

## AFYON DEPREMİNDE HASAR GÖRMÜŞ BETONARME BİR YAPININ GÜÇLENDİRME ÇALIŞMASI

Kamuran ARI, Hamdi ELCUMAN, Erdal UNCUOĞLU,  
Behiye SOMUNCU, Fatih ALTUN, H. Bekir KARA,  
Tefaruk HAKTANIR

Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
İnşaat Mühendisliği Bölümü, KAYSERİ

### ÖZET

Bu çalışmada; 2002 Afyon depreminde hasar görmüş betonarme bir yapı için hasar özellikleri belirlenmiş, yapı için mevcut beton dayanımı ve donatı durumları ile zemin özellikleri elde edilerek güçlendirme projesi hazırlanmış ve güçlendirme projesinin hazırlanmasında karşılaşılan sorunlar ele alınmıştır. Güçlendirme çalışmasında, yapı için yatay kuvvetlerin oluşturduğu deplasmanlar “kolon mantolama +perdeleme” sistemi ile yapı rijitliği artırılarak sınırlandırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Hasar, Mevcut Yapının Beton Dayanımı Tayini, Onarım, Güçlendirme, Mantolama,

### EARTHQUAKE DAMAGES IN STRUCTURES AND RETROFITTING WORK FOR A REINFORCED-CONCRETE STRUCTURE DAMAGED IN AFYON EARTHQUAKE

### ABSTRACT

In this study, a retrofitting project is prepared for a building damaged due to 2002 Afyon earthquake. In this project, damaging properties, the strengthening of the concrete, fittings positions and also soil properties of damaged building are obtained. In addition, the problems encountered in the implementation of retrofitting project are described in this study. The lateral displacements incurred by the transverse dynamic loading of the critical future earthquakes are confined by increasing the rigidity of the structure with jacketing some RC columns and introducing extra RC shear walls.

**Key Words:** Damage, Repair of RC Buildings, Jacketing, Strengthening, Concrete Strength.

## 1. GİRİŞ

Depreme dayanıklı yapı tasarımı, depremde oluşacak kayıpları önlemek amacıyla uzun yıllar süren çalışmalar sonucu ortaya çıkan ve günümüzde yeni teknolojiler kullanarak geliştirilmekte olan bir kavramdır. Buna rağmen, gerek tasarım sırasında göz önüne alınan bazı parametrelerin (mimari tasarım, zemin özellikleri, zemin-yapı etkileşimi vb.) belirsizliği gerekse yapım sürecinde yapılan hatalar nedeniyle, betonarme yapı elemanlarında yatay kuvvet etkisiyle hafif, orta veya ağır hasarlar meydana gelmektedir. Yapı güvenliğinin yeniden sağlanması için bu elemanların onarımı ve/veya güçlendirilmesi gerekmektedir [1].

Deprem esnasında meydana gelen hasarların deprem sonrasında belirlenmesi ve yapıların kullanılabilirliğinin araştırılması gerekmektedir. Yapının kullanılabilirliğini sağlamak için, tüm sistemin veya hasar görmüş elemanların onarılması veya güçlendirilmesi gerekebilmektedir [2].

Depreme dayanıklı yapı yönetmeliklerince sağlanması istenen koşulların amacı yapılarda olması istenen en düşük düzeyde güvenlik sağlanmasıdır. Daha iyi deprem davranışı ve daha yüksek güvenlik için yönetmelik koşullarının daha üstünde koşulların gerçekleştirilmesi gerekir [3].

Depreme karşı onarım veya güçlendirilmesine karar verilmiş bir yapıda önemli bir özellik de güçlendirme düzeyinin tespit edilmesidir. Özellikle 1998 deprem yönetmeliğine uygun olmayan yapılarda hasar görmemiş sistemlerin de güçlendirilmesi, 1999 Marmara Depremi'nden sonra bu bölgede güncel bir konu olarak uygulama alanı bulmuştur. Bunun temel nedenleri ise; Afet Bölgelerinde yapılacak yapılar hakkındaki 1998 tarihli yönetmeliğimizin önceki deprem yönetmeliklerine göre getirdiği biraz daha farklı sınır koşulları, yapı için seçilmiş olan taşıyıcı sistemin düzenli akslara sahip olmayan çerçeveli sistem olması ve yapı için yerinde ölçümler ile elde edilen beton dayanımlarının, proje dayanımının çok altında olmasıdır [4].

Bu makalede, deprem sonrası hasarlı bir yapı için yerinde yapılacak çalışmalar ile dikkat edilmesi gerekli konular açıklanmıştır. Bu amaçla çalışmanın birinci aşamasında, deprem yükleri sonucunda yapı davranışına etki eden yerel zemin koşullarının belirlenmesi, projeye uygunluk, beton kalitesinin ve donatı miktarının tayini gibi konular verilmiştir. İkinci aşamada ise, mimari koşullar ve güçlendirme sisteminin uygulanabilirliği ön plana çıkartılarak, yapıda taşıma gücü açısından yetersiz elemanları da kapsayan güçlendirme projesinin hazırlanması ile ilgili detaylar verilmiştir.

## 2. YERİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

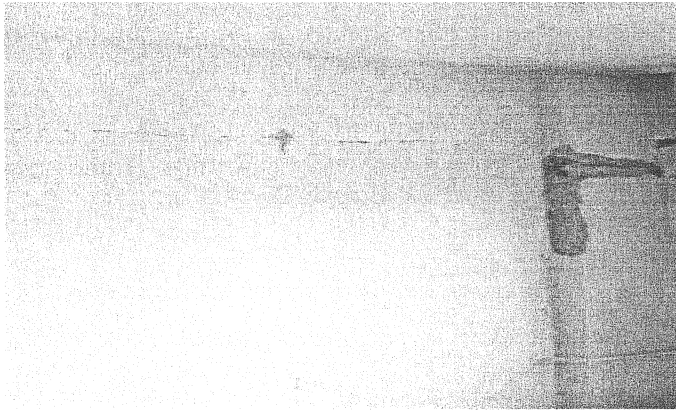
### 2.1. Yapı Bilgileri

Çalışmaya konu olan lojman binaları Afyon İl Merkezine 20 km. uzaklıkta bulunan Afyon Şeker Fabrikası sahası içerisinde bulunmakta ve koloni tipi lojmanları olarak adlandırılmaktadır.

Lojmanlarda yapılan ön incelemelerde 15.05.1977 tarihli ve tasdikli projeden yararlanılmıştır. Yapı taşıyıcı sistemi betonarme karkastır. Lojman binaları cephe boyutları 22.50 m. ve 12.50 m. olup, plandaki oturma alanı yaklaşık 280 m<sup>2</sup> dir. Yapı statik olarak 5 katlı olup her katta iki daire olmak üzere toplam 6 daire bulunmaktadır. Dairelerin oturma alanı yaklaşık 100 m<sup>2</sup>'dir. Yerinde yapılan incelemelerde kat yükseklikleri 3.00 m. ölçülmüştür. Projede; beton sınıfı B 160 ve donatı BÇ I olarak verilmiştir. Yapı temel sistemi, tekil ve sürekli temel olarak verilmiştir.

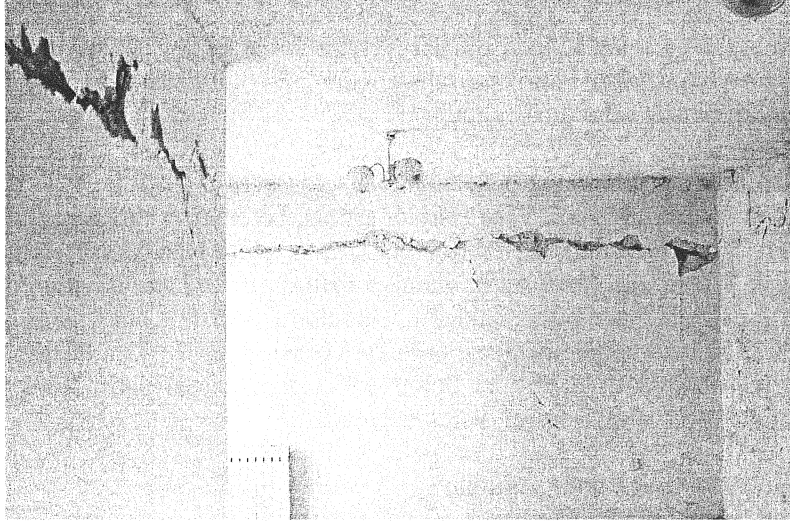
### 2.2. Hasarlar ve gözlem sonuçları

Deprem sonrası hasar ile ilgili olarak yerinde yapılan incelemelerde yatay kuvvet etkisi ile zemin kat seviyesindeki kolonlarda ve kirişlerde çatlaklar gözlenmiştir. Kolon çatlakları, düğüm noktalarında kesme çatlağı olarak 3-4 mm mertebelerinde oluşmuştur. Betonarme kirişlerdeki çatlaklar ise, yine düğüm noktalarında kesme, açıklık ortasında ise eğilme çatlakları şeklinde meydana gelmiştir. Bu çatlaklar genelde kılcal seviyede olup, bazı kirişlerde 6-7 mm 'ye kadar genişlemiştir(Resim.1).



**Resim 1.** Deprem etkisi ile zemin kat seviyesindeki kolonlarda ve kirişlerde çatlaklar

Ayrıca iç mekândaki bölme duvarlarda ileri seviyede diyagonal çatlaklara rastlanılmıştır(Resim 2).



**Resim 2.** Bölme duvar çatlakları

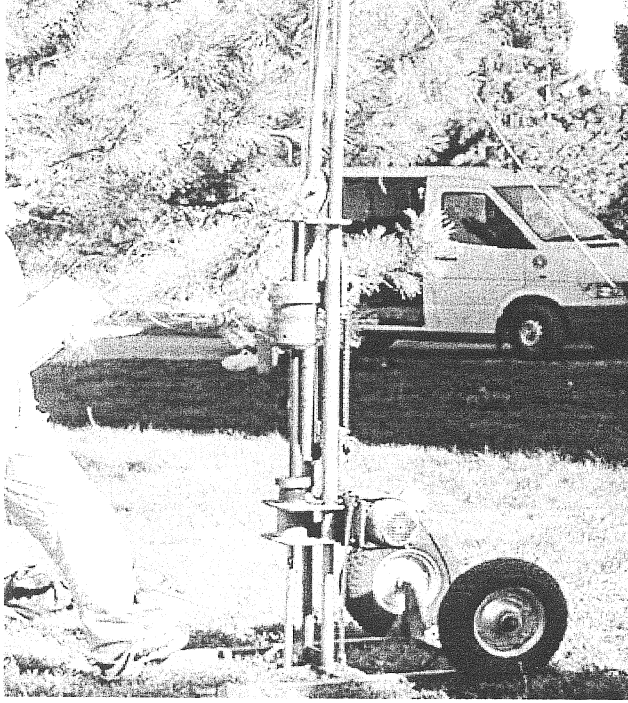
Koloni tipi lojman binaları çevresinde yapılan gözlemler neticesinde aşağıdaki konular özellikle dikkat çekici bulunmuştur.

- a. Lojman binaları arka cephesinde bulunan su – kalorifer tesisatı ve su giriş borularının bulunduğu kısımlarda tüm tretuvar etrafında çökmeler gözlenmiştir.
- b. Aynı bloklarda bina tretuvar etekleri tamir görmüş olmasına rağmen buralarda yeni açılmaların mevcut olduğu gözlenmiştir.

Bu çökmelerin lojman bahçesinde yapılan sulamadan ve kalorifer tesisat borularından sürekli su sızıntısı olması neticesinde zeminin gevşemesine bağlı bir problem olarak açıklanmıştır.

### **2.3. Zemin ile İlgili Çalışmalar**

Temel zemini taşıma gücünü ve zemin geoteknik parametrelerini belirlemek için Resim 3 'de görüldüğü gibi dinamik Sonda aleti ile 11.20 m. derinliğinde DS 1, 10.14 m. derinliğinde DS 2 , 9.30 m. derinliğinde DS 3 sondası olmak üzere üç adet dinamik sonda deneyi yapılmıştır.



Resim 3. Dinamik sonda deneyi

Dinamik sonda deneylerinden elde edilen verilere göre gözlenen zemin profilleri Tablo 1'de özetlenmiştir. Dinamik sonda deneylerinde yeraltı suyuna rastlanılmamıştır.

• <b>DS 1 Dinamik Sondasına Göre Gözlenen Zemin Profili :</b>	
0.00 - 0.30 m.	Bitkisel Toprak
0.30 - 11.20 m.	Kumlu Kahverengi KİL
• <b>DS 2 Dinamik Sondasına Göre Gözlenen Zemin Profili :</b>	
0.00 - 0.30 m.	Bitkisel Toprak
0.30 - 10.14 m.	Kumlu Kahverengi KİL
• <b>DS 3 Dinamik Sondasına Göre Gözlenen Zemin Profili :</b>	
0.00 - 0.30 m.	Bitkisel Toprak
0.30 - 9.30 m.	Kumlu Kahverengi KİL

**Tablo 1.** Dinamik sonda deneylerinden elde edilen verilere göre gözlenen zemin profilleri

Afyon Şeker Fabrikası Lojman binaları temel zemini Kumlu Kahverengi KİL tabakasıdır. Bu tabaka temel zemini olarak değerlendirildiğinde taşıma gücü ve oturmalar yönünden güvenilir bir yapılanma göstermemektedir. Bahçe sulamaları ve tesisat girişlerindeki birikmelerle gelen sular temel zemin özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir.

Genel oluşum, tabakalaşma durumu, jeolojik yapılanma ve yeraltı su seviyesi durumları göz önüne alındığında temel zemini ve temel sistemi ile ilgili gerekli sonuç ve öneriler,

- 19 ve 20 nolu lojman binalarının temel sistemi ve yapı ile ilgili kısımların hesaplarında kullanılacak olan zemin emniyet gerilmesi değeri olarak  $1,0 \text{ kg/cm}^2$  alınabilir.
- Lojmanların çevresi su ve etkilerinden mutlaka korunmalıdır. Ayrıca tesisat bina girişleri düzenlenmeli ve buralarda su birikimi kesinlikle engellenmelidir.
- Lojman binaları temel zemini ile ilgili diğer geoteknik parametreler için yapılan arazi ve laboratuvar deneyleri ile gözlemsel çalışmalarımız neticesinde elde ettiğimiz değerler Tablo.2'de verilmektedir.

Zemin Dane Birim Hacim Ağırlığı	2.65 ton/m <sup>3</sup>
Zemin Tabii Birim Hacim Ağırlığı	1.83 ton/m <sup>3</sup>
İçsel sürtünme açısı	5 derece
Kohezyon	1.0 kg/cm <sup>2</sup>
Zemin yatak katsayısı	750 ton/m <sup>3</sup>
Zemin Grubu	D
Yerel Zemin Sınıfı	Z 4
Spektrum Karakteristik Peryotları ( $T_A, T_b$ )	0.20 - 0.90
Etkin yer ivmesi Katsayısı ( $A_0$ )	0.40

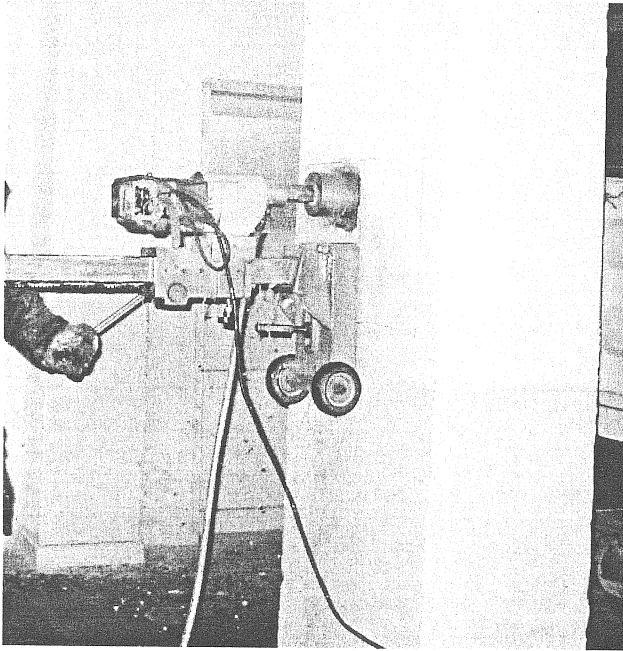
**Tablo 2** Lojman binaları temel zemini ile ilgili geoteknik parametreler

#### 2.4. Beton dayanımının tespiti ile ilgili çalışmalar

"Beton Deney Metotları, Yapı ve Yapı Bileşenlerinde Sertleşmiş Betondan Numune Alınması ve Basınç Mukavemetinin Tayini (Tahribatlı Metot)" başlıklı TS-10465 standardına uygun biçimde, rasgele olarak seçilen bazı kolonlardan  $\approx 10$  cm çapında silindirik beton karot numuneler alınmıştır.

Öncelikle, kolonun tabanından başlayarak  $\approx 2,0$  m yukarısına kadar olan kısımdaki mevcut boyuna ve enine donatılar, BS-1881-204 'e uygun hassas bir paşometre (micro-covermeter) cihazı ile taranarak tespit edilmiştir. Böylece karotun çıkarılacağı noktanın konumu demir teçhizattan kaçınılacak şekilde belirlenmiştir. Bu şekilde ölçebilen bazı elemanların boyuna ve enine donatı çap ile aralıkları projeye karşılaştırılmış ve donatıların projeye uygun kullanıldığı kabul edilmiştir.

Karot almak için seçilen kolonun her iki yüzeyinde, karot alınacak yerin sıvası sıyrıldıktan sonra karot alınacak yere, TS-10465 'e uygun olarak bir karot makinesi Fotoğraf.4'de görüldüğü gibi kolona monte edilmiş, dikkatlice karot numune kesilerek çıkarılmış ve karot numune kodlanmıştır. Yerinde incelemelerin bitimini takiben bütün numuneler bölümümüz Yapı Malzemeleri Laboratuvarına nakledilmiştir [5].



Resim 4. Karot numunesinin kesilerek çıkarılması.

### 3. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Numuneler yapı malzemeleri laboratuvarında TS-10465 'e göre hazırlanıp beton presinde kırılmıştır. Tablo 3'de TS-10465 Çizelge-3'e göre fEK ve fSK değerleri verilmiştir. TS-10465'in "1,7- DEĞERLENDİRME" başlıklı bölümünde, direkt olarak preste ölçülen ortalama karot mukavemetinin, beton sınıfı belirlenmesinde gereken mukavemetin 0,85 'ini geçmesi gerektiği belirtilmektedir. Dolayısıyla, bu raporda, TS-10465 'in önerdiği 0,85 düzeltme faktörü ayarlaması göz önünde bulundurulmuştur [5].

Koloni tipi lojman binalarından 19 nolu blok için alınan karotların yerleri ve sayısı Tablo 4'de, 20 nolu blok için alınan karotların yerleri ve sayısı Tablo 5'de verilmiştir. Buna göre 19 nolu blok için ortalama karot mukavemeti  $177,4 \text{ kg/cm}^2$ , 20 nolu blok için ortalama karot mukavemeti ise  $171,1 \text{ kg/cm}^2$  bulunmuştur. 19 ve 20 nolu koloni tipi lojmanlarının ortalama karot mukavemetine göre beton sınıfının BS-14 olduğu kanaatine varılmıştır.

Beton Sınıfı	fEK (kgf/cm <sup>2</sup> )	0.85*fEK (kgf/cm <sup>2</sup> )	fSK (kgf/cm <sup>2</sup> )	0.85*fSK (kgf/cm <sup>2</sup> )
BS-8 (*)	100	85.0	130	110.5
BS-10 (*)	120	102.0	150	127.5
BS-12 (*)	140	119.0	170	144.5
BS-14	160	136.0	190	161.5
BS-16	200	170.0	230	195.5
BS-18 (!)	220	187.0	250	212.5
BS-20	250	212.5	280	238.0
BS-25	300	255.0	330	280.5
BS-30	350	297.5	380	323.0
BS-35	400	340.0	430	365.5
BS-40	450	382.5	480	408.0
BS-45	500	425.0	530	450.5
BS-50	550	467.5	580	493.0

**Tablo 3** TS-10465 Çizelge-3'e göre fEK ve fSK değerleri ( kgf/cm<sup>2</sup> )

(\*): BS-14'e oranlanarak ilave edilmiştir.

(!): TS-500'den ilave edilmiştir.



Numune Kimliği	Çap (mm)	Yükseklik (mm)	Kırılma Yüğü (ton)	Karot Mukavemeti (kgf/cm <sup>2</sup> )
19 Nolu Blok Bodrum 10-D Aksı S 105	101.	103.	14.54	181.5
19 Nolu Blok Bodrum 2-D Aksı S 105 -1	101.	102.	14.58	182.0
19 Nolu Blok Bodrum 2-D Aksı S 105 -2	101.	101.	13.78	172.0
19 Nolu Blok 1.Kat S 304	101.	103.	15.83	197.6
19 Nolu Blok 2.Kat S 404	101.	105.	12.33	153.9

**Tablo 4.** Afyon Şeker Fabrikası 19 Nolu Koloni Tipi Lojman Bina'sından TS-10465'e Uygun Olarak Alınan Karot Numuneler Üzerinde Beton Presinde Yapılan Kırma Deneyi Ölçüm ve Bulgular Tablosu

Ortalama Karot Mukavemeti = 177,4 kgf/cm<sup>2</sup>

Karot Mukavemetinin Standart Sapması = 16,0 kgf/cm<sup>2</sup>

%90 olasılıklı Karakteristik Küp Mukav. = 156.9 kgf/cm<sup>2</sup>

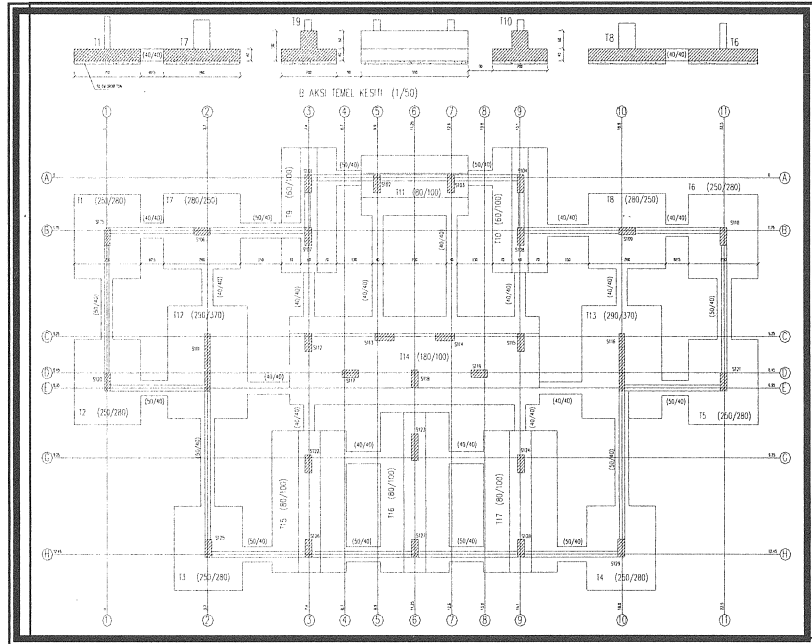
Numune Kimliği	Çap (mm)	Yükseklik (mm)	Kırılma Yüğü (ton)	Karot Mukavemeti (kgf/cm <sup>2</sup> )
20 Nolu Blok Bodrum S 105 Kolonu	101.	102.	15.22	190.0
20 Nolu Blok Bodrum S 103 Kolonu -1	101.	102.	14.19	177.1
20 Nolu Blok Bodrum S 103 Kolonu -2	101.	106.	13.89	173.4
20 Nolu Blok 1.Kat S 204 Kolonu	101.	104.	10.83	135.2
20 Nolu Blok 2.Kat S 304 Kolonu	101.	103.	14.42	180.0

**Tablo 5** Afyon Şeker Fabrikası 20 Nolu Koloni Tipi Lojman Bina'sından TS-10465'e Uygun Olarak Alınan Karot Numuneler Üzerinde Beton Presinde Yapılan Kırma Deneyi Ölçüm ve Bulgular Tablosu

Ortalama Karot Mukavemeti =  $171,1 \text{ kgf/cm}^2$   
 Karot Mukavemetinin Standart Sapması =  $21,0 \text{ kgf/cm}^2$   
 %90 olasılıklı Karakteristik Küp Mukavemeti =  $144,2 \text{ kgf/cm}^2$

#### 4. ONARIM ve GÜÇLENDİRME PROJESİ AŞAMALARI

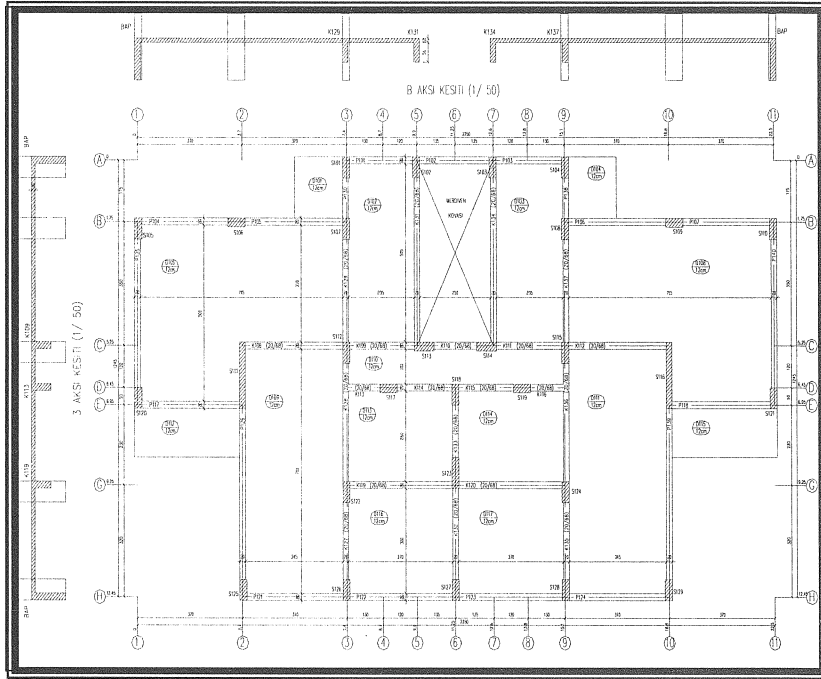
Güçlendirme projesinin hazırlanmasında karşılaşılan sorunlar aşağıda kısaca özetlenmiştir. Projede öncelikle verilen boyutların yerinde sağlanıp sağlanmadığı sağlıklı olarak belirlenmelidir. Sıva kalınlıklarının sabit olmadığı düşünülürse bu durum kesin boyutun yerinde ölçülmesinde sorun olmaktadır. Boyuna ve enine donatı çap ile aralıkları betonarme kolonlarda ölçülmekle birlikte, özellikle betonarme kirişlerin mesnet bölgelerindeki donatı çap ve sayıları tam olarak tespit edilememektedir. Bu nedenle yapılan güçlendirme proje çalışmasında bu donatıların projeye uygun kullanıldığı kabul edilmektedir. Bina ile ilgili olarak mevcut durum, imalatı yapılan projeye ve yerinde elde edilen röleve bilgilerine bağlı olarak STA4 CAD paket programı ile çözülmüştür [6]. Çözümde beton çeliği yapılan gözlemlerden BÇ I olarak alınmıştır. Beton mukavemeti yerinde ve laboratuarda yapılan deney sonucuna göre BS14 alınmıştır. Zemin emniyet gerilmesi ise geoteknik rapordan  $1,0 \text{ kg/cm}^2$  alınmıştır. Yapının mevcut temel aplikasyon planı Şekil.1 'de verilmiştir.



Şekil.1 Koloni tipi lojmanların mevcut temel aplikasyon planı

Uzun bir geçmişe sahip olan Yapı Mühendisliği ülkemizde de gelişmiş olmasına rağmen tasarım aşamasında düzensiz yapı planları teşkil edilmektedir. Ayrıca düşük beton ve çelik kalitesi, yürürlükteki yönetmelik ve standartlara aykırı detaylar, kötü işçilik, yetersiz mühendislik hizmeti ve denetimsizlik gibi sebeplerle deprem esnasında büyük sorunlar ortaya çıkmaktadır.

Mevcut yapı zemin ve 1. normal kat kalıp planı Şekil 2 'de verilmiştir. Depreme dayanıklı yapı yapmanın önemli aşamalarından birisi de, sürekli ve düzenli yerleştirilmiş aks ve perdelerin bulunduğu taşıyıcı sistemlerin oluşturulmasıdır. Hasarlı yapının kalıp planı incelendiğinde plana göre yatay X ve düşey Y yönünde sürekli bir aks düzeni oluşturulmadığı gözlenmiştir.



Şekil 2. Koloni tipi lojmanların bodrum kat kalıp planı

Yapı statik projesi için mevcut durum çözümlerinde;

- rölatif kat deplasmanı 0,0017,
- perde taban momentleri oranı x yönü 0.007 ve y yönü 0.21,
- ilk mod için yapı periyotları x yönü 0,407 sn ve y yönü 0,299 sn,
- yapı kütle ve rijitlik merkezleri  $x_g : 11,25$  m,  $x_r : 11,25$  m,  
 $y_g : 6,20$  m,  $y_r : 6,26$  m

olarak hesaplanmıştır. Mevcut çözümler sonucunda kesit yetersizliği olan kolon ve kirişlere rastlanılmıştır. Ayrıca bazı kolon-kiriş düğüm noktalarında kesme hasarları da olduğu için anılan lojman yapısı için güçlendirme projesi hazırlanması gerektiği sonuna ulaşılmıştır.

Yapının malzeme özellikleri, hasarlar ve nedenleri, yerel zemin koşulları belirlendikten sonra ikinci aşama olan onarım ve güçlendirme projesinin hazırlanmasına geçilir. Mevcut yapı kullanım amacı, mimari özellikleri ve güçlendirme sisteminin yapılabirliği ön plana çıkartılarak güçlendirme sistemi seçilmelidir. Bu aşamada, öncelikle hasar görmüş elemanların onarımı proje üzerinde gerçekleştirilir. Mevcut duruma ve hasar görmüş elemanların takviye haline göre sistem çözülür. Elde edilen statik sonuçlara göre, yetersiz kalan kesitler tespit edilir. Tüm sistemin güvenilirliğini sağlamak için, yetersiz elemanları da kapsayan güçlendirme sisteminin belirlenmesi çalışmaları yapılır.

Binalarda ortaya çıkan deprem kuvvetleri, yatay rijitliklerle karşılanması gereken dinamik bir etkidir. Deprem perdeleri, yapının yatay ötelenme rijitliğini artırır, depremin yol açtığı yatay ötelenme ve rölatif kat deplasman miktarını azaltır, deprem kuvvetlerinin büyük bir kısmını karşılayarak kolonlara etki eden yatay kesit tesirlerini azaltır. İyi tasarlanmış bir perde-çerçeve sisteminde deprem kuvvetleri, perde ve çerçeveler tarafından bir etkileşim içerisinde taşınırlar [7].

Doğal felaketlerin en korkuncu olan deprem mühendislik yapıları üzerinde hasarlara yol açmaktadır. Bu hasarların yapı güvenliğini etkilemeyecek konumda onarılması gerekli durumlarda tüm sistemin güçlendirilmesi kaçınılmazdır. Bu çalışmaların projelendirilmesi ve uygulanmasının yürürlükte olan yönetmeliklere uygun olarak yapılması gerekmektedir.

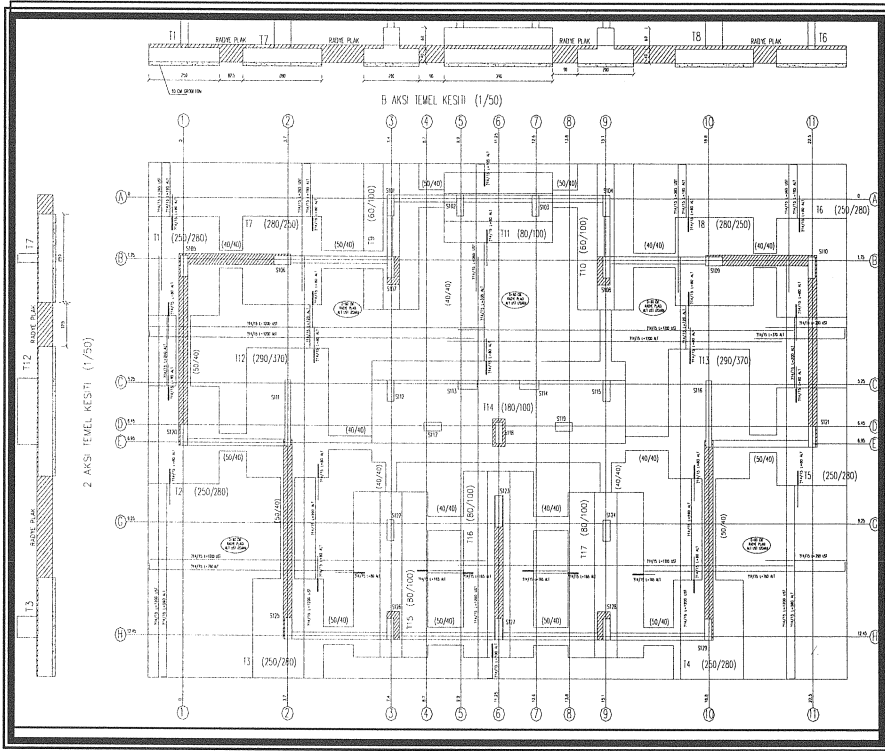
Güçlendirme çalışmasında, yapı için yatay kuvvetlerin oluşturduğu deplasmanlar “kolon mantolama +perdeleme” yöntemi ile yapı rijitliği artırılarak sınırlanmıştır. Hasarlı yapı için farklı güçlendirme sistemleri seçilerek tekrarlı analizler yapılmış olup, bu şekilde en uygun güçlendirme projesi belirlenmiştir. Güçlendirme projesi çözümü sonucunda yapı için bazı statik çözüm sonuç değerleri ;

- rölatif kat deplasmanı 0,0003,
- perde taban momentleri oranı planda yatay X yönünde 0.70 ve planda düşey Y yönünde 0.63,

- ilk mod için yapı periyotları yatay yönde 0.210 sn. ve düşey yönde 0.120 sn.,
  - yapı kütle ve rijitlik merkezleri  $x_g=11.25$  m.,  $x_r=11.25$  m.,  
 $y_g= 6.21$  m.,  $y_r= 5.96$  m.
- olarak hesaplanmıştır.

#### 4.1. Temel takviyesi

Mevcut tekil temel boyutları yapılan analiz sonucunda, zemin emniyet gerilmesinin düşük olmasına bağlı olarak yetersiz kalmıştır. Bu nedenle zemin emniyet gerilmesini aşmayacak şekilde tekil temellere de takviye yapılmıştır. Temel takviyesi projelendirilmesinde beton sınıfı C20 ve donatı sınıfı ise S420 olarak seçilmiştir ( Şekil.3 )

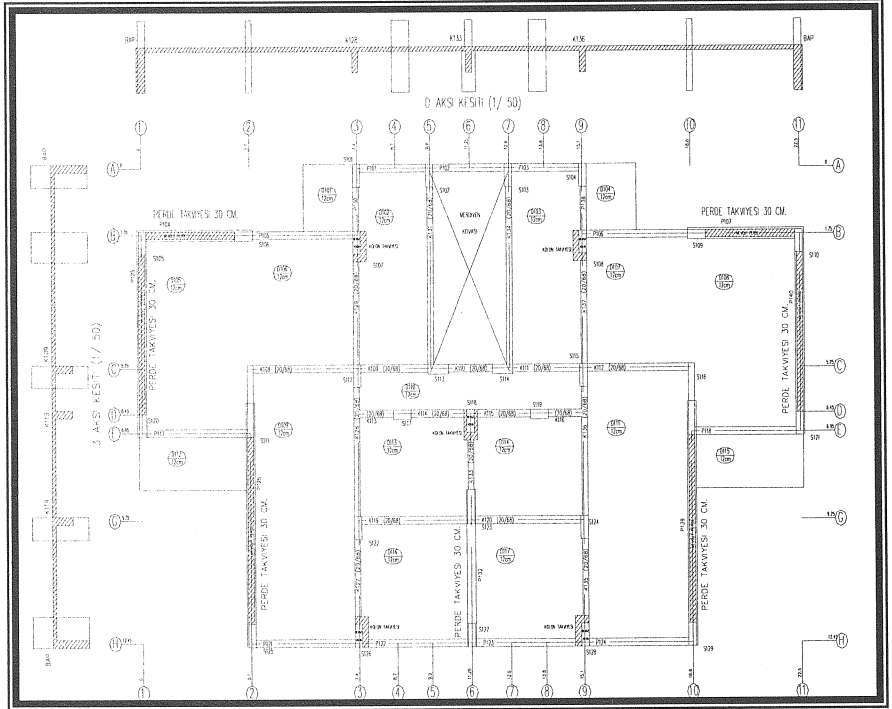


Şekil.3 Koloni tip lojmanların takviyeli temel aplikasyon planı

Güçlendirme projesi hazırlanırken sürekli ve düzenli betonarme perdelerin bulunduğu taşıyıcı sistemlerin oluşturulması amaçlanmıştır. Mevcut çözüm sonuçları dikkate alınarak mimari açıdan da uygun yerlere betonarme perde

yerleştirilerek takviye çalışması yapılmıştır. Perde takviyesi projelendirilmesinde beton sınıfı C20 ve donatı sınıfı ise S420 olarak seçilmiştir. Birçok yapıda deprem sonrası oluşan hasarlar, yapının ağırlık ve rijitlik merkezlerinin birbirinden çok uzak olmasının ortaya çıkardığı burulma etkisinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle güçlendirme projesi çalışmalarında, yapının rijitlik ve kütle merkezi mümkün mertebe yaklaştırılarak burulma etkileri azaltılmaktadır [8], [9].

Betonarme perde takviyeleri projede yapı boyunca ve planda verilen yerlerde yapılmıştır. Takviye edilecek betonarme perdeler P104, P107, P125, P126, P139, P140 olup takviyeli zemin ve birinci kat kalıp planı Şekil.3 'de verilmiştir. Perde yerleri mimari kullanımı etkilemeyecek ve genişliği 30 cm olacak şekilde seçilmiştir. Bu çalışmada ayrıca kiriş takviyesinden kaçmak için hasarlı kirişleri de içerisine alacak konumlarda olması da dikkate alınmıştır. Çatlak genişliği düşük betonarme kirişlerde epoxy ile enjeksiyon onarımı önerilmiştir. Takviyeli sistemin çözümü sonucunda özellikle ağırlık ve rijitlik merkezlerinin çakışmasına dikkat edilmiştir. Seçilmiş olan perdeler üst kat rijitliklerini arttırmak amacıyla çatı katı döşemesine kadar devam ettirilmiştir.



Şekil.3 Koloni tipi lojmanların takviyeli bodrum kat kalıp planı

### **4.3. Betonarme Kolon Takviyeleri**

Bodrum ve zemin katta statik çözüm sonucunda kesiti yetersiz kalan ve hasarlı olan betonarme kolonlara mantolama da yapılmıştır. Kolon bütünlüğünü tekrar sağlayan ve düşey yük kapasitesini arttıran mantolama, eğilme dayanımını da arttırmaktadır. Takviye edilecek betonarme kolonlar S107, S108, S126, S128 olup mimari kullanımı etkilemeyecek şekilde manto yönleri seçilmiştir. Kolon manto projelendirilmesinde beton sınıfı C20 ve donatı sınıfı ise S420 olarak seçilmiştir.

### **5. SONUÇ**

Deprem sonrası hasarlı bir yapının güvenliği etkilenmeyecek şekilde onarılması, gerekli durumlarda tüm sistemin güçlendirilmesi kaçınılmazdır. Bu çalışmada, orta hasarlı betonarme karkas bir yapıda, yapılan güçlendirme çalışması iki aşama olarak verilmiştir. Birinci aşamada, yapıdaki hasar noktaları tespit edilmiş ve mevcut projenin yerinde yapı ile uyumu incelenmiştir. İkinci aşamada ise, laboratuvar ortamında elde edilen zemin özellikleri ve beton dayanımı deney sonuçları ile yapıdaki donatı düzeni bilgilerine göre 1998 deprem yönetmeliğine uygun statik çözüm yapılmıştır.

Proje çalışmasının sağlıklı olması, yerinde detay imalatlarının özelliklerine de bağlıdır. Çalışma sonucunda, incelemesini yapmış olduğumuz binada, genelde hasarlı yapılarda karşılaşılan malzeme ve imalat hataları ile ilgili kusurların olduğu tespit edilmiştir. Hasar nedenleri genel olarak, sağlam olmayan zeminde yapıyı taşıyacak doğru temel sisteminin seçilmemiş olması, yapı malzemesi seçim hataları, yapı malzemesi kullanım hataları, yapı eleman birleşim hataları, yapı projelendirme hataları ve bilinçsizce sonradan yapı içerisinde proje dikkate alınmadan yapılan tadilatlar olmaktadır.

Statik çözüm sonucunda, sistemin rölatif kat deplasmanlarının çok yüksek oluşu nedeniyle, rijitlik artırılarak oluşan rölatif kat deplasmanlarının azaltılması için “kolon mantolama + perdeleme” sistemi ile takviye çalışmasına gidilmiştir. Böylece rölatif kat deplasmanları yönetmelik sınırları içerisinde kalmış ve kolonlara gelen kesme kuvvetleri de büyük oranda perdeler tarafından aktarıldığı için, yerinde yapılacak projeye uygun imalat ile yapı güvenliği artırılmıştır.

## KAYNAKLAR

1. Ersoy, U., "Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesinde ODTÜ Yaklaşımı- Deneysel araştırmalar ve uygulamalar" Prof. Dr. Kemal Özden'i anma sempozyumu, İTÜ Yayını (2002)
2. Bayülke, N., "Depremlerde Hasar Gören Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi", TMMOB İnşaat Müh. Odası, 8. Baskı, İzmir, 1-150 (1999)
3. Bayülke, N., "Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı", İMO İzmir Şubesi, yayın No: 27, İzmir, (1998)
4. Altun, F., Kara, H.B., Haktanır, T., "Afyon Şeker Fabrikası Binaları Hakkında Teknik Rapor", E.Ü. Müh. Mim. Fak. Döner Sermaye İşletmesi, Kayseri, 1-47 (2002)
5. TS 10465/Kasım Beton Deney Metodları Yapı ve Yapı Bileşenlerinde Sertleşmiş Betondan Numune Alınması ve Basınç Mukavemetinin Tayini (Tahribatlı Metot) (1992)
6. STA4CAD paket programı, ver 9,0, 2002, İstanbul.
7. Bağcı, M., Atımtay, E., "Depreme Maruz Karma Sistemlerin Bilgisayar Modeli", Türkiye İnşaat Mühendisliği XV. Teknik Kongre ve sergisi, ODTÜ, 321-330, Ankara (1999)
8. Çatal, H.H., "Depremden Hasar Gören Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi", Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Deprem Araştırma Bülteni, Yayın No 68, Ankara, (1990)
9. TÜBİTAK, "Betonarme Binaların Onarım ve Güçlendirilmesi", Kurs Notları, İMO, 80 (1999)