasında, bilgi düzeyine göre belirlenen mevcut malzeme dayanımı değerleri kullanılır. Yapı elemanlarının performansı için kesit hasar bölgeleri tanımlanır. Kesitin hasar durumunun belirlenmesi için, analiz neticesinde elde edilen elemanların kesitlerinin etki/kapasite oranları ( $r$ ), yönetmelikte tanımlanan hasar sınırları ile karşılaştırılır. Kesit hasar sınırlarını belirlemek için üç sınır durum tanımlanmıştır. Bunlar minimum hasar sınırı (MN), güvenlik sınırı (GV) ve göçme sınırı (GÇ)'dir. Bu sınırlar ancak sünek elemanlar için geçerlidir. Gevrek elemanlar için minimum güvenlik sınırının aşılmasına bile izin verilmez. Mevcut veya güçlendirilecek binaların farklı deprem etkileri altında hedeflenen performans düzeyleri DBYBHY 07'deki tablo 7.7'de verilmiştir. Deprem hesabında bina önem katsayısı uygulanmayarak ( $I=1$ ), yapının kullanım amacıyla ilişkili farklı deprem aşılma olasılığına bağlı ivme spektrumları kullanılacaktır. Ancak, hesaplarda ek dışmerkezlik uygulanmaz. Binanın performans seviyesi için maksimum görelî kat ötelenmesinin de belirlenerek tanımlanan performans seviyeleri ile karşılaştırılması gerekir (Ergün ve Kürklü, 2007).

### **2.2. İncelenen binanın mevcut durumu**

1991 yılında projelendirilip inşa edilen daha öncesi Araştırma Hastanesi olarak kullanılan Milli Emlak Müdürlüğü tarafından tahsisli Afyon Kocatepe Üniversitesi'ne ait binanın Dişçilik Fakültesi Eğitim ve Tedavi binası olarak yeniden kullanımı için planlanmıştır. Şekil 1'de iyileştirme öncesi ve sonrası görünüşleri verilen bina, bodrum + zemin + 3 normal katlı A, B ve C bloklarından oluşan betonarme karkas yapıdır. Bloklar birbirinden derzlerle ayrılmıştır. A blok 15.2 x 23.90 mxm, B blok 13.55 x 29.95 mxm ve C blok 13.88 x 26.26 mxm ölçülerine sahip olmakla birlikte bina toplam oturma alanı 1100 m<sup>2</sup> dir. Binaya ait mimari

projeye göre, mevcut betonarme karkas taşıyıcı sistem elemanlarının yer ve boyutlarının uygunluğu kontrol edilerek, detaylı röleve planları hazırlanmıştır. Bina, şekil 2'de kat kalıp planı verilen betonarme kolon ve kirişlerden oluşan çerçeve karkas taşıyıcı sisteme sahiptir. Bodrum katın çevresinde bodrum kat perdeleri mevcut olup

karkas sistem içerisinde betonarme perde duvar uygulanmamıştır. Kolon-kiriş çerçeve arası boşluklu tuğla dolgu duvar ile örülmüştür. Bodrum katta aydınlık sağlanması amacıyla, kolonlar arasına bant pencere uygulaması yapılmıştır. Bu durum tipik bir kısa kolon davranışına neden olabilecek taşıyıcı sistem hatasıdır (Ergün, 2005).

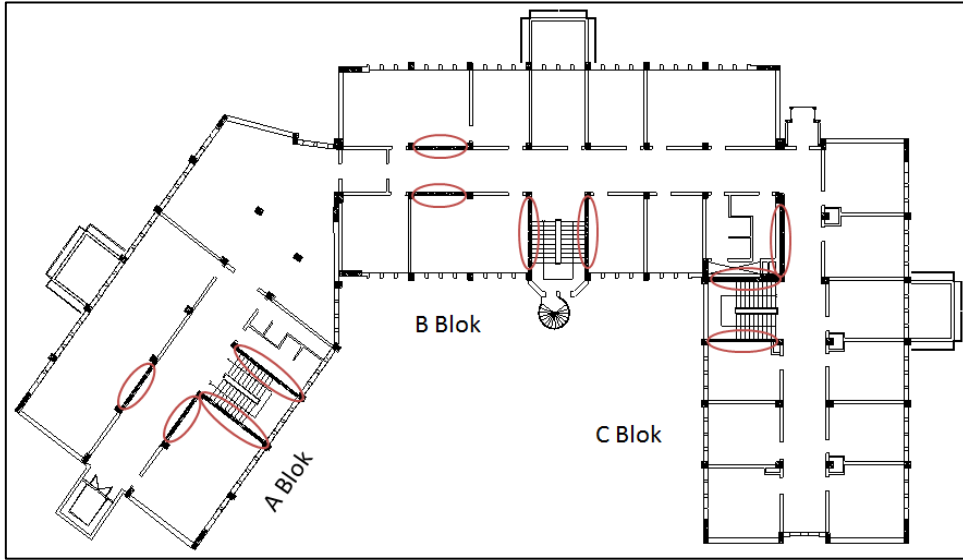


(a)



(b)

**Şekil 1.** AKÜ Dişçilik Fakültesi Eğitim ve Tedavi Binası B blok girişi yenileme ve güçlendirmeden önceki (a) ve sonraki (b) görünümü



**Şekil 2.** Dişçilik Fakültesi Eğitim ve Tedavi binası taşıyıcı sistem şematik planı



**Şekil 3.** Yapı yerinde malzeme dayanımının belirlenmesi çalışmaları

### 3. Bulgular

DBYBHY 07 madde 7.2.6'ya göre kapsamlı bilgi düzeyi dikkate alınarak incelenen binaya ait mevcut betonarme kolonlardan karot numuneleri alınarak basınç deneyine tabii tutulmuş ve ayrıca diğer kolonlar ve kirişler üzerinde beton tabancası (Schmidt çekiç) deneyleri yapılarak mevcut yerinde beton dayanımı belirlenmiştir. Uzman mühendisler nezaretinde her kattaki kolonlardan üç adet olmak üzere ve her bloktan toplam 15 adet karot numuneleri alınmıştır (şekil 3). Karot numunelerinin narınlığı  $\lambda=1$  olacak şekilde çapı ve yüksekliği 100 mm olarak hazırlanmıştır. Deneyler TS EN 13791 (2010)'e uygun olarak yapılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 1-3'de verilmiştir. Ayrıca, karotların değerlendirilmesinde Ergün ve Kürklü (2012)'nin yaptıkları çalışmadan da yararlanılmıştır.

**Tablo 1.** A Blok için mevcut betonarme elemanların karot sonuçları

Kat	Konum	Eleman No	Schmidt R	Kırılma Yüğü (kN)	$f_{is,küp}^*$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{is,silindir}^{**}$ (N/mm <sup>2</sup> )
B.	X1/Y1	ABK1	32.7	146.25	18.61	17.12
	2/C1	ABK2	32.4	133.00	16.93	15.57
	8/E	ABK3	30.1	116.2	14.79	13.61
Z.	8/G	AZK1	32.8	135.41	17.23	15.86
	1/BI	AZK2	35.0	167.41	21.31	19.60
	X1/Y1	AZK3	30.0	86.55	11.02	10.13
1.	8/B	A1K1	31.9	117.61	14.97	13.77
	8/G	A1K2	29.0	94.96	12.09	11.12
	1/BI	A1K3	24.8	70.70	9.00	8.28
2.	8/G	A2K2	27.6	78.46	9.99	9.19
	8/B	A2K3	35.0	141.07	17.95	16.52
	X1/Y1	A2K1	35.0	131.69	16.76	15.42
3.	8/G	A3K1	36.0	146.41	18.63	17.14
	8/B	A3K2	35.0	130.39	16.60	15.27
	6/E	A3K3	28.1	86.00	10.95	10.07
<b>Ortalama</b>						13.91
<b>Standart Sapma</b>						3.40

**Tablo 2.** B Blok için mevcut betonarme elemanların karot sonuçları

Kat	Konum	Eleman No	Schmidt R	Kırılma Yüğü (kN)	$f_{is,küp}^*$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{is,silindir}^{**}$ (N/mm <sup>2</sup> )
B.	1/E	BBK1	33.1	160.65	20.45	18.81
	1/B	BBK2	29.6	104.99	13.36	12.29
	4/D	BBK3	34.1	165.20	21.03	19.34
Z.	1/E	BZK1	32.3	153.53	19.54	17.98
	8/E	BZK2	30.3	113.57	14.45	13.30
	7/D	BZK3	32.2	131.20	16.70	15.36
1.	8/E	B1K1	29.3	109.36	13.92	12.81
	1/E	B1K2	26.3	69.89	8.90	8.18
	3/C	B1K3	270	87.40	11.12	10.23
2.	8/E	B2K1	31.4	136.22	17.34	15.95
	1/E	B2K2	28.9	88.65	11.28	10.38

3.	1/B	B2K3	29.7	114.70	14.60	13.43
	1/E	B3K1	31.7	129.10	16.43	15.12
	1/B	B3K2	32.0	142.69	18.16	16.71
	5/D	B3K3	28.5	105.50	13.43	12.35
<b>Ortalama</b>						14.15
<b>Standart Sapma</b>						3.28

**Tablo 3.** C Blok için mevcut betonarme elemanların karot sonuçları

Kat	Konum	Eleman No	Schmidt R	Kırılma Yüğü (kN)	$f_{is,küp}^*$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{is,silindir}^{**}$ (N/mm <sup>2</sup> )
B.	6/D	CBK3	28.4	88.33	11.24	10.34
	1/G	CBK2	34.0	144.96	18.45	16.97
	1/B	CBK3	28.9	95.6	12.17	11.19
Z.	1/G	CZK1	35.5	162.1	20.63	18.98
	1/B	CZK2	29.6	99.98	12.72	11.71
	10/G	CZK3	38.9	172.62	21.97	20.21
1.	1/G	C1K1	34.4	138.16	17.58	16.18
	1/B	C1K2	34.3	138.65	17.65	16.23
	4/D	C1K3	29.6	119.5	15.21	13.99
2.	10/G	C2K1	29.1	92.05	11.72	10.78
	1/G	C2K2	28.7	86.39	11.00	10.12
	1/B	C2K3	28.6	83.96	10.69	9.83
3.	10/G	C3K1	32.3	122.79	15.63	14.38
	1/G	C3K2	32.3	126.67	16.12	14.83
	1/B	C3K3	30.3	98.85	12.58	11.57
<b>Ortalama</b>						13.82
<b>Standart Sapma</b>						3.35

\*Uzunluğu ve anma çapı birbirine eşit ( $\lambda=1$ ) ve 100 mm olan karotların deneye tabii tutulmasıyla bulunan basınç dayanım değerleri, aynı şartlarda oluşturulan ve küre tabii tutulan 150 mm'lik küp numune dayanımına eşittir.

\*\*Eşdeğer yerinde  $\lambda=2$  silindir dayanım değeri için,  $\lambda=1$  olan karot basınç dayanım değerleri 0.92 ile çarpılır.

DBYBHY 07'e göre elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında, örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri mevcut beton dayanımı ( $f_{cd}$ ) olarak alınmıştır.

$$f_{cd} = 14.91 - 3.40 = \underline{10.51} \text{ N/mm}^2 \text{ (A Blok)}$$

$$f_{cd} = 14.15 - 3.28 = \underline{10.87} \text{ N/mm}^2 \text{ (B Blok)}$$

$$f_{cd} = 14.82 - 3.35 = \underline{10.47} \text{ N/mm}^2 \text{ (C Blok)}$$

İncelenen binaya ait betonarme projeleri mevcuttur. Mevcut projeler dikkate alınarak, bodrum, zemin, 1. 2. ve 3. normal katlarda gelişigüzel seçilen kolon ve kirişlerde sıva ve beton örtüsü kaldırılıp, sıyrılan elemanların içerisinde bulunan boyuna ve enine donatıların sayısı, aralığı ve çapları belirlenmiştir. Ayrıca, her katta kolonların bazılarında tahribatsız yöntemler aracılığıyla donatı tespit cihazı kullanılarak, enine ve boyuna donatı

sayısı ve yerleşiminin proje uygunlukları tespit edilmiştir. Donatıların gerek sıyrılarak gerekse donatı tespit cihazı kullanılarak kontrolleri sonrası; betonarme elemanlarda boyuna ve enine donatı sınıfı olarak BÇ I (S220) kullanıldığı, kolon ve kirişlerde etriye çapının 8 mm, aralıkların 20 cm olduğu, kolon-kiriş bölgelerinde sıklaştırma yapılmadığı ve etriye uçlarının 90° kıvrıldığı, boyuna ve enine donatılarda korozyon oluşmadığı, paspayı kalınlığının yaklaşık 30 mm olduğu, kirişler ve kolonlarda donatı miktarının ve tertibinin projeye uygun olduğu belirlenmiştir.

### **3.1. Mevcut durum ve güçlendirme sonrası binanın değerlendirilmesi**

İncelenen bina, 1991 yılında tasarlanmış ve betonarme hesapları o yıl geçerli 1975 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik ilkelerine yapılmış 5 katlı betonarme karkas bir binadır. 2. derece deprem bölgesinde yer alan hastane amaçlı binanın zemin etüdü sonrası, zemin sınıfının Z3 olduğu belirlenmiştir. Binaların döşemelerinde zati ağırlık 5.87 kN/m<sup>2</sup>, hareketli yük 3.5 kN/m<sup>2</sup>, koridor döşemelerinde ise 5.0 kN/m<sup>2</sup>, kirişlerde zati ağırlık 8 kN/m alınmıştır.

Binanın mevcut deprem performans değerlendirilmesi, 2007 DBYBHY de verilen doğrusal elastik analiz yöntemleri kullanılarak irdelenmiştir. Kolonlar ve kirişlerin sarılma bölgesi ile kolon-kiriş birleşim bölgelerinde sık etriye kullanılmaması, etriyelerin 90° kıvrılması, kenetlenme boyların yetersizliği gibi parametreler göz önünde tutularak doğrusal elastik yönteminin kullanılmasının daha uygun olacağına karar verilmiştir. Bu binanın 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem yükleri altında 2007 DBYBHY bölüm 7.8'e göre "Hemen Kullanım (HK)" ve 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem yükleri altında "Can Güvenliği (CG)" performans hedefini sağlaması gerekmektedir. Malzeme dayanımı ve donatı tespitinde 2007 DBYBHY bölüm 7.2.6'ya göre incelemeler yapılmış ve bina bilgi düzeyi kapsamlı olarak belirlenmiş ve "Bilgi Düzey Katsayısı" 1.0 olarak alınmıştır. Mevcut betonarme projedeki donatıların miktarları ve tertibi alınarak, bina üç

boyutlu olarak, STA4-CAD bilgisayar paket programı kullanılarak A, B ve C blokları ayrı ayrı modellenmiş, çatlama kesite ait eğilme rijitlikleri kullanılmış, döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı kabulü ile deprem kuvvetleri her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilerek hesaplamalar yapılmıştır. 2007 DBYBHY bölüm 7.7.6'ya göre "Hemen Kullanım (HK)" ve "Can Güvenliği (CG)" performans düzeyi için gerekli kontroller yapılmıştır. Değerlendirme sonuçları, Tablo 4-6'da özetlenmiştir.

Yapılan analizler sonrası A, B ve C bloklardan oluşan binanın, mevcut haliyle yönetmelik esaslarına göre "Hemen Kullanım (HK)" ve "Can Güvenliği (CG)" performans seviyelerini sağlamadıkları belirlenmiştir. Binanın yatay yük kapasite dayanımı mevcut haliyle yetersizdir. Bloklardan oluşan binanın mevcut haliyle kullanılabilmesi için yetersizliğin giderilmesi ve deprem etkisi altında istenilen performansın sağlanması amacıyla güçlendirilmesi gerekli olmuştur.

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Dişçilik Fakültesi Eğitim ve Tedavi binasının mevcut genel bina bilgileri kullanılarak ve mimari gereksinimleri göz önünde bulundurularak güçlendirme çalışmalarına girilmiştir. Bu amaç doğrultusunda, etkin ve uygulaması kolay olması bakımından betonarme kolon ve kirişlerden oluşan çerçeve arasına betonarme perde ilavesi edilmesinin uygun olacağına karar verilmiştir. Bina için uygun yerlere perdeler yerleştirilerek, güçlendirilmiş ve bu duruma ait yeniden analizler yapılarak performans kriterleri incelenmiştir. Değerlendirme sonuçları mevcut durum sonuçları ile birlikte Tablo 4-6'da verilmiştir. Güçlendirme perdeleri için genelde merdiven kovası kenarları, banyo-wc olarak kullanılacak hacmin dış duvarlarının bulunduğu çerçeveler ve penceresiz bölme duvarların bulunduğu yerdeki çerçeveler arası boşluklar seçilmiştir. Seçim işleminde binanın kütle merkezi ile rijitlik merkezinin mümkün mertebede yaklaştırılmasına özen gösterilmiştir. İlave yapılan perdeler için yeniden sürekli temeller oluşturularak mevcut temel sistemi ile süreklilikleri de sağlanmıştır.

**Tablo 4.** A blok için mevcut ve güçlendirme sonrası performans analiz sonuçları

A BLOK	Mevcut Durum				Güçlendirilmiş Durum			
	Hemen Kullanım		Can Güvenliği		Hemen Kullanım		Can Güvenliği	
Bina Yatay yük kapasite oranı (Vr/Ve)	1.51		1.00		1.69		1.35	
Belirgin kiriş hasar oranı (%)	58.3		58.3		4.2		29.2	
Kiriş hasar oranı (%)	IH	GB	IH	GB	IH	GB	IH	GB
	12.5	8.3	50	20.8	0	0	0	0
	100	32.9	100	100	0	0	0	0
	3.7	2.3	90	10	0	0	0	0
Kolon hasar oranı (%)	100		100		0		0	
	32.9		100		0		0	
Üst kat Vc oranı (%)	3.7		10		0		0	
Plastikleşen kolon Vc oranı (%)	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB
	94.1	5.9	72.8	27.2	100	0	100	0
Sonuç	Güçlendirme gereklidir		Güçlendirme gereklidir		Güçlendirme yeterlidir		Güçlendirme yeterlidir	

**Tablo 5.** B blok için mevcut ve güçlendirme sonrası performans analiz sonuçları

B BLOK	Mevcut Durum				Güçlendirilmiş Durum			
	Hemen Kullanım		Can Güvenliği		Hemen Kullanım		Can Güvenliği	
Bina Yatay yük kapasite oranı (Vr/Ve)	1.07		0.71		1.20		0.90	
Belirgin kiriş hasar oranı (%)	53.8		61.5		6.9		65.5	
Kiriş hasar oranı (%)	IH	GB	IH	GB	IH	GB	IH	GB
	26.9	3.8	53.8	26.9	0	0	0	0
	100	65.1	100	100	0	0	0	0
	100	0	0	100	0	0	0	0
Kolon hasar oranı (%)	100		100		0		0	
	65.1		100		0		0	
Üst kat Vc oranı (%)	100		100		0		0	
Plastikleşen kolon Vc oranı (%)	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB
	100	0	64.5	35.5	94.2	5.8	100	0
Sonuç	Güçlendirme gereklidir		Güçlendirme gereklidir		Güçlendirme yeterlidir		Güçlendirme yeterlidir	

**Tablo 6.** C blok için mevcut ve güçlendirme sonrası performans analiz sonuçları

C BLOK	Mevcut Durum				Güçlendirilmiş Durum			
	Hemen Kullanım		Can Güvenliği		Hemen Kullanım		Can Güvenliği	
Bina Yatay yük kapasite oranı (Vr/Ve)	1.51		1.01		1.88		1.28	
Belirgin kiriş hasar oranı (%)	66.7		55.6		4.8		71.4	
Kiriş hasar oranı (%)	IH	GB	IH	GB	IH	GB	IH	GB
	33.3	0	55.6	33.3	0	0	28.1	0
	100	24.9	100	100	0	0	5.0	0
	97.4	2.6	0	100	0	0	0	0
Kolon hasar oranı (%)	100		100		0		0	
	24.9		100		0		0	
Üst kat Vc oranı (%)	97.4		100		0		0	
Plastikleşen kolon Vc oranı (%)	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB
	97.9	2.1	73.3	26.7	100	0	95.7	4.3
Sonuç	Güçlendirme gereklidir		Güçlendirme gereklidir		Güçlendirme yeterlidir		Güçlendirme yeterlidir	

#### 4. Güçlendirme Uygulamaları

Güçlendirme sonrası sisteme eklenen betonarme perde elemanları Şekil 2'de daire içine alınarak gösterilmiştir. Güçlendirme uygulama sonrası kütle merkezi ile rijitlik merkezi oldukça yakınlaştırılmıştır. İlave edilen betonarme perdelerin kalınlığı 25 cm olarak seçilmiştir. Mevcut 20 cm'lik kirişleri içerisine alan bu uygulama ile döşemelerin kirişlerle birleşimleri 5 cm delinerek ilave perdelerin boyuna donatılarının kattan kata sürekli olarak geçişleri sağlanmıştır. Ayrıca, kalıpların üst bölümündeki boşlukların yanında döşemelerde oluşturulan boşluklardan da betonun daha geniş alandan kalıp içerisine dökümü sağlanmıştır (Şekil 4).



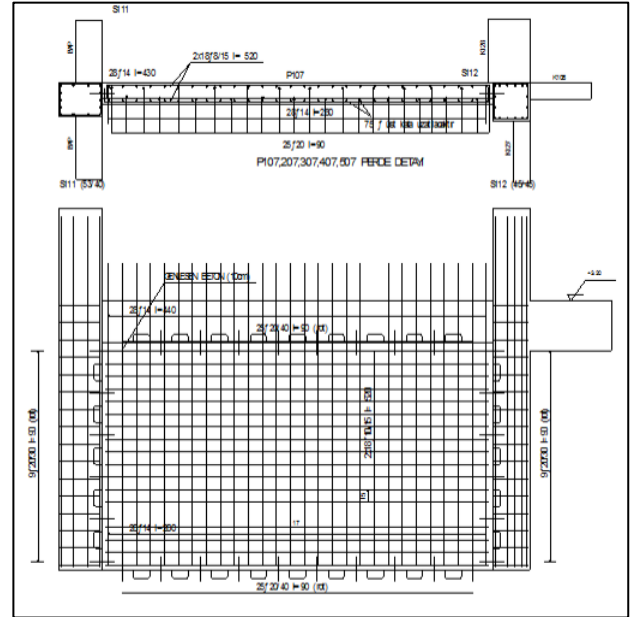
Şekil 4. Betonarme döşemelerde açılan boşluklar

Güçlendirme işleminde mevcut kolon ve kirişler arasında perde yapımı sırasında  $\varnothing 20$  çapında ve 90 cm uzunluğunda nervürlü çelikler rot çubukları olarak kullanılmış ve perde elemanına göre bu filiz ekimi 30-40 cm aralıklarla döşenmiştir. Filizlerin ekiminde öncelikle 24 mm ( $\Phi+4$  mm) kalınlığında, 200 mm ( $10\Phi$ ) uzunluğunda kolon ve kiriş elemanlarında delikler açılmıştır. Açılan delikler

kuru hava yardımıyla tozdan arındırıldıktan sonra, deliklere çift bileşenli epoksi içerikli kimyasal ankrajlama sistemi ile filizler ekilmiştir (Şekil 5). Şekil 6'da ise P107 perdesine ait donatıların boyuna açılımları detayı örnek olarak gösterilmiştir.



Şekil 5. Çerçeve içerisinde filiz ekimi



Şekil 6. Örnek perde donatı açılım detayı





Şekil 7. Örnek perde donatı açılım detayı

Betonarme perde ile güçlendirme uygulamasında filiz ekimi yapılmış boyuna ve enine donatıların montajı tamamlanmış bir elemanın kalıp yapımına başlanmıştır. Kalıp yapımı tamamlandıktan sonra, önceden hazırlanan kalıp ve döşeme boşluklarından kendiliğinden yerleşen beton (KYB) dökülmüştür. Kür süresi sonrası kalıplar sökülerek yeni perdenin görüntüsü şekil 7'de verilmiştir.

Yeni ilave edilen betonarme perdelerin temel sistemi oluşturabilmesi amacıyla bodrum kat taban döşemeleri kırılarak, mevcut temel sistemi açılmıştır (şekil 8). Mevcut temel sistemine, çerçeve içerisinde olduğu gibi filizler ekilerek yeni perdelerin bulunduğu bölgelerdeki sürekli temeller radye temellere dönüştürülmüştür.



Şekil 8. Temel çukuru açılması ve temellerde yapılan güçlendirme çalışmaları

Bodrum katta yer alan bant pencerelerin kısa kolon davranışına neden olmaması için, bodrum kat perdelerinin kolon kenarlarından itibaren her iki yönde 1 m'lik bölümleri kat kirişleri seviyesine getirilmiştir. Böylece, bodrum kat kolonlarının bant pencere yüksekliği kadar olan üst bölümleri ilave

betonarme perde sistemi ile her iki yönden güçlendirilmiştir. Kısa kolon davranışını engellemek için yapılan güçlendirme çalışmaları ise şekil 9 ve 10'da verilmiştir.



Şekil 9. Bant pencerelerin daraltma çalışması



Şekil 10. Bant pencerelerin daraltılmış hali

## 5. Tartışma ve Sonuç

1991 yılında projelendirilip inşa edilen daha öncesi Araştırma Hastanesi olarak kullanılan Afyon Kocatepe Üniversitesi'ne ait binanın, Dişçilik Fakültesi Eğitim ve Tedavi binası olarak yeniden kullanım öncesi, binanın mevcut durumunun incelenmesi sonrası aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Binanın inşasında kullanılan betonun hazır beton olmadığı ve beton karışım malzemelerinin homojen olarak harmanlanmadığı, sonucunda ise betonun karakteristik dayanımının 10 Mpa civarında olduğu belirlenmiştir. Binada kullanılan donatı ise BÇI (S220) çelik sınıfındadır. Binanın taşıyıcı sistem elemanları mevcut betonarme projelerine göre uygun yapılmıştır.

2. Binanın mevcut haliyle düşey yükleri taşıdığı fakat 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem

yükleri altında "Hemen Kullanım (HK)" ve 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem yükleri altında "Can Güvenliği (CG)" performans kriterlerini sağlamadığı ortaya çıkmıştır.

3. Yatay yükler altında yetersizliğinin giderilmesi ve olası deprem afeti sonrası hemen kullanılabilmesi için taşıyıcı sistem bütününe içine alacak şekilde güçlendirme yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu kapsamda, yapının fonksiyonunu bozmayacak ölçüde çerçeve arası betonarme perde ilavesi yapılmasının etkin ve uygulanabilir bir çözüm olduğuna karar verilmiştir. Bloklar bazında farklı olmak üzere kat alanlarına bağlı olarak %0.4-0.8 oranlarında ilave perde konulması yeterli olmuştur.

4. Mevcut binanın tadilat durumunda olması tavsiye edilen güçlendirme ve iyileştirme çalışmalarının yapılmasını kolaylaştırmıştır.

1998 öncesi projelendirilmiş olan binalarda genellikle beton dayanımı proje dayanımdan düşük, donatı sınıfı BÇ I (S220) olmakta ve taşıyıcı sistemde perde elemanları bulunmamaktadır. Beton dayanımına bağlı elastisite modülü maksimum görelî kat ötelenmesini, donatı sınıfı elemanların kapasitesinin belirlenmesini ve perdelerin bulunması hem maksimum görelî kat ötelenmesini hem de mevcut kolonlar ve kirişlere gelecek iç kuvvetlerin değişimini etkileyeceğinden performans analizinde önemli parametrelerdendir. Bir binada bu parametrelerin olumsuz biçimde bir arada bulunması, Deprem Yönetmeliği (DBYBHY 07)'nin 7. bölümünde verilen performans esaslarının sağlanmamasına yol açmaktadır.

Afyonkarahisar'daki bir hastane binası örneğinin deprem güvenliğinin incelenmesi ve güçlendirme çalışmalarının Deprem Yönetmeliği (DBYBHY 07) esaslarına göre nasıl yapılacağına detaylı biçimde ortaya konulması, aynı zamanda tasarımcı ve uygulayıcı mühendisler için yol gösterici olacaktır.

## Kaynaklar

ABYYHY, (1998) Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, T.C. Bayındırlık ve İskan

- Bakanlığı, Ankara.
- DBYBHY, (2007) Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- Ergün A., 2005. Deprem. 3. Bölüm Deprem ve Yapılar, Editör Y. Kibici, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Yayın no:59, İleri Ofset, Afyonkarahisar, 81-121.
- Ergün A., Kürklü G., 2007. Depremde bina performansının DBYBHY 2007'e göre doğrusal elastik hesap yöntemleri ile belirlenmesinde malzeme sınıfının değişiminin incelenmesi. Uluslararası Deprem ve Yapı Mühendisliğinde Gelişmeler Sempozyumu, 24-26 Ekim 2007, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta-Antalya, Türkiye, 576-586.
- Ergün A., Kürklü G., 2009. Mevcut betonarme bir binanın DBYBHY 2007'e göre doğrusal elastik hesap yöntemleriyle değerlendirme ve güçlendirme uygulaması. Sakarya Uluslararası Deprem Sempozyumu, 1-2 Ekim 2009, Sakarya, Türkiye, 158-163.
- Ergün A., Kürklü G., 2012. Assessing the relationship between the compressive strength of concrete cores and molded specimens. *Gazi University Journal of Science GU J Sci*, **25(3)**, 737-750.
- Kayhan A.H., Yılmaz S., Özmen H.B., 2006. Yeni deprem yönetmeliğinde yer alan doğrusal değerlendirme yönteminin mevcut bir binanın incelenmesinde uygulanması. Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu, 7-8 Aralık 2006, Denizli, Türkiye, 280-290.
- TS EN 13791, (2010). Basınç dayanımının yapılar ve öndökümlü beton bileşenlerde yerinde tayini. Türk Standartlar Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- STA4-CAD V 13.0, 2009. Structural Analysis for Computer Aided Design. İstanbul.
- R.G. 18.08.2011/28029. Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı (UDSEP 2023). T.C. Resmi Gazete, 28029, 18.08.2011.
- R.G. 04.08.2012/28374. Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkındaki Kanunun Uygulama Yönetmeliği. T.C. Resmi Gazete, 28374, 04.08.2012.