

**REPAIRING AND STRENGTHENING OF
EARTHQUAKE DAMAGED BUILDINGS**

**Hakan KUŞAN
MASTER'S THESIS**

Civil Engineering Department

2002

**İC. YÜKSEKÖĞRETİM ENSTİTÜSÜ
EKÜMANTASYON BİRİMİ**

DEPREMDE HASAR GÖREN YAPILARIN ONARIMI VE GÜÇLENDİRİLMESİ

Hakan Kuşan

127347

Osmangazi Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Bilim Dalında

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır.


İ.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ


Danışman : Yrd. Doç. Dr. Mizan Doğan

127347

Ocak – 2002

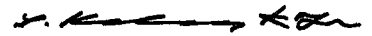
Hakan Kuşan'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “Depremde Hasar Gören Yapıların Onarımı ve Güçlendirilmesi” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Üye: (Danışman) Y Doç. Dr. Nuran Doğan 

Üye: Prof. Dr. Hasan GÖNEN 

Üye: Doç. Dr. Nevzat KIRAZ 

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun6.3.2002..... gün ve
.....2002-4/2..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. M. Selami KILIÇKAYA

Enstitü Müdürü

ÖZET

Ülkemizin önemli bir kısmının deprem kuşağı üzerinde olması ve son yıllarda yaşanan acı deneyimler, özellikle deprem sonrası yapıların sağlıklı, bilinçli olarak onarılmasını veya güçlendirilmesini gündeme getirmiştir. Onarım, hasar görmüş bir yapı elemanının önceki haline getirilmesi için yapılan işlemlerdir. Yapının onarımı yapıldıktan sonra hasara sebep olan eksikliği gidermek amacıyla güçlendirme işlemi yapılır. Güçlendirme ise bir yapının yük taşıma kapasitesini, rijitliğini düktilitesini, stabilitesini veya bunlardan bazılarını önceki veya mevcut durumun üzerine çıkarmak için yapılan çalışmalardır. Onarım herhangi bir sebepten dolayı hasar görmüş bir yapıda yapılırken, güçlendirme için ise bu şart değildir.

Önümüzdeki günlerde en çok gündemde olacak konulardan birisi de mevcut yapıların yürürlükte olan son deprem yönetmeliğine göre kontrolü ve güçlendirmesi olacaktır. Bu kapsam dahilinde detaylı çalışmalar yapıp taşıyıcı sistemin gözden geçirilmesi, mevcut donatıların kesit kontrolü gibi işlemler yapıldıktan sonra perde duvarların teşkili, donatı ilavesi gibi konular gündeme gelecektir.

Bu çalışmada, bir binanın, öncelikle mevcut durumu tespit edilmiş, gerekli testler uygulanarak malzemeler hakkında gerekli bilgiler elde edilmiş, daha sonra bina 1997 Deprem Yönetmeliğine göre mevcut verilerle çözümlenerek gerekli güçlendirme projesi hazırlanmıştır.

SUMMARY

Placing important part of our country in the earthquake zone and terrible experiences lived recently, made repairing and rehabilitation of earthquake affected buildings important. Repairing is the process to rehabilitate the damaged structural element. After the requiring, to get rid of the missing that causes the damage strengthening process is applied to the structure. Strengthening is the work that is made to increase the load bearing capacity, rigidity, ductility and stability of the structure to the value that is before the earthquake. Although repairing is done for the damaged buildings only, strengthening can be done any kind of building.

Nowadays and in the near future, controlling and strengthening of existing buildings according to new earthquake regulations will be the most important topic. In this content after reviewing structural system in detail and controlling the crossection of reinforcing bars, the strenghtening process that is the construction of shear walls and increasing the number of reinforcing bars will come into practise.

In this study, a building is reviewed and some tests are done to obtain information about the construction materials. Then structural system of this building was analyzed and strengthening project was prepared according to 1997 earthquake regulations.

TEŐEKKÜR

Yüksek Lisans ders aşaması esnasında bana emeği geçen tüm öğretim üyelerine, özellikle tez aşamasında gösterdiği ilgiden, sunduğu bilgi ve tecrübeden dolayı kıymetli hocam Yrd. Doç. Dr. Mizan Doğan'a, yaptığımız çalışmalarda beraber emek harcadığımız Dumlupınar Üniversitesi'ndeki tüm hocalarıma, mesai arkadaşlarıma ve tüm bu süreç içerisinde maddi manevi her konuda bana destek olan aileme, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Saygılarımla
Hakan Kuşan



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
2. DEPREM	6
2.1. Depremi Oluş Nedenleri	6
2.2. Deprem Türleri	8
2.3. Deprem Parametreleri	8
2.4. Depremi Diğer Özellikleri	12
3. YAPI TÜRLERİ	13
3.1. Yiğma Yapılar	13
3.2. Karkas (İskelet) Yapılar	13
3.3. Yiğma Yapı İle Karkas Yapıni Karşılaştırılması	14
4. DEPREMİN YAPILARA ETKİSİ	16
5. BETONARME YAPI ELEMANLARININ DEPREM DAVRANIŞI	18
5.1. Betonarme Taşıyıcı Sistemler	18
5.2. Yapıni Deprem Dayanımı İçin Sağlaması Gereken Koşullar	20
5.2.1. Dayanım	21
5.2.2. Süneklik	22
5.2.3. Sınırlı yanal ötelenme	23

5.3. Betonarme Davranışı	24
5.3.1. Kiriş davranışı	24
5.3.2. Kolon davranışı	26
5.3.3. Perde davranışı	28
6. DEPREMDEN DOLAYI OLUŞAN HASARIN NEDENLERİ VE TÜRLERİ	30
6.1. Betonarme Yapılarda Depremden Dolayı Oluşan Hasarın Nedenleri	30
6.1.1. Binanın geometrisi ve taşıyıcı sistemler	30
6.1.2. Donatı detayı yetersizliği	36
6.1.3. Yapım hataları	38
6.2. Sık Gözlenen Hasar Türleri ve Bunların Önemi	38
6.2.1. Betonarmede çatlama ve ezilme	38
6.2.2. Hasar türleri	40
7. BETONARME YAPILARIN ONARIMI VE GÜÇLENDİRİLMESİ	41
7.1. Güçlendirme Projesinin İlkeleri	42
7.2. Yapı Elemanlarının Onarımı/Güçlendirilmesi	45
7.2.1. Kirişlerin onarımı-güçlendirilmesi	46
7.2.1.1. Yerel onarımlar	46
7.2.1.2. Betonarme manto ile kirişlerin onarım güçlendirilmesi	46
7.2.1.3. Çelik levha ile kirişlerin onarım-güçlendirilmesi	48
7.2.2. Kolonların onarımı-güçlendirilmesi	50
7.2.2.1. Yerel onarımlar	50
7.2.2.2. Betonarme manto ile kolonların onarım güçlendirilmesi	51
7.2.2.3. Çelik (Profil-kılıf) manto ile kolonların onarımı güçlendirilmesi	54
7.2.3. Kiriş – kolon birleşim bölgesinin güçlendirilmesi	56
7.2.4. Perdenin güçlendirilmesi	59
7.2.5. Temelin güçlendirilmesi	61
7.3. Taşıyıcı Sistemin Yeni Elemanlarla Güçlendirilmesi	63
7.3.1. Dolgu çerçeveler için ilkeler, detaylar ve öneriler	65
8. TEZ KONUSUNA ESAS GÜÇLENDİRME PROJESİ ÖRNEĞİ	67
8.1. Yapılan Tahribatlı ve Tahribatsız Deneyler	68

8.1.1. Yapı elemanlarındaki donatıların projeye uygunluğu	68
8.1.2. Beton kalitesi ile ilgili tespitler	68
8.1.3. Zemin ile ilgili tespitler	70
8.2. Yapının Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi	70
8.2.1. Yapının mevcut durumu için periyot hesabı	73
8.2.2. Yapının güçlendirilmiş durumu için periyot hesabı.....	74
8.3. Taşıma Gücü Momentlerinin Hesaplanması ve Düğüm Noktası Tahkiki	76
8.3.1. Yapının mevcut durumu için düğüm noktası tahkiki	78
8.3.2. Yapının güçlendirilmiş durumu için düğüm noktası tahkiki	81
8.4. Güçlendirme Projesinin Esasları	84
8.4.1. Güçlendirme ilkeleri ve kabuller	84
8.4.2. Çerçeve yatay elemanlarının (kirişlerin) güçlendirilmesi	86
8.4.3. Çerçeve düşey elemanlarının (kolonların) güçlendirilmesi.....	87
8.4.4. Temellerin güçlendirilmesi	88
9. SONUÇ VE ÖNERİLER	89
KAYNAKLAR DİZİNİ	91
EK – 1 Deprem hasarı inceleme ve tespit formu	
EK – 2 Yapı elemanlarının mevcut durumları ile ilgili tespitler	
EK –3 Mevcut yapının afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkındaki yönetmeliğine göre tahkik edilmesi ve tespit edilen yetersizlikler	
EK – 4 Projede verilen boyutlardan farklı imal edilmiş kirişler	
EK – 5 Projedeki donatılardan farklı donatıya sahip kolonlar	
EK – 6 Karot örnekleri üzerinde yapılan ultrases deneyleri	
EK – 7 Karot örnekleri üzerinde yapılan basınç deneyi sonuçları	
EK – 8 Elastisite modülünün hesaplanması	
EK – 9 Yapının mevcut durumuna ait kat kalıp planları	

EK – 10 Yapının güçlendirilmiş durumuna ait kat kalıp planları

EK – 11 Temel ankraj detayı

EK – 12 Yapının mevcut durumu için çerçevelerin kesme rijitliklerinin hesabı

EK – 13 Yapının güçlendirilmiş durumu için çerçevelerin kesme rijitliklerinin hesabı

EK – 14 Güçlendirme projesi hazırlanan binanın keşfi



ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Odak noktası, odak derinliği ve dış merkez	9
Şekil 2.1. 17 Ağustos İzmit Depremi eşsiddet haritası	10
Şekil 3.1. Betonarme karkas yapı	14
Şekil 5.1. Perde ve çerçeveli sistemlerde plastik mafsal oluşumu	19
Şekil 5.2. Taşıyıcı sistemlerin yatay yükler altındaki davranışı	19
Şekil 5.3. Plastik mafsallaşmadan dolayı yıkılan bina	21
Şekil 5.4. Depremde katlararası ardışık yer değiştirme ve ikinci derece momentler	24
Şekil 5.5. Kolon ve kirişlerde plastik mafsal oluşum mekanizmaları	25
Şekil 5.6. Süneklik – aksenal yük düzeyi ilişkisi	26
Şekil 5.7. Moment – eğrilik ilişkisi	27
Şekil 5.8. Kolonda betonun ezilmesi ile donatının burkulması	27
Şekil 5.9. Etriye sarılması	28
Şekil 5.10 Perde davranışı	29
Şekil 5.11 Perde göçme biçimleri	29
Şekil 6.1. Mimari nedenle çerçevede süreksizlik	31
Şekil 6.2. Simetri düzensizliği	31
Şekil 6.3. Yumuşak kattan dolayı hasara uğramış bir bina	32
Şekil 6.4. Kısa kolon	33
Şekil 6.5. Kısa kolon hasarı	34
Şekil 6.6. Planda düzensiz binalar	34

Şekil 6.7 Deprem derzleri yetersiz binanın çarpışması	35
Şekil 6.8. Derz ile ayrılmayan yapıda meydana gelen hasar	35
Şekil 6.9. Kolonda meydana gelen hasar	37
Şekil 6.10. Asal gerilmeler doğrultusunda oluşan çatlak ve ezilme	39
Şekil 6.11. Kabuk ve çekirdek beton	39
Şekil 7.1. Kirişin tek taraflı manto ile güçlendirilmesi	47
Şekil 7.2. Mevcut kirişin dört taraftan manto ile güçlendirilmesi	48
Şekil 7.3. Kiriş mesnet bölgesinin güçlendirilmesi	48
Şekil 7.4. Kirişin çelik levhalar ile güçlendirilmesi	49
Şekil 7.5. Kirişin çelik lamamalar sarılarak güçlendirilmesi	50
Şekil 7.6. Kolonlarda mantolama	51
Şekil 7.7. Kolonun dört taraftan mantolanarak güçlendirilmesi	52
Şekil 7.8. Kolonun mantolanmasına değişik örnekler	53
Şekil 7.9. Kolonun mantolanarak güçlendirilmesi.....	54
Şekil 7.10. Çelik manto ile kolonların güçlendirilmesi	55
Şekil 7.11. Kolonun çelik lamalar sarılarak güçlendirilmesi	56
Şekil 7.12. Kiriş – kolon birleşim bölgesinin çelik lamalar sarılarak güçlendirilmesi	57
Şekil 7.13 Çelik lamalar sarılarak güçlendirilmiş birleşim bölgesi	58
Şekil 7.14. Kiriş – kolon birleşim bölgesinin mantolama güçlendirilmesi	59
Şekil 7.15. Kiriş – kolon birleşim bölgesinin çelik levhalar ve bulonlarla güçlendirilmesi	59
Şekil 7.16. Hasar gören perdenin güçlendirilmesi	60
Şekil 7.17. Perdenin güçlendirilmesi	61

Şekil 7.18. Temelin dişle güçlendirilmesi	62
Şekil 7.19. Hasar gören temelin güçlendirilmesi	62
Şekil 7.20. Temelin kolon ile birlikte güçlendirilmesi	63
Şekil 7.21. Dolgu çerçeve ile güçlendirme	64
Şekil 8.1. Spektrum katsayısı	72
Şekil 8.2. Kuvvetli kolon-zayıf kiriş durumu	77



TABLOLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1. Depremlerin şiddeti ve magnitud değerleri arasındaki ilişki	12
Tablo 8.1. Spektrum karakteristik periyotları	72



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
δ_i	Katlar arası ardışık yer değiştirme
h_i	Kat yüksekliği
M_u	Kirişin herhangi bir kesitindeki taşıma gücü momenti
A_s	Donatı alanı
f_y	Çeliğin akma dayanımı
d	Kirişin faydalı yüksekliği
V_e	Kesme kuvveti
M_{pi}, M_{pj}	Kolon uç momentleri
f_{ct}	Betonun çatlama dayanımı
f_{ck}	Betonun karakteristik basınç dayanımı
E_{ce}	Betonun ezilme birim kısalması
A_w	Dolgu çerçevelerin kesit alanı
A_{pi}	Bina katlarının toplam alanı
A_{pt}	Bina taban alanı
E_c	Beton elastisite modülü

1. GİRİŞ

Taşıyıcı sistemler, ilave yükler, hareketli yükler, deprem ve rüzgar etkileri, dış ortamın etkileri, yaşlanma, yangın v.b. etkilere maruz kalabilirler. Bu etkilerin altında yapıda bazı hatalar, kalite ve özellik kayıpları oluşabilir. Bu hatalar kabul edilebilecek sınırlar içerisinde olmayabilir. Böyle bir durum bulunması halinde yapının hasar gördüğünden veya hasarlı duruma girdiğinden bahsedilir.

Yukarıda söylenildiği gibi yapılar hasarlı duruma girdiğinde bunların üzerinde bazı çalışmalar yapmak ve kabul edilemeyecek sakıncalı durumları gidermek gerekir. İşte bu durumda söz konusu yapının veya bazı elemanlarının onarımı veya güçlendirilmesi söz konusu olur.

Onarım, bir yapı elemanında yapılan incelemeler sonucunda görünüş, taşıma gücü, rijitliği, düktilitesi ve stabilitesinde önceki durumuna göre azalma ve değişiklik olduğunun anlaşılması halinde, o elemanı önceki durumuna getirmek için yapılan bir tür tamirattır. Güçlendirme ise hasarlı olmayan elemanın taşıma gücünü, rijitliğini, düktilitesini ve stabilitesini önceki durumundan daha iyi hale getirmek için yapılan iyileştirmedir. Bu iki terim birbirini tamamlamaktadır. Onarım yapılan bir elemanı önceki haline getirmek bundan sonraki etkilerde aynı elemanın yine hasar görmesi veya hasarı geciktirmek anlamına gelmektedir. Bundan dolayı bir eleman onarılırken aynı zamanda güçlendirilmesi gerekir ki bundan sonraki depremlerde aynı hasarı görmesin. Bir eleman güçlendirilmesi ise o elemanın veya yapının ortaya çıkmamış ama çıkması beklenen bir hasarı kendisinde barındırmasından kaynaklanmaktadır.

Bir yapının onarım-güçlendirilmesine karar verildiği zaman yapılması gerekenler,

- a. Onarım-güçlendirmenin gerekçelerinin ayrıntılı bir şekilde belirtilmesi
- b. Yapının varsa projesi yoksa rölevesi çıkartılarak mevcut halinin taşıyıcı özelliğinin belirlenmesi

- c. Onarım-güçlendirilmesinden sonra yapının fiziksel durumunun ne olacağını belirlenmesi
- d. Onarım-güçlendirme metotlarının yapım, ulaşım, maliyet, malzeme temini ve gerekli teknik işgücü açısından araştırmalar yapılarak uygun olanın rapor halinde belirlenmesi
- e. Varsa çevrede ve diğer bölgelerde benzeri yapılan onarım-güçlendirme projeleri veya yapıların incelenmesi
- f. Onarım-güçlendirmenin yapı ile çevre arasındaki uyuma etkisinin belirlenmesi için gerekli birimlerden görüş alınması
- g. Yapının tekrar incelenerek bir program yapılması

olarak sayılabilir. Bir yapıya onarım-güçlendirme yapılması,

- a. Tasarım
- b. Proje
- c. Yapım
- d. Kullanım

aşamalarında yapılan yanlış uygulamaları ortadan kaldırmak için yapılan bir telafinin olduğu bilinmelidir. Yani yanlış uygulamalar, sonucu geç kalmış, bedeli hasar ve onarım-güçlendirme maliyetleriyle ödenen yeni bir dayanım almaktadır. Bu nedenle yapının olması muhtemel depremlerde aynı duruma düşmemesi için bu aşamaların titizlikle yapılması depremlerden alınması gereken derslerin başında gelmesi gerekir. Bu aşamalardan bahsedecek olursak;

Tasarım Aşaması: Geçmiş depremlerin sonuçlarını irdelenmesinden, tamamen yıkılan ve hasar gören yapıların hasar nedenlerinin birçoğu yapının tasarımında bulunan düzensizliklerden kaynaklandığı görülmüştür. Tasarımdaki temel amaç, depreme dayanımları daha iyi olan eleman ve yapı tiplerini tercih ederek değişiklikleri deprem davranışını etkilenmeyecek derecede yapmak olmalıdır. Değilse yapıya görünüm verebilmek için depreme davetiye çıkarılmamalıdır. Aksi halde yapı ilave tedbirlerle depreme dayanıklı hale getirilmeye çalışılmakta ve yapının proje, yapım ve

kullanımındaki ihmallerden dolayı yapı büyük hasar görebilmekte ve maliyeti artmaktadır.

Proje Aşaması: Depreme dayanıklı yapı yapmanın ve onarımının en büyük kısmını oluşturan bu aşama, son yıllarda inşaat mühendisliğinin sınav verdiği önemli bir uygulama alanıdır. Tasarımcının tüketici istekleri ve kendi sanatsal düşüncesiyle tasarladığı yapıyı hem düşey hem de yatay yüklere göre projelendirme ve yapımının da projeye uygun olarak yapılması işi inşaat mühendisine düşmektedir. İnşaat mühendisinden beklenen tasarım, çevre ve depremden dolayı oluşan yapıya gelecek tüm dış etkileri proje ve yapım aşamasında yapıya işleyerek yapının bu etkiler altında ayakta kalmasını sağlamaktır. Tasarımcı, yapıda esnek kat ve kısa kolon oluşturmuş olsa dahi projeciden bu olumsuzlukları ortadan kaldıracak ilave tedbirler alması beklenmektedir.

Yapım Aşaması: Yapının mühendisten işçiye el değiştirdiği aşamadır. Yapı deprem sırasında düşey yüklerin etkisinden yatay yüklerin etkisine geçerek büyük bir davranış değişimi gösteriyorsa yapımda kontrol bakımından büyük bir değişiklik göstermektedir. Bundan dolayı yapının bu değişiminden etkilenmemesi veya projeye uygun yapılması için sürekli mühendis kontrolünde olması gerekir. Aksi halde yapının normal yüklere ve depreme karşı dayanımı için yapılmış olan yönetmeliklerin ve projelerin hiçbir anlamı kalmayacaktır. Geçmiş depremlerde oluşan hasarın pek çoğu yapıların projede gösterilen esaslara uygun yapılmadığından kaynaklanmaktadır.

Burada biz inşaat mühendislerine düşen görev, proje ve yapım aşamalarında oluşan hataları dikkate alarak standartları, yönetmelikleri ve bilimsel çalışmalarını güncel tutmak ve bu aşamalarda oluşabilecek hataları asgari düzeye indirmek olmalıdır.

Yapıların Kullanımı: Mevcut yapıların deprem dayanımlarının belirlenmesinde sadece yapı sisteminin depreme dayanımı dikkate alınmamalıdır. Şüphesiz ki yapı sisteminin deprem dayanımı çok önemlidir. Ancak yapı sistemi dışında yapıyı tamamlayan elemanlar, kullanım amacına göre içinde bulunan eşyalar ve diğer tamamlayıcı birimlerinde yapılması ve kullanılması çok önemlidir. Deprem sırasında yapı sistemi dışında bulunan birimlerin hasarı bazen depremin yapı sistemine verdiği

hasardan büyük olabilmektedir. Cam kırılması, avize düşmesi, dolap devrilmesi, bölme duvar yıkılması, asma tavan çökmesi ve diğer olaylardan dolayı meydana gelen hasarlar ve can kayıpları oldukça fazladır. Mevcut yapıların depreme dayanıklılığı incelenirken yapıların kullanım amaçlarına göre içinde bulunan eşyalarının durumları da gözden geçirilmelidir.

Bir yapıda onarım-güçlendirme taşıyıcı elemanlar olan,

- a. Döşemelerde
- b. Kirişlerde
- c. Perde ve kolonlarda
- d. Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde
- e. Yeni perde ve kolon ilavesi
- f. Temelde

yapılır. Amaç bu taşıyıcı elemanların bir bütün olarak çalışması olmalıdır. Yapıya yapılacak bireysel elemanların mevcut elemanlarla bir bağlantısı olmadığı zaman yapının dayanımına herhangi bir katkısı olmayacaktır.

Yapılan bu çalışma tasarım ile yapım aşmasında yapılan yanlışlar ve depremden dolayı hasar gören bir binanın güçlendirme projesini içermektedir. Toplam dokuz bölümden oluşmaktadır.

İkinci bölümde deprem, depremin oluş nedenleri, deprem türleri, deprem parametreleri ve depremin diğer özellikleri, üçüncü bölümde yapı türleri, dördüncü bölümde depremin yapılara etkisi anlatılmaktadır.

Beşinci bölümde betonarme taşıyıcı sistemler, yapının deprem dayanımını sağlaması için gereken koşullar ile betonarme davranışı yer almaktadır.

Altıncı bölümde betonarme yapılarda oluşan hasarın nedenleri irdelenmiştir.

Yedinci bölüm betonarme yapıların onarım-güçlendirmesini içermektedir. Burada yapı elemanlarının onarımı-güçlendirilmesi (kirişlerin, kolonların, kiriş-kolon birleşim bölgelerinin, perdelerin ve temellerin) ve taşıyıcı sistemin yeni elemanlarla güçlendirilmesi incelenmiştir.

Sekizinci bölümde bir güçlendirme projesi örneğine ait yapılan deneysel çalışmalar, projenin esasları ve ilkeleri anlatılmaktadır. Ayrıca yapının mevcut hali ve güçlendirilmiş hali için, birinci doğal titreşim periyodu hesapları ile seçilen bir düğüm noktasındaki elemanların taşıma gücü momentlerinin hesabı ve bu düğüm noktasının tahkiki yer almaktadır.

Dokuzuncu bölümde sonuç yer almaktadır.

Güçlendirme projesi yapılan yapıya ait hasar tespit formu, mevcut elemanların durum tespitleri ile ilgili ayrıntılar, mevcut ve güçlendirilmiş durum için kat kalıp planları eklerde sunulmuştur.

2. DEPREM

Yerkabuğu içindeki kırılmalar nedeniyle ani olarak ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları ve yer yüzeyini sarsma olayına "Deprem" denir. Deprem, insanın hareketsiz kabul ettiği ve güvenle ayağını bastığı toprağın da oynayacağını ve üzerinde bulunan tüm yapıların da hasar görüp, can kaybına uğrayacak şekilde yıkılabileceklerini gösteren bir doğa olayıdır.

2.1. Depremın Oluş Nedenleri

Dünyanın iç yapısı konusunda, jeolojik ve jeofizik çalışmalar sonucu elde edilen verilerin desteklediği bir yeryüzü modeli bulunmaktadır. Bu modele göre, yerkürenin dış kısmında yaklaşık 70-100 km. kalınlığında oluşmuş bir taşküre (Litosfer) vardır. Kıtalar ve okyanuslar bu taşkürede yer alır. Litosfer ile çekirdek arasında kalan ve kalınlığı 2.900 km olan kuşağa "Manto" adı verilir. Manto genelde katı olmakla beraber yüzeyden derine inildikçe içinde yerel sıvı ortamları bulundurmaktadır.

Taşküre'nin altında Astenosfer denilen yumuşak Üst Manto bulunmaktadır. Burada oluşan kuvvetler, özellikle konveksiyon akımları nedeni ile, taş kabuk parçalanmakta ve birçok levhalara bölünmektedir. Konveksiyon akımları yukarılara yükseldikçe taşkürede gerilmelere ve daha sonra da zayıf zonların kırılmasıyla levhaların oluşmasına neden olmaktadır. Halen 10 kadar büyük levha ve çok sayıda küçük levhalar vardır. Bu levhalar üzerinde duran kıtalarla birlikte, Astenosfer üzerinde sal gibi yüzmekte olup, birbirlerine göre insanların hissedemeyeceği bir hızla hareket etmektedirler.

Konveksiyon akımlarının yükseldiği yerlerde levhalar birbirlerinden uzaklaşmakta ve buradan çıkan sıcak magmada okyanus ortası sırtlarını oluşturmaktadır. Levhaların birbirlerine değdikleri bölgelerde sürtünmeler ve sıkışmalar olmakta, sürtünen levhalardan biri aşağıya Manto'ya batmakta ve eriyerek itme zonlarını oluşturmaktadır.

İşte yer kabuğunu oluşturan levhaların birbirine sürtündükleri, birbirlerini sıkıştırdıkları, birbirlerinin üstüne çıktıkları ya da altına girdikleri bu levhaların sınırları dünyada depremlerin oldukları yerler olarak karşımıza çıkmaktadır. Dünyada olan depremlerin hemen büyük çoğunluğu bu levhaların birbirlerini zorladıkları levha sınırlarında dar kuşaklar üzerinde oluşmaktadır. Birbirlerini iten ya da diğerinin altına giren iki levha arasında, harekete engel olan bir sürtünme kuvveti vardır. Bir levhanın hareket edebilmesi için bu sürtünme kuvvetinin giderilmesi gerekir. İtilmekte olan bir levha ile bir diğer levha arasında sürtünme kuvveti aşıldığı zaman bir hareket oluşur. Bu hareket çok kısa bir zaman biriminde gerçekleşir ve şok niteliğindedir. Sonunda çok uzaklara kadar yayılabilen deprem dalgaları ortaya çıkar. Bu dalgalar geçtiği ortamları sarsarak ve depremin oluş yönünden uzaklaştıkça enerjisi azalarak yayılır. Bu sırada yeryüzünde, bazen gözle görülebilen, kilometrelerce uzanabilen ve fay adı verilen arazi kırıkları oluşabilir.

Depremlerin oluşumunun bu şekilde ve "Elastik Geri Sekme Kuramı" adı altında anlatımı 1911 yılında Amerikalı Reid tarafından yapılmıştır ve laboratuvarlarda da denenerak ispatlanmıştır. Bu kurama göre, herhangi bir noktada, zamana bağımlı olarak, yavaş yavaş oluşan birim deformasyon birikiminin elastik olarak depoladığı enerji, kritik bir değere eriştiğinde, fay düzlemi boyunca var olan sürtünme kuvvetini yenerek, fay çizgisinin her iki tarafındaki kayaç bloklarının birbirine göreli hareketlerini oluşturmaktadır. Bu olay ani yer değiştirme hareketidir. Bu ani yer değiştirmeler ise bir noktada biriken birim deformasyon enerjisinin açığa çıkması, boşalması, diğer bir deyişle mekanik enerjiye dönüşmesi ile ve sonuç olarak yer katmanlarının kırılma ve yırtılma hareketi ile olmaktadır.

Faylar genellikle hareket yönlerine göre isimlendirilirler. Daha çok yatay hareket sonucu meydana gelen faylara "Doğrultu Atımlı Fay"denir. Fayın oluşturduğu iki ayrı bloğun birbirlerine göreli olarak sağa veya sola hareketlerinden de bahsedilebilir ki bunlar sağ veya sol yönlü doğrultulu atımlı faya bir örnektir. Düşey hareketlerle meydana gelen faylara da "Eğim Atımlı Fay"denir. Fayların çoğunda hem yatay, hem de düşey hareket bulunabilir.

2.2. Deprem Türleri

Depremler oluş nedenlerine göre değişik türlerde olabilir. Dünyada olan depremlerin büyük bir bölümü yukarıda anlatılan biçimde oluşmakla birlikte az miktarda da olsa başka doğal nedenlerle de olan deprem türleri bulunmaktadır.

Yukarıda anlatılan levhaların hareketi sonucu olan depremler genellikle tektonik depremler olarak nitelenir ve bu depremler çoğunlukla levhalar sınırlarında oluşurlar. Yeryüzünde olan depremlerin %90'ı bu gruba girer. Türkiye'de olan depremler de büyük çoğunlukla tektonik depremlerdir. İkinci tip depremler volkanik depremlerdir. Bunlar volkanların püskürmesi sonucu oluşurlar. Yerin derinliklerinde ergimiş maddenin yeryüzüne çıkışı sırasındaki fiziksel ve kimyasal olaylar sonucunda oluşan gazların yapmış oldukları patlamalarla bu tür depremlerin meydana geldiği bilinmektedir. Bunlar da yanardağlarla ilgili olduklarından yereldirler ve önemli zarara neden olmazlar. Japonya ve İtalya'da oluşan depremlerin bir kısmı bu gruba girmektedir. Türkiye'de aktif yanardağ olmadığı için bu tip depremler olmamaktadır.

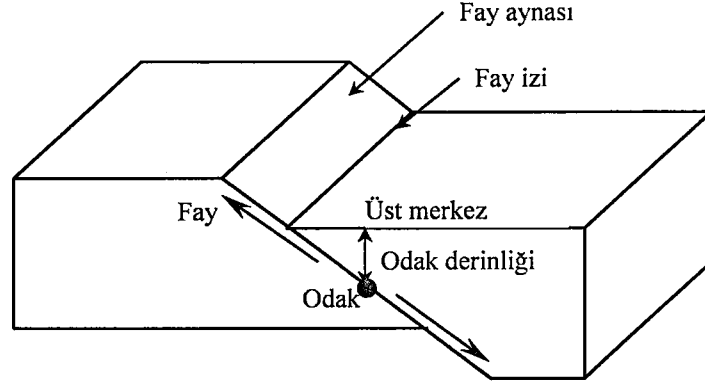
Bir başka tip depremler de çöküntü depremlerdir. Bunlar yer altındaki boşlukların (mağara), kömür ocaklarında galerilerin, tuz ve jipsli arazilerde erime sonucu oluşan boşlukları tavan bloğunun çökmesi ile oluşurlar. Hissedilme alanları yerel olup enerjileri azdır fazla zarar getirmezler. Büyük heyelanlar ve gökten düşen meteorların da küçük sarsıntılara neden olduğu bilinmektedir.

2.3. Deprem Parametreleri

Herhangi bir deprem oluştuğunda, bu depremin tariflenmesi ve anlaşılabilmesi için "Deprem Parametreleri" olarak tanımlanan bazı kavramlardan söz edilmektedir. Aşağıda kısaca bu parametrelerin açıklaması yapılacaktır.

- Odak Noktası (Hiposantr): Odak noktası yerin içinde depremin enerjisinin ortaya çıktığı noktadır. Bu noktaya odak noktası veya iç merkez de denir. Gerçekte,

enerjinin ortaya çıktığı bir nokta olmayıp bir alandır, fakat pratik uygulamalarda nokta olarak kabul edilmektedir.



Şekil 2.1. Odak noktası, odak derinliği ve dış merkez

- Dış Merkez (Episantr): Odak noktasına en yakın olan yer üzerindeki noktadır. Burası aynı zamanda depremin en çok hasar yaptığı veya en kuvvetli olarak hissedildiği noktadır. Aslında bu , bir noktadan çok bir alandır. Depremin dış merkez alanı depremin şiddetine bağlı olarak çeşitli büyüklüklerde olabilir. Bazen büyük bir depremin odak noktasının boyutları yüzlerce kilometreyle de belirlenebilir. Bu nedenle "Episantr Bölgesi" ya da "Episantr Alanı" olarak tanımlama yapılması gerçeğe daha yakın bir tanımlama olacaktır.

- Odak Derinliği: Depremde enerjinin açığa çıktığı noktanın yeryüzünden en kısa uzaklığı, depremin odak derinliği olarak adlandırılır. Depremler odak derinliklerine göre sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırma tektonik depremler için geçerlidir. Yerin 0-60 km. derinliğinde olan depremler sığ deprem olarak nitelenir. Yerin 70-300 km. derinliklerinde olan depremler orta derinlikte olan depremlerdir. Derin depremler ise yerin 300 km.den fazla derinliğinde olan depremlerdir. Türkiye'de olan depremler genellikle sığ depremlerdir ve derinlikleri 0-60 km. arasındadır. Orta ve derin depremler, daha çok bir levhanın bir diğer levhanın altına girdiği bölgelerde olur. Derin depremler çok geniş alanlarda hissedilir , buna karşılık yaptıkları hasar azdır. Sığ depremler ise dar bir alanda hissedilirken bu alan içinde çok büyük hasar yapabilirler.

Önceden hazırlanmış olan bu cetveller, her şiddet derecesindeki depremlerin insanlar, yapılar ve arazi üzerinde meydana getireceği etkileri belirlemektedir.

Bir deprem oluştuğunda, bu depremin herhangi bir noktadaki şiddetini belirlemek için, o bölgede meydana gelen etkiler gözlenir. Bu izlenimler Şiddet Cetveli'nde hangi şiddet derecesi tanımına uygunsa, depremin şiddeti, o şiddet derecesi olarak değerlendirilir. Örneğin; depremin neden olduğu etkiler, şiddet cetvelinde VIII şiddet olarak tanımlanan bulguları içeriyorsa, o deprem VIII şiddetinde bir deprem olarak tariflenir. Deprem Şiddet Cetvellerinde, şiddetler romen rakamıyla gösterilmektedir. Bugün kullanılan başlıca şiddet cetvelleri "Mercalli Cetveli (MM)" ve "Medvedev-Sponheur-Karnik (MSK)" şiddet cetvelidir. Her iki cetvelde de XII şiddet derecesini kapsamaktadır. Bu cetvellere göre, şiddeti V ve daha küçük olan depremler genellikle yapılarda hasar meydana getirmezler ve insanların depremi hissetme şekillerine göre değerlendirilirler.

- Magnitüd: Deprem sırasında açığa çıkan enerjinin bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Enerjinin doğrudan doğruya ölçülmesi olanağı olmadığından, Amerika Birleşik Devletleri'nden Prof.C.Richter tarafından 1930 yıllarında bulunan bir yöntemle depremlerin aletsel bir ölçüsü olan "Magnitüd" tanımlanmıştır. Prof .Richter, episandırda 100 km. uzaklıkta ve sert zemine yerleştirilmiş özel bir sismografla kaydedilmiş zemin hareketinin mikron cinsinden (1 mikron 1/1000 mm) ölçülen maksimum genliğinin 10 tabanına göre logaritmasını bir depremin "magnitüdü" olarak tanımlamıştır. Bugüne dek olan depremler istatistik olarak incelendiğinde kaydedilen en büyük magnitüd değerinin 8.9 olduğu görülmektedir (31 Ocak 1906 Colombiya-Ekvator ve 2 Mart 1933 Sanriku-Japonya depremleri).

Magnitüd, aletsel ve gözlemsel magnitüd değerleri olmak üzere iki gruba ayrılabilir.

Aletsel magnitüd, yukarıda da belirtildiği üzere, standart bir sismografla kaydedilen deprem hareketinin maksimum genlik ve periyod değeri ve alet kalibrasyon fonksiyonlarının kullanılması ile yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilmektedir.

Aletsel magnitüd değeri, gerek hacim dalgaları ve gerekse yüzey dalgalarından hesaplanılmaktadır. Genel olarak, hacim dalgalarından hesaplanan magnitüdüler (m), ile yüzey dalgalarından hesaplanan magnitüdüler de (M) ile gösterilmektedir. Her iki magnitüd değeri birbirine dönüştürecek bazı bağıntılar mevcuttur.

Gözlemsel magnitüd değeri ise, gözlemsel inceleme sonucu elde edilen episantr şiddetinden hesaplanmaktadır. Ancak, bu tür hesaplamalarda, magnitüd-şiddet bağıntısının incelenilen bölgeden bölgeye değiştiği de göz önünde tutulmalıdır. Gözlemleri tarafından bildirilen bu magnitüd, depremin enerjisi hakkında fikir vermez. Çünkü deprem sığ veya derin odaklı olabilir. Magnitüdü aynı olan iki depremden sığ olanı daha çok hasar yaparken, derin olanı daha az hasar yapacağından arada bir fark olacaktır. Yine de Richter ölçeği (magnitüd) depremlerin özelliklerini saptamada çok önemli bir unsur olmaktadır.

Depremlerin şiddet ve magnitüdüleri arasında birtakım ampirik bağıntılar çıkarılmıştır. Bu bağıntılardan şiddet ve magnitüd değerleri arasındaki dönüşümleri Tablo 2.1' deki gibidir.

Şiddet	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Richter Magnitüdü	4.0	4.5	5.1	5.6	6.2	6.6	7.3	7.8	8.4

Tablo 2.1. Depremlerin Şiddet ve Magnitüd Değerleri Arasındaki Dönüşümler

2.4. Depremin Diğer Özellikleri

Bazen büyük bir deprem olmadan önce küçük sarsıntılar olur. Bu küçük sarsıntılara "Öncü Depremler" denilmektedir. Büyük bir depremin oluşundan sonra da belki birkaç yüz adet küçük deprem olmaya devam etmektedir. Bu küçük depremler "Artçı Depremler" olarak isimlendirilir ve büyük depremin oluş anına göre bunların şiddetinde ve sayısında azalmalar görülür.

3. YAPI TÜRLERİ

Yapıları, taşıyıcı özellikleri bakımından yığma ve karkas (iskeletli) yapılar olmak üzere iki ana türe ayırabiliriz.

3.1. Yığma Yapılar

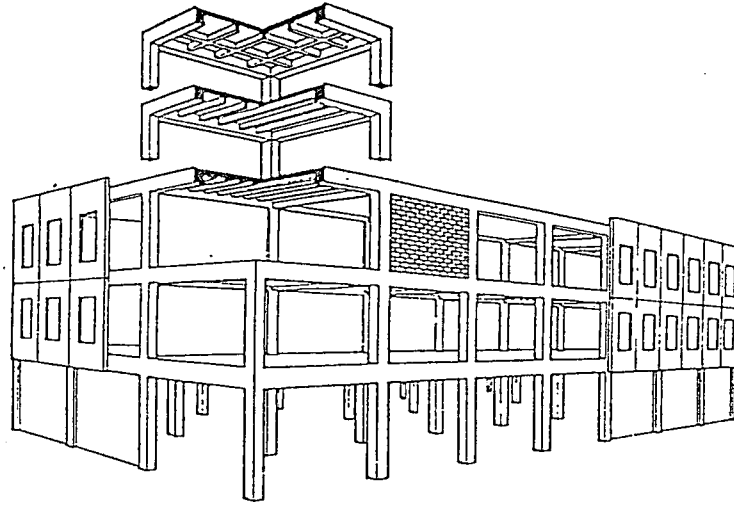
Taş, tuğla gibi gereçlerin harçlı ya da harçsız olarak örülmesiyle oluşturulmuş yapılardır. Bu tür yapılarda duvarlar hem mekânları birbirinden ayıran mimari bir işlev görürler, hem de taşıyıcıdırlar. Yani yapının tavanlarını ya da daha üst katlarını bu duvarlar ayakta tutarlar.

Yığma yapı tekniği, insanlık tarihi boyunca bilinip uygulanan, günümüzde de kullanılmakta olan bir tekniktir. Kemer, tonoz ve kubbeler yığma yapı tekniğinin gelişmiş öğeleri olup, pek çok büyük yapının tavanı bu elemanlarla örtülmüş, ırmaklar üzerine köprüler kurulmuştur. Yığma yapıların binlerce yıl önce yapılmış görkemli örnekleri bugün de pek çok yerde sağlam olarak görülebilmektedir.

3.2. Karkas (İskeletli) Yapılar

Bu tür yapıları yığma yapılardan ayırt eden temel özellik, duvarların taşıyıcı olmaması, yalnızca mimari amaçlarla yapılmış olmalarıdır. Taşıyıcılık görevini "karkas" adı verilen bir "iskelet" yapar. Bu karkas; betonarme, çelik ya da ahşap gibi malzemelerden yapılabilir. Çerçeve ve kat döşemeleri oluşturulduktan sonra üzerine bölme duvarları örülür. Bu duvarlar taşıyıcı değil, taşınandır.

Karkas yapının en basit örneği; kolon ve kirişler gibi çubuk elemanlardan oluşan çerçevelerdir. Düşey yayılı yükleri, kirişler üzerine oturan ve plak olarak da adlandırılan döşemeler taşır. Döşemelere gelen yük önce kirişlere, sonra kolonlara ve daha sonra bina temellerine aktarılır. Şekil 3.1'de betonarme karkas yapıya örnek verilmiştir.



Şekil 3.1. Betonarme karkas yapı

Bina kat adetleri ve yükseklikleri arttıkça büyüyen yatay yükleri (deprem ve rüzgâr) çerçeveler taşımakta yetersiz kalırlar. Bu durumda yüksek yapılarda kolonların bir boyutunun çok büyütülmesiyle oluşturulan perde, çekirdek ya da tüp olarak adlandırılan yapı elemanlarının kullanılması zorunluluğu ortaya çıkar.

3.3.Yığma Yapı ile Karkas Yapıların Karşılaştırılması

- Karkas yapılarda duvarların taşıyıcılık görevleri ortadan kalktığı için, mimar daha geniş olanaklara kavuşmuştur. Duvarların yerleri, konumları ve kalınlıkları kolayca değiştirilebilir; ince duvarlar, geniş salonlar, büyük pencereler, kapılar yapılabilir.

-Günümüzde yapı gereçlerinin, yapı statığı, deprem mühendisliği tekniklerinin gelişmesi sonucu karkas sistemler kullanılarak yığma binalara oranla daha narin, daha işlevsel, daha yüksek, daha güvenli ve daha ucuz binalar yapılabilmektedir.

- Ancak; karkas binalar yapılırken daha dikkatli olmak; yapı bilimi, tekniği ve fen kurallarına titizlikle uymak gereklidir. Yığma yapılar ağır gövdeleri ve binlerce yıl denenmiş geleneksel taşıyıcı sistemleriyle pek çok kusuru bağışlayabilirler; ama hatalı yapılmış narin ve yüksek karkas yapıların hoşgörü sınırları daha dardır. Ülkemizde pek çok deprem sonrasında görülen yıkılmış betonarme yapılara karşın, çok az zarar görmüş yığma yapılar bu görüşün canlı kanıtlarıdır.



4. DEPREMİN YAPILARA ETKİSİ

Depremi yapıya etkileyen ek bir yük olarak düşünebiliriz. Depremler binaya yatay ve dinamik yükler uygularlar. Depremden dolayı binalara ek düşey yükler de gelir ancak bunlar ağırlık kuvvetlerine benzeyen dikkate ve hesaba alınmış yükler olup, yatay yükler kadar önemli değildirler.

Deprem sırasında zemin titreşim hareketi yapar ve yapıların temellerinde ani ötelenme ve dönmeler olur. Temelin bu hareketlerine binanın üst yapısı aynı anda ayak uyduramadığı için buralarda zıt yönde atalet kuvvetleri oluşur. Yapının her yeri titreşim yapmaya başlar, elemanlar değişik biçimler alır, her an değişen büyük kuvvetler, zorlanmalar ortaya çıkar. Sonuç olarak çok karmaşık bir mekanik olay söz konusudur.

Deprem sırasında meydana gelen yer sarsıntısı sırasında yer yüzünde yatay ve düşey yer ivmeleri meydana gelir. Yapılar için önemli olan yatay hareketlerin ivmeleridir. Bu ivmeler yapılarda yatay atalet kuvvetlerinin oluşmasına neden olur. Tıpkı ayakta duran bir kişinin bastığı halının aniden çekilmesi nedeniyle bu kişiyi yana deviren kuvvetler gibi. Yapıların depremde hasar görmemesi için bu kuvvetlere dayanıklı olması gerekir. Yapılarda deprem sırasında meydana gelen yatay kuvvetler yapının titreşim özellikleri ile yerin titreşim özelliklerinin etkileşimi sonucunda ortaya çıkar ve her yapı için farklıdır. Ülkemizde yürürlükte olan Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik'e (bundan sonraki kısımlarda bu yönetmelik ABYYHY olarak geçecektir.) göre birinci derece deprem bölgesinde yer alan 5-10 katlı bir binanın yatay yük dayanımının, ağırlığının en az %15'i kadar olması gerekir. Bu kadar yatay kuvvet altında yapıda hiçbir çatlak olmamalıdır. Diğer yandan ağırlığının %100'ü, yani kendi ağırlığına eşit olan yatay kuvvetler altında bile yapı yıkılmamalıdır, ancak onarılabilir ölçüde hasar görmesi kabul edilebilir. Birinci derece deprem bölgelerinde yer alan 5 ve daha yüksek katlı betonarme binalarda bu türlü bir deprem performansı

elde etmek için genellikle kolon ve kirişlerden oluşan çerçeveler yeterli olmaz, betonarme perde duvar kullanmak gerekir.

Sismoloji bilimi ve yapı mühendisliği bu karmaşık olayı teorik ve pratik alanda çözerek deprem karşısında dayanıklı, güvenli ve ekonomik yapıların tasarlanması ve hesaplanmasını amaçlar. Depremın yapılar üzerindeki etkisi ve yaptığı hasar derecesi şu etmenlere bağlıdır:

- a- Depremın enerjisi, magnitüdü, ivmesi
- b- Odak noktasının ya da episantr'ın yapının bulunduğu yere uzaklığı
- c- Depremın odak noktası ile deprem bölgesi arasındaki yer katmanlarının nitelikleri
- d- Depremın şiddeti. Bu kavram depremin belli bir bölgedeki algılanış ve görünüş biçimi olup yukarıdaki 3 maddeye çok sıkı bağlıdır.
- e- Yapının üzerine oturduğu zeminin niteliği (kayalık ve sert zeminler, yumuşak zeminlere oranla daha güvenlidir).
- f- Yapının biçimi, statik taşıyıcı sistemi, yapının yüksekliği, kat sayısı, yığma ya da karkas oluşumu, betonarme, ahşap yada çelik oluşu, temellerin ve statik sistemin rijitliği ya da esnek oluşu, yapısal ayrıntıları (konstrüktif detayları) gibi etmenler yani yapının kendisi, üzerine gelecek deprem kuvvetlerinin az veya çok olmasında etkilidir.

Depremlerin önceden tespiti için yapılan çalışmalar şu ana kadar herhangi bir olumlu sonuca ulaşamamıştır. Bu durumda geriye yapılacak edilecek tek bir iş kalmıştır, bu da depreme dayanıklı yapı yapılmasıdır. ABYYHY'de depreme dayanıklı yapıların tasarımı ile ilgili olarak getirdiği genel kurallar verilmiştir. Bu kurallar tüm dünyada uygulanan ve genel kabul görmüş prensiplere de uygundur. Buna göre hafif şiddetteki depremlerde 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 amacı ile yapıların kısmen veya tamamen yıkılmasının önlenmesidir.

5. BETONARME YAPI ELEMANLARININ DEPREM DAVRANIŞI

5.1. Betonarme Taşıyıcı Sistemler

ABYYHY 'de; yerinde dökme (monolitik) betonarme yapıların taşıyıcı sistemi aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır.

- a) Deprem yüklerinin tamamının çerçevesle taşındığı binalar
- b) Deprem yüklerinin tamamının bağı kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar
- c) Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar
- d) Deprem yüklerinin, çerçevesle ile boşluksuz ve/veya boşluklu perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar (karma sistemler)

Bunlara ek olarak, yüksek yapılarda yaygın olarak kullanılan "Tüp Sistemler" de vardır.

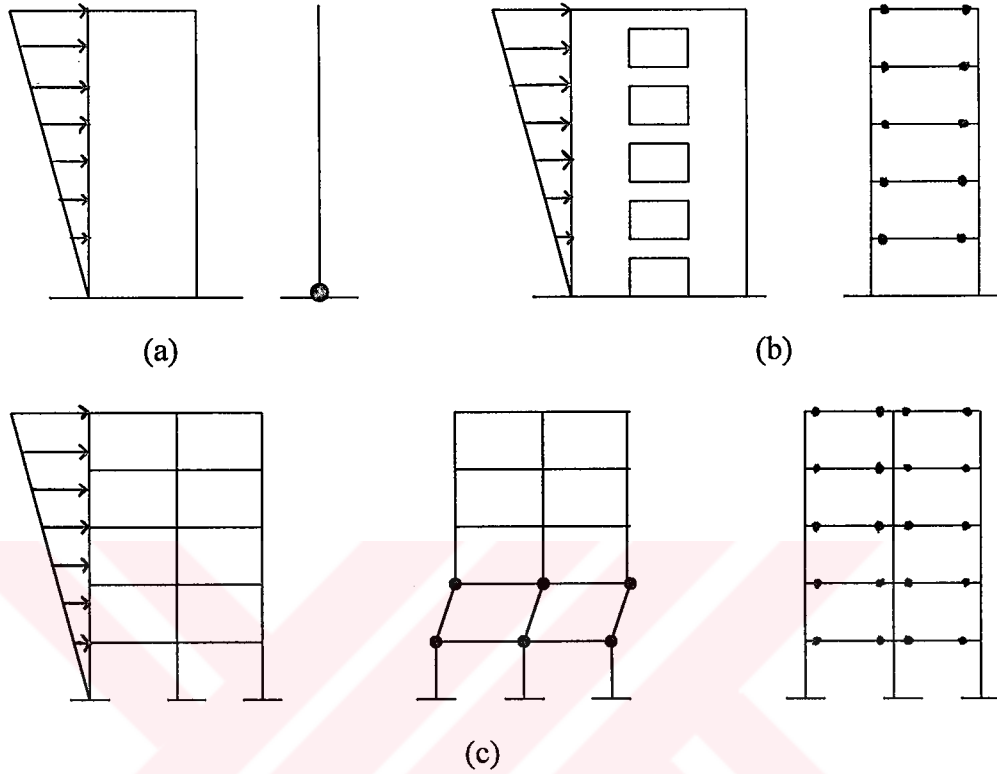
ABYYHY 'de yükleri azaltan "Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R" her sistem için ayrı ayrı verilmiştir. Çerçeve için $R=8.0$ alınırken, tüm deprem yüklerinin boşluksuz perdelerle taşındığı durumlarda $R=6.0$ kullanılması öngörülmektedir. Perde boşluklu olduğunda, davranış katsayısı 6.0'dan 7.0'a yükseltilmektedir.

Bu sistemler için neden değişik davranış katsayıları öngörüldüğü Şekil 5.1.'den anlaşılabilir. Şekil 5.1.a.'da gösterildiği gibi, deliksiz perde duvarlar göçme konumuna tabanda oluşan plastik mafsalla oluşur. Bu durumda tüm enerjinin tek bir mafsalda tüketilmesi gerekmektedir.

Şekil 5.1.b.'deki delikli perdede mafsallar bağı kirişlerinin uçlarında da oluştuğundan enerji tüketimi tek plastik mafsalda olmamaktadır. Bu nedenle $R=7.0$ 'dir.

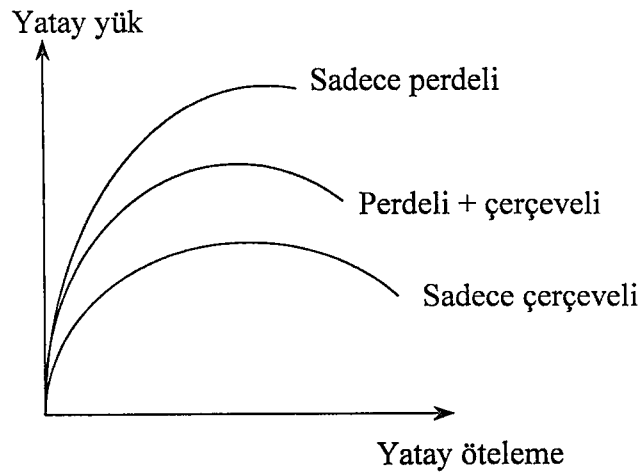
Çerçevesle taşıyıcı sistemler göçme konumuna Şekil 5.1.c.'de gösterildiği gibi değişik mekanizmalarla ulaşabilir. Kiriş kolondan sünek olduğundan sağda gösterilen

kiriş mekanizması tercih edilmelidir. Enerji birçok noktada tüketildiğinden bu tür sistem için yönetmelikte $R=8.0$ verilmiştir.



Şekil 5.1. Perde ve çerçeveli sistemlerde plastik mafsall oluşumu

Şekil 5.2.'de çerçeve veya perdeli taşıyıcı sistemlerin yatay yükler altındaki yatay ötelenmelerindeki farklılıklar gösterilmiştir.



Şekil 5.2. Taşıyıcı sistemlerin yatay yükler altındaki davranışı

5.2. Yapının Deprem Dayanımı İçin Sağlaması Gereken Koşullar

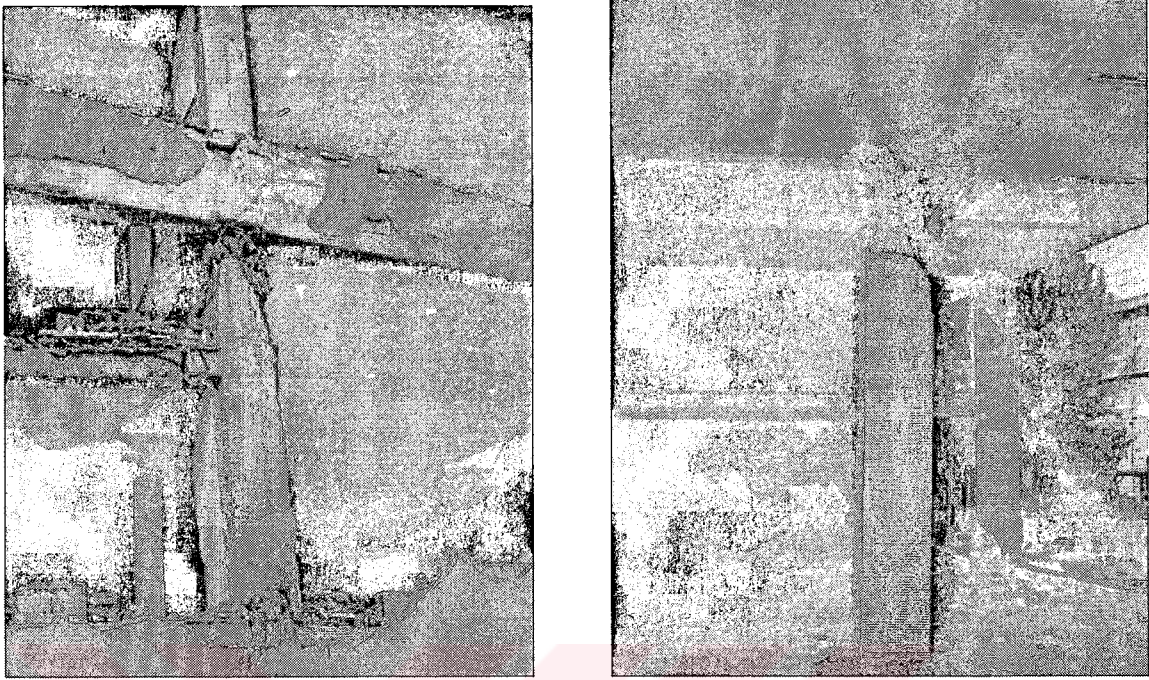
Depremi yapıya etkisi düşey yük etkisinden çok değişiktir. Deprem dinamik bir olaydır ve depremin yapıya etkisi yer hareketinin özellikleri yanında yapının dinamik özelliklerine bağlıdır (rijitlik, periyod, sönüm vb.). Yapının dinamik özelliklerini belirleyen rijitlik, bilindiği gibi malzemenin gerilme – deformasyon ilişkisi yanında, eylemsizlik momentine bağlıdır. Betonarme gibi, çatlayan, doğrusal elastik olmayan bir malzemedan yapılmış elemanların rijitliğini doğru olarak kestirebilmek oldukça zordur ve sağlam bir davranış bilgisini gerektirir.

Depreme dayanıklı yapı tasarımındaki temel varsayımlardan biri, yapının ender oluşan şiddetli bir deprem altında elastik sınırlar içinde kalmayacağı, çeşitli yerlerde donatısının akması ile plastik mafsallar oluşacağıdır. Bu tür depremde önemli olan insan hayatının korunması olduğundan, yapının ayakta kalması önemlidir. Yapısal hasarın oluşması doğaldır. Bu hasarında onarılabilecek düzeyde kalması elbette tercih edilir. Yapının bu konumda ayakta kalabilmesi yeterli enerji tüketebilmesi ile mümkündür. Enerji tüketimi en fazla büyük dönmelerin oluştuğu plastik mafsallarda oluşur. Depreme dayanıklı yapı tasarımı yapılırken bu husus unutulmamalıdır.

17 Ağustos 1999 Marmara Depreminde, Adapazarı bölgesinde taşıyıcı sistemlerin düğüm noktalarında meydana gelen plastik mafsallaşmadan dolayı birçok binada yıkılmalar meydana gelmiştir. Düğüm noktalarında plastik mafsal oluşan iki ayrı binaya ait fotoğraflar Şekil 5.3.'de gösterilmiştir.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında sağlanması gereken üç koşul vardır.

- a) Dayanım
- b) Süneklik
- c) Sınırlı yanal ötelenme (rijitlik)



Şekil 5.3. Düğüm noktalarında plastik mafsall oluşan binalar

5.2.1 Dayanım

Bilindiği gibi yönetmeliklerden elde edilen yatay yükler yapıya etkimesi beklenen yüklerden çok küçüktür. Yapının sünek davranacağı varsayımı ile gerçek yükler, davranış katsayısı olan R' ye bölünerek büyük oranda azaltılmaktadır. Bu nedenle, yönetmelik yüklerini kullanarak yapılan hesap sonucu elemanlarda hesaplanan iç kuvvetlere bakarak elamanın elastik kalıp kalmadığını kestirmek son derece yanlıştır. Gerçekçi yaklaşım, hesaplanan iç kuvvetleri bir yana bırakarak, kritik noktalarda donatının aktığını ve bu noktalarda kesitin moment kapasitesine ulaştığını varsaymaktır. Bu ilkeye göre kiriş ve kolon uçlarında plastik mafsall oluştuğu varsayılmıştır.

Betonarmede kesme kırılması eğilmeye oranla çok daha gevrek bir kırılma türü olduğundan, depremde kesme kırılmasının kesinlikle önlenmesi gerekir. Yapıya uzun bir süre içinde etkiyecek depremin yapıda oluşturacağı kuvvetleri gerçekçi olarak kestirmek mümkün olmadığından, yönetmelikte verilen deprem kuvvetine göre yapılan hesaplara dayanarak kesme kırılması olup olmayacağını gerçekçi olarak saptamak mümkün değildir. Yapıya etkiyecek gerçek kuvvetler kestirmenin mümkün

olmamasına karşın, eleman kapasitesinin yükten bağımsız olarak hesaplanması mümkündür. Bu durumda kiriş ve kolonun uçlarında mafsal olduğu varsayımı ile hesaplanacak moment kapasiteleri temel alınarak kesme kuvveti hesaplanabilir. Kesme hesabında bu kuvvet esas alındığında, artık elemanın kırılması mümkün değildir.

5.2.2. Süneklik

Yapıda büyük hasarların ve tümenden göçmenin önlenmesi, taşıyıcı sistemin yatay yük dayanımının büyük bir kısmını büyük elastik ötesi yer değiştirmelerde de devam ettirebilmesi ile mümkündür. Taşıyıcı sistemin veya elemanlarının veya kullanılan malzemelerin elastik ötesi davranışta da, şekil ve yer değiştirmeler artarken, dayanımının önemli bir kısmını söndürme özelliği süneklik olarak isimlendirilir. Sünek kavramı aynı zamanda büyük şekil ve yer değiştirme yapabilme, tekrarlı yüklemelerde enerji söndürebilme özelliğini de içerir.

Depremde en büyük hasar nedeni sünekliğin sağlanamaması olarak gözlenmiştir. Taşıyıcı sistemin sünek davranış göstermesi için kullanılan malzemeler sünek olmalıdır. Donatının kopma gerilmesinin öngörülen değeri sağlaması yanında kopma uzamasının da yönetmelikte verilen sınırın altına düşmemesi gerekir. Bunun yanında donatının basınç gerilmeleri altında da sünek davranış gösterebilmesi için burkulmaya karşı korunmuş olması önemlidir. Betonarme elemanların eğilme momenti altında donatının akma gerilmesine erişmesi sonucu meydana gelen güç tükenmesi sünektir. Buna karşılık kesme kuvveti altında eğik çekme gerilmeleri veya eğik basınç gerilmelerinin betonda oluşturduğu güç tükenmesi gevrek olarak meydana gelir.

Yapılar ilgili yönetmelikte Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler ve Süneklik Düzeyi Normal Sistemler olarak iki guruba ayrılmıştır. Süneklik Düzeyi Yüksek olan sistemlerde, oluşturulan yüksek süneklikten dolayı elastik deprem yüklerinin daha büyük bir katsayı ile azaltılması öngörülmüştür. Bir sistemin süneklik düzeyinin yüksek olabilmesi için özellikle aşağıdaki hususların sağlanması gerekir:

- Kiriş ve kolonlarda sık etriye düzeni kullanılarak, betonun hem dayanımı ve hem de sünekliği artırılmalıdır. Örneğin depremde en çok zorlanması beklenen kolon-kiriş birleşim bölgelerine yakın kiriş ve kolon kesitlerinde etriye sıklaştırılmasının yapılması gibi.

- Betonarme elemanlarda sünek güç tükenmesini, gevrek olandan daha önce ortaya çıkması sağlanmalıdır. Örneğin, kiriş ve kolon gibi elemanlarda ve birleşim bölgelerinde gevrek güç tükenmesi ortaya çıkaran kesme kuvveti kapasitesinin, sünek güç tükenmesi ortaya çıkaran eğilme momenti kapasitesinden daha yüksek tutulması gibi.

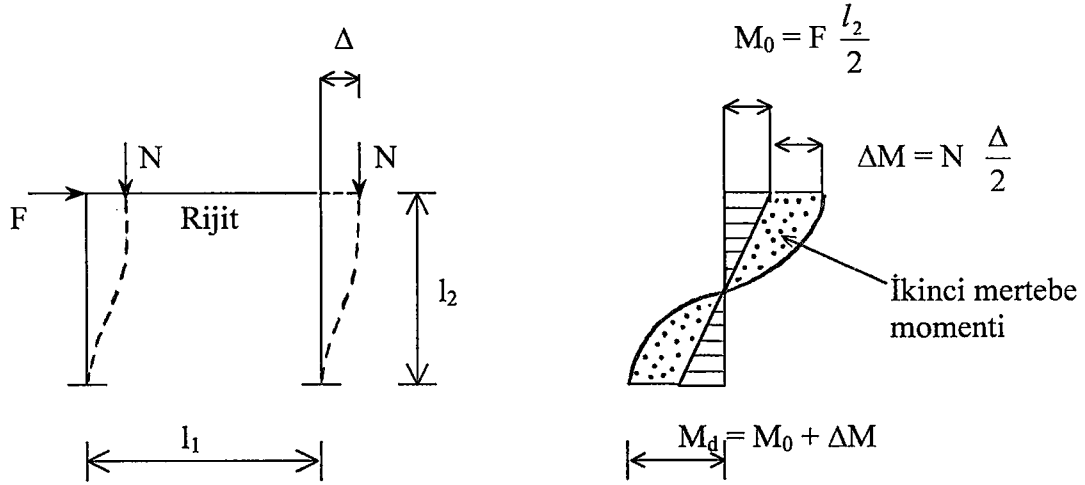
5.2.3. Sınırlı Yanal Ötelenme

Depremde katlar arası ardışık yer değiştirme büyük olduğu takdirde Şekil 5.4'de gösterildiği gibi hem $N_d(\delta)$ ile oluşacak ikinci mertebe momentleri artacak, hem de yapısal olmayan hasarın maliyeti çok artacaktır. Yapılan hesaplar ve deneyler katlar arası ardışık yer değiştirmenin 0.01'i geçmemesi gerektiğini göstermektedir. Doğrusal analiz yapıldığında ve yönetmeliğin öngördüğü yükler kullanıldığında, katlar arası ardışık yer değiştirmesi aşağıdaki sınırları aşmamalıdır.

$$\delta_i \leq 0.0035 h_i \quad (5.1)$$

$$\delta_i \leq 0.02 h_i / R \quad (5.2)$$

Sınırlı yanal ötelenmenin çok önemli olduğu özellikle son 10 yılda yapılan gözlemler ve deneylerle kanıtlanmıştır. Bu nedenle tasarımda, özellikle düşey taşıyıcıların boyutlarında cömert davranılması gerekmektedir. Başka deyişle yapının yanal rijitliğinin yüksek tutulması gerekmektedir.



Şekil 5.4. Depremde katlar arası ardışık yer değiştirme ve ikinci mertebe momentler

5.3. Betonarme Davranışı

Betonarme homojen olmayan ve davranışı doğrusal elastik olmayan bir yapı malzemesidir. Davranışın zamana ve yük geçmişine de bağlı olması sorunu daha da karmaşık bir duruma sokar ve ideal malzeme varsayımı ile geliştirilen hesap yöntemlerini geçersiz kılar.

5.3.1. Kiriş davranışı

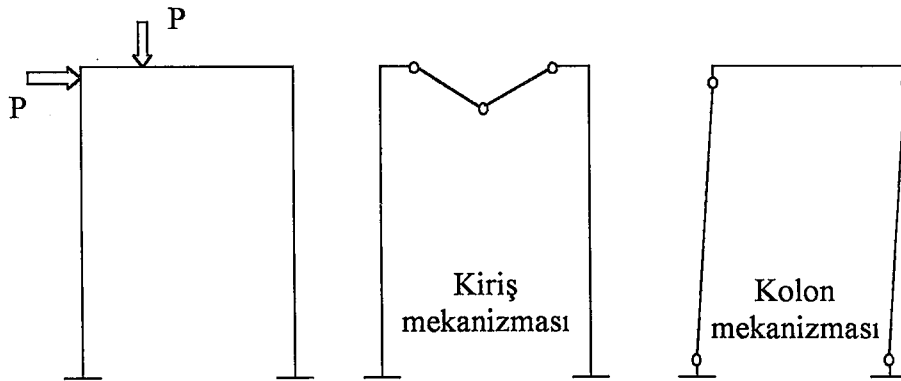
Eğilme altındaki kiriş davranışında donatının önemi büyüktür. Yönetmelikte donatı oranı sınırlanarak kirişin sünek davranması sağlanmıştır. "Denge altı" olarak adlandırılan bu kirişin davranışına donatı hakimdir. Eğilme çatlama düşük yükler altında oluşur ve kirişin eğilme rijitliğini %30 oranında azaltır. Betonarmede çatlaklar asal çekme gerilmelerine dik yönde oluşur, bu nedenle kesmenin büyük olmadığı yörelerde eğilme çatlakları eksene diktir ve çatlak genişliği çekme bölgesinden basınç bölgesine doğru azalır. Donatı çatlamaı önleyemez. Yeterli ve iyi yerleştirilmiş donatı çatlak genişliğinin kabul edilebilir düzeyde kalmasını sağlar.

Herhangi bir kiriş eğilme altında taşıma gücüne basınç bölgesindeki betonun ezilmesi ile ulaşır. Yönetmeliğin öngördüğü denge altı kirişlerde beton ezilme konumuna ulaşmadan çok önce donatı akmıştır. Donatının daha önce akması, kirişin sünek davranmasını sağlar.

Donatı aktıktan sonra birim eğrilik, dolayısıyla sehim sabit varsayılabilir bir moment altında hızla artar. Bu davranış “plastik mafsalsal” olarak adlandırılır. Plastik mafsalsalın klasik mafsaldan tek farkı, serbest dönmeye sabit bir moment altında olmasıdır. Plastik mafsallaşma, yani sabit moment altında birim dönmeye hızla artması moment uyumuna yol açar, diğer bir kesitte moment artarken mafsallaşan kesitte sabit kalır. Çerçeve göçme konumuna üç mafsalsal oluştuğundan sonra ulaşır (Şekil 5.5.). Göçme durumuna geldiğinde oluşacak moment diyagramı doğrusal çözümlenmeden elde edilecek diyagramdan çok farklı olabilir. Kirişin herhangi bir kesitindeki taşıma gücü momenti basit olarak aşağıdaki denklemle gösterilebilir.

$$M_u = A_s f_y d \quad (5.3)$$

Kirişin herhangi bir kesit için f_y ve d sabit olduğundan ve j' deki değişim çok az olduğundan, taşıma gücü momentinin A_s ile orantılı olduğu söylenebilir.



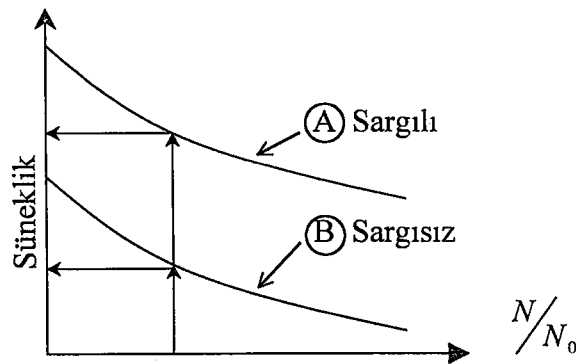
Şekil 5.5. Kolon ve kirişlerde plastik mafsalsal oluşum mekanizmaları

Betonarme bir kirişin eğilme yerine kesmeden kırılması gevrek bir kırılmaya yol açar. Eğilme yanında kesmenin önemli olduğu durumlarda asal çekme gerilmeleri eğik yönde oluşacağından, kesme çatlakları kiriş eksenine yaklaşık 45° bir açıda oluşur.

Kiriş hesabı yapılırken kesme kırılmasının önlenmesi için, kesme kapasitesinin eğilmeden fazla olması gerekir. Bu da yeterli etriye bulundurmakla sağlanır. Kirişlere konacak iyi detaylandırılmış kapalı etriyeler kesme kapasitesini artırdığı gibi, eğilmede akma sonrası sünekliği de önemli ölçüde artırır.

5.3.2. Kolon davranışı

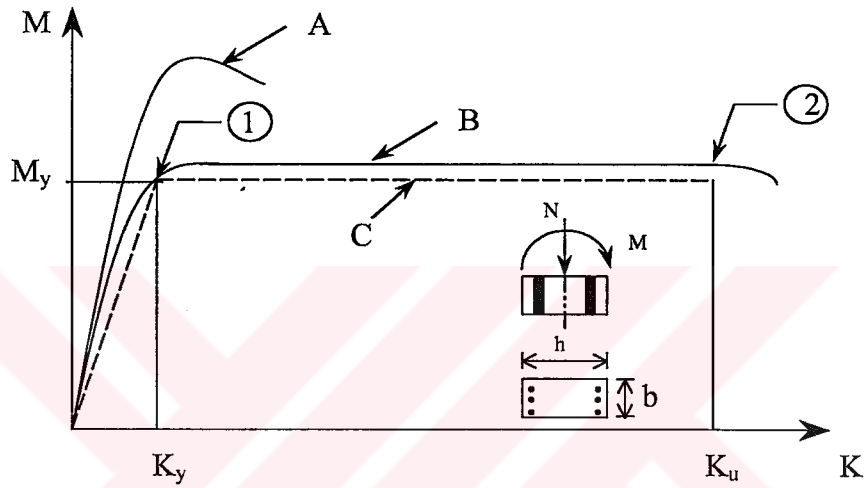
Eğilme ve eksenel basınç altındaki bir eleman kırılma konumuna iki biçimde ulaşabilir. Eğer eksenel yük düzeyi düşükse, kırılma biçimi denge altı kirişe benzer, başka bir deyişle önce çekme donatısı akar, sonra basınç bölgesindeki beton ezilir. Davranış oldukça sünektir ve bu süneklik eksenel yük düzeyi arttıkça azalır. Büyük eksenel yükler altında kırılma, çekme donatısı akmadan basınç bölgesindeki betonun ezilmesiyle oluşur. Bu tür kırılmada süneklik yoktur. Özetlemek gerekirse kolonlarda süneklik eksenel yük düzeyine bağlıdır. Kolonun eksenel yük kapasitesi N_0 olarak tanımlanırsa, sünekliğin N/N_0 oranı arttıkça azaldığı söylenebilir. Bu azalma Şekil 5.6.'daki (a) eğrisi ile gösterilmiştir. Kolonun sünekliğini arttırmanın bir yolu, N/N_0 oranı düşük tutmaktır. Bu da kesit boyutlarını arttırarak sağlanabilir. Kolon sünekliği sargı donatısı ile de arttırılabilir. Bu artışın ne denli olabileceği Şekil 5.6.'daki (b) eğrisinden izlenebilir.



Şekil 5.6. Süneklik – eksenel yük düzeyi ilişkisi

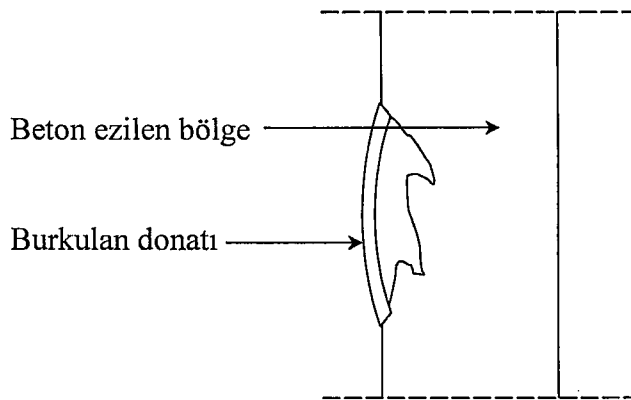
Bileşik eğilme altındaki bir kesitin moment – eğrilik ilişkisi, kesitteki eksenel yük düzeyine göre değişir. Şekil 5.7.' de bileşik eğilme altındaki bir kesitin, yüksek ve

çok düşük düzeyde aksenal yükler altındaki moment – eğrilik ilişkileri gösterilmiştir. Şekildeki (a) eğrisi, aksenal yükün büyük, (b) eğrisi ise aksenal yükün çok düşük düzeyde olduğu durumlar için geçerlidir. Moment – eğrilik eğrisi altında kalan alan, kesitin enerji yutma kapasitesini gösterir. Bu durumda, sünek davranışı simgeleyen (b) eğrisi ile tüketilen enerjinin, gevrek davranışı simgeleyen (a) eğrisinden çok daha büyük olduğu açıktır. Bu nedenle, deprem gibi enerji yutma kapasitesinin çok önemli olduğu yerlerde, aksenal yükü düşük tutmak yararlıdır.



Şekil 5.7. Moment – eğrilik ilişkisi

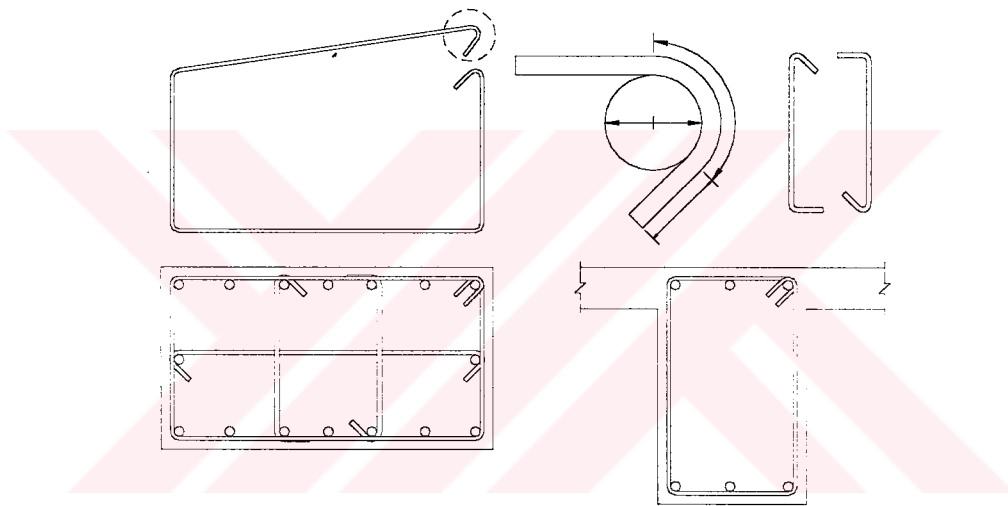
Kolonun taşıma gücüne basınç bölgesindeki betonun ezilmesi ile ulaşacağı daha önce söylenmişti. Betonun ezilmesi ile tüm basınç almak zorunda kalan boyuna donatı bu konumda burkulur (Şekil 5.8.). Burkulma, sık yerleştirilmiş sargı donatısı ile geciktirilebilir.



Şekil 5.8. Kolonda betonun ezilmesi ile donatının burkulması

Kolonlar özellikle yanal yükler altında büyük kesme kuvveti alabilirler. Bu tür kolonların kesmeden kırılması mutlaka önlenmelidir. Bu yeterli ve iyi düzenlenmiş kesme donatısı (etriye) ile sağlanır.

Kolon etriyesinin sargı olarak etkili olabilmesi için etriye uçlarının Şekil 5.9.'da gösterildiği gibi göbeğe bükülerek kenetlenmesi gerekir. Etriye kenetlenmesi 90° yapıldığı takdirde basınç altında uçlar açılacak ve etkili bir sargı sağlanamayacaktır.

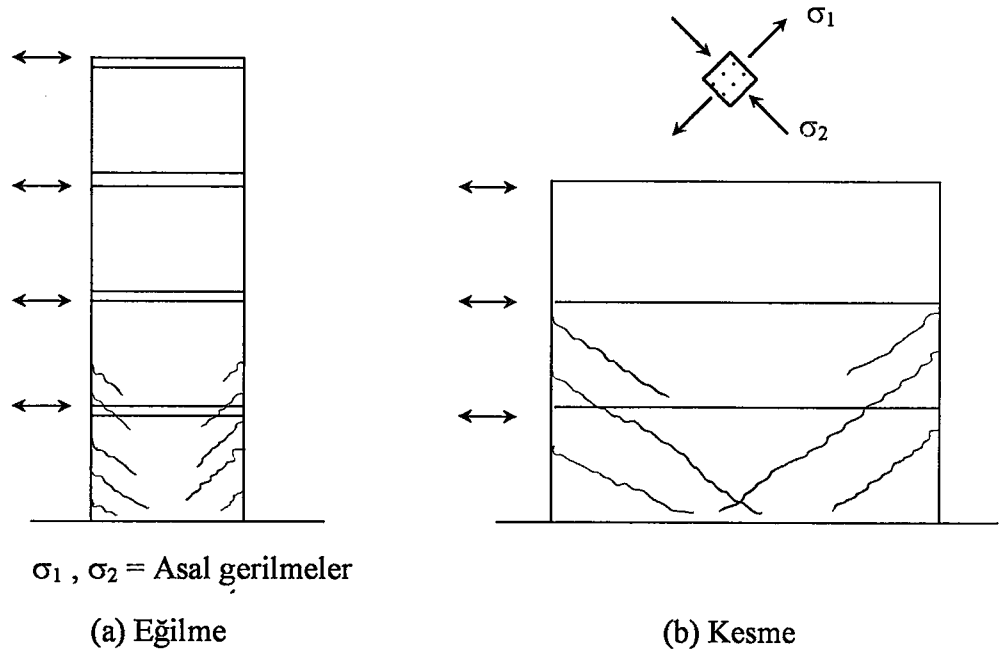


Şekil 5.9. Etriye sarılması

5.3.3. Perde davranışı

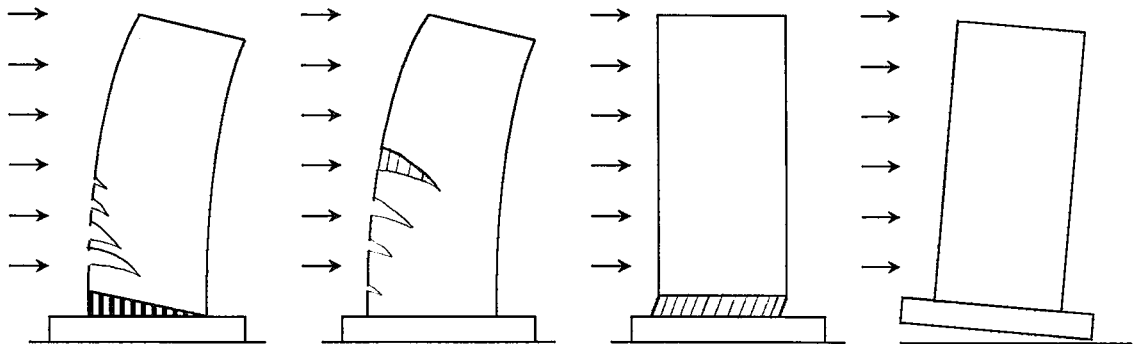
Perde kırılma konumuna kesme veya eğilme nedeni ile ulaşabilir. Eğilme kırılmasına Şekil 5.10.a.'da gösterildiği gibi oluşan eğilme çatlağı boyunca donatının akması ile ulaşılır. Kesmenin davranışına hakim olduğu durumlarda asal çekme gerilmelerine dik yönde oluşan eğik çatlaklar kırılmaya neden olur (Şekil 5.10.b.).

Asal basınç gerilmelerinin yüksek olduğu durumlarda perde gövdesine eğik yönde ezilme olur ve donatı burkular.



Şekil 5.10. Perde davranışı

Konsol perdelerin göçme biçimleri Şekil 5.11.'de gösterilmiştir. Bunlardan ilki, perdenin en büyük moment kısmında elastik ötesi şekil değiştirmeler artarak kesit göçmesinin oluşmasını göstermektedir. Sünek türde olan bu göçmenin dışındaki, eğik çekme gerilmelerin etkisiyle göçme, iş derzinde toptan kayma göçmesi veya donatı bindirme eklerinin ve kenetlenme boylarının çözülmesinden oluşan göçme gevrek olduğundan önlenmelidir. Bunlar gibi temelde eğilme momentinin karşılanamaması nedeniyle oluşan devrilme göçmesi de, ani olarak ortaya çıkar türdendir.



Şekil 5.11. Perde göçme biçimleri

6. BETONARME YAPILARDA DEPREMDEN DOLAYI OLUŞAN HASARIN NEDENLERİ VE TÜRLERİ

6.1 Betonarme Yapılarda Depremden Dolayı Oluşan Hasarın Nedenleri

Ülkemizde son otuz yılda betonarme binalara gözlenen yapısal hasarın çok büyük bir çoğunluğu aşağıdaki üç nedenden kaynaklanmaktadır.

- a – Depreme uygun olmayan mimari tasarım ve depreme uygun olmayan veya zayıflıklar içeren taşıyıcı sistemler
- b – Donatı detayının yetersiz veya hatalı olması
- c – Yapım hataları

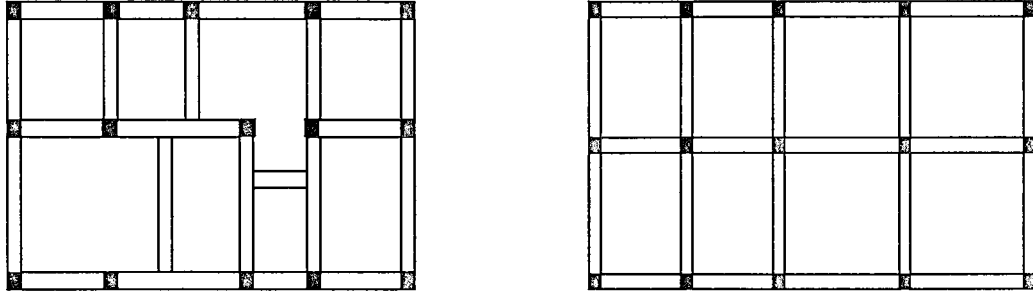
Son Marmara Depreminde bu üç nedene bir önemli neden daha eklenmiştir, zeminden kaynaklanan sorunlar. Bilindiği gibi Adapazarı'nda zemin sıvılaşma nedeniyle bazı binalarda önemli oturmalar, dönmeler ve göçmeler oluşmuştur.

6.1.1. Binanın geometrisi ve taşıyıcı sistemler

Bir binanın deprem dayanımı mimari tasarım aşamasında başlar. Örneğin, planda simetrisi olmayan, kat alanları yükseklik boyunca büyüyen binalar deprem dayanımı açısından olumsuzluklar içermektedir.

Taşıyıcı sistemde ise, mimari nedenle çerçevelerin süreksiz olması (Şekil 6.1.) yapının, depremin oluşturduğu eylemsizlik kuvvetlerini güvenle taşımasını çok olumsuz olarak etkiler.

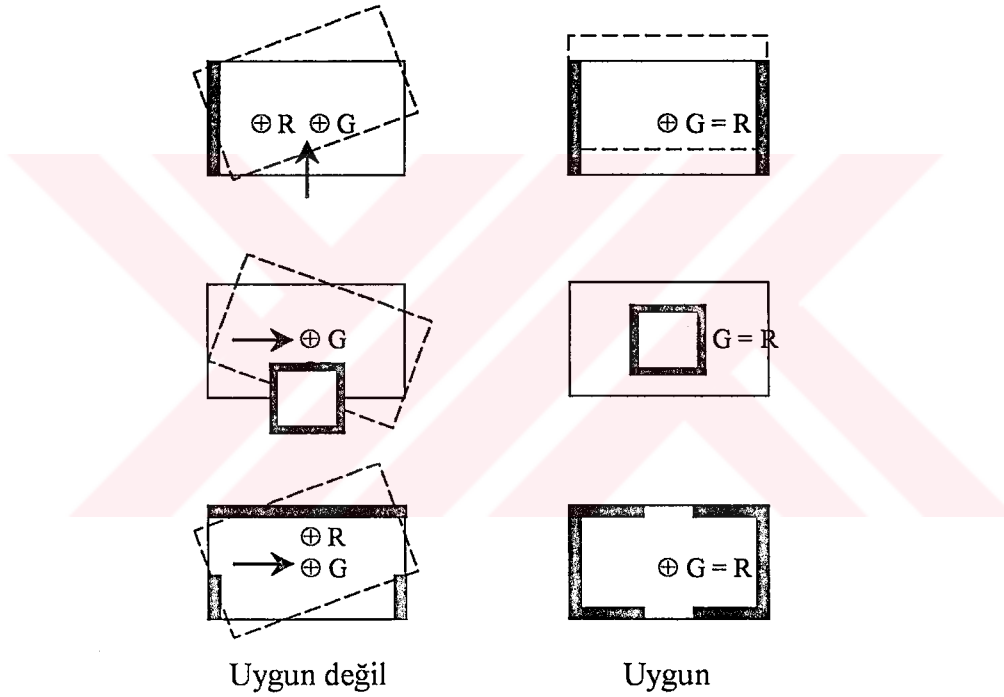
Yapıda simetri olmaması burulma momentlerinin oluşmasına neden olur. Burulma momentleri, özellikle çerçeve kolonlarına ek kesme kuvvetleri getirir. (Şekil 6.2.)



Uygun değil

Uygun

Şekil 6.1. Mimari nedenle çerçevede süreksizlik



Uygun değil

Uygun

Şekil 6.2. Simetri düzensizliği

Ülkemizde rastlanan en yaygın hasar, yumuşak veya zayıf kattan kaynaklanmaktadır. Deprem Yönetmeliğine göre, herhangi bir hattaki etkili kesme alanının bir üsttekine oranı 0.8'den az ise, zayıf kat oluşur. Yumuşak kat ise bir katın diğerlerine göre daha az rijit olmasından kaynaklanır. Konut olarak kullanılan binaların zemin katlarının ticari amaçlı kullanılmak istenmesi nedeni ile bu katlardaki dolgu duvarlarının kaldırılması ve kat yüksekliğinin diğer katlara oranla daha fazla olması yumuşak kat ya da tehlikeli kat sorununu gündeme getirmektedir. Taşıyıcı sistem

hesaplarında dolgu duvarların rijitliğinin katkısı ihmal edilmektedir. Bu nedenle deprem sırasında dolgu duvarları takviye güç olarak devreye girmektedir. Ancak ihmal edilen bu rijitlik yumuşak kat durumunda yapının depreme karşı olan davranışını negatif yönde etkilemektedir. Deprem sırasında üst katlar rijit cisim hareketi yapmakta, zemin kat ise oluşan büyük kesme kuvvetlerini karşılayamamakta ve göçme meydana gelmektedir. Ayrıca bu durum ani rijitlik değişiminin olduğu katlarda da zayıf kat olarak karşımıza çıkmaktadır. Yumuşak kat probleminden kurtulmanın en iyi yolu bu uygulamayı yapmamaktır. Çok zorunlu hallerde bir takım güçlendirme düzenlemeleri ile bu problem en aza indirgenebilir.

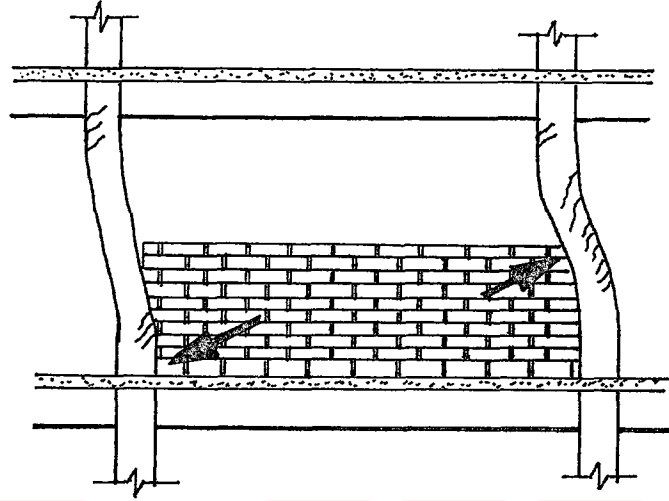
17 Ağustos 1999'da yaşanan deprem sonrasında bölgede yumuşak veya zayıf kattan dolayı hasara uğramış birçok bina bulunmaktadır. Şekil 6.3.'de yumuşak kattan dolayı hasar görmüş bir binanın fotoğrafı gösterilmiştir.



Şekil 6.3. Yumuşak kattan dolayı hasara uğramış bir bina

Diğer bir sistem zayıflığı da kısa kolondur. Cephe düzenlemelerinde band pencere uygulaması sık olarak kullanılmaktadır. Bir kolondan diğer bir kolona kadar oluşturulan band pencere düzenlemesi nedeni ile kolon boyları taşıyıcı sistem hesaplarında dikkate alınan boya göre oldukça kısa olmaktadır. Bu nedenle kolonun öngörülen rijitlik değerinden çok daha yüksek rijitlikler ile karşılaşmaktadır. İç kuvvetlerin dağılımında önemli olan bu yüksek rijitlik nedeniyle kolonda aşırı kesme

kuvvetleri oluşmakta ve kolonda onarımı mümkün olmayan hasarlar meydana gelmektedir (Şekil 6.4.).



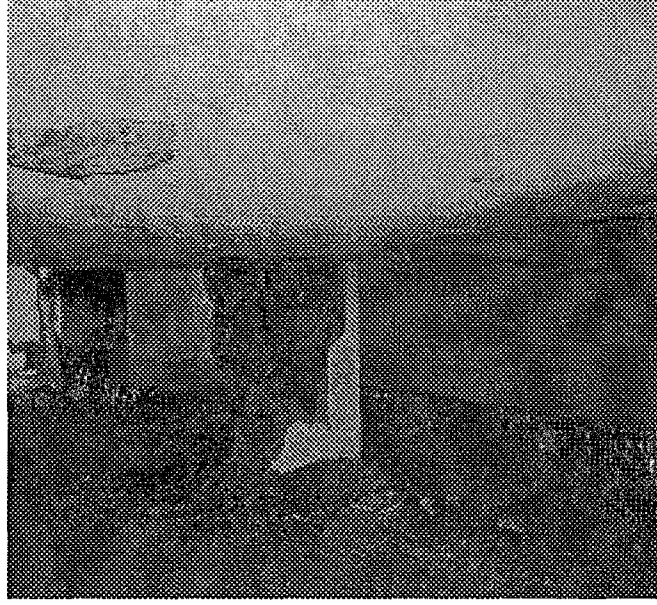
Şekil 6.4. Kısa kolon

Herhangi bir kolon deprem etkileri altında her iki ucunda da taşıma gücüne erişebilir. Bu durumda uçlardaki moment kapasiteleri M_{pi} ve M_{pj} olursa, kolonu zorlayan kesme kuvveti aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$V_e = \frac{M_{pi} + M_{pj}}{l_n} \quad (6.1.)$$

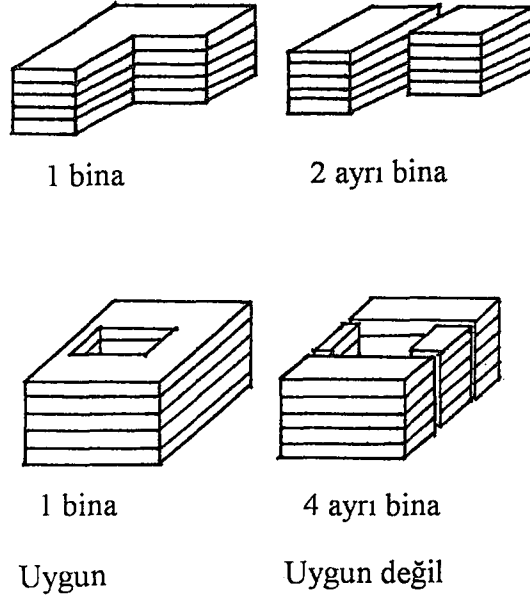
Kolonun kesit boyutları ve donatısı sabit tutulursa M_{pi} ve M_{pj} sabit kalır. Bu kolonun boyu üçte birine indirilirse, Denklem (6.1.)'den elde edilen kesme kuvveti üç katına çıkar. Kısa kolon sorunu, boy kısalması ile aşırı büyüyen kesme kuvvetidir. Çok kısa kolonlarda, sık etriye yerleştirilirse bile oluşan kesme kuvvetini karşılamak mümkün değildir.

Kısa kolon uygulamasının ülkemizde çok sık rastlanılmamasını bir avantaj olarak değerlendirebiliriz. Ancak deprem bölgesinde az da olsa bulunan bu tür yapılarda, kısa kolondan dolayı oluşan hasarlar oluşmuştur. Kısa kolon hasarını gösteren bir örnek, Şekil 6. 5.' de gösterilmiştir.



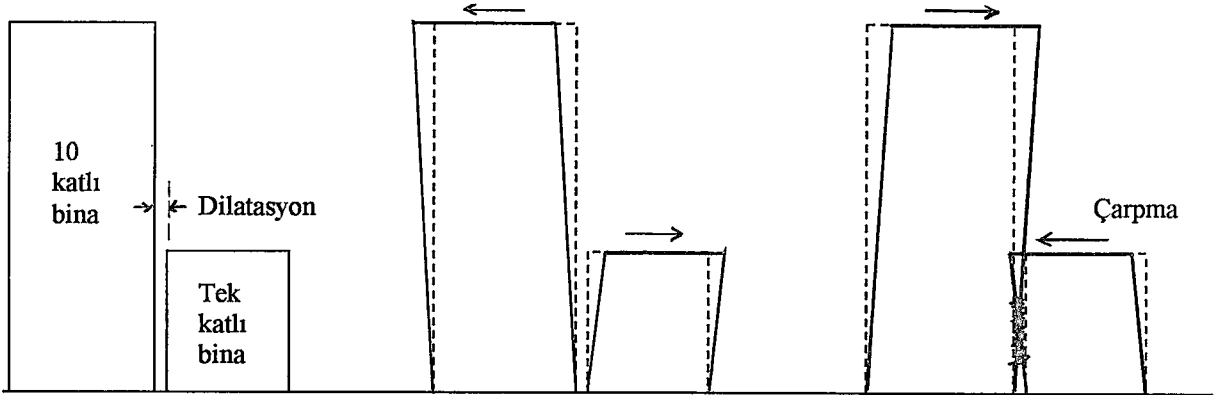
Şekil 6.5. Kısa kolon hasarı

Diğer bir olumsuz durum ise planda düzensiz binalardır. Planda L, T, H, v.b. şeklindeki binalar taşıyıcı sistemi düzensiz bina sınıfına girmektedir. Bu tür binalar derzler düzenlemek sureti ile dikdörtgen şekilli bloklara ayrılmalıdırlar (Şekil 6.6.). Plan şekilleri mümkün olduğunca simetrik olarak düzenlenmelidir.



Şekil 6.6. Planda düzensiz binalar

Her yapının bir salınım periyodu vardır. Bunun için yapılar deprem sırasında aynı yönde salınım göstermedikleri zaman birbiriyle çarpışarak yapının hasar görmesine sebep olmaktadır. Bu sebepten dolayı ABYYHY’de bina blokları arasındaki derz boşluğu ile ilgili maddeler verilmiştir.



Şekil 6.7. Deprem derzleri yetersiz binanın çarpışması

Derz ile ayrılmamış bir binada meydana gelen hasarla ilgili fotoğraf Şekil 6.8.’de gösterilmiştir. Binanın birinde oluşan hasar derz ile ayrılmayan ikinci kısımda da devam etmektedir.



Şekil 6.8. Derz ile ayrılmayan yapıda meydana gelen hasar

Kütlesel simetrisinin yanında taşıyıcı elemanların yerleşimi bakımından da simetri tercih edilmelidir. Aksi halde rijitlik merkezi ile kütle merkezinin planda çok farklı yerlerde olmalarından dolayı yapı taşıyıcı sistem elemanlarında burulma etkileri nedeni ile ek iç kuvvetler meydana gelecektir. Düşey taşıyıcı sistem elemanları, kendi düzlemleri içinde son derece rijit olan döşeme sistemi sayesinde birlikte yatay yer değiştirme yapmaktadırlar. Bu nedenle döşemelerde büyük oranlarda süreksizlikler bulunmamalıdır. "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" de planda boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olmaması istenmektedir. Mimari kaygılar nedeni ile planda kolonlar her iki yönde de kirişlerle birbirlerine bağlanmamaktadır. Bu şekildeki düzenlemeler taşıyıcı sistemin deprem sırasındaki performansını olumsuz yönde etkilemektedir.

6.1.2. Donatı detayı yetersizliği

Son yedi yılda oluşan 4 deprem sonrasında hasara veya göçmeye neden olan donatı detayı ile ilgili kusurlar aşağıda sıralanmıştır.

- Donatı kenetlenme boyunun yetersiz olması. Genelde, mesnette altta bulunan kiriş donatısının kenetlenme boyu yetersiz olmaktadır. Bunun nedeni, proje mühendisinin depremdeki tersinme dolayısıyla bu donatının da çekmeye çalışabileceğini göz ardı etmesidir.
- Kiriş ve kolon uçlarındaki etriye sıklaştırılması yapılmadığından bu bölgelerde sargı donatısı etkisi oluşturulamamaktadır. Bu durumda, depremde plastik mafsallık oluşma olasılığı olan bölgeler sarılmadığından yeterli sünekliğe sahip olmayan bu kesitler enerji tüketememekte ve kırılarak göçmeye neden olmaktadır. Bu tür kırılma, katların iskambil kağıdı gibi göçmesine neden olduğundan insanların binadan sağ çıkma olasılığı da azalmaktadır.

Unutulmaması gereken, şiddetli depremlerde binanın ayakta kalabilmesi yeterli enerji tüketimine bağlı olduğudur. Enerji tüketimi sünekliğe, süneklik de eleman uçlarındaki sargı donatısına bağlıdır.

Sargı donatısı olarak yerleştirilen etriyelerin uçları, 135° bükülerek çekirdeğe yerleştirilmelidir. Ülkemizde bu yapılmamaktadır. 90° bükülmesi ile etriye uçlarının kenetlenmesi kabuk betonu içinde kalmaktadır. Kabuk dökülünce etriye açılmakta ve sargı etkisi yok olmaktadır. Etriye uçlarının 135° bükülmemesi ile etriyelerin açılması ve kolon boyuna donatılarının burkulması sonucu hasar meydana gelen kolona ait fotoğraf Şekil 6.9.'da gösterilmektedir.



Şekil 6.9. Kolonda meydana gelen hasar

Kolon boyuna donatısındaki bindirmeli ekler olabildiğince kat yüksekliği ortasında yapılmalıdır. Kat düzeyinde oluşturulan bindirme ekleri, momentin en büyük olduğu yerlere rastlamaktadır. Ülkemizde genelde bindirme boyu da yönetmeliğin öngördüğünden kısa olmaktadır. Bindirmeli ekler kat düzeyinde yapılacaksa, her bir katta %50'sinden fazlası eklenmeli, yeterli bindirme boyu sağlanmalı ve bindirme boyunca sık yerleştirilmiş sargı donatısı bulundurulmalıdır.

6.1.3 Yapım hataları

Yapım aşamasında oluşan kusurları iki grupta toplayabiliriz.

- Beton kalitesinin kötü olması nedeniyle, dayanım küçük çıkmakta, betonun aderans özelliği kaybolmaktadır.
- Donatı detayı projeye uygun yapılmamakta ve Bölüm 6.1.2.'de irdelenen ve donatıdan kaynaklanan kusurlar genelde yapım aşamasında oluşmaktadır.

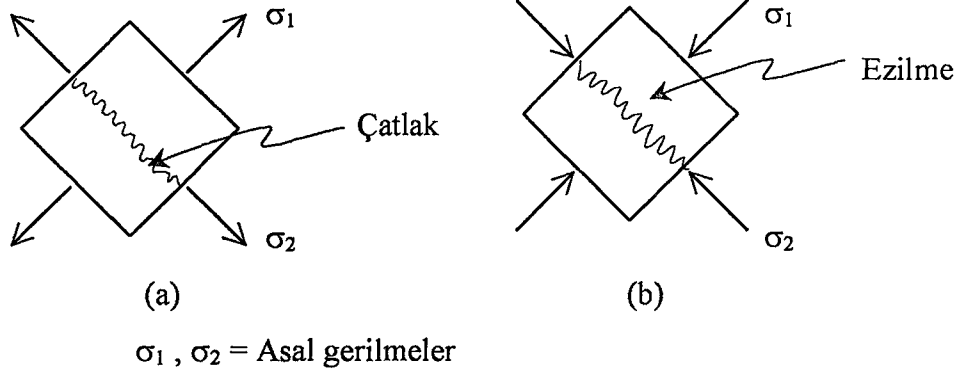
6.2. Sık Gözlenen Hasar Türleri ve Bunların Önemi

6.2.1. Betonarmede çatlama ve ezilme

Beton, basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı ise düşük bir malzemedir. Betonarmede, bu nedenle çekme gerilmelerini alma görevi donatıya yüklenir. Betonarmede bir elemanda en dış lifindeki birim uzama 0.0001 – 0.00015 büyüklüğüne ulaştığında beton çatlar. Gerilme cinsinden çatlama dayanımı Denklem 6.2.'deki gibi ifade edilebilir.

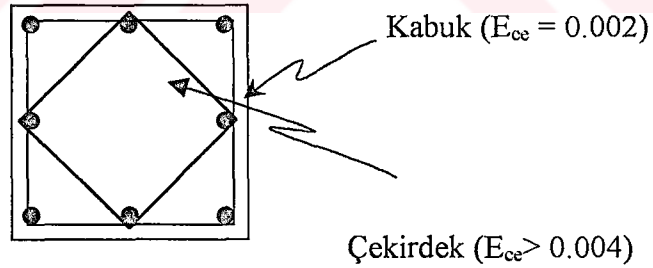
$$f_{ct} = 1.1\sqrt{f_{ck}} \quad (6.2.)$$

Şekil 6.10.a'da gösterildiği gibi betonda çatlak, asal çekme gerilmelerine dik yönde oluşur. Donatı çatlamaı önlemez, ancak bilinçli ve doğru yerleştirilmiş donatı, çatlağın genişlemesini önleyerek kılcal düzeyde kalmasını sağlar. Donatı, olabildiğince asal çekme gerilmeleri doğrultusunda yerleştirilmelidir. Çatlama, betonun çekme dayanımının düşük olması nedeniyle doğal bir olaydır.



Şekil 6.10. Asal gerilmeler doğrultusunda oluşan çatlak ve ezilme

Betonun basınç dayanımı yüksektir. Çekme gerilmelerinin yeterli donatı ile karşılanmadığı durumlarda, asal basınç gerilmeleri doğrultusunda birim kısılma büyük değerlere ulaşarak betonun ezilmesine neden olabilir (Şekil 6.10.b.). betonun birim ezilme kısılması birçok değişkene bağlıdır. Bunların içinde en önemlilerinden biri sargı etkisidir. Sargı, betonun ezilme birim kısılmasını yükseltir. Ezilme birim kısılması sargısız betonda (kabuk beton) 0.002 dolaylarında iken, sargılı betonda (çekirdek beton) bu değer 0.004 veya daha yüksek olur (Şekil 6.11.).



Şekil 6.11. Kabuk ve çekirdek beton

6.2.2. Hasar türleri

Çok sık rastlanan hasar türlerinden kısaca bahsedecek olursak;

- Kirişlerde eğilme veya kesme hasarları yaygındır. Kirişin eğilmeden ağır hasarlı sayılabilmesi için mesnet dolaylarındaki çatlakların çok genişlemiş olması gerekir. Çatlak genişliğinin 1 – 2 mm'yi aşmış olması donatının akmış olduğunu kanıtlar. Donatı akma konumuna ulaştıktan sonra kolon yüzüne yakın betonda ezilme ve daha ileri aşamada boyuna donatıda burkulma görülür.

- Kirişte, eğik kesme çatlakları varsa ve bu çatlaklar genişlemişse, ağır hasar vardır. Geniş kesme çatlaklarının varlığı tehlikeye de işaretir.

- Kolonlarda eğilme çatlakları genişlemişse o bölgede boyuna donatı akmış demektir. Daha ileri bir aşamada beton ezilmiş ve boyuna donatı burkulmuşsa, hasar ağırdır.

- Kolonlarda oluşan eğik kesme çatlakları, o bölgede yeterli etriye yoksa ani ve gevrek kırılmaya neden olur. Kolonda gelişmiş, genişlemiş kesme çatlakları ağır hasarın işaretidir.

- Perde duvarlarda Şekil 5.10.a.'da gösterilen türde çatlaklar, eğilme çatlaklarıdır. Çatlaklar genişlemişse, donatı akma konumuna erişti demektir. Eğer duvardaki eğilme çatlakları nedeniyle donatı akmış ve perde uçlarındaki beton ezilmeye başlamışsa, hasar ağırdır. Özellikle boyuna donatıda gözlenen burkulma, ağır hasar işaretidir.

- Perde duvarda Şekil 5.10.b.'de gösterilen türde eğik kesme çatlakları oluşabilir. Bunlar kılcal düzeyde kalırsa, kritik değildir. Geniş eğik çatlaklar ağır hasar olarak nitelendirilir.

7. BETONARME YAPILARIN ONARIMI VE GÜÇLENDİRİLMESİ

Onarım ve güçlendirmeye başlamadan önce binanın mevcut durumunun doğru olarak saptanması gerekir. Bu nedenle her şeyden önce binanın rölevesinin yapılması gerekir. Çalışmalar için iki tür röleve gerekmektedir.

- a) Mimari röleve (bölme duvarlar, kullanım v.b.)
- b) Taşıyıcı sistemin rölevesi

Binanın projesi mevcutsa bile yerinde yapılacak ölçümlerle projeye uyulup uyulmadığı saptanmalıdır. Taşıyıcı sistem rölevesinde tüm kiriş, kolon ve perdelerin gerçek boyutları ile konumları saptanmalı, gözlenen bozukluklar ve hasar bu röleveye işlenmelidir. Hasar işlenirken türü belirtilmelidir. Bunlarla beraber taşıyıcı sistem rölevesinde gerekirse donatıda tespit edilmelidir. Beton dayanımı alınacak karotlarla ve tabanca okumaları ile saptanmalıdır. Karotlar taşıyıcı elemanlara zarar vermeyecek yerlerden alınmalıdır. Karotlar test edilmeden önce mutlaka incelenmeli, hasarlı olanlar dikkate alınmamalıdır ve çapı 150 mm'den küçük ise dayanım boyut etkisi dikkate alınmalıdır.

Hasar görmüş bir yapıda onarım yapılmadan önce mutlaka hasar nedeni ile ilgili gerçekçi bir teşhis yapılmalıdır. Teşhis yapılmadan yapılan onarımın veya güçlendirmenin yararlı olacağı kuşkuludur. Bazı durumlarda teşhis yapılmadan yapılan yanlış onarım veya güçlendirmeler yarar yerine zarar bile getirebilir.

Depreme karşı yapılacak onarım ve güçlendirmede belgeler üzerinde ve yerinde yapılacak incelemeler tamamlandıktan sonra, mevcut yapıdaki yapı güvenliğinin saptanması gerekir. Bu saptanma yapılırken, dayanım, süneklik ve sınırlı yanal ötelenmeler temel alınmalıdır. Onarım veya güçlendirme yapılarak değiştirilen yapı için de bu koşulların sağlandığı mutlaka kanıtlanmalıdır.

7.1. Güçlendirme Projesinin İlkeleri

Güçlendirme işlemi değişik sistemler kabul edilerek yapılabileceği gibi, belirli bir sistemin projelendirilmesinde de değişik boyutlandırma ilkeleri kullanılır. Güçlendirme projesinin hazırlanırken bu ilkelerle beraber binanın mevcut durumu, mimarisi ve katlanılabilecek mali yük gibi parametrelerde etkili olur.

– Güçlendirme işleminde kolon ve kirişlerin güçlendirilmesi yanında perde ilavesine ihtiyaç duyulabilir.

– Taşıyıcı sistemin çözümlenmesinde zemin yatak katsayısı kullanılarak bir mesnetlenmenin kabul edilmesi uygun düşebilir. Bu suretle taşıyıcı sistem elemanları arasında yük paylaşımı daha gerçekçi olarak belirlenebilir.

– Mevcut taşıyıcı sistemin kusurlarının tespiti için binanın depremden hasar görmemiş durumu esas alınarak taşıyıcı sisteminin geçerli düşey yük ve deprem etkisi gözönüne alınarak $1.4G+1.6Q$ ve $G+Q+E$ (G sabit yük, Q hareketli yük, E deprem yükü) yükleri altında çözümlenmesi ve hasar tespit edilen kesitlerin kontrol edilerek hasar sebepleri hakkında yorum yapılması uygundur.

– Kesit kontrolünde eğer binanın projesi yoksa, sınırlı sayıda yapılan donatı belirlemeleri gözönüne alınabileceği gibi, minimum donatı şartlarından hareket edilmesi gerekebilir.

– Binanın güçlendirilmiş taşıyıcı sisteminin boyutlandırılmasında, esas olarak ABYYHY 'nin öngördüğü ilkelerin kullanılması ve deprem yüklerinin belirlenmesinde deprem bölge katsayısının, bina önem katsayısının ve deprem yükü azaltma katsayısının belirlenmesi gerekecektir.

– Güçlendirmiş taşıyıcı sisteminde yapılacak kontroller kapsamı projenin yaklaşımı bakımından önemlidir. Mesela hasar durumuna göre mevcut taşıyıcı sistem

TS500'ün öngördüğü 1.4G+1.6Q yüklerini taşıyacak şekilde yerel güçlendirilirken, ilave güçlendirme perdelerinin deprem etkisinden oluşan taban kesme kuvvetinin en az belirli bir bölümünü karşılaması kabul edilebilir.

– Mevcut taşıyıcı sistemle, güçlendirme sistemi arasındaki kuvvet iletişimi türüne karar verilmesi ve bunun gerçekleştiğinin hesapla gösterilmesi önemlidir. Özellikle dışmerkez perde durumunda yatay yükün taşıyıcı sisteme iletilmesinin sağlanmasına özen gösterilmelidir.

– Güçlendirme perdelerinin her iki doğrultuda en az ikişer tane olması ve bina yüksekliğince devam etmesi tercih edilmelidir. Kapı ve pencere boşluklarının bırakılması için boşluksuz perdeye de karar verilebilirse de, boşluksuz perdenin donatı ve kalıp detayının daha çok özen istediği unutulmamalıdır. Binanın kat adedinin ve plandaki alanının küçük olması durumunda perde sayısı üçe de indirilebilir.

– Kolon ve kiriş gibi mevcut taşıyıcı sistem elemanlarının kontrolünde, güçlendirilme gereklilik şartının kesin matematiksel kabul edilmesi mevcut olan pek çok belirsizlikten dolayı uygun olmayabilir. Bu sebeple taşıyıcı sistemdeki ilave kapasiteler düşünülerek güçlendirme gerekliliği şartı biraz yumuşatılabilir.

– Mevcut donatı alanı olarak binada açılan elemanlardaki donatılar esas alınarak bir donatı gerçekleştirme oranı hesaplanır ve açılmayan elemanlardaki donatı tahmin edilebilir. Perde ile taşıyıcı sistemin güçlendirilmesi sırasında ilave edilecek perdelerin kolondan kolona yerleştirilmesi uygundur. Kolon mantolanmasının dört kenardan olması tercih edilmesine karşılık, mimari sebeplerle veya binanın konumu gereği üç veya iki kenardan kolonun sarılması şeklinde de mantolama yapılabilir. Güçlendirme perdeleri kiriş-kolon eksenleri arasında dışmerkezlik olmaksızın yerleştirilebildiği gibi, kolon ve kiriş eksenlerine göre dışmerkez olarak da yerleştirilebilir. Bunun gibi, güçlendirme perdeleri planda binanın iç eksenlerine yerleştirilebileceği gibi, binanın dış eksenlerinde bulunacak şekilde de projelendirilebilir.

– Perdelerde gelen etkilerin temele kadar iletilmesi önemlidir. Yeterli temeli olmayan perdelerin öngörülen yatay etkiyi karşılaması mümkün değildir.

– Deprem yüklerinin güçlendirme perdeleri ile taşındığı durumda, kolonlar için yapılan betonarme kesit hesabında minimum bir şart esas alınarak, güçlendirilmeye karar verilebilir.

– Perde ve kolon mantolarının kattan kata geçirilmesinde farklı uygulamalara gidilebilir. Kirişli plak döşemelerde perde başlık kısmı ve kolon mantosu döşeme delinerek yukarı çıkılabildiği halde, asmolon döşemede geniş kirişlerin bulunması durumunda büyük bir zorluk ortaya çıkabilir ve geniş kirişin mesnet kesitlerinin kırılması gerekebilir. Bu tür imalatın yapılması sırasında komşu döşemelerin askıya alınmasının gerektiği unutulmamalıdır.

– Perde uç donatıları sürekli olarak devam ederken, perde gövde donatısının sürekliliği kirişi geçen veya delen tek sıra minimum bir donatı ile sağlanması gerekecektir. Kirişteki bağ donatılarının hesabında kiriş seviyesi üzerindeki kat kesme kuvvetinin alt kata iletilmesi esas alınacaktır. Bu kuvvetin, bağ donatıları yanında, mevcut kolonun beton kesiti, donatı kesiti ve perde uç donatısı ile de iletildiği kabul edilebilir. Kolonla perdenin kat yüksekliği boyunca bütünleşmesi için tek sıra minimum bir donatının yerleştirilmesi gerekecektir. Perde-kolon bağ donatılarının belirlenmesinde, kolona bir üst döşemeden iletilen kuvvet veya perde momentinin gerektirdiği uç kuvvetinden (M/h) küçüğü gözönüne alınmış olabilir. Kolonun tamamen dört kenardan mantolanması durumunda bağ donatıya ihtiyaç olmayabilir. Bağ kenetlenme çubukları minimum boyları belirlenmelidir.

– Perdede her iki yüzde ve her iki doğrultuda minimum belirli bir minimum gövde donatısı bulunması sözkonusu olacaktır.

– Güçlendirme perdesi minimum kalınlığının belirlenmedir. ($h_{min} = \max(200\text{mm}; \text{kat yüksekliği} / 15)$). İlk katta, perde uç bölgesi perde boyunun 0.2

katı ve diğer katlarda 0.1 katı alınmalıdır. Perde uç bölgesinde, en az ABYYHYnin öngördüğü minimum donatı konulmalı ve bu donatı perde yüksekliğince devam ettirilmelidir. Perde uç donatısının hesabında, birleştiği kolonun normal kuvveti ve donatısı gözönüne alınmalıdır. Boşluklu perde düzenlenmesi durumunda pencere altlarında veya kapı üstlerinde bağ kirişlerinin düzenlenmelidir.

– Temelin düzenlemesi, mevcut temel durumunun ne şekilde gözönüne alınacağı. Mevcut ve yeni temelin bütünleşmesi için nasıl bir donatı düzeni gerektiği (hatıl temel durumunda $\varnothing 16/400$ mm ve tekil temel durumunda $12\varnothing 16$ bağ donatısının kullanılması gibi.)

– Gerekli olmadığı durumlarda perde uçlarındaki kolonlar mantolanmamalı, mevcut kolon ile güçlendirme perdesinin bütünleşmesi kolona bağlanan bağ çubukları ile sağlanmalıdır. Benzer şekilde, gerekli olmayan hallerde, mantolar tüm yapı yüksekliği boyunca devam ettirilmemelidir.

– Perdenin uçlarında bulunan kolonların dışında, perde temeline oturan ve eksenel kuvveti temel hesaplarında gözönüne alınan kolonların bulunması halinde, bu kolonların çerçevesinde oluşan kayma gerilmesinin sınırlandırılması (300-40t/m² gibi). Bu sınır gerilme esas alınarak manto gerekip gerekmediğine karar verilmesi.

7.2. Yapı Elemanlarının Onarımı/Güçlendirilmesi

Deprem sonrasında binada yalnızca bazı elemanlar hasar görmüşse veya bazı zayıflıklar içeriyorsa, buna karşın diğerleri yönetmelik koşullarını sağlıyorsa, bina sistem olarak yeterli yanal rijitliğe sahip ve iyi ise o elemanların onarımı veya güçlendirilmesi yeterli olabilir.

7.2.1. Kirişlerin onarımı-güçlendirilmesi

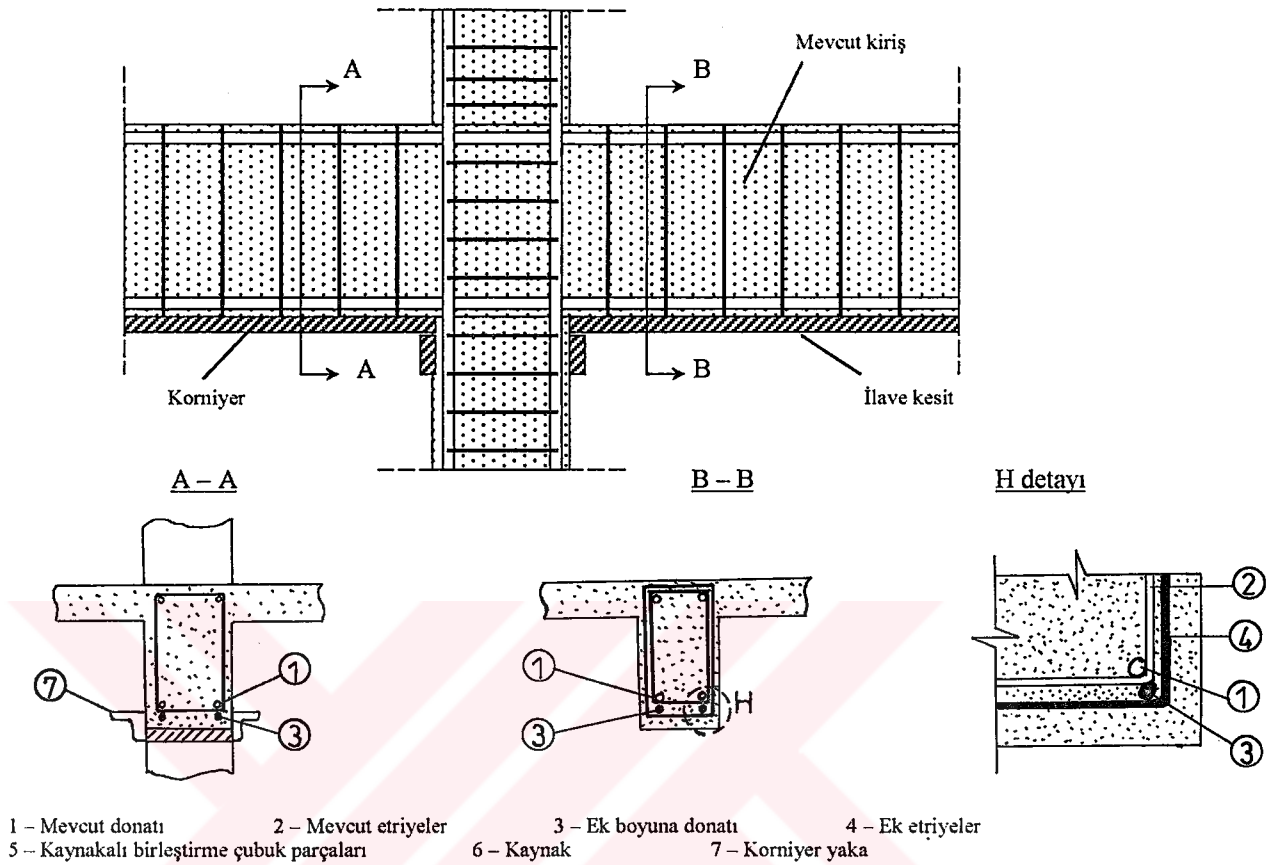
Hasar gören veya dayanım ve rijitliği yeterli olmayan kirişler değişik şekilde onarılır ve güçlendirilir. Bu işlem sırasında komşu kolonları da göz önüne alarak kuvvetli kiriş – zayıf kolon türünden birleşim bölgesinin meydana getirilmemesine özen gösterilmelidir. Güçlendirme türü hasarın seviyesine (çatlama, beton, ezilmesi, donatı sıyrılma ve kopması) bağlı olarak değişir.

7.2.1.1. Yerel onarımlar

Enjeksiyon sadece hafif çatlaklı kirişlerin onarılmasında uygulanır. Hasarlı kısmın kaldırılması ve yenisinin yapılması, betonun kırılması ve ezilmesi, aderansın bozulması ve donatının kopması veya kırılması gibi ağır hasar durumlarında uygulanmalıdır. Ezilmiş olan beton ve harap olmuş donatı yerinden çıkarılmadan önce, hasarlı olan kiriş geçici olarak desteklemeli, askıya alınmalıdır. Kirişlerde hasarlı kısmın kaldırılıp yeniden konulması işi kolonlardaki uygulamaya benzemektedir. Mevcut kirişlerin veya döşemelerin altına yerleştirilecek betonun iyici sıkıştırılması işine çok dikkat edilmelidir. Eğer yerleştirme için kirişin üst yüzünden yaklaşma ve yanaşma imkanı sağlanamıyorsa bu sıkıştırma işi çok zordur.

7.2.1.2. Betonarme manto ile kirişlerin onarım-güçlendirilmesi

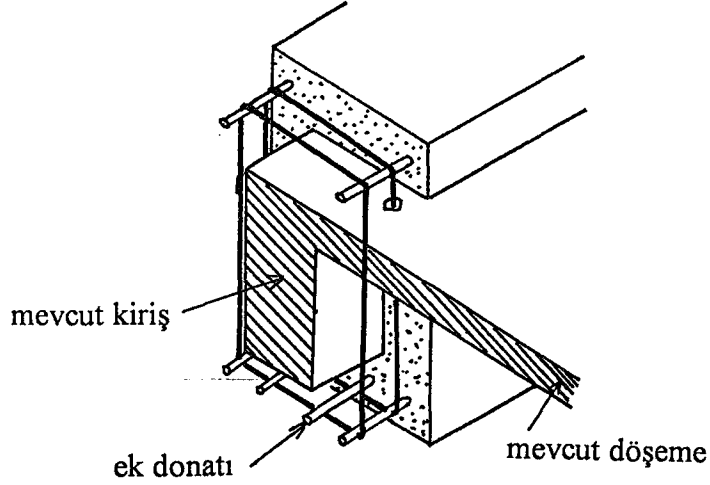
Kirişlerin onarım-güçlendirilmesi yüksek dayanımlı yapıştırıcılar ile yapıştırılan çelik plaka veya karbon lifleri ve betonarme manto kullanılarak yapılabilir. Betonarme manto kullanılarak yapılan onarım-güçlendirmenin sağladığı yarar, betonarme mantoya hem boyuna donatı hem de etriye yerleştirildiğinden eğilme dayanımı yanında kesme dayanımı da artırılabilir. Betonarme mantoyu kısmi manto olarak altta veya üstte uygulamak mümkündür. Bu şekilde yapılan tek taraflı mantolama bir kirişin yalnız açıklığında yalnız eğilme momentine karşı mukavemetini arttırmak gerektiğinde kullanılmalıdır. Manto yapılırken yeni yerleştirilen manto donatısı ile mevcut boyuna donatı arasında bir bağ sağlanması uygun olur. Bu bağ, boyuna donatılara kaynaklanan U ve Z çubukları ile sağlanabilir.



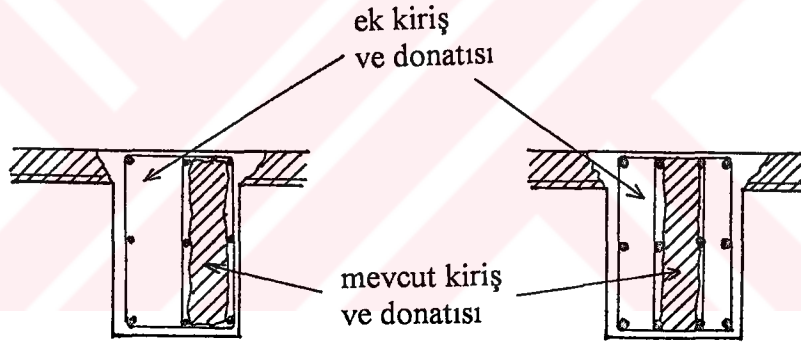
Şekil 7.1. Kirişin tek taraflı manto ile güçlendirilmesi

Kirişler, gerekli durumda dört veya üç tarafından beton manto giydirilerek de güçlendirilebilir. (Şekil 7.2.) Mevcut ve yeni betonun bütünleşmesini sağlamak amacıyla, mevcut betondaki beton örtü tabakasının kaldırılması ve yüzeyin temizlenmesi gerekir. Donatı düzeninde uygun kenetlenme, bırakılan uygun boylarla, kaynaklama ile veya kenetleme plakaları kullanılmasıyla sağlanmalıdır. Yeni donatılar döşemedeki deliklerden geçerek kirişi çevreleyen etriyerlerle sarılmalıdır. Güçlendirme için konulan donatılar, köşegen yönündeki çubuklarla veya çelik plakalarla mevcut donatılara bağlanmalıdır.

Kirişin yalnız mesnet bölgelerinin güçlendirilmesi ile yetinilmesi söz konusu ise, mesnette döşeme kırılarak açılır, mesnet bölgesi için gerekli ek donatı yerleştirilerek etriyerlerle sarılır (Şekil 7.3.). Kiriş kesitinin genişletilmesi tek veya çift taraflı olabilir.



Şekil 7.2. Mevcut kirişin dört taraftan manto ile güçlendirilmesi

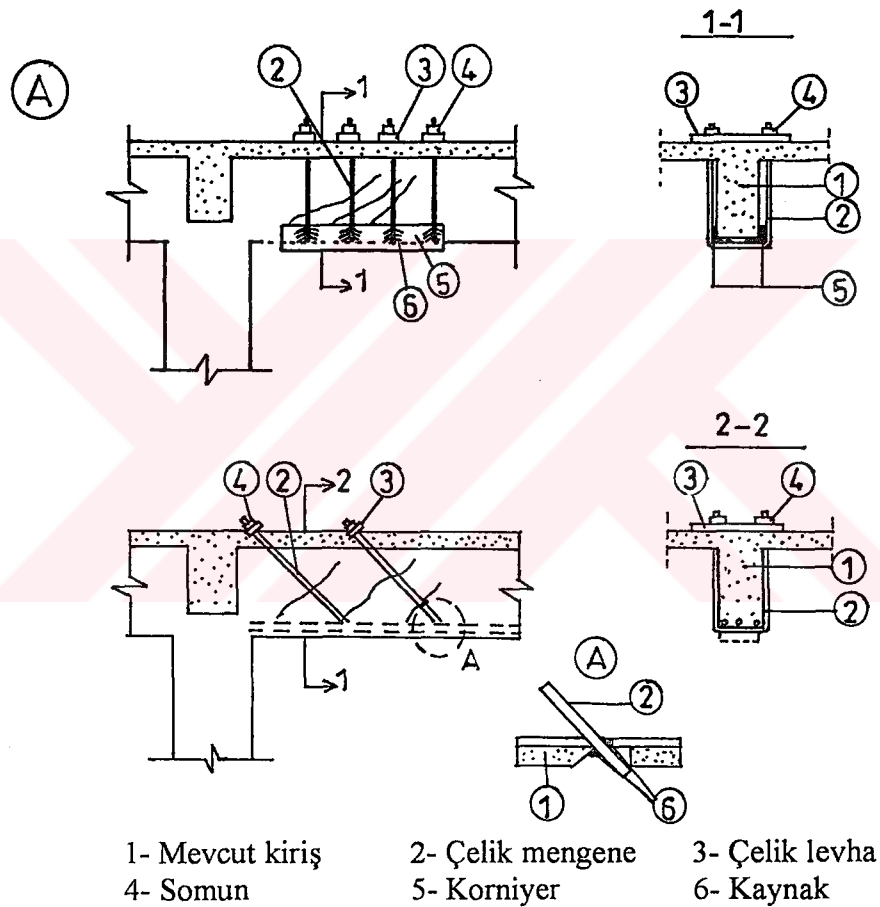


Şekil 7.3. Kirişin mesnet bölgesinin güçlendirilmesi

7.2.1.3. Çelik levha ile kirişlerin onarım-güçlendirilmesi

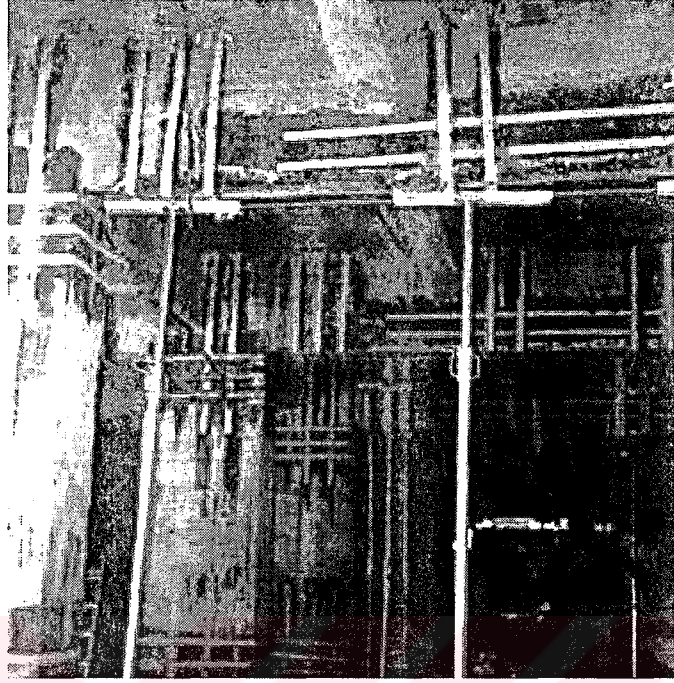
Kirişlerin çelik levhalar ile onarım-güçlendirilmesi yeni ve yaygın olan bir tekniktir. Esas itibarıyla statik yüklere maruz kalan kirişlerin kesme mukavemetini ve açıklık eğilme mukavemetini arttırmak için kullanılır. Bu yöntemde çelik levhalar betonarme kirişlerin yüzlerine epoksi reçineleri ile dıştan yapıştırılırlar. Epoksinin sertleşmesi süresince çelik levhalar mengenerler ile sıkıştırılmalıdır. Çelik levhaların ya betona çakılmış çivilerle veya ankraj civataları ile ankre edilmesi sağlanmalıdır (Şekil 7.4.). Kama veya epoksi kullanılması da uygundur. Çelik levhalar 2-10 mm. kalınlıkta olurlar ve kalınlığı 3 mm. den fazla levhalar halinde kiriş yüzü ince genişlen

çimento harcı ile düzlenmelidir. Bu halde kama ankraj civataları kullanılmalıdır. Levhaların ve çelik aparatların korozyon ve yangına karşı korunmasına özel dikkat gösterilmelidir. 250°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda epoksi reçinelerinin mukavemetlerinin tamamını kaybettikleri unutulmamalıdır. Esas itibariyle statik yüklere maruz kirişlere uygulanan bir yöntem olduğu için depremden ileri gelen değişken yüklere maruz kirişlere uygulanması doğru değildir.



Şekil 7.4. Kirişin çelik levhalar ile güçlendirilmesi

Depremde hasar gören bir binada kirişin çelik lamamalar sarılarak güçlendirilmesine bir örnek Şekil 7.5. de gösterilmektedir.



Şekil 7.5. Kirişin çelik lamalar sarılarak güçlendirilmesi

7.2.2. Kolonların onarımı-güçlendirilmesi

Hasar görmüş bir kolonun deprem etkilerini taşıyabilir duruma getirilmesi veya yatay yük taşıma kapasitesinin artırılması için kolonların güçlendirilmesi gerekebilir. Kolonun eğilme dayanımı kesit alanının büyütülmesiyle ve yeni boyuna donatılar ilave edilerek sağlanır. Buna karşılık kesme kuvveti dayanımı ve sünekliği, enine donatının sıklaştırılmasıyla gerçekleştirilir. Binanın planında kolonların kesitlerini birbirine yaklaştırmak sistemin davranışının dengeli olmasını sağlar.

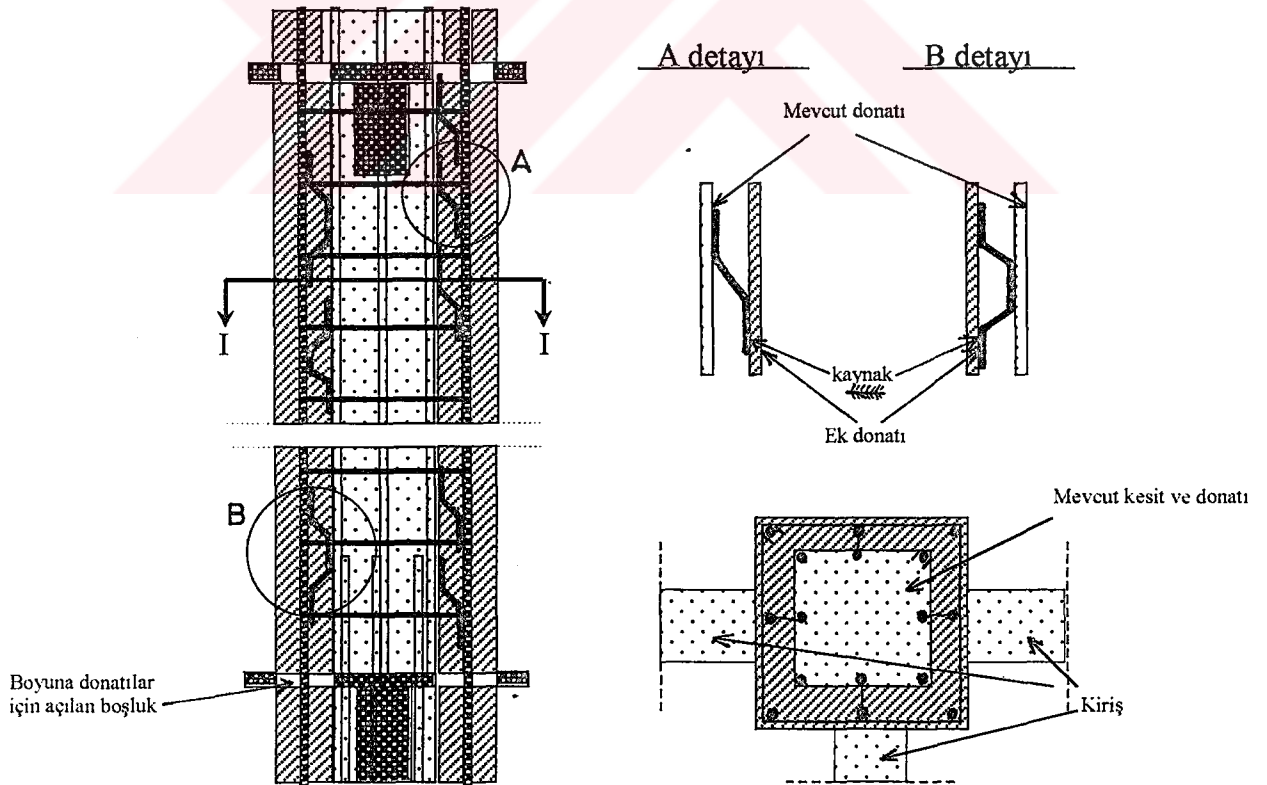
7.2.2.1. Yerel onarımlar

Kolonların bazı yerlerinde kılcal çatlakların olması, kolon betonunun dökülmesi ve diğer bazı hafif lokal hasarların oluşmasından dolayı bu hasarlar lokal olarak onarılıp-güçlendirilir. Kolonlardaki hasarların hafif çatlamlar şeklinde olduğu durumlarda çatlak genişliğine göre içine reçine veya beton enjekte edilerek yerel onarımlar yapılır. Bu yerel onarım kolonun alt kısmından başlanarak yapılır ve yapılan işlemler kontrol edilir. Bazen kolonda hasarlı olan küçük kısımlar çıkartılarak yerine

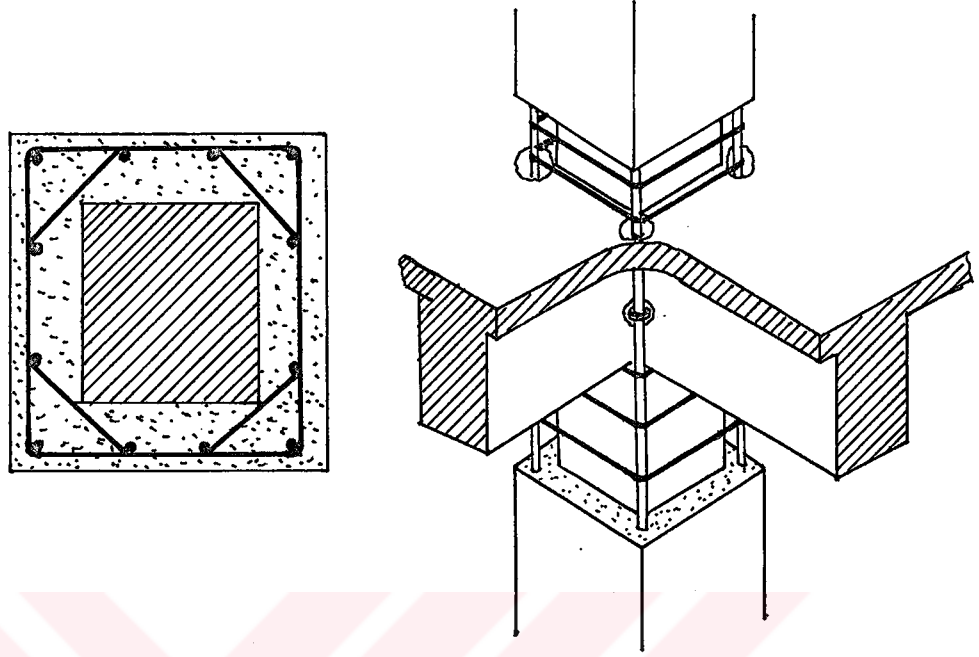
gerekli donatı düzenlenmesi, beton ilave edilmesi ve eski ile yeni malzemenin birleşiminin tam olarak sağlanması şartıyla yapılabilir. Yerel onarımlar çok titizlik ve kontrol altında yapılması gereken bir onarım şeklidir.

7.2.2.2. Betonarme manto ile kolonların onarım-güçlendirilmesi

Kolonun taşıma gücünün artırılması için yaygın olarak kullanılan diğer bir yöntem de kolonun mantolanmasıdır. Mantolamada mevcut kolona, beton kesiti ve donatı eklenir. Mevcut ve yeni kolon bütünleşmesini sağlamak için ara yüzün pürüzlendirilmesi gereklidir. Mevcut donatı ve beton ile ilave donatı ve betonun aderansı sağlanmalıdır. aderans kaynaklı, düz ve çiroz etriyeler ve kolon içine epoksi ankraji yapılarak sağlanabilir (Şekil 7.6.). Manto kalınlığının beton dökümü sırasında boşluk kalmaması için 100 mm'den az olmaması uygundur. Uygulamadaki duruma göre kolon bir, iki, üç ve dört tarafından da mantolanarak güçlendirilebilir (Şekil 7.7.).



Şekil 7.6. Kolonlarda mantolama

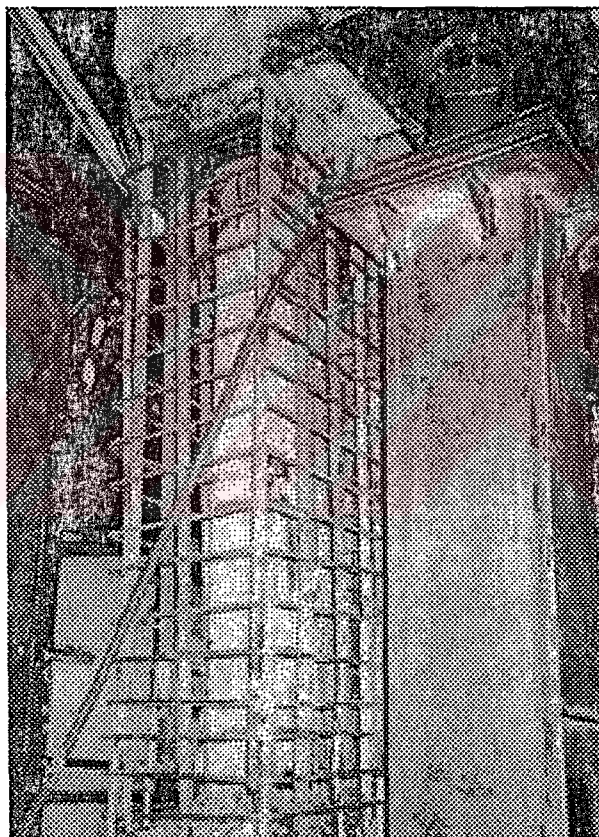


Şekil 7.7. Kolonun dört taraftan mantolanarak güçlendirilmesi

Ancak, tüm çevreyi kaplayan bir mantolama tercih edilmelidir. Bu suretle mevcut ve yeni beton arasında tam bir kuvvet iletişimi sağlanabilir. Tüm çevrenin mantolanmaması durumunda, mevcut kolonun boyuna donatısının ve etriyesinin meydana çıkarılarak, yeni etriyelerin bunlara doğrudan veya bir bağ parçası ile kaynaklanması gereklidir. Dört taraftan mantolamada yüz pürüzlendirilmesi genellikle yeterli olursa da, büyük etkiler söz konusu olduğunda beton örtü tabakasının kaldırılması uygun olur. Kolonun normal ve kesme kuvvet kapasitelerinin artırılmasında, manto donatılarının döşemeyi delerek kiriş – kolon birleşim bölgesini geçmesine ihtiyaç olmayabilir. Ancak, bu durumda kolonun moment kapasitesi arttırılmadığı gibi birleşim bölgesi de güçlendirilmemiş olur. Eğer, yapının güçlendirilmesi sırasında yatay deprem yüklerinin karşılanması için perdeler öngörülmüşse, bu tür mantolama kabul edilebilir. Böyle bir durum söz konusu değilse, döşemede açılacak deliklerden boyuna donatının devam ettirilmesi ve bu deliklerden beton dökme sağlayacak büyüklükte olması gereklidir. Bunun gibi manto kısmında, kolonlar için öngörülen konstrüktif kurallara uyulması gerekir.

- Kolonların kenarlarının 30 cm'den büyük olması halinde etriye açıklığını düşürmek için kolon içine delikler açılarak veya kolon tamamen delinerek etriyeler yerleştirilmek mümkündür.
- Ek manto ve donatı ile mevcut donatı ve betonun birlikte çalışması her yönüyle sağlanmalıdır.

Hasarlı kolonun askıya alınarak mantolanmasına ilişkin bir örnek Şekil 7.9.' da gösterilmektedir.

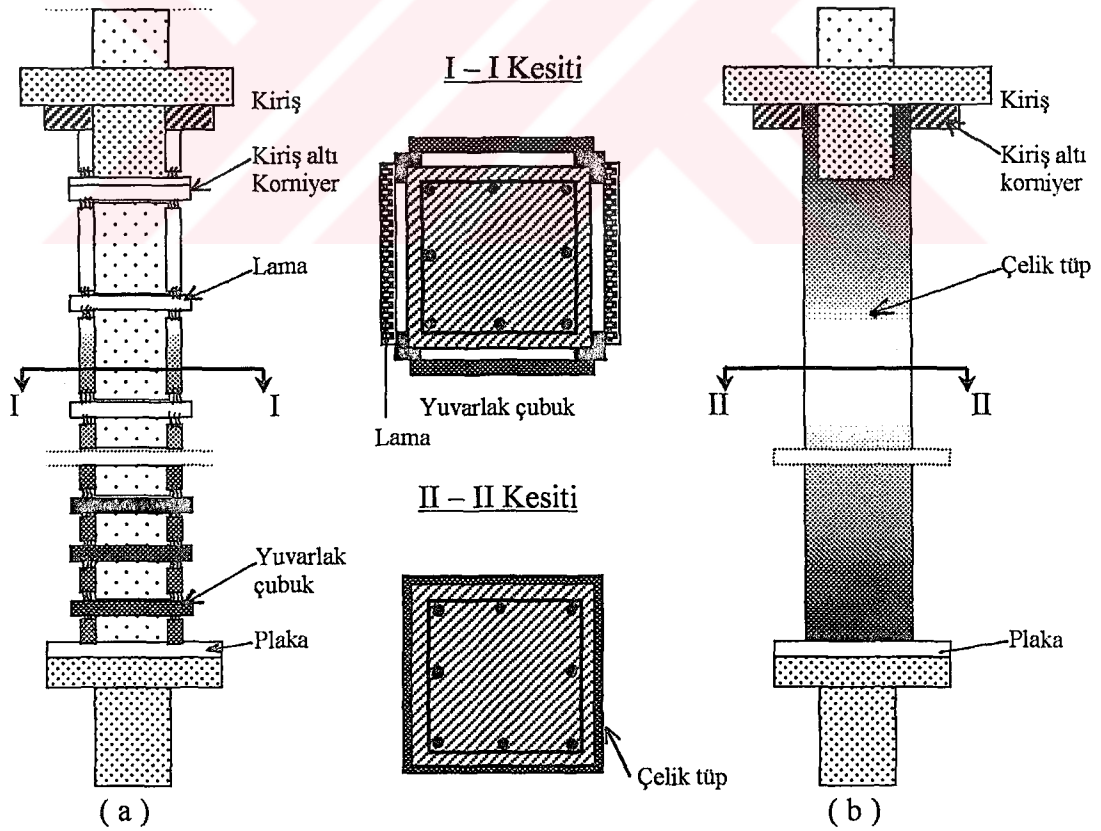


Şekil 7.9. Kolonun mantolanarak güçlendirilmesi

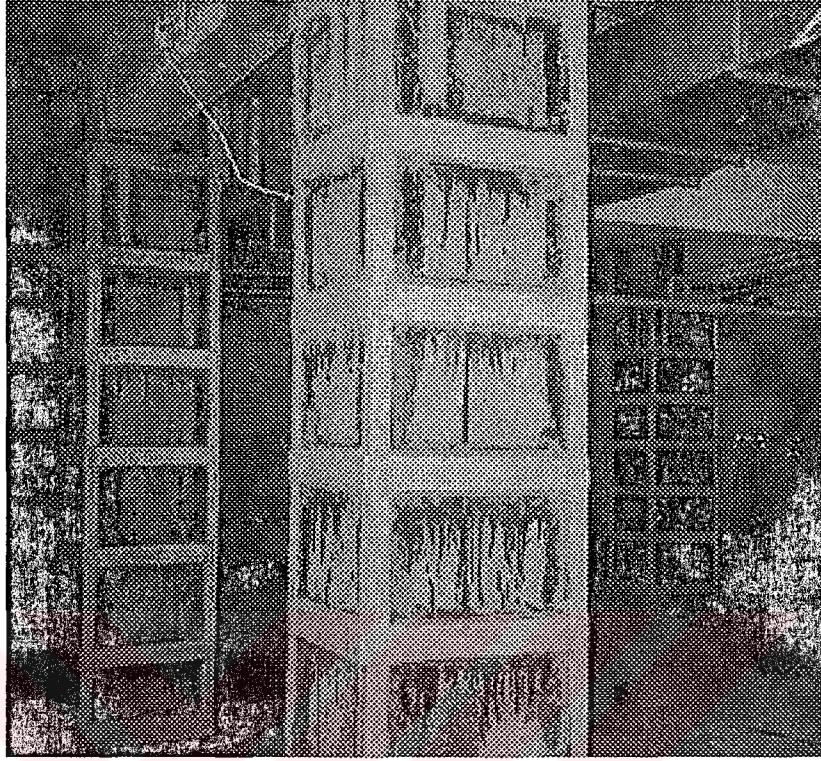
7.2.2.3. Çelik (Profil-kılıf) manto ile kolonların onarımı-güçlendirilmesi

Yapılarda çelik mantolama ile elemanlar ve katlar arası moment aktarımından ziyade eksensel yük kapasitesini arttırmak için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemle ya elemanlar salt olarak onarım-güçlendirme yapılır yada yapı içinde elemanların birbirine bağlantısı yapılarak yeni bir taşıyıcı sistem oluşturularak yapılabilir. Bu

yöntemde kolon kenarlarına korniyerler yerleştirilir. Korniyerler minimum 50x50x5 mm, lamalar minimum 25x4 ve yuvarlak demirler minimum $\varnothing 14$ mm olarak seçilerek donatılarla birbirine kaynakla veya bulon ile bağlantısı yapılır (Şekil 7.10.). Taşıyıcı elemanlara çelik işleme yapılmadan önce yüzeyler mümkün olduğunca pürüzsüz hale getirilmeli ve sıkıştırma işlemi yapılarak kaynak veya bulonla yapılmalıdır. Bu korniyerler ile mevcut kolon arasında kalan boşluklar rötresi olmayan beton ve reçineler ile doldurularak kolon ile çelik elemanların beraber çalışması sağlanmalıdır. Kolonun tamamı çelik tüp içine alınarak onarım-güçlendirilmesi mümkündür. Bu tüp şeklindeki kılıfın kolon ile bağlantısı kolonlara açılan deliklere donatı ankraji yaparak uçlarının kılıf ile kaynak bağlantısı sağlanmalıdır. Fretli kolonlarda bu uygulama, uygulama güçlüğü ve işçiliğin fazla olmasından dolayı pek tercih edilmemektedir.



Şekil 7.10. Çelik manto ile kolonların güçlendirilmesi



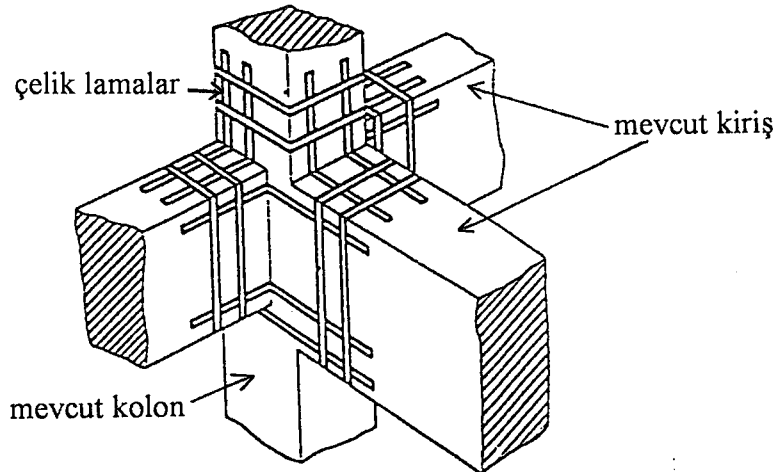
Şekil 7.11 Kolonun çelik lamalar sarılarak güçlendirilmesi

7.2.3. Kiriş – kolon birleşim bölgesinin güçlendirilmesi

Depremde en fazla hasar gören kiriş – kolon birleşim bölgeleri, taşıyıcı sistemin en çok zorlanan ve güçlendirilmesi en zor olan kısımlarını oluşturur. Birleşim bölgesinde farklı doğrultudaki elemanlar birleşerek, kesit etkileri birbirleriyle dengelenir. Deprem yükleri altında bu bölgede kesme kuvveti dayanımının ve donatı kenetlenmelerinin yeterli olmaması en çok rastlanan hasar türlerini oluşturur. Ayrıca, büyük şiddetteki depremlerde birleşim bölgesine birleşen kesitlerde meydana gelen plastik mafsallar sonucu büyük dönmeler, donatıda aderans çözülmesi sonucu kaymalar ve geniş çatlaklar oluşabilir. Deprem etkisinde birleşim bölgesinin iki tarafındaki eğilme momentinin farklı işarette olması, kiriş kesitinde farklı gerilme durumları doğmasına ve bunun sonucu donatının birleşim bölgesinden çekilip çıkarılmak istenmesine yol açar. Bu sebeple donatı kenetlenmelerine ve eklerine özen göstermek gerekir.

Hasarın yerel olması ve çatlaklar şeklinde görülmesi durumunda, epoksi reçinesi enjekte edilmesi onarım ve güçlendirme için yeterli olabilir. Aderansı çözülmüş donatının aderansının tekrar oluşturulması için de epoksi enjeksiyonu önerilir. Çimento şerbetinin aderansın kazandırılmasında yeterli olmadığı bilinmektedir.

Hasarın daha da yaygın olması durumunda kiriş – kolon birleşim bölgesi, çelik lamalar yapıştirılarak ve sarılarak güçlendirilebilir (Şekil 7.12.). Bu duruma ait şekil ve güçlendirilme örneği Şekil 7.13.'de gösterilmektedir. Bu suretle , kesitlerin eğilme momenti kapasiteleri arttırılırken; sarılan lamalarla, bu bölgede oluşturulan enine basınçla, betonun dolayısıyla elemanın sünekliği arttırılır. İhtiyaç olduğunda süneklik artırımı için etriyeleri eksik olan kolon ve kiriş kesitlerinde sadece sargı lamaları kullanılabilir. Uygulama için bölgedeki ezilen beton temizlenir., yüzeyler düzeltilir ve özel yapıştırıcılar kullanılarak boyuna lamalar yapıştirılır. Yapışmanın tam olması için lamaların betona işkence aletleriyle bağlanması gerekebilir. Daha sonra sargı lamaları sarılarak uçları birbirinin üzerine yeterli boyda gelecek şekilde yapıştirılır. Bu sırada kiriş sargı lamalarının, o bölgedeki döşeme kaplamasının kaldırılmasından ve döşemede delikler açıldıktan sonra uygulanabileceği unutulmamalıdır. Betonda enine basıncın yeterli şekilde oluşması için lamaların dar olmaması (50 mm uygun genişlik) ve birbirlerinden ayrıık (200 mm uygun aralık) yerleştirilmemesi gerekir. Bu tür uygulama özel özene ihtiyaç gösterir. Ayrıca uygulanan güçlendirme şeklinin basit bile olsa deneyle kontrolü önemlidir. Bütün bu işlemlerden sonra, bölgenin sıvanması ve lamaların kapatılması gerekir.



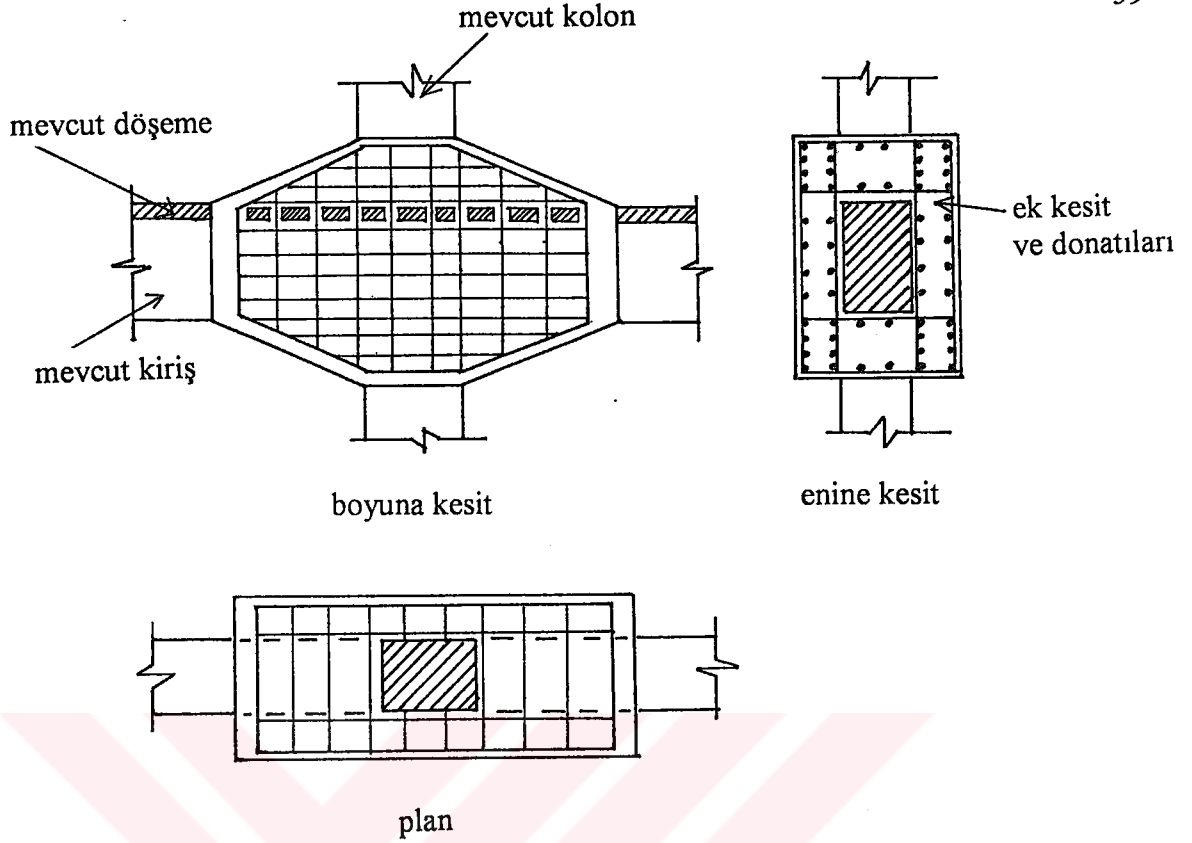
Şekil 7.12. Kiriş – kolon birleşim bölgesinin çelik lamalar sarılarak güçlendirilmesi



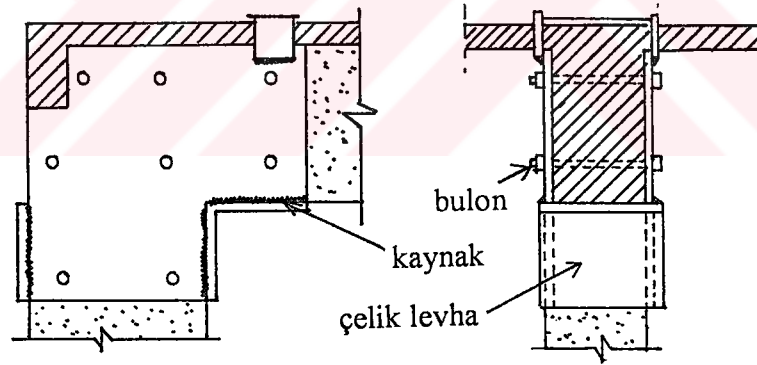
Şekil 7.13. Çelik lamalar sarılarak güçlendirilmiş birleşim bölgesi

Duruma özgü bir yaklaşım gerektiren, kiriş – kolon birleşim bölgesinin güçlendirilmesine bir örnek de Şekil 7.14.'de verilmiştir. Burada mantolama yoluyla birleşen elemanların bütünleşmesi sağlanmaktadır. Kısa donatıların kenetlenmesi için kaynak kullanılması ve mevcut yeni betonun bütünleşmesi için beton örtü tabakasının kaldırılması gerekli olabilir. Yerleştirilecek donatının bir uzay kafes sistem oluşturması ve kuvvet akışı ile uyumlu yerleştirilmesi amaca hizmet edecektir. Bu donatıları örtecek ve rijitliği sağlayacak beton kesitinin oluşturulması ise gereklidir. Etriyeler döşemede delik açılarak bağlanmıştır. Sadece birleşim bölgesini güçlendiren bu mantolama, kiriş ve kolonların da mantolanması durumunda daha elverişli ve kolay uygulanabilir.

Şekil 7.15.'de ise çelik levhalar kullanılarak yapılan bir güçlendirme türü gösterilmiştir. Özellikle endüstri yapılarındaki çerçevelerde kullanımı uygun düşer. Birleşim bölgesinin şekline uygun çelik levhalar epoksi ile yapıştırılıp, bulonlarla bağlanırlar. Kuvvet akışının sağlanması için bu ek levhalarının kiriş ve kolona kaynaklanması gerekir.



Şekil 7.14. Kiriş – kolon birleşim bölgesinin mantolama ile güçlendirilmesi

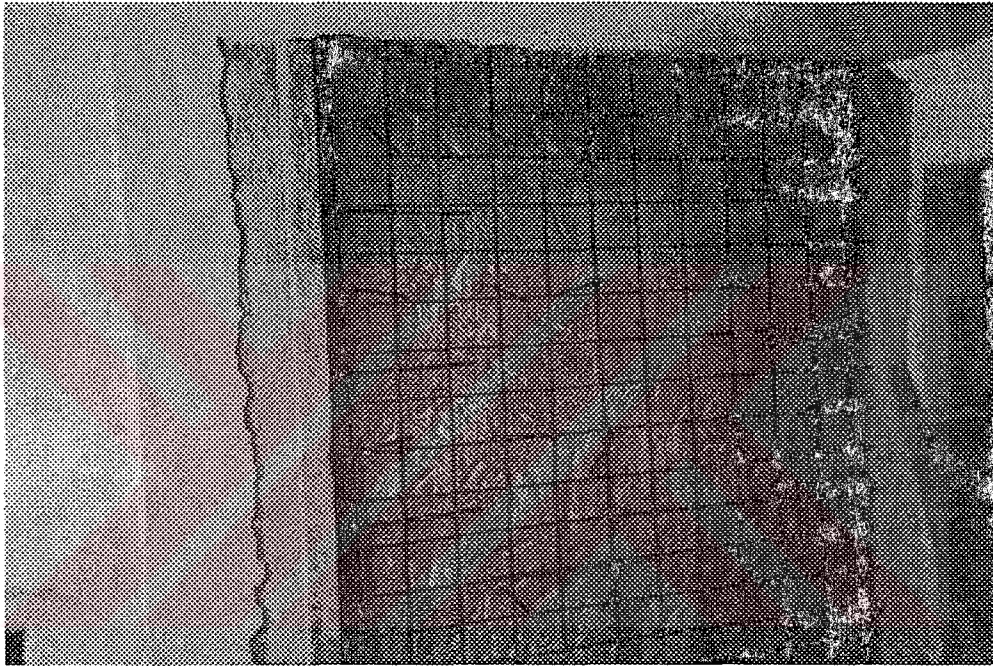


Şekil 7.15. Kiriş-kolon birleşim bölgesinin çelik levha ve bulonlarla güçlendirilmesi

7.2.4. Perdenin güçlendirilmesi

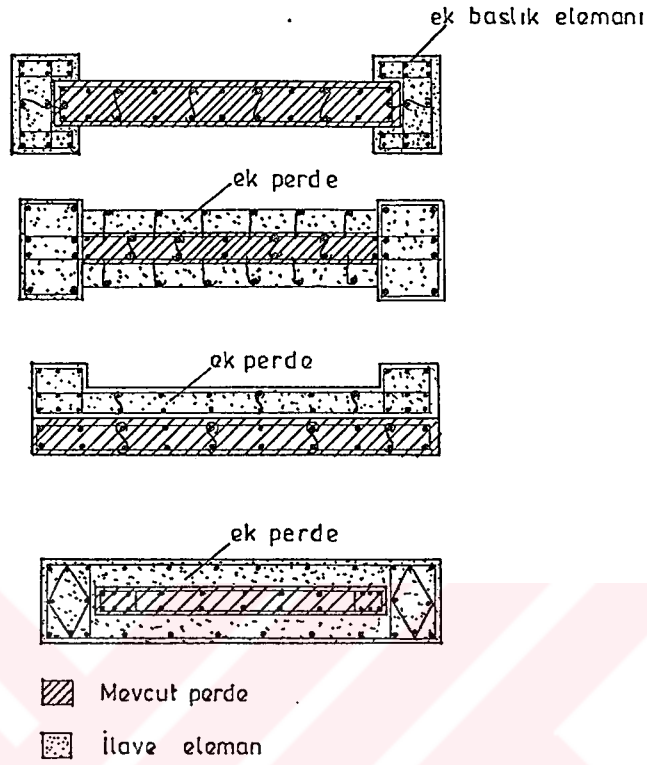
Perdeler , deprem yüklerinin karşılanmasında rijitlik ve dayanım bakımından taşıyıcı sistemin önemli elemanlarıdır. Hasar görmeleri durumunda, onarım ve güçlendirilmeleri özenle yapılmalıdır. Deprem yükü taşımak üzere düzenlenen betonarme perdelerde hasarlar, kayma ve eğilme taşıma gücünün yetersizliğinden veya büyük boşluklu perdelerde bağ kirişlerinin yetersizliğinden kaynaklanabilir. Perdelerin güçlendirilmesinde eğer varsa, pencere, kapı gibi boşlukların doldurulması ile sağlanan

ek taşıma gücü kapasitesi yeterli olabilir. Diğer yapı elemanlarında olduğu gibi, betonda ezilme olmadığı durumda epoksi enjeksiyonu perdeler için de yaygın olarak kullanılır. Ancak, bütün çatlaklar doldurulmadığı için hasardan önceki rijitlik elde edilmez. Perdede beton ezilmesi veya donatı burkulması varsa, kolonlarda uygulanan onarım ve güçlendirme yöntemi burada da uygun düşer. Hasar derecesine göre hasarlı kısmın temizlenmesi, ek donatı yerleştirilmesi ve bu kısmın betonlanması gerekebilir.



Şekil 7.16. Hasar gören perdenin güçlendirilmesi

Eğer mevcut perde yetersiz kalırsa, kalınlığını arttırarak rijitliğini ve dayanımını yükseltmek önerilir. (Şekil 7.17) Kalınlığın arttırılması sırasında ek donatıların yerleştirilmesi ve uygun başlık yapılması gerekli olabilir. Yeni donatıların mevcut olanlara bağ parçaları ile kaynaklanması ve mevcut beton yüzünün pürüzlendirilmesi bütünleşmeyi sağlayacağından önemlidir. Aradaki bağ kuvvetlerinin iletimini sağlamak için dikiş çubuklarının kullanılması ve mevcut perde yüzeyine epoksi uygulanması gerekli olabilir. Perdenin eğilme dayanımı yeni başlık kısımlarının ilavesi ve gerekli donatı düzenin sağlanması ile arttırılabilir.



Şekil 7.17. Perdenin güçlendirilmesi

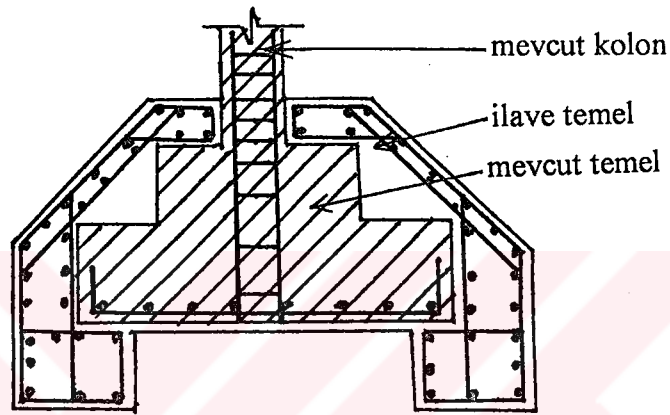
7.2.5 Temelin güçlendirilmesi

Diğer yapı elemanlarına göre daha zor ve pahalı olan temel güçlendirilmesi işlemi aşağıda verilen durumlarda söz konusu olur:

- Kötü zemin nedeniyle temelde büyük oturmalar meydana gelirse
- Büyük deprem yükleriyle temelde hasar oluşursa
- Yapı yüklerinde, güçlendirmeden ileri gelen artmalar veya ABYYHY 'deki değişikliklerden kaynaklanan yatay yük artışı ile temel yetersiz kalırsa
- Sonradan kat ilavesiyle, temel yetersiz kalırsa

Temel sisteminin güçlendirilmesinde, mevcut temele ilave yapılabildiği gibi, yeni temel düzenlenebilir veya temel zemini iyileştirilebilir. Sadece temelin güçlendirilmesine bir örnek de Şekil 7.18'de verilmiştir. Temelden üst yapıya aktarılacak tepkiyi eski temel vasıtasıyla iletebilmek için temel pabucu çevresinde ek dişler oluşturulmuştur. Şekil 7.20.'de kolonu da mantolanarak güçlendirilen bir

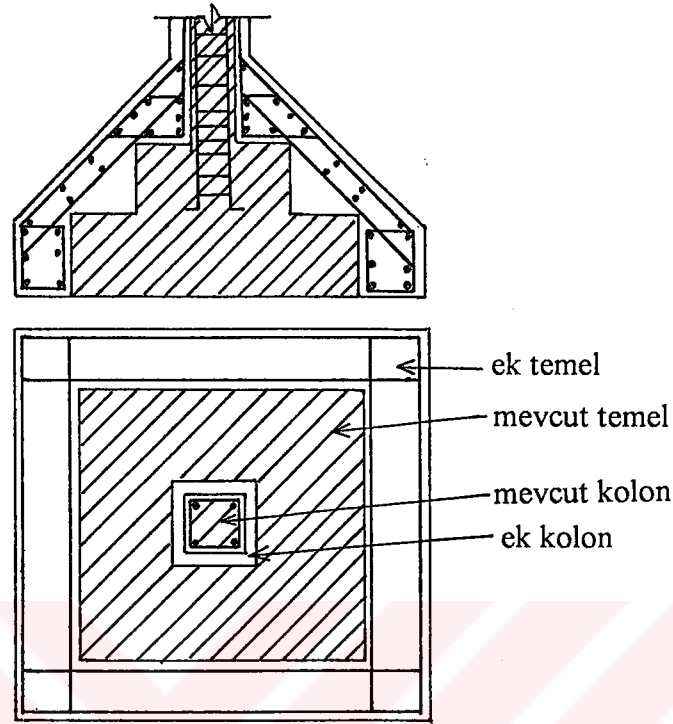
temeldeki mantolama şekli görülmektedir. Bu iki tür temel güçlendirilmesinde temel zemin ile üst yapı arasında yük aktarılış biçiminin değişeceğine ve bu nedenle en çok zorlanan kesitlerin farklı yerde oluşacağına dikkat edilmelidir. Ayrıca iki beton yüzünden kayma gerilmeleri iletimi için dikiş çubukları veya beton yüzeyine epoksi uygulaması gerekli olabilir.



Şekil 7.18. Temelin dışle güçlendirilmesi



Şekil 7.19. Hasar gören temelin güçlendirilmesi



Şekil 7.20. Temelin kolon ile birlikte güçlendirilmesi

7.3. Taşıyıcı Sistemin Yeni Elemanlarla Güçlendirilmesi

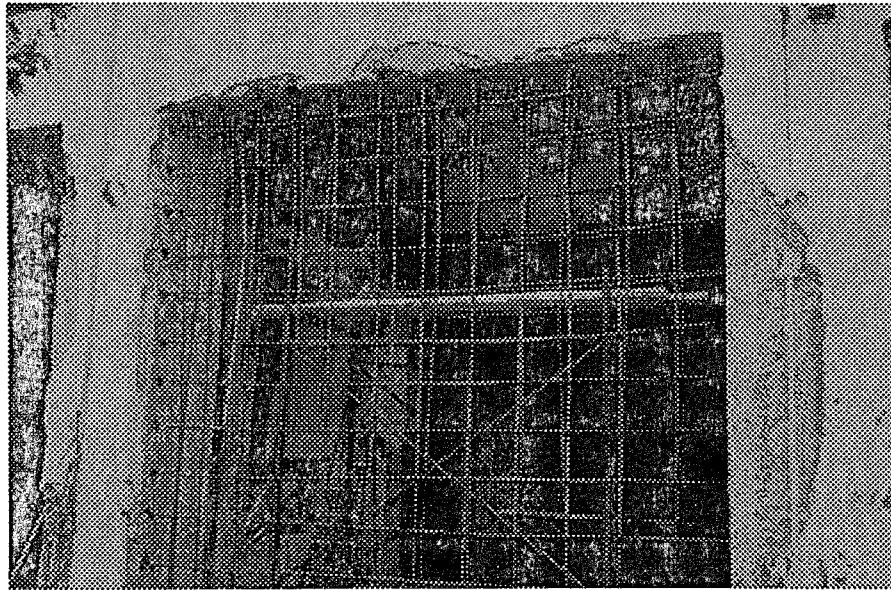
Eğer yapının yanal rijitliği çok yetersizse ve kolon ve kirişlerin uç bölgeleri sık etriye ile sarılmamışsa eleman onarım/güçlendirme pratik ve ekonomik olmaz. Bu gibi durumlarda çok sayıda kolon ve kirişe onarım/güçlendirme uygulama yerine, tüm deprem kuvvetini alabilecek yeni elemanlar oluşturarak sistemin iyileştirilmesi yoluna gidilir.

Sistem iyileştirmede temel ilke, bazı çerçevelerin kuvvetlendirilip, rijitleştirilmesidir. Bu işlem, belirli çerçevelere konacak çelik çaprazlar veya dolgu duvarlarla sağlanır. Dolgu duvar prefabrik panolardan veya yerinde dökme betonarmeden oluşabilir. Her iki durumda da dolgu ile çerçevenin bir perde oluşturabilmesi için, dolgu ile çerçeve elemanların etkili bir biçimde bağlanması gerekir.

Çelik çaprazlarla güçlendirme genelde ülkemizdeki yapılar için yeterli olmamaktadır. Bunun nedeni, genelde binaların yanal rijitliklerinin çok düşük olması ve çelik çaprazlarla yeterli rijitlik sağlanamamasıdır. Çerçeve içine yerleştirilen ve çerçeve elemanlarına bağlanan betonarme dolgu duvarlarla perdeli sistemler, ülkemizde en yaygın kullanılan deprem onarım/güçlendirme yöntemidir.

Betonarme dolgu duvarlarla yapılan onarım/güçlendirmede, her iki doğrultuda tüm deprem etkisini karşılayacak kadar perde duvar oluşturulmaktadır. Böylece yanal rijitlik de istene düzeye çıkarılmaktadır. Deprem yeni oluşturulan perdelerle karşılandığından, çerçevelerin yalnız düşey yük taşıdığı varsayılmaktadır. Bu nedenle genelde çerçevelerde onarım/güçlendirme gerekmektedir. Ancak deprem sırasında ağır hasar görmüş elemanlar varsa bunlar da manto ile onarılmaktadır.

Dolgulu çerçeveler ile onarım/güçlendirme ülkemizde deprem sonrası en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Genelde hasar gören yapılarda hemen tüm kirişler ve kolonların yetersiz olması ve yönetmelik koşullarını sağlamaması, binaların büyük bir çoğunluğunun yanal rijitliğinin düşük olması bu yöntemi çekici kılmaktadır. Dolgu çerçevelerle güçlendirmeye bir örnek Şekil 7.21'de gösterilmiştir.



Şekil 7.21. Dolgu çerçeve ile güçlendirme

7.3.1. Dolgulu çerçeve için ilkeler, detaylar ve öneriler

a – Her bir doğrultuda oluşturulacak dolgulu çerçeve duvarların kesit alanlarının bina katlarının toplam alanına oranı 0.0025'ten az olmamalıdır. Ayrıca hiçbir zaman o doğrultuda perde kesit alanlarının toplamı, binanın tabandaki kesit alanının 0.01'den az olmamalıdır.

$$\begin{aligned}\Sigma A_w &\geq 0.0025 A_{pi} \\ &\geq 0.01 A_{pt}\end{aligned}\quad (7.1)$$

Taşıyıcı yapı zayıflıklar içeriyorsa (yumuşak veya zayıf kat, kısa kolon gibi)

$$\Sigma A_w \geq 0.003 A_{pi}\quad (7.2)$$

b – Dolgulu çerçeveler olabildiğinde her iki doğrultuda simetriyi bozmayacak bir biçimde yerleştirilmelidir.

c – Oluşturulacak perdelerde yatay ve düşey yönde iki sıra donatı yerleştirilmeli ve donatı oranı ABYYHY 'de sünek perdeler için öngörülenden az olmamalıdır.

d – Oluşturulacak perdeler, çerçeve kolon ve kirişlerine açılacak deliklerle epoxy ile kenetlenen filizlerle bağlanmalıdır.

e – Filizlerin elemanlara gömülme boyu en az 10Ø, tercihen 15Ø olmalıdır. Delik çapı filiz çapından 5 mm büyük olmalıdır. Filizler nervürlü donatıdan oluşturulmalıdır. Filizler perde içine en az 35Ø kadar uzatılmalıdır.

f – Kolon ve kirişe yerleştirilen filizlerin toplam kesit alanı, o yöndeki perde donatısı toplam kesit alanından az olmamalıdır. Bu amaçla genelde Ø20/50 filiz yerleştirilmektedir.

g – Perde mutlaka bir temele bağlanmalıdır. Perdenin altında sürekli temel varsa bunlara açılacak deliklere epoxy ile kenetlenen filizlerle bu perde mevcut temele bağlanmalıdır. Temel açılacak deliğin derinliği en az 20Ø olmalıdır. Perdenin altında temel yoksa mutlaka temel yapılmalı ve bu temel dübellerle mevcut temel sistemine bağlanmalıdır. Perdeyi temele bağlayan filizlerin toplam kesit alanı, perdenin düşey donatı alanı toplamının en az iki katı olmalıdır. Temel filizleri perde içine en az 35Ø uzatılmalıdır.



8. TEZ KONUSUNA ESAS GÜÇLENDİRME PROJESİ ÖRNEĞİ

Güçlendirme projesi hazırlana bina 1973 yılında inşa edilmiş olup, günümüze kadar farklı kişiler ve kurumlar tarafından kullanılmıştır. Yerinde yapılan incelemelerle binanın tadilat amacıyla boşaltıldığı ve binanın şu an kullanılmadığı görülmüştür.

Bina bitişik nizamda olup, bodrum, zemin ve dört normal kattan oluşmaktadır. Binanın toplam brüt alanı 1751 m²'dir.

Taşıyıcı sistemi betonarme karkas olan binanın ara bölme duvarları boşluklu tuğla ile yapılmıştır. Ancak tadilat amacıyla 1, 2, 3 ve 4. katlarda, dış cephelerdeki duvarlar hariç bütün duvarların yıktırılmış olduğu görülmüştür. Bina üzerinde ahşap oturtma çatı bulunmaktadır.

Mimari tasarım aşamasında, binanın zemin katından ticari amaçla yararlanılmak istenilmesi, zemin katta bir dizi tasarım hatası yapılmasına neden olmuştur. Bu hatalar;

- Dolgu duvarların kaldırılması,
- Kat yüksekliklerinin diğer katlardan fazla olması,
- Galeri boşluğu nedeniyle çerçevede süreksizlik,
- Yüksekliği 6 metreyi bulan narin kolonların bulunmasıdır.

Yapılan çalışmalarda mevcut binanın projeye uygun olarak inşa edilip edilmediği tüm elemanlar incelenerek tespit edilmiştir. Yapı elemanlarının mevcut durumları ile ilgili tespitler Ek 2'de verilmiştir. Yapılan tahribatlı ve tahribatsız deneyler neticesinde, yapı elemanlarındaki mevcut donatı ve yapının beton kalitesi tespit edilmiştir.

Tüm bu tespitler ve deney sonuçları doğrultusunda mevcut bina ABYYHY 'ne göre tahkik edilmiş, elde edilen sonuçlar (Ek 3) doğrultusunda binanın güçlendirilmesi gerektiğine ve arazinin kıymetli olması sebebiyle de bir kat ilave edilmesine karar verilmiştir.

8.1. Yapılan Tahribatlı ve Tahribatsız Deneyler

8.1.1. Yapı elemanlarındaki donatıların projeye uygunluğu

Covermeter (donatı tarama) cihazı ile binadaki tüm kolonların donatı taraması yapılmış ve bazı elemanlarda tespit edilen donatıların, projesinde verilen donatılara uymadığı görülmüştür (EK 4). Aynı zamanda etriye (sargı donatısı) aralıklarının projeye uygun olmadığı ve daha büyük aralıklara sahip olduğu tespit edilmiştir. Özellikle kolon-kiriş ve kolon-temel birleşim bölgelerinde sarılma bölgelerinin oluşturulmadığı görülmüştür. Kirişlerde de donatı taraması yapılarak etriye aralıkları tespit edilmiş ve kolonlarda olduğu gibi etriye aralıklarının projede verilen ölçülerden daha büyük olduğu görülmüştür. Temellerde ve döşemelerde donatı taraması yapılamamış ancak projesine uygun olarak donatıların yerleştirildiği kabul edilmiştir.

Binanın 1,2,3 ve 4. katlarındaki bazı elemanlarında beton örtüsüne (paspayı) dikkat edilmediğinden ve beton dökümü iyi yapılmadığından, donatı bazı bölgelerde yüzeyde kalmıştır. Bu nedenle hava ile temas eden bu donatıların zamanla korozyona maruz kaldığı gözlenmiştir. Ayrıca etriyelerin itinalı bağlanmaması nedeniyle beton dökümü sırasında konumlarının bozulduğu covermeter cihazı ile yapılan testler doğrultusunda tespit edilmiştir.

8.1.2. Beton kalitesi ile ilgili tespitler

Beton basınç dayanımını belirlemek için binanın her kat döşemesinden en az altı farklı yerden ve binanın betonarme sürekli temelinden iki farklı yerden 9.3 cm. çapında silindirik karot numuneleri alınmıştır. Bu numuneler üzerinde önce ultrases deneyleri yapılmış daha sonra da basınç deneyleri yapılarak numunelerin kırılma yükleri belirlenmiştir.

Ultrases deneylerinden normal katlardan alınan numunelerde ortalama 2.771 km/sn ve temelden alınan numunelerde ortalama 3.708 km/sn hız değerleri

bulunmuştur (EK 5). Elde edilen bu sonuçlar, ultrases cihazı değerlendirme grafiği dışında kaldığından ultrases deneyleri ile bulunan hızlardan dinamik ve statik elastisite modülleri hesaplanamamış ve bu yüzden bu metotla beton basınç dayanımı hesapları yapılamamıştır.

Standartlara uygun olarak alınan karot numuneleri basınç deneyine tabi tutularak kırılma yükleri bulunmuştur. Bulunan sonuçlar Amerikan Standardı (ASTM) ve İngiliz Standartlarına (BS) göre analiz edilerek yapıdaki betonun basınç dayanımı hesaplanmıştır (Ek 6). Bu hesaplar sonucunda, normal katlar için ASTM' ye göre beton basınç dayanımı 68.442 kg/cm^2 , BS' ye göre beton basınç dayanımı 63.167 kg/cm^2 , temeller için ise ASTM' ye göre beton basınç dayanımı 124.964 kg/cm^2 , BS' ye göre beton basınç dayanımı 118.988 kg/cm^2 olarak bulunmuştur. Görüldüğü üzere bu değerler TS 500'ün tanımladığı en düşük beton sınıfı karakteristik dayanımın altındadır.

TS500 de yer almayan düşük kalitedeki bu beton için literatürde yer alan diğer kaynaklardan yararlanma gündeme gelmektedir. Turan ve İren tarafından geliştirilen ve betonun elatisite modülü ve basınç dayanımı arasındaki ilişkiyi ifade eden bir bağıntı ve bu bağıntıdan elde edilen sonuçlar Ek 7'de verilmektedir. Buna göre bulunan beton elatisite modülü normal katlar için $E_c = 97597 \text{ kg/cm}^2$ ve temeller için $E_c = 158966 \text{ kg/cm}^2$ dir.

Binadaki beton kalitesine olumsuz etki eden önemli faktörlerden biri olarak kullanılmış olan agreganın uygun granülometriye sahip olmadığı gözlenmiştir. Temellerden alınan karot örneklerinden betonda çok az iri agrega kullanıldığı, normal katlardan alınan karot örneklerinden de betonda neredeyse hiç iri agrega kullanılmadığı gözlenmiştir.

Yapılan incelemelerde, tadilat gerekçesi ile duvarların yıkılması sırasında darbe etkisiyle mevcut betonun gevrek malzeme davranışı göstererek yer yer çatlamış olduğu gözlenmiştir. Bunun sonucu olarak bazı kolon, kiriş gibi taşıyıcı elamanlardaki beton bundan son derece olumsuz yönde etkileneceği düşünülebilir.

8.1.3. Zemin ile ilgili tespitler

Yapılan zemin etüdü ile zeminin aşağıdaki özelliklere sahip olduğu anlaşılmıştır.

Zemin emniyet gerilmesi	: 1.0 kg/cm ²
Yatak katsayısı	: 1500 ton/m ³
Zemin grubu	: D
Yerel zemin sınıfı	: Z3
Zemin hakim periyodu	: 0.60 sn

8.2. Yapının Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi

Depremler yer hareketi ile yapıyı salınımına zorlamaktadır. Yapının salınım süresinin her bir devrine yapının salınım periyodu denir. Yapının periyodunun yapı yüksekliğine, zemin cinsine ve depremin şiddetine yakından bağlıdır. Yapılar yükseldikçe periyotları da artmaktadır. Yapıların periyotlarının yanında üzerinde buldukları zeminlerinde periyodu vardır. Örneğin sert kaya zeminlerin periyodu 8-10 saniye olurken yumuşak zeminlerin periyodu ise 1-3 saniye olmaktadır.

Depremler esnasında yapının periyodu ile zeminin periyodunun birbirine yakın olduğu durumlarda deprem hasarı beklenenin çok üzerinde olmaktadır. Bunun nedeni rezonanstır. Bu durum deprem sırasında yapıya gelen kuvvetin her seferinde yapının hızını arttıracak şekilde etkimesidir.

Genel olarak uzun periyotlu yapıların kısa periyotlu zemin üzerine, kısa periyotlu yapılarında uzun periyotlu zemin üzerine yapılması depreme dayanıklı yapı yapmanın önemli bir aşamasını oluşturmaktadır.

ABYYHY'e göre Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin uygulandığı tüm binaların birinci doğal periyodu Denklem 8.1.'e göre hesaplanabilir.

$$T_1 = 2\pi \left[\frac{\sum_{i=1}^N (m_i d_{fi}^2)}{\sum_{i=1}^N (F_{fi} d_{fi})} \right]^{1/2} \quad (8.1.)$$

Burada m_i , i'inci katın kütlesini göstermektedir. Fiktif yükü gösteren F_{fi} Denklem 8.2.'ye göre hesaplanabilir. Burada $(V_t - \Delta F_n)$ yerine herhangi bir değer konularak fiktif yükler elde edilecektir. d_{fi} , bu fiktif yüklerin etkisi altında, aynı noktalarda deprem doğrultusunda hesaplanan yerdeğiştirmeleri göstermektedir. Ancak birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde bina yüksekliği (H_N) 25 m'den küçük olması koşulunu sağlayan binaların, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde ise Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin uygulandığı tüm binaların birinci doğal titreşim periyodunun yaklaşık yöntemle hesaplanmasına izin verilmiştir (Denklem 8.3.). Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde bina yüksekliğinin 25'den büyük olması durumunda Denklem 8.1.'in kullanılması zorunludur.

$$F_{fi} = (V_t - \Delta F_n) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (8.2.)$$

Yukarıda belirtilen koşullar gözönüne alınarak binanın birinci doğal titreşim periyodu, aşağıdaki yaklaşık bağıntı ile hesaplanabilir.

$$T_1 \cong T_{1A} = C_t H_N^{3/4} \quad (8.3.)$$

C_t , bina taşıyıcı sistemine bağlı olarak seçilir. Deprem yüklerinin tamamının perdelerle taşındığı binalarda (tünel kalıp sistemi) C_t Denklem 8.4.'deki gibi hesaplanır. Taşıyıcı sistemi sadece betonarme çerçevelerden veya dışmerkez çaprazlı çelik perdelerden oluşan binalarda $C_t = 0.07$, taşıyıcı sistemi sadece çelik çerçevelerden oluşan binalarda $C_t = 0.08$, diğer tüm binalarda ise $C_t = 0.05$ alınır.

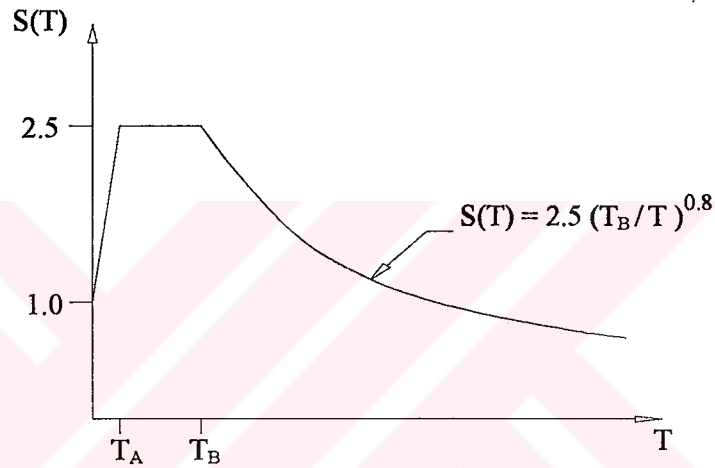
$$C_t = 0.075 / A_t^{1/2} \leq 0.05 \quad (8.4.)$$

Binanın doğal titreşim periyodunun hesaplanmasından sonra, Spektrum Katsayısı $S(T)$, yerel zemin koşullarına ve bina doğal titreşim periyoduna bağlı olarak aşağıdaki denklemler ile hesaplanabilir.

$$S(T) = 1 + 1.5T/T_A \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (8.5.a.)$$

$$S(T) = 2.5 \quad (T_A < T \leq T_B) \quad (8.5.b.)$$

$$S(T) = 2.5(T_B/T)^{0.8} \quad (T > T_B) \quad (8.5.c.)$$



Şekil 8.1. Spektrum katsayısı

Denklem 8.5.'deki Spektrum Karakteristik Periyotları, T_A ve T_B yerel zemin sınıflarına bağlı olarak Tablo 8.1.' de verilmiştir.

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

Tablo 8.1. Spektrum Karakteristik Periyotları (T_A , T_B)

ABYYHY'e göre verilen bu denklemler ile güçlendirilmesi yapılan bu yapının mevcut durumuna göre ve güçlendirme sonrası durumuna göre periyot hesapları Bölüm 8.2.1. ve 8.2.2.'de gösterilmektedir.

8.2.1. Yapının mevcut durumu için periyot hesabı

Depremin yapıya x yönünde etkimesi durumuna göre periyot hesabı yapılmıştır. Çerçevelerin kesme rijitliklerinin hesabı Ek12'de gösterilmektedir.

- Sistem Q- δ matrisini oluşturulması

Kat	g_i	q_i	N_i	W_i	H_i	$w_i H_i$	F_i	Q_i
4.kat	330,65	96,72	0,30	329,67	18,53	6108,79	28,50	28,50
3.kat	310,56	95,59	0,30	339,23	15,47	5247,89	24,49	52,99
2.kat	308,54	95,59	0,30	337,34	12,41	4186,39	19,53	72,52
1.kat	299,49	92,72	0,30	327,31	9,35	3060,35	14,28	86,80
Zemin kat	256,88	72,89	0,30	278,75	6,29	1753,34	8,18	94,98
Bodrum kat	305,68	91,01	0,30	332,98	3,23	1075,53	5,02	100,00

($H_N < 25m$ 'den dolayı $\Delta F_N = 0$ ve $F_t = 100$ ton seçildi)

$$\begin{bmatrix} 28.50 \\ 52.99 \\ 72.52 \\ 86.80 \\ 94.98 \\ 100.00 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 72.24 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 93.18 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 83.56 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 110.57 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 119.22 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 393.76 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta_6 \\ \delta_5 \\ \delta_4 \\ \delta_3 \\ \delta_2 \\ \delta_1 \end{bmatrix}$$

$$\delta_6 = 0.39452$$

$$d_6 = 0.0580483$$

$$\delta_5 = 0.56868$$

$$d_5 = 0.0518027$$

$$\delta_4 = 0.86788$$

$$d_4 = 0.0427999$$

$$\delta_3 = 0.78502$$

$$d_3 = 0.0290604$$

$$\delta_2 = 0.79668$$

$$d_2 = 0.0166327$$

$$\delta_1 = 0.25396$$

$$d_1 = 0.0040205$$

- Periyodun hesaplanması

Kat	m_i	d_{fi}	F_{fi}	$m_i d_{fi}^2$	$F_{fi} d_{fi}$
4. kat	33,61	0,0580483	28,50	0,1132	1,6544
3. kat	34,58	0,0518027	24,49	0,0928	1,2686
2. kat	34,39	0,0427999	19,53	0,0630	0,8359
1. kat	33,36	0,0290604	14,28	0,0282	0,4150
Zemin kat	28,41	0,0166327	8,18	0,0079	0,1361
Bodrum kat	33,94	0,0040205	5,02	0,0005	0,0202

Denklem 8.1.'e göre yapının mevcut durumunun birinci doğal titreşim periyodu

$$T_1 = 2\pi \left[\frac{\sum_{i=1}^N (m_i d_{fi}^2)}{\sum_{i=1}^N (F_{fi} d_{fi})} \right]^{1/2} = 1.66 \text{ sn. olarak hesaplanmıştır.}$$

ABYYHY'de verilen yaklaşık yöntemle (Denklem 8.3) hesaplanan yapının mevcut durumunun birinci doğal titreşim periyodu ise;

$$T_1 \cong T_{1A} = C_t H_N^{3/4} = 0.62 \text{ sn olarak hesaplanmıştır.}$$

8.2.1. Yapının güçlendirilmiş durumu için periyot hesabı

Depremi yapıya x yönünde etkimesi durumuna göre periyot hesabı yapılmıştır. Çerçevelerin kesme rijitliklerinin hesabı Ek13'de gösterilmektedir.

- Sistem Q- δ matrisini oluşturulması

Kat	g_i	q_i	N	w_i	H_i	$w_i H_i$	F_i	Q_i
5.kat	277,88	96,72	0,30	306,90	21,59	6625,88	15,62	15,62
4.kat	525,89	96,72	0,30	554,91	18,53	10282,41	24,24	39,85
3.kat	529,37	95,59	0,30	558,05	15,47	8632,99	20,35	60,20
2.kat	528,90	95,59	0,30	557,58	12,41	6919,53	16,31	76,51
1.kat	510,01	92,72	0,30	537,83	9,35	5028,67	11,85	88,37
Zemin kat	495,48	72,89	0,30	517,35	6,29	3254,11	7,67	96,04
Bodrum kat	493,28	91,01	0,30	520,58	3,23	1681,48	3,96	100,00

($H_N < 25\text{m}$ 'den dolayı $\Delta F_N = 0$ ve $F_N = 100$ ton seçildi)

$$\begin{bmatrix} 15.62 \\ 39.85 \\ 60.20 \\ 76.51 \\ 88.37 \\ 96.04 \\ 100.00 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 306.87 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 357.84 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 418.05 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 394.69 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 450.72 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 436.15 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2332.04 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta_7 \\ \delta_6 \\ \delta_5 \\ \delta_4 \\ \delta_3 \\ \delta_2 \\ \delta_1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} \delta_7 &= 0.05090 & d_7 &= 3.36579 \times 10^{-3} \\ \delta_6 &= 0.11136 & d_6 &= 3.18719 \times 10^{-3} \\ \delta_5 &= 0.14400 & d_5 &= 2.79646 \times 10^{-3} \\ \delta_4 &= 0.19385 & d_4 &= 2.29119 \times 10^{-3} \\ \delta_3 &= 0.19606 & d_3 &= 1.61102 \times 10^{-3} \\ \delta_2 &= 0.22020 & d_2 &= 9.23086 \times 10^{-4} \\ \delta_1 &= 0.04288 & d_1 &= 1.50456 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

– Periyodun hesaplanması

Kat	m_i	d_{fi}	F_{fi}	$m_i d_{fi}^2$	$F_{fi} d_{fi}$
5.kat	31,28	0,0033658	15,62	$3,5440 \times 10^{-4}$	$5,2566 \times 10^{-2}$
4.kat	56,57	0,0031872	24,24	$5,7460 \times 10^{-4}$	$7,7247 \times 10^{-2}$
3.kat	56,89	0,0027965	20,35	$4,4485 \times 10^{-4}$	$5,6904 \times 10^{-2}$
2.kat	56,84	0,0022912	16,31	$2,9837 \times 10^{-4}$	$3,7369 \times 10^{-2}$
1.kat	54,82	0,0016110	11,85	$1,4229 \times 10^{-4}$	$1,9095 \times 10^{-2}$
Zemin kat	52,74	0,0009231	7,67	$4,4936 \times 10^{-5}$	$7,0803 \times 10^{-3}$
Bodrum kat	53,07	0,0001505	3,96	$1,2013 \times 10^{-6}$	$5,9632 \times 10^{-4}$

Denklem 8.1.'e göre yapının güçlendirilmiş durumunun birinci doğal titreşim periyodu

$$T_1 = 2\pi \left[\frac{\sum_{i=1}^N (m_i d_{fi}^2)}{\sum_{i=1}^N (F_{fi} d_{fi})} \right]^{1/2} = 0.54 \text{ sn. olarak hesaplanmıştır.}$$

ABYYHY’de verilen yaklaşık yöntemle (Denklem 8.3) hesaplanan yapının mevcut durumunun birinci doğal titreşim periyodu ise;

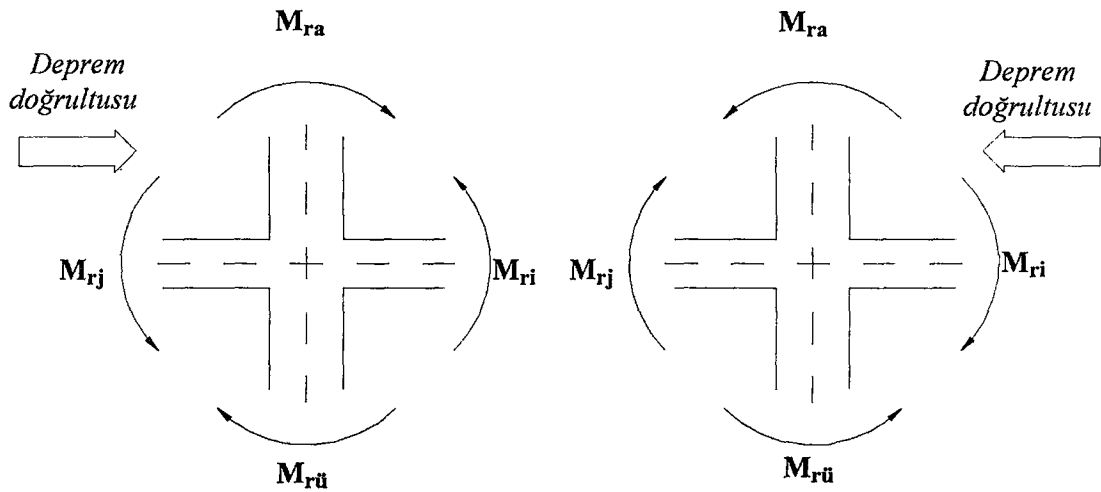
$$T_1 \cong T_{1A} = C_t H_N^{3/4} = 0.70 \text{ sn olarak hesaplanmıştır.}$$

8.3. Taşıma Gücü Momentlerinin Hesaplanması ve Düğüm Noktası Tahkiki

Süneklik düzeyi yüksek yapılarda kolon ve kirişlerin kesme güvenliğinin sağlanması ve kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulunun kontrolünde kolon ve kirişlerin moment taşıma kapasiteleri ile ilgili bilgilere gereksinim duyulmaktadır.

Süneklik düzeyi yüksek yapılarda kolonların kirişlerden daha önce mafsallaşmasını önlemek amacı ile kolonların moment kapasitelerinin kirişlerin moment kapasitelerinden daha büyük olması koşulu aranır. ABYYHY’e göre sadece çerçevelerden veya perde ve çerçevelerin birleşiminden oluşan taşıyıcı sistemlerde, her bir kolon - kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların taşıma gücü momentlerinin toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha büyük olacaktır (Denklem 8.6.). Denklem 8.6. her bir deprem doğrultusunda ve depremin her iki yönü için elverişsiz sonuç verecek şekilde ayrı ayrı uygulanacaktır.

$$(M_{ra} + M_{r\bar{u}}) \geq 1.2 (M_{ri} + M_{rj}) \quad (8.6.)$$

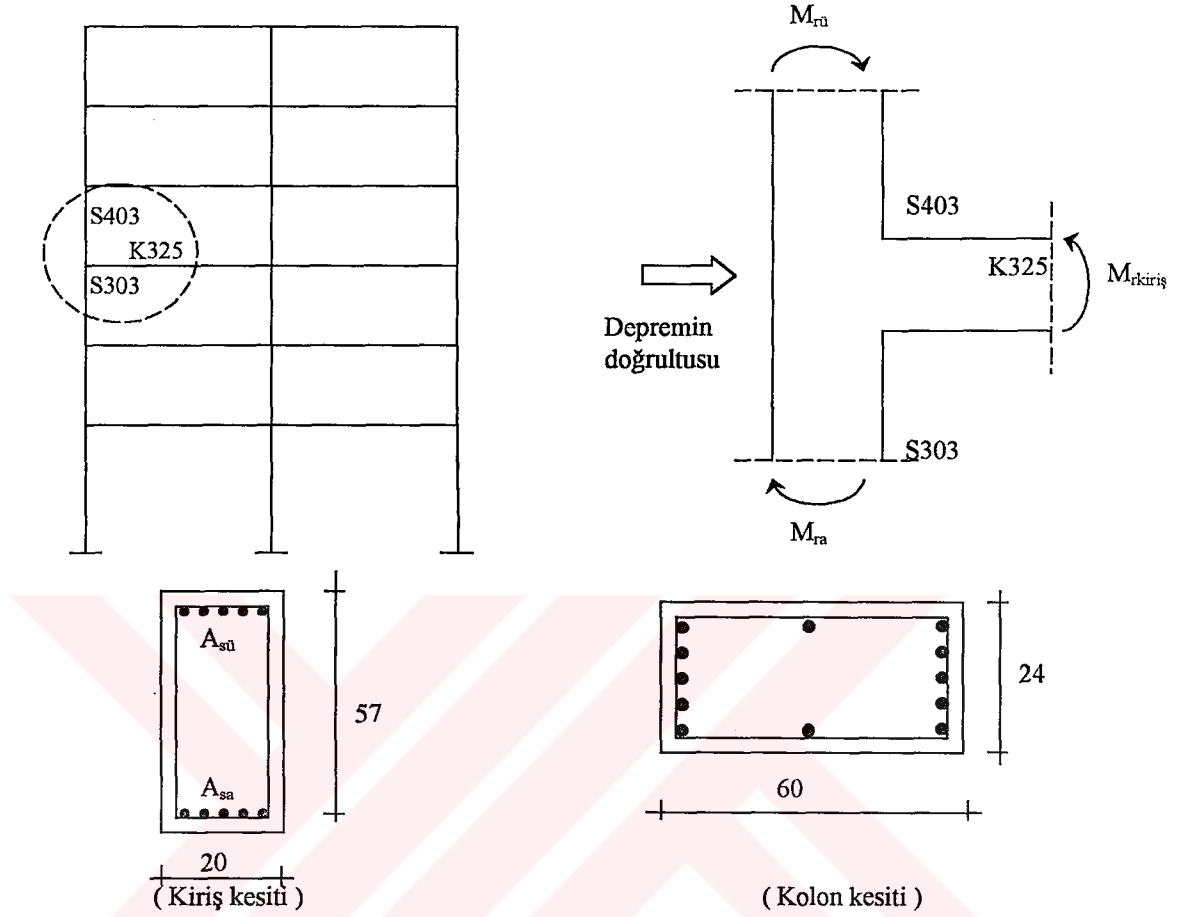


Şekil 8.2. Kuvvetli kolon-zayıf kiriş durumu

Kirişlerin kolonlardan daha dayanıklı olması halinde deprem etkisinden dolayı katlar kağıt gibi üst üste gelmektedir. Bunun için yapı projelendirilirken mafsallaşmanın kirişlerde olması sağlanmalıdır. Geçmiş depremlerin sonuçları incelendiğinde kirişlerden dolayı hasar gören yapılardaki can kaybı dolayısıyla yapı hasarı sayısı kolondan dolayı hasar gören yapılardan oldukça düşük olduğu görülmektedir. Yapıda oluşan kiriş hasarlarının depremden sonra onarılması kolon hasarlarına göre hem kolay hem maliyeti az olmaktadır.

Güçlendirme projesi hazırlanan binadan K325 kirişi, S303 kolonu ve S403 kolonu örnek alınarak mevcut durum ve güçlendirilmiş durum için Taşıma Gücü Momentleri (M_r) hesabı yapılmış ve bu elemanların oluşturduğu düğüm noktasında ABYYHY'e göre tahkik yapılmıştır. Mevcut durumda, beton için testler sonucu bulunan değerler ve çelik için ise BÇ-I için verilen değerler kullanılmıştır. Donatı alanı olarak ölçümler sonucu bulunan ve projede verilen donatıların alanları kullanılmıştır. Güçlendirilmiş durumda, beton için BS20 ile ilgili değerler ve BÇ-III ile ilgili değerler kullanılmıştır.

8.3.1. Yapının mevcut durumu için düğüm noktası tahkiki



- Kirişte taşıma gücü momenti hesabı :

$$A_{sa} = 7.634 \text{ cm}^2$$

$$b = 20 \text{ cm}$$

$$d = 57 \text{ cm}$$

$$w = \frac{A_s f_{yd}}{bd f_{cd}} = \frac{7.634 \cdot 1913}{20 \cdot 57 \cdot 40} = 0.32$$

$$m = w(1 - 0.59w) = 0.32(1 - 0.59 \cdot 0.32) = 0.26 \leq 0.30$$

$$M_r = mbd^2 f_{cd}$$

$$M_r = 0.26 \cdot 0.20 \cdot 0.57^2 \cdot 400 = 6.76 \text{ tm}$$

- Alt kolonda taşıma gücü momenti hesabı :

$$N_d = 26.54 \text{ Ton}$$

$$A_s = 16.08 \text{ cm}^2$$

$$b = 24 \text{ cm}$$

$$d = 60 \text{ cm}$$

$$n = \frac{N_d}{bdf_{cd}} = \frac{26.54}{0.24 \times 0.60 \times 400} = 0.46$$

$$w = \frac{A_s f_{yd}}{bd f_{cd}} = \frac{16.08 \times 1913}{24 \times 60 \times 40} = 0.53$$

$$\frac{d'}{d} = \frac{3}{60} = 0.05$$

Gerekli tablodan $m=0.29$ olarak bulunur.

$$M_r = mbd^2 f_{cd}$$

$$M_r = 0.29 \times 0.24 \times 0.60^2 \times 400 = 10.02 \text{ tm}$$

- Üst kolonda taşıma gücü momenti hesabı :

$$N_d = 22.54 \text{ Ton}$$

$$A_s = 16.08 \text{ cm}^2$$

$$b = 24 \text{ cm}$$

$$d = 50 \text{ cm}$$

$$n = \frac{N_d}{bdf_{cd}} = \frac{22.54}{0.24 \times 0.50 \times 400} = 0.46$$

$$w = \frac{A_s f_{yd}}{bd f_{cd}} = \frac{16.08 \times 1913}{24 \times 50 \times 40} = 0.64$$

$$\frac{d'}{d} = \frac{3}{50} \cong 0.05$$

Gerekli tablodan $m=0.34$ olarak bulunur.

$$M_r = mbd^2 f_{cd}$$

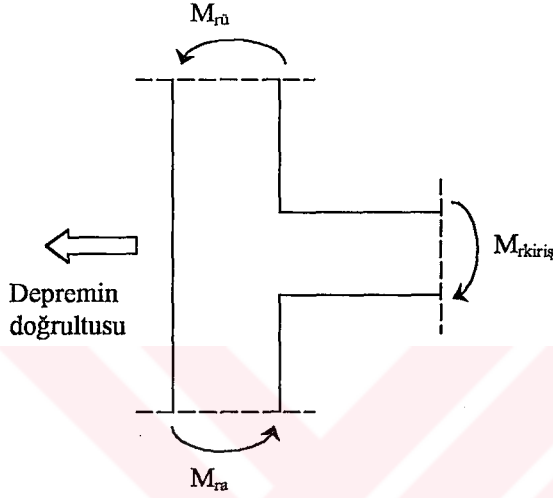
$$M_r = 0.34 \times 0.24 \times 0.50^2 \times 400 = 8.16 \text{ tm}$$

- Düğüm noktası tahkiki :

$$(M_{ra} + M_{r\bar{u}}) \geq 1.2M_{rkiriş}$$

$$(10.02+8.16) \geq 1.2 \times 6.76$$

$$18.18 \text{ tm} \geq 8.11 \text{ tm} \text{ Birleşim uygundur}$$



Mevcut durum için aynı düğüm noktasında depremin sağdan sola etkimesi durumunda düğüm noktası kontrolü yapılırsa

Kolonlar için hesaplanan taşıma gücü momentleri depremin soldan sağa etkimesi durumu için aynıdır.

- Kirişte taşıma gücü momentı hesabı :

$$A_{s\bar{u}} = 4.524 \text{ cm}^2$$

$$b = 20 \text{ cm}$$

$$d = 57 \text{ cm}$$

$$w = \frac{A_s f_{yd}}{bd f_{cd}} = \frac{4.524 \cdot 1913}{20 \times 57 \cdot 40} = 0.19$$

$$m = w(1 - 0.59w) = 0.19(1 - 0.59 \times 0.19) = 0.17 \leq 0.30$$

$$M_r = mbd^2 f_{cd}$$

$$M_r = 0.17 \times 0.20 \times 0.57^2 \times 400 = 4.48 \text{ tm}$$

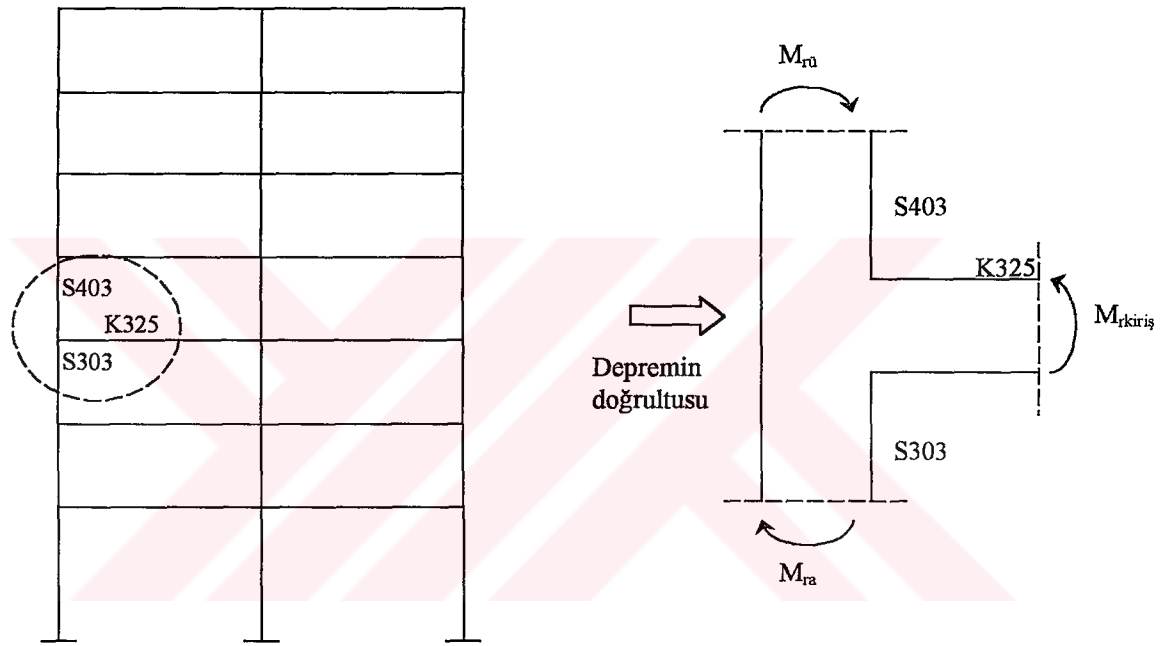
- Düğüm noktası tahkiki :

$$(M_{ra} + M_{r\bar{u}}) \geq 1.2M_{rkiriş}$$

$$(10.02 + 8.16) \geq 1.2 \times 4.48$$

18.18 tm \geq 5.38 tm Birleşim uygundur

8.3.1. Yapının güçlendirilmiş durumu için düğüm noktası tahkiki



- Kirişte taşıma gücü momenti hesabı :

$$A_{sa} = 7.634 \text{ cm}^2$$

$$b = 60 \text{ cm}$$

$$d = 67 \text{ cm}$$

$$w = \frac{A_s f_{yd}}{bd f_{cd}} = \frac{7.634 \cdot 3652}{60 \times 67 \cdot 133} = 0.05$$

$$m = w(1 - 0.59w) = 0.05(1 - 0.59 \times 0.05) = 0.05 \leq 0.30$$

$$M_r = mbd^2 f_{cd}$$

$$M_r = 0.05 \times 0.60 \times 0.67^2 \times 1333 = 26.79 \text{ tm}$$

- Alt kolonda taşıma gücü momenti hesabı :

$$N_d = 29.95 \text{ Ton}$$

$$A_s = 70.81 \text{ cm}^2$$

$$b = 64 \text{ cm.}$$

$$d = 100 \text{ cm}$$

$$n = \frac{N_d}{bdf_{cd}} = \frac{29.95}{0.64 \times 1.00 \times 1333} = 0.03$$

$$w = \frac{A_s f_{yd}}{bd f_{cd}} = \frac{70.81 \cdot 3652}{64 \times 100 \cdot 133} = 0.30$$

$$\frac{d'}{d} = \frac{3}{60} = 0.05$$

Gerekli tablodan $m=0.14$ olarak bulunur.

$$M_r = mbd^2 f_{cd}$$

$$M_r = 0.14 \times 0.64 \times 1.00^2 \times 1333 = 119.44 \text{ tm}$$

- Üst kolonda taşıma gücü momenti hesabı :

$$N_d = 19.76 \text{ Ton}$$

$$A_s = 58.46 \text{ cm}^2$$

$$b = 64 \text{ cm}$$

$$d = 90 \text{ cm}$$

$$n = \frac{N_d}{bdf_{cd}} = \frac{19.76}{0.64 \times 0.90 \times 1333} = 0.03$$

$$w = \frac{A_s f_{yd}}{bd f_{cd}} = \frac{58.46 \cdot 3652}{64 \times 90 \cdot 133} = 0.28$$

$$\frac{d'}{d} = \frac{3}{50} \cong 0.05$$

Gerekli tablodan $m=0.13$ olarak bulunur.

$$M_r = mbd^2 f_{cd}$$

$$M_r = 0.13 \times 0.64 \times 0.90^2 \times 1333 = 89.83 \text{ tm}$$

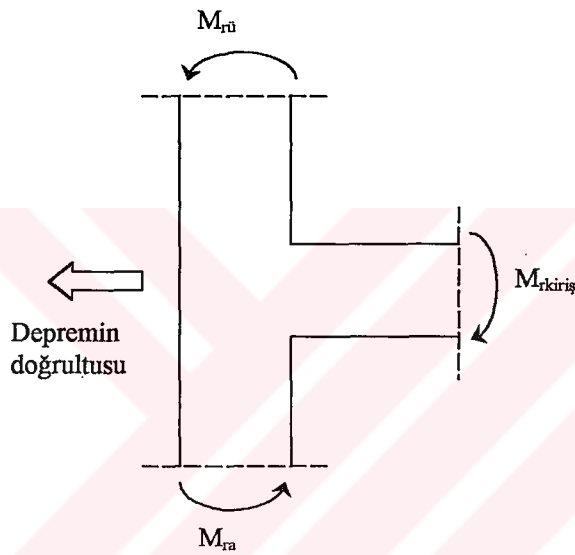
- Düğüm noktası tahkiki :

$$(M_{ra} + M_{rl}) \geq 1.2M_{rkiriş}$$

$$(119.44 + 89.83) \geq 1.2 \times 26.79$$

209.27 tm \geq 32.15 tm Birleşim uygundur

Güçlendirilmiş durum için aynı düğüm noktasında depremin sağdan sola etkimesi durumunda düğüm noktası kontrolü yapılırsa



Kolonlar için hesaplanan taşıma gücü momentleri depremin soldan sağa etkimesi durumu için aynıdır.

- Kirişte taşıma gücü moment hesabı :

$$A_{sü} = 12.064 \text{ cm}^2$$

$$b = 60 \text{ cm}$$

$$d = 67 \text{ cm}$$

$$w = \frac{A_s f_{yd}}{bd f_{cd}} = \frac{12.064 \cdot 13652}{60 \cdot 67 \cdot 133} = 0.08$$

$$m = w(1 - 0.59w) = 0.08(1 - 0.59 \cdot 0.08) = 0.076 \leq 0.30$$

$$M_r = mbd^2 f_{cd}$$

$$M_r = 0.076 \cdot 0.60 \cdot 0.67^2 \cdot 1333 = 27.29 \text{ tm}$$

- Düğüm noktası tahkiki :

$$(M_{ra} + M_{ra}) \geq 1.2M_{rkiriş}$$

$$(119.44 + 89.83) \geq 1.2 \times 27.29$$

$$209.27 \text{ tm} \geq 32.75 \text{ tm} \text{ Birleşim uygundur}$$

8.4. Güçlendirme Projesinin Esasları

Mevcut yapıda çok sayıda güçlendirilecek yapı elemanı olduğu 8.2. bölümündeki incelemelerden anlaşılmaktadır: Kolonların % 80'i, kirişlerin %20'si kesit açısından yetersiz bulunmuştur. Ayrıca tüm kiriş genişlikleri ABYYHY'ne uygun değildir. Tüm kolon ve kirişler donatı açısından yetersizdir. Kolon- kiriş birleşim bölgelerinde etriye sıklaştırılması yapılmamıştır. 8.1. bölümündeki incelemelerden ise BS'e göre beton mukavemetinin $f_{ck}=63.17 \text{ kg/cm}^2$ gibi çok düşük bir değerde olduğu, tadilat nedeniyle yapılan duvar yıkımlarında taşıyıcı betonarme yapı elemanlarındaki betonunun gevrek malzeme özelliği göstererek yer yer çatladığı anlaşılmaktadır. 17 Ağustos 1999 Marmara Depreminden dolayı binada ağır bir hasar meydana gelmemiş olmasına rağmen, yukarıda belirtilen sebepler ve binayı yıkıp yeniden yapmanın maliyetinin daha fazla olması nedeniyle, mevcut taşıyıcı elemanlarda tüm kolon ve kirişlerin mantolanarak güçlendirilmesi yoluna gidilmiştir. Bunun bir devamı olarak sürekli temel kirişleri ve temel bağ kirişleri ise yeni radye kirişleri haline dönüştürülmüş ve binanın altına radye plağı yapılarak temelin güçlendirilmesi tamamlanmıştır. Güçlendirme amacıyla mevcut binaya ilave edilen taşıyıcı elemanlar ile tüm yapının rijitlik merkezi ile ağırlık merkezi mümkün olduğu kadar çakıştırılmaya çalışılmış ve böylece burulma momentinden dolayı elemanlara aktarılacak ilave zorlamalardan kaçınılmıştır.

8.4.1. Güçlendirme ilkeleri ve kabuller

a) Mevcut binaya bir normal kat daha ilave edilerek ve yeni kullanım planına göre güçlendirme projesi yapılmıştır.

– Mevcut binada asma kat olarak yapılmış olan birinci kat, tama tamamlanarak güçlendirme projesi yapılmıştır.

– Mevcut binaya sonradan ilave edilen taban kaplamaları kaldırılacaktır. Bu şekilde bina üzerindeki gereksiz ve ölü yükler en aza indirilmiş olacaktır. Yeni yapılacak olan döşeme kaplamaları ince ve hafif malzemedendir olacaktır.

b) Yapılan güçlendirme projesinde yandaki binalara bitişik kolonlar üç taraftan, diğer kolonlar dört taraftan 20 cm mantolanmıştır.

– Kolonları birbirlerine bağlayan ve yandaki binalara bitişik olan kirişler iki taraftan, diğer bağlantı kirişleri ise üç taraftan mantolanmıştır. (Yanlardan 20 cm, alttan 12 cm. olacaktır.)

c) Yapılan güçlendirme projesinde sürekli temel kirişleri üst tarafından 30 cm, yan taraflarından 50 cm mantolanmıştır.

d) Mevcut temel bağ kirişleri, tespit edilecek aralıklarla kesilecek ve yerlerine ortalarda (70x130) cm, yandaki binalara bitişik olanlarda ise (50x130)cm boyutlarında yeni radye kirişleri yapılacaktır.

e) Yapılan güçlendirme projesinde, binanın ön ve arkasından mevcut duruma göre temel kirişleri 50 cm daha taşacak ve tüm binanın altı 30 cm' lik temel radye plağı ile kaplanacağı durum göz önüne alınmıştır.

f) Mevcut kolon ve kirişler yok kabul edilerek yukarıda oluşturulan kolon ve kiriş mantoları ile oluşturulacak çerçeve ile mevcut döşemeler binanın taşıyıcı sisteminin modelini oluşturmuştur. Bodrum, zemin ve dört normal kattan oluşan mevcut binaya beşinci bir normal kat daha ilave edilerek oluşturulan model analiz edilmiştir. Bu modelde mevcut kolon ve kirişler yalnızca yük olarak binaya etki edecektir. Aynı şekilde mevcut temel kirişleri de yük olarak radyeye etki edecektir.

g) Kolon mantoları, döşeme plağı itinalı bir şekilde kesilerek açılan aralıklardan devam edecek ve bu şekilde hem betonda hem de donatıda süreklilik sağlanacaktır.

h) Bodrum katta kolon mantolarının tümü mevcut sürekli temel kirişlerine filizlerle ankre edilecektir. Filizlerin gömülme boyu 20Ø, manto içi boyu 40Ø olacaktır. Gömülen filizler için açılan delikler filiz çaplarından 5 mm daha büyük olacak ve filizler epoksi ile mevcut temel kirişlerine kenetlenecektir. Filizlerin toplam alanı mantodaki boyuna donatının alanının iki katı olacaktır. Ayrıca mantolardaki düşey donatılar mevcut sürekli kirişler üzerine konulan 30cm' lik mantoya da 1997 Yönetmeliğinde öngördüğü şekilde ankre edilecektir.

ı) Mevcut kirişlerin yanlarına konulan mantoların üst ve gövde donatıları, kendilerine dik olan kolon mantolarına ankre edilecek ve ayrıca mesnet donatıları mevcut kirişlerin gövdelerinde açılan deliklerden geçerek her iki tarafa yeterince uzatılarak ankre edilecektir. Açılan delikler donatıdan 5 mm daha geniş olacak ve donatı epoksi ile mevcut kirişe kenetlenecektir. Bu şekilde tüm yan mantoların üst ve gövde donatılarında süreklilik sağlanmış olacaktır.

j) Binadaki kolon ve kirişlerdeki tüm sıvalar ile kiriş yanlarındaki 20 cm genişliğindeki tavan sıvalarının tümü itinalı bir şekilde sıyrılacaktır. Bu şekilde kolon, kiriş ve tavan plağındaki orijinal beton yüzeylerine ulaşılmış olacaktır. Böylece kolon ve kirişler mantolanırken orijinal beton yüzeyleri ile yeni manto betonunun teması sağlanmış olacaktır.

k) Döşeme plağı itinalı olarak kesilerek kolon mantolarının katlar arası sürekliliği sağlanacaktır. Kolon etraflarında döşeme plağının kesilerek delinmesi sağlanırken kirişlerin her iki tarafından ortaya yakın yerlerde ikişer delik daha yine kesilerek açılacaktır. Döşeme plağında açılan bu deliklerden kirişlere beton basılacaktır. Bu şekilde mevcut yapı ile yeni yapının da birlikte çalışmaları sağlanmış olacaktır.

8.4.2. Çerçeve yatay elemanlarının (kirişlerin) güçlendirilmesi

ABYYHY 'ne göre yapılan statik ve betonarme hesaplar sonucunda donatı ve kesit açısından yetersiz olan kirişler yapılan analizlerden tespit edilmiştir. Yukarıda belirtilen ilkeler ve kabuller doğrultusunda mevcut kirişlerin tümü (saplama kirişleri

hariç) alttan 12 cm ve iki yanından (bazı hallerde tek yanından) 20 cm olarak mantolanarak güçlendirilmesi yoluna gidilmiştir. Bu durumda kirişlerin çoğu (U) şeklinde ve yandaki kirişler de (L) şeklinde mantolanacaktır. Kiriş mantolarındaki uzunlamasına donatılar üst ve orta taraftan kirişler delinerek, alt taraftan ise doğrudan karşı kirişin mantosuna ankre edilecektir. Kiriş manto betonu mevcut kirişlerin orijinal beton yüzeyleri ile ve tavan plağının orijinal beton yüzeyi ile temas halinde olacak şekilde kalıplara basınçlı olarak yerleştirilecektir. Kiriş mantolarında BS20 betonu, etriyelerde BÇ-I ve asal donatılarda BÇ-III çeliği kullanılacaktır. Bu mantolara beton, plakta kesilerek açılan deliklerden ve kolon mantoları için plakta kesilerek açılan aralıklardan basılarak yerleştirilecektir. Mevcut döşeme plağı da güçlendirmede oluşturulan taşıyıcı sistemin bir parçası olduğundan plakta açılan deliklere donatı yerleştirilerek kiriş mantosu ile döşeme plağının birlikte çalışması sağlanacaktır.

8.4.3. Çerçeve düşey elemanlarının (kolonların) güçlendirilmesi

ABYYHY 'ne göre yapılan statik ve betonarme hesaplar sonucunda donatı ve kesit açısından yetersiz olan kolonlar 2. bölümde tespit edilmişti. Yukarıda belirtilen ilkeler ve kabuller doğrultusunda mevcut kolonların tümü dört tarafından (bazı hallerde üç tarafından) 20 cm olarak mantolanarak güçlendirilmesi yoluna gidilmiştir. Bilgisayarda oluşturulan çerçeve modelinde bu kolonlar aslında mevcut kolon yok kabul edilerek ortası boş mantolar olarak modellenmiştir. Üst katlara doğru kolon boyutlarında azaltmalar yapılmıştır. Bu nedenle azaltma yapılan taraftaki manto kolon modelinden kaldırılarak çerçeve modeli oluşturulmuştur. Bunun nedeni ise bu kısımlarda mantoda bulunan boyuna donatılarının sürekliliğinin sağlanamamasıdır. Bu durumda bilgisayar modelindeki bazı kolonlar (U) şeklinde veya (L) şeklinde modellenmiş olmaktadır. Kolon manto betonu mevcut kolonların orijinal beton yüzeyi ile temas halinde olacak şekilde kalıplara yerleştirilecektir. Kolon mantolarında BS20 betonu, etriyelerde BÇ-I ve asal donatılarda BÇ III çeliği kullanılacaktır. Bu mantolara beton, plakta kesilerek açılan delikten yerleştirilecektir.

8.4.4. Temellerin güçlendirilmesi

Takviye amacı ile mantolanan kolonlardaki yüklerin zemine güvenli bir şekilde aktarılması amacıyla mevcut sürekli temel kirişleri üstten 30 cm ve her iki yandan 50 cm genişletme ile mantolanarak yeni radye kirişleri oluşturulacaktır. Ayrıca mevcut bağlantı kirişleri yerine yeni radye kirişleri düzenlenecektir. Binanın oturduğu alanın tümüne 30 cm kalınlığında radye plağı yapılacaktır. Binanın ön ve arka cephelerinde mevcut olan sürekli kirişler 50`şer cm daha dışarıya taşırılacaktır. Bu şekilde toplam yükün oturduğu alan % 7 kadar arttırılmış olmaktadır. Bu temel modeli esas alınarak yapılan statik ve betonarme hesaplara göre bulunan donatılar sadece ilave edilen yeni kesitlere yerleştirilecektir. Ayrıca kolon çevrelerine konulmuş mantolardaki düşey donatı alanına eşit filiz donatısı mevcut sürekli temel kirişine eklenecektir. Temellerde BS20 betonu, asal donatı olarak BÇ-III ve etriye olarak BÇ-I çeliği kullanılacaktır.

Kolon, kiriş ve temellerde manto betonuyla eski beton araklıklarla epoksi ile kenetlenmiş ankraj çubukları ile birbirine bağlanacaktır. Böylece eski ve yeni elemanların birlikte çalışmaları sağlanacaktır.

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapıların deprem etkisi ile değişik düzeylerde hasar görmelerine veya yıkılmalarına etki eden pek çok faktörler bulunmaktadır. Bunlar uygun olmayan zemin, yanlış seçilen bir temel sistemi, projelendirme hataları, mimari tasarım hataları, kullanılan malzemelerin seçimi inşaat aşamasında ki uygulama ve işçilik hataları olarak sayılabilir. Yapıların depremi en az hasarla atlatabilmeleri için burada saydığımız olumsuzlukların ortaya çıkmasını engellemek gerekir. Ne yazık ki yaşadığımız son depremlerden sonra bazı hataların engellenemediği ve sonuçta istenmeyen can ve mal kayıplarının oluştuğu görülmüştür.

Deprem sonucunda hasar gören bu binaları öncelikle hasar durumuna göre sınıflandırmak gerekir. Bu sınıflandırma, az hasarlı, orta hasarlı, çok hasarlı binalar olarak yapılmaktadır. Çok hasarlı binaların tekrar kullanılabilir duruma getirilmesi emniyet ve maliyet açısından değerlendirildiğinde avantajlı görülmemektedir. Öte yandan az hasarlı ve orta hasarlı binaların kullanılabilir duruma getirilmesi için onarımı veya güçlendirilmesi konusu gündeme gelmektedir.

Yapılan bu çalışmada, tasarımında yapılan hatalar ve depremin etkisi sonucunda az hasar gören bir binanın güçlendirme projesine yer verilmiştir. Binada kullanılan malzemeler ile ilgili testler yapılmış, elde edilen tüm veriler doğrultusunda yapının taşıyıcı sistemi analiz edilmiş, buna uygun olarak bir güçlendirme modeli geliştirilmiştir. Yapının bulunduğu arazinin kıymetli olması nedeniyle bir kat ilavesi düşünülmüş ve bu model içerisinde tasarlanmıştır. Yapılan güçlendirme projesi sonucunda, güçlendirmenin maliyetinin, yeniden yapmanın maliyetinden daha az olduğu görülmüş ve bu da bize ekonomik açıdan bir avantaj sağlamıştır (Ek 14). Bu sebeple bu güçlendirme projesinin yapılabilirliğine karar verilmiştir.

Deprem kuşağında bulunan ülkemizde deprem hasarlarının azaltılması için depremde hasar gören yapıları yıkmak yerine bu yapıları bir daha hasar oluşturmayacak şekilde onarım-güçlendirerek kullanıma sunabilmeliyiz. Ancak, onarım-güçlendirmeyi gerektiren durumların zamanında yapılan yanlış ve eksik uygulamaların bir sonucu

olduğu bilinerek yapılması ve aynı hataya düşülmemesi bu uygulamanın esasıdır. Bu sebeple onarım-güçlendirmenin eğitimi, kontrolü ve insanlarda güven uyandırması sağlanmalıdır.



KAYNAKLAR DİZİNİ

DEMİR, Halit, 1992, "Depremden Hasar Görmüş Betonarme Yapıların Onarımı ve Güçlendirilmesi", İstanbul

CELEP, Zekai, 1999, "Yapılarda Deprem Sonrası Hasar Belirlenmesi, Onarım ve Güçlendirme Yöntemleri", İstanbul

TÜBİTAK, İMO, 1999, "Betonarme Binaların Onarımı ve Güçlendirilmesi", İstanbul

AYDIN, Ruhi, 2001, "Betonarme Yapıların Depreme Dayanıklı Olarak Tasarımı", Türkiye Deprem Vakfı, İstanbul

DOĞAN, Mizan, 2001, "İzmit Deprem Bölgesinde Onarım-Güçlendirme Uygulaması", Yapı Mekaniği Semineri, Eskişehir

DOĞAN, Mizan, 1999, "Mevcut Yapıların Deprem Dayanımının Belirlenmesi", Yapı Mekaniği Semineri, Eskişehir

DOĞAN, Mizan, 2000, "Depreme Dayanıklı Tasarım Ders Notları", Eskişehir

ERSOY, Uğur, 1999, "Binaların Mimarisinin ve Taşıyıcı Sistemin Deprem Dayanımına Etkisi", Deprem Güvenli Konut Sempozyumu, Sayfa 65-77, Ankara

ERSOY, Uğur, 1995, "Betonarme Temel İlkeler ve Taşıma Gücü Hesabı", Cilt I, İstanbul

CELEP, Zekai ve KUMBASAR, Nahit, 1998, "Betonarme Yapılar", İstanbul

1998, "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik", İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Dairesi

TURAN,M. ve İREN,M., 1997, “Betonun Gerilme Şekil Değişirme İlişkisi”, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 21, Sayı 1, Sayfa 76-81, Konya

SUCUOĞLU, Haluk, 1999, “Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı”, Deprem Güvenli Konut Sempozyumu, Sayfa 79-86, Ankara

BAYÜLKE, Nejat, 1995, “Depremde Hasar Gören Yapıların Onarımı ve Güçlendirilmesi”, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, İzmir

BAYÜLKE, Nejat, 1989, “ Depremler ve Depreme Dayanıklı Betonarme Yapılar”, İstanbul

TUNA, Mehmet Emin, 1991, “Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı İlkeleri”, Ankara

O.D.T.Ü, 1994, “Mühendislik Hizmeti Görmüş Yapılar İçin Hasar Tespit Formu Hazırlanması”, Ankara

BAYINDIRLIK VE İSKAN BAKANLIĞI, 1993, “19 Mart 1992 Erzincan Depremi”, Ankara

ŞEV, Aysin, 2000, “Betonarme Yüksek Yapılarda Mimari Form ve Deprem Davranışı Arasındaki İlişki”, Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu, İzmir

YAZICI, H., TÜRKEL, S., BARADAN, B., “Deprem Hasarlarında Beton Kalitesinin ve İşçiliğin Önemi”, Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu, İzmir

ERSOY, Uğur, TANKUT, Tuğrul, 1998, “Seismic Repair/Strengthening Reinforced Concrete Metu Research And Praticce”, Second Japan-Turkey Workshop Earthquake Engineering, İstanbul

BUNGAY, J.H., MILLARD, S.G., 1996, “Testing Of Concrete in Structure”

EK 1 – DEPREM HASARI İNCELEME VE TESPİT FORMU

1. ŞEHİR, KASABA VEYA KÖYÜN ADI : Kütahya

2. BİNANIN TANIMI :

- 1) Yerleşim Bölgesinin No. Su 01
2) Ekip No 01
3) Bina No. Su 03

3. BİNANIN ESAS EKSENİNİN DOĞRULTUSU (X) : N

- 1) NS 2) EW 3) N 4) S 5) E 6) W

4. BİNANIN BLOK İÇİNDEKİ KONUMU : 2

- 1) Köşe
2) Orta
3) Serbest

5. KAT ADEDİ :

- 1) Katlar5
2) Ekler Yok
3) Asma Katlar (Ara Katlar) 1
4) Bodrumlar 1

6. BİNANIN BRÜT ALANI (m²) : 1751

7. KULLANIMI

- 1) Bina İş merkezi
2) Zemin Kat İş merkezi

8. DAİRE SAYISI : 5 kat ofis

9. İNŞAAT DÖNEMİ (Her ülke tarafından belirtilecektir) 3

O dönemde çoğunlukla yapılan yapı türü

- 1) Kerpiç, Taş Ve Tuğla
2) Betonarme Döşemeli Ve Tuğla Veya Taş Kagir Duvarlı
3) Betonarme Çerçeve Veya Diğer Modern Tipte

10. YAPI TİPİ (Açıklamaya bakınız) : 2 1 3

11. DÖŞEMELER : 1
- 1) Betonarme
 - 2) Çelik
 - 3) Ahşap
 - 4) DİĞER
12. ÇATI : 3
- 1) Betonarme
 - 2) Çelik
 - 3) Ahşap
 - 4) Diğer
13. ÇATI ÖRTÜSÜ : 1
- 1) Kiremit
 - 2) Metal Levha
 - 3) Hafif Asbest
 - 4) Asfaltlı Kağıt
 - 5) Kuvvetli Tecrit
 - 6) Zayıf Tecrit
 - 7) Diğer
14. İŞÇİLİK : 2
- 1) İyi
 - 2) Orta
 - 3) Zayıf
15. TAŞIYICI SİSTEM (Açıklamaya bakınız) : 2
- 1) Taşıyıcı Duvarlar
 - 2) Çerçeveler
 - 3) Dolgu Duvarlı Çerçeveler
 - 4) Perdeli Çerçeveler
 - 5) Dolgu Duvarlı İskelet
 - 6) Karma
 - 7) Diğer (Açıklayınız)
16. DİĞERLERİNE GÖRE BİRİNCİ KATIN RİJİTLİĞİ : 2
- 1) Daha Büyük
 - 2) Yaklaşık Aynı
 - 3) Daha Küçük

17. ÖNCEKİ DEPREMLERDEN ONARIMLAR : 1

- 1) Hayır
- 2) Evet
- 3) Bilinmiyor

18. HASARIN DERECESİ :

A -) YAPISAL (TAŞIYICI) ELEMANLAR (Açıklamaya Bakınız)

1) YOK 2) HAFİF 3) ORTA 4) AĞIR 5) CİDDİ

1- Taşıyıcı Duvar	2
2- Kolonlar	2
3- Kirişler	2
4- Çerçeve Düğümleri	2
5- Deprem Perdeleri	1
6- Merdivenler	1
7- Döşemeler	1
8- Çatı	1

B -) YAPISAL (TAŞIYICI) OLMAYAN ELEMANLAR VE TESİSAT

1) YOK 2) HAFİF 3) ORTA 4) AĞIR 5) CİDDİ

1- İç Duvarlar	2
2- Bölmeler	1
3- Dış Duvarlar	1
4- Elektrik Tesisatı	1
5- Sıhhi Tesisat	1

19. YAPININ TÜMÜNDE HASAR : 1.2

- 1.1) Hiç
- 1.2) Hafif
- 2.1) Orta
- 2.2) Ağır
- 3.1) Ciddi (Çok Ağır)
- 3.2) Tamamı

20. DOLAYLI HASAR (YANGIN, ÇARPMA, V.S.) : 1

- 1) Evet
- 2) Hayır

21. GÖZLENEN ZEMİN İNSTABİLİTESİ VE JEOLJİK PROBLEMLER : 1

- 1) Hiç
- 2) Hafif Oturmalar
- 3) Çok Oturmalar
- 4) Sıvılaşma
- 5) Arazi Kayması
- 6) Kaya Düşmeleri
- 7) Fay Oluşması
- 8) Diğer (Açıklayınız)

22. KULLANILABİLİRLİK SINIFLANDIRILMASI VE ASILMASI : 4

ASILMIŞ İLAN :

- 1) Yeşil
- 2) Sarı
- 3) Kırmızı

İLAN YOKSA :

- 4) Yerel Tehlike Giderildikten Sonra “ Yeşil “ İlan Asılmalı
- 5) Zemin Ve Jeolojik Problemler : Yeniden İnceleme Gerekli
- 6) Sınıflandırma Yapılamadı : Yeniden İnceleme Zorunlu
- 7) Binaya Girilemiyor

23. ACİL ÖNLEMLER İÇİN ÖNERİLER : 1

- 1) Hiç
- 2) Yerel Hasar Giderilmeli
- 3) Bina Çökmeye Karşı Projelendirilmeli
- 4) Sokaklar Ve Komşu Binalar Projelendirilmeli
- 5) Acilen Yıkılmalı

24. EK VERİLER (FOTOĞRAFLAR / KROKİLER VE AÇIKLAMALAR) : 1

- 1) Yok
- 2) Yalnız Fotoğraflar
- 3) Yalnız Kroki Ve Açıklamalar
- 4) Fotoğraflar, Kroki Ve Açıklamalar

25. BİNANIN TAHMİN EDİLEN ŞİMDİKİ DEĞERİ (Milyar TL olarak) : 500

26. TAHMİN EDİLEN DEĞER KAYBI (Tahmin Edilen Değerin % Si Olarak) :40

27. CAN KAYBI (Ölenler Ve Yaralananlar) : 1

- 1) Yok
- 2) Muhtemel
- 3) Evet
- 4) Bilgi Varsa Gösteriniz

İSTENİRSE Ölü Sayısı
Yaralı Sayısı

AÇIKLAMALAR :

MADDE 10 . YAPI TİPİ :

1. Dijit	2. Dijit	3. Dijit
1 – Kagir	1 – Hatılsız, kuşaksız 2 – Yatay kuşaklar 3 – Yatay ve düşey kuşaklar 4 – Betonarme döşemeler veya çatı	1 – Kerpiç 2 – Harçsız kagir 3 – Harçlı kagir 4 – Dolu tuğla 5 – Boşluklu tuğla 6 – Beton bloklar 7 – Donatısız beton 8 - 9 -
2 – Betonarme	1 – Yerinde döküm çerçeve 2 – Yerinde döküm taşıyıcı duvarlar 3 – Prefabrike 4 – Kagir ile karma 5 – Çelik ile karma	1 – Hafif bölmeler 2 – Dolu tuğla dolgu duvarlı 3 – Boşluklu tuğla dolgu duvarlı 4 – Beton blok dolgu duvarlı
3 – Çelik	1 – Ağır çelik taşıyıcı 2 – Hafif çelik taşıyıcı 3 – Kagir veya beton ile karma	1 – Hafif bölmeler 2 – dolgu tuğla duvarlı 3 – Boşluklu tuğla duvarlı
4 – Ahşap	1 – Ahşap çerçeve 2 – Bağdadi 3 – Diğer	1 - 2 -

MADDE 15. YAPISAL (TAŞIYICI) SİSTEMİN TİPİ :

1. Düşey ve yatay yüklerin taşıyıcı duvarlarla taşınması
2. Düşey ve yatay yüklerin çerçevelerle taşınması
3. Düşey ve yatay yüklerin çerçeveler ve dolgu duvarlarla taşınması
4. Düşey ve yatay yüklerin çerçeve – perde sistemle taşınması
5. Düşey ve yatay yüklerin kolonlar ve duvarlarla taşınması fakat belirgin ve düzenli çerçevelerin bulunması
6. Düşey ve yatay yüklerin duvarların, çerçevelerin, dolgu duvarlarının ve/veya deprem perdelerinin oluşturduğu sistemce taşınması
7. Diğer sistemler, tanımlanacak, ters sarkaç, şemsiye gibi

MADDE 18. HASAR DERECEŚİ (HASAR SINIFI) :

1) YOK : Taşıyıcı elemanlarda gözle görülür hasar yok. Duvarlarda ve tavan sıvasında ince çatlaklar olabilir. Zorlukla fark edilen taşıyıcı olmayan ve olan eleman hasarı

2) HAFİF : Duvarlar ve tavan sıvasında çatlaklar. Duvar ve tavan yüzeyinde büyük sıva parçalarının düşmesi. Önemli çatlaklar veya bacalar, atika ve çatı duvarlarının kısmen yıkılması. Çatı örtüsünün bozulması, kısmen kayması, kayması ve yere düşmesi. Taşıyıcı elemanlarda “ yapının deprem mukavemetine etkisi olmayacak derecede “ diye değerlendirilen küçük çatlaklar.

3) ORTA: Taşıyıcı duvarlarda, pencereler arasındaki duvarlarda ve benzeri taşıyıcı elemanlarda köşegenel (eğik) veya başka türlü çatlaklar. Betonarme taşıyıcı elemanlarda büyük çatlaklar: duvarların kısmen veya tamamen yıkılması. Çatı örtüsünün bozulması, kayması ve yere düşmesi.

4) AĞIR : Duvarlarda malzemenin ezilmesi ile duvarlarda ayrılma olarak veya olmasın büyük çatlaklar. Pencereler arasındaki kırılmalarla ve taşıyıcı duvarların benzer elemanlarında malzemede yerinden oynamalar ve bozulmalarla büyük çatlaklar: kolonlar, kirişler ve betonarme duvarlar. Taşıyıcı elemanlarda ve tüm binada belirli yerinden oynamalar.

5) CİDDİ (ÇOK AĞIR) : Taşıyıcı elemanlarda ve birleşimlerde büyük hasarlar ,bozulma ve yerinden oynamalar. Çok sayıda taşıyıcı eleman ezilmiş. Tüm binada hayli

bozulma, yerinden çıkma ve ayrılmalar, çatının oturması. Binada kısmen veya tamamen harap olma.

MADDE 22. KULLANILIRLIKLA İLGİLİ (İLAN İÇİN) DEĞERLENDİRME :

YEŞİL : Yeşil olarak yaftalanmış binaların (1. ve 2. Sınıf hasarlı) deprem mukavemetlerinde azalma yoktur ve can güvenliği bakımından tehlike arz etmezler. Hemen kullanıma geçilebilir. Girişine sınırlama yoktur.

SARI : Sarı olarak yaftalanmış binaların (3. ve 4. Sınıf hasarlı) deprem mukavemetlerinde önemli azalma vardır. Sınırlı girişe izin vardır fakat onarım ve/veya güçlendirme yapılmadan sürekli kullanıma izin yoktur.

KIRMIZI : Kırmızı olarak yaftalanmış binalar (5. Sınıf hasarlı) güvensizdirler ve ani olarak çökmeleri tehlikesi vardır. Giriş yasaktır. Cadde ve sokakların ve komşu binaların korumaya alınması veya yapının acilen yıktırılması gerekli olabilir. Tek ve özellik arz etmeyen binalar halinde yıkım için karar onarım ve güçlendirme ile ilgili ekonomik incelemeye dayanacaktır.

Buradaki bilgilerin sayısal olarak doldurulması bilgisayar kütüklerine aktarılmasına, emin şekilde saklanmasına, her an ve çok büyük kolaylık, rahatlık ve süratle istenilen formatta kendilerine erişilebilmesine ve çıkış alınmasına olanak verilecektir.

EK 2 - YAPI ELEMANLARININ MEVCUT DURUMLARI İLE İLGİLİ TESPİTLER

a) Temeller

Durum tespiti yapılabilmesi için temellerin üzerindeki dolgu toprağı kazdırılmıştır. Burada yapılan ölçümler ve gözlemlerde yapının temellerinin tek doğrultuda sürekli temel olduğu ve mevcut kesitlerin projeye uygun olduğu görülmüştür.

b) Kolonlar

Yapılan incelemelerde mevcut kolonların boyutları projedeki boyutlarla karşılaştırılmıştır. 1. kattaki 21 nolu kolonun projede verilen boyutundan farklı imal edildiğı tespit edilmiştir. Binanın ön cephesinde zemin katta bulunan kolonlardan 3 tanesi 6 metre uzunluğa sahiptir. Bu kolonlar narin kolon olarak değerlendirilmelidir. Kolonların imalatı sırasında yapılan kalıp hatalarını örtmek için yer yer 5 cm kalınlığa ulaşan sıvaya rastlanmıştır.

Ayrıca incelemelerde kolon boyutlarına ve dayanımına ilişkin bir başka durum ile de karşılaşmıştır. Binanın güçlendirilmesi düşünülmeden önce, binanın yalnızca tadil edilip kullanılması planlanmış ve bu amaçla yapılan duvar yıkımları sırasında duvarları çevreleyen kolon ve kiriş köşelerinin tahribata uğradığı gözlenmiştir. Bu tahribat yer yer köşe demirlerine kadar olan betonun dökülmesine neden olmuştur. Bu nedenle bazı kolonlarda boyutlar projeye uygun olarak yapılmış olsa bile bu boyutların efektif olduğu söylenemez.

c) Kirişler

İncelemeler sırasında mevcut durum ile proje karşılaştırıldığında bazı kirişlerin projede belirtilen boyutlarda olmadığı tespit edilmiştir. Tadilat gerekçesi ile duvarların yıkılması sırasında kolonlara benzer şekilde kirişlerde de tahribat olduğu ve bu

tahribatın yer yer köşe demirlerine kadar olan betonun dökülmesine neden olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle bazı kirişlerde boyutlar projeye uygun olarak yapılmış olsa bile bu boyutların efektif olduğu söylenemez. Ayrıca tesisat ve pis su borularının geçirilmesi amacıyla kirişlerin mesnet bölgelerine yakın yerlerinden delindiği ve bu kısımların hasar görmüş olduğu gözlenmiştir.

d) Döşemeler

Karot alınan yerlerden yapılan ölçümlerde döşeme kalınlıklarının projeye uygun olarak yapıldığı tespit edilmiştir.

e) Asma kat

Birinci katta galeri boşluğunu kapatmak amacıyla sonradan imal edildiği anlaşılan asma kat bulunmaktadır. Asma kat için ayrıca kolonlara ankastre bağlı edilen bir taşıyıcı sistem, çelik konstrüksiyon kullanılarak yapılmıştır. Bu bölümün döşemeleri de çelik konstrüksiyon kullanılarak imal edilmiştir. Bu döşemeler alttan ve üstten ahşap kaplama malzemesi ile kapatılmıştır.

f) Duvarlar

Yapılan gözlemlerde 1., 2. ,3. ve 4. katlarda dış duvarlar hariç diğer duvarların tadilat amacıyla yıktırıldığı görülmüştür. Bodrum ve zemin kattaki duvarlarda herhangi bir yıkım söz konusu değildir.

EK 3 - MEVCUT YAPININ AFET BÖLGELERİNDE YAPILACAK YAPILAR HAKKINDAKİ YÖNETMELİĞİNE GÖRE TAHKİK EDİLMESİ VE TESPİT EDİLEN YETERSİZLİKLER

I) Yapılan kabuller ve hesap yöntemi

Güçlendirme projesi hazırlanırken aşağıdaki kabuller ışığında hesaplamalar yapılmıştır.

- a) Yapı ABYYHY 'e göre tahkik edilmiştir.
- b) Beton basınç mukavemeti olarak yapıdan alınan karot örnekleri üzerinde yapılan basınç deneylerinin BS 'e göre analiz edilmesi sonucu elde edilen değer normal katlarda $f_{ck} = 63.17 \text{ kg / cm}^2$ ve temelerde $f_{ck} = 118.98 \text{ kg / cm}^2$ kabul edilmiştir.
- c) Beton elastisite modülü olarak Turan ve İren tarafından geliştirilen bağıntı kullanılarak elde edilen, normal katlar için $E_c = 97597 \text{ kg/cm}^2$ ve temeller için $E_c = 158966 \text{ kg/cm}^2$ değerleri kabul edilmiştir.
- d) Donatı çeliği olarak hesaplarda BÇ I kabul edilmiştir.
- e) Zeminle ilgili olan hesaplarda zemin emniyet gerilmesi olarak zemin etüdü ile tespit edilen 1.0 kg / cm^2 değeri kabul edilmiştir.
- f) Yapı elemanlarında röleve sonucu bulunan boyutlar esas alınmıştır.

II) Elde edilen bulgular ve sonuçlar

- a) Temeller

Temellerin projede belirtilen mevcut durumları esas alınarak ve zemin etüdü doğrultusunda zemin emniyet gerilmesi 1.0 kg/cm^2 kabul edilerek betonarme hesapları yapılmıştır. Yapılan betonarme hesaplar sonucunda mevcut temellerin kesitlerinin yeterli olduğu görülmüştür, ancak donatı açısından ise bu elemanların tamamının yetersiz olduğu tespit edilmiştir.

b) Kolonlar

Ölçümler sonucu ortaya çıkan boyutlar dikkate alınarak statik ve betonarme hesapları yapılmış ve mevcut 153 kolondan 120 kolon kesit açısından yetersiz, aynı zamanda kolonların tamamı da donatı açısından yetersiz bulunmuştur. Tüm kolonlarda etriyelerin TS500 ve ABYYHY 'de öngörülen şekilde düzenlenmediği ve sarılma bölgelerinde etriye sıklaştırılması yapılmadığı görülmüştür.

c) Kirişler

Yapı 1997 yılında değişen ABYYHY 'den önce inşa edildiğinden, tüm kiriş genişlikleri bu yönetmeliğe uygun değildir. Ölçümler sonucu bulunan kiriş boyutları dikkate alınarak statik ve betonarme hesaplar yapılmıştır. 316 kirişten 57 adedi kesit açısından, aynı zamanda kirişlerin tamamı da donatı açısından yetersiz bulunmuştur. Tüm kirişlerde ABYYHY'e göre mesnet bölgelerinde etriye sıklaştırılması yapılmamıştır.

d) Döşemeler

Döşemelerle ilgili olarak yerinde yapılan ölçümlerde ve döşemelerden alınan karot numunelerinde görüldüğü üzere döşeme kalınlıklarının projede belirtilen boyutlara uygun olduğu görülmüştür. Bu nedenle statik ve betonarme hesaplarda döşeme kalınlığı olarak projede belirtilen boyutlar alınmıştır. Yapılan hesaplarda döşemelerin kesit açısından yeterli olduğu tespit edilmiştir.

EK 4 – PROJEDE VERİLEN BOYUTLARDAN FARKLI İMAL EDİLMİŞ KİRİŞLER

Kat Adı	Kiriş Adı	Projedeki Boyut (cm)	Mevcut Boyut (cm)
ZEMİN KAT	K223	20/80	20/57
	K224	20/80	20/57
	K237	20/80	20/57
	K238	20/80	20/57
1. KAT	K323	20/80	20/67
	K324	20/80	20/67
	K337	20/80	20/67
2. KAT	K415	20/60	20/55
	K416	20/60	20/55
	K423	20/80	20/72
	K424	20/80	20/72
	K435	20/70	20/55
	K436	20/70	20/57
	K437	20/80	20/72
	K438	20/80	20/72
	K442	20/70	20/57
	K443	20/60	20/52
	3. KAT	K514	20/70
K515		20/60	20/55
K516		20/60	20/55
K523		20/80	20/72
K524		20/80	20/72
K535		20/60	20/55
K538		20/80	20/72
K542		20/70	20/57
K543		20/60	20/52
K555		20/60	20/52
4. KAT	K638	20/60	20/55
	K615	20/60	20/55
	K616	20/60	20/55
	K655	20/60	20/52

EK 5 – PROJEDEKİ DONATILARDAN FARKLI DONATIYA SAHİP KOLONLAR

Kolon Adı	Projedeki Donatı	Mevcut Donatı
SB11	10Ø20	8Ø20
SB12	14Ø20	8Ø20
SZ13	14Ø18	8Ø20
SZ14	14Ø18	8Ø20
SZ15	14Ø18	8Ø20
SZ16	14Ø18	8Ø20
SZ17	12Ø16	12Ø20
SZ24	10Ø20	8Ø20
S111	6Ø16	6Ø20
S112	10Ø18	8Ø20
S113	10Ø18	8Ø20
S114	10Ø18	8Ø20
S115	10Ø18	8Ø20
S116	10Ø18	8Ø20
S117	10Ø16	10Ø20
S122	8Ø18	6Ø20
S123	8Ø18	6Ø20
S124	8Ø18	6Ø20
S125	10Ø18	6Ø20
S212	8Ø16	6Ø16
S213	8Ø16	6Ø16
S214	8Ø16	6Ø16
S215	8Ø16	6Ø16
S222	6Ø16	4Ø16
S310	6Ø14	4Ø14
S311	6Ø14	4Ø14
S417	8Ø14	4Ø14

EK 6 – KAROT ÖRNEKLERİ ÜZERİNDE YAPILAN ULTRASES DENEYLERİ

a) Normal katlardan alınan örnekler üzerinde yapılan deneyler

Kat Adı	Örnek No	Minimum Boy (cm)	Ölçülen Zaman (μ s)	Hesaplanan Hız (km/s)
BODRUM KAT	B1	11,69	36,1	3,238
	B2	13,63	43,9	3,105
	B3	11,28	33,8	3,337
	B4	12,14	40,3	3,012
	B5	11,52	33,8	3,408
	B6	11,65	38,6	3,018
ZEMİN KAT	Z1	10,03	31,2	3,215
	Z2	10,14	34,0	2,982
	Z3	10,58	36,2	2,923
	Z4	10,90	38,2	2,853
	Z5	9,96	32,7	3,046
	Z6	11,38	38,7	2,941
1. KAT	11	9,67	39,7	2,436
	12	10,96	43,7	2,508
	13	10,78	36,1	2,986
	14	10,43	41,9	2,489
	15	10,84	41,7	2,600
	16	10,75	41,7	2,578
2. KAT	21	11,61	48,0	2,419
	22	11,37	41,7	2,727
	23	12,93	54,8	2,359
	24	11,62	53,7	2,164
	25	15,50	67,7	2,290
	26	11,67	46,0	2,537
	27	11,52	42,2	2,730
	28	10,67	43,6	2,447
3. KAT	31	11,60	38,0	3,057
	32	13,44	87,0	1,545
	33	9,67	37,4	2,586
	34	10,88	44,7	2,434
	35	9,47	36,7	2,580
	36	10,57	35,6	2,969
	37	13,82	32,6	4,239
	38	12,30	59,9	2,200
4. KAT	41	14,58	45,8	3,183
	42	14,49	50,5	2,869
	43	10,65	38,0	2,803
	44	10,54	39,5	2,668
	45	11,43	47,2	2,422
	46	11,62	38,4	3,026
			Ortalama hız	2,771

b) Temellerden alınan örnekler üzerinde yapılan deneyler

Kat Adı	Örnek No	Minimum Boy (cm)	Ölçülen Zaman (μ s)	Hesaplanan Hız (km/s)
TEMEL	T11	15,50	43,2	3,588
	T12	14,13	37,0	3,819
	T13	13,17	38,2	3,448
	T14	6,79	16,7	4,066
	T21	13,45	37,3	3,606
	T22	11,00	29,6	3,716
	T23	11,22	30,9	3,631
	T24	11,37	30,0	3,790
			Ortalama hız	3,708



EK 7 – KAROT ÖRNEKLERİ ÜZERİNDE YAPILAN BASINÇ DENEYLERİ

a) Normal katlardan alınan örnekler üzerinde yapılan basınç deneyleri

Kat Adı	Örnek No	Boy L (cm)	Çap ϕ (cm)	$\lambda=L/\phi$	Kırılma Yüğü (kg)	σ_b (kgf/cm ²)	
						ASTM	BS
BODRUM KAT	B1	11,70	9,33	1,254	9100	106,362	99,828
	B2	13,69	9,34	1,466	5145	66,000	63,037
	B3	11,37	9,34	1,217	6040	68,881	64,254
	B4	12,17	9,33	1,304	6260	75,254	70,842
	B5	11,55	9,30	1,239	7735	89,735	84,017
	B6	11,67	9,31	1,253	9260	108,824	101,905
ZEMİN KAT	Z1	10,06	9,33	1,078	8910	89,907	83,240
	Z2	10,15	9,32	1,089	5565	57,873	53,603
	Z3	10,61	9,31	1,140	6425	68,879	64,008
	Z4	11,01	9,33	1,180	5240	58,866	54,933
	Z5	9,98	9,35	1,067	9025	88,900	82,473
	Z6	11,42	9,33	1,224	9295	107,145	100,171
1. KAT	11	9,69	9,33	1,039	7700	77,008	71,070
	12	10,98	9,33	1,177	6710	74,675	69,683
	13	10,84	9,32	1,163	6120	67,471	62,793
	14	10,45	9,33	1,120	4935	52,088	48,272
	15	10,87	9,34	1,164	7175	78,760	73,413
	16	10,80	9,37	1,153	6190	66,738	62,180
2. KAT	21	11,62	9,32	1,247	4250	49,836	46,621
	22	11,39	9,32	1,222	7405	84,805	79,288
	23	12,98	9,33	1,391	4365	54,649	51,775
	24	11,64	9,34	1,246	4150	48,457	45,319
	25	11,68	9,33	1,252	5005	58,629	54,905
	26	11,53	9,31	1,238	5800	67,359	63,060
	27	10,69	9,33	1,146	4750	51,179	47,561
	28	10,69	9,33	1,146	4750	51,179	47,561
3. KAT	31	11,61	9,34	1,243	9210	106,504	99,607
	32	13,53	9,32	1,452	2640	33,636	32,155
	33	9,68	9,34	1,036	4990	49,682	45,845
	34	10,90	9,31	1,171	3240	36,429	33,992
	35	9,59	9,32	1,029	5615	56,085	51,682
	36	10,59	9,31	1,137	6230	67,260	62,504
	37	13,84	9,32	1,485	3310	43,130	41,133
	38	12,32	9,33	1,320	3680	44,386	40,368
4. KAT	41	9,61	9,31	1,032	6605	66,186	60,992
	42	14,51	9,34	1,554	4435	58,257	56,321
	43	10,67	9,33	1,144	6280	67,588	62,883
	44	10,60	9,35	1,134	5840	61,936	57,615
	45	11,50	9,36	1,229	5930	67,971	63,641
	46	11,64	9,34	1,246	3920	45,768	42,858
ORTALAMA						68,442	63,167

b) Temellerden alınan örnekler üzerinde yapılan basınç deneyleri

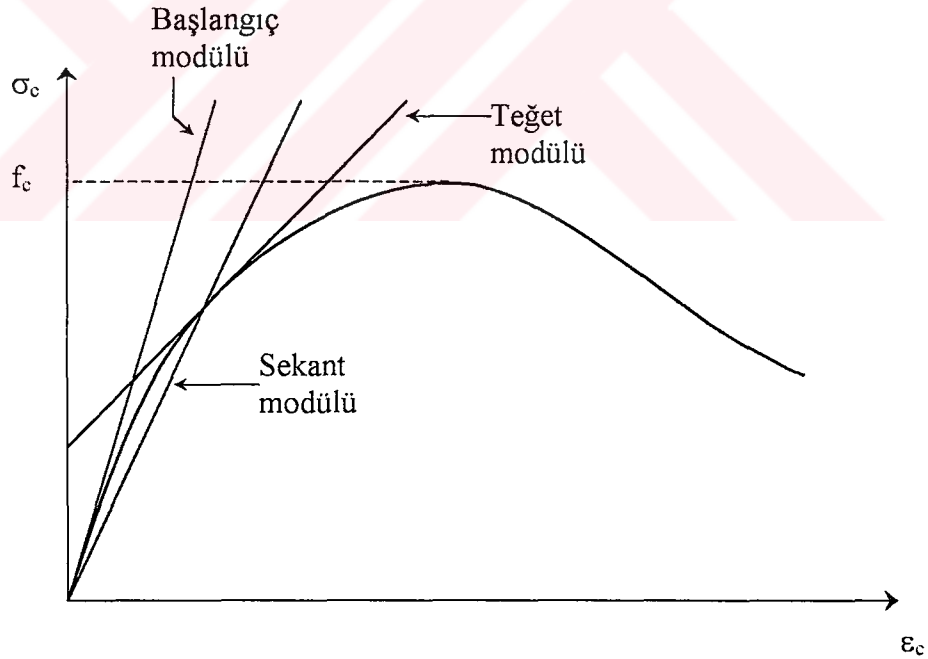
Kat Adı	Örnek No	Boy L (cm)	Çap ϕ (cm)	$\lambda=L/\phi$	Kırılma Yüğü (kg)	σ_b (kgf/cm ²)	
						ASTM	BS
TEMEL	T11	15,90	9,32	1,706	10495	144,669	141,858
	T12	14,15	9,33	1,517	13010	169,323	162,804
	T13	13,25	9,33	1,420	11390	144,185	137,369
	T21	1,347	9,34	1,442	6990	88,572	84,491
	T22	11,07	9,33	1,186	12505	139,316	130,019
	T23	11,24	9,34	1,203	8095	91,917	85,909
	T24	11,41	9,33	1,223	8395	96,763	90,466
ORTALAMA						124,964	118,988



EK 8 - ELASTİSİTE MODÜLÜNÜN HESAPLANMASI

Doğrusal olmayan bir davranış gösteren betonun elastisite modülünü tanımlamak zor bir sorundur. Elastisite modülü σ - ϵ eğrisinin eğimine eşit olduğuna göre, gerilme mertebesine göre değişecektir. Literatürde betonun elastisite modülü için çeşitli tanımlamalar yapılmıştır. Bunlardan en yaygın olarak kullanılan üç tanesi aşağıda tanımlanmış ve şekil üzerinde gösterilmiştir.

Başlangıç elastisite modülü, σ - ϵ eğrisini başlangıç noktasına çizilen teğetin eğimi olarak tanımlanabilir. Bu bazı yayınlarda dinamik modül olarak da adlandırılmıştır. Teğet elastisite modülü, σ - ϵ eğrisine herhangi bir noktada çizilen teğetin eğimidir. Sekant modülü, orijinden, eğride herhangi bir gerilmeye tekabül eden noktaya çizilen sekantın eğimi olarak tanımlanır.



Bugün çeşitli ülkelerde yürürlükte olan yönetmeliklerde elastisite modülü, beton basınç dayanımının bir fonksiyonu olarak ifade edilmektedir. Aşağıda, Amerikan (ACI), Avrupa (CEB) ve Türk (TS-500) yönetmeliklerinde elastisite modülünün hesabı için

öngörülen bağıntılar verilmiştir. Bu bağıntılar ani yükleme içindir ve zaman etkisinden bağımsızdır.

Amerikan Beton Enstitüsü (ACI 318-83) :

$$E_{cj} = w^{1.5} 0.14 \sqrt{f_{cj}}$$

Normal ağırlıktaki beton için ($w = 2270 \text{ kg/m}^3$)

$$E_{cj} = 15100 \sqrt{f_{cj}}$$

Avrupa Beton komitesi (CEB-78) :

$$E_{cj} = 44150 (f_{cj} + 80)^{1/3}$$

Türk Standartları Enstitüsü (TS-500)

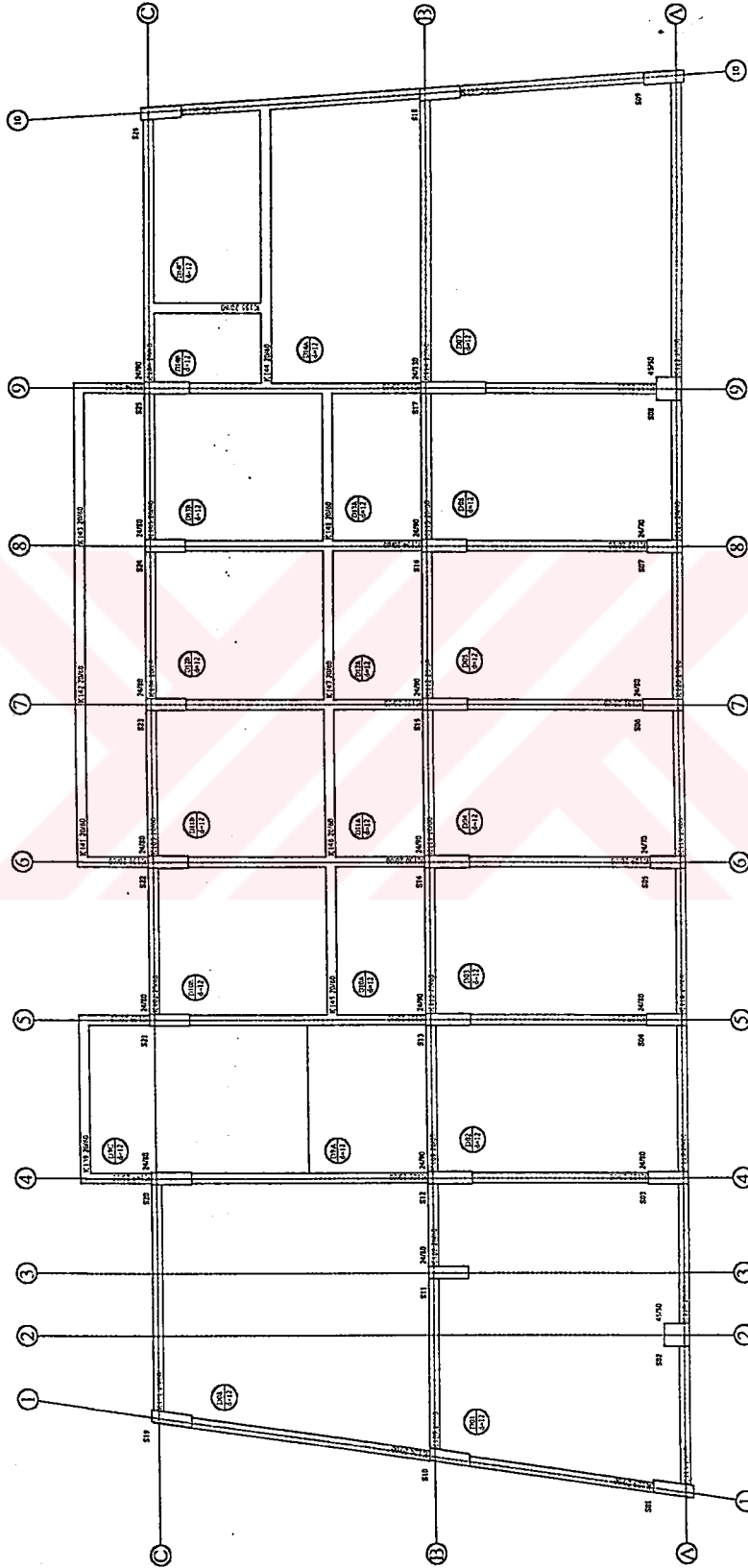
$$E_{cj} = 10270 \sqrt{f_{cj}} + 140000$$

Binadan alınan karot numuneleri üzerinde yapılan basınç deneyleri sonunda beton basınç dayanımı, normal katlar için 63.167 kgf/cm^2 , temeller için 118.988 kgf/cm^2 olarak bulunmuştur. TS-500'ün tanımladığı en düşük kalitedeki beton basınç dayanımının da altında kalan bu betonun elastisite modülünün hesaplanmasında literatürde yer alan diğer kaynaklardan yararlanmak gündeme gelmiştir. Burada Turan ve İrenin betonun basınç mukavemeti ile elastisite modülü arasında geliştirdiği bağıntı aşağıda verilmiştir. Bu bağıntı karot numunelerdeki elastisite modülünün hesabında kullanılmıştır.

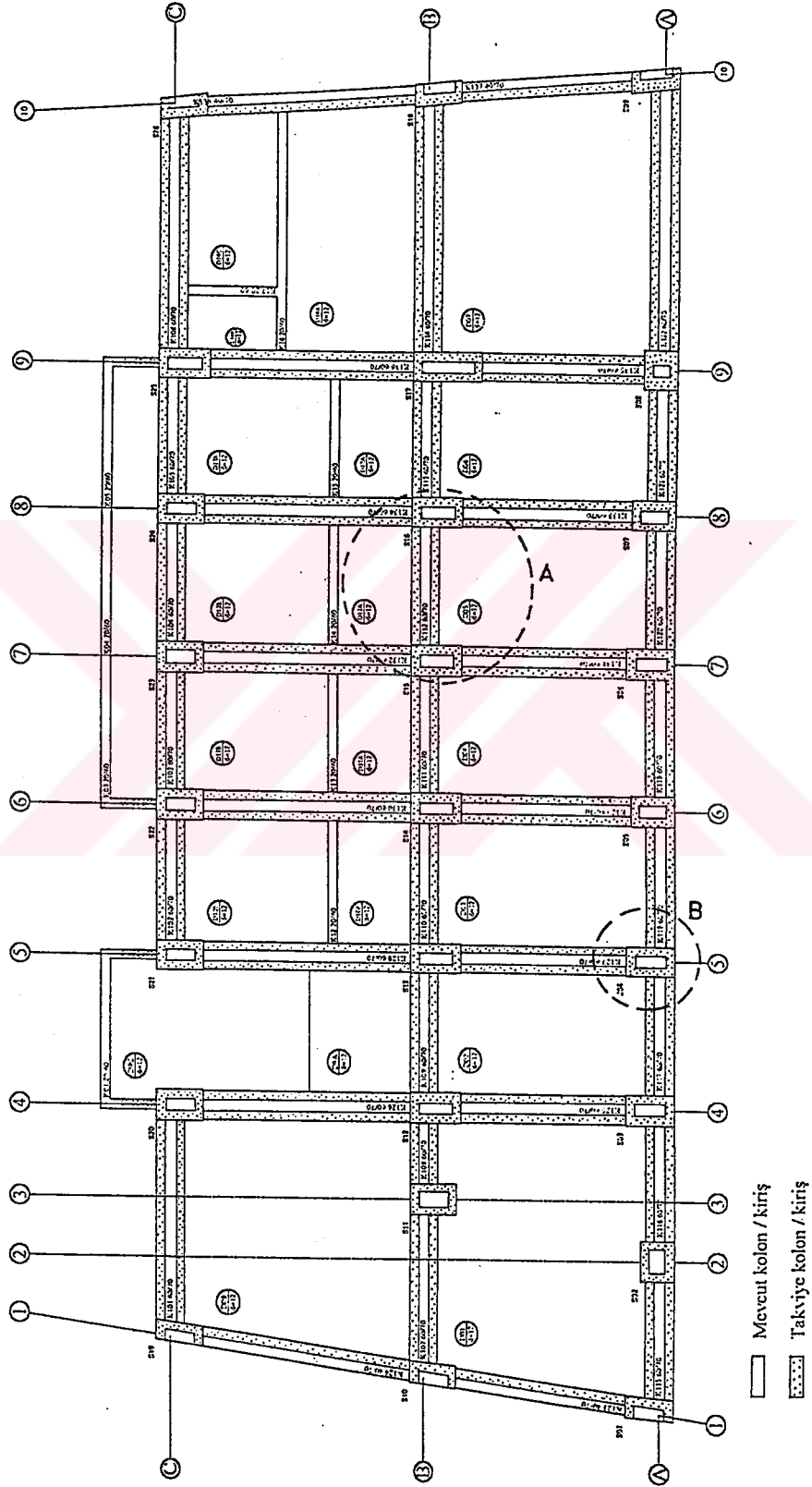
$$E_c = 6.527 \sqrt{f_{cu}} - 6.645$$

Bu bağıntı E_c (kN/mm^2) biriminde, f_{cu} (N/mm^2) birimindedir. Yukarıdaki bağıntıdan normal katlarda basınç mukavemeti 6.316 N/mm^2 (63.167 kg/cm^2) olan betonun elastisite modülü $9,759 \text{ kN/mm}^2$ (97597 kg/cm^2) ve temellerde basınç mukavemeti 11.898 N/mm^2 (118988 kg/cm^2) olan betonun elastisite modülü 15.869 kN/mm^2 (158966 kg/cm^2) olarak hesaplanmaktadır.

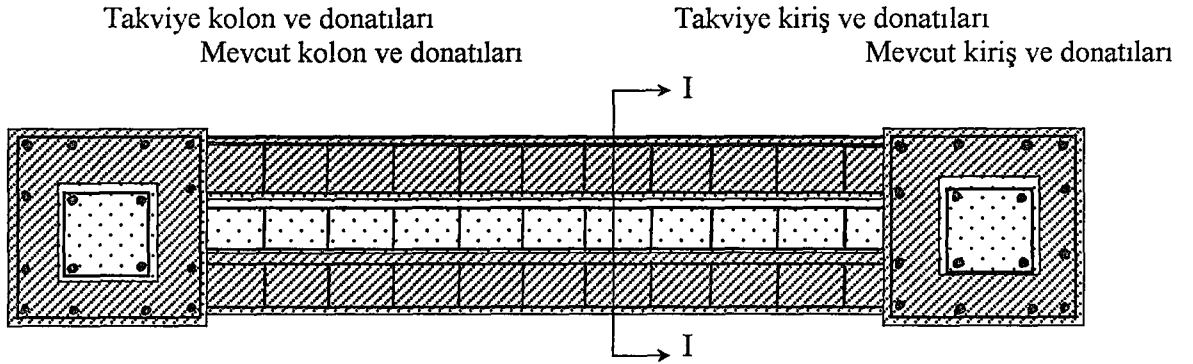
EK 9 – YAPININ MEVCUT DURUMUNA AİT KAT KALIP PLANI



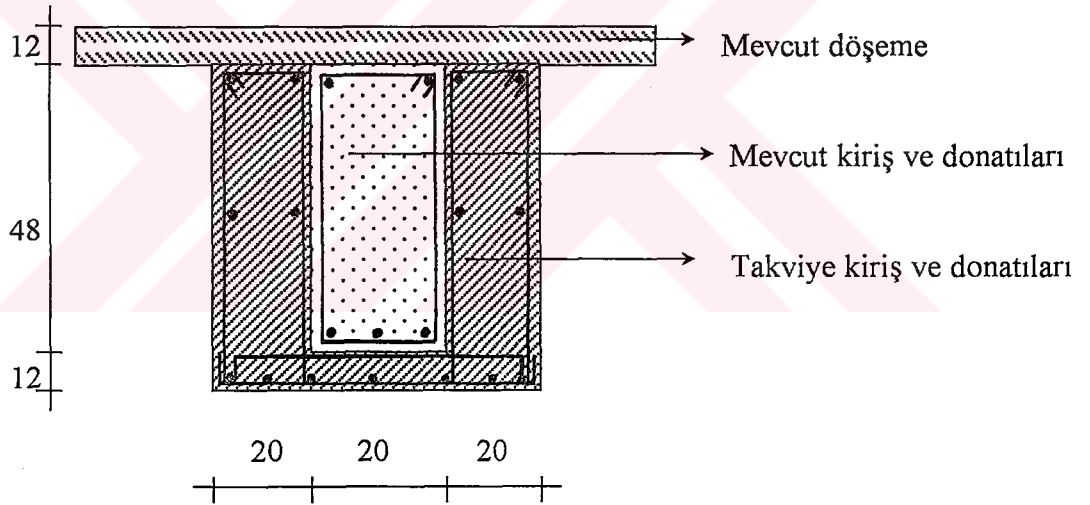
EK 10 – YAPININ GÜÇLENDİRİLMİŞ DURUMUNA AİT KAT KALIP PLANI



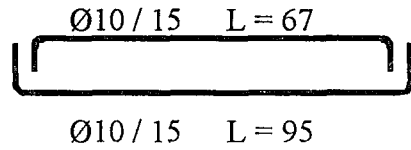
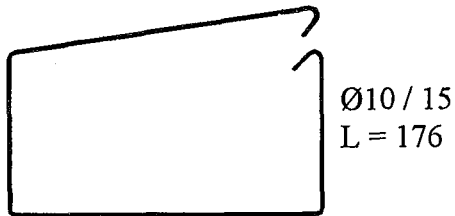
A DETAYI



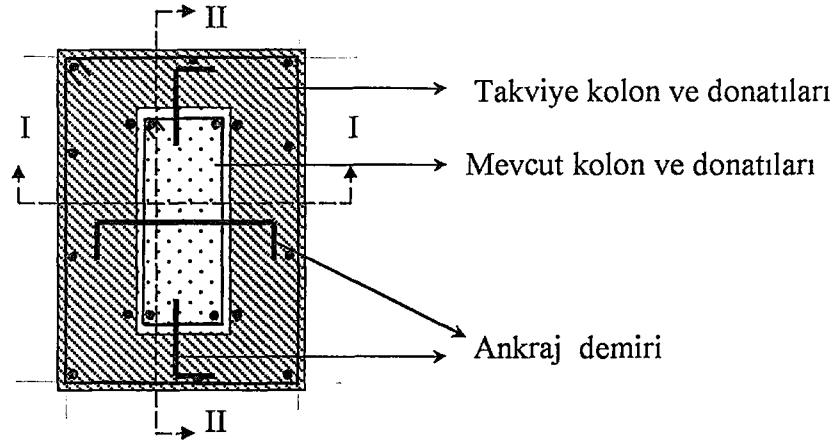
I - I Kesiti



Etriye detayları



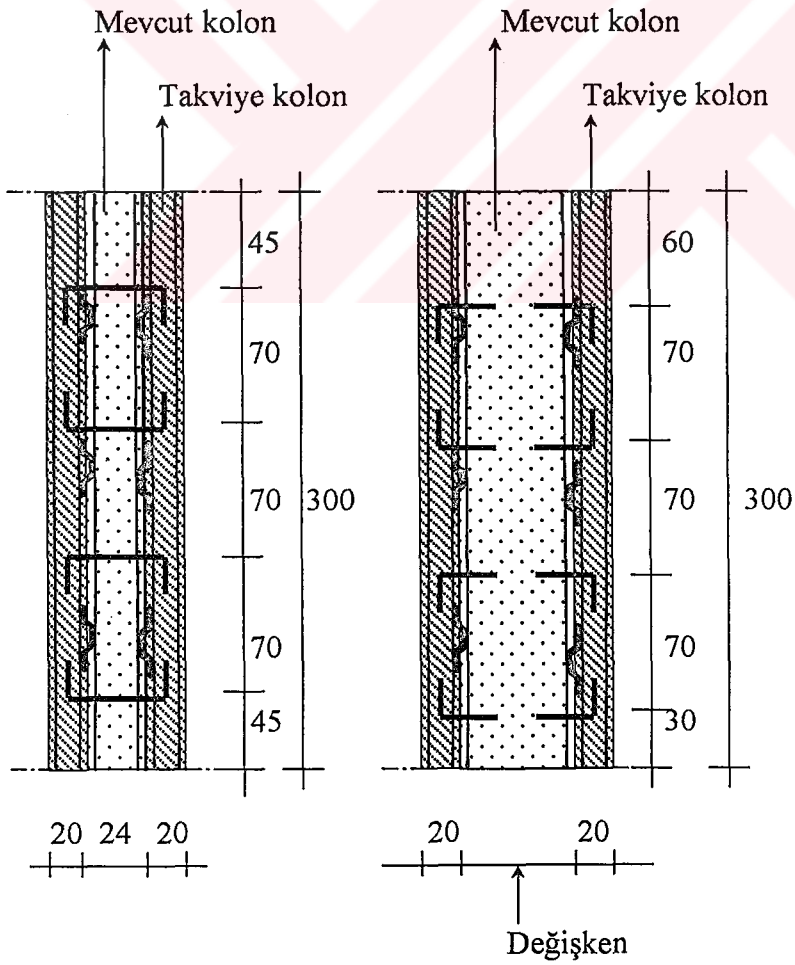
B DETAYI



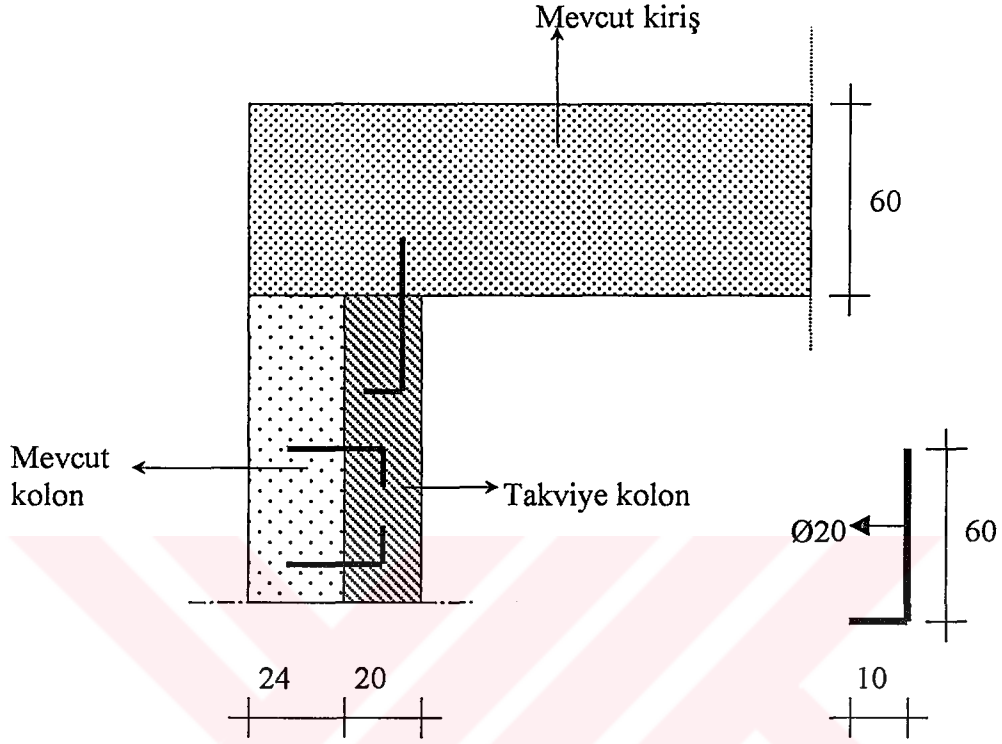
I - I Kesiti

II - II Kesiti

Kaynak demiri detayı



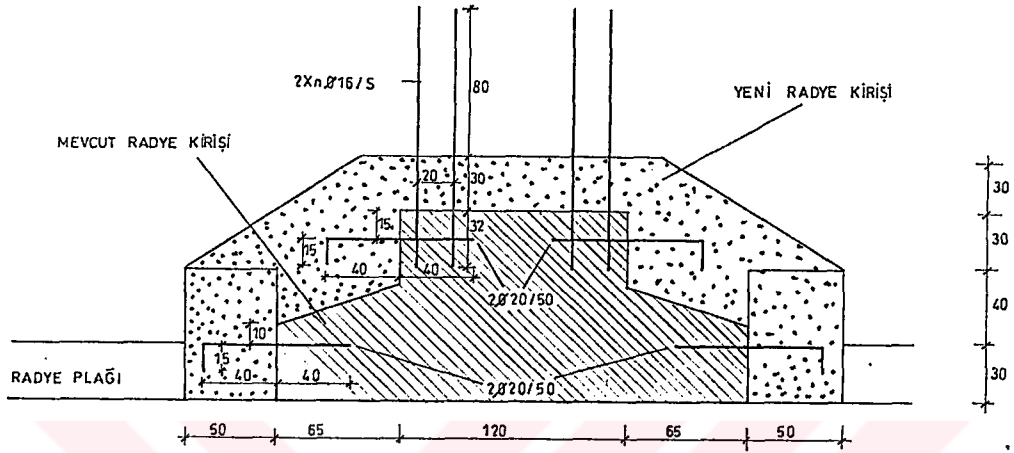
KOLON – KİRİŞ ANKRAJ DETAYI



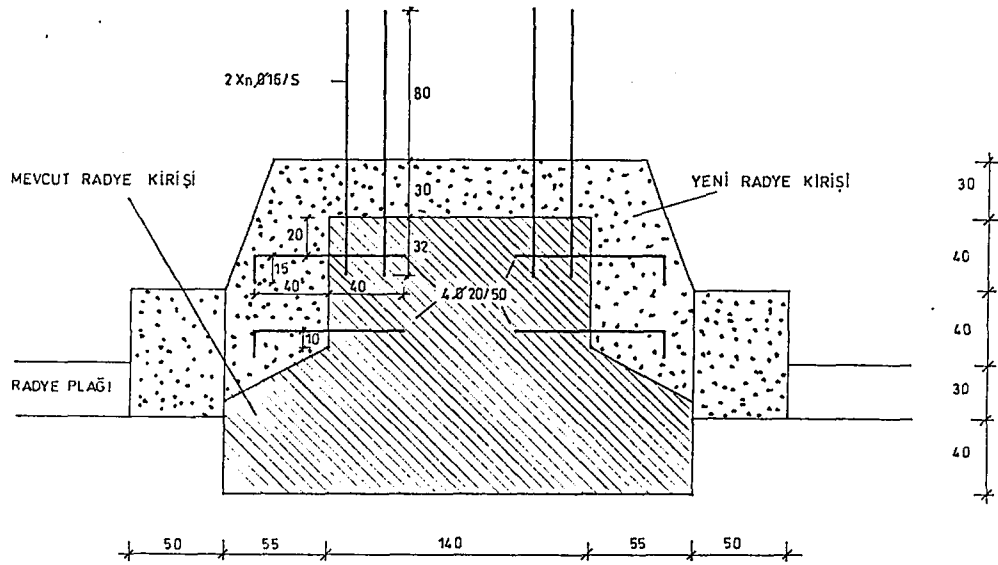
NOT : Ölçüler cm 'dir.

EK 11 – TEMEL ANKRAJ DETAY

A) A ve C aksları sürekli temelleri



B) B aksı sürekli temeli



EK 12 – YAPININ MEVCUT DURUMU İÇİN ÇERÇEVELERİN KESME RİJİTLİKLERİNİN HESABI

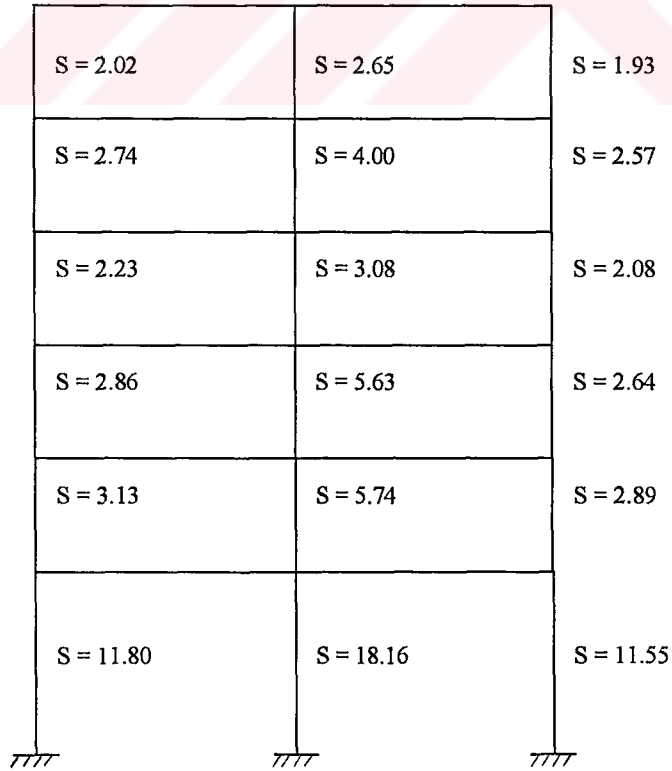
- 1 ve 10 aksı çerçeve kesme rijitliği hesabı

KOLON ADI	Ca	Cb	C	k	S
4.kat -A	1,72	0,58	0,48	4,18	2,02
4.kat -B	3,29	1,11	0,63	4,18	2,65
4.kat -C	1,57	0,53	0,46	4,18	1,93
3.kat -A	0,58	0,44	0,34	8,17	2,74
3.kat -B	1,11	0,84	0,49	8,17	4,00
3.kat -C	0,53	0,40	0,31	8,17	2,57
2.kat -A	0,44	0,32	0,27	8,17	2,23
2.kat -B	0,84	0,62	0,42	8,17	3,42
2.kat -C	0,40	0,29	0,25	8,17	2,08
1.kat -A	0,32	0,20	0,20	14,12	2,86
1.kat -B	0,62	0,38	0,33	14,12	4,60
1.kat -C	0,29	0,18	0,19	14,12	2,64
Zemin kat -A	0,20	0,13	0,14	22,42	3,13
Zemin kat -B	0,38	0,25	0,24	22,42	5,29
Zemin kat -C	0,18	0,12	0,13	22,42	2,89
Bodrum kat-A	0,13	0,00	0,37	31,70	11,80
Bodrum kat-B	0,25	0,00	0,45	31,70	14,41
Bodrum kat-C	0,12	0,00	0,36	31,70	11,55

S = 2.02	S = 2.65	S = 1.93
S = 2.74	S = 4.00	S = 2.57
S = 2.23	S = 3.42	S = 2.08
S = 2.86	S = 4.60	S = 2.64
S = 3.13	S = 5.29	S = 2.89
S = 11.80	S = 14.41	S = 11.55

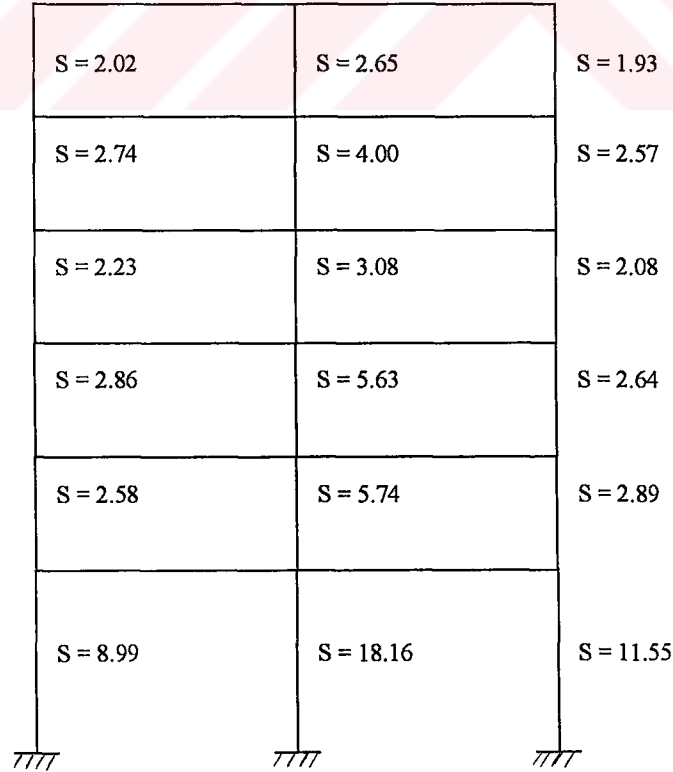
- 4 ve 5 aksı çerçeve kesme rijitliği hesabı

KOLON ADI	Ca	Cb	C	k	S
4.kat -A	1,72	0,58	0,48	4,18	2,02
4.kat -B	3,29	1,11	0,63	4,18	2,65
4.kat -C	1,57	0,53	0,46	4,18	1,93
3.kat -A	0,58	0,44	0,34	8,17	2,74
3.kat -B	1,11	0,84	0,49	8,17	4,00
3.kat -C	0,53	0,40	0,31	8,17	2,57
2.kat -A	0,44	0,32	0,27	8,17	2,23
2.kat -B	0,84	0,45	0,38	8,17	3,08
2.kat -C	0,40	0,29	0,25	8,17	2,08
1.kat -A	0,32	0,20	0,20	14,12	2,86
1.kat -B	0,45	0,25	0,25	22,42	5,63
1.kat -C	0,29	0,18	0,19	14,12	2,64
Zemin kat -A	0,20	0,13	0,14	22,42	3,13
Zemin kat -B	0,25	0,17	0,17	33,46	5,74
Zemin kat -C	0,18	0,12	0,13	22,42	2,89
Bodrum kat-A	0,13	0,00	0,37	31,70	11,80
Bodrum kat-B	0,17	0,00	0,40	45,14	18,16
Bodrum kat-C	0,12	0,00	0,36	31,70	11,55



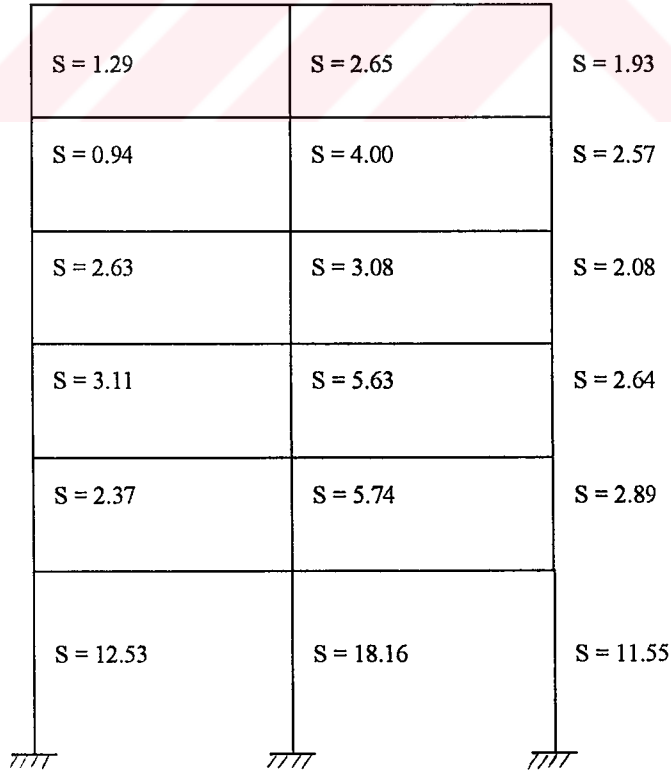
- 6 aksı çerçeve kesme rijitliği hesabı

KOLON ADI	Ca	Cb	C	k	S
4.kat -A	1,72	0,58	0,48	4,18	2,02
4.kat -B	3,29	1,11	0,63	4,18	2,65
4.kat -C	1,57	0,53	0,46	4,18	1,93
3.kat -A	0,58	0,44	0,34	8,17	2,74
3.kat -B	1,11	0,84	0,49	8,17	4,00
3.kat -C	0,53	0,40	0,31	8,17	2,57
2.kat -A	0,44	0,32	0,27	8,17	2,23
2.kat -B	0,84	0,45	0,38	8,17	3,08
2.kat -C	0,40	0,29	0,25	8,17	2,08
1.kat -A	0,32	0,20	0,20	14,12	2,86
1.kat -B	0,45	0,25	0,25	22,42	5,63
1.kat -C	0,29	0,18	0,19	14,12	2,64
Zemin kat -A	0,25	0,20	0,18	14,12	2,58
Zemin kat -B	0,25	0,17	0,17	33,46	5,74
Zemin kat -C	0,18	0,12	0,13	22,42	2,89
Bodrum kat-A	0,20	0,00	0,42	21,24	8,99
Bodrum kat-B	0,17	0,00	0,40	45,14	18,16
Bodrum kat-C	0,12	0,00	0,36	31,70	11,55



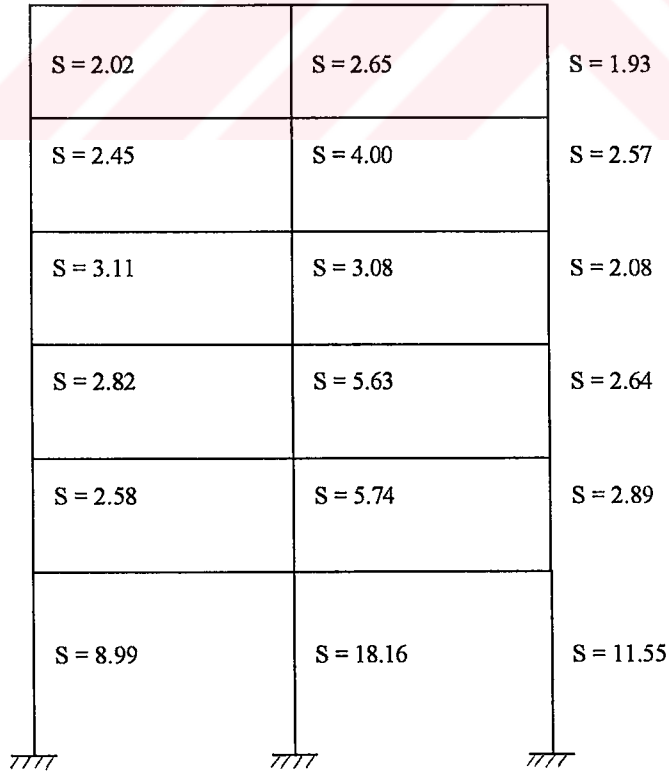
- 7 aksı çerçeve kesme rijitliği hesabı

KOLON ADI	Ca	Cb	C	k	S
4.kat -A	4,09	2,05	0,73	1,76	1,29
4.kat -B	3,29	1,11	0,63	4,18	2,65
4.kat -C	1,57	0,53	0,46	4,18	1,93
3.kat -A	2,05	0,73	0,53	1,76	0,94
3.kat -B	1,11	0,84	0,49	8,17	4,00
3.kat -C	0,53	0,40	0,31	8,17	2,57
2.kat -A	0,73	0,32	0,32	8,17	2,63
2.kat -B	0,84	0,45	0,38	8,17	3,08
2.kat -C	0,40	0,29	0,25	8,17	2,08
1.kat -A	0,32	0,25	0,22	14,12	3,11
1.kat -B	0,45	0,25	0,25	22,42	5,63
1.kat -C	0,29	0,18	0,19	14,12	2,64
Zemin kat -A	0,25	0,16	0,17	14,12	2,37
Zemin kat -B	0,25	0,17	0,17	33,46	5,74
Zemin kat -C	0,18	0,12	0,13	22,42	2,89
Bodrum kat-A	0,16	0,00	0,40	31,70	12,53
Bodrum kat-B	0,17	0,00	0,40	45,14	18,16
Bodrum kat-C	0,12	0,00	0,36	31,70	11,55



- 8 aksı çerçeve kesme rijitliği hesabı

KOLON ADI	Ca	Cb	C	k	S
4.kat -A	1,72	0,58	0,48	4,18	2,02
4.kat -B	3,29	1,11	0,63	4,18	2,65
4.kat -C	1,57	0,53	0,46	4,18	1,93
3.kat -A	0,58	0,32	0,30	8,17	2,45
3.kat -B	1,11	0,84	0,49	8,17	4,00
3.kat -C	0,53	0,40	0,31	8,17	2,57
2.kat -A	0,32	0,25	0,22	14,12	3,11
2.kat -B	0,84	0,45	0,38	8,17	3,08
2.kat -C	0,40	0,29	0,25	8,17	2,08
1.kat -A	0,25	0,25	0,20	14,12	2,82
1.kat -B	0,45	0,25	0,25	22,42	5,63
1.kat -C	0,29	0,18	0,19	14,12	2,64
Zemin kat -A	0,25	0,20	0,18	14,12	2,58
Zemin kat -B	0,25	0,17	0,17	33,46	5,74
Zemin kat -C	0,18	0,12	0,13	22,42	2,89
Bodrum kat-A	0,20	0,00	0,42	21,24	8,99
Bodrum kat-B	0,17	0,00	0,40	45,14	18,16
Bodrum kat-C	0,12	0,00	0,36	31,70	11,55



- 9 aksı çerçeve kesme rijitliği hesabı

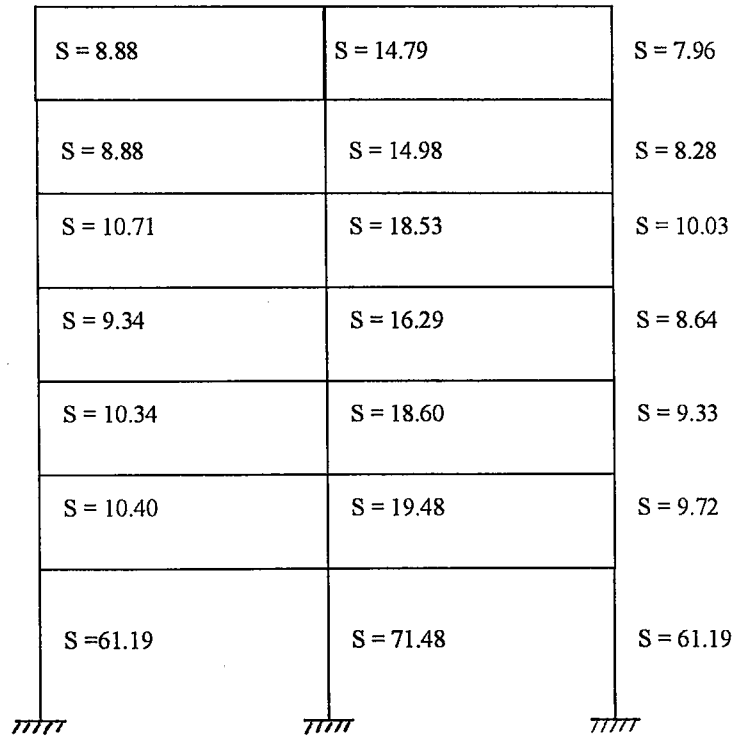
KOLON ADI	Ca	Cb	C	k	S
4.kat -A	2,18	1,09	0,60	3,31	1,98
4.kat -B	0,41	0,17	0,21	33,46	7,05
4.kat -C	1,57	0,53	0,46	4,18	1,93
3.kat -A	1,09	1,09	0,52	3,31	1,73
3.kat -B	0,17	0,10	0,12	47,65	5,57
3.kat -C	0,53	0,29	0,28	8,17	2,29
2.kat -A	1,09	1,09	0,52	3,31	1,73
2.kat -B	0,10	0,08	0,08	86,99	7,17
2.kat -C	0,29	0,18	0,19	14,12	2,64
1.kat -A	1,09	0,39	0,38	3,31	1,27
1.kat -B	0,08	0,07	0,07	86,99	6,06
1.kat -C	0,18	0,12	0,13	22,42	2,89
Zemin kat -A	0,39	0,23	0,23	15,32	3,54
Zemin kat -B	0,07	0,06	0,06	112,94	6,89
Zemin kat -C	0,12	0,08	0,09	33,46	3,02
Bodrum kat-A	0,23	0,00	0,44	15,32	6,78
Bodrum kat-B	0,06	0,00	0,31	136,04	42,43
Bodrum kat-C	0,08	0,00	0,33	45,14	14,91

S = 1.98	S = 7.05	S = 1.93
S = 1.73	S = 5.57	S = 2.29
S = 1.73	S = 7.17	S = 2.64
S = 1.27	S = 6.06	S = 2.89
S = 3.54	S = 6.89	S = 3.02
S = 6.78	S = 42.43	S = 14.91
////	////	////

EK 13 – YAPININ GÜÇLENDİRİLMİŞ DURUMU İÇİN ÇERÇEVELERİN KESME RİJİTLİKLERİNİN HESABI

- 1 ve 10 aksı çerçeve kesme rijitliği hesabı

KOLON ADI	Ca	Cb	C	k	S
5.kat-A	0,15	0,19	0,14	61,35	8,88
5.kat-B	0,28	0,36	0,24	61,35	14,79
5.kat -C	0,13	0,17	0,13	61,35	7,96
4.kat -A	0,19	0,15	0,14	61,35	8,88
4.kat -B	0,36	0,29	0,24	61,35	14,98
4.kat -C	0,17	0,14	0,14	61,35	8,28
3.kat -A	0,15	0,13	0,12	87,35	10,71
3.kat -B	0,29	0,25	0,21	87,35	18,53
3.kat -C	0,14	0,12	0,11	87,35	10,03
2.kat -A	0,13	0,11	0,11	87,35	9,34
2.kat -B	0,25	0,21	0,19	87,35	16,29
2.kat -C	0,12	0,10	0,10	87,35	8,64
1.kat -A	0,11	0,08	0,09	119,82	10,34
1.kat -B	0,21	0,16	0,16	119,82	18,60
1.kat -C	0,10	0,07	0,08	119,82	9,33
Zemin kat -A	0,08	0,06	0,07	159,48	10,40
Zemin kat -B	0,16	0,12	0,12	159,48	19,48
Zemin kat -C	0,07	0,06	0,06	159,48	9,72
Bodrum kat-A	0,06	0,00	0,31	196,16	61,19
Bodrum kat-B	0,12	0,00	0,36	196,16	71,48
Bodrum kat-C	0,06	0,00	0,31	196,16	61,19



- 4 ve 5 aksı çerçeve kesme rijitliği hesabı

KOLON ADI	Ca	Cb	C	k	S
5.kat-A	0,10	0,19	0,12	89,24	11,01
5.kat-B	0,19	0,37	0,21	89,24	18,79
5.kat -C	0,09	0,17	0,11	89,24	10,02
4.kat -A	0,19	0,16	0,15	89,24	13,26
4.kat -B	0,37	0,30	0,25	89,24	22,30
4.kat -C	0,17	0,14	0,13	89,24	11,95
3.kat -A	0,16	0,13	0,13	127,06	16,04
3.kat -B	0,30	0,22	0,20	127,06	26,00
3.kat -C	0,14	0,12	0,11	127,06	14,60
2.kat -A	0,13	0,10	0,10	127,06	13,05
2.kat -B	0,22	0,16	0,16	174,29	27,62
2.kat -C	0,12	0,09	0,09	127,06	12,02
1.kat -A	0,10	0,07	0,08	231,98	18,07
1.kat -B	0,16	0,12	0,12	231,98	28,34
1.kat -C	0,09	0,07	0,07	231,98	17,14
Zemin kat -A	0,07	0,07	0,07	231,98	15,18
Zemin kat -B	0,12	0,10	0,10	301,18	29,79
Zemin kat -C	0,07	0,06	0,06	231,98	14,15
Bodrum kat-A	0,07	0,00	0,32	285,33	91,67
Bodrum kat-B	0,10	0,00	0,35	362,77	126,18
Bodrum kat-C	0,06	0,00	0,31	285,33	89,00

S = 11.01	S = 18.79	S = 10.02
S = 13.26	S = 22.30	S = 11.95
S = 16.04	S = 26.00	S = 14.60
S = 13.05	S = 27.62	S = 12.02
S = 18.07	S = 28.34	S = 17.14
S = 15.18	S = 29.79	S = 14.15
S = 91.67	S = 126.18	S = 89.00

- 6 aksı çerçeve kesme rijitliği hesabı

KOLON ADI	Ca	Cb	C	k	S
5.kat-A	0,10	0,19	0,12	89,24	11,01
5.kat-B	0,19	0,37	0,21	89,24	18,79
5.kat -C	0,09	0,17	0,11	89,24	10,02
4.kat -A	0,19	0,16	0,15	89,24	13,26
4.kat -B	0,37	0,30	0,25	89,24	22,30
4.kat -C	0,17	0,14	0,13	89,24	11,95
3.kat -A	0,16	0,13	0,13	127,06	16,04
3.kat -B	0,30	0,22	0,20	127,06	26,00
3.kat -C	0,14	0,12	0,11	127,06	14,60
2.kat -A	0,13	0,11	0,11	127,06	13,59
2.kat -B	0,22	0,16	0,16	174,29	27,62
2.kat -C	0,12	0,09	0,09	127,06	12,02
1.kat -A	0,11	0,10	0,09	174,29	16,55
1.kat -B	0,16	0,12	0,12	231,98	28,34
1.kat -C	0,09	0,07	0,07	231,98	17,14
Zemin kat -A	0,10	0,09	0,09	174,29	15,11
Zemin kat -B	0,12	0,10	0,10	301,18	29,79
Zemin kat -C	0,07	0,06	0,06	231,98	14,15
Bodrum kat-A	0,09	0,00	0,34	219,77	74,55
Bodrum kat-B	0,10	0,00	0,35	362,77	126,18
Bodrum kat-C	0,06	0,00	0,31	285,33	89,00

S = 11.01	S = 18.79	S = 10.02
S = 13.26	S = 22.30	S = 11.95
S = 16.04	S = 26.00	S = 14.60
S = 13.59	S = 27.62	S = 12.02
S = 16.55	S = 28.34	S = 17.14
S = 15.11	S = 29.79	S = 14.15
S = 74.55	S = 126.18	S = 89.00
////	////	////

- 7 aksı çerçeve kesme rijitliği hesabı

KOLON ADI	Ca	Cb	C	k	S
5.kat-A	0,15	0,29	0,17	59,78	10,42
5.kat-B	0,19	0,37	0,21	89,24	18,79
5.kat -C	0,09	0,17	0,11	89,24	10,02
4.kat -A	0,29	0,29	0,22	59,78	13,44
4.kat -B	0,37	0,30	0,25	89,24	22,30
4.kat -C	0,17	0,14	0,13	89,24	11,95
3.kat -A	0,29	0,18	0,19	59,78	11,17
3.kat -B	0,30	0,22	0,20	127,06	26,00
3.kat -C	0,14	0,12	0,11	127,06	14,60
2.kat -A	0,18	0,11	0,12	127,06	15,84
2.kat -B	0,22	0,16	0,16	174,29	27,62
2.kat -C	0,12	0,09	0,09	127,06	12,02
1.kat -A	0,11	0,10	0,09	174,29	16,55
1.kat -B	0,16	0,12	0,12	231,98	28,34
1.kat -C	0,09	0,07	0,07	231,98	17,14
Zemin kat -A	0,10	0,07	0,08	174,29	13,57
Zemin kat -B	0,12	0,10	0,10	301,18	29,79
Zemin kat -C	0,07	0,06	0,06	231,98	14,15
Bodrum kat-A	0,07	0,00	0,32	285,33	91,67
Bodrum kat-B	0,10	0,00	0,35	362,77	126,18
Bodrum kat-C	0,06	0,00	0,31	285,33	89,00

S = 10.42	S = 18.79	S = 10.02
S = 13.44	S = 22.30	S = 11.95
S = 11.17	S = 26.00	S = 14.60
S = 15.84	S = 27.62	S = 12.02
S = 16.55	S = 28.34	S = 17.14
S = 13.57	S = 29.79	S = 14.15
S = 91.67	S = 126.18	S = 89.00
TTTT	TTTT	TTTT

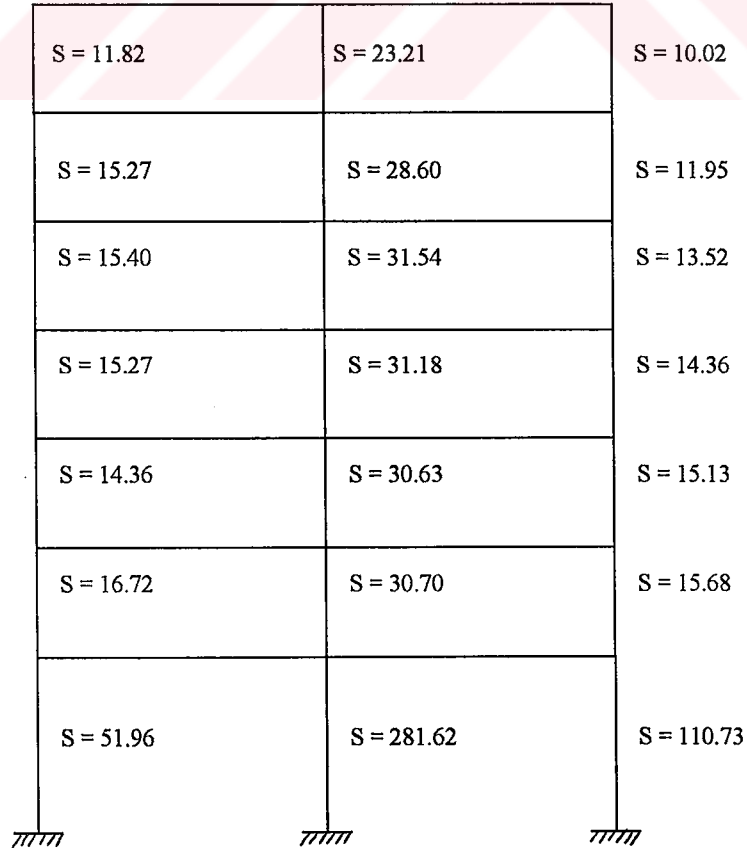
- 8 aksı çerçeve kesme rijitliği hesabı

KOLON ADI	Ca	Cb	C	k	S
5.kat-A	0,10	0,19	0,12	89,24	11,01
5.kat-B	0,19	0,37	0,21	89,24	18,79
5.kat -C	0,09	0,17	0,11	89,24	10,02
4.kat -A	0,19	0,16	0,15	89,24	13,26
4.kat -B	0,37	0,30	0,25	89,24	22,30
4.kat -C	0,17	0,14	0,13	89,24	11,95
3.kat -A	0,16	0,11	0,12	127,06	14,98
3.kat -B	0,30	0,26	0,22	127,06	27,74
3.kat -C	0,14	0,12	0,11	127,06	14,60
2.kat -A	0,11	0,10	0,09	174,29	16,55
2.kat -B	0,26	0,18	0,18	127,06	22,67
2.kat -C	0,12	0,09	0,09	127,06	12,02
1.kat -A	0,10	0,10	0,09	174,29	15,84
1.kat -B	0,18	0,12	0,13	231,98	29,93
1.kat -C	0,09	0,07	0,07	231,98	17,14
Zemin kat -A	0,10	0,09	0,09	174,29	15,11
Zemin kat -B	0,12	0,10	0,10	301,18	29,79
Zemin kat -C	0,07	0,06	0,06	231,98	14,15
Bodrum kat-A	0,09	0,00	0,34	219,77	74,55
Bodrum kat-B	0,10	0,00	0,35	362,77	126,18
Bodrum kat-C	0,06	0,00	0,31	285,33	89,00

S = 11.01	S = 18.79	S = 10.02
S = 13.26	S = 22.30	S = 11.95
S = 14.98	S = 27.74	S = 14.60
S = 16.55	S = 22.67	S = 12.02
S = 15.84	S = 29.93	S = 17.14
S = 15.11	S = 29.79	S = 14.15
S = 74.55	S = 126.18	S = 89.00

- 9 aksı çerçeve kesme rijitliği hesabı

KOLON ADI	Ca	Cb	C	K	S
5.kat-A	0,08	0,15	0,10	117,07	11,82
5.kat-B	0,06	0,11	0,08	301,18	23,21
5.kat -C	0,09	0,17	0,11	89,24	10,02
4.kat -A	0,15	0,15	0,13	117,07	15,27
4.kat -B	0,11	0,10	0,09	301,18	28,60
4.kat -C	0,17	0,14	0,13	89,24	11,95
3.kat -A	0,15	0,15	0,13	117,07	15,40
3.kat -B	0,10	0,08	0,08	382,92	31,54
3.kat -C	0,14	0,10	0,11	127,06	13,52
2.kat -A	0,15	0,15	0,13	117,07	15,27
2.kat -B	0,08	0,06	0,07	478,26	31,18
2.kat -C	0,10	0,08	0,08	174,29	14,36
1.kat -A	0,15	0,13	0,12	117,07	14,36
1.kat -B	0,06	0,05	0,05	588,24	30,63
1.kat -C	0,08	0,06	0,07	231,98	15,13
Zemin kat -A	0,13	0,12	0,11	150,52	16,72
Zemin kat -B	0,05	0,04	0,04	713,90	30,70
Zemin kat -C	0,06	0,05	0,05	301,18	15,68
Bodrum kat-A	0,12	0,00	0,36	142,60	51,96
Bodrum kat-B	0,04	0,00	0,29	962,97	281,62
Bodrum kat-C	0,05	0,00	0,31	362,77	110,73



EK 14 – GÜÇLENDİRME PROJESİ HAZIRLANAN BİNANIN KEŞFİ

SIRA NO	POZ NO	İŞİN CİNSİ	MİKTAR	BİRİM FİYAT	TUTAR
1	14.012/1	El ile yumuşak ve sert toprak kazısı	200	3.332.812	666.562.400
2	14.018	Dolgu sıkıştırılması	85	1.008.750	85.743.750
3	15.001/2	Mak.ile her der.yum. ve sert top.kazısı	400	783.043	313.217.200
4	15.140/2D	Temel tabanına kum çakıl serilmesi	10	3.732.750	37.327.500
5	16.002	200 Dozlu grobeton	20	23.463.822	469.276.440
6	16.058/1-A	BS20 Hazır beton	500	37.755.042	18.877.521.000
7	18.071/1	Yarım tuğla duvar	300	2.941.350	882.405.000
8	18.071/2	Tam tuğla duvar	200	18.062.655	3.612.531.000
9	18.137	Alçı bölme blok. ile bölme duvar yap.	330	5.259.980	1.735.793.400
10	18.183	Tuğla duvar yıkılması	150	6.665.625	999.843.750
11	18.185	Pat. mad. kullanmadan demirli beton yık.	17	13.775.625	234.185.625
12	18.189	Döşeme kaplamalarının sökülmesi	1200	888.750	1.066.500.000
13	18.192	İç sıva sökülmesi	4200	533.250	2.239.650.000
14	18.193	Dış sıva sökülmesi	470	977.625	459.483.750
15	18.194	Ahşap çatı sökülmesi	330	1.789.687	590.596.710
16	18.195	Kapı pencere sökülmesi	450	900.937	405.421.650
17	18.211	Oluklu kiremit ile çatı örtüsü yapılması	330	2.868.687	946.666.710
18	18.231	Oluklu kiremit ile mahya yapılması	70	1.051.917	73.634.190
19	18.246	Kiremit altına bitümlü karton serilmesi	330	414.500	136.785.000
20	19.050/1	6 cm kalınlığında cam yünü serilmesi	330	1.418.187	468.001.710
21	21.011/1-A	Düz yüzeyli betonarme kalıbı	3500	6.116.229	21.406.801.500
22	21.054	Kalıp iskelesi (0 - 4 m. yük. için)	2000	718.607	1.437.214.000
23	21.066	Tavanlar için iş iskelesi	500	816.832	408.416.000
24	21.067	Duvarlar için iş iskelesi	850	1.308.725	1.112.416.250
25	21.210	Oturma ahşap çatı yapılması	330	12.895.193	4.255.413.690
26	21.235	Tahta kaplama çatı pervazı yapılması	10	10.267.175	102.671.750
27	22.001	İç kapı kasa ve pervaz	90	19.280.662	1.735.259.580
28	22.009/3	İç kapı kanadı yapılması ve takılması	120	22.374.863	2.684.983.560

29	22.045	Tek satırlı pen. yap. ve yerine takılması	430	17.511.787	7.530.068.410
30	23.001/1-A	ø8 - ø12 mm ince B.A. demiri	30	410.446.875	12.313.406.250
31	23.014/A	ø8 - ø12 mm ner.ince B.A.demiri	16	360.656.250	5.770.500.000
32	23.015/A	ø12 - ø50 mm ner.kalın B.A. demiri	52	366.071.875	19.035.737.500
33	236-301	Ankraj çubukları için delik açılması	35000	375.000	13.125.000.000
34	236-303	Döşemede 10 cm çapında delik açılması	10000	442.000	4.420.000.000
35	23.152	Kutu profillerle demir kapı yapılması	1800	1.324.886	2.384.794.800
36	24.003	Düşey yağmur borusu	100	4.190.255	419.025.500
37	24.013	Yağmur oluğu	80	6.852.043	548.163.440
38	24.020	12 nolu çinkodan baca eteği yapılması	10	5.344.387	53.443.870
39	24.022	Pikdofen teminin ve yerine takılması	4	7.406.362	29.625.448
40	25.005	Ahşap yüz.yağlı boya ile boyanması	650	4.439.846	2.885.899.900
41	25.016	Demir imalatın yağlı boya ile boyanması	120	3.580.650	429.678.000
42	25.034	Dış cephe boyası	670	2.540.250	1.701.967.500
43	25.045	Tavanlar için beyaz kireç badana	2000	258.653	517.306.000
44	25.048/1	Plastik badana yapılması	3000	1.618.078	4.854.234.000
45	25.114	PVC yer kaplaması yapılması	1400	2.446.312	3.424.836.800
46	26.061	Karo fayans yer kaplaması yapılması	150	8.082.973	1.212.445.950
47	26.071	Karo fayans duvar kaplaması yapılması	250	8.457.145	2.114.286.250
48	27.532	Düz sıva yapılması	2800	2.186.895	6.123.306.000
49	27.535	Tavan sıvası yapılması	320	2.090.112	668.835.840
50	27.538	Dış serpmme sıva yapılması	670	2.135.588	1.430.843.960
51	27.571	Mozayik denizlik yapılması	65	23.317.787	1.515.656.155
52	27.583	2,5 cm kalınlığında şap yapılması	1500	2.078.291	3.117.436.500
53	28.037	3 mm buzlu cam takılması	25	5.047.437	126.185.925
54	28.081	3+3 mm düz cam takılması	350	22.137.500	7.748.125.000
55	Ö.B.F.1	B.A. ele.epoksi ile ankraj çubuğu tak.	650	15.703.440	10.207.236.000
56	A-1	Gömme iç kapı kilid	62	1.444.000	89.528.000
57	A-4	Gömme dış kapı kilidi	12	4.688.000	56.256.000
58	A-8	Kapı kolu ve aynaları	74	1.406.000	104.044.000
59	A-10	Menteşe	222	250.000	55.500.000

60	B-3	Vasistas takımı	2	1.444.000	2.888.000
61	B-10	İspanyolet takımı (80 cm)	5	1.463.000	7.315.000
62	B-13	İspanyolet takımı (140 cm)	246	1.924.000	473.304.000
63	B-16	Menteşe	752	281.000	211.312.000
TOPLAM :					182.152.515.113

300 m² taban alanı olan, ilave edilen bir kat ile toplam yedi kat ve toplamda 2100 m² inşa alanı olan uygulamaya esas projenin, 2001 yılı Bayındırlık ve İskan Bakanlığı yapı maliyeti kriterlerine göre 1 m²'si yaklaşık 140 milyon TL/m² olarak düşünüldüğünde (B grubu yapılar) 140.000.000 x 2100 = 294.000.000.000 TL yeniden yapım maliyeti ortaya çıkmaktadır. Bu maliyetin üzerine eski yapının yıkılma bedeli de eklenirse (yaklaşık yapı maliyetinin % 20 `si) toplam olarak bu binanın yeniden yapılma maliyeti 294.000.000.000 x 1.2 \cong 353 milyar olarak tespit edilebilir. Yapının güçlendirme projesine göre yıkılacak yapı elemanları ve yapılacak yeni imalatların projesi üzerinden çıkartılan metraj değerlerini 2001 yılı Bayındırlık Yapı İşleri Birim Fiyatları ile hesaplanan keşif tutarı yaklaşık 183 milyardır. Bu duruma göre yapının yeniden yapılması ile güçlendirmenin yapılması arasında mukayeseli analiz yapıldığında yapının güçlendirme projesi ile takviyesinin daha ucuza mal olacağı çıkarılan keşif bedellerinde açıkça görülmektedir.

**TC. YÜKSEK İHTİSAP KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

