

151654

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

151654

HASARLI BETONARME YAPILARDA
ONARIM- GÜÇLENDİRME ESASLARI VE
BİR UYGULAMA ÖRNEĞİ

İnşaat Müh. Eray ŞAHİN

FBE İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Nilgün AKTAN

prof. İbrahim Etiler

Doç. Dr. Turgut ÖZTÜRK

Y. Doç. Dr. Nilgün AKTAN

(Handwritten signatures and initials)

İSTANBUL, 2004

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ.....	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. BETONARME YAPILARDAKİ DEPREMLE İLGİLİ HASARLAR.....	3
2.1 Deprem Ortaya Çıkardığı Hasarlar.....	3
2.2 Depremden Dolayı Oluşan Hasarlar.....	3
2.2.1 Sistem Bazında Oluşan Hasarlar	3
2.2.2 Eleman Bazındaki Hasarlar	4
3. ÜLKEMİZDE DEPREM SONUCU MEYDANA GELEN YAPI HASARLARININ NEDENLERİ.....	5
4. DEPREM SONRASI MEVCUT DURUM İNCELEMESİ, HASAR TESPİTİ VE DEĞERLENDİRMESİ.....	7
4.1 İlk İnceleme	7
4.2 Acil Geçici Koruma Önlemleri ve Yöntemleri.....	7
4.3 Onarım ve/ veya Güçlendirmeden Önceki Detaylı İnceleme	9
4.4 Deney Test ve Ölçümler	11
5. BETONARME YAPILARDA OLUŞAN ÇATLAK VE HASAR TİRLERİ	12
5.1 Betonarme Elemanlarda Çatlama ve Ezilme Olayı	12
5.2 Taşıyıcı Olmayan Yapı Elemanlarındaki Çatlak ve Hasarlar	13
5.2.1 Duvar Hasarları.....	13
5.3 Taşıyıcı Yapı Elemanlarındaki Çatlak Ve Hasarlar	14
5.3.1 Kolon Hasarı.....	14
5.3.2 Kiriş Hasarı.....	17
5.3.3 Kiriş Kolon Birleşim Bölgesi Hasarı.....	19
5.3.4 Perde Hasarı.....	21
5.3.5 Döşeme Hasarı.....	23
5.3.6 Temel Hasarı.....	24

6.	ONARIM VE GÜÇLENDİRMEDE KULLANILAN MALZEMELER, UYGULAMA TEKNİK VE YÖNTEMLERİ İLE AVRUPA'DA Kİ ÇALIŞMALAR	26
6.1	Onarım ve Güçlendirmede Kullanılan Malzemeler.....	26
6.1.1	Tamir Harçları	26
6.1.2	Epoksi Reçineleri.....	27
6.1.3	Yerinde Döküm Normal Beton.....	27
6.1.4	Polimerli Beton.....	28
6.1.5	Reçine Betonları	28
6.1.6	Püskürtme Beton.....	29
6.1.7	Büzülmesi (Rötresi) Telfi Edilen veya Genleşen Çimento.....	29
6.1.8	Çelik Şeritler.....	29
6.1.9	Lif Takviyeli Plastik Levhalar	30
6.1.10	Karbon Lifli Malzemeler	30
6.2	Avrupa' daki Çalışmalar.....	30
7.	BETONARME BİNALARDA ONARIM VE GÜÇLENDİRME İLKELERİ	32
7.1	Binaların Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi ve Güçlendirmeye Karar Verilmesi.....	32
7.2	Güçlendirme Projesinin İlkelerinin Belirlenmesi	33
7.2.1	Taşıyıcı Sistemin Depremden Önceki Durumunun İncelenmesi	33
7.2.2	Güçlendirilmiş Taşıyıcı Sistemin Çözümlemesi	33
8.	BETONARME YAPILARDA TAŞIYICI SİSTEM ELEMANLARININ ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİ	36
8.1	Kolonların Onarım ve Güçlendirilmesi	36
8.1.1	Betonarme Mantolama	36
8.2	Çelik Profil İskelet Geçirme	39
8.2.1	Çelik Levha Kılıf Geçirme	42
8.3	Perdelerin Onarım ve Güçlendirilmesi	43
8.4	Kirişlerin Onarım ve Güçlendirilmesi	46
8.4.1	Betonarme Mantolama	46
8.4.1.1	Bir Taraftan Mantolama	49
8.4.1.2	Üç Taraftan Mantolama.....	50
8.4.1.3	Dört Taraftan Mantolama	51
8.4.2	Çelik Levha Yapıştırma İle Güçlendirme.....	53
8.5	Kiriş- Kolon Birleşim Bölgelerinin Güçlendirilmesi	54
8.5.1.1	Döşemelerin Onarım ve Güçlendirilmesi	58
8.5.1.2	Temellerin Onarım ve Güçlendirilmesi	59
9.	YENİ TAŞIYICI ELEMANLAR İLAVE EDİLEREK SİSTEMİN GÜÇLENDİRİLMESİ.....	63
9.1	İlave Betonarme Perdelerle Güçlendirme.....	63
9.1.1	Dış Betonarme Perdeler.....	65
9.1.2	İç Betonarme Perdeler	66
9.1.3	Eksenel Betonarme Perdeler.....	67
9.2	Çelik Çaprazlarla Güçlendirme	69
9.3	Kanat Duvarlar	73
10.	BETONARME YAPILARDA KOROZYON HASARI VE ONARIMI	75

11.	ONARILMIŞ/ GÜÇLENDİRİLMİŞ YAPI SİSTEM VE ELEMANLARININ DAVRANIŞLARI HAKKINDAKİ DENEY SONUÇLARI	79
11.1	Onarılmış/ Güçlendirilmiş Kiriş Deneyleri	79
11.1.1	Betonarme Katmanla Güçlendirme	79
11.1.2	Kirişe Yapıştırılan Çelik Plakalarla Yapılan Onarım/ Güçlendirme	79
11.2	Mantolu Kolon Deneyleri	79
11.2.1	Eksenel Yüklü Mantolu Kolonlar	79
11.2.2	Eksenel Yük Ve Eğilme Altında Denenen Mantolu Kolonlar	80
11.3	Dolgu Çerçeve Davranışı	80
11.3.1	Kuvvetli Çerçeveyle Oluşturulan Dolgulu Çerçeveler	80
11.3.2	Delikli Tuğla Duvar Dolgulu Çerçeveler	81
11.3.3	Zayıf Çerçevelerle Oluşturulan Dolgulu Çerçeveler	81
12.	BETONARME BİR YAPIDAKİ GÜÇLENDİRME İNCELEMESİ	82
12.1	Bina Tanıtımı	82
12.2	Bina Analiz Yöntemi	83
12.3	Sonuç Ve Öneriler	84
12.4	Sonuç	84
13.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	85
KAYNAKLAR		90
EKLER		92
ÖZGEÇMİŞ		93

SİMGE LİSTESİ

A	Perde alanı
c	Perde uzunluğunun yarısı
A ₀	Etkin yer ivmesi katsayısı
A _s	Donatı alanı
A _c	Kolon/perde kesit alanı
d	Perde yüksekliği
G	Düşey yük
E	Deprem yükü
f _{ck}	Beton karakteristik dayanımı
h	Kolon/ perde genişliği
l	Perde uzunluğu
I	Yapı önem katsayısı
I _M	Atalet momenti
L	Kolon boyu
M	Moment
M _{d,x/y}	x/y yönünde en büyük kombinasyonun momenti
M _{r,x/y}	x/y yönünde eksenel yük seviyesindeki kapasite momenti
N _d	Normal yük
N _{d,max}	Tüm yük kombinasyonları altında elde edilen en yüksek tasarım eksenel yükü
N _{d, x/y}	x/y yönünde en büyük momente sahip kombinasyonun eksenel yükü
R	Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
R _{NÇ}	Deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi normal çerçeveler tarafından taşındığı durum için tanımlanan taşıyıcı sistem davranış katsayısı
R _{YÇ}	Deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek perdeler tarafından taşındığı durum için tanımlanan taşıyıcı sistem davranış katsayısı
T	Bina doğal titreşim periyodu
Q	Hareketli yük
V	Kesme kuvveti
V _r	$2 \cdot f_{ck}^{1/2} \cdot A_c$
α	Narinlik
α_M	Süneklik düzeyi yüksek perdelerin tabanında elde edilen eğilme momentleri toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam devrilme momentine oranı
σ	Normal gerilme
σ_1	Eğilme altında gerilme ($M / (C \cdot I_M)$)
σ_2	Eksenel yük altında gerilme (N/A)
σ_{max}	Toplam yük altında gerilme ($\sigma_1 + \sigma_2$)
τ	Kesme gerilmesi

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 4.1 Düşey yüklerin geçici olarak desteklenmesi.	8
Şekil 4.2 Duvarın dışa devrilmesine karşı yanal destekleme.....	9
Şekil 5.1 Betonarme binada bölme duvarı hasarı.	13
Şekil 5.2 Konsola dik duvarda oluşan çatlaklar.....	14
Şekil 5.3 Kolonda meydana gelen hasarlar.....	15
Şekil 5.4 Kolonda mafsallaşma hasarının ileri aşamaları.	16
Şekil 5.5 Kolonda kesme kuvveti etkisinde oluşan eğik çatlaklar.....	17
Şekil 5.6 Saplanan yan kirişin ana kirişte moment kırılmasına yol açması.....	18
Şekil 5.7 Deprem etkisinde zorlanan kirişlerdeki çeşitli hasarlar.....	19
Şekil 5.8 a) Güçlü kolon ve b) güçlü kiriş durumunda kiriş- kolon birleşim bölgesi hasarı.	20
Şekil 5.9 Kiriş- kolon birleşim bölgesinde çeşitli çatlama ve hasar durumları.	21
Şekil 5.10 Perdede a)kesme kuvveti, b)eğilme, c)kayma hasarı.	22
Şekil 5.11 Perdede burulma etkisinde oluşmuş çatlaklar.	23
Şekil 5.12 Düşey yüklerden dolayı hasara uğramış döşemedeki çatlak ve sehim.....	24
Şekil 8.1. Yerel hasarlı kolonun donatı eklenerek onarılması.	37
Şekil 8.2 Kolonun mantolama ile güçlendirilmesine değişik örnekler.	39
Şekil 8.3 Kolonda betonarme manto uygulaması ile onarım ve güçlendirme.	40
Şekil 8.4 Kolonda çelik manto uygulaması ile onarım ve güçlendirme.	41
Şekil 8.5 Betonarme kolonun çelik levha kılıf geçirilerek güçlendirilmesi.	43
Şekil 8.6 Perdenin kesit kalınlaştırılması ile güçlendirilmesi.....	45
Şekil 8.7 Perde gövde ankraj çubuğu örneği.	46
Şekil 8.8 Güçlendirilen kirişte V demirleri ile etriyelerin kaynakla bağlanması.....	47
Şekil 8.9 Kiriş mesnetlerinde negatif moment kapasitesini artırmak için güçlendirme.	48
Şekil 8.10 Kiriş güçlendirmesinde boyuna donatıların ankraj biçimleri.	49
Şekil 8.11 Kirişin bir taraftan mantolanarak güçlendirilmesi.	50
Şekil 8.12.a. Kirişin üç taraftan mantolanarak güçlendirilmesi.....	50
Şekil 8.12.b. Kirişin üç taraftan mantolanarak güçlendirilmesi.	51
Şekil 8.13.a Kirişin dört taraftan mantolanarak güçlendirilmesi.	52
Şekil 8.13.b Kirişin dört taraftan mantolanarak güçlendirilmesi.....	53
Şekil 8.14 Çelik levha yapıştırma ile kiriş güçlendirme.	55
Şekil 8.15 Kiriş- kolon birleşim bölgesinin çelik şeritler sarılarak güçlendirilmesi.	56
Şekil 8.17 Kiriş- kolon birleşim bölgesinin çelik levha ve öngerilmeli bulonlarla güçlendirilmesi.	58
Şekil 8.18 Döşemelerin kalınlaştırılarak güçlendirilmesi.....	59
Şekil 8.19 Temel alt seviyesine inilmeden temelin güçlendirilmesi.....	61
Şekil 8.21 Güçlendirme perdesi temeli.....	62
Şekil 8.21 Normal kuvveti düşük perde temelinin oluşturulmasında komşu kolonların normal kuvvetlerinden faydalanılması.	62
Şekil 9.1 Perdelerin yerleşiminin burulmaya etkisi.	64
Şekil 9.2 Binaya eklenebilecek değişik perde türleri.....	64
Şekil 9.3 Dış perdelerin mevcut kirişlere bağlanması.	65
Şekil 9.4 Çerçevenin yanına perde duvar eklenmesi.	66
Şekil 9.5 İç betonarme perdenin katta döşemeyi delmesi durumunda donatı düzeni.....	67
Şekil 9.6 Güçlendirme perdesinin mevcut kirişi sararak yükselmesi ve mevcut kolonu mantolayarak bütünleşmesi.	67
Şekil 9.7 Dolgu duvarların donatılı betonla doldurularak güçlendirilmesi.....	68
Şekil 9.8 Eksenel perde durumunda donatı düzeni.....	69
Şekil 9.9 Çerçeve açıklığına bulonlu diyagonal çelik elemanlar konulması.	70
Şekil 9.10 Çerçeve açıklığına kaynaklı diyagonal çelik elemanlar konulması.....	71

Şekil 9.11 Pencereleeri kapamayan diyagonal yerleştirme biçimi.	72
Şekil 9.12 Çelik çerçeveden betonarme elemanlara kuvvet aktarma ayrıntıları.....	72
Şekil 9.13 Kolonun kanat eklenerek güçlendirilmesi.	74
Şekil 9.14 Kanatla güçlendirmenin yatay yük altında davranışa etkisi.	74
Şekil 10.1 Betonarme elemanlarda korozyon ve karbonatlaşma hasarının zamanla oluşması. 76	
Şekil 10.2 Korozyon hasarına uğramış betonarme elemanda onarım.	77
Şekil 10.3 Korozyon hasarına uğramış betonarme döşemede onarım.....	78



ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 10.1 Maksimum Cl sınırı.....	78
Çizelge 12.1 Döşeme yük çizelgesi.....	84
Çizelge 13.1 Perde katkı oranları çizelgesi.	85
Çizelge 13.2 Perdelerde eğilme ve kesme gerilmeleri çizelgesi (güçlendirilmiş durum).	86
Çizelge 13.3 Mevcut S3 kolonu yük durumu.	87
Çizelge 13.4 Güçlendirilmiş S3 kolonu yük durumu.	88
Çizelge 13.5 Mevcut ve güçlendirilmiş durumdaki göçme yükü mukayese çizelgesi.	88



ÖNSÖZ

Yapıların çeşitli etkilere maruz kalması sonucu, zamanla taşıma kapasitelerinde azalma görülmektedir. Ülkemizde buna eksik projelendirme, şantiyelerde kaynaklanan uygulama hataları ve çıkar için yapılan hatalar da eklenince mevcut binalarda onarım ve güçlendirmeye neden olan hasarlar ortaya çıkmaktadır. Son yıllarda yaşadığımız depremlerde bunu açıkça ortaya sermektedir.

Bu çalışmada onarım ve güçlendirmenin tarifi yapılarak binaların buna niçin ihtiyaç duydukları ifade edilmiştir. Deprem sonrası acil önlemler, çatlak ve hasar türleri, onarım ve güçlendirmede kullanılan malzemeler ile bunların uygulama teknikleri hakkında bilgi verilmiştir. Sayısal uygulama da ise 1975 Deprem Yönetmeliği' ne göre projelendirilip inşa edilmiş betonarme bir yapının 1997 Deprem Yönetmeliği' ne göre mevcut durumu incelenerek güçlendirmeye karar verilmiş ve bir takviye alternatifi sunulmuştur.

Yüksek lisans tez çalışmam sırasında beni yönlendiren, değerli bilimsel katkılarını esirgemeyen hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Nilgün AKTAN' a şükranlarımı sunarım. Ayrıca bu tezin hazırlanması süresince çok kıymetli yardımlarından dolayı beni sabırla destekleyen ve teşvik eden çok sevgili aileme ve dostlarıma sonsuz teşekkürler ediyorum.



ÖZET

Yüksek lisans tezi olarak sunulan bu çalışmada öncelikle onarım ve güçlendirme hakkında genel bilgi verilmiştir. Daha sonraki bölümlerde ise 1975 Deprem Yönetmeliği'ne göre boyutlandırılmış betonarme bir yapının 1997 Deprem Yönetmeliği'nin şartlarına uygunluğu bilgisayar programı yardımıyla analiz edilerek güçlendirme durumu incelenmiştir.

Birinci bölümde yapıların onarım ve güçlendirmeye ihtiyaç duyma sebepleri, yapı tasarımının ana ilkesi, onarım ve güçlendirmenin tarifleri ve arasındaki fark, onarım ve güçlendirme planlamasına etkiyen faktörler belirtilmiştir.

İkinci ve üçüncü bölümlerde yapılarda depremin ortaya çıkardığı ve depremden dolayı oluşan hasarlardan bahsedilmiş ve depremden dolayı oluşan hasarların sebepleri üzerinde durulmuştur.

Dördüncü bölümde, deprem sonrası ilk inceleme, acil geçici koruma önlemleri ve yöntemleri ile onarım ve güçlendirme öncesindeki detay inceleme üzerinde durulmuştur.

Beşinci bölümde betonarme elemanlarda çatlama ve ezilme olayının tarifi yapılmıştır, taşıyıcı olmayan ve taşıyıcı olan yapı elemanlarında oluşan çatlak ve hasarlar ile bunların hangi sebeplerle oluştuğu konusunda bilgi verilmiştir.

Altıncı bölümde ise, onarım ve güçlendirmede kullanılan malzemeler, uygulama teknik ve yöntemleri ile bu konuda Avrupa' daki standart oluşturma çalışmaları ve amaçları ifade edilmiştir.

Yedinci bölümde, betonarme binalarda deprem güvenliğinin belirlenmesi ve güçlendirmeye karar verme ile güçlendirme projesinin ilkelerinin oluşturulması konusu üzerinde durulmuştur.

Sekizinci bölümde ilave eleman olmaksızın kolonların, perdelerin, kirişlerin, kiriş- kolon birleşim bölgelerinin, döşemelerin ve temellerin onarım ve güçlendirilmesi konusundaki teknik ve yöntemler ile bunların ne şekilde uygulanması gerektiği ayrıntılı şekilde anlatılmıştır.

Dokuzuncu bölümde mevcut yapıya perde, çelik çaprazlar, kanat duvarlar gibi yeni taşıyıcı elemanlar ilave edilerek sistemin güçlendirilmesinden bahsedilmiştir.

Onuncu bölümde yapılardaki korozyon hasarı ve onarımı hakkında bilgi verilmiştir.

Onbirinci bölümde, onarılmış/güçlendirilmiş yapı sistem ve elemanları üzerinde yapılan bazı deneyler ile yapıların davranışları konusundaki deney sonuçları hakkında bilgi verilmiştir.

Onikinci bölümde ise 1975 Deprem Yönetmeliği'ne göre projelendirilip inşa edilmiş betonarme bir yapının STA-4 Yapı Analiz Programı kullanılarak analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda güçlendirmeye karar verilmiştir. Kolon mantolanması ve perde ilavesi yapılarak oluşturulan yeni sistemin analizi yapılmıştır. Gereken temellerde de güçlendirmeye karar verilmiştir. Böylece binanın depreme karşı güvenliği artırılmıştır. Güçlendirmeden önce kesit ve donatı bakımından yetersiz olan taşıyıcı elemanlar (kolon, perde) yeterli hale getirilmiştir. Deprem yüklerinin büyük bir kısmının ilave perdeler tarafından karşılandığı görülmüştür.

Onüçüncü bölümde ise sonuç ve önerilerden bahsedilmiştir.

Anahtar kelimeler: Deprem, onarım- güçlendirme.

ABSTRACT

In this study, which is submitted as a M.Sc. thesis, firstly general information on repair and strengthening is presented. And in the later stage, a R/C, multi, storey building projected in accordance with aseismic code of 1975 is analzad with regard to its conformity with the terms of asseismic code of 1975 using computer programs; and strengthening conditions are studied.

In the first chapter the reasons why buildings neede repair and strengthening, the main princple of construction design, definitions of repair and strengthening and the planning are explained.

In the second and third chapters, the damages whic is brought into sight by eartquake and those which are caused by eartquake are referred and the reasons for the damages caused by earthquake are examined.

In the forth chapter the first investigation after eartquake, emergent provisional protection measures and methods, and detailed investigation before repair and strengthening are discussed.

In the fifth chapter cracking and crushing in the R/C elements are defined; and information is given on cracks and damages arising in bearing and non-bearing structural elements, and on that what causes those emerged.

In the sixth chapter the materials used and strengthening, aplication tecnics and methods, and the standart- formation efforts made in Europe in this subject are explained.

In the seventh chapter defermining seismic safety of R/C buildings, deciding upon strengthening, and formation of the principles for strengthening methods are considered.

In the eighth chapter technics nd methods for the repair and strengthening of columns, shear wall, beams, colomn- beam conection points, floors and foundations are detailed and the problem how those are to be applied is dealt.

In the ninth chapter strengthening of the system by adding new bearing elements to the present structure such as shear walls, diagonal steel bars, wingwalls, is discussed.

On the tenth chapter information is given about corosion damage and reparation.

On the eleventh chapter information is given about some tests that have been made on the repaired/ strenghted structure system and elements and the test results about the behaviour of a structure.

Twelth chapter includes analysis of a structure which has been designed according to 1975 Eartquake Instructions. As a result of the analysis it has been decided to strengthen the structure.

The anlysis of the new system formed by column and sheerwall addition has been done. It has been decided to strengthen the foundation that needs to be strengthened. This way the structure safety has been improved. Before strenghening the elements (column, sheerwall) that is inadequate of area and rebar amount has been made effecient. It is seen thet a big amount of eathquake load is received by sheerwalls.

Thirteenth chapter includes results and suggestions.

Keywords: Eartquake, repaired/ strengthening.

1. GİRİŞ

Deprem için yapılan projelendirmede yapıda hiç hasar olmaması koşulu, nükleer santraller gibi çok özel yapılar dışında, ekonomik nedenlerle aranmaz. Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelikte öngörüldüğü gibi depreme dayanıklı yapı tasarımının ana ilkesi; hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın onarılabılır düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can kaybını önlemek amacı ile binaların kısmen veya tamamen göçmesinin önlenmesidir.

Yukarıda bahsedilen hasarlar söz konusu olduğunda bunları gidermek ve yapıları kullanılabilir duruma getirmek gerekir. Bu nedenle yapının veya bazı yapı elemanlarının (döşeme, kiriş, kolon, perde, temel) onarılması ve/veya güçlendirilmesi gerekir. Öncelikle onarım ve güçlendirme terimlerinin anlamları ile bu terimler arasındaki farkı anlamakta fayda vardır.

Onarım: Görünüş ve kullanım bakımından hasar görmüş bir yapıyı veya onun bir veya birkaç elemanını önceki hale getirmek için yapılan çalışma ve değişikliktir. Bu önceki haline getiriliş onun görünüşü ve kullanımı (yük taşıma kapasitesi, rijitliği, sünekliği ve dayanımı dahil) bakımlarından olabilir.

Güçlendirme: Bir yapının taşıma kapasitesini, rijitliğini, sünekliğini ve stabilitesini veya bunlardan bazılarını önceki veya mevcut durumun üzerine çıkarmak amacı ile yapılan değişikliktir.

Onarımda amaç önceki duruma geri getirmektir. Bu kullanım bakımından olabileceği gibi mukavemet gibi mekanik karakteristikler bakımından da olabilir. Güçlendirmede ise amaç; mukavemet ve benzeri karakteristikleri hasardan önceki veya mevcut düzeyin üzerine çıkarmaktır.

Onarımın hasar görmüş bir yapıda yapılmasına karşılık güçlendirme için yapının hasar görmüş olması gerekmez. Güçlendirme; yapının kullanım amacının değişmesi nedeniyle yüklerin artması, örneğin bir konut yapısının öğrenci yurduna çevrilmesi veya bir karayolu köprüsünün yük sınıfının artırılması v.b. nedenlerle gündeme gelebilir. Hatta zaman içinde oluşan depremler ve araştırmalardan elde edilen yeni bilgiler sonucunda yeniden düzenlenen deprem yönetmeliklerinde yapının bulunduğu bölgenin deprem derecesinin artması, yani deprem hesabına esas olan kuvvetlerin büyümesi de güçlendirme nedeni olabilir. Onarım ile

güçlendirme arasına bir de iyileştirme seçeneğini eklemek mümkündür.

İyileştirme: Yapıda herhangi bir hasar olmayıp da orijinal olarak projesinde bulunan bir kusurun veya imalat kusurunun varlığı, yada evvelce konu edilmemiş ancak değişen deprem yönetmelikleri sonucu yapılmasına kesinlikle izin verilmeyen hususların giderilmesi olarak tanımlanabilir. Konsola kolon ötelenmesi durumunda konsol ucundaki kolonun temele kadar devamının temini, genellikle bina girişlerindeki kirişin üstüne binen kolon olması durumunda söz konusu kiriş ve oturduğu kolonların %50 artırılmış kesit tesirleri ile tahkiki ve gerekiyorsa takviyesi gibi hususlar iyileştirmeye örnek olarak verilebilir.

Yapıdaki hasarlar taşıyıcı olmayan ve/ veya olan kısımlarda meydana gelebilir. Taşıyıcı olan kısımlardaki hasarlar yapının dayanımı ve stabilitesi bakımından önemli ve tehlikelidirler (örneğin bazı kolonların ve düğüm noktalarının kırılması yada parçalanması gibi). Taşıyıcı olmayan kısımlarda oluşan hasarlar yapının stabilitesi bakımından sorun çıkarmazlar ama; içindikiler ve çevresindikiler için tehlikeli olabilecekleri gibi önemli maddi zarara da sebep olabilirler. Örneğin bir dolgu veya bölme duvarının tamamen veya kısmen yıkılması içindikilerin veya çevredekilerin can güvenliğine zarar verebilir. Dolayısı ile bu tür taşıyıcı olmayan elemanların onarımı da önemlidir.

2. BETONARME YAPILARDAKİ DEPREMLE İLGİLİ HASARLAR

Betonarme yapılardaki hasarlar; yapıda zaten var olan ancak depremin ortaya çıkardığı hasarlar ile depremde oluşan hasarlar olmak üzere iki başlık altında sınıflandırılabilir (Aydoğan, 2000).

2.1 Depremi Ortaya Çıkardığı Hasarlar

- Depremi ortaya çıkardığı hasarların en çarpıcı ve yaygın örneği özellikle binaların bodrum katları ve iyi korunmamış cephelerinde rastlanan donatı paslanmalarıdır. Bunun nedeni kullanılan betonun düşük kaliteli olması, kötü işçilik ve bodrum katlardaki yetersiz hava sirkülasyonudur. Deprem nedeniyle binalarda oluşan salınımlar paslı donatıları örten pas paylarını atmaktadırlar.
- Kolon- kiriş birleşiminde, özellikle kirişin yüksek olması halinde, kolonda etriye devamının sağlanmamış olması nedeniyle küçük bir harekette kolon eksenel kuvvetinin artışı sonucu boyuna donatı burkularak beton örtüyü atmaktadır. Binada zaten mevcut olan bu kusurlar depremle ortaya çıkmaktadır.

2.2 Depremden Dolayı Oluşan Hasarlar

2.2.1 Sistem Bazında Oluşan Hasarlar

- Rijitliklerin yetersiz olması nedeniyle aşırı yanal yer değiştirmelerden oluşan hasarlar,
- Aynı katta diğer kolonlara göre kısa ve rijit kolonların varlığından ötürü özellikle kesilme şeklinde oluşan kısa kolon hasarları,
- Planda veya taşıyıcı sistemdeki değişiklikler sonucu rijitlikteki ani değişimler dolayısıyla, örneğin perdelerin devam ettirilmemesi hali ile oluşan hasarlar,
- Komşu katlara göre daha fleksibil olan katlardaki, örneğin dolgu duvarları çok azaltılmış ve/veya yüksek giriş katlardaki yumuşak kat hasarları,
- Rijitliklerin uygun olmayan dağılışı nedeniyle binada aşırı burulma sonucu oluşan hasarlar,
- Yatay yüklerinin büyük kısmı perdelerce alınmayan kirişsiz veya asmolen döşemeli sistemlerde kolon- döşeme, kolon- yastık kiriş birleşim yerlerindeki hasarlar,
- Betonarme çerçevelerde yeterince donatılmamış düğüm bölgelerindeki hasarlar, etriye aralıklarının ve etriye kenetlenmelerinin yetersizliği dolayısıyla oluşan hasarlar,
- Zemin gerilmelerinin aşılmış olması nedeni ile temelde farklı oturmalar ve dolayısıyla üst yapıda dönmeler ve bunun sonucu olarak meydana gelen ikinci mertebe etkilerinin (P- Δ etkisi) oluşturduğu hasarlar.

2.2.2 Eleman Bazındaki Hasarlar

- Kirişlerde oluşan özellikle mesnetler ve kirişlerin kirişlere bindiği yerlerde oluşan kayma ve eğilme çatlakları,
- Kolonlarda oluşan kayma çatlakları, kolon uçlarındaki mafsallaşmalar (donatının akması ve/ veya betonun ezilmesi),
- Perdelerde oluşan kayma çatlakları (diyagonal ve X şeklindeki çatlaklar),
- Dolgu duvar çatlakları (diyagonal ve X şeklindeki çatlaklar).



3. ÜLKEMİZDE DEPREM SONUCU MEYDANA GELEN YAPI HASARLARININ NEDENLERİ

Yakın süreçte yaşadığımız Körfez ve Düzce depremleri sonrası teknik raporlarda da belgelendiği üzere yapı hasarları; yapıların planlama, tasarım, yapım ve kullanım süreçlerindeki yapılmış olan hatalardan kaynaklanmaktadır. Deprem bölgelerinde yerinde yapılan inceleme ve araştırmalar neticesinde yapı hasarlarının sebepleri konusunda şu saptamalar yapılmıştır (Önel, 1999).

- Yıkılmış yada ağır hasar görmüş binaların hemen hemen tümünde kolon kiriş birleşim yerlerinde etriye sıklaştırmaları yapılmadığı ve köşe birleşmelerinde önemli işçilik kusurları olduğu saptanmıştır.
- Yıkılmış ya da ağır hasar görmüş yapılarda kolon ve kiriş donatılarının kenetlenme boylarının yetersiz olduğu ve etriyenin aralarının çok seyrek olduğu görülmüştür.
- Çok ağır hasar gören ve tümüyle çöken yapılarda beton kalitesinin düşük olması hasarın en önemli nedeni olarak görülebilir. Betonun elastisite modülünün düşük olması büyük yatay şekil değiştirmeye neden olduğu için bölme duvarlarda büyük hasar meydana gelir. Bunun yanında düşük kaliteli beton, kesitlerin de mukavemetlerinin düşmesine neden olur. Ayrıca özellikle bodrum ve zemin katlardaki donatılar üzerindeki korozyonlar dikkat çekicidir.
- Isı yalıtımı yapılan yerlerdeki, işçilik ve yapım kusurları nedeniyle duvar bileşenindeki katmanlar tümüyle birbirinden ayrılmış ve can kaybına neden olmuştur.
- Yapıların gerek uygun olmayan fiziksel biçimlenmesi ve gerekse de taşıyıcı sistem kurgusundaki yanlışlıklar nedeni ile ağırlık merkezi ile rijitlik merkezlerinin çakıştırılmaması sonucu oluşan eksantrik momentler kolon ve kirişlerde burulmaya neden olmuştur.
- Betonarme perdelerin bulunmaması, yatay yer değiştirmelerin artmasına ve bölme duvarlarında ağır hasar olmasına sebep olur.
- Bitişik düzen yapılar ile enine oranla çok uzun tasarlanmış yapılarda, tekniğine uygun bırakılmamış boşluk ya da dilatasyonlar nedeniyle, iki yapının çarpışması sonucu ağır hasar ve yıkımlar oluşmuştur.
- Yapının tasarımı ve taşıyıcı sistemi ile malzeme seçiminin olumlu olmasının sağladığı avantajla yapı stabilitesi bozulmamış olmasına karşın, zemin sıvılaşması nedeniyle yapı birkaç kat düşey olarak hareket etmiş (toprağa gömülmüş) ya da yana yatmıştır.
- Temellerin yüzeye yakın olması, deprem yüklerinin yapıdaki etkilerinin artmasına neden olur.

- Arsanın düzgün olmaması ve buna uygun bir taşıyıcı sistem oluşturulmaması nedeniyle kolon ve kirişlerde önemli burulmalar olmuş ve yapı bu nedenle hasar görmüştür.
- Çatısı olan yapılarda; kalkan duvarların, yapının taşıyıcı sistemi ile bütünleşmemesi, ahşap çatının sisteme bağlanmaması nedeniyle hemen hemen tümü yıkılmıştır.
- Zemin kat kolonlarının yer kazanmak amacı ile kullanıcılar tarafından kaldırılması ya da kesitlerinin azaltılması nedeniyle yapı tümüyle çökmüştür.



4. DEPREM SONRASI MEVCUT DURUM İNCELEMESİ, HASAR TESPİTİ VE DEĞERLENDİRMESİ

Depremden hemen sonra hangi binaların kullanılıp kullanılamayacağını belirlemek ve ne tür acil önlemler alınabileceği konusunda tespitlerde bulunmak amacıyla ilk inceleme yapılır. Bu inceleme sonucunda belirlenen noktalara uygun görülen acil geçici koruma yöntemleri saptanır ve uygulanır. Daha sonraki aşamada deney, test ve ölçümler yapılarak detaylara inen geniş kapsamlı ikinci bir inceleme yapılır. Bunun için çeşitli ekipmanlar kullanılır. Son aşama olarak bu bilgiler ışığında binanın onarım ve/ veya güçlendirilmesine ya da yıkımına karar verilir (Demir, 1999).

4.1 İlk İnceleme

İlk incelemede temel amaç hasarın cinsini ve derecesini detaylı olarak belirlemektir. Bu incelemede; çatlaklar, aşırı deformasyonlar, donatı akması, birleşim bölgelerindeki hasar ve tahribatlar ve taşıyıcı olmayan kısımların durumu tespit edilerek kayda geçirilir. Bu bilgiler ışığında yapının taşıyıcı elemanlarına etkiyen deprem kuvvetleri ile sabit ve hareketli yüklerin taşıma kapasitesine etkisinin ne olacağı mesleki deneyimlere dayanılarak tahmin edilir. Bu tahminler çerçevesinde acil geçici koruma önlemlerine gerek olup olmadığına karar verilir. Gerek olması durumunda can kaybı ve yaralanmaları önlemek, mal kaybını da minimuma indirmek maksadıyla geçici destekleme, askıya alma ve benzeri önlemlerin uygulanmasına karar verilir.

4.2 Acil Geçici Koruma Önlemleri ve Yöntemleri

Depremden sonra ciddi hasar (kolon kırılması, taşıyıcı duvarların ciddi şekilde çatlaması ...) görmüş fakat; yıkılmamış binaların acil geçici olarak desteklenmesi gerekir. Burada amaç, tüm taşıyıcı sistemin güvenliğinin bağlı olduğu hasarlı elemanlara ve birleşimlere geçici olarak mukavemet veya destek sağlamaktır.

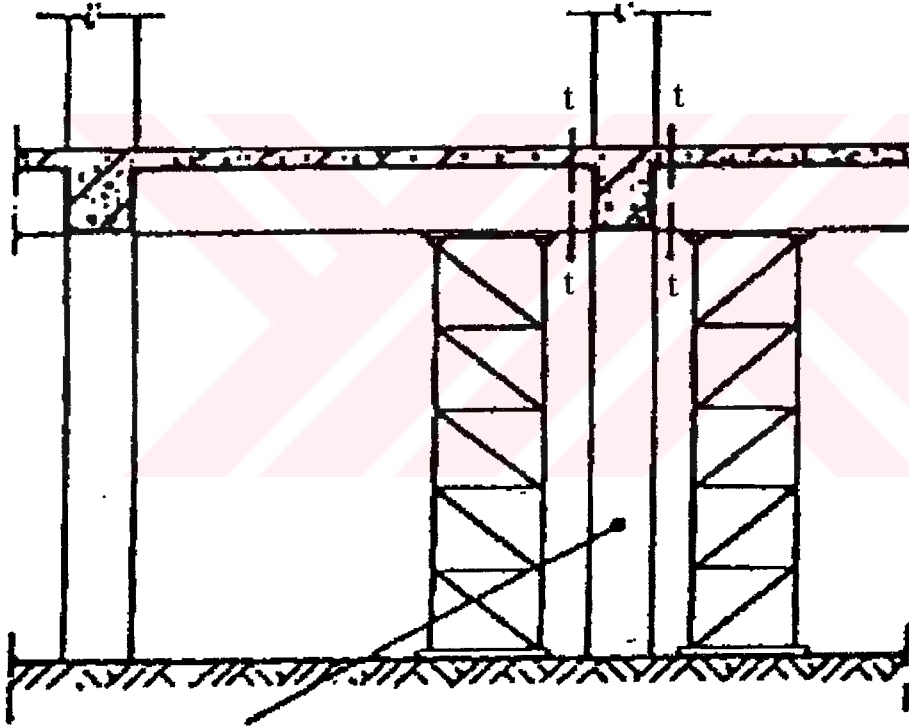
Uygulama esnasında can güvenliği varsa bu çalışmalar yapılmalıdır. Böylelikle bina çevresi ile onarım ve güçlendirmede çalışacak işçilerin güvenliği sağlanmış olacaktır (Syrmakezis, 1983).

Acil koruma yöntemlerini üç bakımdan ele almak mümkündür.

- 1) **Düşey yükler için destekleme yöntemleri:** Düşey yükler 'Şekil 4.1' de görüldüğü şekilde desteklenebilir. Bunu çok katlı yapılar için uygulamak da mümkündür. Bunun dışında hafif yükler için teleskopik dikmeler, endüstri tipi iskeleler, kütükten veya ahşaptan yapılmış iskeleler, telefon direkleri, X şeklindeki çaprazlama bağlantılar, çelik

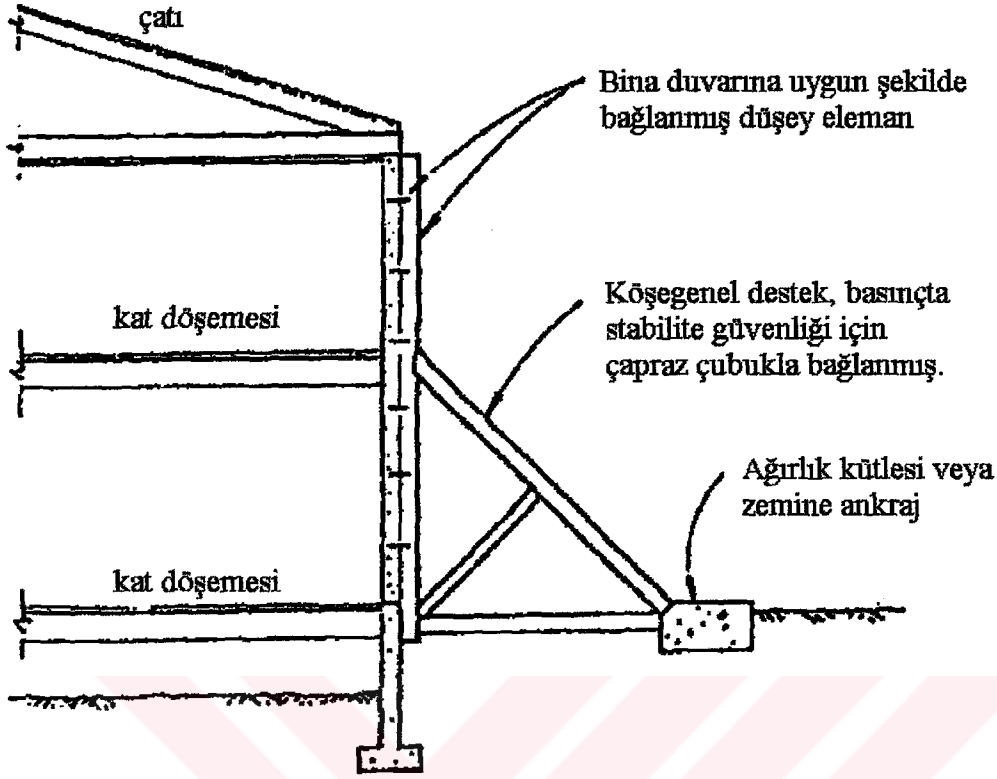
dikmeler vb. elemanlar kullanılır.

- 2) **Yanal destek temin etme yöntemleri:** Yanal destek 'Şekil 4.2' de görüldüğü gibi duvarın dışarı devrilmesini önlemek amacıyla yapılır. Burada; ahşap elemanlar, kütükler veya çelik profiller kullanılabilir.
- 3) **Kamalama teknikleri:** Kamalar hasarlı elemandan destek elemanına yük aktarımında kullanılır. Kuru, sert ve budaksız ahşaptan yapılırlar. Bunun dışında mekanik, hidrolik, modern yassı krikolar da kamalama için kullanılabilir.



Değiştirilecek veya onarılacak
kolon veya taşıyıcı duvar

Şekil 4.1 Düşey yüklerin geçici olarak desteklenmesi.



Şekil 4.2 Duvarın dışa devrilmesine karşı yanal destekleme.

4.3 Onarım ve/veya Güçlendirmeden Önceki Detaylı İnceleme

Yapının onarım ve/veya güçlendirilmeden önce, varsa hasar durumu, taşıyıcı sistemi, malzeme kalitesi ve zemin parametreleri bilinmelidir.

- Binanın mimari rölevesi hazırlanmalıdır.
- Binanın taşıyıcı sistem rölevesi hazırlanmalıdır. Bu rölevede; kiriş, kolon ve perde yerlerinin ve boyutlarının belirtilmesi, kat yüksekliklerinin bulunması gerekir. Bunun gibi, merdiven kısmı esas alınarak döşeme yüksekliği ve döşeme türü tespit edilebilir. Binada temel yer yer açılarak temel düzeni, temelin geometrik boyutları, derinliği ve bağ kirişlerinin durumu belirlenmelidir. Temellerin yerel veya dışardan açılması yeterli olabilir. Eğer, binanın statik ve betonarme hesapları ve ilgili çizimleri varsa, bunun yerinde uygunluğu açıklık ve eleman boyutları ve doğrultuları bakımından kontrol edilerek gerekli değişiklikler not edilmelidir.
- Binanın hasar rölevesi hazırlanmalıdır. Hazırlanan taşıyıcı sistem rölevesi esas alınarak, binada her katta, bölme duvarı, kolon, kiriş- kolon birleşim bölgesi, perde ve temel hasarı

işlenmelidir. Binada dönme veya temelin zemine batması durumları not edilmelidir. Özellikle çatlakla kesilmiş veya dağılmış kolonlar işlenmeli ve bunların depremden önceki durumuna getirilmesi için epoksi reçinesi enjeksiyonu veya mantolama gerekip gerekmediğine karar verilerek, hasar rölevesine kayıt edilmelidir. Dört tarafından mantolanma gerektiren kolonlarda veya kiriş- kolon düğüm noktalarındaki çatlaklara epoksi uygulanması gerekmebilir. Binaların büyük bir kısmının kolon mantolanması ve/veya perde ilavesi ile güçlendirilebileceği göz önünde tutularak, hasar tespiti sırasında güçlendirme perde yerlerinin belirlenmesi ve güçlendirme perdelerinin hasar gören ve mantolanması gereken kolonlara en azından bir kenarından bitişik yapılması, mantolama ile perdeyi beraber ortaya çıkaracağı için tercih edilmelidir. Hazırlanacak hasar raporuna varsa çatı hareketi veya göçmesi, kalkan duvarlarının veya bacanın yıkılması gibi hususlar işaretlenerek, yerinde yapılacak tedbire karar verilmelidir. Bu tedbirler, bacaların kısaltılması, kalkan duvarlarına düşey veya yatay hatıl konulması, çatının döşemeye bağlanması şeklinde olabilir.

- Binada beton kalitesi belirlenmelidir. Beton kalitesi en az üç karot numunesi alınarak belirlenecektir. Karot sayısı binanın büyüklüğüne göre artırılabilirse de bulunan mukavemetin ortalama bir değer olması ve bunların alınan elemanları zayıflatacağı düşünülerek, çoğaltılması tercih edilmeyebilir. Karot değerleri, her katta en az üç kolon veya perdede yapılarak darbeli çekiç deneyleri ve ses hızı ölçümü deneyleri ile karşılıklı kolerasyon kurularak yaygınlaştırılmalıdır. Bu şekilde beton kalitesi konusunda oldukça gerçekçi sonuçlar elde etmek mümkündür. Karotların varsa perdelerden alınması tercih edilmeli ve donatının kesilmemesine özen gösterilmelidir. Kolon veya perdelerde karot alınmasıyla açılan boşluklar hazır tamir harcı ile doldurulmalıdır.
- Binada donatı kalite ve düzeni belirlenmelidir. Bodrum veya zemin katta açılacak en az üç kolonda pas payı kaldırılarak boyuna donatı ve enine donatı miktarı ve düzeni tespit edilmelidir. Bu işlem için proferme aletler de kullanılabilir. Kolonların biri bütün kenarlarından açılabilirse de, diğerlerinin bir veya iki kenardan açılması mevcut sistemi zayıflatmamak bakımından tercih edilmelidir. Benzer şekilde seçilecek üç kirişte donatı, açıklıkta ve mesnet kesitine yakın alttan bakılarak, boyuna donatı düzeni pilye sayısı ve enine donatı aralık ve çapı tespit edilebilir. Donatılarda korozyon nedeniyle çap küçülmesi varsa not edilmelidir.
- Geoteknik bilgilerin belirlenmesi gereklidir. Temel zeminine ait geoteknik bilgilerin toplanması için muayene çukuru açılabilceği ve sondaj yapılabileceği gibi, çevrede elde edilen benzer bilgilerden de faydalanılabilir. Geoteknik inceleme sonucu yapısal hasar ve

muhtemel güçlendirme sistemi ile doğrudan ilgili parametreler olan zeminin tabii birim hacim ağırlığı, zemin emniyet gerilmesi ve yatak katsayısı tespit edilmelidir. Bölgedeki deprem durumu göz önüne alınarak zemin karakteristik periyotları ve etkin yer ivmesi katsayısı da belirtilmelidir. Yer altı su seviyesi hakkında bilgi ve binadaki temel durumu ve temel derinliği de geoteknik inceleme sırasında tespit edilebilir (Aydoğan, 2000).

4.4 Deney Test ve Ölçümler

Yapı güvenliğinin belirlenmesi istenen mevcut bir binada betonun basınç dayanımının belirlenmesi yapı güvenlik değerlendirmesinin en temel aşamasıdır. Basınç dayanımının belirlenmesinde en güvenilir yöntem ise yapı elemanlarından karot alınması ve bunun üzerinde basınç deneyi yapılmasıdır. Yerinde beton basınç dayanımı belirleme de kullanılan Schmidt beton tabancası ise tahribatsız bir yöntemdir. Betonun üzerine vurulan bir ağırlığı geri sektirme esasından gidilerek geliştirilmiştir. Elde edilen sonuçların güvenilirliği azdır. En uygunu hem Schmidt beton tabancası testi, hem de karot numunelerinin laboratuvar basınç dayanımı testi yapılarak sonuçların birlikte değerlendirilmesidir.

Betonarme yapı elemanının içindeki donatının çapı, cinsi ve yerinin belirlenmesi gerekmektedir. Donatının yeri ve sayısının belirlenmesinde manyetik alan ilkesine göre çalışan paşometre kullanılır. Ancak donatının çapı ve cinsinin belirlenmesi betonun kırılarak gözle görülmesi ve ölçülmesi ile mümkündür.

Geometrik ölçümler kullanılarak yatay ve düşey deplasmanlar ile çatlak büyüklükleri tespit edilebilir (Bayülke, 1999).

5. BETONARME YAPILARDA OLUŞAN ÇATLAK VE HASAR TÜRLERİ

Bu bölümde betonarme elemanlardaki çatlama ve ezilme olayı ile taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan yapı elemanlarındaki hasarlar incelenecektir.

5.1 Betonarme Elemanlarda Çatlama ve Ezilme Olayı

Betonarme binalardaki hasarın belirtisi fazla sehime, çatlak ve bazen de titreşimdir. Aşırı sehime maruz kalan elemanın kendisinde çatlak olmamakla beraber taşıdığı başka elemanda çatlak oluşur. Betondaki çatlama olayı; betonun çekme etkisindeki (kopma uzaması) değerinin çeliğe oranla küçük olması ve donatı çubuklarının uzamasına, belirli bir sınır gerilmeden sonra uymaması sonucu gerçekleşir. Betondaki çatlaklar genellikle donatı civarında meydana gelir. Çatlak genişliği ve uzunluğuna etkiyen önemli faktörler olarak; çelik gerilmesi, çubuk tipi ve çapı, beton örtüsü, betonun dayanımı (özellikle çekme dayanımı), donatı oranı, etriyeler, rötre ve aderans dayanımı sayılabilir (Çamlıbel, 2000).

Betonda çatlak, asal çekme gerilmelerine dik yönde oluşur. Donatı çatlamaı önleyemez. Ancak; bilinçli ve doğru yerleştirilmiş donatı, çatlağın genişlemesini önleyerek kılcal düzeyde kalmasını sağlar. Donatı, olabildiğince asal çekme gerilmeleri doğrultusunda yerleştirilmelidir.

Betonun basınç dayanımının yüksek olması nedeniyle çekme gerilmelerinin yeterli donatı ile karşılandığı durumlarda, asal basınç gerilmeleri doğrultusunda birim kısalmanın büyük değerlere ulaşması sonucunda beton ezilir. Betonun basınç dayanımı çekme dayanımının çok üzerinde olduğu için öncelikle çekme çatlakları oluşmaktadır. Betonun birim ezilme kısalması birçok etkene bağlıdır. Bunların en önemlilerinden biri sargı etkisidir. Sargı, betonun birim kısalmasını yükseltir (TÜBİTAK, 1999).

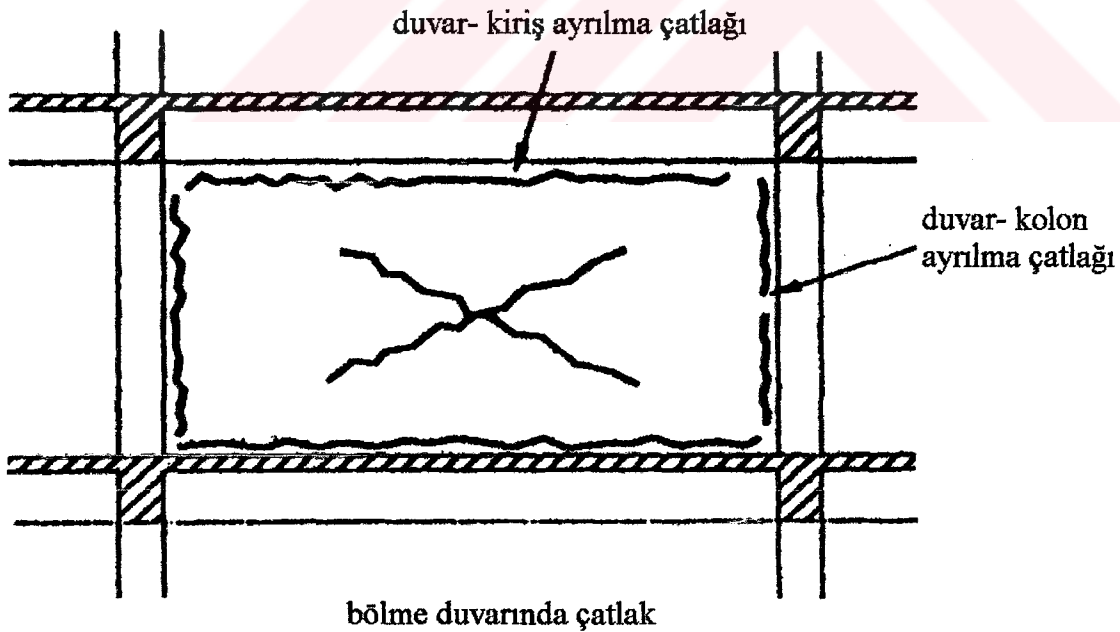
Betonarme taşıyıcı sistemlerde çatlaklar, proje ve yapım kusurları nedeni ile olabildiği gibi, temel oturmaları nedeni ile ve aşırı yüklemeler sonucuyla da oluşabilir. Bu çatlakların belli bir büyüklüğe ulaşması ile yapının güvenliği tehlikeye girebilir. Çeşitli nedenlerle, başarısızlığa uğrayan ve kendinden beklenen görevi yapamaz duruma giren bir taşıyıcı elemanın sağlamlaştırılmasının bilinçli olarak yapılabilmesi için, çatlamaı oluşturan sebepler doğru olarak tespit edilmelidir. Çatlakların oluş nedeni eleman üzerindeki görünüşleri, biçimleri, genel gidişleri v.b. faktörlere bakılarak değerlendirilir. Bu bakımdan öncelikle betonarme yapılarda taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlardaki çatlak ve hasarlar incelenmelidir (Çamlıbel,2000).

5.2 Taşıyıcı Olmayan Yapı Elemanlarındaki Çatlak ve Hasarlar

Taşıyıcı olmayan elemanlardaki çatlak genellikle bu elemanın üzerinde oturduğu ya da taşıdığı elemanda oluşan aşırı deformasyon veya sehimin sonucudur. Taşıyıcı olmayan yapı elemanı olarak tuğla veya başka malzemeden yapılmış duvarlar kabul edilir.

5.2.1 Duvar Hasarları

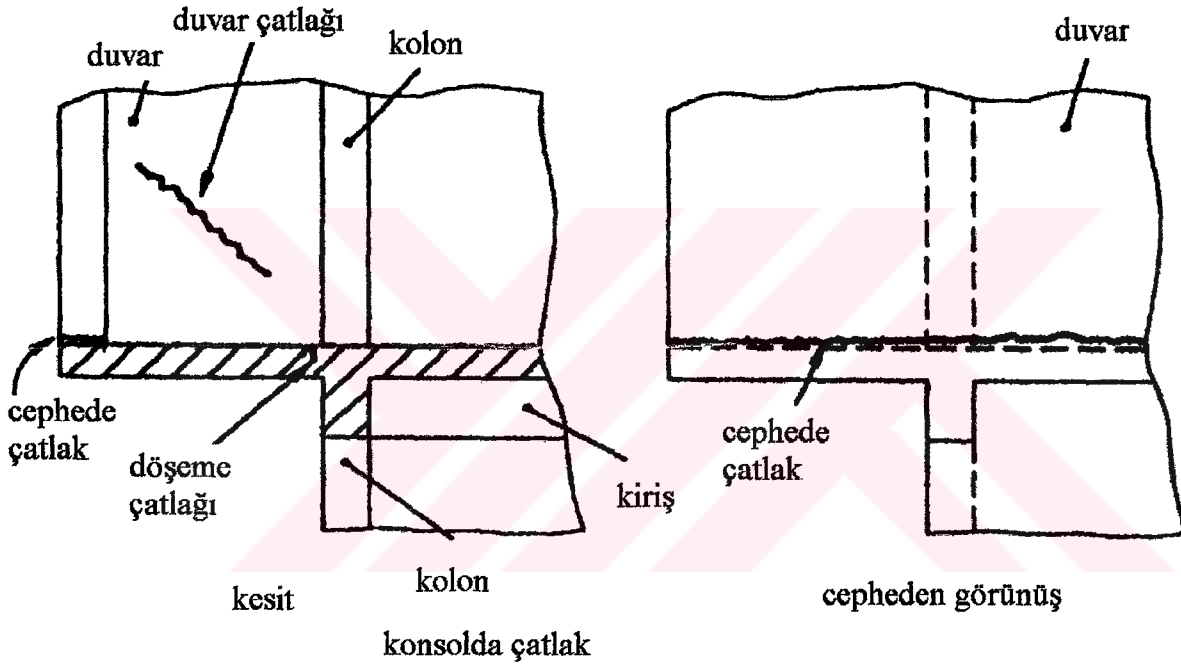
Betonarme binaların projelendirilmesinde, bölme duvarlarının taşıyıcı sistemin yatay rijitliğine ve kapasitesine olan etkisi hesaba katılmaz. Ancak; bu katkı düşünülerek, özellikle zemin katlarda rijitlik ve dayanım zayıflığının ortaya çıkmaması için tedbirler alınır. Taşıyıcı sistemin deprem yükü altında yatay ötelenmesinden dolayı, duvarlar da kesme kuvveti ile zorlanırlar. Duvar malzemesinin çekme gerilmelerine karşı zayıflığı, X şeklindeki çatlakların meydana gelmesine ve bazı duvarların dağılmasına sebep olur. Depremi şiddetine göre öncelikle tesisatın bulunduğu bölgelerde sıva çatlakları oluşur. X şeklindeki çatlaklar ise daha şiddetli depremlerde oluşur (Şekil 5.1). Hasar beklendiği gibi zemin kattan yukarı çıkıldıkça azalır. Bu aşamada taşıyıcı sistemde herhangi bir hasar mevcut değildir (Celep, Kumbasar, 2000).



Şekil 5.1 Betonarme binada bölme duvarı hasarı.

Betonarme yapılarda; temellerdeki aşırı oturmalar, bölme duvarları üzerindeki çerçevelerin (kapı, pencere) köşelerinde eğik çatlaklar oluşturur. Bu çatlaklar üst katlara doğru giderek azalır.

Bina konsollarının aşırı sehim yapabilmeleri ve bunlara mesnetli gevrek olan duvarın bunu takip edememesi sonucunda konsola dik duvarlarda köşegen çatlaklar oluşur veya daha önce düşey yüklerden dolayı meydana gelmiş olan köşegen çatlaklar daha da büyür. Konsol ucuna oturan duvarda, döşeme ile birleşim yerlerinde yatay çatlaklar meydana gelir (Şekil 5.2). Bu çatlaklar incelenerek binanın hangi doğrultuda daha rijit olduğu veya kuvvetli doğrultusunun hangisi olduğu konusunda tahmin yapılabilir.



Şekil 5.2 Konsola dik duvarda oluşan çatlaklar.

5.3 Taşıyıcı Yapı Elemanlarındaki Çatlak Ve Hasarlar

Bu bölümde; kolon hasarı, kiriş hasarı, kiriş- kolon birleşim bölgesi hasarı, perde hasarı, döşeme hasarı ve temel hasarı toplanabilir.

5.3.1 Kolon Hasarı

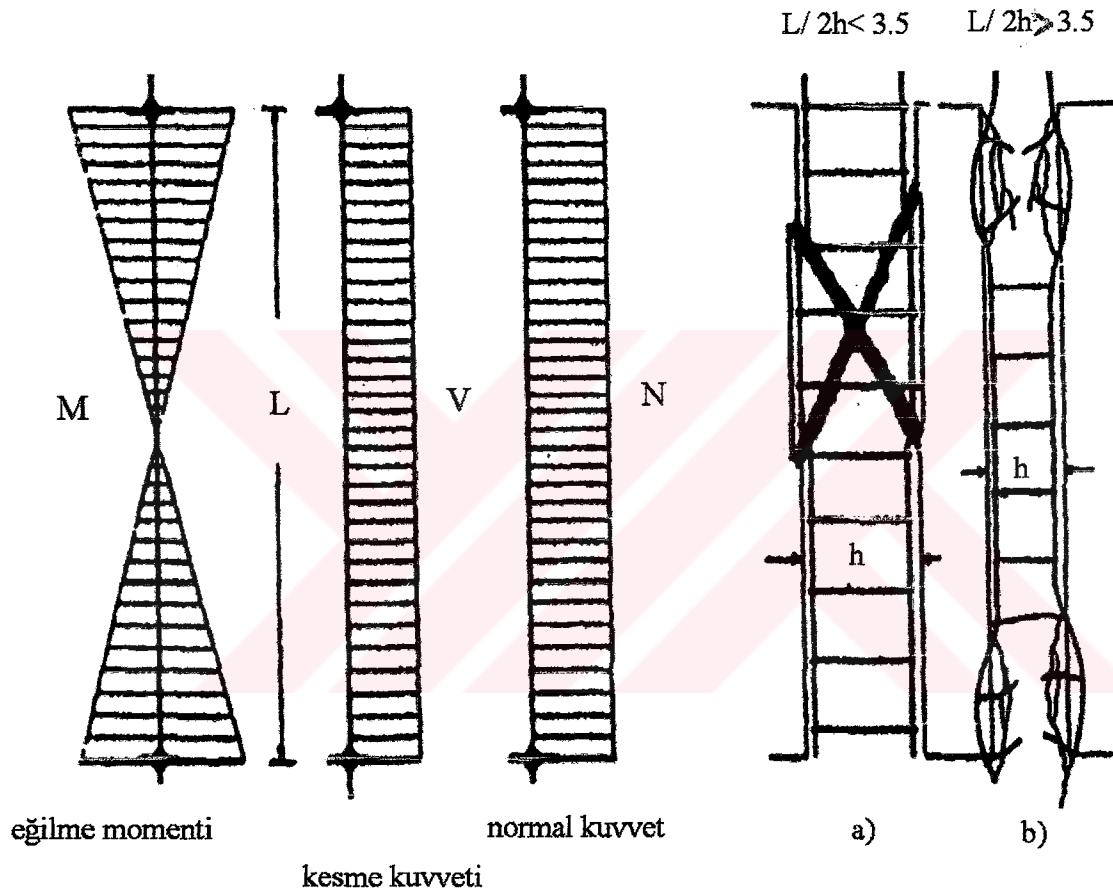
Deprem enerjisi kolonun rijit ek yerinin mafsallı ek yerine dönüşmesi ile tüketilmektedir. Deprem etkisi ile oluşan çekme ve basınç hasarları daha sonraki aşamalarda kolon uçlarının mafsallaşması sonucunu doğurur.

Kolonlarda normal kuvvet hakim durumda iken, kolon boyutlarına göre yön değiştiren eğilme

momenti veya kesme kuvveti hasara sebep olur. Özellikle narinliğin büyük olduğu ($\alpha = M/(V * h) = L/2h > 3.5$) (5.1)

kolonlarda büyük eğilme momenti, hakim normal kuvvetle beraber beton basınç bölgesinde ezilme ve parçalanmalara neden olur (Şekil 5.3.a) (Celep, Kumbasar, 2000).

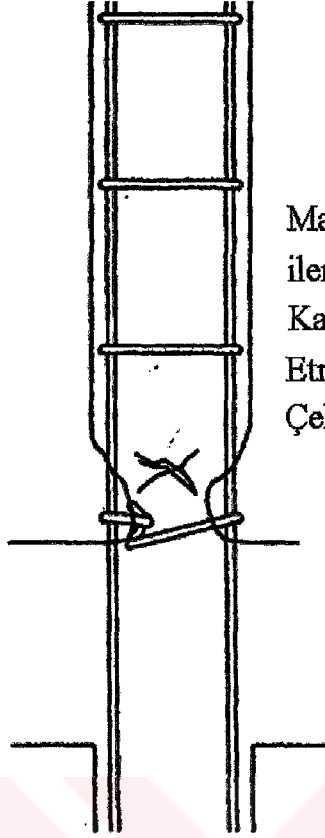
Depremi yön değiştirmesi sonucu kolonun her iki yüzünde bu hasar meydana gelir. Kolon betonunun ezilip parçalanması sonucu etriyeler açılmaktadır.



Şekil 5.3 Kolonda meydana gelen hasarlar.

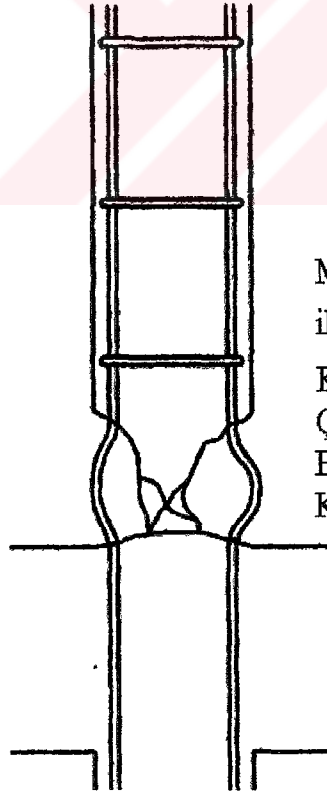
Kolon uç bölgelerinde etriyenin seyrek olması hasarın artmasına ve boyuna donatının burkulması, kolon başının dağılmasına ve eksenel yük altındaki kolonda bir kısaltmaya sebep olur (Şekil 5.4). Bunun sonucu olarak komşu taşıyıcı elemanlarda yeni bir kuvvet dağılımı ortaya çıkar. Kolona birleşen kirişlerin kapasitelerinin büyük olması bu olayın daha belirgin oluşmasına sebep olur.

A



Mafsallaşmanın
ileri aşamaları:
Kabuk betonunun dökülmesi
Etriyelerin açılması
Çekirdek betonunda çatlaklar

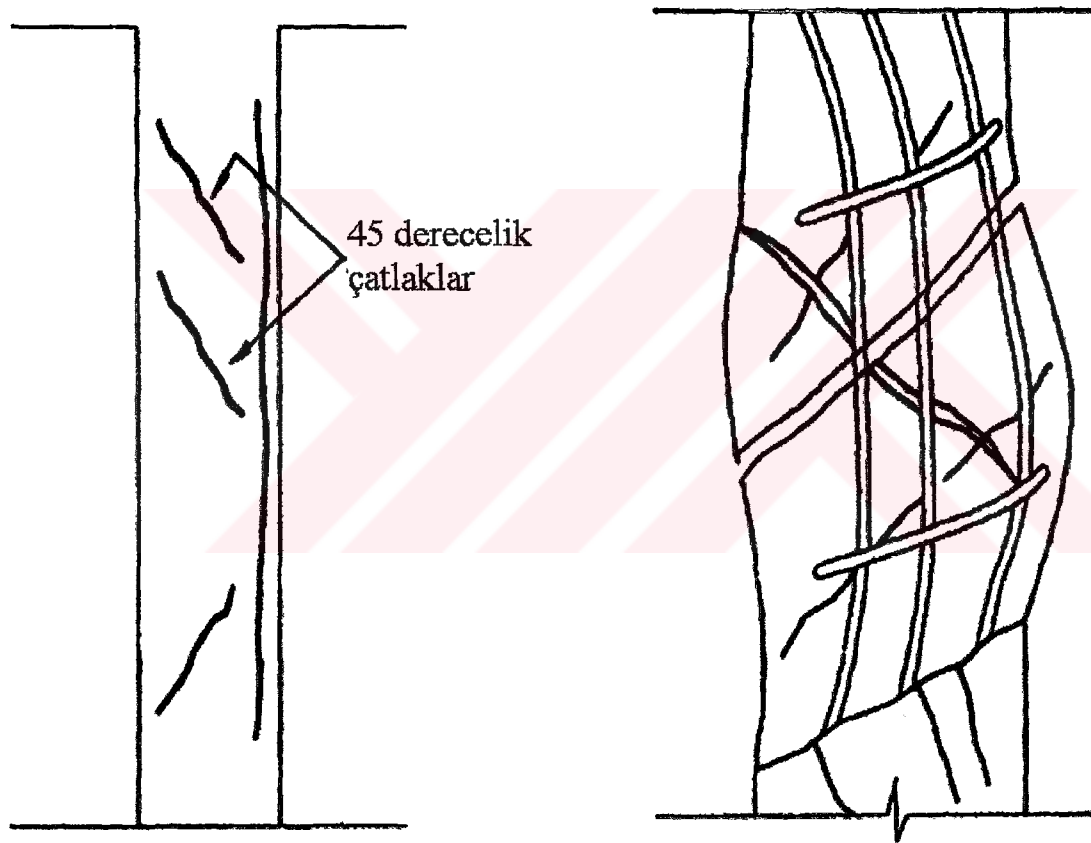
B



Mafsallaşmanın
ileri aşamaları:
Kabuk betonun dökülmesi
Çekirdek betonunun ezilmesi
Boyuna donatıların burkulması
Kolon boyunun ksalması

Şekil 5.4 Kolonda mafsallaşma hasarının ileri aşamaları.

Eğer; kolon, kısa kolon ise ($\alpha = M / (V * h) = L / 2h < 3.5$), hasarın oluşmasında kesme kuvveti etkili olur. Oluşan çatlaklar 45 derece eğimli çatlaklardır (Şekil 5.5). Kesme kuvveti nedeniyle oluşan eğik çekme gerilmeleri sonucu ani oluşan bu tür hasar, binanın toptan göçmesine bile sebep olabilir (Şekil 5.3.b). Bu hasarın ana sebebi kısa kolon kayma kapasitesinin, eğilme kapasitesine göre daha düşük olmasıdır. Kısa kolon, taşıyıcı sistem düzeninin bir sonucu olarak olabileceği gibi, sonradan örülen yığma duvarların etkisi sonucunda da meydana gelebilir. Bu tür hasar tespit edilmesi durumunda, geçici tedbir alınarak binanın toptan göçme tehlikesi önlenmelidir (Celep, Kumbasar, 2000).

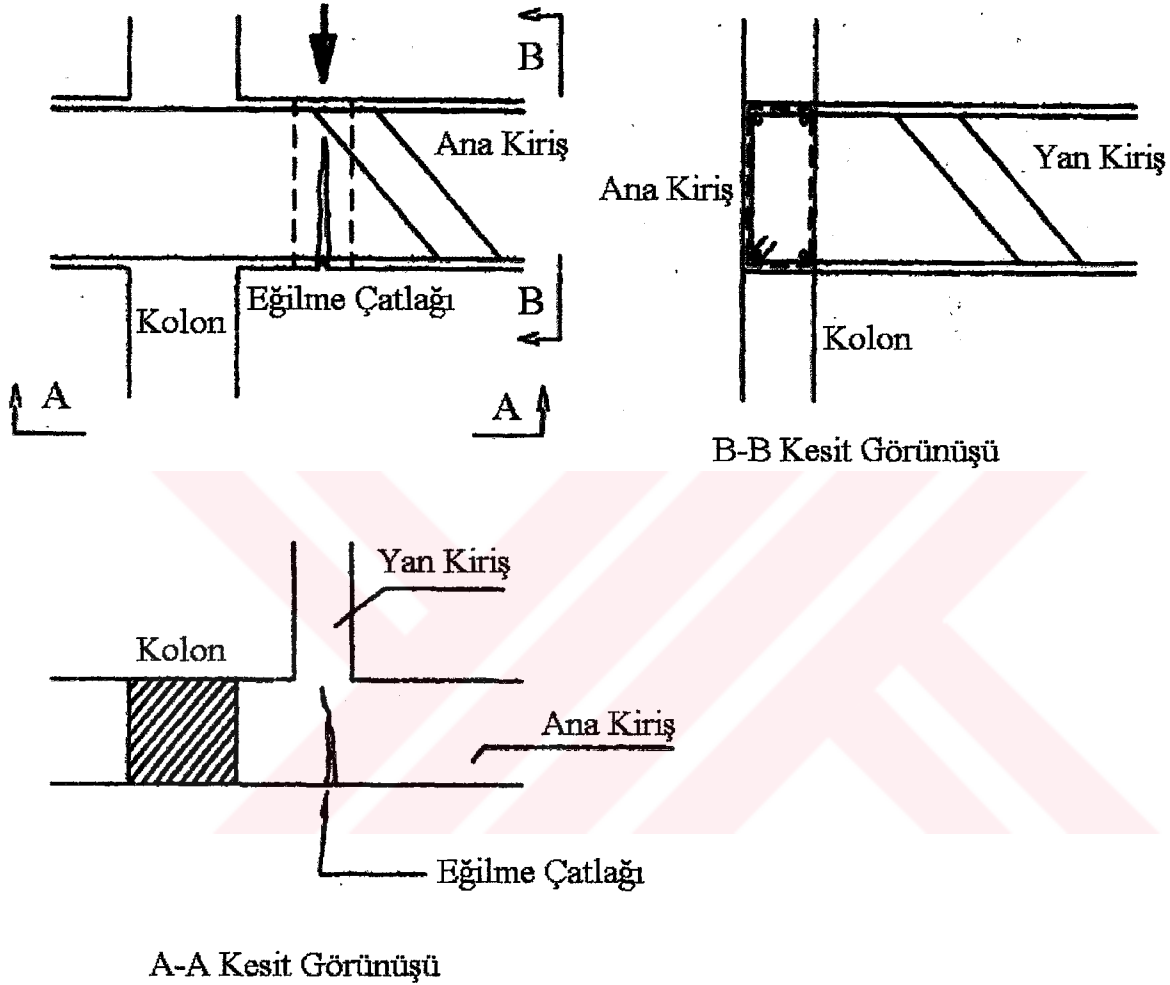


Şekil 5.5 Kolonda kesme kuvveti etkisinde oluşan eğik çatlaklar.

5.3.2 Kiriş Hasarı

Düşey yüklerden dolayı eğilme kırılması betonarme kirişlerde en çok rastlanan hasar biçimidir. Kirişteki boyuna donatının yetersiz miktarda oluşu sebebiyle meydana gelen bu hasar kiriş ortasında çekme bölgesinde oluşan çatlaklarla belirlenmektedir. Bu çatlak buradaki

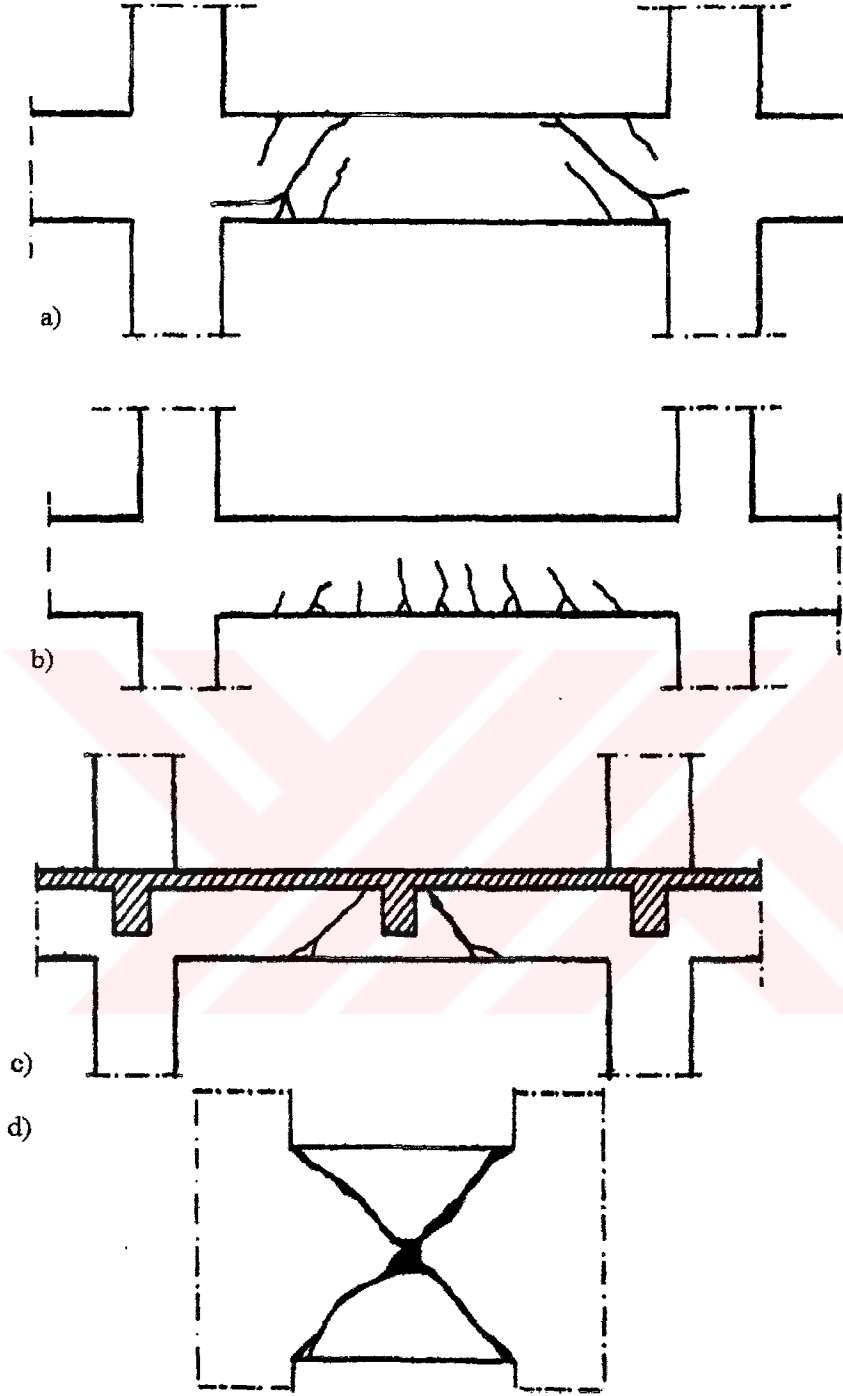
donatının akma bölgesine girdiğini de göstermektedir (Bayülke, 1999). Bir kirişin başka bir kirişe saplandığı yerde betonda çatlak oluşur. Bunun sebebi uç bölümüne yakın yerde saplanan kirişin mesnet reaksiyonunun ana kirişe münferit yük olarak etkimesi ve ana kirişte bu noktada önemli miktarda pozitif moment oluşmasıdır (Şekil 5.6).



Şekil 5.6 Saplanan yan kirişin ana kirişte moment kırılmasına yol açması.

Deprem etkisinde ise özellikle kirişin mesnet bölgeleri zorlanır ve buralarda altta ve üstte kiriş eksenine dik eğilme çatlakları ve köşegen kayma çatlakları oluşabilir (Şekil 5.7.a). Açıklıkta çekme çatlakları deprem etkisiyle büyüyebilir (Şekil 5.7.b). Dolaylı olarak mesnetlenen bir kiriş varsa bu bölgede eğilme ve kayma çatlakları oluşabilir (Şekil 5.7.c). Kirişlerde meydana gelen eğilme çatlakları büyük olmadıkları sürece taşıyıcı sistemin güvenliğini önemli derecede etkilemez. Sünek olmayan özellikleri nedeni ile kayma çatlaklarının üzerinde daha çok durulması gerekir. Ancak çatlak genişliğinin çok geniş olması durumunda sistemin taşıma gücü tehlike arz eder. Eğer, kısa açıklıklı bir kiriş bir perdeye birleşiyorsa, mesnet bölgesinde

X şeklinde kayma çatlağı oluşabilir (Şekil 5.7.d). Özellikle, iki perde arasında bulunan bağ kirişlerinde bu tür çatlaklar her iki mesnette meydana gelebilir.

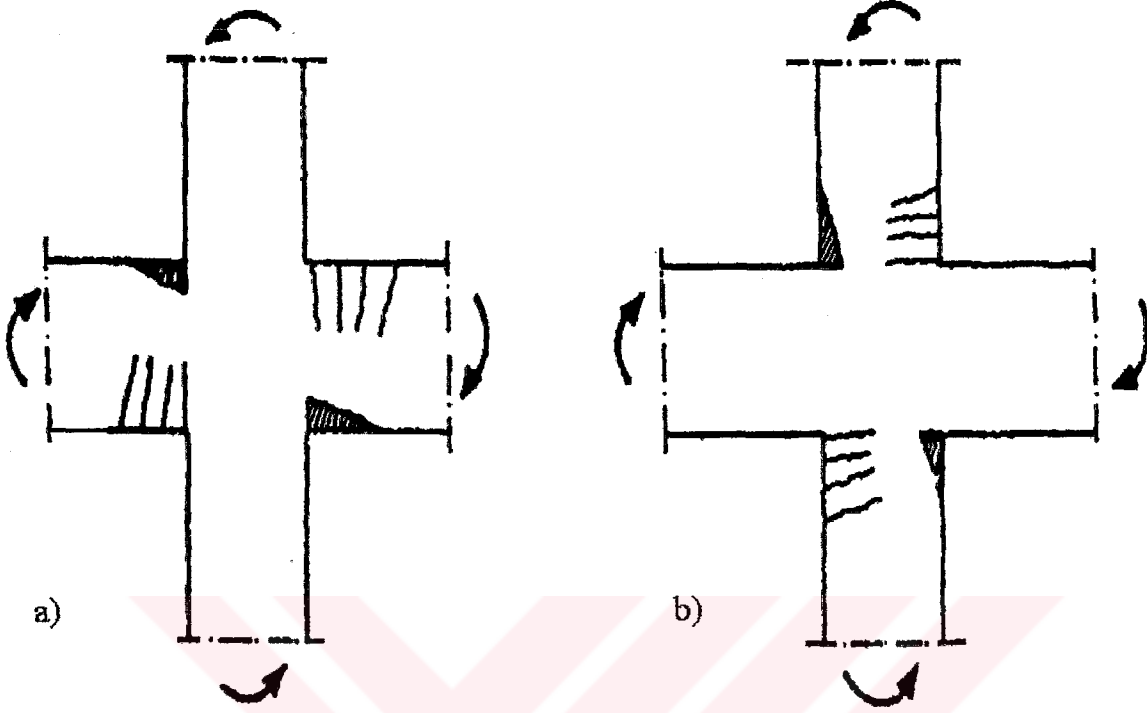


Şekil 5.7 Deprem etkisinde zorlanan kirişlerdeki çeşitli hasarlar.

5.3.3 Kiriş Kolon Birleşim Bölgesi Hasarı

Kiriş kolon birleşim bölgelerinde meydana gelen çatlama ve hasar, sistemin yatay yük taşıyıcılığını etkilemektedir. Uygun düzenlenmiş bir birleşim bölgesinde, kirişte plastik mafsall oluşumu öngörülebileceğinden 'Şekil 5.8.a' da verilen türden bir güç tükenmesi beklenir

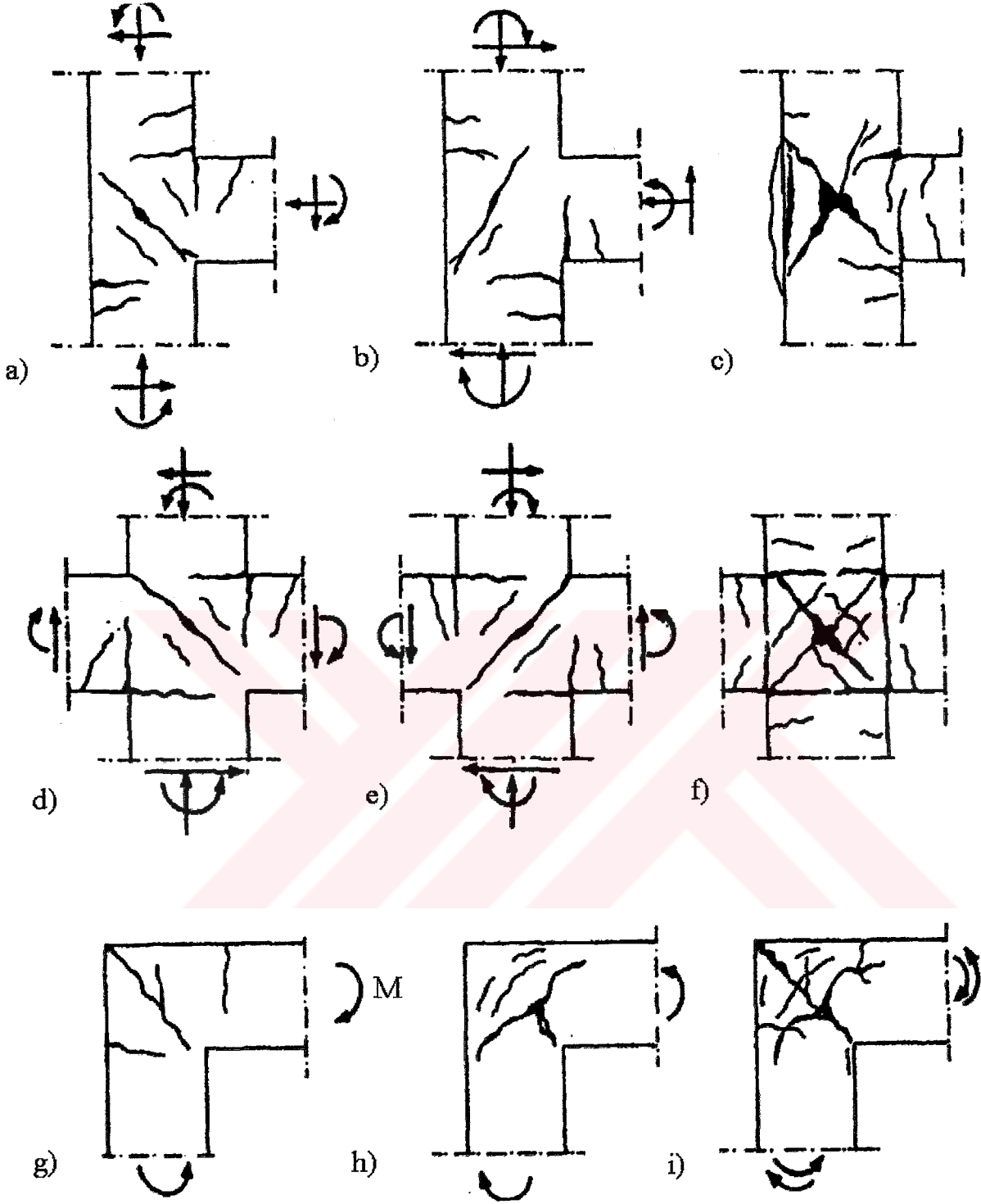
ve bu suretle taşıyıcı sistemin genel kararlılığı korunmuş olur.



Şekil 5.8 a) Güçlü kolon ve b) güçlü kiriş durumunda kiriş- kolon birleşim bölgesi hasarı.

‘Şekil 5.8.b’ ise zayıf kolon- kuvveti kiriş durumuna karşı geldiği için istenmeyen bir durumdur. Birleşim bölgelerinde oluşan çekme gerilmesi alanı sonucu oluşabilecek çatlak durumları gösterilmiştir (Şekil 5.9).

Bölge betonunun ezilip kopması da bölgenin dayanımını önemli ölçüde azaltır. Bölgeden geçen kiriş boyuna donatılarının aderansının çözülmesi, kalıcı şekil değiştirmelere ve kesit dayanımının azalmasına sebep olur. Birleşim bölgelerinde etriyenin bulunmaması veya betonda boşlukların bulunması, bölgenin dağılarak mafsalsal durumuna gelmesine ve toptan göçmesine neden olabilir.

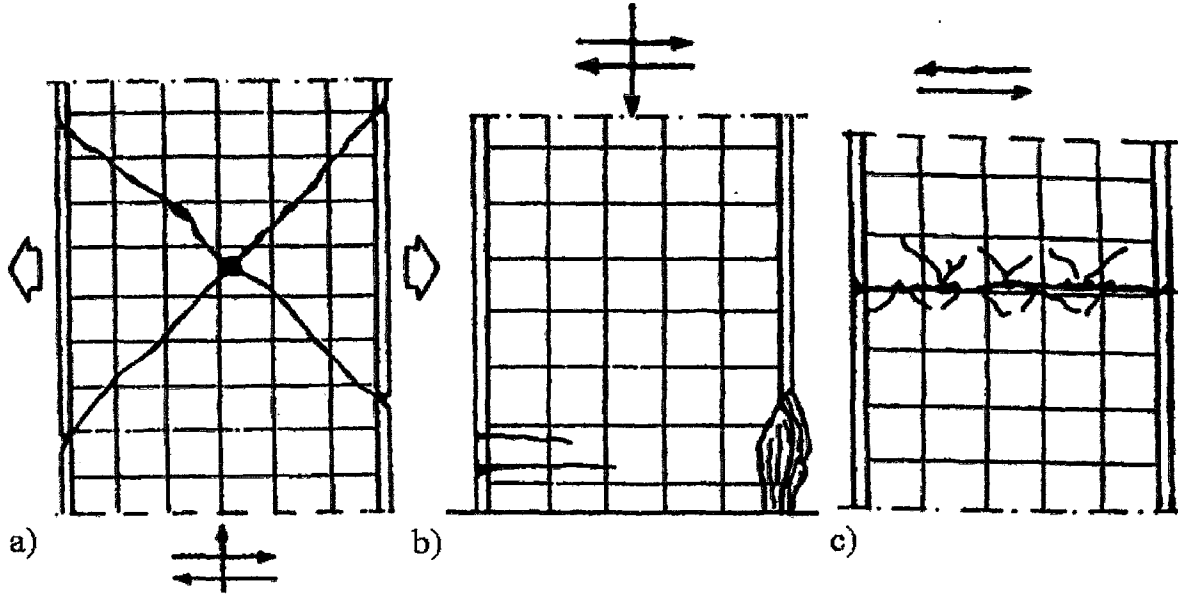


Şekil 5.9 Kiriş- kolon birleşim bölgesinde çeşitli çatlama ve hasar durumları.

5.3.4 Perde Hasarı

Perdelerde en çok X şeklindeki çatlaklara rastlanır. Sünek olmayan ve eğik çekme gerilmelerinin oluşturduğu güç tükenmesine işaret etmesi bakımından dikkat edilmesi gereken bir durumdur. Perde uç bölgelerinin iyi düzenlenmiş olması durumunda, bu hasara rağmen

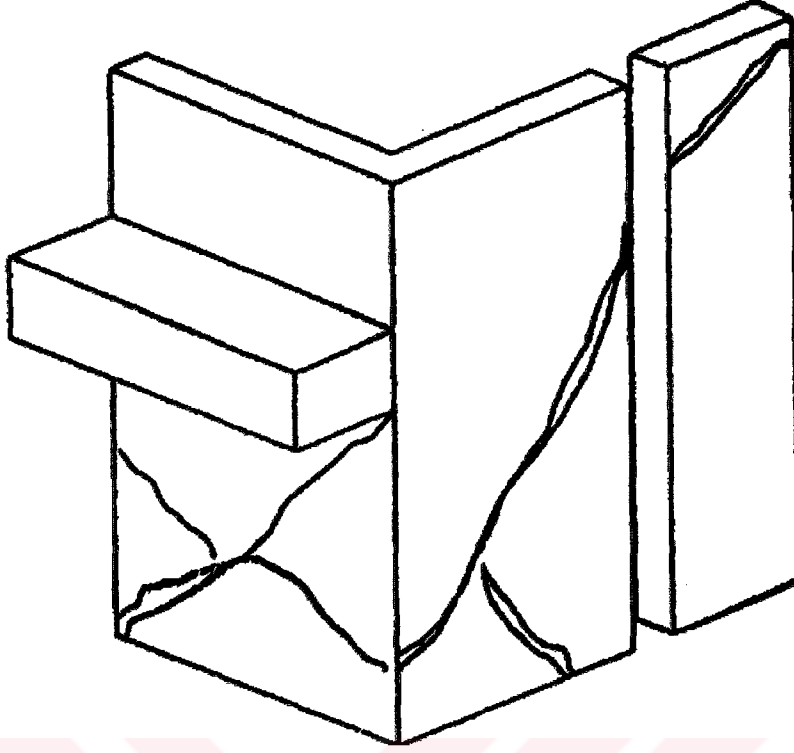
perde eğilme momenti taşımaya devam eder (Şekil 5.10.a).



Şekil 5.10 Perdede a)kesme kuvveti, b)eğilme, c)kayma hasarı.

Perde de eğilme çatlağına ve hasarına nadiren rastlanır. Bu olaya yaklaşıldığında çoğu zaman temelde bir dönme meydana gelerek momentin kesit kapasitesinin üzerine çıkması önlenir. Buna karşılık kesme kuvveti artmaya devam ettiği için kayma güç tükenmesi daha sık oluşur (Şekil 5.10.b). Perdenin kademeli inşa edilmesi nedeniyle inşaat derz yerinde kayma nedeniyle çatlaklar oluşur. Bunun sebebi, farklı zamanlarda dökülen iki beton arasında yeterli bağın olmamasıdır. Ara kesitte bulunan çatlak yatay olduğundan kesit düşey yükleri taşımaya devam eder. Bu nedenle burada sistemin tümünün taşıyıcılığını tehlikeye düşürecek bir durum oluşmaz (Şekil 5.10.c).

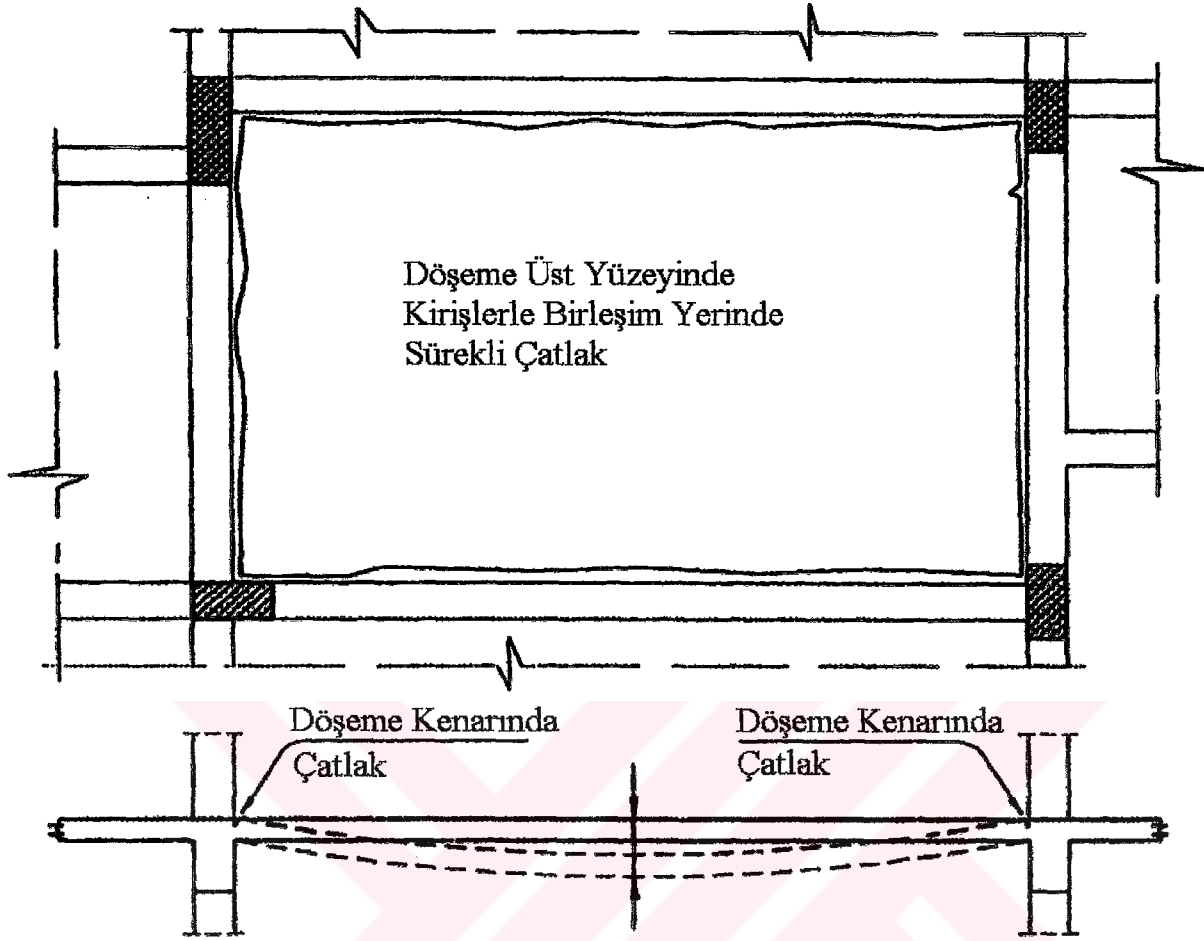
Perde duvarların yapı içinde simetrik bir konumda olmamaları, onların depremde burulma etkisine maruz kalmalarına yol açar. 'Şekil 5.11' de burulma momenti altında çatlamış bir perde duvar görülmektedir (Bayülke, 1999).



Şekil 5.11 Perdede burulma etkisinde oluşmuş çatlaklar.

5.3.5 Döşeme Hasarı

Döşemelerde gözlenen çoğu hasar çoğunlukla döşeme ortasında aşırı sehim ve döşemenin kenarlarında kirişlerle birleştiği yerde, üst düzeyde, çatlak olarak ortaya çıkmaktadır (Şekil 5.12). Üzerinde dolaşırken fazla titreşim yapması döşemenin narin olduğunu göstermektedir (Bayülke, 1999). Döşemede düşey yükler altında oluşmuş olan çatlaklar depremde daha belirgin hale gelir. Bu çatlakların taşıyıcı sistemin güvenliğine etkisi azdır. Büyük açıklıklarda kirişli döşemelerde alttaki açıklıkta çatlaklar görülebilir. Bütün bu hasarlar; donatının yetersiz olmasına, faydalı yüksekliğin sağlanamamasına ve kalıbın erken sökülmesi gibi nedenlere bağlıdır. Konsol döşemelerin mesnet kesitinde de benzer çatlaklar görülebilir. Kirişsiz döşemenin, kolona ve perdeye birleştiği kesitler, hem düşey hem de deprem yüklerinde önemli derece de zorlanır ve bu bölgelerde çatlaklar oluşabilir. Perde duvarlı yapılarda perdelerin yatay yükler altında dönmesi döşemeye moment aktarılmasına ve döşemede dönmeye yol açar (Celep, Kumbasar, 2000).



Şekil 5.12 Düşey yüklerden dolayı hasara uğramış döşemedeki çatlak ve sehim.

5.3.6 Temel Hasarı

Yer hareketi sonucunda yükselen su seviyesi, titreşim etkisi ile ince taneli zemin ve kumu suya doygun hale getirir. Deprem hareketi süresince zeminde meydana gelen ve yön değiştiren kayma gerilmeleriyle zemin sıvı gibi akıcı bir hal alır. Zeminin sıvılaşması sebebiyle zeminin taşıma kapasitesinde meydana gelen azalma, binanın bir bütün olarak düşey oturmasına veya otururken dönmesine sebep olabilir. Bu durum, zeminde yeterli tedbirlerin alınmamasının ya da zemin emniyet gerilmelerinin yüksek seçilmesinin bir sonucudur. Bu tür hareketler neticesinde kolonun tekil temelini veya plak temelini zımbalanmaya zorlandığına işaret eden çatlaklar görülebilir. Temelin bir kısmının dolguda bir kısmının da yerel sert bir zeminde bulunması deprem sırasında binada dönmeye sebep olabilir. Depremde meydana gelen diğer bir hasar da, faya yakın bölgedeki yeryüzü kabuğunun kırılması veya açılmasından meydana gelen temel göçmesidir. Bu tür hasarın önlenmesi oldukça zordur. Alınabilecek tek önlem buralardan uzak durulmasıdır.

Temel hasarı için zemin iyileştirilmesi veya temellerin genişletilmesi bir çözüm olabilir. Bu yapılırken de geoteknik incelemeye önem verilmelidir (Celep, Kumbasar, 2000).



6. ONARIM VE GÜÇLENDİRMEDE KULLANILAN MALZEMELER, UYGULAMA TEKNİK VE YÖNTEMLERİ İLE AVRUPA'DA Kİ ÇALIŞMALAR

Yapı elemanları için günümüzde çok değişik güçlendirme malzemeleri mevcuttur. Dikkatsiz ve rasgele yapılacak uygulamadan dolayı malzemeden beklenen verimin alınmasının mümkün olmayacağı unutulmamalıdır. Bu bölümde onarım ve güçlendirme malzemelerinin özellikleri ve uygulamaları hakkında bilgi verilecek, eski ve yeni betonun kaynaştırılması, yeni donatının mevcut donatı ile bağlanması ve yeni donatının ankrajı konuları ifade edilecek, ayrıca Avrupa' daki çalışmalardan bahsedilecektir.

6.1 Onarım ve Güçlendirmede Kullanılan Malzemeler

Onarım ve güçlendirmede kullanılan malzemeler, uygulama teknik ve yöntemleri şu şekildedir.

6.1.1 Tamir Harçları

Tamir harçları, yapı elemanlarında ortaya çıkan beton hasarlarının giderilmesinde yaygın olarak kullanılır. Yüksek basınç dayanımına ve aderans özelliğine sahip olan bu harçların seçiminde, uygulandığı beton yüzeyine iyi yapışması, alt tabaka ile aynı elastiklik modülü ve ısı genleşme katsayısına sahip olması gibi özelliklere dikkat edilmelidir. Böylelikle yükleme durumunda ve sıcaklık değişimleri sırasında ek gerilmelerin çıkması önlenmiş olur. Tamir harçları küçük hacimlere uygulandığı için; kalıp kullanılıyorsa yüksek akışkanlık, kalıpsız uygulanıyorsa yüksek yapışma özelliğine sahip olmalıdır. Kururken büzülmenin düşük olması ve işlenebilme için su/ çimento oranını düşürmek amacıyla harca süper akışkanlaştırıcılar ilave edilmelidir.

Tamir harcı uygulanmadan önce uygulamanın yapılacağı yüzeydeki hasar sonucu oluşmuş beton parçaları, sıva, boya, kireç, toz v.b. temizlenmeli ve yüzey pürüzlendirilmelidir. Tamir harcı uygulanacak yüzeyde su sızıntısı varsa bu durdurulmalı, fakat; uygulama yapılacak bölgenin suya doymun halde olmasına özen gösterilmelidir. Harcın içindeki suyun emilmesini önlemek maksadıyla döküm işlemine başlamadan önce kalıplar ıslatılmalıdır. Uygulama bittikten sonra sıcaklık ve rüzgar gibi nedenlerle harcın hızla kuruyarak içindeki hidratasyon suyunu kaybetmesi önlenmelidir (Celep, Kumbasar, 2000).

6.1.2 Epoksi Reçineleri

Epoksi ve benzer reçineler beton çatlaklarının doldurulmasında ve ince çelik elemanları betona yapıştırmak için kullanılır. Reçinelerin, içlerindeki kimyasalların yapısına, oranına ve eklenen maddelere bağlı olarak pek çok türleri mevcuttur. Uygulamada en çok kullanılan epoksi dışında; polyester, poliüretan, akrilik gibi reçineler sayılabilir. Amaca uygun reçinenin seçilmesi önemlidir. Reçinenin uygulama sırasında sıvı döneminin uzun olması istenir, uygulamadan sonra sıcaklıkla sertleşme hızlandırılabilir. Reçinelerin betona, çeliğe ve yığma duvara yapışma özelliği çok iyi olmasına karşın, ısıya karşı dayanımları azdır.

Epoksi reçineleri çok iyi yapıştırma özelliğine sahip olmalarından dolayı betonarme perdeler, kolonlar, döşemeler ve kirişlerdeki çatlakların onarımında yaygın olarak kullanılır. Suya, aside ve alkaliye karşı dirençleri fevkalade iyi olup, zaman içinde bu özelliklerini yitirmezler. Çatlağa doldurulmuş epoksi yapıştırıcısı çatlağın her iki yüzünü çatlak boyunca sürekli olarak birbirine bağlayarak süreksizlik ortamını sürekli hale dönüştürür. Çok yüksek bir çekme dayanımı sağlar. Aynı zamanda donatı ile beton arasındaki açılmaları doldurarak donatı ile beton arasındaki aderansı artırır. Epoksi reçineleri kimyasal moleküler yapışma sağlarlar. Bu özellik, kuvvet aktarmada daha geniş bir alan sağlaması bakımından pürüzlü yüzeylerde artar. Diğer reçinelerde olduğu gibi epoksinin de yüksek ısılara dayanım gücü azdır (Celep, Kumbasar, 2000)).

Epoksi enjeksiyonu genellikle 0.5-5 mm genişliğine sahip çatlaklarda başarı ile uygulanır. Daha geniş çatlaklarda; rötre, sünme ve sıcaklık etkilerini azaltmak için çatlak ek bir doldurucu malzeme, çok geniş çatlaklarda ise ince kumla doldurulduktan sonra epoksi enjeksiyonu yapılır. Bir bölgeyi veya bir elemanı güçlendirmek için genellikle tek başına kullanılmaz.

Uygulamaya başlamadan önce beton içinde ses hızı ölçülerek çatlak ve boşluk durumu hakkında tespit yapılır. Çatlak boyunca yeterli sayıda delik açılır ve bu delikler temizlenir. Daha sonra çatlağın dış yüzü enjeksiyon dışarı çıkmaması için pasta kıvamlı bir epoksi ile çatlak boyunca yapıştırılır. Açılan deliklere basınç uygulaması için memeler yerleştirilir. En alttaki memeden başlanarak epoksi enjeksiyonu yapılır.

6.1.3 Yerinde Döküm Normal Beton

Yerinde döküm normal beton onarım ve güçlendirme işlerinde yaygın olarak kullanılır. Fakat normal çimento betonunun hacim değişikliği ve büzülmesinden dolayı tatminkar sonuçlar alınamaz. Hacim değişiklikleri eski elemanla yeni beton arasındaki iyi temasın kaybolması

sonucunu doğurur. Bu nedenle temas yüzeyinde sağlıklı gerilme geçişi kaybolur veya azalır. Slamp (çökme)' ı düşük ve minimum su ihtiva eden yüksek mukavemetli beton kullanılırsa aderans karakteristiklerini iyileştirmek ve büzülmeyi minimuma indirmek mümkün olabilir. Büzülmeyi azaltmak için süper akışkanlaştırıcılar da kullanılabilir.

Aderans özelliklerinin iyi olması için yeni dökülecek betonla temasta olacak olan eski yüzeyler tamamen temizlenmeli ve pürüzlendirilmelidir. Yeni beton dökülmeden önce mevcut beton ve ahşap kalıplar ıslatılmalıdır. Yüzeyin çabuk kurumasını önlemek için yeni dökülmüş betonun uygun şekilde bakımı (kürü) yapılmalıdır (Yurdakul, 1999).

6.1.4 Polimerli Beton

Normal çimentonun bir kısmının yerine bağlayıcı özellikte bazı polimerlerin konulmasıyla elde edilir. Normal betonun daha iyi işlenebilirlik özelliğinde, su/ çimento oranı ve rötresi daha küçük olan betonlar yapılabilir. Eski ile yeni elemanlar arasında aderans iyileştirilebilir. Betonun bağlayıcı sistemi içerisine, plastik halkalar veya bağlar katarak, sertleşmiş betonun mukavemetini yükseltirler. Betonun bazı kimyasal etkenlere karşı dayanımlarını arttırabilirler. Buna karşın bu özelliklerini yangında yitirebilirler. Ayrıca alkalilik özellikleri normal betona göre çok daha azdır (Demir, 1999).

Polimerli beton ve harçlara örnek olarak normal harca göre çok daha akıcı olan ve büzülmeyen Sika Grout harcını, aderans arttırıcı ve donatı korozyonunu önleyen Sika Monotop harcı verilebilir. Bütün bu malzemeler yüksek mukavemetli çimento, silis dumanı ve bazı özel kimyasallar kullanılarak üretilmektedir (Sika System Document, 1998).

6.1.5 Reçine Betonları

Reçine esaslı beton karışımlarında çimento yerine iki bileşenli bir sistem vardır. Bileşenlerden biri epoksi, polyester, poliüretan akrilik v.b. gibi sıvı reçine esaslı, diğeri ise serleştirici özelliğe sahip bileşendir. Bu bileşenlerin reaksiyonuyla reçine betonu elde edilir; uygun özellikte elde etmek için sadece agrega karışımı değil, aynı zamanda rutubet ve sıcaklık gibi çevre şartları da önem arz etmektedir. Kırılmış küçük beton alanların yamanmasında kullanılabilir.

Reçine birleşimlerinin temiz ve kuru beton yüzeyi üzerinde aderansı çok iyi olmasına rağmen reçine betonunun beton üzerindeki aderansı zayıftır. Bunun sebebi, reçineyle kaplı agregalarla eski betonun arasında bir noktadan noktaya bağlantı olmasındandır. İyi bir aderans elde etmek için mevcut beton yüzeyine saf sıvı reçine örtüsü tatbik etmek gerekir (Demir, 1999).

6.1.6 Püskürtme Beton

Püskürtme beton, onarım veya yapım amacı ile önceden hazırlanmış olan betonun hava basıncı yardımı ile yüksek hızla uygulama yüzeyi veya uygulama alanına püskürtülerek elde edilen betondur. Mantolama yöntemi ile yapılacak güçlendirmede, beton kalınlığının az olduğu durumlarda, kalıp yapılması ve betonun yerleştirilmesi zor olduğundan daha çok püskürtme beton tercih edilir. Başarılı bir püskürtme betonun elde edilmesi, donatının uygun seçilmesi ve yerleştirilmesine bağlıdır. Uygulaması için ekipman ve özel olarak yetiştirilmiş işgücüne ihtiyaç vardır. İki çeşidi mevcuttur:

- **Kuru Karışımli Püskürtme Beton:** Beton karma suyunun betona püskürtme başlığında ilave edilerek karışımın basınçlı hava ile yüzeye püskürtülmesi sonucu elde edilen betondur.
- **Islak Karışımli Püskürtme Beton:** Priz hızlandırıcı katkı maddeler hariç, bütün karışım elemanlarının püskürtme başlığına gelmeden önce birlikte karıştırılarak karışımın basınçlı hava ile yüzeye püskürtülmesi sonucu elde edilen betondur (Yurdakul, 1999).

Onarım ve güçlendirme işlerinde mevcut bazı avantajlarından dolayı püskürtme beton yaygın olarak kullanılır. Eğer püskürtme betonunun uygulanacağı yüzey iyi temizlenmiş ve pürüzlendirilmiş ise iyi bir püskürtme neticesinde yeni betonla mevcut beton arasında iyi bir aderans temin edilebilir. Ayrıca püskürtme beton eğik, düşey ve alt yüzeylere de uygulanabilir. Fazla büzülme (rötre) özelliğinden dolayı oluşacak çatlaklara karşı uygun düzen ve miktarda donatı kullanarak ve betonun kürüne (bakımı) gerekli özen gösterilerek önlem alınabilir (Demir, 1999).

6.1.7 Büzülmesi (Rötresi) Telafi Edilen veya Genleşen Çimento

Genleşen katkı maddeleri (ince demir veya alüminyum tozu v.s.); çimento, su, kum ve çakıl ile karıştırılarak bu tür beton elde edilebilir. Genleşen ya da büzülmeyi telafi eden beton kullanılacağı zaman bütün özellikleri dakik olarak bilinmeli veya betonun özelliklerinin belirlenmesi için kapsamlı laboratuvar deneyleri yapılmalıdır (Demir, 1999).

6.1.8 Çelik Şeritler

Çelik şeritlerle onarım ve güçlendirme oldukça yeni bir uygulamadır. 1-1.5 mm kalınlığındaki paslanmaz çelik kirişin alt ve yan yüzlerine, kolonların düşey yüzlerine ve kiriş- kolon birleşim bölgesine yüzey zımpara ile düzeltilip, yıkanıp kurutulduktan sonra epoksi reçinesi ile yapıştırılır. Şeritler, tel ağ ve çimento harcı veya püskürtme beton ile kaplanır.

6.1.9 Lif Takviyeli Plastik Levhalar

Hafif olması, korozyon tehlikesinin bulunmaması, büyük boyutlarda bulunabilmesi, elastiklik modülünün küçük olması ve güç tükenmesi durumunda büyük şekil değiştirmeler yapabilmesi avantajlarıdır. Ancak; güç tükenmesine kadar elastik davranışı sebebiyle sünekliği düşüktür. Sürekli yük altında başlangıç mukavemetinde önemli oranda azalmalar olduğundan depreme karşı ve sürekli olmayan yük için güçlendirme uygulamalarında faydalıdır. Özellikle betonarme perde, döşeme, yığma yapı duvarı, dairesel kolon, baca v.b. elemanların onarım ve güçlendirilmesinde tercih edilir. Uygulaması çelik şeridinkine benzer şekildedir. Temiz yüzey üzerine epoksi sürülerek lif takviyeli plastik levha yapıştırılır.

Çelik şeritlerden en önemli farklılığı güç tükenmesine kadar tamamen elastik davranış göstermesidir. Elemanların eğilme momenti ve kayma dayanımını arttırdıkları için çelik levhalar yerine tercih edilir. İnce olduklarından dolayı elemanın rijitliğini ve taşıyıcı sistemdeki kuvvet dağılımını değiştirmezler. Buna karşılık kesit sünekliğini olumsuz yönde azaltırlar (Celep, Kumbasar, 1999).

6.1.10 Karbon Lifli Malzemeler

Karbon lifleri; korozyon riski olmayan, kullanım ömrü sınırsız, uygulaması basit ve hızlı, yapı ağırlığını arttırmayan, mimari kaygıları minimuma indiren bir malzeme olup güçlendirme için kullanılır. Betonarme döşemenin, kirişlerin kesilmesi nedeniyle gereken takviye işlerinde, kolon, perde duvar, viyadük/ köprü ayakları ve mesnetlerde kolaylıkla uygulanabilirler. Estetik nedenlerden dolayı gerekirse karbon lifli malzemelerin üzeri ince bir harç tabakası veya bir kaplama malzemesi ile kaplanabilir (Yurdakul, 1999).

6.2 Avrupa’ daki Çalışmalar

Avrupa ülkelerinin çoğunun uygulanabilirlik ve dayanıklılık gibi beton testleri için kendi milli standartları bulunmakla beraber beton onarım malzemelerinde durum daha az yapılanmıştır. Beton onarım endüstrisi nispeten yeni olduğu için beton onarımları için kullanılacak tekniklerin ve ürünlerin test edilebileceği metotları kapsayan birleştirilmiş bir standart üretmek için The European Committee For Standardization (CEN) çalışmalarını sürdürmektedir. Bu çalışmalar sırasında onarım malzemelerinin imalatçı ve tedarikçilerinin yapmış oldukları test sonuçlarından da faydalanılmaktadır. Çalışmalar tamamlanıp standart uygulamaya konduğunda bütün Avrupa ülkelerinin bu konudaki resmi standardı olacak ve satılacak onarım malzemelerinin hepsini CEN Standardı’ nı taşıması zorunlu hale getirilecektir. Böylece onarım ürünlerinin temel performansı, kalite kontrol ve güvenlik

gereklerine uyması sağlanmış olacaktır. CEN Standardı' nın amaçları şunlardır (Roberty, 1996).

- İmalatçıların ürettikleri onarım malzemelerinden örnekler alınarak bunları standart özellikleri karşısında test etmek ve standarda uygunluğunu denetlemek
- Uygulaması yapılan onarım malzemeleri ile ilgili performans testleri elde ederek ve ülkelerin iklim, nem v.b. özellikler ile kıyı yapılarında tuz riskini göz önünde bulundurarak onarım için en uygun ürünün seçiminde yardımcı olmak
- İthal edilen onarım malzemelerinin CEN Standart' ının minimum performans seviyelerini sağlayıp sağlamadığını kontrol etmek ve Avrupa' da resmi olarak satılıp satılamayacağına karar vermek
- Onarım malzemelerinin uygulaması konusunda yol gösterici olmak



7. BETONARME BİNALARDA ONARIM VE GÜÇLENDİRME İLKELERİ

Depremden sonra yapılan inceleme sonucu binalar; hafif, orta ve ağır hasarlı olmak üzere üç sınıfa ayrılır. Hafif hasarlı binalar hemen veya bazı taşıyıcı olmayan elemanlarda yapılacak onarımlardan sonra kullanılabilir. Ağır hasarlı binalar ise ekonomik olarak güçlendirilmesi mümkün olmayan binalar olup hemen yıkılır. Orta hasarlı binalar ise onarım ve güçlendirme kapsamına girdiğinden ayrıntılı olarak incelenerek güçlendirme projeleri hazırlanır.

Orta hasarlı betonarme bir binada mevcut durum ve hasar tespiti sonucunda bir hasar raporu hazırlanır. Binanın deprem güvenliğinin belirlenerek güçlendirmeye karar verilmesinden sonra güçlendirme projesinin ilkeleri belirlenerek proje hazırlanır.

7.1 Binaların Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi ve Güçlendirmeye Karar Verilmesi

Binanın taşıyıcı sisteminin durumu, hasarı ve varsa deprem hesabı incelenmelidir. Taşıyıcı sistemin depremde orta hasar görmüş olması veya yüklerin iletilmesinde açıkça belirlenen önemli bir eksiklik (alt katlarda kolon kaldırılması gibi) güçlendirme kararının verilmesi için yeterlidir. Mevcut binanın 1997 Deprem Yönetmeliği esas alınarak incelenmesinde genel olarak iki problemle karşılaşılır.

Bunlardan birincisi yönetmelikte tanımlanan deprem kuvvetlerinin taşınması, bu yükler altında kesitlerin ve donatıların yeterliliğinin kontrol edilmesidir. Yeni yönetmeliğe göre öngörülen deprem yükleri en fazla 0.25 oranında (kamu yapıları hariç) azaltılarak hesaba katılabilir ve yapılacak kontrollerde kirişlerde mesnet ve açıklık kesitlerinin yardımlaşmaları ile aynı katta bulunan kolonların yardımlaşmaları (denge koşulu korunarak momentlerin kesitler veya elemanlar arasında aktarılması) hususları da göz önüne alınabilir.

Binanın taşıyıcı sisteminin sağlaması gereken yönetmelik koşullarının ikincisi ise sünekliğin sağlanması ile ilgili hususlar ve kapasite tasarım ilkeleridir. Taşıyıcı sistemin durumuna göre etriye sıklaştırması, beton kalitesi, donatı düzeni gibi süneklikle ilgili konular, kuvvetli kolon tasarımı, kiriş- kolon birleşim bölgesi, kesme kuvveti hesabının mevcut eğilme donatısına göre yapılması gibi kapasite tasarımı ile ilgili konular taşıyıcı sistem davranış katsayısı R' nin çerçeve türü yapılar için $R=4$ (normal süneklikte yapı) ve $R=8$ (yüksek süneklikte yapı) arasında bir değer seçilmesiyle göz önüne alınmış olur. Tüm süneklik koşullarının sağlanması nadiren gerçekleşecek bir durumdur. Aynı durum perdeli yapılar için de söz konusudur. Kamu yapılarında deprem güvenliğinin belirlenmesinde yeni yönetmelikte öngörülen yükler azaltılmadan hesaba katılmalıdır.

Bütün güçlendirme müdahaleleri yeni yönetmeliğe göre yapılmalıdır. Deprem yüklerinin taşınmasında mevcut sistem göz önüne alınırken eğer belirsizlikler varsa mevcut sistemin kapasitesi 0.85 katsayısı ile azaltılabilir (Celep, Kumbasar, 2000).

7.2 Güçlendirme Projesinin İlkelerinin Belirlenmesi

Güçlendirme projesinin aşağıdaki adımların izlenmesiyle hazırlanması uygundur.

7.2.1 Taşıyıcı Sistemin Depremden Önceki Durumunun İncelenmesi

Mevcut taşıyıcı sistemin kusurlarının tespiti için binanın depremden hasar görmemiş durumu TS 500 ve 1998 Deprem Yönetmeliği esas alınarak düşey yük ve deprem etkisi altında ($1.4G+1.6Q$) ve ($G+Q+E$) çözümlemesi yapılacaktır. Kesit kontrolünde, eğer binanın projesi yoksa, sınırlı sayıda yapılan donatı tespitleri göz önüne alınabileceği gibi, minimum donatı şartları da kullanılabilir. Yapılan bu inceleme ve kesit kontrolü ile tespit edilen hasar sebepleri hakkında yorum yapılması mümkün olacak ve deprem yüklemesi altındaki yapının davranışı anlatılacaktır.

7.2.2 Güçlendirilmiş Taşıyıcı Sistemin Çözümlemesi

Hasar belirleme raporu esas alınarak mantolanacak kolonlar tespit edilir. Güçlendirme için bina dışına veya içine, aksel veya dış merkez perde yerleştirilerek sistem çözülür. Güçlendirme perdeleri her iki doğrultuda en az ikişer tane olmalı ve bina yüksekliğince devam etmelidir. Kapı ve pencere boşluklarının bırakılması için perdeye de karar verilebilir; ancak boşluklu perdenin kalıp ve donatı detaylarının uygulaması daha çok özen ister. Binanın kat adedinin ve plandaki kat alanının küçük olması durumunda perde sayısı üçe de indirilebilir. Gerektiğinde de bunların kalınlıkları ve boyları küçültülebilir.

Yapılacak çözümlemede mevcut taşıyıcı sistem ile güçlendirme elemanlarının elastisite modüllerinin farklılığı dikkate alınacaktır. Bu durum, mevcut elemanlarla güçlendirme elemanları arasındaki yük paylaşımında etkili olur. Çözümleme 1998 Deprem Yönetmeliği çerçevesinde belirlenen etkiler altında , TS 500' ün ön gördüğü ($1.4G+1.6Q$) ve ($G+Q+E$) yüklemeleri için yapılacaktır.

Betonarme veya çelik güçlendirme perdelerinin, deprem etkisinden oluşan taban kesme kuvvetinin mevcut yapının durumuna göre en az % 70' lik bir bölümünü karşılaması tavsiye edilir (Celep, Kumbasar, 2000). Bu oranın belirlenmesine esas olan prensip yapının güçlendirilmeyen kısımlarına gelecek olan deprem etkilerinin mevcut kolon ve kirişlerde ek

donatı ya da güçlendirmeye ihtiyaç göstermemesidir. Belirlenecek bu koşul perde sayısı ve boyutlarının belirlenmesinde etkili olacaktır. Genel olarak mevcut sistemin normal süneklikte olduğu kabul edilerek ve güçlendirme elemanları yüksek süneklikte projelendirilerek, deprem etkisi $R=6$ ve deprem bölgesine bağlı olarak ilgili A_0 katsayısı alınarak hesaplanacaktır.

Elde edilen çözüm sonuçları esas alınarak, mevcut taşıyıcı sistemle, güçlendirme sistemi arasındaki kuvvet akışının sağlandığı gösterilmelidir. Perde uç donatılarının katlar arası sürekliliğinin sağlanması, deprem yüklerinin kat kirişlerinden perdelere geçmesi ve kolonlarla perdenin bütünleşmesinin sağlanması gibi. Perde gövde donatısının sürekliliği, kolonu ve kirişi geçen veya delen tek sıra, kolonlarda ve kirişlerde minimum $\Phi 16/ 300$ mm donatısı ile sağlanabilir. Kolon donatıları hesaba katılarak perde uç donatıları azaltılabilir. Perdede her iki yüzde ve her iki doğrultuda minimum $\Phi 10/ 200$ mm (veya çelik hasır eşdeğeri) gövde donatısı bulunacaktır. Perde uç bölgesinde minimum bir etriye yerleştirilecektir (ilk katta $\Phi 10/ 100$ mm ve diğer katlarda $\Phi 10/ 200$ mm). Gerekli olmadığı durumlarda perde uçlarındaki kolonlar mantolanmayıp, mevcut kolon ile güçlendirme perdesinin bütünleşmesi kolona bağlanan bağ çubukları ile sağlanabilir. Perde uç kolonlarında manto kalınlığının minimum 150 mm alınması uygundur. Boşluklu perde düzenlemesi durumunda pencere altlarında veya kapı üstlerinde bağ kirişlerinin düzenlenmesi gerekir.

Güçlendirilmiş yapıda, mevcut kolon ve kiriş gibi mevcut taşıyıcı sistem elemanlarının kontrolünde, aşağıda verilen koşulların sağlanmaması durumunda kolon ve kirişlerin güçlendirilmesi tavsiye edilebilir.

$$A_s(\text{gerekli}) < (1.20 \approx 1.50)A_s(\text{mevcut}) \quad (\text{kolon- donatı biliniyorsa}) \quad (7.1)$$

$$A_s(\text{gerekli}) < (0.012 \approx 0.015)A_c(\text{mevcut}) \quad (\text{kolon- donatı bilinmiyorsa}) \quad (7.2)$$

$$A_s(\text{gerekli}) < (1.00 \approx 1.25)A_s(\text{mevcut}) \quad (\text{kiriş- donatı biliniyorsa}) \quad (7.3)$$

$$A_s(\text{gerekli}) < (0.015 \approx 0.020)A_c(\text{mevcut}) \quad (\text{kiriş- donatı bilinmiyorsa}) \quad (7.4)$$

Burada A_c eleman kesit alanı, A_s kolonlarda toplam donatı alanı ve kirişlerde açıklık ve ortalama mesnet çekme donatılarının toplamıdır. Deprem yüklerinin önemli bir kısmı güçlendirme perdeleri ile taşındığı için, kolonlar için yapılan betonarme kesit hesabında

$$N_d \leq 0.6f_{ck} \quad (7.5)$$

minimum bir koşul esas alınarak güçlendirmeye karar verilebilir (Celep, Kumbasar, 2000).

Her durumda güçlendirme perdelerindeki deprem momentlerinin ve mantolanan kolon etkilerinin güvenli bir şekilde zemine iletiildiği gösterilmelidir. Binanın düzgün sürekli temelleri mevcut ise perdeler bu temellere mesnetlenmelidir. Eğer perde deprem etkileri bu temeller tarafından karşılanabiliyorsa, ek temel güçlendirmesine ihtiyaç yoktur. Bazı durumlarda mevcut temelin güçlendirilmesi veya mevcut üzerine yeni temel yapılması gerekebilir. Her durumda mevcut ile yeni temelin bütünleşmesi sağlanmalıdır.

Temelin düzenlenmesinde, mevcut temel durumunun ne şekilde göz önüne alınacağı kararı önemlidir. Mevcut ve yeni temelin bütünleşmesi için ara bir bağ donatısı kullanılabilir (sürekli temel durumunda $\Phi 16/400$ mm ve tekil temel durumunda $12\Phi 16$ bağ donatısının kullanılması gibi). Temelde perdenin uçlarında bulunan kolonların dışında, perde temeline oturan ve aksel kuvveti temel hesaplarında göz önüne alınan kolonların bulunması halinde, bu kolonların çevresinde oluşan kayma gerilmesinin bir üst sınırının olacağı unutulmamalıdır. ($300 \approx 400$ kN/ m²). Temel birleşen kolonlarda yerel manto yapılarak bu gerilme kabul edilen sınıra indirilebilir.

8. BETONARME YAPILARDA TAŞIYICI SİSTEM ELEMANLARININ ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİ

8.1 Kolonların Onarım ve Güçlendirilmesi

Betonarme kolonlarda taşıyıcı sistem yıkılmamakla beraber; donatıda hasar olmaksızın yatay ya da eğik doğrultuda çatlak, betonun kırılması veya ezilmesi, donatının burkulması, etriyelerin kopması veya açılması gibi hasarlar oluşabilir. Hasar görmüş bir kolonun deprem etkilerini taşıyabilir duruma getirilmesi veya yatay yük taşıma kapasitesinin artırılması için kolonların güçlendirilmeleri gerekebilir. Hasarın derecesine göre enjeksiyon, hasarlı kısmın kaldırılması ve yerine yenisinin yapılması, mantolama gibi onarım ve güçlendirme yöntemleriyle hasar giderilebilir. Böylelikle kolonun eğilme ve kesme mukavemeti, beton kesit alanı büyütülerek ve yeni boyuna donatılar ilave edilerek artırılabilir. Kesme mukavemeti ve sünekliğin iyileştirilmesi ise enine donatıyı (ettriye) sıkılaştırma, kolonu çelik kuşak veya şeritlerle sarma gibi uygulamalarla mümkün olur. Binanın planında kolonların kesitlerini birbirine yaklaştırmak sisteminin davranışının dengeli olmasını sağlayacaktır.

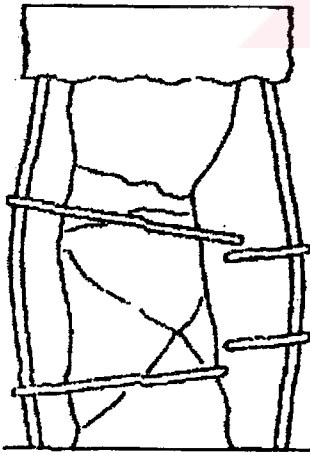
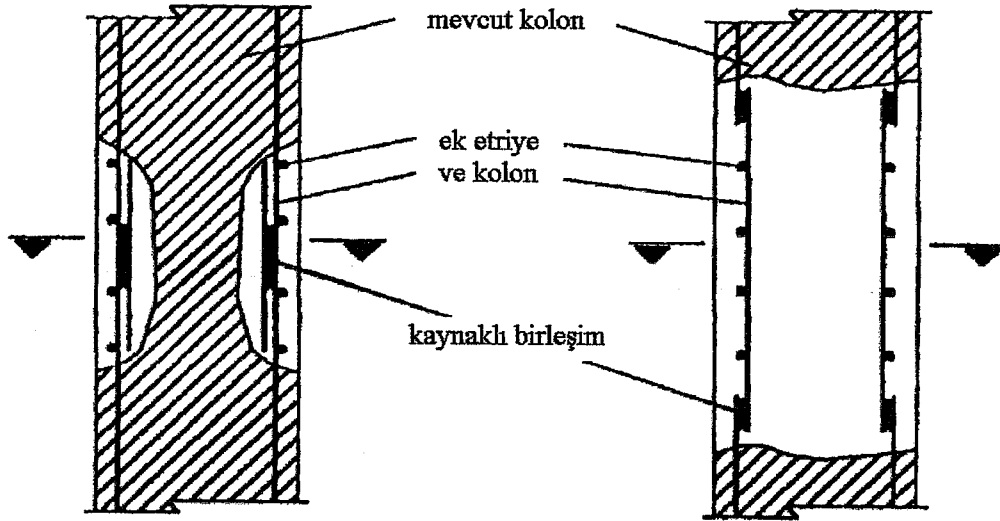
Betonu veya donatısı hasar görmemiş, sadece $0.1 \approx 5$ mm genişliğinde hafif çatlakları olan kolonlar epoksi enjeksiyonu ile onarılır. Çatlak biraz daha geniş ($2 \approx 5$ mm) ise onarım için çimento şerbeti enjekte edilir (Demir, 1999).

Kolonda yerel olarak beton ezilmesi varsa, bölge temizlenmeli ve pürüzlendirilmeli ve gerekiyorsa ettriye ve boyuna donatı ilave edilmelidir. Beton dökülmeden, mevcut yüzeylerin suda doymun hale getirilmesi eski ve yeni betonun bütünleşmesini sağlar. Bu amaçla özel kalıp kullanılması ve kesitin şişirilerek beton dökülmesi veya tamir harcı kullanılması uygun olabilir. Betonun sertleşmesinden sonra fazla olan kısım kazınır (Şekil 8.1) (Celep, Kumbasar, 2000).

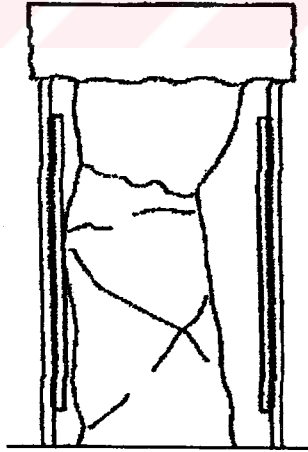
8.1.1 Betonarme Mantolama

Büyük hasarlı kolonlarda hasarı gidermek bakımından onarım, kolon mukavemetinin yetersiz olduğu, kolon kapasitesinin artırılması gerektiği hallerde de güçlendirme amaçlı uygulanır. Betonarme, çelik profil iskelet veya çelik kılıf ilavesi şeklinde yapılabilir. Manto türü seçilirken amaç iyi belirlenmeli amaca uygun mantolama türü seçilmelidir. Projelendirme ve uygulamada gerekli titizlik gösterilmelidir, aksi halde en küçük hata mantoyu etkisiz kılabilir. Betonarme mantolamada amaç kolonun taşıma gücünü arttırmaktır. Mevcut kolona beton kesiti ve donatı eklenir. Mevcut ve yeni kolonun bütünleşmesini sağlamak için ara yüzün

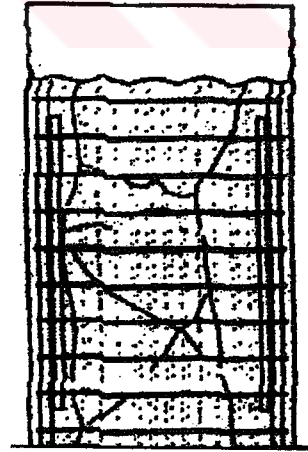
temizlenmesi ve pürüzlendirilmesi gerekir.



- 1) parçalanmış beton temizlenir
- 2) boyuna donatı düzeltilir



- 1) yeni boyuna donatı parçası eski donatıya kaynaklanır



- 1) daha sık aralıklarla yeni etriye konur
- 2) betonlanır

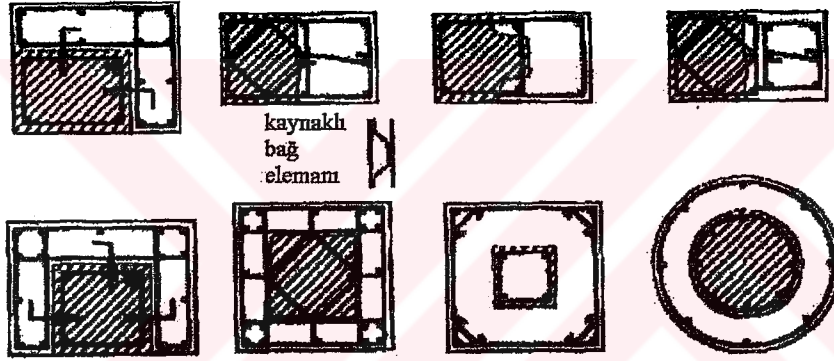
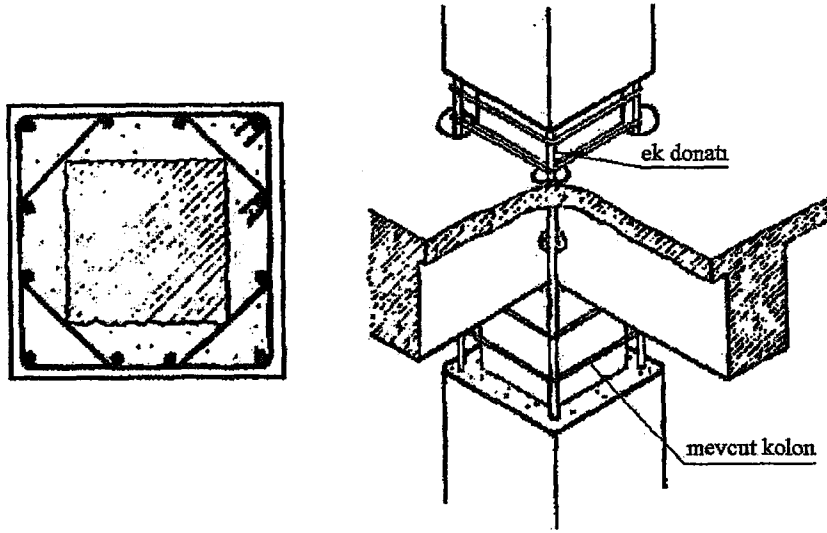
Şekil 8.1. Yerel hasarlı kolonun donatı eklenerek onarılması.

Betonlama sırasında boşluk kalmaması için manto kalınlığı en az 10 cm olmalıdır. Kolon; bir, iki, üç ya da dört tarafından mantolanabilir. Ancak, mevcut ve yeni beton arasında tam bir kuvvet iletişimi sağlanması bakımından mantolamanın dört taraftan yapılması tavsiye olunur. Tüm çevrenin mantolanması durumunda, mevcut kolonun boyuna donatısının ve etriyesinin meydana çıkarılarak, yeni etriyelerin ve boyuna donatıların bunlara doğrudan veya U veya Z şeklindeki bağ parçaları ile kaynaklanması gerekir. Dört taraftan mantolamada yüzey pürüzlendirilmesi genellikle yeterli olursa da, büyük etkiler söz konusu olduğunda mevcut kolonun beton örtü tabakasının kaldırılması uygun olur. Özellikle bir, iki ve üç taraflı mantolamada mevcut kolonla manto kısmının bütünleşmesine özen gösterilmelidir. Kolon mantolaması durumunda ek donatıların da basınç ve çekme kuvveti alabileceği düşünülerek, bunların kenetlenmesinin sağlanması ve manto gereken katlar arasında donatının sürekliliğinin sağlanması önemlidir.

Donatıları, kat döşemelerini delerek devam ettirmeden kat yüksekliği içerisinde yapılan mantolama kolonun o bölgedeki normal ve kesme mukavemetini artırır. Ancak, bu durumda kolonun moment kapasitesi artırılmadığı gibi birleşim bölgesi de güçlendirilmemiş olur. Eğer, yapının güçlendirilmesi sırasında yatay deprem yüklerinin karşılanması için perdeler öngörülmüşse, bu tür mantolama kabul edilebilir. Aksi hale, döşemede açılacak deliklerden boyuna donatının devam ettirilmesi ve bu deliklerin beton dökmeyi sağlayacak büyüklükte olması gerekir. Böylelikle kolon-kiriş birleşim bölgesi güçlendirilmiş, kolonun eğilme momenti kapasitesi de arttırılmış olur (Şekil 8.2 ve Şekil 8.3).

Boyuna donatıların döşeme kirişleri bölgesinde iyi sarılmasına ve kavranmasına özen gösterilmelidir. Şunu da belirtmek gerekir ki; hasarlı kolonun onarımı kolona gelen yükler krikolarla askıya alınarak yapılırsa mantolamanın etkinliği artar (Celep, Kumbasar, 2000).

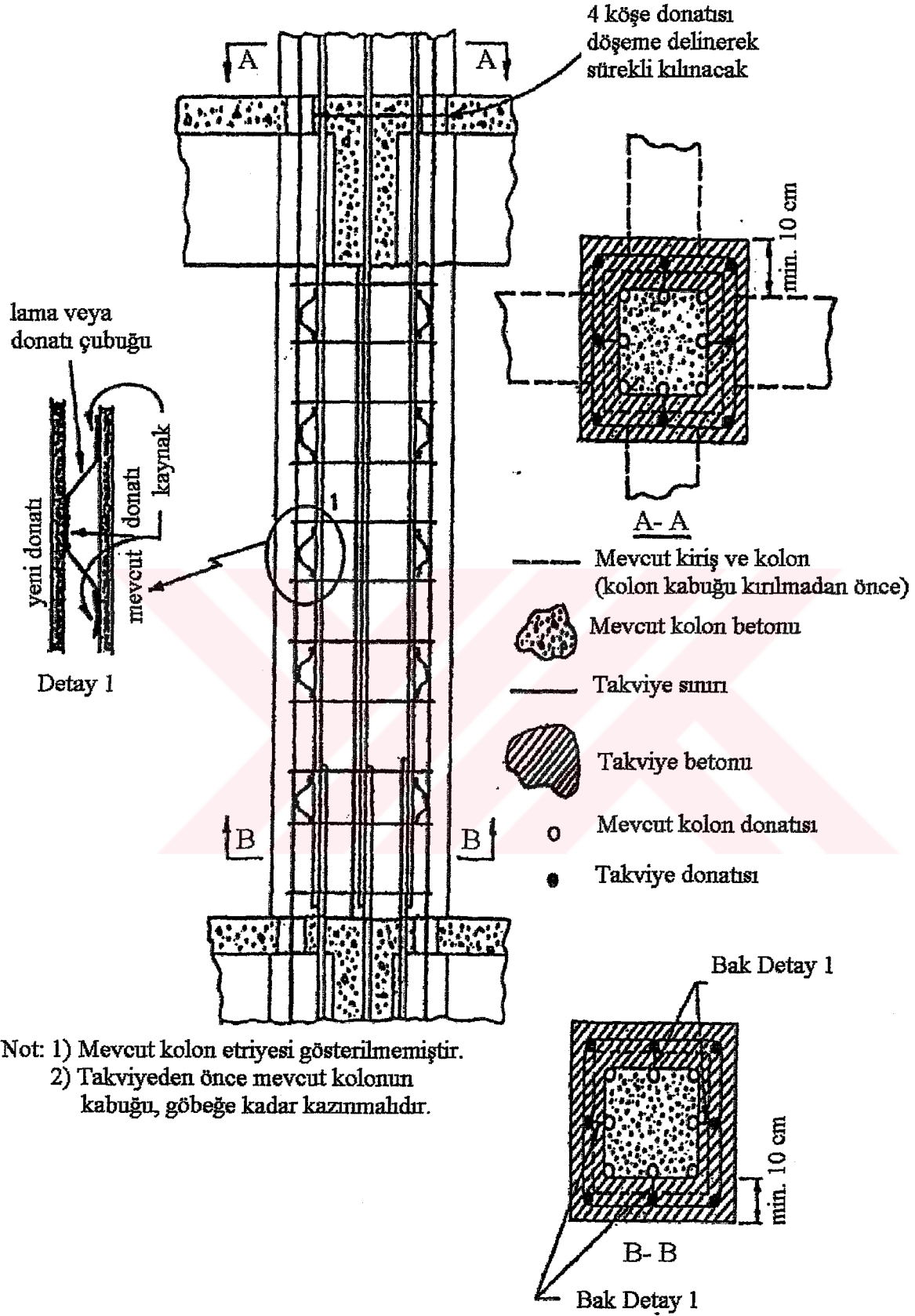
Betonarme mantolamada etriyeler arasındaki aralık 20 cm den fazla olmamalıdır. Düğüm civarında kolonun serbest boyunun dörtte biri kadar bir uzunlukta bu aralık 10 cm yi geçmemelidir. Ayrıca bu aralığın manto kalınlığını geçmemesi de tavsiye olunur.



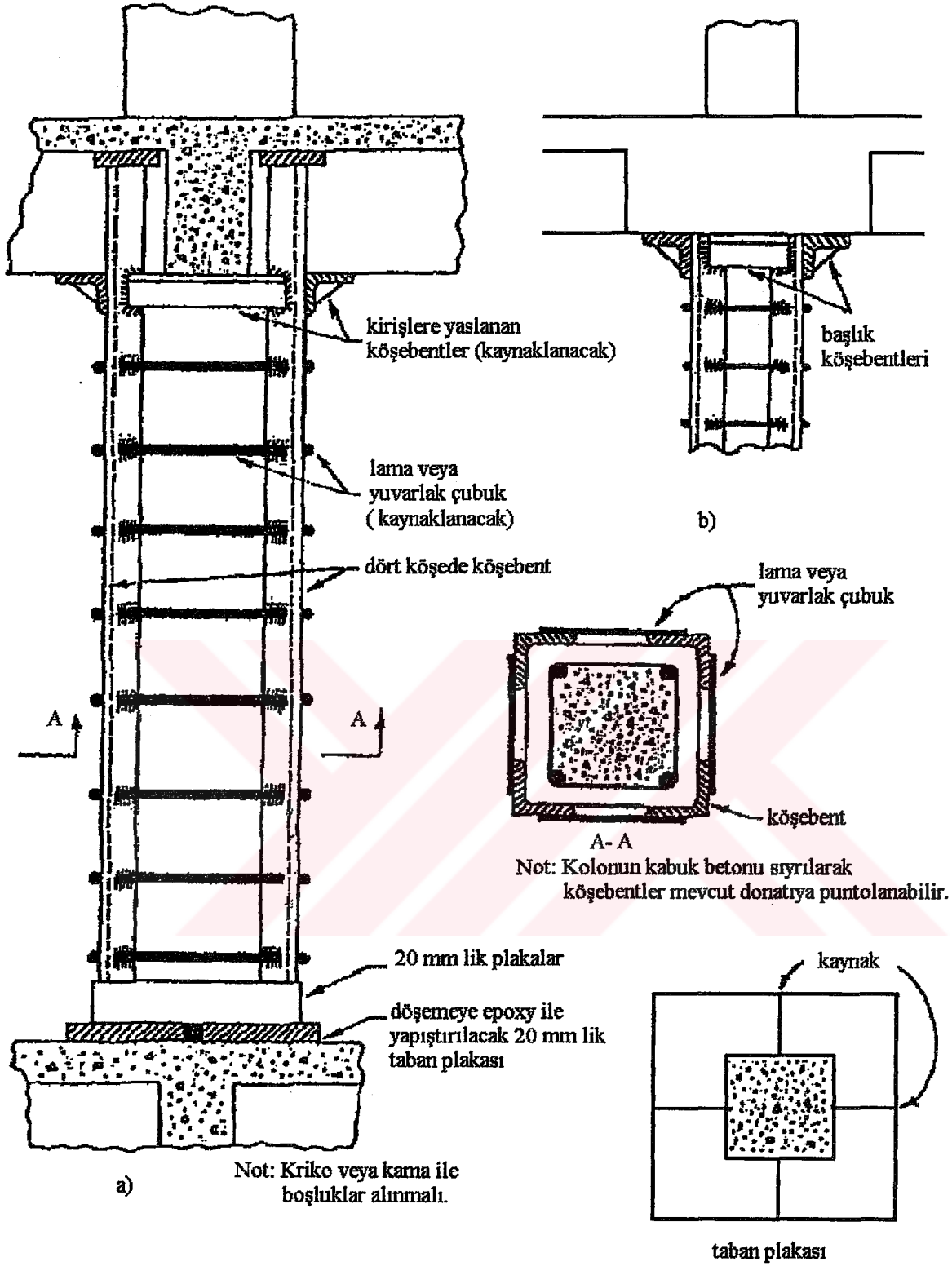
Şekil 8.2 Kolonun mantolama ile güçlendirilmesine değişik örnekler.

8.2 Çelik Profil İskelet Geçirme

Kolonun köşelerine yerleştirilen çelik köşebent (korniyer) ve bunları kaynakla birleştiren yatay lamalardan oluşur. Bu kuşaklar en az 12 mm çapında olmak üzere yuvarlak çelik çubuklar veya minimum 25/ 4 mm kesitte olmak üzere çelik bantlar olabilir ve köşelerdeki korniyerlere kaynaklanırlar. Korniyerler 50/50/5 kesitinden daha küçük olmamalıdır. Korniyerler aksenal yük kapasitesine katkıda bulunurken, yatay lamalar dıştan sargı etkisi sağlar (Şekil 8.4).



Şekil 8.3 Kolonda betonarme manto uygulaması ile onarım ve güçlendirme.



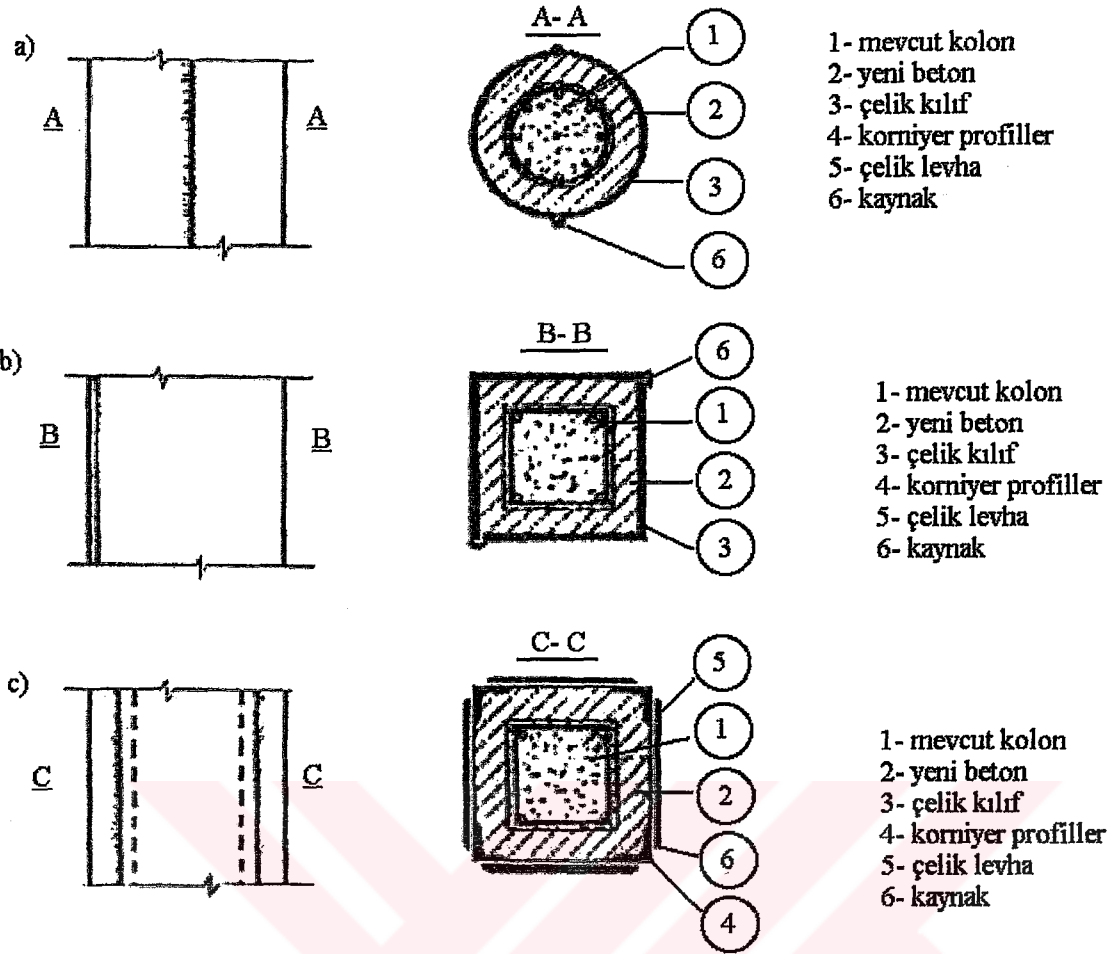
Şekil 8.4 Kolonda çelik manto uygulaması ile onarım ve güçlendirme.

8.2.1 Çelik Levha Kılıf Geçirme

Mevcut kolonun ince çelik levha ile tamamen çevrilip örtülmesidir (Şekil 8.5). Bu uygulamada kolon kesiti çok az artar. 4-6 mm kalınlığındaki çelik levhalar bir bütün teşkil etmek üzere sürekli olarak kaynaklanmışlardır ve mevcut kolondan belirli bir uzaklıkta bulunurlar. Dairesel kılıf en etkinidir (Şekil 8.5.a). Çünkü bu halde çembersel kuvvetler sayesinde sarma ve kavrama temin edilir. Levhalarda eğilme etkisi oluşmaz. En etkili şekil budur. Dikdörtgen şeklinde kılıf geçirme iki tane L şeklindeki levhayı köşegensel olarak karşı köşelerde kaynaklayarak, 'Şekil 8.5.b' deki gibi veya dört köşeye konulacak dört korniyere dört yüzün dört levhasını kaynaklayarak 'Şekil 8.5.c' deki gibi gerçekleştirilebilir.

Korniyerler ve kılıfla mevcut beton arasındaki boşluk rötire yapmayan veya genleşen çimento harcı veya reçine harcı ile doldurulmalıdır. Kaynaklı hasır donatı ile donatılmış betonla veya püskürtme betonla gerçekleştirilen bir örtü yangına karşı etkili ve çok kere yeterlidir. Kuvvetlerin aktarılması için önemli olan, korniyer profiller ve döşeme arasındaki sıkı dayanım, döşeme ile kolon çevresi boyunca doğrudan temasta olan ve korniyerden teşkil edilmiş olan yaka, bilezik veya tasma diyebileceğimiz bir eleman vasıtası ile gerçekleştirilir.

Çelik profil iskelet ve çelik kılıf ile aksenal yük taşıma kapasitesi ve süneklik yerel olarak önemli derecede arttırılabilir, fakat katlar arası moment aktarımı yapılamadığından eğilme mukavemeti bu yöntemlerle iyileştirilemez. Kolonlar lif takviyeli plastik levhalarla da onarılıp güçlendirilebilir. Bu yöntemde kolon rijitliğinde önemli bir değişme olmadığı için taşıyıcı sistemde bir iç kuvvet değişimi yaşanmaz.



Şekil 8.5 Betonarme kolonun çelik levha kılıf geçirilerek güçlendirilmesi.

8.3 Perdelerin Onarım ve Güçlendirilmesi

Perdeler, deprem yüklerinin karşılanmasında rijitlik ve deprem mukavemeti bakımından taşıyıcı sistemin en önemli elemanlarından. 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 yeterli olabilir.

Eğer aderans bozulması, beton kırılması veya ezilmesi olmamışsa perdelerdeki çatlaklar epoksi reçinesi enjekte edilerek onarılabilir. Böylelikle perdeler hasardan önceki eğilme ve kesme mukavemetlerini hemen hemen geri kazanabilirler. Fakat ince çatlakların hepsine

epoksi enjekte edilememesinden dolayı öncelikli rijitliklerini kazanamazlar. Yöntemin basit, ekonomik olması, duvar kalınlığının artmaması gibi avantajları vardır. Bu yöntemle perdelerde öncekinden daha yüksek bir mukavemet elde edilemez.

Perdede geniş çatlaklar, beton ezilmesi veya kırılması, donatı burkulması gibi hasarlar varsa hasar derecesine göre hasarlı kısım temizlenmeli, ek donatı yerleştirilmeli ve bu kısım rötre yapmayan veya genişleyen çimentolu betonla sıkı bir şekilde doldurulmalıdır. Bunun gibi, perdenin düşey yüzeyine çelik şeritler ya da lif takviyeli levhalar yapıştırılarak da onarım ve güçlendirme yapılabilir. Bu işlemden önce çatlakların epoksi enjeksiyonunun yapılması ve yüzeyin temizlenmesi gerekir.

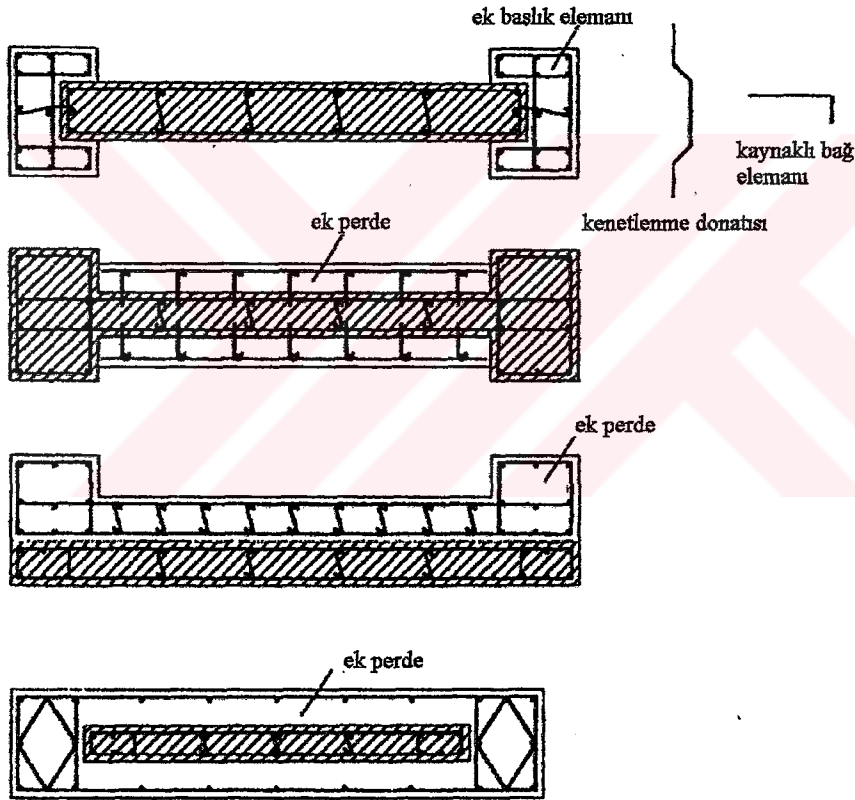
Hasarlı ya da hasarsız bir perdenin kalınlığını arttırarak rijitliğini ve mukavemetini yükseltmek mümkündür (Şekil 8.6). Kesme mukavemetinin arttırılması için perde kalınlığının ilave betonarme ile arttırılması zorunludur. Gereken mukavemet artımına bağlı olarak yatay ve düşey çubuklardan oluşan gövde donatısı ilave edilir. 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 uygulaması gerekebilir. Perdelerin eğilme mukavemeti her iki ucuna betonarme başlık kolonları ilave edilerek ve gerekli donatı düzeni sağlanarak arttırılabilir. Perde ile döşeme arasındaki kesme kuvvetleri mevcut döşemede açılan deliklerden dübel cinsi bağlantılar yapılarak uygun ve yeterli şekilde aktarılır (Demir, 1999).

Deprem perdelerinin kalınlıklarının arttırılmasında şu hususlara da dikkat edilmelidir:

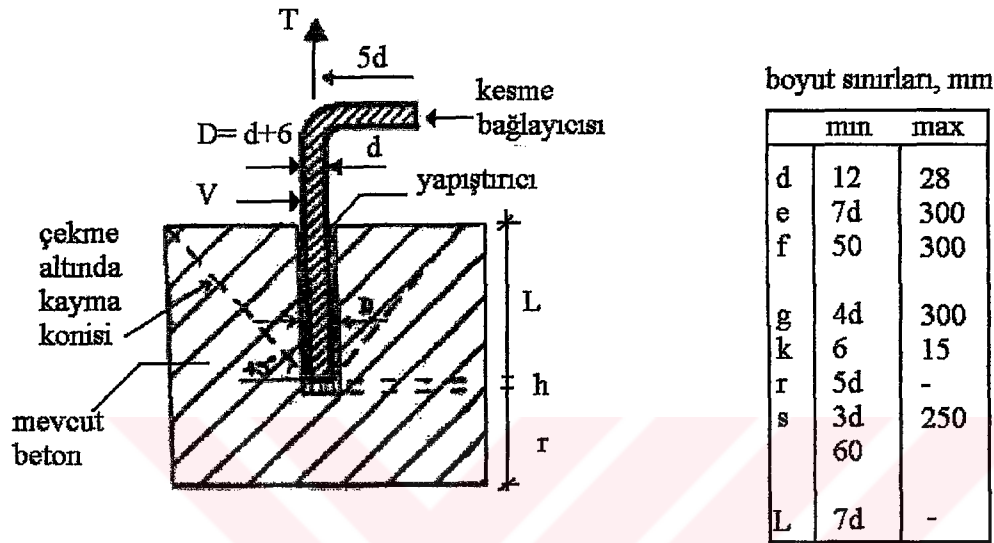
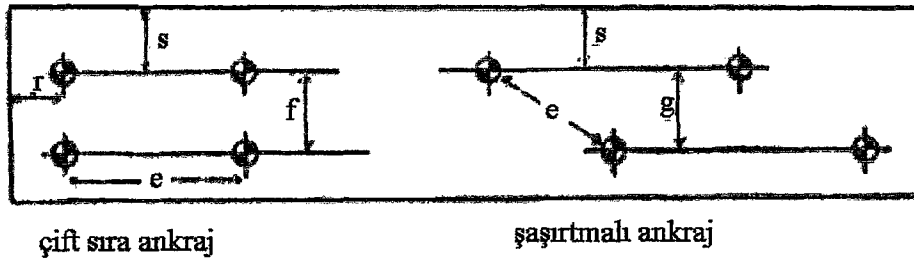
- yeni malzemenin mukavemeti mevcut perdelerdekenden az olmamalıdır.
- ilave perde kalınlığı en az 5 cm, ilave başlık kalınlığı en az 10 cm olmalıdır.
- perde uçlarında toplanmış olan düşey donatının alanı perdeyi kalınlaştırmak için yeni eklenen beton brüt alanının 0.0025 katından az olmamalıdır.
- perde ucundaki etriyelerin çapı 8 mm den ve o bölgedeki boyuna donatı çapının 1/3 ünden küçük olmamalıdır. Aralıkları ise uçtaki betonarme ilavenin cidar kalınlığından ve ilk iki katta 10 cm diğer katlarda 20 cm değerinden fazla olmamalıdır.
- mevcut perdenin yüzü tamamen pürüzlendirilmeli ve yeni beton mevcut betona her doğrultuda en çok 60 cm aralıklarla epoksi ile tespit edilmiş kancalı dübeller vasıtasıyla ankre edilmelidir.

Projelendirme yapılırken de aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

- güçlendirilecek deprem perdesi, mevcut perde ile yeni ilave kalınlık arasındaki aderansın etkinliğine göre boyutlandırılacak ve donatı hesabı yapılacaktır.
- kuvvetlerin temele aktarılması uygun ve yeterli olarak gerçekleştirilmelidir. Bu, projelendirmede ve uygulamada dikkatli çalışmayı gerektirir.
- güçlendirilmiş perdenin rijitliğindeki artma hesaba katılmalıdır. Çünkü bu artış taşıyıcı sistemde deprem perdeleri arasındaki öncekinden farklı yeni bir yatay kuvvet dağılımına sebep olur. 'Şekil 8.7' de bir ankraj çubuğu detayı ve ankraj uygulamasında kullanılan bazı boyut özellikleri gösterilmiştir.



Şekil 8.6 Perdenin kesit kalınlaştırılması ile güçlendirilmesi.



Şekil 8.7 Perde gövde ankraj çubuğu örneği.

8.4 Kirişlerin Onarım ve Güçlendirilmesi

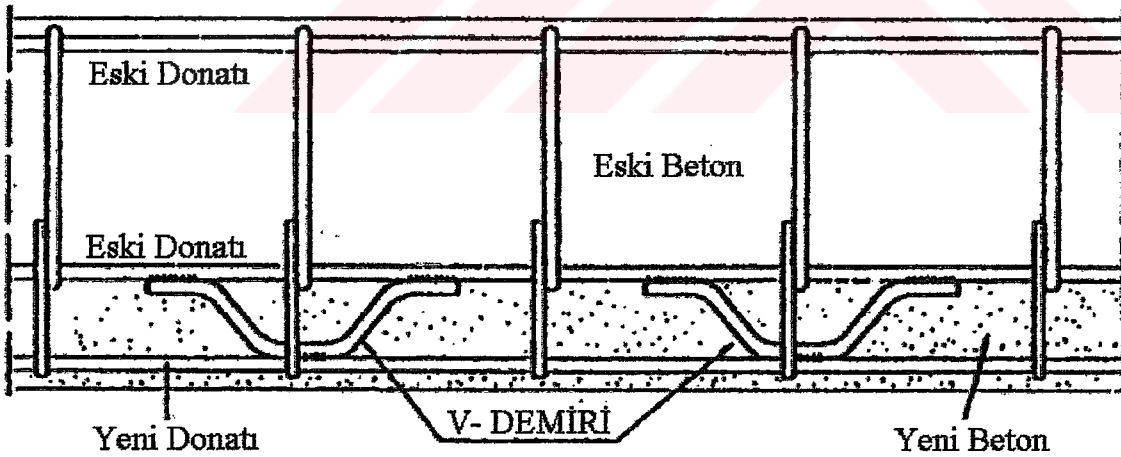
8.4.1 Betonarme Mantolama

Hasar gören ya da mukavemet ve rijitliği yeterli olmayan kirişlerin onarılması ve güçlendirilmesi gerekir. Bu işlem sırasında komşu kolonları da göz önüne alarak kolon uçlarında mafsall oluşması tehlikesine karşı kuvvetli kiriş- zayıf kolon türünden birleşim bölgesinin meydana getirilmemesine özen gösterilmelidir. Uygulanacak onarım ve güçlendirme yöntemi, çatlama, betonun ezilmesi, donatının burkulması, kopması, ezilmesi veya sıyrılması, etriyelerin kopması gibi hasarların cinsine ve gerekli olan güçlendirme düzeyine bağlı olarak değişir.

Epoksi ve çimento şerbeti enjeksiyonu kirişlerdeki hafif çatlakların onarılmasında uygulanır. Bu işlemin başarılı olması için betonun yeterli dayanıma sahip olması gerekir. Dağılan düşük dayanımlı beton durumunda yerel bir onarım olan epoksi enjeksiyonunun uygulanması tavsiye edilmez. Betonun kırılması ve ezilmesi, donatının kopması veya aderansın bozulması

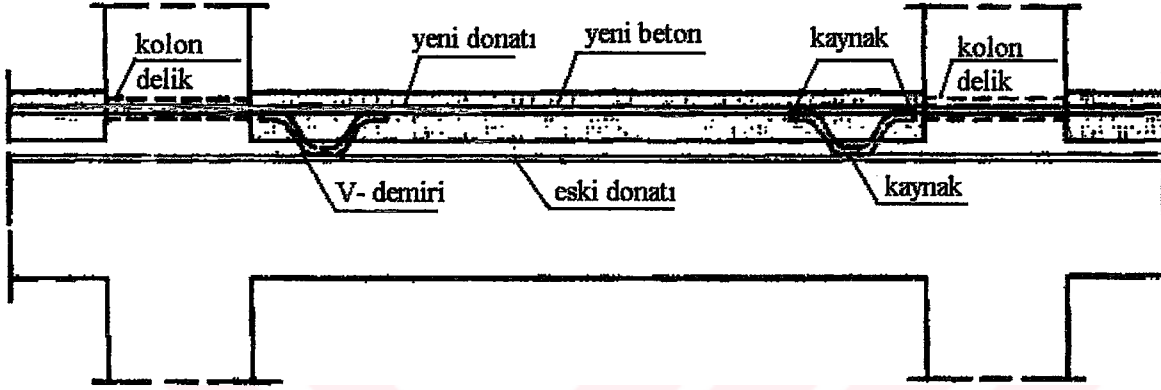
gibi ağır hasar durumlarında öncelikle kiriş geçici olarak askıya alınır. Daha sonra hasarlı kısımlar kolonlardakine benzer olarak basınçlı su ve hava ile temizlenip, kopan veya burkulan donatılar kesilerek yenileri kaynakla eklendikten sonra betonlanması yoluyla onarılabilir. Onarım esnasında betonun sıkıştırılmasına özen gösterilmelidir (Demir, 1999).

Kirişleri güçlendirmede amaç eğilme momenti ve kesme kuvveti dayanımını arttırmak, sünekliği iyileştirmektir. Moment kapasitesinin arttırılması beton en kesit alanının yeni eklenecek beton alanı ile derinleştirilmesi ve bu eklenen alana yeni çekme donatılarının konulmasıyla mümkündür. Burada eski ile yeni betonun kaynaştırılması ve yeni konulan çekme donatılarının düğüm noktalarında ankrajı önemlidir. Bunun için yeterli aderans boyu bırakılmalıdır. Kesme kuvveti taşıma gücünün arttırılması için de beton alanının ve enine donatının (etiriyenin) arttırılması gerekir. Etriyelerin, eski ve yeni donatıların birlikte çalışmasına olumlu katkısı olduğu bilinmektedir. 'Şekil 8.8' de en kesiti güçlendirilmiş bir kirişin görünüşü ve kesiti verilmektedir. Burada verilen güçlendirme ayrıntısı ile kirişin açıklıkta (+) eğilme momenti taşıma gücü arttırılmaktadır. Eklenen etriyelerin, eski etriyelere kaynaklanması, eski ve yeni boyuna donatıların birlikte çalışması için de V ve Z demirleri ile birbirine kaynaklanması gerekir. Böylelikle süneklik de iyileştirilmiş olur (Bayülke, 1999).



Şekil 8.8 Güçlendirilen kirişte V demirleri ile etriyelerin kaynakla bağlanması.

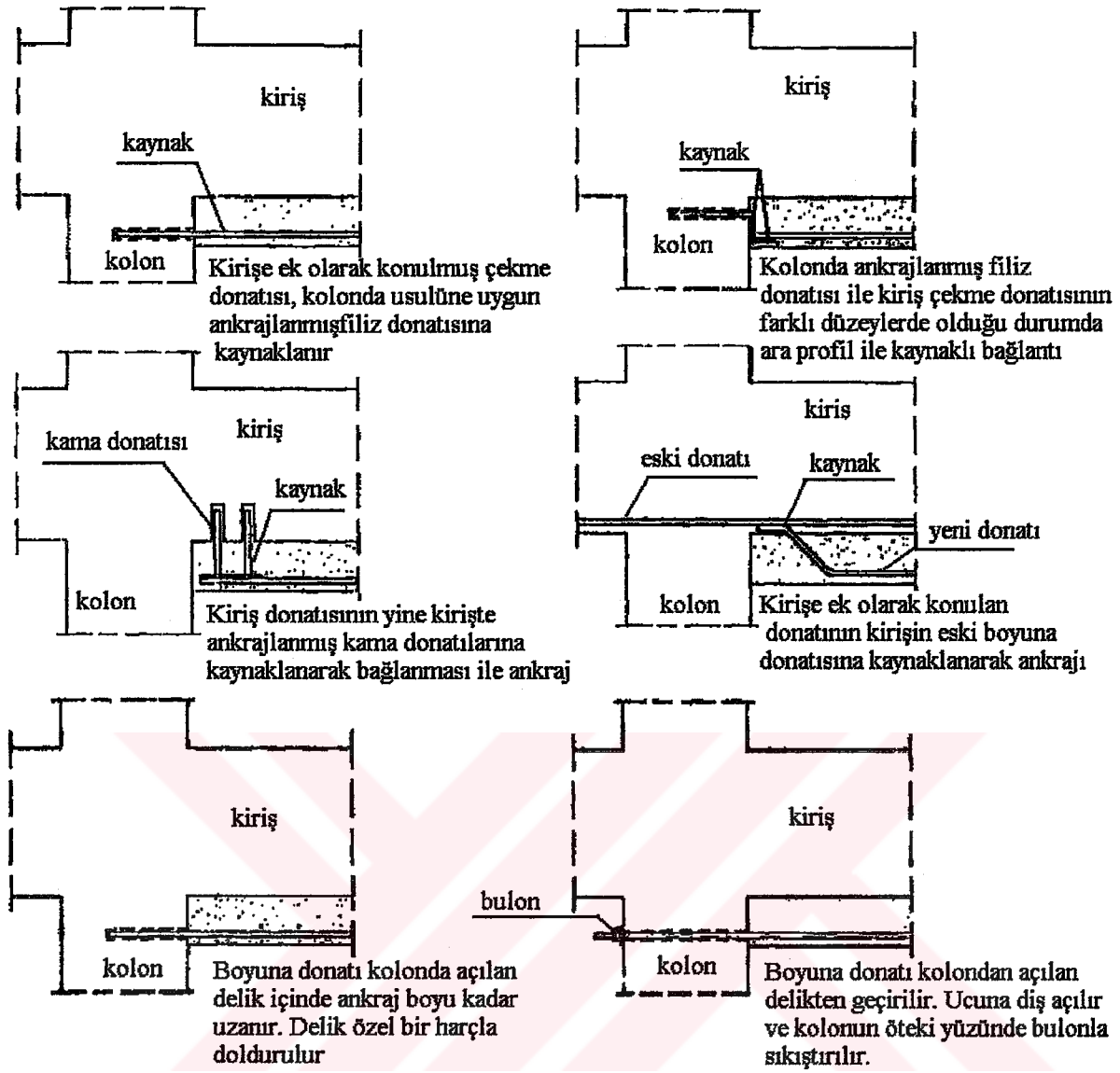
Depremlerde kirişlerde oluşan momentler nedeniyle kiriş uçlarındaki negatif moment bölgelerinin de güçlendirilmesi gerekebilir. ‘Şekil 8.9’ da kirişin üst yüzünde mesnetlerdeki moment kapasitesinin artırılması için güçlendirme ayrıntıları verilmektedir. Kirişin yalnız mesnet bölgesinin güçlendirilmesi gerektiği durumda; mesnette döşeme kırılarak açılır, mesnet bölgesi için gerekli ek donatı yerleştirilerek etriyelerle sarılır.



Şekil 8.9 Kiriş mesnetlerinde negatif moment kapasitesini artırmak için güçlendirme.

Kiriş güçlendirme yönteminde ek olarak konulan boyuna donatıların ankrajı bir diğer ayrıntıdır. ‘Şekil 8.10’ da kiriş alt yüzüne ek olarak konulan boyuna donatıların ankrajı için değişik uygulamalar gösterilmektedir.

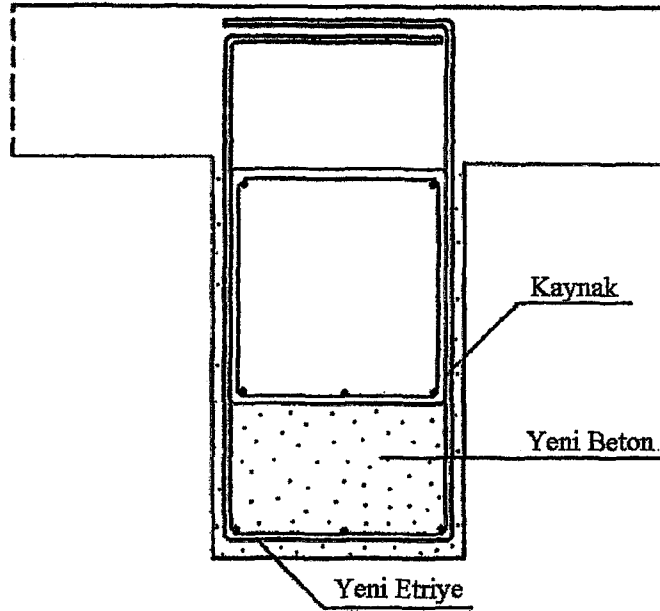
Kirişler; bir, üç veya dört tarafından betonla mantolanarak güçlendirilebilir. Mevcut ve yeni betonun kaynaşmasını sağlamak amacıyla mevcut betondaki beton örtü tabakası kaldırılmalı, yüzey temizlenmeli ve pürüzlendirilmelidir. Donatı düzeninde uygun kenetlenme, bırakılan uygun boylarla, kaynaklama ile veya kenetleme plakaları kullanılmasıyla sağlanır. Döşeme delikleri güçlendirme kirişine beton dökmek için de kullanılabilir.



Şekil 8.10 Kiriş güçlendirmesinde boyuna donatıların ankraj biçimleri.

8.4.1.1 Bir Taraftan Mantolama

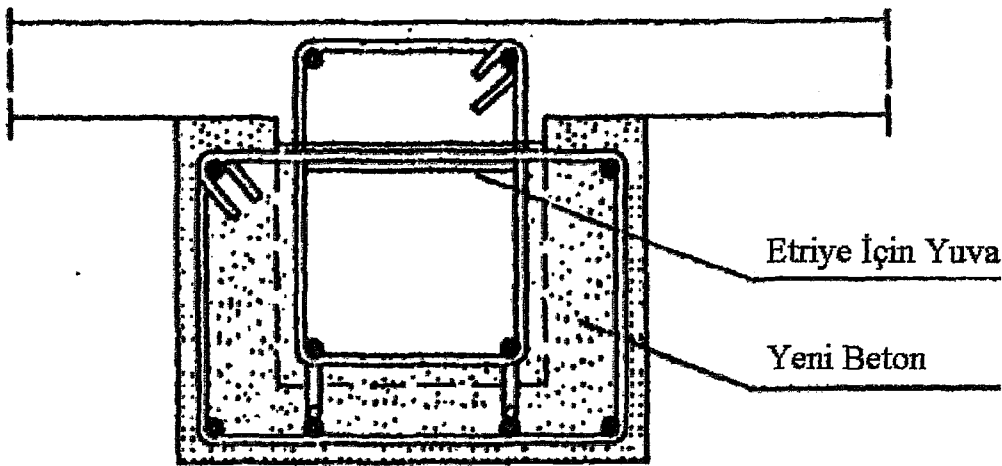
Bir taraftan mantolama kirişin yalnız açıklığında eğilme momentine karşı mukavemetini arttırmak gerektiğinde kullanılır. İlave kirişin alt yüzünde yapılır. Püskürtme beton bu tür mantolama için en uygun yöntemdir. Kiriş güçlendirmesinde boyuna donatıların ankraj biçimi 'Şekil 8.10' da görülmektedir. Beton örtü mevcut boyuna donatıya kadar ve mevcut etriyelerde de yukarılara kadar çentilmelidir. 'Şekil 8.11'de bir taraflı kiriş mantolanması gösterilmiştir.



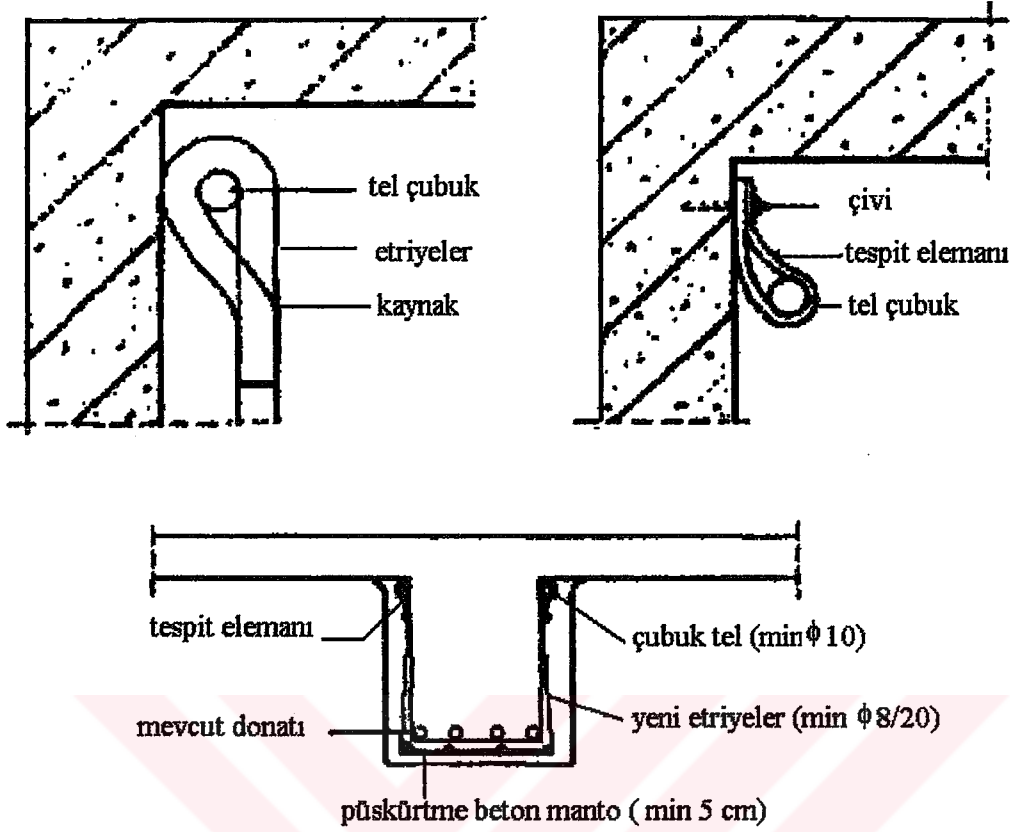
Şekil 8.11 Kirişin bir taraftan mantolanarak güçlendirilmesi.

8.4.1.2 Üç Taraftan Mantolama

Kirişin üç tarafına manto giydirilmesinde de döşemenin alt yüzü altında ilave yapılabilir (Şekil 8.12.a ve b). Püskürtme beton bu tür mantolama için en uygun yöntemdir. Zayıf tarafı, mantonun yanlarının üst kısımlarında yeni etriyelerin ankrajıdır. Bu detay, dört taraflı mantolama kadar iyi değildir. Çünkü detayın etkinliği mekanik olarak çakılmış çivilerin dinamik mukavemetine ve halat gibi elemanların, yeni etriyeler için, etkin ankraj temin etmek hususunda rijitliklerine bağlıdır.



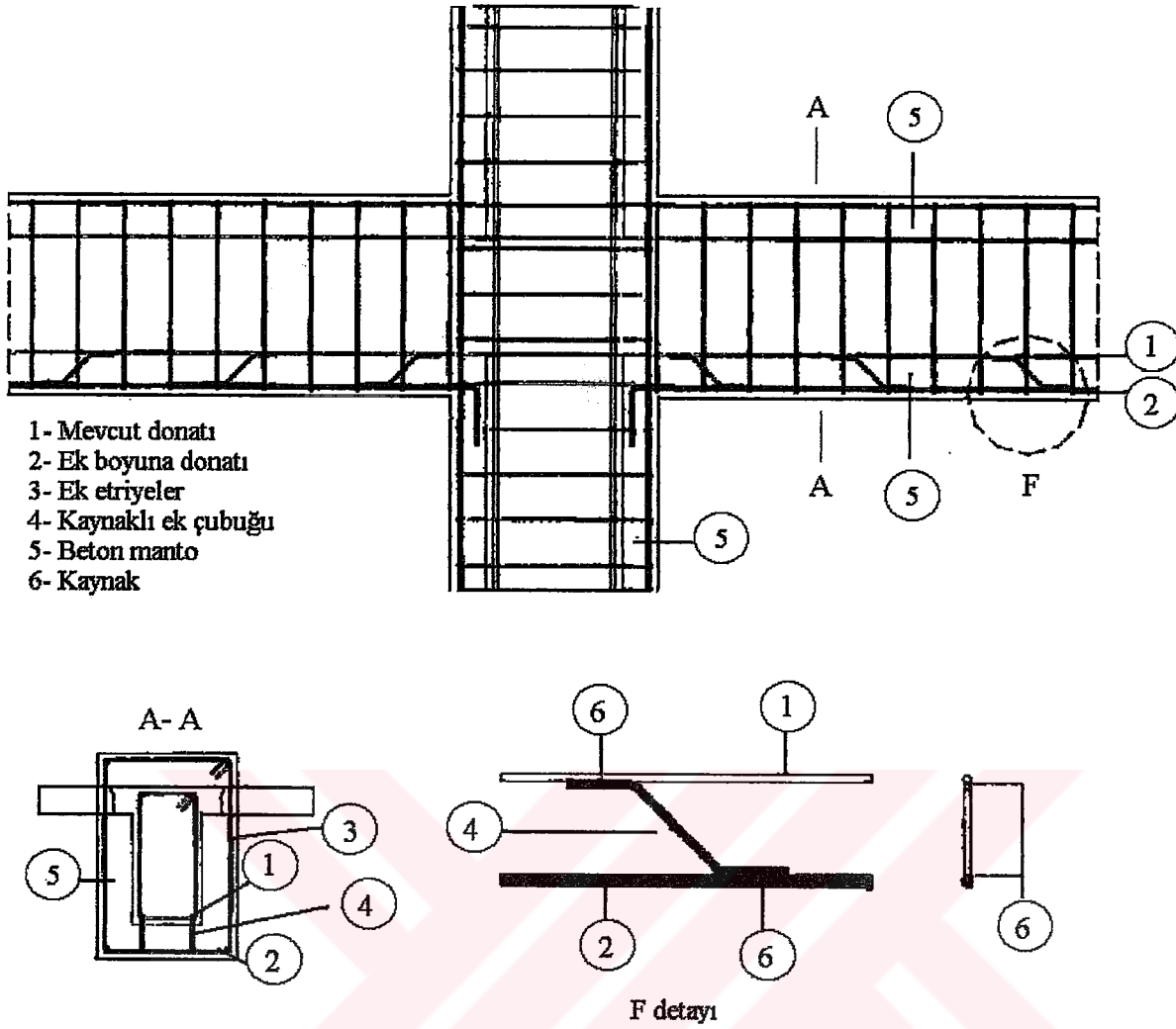
Şekil 8.12.a. Kirişin üç taraftan mantolanarak güçlendirilmesi.



Şekil 8.12.b. Kirişin üç taraftan mantolanarak güçlendirilmesi.

8.4.1.3 Dört Taraftan Mantolama

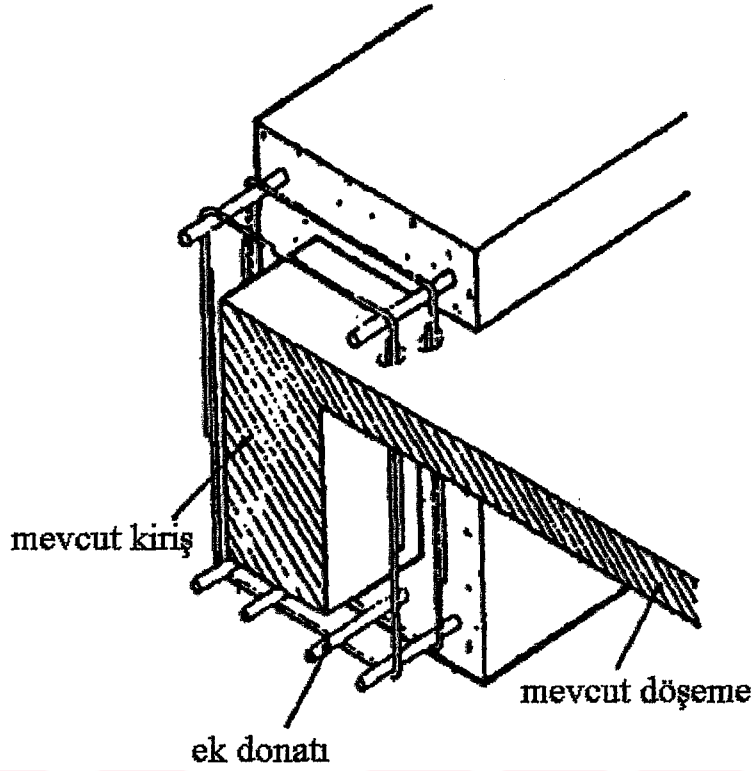
Dört taraftan mantolama (Şekil 8.13.a ve Şekil 8.13.b) veya bir kirişe kılıf geçirilmesi eğilme ve kesme mukavemetini önemli derecede artırır. Hem donatı alanı, hem de yükseklik ve genişlik bakımından beton kesitleri büyür. Kuvvetli kiriş- zayıf kolon oluşturmaktan kaçınmak ve uygulama kolaylığı oluşturması için genellikle kolon mantolaması ile beraber uygulanır. Etriyeler döşemede açılmış deliklerden geçer ve tüm kirişi çevirir. Bu delikler, betonu döşeme altındaki manto kısmına yerleştirmekte de kullanılabilirler. Negatif eğilme momentleri için de ilave donatı kullanılabilir. Bu donatı, kiriş bölgesinde döşeme yüzeyi üzerinde ve mevcut kolonun dışarısında yerleştirilmelidir. Boyuna donatı çubuklarının kolon mantosunun düğüm bölgesine ankrajına özel dikkat gösterilmelidir.



Şekil 8.13.a Kirişin dört taraftan mantolanarak güçlendirilmesi.

Betonarme kiriş mantolamasında şu şartlara da uyulmalıdır (Demir,1999).

- Yeni malzemenin mukavemeti mevcut malzemenin mukavemetine eşit veya ondan fazla olmalıdır.
- Manto kalınlığı püskürtme beton halinde 4 cm den, yerinde dökme beton halinde 8 cm den az olmamalıdır.
- Çerçevelerin kiriş donatıları kirişin üstünde ve altında sürekli olmalıdırlar ve tablasız kesite göre oranları 0,005 den az olmamalıdır.
- Üst ve alt donatı kolon yüzünden itibaren aderans boyundan az olmamak üzere ankre edilmeli veya düğüm bölgesinden sürekli olarak geçmelidir.
- Mesnet bölgelerinde kirişin tüm yüksekliğinin $\frac{1}{4}$ ünden fazla olmamalıdır. Bu bölge dışında bu aralıklar iki katına çıkarılabilir.



Şekil 8.13.b Kirişin dört taraftan mantolanarak güçlendirilmesi.

8.4.2 Çelik Levha Yapıştırma İle Güçlendirme

Güçlendirme için çelik levha ile donatma yeni bir tekniktir ve esas itibarıyla statik yüklere maruz olan kirişlerin yan yüzlerine uygulanarak açıklıkta eğilme mukavemetini artırmak için kullanılabilir (Şekil 8.14). Yeterli açıklık donatısına sahip olmayan kirişlerde alttan çelik şeritlere veya lif takviyeli karbon levha yapıştırılarak kiriş güçlendirilir. Lif takviyeli karbon levha uygulaması yan yüzlere de yapılarak, kayma donatısı eksikliği giderilebilir. Aynı kirişte hem eğilme hem de kesme için levha yapıştırılmış ise bunlar köşede kaynaklanmaktadır.

Bu yöntemle yapıştırılan levhaların enkesit alanı güçlendirme için gereken eğilmeden çekme yada kesme donatısının alanını eşdeğer miktarda alınmaktadır. Daha sonra levhalar değişik yöntemlerle betona yapıştırılmaktadır. Betona yapıştırma işleminde hem levhanın hem de betonun yüzeylerinin hazırlanması gerekir.

Aşağıdaki biçimde uygulama yapılır:

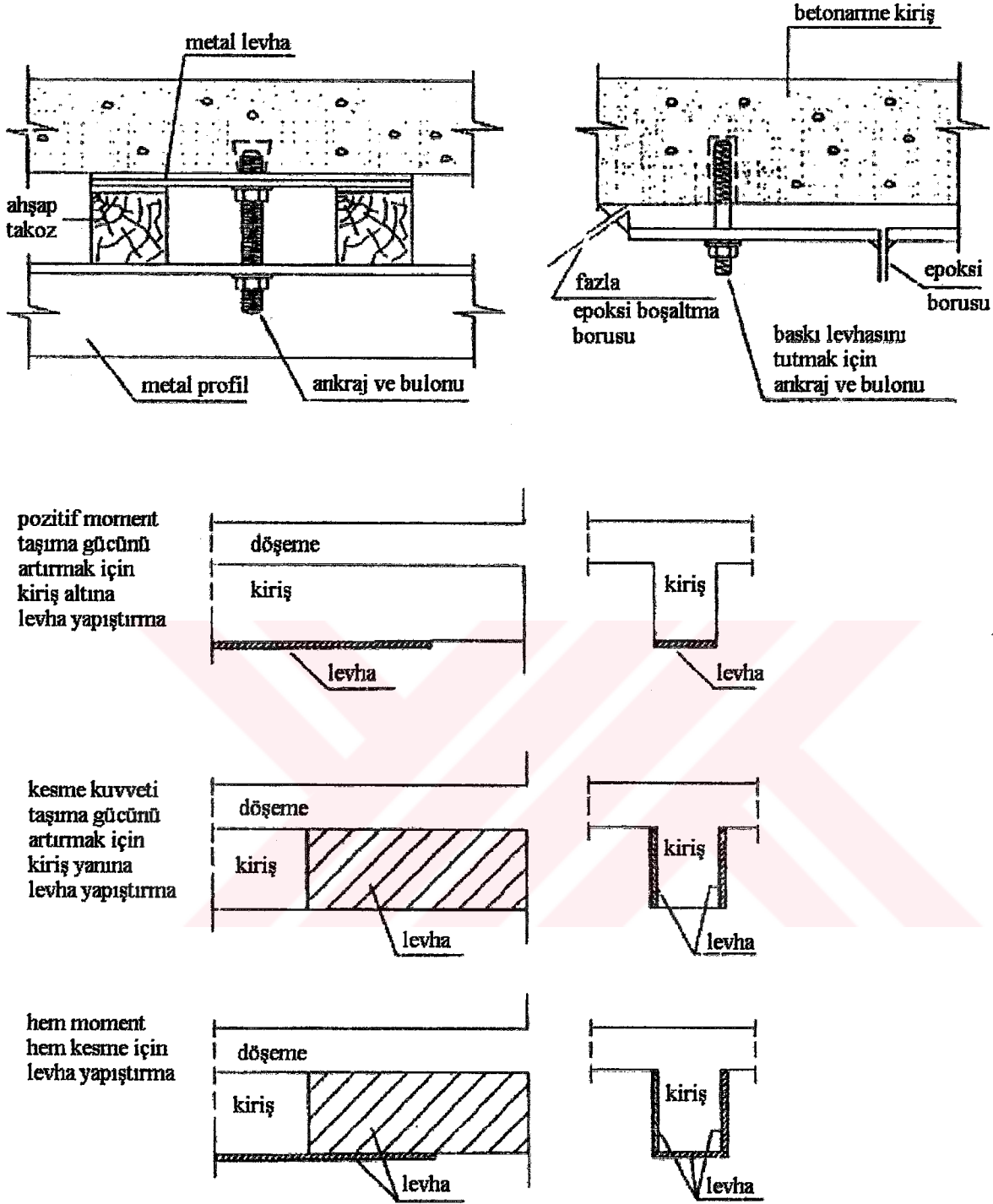
- Beton yüzeyindeki pürüzler jet taşı gibi aletlerle tümü ile giderilmeli, çukurluklar epoksi harcı ile doldurulur, harç sertleşince perdahlanır. Kiriş yada döşemede ankraj bulonları için açılmış deliklere bulonlar yerleştirilir.

- Döşeme yada kirişte ankraj bulonlarına karşılık gelen noktalarda levhada delikler açılmalı ve bu delikler ankraj bulonlarının kolayca girebilmesi için alıştırılmalıdır. Ayrıca eğer, enjeksiyon yöntemi uygulanacaksa levhada enjeksiyon borularının karşısına geleceği delikler de açılmış olmalıdır.
- Eğer enjeksiyon yöntemi uygulanacaksa çelik levhaların yüzeyi tiner ile silinir. Enjeksiyon ve taşıma boruları levhaya yerleştirilir. Levhanın enjeksiyon taşıma borularının çevresi özel epoksi harcı ile sıvanarak kapatılır. Daha sonra enjeksiyon borularından epoksi harcı sıkılır. Eğer; basınçla yapıştırma yöntemi uygulanacaksa ‘Şekil 8.14’ de görüldüğü gibi özel baskı düzeni ile altına epoksi reçinesi sürülmüş levha yine epoksi reçinesi sürülmüş yüzeye yapıştırılır ve baskı düzeninin vidaları sıkıştırılarak epoksi sertleşinceye kadar baskı uygulanır. Daha sonra baskı düzeni sökülür.

8.5 Kiriş- Kolon Birleşim Bölgelerinin Güçlendirilmesi

Kiriş-kolon birleşim bölgeleri; depremde en fazla hasar gören, taşıyıcı sistemin en çok zorlanan ve güçlendirilmesi en zor olan kısımlarıdır. Gerilmelerin yüksek, birleşen elemanların sayısının fazla, güçlendirme parçalarının birleşim, ekleme, ankraj ve sürekliliğinin temini zor olduğundan bu bölgeleri güçlendirmek yoğun dikkat ve çaba ister. Deprem yükleri altında en sık rastlanan hasar türleri kesme kuvveti dayanımının ve donatı kenetlenmelerinin yetersiz olmasıdır. Ayrıca; büyük şiddetteki depremlerde birleşim bölgesine birleşen kesitlerde meydana gelen plastik mafsallar sonucu büyük dönmeler, donatı aderans çözülmesi sonucu da kaymalar ve geniş çatlaklar oluşabilir. Deprem etkisinde birleşim bölgesinin iki tarafındaki eğilme momentinin farklı işarette olması, kiriş kesitinde zıt gerilme durumları doğması ve bu da donatının birleşim bölgesinden çekilip çıkarılmak istenmesi sonucunu doğurur. Bu nedenle donatı kenetlenmelerine ve eklerine özen göstermek gerekir.

Hafif çatlaklar şeklinde bir hasar varsa bunların onarım ve güçlendirilmesi epoksi reçinesi enjekte edilerek yapılabilir. Donatı ile beton arasında çözülmüş aderansın çimento enjeksiyonu ile geri getirilmesi yeterli ve güvenilir değildir. Epoksi enjeksiyonu daha iyi sonuç verebilir. Birleşim bölgesinin lif takviyeli polimer levhalarla sarılması hem dağılmanın önlenmesi hem de kuvvet iletimini sağlamak için faydalıdır. Hasarın daha da yaygın olması durumunda kiriş- kolon birleşim bölgesi çelik şeritler yapıştırılarak ve sarılarak güçlendirilebilir (Şekil 8.15). Böylelikle eğilme momenti kapasiteleri artırılırken; sarılan lamalarla, bu bölgede oluşturulan enine basınçla, betonun dolayısıyla elemanın sünekliği artırılmış olur.

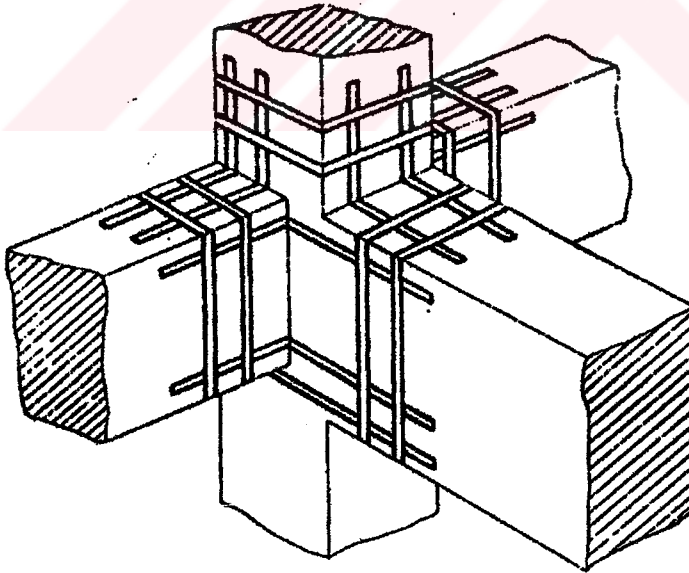


Şekil 8.14 Çelik levha yapıştırma ile kiriş güçlendirme.

İhtiyaç olduğunda süneklik artırımı için etriyeleri eksik olan kolon ve kiriş kesitlerinde sadece sargı şeritleri kullanılabilir. Uygulama için bölgede ezilen beton temizlenir, yüzeyler düzeltilir ve özel yapıştırıcılar kullanılarak çelik şeritler yapıştırılır. Yapışmanın tam olması için şeritleri betona işkence aletleriyle bağlanması gerekebilir. Daha sonra sargı şeritleri sarılarak

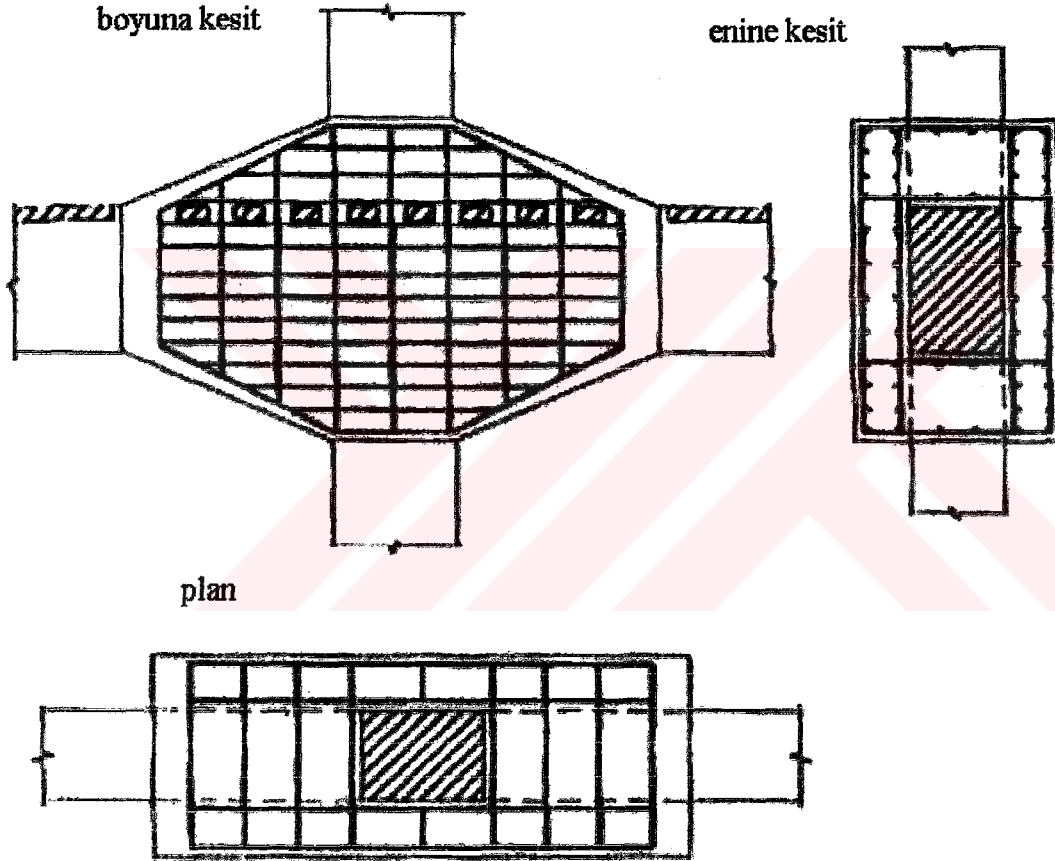
uçları birbirinin üzerine yeterli boyda gelecek şekilde yapıştırılır. Bu sırada kiriş sargı şeritlerinin, o bölgedeki döşeme kaplamasının kaldırılmasından ve döşemede delikler açıldıktan sonra uygulanabileceği unutulmamalıdır. Betonda enine basıncın yeterli şekilde oluşması için şeritlerin geniş (≈ 50 mm uygun genişlik) olması ve birbirlerine yakın ($\approx 0,20$ m uygun aralık) yerleştirilmesi gerekir. Bu tür uygulama özel özene ihtiyaç gösterir. Ayrıca; şeritler yapıştırıldıktan sonra bölgenin sıvanması gerekir.

Betonarme mantolamada; düğümde birleşen elemanların birlikte çalışacak şekilde bütünleşmesi hem kolon hem de kirişlerin mantolanması ile sağlanmaktadır. Mevcut ve yeni beton arasında yeterli bir aderans sağlamak ve yeni donatıları mevcutlara kaynaklayabilmek için beton örtü kaldırılır. Kolondaki düşey ve kirişteki yatay donatı çubukları ile kiriş ve kolon etriyeleri bir iskelet oluşturacak şekilde birbirlerine bağlanmalı ve bunların yerleştirilebilmeleri için manto kalınlığı yeterli tutulmalıdır. Manto döşemenin üst yüzünden yukarı doğru taşmaktadır. Kolon ve kirişte düğüme yakın yerlerde ek etriyeler konulması, düğüm noktasının ve birleşimin davranışını iyileştirir. Düğüm noktasındaki bu yatay ve düşey etriyeler kesme mukavemetini arttırmırlar. Etriyeler döşemede delik açılarak bağlanır. Sadece birleşim bölgesini güçlendiren bu mantolama kiriş ve kolonların da mantolanması durumunda daha elverişli ve kolay uygulanabilir (Şekil 8.16).

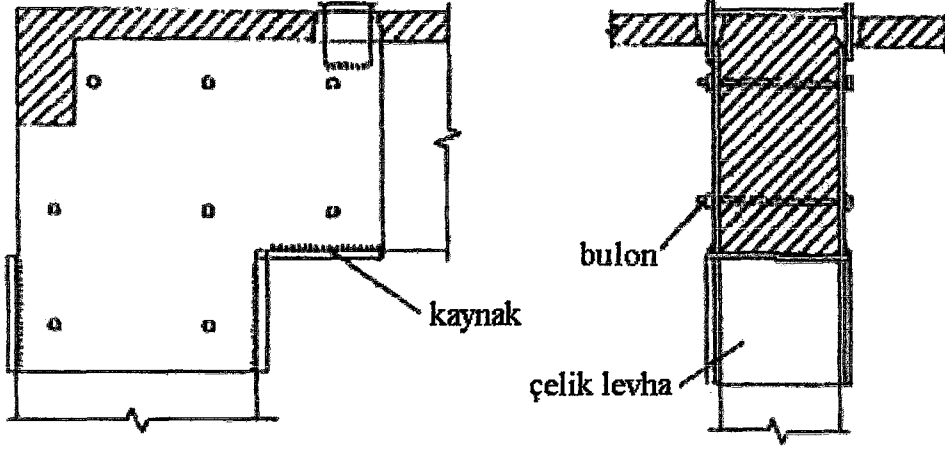


Şekil 8.15 Kiriş- kolon birleşim bölgesinin çelik şeritler sarılarak güçlendirilmesi.

Çelik levha düğüm bölgesine güvenilir bir mukavemet kazandırmadığı için; ancak güçlendirme amaçlı kullanılabilir. Özellikle endüstri yapılarındaki çerçevelerde kullanımı uygundur. Birleşim bölgesinin şekline uygun olarak hazırlanmış çelik levhalar beton yüzeye epoksi reçinesi ile yapıştırılıp bulonlarla bağlanırlar. Kuvvet akışının sağlanması için bu ek levhaların kiriş ve kolon yüzeyindeki diğer levhalara kaynaklanması gerekir. Yangın ve korozyona karşı gerekli önlemler alınmalıdır (Şekil 8.17) (Demir, 1999).



Şekil 8.16 Kiriş- kolon birleşim bölgesinin mantolama ile güçlendirilmesi.



Şekil 8.17 Kiriş- kolon birleşim bölgesinin çelik levha ve öngerilmeli bulonlarla güçlendirilmesi.

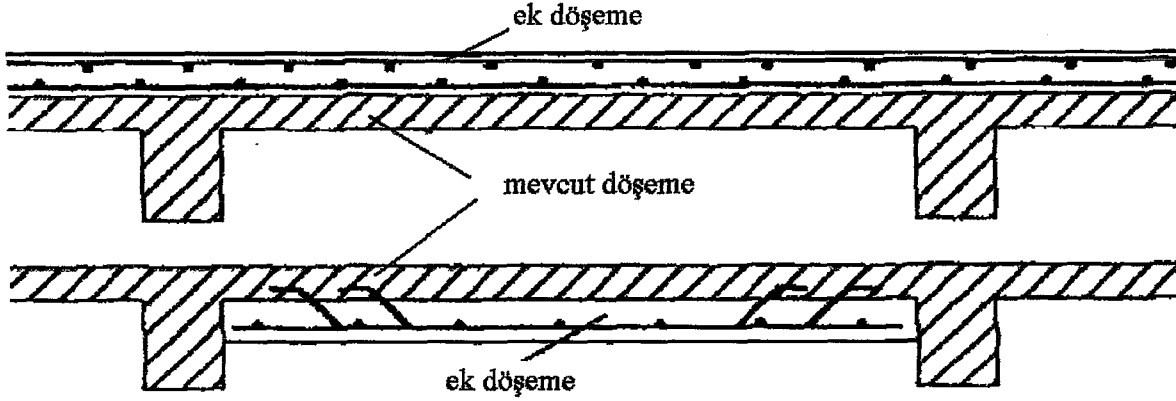
8.5.1.1 Döşemelerin Onarım ve Güçlendirilmesi

Esas itibariyle düşey yük taşıyan döşemeler yatay yükleri de kolon ve perdelerle iletecek dayanım ve rijitliğe sahip olmalıdırlar. Hasarlar, genellikle döşemenin büyük boşluk olan kısımlarında ve doğrudan perdeye mesnetlendiği yerlerde oluşur. Hasar varsa onarım, döşeme mukavemeti yetersiz ise ve yeni eklenen perdelerin birleşim bölgelerinde dayanımı arttırmak için güçlendirme gerekir. Yerel çatlak veya hasarların onarımında epoksi, çimento şerbeti veya püskürtme beton kullanılabilir. Bu sırada özellikle bozulan betonun uzaklaştırılması ve kırılan veya burkulan donatının kesilerek kaynakla yeni donatının eklenmesi gerekir. Mevcut döşeme alttan veya üstten kalınlaştırılabilir (Şekil 8.18).

Üstten yeni beton tabakası ile kalınlaştırılabileceği gibi, alttan püskürtme beton uygulanarak döşemenin dayanımı artırılabilir. Hasarın onarılması yanında, kalınlığı yeterli olmayan döşemenin kalınlığının artırılması veya eklenen yeni perde duvarlarıyla yük aktarımının sağlanması gerekir.

Üstten kalınlaştırmada faydalı yükseklik artar ve mesnetlerdeki negatif mesnet momenti için donatı ilave edilmiş olur. Normal beton kullanılır. Alttan kalınlaştırmaya göre daha rijit bir döşeme sağlanır. Alttan kalınlaştırmada ilave edilen çekme donatısı eğilme mukavemetini artırır. Bu kalınlaştırmada püskürtme beton kullanılır. Döşemenin alttan kalınlaştırılması ile

beraber kirişler de mantolanırsa sistem davranışı iyileşir. İkisi arasında üstten kalınlaştırma tercih edilir.



Şekil 8.18 Döşemelerin kalınlaştırılarak güçlendirilmesi.

Yeni donatıların mevcut olana kaynaklı parçalarla bağlanması sistemin bütünlüğü bakımından önemlidir. Yeni ve mevcut döşeme arasındaki kayma gerilmesinin akışını sağlamak için yüzeyin pürüzlendirilmesi yanında donatı veya çelik profil parçalarından da faydalanılır (Celep, Kumbasar, 2000).

Döşemeler, kalınlığının açıklığa göre ince olması, döşeme beton dayanımının projede öngörülenden az olması, donatı yetersizliği, kalıpların erken sökülerek betonun daha tam dayanımına ulaşmadan yüklenmesi ile zamana bağlı olan sünme sehimlerinin daha büyük olması gibi nedenlerle aşırı sehim ve çatlaklara sahip olabilir. Yapılan çeşitli deneyler sonucu döşemelerin hesap yüklerinin 3-4 katı yükler altında aşırı sehim ve çatlaklı bir durumda yük taşımaya devam ettiği gözlenmiştir (Demir, 1999).

8.5.1.2 Temellerin Onarım ve Güçlendirilmesi

Güçlendirme nedeniyle yapı yüklerinde meydana gelen artmalar veya deprem yönetmeliğindeki değişikliklerden kaynaklanan yatay yük artışı ile temel yetersiz kalırsa, kötü zemin nedeniyle temelde büyük oturmalar oluşmuşsa, deprem yüklerinden dolayı temelde hasar oluşmuşsa, kat ilavesi nedeniyle temel yetersiz kalırsa temel de güçlendirilebilir.

Kolonu da mantolanarak güçlendirilen bir temeldeki mantolamayı 'Şekil 8.19' da görebiliriz. Ayrıca temel alt seviyesine inilerek de temel güçlendirilebilir (Şekil 8.20). Temelden üst yapıya aktarılabilecek tepkiyi eski temel vasıtasıyla iletebilmek için temel pabucu çevresinde ek dişler oluşturulur. Bunun için temelin altına inilmesi gerektiğinden azami özen ve dikkat

gösterilmelidir. Her iki güçlendirme şeklinde de zemin ile üst yapı arasındaki yük aktarış biçiminin değişeceği ve bu nedenle de en çok zorlanan kesitlerin farklı yerlerde oluşacağı unutulmamalıdır. Eski ve yeni bölümün birlikte çalışabilmesi için eski elemanlardan yeni elemanlara yük aktarımı sağlanmalıdır. Eski ve yeni beton arasında kayma gerilmelerinin iletimi için dikiş çubukları veya beton yüzeyine epoksi uygulanması gerekir (Celep, Kumbasar, 2000).

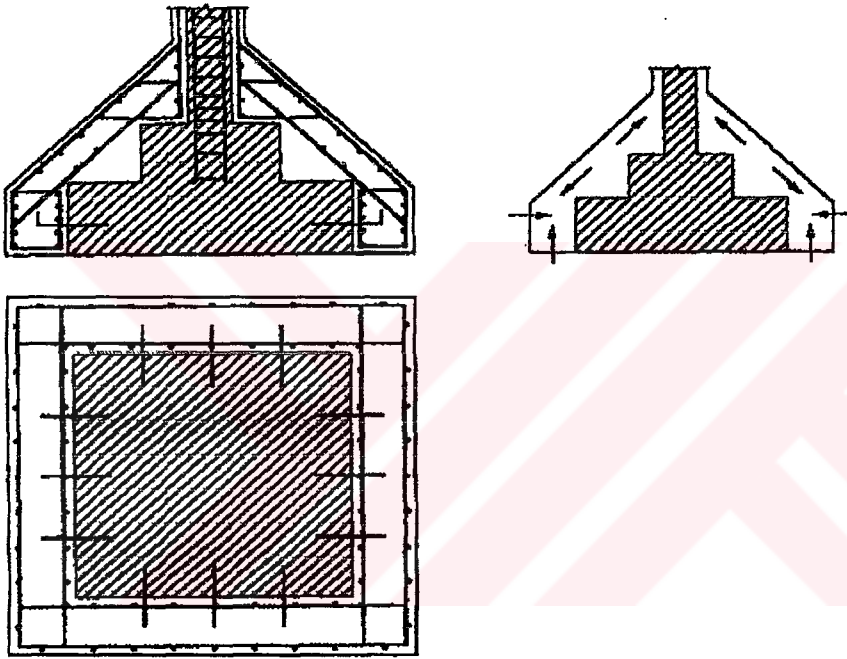
Temel yapılarının onarım ve güçlendirilmesi, mevcut temel yapısını güçlendirerek, yeni temel yapısı ekleyerek veya temel altında daha iyi taşıma gücü için zemini iyileştirerek gerçekleştirilir. Mevcut temellerin güçlendirilmesi temelin oturma alanını artırmak için temel boyutlarını büyütmeyi gerektirir.

Güçlendirilmiş bir kolon halinde güçlendirilmiş kısma gelen zemin basıncı doğrudan doğruya mevcut temel gövdesine aktarılmalıdır. Bu mevcut kolonun uçları altına bir çelik profil ekleyerek gerçekleştirilebilir. Uygun ve yeterli donatı yeni eklenen temel gövdesinin içerisine yerleştirilmelidir.

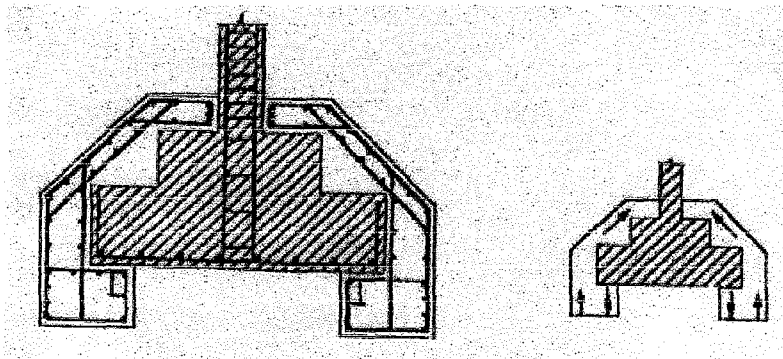
Yeni temellerin eklenmesi yeni deprem perdelerinin veya benzer elemanların inşa edildiği binalarda zorunlu olur. Deprem perdesinin uçtaki düşey ana donatısının temellere ankrajı çok önemlidir. Bu, mevcut temelde açılmış deliklere donatının veya yeni inşa edilmiş temel kısımlarına meyilli donatı çubuklarının epoksi reçinesi ile ankre edilmesi suretiyle gerçekleştirilebilir. Donatı çubuklarının meyli, çelik levhalara uygun bağ çubukları ile kuvvetin yatay bileşenlerindeki farka mukavemet edecek uygun ve yeterli bağ çubukları ile kaynaklayarak gerçekleştirilebilir (Şekil 8.21). Devrilme momentlerinden ileri gelen eksenel momentler yeni inşa edilen temellere konulan uygun ve yeterli şekilde detaylandırılmış donatı tarafından karşılanmalıdır. Duvar kesme kuvvetleri temellere yeterli derecede ankre edilmiş gövde donatısı ile aktarılmalıdır.

Zeminin taşıma gücünü artırmak amacıyla iyileştirilmesi ince daneli zeminler halinde sıkıştırma harcı ile veya nispeten geçirgen granüler malzeme halinde kimyasal sağlamlaştırma (katılaştırma) ile gerçekleştirilebilir. Sıkıştırma harcı kullanılması zeminin yoğunlaşmasını temin eder. Dolayısıyla sıvılaşma potansiyelini azaltır. Granüler zeminlerde kimyasal sağlamlaştırma yolu ile kohezyon temini de sıvılaşma potansiyelini azaltır. Genellikle çerçevelerden oluşan çerçeve sistemlerinin perdelerle güçlendirilmesine gidilir. Ancak; perdeler rijitlikleri nedeniyle deprem kuvvetinin önemli bir kısmını alırlar. Buna karşılık sistem yükünü aldıktan sonra ilave edildikleri için, normal kuvvetleri kendi ağırlıklarından

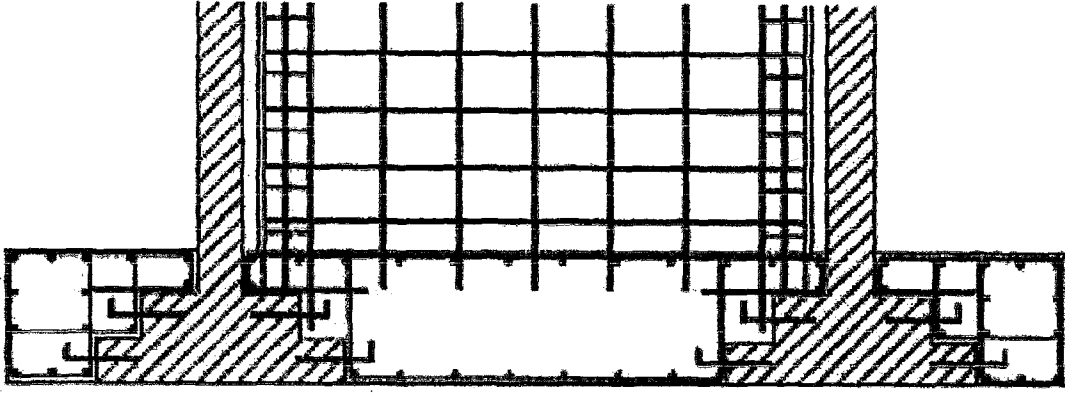
ibarettir. Sadece yeni olarak gelecek hareketli düşey yüklerin taşınmasında yardımcı olurlar. Bu tür normal kuvveti küçük, eğilme momenti büyük olan perdelere temel düzenlenmesinde, ortaya çıkan büyük çekme gerilmelerinden dolayı zorluklar meydana gelir. temelin çekme gerilmesi almadığı kabul edilerek temelin bazı bölgelerde zeminden yerel olarak ayrıldığı kabulü yapılması gerekli olur. Temeli kalın yaparak bu bölgeleri sınırlandırmak mümkün olabilir. Bunun yanında, daha etkili bir çözüm, komşu kolonları da içerecek şekilde sürekli veya plak temel düzenlenmesidir. Bu suretle kolonların normal kuvvetlerinden faydalanılarak perdeye komşu tekil temeller birleştirilerek büyük bir perde temeli yapılması gerekebilir (Şekil 8.22).



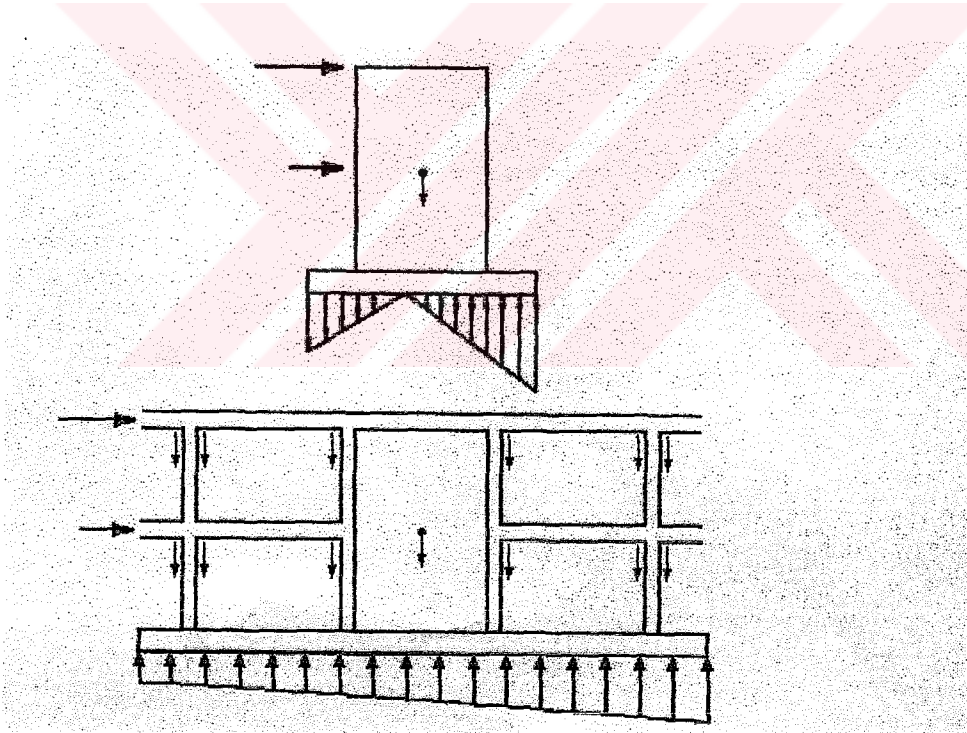
Şekil 8.19 Temel alt seviyesine inilmeden temelin güçlendirilmesi.



Şekil 8.20 Temel alt seviyesine inilerek temelin güçlendirilmesi.



Şekil 8.21 Güçlendirme perdesi temeli.



Şekil 8.21 Normal kuvveti düşük perde temelinin oluşturulmasında komşu kolonların normal kuvvetlerinden faydalanılması.

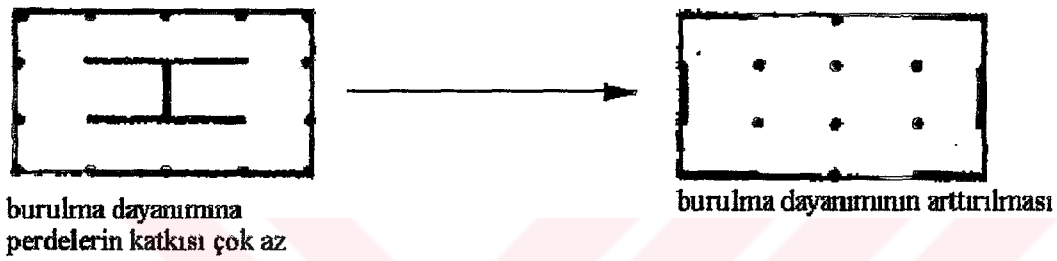
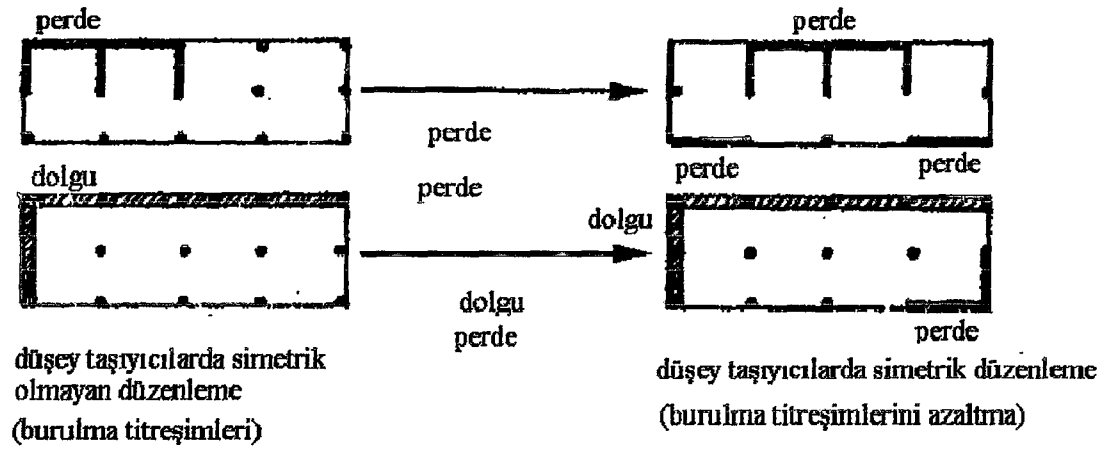
9. YENİ TAŞIYICI ELEMANLAR İLAVE EDİLEREK SİSTEMİN GÜÇLENDİRİLMESİ

Mevcut binaya yeni yapısal elemanlar ve alt sistemler dahil etme yapıların sismik direncini arttırmada en etkili metottur. Binayı depreme karşı güçlendirmede yeni ve eski elemanların uyum ve birleşimi önemlidir (Ignatiev, 1998).

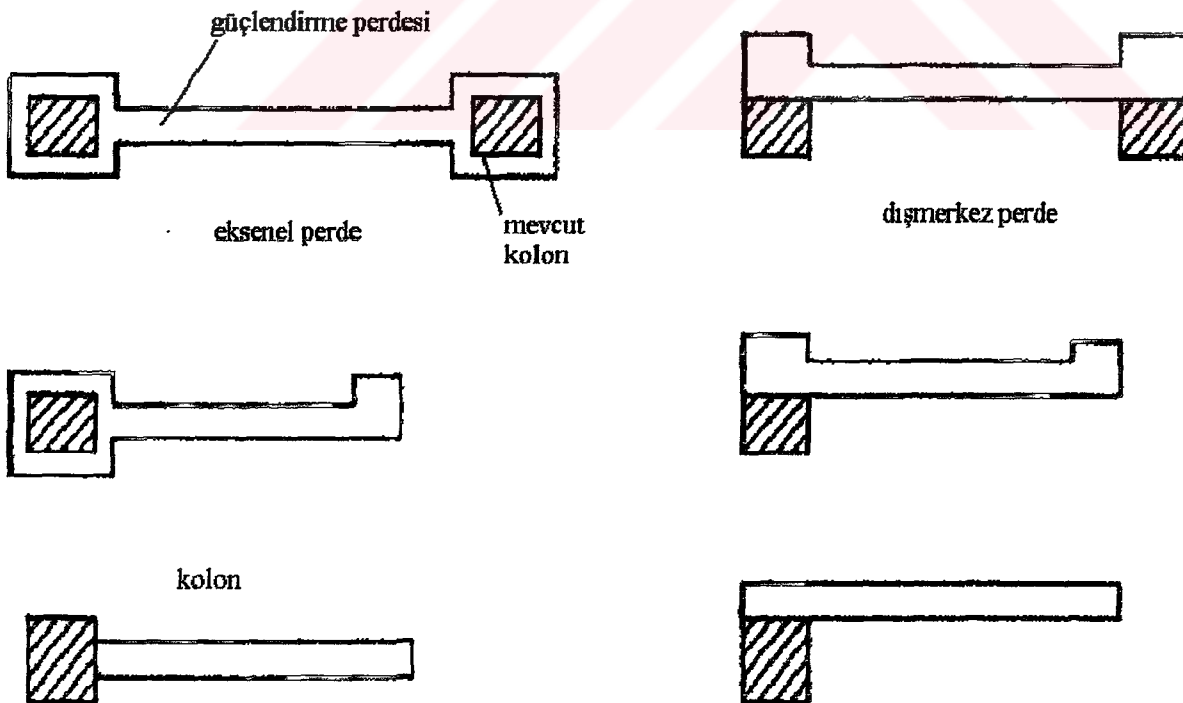
Yapının yanal rijitliği çok yetersizse, kolon ve kirişlerin uç bölgeleri sık etriye ile sarılmamışsa bu elemanların onarım ve güçlendirilmesi pratik ve ekonomik olmaz. Bu gibi durumlarda sistemin yatay yük taşıma kapasitesi yeni taşıyıcı elemanlar eklemek suretiyle artırılabilir. İlave elemanlar, uygun bir projelendirme ile deprem yüklerinin büyük bir kısmını karşılayarak mevcut sistemin yükünü önemli derecede azaltırlar. Deprem yüklerinin tamamını karşılayacak şekilde ilave eleman koymak da mümkündür. Yapının taşıyıcı sistemine, planına ve hasar durumuna bağlı olarak ilave elemanların tip, sayı ve boyutları seçilebilir. Yatay yükler için rijitlikleri eski yapınıniki ile yaklaşık aynı mertebeden olan elemanlar ilave edilebileceği gibi rijitliği eski elemanlara göre çok yüksek olan deprem perdeleri de ilave edilebilir. Mevcut yapıya yeni taşıyıcı elemanların ilave edilmesi tüm sistemin deprem davranışını değiştirir. Güçlendirme için öngörülen yeni elemanlarla sistemin rijitliği arttırılacağı için genellikle deprem kuvvetleri de artar ve etkiler, sistemde değişik bir dağılımla ortaya çıkar. İlave elemanların yapı içinde üniform ve uygun şekilde dağıtılmalarıyla etkilerin belirli bir bölgede yığılması ve istenmeyen burulma etkilerinin oluşması önlenmiş olur (Demir, 1999).

9.1 İlave Betonarme Perdelerle Güçlendirme

Depreme karşı taşıyıcı sistemin güçlendirilmesinde, yeni perdeler ilave etmek en iyi yöntemdir. Perdelerin yerleri, deprem yükleri altında ek burulma momenti meydana getirmeyecek, kütle ve rijitlik merkezlerini mümkün olduğunca birbirine yaklaştıracak şekilde seçilmelidir. Perdelerin yerleşiminin burulmaya etkisini 'Şekil 9.1' de görmek mümkündür. Mukavemet ve/ veya düktilite kapasiteleri küçük olan elemanlarda büyük kuvvetlerin toplanması önlenmelidir. Bunun için güçlendirme elemanları yapı içinde üniform ve uygun şekilde dağıtılmalıdırlar. İlave perdelerin yerleri, mevcut perde ve kolon düzeni dikkate alınarak belirlenmelidir. İki kolon arasında olması tercih edilmekle beraber, bazı durumlarda kolona bir taraftan birleşmesi de kabul edilebilir. Hiçbir kolona bitişik olmayan doğrudan döşemeyi delip geçen perde, perde- döşeme arasında çok büyük gerilme yığılmaları oluşacağı için kabul edilmemelidir (Şekil 9.2).



Şekil 9.1 Perdelerin yerleşiminin burulmaya etkisi.

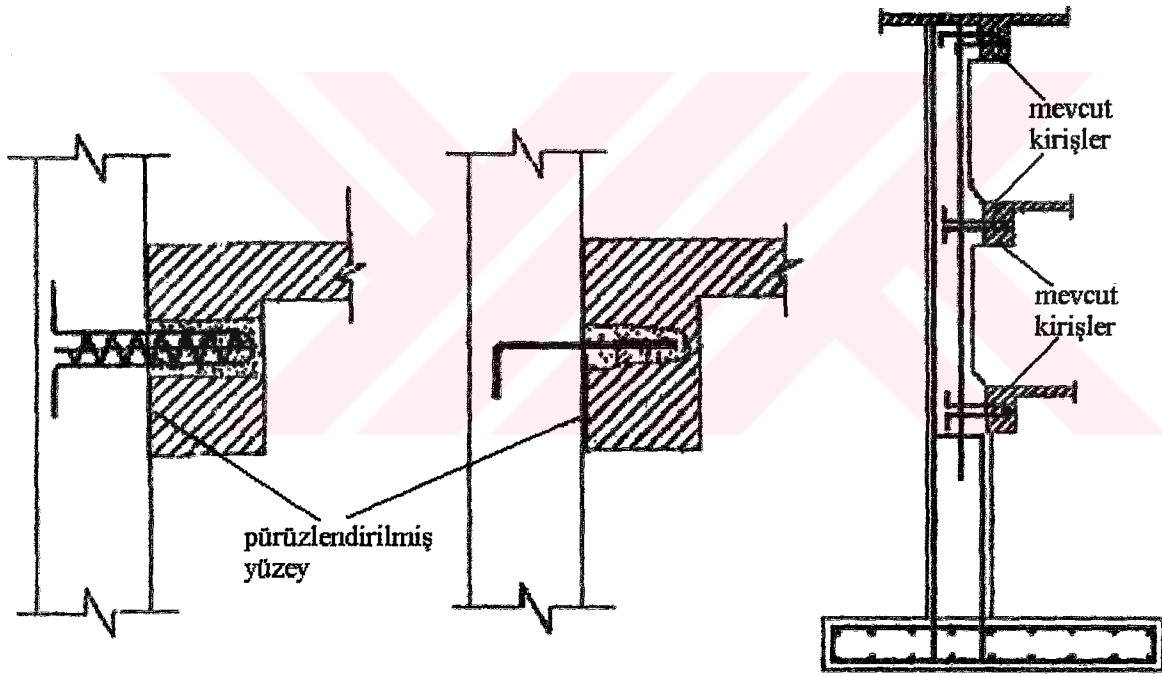


Şekil 9.2 Binaya eklenebilecek değişik perde türleri.

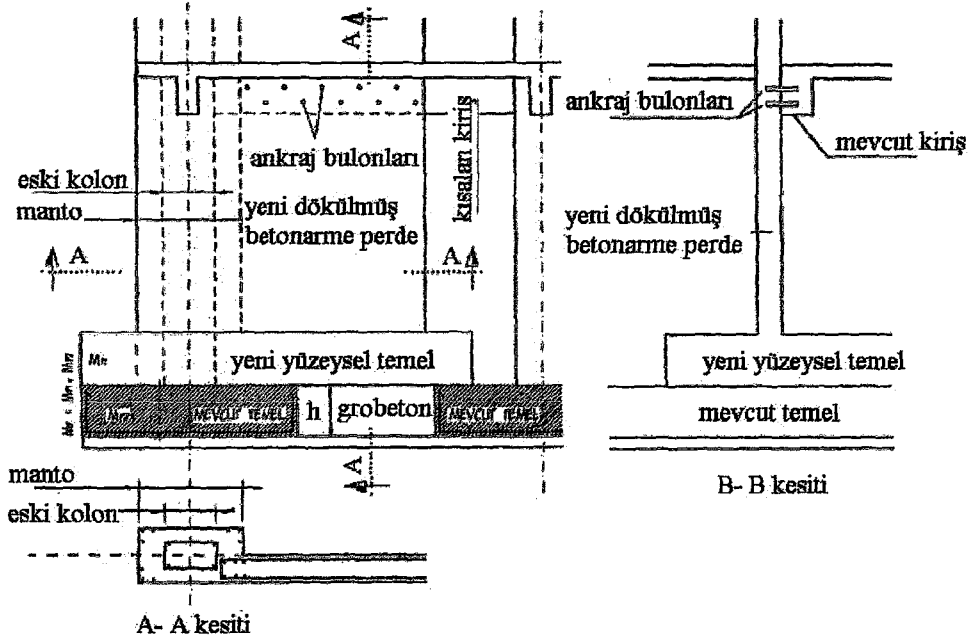
Perdeleri aşağıdaki şekillerde incelemek mümkündür.

9.1.1 Dış Betonarme Perdeler

Bina dışına yerleştirilen perdeler, iç hacimleri bozmayacağından mimari açıdan tercih edilir. Pencere yüzünden dolu perde yapmak zor olduğundan ancak boşluklu perde yapılabilir. Dolu perdelerle oranla daha sünek olmalarına karşın inşaatı ve donatı detayları daha fazla özen ister. Binanın cephesinde balkon bulunması güçlendirme perdesinin düşey sünekliğinin oluşturulmasında zorluklar çıkarır (Şekil 9.3). Mevcut kolon ve kirişlerle bağlantılarının yapılarak sistemin bütünleşmesi sağlanmalıdır (Şekil 9.4). Komşu kolonların mantolanarak perde ile birleştirilmesi tavsiye edilir. Eğer böyle bir durum söz konusu olmazsa, kat seviyesindeki kirişlere yapılacak bağlantılarla perdenin mevcut sistemle bütünleşmesi gerekir. Yeni perdenin temeli mevcut temeller kullanılarak veya yeni temel eklenerek oluşturulabilir.



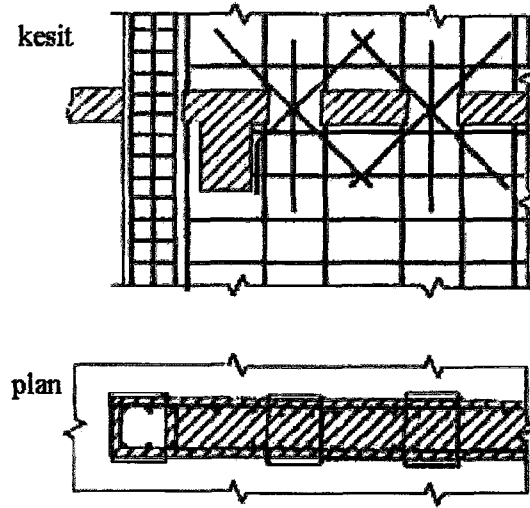
Şekil 9.3 Dış perdelerin mevcut kirişlere bağlanması.



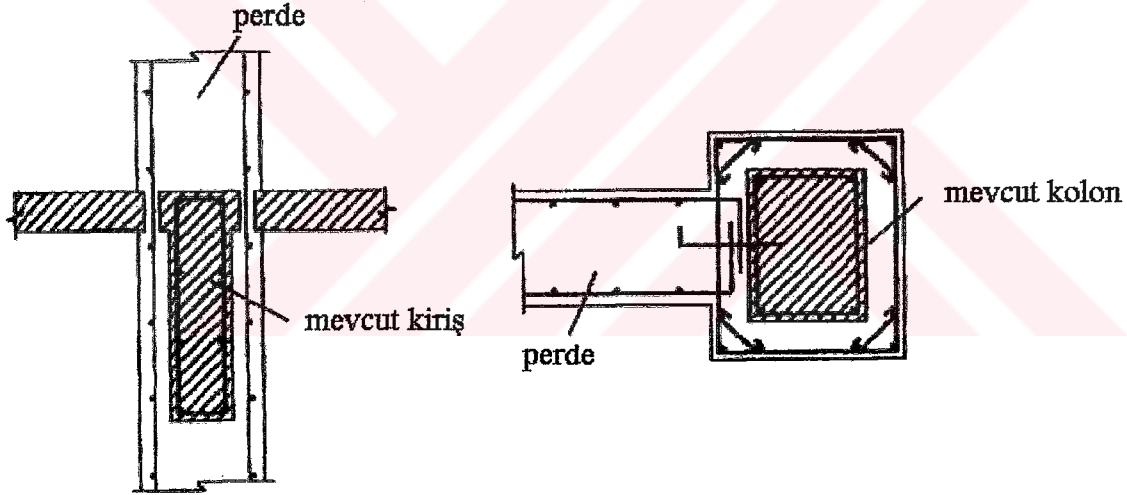
Şekil 9.4 Çerçevenin yanına perde duvar eklenmesi.

9.1.2 İç Betonarme Perdeler

Binanın iç kısımlarında bulunurlar. Sisteme bütünleşmesi bakımından dış betonarme perdelerde olduğu gibi iki yandaki kolonların mantolanarak perde ile birleştirilmesi tavsiye edilir. Kapı ve pencere boşluğu bulunması durumunda perde bir uçtan komşu kolona bağlanırken diğer taraftan perde için bir uç bölgesi oluşturulur. Kat döşemelerinin perde hizasındaki kısımları delinerek başlık donatılarının sürekliliği sağlanır. Bunun yanında perde gövdesinde döşemede yer yer boşluklar açılarak, hem beton dökümü için kolaylık sağlanır, hem de bu boşluklara yerleştirilecek çapraz donatılarla perdenin katlar arası bütünleşmesi daha da rahatlamış olur (Şekil 9.5). Perdenin bir ucu kolonu dört taraftan mantolayarak bağlanmıyor, sadece kolonun bir kenarı ile birleşiyorsa kolon ile perde arasındaki bütünleşmeyi kolon yüzeylerine belli aralıklarla yerleştirilecek bağ (dikiş) donatıları ile sağlamak mümkün olur (Tübitak, 1999). Kalıp perdelerin kat kirişlerini içerecek şekilde düzenlenmesi yatay kuvvet iletimini, perde donatısının sürekliliğini ve bütünleşmeyi güvenli bir şekilde ortaya çıkarır (Şekil 9.6). Ancak, bu durum perde kalınlığının büyük olmasını gerektirdiği için pek tercih edilmez.



Şekil 9.5 İç betonarme perdenin katta döşemeyi delmesi durumunda donatı düzeni.

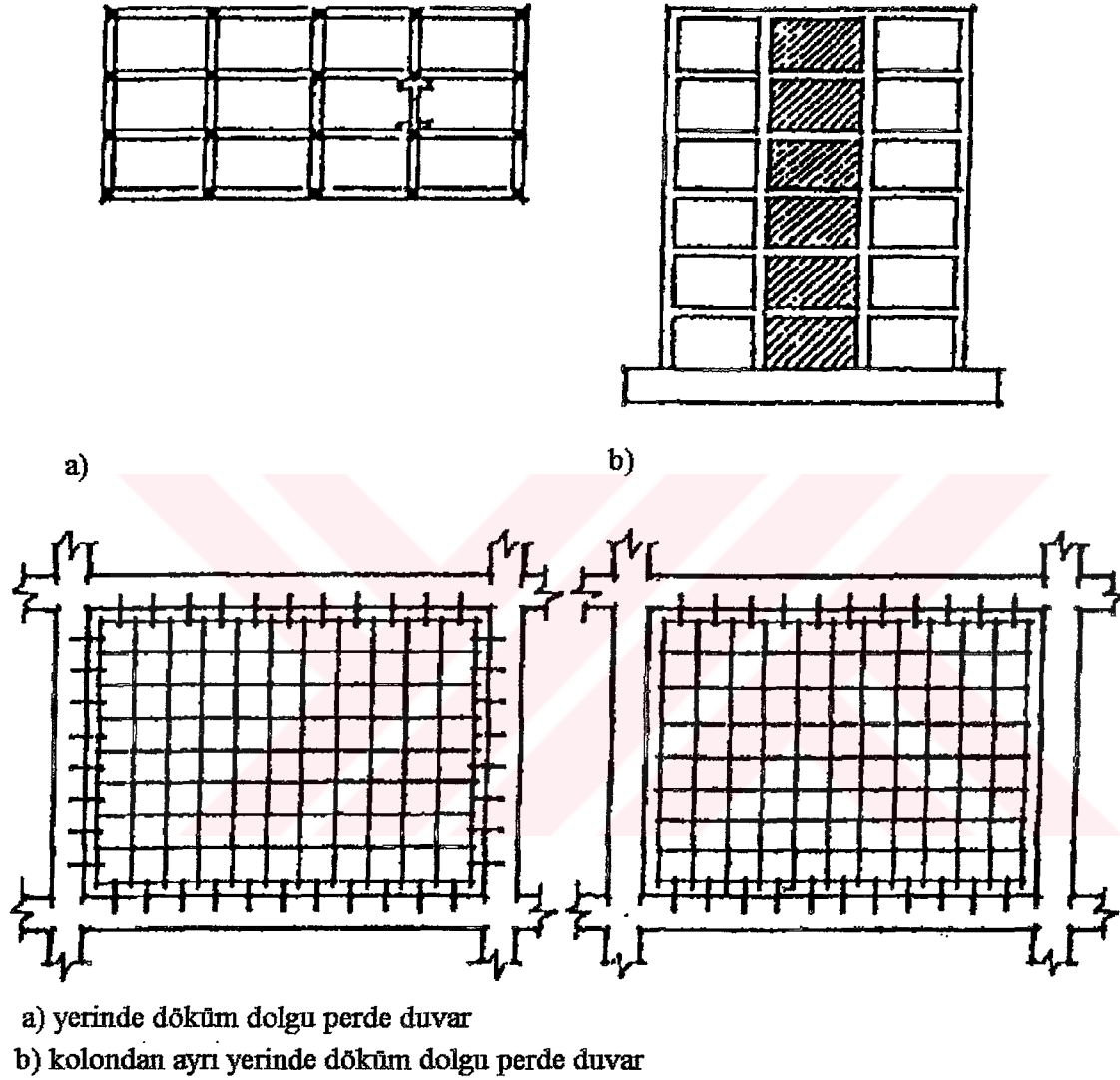


Şekil 9.6 Güçlendirme perdesinin mevcut kirişi sararak yükselmesi ve mevcut kolonu mantolayarak bütünleşmesi.

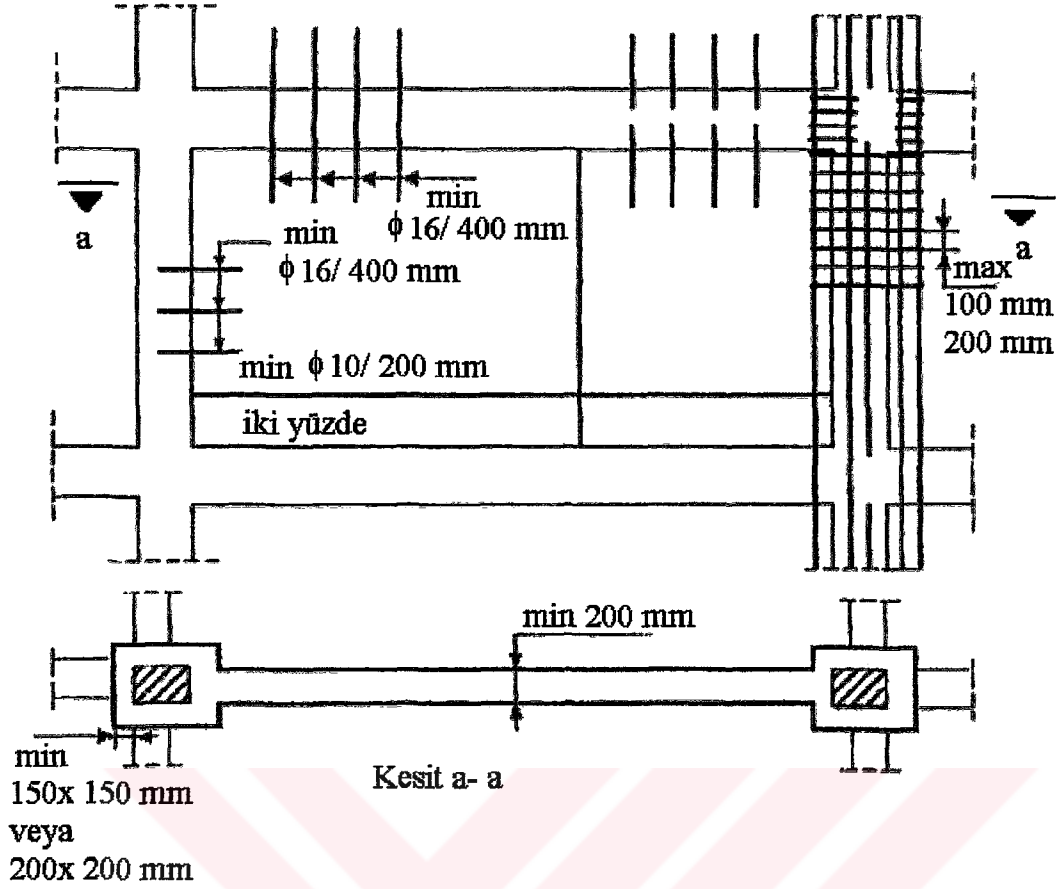
9.1.3 Eksenel Betonarme Perdeler

Mevcut kolon ve kirişlerdeki hasar az ise veya onarımla eski durumuna getirilmişse bölme duvarları donatılı betonla doldurularak güçlendirme yapılabilir (Şekil 9.7). Bu iki veya üç katlı binalarda yeterli bir güçlendirme olabilir. Böyle bir durumda kat perdelerinin komşu kiriş ve kolonlarla bütünleşmesi sağlanmalıdır. Kolon ve kirişler ile perde arasında kesme kuvvetinin iletilmesi için dikiş donatısı kullanılır. Dikiş donatıları kolon ve kirişlere epoksi ile bağlanabilir veya mevcut donatılara kaynaklanabilir (Şekil 9.8). Bu durum mevcut taşıyıcı

elemanlardaki zorlanmaların farklı değerler almasına sebep olur. Düşey yükler altında basınca çalışan bir kolon deprem yükleri altında çekme kuvveti ile zorlanabilir. Çok katlı yapılarda eksenel perde uçlarda genişletilerek kolonu sarar ve böylece perde uç donatılarının sürekliliği sağlanır.



Şekil 9.7 Dolgu duvarların donatılı betonla doldurularak güçlendirilmesi.



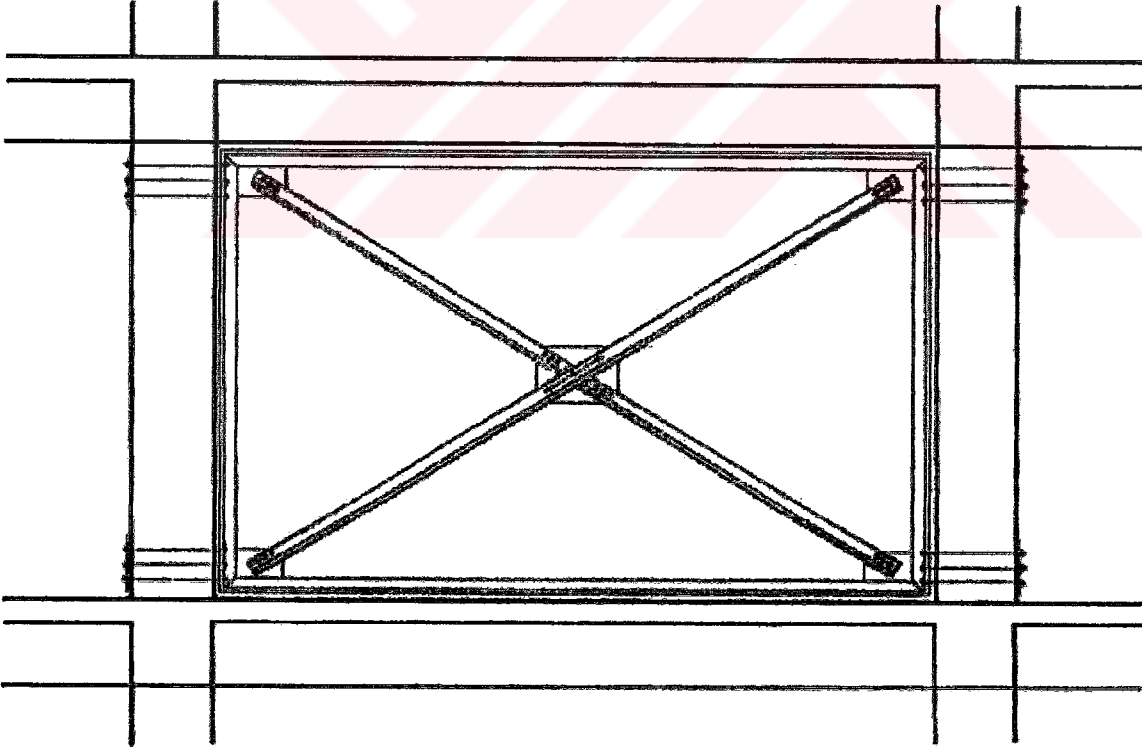
Şekil 9.8 Eksenel perde durumunda donatı düzeni.

9.2 Çelik Çaprazlarla Güçlendirme

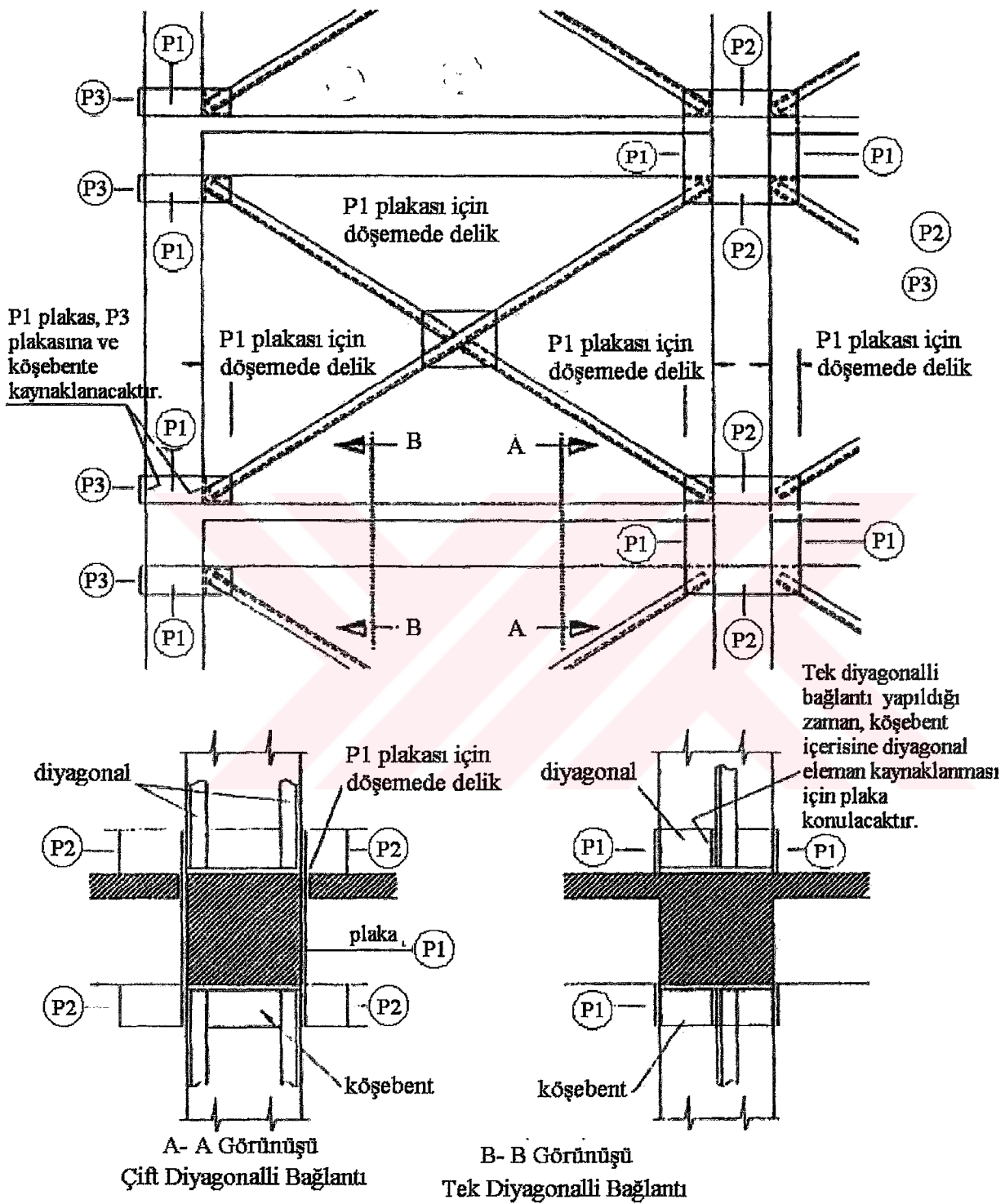
Bu güçlendirme kiriş- kolon düzlemine yerleştirilecek çaprazlar yanında kolon ve kiriş bitişik konulacak çelik elemanlarla yapılır. Çaprazlar betonarme çerçevenin içinde oluşturabileceği gibi dışında da oluşturulup ona bağlanabilir. Kolon ve kiriş bitişik olan çelik elemanlarla kuvvetin düzgün yayılı iletilebilmesi sağlanır. Çaprazlı çelik kafes sistemde kuvvetlerin kattan kata iletilebilmesi için kolona bitişik düşey çelik elemanların katlar arası sürekliliğinin sağlanması gerekir. Çelik elemanların rijitliklerinin betonarmeye göre düşük olması nedeniyle deprem yüklerinin taşınabilmesi için büyük çelik kesitlere ihtiyaç duyulur. Mevcut betonarme sistemle çelik sistemin bütünleşmesini sağlamak ve betonarme sistemde oluşan deprem kuvvetlerini çelik taşıyıcılara iletme ayrıntılı ve dikkatli bir çalışma gerektirir.

‘Şekil 9.9’ da gösterildiği gibi bulonla bağlantı olabileceği gibi, ‘Şekil 9.10’ da gösterildiği gibi kaynaklı bir bağlantı da yapılabilir. Kaynaklı bağlantı yerine bulonlu bağlantının daha iyi

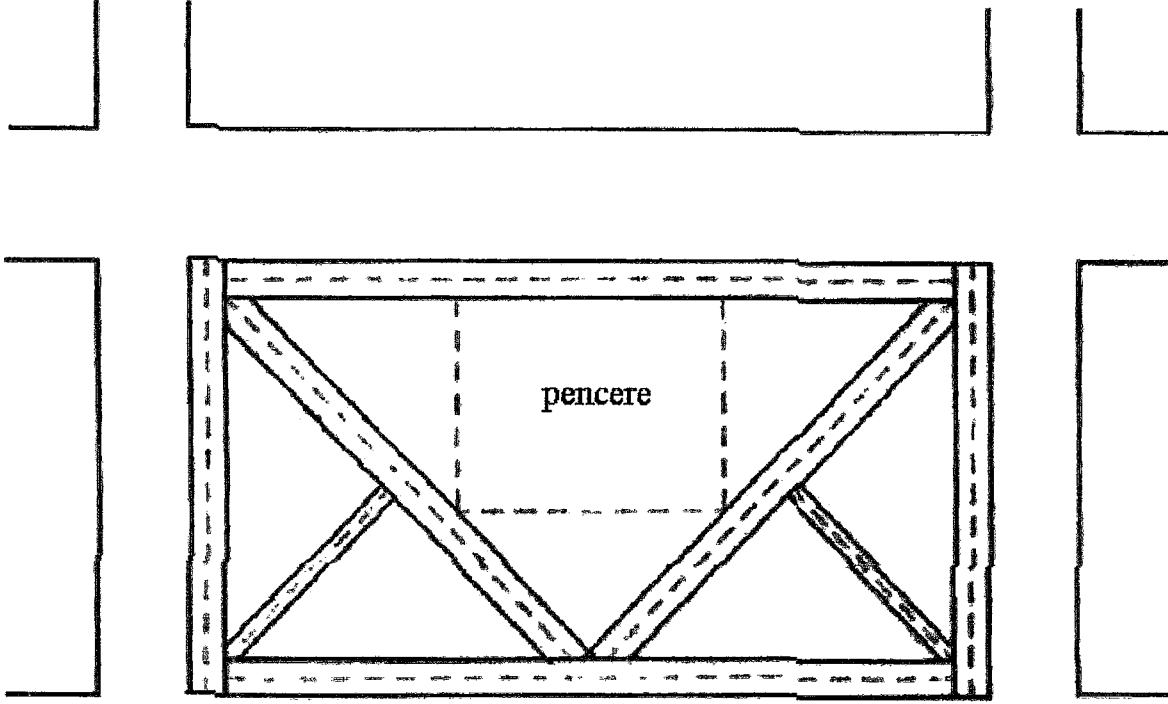
bir sıkıştırılma olanağı vardır. Bulonlu bağlantı kolonun dış yüzünde olabileceği gibi, betonarme kolon delinerek bulonlar betonarme kolonun içinden geçirilerek de yapılabilir. Çelik çerçeveler yatay kuvvet taşıma gücü bakımından betonarme perde duvarlara göre hem daha güçsüzdürler, hem de maliyetleri daha yüksektir. Ancak daha kısa sürede yapılabilmeleri ve bir deprem sonrasında acil olarak yapıların hasarlı bölümlerinin desteğe alınmasında kullanılabilme gibi üstünlükleri de vardır. Çelik çerçeve ile güçlendirmede diyagonal pencere boşluklarına uygun biçimlerde de konulabilir (Şekil 9.11). Diyagonal çelik çerçevelerin önemli bir üstünlüğü, diyagonallerin açıklıktaki pencere yada kapı boşluğu kapatılmadan yerleştirilebilmesidir. Çelik çerçeve ile güçlendirmenin önemli bir sorunu çelik ve betonarme çerçeve arasında kuvvet aktarımıdır. Bu sorunun çözümü için 'Şekil 9.12' de gösterilene benzer ayrıntılar uygulanmaktadır. Çelik çerçevenin dış çevresine kaynakla bağlanan dişler ve yine betonarme çerçeveye ankrajlanan dişlerin arasına yaklaşık 15- 20 cm kalınlığında beton dökülmektedir. Bu betonun basınç dayanımını artırmak için bu bölüme spiral donatı konulmaktadır. Spiral donatı yerleştirmek oldukça güç bir işçiliktir. Bu yöntem genellikle geniş açıklıklı betonarme çerçeveli, eski yapıların güçlendirilmesinde kullanılmaktadır.



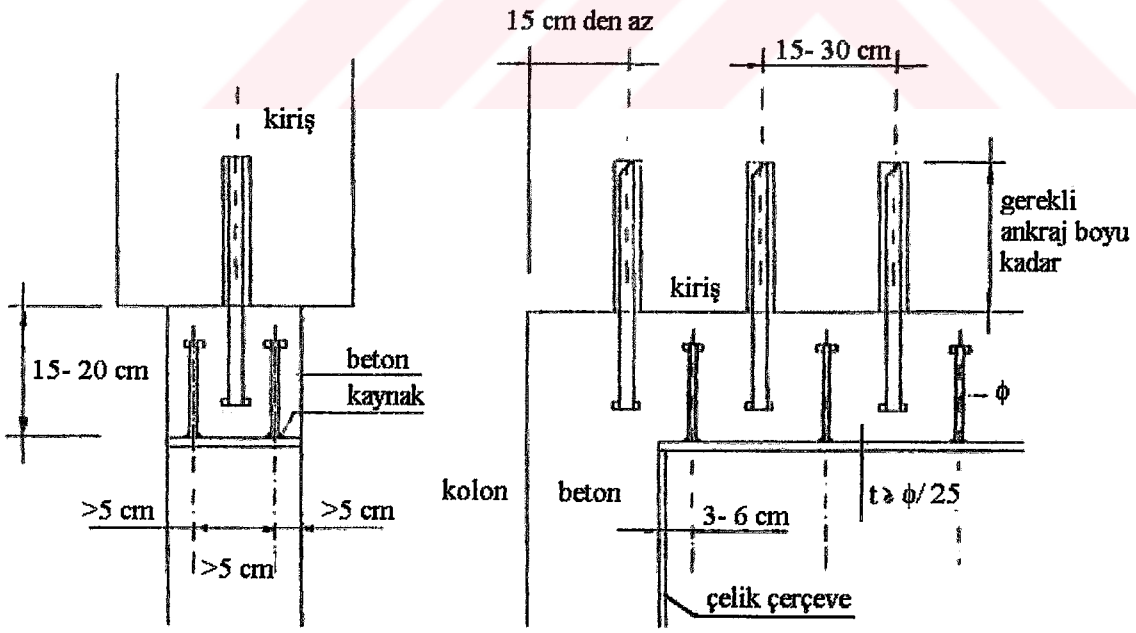
Şekil 9.9 Çerçeve açıklığına bulonlu diyagonal çelik elemanlar konulması.



Şekil 9.10 Çerçeve açıklığına kaynaklı diyagonal çelik elemanlar konulması.



Şekil 9.11 Pencereleeri kapamayan diyagonal yerleştirme biçimi.



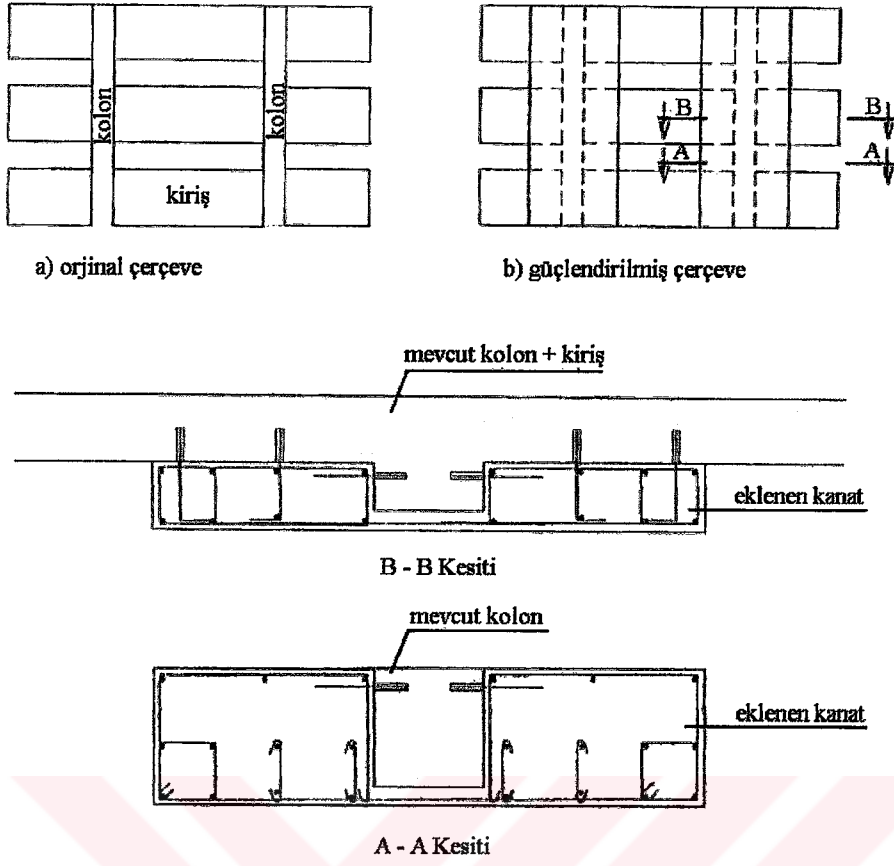
Şekil 9.12 Çelik çerçeveden betonarme elemanlara kuvvet aktarma ayrıntıları.

9.3 Kanat Duvarlar

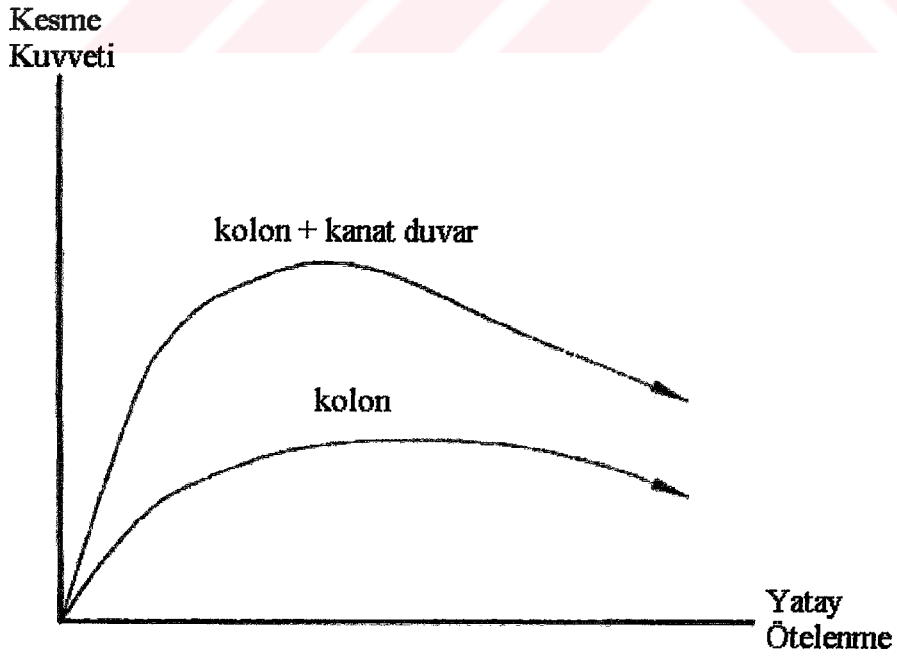
Mevcut kolonların yanal mukavemetini arttırmak için kullanılır ve simetrik olarak yerleştirilir. Güçlendirme amaçlı kullanılan kanatların projelendirilmesinde en önemli husus mevcut yapıya uygun ve yeterli birleşim bağlantılarının temin edilmesidir. Kanatlar bütün kirişlere ve temel seviyesinde iki komşu temel arasında uzanan kirişe ankre edilmelidirler. Temel seviyesindeki bu düzenleme ile duvarın bu seviyede tespit edilmesi ve devrilmenin önlenmesi amaçlanır.

Kanat eklenerek takviye edilmiş kolonlar üzerinde yapılan deneylerde kanatsız ve kanatlı kolonun yatay yükler altında davranışı incelenmiştir. Kanat eklenmiş kolonlar ya eğilme etkisinden yada kesme etkisinden kırılmaktadır. Kolonlara kanat eklenmesi ile hem moment hem de kesme kuvveti taşıma gücü 2-3 kat artmaktadır. İnce olan kanatlardaki basınç bölgesi betonunun etriyelerle kısıtlanması oldukça güç olduğu için genellikle süneklik artışları az olmaktadır. Ancak yapılan birtakım deneylerde kolona eklenen kanatlar (Şekil 9.13), kolon kalınlığında olduğu ve çekirdek betonu; etriyeler ve boyuna donatı ile iyi sarıldığı ve de eklenen bölüm ile eski bölümler arasında tam bir yapışma sağlandığı durum için yüksek süneklik gerçekleşmiştir (Bayülke, 1999). Bu nedenle kolonlara kanat eklenerek dayanım ve sünekliğin artırılması için;

- eklenen kanatlarla kolon bir perdeye dönüştürülmelidir.
- kanatların uçlarında özel olarak kısıtlanmış uç elemanları olmalıdır.
- kanatların kalınlığı uçlardaki çekirdek beton alanını etriyelerle kısıtlayabilecek kadar olmalıdır.
- kanat çekirdek beton alanı, toplam kanat alanına yakın olmalıdır.
- kanat eklenmiş kolonların davranışı başlangıçta perde duvar davranışına yaklaşmakta daha sonra kanatların hasarının gelişmesinden sonra kanatsız kolonun davranışına yaklaşmaktadır (Şekil 9.14).



Şekil 9.13 Kolonun kanat eklenerek güçlendirilmesi.



Şekil 9.14 Kanatla güçlendirmenin yatay yük altında davranışa etkisi.

10. BETONARME YAPILARDA KOROZYON HASARI VE ONARIMI

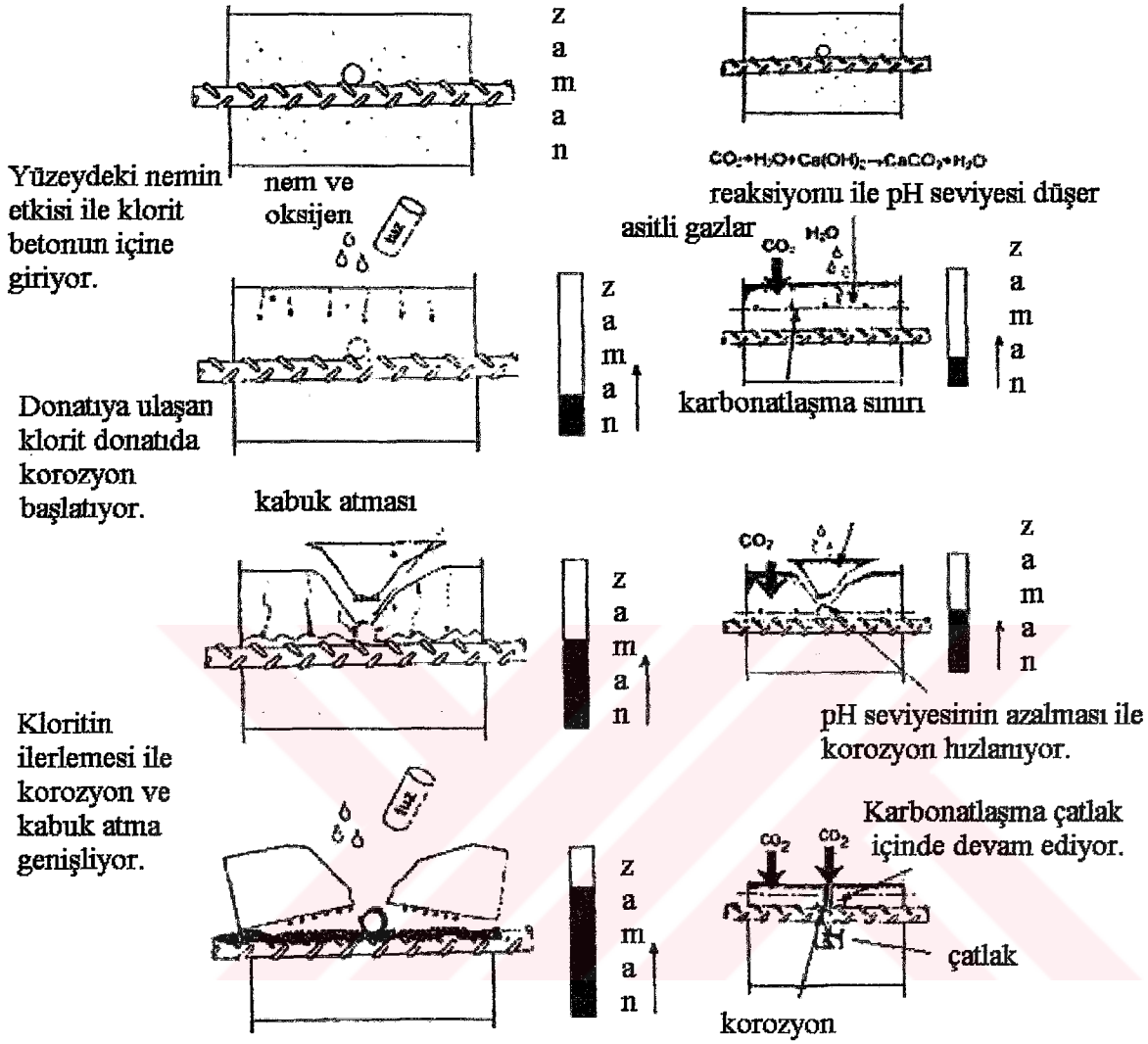
Betonarme yapılarda çeşitli nedenlerden donatıda korozyon oluşur ve elemanlarda önemli hasar meydana gelir. Zamanla bu hasar önemli seviyelere ulaşır ve alınacak önlemlerin pahalı olmasına sebep olur. Bu nedenle bu tür hasarın olabildiğince erken belirlenmesi ve önlem alınması önemlidir. Donatıda korozyon esas olarak klorürlerin betona nüfuz etmesi veya beton yüzünde karbonatlaşmanın oluşmasıyla meydana gelir.

Betonun, klorür içeren deniz suyu veya buz çözücü tuzla temas etmesi sonucu; klorür, içeri doğru nüfus eder. Klorürün ilerlemesi; klorür miktarına, betonun geçirgenliğine ve ortamda mevcut nem miktarına bağlı olur. Donatıya erişen klorürle beraber, oksijenle nemin bulunması donatıda korozyonun başlamasına sebep olur. Korozyon sonucu genişlemek isteyen donatı, çevresindeki betonda çatlamaya ve kabuk atmasına sebep olur. Çatlama ve kabuk atması, elemanın yüklü olması durumunda daha da çabuklaşır. Bunun sonucu donatıya; korozyona sebep olan tuz, nem ve oksijen daha kolay ulaşacağı için olay ayrıca hızlanır ve beton yüzünden daha derinde bulunan donatılarda da korozyon başlar. Bunun yanında betonun pH değerinin düşük olması, korozyonun başlamasında etkili olur (Şekil 10.1)

Betonun agregasında bulunan klorür de korozyonun içten başlamasına neden olur. Klorür, agreganın veya beton karışım suyunun kendi bileşiminde bulunabildiği gibi, deniz kumunun yıkanmadan doğrudan kullanılması durumunda betonun bileşimine girebilir. Klorür, asitle çözülebilir durumda bulunduğu gibi, daha tehlikesi su ile çözülebilir ve kolayca korozyona sebep olabilecek durumda da bulunabilir. Korozyon işleminde klorür işleme giremez, sadece katalizör olarak etkili olur. ACI 201.1R' de Tablo 10.1' de verilen üst sınırlar öngörülmüştür.

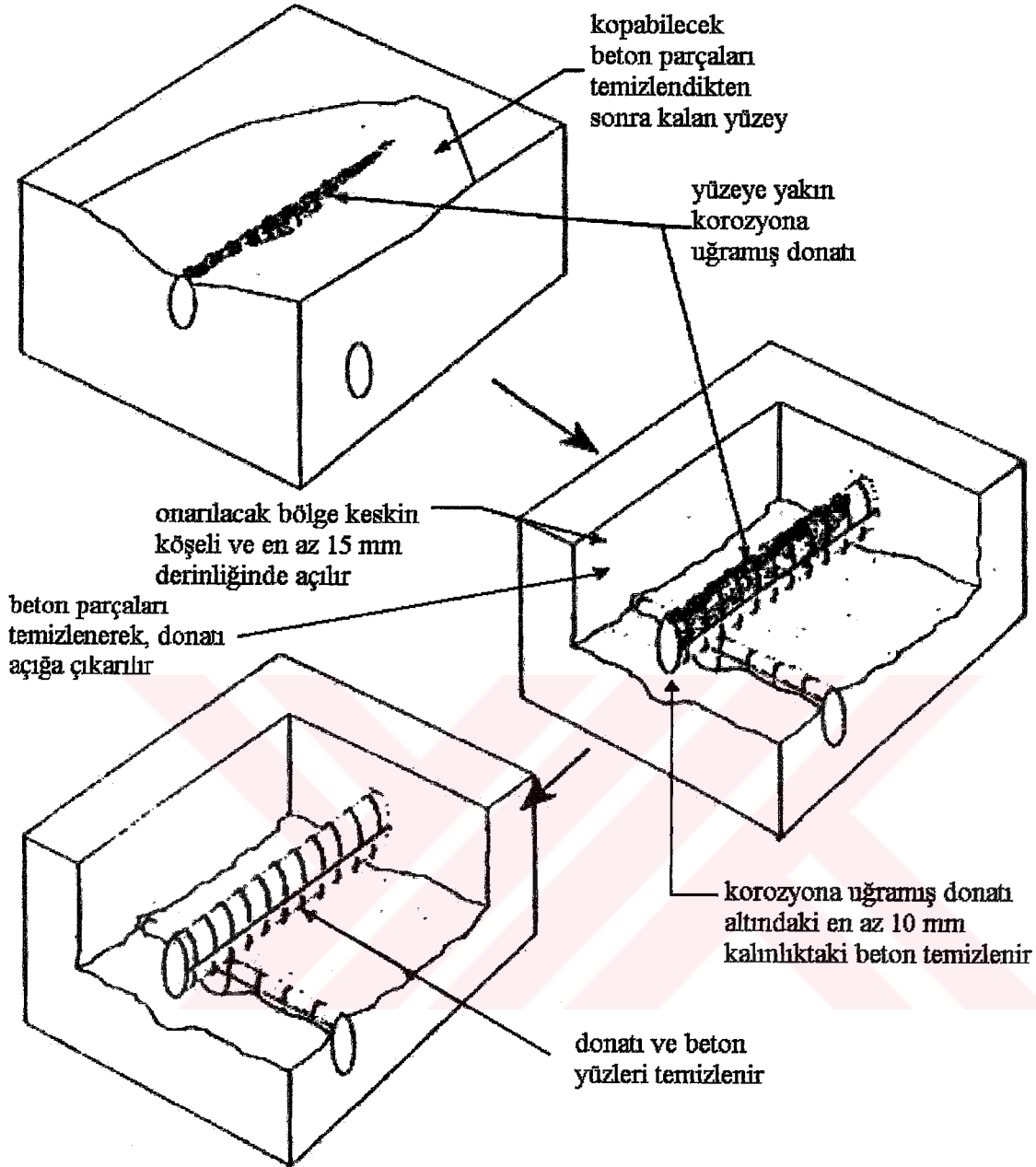
Betonun karbonatlaşması, atmosferde bulunan asitli gazların ve çimento hidratasyonunda oluşan bileşiklerin reaksiyonu sonucu meydana gelir. Normal havada % 0.03 gibi oldukça düşük oranda karbondioksit gazı bulunur. Bu oran endüstriyel ortamlarda daha yüksektir. Karbondioksit betonun boşluklarından içeri girerek, boşluk suyunda çözünmüş olan kalsiyum hidroksitle (CaOH) oluşturduğu reaksiyonla betonun pH seviyesini düşürür.

Karbonatlaşan betonun yüzeyi sertleşir ve betonun donatıyı koruması azalır. Nüfuz eden oksijen ve nem sonucu donatıda korozyon başlar. İyi betonda karbonatlaşma işlemi çok yavaştır. Ayrıca; olayın oluşması için, nem seviyesinin nem ile kuruluk arasında periyodik değişmesi gerekir. Betonun sürekli su içinde kalması karbonatlaşmaya sebep olmaz (Şekil 10.1). Betonarme elemanlarda derz bulunması veya gerilme sonucu oluşan çatlaklar korozyonun hızlanmasına sebep olur (Celep, Kumbasar, 2000).



Şekil 10.1 Betonarme elemanlarda korozyon ve karbonatlaşma hasarının zamanla oluşması.

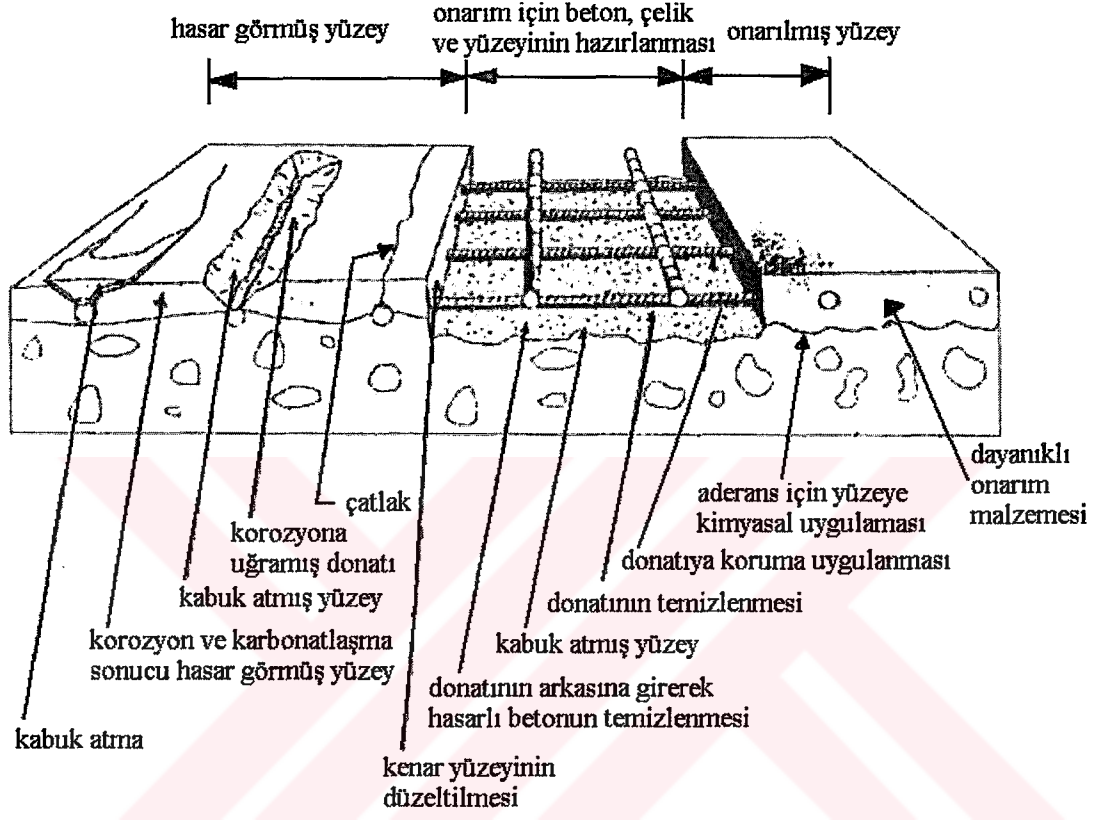
Korozyona uğramış donatının ve kabuk atmış yüzeyin onarılmasında, işlemin özenle yapılması önemlidir. Sadece bir sıva ile geçiştirilmesi, korozyonun iç kısımda devam etmesine sebep olur. Donatıda çap küçülmesi devam ederken bir müddet sonra betonun kabuk atmasıyla hasar daha ağır bir şekilde ortaya çıkar. Onarım için; donatının korozyondan temizlenmesi, beton yüzeyinin hazırlanması ve tamir harcı gibi uygun onarım malzemesinin kullanılması gerekir (Şekil 10.2 ve Şekil 10.3)



Şekil 10.2 Korozyon hasarına uğramış betonarme elemanda onarım.

Korozyonun başlaması ve ilerlemesinde, betonarme elemanın bulunduğu ortamdaki nem ve oksijen etkili olur. Alınacak önlemler yanında ortamın kuru tutulması da önemlidir. Bunun yanında yeni yapılarda seçilecek beton kalitesinin dayanım ilkeleri yanında geçirgenlik özellikleri de göz önünde bulundurularak seçilmesi gerekir.

Korozyonun ileri durumlarında, donatı kesiti küçülebilir ve elemanın taşıyıcılık güvenliği zayıflayabilir. Bu durumda kolonlarda mantolama işlemi bir çözüm olabilir. Eğer bu korozyon örneğin binanın bodrum katında çok yaygınsa, bu katta çevre perdesi yapılması da tavsiye edilebilir.



Şekil 10.3 Korozyon hasarına uğramış betonarme döşemede onarım.

Çizelge 10.1 Maksimum Cl sınırı

Kullanım Durumu	Çimento ağırlığına göre % olarak Cl sınırı
Öngerilmeli Beton	0,06
Klorüre maruz olan ve nemli ortamda bulunan yerinde dökme beton	0,10
Klorüre maruz olmayan ve nemli ortamda bulunan yerinde dökme beton	0,15

11. ONARILMIŞ/ GÜÇLENDİRİLMİŞ YAPI SİSTEM VE ELEMANLARININ DAVRANIŞLARI HAKKINDAKİ DENEY SONUÇLARI

11.1 Onarılmış/ Güçlendirilmiş Kiriş Deneyleri

Bu grupta iki tür onarım/ güçlendirme yöntemi uygulanmıştır.

11.1.1 Betonarme Katmanla Güçlendirme

Bu deney dizisinde kirişin eğilme kapasitesini arttırmak için çekme yüzüne betonarme bir katman eklenmiştir. Kaynaşma mevcut etriyelerle kaynaklanan U biçimindeki etriyelerle ve Z çubukları ile sağlanmıştır.

Deneyler sonucunda, gerek onarım olsun gerek güçlendirme olsun, eklenen katmanın referans olarak kullanılan monolitik (bir döküm) kiriş kadar iyi davrandığı gözlenmiştir. Yük altında onarılan kiriş bile iyi davranmış monolitik referans elemanının kapasitesinin % 90' ının alınması önerilecektir. Rijitlik için de benzer bir oran kullanılabilir (TÜBİTAK, 1999).

11.1.2 Kirişe Yapıştırılan Çelik Plakalarla Yapılan Onarım/ Güçlendirme

Bu deneyde iki önemli sonuç elde edilmiştir.

- Çelik plakalar aynen betonarme donatı gibi teorik olarak gereksinme duyulmayan noktadan kiriş derinliği kadar uzatılıp kesilmelidir.
- Çelik plaka uçları bir kelepçe ile kiriş gövdesine bağlanmalıdır (TÜBİTAK, 1999).

11.2 Mantolu Kolon Deneyleri

Mantolu kolon deneyleri iki grupta irdelenebilir.

11.2.1 Eksenel Yüklü Mantolu Kolonlar

Hasar görmüş ve görmemiş kolonlara betonarme manto yapıldıktan sonra bunlar eksenel yük altında denenmiştir. Hasar görmüş olanlar 'onarım', görmemiş olanlar ise 'güçlendirme' mantosu olarak adlandırılmıştır. Bazı kolonlara manto yük kaldırıldıktan sonra uygulanmış, bazılarında ise yük altında yapılmıştır.

Yük altında yapılan onarım dışında tüm mantolu kolonlar monolitik referans elemanına yakın bir davranış sergilemiştir. Güçlendirme mantosunun taşıma gücü monolitik olarak hesaplananın % 90' ı olarak alınabilir. Onarım mantosu yük kaldırıldıktan sonra yapılmışsa, monolitik olarak hesaplanan taşıma gücünün % 80' i alınmalıdır. Onarım yük altında yapılmışsa, kapasite hesabında salt manto dikkate alınmalıdır. Onarım mantosunda, monolitik

rijitliğin % 80' i alınmalıdır.

11.2.2 Eksenel Yük Ve Eğilme Altında Denenen Mantolu Kolonlar

Bu dizide; manto, yük kaldırıldıktan sonra yapılmıştır. Eğilme momenti bazı deneylerde monolitik olarak (aynı yönde, sürekli) bazı deneylerde ise tersinen tekrarlanan bir düzende verilmiştir.

Genelde onarım mantolarının dayanımı, güçlendirme mantolarına göre daha düşüktür. Tersinen- tekrarlanan yük altında deformasyon kapasitesi daha sınırlı olmaktadır. Deney sonuçlarının ışığında şu öneriler yapılabilir.

- Güçlendirme mantoları (hasarsız) monolitik referans elemanlarının taşıma gücünün % 90' ına ulaşabilmektedir.
- Onarım mantoları (hasarlı) için taşıma gücü hesaplanırken, monolitik olarak hesaplanan kapasitenin % 80' inin alınması önerilebilir.
- Mantolanmış kolonların deneyde gözlenen sünekliği oldukça yeterlidir. Ancak bu gözlem yanıltıcı olabilir. Deney elemanlarının kesit boyutları küçük olduğundan süneklikle ilgili bir yargıya varmak zordur.
- Hasarsız olarak mantolanmış (güçlendirme) kolonun rijitliği, monolitik olarak hesaplanan rijitliğin yaklaşık % 90' ıdır.
- Hasarlı olarak mantolanmış (onarım) kolonun rijitliği, monolitik olarak hesaplanan rijitliğin % 70' i dir.

11.3 Dolgu Çerçeve Davranışı

Dolgu çerçeve deneyleri depremi çağrıştıran tersinen- tekrarlanan yükler altında yapılmıştır. Bu deneyleri üç ana gruba ayırmak mümkündür.

11.3.1 Kuvvetli Çerçeveyle Oluşturulan Dolgulu Çerçeveler

Beton dayanımı iyi, donatı detayı yönetmeliğe uygun hasar görmemiş çerçevelere yerleştirilen ve çerçeveye bağlanan betonarme perdeler olarak ifade edilebilir. Yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar şöyle özetlenebilir (Ersoy, Tankut, 1999).

- Dolguda, iki sıra birbirine dik donatının en uygun donatı düzeni olduğu saptanmıştır.
- Çerçeve- dolgu bağlantısı için en uygun yöntem, çerçeve elemanlarında hilti ile açılan deliklere filiz yerleştirmek ve filizleri epoksi ile kenetlemektir.
- Dolgunun iki yanında yer alan kolonlardaki boyuna donatı oranı, dolgulu çerçevenin

eğilme kapasitesini tayin etmek için en önemli parametredir.

11.3.2 Delikli Tuğla Duvar Dolgulu Çerçeveler

- Delikli tuğla, deliksiz tuğla gibi ani ve gevrek kırılmamakta, katmanların değişik aşamalarda kırılması bir süneklik sağlamaktadır.
- Duvarın iki yanına yapılan sıva, hem dayanımı hem de rijitliği önemli ölçüde etkilemektedir (Ersoy, Tankut, 1998).

11.3.3 Zayıf Çerçevelerle Oluşturulan Dolgulu Çerçeveler

En önemli zayıflığın kat düzeyinde kolon boyuna donatısında yapılan ve yetersiz boya sahip bindirmeli eklerde olduğu gözlenmiştir. Beton dayanımının düşüklüğü, kolon ve kiriş uçlarının sarılmaması ülkemizdeki yapılarda yaygın olarak gözlenen zayıflıklardır (Ersoy, Tankut, 1998).



12. BETONARME BİR YAPIDAKİ GÜÇLENDİRME İNCELEMESİ

12.1 Bina Tanıtımı



İnceleme konusu olan binamız İstanbul ilinin Kadıköy ilçesinin Sahrayıcedit semtinde bulunmaktadır. İstanbul/Kadıköy ilçesi 1. derece deprem bölgesi kuşağında bulunmaktadır. Bina 1977 yılında yapılmıştır.

Binanın mevcut mimari ve betonarme projeleri banka tarafından tarafımıza verilmiştir. Yapılan incelemelerde verilen projelerin mevcut durumla genel olarak uyduğu saptanmıştır. Ancak bodrum katta dolu görülen ön kısım sonradan açılmış yada projesine uyulmamıştır. Zemin katta da bazı ufak mahallat değişiklikleri yapılmıştır.

Bina bir bodrum, zemin, ve yedi normal kattan oluşmaktadır. Binada tüm kat yükseklikleri 2.80 m dir. Bodrum katta kalorifer dairesi ve sığınak vardır. Zemin katta kapıcı dairesi, iki adet lojman ve dükkan vardır. Ancak bu dükkan depo gibi kullanılmaktadır. Normal katlarının tamamı her katta 4 daire olmak üzere lojman olarak kullanılmaktadır. Yapının mevcut betonarme kalıp planları ekte sunulmuştur.

Binada yapılan incelemede statik yönden herhangi bir hasar gözlenmemiştir. Ancak bodrum katta bazı donatıların açığa çıktığı ve korozyona uğradığı görülmüştür.

Yapılan analizlerde mevcut yapı elemanlarının beton kalitesi ve mevcut betonarme çelik miktarı ile deprem yükleri altında, kapasitelerini aşmaktadır. Yapı gerek projelendirme, gerekse detaylandırma açısından ABYYHY 97 kriterlerine uymamaktadır.

Yapının taşıyıcı elemanlarının deprem etkisine gösterecekleri dayanımının tespiti amacıyla, karot numuneleri alınıp dayanım testine tabi tutulmuştur. Karot deney sonuçları ortalaması: 14.62 MPA' dır. Karot numunelerinden çıkan bu sonuçlara göre yapının beton sınıfı BS16 olarak analize katılması uygun görülmüştür.

Borum hariç binanın toplam yüksekliği 22.40 m dir. Bu nedenle eşdeğer statik deprem yükü uygulanabilir.

Beton çeliğinin mevcut projelerde nervürsüz olduğu görüldüğünden, analizlerde donatı çeliği BÇI olarak alınmıştır.

12.2 Bina Analiz Yöntemi

Bina analizinde aşağıdaki kabuller yapılmıştır.

- Malzeme BS16- BÇI
- Bina depremde enerji yitirmediği için elastisite modülünde azaltma yapılmamıştır.
- Taşıyıcı sistem elemanlarının boyutları 1977 yılında yapılmış betonarme projesinden alınmıştır.
- Binanın geometrisinin tayinde 1977 yılında yapılan mimari projeden alınmıştır.
- Yapının zemin durumu Mayıs 2004 tarihinde banka tarafından ESER TEKNİK SONDAJ T.A.Ş.'ne yaptırılan zemin etüd raporuna göre;
- Zemin sınıfı Z2
- Zemin periyotları $T_A=0.15$ sn , $T_B= 0.40$ sn
- Zemin emniyet gerilmesi= 20 t/ m² dir.
- Birinci deprem bölgesi olduğundan $A_0= 0.40$ m/ s²*g
- Yükler aşağıdaki gibi alınmıştır.

Çizelge 12.1 Döşeme yük çizelgesi.

Döşeme Kalınlığı (cm)	G (t/m ²)	Q (t/m ²)
10	0.200	0.200
12	0.200	0.200
13	0.200	0.200
14	0.200	0.200

- Deprem anında hareketli yük katılım katsayısı $n=0.30$ alınmıştır.
- Taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R=4$ (süneklik düzeyi normal) alınmıştır.
- Bina önem katsayısı $I=1.0$ alınmıştır.
- Bina analizi STA-4 CAD bilgisayar programında yapılmıştır.

12.3 Sonuç Ve Öneriler

Yukarıda verilen bilgiler ışığında aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

- Düşey yükler altında binada herhangi bir sorun yoktur. Düşey yükler binaya her an etkidiğinden ve kolonlarda herhangi bir ezilme görülmediği için bu sonuç doğaldır.
- Analizler sonucunda kolonlardaki donatılar yetersizdir.
- Deprem yükleri altında süneklik düzeyi normal çerçeve sisteminin düğüm noktalarında oluşan kolon uç momentleri çoğu kolonlarda kapasite değerlerini aştığı görülmektedir.
- Taşıyıcı sistem kolon ve kirişlerden oluşmaktadır. Sistemde perde bulunmadığından yanal rijitlik mevcut değildir.
- Kolonlarda ve kirişlerde mesnet ve sarılma bölgesi oluşturulmamış ve etriye sıklaştırması yapılmamıştır. Bu durum yapının sünek davranışını engelleyip deprem etkisinde elemanların gevrek kırılmasına neden olabilmektedir.
- A.B.Y.Y.H.Y. gereğince 1. ve 2. deprem bölgelerinde perdesiz çerçeve sistemlerinden oluşmuş süneklik düzeyi normal yapılara izin verilmemektedir.

12.4 Sonuç

Binanın rijitlik ve süneklik kazanması için uygun görülen çerçeve gözlerinin betonarme perdelerle doldurulması gerekmektedir. Ayrıca; eksenel yük taşıma kapasitesi yetersiz kolonların mantolanarak kesitlerinin büyütülmesi gerekmektedir.

13. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan analizler sonucunda mevcut yapının; $T_{1x} = 0.794$ s $T_{1y} = 0.793$ s olduğu; yapı takviyeli duruma getirildiğinde bu değerlerin $T_{1x} = 0.491$ s $T_{1y} = 0.513$ s değerlerine düştüğü görülmüştür. Güçlendirilmiş yapı analizine başlamadan $R=6$ alınmış. Yapı analizi sonucunda;

X yönünde $\alpha_M = 6437.8 / 9944.35 = 0.65$

Y yönünde $\alpha_M = 6242.44 / 9562.88 = 0.65$ değerleri bulunmuştur.

$0.40 > \alpha_M > 2/3$ aralığında;

$$R = R_{NÇ} + 1.5\alpha_M (R_{YP} - R_{NÇ}) \quad (13.1)$$

$R = 4 + 1.5 \cdot 0.65 \cdot (6 - 4) = 5.942$ olarak alınmıştır.

Çizelge 13.1 Perde katkı oranları çizelgesi.

KAT	DEPREM YÜKÜ (t)		TOPLAM PERDE YÜKÜ (t)		KAPASİTE YÜZDESİ	
	X	Y	X	Y	%X	%Y
9	157.99	151.48	41.22	49.67	26.1	32.7
8	279.16	267.73	148.28	176.08	53.1	65.8
7	373.46	358.14	222.31	248.81	59.5	69.5
6	449.55	431.35	293.57	325.23	65.3	75.4
5	511.38	491.19	349.30	372.36	68.3	75.8
4	560.55	539.21	407.36	436.12	72.7	80.9
3	597.46	575.72	458.36	449.45	76.7	78.1
2	621.99	600.50	385.22	451.77	61.9	75.2

Çizelge 13.1’ de görüldüğü gibi zemin katta betonarme güçlendirme perdelerinin, deprem etkisinden oluşan taban kesme kuvvetinin mevcut yapının durumuna göre x yönünde %70’ ine yakın bölümünü, y yönünde ise %75’ lik bölümünü karşıladığı görülmüştür.

Çizelge 13.2 Perdelerde eğilme ve kesme gerilmeleri çizelgesi (güçlendirilmiş durum).

PERDE	b cm	l cm	d cm	c cm	A cm ²	N kg	V kg	M(*10 ³) kgcm	Im cm ⁴	σ_1 kg/cm ²	σ_2 kg/cm ²	σ_{max} kg/cm ²	τ_{av} kg/cm ²
P83	25	300	280	150	7500	17800	136114	47457	5.63E+07	126.55	2.37	128.93	18.15
P83S	25	300	280	150	7500	16000	194318	47404	5.63E+07	126.41	2.13	128.54	25.91
P84	25	300	280	150	7500	16900	194318	47526	5.63E+07	126.74	2.25	128.99	25.91
P84S	25	300	280	150	7500	17600	194318	47556	5.63E+07	126.82	2.35	129.16	25.91
P85	25	210	280	105	600	600	130149	19174	1.93E+07	104.35	1.00	105.35	24.79
P85S	25	210	280	105	5250	700	130149	19169	1.93E+07	104.32	0.13	104.45	24.79
BINA PLAN ALANI : 398.4 m²					35850	PERDE YUZDESİ: 4.05/398.4 = 0.0102= %1.00							
P81	25	300	280	150	7500.0	29700	149012	44295	5.63E+07	118.12	3.96	122.08	19.87
P81S	25	300	280	150	7500.0	23100	149012	45571	5.63E+07	121.52	3.08	124.60	19.87
P82	25	300	280	150	7500.0	22100	149012	44103	5.63E+07	117.61	2.95	120.55	19.87
P82S	25	300	280	150	7500.0	30900	149012	45708	5.63E+07	121.89	4.12	126.01	19.87
P86	25	290	280	145	7250.0	26000	187902	39325	5.08E+07	112.22	3.59	115.81	25.92
P87	25	290	280	145	7250.0	25700	187902	39738	5.08E+07	113.40	3.54	116.95	25.92
BINA PLAN ALANI : 398.4 m²					44500	PERDE YUZDESİ: 4.45 / 398.4 = 0.0111= %1.00							

BS 25 için $\sigma_{max} = 170 \text{ kg/cm}^2$ $\tau_{max} = 0.20 * f_{cd} = 34 \text{ kg/cm}^2$ (TS500)

Çizelge 13.2 incelendiğinde perdeye gelen yüklerin sınır gerilmelerin altında olduğu ve her iki yönde perde alanlarının kat alanının %1.00 civarında olduğu görülmüştür.

Mevcut yapı analiz sonuçları incelendiğinde S3, S4, S37, S38 kolonlarında moment kapasitesinin aşıldığı ve bu kolonların üst katlarda boyutlarının çok küçüldüğü görülmektedir. Bu nedenle bu kolonlara manto yapılacaktır.

Çizelge 13.3 Mevcut S3 kolonu yük durumu.

KAT NO	KOLON NO	Nd,max/ Nmax	(+X) YÖNÜ				(-X) YÖNÜ			
			Nd, x (t)	Md,x (tm)	Mr,x (tm)	Md,x/ Mr,x	Nd, x (t)	Md,x (tm)	Mr,x (tm)	Md,x/ Mr,x
BODRUM	S3	0.30	63.80	1.50	12.10	0.13	63.80	1.50	12.10	0.13
ZEMİN	S3	0.79	136.60	12.00	14.10	0.85	90.60	12.00	13.60	0.88
KAT 1	S3	0.75	119.80	16.50	13.10	1.25	74.70	16.50	12.40	1.33
KAT 2	S3	0.62	98.90	19.90	12.30	1.62	64.00	19.90	11.00	1.81
KAT 3	S3	0.49	79.20	21.70	11.80	1.84	52.80	21.70	10.20	2.12
KAT 4	S3	0.65	59.00	9.80	5.90	1.65	41.30	9.80	5.50	1.78
KAT 5	S3	0.48	41.00	9.50	5.50	1.74	31.90	9.50	5.00	1.90
KAT 6	S3	0.47	24.50	5.50	3.60	1.53	21.60	5.50	3.40	1.60
KAT 7	S3	0.23	10.60	4.80	2.60	1.82	12.10	4.80	2.70	1.73

KAT NO	KOLON NO	Nd,max/ Nmax	(+Y) YÖNÜ				(-Y) YÖNÜ			
			Nd, y (t)	Md,y (tm)	Mr,y (tm)	Md,y/ Mr,y	Nd, y (t)	Md,y (tm)	Mr,y (tm)	Md,y/ Mr,y
BODRUM	S3	0.30	21.40	32.20	24.60	1.31	75.50	32.20	35.40	0.91
ZEMİN	S3	0.79	53.50	34.70	32.10	1.08	173.80	34.70	34.10	1.02
KAT 1	S3	0.75	46.00	18.40	26.30	0.70	148.50	18.40	28.70	0.64
KAT 2	S3	0.62	40.90	12.20	23.60	0.52	121.90	12.20	29.40	0.42
KAT 3	S3	0.49	36.30	14.60	22.70	0.64	95.70	14.60	29.70	0.49
KAT 4	S3	0.65	30.40	7.10	9.90	0.72	69.90	7.10	11.30	0.63
KAT 5	S3	0.48	24.50	7.00	9.30	0.75	48.40	7.00	11.30	0.62
KAT 6	S3	0.47	33.10	2.80	4.90	0.58	33.10	2.80	4.90	0.58
KAT 7	S3	0.23	16.20	3.30	4.10	0.81	16.20	3.30	4.10	0.81

Çizelge 13.4 Güçlendirilmiş S3 kolonu yük durumu.

KAT NO	KOLON NO	Nd,max/ Nmax	(+X) YÖNÜ				(-X) YÖNÜ			
			Nd, x (t)	Md,x (tm)	Mr,x (tm)	Md,x/ Mr,x	Nd, x (t)	Md,x (tm)	Mr,x (tm)	Md,x/ Mr,x
BODRUM	S3	0.24	51.90	1.20	10.40	0.12	51.90	1.20	10.40	0.12
ZEMİN	S3	0.36	59.10	3.50	11.00	0.32	53.10	3.50	10.50	0.33
KAT 1	S3	0.32	45.90	2.50	9.30	0.26	40.40	2.50	8.80	0.28
KAT 2	S3	0.26	38.00	3.40	8.60	0.40	33.60	3.40	8.10	0.42
KAT 3	S3	0.22	31.60	1.60	8.90	0.18	28.00	1.60	8.60	0.18
KAT 4	S3	0.17	14.00	0.80	4.60	0.17	12.50	0.80	4.50	0.18
KAT 5	S3	0.13	10.40	0.90	3.80	0.24	9.40	0.90	3.70	0.25
KAT 6	S3	0.09	4.40	0.50	3.60	0.15	4.20	0.50	3.60	0.15
KAT 7	S3	0.04	2.20	0.80	1.90	0.40	2.20	0.80	1.90	0.39

KAT NO	KOLON NO	Nd,max/ Nmax	(+Y) YÖNÜ				(-Y) YÖNÜ			
			Nd, y (t)	Md,y (tm)	Mr,y (tm)	Md,y/ Mr,y	Nd, y (t)	Md,y (tm)	Mr,y (tm)	Md,y/ Mr,y
BODRUM	S3	0.24	51.90	2.20	30.30	0.07	51.90	2.20	30.30	0.07
ZEMİN	S3	0.36	35.70	8.70	26.50	0.33	76.50	8.70	34.30	0.25
KAT 1	S3	0.32	26.80	7.50	19.60	0.38	59.50	7.50	25.70	0.29
KAT 2	S3	0.26	22.00	4.90	18.50	0.27	49.60	4.90	24.30	0.20
KAT 3	S3	0.22	42.40	1.80	27.90	0.07	42.40	1.80	27.90	0.07
KAT 4	S3	0.17	18.80	0.60	10.80	0.06	18.80	0.60	10.80	0.06
KAT 5	S3	0.13	14.20	0.50	10.20	0.05	14.20	0.50	10.20	0.05
KAT 6	S3	0.09	6.20	0.20	5.00	0.03	6.20	0.20	5.00	0.03
KAT 7	S3	0.04	3.10	0.20	3.00	0.08	3.10	0.20	3.00	0.08

Çizelge 13.5 Mevcut ve güçlendirilmiş durumdaki göçme yükü mukayese çizelgesi.

KAT	X YÖNÜ			Y YÖNÜ		
	DEPREM YÜKÜ (Ve)	MEVCUT YAPI (Vr)	GÜÇLENDİRİLMİŞ YAPI (Vr)	DEPREM YÜKÜ (Ve)	MEVCUT YAPI (Vr)	GÜÇLENDİRİLMİŞ YAPI (Vr)
9	157.99	471.54	2629.82	151.48	226.96	2329.04
8	279.16	354.09	1770.51	267.73	228.07	1616.38
7	373.46	456.45	1552.21	358.14	284.44	1420.92
6	449.55	372.04	1248.12	431.35	254.92	1166.3
5	511.38	433.26	1190.35	491.19	291.15	1096.09
4	560.55	387.67	1015.09	539.21	272.61	957.91
3	597.46	399.26	1012.21	575.72	264.82	885.05
2	621.99	405.03	1014.44	600.50	285.55	878.45

Yapı analiz sonuçları incelendiğinde mevcut yapının 8. kat altında yetersiz olduğu. Ancak; güçlendirilmiş durumda yeterli olduğu görülmektedir.

Onarılması yada güçlendirilmesi düşünülen bir yapıdaki hasarların tesbiti, yapının güvenlik düzeyinin belirlenmesi ve onarım-güçlendirme projelerinin hazırlanması sırasında mühendislerin dikkat etmeleri gereken noktaları bir kez daha belirtmekte yarar vardır.

Mevcut bir yapının güvenlik düzeyinin belirlenmesi için gereken emek, yeni yapılacak bir yapının statik hesabının gerektirdiğinden daha çok emek istemektedir. Statik hesap yapılırken uyulması gereken yönetmelik ve şartnameler vardır. Fakat; mevcut yapı değerlendirme alanında özel bir yönetmelik ve şartname olmayıp diğer yol göstericiler de belirsizlikler taşımaktadır. Bu durumda mühendislik sağ duyusu ve deneyimi öne çıkar. Güvenlik kontrolü yapan mühendisin, işin bilinci içinde sorumluluğunu bilerek davranmasında büyük yarar vardır.

Hasar tesbiti yapabilmek ve bunu değerlendirebilmek dikkatli ve özenli bir çalışma istemektedir. Bununla birlikte yapı malzeme ve elemanlarının davranışlarının iyi bilinmesi gerekmektedir.

Yapım koşulları bilinmeyen bir yapının güvenliğinin değerlendirilmesinde, güvenlik katsayısının biraz daha yüksek seçimi gerekir. Şüpheli durumlarda güvenlik payı yüksek tutulmalıdır.

Düzgün yapılmayan onarım ve güçlendirme, yapıya yarar yerine zarar getirebilir. Çünkü ayrıntılarda yapılan en küçük bir değişiklik onarımın tümü ile yararsız olmasına neden olabilmektedir.

Verilen onarım ve güçlendirme yöntemleri her zaman gelişmeye açıktır. Mühendis uygulamada mühendislik mekaniği, malzemelerin özellikleri vb. temel ilkelerden giderek onaracağı yapı ve yapı elemanının özelliklerine bağlı yeni, özgün ve pratik onarım-güçlendirme yöntemleri geliştirebilir.

KAYNAKLAR

- Aydoğan, M. 2000. Betonarme Binalarda Onarım ve Güçlendirme Sistemleri ve Tasarımı, İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi.
- Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 1998. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Ankara.
- Bayülke, N., 1999. Depremde Hasar Gören Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi.
- Celep, Z., 1999. 1999 Kocaeli Depremi Sonrası Betonarme Binalarda Onarım ve Güçlendirme İlkeleri, İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Bülteni.
- Celep, Z., Kumbasar, N., 2000. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul.
- Çamlıbel, A., N., 2000. Kat İlavesi Sonucu Çatlamış Binaların Takviyesi Yöntemleri, Birsal Yayınevi, İstanbul.
- Demir, H., 1999. Depremden Hasar Görmüş Betonarme Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Ersoy, U., Tankut, T., Suleiman, R., 'Behavior of Jacketed Columns', ACI Structural Journal, V.90, No.3, May- June 1993.
- Ersoy, U., Özcebe, G., Tankut, T., Türk, M., Sonuvar, O., 'Behavior of RC Infilled Frames- An Experimental Study', Japan- Turkey Workshop Proc., İstanbul 1998.
- Holmes, W., T., 2000. Sources of Inconsistency in Seismic Retrofit Repair in the U.S., World Bank Seismic Retrofit Workshop, Ankara, May 5-6, 1-1.
- Ignatiev, N., 1998. Some of Strengthening OF Existing Buildings with New Structural Components, The Second Japan- Turkey Workshop On Earthquake Engineering, İstanbul, February.
- Jirsa, J., O., 2000. Matching Rehabilitation Technology WITH Reality, Tübitak, Scientific and Technical Research Council OF Turkey- Word Bank Workshop, Ankara, May 5-6, 1-5.
- Önel, H., 1999. Deprem Semineri, Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği İstanbul İl Koordinasyon Kurulu, İstanbul, 6 Kasım.
- Özden, K., Kumbasar, N., Sariaççalı, s., 1991. Betonarme Yüksek Yapılar, İTÜ İnşaat Fakültesi Mtbaası, İstanbul.
- Roberty, P., 1996. European Standarts for Structural and Non-Structural Repair of Concrete, Concrete Repair Bulletin, May- June 20-26.
- Sika System Document, 1998. technically AND Ecologically Advanced Systems for Injection, Ed. By Sika AG, Switzerland.
- Syrmakezis, C., Repair and Strengthening of Reinforced Concrete, Stone and Brick- Masonry Buildings, Vienna, 1983.
- TS 498, 1987. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Yurdakul, İ.,Çolak, B., 1999.Depremde Hasar Gören Binaların Onarılması,Panel, Yapı ndüstri Merkezi, İstanbul, 21 Ekim.

EKLER

Ek 1	Mevcut yapı görünüşleri
Ek 2	Mevcut yapı beton basınç mukavemet raporu
Ek 3	Mevcut yapı kat kalıp planları
Ek 4	Güçlendirilmiş yapı kat kalıp planları
Ek 5	Takviye perde detayları
Ek 6	Kolon manto detayları
Ek 7	Güçlendirilmiş temel detayları





BINA GORUNUSLERI

EKO - TEST

BETON VE YAPI MALZEMESİ

LABORATUVARI

SERTLEŞMİŞ BETONDAN ALINAN NUMUNENİN BASINÇ

MUKAVEMET RAPORU (TS 10465)

numenin Ait Olduğu Firma : AGM Mühendislik Ltd.Şti.
 atın Adı : 174 Pafta, 638 Ada, 110 Parsel
 : Sahrayıcedid / Kadıköy / İstanbul
 teahhit :
 l Sahibi : T.C.Ziraat Bankası A.Ş.
 ar Beton Firması :
 görülen Beton Sınıfı : C-
 on Yaşı : > 800 Günlük
 mumenin Cinsi : Silindir
 mumenin Alınma Tarihi : 31.05.2004
 muncyi Alan : Laboratuvar Teknisyeni : E.BİNGÖL
 xoratuvar Kod No : 9880
 gulan Standardlar : TS 10465 / Kasım 1992, TS EN 12393-3 Nisan 2003
 ney Tarihi : 31.05.2004
 neyde Bulunanlar : Lab.Şefi E.GÜLCAN / Lab.Tek. E.BİNGÖL

Tarihi : 31.05.2004
 Rapor No : 10511
 Sayfa No : 1/1
 Çıkış No : 10565

İROT NO	NUMUNENİN ALINDIĞI YAPI ELEMANI	ÇAPI (mm)	BOYU (mm)	AĞIRLIĞI (gr)	BASINÇ YÜKÜ (kN)	BASINÇ DAYANIMI (N/mm ²)
1	Bodrum Kat Kolon	65	67	504	51,6	15,5
2	Bodrum Kat Kolon	65	66	487	49,5	14,9
3	Bodrum Kat Kolon	65	68	518	49,4	14,9
4	Zemin Kat Kolon	65	68	533	46,7	14,1
5	Zemin Kat Kolon	65	67	505	44,1	13,3
6	Zemin Kat Kolon	65	67	521	46,7	14,1
7	1.Normal Kat Kolon	65	66	479	55,1	16,6
8	1.Normal Kat Kolon	65	67	497	44,3	13,4
9	1.Normal Kat Kolon	65	68	530	49,2	14,8

29.06.2001 tarih ve 4708 sayılı Y.D.H.K. gereğince laboratuvarımız; T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı
 pı İşleri Genel Müdürlüğü'nün 21/11/2001 tarih ve 03 No'lu "Laboratuvar İzin Belgesi"ne sahiptir.

- t :
- Deney numuneleri TS 10465/Kasım 1992 standartına göre alınmış,kesip başlıklararak d=h olarak hazırlanıp
TS EN 12393-3 Nisan 2003 standartına göre deneye tabi tutulmuştur.
 - Verilen basınç mukavemetleri standart küp betonun karakteristik basınç dayanımlarıdır.
TS 10465/Kasım 1992 standartına göre sonuçlar aşağıdaki kriterlere göre değerlendirilmelidir.
a- F(min) > 0,85 x Fek Mpa olmalıdır. b- F(ort) > 0,85 x Fsk Mpa olmalıdır.
 - Bu rapor; tamamı dışında laboratuvar yetkilisinin yazılı beyanı olmadan herhangi bir bölümü çoğaltılamaz.
 - Bu rapor; Laboratuvarımızın izni olmadan değiştirilemez.
 - Bu sonuçlar sadece deney yapılan numunelere aittir.



Hakan ZİNCİRKIRAN
 Laboratuvar Müdürü
 Devleti Mühendis
 Belge No:4315

EKOTEST
BETON ve YAPI
MALZEMELERİ
LABORATUVARI

BETON NUMUNESİ
TEST RAPORU

Numune Alınma Tarihi 31/05/2004
Laboratuvar Kayıt No 9880
Rapor No
Sayfa No 2/2

Beton Cinsi
Alındığı Yer
İnş. Adı
Bayii

C-
BODRUM, ZEMİN, 1.KAT KOLONLARI / 638 ADA, 110 PARSEL/KOZYATAĞI
AGM MÜHENDİSLİK LTD.ŞTİ.

Hava Sıcaklığı

Beton Sıcaklığı

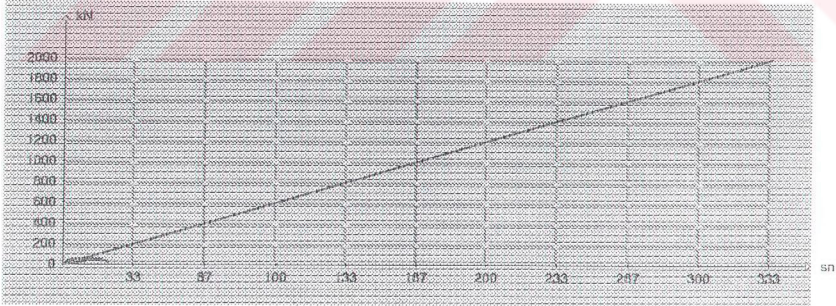
Alındığı Saat

Betonun Görünümü

No.1 (mm)	No.2 (mm)	Ortalama (mm)	Kuru K1	Plastik K2	Akıcı K3	Çok Akıcı K4
--------------	--------------	------------------	------------	---------------	-------------	-----------------

SERTLEŞMİŞ BETON KÜP NUMUNESİNE AİT BASINÇ DAYANIMI

Num.	Num.Kırılma	Yaş	Ağırlık	Boyutlar	Kırılma	Ortalama	TSE'nin
No.	Tarihi	(Gün)	(gr)	(mm)	Yükü	Dayanım	Dayanım
1	31/05/2004	800+	479	Sil:65	KN	N/mm2	N/mm2
2	31/05/2004	800+	497	Sil:65	55.1	16.6	Minimum
3	31/05/2004	800+	530	Sil:65	44.3	13.4	Mukevemeti
4					49.2	14.8	
5					0.0	0.0	
6					0.0	0.0	



Açıklamalar

DENEYİ YAPAN

HAZIRLAYAN

E. BİNGÖL
Laboratuvar Teknikeri

ONAY
Hakan ZİNCİRKIRAN
Laboratuvar Müdürü

EKOTEST
BETON ve YAPI
MALZEMELERİ
LABORATUVARI

BETON NUMUNESİ
TEST RAPORU

Numune Alınma Tarihi 31/05/2004
Laboratuvar Kayıt No 9880
Rapor No
Sayfa No 1/2

Beton Cinsi
Alındığı Yer
İnş. Adı
Bayii

C-
BODRUM, ZEMİN 1.KAT KOLONLARI / 638 ADA, 110 PARSEL/KOZYATAĞI
AGM MÜHENDİSLİK LTD.ŞTİ.

Hava Sıcaklığı

Beton Sıcaklığı

Alındığı Saat

Betonun Görünümü

No.1
(mm)

No.2
(mm)

Ortalama
(mm)

Kuru
K1

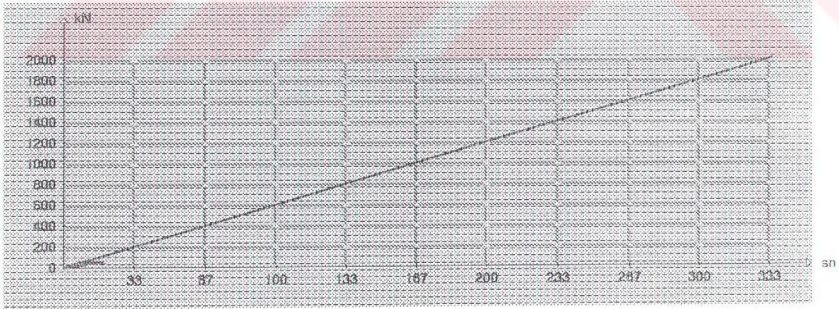
Plastik
K2

Akıcı
K3

Çok Akıcı
K4

SERTLEŞMİŞ BETON KÜP NUMUNESİNE AİT BASINÇ DAYANIMI

Num.	Num.Kırılma	Yaş	Ağırlık	Boyutlar	Kırılma Yükü	Dayanım	Ortalama Dayanım	TSE'nin Minimum
No.	Tarihi	(Gün)	(gr)	(mm)	KN	N/mm2	N/mm2	Mukavemeti
1	31/05/2004	800+	504	Sil:65	51.6	15.5		
2	31/05/2004	800+	487	Sil:65	49.5	14.9	15.1	
3	31/05/2004	800+	518	Sil:65	49.4	14.9		
4	31/05/2004	800+	533	Sil:65	46.7	14.1		
5	31/05/2004	800+	505	Sil:65	44.1	13.3	13.8	
6	31/05/2004	800+	521	Sil:65	46.7	14.1		



Açıklamalar

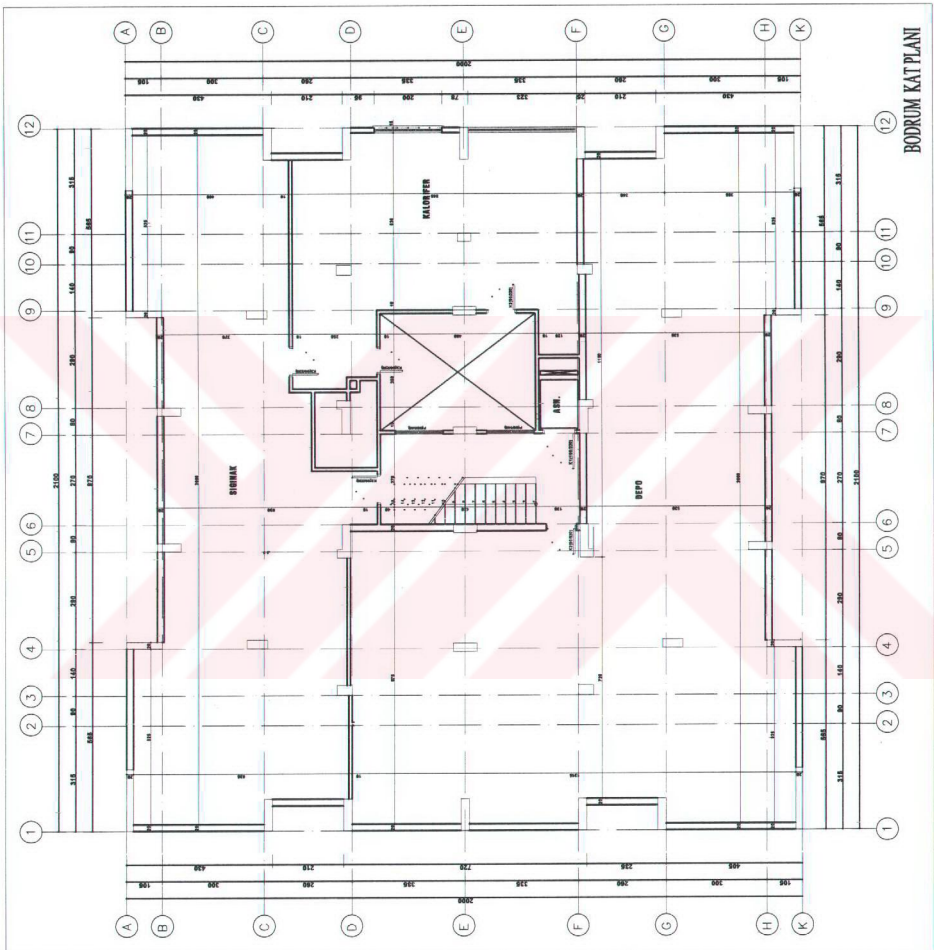
DENEYİ YAPAN

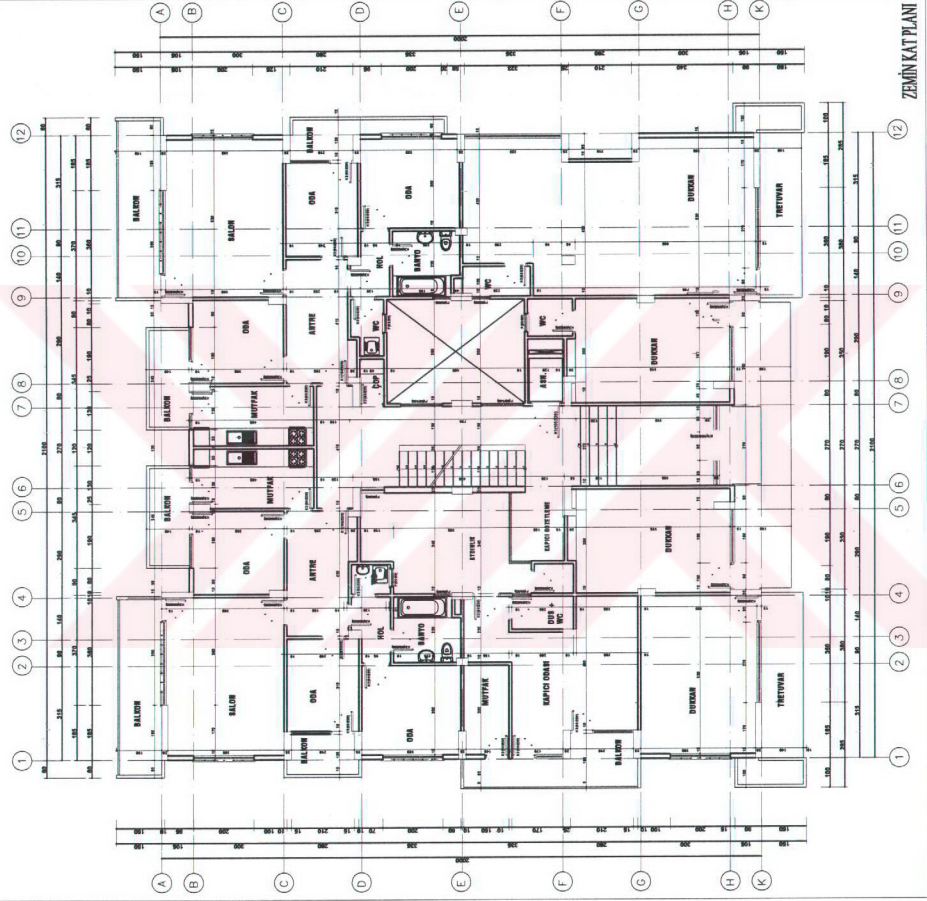
E. BİNGÖL

Laboratuvar Teknikeri

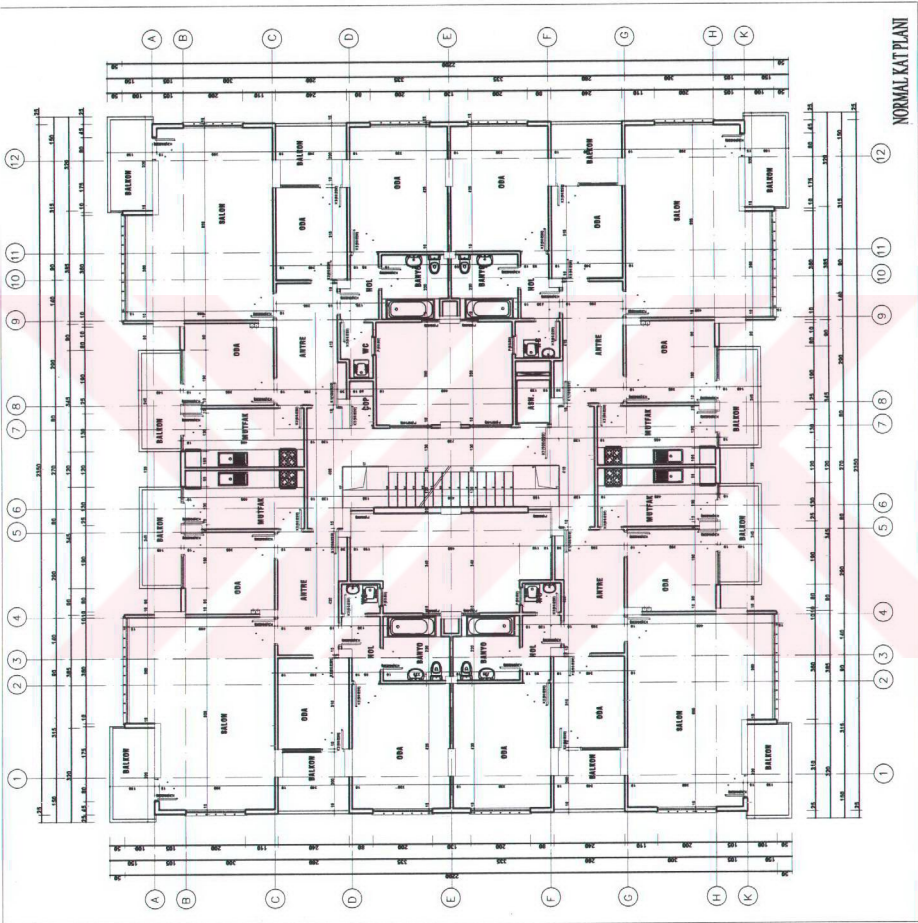
HAZIRLAYAN

ONAY
Hakan ZİNCİRKIRAN
Laboratuvar Müdürü

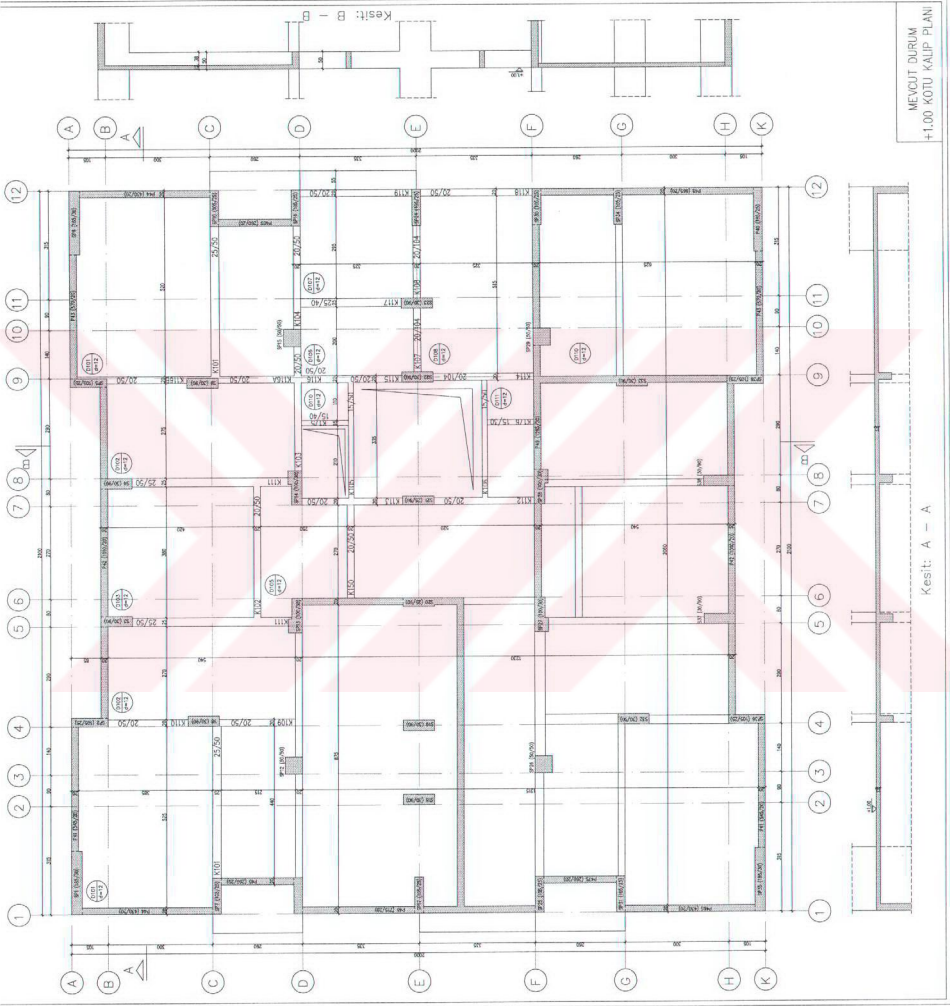




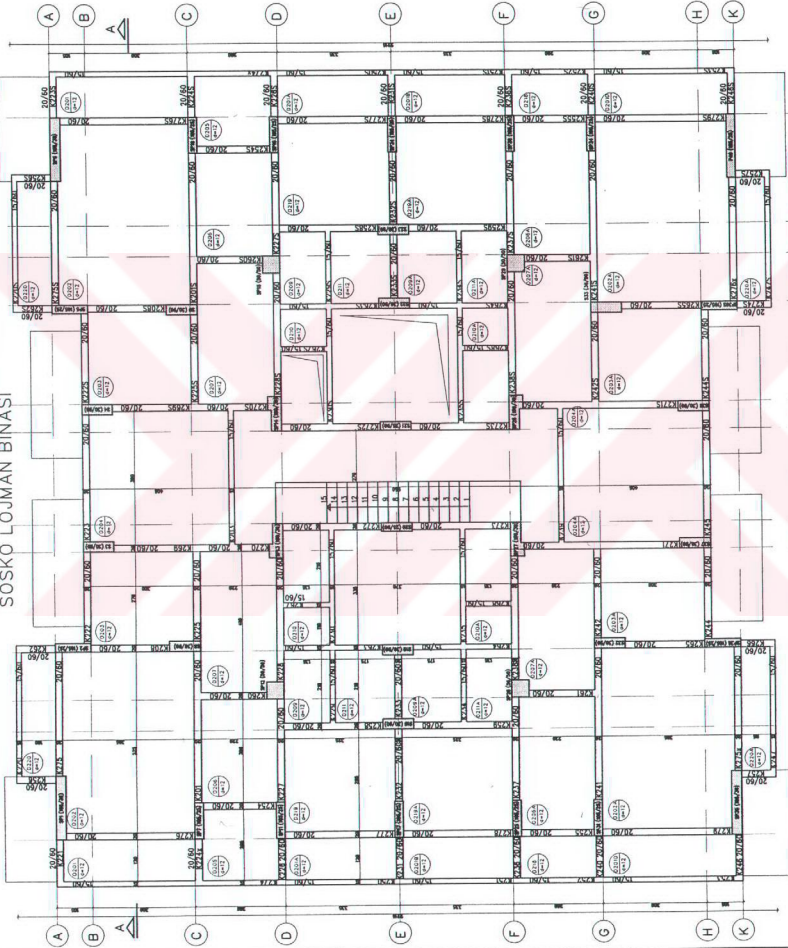
ZEMİN KAT PLANI



NORMAL KAT PLANI



SOSKO LOJMAN BİNASI



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

MEVCUT DURUM
H-3.80 KOTU KALIP PLANI

Kesit: A - A

SOSKO LOJMAN BINASI

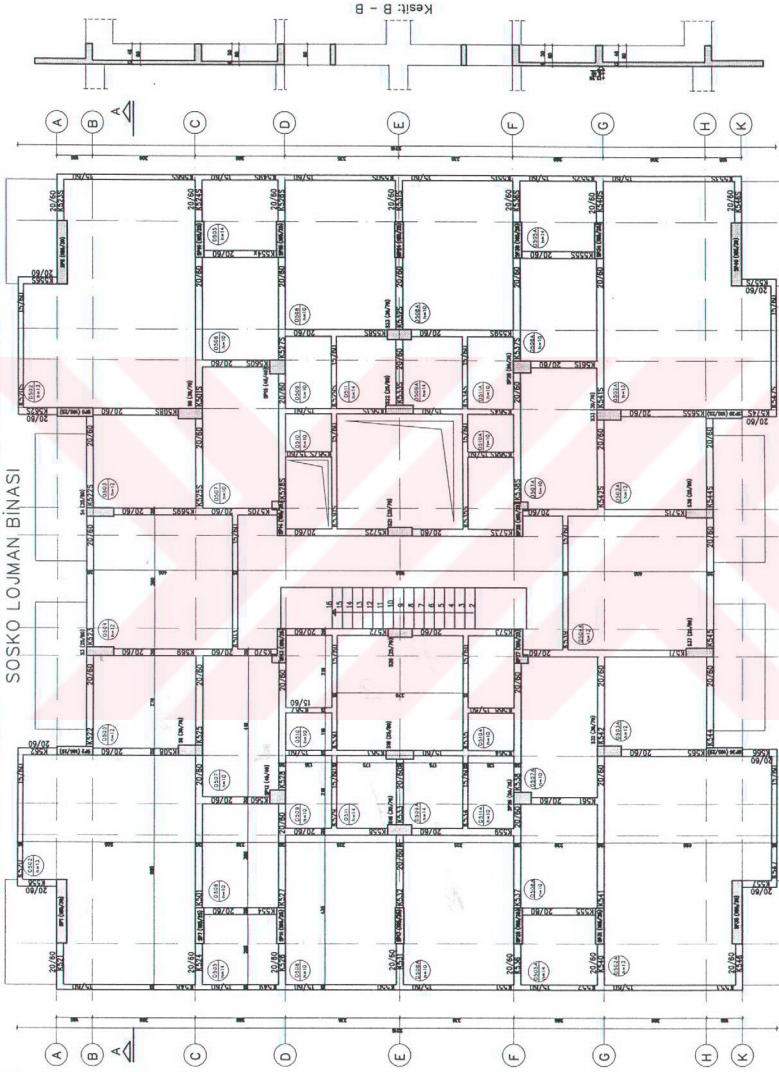
MEVCUT DURUM +6.60 KOTU KALIP PLANI

Kesit: A - A

Kesit: B - B

Kesit: A - A

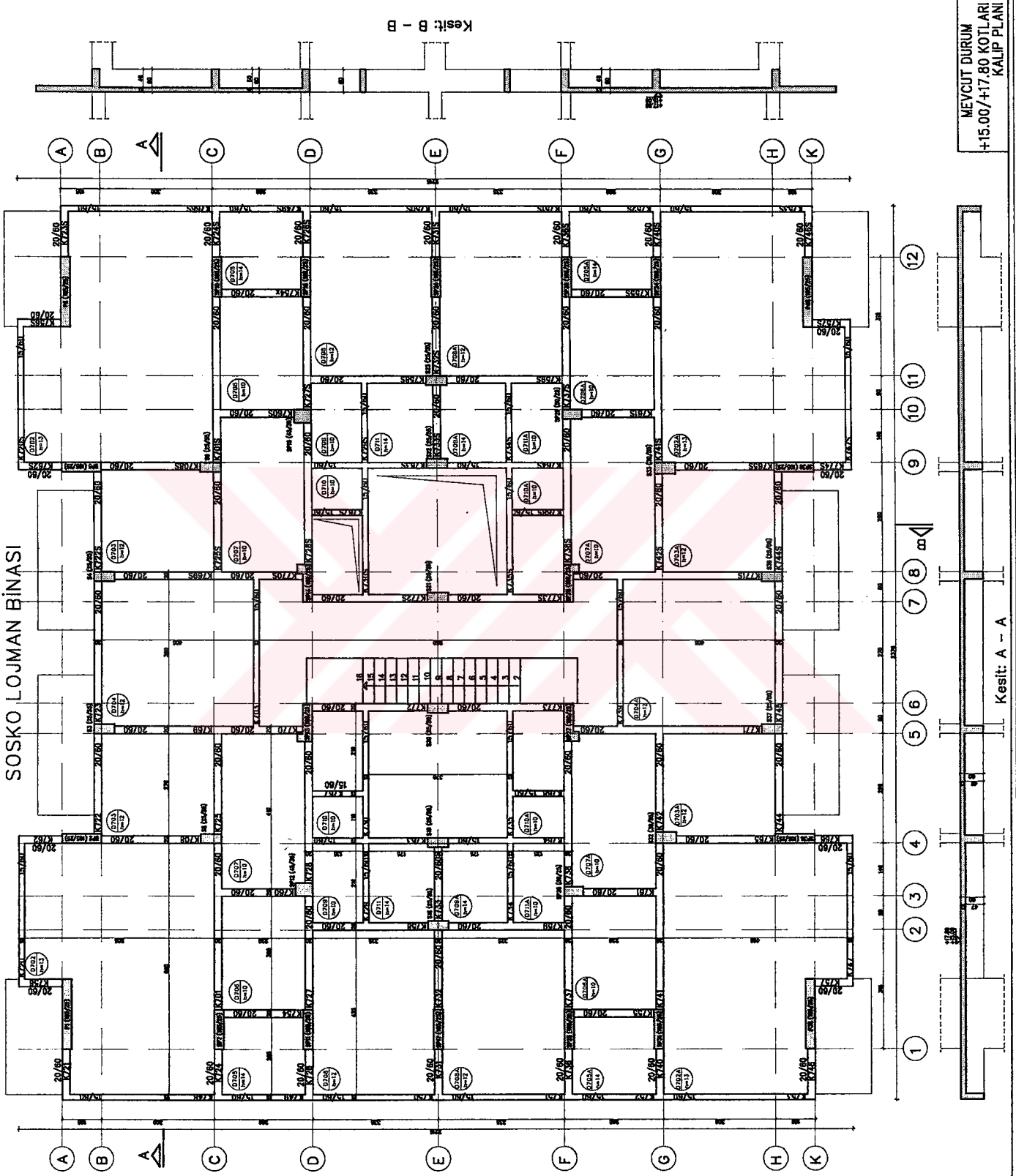
SOSKO LOJMAN BİNASI



MEVCUT DURUM
H-9.40/H-12.20 KOTLARI
KALIP PLANI

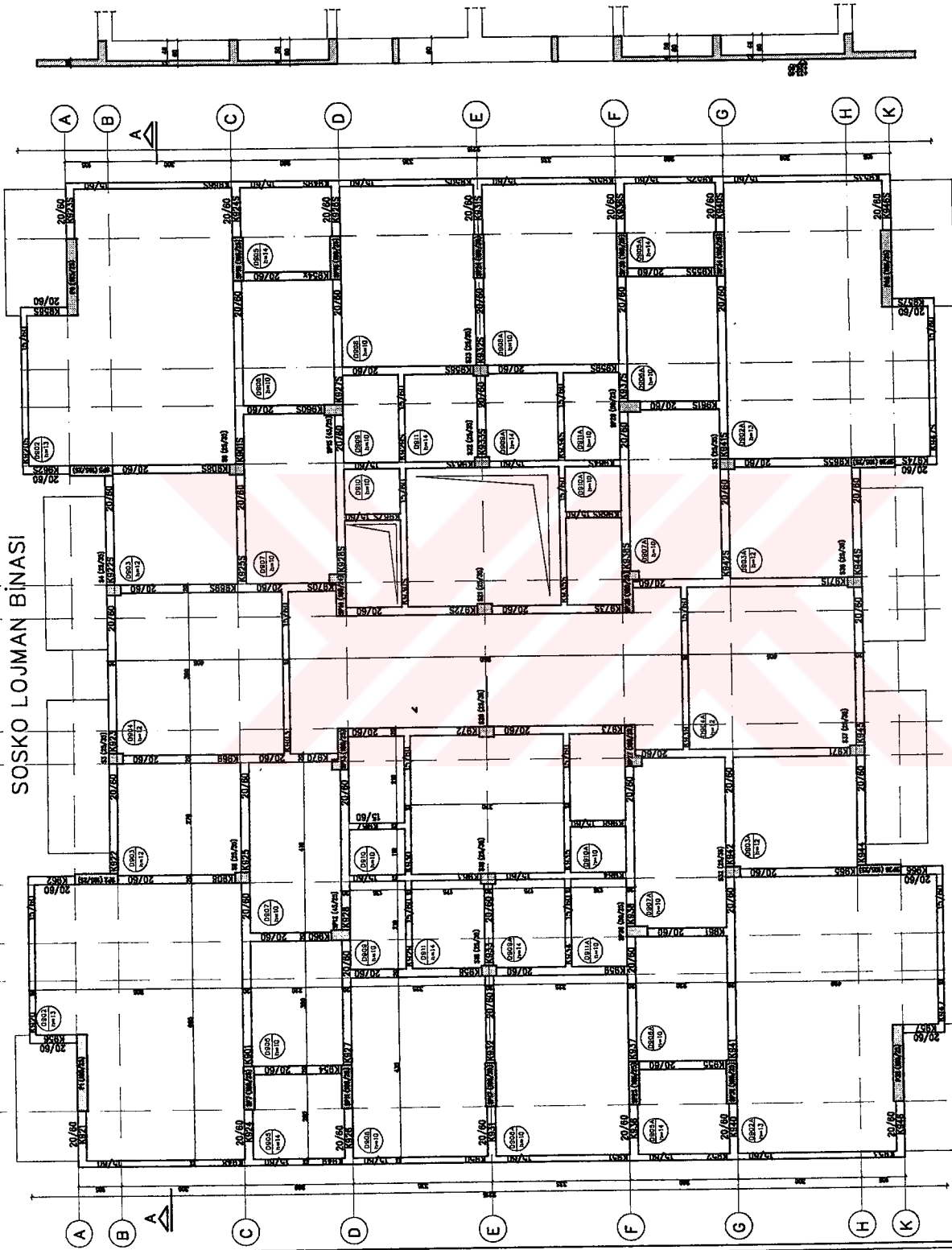
Kesit: A - A

SOSKO LOJMAN BİNASI



MEVCUT DURUM
+15.00/+17.80 KOTLARI
KALIP PLANI

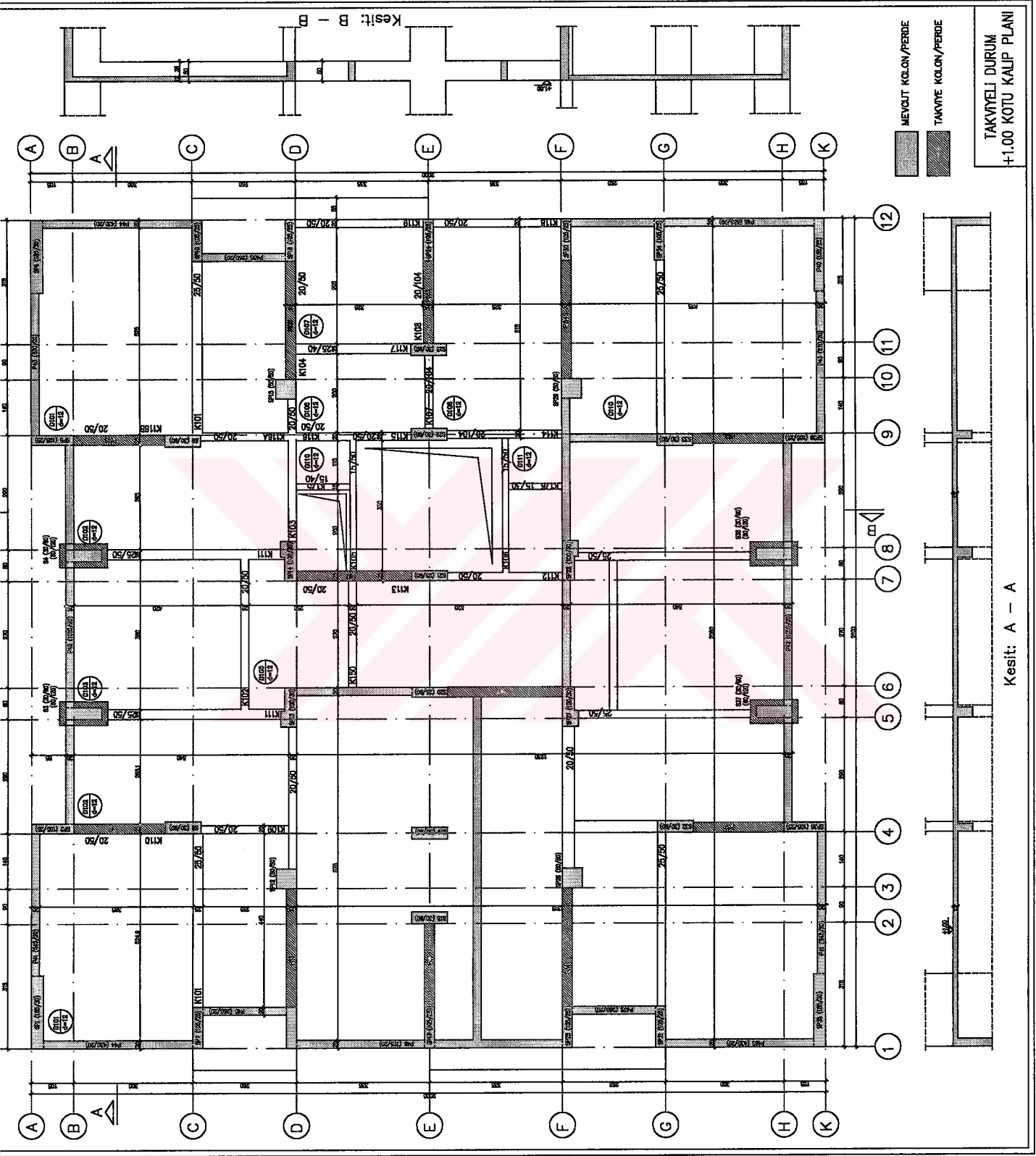
SOSKO LOJMAN BİNASI



Kesit: B – B

MEVCUT DURUM
+20.60/+23.40 KOTLAR
KALIP PLANI

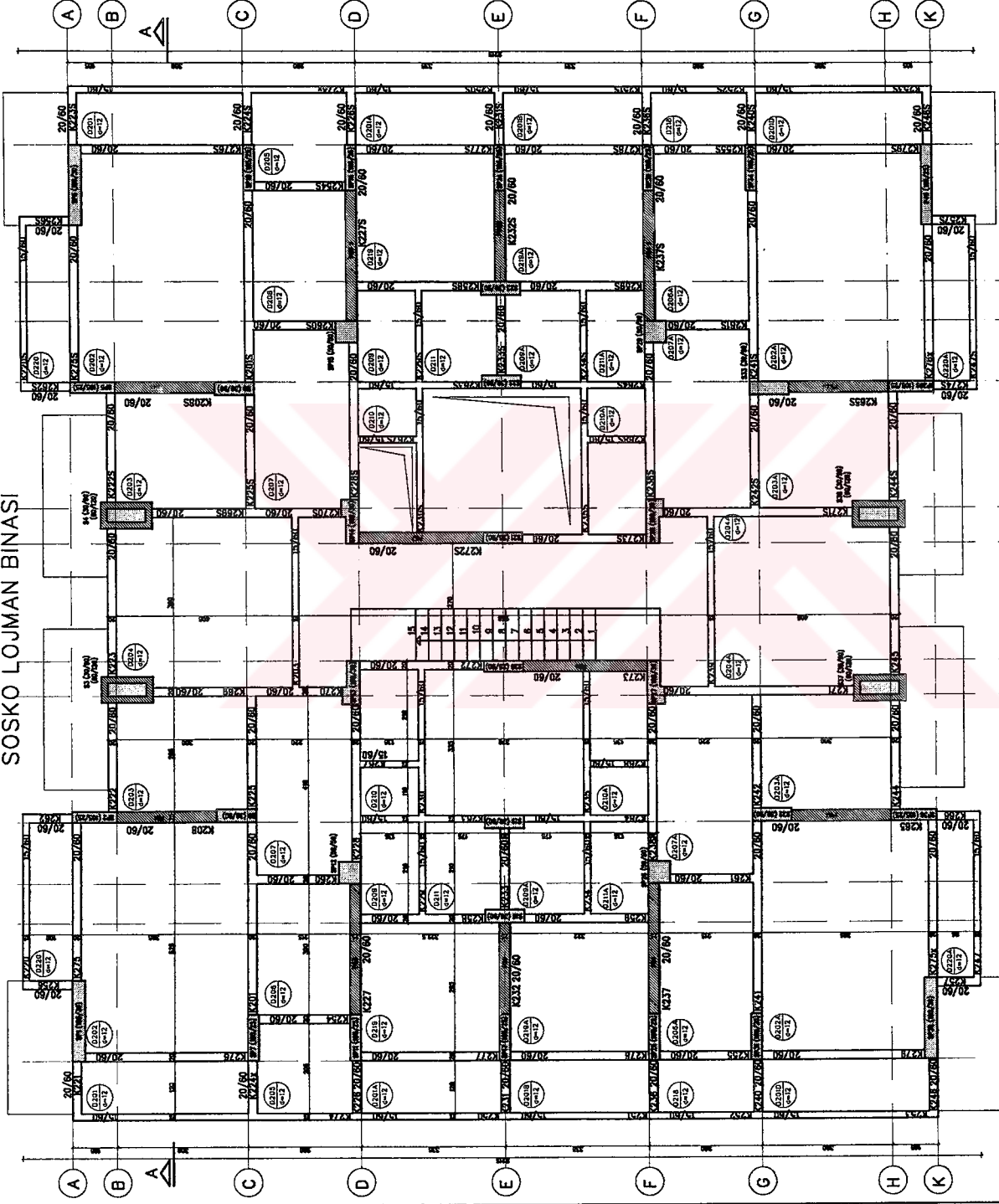
Kesit: A - A



TAKYIYE DURUM
+1.00 KOTU KALIP PLANI

Kesit: A - A

SOSKO LOJMAN BİNASI



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12

TAKVİYELİ DURUM
+3.80 KOTU KALIP PLANI

Kesit: A - A

Kesit: A - A

SOSKO LOJMAN BİNASI

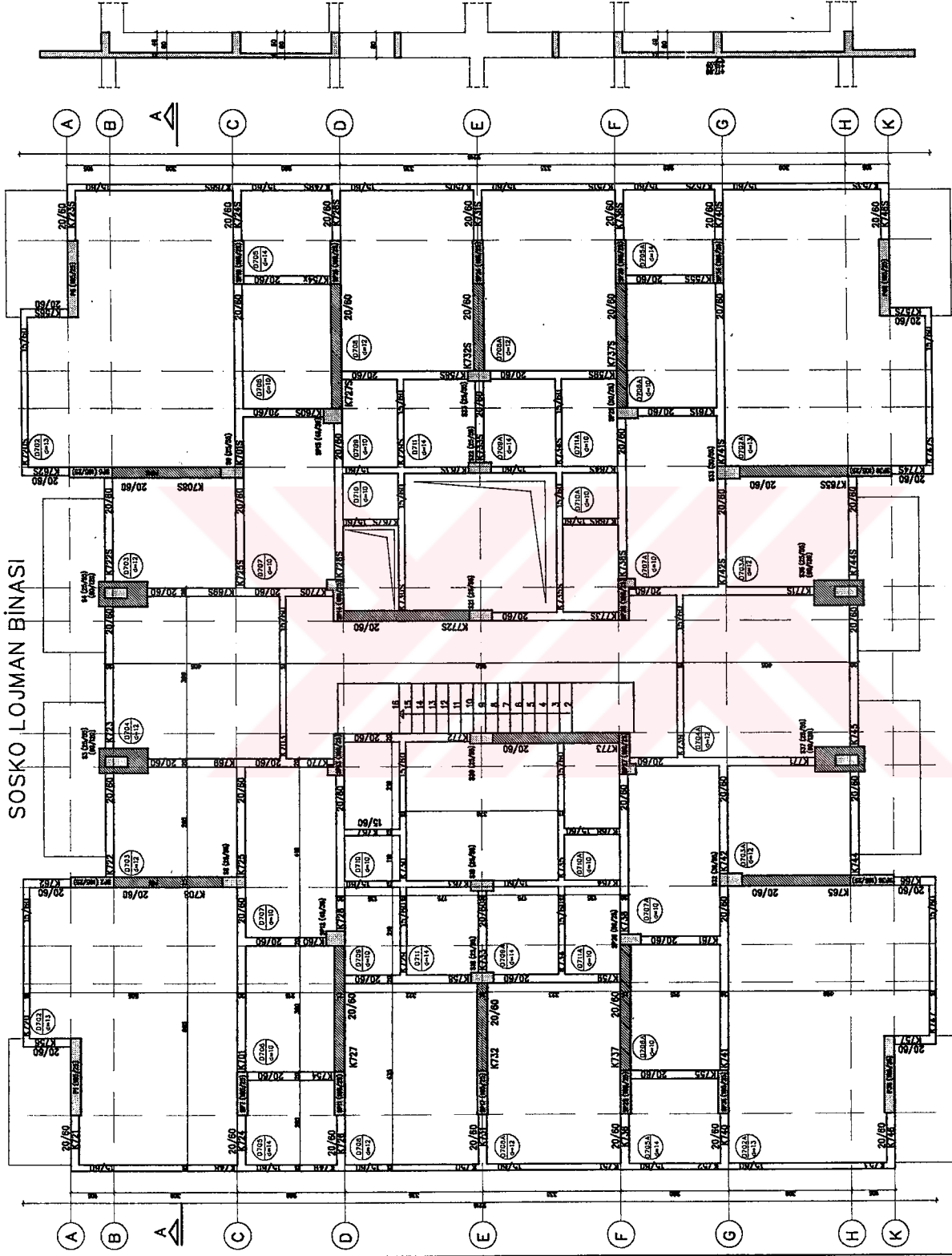
Kesit A - A

Kesit B - B

TAKYİYELİ DURUM
+9.40 / +12.20 KOTLARI
KALIP PLANI

TAKVİYELİ DURUM
+9.40/+12.20 KOTLARI
KALIP PLANI

SOSKO LOJMAN BİNASI

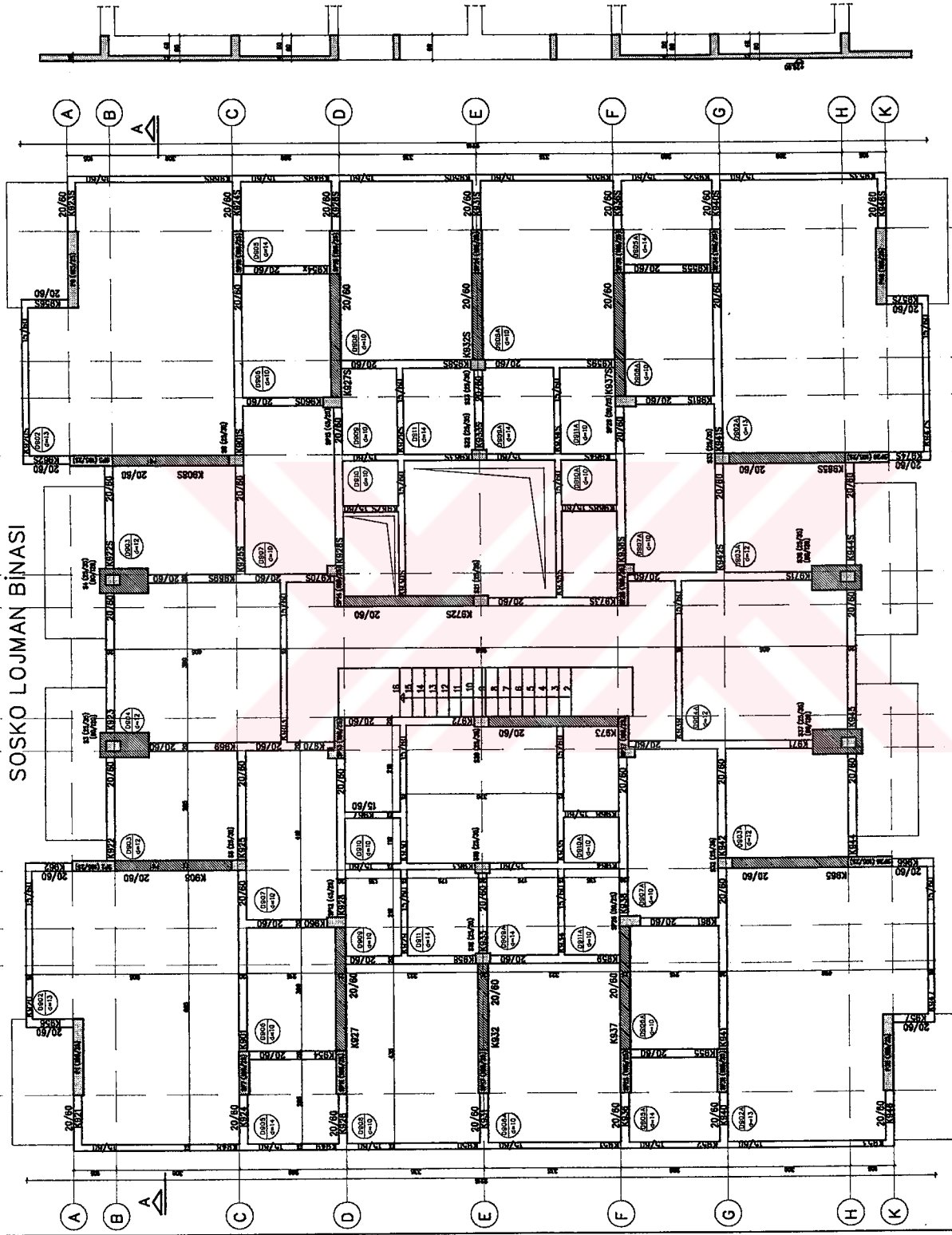


- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12

TAKYİYELİ DURUM
+15.00/+17.80 KOTLARI
KALIP PLANI

Kesit: A - A

SOSKO LOJMAN BİNASI

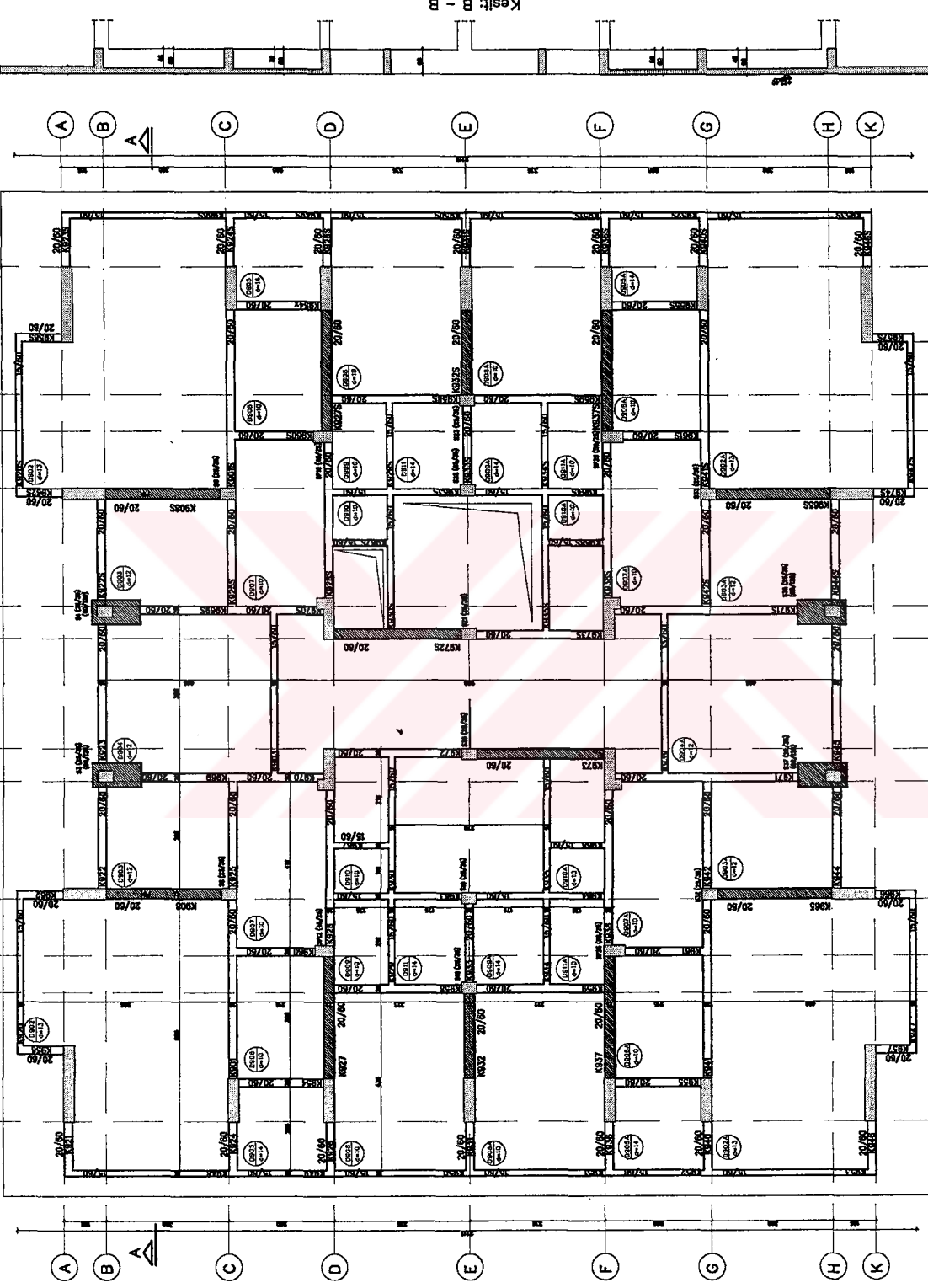


Kesit: B - B

TAKVİYELİ DURUM
+20.60 KOTU
KALIP PLANI

Kesit: A - A

SOSKO LOJMAN BİNASI

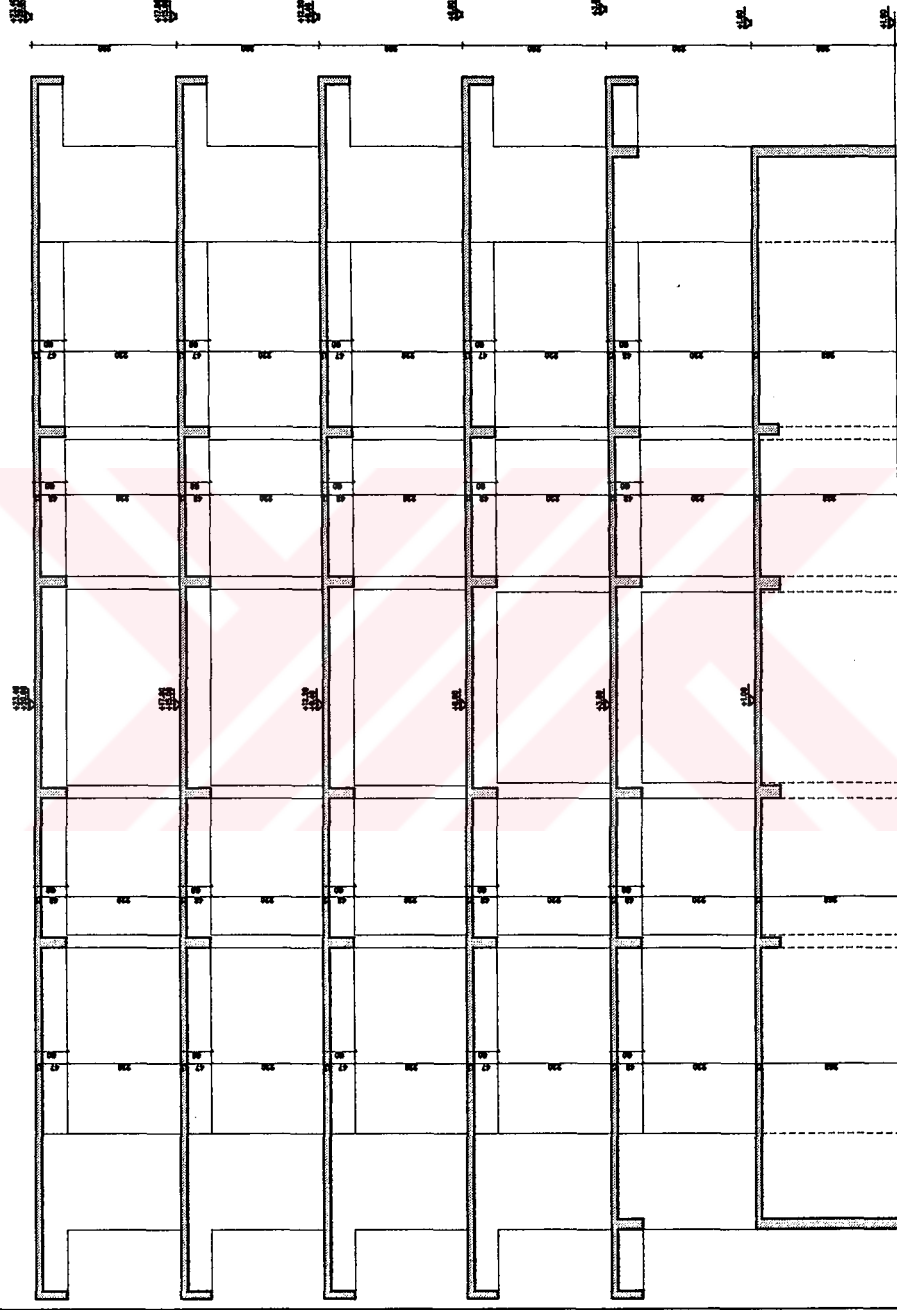


Kesit: B - B

TAKYİYELİ DURUM
+23.40 KOTU
KALIP PLANI

Kesit: A - A

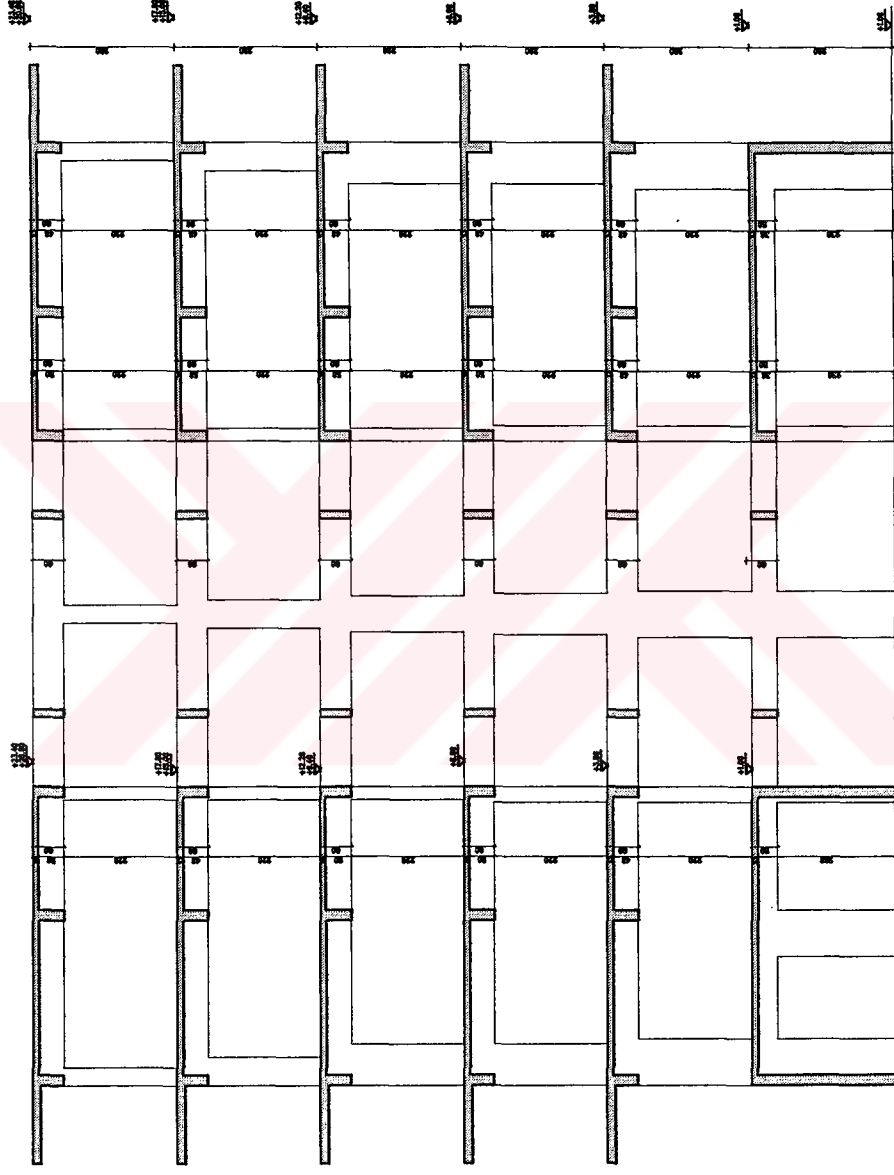
SOSKO LOJMAN BİNASI



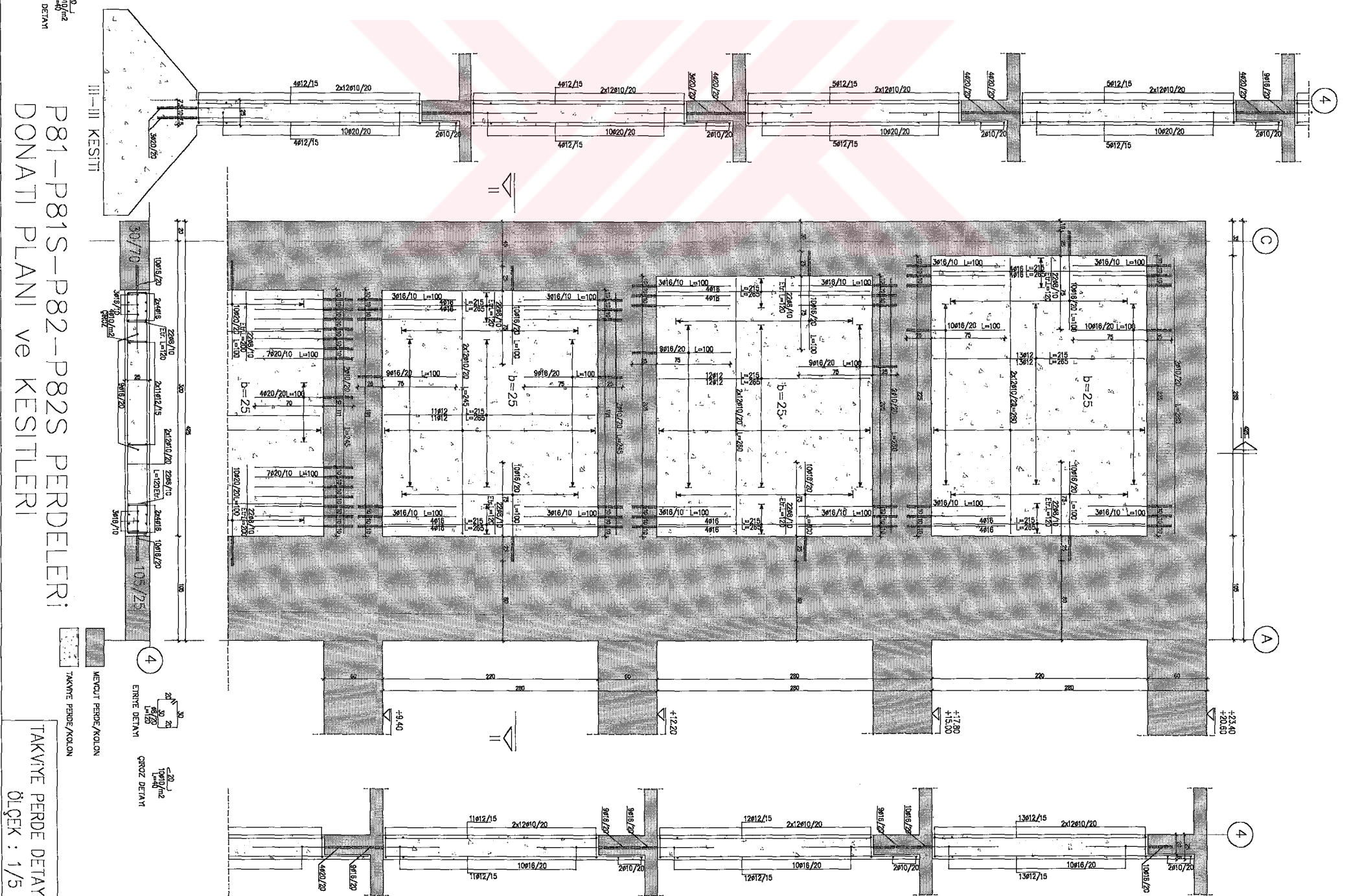
SİSTEM KESİTİ: A - A

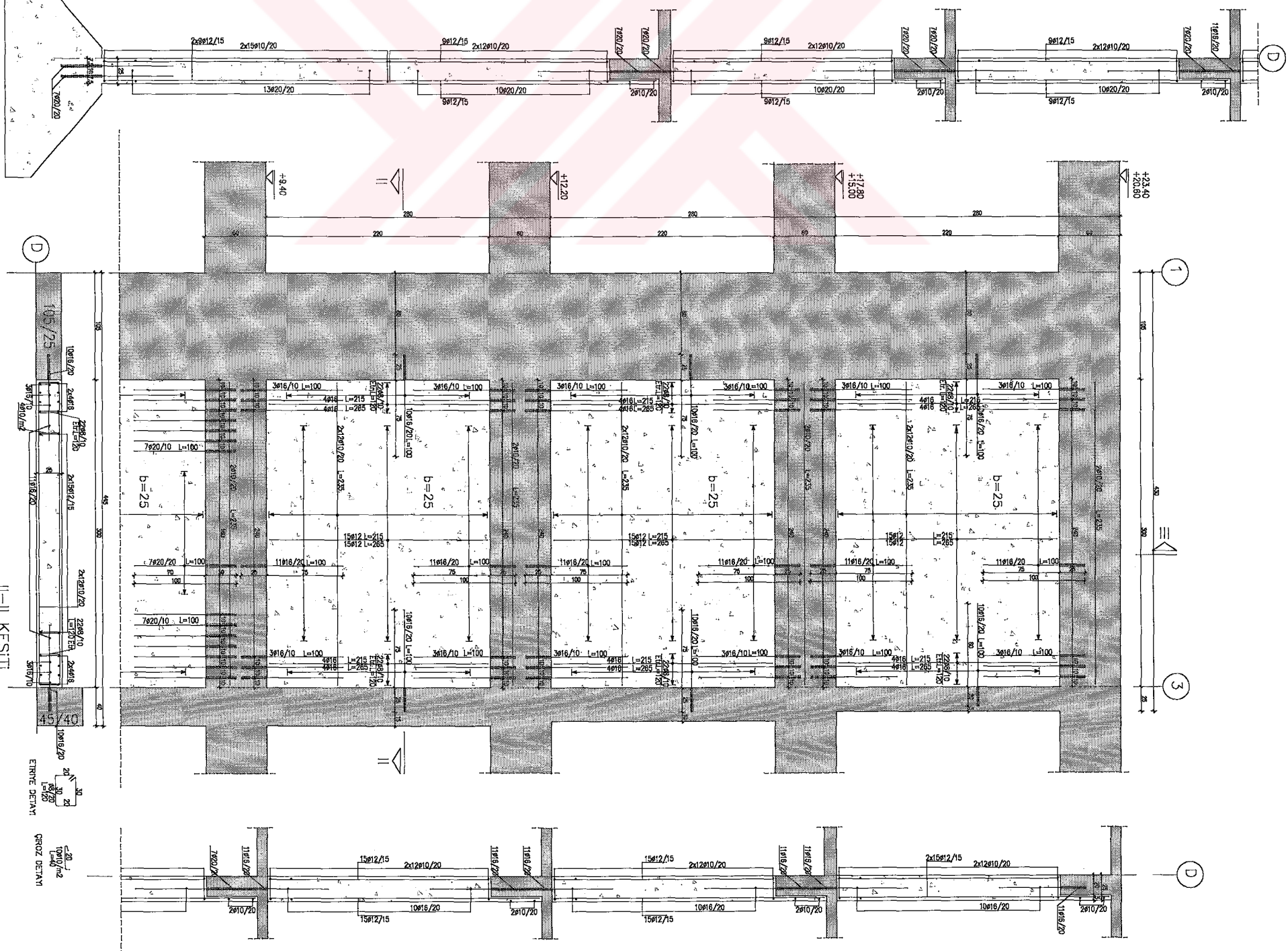
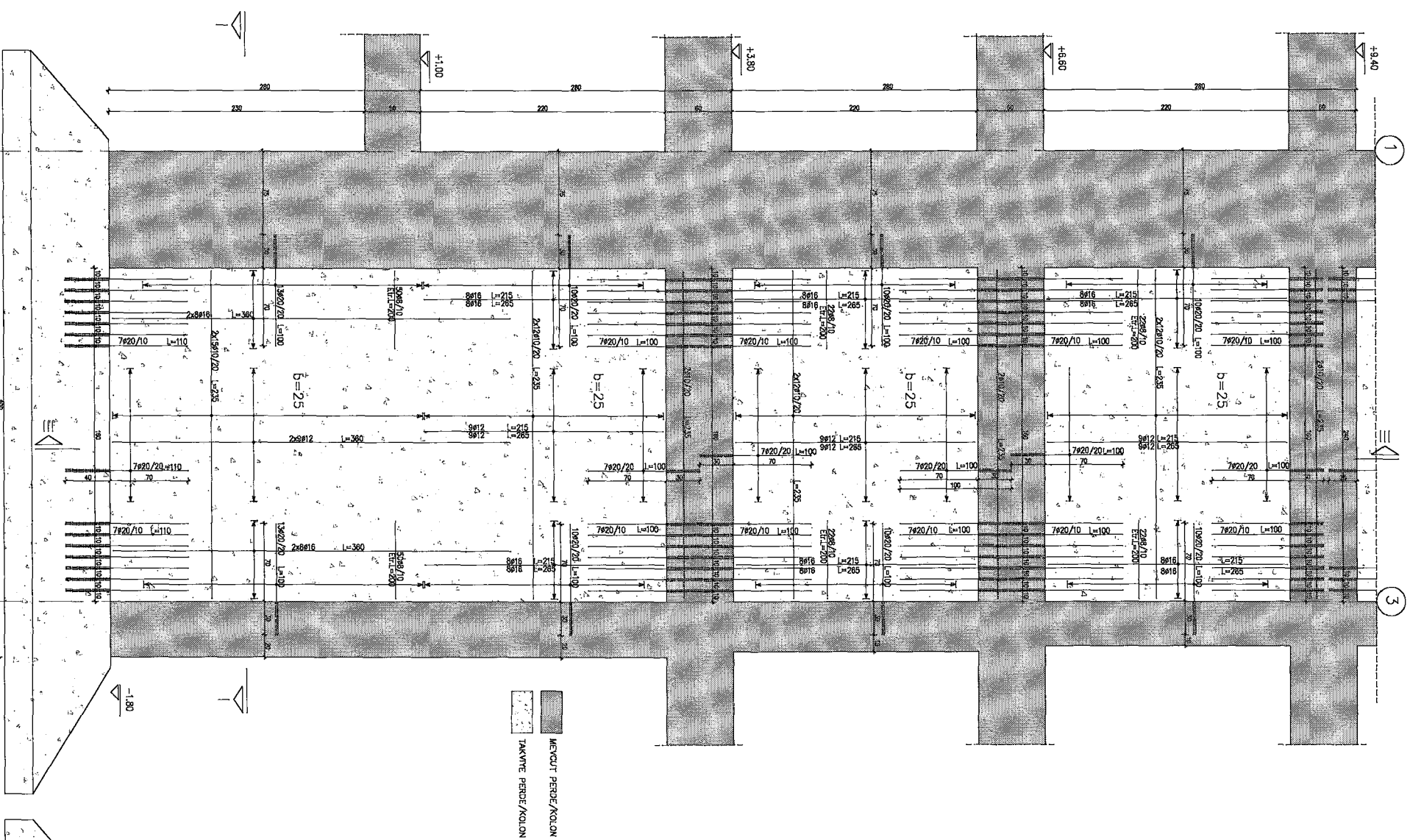
SİSTEM KESİTİ A - A

SOSKO LOJMAN BİNASI



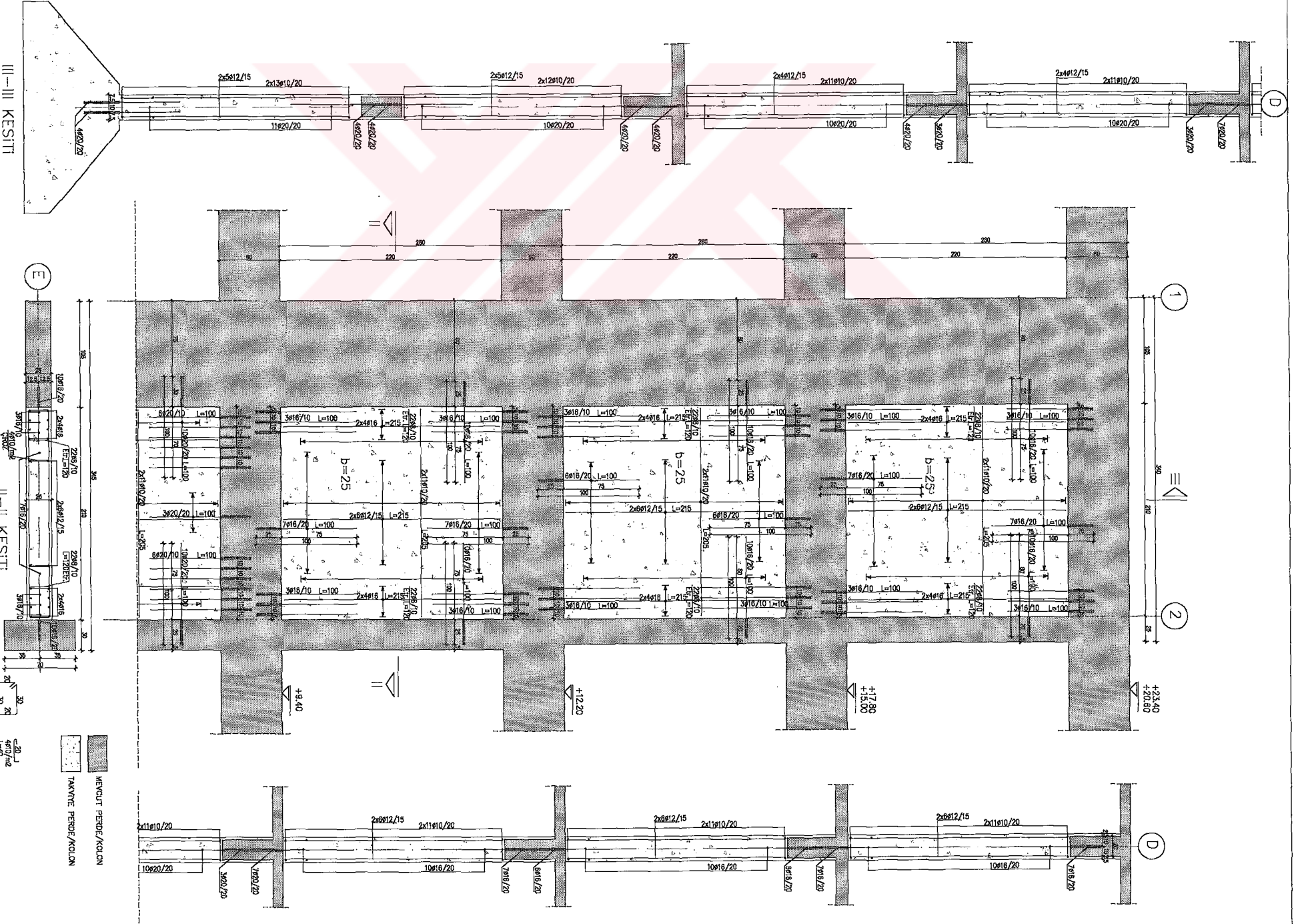
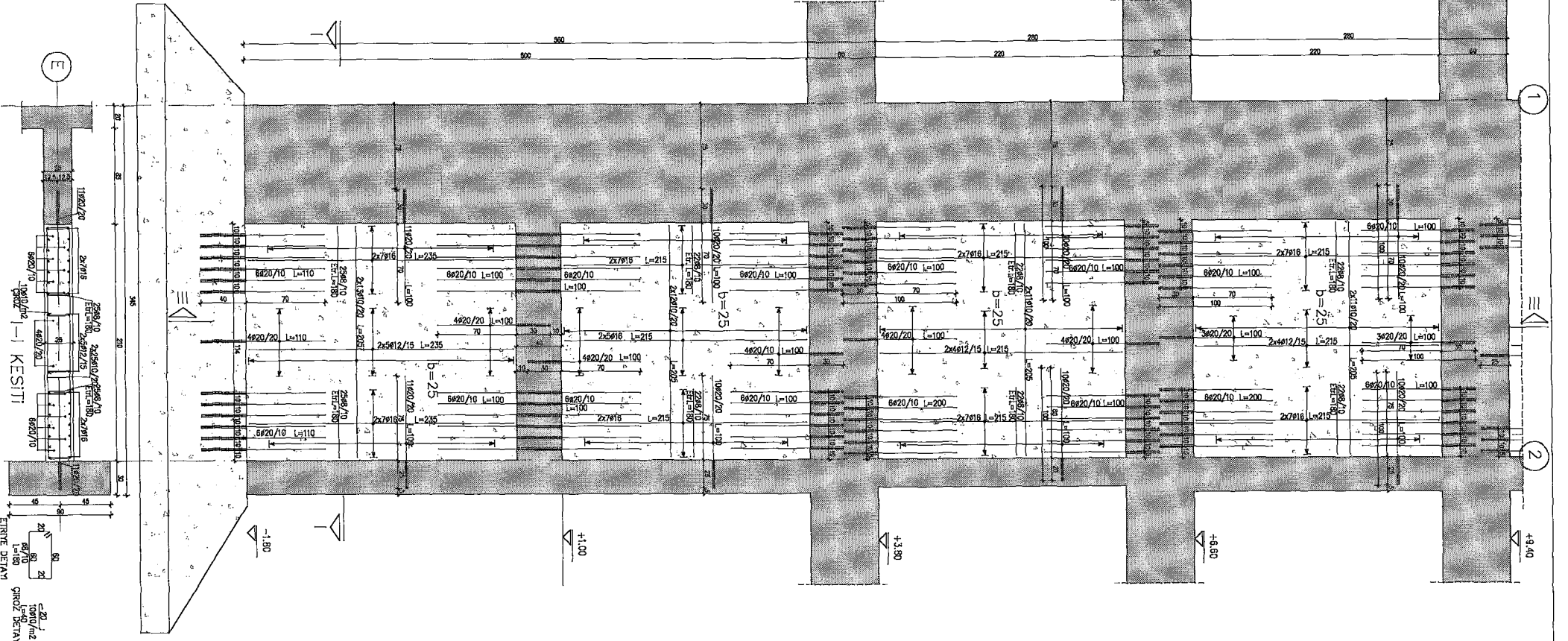
SİSTEM KESİTİ: B - B





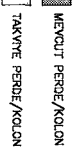
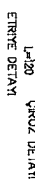
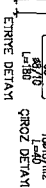
P83-P83S-P84-P84S PERDELERİ
DONATI PLANI ve KESİTLERİ

TAKIYE PERDE DETAYLARI
ÖLÇEK : 1/5



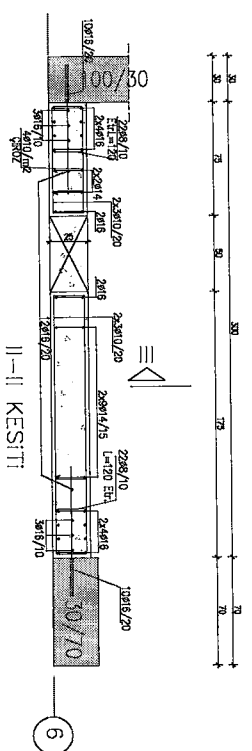
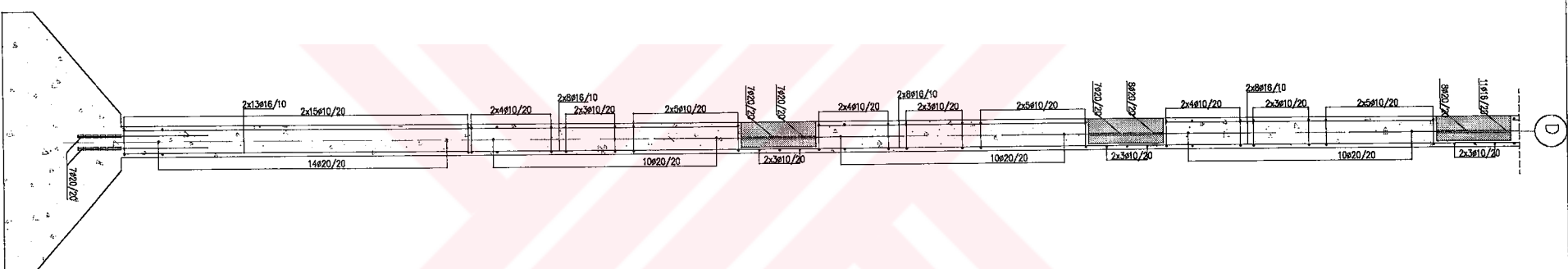
P85 PERDESİ DONATI PLANI VE KESİTLERİ

TAKYİYE PERDE DETAYLARI
ÖLÇEK : 1/5

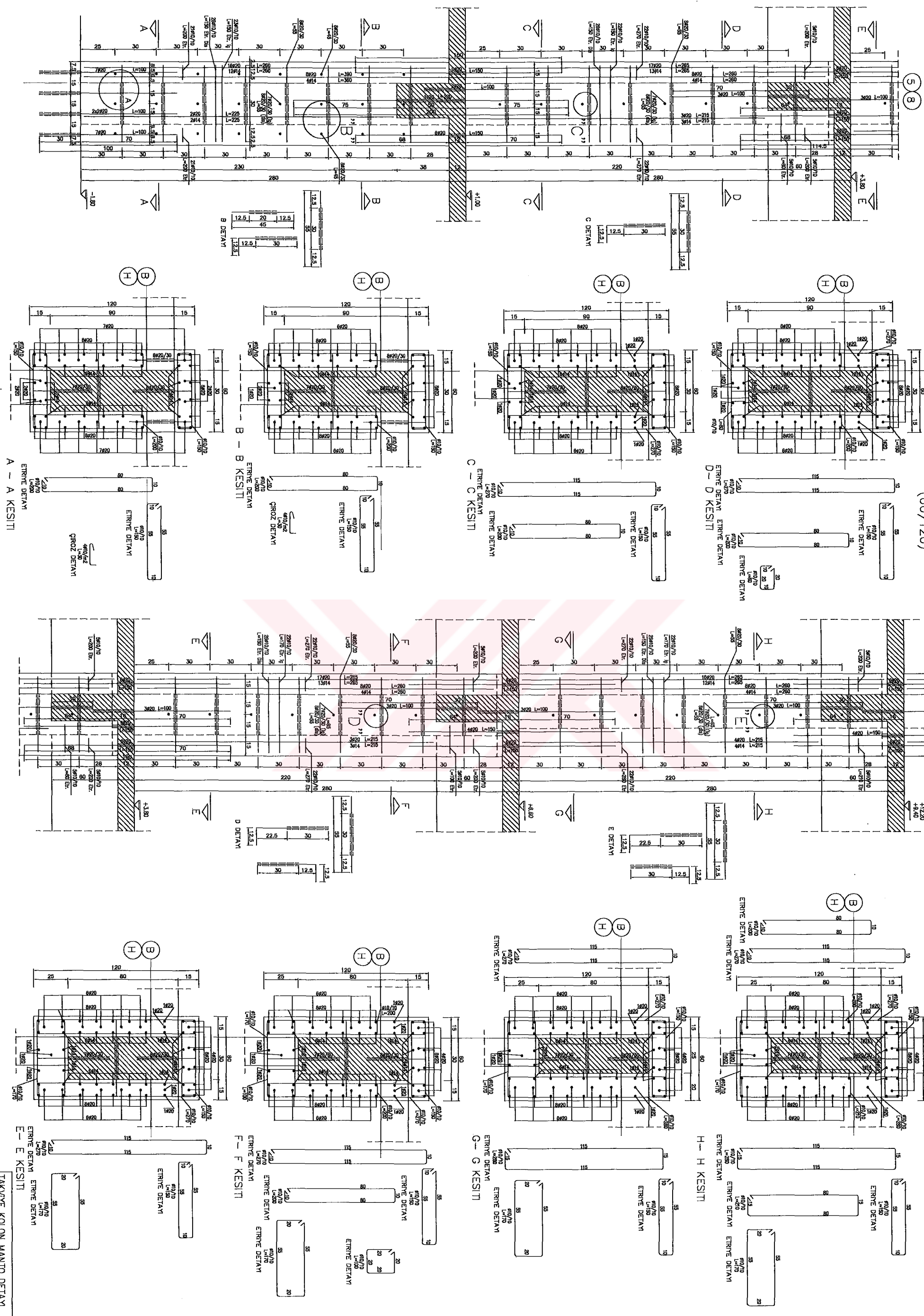


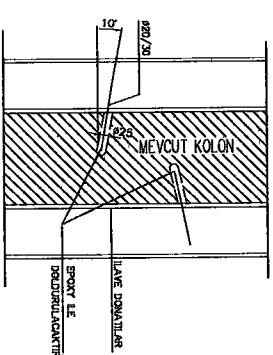
TAKVİYE PERDE DETAYLARI
ÖLÇEK : 1/5

ÖLÇEK : 1/5



TAKVİYE PERDE DETAYLARI
ÖLÇEK : 1/5

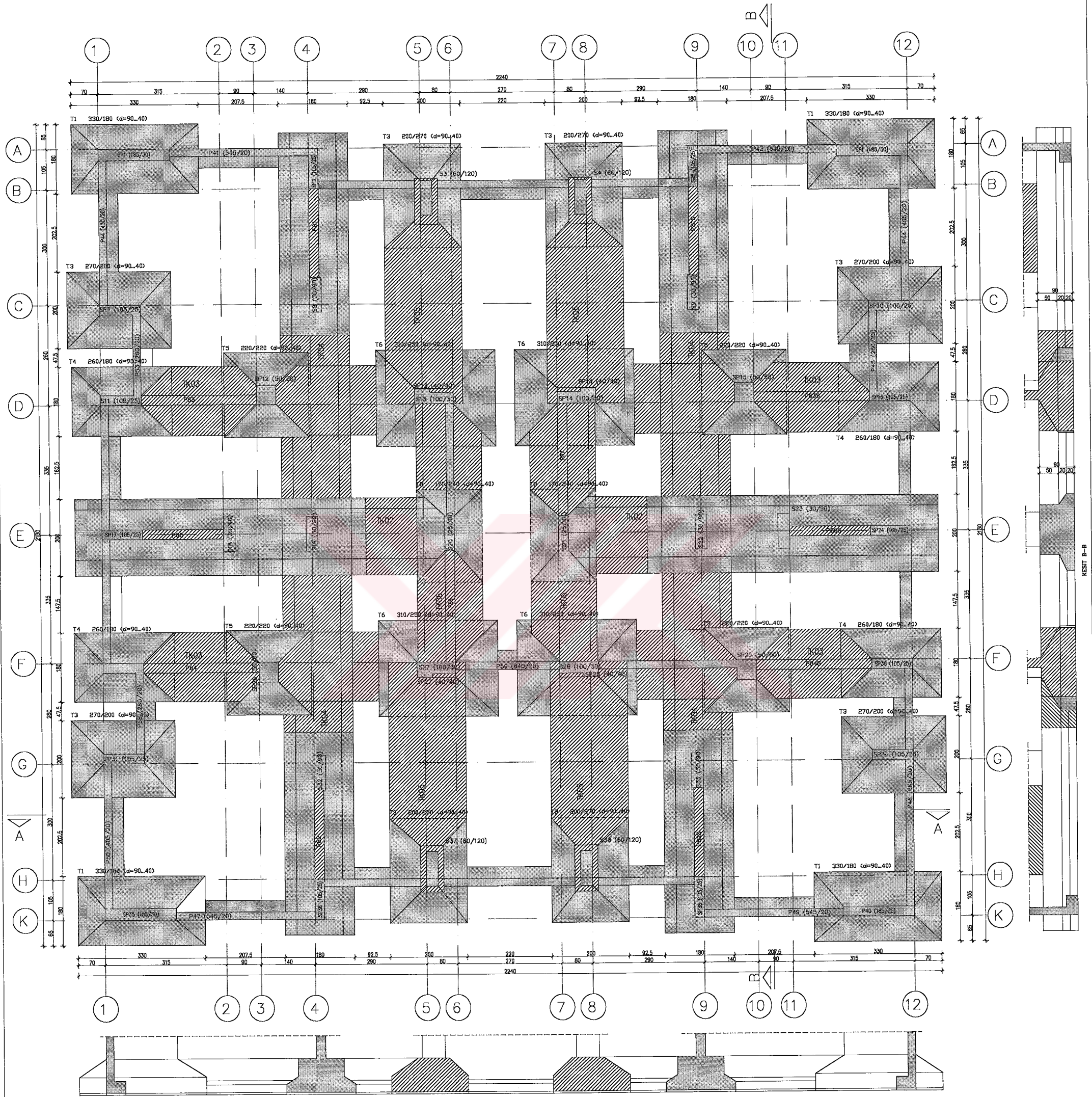




TAKVİYE KOLON MANTO DETAYI

ÖLÇEK : 1/2.5

[illegible]



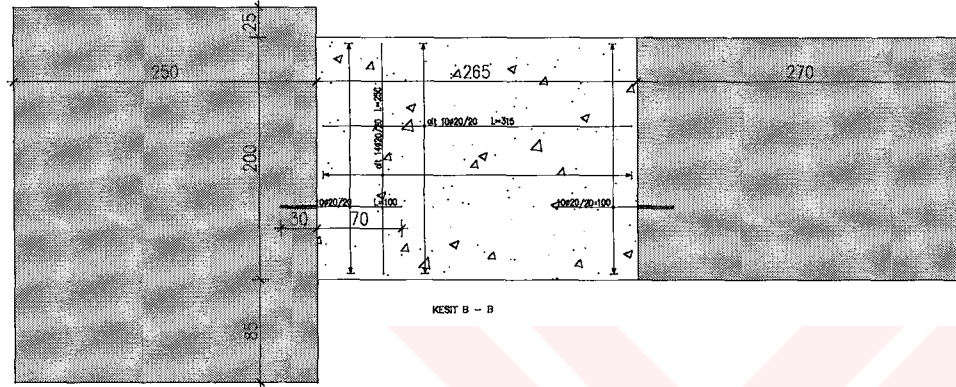
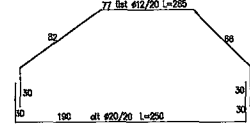
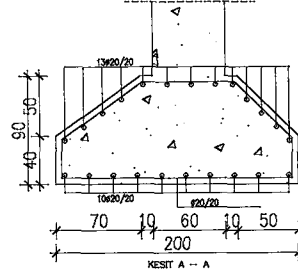
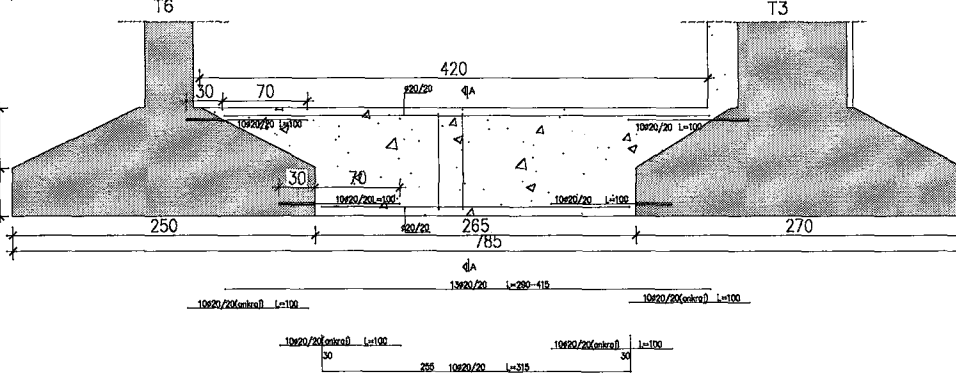
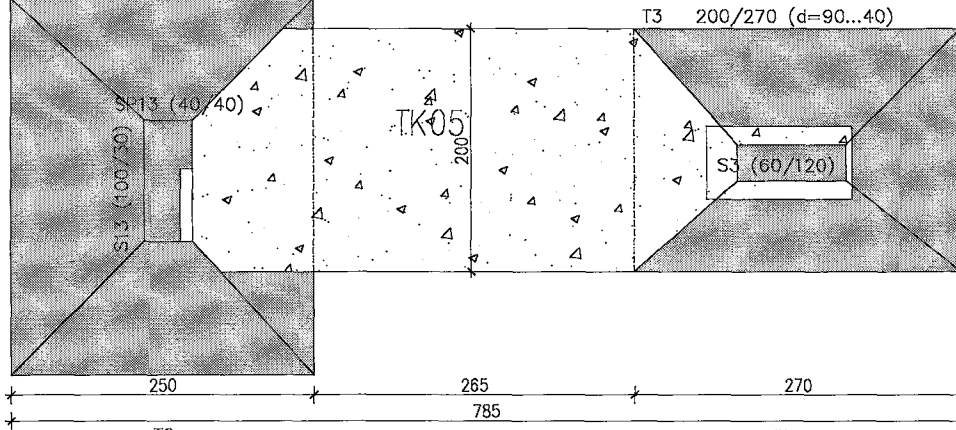
KESİT A - A

MEVCUT TEMEL
TAKVIYE TEMEL

TAKVİYELİ DURUM
TEMEL KALIP PLANI
ÖLÇEK : 1/10

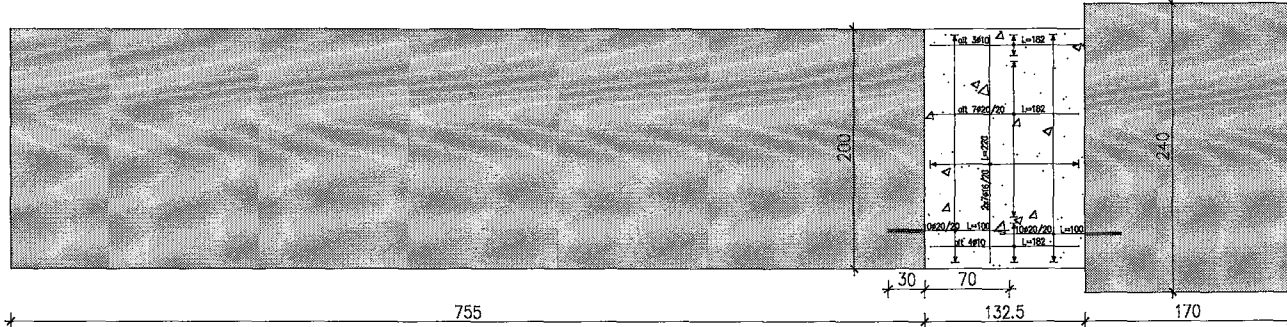
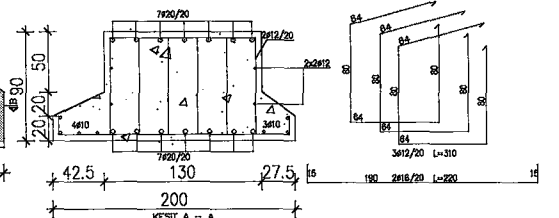
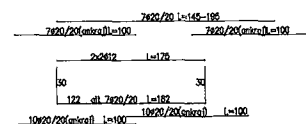
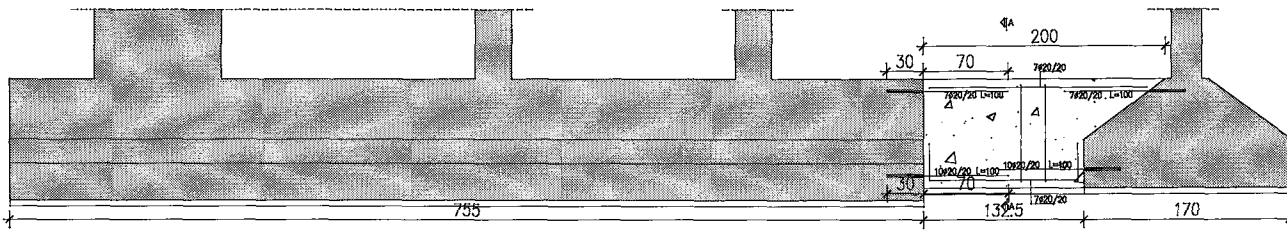
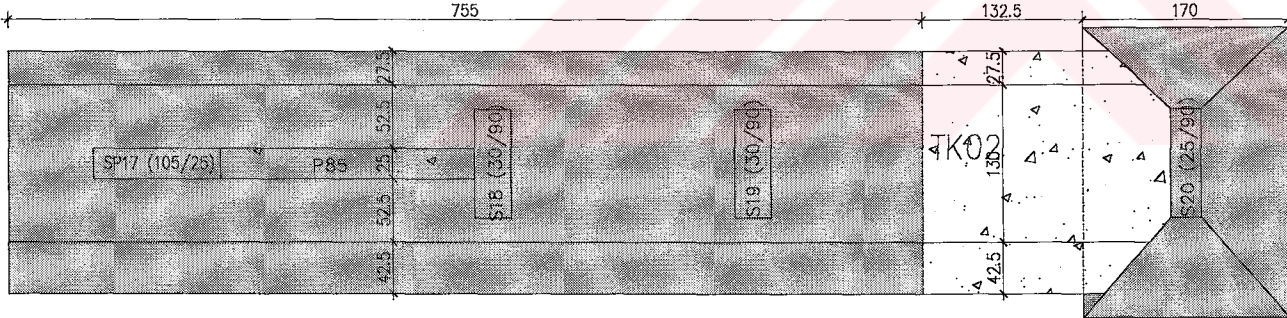
T6 310/250 (d=90...40)

T3 200/270 (d=90...40)

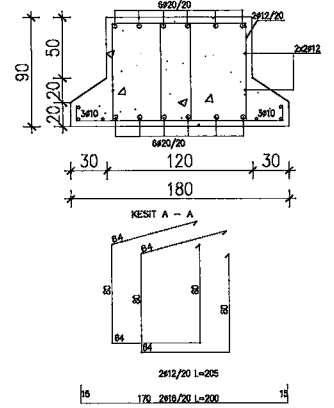
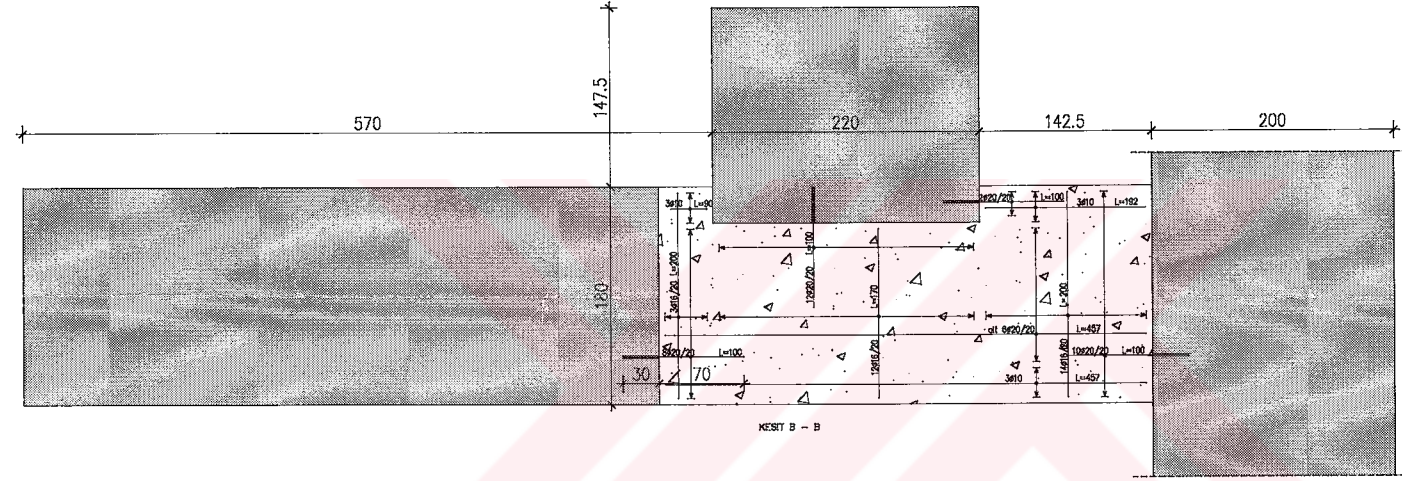
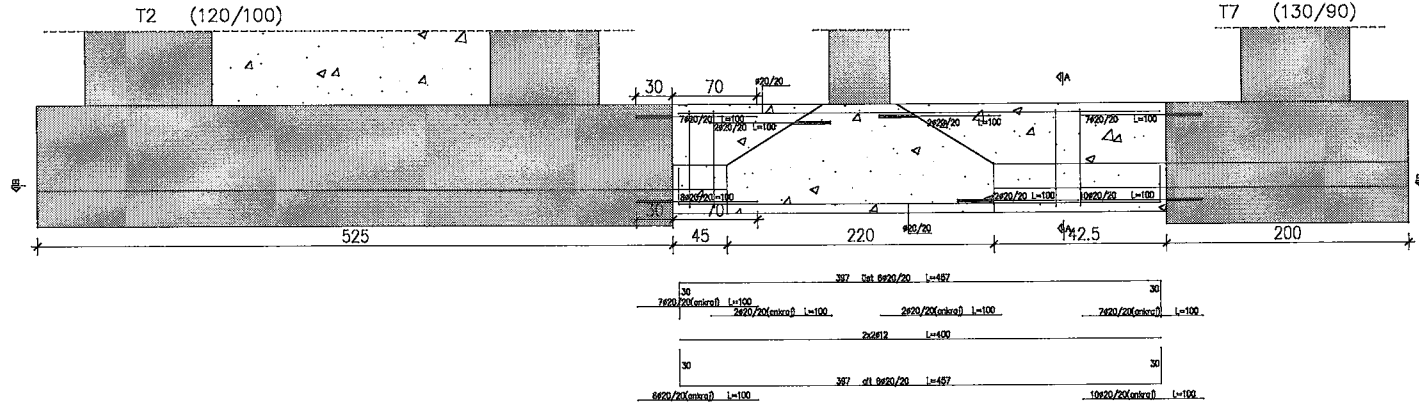
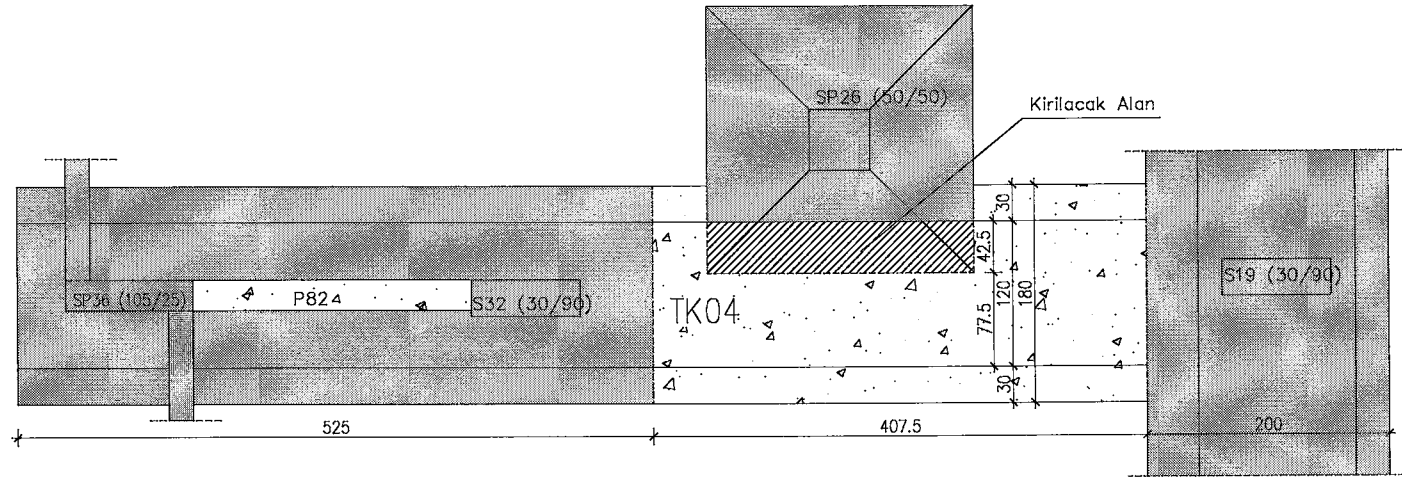


KESİT B - B

T8 170/240 (d=90...40)



KESİT B - B



ETKİN YER YÜZEY KATSAYISI (A _f)	0.40
BİNA ÖNEM KATSAYISI (I)	1.0
YEREL ZEMİN SINIFI	Z2
TAKVİYELİ SİSTEM DAV. KATS. (R)	6
ZEMİN EMNİYET GERİLMESİ	2.0 kg/cm ²
MALAT NOTLARI	
1 - Betonarme kolon etrafındaki tuşla duvarlar çalınma payı kadar kaldırıldıktan sonra kolon ve kırışların manto ile temas edecek yüzeyleri tırtıklanarak pürüzlü hale getirilecektir.	
2 - Ankraj deliklerinin mevcut donatıyı kesmeden açılmasına çalışılacak,yatay ankraj demirleri epoxy maddenin akmaması için yatayla 10 eğimli olarak açılacaktır. Ankraj delişi çapı ankraj çapından 5 mm daha büyük olacaktır.	
3 - Açılan delikler ve üretilmiş yüzeyler basınçlı hava ile iyice temizlenecektir.	
4 - Kolon ve kırışlardaki ankraj filizleri epoxy ile mevcut betonarme yüzeye ankras edilecektir.	
5 - Kolon manto donatıları yerleştirildikten sonra, manto kalıbı kırılma veya düşmesinin 10 cm altına kadar yapılacaktır.	
6 - Kolon manto kalıbının üst kısmında döşeme ile arasındaki 10 cm yerden beton dökümünü sağlayacak şekilde hırtı yapılacaktır.	
7 - Betonla temas edecek yüzeyler su ile doygun hale getirildikten sonra beton dökümüne basılacaktır.	
8 - Beton prizini aldıktan sonra kolon kalıbının üst kısmında kalan 10 cm boşluk rötresiz harç ile süstleştirilerek doldurulacaktır.	
9 - Üstteki fazla beton kırılacaktır.	

TAKVİYE MALZEMESİ	BETON	BS26 (Kendiliğinden Yerleşen Beton)
	KOLON DONATISI	BÇ IIIa
	PERDE DONATISI	BÇ IIIa
	ETRİYE	BÇ IIIa

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	29.12.1979	
Doğum yeri	Çorum	
Lise	1993-1997	Fatih Sultan Mehmet (Süper) Lisesi
Lisans	1997-2001	Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fak. İnşaat Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2002-2004	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Müh. Anabilim Dalı, Yapı Programı

Çalıştığı kurum

2003-2004	AGM Mühendislik Ltd Şti. (Ankara)
-----------	-----------------------------------