

## BETONARME YAPILARDA DEPREM HASARLARI VE 6 KATLI BİR YAPININ GÜÇLENDİRME ÇALIŞMALARI

Fatih ALTUN\*, H. Bekir KARA, Erdal UNCUOĞLU, Okan KARAHAN  
Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 38039,  
KAYSERİ, faltun@erciyes.edu.tr

### ÖZET

Bu çalışmada, 1999 Marmara 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 uygulamasında karşılaşılan sorunlar ele alınmıştır. Güçlendirme çalışmasında, yapı için yatay kuvvetlerin oluşturduğu deplasmanlar "kolon mantolama +perdeleme" sistemi ile yapı rijitliği artırılarak sınırlandırılmıştır. Güçlendirme projesi çalışmasında elde edilen genel sonuçlar verilmiştir.

*Anahtar Kelimeler: Betonarme yapıların onarımı, mantolama, güçlendirme, beton dayanımı.*

## EARTHQUAKE DAMAGES IN REINFORCED-CONCRETE STRUCTURES AND RETROFITTING WORK ON A 6 STOREY BUILDING

### ABSTRACT

Engineering studies for the repair, strengthening, and retrofitting of a reinforced-concrete (RC) building, which experienced considerable structural damage due to the 1999 Marmara Earthquake, are performed in accordance with the pertinent and recent regulations, codes, and modern developments in analysis and application techniques. 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. The general results obtained from this study were reported.

*Key Words: Repair of RC buildings, jacketing, strengthening, concrete strength.*

### 1. GİRİŞ

Yapının deprem etkisi altındaki davranışında; yapı ağırlığı, taşıyıcı elemanların konumu, boyutları, zemin özellikleri, yapı-zemin etkileşimi gibi etkilerin yanı sıra mimari tasarımın da önemli etkileri olmaktadır. Betonarme taşıyıcı elemanlarda, bu nedenlere bağlı olarak ve yatay kuvvet etkisiyle

hafif, orta veya ağır hasarlar meydana gelmektedir. Bu hasarların giderilmesi ve yapı güvenliğinin yeniden sağlanması için bu elemanların onarım ve/veya güçlendirilmesi gerekli olmaktadır (1, 2, 3).

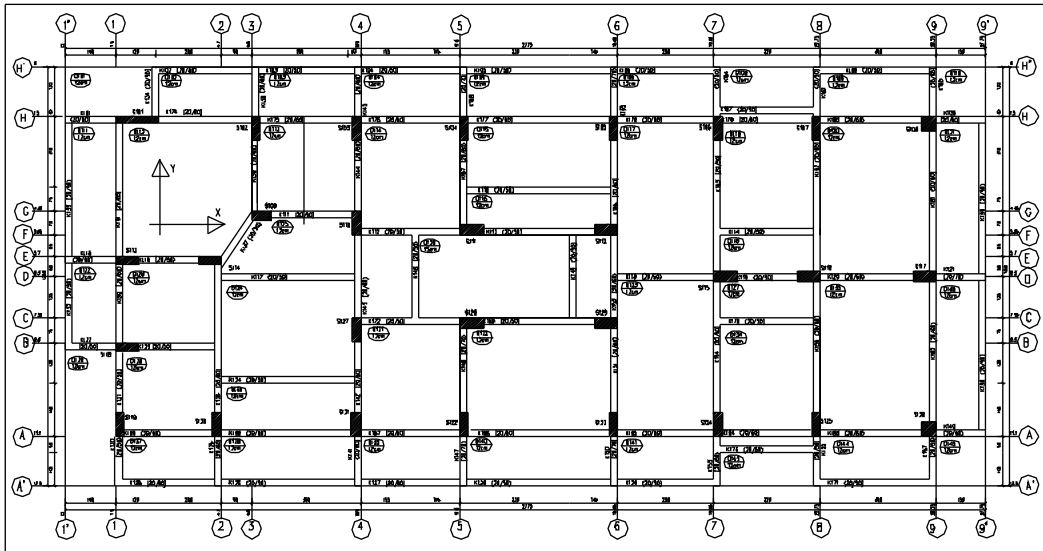
Deprem yükleri etkisi altında betonarme karkas yapıların taşıyıcı elemanlarında çeşitli şekillerde yapısal hasarlar meydana gelmektedir. Yapı güvenliğini yeniden sağlamak için, tüm sistemin ve hasar görmüş elemanların onarılması ve güçlendirilmesi gerekebilmektedir. Depreme karşı güçlendirilmesine karar verilmiş bir yapıda diğer bir önemli özellikte, güçlendirme düzeyinin tespit edilmesidir. Özellikle yeni deprem yönetmeliğine uygun olmayan yapılarda hasar görmemiş sistemlerin de güçlendirilmesi, 1999 Marmara Depreminden sonra bu bölgede güncel bir konu olup son iki yıldır zorunlu olarak uygulama alanı bulmuştur. Bunun temel nedeni ise, seçilmiş olan taşıyıcı sistemin düzenli akslara sahip olmayan çerçevesel sistem olması ve genelde yerinde ölçümler ile elde edilen beton dayanımlarının, proje dayanımının çok altında olmasıdır.

Onarım ve takviye uygulaması, İzmit ili, Körfez ilçesinde inşa edilmiş olan S.S. Neşe Konut Yapı Kooperatifi A ve B bloklarından hasarlı olan A blok için yapılmıştır. Yapı, bodrum, zemin + dört normal kattan ibaret olup katta iki daire olmak üzere toplam on dairedir.

Bu çalışmada, genel olarak betonarme karkas binanın onarımı ve depreme dayanıklılığının artırılması ile ilgili yapılan statik proje çalışması özetlenmiştir. Hasarların ve oluşum nedenlerinin belirlenmesi ilk adım olarak verilmiştir. Yerinde yapılan araştırmada, dikkat edilmesi gereken konular açıklanmış, projeye uygunluk, beton kalitesinin tayini ve donatı miktarının belirlenmesi, deprem yükleri etkisi altında yapı davranışına etki eden yerel zemin koşullarının, yerinde yapılacak çalışmalarla gerçekçi olarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Tüm sistemin güvenilirliğini sağlamak için, yetersiz elemanları da kapsayan güçlendirme sisteminin belirlenmesi, mimari özellikleri ve güçlendirme sisteminin yapılabirliği ön plana çıkartılarak verilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca zemin özelliklerinin de, mevcut proje zemin emniyet gerilmesine göre düşük olmasından dolayı, yapılan temel takviyesi çözümü verilmiştir.

## 2. HASAR BELİRLEME ÇALIŞMALARI

S.S. Neşe Konut Yapı Kooperatifi A blok bodrum kat kalıp planı, Şekil 1'de verilmiştir.

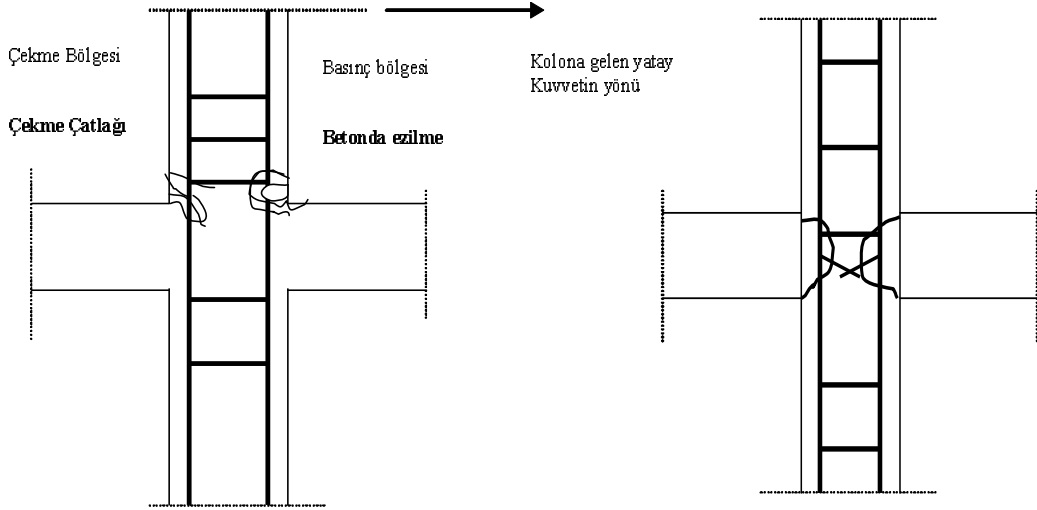


Şekil 1. A blok bodrum kat kalıp planı

Yapı hasarlarının incelenmesinde şu bulgulara ulaşılmıştır: Bodrum katta kolon, kiriş ebatları ve aks ölçüleri proje ile uymaktadır. Plan üzerinde; 1-1 aksında S101 ve S113, 4-4 aksında S103, 5-5

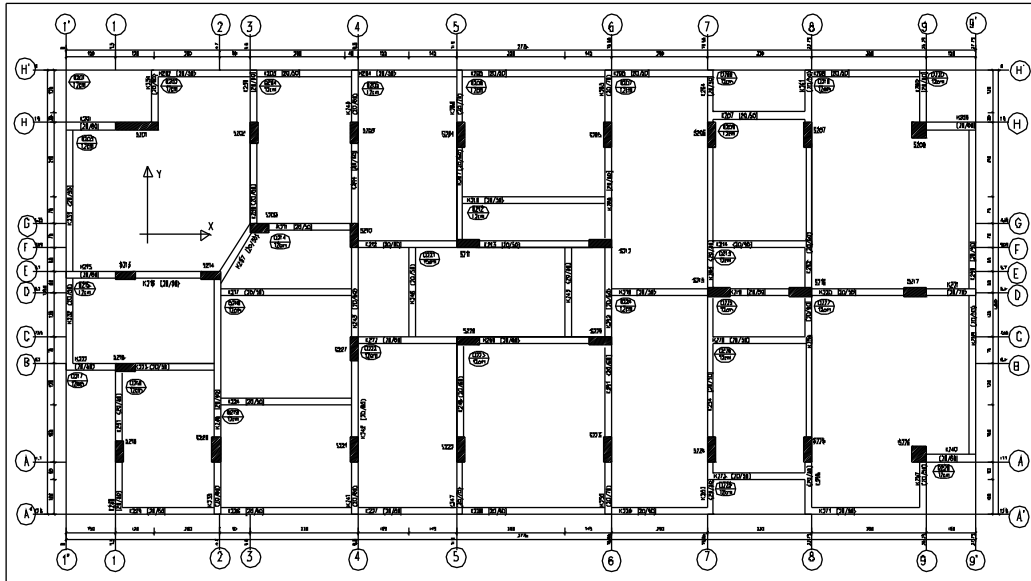
aksında S104 ve S122, 6-6 aksında S105 ve S123, 7-7 aksında S106 ve S124, 9-9 aksında S108, S117 ve S126 kolonları düğüm noktasında kesme çatlakları oluşmuştur.

Kolon hasarlarında, düğüm noktaları içinde veya yakın çevresinde ince eğilme ve kayma çatlakları oluşmuştur (Şekil 2). Bu hasarın nedeni, kolon-kiriş birleşim bölgesi içinde genellikle sargı donatısının yetersiz olmasıdır (4).



Şekil 2. A blok 'ta tespit edilen kolon hasarları

Kiriş hasarları, bodrum kat kalıp planındaki 2-2 ve 3-3 aksları arasındaki K 137 kirişinde kesme çatlağı şeklinde meydana gelmiştir. Bunun dışındaki kiriş hasarları, kılcal çatlak seviyesinde kalmıştır. Kuvvetli kiriş-zayıf kolon tasarımı yüzünden hasarlar, kiriş yerine daha çok kolonlarda meydana gelmiştir. Kiriş ve kolon enine donatıları, projede 8/20 iken daha seyrek olarak konulduğu tespit edilmiştir. Ayrıca düğüm noktalarında enine donatı sıklaştırmasının, yapı genelinde yapılmadığı da gözlenmiştir. Zemin kat kalıp planı, Şekil 3 'de verilmiştir.



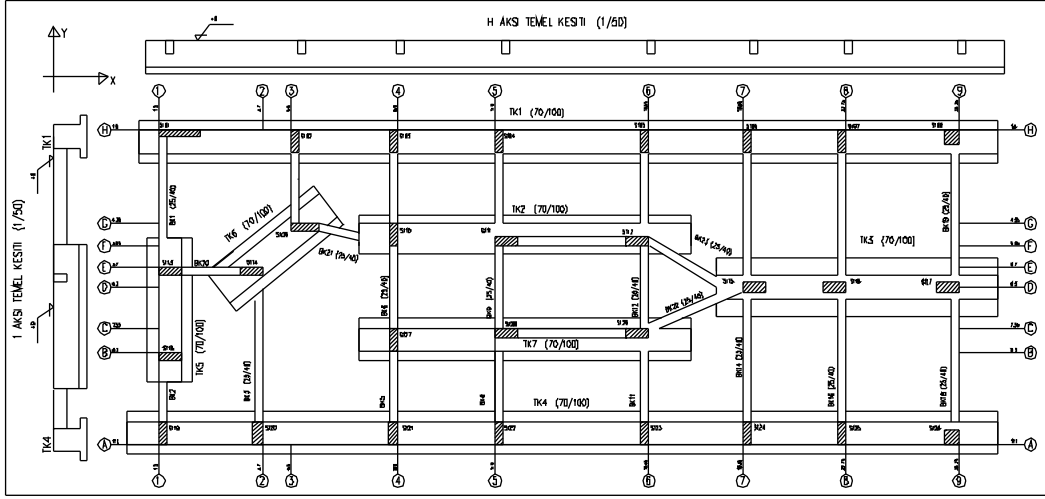
Şekil 3. A blok zemin katı kalıp planı

Zemin katta kolon hasarlarının, sadece S220 kolonu için devam ettiği gözlenmiştir. Katta, kiriş

hasarları bulunmayıp sadece birkaç kolon-kiriş düğüm noktasında kılcal çatlaklar olmuştur. Normal kat taşıyıcı elemanlarında hasar gözlenmemiştir.

Betonarme yapı, çerçevesel bir sistem olarak imal edilmiştir. Yapı için verilen kalıp planlarına göre, planda sadece düşey yönde aks sürekliliği mevcuttur. Planda yatay yönde ise, aks sürekliliği bulunmayıp, tehlikeli olabilecek sapsamaların bulunması ve rijitlik düzensizliği dikkat çekmektedir.

Yapının temel sistemi, plan yatay doğrultusunda sürekli temel ile oluşturulmuş ve bağ kirişleri ile birbirlerine planda düşey doğrultuda Şekil 4 'de verildiği gibi bağlanmıştır. Zemin emniyet gerilmesinin, hesaplarda  $\sigma_{z,em} = 2.0 \text{ kgf/cm}^2$  olarak alındığı, ayrıca bir zemin etüdü yapılmadığı belirlenmiştir.



Şekil 4. A blok mevcut temel sistemi

Yapı yüzeyinde ilk iki katta izlenen düşey çatlaklar tespit edilmiştir. Bu çatlakların, zemindeki kısmî çökmelere bağlı olarak geliştiği tahmin edilmektedir. Ayrıca bodrum, zemin ve birinci (normal) katta yoğunlaşan duvar hasarları, yukarı katlarda azalmaktadır. Bazı duvarlarda yatay ve düşey çatlaklar meydana gelmiştir. Yatay çatlaklar, örgü yüksekliğince ve bütün duvar uzunluğunca dağılmıştır. Düşey çatlaklar ise, boşluk üstleri ve boşluk altlarında duvar yüksekliğince devam etmiştir. Bu tür çatlak ve betonarme karkas bir yapıda oluşma nedenleri, genel bir inceleme olarak verilmiştir (4). Binada toplam hasar durumu, orta hasarlı olarak tespit edilmiştir.

### 3. ZEMİN ARAŞTIRMALARI

Zemin araştırmaları için yapılan çalışmalarda, S.S. Neşe Konut Yapı Kooperatifi A ve B blok arsasında yapılan incelemelerden, jeofiziksel arazi çalışmaları ve dinamik sonda deneyleri sonuçları ile bölgenin jeolojik geçmişinden faydalanılmıştır.

Yapı parsel çevresi topografik yapısı düzdür. Bölgede, Körfez Belediyesi tarafından D-100 Karayolu güneyinde yapılan su sondajından görülen genel tabakalaşma durumu aşağıda özetlenmiştir (5):

0,00 - 10,00	metre	Kahverengi Kil Yer yer ince ve orta kum içermekte)
10,00 - 40,00	metre	Kahverengi Siltli Kumlu Kil
40,00 - 70,00	metre	Kahverengi Kil

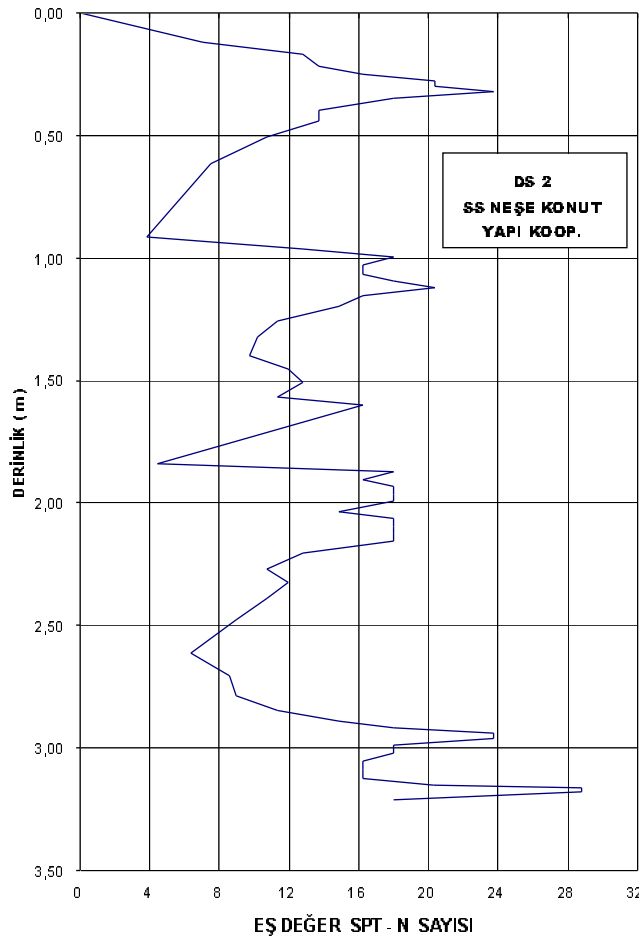
Yapılan dinamik sonda ve jeofiziksel çalışmalarda, yer altı suyuna rastlanılmamıştır. Kooperatif arazisine ait temel zemini taşıma gücü ve geoteknik parametrelerinin belirlenmesi amacıyla, dinamik

sonda deneyleri yapılmış ve sonuçları Çizelge 1 'de özetlenmiştir.

**Çizelge 1.** Dinamik sonda deney sonuçları

Derinlik(m)	SPT eş değeri	Kıvam	Serbest Basınç Mukavemeti (kgf/cm <sup>2</sup> )
0,50	8 - 15	Katı	1,00 – 2,00
1,00	8 - 15	Katı	1,00 – 2,00
1,50	8 - 15	Katı	1,00 – 2,00
2,00	8 - 15	Katı	1,00 – 2,00
2,50	8 - 15	Katı	1,00 – 2,00
3,00	15 - 30	Çok Katı	2,00 – 4,00
3,20	15 - 30	Çok Katı	2,00 – 4,00

Dinamik sonda deneylerinden 1 No. lu Sonda 2,50 metre, 2 No. lu sonda ise 3,20 metre çakılmıştır. Dinamik sonda değişimi ile ilgili grafik, yapılan 2 nolu dinamik sonda için Şekil 5 'de verilmiştir.



**Şekil 5.** Dinamik sonda değişim grafikleri

Kocaeli ili, Kocaeli yarımadası üzerinde yer almaktadır. Bu yarımada, paleozoik devri yaşlı jeolojik birimlerin yer yüzünde mostra verdiği bir bölgedir. Ordovisien arkozlar, Kocaeli yarımadasının karakteristik formasyonudur. Statigrafik kolon incelendiğinde alttan üste doğru sıralama aşağıda

verilmiştir (6, 7):

- Ordovisien Arkoz, kuvarsit, kuvarsit arenit
- Silürrien lamine Şeyl, fosilli kireçtaşı
- Devonien fosilli şeyl, yumrulu kireçtaşı
- Karbonifer fosfat yumrulu çört, Şeyl
- Trias kumtaşı
- Kretase kireçtaşı
- Eosen kumtaşı

Kocaeli yarımadasını oluşturan formasyonlar, Kaledonien devrinde kıvrım eksenini kuzey-güney ve hersiniende ise kıvrım eksenini doğu-batı olan dağ oluşum sistemlerinin etkisinde kalmıştır. Bu hareketlerin sonucu kıvrımlaşmış, kırıklaşmış ve büyük düşey hareketlere maruz kalmıştır. Bu yüzden sığ ve derin deniz çökeltilerine, bazen üst üste rastlanabilmektedir. Genel jeolojik yapılanma içerisinde üst birimleri, Alüvyon Yelpezesi içerisinde kil, silt, kum ve çakıllar ve bunların değişik oranlarda karışımı oluşturmaktadır.

Yapı arazisinde yapılan incelemeler sonucu, temel zemini tabakasının "Kahverengi Kumlu Siltli Kil" tabakası olduğu ve temel altında bu tabakanın katı kıvamda bulunduğu gözlenmiştir. Yapı temel zemini olarak bu tabaka, taşıma gücü ve oturma problemlerine göre oldukça güvenilir bir yapılanma göstermektedir.

Temel sistemi ve yapı ile ilgili kısımların hesaplamalarında kullanılacak parametreler aşağıda verilmiştir (2):

Zemin emniyet gerilmesi	1,5 kg/cm <sup>2</sup>
Zemin yatak katsayısı	1500 000 kg/m <sup>3</sup>
Zemin Grubu	C
Yerel Zemin Sınıfı	Z 3
Spektrum Karakteristik Peryotları (TA, TB)	0,15-0,60
Etkin yer ivmesi Katsayısı (A <sub>0</sub> )	0,40

#### 4. MALZEME ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Yapılan araştırmalar göstermektedir ki, deprem etkisiyle yapılarda oluşan hasarlar, birkaç önemli faktörün etkisiyle olmaktadır. Her bir yapıda söz konusu çatlak ve kopma karakterleri, yapının deprem öncesi çalışma durumuna bağlıdır. Ayrıca üretim sırasında yapılan işçilik hataları, malzeme ve zemin cinsi özellikleri de, yapı dayanımı ve davranışını yatay yüklere karşı etkileyen önemli etkenlerdir. Bu özelliklerin, yerinde ve laboratuvar şartlarında yapılacak deneylerle sağlıklı bir şekilde tespit edilmesi gerekmektedir.

Beton kalitesinin belirlenmesi için, rastgele metodu ile bodrum ve zemin kattaki kolonlardan karot numuneler alınmıştır. Bu bölgelerde, paşometre ile gerekli ultrason okumaları da yapılmıştır. Ayrıca rastgele seçilen kolonlardan her katta beton çekici ile testler yapılmıştır. S.S. Neşe Konut Yapı Kooperatifi A blok için proje beton dayanımı, B160 olarak belirlenmiş olmasına karşılık, yapılan deneyler sonucunda beton mukavemeti değeri yerinde B120 olarak bulunmuştur.

## 5. ONARIM GÜÇLENDİRME PROJESİ ÇALIŞMALARI

Betonarme yapıların üretiminde düzensiz yapı planları teşkil edilmekte ya da malzeme ile ilgili işçilik hataları yapılmaktadır. Binalarda ortaya çıkan deprem kuvvetleri, yatay rijitliklerle karşılanması gereken dinamik bir etkidir. Depreme dayanıklı yapı yapmanın önemli aşamalarından birisi de, sürekli ve düzenli yerleştirilmiş aks ve perdelerin bulunduğu taşıyıcı sistemlerin oluşturulmasıdır.

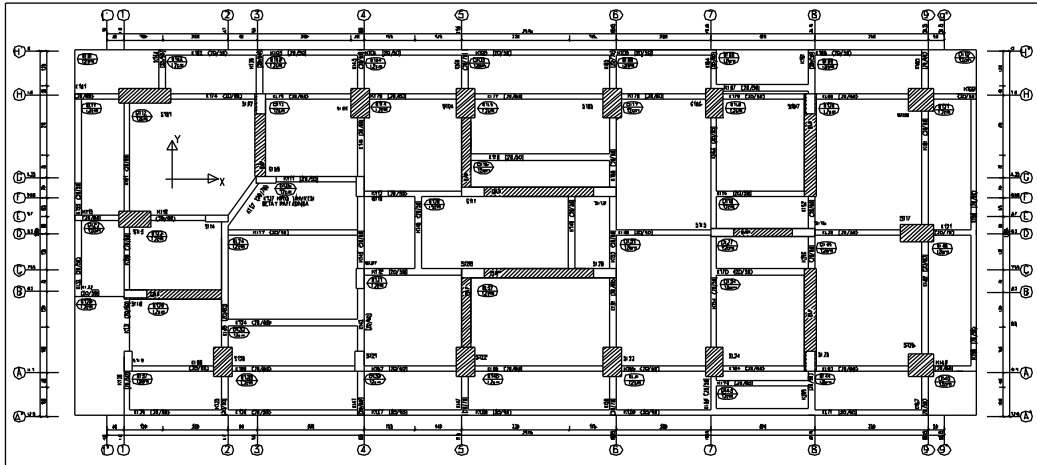
Deprem perdeleri, yapının yatay ötelenme rijitliğini artırır, depremin yol açtığı yatay ötelenme ve rölatif kat deplasman miktarını azaltır, deprem kuvvetlerinin büyük bir kısmını karşılayarak kolonlara etki eden yatay kesit tesirlerini azaltır. İyi tasarlanmış bir perde-çerçeve sisteminde deprem kuvvetleri, perde ve çerçeveler tarafından bir etkileşim içerisinde taşınırlar (8).

Yapı malzeme özellikleri, hasarlar ve nedenleri, yerel zemin koşulları belirlendikten sonra ikinci aşama olan onarım ve güçlendirme projesinin hazırlanmasına geçilir. 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. Mevcut yapı kullanım amacı, mimari özellikleri ve güçlendirme sisteminin yapılabilişliği ön plana çıkartılarak güçlendirme sistemi seçilmelidir.

Güçlendirme sistemi seçiminde; yerel zemin koşulları, mevcut ve güçlendirmede kullanılacak olan malzeme özellikleri, yapı için süneklik katsayısı, kullanılan yapının yapı önem katsayısı, zemin özelliklerine bağlı periyotlar, zemin emniyet gerilmesi ve yatak katsayısı, yeni deprem yönetmeliği ile yürürlükte olan diğer yönetmelik kurallarına uygun olmalıdır.

Mevcut durum, üretimi yapılan projeye ve yerinde elde edilen röleve bilgilerine bağlı olarak çözülmüştür. Çözümde betonarme çeliği mevcut projeden BÇI, beton mukavemeti teknik rapordan B120 ve zemin emniyet gerilmesi 1,5 kg/cm<sup>2</sup> alınmıştır. Mevcut çözümlerde; rölatif kat deplasmanı 0,0020, perde taban momentleri oranı planda yatay yönde 0,17 ve planda düşey yönde 0,28, ilk mod için yapı periyotları yatay yönde 0,346 s ve düşey yönde 0,421 s, yapı kütle ve rijitlik merkezleri  $x_g=13,70$  m,  $x_r=12,15$  m,  $y_g=6,23$  m,  $y_r=5,98$  m olarak hesaplanmıştır.

Güçlendirme çalışmasında, yapı için yatay kuvvetlerin oluşturduğu deplasmanlar "kolon mantolama +perdeleme" yöntemi ile yapı rijitliği artırılarak sınırlandırılmıştır. Hasarlı yapı için farklı güçlendirme sistemleri seçilerek tekrarlı analizler yapılmış olup, bu şekilde en uygun güçlendirme projesi belirlenmiştir. Güçlendirme çalışmasında kullanılan perdeler, her iki yönde yeterli oranda (kat alanı x 0,01) ve yapıda yeterli rijitlik sağlayacak şekilde seçilmiştir. Güçlendirme projesi çözümü sonucunda yapı için; rölatif kat deplasmanı 0,0006, perde taban momentleri oranı planda yatay yönde 0,24 ve planda düşey yönde 0,23, ilk mod için yapı periyotları yatay yönde 0,269 sn ve düşey yönde 0,348 s, yapı kütle ve rijitlik merkezleri  $x_g=13,97$  m,  $x_r=11,74$  m,  $y_g=6,23$  m,  $y_r=5,98$  m olarak hesaplanmıştır. Önerilen güçlendirme projesi sonuç bodrum katı kalıp planı Şekil 6 'da verilmiştir.



Şekil 6. Takviyeli yapı bodrum katı kalıp planı

### 5.1. Betonarme Kolon Takviyeleri

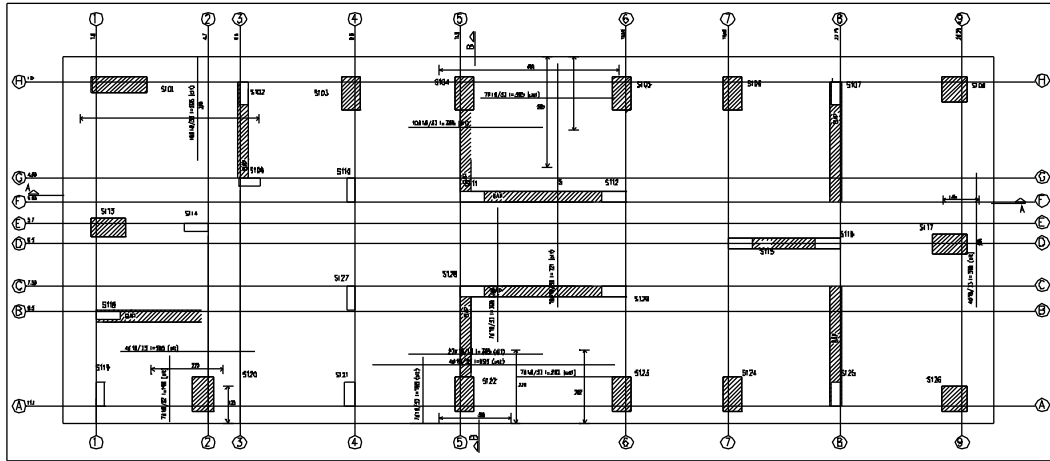
Hasarlı kolonlar için kolon mantolaması, her kenarda 15 cm. örtü betonu imal edilerek yapılmıştır. Bu kolonlar bodrum katta, S101, S103, S104, S105, S106, S108, S113, S117, S120, S122, S123, S124 ve S126 kolonları olup, zemin ve normal katlarda ise S120 kolon mantolamaları devam ettirilmiştir. S120 kolonu için, herhangi bir hasar olmamakla birlikte statik hesap sonucunda her katta mantolama yapılmıştır. Kolon bütünlüğünü tekrar sağlayan ve düşey yük kapasitesini artıran mantolama, eğilme dayanımını da artırmaktadır. Ancak bu artışa fazla güvenmeyerek, kolonlarda kesme gerilmesi  $0,20 \times (f_{ck})/2$  (N/mm<sup>2</sup>) değerini aşmayacak şekilde ve olası bir depremde yapı güvenilirliğini artırmak için ilave perde güçlendirmesi çalışmasına gidilmiştir. Böylece hasarlı kolonların kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri düşürülmüş olmaktadır.

### 5.2. Betonarme Perde Takviyeleri

Betonarme perde yerleri, mimari kullanımı etkilemeyecek şekilde ölü duvarlar dikkate alınarak seçilmiştir. Perdeleri statik çözüm sonuçlarında, yapı periyodu ve zemin özellikleri, rölatif kat deplasmanları ile ağırlık ve rijitlik merkezlerinin çakışması gibi genel özelliklere dikkat edilmiştir. Ayrıca, perde kesme gerilmeleri,  $0,30 \times (f_{ck})/2$  (N/mm<sup>2</sup>) değerini aşmayacak şekilde seçilmiştir. Perdeler, katlar arası sürekliliği sağlamak ve hasarsız olan üst kat rijitlikleri de azalmış olduğu için son kat döşemesine kadar devam ettirilmiştir.

### 5.3. Temel Takviyesi

Yapı temel sistemi incelendiğinde, plana göre yatay yönde bir süreklilik oluşturulmuştur. Buna karşın diğer doğrultuda bağlantılar zayıf bağ kirişleri ile yapılmıştır. Çözümlerde temel gerilmeleri, zemin etütleri sonucunda elde edilen parametrelere göre yetersiz kalmıştır. Ayrıca, gerek kolon genişlemesine bağlı olarak temel gerilmelerinin artması, gerekse üst yapıya ilave edilen betonarme perde elemanlara yeni temel sistemi gerekliliğinin olması sonucu temel sistemine takviye yapma zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Güçlendirilmiş üst yapı için yapılan analizler sonucunda, kalıp planı Şekil 7 'de verilen temel sistemi takviye sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 7. Takviyeli yapı temel sistemi

Temel takviyesi; mevcut mütemadi temel boyutlarının yetersiz kalması, üst yapı için yapılan kolon mantolaması ve yeni perdeler için temel sistemini oluşturmak amacıyla, radye plak çözümü ile sağlanmıştır. Yapılan temel takviye çalışmaları, altta ve üstte ızgara donatısı olacak şekilde Şekil 8 'de verilen detaya uygun olarak projelendirilmiştir.



Şekil 8. Temel takviye detayı kesiti

Yerinde temel güçlendirilmesi yapılırken şu esaslara uyulmuştur. Öncelikli olarak mütemadi temeller arasındaki malzemeler, temel kirişi ve ampatman yüksekliğine kadar el ile kazılmıştır. Radye temele ait alt ve üst ızgara donatısı filizleri (ankraj çubukları), mevcut temele epoxy ile ankrajlanmıştır. Radye temel ızgara donatıları altta ve üstte bu filizlere ayrı ayrı bağlanmıştır. Ayrıca, alt - üst ızgara donatılarına sehpalarda monte edilerek donatı sehimleri önlenmiştir. Bu çalışmaları takiben beton dökülmüştür.

## 6. SONUÇLAR

Bu çalışmada, 1999 Marmara Depremi sonucunda orta hasarlı ve 6 katlı betonarme karkas bir yapıda, yapılan güçlendirme çalışması aşamaları verilmiştir. Çalışmada, hasar noktaları tespit edilmiş, mevcut projenin yerinde ve laboratuarda elde edilen zemin ve beton dayanımı deney sonuçları ile donatı düzeni bilgilerine göre, statik çözümü yapılmıştır. Çözüm sonucunda, statik sistemin rölatif kat deplasmanlarının çok yüksek oluşu nedeniyle, rijitlik artırılarak oluşan rölatif kat deplasmanlarının azaltılması için "kolon mantolama +perdeleme" sistemi ile takviye çalışmasına gidilmiştir. Bu çözüm yöntemi ile rölatif kat deplasmanları azalmış ve kolonlara gelen kesme kuvvetleri de büyük oranda perdeler tarafından aktarıldığı için, yapı güvenliği yeniden sağlanabilmiştir.

Yapılacak güçlendirme çalışmalarında, yapıların tekrar depreme maruz kalacağı düşüncesi ile mevcut çerçeve sistemi ile uyumlu betonarme perdeler önerilmelidir. Yapılacak proje çalışmalarında ise, perdeler mimari kullanımı fazla etkilemeyecek şekilde ve yapıda burulma kuvvetleri meydana getirmeyecek yerlerde olmalıdır.

Doğal felaketlerin en korkuncu olan deprem, mühendislik yapıları üzerinde hasarlara yol açmaktadır. Bu hasarların, yapı güvenliğini etkilemeyecek şekilde onarılması, gerekli durumlarda tüm sistemin güçlendirilmesi kaçınılmazdır. Bu yapıların projelendirilmesinin ve uygulanmasının yürürlükte olan yönetmeliklere uygun olarak yapılması gerekmektedir. Yapılacak proje çalışmalarında, mühendislik deneyimi ve malzeme bilgisi son derece önemlidir.

Proje çalışmasının sağlıklı olması, yerinde detay imalatlarının özelliklerine de bağlıdır. Onarım çalışmaları, yönetmeliklere uygun ve kontrollüğün bilgisi dahilinde yapılmalıdır.

## KAYNAKLAR

1. Bayülke, N., "Depremlerde hasar gören yapıların onarım ve güçlendirilmesi", *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası*, 8. Baskı, İzmir, 1-150 (1999).
2. Altun, F., Kara, H.B., Haktanır, T., "S.S. Neşe konut yapı kooperatifi A ve B blok hakkında teknik rapor", *E.Ü. Müh. Mim. Fak. Döner Sermaye İşletmesi*, Kayseri, 1-42 (2000).
3. Tübitak, "Betonarme binaların onarım ve güçlendirilmesi", *Kurs Notları*, İMO, 1-80 (1999).
4. Eyyubov, C., Yılmaz, C., Altun, F., "Binaların onarımı ve depreme dayanıklılığının takviye yöntemlerinin incelenmesi", *İnşaat Mühendisliğindeki Gelişmeler, III. Teknik Kongre, ODTÜ*, Ankara, 417-426 (1997).
5. Körfez Belediyesi Fen İşleri Müdürlüğü, *Teknik Rapor*, Arşiv (2000).
6. *MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi*, "Kocaeli ilinin çevre jeolojisi ve doğal kaynakları", Ankara, 1-155 (1999).
7. Ketin, İ., "Türkiye genel jeolojisi", *İTÜ yayınları*, İstanbul, 1-442 (1983).
8. Bağcı, M., Atımtay, E., "Depreme maruz karma sistemlerin bilgisayar modeli", *Türkiye İnşaat Mühendisliği XV. Teknik Kongre ve Sergisi*, ODTÜ, Ankara, 321-330 (1999).

