

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YAPILARDA OLUŞAN HASAR BİÇİMLERİ VE
NEDENLERİ VE YAPILARIN ONARIM VE
GÜÇLENDİRİLMESİ TEKNİKLERİ İLE BİR YAPININ
GÜÇLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Cemal ŞİRİN

Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Programı : YAPI MÜHENDİSLİĞİ

ARALIK 2006

**YAPILARDA OLUŞAN HASAR BİÇİMLERİ VE
NEDENLERİ VE YAPILARIN ONARIM VE
GÜÇLENDİRİLMESİ TEKNİKLERİ İLE BİR
YAPININ GÜÇLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Cemal ŞİRİN
501011011**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 17 Kasım 2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 20 Kasım 2006**

**Tez Danışmanı : Y. Doç. Dr. Abdullah GEDİKLİ (İ.T.Ü.)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Reha ARTAN (İ.T.Ü.)
Prof. Dr. Faruk YÜKSELER (Y.T.Ü.)**

ARALIK 2006

ÖNSÖZ

Son yıllarda yaşadığımız büyük depremler bizlere sadece maddi hasarlara sebep olmayıp ayrıca can kaybına da sebebiyet verdiğini göstermiştir. Bu depremlerde hasar görmüş yapıların bir kısmının mühendislik hizmeti almadığını, alanların ise hatalı projelendirildiğini, yapılan uygulamaların proje ve teknik şartnamelere uygun olarak yapılmadığı, hatalı işçiliklerin olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmanın amacı; hasar görmüş yapılardan ders çıkartarak yeni yapılacak olan yapıları gerek proje aşamasında gerekse imalat aşamasında gerekli özeni ve hassasiyeti göstererek istenmeyen olaylarla karşılaşılmasını önlemek ve hasar gören yapıların onarım ve güçlendirilmesinde ne tür bir yol izleneceğini göstermektir.

Yüksek lisans tez çalışmalarım sırasında bana ışık tutan ve bilimsel katkılarıyla bu tezin hazırlanmasında büyük emek sarfeden Sayın Yrd. Doç. Dr. Apdullah GEDİKLİ'ye, çalışmalarım sırasında manevi desteğiyle büyük güç veren İnş. Müh. Mahir Polat'a, meslek hayatıma yön veren İnş. Müh. Hakan Ceylan, çalışmalarımın her aşamasında sabırla bekleyen ve desteğini biran olsun esirgemeyen eşim Sibel Şirin'e ve maddi-manevi desteğini öğrenim hayatım boyunca eksik etmeyen annem ve babama da ayrıca teşekkürleri bir borç bilirim.

Mayıs 2006

CEMAL ŞİRİN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
TABLO LİSTESİ	X
ŞEKİL LİSTESİ	XII
SEMBOL LİSTESİ	XVIII
ÖZET	XIX
SUMMARY	XXI
1.GİRİŞ	1
2.DEPREME DAYANIKLI YAPILARIN MİMARİ TASARIM İLKELERİ	5
2.1 Giriş	5
2.2 Düzensiz Formda Yapılaşma	6
2.3 Yapıların Biçimlendirilmesinde Dikkat Edilmesi Gereken Genel Hususlar	7
2.4 Kesitte Uyulması Gereken Hususlar	9
2.5 Planda Çerçevesel Taşıyıcı Sistemin Belirlenmesinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar	10
2.6 Perde Taşıyıcı Sistemlerin Yerleşmesinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar	15
2.6.1 Perdeli taşıyıcı sistemlerde planda dikkat edilmesi gereken hususlar	16
2.6.2 Perde Sistemlerde Düşey Kesitte Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar	22
2.7 Çekirdeklerin Esas Taşıyıcı Sistem Olduğu Durumlarda Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar	23
2.8 Yapıların Kolon-Kiriş Çerçeve Teşkilinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar	24
2.8.1 Döşemelerde büyük boşluk bırakılması	24
2.8.2 Katta devam etmeyen kiriş	25
2.8.3 Katta kiriş boyutları	25
2.8.4 Kirişe oturan kiriş konumu	26
2.8.5 Mesnete yakın saplanan kirişler	26
2.8.6 Çok uzun tek yönlü kirişler	26
2.8.7 Konsol alın kirişleri	27
2.9 Temelden Çatıya Kolonların Sürekli Olması	27
2.9.1 Kolonların süreksizliği	28

2.9.2 Konsol ucuna oturan kolonlar	28
2.9.3 Kesitte, çerçevelev taşıyıcı sistemin belirlenmesinde dikkat edilmesi gereken hususlar	29
2.9.4 Yumuşak kat oluşumundan kaçınma	30
2.10 Yapıların Temel-Zemin İlişkisinde Uyulması Gerekli Hususlar	31
2.10.1 Eğimli arazide kısa kolon	36
2.11 Yapıların Sünekliliğini Arttıran Hususlar	36
2.12 Dikkat Edilmesi Gerekli Diğer Hususlar	38

3. YAPI HASARLARI ve ÇATLAK ÇEŞİTLERİ, NEDENLERİ ve ALINMASI GEREKLİ ÖNLEMLER

3.1 Yapı Çatlakları ve Nedenleri	46
3.1.1 Çatlak nedir	46
3.1.2 Çatlakların genel özellikleri	46
3.1.3 Çatlakların sebepleri	48
3.1.4 Yapısal çatlaklara sebep olan faktörler	48
3.1.5 Yapısal olmayan çatlaklar, sebepleri ve çatlak tipleri	48
3.1.5.1 Plastik çatlaklar	48
3.1.5.1.1 Plastik büzölme çatlakları	48
3.1.5.1.2 Plastik oturma çatlakları	49
3.1.5.2 Isı gerilme çatlakları	49
3.1.5.3 Kuruma büzölmesi çatlakları	49
3.2 Yapı Hasarlarının Nedenleri ve Alınması Gerekli Önlemler	54
3.2.1 Yapı hasarları	54
3.2.1.1 Betonarmede çatlaklar	54
3.2.1.2 Ayırışmalar	54
3.2.1.3 Parça kopmaları	55
3.2.2 Yapım Aşamasında (inşaat sırasında) meydana gelen hatalar	58
3.2.2.1 Alt yapının ya da kalıpların yerel oturması	58
3.2.2.2 Düşey kalıpların oynamaları	58
3.2.2.3 Vibrasyon	59
3.2.2.4 Taze betonun ayrışması - plastik rötre	59
3.2.2.5 Erken kalıp alma	60
3.2.2.6 Rötre	61
3.3 Betonarme Yapılarda Çatlaklar	62
3.3.1 Taşıyıcı Olmayan elemanlardaki çatlaklar –duvar çatlakları	62
3.3.1.1 Temel oturmasından oluşan çatlaklar	62
3.3.1.2 Deprem titreşimlerinden oluşan çatlaklar	63

3.3.1.3 Çevreden gelen yapay titreşim çatlakları	65
3.3.1.4 Aşırı sehim çatlakları	66
3.3.2 Taşıyıcı olan yapı elemanlarındaki çatlaklar ve hasarlar	70
3.3.2.1 Deprem hasarı	70
3.3.2.2 Döşeme hasarı	73
3.3.2.3 Kirişlerde oluşan hasarlar	75
3.3.2.4 Kolonlarda oluşan hasarlar	78
3.3.2.4.1 Kolonda deprem hasarı	78
3.3.2.4.2 Kolonda kesme hasarı	80
3.3.2.4.3 Kolonlarda basınç kırılması	81
3.3.2.4.4 Kolonlarda diğer hasar şekilleri	82
3.3.3 Kolon-kiriş birleşim bölgesi hasarı	82
3.3.4 Perde hasarları	84
3.3.4.1 Kesme çatlakları	84
3.3.4.2 Eğilme çatlakları	84
3.3.4.3 Kayma hasarı	86
3.3.5 Temelde oluşan hasarlar	88
3.4 Donatının Paslanması	88
3.5 Soğuk Derz	89

4. ÜLKEMİZDE MEYDANA GELEN TİPİK DEPREM HASARLARI VE DEPREMİN ORTAYA ÇIKARDIĞI YAPI KUSURLARI

90

5. ONARIM VE GÜÇLENDİRME İÇİN YAPILAN HAZIRLIKLAR

109

5.1 Giriş	109
5.2 Hasarlı Betonun Uzaklaştırılması Teknikleri	110
5.2.1 Hasarlı betonun patlatılarak uzaklaştırılması	111
5.2.2 Hasarlı betonun kesilerek uzaklaştırılması	111
5.2.3 Hasarlı betonun darbe ile kırılması	111
5.2.4 Hasarlı betonun çatlatılarak uzaklaştırılması	112
5.2.5 Hasarlı betonun parçalara ayrılarak uzaklaştırılması	112
5.3 Yüzey Hazırlığı	112
5.3.1 Kimyasal yolla yüzey hazırlığı	113
5.3.2 Mekanik yolla yüzey hazırlığı	113
5.3.3 Aşındırarak yüzey hazırlığı	113
5.3.3.1 Aşındırıcı olarak kum kullanma	113
5.3.3.2 Metalik aşındırıcılar	114

5.3.4 Yüksek basınçlı su jeti	115
5.3.5 Asit uygulaması	115
5.3.6 Yakarak yüzey temizliği	116
5.4 Donatılar İçin Yüzey Hazırlığı	116

6. ONARIM VE GÜÇLENDİRME MALZEMELERİ VE KULLANILAN TEKNİKLER

6.1 Giriş	117
6.2 Onarım Malzemeleri	117
6.2.1 Yerinde döküm normal beton	118
6.2.2 Büzülmesi (rötresi) önlenmiş veya genleşen çimento	119
6.2.3 Polimerli (polimerle özelliği iyileştirilmiş) beton	120
6.2.4 Reçine betonları	121
6.2.5 Püskürtme beton	122
6.2.6 Reçineler	124
6.2.7 Harçlar	125
6.2.8 Yüzey kaplamaları	126
6.2.8.1 Koruyucu yüzey kaplamaları	127
6.2.8.2 Genleşen yüzey kaplamaları	127
6.2.8.3 Reçine kökenli yüzey kaplamaları	128
6.2.8.4 Yüzey sertleştiriciler ve kaplamalar	128
6.2.9 Karbon lamalar	119
6.2.10 Cam ve karbon lifli dokumalar	130
6.3 Parça Kopmaları ve Ayrışmaların Onarım ve Güçlendirilmesi	131
6.4 Tamir Parçalarıyla Onarım ve Güçlendirme	133
6.5 Çimento Şerbeti ve Enjeksiyonu Yöntemi ile Onarım ve Güçlendirme	134
6.6 Püskürtme Beton İle Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi	135
6.7 Epoksi Reçineleri İle Onarım ve Güçlendirme	136
6.8 Çelik Şeritlerle Onarım ve Güçlendirme	138
6.9 Lif Takviyeli Plastik Levhalarla Onarım ve Güçlendirme	139
6.10 Mekanik Bağlayıcılar	140

7. TAŞIYICI SİSTEM ELEMANLARININ ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİ

7.1 Döşemelerin Onarım ve Güçlendirilmesi	142
7.2 Kirişlerin Onarım ve Güçlendirilmesi	143
7.2.1 Kirişlerin moment taşıma kapasitesinin artırılması	144

7.2.2 Kirişlerin kesme kuvveti taşıma kapasitesinin arttırılması	148
7.3 Kolonların Onarım ve Güçlendirilmesi	151
7.3.1 Betonarme mantolama ile kolonların güçlendirilmesi	152
7.3.2 Çelik profil iskelet geçirme ile kolonların onarım ve güçlendirilmesi	157
7.3.3 Çelik levha ile kafes içine alarak kolonların onarım ve güçlendirilmesi	158
7.3.4 Cam karbon lifli dokumalar ile kolonların onarım ve güçlendirilmesi	159
7.4 Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesinin Onarım ve Güçlendirilmesi	160
7.4.1 Birleşim bölgesinin mantolama ile onarım ve güçlendirilmesi	160
7.4.2 Birleşim bölgesinin çelik levha donatı ile onarım ve güçlendirilmesi	162
7.5 Perdelerin Onarım ve Güçlendirilmesi	163
7.6 Temellerin Onarım ve Güçlendirilmesi	166
8. SİSTEME YENİ TAŞIYICI ELEMANLAR İLAVE EDİLMESİ İLE YAPILARIN GÜÇLENDİRİLMESİ	169
8.1 Yapıya Yeni Deprem Perdelerin Eklenmesi	171
8.1.1 Dış betonarme perdeler	171
8.1.2 İç betonarme perdeler	173
8.1.3 Eksenel betonarme perdeler	175
8.1.4 Dışmerkez betonarme perdeler	175
8.2 Diğer Perde İlave Biçimleri	177
8.2.1 Donatısız yığma duvarlarla doldurma	177
8.2.2 Donatılı yığma duvarla doldurma	177
8.2.3 Yerinde dökme betonarme perde duvar ile doldurma	179
8.2.4 Perde duvarını kalınlaştırılması	183
8.2.5 Hazır dökülmüş panolarla dolgu	184
8.2.6 Çelik diyagonal elemanlarla güçlendirme	185
8.2.7 Kanat duvarların eklenmesi	188
8.2.8 Dolgu duvarla güçlendirmenin etkinliği	189
9 DOKUZ KATLI BETONARME BİR YAPININ DEPREM GÜVENLİĞİNİN İRDELENMESİ VE GÜÇLENDİRİLMESİ	195
9.1 Giriş	195
9.2 Yapının Tanıtımı	197
9.3 Mevcut yapının Düşey Yüklere Göre İncelenmesi	198
9.3.1 Döşeme yükleri	199
9.3.2 Kiriş yükleri	200

9.3.3 Depremsiz durum için hesap sonuçlarının incelenmesi	201
9.4 Yapının Depremlı Duruma İçin Hesaplarının İncelenmesi	202
9.4.1 Mevcut yapının eşdeğer deprem yükü yöntemine göre deprem hesabı	202
9.4.2 Dinamik analiz sonuçları	204
9.4.3 Hesaba katılacak yeterli titreşim modu sayısı	204
9.4.4 Güçlendirme öncesi görelı kat ötelemeleri ve burulma düzensizliğı kontrolü	207
9.4.5 B1 ve A4 düzensizlik kontrolü	208
9.4.6 Güçlendirme öncesi yapı elemanlarının kontrolü	209
9.4.7 Mevcut yapının göçme yükü mukayesesi	219
9.5 Mevcut Yapının Güçlendirilmesi	220
10 SONUÇLAR VE ÖNERİLER	233
KAYNAKLAR	235
ÖZGEÇMİŞ	240
EKLER	241

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1 Ülkemizde meydana gelen büyük depremler	2
Tablo 1.1 Ülkemizde meydana gelen büyük depremler	3
Tablo 3.1 Çatlak tipleri	52
Tablo 3.2 Yapılarda meydana gelen çatlakların sınıflandırılması	53
Tablo 6.1 Yüzey kaplama malzemesinin yangına karşı sürülmesi gereken miktar	128
Tablo 6.2 Epoksi reçinesi ile betonun mekanik özellikleri	136
Tablo 6.3 Lif takviyeli plastik levhaların mekanik özellikleri	139
Tablo 9.1 Döşeme yük hesabı	199
Tablo 9.2 Kiriş yük hesabı	200
Tablo 9.3 Kiriş hasar yüzdeleri	201
Tablo 9.4 Kolon kesme kuvveti dağılımı	201
Tablo 9.5 Kat kütlesi ve rijitlik merkezi	202
Tablo 9.6 Modal analiz ile eşdeğer deprem yük hesabı karşılaştırma tablosu	203
Tablo 9.7 Tasarım spektrum değerleri	204
Tablo 9.8 Yapı modları ve periyotları ile bunlara karşılık gelen modal kütle değerleri	205
Tablo 9.8 Yapı modları ve periyotları ile bunlara karşılık gelen modal kütle değerleri	206
Tablo 9.9 Kat deprem deplasmanları	207
Tablo 9.10 X yönü (+%5) deprem kat deplasmanları	207
Tablo 9.11 X yönü (- %5) deprem kat deplasmanları	208
Tablo 9.12 Y yönü (+ %5) deprem kat deplasmanları	208
Tablo 9.13 Y yönü (- %5) deprem kat deplasmanları	208
Tablo 9.14 B1-düşey doğrultudaki düzensizliklerinin kontrolü	209
Tablo 9.15 Bodrum kat kolon ve perdelerde eğilme kontrolü	210
Tablo 9.16 Zemin kat kolon ve perdelerde eğilme kontrolü	211
Tablo 9.17- 1. Normal kat kolon ve perdelerde eğilme kontrolü	212
Tablo 9.18- 2. Normal kat kolon ve perdelerde eğilme kontrolü	213
Tablo 9.19- 3. Normal kat kolon ve perdelerde eğilme kontrolü	214
Tablo 9.20- 4. Normal kat kolon ve perdelerde eğilme kontrolü	215
Tablo 9.21- 5. Normal kat kolon ve perdelerde eğilme kontrolü	216
Tablo 9.22- 6. Normal kat kolon ve perdelerde eğilme kontrolü	217
Tablo 9.23- 7. Normal kat kolon ve perdelerde eğilme kontrolü	218
Tablo 9.24 Mevcut yapının göçme yükü mukayesesi	219

Tablo 9.25 Plastikleşen kolonların kesme kuvveti dağılımı	220
Tablo 9.26 ($M_{ci} \geq M_{bi}$) >> $\sum M_{bi}$ kiriş plastik mafsallık kontrolü	220
Tablo 9.27 Bodrum kat kolon ve perdelerde kesme kontrolü	221
Tablo 9.28 Zemin kat kolon ve perdelerde kesme kontrolü	223
Tablo 9.29 1. Normal kat kolon ve perdelerde kesme kontrolü	224
Tablo 9.30 2. Normal kat kolon ve perdelerde kesme kontrolü	225
Tablo 9.31 3. Normal kat kolon ve perdelerde kesme kontrolü	226
Tablo 9.32 4. Normal kat kolon ve perdelerde kesme kontrolü	227
Tablo 9.33 5. Normal kat kolon ve perdelerde kesme kontrolü	228
Tablo 9.34 6. Normal kat kolon ve perdelerde kesme kontrolü	228
Tablo 9.35 7. Normal kat kolon ve perdelerde kesme kontrolü	228
Tablo 9.36 Mevcut ve güçlendirilmiş durumdaki göçme yükü mukayesesi	231
Tablo 9.37 Bina performansı-kiriş hasar yüzdeleri	231
Tablo 9.38 Plastikleşen kolonların kesme kuvveti dağılımı	232

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 Düzensiz formda yapılaşma	7
Şekil 2.2 Yapılarda bloklaşma	7
Şekil 2.3 Yapılarda bloklaşma	8
Şekil 2.4 Yapılarda bloklaşma	8
Şekil 2.5 Yapılarda bloklaşma	9
Şekil 2.6 Yapılarda bloklaşma	9
Şekil 2.7 Bloklar arası çekiçleme	10
Şekil 2.8 Aks sistemine yerleştirilmiş kolonlar	10
Şekil 2.9 Düzensiz yerleştirilmiş kolonlar	11
Şekil 2.10 Cephelere dik yerleştirilmiş kolonlar	11
Şekil 2.11 Cephelere dik yerleştirilmemiş kolonlar	12
Şekil 2.12 İki doğrultuda eşit yerleştirilmiş kolonlar	12
Şekil 2.13 İki doğrultuda eşit yerleştirilmemiş kolonlar	13
Şekil 2.14 İki doğrultuda kirişlerle bağlanan kolonlar	13
Şekil 2.15 Kirişlerle bağlanmamış kolonlar	14
Şekil 2.16 Rijitlik ve kütle merkezlerinin eksantrisitesi	14
Şekil 2.17 Planda düzgün yerleştirilmiş kolonlar	15
Şekil 2.18 Planda düzgün yerleştirilmemiş kolonlar	15
Şekil 2.19 Akslara oturmuş perdeli sistem	16
Şekil 2.20 Akslara oturmamış perdeli sistem	16
Şekil 2.21 Cephelere dik yerleştirilmiş perdeli sistem	17
Şekil 2.22 Cephelere dik yerleştirilmemiş perdeli sistem	17
Şekil 2.23 İki doğrultuda yerleştirilmiş perdeli sistem	18
Şekil 2.24 Tek doğrultuda yerleştirilmiş perdeli sistem	18
Şekil 2.25 Labil yerleştirilmiş perdeli sistem	19
Şekil 2.26 Labil yerleştirilmemiş perdeli sistem	19
Şekil 2.27 Köşe perdeli karma sistem	20
Şekil 2.28 Tünel kalıp perde taşıyıcı sistem	20

Şekil 2.29 Merkezi ve köşe perdeli taşıyıcı sistem	21
Şekil 2.30 Perdelerin zemin katta kolona dönüştürülmesi	22
Şekil 2.31 Temele oturmayan perde	22
Şekil 2.32 İki ucundan kirişe binen perde	23
Şekil 2.33 Çekirdek perdeli taşıyıcı sistem	24
Şekil 2.34 Perde çekirdek merkezde	24
Şekil 2.35 Merkezi perde çekirdek ve iki doğrultuda yerleşen perdeli sistem	24
Şekil 2.36 Farklı yanal rijitlik	25
Şekil 2.37 Devam etmeyen giriş	25
Şekil 2.38 Kirişe oturan giriş	26
Şekil 2.39 Mesnete gelen giriş	26
Şekil 2.40 Çok uzun tek yönlü döşemeler	27
Şekil 2.41.a Yapı yüksekliğince sürekli kolonlar	27
Şekil 2.41.b Yapı yüksekliğince sürekli olmayan kolonlar	27
Şekil 2.42 Sürekli olmayan kolonlar	28
Şekil 2.43 Konsol ucuna oturan kolon	28
Şekil 2.44 Süreksiz girişsiz sistem	29
Şekil 2.45 Sürekli girişli sistem	29
Şekil 2.46 Zayıf kolonlu sistem	30
Şekil 2.47 Kuvvetli kolonlu sistem	30
Şekil 2.48.a Kademeli temel	32
Şekil 2.48.b Hemzemin olmayan temel	32
Şekil 2.49 Hemzemin temel	32
Şekil 2.50 Kutu kesitli temel	32
Şekil 2.51.a Bağ girişsiz temel	33
Şekil 2.51.b Girişsiz radye temel	33
Şekil 2.52 Bağ girişli temel	33
Şekil 2.53 Kademeli temel	34
Şekil 2.54.a Yetersiz temel derinliği	34
Şekil 2.54.b Keson temel	34
Şekil 2.55 Bodrum çepeçevre perde	35
Şekil 2.56 Kazıklı temel şekilleri	35
Şekil 2.57 Eğimli arazide kısa kolon	36

Şekil 2.58 Yapı rijitlik değişimi	38
Şekil 2.59 Tek yönlü nervürlü döşeme	39
Şekil 2.60 Kısa kolon türleri	40
Şekil 2.61 Kısa kolon türleri	42
Şekil 2.62 Kısa kolon türleri	42
Şekil 2.63 Kısa kolon türleri	42
Şekil 2.64 Üst katta devam eden giriş	43
Şekil 2.65 Şaşırtmalı kolon	43
Şekil 3.1 Yapılarda çatlak tipleri	52
Şekil 3.2 Temel oturmasından oluşan çatlak	62
Şekil 3.3 Temel oturmasından oluşan çatlak	63
Şekil 3.4 Çeşitli sıva çatlakları	63
Şekil 3.5 Çeşitli sıva çatlakları	64
Şekil 3.6-a Burulma etkisinde duvar	65
Şekil 3.6-b Burulma etkisinde duvar	65
Şekil 3.7 Çerçeveden ilişkisi kesilmiş duvar	65
Şekil 3.8 Oturma hasarlarının dolgu duvarlarda oluşturduğu hasarlar	66
Şekil 3.9 Aşırı uç sehim hasarları	67
Şekil 3.10 Konsol uçlarında oluşan hasarlar	68
Şekil 3.11 Konsol çıkmalarda donatı yerleştirme problemleri	69
Şekil 3.12 Kolonda mafsallaşma hasarının ileri aşamaları	70
Şekil 3.13 Betonarme yapılarda kolonlarda mafsallaşma	72
Şekil 3.14 Hasarlı döşemede çatlak ve sehim	74
Şekil 3.15 Girişsiz döşemede zımbalama hasarı	74
Şekil 3.16 Kayma çatlakları	75
Şekil 3.17 Kayma çatlakları	75
Şekil 3.18 Giriş uçlarında mafsallaşma	76
Şekil 3.19 Bağ girişi X kayma çatlağı	76
Şekil 3.20 Depreme dayanıklı yapılarda kolonlarda mafsal oluşumu	78
Şekil 3.21 Kolonlarda mafsallaşmaların ileri aşaması	79
Şekil 3.22 Kolonlarda kesme hasarı	81
Şekil 3.23 Kolonlarda basınç hasarı	81
Şekil 3.24-a Girişlerde mafsallaşma	82

Şekil 3.24-b Kolonlarda mafsallaşma	82
Şekil 3.25 Ek yeri hasar biçimi	83
Şekil 3.26 Ek yeri hasar biçimi	83
Şekil 3.27 Perdelerde kesme çatlakları	84
Şekil 3.28 Perdelerde eğilme çatlakları hasar biçimi	85
Şekil 3.29 Boşluklu perdelerde hasar biçimi	85
Şekil 3.30 Perdelerde kayma çatlakları	86
Şekil 3.31 Yatay yüklerin sadece perdeler tarafından karşılandığı sistemlerde perdede oluşan hasar biçimi	87
Şekil 3.32 Burulma çatlakaları oluşmuş bir perde duvar	87
Şekil 4.1 Soğuk derz oluşumu sonucu meydana gelen hasar	91
Şekil 4.2 Standartlara uygun olmayan donatının meydana getirdiği hasar	91
Şekil 4.3 Standartlara uygun olamayan donatı ve kötü işçilik sonucu meydana gelen hasar	92
Şekil 4.4 Standartlara uygun olmayan donatı ve kötü işçilik sonucu meydana gelen hasar	92
Şekil 4.5 Standartlara uygun olmayan donatı ve kötü işçilik sonucu meydana gelen hasar	93
Şekil 4.5 Etriye eksikliği ve kötü işçilik sonucu yapıda meydana gelen hasar	94
Şekil 4.6 Yanal rijitliği düşük olan yapıda meydana gelen hasar	94
Şekil 4.7 Kötü işçilik nedeniyle birleşim bölgesinde meydana gelen hasar	95
Şekil 4.8 Bodrumsuz yapılarda yanal rijitliğin zayıf olması durumu	96
Şekil 4.9 Çekiçleme etkisiyle meydana gelen hasar	96
Şekil 4.10 Çekiçleme etkisiyle meydana gelen hasar	97
Şekil 4.11 Zayıf kat sonucu meydana gelen hasar	98
Şekil 4.12 Yetersiz etriye kullanımı sonucu meydana gelen hasar	98
Şekil 4.13 Hatalı taşıyıcı sistem seçimi	99
Şekil 4.14 Hatalı taşıyıcı sistem tasarımı	100
Şekil 4.15 Bant pencereler nedeniyle meydana gelen yapı hasarı	100
Şekil 4.16-a Zayıf kat oluşumu ve çekiçleme sonucu meydana gelen yapı hasarı	101
Şekil 4.16-b Zayıf kat oluşumu sonucu meydana gelen yapı hasarı	101
Şekil 4.17 Çekiçleme sonucu meydana gelen hasar	102
Şekil 4.18 Yetersiz yanal rijitlik sonucu meydana gelen hasar	102

Şekil 4.19 Bitişik nizam binalarda dilatasyon bırakılmaması sonucu oluşan hasar	103
Şekil 4.20 Mafsallaşmaların kolonlarda olması sonucu meydana gelen hasar	103
Şekil 4.21 Gereğinden fazla açıklığı olan kiriş nedeniyle meydana gelen hasar	104
Şekil 4.22 Vibratör kullanılmayan yapılarda sıkışmayan betonda meydana gelen hasar	105
Şekil 4.23 Zemin yapısına uygun olmayan temel seçimi sonucu meydana gelen hasar	105
Şekil 4.24 Zemin yapısına uygun olmayan temel seçimi sonucu meydana gelen hasar	106
Şekil 4.25 Zayıf kolon-güçlü kiriş oluşumlarından kaçınılmadan yapılmış yapı	106
Şekil 4.26 Mafsallaşmaların kolonlarda olduğu durumlarda meydana gelen hasar biçimi	107
Şekil 4.27-a Tedbir alınmayan kalkan duvarı hasarı	107
Şekil 4.27-b Tedbir alınmayan kalkan duvarı hasarı	108
Şekil 4.28 Kısa kolon sonucu meydana gelen hasar	108
Şekil 5.1 Aşındırma makinası	114
Şekil 5.2 Metalik aşındırma makinesi	115
Şekil 6.1 Püskürtme makinesi	123
Şekil 6.2 Karbon lama uygulaması	130
Şekil 6.3 Çelik şeritlerle onarım ve güçlendirme	138
Şekil 6.4 Mekanik bağlayıcılarla yapı elemanlarının dikilmesi	140
Şekil 6.5 Metal elemanlarla onarım	141
Şekil 7.1 Döşeme kalınlığını arttırma yöntemleri	142
Şekil 7.2 Kirişlerin moment kapasitelerini arttırma yöntemleri	145
Şekil 7.3 Kirişlerin moment kapasitelerini arttırma yöntemlerinde donatı kaynak biçimleri	146
Şekil 7.4 Lif katkılı elemanlarla kirişleri güçlendirme yöntemleri	148
Şekil 7.5 Kirişlerin kesme kuvveti taşıma kapasitesinin arttırılması	149
Şekil 7.6 Beton alanını arttırılarak kirişlerin kesme kuvveti taşıma kapasitesinin arttırılması	149
Şekil 7.7 Çelik levhaların kirişin yan yüzlerine yapıştırarak kesme kapasitesinin arttırılması	150
Şekil 7.8 Lifli dokumalarla kirişin kesme kuvveti kapasitesinin arttırılması	151
Şekil 7.9 Kolonların onarım ve güçlendirilmesinde ilave edilen donatının kaynaştırılması	152
Şekil 7.10 Kolonların betonarme mantolama ile onarım ve güçlendirilmesi	153

Şekil 7.11 Kolonların onarım ve güçlendirilmesinde yeni-eski elemanların kaynaştırılması	155
Şekil 7.12 Kolonların onarım ve güçlendirilmesinde mantolama yöntemi	157
Şekil 7.13 Çelik profil iskelet geçirerek kolonların onarım ve güçlendirilmesi	157
Şekil 7.14 Çelik levha ile kafes içine alarak kolonların onarım ve güçlendirilmesi	159
Şekil 7.15 Birleşim bölgesinin mantolama ile onarım ve güçlendirilmesi	162
Şekil 7.16 Birleşim bölgesinin çelik levha donatı ile onarım ve güçlendirilmesi	163
Şekil 7.17 Perdelerin onarım ve güçlendirilmesinde mantolama yönteminin kullanılması	164
Şekil 7.18 Perde ile döşeme arasında kesme kuvveti aktarımı	165
Şekil 7.19 Sisteme eklenen yeni elemanlar için temel boyutlarının büyütülmesi	166
Şekil 7.20 Güçlendirilmiş elemanların temelinde kuvvet aktarımı	167
Şekil 8.1 Sisteme yeni eleman ilavesi	170
Şekil 8.2 Dış perdenin mevcut kirişlere bağlanması	172
Şekil 8.3 Dış perdenin mevcut temele bağlanması	172
Şekil 8.4 Sisteme ilave edilen iç betonarme perde ayıntısı	173
Şekil 8.5 Güçlendirme perdesinin mevcut kirişi sararak yükselmesi ve mevcut kolonu mantolayarak bütünleşmesi	174
Şekil 8.6 Dış merkez perdenin katta döşemeyi delmesi durumunda donatı düzeni	174
Şekil 8.7 Donatılı yığma duvarlarla doldurarak sisteme yeni eleman ilavesi	178
Şekil 8.8 Güçlendirme perdesinin donatısının mevcut elemanlara bağlantısı	179
Şekil 8.9 Yerinde dökme güçlendirme perdesinin mevcut elemanlara bağlanması	180
Şekil 8.10 Perde betonu dökme yöntemleri	182
Şekil 8.11 Yalnızca kirişlere bağlanmış perde duvarla güçlendirme	183
Şekil 8.12 Perde duvarının kalınlaştırılarak yapının güçlendirilmesi	184
Şekil 8.13 Çelik diyagonal elemanlarla yapıların güçlendirilmesi	186
Şekil 8.14 Kanat duvar eklenerek sistemin güçlendirilmesi	189
Şekil 8.15 Güçlendirme yöntemlerinin kıyaslanması	190
Şekil 8.16 Eski ve yeni duvar kaynaştırma yöntemleri	192
Şekil 8.17 Betonarme çerçevelerin değişik çelik diyagonal çerçeve ile güçlendirilmesinin etkinliği (OKHUBO,1991)	193

SEMBOL LİSTESİ

bw	: Minimum Kolon Genişliği
d	: Perde Uzun Kenarı
b	: Perde Kısa Kenarı
H	: Kat Yüksekliği
Ag	: Perdelerin Herbir Kattaki Toplam Kesit Alanı
Ap	: Yapının Kat Alanı
Vt	: Yapıya Gelen Taban Kesme Kuvveti
fctd	: Beton Karakteristik Basınç Dayanımı
Hw	: Perde Kritik Yüksekliği
A₀	: Etkin Yer İvmesi Katsayısı
Kb	: Zemin Yatak Katsayısı
σ_{em}	: Zemin emniyet Gerilmesi
MH	: Minimum Hasar
BH	: Belirgin Hasar
IH	: İleri Düzey Hasar
GB	: Göçme Belirtisi
Wg	: Herbir Katın Toplam Ölü Yüğü
Wq	: Herbir Katın Hareketli Yüğü
Xg	: Yapının X Yönünde Ağırlık Merkezi
Xr	: Yapının X Yönünde Rijitlik Merkezi
Yg	: Yapının Y Yönünde Ağırlık Merkezi
Yr	: Yapının Y Yönünde Ağırlık Merkezi
Ra(t)	: Hareketli Yüğü Azaltma Katsayısı
I	: Bina Önem Katsayısı
Sa	: Spektrum Katsayısı
η_{bi}	: i'inci Katta Tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı
η_{ki}	: i'inci Katta Tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı
η_{ci}	: i'inci Katta Tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı

Ve : Deprem Yüğü

Vr : Yapıdaki Mevcut Taban Kesme Kuvveti

Vd : Kesme Kuvveti Dayanımı

YAPILARDA OLUŞAN HASAR BİÇİMLERİ VE NEDENLERİ VE YAPILARIN ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİ TEKNİKLERİ İLE BİR YAPININ GÜÇLENDİRİLMESİ

ÖZET

Bu tez çalışmasının amacı ülkemizde meydana gelen yapı hasarlarının sebeplerinin araştırılması ve bu konuda alınması gerekli önlemlerin henüz proje aşamasında belirlenerek, bu tür hataların önüne geçilmesini sağlamak ve ayrıca bir yapının güçlendirme projesini yaparak yapının daha sağlıklı bir hale getirilmesini sağlamaktır.

İlk bölümde ülkemizin depremsel yönden incelenmesini anlatılarak ülkemizde depremin ne kadar önemli bir doğa afeti olduğunun üzerinde duruldu.

İkinci bölümde bir yapı tasarlanırken hangi kıstaslar göz önünde bulundurulması gerektiği ve yapının daha sonra olası deprem hasarları veya diğer hasarlardan etkilenmemesi için ne tür önlemler alınması gerektiği üzerinde durulmuştur.

Üçüncü bölümde ise, yapılarda meydana gelen hasarların genel özellikleri hakkında ayrıntılı bir biçimde bilgi verilmiş olup bu konuda da alınması gerekli önlemleri kısa bir biçimde değinilmiştir.

Dördüncü bölümde ise bize gerçek anlamda daha önceki bölümlerde anlatılan kıstaslara uyulmadığı takdirde yapımızda ne tür hasarların meydana geleceği hususunda bilgi vermektedir. Bu bölümde kaliteli bir yapının inşasında bütün faktörlerin eksiksiz olarak yerine getirilmesine rağmen işçiliğin iyi yapılmaması durumunda yapının büyük hasarlara neden olacağı ülkemizde kısa bir süre önce meydana gelmiş depremlerden örneklerle anlatılmaktadır.

Beşinci bölümde, yapıların onarım ve güçlendirilmesine başlamadan önce onarılacak veya güçlendirilecek bölgenin iyice tetkik edildikten sonra gerekli çalışmalar yapılarak onarım ve güçlendirilmeye hazır hale getirilmesini sağlamak için ne tür işlemler yapıldığına değinilmektedir.

Altıncı bölümde, onarım ve güçlendirme işlemlerinde kullanılan malzemelerin tanıtılması ve bu işlemlerde kullanılan tekniklere değinilmektedir.

Yedinci bölümde ise genel olarak yapı elemanlarında onarım ve güçlendirme yapılırken ne tür yöntemler kullanılmakta ve hangi yöntemin ne kadar etkili olduğu anlatılmaktadır.

Sekizinci bölümde ise yapıların onarım ve güçlendirilmesi sadece mevcut elemanlarla olması gerekmediği istenilirse ve daha iyi sonuçlar verdiği kanaatine varılırsa yapıya yeni elemanlar (genelde perde) eklenerek de yapıların onarım ve güçlendirilmesini sağlayabileceğimiz anlatılmaktadır.

Son bölümde ise bir yapının incelenerek onarım ve güçlendirmeye ihtiyaç duyulup duyulmadığını hesaplamak ve gerekli ise uygun bir güçlendirme kararının alınarak yapıya uygulanması sonucu yapıda oluşan yeni durumun deprem güvenliğinin sağlamaktır.

GENERAL KIND OF DAMAGE BUILDINGS ANT IT'S REASONS AND TECHNIQUES OF REPAIRING AND STRENGTHENING REICFORCEMENT BULDINGS AND STRENGTHENING A BUILDING

SUMMARY

The aim of the this thesis is researching of the reasons of the damaged structures in our country and getting necessary preventions at this subject as just specifying during the project to prevent making any mistakes and however as making reinforcement project of a building to supply it for being a better situation.

At the first part, as explaining affects of earthquake on buildings, it has been shown that the earthquake is a nature disaster which is very destructive.

At the second part, as planning of a building, what we need to take into account and considering on getting preventions to not to effect of the structure from probable earthquake damages or other damages.

At the third part, detailed information has been given about general characteristic of damages which occur in buildings and preventions about this subject has been explained as briefly.

At the fourth part, it has been informed that, if not to take care subjects which have been mentioned in the previous parts it might have been faced kinds of damages. In this part, although fulfilled all necessity factors during building of a qualified structure, the building could be damaged because of inqualified workmanship. These have been explained by using old earthquake knowledge which occurred in our country at past.

At the fifth part, necessary studies have been done before beginning repairing and reinforcement of buildings, after researching of the zone which is to be repaired and reinforced then it has been referred that what kind of operations have been done to prepare buildings for repair and reinforcement.

At the sixth part, it has been referred that describing of materials which are used in repairing and reinforcement and techniques used in these operations.

At the seventh part, it has been explained as generally which techniques are used and which ones are better in repairing and reinforcement in building elements.

At the eighth part, it has been explained that repairing and reinforcement of building is not obligatory by only using existing elements, if it is wished and decided it is going to have a better result as new elements are added to the building (generally shell element) reinforcement and repairing could be supplied, too.

At the last part, as examining of a building, to calculate repairing and reinforcement is needed or not, if so, as a result of deciding a suitable reinforcement and applying it, to the building. Then supplying the earthquake safety occurred in new situation of the building.

1.GİRİŞ

Tarihin en eski çağlarından beri birçok medeniyetin beşiği olan ülkemiz sürekli deprem etkilerine maruz kalmaktadır. Bunun bir sonucu da özellikle Ege ve Marmara denizine kıyıları bulunan şehirlerimizin yerle bir olup denizin altına kayıp yok olmasına neden olmuştur.

Cumhuriyet tarihimizden bu yana ülkemizde ağır hasar veren can ve mal kaybına neden olan deprem sayısı kırktan fazladır. Bu depremlerde 100.000 civarında can kaybı meydana geldiği ve 450.000'den fazla yapının yıkılmış veya ağır hasar gördüğü tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan istatistiksel çalışmalar her 35-40 yılda bir yıkıcı depremlerin etkisiyle büyük yerleşim alanlarının yerle bir olduğunu göstermiştir. Bu konuda en tipik örnek olarak Erzincan ilimizi gösterebiliriz. Erzincan ve çevresinde son 1000 yılda oluşan yaklaşık 17 şiddetli ve yıkıcı olan depremden beşinde bu ilimiz yerle bir olmuş ve bu ilimizde kaybettiğimiz vatandaşlarımızın sayısı 150.000'i bulmuştur.

Ülkemiz topraklarının %96'sı değişik deprem etkilerine maruz kaldığı ve bu bölgelerimizde yaşayan vatandaşlarımızın sayısının ise ülke nüfusumuzun %98'ini ve ayrıca bu bölgelerimizde bulunan barajlarımız ise ülke barajlarımızın %92'sine sahiptir. Bu rakamlar bize, bu bölgelerde yapılacak yapıların deprem kuvvetlerine karşı oldukça dayanımlı yapılması gerektiği, aksi takdirde büyük mal ve can kayıplarına neden olacağını göstermektedir.

Ülkemizde meydana gelen büyük depremler aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

Tablo 1.1: Ülkemizde Meydana Gelen Büyük Depremler

No	Tarih	Büyüklik	Yer	Can kaybı	Ağır Yapı Sayısı	Hasarlı
1	28.03.1902	6.7	Malazgirt	4	3000	
2	04.12.1905	6.8	Çemizgezek	0	15	
3	09.08.1912	7.3	Mürefte	216	5540	
4	13.09.1924	6.9	Pasinler	310	4300	
5	18.03.1926	6.9	Finike	27	190	
6	31.03.1928	7	İzmir-Torbalı	50	2100	
7	18.05.1929	6.1	Sivas-Suşehri	64	1357	
8	16.05.1930	7.2	Hakkari Sınırı	2514	3000	
9	04.01.1935	6.7	Erdek	5	30	
10	01.05.1935	6.2	Digor	200	0	
11	19.04.1938	6.6	Kırşehir	149	0	
12	22.09.1939	7.1	İzmir-Dikili	60	0	
13	26.12.1939	7.9	Erzincan	32962	116720	
14	20.02.1940	6.7	Develi	37	20	
15	23.05.1941	6	Muğla	2	0	
16	15.11.1942	6.1	Bigadiç-Sındırgı	7	0	
17	20.12.1942	7	Niksar-Erbaa	3000	6300	
18	20.06.1943	6.6	Adapazarı-Hendek	336	0	
19	26.11.1943	7.2	Tosya-Ladik	2824	0	
20	01.04.1944	7.2	Bolu-Gerede	3959	0	
21	06.10.1944	7	Ayvalık-Edremit	27	0	
22	25.06.1944	6.2	Gediz-Uşak	21	0	
23	20.03.1945	6	Adana-Ceyhan	10	0	
24	23.07.1949	7	İzmir-Karaburun	1	7	
25	17.08.1949	7	Karlıova	450	0	
26	13.08.1951	6.9	Kurşunlu	52	208	
27	18.03.1953	7.4	Yenice-Gönen	265	73	
28	07.09.1953	6.4	Kurşunlu	2	230	
29	16.07.1955	7	Aydın-Söke	23	470	

30	20.02.1956	6.4	Eskişehir	2	1219
31	25.04.1957	7.1	Fethiye	67	3100
32	26.05.1957	7.1	Bolu-Abant	52	4201
33	23.05.1961	6.5	Marmaris	0	61
34	18.09.1963	6.3	Çınarcık	1	230
35	14.06.1964	6	Malatya	8	678
36	06.10.1964	7	Manyas	23	5398
37	19.08.1966	6.9	Varto	2394	20007
38	22.07.1967	7.2	Adapazarı	89	235
39	26.07.1967	6.2	Pülümür	97	1282
40	30.07.1967	6	Akyazı	2	0
41	03.09.1968	6.5	Amasya-Bartın	29	2073
42	14.01.1969	6.2	Fethiye	0	42
43	23.03.1969	6.1	Demirci	0	1100
44	25.03.1969	6	Demirci	0	1826
45	28.03.1969	6.6	Alaşehir	41	4372
46	28.03.1970	7.2	Gediz	1086	9452
47	12.05.1971	6.2	Burdur	57	150
48	22.05.0971	6.7	Bingöl	878	5617
49	06.09.1976	6.9	Lice	2385	3339
50	24.11.1977	7.2	Çaldıran-Muradiye	3840	497
51	30.10.1984	6.8	Erzurum-Kars	1155	1142
52	07.12.1989	6.9	Kars-Akkaya	4	11
53	13.03.1993	6.8	Erzincan-Tunceli	653	3850
54	17.08.1999	7.4	Kocaeli	15000	32000
55	12.12.1999	7.2	Bolu-Düzce	800	5000

Yukarıdaki tablo bizim yapıların depremde hasar görmesi sonucu ne kadar kötü sonuçlar doğurduğunu gözler önüne sermektedir. Son 10 yıl içinde meydana gelen ve ülkemizin sanayi ili olan Kocaeli depremi gösteriyor ki yapı teknolojisi ne kadar ilerlerse ilerlesin gerekli denetimler yapılmadığı sürece depreme dayanıklı yapı tasarımından söz edilemeyecektir[1].

Yapılarımızda meydana gelen hasarları yapı göçmeyecek boyutlara taşımak elbette ki yapının imalatının gerekli şartları sağlanması ile mümkündür. Bunlar ;

- ❖ Mimari tasarım yapılırken deprem yönetmeliğinde bulunan düzensizliklerden kaçınmak ve diğer konstrüktif kurallara uymak.
- ❖ Statik-Betonarme hesaplar yapılırken sadece mimari kaygılara kapılmayarak yapının estetiğine en az zarar verecek şekilde yönetmeliklere uygun bir şekilde tasarım yapmak.
- ❖ İmalat sırasında kullanılacak malzemelerin TSE şartlarını sağlamasına dikkat etmek.
- ❖ Yapı imalatında kusursuz işçilik sağlamak.

2. DEPREME DAYANIKLI YAPILARIN MİMARİ TASARIM İLKELERİ

2.1 Giriş

Yapıların tasarımını iki bölümde inceleyebiliriz. Bunlardan birincisi yapının mimari yapısı, fonksiyonelliği ve estetiği ikincisi ise yapının taşıyıcı sistem tasarımı olan malzemelerin özellikleri ve yapıya gelen dış kuvvetlerinin hesaplanmasıdır. Önceleri ilk bölüm ön planda tutulurken ülkemizin deprem kuşağında olmasının anlaşılması ve ülkemizde meydana gelen depremlerden sonra yapıların büyük hasar görmesi bundan sonra ikinci bölümün daha çok ön plana çıkmasına sebep olmuştur.

Mimari formlar yapı malzemesine olduğu kadar taşıyıcı sisteme de bağlıdır. Örneğin; mekan tasarımında, sarkan kirişlerin ve bölme duvarların istenmemesi hallerinde asmolen döşemeli bir taşıyıcı sistem seçimi kullanım amacına uygun düşen bir seçim olmaktadır.

Uygulamada, genellikle mekan tasarımı mimarlar tarafından, taşıyıcı sistem tasarımı ise yapı mühendisleri tarafından yapılmaktadır. Türkiye bir deprem ülkesi olup, yüzölçümünün %90'ı ve nüfusunun %62'si deprem bölgesi içinde kalmaktadır. Yapılara gelen dış etkiler arasında deprem etkisi çok önemli bir yer tutmaktadır. Türkiye'de yapılacak her yapının tasarımında, üzerinde önemle durulması gereken bir konu da depremdir. Yapıların depreme dayanıklı olması başta gelen bir koşuldur. Depreme dayanıklı bir yapı tasarımı, yalnızca taşıyıcı sistemin deprem etkilerine göre ele alınması ile çözümlenecek bir problem değildir. Bir yapıda henüz mimari tasarım çalışmaları sırasında problemin deprem açısından ele alınması gerekir.

Türkiye'de ve dünyada depremlerden edinilen deneyimler, depreme dayanıklı yapı tasarımına daha mimari tasarım sırasında başlanması gereğini ortaya koymaktadır. Mimari tasarımda özgürce davranan mimar taşıyıcı sistem tasarımında mühendisin çalışmasını güçleştirir. Ayrıca bu özgürce davranışı ile deprem etkileri altında taşıyıcı

sistem tasarımında çok daha önemli problemlerin doğmasına neden olmaktadır. Karmaşık biçimli bir yapının statik hesabını yapmak her zaman mümkündür. Fakat taşıyıcı sistemin depreme dayanıklı olması ayrı bir olaydır. Bir taşıyıcı sistem deprem etkilerine göre tasarlanmalıdır. Bir taşıyıcı sistemin depremden gelen yatay yüklere karşı davranışı düşey yüklere göre davranışından çok farklıdır. Göze hoş gelen mimari formlar yalnız düşey yükler göz önüne alınarak bulunur. Büyük yatay yüklere göre dayanıklı olarak tasarlanan taşıyıcı sistemler genellikle mimari bakımdan göze hoş görünmezler. Deprem yönetmeliklerindeki koşullar, gerçekte düzgün biçimli yapılar için geçerlidir. Karmaşık yapılarda taşıyıcı sistem analizi güçleşeceğinden yönetmelik koşullarına uyulmaz. Bu nedenle mimari tasarımda, depreme çok dayanıklı bir taşıyıcı sistemi oluşturmak güçtür. Bu nedenle mimari tasarım esnasında, dikkat edilecek bazı noktalar, hem yapı mühendisinin dayanıklı bir taşıyıcı sistem tasarlamasını hem de ortaya çıkan yapının depreme karşı dayanıklılığını sağlamış olacaktır.

Ayrıca depreme dayanıklı yapıların gerektirdiği koşullarla çelişen bazı mimari kriterlerden de kaçınılarak yapının taşıyıcı sisteminin depreme karşı güvenliğinin arttırmış oluruz. Bunlar ;

- ❖ Bol ışık ve geniş ve engelsiz alan kullanma eğiliminin ortaya çıkardığı sürekli taşıyıcı duvarlar ve büyük kesitli kolonların bulunmadığı geniş ve büyük hacimler
- ❖ Çok miktarda dış cephe boşlukları
- ❖ Kolonlar ve kirişlerin bölme duvarları içinde saklanabilmesi için gereğinden küçük boyutlarda yapılması
- ❖ Betonarme yapıların dolgu duvarlarının yerlerinin istenildiği gibi değiştirilebilmesi için kirişleri olmayan ve rijitliği az asmolenli ya da kirişsiz döşeme yapılması
- ❖ Planda ve yükseklikte basit ve simetrik olmayan yapı biçimleri
- ❖ Taşıyıcı elemanların simetrik ve düzenli yerleştirilmesine izin vermeyen plan ayrıntıları

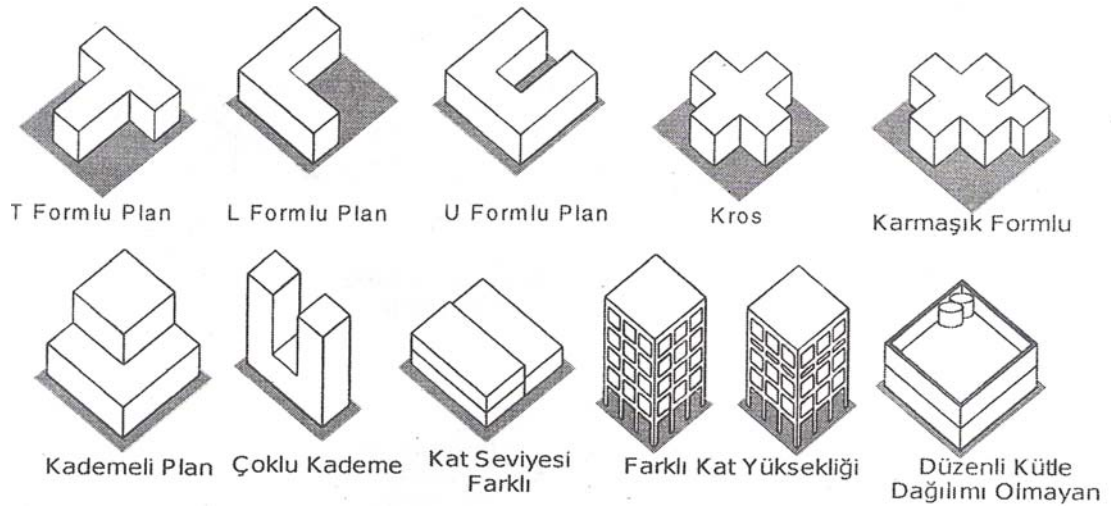
Bu ve benzer yaklaşımlar depreme dayanıklı taşıyıcı sistem oluşturmayı güçleştirmekte ya da bulunan çözümler pahalı ve yetersiz güvenlikte olmaktadır.

Aşağıda anlatılan bölümlere dikkat edilmesi durumunda yapıların deprem güvenliği artırılmış olur.

2.2 Düzensiz Formda Yapılaşma

Yapılar genel olarak üç boyutta depreme karşı dayanıklılığında önem kazanmaktadır

Yapıların üç boyutu birbirine yakın olduğu ölçüde depreme karşı dirençleri iyi olmaktadır. Düzensiz formda yapılaşmalardan kaçınılmalıdır. Şekil 2.1 de görüldüğü gibi düzensiz formda yapılaşma yapılmamalıdır. Yapılar düzenli forma dönüştürülmelidir [2].

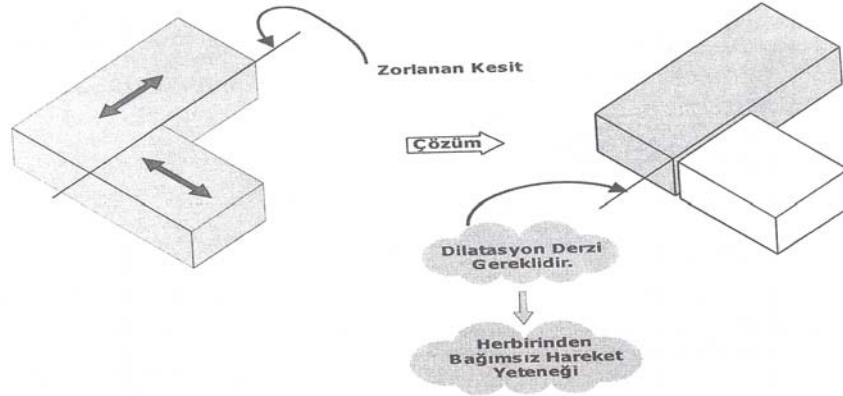


Şekil 2.1: Düzensiz Formda Yapılaşma

2.3 Yapıların Biçimlendirilmesinde Dikkat Edilmesi Gereken Genel Hususlar

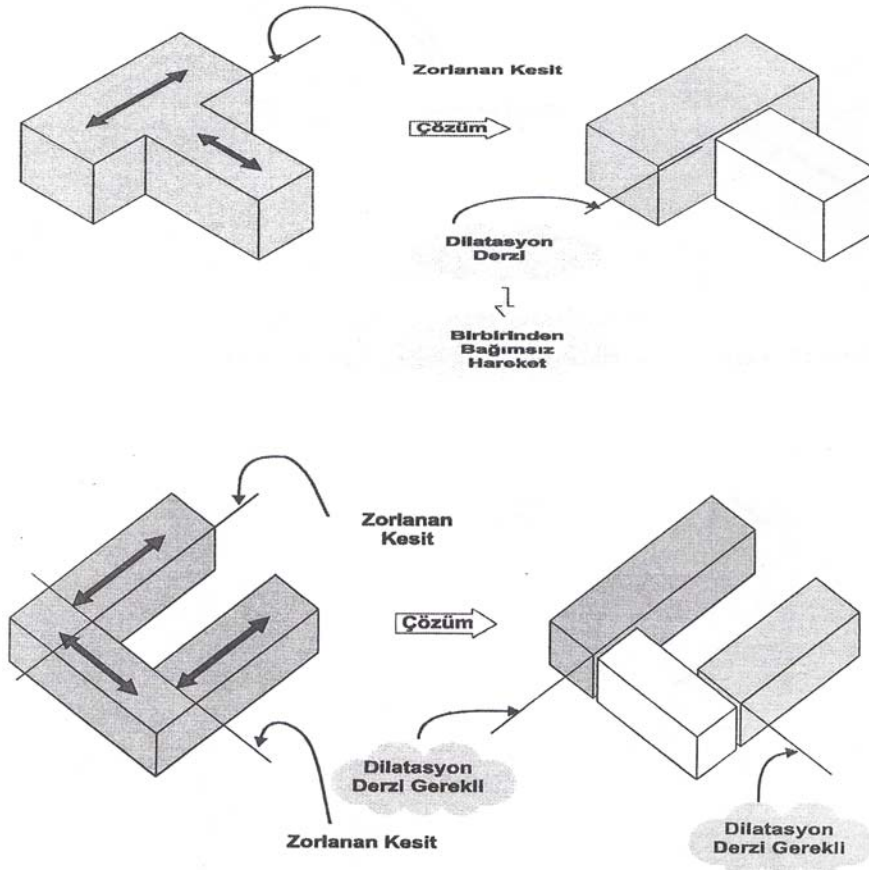
Planda keskin rijitlik değişimi, depreme karşı dayanıklı değildir. Köşelerde, deprem etkisi ile gerilme yığılmaları meydana gelir.

Planda keskin rijitlikler meydana getirmemek için Şekil 2.2, Şekil 2.3 ve Şekil 2.4 de görüldüğü gibi dilatasyonlarla yapı bloklaştırılır. Deprem derzi dediğimiz dilatasyon için yapı yüksekliği arttıkça her 3 m’de 10 mm eklenecektir. Yapı yüksekliği 6 m’ye kadar olan yapılarda derz genişliği en az 30 mm olmalıdır.

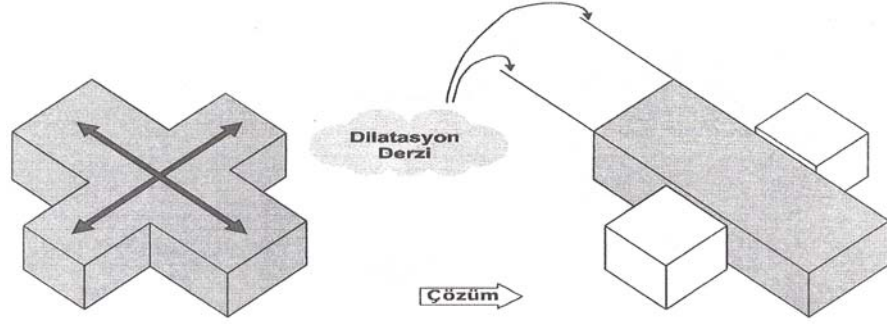


Şekil 2.2: Yapılarda Bloklaşma

Simetrik olmayan bina planı, depreme karşı dayanıklı yapı tasarımında yapılmaması gereken husustur. Bunun için simetrik olmayan binalar deprem derzleri ile simetrik olan bloklara dönüştürülür.



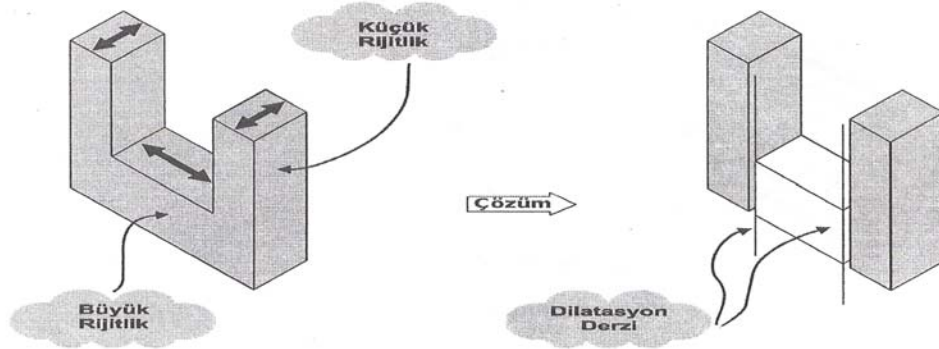
Şekil 2.3: Yapılarda Bloklaşma



Şekil 2.4: Yapılarda Bloklaşma

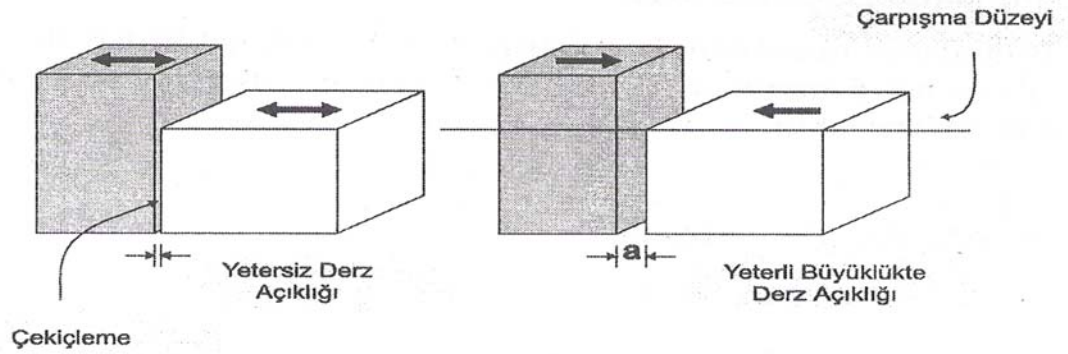
2.4 Kesitte Uyulması Gereken Hususlar

Yapılarda farklı yüksekliklerde bloklardan oluşuyorsa, kütle düzensizliğine sebep olurlar. Yapının iki doğrultuda deprem kuvvetlerine karşı, rijitliklerinin farklı olmasına sebebiyet vermemek için, yapı blokları birbirinden yeterli dilatasyon derzleri ile ayrılır.



Şekil 2.5: Yapılarda Bloklaşma

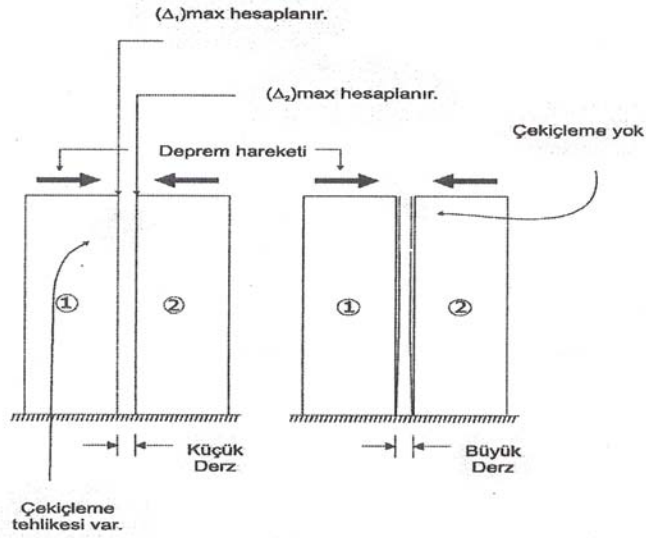
a) Yapı yüksekliğince kütle ve rijitlik değişimi



Şekil 2.6: Yapılarda Bloklaşma

b) Yapı blokları arasında çekişme

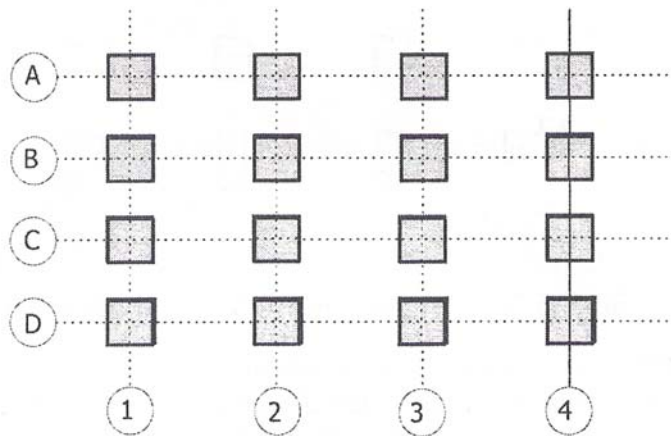
Yapılarda arasında (a) mesafesi, çarpma düzeyinde, soldaki ve sağdaki yapıların yanal ötelenmelerinin toplamından daha büyük olmamalıdır.



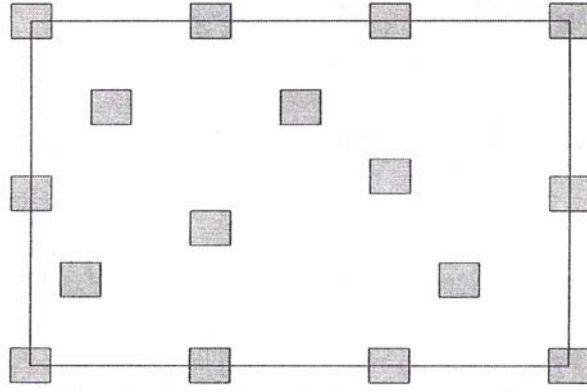
Şekil 2.7: Bloklar Arası çekişme

2.5 Planda Çerçeveseli Taşıyıcı Sistemin Belirlenmesinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

- ❖ Kolonların bir aks sistemine yerleştirilmesine özen gösterilmelidir. Rast gele yerleştirilen kolonlar, rasyonel bir biçimde etkileri bir diğerine aktaramayacağından zorlanmaya sebep olabilir. Aks sistemine yerleşmeyen düzensiz ve dağınık kolonlardan kaçınılmalıdır.

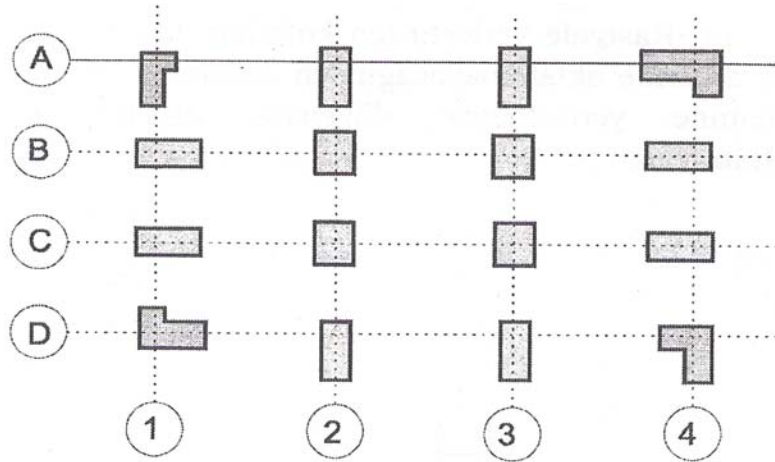


Şekil 2.8: Aks Sistemine Yerleştirilmiş Kolonlar



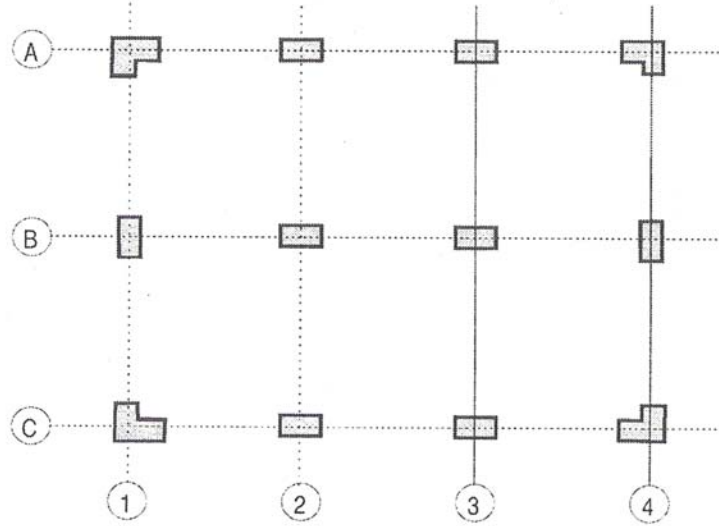
Şekil 2.9: Düzensiz Yerleştirilmiş Kolonlar

- ❖ Aks aralıklarının olabildiğince eşit ve eşite yakın olması yapının ekonomik olmasını sağlayacaktır.
- ❖ Kolonların planda olabildiğince cephelere dik olarak yerleştirilmesine özen gösterilmesi yararlı olmaktadır.



Şekil 2.10: Cephelere Dik Yerleştirilmiş Kolonlar

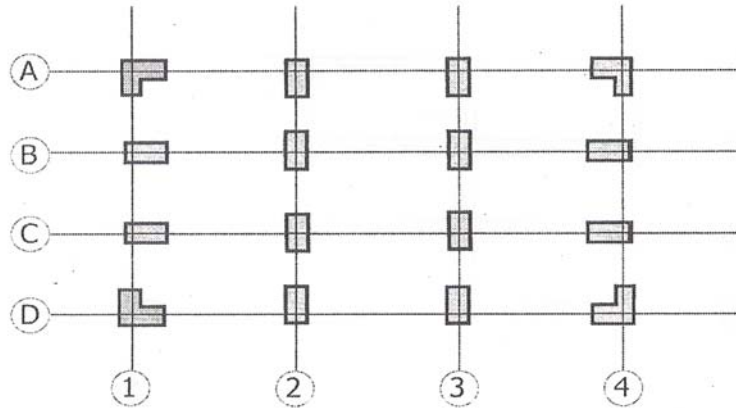
Cephelere dik yerleştirilmiş kolonlar yatay etkileri bir diğerine daha iyi ileteneğinden imalat hatalarında merkezi yükün önemli eksantrisiteye sebep olmayacak boyutta kalmasına yardım eder ve ikinci derece moment etkisi oluşumu nispeten önlenir [2].



Şekil 2.11: Cephelere Dik Yerleştirilmemiş Kolonlar

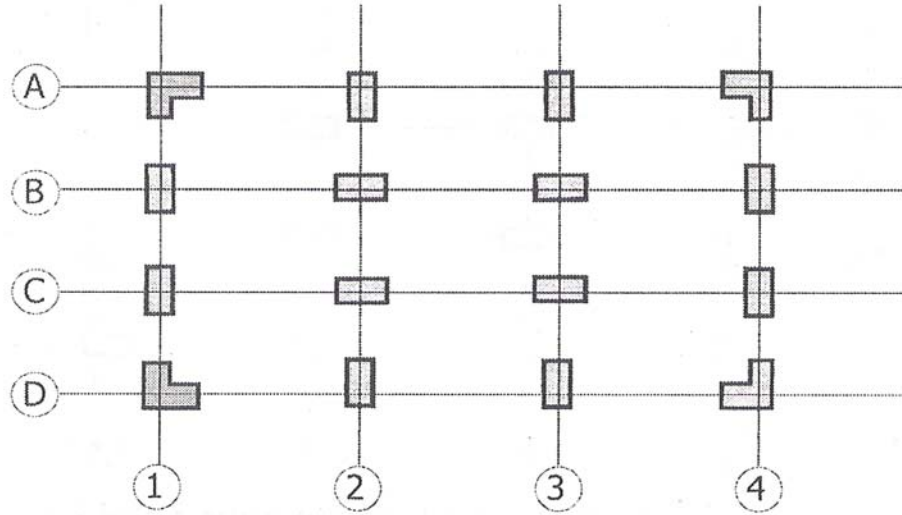
Cephelere dik yerleştirilmemiş kolonlar, imalat hataları doğurup ek eksantrisite oluşturabilir.

- ❖ Kolonları iki eksen doğrultusunda eşit sayıda yerleştirmeye gayret edilmelidir. Her iki doğrultuda rijitlikler arasında önemli fark olmamasına özen göstermelidir. Kolonların yarısının bir doğrultuda, yarısının da diğer doğrultuda yerleştirilmiş olması yarar sağlar.



Şekil 2.12: İki Doğrultuda Eşit Yerleştirilmiş Kolonlar

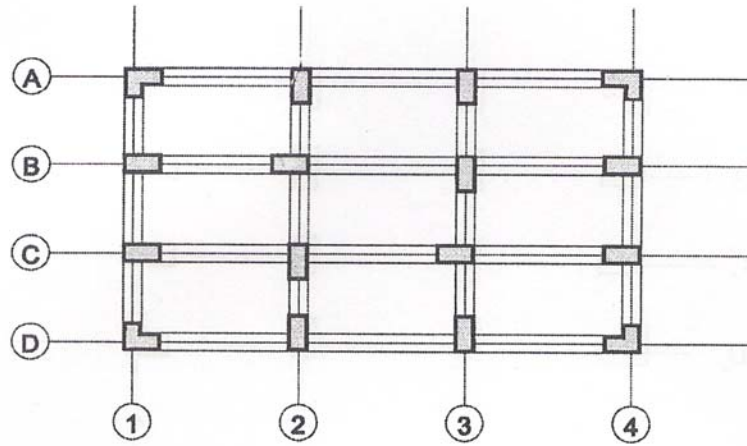
Kolonların bir doğrultuda yerleştirilmesi diğer doğrultuda yapının genel rijitliğine önem verilmemiş olması, yatay etkilerin karşılanmasında ekonomik olmayan sonuçlar doğurur.



Şekil 2.13: İki Doğrultuda Eşit Yerleştirilmemiş Kolonlar

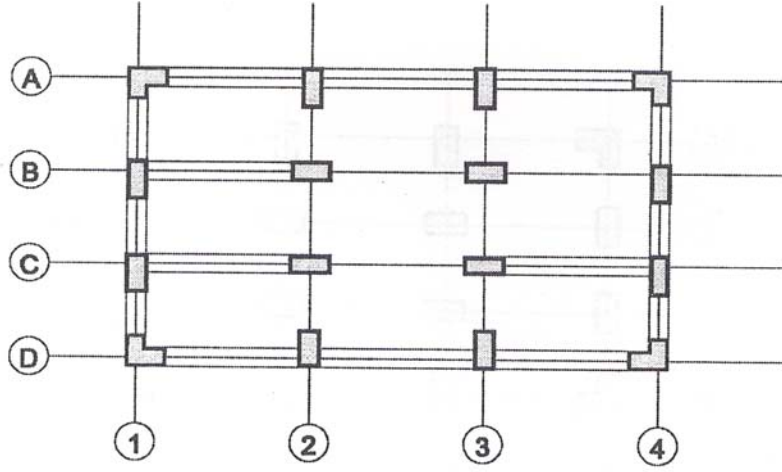
İki doğrultuda periyotlar farklı olacak şekilde değişik rijitlikler sağlayacak perdeler yerleştirilmesi uygun olmaktadır. Proje açısından orta kolonların kare kolon yapılması uygun olabilir.

Kolonlar her iki doğrultuda birbirine etkileri aktaracak kirişlerle bağlanmalıdır.



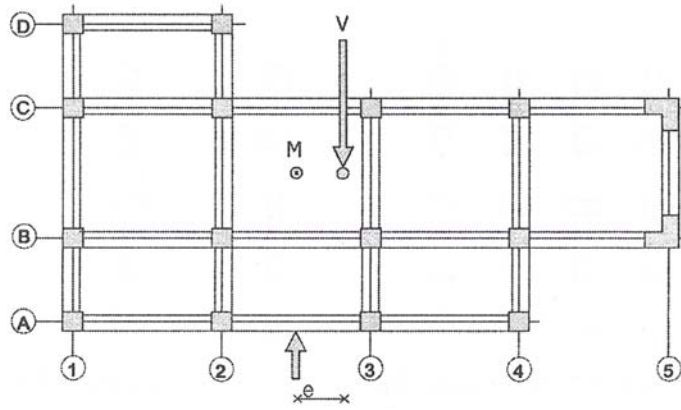
Şekil 2.14: İki Doğrultuda Kirişlerle Bağlanan Kolonlar

Planda da görüldüğü gibi kolonların birbirine kirişlerle bağlanmamasından ötürü yatay etkilerin rahat aktarılamaması halinde plaklarda çatlakların görünmesi kaçınılmaz olacaktır.



Şekil 2.15: Kirişlerle Bağlanmamış Kolonlar

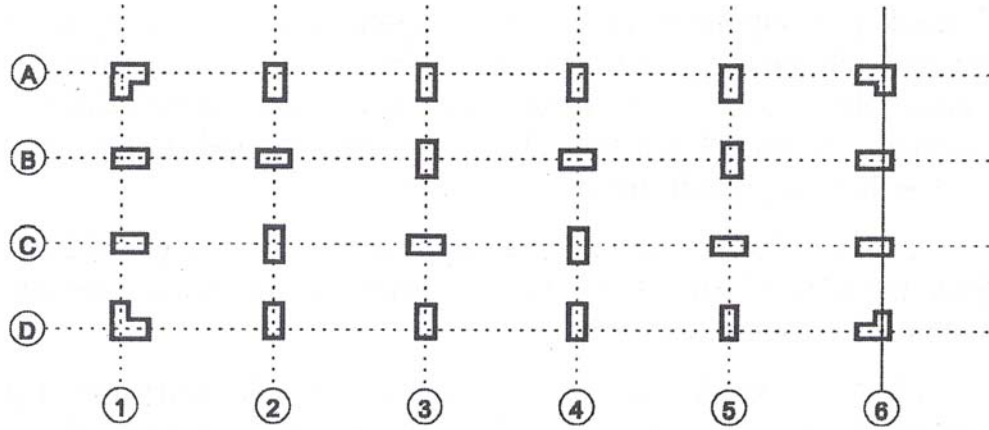
- ❖ Kolon boyutlarının minimum ölçülerden az olmaması gerekir. Minimum kolon genişliği $b_w=250$ mm den az olmamalıdır.
- ❖ Kolonların planda düzgün dağılımının sağlanmasına özen gösterilmelidir. Rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasında eksantrisite varsa, bu minimum tutulmalıdır.



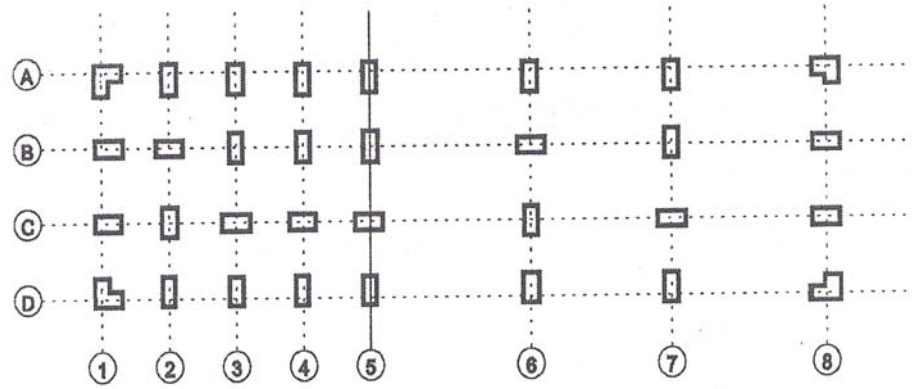
Şekil 2.16: Rijitlik ve Kütle Merkezlerinin Eksantrisitesi

Yapıda burulma tesirlerinin oluşmaması için yapı planda mümkün olduğunca simetrik olmalıdır. Taşıyıcı sistem üç boyutlu modellendirilebileceği gibi farklı düzlemlerdeki taşıyıcılar rijit çubuklarla bağlanarak düzlem olarak da modellendirilmelidir.

Şekil 2.17 ve Şekil 2.18’de bir bölümde diğer bölüme göre daha sık yerleştirilmiş kolonlar görülmektedir.



Şekil 2.17: Planda Düzgün Yerleştirilmiş Kolonlar



Şekil 2.18: Planda Düzgün Yerleştirilmemiş Kolonlar

Yapının kütle merkezi ile rijitlik merkezi çakışmalı ve en fazla eksantrisite, doğrultusundaki yapı boyutunun %5'inden fazla olmamalıdır.

2.6 Perde Taşıyıcı Sistemlerin Yerleşmesinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Yüksek yapı yapılması, perde taşıyıcı sistemlerle inşa tasarımını da beraberinde getirmiş bulunmaktadır. Perde kolon esas itibariyle çubuk elemandır. Ancak perde veya kolon diye tanımladığımız elemanlar arasında kesin sınır olmamakla birlikte yapılan kabullerde iki kurala göre adlandırılırlar.

Birinci kural; kolonun büyük kenarının, kolon genişliğinin yedi katından büyük olması halinde perde, küçük olması halinde kolon adı verilmesidir.

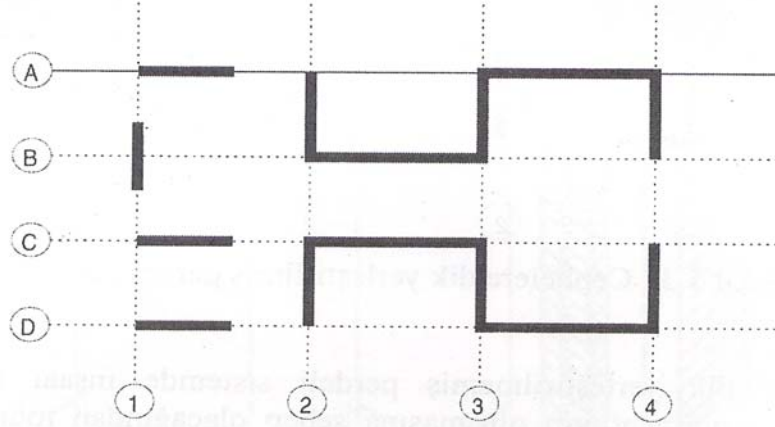
İkinci kural ise; düşey elemanın büyük kenarının kat yüksekliğinin yarısından fazla olması halinde kolon olarak adlandırılmasıdır.

Tablo 2.1: Perde Tanım Tablosu

Perde	Kolon	d:Büyük kenar
$d > 7b$	$d < 7b$	b:küçük kenar
$d > H/2$	$d < H/2$	H:Kat yüksekliği

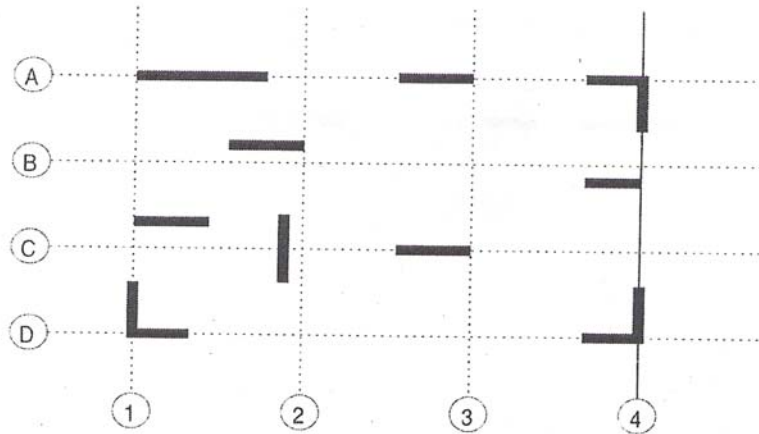
2.6.1 Perdeli Taşıyıcı Sistemlerde Planda Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

- ❖ Perdeli taşıyıcı sistemlerde de kolonlu sistemlerde olduğu gibi perdelerin bir aks sistemine göre yerleşmesine dikkat edilmelidir.



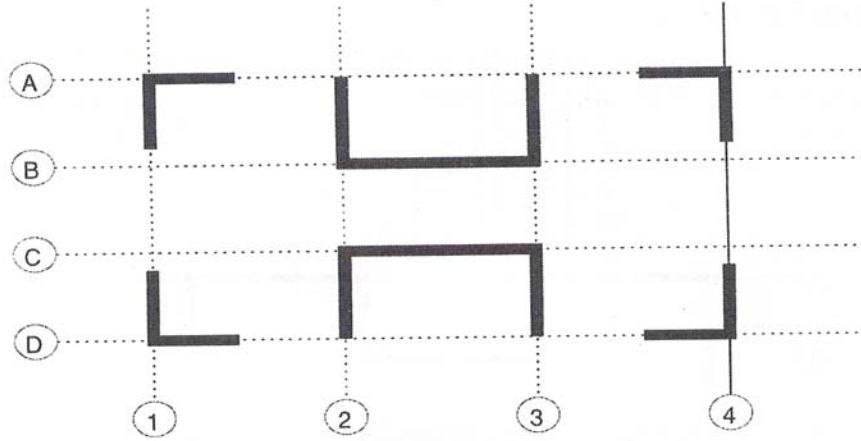
Şekil 2.19: Akslara Oturmuş Perdeli Sistem

- ❖ Perdeli sistemlerde de aks aralığı birbirine eşit veya eşite yakın olmalıdır. Perdeler akslara oturtulmalıdır. Akşa oturmeyan dağınık yerleştirilmiş perdelerden mümkün olduğu kadar kaçınılmalıdır.



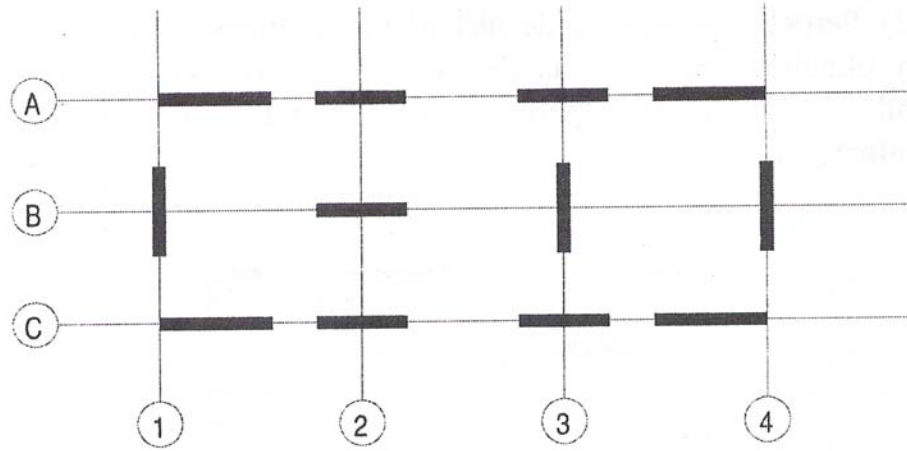
Şekil 2.20: Akslara Oturmamış Perdeli Sistem

- ❖ Perdeler cephelere dik olarak yerleştirilmelidir.



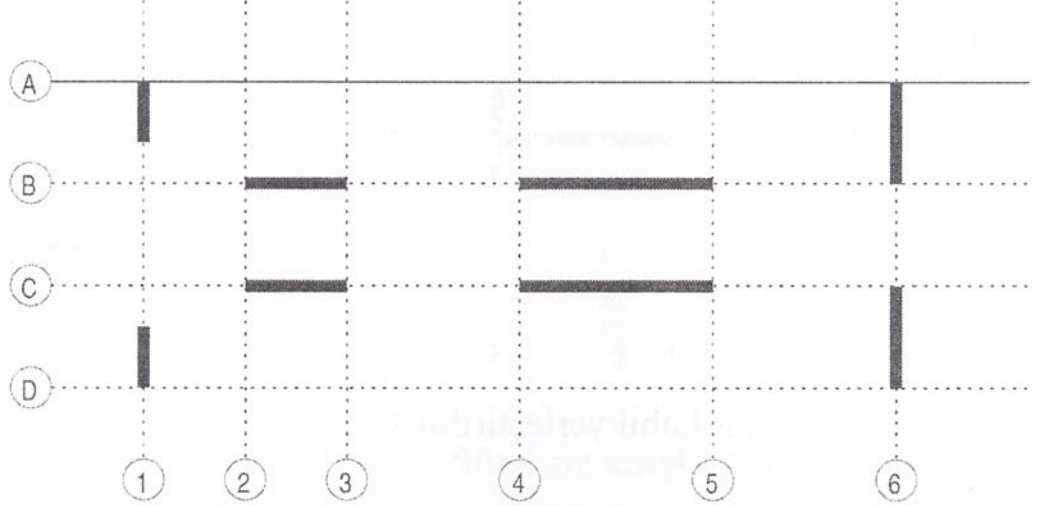
Şekil 2.21: Cephelere Dik Yerleştirilmiş Perdeli Sistem

- ❖ Cephelere dik olarak yerleştirilmemiş perdeli sistemde inşaat hataları 2. mertebe momentlerinin oluşmasına sebep olacağından mümkünse kaçınılmalıdır.



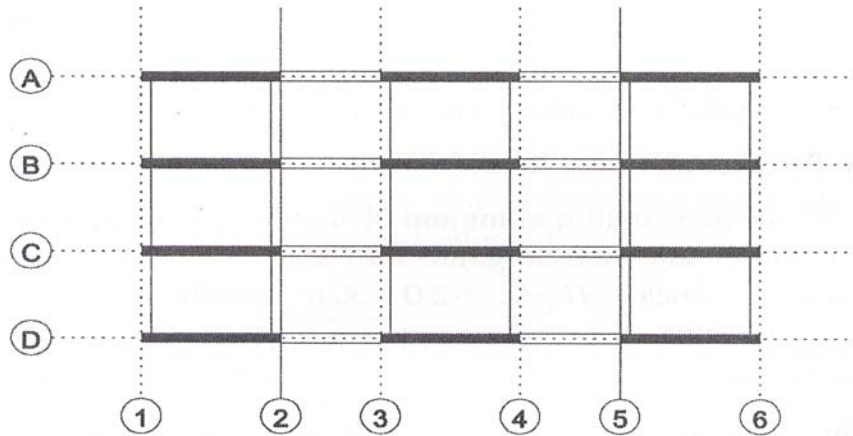
Şekil 2.22: Cephelere Dik Yerleştirilmemiş Perdeli Sistem

- ❖ Perdelerin iki doğrultuda eşit sayıda yerleştirilmesine özen gösterilmelidir. Düşey taşıyıcı elemanların simetrik düzenlenmesi halinde burulma tesirleri kaçınılmaz olmaktadır.



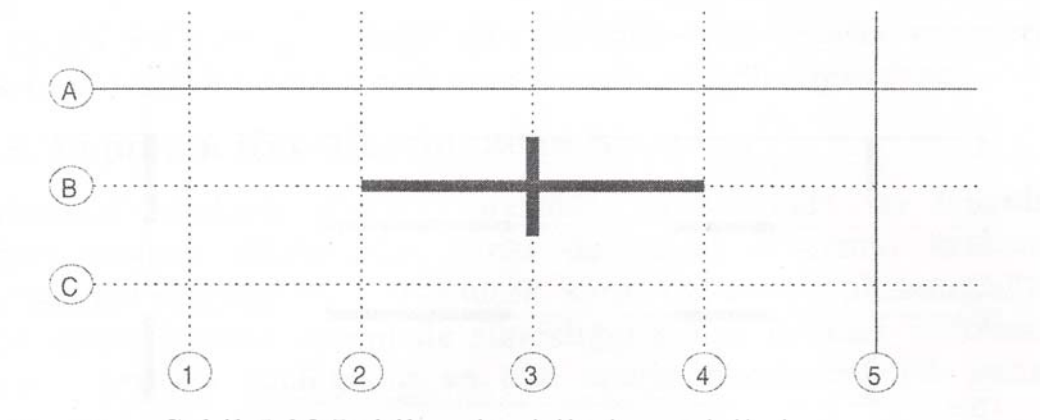
Şekil 2.23: İki Doğrultuda Yerleştirilmiş Perdeli Sistem

X-X yatay doğrultusunda deprem etkisi altında dirençli olmakla birlikte depremin Y-Y doğrultusunda etkimesi halinde (zayıf eksen etrafında) ötelenmeye zorlanan yapı gerekli direnci sağlamayacaktır.

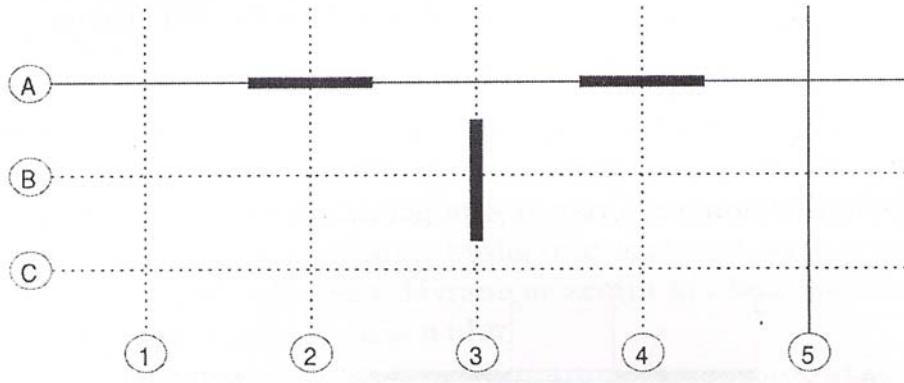


Şekil 2.24: Tek Doğrultuda Yerleştirilmiş Perdeli Sistem

Şekil 2.25 ve Şekil 2.26’da yatay yüklere karşı bir istikamette yeterli eğilme rijitliği sağlansa bile bu formda yerleştirilen perdelerin diğer istikamette eğilme ve panel burulma rijitliği yok denecek kadar azdır.



Şekil 2.25: Kararsız dengeli Yerleştirilmiş Perdeli Sistem



Şekil 2.26: Kararsız dengeli Yerleştirilmemiş Perdeli Sistem

- ❖ Perdeler iki doğrultuda kirişler ile birbirine bağlanmalıdır.
- ❖ Perde genişliği minimum ölçülerden az olmaması gerekir. Perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/15'inden ve 200 mm 'den az olmayacaktır. Ancak $H_w/\lambda_w > 2.0$ olan perdelerde kritik perde yüksekliği boyunca perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/12'sinden de az olmayacaktır.

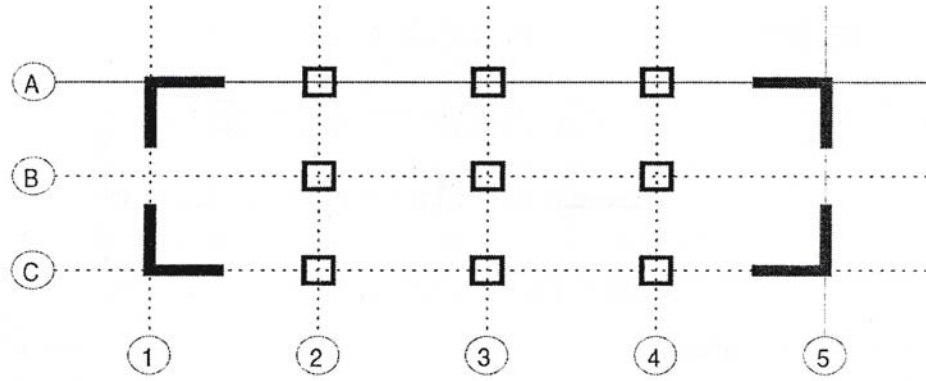
Deprem yükünün tümünün bina yüksekliği boyunca perdeler tarafından taşındığı binalarda perdelerin her bir yöndeki bir kattaki toplam kesit alanı A_g , yapının kat alanları A_p , kat adedi n ise ;

$$A_g / \sum_{i=1}^n A_p > 0.002$$

$$V_t / A_g \leq 0.5 f_{ctd}$$

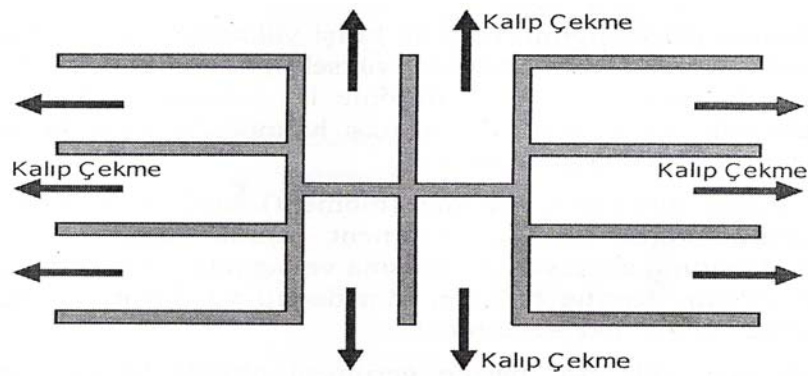
Şartlarının her ikisinin de sağlanması kaydıyla perde kalınlığı binadaki en yüksek katın yüksekliğinin 1/20'sinden ve 150 mm'den az olmayacaktır.

- ❖ Rijitlik ve kütle merkezi çakışmalıdır. Rijitlik ve kütle merkezinin çakışmaması halinde Şekil 2.27'de yapıda deprem burumla momenti deprem etkisi jel oluşacak gerekli hesaplamalar yapılmak kaydıyla %5 maksimum eksantrisiteye izin verilmektedir. Deprem yönetmeliğine göre %5 ilave eksantrisiteye göre hesap tahkiki istenmektedir.



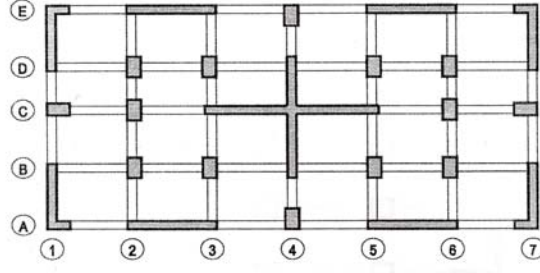
Şekil 2.27: Köşe Perdeli Karma Sistem

Rijit yapı yapılmasının istenmesi ve pratikte taşıyıcı perde düzenlemelerinin kalıp alma tekniğine uygun yapılması, tünel kalıp taşıyıcı sistemlerin uygulamaya yaygın bir şekilde girmesini sağlamıştır.



Şekil 2.28: Tünel Kalıp Perde Taşıyıcı Sistem

Perdeler ve kolonlar planda yerleştirildikten en önemli hasarların köşe kolon ve perdelerde olması, köşe kolonların ve perdelerin L şeklinde form verilmesini gerektirmektedir.



Şekil 2.29: Merkezi ve Köşe Perdeleri Taşıyıcı Sistem

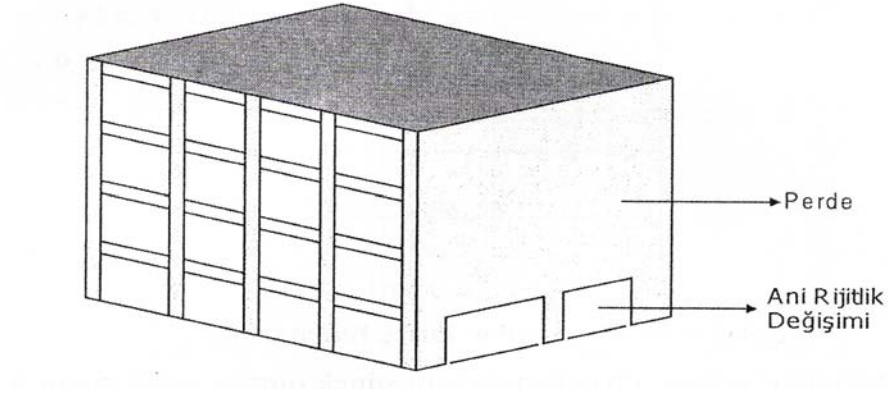
Perde uçlarında eğilme donatısını rahat yerleştirmek için perdeler L ve T şeklinde form verilir. Perdelerin basınç altında yanal stabilitesini arttırmaya yardımcı olduğu için de L ve T formlar faydalıdır. Perde temel birleşiminde plastik mafsallaşmada betonun dağılmasını önlemek ve sargı donatısının yerleştirilmesi için de L ve T formlar gereklidir.

Dişli döşeme yüksekliğinin çerçeve kirişi yüksekliğinin iki katından daha fazla olan dişli döşemelerde, yüksekliğin açıklığın 1/15'inden az olması halinde ve kirişsiz döşeme ile yapılan yapıların temel üstündeki yüksekliğinin 8 m'yi aşması halinde iki yöndeki deprem etkileri perdeler ile karşılanmalıdır.

- ❖ Perde duvarlarda eğilme (moment) kırılmasının oluşması tercih edilir. Perde kesitinin moment taşıma kapasitesi kırılma durumu, donatının akmaya başlamasına ve betonun ezilme durumuna göre hesaplanır. Kesitte bulunan tüm donatı ve donatının dağılımı kapasite hesabında dikkate alınmalıdır.
- ❖ Perdelerde eğik asal basınç gerilmesi altında betonda ezilme (kesme kırılması) oluşmamalıdır.
- ❖ Perdelerde oluşabilecek maksimum kesme kuvveti ve perdelerin kesme dayanımı bilinmeli, kesme kırılması eğilme kırılmasından önce oluşmamalıdır.

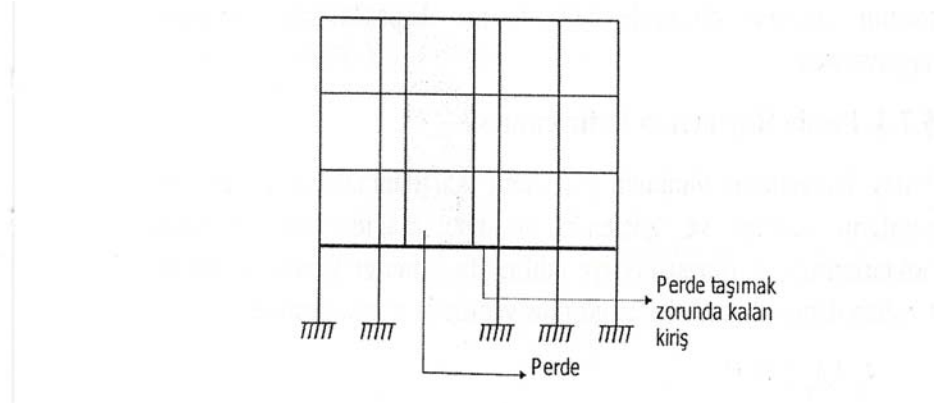
2.6.2 Perde Sistemlerde Düşey Kesitte Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

- ❖ Perdelerin yanal ötelenme rijitliklerinde ani değişimlerden kaçınılmalıdır. Perde altında boşlukların açılması perde dayanımını çok azaltır. Yapının tüm yanal ötelenmesini hızlandırır. Perdenin yanal ötelenmelerinin küçük boyutta olmasını sağlama ve deprem kuvvetlerini temele iletme görevinde olumsuzluklar görülür.



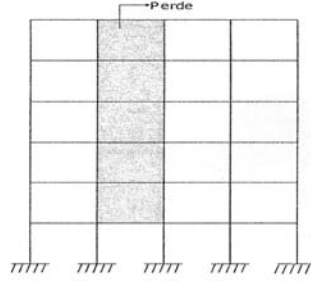
Şekil 2.30: Perdelerin Zemin Katta Kolona Dönüştürülmesi

- ❖ Perdelerin binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasına bindirilmesine kesin olarak izin verilmemelidir.



Şekil 2.31: Temele Oturmayan Perde

- ❖ Üst kattaki perdenin her iki ucundan altta kolonlara bindirilmesi durumunda, bu kolonlarda düşey yükler de depremin ortak etkisinde oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 arttırılarak uygulamaya konulabilir.



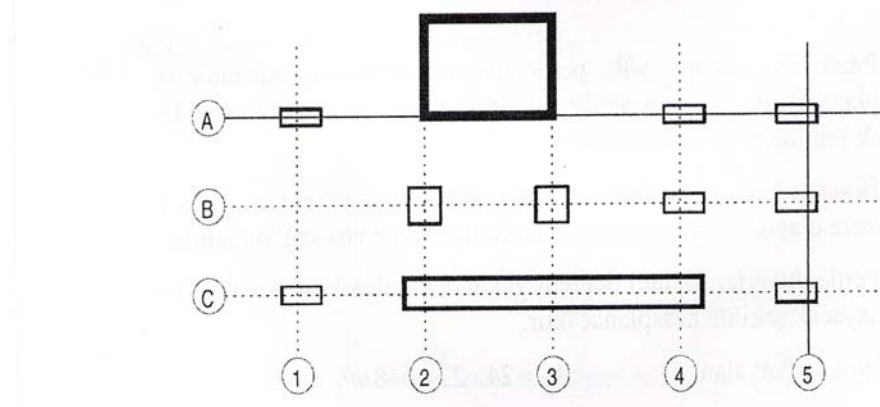
Şekil 2.32: İki Ucundan Kirişe Binen Perde

- ❖ Perdeleri bağlayan bağ kirişlerinin sünek olması sağlanmalıdır. Derin bağ kirişleri yapılması halinde gevrek kayma gerilmesi oluşması engellenmelidir. Kiriş içine çapraz donatının yerleştirilmesi kiriş sünekliliğini artırır. Çapraz donatılar boydan boya etriye kafesi içine alınmalıdır. Derin kirişin içine yerleştirilecek çapraz donatı tersinir deprem etkisinde yük taşıma kapasitesinin artmasının sağlayacaktır.

2.7 Çekirdeklerin Esas Taşıyıcı Sistem Olduğu Durumlarda Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

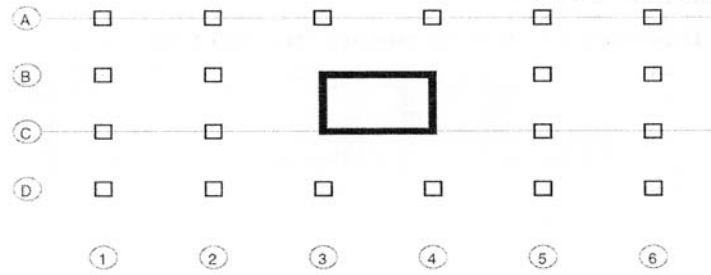
Çekirdeğin mümkün olduğu kadar yapının kütle merkezine yakın olmasına dikkat edilmelidir.

Çekirdeğin yapının kütle merkezinden uzak olması halinde burulma kaçınılmaz olacaktır. Şekil 2.33’de C aksına yerleştirilmiş perde ile rijitlik merkezi kütle merkezi ile çakıştırılırsa da uzun doğrultuda etki eden deprem kuvveti sebebiyle çekirdekte daha önce mafsallaşma olacak ve rijitlik merkezi bu sefer perdeye yaklaşacak ve burulma oluşacaktır.



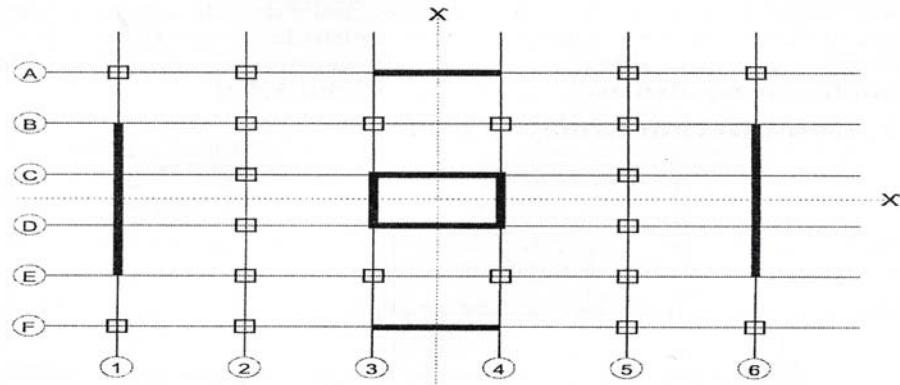
Şekil 2.33: Çekirdek Perdeli Taşıyıcı Sistem

Çekirdeğin yapının kütle merkezinde olması halinde burulma oluşmamaktadır.



Şekil 2.34: Perde Çekirdek Merkezde

Çekirdeğin burulma etkisini azaltmak için birbirine paralel olarak iki doğrultuda da en az ikişer perde teşkil edilmelidir. Şekil 2.35’de kütle merkezi ile rijitlik merkezi çakıştırılmalıdır.

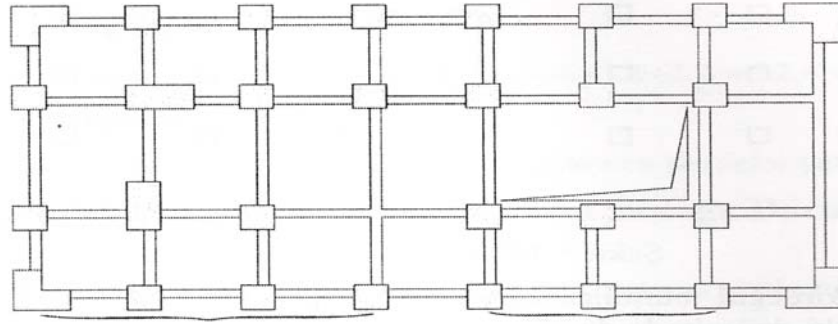


Şekil 2.35: Merkezi Perde Çekirdek ve İki Doğrultuda Yerleşen Perdeli Sistem

2.8 Yapıların Kolon-Kiriş Çerçevesi Teşkilinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

2.8.1 Döşemelerde Büyük Boşluk Bırakılması

Döşemelerde büyük boşluk bırakılması halinde, diyafram görevini yapan döşemenin zayıflaması yanal rijitlikleri zayıflatır. Bu tip uygulama yapının düzensiz yapı olmasını ve depreme karşı dayanıklılığın zayıflamasına neden olur.



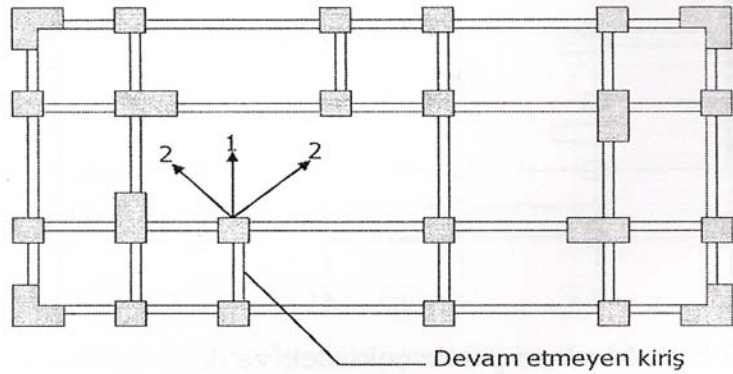
Büyük Yanal Rijitlik

Küçük Yanal Rijitlik

Şekil 2.36: Farklı Yanal Rijitlik

2.8.2 Katta Devam Etmeyen Kiriş

Yatay kuvvet altında devam etmemesi halinde, yatay kuvvetin değişik doğrultularda etki etmesi döşemeyi zorlayacaktır. Kirişleri sürekli yapmak yararlı olacaktır.



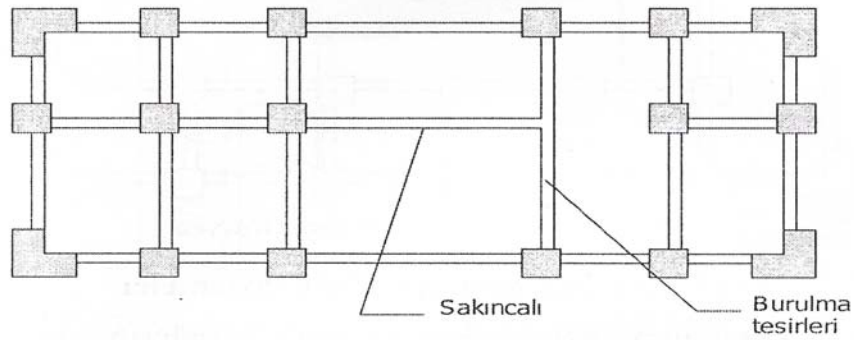
Şekil 2.37: Devam Etmeyen Kiriş

2.8.3 Katta Kiriş Boyutları

Aks doğrultusundaki kiriş boyutlarının değiştirilmemesi, uygulama kolaylığı getirir. Bunun yanı sıra farklı boyutlarda yapılması halinde de gerilme yığılmalarına yol açabilir. Mimar ve mühendislerin açıklıkları olabildiğince eşit veya eşite yakın seçmeleri durumunda, kiriş kesitlerinin düzgün olması imkan dahilinde olacaktır.

2.8.4 Kirişe Oturan Kiriş Konumu

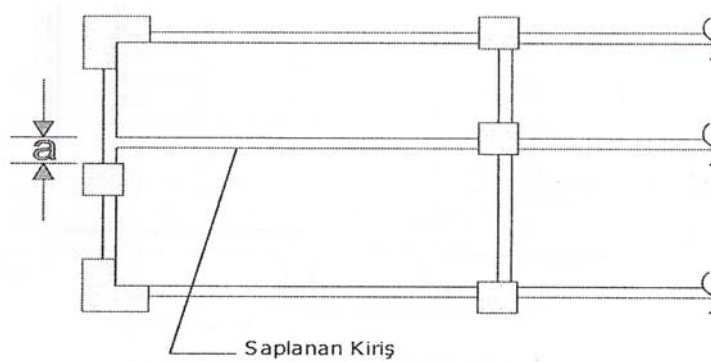
Taşıyıcı kirişlerin diğer taşıyıcı kirişlere oturtulması, imkan nispetinde yapılmamalıdır.



Şekil 2.38: Kirişe Oturan Kiriş

2.8.5 Mesnete Yakın Saplanan Kirişler

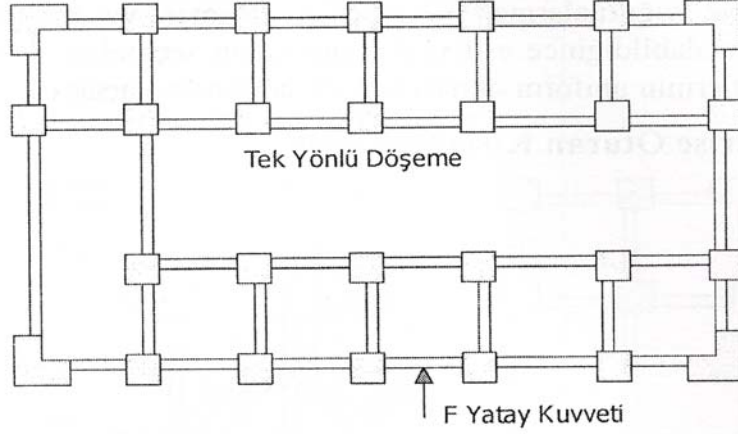
Kirişe oturtulan kirişin zorunlu olarak yapılması halinde, kolona yakın mesafeye oturtulması, burulma momentinin oluşmasına yol açacak ve birim dönme çok büyük olacaktır. Kirişte burulma açıklığı küçük olursa birim dönme çok büyük olur, dolayısıyla burulma hasarı oluşabilir.



Şekil 2.39: Mesnete Gelen Kiriş

2.8.6 Çok Uzun Tek Yönlü Döşemeler

Yatay yükler kolona aktarılırken, gereken kirişlerin yapılmaması ile (tek yönlü çalışan) uzun plak döşemeler kullanılır. Bu durumda döşemelerde çatlaklar oluşur.



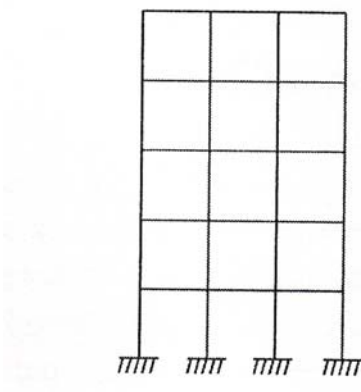
Şekil 2.40: Çok Uzun Tek Yönlü Döşemeler

2.8.7 Konsol alın kirişleri

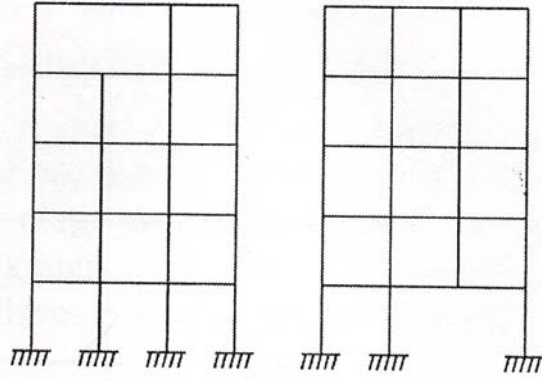
Konsolların ucunda alın kirişi yapılmalıdır. Uzun konsol döşemelerde büyük sehimler oluşur. Ayrıca düşey deprem ivmeleri konsol döşemelerde büyük hasar yapar.

2.9 Temelden Çatıya Kolonların Sürekli Olması

Kolonlar, yapı yüksekliğince sürekli olmalıdır. Kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı bütün düğüm noktalarına birleşen diğer kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde, düşey yüklerin ve depremin ortak etkisinde meydana gelen tüm iç kuvvetlerinin %50 oranında arttırılması deprem yönetmeliğinin gereğidir [2].



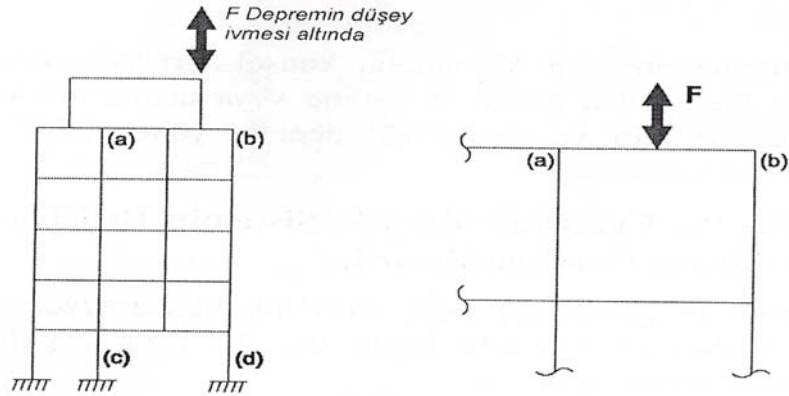
Şekil 2.41.a: Yapı Yüksekliğince
Sürekli Kolonlar



Şekil 2.41.b: Yapı Yüksekliğince
Sürekli olmayan Kolonlar

2.9.1 Kolonların süreksizliği

Sürekli olmayan çatı kolonu, (a)-(b) kirişinde deprem düşey ivmesi altında büyük kesme kuvveti oluşturur. Kirişte kesme kırılması meydana gelir.

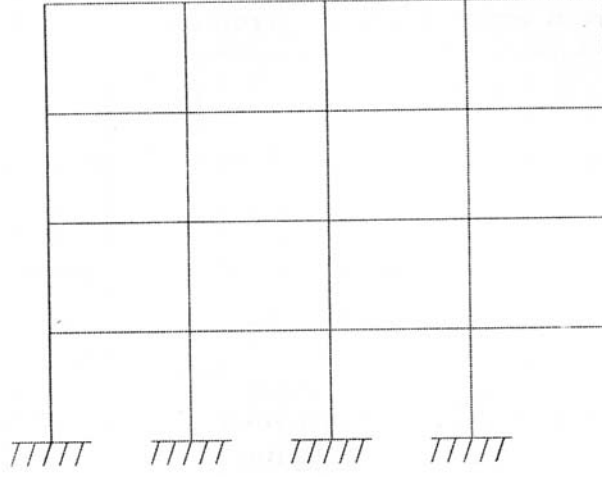


Şekil 2.42: Sürekli olmayan Kolonlar

Şekil 2.42 (c) - (d) kirişlerinde açıklık ortasında büyük sehim meydana gelir. Kiriş ortasında deprem etkisinde plastik mafsall oluşumu ile kolonlarda iç kuvvet dağılımı değişir. Yapının depreme karşı davranışı bozulur.

2.9.2 Konsol Ucuna Oturan Kolonlar

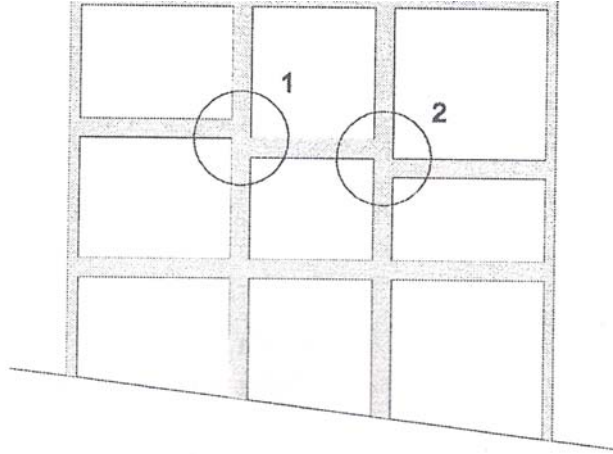
Binanın herhangi bir kolonunun konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan gusselerin üstüne veya ucuna bindirilmesine hiçbir şekilde izin verilmeyeceği deprem yönetmeliği gereğidir.



Şekil 2.43: Konsol Ucuna Oturan Kolon

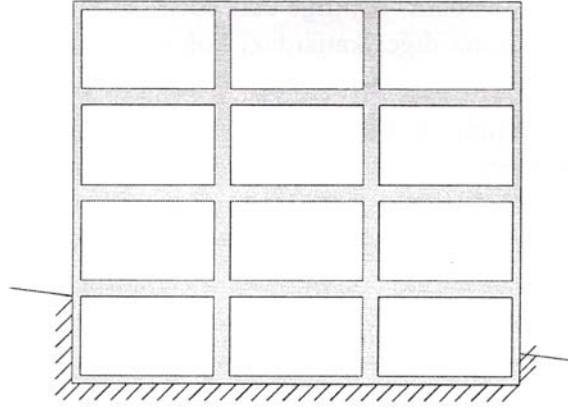
2.9.3 Kesitte, Çerçeveli Taşıyıcı Sistemin Belirlenmesinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Şekil 2.44’de görüldüğü gibi süreklilik göstermeyen kirişlerin düğüm noktalarında zorlanma kaçınılmazdır. 1 ve 2 nolu düğüm tertiplerinden kaçınılmalıdır.



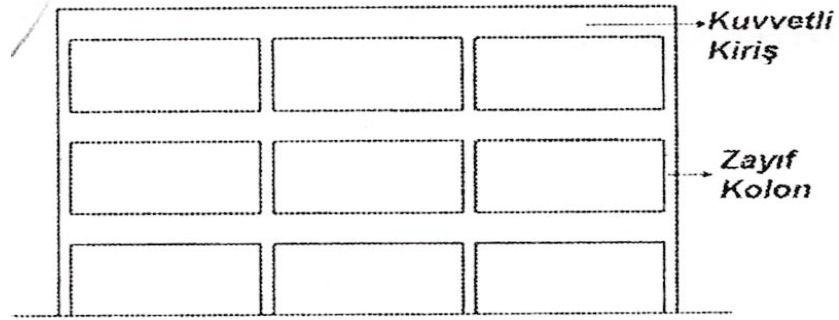
Şekil 2.44: Süreksiz Kirişsiz Sistem

Şekil 2.45’de görüldüğü gibi çerçevelerin teşkilinde sürekli kiriş ve kolon teşkiline özen gösterilmelidir.



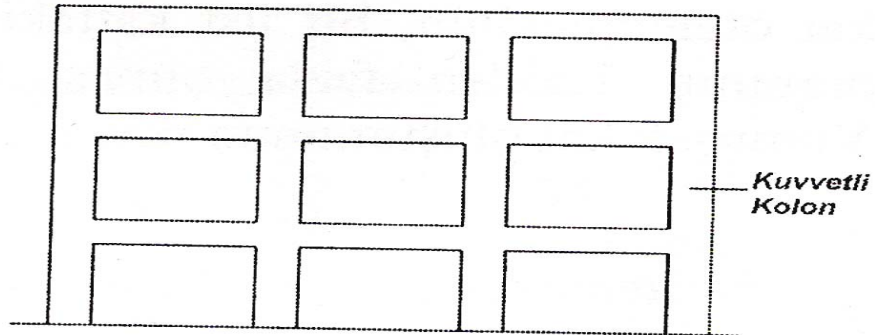
Şekil 2.45: Sürekli Kirişli Sistem

Şekil 2.46’da görüldüğü gibi kuvvetli kiriş ve zayıf kolonlar kullanılarak kolonda plastik mafsall oluşumu ile kolon kırılma mekanizmasına yol açan durumlar kesinlikle teşkil edilmemelidir.



Şekil 2.46: Zayıf Kolonlu Sistem

Şekil 2.47’de görüldüğü gibi kolonlar rijit, kirişler nispeten daha zayıf teşkil edilerek kirişte mafsall tercih edilmelidir.



Şekil 2.47: Kuvvetli Kolonlu Sistem

2.9.4 Yumuşak kat oluşumundan kaçınma

Betonarme binaların deprem sırasında yıkılmasında en önemli mimari tasarım hatlarından birisi de binaların zemin katında yumuşak kat oluşmasıdır. Yumuşak katın en büyük olumsuzluğu kolon mafsallaşması nedeni ile sünekliğin sınırlı kalması ve hasar sonrası onarımın güçlüğüdür ve tüm enerji tüketiminin tek katta yoğunlaşmasıdır.

Yumuşak kat, zemin katın rijitliğinin üst katların rijitliğinden daha az olması demektir. Rijitliğe etki eden faktörlerden biri, kolon boyunun zemin katta diğer katlardaki kolon boylarından daha fazla olmasıdır.

Binaların zemin katlarının ticari amaçlı planlanması, kat yüksekliğinin fazla olması ve bölme duvarların kaldırılmasına yol açmaktadır. Bölme duvarların kaldırılması ve kat yüksekliğinin fazla olması zemin katların rijitliğinin birdenbire azalması ve betonarme elemanlarda elastik olmayan davranışın zemin kat kolonlarının üst noktasında yoğunlaşmasına neden olur.

Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik gereği yumuşak kat oluşumunu engellemek için düşey doğrultudaki düzensizlik, komşu katlar arasında rijitlik düzensizliği olarak tanımlamıştır.

Rijitlik düzensizliği bir kattaki ortalama görelî kat ötelenmesinin, bir üst kattaki ortalama görelî kat ötelenmesine oranının 1.5 katından fazla olması durumu olarak kabul edilmiştir. Yumuşak kat oluşumunun nedenleri ;

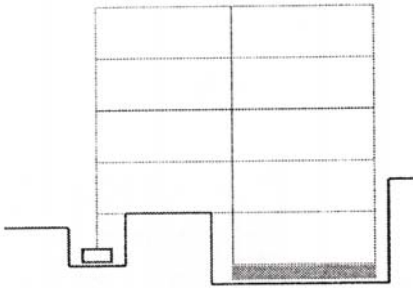
- ❖ Zemin kat kolonlarının diğer katlara göre daha uzun yapılması kat rijitliğini azaltır, yanal deplasmanları arttırır.
- ❖ Üst katlarda kiriş kolon boyutlarının büyük olması nedeni ile üst katların rijitliği alt katlara nazaran artar.
- ❖ Üst katlardaki perde duvarların zemin katta devam etmemesi halinde, kesme kuvvetlerini kolonlarda karşılamak güçleşir.
- ❖ Üst katlarda kolon kirişlerin arasını dolduran, statik hesaplarda taşıyıcı olarak dikkate alınmayan dolgu duvarlar üst katların rijitliğinin artmasına sebep

olmaktadır. Dolgu duvarların deprem hesapları dikkate alınmaması sebebiyle momentlerde %135, kesme kuvvetlerinde ise %90 artış olduğu yapılan araştırmalarda görülmüştür.

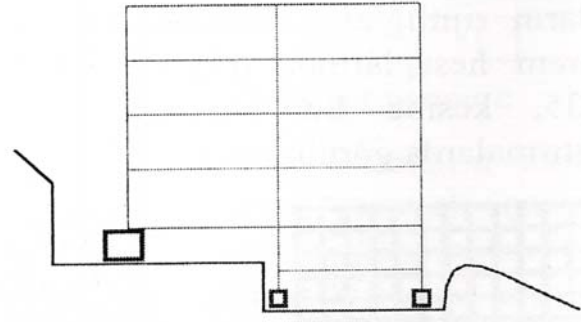
2.10 Yapıların Temel-Zemin İlişkisinde Uyulması Gerekli Hususlar

Bir yapının rezonansı, bir yer sarsıntısı sırasında önemli bir faktördür. Rezonans sırasında, yapılar zeminle aynı moda salınır ve deprem yüklerinin orantılı olduğu salınım şiddetleri açık bir şekilde artar. Rezonans etkisinde kalan yapıların yıkılması az rastlanan bir durum değildir. Bu nedenle yapının dinamik hesapları kontrol edilerek yapı ile zemin periyotları kontrol edilip gerekli önlemler alınmalıdır [15].

Değişik yükseklikte temeller, deprem titreşimlerini üst yapıya zaman farkı ile ileteceğinden titreşimler simetrik ve düzgün olmayacağından temelin hem yüz olması sebebiyle yapının depremde hasar görmesi önlenecektir. (Şekil 2.48.a ve Şekil 2.48.b)

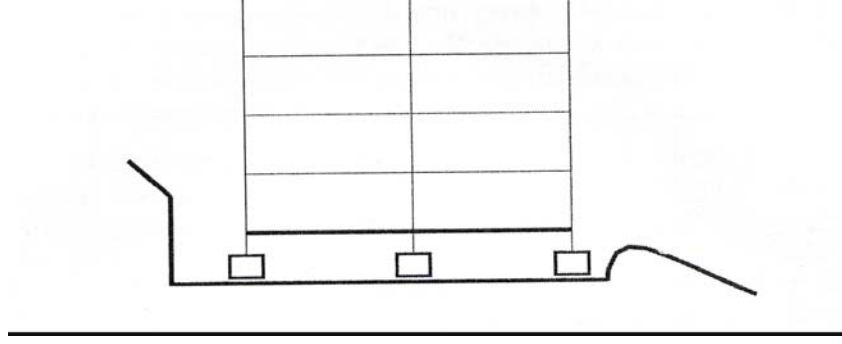


Şekil 2.48.a: Kademeli Temel

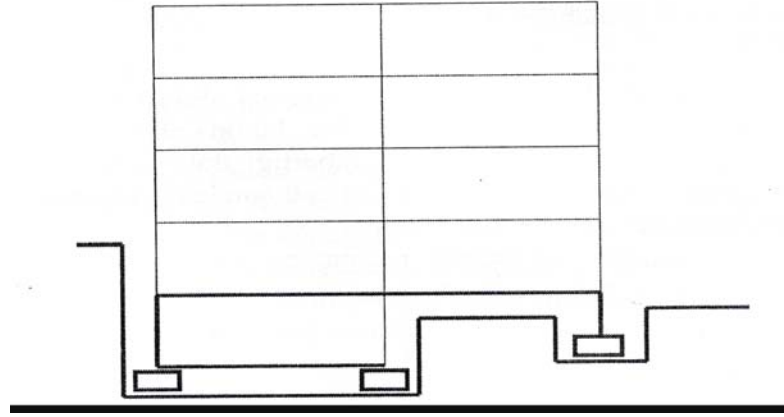


Şekil 2.48.b: Hemzemin Olmayan Temel

Değişik seviyede ve değişik türde temel yapılmasından kaçınılmalıdır. Değişik seviyede temel yapılması halinde kısa ve uzun kolonlar ortaya çıkar ve yapının dinamik davranışında düzensizlikler oluşur. Tekil temeller birbirine bağ kirişleri ile yeteri kadar bağlanamaz.

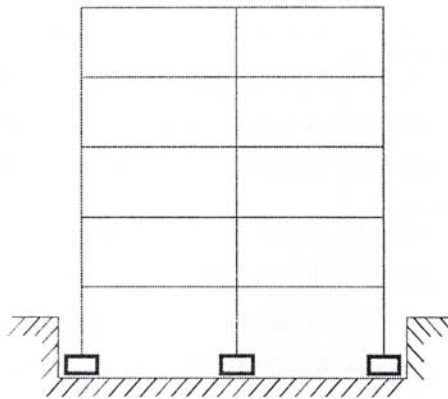


Şekil 2.49: Hemzemin Temel

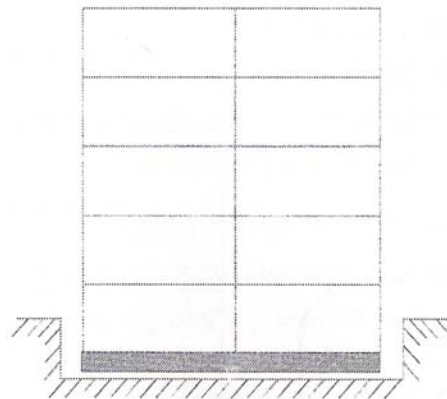


Şekil 2.50: Kutu Kesitli Temel

Temelde kademe yapılmasının zorunlu olması halinde, bodrum katların çevresi perde ile çevrilerek tavanı ve temeli ile rijit bir kutu kesit oluşturularak, temelin kademeli olmasından dolayı titreşimler emilerek, üst yapıya düzgün olmayan titreşimlerin iletilmesi önlenmelidir.



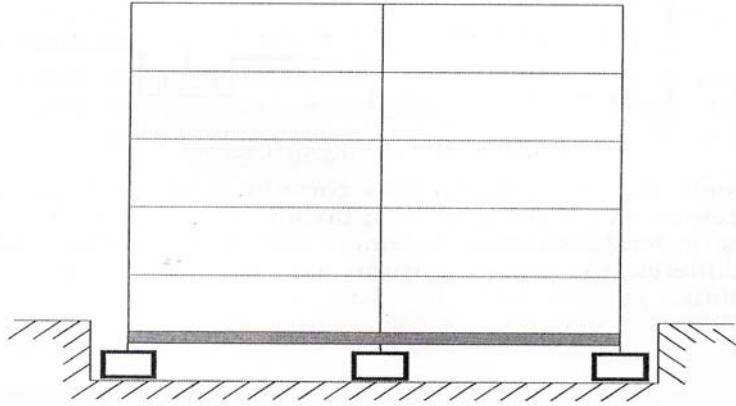
Şekil 2.51.a: Bağ Kirişsiz Temel



Şekil 2.51.b: Kirişsiz Radye Temel

Temellerin birbirine bağlanmamış, ayırık olması halinde temeller birbirinden bağımsız olarak yer değiştirecek, yapıda bütünlüğün bozulmasına sebep olabilecek hasarlar meydana gelecektir.

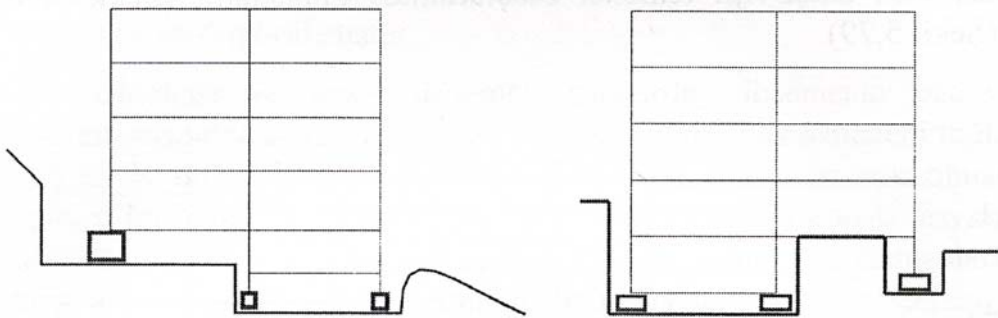
Temellerin kirişli veya kirişsiz radye temel olması halinde Şekil 2.51.b’de görüldüğü gibi temellerin (bir bütün olarak yek vücut olması) kolonların deplasmanında beraberliği dolayısıyla, bağımsız hareketin önlenmesi sonucu deprem etkisindeki yapının temel nedeni ile hasar görmesi önlenmektedir.



Şekil 2.52: Bağ Kirişli Temel

Temellerin rijit bağ kirişleri ile bağlanması sonucu birlikte deplasman yapması sağlanmalıdır.

Temellerin kademeli yapılması halinde, zeminden gelen deprem etkilerinin üst yapıya düzgün aktarılamaması sebebiyle hasar olabilecektir. (Şekil 2.53)

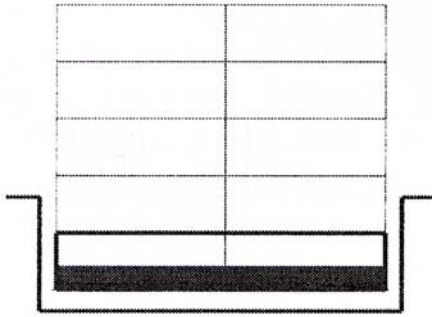


Şekil 2.53: Kademeli Temel

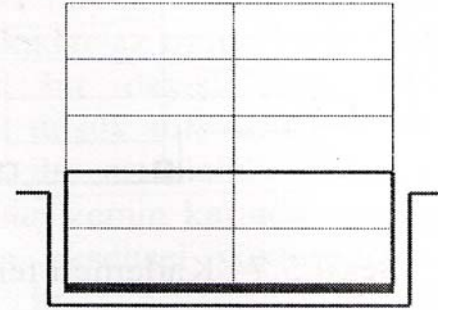
Temel derinliği don etkisinde kalmayacak şekilde yapının yapıldığı rakıma bağlı olarak zemin cinsi ve yapı yüksekliği göz önünde bulundurularak tespit edilir. Yetersiz temel derinliği sakıncalıdır.

Temel yüksekliği yeterli olmadığında, deprem etkisini yutma kapasitesinin de az olması tabiidir.

Bodrum katında temel, bodrum tavanı ve çepeçevre perde duvarlarının oluşturduğu bütün, sandık temel (diğer bir yaklaşımla keson temel diye adlandırılabilir) teşkil edilmektedir. Böylece depreme karşı rijit temeller oluşturulmuş olmaktadır.



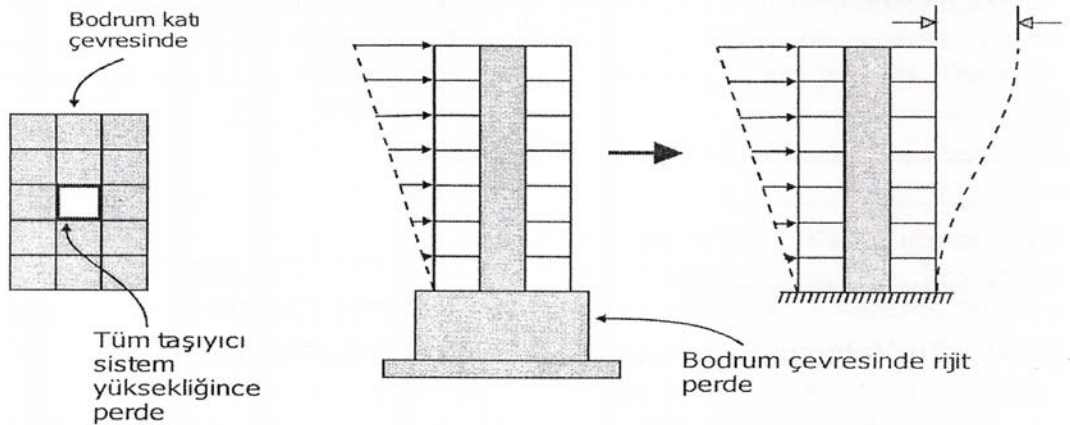
Şekil 2.54.a: Yetersiz Temel Derinliği



Şekil 2.54.b: Keson Temel

Derin yzeyssel temel yapılması halinde temel yüzeyinin hem yüz ve kuvvetli olması, her iki katı kaplayan perde duvarlar ile birlikte kafes sandık temel yapılması depreme karşı dayanıklılık sağlayacaktır.

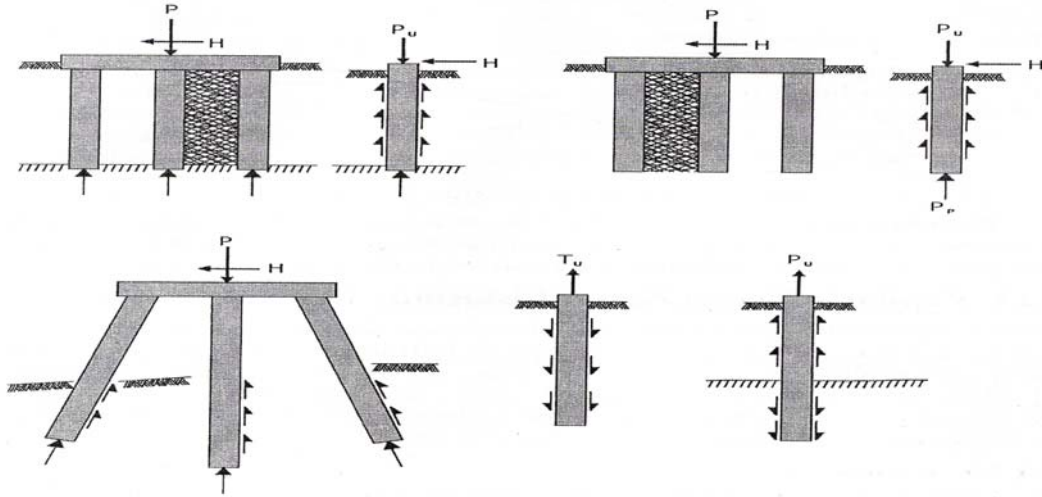
Zeminin taşıma gücünün yeterli olmaması halinde, düzgün sandık temel yapılması tercih edilmelidir.



Şekil 2.55: Bodrum epeevre Perde

Bodrum katın çepeçevre perde taşıyıcı duvar yapılması halinde deprem yönetmeliğine göre deprem hesapları yapılırken bodrumun üst tarafı dikkate alınarak, bodrumun ankastre yapı olarak düşünülmesine izin verilmiştir.

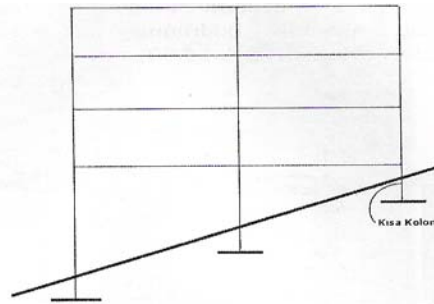
Radye temel, keson temel yapılması, zemin ve yapı sistemi ile arsa verileri ile uygun olmaması (daha doğrusu çözülememesi) halinde kazık temeller kullanılır.



Şekil 2.56: Kazıklı Temel Şekilleri

2.10.1 Eğimli Arazide Kısa Kolon

Eğimli arazide değişik düzlemlerde temel yapılması durumunda kısa ve uzun kolonlar meydana gelebilir.



Şekil 2.57: Eğimli Arazide Kısa Kolon

Kısa kolonlar, büyük deprem kuvvetini çeker. Bu yüzden yapının depreme karşı davranışında olumsuz etkiler meydana gelir. Dolayısıyla kısa kolonlar büyük kesit ve fazlaca donatı gerektirir [2].

2.11 Yapıların Sünekliliğini Arttıran Hususlar

Yapıların deprem yüklerini emilebilmesi için yeterli seviyede sünek bir yapısının olması gerekmektedir. Yapıda sünekliliği artıran hususlar şu şekilde sıralanabilir;

- ❖ Yapı sisteminde, kesitler normal kuvvet yerine eğilme momenti tesirine göre kırılmalıdır. Eksenel yükü olmayan kirişlerde sünek davranış nedeniyle yüksek enerji tüketilir. Mümkünse kirişlerdeki emniyet kolonlardaki emniyetten daha az olmalıdır. İlk çatlaklar kolonlar yerine kirişlerde meydana gelmelidir. Kirişlerde eğilme momentinden plastik mafsallar oluşmalıdır. Eğilmeden dolayı kırılmayı sağlayacak şekilde konstrüksiyonlar yapılmalıdır. Ağır yüklü kolonlar gereğinden fazla emniyetli inşa edilerek kırılma ihtimalleri uzaklaştırılmalıdır.
- ❖ Betonarme yapıda donatı hiçbir zaman gereğinden fazla konulmamalıdır. Sünek yapıda donatı gereğinden az konulur. Hatta donatıyı gereğinden biraz az koyarak, plastik deformasyonların betondan önce çelikte başlaması sağlanmalıdır. Bilindiği gibi beton gevrek çelik sünek bir malzemedir.
- ❖ Kiriş ve kolonlu düzgün çerçeveli sistemlerin sünekliliği, perde duvarlı ve düzgün olmayan çerçeveli sistemlerin sünekliliğinden daha fazladır. Kirişlerde kiriş uçlarında mafsallaşma ve zemin kat kolonlarında tabanda mafsallaşma olursa yapı kararsız dengeli duruma gelir ve bu durum istenmez.
- ❖ Kolonlarda mafsallaşma ile çok az enerji tüketilir ve çok az sayıda kolon mafsallaşsa bile yapı kararsız dengeli hale gelebilir. Yapının kararsız dengeli hale gelmesi için zemin kat kolonlarının alt ve üst ucunda mafsallaşması gerekir.
- ❖ Perdeli sistemlerde kırılmalar basınç ve kaymadan ileri geldiği halde moment kapasiteli çerçevelerde kırılmalar, eğilme gerilmelerinden olur. Eğilmeden dolayı güç tükenmesi halinde, enerji sönümü gerçekleşecektir. Perdeli

sistemlerde önce perdeleri birbirine bağlayan bağ kirişlerinin uçlarında mafsallaşma ve sonra perdede, zemin kat alt ucunda mafsallaşma olur.

- ❖ Sargı donatısı, genişlemek isteyen kolon göbek betonuna yanal basınç uygulayacaktır. Sargı donatısı yanal deformasyonu engeller, sünekliği artırır. Sargı donatısının rijitliği ne kadar fazla olursa, deformasyon o kadar azalır. Bunun için kolon boyuna donatısı etriyelerle yeterli sıklıkta bağlanmalı ortaya gelen donatı bile etriyelerle karşı çubuklara bağlanmalıdır. Kolon üst ve alt başlarında ayrıca, kiriş yüksekliği boyunca etriyeler sıklaştırılmalıdır. Böylece kiriş kolon birleşiminde beton iyice sarılmalı, birleşim noktasının moment aktarma görevini tam yapabilmesi sağlanmalıdır.
- ❖ Betonarmede monolitik çalışma olması için, beton ve çeliğin birlikte çalışması için beton ve donatı arasında oluşan aderans tam olmalıdır.
- ❖ Kesitlerin enerji emme kapasitesinin, arttırmak için çekme donatısı miktarı sınırlanmalı, kopma uzaması küçük, yüksek mukavemeti çelik kullanılmamalı, donatı alanı sınırlı tutulmalıdır. Kritik kesitler de basınç donatısına yer vermemelidir. Çift donatılı dikdörtgen kesitler teşkil edilmemelidir. Plastikleşmenin, çekme donatısında başlamasına olanak verecek donatı yüzdeleri ve kesit boyları seçilmelidir.
- ❖ Aderans zayıflamasını önlemek için, donatı ek yerleri şaşırtmalı yapılmalı, kalın donatı kaynakla eklenmeli, kanca boyları usulüne uygun bırakılmalı, bindirme boyları için itinalı davranmalı, inşaat derzlerinin moment sıfır noktaları arasında yapılmasına dikkat edilmelidir.
- ❖ Yapıda eğilme ve basınç elemanlarında, kolonlarda süneklik eksenel yüke bağlıdır. Yük artışı ile süneklik azalmaktadır. Kolon davranışını düktil yapabilmek için, kolonda eksenel yük düzeyini (kesit alanı büyük seçilerek) olabildiğince düşük düzeyde tutularak, enine donatı ile boyuna donatı iyice sarılmalıdır. Özellikle kolonların iki ucu iyice sarılmalıdır.

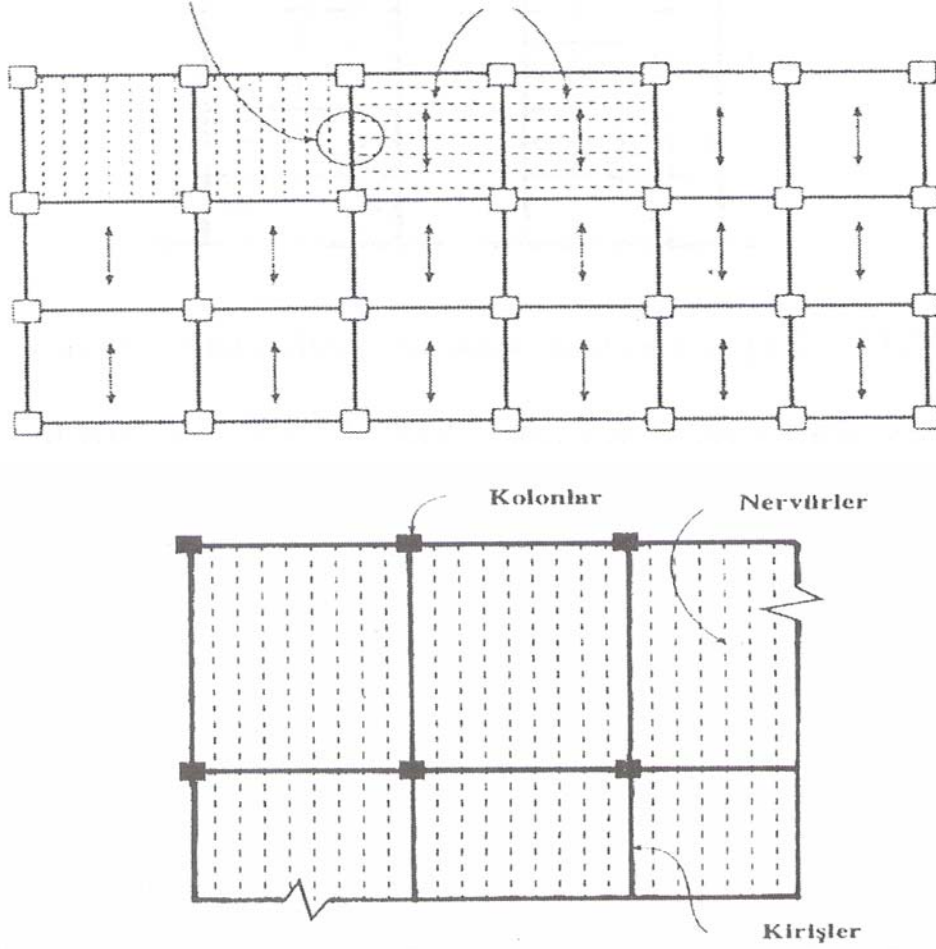
2.12 Dikkat Edilmesi Gerekli Diğer Hususlar

- ❖ Yapıda düşeyde, ani rijitlik değişmesi olmamalı, düşey taşıyıcı elemanlar yapı yüksekliğince sürekli olmalıdır. Yapı yüksekliğince kütle ve rijitlik değişimi, kütle düzensizliğini oluşturur. İki kule arasındaki bölümler kule, çekme kat gibi asıl ana yapıdan küçük ve yüksek bölümler depremde ana yapıdan farklı davranış göstereceği için yatay kuvvetlerden zorlanırlar. Genel olarak dilatasyonlarla yapı bölümlere ayrılır.



Şekil 2.58: Yapı Rijitlik Değişimi

- ❖ Nervürlü döşemelerde, nervür doğrultuları deprem yükünü kritik olduğu doğrultuya paralel seçilmelidir. Nervür doğrultusu döşemenin uzun kenarına paralel olmalıdır. Döşeme kat planında mümkünse tek doğrultuda nervürler seçilmelidir. Nervürler döşeme açıklığının uzun kenarına paralel olmalıdır. Nervürler kısa açıklıklı kirişlere otururlar. Kısa açıklıklı kirişlerde küçük kesit tesirleri oluşur. Nervürlerin yön değiştirdiği yerlerde çatlamlar olur. Deprem yükünün kritik yönü kat planında kısa boyuta paraleledir. Bu doğrultuda çerçeve sayısı fazla kolon sayısı az olup yatay yükün etkili dağılımı için döşemenin rijitliğinin fazla olması gerçek bir diyafram davranışı göstermesi gerekir. Döşemenin ve kirişlerin rijitliklerinin büyük olması yapının yanal ötelenmesini azaltır ve neticede yapı davranışına olumlu yönde tesir eder [2].



Şekil 2.59: Tek Yönlü Nervürlü Döşeme

- ❖ Kısa kolon davranışı; kolondan kolona uzanan perdelerdeki boşluklar veya yüksekliği fazla kirişlerden dolayı kısa kolonlar teşkil edilir. Kısa kolon davranışı, kolonun kesme kırılması ile güç kaybetmesidir. Kat kirişlerinin süreksiz olması, rijit bölme duvarının kolonun etkili boyunu kısaltarak, eğilme momentini düşük tutar, kısa kolon oluşmasına neden olur. Dolgu duvarlarında kolonlar arasına bırakılmış boşluklarda kısa kolon oluşumuna neden olabilir. Kolonların sarılma bölgeleri için minimum enin donatı ve yerleştirme koşulları kısa kolonun tüm kat yüksekliğince uygulanmalıdır. Kolona bağlanan kirişlerin derin olması, pencere üstü hatılları, bant pencerelerde kısa kolon oluştururlar. Yatay deprem kuvvetleri kolonlara rijitlikleri ile orantılı dağıtıldığı için rijitliği artan kolonlar daha çok yatay kuvveti karşılamak durumundadır. Kat kirişlerinde süreksizlikler kısa kolon davranışı yaratır. Kısa kolonlarda kesme kuvveti ile güç tükenmesi görülür. Kısa kolon oluşumu önlemezse, donatının pekleşmesi nazara alınarak arttırılan uç eğilme moment

kapasiteleri ile hesaplanmış kesme kuvvetine göre boyutlandırılır. Eğimli arazide temellerin değişik seviyelerde yapılması durumunda kısa ve uzun kolon oluşur, temellerin birbirleri ile bağlanması güçleşir, yapının dinamik davranışı değişir, kısa kolon büyük deprem kuvvetini çeker.



Şekil 2.60: Kısa Kolon Türleri

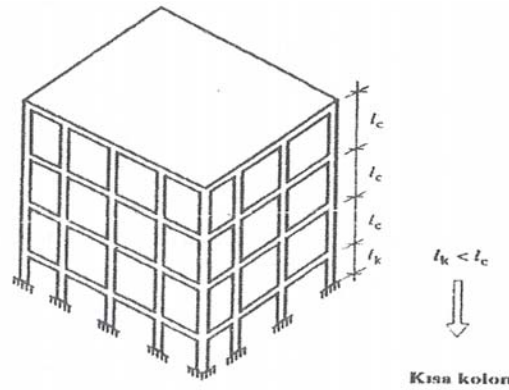
Kat kirişlerinde düşeyde süreksizlik varsa, kısa kolon davranışı meydana gelir, çerçeve düğüm noktalarında ek kesit tesirleri meydana gelir. Kısa kolonlar katlar arasında konulan kirişler ve taşıyıcı olmayan kısmi dolgu duvarlar nedeni ile de oluşur.

Kolonlar arasında kolondan kolona uzanan pencere boşlukları bırakılmamalıdır. Kısa kolonun deprem davranışı uygun değildir. Taşıyıcı olmayan rijit elemanlar, kolonun depremdeki doğal davranışını bozar. Rijit bölme duvarı kolonun etkili boyunu kısaltır. Kolonun yanal yer değiştirme rijitliği artar.

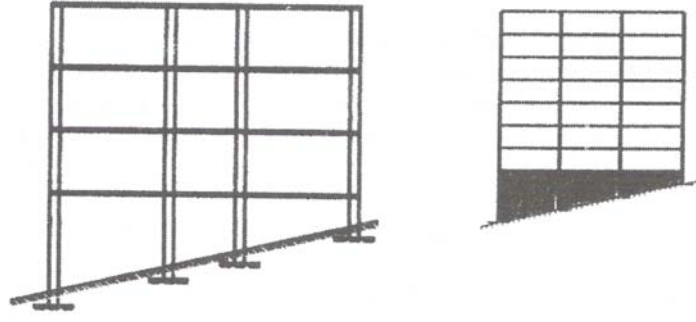
Depremden kat kesme kuvvetleri, kolonlara yatay öteleme rijitlikleri ile dağıldığından, yatay öteleme rijitliği artan kolonlara daha fazla yatay kuvvet gelir. Kolonda kesme kuvveti artarken, etkili boyun azalması eğilme momentini düşük tutar. Kesme kuvveti ile güç tükenmesi olur. Geniş çatlaklar oluşur, yapının tüm davranışına olumsuz etkileri gözükür. Kısa kolon oluşumu önlenmelidir. Kolonun serbest şekil değiştirmesi sağlanmalıdır. Kolonların yanlarına yapılan kısmi dolgu duvarları, yatay deplasmanlara engel olurlar. Kolon efektif boyları kısalmır, rijitlikleri artar, böylece kısa kolonlar oluşur. Kolonlara daha fazla deprem kesme kuvvetleri gelir ve kesme kırılmaları oluşur. Kısa kolonlardan kaçınılmalıdır. Katlar arasında düzenlenen kirişler nedeniyle kısa kolonlar meydana gelir.

Çoğu kez kolonlar arasında bant pencere boşluğu bırakılır. Kısa kolon, çok büyük kesme kuvveti taşımak zorunda kalacaktır. Kısa kolon gevrek davranış gösterir. Kolondan kolona uzanan pencere boşlukları yapılmamalıdır. Veya dolgu duvar betondan tecrit edilmelidir. Kolon yüksekliği boyunca sık etriyelerle iyice sarılmalıdır.

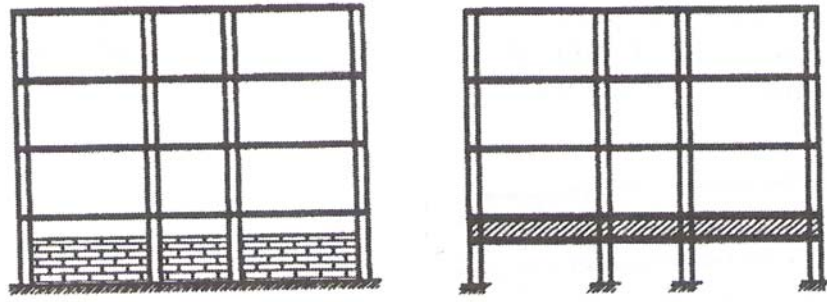
Diğer kat yüksekliklerine göre, bodrum kat kolonlarının çok kısa yapılması yanal dayanımı azaltır. Eğimli zeminlerde temellerin aynı seviyede yapılmaması durumunda yine kısa kolonlar oluşur. Eğimli arazilerde zemin kat kolonları aynı yükseklikte olacak şekilde düzenlenmelidir.



Şekil 2.61: Kısa Kolon Türleri

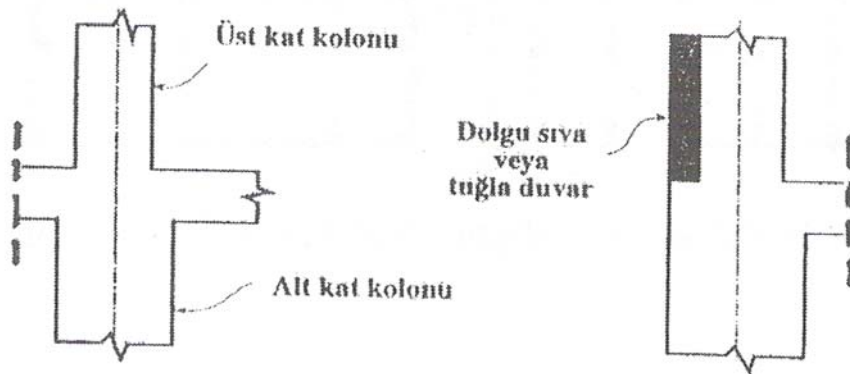


Şekil 2.62: Kısa Kolon Türleri



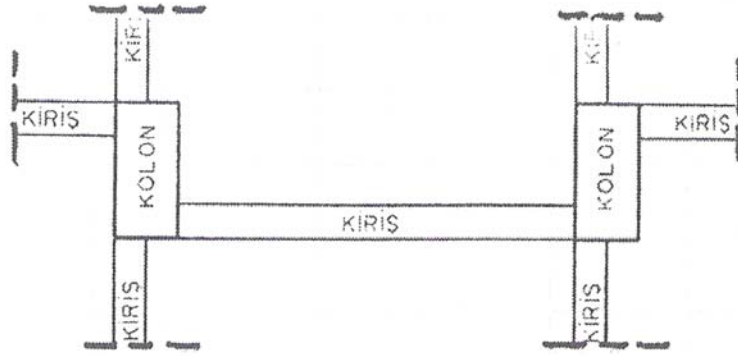
Şekil 2.63: Kısa Kolon Türleri

- ❖ Katlar arasında kolon eksenleri çakışmalıdır. Kolon eksenlerini üst üste çakışması dış kolonlarda her zaman mümkün olmayabilir. Bu halde kolon uçlarında eksantrik normal kuvvetlerden momentler oluşur. Bu ilave momentler başka elemanlar tarafından karşılanmalıdır. İç kolonlarda eksenler mutlaka çakışacaktır. Bu duruma dikkat edilmelidir.



Şekil 2.64: Üst Katta Devam Eden Kiriş

- ❖ Kolon ve kirişlerin bölme duvarlarının içinde saklanması kolon ve kiriş akslarının şaşırtmalı ve süreksiz olmasına yol açmaktadır. Şaşırtmalı kiriş aksları ya birbirine yakın iki küçük kolon gerektirmekte ya da iki küçük kolon yerine tek fakat gereğinden büyük bir kolon yapılmaktadır. Bu tip kolonların yüksek rijitliği sahip olduğundan aşırı deprem yüküne maruz kalırlar. Eğer kolonun bu durumu göz önüne alınmadan donatılmış ise taşıyabileceği deprem yükünün çok üzerinde bir yüke maruz kalacağından kolonda hasar oluşacaktır[14].



Şekil 2.65: Şaşırtmalı Kolon

- ❖ Serbest duvarlar: Yapı çerçevesi arasına dolgu duvarlar olarak yapılmayıp ve döşeme üstüne oturan bölme duvarları deprem etkisinden devrilir ve hasarlara neden olurlar. Yapı çatı kısımlarında yapılan parapet duvarları ve yüksek tempon duvarlarının da yıkılması kolaydır. Bunu önlemek için ara hatıllarının yapılması veya üzerlerinden betonarme hatıllarla bağlamak gereklidir. Duvarların 3 m yüksek yapılması halinde ara hatıllar yapılmalıdır.
- ❖ Yapı monolitik bir çalışma göstermelidir. Yapı elemanları birbirine çok iyi bağlanmalıdır. Kolon ve kirişlerin mesnetlere yakın bölgelerdeki etriyelerin sıklaştırılması gerekir. Yapıda kuvvet ve gerilme akışı yerel olarak incelenerek, kolon-kiriş birleşimleri, perde boşluklarının etrafı, kirişlerin döşemelerin perdelerine saplandıkları bölgeler ve kolon perdelerin, radyelere birleştikleri bölgeler ve diğer süreksizlik bulunan yerler özel olarak ayrıntıları verilmelidir. Kolonlar kirişlere duvarlar döşemelere çok iyi bağlanmalıdır. Betonarme içindeki donatı için aderans uzunluklarına ciddi şekilde uyulmalıdır. Etriye kancaları 135 derece bükülmelidir. Kuvvetli kolon, zayıf

kiriş oluşturulmalıdır. Kesiti ince kolonlarda 3-5 sıra donatı konularak tek bir etriye yerine, ara donatılar irozlarla bağlanmalıdır. Kőse kolonlara diğer kolonlardan daha az donatı konulmamalıdır. İyi bir bağlantı deprem yknn bütün elemanlara dağılmasını sağlarlar. Bu şekilde taşıma gücünden maksimum yararlanılır.

❖ Dolgu duvarlarının ereve rijitliğini arttırması: Betonarme yapılarda hasarların incelenmesinden, tam veya kısmi dolgu duvarlarının mevcudiyeti ereve elemanların davranışını değiştirdiği görülmüştür. Kat yüksekliğince örülmüş dolgu duvarları, rijitliklerinin fazla olması nedeniyle deprem kesme kuvvetlerinin bulundukları açıklıklarda büyümesine sebep olmaktadırlar. Kesme kuvvetlerinden dolgu duvarları çatlar, duvarlardan kolonlara gelen kesme kuvveti ile kırılması gerçekleşir. Dolgu duvarları yapının rijitliğini arttırmaktadır. Dolgu duvarın etkili kesme alanının %15 si deprem tesirlerinin taşınmasında görev alabildiği kabul edilir. Dolgu duvarların taşımında matematik modele ereve sisteme ara dolgu duvarlarının etkisi eşdeğer çapraz elemanlar ile yansıtılmalıdır. Duvarlar kolon uçlarında oluşan kesme kuvvetlerine dayanacak şekilde yapılmalıdır. Dolgu duvarları takviyeli yığma yapı duvarlarına benzer şekilde yatay ve düşey donatılı olarak, çevresindeki betonarme elemanlara kenetlenmek üzere teşkil edilebilir.

❖ Döşemelerin diyafram etkisi ve boşluk bırakma durumu: Deprem hesaplarında dşemler hesaba dahil edilmez gibi görünürse de kirişlerin etkili tabla genişliği dışında, deprem tesirlerinin büyük bir kısmı döşemeler ile düşey taşıyıcılara aktarılır. Bunun için döşemelerin yeterli rijitlikte ve dayanımda olması gerekir. Döşemelerin yatay yükü aktarma işlemi diyafram etkisidir. Yatay döşeme plaklarının, yatay yüklerin karşılanmasında, dayanım göstermesine diyafram tesiri denir. Deprem yükleri yapıya kat seviyelerindeki rijit veya elastik diyaframlarla çerçevelere iletilir. Bu iletimde diyafram içinde büyük kesme kuvvetleri ve momentler oluşabilir. ereveleri meydana getiren kolon ve kirişlere rijitlik oranlarına göre moment dağıtımı yapılmaktadır. Klasik metotlarda bu dağıtımın yapılışında döşemelerin rijitlik oranları nazara alınmamaktadır. Aslında döşemelerin kirişlerle beraber rijitliği hesaplanırsa

oldukça büyük, ihmal edilemeyecek bir değer olduğu görülür. Bunun ihmal edilmesi, kolonların emniyetini azaltır. D  emelerde yatay yükün dağılması, düşey elemanlar arasında bulunan basit kiri   şeritleri gibi davranır. Kendi d  zlemine paralel yüklenen d   eme, yatay yükten küçük eğilme ile sehim olu  turur. D   eme rijit k  tle hareketi yaparak ötelenir. Rijit diyafram tesiri ile  er  eve kolon ve perdeler arasında iyi bir bağlantı olu  ur. Kat d   emeleri, kat d  zeyinde karkas  er  evelerde deprem perdeleri gibi d   ey elemanlara deprem yükünün dağıtılı  ında önemli rol oynarlar[13].

3. YAPI HASAR ve ÇATLAK ÇEŞİTLERİ, NEDENLERİ ve ALINMASI GEREKLİ ÖNLEMLER

3.1 Yapı Çatlakları ve Nedenleri

3.1.1 Çatlak Nedir

Betonda; sertleşmeden önce, sertleşme esnasında ve sertleştikten sonra fiziksel, kimyasal, termal, ve yapısal etkenler sonucunda oluşan önce yüzeyde görülebilen, sebeplere göre çeşitli şekiller ve farklı uzunluk, genişlik ve derinliklerde meydana gelen ayrılmalara çatlak denir.

3.1.2 Çatlakların Genel Özellikleri

Yapılardaki hasarların belirtisi fazla sehim, çatlak ve bazen titreşimdir. Genellikle ilk aşamada aşırı sehim göze çarpar. Bazen aşırı sehimden elemanın kendisinde çatlak oluşmaz fakat taşıdığı başka elemanda çatlak oluşur. Çatlama hızla girilen ikinci aşamadır. Çatlak niteliği ile ilgili parametreler vardır. Birincisi çatlağın yeri, ikincisi genişliği, bir diğeri ise yeni ya da eski oluşudur. Çatlağın yerinin önemi şu şekilde anlatılabilir. Çatlaklar önce gevrek elemanlarda oluşur. Çatlak ve sehim ve deformasyon o elemanın elastik yük taşıma limitinin üzerinde zorlanmakta olduğunu gösterir. Çatlak taşıyıcı ya da taşıyıcı olmayan elemanlarda olacaktır. Çatlağın olduğu yerde elastik olarak taşınabilen büyük çekme kuvveti etkimektedir. Basınç etkisi altındaki hasar ezilme şeklindedir. Ancak bu etkiye dik yönde yine de çekme kuvvetleri oluştuğundan yine çatlak ve kesme kuvveti vardır. Beton ve yığma kagir yapı malzemesinin basınç dayanımı çekme dayanımının çok üzerinde olduğu için önce çekme çatlakları oluşur.

Taşıyıcı olmayan elemanlardaki çatlak genellikle bu elemanın üzerinde oturduğu ya da taşındığı elemanda aşırı deformasyon ya da sehim sonucudur. Eğer bu taşıyıcı elemandaki sehim ve deformasyon daha da artarsa taşıyıcı elemanın kendisinde de

çatlama olacaktır. Bu nedenle taşıyıcı elemandaki çatlak her zaman daha ileri bir hasar aşamasıdır ve daha tehlikelidir.

Betonarme taşıyıcı elemandaki çatlak çekme kuvvetleri taşıyan donatının akma birim deformasyonun üzerinde kalıcı deformasyon yaptığı ve uzadığının da bir göstergesidir. Çatlak boyutlarından donatının birim uzaması ve ulaştığı gerilme tahmin edilebilir.

Çatlağın yeni ya da eski oluşu bu olaya yol açan etkinin o anda sürüp sürmediğini işaretidir. Çatlakta toz, toprak, örümcek ağı, böcek kozası ya da yuvası ve benzeri yabancı maddelerin bulunması ya da çalağın her iki yüzeyindeki sıva ya da malzemede oksitlenme belirtilerinin bulunması çatlağın eski olduğunu gösterir. Ancak eski bir çatlağın deprem ya da başka nedenlerle yeniden genişlemesi ya da ilerlemesi de sık görülen bir olaydır.

Çatlağın onarılmış olması ve onarımdan sonra yeniden açılması gibi belirtiler çatlağı yaratan etkinin sürdüğünü gösterir. Çatlağın eski ve durmuş olması çatlağa yol açan etkinin bir dengeye ulaştığına ve daha fazla genişlemesini önleyen karşı etkinin oluştuğunun göstergesidir. Örneğin çatlağı kesen donatılar plastik deformasyon yaparak pekleşmiş ve daha yüksek gerilmeler taşımaya başlamıştır.

Çatlakların oluş nedeni eleman üzerindeki görünüşleri, biçimleri, genel gidişleri ve benzeri faktörlere bakılarak değerlendirilir. Bu çatlak biçiminden yola çıkılarak çatlağa sebep olan etmenler teşhis edilip çözümler üretilebilmektedir. (Şekil 3.1 ve Şekil 3.2)

Genel olarak bütün çatlaklar açılır ve kapanır. Zemin oturmaları ile olan çatlaklar zemindeki mevsimlere bağlı kuruma ve ıslanma ile olan hacim ve taşıma gücü değişimlerinden etkilenecek şekilde açılıp kapanabilir. Aynı şekilde sıcaklık değişimleri de genişleme çatlakların açılıp kapanmasına yol açar. Yapının normal kullanımının getirdiği hareketli yüklerdeki değişimler de çatlakların açılıp kapanmasına neden olabilir.

3.1.3 Çatlakların Sebepleri

Dizayn hataları, inşaat esnasında fazla yüklemeler, hızlı ve kısa inşaat metotları, inşaat malzemelerinin hatalı kullanımı gibi sebepler olduğu gibi, beton karışımını meydana getiren elemanların hatalı seçimi, uygun olmayan beton karışım dizaynı, üretim ve nakliyedeki hatalar, yerleştirme ve sıkıştırmanın iyi yapılmaması, zararlı çevre şartlarına karşı betonun korunmaması, doğru kür metodunun uygulanmaması gibi sebepler betonda çatlakların oluşmasına yol açar. Çatlakların oluşmasına tesir eden pek çok faktör esas olarak yapısal ve yapısal olmayan çatlaklar olarak değerlendirilir.

3.1.4 Yapısal Çatlaklara Sebep Olan Faktörler

Proje dizaynlarındaki hatalar, dizayn değişmesi, bilmeden kullanılan fazla yükler, inşaat malzemelerinin hatalı ve eksik kullanılması, hızlı ve çabuk inşaat metodu yapısal çatlakları meydana getirir ki bunlar girişlerde mesnetlere yakın yerlerde kesme kuvvetlerinin etkisiyle eğimli, eğilme momentinin yüksek olduğu kesitte düşey eğilme çatlakları oluşur.

3.1.5 Yapısal Olmayan Çatlaklar, Sebepleri ve Çatlak Tipleri

Yapısal olmayan çatlaklar esas olarak üç tip çatlaklardır.

- ❖ Plastik çatlaklar
- ❖ Isı gerilmeleri çatlakları
- ❖ Kuruma büzülmesi çatlakları

3.1.5.1 Plastik çatlaklar

Plastik çatlaklar iki tipte oluşur.

3.1.5.1.1 Plastik Büzülme Çatlakları

Sertleşme esnasında ve henüz plastik durumunda iken oluşur. Beton hemen korunmamış ise güneş ışınları tesiri, sıcak ve rüzgarlı hava ve çabuk buharlaşma

sebepleri ilk birkaç saat içerisinde eğimli veya düzensiz harita çatlakları şeklinde meydana gelir.

3.1.5.1.2 Plastik Oturma Çatlakları

Bu tür çatlaklar daha ziyade derin kesitlerde meydana gelir. Karışımdaki hafif tanelerin yukarıya çıkması ve buharlaşma oranına bağlı olarak suyun yüzeyde toplanması terlemeye sebep olur. Bu olay neticesinde plastik oturma çatlakları meydana gelir. Bu çatlaklar birinci gün içerisinde görülür. Elemanların bağlantı yerlerine yakın kısımlarda, kolonların üst kısımlarında ve betonarme çeliği hizalarında düzgün yatay çatlaklar şeklindedir. Karışım suyunun fazla oluşu, uygun olmayan kum granülometrisi, priz geciktirici katkıları önemli sebeplerdir.

3.1.5.2 Isı Gerilme Çatlakları

Çimentonun reaksiyonu dışarıya ısı veren bir reaksiyondur, dökümden sonra ilk 24 saat içerisinde veya biraz daha uzun bir zamanda iç ısı artışı, dışarıya salınan ısıdan daha fazla olur. Dolayısıyla betonun sıcaklığı artar ve genişleme olur. Birkaç gün sonra betonun ısı artışı azalacağından betonda soğuma ve bağlı olarak büzülme olur, çekme gerilmeleri çoğu zaman betonun çekme mukavemetinden veya betonun çekme mukavemetinden veya beton ile çelik arasındaki aderansın mukavemetinden fazla olur ve çatlamalar görülür. Isı büzülmesi çatlaklarına genellikle sertleştikten sonra çabuk soğuma, meydana gelen aşırı ısılar ve aşırı ısı değişimleri ile birlikte uygun olmayan yerleştirme ile birlikte uygun olmayan yerleştirme, sıcak beton, termal genişmesi fazla olan agrega kullanımı, fazla çimento miktarı, uygun olmayan çimento tipi, geniş ve kalın kesitler, kalıp cinsi, kalıp alma süresi, kalıptan sonra betonun termal izolasyonu iyi yapılmaması gibi sebepler ısı gerilmeleri çatlaklarına sebep olur.

3.1.5.3 Kuruma Büzülmesi Çatlakları

Taze beton kapiler boşluklarında bulunan serbest suyun buharlaşması ile kurur. Kimyasal reaksiyona girmeyen suyun bir bölümü çimento hidratları tarafından emilir ve jel sistemi oluşturur. Kuruma esnasında çimento jelinde büzümle olur. Jelin

büzülmesi agreganın hacimsel miktarı ile sınırlıdır ki, bu büzülmenin en büyük etkenlerindendir. Fazla agrega miktarı daha az harç miktarı demektir. Yüksek su/çimento oranı harcın genleşmesine sebep olur ki bu da daha fazla büzülme demektir.

Netice olarak kuruma büzülmesi; betonun sertleşmesi esnasında suyun fiziksel ve kimyasal olarak kaybolması neticesinde meydana gelen hacim azalmasından dolayı meydana gelir. Isı gerilmelerinde olduğu gibi, betonun şekil değiştirmeleri kısıtlanıyorsa gerilmeler çatlamalara sebebiyet verir. Kuruma büzülme çatlakları üç, dört hafta sonra ve hatta birkaç ay sonra görülürler. Bilindiği gibi beton ve bütün harçlar kuruma esnasında büzülürler ve hemen hemen bütün betonlarda kuruma büzülmelerinin ve termal gerilmelerin sebep olduğu kılcal çatlaklar oluşur. Ancak hemen fark edilmeyen kılcal çatlaklar, kuruma büzülmelerinin etkisi ile sonraki zamanlarda genişler ve oluşan çatlaklar dört hafta sonra %25 oranında olup ve genellikle 6 aylık bir sürede oluşumunu tamamlar.

Kuruma büzülme çatlaklarına sebep olan karışımının büzülen kısmı olan çimento harcıdır. Ancak hafif porüz agreganın da betonun büzülmesine bir miktar etkisi vardır. Fakat agreganın büzülmeye olan tesiri harcınkine nazaran çok azdır. Boşluklarında oluşan menüsküsler ve suyun yüzey gerilmesi sebebi ile su kaybeden çimento harcı büzülür. Kısmen dolu boşluklardaki suyun yüzey gerilmesi boşluk çeperlerini içe doğru çeker, beton da bu iç kuvvetlere büzülerek uymaya çalışır.

Çimento harcının büzülme miktarı öncelikle harcı su/çimento oranının bir fonksiyonudur, betonun büzülme miktarı ise ;

- ❖ Harcın büzülme miktarına
- ❖ Harcın betona olan hacimsel miktarına
- ❖ Agreganın sertliğine (elastisite modülüne)
- ❖ Harç ile agrega arasındaki aderansa bağlıdır.

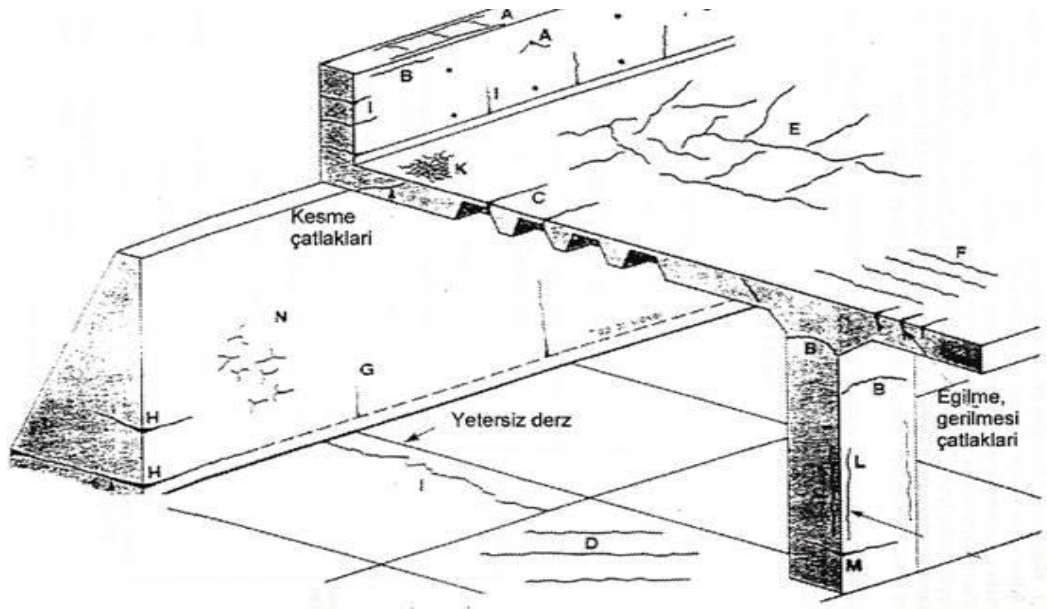
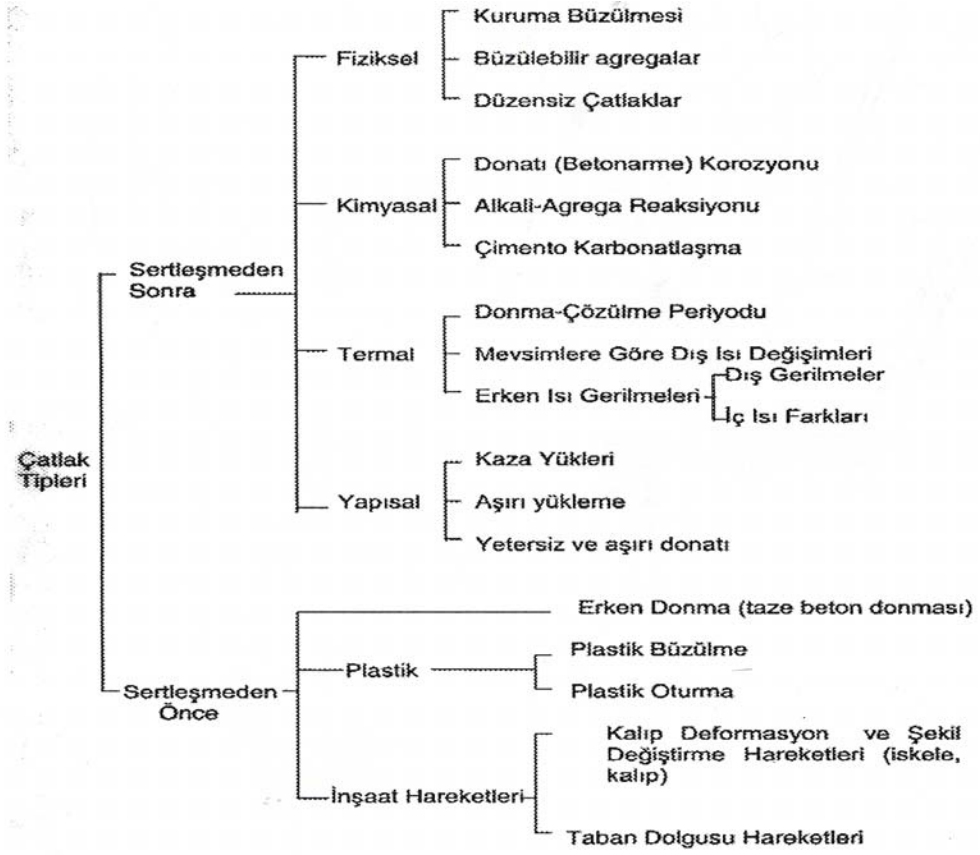
Kuruma büzülmesi çatlaklarına sebep olan bir önemli faktör de büzülme yeteneği olan agregadır. Normal bir betonda büzülme oranı %0.03 iken büzülebilir agrega ile yapılan betonda büzülme oranı %0.1 olduğu araştırmalar neticesinde görülmüştür.

Ayrıca bünyesinde tuz ihtiva eden agregalar da kuruma büzülmesinin artmasına sebep olur. Betonlu oluşturan her bir malzemenin, ya ayrı ayrı ya da aralarındaki iç hareketlerinin bir neticesi kuruma büzölmelerine sebep olmakla birlikte büzölmeyi etkileyen, sıcaklık, kür metodu, havadaki bağıl nem oranı ve açık yüzeyin hacmine olan oranı gibi faktörler de vardır. Fazla su miktarı betondan çabuk buharlaşacağından yüksek bir büzölmeye ve betonun çekme dayanımının düşmesine sebep olacaktır. Dolayısıyla su miktarı uzun süreli kuruma büzölmesine tesir eden faktördür. Çimentonun inceliğinin kuruma büzölmesi çatlaklarına çok az tesiri vardır. Çünkü incelik sayesinde kazanılan erken çekme dayanımı büzölmenin hasarını önler ve böylece denge oluşur. Havadaki bağıl nem oranı azalırsa suyun buharlaşma ile kaybı artar, büzölme ve çatlakların oluşmasına tesir eder. Kür uygulamasının esas amacı sistemde bulunan suyun buharlaşma ile kaybolmasını önlemektir. Dolayısıyla kurumadan dolayı meydana gelecek büzölme ve hacim azalması da önlenmiş olur. Ayrıca çekme dayanımı kapasitesine tesir edeceğinden çatlama riskleri azalacaktır.

Tüm bu açıklamalarda sonra çatlak tipleri ile ilgili bir sınıflandırma tablosu oluşturmak istersek bu tablo sonraki sayfada gösterildiğı gibi resmedilecektir. (Tablo 3.1)

Şekil 3.1’de ise bir yapıda oluşabilecek tüm çatlakların oluş sebeplerini ve hangi yapı elemanın hangi bölümünde ne tür bir hasarın meydana getirdiğini anlatmaktadır[3].

Tablo 3.1: Çatlak Tipleri



Şekil 3.1: Yapılarda çatlak tipleri

Tablo 3.2: Yapılarda meydana gelen çatlakların sınıflandırılması

Çatlak Tipleri, Nedenleri	Şekil 3.4'deki Harfler	Çatlayan bölge	En Fazla Görülen Yapı Elemanı	Birinci Sebebe (Gerilme Hariç)	İkinci Sebebe Faktörler	Çare	Ortaya Çıkma Zamanı
Plastik Oturma	A	Donatı Üstü	Derin kesit			Terleme azaltılır	
	B	Parapet	Kolon üst kısmı	Aşırı Terleme	Çabuk, hızlı kuruma şartları	Hava sürükleyici kullanılır	10 Dak. dan 3 Saat'e kadar
	C	Değişen Kesit	Oluklu ince döşeme			Tekrar vibrasyon yapılır.	
Plastik Büzülme	D	Diagonal	Yol ve döşeme	Çabuk, hızlı kuruma			
	E	Gelişigüzel	Demirli döşeme	Çabuk hızlı kuruma	Düşük oranda terleme	Erken kür uygulaması	30 Dak. dan 6 Saat'e kadar
	F	Donatı üstü	Yüzeye yakın donatı	Yüzeye yakın donatı			
Erken Isı Gerilmeleri	G	Dış Gerilme	Kalın duvar	Fazla ısı oluşumu		Sıcaklığın Azaltılması	1 günden 2-3 haftaya kadar
	H	İç Gerilme	Kalın döşeme	Fazla sıcaklık değişimi	Hızlı Soğuma	İzolasyon	
Uzun Süre Kuruma Büzülmesi	I	İnce döşeme ve duvarlar	Etkisiz Bağlantılar	Aşırı Büzülme Etkisiz Kür	Su Miktarı Azaltılması Etkili Kür Uygulama		Birkaç Hafta veya Birkaç Ay
Düzensiz Çatlaklar	J	Uygun olmayan kalıp	Zayıf beton yüzeyi	Geçirimsiz kalıp	Zengin Karışım	Uygun Kür ve	1 ile 7 Güne kadar
	K	Akıntılı beton	Döşemeler	Fazla mala perdahı	Zayıf Kür	Bitirme İşlemi	Bazen Biraz fazla
Çeliğin Korozyonu	L	Tabii	Kolon ve Kirişlerde daha fazla	Eksik paspayı	Kalitesiz beton	Sebeblerin azaltılması	2 Yıldan fazla
	M	Kalsiyum Klorür	Prekast Betonlarda	Fazla kalsiyum klorür			
Alkali Agrega Reaksiyonu	N		Islak Bölgeler	Aktif olmayan Yüksek alkali	agrega	Sebeblerin azaltılması	5 Yıldan fazla

3.2 Yapı Hasarlarının Nedenleri ve Alınması Gerekli Önlemler

3.2.1 Yapı Hasarları

Betonarme yapılar ve taşıyıcı sistemler öz ağırlık, ilave ağırlık, hareketli yükler, deprem ve rüzgar etkileri, sıcaklık değişimleri, rötre ve sünme, mesnet çökmeleri, çarpma, patlama, dış ortam etkileri ve yaşlanma, yangın, yorulma gibi etkilere maruz kalabilirler. Bu etkiler altında yapıda bazı kusurlar veya kalite ve özellik kayıpları oluşabilir. Bu kusurlar, çatlaklar, parça kopmaları, dökülmeler, kabarmalar, renk değişimleri, sehim, yatay ötelenme vb. şeklinde görülürler. Bu kusurlar belirli sınırlar içinde kaldığında göz ardı edilebilir, fakat kusurlar belirli sınırların dışına çıkmışsa yapının hasar gördüğü kabul edilir. Hasarların ana belirtileri, çatlaklar, ayrışmalar ve parça kopmalarıdır.

3.2.1.1 Betonarmede Çatlaklar

Çatlaklar en çok rastlanan en yaygın hasar türüdür ve betonarmede her yerde her zaman vardır. Yeterli donatı sağlanarak dikkatli ayrıntısı yapılmış beton elemanlarda geniş çatlaklardan kaçınılmış olunur. Dış etkilere açık olma durumunda küçük çatlaklar her zaman vardır. Çevresel zorlamalardan meydana gelen çatlaklar yapısal zorlamalardan daha fazladır ve elemanlarda ilk bozulmaların oluşmasına neden olurlar. Bu çatlaklar önlenmezse tehlikeli yapısal hasarlar oluştururlar. Bu nedenle hasar görmüş yapılarda onarım işlemlerinde çok geç kalınmamalıdır.

3.2.1.2 Ayrışmalar

Zayıf ve kötü malzeme kullanılmaması kimyasal etkenlerin, atmosfer etkilerinin ve aşınmanın etkilemesiyle ayrışma şeklinde bozulmalara neden olur. Malzemenin sağlamlığı ve özellikleri arazide ve laboratuarda yapılan testlerle düzenli bir şekilde belirlenmelidir. Ayrışmaların yerleşimleri kimyasal, atmosferik ve aşınma gibi etkilerin hangisinden meydana geldiklerini belirtir. Ayrışmalar, donma-çözülme etkisiyle yüzeysel, kimyasal etki ile daha derinlere ulaşır ve mukavemet kaybı oluşur, don etkisi fizikseldir. Ayrışmaların belirlenmesi belirgin sebeplerin incelenerek elenmesi ile yapılır.

3.2.1.3 Parça Kopmaları

Hasarın yerel olması durumunda hatalı ayrıntı etkisi söz konusudur. Kimyasal etkiler nedeniyle de parça kopmaları oluşabilir. Parça kopmasına neden olan en önemli sebep donatı paslanmasıdır.

Yapılardaki yapısal hasarların belirtileri aşırı sehim, çatlak ve bazen de titreşimlerdir. Çatlak niteliğı ile ilgili parametreler, atlağıın yeri, genişliğı yeni yada eski oluşudur. Çatlaklar önce gevrek elemanlarda oluşur. Çatlak, sehim ve deformasyonlar o elemanın elastik yük taşıma deformasyonunun üzerinde zorlandığını gösterir. Nedeni elemana elastik olarak taşınabilenden daha büyük bir çekme (gerilmesi) kuvveti etkimesidir. Basınç etkisi altında hasar ezilme biçimindedir fakat bu etkiye dik yönde çekme kuvvetleri oluşacağı için yine çatlak da oluşacaktır.

Beton ve yığma kagir yapı malzemesinin basınç dayanımı çekme dayanımının çok üstünde olduğundan önce çekme çatlakları görülür. Taşıyıcı olmayan elemanlardaki çatlaklar genellikle bu elemanın üzerinde oturduğu, yada taşındığı elemanda aşırı sehim veya deformasyon oluşması nedeniyle. Hasarın daha ileri aşaması sehimin çok artması nedeniyle taşıyıcı elemanda da çatlaklar oluşmasıdır ve yapı için tehlike oluşturur. atlağıın eski yada yeni oluşu etkinin o anda sürüp sürmediğinin işaretidir. Toz, örümcek ağı vb, yada atlağıın her iki yüzeyinde sıva yada malzemede oksitlenme belirtisi atlağıın eski olduğunu gösterir. Değışik yükler etkisinde bu çatlaklar yeniden genişler veya ilerleyebilir. Onarılmış bir atlağıın yeniden açılması çatlak üzerindeki etkinin sürdüğünü gösterir. Çatlak boyunca veya atlağıa dik yönde ötelenme olup olmadığı kontrol ile belirlenmelidir. Oluştuktan sonra uzamayan, yayılmayan, genişleyip derinleşmeyen çatlaklar pasif çatlaklardır. Zamanla gelişen veya dış etkilere bağılı olarak artma, eksilme şeklinde değışme gösteren çatlaklar aktif çatlaklardır. atlağıın aktif yada pasif oluşu onarım metotları yönünden önem taşır. Yapısal kökenli çatlaklar taşıyıcı sistemdeki konstrüksiyon hatalarından veya hareketlerinden doğarlar ve genellikle tehlikelidir, elemanın onarılması, güçlendirilmesi veya değıştirilmesi gerekebilir. Yapısal olmayan çatlakların kökeni fiziksel ve kimyasaldır ve onarımları yapının dayanıklılığı veya estetiğı yönünden gerekli olabilir. Değışik tiplerdeki bozulmaların nedenlerinin

analizinde genel olarak uygulanabilecek bir yöntem bulunamazsa her durum bireysel bir problem olarak incelenmelidir.

Hasara neden olan faktörleri; yük etkisiyle oluşan hasarlar ve çevresel faktörlerin etkisiyle hasarlar olarak iki ana sınıfa ayırabiliriz. Yük etkisiyle hasara sebep olan faktörler aşırı yükleme ve temel oturmalarıdır. Çevresel etki hasarları genelde yapıların yaşlarına bağlıdır. Bu kategorideki yapısal bozulmalar kötü yapım uygulamaları, kalite kontrol eksikliği, yüksek ısı, yüksek nem ve tuzlu çevre gibi bozucu çevre etkileri nedeniyle artar. Hatalı tasarım, kötü yapım ve kalite kontrol eksikliğiyle birleşmiş çevresel faktörler binaların erken bozulmalarının en büyük sebebidir. Yapı hasarlarının incelenmesi, problemlerin sebeplerini belirleyebilir.

Hasarlı yapıların değerlendirilmesinde ilk adım yapılardaki bozulmalara sebep olan problemlerin ve koşulların çok dikkatli değerlendirilmesidir. Olabilecek bozulmaları önlemek için geçerli kararları vermede bu değerlendirmeler gereklidir. Bozulmaların önlenmesinin mümkün olmadığı durumlarda yapılarda onarım veya güçlendirme yapılabilir, ya da yapı boşaltılabilir. Yapılardaki bozulmaların değerlendirilmesi, bir hastalığın fiziksel olarak tedavisine mühendislik açısından yaklaşımdır. Yaklaşım adımları, özel teşhis (tanı), bakım ve önlem için gerekleri içermelidir. Onarımda başarılı olmanın temeli hasarların tip ve nedenlerinin tanımlanmasının hassasiyetle yapılmasına bağlıdır.

Beton yapılardaki bozulmaların görsel olarak belirtileri üç ana grupta toplanabilir. Bunlar çatlaklar, parça kopmaları ve ayrışmalarıdır. Bu ana belirtilerden her biri kendi başına oldukça belirgindir, kolayca incelenebilir ve diğerlerinden farklıdır. Her biri çeşitli şekillerde meydana gelir ve her şekil farklı özelliklerdedir. Yapılardaki bozulmalar sadece bu üç ana belirti şeklinde değildir, her belirti de farklı şekiller gösterebilir. Aynı sebep çok farklı hasarlar meydana getirebildiği gibi, çok farklı sebepler aynı hasarı meydana getirebilir.

Hasarların tespitinde gözlemlenen koşulların bütün olası nedenleri değerlendirilerek, belirgin olasılıklar elimine edilerek sorun çözülür. Sorunun çözülmesi için gerekli aşamaların uygulanması ve beton bileşenlerine etki eden faktörlerin anlaşılması için betonun bozulmasına neden olan işlem ve etkenlerin bir listesinin

yapılması gereklidir. Bozulmaların mekanizması anlaşınca kadar onarım yöntemi seçilmemelidir. Beton yapılarıdaki hasarların meydana geliş nedenleri aşağıda listelenmiştir.

1. Yapım aşamasında meydana gelen hatalar

- ❖ Alt yapının veya kalıp yüzeylerinin yerel olarak oturması
- ❖ Düşey kalıplarda oynamalar-kalıpların oynaması
- ❖ Vibrasyon
- ❖ Taze beton ayrışması-plastik rötre
- ❖ Taze betonda bünyesel rötre
- ❖ Erken kalıp alma, kalıp desteklerinin erken alınması

2. Rötre

3. Termik gerilmeler

- ❖ Atmosferik ısı değişimleri (hava şartlarını değişmesi)
- ❖ Beton iç sıcaklığında değişmeler
- ❖ Yangın etkisi

4.Betonun su emmesi

5.Donatının paslanması

- ❖ Kimyasal etkiler nedeniyle paslanma
- ❖ Elektro kimyasal paslanma

6.Kimyasal reaksiyonlar

7.Atmosferik etkiler

8.Şok dalgaları

9.Aşınma

10.Ayrıntı hataları

- ❖ Keskin, dar açılı köşeler
- ❖ Kesitte ani değişiklikler
- ❖ Prefabrike döşeme elemanları ve kirişler arasında rijit derzler
- ❖ Aşırı deformasyonlar (narin eğilme elemanlarında aşırı bel vermeler)
- ❖ Derzlerde sızıntılar, yetersiz açıklık bırakılması, derz boşluklarının dolması
- ❖ Yetersiz damlalık ve tahliye boruları
- ❖ Yetersiz drenaj
- ❖ Kesit veya malzemelerin yetersizliği

- ❖ Su depolarındaki termik etkiler
- ❖ Sünmenin hesaba katılmaması

11.Tasarım (proje) hataları

12.Deprem

3.2.2 Yapım Aşamasında (İnşaat Sırasında) Meydana Gelen Hatalar

Yapının inşası sırasındaki dikkatsizlik ve uygun olmayan işlemler nedeniyle düşük kaliteli beton üretilmiş olabilir. Düşük kaliteli beton, bozulmalar karşısında iyi uygulanmış kaliteli üretilmiş dayanıklı betonlara göre daha hassas olacaktır ve kaçınılması gerekir. Kötü yapım uygulamaları bozulmalara ve bozucu etkenlere karşı açık bir kapıdır ve doğrudan hasara sebep olabilir. İnşaat sırasında yapılan hatalara örnek olarak aşağıdakiler açıklanmıştır.

3.2.2.1 Alt Yapının ya da Kalıpların Yerel Oturması

Grobeton yol hava meydanı kaplamalarının altyapısında bölgesel zayıf kısımlar yada hava cepleri veya çukurlar varsa beton üzerine yerleştirildiğinde kütlenin ağırlığı nedeniyle, beton yerel olarak oturmalar yapabilir. Bu oturmalar beton yüzeyinin düzeltilmesinden sonra oluşursa oturmaları çatlaklar izleyebilir. Bu oluşumlar alt özenle sıkıştırılması ve drenajın yapılması önlenebilir. İşçilerin kalıp üzerinde yürümeleri ve kalıp altında hava ceplerinin oluşumu önlenmelidir. Bu tip çatlaklar,son bitirme işlemi yapılmadan önce ortaya çıkarsa yüzey düzeltildiğinde kapanabilir. Bu nedenle düzeltilmeden sonra malayla düzeltilerek yüzey bitirme işlemi geciktirilmelidir. Bu geciktirme süresi betonun yüzeyinin işlenebilmesi için gerekli olan süreyi geçmemelidir. Beton hafif suyunu çektikten sonra düzeltilme yapılırsa çatlaklar oluşmaz, çatlaklar kapandığında bir daha görünmezler.

3.2.2.2 Düşey Kalıpların Oynamaları

Çatlakların betonun akıcılığını kaybetmeye başladığı sırada kalıpların hareket etmesiyle meydana gelebilir ve beton tamamen sertleştiğinde bu çatlaklar görünür. Bu çatlaklar betonun içinde olursa yüzeysel incelemelerde görülmezler. Beton kütle içerisinde su cepleri oluşturarak donma-çözülme etkisiyle şişip-inerek beton

yüzeyinden parça kopmasına neden olabilirler. Aynı sonuç su ceplerine rastlayan donatının paslanması nedeni ile de oluşabilir. Böyle çatlakları önlemek için, kalıp elemanlarının betonla ilişkide olan yüzeylerinin su emmesini ve şişmesini önleyecek koruyucu bir kaplamayla kaplanması gereklidir. Ayrıca kalıpların sehim ve düşey eğilmeye karşı koyabilecek şekilde projelendirilmesi ve kontrol edilmesi de gereklidir. Kalıplar dökülecek betonun yüksekliğine göre kontrol edilerek ve çizimlerine uyularak hazırlanmalı ve yanal destekleri olmalıdır. Çiviler kayma gerilmelerini emniyetle karşılayacak dirençte olmalıdır. Döküm sırasında bütün ayrıntılar ve işçilik periyodik olarak kontrol edilmelidir [4].

3.2.2.3 Vibrasyon

Genelde vibrasyon çatlakları beton yerleştirildikten sonra, priz süresinde oluşur. Titreşim kaynakları yakın çevredeki trafik akışı, şahmerdanla çakma, kazı işlemleri, ayrıca vibratörle yapılan gecikmiş sıkıştırma, dikkatsiz işçilerin veya ekipmanın kalıp titreşimine neden olan darbelerdir. Bu olguları önlemek için, beton katılaşırken işçilerin kalıpları tezgah gibi kullanılmasına izin verilmemelidir. El arabalarının kalıpların üstünden gidip gelmesine izin verilmemelidir. Az veya orta sıkıştırma yapılmış yumuşak toprakta çalışma yapan şahmerdan, beton dökülen alandan en az 15 m uzakta çalışmalıdır. Masif balçık veya silt şeklindeki kütlelerde beton tamamen sertleşmeden kazık çakma işlemi yapılmamalıdır. Beton sertleşirken ağır ekipmanlarla üzerinde yürümemelidir. Şeritler halinde beton dökme işlemlerinde, yeni dökülen betona vibrasyon yapılması yeni sertleşmeye başlayan eski betonda hasar oluşturabilir. Bu nedenle ya daha önce dökülen beton priz yapmamış olmalı ya da mukavemetini tamamen kazanmış olmalıdır. Ağır trafiği olan yollara yakın çalışırken trafiğin etkisi düşünülerek gerekli önlemler alınmalıdır.

3.2.2.4 Taze betonun ayrışması - plastik rötre

Beton döküldüğü sırada meydana gelen erken beton rötresi nedeniyle oluşan çatlaklardır. Genellikle beton matraste hafif olan su betonun yüzeyinde birikir. Bu olaya betonun su kusması ya da terleme adı verilmektedir. Terleme, ıslanan çimento taneciklerinin bir süre sonra yumaklaşması ve iri tanelerin dibe çökmesi sonucu meydana gelir. Terlemede buharlaşma su fazla terleyen su az ise plastik –erken rötre

meydana gelir. Beton yüzeyindeki suyun hızla buharlaşması ani yüzeysel büzülmelere ve derin çatlaklara yol açar. Sertleşen kısım ile alt tabakalarda henüz sertleşmemiş kısım arasında çekme gerilmeleri oluşması yüzeye yayılmış çatlakları oluşturur. Plastik rötre geniş beton yüzeylerde oluşmaktadır, rüzgar, bağıl nem ve sıcaklık büyük etkindir.

Akıcı beton sertleşmeye başlamadan önce akıcı matristeki ağır parçacıkların yerleşmesine neden olur. Bu tip yerleşmeler, daha önce yerleştirilmiş beton, donatı veya kalıp tarafından lokal olarak önlenirse çatlaklar ve/veya boşluklar oluşacaktır. Örneğin etriye betonun serbestçe dökülmesini önleyecek ve yüzeyde çatlaklar oluşturacaktır. Donatılar betonun serbestçe yerleşmesine izin verirse bu tip çatlaklar önlenecektir. Kötü düzenlenmiş ve ağır hasır şeklinde aralıkları dar donatı çubukları nedeniyle beton aşağıya tam geçemiyorsa ani plastik rötrede donatı ile beton arasındaki aderans ortadan kalkar. Çok esnek ve su sızdıran kalıplar kullanılması ve yetersiz vibrasyon yerleşme çatlaklarının derecesini arttırabilir.

3.2.2.5 Erken Kalıp Alma

İnşaat sanayinde ekonomi ve hız gibi baskılar, betonun etkili dayanım kazanmasından önce kalıp ve desteklerin alınmasına neden olur. Gerektiğinden önce kalıpların alınması betonda ciddi çatlaklar oluşturur. Kirişler ve döşemelerin altındakiler hariç kolon ve kirişlerdeki yanal kalıplar önceden alınabilir. Perde ve yüksek kirişlerde kalıplar erken alınmamalıdır. Çünkü yanal deplasmanlar sonucu oluşan dışardan görünmeyen boyuna çatlaklar oluşabilir. Bu çatlaklar içine giren su donma-çözülme etkisiyle hasara neden olabilir. Beton dayanımını kazanıncaya kadar kalıpların sökülmemesi bu tür çatlakların oluşumunu önleyebilir. Kalıp alma işinde elemanın boyutları maruz kaldığı gerilmeler göz önüne alınmalıdır. Kalıbın alınma süresi 1 ile 4 hafta, ince kiriş yan kalıpları için ~3 gündür. Döşeme kalıpları 8 gün, kiriş dikmeleri ve büyük açıklıklı döşemeler 21 gün sonra alınır. Hava soğuksa kalıplar daha geç alınmalıdır.

3.2.2.6 Rötre

Beton sertleşirken oluşan kimyasal reaksiyonlar çok geniş bir zaman periyodunda meydana gelir. Bu sertleşmiş beton rötresi veya rötre olarak bilinen hacim küçülmesidir. Yapı bu hacim değişmesinin serbestçe oluşmasına direnç gösterirse, oluşan gerilmeler beton kütlenin çatlamasına neden olabilir.

Bu rötre, sertleşmiş beton içindeki jel suyunun buharlaşması ve sonuçta jeldeki katı   gelerin birbirini daha kuvvetli elektrostatik kuvvetlerle çekmesi sonucu oluşur. Hidrolik r treyi arttıran faktörler; beton içindeki  imento miktarı fazlalığı (450 kg/m^3 ten fazla olamaz), beton karma suyunun fazlalığı (fazla suyun buharlaşması r treyi arttırır), agreganın inceliği (ıslatma suyu artar)ve elastik modülünün düşüklüğüdür. R treyi arttıran dış faktörler ise dış ortamın kuru, rüzgarlı ve sıcak olmasıdır. Havaya açık yüzeyi fazla olan yapı elemanlarında rötre oranı daha yüksektir. Elemanın serbestçe rötre yapmasına izin verilmezse çatlaklar oluşacaktır. Bu çatlaklar çok ince yerlerde, dal ve hurdi döşemelerde, derz bırakılmayan döşemelerde, donatısız plaklarda daha fazla meydana gelir. Bu durumları  onlemek için; sertleşmiş beton r tresinin miktarı, erken yüksek dayanımlı  imento kullanılarak azaltılabilir. Verilen karışımın ve  imento cinsi,rötrenin oranını küçük bir miktar azaltabilir [4].

R treyi azaltmak için;

- ❖ Dilatasyon derzlerinin yapıda sık kullanılması ile yapının b z lmeye karşı gösterdiği direnci azaltılır yada  onlenir,
- ❖ çatlakların oluşumunu ve büyüklüğünü azaltacak ve gerilmeleri dağıtabilecek yeterli miktarda donatı sağlanmalıdır,
- ❖ Agregayı ve karışım suyunu soğutabilir.

3.3 Betonarme Yapılarda Çatlaklar

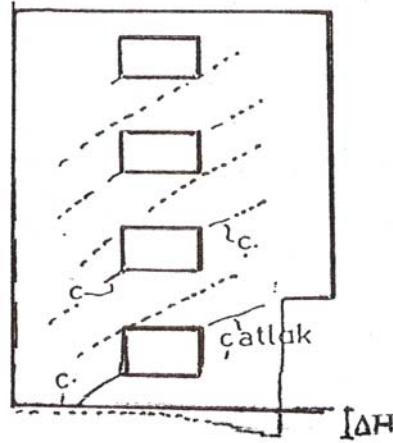
3.3.1 Taşıyıcı Olmayan Elemanlardaki Çatlaklar –Duvar Çatlakları

Duvar çatlaklarını oluşturan dört neden vardır.

- ❖ Temel oturması
- ❖ Deprem titreşimleri
- ❖ Çevreden gelen yapay titreşimler
- ❖ Aşırı sehim

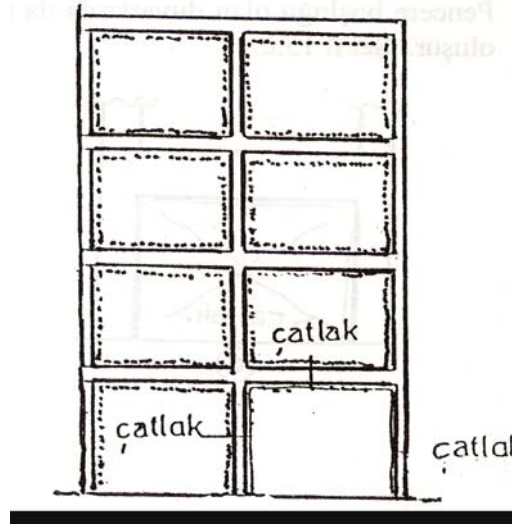
3.3.1.1 Temel Oturmasından Oluşan Çatlaklar

Temel oturması, temel altındaki zeminin sıkışmasıdır. Bu sıkışma yapı yüklendiği andaki ani bir sıkışma olduğu gibi, zamana bağlı olarak zamanla gelişen bir konsolidasyon oturması da olabilir. Oturma sonucu oluşan boşluklar duvar tarafından doldurulamayacağından askıda kalan duvarlar çatlar. Oluşan çatlaklar üst katlara doğru gidildikçe azalan boyutlarda kalır. (Şekil 3.2)



Şekil 3.2: Temel oturmasından oluşan çatlak

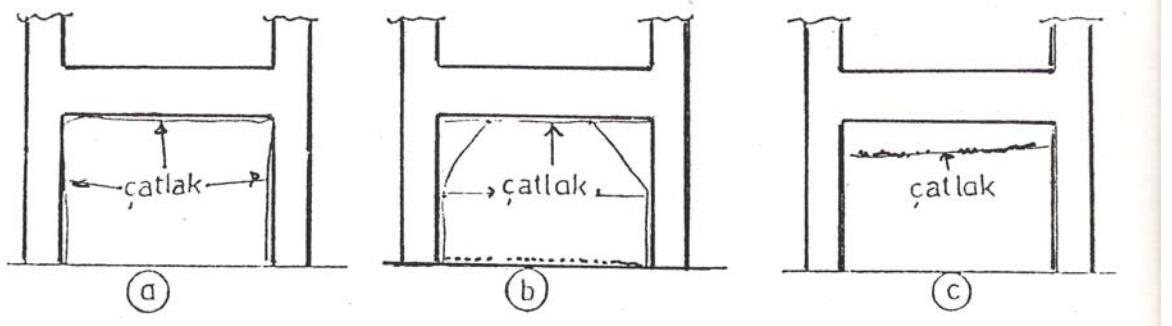
Ayrıca çerçeve ile sınırlı duvarların kenarlarında çatlaklar belirginleşerek çerçeveden ayrılımlar gözlenir. Çatlakların boyutları üst katlara gidildikçe küçülür. (Şekil 3.3)



Şekil 3.3: Temel oturmasından oluşan çatlak

3.3.1.2 Deprem Titreşimlerinden Oluşan Çatlaklar

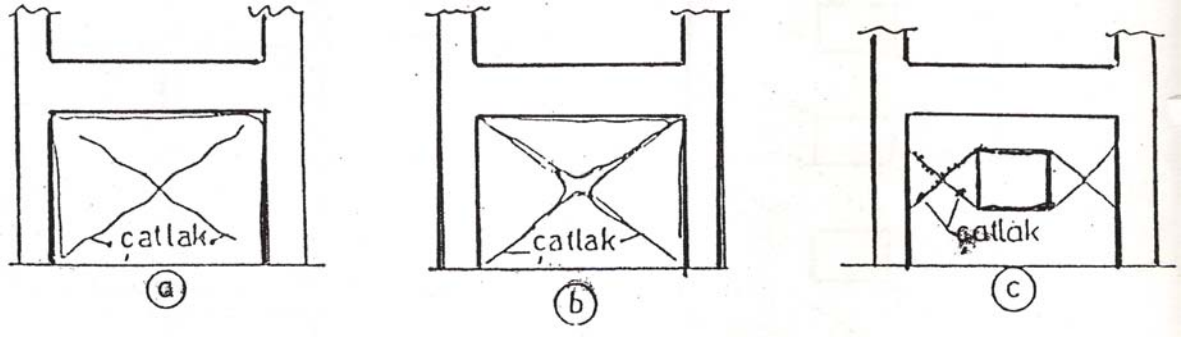
Betonarme yapılarda depremin oluşturduğu ilk çatlaklar sıva çatlaklarıdır. Daha sonraları betonarme çerçeve ile dolgu duvarları arasında yüzeylerde sıva çatlakları oluşmaktadır. Bu çatlaklar önce giriş ile dolgu duvarın üst yüzeyi arasında meydana gelir. Sonraları dolgu duvar ile kolon arasında çatlaklar görülmeye başlar. Çatlaklar bu düzeyde kalmış ise genellikle yapı taşıyıcı sisteminde bir hasar yoktur. Bu çatlaklar V-VI Richter şiddetindeki depremlerde oluşur. Çeşitli sıva çatlakları şekil 3.4-a'da görülmektedir. Şekil 3.4-a'da dolgu duvarda çerçeve elemanları arasında sıva çatlakları gösterilmiştir. Ayrıca sıvalarda köşe çatlaklarına rastlanır. Şekil 3.4-b duvarlarda mevcut olan boruların üzerindeki sıvalar da boru doğrultularında çatlayabilir. Şekil 3.4-c daha şiddetli depremlerde duvarlar da çatlamaya başlar ve duvarlarda X biçimli çatlaklar meydana gelir.



Şekil 3.4: Çeşitli sıva çatlakları

Şekil 3.5-a depremin süresi içinde daha ileri aşamada, duvarların sıva ve duvar elemanı parçaları düşmeye başlar.

Pencere boşluğu olan duvarlarda da pencerenin iki tarafındaki sağırlıklarda da X çatlakları oluşur. (Şekil 3.5-c)



Şekil 3.5: Çeşitli sıva çatlakları

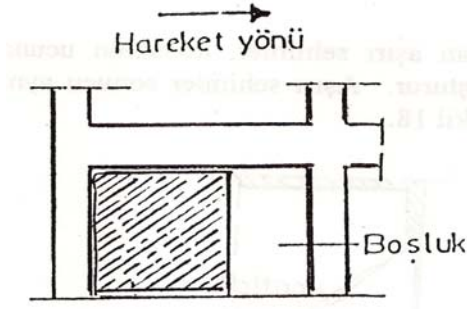
Dolgu duvarlar boşluklu beton briket gibi zayıf malzemeden yapılmış ise, küçük sarsıntılarda bile duvarlarda X çatlakları oluşmaya başlar.

Büyük depremlerde kolonlarda gözlenen mafsallaşma aşırı yüklü kolonlarda başlar. Dolgu duvarında hasarın ileri bir düzeye ulaşması ile birlikte mafsallaşma yapının zemin kat kolonlarına yayılır ve aşırı yüklü kolonlarda en üst düzeye ulaşır.

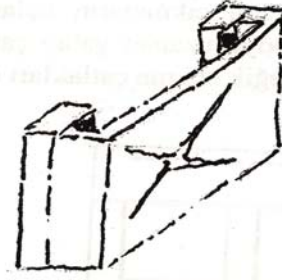
Genellikle 3 m ve daha fazla yüksek duvarların üst bölümleri yıkılabilir. Duvarlardaki pencere ve kapı boşluklarının varlığı da çatlama mekanizması etkiler ve çeşitli çatlama formlarının oluşmasına neden olur.

Dolgu duvarlar betonarme çerçeve tarafından tüm olarak sınırlandırılmış ise, duvar kayabilir veya burulma etkisi altında kalabilir. (Şekil 3.6)

Şekil 3.6-a'da boşluğa doğru kayma yapabilen bir duvar görülmektedir. Bu tür duvarların çerçeve kenarlarına bağlanmasıyla kayma önlenabilir. Ayrıca, çerçeve düzlemi dışına yerleştirilmiş bir duvar burulma etkisinde kalıp Şekil 3.6-b'de gösterildiği gibi çatlayabilir.

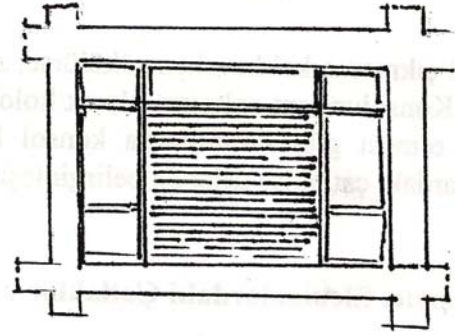
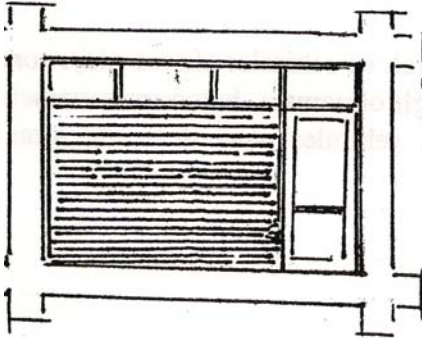


Şekil 3.6-a: Burulma etkisinde duvar



Şekil 3.6-b: Burulma etkisinde duvar

Duvarda bırakılan pencere ve kapı boşluklarıyla, çerçeve ile ilişkisi kesilmiş duvarlar düzlemleri dışına devrilebilir. (Şekil 3.7)



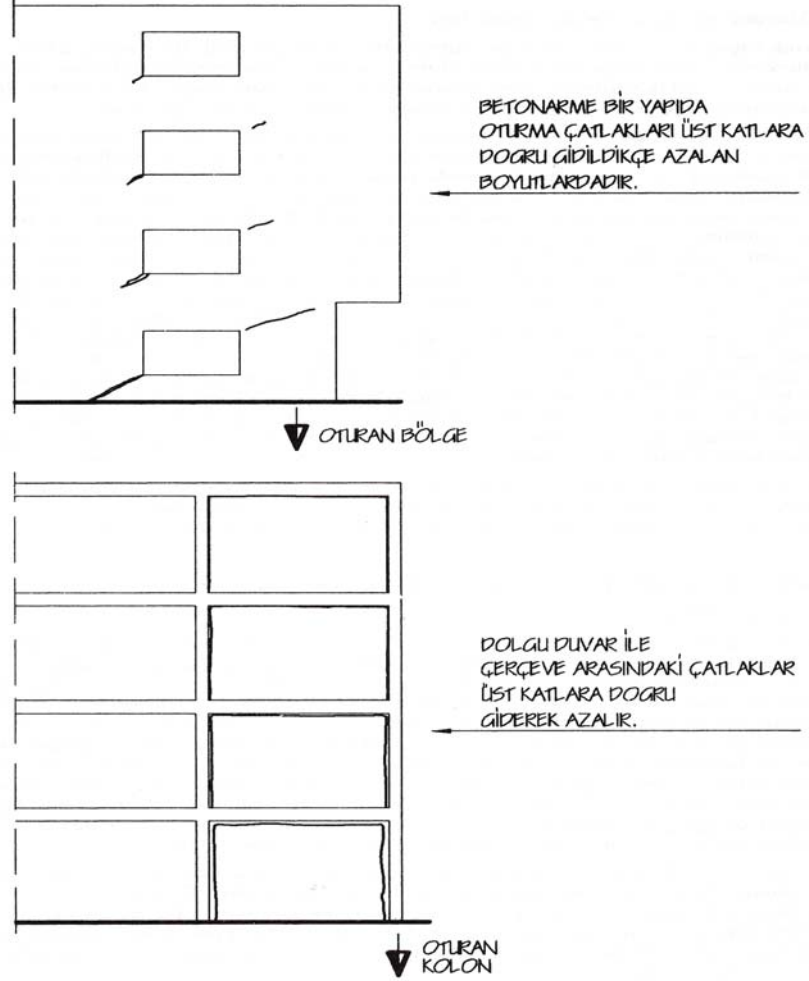
Şekil 3.7: Çerçeveden ilişiği kesilmiş duvar

3.3.1.3 Çevreden Gelen Yapay Titreşim Çatlakları

Çevreden gelen yapay titreşimlerden etkilenen duvarlarda oluşan titreşimler da duvarları çatlatabilir. Taşıyıcı elemanların belirli bir rijitliğin altında yapılmış olması sonucu titreşmeye başlar. Duvarlar aynı malzemeden yapılmadığı için farklı periyotlarda titreşmeye başlayacağı için duvarlarda çatlaklar oluşur. Yapıların içinde titreşim yapan makineler, yollardan geçen ağır vasıtalarla, yapı temelleri altından geçen metrolardan iletilen titreşimler, titreşim frekanslarına bağımlı olarak yapıyı titreştirip, yapı duvarlarının çatlamasına neden olurlar. Bu tür titreşimler yapı titreşime zorlamayacak şekilde yalıtılması gerekir [17].

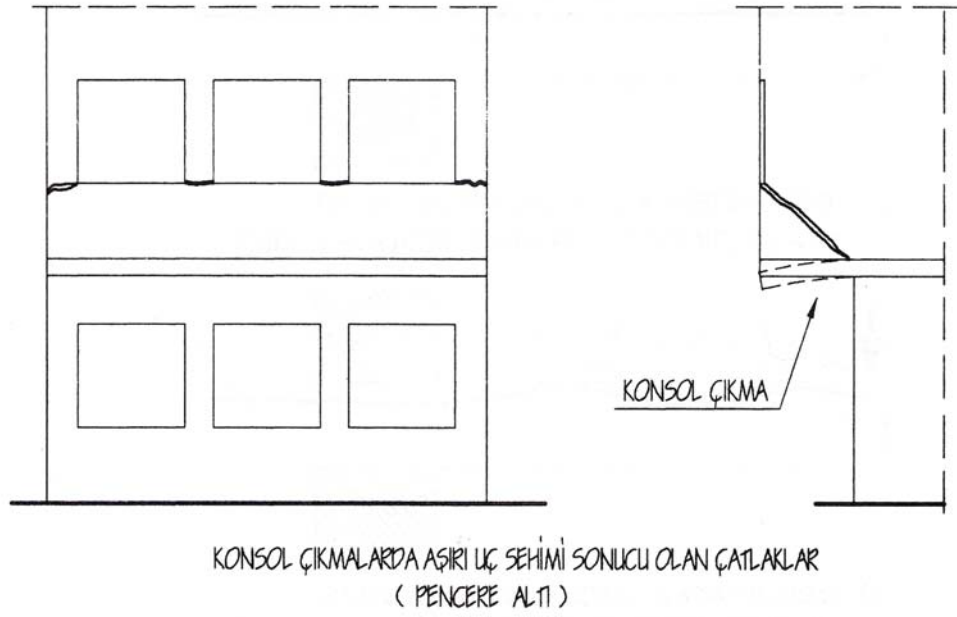
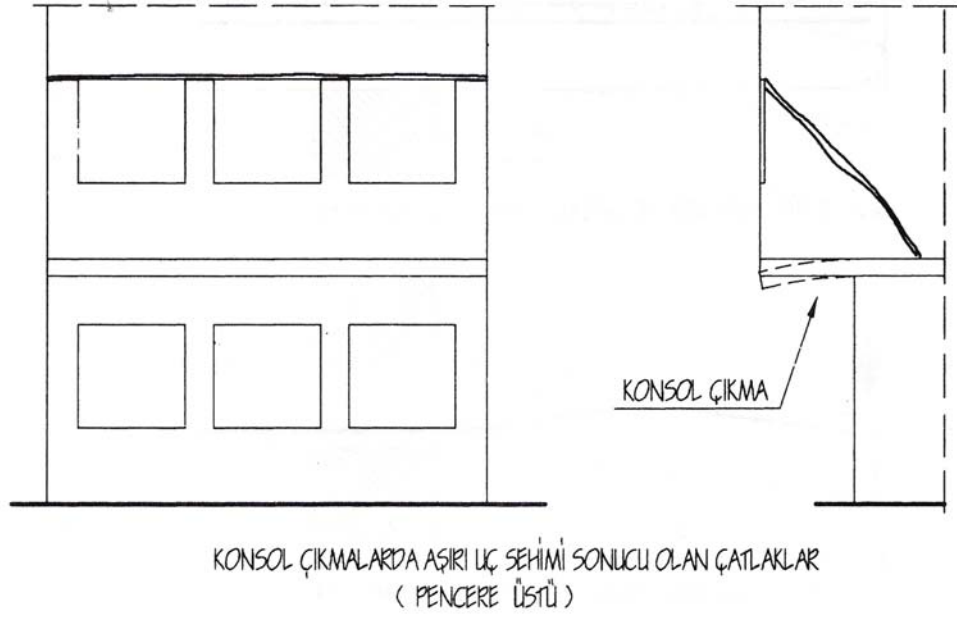
3.3.1.4 Aşırı sehim çatlakları

Betonarme yapılarda temellerdeki aşırı oturmaların bölme duvarları üzerindeki etkileri Şekil 3.8’de gösterilmektedir. Betonarme bir yapıda oturma hasarının oluşturduğu çatlaklar üst katlara doğru giderek azalır. Özellikle oturan çerçevelerin içinde yer alan duvarlarının dört kenarında çerçeveden ayrışmalar olur. Bu ayrışmanın miktarı yine üst katlara doğru azalır.



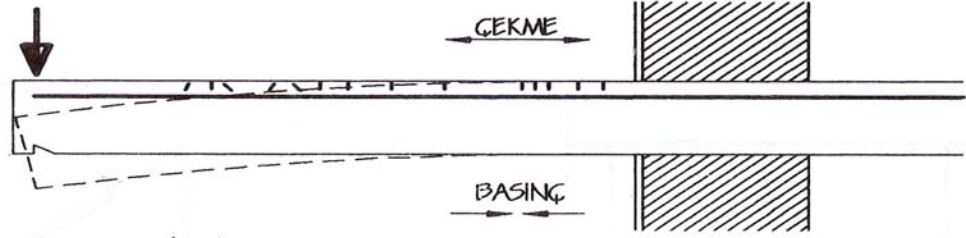
Şekil 3.8: Oturma hasarlarının dolgu duvarlarda oluşturduğu hasarlar

Şekil 3.9’da betonarme yapıların konsol çıkmalarının aşırı uç sehimleri sonucu dış cephe duvarlarında görülen çatlaklar verilmektedir.

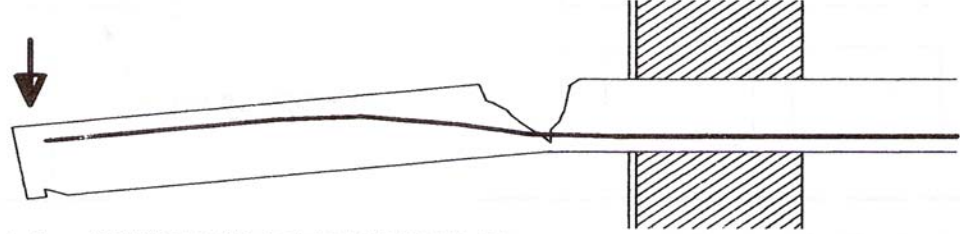


Şekil 3.9: Aşırı Uç sehim hasarları

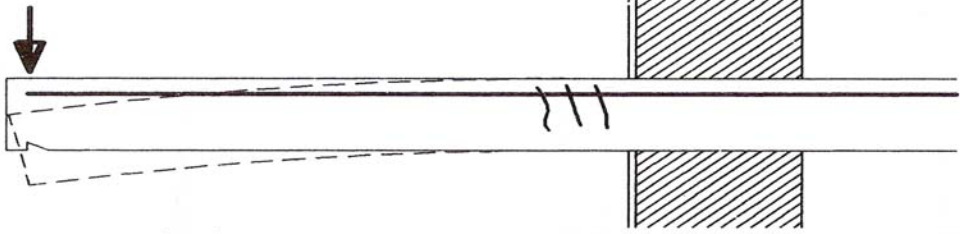
Konsol çıkmaların uçlarında oluşan büyük sehimler bu konsolun ucuna oturan dış cephe duvarında pencerelerin alt yada üst seviyelerinde boydan boyya uzanan çatlaklar yaparken, yan duvarlarda da eğik çekme çatlakları oluşur. Bu çatlaklar ayrıca yapı içinde benzer yönde uzanan başka duvarlar varsa onlarda da görülür. Genellikle bu tür hasarı konsol çıkmanın kalıbının “iyi” yapılmadığına bağlama



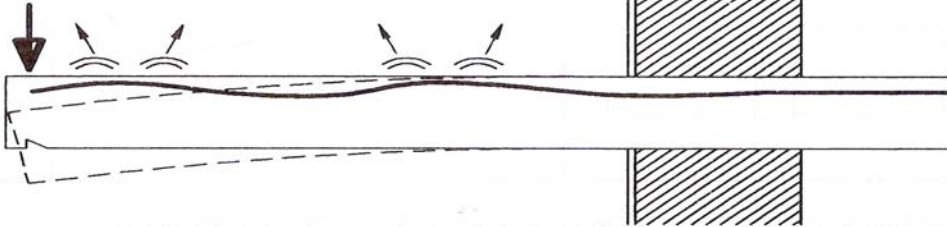
a) YETERLİ MİKTARDA VE GEREKEN YERE KONULMUŞ DONATI



b) GEREKEN YERE KONULMAMIŞ YA DA ÜSTÜNE BASILARAK ÇEKME BÖLGESİ DIŞINA ÇIKMIŞ DONATI



c) YETERSİZ MİKTARDA DONATI BETONUN DAYANABİLECEĞİNDEN DAHA ÇOK UZUYOR VE BETONDA DERİN VE GENİŞ ÇATLAK OLUŞUYOR



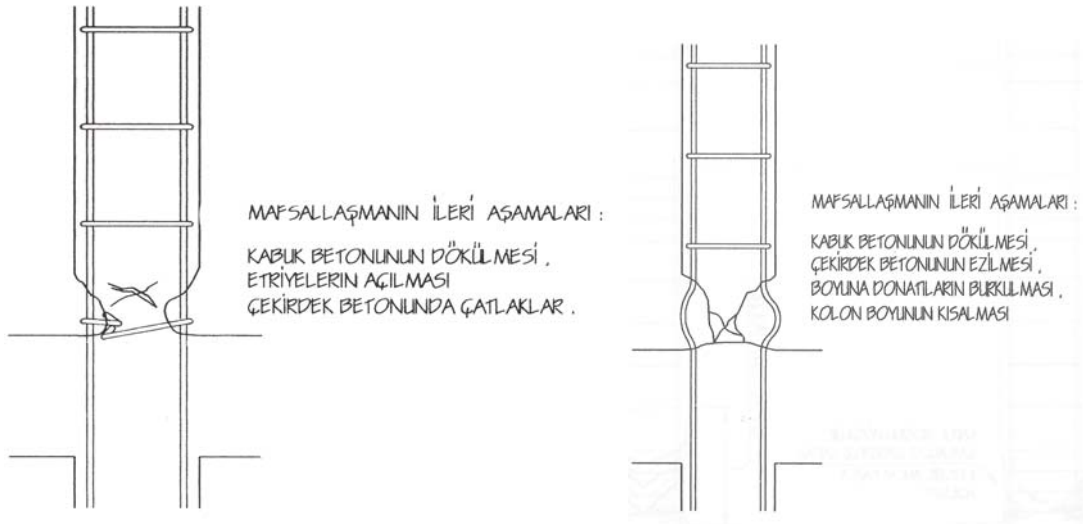
d) YETERLİ MİKTARDA VE GEREKEN YERDE KONULMUŞ DONATI FAKAT BETON PASPAYI YETERSİZ, DONATIDA PASLANIMA VE BETONDA DÖKÜLMÜ, KABARMA.

Şekil 3.11: Konsol Çıkmalarda donatı yerleştirme problemleri

3.3.2 Taşıyıcı Olan Yapı Elemanlardaki Çatlaklar ve Hasarlar

3.3.2.1 Deprem Hasarı

Betonarme yapılarda kolonlar kirişlerden daha zayıf yapıldıklarından ya da kirişlerin döşeme ile birlikte çalışması sonucu, tasarlanan daha yüksek taşıma gücüne sahip olması nedeniyle, çerçeve hasarı daha çok kolonlarda olmaktadır. Deprem enerjisi kolonun rijit ek yerinin mafsallı ek yerine dönüşmesi ile tüketilmektedir. Betonarme çerçeve hasarı önce dolgu duvar hasarı, bu hasarın biraz ilerlemiş aşamasında kolon uçlarında çekme ve basınç hasarı ve daha sonraki aşamalarda da kolon uçlarının mafsallaşması ile gelişmektedir. Şekil 3.12’ de kolondaki mafsallaşma hasarının ileri aşamaları gösterilmektedir.



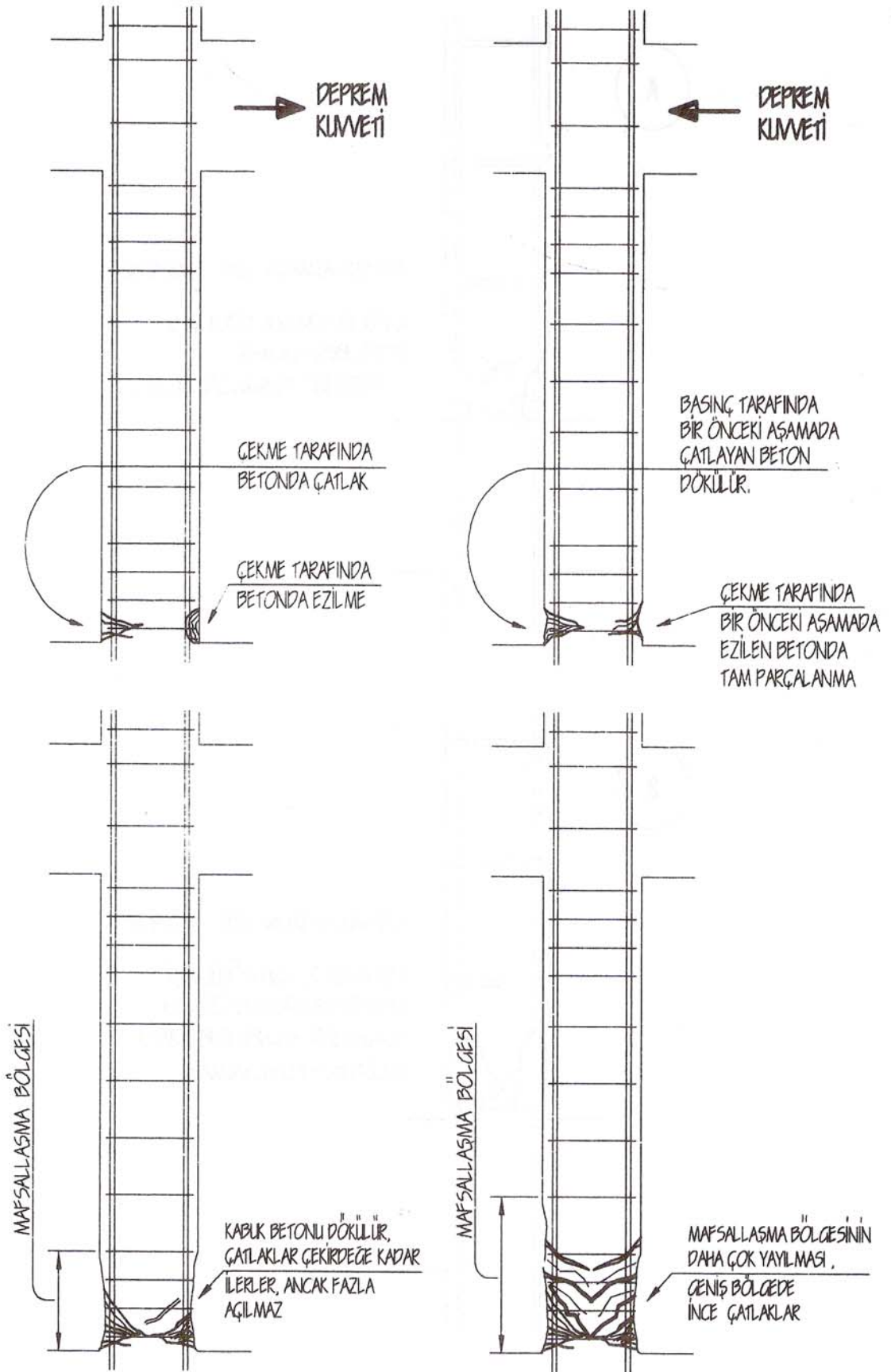
Şekil 3.12: Kolonda mafsallaşma hasarının ileri aşamaları

Önce kolonun bir yanında, deprem kuvvetini etkime yönüne göre, betonda çekme çatlakları oluşurken, diğer yanındaki betonda basınçtan dolayı ezilme görülmektedir. Daha sonra deprem hareketinin yönünün değişmesi ile daha önce çekme çatlağı olan taraftaki betonda ezilme, betonda bir önceki aşamada basınç hasarı olan yerde çekme etkisi nedeni ile ezilmiş beton dökülmektedir.

Bu tür deprem hareketinin tersinmesi sonucu kolonun etriye ve boyuna donatısı dışında kalan ve kabuk betonu olarak nitelenen dış beton tümü ile dökülmektedir. Eğer kolon uçlarında etriye sıklaştırılması yapılmamış ise betonun ezilme ve

paralanması etriye ve boyuna donatıların içinde kalan ve çekirdek betonu olarak nitelenen bölgeye de yayılmaktadır. Eğer etriye sıklaştırılması yapılmamış ise çekirdek betonunda ya fazla bir çatlama olmamakta ya da ancak depremin çok şiddetli olduğu zaman oluşmaktadır.

Kolon betonunun ezilip parçalanması sonucu kolon düşey yüklerini de taşıyamamakta, etriyeler açılmakta ve boyuna donatılar dışarıya doğru burkulmaktadır. Bu arada kolon boyları da kısalmaktadır. Diğer bir deyişle iki kat arasındaki yükseklik kolonun ezilmesi sonucu azalmaktadır. Depreme dayanıklı yapılmış ve uçlarında etriye sıklaştırılması olan betonarme kolonda bu tür hasarın en şiddetli depremde bile Şekil 3.13’ de gösterilen düzeyde kalması beklenmektedir.



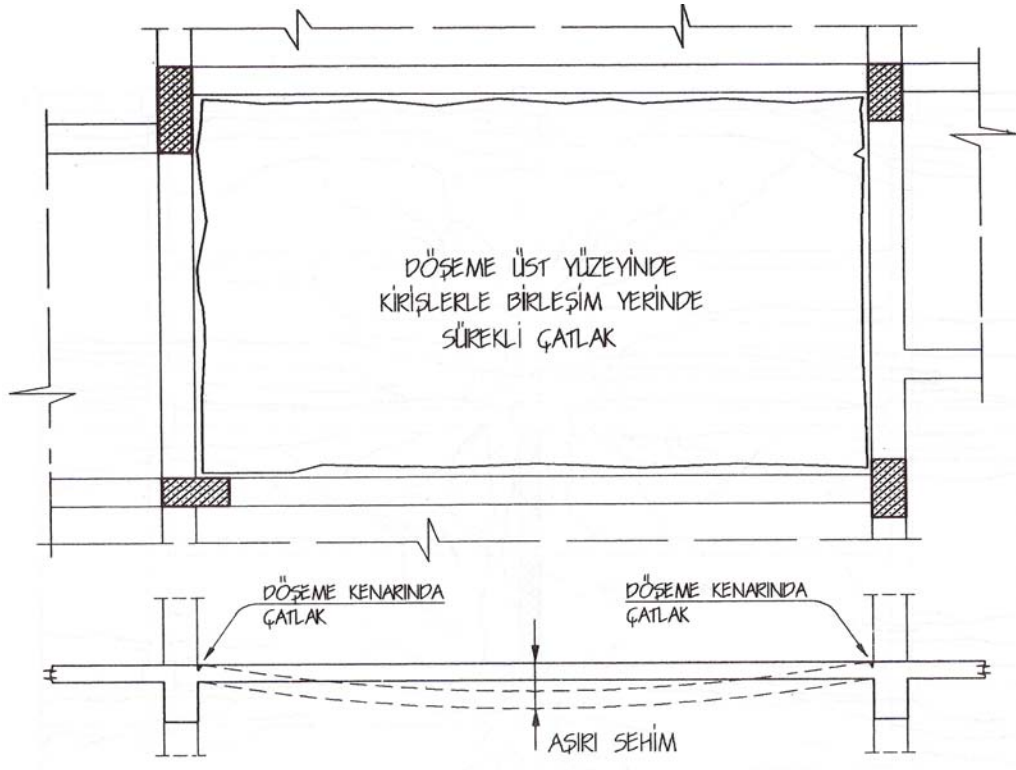
Şekil 3.13: Betonarme yapılarda kolonlarda mafsallaşma

Daha ileri aşamalarındaki mafsallaşma hasarı, yapının stabilitesinin bozulmasına yol açan yatay ötelenmeler oluşturur ve yatay ötelenmelerin büyümesi ikinci mertebeden ek momentlerin de büyümesine ve kolonların uçlarındaki mafsallaşmanın yıkıma yol açacak boyuta ulaşır ve yapı hızla yıkılabilir.[6]

3.3.2.2 Döşeme Hasarı

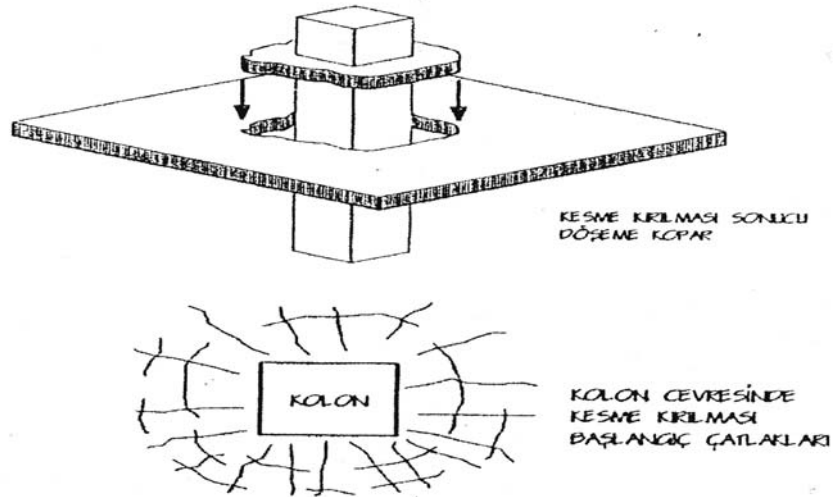
Döşemeler yapılardaki alanları kapatarak, etkiyen düşey yükleri kenardaki perde, kiriş veya kolonlara aktaran düzlemsel elemanlar olup, deprem etkisi gibi yatay yükleri de bir düşey elemana aktarma görevini üstlenirler. Döşemeler deprem yüklerine karşı yüksek rijitlikleri nedeniyle deformasyon yapmazlar ve yatay yükleri kolon ve perdelerle rijitlikleri oranında aktardıkları kabul edilir.

Döşemelerde, hareketli yüklerden dolayı titreşimler, düşey yüklerden dolayı döşeme ortasında aşırı sehimler ve çatlaklar oluşabilir. Bu belirtiler proje aşamasında döşemenin açıklığına göre ince tasarlanmış, kalıbın erken alınmış veya donatı yetersizliği olabileceğini gösterir. Ayrıca şantiyede beton dökümü sırasında donatıları üzerine basılarak moment kolunun kısaltılması da döşemede hem açıklıkta hem de mesnet bölgesinde çatlaklara neden olur. Genelde döşemede oluşan hasarlar sistemin güvenliğini büyük ölçüde etkilemez. Kirişli döşemelerde hasarlar genelde, döşemenin kirişle birleştiği bölgede üst kısımda oluşur. Oluşan çatlaklar kiriş eksenine paralel olur. (Şekil 3.14)



Şekil 3.14: Hasarlı Döşemede çatlak ve sehim

Kirişsiz döşemelerde hasarlar ise döşemeyle kolonun birleşim yerlerinde kesme çatlakları şeklinde ortaya çıkar. Bu tür döşemelerde döşemen kolona kesme kuvveti aktaran az oluşu sonucu son derece gevrek ve ani bir şekilde gelişen zımbalama kırılması oluşur. (Şekil 3.15)

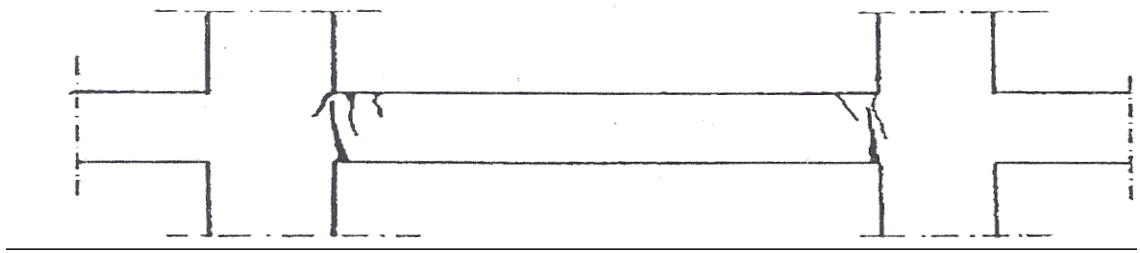


Şekil 3.15: Kirişsiz döşemede zımbalama hasarı

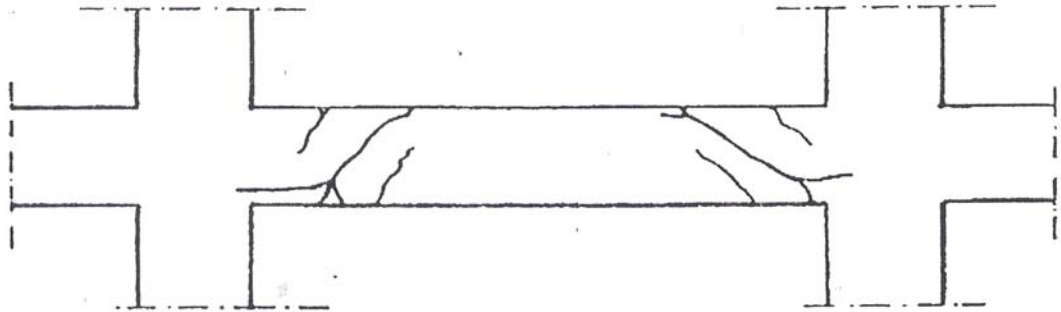
Perde duvarlarda, perdelerin yanal kuvvetlerle dönmesi sonucu döşemeye moment aktararak döşemeyi dönmeye zorlaması ile çatlak hasarları oluşabilmektedir.[7]

3.3.2.3 Kirişlerde Oluşan Hasarlar

Deprem itkisi altında kirişlerde en fazla zorlanan kısımlar mesnet bölgeleridir. Aşağıdaki şekillerde görüldüğü üzere bu bölgede kiriş eksenine dik eğilme çatlakları ve 45° 'lık açıyla da kayma çatlakları oluşabilmektedir. (Şekil 3.16)

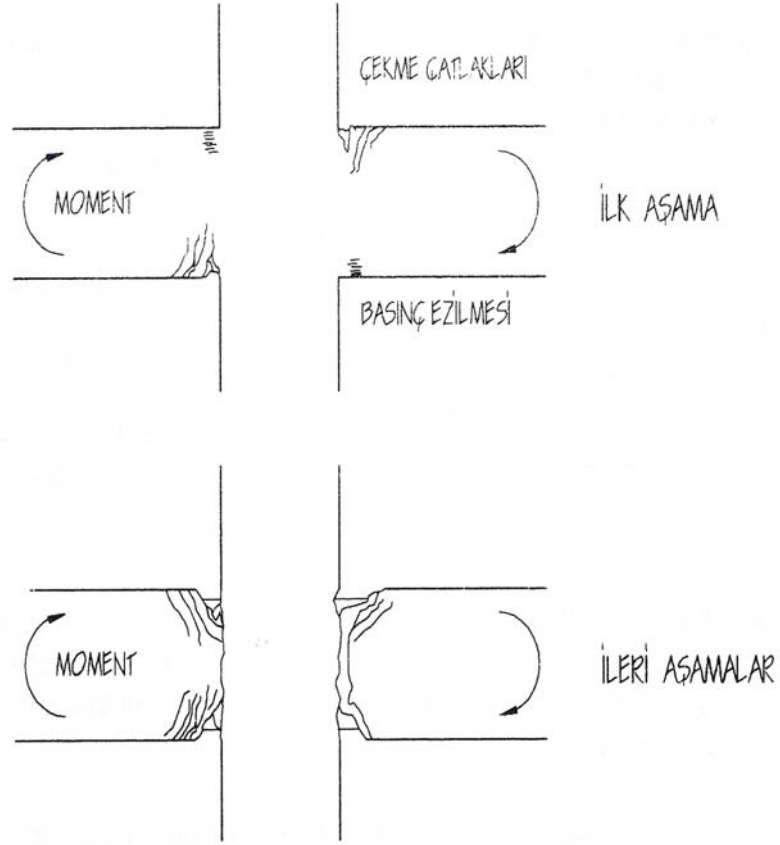


Şekil 3.16: Kayma çatlakları



Şekil 3.17: Kayma çatlakları

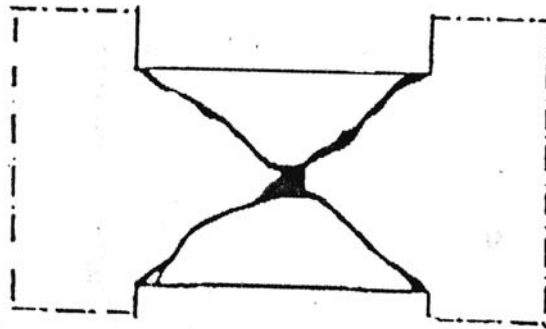
Eğilme çatlakları boyuna donatı eksikliğinden, kayma çatlakları da etriye eksikliğinden kaynaklanır. Deprem etkisi tersinir olduğundan dolayı, deprem sırasında kirişin aynı ucunda hem pozitif hem de negatif momentler meydana gelebilir. Bu olay, pozitif momentler iyi dikkate alınmadan projelendirilmiş kiriş mesnet bölgelerinde eğilme çatlaklarına ve ağır hasarlı mafsallara sebep olabilir. (Şekil 3.18)



Şekil 3.18: Kiriş uçlarında mafsallaşma

Bundan dolayıdır ki afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkındaki yönetmelikte, kiriş mesnetlerindeki negatif moment kapasitesinin %50'si kadar pozitif moment kapasitesi oluşturacak şekilde donatı konulması zorunluluğu getirilmiştir.

Kayma çatlakları eğilme çatlaklarına göre sünek olmayan özelliklerinden dolayı çok dikkatle izlenmelidir. Kayma çatlakları özellikle iki perde arasında bulunan bağ kirişleri de X köşegen çatlaklar şeklinde görülür. (Şekil 3.19)



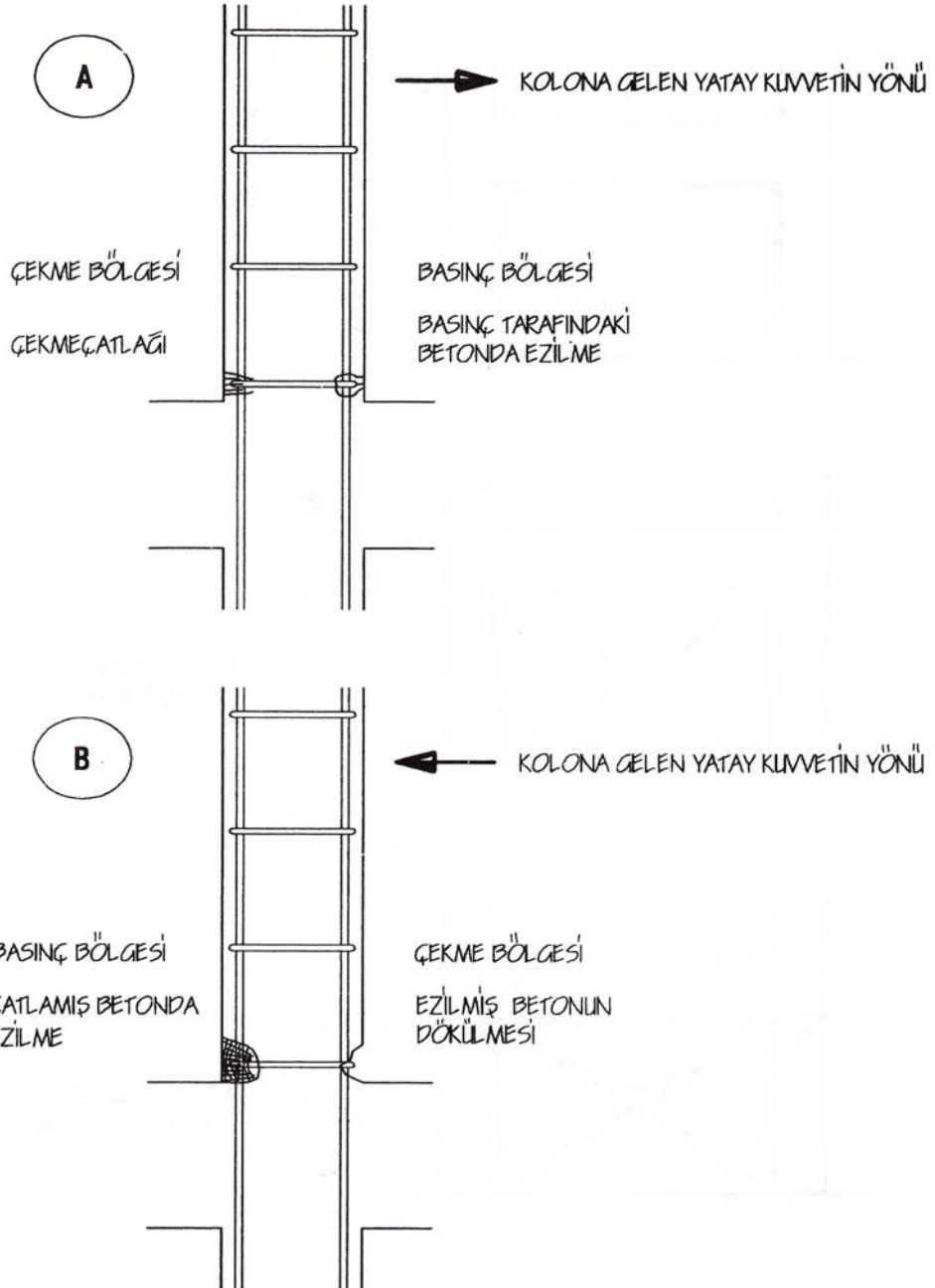
Şekil 3.19: Bağ kirişi X kayma çatlağı

Bütün bu çatlaklarda çatlak genişliği çok büyük ise yapının güvenliği tehlikede demektir. Ana kirişe saplana diğer bir kiriş, deprem esnasında ana kirişi çok zorlayacağından dolayı o bölgede kayma ve eğilme çatlakları meydana getirebilir. Genelde bu hasarın ana nedeni, aba kirişin uç bölümüne yakın yerde saplanan kirişin mesnet reaksiyonunun, ana kirişe tekil yük olarak etkimesi ve ana kirişte bu noktada önemli miktarda pozitif moment oluşmasıdır. Ancak bu noktada, ana kirişin pilyeleri nedeniyle moment kolu kısaldığından kesitin moment taşıma kapasitesi düşüktür ve de çatlaklar oluşmaktadır [7].

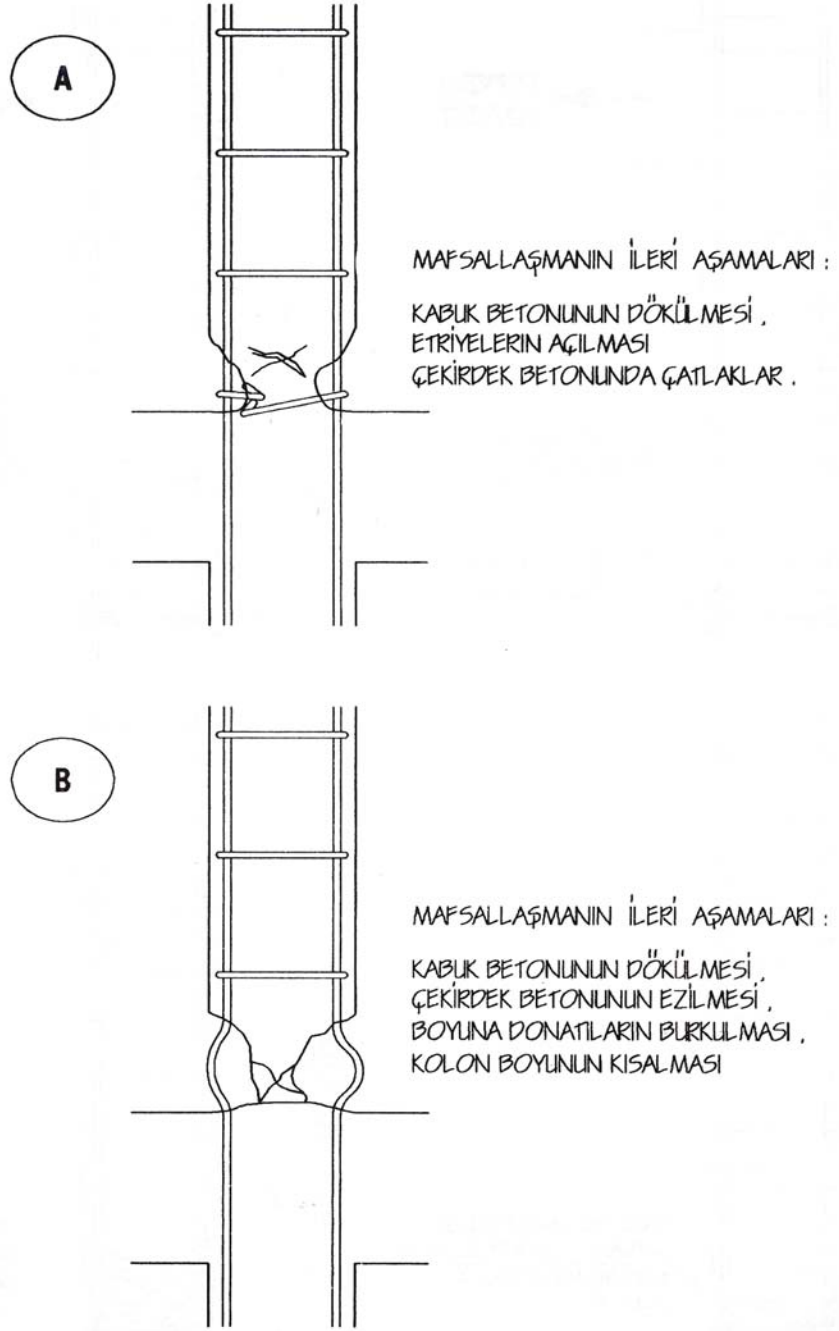
3.3.2.4 Kolonlarda Oluşan Hasarlar

3.3.2.4.1 Kolonda Deprem Hasarı

Deprem kuvvetinin etkiye yönüne göre önce kolonun bir yanında çekme çatlakları oluşurken diğer yanında basınçtan ötürü ezilme oluşacaktır. (Şekil 3.20)



Şekil 3.20: Depreme dayanıklı yapılarda kolonlarda mafsals oluşumu



Şekil 3.21: Kolonlarda mafsallaşmaların ileri aşaması

Deprem hareketinin yönünün değişmesiyle çekme çatlağı olan bölgedeki betonda ezilme, daha önce ezilmiş olan taraftaki betonda dökülme oluşur. Kolon donatılarının üstünde kalan kabuk betonun tümü ile dökülmesi sonucu kolon uçlarında etriye sıklaştırılması yapılmayan donatıların içinde kalan çekirdek betonunda ezilme ve dökülmeler oluşacaktır.

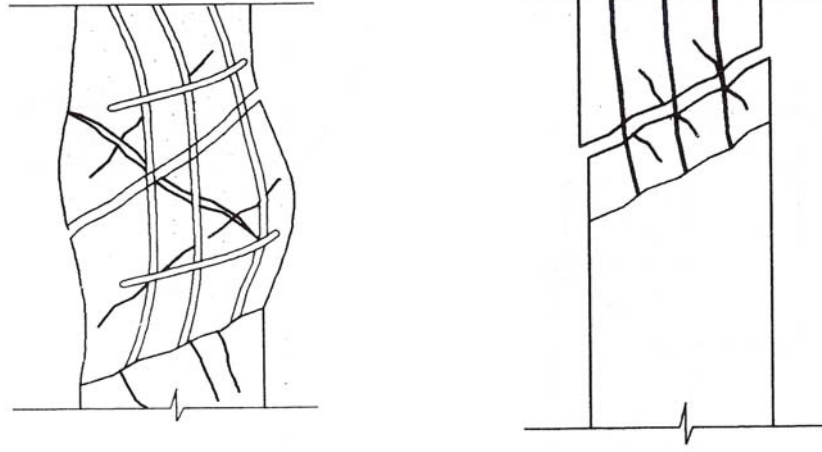
Etriye sıklaştırılması yapılmış kolonlarda çekirdek betonunda fazla çatlama oluşmayacak ancak çok şiddetli depremlerde aşırı çatlama oluşacaktır. Kolonun betonu ezilip parçalandığında kolon düşey yüklerini taşıyamaz, etriyeler açılır ve boyuna donatılar dışarı doğru burkulur. Kolonun ezilmesi sonucu boyu kısalır, ileri derecede boy kısalması yapıda ileri derecede hasar oluşturur ve artık yapı onarılamayacak duruma gelir. Kolonda boy kısalması olmamış ise kolonda onarım yapılabilir.

Depreme dayanıklı yapıda mafsallaşma hasarı kabuk betonunda çatlak ve hafif dökülme düzeyinde kalmalıdır. Daha ileri düzeyde mafsallaşma hasarı yapının stabilitesinin bozulmasına yol açan yatay ötelemeler oluşturur ve ikinci mertebeden ek momentlerin ortaya çıkmasıyla yapı hızla yıkılabilir. İleri düzeyde bir mafsallaşma hasarı sonucu parçalanıp dökülen betonun kesme kuvveti taşıma gücü de azalacaktır, etriyelerin açılması da kesme kuvveti taşıma gücünü azaltacaktır. Bu durumda kolonda kesme kırılması da başlayacaktır.

İleri derece bir hasarda mafsallaşma hasarı ile kesme kuvvetlerinin oluşturduğu kesme hasarının hangisinin önce oluştuğunu tahmin etmek güçtür.

3.3.2.4.2 Kolonda Kesme Hasarı

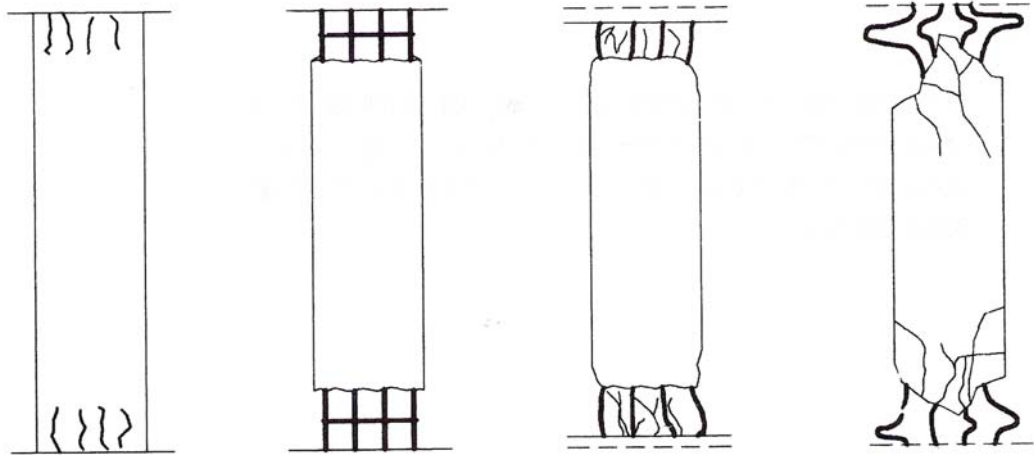
Kolon kesme kuvveti taşıma gücü yetersiz ise yaklaşık 45 derece eğimli çatlaklar şeklinde kesme çatlakları görülür. Beton ile donatı arasında beton basınç dayanımının yetersizliği veya kolon boyuna donatılarının aynı yerde eklenmesi sonucu aralarına beton girmemesi nedeniyle aderans sağlanamadığı durumlarda donatı üzerindeki beton kabuk kopup düşer. Donatı ile beton birlikte çalışmadığı için donatı akma gerilmelerine ulaşmadan beton ayrılır, betonarmeden istenilen moment kapasitesine ulaşamaz. Şekil 3.22’de ileri düzeyde kolon kesme kırılması hasarı örnekleri görülmektedir.



Şekil 3.22: Kolonlarda kesme hasarı

3.3.2.4.3 Kolonlarda Basınç Kırılması

Kolonun eksenel yükü, kolon eksenel yük taşıma kapasitesinin %50'sinden fazla ise deprem sırasında basınç kırılması ile hasar oluşacaktır. Bu hasar beton dayanımının projede öngörülenden daha düşük olması sonucunda da oluşur. Basınç kırılması kolonda gevrek ve ani bir kırılma biçimidir. Kolon boyuna donatısı akma sınırına ulaşmadan betonun ezilerek çatlaması şeklinde gelişir ve yapının ani olarak yıkılmasına sende olabilir. Kolon dış yüzünde betonda oluşan düşey çatlaklardan sonra kolon boyuna donatısı dışarı doğru burkulmaya başlar. Bu durumda yapı hemen askıya alınmalı, onarım ve güçlendirme uygulanmalıdır. (Şekil 3.23)



Şekil 3.23: Kolonlarda basınç hasarı

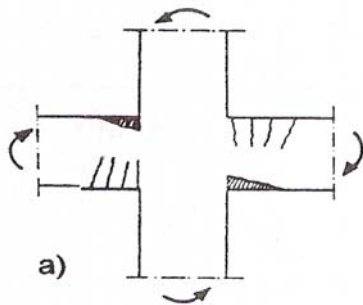
3.3.2.4.4 Kolonlarda Diğer Hasar Şekilleri

Kolonlarda gözlenen hasar biçimlerinden biri de burulma hasarıdır. Kolonun bir tarafında diyagonal olarak uzanan çatlaklar ve beton dökülmeleri olurken diğer tarafında yine diyagonal uzanan betonda basınç ezilmeleri oluşabilir.

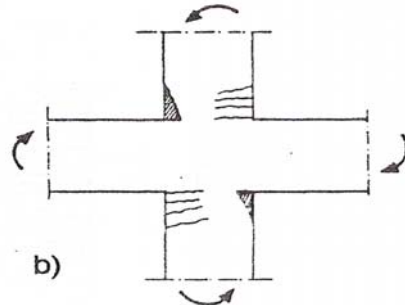
Betonarme kolonlarda gözlemlenen diğer bir hasar kısa kolon hasarı olarak adlandırılan kesme kırılması hasarıdır. Çeşitli nedenlerle kolonun boyu projede öngörülenden küçükse ya da taşıyıcı olmayan elemanlar, bölme duvarı, lento vb. gibi elemanların kolonun yatay deformasyon yapmasını önlemesi sonucu kolon öngörülenden daha rijitse beklenenden büyük kesme kuvveti ile zorlanır. Hesaplarda beklenenden büyük kesme kuvveti ile zorlanır. Hesaplarda beklenenden daha büyük kesme kuvveti de kolonda kesme kırılmasına yol açacaktır. Oturan bir kolon, kirişlerde oturma çatlakları oluştururlar ve kolonları birbirine bağlayan kiriş uçlarında mafsallaşma oluşur [4].

3.3.3 Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesi Hasarı

Kolon kiriş bileşim bölgeleri, sistemin rijitliği ve deprem yükleri açısından yapı için çok hayati önem arz eder. Yönetmeliklere uygun yapılmış yapılarda güçlü kolon zayıf kiriş ilkesine göre kiriş uçlarında mafsallaşma oluşması beklenir. (Şekil 3.24-a) Genelde hasar görmüş yapılarda dikkat çeken husus; Kirişlerin kolonlara göre daha rijit ve güçlü yapılmasından dolayı ilk olarak kolonlarda çekme veya basınç hasarının meydana gelmesidir ki, bu çok tehlikeli olup yapının mekanizma durumuna geçip yıkılmasına sebebiyet verebilir.(Şekil 3.24-b)

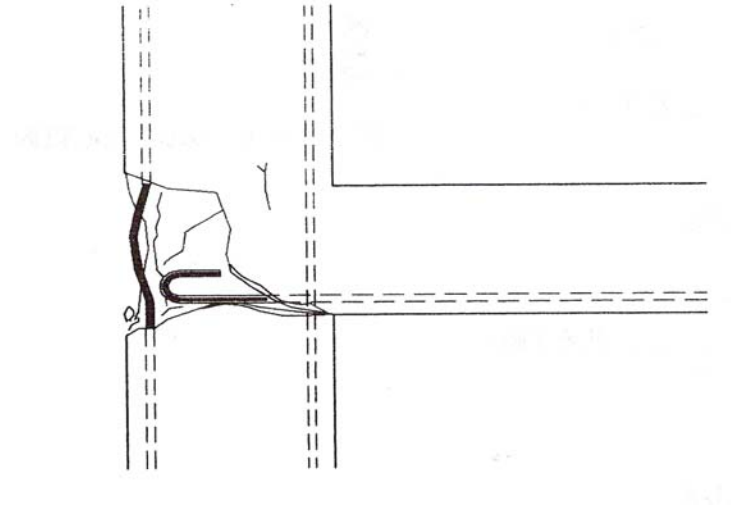


Şekil 3.24-a: Kirişlerde mafsallaşma



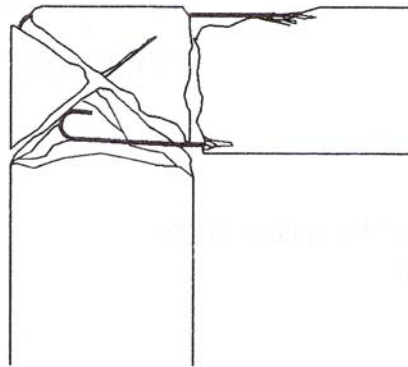
Şekil 3.24-b: Kolonlarda mafsallaşma

Kolon kiriş bileşim yerlerinde kiriş genişliğince yeterince etriye yerleştirilmez ise, düşey yük etkisiyle kolon boyuna donatısı dışarı doğru burkulur ve üzerindeki kabuk betonun kopmasına neden olur.(Şekil 3.25)



Şekil 3.25: Ek yeri hasar biçimi

Ayrıca, kirişteki boyuna donatıların, kolon kiriş bileşim yerinde yeterli olarak ankre edilmemesinden dolayı deprem anında boyuna donatılar bileşim yerinden kolayca sıyrılabilir. Bu durumda kiriş kesiti moment kapasitesine tam olarak ulaşamaz ve kiriş ucu mafsallaşır. Kolonlar büyük yatay deplasmana zorlanarak yıkılma tehlikesi gösterir.(Şekil 3.26)



Şekil 3.26: Ek yeri hasar biçimi

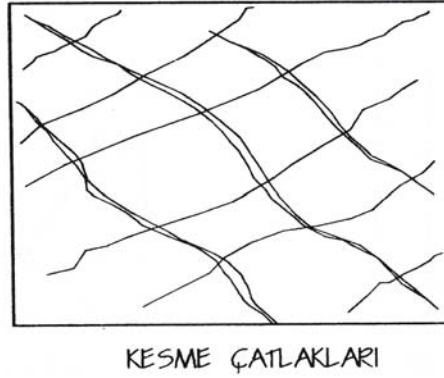
Kolon donatısının etriye yokluğu nedeniyle burkulması ve yetersiz ankraj boyu nedeniyle kiriş donatısının bileşim yerinde betondan sıyrılması. Şekil 3.26 ek yerinde etriye yokluğu nedeniyle kesme kırılması ve kiriş donatısının yetersiz ankrajı sonucu hasar [7].

3.3.4 Perde Hasarları

Perdelerde deprem sırasında oluşan hasarlar, yapının yüksekliğine göre değişmektedir. Perdelerde üç türlü hasar meydana gelebilir.

3.3.4.1 Kesme Çatlakları

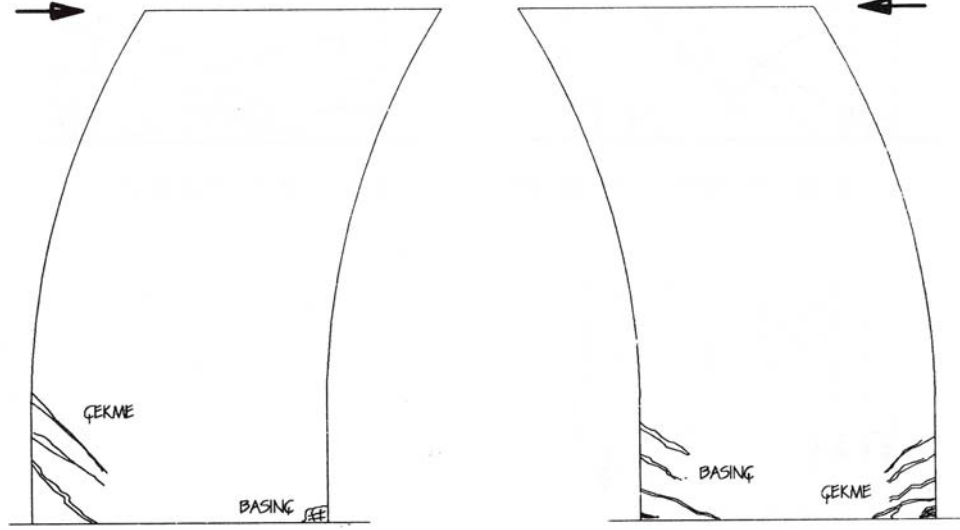
Birkaç katlı alçak yapılarda çoğunlukla kesme çatlakları oluşur. Çünkü alçak yapılarda perde duvarına deprem sırasında etkiyen eğilme momenti, perdenin moment taşıma kapasitesinden daha az olur. Böylelikle alçak perdelerde genellikle eğilme kırılması oluşmaz. Perdede en çok rastlanan X köşegen çatlaklardır. Bu çatlaklar kesme kuvvetinden oluşan eğik çekme gerilmelerinden oluşurlar. Sünek olmayan bu güç tükenmesi yapının ani göçmesine sebebiyet verebilir, dikkat edilmelidir. Perde uç bölgeleri iyi düzenlenmiş ise bu hasara rağmen perde eğilme momentleri taşıyabilir. (Şekil 3.27)



Şekil 3.27: Perdelerde kesme çatlakları

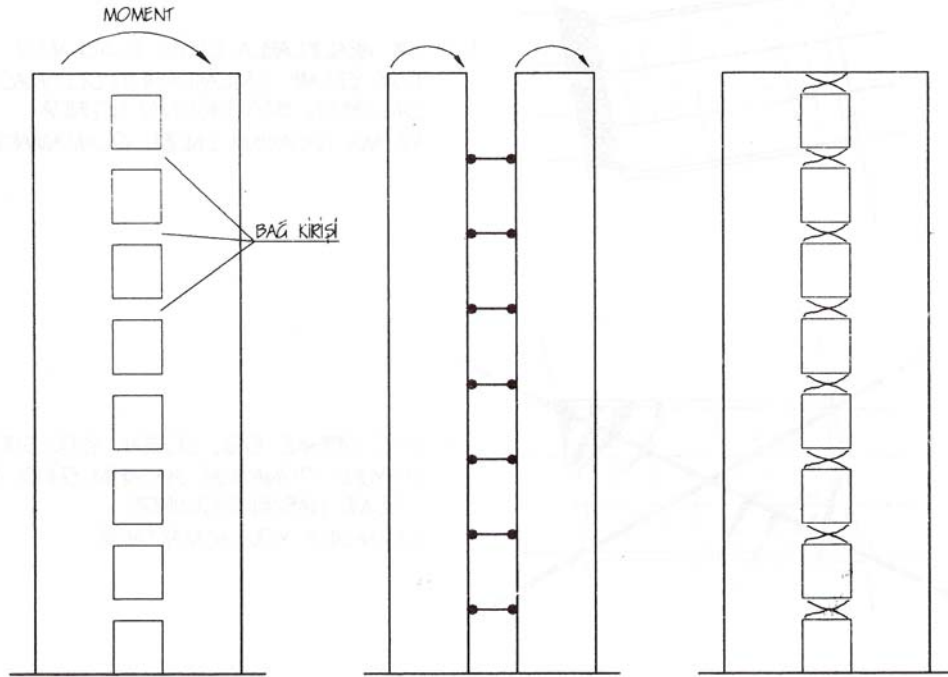
3.3.4.2 Eğilme Çatlakları

Yüksek katlı yapılarda zemin ve zemine yakın katlarda bulunan perdelerde daha çok rastlanır. Bu tür hasarlar pencere ve kapı boşluğu olmayan perde duvarlarında görülmektedir.(Şekil 3.28)



Şekil 3.28: Perdelerde eğilme çatlakları hasar biçimi

Boşluklu perde duvarlardaki hasarlar, boşluksuz perde duvarlarında oluşan hasarlardan yapı itibariyle biraz farklıdır. Boşluklu perde duvarı deprem sırasında, birbirine kat düzeyinde bağlanmış iki dolu perde duvarı gibi davranmaktadır. Öncelikle iki perde duvarını birbirine bağlayan bağ kirişlerinin uçlarında kesme veya eğilme kırılması oluşur. (Şekil 3.29)

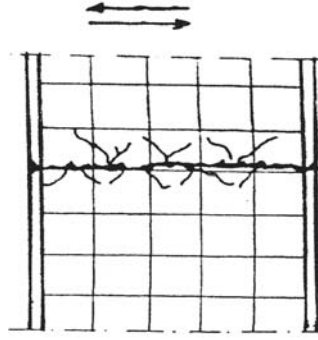


Şekil 3.29: Boşluklu perdelerde hasar biçimi

Bu hasarın sonucunda boşluklu perde iki bağımsız perdeye dönüşür. Hasarın en son gidebildiği nokta ise, her bir dolu perdenin tabanında Şekil 3.28 ‘deki gibi eğilme çatlaklarının oluşmasıdır.

3.3.4.3 Kayma Hasarı

Perde inşası sırasında perde betonunun kademeli dökülmesinden dolayı sonradan soğuk derzler meydana gelebilir. (Şekil 3.30)

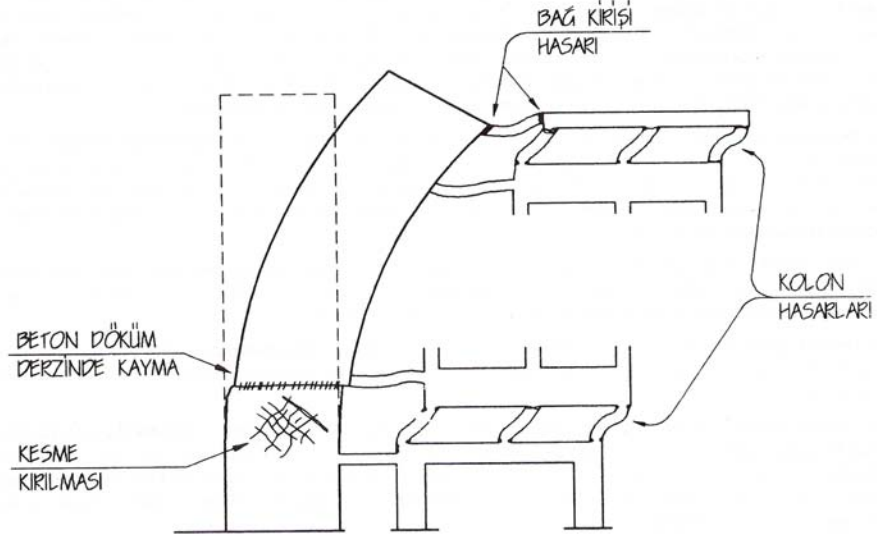


Şekil 3.30: Perdelerde kayma çatlakları

Bu olay iki perde betonu farklı zamanlarda döküldüklerinden dolayı, iki perde kesiti arasında yeterli sürtünme kuvvetinin oluşmamasından meydana gelir. Çatlağın tamamen yatay olması düşey yüklerin taşıyıcılığı açısından herhangi bir tehlike getirmeyebilir.

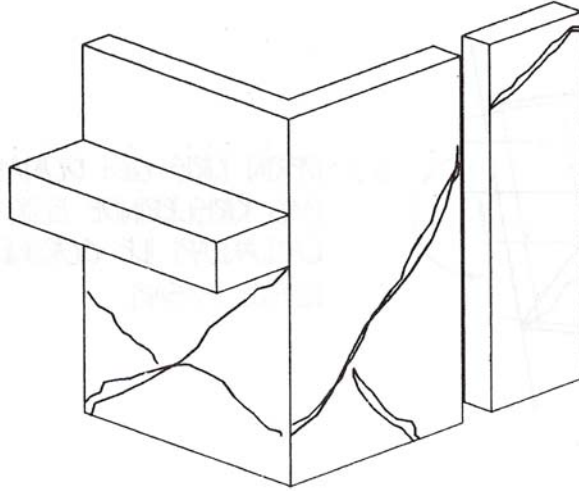
Perdeli çerçeveli yapılarda perdeler yapının elastik enerji tüketme gücünü sağlarken, çerçeveler de kalıcı deformasyonla plastik enerji tüketme gücünü sağlar. Şiddetli bir depremde ilk önce perde duvarında hasar beklenir. Perde duvarının hasarından sonra yaptığı ötelemeler artacağı için, çerçeve elemanlarında hasar başlar. eğer perdenin yaptığı bu ötelemeyi kolon uç bölgelerinde karşılayabilecek güç yoksa kolon uçlarında mafsallaşma olabilir.

Sonraki sayfada perdeli çerçeveli bir yapıda perde duvarı hasarı sonucunda olabilecek hasar biçimleri verilmiştir. (Şekil 3.31)



Şekil 3.31: Yatay yüklerin sadece perdeler tarafından karşılandığı sistemlerde perdede oluşan hasar biçimi

Perdelerin tasarımında yapılan hatalardan dolayı bazı durumlarda, perde duvarlarının konumu yapı içinde asimetrik olabiliyor. Bu durum, yapının deprem sırasında burulma etkilerine maruz kalmasına sebep olabilir. Şekilde burulma etkilerine maruz kalmış bir perde duvarı görülmektedir.(Şekil 3.32)



Şekil 3.32: Burulma çatlakları oluşmuş bir perde duvar

3.3.5 Temelde Oluşan Hasarlar

Deprem sırasında en çok rastlanan olaylardan bir tanesi, temelde hasara neden olan zemin sıvılaşmasıdır. Bu duruma genelde akarsu havzalarında ve kıyı bölgelerinde rastlanır. Deprem esnasında yer altı su seviyesi yükselerek, zemin daneleri arasındaki boşluk suyu basıncını artırır. Artan boşluk suyu basıncı etkisinde zemin sıvı gibi akıcı duruma gelir. Sıvılaşan zemin taşıma kapasitesinin büyük bir kısmını kaybeder. Hafif yapılarda yapı yukarı doğru hareket ederek yüzme eğilimine, ağır yapılarda ise zemine doğru batma eğilimine girer. Sonuç olarak yapıda büyük yer değiştirmelere neden olan bu olay temelde göçmelere ve büyük çatlaklara neden olabilir. Bu durum, zemin emniyet gerilmesinin yüksek alındığını, yapıya uygun temel seçiminde hata yapıldığını veya zeminde yeterli tedbirlerin alınmadığına işaret eder.

Bazı durumlarda zeminin aynı bölgede çok çeşitlilik göstermesinden dolayı, temelin bir kısmı sert zemine, diğer kısımları ise dolgu zemine oturabilir. Bu etki, deprem sırasında binanın dönmesine sebep olabilir. Sonuç olarak temel hasarı için zeminin iyileştirilmesi ve temellerin güçlendirilmesi çözüm olabilir [7].

3.5 Donatının Paslanması

Beton içine gömülü olan çelik havaya açık çıplak çeliğe oranla korozyondan daha iyi korunur. Ne var ki betonarme elemanların pek çoğunda çelik donatının paslandığı ve elemanın taşıyıcılık niteliğini bu yüzden yitirdiği bilinir. Donatıyı paslanmadan koruyan beton bölümü donatıyı örten kısımdır. Bu örtüye ülkemizde pas payı denilmektedir. Pas payı çepere en yakın donatıyı beton dış yüzüne olan mesafesidir. Buradaki betonun su ve gaz geçirimsiz, yüksek çekme dayanımına sahip olması ve çelikle mükemmel bir aderansın bulunması gerekir. Bu koşullar betonun donatı korozyonunu önlemesi için gerekli fiziksel şartlardır. Ayrıca pas payının çevrenin tahrip edici etkilerine dayanması için belirli bir kalınlıkta olması da gerekir. Örneğin normal atmosferde 2.5 cm kalınlık yeterli iken, endüstriyel bölgelerde 3.5 cm, deniz yapılarında 7 cm kalınlık uygun olur. Pas payını düzenleyecek plastik gereçlerin kullanılmaması ve donatıların kalıba doğru kayarak yaklaşması donatı korozyonunun oluşmasında büyük etken olmaktadır. Beton üzerindeki sıvanın yararlı etkisi oldukça

zayıftır, zira ince agregalarla üretilen sıva yüksek oranda boşlukludur ve yeterince geçirimsiz değildir.

Betonda bulunan çelik paslanma sonucunda hacminin 6 misline varan bir artış sağlayabilir. Bu genişleme, pas payında, donatı yönünü izleyen çatlakların oluşmasına yol açar. Paslanma ilerledikçe pasla yüklü suyun dışarı akması sonunda pas rengi bu çatlama yüzeyinde görülmeye başlar. Böylece donatı paslanması sonucu oluşan hasarın tespiti belirgin bir nitelik kazanır. Daha ileri aşamalarda pas payı betonu kopar ve düşer, donatı açığa çıkar. Genellikle parça atmanın başlangıcında paslanma sadece görülen yüzdedir ve donatının arka kısmı sağlamdır. Kesitte büyük bir kayıp yoksa, pası temizleyerek ve donatıyı tamamen açığa çıkarıp bölgeyi korozyon inhibitörü katkı içeren bir tamir harcı ile onarmak düşünülebilir.

3.6 Soğuk Derz

Soğuk derz; ayrı zamanlarda dökülen iki betonun arasında sıkı bir bağlantının olmaması durumunda meydana gelir. Bazı yapı elemanları farklı zamanlarda dökülmek zorunda kalınabilir. Baraj bu durum için iyi bir örnek sayılabilir. Beton dökümlerinde gerekli birleşimi sağlayabilmek için daha önce dökülen betonunun üzerine yeni beton dökülmeden önce eski beton üzerindeki kirlerin, tozların, molozların iyice temizlenmesi gerekmektedir. Düzenli temizleme ve moloz ve kirleri temizlemek bazen zor olmaktadır. Bu tür durumlarda zayıf bağlantı olmakta ve sonuç olarak soğuk derz olmaktadır. Özellikle kolonların giriş ve döşemelerden ayrı döküldüğü durumlarda kolon başlarının iyice temizlenmesi sağlanmalı ve düğüm noktalarında daha sonra meydana gelecek ağır hasarların önüne geçilmiş olunur [16].

4 ÜLKEMİZDE MEYDANA GELEN TİPİK DEPREM HASARLARI VE DEPREMİN ORTAYA ÇIKARDIĞI YAPI KUSURLARI

Son yıllarda ülkemizde meydana gelen depremlerde yapılarda oluşan hasarlar binlerce insanımızın hayatına mal olmuş ve milyar dolarla ifade edilen maddi zararlara neden olmuştur. Bu kadar büyük etkisi olan bir doğa olayının bize göstermek istediği yapı kusurları da muhakkak mevcuttur. 17 Ağustos 1999 Marmara depremi sonrası deprem bölgelerinde yapılan incelemelerde, yapılarda meydana gelen hasarların, zemin sorunları yanında çeşitli işçilik, malzeme, statik sistem sorunlarıyla teknik kusurlardan kaynaklandığını göstermiştir.

Yapılarda meydana gelen hasarların en önemli nedenlerinden biri, yapının sistemindeki aksaklıklardır. ‘Afet bölgelerinde yapılacak yapılar’ hakkındaki yönetmeliğin öngördüğü konstrüktif kurallara uyulmayarak taşıyıcı sistem elemanlarında etriyelerin yeterli sıklıkta yerleştirilmemesi büyük bir hatadır. Örneğin kolon-kiriş düğüm noktalarında etriyelerin hiç konulmaması veya yeterli sıklıkta yerleştirilmemesi nedeniyle bu düğüm noktalarında ağır hasarlar meydana gelmiştir. Bir kısım yapılarda bu düğüm noktalarının yeterli rijitlikte olmaması yüzünden zayıf kolon ve güçlü kiriş etkisi olduğu ve bu noktalarda göçme meydana gelerek tüm katların üst üste yığıldığı gözlemlenmiştir. Bu da önemli miktarda can ve mal kaybına sebep olmuştur. Düğüm noktalarında usulüne uygun donatı yerleştirilmesi ve etriye sıklaştırılmasının yapılması son derece önemlidir. Aşağıda çeşitli yapı hasarları ve nedenleri sıralanmıştır.

- ❖ Statik sistem, beton kalitesi, donatı çeliği, işçilik ve zemin kriterleri içerisinde işçilik dahi tek başına yapının güvenliği için son derece önemli bir unsurdur. Burada görüldüğü gibi döşeme üzerindeki perde kolon alt uçlarında bulunan taş, moloz, toz ve çeşitli artık malzemeler nedeniyle betonun beton özelliği taşımadığı görülmektedir. Bu nedenle bu kısımların beton dökülmeden önce iyice temizlenmesi ve tozlardan arınması için yıkanması gerekir.



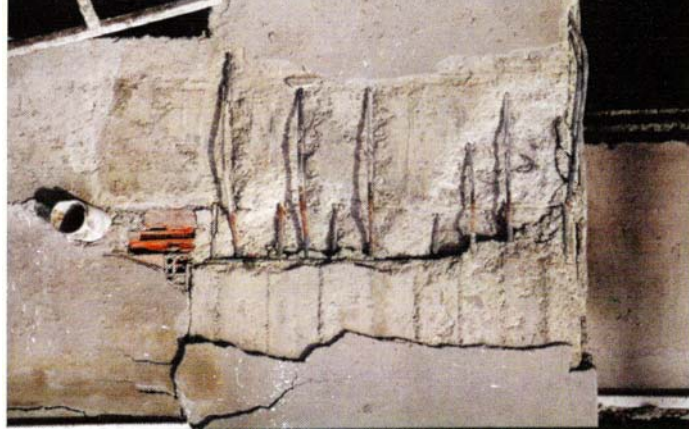
Şekil 4.1: Soğuk derz oluşumu sonucu meydana gelen hasar

- ❖ Kolon-kiriş düğüm noktasındaki kopma ve ayrılma sonucu donatı çeliğinin nervürlü donatı olmaması nedeniyle donatının standart gerilme değerlerini aşarak akıp uzadığı görülmektedir. Bu durumu engellemek için çelik donatısının projede ön görülen standartta olması gerekir. Beton donatısı olarak kullanılacak çelikler TS 708'e uygun olmalıdır.

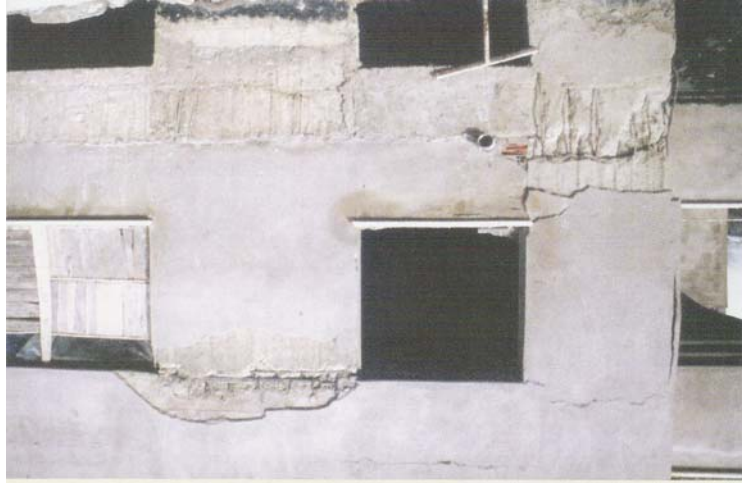


Şekil 4.2: Standartlara uygun olmayan donatının meydana getirdiği hasar

- ❖ Donatı çeliği olarak düz demir kullanılmış olması donatı sayısı, aralığı ve yerleştirilmesi uygun değildir. Çiroz etriyeler çok önemli olmasına rağmen yapı hala ayaktaadır. Aynı yerde yıkılmayan blokta perde kolon ve kiriş düğüm noktasındaki perde üzerindeki paspayının ve sıvanın dökülmesiyle ortaya çıkan donatılar görülmektedir.



Şekil 4.3: Standartlara uygun olamayan donatı ve kötü işçilik sonucu meydana gelen hasar



Şekil 4.4: Standartlara uygun olamayan donatı ve kötü işçilik sonucu meydana gelen hasar

- ❖ İki katı üst üste yığılarak çöken blokta perdenin ezilerek dağıldığı görülmektedir. Kiriş demirlerinin dışından geçmesi gereken perde demirleri, hiç gözükmemektedir. İşçilik ve malzeme açısından son derece kalitesiz bilinçsizce yapılmış yapının çökmesi kaçınılmazdır.



Şekil 4.5: Standartlara uygun olamayan donatı ve kötü işçilik sonucu meydana gelen hasar

- ❖ Perde kolon kiriş ve düğüm noktasında perdedeki düşey demirleri sarmalayan bir metreden fazla bir uzunlukta hiçbir etriye gözükmemektedir. Beton parçaları elle koparılınca kabuklar halinde ayrılmaktadır. Beton kalıplara yerleştirilirken usulüne uygun taşınmalıdır. Betonun taşınması; taşıma sırasında su, çimento oranı, çökme değeri, hava miktarı gibi özellikler de değişme olmamalı ve ayrışmamalıdır. Özel kamyonlar ile taşıma 30-45 dakika içerisinde bitirilmiş olmalıdır. Bu süre gerektiğinde iklim koşullarına bağlı olarak priz hızlandırıcı veya yavaşlatıcı madde katılarak kısaltılabilir veya uzatılabilir. Betonun karıştırma işlemi tamamlandıktan sonra çökme değerini büyütmek için betona gelişigüzel su katılmamalıdır. Ancak betonun işlenebilme özelliğini korumak için karıştırma sırasında su /çimento oranı maksimum altında tutmak şartıyla öngörülenden biraz fazla su katılabilir. Bu halde öngörülen karıştırma süresinin yarısına eşit ek bir karıştırma işlemi uygulamak gerekir.



Şekil 4.5: Etriye eksikliği ve kötü işçilik sonucu yapıda meydana gelen hasar

- ❖ Sanayi sitesi olarak kullanılan zemin kat ve asma kattan ibaret olan bu yapılar yatay deprem kuvvetleri karşısında aşırı ötelenmiş ve tamamen yıkılmıştır. Fotoğrafa zayıf kolon kesitine nazaran daha güçlü olan bir kiriş görülmektedir. Deprem yönetmeliğine göre kolonların kirişlerden güçlü olması ilkesinin tam tersi uygulama yapılmıştır.



Şekil 4.6: Yanal rijitliği düşük olan yapıda meydana gelen hasar

- ❖ Kolona ait düşey demirlerin kenetlenme boylarının uygun olmadığı görülmektedir. Ayrıca yağmur suları nedeniyle hem betonda hem de donatılarda paslanma ve korozyon oluşmuştur.



Şekil 4.7: Kötü işçilik nedeniyle birleşim bölgesinde meydana gelen hasar

- ❖ Blok başında bulunan dar cepheli yapıda cephe genişliği yaklaşık 4 mt ve yüksekliği ise 16 mt kadardır. Cephe ve yükseklik arasındaki uyumsuzluk dikkat çekicidir. Fotoğrafta görüldüğü gibi, bodrum katının bulunmamasından dolayı yapının rijitliğinin zayıflığı, yapının köşe başında bulunması ve yandaki binanın yatay çekiçleme etkisi gibi nedenler, yapının ağırlık merkezinden ayrılarak devrilmesine yol açmıştır. Burada deprem dalgaları sonucu oluşan zemin dalgaları yukarıdaki şartlarla birlikte yapının devrilmesinde etkili olmuştur. Böyle dar cepheli köşe başı parsellerde yapı izni verilmeli veya bu dar cepheli parseller komşu parseller ile birleştirilerek devrilmeye karşı cephesi daha geniş ve daha rijit yapılar şeklinde uygulamalar yapılmalıdır. Blok başı veya ikiz nizam dar cepheli, bodrumsuz çok katlı yapılar devrilmeye karşı zayıf rijitlik gösterir.



Şekil 4.8: Bodrumsuz yapılarda yanal rijitliğin zayıf olması durumu

- ❖ Blok başında bulunan yapılarda çekiçleme etkisi devrilmeye neden olur. Fotoğraftaki yapının bodrum katının bulunmaması, cephesinin çok dar, yüksekliğinin ise çok fazla olması nedeni ile yapı devrilmeye karşı koyamamıştır. Yapının temel derinliği yapı yüksekliğinin 1/6 sı kadar olmalıdır.



Şekil 4.9: Çekiçleme etkisiyle meydana gelen hasar

- ❖ Bina yüksekliği ile temel derinliği arasında 1/6oranı bulunmaktadır.6 katlı olan bu binada 1/6 oranına göre en az bir adet bodrum kat seviyesinde temel derinliği olması gerekirken temel derinliğinin ancak 1 m'tyi bulması yapının cephesi de çok dar olduğundan devrilmeye sebep olmuştur. Fotoğrafta sağ tarafta görülen binanın çekiçleme etkisi de yıkılmayı kolaylaştırmıştır.



şekil 4.10 çekiçleme etkisiyle meydana gelen hasar

- ❖ Fotoğrafta zemin kat d kk n yüksekliğinin fazla olmasından dolayı kolon alt ve üst uçlarında meydana gelen beton ezilmesi ve donatı akması görülmektedir. Ağır hasarlı bu yapıda, donatılar usulüne uygun değildir. Beton kalitesi yeterli değildir. Statik sistem uygun değildir. Sağdaki bitişik kenarda bulunan yapı ise çekiçleme etkisiyle, cephesinin daha dar oluşu ve bodrum katının bulunmaması yüzünden devrilmeye karşı rijit davranamamış ve devrilerek ağır hasar görmüştür. Bu yapılarda hataların bir arada beraber bulunması sonucu ciddi boyutlarda ağır hasarlar meydana gelmiştir.



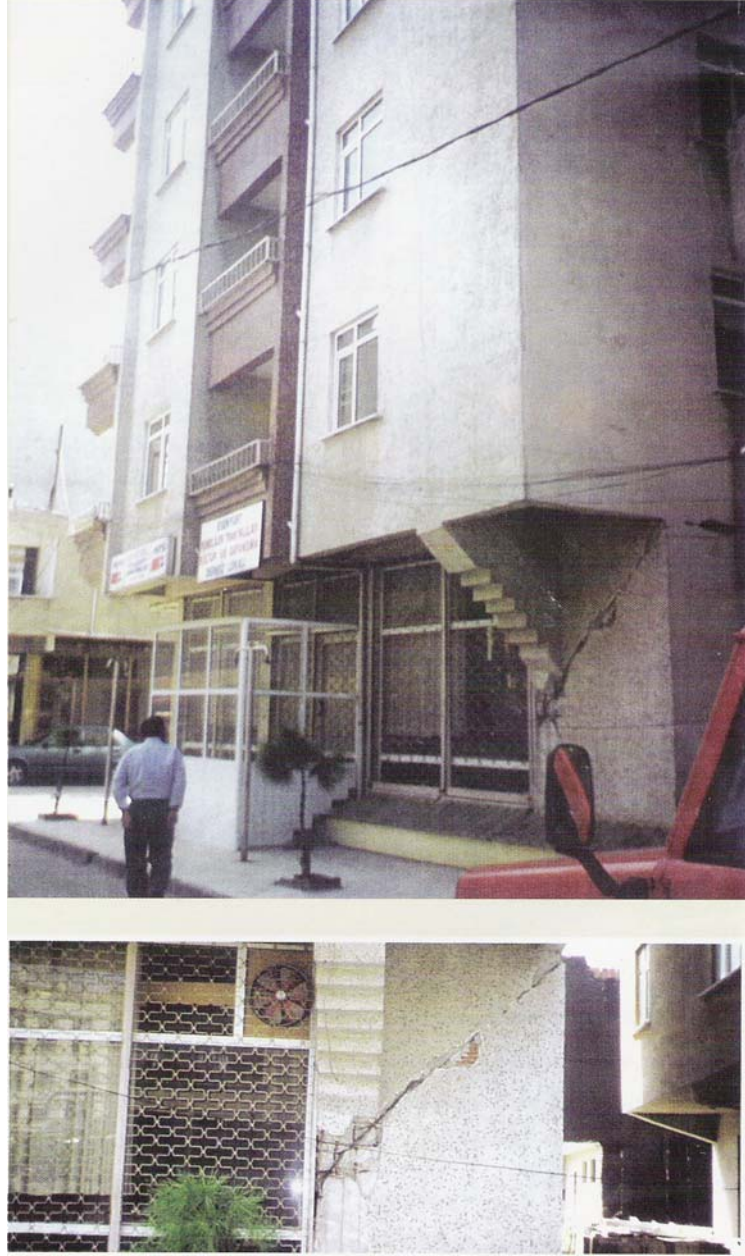
Şekil 4.11: Zayıf kat sonucu meydana gelen hasar

- ❖ Kolonun alt ucundaki sarmal bölgede yetersiz etriye kullanılması nedeniyle mevcut etriyeler açılarak dağılmıştır. Betonun dayanımının çok yetersiz olduğu kolon içerisindeki dağılmış olan betondan anlaşılmaktadır.



Şekil 4.12: Yetersiz etriye kullanımı sonucu meydana gelen hasar

- ❖ Zemin kat köşe kolonunda yapılan gusseler statik sistemde düzensizlik meydana getirdiği için kolon ağır hasar alarak kırılmıştır. Bu şekilde gusse kolon yapılması afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkındaki yönetmeliğe göre sakıncalıdır.



Şekil 4.13: Hatalı taşıyıcı sistem seçimi

- ❖ Binanın dış cephesine, cephe boyunca çıkıntı teşkil ederek yerleştirilen kolonlar kat kesme kuvvetlerine karşı yeterli dayanımı göstermeyip burkularak kırılmalar meydana gelmiştir. Hatalı statik sistem seçimi görülmektedir.



Şekil 4.14: Hatalı taşıyıcı sistem tasarımı

- ❖ Zemin katı dükkan, normal katları konut olarak kullanılan bu yapıda; dükkanın arka cephesindeki bant pencereler nedeniyle köşe kolonlarda meydana gelen ağır hasar görülmektedir.



Şekil 4.15: Bant pencereler nedeniyle meydana gelen yapı hasarı

- ❖ Ana caddeler üzerindeki bitişik nizam yapıların tamamına yakınının zemin katları işyeri olduğundan, bu zayıf katlar nedeni ile hemen hemen bütün yapılar yıkılmış ve yapılarda ağır hasar meydana gelmiştir. Yapılarda usulüne uygun dilatasyon derzleri bırakılmamıştır. Yapıların birbirlerine uyguladıkları çekiçleme etkisi ise hasarı arttırmıştır.



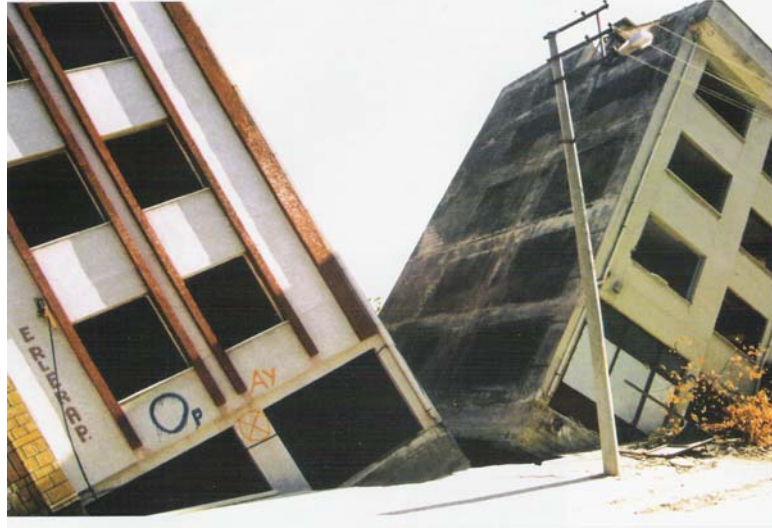
Şekil 4.16-a: Zayıf kat oluşumu ve çekiçleme sonucu meydana gelen yapı hasarı

- ❖ Zemin katında dükkan olan yapıların hemen hemen tamamı yıkılmıştır. Dükkan katlarındaki bu çökmenin önlenmesi için yapıda her iki yönde betonarme perdeler kullanılmalıdır.



Şekil 4.16-b: Zayıf kat oluşumu sonucu meydana gelen yapı hasarı

- ❖ Bodrumsuz ikiz nizam yapılar, birbirine çarparak çekiçleme etkisi ve zayıf zemin nedeni ile devriliyor.



Şekil 4.17: Çekiçleme sonucu meydana gelen hasar

- ❖ Zemin katı işyeri olarak kullanılan yapılarda, bu zayıf kat kolonlarının göçmesi sonucu, yapı takriben 30 derecelik açı ile kendi istikametinden dönerek yıkılıyor. Bina cephesinde görülen bütün kolonlar aynı yöndedir. Arka kenarda diğer yöndeki kolon düzey aks hizasından 50 cm. kadar, ön köşedeki kolonlar ise aks hizasından 3mt. kadar savrulmuştur. Kolonların her iki yönde deprem kuvvetlerine karşı yeteri kadar rijit olması gerekmektedir.



Şekil 4.18: Yetersiz Yanal rijitlik sonucu meydana gelen hasar

- ❖ Bu binada, bitişik kenardaki dilatasyon derzi, saçak seviyesinde diğer yapının üzerine taşmıştır. Bu saçak nedeni ile yapının düşey hareketinin engellenmesi bu bölümde ağır hasar meydana getirmiştir. Saçakların komşu binaların mülkiyet sınırına taşması, hem statik sistem açısından sakıncalıdır hem de komşu binaya tecavüzdür.



Şekil 4.19: Bitişik nizam binalarda dilatasyon bırakılmaması sonucu oluşan hasar

- ❖ Bu binada, kolonlarda meydana gelen mafsallaşma sonucu tüm katlar üst üste yığılarak çökmüştür. Asmolen yapılarda yatay ötelenmeler daha fazla olacağından, bu yatay ötelenmeyi karşılamak için her iki yönde perde kolonlar yerleştirilmelidir.



Şekil 4.20: Mafsallaşmaların kolonlarda olması sonucu meydana gelen hasar

- ❖ Kiriş açıkları fazla olan çerçeve statik sistemde çöken köşe kolon ve kırılan kat kirişleri görülmektedir.



Şekil 4.21: Gereğinden fazla açıklığı olan kiriş nedeniyle meydana gelen hasar

- ❖ Fotoğrafta vibratör kullanılmadan elle dökülen kolon betonu içindeki büyük boşluklar görülmektedir. Binanın dış cephesindeki kolonlardan birinde görülen bu boşluk kuş yuvası olacak kadar büyüktür. Betonun sıkıştırılması; sıkıştırma vibratörle yapılmalıdır. Vibratör kullanılmadan dökülen beton yeterince sıkışmamaktadır. Sıkıştırmanın etkili olabilmesi ve beklenen yararı sağlayabilmesi için sıkıştırma işlemi priz başlamadan bitirilmiş olmalıdır. Beton birleşimi sıkıştırma yöntemine uygun hesaplanmış olmalıdır. Sıkıştırma, harç birikiminin olmaması ve su yüzdesi büyük betonun dış etkilere maruz dış yüzeye gelmemesi için dıştan içe doğru yapılmalıdır. Titreşim (vibrasyon) ile sıkıştırma; bu tür sıkıştırma çökme değeri 0 ile 10 cm arasında olan betonda uygulanır. Yüzey vibratörleri büyük genlikli ve düşük frekanslı olmalıdır. Yüzey vibratörü ile sıkıştırılan tabaka kalınlığı 20cm.'den fazla olmamalıdır. Kalıp vibratörleri (dış vibratör) ile sıkıştırma en büyük tane büyüklüğü fazla olan betonlarda veya birim hacimdeki betonun değdiği kalıp ve donatı yüzeylerinin büyük olduğu hallerde sıkıştırma kalıp vibratörleri kullanılması yararlıdır.



Şekil 4.22: Vibratör kullanılmayan yapılarda sıkışmayan betonda meydana gelen hasar

- ❖ Yumuşak zeminlerde farklı zemin oturmalarını önlemek için mütemadi veya radye temel yapılmalıdır.



Şekil 4.23: Zemin yapısına uygun olmayan temel seçimi sonucu meydana gelen hasar

- ❖ Zemindeki farklı oturmalarından dolayı yapının bir bölümü çökmüştür. Yapılarda zeminin farklı oturmasına izin verilmelidir. Zemin iyileştirilerek gerekli tedbirler alınmalıdır.



Şekil 4.24: Zemin yapısına uygun olmayan temel seçimi sonucu meydana gelen hasar

- ❖ Çöken zayıf kolonlar nedeniyle üst üste yığılan katlar görülmektedir. Kolonların kesitleri tayininde titiz davranılmalı ve bu kesitlerin artırılmasından kaçınılmalıdır.



Şekil 4.25: Zayıf kolon-Güçlü kiriş oluşumlarından kaçınılmadan yapılmış yapı

- ❖ Zayıf kolonların çökmesi sonucu üst üste yığılan kayalar ve sağ köşedeki zayıf kolon kesitli görülmektedir.



Şekil 4.26: Mafsallaşmaların kolonlarda olduğu durumlarda meydana gelen hasar biçimi

- ❖ Mevcut bina üzerine yapılan ilave yığma çatı katında, dış duvarlarda yatay ve düşey hatıllar olmadığından, kalkan duvarlar yıkılmıştır. Aşağıya düşen bu duvarlar buradaki araç ve her türlü malzemeye zarar verebilir. Betonarme binalar üzerine sonradan böyle yığma katlar yapılmamalıdır. Daha önce Bursa'daki bir ilköğretim okulunda öğrencilerin dışarıda bulunduğu sırada çatı, kalkan duvarının şiddetli rüzgar neticesinde yıkılması ve 6 öğrencinin hayatına mal olmuştur. Bu nedenle böyle yüksek kalkan duvarlar için mutlaka gerekli tedbirler alınmalıdır.



Şekil 4.27-a: Tedbir alınmayan kalkan duvarı hasarı

- ❖ Çatının yan kenarlarındaki kalkan duvarlarda deprem kuvvetlerine karşı daha rijit davranacak hatıllar bulunmadığından bu kalkan duvarlar fotoğraftaki gibi çökebilir. Bu nedenle böyle kalkan duvarlarda yatay ve düşey hatıl yapılmalıdır. Yan duvarların yapının bölme duvarlarına kenetlenmesi için mutlaka duvar örgüsünün usulüne uygun yapılması ve derzlerin üst üste gelmemesi gerekir.



Şekil 4.27-b: Tedbir alınmayan kalkan duvarı hasarı

- ❖ Proje aşamasında dikkat edilmeyen fakat deprem esnasında alması gereken yükün çok üzerinde yüke maruz kalan kısa kolonlar yapıda büyük hasarlara neden olurlar. Kısa kolon durumlarında etriye sıklaştırılması yapılmalı ve kısa kolonun durumuna göre diğer önlemler alınarak kısa kolon hasarlarına engel olunmalıdır.[8]



Şekil 4.28: Kısa kolon sonucu meydana gelen hasar

5 ONARIM VE GÜÇLENDİRME İÇİN HAZIRLIKLAR

5.1 Giriş

Tasarım ve yapım hataları ve çevre etkileri nedeniyle ve özellikle depremler yapıların taşıyıcı sistemlerinde hem hasara hem de mukavemet kaybına sebep olurlar. Bu yüzden hasarların onarılması, eski ve yeni beton arasında sağlıklı bir aderansın temin edilebilmesi son derece önemlidir.

Yapıda herhangi bir onarım işlemi yapılmadan önce ortaya çıkan hasarın nedeni iyice araştırılıp doğru teşhisin konulması oldukça önemlidir. Buradan çıkan sonuca göre yapılacak onarımın amacı;

- ❖ Yapının dayanıklılığını sağlamaya yönelik bir onarım
- ❖ Yapısal mukavemet sağlamaya yönelik bir onarım
- ❖ Yapısal mukavemeti arttırmaya yönelik bir onarım
- ❖ Yapının görünümünü düzeltmeye yönelik bir onarım
- ❖ Yapıyı kullanabilir bir hale getirmeye yönelik bir onarım

Yukarıda saydığımız onarımlardan hangisine karar verebilmek için aşağıda sıralanan işlemlerin yapılması gerekir;

- ❖ Gözlemler yapılarak, yapının boşaltılmasına yada hasar gören bölümlerinin desteklenerek askıya alınmasına karar verilmelidir.
- ❖ Taşıyıcı olan veya olmayan elemanlara üzerindeki çatlakların boyutları ve yerleri saptanmalıdır.
- ❖ Yapı taşıyıcı elemanlarındaki ötelenmeleri, dönmeler ve sehimler gözlenerek ölçülmelidir.
- ❖ Taşıyıcı elemanların röleve yapılarak boyutları ölçülmelidir.
- ❖ Yapıdan alınacak örnekler üzerinde veya yerinde yapılacak deneylerle malzemenin mekanik özellikleri belirlenmelidir.

- ❖ Yapı betonarme olarak yapılmışsa, elemanlardaki donatının yeri ve miktarı saptanmalıdır.
- ❖ Yapının yapım özelliklerine ilişkin bilgiler toplanmalıdır.
- ❖ Yapı üzerinde yükleme deneyleri yapılarak yapının taşıma gücüne ilişkin yeterli bilgi elde edilmelidir.
- ❖ Yapının oturduğu zemin özellikleri araştırılmalıdır.
- ❖ Yapının projesi incelenerek yapı ile proje arasındaki farklılıklar saptanmalıdır.

Hasar tipi ne olursa olsun eski ve yeni beton arasındaki aderansın sağlanabilmesi için hasarlı kısımların tümü yapıdan uzaklaştırılmalıdır. Bunlar;

- ❖ Keserek veya başka yöntemler kullanarak uzaklaştırılacak bölgenin sınırlarını belirlemek
- ❖ Bütün hasarlı betonu uzaklaştırmak
- ❖ Betonarme demirin yüzeyini temiz metal görüntüsü elde edinceye kadar temizlemek
- ❖ Gerekli onarım malzemesini, bağ güçlendirici malzemeyi yüzeye uygulamak
- ❖ Onarımı bitirmek ve malzemenin kürünü yapmak

5.2 Hasarlı Betonun Uzaklaştırılması Teknikleri

Hasarlı betonun uzaklaştırılması onarım işleminin ilk aşamasıdır. Betonun altında, hasar görmüş donatılar varsa onarıma uygun hale getirilmelidir. Bu yüzden beton için olduğu gibi donatı içinde bir yüzey hazırlığı gerekir. Yüzey hazırlığı ve hasarlı betonun uzaklaştırılması için çeşitli yöntemler vardır. Bunlar; betonu patlatarak, keserek, darbe ile, çatlatarak ve kırık parçaları sağlam betondan ayırarak uygulanan metotlardır. Bu metotların seçiminde güvenlik, ekonomi ve alttaki sağlam betona zarar verme derecesi dikkate alınır.

Hasarlı betonu uzaklaştırmak için kullanılacak yöntemlerin etki dereceleri betonun durumuna göre farklılık gösterir. Bazı yöntemler daha az hasarlı yani nispeten sağlam betonda etkili olurken, bazı yöntemler ise çok hasarlı betonda etkili olurlar.

Ayrıca seçilen bir yöntem yapının çeşitli bölgelerindeki bazı kesitlerde etkili olmayabilir. Bu yüzden aynı yapı için birden fazla teknik kullanmak zorunda kalınabilir. Hasarlı betonu uzaklaştırma teknikleri şu başlıklar altında incelenebilir:

5.2.1 Hasarlı Betonun Patlatılarak Uzaklaştırılması

Beton içinde açılan deliklere hızlı genişleyen bir gaz verilerek betonun kontrollü olarak çatlatılması şeklindedir. Yüksek basınç uygulamak, karbondioksit gazı kullanmak uygulanan yöntemlerden bazılarıdır.

Patlatıcılar kullanarak hasarlı beton örtüsünü uzaklaştırmak daha çok kuzey Amerika'da uygulanan bir metottur. Kullanılacak patlayıcı miktarı, patlayıcı yerleştirmek için gereken delik çapı, delik aralıkları onarım projelerine hasarlı kısmın yapı üzerindeki yerine, kabul edilebilecek titreşim miktarına ve hasara, uzaklaştırılacak betonun miktarına ve kalitesine bağlıdır.

5.2.2 Hasarlı Betonun Kesilerek Uzaklaştırılması

Hasarlı beton, elmas uçlu testereler, elektrik arkı kullanarak kesme işlemini gerçekleştiren aletler veya yüksek basınçlı su jetleri ile uzaklaştırılmasıdır.

Elmas uçlu testerelerin elle taşınabilir boyutta olanları ile birlikte daha küçük boyutta olanları da mevcuttur. Maliyeti yüksek buna karşın işin hızı yavaştır. Döner kafalı kesici testereler yatay ve düşey düzlemdeki hasarlı betonu uzaklaştırmak için rahatça kullanılabilir. Bu yöntemin avantajı betonun istenilen yerlerden düzgün bir biçimde kesilmesine olanak sağlamasıdır. Dezavantajları ise yüksek güç gereksinimi ve toz problemidir. Yüksek basınçlı su jetleri suyu yüksek hızlarda betona püskürtürler ve bu sayede betonu aşındırarak keserler.

5.2.3 Hasarlı Betonun Darbe İle Kırılması

Bu metotta hasarlı beton düzenli olarak arka arkaya darbeler uygulayan bir alet ile parçalanıp sağlam beton bölümlerden uzaklaştırılmaktadır. Kullanılan aletin elle kullanılan veya araca monte edilebilen modelleri mevcuttur. Araca monte edilebilen

modelleri hidrolik olarak çalışmakta ve kısa sürede istenilen miktarda hasarlı beton uzaklaştırılabilmektedir. Fakat aletin darbe sırasında yaydığı titreşimlerin sağlam betona hasar verebileceği ve yapının dayanıklılığını etkileyebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

5.2.4 Hasarlı Betonun Çatlatılarak Uzaklaştırılması

Hidrolik aletler yardımıyla basınçlı su ile darbe uygulayarak veya hacimce genleşebilen kimyasal maddeler kullanılarak hasarlı beton çatlatılıp uzaklaştırılabilir. Beton üzerinde istenilen çatlama şekline göre açılan deliklere bu yöntemler uygulanarak beton istenilen şekilde uzaklaştırılabilir. Basınçlı su ile darbe vermek çok hasarlı ve çatlaklı bir betonda tercih edilecek bir yöntem değildir. Genleşen kimyasal maddeler kullanarak betonu çatlatmak ve bu sayede uzaklaştırmak hem istenen şekilde çatlakların oluşumunu kontrol edebilmek hem de sağlam betona en az miktarda zarar verilmesini sağlamak açısından iyi bir yöntemdir. Fakat bu genleşen kimyasal maddelerin maliyeti yüksektir.

5.2.5 Hasarlı Betonun Parçalara Ayrılarak Uzaklaştırılması

Bu metotta mekanik olarak uzaklaştırılacak betona üzerinde bulunan çatlak veya kırık parçaları ayıracak büyüklükte çekme gerilmesi uygulanır. Bu sayede, bu hasarlı parçalar uzaklaştırılabilir. Bu metot, diğer metotlardan sonra uygulanarak kalan küçük çatlak ve kırık parçaları uzaklaştırmayı amaçlamaktadır.

5.3 Yüzey Hazırlığı

Yüzey hazırlığı, onarım malzemelerinin performansını etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Bir onarımın kesin sonuca ulaşabilmesi için çevre faktörleri ve malzemenin kalitesi gibi etkilerin yanında gerekli hazırlıklar yapılarak hazırlanmış bir yüzeyin de çok büyük etkisi vardır. Yüzey hazırlığı, büyük veya küçük miktarlarda hasarlı betonun uzaklaştırılarak onarım malzemesinin uygulanacağı yüzeyin hazırlanmasını sağlayan bütün adımları içerir. Yüzey böyle bir onarım için kuru, homojen, düzeltilmiş olmalı tozdan, yağ parçalarından ve serbest parçalardan arındırılmalıdır. Ayrıca betonarme onarımlarında donatı için de yüzey hazırlığı

onarım malzemesiyle iyi aderans sağlaması açısından önemlidir. Yüzey hazırlama yöntemleri şu başlıklar altında incelenebilir.

5.3.1 Kimyasal Yolla Yüzey Hazırlığı

Onarım işlemine başlamadan önce betondaki yağ, gres lekeleri ve kirli yüzeyler temizlenmelidir. Deterjanlar ve beton temizlemek için üretilmiş çeşitli kimyasal maddeler bu iş için kullanılabilir. Bu maddeler uygulandıktan sonra yüzey fırçalanmalı ve su ile yıkanmalıdır. Kimyasal madde ile yüzey temizleme işleminde çözücü maddeler kesinlikle kullanılmamalıdır. Bu tür malzemeler yüzeydeki artıkların daha derinler nüfuz etmesine neden olurlar.

5.3.2 Mekanik Yolla Yüzey Hazırlığı

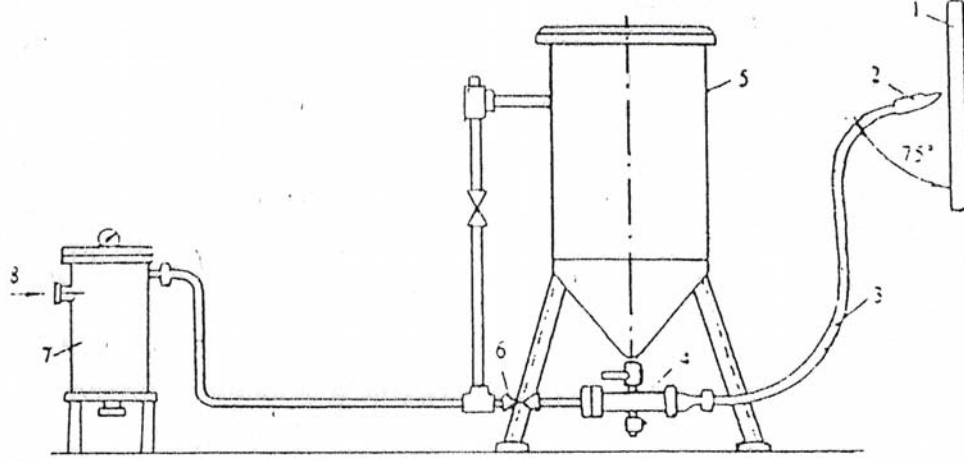
Mekanik yolla yüzey hazırlığı için kullanılan çok çeşitli aletler vardır. Bu aletler genellikle iki tür çalışma prensibine sahiptir. Bunlardan bazıları darbeli bazıları ise döner kafalıdır. Darbeli aletler, darbe uygulayarak hasarlı betonu parçalama prensibi ile çalışırlar. Dolayısıyla bu aletler kullanıldıktan sonra yapıdan tam ayrılmamış fakat parçalanmış kısımların kumlama yapılarak veya su jetleri ile temizlenmesi gerekir. Döner kafaya sahip aletler, beton bu uçlarındaki öğütücü kısım sayesinde aşındırarak temizlerler. Fakat yoğunluğu yüksek betonlarda etkili değildirler.

5.3.3 Aşındırarak Yüzey Hazırlığı

Aşındırarak yüzey hazırlığı aşağıdaki yöntemlerden birinin, uygulanacağı yerin özellikleri ve maliyet unsurları da dikkate alınarak seçimi ile yapılabilir.

5.3.3.1 Aşındırıcı Olarak Kum Kullanma

Kum kullanılarak yapılan yüzey temizleme işleminde, basınçlı hava kullanılarak kum veya aşındırıcı malzeme bir ekipman vasıtasıyla yüzeye püskürtülür.(Şekil 5.1) Kullanılacak kumun veya aşındırıcı malzemenin dane çapı 0.425 mm ile 2.38 mm arasında olmalıdır.

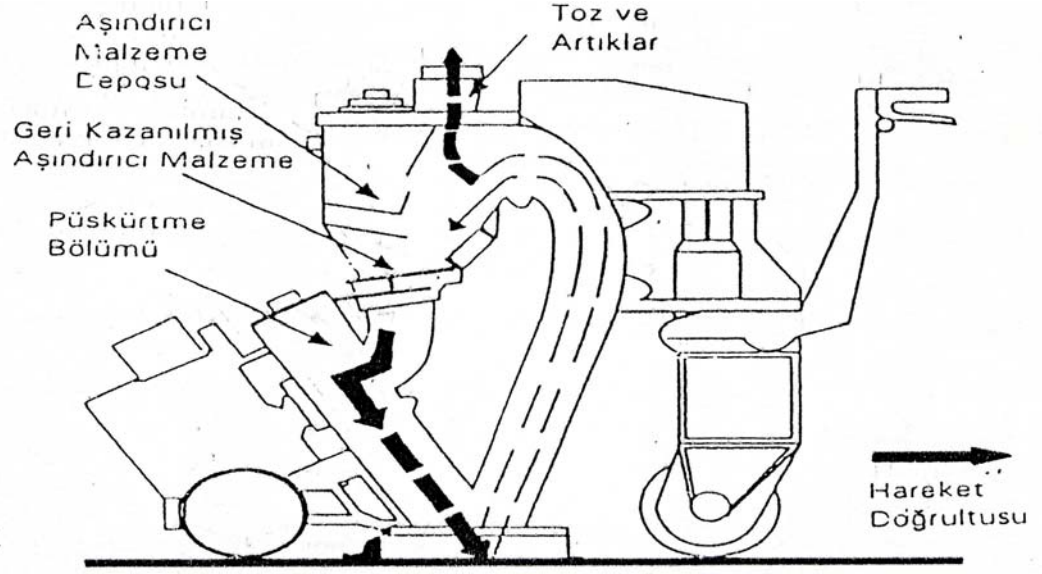


Şekil 5.1: Aşındırma makinası

Eğer betonarme yüzeyden boyada uzaklaştırılacak ise seçilecek kumun keskin köşeli olması işleme hız kazandırır. Betonun sertliği düşünülecek olursa kumlama, diğer hafif temizleme yöntemlerine göre daha ekonomiktir.

5.3.3.2 Metalik Aşındırıcılar

Metalik aşındırıcı malzemeler, bu iş için hazırlanmış makineler ile beton yüzeyini temizlemek için kullanılırlar. Döner bir kafa üzerinden betona fırlatılan metalik parçalar yüzeye çarparak aşındırırlar. Kullanılan metalik aşındırıcı malzeme vakumlu bir sistem yardımıyla emilerek yine aletin içinde tozdan arındırılır ve tekrar yüzeye fırlatılır. (Şekil 5.2)



Şekil 5.2: Metalik Aşındırma makinesi

Bu metot genellikle 3 mm derinliğe kadar yüzey temizliği için kullanılır. Kullanılan aşındırıcı malzemenin dane boyutu, miktarı ve aşındırıcı makinenin hareket hızı bu derinliği etkileyen faktörlerdir.

5.3.4 Yüksek Basıncılı Su Jeti

Bu metot ile yüzey temizliği, yüksek basınçta ve hızda, tasarımı özel yapılmış bir püskürtücü uçtan çıkan su yardımıyla yapılır. Çalışma basıncı yaklaşık 172 Mpa dolaylarındadır. Bu metot ile 30 mm derinliğe kadar yüzey temizliği yapılabilir. Yüzey temizliği için su jeti kullanılması ile ortaya çıkan toz ve ses minimum seviyeye düşürülür. Ayrıca donatı ve sağlam beton bir zarar görmeden kalır. Yapıya zarar verebilecek mekanik bir vibrasyon oluşturmaz ve diğer metotlara göre hızı çok fazladır. Su jeti, yüzey hazırlığının son aşaması olarak kullanılırsa oldukça iyi sonuç vermektedir.

5.3.5 Asit Uygulaması

Asitler,yeteri kadar çimento hamurunu yapıdan uzaklaştırarak sağlam betona ulaşılmasını sağlarlar. Ayrıca yüzeydeki yağları ve lekeleri çıkarmak için kullanılırlar. Asitler kullanılarak hazırlanan yüzeylerde onarım malzemesi ile yeni

yüzey arasında iyi bir bağlantı kurulabilir. Fakat bu yöntem başka alternatif kalmadığı zaman kullanılmalıdır.

5.3.6 Yakarak Yüzey Temizliği

Yakarak yüzey temizleme işlemi genellikle yüzey kaplamaları uygulanmış yerlerde reçine kökenli malzemeleri uzaklaştırmak ve özellikle yağ lekeleriyle kaplı zeminlerin temizliğinde kullanılmaktadır. Uygulanan alev ile yüzey sabit hızda temizlenir ve artık parçalar tel fırça vasıtasıyla uzaklaştırılır.

5.4 Donatılar İçin Yüzey Hazırlığı

Donatıların onarım için hazırlığı; hasarlı betonun uzaklaştırılması, donatıların incelenmesi, temizlenmesi ve hasarlı kısımlarının onarımı gibi aşamaları içermektedir.

Hasarlı beton daha önce belirtilen yöntemlerle uzaklaştırılır. Bu sırada donatıların hasar görmemesine özen gösterilir. Gerekli yerlerin krokileri çizilir. Onarım yapılacak bölgedeki donatılar üstlerindeki pas ve tozdan arındırılır.

Beton içindeki donatılar tamamen hasar görmemiş ise beton içinde kalan kısmın açığa çıkarılması gereksizdir. Eğer donatı tamamen hasar görmüş ise donatı arkasından beton en az 6.5 mm kadar uzaklaştırılmalıdır. Donatı üzerinde yapılan inceleme sonucunda donatı eğer önemli derecede kesit kaybına uğramış veya kopmuş ise değiştirilmesine karar verilir.[6]

6 ONARIM VE GÜÇLENDİRME MALZEMELERİ VE KULLANILAN TEKNİKLER

6.1 Giriş

Onarım ve güçlendirme kelimeleri anlam itibariyle ciddi farklılık göstermektedir. Onarım yapının depremden önceki durumuna getirilmesidir. Yapının depremden önce yetersiz güvenlikte olduğu konusu nazara alınmaz. Onarım görünüş ve kullanım açısından hasarlı bir yapının taşıma gücü ve kullanılabilirlik bakımından önceki karakteristiklerinin tamamen veya kısmen geri getirilmesi için yapılan işlemlerdir. Onarım yapının taşıma gücünü, rijitliğini, sünekliğini veya stabilitesini depremden önceki durumuna getirmek için yapılan değişikliklerdir.

Güçlendirme ise yapının hasarlı kısımlarını depremden önceki durumdan daha yüksek bir düzeye getirme işidir. Burada deprem yönetmeliklerinin istediği koşullar sağlanır. Güçlendirmede, yapı elemanı öngörülen bir güvenlik düzeyine çıkarılır.

Onarım ve güçlendirme düzeyinin seçimi, son derece önemli özel uzmanlık dalı deprem mühendisliği olan veya bu konularda uzmanlaşmış olan teknik elemanlar tarafından yapılmalıdır. Aksi durumda farklı, yanlış önerilerle doğru ve geçerli olmayan çözümlerle karşılaşılır ve yapılan çalışmalar değerlendirilmez ekonomik kayıplarla karşılaşılır ve onarım ve güçlendirmede istenilen hedefe varılmaz.

Burada önemli olan yapının tam ve uygun bir incelemeden geçmesi ve hasar nedeninin doğru teşhis edilerek ivedi bir şekilde çözüm üretilmesidir. Ayrıca kullanılacak olan malzeme kalitesi, işçilik ve kalite güvenliği de sağlanmış olmalıdır.

6.2 Onarım Malzemeleri

Hasar görmüş (özellikler depremden) yapılarda kullanılan onarım ve güçlendirme malzemeleri oldukça çeşitlidir. Dikkate edilmesi gerekli olan hangi malzemenin daha

pratik, ekonomik ve kolay uygulanabileceğın önceden belirlenebilmesidir. Uygulayıcı bu durumda malzeme ile uygulama arasındaki bağlantıyı pratik olarak kafasında çözümlemeli ve pratiğe dökmelidir. Onarım ve güçlendirmede kullanılan malzemeler genelde;

- ❖ Eski elemandan daha dayanıklı olmalı
- ❖ Donatıyı korumalı
- ❖ Boyutsal sabitliğı olmalı
- ❖ Çimento ve donatı sağlıklı gerilme geçişini sağlayacak teması kurabilmelidir.

Onarım ve güçlendirmede kullanılan malzemeler;

- ❖ Yerinde döküm normal beton
- ❖ Büzülmesi önlenen ve genleşen beton
- ❖ Polimerle özelliğı iyileştirilmiş beton
- ❖ Reçineli beton
- ❖ Püskürtme beton
- ❖ Reçineler
- ❖ Harçlar
- ❖ Yüzey kaplamaları
- ❖ Karbon lamalar
- ❖ Cam ve karbon lifli dokumalar

6.2.1 Yerinde Döküm Normal Beton

Yerinde döküm normal beton onarım işlerinde çok kullanılır. Ama birçok durumda sonuçlar yeterli değildir. Bu, özellikle normal çimento betonunun hacim değışikliğı ve büzülmesinden (rötresinden) meydana gelir. Meydana gelen hacimsel değışiklik yeni beton ile eski eleman arasındaki iyi temasın kaybolmasına neden olur. Bu da temas yüzeyinde sağlıklı gerilme geçişininin yitirilmesine veya azalmasına yol açar. Bu olayın ortadan kaldırılması, aderans karakteristiklerinin iyileştirilmesi ve büzülmenin minimuma indirilmesi için çökme değeri düşük, minimum su ihtiva eden yüksek mukavemetli betonların kullanılması gerekir. (yeni betonun mukavemeti eski

betonun mukavemetinden 5 MPa =50 kgf/m² daha büyük olmalıdır.) Ayrıca büzülmeyi azaltmak için süper akışkanlaştırıcılar kullanılır. Bunların kullanıldığı durumlarda 20 cm kadar bir çökme değeri beklenmelidir. Halbuki kullanılmamaları halinde Abrams konisi ile yapılan deneyde çökme değerinin 10 cm'i geçmemesi gerekir.

Yeni betonun eski malzeme ile kaynaşması için yerinde döküm betonlarda döküm teknikleri ve yapılan uygulama çok önemlidir. Uygulama sırasında aşağıda belirtilen noktalara özen gösterilmelidir.

- ❖ Aderans özelliklerinin iyi olması için yeni dökülecek betonla temasta olacak eski yüzeyler tamamen pürüzlendirilmeli ve temizlenmelidir.
- ❖ Ankrajlar yerleştirildikten sonra istenilen yüzeylere göre hazırlanmış kalıplar yapılır.
- ❖ Betonun dökümünden hemen önce ahşap talaşı, kıymık ve benzeri şeyleri temizlemek üzere son bir temizlik yapılmalı ve mevcut beton ve kagir yüzeyler iyice ıslatılmalıdır.
- ❖ Dökülen beton kalıpların tamamen doldurulması, boşlukların ve taşlar arasında ceplerin kalmasının önlenmesi için vibrasyonla sıkıştırılmalıdır.
- ❖ Yüzeyin çabuk kurumasını önlemek için yeni dökülmüş betonun uygun şekilde kürü yapılmalıdır.[9]

6.2.2 Büzülmesi (Rötresi) Önlenmiş Veya Genleşen Çimento

Bu çeşit beton normal çimentolar yerine genleşen çimentolarla yapılır. Bunlar başlangıçta oldukça bir hacim artması gösterirler ve bu daha sonra olacak büzülmeyi hemen hemen telafi eder.

- ❖ Genleşen katkı maddeleri (örneğin pudra gibi ince demir veya alüminyum tozu) da çimento, su, kum ve çakıl ile karıştırılarak bu tür beton yapılabilirler.

- ❖ Fakat genişleyen veya büzülmeyi telafi eden özelliklerde beton kullanılacağı zaman bütün özellikleri dakik olarak bilinmeli veya betonun özelliklerinin belirlenmesi için kapsamlı laboratuvar deneyleri yapılmalıdır.
- ❖ Proje mühendisi bu türlü çimentoları betonda mevcut malzemelerle uyum konusunda yeterli incelemeler yaptıktan sonra öngörmeli ve kullanılmalıdır.

6.2.3 Polimerli (Polimerle Özelliği İyileştirilmiş) Beton

Polimerlerle özelliği iyileştirilmiş beton normal çimentonun bir kısmının yerine bağlayıcı özellikte bazı polimerlerin konulması ile elde edilir.

Piyasada suda dağılmış olarak bulunan polimerler çeşitli şekillerde davranırlar.

Karma suyunu azaltmayı sağlayan akışkanlaştırıcılar olarak fonksiyonları olur ve normal betonunkinden daha iyi işlenirlik özelliğinde, su/çimento oranı ve rötresi daha küçük olan betonlar yapılabilir.

Bunlar eski ve yeni elemanlar arasında aderansı iyileştirebilirler.

- ❖ Kürde yardımcı da olurlar. Fakat kür ihtiyacını tamamen gidermezler.
- ❖ Betonun bağlayıcı sistemi içerisine, plastik halkalar veya bağlar katarak, sertleşmiş betonun mukavemetini yükseltirler. Betonun bazı kimyasal etkenlere karşı da dayanımlarını arttırabilirler.
- ❖ Bununla beraber böyle polimerlerle özellikleri değiştirilmiş betonlar bu türlü kazanılmış ilave özelliklerini yangında kaybetmeye müsaittirler. Alkalilik özellikleri normal betona göre çok daha azdır.
- ❖ Proje mühendisi polimerli betonları da ancak mevcut malzemelerle uyum özelliklerini iyice incelendikten ve bundan emin olduktan sonra kullanmalıdır.

6.2.4 Reçine Betonları

Reçine esaslı beton karışımlarında çimento yerine iki bileşenli bir sistem vardır. Bu iki bileşenli sistemde bir bileşen epoksi, polyester, poliüretan, akrilik, v.s. gibi sıvı reçine asalıdır ve bu, sertleştirici denilen ikinci bileşen ile halkalamak suretiyle reaksiyon gösterir.

- ❖ Reçine betonları kırılmış küçük beton alanların yamanmasında kullanılabilirler fakat büyük miktarda beton olarak kullanılmazlar.
- ❖ Reçine betonları, istenilen özellikleri elde etmek için, yalnız özel ve uygun bir agrega karışımı değil, ayrıca özel çalışma şartlarını gerektirir. Zira her iki bileşen de hem rutubete, hem de sıcaklığa karşı duyarlıdır.
- ❖ Reçine betonları özellikleri, bu amaçla endüstrinin piyasaya sürdüğü reçine çeşitleri kadar çeşitlidir. Bununla beraber nispeten yeni olan bu inşaat malzemesi ile ilgili bazı hususlar vardır ve bunların onarım ve/veya güçlendirme işlerinde kullanılırken göz önünde tutulmaları gerekir. Bu hususlar şunlardır;
- ❖ Reçinelerin bir donma süresi vardır ve reçine donmadan iş bitirilmelidir.
- ❖ İnşaatte kullanılan reçine tipleri için düşük sıcaklıklarda (+10 °C altında) normal reaksiyon sırasında açığa çıkan ısı aşırı olabilir ve karışımın aşırı rötresine neden olabilir.
- ❖ Her ne kadar bir reçine bileşiminin temiz ve kuru beton yüzeyi üzerindeki aderansı fevkalade ise de bir reçine betonunun beton üzerindeki aderansı zayıftır. Bu, reçine ile kaplı agregalarla eski beton arasında ancak bir noktadan noktaya bağlantı olmasından ileri gelir. İyi bir aderans temin etmek için mevcut betonun yüzeyi üzerine bir saf sıvı reçine örtüsü tatbik etmek zorunludur.

- ❖ Reçine çimentoları çok daha yüksek bir mukavemeti haizdirler. Fakat elastisite modülleri normal betonunkinden farklıdır. Bu nedenle elastisite modüllerinin farklı olmasından ortaya çıkacak problemler göz önünde tutulmalıdır.
- ❖ Burada da proje mühendisi mevcut yapının malzemeleri bakımından ortaya çıkan malzeme kısıtlamalarını ve reçine betonlarının özelliklerini tam olarak inceledikten sonra bu tür reçine betonlarını kullanmalıdır.

6.2.5 Püskürtme Beton

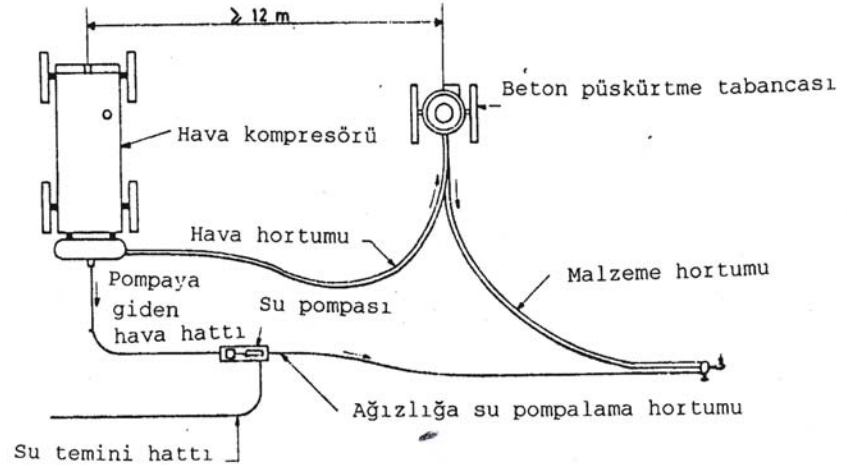
Ekipman ve özel olarak eğitilip yetiştirilmiş iş gücü olduğu zaman yapılan takviyesi için püskürtme beton kullanılabilir.

Onarım ve güçlendirme işleri için yaygın olarak püskürtme beton kullanılması bir takım avantajlarından ileri gelmektedir.

- ❖ Her şeyden önce püskürtülen yeni betonla mevcut beton veya kagir ve donatı arasında iyi bir aderans temin edilebilir.
- ❖ Bunun için püskürtme betonun uygulanacağı yüzeyin iyi hazırlanmış ve püskürtmenin iyi uygulanmış olması gerekir.
- ❖ Ayrıca püskürtme beton eğik, düşey ve alt yüzlere de uygulanabilir ve az bir kalıp gerektirir.
- ❖ Püskürtmeden önce yüzeyin hazırlanması gerekir.
- ❖ Bunun için tam bir temizleme yapılmalı ve gevşek agraga kaldırılmalıdır.
- ❖ Ayrıca aderansın artırılması için mevcut beton yüzeyi pürüzlendirilmelidir.
- ❖ Püskürtme betonun çok kere büzülme özelliği vardır ve bundan ileri gelecek çatlamalara karşı önlemler almak gerekir. Bunun için uygun miktar ve

düzende donatı kullanmak ve betonun küründe dikkat ve temizlik göstermek zorunlu olur.

- ❖ Püskürtme beton püskürtüldüğü gibi bırakılabilir. Bu taktirde yüzü pürüzlüdür.
- ❖ Eğer pürüzsüz bir yüzey isteniyorsa sertleşmiş püskürtme beton üzerine ince bir tabaka püskürtülür ve bu tabaka üzerinde işlenerek istenilen doku verilir veya sıva yapılır. (Şekil 6.1)[9]



Şekil 6.1: Püskürtme makinesi

Püskürtme beton işinde malzemenin normal akışı her çeşit ekipman halinde standart bir kalıba uyar.

- ❖ Her şeyden önce malzemeler harmanlanmalıdır. Bu çok kere 200 kg lık kuma karşı yaklaşık 50 kg lık bir çimento ölçüsünde olur.
- ❖ Miktarlar hacim veya ağırlık olarak kontrol edilebilir. Fakat ağırlık metodu tercih edilir.
- ❖ Harmanladıktan sonra malzeme, çeşitli tiplerden mikser veya konveyörle karıştırılabilir. Karıştırılmış malzeme, basınçlı hava ile, hava içinde askıda olarak bir hortum vasıtasıyla hortum burnuna gönderilir. Hortumda su fiskiyeden çıkarcasına devamlı delikten malzemenin içersine enjekte edilir.

- ❖ Malzeme, hortum burnunun son 20-30 cm sinden geçerken su ile karışır. Malzeme ve su karışımı devam eder ve yerine çarpması ile tamamlanır.

6.2.6 Reçineler

Reçineler enjeksiyon ve ince çelik levhaların yapıştırılması için kullanılırlar. Bu malzemeler iki bileşenlidirler. Bir bileşen sıvı reçinedir. (epoksi, polyester, poliüretan, akrilik, .vs.). İkinci bileşen ise sertleştiricidir ve hardener adı ile anılır. Piyasada farklı özelliklerde ürünler vardır. Farklılık bileşenlerin cinslerinden, kimyasal yapılarından, karıştırma oranlarından, ilave edilen dolgu maddesinin (filler de denir) tip ve özelliğinden, sonunda ilave edilebilecek kumdan ileri gelir. Bu nedenle sentetik karışımın doğru formülünü seçmek için istenilen özellikler dakik olarak belirlenmeli ve tanımlanmalıdır. Onarım ve güçlendirme işi için kullanılacak reçineler amaca uygun özelliklere sahip olmalıdırlar. Uygun pota ömürleri yani donma süreleri olmalıdır. İşlenebilirlikleri de iyi olmalıdır. Sertleşmenin çabuk olmasın diye pota ömrünün yani donma süresinin uzun olması da uygun değildir. Kür gereksinimleri, rutubet ve sıcaklıkla uyumlu olmalıdır. Reçine malzemesi betona, kagire ve çeliğe fevkalade aderans ve yapışma özelliğinde olmalıdır. Rutubete maruz kalınca bu özelliğinde bir azalma olmamalıdır. Ayrıca büzülmeleri (rötreleri) de az ve ihmal edilebilecek derecede olmalıdır. Sünme deformasyonlarının zararlı olduğu yerlerde kullanılmamalıdır. İnşaat işlerinde kullanılan reçineler 100 °C derecenin üzerindeki sıcaklıklarda mukavemetlerini kaybederler. Bu sebepten kullanımları kısıtlıdır ve yangın hali için önlemler alınması zorunludur. Enjeksiyon için kullanılan reçineler enjekte edilecekleri çatlağın genişliği için uygun bir viskozite özelliğinde olmalıdırlar. Yapıştırma için kullanılan reçineler ise yüksek viskozitede olmalıdırlar. Her halükarda proje mühendisi reçinelerin inşaatta mevcut malzeme ile uyumu ve kullanım amaçları ile ilgili tam bir inceleme yaptıktan ve buna kani olduktan sonra kullanacağı reçineye karar vermelidir. Enjeksiyon tekniğine gelince;

Bununla ilgili çeşitli teknikler söz konusu olur. Bu meyanda düşük basınç enjeksiyonu (1 MPa=10 kgf/cm² ye kadar) yüksek basınç enjeksiyonu (20 MPa=200 kgf/cm² ye kadar) vakum enjeksiyonu sayılabilir. Her bir enjeksiyon tekniği o sisteme uygun bir reçine gerektirir. Bazı enjeksiyon donanımında reçine ve sertleştirici (hardener) karıştırmanın olduğu baş kısma ayrı hortumlardan gönderilir

ve orada iki bileşen otomatik olarak doğru oranlarda karıştırılır ve basınç altında çatlağa enjekte edilir. Bileşenlerin doğru oranlarda karıştırılması elbette son derece önemlidir ve üzerinde titizlikle durulmayı gerektirir.

Çatlak genişliği az (0,1-0.5 mm arasında) olduğu zaman dolgu malzemesiz (fillersiz) bir reçine kullanılır. Daha geniş çatlaklar halinde büzülme, sünme ve sıcaklık etkileri nedeni jel filler ilave etmek tavsiye olunur. Çatlak genişliğinin (1-1,5 mm) den fazla olmadığı durumlarda cam veya kuvars (silis cinsi malzeme) kullanılabilir. Fakat bu sınırın ötesinde ve 4-5 mm ye kadar kum kullanılmalıdır. Burada dikkat edilecek bir husus şudur;

Dane iriliği çatlağın minimum genişliğinin yarısından fazla olmamalıdır. Ayrıca ne olursa olsun 1 mm'yi de geçmemelidir. Reçine/filler oranı da 1 civarında alınır. Çimento enjekte edildiği zaman içeride kalmasını temin edebilmek için çatlak, yüzeyde uygun bir malzeme ile macunlanarak kapanmalıdır. Bu macunlanan çatlak boyunca çatlağın genişlik ve derinliğine bağlı aralıklarla, nipel de denilen, meme veya ağızlar konulmalıdır.

Reçine aşağıdaki meme veya ağızdan enjekte edilir ve komşu meme veya ağızda fark edilinceye kadar devam edilir ve bu takdirde enjeksiyonun yapıldığı nipel kapanır ve sonraki nipele (komşu meme veya ağza) geçilir. Bir daha vurgulayarak belirtelim ki reçine enjeksiyonu ile veya reçineye doyurularak onarılan elemanlar sıcaklık değişimlerine, özellikle de yangına karşı önlemlerle korunmalıdırlar.

6.2.7 Harçlar

Harçlar boşlukları doldurmak veya beton veya kagirin bitişik veya yakın parçaları arasındaki aralıkları doldurmak için çok kullanılırlar. Burada sözü geçen harçlar normal harca göre daha akıcı olan harçlardır. Çeşitli harçlar söz konusudur ve proje mühendisinin bunlardan amaca uygun olanı seçmesi gerekir. Normal harçlar çimento, kum ve sudan oluşurlar. Karışım oranı doldurulacak hacme kolay dökülebilmesi ve yerleştirilebilmesi için akıcı harç elde edilecek oranlarda olur. Prizini yapıncaya kadar döküldüğü yerde kalabilmesi için akıcı harcı tutucu kalıplar ve benzeri düzen gereklidir. Bu tipte normal harcın, karışımındaki fazla su miktarı

dolayısıyla, b z lme karakteristikleri aşırı derecede büyüktür. 2-5 cm geni li inde bo lu a doldurulan har ta doldurulduğu aralığın bir tarafında kolaylıkla görülebilecek çatlaklar oluşmasına yetecek kadar b z lme olur. Buna göre normal harçlar bu tür büzülmeden ileri gelecek bu çatlakların kabul edilebileceği durumlarda kullanılmalıdır.

Çimento  erbeti çok küçük çatlaklar yerle tirilmek için bir sıvı oluşturmak üzere çimentonun su ile kar  tırılması ile elde edilir. Su miktarının çimentonun hidratasyonu için gerekli miktarda tutabilmek için bu kar  ş mlara süper ak  şkanla tırıcılar katılması gerekir. Normal b z lme çatlakları oluşmadan bir boşluk doldurulmak istendiğinde b z lmeyen harçlar kullanılır. B z lmeyen har ta kullanılan kuru kar  ş m malzemeleri üretici firmadan torbalarla gelir ve firmanın tarif namelerindeki bilgiye göre su ile kar  ştırılır.

Epoksi ve reçine harçları bir aralıkta, boşlukta yüksek kesme mukavemetinin söz konusu ve güvenilir ve kesin bir aderansın gerekli olduğu durumlarda da kullanılır.

Epoksi harcı genellikle b z lmez ve epoksi  r nlerinininkine benzer bir yapışma, bağlantı temin eder. Polimer  r nleri ve daha başka beton ürünleri kullanılarak daha birçok harç  e itleri ortaya çıkarılabilir. Normal harcın b z lmesi süper ak  şkanla tırıcılar kullanılarak azaltılabilir.

Birçok hallerde bir bo lu u akıcı harçla doldurmak uygun değildir böyle durumlarda kum ve çimentodan oluşan kuru malzemeyi  latmak için az bir miktar su ilave edilir ve bu malzeme bo lu a iyice doldurulur. Ve mesela haf  darbelerle yerleştirilir.

6.2.8 Yüzey Kaplamaları

Bazı durumlarda onarımda kullanılan beton ideal bir malzeme olmaktan uzaktır. Çevrenin etkisiyle çatlamalar, dökülmeler, parçalanmalar ve yapısında çözülmeler görülebilir. Böyle durumlarda koruyucu yüzey kaplamaları gereklidir.bu sayede betonun karakteristik özellikleri iyile tirilmi  olur. Çok çeşitli yüzey kaplama malzemeleri mevcuttur. Bunlardan bazıları da aşındırıcı etkilere karşı dayanıklıdır.

6.2.8.1 Koruyucu Yüzey Kaplamaları

Tek bir cins yüzey kaplama malzemesi, beraber bulunması olası etkilere karşı dayanım göstermeyebilir. Bu yüzden değişik şekillerde formüle edilmiş çeşitli kaplama malzemeleri vardır. (epoksiler, akrelikler, poliüretanlar). Buna rağmen bazı ürünler, içinde bulunacakları zararlı ortamlara karşı istenene dayanımı göstermeyebilir. Bu sebepten dolayı tavsiyelerine güvenilmesi gerekir.

Betonun özellikleri uygulanacak kaplama malzemesinin özelliklerini etkileyebilir. Bu özellikler porozite, nem yüzdesi ve yüzey kirlilik derecesidir. Kaplama malzemeleri yüzey kalitesini etkileyebilecek değişik uygulama karakteristiklere sahip olabilir. Bu yüzden seçim yaparken kullanacakları bölgedeki iklim durumu, beton yüzey sıcaklığı, yüzeyin nem oranı, kaplama kalınlığı ve uygulanacak kaplama katman sayısı dikkate alınmalıdır.

Yüzeylerin ve döşemelerin kaplama işlerinde kullanılabilen, çeşitli derecedeki kimyasal etkilere karşı koruyabilen ve fiziksel dayanım sağlayan malzemeler mevcuttur. Bundan başka yangın etkilerinde karşı dayanım olan malzemeler de bulunmaktadır. Koruyucu yüzey kaplama tipleri olarak adlandırılan bu malzemeler şunlardır;

- ❖ Bitümlü kaplamalar ve mastikler
- ❖ Polyester ve vinil esterler
- ❖ Üretanlar
- ❖ Epoksiler
- ❖ Neopran
- ❖ Akrelikler

6.2.8.2 Genleşen Yüzey Kaplamaları

Genleşen yüzey kaplama malzemeleri yapısal elemanlar üzerine uygulanan, yangına dayanıklı olması için özel formüle edilmiş yüzey kaplama malzemeleridir. Betonarme çeliğin yangından doğabilecek hasarlara dayanımını arttırmak için geniş

kullanım alanları bulunmuştur. 3~4 mm kalınlıktan 30 mm kalınlığa kadar fırça ile sürülebilmektedir. Dayanımlarına ilişkin tablo ;

Tablo 6.1: Yüzey kaplama malzemesinin yangına karşı sürülmesi gereken miktar

Gereken Yangın Dayanımı (saat)	Kaplama Kalınlığı (g/m ²)
1/2 saat	500
1 saat	1000
1 1/2 saat	3000
2 sat	6000

Bu tür malzemeler genellikle genleşebilir karakterlidir. Sürüldükleri zaman sıradan boyalar gibi görülebilirler ama özel formüle edildikleri için 200 °C'nin üstündeki sıcaklıklarda 25~30 kat genleşebilirler. Sonuçta ortaya çıkan köpüksü yapı elemanını 2 saatin üzerinde koruyabilmektedir.

6.2.8.3 Reçine Kökenli Yüzey Kaplamaları

Genellikle endüstriyel zeminlerde kullanılırlar. Özellikle zeminde ileri derecede bir hasar varsa ve yüzeyde aşınmalar, dökülmeler mevcut ise ağır koşullar dayanabilen monolitik reçineli kaplam malzemeleri en iyi çözümdür. Ayrıca bu tür kaplama malzemelerinin içinde kaba agrega bulunduğu için mal ile kalın bir örtü şeklinde uygulanabilirler. Bu tür malzemelerin önemli özellikleri, maliyetlerinin yüksek olması ve büzölmelerinin az olmasıdır. Bunlara ek olarak termal genleşme katsayıları da betona çok yakındır.

6.2.8.4 Yüzey Sertleştiriciler ve Kaplamalar

Yüzey sertleştiriciler ve kaplamalar forklift, kamyon, kamyonet gibi yükleme araçlarının kullanıldığı endüstriyel tesislere ait zeminlerde iyileştirme ve tamirat malzemesi olarak kullanılmaktadır. Bu gibi zeminlerde, zemin yüklü veya çok yüklü durumda olabilir. Her iki durum için tamirat yöntemi aynı fakat kullanılacak teknik ve malzemeler farklıdır.

Zemin sertleştirici terimi, zeminin aşınma dayanımı, kimyasal etkilere karşı olan dayanımı gibi özelliklerinin iyileştirilmesi anlamında kullanılmaktadır. İki ana kategori içerirler:

- ❖ Serperek yayılan yüzey sertleştiriciler
- ❖ Sıvı yüzey sertleştiriciler

Serperek yayılan yüzey sertleştiriciler, seçilen normal veya metalik agregaların, yeni dökülmüş yüzeye serpilerek yayılması yoluyla bir zemin iyileştirilmesi sağlarlar. Sıvı yüzey sertleştiriciler ise adından da anlaşılacağı üzere sıvıdırlar. Uygulandıkları yüzey ile iyi bir bağlanma sağlayıp aşınma direncini arttırmırlar.

Beton kaplama malzemeleri ise koruyucu malzeme olarak, trafiğe hemen açılması gereken yerlerde ve bu konuda daha evvelden üzerinde oluşabilecek trafiğe karşı bir koruma sistemi düşünülmemiş yeni yapılarda veya hasar görmüş döşemelerin onarımında kullanılmaktadır.[6]

6.2.9 Karbon Lamalar

Karbon lamalarla onarım ve güçlendirme oldukça yeni bir uygulama olup, bunlar kirişin alt ve yan yüzlerine, kolonların düşey yüzlerine ve kolon-kiriş birleşim bölgesine epoksi reçinesi ile yapıştırılırlar. Paslanmazlar çelikten oluşan bu şeritlerin kalınlığı 1.0-15 mm' dir.

Karbon lamalar oldukça yaygın bir kullanım alanına sahiptirler. Betonda, betonarme elemanlarda, öngermeli betonda, taş binalarda, çelik yapılarda, yığma ve ahşap yapılarda kullanılabilirler.

Karbon lamaların sağladığı avantajlar aşağıda sıralanmıştır;

- ❖ Yüksek mukavemete sahiptirler.
- ❖ Paslanmazlar.

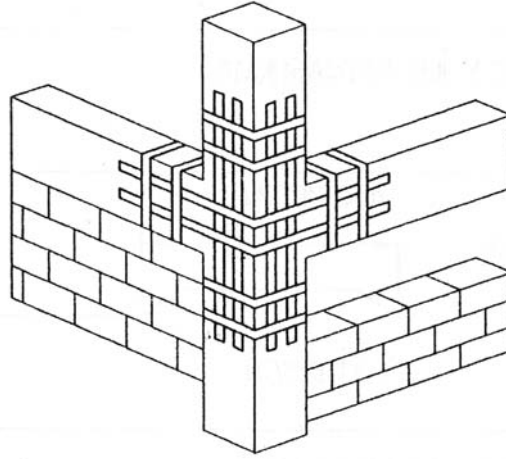
- ❖ Hafiftirler. Bu nedenle taşıma maliyet düşüktür. Diğer güçlendirme elemanlarında göre fazla yer kaplamadığından, sınırlı alanlarda rahatlıkla kullanılabilirler.
- ❖ Yapışma süresince iskeleye ihtiyaç gerektirmezler.
- ❖ Uygulamalar estetik görünümü bozmadan rahatlıkla kapatabilirler.
- ❖ Ekonomik sonuçlar verirler.

Karbon lamaların sağladığı avantajların yanında bazı dezavantajları da vardır.

Bunlar;

- ❖ Karbon liflerin kendi maliyetlerinin yüksek olması
- ❖ 50 °C nin üzerindeki çevre sıcaklıklarında sorun çıkarmaları.

Uygulama yapılmadan önce beton yüzeyi iyice zımparalanır ve pürüzsüz bir yüzey elde edilir. Yüzey iyice temizlendikten sonra yüksek viskoziteli epoksi reçinesi beton ve çeliğin yüzeyine sürülür. Basınç uygulayarak yapışma sağlanır. Çelik lamalar tel ağ ve çimento harcı veya püskürtme beton ile kaplanır. (Şekil 6.2) [10]



Şekil 6.2: Karbon Lama Uygulaması

6.2.10 Cam Ve Karbon Lifli Dokumalar

Son yıllarda kullanımı yaygınlaşan epoksi emdirilmiş lifli doku, kumalar, betonarme kolon, perde, kiriş ve düğüm noktaları gibi taşıyıcı elemanların aksenel normal

kuvvet, eğilme momenti ve kesme kuvveti taşıma kapasitelerini arttırmak için çelik levha ile güçlendirme yerine kullanılmaktadır.

Betonarme elemanlarda çelik levha ile güçlendirmenin iki ana sorunu vardır. Bunlardan ilki zamanla çelik levhada oluşan paslanma, diğeri ise ağır levha elemana yapışana kadar geçen süre içindeki desteklenme sorunudur. Sentetik dokumaların yüksek dayanımlı liflerin oluşturduğu ince bir bez olması ve epoksi sarılabilmekte ve paslanma sorunu da olmamaktadır.

Lifler cam, karbon, grafit denilen malzemelerden yapılır. Bu liflerin en önemli özellikleri kopuncaya kadar doğrusal elastik davranmalarıdır. Epoksi emdirilmiş lifli dokumaların liflere paralel çekme dayanımı çok yüksektir. Bu nedenle verimli kullanılabilmeleri için liflerin çekme kuvvetine paralel şekilde yerleştirilmesi gerekir.

Dokuma liflerin çevresindeki ortamı oluşturan reçine, yeterli rijitlikte olmalı, beton ile dokuma arasında kuvvet aktarabilmeli ve beton ile dokuma arasındaki aderansın gevrek bir biçimde sona ermesini engellemelidir. Cam yada karbon lifleri bir arada tutan reçinelerin yüksek ısıdan etkilendikleri bilinmektedir. Aşağıda en çok kullanılan cam ve karbon lifler hakkında bilgi verilmektedir.

- ❖ Cam lifler: Kopma gerilmeleri 2100 kg/cm^2 , elastisite modülü 700000 kg/cm^2 dir. Ancak uygulamada, liflerin giderek kopması nedeniyle, bu gerilmelere ulaşılması çok zordur.
- ❖ Karbon lifler: Karbon liflerin cam liflere göre elastisite modülleri 10 kat fazladır. Ancak maliyetleri de cam lifler nazaran çok fazladır. Karbon lifleri tümü karbon atomlarından oluşur.

Lifli dokumalar arasında herhangi bir yapışma olmadığı için polimer ya da sentetik reçineden oluşan bir ortam içine alınmakta veya dokuma yüzeye sarıldıktan sonra bu sentetik reçine ya da polimer kat kat fırça ile sürülmektedir. Bu yolla dokumaların lifleri epoksi ortamı yolu ile birbirine kuvvet aktarabilmektedir.[10]

6.3 Parça Kopmaları ve Ayrışmaların Onarım ve Güçlendirilmesi

Parça kopması ve yüzey ayrışması sonucu çok büyük kesit kaybı oluşmuşsa yapının taşıma gücünde yetersizlik ortaya çıkabilir. Hasar ayrıntılı olarak incelenip dayanımın yeterliliğı belirlenmelidir. Dayanımın yetersiz olması durumunda yapı güçlendirilmelidir.

Hasarın tipi ne olursa olsun yüzey hazırlığı büyük önem taşımaktadır. Gerek onarım sırasında gerekse onarımdan sonra sorun çıkarabilecek bütün hasarlı kısımlar yapıdan uzaklaştırılmalıdır. Yüzey hazırlığı yapıldıktan hemen sonra, yüzey yeniden kirlenmeden onarım uygulamasına geçilmelidir. Hasara uğrayarak bozulmuş beton minimum 6 mm kadar mekanik testerele yardımcıyla kesilir.

Kullanılacak malzeme ile yapacağı bağ ve uygulama sırasında malzemeyi iyice yerleştirebilmek açısından hasarlı yerlerin hazırlanmasındaki geometrik şeklin önemi büyüktür. Yapıda eğer korozyona uğramış bölgeler mevcut ise bu kısımlar iyice temizlenmeli ve gerekiyorsa donatının da arkasına geçecek bir biçimde hasarlı veya koruyucu özelliğini yitirmiş beton yapıdan uzaklaştırılmalıdır. Karbonatasyona uğrayarak koruyucu özelliğini yitirmiş bölgelerde, uzaklaştırılacak betonun derinliğı fenol fatelein çözültüsü kullanılacak anında kontrol edilebilir.

İdeal olarak, klor etkisine maruz kalmış beton yapıdan tamamen uzaklaştırılmalıdır. Çünkü yapıdaki klor miktarı konusunda güvenli bir sınır vermek kolay değildir. Çimento ağırlığına göre CI yüzdesi olarak %0.4 gibi bir değıer yapı araştırma kuruluşları tarafından verilen bir limit değıerdir. Böyle yapıların birkaç yıl daha korozyon etkilerine dayanabilecekleri söylenmiştir. Pratik olarak, klor etkilerinin limit değıerlerinin görüldüğü yerdeki beton yapıdan uzaklaştırılmalıdır. Diğer bölgelerde ise olası korozyon etkileri beklenebilir. Bu bölgelerin saptanması için bölgenin korozyon haritası elektro potansiyel metotlar ile çıkarılarak sorunlu bölgeler belirlenebilir.

Bir onarımın aşamaları şu şekilde açıklanabilir;

- ❖ Keserek veya başka metotlar kullanarak uzaklaştırılacak bölgenin sınırlarını belirlemek
- ❖ Bütün hasarlı betonu uzaklaştırmak
- ❖ Betonarme demirinin yüzeyine, temiz metal görüntüsü elde edinceye kadar temizlemek
- ❖ Gerekli onarım malzemesini bağ güçlendirici malzemeyi yüzeye uygulamak
- ❖ Yerleştirip onarımı bitirmek ve malzemenin kürünü yapmak

Kullanılacak onarım malzemesinin özellikleri mümkün olduğu kadar eski betonun özelliklerine benzemelidir. Ayrıca yama görünümünün önlenmesi de önemli bir problemdir. Bu yüzden çeşitli dolgu malzemeleri içeren portland çimentolu harçlar ve şerbetler en çok kullanılan malzemelerdir.

Çimentolu onarım malzemelerinde uygulama işlemi el ile hızlı bir şekilde onarım malzemesinde en ufak girintilere bile iyice yerleştirmek suretiyle olmalıdır. Beton yüzeyindeki derin olmayan dökümlerde onarım harcı 10 mm lik tabakalar halinde uygulanabilir. İlk tabaka bağ sağlayıcı bir malzeme kullanılmasının hemen ardından, yüzey ıslakken uygulanmalıdır. Eğer yüzeyin kurumasına izin verilirse bu bağ dayanımını azaltır. Her tabaka üzerine ikinci tabaka uygulanıncaya kadar nemli bir şekilde bekletilmelidir. İkinci tabaka yerleştirilmeden evvel, altta kalacak tabakanın yüzeyi pürüzlendirilerek üzerine uygulanacak onarım malzemesi ile yeni bir bağ sağlanmalıdır.

Reçine kökenli malzemelerde yüzey hazırlığı, çimentolu tamirat malzemeleri ile aynıdır. Reçine kökenli malzemelerin mekanik özellikleri çimentolu malzemeye kıyasla farklılık gösterir. Reçine kökenli malzemeler genellikle 2 veya 3 bileşenli olurlar. Karışım yapıldıktan sonra kısa bir süre içerisinde kullanılması gerekir.

Parça kopmaları ve yüzey ayrışmalarının onarımı genellikle;

- ❖ Mantolama
- ❖ Püskürtme beton

- ❖ Prepakt beton
- ❖ Tokmaktama beton-kuru harç
- ❖ Betonun değıştirilmesi
- ❖ Yüzey kaplamaları-sıvama metodları
- ❖ Epoksi reçineleri
- ❖ Koruyucu yüzey uygulamaları şeklinde yapılmaktadır

6.4 Tamir Harçlarıyla Onarım ve Güçlendirme

Tamir harçları elemanlarda yerel olarak ortaya çıkan beton hasarlarının giderilmesinde yaygın biçimde kullanılır. Yüksek basınç dayanımına ve aderans özelliğine sahip olan bu harçların seçiminde, uygulandığı beton yüzey ile iyi yapışması, alt tabaka ile aynı elastiklik modülü, ısı genleşme katsayısına sahip olması beklenir. Bu suretle yükleme durumunda ve sıcaklık değışimi ile ek gerilmelerin çıkması önlenmiş olur. Tamir harcı uygulanan yüzey dışa açık olduğu için atmosfer koşullarına dayanıklı olması ve düşük geçirimsiliğe sahip olması tercih edilmelidir. Tamir harçları küçük hacimlere uygulandığı için, kalıp kullanılıyorsa, yüksek akışkanlık ve kalıpsız uygulanıyorsa yüksek yapışma özelliği önemli olur. Kururken büzülmesinin düşük olması ve işlenebilme için su/ çimento oranını düşürme kamacıyla süper akışkanlaştırıcı içermesi de tercih sebebidir.

Tamir harcı uygulamadan önce yüzeydeki harç gevşek parçalar ve bozulmuş hasar görmüş beton temizlenmelidir. Yüzeydeki yağ, boya kalıntıları, kireç, toz ve kir temizlenmelidir. Yüzey bir keski ile pürüzlendirilmelidir. Kesitte bulunan donatı çeliği kumlandırılarak, üzerindeki pas temizlenmeli ve üzerine korozyona karşı koruyucu bir kimyasal sürülmelidir. Mevcut donatının kapasitesi azalmışsa, yeni donatı çubukları ilave edilmelidir. Tamir harcı uygulanacak yüzeyde su sızıntısı mevcutsa, bu sızıntı durdurulmalıdır. Eğer tamir harcı uygulaması 20 mm den kalın olacaksa ve etriye yoksa, harç kalınlığındaki gerilmeleri alabilmek için, yüzeye tel veya çelik hasır bağlanmalıdır. Konulan hasırla yüzey arasında tamir harcının nüfuz edebilmesi için biraz boşluk bırakılmalıdır. Donatısız yüzeydeki veya donatı üzerindeki harç kalınlığı en az 10 mm olmalıdır. Bazı tamir harçları içinde çelik liflerde bulunmaktadır. Bu durumda ayrıca tel veya çelik hasıra ihtiyaç kalmayabilir.

6.5 Çimento Şerbeti ve Enjeksiyonu Yöntemi İle Onarım ve Güçlendirme

Çimento tanecikleri 0,074 mm den küçük olduğu için çimento şerbetinin 0.1 mm den daha küçük çatlaklara girebilme olanağı azdır. Bu nedenle kılcal çatlaklara ancak basınç altında enjekte edilebilir.

Çimento şerbeti yapımında ilk dayanımı yüksek çimento ve genleşen çimento kullanımı, onarımın hızlı yapılmasını ve çatlağın içine giren çimento şerbetinin genişleyerek tüm boşlukları doldurmasını sağlar. Genleşen çimento portland çimentosuna ince öğütülmüş alüminyum tozu katılması ile elde edilir.

Çimento enjeksiyonu özellikle taşıma gücü zayıf olan moloz taş duvarlara düşük basınç altında uygulanır. Bunun için duvara 30-40 cm aralıklarla borular yerleştirilir ve duvar sıvanır. Daha sonra en alt deliklerden başlayarak çimento şerbeti enjekte edilmeye başlanır. Bir sonraki delikten çimento şerbeti gelinceye kadar enjeksiyona devam edilir. Daha sonra enjeksiyon yapılan delik kapatılır ve bir sonraki delikten uygulamaya devam edilir. Bu işlem duvar boyunca devam ettirilir.

Bu yöntem tarihi ve kültürel değeri olan moloz taştan yapılmış binaların onarım ve güçlendirilmesinde kullanılabilir.

Betonarme taşıyıcı sistemlerde genellikle binaların bordum katlarında korozyon nedeniyle oluşan dikey (kolonlarda), yatay (kirişlerde) çatlak ve kırıklar betonla donatı arasındaki aderansı yok ettiğinden dolayı taşıma gücünde azalmalara neden olmaktadır. Bu çatlak ve kırıkların tamiratlarında korozyon önleyici ve aderans artırıcı epoksi astar, üzerine de çimento esaslı özel elyaf lif takviyeli polimer modifiye tamir harçları kullanılmaktadır. Uygulaması şu şekilde yapılır;

Korozyon belirtisi gözlemlene; çatlak ve kırıkların yer aldığı yüzeyler donatıya ulaşılan dek temizlenip donatı üzerindeki pas mekanik olarak temizlenmekte ve çimento yada epoksi esaslı korozyon engelleyici ve aderans artırıcı şerbetlerle kaplanmaktadır. Tamir harcı olarak elyaf donatılı polimer modifiye tamir harcı uygulanmaktadır. Düzeltme ve bitirme harcı olarak ta su geçirimsizliği yüksek çimento esaslı özel harç kullanılmaktadır.

6.6 Püskürtme Beton İle Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi

Püskürtme betonu yeni yapılarda olduğu gibi, eski yapıların da onarım ve güçlendirme işlemlerinde çok kullanılan bir uygulamadır. Mevcut bulunan kagir, tuğla çelik ve betonarme yapıların yüzeylerinin beton tabakasıyla kaplanmasında ve güçlendirilmesinde kullanılır. Ayrıca çelik yapıların sıcaklık etkisinden korunması için de kullanılır. Püskürtme betonu, özellikle kalıp yapmanın zor olduğu veya ekonomik olmadığı, betonun yerleştirilmesinin güç olduğu ve betonun ince bir tabaka halinde uygulanması gereken yerlerde kullanılır. Bu uygulama için yeterli ekipman, yetişmiş iş gücüne ve işin birim maliyetine minimum düzeyde tutacak miktarda işe ihtiyaç vardır. Aksi takdirde hem yapılan işlem amacına ulaşmaz hem de ekonomik olmaz.

Püskürtme betonu, basınçlı hava ile yüzeylere uygulanır. Eğer püskürtme betonu çok kalın ise donatı kullanmak gereklidir. Küçük kalınlıktaki kaplama işlemlerinde donatı kullanılmayabilir. İşleme başlamadan önce eleman yüzeyi temizlenerek, gevşek agrega kaldırılmalıdır. Ayrıca aderansın artması için beton yüzeyi pürüzlendirilir. Püskürtme betonunun çok fazla rötre özelliği vardır. Rötre, karışımın uygun ortamlarda seçimi ile minimum düzeye indirilebilir.

Püskürtme betonunun uygulanmasında, ıslak ve kuru karışım olmak üzere iki yöntem mevcuttur: Birinci yöntemde çimento, agrega ve su haznede beraber karıştırılarak ıslak karışım elde edilir. Bu ıslak karışım hortum ve basınçlı hava yardımıyla püskürtülerek işleme başlanır. İkinci yöntem olan kuru karışım ise, haznede agrega ve çimento uygun oranlarda karıştırılarak basınçlı hava yardımıyla püskürtme ucuna iletilir. Püskürtme tabancasının ucunda, kuru karışıma uygun miktarda su verilerek işleme başlanır. Püskürtme işlemine düşey ve düşeye yakın yerlerde aşağıdan başlanmalıdır. Eğer kalınlık çok fazla ise, betonun akması için püskürtme işlemi tabakalar halinde yapılmalıdır. İşlem sırasında yüzeye çarpıp geri dönen beton kütlelere kesinlikle yeniden kullanılmamalıdır.[7]

6.7 Epoksi Reçineleri İle Onarım ve Güçlendirilmesi

Epoksi reçineleri yapıştırma özellikleri çok iyi olan sentetik reçinelerdir. Suya, asite ve alkaliye dirençleri çok iyi olmalarına karşın yüksek ısıya karşın dayanımları düşüktür. (genel olarak 100 °C nin üzerinde dayanımlarını kaybederler.) Bu nedenle kullanımları sınırlı kalabilir veya yangına karşın korunmaları gerekebilir. Epoksi reçinelerinin ve betonun mekanik özellikleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 6.2: Epoksi reçinesi ile betonun mekanik özellikleri

Özellik	Beton	Epoksi Reçinesi
Basınç Dayanımı (Mpa)	20--70	250 'e kadar
Çekme Dayanımı (Mpa)	2--5	3.5-35
En büyük boy değişimi	0.01	0.2-50

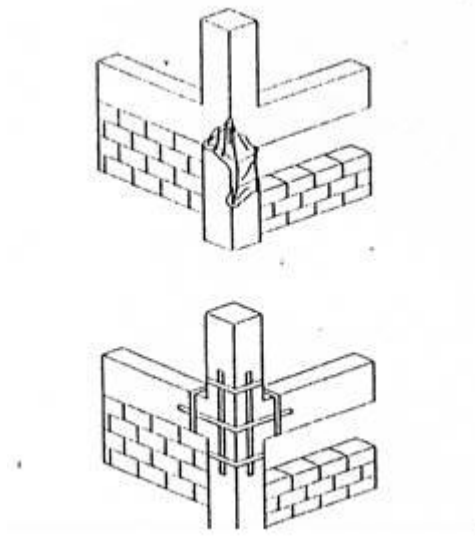
Epoksi ve benzeri reçineler betonu veya donatısı hasar görmemiş betonarme elemanlardaki hafif beton çatlaklarını doldurulmasında ve ince çelik elemanların betona yapıştırılmasında kullanılır. Reçinenin betona ,yığma duvara ve çeliğe yapışma özelliği çok iyidir ve bu bağda nemle bir azalma görülmez. Genel olarak reçinenin kullanımı esnasında sıvı döneminin uzun olması ve kapta sertleşmeye geçmemesi istenir. Epoksi enjeksiyonu minimum 5 °C sıcaklıkta ve maksimum 4 mm genişliğindeki çatlaklara uygulanabilmektedir.

Epoksi reçineleri; betonarme perdeler, kolonlar, döşemeler ve kirişlerdeki çatlakların onarımında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yöntemle çatlak ve boşluklar epoksi malzemesi ile doldurulmaktadır. Uygulamaya önce çatlağın basınçlı hava ile temizlenmesi ile başlanır. Daha sonra çatlak V şeklinde genişletir ve içine epoksi doldurulur. Daha derindeki çatlakları doldurmak için düşük viskoziteli epoksi düşük basınç altında uygulanmaktadır. Bunun için çatlak boyunca 15~100 cm aralıklarla borular çatlak üzerine yerleştirilir ve çatlak ve boruların çevresi sıvanır. Uygulamaya en düşük seviyedeki noktadan başlanır ve bir sonraki noktadan epoksi çıkana kadar uygulamaya devam edilir. Daha sonra ilk nokta kapatılarak bir sonraki noktaya geçilir ve uygulama bu şekilde devam eder. Çatlağa epoksi enjeksiyonu ile çatlağın tamir edilmesi yanında epoksinin beton ile donatının arasına girmesi ile beton ile donatının aderansı arttırılmış olur.

Epoksi doldurulmuş çatlak ara yüzeyde oldukça yüksek bir çekme dayanımı sağlamaktadır. Ancak onarılmış elemanın tekrar yüklenmesi ile birlikte eski çatlakların hemen yanında onarılmış iki çatlak arasında bir yerde yeniden çatlak olduğunu ve elemanın hasar öncesi dayanım düzeyinde kaldığı gözlenmektedir. Bu nedenle epoksi uygulamaları güçlendirme amaçlı değil onarım amaçlı olarak kullanılmalıdır. Epoksi kullanımında yerel çatlak onarımı yapıldığı unutulmamalıdır. Bir elemanı veya bir bölgeyi güçlendirmek için genellikle tek başına kullanılmaz. Diğer güçlendirme yöntemleri ile beraber kullanılması tercih edilmelidir. Örneğin mantolanan kolonlarda mevcut betonla yeni kolonun kaynaşması için kullanılabilir.[7]

6.8 Çelik Şeritlerle Onarım ve Güçlendirme

Epoksi reçinesi, çimento şerbeti ve harçla onarımlar genellikle çatlak genişlemesi durmuş yapılarda kullanılan yöntemlerdir. Eğer bir yapı elemanında hala kısmi olarak çatlak genişliğinde bir artış gözleniyorsa, çelik şeritlerle onarım en uygun yoldur. Şekil 6.3’de yapı elemanlarına çelik şerit uygulamasıyla ilgili bir örnek görülmektedir.



Şekil 6.3: Çelik şeritlerle onarım ve güçlendirme

Oldukça yeni bir uygulama olan bu yöntem kirişin alt ve yan yüzlerine, kolonların düşey yüzlerine ve kırış-kolon birleşim bölgesine epoksi reçinesi ile yapıştırırlar. Paslanmaz çelikten olan bu şeritler 1.0~1.5 mm kalınlığındadır.

Bu onarım yöntemi de öncelikle kolon ve kirişin hasarlı bölgesindeki ezilmiş ve parçalanmış beton kaldırılır. Bu bölge epoksi harcı ile doldurularak tamamlanmış olur. Daha sonra betonun çelik şeritlerle temas edeceği yüzeylere, epoksi reçinesi sürülerek, çelik lamalar betona sarılır. Sarılan bu çelik lamalar bulonlarla sıkıştırıldığı zaman, etkili olarak çalışmaya başlarlar. Bütün bu işlemlerden sonra çelik şeritlerin üstü püskürtme betonu veya çimento harcı ile kapatılır. Kullanılan çeklik şeritler en az 5 mm kalınlığında ve 50 mm genişliğinde olmalıdır.

6.9 Lif Takviyeli Plastik Levhalarla Onarım ve Güçlendirme

Bu uygulama çelik şerit yapıştırma işlemine benzer. Hafif olması, korozyon tehlikesinin bulunmaması ve büyük boyutlarda bulunması üstünlükleridir. Ayrıca, elastiklik modülünün küçük olması ve güç tükenmesi durumunda büyük şekil değiştirmeler yapabilmesine sebep olur. Ancak, güç tükenmesine kadar elastik davranışı sebebiyle, malzeme düşük sünekliktedir. Sürekli yük altında başlangıç mukavemetinde %15~60'a varan önemli azalmaların olduğu bildirilmiştir. Bu nedenle depreme karşı ve sürekli olmayan yük için güçlendirme uygulamalarında yararlıdır. Bu tür plastik levhalar uygulamada bir ve iki doğrultuda takviyeli olarak kullanılır. Özellikleri kullanılan malzemeye göre değişir. (Tablo 6.3)

Tablo 6.3: Lif takviyeli plastik levhaların mekanik özellikleri

Malzeme	Elastik modülü (Gpa)	Çekme Dayanımı (Mpa)	Güç Tükenmesi uzaması (%)	Sürekli Yükte dayanım kaybı (%)
Cam-LTP	50	1700-2100	3	60
Aramid-LTP	65-120	1700-2100	2--3	50
Karbon-LTP	135-190	1700-2100	1-1.5	15
Çelik	200	220-460	0.2	-

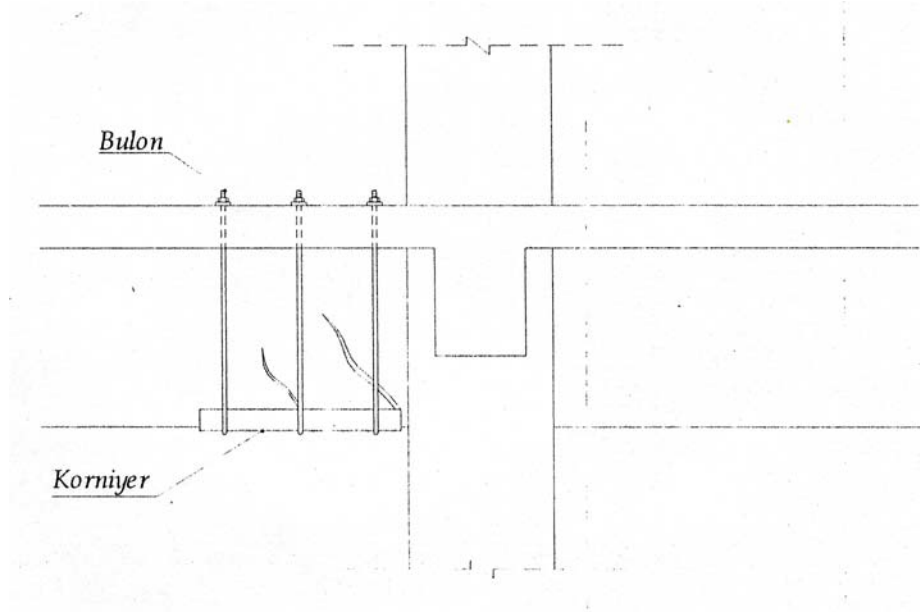
Özellikle betonarme perde ve döşeme ile yığma yapı duvarı gibi geniş düz yüzey uygulamaları ve dairesel kolon, baca, hazne ve tank gibi elemanların onarım ve güçlendirilmesinde tercih edilir.

Uygulamada önce düşük viskoziteli bir epoksi astar sürülür, bu kuruduktan sonra epoksili harçla düzgün olmayan yüzey düzeltilir. Bunların üzerine epoksi esaslı bir yapıştırıcı sürülür ve üzerine lif takviyeli plastik levha yapıştırılarak alttaki yapıştırıcının emilmesi sağlanır. Sıva yapılacaksa kum serpilerek bırakılır.

Bunların çelikten en önemli farklılığı davranışının güç tükenmesine kadar tamamen elastik olmasıdır. Bu plastik levhalar, çelik levhalar yerine elemanların eğilme momenti ve kayma dayanımına arttırmak için başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. İnce olduklarından dolayı elemanın rijitliğini ve taşıyıcı sistemdeki kuvvet dağılımını değiştirmezler. Bu durum yerine göre olumlu ve olumsuz bir özellik olarak ortaya çıkar. Buna karşılık kesit sürekliliğini olumsuz yönde azaltırlar.[11]

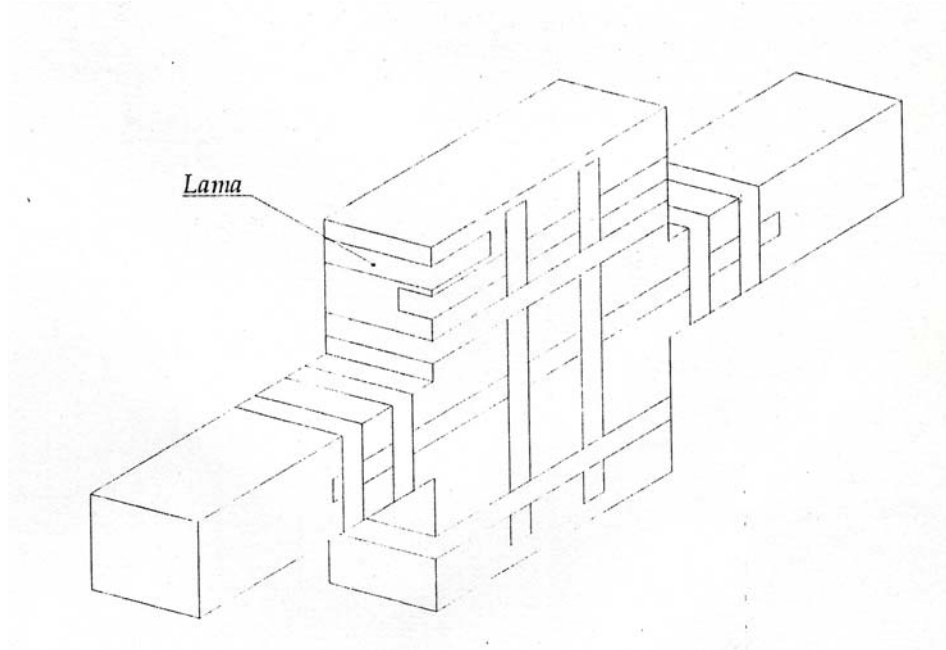
6.10 Mekanik Bağlayıcılar

Çatlakların epoksi reçinesi, çimento şerbeti ya da harçla onarımı genellikle genişlemesi durmuş çatlakların onarılması amacı ile yapılmaktadır. Çatlakta genişleme duruyorsa çatlağın mekanik bağlayıcılarla dikilmesi gerekir. Bu dikişler çatlağı kesen çubuklar ve çubuk uçlarının uygun bir şekilde bağlanması ile oluşur. Bu tür mekanik bağlayıcılar süresiz olduklarından gerilme birikimi yapabilir. Uçlarındaki sıkıştırılmış somunlar dayandıkları yerlerde yerel ezilmelere yol açabilir. Mekanik bağlayıcılar ile çatlak yüzeylerine dik yönde bir kuvvet uygulandığı zaman, diğer bir deyişle vidalar sıkıştırıldığı zaman etkili olarak çalışmaya başlarlar. (Şekil 6.4)



Şekil 6.4: Mekanik bağlayıcılarla yapı elemanlarının dikilmesi

Çatlakların dikilmesinde diğer bir yöntem ise kolon kiriş birleşim bölgesinde meydana gelen hasarın onarımı için yapılır. Bu yöntemde birleşim bölgesindeki parçalanmış ve ezilmiş beton temizlenmekte ve epoksi harcı ile doldurulmuş bölge üzerine, metal şeritler altına epoksi reçinesi sürülmek ve epoksi sertleşinceye kadar basınç uygulamak suretiyle yapıştırılmaktadır. Bu onarım yöntemi 1992 Erzincan Depremi sonrası perde duvarlarla güçlendirilen binaların düğüm noktası hasarlarının onarımında kullanılmıştır. (Şekil 6.5)[10]



Şekil 6.5: Metal elemanlarla onarım

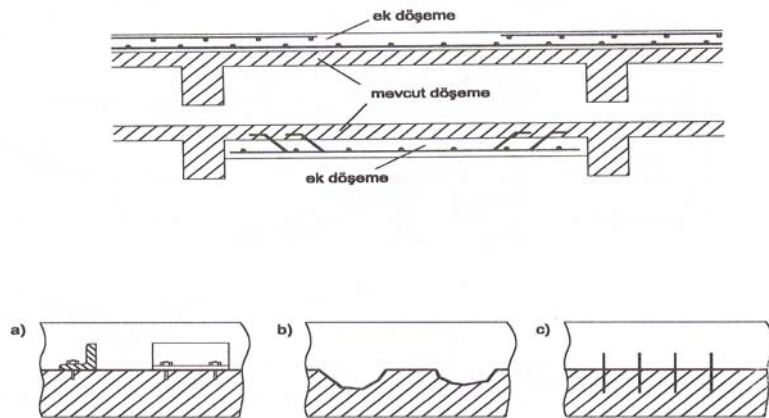
7 TAŞIYICI SİSTEM ELEMANLARININ ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİ

7.1 Döşemelerin Onarım ve Güçlendirilmesi

Gerçekte düşey yükleri taşımak için projelendirilen döşemeler yapıya etki eden yatay yüklere karşı da kat hizalarında diyafram özelliğini kullanarak sistemde yatay yük dağılımını dağıtmakta oldukça önemli bir görev üstlenmiştir. Döşemelerde oluşan hasarların büyük bir bölümü de bu yüklerden dolayı özellikle yüksek rijitliğe sahip olan perde-döşeme keşişimlerinde, aşırı sehim olan döşeme ortalarında, merdiven bölgelerinde ve büyük döşeme boşlukları etrafında gerilme yığılmalarından dolayı görülmektedir. Oluşan bu hasarları düzeltmenin yanında yeterli olmayan döşeme kalınlığının artırılması veya eklenen yeni perdelerle olan yük aktarımının sağlanması da gerekir.

Yerel onarımlar çatlaklara epoksi enjeksiyonu, tamir harçları, çimento şerbeti, püskürtme beton ile yapılır. Döşemelerde, parçalanmış beton, kırılmış veya burkulmuş donatı durumlarında hasarlı kısmın çıkarılıp yerine yenisinin konması gerekir. Bozulmuş kısım çıkarıldıktan sonra yeni donatı yerleştirilir ve mevcut donatı ile kaynaklanır ve beton dökülür.

Döşeme kalınlığının artırılması ile kesitin eğilme rijitliği artırır. Döşeme kalınlığı üstten beton tabakası ile artırılabilceği gibi alttan da püskürtme yöntemi ile artırılabilir. (Şekil 7.1)



Şekil 7.1: Döşeme kalınlığını artırma yöntemleri

Bu durumlarda ilave edilen kısım ile mevcut döşemenin aderansının sağlanması oldukça önem arz etmektedir. Bu Şekil 7.1’de olduğu gibi çelik çubukların mevcut döşemeye epoksi ile ekilmesi, profil parçalarının çelik dubellerle mevcut döşemeye sabitlenmesi, mevcut döşemenin pürüzlendirilmesi veya mevcut açılan boşluklar ile sağlanır.[11]

Döşeme uygulanan diğer bir güçlendirme yöntemi ise çelik levhalarla güçlendirilmedir. Çelik levhalar yalnızca döşemenin eğilme momenti dayanımını arttırmak için döşemenin alt yüzüne epoksi v.b. yapıştırıcılar yardımı ile uygulanır.[10]

Döşemeyi güçlendirmenin yanında diğer güçlendirme yöntemlerine nazaran pratik olmayan fakat daha ekonomik olan diğer uygulama yöntemi döşemenin kırılarak tekrar inşa edilmesidir. Ayrıca kat yüksekliğinde bir azalma olmadığından kullanımda bir değişiklik getirmediğinden daha uygun bir yöntemdir. Mevcut döşeme kiriş mesnetleri ile kırıldıktan sonra mevcut donatılardan da istifade edilerek ek donatılar ilave edilir ve istenilen kalınlıkta döşeme beton dökülür.

7.2 Kirişlerin Onarım ve Güçlendirilmesi

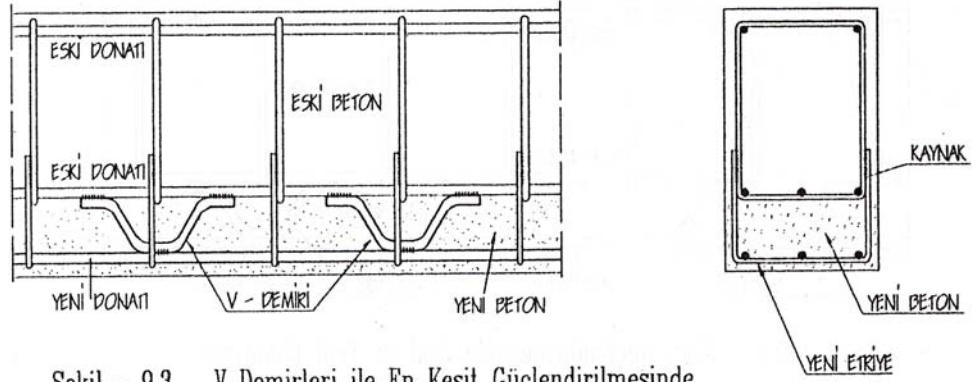
Herhangi sebepten dolayı hasar görmüş yapıların onarım ve güçlendirilmesinde çeşitli yöntemler mevcuttur. Onarım ve güçlendirme esnasında dikkat edilmesi gerekli olan husus komşu kolonların da göz önüne alınarak kuvvetli kiriş-zayıf kolon oluşumunu neden olmamak ve ilave edilecek olan yeni donatı yüzdesinin kirişte gevrek kırılmayı önlemek için dengeli kırılma yüzdesinin aşmamasıdır. Bu oran beton ve donatı cinsine göre değişmektedir. b160 ve bç1 için %3.4, b225 ve bç1 için %4.7, b300 ve bç1 için %5.8 ve b225 bç3 için %2.1 ve b300 ve bç3 için %2.6 kadardır.

Hasar görmüş hafif çatlaklı kirşlerde çatlakların onarımı için çatlakların epoksi reçinesi veya çimento şerbeti ile doldurulması, mantolama, çelik levhalarla yapılabilir. Küçük çatlaklarda 0.1-5 mm genişliğindeki çatlaklara epoksi reçineleri, 0.5-5 mm genişliğindeki çatlaklara çimento şerbeti enjekte edilebilir. Yüksek dayanımlı yapıştırıcılarla, çelik plaka veya karbon lifleri yapıştırarak kiriler

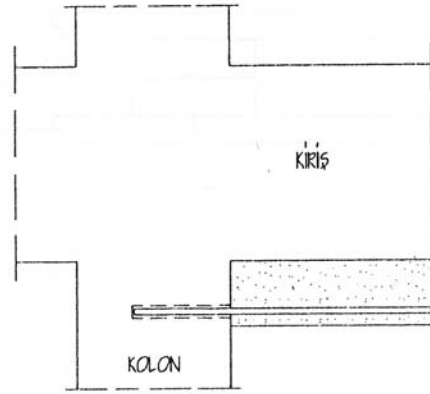
güçlendirilir. Çeşitli şekillerde kirişler mantolanarak dayanımları arttırılır. Kirişlerde moment kapasitesinin arttırılması için çekme donatısı ve moment kolunun arttırılmasına gidilir.

7.2.1 Kirişlerin Moment Taşıma Kapasitesinin Arttırılması

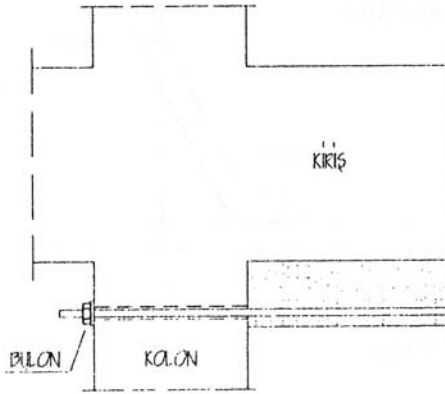
Herhangi bir kirişin moment taşıma kapasitesinin arttırılması için kesitin büyümesi veya çekme donatısı miktarının arttırılması ile sağlanabilir. Bu nedenle kesite yani beton alanları eklenmeli ve ek çekme donatıları yerleştirilmelidir. Bu işlemler sırasında eski beton ile yeni betonun ve eski donatı ile yeni donatının beraber sağlanmasına büyük önem göstermek gerekmektedir. Yeni konulan betonun eski betonla birlikte çalışmasını eski betonda kesme takozları oluşturarak veya epoksi harcıyla eski beton yüzeyine çakılları yapıştırarak, eski donatı ile yeni donatı birlikte çalışmasını ise V ve Z bağlantısı denilen donatının eski ve yeni betona kaynaklanması ile sağlanmaktadır. (Şekil 7.2)



Şekil - 9.3 V Demirleri ile En Kesit Güçlendirilmesinde EK ETRİYELERİN KAYNAKLA BAĞLANMASI

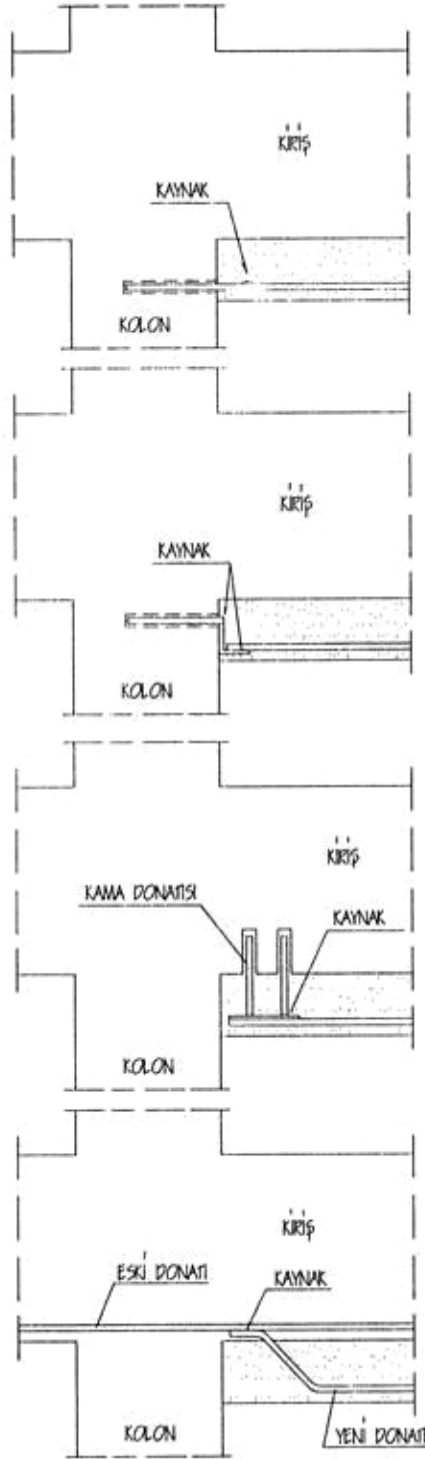


BOYUNA DONATI KOLONDA AÇILAN DELİK İÇİNDE ANKRAJ BOYU KADAR UZANIR, DELİK ÖZEL BİR HARÇLA DOLDURULUR.



BOYUNA DONATI KOLONDA AÇILAN DELİKTEN GEÇİRİLİR, UCUNA DIŞ AÇILIR VE KOLONUN ÖTEKİ YÜZÜNDE BULONLA SIKIŞTIRILIR.

Şekil 7.2: Kirişlerin moment kapasitelerini arttırma yöntemleri



KİRİŞE EK OLARAK KONULMUŞ ÇEKME DONATISI, KOLONDA USULÜNE UYGUN ANKRAJLANMIŞ FİLİZ DONATISINA KAYNAKLANIR.

KOLONDA ANKRAJLANMIŞ FİLİZ DONATISI İLE KİRİŞ ÇEKME DONATISININ FARKLI DÜZEYLERDE OLDUĞU DURUMDA ARA PROFİL İLE KAYNAKLI BAĞLANTI

KİRİŞ DONATISININ YİNE KİRİŞTE ANKRAJLANMIŞ KAMA DONATILARINA KAYNAKLANARAK BAĞLANMASI İLE ANKRAJ

KİRİŞE EK OLARAK KONULAN DONATININ KİRİŞİN ESKİ BOYUNA DONATISINA KAYNAKLANARAK ANKRAJ

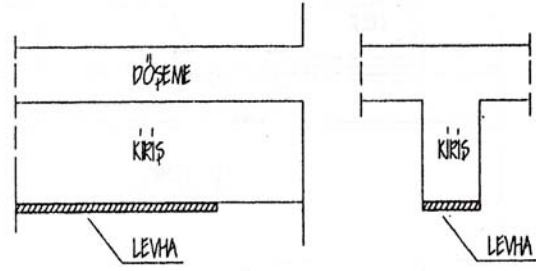
Şekil 7.3: Kirişlerin moment kapasitelerini arttırma yöntemlerinde donatı kaynak biçimleri

Kirişlerin güçlendirilmesinde kullanılan diğer bir yöntem ise lif katkılı plastik kumaş uygulamalarıdır. Bu durumda amaç sehmin azaltılması, çatlakların genişlemesinin engellenmesi, yük taşıma gücünün ve kırılma yükünün azaltılmasıdır. Bu uygulamalarda epoksili dokuma lifler kirişin alt veya yan yüzeylerine yapıştırılır.

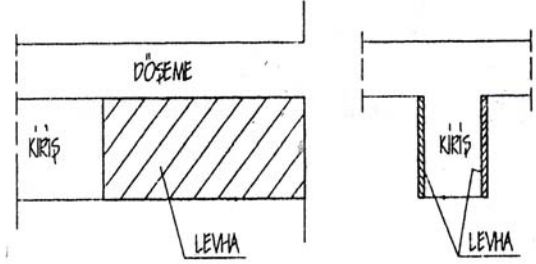
Yapılan deneylerde göçme, kesme kırılması ve dokuma katmanlarının betondan sıyrılması gibi gevrek kırılma şeklinde oluşmuştur. Lif katkılı polimerin uzun süreli yük altında sünem nedeniyle kırılma ve kopma tehlikesi vardır. Bu nedenle malzemeye gelen gerilmelerin sınıflandırılması gerekir. Karbon liflerdeki gerilme kopma gerilmesinin % 80 in cam liflerde ise %30 unu aşmaması istenir. Bu yöntemin uygulanma yöntemi ise;

Öncelikle bu yöntemle yapıştırılan levhaların en kesit alanı güçlendirme için gereken eğilmeden çekme yada kesme donatısının alanına eşdeğer miktarda alınmaktadır. Daha sonra levhalar değişik yöntemlerle betona yapıştırılmaktadır. Betona yapıştırma işlemlerinde hem levhanın hem de betonun yüzeylerinin hazırlanması gerekir. Daha sonra çelik levhaların yüzeyleri perdahlanarak pürüzlerden arındırılır. Beton yüzeyindeki pürüzler jet taşı gibi aletlerle tümü ile giderilmeli, çukurluklar epoksi harcı ile doldurulur, harç setleştikçe perdahlanır. Kirişe yada döşeme ankraj bulonları için açılmış deliklere bulonlar yerleştirilir. Döşeme yada kirişte ankraj bulonlarına karşılık gelen noktalarda levhada delikler açılmalı ve bu delikler ankraj bulonlarının kolayca girilebilmesi için araştırılmalıdır. 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 7.4’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. Bu yöntemle çelik plakalar aynen betonarme donatı gibi teorik olarak gereksinme duyulmayan noktadan kiriş derinliği kadar uzatılıp kesilmeli ve çelik plaka uçları bir kelepçe ile kiriş gövdesine bağlanmalıdır.[5]

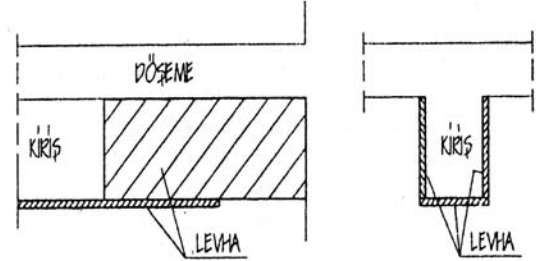
a) POZİTİF MOMENT TAŞIMA
GÜCÜNÜ ARTIRMAK İÇİN
KİRİŞ ALTINA LEVHA YAPIŞTIRMA



b) KESME KUVVETİ TAŞIMA
GÜCÜNÜ ARTIRMAK İÇİN
KİRİŞ YANINA LEVHA YAPIŞTIRMA



c) HEM MOMENT HEM
KESME İÇİN LEVHA YAPIŞTIRMA

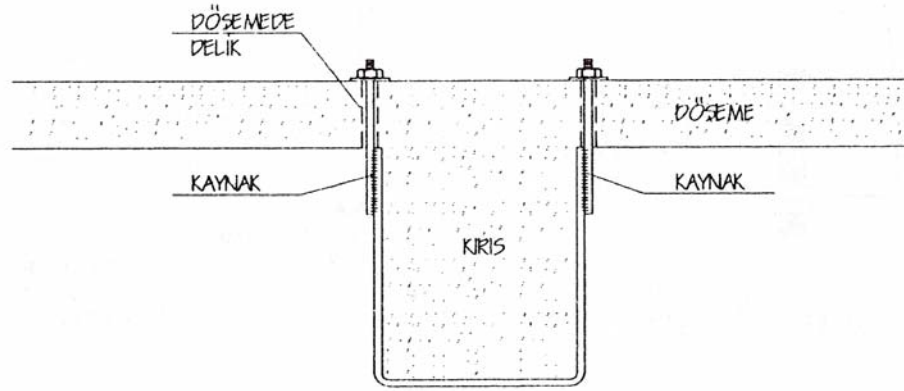
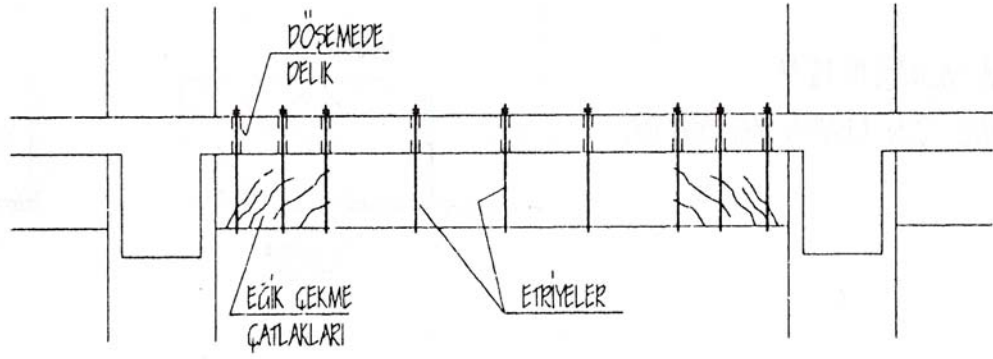


Şekil 7.4: Lif katkıli elemanlarla kirişleri güçlendirme yöntemleri

7.2.2 Kirişlerin Kesme Kuvveti Taşıma Kapasitesinin Arttırılması

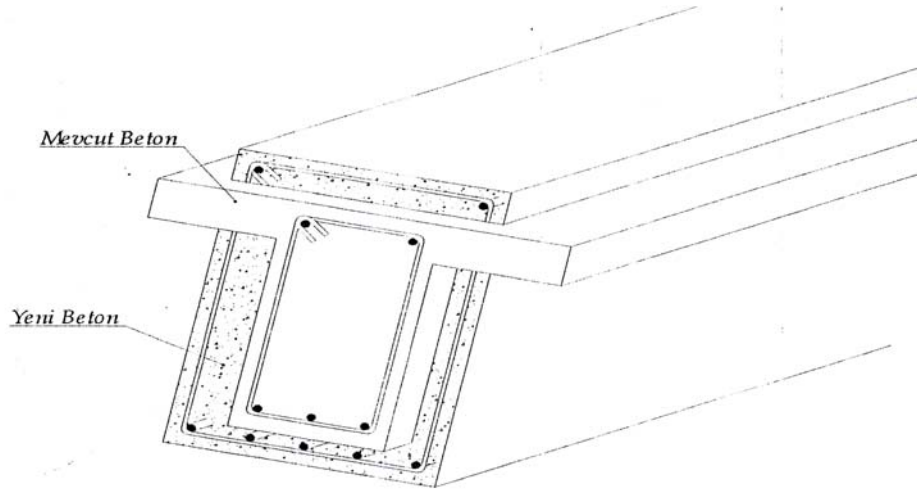
Kirişlerde kesme kuvveti taşıma gücünün arttırılması için beton alanının arttırılması ve enine donatıların arttırılması başka bir deyişle kısmi veya tam mantolama yapılmasıdır. Kirişlerin mantolanmasının en büyük avantajı, mantoya hem boyuna donatı hem de etriye yerleştirme olanağı olduğundan, kirişin eğilme dayanımı yanında kesme dayanımı da artırılabilir.

Kirişlerde kesme çatlakları mesnede yakın ve 45 derecelik açıyla oluşur. Bu çatlakların daha da büyümesinin önlenmesi ve mesnede doğru en yüksek değerlere ulaşan kesme kuvvetlerinin taşınması için Şekil 7.5’de gösterildiği gibi etriyeler yerleştirilmeli ve bu etriyeler üst kısımlarından bulonlarda iyice sıkıştırılmalıdır.



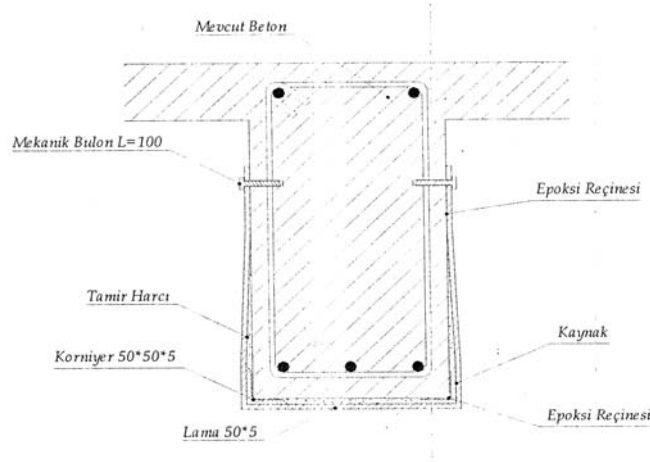
Şekil 7.5: Kirişlerin kesme kuvveti taşıma kapasitesinin artırılması

Diğer bir yöntem ise etriyeler kirişi saracak biçimde yerleştirilir ve üst kısmı da betonlanır. Ancak bu yöntem döşeme yüksekliğini de arttıracığından mimari açıdan önemli bir uygulama değildir.(Şekil 7.6)



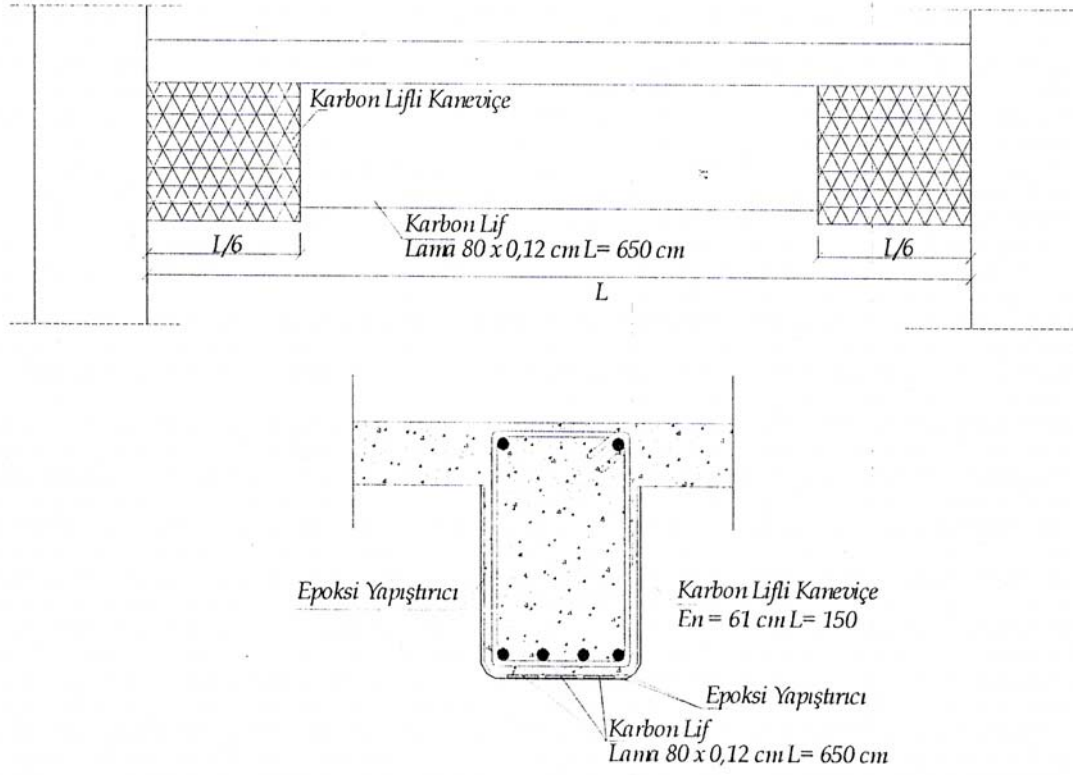
Şekil 7.6: Beton alanını artırılarak kirişlerin kesme kuvveti taşıma kapasitesinin artırılması

Diğer bir uygulama biçimi çelik levhaların kirişin yan yüzlerine yapıştırılması suretiyle de kirişlerin kesme kuvveti kapasitesi artırılabilir. Aynı kirişin alt ve yan yüzeyleri çelik levhalar ile güçlendirilmesi ise bu levhalar birbirine kaynakla bağlanmalıdır. (Şekil 7.7)



Şekil 7.7: Çelik levhaların kirişin yan yüzlerine yapıştırılarak kesme kapasitesinin artırılması

Kirişlerin güçlendirilmesinde kullanılan diğer bir yöntem ise lifli dokumlardır. Bu yöntemde kiriş alt ve yan yüzeyleri epoksili dokumalarla sarılır. Kirişin yalnızca yan yüzeyinin sarılması dokumanın yetersiz bir biçimde ankrajına neden olacağı için başarılı olamamaktadır. Kirişin yan ve alt yüzeylerinin sarılması kiriş orta bölgelerinde etkili olmakta fakat mesnet bölgelerinde etkisiz kalmaktadır.(Şekil 7.8)[10]

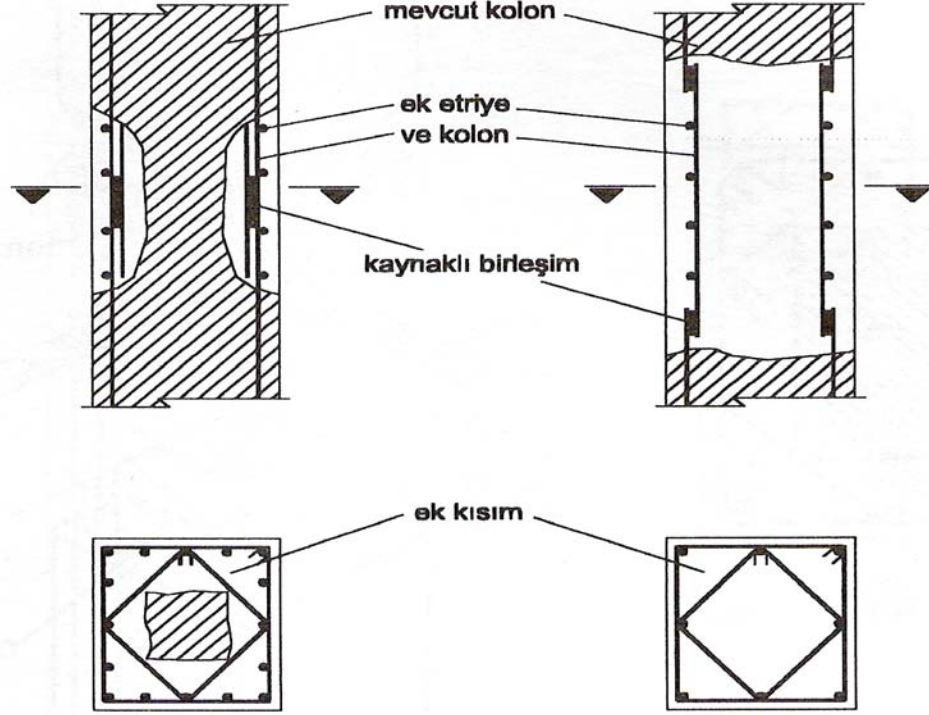


Şekil 7.8: Lifli dokumalarla kirişin kesme kuvveti kapasitesinin artırılması

7.3 Kolonların Onarım ve Güçlendirilmesi

Hasar görmüş bir kolonun deprem etkilerini taşıyabilir duruma getirilmesi veya yatay yük taşıma kapasitesinin artırılması için kolonların güçlendirilmesi gerekebilir. Kolonun eğilme dayanımı kesit alanının büyütülmesiyle ve yeni boyuna donatılar ilave edilerek sağlanır. Buna karşılık kesme kuvveti dayanımı ve sünekliği, enine donatının sıklaştırılmasıyla gerçekleştirilir. Binanın planında kolonların kesitlerini birbirine yaklaştırmak sistemin davranışının dengeli olmasını sağlar. Kolonlarda hasar durumuna göre çeşitli onarım ve güçlendirme türü söz konusu olabilir. Kirişlerde olduğu gibi kolonlarda da 0,1-5 mm genişliğindeki çatlaklar epoksi reçinesiyle onarılabilir. Bu amaçla 0,20-1,00 m aralıklarla açılan deliklerden epoksi aşağıdan başlayarak yukarı doğru enjekte edilir. Daha büyük çatlaklara çimento şerbeti enjeksiyonu uygun düşebilir. Ancak güçlendirilecek bölgenin yapılacak deneylerle kontrol edilmesi gerekir. Eğer kolonda yerel olarak beton ezilmesi varsa bu bölgenin temizlenmesi, pürüzlendirilmesi durumuna göre etriye veya boyuna donatı ilave edilmesi uygundur. Beton dökülmeden, mevcut yüzeylerin suya doygun duruma 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 kısımlar kazınır.(Şekil 7.9) [11]



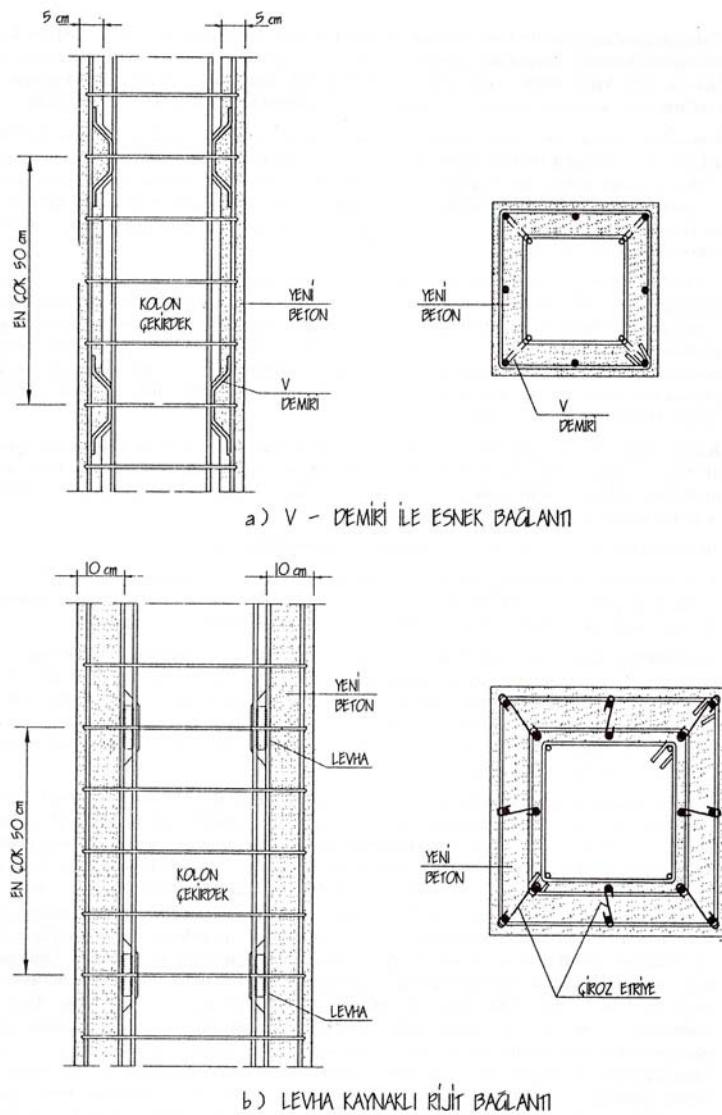
Şekil 7.9: Kolonların onarım ve güçlendirilmesinde ilave edilen donatının kaynaştırılması

Betonarme kolonları güçlendirilmesinde en etkili ve yaygın olan yöntem kolon kesitinin artırılması olan mantolama yöntemidir. Bunun haricinde duruma göre çelik profil iskelet geçirme, çelik levha ile kaplama ve cam karbon lifli dokumalar ile güçlendirme yöntemleri de mevcuttur.

7.3.1 Betonarme Mantolama İle Kolonların Güçlendirilmesi

Betonarme kolonların onarım ve güçlendirilmesinden yaygın olarak kullanılan iyileştirme ve güçlendirme yöntemi mantolamadır. Kat yüksekliğince yapılan mantolama ile kolon yalnız aksenal kuvvet ve kesme kuvveti karşılama yönünden güçlenir. İlave boyuna donatıları döşemede açılan deliklerden geçirilerek düğüm noktalarında da mantolama kolon eğilmeye karşı da güçlenir. Kiriş ve döşeme ile birleşim bölgesinde kolon boyuna donatısının iyi sarılması gereklidir. Tek yandan

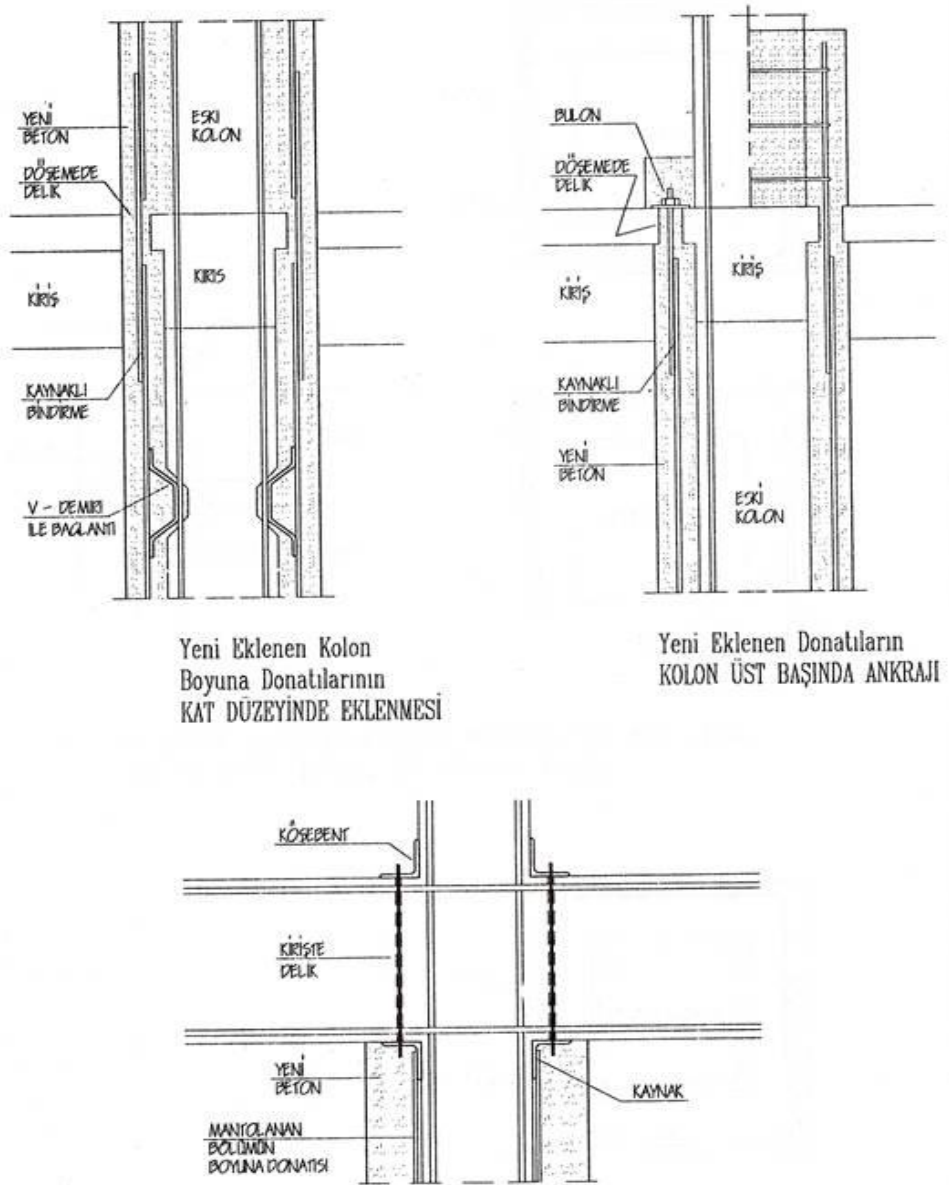
yapılan mantolamada ilave boyuna donatının etriyelerle mevcut donatıya çok iyi bağlanması gereklidir. Yeni etriye kancaları mevcut beton içinden delik açılarak geçirilir veya etriyeler mevcut etriyelere kaynaklanır. Kaynak yapılacak bölgede beton boyuna donatıya kadar çentilir. Eski betonda kayma dişleri oluşturulur ve Z veya V şeklinde bükülmüş çubuklarla veya çelik levhalarla eski ve yeni donatı birbirine kaynaklanır. Böylece eski ve yeni betonun birlikte çalışması sağlanır. Etriyelerin boyuna donatıları çok iyi kuşatması ve yeterince kapalı olması gerekir, uçlarına kanca yerine kaynak yapılması veya bulonla sıkıştırılarak bağlanması sargılamanın daha etkili olmasını sağlayacaktır.(Şekil 7.10) [5]



Şekil 7.10: Kolonların betonarme mantolama ile onarım ve güçlendirilmesi

Manto uygulanmasında uyulması gereken kurallar;

- ❖ Yeni malzemelerin mukavemeti eskisine eşit veya fazla olması gerekir.
- ❖ Eski donatı ile yeni donatı birbirine V, Z şeklinde bükülmüş çubuklarla yada aralarına konan çelik levhalara kaynaklanarak bağlanmalıdır.
- ❖ Püskürtme beton kullanımında manto kalınlığı 4-5 cm, yerinde dökme beton kullanıldığında 10 cm olmalıdır.
- ❖ İlave beton alanına göre ek boyuna donatı oranı 0.01 den az 0.06 dan fazla olmaması dört yandan mantolamada 4 çubuktan az donatı kullanılmalıdır.
- ❖ Etriyeler köşe ve aralarındaki boyuna donatı çubuğunu destekleyecek şekilde yerleştirilir ve çubuk aralıkları 10 cm den uzak olmamalıdır.
- ❖ Etriyelerin kancaları mevcut betonda delik açılarak epoksi ile sabitlenmeli yada kolon delinerek çiroz içinden geçirilmelidir.
- ❖ Etriyeler en az Ø8 olmalı veya boyuna donatı çapının 1/3 ünden az olmamalıdır.
- ❖ Etriyeler en fazla 20 cm aralıklı olmalı , birleşme bölgelerine yakın kısımlarda serbest boyunun dörtte biri kadar uzunlukta 10 cm yi geçmemelidir, bu aralığın manto kalınlığı geçmemesi de tavsiye edilmelidir. (Şekil 7.11)[5]



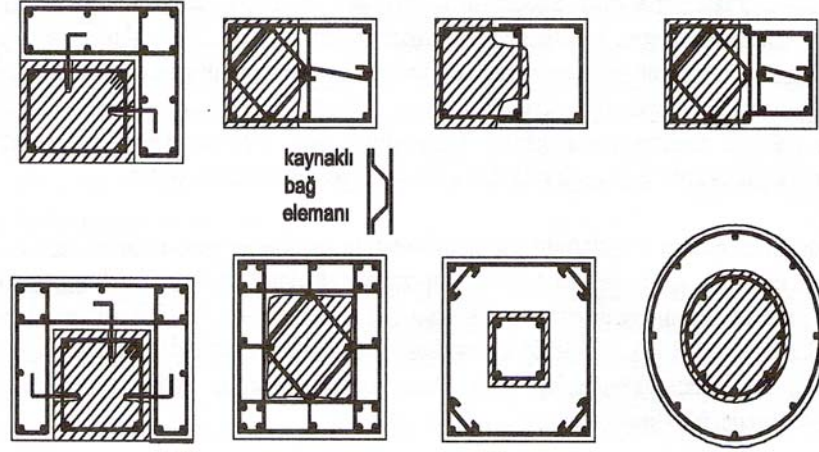
Şekil 7.11: Kolonların onarım ve güçlendirilmesinde yeni-eski elemanların kaynaştırılması

Yük altında ve yük boşaltılarak yapılan onarım ve mantolama deneyleri sonucunda iki şekilde yapılan mantolamanın da benzer dayanım ve davranışa sahip olduğu ve bu mantolanmış kolonların yük taşıma kapasiteleri, rijitlikleri ve deformasyon kapasitelerinin bir döküm referans elemana çok yakın olduğu, yük altında yapılan onarım mantosunun yük taşıma kapasitesinin bir döküm elemanın %50 si kadar olduğu belirlenmiştir. Bu durum içinde mantonun taşıma gücü hesaplanırken yalnız mantonun kesit alanı ve donatısının alanının dikkate alınması önerilmiştir.

Kolonların yük altında ve yüksüz mantolanmasının etkinliğini incelemek için yapılan deneysel çalışmada; mantolanarak güçlendirilmiş kolonun eksenel yük taşıma kapasitesi, bir döküm referans elemanın kapasitesinin %80 i olarak bulunmuştur. Güçlendirme mantoların süneklik ve enerji tüketme davranışı yönünden çok iyi yani bir döküm elemana çok yakın, onarım mantolarında ise yeterince iyi fakat güçlendirilmiş elemanlarınkinden daha az olduğu belirtilmiştir. Güçlendirme mantoların kapasiteleri bir döküm kolonun kapasitesinin %80-90 nın alınabileceği, yük altında onarım mantosunun kapasitesinin ise sadece manto kapasitesi olarak alınabileceği önerilmiştir. Yük kaldırılarak güçlendirmede U etriye ve/veya Z veya V çubuklarla yapılan birleştirme çok başarılı olmuş süneklik ve enerji tüketimi ise mantonun yükleme için yeterli olduğu belirtilmiştir.

Komşu iki yüzünden mantolanmış kolonlarla yapılan deney sonuçlarına göre, yüksüz olarak mantolanmış, eksenel ve eksantrik yük altında denenmiş kolonlar, dayanım açısından etkili olmuş ve bir döküm kesitin, güçlendirmede %89 una onarımda %86 sına ulaşılmıştır. Kaynaklı etriyelerin kopması nedeniyle süneklik ve enerji tüketme kapasiteleri biraz düşüktür. Rijitlik davranışı çok iyi, bir döküm kolona göre %10 azalma görülmüş, dayanım yalın kolona göre %20 artarken, bir döküm kolonun dayanımı yalın kolona göre %35 artmıştır. Yaşın kolona göre rijitlik artışları ise %10 civarındadır. Süneklik açısından etriyelerin kolonu dört taraftan kuşatması ve kaynaklanması veya 135 kanca yapılarak bağlanması önerilmiştir.

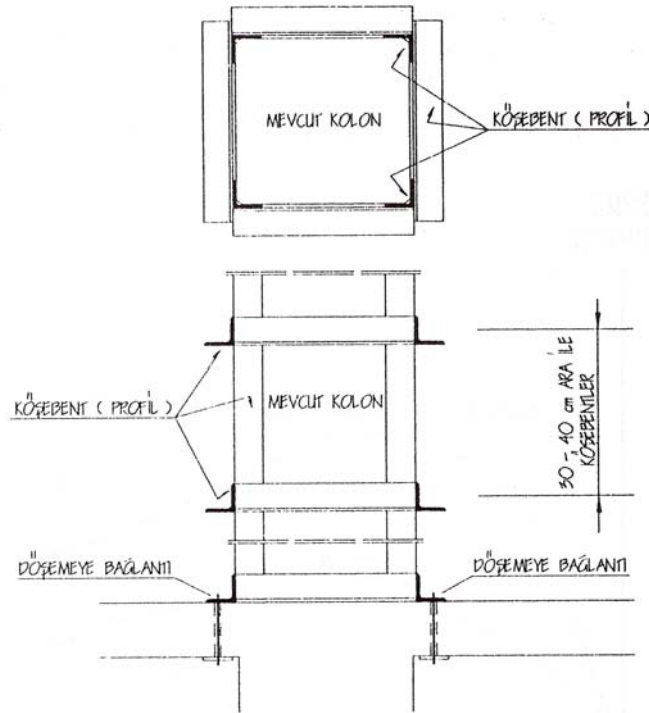
İki, üç ve dört yüzünden mantolanmış kolonların deneysel olarak etkinliklerini saptamak için yapılan çalışmada, mantoların bir döküm ve yalın kolon ile kıyaslanmasında her tip mantonun dayanım ve rijitlik bakımından etkili olduğu, dört yüzden mantonun diğerlerine göre dayanım ve süneklik bakımından daha etkili olduğu belirlenmiştir. Mantolar yalın kolona göre çok üstün davranmış, bir döküm kolonun performansına yaklaşmışlardır. Mantolama kolonların dayanım ve enerji tüketimi hesaplanırken bir döküm kolon değerleri, dört yüzden mantolamada %20 azaltılarak, üç yüzden mantolamada %25 ve iki yüzden mantolamada %30 düşürülerek alınması önerilmiştir.(Şekil 7.12) [4]



Şekil 7.12: Kolonların onarım ve güçlendirilmesinde mantolama yöntemi

7.3.2 Çelik Profil İskelet Geçirme İle Kolonların Onarım Ve Güçlendirilmesi

Çelik profil iskelet geçirme kolonun dört köşesinin her birine bir köşebent profil yerleştirilerek ve bunları bir iskelet teşkil etmek üzere enine kuşaklarla bağlamakla gerçekleştirilir.(Şekil 7.13)[5]



Şekil 7.13: Çelik profil iskelet geçirerek kolonların onarım ve güçlendirilmesi

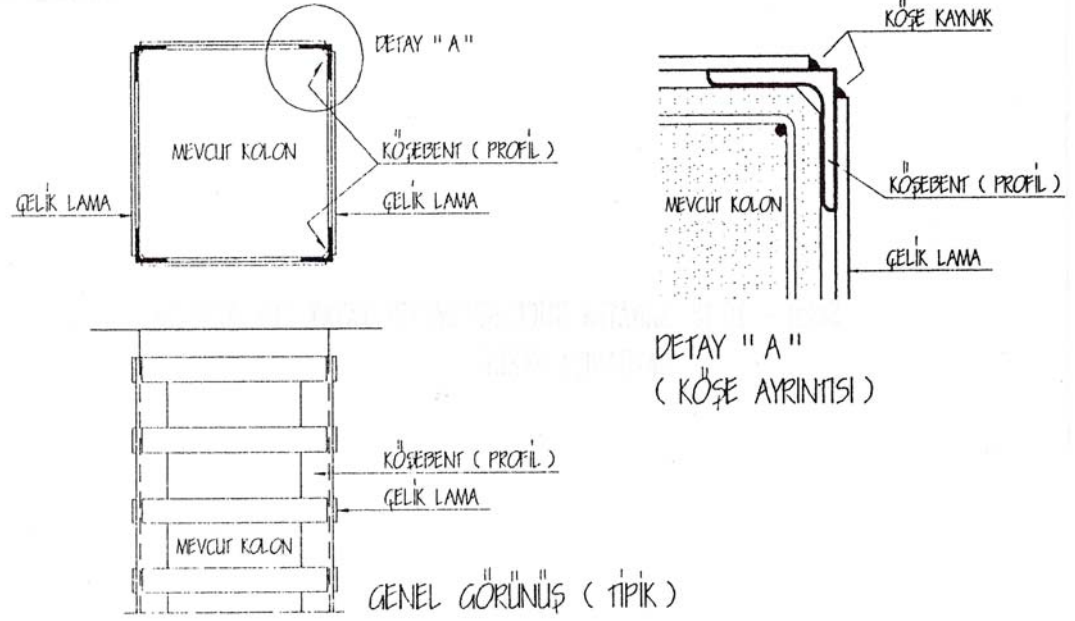
Bu kuşaklar en az 12 mm çapında olmak üzere yuvarlak çelik çubuklar veya minimum 25/4 mm kesitte olmak üzere bantlar olabilir ve köşelerdeki

korniyerlere kaynaklanır. Korniyerler 50/50/5 kesitinden daha küçük olmamalıdır.

Korniyerlerle mevcut beton arasındaki aralıklar ve boşluklar rötre yapmayan  imento 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 diyebile imiz bir eleman vasıtası ile gerçekleştirilir. Genellikle yük taşıma kapasitesindeki artışın yanında, kolonun sünek davranışında da bir iyileşme elde edilir. Bununla beraber rijitlik hemen hemen değişmez.

7.3.3  elik Levha İle Kafes İçine Alarak Kolonların Onarım Ve Güçlendirilmesi

Mevcut kolonun ince  elik levha ile tamamen çevrilip örtülmesi ile yapılır. Kolon kesitindeki artış çok azdır. 4-6 mm kalınlığındaki levhalar kolonlardan çok az bir boşluk kalacak şekilde sürekli kaynakla kaynaklanır. Levha ile kolon arası rötre yapmayan veya genişleyen  imento harcı veya betonla doldurulur. Kolon üzerinde genleşen harçla düzgün bir yüzey oluşturulup  elik levhalar mevcut kolona yapıştırılır. L şeklindeki iki levha, köşelerden kaynaklanarak manto oluştururlar veya köşelerde beton  entilip korniyer yerleştirildikten sonra kolon yüzlerine yerleştirilen levhalar bu korniyerlere kaynaklanır. Eksenel yük taşıma gücü ve süneklik artar, levha yukarıya geçemeyeceği için eğilme mukavemetinde artış yoktur. Yangın ve korozyona karşı gerekli önlemler alınmalıdır.(şekil 7.14)[5]



Şekil 7.14: Çelik levha ile kafes içine alarak kolonların onarım ve güçlendirilmesi

7.3.4 Cam Karbon Lifli Dokumalar İle Kolonların Onarım Ve Güçlendirilmesi

Lifli dokumalar kolonların aksenal normal kuvvet, eğilme momenti ve kesme kuvveti taşıma kapasitelerini arttırmak için kullanılmaktadır. Bu suretle kolonun rijitliğinde önemli bir değişiklik olmadığı için, taşıyıcı sistemde bir içi kuvvet değişimi ortaya çıkmaz. Ayrıca sisteme ilave bir yük gelmemesi nedeniyle yapıya etkileyen deprem kuvvetleri de bir artış olmaz.

Lifli dokumaların çelik levhalarla güçlendirmeye karşı iki avantajı vardır. Bunlarda ilki zamanla çelik levhada oluşan paslanma, diğeri ise ağır çelik levha elemana yapışana kadar geçen süre içindeki desteklenme sorunudur. Sentetik dokumaların yüksek dayanımlı liflerin oluşturduğu ince bir bez olması ve epoksi emdirilerek elemana yapıştırılması nedeniyle betonarme elemana kolayca sarılabilmektedir ve paslanma sorunu olmamaktadır.

Karbon lamalarla karbon lifli dokumaların beraber kullanılması da mümkündür. Karbon lamalar kolon veya kirişe epoksi ile yapıştırıldıktan sonra üzerine karbon

lifli dokumlar sarılır ve tüm yüzeye daha önce uygulanan epoksiyi emene kadar üzerine basınç uygulanır. Ref murat öztürk

7.4 Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesinin Onarım ve Güçlendirilmesi

Deprem sırasında yapıda en çok hasar taşıyıcı sistemin en kritik bölgesi olan ve birleşen sayısının fazla olduğu ve gerilmelerin yüksek olduğu kolon-kiriş birleşim bölgelerinde görünür. Bu bölgede farklı doğrultudaki elemanlar birleşerek ,kesit etkileri birbiriyle dengelenir. Deprem yükleri altında bu bölgelerde kesme kuvveti dayanımının ve donatı kenetlenmelerinin yeterli olmaması en çok rastlanan hasar türlerini oluşturur. Ayrıca büyük depremlerde birleşim bölgesine birleşen kesitlerde meydana gelen plastik mafsallar sonucu büyük dönmeler, donatıda aderans çözülmesi sonucu kaymalar ve geniş çatlaklar oluşabilir. Deprem etkisindeki birleşim bölgesinin iki tarafındaki eğilme momentinin farklı işarette olması, kiriş kesitinde zıt gerilme durumları doğmasına ve bunun sonucu donatının birleşim bölgesinden çekilip çıkarılmak istenmesine yol açar. Bu nedenle donatı kenetlenmelerine ve eklerine özen gösterilmelidir.

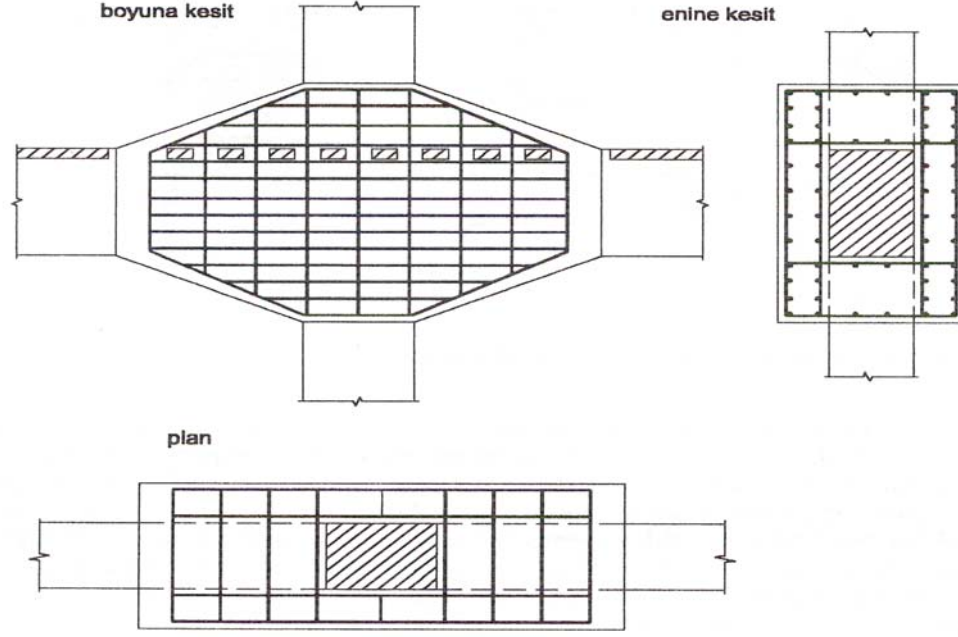
Hasarın yerel olması ve çatlaklar şeklinde görülmesi durumunda, epoksi reçinesi enjekte edilmesi onarım ve güçlendirme için yeterli olabilir. Aderansı çözülmüş donatının aderansının tekrar oluşturulması için de epoksi enjeksiyonu önerilir. Çimento şerbetinin aderansın kazandırılmasında yeterli olmadığı bildirilmiştir. Birleşim bölgesinin lif takviyeli polimer levhalarla sarılması hem dağılmanın önlenmesi ve hem de kuvvet iletimini sağlamak için uygun olabilir. Hasarın daha fazla olduğu durumlarda mantolama veya çelik şeritlerle de onarım ve güçlendirme yapılabilir.

7.4.1 Birleşim Bölgesinin Mantolama İle Onarım Ve Güçlendirilmesi

Birleşim bölgesinde donatıların yerleştirilmesi veya ankrajı düğüm bölgesinin dar oluşundan dolayı zahmetlidir.

Mantolama işleminde şu hususlara dikkat edilmesi gereklidir;

- ❖ Ek donatıları mevcut donatılarla bağlanması için mevcut beton çentilerek donatılar ortaya çıkarılır.
- ❖ Sistemin monolitik çalışması açısından düğüm noktalarında hem kolon hem de kiriş birbirine bağlı olarak mantolanmalıdır.
- ❖ Düğüm bölgesine çok miktarda enine ve boyuna donatı yerleştirilmesi gerekebilir. Bundan dolayı manto kalınlığı uygun seçilmelidir.
- ❖ Boyuna donatı ve etriyeler bir iskelet oluşturacak şekilde birbirine bağlanmalıdır. Böylece yapı elemanları birbirlerine kuvvet aktararak beraber çalışırlar.
- ❖ Kuvvetli kolon zayıf kiriş ilkesine göre düşey ve yatay etriyeler sık aralıklarla yerleştirilmelidir. Yatay ve düşey etriyeler düğüm bölgesindeki kayma direncine artırarak sünekliğe olumlu katkıda bulunurlar.
- ❖ Kiriş yüksekliğinin çok fazla olduğu durumlarda yatay etriyeler kiriş gövdesinde açılan deliklerden geçirilerek bağlanırlar.
- ❖ Düşey etriyeler döşeme içerisinde açınla deliklerden geçirilerek bağlanırlar. (Şekil 7.15) [7]



Şekil 7.15: Birleşim Bölgesinin Mantolama İle Onarım Ve Güçlendirilmesi

7.4.2 Birleşim Bölgesinin Çelik Levha Donatı İle Onarım Ve Güçlendirilmesi

Çelik levhalar düğümlerin boyutlarında değişiklik olmadan güçlendirmeyi sağlar. Çelik levhalar düğüme önerilmeli cıvatalarla ankre edilir. Düğüm bölgesi yüzeyi düzgün değilse genişleyen çimento harcı ile ince bir düzeltme tabakası oluşturulur. Ve 4 mm kalınlığında çelik levha yerleştirilir. 4 tarafından kiriş saplarına kolonlara uygulanması pratik değildir. Levhaların kolon ve kirişlere veya onarla bağlanmış levhalara çok iyi bağlanmış olmaları halinde iyi bir sistem sağlanmış olur.

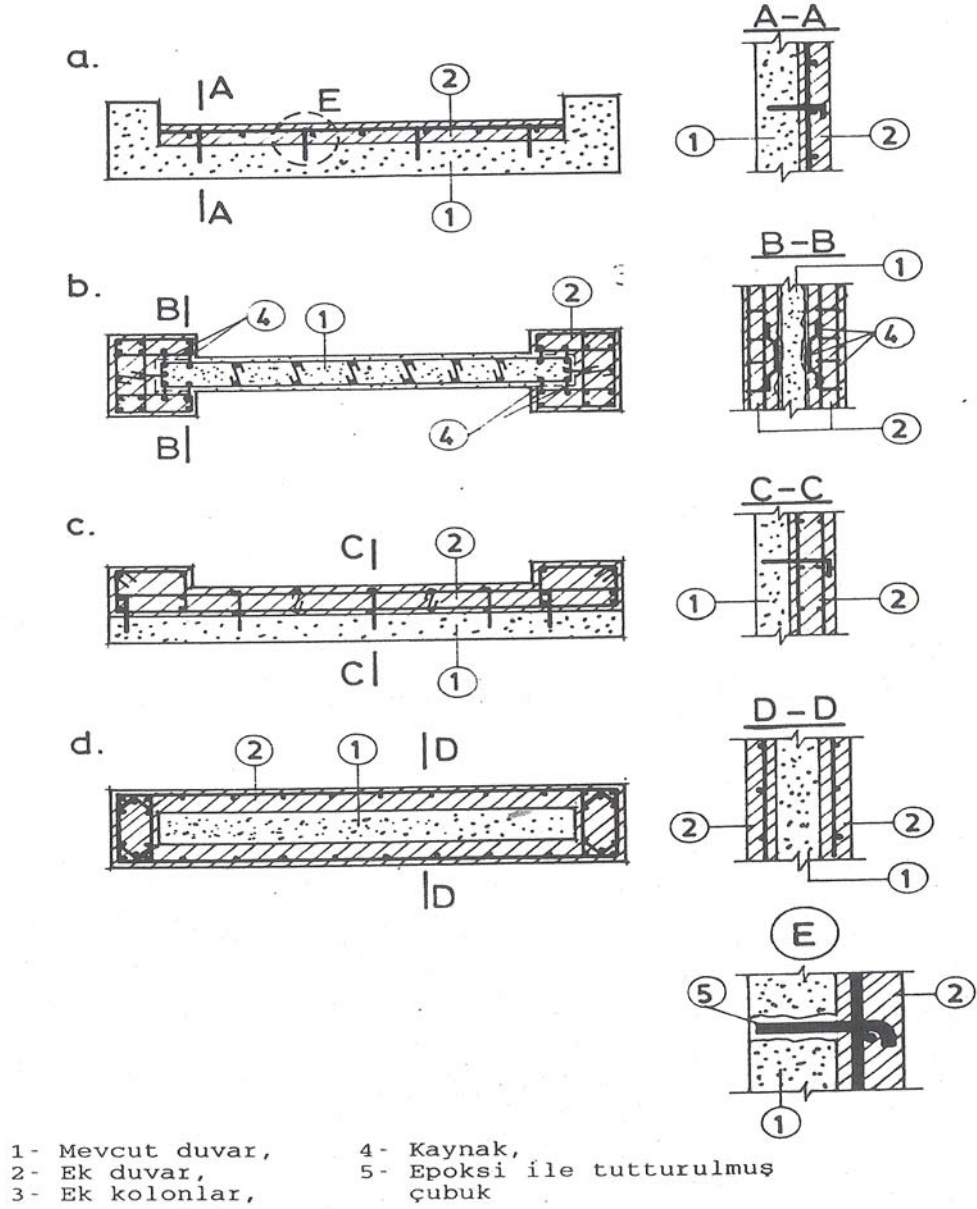
- ❖ Yangın ve korozyona karşı gerekli önlemler alınmalıdır.
- ❖ Düğümler basınç, çekme, kesme kuvveti ve eğilme momentlerine birlikte etkisi için projelendirilmelidir.
- ❖ Zayıf kiriş kuvvetli kolon oluşturulmalıdır.
- ❖ Düğüm bölgelerinin projelendirilmesi ile ilgili hesaplar yeterli kesme mukavemeti olduğu göstermeli ve düğüm bölgesinde yeterli donatı ankrajı olduğu gösterilmelidir.

-
- The image contains two technical drawings of a steel structure. The left drawing is a plan view showing a rectangular frame with a hatched corner and several circular holes. A label 'kaynak' (weld) points to a weld line on the bottom right corner. The right drawing is a section view showing a vertical column with a hatched section and a label 'bulon' (bolt) pointing to a bolt. Below the column is a label 'çelik levha' (steel plate) pointing to a horizontal plate. Both drawings use hatching to indicate specific materials or sections.

Perdeler yapıya gelen yatay yüklerin karşılanmasında yüksek mukavemetinden dolayı yapının en önemli elemanlarından biridir. Perdeler yapının yanal ötelenmelerini büyük ölçüde kısıtlayarak ikinci mertebe momentlerinden dolayı kesitlerin daha çok zorlanmasını önlerler. Bu özelliklerinden dolayı perdelerin onarım ve güçlendirilmesi titizlikle yapılmalıdır. Deprem yükü taşımak üzere düzenlenen betonarme perdelerde hasarlar, kayma ve eğilme taşıma gücünün yetersizliğinden veya büyük boşluklu perdelerde bağ kirişlerinin yetersizliğinden kaynaklanabilir. Perdelerin güçlendirilmesinde, eğer varsa, pencere, kapı gibi boşlukların doldurulması ile sağlanan ek taşıma gücü kapasitesi yeterli olabilir. Diğer yapı elemanlarında olduğu gibi, betonda ezilme olmadığı durumlarda epoksi enjeksiyonu perdeler için yaygın olarak kullanılır. Bir aderans bozulması veya beton kırılması durumunda epoksi reçine enjeksiyonu sonucu deprem perdesinin eğilme ve kesme mukavemeti bir önceki düzeyine getirilebilir. Fakat öncelikle rijitlik kazandırılmaz. Bunun nedeni ince çatlaklarının hepsinin içine epoksi enjekte edilememesindendir. Yangına karşı gerekli olan önlemin alınması gerekir. Eğer perdede geniş çatlaklar, paralanmış beton ve hasarlı donatı mevcutsa bu bölgelerdeki hasarlı beton kaldırılarak kopmuş veya burkulmuş donatılara ulaşılır. Bu donatıların

yerine ek veya kaynaklı hasır donatılar yerleştirilerek uygun nitelikli malzeme ile (beton,püskürtme beton,polimer harcı) kesit tamamlanır. Böylece yerel onarımlar tamamlanmış olur.

Hasarlı veya hasarsız perdelerin mukavemetlerinin yetersiz olduğu durumlarda boyutları arttırılarak güçlendirilir. Perdelerde hasarlar kesme ve eğilme mukavemeti yetersizliğinden kaynaklanır. Perdelerde kesme mukavemeti yetersiz ise perde kalınlığı arttırılır. Eğilme momenti mukavemeti yetersiz ise perdenin her iki ucuna flanşlar eklenir. Eğer her iki durum da yeteriz ise hem gövde kalınlığının artırılır hem de perde uçlarına flanş eklenmesi yapılır. Ayrıntılar Şekil 7.17’de gösterilmektedir.[7]

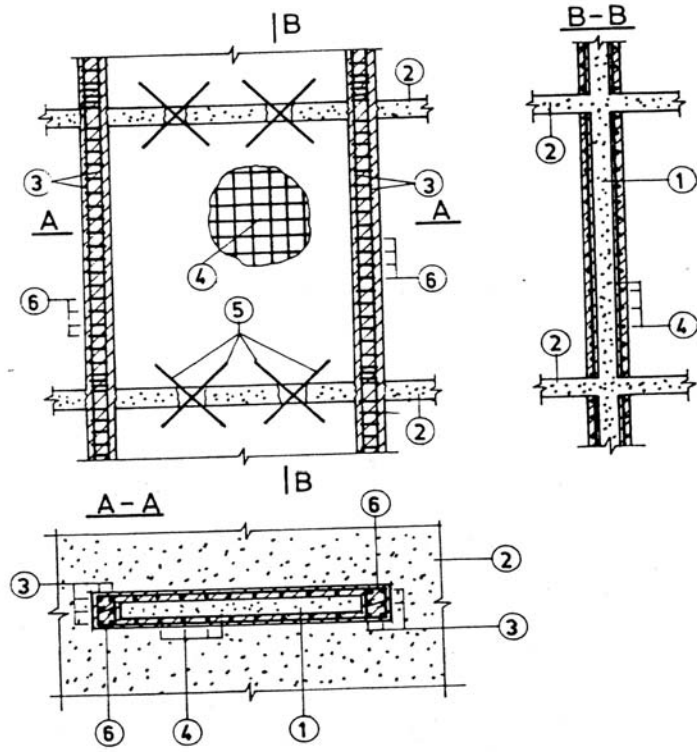


Şekil 7.17: Perdelerin onarım ve güçlendirilmesinde mantolama yönteminin kullanılması

- ❖ Her güçlendirme yönteminde olduğu gibi yeni betonarme kısım ile mevcut kısmın beraber çalışması için iki kesit arasında iyi bir aderans temin edilmelidir. Bundan dolayı gevşek beton kaldırılır ve mevcut beton yüzeyi pürüzlendirilir. Yeni bağlantı elemanlarının mevcut donatılara kaynaklanması için mevcut donatılar ortaya çıkarılır.
- ❖ Ayrıca perdenin ilave yatay ve düşey donatıları özel ankraj cıvataları veya kancalı dübellerle mevcut perde duvarına bağlanır. Ankraj cıvataları ve

dübeller 90 derecelik açıyla mevcut perdeye her doğrultuda en fazla 60 cm aralıklarla epoksi ile tutturulmalıdır.

Diğer bir ayrıntı ise perde ile döşeme arasındaki kesme kuvveti aktarımıdır. Bundan dolayı mevcut döşemede Şekil 7.18'deki gibi kalınlığınca delikler açılarak bu bölgelere dübeller ve köşegen doğrultuda donatı çubukları yerleştirilir. Bu açılan delikler daha sonra yeni betonun dökülmesinde kullanılırlar.[7]



- | | |
|----------------------|----------------------------|
| 1- Mevcut duvar, | 4- Ek donatı hasırı |
| 2- Mevcut döşeme, | 5- Köşegenel bağ çubukları |
| 3- Ek boyuna donatı, | 6- Ek etriyeler |

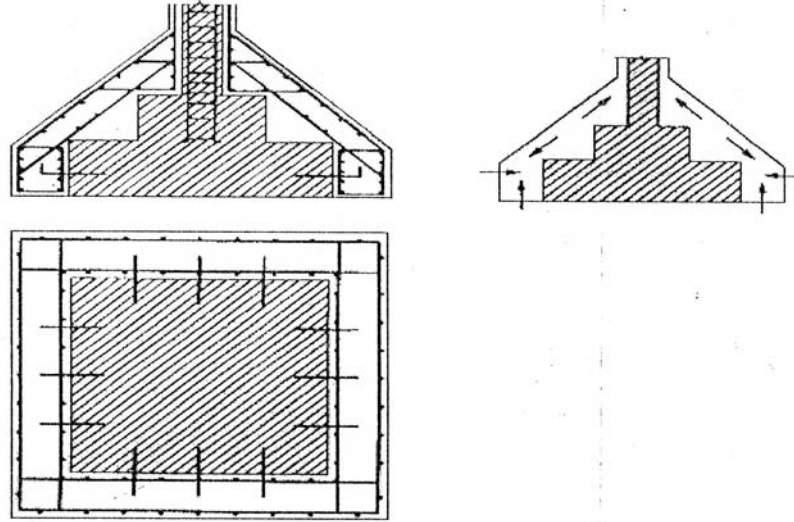
Şekil 7.18: Perde ile döşeme arasında kesme kuvveti aktarımı

- ❖ Güçlendirilen perdenin rijitliği arttığından dolayı taşıyıcı sistemde öncekinden farklı kuvvet dağılımı oluşur. Bundan dolayı perdenin rijitlik artışı hesaba katılmalıdır.
- ❖ Kuvvetleri temele aktarılması için güçlendirilen perdelerin temelle bağlantısı sağlanmalıdır.

7.6 TEMELLERİN ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİ

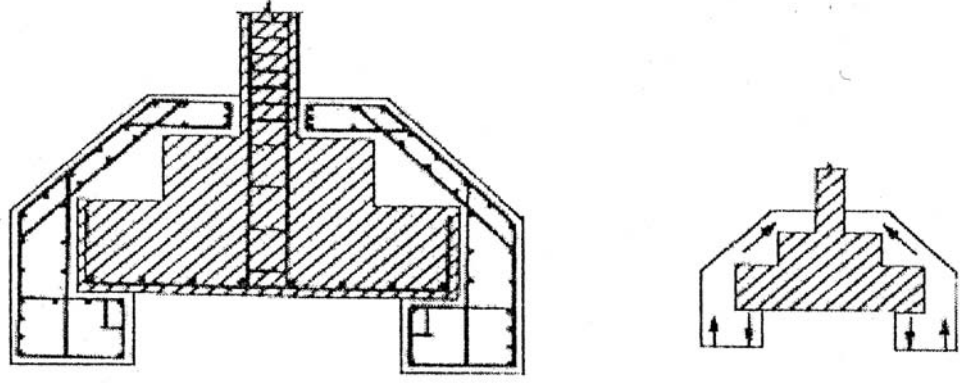
Zor ve pahalı bir sistem olan temellerin onarım ve güçlendirilmesi aşağıdaki durumlarda gerekli olabilir;

- ❖ Kötü zemin şartları nedeniyle aşırı çökmeler
- ❖ Aşırı deprem yüklemesi dolayısıyla temel yapısında hasar
- ❖ Güçlendirme işleri sonucu ölü yükün artması
- ❖ Yönetmelikte meydana gelen değişikliklerden yada takviye işleri nedeniyle deprem yüklerinin artması
- ❖ Kat ilavesiyle veya yapının kullanma amacının değişmesinden dolayı hareketli yüklerin artması
- ❖ Sisteme eklenen yeni elemanlar için temel boyutlarının büyütülmesi (Şekil 7.19)



Şekil 7.19: Sisteme eklenen yeni elemanlar için temel boyutlarının büyütülmesi

Mantolanarak güçlendirilmiş bir kolonun altındaki temelin takviyesi görülmektedir. Tabanda düzenlene temel kuşağı son derece önemlidir. Güçlendirilmiş üst kısımdaki eğik kuvvetleri zemine aktarmaya yarar. Bu nedenle uygun olarak eklenmiş kuvvetli kuşak donatısına yeterli ve uygun etriye donatısına gereksinim vardır. Güçlendirilmemiş bir kolon halinde güçlendirilmiş kısma gelen zemin basıncı doğrudan doğruya mevcut temel gövdesine aktarılmalıdır.(Şekil 7.20) [12]



Şekil 7.20: Güçlendirilmiş elemanların temelinde kuvvet aktarımı

Bu mevcut kolon 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 ya 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. Devrilme momentlerinden ileri gelen eksenel momentler yeni inşa edilen temellere konulan uygun ve yeterli şekilde ayrıntılandırılmış donatı tarafından karşılanmalıdır. Duvar kesme kuvvetleri temellere yeterli derecede ankre edilmiş gövde donatısı ile aktarılmalıdır.

Zeminin taşıma gücünü artırma amacı ile iyileştirilmesi ince daneli zeminler halinde sıkıştırma harcı ile veya nispeten geçirgen granüler malzeme halinde kimyasal sağlamlaştırma (katılaşma) ile gerçekleştirilebilir. Sıkıştırılma harcı kullanılması zeminin yoğunlaşmasını temin eder. Dolayısıyla sıvılaşma potansiyelini azaltır. Granüler zeminlerde kimyasal sağlamlaştırma (katılaşma) yolu ile kohezyon temini de sıvılaşma potansiyeli azaltır.[9]

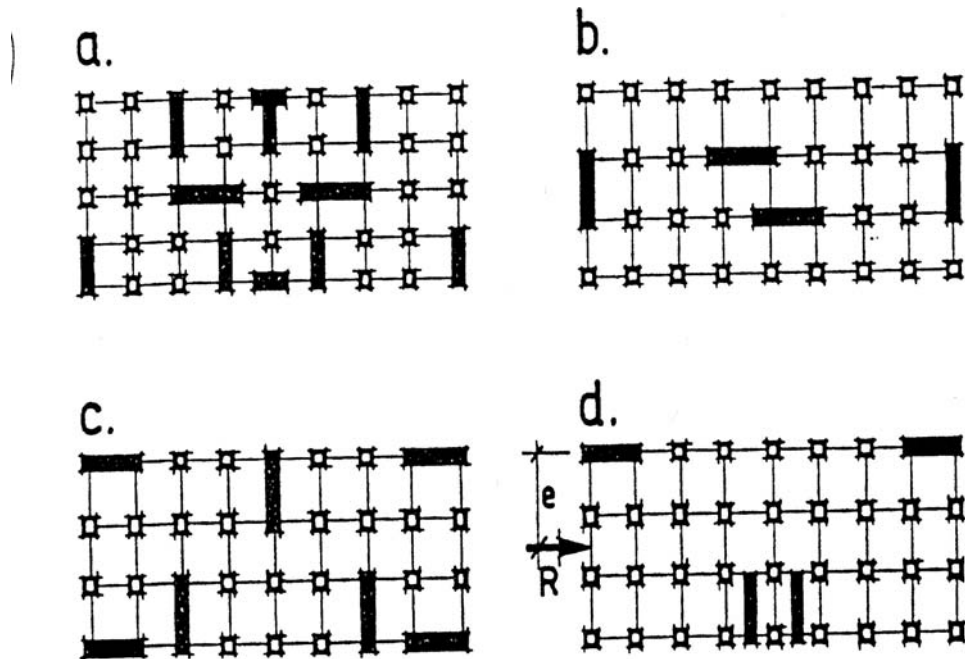
8. SİSTEME YENİ TAŞIYICI ELEMANLAR İLAVE EDİLMESİ İLE YAPILARIN GÜÇLENDİRİLMESİ

Yapıların yanal yük dayanımları yapıya yeni elemanlar ilave edilmesi artırılabilir. İlave edilen bu elemanlar yapıya gelen yanal yüklerin büyük bir kısmına karşı koyarak yapının dayanımını büyük bir oranda artırır. Unutulmaması gereken en büyük husus ilave edilen yeni elemanların yapının tüm sistemini değiştirdiği ve rijitliğini arttırdığı ve buna bağlı olarak ta deprem kuvvetlerinin de artacağı burada dikkat edilmesi gerekli olan uygun bir projelendirmeyle yeni elemanların yapı içerisinde düzgün ve uygun bir şekilde dağıtılmasıyla yapıya gelen etkilerin belirli bir bölgede yoğunlaşarak yapının burulma etkisine maruz kalmasına mahal vermemek eğer bu etkiler mevcut yapıda mevcut ise bunun giderilmesine çaba sarf etmek gerekmektedir.

Yeni elemanların ilavesinde;

- ❖ Perde elemanlarının ilavesinde, yeni perdenin iki kolon arasında bulunması tercih edilmesidir. Bazı durumlarda, bir taraftan bir kolona birleşmesi kabul edilebilir. Hiçbir kolona bitişik olmayan doğrudan döşemeyi delip geçen perde, perde-döşeme arasında çok büyük gerilme yığılmaları oluşacağı için kabul edilmemelidir.
- ❖ Mukavemet ve/veya düktilite kapasiteleri küçük olan elemanlarda büyük kuvvetlerin toplanması önemlidir. Bunun için güçlendirme elemanları yapı içinde düzgün ve uygun şekilde dağıtılmalıdır.
- ❖ İlave edilen yeni elemanlar yapının kullanım fonksiyonuna ve mimarisine etki etmemelidir.
- ❖ Taşıyıcı sistemin sünekliğini arttırmak için yapıya eklenecek elemanlar sünek olarak düzenlenmelidir.

- ❖ Ek taşıyıcı elemanlar yapının kütle ve rijitlik merkezi arasındaki mesafeyi en aza indireyecek şekilde düzenlenmelidir. Böylece yapı düzensizliğinden doğan burulma etkileri minimum düzeye indirgenmiş olacak.
- ❖ Elemanlar arasında sürekliliğin sağlanması için birleşim bölgelerinde yeterli mukavemet sağlanmalıdır.
- ❖ Yapının beklenmeyen durumlara karşı burulma rijitliği yüksek tutulmalıdır.
- ❖ Yapıya eklenecek yeni deprem perdeleri tüm yanal mukavemeti sağlamak üzere yeterli mukavemet ve rijitliğe sahip olmalıdırlar. Mevcut sistem güçlendirme elemanlarıyla uyumlu olmalı ve ileride olacak depremlerde ağır hasar görmeden şekil değiştirebilmelidirler.
- ❖ Uzun dikdörtgen binalarda köşelerde ve uzun doğrultuda konulan deprem perdeleri Şekil 8.1 (c-d)'de sıcaklık değişimlerinden ileri gelen deformasyonları sınırlar ve taşıyıcı sistemde önemli derecede ilave kuvvetler, iç kuvvetler oluştururlar. Şekil 8.1 (a-b)'deki gibi kısa doğrultuda konulmaları uygun olur.[9]



Şekil 8.1: Sisteme yeni eleman ilavesi

8.1 Yapıya Yeni Deprem Perdeleri Eklenmesi

Yapıya deprem perdesi eklenmesi yöntemi mevcut bir yapının deprem etkisine karşı davranışını iyileştirmek bakımından en etkili yöntemdir. En etkili yöntemdir. Bu perdelerin en önemli özelliği yüksek rijitliklerinden dolayı yapıya etki eden yanal ötelenmeleri minimum seviyede tutarak yapıda ikinci mertebe etkilerinin oluşmasına engel olur. Burada yeni deprem perdelerinin eklenmesi sırasında döşeme ve çatı diyaframları ile temellere uygun bir birleşim ve bağlantının temin edilmesine önem gösterilmelidir. Döşeme ile perde arasında kesme kuvvetinin aktarımı, planda köşegenel olarak yerleştirilmiş bağ çubuklarının döşemeye ankre edilmesiyle sağlanır. Uygulamada yerinde dökme beton veya püskürtme beton kullanılabilir.

Yeni deprem perdeleri plandaki yerleşime göre;

- ❖ Dış perdeler
- ❖ İç perdeler

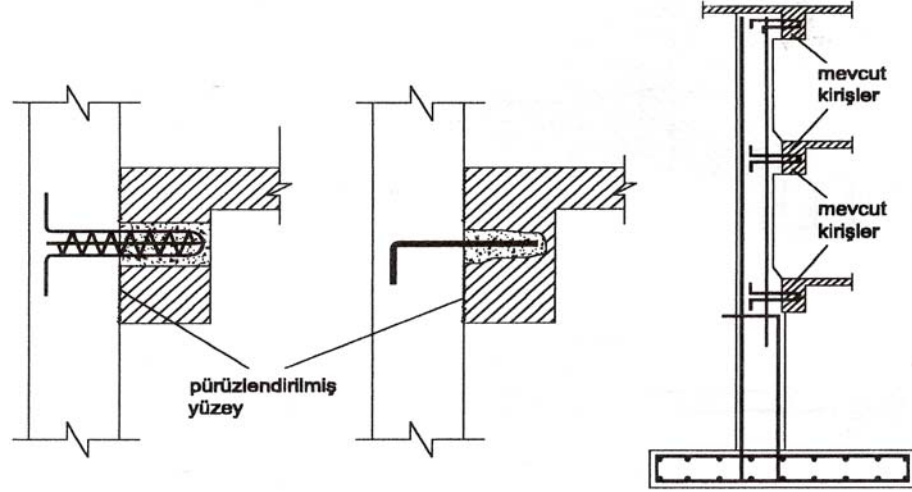
Düşey kesitteki durumlarına göre;

- ❖ Eksenel perdeler
- ❖ Dışmerkez perdeler

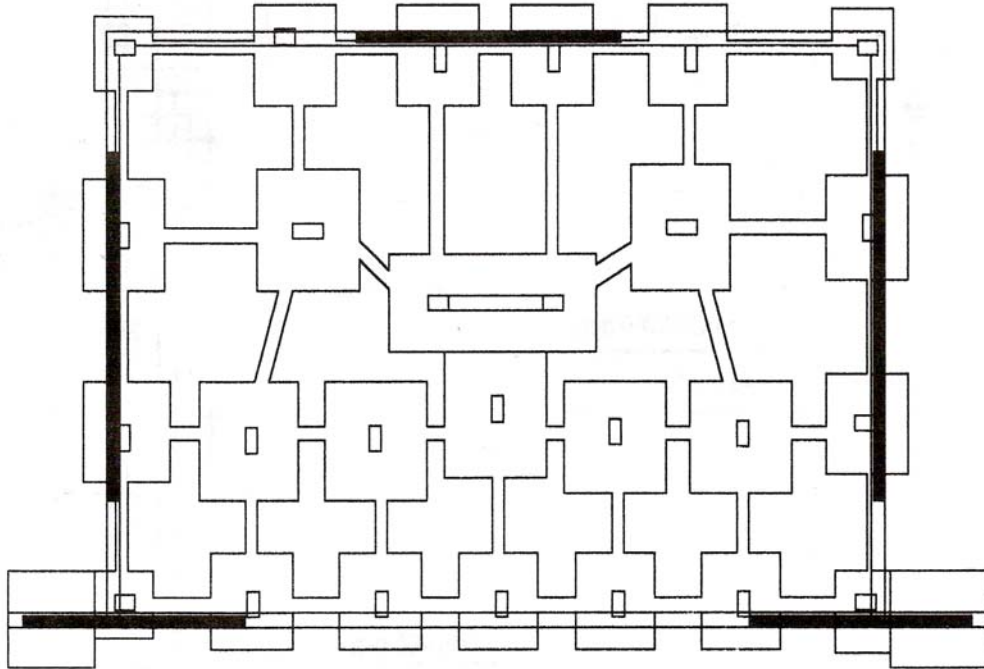
8.1.1 Dış Betonarme Perdeler

Bina dışına yerleştirilen cephe perdeleri, mimari fonksiyonları bozmaması ve bina dışından inşa edilebildikleri için tercih edilirler. Ancak, bu durumda da binanın cephelerinde bulunan pencereler dolu perde yapımını önler ve perdenin boşluklu olarak ortaya çıkmasına sebep olur. Boşluklu perdeler dolu perdelere göre daha sünek olmasına karşılık inşası ve donatı ayrıntıları daha fazla özen ister. Binanın cephesinde balkon bulunması güçlendirme perdesinin düşey sürekliliğinin oluşturulmasında zorluklar çıkarır. Binanın dışında kalan perdelerin mevcut kirişle ve kolonla bağlantılarının yapılarak sistemin bütünleşmesinin sağlanması önemlidir. Perdeye komşu kolonlar mantolanarak perde ile birleştirilse, bütünleşme daha sağlıklı biçimde yapılabilir. Eğer böyle bir durum söz konusu olmazsa, kat

seviyelerindeki kirişlere yapılacak bağlantılarla perdenin mevcut sistemle bütünleşmesi gerekir. Yeni perdenin temeli, mevcut temeller kullanılarak veya yeni temel eklenerek oluşturulabilir.(Şekil 8.2 ve Şekil 8.3) [11]

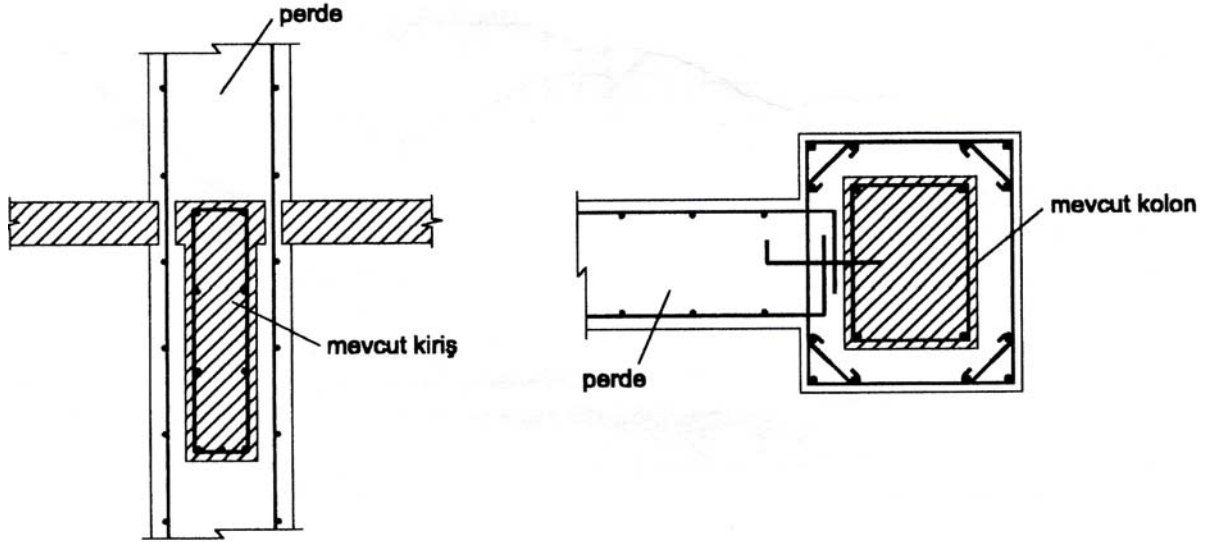


Şekil 8.2: Dış perdenin mevcut kirişlere bağlanması



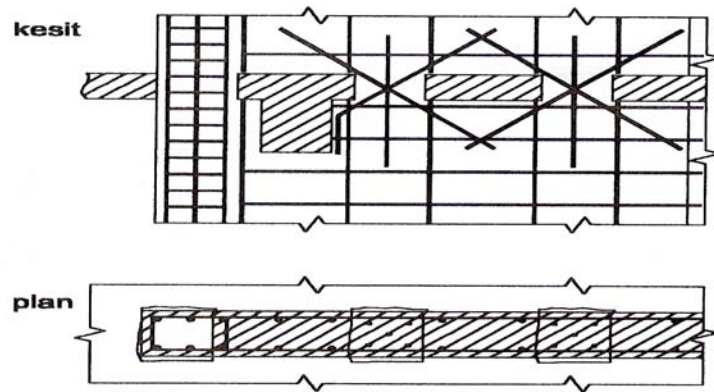
Şekil 8.3: Dış perdenin mevcut temele bağlanması

Bu durum perdenin mevcut sistemle bütünleşmesini sağlayacağı gibi, perdenin uçlarında meydana gelecek çekme kuvvetinin kolon basınç kuvvetini göz önüne alarak azaltılmasını da sağlar. Bunun yanında perde temelinin düzenlenmesinde kolon basınç kuvvetinin olumlu katkısı hesaba katılmış olur. Kapı ve pencere boşluğunun bulunması durumunda perde bir uçtan komşu kolona bağlanırken, diğer taraftan perde için bir uç bölgesi oluştururlar. Her iki durumda da perde kat seviyelerinde döşemeyi başlık bölgelerinde deler, bu suretle başlık donatılarının sürekliliği sağlanır. Bunun yanında perde gövdesinde döşemede yer yer boşluklar açılarak, hem beton dökümü için kolaylık sağlanırken, bu boşluklara yerleştirilecek çapraz donatılarla perdenin katlar arası bütünleşmesi daha da rahatlatılmış olur. (Şekil 8.5)



Şekil 8.5: Güçlendirme perdesinin mevcut kirişi sararak yükselmesi ve mevcut kolonu mantolayarak bütünleşmesi

Eğer perdenin bir ucu kolonu dört kenardan mantolayarak bağlamıyor, sadece kolonu uç, iki veya bir kenarı ile birleşiyorsa, kolon ile perde arası bütünleşmeyi komşu kolon yüzeylerine belirli aralıklarla yerleştirilecek bağ (dikiş) donatıları ile sağlamak mümkün olur. Kalın perdelerin kat kirişlerini içerecek şekilde düzenlenmesi yatay kuvvet iletimini, perde donatısının sürekliliğini ve bütünleşmeyi güvenli bir şekilde ortaya çıkarır. (Şekil 8.6)



Şekil 8.6: Dış merkez perdenin katta döşemeyi delmesi durumunda donatı düzeni

Ancak bu durum perde kalınlığının büyük olmasını gerektirdiği için pek tercih edilmez.

8.1.3 Eksenel Betonarme Perdeler

Perdeler kolon ve kirişlerin oluşturduğu çerçeve gözlerindeki bölme duvarları perdeye dönüştürülerek, güçlendirme yapılabilir. Kolon ve kiriş eksenleri arasında kalan bu tür perdeler mimari düzeni en az rahatsız ettikleri için tercih edilirler. Yapının kiriş ve kolonlarındaki hasar az ise veya onarımla eski duruma getirilmişse, bölme duvarlarına taşıyıcılık kazandırılması, özellikle iki veya üç katlı yapılarda yeterli olabilir. Bina kat adedinin az olması nedeniyle bina deprem yükü yığma yapı davranışına yakın bir çalışma şekli karşılaşır. Böyle bir durumda kat perdelerinin komşu kiriş ve kolonlarla bütünleşmesinin sağlanması önemlidir. Perdeye komşu kiriş ve kolonlar güçlendirme sisteminin bir parçası olduklarından, katlar arası kuvvet iletiminin yapılabilmesi gerekir. Eğer bu elemanlarda önemli hasar varsa, beton veya donatılarından şüphe ediliyorsa, katlar arası kuvvet sağlanması için tedbir alınması gerekir. Bu amaçla perde başlıklarının sürekliliğinin sağlanması için başlıklar genişletilebilir. Her durumda da kolon ve kirişler ile perde arasında kesme kuvvetinin iletilmesi için dikiş donatısı kullanılır. Bu amaçla dikiş donatıları epoksi ile kolon ve kirişe bağlanabildiği gibi, kaynaklı donatı birleşimi de kullanılabilir. Kirişlerle perdenin beraber çalışması da benzer şekilde sağlanabilir. Ancak, böyle bir değişiklikle, mevcut taşıyıcı elemanlardaki zorlamalar tamamen farklı değerler alabilir. Düşey yükler altında basınca çalışan bir kolon, deprem yükleri altında çekme kuvveti ile zorlanabilir. Çok katlı yapılarda eksenel perde uçlarda genişletilerek kolonu sarması öngörülerek, bu manto kısmından perde uç donatılarının sürekliliği kolayca sağlanabilir. [11]

8.1.4 Dışmerkez Betonarme Perdeler

Bina yüksekliğinin artması ile büyüyen deprem kuvvetlerinin karşılanmasında güçlendirme perdesinde katlar arası sürekliliğinin sağlanması daha önem kazanır. Bunun gibi, mevcut taşıyıcı sistemindeki kolon ve kirişlerin hasırlı olması veya kesit, donatı ve beton kalitesinde belirsizlikler bulunması, perdelerin kiriş eksenlerine göre dışmerkez olarak yerleştirilerek döşemedeki deliklere sürekliliğin sağlanması gerektirebilir. Bu durumda da komşu kolonların perdelerle bütünleşecek şekilde mantolanması uygundur. Dışmerkez perde düzeninde perde başlarının donatıları devam ettirilerek, katlar arası perde sürekliliği sağlanabilir.

Genellikle kolonlardan oluşan çerçeve sistemlerinin perdelerle güçlendirilmesine gidilir. Ancak, perdeler rijitlikleri nedeniyle deprem kuvvetinin önemli bir kısmını alırlar. Buna karşılık sistem yükün 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 perdeler temel düzenlenmesi ortaya çıkan büyük çekme gerilmelerinden dolayı zorluklar ortaya çıkar. Temelin çekme gerilmesi almadığı kabul edilerek temelin bazı bölgelerde zeminden 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 faydalanarak perdeye komşu tekil temeller birleştirilerek büyük bir perde temeli yapılması gerekebilir. Zemin güvenlik gerilmesinin yeterli olmadığı yerlerde, temel genişletilmesinin yanında zeminin iyileştirilmesi de düşünülebilir. Bunun gibi deprem etkisi durumunda, etkinin kısa süreli olması nedeniyle zemin emniyet gerilmesinin üstündeki bazı yerel gerilme artışlarına müsaade edilebilir. Perde için yapılan yeni temellerin mevcutlarla beraber çalışması ve perdenin ana donatılarının temele kenetlenmesi sağlanmalıdır. Bu amaçla temelin ortak yüzeyine epoksi sürmek ve dikiş donatılarını yerleştirmek önerilir.

Bu yöntemlerin dışında yapıda bulunan taşıyıcı sistem elemanlarına ilave işlemlerle de sisteme yeni elemanlar takviye edilmiş olunur.

Bu yöntem aşağıdaki gibi çeşitli şekillerde yapılmaktadır.

- ❖ Donatısız yığma duvarlarla doldurma
- ❖ Donatılı yığma duvarlarla doldurma
- ❖ Yerinde dökme betonarme perde duvarla doldurma
- ❖ Perde duvarının kalınlaştırılması
- ❖ Hazır dökülmüş panolarla dolgu
- ❖ Çelik diyagonal elemanlarla güçlendirme
- ❖ Kanat duvarların eklenmesi

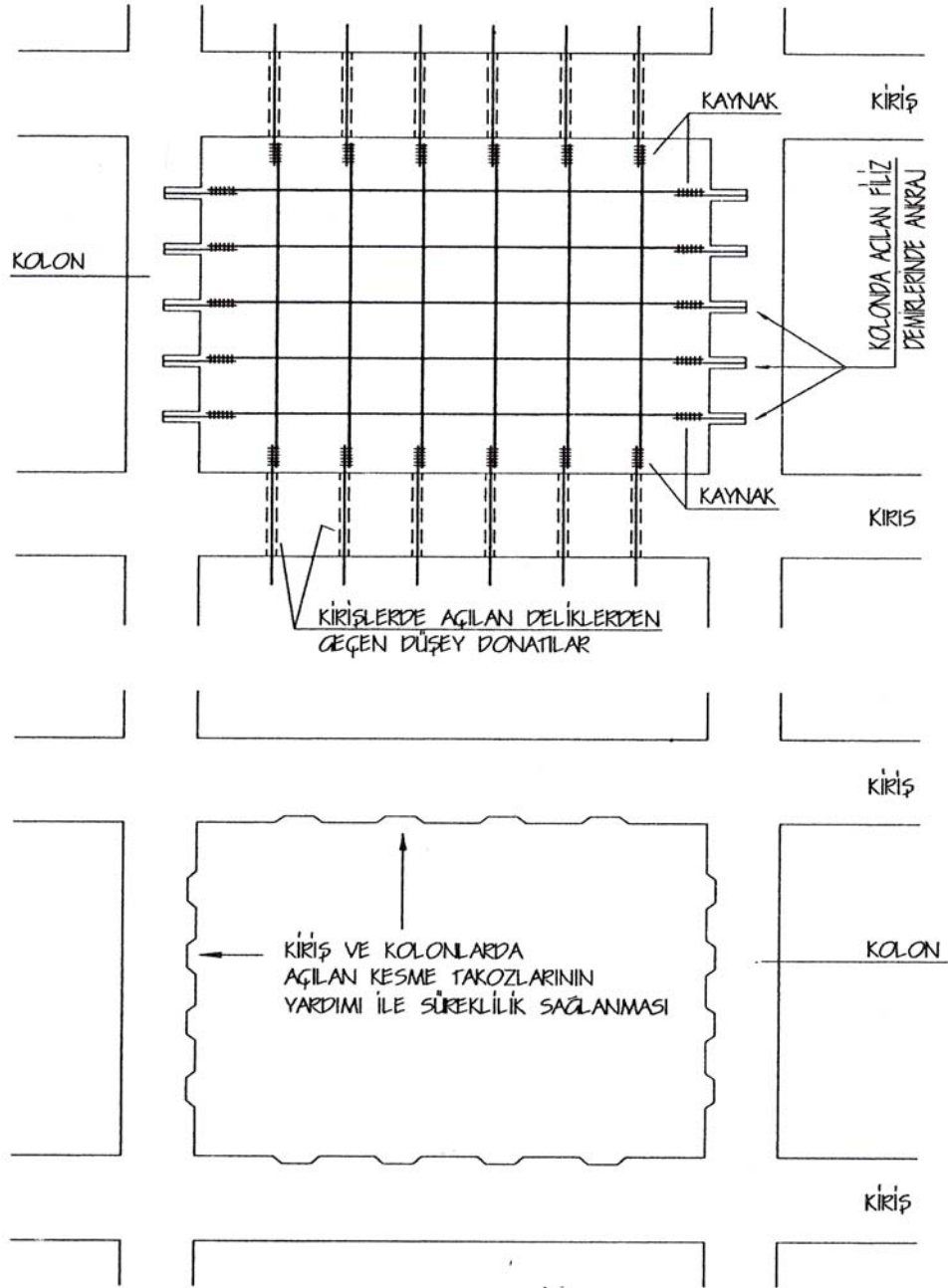
8.2 Diğer İlave Perde Biçimleri

8.2.1 Donatısız Yığma Duvarlarla Doldurma

Bu yöntem bir yapıya yapılacak en zayıf güçlendirme yöntemidir. Çok sınırlı bir taşıma gücü artışı sağlar ve yapıya süneklik kazandırma noktasında fazla bir etkisi olmaz. Bir anlamda çerçeve açıklıklarındaki kirişlerin altına mesnet yapılması, kirişlerin yükünün askıya alınması gibi bir çözümdür ve bir sonraki güçlendirme yöntemi olarak donatılı yığma duvarla dolgu yöntemine hazırlık aşaması olarak nitelemek daha doğru olacaktır. [5]

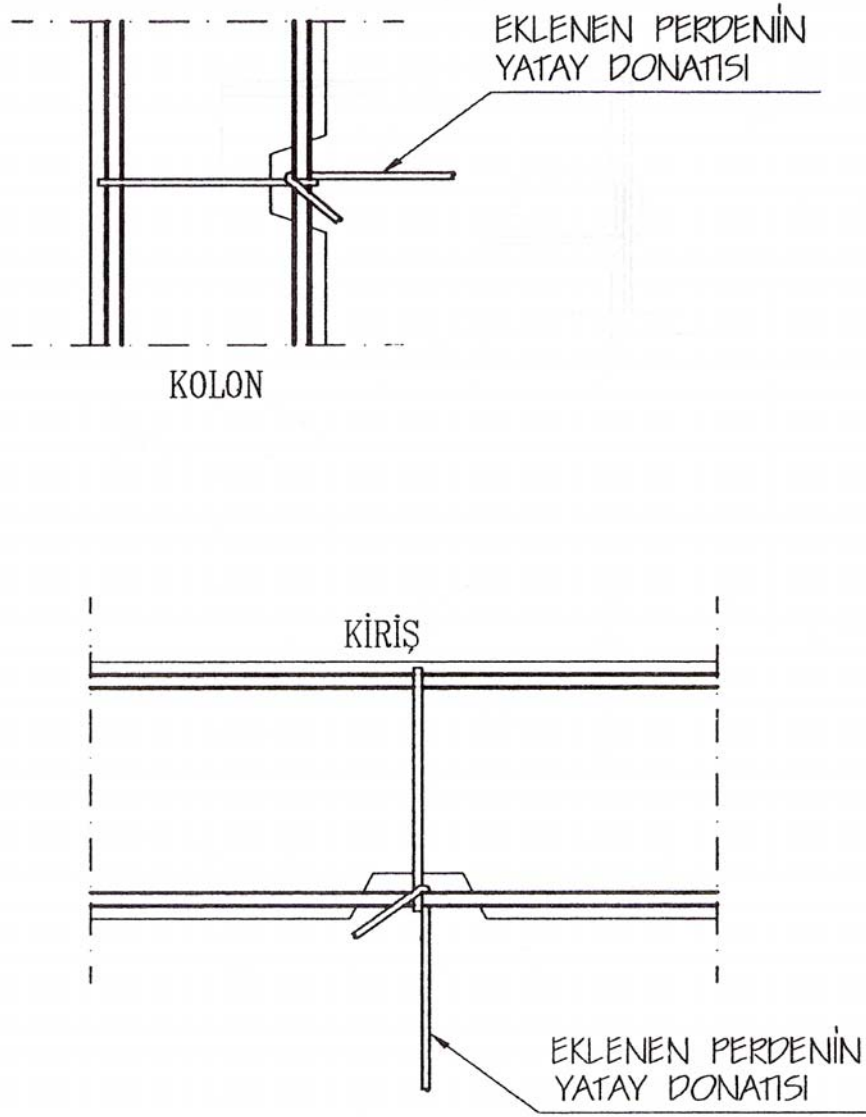
8.2.2 Donatılı Yığma Duvarla Doldurma

Bu yöntemde çerçeve boşluğuna örülen yapı malzemesinin her iki yüzüne hem yatay hem de düşey yönde donatıların yerleştirilmesi ile yapılır. Yatay donatıların Şekil 8.7’de gösterildiği gibi kolonlarda, düşey donatılarında kirişlerde açılan deliklerden geçirilerek yapı yüksekliği boyunca sürekliliğinin sağlanması gerekir.



Şekil 8.7: Donatılı yığma duvarlarla doldurarak sisteme yeni eleman ilavesi

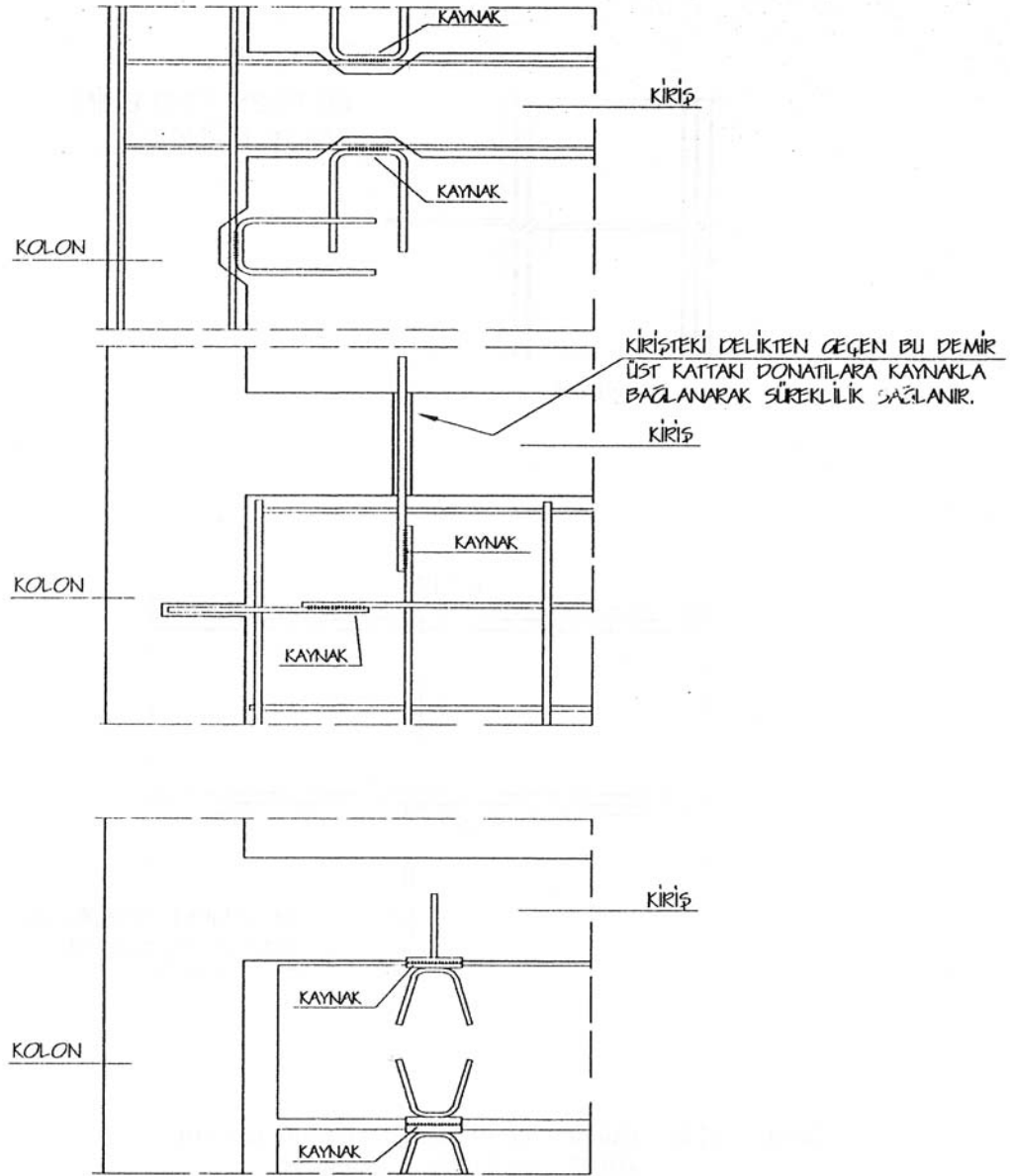
Bu arada eklenen yatay ve düşey donatılar kolon ve kirişlerdeki donatılara Şekil 8.8'deki gibi kancalı bir biçimde bağlanabilir. Bu yöntemde varolan tuğla duvarların güçlendirilmesi için hasır donatı da kullanılabilir. Hasır çeliğin duvarın her iki yüzüne konulması ve yer yer birbirilerine çiroz etriyelerle bağlanması gerekir. Donatılı duvar perde gibi çalışabilmesi için donatıların yapı yüksekliği boyunca sürekli olmaması gerekir.



Şekil 8.8: Güçlendirme perdesinin donatısının mevcut elemanlara bağlantısı

8.2.3 Yerinde Dökme Betonarme Perde Duvar İle Doldurma

Bu yöntem en çok önerilen yöntemdir. Çünkü betonun basınç ve çekmeye karşı dayanımı tuğla yada beton briket duvardan daha büyüktür. Ayrıca yapıya tuğla duvara göre daha çok rijitlik sağlar. Yeniden dökülen betonarme perde duvarların kiriş ve kolonlara bağlantısını sağlamak için Şekil 8.9’da gösterilen yöntemler uygulanabilir.

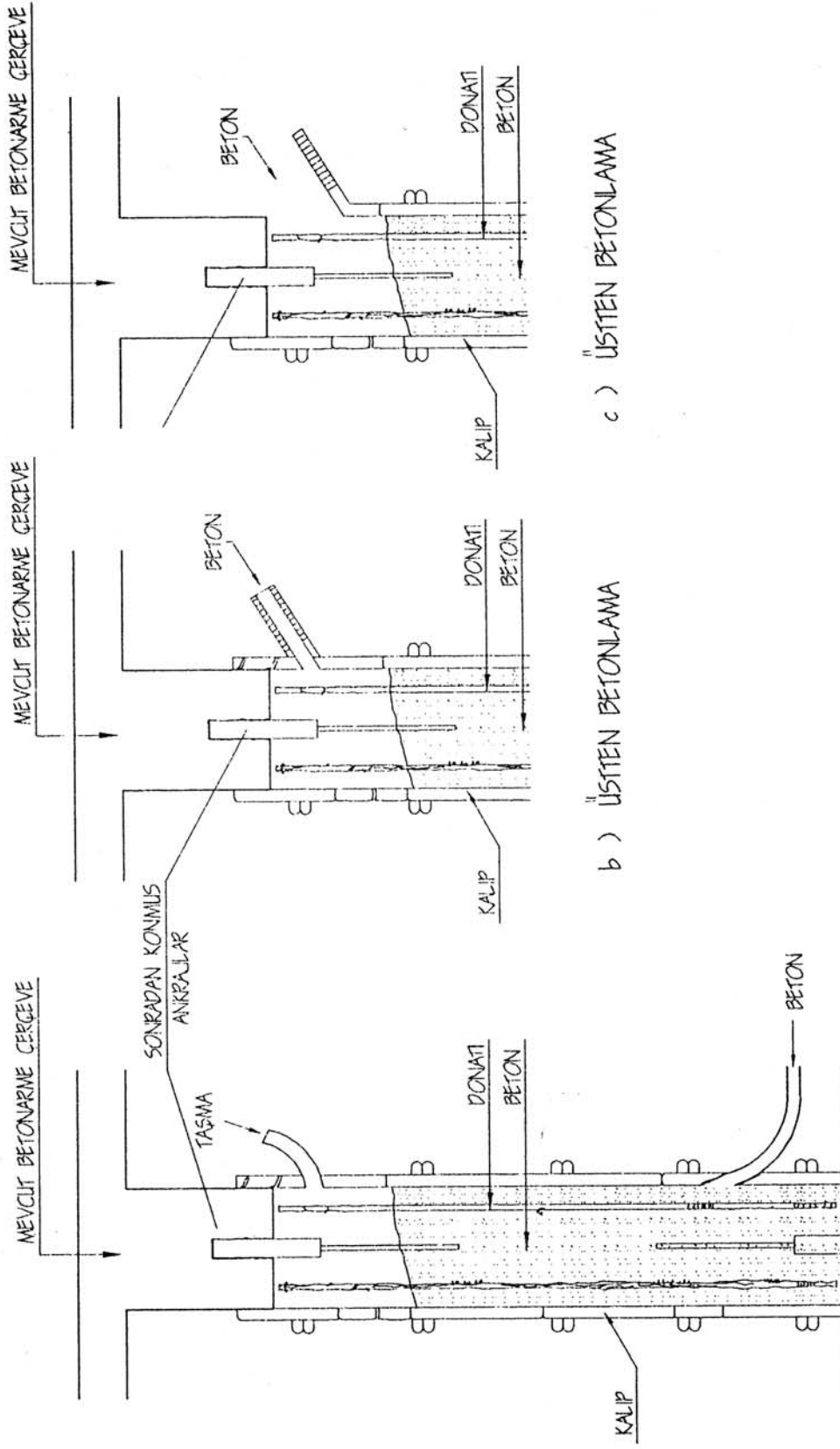


Şekil 8.9: Yerinde dökme güçlendirme perdesinin mevcut elemanlara bağlanması

Yatay donatılar kolon içinde ankraj edilmiş filiz demirlerine kaynakla bağlanırken, düşey donatılar kirişlerde açılan deliklerden geçirilerek betonarme perdenin yapı yüksekliği boyunca sürekliliğini sağlamalıdır. Her bir katın perde düşey donatısı var olan kirişlerde açılmış yuvalarda yer alan bağlantı filiz demirlerine kaynaklanmalıdır. Çerçevelerin arasına perde yapımında mevcut kolon ve kiriş betonu ile birlikte çalışma için betonda kesme takozları kullanılmalıdır. Şekil 8.10'da çerçevelerin arasına perde duvar yapımı yapı temelinden başlayarak en üst kata kadar sürekli olmalıdır. Perde duvarın herhangi bir katta kesilmesi yapıda o katta gerilme birikimi ve deprem davranışının ani olarak değişmesine neden olduğu için kritik olmaktadır.

Perde duvarların sürekliliğini sağlamakta için gözün doldurulmasından sonra elde edilen deprem peresinde deprem etkileri altında oluşacak devirme momentlerinden dolayı mevcut kolonlarda meydana gelecek kuvvetlere karşı bu kolonların yeterli mukavemette olması gerekir. Yeni oluşturulan perde ile kiriş arasındaki birleşiminde hareket olarsa büyük kayma gerilmeleri ortaya çıkacağından mevcut kolonun ayrıca kesme mukavemetinin de yüksek olması gerekir. Bu nedenle, yerinde dökme perde duvarla güçlendirmede çerçevenin uçlarındaki kolonların da mantolanarak güçlendirilmesi tercih edilmelidir. Perde uçlarındaki kolonlarsa depremde perdeye gelecek eğilme momentlerinden dolayı büyük basınç ve çekme kuvvetleri oluşmaktadır. Eğer kolon boyuna donatıları yeterli bir biçimde etriyelerle sarılmamış ise burulmakta ve perde duvarın sağlanması gereken moment taşıma gücüne ulaşılmamaktadır.

Yerinde dökme betonarme perdelerle güçlendirme uygulanmasında önemli bir sorun çerçeve içine konulan perdenin betonunun dökülmesidir. Özellikle kiriş altına gelen yerde beton doldurmak güçtür. Şekil 8.10'da aşağıdan basınçla beton pompalamaya yada duvarın üst tarafından yandan beton dökme teknikleri uygulanabilir. Özellikle kirişlerin hemen altındaki bölgeye genleşen bir çimento ile yapılmış bir harç doldurulması uygun olacaktır.



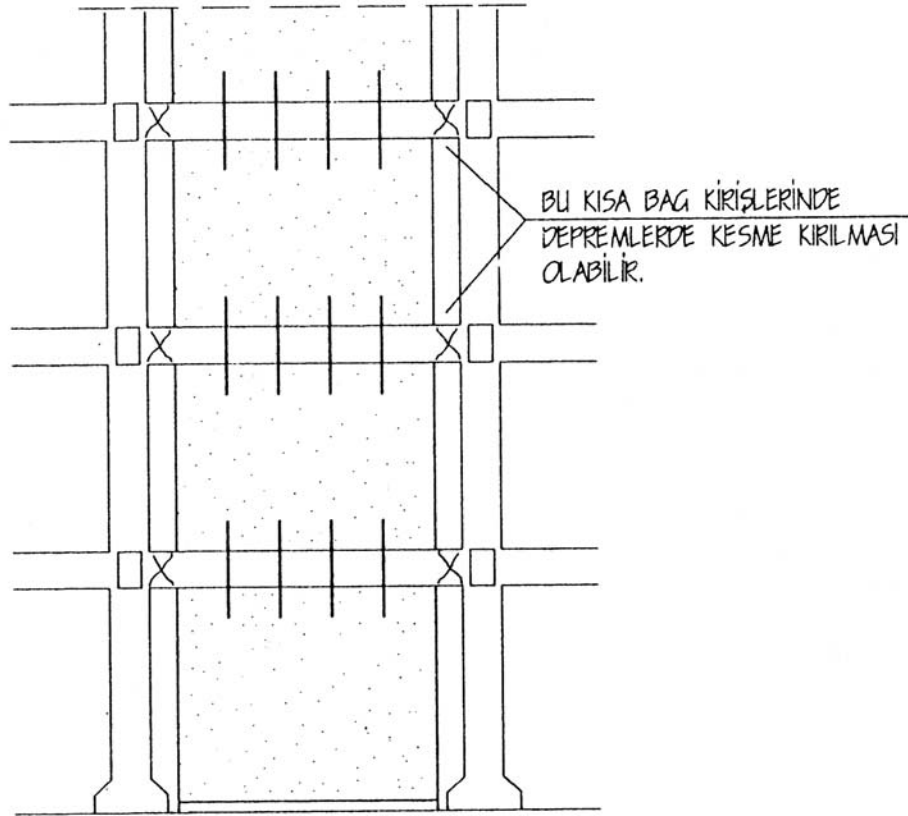
a) ALTIN BASINÇLA BETONLAMA

b) ÜSTTEN BETONLAMA

c) ÜSTTEN BETONLAMA

Şekil 8.10: Perde betonu dökme yöntemleri

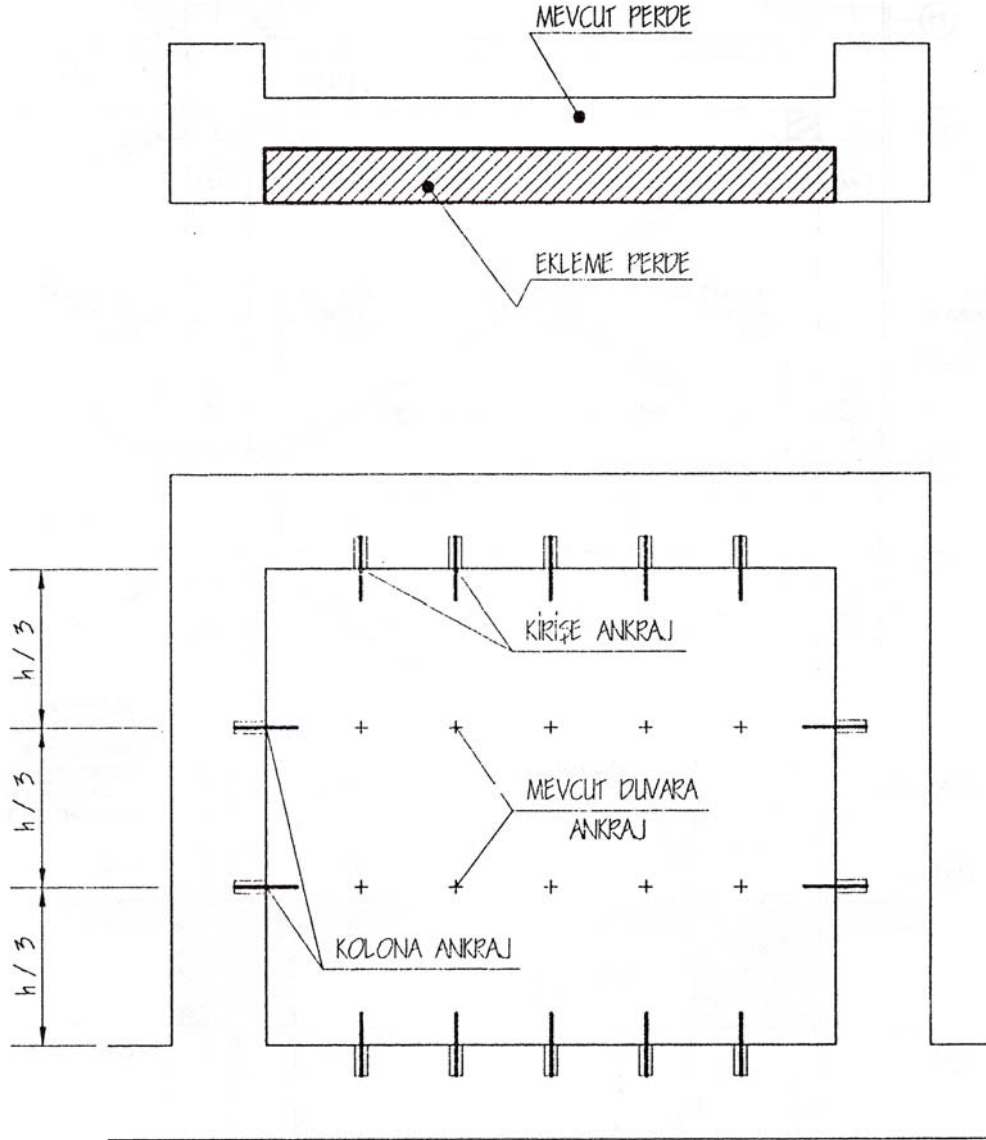
Yerinde dökme perde duvarların donatıları hem kirişlerde hem de kolonlarsa ankraj edilebileceği gibi yalnızca kirişlere bağlantı yapıp perde duvar ile kolon arasında derz bırakılabilir. Kolonlarda monolitik olmuş perde duvarlarda, yatay yükler altında, perde uçlarında flanş olan I kesitli elemanlar gibi çalışırlar ve uçlarındaki kolonlarda büyük basınç kuvvetleri oluşur. Eğer bu kolonlarda boyuna donatılar etriyeler ile yeterli olarak kısıtlanmamış ise var olan kolonlar hasar görür. Bu tür perde uç kolonlarında hasar olmasını önlemek için eklenen perdelerin kolonlarla aralarında derzli yapılması daha uygundur. Bu durumda da perde ile kolon arasındaki çok kısa kirişlerde yatay yüklerden dolayı kesme kırılması beklenir. Bu bölümler bağ kınışları gibi çalışacaktır. Ancak bu tür kırılmaların yapı güvenliği açısından fazla sakıncası yoktur. (Şekil 8.11) [5]



Şekil 8.11: Yalnızca kirişlere bağlanmış perde duvarla güçlendirme

8.2.4 Perde Duvarının Kalınlaştırılması

Betonarme perdelerle güçlendirmenin bir başka biçimi mevcut perde duvarın kalınlaştırılmasıdır. (Şekil 12)



Şekil 8.12: Perde duvarının kalınlaştırılarak yapının güçlendirilmesi

Bu uygulamada da mevcut ince perde duvar yanına bir yeni duvar eklenerek daha kalın perde yapılmaktadır. Burada eski ve yeni duvarın birlikte çalışması için gereken ayrıntıların uygulanması gerekmektedir.

8.2.5 Hazır Dökülmüş Panolarla Dolgu

Yerinde dökme betonarme duvar yapımı yerine hazır dökülmüş duvar elemanları da kullanılabilir. Hazır elemanlar standart açıklıklar varsa daha kullanışlı olabilir. Öte yandan yapıda onarılması gereken çok sayıda aynı boyutta çerçeve açıklığı varsa (okul, hastane, büro tipi yapılar) hazır dökülmüş pano ile dolgu yapılabilir. Ancak

bunların yapı içinde insan gücü ile taşınabilir boyut ve ağırlıkta olması gerekir. Hazır dökülmüş betonarme panolarla dolgu yaparak güçlendirme yerinde dökme betonarme perde duvarlarla güçlendirmeye göre daha az yatay yük taşıma gücü sağlar fakat daha sünek olduğu görülmektedir. Bu yöntemde panolar birbirlerine, kolon ve kirişlere kaynaklı olarak bağlanmalıdır. Hazır panoların kolon veya kirişlere bağlantısı, yerinde dökme mevcut elemanlarda kiriş yada kolonda kesme takoz yuvaları açmak ve buralardaki kiriş ve kolon donatısına hazır elemanlardan gelen donatıları kaynaklamak biçiminde de olabilir. Kesme takozu yuvası epoksi harcı yada yüksek dayanımlı ve genleşen çimentolu beton ile doldurulmalıdır.[5]

8.2.6 Çelik Diyagonal Elemanlarla Güçlendirme

Betonarme perde duvarlarının konulması yapının ağırlığı ve dolayısıyla yapıya gelen yatay deprem yüklerini de artırabilir. Bu artıştan kaçınmak yada yapının ağırlığını artırmadan rijitliğini yada daha önemlisi sünekliliğini artırmak için çerçeve boşlukları arasına çelik çerçeveler yada diyagonal elemanlar konularak güçlendirme yapılabilir. (Şekil 8.13)

gerekir. Bu tür uygulamalarda bulonlu bağlantı olabileceği gibi kaynaklı bir bağlantı da yapılabilir. Kaynaklı bağlantı yerine bulanlı 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 maliyeti daha yüksektir. Ancak daha kısa sürede yapılabilmeleri ve bir deprem sonrasında acil olarak yapıların hasarlı bölümlerinin desteğe alınmasında kullanılabilme gibi üstünlükleri de vardır. [5]

Çelik diyagonallerle güçlendirmede en önemli sorun, deprem sırasında düğüm noktalarıyla çelik diyagonaller arasındaki kuvvet aktarımının güvenli bir şekilde sağlanmasıdır. Güvenli bir kuvvet aktarımı için;

- ❖ Mevcut kolon ve kirişler yeterli mukavemete sahip olmamalıdır. Özellikle birleşim noktalarının kesme mukavemeti yüksek olmalıdır.
- ❖ Düğüm noktaları, çelik yakalar veya çelik tasmalarla sarılarak diyagonaller bu elemanlara bağlanmalıdır.
- ❖ Diyagonaller yukarıdaki şekilde olduğu gibi her katta düğüm noktalarındaki bağlantı elemanlarıyla bağlanarak süreklilik elde edilir.
- ❖ Çelik çerçevelerde kirişlere dübeller yardımıyla bağlanarak süreklilik elde edilir.

Çelik çerçevelerle veya diyagonallerle güçlendirmenin diğer güçlendirme yöntemlerine göre avantajları ve dezavantajları ise;

- ❖ Yapı ağırlığında önemli bir artış olmamakla beraber, rijitlik ve süreklilik arttırılmış olur.
- ❖ Yapının ağırlığında önemli bir artış olmadığından dolayı yapıya gelen toplam deprem yükünde bir artış olmaz.hatırlanacağı gibi perde duvarlarla

güçlendirmede rijitlik artışıyla beraber yapı ağırlığı da önemli miktarda artmaktadır.

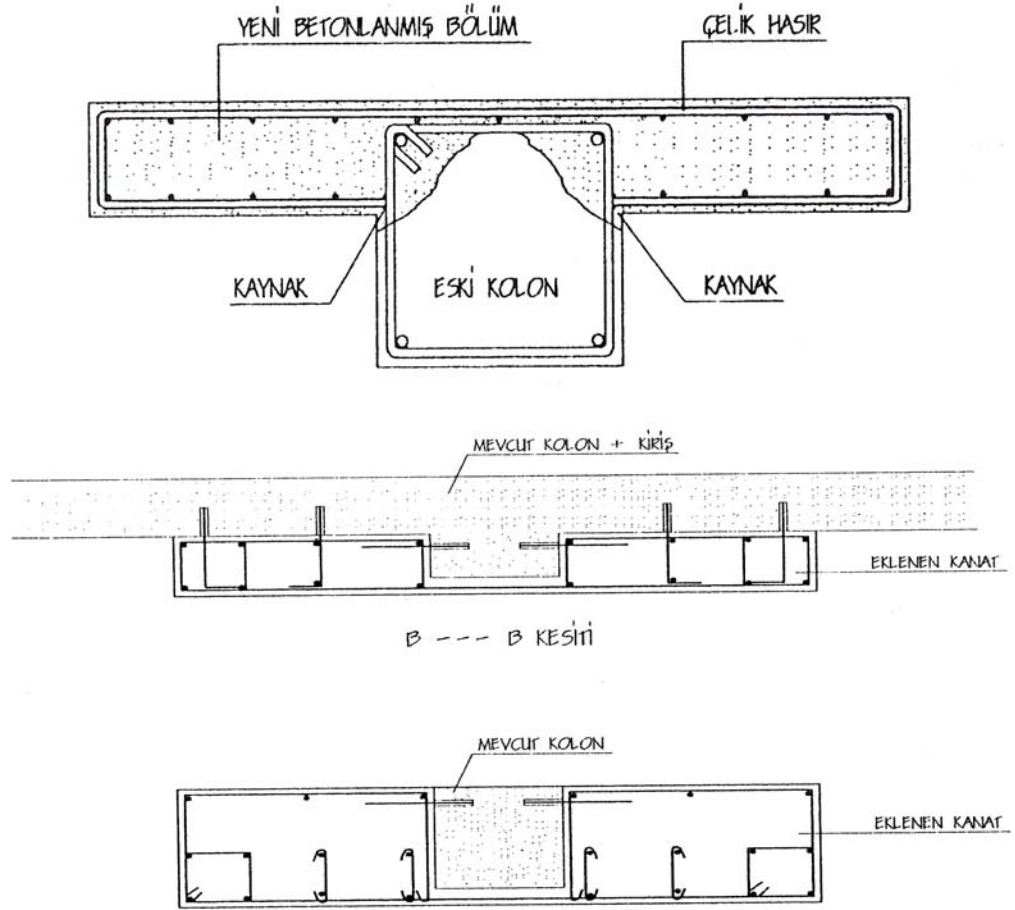
- ❖ Bu güçlendirme yöntemi diğerlerine göre çok daha kısa sürede yapılabilir. Bundan dolayı deprem sonrası yapılan hasarlı bölümlerini desteklemede hemen kullanılabilirler.
- ❖ Çelik çerçeveler yatay kuvvetler etkisinde betonarme perdelerle göre daha güçsüzdür. Ayrıca yapım bedelleri de yüksektir.
- ❖ Diyagonaller, çerçevelere uygun şekillerde yerleştirilerek pencere ve kapı için boşluklar bırakabilir. Hatırlanacağı gibi betonarme perdelerle güçlendirmede bu imkan yoktur
- ❖ Diyagonaller ve çelik çerçeveler yangına karşı iyi bir şekilde korunmalıdır.[7]

8.2.7 Kanat Duvarların Eklenmesi

Kolonlara yapıya etki eden deprem kuvvetleri ve diğer yatay yüklerini karşılayabilmesi için iki tarafına da simetrik bir biçimde kanat perdeler eklenmesidir. Burada önemli olan husus ilave edilen iki kanatın da kolonla birlikte uyumlu bir şekilde çalışmasını sağlamak için kolon ve kanat perdelerin yatay donatıları birbirine kaynaştırılmasıdır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda kolonlara eklenmesiyle kesme kuvveti ile birlikte eğilme moment mukavemeti normal kolonlara göre 2-3 kat daha fazla çıkmıştır. Kanat duvar eklenmesinde şu hususlara dikkat etmek gerekmektedir.

- ❖ Eklenen kanatlarla eğer mümkünse, kolon bir perdeye dönüştürülmelidir.
- ❖ Kanat duvarlarının uç bölgeleri perdelerde olduğu gibi düzenlenmelidir.
- ❖ Kanat duvarları mevcut kirişlerin serbest açıklıklarının küçülmesine neden olurlar. Mevcut kirişlerin kanat duvarlarından dolayı kirişlerde yön

değiştiren momentler oluşur. Takviye projesinde kirişler tüm bu etkilere karşı güçlendirilmelidir.

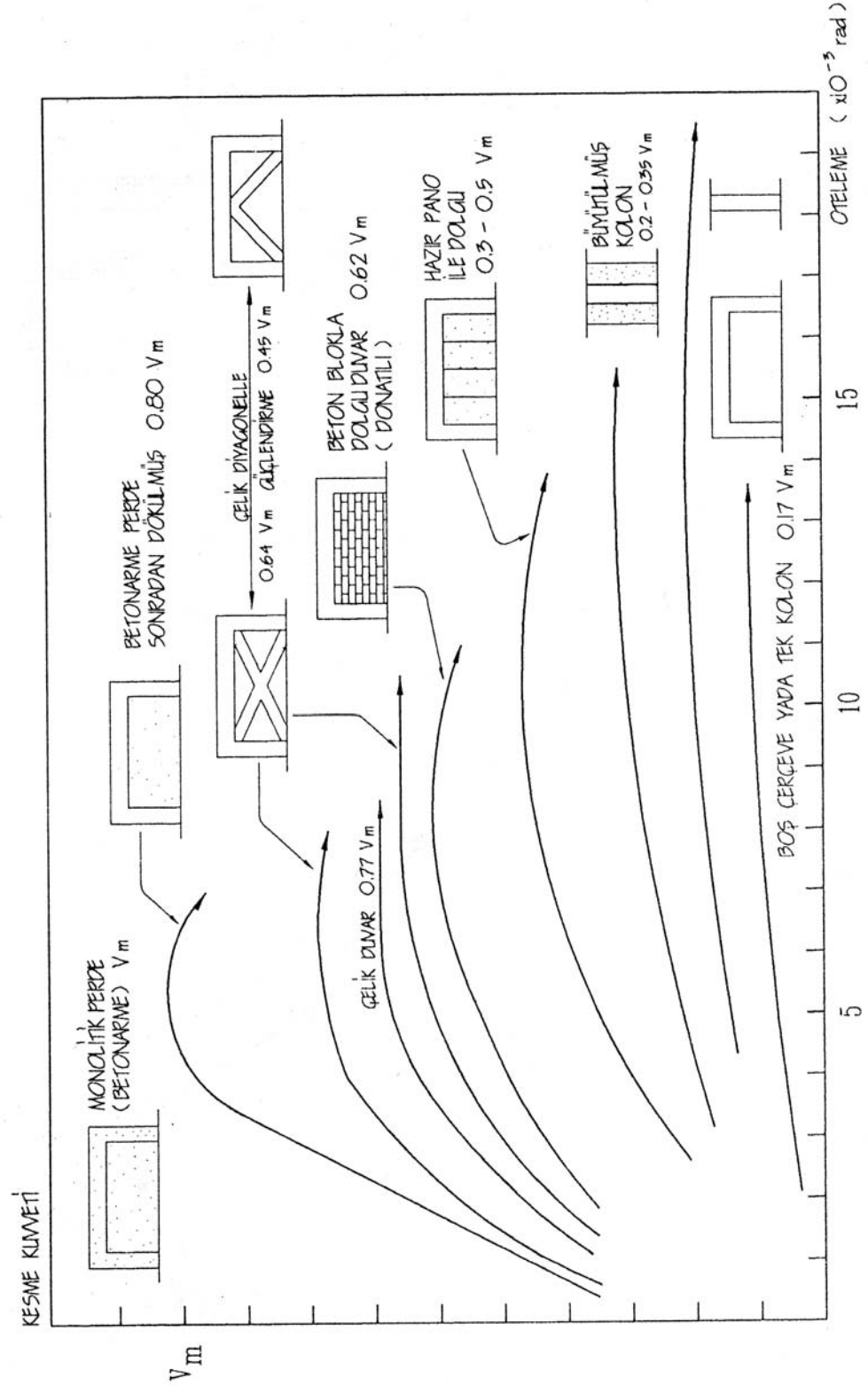


Şekil 8.14: Kanat duvar eklenerek sistemin güçlendirilmesi

8.2.8 Dolgu Duvarla Güçlendirmenin Etkinliği

Dolgu duvarla çerçevelerin güçlendirilmesi yöntemi ile elde edilecek ek taşıma gücü, rijitlik artışı, süneklik ve kesme kuvveti taşıma gücü açısından bir karşılaştırma yapılması uygulanacak yöntemin seçiminde yol gösterici olabilir. Çerçevelerin dolgu duvarları ile güçlendirilmesinin etkinliği çeşitli araştırmacılarca incelenmiştir.

Sugano (1981) değişik biçimde güçlendirilmiş çerçevelerin yatay yük altındaki davranışlarını deneysel olarak karşılaştıran çalışmasında Şekil 8.15'te görülen yük deformasyon eğrilerini vermektedir.



Şekil 8.15:Güçlendirme yöntemlerinin kıyaslanması

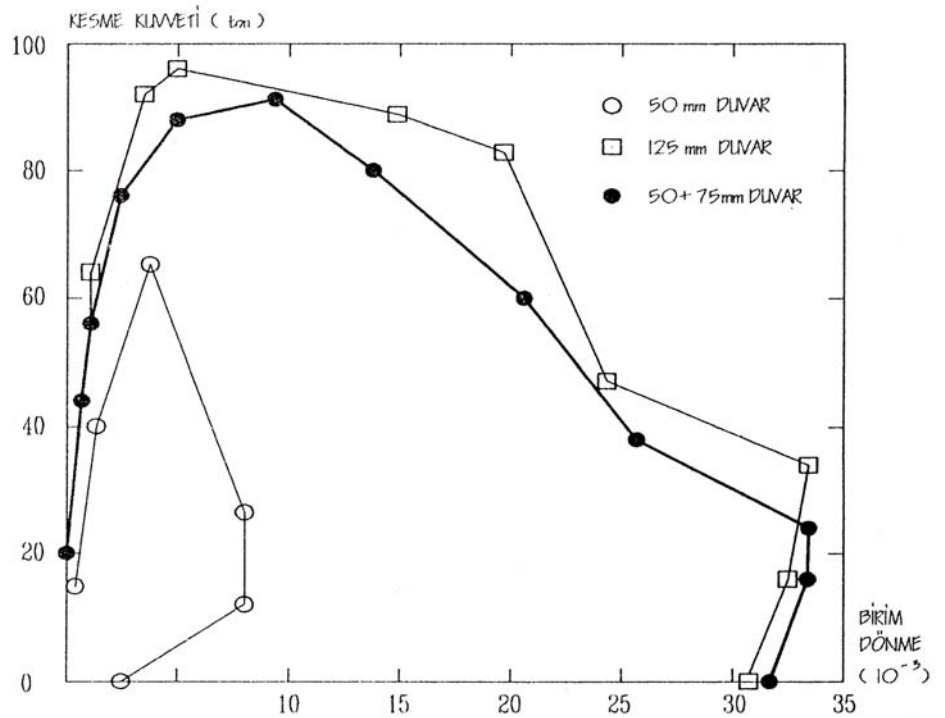
Buradan görüleceği gibi çerçeve boşluğu içine perde duvar yapılması ile boş çerçeveye göre yaklaşık 4-5 kata varan kesme kuvveti taşıma gücü artışlarına ulaşılabilmektedir. Ancak sonradan perde duvar yapımı perde ile kolonun birlikte dökülmesi ile elde edilen dayanıma ulaşamamaktadır. Çerçeve açıklığının içine donatılı beton blok ile dolgu duvar yapılması bile çerçevenin kesme kuvveti taşıma gücünde 3 kata varabilen artışlar oluşturabilmektedir.

Ersoy ve diğerleri yaptıkları deneylerde çerçeve sisteminin içine konulan betonarme perdenin eğer çerçeve ile bağlanmamış ise tersinir ve devresel yüklemeler altında etkili olmadığını gözlemlemişlerdir. Buna karşılık betonarme perdenin donatıları çerçeve donatıları ile kaynaklı olarak bağlanırlarsa iyi bir davranıl sağlandığını, perde duvarın donatısının çerçevenin kolon ve kirişlerine yerleştirilmiş kamalarla bindirmeli olarak yapılması ile çok üstün bir davranış elde edildiğini görmüşlerdir. Öte yandan çerçeve açıklığına betonarme perde konulmadan önce çerçevenin kolonlarının güçlendirilmesi de önerilmektedir.

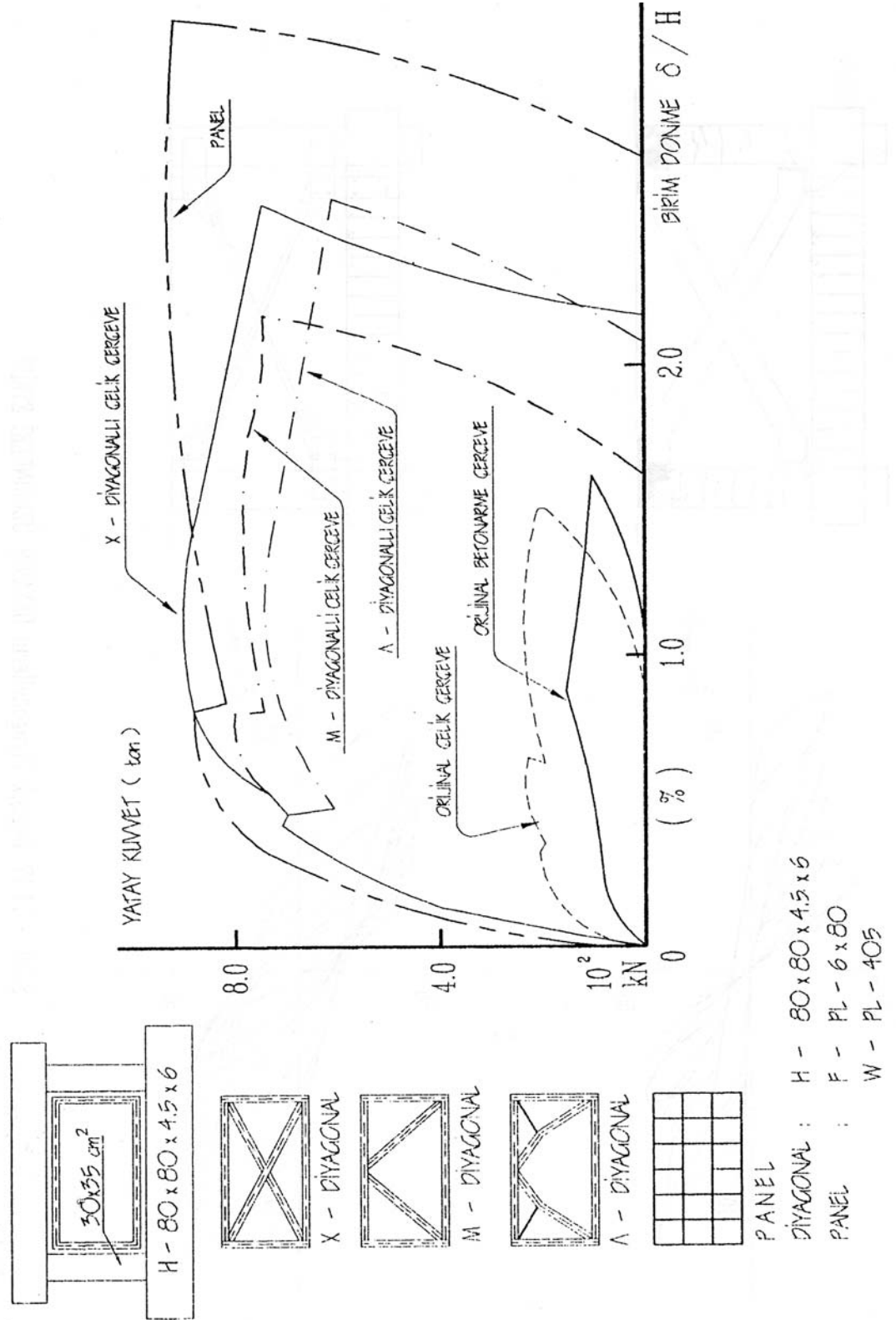
Vintseleou şimdiye kadar çerçevelerin dolgu duvarla doldurularak yatay yükler altında denediği bütün deneylerin sonuçlarını inceleyerek şu sonuçları çıkarmıştır;

- ❖ Donatısız yığma dolgu duvarlı çerçevelerin yatay yüklere karşı dayanımı çıplak çerçevelerin dayanımının en az 2 katı olmaktadır. Eğer dolgu duvar malzemesi olarak kullanılan tuğla, beton briket vb. malzeme düşük dayanımı artışı %40 kadar olmaktadır.
- ❖ Yığma dolgu duvarların donatılı olarak yapılması ile, donatı yüzdesi %0.15-0.6 arasında, dolgulu çerçevenin dayanımı çıplak çerçevenin 5 katı olabilmektedir. Ancak bunun için dolgu duvardaki donatılar çerçevedeki donatılarla kaynaklı olarak bağlanmış olmalıdır.
- ❖ Yığma dolgu duvar yerine yerinde dökme betonarme duvar yapılırsa dayanım artışı 6 kat olmaktadır.
- ❖ Ön dökümlü betonarme panolar ile dolgu duvar yapılması ile duvarsız boş çerçeveye göre 3-5 kat artışı olmaktadır. Panoların çerçeveye bağlantı ayrıntısına göre dayanım artışları değişik miktarlarda olmaktadır.

- ❖ Öte yandan birlikte dökülmüş perde ve kolonlu betonarme sistemlerin dayanımı çıplak kolon dayanımının 15-50 katı olabilmektedir. Sonradan betonarme perde duvar perde ile çerçevenin doldurulmasının çerçeve ile perdenin birlikte döküldüğü durumlar kadar etkin olmaması normaldir.
- ❖ Tersinir yüklemeler altında dayanımdaki azalma miktarı hemen bütün değişik güçlendirme sistemleri için aynı orandadır. Eğer çerçeve kolon donatıları yetersiz miktar ve biçimde yerleştirilmiş ise tersinir yükleme ile kolonların dayanımında olan azalım hem oran olarak çok daha fazla hem de çok hızlı bir biçimde gerçekleşmektedir. Bu açıdan belki de eğer kolonlar çok zayıf ise bu açıklığın içine betonarme perde duvar konulursa perde ile kolonun bağlantısını zayıf yapmak daha yararlı olacaktır. Ya da kolonların mantolanarak güçlendirilmesi de yapılacaktır.
- ❖ Kalınlaştırılmış perde duvarların etkinliğini belirlemek için yapılmış deneylerde sonrada kalınlaştırılmış perde duvar ile bir döküm yapılmış duvarın önemli bir davranış farkı gözlenmemektedir. Arada yaklaşık %10 kadar bir fark vardır. Bu deneylerde kullanılan eski-yeni duvar bağlantı yöntemi Şekil 8.16'da verilmektedir.



Şekil 8.16: Eski ve yeni duvar kaynaştırma yöntemleri



Şekil 8.17: Betonarme çerçevelerin değişik çelik diyagonelli çerçeve ile güçlendirilmesinin etkinliği (OKHUBO,1991)

- ❖ Değişik çelik diyagonallerle güçlendirme yöntemlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Şekil 8.17’de çelik ile takviyede değişik diyagonal biçimlerinin deneysel olarak bulunuş etkinliği karşılaştırılmaktadır.
- ❖ Diyagonallerin değişik yerleştirme biçimlerinin davranış ve dayanım üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı görülmektedir.

9. DOKUZ KATLI BETONARME BİR YAPININ DEPREM GÜVENLİĞİNİN İRDELENMESİ VE GÜÇLENDİRİLMESİ

9.1 Giriş

Bu tezde yapının güçlendirilmesi kararı yapının performansının belirlenmesi sonucunda verilmektedir. Performans durumu ise şu şekilde belirtilmektedir:

- ❖ Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10'u belirgin hasar bölgesine geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanların tümü minimum hasar bölgesindedir. Bu durumda bina hemen kullanım durumunda kabul edilir. Güçlendirilmesine gerek yoktur.
- ❖ Herhangi bir katta uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %20'si ve kolonların bir kısmı ileri hasar bölgesine geçebilir. Ancak ileri hasar bölgesindeki kolonların, kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. Diğer taşıyıcı elemanların tümü minimum hasar bölgesi veya belirgin hasar bölgesindedir. Bu durumda bina can güvenliği bölgesi durumunda kabul edilir. Can güvenliği durumunun kabul edilebilmesi için herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden minimum hasar sınır aşmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'unu aşmaması gerekir. En üst katta ileri hasar bölgesindeki düşey elemanların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir. Binanın güçlendirilmesinde, güvenlik sınırını aşan elemanların sayısına ve yapı içindeki dağılımına göre karar verilir.
- ❖ Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %20'si ve kolonların bir kısmı göçme bölgesine

geçebilir. Ancak göçme bölgesindeki kolonların, kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır ve bu elemanların tümü minimum hasar bölgesi, belirgin hasar bölgesi veya ileri hasar bölgesindedir. Bu durumda bina göçmenin önlenmesi durumunda kabul edilir. Göçmenin önlenmesi durumunun kabul edilebilmesi için herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden minimum hasar sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kat kesme kuvvetlerin oranının %30'unu aşmaması gerekir. En üst katta göçme bölgesindeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir. Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır ve güçlendirilmelidir. Ancak güçlendirmenin ekonomik verimliliği değerlendirilmelidir.

- ❖ Bina göçmenin önlenmesi durumunu sağlamıyorsa göçme durumundadır. Binada güçlendirme uygulanmalıdır, ancak güçlendirme ekonomik olarak verimli olmayabilir. Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

Sayılan bu maddeler doğrultusunda gerekli ise yapıya uygun bir güçlendirme kararı alınır. Yapının olası hasarı hesaplanırken STA-4 CAD V12 programı kullanılmıştır. Bu programın kullanımında temel prensip ise şu şekilde olmaktadır;

Öncelikle yapımız ölü yük altında kesit yetersizliğine uğrayıp uğramadığına bakılır, daha sonra deprem yüklemesi yapılmaktadır. Eğer yapımız ölü yükleri taşıyabiliyorsa ve deprem yüklerini yeni ilave edilecek elemanlara taşıtabilirsek yapımızı hem düşey hem de yatay yüklere karşı güvenliğini sağlamış olacağız. Bu işlem ise yapıya yeni perde elemanlar ekleyerek sağlayabiliriz. Eğer depremsiz yapı çözümünde yetersizlikler var ise veya hasar görmüş ise sadece o elemana mantolama yapılmalıdır. Depremsiz çözümde kirişlerde yetersizliklerin olması durumunda o kirişlerde güçlendirme yapılmalı ancak depremsiz durumda yeterli olup ta depremli durumda yetersizlikler var ise güçlendirmeye gerek duyulmamaktadır. Çünkü güçlendirme perdelerinin katılımıyla yapıdaki deprem enerjisinin büyük bölümünü

perdeler alacağı için güçlendirilmiş çözümde kirişlere gelen deprem tesirleri azalacaktır.

Mantolamalar güçlendirme elemanı olarak değil tamir veya lokal bir takviye elemanı olarak düşünülmelidir. Depreme karşı en önemli güçlendirme elemanı perdedir. Bir kolonun çevresine yapılan mantolama maliyeti perde maliyetine yakın olmasına rağmen aynı hacimdeki perdenin ataletinin 1/3 ü kadar olmaktadır. Deprem sırasında en son göçen eleman perdedir. Kolonlar deprem sırasında yetersizlikte plastikleşmesi durumunda deprem enerjisini daha taşıyıcı perdeler tarafından karşılanacaktır. Bu nedenle yapıda yeni yapılan elemanların mevcut yapı elemanlarına nazaran daha rijit olması plastik davranışta yeni rijit perdelerin deprem tesirlerini taşıyabilen rijitlikte yapılması düşünülmelidir.

Yeni yapılan perdelerin deprem tesirleri; yapının deprem tesirlerinin en az %70 ini alacak şekilde düşünülmeli ve toplam perdelerin perde moment taşıma kapasitesi de deprem devrilme momentinden büyük olması depremde yapının plastikleşme durumunda en önemli sigortası olacaktır.

9.2 Yapının Tanıtımı

İnceleme konusu olan yapı; 1 bodrum, 1 zemin ve 7 normal kat olmak üzere toplam 9 kattan oluşmakta ve konut olarak kullanılmaktadır. Kat yükseklikleri sabit olup 2.8 mt'dir. Yapının tasarımında 1975 Deprem Yönetmeliği esas alınmış olup yapımız 2. Derece Deprem Bölgesi'nde bulunmaktadır. Fakat söz konusu yapımız 1997 Deprem Yönetmeliğinden sonra 1. Derece Deprem Bölgesi sınırlarına dahil edilmiştir.

Yapıda kullanılan beton sınıfı BS16 olup, boyuna ve enine donatı olarak BÇI kullanılmıştır.

Binanın taşıyıcı sistemi; kirişli döşeme olarak tasarlanmıştır. Yapı X-X ve Y-Y yönünde simetrik olup kolon boyutları her iki yönde de eşite yakın dağılmıştır.

Yapı 1. Deprem Bölgesi'nde kaldığından $A_0 = 0.4$ seçilmiştir. Ayrıca yapı önem katsayısı yapımız konut olduğundan 1 seçilmiştir. Zemin sınıfı Z2 olduğundan

$T_a=0.15$ ve $T_b=0.40$ seçilmiştir.Yapılan jeolojik rapor incelemesinde $K_b=2500$ ve $\sigma_{em}=20$ olduğu tespit edilmiştir.

Yapımız her iki yönde de simetri olduğundan kütle merkezi ile rijitlik merkezi çakıştığından burulma etkisi beklenmemektedir. Fakat X-X ve Y-Y yönünde çerçeve sayısı çok çok az olması nedeniyle bazı elemanların kesit yetersizliği göstereceği beklenmektedir. Her iki deprem yönünde de yapıda hiç çerçeve olmaması özellikle dışmerkez mesnetleme ve yer yer dolaylı mesnetlenme bulunması sonucunda, yapının deprem sırasında belirsiz çerçeve davranışı göstereceği kanısına varılmıştır. Dışmerkez ve dolaylı mesnetlenme sonucunda belirsiz çerçeve davranışına sahip bu yapıda;

- ❖ Kesit tesirlerinin geçişini sağlayan uygun bir donatı düzeni sağlanamamış.
- ❖ Eleman yardımlaşması artırılarak, deprem anında elastik davranışın ötesinde taşıma kapasiteleri artırılamamıştır.

Köşe kolonların her iki yönde de sisteme bağlanmaması yapının bu kısmında büyük hasarlara neden olacağı ve büyük burulma etkilerine maruz kalacağı beklenmektedir.

Kiriş genişlikleri 20 cm olması yeni deprem yönetmeliğine aykırı olmakla birlikte eğilme rijitliğini azaltmaktadır.

Üst katlara gidildikçe kolon boyutlarının çok düşük ebatlara düşmesi deprem kuvvetlerine karşı yapının dayanımını önemli ölçüde azaltacaktır.

Yapımız 1975 Deprem Yönetmeliğine uygun olarak yapılmış olması 1997 Deprem Yönetmeliğine uygun olacağı anlamına gelmemektedir. Yapımız 1997 Deprem Yönetmeliğinin şartlarını sağlıyorsa 1975 Deprem Yönetmeliğini de sağlayacağı göz önüne alınarak öncelikle 1997 Deprem Yönetmeliğine göre incelenecektir.

9.3 Mevcut yapının Düşey yüklere göre incelenmesi

Daha önce de belirtildiği üzere yapımız düşey yüklere göre yeterliği dayanımı sağlıyorsa yapıya güçlendirme kararının verilmesi esnasında sadece yatay yükleri karşılayacak elemanların düşünülmesi yanlış olmayacaktır.

9.3.1 Döşeme yükleri

Tablo 9.1’de yapımızda bulunan döşeme çeşitlerine ait ölü yüklerinin hesaplanması gösterilmiştir. Bu tabloda döşemenin zati ağırlığı hesaba dahil edilmemiş olup döşeme yük hesabında dahil edilecektir.

Tablo 9.1: Döşeme Yük Hesabı

MARLEY KAP. OD				
Kaplama (MARLEY)	0.050 t/m ³ x	0.003 m	:	0.000
Kaplama harcı	2.200 t/m ³ x	0.020 m	:	0.044
Tesviye betonu	2.000 t/m ³ x	0.030 m	:	0.060
Sıva	2.200 t/m ³ x	m	:	0.044
TOPLAM.....			:	0.148
FAYANS KAP. OD				
Kaplama (FAYANS)	2.200 t/m ³ x	0.010 m	:	0.022
Kaplama harcı	2.200 t/m ³ x	0.020 m	:	0.044
Tesviye betonu	2.000 t/m ³ x	0.030 m	:	0.060
Sıva	2.200 t/m ³ x	m	:	0.044
TOPLAM.....			:	0.170
KARO KAP. ODA				
Kaplama (KARO MOZAIK)	2.200 t/m ³ x	0.020 m	:	0.044
Kaplama harcı	2.200 t/m ³ x	0.020 m	:	0.044
Tesviye betonu	2.000 t/m ³ x	0.040 m	:	0.080
Sıva	2.200 t/m ³ x	m	:	0.044
TOPLAM.....			:	0.212
DUSUK DOSEME				
Kaplama (FAYANS)	2.200 t/m ³ x	0.010 m	:	0.022
Kaplama harcı	2.200 t/m ³ x	0.030 m	:	0.066
Tesviye betonu	2.000 t/m ³ x	0.050 m	:	0.100
Sıva	2.200 t/m ³ x	m	:	0.044
Dolgu	1.500 t/m ³ x	0.200 m	:	0.300
TOPLAM.....			:	0.532
CATI DOSEMESI				
Kaplama (IZOLASYON)	0.100 t/m ³ x	0.050 m	:	0.005
Tesviye betonu	2.000 t/m ³ x	0.050 m	:	0.100
Sıva	2.200 t/m ³ x	m	:	0.044
TOPLAM.....			:	0.149
MERDIVEN				
Kaplama (MERMER)	2.200 t/m ³ x	0.020 m	:	0.044
Kaplama harcı	2.200 t/m ³ x	0.020 m	:	0.044
Tesviye betonu	2.000 t/m ³ x	0.030 m	:	0.060
Sıva	2.200 t/m ³ x	m	:	0.044
TOPLAM.....			:	0.192

9.3.2 Kiriş Yükleri

Yine aynı şekilde kirişlerin taşıdığı tuğla çeşitlerine göre kirişlerimize gelen yükler Tablo 9.2’de kirişlerin kendi ağırlıkları sonradan hesaba dahil edilecek şekilde hesaplanmıştır. Burada dikkat edilen nokta duvar yükleri kirişlere düzgün yayılı yük olarak etkililmiş olup daha sonraki hesaplarda döşemelerden kirişlere etkiyen yükler trapez şeklinde etki ettirilmiştir.

Tablo 9.2 : Kiriş Yük Hesabı

19 cm tuğla Duvar yükü (19 DELIKLI TUG)	0.320 t/m ² x 2.700 m:	0.864
13 cm tuğla Duvar yükü (13 CM TUGLA)	0.250 t/m ² x 2.700 m:	0.675
9 cm tuğla Duvar yükü (9 CM TUGLA)	0.200 t/m ² x 2.700 m:	0.540
19 cm tug. pen Duvar yükü (19 CM TUGLA)	0.320 t/m ² x 1.000 m:	0.320
Pencere	0.050 t/m ² x 1.700 m:	0.085
TOPLAM.....		0.405
13 cm tug. pen Duvar yükü (13 CM TUGLA)	0.250 t/m ² x 1.000 m:	0.250
Pencere	0.050 t/m ² x 1.700 m:	0.085
TOPLAM.....		0.335
9 cm tug. pen. Duvar yükü (9 CM TUGLA)	0.200 t/m ² x 1.000 m:	0.200
Pencere	0.050 t/m ² x 1.700 m:	0.085
TOPLAM.....		0.285
19 cm ytg. Duvar yükü (19 CM YTONG)	0.260 t/m ² x 2.700 m:	0.702
13 cm ytg. Duvar yükü (13 CM YTONG)	0.200 t/m ² x 2.700 m:	0.540
9 cm ytg. Duvar yükü (9 CM YTONG)	0.170 t/m ² x 2.700 m:	0.459
19 cm ytg. pen. Duvar yükü (19 CM YTONG)	0.260 t/m ² x 1.000 m:	0.260
Pencere	0.050 t/m ² x 1.700 m:	0.085
TOPLAM.....		0.345
13 cm ytg. pen. Duvar yükü (13 CM YTONG)	0.200 t/m ² x 1.000 m:	0.200
Pencere	0.050 t/m ² x 1.700 m:	0.085
TOPLAM.....		0.285
9 cm ytg. pen. Duvar yükü (9 CM YTONG)	0.170 t/m ² x 1.000 m:	0.170
Pencere	0.050 t/m ² x 1.700 m:	0.085
TOPLAM.....		0.255

9.3.3 Depremsiz Durum İçin Hesap Sonuçlarının İncelenmesi

Depremsiz durumda aşağıdaki tabloda özeti gösterilen ve EK-A' da hesap detayları verilmiş olan yapıımızda herhangi bir elemenda ciddi anlamda hasar görülmediği anlaşılmaktadır. Kirişlerde sadece (+)Y yönünde minimum hasar görülmektedir.

Tablo 9.3 : Kiriş Hasar Yüzdeleri

KAT NO	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
9	11.7	0.0	0.0	0.0	11.7	0.0	0.0	0.0	11.4	0.0	0.0	0.0	11.4	0.0	0.0	0.0
8	11.7	0.0	0.0	0.0	11.7	0.0	0.0	0.0	11.4	0.0	0.0	0.0	11.4	0.0	0.0	0.0
7	11.7	0.0	0.0	0.0	11.7	0.0	0.0	0.0	11.4	0.0	0.0	0.0	11.4	0.0	0.0	0.0
6	11.7	0.0	0.0	0.0	11.7	0.0	0.0	0.0	11.4	0.0	0.0	0.0	11.4	0.0	0.0	0.0
5	11.7	0.0	0.0	0.0	11.7	0.0	0.0	0.0	11.4	0.0	0.0	0.0	11.4	0.0	0.0	0.0
4	11.7	0.0	0.0	0.0	11.7	0.0	0.0	0.0	11.4	0.0	0.0	0.0	11.4	0.0	0.0	0.0
3	11.7	0.0	0.0	0.0	11.7	0.0	0.0	0.0	11.4	0.0	0.0	0.0	11.4	0.0	0.0	0.0
2	12.9	0.0	0.0	0.0	12.9	0.0	0.0	0.0	13.9	0.0	0.0	0.0	13.9	0.0	0.0	0.0
1	5.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	6.6	0.0	0.0	0.0	6.6	0.0	0.0	0.0
Max.									13.9							

Kolon kesme dayanımı tablosunda da görüldüğü gibi düşey yüklerden dolayı kolonların kesme dayanımları oldukça pozitif gözükmemektedir.

Tablo 9.4 : Kolon Kesme Kuvveti Dağılımı

KAT NO	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
9	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
8	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
7	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
6	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
5	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
4	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
3	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
2	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
Max.	100.															

Bu durumda yapıımız hemen kullanılabilir. Fakat deprem yüklemesi yapıımızdaki durum da bu şekilde olmalı ve hasar yapan eleman sayımızın oldukça düşük seviyede olması gerekmektedir. Eğer yapıımız deprem yüklemesi yapıldığında da düşük seviyeli hasar düzeyinde kalıyorsa yapıımızın güçlendirilmesine gerek kalmamaktadır.

9.4 Yapının Depremli Duruma İçin Hesaplarının İncelenmesi

9.4.1 Mevcut Yapının Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine Göre Deprem Hesabı

Yapıya bilindiği gibi deprem kuvvetleri üç yönde de etki etmektedir. Yapının doğal periyodu X ve Y yönleri için ayrı ayrı bulunarak her iki yönde yapıya etkiyen eşdeğer deprem yükleri bulunarak hesaba bu değerler kullanılmıştır.

Deprem yönetmeliğinde de belirtildiği gibi bodrum katımızın çevresi rijit betonarme perdelerle çevrilidiği için üst katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri deprem hesabında bodrum kattaki rijit çerçeve perdeleri gözönüne alınmayarak sadece üst katların ağırlıkları hesaba katılmıştır. Buna göre yapımızın doğal titreşim periyodu;

$$H_n = 22.40\text{m}$$

$$\sum A_{tx} = 0.000$$

$$C_{tx} = 0.050$$

$$\sum A_{ty} = 0.000 >>$$

$$C_{ty} = 0.050$$

$$3/4$$

$$T_{1x} = C_{tx} \cdot H_n = 0.515 \text{ s.} < 1.0, \quad T_x = 0.790 \text{ s.} \checkmark$$

$$3/4$$

$$T_{1y} = C_{ty} \cdot H_n = 0.515 \text{ s.} < 1.0, \quad T_y = 0.775 \text{ s.} \checkmark$$

Yapımızın kat kütlesi ve rijitlik merkezi ise tablo 9.5’ de görüldüğü gibi olmaktadır.

Tablo 9.5: Kat Kütlesi ve Rijitlik Merkezi

Kat (dyf)	H (m)	W _g	W _q	X _g (m)	X _r (m)	Y _g (m)	Y _r (m)	ΣW _k
9	25.20	374.56	52.56	10.48	10.52	9.99	10.00	390.332
8	22.40	453.79	99.59	10.66	9.94	10.06	10.00	483.668
7	19.60	457.24	99.56	10.67	10.50	10.06	10.00	487.108
6	16.80	457.24	99.56	10.67	10.50	10.06	10.00	487.108
5	14.00	461.74	99.54	10.66	10.56	10.05	9.99	491.600
4	11.20	461.71	99.53	10.66	10.56	10.05	9.99	491.573
3	8.40	464.62	99.53	10.66	10.50	10.06	10.00	494.473
2	5.60	483.29	99.69	10.65	10.50	10.05	10.00	513.199
1	2.80	438.69	77.30	10.52	10.50	9.99	10.00	461.881

$$\sum W_t = 4300.941$$

Hesaplanan bu bilgiler ışığında yapıya gelen deprem kuvveti ;

$$F_{di} = (V_t - F_t) \frac{W_i \cdot H_i}{\sum W_i \cdot H_i}$$

Tablo 9.6 : Modal Analiz ile Eşdeğer Deprem Yük Hesabı Karşılaştırma Tablosu

X YÖNÜ					Y YÖNÜ			
Kat no	Modal Analiz	Eşdeğer dep.yön.	Deprem yükü	Kat tipi	Modal Analiz	Eşdeğer dep.yön.	Deprem yükü	Kat tipi
9	108.261	103.479	120.920	UST KAT	101.955	105.083	111.268	UST KAT
8	86.925	112.195	97.090	NORMAL	91.193	113.934	99.522	NORMAL
7	66.445	96.851	74.214	NORMAL	71.843	98.352	78.405	NORMAL
6	53.873	80.709	60.172	NORMAL	59.223	81.960	64.633	NORMAL
5	46.039	65.163	51.422	NORMAL	49.967	66.173	54.532	NORMAL
4	38.906	48.869	43.455	NORMAL	41.895	49.627	45.722	NORMAL
3	29.901	32.772	33.397	NORMAL	31.637	33.280	34.526	NORMAL
2	18.505	17.006	20.669	NORMAL	18.786	17.270	20.502	NORMAL
1	6.776	123.168	6.776	BODRUM	8.955	123.168	8.955	BODRUM
Σ	455.630	680.212	508.115	GENEL	475.455	688.847	518.065	GENEL
	6.776 448.854	123.168 557.043	6.776 501.339	BODRUM NORMAL	8.955 466.500	123.168 565.678	8.955 509.110	BODRUM NORMAL

$$V_{tx} = W \cdot A(t) / R_a(t) > 0,10 \cdot A_o \cdot I \cdot W \quad 557.04 > 153.56$$

$$V_{ty} = W \cdot A(t) / R_a(t) > 0,10 \cdot A_o \cdot I \cdot W \quad 565.68 > 153.56$$

$$X \text{ Deprem kontrol: } 0.90 \times 557.043 = 501.339 > 448.854 >>> 501.339$$

$$Y \text{ Deprem kontrol: } 0.90 \times 565.678 = 509.110 > 466.500 >>> 509.110$$

9.4.2 Dinamik analiz sonuçları

Yapımızın dinamik analizinde kullanılan spektrum değerleri aşağıdaki Tablo 9.7’de gösterilmiştir.

Tablo 9.7 : Tasarım Spektrum Değerleri

T (s)	Sa (m/s ²) Ao.I.S (t)
0.00	4.000
0.15	10.000
0.40	10.000
0.50	8.364
0.60	7.228
0.70	6.392
0.80	5.744
0.90	5.228
1.00	4.804
1.10	4.452
1.20	4.152
1.30	3.896
1.40	3.672
1.50	3.472
1.60	3.300
1.70	3.144
1.80	3.004
1.90	2.876
2.00	2.800
5.00	2.800

Yapımızın dinamik hesabı yapılırken önemli bir nokta da R katsayısının seçimidir. Bu katsayı yapımıza olan güvenimize bağlı olarak değişebilmektedir. Bu katsayısı seçilirken süneklikle ilgili konular (beton kalitesi, donatı düzenindeki işçilik kalitesi ve etriye sıklaştırılması) dikkate alınır. Bu taşıyıcı sistem davranış katsayısı, çerçeve türünden yapılar için 4 alındığından yapımızda bu sınıfa girdiğinden yapının dinamik hesabı yapılırken 4 alınmıştır.

9.4.3 Hesaba katılacak Yeterli Tütremişim Modu sayısı

Tablo 9.8’de yapı modlarına karşılık gelen periyot değerleri ve her bir mod için o moda ait etkin kütlelerinin toplam kütleyle oranı gösterilmiştir. Buna göre, hesaplanan 10 mod için bulunan etkin kütlelerin toplamı bina toplam kütlelerinin %90’ından büyük olduğu durumda kesmek yeterlidir.

Tablo 9.8 : Yapı Modları ve Periyotları ile Bunlara Karşılık Gelen modal Kütle Değerleri

Mod w T yön	1.mod 7.42 0.8470 b	2.mod 7.96 0.7896 x	3.mod 8.11 0.7746 y	4.mod 24.12 0.2605 y	5.mod 24.46 0.2569 b	6.mod 26.26 0.2393 x	7.mod 42.87 0.1466 y	8.mod 50.48 0.1245 b	9.mod 54.13 0.1161 x
1/1x	0.00004	0.00194	-0.00003	0.00001	-0.00005	0.00820	0.00000	0.00005	0.02104
2/2x	0.00047	0.01985	-0.00032	0.00005	-0.00041	0.06997	-0.00001	0.00038	0.14037
3/3x	0.00130	0.05113	-0.00081	0.00007	-0.00079	0.15230	-0.00002	0.00071	0.22172
4/4x	0.00238	0.08918	-0.00139	0.00007	-0.00098	0.20811	-0.00005	0.00049	0.15793
5/5x	0.00352	0.12889	-0.00200	0.00005	-0.00097	0.20660	-0.00005	-0.00014	-0.01981
6/6x	0.00455	0.16761	-0.00261	0.00003	-0.00071	0.13974	-0.00001	-0.00048	-0.17919
7/7x	0.00542	0.20275	-0.00316	0.00001	-0.00022	0.02140	0.00004	-0.00031	-0.18767
8/8x	0.00615	0.23339	-0.00365	-0.00001	0.00044	-0.12213	0.00006	0.00014	-0.02150
9/9x	0.00675	0.25948	-0.00407	-0.00002	0.00114	-0.26184	0.00002	0.00059	0.22580
1/1y	0.00001	0.00004	0.00236	0.00754	0.00197	0.00001	0.01491	0.00015	0.00001
2/2y	0.00011	0.00039	0.02587	0.07551	0.01967	0.00009	0.13014	0.00125	0.00010
3/3y	0.00025	0.00093	0.06110	0.15576	0.04036	0.00018	0.20796	0.00173	0.00011
4/4y	0.00061	0.00154	0.10005	0.20280	0.05239	0.00022	0.14738	0.00060	-0.00002
5/5y	0.00098	0.00214	0.13728	0.19386	0.04938	0.00018	-0.02167	-0.00137	-0.00016
6/6y	0.00114	0.00269	0.17325	0.12001	0.02926	0.00008	-0.19113	-0.00139	-0.00008
7/7y	0.00137	0.00314	0.20338	0.00229	-0.00230	-0.00006	-0.19888	0.00039	0.00011
8/8y	0.00032	0.00356	0.22843	-0.13860	-0.03334	-0.00014	-0.00606	-0.00233	0.00015
9/9y	0.00062	0.00381	0.24584	-0.24795	-0.06296	-0.00019	0.23645	0.00374	-0.00010
1/1b	0.00008	0.00000	0.00000	-0.00009	0.00035	0.00000	-0.00001	0.00096	0.00000
2/2b	0.00186	-0.00006	-0.00001	-0.00161	0.00641	0.00002	-0.00013	0.01364	-0.00003
3/3b	0.00516	-0.00014	-0.00001	-0.00380	0.01512	0.00006	-0.00025	0.02378	-0.00004
4/4b	0.00929	-0.00024	-0.00002	-0.00544	0.02151	0.00010	-0.00026	0.01856	-0.00004
5/5b	0.01363	-0.00035	-0.00003	-0.00560	0.02200	0.00011	-0.00012	-0.00022	-0.00002
6/6b	0.01786	-0.00046	-0.00005	-0.00400	0.01548	0.00007	0.00009	-0.01856	0.00005
7/7b	0.02167	-0.00057	-0.00008	-0.00091	0.00329	0.00000	0.00017	-0.02105	0.00008
8/8b	0.02497	-0.00067	-0.00011	0.00295	-0.01180	-0.00007	0.00011	-0.00393	0.00004
9/9b	0.02777	-0.00076	-0.00014	0.00679	-0.02680	-0.00013	0.00002	0.02321	-0.00007
Mxr%	0.047	67.331	0.016	0.000	0.000	12.959	0.000	0.000	5.828
Myr%	0.002	0.017	70.627	10.254	0.664	0.000	4.408	0.000	0.000
Mbr%	68.175	0.048	0.001	0.786	11.929	0.000	0.001	5.708	0.000

Tablo 9.8 : Yapı Modları ve Periyotları ile Bunlara Karşılık Gelen modal Kütle Değerleri

Mod w T yön	10.mod 64.58 0.0973 y	11.mod 85.88 0.0732 b	12.mod 88.92 0.0707 y	13.mod 91.76 0.0685 x	14.mod 115.74 0.0543 y	15.mod 129.62 0.0485 b	16.mod 138.44 0.0454 x	17.mod 142.32 0.0441 y	18.mod 174.48 0.0360 y
1/1x	-0.00001	0.00005	0.00008	0.04247	0.00002	0.00002	0.07047	0.00004	0.00000
2/2x	-0.00008	0.00031	0.00039	0.20528	0.00009	0.00017	0.22615	0.00012	0.00000
3/3x	-0.00013	0.00036	0.00033	0.16989	0.00004	0.00017	-0.00170	0.00000	-0.00001
4/4x	-0.00011	-0.00025	-0.00014	-0.07971	-0.00007	-0.00019	-0.21197	-0.00011	0.00000
5/5x	0.00001	-0.00046	-0.00039	-0.21266	-0.00002	0.00011	0.02345	0.00003	-0.00001
6/6x	0.00014	0.00015	-0.00011	-0.04632	0.00005	0.00018	0.21271	0.00009	0.00001
7/7x	0.00015	0.00067	0.00031	0.18029	0.00002	-0.00017	-0.04321	-0.00004	0.00001
8/8x	0.00002	0.00031	0.00026	0.13113	-0.00005	-0.00019	-0.19460	-0.00007	-0.00002
9/9x	-0.00015	-0.00063	-0.00032	-0.18049	0.00001	0.00021	0.14168	0.00006	0.00001
1/1y	0.02479	-0.00013	0.03297	-0.00007	0.04732	-0.00195	-0.00004	0.05395	0.07639
2/2y	0.17870	-0.00079	0.18819	-0.00040	0.20368	-0.00717	-0.00013	0.17033	0.15419
3/3y	0.17641	-0.00024	0.06183	-0.00013	-0.07027	0.00488	0.00009	-0.16080	-0.24807
4/4y	-0.04889	0.00017	-0.18344	0.00035	-0.17093	0.00282	0.00004	0.00108	0.24933
5/5y	-0.21564	0.00042	-0.07127	0.00013	0.17632	-0.00704	-0.00012	0.16699	-0.18266
6/6y	-0.07444	0.00025	0.21474	-0.00037	0.03904	0.00475	0.00010	-0.24184	0.10837
7/7y	0.18110	-0.00045	0.02258	0.00000	-0.21045	0.00051	-0.00005	0.20866	-0.05646
8/8y	0.14700	-0.00019	-0.23873	0.00041	-0.20249	-0.00277	-0.00001	-0.11850	0.02300
9/9y	-0.19458	0.00036	0.16096	-0.00030	-0.09318	0.00146	0.00002	0.04326	-0.00692
1/1b	0.00000	0.00195	-0.00001	-0.00001	0.00006	0.00314	-0.00001	0.00009	-0.00016
2/2b	0.00004	0.02076	-0.00008	-0.00007	0.00047	0.02428	-0.00003	0.00067	-0.00088
3/3b	0.00004	0.02044	-0.00009	-0.00004	0.00020	0.00408	0.00002	-0.00002	0.00052
4/4b	-0.00001	-0.00589	0.00002	0.00001	-0.00040	-0.02300	0.00001	-0.00059	0.00047
5/5b	-0.00005	-0.02323	0.00011	0.00006	-0.00021	-0.00086	0.00002	0.00023	-0.00099
6/6b	-0.00001	-0.00724	0.00008	0.00004	0.00032	0.02360	-0.00003	0.00052	0.00033
7/7b	0.00007	0.01872	0.00005	-0.00003	0.00001	-0.00245	-0.00001	-0.00023	0.00069
8/8b	0.00003	0.01561	0.00012	-0.00004	-0.00058	-0.02191	0.00003	-0.00017	-0.00093
9/9b	-0.00003	-0.01808	-0.00033	0.00004	0.00061	0.01386	-0.00001	-0.00001	0.00044
Mod w T yön	19.mod 178.17 0.0353 b	20.mod 190.64 0.0330 x	21.mod 226.13 0.0278 b	22.mod 243.66 0.0258 x	23.mod 262.90 0.0239 b	24.mod 268.85 0.0234 y	25.mod 287.64 0.0218 x	26.mod 324.27 0.0194 x	27.mod 437.92 0.0143 b
1/1x	-0.00005	0.10421	0.00025	0.13675	-0.00009	0.00000	0.15099	0.39606	0.00000
2/2x	-0.00001	0.19338	0.00034	0.10900	-0.00001	0.00000	0.01299	-0.16472	0.00000
3/3x	0.00024	-0.17014	-0.00026	-0.20868	0.00021	0.00000	-0.10356	0.12320	-0.00001
4/4x	0.00000	-0.05403	0.00013	0.18357	-0.00025	0.00000	0.17940	-0.08443	0.00001
5/5x	-0.00010	0.21204	-0.00013	-0.04254	-0.00016	-0.00001	-0.21886	0.05711	0.00000
6/6x	-0.00009	-0.11340	-0.00001	-0.12538	0.00059	0.00001	0.21943	-0.03760	0.00000
7/7x	0.00003	-0.12328	0.00018	0.21568	-0.00065	-0.00001	-0.17849	0.02290	0.00000
8/8x	0.00005	0.20404	-0.00019	-0.17096	0.00045	0.00001	0.10394	-0.01119	0.00000
9/9x	-0.00005	-0.10296	0.00009	0.06838	-0.00017	0.00000	-0.03621	0.00358	0.00000
1/1y	0.00276	0.00000	-0.00028	0.00001	-0.00131	0.45113	-0.00001	0.00000	0.00000
2/2y	0.00526	0.00000	-0.00018	0.00000	0.00015	-0.09727	0.00000	0.00000	0.00000
3/3y	-0.00884	0.00000	0.00038	0.00001	0.00011	0.04450	0.00000	0.00000	0.00000
4/4y	0.00962	0.00002	-0.00046	-0.00001	-0.00021	-0.01713	-0.00001	0.00000	0.00000
5/5y	-0.00807	-0.00002	0.00051	0.00000	0.00016	0.00609	0.00000	0.00000	0.00000
6/6y	0.00641	0.00002	-0.00081	0.00000	0.00007	-0.00187	0.00000	0.00000	0.00000
7/7y	-0.00557	-0.00003	0.00131	0.00001	-0.00035	0.00059	0.00000	0.00000	0.00000
8/8y	0.00385	0.00003	-0.00130	-0.00001	0.00043	-0.00016	0.00000	0.00000	0.00000
9/9y	-0.00156	-0.00002	0.00064	0.00001	-0.00025	0.00003	0.00000	0.00000	0.00000
1/1b	0.00428	0.00000	0.00464	0.00000	0.00358	0.00001	-0.00001	0.00000	0.05621
2/2b	0.02348	0.00001	0.01789	0.00002	0.01024	0.00003	-0.00001	0.00000	-0.00628
3/3b	-0.01456	0.00002	-0.02324	-0.00001	-0.01810	-0.00006	0.00003	-0.00001	0.00273
4/4b	-0.01075	-0.00001	0.01544	0.00002	0.02299	0.00007	-0.00004	0.00001	-0.00090
5/5b	0.02352	0.00000	0.00137	-0.00005	-0.02393	-0.00006	0.00003	0.00000	0.00031
6/6b	-0.00918	-0.00001	-0.01763	0.00007	0.02164	0.00005	-0.00002	0.00000	-0.00010
7/7b	-0.01578	0.00000	0.02431	-0.00006	-0.01644	-0.00004	0.00001	0.00000	0.00004
8/8b	0.02208	0.00001	-0.01769	0.00004	0.00909	0.00002	0.00000	0.00000	-0.00001
9/9b	-0.00977	-0.00001	0.00625	-0.00001	-0.00283	-0.00001	0.00000	0.00000	0.00000
Mxr%	0.000	1.646	0.000	1.247	0.000	0.000	0.890	4.219	0.000
Myr%	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	7.067	0.000	0.000	0.000
Mbr%	1.020	0.000	0.494	0.000	0.168	0.000	0.000	0.000	6.633

Σ=100.0
Σ=100.0

Myr=Σ [(Σm.Φ) ² /Mr] = %100.00 > %90.00 Dinamik kütle oranı yeterli. ✓

Mxr=Σ [(Σm.Φ) ² /Mr] = %100.00 > %90.00 Dinamik kütle oranı yeterli. ✓

9.4.4 Güçlendirme Öncesi Görelî Kat ötelemeleri ve Burulma Düzensizliği Kontrolü

Taşıyıcı sistemin yatay öteleme rijitliğinin;

$$\max(d_i/h_i)=0.0035, \text{ veya}$$

$$0.02/R =.005$$

koşulunu sağlaması gerekmektedir. Ayrıca binada burulma düzensizliğinin olmaması için o katta aynı doğrultudaki ötelemelerin ortalama reletif ötelemeye oranının 1.2' den küçük olması gerekmektedir. Aşağıdaki tabloda ortalama kat deplasmanları verilmiştir.

Tablo 9.9: Kat Deprem Deplasmanları

Kat (dyf)	9. yükleme		10. yükleme		11. yükleme		12. yükleme	
	δ_x (m)	θ_z (rad)	δ_x (m)	θ_z (rad)	δ_y (m)	θ_z (rad)	δ_y (m)	θ_z (rad)
9	0.0373645	0.0005791	0.0373349	-0.000521	-0.034180	-0.000698	-0.034191	0.0004746
8	0.0333466	0.0005190	0.0333172	-0.000463	-0.031450	-0.000628	-0.031471	0.0004211
7	0.0287468	0.0004495	0.0287182	-0.000397	-0.027755	-0.000546	-0.027729	0.0003619
6	0.0236375	0.0003706	0.0236113	-0.000323	-0.023502	-0.000450	-0.023482	0.0002965
5	0.0181434	0.0002834	0.0181223	-0.000245	-0.018595	-0.000344	-0.018576	0.0002265
4	0.0125746	0.0001929	0.0125621	-0.000169	-0.013582	-0.000235	-0.013573	0.0001559
3	0.0072429	0.0001064	0.0072385	-0.000095	-0.008336	-0.000131	-0.008335	0.0000878
2	0.0028311	0.0000382	0.0028306	-0.000035	-0.003552	-0.000047	-0.003552	0.0000322
1	0.0002812	0.0000017	0.0002813	-0.000001	-0.000328	-0.000002	-0.000328	0.0000015

$$1. \text{ kat } X_{dust} = -.0002812 + -.0000017 \times (.15 - 10.0) = -.0002645 \text{ (S101)}$$

$$1. \text{ kat } X_{dalt} = -.0002812 + -.0000017 \times (19.85 - 10.0) = -.000298 \text{ (S135)}$$

$$2. \text{ kat } X_{dust} = -.0028311 + -.0000382 \times (.15 - 10.0) - -.0002645 = -.0021904 \text{ (S201)}$$

$$2. \text{ kat } X_{dalt} = -.0028311 + -.0000382 \times (19.85 - 10.0) - -.000298 = -.0029093 \text{ (S235)}$$

Tablo 9.10: X Yönü (+%5) Deprem Kat Deplasmanları

Kat	ΔX_{dust} (m)	ΔX_{dalt} (m)	ΔX_{ort}	nbi	nki	$\Delta X/h$	θ_i	kat tipi
9	0.0034255	0.0046099	0.0040177	1.15	0.00	0.00165	0.00463	Normal kat
8	0.0039153	0.0052847	0.0046000	1.15	1.14	0.00189	0.00659	Normal kat
7	0.0043316	0.0058869	0.0051092	1.15	1.11	0.00210	0.00850	Normal kat
6	0.0046337	0.0063500	0.0054918	1.16	1.07	0.00227	0.01029	Normal kat
5	0.0046772	0.0064619	0.0055695	1.16	1.01	0.00231	0.01153	Normal kat
4	0.0044814	0.0061851	0.0053333	1.16	0.96	0.00221	0.01206	Normal kat
3	0.0037400	0.0050836	0.0044118	1.15	0.83	0.00182	0.01090	Normal kat
2	0.0021904	0.0029093	0.0025498	1.14	0.58	0.00104	0.00697	Normal kat
1	0.0002645	0.0002980	0.0002812	1.06	0.00	0.00011	0.00000	Bodrum kat

Tablo 9.11: X Yönü (- %5) Deprem Kat Deplasmanları

Kat	ΔX düst (m)	ΔX dalt (m)	ΔX ort	nbi	nki	$\Delta X/h$	θ_i	kat tipi
9	0.0045913	0.0034445	0.0040179	1.14	0.00	0.00164	0.00463	Normal kat
8	0.0052489	0.0039488	0.0045988	1.14	1.14	0.00187	0.00658	Normal kat
7	0.0058281	0.0043858	0.0051070	1.14	1.11	0.00208	0.00850	Normal kat
6	0.0062591	0.0047228	0.0054910	1.14	1.08	0.00224	0.01029	Normal kat
5	0.0063166	0.0048025	0.0055595	1.14	1.01	0.00226	0.01150	Normal kat
4	0.0060444	0.0046002	0.0053223	1.14	0.96	0.00216	0.01203	Normal kat
3	0.0050040	0.0038118	0.0044079	1.14	0.83	0.00179	0.01089	Normal kat
2	0.0028805	0.0022180	0.0025493	1.13	0.58	0.00103	0.00697	Normal kat
1	0.0002975	0.0002652	0.0002813	1.06	0.00	0.00011	0.00000	Bodrum kat

Tablo 9.12: Y Yönü (+ %5) Deprem Kat Deplasmanları

Kat	ΔY dsol (m)	ΔY dsağ (m)	ΔY ort	nbi	nki	$\Delta Y/h$	θ_i	kat tipi
9	0.0016728	0.0030515	0.0023622	1.29	0.00	0.00109	0.00296	Normal kat
8	0.0032243	0.0048701	0.0040472	1.20	1.71	0.00174	0.00599	Normal kat
7	0.0033008	0.0052060	0.0042534	1.22	1.05	0.00186	0.00715	Normal kat
6	0.0038684	0.0059894	0.0049289	1.22	1.16	0.00214	0.00920	Normal kat
5	0.0039162	0.0060959	0.0050061	1.22	1.02	0.00218	0.01024	Normal kat
4	0.0041903	0.0062728	0.0052316	1.20	1.05	0.00224	0.01165	Normal kat
3	0.0039492	0.0056171	0.0047832	1.17	0.91	0.00201	0.01163	Normal kat
2	0.0027725	0.0036757	0.0032241	1.14	0.67	0.00131	0.00868	Normal kat
1	0.0003073	0.0003500	0.0003287	1.07	0.00	0.00013	0.00000	Bodrum kat

Tablo 9.13: Y Yönü (- %5) Deprem Kat Deplasmanları

Kat	ΔY dsol (m)	ΔY dsağ (m)	ΔY ort	nbi	nki	$\Delta Y/h$	θ_i	kat tipi
9	0.0035001	0.0024323	0.0029662	1.18	0.00	0.00125	0.00372	Normal kat
8	0.0040966	0.0029149	0.0035057	1.17	1.18	0.00146	0.00519	Normal kat
7	0.0049001	0.0035950	0.0042475	1.15	1.21	0.00175	0.00714	Normal kat
6	0.0055890	0.0041941	0.0048915	1.14	1.15	0.00200	0.00913	Normal kat
5	0.0057128	0.0043028	0.0050078	1.14	1.02	0.00204	0.01025	Normal kat
4	0.0059262	0.0045683	0.0052473	1.13	1.05	0.00212	0.01169	Normal kat
3	0.0053381	0.0042277	0.0047829	1.12	0.91	0.00191	0.01163	Normal kat
2	0.0035300	0.0029178	0.0032239	1.09	0.67	0.00126	0.00868	Normal kat
1	0.0003434	0.0003139	0.0003286	1.04	0.00	0.00012	0.00000	Bodrum kat

$$1.2 < n_{bi} = 1.292 < 2$$

Yukarıdaki hesaptan da anlaşılacağı gibi S101 kolonu için yapılan hesaplamalarda deprem yönetmeliğinin belirttiği şartları az farkla da olsa sağlamadığından yapımızda düzensizlik görülmüştür ve bu nedenle yapımız dinamik analize ihtiyaç duymaktadır.

TDY 6.20 kosulu sağlanmaktadır. $.0023 < .0035 \checkmark$

TDY 6.21 koşulu sağlanmaktadır. $\max \theta_i = .012 < 0.12 \checkmark$

9.4.5 B1 ve A4 düzensizlik kontrolü

B1 türü düzensizliğin bulunduğu binalarda, gözönüne alınan i'inci kattaki dolgu duvarı alanlarının toplamı bir üst kattakine göre fazla ise, η_{ci} 'nin hesabında dolgu duvarları gözönüne alınmayacaktır. $0.60 \leq (\eta_{ci})_{min} < 0.80$ aralığında kullanılan

taşıyıcı sistem davranış katsayısı, 1.25 (η ci)min değeri ile çarpılarak her iki deprem doğrultusunda da binanın tümüne uygulanacaktır. Ancak hiçbir zaman η ci < 0.60 olmayacaktır. Aksi durumda, zayıf katın dayanımı ve rijitliği arttırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır. Buna göre Tablo 9.14’de görüldüğü üzere yapımızda B1 düzensizliği bulunmamaktadır.

Tablo 9.14: B1-Düşey Doğrultudaki Düzensizliklerinin Kontrolü

Kat	Aw	Agx	Agy	ΣA_{ex}	ΣA_{ey}	ncix	nciy	AÇIKLAMA
9	8.96	0.00	0.00	8.96	8.96	1.00	1.00	üst kat ✓
8	9.12	0.00	0.00	9.12	9.12	1.02	1.02	Düzenli ✓
7	9.85	0.00	0.00	9.85	9.85	1.08	1.08	Düzenli ✓
6	9.85	0.00	0.00	9.85	9.85	1.00	1.00	Düzenli ✓
5	10.76	0.00	0.00	10.76	10.76	1.09	1.09	Düzenli ✓
4	10.76	0.00	0.00	10.76	10.76	1.00	1.00	Düzenli ✓
3	11.15	0.00	0.00	11.15	11.15	1.04	1.04	Düzenli ✓
2	11.99	0.00	0.00	11.99	11.99	1.08	1.08	Düzenli ✓
1	11.99	8.40	8.00	20.39	19.99	1.70	1.67	bodrum kat

9.4.6 Güçlendirme Öncesi Yapı Elemanlarının Kontrolü

Güçlendirme öncesinde kolon ve kirişler için ayrı ayrı yapılan hesaplamalarda özellikle kolonların erimle rijitliğinin çok düşük seviyede olduğu kirişlerin ise kesme kuvveti taşıma kapasitesinin düşük olduğu hesaplandı. Tablo 9.15’te kolonların eğilme kontrolünden dolayı azami şeklide güçlendirmeye ihtiyaç duyduğu gösterilmektedir.

Açıklamalar:

As : Tasarım yükleri altında kolon/perdede
gerekli toplam eğilme donatısı

Asm : Kolon/perdenin mevcut toplam
eğilme donatısı

$R_i \leq 1.20$ ise kolon/perde yeterlidir (YL)

$R_i > 1.20$ ise kolon/perde yetersizdir (YZ)

$R_o = \text{Kat yeterlik endeksi} = \Sigma A_s / \Sigma A_{sm}$

$R_o \leq 1.20$ ise bu katın kolon/perde yeterlidir (YL)

$R_o > 1.20$ ise yapının güçlendirilmesi gerekir (GG)

Yapımızda yapılan kontrollerin büyük bir kısmında yapımızın ciddi anlamda hasar göreceği aşağıdaki tablolarda kolonlarda yapılan eğilme kontrollerinde dahi yapının göçme ihtimalinin çok yüksek olduğu ve yapının mutlak surette güçlendirilmesi gerektiği kanaatine varılmıştır.

Tablo 9.15: Bodrum Kat Kolon ve Perdelerde Eğilme Kontrolü

Kat no	Kolon no	Gerekli donatı As (cm ²)	Mevcut donatı Asm (cm ²)	Ri= As/Asm	Yorum
B/ 1	S101	68.33	48.73	1.4021	YZ ✕
B/ 1	S102	32.15	20.35	1.5802	YZ ✕
B/ 1	S103	28.13	24.12	1.1667	YL ✓
B/ 1	S104	28.13	24.12	1.1667	YL ✓
B/ 1	S105	32.15	20.35	1.5802	YZ ✕
B/ 1	S106	60.29	48.73	1.2371	YZ ✕
B/ 1	S107	32.15	24.12	1.3333	YZ ✕
B/ 1	S108	28.13	24.12	1.1667	YL ✓
B/ 1	S109	28.13	24.12	1.1667	YL ✓
B/ 1	S110	32.15	24.12	1.3333	YZ ✕
B/ 1	S111	32.15	24.12	1.3333	YZ ✕
B/ 1	S112	32.15	24.12	1.3333	YZ ✕
B/ 1	S113	36.17	24.12	1.5000	YZ ✕
B/ 1	S114	36.17	24.12	1.5000	YZ ✕
B/ 1	S115	32.15	24.12	1.3333	YZ ✕
B/ 1	S116	32.15	24.12	1.3333	YZ ✕
B/ 1	S117	32.15	20.35	1.5802	YZ ✕
B/ 1	S118	28.13	24.12	1.1667	YL ✓
B/ 1	S119	28.13	24.12	1.1667	YL ✓
B/ 1	S120	24.12	24.12	1.0000	YL ✓
B/ 1	S121	24.12	24.12	1.0000	YL ✓
B/ 1	S122	28.13	24.12	1.1667	YL ✓
B/ 1	S123	28.13	24.12	1.1667	YL ✓
B/ 1	S124	32.15	20.35	1.5802	YZ ✕
B/ 1	S125	32.15	24.12	1.3333	YZ ✕
B/ 1	S126	32.15	24.12	1.3333	YZ ✕
B/ 1	S127	36.17	24.12	1.5000	YZ ✕
B/ 1	S128	36.17	24.12	1.5000	YZ ✕
B/ 1	S129	32.15	24.12	1.3333	YZ ✕
B/ 1	S130	32.15	24.12	1.3333	YZ ✕
B/ 1	S131	32.15	24.12	1.3333	YZ ✕
B/ 1	S132	28.13	24.12	1.1667	YL ✓
B/ 1	S133	28.13	24.12	1.1667	YL ✓
B/ 1	S134	32.15	24.12	1.3333	YZ ✕
B/ 1	S135	68.33	48.73	1.4021	YZ ✕
B/ 1	S136	44.21	20.35	2.1728	YZ ✕
B/ 1	S137	32.15	24.12	1.3333	YZ ✕
B/ 1	S138	32.15	24.12	1.3333	YZ ✕
B/ 1	S139	44.21	20.35	2.1728	YZ ✕
B/ 1	S140	60.29	48.73	1.2371	YZ ✕
B/ 1	P1001	36.17	31.65	1.1429	YL ✓
B/ 1	P1002	36.17	31.65	1.1429	YL ✓
B/ 1	P1003	27.13	27.13	1.0000	YL ✓
B/ 1	P1004	38.43	40.69	0.9444	YL ✓
B/ 1	P1005	27.13	27.13	1.0000	YL ✓
B/ 1	P1028	27.13	0.00	1.5000	YZ ✕
B/ 1	P1029	38.43	0.00	1.5000	YZ ✕
B/ 1	P1030	27.13	0.00	1.5000	YZ ✕
B/ 1	P1031	36.17	0.00	1.5000	YZ ✕
B/ 1	P1032	36.17	0.00	1.5000	YZ ✕
B/ 1	P1033	38.43	0.00	1.5000	YZ ✕
B/ 1	P1034	33.91	27.13	1.2500	YZ ✕
B/ 1	P1035	33.91	40.69	0.8333	YL ✓
B/ 1	P1036	38.43	27.13	1.4167	YZ ✕
B/ 1	P1037	20.35	31.65	0.6429	YL ✓
B/ 1	P1038	20.35	31.65	0.6429	YL ✓
B/ 1	P1062	20.35	0.00	1.5000	YZ ✕
B/ 1	P1063	20.35	0.00	1.5000	YZ ✕
B/ 1	P1064	38.43	0.00	1.5000	YZ ✕
B/ 1	P1065	33.91	0.00	1.5000	YZ ✕
B/ 1	P1066	33.91	0.00	1.5000	YZ ✕
B/ 1	P1067	38.43	0.00	1.5000	YZ ✕
		ΣAs = 2099.53	ΣAsm= 1356.98	Ro= 1.5472	GG ✕

Tablo 9.16: Zemin Kat Kolon ve Perdelerde Eğilme Kontrolü

Kat no	Kolon no	Gerekli donatı As (cm ²)	Mevcut donatı Asm (cm ²)	Ri= As/Asm	Yorum
Z/ 2	S201	160.77	48.73	3.2990	YZ ✕
Z/ 2	S202	68.33	20.35	3.3580	YZ ✕
Z/ 2	S203	40.19	24.12	1.6667	YZ ✕
Z/ 2	S204	40.19	24.12	1.6667	YZ ✕
Z/ 2	S205	68.33	20.35	3.3580	YZ ✕
Z/ 2	S206	164.79	48.73	3.3814	YZ ✕
Z/ 2	S207	32.15	24.12	1.3333	YZ ✕
Z/ 2	S208	44.21	24.12	1.8333	YZ ✕
Z/ 2	S209	44.21	24.12	1.8333	YZ ✕
Z/ 2	S210	36.17	24.12	1.5000	YZ ✕
Z/ 2	S211	40.19	20.35	1.9753	YZ ✕
Z/ 2	S212	32.15	24.12	1.3333	YZ ✕
Z/ 2	S213	36.17	24.12	1.5000	YZ ✕
Z/ 2	S214	36.17	24.12	1.5000	YZ ✕
Z/ 2	S215	32.15	24.12	1.3333	YZ ✕
Z/ 2	S216	40.19	20.35	1.9753	YZ ✕
Z/ 2	S217	52.25	20.35	2.5679	YZ ✕
Z/ 2	S218	28.13	24.12	1.1667	YL ✓
Z/ 2	S219	40.19	24.12	1.6667	YZ ✕
Z/ 2	S220	28.13	24.12	1.1667	YL ✓
Z/ 2	S221	28.13	24.12	1.1667	YL ✓
Z/ 2	S222	36.17	24.12	1.5000	YZ ✕
Z/ 2	S223	28.13	24.12	1.1667	YL ✓
Z/ 2	S224	52.25	20.35	2.5679	YZ ✕
Z/ 2	S225	44.21	20.35	2.1728	YZ ✕
Z/ 2	S226	32.15	24.12	1.3333	YZ ✕
Z/ 2	S227	36.17	24.12	1.5000	YZ ✕
Z/ 2	S228	36.17	24.12	1.5000	YZ ✕
Z/ 2	S229	32.15	24.12	1.3333	YZ ✕
Z/ 2	S230	40.19	20.35	1.9753	YZ ✕
Z/ 2	S231	32.15	24.12	1.3333	YZ ✕
Z/ 2	S232	44.21	24.12	1.8333	YZ ✕
Z/ 2	S233	44.21	24.12	1.8333	YZ ✕
Z/ 2	S234	36.17	24.12	1.5000	YZ ✕
Z/ 2	S235	164.79	48.73	3.3814	YZ ✕
Z/ 2	S236	64.31	20.35	3.1605	YZ ✕
Z/ 2	S237	36.17	24.12	1.5000	YZ ✕
Z/ 2	S238	36.17	24.12	1.5000	YZ ✕
Z/ 2	S239	64.31	20.35	3.1605	YZ ✕
Z/ 2	S240	168.81	48.73	3.4639	YZ ✕
		ΣAs = 2122.14	ΣAsm= 1025.40	Ro= 2.0696	GG ✕

Tablo 9.17:- 1. Normal Kat Kolon ve Perdelerde Eğilme Kontrolü

Kat no	Kolon no	Gerekli donatı As (cm ²)	Mevcut donatı Asm (cm ²)	Ri= As/Asm	Yorum
1/ 3	S301	76.36	48.73	1.5670	YZ ✕
1/ 3	S302	56.27	18.46	3.0476	YZ ✕
1/ 3	S303	40.19	24.12	1.6667	YZ ✕
1/ 3	S304	44.21	24.12	1.8333	YZ ✕
1/ 3	S305	52.25	18.46	2.8299	YZ ✕
1/ 3	S306	76.36	48.73	1.5670	YZ ✕
1/ 3	S307	52.25	20.35	2.5679	YZ ✕
1/ 3	S308	40.19	24.12	1.6667	YZ ✕
1/ 3	S309	36.17	24.12	1.5000	YZ ✕
1/ 3	S310	52.25	20.35	2.5679	YZ ✕
1/ 3	S311	52.25	18.46	2.8299	YZ ✕
1/ 3	S312	44.21	24.12	1.8333	YZ ✕
1/ 3	S313	52.25	24.12	2.1667	YZ ✕
1/ 3	S314	52.25	24.12	2.1667	YZ ✕
1/ 3	S315	48.23	24.12	2.0000	YZ ✕
1/ 3	S316	56.27	18.46	3.0476	YZ ✕
1/ 3	S317	44.21	18.46	2.3946	YZ ✕
1/ 3	S318	36.17	16.08	2.2500	YZ ✕
1/ 3	S319	28.13	16.08	1.7500	YZ ✕
1/ 3	S320	32.15	16.08	2.0000	YZ ✕
1/ 3	S321	32.15	16.08	2.0000	YZ ✕
1/ 3	S322	24.12	16.08	1.5000	YZ ✕
1/ 3	S323	36.17	16.08	2.2500	YZ ✕
1/ 3	S324	40.19	18.46	2.1769	YZ ✕
1/ 3	S325	52.25	18.46	2.8299	YZ ✕
1/ 3	S326	44.21	24.12	1.8333	YZ ✕
1/ 3	S327	52.25	24.12	2.1667	YZ ✕
1/ 3	S328	52.25	24.12	2.1667	YZ ✕
1/ 3	S329	48.23	24.12	2.0000	YZ ✕
1/ 3	S330	56.27	18.46	3.0476	YZ ✕
1/ 3	S331	52.25	20.35	2.5679	YZ ✕
1/ 3	S332	40.19	24.12	1.6667	YZ ✕
1/ 3	S333	36.17	24.12	1.5000	YZ ✕
1/ 3	S334	56.27	20.35	2.7654	YZ ✕
1/ 3	S335	76.36	48.73	1.5670	YZ ✕
1/ 3	S336	52.25	18.46	2.8299	YZ ✕
1/ 3	S337	40.19	24.12	1.6667	YZ ✕
1/ 3	S338	44.21	24.12	1.8333	YZ ✕
1/ 3	S339	52.25	18.46	2.8299	YZ ✕
1/ 3	S340	76.36	48.73	1.5670	YZ ✕
		ΣAs = 1937.25	ΣAsm= 943.26	Ro= 2.0538	GG ✕

Tablo 9.18:- 2. Normal Kat Kolon ve Perdelerde Eğilme Kontrolü

Kat no	Kolon no	Gerekli donatı As (cm ²)	Mevcut donatı Asm (cm ²)	Ri= As/Asm	Yorum
2/ 4	S401	60.29	48.73	1.2371	YZ ✕
2/ 4	S402	40.19	18.46	2.1769	YZ ✕
2/ 4	S403	56.27	20.10	2.8000	YZ ✕
2/ 4	S404	56.27	20.10	2.8000	YZ ✕
2/ 4	S405	40.19	18.46	2.1769	YZ ✕
2/ 4	S406	60.29	48.73	1.2371	YZ ✕
2/ 4	S407	36.17	18.46	1.9592	YZ ✕
2/ 4	S408	48.23	20.10	2.4000	YZ ✕
2/ 4	S409	48.23	20.10	2.4000	YZ ✕
2/ 4	S410	40.19	18.46	2.1769	YZ ✕
2/ 4	S411	36.17	18.46	1.9592	YZ ✕
2/ 4	S412	56.27	16.08	3.5000	YZ ✕
2/ 4	S413	56.27	24.12	2.3333	YZ ✕
2/ 4	S414	56.27	24.12	2.3333	YZ ✕
2/ 4	S415	52.25	16.08	3.2500	YZ ✕
2/ 4	S416	40.19	18.46	2.1769	YZ ✕
2/ 4	S417	36.17	18.46	1.9592	YZ ✕
2/ 4	S418	44.21	16.08	2.7500	YZ ✕
2/ 4	S419	28.13	16.08	1.7500	YZ ✕
2/ 4	S420	28.13	16.08	1.7500	YZ ✕
2/ 4	S421	28.13	16.08	1.7500	YZ ✕
2/ 4	S422	24.12	16.08	1.5000	YZ ✕
2/ 4	S423	44.21	16.08	2.7500	YZ ✕
2/ 4	S424	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
2/ 4	S425	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
2/ 4	S426	56.27	16.08	3.5000	YZ ✕
2/ 4	S427	56.27	24.12	2.3333	YZ ✕
2/ 4	S428	56.27	24.12	2.3333	YZ ✕
2/ 4	S429	56.27	16.08	3.5000	YZ ✕
2/ 4	S430	40.19	18.46	2.1769	YZ ✕
2/ 4	S431	36.17	18.46	1.9592	YZ ✕
2/ 4	S432	48.23	20.10	2.4000	YZ ✕
2/ 4	S433	48.23	20.10	2.4000	YZ ✕
2/ 4	S434	40.19	20.35	1.9753	YZ ✕
2/ 4	S435	60.29	48.73	1.2371	YZ ✕
2/ 4	S436	40.19	18.46	2.1769	YZ ✕
2/ 4	S437	56.27	20.10	2.8000	YZ ✕
2/ 4	S438	48.23	20.10	2.4000	YZ ✕
2/ 4	S439	36.17	18.46	1.9592	YZ ✕
2/ 4	S440	60.29	48.73	1.2371	YZ ✕
		ΣAs = 1820.70	ΣAsm= 873.30	Ro= 2.0849	GG ✕

Tablo 9.19:- 3. Normal Kat Kolon ve Perdelerde Eğilme Kontrolü

Kat no	Kolon no	Gerekli donatı As (cm ²)	Mevcut donatı Asm (cm ²)	Ri= As/Asm	Yorum
3/ 5	S501	60.29	48.73	1.2371	YZ ✕
3/ 5	S502	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
3/ 5	S503	68.33	20.10	3.4000	YZ ✕
3/ 5	S504	68.33	20.10	3.4000	YZ ✕
3/ 5	S505	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
3/ 5	S506	60.29	48.73	1.2371	YZ ✕
3/ 5	S507	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
3/ 5	S508	52.25	20.10	2.6000	YZ ✕
3/ 5	S509	56.27	20.10	2.8000	YZ ✕
3/ 5	S510	36.17	18.46	1.9592	YZ ✕
3/ 5	S511	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
3/ 5	S512	64.31	16.08	4.0000	YZ ✕
3/ 5	S513	52.25	24.12	2.1667	YZ ✕
3/ 5	S514	52.25	24.12	2.1667	YZ ✕
3/ 5	S515	64.31	16.08	4.0000	YZ ✕
3/ 5	S516	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
3/ 5	S517	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
3/ 5	S518	52.25	16.08	3.2500	YZ ✕
3/ 5	S519	32.15	16.08	2.0000	YZ ✕
3/ 5	S520	36.17	16.08	2.2500	YZ ✕
3/ 5	S521	36.17	16.08	2.2500	YZ ✕
3/ 5	S522	32.15	16.08	2.0000	YZ ✕
3/ 5	S523	56.27	16.08	3.5000	YZ ✕
3/ 5	S524	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
3/ 5	S525	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
3/ 5	S526	64.31	16.08	4.0000	YZ ✕
3/ 5	S527	48.23	24.12	2.0000	YZ ✕
3/ 5	S528	48.23	24.12	2.0000	YZ ✕
3/ 5	S529	64.31	16.08	4.0000	YZ ✕
3/ 5	S530	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
3/ 5	S531	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
3/ 5	S532	56.27	20.10	2.8000	YZ ✕
3/ 5	S533	56.27	20.10	2.8000	YZ ✕
3/ 5	S534	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
3/ 5	S535	60.29	48.73	1.2371	YZ ✕
3/ 5	S536	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
3/ 5	S537	68.33	20.10	3.4000	YZ ✕
3/ 5	S538	56.27	20.10	2.8000	YZ ✕
3/ 5	S539	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
3/ 5	S540	60.29	48.73	1.2371	YZ ✕
		ΣAs = 1880.99	ΣAsm= 871.41	Ro= 2.1585	GG ✕

Tablo 9.20:- 4. Normal Kat Kolon ve Perdelerde Eğilme Kontrolü

Kat no	Kolon no	Gerekli donatı As (cm ²)	Mevcut donatı Asm (cm ²)	Ri= As/Asm	Yorum
4/ 6	S601	60.29	42.58	1.4159	YZ ✕
4/ 6	S602	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
4/ 6	S603	36.17	12.56	2.8800	YZ ✕
4/ 6	S604	40.19	12.56	3.2000	YZ ✕
4/ 6	S605	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
4/ 6	S606	60.29	42.58	1.4159	YZ ✕
4/ 6	S607	32.15	15.39	2.0898	YZ ✕
4/ 6	S608	40.19	12.56	3.2000	YZ ✕
4/ 6	S609	40.19	12.56	3.2000	YZ ✕
4/ 6	S610	32.15	15.39	2.0898	YZ ✕
4/ 6	S611	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
4/ 6	S612	56.27	16.08	3.5000	YZ ✕
4/ 6	S613	52.25	24.12	2.1667	YZ ✕
4/ 6	S614	52.25	24.12	2.1667	YZ ✕
4/ 6	S615	60.29	16.08	3.7500	YZ ✕
4/ 6	S616	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
4/ 6	S617	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
4/ 6	S618	48.23	12.31	3.9184	YZ ✕
4/ 6	S619	28.13	12.31	2.2857	YZ ✕
4/ 6	S620	32.15	12.31	2.6122	YZ ✕
4/ 6	S621	36.17	12.31	2.9388	YZ ✕
4/ 6	S622	28.13	12.31	2.2857	YZ ✕
4/ 6	S623	48.23	12.31	3.9184	YZ ✕
4/ 6	S624	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
4/ 6	S625	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
4/ 6	S626	56.27	16.08	3.5000	YZ ✕
4/ 6	S627	52.25	24.12	2.1667	YZ ✕
4/ 6	S628	52.25	24.12	2.1667	YZ ✕
4/ 6	S629	60.29	16.08	3.7500	YZ ✕
4/ 6	S630	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
4/ 6	S631	32.15	15.39	2.0898	YZ ✕
4/ 6	S632	40.19	12.56	3.2000	YZ ✕
4/ 6	S633	44.21	12.56	3.5200	YZ ✕
4/ 6	S634	32.15	15.39	2.0898	YZ ✕
4/ 6	S635	60.29	42.58	1.4159	YZ ✕
4/ 6	S636	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
4/ 6	S637	36.17	12.56	2.8800	YZ ✕
4/ 6	S638	36.17	12.56	2.8800	YZ ✕
4/ 6	S639	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
4/ 6	S640	60.29	42.58	1.4159	YZ ✕
		$\Sigma As = 1667.97$	$\Sigma Asm = 751.59$	Ro= 2.2193	GG ✕

Tablo 9.21:- 5. Normal Kat Kolon ve Perdelerde Eğilme Kontrolü

Kat no	Kolon no	Gerekli donatı As (cm ²)	Mevcut donatı Asm (cm ²)	Ri= As/Asm	Yorum
5/ 7	S701	60.29	42.58	1.4159	YZ ✕
5/ 7	S702	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
5/ 7	S703	44.21	12.56	3.5200	YZ ✕
5/ 7	S704	44.21	12.56	3.5200	YZ ✕
5/ 7	S705	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
5/ 7	S706	60.29	42.58	1.4159	YZ ✕
5/ 7	S707	32.15	15.39	2.0898	YZ ✕
5/ 7	S708	44.21	12.56	3.5200	YZ ✕
5/ 7	S709	44.21	12.56	3.5200	YZ ✕
5/ 7	S710	32.15	15.39	2.0898	YZ ✕
5/ 7	S711	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
5/ 7	S712	60.29	16.08	3.7500	YZ ✕
5/ 7	S713	44.21	24.12	1.8333	YZ ✕
5/ 7	S714	44.21	24.12	1.8333	YZ ✕
5/ 7	S715	60.29	16.08	3.7500	YZ ✕
5/ 7	S716	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
5/ 7	S717	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
5/ 7	S718	36.17	12.31	2.9388	YZ ✕
5/ 7	S719	32.15	12.31	2.6122	YZ ✕
5/ 7	S720	40.19	12.31	3.2653	YZ ✕
5/ 7	S721	40.19	12.31	3.2653	YZ ✕
5/ 7	S722	36.17	12.31	2.9388	YZ ✕
5/ 7	S723	52.25	12.31	4.2449	YZ ✕
5/ 7	S724	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
5/ 7	S725	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
5/ 7	S726	60.29	16.08	3.7500	YZ ✕
5/ 7	S727	40.19	24.12	1.6667	YZ ✕
5/ 7	S728	44.21	24.12	1.8333	YZ ✕
5/ 7	S729	60.29	16.08	3.7500	YZ ✕
5/ 7	S730	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
5/ 7	S731	32.15	15.39	2.0898	YZ ✕
5/ 7	S732	44.21	12.56	3.5200	YZ ✕
5/ 7	S733	44.21	12.56	3.5200	YZ ✕
5/ 7	S734	32.15	15.39	2.0898	YZ ✕
5/ 7	S735	60.29	42.58	1.4159	YZ ✕
5/ 7	S736	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
5/ 7	S737	44.21	12.56	3.5200	YZ ✕
5/ 7	S738	40.19	12.56	3.2000	YZ ✕
5/ 7	S739	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
5/ 7	S740	60.29	42.58	1.4159	YZ ✕
		ΣAs = 1692.08	ΣAsm= 751.59	Ro= 2.2513	GG ✕

Tablo 9.22:- 6. Normal Kat Kolon ve Perdelerde Eğilme Kontrolü

Kat no	Kolon no	Gerekli donatı As (cm ²)	Mevcut donatı Asm (cm ²)	Ri= As/Asm	Yorum
6/ 8	S801	60.29	24.24	2.4870	YZ ✕
6/ 8	S802	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
6/ 8	S803	28.13	9.04	3.1111	YZ ✕
6/ 8	S804	28.13	9.04	3.1111	YZ ✕
6/ 8	S805	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
6/ 8	S806	60.29	24.24	2.4870	YZ ✕
6/ 8	S807	32.15	15.39	2.0898	YZ ✕
6/ 8	S808	24.12	9.04	2.6667	YZ ✕
6/ 8	S809	24.12	9.04	2.6667	YZ ✕
6/ 8	S810	32.15	15.39	2.0898	YZ ✕
6/ 8	S811	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
6/ 8	S812	36.17	10.68	3.3882	YZ ✕
6/ 8	S813	36.17	24.12	1.5000	YZ ✕
6/ 8	S814	36.17	24.12	1.5000	YZ ✕
6/ 8	S815	36.17	10.68	3.3882	YZ ✕
6/ 8	S816	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
6/ 8	S817	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
6/ 8	S818	56.27	12.31	4.5714	YZ ✕
6/ 8	S819	12.06	12.31	0.9796	YL ✓
6/ 8	S820	20.10	12.31	1.6327	YZ ✕
6/ 8	S821	20.10	12.31	1.6327	YZ ✕
6/ 8	S822	16.08	12.31	1.3061	YZ ✕
6/ 8	S823	28.13	12.31	2.2857	YZ ✕
6/ 8	S824	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
6/ 8	S825	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
6/ 8	S826	32.15	10.68	3.0118	YZ ✕
6/ 8	S827	36.17	24.12	1.5000	YZ ✕
6/ 8	S828	36.17	24.12	1.5000	YZ ✕
6/ 8	S829	32.15	10.68	3.0118	YZ ✕
6/ 8	S830	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
6/ 8	S831	32.15	15.39	2.0898	YZ ✕
6/ 8	S832	24.12	9.04	2.6667	YZ ✕
6/ 8	S833	24.12	9.04	2.6667	YZ ✕
6/ 8	S834	32.15	15.39	2.0898	YZ ✕
6/ 8	S835	60.29	24.24	2.4870	YZ ✕
6/ 8	S836	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
6/ 8	S837	24.12	9.04	2.6667	YZ ✕
6/ 8	S838	28.13	9.04	3.1111	YZ ✕
6/ 8	S839	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
6/ 8	S840	60.29	24.24	2.4870	YZ ✕
		ΣAs = 1330.36	ΣAsm= 628.50	Ro= 2.1167	GG ✕

Tablo 9.23:- 7. Normal Kat Kolon ve Perdelerde Eğilme Kontrolü

Kat no	Kolon no	Gerekli donatı As (cm ²)	Mevcut donatı Asm (cm ²)	Ri= As/Asm	Yorum
7/ 9	S901	60.29	24.24	2.4870	YZ ✕
7/ 9	S902	36.17	18.46	1.9592	YZ ✕
7/ 9	S903	28.13	9.04	3.1111	YZ ✕
7/ 9	S904	28.13	9.04	3.1111	YZ ✕
7/ 9	S905	36.17	18.46	1.9592	YZ ✕
7/ 9	S906	60.29	24.24	2.4870	YZ ✕
7/ 9	S907	32.15	15.39	2.0898	YZ ✕
7/ 9	S908	24.12	9.04	2.6667	YZ ✕
7/ 9	S909	24.12	9.04	2.6667	YZ ✕
7/ 9	S910	32.15	15.39	2.0898	YZ ✕
7/ 9	S911	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
7/ 9	S912	28.13	10.68	2.6353	YZ ✕
7/ 9	S913	40.19	24.12	1.6667	YZ ✕
7/ 9	S914	36.17	24.12	1.5000	YZ ✕
7/ 9	S915	36.17	10.68	3.3882	YZ ✕
7/ 9	S916	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
7/ 9	S917	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
7/ 9	S918	20.10	12.31	1.6327	YZ ✕
7/ 9	S919	20.10	12.31	1.6327	YZ ✕
7/ 9	S920	20.10	12.31	1.6327	YZ ✕
7/ 9	S921	20.10	12.31	1.6327	YZ ✕
7/ 9	S922	24.12	12.31	1.9592	YZ ✕
7/ 9	S923	28.13	12.31	2.2857	YZ ✕
7/ 9	S924	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
7/ 9	S925	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
7/ 9	S926	36.17	10.68	3.3882	YZ ✕
7/ 9	S927	36.17	24.12	1.5000	YZ ✕
7/ 9	S928	40.19	24.12	1.6667	YZ ✕
7/ 9	S929	36.17	10.68	3.3882	YZ ✕
7/ 9	S930	32.15	18.46	1.7415	YZ ✕
7/ 9	S931	32.15	15.39	2.0898	YZ ✕
7/ 9	S932	20.10	9.04	2.2222	YZ ✕
7/ 9	S933	24.12	9.04	2.6667	YZ ✕
7/ 9	S934	32.15	15.39	2.0898	YZ ✕
7/ 9	S935	60.29	24.24	2.4870	YZ ✕
7/ 9	S936	36.17	18.46	1.9592	YZ ✕
7/ 9	S937	28.13	9.04	3.1111	YZ ✕
7/ 9	S938	28.13	9.04	3.1111	YZ ✕
7/ 9	S939	36.17	18.46	1.9592	YZ ✕
7/ 9	S940	60.29	24.24	2.4870	YZ ✕
		$\Sigma As =$ 1334.37	$\Sigma Asm =$ 628.50	Ro= 2.1231	GG ✕

9.4.7 Mevcut yapının göçme yükü mukayesesi

Burada da anlaşılacağı üzere yapımız hem X yönünde hem de Y yönünde güçlendirme ihtiyacı hissetmektedir. Tablo 9.24'te gösterildiği üzere X yönünde mevcut yapının kesme kuvveti taşıma kapasitesi sadece bodrum, zemin, 1. ve 2. normal katlarda karşılandığı diğer katlarda ise yapımızın kesme kuvveti taşıma kapasitesinin çok üzerinde bit etkiye maruz kaldığı bu sebeple yapımız olası bir depremde ağır hasar göreceği, yine aynı şekilde Y yönünde sadece bodrum ve zemin katlarda kesme kuvveti taşıma kapasiteni sağladığı diğer katlarda ise bu kuvveti karşılayamadığı gözlenmektedir. Burada dikkat edilmesi gerekli olan yapımız güçlendirilmediğinden mevcut durum ile güçlendirilmiş durumun aynı olmasıdır.

Tablo 9.24: Mevcut Yapının Göçme Yükü Mukayesesi

Kat no	X YÖNÜ			Y YÖNÜ		
	Deprem yükü Ve	Mevcut Yapı Vr	Güçlendirilmiş Yapı Vr	Deprem yükü Ve	Mevcut Yapı Vr	Güçlendirilmiş Yapı Vr
9	120.92	319.56 ✓	319.56 ✓	111.27	195.85 ✓	195.85 ✓
8	218.01	351.23 ✓	351.23 ✓	210.79	256.58 ✓	256.58 ✓
7	292.22	378.39 ✓	378.39 ✓	289.20	281.48 ✗	281.48 ✗
6	352.40	405.26 ✓	405.26 ✓	353.83	339.98 ✗	339.98 ✗
5	403.82	404.00 ✓	404.00 ✓	408.36	343.55 ✗	343.55 ✗
4	447.27	420.56 ✗	420.56 ✗	454.08	378.97 ✗	378.97 ✗
3	480.67	428.30 ✗	428.30 ✗	488.61	404.51 ✗	404.51 ✗
2	501.34	427.11 ✗	427.11 ✗	509.11	422.32 ✗	422.32 ✗

Tablo 9.25'te ise plastikleşen kolonların kesme kuvveti dağılımı gösterilmektedir. Tablodan da anlaşılacağı üzere belirgin hasara uğrayan kolon sayımız oldukça fazla olup %54.7'ye kadar yükselmektedir. Oysa deprem yönetmeliği bu oranın %30'u geçmesi durumunda yapımızın derhal güçlendirilmesi gerektiğini söylemektedir. Bundan dolayı yapımıza özellikle deprem kuvvetlerine karşı yapının rijitliğini arttıran ve yatay kuvvetlere karşı etkili olan perdeler ilave edilecektir. Bu perdeler önceki bölümlerde de anlatıldığı gibi özellikle yapıda ilave burulmalara neden olmayacak şekilde düzenlenecektir.

$$\text{Plastiklesen kolon } V_c \text{ oranı} = \%54,7 > \%30$$

Tablo 9.25: Plastikleşen Kolonların Kesme Kuvveti Dağılımı

KAT NO	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	15.4	28.1	4.0	3.2	15.3	29.0	8.3	1.9	2.6	25.2	7.3	0.0	5.3	28.6	7.6	0.0
7	0.0	6.5	34.9	0.0	0.0	4.5	37.2	0.0	0.0	30.4	16.1	0.0	0.0	21.2	17.1	0.0
6	21.5	29.9	4.2	0.0	7.1	36.6	17.1	0.0	1.8	34.4	3.0	0.0	5.0	34.6	0.0	0.0
5	0.0	12.0	16.2	0.0	0.0	11.0	21.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	32.1	0.0	0.0	0.0	54.7	0.0	0.0	5.5	41.2	0.0	0.0	10.2	44.2	0.0	0.0
3	0.0	37.7	0.0	0.0	0.0	42.8	0.0	0.0	4.0	40.8	4.9	0.0	4.6	40.1	0.0	0.0
2	26.1	3.4	0.0	0.0	34.9	2.6	0.0	0.0	6.7	22.4	4.8	2.1	0.0	38.2	0.0	1.7
1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0
Max.				3.2	60.8	54.7	37.2									

9.5 Mevcut yapının güçlendirilmesi

Büyük oranda hasara maruz kalan yapıyı güçlendirilmesinde daha çok perde ilavesi tercih edilmiştir. Fakat yapılan hesaplarda S103, S104, S137 ve S138 kolonlarında düşey yük taşıma kapasitesinin de düşük olması bu kolonların mantolanmasına neden olmuştur. Daha önceki bölümde de anlatıldığı üzere yapıyı düşey yük taşıma kapasitesi yeterli olmasına rağmen deprem yüklemesi yapıldığında çoğu kolon ve kirişin hasar görüldüğü bu nedenle deprem yüklerinin çok büyük bir kısmını yeni ilave edilen perdelere taşıtarak yapının güvenliği sağlanmış oldu. İlave edilen perdeler ve mantolar Şekil EK-B’de gösterildiği gibi simetrik yerleştirilmiştir. Bu sayede yapıda ek burulma kuvvetlerinin önüne geçilmiş oldu. Ayrıca yapıda en elverişli bölgelere yerleştirilerek maliyette de önemli ölçüde kazanç sağlanmış oldu

Yapının güçlendirilmesinden sonraki durumu Tablo9.26’da gösterildiği gibidir.

Tablo 9.26: (Mci ≥ Mbi) >> Mbi Kiriş Plastik Mafsal Kontrolü

Kat no	X YÖNÜ			Y YÖNÜ		
	Kolon ΣMc	Kiriş (Mci ≥ Mbi) ΣMbi	Kapasite Vr	Kolon ΣMc	Kiriş (Mci ≥ Mbi) ΣMbi	Kapasite Vr
9	8704.61	1294.50	3571.11	10070.62	845.05	3898.45
8	8901.48	2773.72	2686.16	10218.18	1804.64	2804.11
7	9336.27	4298.04	2262.00	10653.55	2789.44	2272.20
6	9530.43	5852.83	1973.16	10815.93	3779.47	1908.69
5	9976.67	7405.61	1801.53	11192.18	4770.85	1683.98
4	11140.31	8240.08	1670.18	11899.05	5713.28	1541.00
3	12759.56	9305.57	1609.75	12989.82	6560.33	1444.53
2	12820.43	10695.13	1468.43	14000.93	7300.79	1344.86

Kolon ve perdelerle ait kesme kuvveti değerleri ile kapasiteleri hakkında aşağıdaki tablolar hesaplamalar gstereilmektedir.

Açıklamalar:

$$V_{r1} = A_c (0.52 f_{ctd} + r_{sw} f_{ydw})$$

$$V_{r2} = 0.22 A_c f_{cd}$$

$$V_{r2} = 0.22 A_c f_{cd}$$

$$V_r = \min(V_{r1}; V_{r2})$$

$$V_d = \max(V(1.4g + 1.6q); V(g + q + e))$$

$R_{vi} \geq 1.20$ ise kolon/perde yeterlidir (YL)

$R_{vi} > 1.20$ ise kolon/perde yetersizdir (YZ)

$$R_{vo} = K_{at} \text{ yeterlik endeksi} = \bar{a} V_d / \bar{a} V_r$$

$R_{vo} \geq 1.20$ ise bu katın kolon/perde yeterlidir (YL)

$R_{vo} > 1.20$ ise yapının güçlendirilmesi gerekir (GG)

Tablo 9.27: Bodrum Kat Kolon ve Perdelerde Kesme Kontrolü

Kat no	Kolon no	V_{r1} (t)	V_{r2} (t)	V_r (t)	V_d (t)	$R_i = V_d/V_r$	Yorum
B/ 1	S101	84.231	156.288	84.231	13.256	0.1574	YL 
B/ 1	S102	52.120	73.920	52.120	4.413	0.0847	YL 
B/ 1	S103	31.503	76.032	31.503	1.244	0.0395	YL 
B/ 1	S104	28.345	76.032	28.345	1.385	0.0488	YL 
B/ 1	S105	44.751	73.920	44.751	4.201	0.0939	YL 
B/ 1	S106	84.231	156.288	84.231	13.363	0.1586	YL 
B/ 1	S107	52.120	73.920	52.120	5.458	0.1047	YL 
B/ 1	S108	28.345	76.032	28.345	3.186	0.1124	YL 
B/ 1	S109	28.345	76.032	28.345	2.961	0.1045	YL 
B/ 1	S110	52.120	73.920	52.120	5.330	0.1023	YL 
B/ 1	S111	52.120	73.920	52.120	1.099	0.0211	YL 
B/ 1	S112	22.773	70.400	22.773	1.045	0.0459	YL 
B/ 1	S113	34.405	98.560	34.405	4.509	0.1310	YL 
B/ 1	S114	34.405	98.560	34.405	4.517	0.1313	YL 
B/ 1	S115	22.773	70.400	22.773	1.244	0.0546	YL 
B/ 1	S116	52.120	73.920	52.120	1.183	0.0227	YL 
B/ 1	S117	52.120	73.920	52.120	1.200	0.0230	YL 
B/ 1	S118	28.345	76.032	28.345	2.534	0.0894	YL 
B/ 1	S119	28.345	76.032	28.345	3.265	0.1152	YL 
B/ 1	S120	28.884	63.360	28.884	3.944	0.1366	YL 
B/ 1	S121	28.884	63.360	28.884	2.417	0.0837	YL 
B/ 1	S122	28.345	76.032	28.345	2.899	0.1023	YL 
B/ 1	S123	28.345	76.032	28.345	3.028	0.1068	YL 
B/ 1	S124	52.120	73.920	52.120	1.342	0.0257	YL 
B/ 1	S125	52.120	73.920	52.120	3.116	0.0598	YL 
B/ 1	S126	22.773	70.400	22.773	1.250	0.0549	YL 
B/ 1	S127	34.405	98.560	34.405	2.520	0.0732	YL 
B/ 1	S128	34.405	98.560	34.405	2.648	0.0770	YL 
B/ 1	S129	22.773	70.400	22.773	1.428	0.0627	YL 
B/ 1	S130	52.120	73.920	52.120	3.091	0.0593	YL 
B/ 1	S131	52.120	73.920	52.120	3.798	0.0729	YL 
B/ 1	S132	28.345	76.032	28.345	3.250	0.1147	YL 
B/ 1	S133	28.345	76.032	28.345	2.902	0.1024	YL 
B/ 1	S134	52.120	73.920	52.120	3.865	0.0742	YL 
B/ 1	S135	84.231	156.288	84.231	18.230	0.2164	YL 
B/ 1	S136	44.751	73.920	44.751	4.416	0.0987	YL 
B/ 1	S137	28.345	76.032	28.345	1.287	0.0454	YL 
B/ 1	S138	31.503	76.032	31.503	1.465	0.0465	YL 
B/ 1	S139	52.120	73.920	52.120	4.122	0.0791	YL 
B/ 1	S140	84.231	156.288	84.231	17.973	0.2134	YL 

B/ 1	P1001	90.274	202.752	90.274	127.413	1.4114	YZ	×
B/ 1	P1002	90.274	202.752	90.274	127.842	1.4162	YZ	×
B/ 1	P1003	66.451	149.248	66.451	64.529	0.9711	YL	✓
B/ 1	P1004	92.831	208.497	92.831	93.683	1.0092	YL	✓
B/ 1	P1005	66.451	149.248	66.451	65.040	0.9788	YL	✓
B/ 1	P1009	116.903	192.592	116.903	19.763	0.1691	YL	✓
B/ 1	P1009	33.527	82.408	33.527	4.123	0.1230	YL	✓
B/ 1	P1012	47.023	82.408	47.023	4.306	0.0916	YL	✓
B/ 1	P1012	78.353	192.592	78.353	20.406	0.2604	YL	✓
B/ 1	P1015	78.316	192.500	78.316	21.739	0.2776	YL	✓
B/ 1	P1018	109.842	192.500	109.842	22.993	0.2093	YL	✓
B/ 1	P1020	111.880	275.000	111.880	75.614	0.6759	YL	✓
B/ 1	P1024	111.880	275.000	111.880	75.911	0.6785	YL	✓
B/ 1	P1028	66.451	149.248	66.451	58.509	0.8805	YL	✓
B/ 1	P1029	92.831	208.497	92.831	87.322	0.9407	YL	✓
B/ 1	P1030	89.275	149.248	89.275	59.185	0.6629	YL	✓
B/ 1	P1031	121.279	202.752	121.279	118.775	0.9794	YL	✓
B/ 1	P1032	110.679	202.752	110.679	119.236	1.0773	YL	✓
B/ 1	P1033	133.509	211.200	133.509	101.797	0.7625	YL	✓
B/ 1	P1034	108.612	181.576	108.612	86.966	0.8007	YL	✓
B/ 1	P1035	108.612	181.576	108.612	87.284	0.8036	YL	✓
B/ 1	P1036	94.035	211.200	94.035	99.944	1.0628	YL	✓
B/ 1	P1037	52.710	118.385	52.710	52.310	0.9924	YL	✓
B/ 1	P1038	52.710	118.385	52.710	49.338	0.9360	YL	✓
B/ 1	P1040	120.355	210.925	120.355	39.468	0.3279	YL	✓
B/ 1	P1045	120.355	210.925	120.355	38.713	0.3217	YL	✓
B/ 1	P1048	108.113	265.742	108.113	87.590	0.8102	YL	✓
B/ 1	P1049	55.902	137.408	55.902	14.136	0.2529	YL	✓
B/ 1	P1049	52.210	128.333	52.210	24.213	0.4638	YL	✓
B/ 1	P1050	52.210	128.333	52.210	18.012	0.3450	YL	✓
B/ 1	P1050	55.903	137.408	55.903	12.411	0.2220	YL	✓
B/ 1	P1051	55.902	137.408	55.902	12.236	0.2189	YL	✓
B/ 1	P1051	52.210	128.333	52.210	17.807	0.3411	YL	✓
B/ 1	P1056	85.812	210.925	85.812	33.372	0.3889	YL	✓
B/ 1	P1060	85.812	210.925	85.812	34.216	0.3987	YL	✓
B/ 1	P1062	52.710	118.385	52.710	53.489	1.0148	YL	✓
B/ 1	P1063	52.710	118.385	52.710	50.211	0.9526	YL	✓
B/ 1	P1064	94.035	211.200	94.035	104.793	1.1144	YL	✓
B/ 1	P1065	80.845	181.576	80.845	90.614	1.1208	YL	✓
B/ 1	P1066	80.845	181.576	80.845	90.843	1.1237	YL	✓
B/ 1	P1067	94.035	211.200	94.035	103.131	1.0967	YL	✓
			ΣVr,ΣVd=	5109.470	2633.663	Ro= 0.5154	YL	✓

Tablo 9.28: Zemin Kat Kolon ve Perdelerde Kesme Kontrolü

Kat no	Kolon no	Vr1 (t)	Vr2 (t)	Vr (t)	Vd (t)	Ri= Vd/Vr	Yorum
Z/ 2	S201	84.231	156.288	84.231	52.381	0.6219	YL ✓
Z/ 2	S202	44.751	73.920	44.751	11.596	0.2591	YL ✓
Z/ 2	S203	28.345	76.032	28.345	3.444	0.1215	YL ✓
Z/ 2	S204	28.345	76.032	28.345	3.530	0.1245	YL ✓
Z/ 2	S205	44.751	73.920	44.751	12.403	0.2771	YL ✓
Z/ 2	S206	84.231	156.288	84.231	52.466	0.6229	YL ✓
Z/ 2	S207	44.751	73.920	44.751	6.306	0.1409	YL ✓
Z/ 2	S208	28.345	76.032	28.345	7.900	0.2787	YL ✓
Z/ 2	S209	28.345	76.032	28.345	8.476	0.2990	YL ✓
Z/ 2	S210	44.751	73.920	44.751	6.518	0.1457	YL ✓
Z/ 2	S211	44.751	73.920	44.751	11.512	0.2572	YL ✓
Z/ 2	S212	23.322	70.400	23.322	3.873	0.1661	YL ✓
Z/ 2	S213	37.913	98.560	37.913	4.815	0.1270	YL ✓
Z/ 2	S214	34.405	98.560	34.405	4.640	0.1349	YL ✓
Z/ 2	S215	21.567	70.400	21.567	3.928	0.1821	YL ✓
Z/ 2	S216	44.751	73.920	44.751	11.661	0.2606	YL ✓
Z/ 2	S217	52.120	73.920	52.120	7.766	0.1490	YL ✓
Z/ 2	S218	28.345	76.032	28.345	6.921	0.2442	YL ✓
Z/ 2	S219	28.345	76.032	28.345	7.615	0.2686	YL ✓
Z/ 2	S220	28.884	63.360	28.884	11.519	0.3988	YL ✓
Z/ 2	S221	28.884	63.360	28.884	9.303	0.3221	YL ✓
Z/ 2	S222	30.516	76.032	30.516	7.845	0.2571	YL ✓
Z/ 2	S223	28.345	76.032	28.345	7.642	0.2696	YL ✓
Z/ 2	S224	44.751	73.920	44.751	7.946	0.1776	YL ✓
Z/ 2	S225	49.817	73.920	49.817	12.868	0.2583	YL ✓
Z/ 2	S226	23.322	70.400	23.322	4.979	0.2135	YL ✓
Z/ 2	S227	26.510	98.560	26.510	3.614	0.1363	YL ✓
Z/ 2	S228	25.282	98.560	25.282	3.372	0.1334	YL ✓
Z/ 2	S229	21.567	70.400	21.567	5.018	0.2327	YL ✓
Z/ 2	S230	52.120	73.920	52.120	12.925	0.2480	YL ✓
Z/ 2	S231	52.120	73.920	52.120	3.865	0.0742	YL ✓
Z/ 2	S232	28.345	76.032	28.345	7.844	0.2767	YL ✓
Z/ 2	S233	28.345	76.032	28.345	8.369	0.2953	YL ✓
Z/ 2	S234	52.120	73.920	52.120	3.922	0.0752	YL ✓
Z/ 2	S235	97.213	156.288	97.213	30.845	0.3173	YL ✓
Z/ 2	S236	49.817	73.920	49.817	11.514	0.2311	YL ✓
Z/ 2	S237	28.345	76.032	28.345	3.722	0.1313	YL ✓
Z/ 2	S238	28.345	76.032	28.345	4.155	0.1466	YL ✓
Z/ 2	S239	49.817	73.920	49.817	12.293	0.2468	YL ✓
Z/ 2	S240	97.213	156.288	97.213	30.682	0.3156	YL ✓
Z/ 2	P2018	109.894	192.592	109.894	70.650	0.6429	YL ✓
Z/ 2	P2018	33.527	82.408	33.527	21.599	0.6442	YL ✓
Z/ 2	P2021	47.023	82.408	47.023	21.892	0.4656	YL ✓
Z/ 2	P2021	78.353	192.592	78.353	71.621	0.9141	YL ✓
Z/ 2	P2028	78.316	192.500	78.316	54.433	0.6950	YL ✓
Z/ 2	P2031	109.842	192.500	109.842	55.783	0.5078	YL ✓
Z/ 2	P2038	116.903	192.592	116.903	159.689	1.3660	YZ ✗
Z/ 2	P2038	33.527	82.408	33.527	41.708	1.2440	YZ ✗
Z/ 2	P2041	50.022	82.408	50.022	41.464	0.8289	YL ✓
Z/ 2	P2041	78.353	192.592	78.353	160.840	2.0528	YZ ✗
Z/ 2	P2078	128.032	210.925	128.032	100.482	0.7848	YL ✓
Z/ 2	P2081	85.812	210.925	85.812	100.861	1.1754	YL ✓
Z/ 2	P2087	52.210	128.333	52.210	118.289	2.2656	YZ ✗
Z/ 2	P2087	55.903	137.408	55.903	77.887	1.3933	YZ ✗
Z/ 2	P2088	52.210	128.333	52.210	70.963	1.3592	YZ ✗
Z/ 2	P2088	55.903	137.408	55.903	47.950	0.8577	YL ✓
Z/ 2	P2089	55.902	137.408	55.902	50.736	0.9076	YL ✓
Z/ 2	P2089	52.210	128.333	52.210	80.868	1.5489	YZ ✗
Z/ 2	P2090	55.902	137.408	55.902	47.418	0.8482	YL ✓
Z/ 2	P2090	52.210	128.333	52.210	70.205	1.3446	YZ ✗
Z/ 2	P2096	128.032	210.925	128.032	107.830	0.8422	YL ✓
Z/ 2	P2099	85.812	210.925	85.812	108.823	1.2682	YZ ✗
			ΣVr, ΣVd=	3243.942	2113.982	Ro= 0.6517	YL ✓

Tablo 9.29: 1.Normal Kat Kolon ve Perdelerde Kesme Kontrolü

Kat no	Kolon no	Vr1 (t)	Vr2 (t)	Vr (t)	Vd (t)	Ri= Vd/Vr	Yorum
1/ 3	S301	97.213	156.288	97.213	12.344	0.1270	YL ✓
1/ 3	S302	44.751	73.920	44.751	9.957	0.2225	YL ✓
1/ 3	S303	25.196	67.584	25.196	3.554	0.1410	YL ✓
1/ 3	S304	28.003	67.584	28.003	3.508	0.1253	YL ✓
1/ 3	S305	44.751	73.920	44.751	10.540	0.2355	YL ✓
1/ 3	S306	84.231	156.288	84.231	12.131	0.1440	YL ✓
1/ 3	S307	44.751	73.920	44.751	5.929	0.1325	YL ✓
1/ 3	S308	15.148	56.320	15.148	4.934	0.3257	YL ✓
1/ 3	S309	15.148	56.320	15.148	4.832	0.3190	YL ✓
1/ 3	S310	44.751	73.920	44.751	5.856	0.1309	YL ✓
1/ 3	S311	44.751	73.920	44.751	13.906	0.3107	YL ✓
1/ 3	S312	18.101	57.024	18.101	6.495	0.3588	YL ✓
1/ 3	S313	34.405	98.560	34.405	6.557	0.1906	YL ✓
1/ 3	S314	34.405	98.560	34.405	6.746	0.1961	YL ✓
1/ 3	S315	18.101	57.024	18.101	7.032	0.3885	YL ✓
1/ 3	S316	52.120	73.920	52.120	13.892	0.2665	YL ✓
1/ 3	S317	52.120	73.920	52.120	9.947	0.1909	YL ✓
1/ 3	S318	22.868	56.320	22.868	8.864	0.3876	YL ✓
1/ 3	S319	18.178	67.584	18.178	6.360	0.3499	YL ✓
1/ 3	S320	22.868	56.320	22.868	9.499	0.4154	YL ✓
1/ 3	S321	22.868	56.320	22.868	8.773	0.3837	YL ✓
1/ 3	S322	18.178	67.584	18.178	6.595	0.3628	YL ✓
1/ 3	S323	22.868	56.320	22.868	9.424	0.4121	YL ✓
1/ 3	S324	44.751	73.920	44.751	10.033	0.2242	YL ✓
1/ 3	S325	44.751	73.920	44.751	15.628	0.3492	YL ✓
1/ 3	S326	18.101	57.024	18.101	6.759	0.3734	YL ✓
1/ 3	S327	34.405	98.560	34.405	6.471	0.1881	YL ✓
1/ 3	S328	37.913	98.560	37.913	6.705	0.1769	YL ✓
1/ 3	S329	19.680	57.024	19.680	7.176	0.3647	YL ✓
1/ 3	S330	44.751	73.920	44.751	15.971	0.3569	YL ✓
1/ 3	S331	44.751	73.920	44.751	6.152	0.1375	YL ✓
1/ 3	S332	15.148	56.320	15.148	4.583	0.3025	YL ✓
1/ 3	S333	25.675	56.320	25.675	4.843	0.1886	YL ✓
1/ 3	S334	44.751	73.920	44.751	6.296	0.1407	YL ✓
1/ 3	S335	84.231	156.288	84.231	14.367	0.1706	YL ✓
1/ 3	S336	52.120	73.920	52.120	9.817	0.1883	YL ✓
1/ 3	S337	28.003	67.584	28.003	2.569	0.0917	YL ✓
1/ 3	S338	27.126	67.584	27.126	2.809	0.1036	YL ✓
1/ 3	S339	44.751	73.920	44.751	10.389	0.2322	YL ✓
1/ 3	S340	84.231	156.288	84.231	15.119	0.1795	YL ✓
1/ 3	P3004	54.075	132.917	54.075	86.118	1.5926	YZ ✗
1/ 3	P3004	55.903	137.408	55.903	59.902	1.0715	YL ✓
1/ 3	P3005	55.902	137.408	55.902	62.763	1.1227	YL ✓
1/ 3	P3005	54.075	132.917	54.075	92.355	1.7079	YZ ✗
1/ 3	P3018	116.903	192.592	116.903	91.924	0.7863	YL ✓
1/ 3	P3018	33.527	82.408	33.527	30.172	0.8999	YL ✓
1/ 3	P3021	33.527	82.408	33.527	30.292	0.9035	YL ✓
1/ 3	P3021	78.353	192.592	78.353	92.044	1.1747	YL ✓
1/ 3	P3028	78.316	192.500	78.316	77.856	0.9941	YL ✓
1/ 3	P3031	78.316	192.500	78.316	77.154	0.9852	YL ✓
1/ 3	P3038	78.353	192.592	78.353	105.406	1.3453	YZ ✗
1/ 3	P3038	33.527	82.408	33.527	33.952	1.0127	YL ✓
1/ 3	P3041	33.527	82.408	33.527	33.487	0.9988	YL ✓
1/ 3	P3041	78.353	192.592	78.353	107.126	1.3672	YZ ✗
1/ 3	P3078	125.586	220.092	125.586	93.540	0.7448	YL ✓
1/ 3	P3081	89.541	220.092	89.541	98.508	1.1001	YL ✓
1/ 3	P3087	54.075	132.917	54.075	90.476	1.6731	YZ ✗
1/ 3	P3087	55.903	137.408	55.903	61.599	1.1019	YL ✓
1/ 3	P3090	83.407	137.408	83.407	58.795	0.7049	YL ✓
1/ 3	P3090	54.075	132.917	54.075	84.422	1.5612	YZ ✗
1/ 3	P3096	125.586	220.092	125.586	102.252	0.8142	YL ✓
1/ 3	P3099	89.541	220.092	89.541	102.795	1.1480	YL ✓
			ΣVr, ΣVd=	3061.280	2006.299	Ro= 0.6554	YL ✓

Tablo 9.30: 2.Normal Kat Kolon ve Perdelerde Kesme Kontrolü

Kat no	Kolon no	Vr1 (t)	Vr2 (t)	Vr (t)	Vd (t)	Ri= Vd/Vr	Yorum
2/ 4	S401	93.156	156.288	93.156	8.851	0.0950	YL ✓
2/ 4	S402	52.120	73.920	52.120	8.146	0.1563	YL ✓
2/ 4	S403	19.231	67.584	19.231	2.436	0.1267	YL ✓
2/ 4	S404	18.178	67.584	18.178	2.411	0.1326	YL ✓
2/ 4	S405	44.751	73.920	44.751	8.241	0.1842	YL ✓
2/ 4	S406	97.213	156.288	97.213	8.680	0.0893	YL ✓
2/ 4	S407	52.120	73.920	52.120	6.043	0.1160	YL ✓
2/ 4	S408	13.693	49.280	13.693	5.771	0.4215	YL ✓
2/ 4	S409	16.603	63.360	16.603	6.976	0.4202	YL ✓
2/ 4	S410	52.120	73.920	52.120	6.178	0.1185	YL ✓
2/ 4	S411	52.120	73.920	52.120	13.174	0.2528	YL ✓
2/ 4	S412	17.877	50.688	17.877	7.179	0.4016	YL ✓
2/ 4	S413	34.405	98.560	34.405	7.051	0.2050	YL ✓
2/ 4	S414	34.405	98.560	34.405	7.214	0.2097	YL ✓
2/ 4	S415	16.792	50.688	16.792	7.722	0.4599	YL ✓
2/ 4	S416	44.751	73.920	44.751	13.183	0.2946	YL ✓
2/ 4	S417	44.751	73.920	44.751	8.776	0.1961	YL ✓
2/ 4	S418	20.009	49.280	20.009	8.355	0.4176	YL ✓
2/ 4	S419	22.868	56.320	22.868	5.970	0.2611	YL ✓
2/ 4	S420	20.009	49.280	20.009	6.667	0.3332	YL ✓
2/ 4	S421	20.009	49.280	20.009	6.471	0.3234	YL ✓
2/ 4	S422	20.009	49.280	20.009	5.587	0.2792	YL ✓
2/ 4	S423	21.698	49.280	21.698	9.097	0.4193	YL ✓
2/ 4	S424	52.120	73.920	52.120	8.837	0.1696	YL ✓
2/ 4	S425	52.120	73.920	52.120	13.980	0.2682	YL ✓
2/ 4	S426	16.792	50.688	16.792	7.389	0.4401	YL ✓
2/ 4	S427	34.405	98.560	34.405	6.822	0.1983	YL ✓
2/ 4	S428	37.913	98.560	37.913	7.112	0.1876	YL ✓
2/ 4	S429	16.792	50.688	16.792	7.837	0.4667	YL ✓
2/ 4	S430	44.751	73.920	44.751	14.285	0.3192	YL ✓
2/ 4	S431	44.751	73.920	44.751	5.919	0.1323	YL ✓
2/ 4	S432	14.571	49.280	14.571	5.481	0.3761	YL ✓
2/ 4	S433	14.571	49.280	14.571	5.557	0.3814	YL ✓
2/ 4	S434	44.751	73.920	44.751	5.835	0.1304	YL ✓
2/ 4	S435	84.231	156.288	84.231	8.807	0.1046	YL ✓
2/ 4	S436	44.751	73.920	44.751	8.304	0.1856	YL ✓
2/ 4	S437	25.196	67.584	25.196	2.269	0.0901	YL ✓
2/ 4	S438	22.868	56.320	22.868	2.243	0.0981	YL ✓
2/ 4	S439	44.751	73.920	44.751	8.503	0.1900	YL ✓
2/ 4	S440	84.231	156.288	84.231	9.866	0.1171	YL ✓
2/ 4	P4004	55.940	137.500	55.940	86.656	1.5491	YZ ✗
2/ 4	P4004	55.903	137.408	55.903	62.210	1.1128	YL ✓
2/ 4	P4005	55.902	137.408	55.902	64.013	1.1451	YL ✓
2/ 4	P4005	55.940	137.500	55.940	89.524	1.6004	YZ ✗
2/ 4	P4018	116.903	192.592	116.903	86.099	0.7365	YL ✓
2/ 4	P4018	33.527	82.408	33.527	27.554	0.8219	YL ✓
2/ 4	P4021	50.022	82.408	50.022	27.672	0.5532	YL ✓
2/ 4	P4021	78.353	192.592	78.353	86.204	1.1002	YL ✓
2/ 4	P4028	78.316	192.500	78.316	69.325	0.8852	YL ✓
2/ 4	P4031	116.848	192.500	116.848	68.513	0.5863	YL ✓
2/ 4	P4038	116.903	192.592	116.903	93.262	0.7978	YL ✓
2/ 4	P4038	33.527	82.408	33.527	29.742	0.8871	YL ✓
2/ 4	P4041	50.022	82.408	50.022	29.356	0.5869	YL ✓
2/ 4	P4041	78.353	192.592	78.353	94.025	1.2000	YZ ✗
2/ 4	P4078	93.270	229.258	93.270	78.262	0.8391	YL ✓
2/ 4	P4081	93.270	229.258	93.270	82.698	0.8867	YL ✓
2/ 4	P4087	55.940	137.500	55.940	88.262	1.5778	YZ ✗
2/ 4	P4087	55.903	137.408	55.903	63.306	1.1324	YL ✓
2/ 4	P4090	55.902	137.408	55.902	61.026	1.0917	YL ✓
2/ 4	P4090	55.940	137.500	55.940	84.914	1.5180	YZ ✗
2/ 4	P4096	93.270	229.258	93.270	85.643	0.9182	YL ✓
2/ 4	P4099	85.812	210.925	85.812	83.778	0.9763	YL ✓
			ΣVr, ΣVd=	3074.215	1841.275	Ro= 0.5989	YL ✓

Tablo 9.31: 3.Normal Kat Kolon ve Perdelerde KESME Kontrolü

Kat no	Kolon no	Vr1 (t)	Vr2 (t)	Vr (t)	Vd (t)	Ri= Vd/Vr	Yorum
3/ 5	S501	84.231	156.288	84.231	6.937	0.0824	YL ✓
3/ 5	S502	22.295	73.920	22.295	7.072	0.3172	YL ✓
3/ 5	S503	25.196	67.584	25.196	2.340	0.0929	YL ✓
3/ 5	S504	25.196	67.584	25.196	2.424	0.0962	YL ✓
3/ 5	S505	22.295	73.920	22.295	7.156	0.3210	YL ✓
3/ 5	S506	84.231	156.288	84.231	7.273	0.0863	YL ✓
3/ 5	S507	44.751	73.920	44.751	6.183	0.1382	YL ✓
3/ 5	S508	13.693	49.280	13.693	6.521	0.4762	YL ✓
3/ 5	S509	16.603	63.360	16.603	7.934	0.4778	YL ✓
3/ 5	S510	44.751	73.920	44.751	6.352	0.1419	YL ✓
3/ 5	S511	44.751	73.920	44.751	11.710	0.2617	YL ✓
3/ 5	S512	16.792	50.688	16.792	8.077	0.4810	YL ✓
3/ 5	S513	34.405	98.560	34.405	7.375	0.2144	YL ✓
3/ 5	S514	34.405	98.560	34.405	7.522	0.2186	YL ✓
3/ 5	S515	16.792	50.688	16.792	8.537	0.5084	YL ✓
3/ 5	S516	44.751	73.920	44.751	11.648	0.2603	YL ✓
3/ 5	S517	44.751	73.920	44.751	7.386	0.1650	YL ✓
3/ 5	S518	20.009	49.280	20.009	10.462	0.5228	YL ✓
3/ 5	S519	22.868	56.320	22.868	7.422	0.3246	YL ✓
3/ 5	S520	20.009	49.280	20.009	6.254	0.3126	YL ✓
3/ 5	S521	20.009	49.280	20.009	6.098	0.3048	YL ✓
3/ 5	S522	20.009	49.280	20.009	7.036	0.3517	YL ✓
3/ 5	S523	20.009	49.280	20.009	11.533	0.5764	YL ✓
3/ 5	S524	44.751	73.920	44.751	7.172	0.1603	YL ✓
3/ 5	S525	44.751	73.920	44.751	12.220	0.2731	YL ✓
3/ 5	S526	16.792	50.688	16.792	8.207	0.4887	YL ✓
3/ 5	S527	34.405	98.560	34.405	7.321	0.2128	YL ✓
3/ 5	S528	34.405	98.560	34.405	7.379	0.2145	YL ✓
3/ 5	S529	16.792	50.688	16.792	8.729	0.5198	YL ✓
3/ 5	S530	44.751	73.920	44.751	12.085	0.2701	YL ✓
3/ 5	S531	44.751	73.920	44.751	6.046	0.1351	YL ✓
3/ 5	S532	13.693	49.280	13.693	6.321	0.4616	YL ✓
3/ 5	S533	13.693	49.280	13.693	6.366	0.4649	YL ✓
3/ 5	S534	44.751	73.920	44.751	5.959	0.1332	YL ✓
3/ 5	S535	84.231	156.288	84.231	7.861	0.0933	YL ✓
3/ 5	S536	22.295	73.920	22.295	6.696	0.3003	YL ✓
3/ 5	S537	18.178	67.584	18.178	2.180	0.1199	YL ✓
3/ 5	S538	22.868	56.320	22.868	1.681	0.0735	YL ✓
3/ 5	S539	22.295	73.920	22.295	6.705	0.3007	YL ✓
3/ 5	S540	84.231	156.288	84.231	7.293	0.0866	YL ✓
3/ 5	P5004	55.940	137.500	55.940	81.211	1.4517	YZ ✗
3/ 5	P5004	55.903	137.408	55.903	58.172	1.0406	YL ✓
3/ 5	P5005	55.902	137.408	55.902	60.112	1.0753	YL ✓
3/ 5	P5005	55.940	137.500	55.940	83.832	1.4986	YZ ✗
3/ 5	P5018	78.353	192.592	78.353	75.479	0.9633	YL ✓
3/ 5	P5018	33.527	82.408	33.527	25.384	0.7571	YL ✓
3/ 5	P5021	33.527	82.408	33.527	25.622	0.7642	YL ✓
3/ 5	P5021	78.353	192.592	78.353	75.013	0.9574	YL ✓
3/ 5	P5028	78.316	192.500	78.316	57.428	0.7333	YL ✓
3/ 5	P5031	78.316	192.500	78.316	58.484	0.7468	YL ✓
3/ 5	P5038	78.353	192.592	78.353	79.175	1.0105	YL ✓
3/ 5	P5038	33.527	82.408	33.527	26.454	0.7890	YL ✓
3/ 5	P5041	33.527	82.408	33.527	26.733	0.7974	YL ✓
3/ 5	P5041	78.353	192.592	78.353	78.621	1.0034	YL ✓
3/ 5	P5078	93.270	229.258	93.270	63.988	0.6860	YL ✓
3/ 5	P5081	93.270	229.258	93.270	63.070	0.6762	YL ✓
3/ 5	P5087	55.940	137.500	55.940	81.722	1.4609	YZ ✗
3/ 5	P5087	55.903	137.408	55.903	58.219	1.0414	YL ✓
3/ 5	P5090	55.902	137.408	55.902	57.862	1.0351	YL ✓
3/ 5	P5090	55.940	137.500	55.940	80.667	1.4420	YZ ✗
3/ 5	P5096	93.270	229.258	93.270	68.867	0.7384	YL ✓
3/ 5	P5099	85.812	210.925	85.812	64.103	0.7470	YL ✓
			$\sum V_r, \sum V_d=$	2767.574	1641.688	Ro= 0.5932	YL ✓

Tablo 9.32: 4.Normal Kat Kolon ve Perdelerde Kesme Kontrolü

Kat no	Kolon no	Vr1 (t)	Vr2 (t)	Vr (t)	Vd (t)	Ri= Vd/Vr	Yorum
4/ 6	S601	84.231	156.288	84.231	6.846	0.0813	YL ✓
4/ 6	S602	22.295	73.920	22.295	7.242	0.3248	YL ✓
4/ 6	S603	11.511	38.720	11.511	0.977	0.0849	YL ✓
4/ 6	S604	11.511	38.720	11.511	0.962	0.0836	YL ✓
4/ 6	S605	22.295	73.920	22.295	7.356	0.3300	YL ✓
4/ 6	S606	84.231	156.288	84.231	7.045	0.0836	YL ✓
4/ 6	S607	44.751	73.920	44.751	6.176	0.1380	YL ✓
4/ 6	S608	11.511	38.720	11.511	5.481	0.4761	YL ✓
4/ 6	S609	11.511	38.720	11.511	5.437	0.4723	YL ✓
4/ 6	S610	44.751	73.920	44.751	6.190	0.1383	YL ✓
4/ 6	S611	44.751	73.920	44.751	10.209	0.2281	YL ✓
4/ 6	S612	15.482	44.352	15.482	7.561	0.4884	YL ✓
4/ 6	S613	34.405	98.560	34.405	7.597	0.2208	YL ✓
4/ 6	S614	34.405	98.560	34.405	7.786	0.2263	YL ✓
4/ 6	S615	15.482	44.352	15.482	8.023	0.5182	YL ✓
4/ 6	S616	44.751	73.920	44.751	10.167	0.2272	YL ✓
4/ 6	S617	44.751	73.920	44.751	6.046	0.1351	YL ✓
4/ 6	S618	15.722	38.720	15.722	7.451	0.4739	YL ✓
4/ 6	S619	11.511	38.720	11.511	4.671	0.4058	YL ✓
4/ 6	S620	15.722	38.720	15.722	2.865	0.1823	YL ✓
4/ 6	S621	15.722	38.720	15.722	2.815	0.1791	YL ✓
4/ 6	S622	11.511	38.720	11.511	4.881	0.4240	YL ✓
4/ 6	S623	15.722	38.720	15.722	7.717	0.4908	YL ✓
4/ 6	S624	44.751	73.920	44.751	5.846	0.1306	YL ✓
4/ 6	S625	44.751	73.920	44.751	10.440	0.2333	YL ✓
4/ 6	S626	15.482	44.352	15.482	7.668	0.4953	YL ✓
4/ 6	S627	34.405	98.560	34.405	7.494	0.2178	YL ✓
4/ 6	S628	34.405	98.560	34.405	7.677	0.2231	YL ✓
4/ 6	S629	15.482	44.352	15.482	8.145	0.5261	YL ✓
4/ 6	S630	44.751	73.920	44.751	10.327	0.2308	YL ✓
4/ 6	S631	44.751	73.920	44.751	5.945	0.1329	YL ✓
4/ 6	S632	11.511	38.720	11.511	5.351	0.4649	YL ✓
4/ 6	S633	11.511	38.720	11.511	5.389	0.4682	YL ✓
4/ 6	S634	44.751	73.920	44.751	5.960	0.1332	YL ✓
4/ 6	S635	84.231	156.288	84.231	7.025	0.0834	YL ✓
4/ 6	S636	22.295	73.920	22.295	6.928	0.3108	YL ✓
4/ 6	S637	11.511	38.720	11.511	0.947	0.0823	YL ✓
4/ 6	S638	11.511	38.720	11.511	0.904	0.0786	YL ✓
4/ 6	S639	22.295	73.920	22.295	7.018	0.3148	YL ✓
4/ 6	S640	84.231	156.288	84.231	7.096	0.0842	YL ✓
4/ 6	P6004	58.737	144.375	58.737	68.922	1.1734	YL ✓
4/ 6	P6004	55.903	137.408	55.903	52.527	0.9396	YL ✓
4/ 6	P6005	55.902	137.408	55.902	53.933	0.9648	YL ✓
4/ 6	P6005	58.737	144.375	58.737	70.618	1.2023	YZ ✗
4/ 6	P6018	78.353	192.592	78.353	64.912	0.8285	YL ✓
4/ 6	P6018	33.527	82.408	33.527	20.883	0.6229	YL ✓
4/ 6	P6021	33.527	82.408	33.527	21.088	0.6290	YL ✓
4/ 6	P6021	78.353	192.592	78.353	64.577	0.8242	YL ✓
4/ 6	P6028	78.316	192.500	78.316	48.922	0.6247	YL ✓
4/ 6	P6031	78.316	192.500	78.316	49.599	0.6333	YL ✓
4/ 6	P6038	78.353	192.592	78.353	66.594	0.8499	YL ✓
4/ 6	P6038	33.527	82.408	33.527	21.432	0.6393	YL ✓
4/ 6	P6041	33.527	82.408	33.527	21.694	0.6471	YL ✓
4/ 6	P6041	78.353	192.592	78.353	66.070	0.8432	YL ✓
4/ 6	P6078	98.864	243.008	98.864	55.987	0.5663	YL ✓
4/ 6	P6081	98.864	243.008	98.864	55.777	0.5642	YL ✓
4/ 6	P6087	58.737	144.375	58.737	68.715	1.1699	YL ✓
4/ 6	P6087	55.903	137.408	55.903	52.243	0.9345	YL ✓
4/ 6	P6090	55.902	137.408	55.902	52.193	0.9336	YL ✓
4/ 6	P6090	58.737	144.375	58.737	68.382	1.1642	YL ✓
4/ 6	P6096	98.864	243.008	98.864	59.520	0.6020	YL ✓
4/ 6	P6099	98.864	243.008	98.864	58.395	0.5907	YL ✓
			ΣVr, ΣVd=	2709.320	1414.647	Ro= 0.5221	YL ✓

Tablo 9.33: 5.Normal Kat Kolon ve Perdelerde Kesme Kontrolü

Kat no	Kolon no	Vr1 (t)	Vr2 (t)	Vr (t)	Vd (t)	Ri= Vd/Vr	Yorum
5/ 7	S701	84.231	156.288	84.231	4.632	0.0550	YL ✓
5/ 7	S702	22.295	73.920	22.295	7.139	0.3202	YL ✓
5/ 7	S703	11.511	38.720	11.511	0.915	0.0795	YL ✓
5/ 7	S704	11.511	38.720	11.511	0.923	0.0802	YL ✓
5/ 7	S705	22.295	73.920	22.295	7.272	0.3262	YL ✓
5/ 7	S706	84.231	156.288	84.231	4.716	0.0560	YL ✓
5/ 7	S707	44.751	73.920	44.751	5.732	0.1281	YL ✓
5/ 7	S708	11.511	38.720	11.511	5.627	0.4889	YL ✓
5/ 7	S709	11.511	38.720	11.511	5.720	0.4969	YL ✓
5/ 7	S710	44.751	73.920	44.751	5.665	0.1266	YL ✓
5/ 7	S711	44.751	73.920	44.751	8.030	0.1794	YL ✓
5/ 7	S712	15.482	44.352	15.482	7.980	0.5154	YL ✓
5/ 7	S713	34.405	98.560	34.405	7.253	0.2108	YL ✓
5/ 7	S714	34.405	98.560	34.405	7.444	0.2164	YL ✓
5/ 7	S715	15.482	44.352	15.482	8.134	0.5254	YL ✓
5/ 7	S716	44.751	73.920	44.751	7.995	0.1786	YL ✓
5/ 7	S717	44.751	73.920	44.751	4.258	0.0952	YL ✓
5/ 7	S718	15.722	38.720	15.722	6.623	0.4213	YL ✓
5/ 7	S719	15.722	38.720	15.722	5.543	0.3526	YL ✓
5/ 7	S720	15.722	38.720	15.722	2.330	0.1482	YL ✓
5/ 7	S721	15.722	38.720	15.722	2.294	0.1459	YL ✓
5/ 7	S722	15.722	38.720	15.722	5.999	0.3815	YL ✓
5/ 7	S723	15.722	38.720	15.722	9.743	0.6197	YL ✓
5/ 7	S724	44.751	73.920	44.751	4.067	0.0909	YL ✓
5/ 7	S725	44.751	73.920	44.751	8.131	0.1817	YL ✓
5/ 7	S726	15.482	44.352	15.482	8.087	0.5224	YL ✓
5/ 7	S727	34.405	98.560	34.405	7.168	0.2083	YL ✓
5/ 7	S728	34.405	98.560	34.405	7.375	0.2143	YL ✓
5/ 7	S729	15.482	44.352	15.482	8.555	0.5526	YL ✓
5/ 7	S730	44.751	73.920	44.751	8.067	0.1803	YL ✓
5/ 7	S731	44.751	73.920	44.751	5.525	0.1235	YL ✓
5/ 7	S732	11.511	38.720	11.511	5.513	0.4789	YL ✓
5/ 7	S733	11.511	38.720	11.511	5.559	0.4829	YL ✓
5/ 7	S734	44.751	73.920	44.751	5.547	0.1240	YL ✓
5/ 7	S735	84.231	156.288	84.231	4.753	0.0564	YL ✓
5/ 7	S736	22.295	73.920	22.295	6.861	0.3078	YL ✓
5/ 7	S737	11.511	38.720	11.511	0.899	0.0781	YL ✓
5/ 7	S738	11.511	38.720	11.511	0.885	0.0769	YL ✓
5/ 7	S739	22.295	73.920	22.295	6.995	0.3138	YL ✓
5/ 7	S740	84.231	156.288	84.231	4.942	0.0587	YL ✓
5/ 7	P7004	58.737	144.375	58.737	56.059	0.9544	YL ✓
5/ 7	P7004	55.903	137.408	55.903	43.034	0.7698	YL ✓
5/ 7	P7005	55.902	137.408	55.902	44.172	0.7902	YL ✓
5/ 7	P7005	58.737	144.375	58.737	57.391	0.9771	YL ✓
5/ 7	P7018	78.353	192.592	78.353	49.727	0.6347	YL ✓
5/ 7	P7018	33.527	82.408	33.527	17.408	0.5192	YL ✓
5/ 7	P7021	33.527	82.408	33.527	17.679	0.5273	YL ✓
5/ 7	P7021	78.353	192.592	78.353	49.434	0.6309	YL ✓
5/ 7	P7028	78.316	192.500	78.316	37.724	0.4817	YL ✓
5/ 7	P7031	78.316	192.500	78.316	37.169	0.4746	YL ✓
5/ 7	P7038	78.353	192.592	78.353	50.460	0.6440	YL ✓
5/ 7	P7038	33.527	82.408	33.527	17.824	0.5317	YL ✓
5/ 7	P7041	33.527	82.408	33.527	18.023	0.5376	YL ✓
5/ 7	P7041	78.353	192.592	78.353	49.971	0.6378	YL ✓
5/ 7	P7078	98.864	243.008	98.864	41.000	0.4147	YL ✓
5/ 7	P7081	98.864	243.008	98.864	41.791	0.4227	YL ✓
5/ 7	P7087	58.737	144.375	58.737	55.867	0.9511	YL ✓
5/ 7	P7087	55.903	137.408	55.903	42.740	0.7645	YL ✓
5/ 7	P7090	55.902	137.408	55.902	42.654	0.7630	YL ✓
5/ 7	P7090	58.737	144.375	58.737	55.449	0.9440	YL ✓
5/ 7	P7096	98.864	243.008	98.864	43.034	0.4353	YL ✓
5/ 7	P7099	98.864	243.008	98.864	44.684	0.4520	YL ✓
			$\sum Vr, \sum Vd=$	2717.741	1144.191	Ro= 0.4210	YL ✓

Tablo 9.34: 6.Normal Kat Kolon ve Perdelerde Kesme Kontrolü

Kat no	Kolon no	Vr1 (t)	Vr2 (t)	Vr (t)	Vd (t)	Ri= Vd/Vr	Yorum
6/ 8	S801	84.231	156.288	84.231	4.969	0.0590	YL ✓
6/ 8	S802	22.295	73.920	22.295	6.739	0.3023	YL ✓
6/ 8	S803	8.601	24.640	8.601	0.540	0.0628	YL ✓
6/ 8	S804	8.601	24.640	8.601	0.533	0.0620	YL ✓
6/ 8	S805	22.295	73.920	22.295	6.886	0.3089	YL ✓
6/ 8	S806	84.231	156.288	84.231	5.107	0.0606	YL ✓
6/ 8	S807	44.751	73.920	44.751	4.747	0.1061	YL ✓
6/ 8	S808	8.601	24.640	8.601	3.604	0.4190	YL ✓
6/ 8	S809	8.601	24.640	8.601	3.684	0.4283	YL ✓
6/ 8	S810	22.295	73.920	22.295	4.809	0.2157	YL ✓
6/ 8	S811	44.751	73.920	44.751	5.716	0.1277	YL ✓
6/ 8	S812	12.863	31.680	12.863	5.967	0.4639	YL ✓
6/ 8	S813	34.405	98.560	34.405	6.494	0.1888	YL ✓
6/ 8	S814	34.405	98.560	34.405	6.677	0.1941	YL ✓
6/ 8	S815	14.292	35.200	14.292	7.313	0.5117	YL ✓
6/ 8	S816	44.751	73.920	44.751	5.711	0.1276	YL ✓
6/ 8	S817	44.751	73.920	44.751	2.538	0.0567	YL ✓
6/ 8	S818	25.726	63.360	25.726	12.460	0.4843	YL ✓
6/ 8	S819	8.601	24.640	8.601	2.975	0.3458	YL ✓
6/ 8	S820	10.005	24.640	10.005	0.470	0.0470	YL ✓
6/ 8	S821	10.005	24.640	10.005	0.467	0.0466	YL ✓
6/ 8	S822	8.601	24.640	8.601	3.114	0.3621	YL ✓
6/ 8	S823	10.005	24.640	10.005	3.507	0.3505	YL ✓
6/ 8	S824	44.751	73.920	44.751	2.405	0.0537	YL ✓
6/ 8	S825	44.751	73.920	44.751	5.772	0.1290	YL ✓
6/ 8	S826	12.863	31.680	12.863	6.036	0.4693	YL ✓
6/ 8	S827	34.405	98.560	34.405	6.448	0.1874	YL ✓
6/ 8	S828	34.405	98.560	34.405	6.629	0.1927	YL ✓
6/ 8	S829	12.863	31.680	12.863	6.386	0.4964	YL ✓
6/ 8	S830	44.751	73.920	44.751	5.722	0.1279	YL ✓
6/ 8	S831	44.751	73.920	44.751	4.704	0.1051	YL ✓
6/ 8	S832	8.601	24.640	8.601	3.539	0.4115	YL ✓
6/ 8	S833	8.601	24.640	8.601	3.572	0.4153	YL ✓
6/ 8	S834	22.295	73.920	22.295	4.897	0.2196	YL ✓
6/ 8	S835	84.231	156.288	84.231	5.134	0.0610	YL ✓
6/ 8	S836	22.295	73.920	22.295	6.487	0.2910	YL ✓
6/ 8	S837	8.601	24.640	8.601	0.534	0.0621	YL ✓
6/ 8	S838	8.601	24.640	8.601	0.520	0.0604	YL ✓
6/ 8	S839	22.295	73.920	22.295	6.615	0.2967	YL ✓
6/ 8	S840	84.231	156.288	84.231	5.245	0.0623	YL ✓
6/ 8	P8004	62.466	153.542	62.466	38.627	0.6184	YL ✓
6/ 8	P8004	55.903	137.408	55.903	33.159	0.5932	YL ✓
6/ 8	P8005	55.902	137.408	55.902	33.859	0.6057	YL ✓
6/ 8	P8005	62.466	153.542	62.466	39.329	0.6296	YL ✓
6/ 8	P8018	78.353	192.592	78.353	33.740	0.4306	YL ✓
6/ 8	P8018	33.527	82.408	33.527	11.002	0.3281	YL ✓
6/ 8	P8021	33.527	82.408	33.527	11.207	0.3343	YL ✓
6/ 8	P8021	78.353	192.592	78.353	33.652	0.4295	YL ✓
6/ 8	P8028	78.316	192.500	78.316	24.990	0.3191	YL ✓
6/ 8	P8031	78.316	192.500	78.316	25.695	0.3281	YL ✓
6/ 8	P8038	78.353	192.592	78.353	34.138	0.4357	YL ✓
6/ 8	P8038	33.527	82.408	33.527	11.275	0.3363	YL ✓
6/ 8	P8041	33.527	82.408	33.527	11.438	0.3412	YL ✓
6/ 8	P8041	78.353	192.592	78.353	33.694	0.4300	YL ✓
6/ 8	P8078	106.323	261.342	106.323	26.018	0.2447	YL ✓
6/ 8	P8081	106.323	261.342	106.323	26.765	0.2517	YL ✓
6/ 8	P8087	62.466	153.542	62.466	38.001	0.6083	YL ✓
6/ 8	P8087	55.903	137.408	55.903	32.472	0.5809	YL ✓
6/ 8	P8090	55.902	137.408	55.902	32.812	0.5869	YL ✓
6/ 8	P8090	62.466	153.542	62.466	38.101	0.6100	YL ✓
6/ 8	P8096	106.323	261.342	106.323	29.828	0.2805	YL ✓
6/ 8	P8099	106.323	261.342	106.323	31.048	0.2920	YL ✓
			$\sum V_r, \sum V_d=$	2663.867	816.519	Ro= 0.3065	YL ✓

Tablo 9.35: 7.Normal Kat Kolon ve Perdelerde Kesme Kontrolü

Kat no	Kolon no	Vr1 (t)	Vr2 (t)	Vr (t)	Vd (t)	Ri= Vd/Vr	Yorum
7/ 9	S901	84.231	156.288	84.231	6.085	0.0722	YL ✓
7/ 9	S902	22.295	73.920	22.295	7.548	0.3386	YL ✓
7/ 9	S903	8.601	24.640	8.601	0.708	0.0823	YL ✓
7/ 9	S904	8.601	24.640	8.601	0.703	0.0817	YL ✓
7/ 9	S905	22.295	73.920	22.295	7.747	0.3475	YL ✓
7/ 9	S906	84.231	156.288	84.231	6.498	0.0771	YL ✓
7/ 9	S907	44.751	73.920	44.751	6.467	0.1445	YL ✓
7/ 9	S908	8.601	24.640	8.601	3.579	0.4161	YL ✓
7/ 9	S909	8.601	24.640	8.601	3.675	0.4272	YL ✓
7/ 9	S910	44.751	73.920	44.751	6.469	0.1446	YL ✓
7/ 9	S911	22.295	73.920	22.295	4.576	0.2052	YL ✓
7/ 9	S912	12.863	31.680	12.863	7.252	0.5638	YL ✓
7/ 9	S913	34.405	98.560	34.405	8.362	0.2430	YL ✓
7/ 9	S914	34.405	98.560	34.405	8.716	0.2533	YL ✓
7/ 9	S915	14.292	35.200	14.292	8.744	0.6118	YL ✓
7/ 9	S916	22.295	73.920	22.295	4.883	0.2190	YL ✓
7/ 9	S917	44.751	73.920	44.751	1.656	0.0370	YL ✓
7/ 9	S918	25.726	63.360	25.726	12.099	0.4703	YL ✓
7/ 9	S919	8.601	24.640	8.601	2.994	0.3481	YL ✓
7/ 9	S920	10.005	24.640	10.005	0.279	0.0278	YL ✓
7/ 9	S921	10.005	24.640	10.005	0.273	0.0272	YL ✓
7/ 9	S922	8.601	24.640	8.601	3.121	0.3628	YL ✓
7/ 9	S923	10.005	24.640	10.005	4.036	0.4034	YL ✓
7/ 9	S924	44.751	73.920	44.751	1.275	0.0285	YL ✓
7/ 9	S925	22.295	73.920	22.295	4.684	0.2101	YL ✓
7/ 9	S926	12.863	31.680	12.863	7.372	0.5731	YL ✓
7/ 9	S927	34.405	98.560	34.405	8.216	0.2388	YL ✓
7/ 9	S928	34.405	98.560	34.405	8.574	0.2492	YL ✓
7/ 9	S929	12.863	31.680	12.863	7.779	0.6047	YL ✓
7/ 9	S930	22.295	73.920	22.295	4.968	0.2228	YL ✓
7/ 9	S931	44.751	73.920	44.751	6.292	0.1406	YL ✓
7/ 9	S932	8.601	24.640	8.601	3.522	0.4094	YL ✓
7/ 9	S933	8.601	24.640	8.601	3.557	0.4136	YL ✓
7/ 9	S934	44.751	73.920	44.751	6.325	0.1413	YL ✓
7/ 9	S935	84.231	156.288	84.231	5.689	0.0675	YL ✓
7/ 9	S936	22.295	73.920	22.295	7.311	0.3279	YL ✓
7/ 9	S937	8.601	24.640	8.601	0.699	0.0813	YL ✓
7/ 9	S938	8.601	24.640	8.601	0.686	0.0798	YL ✓
7/ 9	S939	22.295	73.920	22.295	7.472	0.3352	YL ✓
7/ 9	S940	84.231	156.288	84.231	5.908	0.0701	YL ✓
7/ 9	P9004	62.466	153.542	62.466	22.903	0.3667	YL ✓
7/ 9	P9004	55.903	137.408	55.903	21.888	0.3915	YL ✓
7/ 9	P9005	55.902	137.408	55.902	23.055	0.4124	YL ✓
7/ 9	P9005	62.466	153.542	62.466	24.083	0.3855	YL ✓
7/ 9	P9018	78.353	192.592	78.353	8.783	0.1121	YL ✓
7/ 9	P9018	33.527	82.408	33.527	5.938	0.1771	YL ✓
7/ 9	P9021	33.527	82.408	33.527	6.089	0.1816	YL ✓
7/ 9	P9021	78.353	192.592	78.353	8.383	0.1070	YL ✓
7/ 9	P9028	78.316	192.500	78.316	10.797	0.1379	YL ✓
7/ 9	P9031	78.316	192.500	78.316	11.785	0.1505	YL ✓
7/ 9	P9038	78.353	192.592	78.353	8.950	0.1142	YL ✓
7/ 9	P9038	33.527	82.408	33.527	6.148	0.1834	YL ✓
7/ 9	P9041	33.527	82.408	33.527	6.336	0.1890	YL ✓
7/ 9	P9041	78.353	192.592	78.353	8.214	0.1048	YL ✓
7/ 9	P9078	106.323	261.342	106.323	14.136	0.1330	YL ✓
7/ 9	P9081	106.323	261.342	106.323	14.414	0.1356	YL ✓
7/ 9	P9087	62.466	153.542	62.466	22.649	0.3626	YL ✓
7/ 9	P9087	55.903	137.408	55.903	21.580	0.3860	YL ✓
7/ 9	P9090	55.902	137.408	55.902	21.516	0.3849	YL ✓
7/ 9	P9090	62.466	153.542	62.466	22.407	0.3587	YL ✓
7/ 9	P9096	106.323	261.342	106.323	13.947	0.1312	YL ✓
7/ 9	P9099	106.323	261.342	106.323	13.457	0.1266	YL ✓
			ΣVr, ΣVd=	2618.954	524.259	Ro= 0.2002	YL ✓

Aşağıdaki tabloda ise yapılan güçlendirmenin yapımızın dayanımını ne kadar olumlu bir yönde etki ettiğini göstermektedir. Yapımızın mevcut durumu ile güçlendirilmiş haldeki durumları gözönüne alındığında yapımız kesme dayanımı olarak yaklaşık 2.5~3 katı oranında arttırmıştır. Bu da yapımıza ilave edilen perdelerin kesme dayanımı olarak yapımıza ne kadar olumlu etkidiğini göstermektedir.

Tablo 9.36: Mevcut ve Güçlendirilmiş Durumdaki Göçme Yüğü Mukayesesi

Kat no	X YÖNÜ			Y YÖNÜ		
	Deprem yükü Ve	Mevcut Yapı Vr	Güçlendirilmiş Yapı Vr	Deprem yükü Ve	Mevcut Yapı Vr	Güçlendirilmiş Yapı Vr
9	236.48	823.71 ✓	3571.11 ✓	259.43	480.06 ✓	3898.45 ✓
8	428.19	886.57 ✓	2686.16 ✓	488.32	531.19 ✓	2804.11 ✓
7	576.62	911.78 ✓	2262.00 ✓	671.86	572.00 ✗	2272.20 ✓
6	695.64	914.14 ✓	1973.16 ✓	820.11	575.23 ✗	1908.69 ✓
5	791.90	911.21 ✓	1801.53 ✓	938.90	588.86 ✗	1683.98 ✓
4	867.90	816.42 ✗	1670.18 ✓	1031.40	563.64 ✗	1541.00 ✓
3	923.32	780.58 ✗	1609.75 ✓	1098.21	549.07 ✗	1444.53 ✓
2	957.77	766.50 ✗	1468.43 ✓	1139.85	525.69 ✗	1344.86 ✓

Yapımız güçlendirildikten sonra Tablo 9.37’de gösterildiği gibi kirişlerdeki hasar oranı oldukça düşük seviyelere inmiştir. Dikkat edildiğinde belirgin hasar sadece +Y yönünde ve %6.1 oranında gerçekleşmektedir ki bu değer %10’nun altında olduğundan gözardı edilebilecek bir rakamdır.

X yönü kiriş sayısı= 322, Y yönü kiriş sayısı= 245

Tablo 9.37: Bina Performansı-Kiriş Hasar Yüzdeleri

KAT NO	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
9	7.5	3.7	0.6	0.0	7.8	3.4	0.6	0.0	8.2	2.4	0.8	0.0	8.2	2.4	0.8	0.0
8	6.8	4.3	0.6	0.0	7.1	4.0	0.6	0.0	7.8	2.9	0.8	0.0	7.3	3.3	0.8	0.0
7	7.5	3.7	0.6	0.0	7.5	3.7	0.6	0.0	6.1	4.5	0.8	0.0	5.7	4.9	0.8	0.0
6	7.1	3.4	1.2	0.0	7.5	3.7	0.6	0.0	5.3	5.3	0.8	0.0	5.7	4.9	0.8	0.0
5	6.8	4.3	0.6	0.0	6.5	4.3	0.9	0.0	4.9	5.7	0.8	0.0	4.5	6.1	0.8	0.0
4	5.6	2.8	0.6	2.8	5.0	3.4	0.9	2.5	5.3	4.9	1.2	0.0	4.9	5.7	0.8	0.0
3	5.6	2.8	0.9	2.5	6.5	1.2	1.9	2.2	6.1	3.3	0.8	1.2	6.1	4.1	0.0	1.2
2	8.1	3.7	0.3	0.9	7.8	3.7	0.9	0.6	6.9	4.1	2.4	1.2	6.5	5.7	1.6	0.8
1	3.4	0.6	0.3	0.0	3.4	0.6	0.3	0.0	2.4	2.0	0.8	0.0	2.4	2.0	0.8	0.0
Max.				2.8					8.2		2.4			6.1		

Kolonlarda ise durum kirişlerden çok farklı gözükmemektedir. Tablo 9.38’de gösterildiği gibi belirgin hasar sadece -X yönünde gözükmemektedir. Burada meydana

gelecek hasarlar gözardı edilebilecek düzeyde kaldığında bu elemanlara güçlendirme düşünülmemektedir.

Tablo 9.38: Plastikleşen Kolonların Kesme Kuvveti DAğılımı

KAT NO	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.8	0.1	0.4	0.3	1.2	0.0	0.4	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.4	0.5	0.0	0.0
7	1.8	0.1	0.6	0.2	1.9	0.0	0.5	0.2	0.4	0.5	0.0	0.1	0.6	0.5	0.0	0.3
6	1.5	0.1	0.4	0.3	1.2	0.1	0.5	0.2	0.0	0.4	0.0	0.1	0.2	0.4	0.0	0.2
5	1.6	0.1	0.7	0.1	1.3	0.0	0.6	0.2	0.1	0.6	0.0	0.0	0.2	0.6	0.0	0.2
4	0.8	0.2	0.1	0.3	0.9	0.2	0.0	0.2	0.3	0.2	0.0	0.0	0.3	0.2	0.0	0.1
3	0.3	0.4	0.0	0.1	0.5	0.4	0.0	0.0	0.6	0.2	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0
2	0.7	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.1	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Max.		0.9			2.7		0.8									0.3

Göçme bölgesi Kiriş Hasar oranı=%2,8<=%20

Plastiklesen kolon Vc oranı=%0,9<=%30

10 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında sadece yapıların güçlendirilmesi değil özellikle yapılarımızın daha az hasar görmesini sağlayacak etkenler üzerinde durulmuştur. Bu sayede daha henüz proje ve imalat aşamasında iken, ileride yapılarımızı güçlendirme ihtiyacı hissetmememiz için ne tür önlemler alacağımız konularına değinilmiştir.

Ülkemizde meydana gelen hasarların büyük bir kısmının düşük kalitede işçilik ve malzemenin kullanılması ve projelerin deprem gerçeğinin düşünülmeden hazırlanması v.b. etkenlerden oluştuğu ve bunun sonucunda yapılarımızda meydana gelen yıkımlar ve hasarlar sonuncu binlerce insanımızın hem hayatlarına hem de mallarına büyük zarar verdiği çok ayrıntılı bir biçimde anlatılmıştır. Bu sebeple projelerin hazırlanmasında ve özellikle yapının inşasında gerekli hassasiyetin gösterilmesini sağlayarak 1999 yılında yaşadığımız acı sahnelerin tekrarlanmasını önlemek teknik elemanların en önemli gündemini oluşturmalıdır.

Bir yapının onarım ve güçlendirilme projesinin hazırlanmasında meydana gelen yapı hasarlarının çok iyi incelenip deneyimli teknik ekiplerle yorumlanması gerekmektedir. Bu ekiplerin sadece proje konusunda değil bu projelerin uygulanmasında da tecrübeli olmaları yapılacak olan işlemlerin daha sağlıklı olmasını sağlayacaktır. Ayrıca onarım ve güçlendirme işlerinde deneyimli işçilerle çalışmak da oldukça önemlidir.

Onarım ve güçlendirmenin bazı durumlarda mevcut yapıyı yeniden inşa etmekten daha maliyetli olduğu durumlar da olduğu unutulmamalı ve bu kıyas yapıldıktan sonra güçlendirme kararının alınması gerekmektedir.

Güçlendirmeye maruz kalan yapıımızda da görüldüğü üzere çoğu yapıımız sadece mevcut düşey yüklere göre hesap yapıldığında taşıma kapasitesinin yeterli olduğu fakat deprem yüklemeleri de dahil olduğunda kesitlerin yetersiz kaldığı görülmektedir. Bu sebeple çok büyük hasarlara maruz kalmamış kolonlar haricinde

diğer kolonlara herhangi bir işlem yapmadan sadece perde ilavesi ile yapımızın gerekli dayanımı sağladığı görülmüştür. Bu perdelerin yapımıza ek burulma etkileri doğurmamasına ve mevcut yapıda bulunan piyeslere çok zarar vermeyecek bölgelerde seçilmesi oldukça önemlidir. Ayrıca ilave edilen bu perdeler ve mantolanan kolonlarda birleşim bölgesinin ve diğer ayrıntıların çok iyi yapılması sağlanmalı ve yapıda düşey doğrultuda ani rijitlik ve dayanım değişimi oluşmamasında da özen gösterilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] PALA, Süleyman, Depremler, Alfa Basım Yayım Dağıtım, 2000
- [2] TUNA, M., Emin, Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Birsen Yayınevi, 2000
- [3] CİLASON, N., AKSOY, N., Beton Yapı Hasarları Onarım ve Korunması ve Sıcak İklimlerde Beton, Lebib Yalkın Yayınları ve Basın İşleri, 2000
- [4] SEVÜK, F., Yapı Hasarları ve Hasarların İyileştirilmesi Üzerine Bir İnceleme, Yıldız Üniversitesi Doktora Tezi, 2001
- [5] BAYÜLKE, N., Depremde Hasar Gören Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, 1999
- [6] YILMAZ, M., K., Betonarme Yapılarda Depremler Sonucunda Oluşan Hasarlar ve Onarım Yöntemleri, İ.T.Ü. Yüksek Lisans Tezi, 1998
- [7] YAKAR, T., Betonarme ve Çelik Yapı Elemanlarıyla Güçlendirilen Çok Katlı Bir Betonarme Yapının Güçlendirme Maliyetlerinin Kıyaslanması, İ.T.Ü. Yüksek Lisans Tezi, 2001
- [8] Fotoğraflarla Deprem Karşısında Yapıların Gösterdiği Davranışlar, KİPTAŞ
- [9] DEMİR, H., Depremden Hasar Görmüş Betonarme Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi, İnşaat Fakültesi, İ.T.Ü.
- [10] ÇEVİK, M., Ö., Betonarme Yapıların Onarım ve Güçlendirme Yöntemlerinin ve Bir Konut Yapısının Güçlendirme Projesinin Hazırlanarak Güçlendirme Sonrası

Dinamik Karakteristiklerinde Değişikliklerin İncelenmesi, İ.T.Ü. Yüksek Lisans Tezi, 2003

[11] CELEP, Z., KUMBASAR, N., Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İ.T.Ü., İnşaat Fakültesi Profesörleri, 2000,

[12] YİĞİT, Y., Betonarme Onarım ve Güçlendirme Yöntemleri ve Bir Güçlendirme Uygulanması, İ.T.Ü. Yüksek Lisans Tezi, 2002

[13] MERTOL, A., MERTOL, C., H., Deprem Mühendisliği Depreme Dayanıklı Yapı tasarımı, 2002

[14] BAYÜLKE, N., Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, 1998

[15] ZACEK, M., Conception Parasismique Des Batiments , Depreme Dayanıklılık Semineri, Fransa, 1999

[16] Emmons, Peter H., Concrete Repair and Maintenance Illustrated : Problem Analysis, Repair Strategy, Techniques, Kingston, MA : R.S. Means Co, c1993.

[17] ÇAMLİBEL, N., Yapıların Taşıma Gücünün İyileştirilmesi, Deprem Hasarları ve Yapıların Güçlendirme Yöntemleri, Birsen Yayınevi, 2000

EKLER

EK A KOLONLARIN KAPASİTE TABLOSU

EK B ÇİZİM DETAYLARI

EK A. KOLONLARIN KAPASİTE TABLOSU

KOLON NO	BOYUT	KOLON DONATISI	As cm ²	-X		+X		-Y		+Y	
				Nd	Mr	Nd	Mr	Nd	Mr	Nd	Mr
SB01	185x30	2x6ø16+2x8ø14 g.	48.73	39.27	111.11	98.67	156.16	-0.46	12.14	144.98	28.25
SB02	25x105	2x2ø16+2x4ø14 g.	20.35	65.44	10.24	16.32	5.67	-52.37	0.00	117.17	54.99
SB03	30x90	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	34.61	10.03	48.60	11.63	55.09	37.81	22.14	26.61
SB04	30x90	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	62.12	13.17	29.35	9.43	60.81	38.98	16.60	24.66
SB05	25x105	2x2ø16+2x4ø14 g.	20.35	7.44	4.85	75.34	11.16	-50.55	0.00	118.23	55.13
SB06	185x30	2x6ø16+2x8ø14 g.	48.73	107.63	162.96	47.00	116.97	-50.79	6.42	236.95	34.01
SB07	105x25	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	-12.22	16.92	48.99	42.28	87.48	12.68	28.79	7.56
SB08	30x90	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	122.48	18.01	67.52	13.79	60.03	38.82	171.63	52.63
SB09	30x90	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	114.80	17.63	85.45	15.60	67.20	40.29	179.63	52.72
SB10	105x25	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	34.38	36.23	-0.45	21.80	133.55	14.84	3.86	5.26
SB11	105x25	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	-5.60	19.66	20.32	30.40	10.88	5.91	68.58	11.24
SB12	50x50	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	112.76	25.42	105.66	25.03	62.57	23.41	132.22	31.17
SB13	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	145.09	65.59	218.12	71.94	226.73	27.73	127.12	23.25
SB14	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	210.93	71.81	154.95	66.77	249.73	27.89	123.42	22.95
SB15	50x50	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	152.04	26.97	91.67	24.12	59.11	22.71	156.75	32.05
SB16	105x25	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	62.78	45.74	-39.76	5.51	-33.18	1.84	96.35	13.19
SB17	105x25	2x2ø16+2x4ø14 g.	20.35	-0.10	18.65	2.34	19.67	39.78	7.85	39.78	7.85
SB18	30x90	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	101.88	16.74	77.85	14.97	47.53	35.60	110.03	48.27
SB19	30x90	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	58.26	12.73	168.98	19.38	35.66	31.40	128.43	50.16
SB20	25x90	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	101.33	12.95	101.33	12.95	107.90	44.03	119.26	45.16
SB21	25x90	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	104.98	13.07	104.98	13.07	89.77	42.22	120.14	45.25
SB22	30x90	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	184.68	19.51	67.62	13.80	135.49	50.89	56.81	38.16
SB23	30x90	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	84.42	15.53	126.54	18.17	44.60	34.57	122.14	49.52
SB24	105x25	2x2ø16+2x4ø14 g.	20.35	2.09	19.56	-7.80	15.43	44.55	8.30	37.99	7.69
SB25	105x25	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	2.42	22.99	20.12	30.32	78.29	12.14	13.09	6.11
SB26	50x50	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	115.60	25.57	126.83	26.19	136.45	31.45	68.27	24.56
SB27	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	147.96	65.93	198.52	71.59	158.36	25.55	197.78	27.36
SB28	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	217.42	71.92	164.33	67.89	167.14	25.95	231.81	27.78
SB29	50x50	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	148.50	26.96	97.37	24.57	190.15	31.44	49.02	20.66
SB30	105x25	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	81.41	50.19	-43.64	3.90	87.00	12.65	-4.01	4.53
SB31	105x25	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	-17.91	14.56	76.67	49.06	19.81	6.73	85.99	12.60
SB32	30x90	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	124.67	18.10	52.89	12.12	153.83	52.44	48.59	35.98
SB33	30x90	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	125.57	18.13	93.32	16.15	188.67	52.82	56.91	38.18
SB34	105x25	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	87.79	51.72	-49.40	1.51	12.16	6.03	105.80	13.73
SB35	185x30	2x6ø16+2x8ø14 g.	48.73	24.37	99.81	121.94	173.81	190.84	31.28	-17.95	10.15
SB36	25x105	2x2ø16+2x4ø14 g.	20.35	75.50	11.17	3.06	4.44	113.44	54.53	-18.58	10.93
SB37	30x90	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	30.67	9.58	62.08	13.17	-2.47	17.91	79.31	42.76
SB38	30x90	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	59.98	12.93	19.56	8.31	1.46	19.30	76.95	42.28
SB39	25x105	2x2ø16+2x4ø14 g.	20.35	5.82	4.70	93.61	12.33	81.07	48.06	-54.02	0.00
SB40	185x30	2x6ø16+2x8ø14 g.	48.73	163.69	191.92	-19.00	66.91	258.82	34.77	-53.78	6.08
SZ01	185x30	2x6ø16+2x8ø14 g.	48.73	75.66	138.71	135.05	179.63	35.92	16.28	181.37	30.65
SZ02	25x105	2x2ø16+2x4ø14 g.	20.35	114.27	13.50	65.15	10.21	-6.37	16.03	171.22	59.07
SZ03	30x90	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	86.24	15.66	100.23	16.62	102.49	47.49	79.33	42.77
SZ04	30x90	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	114.22	17.59	81.46	15.32	110.03	48.27	72.95	41.46
SZ05	25x105	2x2ø16+2x4ø14 g.	20.35	58.98	9.64	126.88	13.93	-1.30	18.15	173.48	59.11
SZ06	185x30	2x6ø16+2x8ø14 g.	48.73	143.98	183.46	83.35	144.54	-14.44	10.55	273.31	35.28
SZ07	105x25	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	51.42	43.02	119.86	56.92	153.90	15.42	95.22	13.12
SZ08	30x90	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	113.38	17.53	51.20	11.92	48.96	36.11	156.20	52.46
SZ09	30x90	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	98.07	16.47	76.61	14.83	55.97	37.99	166.45	52.58
SZ10	105x25	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	106.76	55.34	64.04	46.04	201.07	15.09	71.38	11.50
SZ11	105x25	2x2ø16+2x4ø14 g.	20.35	49.58	39.39	81.12	48.07	68.12	10.49	125.83	13.89
SZ12	50x50	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	102.74	28.97	94.45	27.99	52.59	19.81	122.24	25.94
SZ13	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	131.08	63.37	199.69	71.61	207.18	27.53	111.61	21.99
SZ14	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	191.12	71.09	140.66	65.06	230.92	27.77	109.55	21.82
SZ15	50x50	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	139.65	26.89	81.82	23.04	48.82	20.62	146.46	31.88
SZ16	105x25	2x2ø16+2x4ø14 g.	20.35	127.02	56.23	16.42	25.55	26.07	6.58	155.60	14.73
SZ17	105x25	2x2ø16+2x4ø14 g.	20.35	44.02	37.07	73.81	46.31	95.56	12.44	95.56	12.44
SZ18	30x90	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	87.98	15.78	71.90	14.29	40.43	33.09	102.93	47.54
SZ19	30x90	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	62.55	13.22	137.95	18.61	25.66	27.86	118.43	49.13
SZ20	25x90	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	90.00	12.37	90.00	12.37	99.12	43.15	106.14	43.85
SZ21	25x90	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	93.06	12.54	93.06	12.54	77.14	40.32	105.24	43.76
SZ22	30x90	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	153.63	19.22	75.76	14.73	109.44	48.21	57.79	38.36
SZ23	30x90	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	82.12	15.37	101.38	16.70	43.20	34.07	113.02	48.58
SZ24	105x25	2x2ø16+2x4ø14 g.	20.35	72.34	45.95	46.10	37.94	102.51	12.83	95.95	12.46

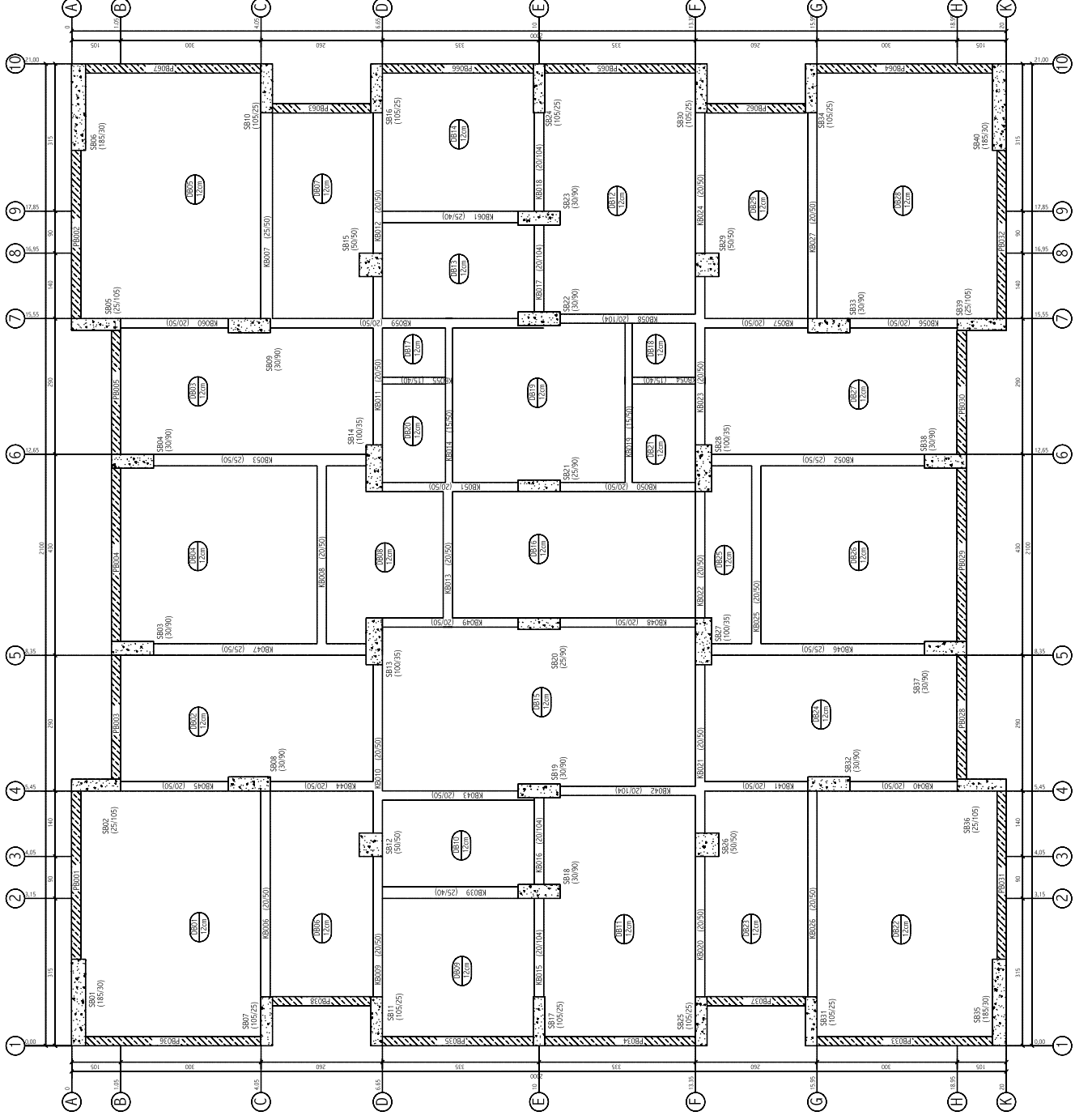
KOLON NO	BOYUT	KOLON DONATISI	As cm ²	-X		+X		-Y		+Y	
				Nd	Mr	Nd	Mr	Nd	Mr	Nd	Mr
SZ25	105x25	2x2ø16+2x4ø14 g.	20.35	55.32	41.79	84.06	48.78	136.34	14.23	71.15	10.77
SZ26	50x50	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	106.12	29.37	116.60	30.12	127.19	26.21	59.00	20.52
SZ27	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	131.46	63.46	183.29	70.16	142.09	24.47	178.66	26.48
SZ28	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	201.75	71.65	144.24	65.49	151.69	25.24	212.12	27.58
SZ29	50x50	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	139.45	31.65	87.01	27.11	180.70	27.02	39.57	17.85
SZ30	105x25	2x2ø16+2x4ø14 g.	20.35	145.06	58.50	14.16	24.60	146.72	14.55	55.71	9.33
SZ31	105x25	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	47.34	41.60	147.69	60.05	86.65	12.63	152.83	15.42
SZ32	30x90	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	114.29	17.60	36.75	10.27	142.54	51.61	37.30	31.98
SZ33	30x90	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	110.96	17.37	81.95	15.36	176.24	52.68	41.02	33.30
SZ34	105x25	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	158.47	60.20	18.04	29.46	80.25	12.27	173.90	15.50
SZ35	185x30	2x6ø16+2x8ø14 g.	48.73	59.18	126.21	156.74	188.94	225.65	33.58	16.85	14.11
SZ36	25x105	2x2ø16+2x4ø14 g.	20.35	125.79	13.89	53.36	9.12	164.36	58.95	32.34	32.19
SZ37	30x90	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	85.73	15.62	117.14	17.80	57.38	38.28	132.50	50.58
SZ38	30x90	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	117.29	17.81	76.88	14.86	63.13	39.46	133.04	50.64
SZ39	25x105	2x2ø16+2x4ø14 g.	20.35	60.56	9.78	148.36	14.60	144.72	58.45	-4.16	16.95
SZ40	185x30	2x6ø16+2x8ø14 g.	48.73	198.40	206.82	15.70	93.23	293.52	35.98	-19.07	10.02
S101	185x30	2x6ø16+2x8ø14 g.	48.73	60.71	127.37	120.11	172.42	36.50	16.34	149.33	28.54
S102	25x105	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	99.53	12.31	56.31	9.03	-1.18	16.35	138.43	55.65
S103	30x80	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	74.46	14.41	86.86	15.27	88.71	38.40	67.94	34.65
S104	30x80	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	93.28	15.72	75.71	14.50	94.65	39.03	62.98	33.76
S105	25x105	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	56.27	9.03	104.65	12.60	2.86	18.03	140.18	55.87
S106	185x30	2x6ø16+2x8ø14 g.	48.73	129.10	177.07	68.47	133.26	-12.88	10.73	231.82	33.83
S107	105x25	2x2ø16+2x4ø14 g.	20.35	44.80	37.39	101.51	53.00	136.96	14.25	80.88	11.60
S108	25x80	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	98.98	12.30	40.51	8.57	43.80	28.73	131.80	37.30
S109	25x80	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	83.37	11.69	65.62	10.68	50.88	30.00	141.25	37.33
S110	105x25	2x2ø16+2x4ø14 g.	20.35	93.28	51.01	53.63	41.08	173.39	14.80	60.89	9.82
S111	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	42.52	34.47	70.74	43.55	55.58	8.96	111.66	13.00
S112	45x45	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	86.75	23.18	81.71	22.65	43.61	15.76	105.12	20.18
S113	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	116.07	59.92	173.75	69.01	177.07	26.41	103.21	21.30
S114	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	166.50	68.15	125.02	61.97	194.18	27.19	104.29	21.39
S115	45x45	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	119.21	24.94	69.45	21.35	40.79	15.48	124.58	20.59
S116	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	110.60	52.16	13.71	22.53	24.02	6.02	136.52	13.88
S117	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	35.27	31.46	61.81	41.40	83.41	11.39	83.41	11.39
S118	25x80	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	76.45	9.79	63.00	9.02	34.58	22.85	83.02	31.54
S119	30x80	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	52.80	10.13	119.57	15.13	26.22	20.03	97.12	35.90
S120	25x80	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	77.26	9.84	77.26	9.84	83.65	31.60	88.70	32.14
S121	25x80	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	80.12	10.00	80.12	10.00	67.87	29.32	89.08	32.18
S122	30x80	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	133.04	15.65	63.81	11.39	92.71	35.35	51.79	28.18
S123	25x80	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	71.41	9.50	87.86	10.44	38.59	24.16	93.35	32.64
S124	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	60.64	41.11	37.56	32.41	86.77	11.58	86.77	11.58
S125	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	47.04	36.35	73.25	44.16	122.14	13.43	58.57	9.24
S126	45x45	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	90.73	23.43	100.76	24.03	109.49	20.39	49.44	16.33
S127	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	115.40	59.76	160.64	67.45	125.93	23.15	156.18	25.45
S128	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	174.91	69.15	128.61	62.80	135.64	23.95	180.20	26.55
S129	45x45	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	120.05	24.96	74.89	21.93	151.67	20.56	34.02	14.83
S130	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	125.78	54.07	11.23	21.50	129.19	13.65	42.99	7.79
S131	105x25	2x2ø16+2x4ø14 g.	20.35	38.86	34.92	128.84	56.46	72.36	10.88	135.93	14.21
S132	25x80	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	95.23	12.18	34.94	8.06	122.85	37.26	34.62	27.10
S133	25x80	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	93.19	12.11	71.50	11.01	148.68	37.36	38.59	27.81
S134	105x25	2x2ø16+2x4ø14 g.	20.35	134.33	57.15	16.04	25.39	69.77	10.64	155.97	14.73
S135	185x30	2x6ø16+2x8ø14 g.	48.73	44.09	114.76	136.70	180.34	170.94	29.96	43.60	17.15
S136	25x105	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	115.28	13.21	46.26	8.09	139.23	55.75	26.66	27.89
S137	30x80	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	71.69	14.22	99.97	16.18	52.38	31.85	111.71	40.55
S138	30x80	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	102.77	16.37	65.81	13.57	56.35	32.56	112.14	40.59
S139	25x105	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	52.15	8.64	129.84	13.67	124.06	53.85	1.84	17.61
S140	185x30	2x6ø16+2x8ø14 g.	48.73	173.07	195.95	12.04	90.45	250.11	34.47	-22.91	9.59
S201	185x30	2x6ø16+2x8ø14 g.	48.73	50.24	119.43	102.92	159.39	30.94	15.71	128.61	26.82
S202	25x105	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	86.42	11.56	48.72	8.32	4.51	18.71	106.26	51.61
S203	30x80	2x2ø16+2x3ø16 g.	20.10	62.26	12.19	73.78	13.39	75.25	34.25	56.85	30.77
S204	30x80	2x2ø16+2x3ø16 g.	20.10	77.83	13.67	63.11	12.29	79.56	35.06	53.26	30.09
S205	25x105	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	48.61	8.31	89.52	11.74	7.91	20.12	107.48	51.77
S206	185x30	2x6ø16+2x8ø14 g.	48.73	111.35	165.78	58.06	125.36	-2.69	11.89	185.89	30.95
S207	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	36.82	32.11	85.91	47.22	117.31	13.27	67.93	10.11
S208	25x70	2x2ø16+2x3ø16 g.	20.10	77.93	10.30	38.80	7.61	39.48	21.87	107.85	28.41
S209	25x90	2x2ø16+2x3ø16 g.	20.10	69.28	10.44	56.79	9.34	45.95	31.78	116.50	43.30
S210	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	79.75	45.73	45.52	35.72	140.62	14.01	55.86	8.99

KOLON NO	BOYUT	KOLON DONATISI	As cm ²	-X		+X		-Y		+Y	
				Nd	Mr	Nd	Mr	Nd	Mr	Nd	Mr
S211	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	35.39	31.51	61.70	41.37	47.30	8.19	96.68	12.15
S212	40x45	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	71.59	15.70	70.12	15.56	35.36	12.59	88.82	16.82
S213	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	102.18	56.72	147.18	65.84	145.42	24.74	96.25	20.37
S214	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	141.86	65.20	109.97	58.51	157.96	25.53	98.87	20.73
S215	40x45	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	97.03	17.29	59.18	14.53	34.64	12.53	102.26	17.50
S216	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	93.70	49.10	15.68	23.34	28.18	6.41	112.95	13.08
S217	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	28.69	28.74	53.02	38.82	72.20	10.51	72.20	10.51
S218	25x70	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	65.57	8.87	55.20	8.28	33.75	19.52	64.43	24.09
S219	25x80	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	43.92	7.36	100.23	10.83	27.81	20.64	74.62	30.49
S220	25x70	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	64.82	8.82	64.82	8.82	69.60	24.67	72.76	24.96
S221	25x70	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	67.37	8.97	67.37	8.97	59.45	23.35	73.11	24.99
S222	25x70	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	111.11	10.32	52.68	8.13	73.91	25.07	45.34	21.24
S223	25x70	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	62.09	8.67	74.90	9.40	34.04	19.56	74.14	25.09
S224	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	52.16	38.47	31.18	29.77	75.19	10.79	75.19	10.79
S225	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	38.76	32.91	64.01	41.93	105.23	12.64	50.63	8.50
S226	40x45	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	76.14	16.12	84.34	16.61	92.71	17.03	40.71	13.10
S227	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	100.67	56.37	138.39	64.79	110.94	21.93	131.89	23.64
S228	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	148.62	66.01	113.52	59.33	119.91	22.66	150.09	25.12
S229	40x45	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	98.51	17.37	63.37	14.93	122.67	17.58	31.50	11.97
S230	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	106.18	51.60	13.49	22.43	109.62	12.89	40.88	7.59
S231	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	32.16	30.18	107.34	51.75	61.25	9.49	115.86	13.23
S232	25x70	2x2ø16+2x3ø16 g.	20.10	76.33	10.23	32.22	7.01	101.98	28.42	34.88	21.12
S233	25x70	2x2ø16+2x3ø16 g.	20.10	75.15	10.17	60.28	9.32	121.50	28.38	39.02	21.80
S234	105x25	2x2ø16+2x4ø14 g.	20.35	111.46	54.28	18.01	26.21	60.67	9.79	129.42	14.01
S235	185x30	2x6ø16+2x8ø14 g.	48.73	39.85	111.55	114.06	167.83	146.23	28.33	36.16	16.31
S236	25x105	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	96.82	12.16	44.84	7.96	109.40	52.01	24.05	26.81
S237	30x80	2x2ø16+2x3ø16 g.	20.10	59.92	11.92	81.19	13.91	47.81	29.06	91.28	37.16
S238	25x80	2x2ø16+2x3ø16 g.	20.10	86.80	11.13	57.48	9.37	49.28	27.88	90.83	34.01
S239	25x105	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	47.46	8.21	107.47	12.76	98.96	50.37	6.10	19.37
S240	185x30	2x6ø16+2x8ø14 g.	48.73	141.46	182.38	15.72	93.25	200.74	31.93	-12.03	10.83
S301	185x30	2x6ø16+2x8ø14 g.	48.73	41.56	112.84	85.81	146.41	25.18	15.06	107.69	24.44
S302	25x105	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	72.46	10.54	40.80	7.59	10.13	21.04	73.84	44.30
S303	30x80	2x2ø16+2x3ø16 g.	20.10	49.23	10.70	60.87	12.03	61.79	31.70	45.75	28.41
S304	30x80	2x2ø16+2x3ø16 g.	20.10	62.08	12.17	50.47	10.84	64.54	32.22	43.61	27.73
S305	25x105	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	42.16	7.71	73.78	10.66	12.85	22.17	74.98	44.58
S306	185x30	2x6ø16+2x8ø14 g.	48.73	92.56	151.53	47.71	117.51	10.21	13.36	139.77	27.91
S307	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	29.34	29.00	69.75	43.32	97.13	12.17	55.65	8.97
S308	25x70	2x2ø16+2x3ø16 g.	20.10	58.32	9.21	37.88	7.53	35.54	21.23	84.40	27.37
S309	25x90	2x2ø16+2x3ø16 g.	20.10	54.31	9.11	47.88	8.52	40.79	30.28	91.23	40.63
S310	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	66.54	42.54	37.73	32.49	108.40	12.82	50.56	8.50
S311	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	28.17	28.52	52.56	38.63	39.43	7.46	80.92	11.25
S312	40x45	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	56.69	14.30	59.01	14.52	27.53	11.26	72.62	15.94
S313	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	88.28	53.52	120.40	60.91	114.82	22.25	87.11	19.12
S314	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	117.69	60.29	93.67	54.76	122.94	22.91	91.47	19.72
S315	40x45	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	76.98	16.20	51.36	13.72	28.98	11.52	80.42	16.37
S316	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	71.78	43.81	16.80	23.81	31.66	6.73	89.51	11.74
S317	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	21.99	25.96	44.06	35.11	60.66	9.44	60.66	9.44
S318	25x70	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	54.22	8.22	47.81	7.69	31.16	18.98	47.74	21.60
S319	25x80	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	35.83	6.61	80.71	10.03	29.56	21.21	53.09	26.77
S320	25x70	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	52.56	8.12	52.56	8.12	56.27	22.87	58.13	23.15
S321	25x70	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	54.72	8.25	54.72	8.25	50.95	22.08	57.33	23.03
S322	25x70	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	88.98	9.89	42.79	7.22	55.67	22.78	39.58	20.39
S323	25x70	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	53.51	8.18	61.24	8.62	29.52	18.51	55.39	22.74
S324	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	43.69	34.95	24.80	27.12	63.26	9.68	63.26	9.68
S325	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	29.64	29.13	55.70	39.92	87.90	11.65	42.48	7.74
S326	40x45	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	61.77	14.78	67.92	15.35	76.39	16.15	32.44	12.14
S327	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	86.79	53.18	115.43	59.77	94.13	20.08	108.41	21.73
S328	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	122.63	61.42	96.91	55.51	103.50	21.33	121.17	22.77
S329	40x45	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	78.99	16.33	54.37	14.08	94.15	17.11	29.47	11.61
S330	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	80.48	45.91	14.91	23.02	89.34	11.73	38.92	7.41
S331	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	25.53	27.43	85.76	47.18	50.41	8.48	95.82	12.10
S332	25x70	2x2ø16+2x3ø16 g.	20.10	58.31	9.21	30.35	6.84	80.76	27.08	34.51	21.06
S333	25x70	2x2ø16+2x3ø16 g.	20.10	57.18	9.14	50.00	8.64	94.67	28.18	39.38	21.86
S334	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	89.44	48.07	21.16	25.62	52.03	8.63	102.45	12.48
S335	185x30	2x6ø16+2x8ø14 g.	48.73	35.63	108.35	91.43	150.67	121.33	25.99	28.53	15.44
S336	25x105	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	77.77	11.03	41.44	7.65	80.03	45.80	22.79	26.29
S337	30x80	2x2ø16+2x3ø16 g.	20.10	48.62	10.63	63.39	12.32	43.19	27.60	70.80	33.41

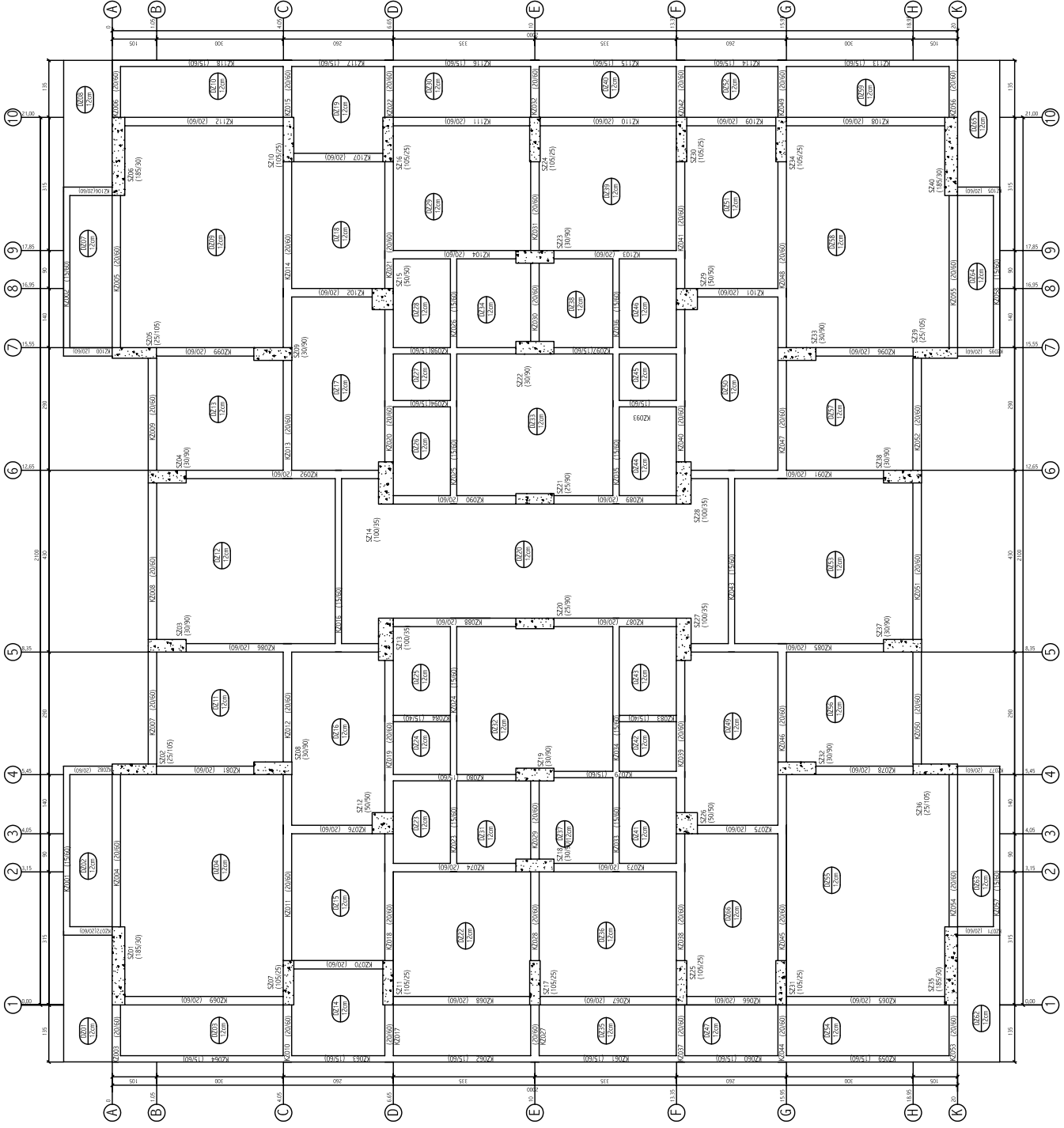
KOLON NO	BOYUT	KOLON DONATISI	As cm ²	-X		+X		-Y		+Y	
				Nd	Mr	Nd	Mr	Nd	Mr	Nd	Mr
S338	25x80	2x2ø16+2x3ø16 g.	20.10	69.60	10.15	49.31	8.62	42.26	26.56	70.60	31.91
S339	25x105	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	42.54	7.75	84.38	11.45	73.23	44.16	10.14	21.04
S340	185x30	2x6ø16+2x8ø14 g.	48.73	108.80	163.85	19.48	96.10	151.45	28.68	3.26	12.56
S401	185x30	2x6ø16+2x6ø14 g.	42.58	32.86	96.09	68.67	123.28	19.79	12.93	84.76	20.33
S402	25x105	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	58.17	9.20	33.51	6.91	6.69	19.62	64.16	41.96
S403	25x55	2x2ø12+2x2ø16 g.	12.56	36.19	5.90	46.92	6.69	47.03	13.76	35.24	12.43
S404	25x55	2x2ø12+2x2ø16 g.	12.56	47.34	6.72	37.63	6.03	49.76	14.07	33.08	12.18
S405	25x105	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	35.53	7.09	59.16	9.30	8.91	20.54	65.02	42.17
S406	185x30	2x6ø16+2x6ø14 g.	42.58	73.74	127.14	37.33	99.49	4.87	11.23	116.89	23.99
S407	105x25	2x2ø14+2x3ø14 g.	15.39	22.49	23.48	56.60	37.69	76.79	10.36	44.44	7.33
S408	25x55	2x2ø12+2x2ø16 g.	12.56	45.66	6.62	27.64	5.11	25.88	11.37	67.54	15.31
S409	25x55	2x2ø12+2x2ø16 g.	12.56	42.62	6.45	33.53	5.65	29.44	11.77	72.46	15.64
S410	105x25	2x2ø14+2x3ø14 g.	15.39	52.64	36.04	29.41	26.36	87.85	11.07	39.15	6.84
S411	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	21.59	25.79	42.27	34.37	31.74	6.74	64.09	9.76
S412	35x45	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	45.15	10.97	45.48	11.01	21.75	10.24	57.40	14.09
S413	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	71.41	49.10	97.31	55.60	91.72	19.75	68.01	16.52
S414	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	94.00	54.84	76.21	50.74	99.09	20.76	71.62	17.01
S415	35x45	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	61.48	12.36	38.69	10.09	21.79	10.24	63.80	14.50
S416	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	60.76	41.14	8.66	20.43	23.49	5.97	72.20	10.51
S417	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	17.46	24.08	35.30	31.48	48.90	8.34	48.90	8.34
S418	25x55	2x2ø14+2x2ø14 g.	12.31	42.58	6.40	36.77	5.90	23.70	11.24	39.08	13.28
S419	25x55	2x2ø14+2x2ø14 g.	12.31	28.92	5.18	62.88	7.49	20.52	10.54	43.43	13.78
S420	25x55	2x2ø14+2x2ø14 g.	12.31	40.24	6.23	40.24	6.23	44.92	13.95	45.77	14.05
S421	25x55	2x2ø14+2x2ø14 g.	12.31	41.90	6.36	41.90	6.36	39.34	13.31	44.73	13.93
S422	25x55	2x2ø14+2x2ø14 g.	12.31	68.62	7.67	34.39	5.68	45.44	14.01	28.17	12.01
S423	25x55	2x2ø14+2x2ø14 g.	12.31	41.30	6.32	47.54	6.68	20.44	10.52	45.11	13.98
S424	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	35.08	31.38	19.19	24.80	51.14	8.55	51.14	8.55
S425	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	23.90	26.75	43.63	34.93	70.12	10.32	33.84	6.94
S426	35x45	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	49.87	11.42	54.02	11.76	59.93	14.29	25.41	10.89
S427	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	70.33	48.68	92.75	54.55	74.77	17.44	86.26	19.01
S428	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	98.21	55.81	78.72	51.32	82.23	18.46	97.10	20.49
S429	35x45	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	62.83	12.47	41.04	10.41	76.12	15.16	20.87	10.08
S430	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	68.78	43.08	7.64	20.01	71.05	10.40	29.77	6.56
S431	105x25	2x2ø14+2x3ø14 g.	15.39	19.31	22.15	70.49	41.56	39.98	6.91	76.26	10.31
S432	25x55	2x2ø12+2x2ø16 g.	12.56	45.57	6.61	19.97	4.40	63.38	15.03	24.88	11.26
S433	25x55	2x2ø12+2x2ø16 g.	12.56	46.40	6.66	36.51	5.93	75.96	15.88	28.42	11.66
S434	105x25	2x2ø14+2x3ø14 g.	15.39	74.61	42.60	13.42	19.70	41.33	7.04	82.62	10.77
S435	185x30	2x6ø16+2x6ø14 g.	42.58	27.49	92.01	73.53	126.97	95.90	21.60	23.08	13.30
S436	25x105	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	61.60	9.52	34.22	6.97	68.42	42.99	18.24	24.40
S437	25x55	2x2ø12+2x2ø16 g.	12.56	35.79	5.86	48.79	6.80	32.27	12.09	55.43	14.49
S438	25x55	2x2ø12+2x2ø16 g.	12.56	54.12	7.10	35.01	5.79	31.38	11.99	55.26	14.48
S439	25x105	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	34.51	7.00	68.01	10.12	60.68	41.12	4.64	18.77
S440	185x30	2x6ø16+2x6ø14 g.	42.58	90.08	139.54	10.53	79.13	126.06	25.04	-2.15	10.43
S501	185x30	2x6ø16+2x6ø14 g.	42.58	24.42	89.68	50.46	109.46	14.26	12.30	64.08	17.98
S502	25x105	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	42.31	7.73	25.64	6.17	12.32	21.95	30.60	29.53
S503	25x55	2x2ø12+2x2ø16 g.	12.56	25.70	4.93	34.08	5.70	34.49	12.34	25.01	11.27
S504	25x55	2x2ø12+2x2ø16 g.	12.56	34.34	5.73	26.52	5.00	35.70	12.48	24.26	11.19
S505	25x105	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	26.92	6.29	43.02	7.79	13.99	22.64	31.63	29.96
S506	185x30	2x6ø16+2x6ø14 g.	42.58	54.69	112.67	28.05	92.44	16.31	12.53	71.57	18.83
S507	105x25	2x2ø14+2x3ø14 g.	15.39	15.79	20.68	41.24	31.29	56.71	8.48	32.25	6.19
S508	25x55	2x2ø12+2x2ø16 g.	12.56	30.16	5.34	23.37	4.71	21.94	10.92	45.23	13.56
S509	25x55	2x2ø12+2x2ø16 g.	12.56	28.47	5.18	26.34	4.99	24.06	11.16	47.99	13.87
S510	105x25	2x2ø14+2x3ø14 g.	15.39	39.90	30.73	21.00	22.85	59.54	8.75	32.23	6.19
S511	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	15.12	23.11	32.37	30.26	23.65	5.99	48.10	8.27
S512	35x45	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	31.48	9.11	33.80	9.42	14.36	8.91	41.64	12.62
S513	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	55.06	42.65	70.10	48.59	64.35	16.02	54.24	14.64
S514	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	69.68	48.42	57.56	43.64	66.89	16.36	57.71	15.11
S515	35x45	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	42.58	10.62	31.03	9.05	15.56	9.13	43.87	12.83
S516	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	38.17	32.67	10.92	21.37	22.87	5.92	50.18	8.46
S517	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	11.09	21.44	26.84	27.97	36.76	7.21	36.76	7.21
S518	25x55	2x2ø14+2x2ø14 g.	12.31	31.14	5.38	29.60	5.24	20.36	10.51	25.29	11.60
S519	25x55	2x2ø14+2x2ø14 g.	12.31	21.35	4.48	43.87	6.47	20.83	10.61	25.38	11.61
S520	25x55	2x2ø14+2x2ø14 g.	12.31	28.77	5.16	28.77	5.16	31.91	12.44	32.28	12.49
S521	25x55	2x2ø14+2x2ø14 g.	12.31	29.91	5.27	29.91	5.27	32.36	12.50	31.07	12.35
S522	25x55	2x2ø14+2x2ø14 g.	12.31	48.02	6.71	24.59	4.78	29.94	12.22	23.79	11.26
S523	25x55	2x2ø14+2x2ø14 g.	12.31	31.97	5.46	34.39	5.68	17.30	9.83	26.91	11.86
S524	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	26.88	27.99	13.00	22.23	38.63	7.38	38.63	7.38

KOLON NO	BOYUT	KOLON DONATISI	As cm ²	-X		+X		-Y		+Y	
				Nd	Mr	Nd	Mr	Nd	Mr	Nd	Mr
S525	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	15.61	23.31	34.82	31.28	52.53	8.68	25.43	6.15
S526	35x45	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	35.13	9.60	38.63	10.08	44.15	12.86	17.68	9.51
S527	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	54.93	42.60	68.95	48.13	56.40	14.93	64.87	16.09
S528	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	72.05	49.36	59.62	44.45	61.56	15.64	69.99	16.79
S529	35x45	2x2ø16+2x2ø16 g.	16.08	44.35	10.86	32.28	9.22	49.29	13.33	18.35	9.63
S530	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	42.44	34.43	10.15	21.05	51.92	8.62	26.00	6.21
S531	105x25	2x2ø14+2x3ø14 g.	15.39	13.16	19.59	48.55	34.33	29.20	5.91	56.31	8.44
S532	25x55	2x2ø12+2x2ø16 g.	12.56	30.27	5.35	18.47	4.26	44.51	13.48	23.04	11.05
S533	25x55	2x2ø12+2x2ø16 g.	12.56	29.72	5.30	26.99	5.05	49.60	14.05	25.17	11.29
S534	105x25	2x2ø14+2x3ø14 g.	15.39	53.21	36.27	14.64	20.20	31.26	6.10	57.18	8.53
S535	185x30	2x6ø16+2x6ø14 g.	42.58	22.10	87.92	52.00	110.62	70.91	18.75	15.36	12.42
S536	25x105	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	43.53	7.84	26.34	6.24	40.28	33.54	15.06	23.08
S537	25x55	2x2ø12+2x2ø16 g.	12.56	26.31	4.99	34.78	5.77	25.93	11.38	36.69	12.59
S538	25x55	2x2ø12+2x2ø16 g.	12.56	37.15	5.99	26.97	5.05	24.11	11.17	37.59	12.69
S539	25x105	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	27.85	6.38	46.75	8.14	39.33	33.15	11.99	21.81
S540	185x30	2x6ø16+2x6ø14 g.	42.58	59.58	116.38	13.07	81.06	76.87	19.43	12.60	12.11
S601	185x30	2x2ø14+2x8ø12 g.	24.24	15.74	50.81	33.35	63.76	9.11	7.21	41.39	10.94
S602	25x105	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	27.83	6.38	17.92	5.45	8.44	20.34	20.33	25.27
S603	25x35	2x2ø12+2x2ø12 g.	9.04	14.74	3.19	20.57	3.72	21.00	5.24	15.66	4.86
S604	25x35	2x2ø12+2x2ø12 g.	9.04	21.04	3.77	15.49	3.26	22.13	5.32	14.84	4.74
S605	25x105	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	18.36	5.50	27.99	6.39	9.57	20.81	20.82	25.47
S606	185x30	2x2ø14+2x8ø12 g.	24.24	35.86	65.61	17.66	52.22	10.90	7.42	48.63	11.78
S607	105x25	2x2ø14+2x3ø14 g.	15.39	9.54	18.08	27.68	25.64	36.43	6.58	21.11	5.15
S608	25x35	2x2ø12+2x2ø12 g.	9.04	18.81	3.56	13.71	3.09	12.43	4.41	28.68	5.78
S609	25x35	2x2ø12+2x2ø12 g.	9.04	17.95	3.48	13.91	3.11	13.15	4.51	30.04	5.88
S610	105x25	2x2ø14+2x3ø14 g.	15.39	25.37	24.67	13.35	19.67	38.97	6.82	20.79	5.12
S611	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	8.62	20.41	21.81	25.89	15.77	5.25	31.09	6.68
S612	25x45	2x2ø12+2x2ø14 g.	10.68	19.94	4.01	20.25	4.04	8.89	5.79	26.73	8.32
S613	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	36.49	35.33	45.65	38.94	40.89	12.82	34.69	11.97
S614	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	44.45	38.47	38.28	36.03	42.54	13.04	37.27	12.32
S615	25x50	2x2ø12+2x2ø14 g.	10.68	26.98	4.67	18.36	3.88	8.79	6.45	27.66	9.73
S616	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	27.15	28.10	2.94	18.06	14.47	5.13	32.65	6.83
S617	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	7.36	19.89	17.30	24.02	24.21	6.04	24.21	6.04
S618	25x90	2x2ø14+2x2ø14 g.	12.31	20.15	4.43	18.78	4.30	13.57	14.86	17.50	16.30
S619	25x35	2x2ø14+2x2ø14 g.	12.31	14.07	3.75	27.68	4.94	12.24	5.36	16.44	5.65
S620	25x35	2x2ø14+2x2ø14 g.	12.31	17.42	4.05	17.42	4.05	20.52	5.93	20.07	5.90
S621	25x35	2x2ø14+2x2ø14 g.	12.31	18.03	4.11	18.03	4.11	20.67	5.94	18.56	5.79
S622	25x35	2x2ø14+2x2ø14 g.	12.31	29.47	5.04	15.90	3.92	20.00	5.89	12.86	5.40
S623	25x35	2x2ø14+2x2ø14 g.	12.31	19.83	4.27	21.19	4.40	8.69	4.88	17.30	5.71
S624	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	17.35	24.03	8.15	20.22	25.92	6.20	25.92	6.20
S625	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	9.81	20.91	22.61	26.22	34.59	7.01	16.62	5.33
S626	25x45	2x2ø12+2x2ø14 g.	10.68	23.28	4.32	24.74	4.45	28.14	8.45	11.10	6.19
S627	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	36.95	35.51	44.87	38.63	36.73	12.25	42.18	12.99
S628	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	46.13	39.13	39.68	36.58	39.86	12.68	45.27	13.42
S629	25x45	2x2ø12+2x2ø14 g.	10.68	28.07	4.76	18.94	3.92	31.74	8.78	10.23	6.03
S630	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	30.66	29.55	2.95	18.06	33.41	6.90	16.62	5.33
S631	105x25	2x2ø14+2x3ø14 g.	15.39	7.60	17.27	32.95	27.83	18.82	4.93	36.78	6.62
S632	25x35	2x2ø12+2x2ø12 g.	9.04	18.71	3.55	8.54	2.62	27.49	5.70	13.61	4.58
S633	25x35	2x2ø12+2x2ø12 g.	9.04	19.35	3.61	14.68	3.18	31.23	5.96	14.38	4.68
S634	105x25	2x2ø14+2x3ø14 g.	15.39	37.87	29.88	7.69	17.31	20.58	5.10	37.37	6.67
S635	185x30	2x2ø14+2x8ø12 g.	24.24	13.94	49.49	34.07	64.30	45.41	11.40	9.86	7.30
S636	25x105	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	27.91	6.38	17.83	5.45	28.06	28.47	10.06	21.01
S637	25x35	2x2ø12+2x2ø12 g.	9.04	15.61	3.27	21.27	3.79	16.16	4.90	22.69	5.36
S638	25x35	2x2ø12+2x2ø12 g.	9.04	22.51	3.90	14.38	3.15	13.90	4.62	23.16	5.39
S639	25x105	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	18.31	5.49	30.86	6.66	26.21	27.71	6.10	19.37
S640	185x30	2x2ø14+2x8ø12 g.	24.24	40.84	69.27	4.09	42.24	51.42	12.10	7.12	6.98
S701	185x30	2x2ø14+2x8ø12 g.	24.24	7.29	44.59	15.13	50.36	3.55	6.57	20.67	8.55
S702	25x105	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	12.57	4.96	8.71	4.60	2.45	17.86	9.44	20.76
S703	25x35	2x2ø12+2x2ø12 g.	9.04	6.14	2.40	8.71	2.63	9.21	3.98	6.15	3.56
S704	25x35	2x2ø12+2x2ø12 g.	9.04	8.69	2.63	6.12	2.39	9.31	3.99	6.21	3.57
S705	25x105	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	8.69	4.59	12.53	4.95	2.37	17.82	9.35	20.72
S706	185x30	2x2ø14+2x8ø12 g.	24.24	16.83	51.61	8.39	45.41	3.52	6.57	20.64	8.54
S707	105x25	2x2ø14+2x3ø14 g.	15.39	3.24	15.46	11.57	18.93	16.36	4.70	8.93	4.01
S708	25x35	2x2ø12+2x2ø12 g.	9.04	6.86	2.46	5.95	2.38	5.73	3.50	11.85	4.34
S709	25x35	2x2ø12+2x2ø12 g.	9.04	5.77	2.36	6.88	2.46	5.78	3.51	11.90	4.34
S710	105x25	2x2ø14+2x3ø14 g.	15.39	12.21	19.19	4.17	15.84	16.46	4.71	9.01	4.01
S711	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	3.30	18.21	10.16	21.05	7.69	4.50	15.12	5.19

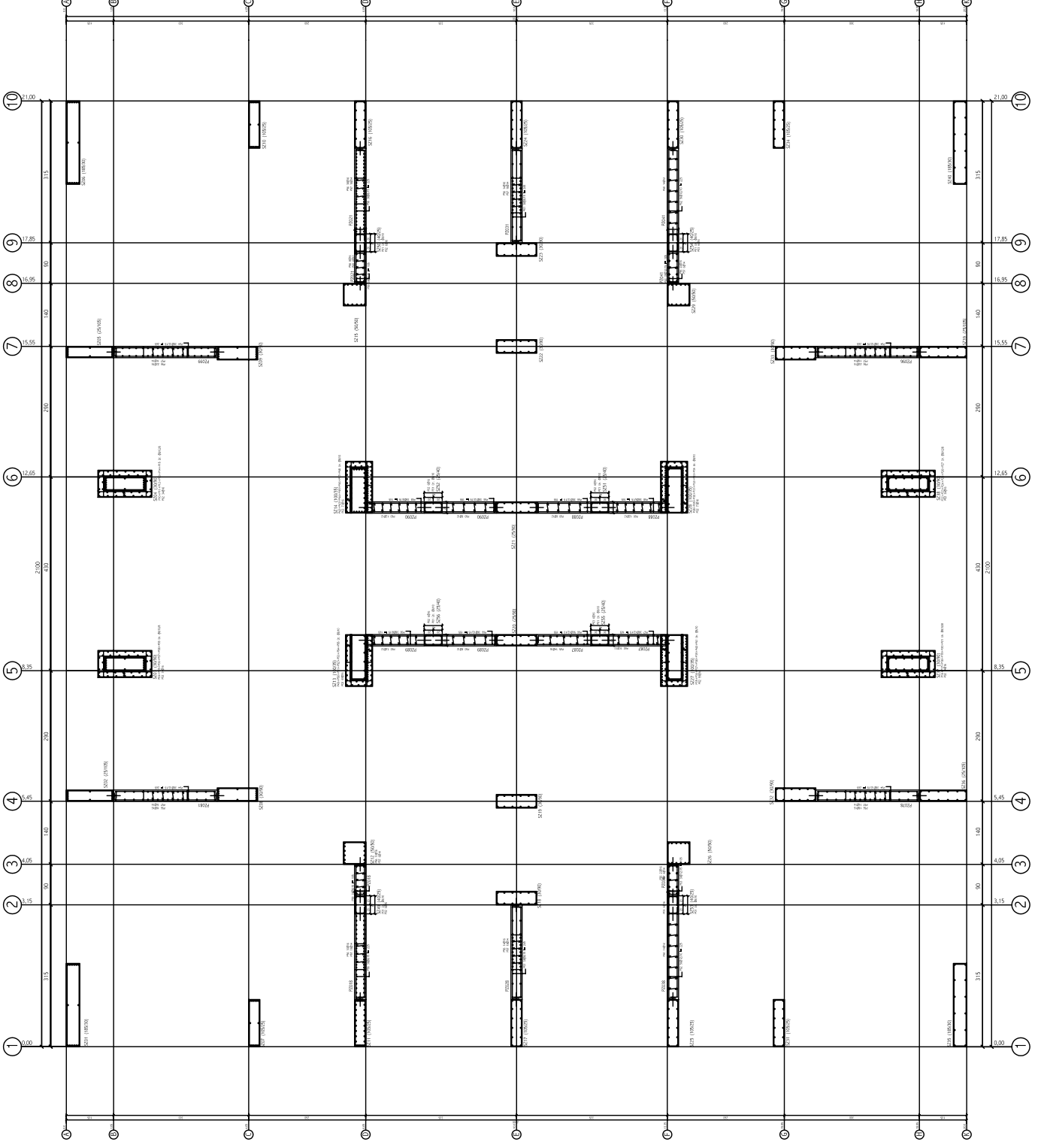
KOLON NO	BOYUT	KOLON DONATISI	As cm ²	-X		+X		-Y		+Y	
				Nd	Mr	Nd	Mr	Nd	Mr	Nd	Mr
S712	25x40	2x2ø12+2x2ø14 g.	10.68	7.65	2.86	9.25	3.01	2.30	4.07	10.80	5.41
S713	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	15.36	26.99	18.56	28.25	16.63	9.51	15.25	9.32
S714	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	19.35	28.57	16.10	27.29	17.50	9.63	16.12	9.44
S715	25x45	2x2ø12+2x2ø14 g.	10.68	9.77	3.07	7.60	2.87	1.85	4.53	10.65	6.11
S716	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	10.48	21.18	4.24	18.60	8.05	4.53	15.50	5.23
S717	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	1.99	17.67	9.72	20.87	12.09	4.91	12.09	4.91
S718	25x35	2x2ø14+2x2ø14 g.	12.31	7.66	3.16	9.59	3.34	5.51	4.45	6.04	4.52
S719	25x35	2x2ø14+2x2ø14 g.	12.31	6.62	3.07	10.94	3.46	6.13	4.53	6.46	4.58
S720	25x35	2x2ø14+2x2ø14 g.	12.31	7.20	3.12	7.20	3.12	8.61	4.87	8.93	4.91
S721	25x35	2x2ø14+2x2ø14 g.	12.31	7.36	3.14	7.36	3.14	8.49	4.85	8.85	4.90
S722	25x35	2x2ø14+2x2ø14 g.	12.31	11.11	3.48	6.78	3.08	6.97	4.64	7.49	4.72
S723	25x35	2x2ø14+2x2ø14 g.	12.31	9.68	3.35	7.76	3.17	4.89	4.36	5.42	4.43
S724	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	9.74	20.88	2.78	17.99	12.91	4.99	12.91	4.99
S725	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	3.30	18.21	12.43	22.00	16.48	5.32	8.75	4.60
S726	25x45	2x2ø12+2x2ø14 g.	10.68	9.46	3.04	11.06	3.19	13.07	6.54	4.08	4.93
S727	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	17.33	27.77	20.57	29.05	17.44	9.62	18.20	9.72
S728	100x35	2x2ø16+2x4ø16 g.	24.12	20.03	28.83	16.77	27.55	17.11	9.57	17.89	9.68
S729	25x45	2x2ø12+2x2ø14 g.	10.68	10.50	3.14	8.32	2.94	11.77	6.31	2.89	4.72
S730	105x25	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	11.30	21.52	3.53	18.31	16.07	5.28	8.37	4.56
S731	105x25	2x2ø14+2x3ø14 g.	15.39	2.53	15.16	13.18	19.60	8.55	3.97	16.28	4.70
S732	25x35	2x2ø12+2x2ø12 g.	9.04	7.12	2.49	6.20	2.40	12.05	4.36	5.91	3.52
S733	25x35	2x2ø12+2x2ø12 g.	9.04	5.82	2.37	6.93	2.47	11.89	4.34	5.76	3.50
S734	105x25	2x2ø14+2x3ø14 g.	15.39	12.99	19.52	3.40	15.52	8.67	3.98	16.36	4.70
S735	185x30	2x2ø14+2x8ø12 g.	24.24	5.82	43.51	15.36	50.53	21.91	8.69	2.39	6.44
S736	25x105	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	12.55	4.95	8.49	4.58	11.01	21.41	2.69	17.95
S737	25x35	2x2ø12+2x2ø12 g.	9.04	5.71	2.36	8.55	2.62	6.15	3.56	9.52	4.02
S738	25x35	2x2ø12+2x2ø12 g.	9.04	8.62	2.62	5.96	2.38	5.62	3.48	8.95	3.94
S739	25x105	2x2ø14+2x4ø14 g.	18.46	8.56	4.58	12.44	4.94	11.22	21.49	2.88	18.03
S740	185x30	2x2ø14+2x8ø12 g.	24.24	16.00	51.00	6.47	43.99	21.91	8.69	2.40	6.44
PB001	360x20	2x14ø12 g.	31.65	871.77	2631.54	349.07	1261.93	871.77	162.75	349.07	237.35
PB002	360x20	2x14ø12 g.	31.65	350.25	1263.55	872.95	2633.16	350.25	237.42	872.95	162.81
PB003	265x20	2x12ø12 g.	27.13	414.72	800.17	441.50	824.14	414.72	234.85	441.50	138.87
PB004	370x20	2x18ø12 g.	40.69	436.18	1198.13	436.18	1198.13	436.18	131.53	436.18	131.53
PB005	265x20	2x12ø12 g.	27.13	443.17	825.61	416.39	801.65	443.17	138.95	416.39	234.93
PB028	265x20		0.00	417.26	743.00	444.04	766.97	417.26	230.78	444.04	134.80
PB029	370x20		0.00	440.17	1072.37	440.17	1072.37	440.17	125.09	440.17	125.09
PB030	265x20		0.00	447.41	770.56	420.63	746.59	447.41	135.09	420.63	231.07
PB031	360x20		0.00	871.55	2527.48	348.86	1157.87	871.55	157.03	348.86	231.63
PB032	360x20		0.00	350.81	1160.99	873.51	2530.59	350.81	231.81	873.51	157.21
PB033	20x375		0.00	367.66	320.00	873.78	830.37	367.66	1151.02	873.78	1965.49
PB034	20x322	2x12ø12 g.	27.13	422.33	249.49	438.91	249.49	422.33	973.76	438.91	973.76
PB035	20x322	2x18ø12 g.	40.69	438.48	251.41	421.90	251.41	438.48	1008.51	421.90	1008.51
PB036	20x375	2x12ø12 g.	27.13	874.36	835.28	368.24	324.92	874.36	2058.25	368.24	1243.78
PB037	20x210	2x14ø12 g.	31.65	426.97	254.24	426.97	254.24	426.97	659.71	426.97	659.71
PB038	20x210	2x14ø12 g.	31.65	426.30	254.17	426.30	254.17	426.30	659.29	426.30	659.29
PB062	20x210		0.00	428.40	249.84	428.40	249.84	428.40	610.29	428.40	610.29
PB063	20x210		0.00	427.91	249.82	427.91	249.82	427.91	609.91	427.91	609.91
PB064	20x375		0.00	368.29	320.04	874.41	830.41	368.29	1152.06	874.41	1966.53
PB065	20x322		0.00	424.46	245.25	441.04	245.25	424.46	901.58	441.04	901.58
PB066	20x322		0.00	440.76	245.21	424.18	245.21	440.76	901.21	424.18	901.21
PB067	20x375		0.00	874.97	830.45	368.85	320.09	874.97	1967.44	368.85	1152.97



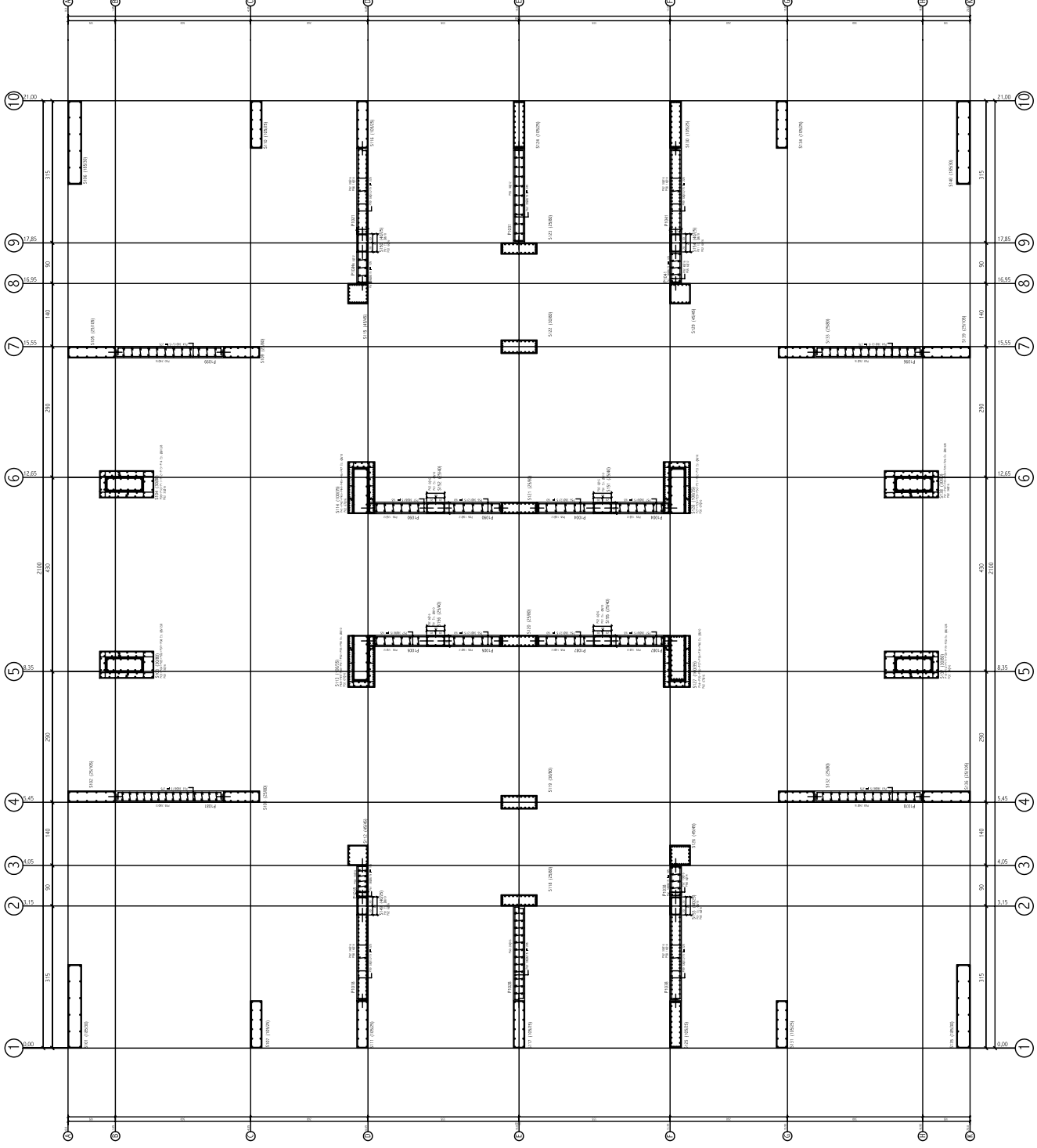
BODRUM KAT KALIP PLANI MEVCUT DURUM



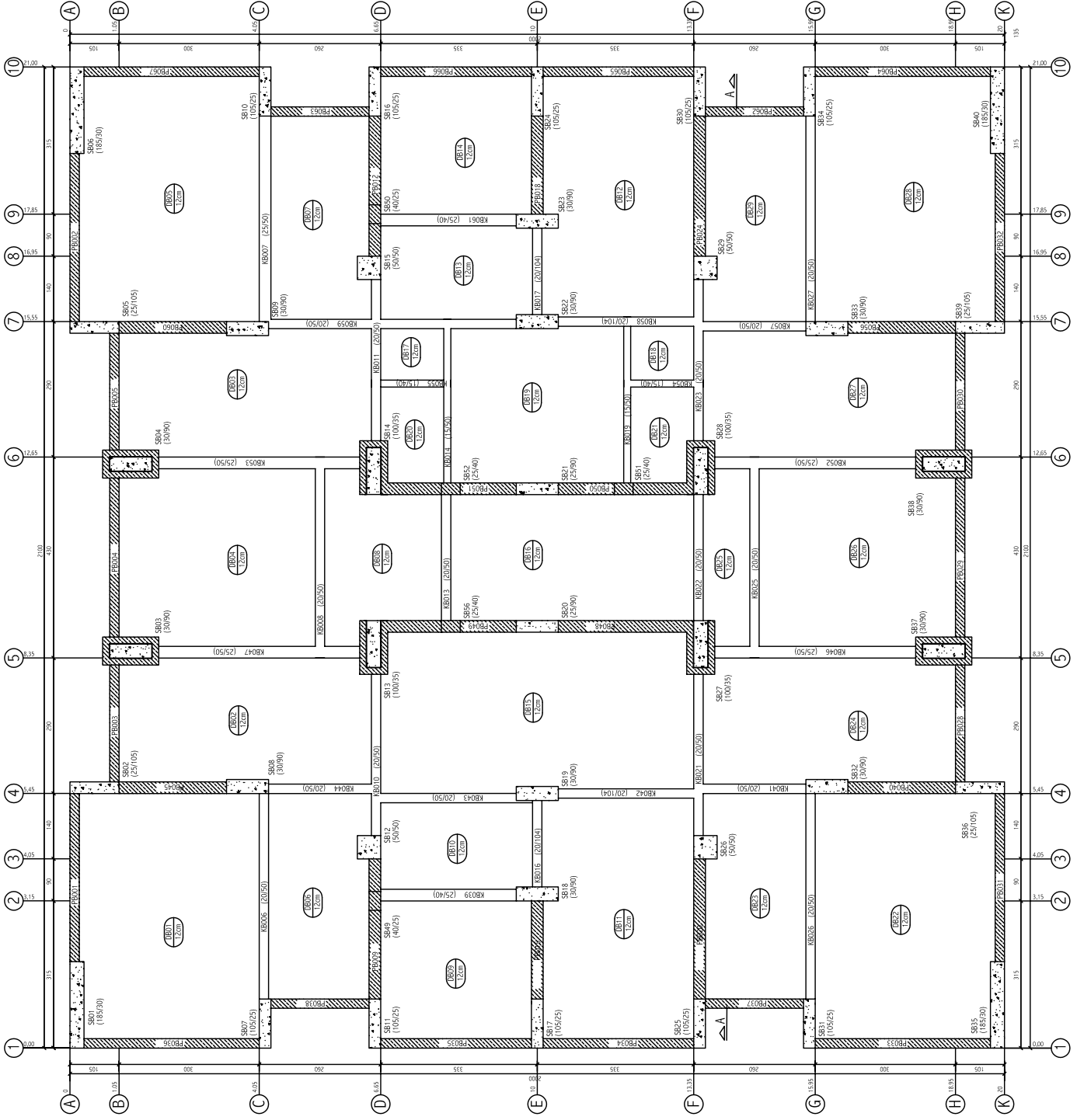
ZEMİN KAT KALIP PLANI MEVCUT DURUM



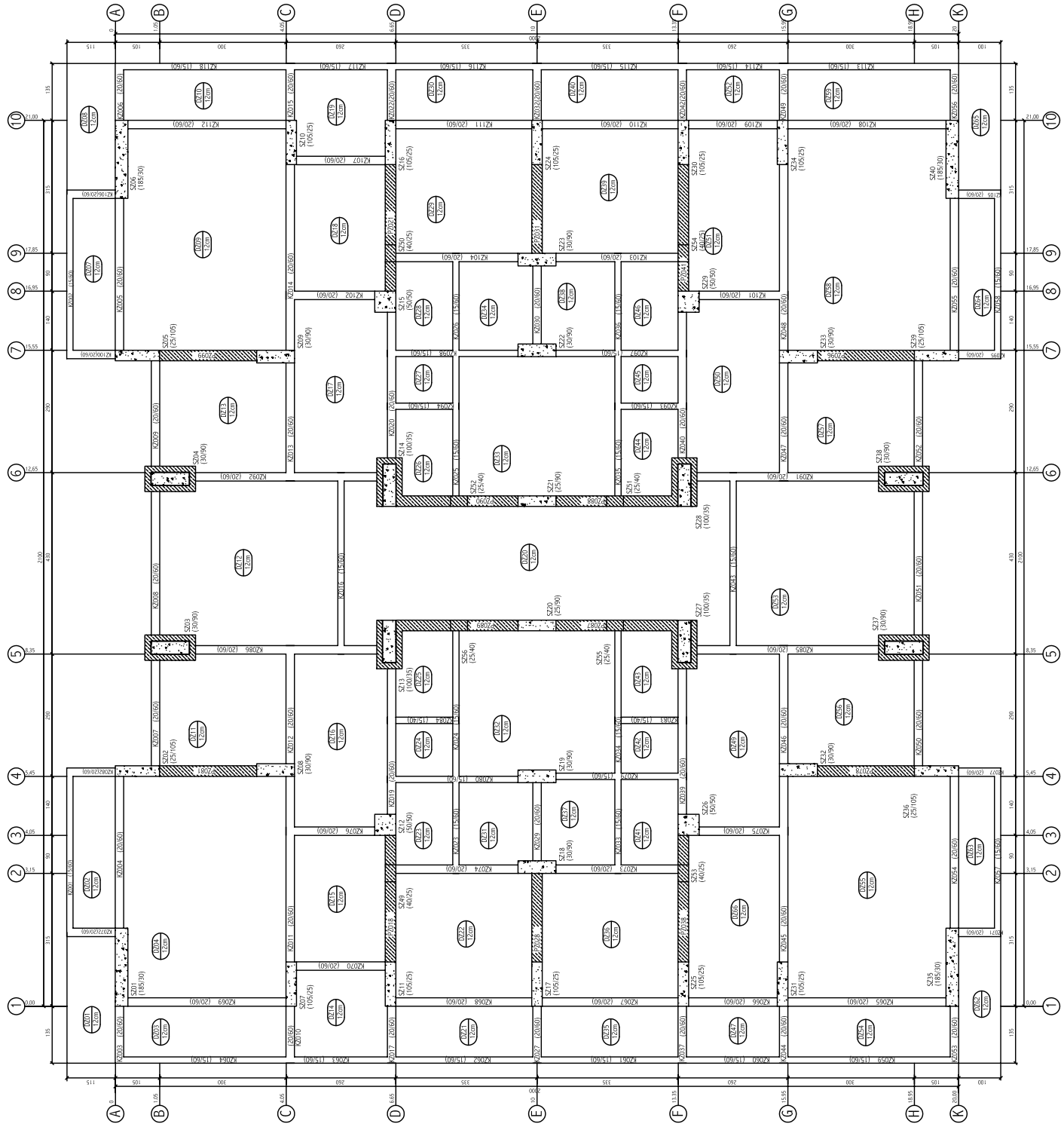
ZEMİN KAT KOLON APLİKASYON PLANI TAKYİYELİ DURUM



1. NORMAL KAT KOLON APLIKASYON PLANI



BODRUM KAT KALIP PLANI TAKYİYELİ DURUM



ZEMİN KAT KALIP PLANI TAKVİYELİ DURUM

ÖZGEÇMİŞ

Cemal ŞİRİN, 1978 yılında Siirt'te doğmuştur. İlköğrenimini Arman Polat İlkokulu'nda, orta öğrenimini Dede Korkut İlköğretim okulunda, lise eğitimi ise Plevne Lisesi'nde tamamlamıştır. 1997 yılında Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünde lisans eğitimine başlamıştır. 2001 yılında buradaki eğitimini tamamladıktan sonra aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı Mühendisliği (Deprem Mühendisliği) Programı'nda yüksek lisans yapmaya hak kazanmıştır. Cemal Şirin evli ve bir kız çocuğu babasıdır.