

**HASAR GÖRMÜŞ ÖNEMLİ BİR
BİNANIN ONARIM VE
GÜÇLENDİRİLMESİ**

Kıvanç TAŞKIN
Yüksek Lisans Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği
Anabilim Dalı
Temmuz-2002

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Kıvanç TAŞKIN'ın HASAR GÖRMÜŞ ÖNEMLİ BİR BİNANIN ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİ başlıklı İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans Tezi, 10 / 07 /2002 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Adı-Soyadı

Üye (Tez Danışmanı) : Dr. Yusuf DEMİREL

Üye : Prof. Dr. Mustafa TUNCAN

Üye :Yrd.Doç.Dr. Tacettin SARIOĞLU

Üye :

Üye :

Anadolu Üniversitesi Fen/Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun..16.7..2002..tarih ve....24/2.....sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Orhan ÖZER
Fen Bilimleri Enstitüsü
Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HASAR GÖRMÜŞ ÖNEMLİ BİR BİNANIN ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİ

KIVANÇ TAŞKIN

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Yusuf Demirel
2002, 98 sayfa

Betonarme yapıların onarım/güçlendirilmeleri son yıllarda önem kazanmıştır. Yaşanılan depremler de binaların hasar görsün yada görmesin güvenilirliklerine dikkat çekmiştir. Bu nedenle Eskişehir’de hasar görmüş önemli bir binanın onarım/güçlendirilmesi bu çalışmaya konu olmuştur. Binanın mevcut durumu incelenmiştir. Bu incelemelerden yapı ile ilgili sorunlar ve yapısal bozukluklar belirlenmiş ve nasıl bir çözüme gidildiği anlatılmıştır. Betonarme binalarda oluşan hasar şekillerine genel olarak değinilmiştir. Kolon ve kiriş gibi taşıyıcı sistem elemanların onarım ve güçlendirme yöntemleri açıklanmıştır.

Uygulama olarak Eskişehir’de (1975 Deprem Yönetmeliğine göre inşa edilmiş) 6 katlı bir betonarme yapı seçilerek; binanın onarım/güçlendirmeden önceki ve sonraki durumu, deprem kuvvetleri altında yapacağı davranış ETABS ve Probrina programları kullanılarak belirlenmiştir.

Binadan onarım/güçlendirme yapılmış beş adet örnek kolon seçilmiştir. Bu kolonlar Saatçioğlu beton modeline göre modellenmiştir. Kolonların davranışları incelenerek dayanım, süneklik, enerji tüketimi ve rijitlik değişimleri incelenmiştir. Yapının onarımı ve güçlendirme aşamaları ve gelecekte olabilecek bir deprem anındaki yapı davranışı incelenmiştir.

Anahtar sözcükler: Hasar, onarım, güçlendirme, yapı davranışı

ABSTRACT

Master of Science Thesis

REPAIRING AND STRENGTHENING OF AN IMPORTANT DAMAGED BUILDING

KIVANÇ TAŞKIN

Anadolu University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Civil Engineering Program

Supervisor : Dr. Yusuf Demirel
2002, 98 pages

In this study, repairing and strengthening of reinforced concrete buildings are reviewed and a strengthening application is practised.

Firstly, an introduction to the topics of repairing and strengthening is given. The main principle of structural design and reasons of damages on are discussed. Techniques and methods related to repairing and strengthening of structural elements such as columns, shear walls and beams are discussed and strengthening of the system by additional new bearing elements are detailed. The principles of preparing project and project stages are discussed.

As an application a multi-storey reinforced concrete building designed according to the Turkish Seismic Code of 1975 was analysed according to the Turkish Seismic Code of 1998. Static and dynamic analyses of building was carried by SAP2000 and ETABS programs. As a result of these analysis, it was decided that strengthening was necessary. Strengthening was realised by adding new shear walls and jacketing of some available columns.

Key words: damage, repairing, structural analysis, earthquake

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada, bilgisini, deneyimini ve yardımını esirgemeyen, her olumsuz şartta bana destek olan Danışmanım Öğr. Gör. Dr. Yusuf DEMİREL'e teşekkür ederim. İnşaat Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Mustafa TUNCAN'a, hiçbir zaman desteğini esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Gülgün Ünal'a, bu çalışmada kullandığım projeleri ve raporları temin etmemi sağlayan Yapı İşleri Daire Başkanı İnş. Müh. Bülent USTAOĞLU'na ve tezimin proje kısımlarında bana yardımcı olan araştırma görevlisi arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım

Ayrıca bu tez çalışması sırasında benim sorunlarıma olumlu bir açıdan bakmamı sağlayan her zaman ümitli ve hedefimden vazgeçmemem gerektiğini hatırlatan ayrıca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen aileme de en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Betonarme Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi.....	20
1.1.1 Yapı Elemanlarının Onarım ve Güçlendirilmesi.....	22
1.2 Hasar Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi.....	28
2. BİNANIN TARİHÇESİ.....	31
2.1 Projelendirme Aşaması, ilk Müteahhit ve 2. Müteahhit Aşamaları.....	31
2.2 Yapıda Kullanılan Beton Malzemeleri ve Özellikleri, Beton İmalat Kalitesi.....	32
3. İLK REABİLİTASYON.....	33
4. BİNADA YAPILAN (GÖZLEMLER VE İNCELEMELER) ETÜTLER.....	47
4.1 Gözlem.....	47
4.2 Beton Dayanımının Tespiti.....	48
4.3 Beton Dayanımının Tespit Yöntemleri.....	48
4.3.1 Betondan Karot Alınması Yöntemi.....	49
4.3.2 Beton (Schmidt) Çekici.....	50
5. REABİLİTASYON.....	53
5.1 Yapının 1975 Yönetmeliğine Göre Yapılan Analizler.....	53
5.2 Yapının 1998 Yönetmeliğine Göre Yapılan Analizler.....	55

6. ONARIM ANALİZLERİ.....	58
6.1 Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) Seçimi.....	58
6.2 Hesaba Katılacak Yeterli Titreşim Modu Sayısı.....	58
6.3 Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü.....	59
6.4 Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü.....	60
6.5 Zayıf Kat Düzensizliği Kontrolü.....	61
6.6 Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	62
6.7 İkinci Mertebe Etkileri.....	63
7. UYGULAMA.....	64
7.1 Ön Hazırlık ve Program.....	64
7.2 Zemin Enjeksiyonu.....	64
7.3 Yapıda Karşılaşılan Sorunlar.....	65
7.4 Perde Altı Temel imalatı.....	68
7.5 Kolonların Askıya Alınması.....	71
8. REABİLİTE EDİLMİŞ YAPININ MEVCUT DURUMU.....	79
8.1 Yürürlükteki Şartnamelere göre Davranışı.....	79
8.2 Bitişik Nizam Davranışı ve Getireceği Sorunlar.....	82
8.3 Mantolanmış Kolonun Modeli ve Analizi.....	83
8.3.1. Saatçioğlu Beton Modeli.....	83
8.3.2. Dayanım.....	87
8.3.3. Süneklik.....	89
8.3.4. Enerji Tüketimi.....	92
8.3.5. Rijitlik Değişimi.....	93
9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	94
9.1. Sonuçlar.....	94
9.2. Öneriler.....	95
10. KAYNAKLAR.....	96
11. EKLER.....	98

ŞEKİLLER DİZİNİ

1.1	Kuvvet-birim şekil değiştirme grafiği	5
1.2	Moment-birim dönme grafiği	5
1.3	Mekanik kenetlenme detayı	11
1.4	Sürekli donatı detayı	12
1.5	Epoksili kenetlenme detayı	12
1.6	Kirişlerin kelepçeleme yöntemi ile güçlendirilmesi	17
1.7	Kelepçeleme yöntemi ile güçlendirilmiş kiriş ve kesit detayı	18
1.8	Kolonun betonarme mantolama yöntemiyle güçlendirilmesi	25
1.9	Kolonun çelik manto yöntemiyle güçlendirilmesi	27
3.1	Sağ blok takviye projesi	35
3.2	Sol blok takviye projesi	36
3.3	T01, T03, T05, T06 ve T09 temellerine yapılan takviye detayı	38
3.4	T04 ve T10 temellerine yapılan takviye detayı	39
3.5	40/40 boyutlu kolonun manto detayı	41
3.6	40/50 boyutlu kolonun manto detayı	42
3.7	Kolon mantolama detayı	45
3.8	Kiriş takviyesi detayı	46
7.1	Temel altı betonunun olmadığı durum	66
7.2	Betonu dökülmemiş bağ hatılı	66
7.3	Ekseninden 7-8 cm kaçmış hasarlı kolon	67
7.4	Donatıları korozyona uğramış hasarlı kolon	67
7.5	Donatıları korozyona uğramış hasarlı kolon ve boyuna donatılarda süreksizlik olan hasarlı kolon	68
7.6	Bağ hatılı genişletilmesi	69
7.7	Perde altı temel imalatı	69
7.8	Perde altı temeli bindirme filizleri	69
7.9	Perde detayı	70
7.10	Kolon yükünün hidrolik silindirlerle yükünün alınması	72
7.11	Kabuk betonu sıyrılmış hasarlı kolonlar	74
7.12	Yük alma kolonu	75
7.13	Kenar kolonlarda manto detayı	76
7.14	Orta kolonlarda mantolama detayı	77
7.15	şaşırtmacalı olarak kaynaklanan z demirleri	78
8.1	Mevcut ve güçlendirilmiş binanın Mod 1'e göre davranışı	81
8.2	S8 kolonuna ait gerilme-birim deformasyon grafiği	87
8.3	S11 kolonuna ait gerilme-birim deformasyon grafiği	87
8.4	S17 kolonuna ait gerilme-birim deformasyon grafiği	88
8.5	S25 kolonuna ait gerilme-birim deformasyon grafiği	88
8.6	S32 kolonuna ait gerilme-birim deformasyon grafiği	89
8.7	S11 kolonuna ait gerilme-birim deformasyon grafiği	90
8.8	S17 kolonuna ait gerilme-birim deformasyon grafiği	90
8.9	S25 kolonuna ait gerilme-birim deformasyon grafiği	91
8.10	S32 kolonuna ait gerilme-birim deformasyon grafiği	91

ÇİZELGELER DİZİNİ

5.1	Yapının kolon-moment değerleri ve arasındaki ilişki	53
5.2	Yapı elemanları hakkında verilen karar	55
6.1	Güçlendirilmiş yapıya ait hesaba katılacak mod sayısı ve periyotları	59
6.2	Güçlendirilmiş yapıya ait kat ötelemeleri-X doğrultusu (E+)	59
6.3	Güçlendirilmiş yapıya ait kat ötelemeleri-X doğrultusu (E-)	60
6.4	Güçlendirilmiş yapıya ait yumuşak kat düzensizlikleri-X doğrultusu (E+)	60
6.5	Güçlendirilmiş yapıya ait yumuşak kat düzensizlikleri-X doğrultusu (E-)	61
6.6	Güçlendirilmiş yapıya ait zayıf kat düzensizlikleri-X doğrultusu	61
6.7	Güçlendirilmiş yapıya ait burulma düzensizlikleri-X doğrultusu (E+)	62
6.8	Güçlendirilmiş yapıya ait burulma düzensizlikleri-X doğrultusu (E-)	62
6.9	Güçlendirilmiş yapıya ait ikinci mertebe etkileri	63
8.1	Binanın mevcut durumunun ETABS programına göre mod analizleri	79
8.2	Güçlendirilmiş binanın PROBİNA programına göre mod analizleri	80
8.3	Güçlendirilmiş binanın ETBS programına göre mod analizleri	80
8.4	Analitik çalışmada kullanılan kolonlar ve özellikleri	86
8.5	Kolonların deplasman sünekliklerinin karşılaştırılması	92
8.6	klonların enerji tüketimi ve değişimi	92

1. GİRİŞ

Türkiye'deki yapı stoğu göz önüne alındığında betonarme yapı stoğu çelik ve ahşap yapı stoğuna göre fazladır. Türkiye de mühendislik hizmeti almış yapı stoğu azdır. Son yıllarda yaşanan depremler ülkemizdeki denetimsiz yapıların felaketlere sebep olduğunu göstermiştir. Ayrıca denetimsizliğin yanında yetersiz mühendislik uygulamaları, belediyelerin çıkardıkları imar afları da bu felaketlerin büyümesine neden olmuştur. Türkiye'nin bütün şehirlerinde olduğu gibi İstanbul da kırsal kesimden yoğun bir göçe maruz kalmıştır. Bu göç sebebiyle hiç bir projeye bağlı olmaksızın yapılan kaçak yapıların yanına ruhsatlı yapılardaki denetimsizlik ve yetersizlik de eklenince maddi kayıplar doğal olarak artacaktır.

Deprem için yapılan projelendirmede yapıda hiç hasar olmaması, nükleer santraller gibi çok özel yapılar dışında ekonomik nedenden dolayı istenmez. Ülkemizin deprem kuşağı üzerinde olduğu ve değişik şiddetlerde depreme maruz kaldığı bilinmektedir. Depremi önlenmesi veya önceden belirlenmesi imkansız olduğuna göre buna hazırlıklı olmak tek önlemdir.

Betonarme yapıların projelendirilmesi ve imalatının standart ve yönetmeliklere göre yapılması zorunludur. Yapılardaki hasarlar sadece deprem etkisiyle oluşmazlar. Deprem nedeniyle zaten yapılarda önceden var olan hasarlar da ortaya çıkar.

Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkındaki yönetmelikte öngörüldüğü gibi depreme dayanıklı yapı tasarımının ana ilkesi; hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can kaybını önlemek amacıyla binaların kısmen veya tamamen göçmesinin önlenmesidir.

Mevcut yapı stoğunun yeni standartlara yükseltilmesinde ve yukarıda bahsedilen hasarlar söz konusu olduğunda bunların giderilmesi ve yapıların tekrar

kullanılabilir bir duruma getirilmesi gereklidir. Bunun için de yapının elemanlarının onarımı ve /veya güçlendirilmesi gerekecektir.

ONARIM: Onarım, hasar gören bir yapı veya elemanın öngörülen yapı güvenliğine sahip olabilmesi için yapılan işlemlerdir.

GÜÇLENDİRME: Güçlendirme, hasar görmemiş bir yapı veya yapı elemanının öngörülen bir yapı güvenliğine sahip olabilmesi için yapılan işlemlerdir.

Yukarıdaki tanımlardan da anlaşılacağı gibi onarımı veya güçlendirmeyi belirleyen asıl neden “hasar”dır. Hasar varsa onarım da vardır. Güçlendirme için yapının hasar görmesi gerekmez. Aşağıdaki sebeplerden dolayı da bir binada güçlendirme yapılabilir.

- Yapının fonksiyonlarının değişmesi (konutun işyerine çevrilmesi)
- Hızla değişen ve gelişen standart ve yönetmeliklere göre yapının bulunduğu bölgenin deprem önem katsayısının artması
- Yapı tasarımının uygun olmaması
- Yapı tasarımının uygun olması fakat kullanılan malzemelerin ve imalatın uygun olmaması

Yukarıda bahsedilen durumlar yapının çeşitli yükler altında sağlıklı bir davranış sergilemesini engelleyecek unsurlardır. Yetersiz görülen yapı elemanlarının gerekli dayanım ve davranışa yükseltilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Bir yapının gerekli dayanım ve davranışının iyileştirilmesi günümüz standart ve yönetmelikler seviyesine çıkarılmasıyla mümkündür. Ama çoğu zaman ekonomik olmayabilir.

Deprem sırasında laboratuvar araştırmaları ile de desteklenen ölçümler ve deprem sırasında binaların göstermiş olduğu davranış ve sonrasında oluşan

hasarlar bize önemli bilgiler vermektedir. 1999 Marmara depremi, 1999 Düzce depremi daha önceden olmuş depremlerden ders almadığımızı ortaya çıkarmıştır.

Günümüzde onarılmış ve güçlendirilmiş binalarla ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar sonucunda elde edilen bilgiler deprem yönetmelik ve standartlarını sürekli yenilenmesini sağlamaktadır. Bu değişiklik ve yaşadığımız depremlerden sonra ülkemizdeki mevcut binaların hızla yeni standart özelliklerine yükseltilmesi gereği ortaya çıkmıştır.

Onarılmış ve güçlendirilmiş elemanların davranışlarıyla ilgili yapılan çalışmaların sonuçları yakın bir zamanda yayınlanmıştır ve hala devam etmektedir[1,2,3,4].

Önceki Çalışmalar

Onarım ve güçlendirme yeni bir yaklaşım değildir. Betonarme yapılardan önce de bir çok yapı, onarılmış veya güçlendirilmiştir. Onarımın amacı yapıyı ve elemanı öngörülen yapı güvenliğine veya eski orijinal seviyesine yükseltmektir.

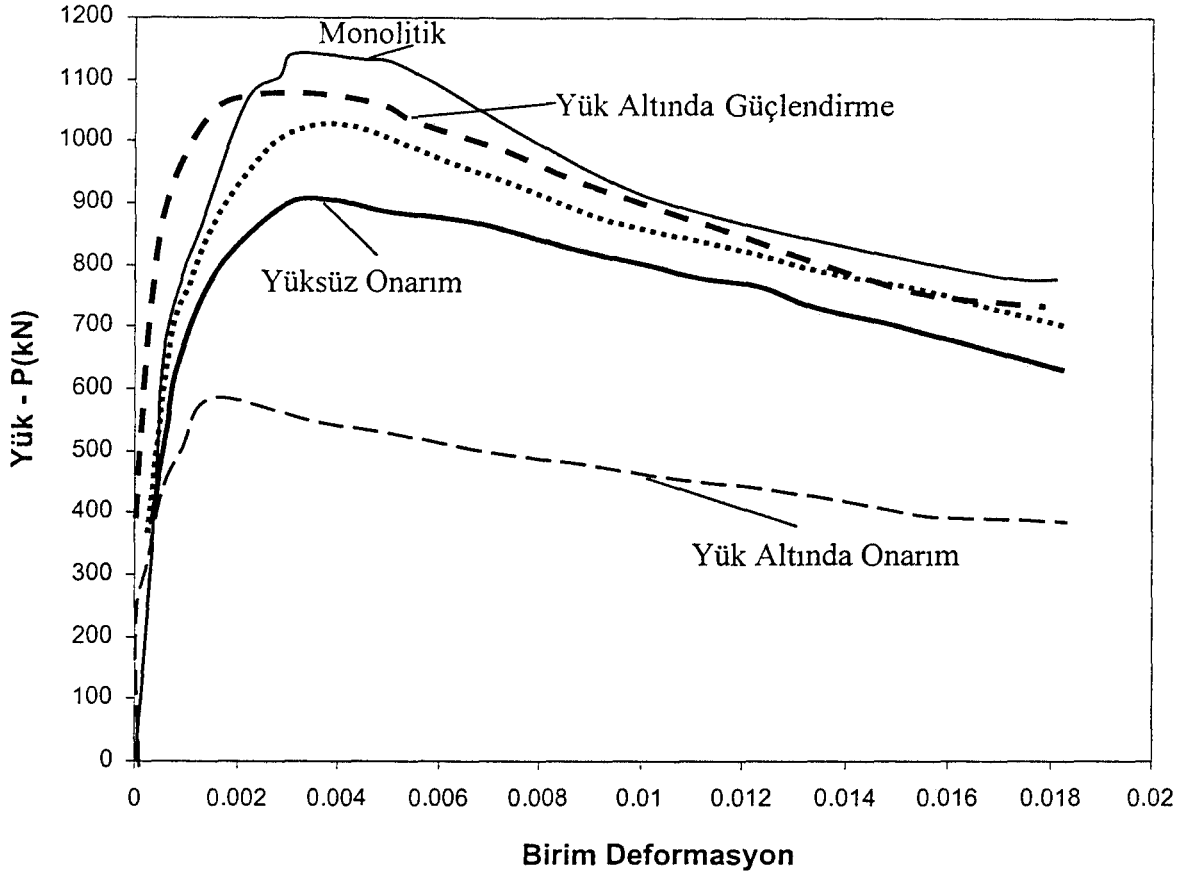
Betonarme kolonların onarımı/güçlendirilmesi amacıyla kullanılan en yaygın yöntem mantolama tekniğidir. Bu yöntemde varolan kolonların çevresini saran ve yeni donatı taşıyan bir beton katmanı oluşturularak kesit büyütülmesi amaçlanmıştır. Bu nedenden dolayı mantolanmış betonarme kolonların dayanım ve davranışını deneysel olarak inceleyen ve literatüre geçmiş olan çalışmalar bu bölümde verilmiştir.

Aksan (1989) [1]

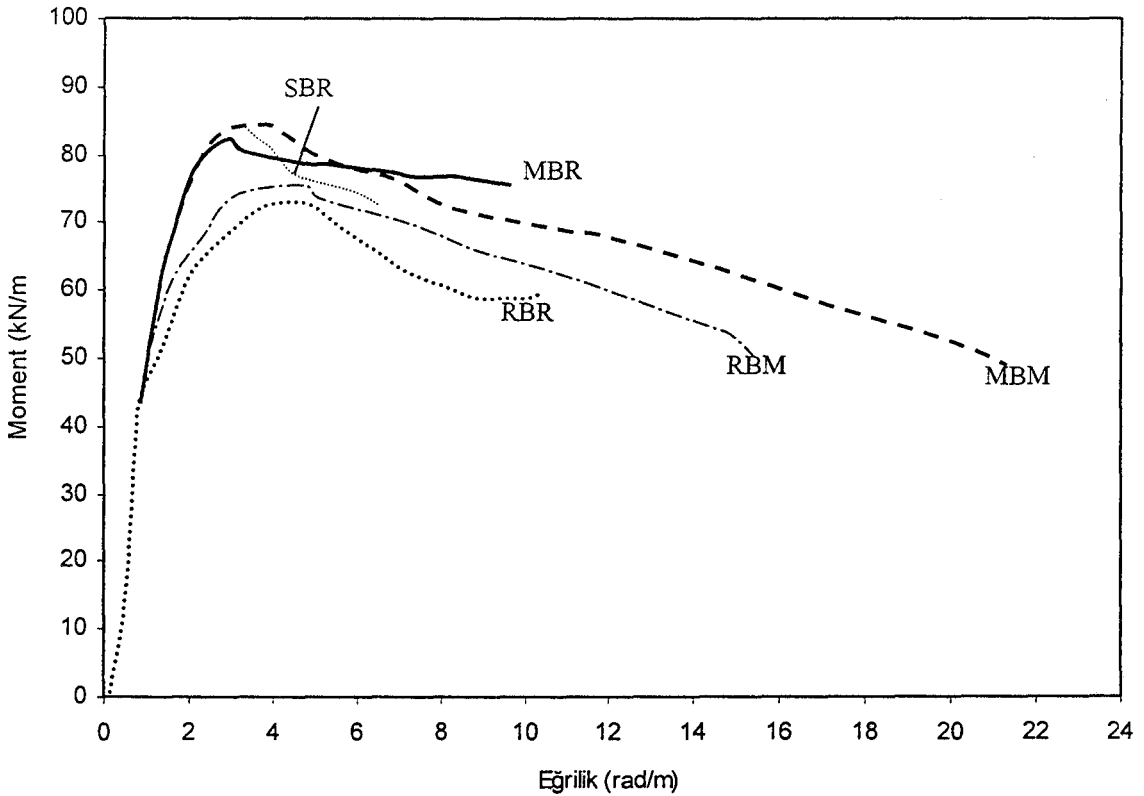
Bu çalışmada, değişik manto türlerinin etkinliği yalnızca eksenel yük taşıma kapasitesi bakımından incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- İster yük altında, ister yüksüz yapılan güçlendirme mantosu çok etkilidir.
- Güçlendirilmiş elemanın dayanımı birdöküm elemanın dayanımının %80-90'ı civarındadır.

- Diğer bir yandan onarım mantosu yüksüz yapıldığında çok başarılı iken yük altında yapıldığında etkin değildir.
- Yüksüz onarım mantosu uygulanan elemanın dayanımını bir döküm referans elemanın dayanımının %70-80'i kadardır.
- Yüklü onarım mantosunun dayanımı birdöküm elemanı dayanımının %50'si kadardır.
- İki şekilde güçlendirilmiş elemanlarında süneklik değişimi ve enerji tüketimi bakımından birdöküm elemandan fazla farkı yoktur.
- Onarılmış elemanda da benzer davranış görülür. Ama dayanımın düşmesi ile sünekliğinde ve de enerji yutumunda azaldığı görülür.
- Güçlendirilmiş eleman ile birdöküm elemanın rijitliği birbirine çok yakındır.
- Yüksek yük seviyelerinde onarılmış mantoların (iki çeşit onarım içinde geçerli) rijitliğinde bir azalma gözlemlenmiştir.
- Güçlendirilmiş mantoların deformasyon konusunda hiçbir sorunlu yanı yoktur.
- Onarılmış elemanlarda ise aşırı deformasyonlar kaçınılmazdır.



Şekil 1.1 Kuvvet – birim deformasyon grafiği



Şekil 1.2 Moment-eğrilik grafiği

Suleiman (1991) [2]

Bu çalışmada, mantolanarak onarılmış yada güçlendirilmiş betonarme kolonların aksenal yük ve tek eğrilikli eğilme altındaki davranış ve dayanımını deneysel olarak incelemiştir. Beş deney elemanından üçü tek düze ya da tersinir yük altında denenmiştir, sonra bu elemanlar mantolanmış ve yeniden deneye tabi tutulmuştur. Yapılan mantolamaya yalın deney elemanındaki hasara bağlı olarak onarım veya güçlendirme adı verilmiştir. Bunlara ek olarak iki birdöküm referans elemanı denenmiştir.

- Monotonik yük altında onarılmış eleman, SP-12
- Monotonik yük altında birdöküm eleman, SP-MM
- Tersinir yük altında güçlendirilmiş eleman, SP-22
- Tersinir yük altında onarılmış eleman, SP-32
- Tersinir yük altında birdöküm eleman, SP-MC

Deney elemanlarının boyutları yalın eleman 160 x 160 ve 4Ø/12 boyuna, Ø4/10 etriyedir. Manto elemanlarının boyutları ise 230 x 230 ve 4Ø/12 boyuna, Ø8/10 etriyedir. Deney elemanı I şeklinde imal edilmiş ve tek eğrilikli olarak test edilmişlerdir.

Mantolanan deney elemanlarının tümünde manto boyuna donatıları, giriş gövdesine bağlanmış korniyerlere kaynaklanmıştır.

Onarılan ve güçlendirilen deney elemanlarında mantolamanın etkisi dayanım, süneklik, enerji tüketimi ve rijitlik bakımından incelenmiştir.

Bu deney sonuçlarını şöyle sıralayabiliriz:

- Mantolama, kolonların güçlendirilmesinde ve onarımda başarılı bir şekilde kullanılabilir.

- Kiriş gövdesine mekanik olarak bağlanan korniyerlere manto donatısının kaynaklanmasıyla oluşturulan bağlantılar monotonik ve tersinir yüklemelerde başarılı sonuç vermektedir. (Dengeli durumda ve üstündeki eksenel yüklerde)
- Monotonik ve tersinir yükleme altında onarılmış elemanlar istenilen davranışı ve dayanımı göstermişlerdir. Bu dayanım referans elemanından %10 daha düşüktür.
- Onarılmış kolonlar monotonik ve tersinir yüklemeler altında tatmin edici bir davranış göstermiştir. Fakat bu kolonlarda referans elemanına göre %10'luk bir yük kaybı sözkonusudur.
- Güçlendirilmiş kolonların rijitliği ile referans elemanının rijitliği maksimum yüke kadar özdeşlik göstermektedir. Bu elemanların rijitlik azalması da hemen hemen aynıdır.
- Onarılmış kolonların rijitliği maksimum yüke kadar referans elemanı ile karşılaştırıldığında %20'lik bir azalma görülmektedir. Tersinir yükleme altında test edilen elemanın rijitliği referans elemanının rijitliğinin %75'i civarındadır. Onarılmış kolonlara etkiyen yük şeklinde rijitlik kapasitesini etkileyebiliyor sonucuna varılabilir. Onarılmış kolonlardaki rijitlik düşüş şekli referans elemanına çok yakındır.
- Onarılmış ve güçlendirilmiş elemanlardaki enerji tüketimi son tersinir yüklemeye kadar aynıdır. Buna rağmen bu elemanlardaki enerji tüketimi referans elemanına göre daha azdır.
- Onarılmış ve güçlendirilmiş elemanların deformasyon kapasiteleri referans elemanlarıyla karşılaştırıldığında daha azdır. Buna rağmen uç liflerdeki deformasyonla maksimum yük özdeşdir.
- Maksimum yüke kadar göbek ve mantodan elde edilen deformasyon okumaları özdeşdir. Bu da maksimum yükten sonra

göbek betonu ile mantonun arasındaki bağı bozulduğunu gösterir.

Tüm bu sonuçlar ışığında özetle aşağıdaki gibi ifadelendirilebilir.

Güçlendirilmiş mantolu elemanların hem monotonik hem de tersinir yükler altında birdöküm referans elemanı kadar iyi davrandığını göstermiştir. Onarım gören mantolu elemanlarda ise, hem rijitliğin, hem de dayanımın birdöküm referans elemanına oranla daha küçük olduğu gözlenmiştir[2].

Yumak (1990) [3]

Bu çalışmada, çeşitli ankraj yöntemlerinin mantolanmış kolon davranışına etkileri incelenmiştir. Deneysel çalışma, beş adet kolon elemanı ile (dört tanesi onarılmış, bir tanesi birdöküm referans elemanı), eksenel yük ve tersinir eğilme altında gerçekleştirilmiştir. Mantolama aşamasında da kolon deney elemanlarına aşağıdaki ankraj yöntemleri uygulanmıştır.

- Sürekli manto donatısı, RRC.
- Epoksi ile kenetlenmiş manto donatısı, RRE.
- Mekanik kenetlenme (kekepçe ile), RRM.
- Manto donatısının kiriş yüzeyinde kesilmesi, RRD.

Sözü edilen ankraj yöntemlerini karşılaştırmak amacıyla, birdöküm bir referans elemanı da deneye tabi tutulmuştur. Bu çalışmadaki eleman boyutları ve deney düzeneği R. Suleiman'ın eleman boyutları ve deney düzeneği ile aynıdır.

Bu çalışmadaki sürekli manto donatılı eleman (RRC) ve birdöküm referans elemanı (MR) R. Suleiman'ın SP-MC ve SP-32 kodlu elemanlarıdır.

Bu çalışmada R. Suleiman'ın deney dizisinin sonuçlarına ek olarak elde edilen sonuçlar şunlardır:

- Manto boyuna donatılarının epoksi ile kirişe kenetlenmesi ve mekanik bağlanmış çelik korniyerlere kaynaklanması yolları ile dengeli yük seviyesinde (tek eğrilikli durumda) başarılı sonuçlar elde edilmiştir.
- Sürekli manto donatısı deneyindeki sonuçlar güvenilir görülmemiştir. Bu elemandaki beklenmeyen başarısız sonuç açıklanamamıştır.
- Manto boyuna donatısının kiriş yüzeyinde kesilmesi yüksek aksenal yük altında göreceli olarak beklenmeyen bir sonuç vermiştir.
- Onarılmış kolonlardaki maksimum yük seviyesine kadar olan rijitlikte %25'lik bir düşme oluşmuş. Onarılmış kolonlardaki rijitlik düşmesi bir döküm referans elemandaki rijitlik düşmesine benzerdir.

Tüm bu irdelemelerden kısaca şu sonuç çıkarılabilir. Epoksi ve mekanik kenetlenme yöntemiyle mantolanmış kolonların iyi davranış sergiledikleri izlenimi vardır. Boyuna donatının süreksiz olması durumunda ise, elde edilen sonuçlar fazla güven verici değildir [3].

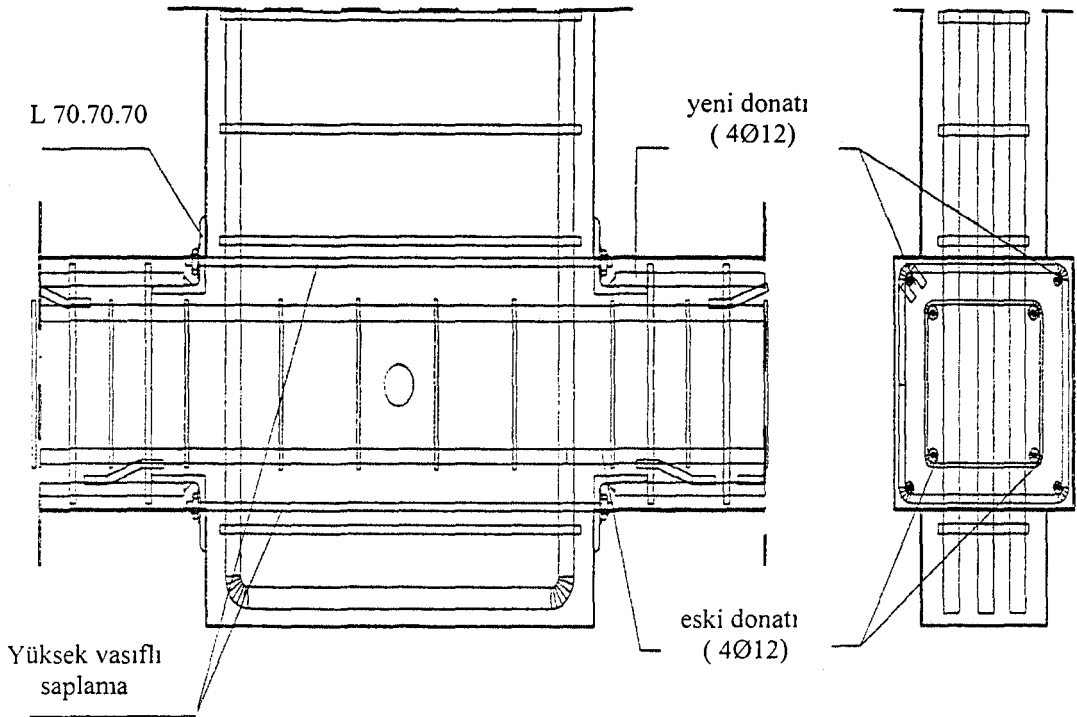
Demirel (1998) [4]

Bu çalışmada farklı kenetlenme yöntemleri uygulanarak yapılan yüksüz onarım ve güçlendirme işlemleri incelenmiştir. Aksenal yüksüz olarak yapılmış deneylerden elde edilen sonuçlar şunlardır.

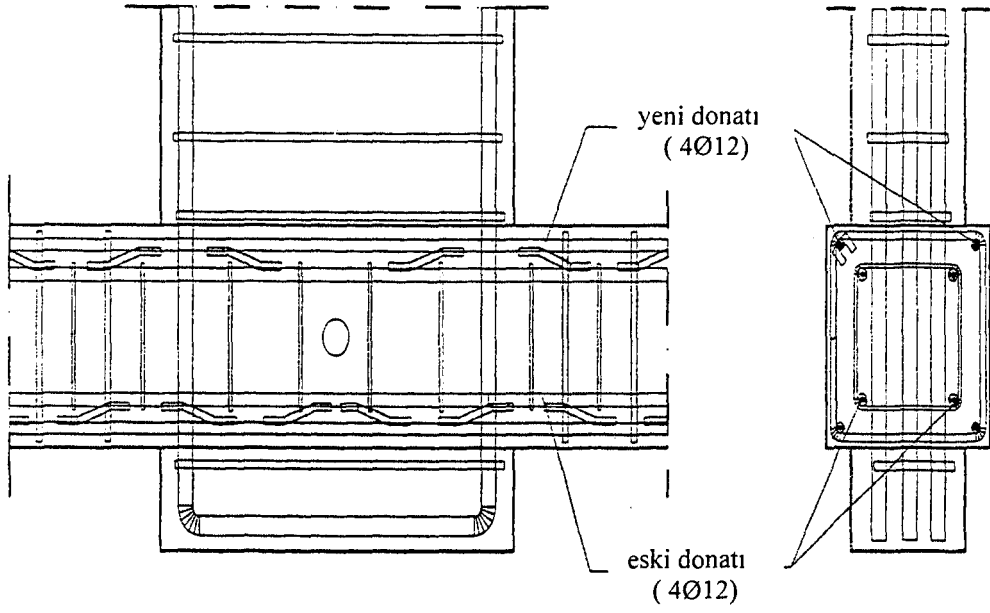
- Mekanik kenetlenme yöntemiyle mantolanarak güçlendirilmiş kolonun benzeştirilmiş deprem altındaki dayanımı referans eleman dayanımının %95'i kadardır. Bununla birlikte, dayanım azalması, süneklik, enerji tüketimi ve rijitlik değişimi bakımından bir döküm referans elemanından daha iyi bir davranış sergilediği görülmüştür.

- Şekil 1.3.'te gösterilen mekanik kenetlenme yöntemiyle mantolanarak onarılmış ve diriltilmiş kolonların benzeştirilmiş deprem altındaki dayanımı referans eleman dayanımının %90'ı kadardır. Bu oran enerji tüketiminde ve rijitlik değişiminde de gözlenmiştir.
- Şekil 1.4.'te gösterilen sürekli kenetlenme yöntemiyle mantolanarak onarılmış ve diriltilmiş kolonların dayanım ve davranışı, bir döküm referans ekemanının dayanım ve davranışı ile aynıdır.
- Şekil 1.5.'te gösterilen epoksili kenetlenme yöntemiyle mantolanan kolonlardan beklenen sonuç elde edilememiştir.
- Epoksili kenetlenme yöntemi düz demirlerde aderans tükenmesi sonucu epoksiden sıyrılmış, nervürlü demirlerde bu sıyrılmama olmamış fakat kolon-kiriş birleşiminin hasar görmesine neden olmuştur. Bu nedenlerden dolayı epoksili kenetlenme yöntemi güvenilir sonuç vermemiştir.
- Epoksili kenetlenme yöntemiyle mantolanmış kolonlarda kolon-kiriş birleşimi hasar görmesine rağmen tüm diğer kenetlenme yöntemlerinde ve mantolarda, mantolanmış kolon, kiriş yüzünden hasara uğramıştır.
- Mekanik kenetlenme yöntemiyle mantolanmış onarılmış ve diriltilmiş kolonların yalnızca tersinir eğilme altındaki (eksenel yüksüz) dayanım ve davranışı bir döküm referans elemanının dayanım ve davranışı ile aynıdır.
- Mekanik kenetlenme yönteminde kullanılan korniyerlerin rijitliği, saplamaların ve salpam üzerindeki vida dişlerinin dayanımları ile kullanılan somunların dayanımları mekanik kenetlenme yönteminin dayanım ve davranış açısından çok önemlidir. Mekanik kenetlenme yönteminde işçiliğin de önemi çok büyüktür.
- Hangi kenetlenme yöntemi kullanılırsa kullanılsın betonarme mantolamada yalın kolonun hasar derecesi (mantolamadan önce elman ve donatı deformasyonlarının giderilmesi ve hasarlı bölgenin iyi temizlenmesi şartıyla) fazlaca önem taşımamaktadır.

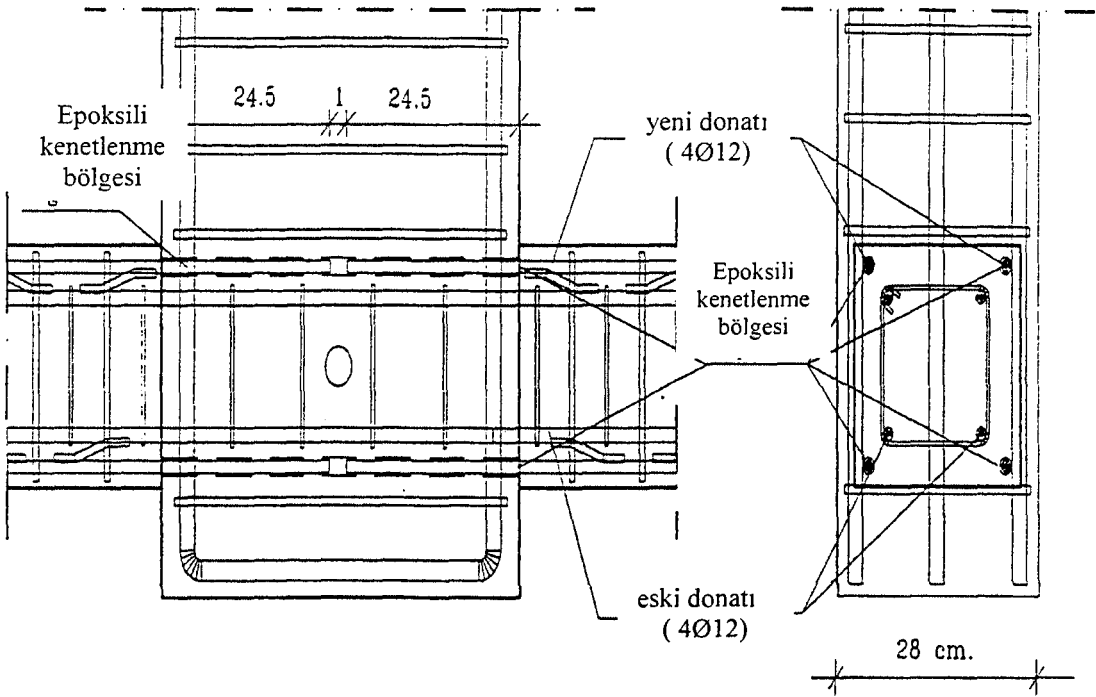
- Manto boyuna donatılarının yalın kolon boyuna donatılarına birleştiren Z demirleri bilhassa sürekli kenetlenme yönteminde olmak üzere dayanım ve davranışı çok etkilemektedir. Bu Z demirlerinin aralığına, yerleştiriliş düzenine ve boyuna donatılara kaynaklanmasına dikkat edilmelidir.



Şekil 1.3. Mekanik kenetlenme yöntemi detayı



Şekil 1.4. Sürekli donatı detayı



Şekil 1.5. Epoksili Kenetlenme yöntemi detayı

Ünsal T. Çetin (1989), [5]

Bu deneysel çalışmada, içinde yeni donatı bulunan beton katmanı ilave yöntemi ile güçlendirilmiş betonarme kirişlerin, monotonik yükler altında davranışını incelenmiştir. Güçlendirme ile amaçlanan taşıma gücüne ne kadar yaklaşılabileceği, güçlendirmede kullanılan ek etriyelerin güçlendirmeye etkisinin ne olacağı, ek çekme donatılan ile kirişte bulunan çekme donatılarının birbirlerine kaynaklı Z tıpu donatıların güçlendirmeye etkisinin ne olacağı, ek çekme donatılarının kolon - kiriş birleşimlerinde nereye kadar uzatılması gerektiği araştırılmıştır.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda kısaca özetlenmiştir:

- Güçlendirilmiş kirişlerin moment taşıma kapasiteleri, birdöküm kiriş kapasitesine oldukça yaklaşmıştır.
- Güçlendirilmiş kiriş rijitlikleri, birdöküm kiriş rijitliklerine ulaşamamıştır. Ancak güçlendirmede uygulanan yöntem farklılıkları, güçlendirilmiş elemanlar arasında önemli bir fark yaratmamıştır.
- Güçlendirmede uygulanan yapım farklılıkları (U etriye, Z donatı), genel davranışı fazla etkilememiştir.
- Güçlendirilmiş kirişler, birdöküm kiriş kadar sünek davranmamışlar ancak birbirlerine yakın bir süneklik göstermişlerdir.
- Güçlendirilmiş kirişlerin enerji tüketme kapasiteleri, beklendiği gibi birdöküm kirişin enerji tüketme kapasitesinden daha az olmuştur.
- Ek çekme donatılarının mesnet içine kadar uzatılıp uzatılmaması genel davranışı çok etkilememiş ancak mesnet içine uzatılmadığı durumlarda kesit değişikliği bölgelerinde iave çatlaklar oluşmuştur.
- Eski ve yeni beton arasında yeterli kaynaşma sağlanmıştır.

Çelikel, T. Fırat (1991), [6]

Bu deneysel çalışmada, katman ekleme yöntemiyle güçlendirilmiş betonarme kirişlerin yinelenir yük altındaki davranışı araştırılmıştır. Bu amaçla boyut, donatı ve güçlendirme ilkeleri. Ünsal T. Çetin' in denemiş olduğu elemanlar ile [8] tamamen aynı olan deney elemanı deneye tabi tutulmuş ve o

deneysel çalışma ile benzer konular araştırılmıştır.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda kısaca özetlenmiştir:

- Yetersizliği bilinen betonarme bu kirişlere uygulanan güçlendirme yöntemi, genel olarak başarılı olmuştur.
- Güçlendirme sonunda amaçlanan taşıma gücünün %95 ini aşan dayanımlara ulaşılmıştır.
- İlave boyuna donatılan, eski boyuna donatılara bağlayan U tipi etriyeler ve Z tipi donanların kullanılması aynı derecede başarılı olmuştur.
- Yeterli aderans boyu sağlanmış yerel güçlendirme, genel güçlendirme kadar başarılı olmuştur.
- Yerel güçlendirmede, yeni boyuna donatının eski boyuna donatıya kaynaklanmaması durumunda da yeterli dayanım elde edilmiş ancak, yeni donatının eski donatıya kaynaklandığı elemana nazaran süneklik ve enerji tüketme kapasiteleri daha az olmuştur.

Özdemir (1994) [7]

Bu çalışmada tersinir yük etkisiyle hasar uğratılmış kirişlerin üst ve alt yüzüne, içinde yani donatı bulunan ek bir beton katmanı dökülerek onarılmasından sonra yeniden tersinir yük latındaki davranış ve dayanımları incelenmiştir. Kiriş modellerine incelenen kesitte moment ve kesme kuvveti oluşacak şekilde tersinir yük uygulanmış, modeller üzerinde çökme ve dönme ölçümleri yapılmıştır. Deney elemanları dayanım, süneklik, enerji tüketimi ve rijitlik azalması bakımından incelenmiştir ve şu sonuçlar bulunmuştur.

- Hasara uğramış ve yetersizliği belirlenmiş betonarme kirişlerin, yeni donatı içeren yeni bir beton katmanı eklenmesiyle gerçekleştirilen onarım işlemi başarılı olmuştur.
- Onarım sonucunda amaçlanan eğilme, taşıma gücü ileri çevrimlerde çoğu zaman aşılmış, geri çevrimlerde ise amaçlanan taşıma gücüne çok yaklaşmıştır. Monolitik kiriş taşıma gücünün yaklaşık %90'ına

ulaşılmıştır. Geri çevrimlerde amaçlanan taşıma gücüne tam olarak ulaşılamamasına aderans çözümleri ve donatı kopmaları neden olmuştur.

- Onarılmış kirişte dayanım eksilmesi monolitiğe oranla daha erken başlamış ve daha hızlı olmuştur. Onarılmış kiriş monolitiğe oranla düşük fakat yeterli bir süneklik düzeyine sahip olduğu anlaşılmıştır.
- Ek boyuna donatıların eski boyuna donatılara bağlanmasında Z-demirlerinin kullanılması, tersinir yükler altında da başarılı olmuştur.
- Onarılmış kirişin enerji tüketme kapasitesinin monolitik kirişlerin enerji tüketme kapasiteleri ile hemen hemen aynı ve tereli olduğu gözlenmiştir.
- İlk çevrim dışında, onarılmış kiriş rijitliği monolitik kiriş rijitliğine yakın gelişmiştir.

Altın, S., Tankut, T. ve Demirel, Y. (1996) [15]

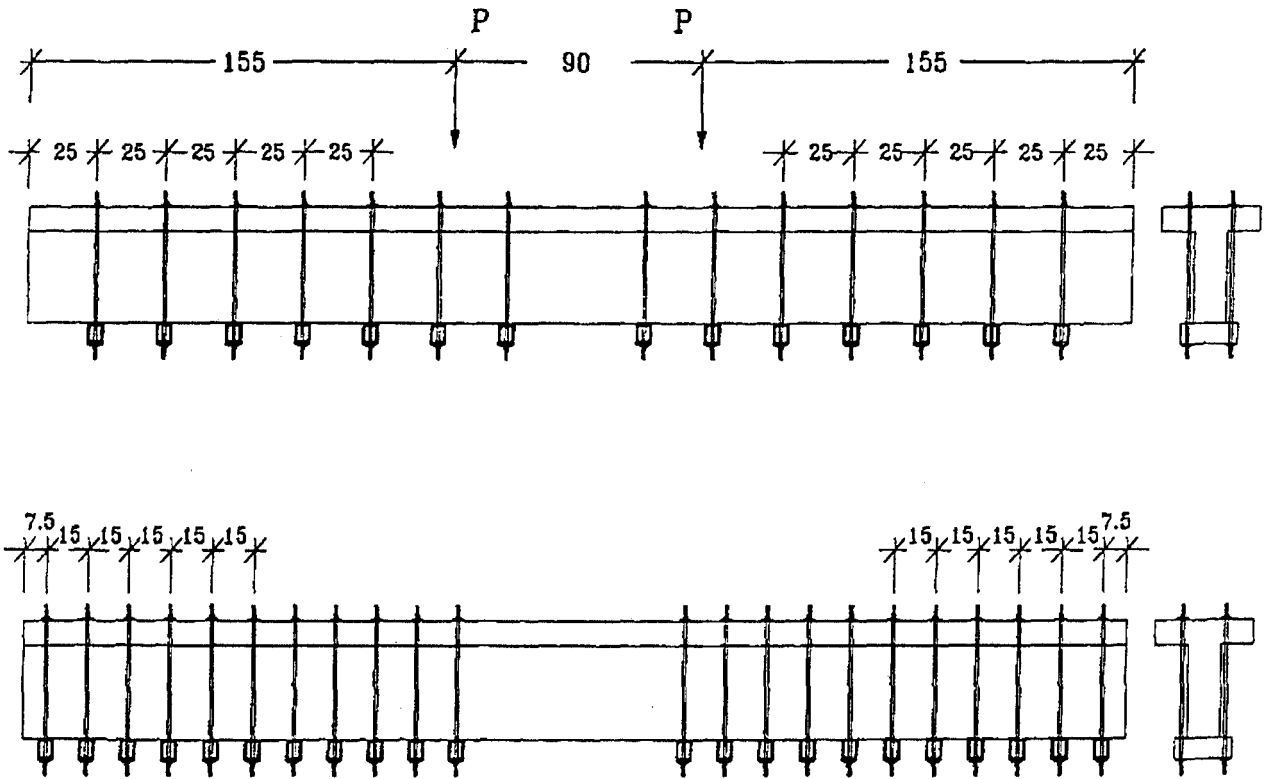
Çalışmanın amacı, kesme dayanımı yetersiz olan kirişlerin kesme dayanımını arttırmak için kullanılan, kirişlere dışarıdan kelepçe yerleştirilmesi yönteminin, kiriş davranış ve dayanım üzerindeki etkilerinin araştırılması ve sağlıklı bir hesap yönteminin belirlenmesidir. Bu amaç doğrultusunda 8 adet 3/5 ölçekli ve basit mesnetlere oturan tablalı kirişler test edilmişlerdir. Seçilen bu geometrik ölçek ile belirlenen model kirişlerin boyutları yapı elemanlarında prototip bir kirişe karşı gelirken, konvansiyonel türde betonarme bir yapının yaklaşık 6,5 m açıklıklı ve 20x60 cm kesitli bir kiriş elemanını temsil etmektedir. Deneysel çalışma programı içerisinde 5 deney elemanı güçlendirilerek, 1 deney elemanı ise önce hasar verilip ardından aynı yöntemle onarılarak test edilmiştir. Güçlendirilmiş/onarılmış deney elemanları 2 referans elemanı ile karşılaştırılmıştır. Bunlardan birisi olması gerektiği gibi etriye donatısı ile donatılmış, diğeri yetersiz etriye durumunu yansıtacak şekilde hazırlanmıştır. Güçlendirilen deney elemanlarında etriye donatılarının olması gereken donatıya oranları 2/4, 3/4 ve 4/4 olmak üzere düzenlenmiştir. Güçlendirilen/onarılan deney

elemanlarının iç etriyeleri ile dıştan yerleştirilen kelepçe donatılarının oranlarının toplamı ideal referans elemanın etriye donatısı oranına eşittir. Deneysel çalışma programınca dış etriye (kelepçe) çokluğu, dışarıdan kiriş üzerine yerleştirme düzeni, kelepçelere uygulanan öngerme düzeyi ve işlem türü değişken olarak gözönünde bulundurulmuştur, Şekil 1.6. Test edilen deney elemanlarının gözlenen davranışları ve elde edilen veriler ışığında deney parametrelerine bağlı olarak model kirişlerin dayanım, rijitlik, süneklik ve göçme mekanizmaları incelenmiştir.

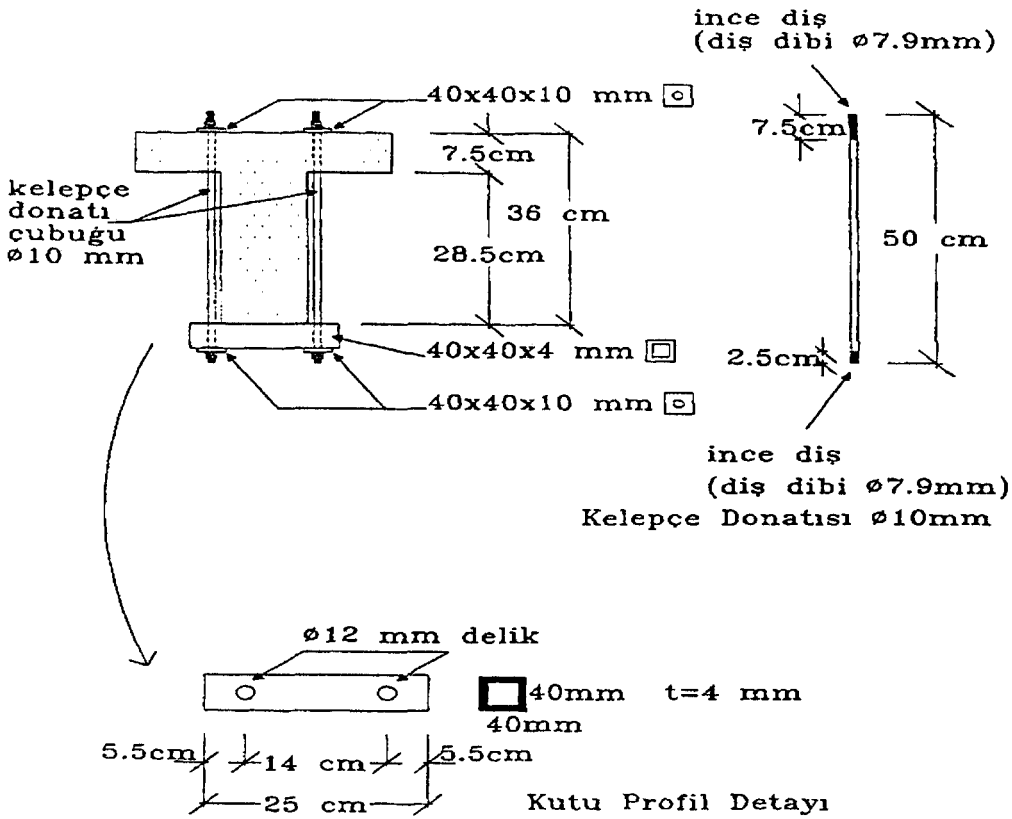
Deneysel programda tüm model kirişlerin gerçek eğik çekme kırılması davranışını gösterebilmesi için kesme açıldığına kiriş yararlı yüksekliğine oranının yaklaşık 5 olması öngörülmüştür. Model kirişler aynı boyuna donatılara sahip olup, denge altı donatılı olarak tasarlanmıştır. Çekme donatısı için $3\phi 20$ mm nervürlü donatı basınç donatısı olarak da $2\phi 8$ mm düz inşaat demiri kullanılmıştır, Etriyeler $\phi 6$ mm çapında donatılardan yapılmışlardır. Kelepçe donatıları olarak $\phi 10$ mm çapında uçlarına dış açılan düz inşaat demirleri kullanılmıştır, Şekil 1.7. Kelepçeler model kirişin alt yüzeyine yerleştirilen eğilme rijitliği büyük bir çelik kutu profilin kiriş gövdesinin her iki yanından geçirilerek tabla üzerinden sabitlenen donatı çubuklarına bağlanması ile oluşturulmuştur. Kelepçelerin donatı çubuklarına deney değişkenlerine bağlı olarak belirlenen düzeylerde öngerme kuvveti verilmiştir. Kelepçelere öngerme kuvveti kiriş tablası üzerinden ve kurulan basit bir yükleme çerçevesi yardımı ile verilmiştir. Deney elemanlarının testleri tek düze (monotonik) yükler altında ve yük kontrollü yapılmıştır.

Deneylerden elde edilen veriler ışığında kesme dayanımı yetersiz kirişlerin gevrek kesme kırılması şeklinde beklenen davranışı, kirişin kelepçelerle güçlendirilmesiyle değişim göstermiş ve davranışa eğilme hakim olmuştur. Kirişlere dıştan yerleştirilen kelepçeler görevlerini başarıyla yerine getirmişler ve eğik kesme çatlaklarını kontrol ederek genişlemelerini sınırlamışlardır. Güçlendirilen kirişlerin dayanımı referans elemanından %2-%10 daha küçük bulunmuştur. Kelepçelerin kiriş dışına yerleştirme düzeninin elemanın davranışına çok etkili olmadığı gözlenmiştir. Kelepçe donatılarına verilen öngerme düzeyinin arası elemanın sünekliğini arttırdığı izlenimini vermiştir. Kirişte beton basınç dayanımının bölgesel zayıflığı elemanın sünekliğini azaltan önemli bir etken olarak gözlenmiştir. Kesme dayanımı yetersiz hasarlı kirişlerde kelepçeleme

yönteminin onarım amacıyla da kullanılabilceği görülmüştür. Etriye işlevini görmek üzere kirişe dıştan yerleştirilen kelepçelerle güçlendirilen elemanların kesme dayanımları, bilinen etriye hesaplan ile yapılmış, TS-500 yönetmeliğinin önerdiği denklemle hesaplanan kesme dayanımlarının ölçülen değerlere oldukça yakın oldukları görülmüştür [15].



Şekil 1.6. Kirişlerin kelepçeleme yöntemi ile güçlendirilmesi



Şekil 1.7. Kelepçeleme yöntemi ile güçlendirilmiş kiriş kesiti ve kelepçe donatısı detayı

Altın, S. Ve Demirel, Y. (1997) [16]

Bu çalışmada, kesme dayanımı yetersiz olan kirişlere dıştan yerleştirilen kelepçelerin, bir güçlendirme yöntemi olarak kiriş davranış ve dayanımı üzerindeki etkilerinin deneysel olarak araştırılması yapılmıştır. Deney elemanı olarak kesme açıklığının etkili yüksekliğe oranı 3 olan T kesitli 4 adet kiriş dökülmüş ve test edilmiştir. Deney sonuçları güçlendirme yönteminin dayanım, rijitlik, süneklik üzerindeki etkilerini ortaya koyacak biçimde değerlendirilmiştir. Deneysel çalışma programında bütün deney elemanları geometri ve boyuna donatı

bakımından özdeş olup, denge altı donatılı hazırlanmıştır. Bu deney elemanlarından biri referans amaçlı, diğer iki deney elemanı ise etriye donatısı , referans elemanı etriye donatısının %50'si ve %25'i olacak şekilde hazırlanmıştır. Güçlendirilen üçüncü deney elemanında etriye donatısı bulunmamaktadır. Deney elemanlarında çekme donatısı olarak 3 ϕ 20 mm nervürlü, basınç donatısı olarak 2 ϕ 8 mm düz inşaat demiri kullanılmıştır. Etriyeler ϕ 8 mm çapında seçilmiştir. Kelepçeler ϕ 10 mm çapında uçlarından ince dişler açılmış (diş dibi çapı ϕ 7,9 mm) iki donatı çubuğu, eğilme rijitliği büyük 40x40x4 mm boyutlarında bir çelik kutu profil ve sabitleme amacıyla kullanılan somun elemanlarından oluşmaktadır. Kelepçelerin donatı çubukları, kiriş tablası üzerinde kurulan küçük bir reaksiyon çerçevesi yardımıyla, akma dayanımlarının %25'i bir kuvvetle çekilerek çubuklara öngerme kuvveti verilmiştir. Modellerin deneyleri elemanların kapasiteleri gözönünde bulundurularak tasarlanıp imal edilen ve laboratuarda rijit platforma kurulan kapalı bir reaksiyon çerçevesi yardımıyla yapılmıştır.

Deneyler sonucunda, kesme dayanımı yetersiz kirişlere dıştan yerleştirilen kelepçeleme yönteminin başarılı olduğu görülmüştür. Kelepçeler eğik kesme çatlaklarının genişlemesini sınırlamışlar ve kirişlerde beklenen gevrek kesme kırılmasını eğilme davranışına değiştirmişlerdir. Kelepçelerin kiriş tablası ile gövdesi arasında bir dikiş görevi üstlenerek birbirinden ayrılmalarını başarılı bir biçimde engelledikleri gözlenmiştir. Güçlendirilen kirişlerin dayanımı referans kirişin dayanımı ile yaklaşık aynı olmuştur. Güçlendirilen elemanlar ile referans elemanı arasında rijitlik bakımından belirli bir fark olmadığı görülmüştür.

1.1 BETONARME YAPILARIN ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİ

Güçlendirme, hasar görmemiş bir yapı veya yapı elemanını öngörülen bir güvenlik düzeyine çıkarmak için yapılan işlemlerdir. Anahtar sözcük, "Hasarsız" dır.

Onarım, hasar görmüş bir yapı veya yapı elemanını öngörülen bir güvenlik düzeyine çıkarmak için yapılan işlemlerdir. Anahtar sözcük "Hasarlı" dır.

Hasar görmüş yapılarda onarımın yanı sıra güçlendirme de yapılabilir.

Onarım ve güçlendirme yapılmadan önce söz konusu binanın yapısal açıdan o andaki durumunun saptanması zorunludur. Bu amaçla bina yerinde incelenir. İnceleme yapılırken eleman boyutları ve donatısının yanı sıra, var olan çatlaklar ve deformasyonlar da işaretlenir. Binanın o andaki yapı güvenliğinin saptanabilmesi için yapılacak yapısal çözümlemede, çatlama ve deformasyonların rijitlik ve dayanım üzerindeki etkilerini kestirebilmek için davranış bilgisi çok önemlidir. Değerlendirmeyi yapan bir mühendisin çatlama, deformasyon ve donatı akması nedeniyle oluşacak uyumu da (redistribution) gerçekçi olarak saptayabilmesi için sağlam bir davranış bilgisine sahip olması gerekir. Örneğin, normal donatıya sahip bir kirişin burulma çatlamasından sonra, burulma rijitliğinin çatlama rijitliğinin yirmide birine ineceğini, dolayısı ile çatlama kesitin mafsal gibi davranarak kirişin daha fazla burulma momenti almasına engel olacağını ve sistemde büyük çapta uyum olacağını bilmesi gerekir. Benzer bir biçimde, döşemenin zımbalama dayanımında ve konsolun eğilme davranışında uyum olamayacağını da bilmelidir. Binanın var olan durumu ile yapı güvenliğinin belirlenmesi de davranış bilgisini zorunlu kılar.

Onarım ve güçlendirme için yapılan işlemler elemanın dayanımını, sünekliğini, rijitliğini ve enerji tüketimini artırır. Eleman bazında bu değişiklikler olurken binanın rijitlik merkezinde de önemli bir değişim olur. Bu değişimin bilinmesi yapı güvenliği açısından önemlidir. Onarım ve güçlendirmeyle kompozit hale gelmiş elemanların rijitliklerinin kestirilmesi sağlam bir davranış bilgisi olmadan yapılamaz.

Hasar görmüş bir yapıda onarım yapılmadan önce mutlaka hasar nedeni ile ilgili gerçekçi bir teşhis (tanı) yapılmalıdır. Teşhis yapılmadan yapılan onarımın yararlı

olacağı kuşkuludur. Bazı durumlarda doğru teşhis konulmadan yapılan onarım veya güçlendirme yapı durumunu olumsuz etkileyebilir. Nitekim deprem sonrası yapılan incelemelerde, doğru teşhis konulmadan yapılan yanlış onarımların büyük hasara neden olduğu gözlenmiştir. Teşhisin doğru yapılabilmesi ancak sağlam bir davranış bilgisi ile mümkündür. Teşhiste en güvenilir veri çatlak ve deformasyondur. Çatlak betonarme yapının davranışını gösteren en önemli veridir. Tıp doktoru nasıl teşhis koymadan hastayı incelse, tahlil yaptırırsa mühendis de çatlakları ve deformasyonlardan yola çıkarak binanın dayanımını, donatıların yerlerinin projeye uygunluğunu, yapıdaki uygunsuzlukları vb. incelemelidir.

Depreme karşı yapılacak onarım ve güçlendirmede belgeler üzerinde ve yerinde yapılacak incelemeler tamamlandıktan sonra, mevcut yapıdaki yapı güvenliğinin saptanması gerekir. Bu yapılırken, önceki paragrafta belirtildiği gibi elemanların dayanım, süneklik, rijitlik ve enerji tüketimi özellikleri temel alınmalıdır. Onarım veya güçlendirme yapılarak değiştirilen yapı için de bu koşulların sağlandığına mutlaka emin olunmalıdır.

Onarım ve güçlendirme, tüm betonarme yapı elemanlarına uygulanabilir. Her durumda yapıda "sistem iyileştirilmesine" gidilmesi gerekir.

Sistem iyileştirilmesini gerektiren durumlar şöyle özetlenebilir.

- Onarılacak veya güçlendirilecek çok sayıda yapı elemanının olması, örneğin binadaki bir çok kolon ve kirişte yetersiz donatı miktarı
- Yapı, yeterli yanal rijitliğe sahip değildir.
- Yapının taşıyıcı sistemini oluşturan yumuşak kat, zayıf kat, kısa kolon gibi önemli sistem zayıflıkları olması halinde

Sistem iyileştirilmesi yapıldığında, yatay kuvvetlerin çoğunun perde elemanlar tarafından alındığında, çerçeve elemanlarının onarılıp güçlendirilmesine gerek kalmaz. Bu hem ekonomik, hem de zaman açısından büyük bir avantajdır. Ancak hasar gören veya görmesi muhtemel kolonların onarılması gerekir.

1.1.1 YAPI ELEMANLARININ ONARIMI/GÜÇLENDİRİLMESİ

Deprem sonrasında binada yalnızca bazı elemanlar hasar görmüş veya bazı özelliklerini kaybetmiş olabilir. Bu nedenle binada yapılacak analizler sonucunda binadaki tüm elemanların onarılması veya güçlendirilmesi düşünülemez. Bu nedenle onarım ve güçlendirme eleman bazında yapı davranışını bozmayacak şekilde yapılmalıdır. Bu bölümde yapı elemanları olan kiriş ve kolonlara uygulanan onarım/güçlendirme yöntemleri kısaca tanıtılacaktır.

1.1.1.1 Kirişler

Betonarme kirişlerin rehabilitasyonları diğer betonarme yapı elemanlarına göre oldukça benzer. Kirişler de hasarın şekline göre (betonun çatlaması, betonun ezilmesi, donatının veya bağlantıların kopması gibi) ve istenen güçlendirme seviyesine göre onarılırlar ve güçlendirilirler. Kirişteki küçük çatlakların onarımında epoksi reçineleri ve çimento harcı kullanılır. Ağır hasarların olduğu durumlarda (betonun ezilmesi, aderans kaybı veya donatı kopması gibi), hasar görmüş kiriş askıya alınarak, hasar görmüş malzemeler uzaklaştırılır ve yeni malzemeler ile onarım gerçekleştirilir. Kirişlerde rehabilitasyon kirişin bir, üç veya dört yüzünün beton kaplanması ile ve yeteri kadar ek donatı kullanılması ile yapılır. Kirişe yeni donatı eklenirken kirişin donatı yüzdesi dikkate alınmalı, donatı yüzdesinin denge-altı donatılı kiriş koşulunu sağlamasına uyulmalıdır.

Kiriş güçlendirilirken eğilme momentine mi yoksa kesme kuvvetine mi karşı güçlendirileceği, eklenecek boyuna ve enine donatıların miktarı, şekil ve bunların eski donatı ile nasıl bağlanmaları gerektiği bakımından önemlidir. Kirişlerin bir yüzünün ek donatı konulduktan sonra beton ile kaplanması şeklinde yapılan güçlendirme, sadece kirişlerin açıklık ortasında daha fazla eğilme momenti taşımaları istendiğinde uygulanan bir yöntemdir. Kirişlerin eğilme momentine göre güçlendirilmeleri [5,6,7] Tarafından incelenmiştir. Güçlendirilen kirişlerin moment taşıma kapasiteleri bir döküm kiriş kapasitesine oldukça yaklaşmıştır. Güçlendirilmiş kiriş rijitlikleri birdöküm kiriş rijitliklerine ulaşamamıştır. Enerji tüketme kapasiteleri birdöküm kirişe göre azdır. Amaçlanan taşıma gücüne oldukça yaklaşmıştır, [5,6].

Kirişlerin kesmeye karşı güçlendirilmeleri [15,16] tarafından incelenmiştir. Bu yapılan çalışmalarda kirişler dıştan kelepçeleme yöntemi ile güçlendirilmişlerdir. Uygulanan yöntem başarı sağlamıştır. Eğik kesme çatlaklarının gelişmelerini sınırlamıştır. Güçlendirilen kirişlerin dayanımları beklenen dayanımları sağlamıştır. Güçlendirilen elemanlar ile referans elemanları arasında rijitlik bakımından bir fark olmamıştır.

1.1.1.2 Kolonlar

Betonarme kolonların onarım ve güçlendirilmesinde iki ayrı tür manto uygulanabilir; (a) betonarme manto ve (b) çelik manto. Manto, kolon çevresine, boyuna ve enine donatı taşıyan yeni bir beton katmanı yerleştirerek kesitin büyütülmesidir. Mantolama yönteminde bazı belirsizlikler (yük paylaşımı, sünme ve büzülme etkisi, donatı kenetlenmesi vb.) ortaya çıkmaktadır. Mantolama aksenal yüklü kolonlarda etkili sonuçlar vermektedir. Donatı kenetlenme yöntemine dikkat edildiği takdirde bileşik eğilme ve aksenal yük altında da başarılı bir uygulamadır Manto türü seçilirken amaç iyi belirlenmeli ve çelik veya betonarme mantonun bu amaca uygun olup olmadığı saptanmalıdır..Her iki tür mantonun tasarımı kadar yapımı da büyük önem taşır. Onarım/güçlendirme projesinde detaylar, yapımda ise kaliteli işçilik çok önemlidir. Küçük bir detay hatası veya yapımdaki küçük bir ihmal, manto davranışını olumsuz etkileyebilir.

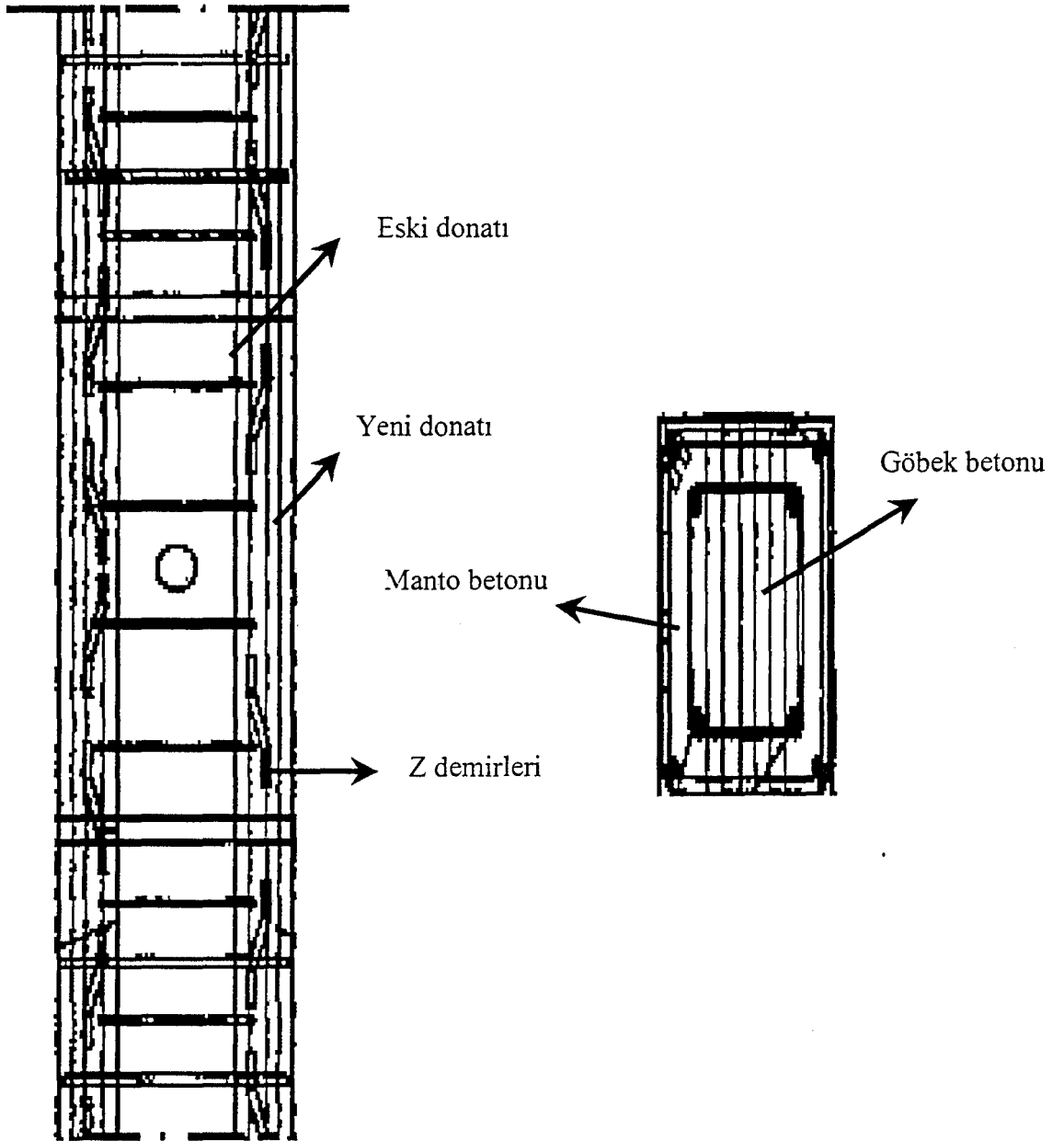
(a) Betonarme Manto

Betonarme manto, içinde boyuna donatısı ve etriyesi bulunan ve mevcut kolonu saran yeni bir betonarme katmandır. Boyuna donatıda süreklilik sağlıklı bir detaylandırma ile sağlanırsa, katlararası moment aktarımı mümkün olur. Betonarme manto uygulanmadan önce, mevcut kolonun kabuk betonu kırılmalı ve en az yeni boyuna donatısının yarısı U veya Z çubuklarla mevcut boyuna donatıya kaynaklanmalıdır. Tipik bir betonarme manto Şekil 1.8.'de gösterilmiştir. Gösterilen mantoda, delinen döşemelerden manto boyuna donatısı bir yukarı ve bir aşağı kata geçirilerek süreklilik dolayısıyla moment aktarımı sağlanmıştır. Bu, her zaman mümkün olmayabilir. Donatı sürekli yapılamıyorsa kirişe matkap ile açılacak deliklere filiz yerleştirilerek bunların epoxy ile kenetlenmesi sağlanır. Delik derinliği

donatı çapının 15 katından az olmamalıdır. Delik apı da donatı çapından yaklaşık 5 mm daha buyk olmalıdır. Donatı surekliliğini sağlamak için kullanılan diğer bazı düzenlemeler Şekil 1.9'te gösterilmiştir.

Betonarme manto ile kolonun hem aksenal yük kapasitesi, hem de moment kapasitesi artırılabilir. Şekil 1.8'de gösterilen manto ara boyuna donatısı özel ankrajla mevcut betona tutturulmamıŐsa manto ile sağlanan ek süneklilik sınırlı olur. Mantonun etriyelerini genelde iki parçadan yapmak uygun olur. Bu iki U Şeklindeki parça montaj aşamasında kaynaklanır.

Mantonun kalıbı,  yüzünde tam yapılırken dördüncü yüzde yarım yapılmaktadır. Amaç, mantoyu iki aşamada dökerek betonun segregasyonunun engellenmesidir. Ayrıca en üstte 100 mm kadar bir bölümün boŐ bırakılması ve bir hafta kadar sonra burayı bzlmeyen (rötresiz) zel harçla (non-shrink mortar) doldurulması mantonun daha etkili çalıŐmasını sağlayacaktır.



Şekil 1.8. Kolonun betonarme mantolama yöntemiyle güçlendirilmesi

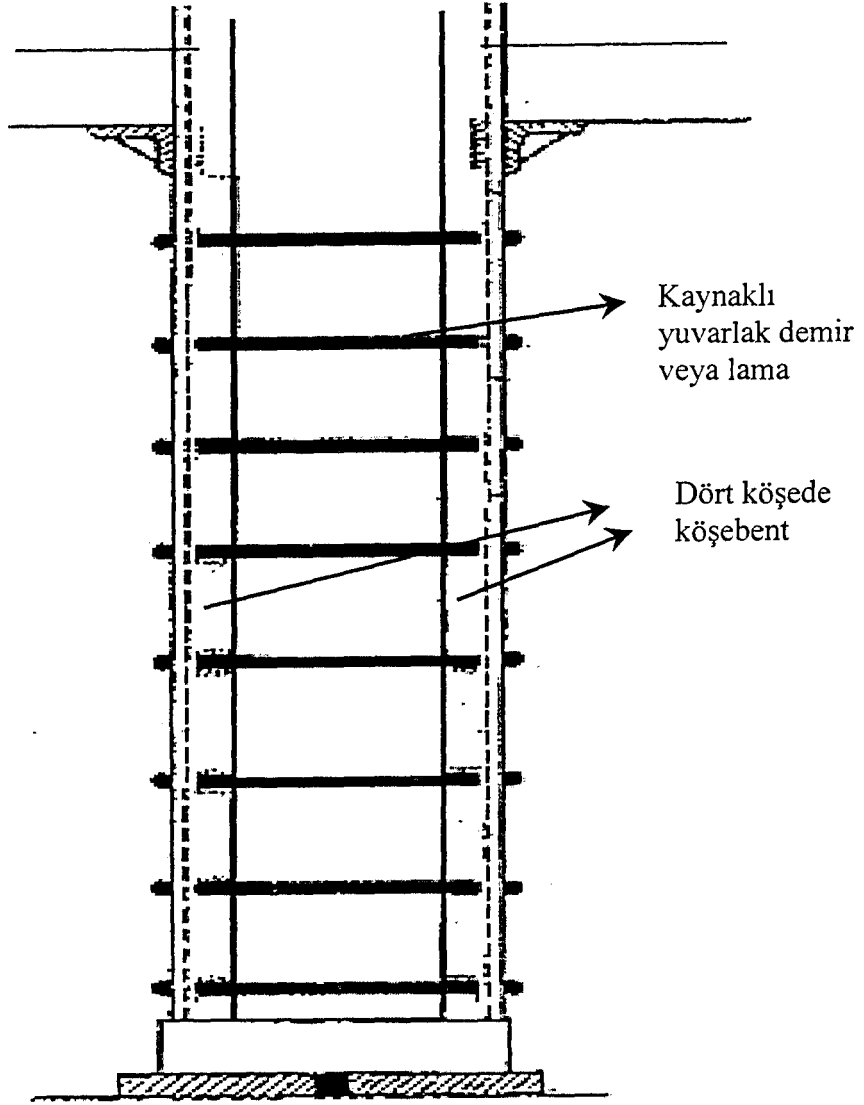
(b) *Çelik Manto*

Çelik manto uygulama açısından çok elverişlidir. Sıkı yerleştirme için boy değişimi, alt ve üst yaslanma plakaları, sargı için yeterli enine donatı yangın ve korozyon önlemleri büyük önem taşır. Çelik manto yalnızca eksenel yük için kullanılabilir. Eğer eğilme taşıyacaksa boyuna donatı uçlarında iyi kenetlenme yapılmalıdır.

Çelik manto, mevcut kolonun köşelerine yerleştirilen çelik korniyer ve bunları kaynakla birleştiren yatay lamalardan oluşur. Korniyerler eksenel yük kapasitesine katkıda bulunurken, yatay lamalar dıştan sargı etkisi sağlar. Tipik bir çelik manto uygulaması Şekil 1.9. 'da gösterilmiştir.

Korniyerler aşağıda ve yukarıda rijit çelik plakalara yaslanmalı ve iyice sıkıştırılmalıdır. Sıkıştırma, korniyerler yerleştirilmeden önce üstteki kirişin kriko ile kaldırılması ile sağlanır. Bu yöntemde, mantolanacak kolon üzerindeki eksenel yük kaldırılacağından, mantonun daha etkili biçimde çalışması sağlanmış olur. Kriko ile kaldırma yapılamıyorsa, alttaki plakanın altına çakılacak kamalarla sıkıştırma yapılır. Eğer korniyerler yeterince sıkıştırılmazsa, yeterince yararlı olamazlar. Manto yapımında kaynaşma yüzeyi iyice pürüzlendirilmelidir. Eski ile yeni donatı arasındaki bağlantı Z demirleri ile sağlanmalıdır.

Yatay lamalar kaynaklanmadan önce, işkence türü bir düzenle korniyerlerin kolona iyice yaslanması sağlanmalıdır.



Şekil 1.9. Kolonun çelik manto yöntemiyle güçlendirilmesi

1.2 Hasar Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi

Hasar belirlenmesinin zorluğu depremden sonra yapılması gerekliliğidir. Belirlenmenin yapıldığı ortam bir afet bölgesi olduğundan çalışma koşulları sınırlıdır. Kısa zamanda yapılması gerektiğinden, özellikle hasarın büyük bir bölgeyi kaplaması durumunda konu ile ilgili yeterli eğitilmiş eleman bulmak mümkün değildir. Bilgi toplama formları, kolay kullanma ve sistematik olmaları yönünden çoğu zaman bu amaca uygun düşer. Elde edilen bilgilerin onarım ve güçlendirme açısından değerlendirilmesi ise genellikle daha rahat bir ortamda yapılır.

Hasar belirlenmesi ve değerlendirmesindeki amaçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- a) Deprem sonucu göçmeye yaklaşan veya göçen binalar belirlenip; buralarda oturanları başka yerlere taşınabilir.
- b) Toplanan bilgilerin değerlendirilmesi ile depremin şiddeti, çeşitli derecelerde hasar görmüş ve kullanılabilir binaların sayısı belirlenebilir. Bunun sonucu olarak insanların esas faaliyetleri düzenlenebilir.
- c) Elde edilen bilgilerin sistematik sınıflandırılmasıyla; yardım, onarım ve güçlendirme işleri organize edilebilir.
- d) Deprem tehlikesi olan bölgeler gerçekçi anlamda belirlenebilir. Görülen eksikliklerin belirlenmesiyle gelecekte bu tür faaliyetlerin daha az eksikli olması sağlanabilir.
- e) Hasarların belirlenmesi ve sınıflandırılmasıyla, bunun sonucu olarak yapılacak onarım ve güçlendirme sistematik bir şekilde gerçekleştirilebilir.
- t) Hasar gören binaların ve bunların elemanlarının özellikleri belirlenerek, yeni yapılacak binaların plan ve projelendirilmesinde bu bilgilerin kullanılmasıyla deprem tehlikesinin azaltılması sağlanabilir.

g) Mevcut deprem, projelendirme ve inşaat yönetmeliklerinin geliştirilebilmesinde yardımcı olabilir. Hasar belirlenmesi ve değerlendirilmesinde önemli noktalar özetle aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Binalarda hasar belirlenmesi, bunların sınıflandırılması ve kullanım için karar verme
- Hasar belirlemesi yapılabilmesi için gerekli işlemler
- Yapılardaki hasarların belirlenmesinin sistematik bir şekilde değerlendirilmesi ve bunun sonucu olarak oluşan zarar ve can kayıplarının belirlenmesi
- Elde edilen bilgilerin genel anlamda deprem tehlikesinin azaltılması için kullanılması

Laboratuvar ortamında gerçekleştirilen deneyler bize eleman bazında oluşan hasarları vermektedir. Bu bilgiler ışığı altında özelden genele geçmek mühendisleri yanıltacaktır. Gerçek bir bina veya başka tür karmaşık yapı sisteminin uğradığı deprem etkileri sonrasında ne mertebede hasar gördüğünün aynı biçimde ortaya konulması çok daha zor bir iştir. Zorluğun tek sebebi daha çok sayıda taşıyıcı eleman olması değildir. Hasara uğramış yapının laboratuvarda olduğu gibi hasarla ilgili ölçmelerinin ve gözlemlerin de elde bulunmaması işleri zorlaştırır. Bu da hasarın mertebesinin dolaylı bir şekilde tahmin edilmesini zorunlu kılar. Ayrıca her eleman için farklı hasarlar meydana gelecektir. Her bir hasar düzeyi hasara uğrayan elemanlar için farklı manalara gelebilir. Başka bir deyişle hasarın belirlenmesi işlemi, eski bilgi ve gözlemlerin “en iyi” bir tahminde bulunmak üzere yeniden kullanılması diye tanımlanabilir[10].

Geçmişte meydana gelen depremlerin öğrettiği dersler oldukça iyi bir şekilde belgelendirilmiştir. Edinilen bu bilginin daha geniş bir yarar sağlaması için şiddetli depremlere maruz kalmış yapı sistemlerinin uzman bir sistem yardımıyla bilgilerinin düzenli bir şekilde depolanması gereklidir. Bu bilgiler ışığı altında ileride

olabilecek depremlere karşı ne gibi önlemler alınabileceği belirlenebilir. Böyle bir uygulama hasar tazminatı, sigorta, v.b. amaçlar için objektif bir karar verme ortamı yaratacaktır. Yurdumuzda geçerli olan "Afetler Kanunu"nda yer alan hükümler doğrultusunda konutu veya işyeri tabii afetlerden etkilenen "hak sahiplerine" bu yerlerin uğradığı hasarla orantılı tazminat verilir. Demek ki hasarın doğru ve tartışmaya gerek bırakmayacak biçimde tayini afet zararlarının giderilmesinde objektif bir zemin hazırlayacaktır. Hasar belirlenmesinin sağlayacağı daha da önemli bir yarar da afet sonrası hasar tespitlerinin hızlandırılması ve zaman zaman uzman olmayan kimselerce yapılan bu tespitlerin de daha güvenilir bir hale getirilmesidir. Bunun da ötesinde depremden hemen sonra daha artçı sarsıntıların devam ettiği süre içinde hangi binaların güvenli, hangilerinin ise can güvenliği bakımından sakıncalı olduğunun ayırılması hızlı etkin ve güvenilir bir hasar belirlenmesi ile mümkündür. Bunun için Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü "Mühendislik Hizmeti Görmüş Yapılar İçin Hasar Tespit Formu" geliştirmiştir. Bu form Ek-1' de vermiştir.

2. BİNANIN TARİHÇESİ

Eskişehir’de onarım ve güçlendirme uygulaması için seçilen il merkezindedir.yapı bina Yapı projeleri 1975 yönetmeliklerine göre Kasım 1978 tarihinde İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Bina Bilimleri Kürsüsüne yürütücü üç profesör ve bir doktor mühendis tarafından yapılmıştır. Binamız kuzeybatı-güneydoğu doğrultusundadır. Binamız bodrum, zemin ve dört normal kat olmak üzere 6 kattan ibarettir. Bina kuzeybatı yönünde simetrik olup; dilatasyonla ayrılmış iki kısımdan oluşmaktadır. Bina toplam alanı 2052 m²’dir.

Binanın temelinin oturacağı zemin için daha önceden herhangi bir sondaj ve zemin özelliklerini belirleyecek deneyler yapılmamış olup bina yarı dolgu (doğal zemin) zemine oturtulmuştur.

2.1. Projelendirme Aşaması, İlk Müteahhit ve İkinci Müteahhit Aşamaları

Söz konusu binanın projeleri 1978 yılında yılında yapılmıştır.Binanın inşaaı çeşitli sorunlar nedeniyle iki müteahhit tarafından tamamlanmıştır. İlk müteahhit binanın temel, 1. ve 2. katlarını yapmış olup daha sonra yapılan tetkikler sonucunda bu müteahhitin yapılan sözleşmeye uygun davranılmadığı tespit edilmiştir. 1. müteahhit zamanında yapılanan kısımda proje ile yapı arasında uyumsuzluklar bulunmuştur. Binada uygulanmış kolon aplikasyonu ile projelerdeki kolon aplikasyonları uyuşmamaktadır. Aynı zamanda zemin kattan itibaren başlayan kolonlar temel pabuçlarına oturtulmamış ve bir çok kolonda kendi ekseninden kaçıklıklar tespit edilmiştir. Beton kalitesi kötü olduğu saptanmıştır.Bundan sonra binanın 3., 4. ve kısmi çatı kısımları ikinci bir müteahhit tarafından bitirilmiştir. İkinci müteahhit zamanında binanın betonları o zamanki ilk hazır beton santrali tarafından dökülmüş olup bu katlarda herhangi bir soruna rastlanmamıştır. Ayrıca yapı bu iki farklı yapım aşaması yüzünden proje ve uygulamasında yapısal hasar doğuran sonuçlar ortaya çıkarmıştır.

2.2. Yapıda Kullanılan Beton Malzemeleri ve Özellikleri, Beton İmalat Kalitesi

Binanın ilk müteahhit tarafından yapılan kısımlarındaki beton elle döküm beton olup içinde kullanılan malzemeler (Kum, Çakıl vb.) Eskişehir İli yakınlarında bulunan bir dereden temin edilmiştir. Bu malzemeler bugün betonda kullanılan malzemelere göre çok daha kötü nitelikte betonun gerçek mukavemetini sağlayacak nitelikte olmayıp özellikle beton için zararlı olan kil, mil, kireçtaşı, humuslu ve organik gibi zararlı partikülleri de içerdiği bilinmektedir. Bu gibi etkiler betonun dayanımına ve sertleşmesine zarar verebilirler. İnce daneli ya da dağılmış kil, mil gibi zararlı maddeler beton içinde bulunarak agrega ile çimentonun aderansı bozarlar. Kireç taşı gibi suda çözünebilen maddelerin varlığı da betonun sertleşmesine zarar vermektedir. Bu tip maddeler betondaki kireç ve aliminyum bileşikleri ile reaksiyona girerek zamanla oluşan kristaller meydana getirirler ve betonun parçalanmasına sebep olurlar. Bu gibi etkenler nedeniyle yapıdaki beton dayanımına bir de kötü işçilik ve denetimsizlikte eklenince binadaki beton kalitesi düşük belirlenmiştir.

3. İLK REHABİLİTASYON

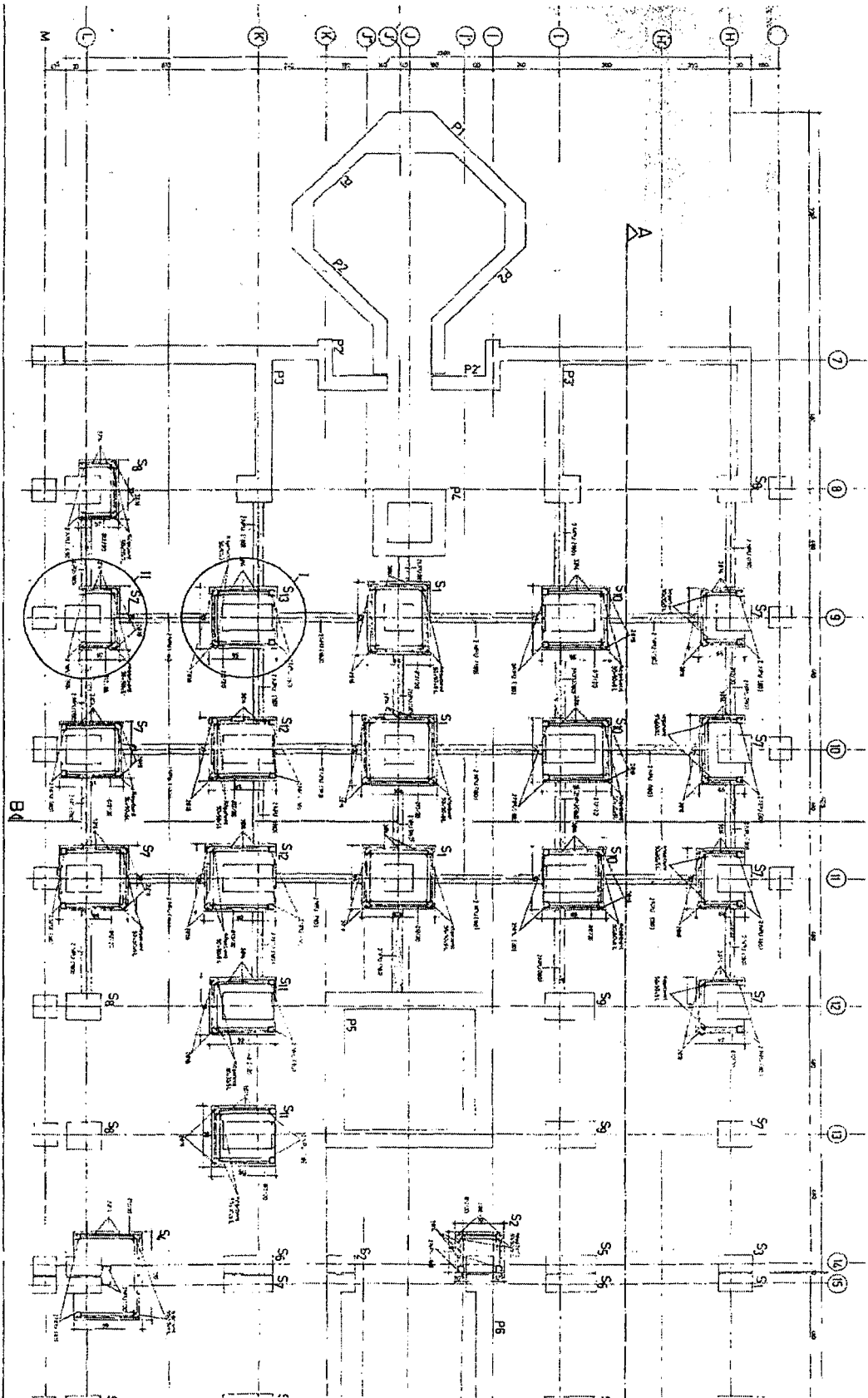
Binanın yapımına 1978 yılında başlanmış olup hizmete 1987 yılında açılmıştır. Bina yapılış amacı doğrultusunda gün içerisinde içinde çok fazla sayıda çalışan olacağından ayrıca kullanım açısından dışarıda da devamlı bir insan giriş çıkışı olacağından hizmete açılmadan önce binada çeşitli kontroller yapılmıştır. Bu yapılan kontrollerde binanın ikinci kısmında daha önceden herhangi bir zemin araştırması yapılmadığından ve binanın oturacağı temel alandaki zeminin üzerindeki yapı ağırlığını taşıyamadığından dolayı bina öngörülen oturma miktarından çok daha fazla bir oturma yapması sonucu binanın taşıyıcı sisteminde (kolon ve kirişlerinde) çeşitli hasarlar meydana geldiği tespit edilmiş ve bina hizmete açılmadan önce takviye edilmiştir.

Bina 4 kat ve kısmi çatı katından ibaret olup betonarme karkas bir yapıdır. Temel sistemi karma sistemdir. Binadaki kolonlar birbirlerine bağ kirişleri ile bağlanmış olan münferit temellere oturmaktadır. binanın merdiven ve asansör kovaları perde sistemlerden teşkil edilmemiş olup bunlarda birbirlerine kendi içinde mütemadi temellere oturtulmuştur. Binanın döşeme sistemi tek doğrultulu dişli döşeme sistemi olmakla beraber binada kullanılan dolgu ve duvar malzemeleri tuğladır.

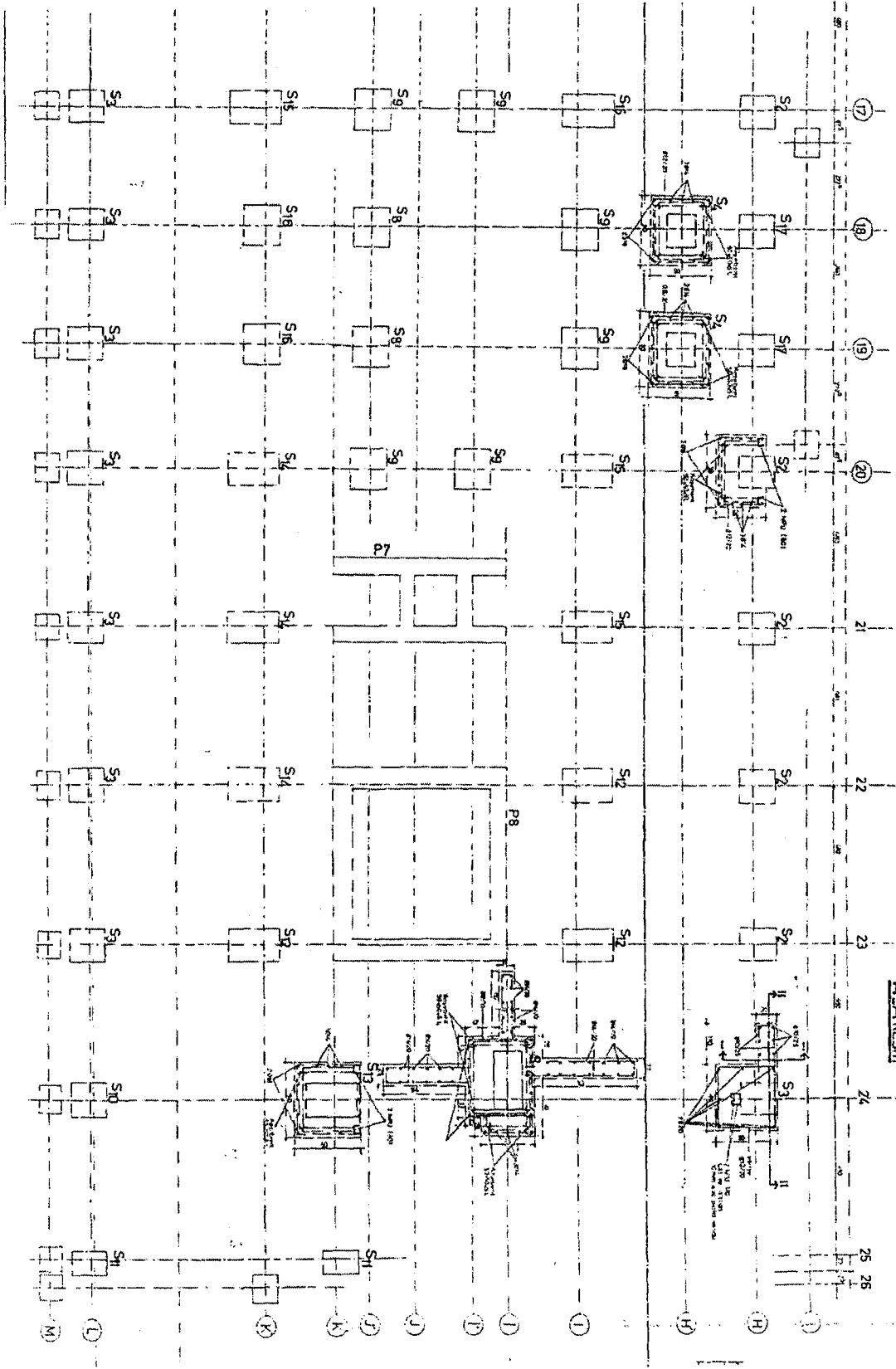
Binada yapılan takviye işlemi 1987 yılına ait olduğundan bu işlemle ilgili herhangi bir hesap elimizde olmamasına rağmen yapılan takviye işlemine ait uygulama projeleri elimizde mevcuttur. Bu projelerden binada ne gibi bir çözüme gidildiği, nasıl bir yöntem izlendiği ve hangi malzemeler kullanılarak bu işlemler gerçekleştirildiği belirlenmiştir. Binanın projelerinden de anlaşılacağı gibi bina iki kısımda teşkil edilmiş olup binanın projeden şu andaki giriş yerine göre sağ tarafına (2. kısım) takviye işlemi yapılmıştır. Daha önceden de bahsedildiği üzere binanın bu kısmının takviye edilmesi deprem nedeniyle değil binanın beklenenden fazla oturma yapmasından kaynaklanan yapısal etkilerde bu nedenle görülmüştür. Bina ilk takviye işlemine başlama zorunluluğu yukarıda bahsedilmiştir. İlk

takviye işlemi binanın hizmete açılacağı tarihe yakın bir zamanda yapılmıştır. Bu nedenle yapılan işlemler kısa ve lokal olarak yapılmıştır.

Şekil 3.1'den anlaşıldığı üzere binanın şu anki giriş yerine göre sağ tarafta kalan blokta takviyelendirmeye gidilmiştir. Bunun yanında sol blokta ise Şekil 3.2'den görüleceği gibi birkaç kolonda takviyelendirmeye gidilmiştir. Sağ blokta yapılan takviyelendirme işlemi temelden başlayarak belli akslarda çerçeve bazında diğerlerinde ise kolon ve kiriş elemanları ayrı ayrı takviyelendirilmiştir.



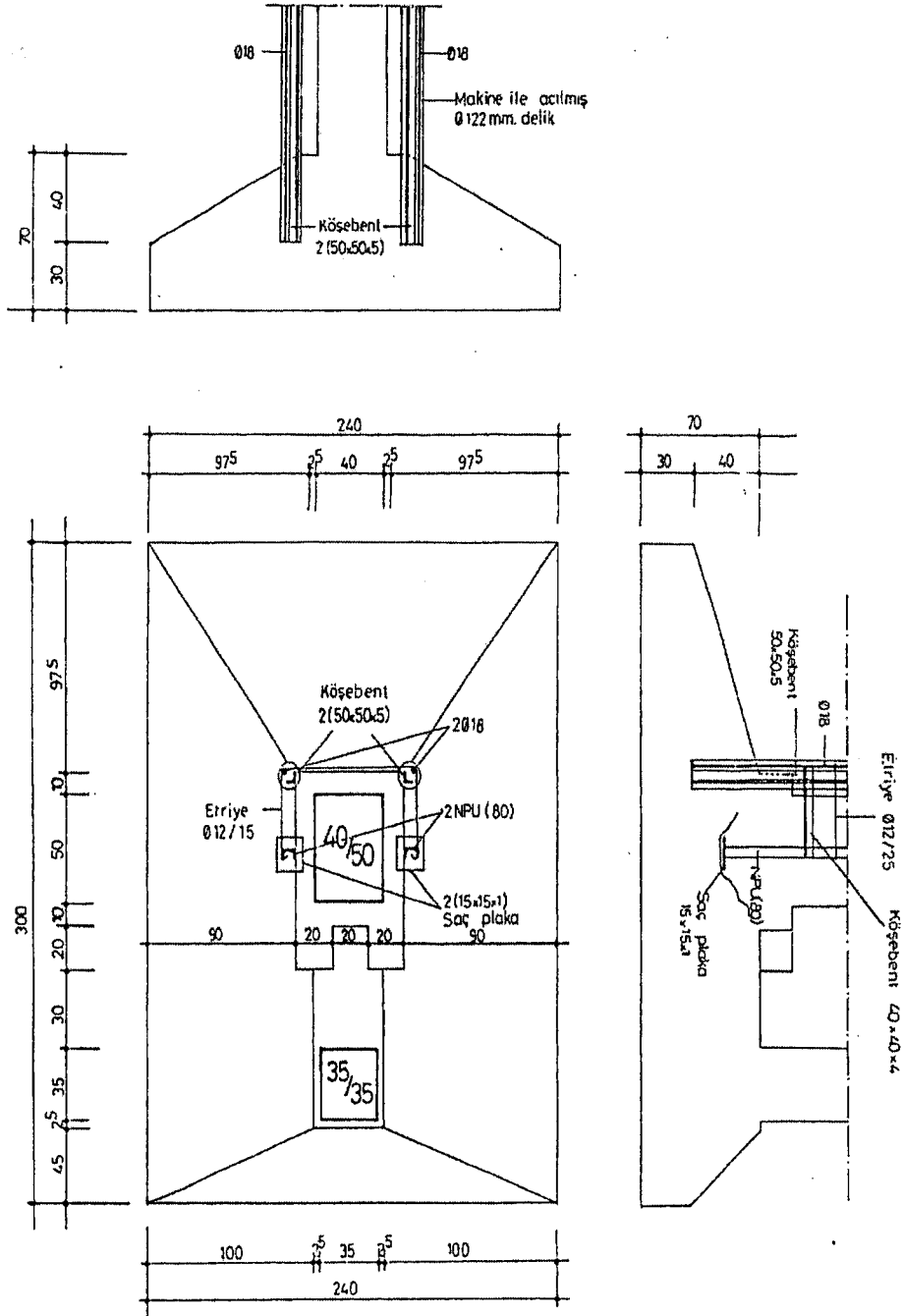
Şekil 3.1 Sağ blok takviye projesi



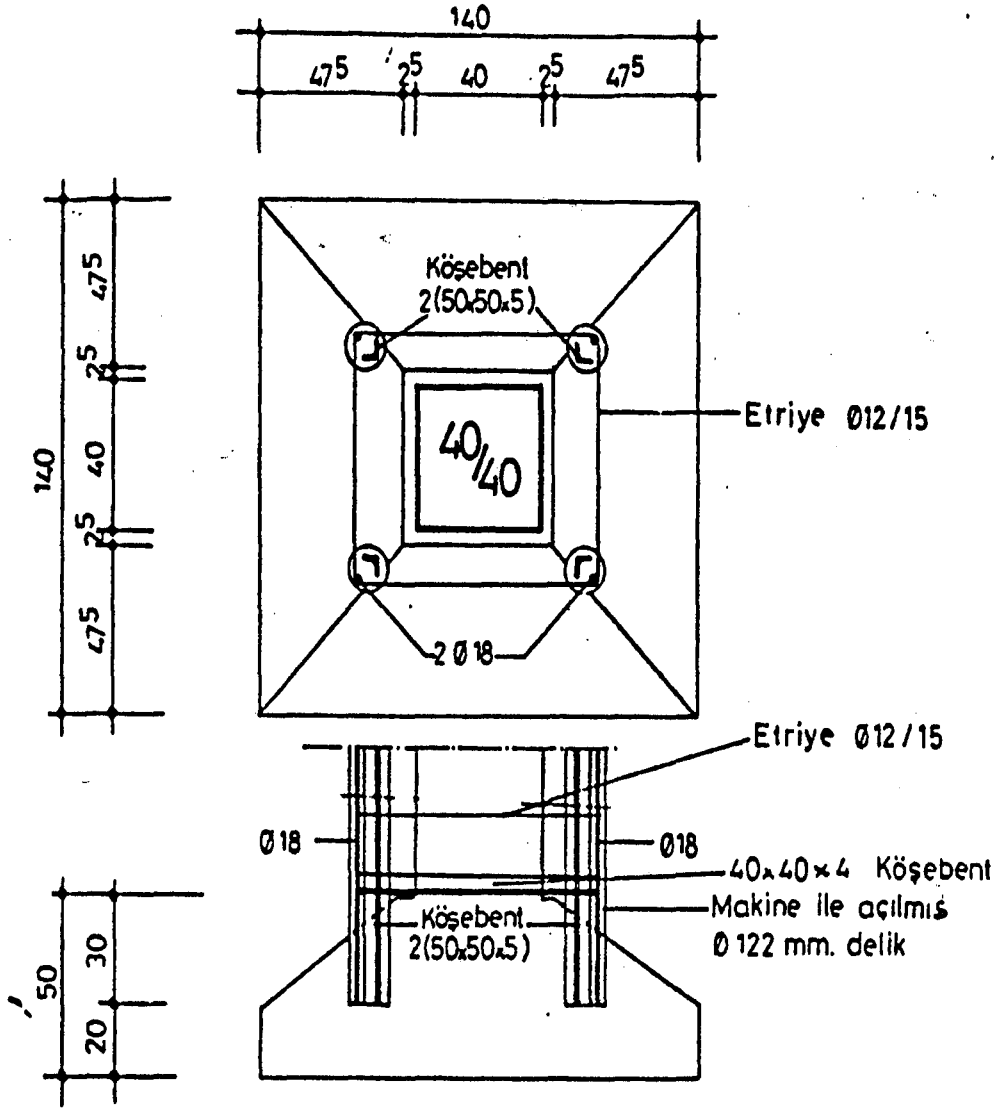
Şekil 3.2. Sol blok takviye projesi

Binada tüm çerçeve olarak 9-10-11 aksları kolon ve kirişler olarak tüm çerçeve elemanları ile 8-12 aksları mütemadi yönde bağlayıcı kirişleri takviye edilmiştir. Bunların yanında binanın bodrum katında (-3.84 – 0.00 m. Arası) H-12, 20, 24; H'-18, 19; İ-14, 24; K-24; K'- 12, 13 ve L-8, 14, 15 akslarının kesişim noktaları zemin katta (0.00 – 3.54 m. Arası) H-12; H'-18, 19; İ-14; K'- 12, 13; ve L-8, 14, 15 akslarının kesişim noktaları ve 1. katta H'-18, 19 ve L- 14, 15 akslarının kesişim noktalarındaki kolonlar münferit olarak takviye edilmişlerdir.

T01, T03, T05, T06 ve T09 ayrıca T04 ve T10 sömellerine yapılan takviye ve işlemler aynıdır ve Şekil 3.3 ve 3.4.'te gösterilmiştir. Bu temellerde yukarıda kolonlarda yapılan takviye için kullanılan profiller için sömellerde 122 mm çaplı delikler açılmış olup kolonun mantolomasında kullanılan köşebentler ve profiller bu deliklerden sömellere ankre edilmiştir. Bu sömellerde açılan delikler kolonlarda yapılan uygulamalar farklı olduğundan bu sömellerde 50 x 50x 5 köşebentler ve NPU 80'lik profilleri için iki farklı delik açılmıştır ve her iki eleman için de ankraj boyları farklıdır.



Şekil 3.3. T01, T03, T05, TO6 ve TO9 temellerine yapılan takviye detayı

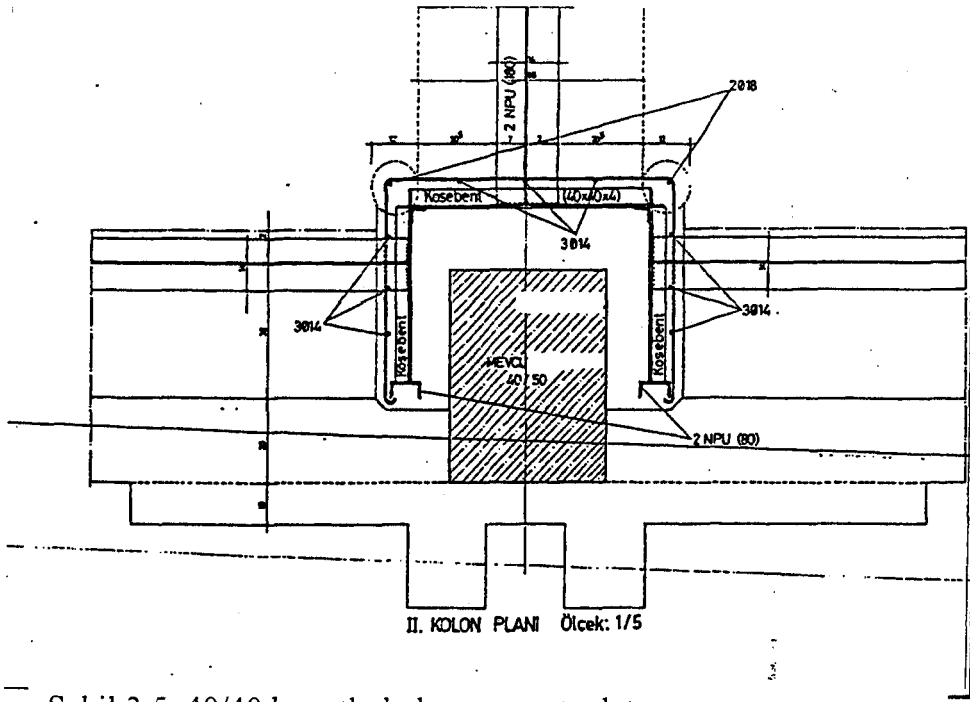


Şekil 3.4. T04 ve T10 temellerine yapılan takviye detayı

İ-24 akslarının kesişim noktasındaki T03 sömeline ise kolonun sağdan ve soldan olmak üzere perde şekline çevrilmesinden dolayı sölmin mevcut durumu yetersiz kalacağından sölmin boyutları da genişletilmiştir.

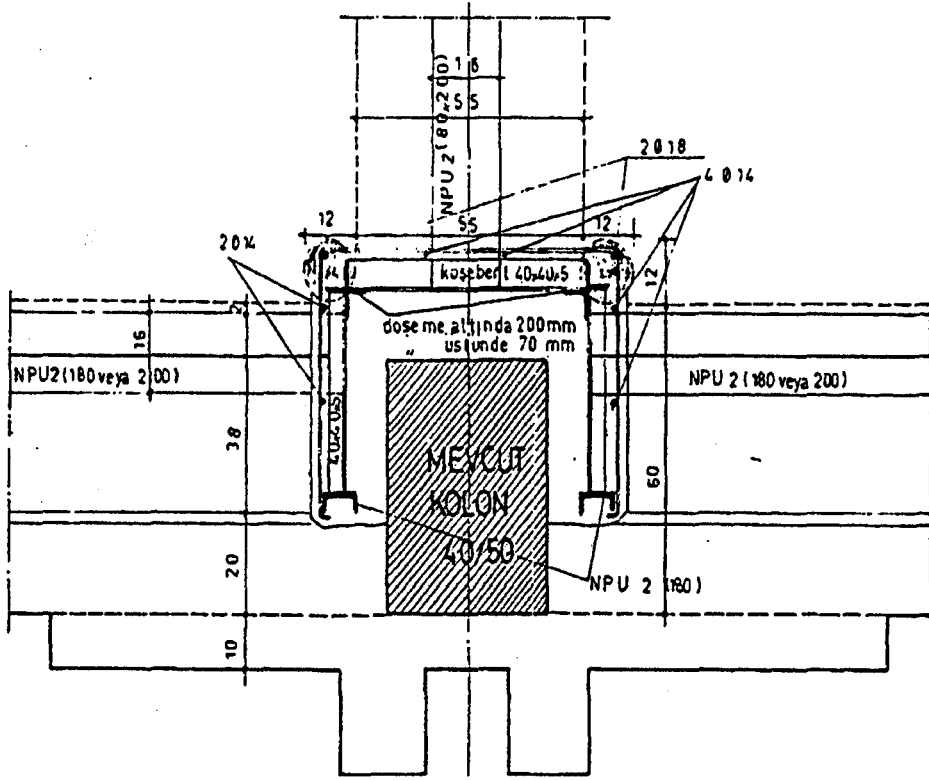
H-24 akslarının kesişim noktasındaki T11 sölminde ise sölmin bağ kirişinin boyutları büyütülerek perde hatılı konumuna getirilmiş ve o sölme oturan kolonda yapılan perde şeklindeki genişlemeden meydana gelen çıkıntı bu perde hatılına oturtulmuştur.

Binanın kolonlarında iki farklı yöntem kullanılarak yine mantolama yöntemi kullanılması ile takviye işlemleri yapılmıştır. Burada özellikle binanın köşe tarafına gelen ve iç taraftaki kolonlara göre işlemler farklılık göstermektedir. Bunlarda ilki bodrum katında olup binanın tam ortasında mevcut olan T04 sölmine oturmakta olan kolonlarda yapılmıştır. Bu kolonların en önemli özelliği sadece bodrum katında olup temelden başlayıp zemin katına kadar (0.00 m.) devam etmekte olup diğer katlarda devam ettirilmemiştir. Temele oturan 40/40 cm boyutundaki kolonlar genişletilerek taşıma kapasiteleri artırılmaya çalışılmıştır. Bu işlemler yapılırken bu kolonlar boyunca kolonun köşelerinden eşit mesafelerde 4 tane 122 mm.lik delikler açılmış ve bu delikler kolonlar boyunca binada bodrum kattan en yukarı kata kadar devam ettirilmemişlerdir. Burada mantolama yapılacak kolonların takviyesinde boyuna doğrultuda köşelerde 50 x 50 x 5 mm.lik köşebentler kullanılmıştır. Bu köşebentlerin hemen yanlarında boyuna donatı olarak Ø18 lik demir, etriye olarak da Ø12 lik demir kullanılmış olup her 20 cm. de bir uygulanmıştır, Şekil 3.5.



Şekil 3.5. 40/40 boyutlu kolonun manto detayı

İkinci uygulama ise 40/50 ve 40/60 cm lik kolonlarda uygulanmış olup bu kolonların boyutları sırasıyla 80/72 cm ve 80/82 cm. ye getirilmiştir. bu kolonlar binanın dış kolonları olduğu için dış cephe tarafında olan köşelerde NPU 80 lik profiller kullanılmış iç taraftaki kolonlarda ise 2 adet 50 x 50 x 5 mm lik köşebentler birbirlerine “ + ” sırtlarından kaynaklanarak şekilde yeni profiller meydana getirilerek kullanılmıştır. Yine köşebentlerin olduğu yerde boyuna donatı olarak Ø 18 lik demir kolonun yüzlerinde boyuna donatı olarak Ø 14 lük demir kullanılmış olup etriyeler yine Ø 12 lik demir olup her 20 cm. de bir uygulanmıştır, Şekil 3.6.



Şekil 3.6. 40/50 boyutlu kolonun manto detayı

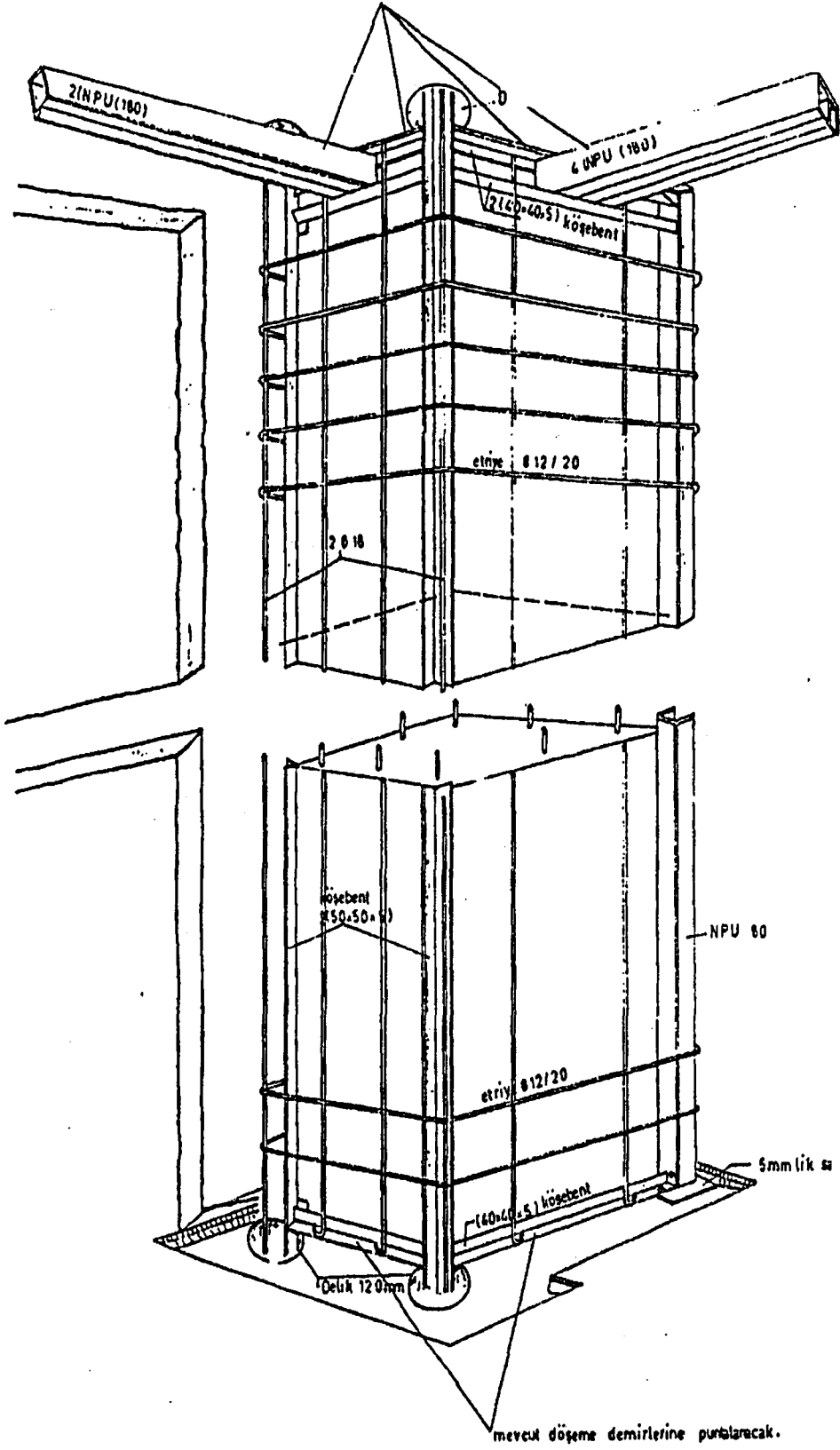
Kolon uygulamalarında köşebentler birbirlerine kaynaklanarak bağlanmışlardır. Bu köşebentler döşeme altında ve döşeme üstünde 40 x 40 x 4 mm'lik köşebentle birbirlerine bağlanmışlar ve mevcut boyuna donatılar da bu köşebentlere puntolanmışlardır, Şekil 3.7. Döşeme üstünde tek bir 40 x 40 x 4 mm lik köşebent kullanılmışken döşeme altlarında 2 şer adet köşebent kullanılmıştır. Bunun nedeni kirişlerin altında kullanılacak olan NPU 180 lik profillerin kolona montajını sağlamak için yuva teşkil etmesi açısından uygulanmışlardır.

Şekil 3.8'den anlaşılacağı üzere kirişlerin altlarında NPU profillerinden teşkil edilmiş kutu profiller kullanılmış olup bu kullanımında kirişlerin fazla miktarda sehim yapmış olacağı anlamı çıkarılabilir. Bu sehimi azaltmak için de

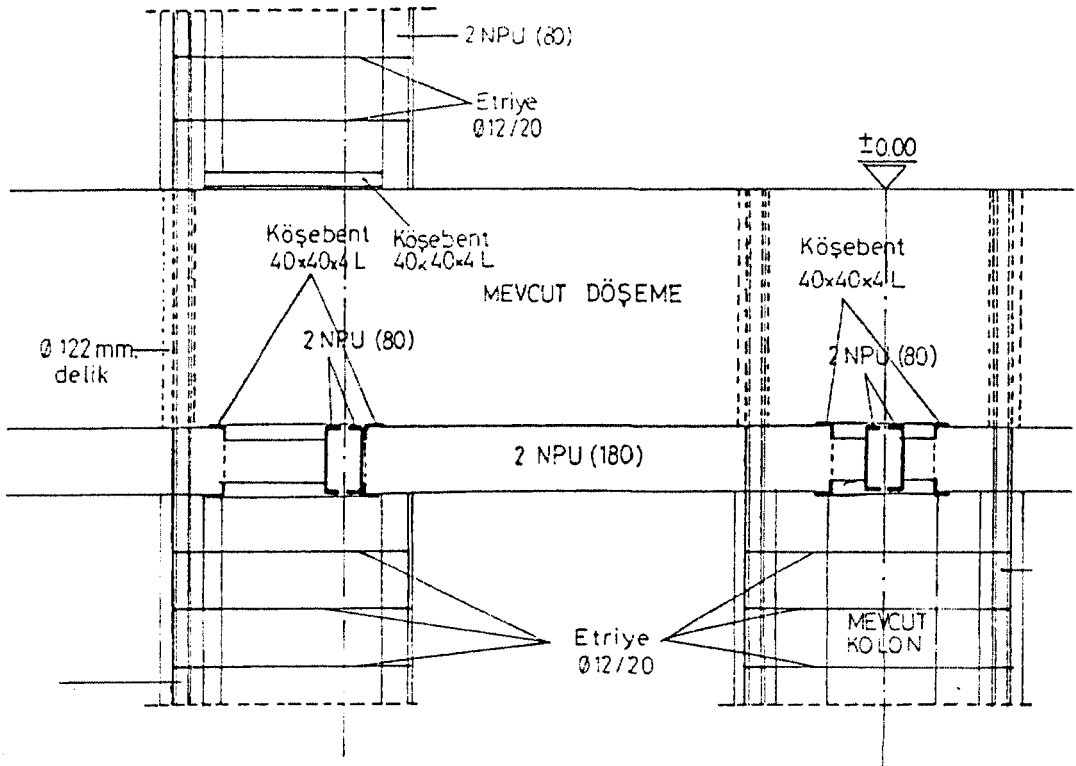
dış taraftaki kolonlara bağlanan kirişler eğer ana kirişler ise bunlar 4 tane NPU 180 lik profil kullanılarak oluşturulmuş olan iki adet kutu profille desteklenmiş iç taraftaki kirişler ise 2 tane NPU 180 lik profille desteklenmiştir.

Bina projeleri yapılırken ya da daha sonra takviye projeleri yapılırken binanın oturacağı zemin ile ilgili değerler belirlenmelidir. Bina 1975 yılı yönetmeliğine göre yapılmış olup ve yapıldığı yıldaki koşullar göz önüne alındığında zemin araştırmalarının ne derece iyi yapıldığı bilinmemektedir. Şekil 3.2'den de anlaşılacağı gibi binada yapılan takviye işlemlerinin çoğu lokal olarak yapılmıştır. Binada temellerde yapılan takviyelendirme işlemi tamamen kolonların oturduğu temel boyutları büyütülerek yapılmıştır. Bu takviyelendirmede dikkati çeken önemli bir nokta ise kolonlarda kullanılan köşebentler temel altındaki donatılara kadar ankraj edilmemiştir. Kolonlarda ise mantolama yöntemi kullanılmıştır. Fakat yapılan işlemler şekillerden de görüleceği gibi sağlıklı değildir. Yapılan işlemler kolonların yeni boyutlarına göre dış köşelerine köşebentler yerleştirilmesi ile yapılmıştır. Projeden de görüleceği gibi kolonun mevcut boyuna donatıları ile köşebentler arasına yerleştirilen boyuna donatılar arasında bir bağ yoktur. Her hangi bir deprem anında kolonun içlerindeki donatıların beraber çalışması sağlanmamıştır. Kolonların mantolanması sırasında kullanılan boyuna donatıların farklılık göstermesi de ayrı bir sorundur. Kullanılan etriye aralığı günümüzdeki yönetmeliğe göre en üst sınırdan olmakla birlikte uygulama projelerinde görüldüğü üzere takviye yapılan kolonların alt ve üst bölgelerinde etriye sıklaştırılması yapılmıştır. Böylelikle her hangi bir deprem anında yapılan bu kolonların taşıyacağı deprem yükleri yüzünden kolon üst ve alt birleşim yerlerinde boyuna donatılar iyi sarıldığı için kolonlarda burulma olayı meydana gelmeyecektir. Binada yapılan takviye işlemi lokal olarak yapılmıştır. Lokal olarak yapılan iyileştirme yalnızca elemanın gövdesi dahilinde sınırlı kalmıştır. Bu da yapının yan etkiler altında yapacağı ötelenmelerden dolayı elemanda oluşacak ötelenme deformasyonlarının elemanın yalnızca üst ve alt düğüm noktalarında oluşmasına neden olacaktır. Bu nedenden dolayı yapının son yapılan iyileştirilmesinde tüm önceki iyileştirme çalışmalarındaki ilavelerin hepsi kaldırılmıştır. Eleman bazında bir iyileştirme yapılmış olduğundan yapının geneli

düşünülmemiş bina davranışı, rijitlik merkezi gibi özellikler dikkate alınmamıştır. Bu da yapının davranışını iyileştirmek yerine kötüleştirmiştir. Yapılan takviye işlemi ile ilgili herhangi bir hesap kaydına rastlanmamıştır. Binadaki takviye işlemlerinin bina içinde sürekliliği olmadığı belirlenmiştir.



Şekil 3.7. Kolon mantolama detayı



Şekil 3.8. Kiriş takviyesi detayı

4. BİNADA YAPILAN (GÖZLEMLER VE İNCELEMELER) ETÜTLER

17 Ağustos Marmara depremiyle beraber Türkiye'deki mevcut yapı stoğunun kötü olduğu anlaşılmıştır. Bu nedenle insanlar tarafından çok sık ve yoğun olarak kullanılan 25 yıllık olan binada herhangi bir hasar olmamasına karşılık güvenlik sebebiyle incelemeler yapılmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda bina durumunun günümüz yönetmelik ve şartnamelerinin çok uzağında olduğu belirlenmiştir.

4.1. Gözlem

Tasarım, yapım hataları ve çevre etkileri nedeni ile yapı taşıyıcı sisteminin elemanlarında zamanla çeşitli zayıflamalar olabilir. Bu zayıflıklar yapı taşıyıcı sistemi iyileştirilerek giderilebilir. Bunların yanında yapı sisteminde iyileştirmeye gidilmesine neden depremlerdir.

Binanın onarım ya da güçlendirilmesine karar verilmeden önce kapsamlı bir mühendislik çalışması yapılması gerekir. Çünkü sonuçta kararı etkileyecek olan onarım bedeli ve süresinin saptanması söz konusudur. Bina taşıdığı fonksiyonlar ve kullanıldığı yerdeki önemi yüzünden önem arz etmektedir. Bu nedenle binada yapılacak onarım ve güçlendirmenin maliyeti düşünülmemiştir.

Söz konusu binada ilk önce çeşitli gözlemler yapılarak yapının boşaltılmasına ya da hasar gören bölümlerin desteklenerek askıya alınmasına karar verilmeye çalışılmış ve binanın işlevi göz önünde tutularak binanın boşaltılmamasına onarım yapılacak yerlerdeki (katlarda) elemanların desteklenerek askıya alınmasına karar verilmiştir. Taşıyıcı olan veya olmayan elemanlar üzerindeki çatlakların boyutları ve yerleri saptanmış olup taşıyıcı elemanlardaki ötelenmeler, dönmeler ve sehimler gözlenerek ölçülmüştür. Bundan sonraki aşamada binanın taşıyıcı elemanlarının rölöveleri yapılarak binanın projelerindeki gibi uygun

boyutlarda yapılıp yapılmadığı ölçülerek tespit edilmiştir. Yapının taşıyıcı elemanlarından karot örnekleri alınarak ayrıca Schmidt beton çekici kullanılarak bu elemanların malzeme özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca binanın taşıyıcı elemanlarındaki donatıların yerleri saptanmaya çalışılmıştır. En son olarak yapının oturduğu zemin özelliklerinin belirlenmesi için sondajlar yapılmıştır.

4.2. Beton Dayanımının Tespiti

Betonarme binalar için uygulanan standartların ve yönetmeliklerin değişiminden sonra mevcut binaların taşıyıcı sistem davranışları ve dayanımlarının yeni güvenlik sınırlarına yükseltilmesi bir zorunluluk halini almıştır. 17 Ağustos Marmara ve 12 Kasım Düzce depremlerinden sonra hasara uğramış binaların onarımı ve güçlendirilmesi sırasında mevcut binaların beton dayanımlarının sağlıklı bir şekilde tespit edilmesi gereklidir. Bu gereklilik bir yana betonun dayanım tespit yöntemlerindeki çeşitlilik nedeniyle hangi yöntemin daha sağlıklı bir değer vereceği önem kazanmıştır. Yerindeki betonun basınç dayanımının tespit edilmesinde başvurulan yöntemler tahribatlı ve tahribatsız yöntemler olarak ikiye ayrılır.

4.3. Beton Dayanımı Tespit Yöntemleri

Beton en yaygın olarak kullanılan yapı malzemesidir. Yüksek performans göstermesi, nasıl imal edildiğine ve nasıl korunduğuna bağlıdır. Dolayısıyla betonun kalitesi yapı endüstrisinde çok önemli bir yere sahiptir. Betonun kalitesinden söz ederken akla ilk gelen parametreler; çimento miktarı, su miktarı, agrega miktarı ve çimento-su oranıdır. Bu parametrelere bağlı olarak betonun dayanımında değişiklikler olmaktadır. Beton kalitesi hakkında bilgi sahibi olabilmek için uygulanabilecek birçok test yöntemi vardır. Bu yöntemler içinde en güvenilir değerlendirme basınç dayanımıdır. Beton kalitesi hakkında en güvenilir tahminler basınç dayanımı ile yapılır. Bu bölümde tahribatlı

deneylerden standart test yöntemi ve tahribatsız deneylerden de beton test çekici hakkında bilgi verilecektir.

Tahribatlı beton basınç dayanımı tespit yöntemleri olarak Karot Alma ve Çekip Çıkarma Yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler hem maliyet açısından hem de beton dayanımının tespiti açısından büyük zaman ve maliyet isteyen yöntemlerdir. Bununla birlikte maliyet ve zamandan daha önemli olan mevcut binanın deneye tabi tutulan taşıyıcı elemanında hasara neden olmasıdır. Hasarsız tespit metotları olarak çoğunlukla Schmidt Yüzey Sertliği Ölçüm Cihazı olan kısaca beton Çekici olarak bilinen cihaz kullanılmaktadır. Bunun yanında hasarsız tespit yöntemleri olarak ultrases hızı ve olgunluk testi de mevcut olmakla birlikte ülkemizde fazla kullanılmamaktadır.

4.3.1. Betondan Karot Alınması Yöntemi

Beton dayanımının tespit edilmesinde kullanılan diğer yöntem ise yapıdan karot numuneleri alınması yöntemidir. Metal dedektörü ile, numune alınması düşünülen yerlerde donatının olmadığı bölge tespit edilir ve işaretlenir. İşaretlenen bölgeye karot makinasının kesici ucu gelecek şekilde monte edilir. Daha sonra makine çalıştırılarak sulu bir şekilde kesme işlemi yapılır. Çıkarılacak numunenin boyunun karot çapının iki katından fazla olması alınan numunenin değerlendirilmesi bakımından uygun olmaktadır. Kesme işlemi sona erdikten sonra çıkarılan karot numunesi, mümkünse b/h oranı iki olacak şekilde uçlarından kesilerek düzeltilir. Daha sonra tek eksenli basınç dayanım testi ile basınç dayanımları elde edilir. Ancak numunenin boyutu beton silindir numunelerinin boyutundan farklı olduğu için beton dayanımı bu boyut etkisi ile düzeltilir. Eğer b/h oranı 2 değil ise aynı şekilde b/h etkisi de dikkate alınmalıdır. Ayrıca karot numunesinin alındığı yapının beton yaşını dikkate alan bir düzeltme daha yapılmalıdır. Ancak bu işlemlerden sonra karot numunesinden elde edilen dayanım, yapının beton basınç dayanımını verir.

Bu yöntemin uygulaması sırasında yapının taşıyıcı elemanlarına zarar verilir. Dolayısıyla karot alma yöntemi seçilirken dikkatli olmak zorunluluğu vardır. Hem yapının taşıyıcılığında, hem karot numunesi alınırken hem de karot numunesinin boyutunda son derece dikkatli olunmalıdır.

4.3.2 Beton (Schmidt) Çekici

Beton basınç dayanımının ölçülmesinde kullanılan tahribatsız deneylerden biri beton çekici yöntemidir. Düşük maliyet ve kullanım kolaylığı nedeniyle, çok yaygın bir uygulama sahası vardır. Beton çekici ile beton kütesinin yüzey sertliği ölçülür, yüzey sertliği ve beton dayanımı arasındaki ilişki yardımıyla da beton dayanımı tespit edilmeye çalışılır. Diğer yöntemlerle birlikte kullanıldığında daha güvenilir sonuçlar elde edilmeye çalışılır.

Beton çekicinin ana kullanım alanları dört grupta özetlenebilir:

A) Beton kalitesinin sürekliliğinin, yüzey sertliği cinsinden değerlendirilmesi ; Bu yöntem ile kalitesi yeterli olmayan betonun teşhisi yapılabilir. Yapıdan karot alınırken kullanılabilir. Ayrıca sertlik deneyi, karot numunesinin alınacağı yerin tespit edilmesinde kullanılabilir. Betonda zayıflamış yerlerin tespiti ve böylelikle onarılma limitlerinin belirlenmesinde kullanılabilir.

B) Beton kalitesinin belirtilen değerlere uyup uymadığının tespiti

C) Betonun performansını doğrudan etkileyen yüzey özelliklerinin belirlenmesi

Tepkime sayısı (R) ve beton yüzey aşınma dayanımını yönlendiren yüzey karakteristikleri arasında korelasyon yapılabilir.

Yapıda beton dayanımının tespiti:

Beton çekici en çok bu alanda kullanılmasına rağmen, yine en çok bu alanda tartışmalara maruz kalmıştır. Beton dayanımının tespiti, yüzey sertliği ile aynı numune üzerinde uygulanan tahribatlı deneyler arasında yapılan korelasyonun doğruluğuna, çalışmadaki titizliğe bağlıdır. Sonucu etkileyebilecek birçok faktör olması nedeniyle, beton çekici ile beton dayanımının tahmininin güvenilirliği düşüktür. Beton hakkındaki bilgilere ve betonun yaşına bağlı olarak %25'in üzerinde hatalı sonuçlar verebilir.

Beton Çekicinin Kullanımını etkileyen Faktörler

Beton çekici ile elde edilen sonuçlar, çeşitli faktörler nedeniyle, betonun gerçek dayanım değerlerinden oldukça büyük sapmalar gösterebilir. Sapmaya neden olabilecek faktörler şunlardır ; Çimento içeriğinin etkisi, agreganın etkisi, yüzey geometrisi, yüzey neminin etkisi, karbonasyon etkisi, beton yaşının etkisi, kürün etkisi, kompaksiyon etkisi vb.

Yukarıda söz edilen faktörler dışında, beton dayanımının hesaplanmasını etkileyen başka faktörlerde vardır. Bunlar;

- Deneye tabi tutulan betonun efektif kütlesi
- Deneye tabi tutulan yapı elemanının narinliği
- Yapı elemanının mesnet şartları
- Deney alanının eleman kenarlarına uzaklığı
- Deneye tabi tutulan numuneye uygulanan gerilme
- Çekicinin ve betonun ısısı

İlk üç maddede deneye tabi tutulan betonun hareket etmesi ve titreşimi sonucu uygulanan enerjinin bir kısmının titreşim enerjisine

dönüşme ihtimali vardır. Yüksek aksenal yük taşıyan elemanda ölçülen yüzey sertliği normalden fazla çıkacaktır. Dolayısıyla beton dayanımı için yapılan uygulama yüksek değerler verecektir. Sıcaklıktaki düşme, yüzey sertliğini arttıracaktır. Bunlara ilaveten çekiç içindeki yay da sıcaklık değişiminden etkilenerek, “R” değerinin yanlış okunmasına neden olabilir.

Bilinmeyen diğer bir önemli husus ise beton çekicinin yalnızca yüzey sertliğini büyük sapmalar yaparak tespit edebilmesidir. Bu nedenlerden dolayı beton çekici ile yapılan mevcut binadaki beton dayanımının tespiti önemli sapmalar yapacak şekilde tespit sonuçlarını değiştirmektedir. Beton dayanımının zamanla değiştiği ve taşıyıcı elemanın içinde bulunduğu yükler ve gerilmeler altındaki dayanımının farklılık gösterdiği bilinmektedir. Bu nedenlerden dolayı betonun zamanla ve yük altında dayanımını bulabilmenin en sağlıklı yolu olarak yerinde test edilebildiği için beton çekici görülmektedir.

Binada beton dayanımını tespit etmek amacıyla hem Schmidt Çekici hem de Karot Alma yöntemi kullanılmıştır. Yukarıda anlatılan yöntemler ışığında mevcut binalardaki beton dayanımının tespiti amacıyla yapılan çalışmalar Ek-2’ de verilmiştir.

Onarımı yapılacak olan binadaki betonun dayanımının tespiti için hem Schmidt çekici hem de karot numesi alma yöntemleri kullanılarak iki farklı dayanım değeri bulunmuştur. Schmidt Çekiç Okumalarından ortalama beton basınç dayanımı 219.50 kg/cm^2 bulunmuş bu değer silindir numune cinsinden değeri 175.60 kg/cm^2 olmakla beraber beton yaşı gibi etkenler de göz önüne alındığında $f_{cd} = 117.07 \text{ kg/cm}^2$ olarak hesaplanmıştır. Karot numunelerinden hesaplanan beton dayanımı da 76.57 kg/cm^2 olarak bulunmuştur. Bulunan bu iki değer arasındaki farkın çok fazla olduğu anlaşılmaktadır. Binanın bundan sonraki yapılan analizlerindeki beton dayanımı 76.57 kg/cm^2 olarak alınmıştır.

5. REHABİLİTASYON

Binada rehabilitasyon işlemine başlamadan önce yapılacak işlemler hakkındaki kararı binanın yapıldığı yıldaki ve daha sonra binanın günümüz yönetmelik ve standartlarına göre analizleri yapılmıştır. Bu analizlerin yapılmasındaki amaç binadaki elemanlara özellikle taşıyıcı elemanlar olan kolonlara gelen aksel kuvvet (N) ve x ve y yönündeki moment değerlerinin bulunmasıdır.

5.1 YAPININ 1975 YÖNETMELİĞİNE GÖRE YAPILAN ANALİZLERİ

Bina yapıldığı yıl olan 1975 Afet yönetmeliğine göre çözüldüğünde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Binadaki sonuçlar sadece 1 kat için çizelgede gösterilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarından çizelgeye kolon boyutları b1-y yönündeki b2-x yönündeki boyutları, taşıdığı aksel yük ve M_x -x yönündeki ve M_y -y yönündeki moment değerleri alınmıştır.

Çizelge 5.1 Yapının kolon-moment değerleri ve arasındaki ilişki

KOLON	KAT	b1	b2	N	M_x	M_y
S1	1	25	50	-87.157	-1.876	-8.810
S2	1	40	50	-130.442	-7.067	-11.346
S3	1	40	50	-115.299	-7.963	-9.527
S4	1	40	50	-2.038	8.097	9.476
S5	1	40	50	-3.534	9.007	7.416
S6	1	25	40	-165.403	-6.904	-12.187
S7	1	40	50	-149.631	0.275	-1.371
S8	1	40	50	-148.874	0.203	-1.368
S9	1	40	50	-156.192	0.416	-1.366
S10	1	40	50	-157.673	-0.845	-2.774
S11	1	25	70	-112.306	-0.410	-21.123
S12	1	40	70	-163.871	-2.685	-27.532
S13	1	40	70	-147.973	-2.950	-21.517
S14	1	50	50	-126.089	-3.966	-11.466
S15	1	50	50	-100.812	-3.829	-9.158
S16	1	40	70	-192.144	0.391	2.070

S17	1	40	70	-183.814	0.163	1.800
S18	1	40	70	-183.705	-2.056	-8.834
S19	1	40	70	-30.005	1.203	13.649
S20	1	50	50	-130.006	-0.294	0.017
S21	1	70	40	-229.381	3.266	1.154
S22	1	50	50	-140.172	-0.085	0.120
S23	1	50	50	-96.121	2.316	13.815
S24	1	50	50	-13.323	2.381	14.014
S25	1	50	50	-13.554	3.093	11.602
S26	1	40	70	-247.400	0.110	-2.243
S27	1	30	50	-127.086	-0.580	-3.479
S28	1	25	70	-118.110	-0.566	-23.265
S29	1	40	70	-172.613	-3.203	-29.865
S30	1	50	50	-161.589	-3.546	-24.049
S31	1	50	50	-180.557	0.091	-1.085
S32	1	50	50	-151.502	0.232	-1.442
S33	1	40	70	-200.057	0.360	-1.526
S34	1	40	70	-199.910	0.152	-1.528
S35	1	40	70	-201.774	-1.671	-11.149
S36	1	40	70	-191.057	-1.837	-13.429
S37	1	25	50	-85.856	-0.985	-7.008
S38	1	40	50	-156.956	-0.029	1.405
S39	1	40	50	-173.696	-0.215	2.150
S40	1	40	50	-185.598	0.095	2.721
S41	1	40	50	-184.629	0.067	2.789
S42	1	40	50	-174.672	0.355	2.168
S43	1	40	50	-151.382	0.054	1.420
S44	1	40	50	-150.684	0.096	1.423
S45	1	40	50	-158.039	0.029	1.425
S46	1	40	50	-185.009	0.115	2.891
S47	1	30	50	-125.153	-0.425	3.441
S48	1	40	40	-128.513	-0.021	-0.096
S79	1	50	50	-93.235	-0.225	-13.698
S91	1	40	40	-126.796	0.188	-0.151
P1	1	657.5	20	-237.714	1900.545	5.866
P2	1	657.5	20	-228.920	1782.551	0.381
P3	1	20	600	-129.352	1.829	1148.632
P4	1	20	600	-138.862	1.637	1058.370

Çizelge 5.1(devamı) Yapının kolon-moment değerleri ve arasındaki ilişki

P11	1	520	20	-123.103	959.168	0.250
P12	1	520	20	-141.831	1031.625	0.250
P13	1	20	600	-71.010	0.768	1145.771
P14	1	20	600	-51.418	0.000	1382.041

5.2 YAPININ 1998 YÖNETMELİĞİNE GÖRE YAPILAN ANALİZLERİ

Bina şu andaki mevcut yönetmelik olan 1998 Afet yönetmeliğine göre çözüldüğünde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Binadaki sonuçlar sadece 1 kat için çizelgede gösterilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarından çizelgeye kolon boyutları b_1 -y yönündeki b_2 -x yönündeki boyutları, taşıdığı aksenal yük ve M_x -x yönündeki ve M_y -y yönündeki moment değerleri alınmıştır.

Çizelge 5.2 Yapı elemanları hakkında verilen karar

KOLON	b_x	b_y	N	N_0	KARAR
S1	25	50	-95.618	72	ONARIM
S2	40	50	-158.780	115	ONARIM
S3	40	50	-137.613	115	ONARIM
S4	40	50	-9.970	110	ONARIM
S5	40	50	-10.158	110	ONARIM
S6	25	40	-177.399	115	ONARIM
S7	40	50	-149.631	115	ONARIM
S8	40	50	-148.874	115	ONARIM
S9	40	50	-156.192	115	ONARIM
S10	40	50	-157.673	120	ONARIM
S11	25	70	-177.747	95	ONARIM
S12	40	70	-194.521	160	ONARIM
S13	40	70	-184.760	160	ONARIM
S14	50	50	-150.484	145	ONARIM
S15	50	50	-127.312	145*	ONARIM
S16	40	70	-192.144	160	ONARIM
S17	40	70	-183.814	160	ONARIM

S18	40	70	-183.027	152	ONARIM
S19	40	70	-136.814	152*	GÜÇLENDİRME
S20	50	50	-130.096	145*	GÜÇLENDİRME
S21	70	40	-229.381	175	ONARIM
S22	50	50	-140.172	145	ONARIM
S23	50	50	-139.705	145	ONARIM
S24	50	50	-23.106	130	ONARIM
S25	50	50	-22.591	130	ONARIM
S26	40	70	-247.400	210	ONARIM
S27	30	50	-127.086	160*	ONARIM
S28	25	70	-118.685	105	ONARIM
S29	40	70	-205.845	175	ONARIM
S30	50	50	-189.172	175	ONARIM
S31	50	50	-180.557	150	ONARIM
S32	50	50	-151.502	150	ONARIM
S33	40	70	-200.057	175	ONARIM
S34	40	70	-199.910	175	ONARIM
S35	40	70	-195.318	175	ONARIM
S36	40	70	-149.812	155*	ONARIM
S37	25	50	-95.658	74	ONARIM
S38	40	50	-156.956	120	ONARIM
S39	40	50	-173.696	175	ONARIM
S40	40	50	-185.598	120	ONARIM
S41	40	50	-184.629	120	ONARIM
S42	40	50	-174.672	120	ONARIM
S43	40	50	-151.382	120	ONARIM
S44	40	50	-150.684	120	ONARIM
S45	40	50	-158.039	120	ONARIM
S46	40	50	-185.009	155	ONARIM
S47	30	50	-125.153	160	GEREKMİYOR
S48	40	40	-128.513	95	ONARIM
S79	50	50	-127.248	150	GÜÇLENDİRME
S91	40	40	-126.796	105	ONARIM

Yapılan analizler sonucunda mevcut durumun 1975 yönetmeliğine göre bulunan sonuçlar düşey yükler altında dahi kolonlar kendi aksenal yüklerini taşıyamamaktadırlar. Aynı şekilde 1998 afet yönetmeliğine göre yapılan analizlerde bir de bina yanal yükler maruz kaldığında kolonların taşımak zorunda kalacakları aksenal yük miktarının daha da arttığı görülmüştür.

Yönetmeliklerin büyük çoğunluğunda kolonlar için minimum bir dış merkezlik (eksantrisite) öngörülmektedir. Bunun nedeni, betonun homojen olmaması imalat hatalarından doğan eksen eğrilikleri ve beklenmeyen yük etkilerinin moment oluşturma olasılığıdır.

Bazı yönetmeliklerde aksenal yük için bir üst sınır getirilmektedir. Bu sınırın amacı, aksenal yük düzeyini düşürerek, aşırı gevrek davranışı önlemektir. Aksenal yük arttıkça süneklik azalmaktadır. Bu sınırlamanın özellikle deprem riski büyük bölgelerde yapılan binalar için önem arz etmektedir. TS-500 de bu üst sınır, $N_d \leq 0.9 f_{cd} A_c$ dir[11].

Kolonların onarım/güçlendirilmesine karar verilirken yapının 1998 yönetmeliğine göre bulunan kolon aksenal yükleri ve buna karşılık her kolonun TS-500 de verilen üst sınır taşıma kapasiteleri alınmıştır. Bu karşılaştırma sonuçlarında binadaki kolonların tamamının bodrum kattan başlayarak onarım ve güçlendirilmesine karar verilmiştir.

6. ONARIM ANALİZLERİ

Mevcut binanın statik ve dinamik hesaplarında ETABS ve PROBİNA yapısal analiz programı kullanılmıştır. Bu programlar yapı sistemlerinin statik ve dinamik analizini sonlu elemanlar kullanarak gerçekleştirir. Bina üç boyutlu olarak modellenmiş kolonlar ve kirişler çubuk elemanlarla, perdeler kabuk elemanlarla teşkil edilmiştir. Statik yüklemeler için 7 adet yükleme durumu tanımlanmıştır. Bunlardan birinci yükleme sabit yük, diğer yüklemeler ise elverişsiz yükleme durumlarını göz önünde tutarak hazırlanan hareketli yüklere ait yüklemelerdir. Deprem analizi için deprem yönetmeliğinde tanımlanan elastik tasarım ivme spektrumu esas alınmıştır.

6.1 Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) Seçimi

1998 Deprem yönetmeliği 6.5.2'ye göre binamız Tablo 6.5'e göre yerinde dökme betonarme binalar için verilen şartlardan deprem yüklerinin, çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli(boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı bir sisteme sahip olduğundan $R=7$ alınmıştır.

Binanın analizi sonucunda kolon ve kirişlerde yetersizliklere rastlanmıştır. Kolonların mevcut aksenal yükler altında bile taşıma gücünü doldurduğu ortaya çıkmıştır.

6.2 Hesaba Katılacak Yeterli Titreşim Modu Sayısı

Çizelge 6.1.'e göre bina modlarına karşılık gelen periyot değerleri ve her bir mod için o moda ait etkin kütlelerin toplam kütleyle oranı gösterilmiştir. Buna göre, hesaplanan 10 mod için bulunan etkin kütlelerin toplamı bina toplam kütlelerinin %90'ından büyük olduğu için deprem yönetmeliği sağlanmış olur.

Çizelge 6.1. Güçlendirilmiş yapıya ait hesaba katılacak mod sayısı ve periyotları

Mod	Periyot(sn)	Etkin Kütle		Kütle Oranı %		Toplam %	
		X	Y	X	Y	X	Y
1	0.6349	5.344	66.315	0.67	8.25	0.67	8.25
2	0.5068	370.552	156.164	46.12	19.44	46.79	27.69
3	0.4989	169.543	290.132	21.10	36.11	67.89	63.80
4	0.2044	0.057	5.044	0.007	0.63	67.89	64.43
5	0.1752	0.044	161.853	0.005	20.14	67.90	84.57
6	0.1554	141.243	0.035	17.58	0.004	85.48	84.58
7	0.0882	0.529	2.018	0.07	0.25	85.55	84.83
8	0.0742	0.317	76.511	0.04	9.52	85.59	94.35
9	0.0710	71.052	0.202	8.84	0.03	94.43	94.38
10	0.0226	0.283	1.093	0.04	0.14	94.47	94.52

6.3 Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü

1998 Deprem yönetmeliğine göre; $(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.0035$ ve $(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.02 / R$ şartlarını sağlamak zorundadır. Çizelge 6.2. ve Çizelge 6.3'ten de görülebileceği gibi binanın mevcut durumu için sağlanmaktadır.

Çizelge 6.2. Güçlendirilmiş yapıya ait kat ötelemeleri-X doğrultusu (E+)

Kat	X Doğrultusu (E+)				
	$(\Delta_i)_{\max}$	h_i (m)	$(\Delta_i)_{\max} / h_i$	$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.0035$	$0.02/R$
1	0.000829	3.54	0.000234	0.0035	0.0029
2	0.001800	3.54	0.000508		
3	0.002326	3.54	0.000657		
4	0.002503	3.54	0.000707		
5	0.002763	3.54	0.000780		
6	0.002701	3.54	0.000763		

Çizelge 6.3. Güçlendirilmiş yapıya ait kat ötelemeleri-X doğrultusu (E-)

Kat	X Doğrultusu (E-)				
	$(\Delta_i)_{max}$	h_i (m)	$(\Delta_i)_{max}/h_i$	$\Delta_i)_{max}/h_i \leq 0.0035$	0.02/R
1	0.000728	3.54	0.000206	0.0035	0.0029
2	0.001638	3.54	0.000463		
3	0.002137	3.54	0.000604		
4	0.002345	3.54	0.000662		
5	0.002425	3.54	0.000685		
6	0.003004	3.54	0.000849		

Yukarıdaki çizelgeden de görüldüğü gibi bir katın bir önceki kata göre yer değiştirme farkı olan görel kat ötelemeleri binanın X yönünde uygulanan E- ve E+ deprem yüklemelerine göre görel kat ötelemeleri kontrolünü deprem yönetmeliğine göre sağlamaktadır. Buradaki $(\Delta_i)_{max}$ her bir deprem doğrultusu için binanın herhangi bir katındaki kolon veya perdelerde bulunan en büyük yer değiştirme miktarıdır.

6.4 Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü

Çizelge 6.4. ve Çizelge 6.5'ten görüldüğü gibi $\eta_{ki} = (\Delta_i)_{ort} / (\Delta_{i+1})_{ort} > 1.5$ durumu hiçbir katta meydana gelmemektedir ve bu nedenle binada yumuşak kat düzensizliği yoktur.

Çizelge 6.4. Güçlendirilmiş yapıya ait yumuşak kat düzensizlikleri-X doğrultusu (E+)

Kat	X Doğrultusu (E+)		
	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_{i+1})_{ort}$	η_{ki}
1	0.0007	0.0007	0.45
2	0.0023	0.0016	0.77
3	0.0044	0.0021	0.93
4	0.0066	0.0022	0.89
5	0.0091	0.0025	1.02
6	0.012	0.0024	

Çizelge 6.5. Güçlendirilmiş yapıya ait yumuşak kat düzensizlikleri-X doğrultusu (E-)

Kat	X Doğrultusu (E-)		
	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_{i+1})_{ort}$	η_{ki}
1	0.0007	0.0007	0.46
2	0.0023	0.0016	0.77
3	0.0044	0.0021	0.91
4	0.0067	0.0023	0.98
5	0.0089	0.0023	0.84
6	0.012	0.0027	

Seçilen deprem doğrultusunda, her hangi bir kattaki ortalama göreli kat ötelemesinin bir üst kattaki ortalama göreli kat ötelemesine oranı η_{ki} koşulu deprem yönetmeliğinin belirlediği sınırlar içinde kaldığından binada komşu katlar arası rijitlik düzensizliği yoktur.

6.5 Zayıf Kat Düzensizliği Kontrolü

Çizelge 6.6.'dan görüldüğü gibi $\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0.80$ durumu hiçbir katta meydana gelmemektedir. Zayıf kat düzensizliği yoktur.

Çizelge 6.6. Güçlendirilmiş yapıya ait zayıf kat düzensizlikleri-X doğrultusu

Kat	X Doğrultusu			η_{ci}
	$\sum A_w \text{ cm}^2$	$\sum A_g \text{ cm}^2$	$\sum A_e \text{ cm}^2$	
1	45.185	10.470	55.655	1.137
2	38.460	10.470	48.930	1.189
3	30.671	10.470	41.141	1.044
4	28.923	10.470	39.393	1.000
5	28.923	10.470	39.393	1.362
6	28.923	0.000	28.923	

Betonarme binada seçilen deprem doğrultusunda, herhangi bir kattaki *etkili kesme alanı*'nın, bir üst kattaki *etkili kesme alanı*'na oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizlik Katsayısı deprem yönetmeliğinde verilen şartı sağlamıştır. Binamızda zayıf kat düzensizliği yoktur.

6.6 Burulma Düzensizliği Kontrolü

Çizelge 6.7. ve Çizelge 6.8.'den görüldüğü gibi zemin kat için $\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}} > 1.2$ durumu hiçbir katta meydana gelmemektedir.

Çizelge 6.7. Güçlendirilmiş yapıya ait burulma düzensizlikleri-X doğrultusu (E+)

Kat	X Doğrultusu (E+)		
	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	$(\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}}$
1	0.000829	0.000712	1.164
2	0.001800	0.001591	1.131
3	0.002326	0.002060	1.129
4	0.002503	0.002215	1.130
5	0.002763	0.002483	1.113
6	0.002701	0.002436	1.109

Çizelge 6.8. Güçlendirilmiş yapıya ait burulma düzensizlikleri-X doğrultusu (E-)

Kat	X Doğrultusu (E-)		
	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	$(\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}}$
1	0.000728	0.000727	1.002
2	0.001638	0.001597	1.026
3	0.002137	0.002072	1.032
4	0.002345	0.002270	1.033
5	0.002425	0.002310	1.049
6	0.003004	0.002764	1.087

Seçilen deprem doğrultusunda, her hangi bir kattaki en büyük görece kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görece ötelemeye oranı η_{bi} koşulu deprem yönetmeliğinin belirlediği sınırlar içinde kaldığından binada burulma düzensizliği yoktur.

6.7 İkinci Mertebe Etkileri

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda her bir katta, ikinci mertebe değeri $\theta_i = (\Delta_i)_{ort} \sum_{j=i}^N W_j / V_i \cdot h_i \leq 0.12$ ile verilen koşulu sağlaması gerekir.

Çizelge 6.9.' dan bakılırsa her katta bu koşulun sağlandığı görülecektir.

Çizelge 6.9. Güçlendirilmiş yapıya ait ikinci mertebe etkileri

Kat	$(\Delta_{ix})_{ort}$	$(\Delta_{iy})_{ort}$	W_i	V_{ix}	V_{iy}	h_i	θ_{ix}	θ_{iy}
1	0.000712	0.000761	1219	752	752	3.54	0.0021	0.0023
2	0.001591	0.001545	1587	718	718	3.54	0.0042	0.0041
3	0.002060	0.002276	1571	630	630	3.54	0.0048	0.0053
4	0.002215	0.002246	1606	498	498	3.54	0.0045	0.0046
5	0.002483	0.003040	613	319	319	3.54	0.0044	0.0054
6	0.002436	0.004229	1400	234	234	3.54	0.0041	0.0072

Göz önüne alınan deprem doğrultularında her bir katta hesaplanan θ_{ix} ve θ_{iy} değerleri deprem yönetmeliğinde verilen şartları sağlamaktadır. Bu etkiler göz önüne alındığında taşıyıcı sistemin rijitliği yeterli ölçüde artırılmıştır.

7. UYGULAMA

7.1 Ön Hazırlık Ve Program

Yapıda onarım ve güçlendirilme yapılmasına karar verildikten sonra bir ön hazırlık ve program yapılmıştır. Bu aşamada ve daha önceki yapılan çalışmalar ışığında yüksüz onarım ve güçlendirilmeye gidilmesine karar verilmiştir. Binanın devamlı kullanılması gerektiğinden içinde insanlar çalışırken onarım ve güçlendirilmeye gidilmiştir. İlk uygulamaya başlanacak yerdeki çalışanlar uygun bir kısma kaydırılmışlardır. Yapıda daha önceden belirlenen olumsuzluklar dikkate alınarak her bir adım dikkatle atılmıştır. Binada onarıma gidilecek olan kolonların yerleri proje olarak çizilmiştir. En başta zeminden kaynaklanan problemlerin giderilmesi gerekmiştir. Bu nedenle yapının bodrum katındaki duvarlar yıkılmıştır. Daha sonra zeminin binaya yapılacak olan onarım ve güçlendirmeyi ya da eklenecek elemanlardan gelecek olan ekstra yükleri rahatça taşıyabilmesi için zemin enjeksiyonu yapılmıştır. Bu sırada binanın taşıyıcı sistemine daha önceden yapılan takviyeler sökülüp çıplak kolonlara ulaşılmıştır. Bu kolonlar da kabuk bölgeleri sıyrılarak mantolama yapılacak konuma getirildi. Ayrıca yüksüz onarımda kullanılacak kolonlar çelik profillerden imal edilmeye başlanmıştır.

7.2 Zemin Enjeksiyonu

Yapıların takviye edilmesi, yapılmış yapılardaki oturma ve istenmeyen hareketlerin önlenmesi gerekmektedir. Bütün bu inşaat ve destekleme çalışmaları, genellikle zemin yüzeyi altında gerçekleştirilmektedir. Zemine çimento harcı enjekte etmek suretiyle zeminin iyileştirilmesi, temellerin takviye edilmesi, oturma ve deformasyonların azalması inşaat mühendisliğinde özellikle depremden sonra sıklıkla uygulanan bir yöntem olmuştur.

Çimento harcı enjeksiyonu çok yaygın bir biçimde kullanılan zemin iyileştirme yöntemlerindedir. Bu yöntemle kum, çakıl veya alüvyon türü zeminlerin boşluklarını doldurmak ve zemini daha yoğun ve sıkı hale getirmek amaçlanmıştır. Böylece zeminin taşıma kapasitesi artacak, aşırı oturmalar

önlenmiş olacak ve deprem etkisi altında suya doymun alüvyonlu zeminin sıvılaşması önlenmiş olacaktır. Bunun için zemine açılacak sondaj deliklerinden çimento harcı özel bir makine ile enjekte edilir.

Kullanılan çimento harcı genellikle zemine basınç altında gönderilmesinden itibaren belli bir süre sonra sertleşecek veya jelleşecek şekilde tasarlanmıştır.

7.3 YAPIDA KARŞILAŞILAN SORUNLAR

Binada onarım ve güçlendirme çalışmaları yapılırken bir çok yapı sorunlarıyla karşılaşmıştır. Bu sorunları şöyle sıralayabiliriz:

- Projedeki kolon ve temel aplikasyonlarının uygulamada farklılık göstermesi, Şekil 7.1 ve Şekil 7.3.
- Kolonların donatılarında aşırı korozyon, Şekil 7.4.
- Temelde birbirlerine bağlanmamış ve betonu dökülmemiş bağ hatılı, Şekil 7.2
- Kolonlarda boyuna donatılarda süreksizlik, Şekil 7.5
- Kolon boyuna donatılarının bindirme boylarının olmaması
- Kolonlarda etriyelerin iyi bağlanmamış olması ve 45° lik açılı yapması
- Kolonlarda alttan gelen boyuna donatıların yukarıdaki boyuna donatılarla birleşiminin olmaması



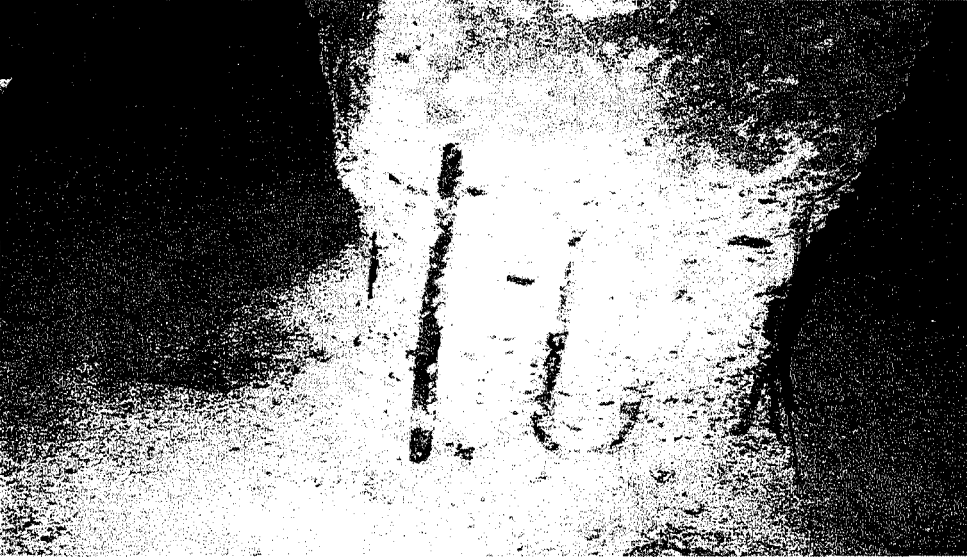
Şekil 7.1 Temel Altı Betonunun Olmadığı Konum



Şekil 7.2 Betonu dökülmemiş bağ hatılı



Şekil 7.3 Ekseninden 7-8 cm kaçmış hasarlı kolon



Şekil 7.4 Donatıları korozyona uğramış hasarlı kolon



Şekil 7.5 Donatıları korozyona uğramış ve boyuna donatılarında süreksizlik olan hasarlı kolon

7.4 Perde Altı Temel İmalatı

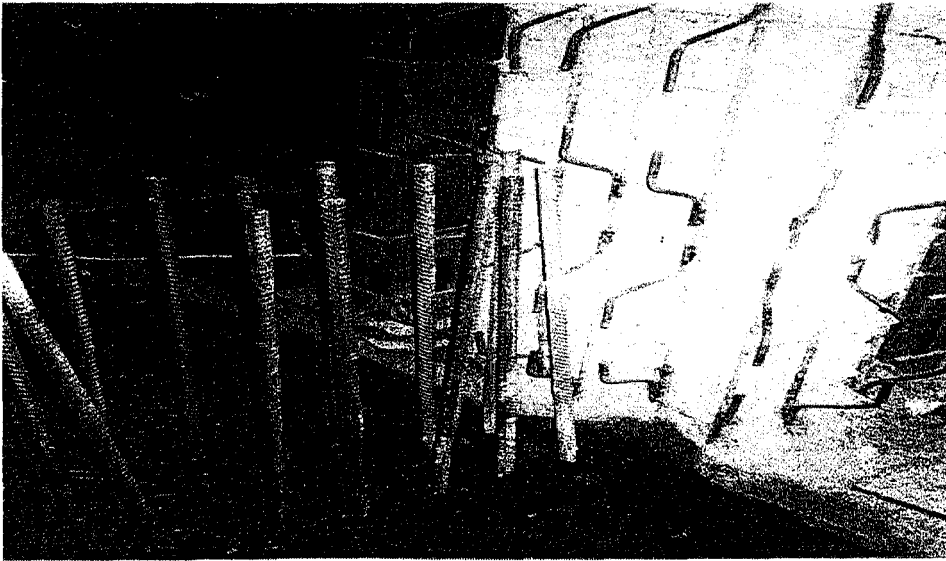
Yapıya eklenecek perde elemanlar için perdelerin geleceği yerlerdeki temellerde bir takım iyileştirmeler yapılmıştır. Daha önceden de belirtilmiş olduğu yapıdaki kolon ve temel aplikasyonları ile projedeki kolon ve temel aplikasyonları çakışmadığından bu yerlerdeki temeller genişletilmiştir. Bunun için ilk önce bağ hatıllarında delikler açılmış ve bu deliklere Şekil 7.6 daki gibi donatılar yerleştirilmiştir. Bu işlemden sonra temelin hasır donatısı atılmıştır. Perdeler Şekil 7.9.'a göre boyutlandırılmış ve uygulanmıştır Şekil 7.7-7.8.



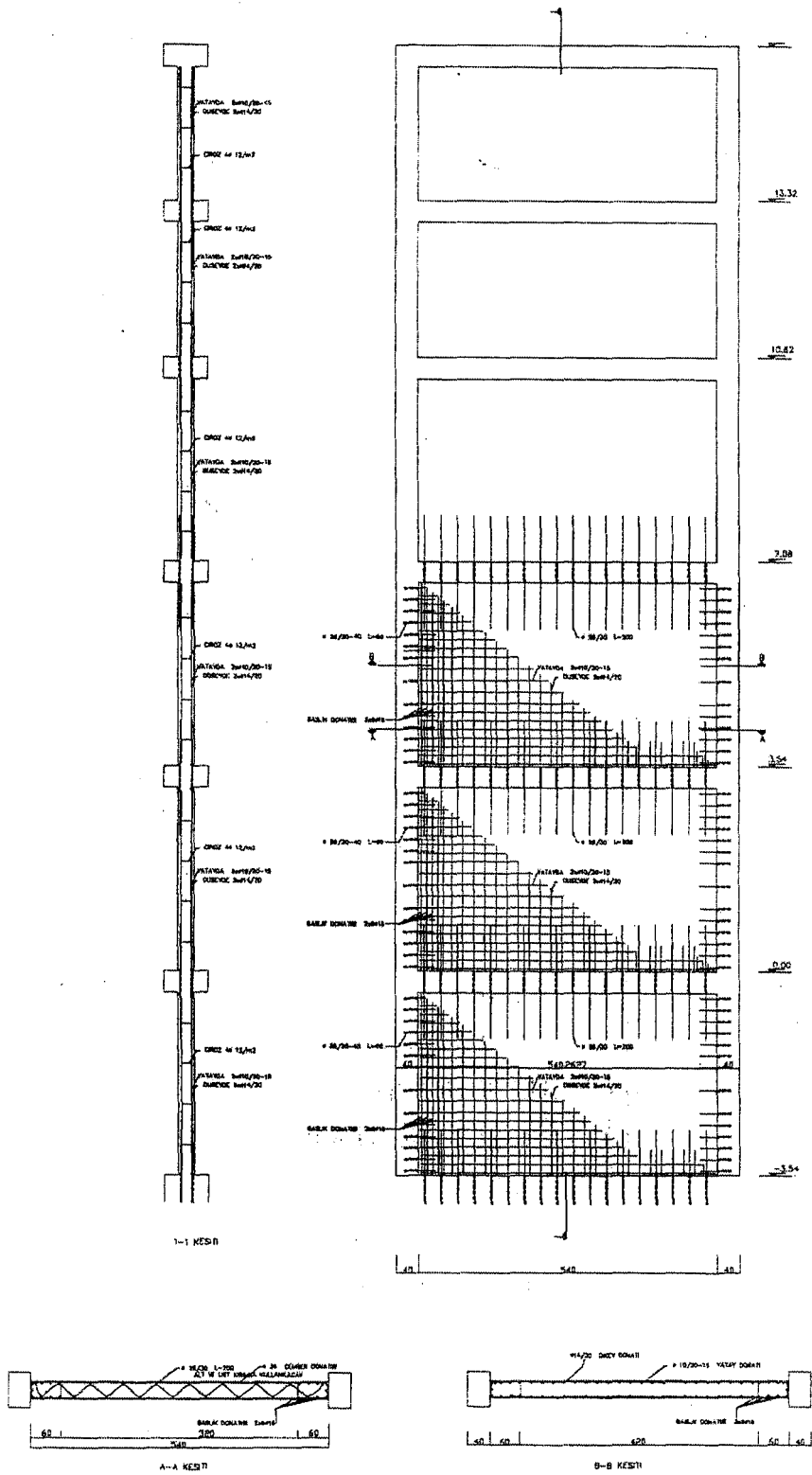
Şekil 7.6 Bağ hatlı genişletilmesi



Şekil 7.7 Perde altı temel imalatı(boyuna donatı ve kolon birleşimi)



Şekil 7.8 Perde altı temeli bindirme filizleri



Şekil 7.9. Perde detayı

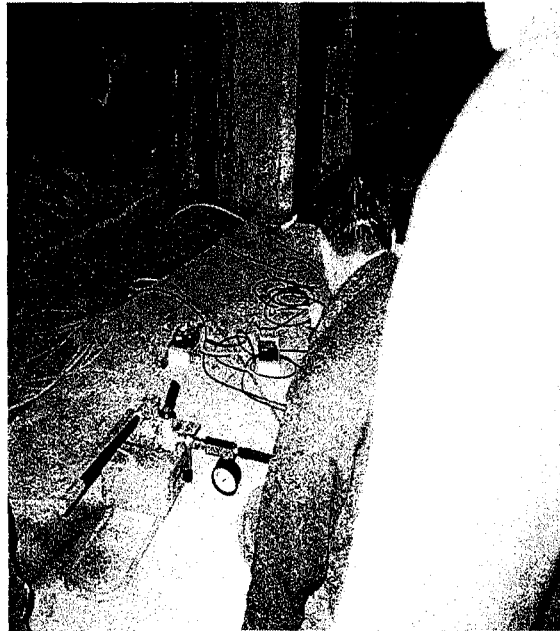
7.5 Kolonların Askıya Alınması

Bir binada yüksüz onarıma gitmek ne kadar sağlıklı sonuç verse de bir o kadar da zordur. Tüm yapıya etkiyen ve kolona aktarılan aksenel yüklerin bir katta kolon üzerinden kaldırılması ancak ve ancak iyi mesnetlere sahip olmakla mümkündür. Hele asmolen döşemelerdeki gibi kiriş yüksekliklerinin düşük olması durumunda, bu mesnetlerin temini daha zor olmaktadır. Yük alımında kirişlere hasar verilmemesi için yük alma kolonunun etkidiği nokta en fazla kiriş yüksekliği kadar takviye görecektir. Aksi takdirde kirişte tersine eğilme kuvvetleri oluşacak ve kirişlerde küçümsenmeyecek hasara neden olabilecektir. Aynı etki hem üstteki kirişlerde hem de alttaki kirişlerde söz konusudur. Zemin katta ise güçlü mesnet temini problemi daha büyük zorluklara neden olmaktadır. Çünkü en alttaki kolonlar en fazla aksenel yük alan kolonlardır. Bu nedenle temellerin bağ kirişlerinin kullanılması çoğu zaman zorunluluk haline gelmiştir. Bağ kirişlerinin hasar uğranmasına izin verilmiştir.

Bir kolonda yükün alınma işleminin en az 2 yük alma koluyla yapılması zorunludur. Ancak asmolen binaların çoğunda olduğu gibi biz de mesnet kapasitesinde sınırlı kaldığımızdan ve yük alma kolunu aparatının kapasitesinin yetersizliğinden 4 noktadan uygulama yapılmıştır. Ancak diletasyona denk gelen yerlerde ve kenar kolonlarda doğal olarak bu sayı 3 e düşmüştür. Kolonda hidrolik silindirlerle alınma işlemi Şekil 7.9.'da gösterilmiştir. Yük alma kolunu birbirinin içine geçen iki kutu kesitten ibarettir. Bu iki konun birleştiği yerlerde yine kutu kesitten imal edilmiş iki kol kaynaklanmıştır. Bu iki kolun altına en alttan sırayla hidrolik silindirler (sarı renkli) onun üstünde load cell (kavuniçi renkli) ve üstte kolonu kaldırmaya yarayan çalılık profiller vardır. Şekil 7.10'da hidrolik silindirler kolon için gerekli basıncı uygulayan sarı bir alet vardır. Bu alete basıncı ölçen sayaçlar bağlanmış ve buradan kontrol yapılarak kolona fazla bir basınç verilmesi önlenmiş olur. Kullanılan hidrolik silindir ve load cell'ler pahalı aletler olduklarından üzerlerine koruyucu bir tabaka yapılmıştır, Şekil 7.11. Gerekli basınçla kolonun yükü nispeten alındığında iç içe geçmiş olan kutu profiller birbirlerine kaynaklanarak sabit hale getirilirler, Şekil 7.12.



Şekil 7.9. Kolonun hidrolik silindirler vasıtasıyla yükünün alınması



Şekil 7.10 Kolon yükünün alınırken hidrolik silindirlerin basınçlarının ayarlanması

Her bir kolonda mevcut eksenel yükün %80-60'ını nispeten kaldırarak yüksüz takviyelendirmeye gidilmiştir. Yükün kaldırılmasının bir diğer önemi ise kolonun yüksüz takviyelendirilmesinin ister onarımda ister güçlendirmede olsun yüklü takviyelendirilmeye göre çok daha başarılı olmuştur.

Başlangıçta kolonlar güçlendirme öncesi pas paylarına kadar kaldırıldığında 3-5 cm çökme yaptılar. Yük alma kolonlarıyla hem üzerlerindeki eksenel kuvvet hem de yapmış oldukları deformasyon kaldırılmıştır. Bu sayede oluşan deformasyonlardan da kurtulunmuş olundu.

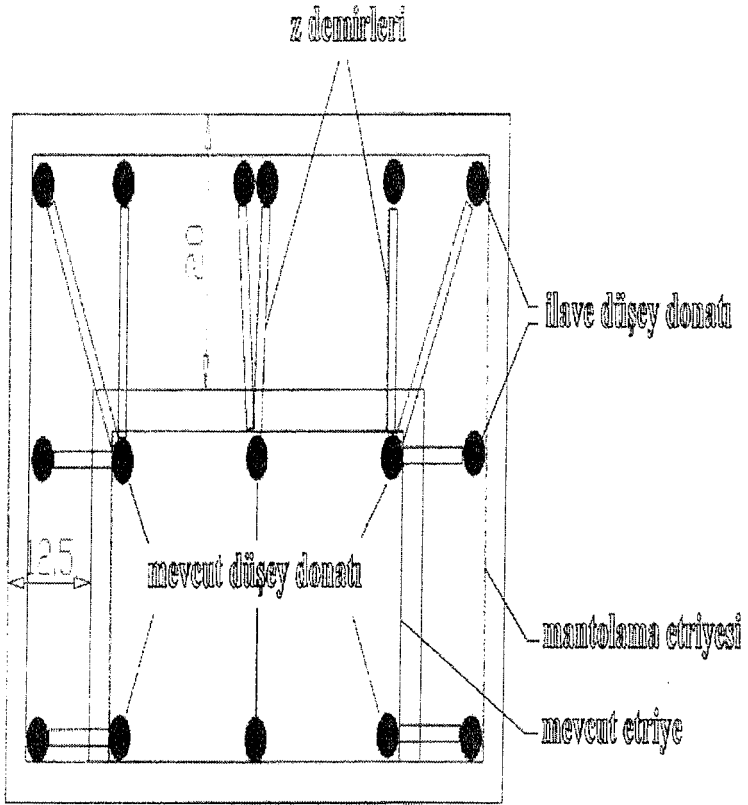
Bu kolon davranışından sonra diğer kolonlarda ilk önce yük alma kirişleri ile kolon eksenel kuvveti azaltılmış daha sonra mantolamaya geçilmiştir. Mantolamaya geçilmeden önce kolonların kabuk betonları sıyrılmış ve göbek betonu ve mevcut donatılar ortaya çıkarılmıştır, Şekil 7.11. Orta kolonlar ve kenar kolonlarda yapılacak mantolar Şekil 7.12 ve Şekil 7.13 e göre yapılmıştır. İlk önce kolonun mevcut etriyelerinde bir bozukluk varsa bunlar düzeltilmiştir. Bundan sonra mevcut düşey donatıyla ilave düşey donatılar Z demirleri ile birbirlerine kaynaklanmışlardır. Z demirleri kaynaklanırken şaşırtmacalı olarak konulmuştur, Şekil 7.14. İlave boyuna donatılar yerleştirilmiştir. Sonra mevcut boyuna donatılara kaynaklanan Z demirleri ilave boyuna donatılara kaynaklanmıştır. En son olarak ilave sargı donatıları ilave boyuna donatılarına kaynaklanarak mantolama işlemi tamamlanmıştır, Şekil 7.15.



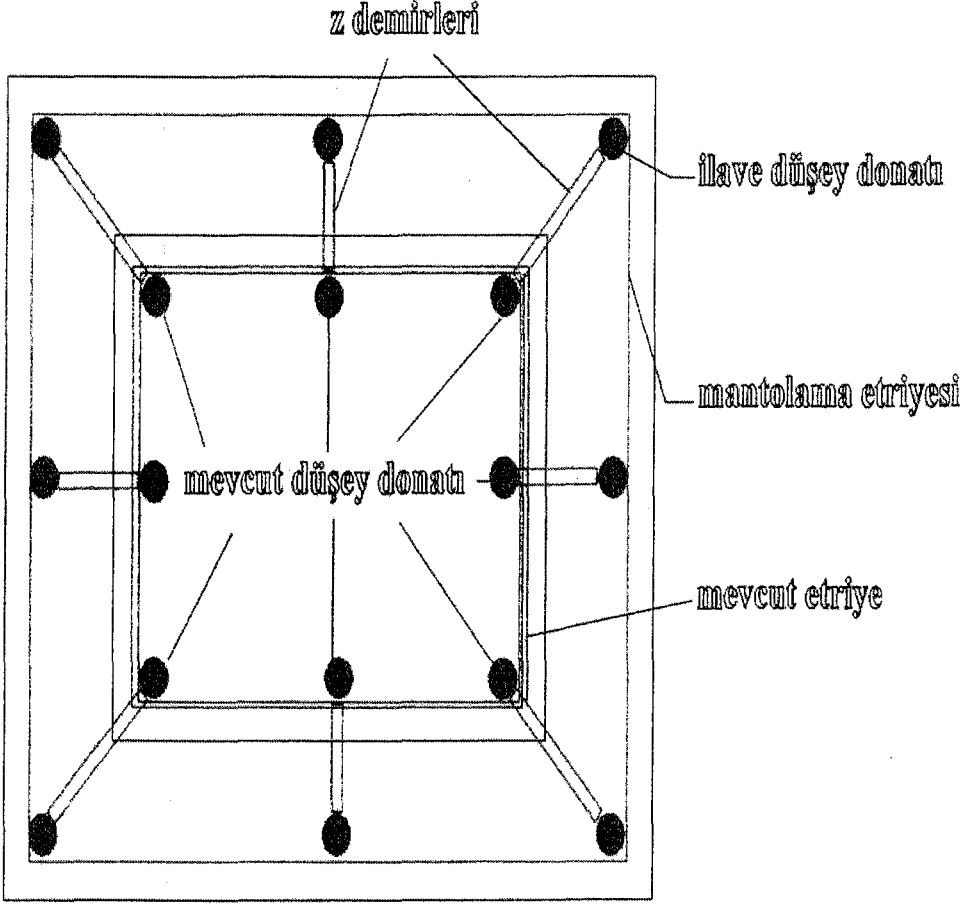
Şekil 7.11. Kabuk betonu sıyrılmış hasarlı kolonlar



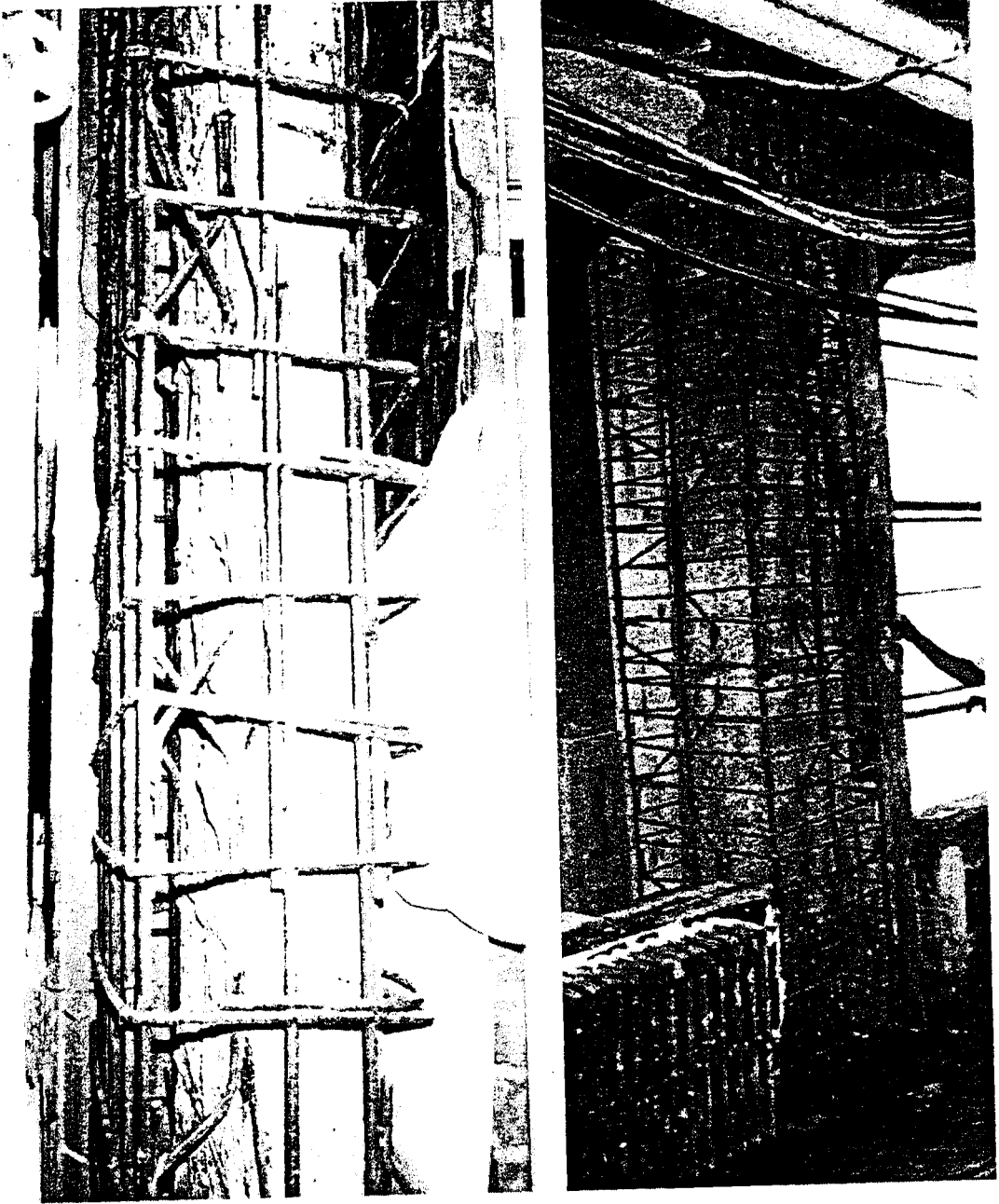
Şekil 7.12. Yük alma kolonu



Şekil 7.13. Kenar kolonlarda manto detayı



Şekil 7.14. Orta kolonlarda mantolama detayı



Şekil 7.15 Şaşıtmacı olarak kaynaklanan Z demirleri

8. REHABİLİTE EDİLMİŞ YAPININ MEVCUT DURUMU

Binamızın yürürlükteki şartnamelere göre hem mevcut durumu hem de güçlendirildikten sonraki durumları için mod analizleri PROBİNA ve ETABS analiz programları kullanılarak yapılmıştır. Bu analiz programları farklı çalışma algoritmalarına sahip olduklarından yapılan analizler sonucunda bulunan değerlerin karşılaştırılmaları aşağıdaki bölümlerde verilmiştir.

8.1 Yürürlükteki Şartnamelere Göre Davranışı

Binanın mevcut durumu için yapılan mod analizlerinde MOD1 için etkin deprem yönü X eksenini MOD2 için ise Y eksenini olduğu anlaşılmıştır.

Çizelge 8.1 Binanın Mevcut durumunun ETABS analiz programına göre mod analizleri

KAT	YÖN	MOD1	MOD2	MOD3	MOD4	MOD5	MOD6
6	X	0.07435	-0.00939	0.00614	0.00052	0.00007	0.00013
	Y	-0.00139	-0.04870	-0.05502	-0.00002	-0.00002	0.00000
5	X	0.06030	-0.00799	0.00551	-0.00047	-0.00008	-0.00028
	Y	-0.00132	-0.04095	-0.04487	-0.00001	-0.00001	0.00000
4	X	0.04550	-0.00589	0.00416	-0.00074	-0.00013	-0.00023
	Y	-0.00116	-0.03208	-0.03394	-0.00001	-0.00002	0.00000
3	X	0.03063	-0.00385	0.00281	-0.00089	-0.00016	-0.00031
	Y	-0.00091	-0.02259	-0.02302	0.00000	-0.00002	0.00000
2	X	0.01692	-0.00206	0.00155	-0.00068	-0.00012	-0.00022
	Y	-0.00059	-0.01328	-0.01301	0.00000	-0.00001	0.00000
1	X	0.00600	-0.00071	0.00055	-0.00034	-0.00006	0.00005
	Y	-0.00025	-0.00517	-0.00491	0.00000	-0.00001	0.00000

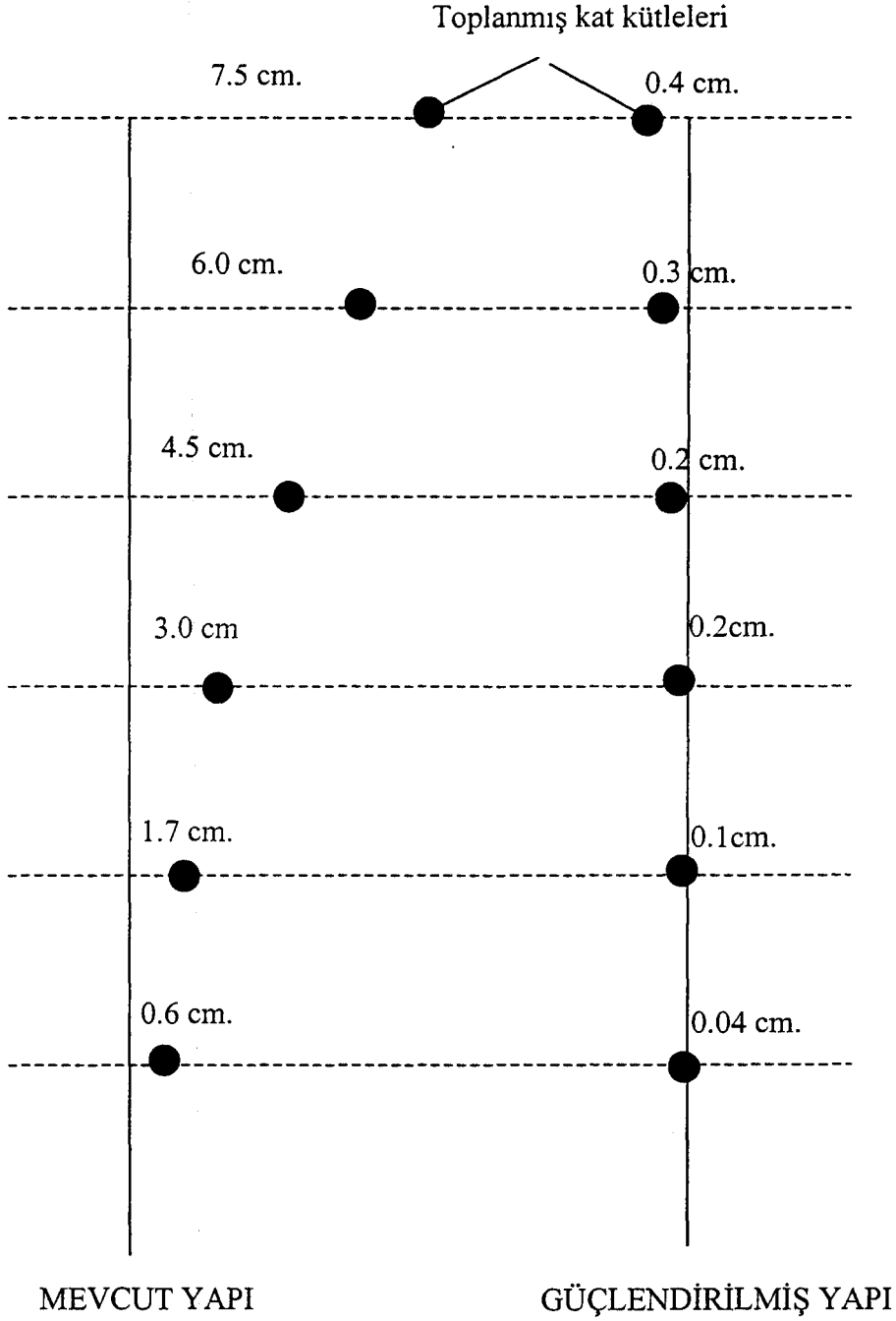
Çizelge 8.2 Güçlendirilmiş Binanın PROBİNA analiz programına göre mod analizleri

KAT	YÖN	MOD1	MOD2	MOD3	MOD4	MOD5	MOD6
6	X	-0.0049	0.0514	0.0355	-0.0029	0.0010	0.0509
	Y	0.0249	0.0366	-0.0496	0.0075	0.0473	-0.0005
5	X	-0.0069	0.0396	0.0258	-0.0004	0.0000	-0.0171
	Y	0.0173	0.0244	-0.0331	-0.0062	-0.0259	0.0001
4	X	-0.0034	0.0287	0.0195	0.0004	-0.0005	-0.0367
	Y	0.0108	0.0176	-0.0242	-0.0067	-0.0402	0.0005
3	X	-0.0025	0.0188	0.0126	0.0019	-0.0008	-0.0395
	Y	0.074	0.0113	-0.0155	-0.0071	-0.0381	0.0005
2	X	-0.0013	0.0098	0.0066	0.0016	-0.0007	-0.0007
	Y	0.0032	0.0060	-0.0083	-0.0034	-0.0266	-0.0266
1	X	-0.0003	0.0030	0.0020	0.0004	-0.0002	-0.0002
	Y	0.0002	0.0019	-0.0026	-0.0017	-0.0102	-0.0102

Çizelge 8.3 Güçlendirilmiş Binanın ETABS analiz programına göre mod analizleri

	YÖN	MOD1	MOD2	MOD3	MOD4	MOD5	MOD6
6	X	-0.00384	0.01136	0.06296	-0.00036	0.00023	-0.00008
	Y	0.04076	0.05115	-0.00596	-0.00002	0.00002	0.00000
5	X	-0.00294	0.00907	0.05358	-0.00048	0.00030	-0.00013
	Y	0.03585	0.04116	-0.00492	-0.00014	0.00009	-0.00004
4	X	-0.00244	0.00702	0.04237	-0.00054	0.00029	-0.00015
	Y	0.02824	0.03155	-0.00398	-0.00021	0.00011	-0.00006
3	X	-0.00180	0.00488	0.03016	-0.00052	0.00027	-0.00010
	Y	0.01994	0.02171	-0.00288	-0.00024	0.00012	-0.00005
2	X	-0.00108	0.00281	0.01797	-0.00039	0.00021	-0.00013
	Y	0.01167	0.1246	-0.00174	-0.00019	0.00010	-0.00006
1	X	-0.00041	0.00107	0.00717	-0.00021	0.00007	-0.00010
	Y	0.00440	0.00472	-0.00069	-0.00010	0.00004	-0.00005

Yukarıda verilen Çizelge 8.1 de yapı sünek bir davranış biçimi göstererek gelen yatay kuvvetleri deplasman yaparak almaktadır. Çizelge 8.2 ve Çizelge 8.3'te ise yapı mevcut duruma göre çok az deplasman yapmakta yapılan güçlendirme işleminde yapıya yerleştirilen perde elemanlar tarafından yatay kuvvetler alınmaktadır.



Şekil 8.1. Mevcut ve güçlendirilmiş binanın Mod 1 e göre davranışı

8.2 Bitişik Nizam Davranışı ve Getireceği Sorunlar

Binanın davranışı incelemek için iki ayrı yapı analiz programı kullanılmıştır. Probina yapı analiz programı sonucu elde edilen veriler Çizelge 8.2.'de bir önceki bölümde belirtilmişti. Ayrıca binanın davranışını incelemek için ikinci bir analiz programı (ETABS) kullanılmıştır. Bu programdan elde edilen veriler de Çizelge 8.1. ve Çizelge 8.3. bir önceki bölümde verilmişti.

ETABS programına göre çözümlenerek elde edilen veriler hem mevcut hem de güçlendirilmiş durum için Şekil 8.1.'de çizilmiştir. Binaların davranışını daha sağlıklı bir şekilde incelemek için kat döşemeleri yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştırılmıştır. Burada amaç eşdeğer deprem yüklerini kat kütle merkezlerine etki ettirmektir.

Binamızın onarım ve güçlendirme görmemiş mevcut durumdaki hali için yapılan analizlerde yapacağı deplasmanlar 6.katta 7.5 cm., 5.katta 6.0 cm., 4.katta 4.5 cm., 3.katta 3.0 cm., 2.katta 1.7 cm. ve 1.katta 0.6 cm. bulunmuştur. Diğer güçlendirilmiş blok için bulunan değerler ise 6. katta 0.4 cm. 5.katta 0.3 cm, 4.katta 0.2 cm., 3. katta 0.2 cm., 2.katta 0.1 cm. ve 1.katta 0.04 cm olarak bulunmuştur. Yukarıda verilen kat deplasmanları değerlerinden de anlaşılacağı gibi aynı yapı analiz programı ile çözüldüğünde bu iki ayrı blok 1. modda birbirlerine doğru bir yanal hareket yapacaklardır. Verilen deplasman değerlerine göre bloklar 3.kattan itibaren 3.0 cm.lik diletasyon boşluğunu kapatarak birbirleriyle çarpışacaktır. Bu çarpışmada mevcut güçlendirilmiş blok çok rijit bir davranış gösterirken diğer bloğun sünek bir davranış göstereceği anlaşılmaktadır.

Güçlendirilmiş blok yerinde dururken 3. kattan itibaren mevcut blok bu bloğa çarpacaktır. Bu çarpışmalar sonucunda her iki bloğun da hasar göreceği fakat güçlendirilmiş yapıdaki hasar miktarının az olacağı öngörülmüştür. Afet yönetmeliğine göre binalarda bırakılacak deprem derzleri 6 m. yüksekliğe kadar en az 30 mm., 6 m.den sonraki her 3 m.lik yükseklik için en az 10 mm. ilave edilmelidir. Binaların yüksekliği 21.5 m. olduğuna göre yaklaşık 80 mm. olmak zorundadır. Fakat binamızdaki diletasyon yaklaşık 3 cm. olduğuna göre bu iki bloğun birbirlerine kat hizalarından çarpmaları kaçınılmaz olacaktır.

8.3 Mantolanmış Kolonun Modeli ve Analizleri

Bu güne kadar çok araştırmacı dikdörtgen etriyelerle sargılanmış betonarme kolonların gerilme – birim boy değişimi ($\sigma - \epsilon$) ilişkisini araştırmak için çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmalar sonucunda her seferinde gerçek davranışa daha yakın modeller geliştirilmiştir.

Bu çalışmada onarım ve güçlendirilmesi yapılan kolonlardan bazılarının gerilme – birim boy değişimi Kent ve Park sargılanmış beton modeli ve Saatçioğlu beton modeli esas alınarak oluşturulan bir programı ile çözümlenmiştir. Kolon kesitlerinde oluşan iç içe etriye ve boyuna donatı kullanımı Saatçioğlu beton modelinde daha detaylı incelenmiştir. Saatçioğlu sargılanmış beton modeli ayrıntılı şekilde aşağıda incelenmiştir.

8.3.1 Saatçioğlu Beton Modeli

Henüz çok yeni bir beton modeli olmasına karşılık davranışı diğer modellere göre daha iyi yansıttığından çıkarılışı diğer modellerden daha rasyonel olan bu model M. Saatçioğlu ve S.R. Ravzi tarafından geliştirilmiştir[12].

Bu model her çeşit enine donatı düzenine, her çeşit kesitte ve eksenel yük veya eksantrik yüklemelere uygulanabilecek bir yapıya sahiptir. Yapılan çok sayıda deney sonucunda modelin bir çok değişik kesitte ve donatı yerleşiminde başarılı olduğu gözlenmiştir. Modelde sargılanmış betonun gerilme – birim boy değişimi ($\sigma - \epsilon$) ilişkisi elde edilmiştir.

Saatçioğlu sargılanmış beton modeli esas alınarak oluşturulan programda dikkate alınan parametrelerin bazıları şunlardır; Sargılanmamış beton dayanımı, sargılanmamış betonun en büyük birim boy değişimi, sargılanmış boyuna donatı aralığı, toplam boyuna donatı aralığı, enine donatı (etriye ve/veya fret) alanı, enine donatı akma dayanımı, enine donatı aralığı, enine donatı merkezinden merkezine mesafesi ve enine donatının sargılama yönüyle yaptığı açı olarak sıralanabilir.

Bu modelde her mantolanmış kolon kesitinde farklı sargılanmış üç ayrı bölge mevcuttur. Bu bölgeler sırasıyla; iç göbek betonu- mantolamadan sonraki yalın kolonun göbek betonu, dış göbek betonu - manto etriyesi içinde ve yalın

kolonun etriyesinin dışında kalan bölge, kabuk betonu – manto etriyesinin dışında kalan paspayı betonudur. Her mantolanmış kolon için yukarıda sözü edilen kabuk betonu, dış göbek betonu ve içi göbek betonu için ayrı ayrı gerilme – birim boy değişimi ($\sigma - \varepsilon$) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$f_1 = \left(\sum A_s * f_{yt} * \sin \alpha \right) / (S * b_c)$$

yukarıdaki denklemde,

f_1 = Ortalama yatay sargılama basıncı (MPa)

$\sum A_s$ = Toplam enine donatı alanı (mm^2)

f_{yt} = Enine donatı akma dayanımı (MPa)

α = Enine donatı ile donatılı kesitin kenarı arasındaki açı

S = Enine donatı aralığı (mm)

b_c = Merkezden merkeze enine donatı aralığı (mm)

$$K_2 = 0.26 \sqrt{(b_c / S) * (b_c / S_1) * (1 / f_1)}$$

yukarıdaki K_2 katsayısının hesaplandığı denklemde kullanılan S_1 , merkezden merkeze sargılanmış boyuna donatı aralığıdır (mm).

Tekil yatay basınç değeri f_{1e}

$$f_{1e} = K_2 * f_1$$

Şeklinde ve buradan bulunan f_{1e} kullanılarak K_1 katsayısı

$$K_1 = 6.7 * (f_{1e})^{-0.17} \text{ denkleminden hesaplanır.}$$

Sargılanmış beton dayanımı olan f_{cc}' sargısız beton dayanımı f_{co}' (MPa)' a $K_1 * f_{1e}$ değerinin eklenmesi ile elde edilebilir.

$$f_{cc}' = f_{co}' + K_1 * f_{1e}$$

$$K = K_1 * f_{1e} / f_{co}'$$

Yukarıdaki denklemden elde edilen K katsayısı ise f_{cc}' sargılanmış betondayanımına karşı gelen ε_1 birim boy değişimi denkleminde kullanılır.

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_{01} * [1 + 5K]$$

Yukarıdaki denklemden kullanılan ε_{01} , sargılanmamış beton dayanımına karşılık gelen birim boy değişimidir. Ölçülemediği durumlarda 0.002 mm/mm alınabilir.

$$\rho = \sum A_s / [S * (b_{cx} + b_{cy})]$$

Sargılanmamış beton dayanımının 0.85 ine ($0.85 f_{cc}'$) karşı gelen ε_{85} birim boy değişiminin yavaş yüklenen deney elemanlarında 0.0038 mm/mm alınması önerilmektedir.

$$\varepsilon_{85} = 260 * \rho * \varepsilon_1 + \varepsilon_{085}$$

Sonuç olarak gerilme – birim boy değişimi ($\sigma - \varepsilon$) ilişkisi elde edilir. Bu grafikteki f_{cc}' ve ε_1 değerine kadar aşağıdaki f_c denklemi kullanılmıştır.

$$f_c = f_{cc}' \left[2 \left(\frac{e_c}{e_1} \right) - \left(\frac{e_c}{e_1} \right)^2 \right]^{\frac{1}{(1+2k)}} \leq f_{cc}'$$

Sargılanmış betonun gerilme – birim boy değişimi grafiğinde ($\sigma - \epsilon$), ϵ_{20} değeri f_{cc}' , ϵ_{1} ile $0.85 f_{cc}'$, ϵ_{85} değerlerinin kesişim noktalarının oluşturduğu doğru kullanılarak elde edilir.

f_{cc}' ve ϵ_{1} ile $0.20 f_{cc}'$ ve ϵ_{20} arasındaki bölgede doğrusal azalan bir dayanım oluşmaktadır. Son bölge olan ϵ_{20} birim boy değişiminden daha büyük bir boy değişiminde $0.20 f_{cc}'$ dayanımı alınır.

Yapımızda bu programda analiz yapılmak üzere 5 adet mantolanmış kolon alınmıştır. Bu kolonlar S8, S11, S17, S25 ve S32 kolonlarıdır. Bu kolonlara ait bilgiler Çizelge 8.4.'te verilmiştir.

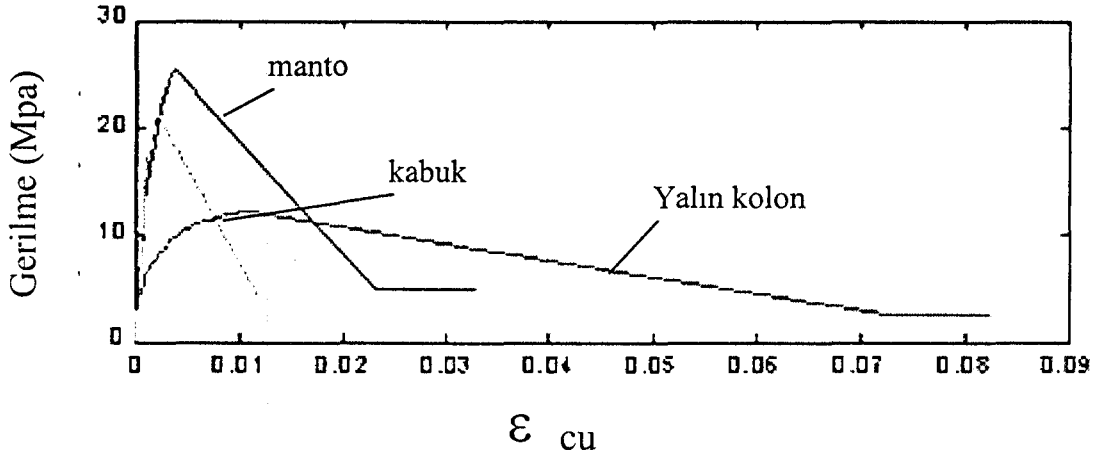
Çizelge 8.4. analitik çalışmada kullanılan kolonlar ve özellikleri

KOLON	MEVCUT DONATI	İLAVE DONATI	f_c' göbek	f_c' manto	Boyutlar			
					X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂
S8	8 Ø 16	8 Ø 16	7.5 MPa	25 MPa	40	50	65	75
S11	6 Ø 16	6 Ø 16	7.5 MPa	25 MPa	25	70	40	90
S17	12 Ø 16	12 Ø 16	7.5 MPa	25 MPa	40	70	65	95
S25	8 Ø 18	8 Ø 18	7.5 MPa	25 MPa	50	50	75	75
S32	8 Ø 18	8 Ø 18	7.5 MPa	25 MPa	50 cm. (daire)		75 cm. (daire)	

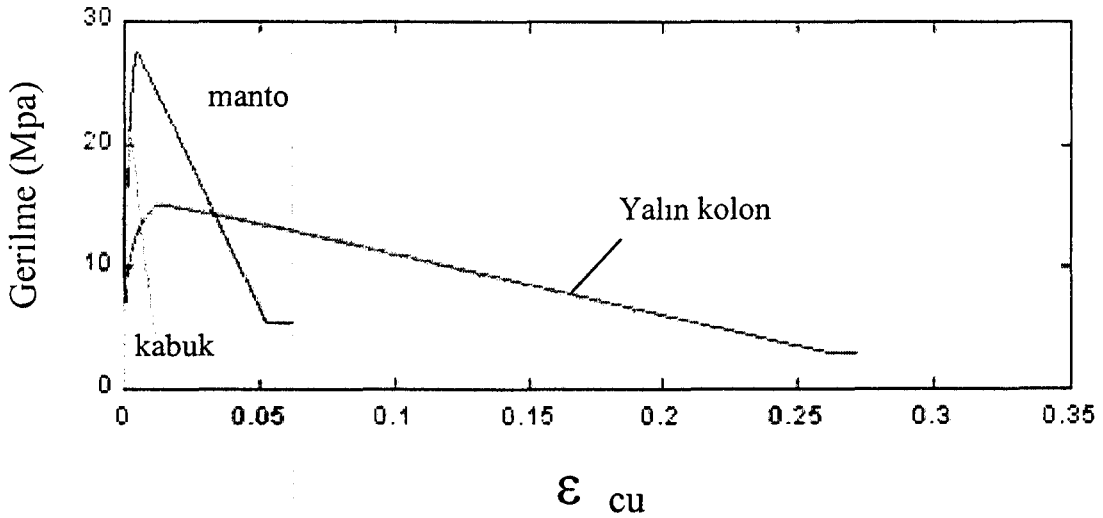
Yukarıda özellikleri verilen kolonlara ait gerilme- birim deformasyon ve yük-birim deformasyon grafikleri çıkartılmıştır. Bu grafiklerden kolonların dayanım, süneklik, rijitlik değişimi ve enerji değişimi bakımından değişiklikleri incelenmiştir.

8.3.2 Dayanım

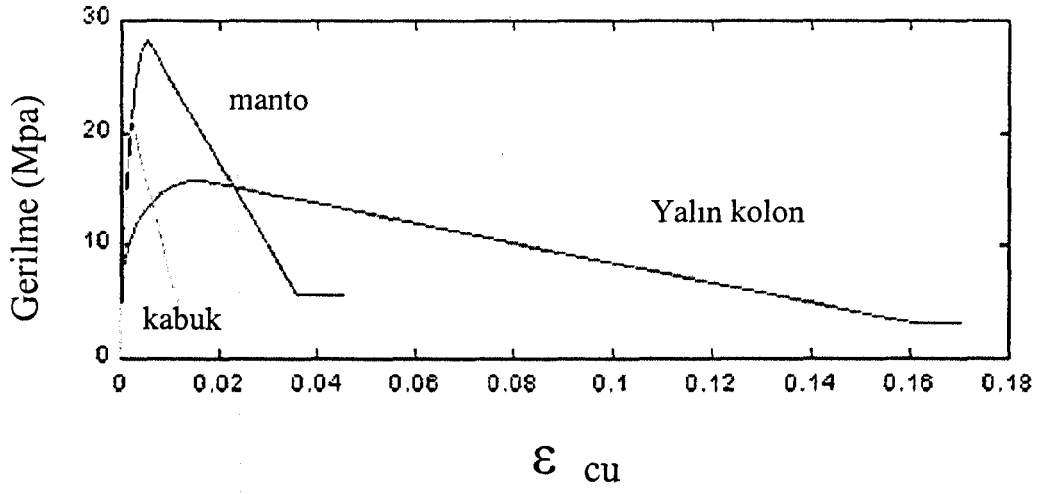
Dayanım ve dayanımdaki değişim örnek olarak alınan tüm kolonlar için incelenmiştir. Grafiklerde verilen yük – deplasman zarflarının karşılaştırılması sonucunda irdelenmiştir. Bu gerilme-birim deformasyon grafikleri, Şekil 8.1, 8.2 , 8.3, 8.4 ve 8.5 'te verilmiştir. Bu irdeleme sonucuna göre kolonların yalın durumlarındaki dayanımları 15-16 Mpa mantolanmış durumdaki dayanımları ise 27.5-28.5 Mpa olarak ölçülmüştür. Böylelikle beton dayanımımızda % 350 lik bir artış meydana gelmiştir.



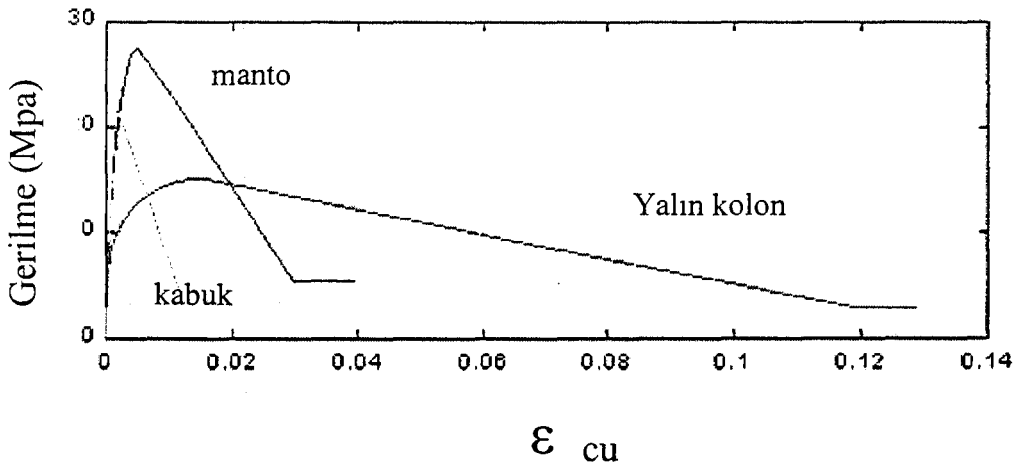
Şekil 8.2. S8 kolonuna ait gerilme-birim deformasyon grafiği



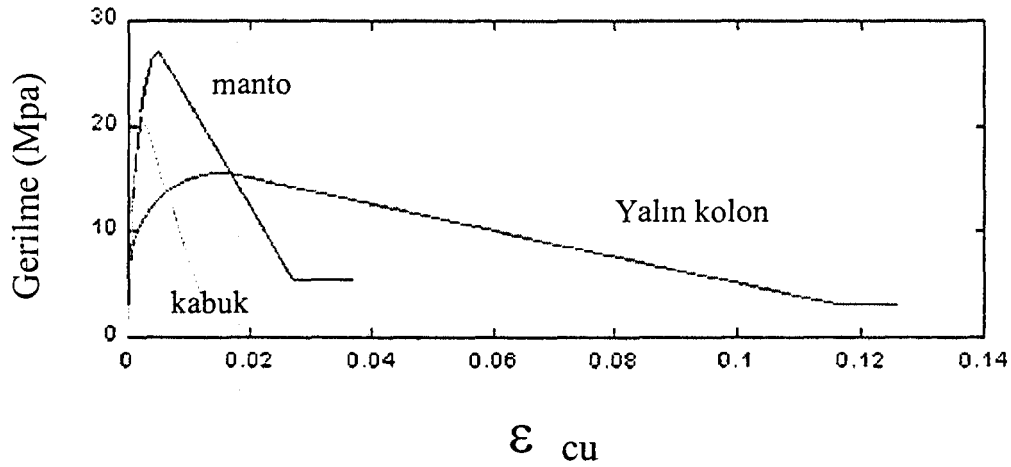
Şekil 8.3. S11 kolonuna ait gerilme-birim deformasyon grafiği



Şekil 8.4. S17 kolonuna ait gerilme-birim deformasyon grafiği



Şekil 8.5. S25 kolonuna ait gerilme-birim deformasyon grafiği



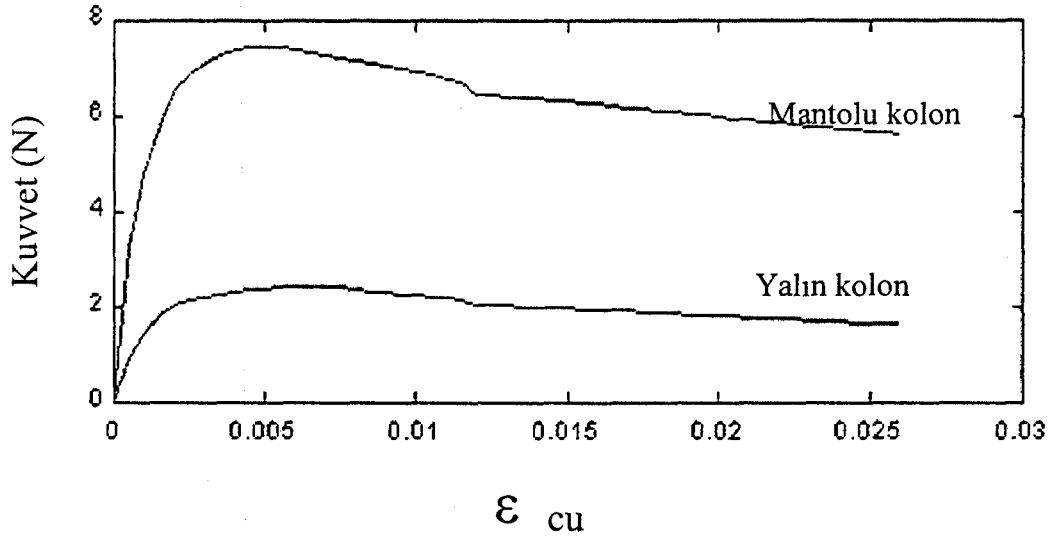
Şekil 8.6. S32 kolonuna ait gerilme-birim deformasyon grafiği

8.3.3 Süneklik

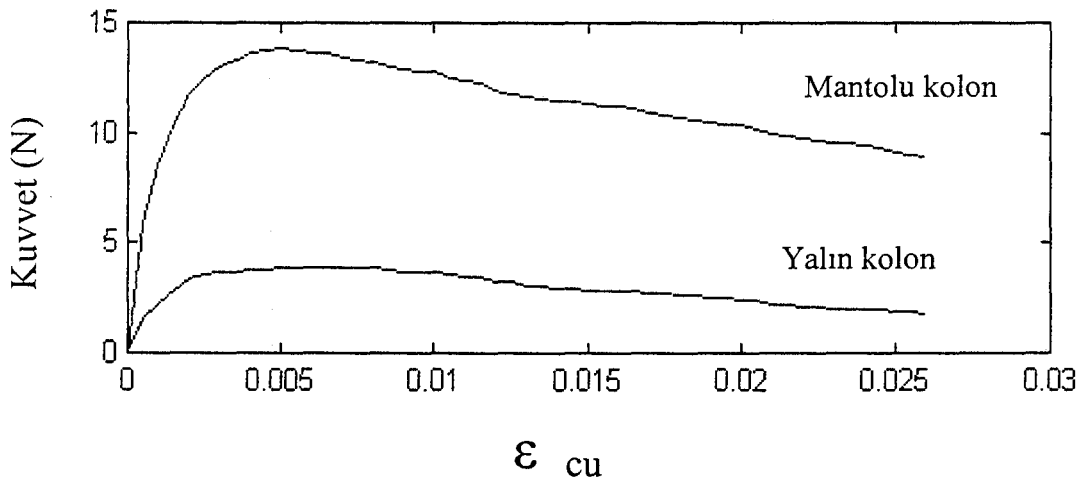
Depreme dayanıklı yapı tasarımında sünekliğin sağlanması takdire kalmış bir koşul değil, zorunluluktur. Bunun nedeni, yönetmelikte öngörülen yatay yük katsayılarının sünekliğin sağlanacağı varsayımı ile saptanmış olmasıdır.

Süneklik yük taşıma kapasitesinde önemli bir düşme olmadan, elemanın veya kesitin büyük deformasyon yapabilme özelliği olarak tanımlanabilir.

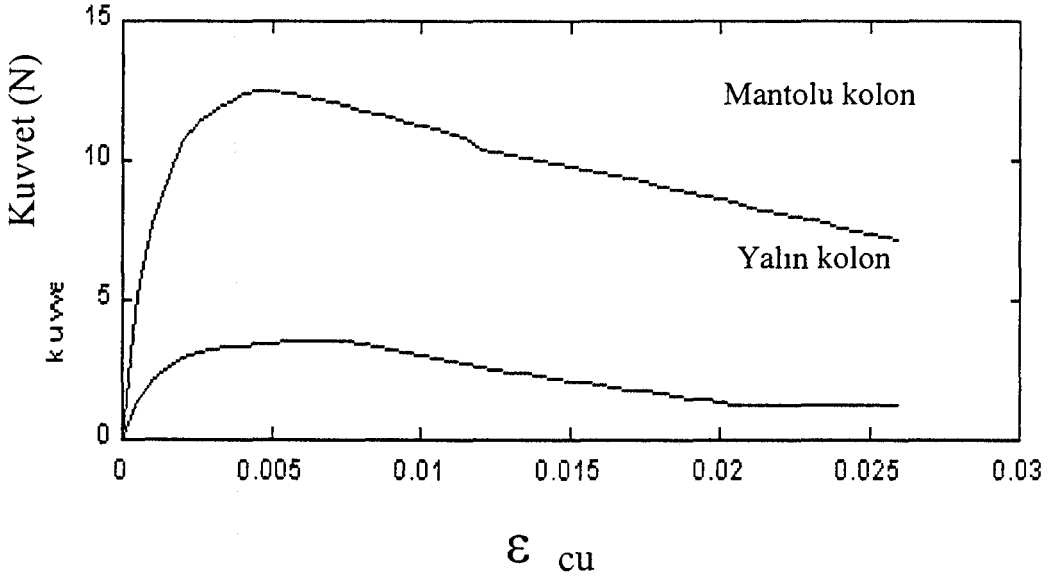
Bu analitik çalışmada kullanılan örnek kolonlarda maksimum şekil değiştirme, elemanın azalmakta olan gücü, taşıyabildiği maksimum yükün %85'ine düştüğünde ölçülen şekil değiştirme olarak alınmıştır, (δ_{85}). Bu şekil değiştirmenin akma anındaki şekil değiştirmeye oranı deplasman sünekliği oranıdır. Bu oranlar Şekil 8.6., 8.7., 8.8. ve 8.9., dan alınmıştır. Bu oranlar Çizelge 8.4'te verilmiştir.



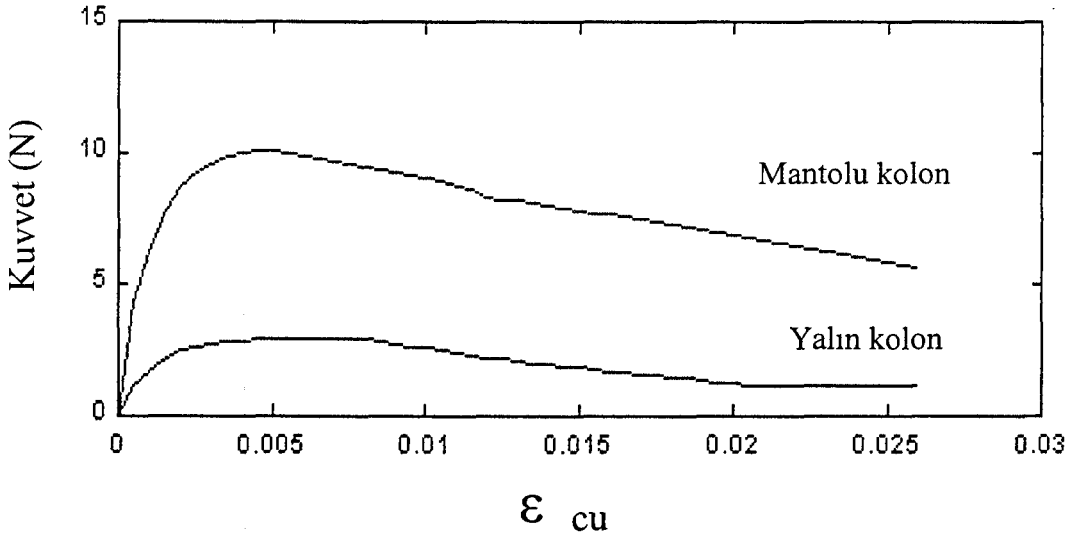
Şekil 8.7. S11 kolonuna ait kuvvet-birim deformasyon grafiği



Şekil 8.8. S17 kolonuna ait kuvvet-birim deformasyon grafiği



Şekil 8.9. S25 kolonuna ait kuvvet-birim deformasyon grafiği



Şekil 8.10. S32 kolonuna ait kuvvet-birim deformasyon grafiği

Çizelge 8.5 Kolonların deplasman sünekliklerinin karşılaştırılması

KOLON	YALIN KOLON			MANTOLANMIŞ KOLON		
	δ_y	δ_{85}	δ_{85}/δ_y	δ_y	δ_{85}	δ_y/δ_{85}
S8	0.0055	0.012	2.40	0.0040	0.01150	2.87
S11	0.00656	0.012	1.83	0.005	0.0140	2.80
S17	0.006	0.0086	1.43	0.005	0.0118	2.36
S25	0.0063	0.0113	1.80	0.005	0.0120	2.40
S32	0.006	0.010	1.67	0.0045	0.0115	2.55

8.3.4 Enerji Tüketimi

Analitik çalışmada kullanılan elemanların enerji tüketimleri yük-deplasman grafiklerinden Şekil 8.6, 8.7., 8.8. ve 8.9. dan elde edilmiştir. Bir cismin enerji tüketim miktarı yük deplasman grafiklerindeki eğrilerin sıfır eksenine ile arasında kalan alan o elemanın enerji kapasitesini göstermektedir. Şekillerden de anlaşılacağı gibi yalın kolonların yük taşıma kapasiteleri düşük olduğundan enerji tüketimleri küçüktür. Fakat mantolanmış kolonların aksenal yük taşıma kapasiteleri daha yüksek olduğundan beklenildiği gibi elemanların enerji tüketimleri yüksektir.

Çizelge 8.6. Kolonların enerji tüketimi ve değişimi

KOLON	ENERJİ TÜKETİMİ (kN.m)		DEĞİŞİM %
	YALIN KOLON	MANTOLU KOLON	
S11	46.15	155.5	337
S17	78.60	284.8	363
S25	53.57	247.1	461
S32	48.91	193.1	395

8.3.5 Rijitlik Değişimi

Elemanların rijitlik değişimleri yük – deplasman grafiklerinden elde edilmiştir. Rijitlik yük deplasman grafiğindeki zarfın çıkış kolunun eğimidir. Bu eğim eğrinin çıkış kolunun tırmanmaya başladığı bölge ile tepedeki çıkma bölgesi arasında kalan nispeten doğrusal olan bölgenin eğimidir. Bulunan eğim o elemanın rijitliğini vermektedir.

Her eleman için bulunan rijitlik değerleri o elemanın yalın kolon halinin rijitlik değerine bölünerek elde edilmiştir. Bu rijitlik katsayıları S11 kolonunda 1.3, S17 kolonunda 1.5, S 25 kolonunda 1.5 ve S32 kolonunda 1.6 olarak bulunmuştur. Yapılan mantolama örnek elemanlar üzerinde yapılan modelleme ve analizde elemanların rijitliklerinde artış meydana getirilmiştir.

9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

9.1. Sonuçlar

Sorunlu yapıların incelenmesi, değerlendirilmesi ve onarılması her zaman önem ve özen gerektiren işlerdir. Burada hasar görmüş bir binada yapılan onarım/güçlendirme irdelenmiş ve daha sonraki davranışı için şu sonuçlar bulunmuştur:

- Yapılan analizler sonucunda olabilecek bir deprem anında iki blok belirlenen deplasmanlara göre 3. kattan itibaren birbirlerine çarpacaktır.
- Yapılan beton modellemesine göre elemanların dayanımında % 350'lik bir artış meydana getirilmiştir.
- Elemanların süneklik katsayıları S8 kolonunda 2.40'tan 2.87'ye, S11 kolonunda 1.83'ten 2.80'e S17 kolonunda 1.43'ten 2.36'ya, S25 kolonunda 1.80'den 2.40'a ve S32 kolonunda 1.67'den 2.55'e yükselmiştir.
- Rijitlik katsayıları S11 kolonunda 1.3, S17 kolonunda 1.5, S25 kolonunda 1.5 ve S32 kolonunda 1.6 olarak bulunmuştur.
- Enerji tüketimi bakımından seçilen kolonlarda; S11 kolonunda % 337'lik, S17 kolonunda % 363'lük, S25 kolonunda % 461'lik ve S32 kolonunda % 395'lik bir artış belirlenmiştir.

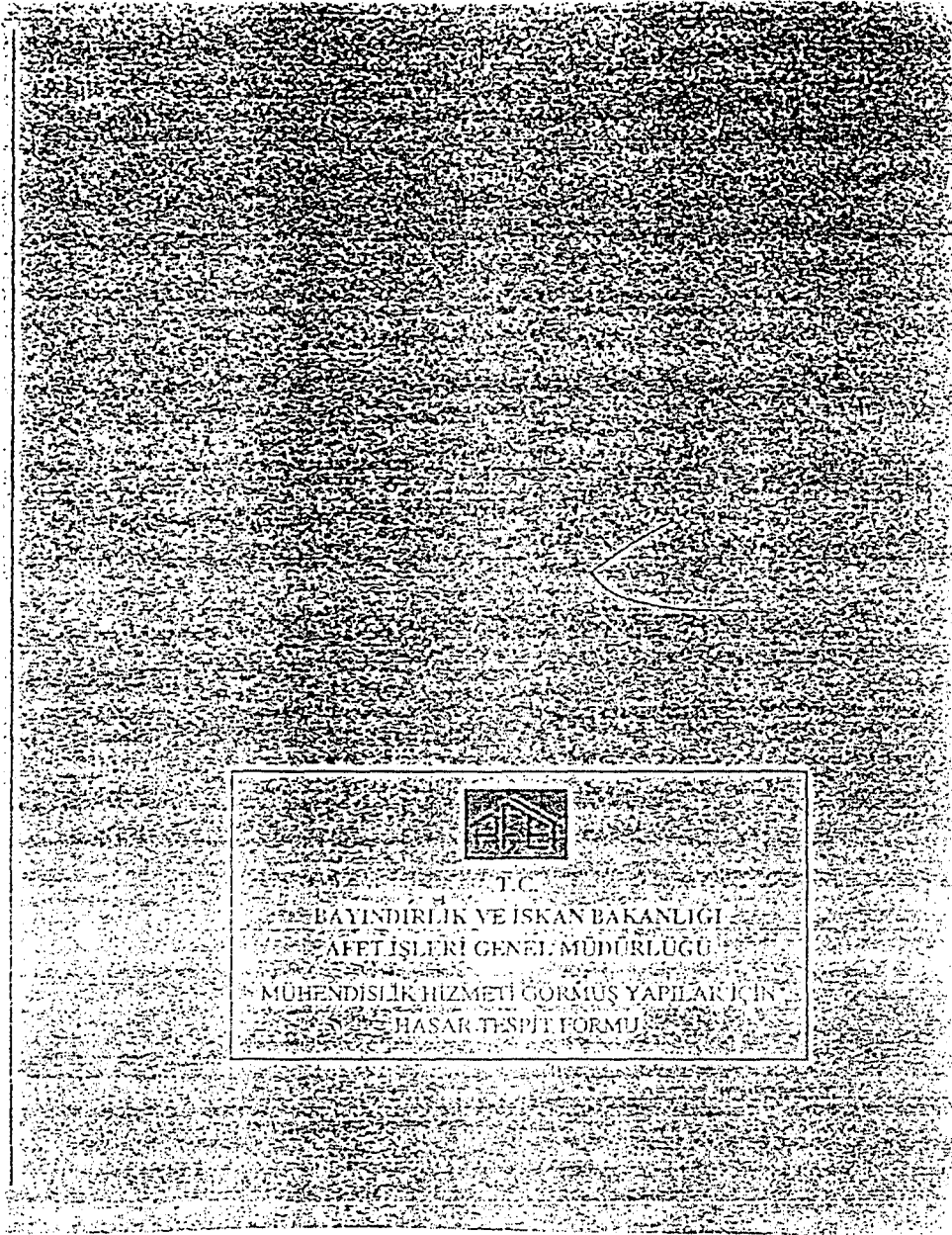
9.2. Öneriler

Yapılan bu çalışmada herhangi bir onarım/güçlendirme yapılmadan özellikle binanın beton dayanımının önemli olduğu unutulmamalıdır. Bu nedenle yapılacak beton dayanımı tespitlerinde kullanılacak yöntemler iyi seçilmelidir. Genellikle kullanılan beton çekici ve karot alma yönteminden elde edilen veriler dikkatlice incelenmeli; onarım ve güçlendirme projelerinde bu konuya dikkat edilmelidir. Onarım/güçlendirme çalışmalarında detaylar önemli olduğundan bunların uygulamada işçiliğine özen gösterilmelidir. Hasar görmüş bir binanın rehabilitasyonunda, eleman bazında yapılan onarım ve güçlendirmenin yapının statığı ve davranışını etkileyebileceği unutulmamalı, yük paylaşımının yeni rijitlik dağılımlarına göre düzenleneceği ve yapının sözde onarım ve güçlendirme ile yapı davranışını zayıflatılacağı unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

1. AKSAN, B., *Jacketed Column Behaviour Under Axial Load Alone*, M.Sc. Thesis in Civil Engineering, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, (1989).
2. SULEIMAN, R. *Repair and Strengthening of Reinforced Concrete Column*, Ph. D. Thesis in Civil Engineering, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, (1991).
3. YUMAK, Y., *Effects of Bar Development Methods on Jacketed Column Behaviour*, M.sc. Thesis in Civil Engineering, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, (1991).
4. DEMİREL, Y., *Onarılmış/Güçlendirilmiş Çift Eğrilikli Betonarme Kolonların Davranış ve Dayanımı*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, (1998).
5. ÜNSAL, T.Ç., *Güçlendirilmiş Betonarme Kirişlerin Davranış ve Dayanımı*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, (1991).
6. ÇELİKEL, T.F., *Güçlendirilmiş Betonarme Kirişlerin Yinelenir Yük Altında Davranış ve Dayanımı*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, (1991).
7. ÖZDEMİR, İ., *Onarılmış Betonarme Kirişlerin Tersinir Yük Altında Davranış ve Dayanımları*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, (1994).
8. ERSOY, U., TANKUT, A.T., ÇITIPITIOĞLU, E., ve GÜLKAN, P., *Betonarme Yapıların Onarımı/Güçlendirilmesi*, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası XII. Teknik Kongre Kurs Kitabı, Ankara, Türkiye, (1993).
9. ERSOY, U., *Betonarme Temel İlkeler ve Taşıma Gücü Hesabı*, Evrim Yayınevi, Cilt I, İstanbul, Türkiye, (1985).
10. ERSOY, U. Ve ÖZCEBE, G., *Betonarme-Temel İlkeler, TS-500-2000 ve Türk Deprem Yönetmeliğine (1998) Göre Hesap*, Evrim Yayınevi, İstanbul, Türkiye, (2001).
11. BAYÜLKE, N., *Depremlerde Hasır Gören Yapıların Onarımı ve Güçlendirilmesi*, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, İzmir Şubesi, İzmir, Türkiye, (1995).
12. CAN, H., ve TANKUT, A.T., *Betonarme Kirişlerin Eğilme İçin Güçlendirilmesi*, Bildiri Kitabı, Türkiye İnşaat Mühendisliği X. Teknik Kongresi, Milli Kütüphane, Cilt II, 559-575, Ankara, 9-12 Ekim, (1989)

13. *Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik*, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, Yayın No:25, İzmir, Türkiye, (1998).
14. ERSOY, U., *Betonarme Yapılarda Deprem Dayanımının Sağlanması*, 3. Yapı Mekaniği Semineri, ODTÜ-Anadolu Üni., Eskişehir, Türkiye, (1987).
15. ALTIN S., TANKUT, T., ve DEMİREL, Y., *Betonarme Kirişlerin Kesme İçin Onarımı/güçlendirilmesi*, Tübitak Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu Projesi (INTAG 536), Ankara, Türkiye, (1996).
16. ALTIN S., ve DEMİREL, Y., *Kesmeye Karşı Güçlendirilen Betonarme Kirişlerin Davranışı $a/d=3$* , İMO Teknik Dergi, **8**, 3, 1471-1489.



T.C.

BAYINDIRLIK VE İSKAN BAKANLIĞI

AFETİSLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

MÜHENDİSLİK HİZMETİ GÖRMÜŞ YAPILAR İÇİN

HASAR TESPİT FORMU

3. TAŞIYICI SİSTEM ÖZELLİKLERİ

Türü :

- Betonarme çerçeve
 Betonarme çerçeve + Perde
 Betonarme Kutu (tamamen perde, tünel kalıp vs.)
- Yığma (Kargir) Taş Boşluklu Fabrika tuğlası (Deliklerin yönü : Düşey Yatay)
 Harman tuğla Briket
- Çelik çerçeve Normal-çaprazlı Sanayi tipi
- Ahşap Hımsı Bağdadi Prefabrike
- Melez (açıklayınız)

Döşeme sistemi:

- Kirişli düz döşeme Kaset döşeme
 Asmolen döşeme Ahşap
 Dişli döşeme Çelik
 Kirişsiz döşeme Mantar döşeme
- Bütün katlar aynı
 Bazı katlar farklı (Belirtiniz)

(Bakınız Şekil 5)

Çatı sistemi :Malzeme :

- Beton Galvanizli sac (suni cıyaf)
 Kiremit Diğer

Geometri :

- A B C D
(Bakınız Şekil 6)

Duvarlar :

- Podrum dış duvarlar: Taş kargir Briket
 B/A duvar Fb./Harman tuğla Diğer

Zemin dahil diğer katlarda düşey yük taşımayan bölme duvarlar:

- Harman tuğla Boşluklu Fb. tuğlası Diğer
 Briket Gazlı beton

Karçir yapılarında zemin dahil diğer katlarda düşey yük taşıyan bölme duvarlar:

- Harman tuğla Briket Taş kargir Gazlı beton Diğer
 Boşluklu Fb. tuğlası (Düşey delikli Yatay delikli)

Hatıl durumu :

- Duvar üstü sürekli Kapı/pencere üstü sürekli
 Kapı/pencere kısmi (Lento) Düşey hatıl Pencere altı

Duvar harcı :

- Çimento Kireç

Kısa kolon :

- Var(1.0) Yok
(Bakınız Şekil 7)

Zemin Türü :

- Kaya Sıkı kil/Sert kum Kum/Katı kil
 Gevşek kum/Yumuşak kil(0.25) Belirlenemedi(0.25)

Temel sistemi :

- Münferit sömel Mütemedi sömel
 Kazık Diğer
 Radye Belirlenemedi

Malzeme kalitesi :

- 1 2 3(0.5) 4(0.5)
(Bakınız Şekil 8)

İstik :

- 1 2 3(0.25) 4(0.25)
(Bakınız Şekil 9)

Betonarme Yapılarda :

- Doğatı : Stl Stlll Belirlenemedi

Beton : Çekiç deneyi mümkünse;

- $\sigma_c < 100(1.0)$ $100 < \sigma_c < 150(1.0)$ $150 < \sigma_c < 225$ $\sigma_c > 225$

Gözetimüne :

- İyi Kötü(1.0) Belirliyerçek deşükaz(1.0)

4.HASAR BELİRLEMESİ

Not : Melez (Karma) yapılarda hakim tür harçgisi ise formun bu bölümüne o tür için doldurunuz.

Binada genel veya kısmi yıkılma : Var Yok
Eğer varsa Ağır hasar işaretlenecektir.

Zemin kat veya en ağır hasar görmüş katta :

Katıncı kalıcı yerdeğiştirme : Hasar puanı (KKYP)

- $\delta/h \leq 0.0015$ 0
 $0.0015 < \delta/h \leq 0.005$ 2 δ = Kalıcı yerdeğiştirme
 $0.005 < \delta/h \leq 0.020$ 5 h = Kolon veya kat yüksekliği
 $\delta/h > 0.020$ 10

Kolon Hasar Dağılımı Matrisi : (Ekseleleri krokide gösteriniz, gerekirse satır ve sütun ekleyiniz)

Bu tablo sadece kolon hasar belirlenmesi için kullanılacaktır

Y-DOĞRULTUSU	X - DOĞRULTUSU									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A										
B										
C										
D										
E										
F										
G										

Bu tabloda ; 0 Hasarsız 1 Az hasar 2 Orta hasar 4 Ağır hasar olarak değerlendirilecektir.
(Bakınız Şekil 10)

Yerinde Dökülmüş Betonarme Çerçeve veya Betonarme Çerçeve + Perde Sistemler :

	Toplam sayı (TS)	Hasarsız (H)	Az hasarlı (A)	Orta hasarlı (O)	Ağır hasarlı (AH)	EÖK	EHP
Kolonlar						2	
Kirizler (Bkz. Şek.11)						1	
Perde (Bkz. Şek.12)						0	
Birleşimler (Bkz. Şek.13)						1	
Dolgu duvarlar (Bkz. Şek.14)						0.5	
							TEHP

Eleman Hasar Puanı (EHP)=EÖK*(A*1 + O*2 + AH*4)/TS

Sistem Hasar Puanı (SİHP)= TEHP*100/(d₁*8 + d₂*4 + d₃*24 + d₄*4 + d₅*2)

Betonarme Kutu(Tünel Kalıp veya Prefabrike):

	Toplam sayı (TS)	Hesarsız (H)	Az hasarlı (A)	Orta hasarlı (O)	Ağır hasarlı(AH)	EÖK	EHP
Yalay/Düğüy detzler						2	
k duvarlar						4	
Cephe duvarları						1	
						TEHP	

(Bakınız Şekil 15)

$$EHP = EÖK \cdot (A \cdot 1 + O \cdot 2 + AH \cdot 4) / TS$$

$$SİHP = TEHP \cdot 100 / (d_a \cdot 8 + d_o \cdot 16 + d_{\cdot} \cdot 4)$$

Taşıyıcı Yığma (Kargir) :

	Toplam sayı (TS)	Hesarsız (H)	Az hasarlı (A)	Orta hasarlı (O)	Ağır hasarlı(AH)	EÖK	EHP
Duvarlar							

(Bakınız Şekil 16)

$$SİHP = (A \cdot 1 + O \cdot 2 + AH \cdot 4) \cdot 100 / (4 \cdot TS)$$

Prefabrike Betonarme Çerçeve :

	Toplam sayı (TS)	Hesarsız (H)	Az hasarlı (A)	Orta hasarlı (O)	Ağır hasarlı(AH)	EÖK	EHP
Kolonlar						3.5	
Kirişler						2	
Birleşimler						6	
						TEHP	

(Bakınız Şekil 17)

$$EHP = EÖK \cdot (A \cdot 1 + O \cdot 2 + AH \cdot 4) / TS$$

$$SİHP = TEHP \cdot 100 / (d_1 \cdot 14 + d_2 \cdot 8 + d_3 \cdot 24)$$

Çelik Çerçeve:

	Toplam sayı (TS)	Hesarsız (H)	Az hasarlı (A)	Orta hasarlı (O)	Ağır hasarlı(AH)	EÖK	EHP
Kolonlar						2	
Kirişler						1	
Kolon-Kiriş Birleşimleri						4.0	
Dolgu duvarlar						0.25	
Çapraz çerçüler						0.75	
						TEHP	

(Bakınız Şekil 18)

$$EHP = EÖK \cdot (A \cdot 1 + O \cdot 2 + AH \cdot 4) / TS$$

$$SİHP = TEHP \cdot 100 / (d_1 \cdot 8 + d_2 \cdot 4 + d_3 \cdot 16 + d_4 \cdot 1 + d_5 \cdot 3)$$

Ahşap :

	Duvar üpi	Toplam sayı (TS)	Hasarsız (H)	Az hasarlı (A)	Orta hasarlı (O)	Ağır hasarlı(AH)
Tipiçü duvarlar						

(Bakınız Şekil 19)

$$SİHP=(A*1 + O*2 + AH*4)*100/(4*TS)$$

Çatı :

Hasarsız(0) Az hasarlı(0) Orta hasarlı(0.75) Ağır hasarlı(1.50)

(Bakınız Şekil 20)

Merdiven :

Hasarsız(0) Çatlama veya Göçme var(1.0)

Zeminde Aşırı Oturma Miktarı:

≤ 0.5 m > 0.5 m (1.5)

5.GENEL HASAR PUANI HESAPLAMASI

1. Katarası kalıcı yerdeğiştirme puanı(KKYP) :
2. Bina türü için SİHP :
3. Hasarı artırıcı puanların toplamı(≤5)(HAP) :
4. Çatı ve Merdiven hasar puanı(ÇMHP) :

$$\text{Toplam Hasar Puanı (THP)} = SİHP*0.80 + ÇMHP + KKYP + HAP + AOP$$

$0 \leq THP \leq 5$	Hasarsız
$6 \leq THP \leq 14$	Az hasarlı
$15 \leq THP \leq 43$	Orta hasarlı
$THP > 43$	Ağır hasarlı

Genel Not : SİHP'nin hesaplanmasında kullanılan alt indisli d katsayısı sadece 1.0 veya 0.0 değerini alabilir. d katsayısı sözkonusu elemana karşılık gelen Toplam sayı(TS) değeri 0 iken 0.0, diğer durumlarda 1.0 alınmalıdır.

Eleman	Alt indis	Eleman	Alt indis
Kolon	k	İç duvar	i
Kiriş	ki	Cephe duvar	c
Perde	p	Birleşim	b
Dolgu duvar	d	Çapraz gergi	ç
Derz	de		

Kat	Yapı Elemanı	Beton Yaşı (Yıl)	Vuruş Açısı (°)	SCHMİDT ÇEKİÇ OKUMALARI																						Ort	Basınç Day kg/cm ²
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
Bodrum	S15	7	0	31	36	38	32	40	36	32	37	39	42	32	40	41	-	-	-	-	-	-	-	-	37	360	
	S25	7	0	26	26	24	26	19	21	22	25	26	26	29	28	28	30	26	24	22	22	-	-	-	25	167	
	S22	7	0	23	24	28	31	28	27	24	27	25	25	30	25	29	26	25	28	24	26	-	-	-	26	180	
	S20	7	0	30	28	26	28	28	23	27	28	33	31	32	30	27	26	23	24	24	32	26	-	-	28	210	
	S16	7	0	29	30	32	27	35	26	23	33	29	26	34	34	27	29	36	31	-	-	-	-	30	243		
	S5-(KR4)	7	0	42	45	43	39	44	39	35	42	38	38	34	36	36	33	36	42	38	-	-	-	39	383		
	S81	7	0	47	41	44	45	48	49	46	39	52	40	41	38	44	47	54	46	50	50	46	-	46	513		
	S18	7	0	14	21	24	21	24	29	24	25	33	28	25	27	26	27	24	21	-	-	-	-	25	167		
	S17	7	0	23	25	22	23	22	23	17	17	23	23	21	24	21	15	19	22	17	21	-	-	21	155		
	S19	7	0	34	30	31	28	33	32	27	27	28	33	28	32	30	30	26	30	28	31	-	-	30	243		
	P4	7	0	18	24	24	26	25	27	19	19	23	19	18	18	18	16	17	23	21	26	18	18	21	155		
	S48	7	0	37	39	39	41	39	39	36	42	44	38	41	39	38	37	38	37	37	-	-	-	39	383		
	S14	7	0	28	32	18	27	27	19	28	25	29	29	29	30	31	28	28	28	26	27	-	-	27	195		
	S13	7	0	18	27	24	24	30	29	27	28	23	23	27	25	26	28	21	25	22	24	-	-	25	167		
	S79	7	0	41	41	40	38	48	39	46	40	41	43	41	40	40	44	39	40	37	40	-	-	41	420		
	S23	7	0	37	37	48	38	41	37	47	34	37	33	47	38	39	35	42	36	37	40	38	-	39	383		
	S12	7	0	28	26	25	25	25	21	29	25	31	32	24	27	22	28	28	26	22	26	30	24	26	180		
	S11	7	0	28	32	31	28	34	32	27	34	33	28	29	24	29	25	31	35	-	-	-	-	30	243		
	-	7	0	32	30	40	33	34	32	25	29	26	31	26	29	29	35	34	33	30	29	-	-	31	258		
	-	7	0	34	43	41	36	37	35	37	35	43	47	44	39	36	38	40	-	-	-	-	-	39	383		
	-	7	0	37	37	38	38	27	31	36	42	34	37	31	43	21	21	18	42	33	39	31	36	34	305		
	-	7	0	34	29	30	48	48	37	46	46	39	38	48	48	38	39	51	50	43	50	39	-	42	440		
	-	7	0	39	45	43	31	39	40	35	42	46	38	36	33	32	35	38	34	37	41	43	41	38	368		
	S10	7	0	41	45	45	45	34	29	39	39	40	30	40	46	40	40	40	43	33	47	-	-	40	415		
	S9	7	0	20	23	24	19	19	23	20	26	19	22	20	19	18	21	23	16	18	18	15	-	20	140		

Kat	Yapı Elemanı	Beton Yaşı (Yıl)	Vuruş Açısı (°)	SCHMİDT ÇEKİÇ OKUMALARI																						Or t.	Basınç Day. kg/cm ²
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
Zemin	SZ-11			35	37	32	31	30	34	39	38	35	36	34	44	34	42	43	41	37	38	34	35			36	343
	SZ-16			24	23	24	24	27	27	28	25	23	24	30	27	29	27	24	23	25	20	27	26			25	167
	-			30	36	42	25	32	33	28	30	27	31	35	31	34	31	34	33	31	29	32				32	273
	SZ-7			29	30	34	30	29	29	30	31	28	29	31	29	27	33	28	23	32	28	31	27			30	243
	SZ-8			29	25	29	27	29	25	23	27	26	25	25	28	27	31	24	27	25	27	26	24			26	180
	SZ-18			28	27	25	28	26	27	20	27	26	29	34	29	26	24	23	19	30	33	30	25			27	195
	SZ-9			43	37	44	43	45	35	28	34	37	42	38	46	42	42	42	34	35	35					39	383
	SZ-19			31	18	28	33	31	32	32	31	31	36	38	36	27	26	29	28	33	31	33	36			31	258
	SZ-10			35	38	36	34	40	34	35	34	35	40	37	35	41	39	32	34	34	39	36	38			36	380
	SZ-21			28	27	26	22	27	29	24	26	28	23	28	26	24	23	28	28	25	27	27	27			26	180
	SZ-26			37	33	28	31	30	33	29	31	33	30	30	31	31	31	29	34	35	36					32	273
	SZ-27			18	27	20	32	28	25	28	27	30	30	34	23	29	31	33	29	32	31	33	29			29	218
	SZ-47			19	13	17	17	21	15	15	18	14	17	15	17	17	19	22	14	14	15	16	14			16	-
	SZ-46			34	33	35	31	30	30	34	30	29	29	28	36	31	31	29	30	30	32	28	26			31	258
	SZ-45			31	29	26	28	30	28	29	31	28	28	32	33	31	28	30	27	27	30	29	29	31		29	220
	SZ-36			40	41	31	35	36	42	42	34	43	35	42	33	39	33	39	37	36	38	39	44			38	368
	SZ-35			22	24	21	19	22	25	24	20	23	21	17	18	18	18	20	26	21	23	20	22			21	158
	SZ-44			31	31	34	31	39	37	43	36	32	32	32	33	31	32	33	30	33	34	34	36			33	280
	SZ-34			27	28	24	25	25	25	30	31	32	38	27	23	26	27	28	26	25	27	25	28			27	195
	SZ-43			34	34	31	30	27	33	35	35	31	37	38	37	43	38	33	30	30	36	33	29			34	300
	SZ-42			27	29	34	29	29	31	30	31	33	37	35	35	32	30	35	38	36	27	24				32	273
	SZ-33			33	29	34	31	31	32	31	31	34	31	36	33	35	42	34	33	36	31	30	32			33	280
	SZ-P10			23	17	22	20	22	23	19	19	20	24	16	23	27	18	17	17	25	18	22	22	31		21	158
	SZ-P4			31	28	27	30	35	32	31	32	25	28	29	23	21	29	32	29	20	22	30	28			28	210
	SZ-30			20	21	19	19	20	20	21	21	22	19	20	21	24	22	17	19	19	20	18	21			20	140
	SZ-39			36	30	33	33	29	34	30	30	30	36	33	33	36	32	30	37	33	30	33	33			33	280
	SZ-13			25	25	32	25	27	31	29	29	26	27	31	30	26	30	23	24	26	28					27	195

Kat	Yapı Elemanı	Beton Yaşı (Yıl)	Vuruş Açısı (°)	SCHMİDT ÇEKİÇ OKUMALARI																						Ort.	Basınç Day. kg/cm ²
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
I. Kat	SI-17			37	32	32	36	33	29	38	32	38	36	39	33	37	31	38	34	36	36	38				35	325
	SI-16			42	43	38	42	37	36	38	37	38	39	40	27	32	31	37	39	38	37					38	368
	SP1-4			25	32	41	35	29	37	33	37	41	30	32	34	27	36	27	40	34	40	43	32			34	305
	-			31	31	33	37	40	33	34	34	31	34	33	34	35	33	33	31	29	36	33	30			33	280
	SI-8			36	33	40	37	38	38	39	34	38	33	31	37	22	39	23	26	34	38	33	38			35	325
	SI-18			40	40	44	37	44	45	46	41	43	42	44	45	42	41	42	50	46	49	42	45			43	460
	SI-9			33	30	33	31	34	34	35	34	30	28	32	31	32	32	38	38	42	32	32				33	280
	SI-19			33	33	42	34	36	34	33	30	42	47	41	37	34	36	34	34	35	44					36	343
	SI-10			31	30	35	38	35	22	36	28	35	29	32	36	33	36	34	34	34						33	280
	SI-21			25	25	30	30	32	32	27	29	28	35	33	30	28	22	27	28	29	31	30	30			29	228
	SI-26			38	34	32	32	34	28	27	24	28	33	31	30	31	34	30	22	41	35	35	37			32	273
	SI-46			25	25	27	26	28	26	25	26	29	31	22	25	21	27	29	30	27	27	27				27	195
	SI-45			25	27	27	30	30	30	24	24	28	30	27	27	31	22	25	23	26	27	28	27			27	195
	SI-36			31	33	20	27	27	29	31	31	30	27	20	19	24	28	30	22	31	33	21	34	25	29	27	195
	SI-35			20	26	20	19	21	22	23	22	22	22	22	22	21	22	23	20	22	24	20				22	168
	SI-44			33	33	34	34	32	32	34	32	36	32	28	31	35	33	30	29	27	35	31	28			32	273
	SI-42			40	45	42	40	44	35	37	40	44	44	37	37	39	39	36	40	34	40	38				40	405
	-			31	29	15	31	29	19	37	39	35	37	37	30	30	37	42	25	32	43	29	39			33	280

Kat	Yapı Elemanı	Beton Yaşı (Yıl)	Vuruş Açısı (°)	SCHMİDT ÇEKİÇ OKUMALARI																						Ort	Basınç Day. kg/cm ²	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22			
2. Kat	S2-17			40	44	39	40	41	41	30	36	36	40	47	40	46	42	45	44	42	41	42	37			41	420	
	S2-16			37	42	37	36	39	41	45	34	39	37	43	37	35	35	39	38	38	39	37			38	368		
	-			39	36	36	39	40	32	40	39	40	44	42	38	33	38	41	36	42	38	40	38			39	383	
	S2-27			40	44	43	39	39	36	37	46	45	41	39	35	45	40	35	30	43	38	39	42			40	415	
	-			36	38	38	36	40	35	39	43	40	40	38	42	40	34	37	36	42	42	39			39	383		
	S2-8			40	41	40	40	41	40	41	37	38	37	40	37	42	46	42	35	37	42	41	36			40	415	
	S2-18			34	34	37	35	39	44	43	37	37	37	36	37	34	41	35	33	37	34	36	35			37	350	
	S2-9			39	35	36	32	36	32	43	38	40	38	41	40	42	31	40	40	41	42	36	34			38	378	
	S2-19			33	31	37	37	38	41	37	43	32	34	35	39	34	33	38	33	42	38	40	44			37	350	
	S2-10			42	45	42	46	40	39	38	38	31	37	36	34	36	32	35	34	32	36	39	36			37	350	
	S2-26			34	33	38	34	40	37	37	32	33	32	37	37	38	34	39	30	31	36			35	325			
	S2-46			30	27	36	34	32	31	37	33	35	38	35	35	29	36	28	30	36	33	35			33	280		
	S2-45			36	38	34	36	39	34	37	40	36	28	39	30	37	39	34	42	34	39	40	38	34			37	350
	S2-36			36	34	41	38	36	35	46	32	41	39	41	39	37	35	40	35	40	34	40	41			38	378	
	S2-35			34	34	37	31	39	38	33	32	36	37	34	34	38	40	34	34	37	34	36	35			35	325	
	S2-44			30	34	31	34	29	30	31	32	30	35	31	33	26	34	33	30	37	39	30	32			32	263	
	S2-34			40	42	35	46	41	36	38	36	35	38	40	36	36	43	34	38	36	41	41	40	27			38	378
	S2-43			35	35	39	37	37	39	44	36	36	43	33	35	36	36	34	37	40	40	36	39	37			37	350
	S2-42			39	35	35	37	35	41	38	40	32	35	36	29	30	34	36	34	39	34	34	33	35			35	325
	S2-33			26	28	32	32	28	27	30	36	36	30	30	29	27	32	27	33	39	38	27	31	36	36	31	258	
	-			41	40	46	43	43	37	44	37	41	45	40	45	40	41	37	33	36	41	41	44			41	420	
	-			27	43	40	40	38	42	40	41	42	40	40	39	38	41	41	37	33	38	38			39	383		