

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DEPREMDE HASAR GÖREN BİR BİNANIN MANTOLAMA,
PERDE İLAVESİ VE KAT AZALTIMASI YÖNTEMİ İLE
GÜÇLENDİRİLMELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Hilal BATMACI

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : YAPI

Tez Danışmanı : Prof. Adil ALTUNDAL

Eylül 2011

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DEPREMDE HASAR GÖREN BİR BİNANIN MANTOLAMA,
PERDE İLAVESİ VE KAT AZALTILMASI YÖNTEMİ İLE
GÜÇLENDİRİLMELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Hilal BATMACI

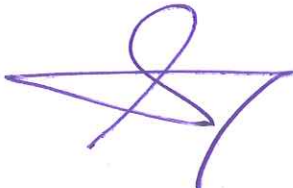
Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : YAPI

Bu tez 15 / 0.8 / 2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Adil ALTUNDAL

Jüri Başkanı



Yrd. Doç. Dr. Hüseyin
KASAP

Üye



Prof. Dr. Seyhan FIRAT

Üye



ÖNSÖZ

Son yıllarda dünyada ve ülkemizde meydana gelen şiddetli depremler sonucunda yıkılan ya da ağır hasar gören binalarda can ve mal kayıplarının çok olması, depreme dayanıklı yapı tasarımının daha dikkatli ele alınması gerektiğini göstermektedir. Depremlerde hasar görmüş yapıların bir kısmının mühendislik hizmeti almadığı, alanların ise hatalı projelendirildiği, yapılan uygulamaların proje ve teknik şartnamelere uygun olarak yapılmadığı, hatalı işçiliklerin olduğu, teknik şartnamelerin yetersiz kaldığı tespit edilmiştir.

Yapılacak yeni binaların yönetmelik ve şartnamelere uygun olarak yapılması ve kontrolü biz inşaat mühendislerinin görevidir. Deprem görmüş çok katlı binaların hasar görmemiş dahi olsa değişen yönetmeliklere göre değerlendirilip, gerek görülürse güçlendirme yapılarak olabilecek depremlere karşı yapısal performanslarının artırılması gerekmektedir.

Yüksek lisans çalışmalarımda bana yol gösteren danışman hocam Prof. Dr. Adil ALTUNDAL'a, manevi desteğini esirgemeyen sevgili aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xviii
SUMMARY.....	xix

BÖLÜM 1.

GİRİŞ.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Literatür Çalışmaları.....	2

BÖLÜM 2.

DEPREM VE DEPREM TEHLİKESİNİN TANIMLANMASI.....	5
2.1. Deprem Nedir?.....	5
2.2. Deprem Tehlikesinin Tanımlanması.....	5
2.3. Deprem Etkileri Altında Bina Davranışı.....	6
2.4. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Taşıyıcı Sistemin Önemi... ..	8
2.5. Depreme Dayanıklı Yapı Taşıyıcı Sisteminin Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar.....	9
2.5.1. Hafiflik.....	10
2.5.2. Basitlik ve simetri.....	11
2.5.3. Düzgünlük ve süreklilik.....	12
2.5.4. Plan ve kesit şekli.....	13
2.5.5. Rijitlik ve dayanım.....	14
2.5.6. Göçme modu.....	17
2.5.7. Süneklik.....	17
2.5.8. Temel zemini koşulları.....	19

2.6. Mevcut Yapıların Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi.....	20
2.7. 1975, 1998 ve 2007 Türk Deprem Yönetmeliklerinin Karşılaştırılması.....	21
2.8. Betonarme Binaların Deprem Performansları (TDY 2007-Bölüm7)	21
2.8.1. Hemen kullanım performans düzeyi.....	22
2.8.2. Can güvenliği performans düzeyi.....	22
2.8.3. Göçme öncesi performans düzeyi.....	23
2.8.4. Göçme durumu.....	24
2.9. Mevcut Betonarme Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi (TDY 2007-Bölüm 7).....	25
2.9.1. Bilgi düzeyleri.....	25
2.9.2. Yapı elemanlarında hasar sınırları ve hasar bölgeleri.....	26

BÖLÜM 3.

YAPI HASARLARININ TÜRLERİ, NEDENLERİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ.....	27
3.1. Betonarme Elemanlarda Deprem Hasarları.....	27
3.1.1. Duvar hasarları.....	27
3.1.2. Döşeme hasarları.....	29
3.1.3. Kiriş hasarları.....	29
3.1.4. Kolon hasarları.....	31
3.1.4.1. Kolonda kesme hasarı.....	34
3.1.4.2. Basınç kırılması.....	34
3.1.5. Kolon-kiriş birleşim bölgesi hasarı.....	35
3.1.6. Temel hasarları.....	37
3.1.7. Perde hasarları.....	38
3.1.7.1. Kesme çatlakları.....	38
3.1.7.2. Eğilme çatlakları.....	39
3.1.7.3. Kayma hasarı.....	40
3.1.8. Donatının paslanması.....	41
3.1.9. Soğuk derz.....	42
3.2. Hasarların Nedenleri.....	43
3.2.1. Malzeme kalitesi.....	43

3.2.2. Taşıyıcı sistemi düzensiz yapılar	44
3.2.3. Donatı düzenlenmesi.....	46
3.2.4. Kısa kolon.....	48
3.2.5. Rijitlik yetersizliği.....	48
3.2.6. Kısa giriş.....	50
3.2.7. Yumuşak/zayıf kat.....	50
3.2.8. Yerel zemin koşulları.....	50
3.3. Hasar Saptama İşlemleri ve Alınacak Önlemler.....	52
	52

BÖLÜM 4.

BETONARME YAPILARDA ONARIM VE GÜÇLENDİRMEYE KARAR VERİRKEN GEREKLİ HAZIRLIKLAR.....

4.1. Onarım	550
4.2. Güçlendirme	57
4.3. Deprem Güvenliğinin Saptanması ve Güçlendirme Gereği.....	58
4.4. Betonarme Binalarda Onarım ve Güçlendirme İlkeleri.....	60
4.4.1. Yapının öz ağırlığının azaltılması.....	60
4.4.2. Yapının sünekliğinin artırılması.....	61
4.4.3. Yapının taşıma gücünün artırılması.....	62
4.4.4. Yapının dinamik özelliklerinin iyileştirilmesi.....	62
4.4.5. Yapıda burulma etkilerinin azaltılması.....	64
4.4.6. Yapıda sürekliliğin sağlanması.....	64
4.4.7. Yükleri taşıyacak yeni elemanlar eklenmesi.....	65
4.4.8. Yapının göçme modunun düzenlenmesi.....	65
4.5. Binada Mevcut Durumun ve Hasar Tespitinin Değerlendirilmesi..	65

BÖLÜM 5.

TAŞIYICI SİSTEM ELEMANLARININ ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN MALZEMELER VE

YÖNTEMLER	70
5.1. Onarım ve Güçlendirme Malzemeleri.....	70
5.2. Betonarme Binaların Güçlendirilmesi Yöntemleri.....	76
5.2.1. Döşemelerin güçlendirilmesi.....	76
5.2.2. Kolonların güçlendirilmesi.....	77
5.2.2.1. Kolon kapasitelerinin arttırılması	77
5.2.2.2. Kolonların çelik ile sarılması	78
5.2.2.3. Kolonların betonarme ile sarılması (mantolama)...	79
5.2.2.4. Kolonların onarım ve güçlendirilmesinde dikkat edilecek hususlar.....	81
5.2.3. Kirişlerin güçlendirilmesi.....	81
5.2.3.1. Dıştan etriye eklenerek kirişlerin sarılması.....	82
5.2.3.2. Kirişlerin dıştan beton ile sarılması (mantolama)....	82
5.2.3.3. Kirişlerin onarım ve güçlendirilmesinde dikkat edilecek hususlar.....	84
5.2.4. Dolgu duvarların güçlendirilmesi.....	84
5.2.4.1. Dolgu duvarların hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilmesi.....	85
5.2.5. Kolon-kiriş birleşim bölgesinin güçlendirilmesi.....	86
5.2.6. Temelin güçlendirilmesi.....	88
5.2.7. Perdenin güçlendirilmesi.....	89
5.2.8. Betonarme taşıyıcı sistemlerin yerinde dökme betonarme perdeler ile güçlendirilmesi.....	91
5.2.8.1. İç betonarme perdeler.....	91
5.2.8.2. Dış betonarme perdeler.....	92
5.2.8.3. Eksenel betonarme perdeler.....	93
5.2.8.4. Dışmerkez betonarme perdeler.....	94
5.2.8.5. Perdelerin onarım ve güçlendirilmesinde dikkat edilmesi gereken hususlar.....	95

5.2.9. Betonarme sisteme yeni çerçeveler eklenmesi.....	97
5.2.10. Betonarme sistemin kütlelerinin azaltılması.....	97
5.2.11. Projelendirme ile ilgili hususlar.....	98
5.3. Güçlendirme Kararının Verilmesi.....	98
5.4. Güçlendirme Ayrıntıları ve Güçlendirmenin Minimum Koşulları...	100
5.5. Güçlendirmede Göz Önüne Alınacak Sınır Durumlar.....	102

BÖLÜM 6.

ÖRNEK BİR PROJEYLE GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	103
6.1. İncelenen Yapının Tanıtılması.....	103
6.2. Yapının Mevcut Haliyle 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre İrdelenmesi.....	109
6.3. Kolonlara Betonarme Mantolama Yapılması.....	112
6.3.1. Kolonlarda betonarme mantolama analiz adımları.....	112
6.3.2. Kolonlarda betonarme mantolama yapılarak can güvenliği şartının aranması.....	117
6.4. Yapının Yerinde Dökme Betonarme Perdeler İlave Edilerek Güçlendirilmesi.....	122
6.4.1. Tip 1.....	122
6.4.2. Tip 2.....	126
6.4.3. Tip 3.....,	129
6.4.4. Tip 4.....	132
6.4.5. Tip 5.....	135
6.4.6. Tip 6.....,	138
6.4.7. Tip 7.....	141
6.4.8. Tip 8.....	144
6.4.9. Tip 9.....,	147
6.4.10. Tip 10.....	150
6.4.11. Tip 11.....	153
6.5. Yapıya Yerinde Dökme Betonarme Perdeler İlave Edildikten Sonra Yetersiz Kesitlere Sahip Kolonların Betonarme Mantolanması.....	156

6.6. Kat Azaltılması.....	162
BÖLÜM 7.	
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	167
KAYNAKLAR.....	171
ÖZGEÇMİŞ.....	173

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

$A(T)$: Spektral ivme katsayısı
A_c	: Kolonun veya perde uç bölgesinin brüt enkesit alanı
A_0	: Etkin yer ivmesi katsayısı
C	: Deprem katsayısı
C_0	: Deprem bölge katsayısı
D	: Yapının deprem doğrultusuna paralel genişliği (metre)
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
F	: Yapının en üst katına etkileyen ek yatay yük
F_t	: Statik eşdeğer toplam yatay yük
f_{ck}	: Betonun karakteristik silindirik basınç dayanımı
g	: Yer çekimi ivmesi (9.81 m/s^2)
H_N	: Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği
h	: Kolonun gözönüne alınan deprem doğrultusundaki enkesit boyutu
I	: Yapı önem katsayısı
K	: Yapı tipi katsayısı
N	: Binanın kat adedi
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
S	: Yapı dinamik katsayısı (spektrum katsayısı)
$S(T)$: Spektrum katsayısı
T	: Bina doğal titreşim periyodu
T_0	: Zemin hakim periyodu
T_1	: Binanın birinci doğal titreşim periyodu
T_A, T_B	: Spektrum karakteristik periyotları
TDY	: Türk Deprem Yönetmeliği
V_t	: Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkileyen toplam eşdeğer deprem yüğü (taban kesme kuvveti)

W	: Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
μ	: Süneklik katsayısı
δ_u	: Maksimum deformasyon
δ_y	: Akma anındaki deformasyon
ΔF_N	: Binanın N'inci katına (tepesine) etkileyen ek eşdeğer deprem yükü
α_s	: Süneklik düzeyi yüksek perdelerin tabanında elde edilen kesme kuvvetleri toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetine oranı
\emptyset	: Donatı çapı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Deprem Bölgeleri Haritası.....	6
Şekil 2.2.	Planda ani rijitlik değişimi ve planda simetri.....	12
Şekil 2.3.	Planda simetriden ayrılma ve planda simetri.....	12
Şekil 2.4.	Kirişe oturan kolonlar ve sürekli düşey taşıyıcılar.....	13
Şekil 2.5.	Kiriş süreksizliğinde belirsizlik ve iyi çerçeve düzeni.....	13
Şekil 2.6.	Yapıların derzlerle ayrılmasına örnekler.....	14
Şekil 2.7.	Değişik rijitlikteki elemanlar ve bu elemanların düzenlenmesi ...	15
Şekil 2.8.	İki doğrultuda çok farklı rijitlikli ve dengeli rijitlikli yapı elemanları.....	16
Şekil 2.9.	Elastik olan ve olmayan kuvvet-yer değiştirme grafiği ve betonarme elemanda yük-yer değiştirme eğrisi.....	19
Şekil 2.10.	Yapı elemanlarının kırılma türleri.....	26
Şekil 3.1.	Duvarlarda oluşabilecek hasarlar.....	28
Şekil 3.2.	Kirişte oluşabilecek hasarlar.....	30
Şekil 3.3.	Depreme dayanıklı yapılarda kolonlarda mafsallaşma.....	33
Şekil 3.4.	Kolonlarda kesme hasarı.....	34
Şekil 3.5.	Kolonlarda basınç hasarı.....	35
Şekil 3.6.	Kirişlerde ve kolonlarda mafsallaşma.....	36
Şekil 3.7.	Ek yeri hasar biçimi.....	36
Şekil 3.8.	Ek yeri hasar biçimi.....	37
Şekil 3.9.	Perdelerde kesme çatlakları.....	38
Şekil 3.10.	Perdelerde eğilme çatlakları hasar biçimi.....	39
Şekil 3.11.	Boşluklu perdelerde hasar biçimi.....	39
Şekil 3.12.	Perdelerde kayma çatlakları.....	40
Şekil 3.13.	Yatay yüklerin sadece perdeler tarafından karşılandığı sistemlerde perdede oluşan hasar biçimi.....	41
Şekil 3.14.	Burulma çatlakları oluşmuş bir perde duvar.....	41
Şekil 3.15.	Yetersiz malzeme kalitesi sebebiyle betonları dağılarak ağır hasar gören bir yapı.....	44

Şekil 3.16. Marmara Depremi sonrasında Düzce’ de yetersiz donatı ve kalitesi düşük beton kullanımı sonucunda oluşmuş kolon hasarı...	44
Şekil 3.17. Konsol ucunda kolon uygulanmış bina örnekleri.....	45
Şekil 3.18. Kolonda basınç kırılması, yetersiz donatı düzeni ve kolon-kiriş birleşim bölgesinde uygun olmayan donatı düzeni.....	47
Şekil 3.19. Kolon-kiriş birleşim bölgelerindeki donatı yetersizliği sebebiyle kirişin koparak ayrılması.....	47
Şekil 3.20. Bant pencere nedeniyle kısa kolon hasarı.....	48
Şekil 3.21. Zayıf kolon-güçlü kiriş, yetersiz donatı ve yetersiz kesit sebebiyle göçen bina.....	49
Şekil 3.22. Zemin katları ticari amaçla kullanılan yapılarda yumuşak kat oluşumuna örnek.....	50
Şekil 3.23. Deprem etkisiyle zeminde meydana gelen oturma.....	51
Şekil 5.1. Döşemelerin kalınlaştırılarak güçlendirilmesi.....	77
Şekil 5.2. Kolonun çelik ile sarılması.....	78
Şekil 5.3. Kolonların betonarme ile mantolanması.....	80
Şekil 5.4. Betonarme ile mantolama çeşitleri.....	80
Şekil 5.5. Dıştan etriye eklenmesi.....	82
Şekil 5.6. Kiriş mantolanması perspektif görünüşü.....	83
Şekil 5.7. Kiriş mantolanmasında donatılarda sürekliliğin sağlandığı bir kiriş.....	83
Şekil 5.8. Kolona ankraj çubuğunun bağlanması, açılan delikle ankraj çubuğunun bağlanması.....	83
Şekil 5.9. Dolgu duvarların hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilmesi	85
Şekil 5.10. Dolgu duvarların hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilmesi	85
Şekil 5.11. Kolon-kiriş birleşim bölgesinin çelik şerit sarılarak güçlendirilmesi.....	87
Şekil 5.12. Birleşim bölgesinin mantolama ile onarım ve güçlendirilmesi.....	87
Şekil 5.13. Temelin alt seviyesine inilmeden ve kolonu da mantolayarak güçlendirilmesi.....	88
Şekil 5.14. Temelin alt seviyesine inilerek güçlendirilmesi.....	89
Şekil 5.15. Perdenin kesit kalınlaştırılması ile güçlendirilmesi.....	90
Şekil 5.16. Eksenel perde durumunda donatı düzeni.....	91

Şekil 5.17. Dış perdenin mevcut kirişlere bağlanması.....	92
Şekil 5.18. Dış perdede temel düzeni.....	93
Şekil 5.19. Perdelerin çerçeve ile birlikte çalışması için teknik detay.....	96
Şekil 5.20. Depremde hasar görmüş binanın incelenmesinde izlenen yol.....	100
Şekil 6.1. Yapının mevcut temel aplikasyon planı.....	104
Şekil 6.2. Yapının mevcut bodrum kat kalıp planı.....	105
Şekil 6.3. Yapının mevcut zemin kat kalıp planı.....	106
Şekil 6.4. Yapının mevcut normal kat kalıp planı.....	107
Şekil 6.5. Yapının mimari normal kat planı.....	108
Şekil 6.6. Yapının mevcut halinin kesiti.....	109
Şekil 6.7. Mevcut binanın analiz edilmesiyle kesiti yetersiz gelen kolonlar..	110
Şekil 6.8. Mevcut binanın analiz edilmesiyle kesiti yetersiz gelen kolonlar..	111
Şekil 6.9. Kesitleri yetersiz gelen kolonlara yapılan betonarme mantolama sonrasında yapının normal kat kalıp planı.....	116
Şekil 6.10. Kolon mantolama donatı örneği.....	117
Şekil 6.11. Yapının betonarme mantolamayla can güvenliği performans düzeyine ulaşılmış normal kat kalıp planı.....	121
Şekil 6.12. Yapının betonarme perde ilave edilmiş normal kat kalıp planı (Tip 1).....	125
Şekil 6.13. Yapının betonarme perde ilave edilmiş normal kat kalıp planı (Tip 2).....	128
Şekil 6.14. Yapının betonarme perde ilave edilmiş normal kat kalıp planı (Tip 3).....	131
Şekil 6.15. Yapının betonarme perde ilave edilmiş normal kat kalıp planı (Tip 4).....	134
Şekil 6.16. Yapının betonarme perde ilave edilmiş normal kat kalıp planı (Tip 5).....	137
Şekil 6.17. Yapının betonarme perde ilave edilmiş normal kat kalıp planı (Tip 6).....	140
Şekil 6.18. Yapının betonarme perde ilave edilmiş normal kat kalıp planı (Tip 7).....	143
Şekil 6.19. Yapının betonarme perde ilave edilmiş normal kat kalıp planı (Tip 8).....	146

Şekil 6.20. Yapının betonarme perde ilave edilmiş normal kat kalıp planı (Tip 9).....	149
Şekil 6.21. Yapının betonarme perde ilave edilmiş normal kat kalıp planı (Tip 10).....	152
Şekil 6.22. Yapının betonarme perde ilave edilmiş normal kat kalıp planı (Tip 11).....	155
Şekil 6.23. Yerinde dökme betonarme perde detayı.....	159
Şekil 6.24. Betonarme kolon mantolama detayı.....	160
Şekil 6.25. Yapının betonarme manto ve perde ilave edildikten sonraki normal kat kalıp planı.....	161
Şekil 7.1. Görelî kat ötelemelerinin grafik üzerinde karşılaştırılması.....	168
Şekil 7.2. Kesit hasar bölgeleri.....	169
Şekil 7.3. Karşılaştırma grafiği.....	170

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	1975,1998 ve 2007 Türk Deprem Yönetmeliklerinin Karşılaştırılması.....	21
Tablo 2.2.	Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri.....	24
Tablo 2.3.	Binalar için bilgi düzeyi katsayıları.....	25
Tablo 4.1.	Zemin hakim periyodu T_0 'ın çeşitli zemin türleri için değerleri.....	63
Tablo 5.1.	Beton ve epoksi reçinesinin mekanik özelliklerinin karşılaştırılması.....	73
Tablo 5.2.	Lif takviyeli plastiklerin mekanik özellikleri.....	76
Tablo 6.1.	Yapı genel bilgileri.....	109
Tablo 6.2.	Yapının mevcut haliyle performans analizinin sonucu.....	111
Tablo 6.3.	Yapıda bulunan mevcut taşıyıcı elemanların hasar bölgelerindeki sayıları.....	112
Tablo 6.4.	Kolonlara betonarme mantolama yapıldıktan sonraki performans	115
Tablo 6.5.	Yapıda bulunan taşıyıcı elemanların kolonlara betonarme mantolama yapıldıktan sonraki hasar bölgelerindeki sayıları.....	115
Tablo 6.6.	Büyük kalınlıklardaki kolon mantolamasıyla yapısal performans	119
Tablo 6.7.	Yapıda bulunan taşıyıcı elemanların kolonlara betonarme mantolama yapıldıktan sonraki hasar bölgelerindeki sayıları.....	119
Tablo 6.8.	Perde ilave edilince yapı performansı (Tip 1).....	123
Tablo 6.9.	Yapıda bulunan taşıyıcı elemanların perde ilave edildikten sonra hasar bölgelerindeki sayıları (Tip 1).....	124
Tablo 6.10.	Perde ilave edilince yapı performansı (Tip 2).....	127
Tablo 6.11.	Yapıda bulunan taşıyıcı elemanların perde ilave edildikten sonra hasar bölgelerindeki sayıları (Tip 2).....	127
Tablo 6.12.	Perde ilave edilince yapı performansı (Tip 3).....	130
Tablo 6.13.	Yapıda bulunan taşıyıcı elemanların perde ilave edildikten sonra hasar bölgelerindeki sayıları (Tip 3).....	130

Tablo 6.14.	Perde ilave edilince yapı performansı (Tip 4).....	133
Tablo 6.15.	Yapıda bulunan taşıyıcı elemanların perde ilave edildikten sonra hasar bölgelerindeki sayıları (Tip 4).....	133
Tablo 6.16.	Perde ilave edilince yapı performansı (Tip 5).....	136
Tablo 6.17.	Yapıda bulunan taşıyıcı elemanların perde ilave edildikten sonra hasar bölgelerindeki sayıları (Tip 5).....	136
Tablo 6.18.	Perde ilave edilince yapı performansı (Tip 6).....	139
Tablo 6.19.	Yapıda bulunan taşıyıcı elemanların perde ilave edildikten sonra hasar bölgelerindeki sayıları (Tip 6).....	139
Tablo 6.20.	Perde ilave edilince yapı performansı (Tip 7).....	142
Tablo 6.21.	Yapıda bulunan taşıyıcı elemanların perde ilave edildikten sonra hasar bölgelerindeki sayıları (Tip 7).....	142
Tablo 6.22.	Perde ilave edilince yapı performansı (Tip 8).....	145
Tablo 6.23.	Yapıda bulunan taşıyıcı elemanların perde ilave edildikten sonra hasar bölgelerindeki sayıları (Tip 8).....	145
Tablo 6.24.	Perde ilave edilince yapı performansı (Tip 9).....	148
Tablo 6.25.	Yapıda bulunan taşıyıcı elemanların perde ilave edildikten sonra hasar bölgelerindeki sayıları (Tip 9).....	148
Tablo 6.26.	Perde ilave edilince yapı performansı (Tip 10).....	151
Tablo 6.27.	Yapıda bulunan taşıyıcı elemanların perde ilave edildikten sonra hasar bölgelerindeki sayıları (Tip 10).....	151
Tablo 6.28.	Perde ilave edilince yapı performansı (Tip 11).....	154
Tablo 6.29.	Yapıda bulunan taşıyıcı elemanların perde ilave edildikten sonra hasar bölgelerindeki sayıları (Tip 11).....	154
Tablo 6.30.	Betonarme mantolama ve yerinde dökme betonarme perdeler ilave edilince yapısal performans.....	157
Tablo 6.31.	Yapıda bulunan taşıyıcı elemanların betonarme mantolama ve yerinde dökme perdeler ilave edildikten sonra hasar bölgelerindeki sayıları.....	158
Tablo 6.32.	2 katı alınmış yapının deprem performansı.....	163
Tablo 6.33.	2 katı alındıktan sonra yapıda bulunan taşıyıcı elemanların hasar bölgelerindeki sayıları.....	163
Tablo 6.34.	3 katı alınmış yapının deprem performansı.....	164

Tablo 6.35.	3 katı alındıktan sonra yapıda bulunan taşıyıcı elemanların hasar bölgelerindeki sayıları.....	165
Tablo 6.36.	4 katı alınmış yapının deprem performansı.....	166
Tablo 6.37.	4 katı alındıktan sonra yapıda bulunan taşıyıcı elemanların hasar bölgelerindeki sayıları.....	166
Tablo 7.1.	Görelî kat ötelemelerinin karşılaştırılması.....	167
Tablo 7.2.	Mevcut durumda ve güçlendirme sonrasında yapı ağırlıkları.....	169
Tablo 7.3.	Analiz sonuçlarının metraj ve performans bazında değerlendirilmesi.....	169

ÖZET

Anahtar kelimeler: Onarım, güçlendirme, stabilite, rijitlik

Ülkemizde son yıllarda meydana gelen, büyük can ve mal kaybına sebep olan depremlerin yapılarda meydana getirdiği hasarlar, birçok yapının onarılması ve güçlendirilmesi ihtiyacını ortaya çıkarmıştır.

Onarım, hasar görmüş bir yapı elemanının önceki haline getirilmesi için yapılan işlemlerdir. Güçlendirme ise bir yapının yük taşıma kapasitesini, rijitliğini, sünekliğini, stabilitesini veya bunlardan bazılarını önceki veya mevcut durumun üzerine çıkarmak için yapılan çalışmalardır.

Bu tez çalışmasının amacı, depremde hasar gören bir yapının incelenerek onarım ve güçlendirmeye ihtiyaç duyulup duyulmadığının araştırılması ve güçlendirme gerekiyorsa çeşitli metotlarla güçlendirme yapılarak sonuçların karşılaştırılmasıdır.

Bu çalışmada, İdecad 6.53 versiyonu kullanılmıştır.

COMPARISON OF SHEAR WALL ADDITION, COLUMN RETROFIT AND STOREY REDUCTION METHODS FOR REINFORCEMENT OF A BUILDING WHICH DAMAGED IN EARTHQUAKE

SUMMARY

Key Words: Repair, Reinforcement, Stability, Rigidity

The big earthquakes that occurred in our country in the last decades caused lots of damages to the buildings and also lots of lives for people. Due to this reason many buildings had to be rebuilt or retrofitted.

Repairing is an application to renew the structural element which is subjected to damage. Modifications are the applications to increase the capacity, stability, and rigidity.

The aim of this thesis is to be examined a building which is damaged in the earthquake. When analysing whether the building need to be reinforced of structural and applying the various reinforcement methods to compare the results.

In this study, Idecad 6.53 version is used for analysis.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1. Giriş

Türkiye, dünyadaki en etkin deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya deprem kuşağı üzerinde bulunmakta, topraklarının %92'si deprem bölgelerinde olup, nüfusunun %95'i deprem tehlikesi altındaki bölgelerde yaşamakta ve büyük sanayi merkezlerimizin %98'i deprem bölgelerinde bulunmaktadır. Meydana gelen 1999 Adapazarı-Kocaeli ve Düzce depremlerinin ardından, depremlerin sosyal ve ekonomik yönden yıkıcı etkiler ortaya çıkarması deprem risk bölgelerinde mevcut yapı stokunun deprem dayanımlarının belirlenmesi, bu belirlemeler sonucunda yıkım veya güçlendirme kararının verilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Ülkemizde mevcut yapıların deprem güvenliklerinin belirlenmesine ve gerektiğinde güçlendirilmesine esas bir yönetmeliğin mevcut olmaması nedeniyle, 2003 yılında deprem yönetmeliğine mevcut binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesi ve güçlendirilmesi ile ilgili bir bölüm (Bölüm 7) eklenmesi ve buna paralel olarak yönetmeliğin diğer bölümlerinin de güncelleştirilmesi çalışmaları başlatılmış ve bu çalışmalar tamamlanarak, 2007 yılında Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007) yayınlanmıştır.

Binaların şiddetli bir depremi tamamen hasarsız olarak atlattığını sağlayacak şekilde projelendirilmesi ekonomik değildir. Ancak, yönetmeliklerimiz en şiddetli depremlerde bile yapıların göçmesini engelleyecek önlemleri en detaylı şekilde içermektedir. Ülkemizde meydana gelen depremlerin büyüklüklerine oranla çok daha fazla hasara, can ve mal kaybına neden olmaları, deprem bölgelerinde inşa edilen yapıların önemli bir bölümünün yeterli deprem güvenliğine sahip olmadıklarını göstermektedir. Depremden hasar gören yapılar üzerinde gerçekleştirilen inceleme ve araştırmalar, hasar görmüş yapıların bir kısmının mühendislik hizmeti almadığını, alanların ise hatalı projelendirildiğini, yapılan uygulamaların proje ve teknik şartnamelere uygun olarak yapılmadığını, hatalı işçiliklerin olduğunu, teknik şartnamelerin yetersiz kaldığı göstermiştir. Depremi hasarlı olarak atlattığı bu tür

yapıların taşıyıcı sisteminin onarımı veya performans değerlendirmesi sonucu gerekiyorsa yapının güçlendirilmesi gündeme gelmektedir. Bugüne kadar, çeşitli depremlerde hasar görmüş çok sayıda yapıya onarım ve güçlendirme uygulanmıştır. Bu uygulamaların ana hedefi, bu tür önemli yapılardaki hasarı onarmanın ötesinde, gerek duyuluyorsa yapıyı gelebilecek en kuvvetli yer hareketlerine dayanabilecek şekilde güçlendirmektir.

DBYBHY-2007’de deprem bölgelerinde bulunan mevcut ve güçlendirilecek tüm binaların ve bina türü yapıların deprem etkileri altındaki performanslarının değerlendirilmesinde uygulanacak hesap kuralları ile güçlendirme kararlarında esas alınacak ilkeler ve güçlendirilmesine karar verilen binaların güçlendirmesine ilişkin kurallar tanımlanmıştır.

1.2. Literatür Çalışması

Çalık (2009) depreme dayanıklı yapı tasarımıyla ilgili araştırmalar yapmıştır. 7 Mart 2007 tarihinde yürürlüğe giren “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” sonrasında Trabzon il merkezinde ruhsat verilmiş inşaatların proje ve yapım aşamalarında yapılan hataları araştırmıştır. Anket formları oluşturmuş ve rastgele seçilen 30 adet inşaatın proje ve yapım aşamaları bu anket formları doğrultusunda sadece betonarme proje açısından incelenmiştir. Uygulama esnasında yönetmelik kurallarına uyulmadığı gözlenmiştir.

Yanık (2008) 1998 ve 2007 Türk Deprem Yönetmeliklerinin karşılaştırmasını yapmıştır. Betonarme binaların deprem davranışları hakkında genel bilgiler vermiş, deprem yönetmeliğinde yapılan değişiklikler ile mevcut betonarme binaların değerlendirilmesini ve güçlendirilmesini irdelemiştir. Bir okul binasının değerlendirmesi doğrusal elastik hesap yöntemlerinden biri olan eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılmıştır.

Yörükçü (2007) onarım ve güçlendirme ilkelerini ve yöntemlerini araştırmıştır. Bu çalışmada, yapıların güçlendirilmesine sebep olan, yapı kullanım amacının değişiminden kaynaklanan döşeme sehimlerinin giderilmesi için, normal yapıdaki

betonarme döşeme üzerine çelik bir döşeme sistemi oluşturulmuştur. Bu ise yapının toplam ağırlığını arttırarak, yapının deprem kuvvetlerine daha fazla maruz kalmasına neden olmuştur. Bunun için ise yapıda yine çelik çapraz sistemler kullanılarak yapının yanal rijitliğinin ve olası bir depreme karşı performansının arttırılması amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda betonarme yapılarda yatay yüklere karşı dayanımın perde yerine çelik çaprazlarla sağlanacağı görülmüştür.

Yılmaz (2006) öncelikle yapılarda depremden dolayı oluşan yapı hasarlarından bahsetmiş, bu hasarların sebepleri ve güçlendirmenin gerekliliği üzerinde durmuştur. Deprem etkisindeki yapıda güçlendirme/onarım kararı verebilmek için izlenecek yolu anlatmıştır. Taşıyıcı sistem elemanlarının onarılması/güçlendirilmesi yöntemleri hakkında bilgiler vermiştir. Mevcut yapının deprem güvenliğinin belirlenebilmesi için AIJ indisleri metodu, zemin kat düşey taşıyıcı elemanların analizi metodu ve 1997 deprem yönetmeliği altında incelemiştir. Güçlendirmenin ekonomikliğini araştırmış, yıkıma karar verilme sebeplerini anlatmış ve yıkım projesinin aşamalarını incelemiştir.

Şirin (2006) yapılarda oluşan hasar biçimleri ve nedenlerini incelemiştir. Yapıların onarım ve güçlendirme tekniklerini ve malzemelerini anlatmıştır. 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.

Ceritli (2006) depremde hasar görmüş yapıların güçlendirilmesi konusunda yapının bir bütün olarak güçlendirilmesi ile ilgili bilgi vermiştir. Deprem üzerine yapılan araştırmalar, şiddetli deprem bölgelerinde özellikle yüksek yapılarda perde duvarların bulunması gerektiğini ortaya çıkarmıştır. Yapılan bu araştırmada mantolama ve perde yöntemiyle güçlendirme konularına değinilmiştir. Depremde hasar görmüş fakat kullanılabilir düzeyde olan yapılarda, binanın statik sistemini sağlayacak şekilde mantolama ve perde duvarlar ile güçlendirilmesi konularına değinilerek hasar türleri ve nedenleri araştırılmıştır. Muhtemel bir depremde yapının

dayanıklılığının sağlanması ve herhangi bir can kaybına yol açmayacak şekilde boyutlandırmanın yapılması konularında bilgi verilmektedir.

Onur (2006) onarım ve güçlendirme ilke ve yöntemlerinden bahsetmiştir. Mevcut bir binanın düzensizliklerini incelemiş, kapasite kontrolü yapmıştır. Taşıyıcı sistemi iyileştirmek için modellemeler yapmıştır. Tam güçlendirme modeli oluşturulmadan önce farklı eleman ilaveleri ile 7 adet iyileştirme modeli oluşturulmuş, mevcut durumla kıyaslanmış ve değerlendirilmiştir. Mevcut konut yapısının iyileştirilmesi için mevcut yapıya ilave olarak perde duvarlar, kolonlar, çerçeve süreksizliklerini gidermek ve kat düzleminde diyafram gibi davranabilmesi için kirişler ve döşemeler ilave edilmiştir. Güçlendirme önerisinde ise bunlara ek olarak taşıma kapasitesi yetersiz olan kolonların mantolanması yöntemi uygulanmıştır. İyileştirme için oluşturulan taşıyıcı sistem seçenekleri irdelenmiş ve kıyaslamalar sonucunda ideale en yakın sonuçları veren iyileştirme modeli güçlendirme modelinin esasını oluşturmuştur.

Yıldırım (2008) örnek bir yapı üzerinde yeni deprem yönetmeliğinde yer alan performans esaslı hesap yöntemindeki temel kavramları irdelerek, yöntemlerin uygulanmasındaki zorlukları belirlemeye çalışmıştır. Seçilen bir binanın, öncelikle mevcut performansı 2007 Deprem Yönetmeliği'ne göre değerlendirilmiştir. Daha sonra çeşitli güçlendirme alternatifleri için maliyet kıyaslaması yapılmış ve en uygun modelin istenilen performans düzeyinde olup olmadığı kontrol edilmiştir.

Çizmecioğlu (2007) deprem sonrası onarım ve güçlendirilmesi yapılan betonarme okul binalarını parametrik olarak incelemiştir. Temeldeki iyileştirmeler bu çalışmanın kapsamı dışında tutulmuştur. İncelenen binalarda uygulanan betonarme kolonlarda mantolama ve betonarme perde ekleme yöntemlerine kısaca değinilmiştir. “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” yardımıyla bilinen onarım ve güçlendirme ilkeleri ele alınmış, seçilen okul binaları ile ilişkileri açıklanmıştır.

BÖLÜM 2. DEPREM VE DEPREM TEHLİKESİNİN TANIMLANMASI

2.1. Deprem Nedir?

Yerkabuğu içindeki kırılmalar nedeniyle ani olarak ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları ve yer yüzeyini sarsma olayıdır.

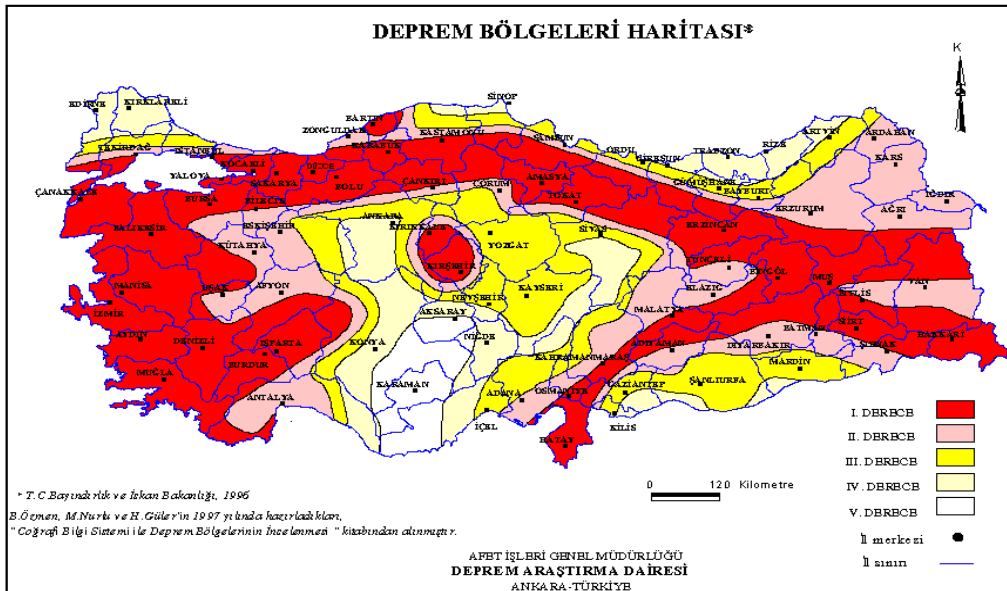
Magma üzerinde yüzen levhalar konveksiyonel akım sayesinde sürekli hareket halindedir. Kıtaların hareketi ile plato sınırlarında kaynama ve ayrılmadaki sürtünmeden oluşan kinetik enerji aniden büyük bir güçle boşalabilir. Yer katmanlarında oluşan bu şok dalgalarının sebep olduğu doğa olayına deprem denir.

2.2. Deprem Tehlikesinin Tanımlanması

Yer hareketleri yapıları her doğrultuda sarsabilir. Yapıların depreme dayanıklı olarak tasarlanması aşamasında, yer hareketinin o bölgede ne kadar büyük olabileceğini gösteren, mevcut aktif fay bölgelerine göre belirlenmiş deprem bölgeleri haritaları kullanılmaktadır. Haritalar, bilinen fay bölgelerinin özelliklerinden yola çıkarak, söz konusu bölgeyi deprem riskinin en fazla olduğu alandan en az olduğu alana göre sıralar. Ancak geçmiş depremlerden elde edilen veriler ışığında hazırlanan bu haritaların her yeni deprem sonrasında, belirli zaman aralıklarında yenilenmesi gerekir.

Yurdumuz beş ana deprem bölgesine ayrılmış olup deprem riski beşinci bölgeden birinci bölgeye doğru artmaktadır. Deprem bölgeleri haritası diri fay haritasıyla karşılaştırıldığında, deprem riski en yüksek bölgeler olan ana fayların birinci derece deprem bölgesi şeklinde işaretlendiğine dikkat edilmelidir. Söz konusu harita depreme dayanıklı yapı tasarımı için uyulması gereken kuralları içeren “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2007”de kullanılan haritadır.

Mühendisler, herhangi bir binanın tasarımında deprem riskini belirlemek amacıyla bu haritayı esas almaktadır. Örneğin, inşaat yapılacak alanın deprem özelliklerini belirlemek için deprem bölgeleri haritasına bakılır ve eğer birinci derece deprem bölgesinde ise, daha büyük deprem kuvvetine maruz kalacağı tespit edilmiş olur. Bu bölgede görülecek depremin büyüklüğüne göre, yapının inşaatında depreme dayanıklılık esas alınır. Dolayısıyla, farklı bölgelerde farklı deprem büyüklükleri görüldüğünden, beşinci ya da birinci derece deprem bölgesinde yer alması, bir binanın depreme karşı güvenliğini değiştirmeyecektir. İnşaat mühendisleri binaları, bulunduğu bölgenin deprem derecesine göre, depremin büyüklüğünü hesaplayarak inşa eder [1].



Şekil 2.1. Deprem Bölgeleri Haritası

2.3. Deprem Etkileri Altında Bina Davranışı

Deprem sırasında yapıya etkiyecek yüklerin büyüklüklerinin gerçeğe yakın şekilde bilinmesi gerekir. Deprem etkisiyle yer kabuğunda ani ötelenmeler olur ve yapıya şok etkisi yapar. Yapı ve zemin ayırık olduklarından deprem etkisinde yapıda yer hareketine ters doğrultuda atalet kuvvetleri oluşur. Yapıların düşey yüklerle beraber yatay yükleri de güvenli bir şekilde taşıması gerekir. Yapıya etkiyen sabit düşey

yüklere ilave olarak gelen hareketli yükler, benzer karakterdedir. Hareketli yüklerin etkisi belirli bir zaman içerisindedir.

Bu tür yüklerin etkisi altında yapıda herhangi bir hasar meydana geldiğinde, yük hemen boşaltılarak gerekli önlemler alınabilir. Deprem yükleri ise çok kısa bir zaman aralığında ani olarak gelen tesirlerdir. Bu yüklerle karşı, yükleme anında müdahale edebilmek ve önlem alabilmek mümkün değildir. Depremde yapıya etkiyen yükler, zemin titreşimlerinin yapıda oluşturduğu atalet kuvvetleridir. Bu yükler yapının kütlelerine, yapının titreşim periyoduna, deprem yükünün sönümlemesine ait dinamik özelliklerine, zeminin dinamik özelliklerine, deprem süresi ve sıklığına bağlıdır.

Depreme dayanıklı yapının projelendirilmesi, taşıyıcı sistemin boyutlandırılması, yürürlükteki deprem yönetmeliklerine uygun yapılmalıdır. Yapının ömrü boyunca karşılaşmayacağı, yaşanmayacak yüksek bir deprem kuvvetine göre boyutlandırılması ve yönetmeliklerdeki önlemler dışında ek önlemler alınması gereksizdir. İnsanların depreme dayanıklı yapılardan başka birçok ihtiyacı da bulunduğundan betonarme yapıların büyük depremlerde hasar görmeyecek şekilde boyutlandırılması, çok özel mühendislik yapıları dışında, ekonomik olmadığı gibi mantıklı da olmamaktadır. Deprem yönetmeliklerinin bu konudaki temel felsefesi;

- a) Küçük depremlerde yapıların hiç hasar görmemesi,
- b) Orta büyüklükteki depremlerde yapıların taşıyıcı elemanlarında önemli hasarların olmaması,
- c) Büyük depremlerde ise yapıların onarılamayacak kadar ağır hasar görmeleri ancak çökerek can ve mal kaybına neden olmamaları şeklindedir.

Deprem tesirine (yer titreşimine) karşı yapının gösterdiği davranış, yapının boyunun enine oranına, yapı elemanlarının rijitliklerinin plandaki dağılımına, malzeme cinsine, yapı ağırlığına ve bu ağırlığın yapı yüksekliğince dağılımına göre değişir. Depremde elastik yapının davranışını denetleyen dinamik özellik, hakim yanal titreşim periyodudur. Elastik davranış ile deprem etkilerinin tamamı karşılanamaz. Deprem tesirlerinin %15-25 kadar bir miktarının elastik davranış ile karşılanması, kalanının yapının plastik şekil değiştirmeleri ve yapı ile temelinin enerji tüketmesi ile

karşılacağı kabul edilir. Temel zemini depremde oluşan titreşim hareketinden dolayı temel dönmesi ve ötelemelere maruz kalır. Temelin hareketiyle üst yapıda harekete zıt yönde atalet kuvvetleri oluşur.

Yer kabuğu sürekli olarak hareket ve titreşim halindedir. Titreşimler yer kabuğunun bazı yerlerinde çok şiddetli, bazı yerlerinde ise ancak hassas aletlerle tespit edilebilecek düzeydedir. Taşıyıcı sistemde yapının kullanım ömrü boyunca meydana gelecek en şiddetli depremden zarar görmemesini temin edecek olan sadece sistemin taşıma gücü değildir.

Depreme dayanıklı yapı kavramının geliştirilmesinde, deprem sırasında yapılara etki eden kuvvetlerin belirlenmesi gerekir. Bu kuvvetler altında yapının davranışına, yapının türü göz önüne alınarak karar verilir. Ayrıca ekonomik kısıtlamalar, yapıda olması gereken dayanımın, güvenliğin ve estetiğin birlikte olması ile gerçekleştirilir. Yapıların hasar görme riski ve hasar düzeyi ne kadar küçülürse yapı maliyeti de o kadar artar. Depremde yapı riskini yapının ekonomisi ile dengeleyen bir yapı tasarımı yapılması gerekmektedir [2].

2.4. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Taşıyıcı Sistemin Önemi

Bir yapının iskeleti olarak düşünebileceğimiz taşıyıcı sistemin seçimi ve tasarımı son derece önemlidir. Betonarme bir yapının taşıyıcı sistemi, üzerine etkileyen yükleri kendi ağırlığıyla birlikte güvenli bir şekilde zemine aktarma görevini yerine getirebilmelidir. Taşıyıcı sistem seçilirken bu görevinin yanında ekonomik, estetik ve kullanım amacına uygun olması da göz önünde bulundurulmalıdır.

Bina türünde yapıların taşıyıcı sistemleri üç grupta toplanabilir:

- a) Düşey yüklerin doğrudan etkidiği, yatay ve yataya yakın plak ve kiriş gibi elemanların oluşturduğu kat döşemeleridir.
- b) Düşey ve düşeye yakın, perde, kolon gibi elemanlar sayılabilir.
- c) Yükleri zemine aktaran temeller yer alır.

Birinci grup içinde sayılan ve kat döşemelerini oluşturan elemanların yalnız düşey yükleri değil, özellikle depremden oluşan yatay yükleri de perde veya kolonlara aktarma durumunda oldukları unutulmamalıdır. Bu açıdan döşeme plağının kalınlığı, bir dökümlü (monolitik) oluşu ve düşey elemanlarla bağlantısı ile ilgili yapısal kurallar göz önünde tutulmalıdır. İkinci grup olarak anılan perde ve kolonlar, kat döşemesi ile birlikte bir çerçeve sistemi oluştururlar. Kolonların ve perdelerin yükler altında davranışları oldukça farklıdır. Perdeler büyük atalet momentleri ile kolonlara göre daha rijit olduklarından yer değiştirmelerin sınırlandırılmasında daha etkili bir taşıyıcı sistem elemanıdır. Buna karşılık, etriyelerin sıklaştırılması ile beton yeterince kuşatılarak kolonlarda dönüşümlü yükler altında da elastik sınırın ötesinde büyük yer değiştirmelere ulaşılabilir. Bu ise, kolonların daha sünek bir taşıyıcı eleman olarak üretilebileceği bu nedenle de depreme dayanım açısından daha elverişli olduğu anlamına gelir. Taşıyıcı sistemde dayanım ve sünekliğin yanında, bu özelliklerin sistemde yayılı olarak bulunması ve sistemin bütünlüğünün sağlanmış olması da önemlidir. Örneğin, birleşim bölgelerinin oluşturulmasında, donatının kenetlenmesinde, kiriş-perde birleşimlerinde uyulacak kurallar bu kapsamda sayılabilir.

Yukarıda belirtilen özellikler, yüksekliği fazla olmayan binalarda daha sünek bir sistem olduklarından kolonlardan oluşan çerçevelerin tercih edilmesi gerektiğini, buna karşılık yatay yükten meydana gelen yer değiştirmelerin sınırlandırılması önemli bir sorun olan yüksek binalarda, sağladıkları rijitlik dolayısıyla perdelerin kullanılması gerektiğini gösterir. Çoğunlukla yüksek binalarda da kolonlar ve perdeler birlikte kullanılır. Düşey taşıyıcı elemanları yalnız perdelerden oluşan sistemler, tünel kalıp kullanılarak, üretim hızı ve kalıptan ekonomi sağlanması amacı ile seçilebilirler [2].

2.5. Depreme Dayanıklı Yapı Taşıyıcı Sisteminin Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar

Betonarme bir yapının taşıyıcı sistemi, üzerine etkiyen yükleri ve kendi ağırlığını güvenli bir şekilde zemine aktarma görevini yerine getirebilmelidir. Bu görev

nedeniyle, yapının iskeleti olarak da düşünölebilecek olan taşıyıcı sistemin seçimi ve tasarımı son derece önemli olmaktadır.

Yapıların tasarımı mimari tasarım ve taşıyıcı sistem tasarımı olarak iki evreden oluşmaktadır. İnşaat mühendisleri, mimari tasarımı dikkate alarak, yapı taşıyıcı sistemini, bilimin ışığında tekniğe ve özellikle de kendisinin uygulamakla yükümlü olduğu yönetmelik ve standartlara uygun olarak hesaplamak ve tasarlamak zorundadır. Dolayısıyla her mimari tasarım için teknik ve yönetmelikler açısından uygun bir taşıyıcı sistem bulunmayabilir. Bu durumda, mimari tasarımın yeniden düzenlenmesi gerekir. Böylesi istenmeyen ve zaman alıcı durumların ortadan kaldırılabilmesi ve her yönüyle uygun bir taşıyıcı sistem oluşturulabilmesi için mimarın, inşaat mühendisinin ve zeminle ilgili çeşitli disiplinlerdeki teknik elemanların birlikte çalışmaları ve bilgi alışverişinde bulunmaları zorunlu olmaktadır. Bu nedenle depreme dayanıklı yapı taşıyıcı sisteminin seçiminde mimari projede hafiflik, basitlik ve simetri, düzgünlük ve süreklilik, plan ve kesit şekli, rijitlik ve dayanım, göçme modu, süneklik, temel zemini koşulları gibi hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir [3].

2.5.1. Hafiflik

Depremın etkisi yapı ağırlığı büyödükçe artmaktadır. Deprem yükü yapı ağırlığı ile doğrudan bağlantılıdır. Betonarme bir yapının hafif olması için, dolgu ve bölme duvarlarının hafif olması gereklidir, bu nedenle hafif dolgu malzemelerinin kullanılmasına dikkat edilmelidir. Özellikle ağır dış cephe kaplamaları ya da kalkan duvar bulunan yapılarda bunların genellikle stabilite bağlantılarının yapılmamış olması gibi durumlar hem yapının ağırlığının artmasına neden olmakta hem de yapıdan ayrılarak insanlara ve çevreye zarar verebilmektedir.

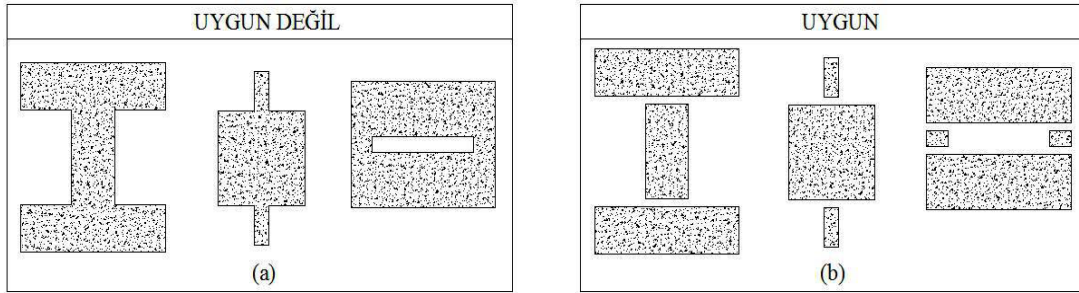
Depreme dayanıklı yapı tasarımında mümkün olduğunca yapı taşıyıcı elemanlarının ve taşıyıcı olmayan elemanlarının hafif olmasına özen gösterilmeli, zorunlu olmayan kütlelerin kullanılmasından kaçınılmalı, yapıda kullanılacak herhangi bir kütlenin depreme dayanıklılık kriterine uygun olması sağlanmalı, depreme karşı güvenliğin sağlanmasında belirli bir işlevin olmasına dikkat edilmelidir. Zira yapı ve

elemanların kütleleri ne kadar küçük olursa depremden dolayı oluşacak yatay kuvvetler de o denli küçük olacaktır [3].

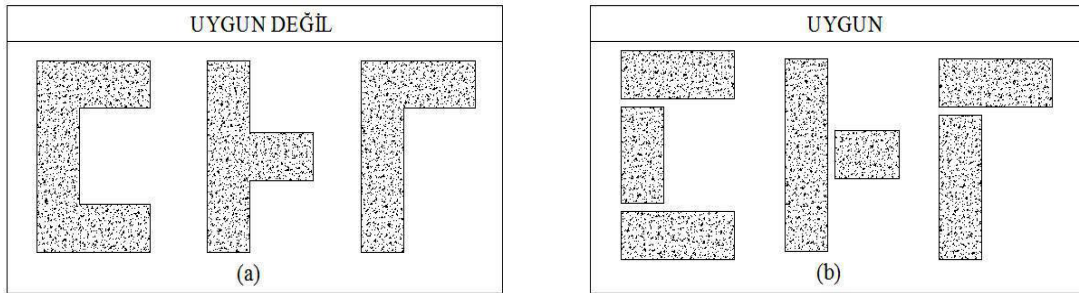
2.5.2. Basitlik ve simetri

Yapıların depremlere karşı performansları üzerinde yapılan araştırmalar, yapı ne kadar basit olursa depreme karşı davranışının o kadar iyi olduğunu göstermektedir. Zira basit bir yapının deprem etkisi altındaki davranışı da basit olduğundan deprem anındaki davranışını tahmin etmek ve buna göre çözümlene yapmak daha kolay olmaktadır. Karmaşık olan yapıları modellemek ve ek olarak ortaya çıkan burulma etkisini dikkate almak daha uzun ve yorucu işlemleri gerektirmektedir. Ayrıca basit bir yapının detaylarının çizimi daha kolay olmakta ve yapımda hata yapma olasılığı çok daha az olmaktadır. Benzer nedenlerden dolayı yapının simetrik olması da istenmektedir. Simetrik olmayan yapılarda gerek yük dağılımının gerekse rijitlik, dayanım ve sünekliğin belirlenmesi zor olacağından yıkıcı etkilere yol açabilen burulma etkilerinin oluşmasına neden olabilecektir [3].

Yapının planda kütle merkezinin değiştirilmesi için kattaki kütle dağılımını değiştirmek gerekir ki bu da zor bir işlemdir. Bu nedenle rijitlik merkezini değiştirme yoluna gidilir. Rijitlik merkezi kat kolonlarının rijitlikleri değiştirilerek veya sisteme perdeler ilave edilerek değiştirilebilir. Bunu yaparken de simetriye dikkat etmek gerektiği unutulmamalıdır. Bunun gibi nedenlerden ötürü yapının her iki doğrultuda simetriye sahip olması istenmektedir. Bu şekilde çözümlene sonucu elde edilen davranış şekliyle deprem etkisi sonucu oluşan davranış şekli birbirine yakın çıkmaktadır. Plandaki konumları H, L, T ve Y biçimindeki binalar oluşan depremlerde önemli derecede hasar görmüşlerdir. Bu nedenle simetrisinin yanı sıra yapıda basitliğin de bulunması gerekir. Örnek olarak; planda (+) biçimindeki yapı simetrik olmasına karşın, düzensiz bir yapı kabul edilmektedir. Bunun nedeni; binanın dış kısmına ve binaya bağlı olarak oluşturulan merdiven ve asansörler, rijitlik merkezini ağırlık merkezinden uzaklaştırdığından ek burulma meydana getirmektedir. Bu durumda binanın birleşim yerlerinden derzlerle basit parçalara ayrılması gerekmektedir. Simetri yalnızca plandaki şekille değil, taşıyıcı sistemde de sağlanmalıdır (Şekil 2.2 ve Şekil 2.3), [4].



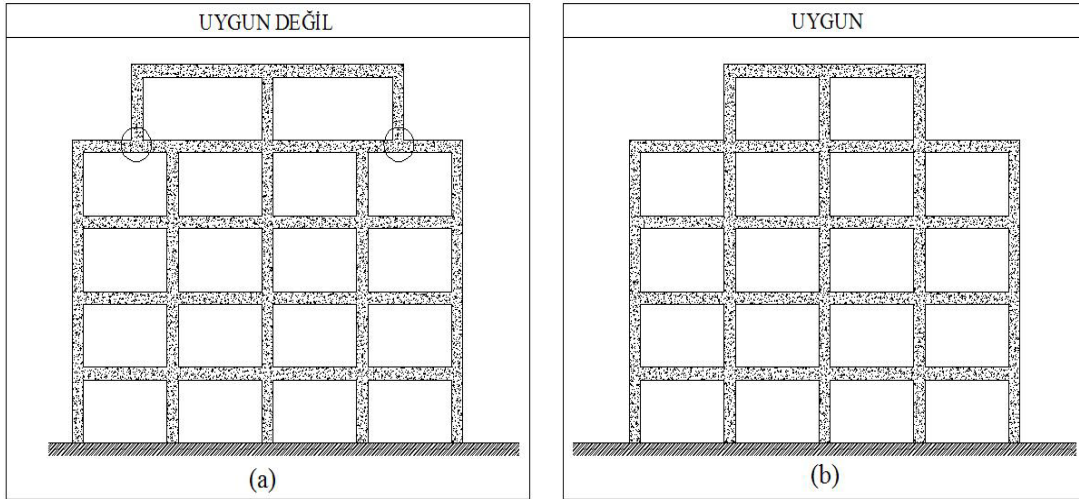
Şekil 2.2. (a) Planda ani rijitlik değişimi ve (b) planda simetri



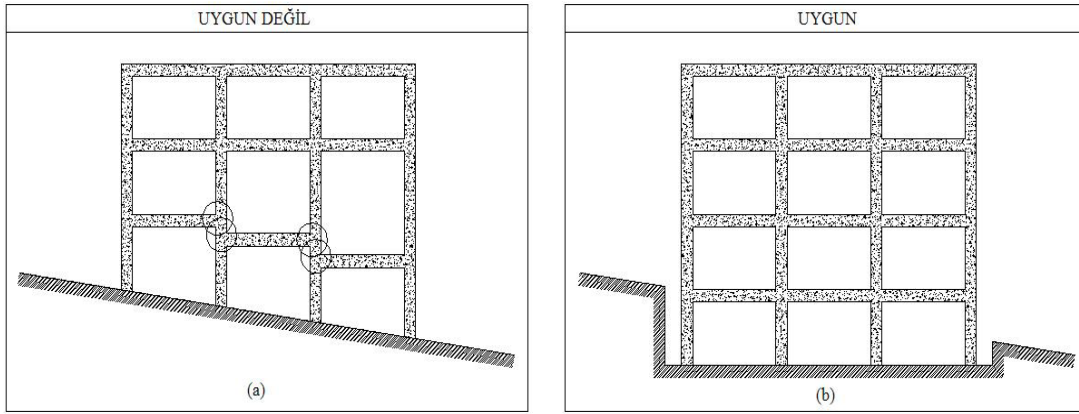
Şekil 2.3. (a) Planda simetriden ayrılma ve (b) planda simetri

2.5.3. Düzgünlük ve süreklilik

Yapı taşıyıcı sisteminde yatay ve düşey düzlemde bulunan elemanların düzgün ve sürekli olarak düzenlenmeleri önemlidir (Şekil 2.4 ve 2.5). Bu elemanların planda düzgün yerleştirilmesi sistemin belirli bölgelerinin aşırı zorlanmasını önlemektedir. Bu nedenle kolon ve betonarme perde gibi düşey taşıyıcı elemanlar temelden çatıya kadar sürekli olmalı, dış merkez mesnetlenmelerinden kaçınılmalıdır. Taşıyıcı sistemin sürekli olarak seçilmesi ile hem deprem anında elastik davranışın ötesindeki taşıma kapasitesi arttırılmış olurken adaptasyonun oluşmasına yardımcı olunmuş olacaktır. Ayrıca adaptasyon dolayısıyla oluşacak plastik mafsalların sayısı arttırılmış olacak ve yapının enerji yutan kısmı büyüyecektir [4].



Şekil 2.4. (a) Kirişe oturan kolonlar ve (b) sürekli düşey taşıyıcılar



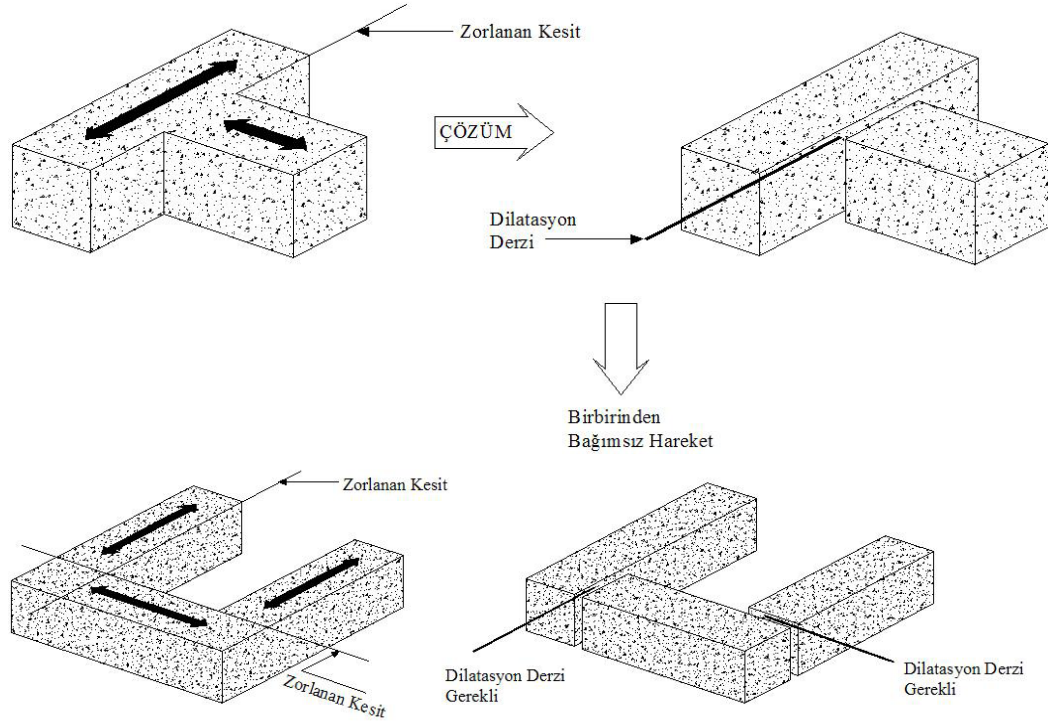
Şekil 2.5. (a) Kiriş süreksizliğinde belirsizlik ve (b) iyi çerçeve düzeni

2.5.4. Plan ve kesit şekli

Oluşan depremlerden edinilen bilgiler, plandaki şekli H, I, T, L ve Y şeklinde olan yapıların depremlerden daha çok hasar gördüklerini ortaya koymaktadır. Böyle durumlarda yapı kısımları derzlerle birbirinden ayrılmalı, her bir kısmın farklı bir yapı olarak davranması ve birbirinden etkilenmemesi sağlanmalıdır [4]. Bu duruma ilişkin bazı örnekler Şekil 2.6'da verilmektedir.

Planda uzun yapılar küçük olanlara göre zemin özelliklerinin değişiminden daha çok etkilenmektedirler. Özellikle tekil temele sahip uzun yapılar zemin değişimlerine daha çok hassas olmaktadır. Düşey kesitte de yapının plandaki boyutunun ani olarak azalmasından kaçınılmalıdır. Zira binanın narinliği arttıkça deprem etkileri

daha da önemli olmakta, yüksek modların davranışa olan etkisi artmakta, narinlik nedeniyle depremden dolayı meydana gelen devrilme momentleri büyümekte dolayısıyla da bina çevresinde bulunan kolonlar daha fazla zorlanmaktadır [3].



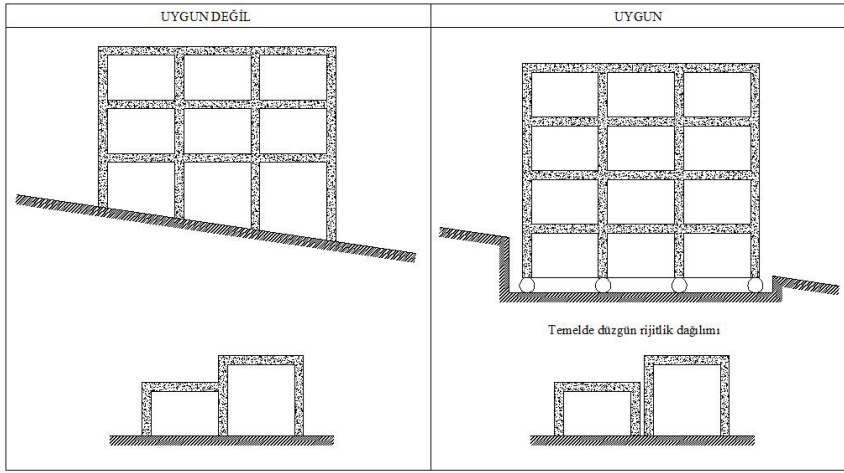
Şekil 2.6. Yapıların derzlerle ayrılmasına örnekler

2.5.5. Rijitlik ve dayanım

Yapının rijitliğinin artırılarak depremde oluşabilecek şekil ve yer değiştirmeleri azaltmak mümkün olduğundan taşıyıcı sistemde ve ona bağlı olan taşıyıcı olmayan kısımlarda hasarın azaltılabilmesi mümkün olmaktadır [5].

Elemanların sürekliliği yanında, rijitliklerinin de ani değişiklikler göstermeden devam etmesine gayret edilmelidir (Şekil 2.7). Zemin katının rijitliği düşük tutularak (yumuşak zemin kat) yapının kuvvetli yer hareketinden az etkilenmesini sağlanması düşünülebilir. Burada amaç yapıyı, sünger üzerindeki rijit blok gibi, kısa periyotlu zemin hareketinden korumaktır. Ancak, bunun gerçekleşmesi için kolon uçlarında, güç tükenmesine erişmeden enerji yutabilen, ideal plastik mafsallar yanında büyük kat yer değiştirmesine ihtiyaç vardır. Birinci koşulun tam gerçekleşmemesi ve ikinci koşulla normal kuvvetten önemli ikinci mertebeye etkiler ortaya çıktığı için, yumuşak

zemin kat ilkesinin tam tersine kaçınılması gereken bir durum olduğu belirlenmiştir. Gerçekte de, bu tür binaların depremlerde çok kötü davrandıkları, bazı durumlarda toptan göçmenin meydana geldiği görülmüştür. Temellerde yapılan özel düzenlerle binaların yer hareketine karşı yalıtılması da esas olarak yumuşak zemin kat ilkesine dayanmakta ise de, yumuşak katlı binaların aksine bu tür düzenlerin başarı ile uygulandığı bilinmektedir.

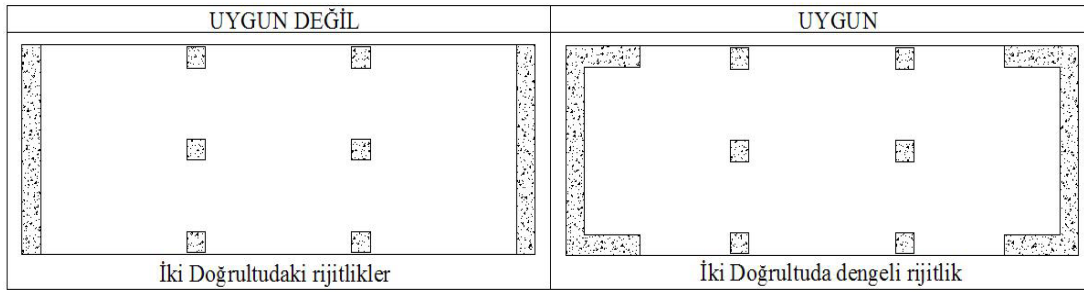


Şekil 2.7. Değişik rijitlikteki elemanlar ve bu elemanların düzenlenmesi

Yapı elemanlarının rijitliğini uygun seçerek, titreşim periyodunu belirli aralığa getirip deprem etkilerini küçültmek mümkündür (Şekil 2.8). Bunun için ilk yapılacak iş, spektrum eğrisinde bölgenin hakim periyodu ile yapının periyodunu birbirinden uzak tutarak rezonans olayını önlemektir. Örneğin, uzun zemin periyotlarının hakim olduğu bölgede, kısa periyotlu rijit az katlı yapılar uygun düşer. Genellikle bu tür bölgelerde derin tabakalar halinde yumuşak zemin bulunur ve yer hareketinin yüksek frekanslı bölümünü filtre ederek söndürür, geriye düşük frekanslı uzun periyotlu kısım kalır. Bunun karşıtı olan kayalık sert zemin bölgelerinde yer hareketinin yüksek frekanslı kısmı hakim olur. Buralarda yüksek periyotlu, çok katlı yapılar uygun düşer. Alışlagelen yapılarda diğer başka isteklerin bulunmasından dolayı, yukarıdaki koşullar çoğu zaman sağlanamaz. Ancak, temele yerleştirilen yer hareketi yalıtım düzenlerinin kullanılmasıyla, yapının dinamik davranışı değiştirilerek, deprem kuvveti azaltılabilir.

Deprem etkileri genellikle zemin kat seviyesinde en büyüktür. Zemin katın kendi düşey yükü yanında üst katlardaki düşey yükleri de taşıması gerekmektedir. Benzer

şekilde sabit ve hareketli düşey yük etkileri artarak, alt katta en büyük değerini alır. Bunun sonucu olarak bu kattaki elemanların dayanımlarının daha yüksek olması gerekir. Ancak kullanım şekli ve bazı mimari nedenlerden dolayı zemin katta hacimlerin geniş, taşıyıcı elemanların narin ve bölme duvarların az olması istenmektedir. Böyle bir durumda uygun bir yaklaşımla gerekli olan ile istenenin dengelenmesi önemli olmaktadır. Bu amaçla zemin katlarda Düşey Taşıyıcı Eleman Yoğunluğu tanımlanabilir. Düşey taşıyıcı elemanların kesit alanlarının toplam zemin kat alanına oranı olan bu yoğunluk 10–20 katlı çerçevesel çelik yapılarda %1 civarında ve perde çerçevesel betonarme yapılarda %2 civarındadır.



Şekil 2.8. İki doğrultuda çok farklı rijitlikli ve dengeli rijitlikli yapı elemanları

Yatay kuvvetler etkisinde yer değiştirmelerin hesabı yanal rijitliğin belirlenmesine bağlıdır. Brüt eleman kesitlerinden ve betonun başlangıç elastiklik modulünden hareket edildiğinde, bulunacak rijitlik yatay yükün çok düşük seviyesi için geçerli olmaktadır. Kullanılabilirlik sınır durumundaki rijitlik için, betonun çatlamasının göz önüne alınması uygundur. Yatay kuvvetin büyümesiyle donatıdaki akma ve donatıda ve betonda doğrusal olmayan davranışın hakim duruma geçmesi, rijitliği daha da azaltmaktadır. Binada taşıyıcı olmayan elemanlar, taşıyıcı olanlara göre daha az elastiktir ve daha gevrek bir davranış gösterirler.

Rijitliğin artırılması ile katların birbirine göre olan rölatif yatay ötelenmesini sınırlandırılarak özellikle taşıyıcı olmayan elemanlarda meydana gelebilecek hasarı sınırlandırmak mümkündür. Bunun yanında, özellikle yüksek yapılarda deprem sırasında düşey yüklerin ikinci mertebe etkilerini sınırlı tutmak için yerdeğiştirmelerin sınırlandırılması amacıyla rijitliğin artırılması gerekli olur [4].

Yeterli dayanımdan amaç ise, öncelikle taşıyıcı sistem elemanlarının, kendilerine etkiyen yük ya da yük etkileri nedeniyle oluşacak kesit tesirlerini göçmeden taşıyabilmesidir [6].

2.5.6. Göçme modu

Deprem etkisine karşı boyutlandırmada kesitler öngörülen etkilere karşı koyacak şekilde boyutlandırılırken, özellikle düşey taşıyıcıların dayanımlarını kaybederek tüm sistemin göçmesinden veya burkulma gibi ani göçmelerden uzak kalınması istenmektedir. Bu amaçla kuvvetli bir deprem durumunda, sistemin elastik ötesi davranışı göz önüne alınarak göçme durumunun incelenmesi gerekmektedir. Bazı durumlarda, kolon gibi düşey yük taşıyan elemanların güç tükenmeleri ile kesme veya basınç kuvveti taşıyan elemanların göçmelerinin sünek olmayacağı düşünülerek bu tür güç tükenmelerinin giderilmesi için önlem alınması yoluna gidilmektedir. Genel olarak birleşim bölgesinde kolon yerine kirişlerin kesitlerinde plastik mafsall oluşturarak güç tükenmesinin ortaya çıkması tercih edilir. Ancak, kiriş kesitlerinin katlar arasında fazla değişmemesi, kolon boyutlarının ise üst katlara doğru küçülmesi veya açıklıkların büyük olması gibi durumlarda bu özelliğin her zaman oluşmasını engeller. Böyle bir durumda deprem yükleri arttırılarak boyutlama yapılması bir çözüm yolu olabilmektedir [7].

2.5.7. Süneklik

Seyrek meydana gelecek şiddetli deprem etkisini, yapının elastik davranışının üzerinde değiştirerek karşılanması öngörülür. Böyle bir durumda elastik olmayan davranış önem kazanmaktadır. Yapının elastik sınırı geçip, sünerek kesit zorlarında önemli artmalar olmadan şekil değiştirme yapması arzu edilmektedir. Böylece depremin dinamik etkisi elastik ve geri dönüşümlü olmayan enerji türüne dönüşerek yutulur ve sönümlenir.

Bir doğrultuda yükleme durumunda süne bölgesinin uzun olması ve tekrarlı yön değiştiren yükleme durumunda ortaya çıkan çevrimlerin geniş olması ile süneklik artmaktadır.

μ , süneklik katsayısını, δ_u maksimum deformasyonu ve δ_y akma anındaki deformasyonu göstermek üzere;

$$\mu = \delta_u / \delta_y$$

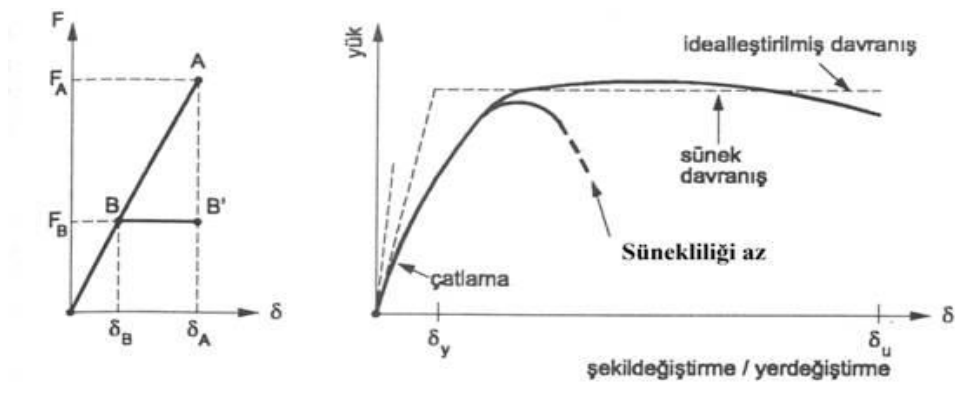
bağıntısı ile tanımlanmaktadır.

Bir yapı sünekse, deprem sırasında zeminden yapıya iletilen enerjinin büyük bir kısmı elastik sınırın ötesindeki büyük genlikli titreşimler, yapının dayanımını da önemli bir kayba uğratmadan, yutulur. Süneklik sayesinde, yüklemenin aşırı artmasından plastik mafsallarda oluşan kesitlerde plastik şekil değiştirmelerle enerji alınırken, iç kuvvetlerin daha az zorlanan kesitlere dağılması sağlanır. Bu arada, sünekliğin müsaade edilen hasarla orantılı olduğu unutulmamalıdır. İyi düzenlenmiş sünek taşıyıcı sistemde deprem enerjisi, kontrollü hasarlarla, göçmeden uzak kalınarak karşılanmış olmaktadır. Sünekliğin gereği olan plastik mafsalların meydana gelmesi için sistemin hiperstatik olması gerekir.

Yerinde dökme betonarme taşıyıcı sistemlerde bir elemandan diğerine moment aktarımı gerçekleşecek şekilde düğüm noktalarının teşkil edilmesi hiperstatiklik derecesinin artmasını sağlamaktadır. Hiperstatiklik derecesinin yüksek olması için, kolon ve kiriş birleşim bölgeleri birleşen elemanlar arası yük iletimini sağlayabilmelidir.

Yapıda büyük hasarların ve toptan göçmenin önlenmesi, taşıyıcı sistemin yatay yük dayanımının büyük bir kısmını büyük elastik ötesi yer değiştirmelerde de devam ettirebilmesi ile mümkündür. Taşıyıcı sistemin elemanlarının veya kullanılan malzemenin elastik ötesi davranışta da şekil ve yer değiştirmeler artarken, dayanımının önemli bir kısmını sürdürme özelliği de sünekliğe bağlıdır. Sünek kavramı aynı zamanda büyük şekil değiştirme ve yer değiştirme yapabilme, tekrarlı yüklemelerde enerji söndürebilme özelliğini de içermektedir. Şekil 2.9'da görüldüğü gibi sünek olan ve sünek olmayan (gevrek) davranışa ait yük-yer değiştirme eğrilerinde, eğrinin yataya yakın olarak devam etmesi durumunda göçme olmadan yapı yük taşımaya devam edecektir. Bu durumda sisteme giren enerjinin bir kısmı

doğrusal olmayan davranış sebebiyle sönümlenirken, ortaya çıkan büyük şekil değiştirmeler elemanlar arası yardımlaşmaya imkân verecek ve taşıma kapasiteleri olan elemanların devreye girmesi (adaptasyon) sağlanacaktır. Depremlerde sünekliğin sağlanmaması büyük hasarların nedenlerinden birisidir. Kesit, kesitin bulunduğu eleman ve elemanların oluşturduğu taşıyıcı sistem için ayrı ayrı süneklik tanımlanabilir. Taşıyıcı sistemin sünek davranış gösterebilmesi için kullanılan malzemeler sünek olmalıdır. Donatının kopma gerilmesinin öngörülen değeri sağlaması yanında kopma uzamasının da yönetmelikte verilen sınırın altına düşmemesi gerekir. Donatının basınç gerilmelerinin altında da sünek davranış gösterebilmesi için burkulmaya karşı korunmuş olması gerekmektedir [4].



Şekil 2.9. Elastik olan ve olmayan kuvvet-yerdeğiştirme grafiği ve betonarme elemanda yük-yer değiştirme eğrisi

2.5.8. Temel zemini koşulları

Yapıların normal kullanım koşullarını sağlaması için yapı temel zemininin dayanımının yüksek olması, aşırı oturma veya izin verilenden fazla farklı oturma yapmaması gibi bazı şartların sağlanması gerekmektedir. Temel zemininin dayanımının aşılması durumunda yapı güvenliği tehlikeye girip göçme meydana gelebilmektedir. Bu nedenle yapı taşıyıcı sistemi seçiminde temel zemininin gerekli koşulları sağlaması gerekmektedir.

Temel zemini olarak kaya gibi dayanımı yüksek olan ve diğer istenen şartları sağlayan zeminlerin seçilmesi uygun olmaktadır. Ayrıca deprem sırasında suya doygun kumlu zeminlerde meydana gelebilecek zeminlerde sıvılaşma gibi yapılarda

sorun meydana getirecek zemin durumlarının da dikkate alınması gerekmektedir [3]. Sonuç olarak, depreme dayanıklı bir tasarımda aşağıdaki noktalara dikkat edilmesi gerekir:

- 1)Plan ve düşey kesitte yapı, mümkün olduğu kadar basit olmalıdır.
- 2)Temel sağlam ve düzgün özellikli zemine oturmalıdır.
- 3)Deprem etkisini taşıyacak elemanlar, planda burulma olmayacak şekilde düzenlenmelidir.
- 4)Yapı elemanları gerekli yeterli dayanımları yanında sünek olmalıdır.
- 5)Meydana gelen şekil değiştirme ve yer değiştirmeler güvenliği zedelememeli ve kullanımı engellememelidir.

2.6. Mevcut Yapıların Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi

Binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi için yapılması gereken ana işlemler aşağıda özetlenmiştir [1].

- Öncelikle binaların deprem güvenliğini belirleyecek uzmanlara danışılmalıdır. Bunlar üniversitelerin inşaat mühendisliği bölümleri, inşaat mühendisleri odaları ve Bayındırlık Bakanlığı sertifikalarına sahip inşaat mühendisleridir.
- Bina güvenliğinin belirlenmesinin ilk adımı, binanın projesine göre yapıp yapılmadığının yerinde tespit edilmesidir. Taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların boyutları ve yerleşimleri projeye kontrol edildikten sonra, farklılıklar dikkate alınarak yapının mevcut durumunun projesi hazırlanır.
- Kullanılan malzemelerin projede öngörülen dayanıma sahip olup olmadığının incelenmesi için binanın belirli noktalarından alınan beton ve demir örnekleri laboratuvarlarda test edilir. Böylece mevcut malzeme kalitesi ve özellikleri belirlenmiş olur.
- Belirlenen geometri, taşıyıcı sistem ve malzeme kalitesinden yola çıkılarak, “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2007”de belirtilen kurallar çerçevesinde hesaplamalar yapılır.

Tüm bilgiler ışığında elde edilen sonuçlar yine aynı yönetmelikte verilen kriterler doğrultusunda değerlendirilerek yapının deprem güvenliği konusunda bir karara varılır.

2.7. 1975, 1998 ve 2007 Türk Deprem Yönetmeliklerinin Karşılaştırılması

Tablo 2.1. 1975, 1998 ve 2007 Türk Deprem Yönetmeliklerinin karşılaştırılması

	1975 Deprem Yönetmeliği	1998 Deprem Yönetmeliği	2007 Deprem Yönetmeliği
Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü	$F=C.W$	$V_t=W.A(T_1) / R_a(T_1)$	$V_t=W.A(T_1) / R_a(T_1)$
Toplam Bina Ağırlığı	W	W	W
Deprem Katsayısı	$C=C_0.I.S.K$	-	-
Yapı Tipi Katsayısı	K	-	-
Spektral İvme Katsayısı	-	$A(T_1)=A_0.I.S(T_1)$	$A(T_1)=A_0.I.S(T_1)$
Yapı Önem Katsayısı	I	I	I
Deprem Böl. Katsayısı	C_0	-	-
Etkin Yer İvme Katsayısı	-	A_0	A_0
Spektrum Katsayısı	$S=1 / (0,8+T-T_0)$	$(0 \leq T_1 \leq T_A) \rightarrow$ $S(T_1) = 1+1,5.T_1/T_A$ $(T_A < T_1 \leq T_B) \rightarrow S(T_1)=2,5$ $(T > T_B) \rightarrow$ $S(T_1)=2,5.(T_B/T_1)^{0,8}$	$(0 \leq T_1 \leq T_A) \rightarrow$ $S(T_1) = 1+1,5.T_1/T_A$ $(T_A < T_1 \leq T_B) \rightarrow$ $S(T_1) = 2,5$ $(T > T_B) \rightarrow$ $S(T_1) = 2,5.(T_B/T_1)^{0,8}$
Yapının Normal Birinci Moduna Ait Doğal Periyodu	$T = (0,09.H) / \sqrt{D}$ veya $T=(0,07-0,1).N$	-	-
Zemin Doğal Periyodu	T_0	-	-
Spektrum Karak. Periyotları	-	$T_A - T_B$	$T_A - T_B$
Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı	-	-	$(0 \leq T \leq T_A) \rightarrow R_a(T_1)$ $=1,5+(R-1,5).T/T_A$ $T > T_A \rightarrow R_a(T_1) = R$
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	-	R	R
Son Kat Hızına Etki Eden Ek Yatay Kuvvet	F_t	ΔF_N	ΔF_N
	$H/D \leq 3 \rightarrow F_t = 0$ $H/D > 3 \rightarrow$ $F_t = 0,004.(H/D)^2.F \leq 0,15F$	$H_N = 25m \rightarrow \Delta F_N = 0$ $H_N > 25m \rightarrow$ $\Delta F_N = 0,07.T_1.V_t \leq 0,2.V_t$	$\Delta F_N = 0,075.N.V_t$

2.8. Betonarme Binaların Deprem Performansları (TDY 2007-Bölüm 7)

Yapıların deprem güvenliği ve deprem sonrasındaki performansları, deprem etkisine maruz kalan yapıda oluşması beklenen hasarların durumuna göre belirlenir. Bunun için dört farklı hasar durumu tanımlanmıştır. DBYBHY-2007'de tanımlanan performans düzeyleri ve uygulama kuralları aşağıda verilmiştir.

2.8.1. Hemen kullanım performans düzeyi

Bu performans düzeyinde belirlenen deprem etkisine maruz kalan yapısal elemanlarda oluşan hasar yok denecek kadar azdır. Yapı elemanları deprem öncesi sahip oldukları rijitlik ve dayanım özelliklerini hemen hemen korumaktadırlar.

Yapıda kalıcı ötelenmeler oluşmamış, yani yapı elastik sınırlar içinde kalmıştır. Çok az sayıda elemanda (özellikler kirişlerde) akma sınırı aşılmış olabilir. Çatlamların olduğu yapısal olmayan elemanların hasarları onarılabılır düzeydedir. Hemen kullanım seviyesinde herhangi bir katta, belirlenen her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10'u Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü Minimum Hasar Bölgesi'ndedir. Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile bu durumdaki binaların Hemen Kullanım Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir.

2.8.2. Can güvenliği performans düzeyi

Belirlenen deprem etkisine maruz kalan yapıda bazı yapısal elemanlarda hasar görülür. Hasar gören bu elemanlar deprem öncesi sahip olduğu yatay rijitliklerini ve dayanımlarını önemli ölçüde korumaktadırlar. Düşey yüklerin taşınması konusunda herhangi bir problem söz konusu değildir. Dolgu duvarlar can güvenliğini tehlikeye sokacak kadar hasar görmemiş ve yıkılmaları söz konusu değildir. Yapıda meydana gelen az miktardaki kalıcı ötelenmeler ve şekil değiştirmeler minimum düzeydedir. Can Güvenliği Seviyesi'nin belirlenmesinde aşağıdaki yol izlenir. Buna göre eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Can Güvenliği Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir:

(a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %30'u ileri hasar bölgesine geçebilir.

(b) İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.

(c) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, 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 kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.

2.8.3. Göçme öncesi performans düzeyi

Yapısal elemanların önemli bir kısmında hasar görülür. Taşıyıcı elemanlardan bazıları, deprem öncesi sahip oldukları rijitliklerinin ve dayanımlarının çok önemli bir kısmını kaybetmiştir. Düşey taşıyıcı elemanlar ancak düşey yükleri taşıyabilmektedir. Yapıda aksenel kapasitelerine ulaşmış taşıyıcı elemanlar bulunabilir.

Yapısal olmayan elemanların hemen hemen hepsi hasar görmüştür. Hatta dolgu duvarların bazıları can güvenliğini tehlikeye sokacak kadar hasarlıdır veya bu duvarlar yıkılmıştır. Yapıda geri dönüşü olmayan ötelemeler oluşmuştur. Bu performans seviyesine göre gevrek olarak hasar gören tüm elemanların Göçme Bölgesi'nde olduğunun göz önüne alınması kaydı ile aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Göçme Öncesi Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir.

(a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir.

(b) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, 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 kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.

(c) Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

2.8.4. Göçme durumu

Bina Göçme Öncesi Performans Düzeyi'ni sağlayamıyorsa Göçme Durumu'ndadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır. Yapı artık göçme durumuna gelmiştir. Düşey elemanların bir bölümü göçmüştür. Göçmeyen elemanlar düşey yükleri taşıyabilmektedir, ancak yatay rijitlikleri ve dayanımları çok azalmıştır. Yapısal olmayan elemanların büyük çoğunluğu göçmüştür. Yapıda belirgin kalıcı ötelenmeler oluşmuştur. Yapı tamamen göçmüştür veya yıkılmanın eşiğindedir ve daha sonra meydana gelebilecek artçı depremler altında bile yıkılma olasılığı yüksektir. Taşıyıcı olmayan elemanların hasarı ve kat rölatif yer değiştirmeleri gibi hususlar kontrol edilmez [8].

Tablo 2.2. Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri

<i>Binanın Kullanım Amacı ve Türü</i>	<i>Deprem Aşılma Olasılığı</i>		
	50 yılıda %50	50 yılıda %50	50 yılıda %50
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	-	HK	CG
İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	-	HK	CG
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	HK	CG	-
Tehlikeli Madde İçeren Binalar: Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	-	HK	GÖ
Diğer Binalar: Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, vb.)	-	CG	-

HK: Hemen Kullanım; **CG:** Can Güvenliği; **GÖ:** Göçme Öncesi

2.9. Mevcut Betonarme Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi (TDY 2007-Bölüm 7)

2.9.1. Bilgi düzeyleri

Binaların incelenmesiyle elde edilecek mevcut durum bilgilerinin kapsamına göre her bina türü için bilgi düzeyi ve buna bağlı olarak bilgi düzeyi katsayıları tanımlanır.

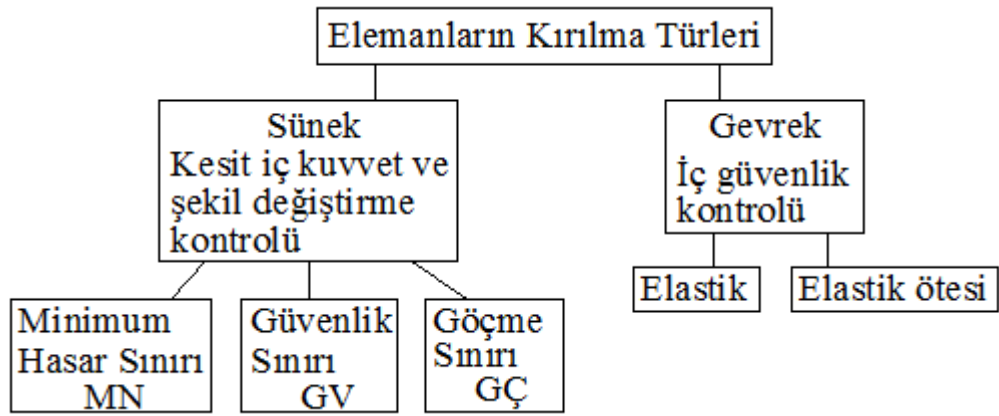
Binalar için bilgi düzeyi katsayıları Tablo 2.3’de verilmiştir. Bilgi düzeyleri sırasıyla sınırlı, orta ve kapsamlı olarak sınıflandırılır. Elde edilen bilgi düzeyleri taşıyıcı eleman kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılır.

- Sınırlı bilgi düzeyi’nde binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değildir. Taşıyıcı sistem özellikleri binada yapılacak ölçümlerle belirlenir. Sınırlı bilgi düzeyi; hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık, belediye yönetim binaları ve afet yönetim merkezleri gibi Deprem Sonrası Hemen Kullanımı Gereken Binalar ile okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri ve müzeler gibi İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar için uygulanamaz.
- Orta bilgi düzeyi’nde eğer binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değilse, sınırlı bilgi düzeyine göre daha fazla ölçüm yapılır. Eğer projeler mevcut ise, sınırlı bilgi düzeyinde belirtilen ölçümler yapılarak proje bilgileri doğrulanır.
- Kapsamlı bilgi düzeyi’nde binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcuttur. Proje bilgilerinin doğrulanması amacıyla yeterli düzeyde ölçümler yapılır.

Tablo 2.3. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

2.9.2. Yapı elemanlarında hasar sınırları ve hasar bölgeleri



Şekil 2.10. Yapı elemanlarının kırılma türleri

BÖLÜM 3. YAPI HASARLARININ TÜRLERİ, NEDENLERİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

3.1. Betonarme Elemanlarda Deprem Hasarları

3.1.1. Duvar hasarları

Betonarme binaların projelendirilmesinde, bölme duvarların taşıyıcı sistemin yatay rijitliğine ve kapasitesine olan etkisi hesaba katılmaz. Ancak, bu katkı düşünülerek, özellikle zemin katlarda rijitlik ve zemin dayanım zayıflığı ortaya çıkmaması için tedbirler alınır. Bunun gibi, duvarlarda meydana gelen hasarların incelenmesi, taşıyıcı sistemin davranışının daha gerçekçi anlaşılmasına yardımcı olur. Duvarlarda hasar oluşmasının başlıca dört ana nedeni vardır. Bunlar ;

- a) Deprem titreşimleri,
- b) Temel oturması,
- c) Çevreden gelen yapay titreşimler,
- d) Aşırı sehim.

Taşıyıcı sistemin deprem yükü altındaki yatay ötelenmesinden dolayı, duvarlar kesme kuvveti ile zorlanırlar. Duvar malzemesinin çekme gerilmelerine karşı zayıflığı, X şeklindeki çatlakların meydana gelmesine ve bazı durumlarda dağılmasına neden olur. Bazı durumlarda, duvarın kiriş ve kolonla olan ara kesitinde yatay ve düşey ayrılma çatlakları görülebilir. Oluşan çatlaklar üst katlara doğru gidildikçe azalan boyutlardadır. Özellikle duvar kolon-kiriş düzleminde bulunmuyorsa veya L şeklinde ise, duvarda çatlaklar ve hasar daha belirgin şekilde ortaya çıkar (Şekil 3.1).

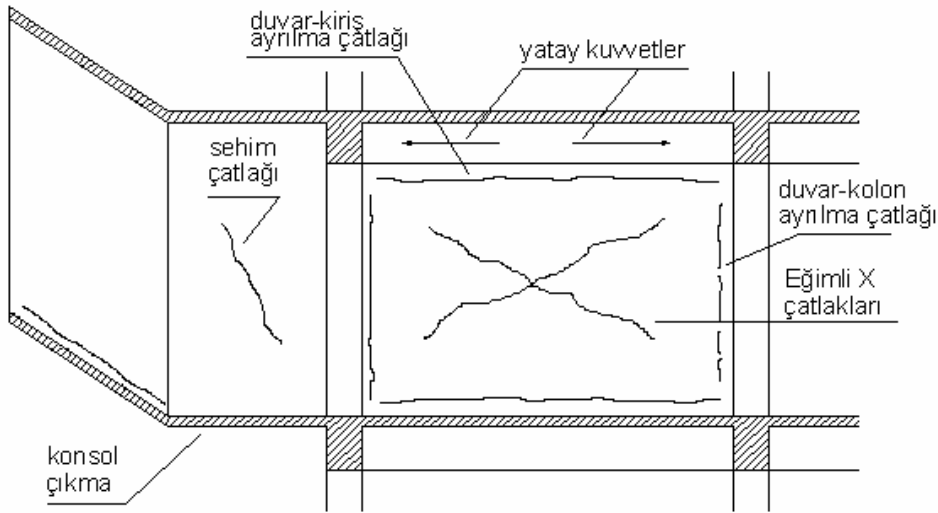
Temel oturması, temel altındaki zeminin ani veya zamana bağlı oturmasıdır. Oturma sonucu oluşan boşluklar duvar tarafından doldurulamayacağından askıda kalan duvar

çatlar. Oluşan çatlaklar yine beklendiği gibi üst katlara doğru gidildikçe azalan boyutlardadır.

Taşıyıcı elemanların belirli bir rijitliğin altında yapılmış olması durumunda çevreden gelen yapay titreşimlerden etkilenen duvarlarda oluşan titreşimlerde duvarı çatlatabilir. Yapıların içinde titreşim yapan makineler, yollardan geçen ağır vasıtalar, yapı temelleri altından geçen metrolar bu tür hasarlara neden olabilirler.

Betonarme yapılarda konsol çıkmaların uçlarında oluşan aşırı sehimler, konsolun ucuna oturan duvarda boydan boya uzanan yatay çatlaklar oluşturur. Aşırı sehimler sonucu aynı zamanda yan duvarlarda da eğik çekme çatlakları oluşur. Konsol çıkmanın kalıbı erken sökülürse, zamana bağlı uç sehimler sünme olayı sonucu artar. Konsolun tam ankastre olarak kolon veya kirişe bağlı olmaması, beton mukavemetini düşük olması gibi durumlarda konsol kiriş uçlarındaki sehimler aşırı derecede artar ve çatlaklar belirginleşir [9].

Duvar çatlakları incelenerek, binanın hangi doğrultuda daha rijit olduğu veya depremin kuvvetli doğrultusu hakkında da tahmin yapılabilir.



Şekil 3.1. Duvarda oluşabilecek hasarlar

3.1.2. Döşeme hasarları

Deprem yüklerinin kolon ve perdelerine iletilmesinde, döşeme etkin bir rol oynar. Deprem kuvvetleri yapıya kat düzlemleri boyunca döşemeye dik doğrultuda etkiler. Bu durumda döşeme rijitlikleri büyük olduğu için deformasyon yapamadıklarından, yükleri kolon ve perde rijitlikleri ile orantılı olarak bu elemanlara ilettikleri varsayılır. Döşemelerde düşey yüklerden meydana gelen çatlaklar depremde daha belirgin hale gelir veya büyür. Çok önemlileri dışında döşeme çatlakları taşıyıcı sistemin güvenliğini büyük ölçüde etkilemez.

Döşemede oluşan çatlakların çoğu açıklık ortasındaki aşırı sehim çatlaklarıdır. Döşemenin kirişle birleştiği yerde üstte mesnette, kiriş kenarına paralel çatlaklar oluşabilir. Bu durum, donatının yetersiz olmasına, beton örtü kalınlığının sağlanmayıp döşeme kesitlerinde moment kollarının azaltılmasına, kalıbın erken alınarak beton mukavemetini tam kazanmadan döşemenin yüklenmiş olmasına veya beton taşıma gücünün hesapta kabul edilen değerden daha düşük olduğuna işaret eder. Konsol döşemelerin mesnet kesitinde de benzer çatlaklar oluşabilir. Bu durum düşey yükler yanında depremin düşey bileşeninin etkisine de işaret eder. Döşemelerde önemli boşluğun bulunması halinde köşelerde gerilme yığılması nedeniyle çatlaklar oluşabilir.

3.1.3. Kiriş hasarları

Kirişlerde meydana gelen eğilme çatlakları büyük olmadıkları sürece taşıyıcı sistemin güvenliğini önemli ölçüde etkilemez. Kiriş çatlaklarının pek çoğu, düşey yüklerde mevcut olanların büyümesi şeklindedir. Eğilme çatlaklarına göre sünek olmayan özellikleri nedeniyle kayma çatlaklarının daha çok üzerinde durulması gerekir. Bunların da sistemin taşıyıcılık güvenliğini tehlikeye düşürmeleri ancak çatlak genişliğinin çok büyük olduğu ender durumlarda söz konusudur.

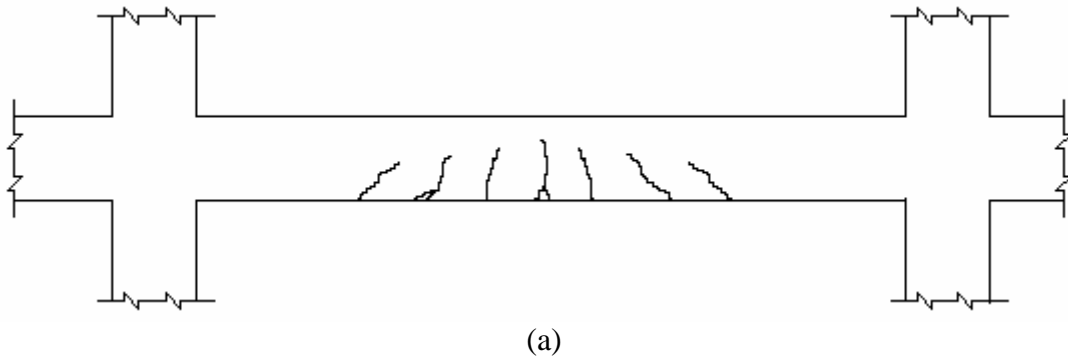
Betonarme kirişlerde düşey yükler etkisi ile kiriş açıklığında eğilme çatlakları meydana gelir. Kiriş açıklığına yerleştirilen donatı yetersizse, bu bölgede donatılardaki gerilme ‘‘akma limiti’’ni aşması durumunda betonda çatlamlar

meydana gelir. Eğilme çatlaklarının cm. boyutuna ulaşması donatıda akma limitinin aşıldığının göstergesidir (Şekil 3.2-a).

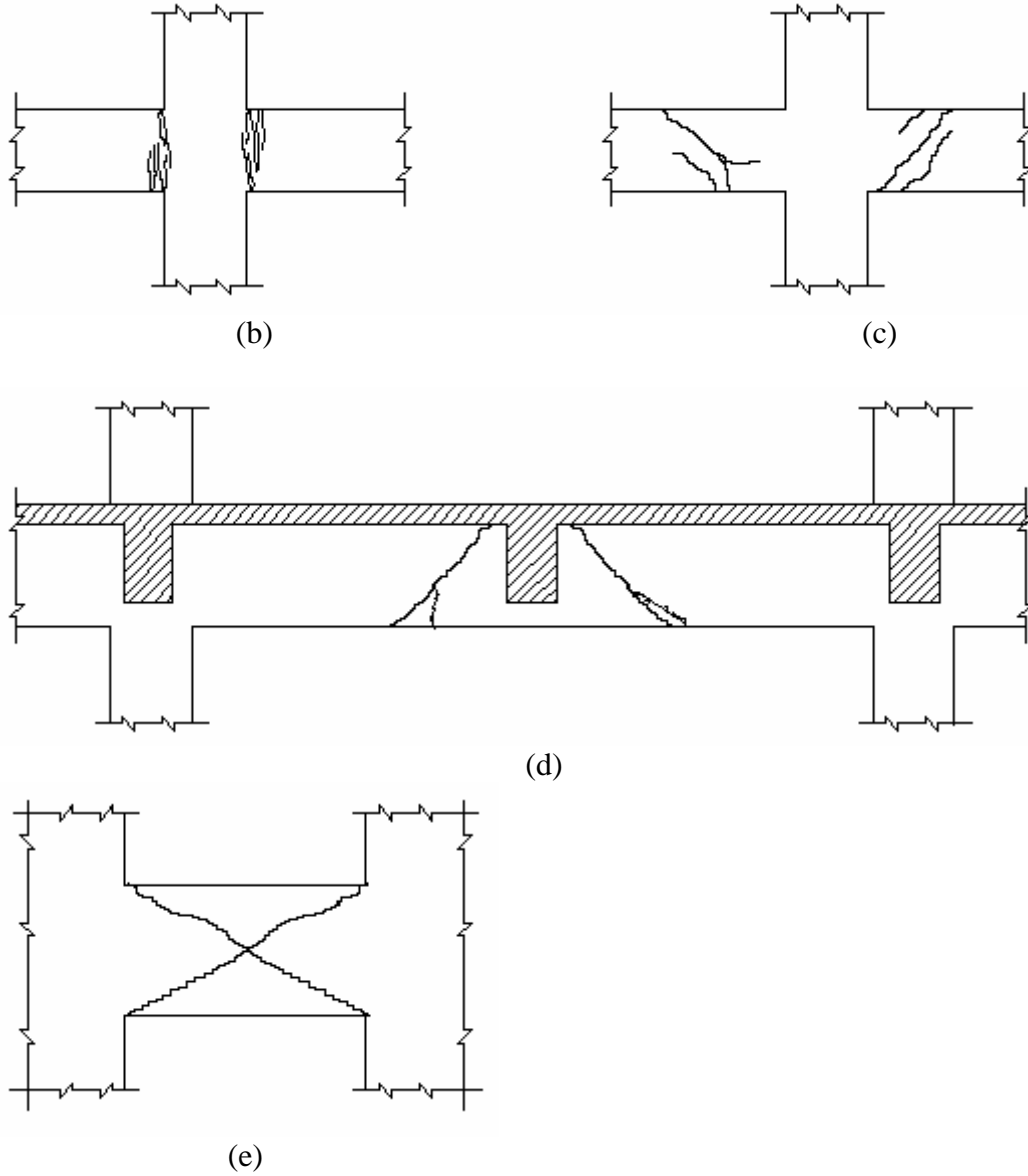
Deprem etkisinde özellikle kirişin mesnet bölgeleri zorlanır ve buralarda altta ve üstte kiriş eksenine dik yönde eğilme çatlakları ve köşegen kayma çatlakları oluşabilir. Ancak kiriş mesnetlerinde kiriş kesitinin büyük olması ve döşeme donatısının varlığı nedeni ile kiriş mesnetlerinin üstüde çekme çatlakları pek görülmez. Mesnetlerde kayma gerilmesi sonucu oluşan çekme kuvvetleri betonu yatayla 45° 'lik açı yapacak şekilde çatlattır. Bu gibi çatlaklara pilye donatısının yetersiz olduğu durumlarda rastlanır (Şekil 3.2-b-c).

Bazı durumlarda bir kirişin mesnetlerine yakın yerlerde başka kirişler saplanır. Bu saplama noktalarında bu kirişlerden tekil yükler etkisi ile ana kirişte pozitif momentler oluşur. Bu noktadaki kesitler negatif momentlere göre hesap edildikleri için donatı kirişin üstüne yerleştirilmiş olup, alt tarafında yeterli donatı bulunmaz ve ana kiriş bu noktada çatlaklar (Şekil 3.2-d).

Sıkça görülen ve kısa kolonlarda meydana gelen duruma benzeyen kiriş hasarlarından biri de kısa açıklıklı bir kirişin perdeye birleştiği mesnet bölgelerinde görülen X şeklindeki kayma çatlaklarıdır. Özellikle, iki perde arasında bulunan bağ kirişlerinde bu tür çatlaklar her iki mesnette meydana gelebilir (Şekil 2.2-e).



Şekil 3.2. Kirişte oluşabilecek hasarlar



Şekil 3.2. (Devam)

3.1.4. Kolon hasarları

Betonarme çerçevelerde, kolonlar kirişlere oranla depremden daha çok etkilenirler. Hasarlar, öncelikle dolgu duvarlarda başlar, sonra kolon uçlarında çekme ve basınç hasarları gelişir. Son olarak kolon uçlarında mafsallaşmalar başlar. Bu durumda kolon-kiriş rijit birleşimleri, mafsallı birleşimlere dönüşerek deprem enerjisi harcanmış olur. Özellikle narinliğin büyük olduğu ($\alpha=(L/2h)>3.5$) kolonlarda büyük eğilme momenti, hakim normal kuvvetle beraber beton basınç bölgesinde ezilme ve parçalanmalara neden olur. Depremin yön değiştirmesi sonucu kolonun her iki yüzünde bu hasar meydana gelir.

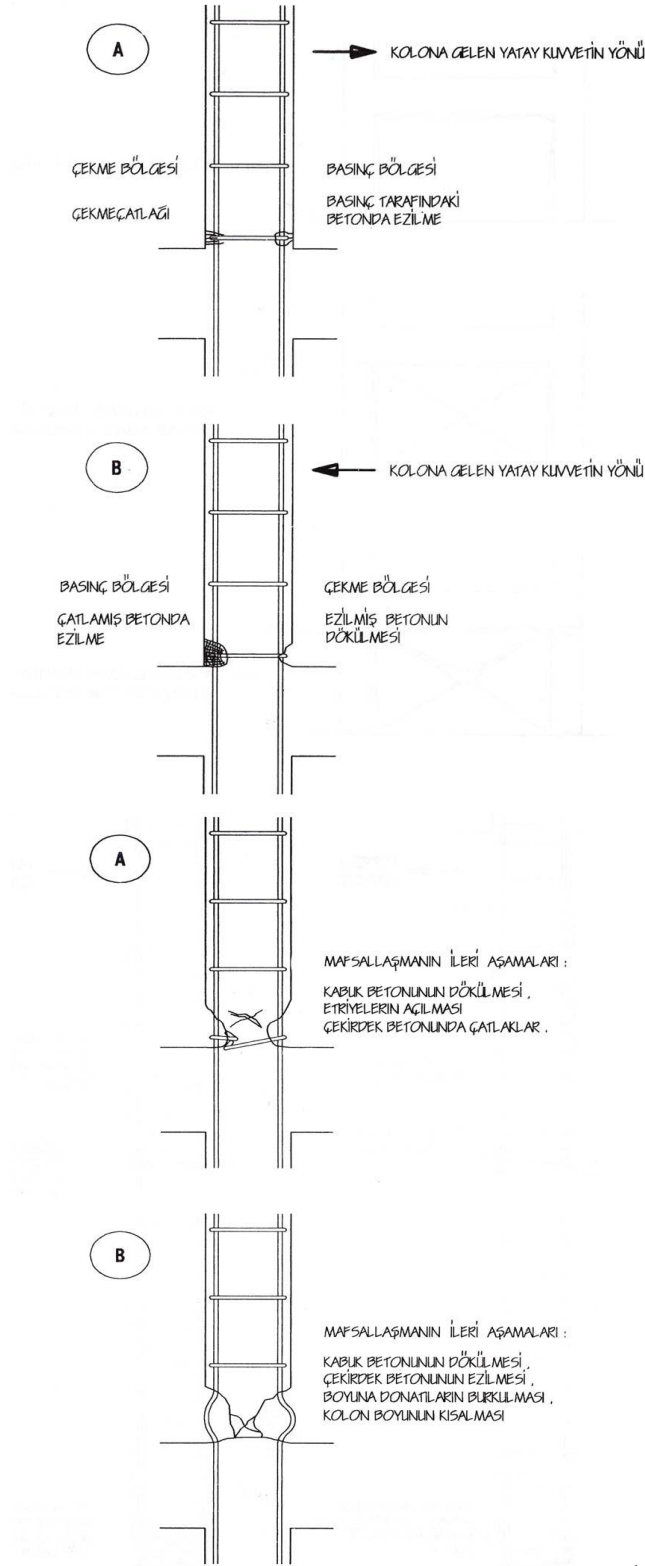
Deprem hareketinin tekrarlanması sonucu kolonun donatısı dışındaki kabuk tüm olarak dökülür ve donatı açığa çıkar. Bu durumda kolon uçlarındaki etriyeler sıklaştırılmamış ise beton ezilme ve parçalanması donatı ile sarılı çekirdek içine dek yayılır. Etriyelerin kopması ve boyuna donatının burkulması, kolon başın dağılması ve eksenel yük altındaki kolonda bir kısalmaya neden olur. Başka bir deyişle iki döşeme arasındaki yükseklik azalır. Bunun sonucu olarak komşu taşıyıcı elemanlarda yeni bir kuvvet dağılımı ortaya çıkar. Kolona birleşen kirişlerin kapasitelerinin büyük olması bu olayın daha belirgin oluşmasına sebep olur.

Taşıyıcı sistemin düzeninin bir sonucu olarak veya çeşitli nedenlerden dolayı kolon boyunun projede öngörülenden daha kısa yapılması sonucu ($\alpha=(L/2h)<3.5$), depremin oluşturduğu büyük kesme kuvveti kolonu çatlatır. Yüksek gövdeli kirişler, guseli kirişler, bölme duvarları ve lentolar kolonun projeden kabul edilen boydan daha kısa olmasını zorunlu kılar. Bu durumda kolonun yatay deplasman yapmasının önlenmesi kolon rijitliğinin öngörülenden daha büyük olmasını sağlar ve kolon sonuçta daha büyük kesme kuvveti ile zorlanır ve kolonda çatlaklar meydana gelir.

Yapı ağırlık merkezi ile rijitlik merkezinin çakışmadığı durumlarda kolonlarda burulma momentleri oluşur. Burulma momentleri etkisi ile kolonun bir tarafında diyagonal olarak uzayan çatlaklar olur. Bu çatlaklar boyunca betonda dökülmeler meydana gelir. Diğer tarafında da yine diyagonal olarak uzanan basınç ezilmeleri oluşur.

Deprem kuvvetinin etkime yönüne göre önce kolonun bir yanında çekme çatlakları oluşurken diğer yanında basınçtan ötürü ezilme oluşacaktır (Şekil 3.3). 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.



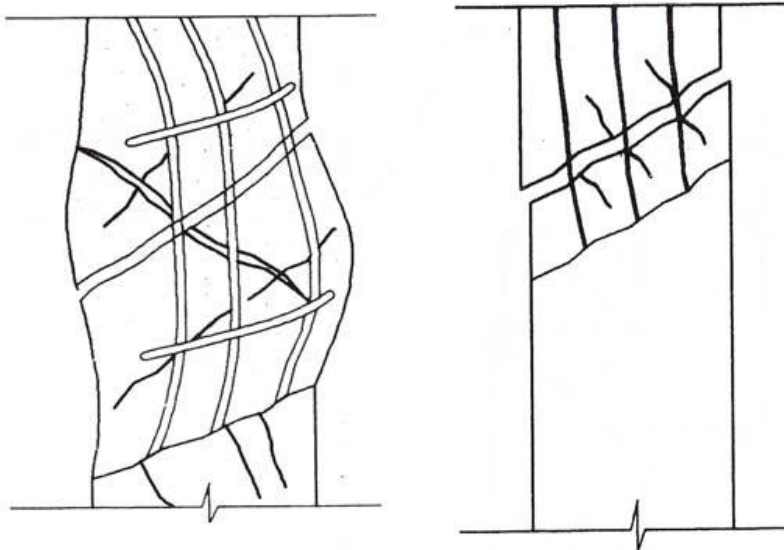
Kolonlarda mafsal oluşumu

Kolonlarda mafsallaşmaların ileri aşaması

Şekil 3.3. Depreme dayanıklı yapılarda kolonlarda mafsallaşma, [9]

3.1.4.1.Kolonda kesme hasarı

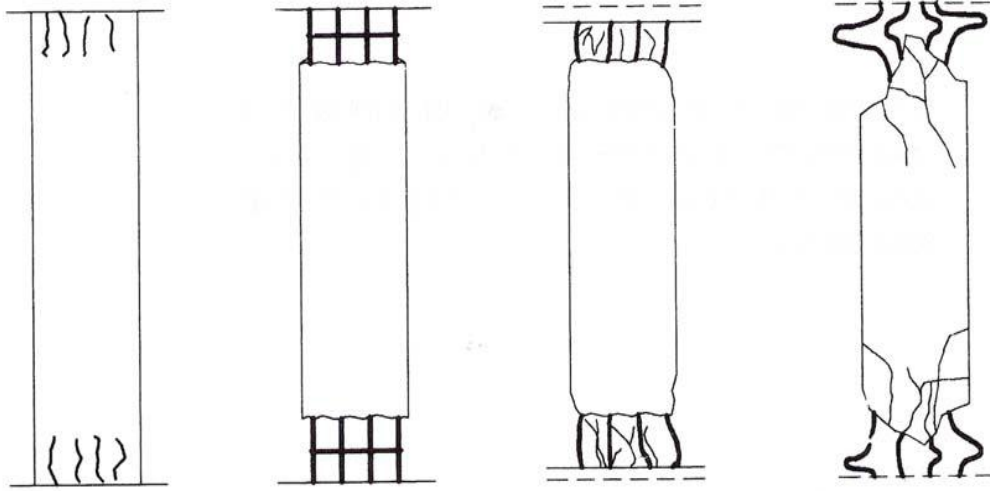
Kolon kesme kuvveti taşıma gücü yetersiz ise yaklaşık 45 derece eğimli çatlaklar şeklinde kesme çatlakları görülür. Beton ile donatı arasında beton basınç dayanımının yetersizliği veya kolon boyuna donatılarının aynı yerde eklenmesi sonucu aralarına beton girmemesi nedeniyle aderans sağlanamadığı durumlarda donatı üzerindeki beton kabuk kopup düşer. Donatı ile beton birlikte çalışmadığı için donatı akma gerilmelerine ulaşmadan beton ayrılır, betonarmeden istenilen moment kapasitesine ulaşamaz. Şekil 3.4’de ileri düzeyde kolon kesme kırılması hasarı örnekleri görülmektedir [9].



Şekil 3.4. Kolonlarda kesme hasarı

3.1.4.2. Basınç kırılması

Kolonun aksenal yükü, kolon aksenal 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 çatlama şeklinde gelişir ve yapının ani olarak yıkılmasına sebep 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 3.5).



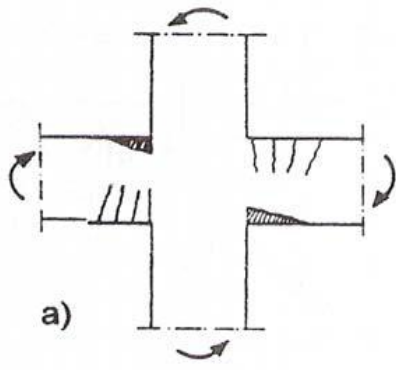
Şekil 3.5. Kolonlarda basınç hasarı

3.1.5. Kolon-kiriş birleşim bölgesi hasarı

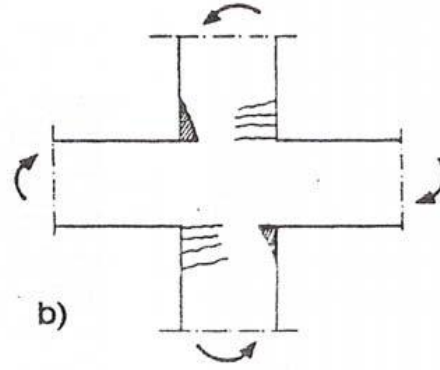
Kolon-kiriş birleşim bölgesinde meydana gelen çatlama ve hasar, sistemin yatay yük taşıyıcılığını ve rijitliğini doğrudan etkilediğinden, belirlenmesinde özen gösterilmelidir.

Kolon-kiriş ek yerlerinde kolonlara kiriş genişliğince etriye yerleştirilmez ise, düşey yük etkisi ile boyuna kolon donatısı dışarı doğru burkulur ve üzerindeki kabuk betonun kopmasına neden olur. Bu durum bölgenin dayanımını önemli ölçüde etkiler. Ayrıca, kirişteki boyuna donatıları kolon-kiriş ek yerinde yeterli olarak ankre edilmez ise, kiriş donatıları sıyrılır. Bu durum kiriş uç bölgesinin tam olarak moment taşıma gücüne ulaşmadan mafsallaşmasına sebep olur ki bu durumda kolonlar büyük yatay deplasmanlara zorlanır ve yıkılma tehlikesi gösterir.

Kolon-kiriş birleşim 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 3.6-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 3.6-b).

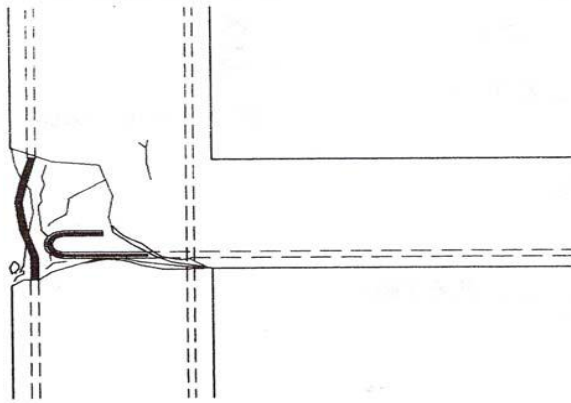


Şekil 3.6-a: Kirişlerde mafsallaşma



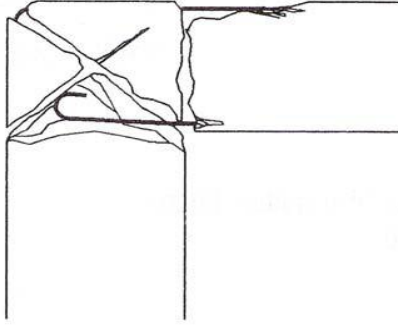
Şekil 3.6-b: Kolonlarda mafsallaşma

Kolon-kiriş birleşim yerlerinde kiriş genişliğince yeterince etriye yerleştirilmez ise, düşey yük etkisiyle kolon boyunca donatısı dışarı doğru burkulur ve üzerindeki kabuk betonun kopmasına neden olur (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Ek yeri hasar biçimi

Ayrıca, kirişteki boyuna donatıların, kolon-kiriş birleşim yerinde yeterli olarak ankre edilmemesinden dolayı deprem anında boyuna donatılar birleşim 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 3.8).



Şekil 3.8. Ek yeri hasar biçimi

Kolon donatısının etriye yokluğu nedeniyle burkulması ve yetersiz ankraj boyu nedeniyle kiriş donatısının bileşim yerinde betondan sıyrılması. Ek yerinde etriye yokluğu nedeniyle kesme kırılması ve kiriş donatısının yetersiz ankrajı sonucu hasar Şekil 3.8'deki gibidir.

3.1.6. Temel hasarları

Deprem sırasında suya doymuş, gevşek kum/kumlu zeminlerde sık rastlanan bir olay da zeminin sıvılaşmasıdır. Yer hareketi sonucu yükselen yeraltı su seviyesi, titreşim etkisi ile ince taneli zemin ve kumu suya doymuş duruma getirir. Deprem hareketi süresince zeminde meydana gelen yön değiştiren kayma gerilmeleriyle zemin, sıvı gibi akıcı duruma gelir. Özellikle, suya doymuş kumun bulunduğu ovalık yerlerde, hemen hemen her önemli depremde zemin sıvılaşması meydana gelir.

Zemin sıvılaşması veya benzeri durumlarda zeminin taşıma kapasitesinde meydana gelen azalma, binanın bir bütün olarak düşey oturmasına veya otururken dönmesine neden olur. Bu durum, temel zemininde yeterli tedbirlerin alınmadığına veya zemin emniyet gerilmesinin yüksek seçildiğine işaret eder. Bu tür hareketler sonucunda kolonun tekil temeli veya plak temeli zımbalamaya zorladığına işaret eden çatlaklar görülebilir. Temelin bir kısmının dolguda ve bir kısmının da sert yerel bir zeminde bulunması da deprem sırasında binada dönmelere neden olabilir. Depremde meydana gelen diğer bir hasar da, faya yakın bölgelerdeki yeryüzü kabuğunun kırılması veya açılmasından meydana gelen temel göçmesidir. Bu tür hasarın önlenmesi oldukça

zordur. Fay haritalarının yeterli hassaslıkta yapılması ve buralardan uzak durulması alınacak tek önlem olarak söylenebilir [9].

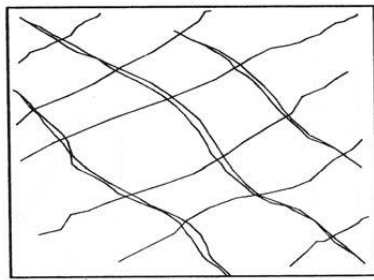
Temel hasarı için zemin iyileştirilmesi veya temellerin genişletilmesi bir çözüm olabilir. Ancak, bu konuda alınacak her tedbirin ayrıntılı bir Geoteknik inceleme sonucu belirlenmesi gerektiği açıktır.

3.1.7. Perde hasarları

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

3.1.7.1. 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 3.9).

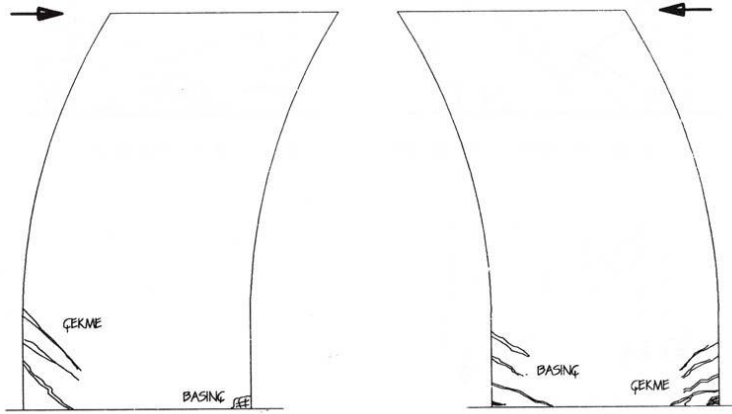


KESME ÇATLAKLARI

Şekil 3.9. Perdelerde kesme çatlakları

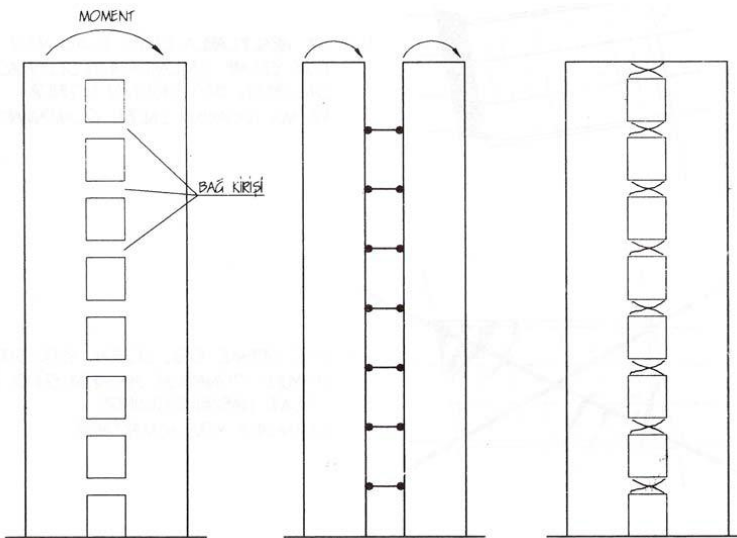
3.1.7.2. Eğilme çatlakları

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 3.10).



Şekil 3.10. 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 3.11).

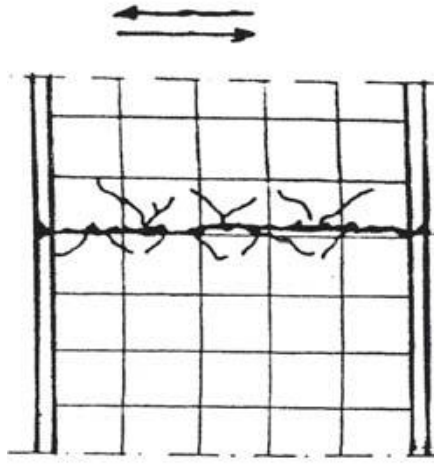


Şekil 3.11. Boşluklu perdelerde hasar biçimi

Bu hasarın sonucunda boşluklu perde iki bağımsız perdeye dönüşür. Hasarın en son gidebildiği nokta ise, her bir dolu perdenin tabanında Şekil 3.10.'daki gibi eğilme çatlaklarının oluşmasıdır.

3.1.7.3.Kayma hasarı

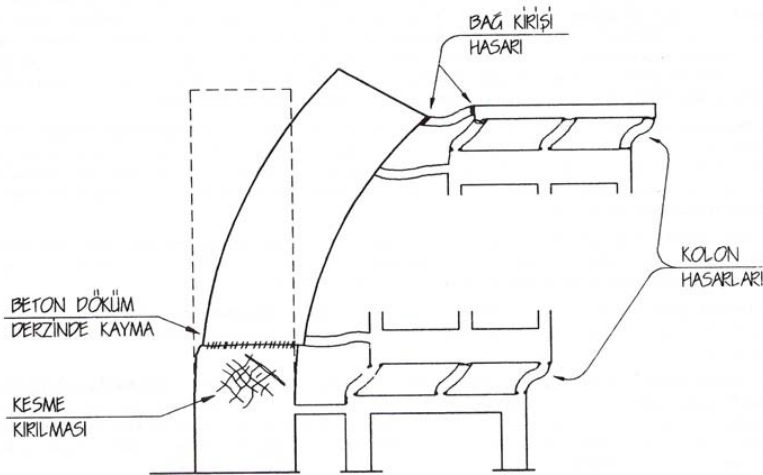
Perde inşası sırasında perde betonunun kademeli dökülmesinden dolayı sonradan soğuk derzler meydana gelebilir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Perdelerde kayma çatlakları

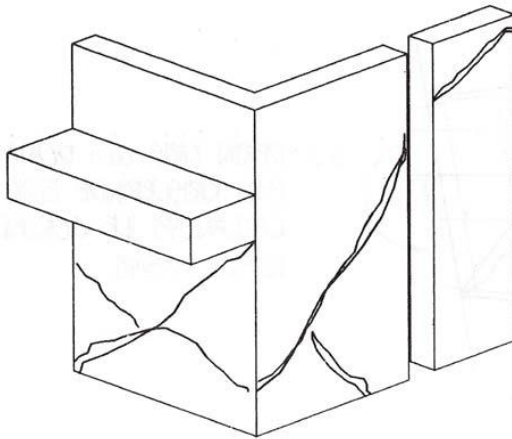
Bu olay iki perde betonu farklı zamanlarda döküldüklerinden dolayı, iki perde kesiti arasında yeterli sürtünme kuvvetinin oluşmamasından meydana gelir. Çatlağın tamamen yatay olması düşey yüklerin taşıyıcılığı açısından herhangi bir tehlike getirmeyebilir.

Perdeli çerçevesel 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. Perdeli çerçevesel bir yapıda perde duvarı hasarı sonucunda olabilecek hasar biçimleri şekildedeki gibidir (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Yatay yüklerin sadece perdeler tarafından karşılandığı sistemlerden 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 3.14).



Şekil 3.14. Burulma çatlakları oluşmuş bir perde duvar

3.1.8. 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 beton örtü

tabakası denilmektedir. Beton örtü tabakası çepere en yakın donatının beton dış yüzüne olan mesafesidir. Buradaki betonun su ve gaza geçirimsiz, yüksek çekme dayanımına sahip olması ve çelikle mükemmel bir aderansın bulunması gerekir. Bu koşullar betonun donatı korozyonunu önlemesi için gerekli fiziksel şartlardır. Ayrıca beton örtü tabakasının 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. Beton örtü tabakasını 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, beton örtü tabakasında, 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 teşhisi belirgin bir nitelik kazanır. Daha ileri aşamalarda beton örtü betonu kopar ve düşer, donatı açığa çıkar. Genellikle parça atmanın başlangıcında paslanma sadece görülen yüzdendir 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.

3.1.9. 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 ile kirleri temizlemek bazen zor olmaktadır. Bu tür durumlarda zayıf bağlantı olmakta ve sonuç olarak soğuk derz olmaktadır. Özellikle kolonların kiriş ve döşemelerden ayrı döküldüğü durumlarda kolon başlarının iyice temizlenmesi sağlanmalıdır.

3.2. Hasarların Nedenleri

3.2.1. Malzeme kalitesi

Gerçekte, her deprem kendine özgü hasar tiplerine de neden olmaktadır. Ancak, 1939 Erzincan Depremi'nden sonra Türkiye'de son on beş yıl içinde değişik bölgelerde olan ve büyük denebilecek depremlerden çıkarılabilecek dersler hemen hemen birbirlerinin benzerleridir. Oluşan hasarın ve yıkımın nedenleri, çoğu zaman düşünüldüğü gibi, yüklenicilerden kaynaklandığı düşünülen "eksik malzeme kullanımı"na indirgenecek kadar basit değildir. Ortaya çıkan büyük yıkımda sorumluluğun, yapımda rol alan teknik eleman, mal sahibi, onay makamları ve yükleniciler gibi geniş bir grup tarafından paylaşılması gerekmektedir. Deprem bölgesinde yapılan incelemelerde betonun dayanımındaki düşüklükten kaynaklanan hasarlara sıkça rastlanmaktadır. Projede öngörülen beton dayanımına ulaşılması her zaman mümkün olamamaktadır. Türkiye'de 1990'lı yılların başından itibaren hazır betonun inşaatlarda kullanılmaya başlanması hiç olmazsa düşük dayanımlı betondan kaynaklanan deprem hasarlarının giderilmesi için bir çıkış yolu olmuştur.

Geleneksel yolla üretilmiş betonarme binalarda yapılan kapsamlı incelemelerde, çoğu zaman projede öngörülen beton dayanım değerlerine ulaşamadığı, yer yer bunun %50'si dolayında değerler ile karşılaştığı görülmüştür. Taşıyıcı sistem elemanlarında gerçekleştirilen beton kalitesindeki bu düşüklük, hesaplarda amaçlanan taşıma gücüne ulaşamamasına ek olarak yapı rijitliğinin azalmasına, depremde betonun kolayca bozulmasına, özellikle düşük kayma ve aderans dayanımı nedeniyle gevrek kırılmalara neden olmuştur.

Marmara Bölgesi'nde depremin etkilediği illerde yapılan incelemede, yapımda kullanılan betonarme çelikleri için çekme, bükme gibi kalite kontrol deneylerinin sıkça yapılmadığı anlaşılmaktadır. Buna koşul olarak hurda çelikten üretilen betonarme çeliğinin yetersiz mekanik özellikleri, taşıyıcı sistem elemanlarının davranışını olumsuz yönde etkilemiştir [10].



Şekil 3.15. Yetersiz malzeme kalitesi sebebiyle betonları dağılarak ağır hasar gören bir yapı



Şekil 3.16. Marmara Depremi sonrasında Düzce’ de yetersiz donatı ve kalitesi düşük beton kullanımı sonucunda oluşmuş kolon hasarı

3.2.2. Taşıyıcı sistemi düzensiz yapılar

Hangi yapım tekniği ve malzeme ile yapılırsa yapılsın, taşıyıcı sistemi düzenli olmayan yapıların bu son depremde de davranışı oldukça olumsuz olmuştur. "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" ve yapılarla ilgili diğer standartlar taşıyıcı sistemi düzenli yapılar inşa etmeyi özendirilmektedir. Taşıyıcı sistemlerle ilgili bütün yayınlarda rahatlıkla bulunabilecek "temel ilkeler" in çoğuna uyulmadığı bu depremde bir kez daha ortaya çıkmıştır. Planda ve düşey kesitte yeterince/gereğince simetrik olmayan, kat döşemelerinde aşırı boşluklar bulunan, düşey taşıyıcı elemanları süreksiz, kat rijitlikleri yapının yüksekliği boyunca ani değişiklikler gösteren, konsol/çıkma miktarları önemli değerlere ulaşan ve önemli

büyüklerde burulma etkileri doğurabilecek şekilde taşıyıcı sistem düzensizliği gösteren yapılar göçmüş ya da ağır hasar görmüş durumdadır. Bölgede yoğun biçimde kullanılan 3~6 katlı betonarme yapılarda, yüksek giriş katlarının ticari amaçlarla kullanılması, üst katlarda var olan dolgu duvarlarının bu katlarda yapılmamasına yol açmaktadır. Yapım ve hesap kolaylığı nedeniyle ek bir önlem alınmadan gerçekleştirilen bu uygulama, depremde bütün enerjinin bu katta tüketilmesi sonucunu doğurmakta ve böylece yumuşak/zayıf kat oluşumu ile pek çok binanın göçmesine ya da kullanılamaz biçimde ağır hasarlı duruma gelmesine neden olmaktadır. Bu gibi durumlarda yapılması gereken, yapı yüksekliğince yumuşak/zayıf kat oluşumlarından kaçınılmasıdır. Bu yapılmadığı takdirde, aynı türden göçme durumları bir başka önemli depremde yine oluşacaktır.

Bitişik düzende inşa edilen yapılar arasında derz bırakılmamıştır. Derz bırakılanlarda ise çoğu zaman uygun yeterli aralık ve bir derz detayı uygulanmamıştır. Arazi eğimi nedeniyle bitişik iki binadaki kat hizalarının kayması, durumu daha da olumsuzlaştırmış, bu tür binaların çekiçleme etkisiyle ağır hasar görmesine ya da göçmesine neden olmuştur. Bitişik düzendeki birçok yapının, çevre akslarda duvar oluşturmadan birbirlerinin duvarlarını kullandıkları örneklere sıkça rastlanmaktadır. Büyük şehirlerimizde, özellikle İstanbul'da, "konsol uçunda kolonlu" binalar gibi düşeyde düzensizlik içeren betonarme bina sayısındaki artış şaşırtıcı boyutlara ulaşmıştır.



3.17. Konsol Ucunda Kolon Uygulanmış Bina Örnekleri

Konsollar taşıyıcı sistemlerin izostatik elemanlarıdır; iç kuvvetlerin olası yeniden dağılımına katkıları bulunmamaktadır. Üzerlerine etkiyen ağır kolon yükleri

nedeniyle enkesit boyutları, altındaki kolondan çoğu zaman büyük olmakta ve ona göre donatılmaktadırlar. Bu durum konsolun altındaki kolondan daha güçlü olması durumunu da doğurmaktadır. Bu türden yapılarda hasar, daha deprem etkilerine bile gerek kalmaksızın ortaya çıkabilmektedir.

Deprem bölgesinde mühendislik dışı pek çok sakıncalı uygulamaya rastlanmıştır. Yığma/kârgir ya da daha az kata göre projelendirilen binalara sonradan proje dışı kat/katlar eklenmiştir; bu binalar arasında kamu binalarının da bulunması oldukça şaşırtıcıdır. Hangi tür bina olursa olsun, kat sayısı projelendirmede öngörülen kat sayısına uyan binaların sayısı oldukça azdır.

Çok katlı betonarme binaların taşıyıcı sistemlerinde yapılan incelemede en çok burulma düzensizliği, döşeme süreksizliği ve taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması gibi düzensizlikler bulunmaktadır. Depremde yer ivmesinin değişik bölgelerde 0.04g~0.25g değerlerine ulaştığı İstanbul'da, çok katlı yapılarda yukarıda belirtilen türden düzensizliklerin yol açtığı hasarlar çok sınırlı oranda kalmıştır.

3.2.3. Donatı düzenlemesi

Betonarme çerçeve türü binalarda deprem kaynaklı hasar en çok zorlanan (iç kuvvetlerin en yüksek olduğu) kiriş-kolon birleşim bölgelerinde oluşmaktadır. Bu bölgedeki hasar kolon uçlarında, kiriş uçlarında ya da düğüm noktasında kalıcı şekil değiştirmelerin yığılması sonucu olmaktadır. Kiriş ve kolon uçlarında oluşabilecek eğilme çatlaklarının onarılabilmesine karşın, düğüm noktası bölgesinin çözülmesi/dağılması durumunda etkin bir onarım yöntemi bulunmamaktadır. Diğer taraftan, kolon ve kiriş uçlarında oluşan eğik kesme/kayma çatlakları, onarımı olanaklı olmakla birlikte, yapı güvenliğini tehlikeye sokabilecek bir oluşumdur. Kolonların kirişlerden daha güçlü yapılması, düğüm noktasının gereği gibi donatılması, elemanların kayma dayanımının eğilme dayanımından daha büyük olmasının sağlanması ve uygun detaylandırılması gerekmektedir.

Deprem bölgesinde değişik düzeylerdeki hasarlı ya da göçmüş binalarda yapılan incelemede sözü edilen bu kurallara uyulmadığı, betonarme binaların kolon ve kiriş

uçlarındaki sarılma bölgesinde enine donatı sıklaştırılmasının genellikle yapılmadığı, kolon-kiriş bölgelerinde kolon etriyelerinin devam ettirilmediği görülmüştür.



Şekil 3.18. Kolonda basınç kırılması, yetersiz donatı düzeni ve kolon-kiriş birleşim bölgesinde uygun olmayan donatı düzeni



Şekil 3.19. Kolon-kiriş birleşimindeki donatı yetersizliği sebebiyle kirişin koparak ayrılması

Bu değerlendirme kapsamında, betonarme yapılarda deprem hasarlarının en aza indirilmesinde enine donatı miktarı ve düzenlemesinin önemi açıktır. Araya beton girmesine olanak sağlamayan boyuna donatı düzenlemelerine, kiriş ve kolonların mesnet bölgelerinde ve donatıların filizlerle eklendiği bölgelerde rastlanmaktadır. Bu sorunun uygun detaylandırma ve donatı seçimi ile giderilebileceği açıktır.

3.2.4. Kısa kolon

Aynı katta öteki taşıyıcı sistem elemanlarına göre yükseklikleri değişik nedenlerle azaltılmış, başka bir deyişle rijitlikleri arttırılmış olan kolonlar aşırı değerlere varan kesme kuvvetleri nedeniyle ağır hasarın ya da göçmenin başlıca nedenlerinden biri olmuştur. Zemine kısmen gömülmüş bodrum katları ve ıslak hacimlerde oluşturulan yatay bant pencereler, bina cephelerinde kolondan kolona yapılan rijit parapetli pencere düzenlemeleri ile merdiven sahanlıklarını taşımak için bina taşıyıcı sistemine eklenen ara kiriş ya da perdecikler, kademeli katlar kısa kolon oluşumlarına yol açmaktadır. Binalarda kısa kolon oluşumundan kaçınılması önerilmektedir.



Şekil 3.20. Bant pencere nedeniyle kısa kolon hasarı

Zorunlu durumlarda duvar ile kolon arasında ezilebilen türden bir malzeme yerleştirilmesi ya da bant pencere durumunda kolona yakın bölümlerin duvarla kapatılması uygun olacaktır. Kısa kolon olan bölgede sık etriyelerin uygulandığı binalarda bile çoğu zaman ağır hasarın gözlendiği durumlarla karşılaşmıştır.

3.2.5. Rijitlik yetersizliği

Kuvvetli yer hareketlerinde ikinci mertebe etkilerinin en aza indirilmesi ve taşıyıcı olmayan bölme duvarlarındaki hasarın artmaması için yapı taşıyıcı sisteminin yanıl rijitliğinin yeterli düzeyde olması gerekir. Deprem bölgesinde ağır hasar gören ya da göçen binalar üzerinde yapılan incelemede yapıların çoğunda yeterli yatay rijitlik sağlayacak düzenlemelere rastlanmamıştır. Özellikle 4~7 katlı betonarme iskelet/karkas türü binalarda diğer olumsuzlukların yanında, taşıyıcı sistemin yanıl

rijitliğine önemli katkıda bulunabilecek elemanlar (örneğin betonarme perdeler) bulunmamaktadır. Zayıf kolon-güçlü kiriş türü binalarda deprem yüklerinin büyük bir bölümü taşıyıcı olmayan bölme duvarları tarafından taşınmış, planda ve düşeyde uygun düzenlenmiş bölme duvarlı sistemler depremde ağır hasar almakla sınırlı kalmış, ancak göçmemiştir. Bunun tersine, yanal rijitliği yetersiz, düzensiz bir taşıyıcı sisteme sahip planda ve düşeyde uygun olmayan bölme duvarı düzeni olan, beton kalitesi yetersiz ve donatı düzenleme ilkelerine uyulmadan inşa edilmiş pek çok betonarme iskelet/karkas türü bina göçmüş ya da ağır hasar görmüştür.

Yapı taşıyıcı sisteminde düşey taşıyıcı sistem elemanları yeterli enkesit ölçülerinde olsalar bile, beton kalitesindeki düşüklük betonun elastisite modülünde azalmalara neden olduğundan sistemin yatay yer değiştirmelerinin sınırlanmasını güçleştirmektedir. Projelendirmede yapıya etkimesi beklenen deprem yüklerinin yeterli düzeyde alınmaması, düşey taşıyıcı elemanlar olarak yeterince büyük en kesitli kolon ya da perde kullanılmaması, yüksekliği az genişliği fazla ağır yassı kirişli sistemlerin önlem alınmadan kullanılması, yumuşak kat oluşumları ve taşıyıcı sistem malzemesinin kalitesinin düşüklüğü yapıların depremde aşırı yatay yer değiştirme yapmalarına neden olmaktadır. Döşeme sistemlerinden, yüksekliği az olması nedeniyle, sıkça tercih edilen dişli ve kirişsiz döşemeli yapılarda yeterli yanal rijitliği sağlayacak düşey elemanların olmaması deprem hasarını arttırmıştır [10].



Şekil 3.21. Zayıf kolon-güçlü kiriş, yetersiz donatı ve yetersiz kesit sebebiyle göçen bina

3.2.6. Kısa kiriş

Kısa kolona benzer biçimde, dolgu duvarlarının açıklığın tamamında yapılmaması, düşeyde bant pencere oluşturulması ve birbirine çok yakın kolonların arasında bulunan kirişler kısa kiriş durumundadır. Tünel kalıp yöntemi ile inşa edilmiş çok katlı çok sayıda binada, bağ kirişi olarak hesaplanıp detaylandırılmamış pek çok kısa kirişte eğilme ve kayma çatlakları görülmüştür.

3.2.7. Yumuşak/zayıf kat

Birden fazla işlevli binalarda, zemin katlarında ticari amaçlarla bölme duvarlarının yapılmaması, bunun ötesinde bu katların normal katlara oranla daha yüksek alınması deprem sırasında enerjinin büyük bir bölümünün bu katlar düzeyinde yutulması durumunu ortaya çıkarmaktadır. İkinci mertebeye etkilerinin önemli boyutlara vardığı bu tür yumuşak/zayıf zemin katlarının bulunduğu binalar ya ağır hasar almış ya da birçoğu tipik biçimde göçmüş durumdadır.



Şekil 3.22. Zemin katları ticari amaçla kullanılan yapılarda yumuşak kat oluşumuna örnek

3.2.8. Yerel zemin koşulları

Yapıların üzerinde inşa edildikleri zeminin durumuna göre depremdeki davranışları değişebilmektedir. Diğer bir deyişle, üstyapının deprem yükleri altındaki davranışı

temel zemininden bağımsız değildir. Bu bağlamda, yapının inşa edileceği zeminin mühendislik özelliklerinin bilinmesi zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.



Şekil 3.23. Deprem etkisiyle zeminde meydana gelen oturma

Yakın süreçte yaşadığımız Körfez ve Düzce depremleri sonrası teknik raporlarda da belgelendiği üzere yapı hasarları; yapıların planlama, tasarım, yapım ve kullanım süreçlerindeki yapılmış olan hatalardan kaynaklanmaktadır. Deprem bölgelerinde yerinde yapılan inceleme ve araştırmalar neticesinde yapı hasarlarının sebepleri konusunda şu saptamalar yapılmıştır [11].

- a) Yıkılmış ya da ağır hasar görmüş binaların hemen hemen tümünde kolon-kiriş birleşim yerlerinde ek deprem donatısının konmadığı ve köşe birleşmelerinde önemli işçilik kusurları olduğu saptanmıştır.
- b) Yıkılmış ya da ağır hasar görmüş yapılarda kolon ve kiriş donatı elemanlarının kenetlenme boylarının yetersiz olduğu ve etriye kesitleri ile aralarının çok seyrek olduğu görülmüştür.
- c) Çok ağır hasar gören ve tümüyle çöken yapılarda beton kalitesinin düşük olması hasarın en önemli nedeni olarak görülebilir. Bunun yanında düşük kaliteli beton, kesitlerin de mukavemetlerinin düşmesine neden olur. Ayrıca özellikle bodrum ve zemin katlardaki donatılar üzerindeki korozyonlar dikkat çekicidir.

- d) Isı yalıtımı yapılan yapıların dış kabuğundaki işçilik ve yapım kusurları nedeniyle duvar bileşenindeki katmanlar tümüyle birbirinden ayrılmış ve can kaybına neden olmuştur.
- e) Yapıların gerek uygun olmayan fiziksel biçimlenmesi ve gerekse de taşıyıcı sistem kurgusundaki yanlışlıklar nedeniyle, ağırlık merkezi ile rijitlik merkezlerinin çakıştırılmaması sonucu oluşan eksantrisiteden dolayı oluşan momentler kolon ve kirişlerde burulma ve kesici kuvvetlerin oluşmasına neden olur.
- f) Betonarme perdelerin bulunmaması, yatay yer değiştirmelerin artmasına ve bölme duvarlarında ağır hasara sebep olur.
- g) Bitişik düzen yapılar ile enine oranla çok uzun tasarlanmış yapılarda tekniğe uygun bırakılmamış boşluk ya da dilatasyonlar nedeniyle, iki yapının çarpışması sonucu ağır hasar ve yıkımlar oluşmuştur.
- h) Yapının tasarımı ve taşıyıcı sistemi ile malzeme seçiminin olumlu olmasının sağladığı avantajla yapı stabilize bozulmamış olmasına karşın, zemin sıvılaşması nedeniyle yapı birkaç kat düşey olarak hareket etmiş (toprağa gömülmüş) ya da yana yatmıştır.
- i) Temellerin yüzeye yakın olması, deprem yüklerinin yapıdaki etkilerinin artmasına neden olur.
- j) Temelin oturduğu zemin özelliklerine uygun temel seçimi ve taşıyıcı sistem oluşturulmaması nedeniyle kolon ve kirişlerde önemli burulmalar olmuş ve yapı bu nedenle hasar görmüştür.
- k) Çatısı olan yapılarda; kalkan duvarların, yapının taşıyıcı sistemi ile bütünleşmemesi, ahşap çatının sisteme bağlanmaması nedeniyle hemen hemen tümü yıkılmıştır.
- l) Zemin kat kolonlarının yer kazanmak amacı ile kullanıcılar tarafından kaldırılması ya da kesitlerinin azaltılması nedeniyle yapı tümüyle çökmüştür.

3.3. Hasar Saptama İşlemleri ve Alınacak Önlemler

Hasarlı, onarılacak ya da güçlendirilecek bir yapı tıpkı tıp doktorunun önüne gelmiş bir hasta gibidir. Hastanın durumunun belirlenmesi için muayene ve tıbbi incelemeler, röntgen, ultrason gibi ölçme yöntemleri uygulanıyorsa yapı için de benzer bir şekilde inceleme ve muayenelerin yapılması gerekir. Yapı hasarının

belirlenmesi, yapıya teşhis konulması ve daha sonra da tedavi için gereken ilaçların verilmesi ya da ameliyat yapılması açısından yapılacak bir benzetme sonucunda hasar saptama, onarım ve takviye işlerini yapan inşaat mühendisi bir yapı doktorluğu yapmaktadır [12].

Yapının hastalığına bir tanı konulması için mühendisin kullanabileceği araçlar, yapı içinde bakacağı yerler ve yapacağı diğer işler, yapı sahiplerine ya da kendi kendine soracağı sorular olmalıdır. Bunlar;

- a) Gözle yapılan tespitler ve anında alınması gereken önlemler, yapının boşaltılması ya da bazı bölümlerinin askıya alınması,
- b) Taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların üzerindeki her türlü hasarın fotoğraf ya da kroki olarak kâğıda geçirilmesi, çatlakların genişliği ve yerlerinin ölçülmesi ve işaretlenmesi, bunların yerlerinin daha sonra karışmaması için numaralanması yararlıdır,
- c) Düşey elemanlardaki kalıcı yatay ötelemeler ve düşeyden sapmaların ölçülmesi, yatay elemanlardaki düzeçten uzaklaşmalar ve düşey deformasyon ve sehimlerin ölçülmesi,
- d) Yapı elemanlarının boyutlarının projesinde öngörülenden farklı yapılmış olması durumunda gerçek boyut ve kesitlerinin ölçülerek belirlenmesi,
- e) Yapıdan malzeme örnekleri alınarak bunların dayanım ve gerilim-birim deformasyon özelliklerinin belirlenmesi,
- f) Gerektiğinde betonarme yapılarda donatıların üstündeki beton örtü kaldırılarak donatının yeri, çap ve miktarının belirlenmesi,
- g) Yapının deprem ya da hasar öncesi durumu hakkında bilgi toplanması, özellikle hangi koşullarda yapıldığı, daha önce deprem etkisinde kalıp kalmadığı, önceki hasar, onarım ve değişiklikler belirlenmelidir,
- h) Yapının dinamik özelliklerinin, doğal periyot ve sönüm oranı, ölçülmesi, yapı elemanlarına statik yükleme deneyi yapılması,
- i) Yapı çevresindeki zeminin özelliklerinin saptanması, bunun için gereken sondaj, ölçme ve benzeri işlemlerin yapılması,
- j) Yakın çevrede benzer yapıların karşılaştırma amacıyla incelenmesi, olarak sayılabilir.

Yapının hasar düzeyinin açıklanması için gereken her türlü bilgi toplanmalıdır. Gerekirse sıva, badana, taş ve ahşap kaplamalar kaldırılarak altlarındaki elemanlarda da çatlakların olup olmadığının kontrolü yapılmalıdır. Yapıda hasarsız elemanlar da varsa not edilmelidir. Yapının plan ve projeleri bulunup incelenmelidir. Yapı temellerinde hasar olduğu kuşkusu varsa temellerin açılıp incelenmesi gerekir.

Yapının projesini yapan, inşaatını uygulamış teknik elemanlar ile görüşüp yapım kalitesi ve yapım koşulları üzerine bilgi toplamak yararlı olacaktır. Bu listede verilen bütün işlemlerin yapılması, sözü edilen bütün bilgilerin toplanması her hasarlı ya da problemlili yapı için gerçekleşmeyebilir. Bu listeye başka ekler de olabilir. Amaç yapı üzerinde değerlendirmede kullanılacak her türlü bilgiyi toplamaktır. Yapı ile ilgili veri ne kadar çok ise sağlıklı bir sonuca ulaşmak o ölçüde kolaylaşacaktır. Bu veriler kullanılarak yapıdaki hasarın nedenleri ile, onarım güçlendirme ilkeleri belirlenecektir. Özellikle şiddetli bir depremden sonra çok sayıda ve değişik büyüklükte artçı depremler olmaktadır. Bu artçı sarsıntılar bazı durumlarda yapının hasarının daha ağırlaşmasına yol açabilmektedir. Bu nedenle hasarın daha doğru değerlendirilebilmesi için artçı sarsıntıların yapı üzerindeki etkilerinin de göz önüne alınması gerekir.

BÖLÜM 4. BETONARME YAPILARDA ONARIM VE GÜÇLENDİRMEYE KARAR VERİRKEN GEREKLİ HAZIRLIKLAR

4.1. Onarım

Depremde hasar görüp taşıma gücü azalmış elemanların deprem öncesi dayanımlarına yeniden getirilmesidir. Deprem yükünün etkilediği kısa süre içinde hasar olmuştur, depremin getirdiği geçici yüklerin yarattığı kalıcı deformasyon ve hasar yapının ya da yapı elemanının normal düşey yükleri taşımadaki emniyet katsayısını azaltmıştır. Elemanları deprem öncesi dayanımlarına kavuşturmakla yetinen bir onarımla yapının normal işlevini yürütmesinde bir güvenlik sorunu kalmamıştır.

Onarımın mantığı şudur: Yapıda hasar yapan yükler normal kullanım yükleri gibi sürekli etkiyen yükler değildir, deprem yükleri geçici etkiyen yüklerdir. Yapının deprem öncesi durumuna getirilmesi yeterlidir. Çünkü yapının deprem öncesinde bir yük taşıma sorunu yoktu. Yapının eskisinden daha dayanıklı olması için gereken harcamalar, aynı düzeye getirmek için gerekenden daha fazladır. Öte yandan aynı büyüklükte bir depremin yapının ekonomik ömrü içinde bir kez daha olma olasılığı az olabilir. 50 yılda bir olan büyüklükte bir depremde hasar görmüş bir yapı 3–5 yıl sonra tümü ile yıktırılıp yeniden yapılacaksa, 50 yıl sonra tekrar olması beklenen aynı büyüklükteki bir ikinci depreme dayanacak düzeyde onarılması ekonomik değildir.

Onarım ve güçlendirmede kullanılacak malzeme ve yöntemlerin yerel olanaklara göre seçilmesinde yarar vardır. Onarımın gerektirdiği kalitede işçilik yeni yapı yapmak için gerekenden daha yüksektir. Yeni bir yapı yapmak için gerekli kalitede işçilik ve malzemenin bulunmasının güç olduğu bir ortamda, özellikle bir deprem

sonrasında işçilik ve malzemeye talebin yoğun olduğu sırada daha kaliteli onarım işçiliği ve malzemesi de bulmak güç olacaktır [12].

Onarımın çeşitli aşamaları olacaktır. Önce yapıdaki hasarın ve bunun nedenlerinin yapının bir analizi yapılarak, daha sonra da yapının onarılmasının teknik ve ekonomik açıdan olanaklı olup olmadığının belirlenmesi gerekir.

Tarih ve kültür değeri olan bir yapının onarımında önemli olan bir mirasın korunmasıdır ve onarım bedeli düşünülmez. Onarım kararı alındıktan sonra onarım ve güçlendirmenin ayrıntıları belirlenir. Bunlar gerekli yapı güvenliği düzeyinin hangi yollarla sağlanacağını ayrıntılandırır. Onarım işlerinin tasarlanması, planlanması ve projelendirilmesi aşağıdaki çalışmaları kapsar:

- 1)Yapının mevcut halinin belirlenmesi,
- 2)Onarım gereklerinin belirlenmesi,
- 3)Bir onarım programı hazırlanması,
- 4)Onarım ve güçlendirmeden sonra yapıda sağlanması istenen hedef ve şartların belirlenmesi,
- 5)Düşünülen ve önerilen onarım yöntemlerinin uygunluğunun ve uygunluk derecesinin belirlenmesi,
- 6)Kalitenin tutturulması için iş sahasında gözetim ve kontrolde bulunulması,
- 7)Yapılanların bir daha gözden geçirilmesi ve kontrolü.

Onarım projesinin uygulanmasında kontrol çok önemlidir. Çünkü genellikle onarım duyarlı boyut ve bağlantı ayrıntılarını içerir. Küçük bir yanlış, onarımdan beklenen amacın gerçekleşmesini engelleyebilir. Dar, güç ve sıkışık koşullar altında yapılacak çalışma, işçilik kalitesinin düşmesine de yol açabilir. Kontrol işleminin onarım projesini yapmış ve sorumluluğunu üstlenmiş teknik elemanlarca yapılması, onarımın etkili olması için gereklidir.

4.2. Güçlendirme

Güçlendirme, binaların deprem güvenliğini artırmak için yapılan işlemleri içerir. Ekonomik ömrü içinde sık olması beklenen düzeyde bir depremde hasar gören yapının, aynı boyutta depremlerin birçok kez yenilenmesi beklentisi karşısında, aynı hasarın tekrar olmaması için eski durumundan daha güçlü duruma getirilmesi gerekir. Bu işlemler bazen binanın tümüne, bazen de sadece bazı taşıyıcı sistem elemanlarına uygulanır.

Yapı ve yapı elemanında hasar yapan etkinin boyutu aynı biçimde sürmekte ise, deprem gibi yapının ekonomik ömrü içinde aynı boyutta depremlerin yine olması bekleniyorsa, hasarın önlenmesi, durdurulması ve yinelenmemesi için yapının eski durumundan daha güçlü bir konuma getirilmesi gerekir.

Yük altında aşırı sehim, deformasyon ve çatlak yapmış bir yapı ya da yapı elemanı yükünü taşıırken zorlandığını gösterir. Bu durumda ya yükü azaltmak ve hasara yol açan etkiyi (oturma gibi) gidermek ya da elemanın dayanımını arttırmak gerekir. Bu ise güçlendirme olmaktadır.

Yukarıdaki tanımlardan da anlaşılacağı gibi onarımı veya güçlendirmeyi belirleyen asıl neden hasardır. Güçlendirme için yapının hasar görmesi gerekmez [12].

Aşağıdaki sebeplerden dolayı da bir binada güçlendirme yapılabilir:

- a)Yapının fonksiyonlarının değişmesi, (konutun işyerine çevrilmesi)
- b)Hızla değişen ve gelişen standart ve yönetmeliklere göre yapının bulunduğu bölgenin deprem önem katsayısının artması,
- c)Değişen standart ve yönetmeliklere göre yapının malzeme kalitesinin yetersiz kalması,
- d)Yapı tasarımının uygun olmaması,
- e)Yapı tasarımının uygun olması fakat kullanılan malzemelerin ve imalatın standartlara aykırı olması durumunda güçlendirmeye ihtiyaç duyulabilir.

4.3. Deprem Güvenliğinin Saptanması ve Güçlendirme Gereği

Depreme dayanıklı tasarlanmış bir binanın olası şiddetli bir depremde taşıyıcı olan ya da olmayan elemanlarında hasar beklenir. Depreme dayanıklı tasarım ilkelerine uyulmadan inşa edilmiş binalarda ise genellikle daha ağır hasarlar gerçekleşmesi kaçınılmazdır. Bu durum, güçlendirme gereğini doğurur. Öte yandan proje ve yapım hatası nedeniyle güçlendirilmesi gereken yapılar da vardır. Bazen mimari nedenlerle ve kullanım ihtiyaçlarıyla binanın taşıyıcı sistemi değiştirilir; bu durumda güçlendirme gereği ortaya çıkabilir. Güncel deprem şartnamelerine uyum sağlanması ve/veya değişen deprem beklentileri nedeniyle de mevcut binaların güçlendirilmesi gerekebilir. Bunlar dışındaki nedenlerden bazıları ise, binanın konumu, işlevi veya tarihi önemidir.

Güçlendirmede maliyet de belirleyici unsurlardan biridir. Bu işlemin yapılabilmesi için, güçlendirme maliyetinin binanın yıkım ve yeniden yapım maliyetine oranı kabul edilebilir düzeyde olmalıdır.

Güçlendirmenin amacı, binanın deprem güvenliğini en iyi ve uygun teknik yöntemlerle, en kısa zamanda ve bina sakinlerine en az zorluk çıkararak istenen düzeye eriştirmektir.

Güçlendirme kararının teknik olduğu kadar sosyal, ekonomik ve hukuki boyutları da vardır. Bu nedenle, bölgedeki yetkililer deprem etkisi altında risk taşıyan binalara yapılacak müdahaleye karar verirken, bütün bu boyutları dikkate almalıdır. Bu noktada verilen kararın bir ölçüde öznel olacağı da unutulmamalıdır.

Bir yapının onarılması için hasarlı olması gereklidir. Ancak, onarıldıktan sonra, eski rijitliğine kavuşturulan bir yapı, büyük olasılıkla bir sonraki yer hareketinde aynı performansı gösteremeyecektir. Onarım ve güçlendirmenin hedefi, yapıyı yalnızca deprem öncesi sahip olduğu güvenliğe ulaştırmak değildir. Amaç, yapının şiddetli yer hareketlerine karşı koyabilecek rijitliğe ulaştırılmasıdır. Onarım hasar görmüş bir yapıda yapılmasına karşılık güçlendirme için yapının hasar görmüş olması gerekmez. Hasarsız bir binanın da yapısal sisteminin iyileştirilerek güçlendirilmesi gerekebilir.

Aşağıdaki durumlarda, hasarsız olmasına rağmen mevcut bir yapının güvenliğinin belirlenmesi gerekir:

- 1)Malzeme dayanımının, yapının projesinde öngörülen değerlerden düşük olduğu saptanmışsa,
- 2)Betonarme binalarda donatıların detaylandırılmasında bazı kurallar vardır. Yapının yeterli oranda enerji tüketebilmesi ve deformasyon kabiliyetinin artması açısından büyük önem taşıyan bu kurallara uyulmamış olduğu belirlenmişse,
- 3)Binanın kullanım amacı değişmişse,
- 4)Halen yürürlükte olan yönetmeliklerden önceki yönetmelikler kullanılarak projelendirilmişse,
- 5)Binanın yanal rijitliğinin yetersiz olduğu belirlenmişse,
- 6)Binaya yeni bir kat çıkılması gerekiyorsa.

Taşıyıcı sistemi onarılabilir düzeyde hasar görmüş veya yukarıdaki herhangi bir nedenden dolayı güçlendirmesi gereken yapıların, hasar nedenleri gerekli şekilde saptanmalı, gerekli onarım ve güçlendirme türüne bundan sonra karar verilmeli ve proje aşamasına geçilmelidir.

Depreme karşı güçlendirme kararı verilirken, yerinde yapılan incelemeler ve testler önemlidir. Elde edilen bilgiler ışığında ve önerilen hesap yöntemleriyle binanın deprem güvenliği saptanır. Mevcut durumun istenen performans düzeyinin altında kalması durumunda, güçlendirmeye başvurulur. Bir binanın hedeflenen performans düzeyine erişmesi için şu işlemlere başvurulur:

- Deprem hasarlarına neden olacak kusurların giderilmesi
- Deprem güvenliğini artırmaya yönelik yeni elemanlar eklenmesi
- Yapının ağırlığının azaltılması
- Kuvvet aktarımında sürekliliğin sağlanması [13].

4.4. Betonarme Binalarda Onarım ve Güçlendirme İlkeleri

Onarım ve güçlendirme ilkeleri hasarın nedeni ile doğrudan bağlantılıdır. Amaç hasara neden olan elverişsizliklerin belirlenmesi, bu elverişsizlikleri giderecek önlemlerin belirlenmesi ve hasarın ortaya çıkardığı mukavemet kaybının giderilmesi ya da hasarın bir daha olmaması için gerekli güçlendirme yöntemlerinin belirlenmesidir. Farklı hasar nedenleri değişik onarım ve güçlendirme yöntemlerinin uygulanmasını gerektirmekle birlikte hemen her durumda uygulanabilecek ortak önlemler de vardır. Bu önlemler depreme dayanıklı yapı tasarımı kavramı ile de yakından bağlantılıdır. Yapıların veya yapı elemanlarının onarım ve güçlendirilmesinde uygulanabilecek ortak yöntemler aşağıda sıralanmıştır [14].

4.4.1. Yapının öz ağırlığının azaltılması

Herhangi bir yapı elemanı yükünü taşıırken çatlamış ise yükü taşıyabileceğinden fazla demektir. Bu durumda elemana gelen yük azaltılırsa çatlama duracağından hasar etkisi ortadan kalkacaktır. Depremde yapıya gelen yükler yapı kütlesi ile doğrudan orantılı olduğundan, yapı ağırlığındaki bir azaltma yapıya gelen deprem kuvvetinin de azalmasını sağlayacaktır.

Yapının ağırlığını azaltmak için;

- Tuğla bölmeler yerine daha hafif malzemedен (gaz beton, alçı panel vb.) yapılan bölmeler kullanılabilir.
- Yapının üst katlarından bir veya birkaçı yıkılabilir.
- Yapıya çatı yalıtımı için konulmuş ağır malzemeler daha hafifleri ile değiştirilebilirler.
- Yapıdaki kalın sıvalar inceltilebilir veya ağır cephe kaplama malzemeleri (granit gibi) kaldırılabilir.
- Merdivenlerden taşıyıcı sisteme gelen yükleri azaltmak için bu yükleri doğrudan zemine ileten düzenekler yapılabilir.
- Yapıyı hafifletme yöntemleri her zaman olmayabilir. Ancak bu olanaktan yararlanma yolları aranmalıdır.

4.4.2. Yapının sünekliğinin arttırılması

Süneklik bir yapının veya yapı elemanının elastik ötesi şekil değiştirebilme ölçüsüdür. Sünek bir yapıda veya elemanda dayanım hemen hemen sabit kalırken önemli şekil değiştirmeler meydana gelir. Bu şekil değiştirme sayesinde deprem enerjisi tüketilir.

Sünekliğin gereği olan plastikleşme bölgelerinin meydana gelebilmesi için sistemin yüksek dereceden hiperstatik olması gerekir. Örneğin tek başına duran kule ve bacalarda taşıyıcı sistem statikçe belli olduğundan, önemli sünek şekil değiştirmeye müsaade edilmez.

Seyrek meydana gelecek şiddetli deprem etkisini, yapıların elastik sınır ötesinde şekil değiştirerek karşılaması istenir. Yapıların, elastik sınırı aşıp sünek bir davranış göstererek kesit zorlarında önemli artmalar olmadan, şekil değiştirerek depremin dinamik etkisini geri dönüşümlü olmayan enerjiye dönüştürerek yutması istenir. Betonarme yapılar rijit kolon kiriş birleşim yerlerinin çatlayıp hasar görerek mafsallı birleşim yerine dönüşmesiyle depremin enerjisini tüketirler. Mafsallı birleşim yerlerinde önemli taşıma gücü kaybı olmamalıdır.

Yapıların deprem sonrası onarım veya güçlendirilmesinde çoğunlukla kolonların veya kirişlerin mantolanması ve çerçeve arası boşlukların perde duvarlarla doldurulması yöntemi kullanılır. Rijitliği yüksek elemanların sünekliği az olduğundan bu yöntemler yapının rijitliğini arttırmakta fakat sünekliğini azaltmaktadır.

Yapılarda onarım güçlendirme ile sünekliklerinin ne yönde değiştiğinin belirlenmesi kolay değildir. Genellikle onarım ve güçlendirme ile yapının sünekliği azalmaktadır.

Sünekliği sağlayan etriye sıklaştırılmasının ve boyuna donatılarda yeterli ankraj boylarının bitmiş bir yapıda sağlanması olanaksızdır. Bu nedenle sünekliğin arttırılması hiçte kolay olmayan bir amaçtır.

4.4.3. Yapının taşıma gücünün artırılması

Yapıda veya yapı elemanlarında oluşan hasarlar gelen kuvvetlere karşı dayanımın az olmasından kaynaklanır. Gelen kuvvetlere karşı dayanımın artırılması ile hasar durdurulacak ya da bir daha olmayacaktır. Depremlerde oluşan hasarlara karşı yapının yatay yük taşıma gücü artırılmalıdır.

Çünkü depremden önce yapının maruz kaldığı yükler (özellikle düşey yükler) altında herhangi bir hasar oluşmamış, hasar depremden sonra yani yatay yükler altında oluşmuştur. Depremden sonra yapının düşey yükleri değişmemiş, fakat depreme oluşan hasarlar yapının düşey yük taşıma gücünü de azaltmıştır. Özellikle kalıcı yatay ötelenmelerden dolayı oluşan ikinci mertebe momentler ve çatlayıp zayıflamış kolon-kiriş enkesitleri yapı güvenliği azaltmaktadır.

Yapı onarımının ilk aşamasında zayıflamış düşey yük taşıma kapasitesinin artırılması, ikinci aşamasında ise yatay yüklere karşı dayanımın artırılması gerekir. Taşıma gücünün artırılması yapıya yatay ve düşey yükleri karşılayacak yeni elemanlar eklenmesi, mevcut eleman enkesitlerinin genişletilmesi ile yapılır. Genellikle yapılan onarım ve güçlendirme ile yapıların daha büyük deprem kuvvetlerine karşı elastik bölgede kalarak, hasar olmadan karşı koyması sağlanmaktadır.

Yapıya yatay yükleri karşılamak amacıyla eklenen perde duvar gibi elemanlar yapının yatay yer değiştirmesini kısıtlayacaktır. Bu yapının hafif ve orta şiddetteki depremlerde taşıyıcı olmayan elemanlardaki hasarı azaltacak, çok şiddetli depremlerde ise yıkılmasını engelleyecektir.

4.4.4. Yapının dinamik özelliklerinin iyileştirilmesi

Yapıda oluşan hasar, yapı titreşim periyodu ile zemin hakim periyodunun birbirine çok yakın olmasından dolayı oluşan rezonans ile ilgili ise, yapının dinamik özelliklerinin değiştirilip yapı periyodu ile zemin hakim periyodunun birbirinden uzaklaştırılması sağlanabilir. Bunun için zeminin dinamik özelliklerinin bilinmesi

gerekir. Daha sonra yapı periyodunun büyütülmesi veya küçültülmesi ile yapının daha esnek veya daha rijit bir konuma sokulması ile yapı periyodu zemin hâkim periyodundan uzaklaştırılabilir. Zemin hâkim periyodu T_0 çeşitli zemin türleri için Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Zemin hakim periyodu T_0 'ın çeşitli zemin türleri için değerleri

Zemin Cinsi	Tanımlama	T_0 (s)
I	Ayrılmamış sağlam kayalar, çok sıkı çakıl, kum ve kum-çakıl karışımları, sert killer, siltli killer (ve sismik özelliklerinin bunlara benzediği geçerli hesap yöntemleri ile gösterilmiş zemin tabakaları)	0,40
II	Ayrılmış ve çatlaklı kayalar, sıkı çakıl, kum ve kum-çakıl karışımları, çok katı siltli killer (ve sismik özelliklerin bunlara benzediği geçerli hesap yöntemleri ile gösterilmiş zemin tabakaları)	0,60
III	Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrılmış ve gevşek çimentolu kayalar, orta sıklıktaki kum ve çakıllar, katı kil, silt ve siltli killer	0,80
IV	Yumuşak ve kalın (30m'den fazla) alüvyon tabakaları, bataklık veya çamur dipli deniz doldurulması ile oluşmuş kalınlığı 3m den çok tabakalar ve 30 yıldan genç kontrolsüz dolgu tabakaları, gevşek ve çok gevşek kumlar, yumuşak killer	1,00

Hâkim periyot hiçbir durumda $0.15s_n < T_0 < 1.20s_n$ aralığı dışında seçilemez. Tablo 4.1'de verilen değerler taban kayası veya eşdeğer özelliklerdeki taban formasyonu üzerinde bulunan zemin tabakalarının 50m mertebesinde bir kalınlıkta bulunması durumunda geçerlidir. Zemin tabakalarını farklı kalınlıkta bulunması durumunda zemin hâkim periyodu

$$T_0 = 4H/V_s$$

olarak hesaplanabilir. Burada H tabaka kalınlığı ve V_s kayma dalgasının hızıdır. Yapının kütlesi arttırılırsa yapı periyodu uzar, ancak yapıya gelen yükler yapı kütlesi ile doğru orantılı olduğundan yapıya etkiyen deprem yükü de artacaktır. Dolayısı ile yapının taşıma gücünün de arttırılması gerekir.

Yapının rijitliği arttırılırsa yapı periyodu kısalmır. Yapıya yeni elemanlar eklenmesi ve kesitlerin genişletilmesi ile yapının hem rijitliği, hem de taşıma gücü artacaktır. Yapı sönüm oranının arttırılması ve yapıdaki katlar arasında rijitlik değişimlerinin uyumlu olmasının sağlanması da yapının dinamik özelliklerini iyileştiren yöntemlerdir.

4.4.5. Yapıda burulma etkilerinin azaltılması

Deprem etkisi altında birçok yapıda oluşan hasarın nedeni yapıdaki ağırlık merkezi ile rijitlik merkezinin birbirinden uzak olması nedeniyle oluşan burulma etkisinin yarattığı ek momentler ve kesme kuvvetleridir. Örneğin, perde duvarların yapının bir yanında toplanmış olması burulma etkisi oluşturacağı gibi, taşıyıcı olmayan bölme duvarların katlarda dengeli bir biçimde yerleştirilmemiş olması da, yapının ağırlık ve rijitlik merkezleri arasında fark oluşturarak, yapıda burulma etkisi yaratacaktır. Bu nedenle onarım ve güçlendirme esnasında yapıda mevcut burulma etkilerini düzeltecek şekilde perde duvarlar eklenmeli ve eklenecek perde duvarların da ek bir burulma momenti oluşturmamasına dikkat edilmelidir.

4.4.6. Yapıda sürekliliğin sağlanması

Taşıyıcı sistemde plan ve düşeyde bulunan elemanların dayanımlarının düzgün ve sürekli olarak düzenlenmesi önemlidir. Kolon ve kirişlerin planda düzgün dağıtılması, sistemin belirli bölgelerinin aşırı zorlanmasını önler. Bu nedenle taşıyıcı sisteme güçlendirme esnasında ilave edilen kolon ve perdeler temelden çatıya kadar sürekli olmalı ve dışmerkez mesnetlenmelerden kaçınılmalıdır. Yapıda düşey sürekliliğin sağlanması yanında elemanların rijitliklerinin de ani değişimi engellenmelidir. Kolon ve ona mesnetlenen kirişlerin eksenleri arasındaki dışmerkezlik de elden geldiği kadar önlenmeli ve bunların genişliklerinin birbirine yakın olmasına çalışılmalıdır. Böylece özellikle betonarme elemanlarda, kesit etkilerinin geçişini sağlayan iyi bir donatı düzeni sağlanabilir. Taşıyıcı sistemde süreklilik ile elemanların birbirine yardım etmesi sağlanırken, elastik davranışın ötesindeki taşıma kapasitesi arttırılmış olur. Ayrıca bu sırada ortaya çıkacak plastik mafsalların sayısı dolayısıyla dinamik enerjinin yutulan kısmı da büyütülmüş olur. Bunun tersine birleşimleri yeterli olmayan prefabrike yapılarda sistemdeki fazla bağların sayısının az olması nedeniyle elastik davranışın sona ermesinden kısa bir süre sonra göçme yüküne erişilir. Bu durum hazır elemanlı yapıların kuvvetli deprem hareketi altındaki zayıf bir noktasını oluşturur.

4.4.7. Yükleri taşıyacak yeni elemanlar eklenmesi

Yapıda depremin oluşturduğu yatay yükleri taşıyacak elemanlar yetersiz ise yapıya yeni elemanlar eklenebilir.

4.4.8. Yapının göçme modunun düzenlenmesi

Yapılar deprem etkilerini karşılayacak şekilde boyutlandırılırken, özellikle düşey taşıyıcı elemanların dayanımlarını kaybederek tüm sistemin göçmesinden veya burkulma gibi ani göçmeden uzak kalması istenir. Genel olarak birleşim bölgelerinde, kirişlerin kolonlardan önce plastik mafsal oluşturarak gç tükenmesinin ortaya çıkması istenir. Fakat st katlara doğru çıkıldıkça, kolon kesitlerinin küçülmesi ve kiriş kesitlerinin aynı kalması nedeniyle, bu durumun her zaman sağlanması mümkün olmayabilir.

Yapıların onarım ve güçlendirilmesine karar verilirken göz önünde tutulması gereken bir başka nokta yapının bulunduğu yerdeki olanaklardır. Nitelikli işçiliğin ve malzemenin bulunmaması ile istenilen dayanımda yapılmamış bir yapının güçlendirilmesi için gerekli daha yüksek nitelikli malzeme ve işçilik gerekmektedir.

4.5. Binada Mevcut Durumun ve Hasar Tespitinin Değerlendirilmesi

Betonarme bir binanın güçlendirilmesi projeleri hazırlanmasında ilk adım, binadaki hasarın incelenmesinin yapılarak, binanın her açıdan zayıf noktalarının belirlenmesidir. Bu tür değerlendirmeler, bina için yapılacak ilk çalışmayı oluşturur ve değişik yaklaşıklıkla yapılabilir. Bunların en basiti binayı dolaşıp, taşıyıcı sistem hakkında bilgi toplayıp, bunu değerlendirmek olarak ifade edilebilir. Binanın yönetmelik kurallarını kullanarak deprem altındaki kesit etkilerinin hesap edilmesi, bunların taşınabilecek kesit kapasiteleri ile karşılaştırılması ise, en ayrıntılı değerlendirmeye karşı gelir. Mevcut binada yapılacak ayrıntılı incelemede, binanın durumuna göre taşıyıcı sistemin veya malzeme kalitesinin belirlenmesinde daima belirsizliklerle karşı karşıya bulunulacağı gözden uzak tutulmamalıdır. İncelemeyi yapan mühendisin bu belirsizlikleri en aza indirirken, mevcut belirsizlik seviyesini

gözden geçirerek her türlü incelemenin uygun bir seviyede tutulması önemlidir. Örneğin, taşıyıcı sistemi belirsizlik içeren bir binada ayrıntılı bir dayanım hesabının yapılması gerçekçi olmaz. Mevcut bir binanın incelenmesi aşağıdaki adımlar izlenerek yapılabilir [15].

a) Binanın mimari rölevesinin hazırlanması

Elde proje mevcut değilse, hazırlanacak rölevede binanın hacimlerinin kullanım şekilleri, kapı ve pencere yerleri ve boyutlarının belirlenmesi gerekir. Banyo ve mutfak gibi ıslak hacimlerde tesisatın bağlı olduğu yerler gösterilmelidir. Mevcut bir mimari plan varsa, bunun yerinde uygunluğu kontrol edilerek gerekli değişiklikler işlenmelidir.

b) Binanın taşıyıcı sistem rölevesinin hazırlanması

Binanın betonarme projesi yoksa, hazırlanacak rölevede; döşeme türü, kolon ve varsa perdelerin yerleşim durumu, kirişlerin plandaki düzeni ile kat yükseklikleri belirtilmelidir. Kolon ve perdelerin yerleşim durumu ile kirişlerin plandaki düzeninin belirlenmesi için bazı duvarların kırılması gerekebilir. Özellikle kirişlerin bölme duvarları içinde kalması ve asmolen döşemelerde geniş kirişlerin döşeme içinde bulunması taşıyıcı sistemin belirlenmesinde büyük zorluk oluşturur. Binada, yer yer zemin açılarak temel düzeni, temelin geometrik boyutları, derinliği ve bağ kirişlerinin durumları belirlenmelidir. Temellerin yerel veya dışardan açılması yeterli olabilir. Eğer binanın taşıyıcı sistem ve betonarme kesit hesapları ile ilgili çizimleri varsa, bunun uygunluğu açıklık ve eleman boyutları bakımından kontrol edilmeli ve gerekli değişiklikler plana işlenmelidir. İnceleme sırasında taşıyıcı elemanlarda tespit edilen çatlaklar, beton dökülmeleri ve korozyon hasarları binanın taşıyıcı sistem rölevesinin üzerine işlenmeli, bunların yerel olması durumunda epoksi reçinesi enjeksiyonu ile veya temizlenerek tamir harcı ile kesitin onarımına gerek olup olmadığına karar verilmelidir. Bu önlemlere çatının binaya bağlı olup olmadığı, kalkan duvarlarının ve bacanın durumu gibi hususlar işaretlenerek, yerinde alınacak tedbire karar verilmelidir. Bu tedbirler, çatının döşemeye bağlanması, bacaların kısaltılması ve kalkan duvarlarına düşey veya yatay hatıl konulması şeklinde olabilir.

c) Binanın hasar rölevesinin hazırlanması

Hazırlanan taşıyıcı sistem rölevesi esas alınarak, binada her katta, bölme duvarı, kolon, kiriş, kiriş-kolon birleşim bölgesi, perde ve temel hasarı işlenmelidir. Binada, dönme veya temelin zemine batması durumları not edilmelidir. Özellikle, çatlakla kesilmiş veya dağılmış kolonlar belirlenmeli ve bunların depremden önceki durumuna getirilebilmesi için epoksi reçinesi enjeksiyonu veya mantolama gerekip gerekmediğine karar verilerek, hasar rölevesine kayıt edilmelidir. Dört tarafından mantolanma gerektiren kolonların veya kiriş-kolon düğüm bölgelerindeki çatlaklara epoksi uygulaması gerekmeyebilir. Binaların büyük bir kısmının kolon mantolanması veya perde ilavesi ile güçlendirilebileceği gözönünde tutularak, hasar tespiti sırasında güçlendirme perde yerlerinin belirlenmesi ve güçlendirme perdelerinin hasar gören ve mantolanması gereken kolonlara en azından bir kenarından bitişik yapılması, mantolama ile perdeyi beraber ortaya çıkaracağı için tercih edilmelidir. Hazırlanacak hasar raporuna varsa çatı hareketi veya göçmesi, kalkan duvarlarının ve bacanın yıkılması gibi hususlar işaretlenerek, yerinde alınacak tedbire karar verilmelidir. Bu tedbirler, bacaların kısaltılması, kalkan duvarlarına düşey ve yatay hatıl konulması, çatının döşemeye bağlanması şeklinde olabilir.

Hazırlanan kat kalıp planları esas alınarak binadaki hasarın incelenmesi ve bunların bu planlara işlenmesi, taşıyıcı sistem elemanlarındaki hasarın belirtilmesi yanında bölme duvarlarındaki x çatlaklarının ve hasarın derecesi de binanın depremden etkilenme derecesini göstermesi bakımından önemlidir. Taşıyıcı sistem elemanlarında hasar, kiriş ve kolonlarda çatlak olarak ortaya çıkar. En önemli hasar kolon-kiriş birleşim bölgelerinin depremde zorlanmasından oluşan çatlaklar, beton dökülmeleri veya donatı burkulmalarıdır. Depremden sonra kolonlarda betonun bölgesel boşalması ve donatının burkulması gibi önemli hasarların meydana geldiği gözlenmiştir. Binanın merdiven bölgesi taşıyıcı sistemin düzenli olmadığı bir bölümdür. Bu nedenle burada özellikle duvar hasarları daha çok kendini gösterir. Genellikle hasar zemin katta yoğunlaşmış olarak görülür, üst katlara çıkıldıkça hasar azalır. Yurdumuzda kalıp işçiliğinin kaliteli olmadığı yerlerde, meydana gelen kusurları örtmek amacıyla kalın sıva kullanılır. Bu ise, büyük sıva çatlaklarının oluşmasına sebep olur. Bazı durumlarda, bu çatlaklar taşıyıcı elemanlarda devam

etmeden yüzeyde kalabilir. Bunun gibi, merdiven kolu plağında ve bunun sahanlık plağı ile birleşim yerinde hatalı donatı uygulamasına yaygın olarak rastlanır. Bu durum deprem hasarlarının buralarda yoğunlaşmasına sebep olur.

Binada hasar tespiti yapanın, ilk tespitlere dayanarak bir güçlendirme sistemi önermesi, projelendirmenin daha kolay oluşturulması ve gözden önemli bir şeyin kaçmamasını sağlar. Yapılacak öneride hasar görüp düşey yük taşıyıcılığı şüpheli olan kolonların mantolanması bulunmalıdır. Taşıyıcı sistemin toplam deprem güvenliği kolonların mantolanması ile oluşturulabildiği gibi güçlendirme perdelerinin öngörülmesi ile de sağlanabilir. Bunun için mantolanması uygun görülen kolonların belirlenmesi veya muhtemel perde yerlerinin işaretlenmesi önemlidir. Bunlar yerleri daha sonra hazırlanacak proje çözümlerinde alınacak sonuçlara göre kontrol edilecektir. Yerinde yapılacak incelemede kolon mantolanmasının veya perde yerlerinin mimari bakımdan bir sakınca doğurup doğurmadığı kontrol edilmelidir.

d) Binada beton kalitesinin belirlenmesi

Binada beton kalitesi en az üç karot numunesi alınarak belirlenmelidir. Karot sayısı binanın büyüklüğüne göre artırılabilirse de, bulunan mukavemetin ortalama bir değer olacağı ve bunların alınan elemanları zayıflatacağı düşünülerek, sayının çoğaltılması tercih edilmeyebilir. Karotların varsa perdelerden alınması tercih edilmeli ve donatının kesilmemesine özen gösterilmelidir. Özellikle, eski binalarda kolon kesitlerinin küçük olması ve perde bulunmaması sebebiyle bazı durumlarda karot alınacak uygun yer bulunmayabilir ve tahribatsız deney sonuçları ile yetinmek gerekli olabilir. Genel durumda karot değerleri, her katta en az üç kolon veya perdede yapılacak darbeli çekiç deneyleri ve ses hız ölçümü deneyleri ile desteklenmelidir. Ölçülen bu değerler ile karot sonuçları arasında korelasyon kurularak, beton kalitesi konusunda oldukça gerçekçi sonuç elde etmek mümkündür.

e) Binada donatı kalite ve düzeninin belirlenmesi

Binada bodrum veya zemin katta açılacak en az üç kolonda beton örtüsü kaldırılarak boyuna donatı ve enine donatı miktarı ve düzeni tespit edilmelidir. Kolonların biri

bütün kenarlarından açılabilirse de, diğerlerinin bir veya iki kenarından açılması mevcut sistemi zayıflatmamak bakımından tercih edilmelidir. Benzer şekilde seçilecek üç kirişte donatı, açıklıkta ve mesnet kesitine yakın yerlerinde alttan bakılarak, boyuna donatı düzeni pilye sayısı ve enine donatı aralık ve çapı tespit edilebilir. Kullanılacak manyetik aletle donatının belirlenmesi işlemi yaygınlaştırılabilir. Yurdumuzdaki mevcut binaların pek çoğunda bodrum katlar da korozyon hasarı önemli bir sorundur. Böyle bir durumda, donatılarda korozyon nedeniyle çap değişimleri ve bunun kapsamı belirlenmelidir.

f) Geoteknik bilgilerin belirlenmesi

Temel zeminine ait geoteknik bilgiler için muayene çukuru açılabilceği ve sondaj yapılabileceği gibi, çevreden yapılan benzer çalışmalardan da yararlanılabilir. Yapılacak işlemlerin kapsamının seçimi, güçlendirme işlemlerinin kapsamına bağlı olacaktır. Geoteknik inceleme sonucu muhtemel güçlendirme sistemi ile doğrudan ilgili parametreler olan zeminin tabi birim hacim ağırlığı, zemin emniyet gerilmesi belirlenmelidir. Bölgedeki deprem durumu göz önüne alınarak, zemin karakteristik periyotları ve etkin yer ivmesi katsayısı da belirlenmelidir. Yer altı su seviyesi hakkında bilgi ve binadaki temel durumu ve temel derinliği de geoteknik inceleme sonucu tespit edilebilir. Bazı durumlarda geoteknik bilgilerin derlenmesi ile küçük ölçekli bölgelendirme yapılarak, deprem etkisine esas olan parametrelerin daha gerçekçi belirlenmesi mümkün olabilir.

BÖLÜM 5. TAŞIYICI SİSTEM ELEMANLARININ ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN MALZEMELER VE YÖNTEMLER

5.1. Onarım ve Güçlendirme Malzemeleri

Betonarme yapı elemanları için günümüzde çok değişik güçlendirme malzemeleri mevcuttur. Bunlar, özellikleri yüksek olduğu oranda pahalı olup, uygulaması daha çok özen ister. Dikkatsiz ve rastgele yapılacak uygulamada malzemeden beklenen verimin alınması mümkün değildir. Bu tür malzemelerin seçiminde yaygın kullanım alanı bulmuş, şantiye koşullarına uygun olanları tercih etmek yerinde olur. Malzemenin satın alınması sırasında imalatçısından teknik destek sözü de alınmalıdır. Uygulama sırasında en az günlük belirlenecek deneylerle malzemenin ve uygulamanın kalitesi kontrol edilmelidir. Yapının kalitesinin düşük olması ve çok belirsizlikleri içermesi durumunda, ileri teknoloji ürünleri yerine, olabildiğince uygulaması basit yaygın kabul görmüş malzemeleri tercih etmelidir. Örneğin, beton kalitesi çok düşük bir elemanda epoksi enjeksiyonu, çelik şeritlerle onarım ve karbon lifli malzeme uygulamasının vereceği sonuç şüpheli olacaktır. Ayrıca, onarım ve güçlendirmeye son kararın maliyet analizi yapıldıktan sonra verilmesi gerekir [16].

a) Tamir harçları ile onarım

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 yüzeyle iyi yapışması, alt tabaka ile aynı elastiklik modülü, ısı genleşme katsayısına sahip olması beklenir. Bu suretle yüklenme durumunda ve sıcaklık değişimiyle ek gerilmelerin çıkması önlenmiş olur. Tamir harcı uygulanan yüzey dışı açık olduğu için atmosfer koşullarına dayanıklı olması ve düşük geçirimliliğe 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 düşürmek amacıyla süper akışkanlaştırıcı içermesi de tercih sebebidir.

Tamir harcı uygulamadan önce yüzeydeki harç, gevşek parçalar, bozulmuş hasar görmüş beton, yağ, boya kalıntıları, kireç, toz ve kir temizlenmeli, yüzey pürüzlendirilmelidir. Kesitte bulunan donatı çeliği kumlanarak, üzerindeki pas temizlenmeli ve üzerine korozyona karşı koruyucu bir kimyasal sürülmelidir. Mevcut donatının kesiti korozyon sebebiyle küçülmüşse, yeni donatı çubukları ilave edilmelidir. Tamir harcı uygulanacak yüzeyde su sızıntısı mevcutsa, bu sızıntı durdurulmalıdır. Eğer tamir harcı uygulaması 20mm'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 10mm olmalıdır. Bazı tamir harçları içinde çelik lifler de bulunmaktadır. Bu durumda ayrıca tel veya çelik hasır kullanmaya ihtiyaç kalmayabilir.

Donatı çubukları veya hasır yerleştirildikten sonra, tamir harcı uygulamasından önce kesit suya doygun hale getirilmelidir. Harç kalıp içine dökülüyorsa, kalıbın özel açılma pencereleri bulunmalıdır. Döküm işlemine başlamadan önce ahşap kalıplar ıslatılmalıdır. Böylece harcın içindeki suyun emilmesi önlenmiş olur. Tamir harcı mala ile sürülebileceği gibi, püskürtülerek de uygulanabilir. Harcın düzeltme işleminden sonra, sıcaklık veya rüzgar gibi nedenlerle hızla kuruyarak içindeki hidrasyon suyunu kaybetmemesi için, bitmiş kesite bakım yapılmalıdır.

b) Püskürtme beton ile onarım ve güçlendirme

Mantolama yöntemi ile yapılacak güçlendirmede, beton kalınlığının az olduğu durumlarda, kalıp yapılması ve betonun yerleştirilmesi zordur. Böyle durumlarda araç, gereç ve beceri kazanmış eleman varsa, püskürtme beton uygulanabilir. Bu uygulama için gerekli donanımın sağlanması külfetini karşılayacak miktarda işin olması da karar için bir etkidir.

Püskürtme beton, basınçlı hava ile uygulanan betondur. Karışımın hazırlanmasında iki ayrı yöntem mevcuttur. Bunlardan ilki Kuru Karışım olarak bilinir. Bu tür püskürtme betonu için makinanın karışım odasında, çimento ve agrega uygun ölçülerde bir araya getirilip karıştırıldıktan sonra, bu kuru karışım seyrek olarak ve basınçlı hava yardımıyla bir hortum içinde püskürtme ucuna iletilir. Meme veya tabanca olarak da adlandırılan bu uca gelen kuru karışıma basınçlı su eklenerek elde edilen beton basınçlı hava yardımıyla betonlanacak yüzeye yüksek hızla püskürtülür. Tabancada katılan su miktarı isteğe uygun bir karışım elde edilmesi için kolayca ayarlanabilir ve gerekli olduğunda bu suya beton katkı maddeleri de eklenebilir. Daha sonra uygulamaya konulan yöntemde ise çimento, agrega ve su beraber karıştırılır. Elde edilen Islak Karışım benzer şekilde hortumla ve basınçlı hava yardımıyla püskürtme ucuna iletilir. Püskürtme beton, yeni inşa edilen yapıların yanında özellikle eski yapıların onarım ve güçlendirme işlerinde geniş bir kullanım alanı bulur. Mevcut kârgir, ve betonarme yapıların yüzlerinin beton tabakasıyla kaplanmasında ve güçlendirilmesinde kullanılır. Püskürtme betonun, özellikle kalıp yapmanın zor olduğu veya ekonomik olmadığı yerlerde, betonun yerleştirilmesi ve sıkıştırılmasının güç olduğu veya betonun ince bir tabaka olarak uygulanması gereken yerlerde kullanılmasının uygun olduğu söylenebilir.

Başarılı bir püskürtme betonun elde edilmesi, donatının uygun seçilmesi ve yerleştirilmesine de bağlıdır. Küçük çaptaki onarım işlerinde donatı kullanılmayabilir. İşin şekline ve betonun kalınlığına göre yuvarlak veya hasır donatı kullanılır. Donatı, püskürtme sırasında yerini koruyacak ve az yayılacak şekilde yerleştirilmelidir. Donatı hasırı pimlerle veya takozlarla beton püskürtülecek yüzeye bağlanarak bu koşul yerine getirilebilir. Küçük çaplı donatılar tercih edilmeli ve gerektiğinde kullanılan büyük çaplı donatının beton tarafından sarılmasına özen gösterilmelidir. Ayrıca; donatı, beton karşı taraftan ve düşeyden az bir sapma ile püskürtülebilecek şekilde yerleştirilmelidir. Donatıların etrafında betonun boşluk bırakmadan püskürtülmesini sağlayacak kadar mesafe bulunmalıdır. Donatıların birbirine, donatının kalıba veya donatının arka yüzeye mesafesi olan bu aralık, en büyük dane büyüklüğüne ve donatının çapına bağlı olmakla beraber, genellikle 50 mm önerilir. Püskürtme beton kalınlığının 50 mm'den büyük olduğu durumlarda bir konstrüktif donatı (büzülme donatısı gibi) koymak uygun olur. Projede öngörülen

yerlerine itinalı bir şekilde yerleştirilen donatılar temiz ve aderansı zayıflatacak şeylerden arınmış olmalıdır. Gerek çubukların ve gerekse hasır donatının ek yerlerinde zayıf bölgelerin oluşmasını önlemek için önlem alınmalıdır.

c) Epoksi reçinesi ile onarım ve güçlendirme

Epoksi ve benzeri reçineler beton çatlaklarının doldurulmasında ve ince çelik elemanları betona yapıştırmak için kullanılır. Uygulamada epoksi; bu türden olan sıvı reçineler (epoksi, poliester, poliüretan, akrilik gibi) için genel anlamda kullanılmaktadır. Reçineyi oluşturan kimyasal birleşenlerin çeşitlerine ve kimyasal yapılarına, kullanılma oranlarına ve eklenen maddelere bağlı olarak pek çok türleri mevcuttur. Bu nedenle amaca uygun reçinenin seçilmesi önemlidir. Bir mukayese olması bakımından betonun ve epoksi reçinesinin mekanik özellikleri Tablo 5.1’de verilmiştir.

Tablo 5.1. Beton ve epoksi reçinesinin mekanik özelliklerinin karşılaştırılması

Özellik	Beton	Epoksi reçinesi
Basınç dayanımı (MPa)	20 - 70	250 e kadar
Çekme dayanımı (MPa)	2 - 5	3.5 - 35
Eğilmede çekme dayanımı (MPa)	3.5 - 7.0	10 - 35
En büyük boy değiştirme	0.01	0.2 - 50

Genel olarak reçinenin kullanımı sırasındaki sıvı döneminin uzun olması ve hemen kapta sertleşmeye geçmemesi istenir. Reçinenin betona, yığma duvara ve çeliğe yapışma özelliği çok iyidir ve bu bağda nemle bir azalma görülmez. Uygulamadaki nem ve sıcaklığa bağlı olarak, enjeksiyondan sonra sıcaklıkla sertleşme çabuklaştırılabilir. Genel olarak reçineler 100°C'nin üzerinde dayanımlarını kaybederler. Bu nedenle kullanımları sınırlı kalabilir veya yangına karşı korunmaları gerekebilir. Viskozitelerinin enjekte edilecek çatlağın kalınlığına uygun olması gerekir.

Epoksi, betonarme perdeler, kolonlar, döşemeler ve kirişlerdeki çatlakların onarımında yaygın bir şekilde kullanılır. Bu yöntemde çatlak ve boşluklar epoksi malzemesi ile doldurulur. Uygulamaya başlamadan önce beton içinde ses hızı ölçülerek çatlak ve boşluk durumu hakkında bir tespit yapılır. Çatlaklar boyunca

yaklaşık 100~150mm derinliğinde ve 10mm çapında, yeterli sayıda delik açılır. Yüzeyde çatlağın dış kısımları genişletilerek V şekline getirilir. Açılan deliklerdeki toz ve gevşek beton parçaları hava ile emilerek temizlenir. Daha sonra çatlağın dış yüzü, enjeksiyonun dışarı çıkmaması için, pasta kıvamlı bir epoksi ile çatlak boyunca yapıştırılır. Açılan deliklere basınçlı uygulama için memeler yerleştirilir. Bu küçük elemanların kenarlarının sızdırmaz bir şekilde kapatılması önemlidir. Uygulamaya en düşük seviyedeki memeye epoksi enjeksiyonu ile başlanır ve epoksinin üst komşu memeden çıkması beklenir. Bu durumda ele alınan meme ucu kapatılarak benzer işlem için daha üstteki memelere geçilir. Epoksi enjeksiyonunun bakımı yapıldıktan sonra, bu bölgelerde tekrar ses hızı ölçülür. Eğer düzensizlikler olduğu gözlenirse işlem tekrarlanır. Epoksi enjeksiyonunda üreticinin öngördüğü kurallara uyulması ve enjeksiyonda ilgili basıncın uygulanması önemlidir.

Epoksi enjeksiyonu genellikle genişliği 0.5~5mm arasındaki çatlaklar için başarı ile uygulanır. Çatlak genişliğinin küçük olduğu durumda (0.1~0.5mm), çatlağın bulunduğu kesitin kum ve fırça ile temizlenmesinden sonra, epoksi dış yüzeyden doğrudan doğruya fırça ile uygulanır. Daha geniş çatlaklarda; rötne, sünme ve sıcaklık etkilerini azaltmak için ek bir doldurucu malzemenin kullanılması önerilir. Çok geniş çatlaklarda çatlak ince kumla doldurulduktan sonra epoksi enjeksiyonu uygundur.

Epoksi kullanımında yerel çatlak onarımı yapıldığı unutulmamalıdır. Bir elemanı veya bir bölgeyi güçlendirmek için genellikle tek başına kullanılmaz. Güçlendirme işleminde diğer yöntemlerle beraber epoksi uygulaması tercih edilir. Örneğin, ek beton kesitlerinin elde edilmesinde mevcut beton yüzünü temizleyip epoksi sürüldükten sonra yeni betonun dökülmesi aradaki kaynaşmaya yardımcı olur. Böyle bir durumda da mekanik bazı ek önlemlerin (dikiş donatısı gibi) alınması önerilir. Uygulamanın özel malzeme, işçilik ve alet gerektirmesi maliyeti arttırır.

Yangına karşı dayanıksızlığı epoksinin bir zayıf tarafıdır. Epoksinin 80°nin üstünde dayanımını kaybettiği bilindiği için, ilgili durumlarda epoksili yüzeyin yangına karşı korunması gerekir.

d) Çelik şeritlerle onarım ve güçlendirme

Çelik şeritlerle onarım ve güçlendirme oldukça yeni bir uygulama olup, bunlar kirişin alt ve yan yüzlerine, kolonların düşey yüzlerine ve kiriş-kolon birleşim bölgesine epoksi reçinesi ile yapıştırılırlar. Paslanmaz çelikten olan bu şeritler 1.0~1.5mm kalınlığındadır. Uygulamada önce beton yüzeyi zımpara ile düzeltilip, yıkanır ve kurutulur. Yüksek viskoziteli epoksi reçinesi beton ve çelik şeridin yapışma yüzeyine sürülür. Basınç uygulayarak 24 saat yapıştırma sağlanır. Şeritler tel ağ ve çimento harcı veya püskürtme beton ile kaplanır. Şeritlerin uygulanmasında beton yüzeyle bütünleşmesi için beton dayanımının yeterli olması gerekir. Şeritlerin düzenlenmesinde basınç ve çekme kuvveti taşıyacak biçimde yerleştirilmesi önemlidir.

e) 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 5.2). 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.

Tablo 5.2. Lif takviyeli plastiklerin (LTP) mekanik özellikleri (*akma gerilmesi)

Malzeme	Elastiklik 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*	–

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 veya olumsuz bir özellik olarak ortaya çıkar. Buna karşılık kesit sünekliğini olumsuz yönde azaltırlar.

5.2. Betonarme Binaların Güçlendirilmesi Yöntemleri

Güçlendirme uygulamaları, her taşıyıcı sistem türü için eleman ve bina sistemi düzeyinde olmak üzere iki farklı kapsamda değerlendirilmelidir.

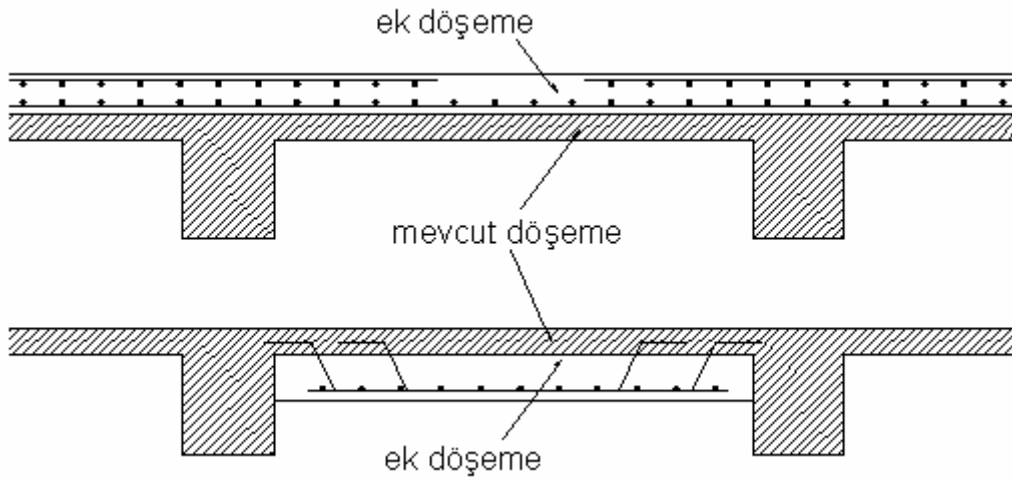
- Binanın kolon, kiriş, perde, birleşim bölgesi gibi deprem yüklerini karşılayan elemanlarında dayanım ve şekil değiştirme kapasitelerinin artırılmasına yönelik olarak uygulanan işlemler, eleman güçlendirmesi olarak tanımlanır.
- Binanın taşıyıcı sisteminin dayanım ve şekil değiştirme kapasitesinin artırılması ve iç kuvvetlerin dağılımında sürekliliğin sağlanması, binaya yeni elemanlar eklenmesi, birleşim bölgelerinin güçlendirilmesi, deprem etkilerinin azaltılması amacıyla binanın kütlelerinin azaltılması işlemleri sistem güçlendirmesi olarak tanımlanır [17].

5.2.1. Döşemelerin güçlendirilmesi

Döşemeler genel olarak düşey yükleri taşımak için projelendirilirler. Yatay yük etkisinde bu yükleri düşey taşıyıcılara (kolon ve perde) iletecek dayanım ve rijitliğe sahip olmaları amaçlanır. Ülkemizde betonarme binaların döşemelerinde en sık

rastlanan sorunlar, donatı yetersizliği nedeniyle kapasitenin yeterli olmaması ve döşemenin ince olması nedeniyle aşırı sehimdir. Hasarlar, genellikle konsol döşemelerde, döşemenin büyük boşluk olan kısımlarda ve doğrudan perdeye mesnetlendiği yerlerde meydana gelir.

Yerel çatlak ve hasarlar epoksi, çimento şerbeti veya püskürtme beton ile onarılabilir. Bu sırada özellikle bozulan betonun uzaklaştırılması ve kırılan veya burkulan donatının kesilerek kaynakla yeni donatının eklenmesi gerekir. Döşeme kalınlığının artırılmasıyla, sehim azaltılmakta, kesitin eğilme rijitliği ve moment kapasitesi artırılabilmektedir. Üstten yeni beton tabakası ile kalınlaştırılabileceği gibi alttan püskürtme beton uygulanarak döşemenin dayanımı artırılabilir (Şekil 5.1). Bu sırada yeni kısımlara uygun donatılar da yerleştirilmelidir. Yeni donatının mevcut olana kaynaklı parçalarla bağlanması, sistemin bütünlüğü bakımından istenir. Yeni ve mevcut döşeme arasındaki kayma gerilmesinin akışını sağlamak için yüzeyin pürüzlendirilmesi yanında, donatı veya çelik profil parçalarından da faydalanılabilir.



Şekil 5.1. Döşemelerin kalınlaştırılarak güçlendirilmesi

5.2.2. Kolonların güçlendirilmesi

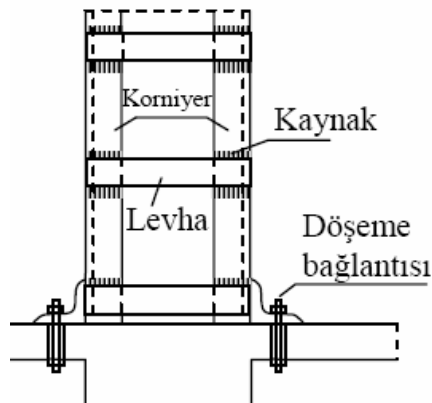
5.2.2.1. Kolon kapasitelerinin artırılması

Kolonların süneklik, aksenal yük taşıma gücü ve eğilme kapasitelerinin artırılması güçlendirme çalışmalarında amaca hitap eden yöntemlerden biridir. Burada, kolonda

mevcut dayanım eksikliğine göre çelik ve betonarme ile sarılmak suretiyle kapasitelerinin artırılması yollarına gidilebilir. Bu yöntemlerin gelişigüzel tercih edilmesinin beklenenin aksine yapıya ek yük getirebileceği unutulmamalıdır. Eğer kolonda eğilme kapasitesinin artırılması bekleniyorsa kolona eklenen yeni boyuna donatıların katlar arasında sürekliliği sağlanması gereklidir. Ancak, amaç sadece sürekliliğe katkıda bulunulması ise çelik lamalarla kolon aksenal yük taşıma kapasitesi artırılabilir. Kolonların sünekliğini arttırmaya yönelik olarak kesme ve basınç dayanımlarının artırılması, bindirmeli eklerin zayıflıklarının giderilmesi için aşağıda verilen yöntemler kullanılabilir [12].

5.2.2.2.Kolonların çelik ile sarılması

Çelik sargı dikdörtgen betonarme kolonların köşelerine dört adet boyuna köşebent yerleştirilmesi ve köşebentlerin belirli aralıklarla düzenlenen yatay plakalarla kaynaklanması ile oluşturulur.



Şekil 5.2. Kolonun çelik ile sarılması

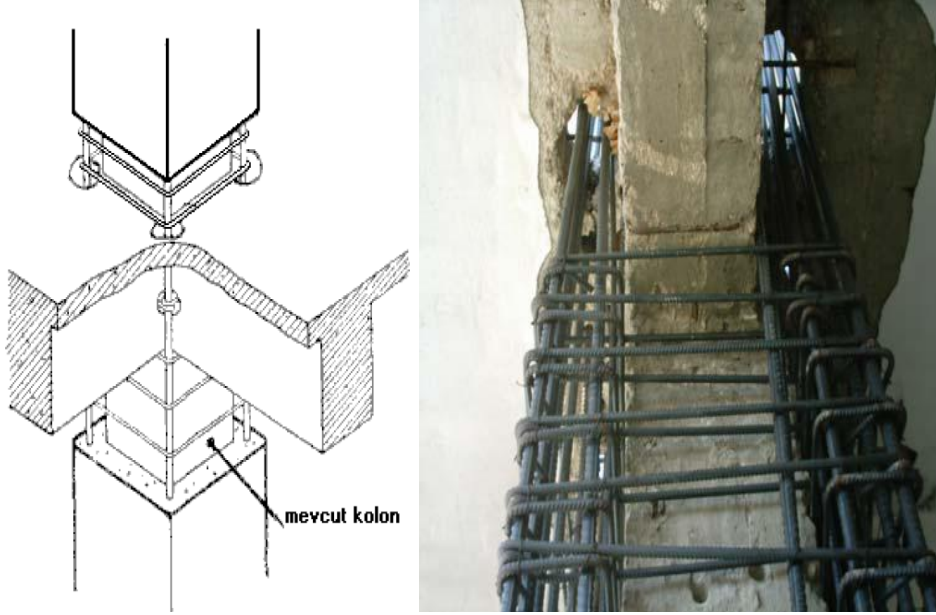
Kolon ve kiriş içinde olması gereken sargı donatısı, bantlar kullanılarak elemanın dışında sağlanır. Bu şekilde kolonun hem aksenal yük kapasitesi artırılır, hem de daha yüksek süneklik elde edilir. Burada en önemli husus çelik kafesin betonu çok iyi sarmasıdır. Aksi halde kolonun süneklik artışına bir katkıda bulunamayacaktır. Bu yöntem ile güçlendirmede kolonun moment ve aksenal yük taşıma kapasitesinde önemli bir artış sağlanamamaktadır. Çelik manto, katlar arası süreklilik sağlanamadığı için kolonun eğilme kapasitesinde de bir katkı sağlamadığı bilinmektedir (Şekil 5.2).

5.2.2.3. Kolonların betonarme ile sarılması (mantolama)

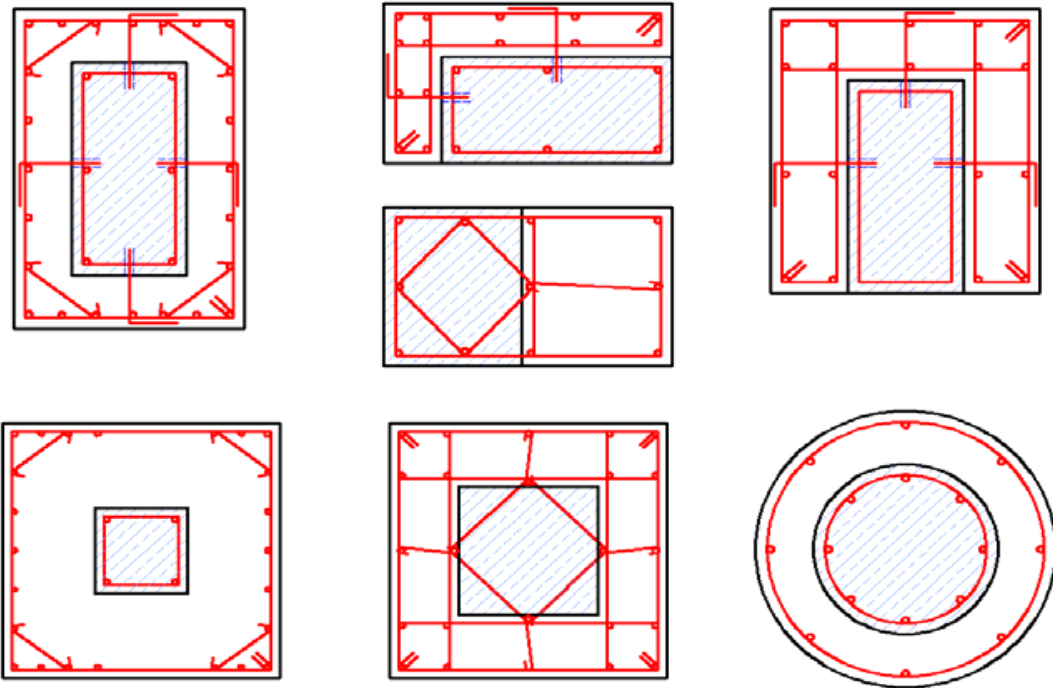
Mevcut kolonun beton örtü tabakası sıyrılarak veya yüzeyleri örselenerek uygulanmalıdır. Betonarme sargı gerek yatay, gerekse düşey donatının yerleştirilmesi, beton dökülmesi ve minimum beton örtü tabakasının sağlanması için yeterli kalınlıkta olmalıdır.

Kolonların eğilme kapasitesini arttırmak için kolon kesitleri büyütülebilir. Bu işlem aynı zamanda kolonun kesme ve basınç kuvveti kapasitelerini de artırır. Büyütülen kolona eklenen boyuna donatıların katlar arasında sürekliliği sağlanmalıdır. Boyuna donatılar kat döşemelerinde açılan deliklerden geçirilir. Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde kirişler delinerek veya kirişlere ankraj yapılarak gerekli enine donatı konulmalıdır. Büyütülmüş kolon kesitinin eğilme, kesme, basınç dayanımının ve eğilme rijitliğinin hesabında brüt kesit boyutları ve eklenen kesit betonunun tasarım özellikleri esas alınacak, ancak elde edilen rijitlik ve dayanımlar 0.9 ile çarpılarak azaltılacaktır.

Bu yöntemde, kolonun hem aksenal yük kapasitesi, hem de sünekliği artırılabilir. Manto içerisine yerleştirilen boyuna donatıların katlar arasında sürekliliği sağlanırsa, kolonun eğilme kapasitesi de artar (Şekil 5.3). Kolonların çeşitli betonarme mantolama çeşitleri şekil 5.4'te verilmiştir.



Şekil 5.3. Kolonun betonarme ile mantolanması



Şekil 5.4. Betonarme ile mantolama çeşitleri

Bu yöntemde en önemli hususlardan biri eski ve yeni betonu kaynaştırmaktır. Bunun için kolonun üzerindeki hasarlı bölümler, etriyeler ve boyuna donatılar ile belirlenen çekirdek bölümüne kadar kazınmalıdır. Var olan beton artık ve tozdan basınçlı su veya hava yardımıyla temizlenmelidir. Mevcut kolonun betonunda açılacak olan

dişler, eski kolon kesitinin içinden geçen çiroz etriyeler eski ve yeni beton arasında aderans oldukça etkilidir.

5.2.2.4. Kolonların onarım ve güçlendirilmesinde dikkat edilecek hususlar

Depremde hasar görmüş betonarme yapı elemanlarından olan kolonların, onarım ve güçlendirmesinde uygulama ve proje v.b. aşamalarında dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda açıklanmıştır.

Mantolama ile kolon güçlendirmesinde kesit ve donatı miktarının hesabında gereken enkesit hesabı için seçilen et kalınlığının taşıyabileceği yük ile donatının taşıyabileceği yük hesaplanmalıdır.

Kolonların güçlendirilmesi sırasında kullanılacak betonun agregaya boyutları, hem eklenen en kesit alanının et kalınlığına hem de boyuna donatılar arasındaki aralığa bağlıdır. Genellikle, kullanılan agreganın en büyük dane çapı et kalınlığının yarısından fazla olmamalıdır. Aksi takdirde, donatıların arasına beton girmez, donatıyı tam olarak sarmaz ve aderans gerçekleşmez.

Kat döşemesinin tavanına kadar yapılan mantolama da kolonun kesme kuvveti taşıma gücü artar, eksenel yük ve moment taşıma gücünde bir değişme olmaz. Ancak, kat döşemeleri de delinerek yapılan mantolama da kolonun hem kesme kuvveti, hem eksenel yük ve hem de moment taşıma gücünde bir artış beklenmelidir.

Yapılan deneyler sonucunda kolon yükünün askıya alınarak yapılan güçlendirmelerde yapılan mantolamanın %80 etkili olduğu, kolon yükünün askıya alınmadan yapılan güçlendirmelerde yapılan mantolamanın %50 etkili olduğu gözlenmiştir. Bu deneyler gösteriyor ki; kolon güçlendirilmeleri kolonların yükleri boşaltıldıktan sonra yapılmalıdır.

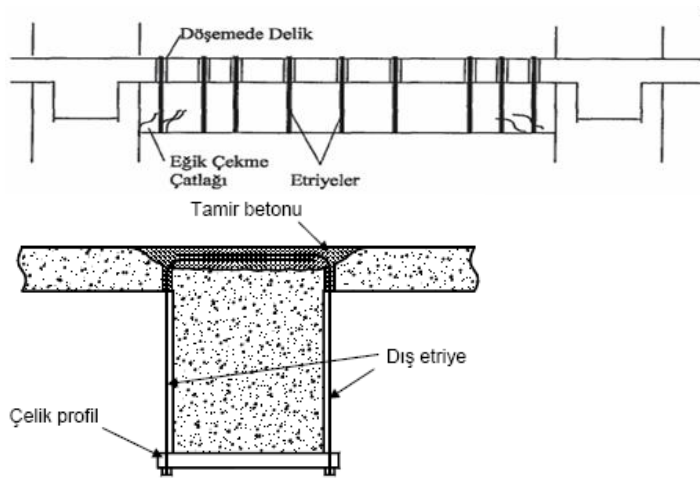
5.2.3. Kirişlerin güçlendirilmesi

Betonarme kirişlerin kesme dayanımlarının ve bazı durumlarda süneklik kapasitelerinin artırılması amacıyla aşağıdaki çözümler sıkça uygulanmaktadır. Bu

yöntemlerde bazı yöntemlerin sadece kesme kuvvet kapasitesinin arttırdığı ve eğilme kapasitesini arttırmadığı unutulmamalıdır.

5.2.3.1. Dıştan etriye eklenerek kirişlerin sarılması

Kirişlerin onarılması ve/veya sarılarak süneklik kapasitesinin artırılması amacıyla uygulanır. Kesme dayanımı yetersiz olan kiriş mesnet bölgelerinde gerekli sayıda etriye çubuğu kirişin iki yüzüne Şekil 5.5’de gösterildiği gibi dıştan eklenmektedir. Kiriş altına yerleştirilen bir çelik profile bulonla bağlanan çubuklar, üstteki döşemede açılan deliklerden geçirilerek döşeme üst yüzeyinde açılan yuvanın içine bükülerek yerleştirilmektedir. Daha sonra betonda açılan boşluklar beton ile doldurulur. Beton ile çelik arasında aderans olmadığından dıştan eklenen etriyelerin sargılama etkisi yoktur ve TDY 2007’de kiriş kesitinin sünekliğini arttırmadığı kabul edilmektedir.

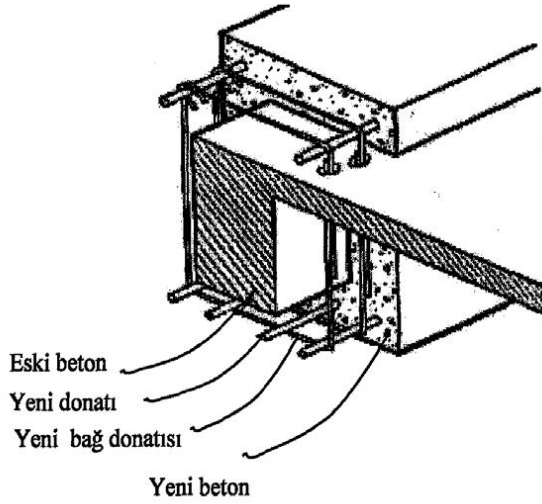


Şekil 5.5. Dıştan etriye eklenmesi

5.2.3.2. Kirişlerin dıştan beton ile sarılması (mantolama)

Kirişlerin hem kesme dayanımlarının artırılması hem de eğilme kapasitelerinin artırılması amacıyla mevcut kirişe yeni bir betonarme katman eklenir (Şekil 5.6). Burada, dikkat edilmesi gerekli iki husus; eski kiriş ile yeni kiriş arasında tam bir aderansın oluşması ve kiriş donatılarının eğilmeyi alabilecek şekilde komşu

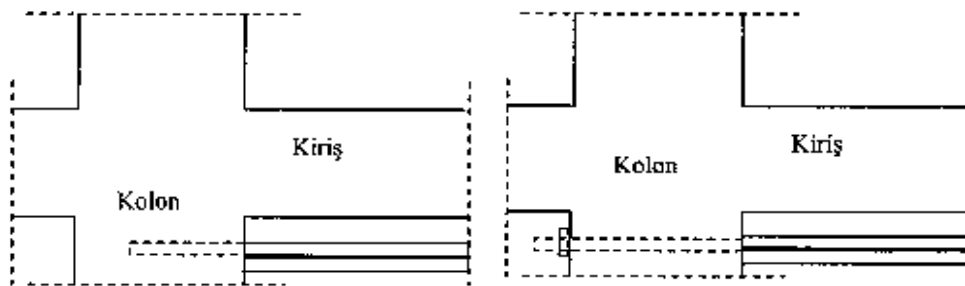
açıklıklara devam ettirilmesi veya sıyrılmayacak şekilde aderansın sağlanması için epoksi ile kolon içine ankre edilmesi vb. çözümler uygulanmaktadır (Şekil 5.7).



Şekil 5.6. Kiriş mantolanması perspektif görünüşü



Şekil 5.7. Kiriş mantolanmasında donatılarda sürekliliğin sağlandığı bir kiriş



Şekil 5.8. Kolona ankraj çubuğunun bağlanması, açılan delikle ankraj çubuğunun bağlanması

5.2.3.3. Kirişlerin onarım ve güçlendirilmesinde dikkat edilecek hususlar

Depremde hasar görmüş betonarme yapı elemanlarından olan kirişlerin onarım ve güçlendirilmesinde uygulama ve proje v.b. aşamalarında dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda açıklanmıştır.

Onarım ve güçlendirme yapılacak kiriş krikolar yardımı ile askıya alınarak üzerindeki yük boşaltılmalıdır.

Onarım ve güçlendirmesi yapılan kirişte, askıya almada kullanılan krikolar, kiriş tam dayanımına ulaştıktan sonra kaldırılmalıdır.

Kirişlerin güçlendirilmesi eski ve yeni betonun kaynaşması için her ikisi arasında tam bir yapışma yani kesme kuvveti aktarımı olmalıdır. Bunu sağlamak için eski beton üzerine epoksi reçinesi ile çakıllar yapıştırılarak ya da eski betonda kesme yuvaları oluşturularak kenetlenme yüzeyi arttırılır.

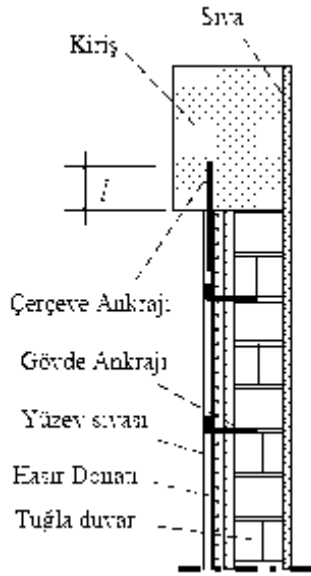
Kirişlerin güçlendirilmesinde dikkat edilecek bir diğer önemli nokta ise, güçlendirilmiş kirişin toplam donatı yüzdesinin, dengeli kırılma için gerekli olan maksimum donatı yüzdesini aşmamış olmasıdır. Aksi halde, deprem etkisinde basınç kırılması olarak da adlandırılan gevrek kırılma oluşabilir. Bu kırılma binanın sünekliliği açısından istenmeyen bir durumdur.

5.2.4. Dolgu duvarlarının güçlendirilmesi

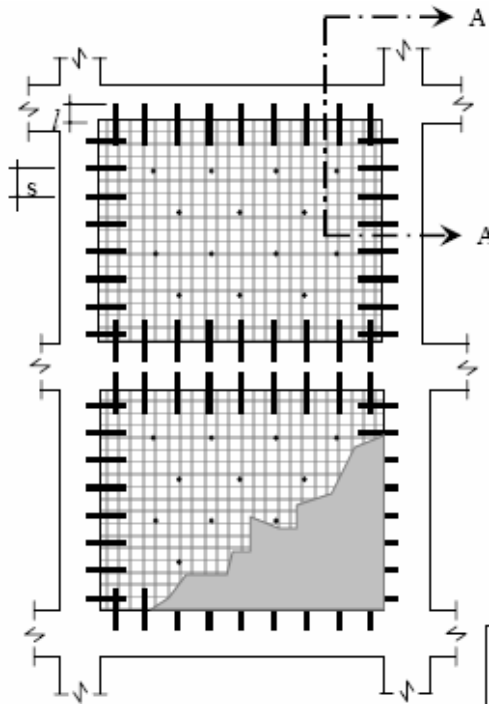
Bodrum hariç en fazla üç katlı binalarda uygulanmak üzere, temel üstünden yukarıya kadar üst üste süreklilik gösteren betonarme çerçeve içindeki dolgu duvarlarının rijitliği ve kesme dayanımı, aşağıda tanımlanan güçlendirme yöntemleri ile arttırılabilir. Bu tarz güçlendirme klasik güçlendirme yöntemlerine göre daha az süre gerektirmekte ve ev sahiplerinin yapıyı terk etmesi gerekmeyebilmektedir.

5.2.4.1. Dolgu duvarların hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilmesi

Dolgu duvarlarının rijitliği ve kesme dayanımı, duvar yüzüne uygulanan hasır çelik donatılı, özel karışımlı sıva tabakası ile artırılabilir (Şekil 5.9). Yöntemle ilgili ayrıntılar TDY 2007 7F.2.'de verilmektedir.



Şekil 5.9. Dolgu duvarların hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilmesi



Şekil 5.10. Dolgu duvarların hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilmesi

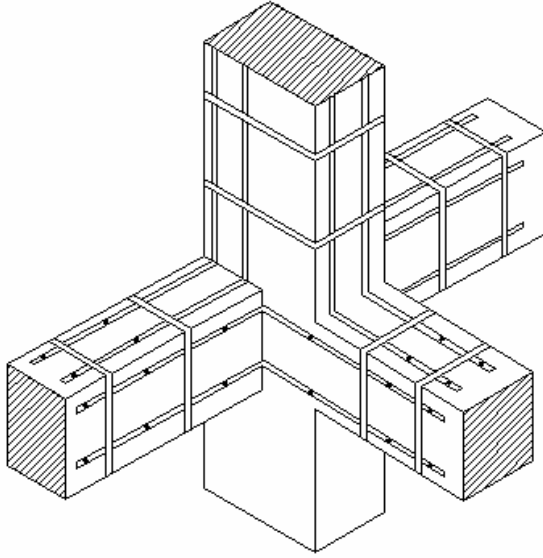
5.2.5. Kolon-kiriş birleşim bölgesinin güçlendirilmesi

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

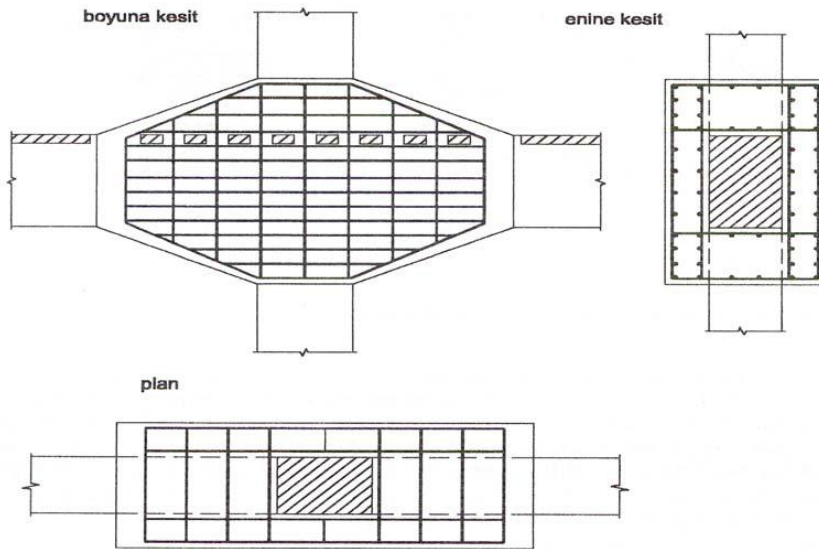
Hasarın yerel olması ve çatlaklar şeklinde görülmesi durumunda, epoksi reçinesi enjekte edilmesi onarım ve güçlendirme için yeterli olabilir. Aderansı çözülmüş donatının aderansının tekrar oluşturulması için de epoksi enjeksiyonu önerilir. Çimento şerbetinin aderansın kazandırılmasında yeterli olmadığı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

Hasarın daha da yaygın olması durumunda kolon-kiriş birleşim bölgesi, çelik lamalar yapıştırılarak ve sarılarak güçlendirilebilir. Bu suretle, kesitlerin eğilme momenti kapasiteleri arttırılırken; sarılan lamalarla, bu bölgede oluşturulan enine basınçla, betonun dolayısıyla elemanın sünekliği arttırılır. İhtiyaç olduğunda süneklik artırımı için etriyeleri eksik olan kolon ve kiriş kesitlerinde sadece sargı lamaları kullanılabilir. Uygulama için bölgedeki ezilen beton temizlenir, yüzeyler düzeltilir ve özel yapıştırıcılar kullanılarak boyuna lamalar yapıştırılır. Yapışmanın tam olması için lamaların betona işkence aletleriyle bağlanması gerekebilir. Daha sonra sargı lamaları sarılarak uçları birbirinin üzerine yeterli boyda gelecek şekilde yapıştırılır. Bu sırada kiriş sargı lamalarının, o bölgedeki döşeme kaplamasının kaldırılmasından ve döşemede delikler açıldıktan sonra uygulanabileceği unutulmamalıdır. Betonda

enine basıncın yeterli şekilde oluşması için lamaların dar olmaması (50mm uygun genişlik) ve birbirlerinden ayrıık (0.20m uygun aralık) yerleştirilmemesi gerekir. Bu tür uygulama özel özene ihtiyaç gösterir. Ayrıca uygulanan güçlendirme şeklinin basit bile olsa deneyle kontrolü önemlidir. Bütün bu işlemlerden sonra, bölgenin sıvanması ve lamaların kapatılması gerekir.



Şekil 5.11. Kolon-kiriş birleşim bölgesinin çelik şerit sarılarak güçlendirilmesi



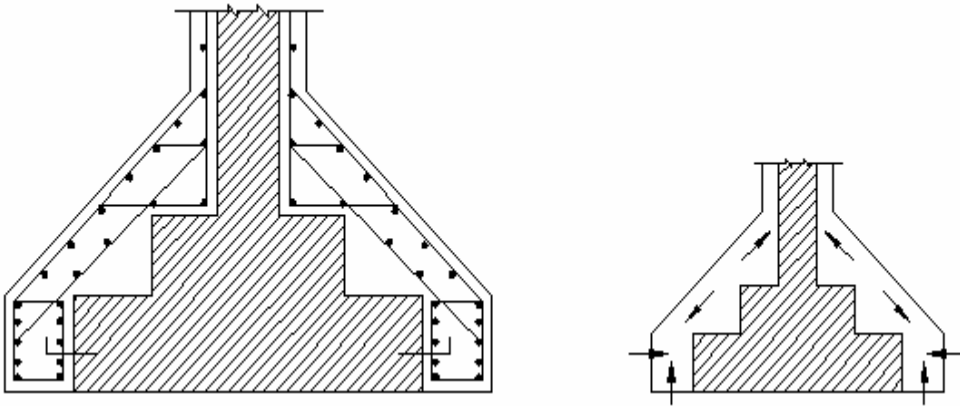
Şekil 5.12. Birleşim bölgesinin mantolama ile onarım ve güçlendirilmesi

5.2.6. Temelin güçlendirilmesi

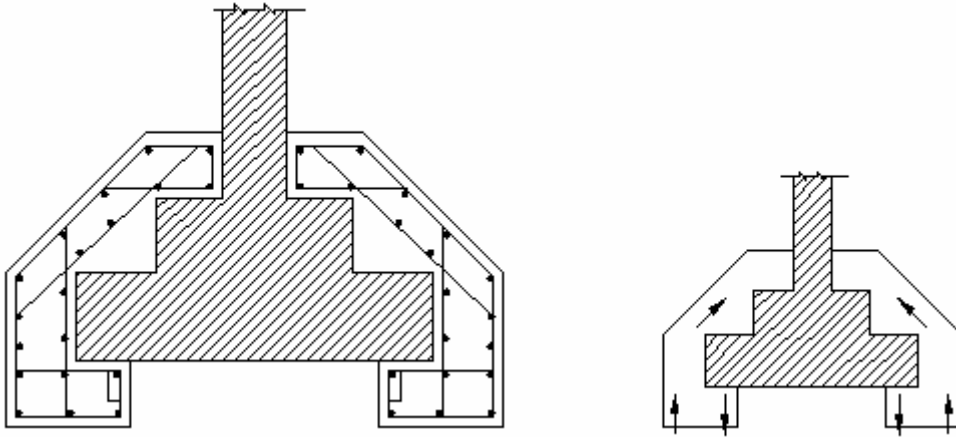
Diğer yapı elemanlarına göre daha zor ve pahalı olan temel güçlendirilmesi işlemi aşağıda verilen durumlarda söz konusu olur:

- a)Kötü zemin nedeniyle temelde büyük oturmalar meydana gelirse;
- b)Büyük deprem yükleriyle temelde hasar oluşursa;
- c)Yapı yüklerinde, güçlendirmeden ileri gelen artmalar veya deprem yönetmeliğindeki değişikliklerden kaynaklanan yatay yük artışı ile temel yetersiz kalırsa;
- d)Sonradan kat ilavesiyle, temel yetersiz kalırsa.

Temel sisteminin güçlendirilmesinde, mevcut temele ilave yapılabildiği gibi, yeni temel düzenlenebilir veya temel zemini iyileştirilebilir. Temel kolonu mantolayarak güçlendirilebileceği gibi (Şekil 5.13) tek başına da güçlendirilebilir (Şekil 5.14). Bu iki tür temel güçlendirilmesinde temel zemin ile üst yapı arasında yük aktarılış biçiminin değişeceğine ve bu nedenle en çok zorlanan kesitlerin farklı yerde oluşacağına dikkat edilmelidir. Ayrıca iki beton yüzünden kayma gerilmeleri iletimi için dikiş çubukları veya beton yüzeyine epoksi uygulaması gerekli olabilir.



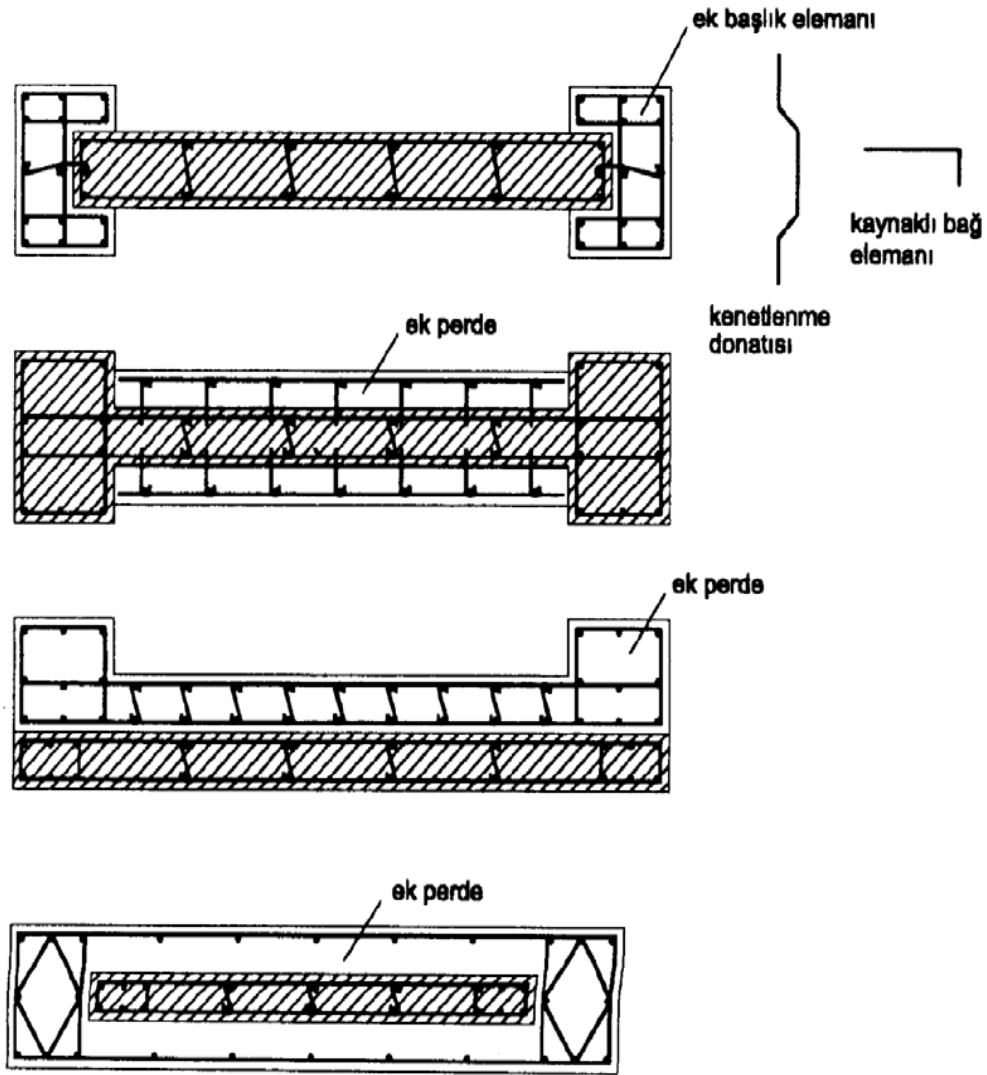
Şekil 5.13. Temelin alt seviyesine inilmeden ve kolonu da mantolayarak güçlendirilmesi



Şekil 5.14. Temelin alt seviyesine inilerek güçlendirilmesi

5.2.7. Perdenin güçlendirilmesi

Perdeler, deprem yüklerinin karşılanmasında rijitlik ve dayanım bakımından taşıyıcı sistemin önemli elemanlarıdır. Hasar görmeleri durumunda, onarım ve güçlendirilmeleri özenle yapılmalıdır. Deprem yükü taşımak üzere düzenlenen betonarme perdelerde hasarlar, kayma ve eğilme taşıma gücünün yetersizliğinden veya büyük boşluklu perdelerde bağ kirişlerinin yetersizliğinden kaynaklanabilir. Perdelerin güçlendirilmesinde eğer varsa, pencere, kapı gibi boşlukların doldurulması ile sağlanan ek taşıma gücü kapasitesi yeterli olabilir. Diğer yapı elemanlarında olduğu gibi, betonda ezilme olmadığı durumda epoksi enjeksiyonu perdeler için de yaygın olarak kullanılır. Ancak, bütün çatlaklar doldurulmadığı için hasardan önceki rijitlik elde edilemez. Perdede beton ezilmesi veya donatı burkulması varsa, kolonlarda uygulanan onarım ve güçlendirme yöntemi burada da uygun düşer. Hasar derecesine göre hasarlı kısmın temizlenmesi, ek donatı yerleştirilmesi ve bu kısmın betonlanması gerekebilir. Bunun gibi, perdenin düşey yüzeyine çelik şeritler veya lif takviyeli levhalar yapıştırılarak kolay bir onarım ve güçlendirme yapılabilir. Bu işlemden önce çatlakların epoksi enjeksiyonunun yapılması ve yüzeyin temizlenmesi önemlidir.



Şekil 5.15. Perdenin kesit kalınlaştırılması ile güçlendirilmesi

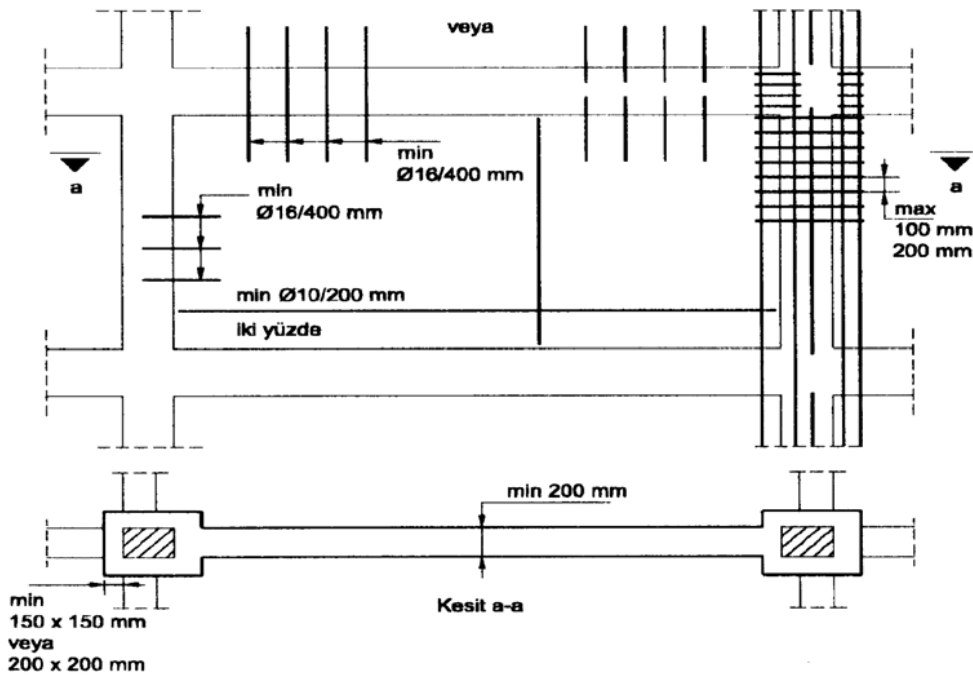
Eğer mevcut perde yetersiz kalırsa, kalınlığını arttırarak rijitliğini ve dayanımını yükseltmek önerilir (Şekil 5.15). Kalınlığın arttırılması sırasında ek donatıların yerleştirilmesi ve uygun başlık yapılması gerekli olabilir. Yeni donatıların mevcut olanlara bağ parçaları ile kaynaklanması ve mevcut beton yüzünün pürüzlendirilmesi bütünleşmeyi sağlayacağından önemlidir. Aradaki bağ kuvvetlerinin iletimini sağlamak için dikiş çubuklarının kullanılması ve mevcut perde yüzeyine epoksi uygulaması gerekli olabilir. Perdenin eğilme dayanımı yeni başlık kısımlarının ilavesi ve gerekli donatı düzeninin sağlanması ile arttırılabilir.

5.2.8. Betonarme taşıyıcı sistemlerin yerinde dökme betonarme perdeler ile güçlendirilmesi

Yanal rijitliği ve dayanımı yetersiz olan betonarme taşıyıcı sistemler, yerinde dökme betonarme perdelerle güçlendirilebilir. Betonarme perdeler mevcut çerçeve düzlemi içinde veya çerçeve düzlemine bitişik olarak düzenlenebilir.

5.2.8.1. İç betonarme perdeler

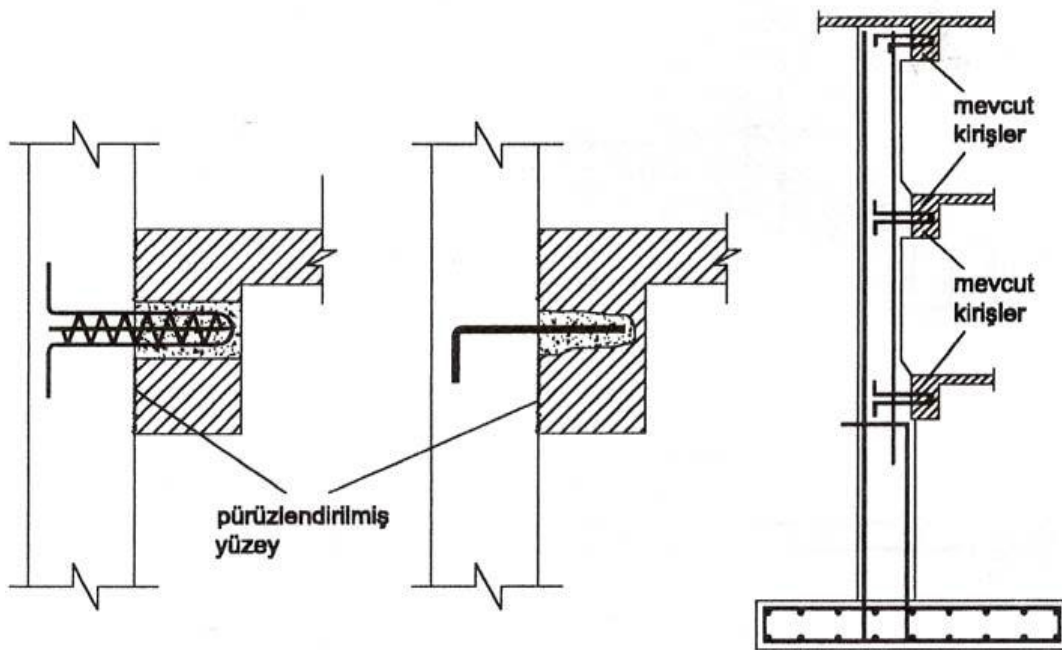
İç perdeler planda binanın iç kısımlarında bulunurlar. Bunlar genellikle iki uçtaki kolonu mantolayarak onlarla bütünleşirler (Şekil 5.16). Bu durum perdenin mevcut sistemle bütünleşmesini sağlayacağı gibi, perdenin uçlarında meydana gelecek çekme kuvvetinin kolon basınç kuvvetini gözönüne alarak azaltılmasını 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 oluşturulur [15].



Şekil 5.16. Eksenel perde durumunda donatı düzeni

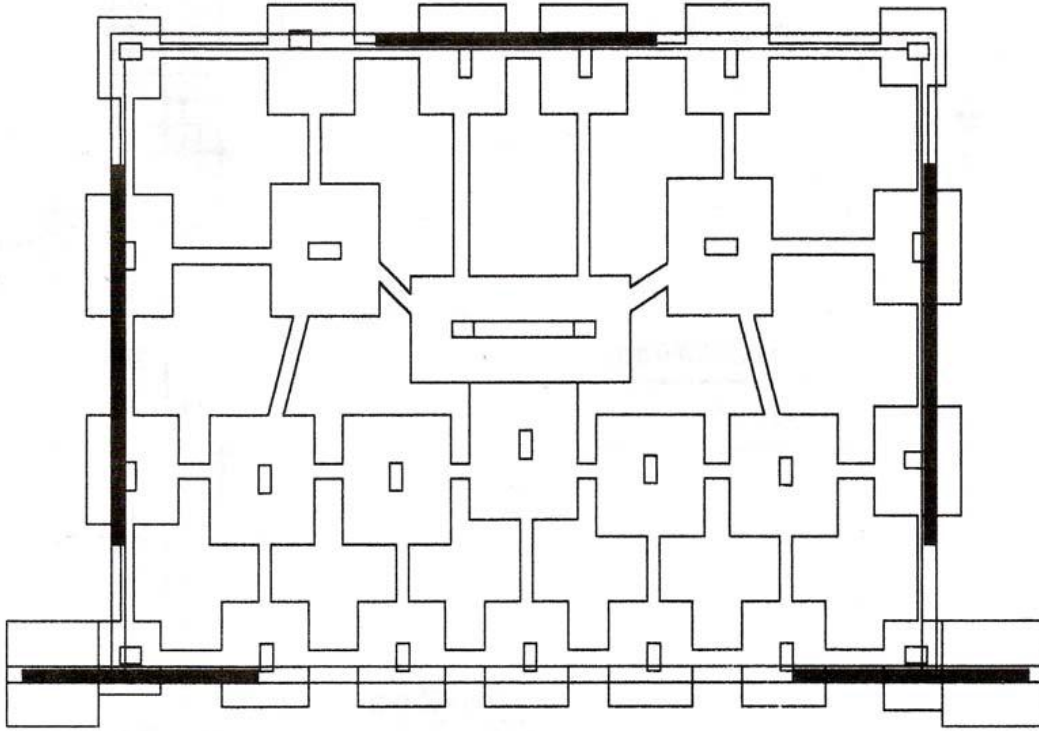
5.2.8.2. Dış betonarme perdeler

Bina dışına yerleştirilen cephe perdeleri, mimari fonksiyonları bozmaması ve bina dışından inşa edilebilmeleri bakımından tercih edilir. Ancak, bu durumda da binanın cephelerinde bulunan pencereler dolu perde yapımını önler ve perdenin boşluklu olarak ortaya çıkmasına sebep olur. Boşluklu perdeler dolu perdelerle göre daha sünek olmasına karşılık inşası ve donatı detayları daha fazla özen ister.



Şekil 5.17. Dış perdenin mevcut kirişlere bağlanması

Binanın cephesinde balkon bulunması güçlendirme perdesinin düşey sürekliliğinin oluşturulmasında zorluklar çıkarır (Şekil 5.17). Binanın dışında kalan perdelerin mevcut kirişle ve kolonlarla bağlantılarının yapılarak sistemin bütünleşmesinin sağlanması önemlidir. Perdeye komşu kolonlar mantolanarak perde ile birleştirilirse, 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 5.18).



Şekil 5.18. Dış perdede temel düzeni

5.2.8.3. Aksenal 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 ile karşılanır. 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 iletimin yapılabilmesi gerekir. Eğer bu elemanlarda önemli hasar varsa, beton veya donatılardan şüphe ediliyorsa, katlar arası kuvvet akışının sağlanması için tedbir alınması gerekir [15].

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 değişiklikte, 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.

5.2.8.4. Dışmerkez betonarme perdeler

Bina yüksekliğinin artması ile büyüyen deprem kuvvetlerinin karşılanmasında güçlendirme perdesinde katlar arası sürekliliğin sağlanması daha önem kazanır. Bunun gibi, mevcut taşıyıcı sistemdeki kolon ve kirişlerin hasarlı olması veya kesit, donatı ve beton kalitesinde belirsizlikler bulunması, perdelerin kiriş eksenlerine göre dışmerkez olarak yerleştirilerek döşemedeki deliklerle sürekliliğin sağlanmasını 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 yükünü aldıktan sonra ilave edildikleri için, normal kuvvetleri kendi ağırlıklarından ibarettir. Sadece yeni olarak gelecek hareketli düşey yüklerin taşınmasında yardımcı olurlar.

Perdelerin temelleri mevcut temellerden faydalanılarak oluşturulabilir. Ancak, 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 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

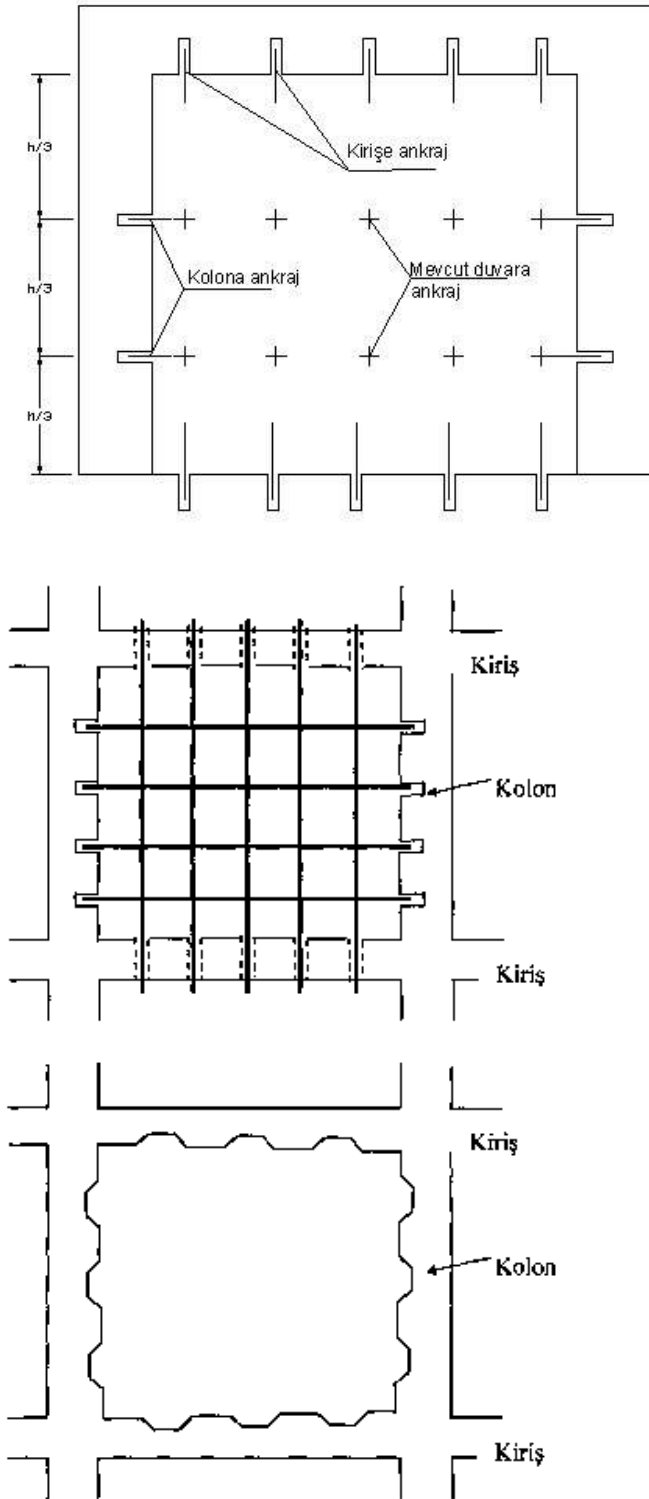
suretle kolonların normal kuvvetlerinden faydalanarak perdeye komşu tekil temeller birleştirilerek büyük bir perde temeli yapılması gerekebilir. Zemin güvenlik gerilmesinin yeterli olmadığı yerlerde, temel genişletmesinin yanında, zeminin iyileştirilmesi de düşünülebilir. Bunun gibi deprem etkisi durumunda, 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 donatıları yerleştirmek önerilir.

5.2.8.5. Perdelerin onarım ve güçlendirilmesinde dikkat edilmesi gereken hususlar

Depremden hasar görmüş betonarme yapı elemanlarından olan perdelerin onarımları ve güçlendirilmeleri sırasında dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

a) Mevcut perdeye açılan deliklerden geçen ve perdenin iki tarafındaki donatıya kanca ile tespit edilen bağlantı çubukları, perdenin mukavemetini hesaplanan değerlerin daha üzerine çıkartır.

b) Perde ile döşeme arasındaki kesme kuvveti aktarımının sağlanabilmesi için mevcut döşemede açılan deliklerden geçen dubel cinsi bağlantılar yapılmaktadır. Bu delikler aynı zamanda döşeme altındaki yeni perde kısımlarının betonlanmasında da kullanılmaktadırlar. Bu arada, döşeme kalınlığı içinden geçen, alttaki ve üstteki perdelerine ankre edilen köşegenler doğrultusundaki (eğik) donatı çubukları bu kesme kuvvetinin aktarılması için ek bir bağlantı temin etmektedirler (Şekil 5.19).



Şekil 5.19. Perdelerin çerçeve ile birlikte çalışması için teknik detay

- c) Yeni malzemelerin mukavemetleri mevcut malzemelerden az olmamalıdır.
- d) İlave perde kalınlığı en az 10cm, flanş kalınlığı ise en az 15cm olmalıdır.

- e) Perde ucundaki etriyelerin çapı 8mm'den ve o bölgedeki boyuna donatı çapının 1/3'ünden ince olmamalıdır. Aralıkları ise uçtaki betonun et kalınlığından ve 15cm'den fazla olmamalıdır.
- f) Mevcut perdenin yüzü tamamen pürüzlendirilmeli ve yeni beton mevcut betona her doğrultuda en çok 60cm aralıklarla epoksi ile tespit edilmiş kancalı dübeller yardımıyla bağlanmalıdır.
- g) Mevcut bir yapıya yeni taşıyıcı elemanların ilave edilmesi, olası bir depremde yapının davranışını önemli ölçüde etkileyecektir. Bu nedenle; yeni ilave edilen elemanlar ile mevcut elemanlar arasındaki rijitlik uyumu sağlanmalıdır.
- h) Yeni ilave edilen elemanlar, yapının kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki mesafeyi minimuma indirecek şekilde yerleştirilmelidirler.
- i) Hatalı perde dağılımı yapılmamalıdır
- j) Esas problem perdenin temel döşeme ve çatı yeri birleşimlerinin uygun olarak temin edilmesidir.
- k) Mümkünse perdelerin boyutları tüm katlarda aynı kalmalıdır.

5.2.9. Betonarme sisteme yeni çerçeveler eklenmesi

Betonarme sistemin dışına, yeni çerçeveler eklenerek, yatay kuvvetlerin paylaşımı sağlanabilir. Sisteme eklenecek çerçevelerin temelleri mevcut binanın temelleri ile birlikte düzenlenmelidir. Yeni çerçevelerin mevcut binanın taşıyıcı sistemi ile birlikte çalışması için bu çerçeveler mevcut binanın döşemelerine gerekli yük aktarımını sağlayacak şekilde bağlanmalıdır.

5.2.10. Betonarme sistemin kütlelerinin azaltılması

Kütle azaltılması bir yapı güçlendirme yöntemi değildir. Ancak yapıya etki eden düşey yüklerin ve deprem kuvvetlerinin azalan kütle ile orantılı olarak azalacak olması yapı güvenliğini arttıracaktır. Azaltılacak veya kaldırılacak kütle ne kadar

yapı üst kotlarına yakın ise, deprem güvenliğini arttırmadaki etkinliği de o kadar fazla olacaktır. En etkili kütle azaltılması türleri binanın üst katının veya katlarının iptal edilerek kaldırılması, mevcut çatının hafif bir çatı ile değiştirilmesi, çatıda bulunan su deposu vb tesisat ağırlıklarının zemine indirilmesi, ağır balkonların, parapetlerin, bölme duvarların, cephe kaplamalarının daha hafif elemanlar ile değiştirilmesidir.

5.2.11. Projelendirme ile ilgili hususlar

Betonarme yapı elemanları olan perdelerin depremden sonra güçlendirilmesi için mevcut yönetmeliklere göre projelendirilmeleri gerekmektedir. Bunlarla ilgili bilgi aşağıda maddeler halinde verilmektedir:

- a) Güçlendirilecek deprem perdesinde; mevcut perde ile yeni ilave kısmın arasındaki aderansın etkinliğine, eğilme, normal kuvvet ve kesme kuvvetinin beraber etkisine göre boyutlandırılarak donatı hesabı yapılmalıdır.
- b) Kuvvetlerin temellere aktarımı uygun ve yeterli olarak sağlanmalıdır.
- c) Güçlendirilmiş perdenin rijitliğindeki artış hesaba katılmalıdır. Bu artış deprem kuvvetleri etkisi altında yapının davranışım tamamen değiştirebilecektir.

5.3. Güçlendirme Kararının Verilmesi

Bina ile ilgili mevcut durumu belirlemeye ilişkin işlemlerin (mevcut durumun proje ile uyumu, gerekirse taşıyıcı sistem rölevesinin hazırlanması, yapı malzemesine ait tespitler ve geoteknik inceleme) yapılmasını takiben, mevcut taşıyıcı sistemin çözümlenmesi yapılarak seçilecek güçlendirme düzeyi belirlenmelidir [12].

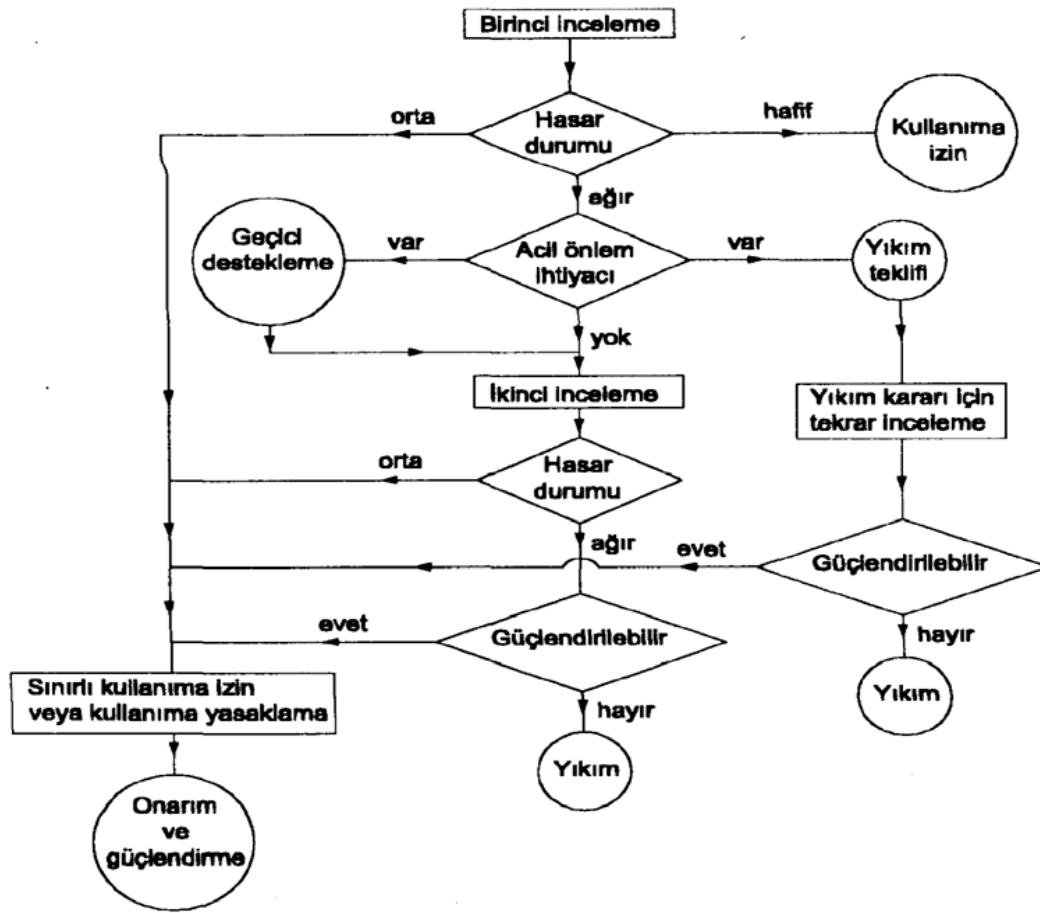
Binanın taşıyıcı sisteminin durumu, hasarı ve varsa deprem hesabı incelenmelidir. Bu incelemede binanın köşe ve kenar kolonları ve her iki doğrultudaki yatay yük taşıyan çerçeve sayısı özel olarak gözden geçirilmelidir.

Taşıyıcı sistemin depremde Bayındırlık ve İskan Bakanlığı ölçütlerine göre orta hasar görmüş olması veya mevcut sistemde yüklerin iletilmesinde açıkça belirlenen önemli bir eksiklik (taşıyıcı sistem elemanlarından birinin kaldırılması) güçlendirme kararının verilmesi için yeterli olabilir. Ayrıca, beton kalitesi proje değerlerinin altında olup, kabul edilebilir sınırlardan da düşük ise veya bina projesinde tasarlanandan daha fazla katlı yapılmış ise, taşıyıcı sistemin güçlendirilmesi gerekir.

Deprem Yönetmeliğinde tanımlanan deprem kuvvetlerinin karşılanması ve bu yükler altında kesitlerin ve donatılarının yeterliliğinin kontrolünde esnasında taşıyıcı sisteme duyulan güven oranında, öngörülen deprem yükleri en fazla %25 oranında azaltılarak, hesap edildiği tarihte geçerli yüklerden az olmamak koşulu ile hesaba katılabilir. Aksine, deprem yüklerinin taşınmasında mevcut sistemde belirsizlikler varsa, mevcut taşıyıcı sistemin kapasitesi 0.85 katsayısıyla azaltılabilir.

Taşıyıcı sistemin durumuna ve kabul edilebilecek süneklik düzeyine bağlı olarak yapılacak kontrollerde, kirişlerde mesnet ve açıklık kesitlerinin aralarında yardımlaşmaları ile aynı katta bulunan kolonların yardımlaşmaları (denge koşulu korunarak momentlerin kesitler veya elemanlar arasında aktarılması) hususları da göz önüne alınabilir. Bu kontrol sırasında, taşıyıcı sistemin düzenlilik durumu, beton kalitesi, kolon ve kirişlerdeki etriye durumu göz önüne alınarak, deprem yükü azaltma katsayısı süneklik düzeyi normal ($R=4$) ve yüksek ($R=8$) olan sistemlere ait katsayılar arasında seçilebilir. Süneklik düzeyi yüksek duruma karşı gelen davranış katsayısının seçilebilmesi için Deprem Yönetmeliğindeki koşulların tamamen sağlanması gerekir. Güçlendirilen binaya ilişkin güçlendirme esasları ile ilgili bir güçlendirme raporu verilir.

Güçlendirme maliyetinin binanın yeniden yapılması bedelinin önemli bir oranını (örneğin %40) geçmesi durumunda, önemli güçlendirme gerektiren ve ekonomik ömrünün önemli bir kısmını tamamlamış (1970 yılından önce yapılmış binalar) olan ve herhangi bir tarihi değeri veya prestiji olmayan binalar ile Bayındırlık ve İskan Bakanlığı ölçütlerine göre ağır hasarlı sınıfa giren binalar için yıkım kararı verilebilir.



Şekil 5.20. Depremde hasar görmüş binanın incelemesinde izlenen yol [15]

5.4. Güçlendirme Ayrıntıları ve Güçlendirmenin Minimum Koşulları

Güçlendirme, taşıyıcı sistemde ek perde öngörülmesi, kolonların mantolanması, kirişlerin ve temelin güçlendirilmesi olarak yapılabilir. Zemin seviyesinden itibaren üç veya daha az katlı ve önem katsayısı $I=1$ olan binalarda, deprem yükünün karşılandığının gösterilmesi koşuluyla, sadece kolon mantolanması ile güçlendirme yapılabilir. Dört katlı ve daha yüksek binalarda perde eklenmesi ile güçlendirme yapılması uygundur. Perde alanları hesapla belirlenebilir. Bu amaçla yapılacak bir hesapta herhangi bir azaltılma yapılamadan Deprem Yönetmeliğinde verilen deprem yükleri göz önüne alınarak konulan perdelerin her iki doğrultuda toplam devrilme momentinin en az %70'ini taşıdığı gösterilecektir. Güçlendirilecek binada eklenen perdeler yüksek süneklikte olacaktır. Güçlendirilmiş taşıyıcı sistemde deprem yükü azaltma katsayısı süneklik düzeyi normal ve yüksek olan sistemlere ait katsayı

arasında seçilecektir (bu değer 5 ila 6 arasında seçilebilir). Bu seçimde; eklenen perdenin durumu, taşıyıcı sistemin düzenlilik durumu, beton kalitesi, kolon ve kirişlerdeki etriye durumu göz önüne alınacaktır.

Mevcut kolonların yalnızca düşey yükleri yeterli güvenlikte taşımaları yeterlidir. Bu değer TS500'de (Betonarme Yapıların Yapım ve Hesap Kuralları) ön görülen değer olarak alınabilir ($N_{maks} = 0,6 f_{ck} A_c$). Düşey yüklerini yeterli güvenlikle taşıyamayan kolonlar yalnızca düşey yükleri taşımada yetersiz oldukları katlarda, çelik veya betonarme mantolama yoluyla güçlendirilebilir. Yerel olarak ağır hasarlı olan kolonlar da mantolanmalıdır. Mantolama işleminde plandaki simetri korunmalıdır. Manto kalınlığı 12cm'den az yapılmamalı, mantoya en az alanının %1'i oranında ve betonun işlenmesine izin verecek çapta boyuna donatı konulmalı, yönetmelikte öngörülen miktar ve sıklıkta etriye yerleştirilmelidir. Betonun yerleşimi düşünülerek kalınlığı 15cm ve daha az olan mantolamalarda dışta tek etriye konulması uygun olur. Mantolanan kolonlarda manto donatısının yeterli miktarının, özellikle köşe donatılarının, kattan kata geçişi sağlanmalı, manto ilgili kattan temele kadar inmeli ve manto donatılarının temele kenetlenmesi sağlanmalıdır.

Malzeme dayanımlarının belirlenmesinde yeteri kadar karot alınmış ise, mevcut elemanların tahkikinde, karakteristik beton basınç dayanımlarından hesap dayanımlarına geçişte malzeme güvenliğine ait katsayı (γ_{mc}) için 1,5 yerine daha küçük bir değer 1.25 alınabilir.

Yeni perdeler, mevcut çerçeveler içine ve en az bir kolona komşu olacak şekilde yerleştirilecektir. Mevcut beton dayanımlarının yeterli görülmesi halinde C16 mevcut kolon ile yeni perdenin bütünleşmesi dikiş donatıları ile sağlanarak, kolon donatısı perde başlık donatısına dahil edilebilir. Aksi halde perdeye komşu kolonun mantolanması gerekir.

Perde uç kuvvetlerinin katlar arası geçişi için gerekli donatı düzeni yapılacaktır. Perde gövde donatısının sürekliliği, kolonu ve kirişi geçen veya delen tek sıra, kolonlarda ve kirişlerde minimum Ø16/300mm donatı ile sağlanacaktır. Perdede her iki yüzde ve her iki doğrultuda minimum Ø10/200mm gövde donatısı bulunacaktır.

Perde uç bölgesinde perde kritik yüksekliği boyunca en az Ø10/100mm ve diğer katlarda en az Ø10/200mm etriye yerleştirilecektir.

Taşıyıcı sistem çizimleri mevcut olan veya taşıyıcı sistem rölevesi hazırlanan, önem katsayısı $I=1$ olan altı ve daha az katlı binalarda, düzgün çerçeve oluşumu ve yeterli beton kalitesi ve donatı düzeni başta olmak üzere taşıyıcı sistemin uygun düzeyde olduğu kabul edilirse, eklenecek perde alanı ve yeri yaklaşık hesaplarla da tespit edilebilir. Bu durumda her bir doğrultuda en az iki perde, mümkün mertebe simetri sağlayacak ve burulma oluşturmayacak şekilde bütün katlarda azaltılmadan yerleştirilecektir. Böyle bir yaklaşık hesapta ortalama kat yükü için 12 kN/m^2 , bina periyodu için yönetmelikte verilen yaklaşık bağıntılar kullanılabilir. Bu yaklaşık hesapta taşıyıcı sistem davranış katsayısı olarak yönetmelikte sünellik düzeyi normal yapılar için öngörülen değer kabul edilecektir. Hasarlı ve kritik olanlar dışında taşıyıcı sistem elemanları için ayrıca bir kontrol yapılmayabilir. Güçlendirme perdeleri mevcut bölme duvarlarının yerine konulabileceği gibi hemen onlara yapışık olarak bir veya iki taraflı olarak yerleştirilebilir.

5.5. Güçlendirmede Göz Önüne Alınacak Sınır Durumlar

Güçlendirmede göz önüne alınacak sınır durumlar, karşılanması beklenen deprem etki seviyesi ve binanın bu deprem etkisinde göstermesi beklenen performans seviyesi ile ilgilidir. Deprem etkisi, deprem yönetmeliğinde verilen kuvvet değerinin uygun bir azaltma katsayısı (örneğin %75) ile küçültülmesi ile kabul edilebilir. Bunun yanında daha gerçekçi deprem etkisi veren çalışmaların değerleri de kabul edilebilir. Ancak, burada önemli olan güçlendirme işleminde göz önüne alınacak deprem etkisinin, güvenlik seviyesinde göz önüne alınanın aynı olmaması ve arada belirgin bir farklılığın bulunmasıdır. Bu suretle minimum olarak güçlendirilmiş binanın yatay yük taşıma kapasitesi ile alt sınırdaki güçlendirmeye ihtiyaç duyulmayan binanın yatay yük taşıma kapasitesi arasında belirgin bir aralık bulunacaktır [18].

BÖLÜM 6. ÖRNEK BİR PROJEYLE GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

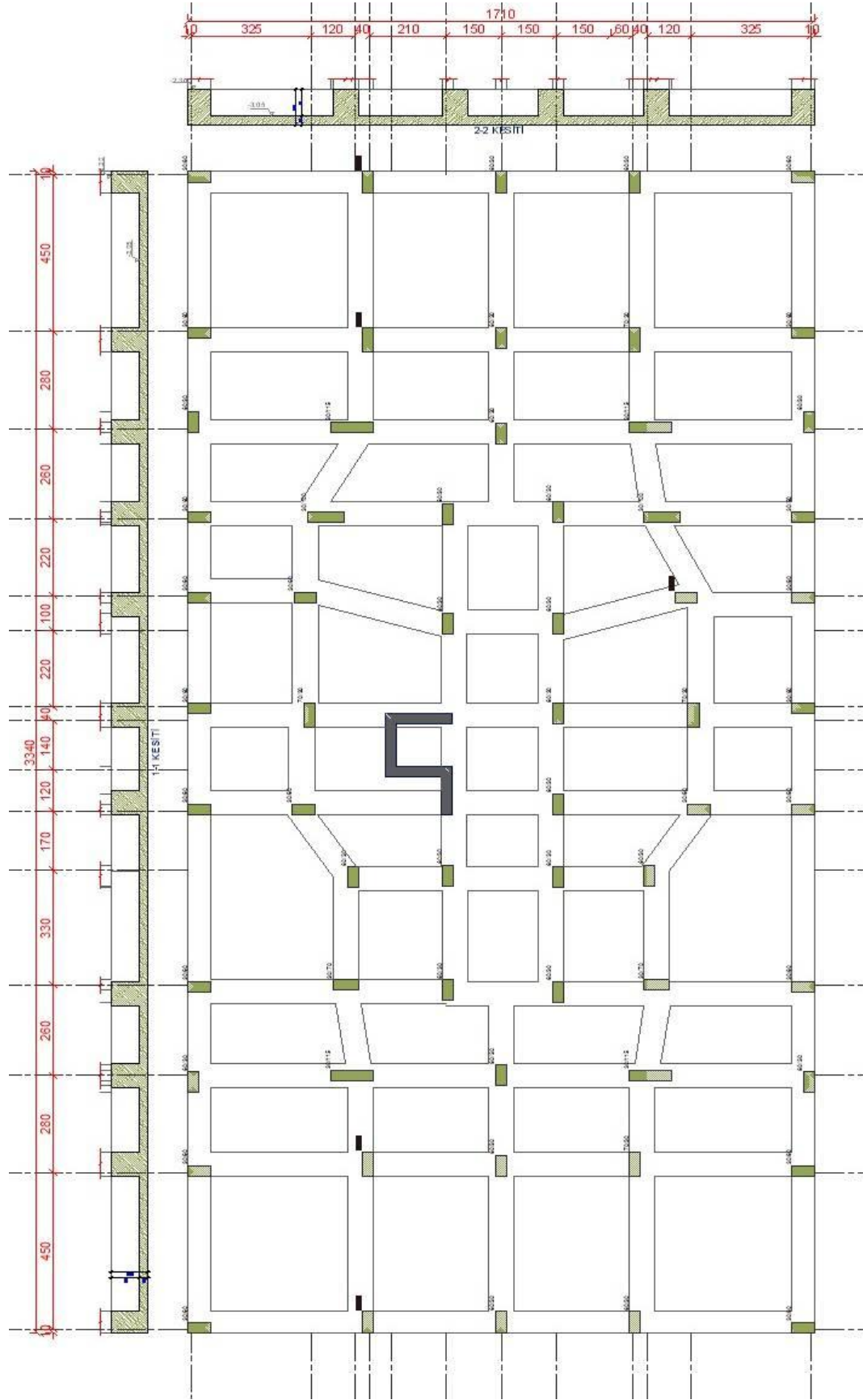
6.1. İncelenen Yapının Tanıtılması

İncelenen yapı Sakarya İlinin, Serdivan İlçesinde bulunmaktadır. 1. Derece deprem bölgesindedir. 1999 yılında meydana gelen Marmara ve Düzce depremlerini geçirmiştir. Yapı ayırık nizam olarak inşa edilmiştir. Plandaki boyutları 17.10m*33.40m olmak üzere, dikdörtgen şeklindedir. Yapıda açık ve kapalı çıkmalar mevcuttur. Kapalı çıkmalar sadece yapının X-X doğrultusu boyunca yapılmıştır. Yapının normal katlarında, kapalı çıkmaların olduğu yerlerde çerçeve kirişleri projesinde yapılmamıştır. Her iki doğrultuda da açık çıkmaları mevcuttur.

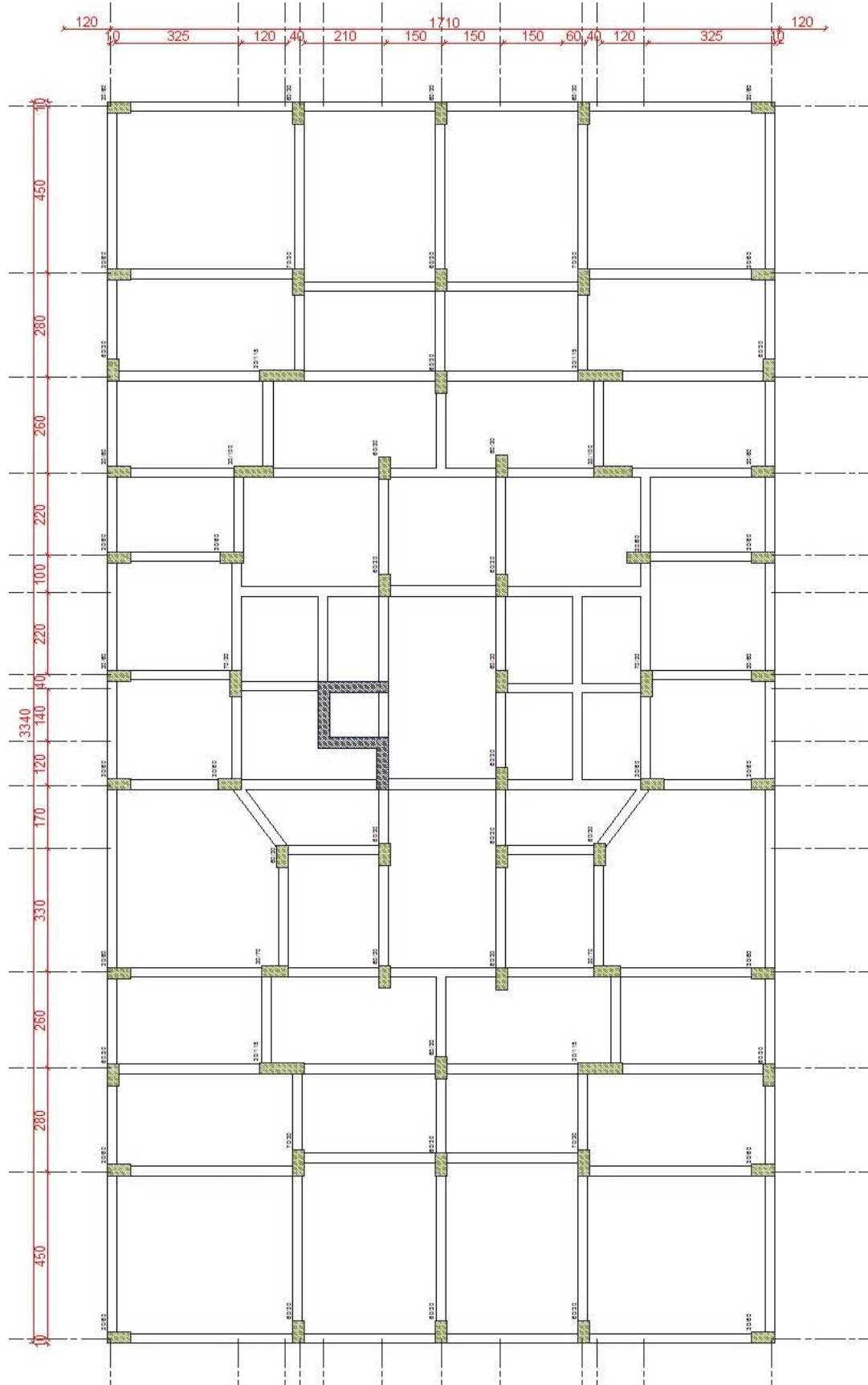
Yapı bodrum üzeri 5 kat olmak üzere, toplamda 6 kattan oluşmaktadır. Bodrum katın yüksekliği 2.30m, zemin katın yüksekliği 3.67m, normal katların yüksekliği ise 2.80m olarak yapılmıştır. Bodrum kat, kot farkından dolayı yol tarafından gömülüdür. Fakat diğer yönleri açıktır. Bodrum kat perdelerle çevrelenmediği için rijit kat değildir. Yapının zemin katı dükkan, normal katları da bir katta 6 daireli olarak tasarlanmıştır.

Yapının ilk ruhsatı 1996 yılında alınmıştır. Dolayısıyla tasarımı 1975 deprem yönetmeliğine göre yapılmıştır. Yapının taşıyıcı sistemi çerçevesel olarak tasarlanmıştır. Asansör perdesinin dışında yapıda perde bulunmamaktadır. Kolonların 48 adedi 30/60, 8 adedi 30/70, 4 adedi 30/115, 2 adedi de 30/100 ebatlarındadır. Kirişler 25/60 olarak yapılmıştır. Banyo ve wc'lerin olduğu kısımlar kirişlerle çevrelenmiş ve düşük döşeme yapılmıştır. Temel kirişinin yüksekliği 1m'dir. Temel kirişleri 60cm ve 70cm olmak üzere iki tipten (dış akslarda 60, iç akslarda 70'lik temel kirişi) oluşmaktadır. Radye döşeme kalınlığı 25cm'dir. Kat döşemelerinin kalınlığı ise 12cm'dir.

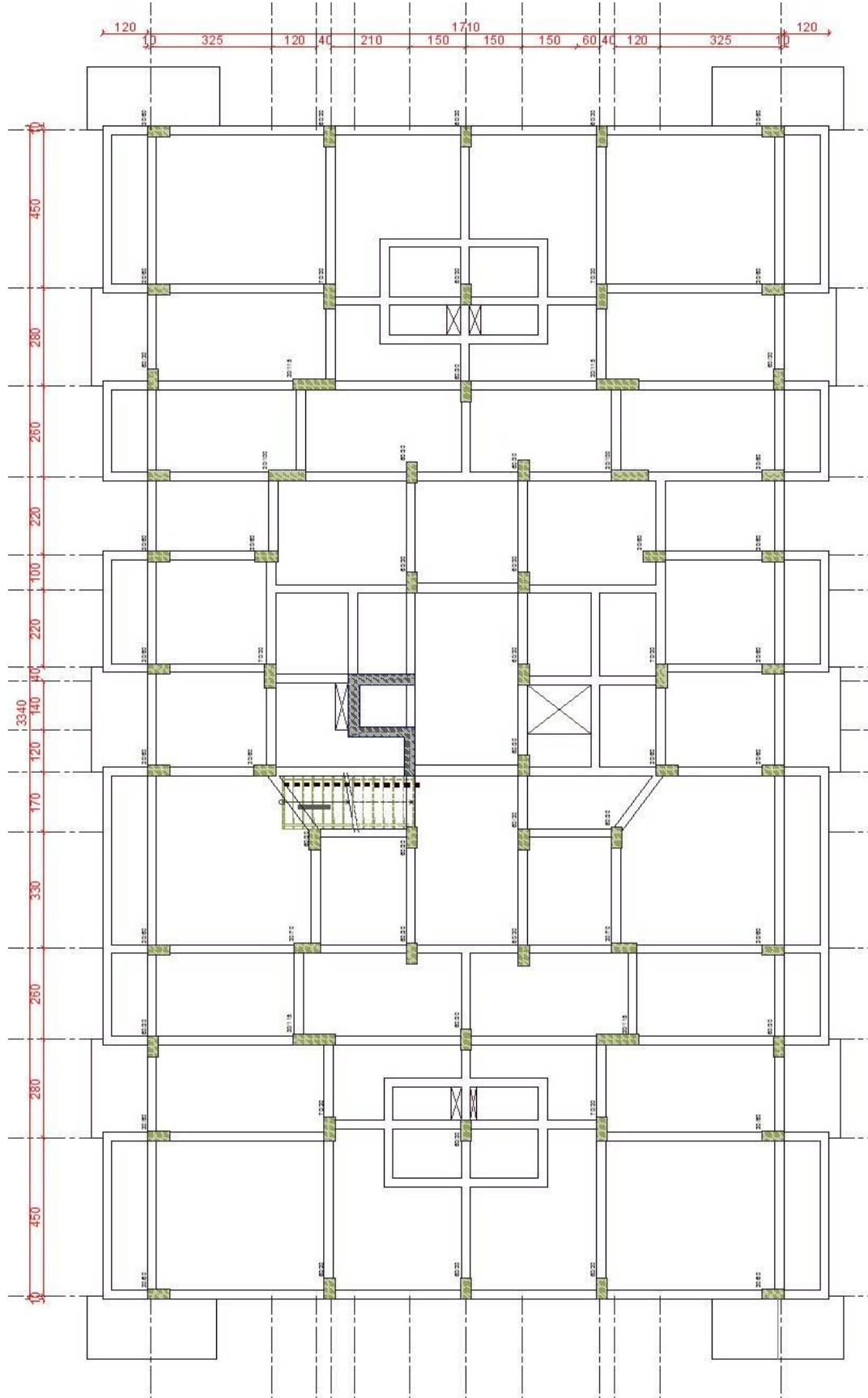
Analizlerde İdecad'in 6.53 versiyonu kullanılmıştır.



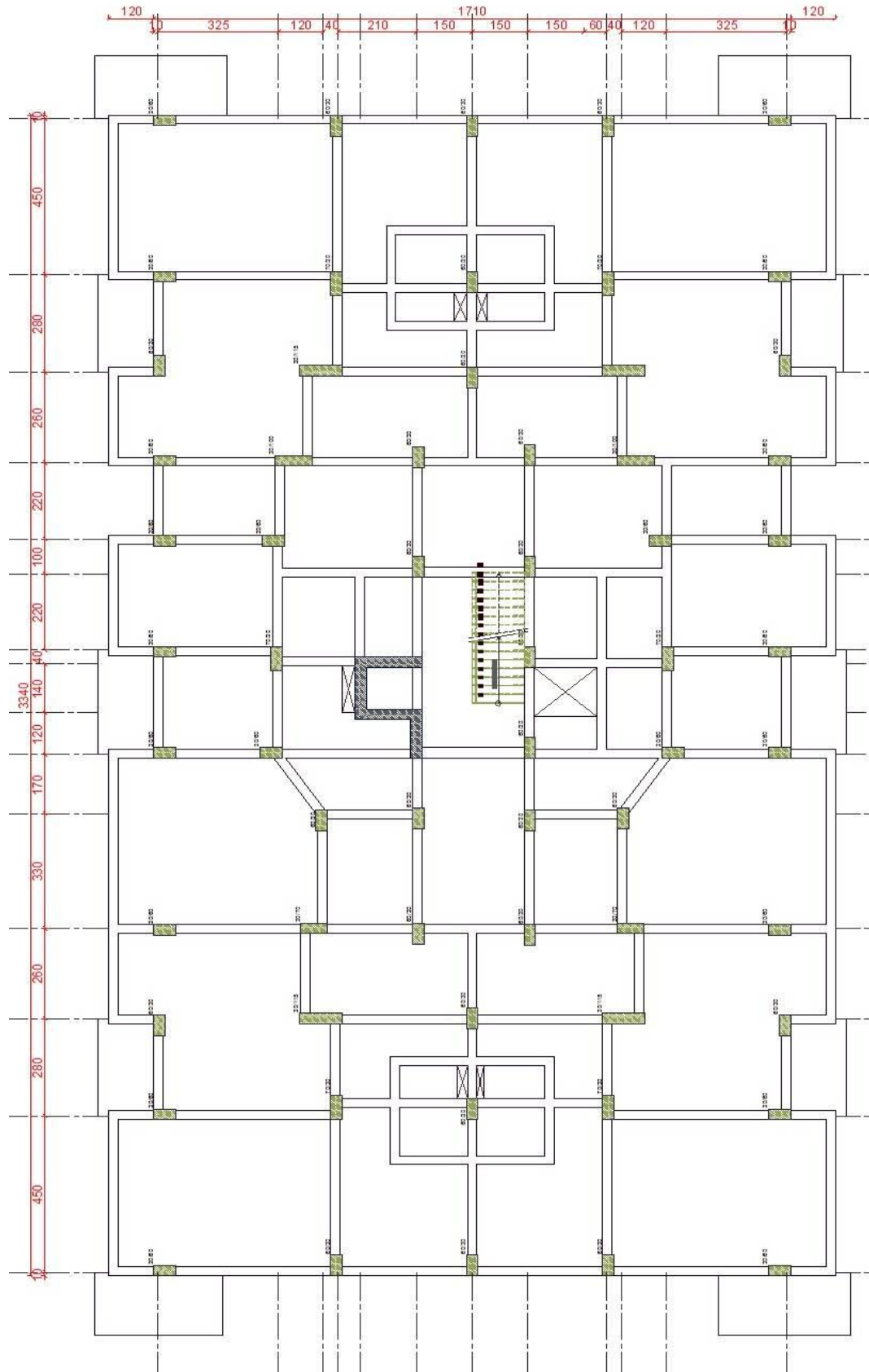
Şekil 6.1. Yapının mevcut temel aplikasyon planı



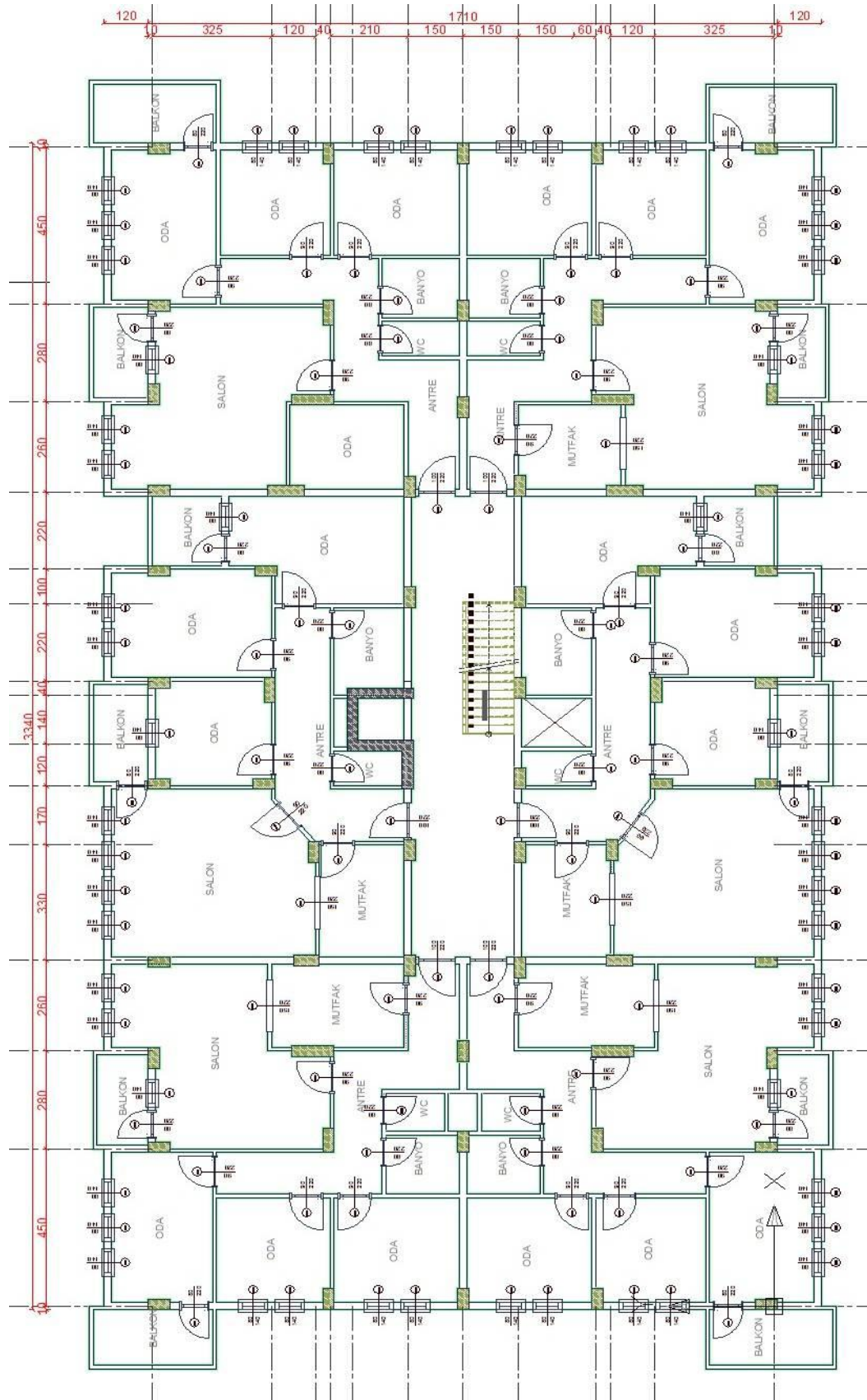
Şekil 6.2. Yapının mevcut bodrum kat kalıp planı



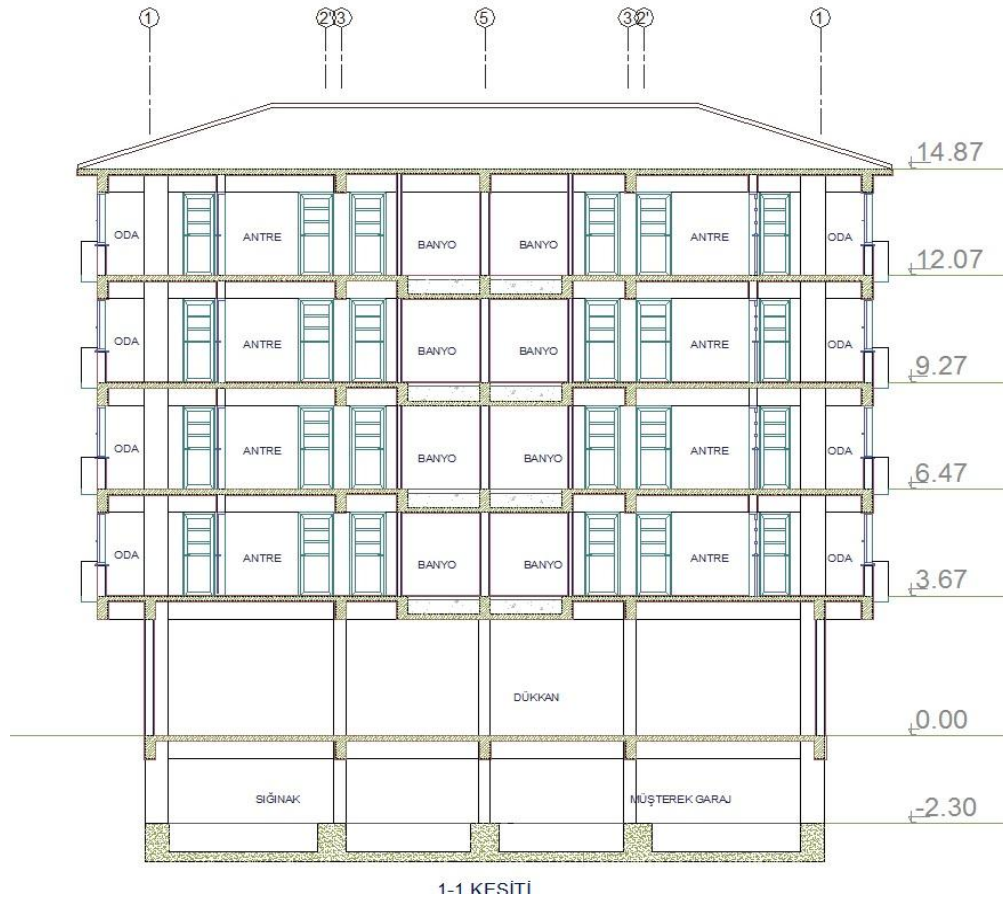
Şekil 6.3. Yapının mevcut zemin kat kalıp planı



Şekil 6.4. Yapının mevcut normal kat kalıp planı



Şekil 6.5. Yapının mimari normal kat planı



Şekil 6.6. Yapının mevcut halinin kesiti

6.2. Yapının Mevcut Haliyle 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre İrdelenmesi

Tablo 6.1. Yapı genel bilgileri

Toplam kat sayısı	6
Toplam bina yüksekliği	17.17 (m)
Rijit bodrum katsayısı	0
Rijit bodrum kat numarası	-2
Maksimum kat yüksekliği	3.67 (m)
Maksimum giriş açıklığı	7.50 (m)
Yapı önem katsayısı (I)	1.00
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı [X/Y]	8.00/8.00
Süneklik düzeyi	Yüksek
Deprem bölgesi	1
Etkin yer ivme katsayısı	0.40
Yerel zemin sınıfı	Z4
Spektrum karakteristik periyodu	$T_a=0.20s$, $T_b=0.90 s$
Yapının bilgi düzeyi	Sınırlı
Mevcut beton sınıfı	C14
Mevcut donatı sınıfı	S220
Güçlendirme beton sınıfı	C20
Güçlendirme donatı sınıfı	S420

Yapı projesine uygun olarak bilgisayara girildikten sonra, 2007 deprem yönetmeliğine göre analizi yapılmıştır.

Analiz sonuçlarına göre mevcut durumda;

- A1 ve B2 düzensizlikleri mevcuttur.
- Görelî kat öteleme koşulu sağlanmıştır: $\delta_i (\max)/h=0.0088<0.02$
- Toplam yapı ağırlığı; 3851.67 t
- Toplam deprem yükü;
X ve Y yönünde $V_t=481.46$ t
- Kolon kiriş birleşim bölgelerinin kesme güvenliği değerlendirildiğinde yetersiz kolonlar bulunmuştur.
- TDY Madde 3.4.3.1' i sağlamayan kolonlar vardır.

Kolon Donatıları - ZEMİN KAT, S201, minimum alfai = 0.806											
Kolonlar	Kuvvetler-Donatı Alanları	TDY Denklem 3.3 Kontrolü	Burkulma	Uç Kuvvet Diyagramları	Kapasite Diyagramı	Etkileşim Diyagramı	Birleşim Kesme Güvenliği				
DS	İsim	Kat	B	H	Nd	Majör	Minör	Enine	Purs	S.G.Pursan...	ZK
<input type="checkbox"/>	S201(B)ab	ZEMİN KAT	0.3 m	0.6 m	46.26	6 ø 14	6 ø 14	ø8/15/10/10	1.03%	0.25%	✓
<input type="checkbox"/>	S202(B)	ZEMİN KAT	0.3 m	0.6 m	88.56	6 ø 14	6 ø 14	ø8/15/7/10	1.03%	0.15%	✓
<input type="checkbox"/>	S203(B)	ZEMİN KAT	0.3 m	0.6 m	32.42	8 ø 14	12 ø 14	ø8/15/10/10	1.71%	1.63%	
<input type="checkbox"/>	S204(B)	ZEMİN KAT	0.3 m	0.6 m	22.42	8 ø 14	12 ø 14	ø8/15/10/10	1.71%	1.61%	
<input type="checkbox"/>	S205(B)	ZEMİN KAT	0.3 m	0.6 m	13.7	8 ø 14	10 ø 14	ø8/15/10/10	1.54%	1.48%	
<input type="checkbox"/>	S206	ZEMİN KAT	0.3 m	0.6 m	16.78	6 ø 14	8 ø 14	ø8/15/10/10	1.2%	1.09%	
<input type="checkbox"/>	S207(B)	ZEMİN KAT	0.3 m	0.6 m	-0.42	10 ø 14	12 ø 14	ø8/10/10/10	1.88%	1.86%	
<input type="checkbox"/>	S208(B)	ZEMİN KAT	0.3 m	0.6 m	-1.24	10 ø 14	16 ø 14	ø10/14/10/10	2.22%	2.07%	
<input type="checkbox"/>	S209(B)	ZEMİN KAT	0.3 m	0.6 m	30.82	8 ø 14	12 ø 14	ø8/15/10/10	1.71%	1.67%	
<input type="checkbox"/>	S210(B)	ZEMİN KAT	0.3 m	0.6 m	85.42	6 ø 14	6 ø 14	ø8/15/7/10	1.03%	0.06%	✓
<input type="checkbox"/>	S211(B)ab	ZEMİN KAT	0.3 m	0.6 m	45.05	6 ø 14	6 ø 14	ø8/15/10/10	1.03%	0.03%	✓
<input type="checkbox"/>	S212(B)ab	ZEMİN KAT	0.3 m	0.6 m	20.16	10 ø 14	16 ø 14	ø8/15/10/10	2.22%	2.13%	
<input type="checkbox"/>	S213(ab)	ZEMİN KAT	0.3 m	0.7 m	21.5	10 ø 14	16 ø 14	ø8/15/10/10	1.91%	1.8%	
<input type="checkbox"/>	S214(B)	ZEMİN KAT	0.3 m	0.6 m	25.87	8 ø 14	10 ø 14	ø8/15/10/10	1.54%	1.4%	
<input type="checkbox"/>	S215(ab)	ZEMİN KAT	0.3 m	1 m	42.27	10 ø 14	22 ø 14	ø8/15/9/10	1.64%	1.58%	
<input type="checkbox"/>	S216(B)ab	ZEMİN KAT	0.3 m	0.7 m	33.03	10 ø 14	16 ø 14	ø8/15/10/10	1.91%	1.86%	
<input type="checkbox"/>	S217(ab)	ZEMİN KAT	0.3 m	0.6 m	17.92	10 ø 14	12 ø 14	ø8/15/10/10	1.88%	1.83%	
<input type="checkbox"/>	S218(B)	ZEMİN KAT	0.3 m	0.6 m	30.22	6 ø 14	8 ø 14	ø8/15/10/10	1.2%	1.13%	
<input type="checkbox"/>	S219(B)ab	ZEMİN KAT	0.3 m	0.7 m	47.82	6 ø 14	8 ø 14	ø8/15/10/10	1.03%	0.69%	✓
<input type="checkbox"/>	S220(ab)	ZEMİN KAT	0.3 m	1.15 m	52.73	8 ø 14	24 ø 14	ø8/15/9/10	1.43%	1.4%	
<input type="checkbox"/>	S221(ab)	ZEMİN KAT	0.3 m	1.15 m	54.8	8 ø 14	22 ø 14	ø8/15/9/10	1.34%	1.31%	
<input type="checkbox"/>	S222(B)ab	ZEMİN KAT	0.3 m	0.7 m	44.45	6 ø 14	8 ø 14	ø8/15/10/10	1.03%	0.75%	✓
<input type="checkbox"/>	S223(B)	ZEMİN KAT	0.3 m	0.6 m	30.5	6 ø 14	8 ø 14	ø8/15/10/10	1.2%	1.03%	
<input type="checkbox"/>	S224	ZEMİN KAT	0.3 m	0.6 m	16.02	8 ø 14	10 ø 14	ø8/15/10/10	1.54%	1.48%	
<input type="checkbox"/>	S225(IMB...)	ZEMİN KAT	0.3 m	0.6 m	0.05	14 ø 14	24 ø 14	ø8/15/10/10	3.25%	3.13%	
<input type="checkbox"/>	S226(B)	ZEMİN KAT	0.3 m	0.6 m	11.52	12 ø 14	20 ø 14	ø8/15/10/10	2.74%	2.64%	
<input type="checkbox"/>	S227(B)	ZEMİN KAT	0.3 m	0.6 m	21.11	8 ø 14	10 ø 14	ø8/15/10/10	1.54%	1.38%	
<input type="checkbox"/>	S228(B)	ZEMİN KAT	0.3 m	0.6 m	23.32	6 ø 14	8 ø 14	ø8/15/10/10	1.2%	1.08%	
<input type="checkbox"/>	S229	ZEMİN KAT	0.3 m	0.6 m	46.28	10 ø 14	12 ø 14	ø8/15/10/10	1.88%	1.81%	
<input type="checkbox"/>	S230(B)	ZEMİN KAT	0.3 m	0.6 m	44.4	6 ø 14	6 ø 14	ø8/15/10/10	1.03%	0.67%	✓

Şekil 6.7. Mevcut binanın yapılan analiz sonucu kesiti yetersiz gelen kolonlar

Proje Düzen Görüntü Araçlar Çiz Değiştir Avarlar Analiz Betonarme Çizim Rapor Pencere Yardım

Kolon Donatıları - ZEMİN KAT, S201, minimum alfai = 0.806

Kolonlar | Kuvvetler-Donatı Alanları | TDY Denklem 3.3 Kontrolü | Burkulma | Uç Kuvvet Diyagramları | Kapasite Diyagramı | Etkileşim Diyagramı | Birleşim Kesme Güvenliği

İsim	Major	Minör	Enine	Purs	S.G.Pursan...	ZK
İsim : Kolonun plandaki adı.	ø 14	6 ø 14	ø8/15/10/10	1.03%	0.25%	✓
B : Kolonun X boyutu	ø 14	6 ø 14	ø8/15/7/10	1.03%	0.15%	✓
H : Kolonun Y boyutu	ø 14	12 ø 14	ø8/15/10/10	1.71%	1.63%	
Nd : Kolon betonarme hesabında kullanılan dizayn aksenal kuvvetidir.	ø 14	12 ø 14	ø8/15/10/10	1.71%	1.61%	
Köşe : Kolonun köşelerinde bulunan donatı adedi ve çapı.	ø 14	10 ø 14	ø8/15/10/10	1.54%	1.48%	
Kenar : Kolonun kenarlarında bulunan donatı adedi ve çapı.	ø 14	8 ø 14	ø8/15/10/10	1.2%	1.09%	
Etriye : Kolon etriyesinin sırasıyla etriye çapı, orta, sıklaştırma ve birleşim bölgesi aralığıdır.	ø 14	12 ø 14	ø8/10/10/10	1.88%	1.86%	
Purs : Kolon kesitinin toplam prusantajdır.	ø 14	16 ø 14	ø10/14/10/10	2.22%	2.07%	
S.g.Purs: Kolon kesitinin statikçe gerekli prusantajdır.	ø 14	12 ø 14	ø8/15/10/10	1.71%	1.67%	
Mev.As: Kolonda bulunan toplam mevcut donatı alanıdır. (cm2)	ø 14	6 ø 14	ø8/15/7/10	1.03%	0.06%	✓
Ger.As: Kolon betonarme hesabında bulunan donatı alanı ile şartname gereği hesaplanan donatı alanından büyük olanıdır. (cm2)	ø 14	6 ø 14	ø8/15/10/10	1.03%	0.03%	✓
Fazla As: Kolonda bulunan fazla donatı alanıdır. (cm2)	ø 14	16 ø 14	ø8/15/10/10	2.22%	2.13%	
Zk : İşaretli ise, ilgili kolon, deprem yönetmeliğinde belirtilen 7.3.5 kolonların kirişlerden geçişi olma koşulu sağlamıyor demektir.	ø 14	16 ø 14	ø8/15/10/10	1.91%	1.8%	
P : Bu seçeği işaretleyerek herhangi bir kolonu perde gibi alfai hesabına katabilirsiniz. Özellikle büyük poligon kolonlarda, poligon kolları perde boyutlarında olduğunda bu seçeneği kullanmak isteyebilirsiniz.	ø 14	10 ø 14	ø8/15/10/10	1.54%	1.4%	
Herhangi bir kolonda B, K, E, M ve ab gibi mesajlar yazabilir. Aşağıdaki nedenlerden dolayı kesit yetersizdir.	ø 14	22 ø 14	ø8/15/9/10	1.64%	1.58%	
B: Kolon-Kiriş Birleşim Kesme Güvenliği sağlamıyor. Kiriş genişliği veya kolonun ilgili yöndeki boyutunu artırmak çözüm olabilir.	ø 14	16 ø 14	ø8/15/10/10	1.91%	1.86%	
K: Kolon Orta Bölgesi Kesme Güvenliği sağlamıyor.	ø 14	12 ø 14	ø8/15/10/10	1.88%	1.83%	
E: Maksimum normal kuvvet kontrolü sağlamıyor. Kolon boyutları yetersiz gelmektedir.	ø 14	8 ø 14	ø8/15/10/10	1.2%	1.13%	
M: Maksimum prusantaj değeri aşılmıştır. Kolon boyutları yetersiz gelmektedir.	ø 14	8 ø 14	ø8/15/10/10	1.03%	0.69%	✓
ab: TDY Madde 3.4.3.1'i sağlamıyor demektir. Kolon kısa boyutunu artırmak çözüm olabilir.	ø 14	24 ø 14	ø8/15/9/10	1.43%	1.4%	
As(-): Yetersiz donatı. Donatı seçiminde yeter büyüklükte donatı çapı işaretlenmemiş olabilir.	ø 14	22 ø 14	ø8/15/9/10	1.34%	1.31%	
Z: Kirişsiz döşeme veya kiriş radyede zimbalema dayanımını aşılıyor. Plak kalınlığını arttırmak veya başlık plağı teşkil etmek çözüm olabilir.	ø 14	8 ø 14	ø8/15/10/10	1.03%	0.75%	✓
	ø 14	8 ø 14	ø8/15/10/10	1.2%	1.03%	
	ø 14	10 ø 14	ø8/15/10/10	1.54%	1.48%	
	ø 14	24 ø 14	ø8/15/10/10	3.25%	3.13%	

Kat	F _x	F _y	hykk
4.KAT	1054.89	1054.89	0.30
3.KAT	733.80	733.80	0.30
2.KAT	597.15	597.15	0.30
1.KAT	452.63	452.63	0.30
ZEMİN KAT	335.51	335.51	0.30
1.BODRUM	99.93	99.93	0.30

Şekil 6.8. Mevcut binanın yapılan analiz sonucu kesiti yetersiz gelen kolonlar

Performans analiz yöntemi;

- Eşdeğer deprem yükü hesabı kullanılmıştır.
- Yapının bilgi düzeyi orta seçilmiştir.
- Yapı önem katsayısı 1 alınmıştır.
- X ve Y yönlerinde yapılan deprem yüklemeleri sonucunda yapının performansı “göçme durumu” çıkmıştır.

Tablo 6.2. Yapının mevcut haliyle performans analizinin sonucu

Kat	F _x	F _y	hykk
4.KAT	1054.89	1054.89	0.30
3.KAT	733.80	733.80	0.30
2.KAT	597.15	597.15	0.30
1.KAT	452.63	452.63	0.30
ZEMİN KAT	335.51	335.51	0.30
1.BODRUM	99.93	99.93	0.30

F_x: Kullanılan yöntemle göre hesaplanan x yönü deprem kuvvetiF_y: Kullanılan yöntemle göre hesaplanan y yönü deprem kuvveti

hykk: Hareketli yük katılım katsayısı

Tablo 6.2. (Devam)

Deprem Yüklemesi	Durum
+EX	GÖÇME DURUMU
-EX	GÖÇME DURUMU
+EY	GÖÇME DURUMU
-EY	GÖÇME DURUMU

Tablo 6.3. Yapıda bulunan mevcut taşıyıcı elemanların hasar bölgelerindeki sayıları

	Eleman tipi	Minimum hasar bölgesi	Belirgin hasar bölgesi	İleri hasar bölgesi	Göçme bölgesi
4.KAT	Kirişler	32 (58%)	22(40%)	1(2%)	
	Kolonlar	42(68%)	20(32%)		
	Perdeler	4(100%)			
3.KAT	Kirişler	20(31%)	40(62%)	5(8%)	
	Kolonlar	36(58%)	26(42%)		
	Perdeler	2(50%)	2(50%)		
2.KAT	Kirişler	19(29%)	42(65%)	4(6%)	
	Kolonlar	11(18%)	51(82%)		
	Perdeler		3(75%)	1(25%)	
1.KAT	Kirişler	16(25%)	43(66%)	6(9%)	
	Kolonlar		62(100%)		
	Perdeler		3(75%)	1(25%)	
ZEMİN KAT	Kirişler	18(24%)	49(64%)	9(12%)	
	Kolonlar		55(89%)	6(10%)	1(2%)
	Perdeler		2(50%)	1(25%)	1(25%)
BODRUM KAT	Kirişler	2(3%)	50(85%)	7(12%)	
	Kolonlar	15(24%)	37(60%)	5(8%)	5(8%)
	Perdeler	1(25%)	2(50%)		1(25%)

(Tabloda parantez içinde verilen yüzdeler kiriş, kolon ve perdelerin katlara ve hasar bölgelerine göre hasar miktarlarını yüzde cinsinden belirtmektedir. Bu yüzde değerlerine göre yapının performans düzeyleri belirlenmektedir.)

Yapılan analizlerin sonuçlarına göre, sistemin yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Yapının güçlendirilmesi gerekmektedir. Kolonlara betonarme mantolama yapılarak, yerinde dökme betonarme perdeler ilave edilerek, kat ya da katları azaltılarak denenecek ve hangi yöntemin bu yapı için daha sağlıklı sonuç vereceği araştırılacaktır. Maliyet ve performans yönünden değerlendirilerek karar verilecektir.

6.3. Kolonlara Betonarme Mantolama Yapılması

6.3.1. Kolonlarda betonarme mantolama analiz adımları

Analiz sonuçlarına göre, bir bulunan 62 kolonun 31'inin kesiti yetersiz kalmakta, 30'u kesme güvenliğini sağlamamaktadır. Sadece 1 adet kolon güvenli kalmaktadır.

Kesitleri yetersiz gelen ve kesme güvenliğini sağlamayan kolonlar mantolanacaktır. Mantolama yaparken temel kirişlerinin genişlikleri göz önüne alınarak, kirişin içinde kalacak şekilde uygun kolon kenarları ihtiyaç doğrultusunda mantolanacaktır. Hesap yapılırken mantolama yüzdesi 0.02 alınacaktır. Eksenel yük kontrollerinde kesit alanının tamamı hesaba katılacaktır. Mantolamanın beton sınıfı C20, kullanılacak donatı sınıfı ise S420 olacaktır.

İlk olarak dayanımı zayıf olan kolonlar, minimum manto kalınlığı olan 10 cm arttırılarak deneme yapılmıştır. 38 adet kolonda 10 cm manto kalınlığı yeterli gelmiştir.

Daha sonra kalan kolonlarda 15cm manto kalınlığı denenmiştir, fakat yeterli gelmemiştir. Ve kesiti yetersiz gelen kolonlara 20cm manto kalınlığı verilmiştir. 5 adet kolon için 20cm' lik manto kalınlığı yeterli gelmiştir.

Kalan 18 kolon için manto kalınlığı 30 cm olarak denenmiştir. 13 kolon için 30cm'lik manto kalınlığı yeterli gelmiştir.

Geriye kalan 5 kolonun 4'ünün manto kalınlığı kısa kenarlarında 40cm'ye çıkarılmış ve kolonun uzun kenarındaki manto kalınlığı 20 cm olacak şekilde yeterli gelmiştir.

Ve son olarak kesiti yetersiz gelen tek bir kolon kalmıştır. Onun da kısa kenarındaki manto kalınlığı 30cm, uzun kenarındaki manto kalınlığı 50cm'ye çıkarıldığında yeterli gelmiştir.

Mevcut durumda kolonların 48 adedi 30/60, 8 adedi 30/70, 4 adedi 30/115, 2 adedi de 30/100 ebatlarındadır.

Betonarme mantolama yapıldıktan sonra 30/60 ebatlarındaki kolonların 12 adedi 40/80, 5 adedi 40/70, 1 adedi 50/70, 10 adedi 50/80, 2 adedi 60/70, 7 adedi 60/80, 2 adedi 60/90, 1 adedi 60/120, 1 adedi 60/110, 5 adedi 70/80, 1 adedi 70/70, 1 adedi 70/100 ebatlarına ulaşmıştır.

Mevcut durumda 30/70 ebatlarında olan kolonların mantolama yapıldıktan sonra 6 tanesi 40/90, 2 adedi 40/150 ebatlarına ulaşmıştır.

Mevcut durumda 30/115 ebatlarında olan kolonların mantolama yapıldıktan sonra 2 tanesi 70/155, 2 adedi 60/155 ebatlarına ulaşmıştır.

Mevcut durumda 30/100 ebatlarında olan kolonlar ise mantolama yapıldıktan sonra 50/120 ebatlarına ulaşmıştır.

Bu işlemlerin ardından mevcut bütün kolonların kesitleri yeterli hale getirilmiştir. Analiz sonuçları şöyledir:

- A1 ve B2 düzensizlikleri mevcuttur.
- Göreli kat öteleme koşulu sağlanmıştır: $\delta_i(\max)/h=0.0044<0.02$
- Toplam yapı ağırlığı; 4349.15 t
- Toplam deprem yükü;
X ve Y yönünde $V_t=543.64$ t
- Kolon giriş birleşim bölgelerinin kesme güvenliği değerlendirildiğinde yeterli gelmiştir.
- TDY Madde 3.4.3.1'i sağlanmaktadır.

Performans analiz yöntemi;

- Eşdeğer deprem yükü hesabı kullanılmıştır.
- Yapının bilgi düzeyi orta seçilmiştir.
- Yapı önem katsayısı 1 alınmıştır.
- X ve Y yönlerinde yapılan deprem yüklemeleri sonucunda;
Yapının performansı X yönünde “göçme durumu”,
Y yönünde “göçme öncesi” çıkmıştır.

Tablo 6.4. Kolonlara betonarme mantolama yapıldıktan sonraki yapı performans

Kat	F_x	F_y	hykk
4.KAT	1061.98	1061.98	0.30
3.KAT	870.84	870.84	0.30
2.KAT	707.62	707.62	0.30
1.KAT	536.37	536.37	0.30
ZEMİN KAT	398.76	398.76	0.30
1.BODRUM	121.20	121.20	0.30

F_x : Kullanılan yöntemle göre hesaplanan x yönü deprem kuvveti

F_y : Kullanılan yöntemle göre hesaplanan y yönü deprem kuvveti

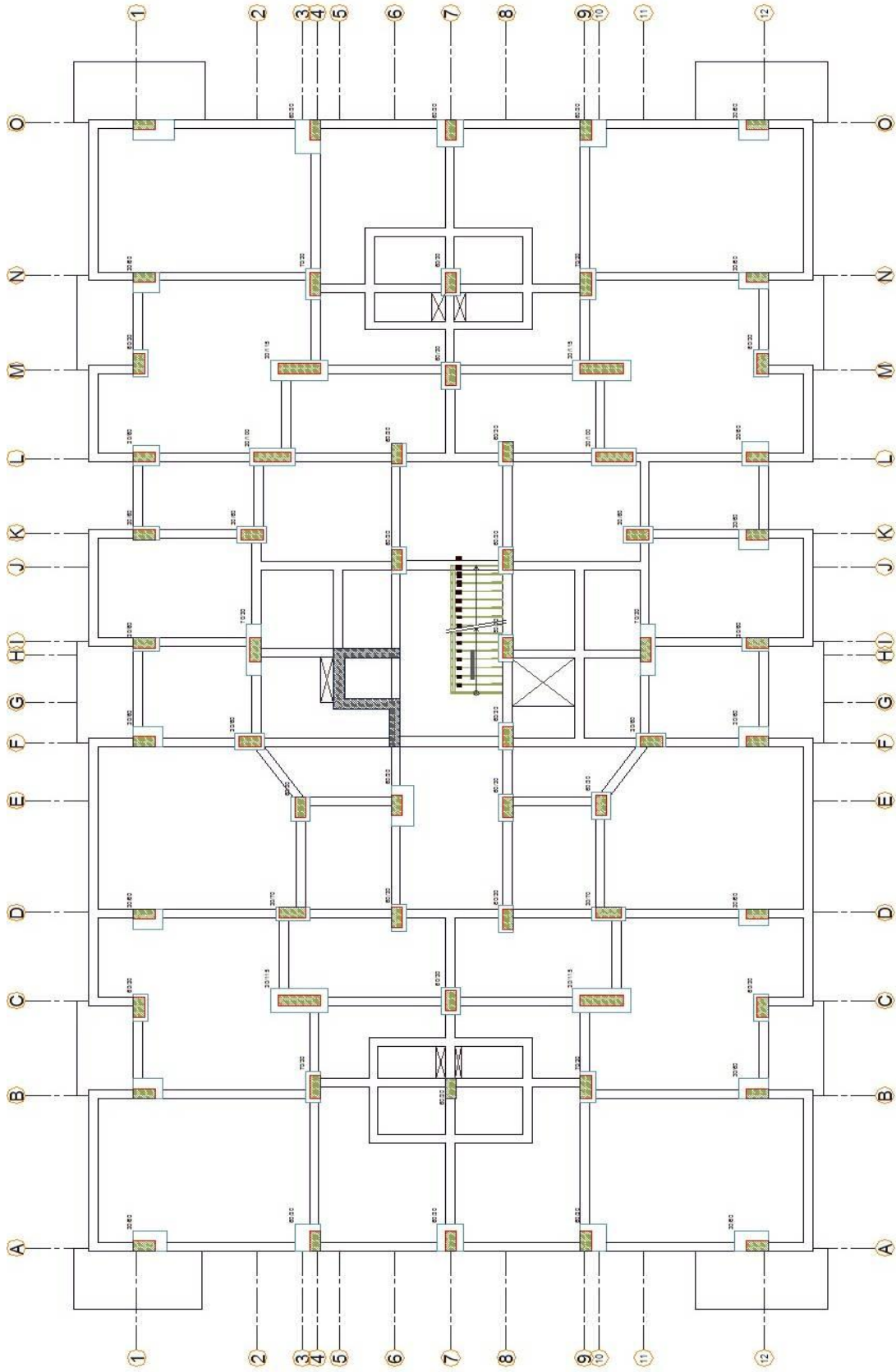
hykk: Hareketli yük katılım katsayısı

Deprem Yükleme	Durum
+EX	GÖÇME DURUMU
-EX	GÖÇME DURUMU
+EY	GÖÇME ÖNCESİ
-EY	GÖÇME ÖNCESİ

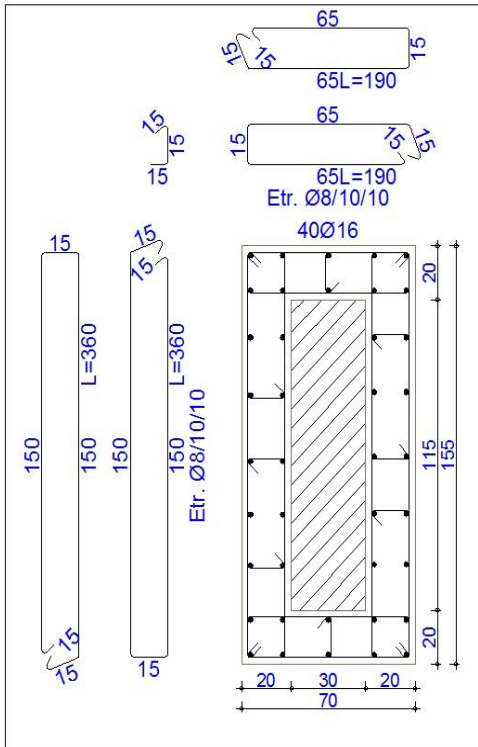
Tablo 6.5. Yapıda bulunan taşıyıcı elemanların kolonlara betonarme mantolama yapıldıktan sonraki hasar bölgelerindeki sayıları

	Eleman tipi	Minimum hasar bölgesi	Belirgin hasar bölgesi	İleri hasar bölgesi	Göçme bölgesi
4.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	28 (51%) 62(100%) 4(100%)	26(47%)	1(2%)	
3.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	19(29%) 61(98%) 3(75%)	42(65%) 1(2%) 1(25%)	3(5%)	1(2%)
2.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	18(28%) 61 (98%) 1(25%)	36(55%) 1(2%) 2(50%)	11(17%) 1(25%)	
1.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	17(22%) 61 (98%) 1(25%)	36(62%) 1(2%) 2(50%)	11(17%) 1(25%)	
ZEMİN KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	17(22%) 61 (98%) 2(50%)	47(62%) 1(2%)	12(16%) 1(25%)	
BODRUM KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	61 (98%) 3(75%)	53(90%) 1(2%)	6(10%) 1(25%)	

(Tabloda parantez içinde verilen yüzdeler kiriş, kolon ve perdelerin katlara ve hasar bölgelerine göre hasar miktarlarını yüzde cinsinden belirtmektedir. Bu yüzde değerlerine göre yapının performans düzeyleri belirlenmektedir.)



Şekil 6.9. Kesitleri yetersiz gelen kolonlara yapılan betonarme mantolama sonrasında yapının normal kat kalıp planı



Şekil 6.10. Kolon mantolama donatı örneği

Mantolama analiz sonuçları değerlendirildiğinde, sistemde yetersiz olan kolonlar yeterli dayanıma ulaşmıştır. Binaların deprem yönetmeliğine göre güçlendirilmesi yapıldıktan sonra performansının en az can güvenliği şartını sağlaması gerekmektedir.

Can güvenliği sağlanmadığı için yeterli gelen kesit boyutlarının binanın dayanımı açısından yetersiz olduğu görülmüştür.

6.3.2. Kolonlara betonarme mantolama yapılarak can güvenliği şartının aranması

Mantolama yapıldığında deprem dayanımı yetersiz kalan yapının performansının can güvenliği şartına ulaşabilmesi için, mantolama kalınlıklarının artırılması yoluna gidilmiştir.

Bunun için yapının mimari fonksiyonlarında kayıplar oluşsa da, hangi büyüklükte kolonlar kullanıldığında yeterli dayanıma ulaşacağını görmek için ihmal edilmiştir. Yine mantolama esnasında temel kirişlerinin genişlikleri göz önüne alınarak, kirişin içinde kalacak şekilde kolon kenarları ihtiyaç doğrultusunda mantolanmıştır.

Bir önceki aşamada yapılan mantolamaların kalınlıkları artırılarak başlanmıştır. Temel kirişinin kalınlığına eşitlenecek şekilde 60cm'lik temel kirişine oturan 30/60 büyüklüğündeki kolonların kısa kenarlarına 30cm manto yapıldığında sınır duruma ulaşmıştır. Daha sonra 60 cm doğrultusunda büyütülmeye devam edilmiştir.

Temel kirişi 70 cm olan temel kirişlerine oturan kolonların dar kenarı 30cm'dir. Bunlar da mevcut kaçıklıklarına göre 10, 20, 30 ya da 40'ar cm mantolama yapılarak toplam boyutu o yönlerde 70cm' ye ulaşılmıştır.

Fakat bu büyüklükler yeterli dayanıma ulaşılması için yeterli gelmemiştir. Diğer yönlerde 1'er m mantolama yapıldığında kolonların dayanımı yine yeterli seviyeye ulaşmamıştır. Kolonlar sistemin ihtiyacı doğrultusunda göre 1m, 1.5m, 2m, 2.70m ve 3m olarak mantolama yapılmıştır.

Analiz sonuçları şöyledir:

- A1 ve B2 düzensizlikleri mevcuttur.
- Görelî kat öteleme koşulu sağlanmıştır: $\delta_i(\max)/h=0.0024<0.02$
- Toplam yapı ağırlığı; 7725.19 t
- Toplam deprem yükü;
X ve Y yönünde $V_t=965.65$ t
- Kolon kiriş birleşim bölgelerinin kesme güvenliği değerlendirildiğinde yeterli gelmiştir.
- TDY Madde 3.4.3.1'i sağlanmaktadır.

Performans analiz yöntemi;

- Eşdeğer deprem yükü hesabı kullanılmıştır.
- Yapının bilgi düzeyi orta seçilmiştir.
- Yapı önem katsayısı 1 alınmıştır.

- X ve Y yönlerinde yapılan deprem yüklemeleri sonucunda yapının performansı “can güvenliği” çıkmıştır.

Tablo 6.6. Büyük kalınlardaki kolon mantolamasıyla yapısal performans

Kat	F_x	F_y	hykk
4.KAT	1959.68	1959.68	0.30
3.KAT	1511.54	1511.54	0.30
2.KAT	1221.71	1221.71	0.30
1.KAT	926.05	926.05	0.30
ZEMİN KAT	746.12	746.12	0.30
1.BODRUM	201.31	201.31	0.30

F_x : Kullanılan yöntemle göre hesaplanan x yönü deprem kuvveti

F_y : Kullanılan yöntemle göre hesaplanan y yönü deprem kuvveti

hykk: Hareketli yük katılım katsayısı

Deprem Yüklemesi	Durum
+EX	CAN GÜVENLİĞİ
-EX	CAN GÜVENLİĞİ
+EY	CAN GÜVENLİĞİ
-EY	CAN GÜVENLİĞİ

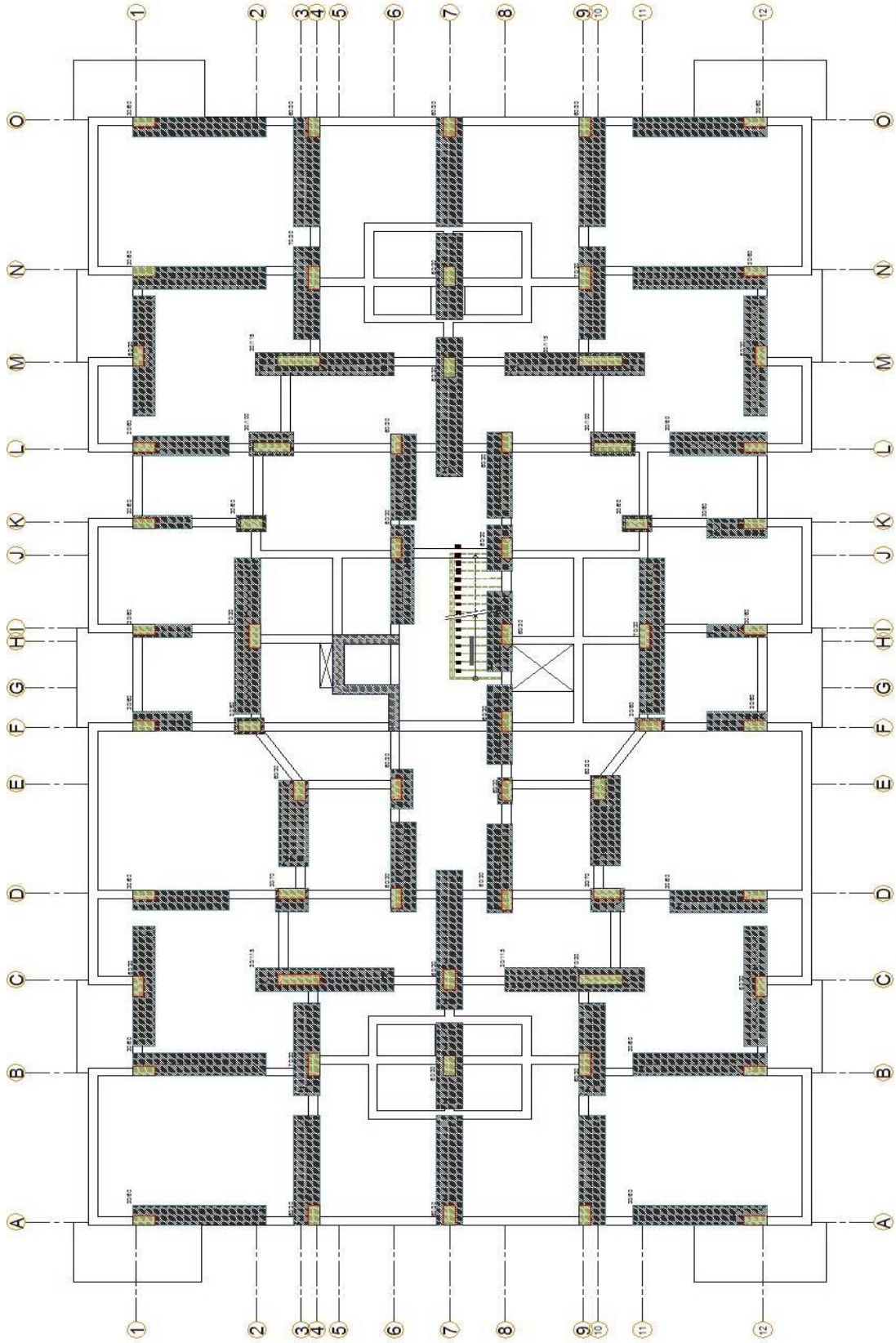
Tablo 6.7. Yapıda bulunan taşıyıcı elemanların kolonlara betonarme mantolama yapıldıktan sonraki hasar bölgelerindeki sayıları

	Eleman tipi	Minimum hasar bölgesi	Belirgin hasar bölgesi	İleri hasar bölgesi	Göçme bölgesi
4.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	16 (29%) 62(100%) 2(50%)	32(58%) 2(50%)	7(13%)	
3.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	20(31%) 62(100%) 3(75%)	39(60%) 1(25%)	6(9%)	
2.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	21(32%) 62 (100%) 3(75%)	38(58%) 1(25%)	10(15%)	
1.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	21(32%) 62 (100%) 3(75%)	39(60%) 1(25%)	5(8%)	
ZEMİN KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	21(32%) 62 (100%) 3(75%)	39(60%) 1(25%)	5(8%)	
BODRUM KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	28(47%) 62 (100%) 4(100%)	31(53%)		

(Tabloda parantez içinde verilen yüzdeler kiriş, kolon ve perdelerin katlara ve hasar bölgelerine göre hasar miktarlarını yüzde cinsinden belirtmektedir. Bu yüzde değerlerine göre yapının performans düzeyleri belirlenmektedir.)

Bütün bu aşamalar sonucunda performans açısından can güvenliğine ulaşılmış, fakat çok büyük kolon boyutları ortaya çıkmıştır. Mimari fonksiyonlar tamamen zarar görmüştür ve kolonlar neredeyse birbirlerine bitişik olacak şekildedir. Dış kenarlarda bazı kapı ve pencerelerin ihmal edilmesi gerekmektedir.

Kolon mantolayarak can güvenliği kriterini elde etmeye çalışırken, çok fazla büyüyen kesitlerden dolayı binaya aşırı ilave yük gelmektedir. Bu da yapı için olumsuz bir faktördür.



Şekil 6.11. Yapının betonarme mantolamayla can güvenliği performans düzeyine ulaşılmış normal kat kalıp planı

6.4. Yapının Yerinde Dökme Betonarme Perdeler İlave Edilerek Güçlendirilmesi

Kolonların betonarme mantolama işlemini değerlendirdikten sonra sıra, perde ilave edilmesi işleminin değerlendirilmesine gelmiştir.

Analiz sonuçlarına göre, yapıdaki 62 kolonun 31'inin kesiti yetersiz, 30'u ise kesme güvenliğini sağlamamaktadır. Sadece 1 adet kolon güvenli kalmaktadır. Sistemin dayanımını arttırmak için bu kez de yerinde dökme perdeler ilave edilecektir.

Bina dikdörtgen şeklinde olduğundan iki doğrultusuna farklı miktarlarda deprem kuvveti almaktadır. Bunu karşılamak için öncelikle mimari fonksiyonlar gözetilerek perde yerleri belirlenmiştir.

İlave edilen perdelerin adet ve yerleri değiştirilerek analiz yapılarak denenmiş ve yapının can güvenliği performans düzeyine erişmesi hedeflenmiştir. Ve en sonunda sistemin performansını karşılayacak sayıda perde tespit edilmiştir. İlave edilecek perdelerin beton sınıfı C20, donatı sınıfı S420 seçilmiştir.

6.4.1. Tip 1

Sistemin süneklik düzeyi karma seçilmiştir. X yönünde $\alpha_s=0.4680$ dolayısıyla $R_x=5.40$ alınmıştır. Y yönünde ise $\alpha_s=0.5866$ dolayısıyla $R_y=5.76$ alınmıştır.

Y doğrultusunda 4 adet perde ilave edilmiş, toplam perde uzunluğu 16.60m çıkmıştır. X doğrultusunda ise 2 adet perde ilave edilmiş, toplam perde uzunluğu 7.80m olmuştur.

Analiz sonuçları şöyledir:

- A1 ve B2 düzensizlikleri mevcuttur.
- Görelî kat öteleme koşulu sağlanmıştır: $\delta_i(\max)/h=0.0047<0.02$
- Toplam yapı ağırlığı; 4058.19 t
- Toplam deprem yükü;

X yönünde $V_t=751.52$ t

Y yönünde $V_t=704.55$ t

- Kolon kiriş birleşim bölgelerinin kesme güvenliği değerlendirildiğinde yetersiz kalan kolonlar vardır.
- TDY Madde 3.4.3.1'i sağlanmadığı kolonlar vardır.

Performans analiz yöntemi;

- Eşdeğer deprem yükü hesabı kullanılmıştır.
- Yapının bilgi düzeyi orta seçilmiştir.
- Yapı önem katsayısı 1 alınmıştır.
- X ve Y yönlerinde yapılan deprem yüklemeleri sonucunda yapının performansı “göçme durumu” çıkmıştır.

Tablo 6.8. Perde ilave edilince yapı performansı (Tip 1)

Kat	F_x	F_y	hykk
4.KAT	1109.25	1109.25	0.30
3.KAT	772.67	772.67	0.30
2.KAT	628.44	628.44	0.30
1.KAT	476.36	476.36	0.30
ZEMİN KAT	357.99	357.99	0.30
1.BODRUM	104.74	104.74	0.30

F_x : Kullanılan yöntemle göre hesaplanan x yönü deprem kuvveti

F_y : Kullanılan yöntemle göre hesaplanan y yönü deprem kuvveti

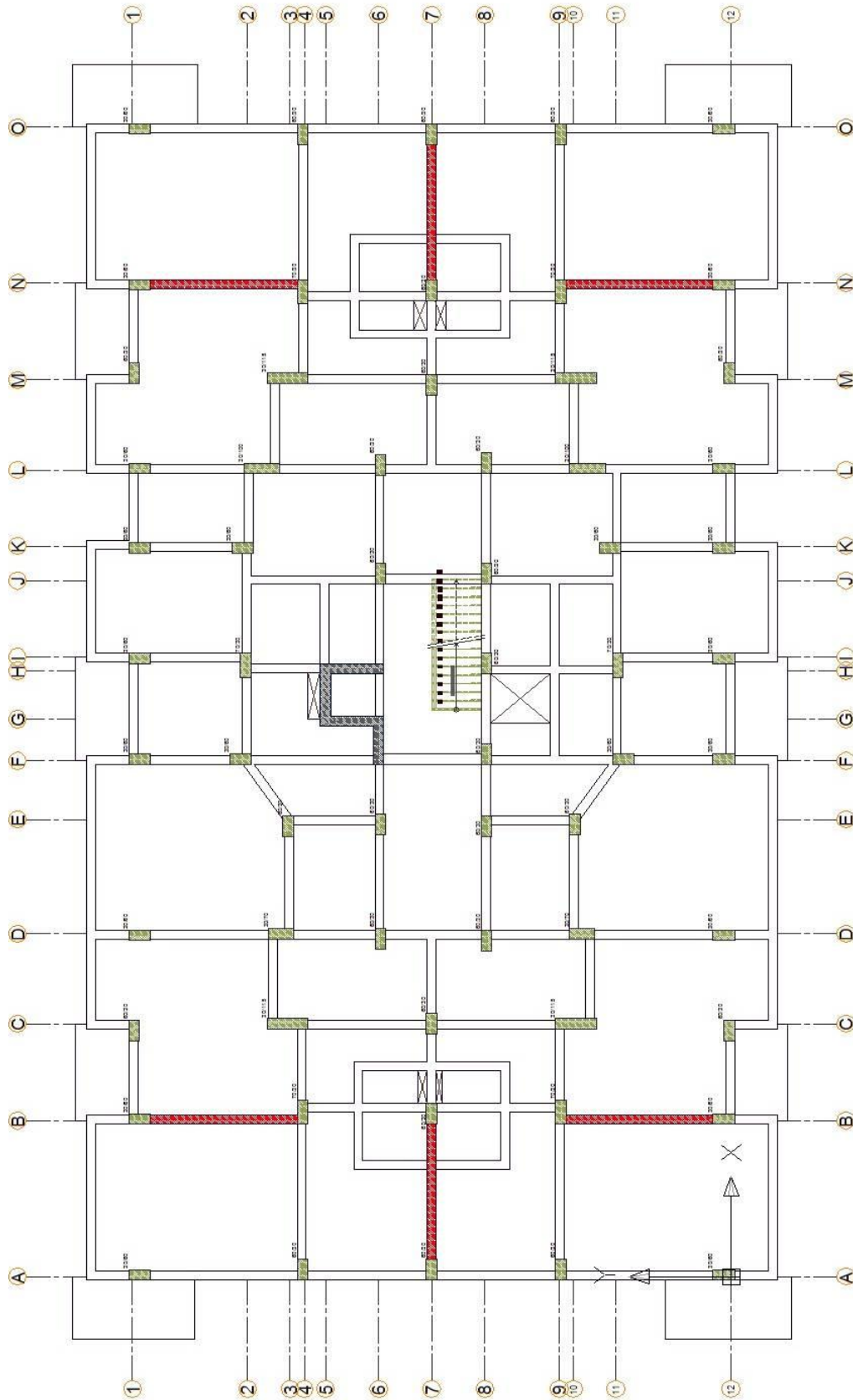
hykk: Hareketli yük katılım katsayısı

Deprem Yükleme	Durum
+EX	GÖÇME DURUMU
-EX	GÖÇME DURUMU
+EY	GÖÇME DURUMU
-EY	GÖÇME DURUMU

Tablo 6.9. Yapıda bulunan taşıyıcı elemanların perde ilave edildikten sonra hasar bölgelerindeki sayıları (Tip 1)

	Eleman tipi	Minimum hasar bölgesi	Belirgin hasar bölgesi	İleri hasar bölgesi	Göçme bölgesi
4.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	31(65%) 51(82%) 10(100%)	17(35%) 11(18%)		
3.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	45(78%) 50(81%) 8(80%)	13(22%) 12(19%) 2(20%)		
2.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	46(79%) 48(77%) 8(80%)	12(21%) 13(21%) 2(20%)		1(2%)
1.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	50(86%) 41(66%) 8(80%)	8(14%) 18(29%) 2(20%)		3(5%)
ZEMİN KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	54(82%) 44(71%) 8(80%)	12(18%) 13(21%) 1(10%)		5(8%) 1(10%)
BODRUM KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	42(71%) 36(58%) 9(90%)	17(29%) 16(26%)	1(10%)	10(16%)

(Tabloda parantez içinde verilen yüzdeler kiriş, kolon ve perdelerin katlara ve hasar bölgelerine göre hasar miktarlarını yüzde cinsinden belirtmektedir. Bu yüzde değerlerine göre yapının performans düzeyleri belirlenmektedir.)



Şekil 6.12.Yapının betonarme perde ilave edilmiş normal kat kalıp planı (Tip 1)

6.4.2. Tip 2

Sistemin süneklik düzeyi karma seçilmiştir. X yönünde $\alpha_s=0.4774$ dolayısıyla $R_x=5.43$ alınmıştır. Y yönünde ise $\alpha_s=0.7494$ dolayısıyla $R_y=6.00$ alınmıştır.

Y doğrultusunda 8 adet perde ilave edilmiş, toplam perde uzunluğu 29.90m çıkmıştır. X doğrultusunda ise 2 adet perde ilave edilmiş, toplam perde uzunluğu 7.80m olmuştur.

Analiz sonuçları şoyledir:

- A1 ve B2 düzensizlikleri mevcuttur.
- Göreli kat öteleme koşulu sağlanmıştır: $\delta_i(\max)/h=0.0047<0.02$
- Toplam yapı ağırlığı; 4162.31 t
- Toplam deprem yükü;
X yönünde $V_t=766.54$ t
Y yönünde $V_t=693.72$ t
- Kolon kiriş birleşim bölgelerinin kesme güvenliği değerlendirildiğinde yetersiz kalan kolonlar vardır.
- TDY Madde 3.4.3.1'i sağlanmadığı kolonlar vardır.

Performans analiz yöntemi;

- Eşdeğer deprem yükü hesabı kullanılmıştır.
- Yapının bilgi düzeyi orta seçilmiştir.
- Yapı önem katsayısı 1 alınmıştır.
- X ve Y yönlerinde yapılan deprem yüklemeleri sonucunda yapının performansı "göçme durumu" ıkmıştır.

Tablo 6.10. Perde ilave edilince yapı performansı (Tip 2)

Kat	F_x	F_y	hykk
4.KAT	1136.83	1136.83	0.30
3.KAT	792.21	792.21	0.30
2.KAT	644.17	644.17	0.30
1.KAT	488.28	488.28	0.30
ZEMİN KAT	369.34	369.34	0.30
1.BODRUM	107.14	107.14	0.30

F_x : Kullanılan yöntemle göre hesaplanan x yönü deprem kuvveti

F_y : Kullanılan yöntemle göre hesaplanan y yönü deprem kuvveti

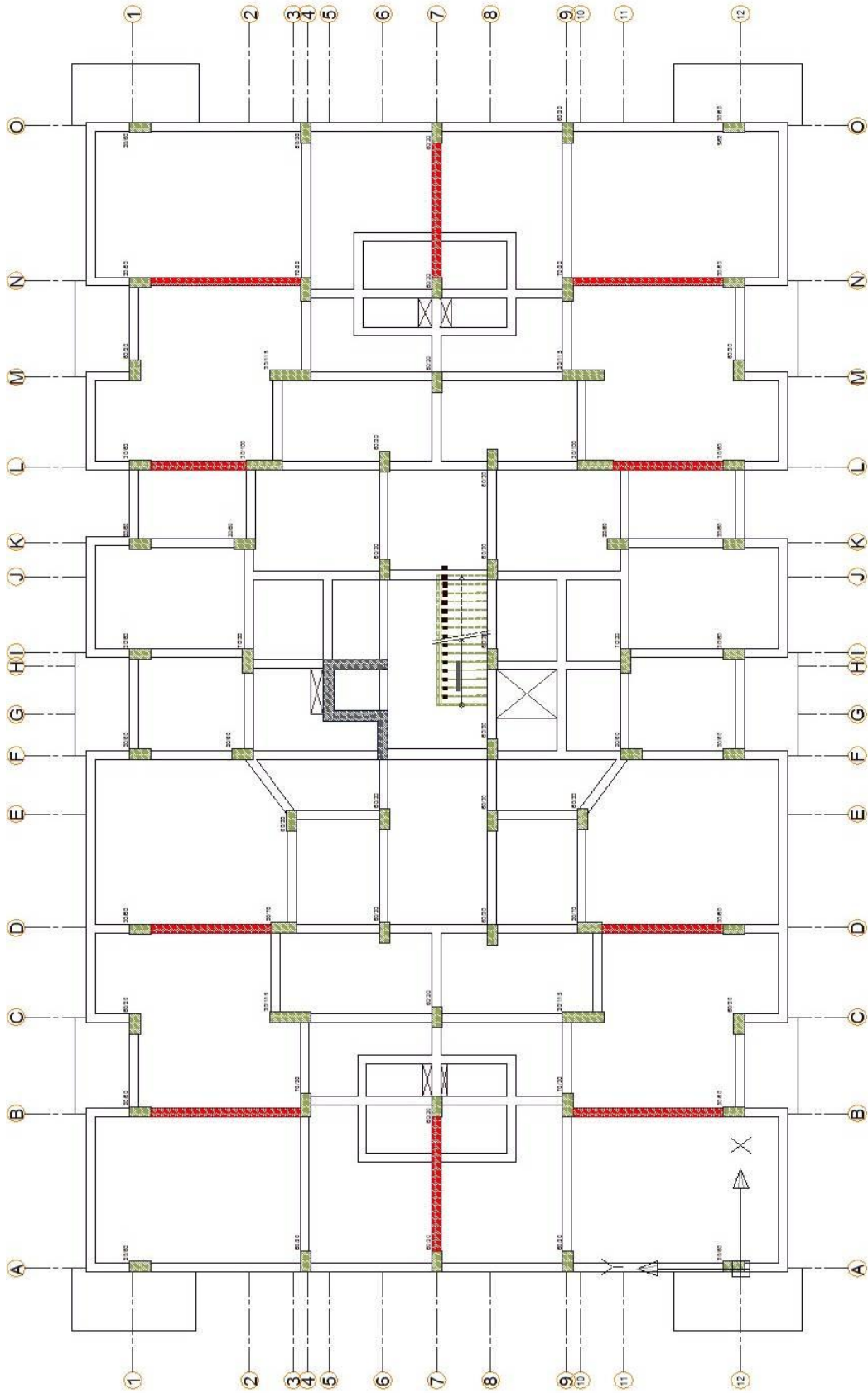
hykk: Hareketli yük katılım katsayısı

Deprem Yükleme	Durum
+EX	GÖÇME DURUMU
-EX	GÖÇME DURUMU
+EY	GÖÇME DURUMU
-EY	GÖÇME DURUMU

Tablo 6.11. Yapıda bulunan taşıyıcı elemanların perde ilave edildikten sonra hasar bölgelerindeki sayıları (Tip 2)

	Eleman tipi	Minimum hasar bölgesi	Belirgin hasar bölgesi	İleri hasar bölgesi	Göçme bölgesi
4.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	32(67%) 50(81%) 14(100%)	16(33%) 12(19%)		
3.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	45(78%) 48(77%) 12(86%)	13(22%) 14(23%) 2(14%)		
2.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	49(84%) 46(74%) 12(86%)	9(16%) 15(24%) 2(14%)		1(2%)
1.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	50(86%) 40(65%) 12(86%)	8(14%) 20(32%) 2(14%)		2(3%)
ZEMİN KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	57(86%) 44(71%) 12(86%)	9(14%) 13(21%) 1(7%)		5(8%) 1(7%)
BODRUM KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	47(80%) 32(52%) 13(93%)	12(20%) 18(29%)	1(7%)	12(19%)

(Tabloda parantez içinde verilen yüzdeler kiriş, kolon ve perdelerin katlara ve hasar bölgelerine göre hasar miktarlarını yüzde cinsinden belirtmektedir. Bu yüzde değerlerine göre yapının performans düzeyleri belirlenmektedir.)



Şekil 6.13.Yapının betonarme perde ilave edilmiş normal kat kalıp planı (Tip 2)

6.4.3. Tip 3

Sistemin süneklik düzeyi karma seçilmiştir. X yönünde $\alpha_s=0.6880$ dolayısıyla $R_x=6.00$ alınmıştır. Y yönünde ise $\alpha_s=0.7531$ dolayısıyla $R_y=6.00$ alınmıştır.

Y doğrultusunda 8 adet perde ilave edilmiş, toplam perde uzunluğu 29.90m çıkmıştır. X doğrultusunda ise 6 adet perde ilave edilmiş, toplam perde uzunluğu 18.35m olmuştur.

Analiz sonuçları şöyledir:

- A1 düzensizliği mevcuttur.
- Göreli kat öteleme koşulu sağlanmıştır: $\delta_i (\max)/h=0.0030<0.02$
- Toplam yapı ağırlığı; 4251.52 t
- Toplam deprem yükü;
X yönünde $V_t=708.59$ t
Y yönünde $V_t=708.59$ t
- Kolon giriş birleşim bölgelerinin kesme güvenliği değerlendirildiğinde yetersiz kalan kolonlar vardır.
- TDY Madde 3.4.3.1'i sağlanmadığı kolonlar vardır.

Performans analiz yöntemi;

- Eşdeğer deprem yükü hesabı kullanılmıştır.
- Yapının bilgi düzeyi orta seçilmiştir.
- Yapı önem katsayısı 1 alınmıştır.
- X ve Y yönlerinde yapılan deprem yüklemeleri sonucunda yapının performansı “göçme durumu” çıkmıştır.

Tablo 6.12. Perde ilave edilince yapı performansı (Tip 3)

Kat	F_x	F_y	hykk
4.KAT	1160.32	1160.32	0.30
3.KAT	809.00	809.00	0.30
2.KAT	657.70	657.70	0.30
1.KAT	498.53	498.53	0.30
ZEMİN KAT	379.01	379.01	0.30
1.BODRUM	109.22	109.22	0.30

F_x : Kullanılan yöntemle göre hesaplanan x yönü deprem kuvveti

F_y : Kullanılan yöntemle göre hesaplanan y yönü deprem kuvveti

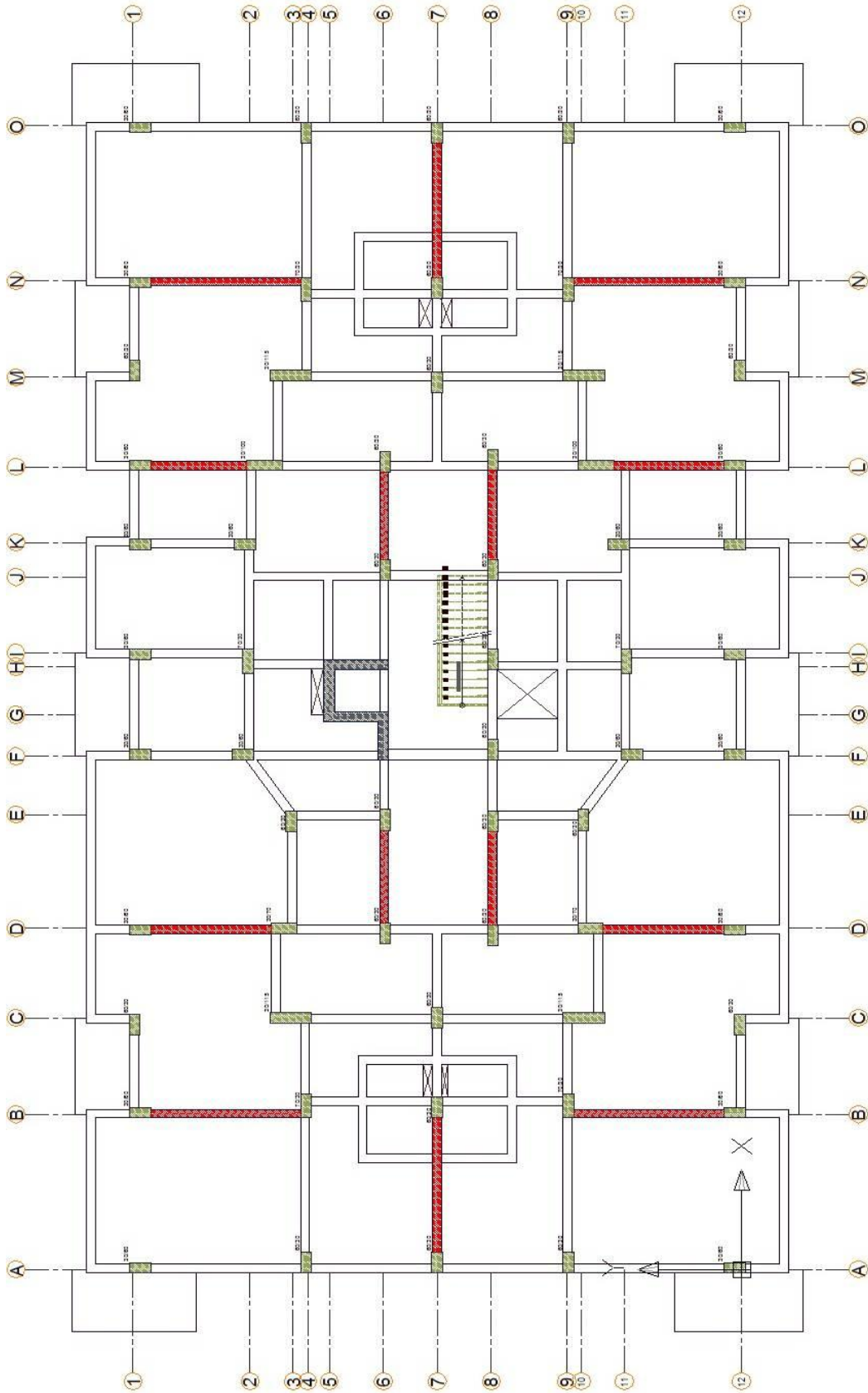
hykk: Hareketli yük katılım katsayısı

Deprem Yüklemesi	Durum
+EX	GÖÇME DURUMU
-EX	GÖÇME DURUMU
+EY	GÖÇME DURUMU
-EY	GÖÇME DURUMU

Tablo 6.13. Yapıda bulunan taşıyıcı elemanların perde ilave edildikten sonra hasar bölgelerindeki sayıları (Tip 3)

	Eleman tipi	Minimum hasar bölgesi	Belirgin hasar bölgesi	İleri hasar bölgesi	Göçme bölgesi
4.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	42(88%) 56(90%) 17(94%)	6(12%) 6(10%) 1(6%)		
3.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	43(74%) 58(94%) 16(89%)	15(26%) 4(6%) 2(11%)		
2.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	45(78%) 55(88%) 16(89%)	13(22%) 6(10%) 2(11%)		1(2%)
1.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	45(78%) 53(85%) 16(89%)	13(22%) 4(7%) 2(11%)		5(8%)
ZEMİN KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	61(92%) 51(82%) 16(89%)	5(8%) 1(2%) 2(11%)		10(16%)
BODRUM KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	50(85%) 49(79%) 17(94%)	9(15%) 1(2%) 1(6%)		12(19%)

(Tabloda parantez içinde verilen yüzdeler kiriş, kolon ve perdelerin katlara ve hasar bölgelerine göre hasar miktarlarını yüzde cinsinden belirtmektedir. Bu yüzde değerlerine göre yapının performans düzeyleri belirlenmektedir.)



Şekil 6.14.Yapının betonarme perde ilave edilmiş normal kat kalıp planı (Tip 3)

6.4.4. Tip 4

Sistemin süneklik düzeyi karma seçilmiştir. X yönünde $\alpha_s=0.7669$ dolayısıyla $R_x=6.00$ alınmıştır. Y yönünde ise $\alpha_s=0.7702$ dolayısıyla $R_y=6.00$ alınmıştır.

Y doğrultusunda 12 adet perde ilave edilmiş, toplam perde uzunluğu 38.60m çıkmıştır. X doğrultusunda ise 10 adet perde ilave edilmiş, toplam perde uzunluğu 27.05m olmuştur.

Analiz sonuçları şöyledir:

- A1 düzensizliği mevcuttur.
- Göreli kat öteleme koşulu sağlanmıştır: $\delta_i (\max)/h=0.0022<0.02$
- Toplam yapı ağırlığı; 4400.02 t
- Toplam deprem yükü;
X yönünde $V_t=733.34$ t
Y yönünde $V_t=733.34$ t
- Kolon giriş birleşim bölgelerinin kesme güvenliği değerlendirildiğinde yetersiz kalan kolonlar vardır.
- TDY Madde 3.4.3.1'i sağlanmadığı kolonlar vardır.

Performans analiz yöntemi;

- Eşdeğer deprem yükü hesabı kullanılmıştır.
- Yapının bilgi düzeyi orta seçilmiştir.
- Yapı önem katsayısı 1 alınmıştır.
- X ve Y yönlerinde yapılan deprem yüklemeleri sonucunda yapının performansı “göçme durumu” çıkmıştır.

Tablo 6.14. Perde ilave edilince yapı performansı (Tip 4)

Kat	F_x	F_y	hykk
4.KAT	1199.46	1199.46	0.30
3.KAT	837.00	837.00	0.30
2.KAT	680.25	680.25	0.30
1.KAT	515.62	515.62	0.30
ZEMİN KAT	395.07	395.07	0.30
1.BODRUM	112.62	112.62	0.30

F_x : Kullanılan yöntemle göre hesaplanan x yönü deprem kuvveti

F_y : Kullanılan yöntemle göre hesaplanan y yönü deprem kuvveti

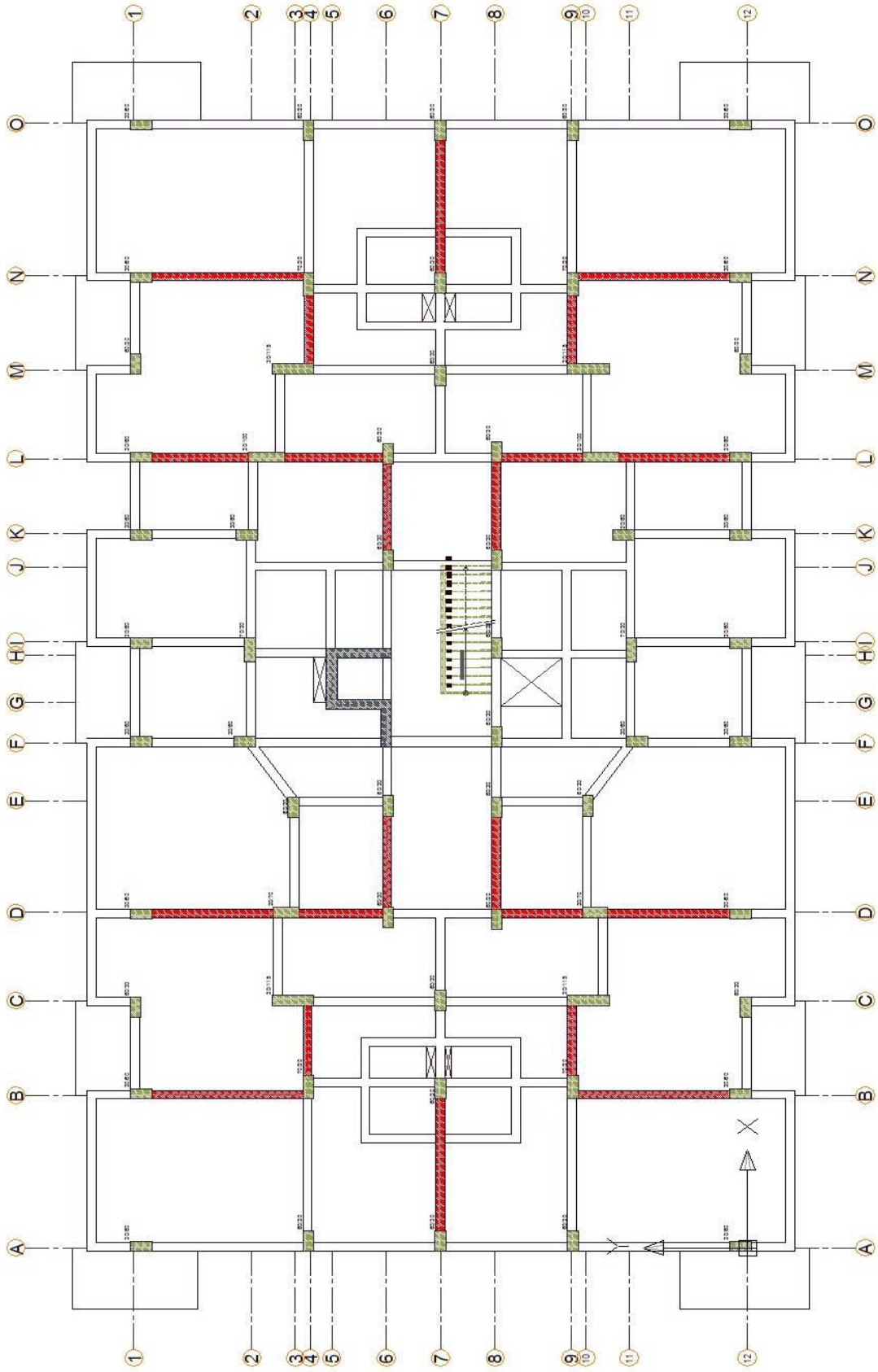
hykk: Hareketli yük katılım katsayısı

Deprem Yükleme	Durum
+EX	GÖÇME DURUMU
-EX	GÖÇME DURUMU
+EY	GÖÇME DURUMU
-EY	GÖÇME DURUMU

Tablo 6.15. Yapıda bulunan taşıyıcı elemanların perde ilave edildikten sonra hasar bölgelerindeki sayıları (Tip 4)

	Eleman tipi	Minimum hasar bölgesi	Belirgin hasar bölgesi	İleri hasar bölgesi	Göçme bölgesi
4.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	38(79%) 59(95%) 25(96%)	10(21%) 3(5%) 1(4%)		
3.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	51(88%) 61(98%) 25(96%)	7(12%) 1(2%) 1(4%)		
2.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	49(84%) 61(98%) 25(96%)	13(22%) 1(2%) 1(4%)		
1.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	52(90%) 59(95%) 24(92%)	6(10%) 1(2%) 2(8%)		2(3%)
ZEMİN KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	63(95%) 45(72%) 26(100%)	3(5%) 1(2%)		16(26%)
BODRUM KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	56(95%) 35(56%) 25(96%)	3(5%) 1(4%)		27(44%)

(Tabloda parantez içinde verilen yüzdeler kiriş, kolon ve perdelerin katlara ve hasar bölgelerine göre hasar miktarlarını yüzde cinsinden belirtmektedir. Bu yüzde değerlerine göre yapının performans düzeyleri belirlenmektedir.)



Şekil 6.15.Yapının betonarme perde ilave edilmiş normal kat kalıp planı (Tip 4)

6.4.5. Tip 5

Sistemin süneklik düzeyi karma seçilmiştir. X yönünde $\alpha_s=0.7669$ dolayısıyla $R_x=6.00$ alınmıştır. Y yönünde ise $\alpha_s=0.7702$ dolayısıyla $R_y=6.00$ alınmıştır.

Y doğrultusunda 16 adet perde ilave edilmiş, toplam perde uzunluğu 49.30m çıkmıştır. X doğrultusunda ise 10 adet perde ilave edilmiş, toplam perde uzunluğu 27.05m olmuştur.

Analiz sonuçları şoyledir:

- A1 düzensizliği mevcuttur.
- Göreli kat öteleme koşulu sağlanmıştır: $\delta_i (\max)/h=0.0022<0.02$
- Toplam yapı ağırlığı; 4400.02 t
- Toplam deprem yükü;
X yönünde $V_t=733.34$ t
Y yönünde $V_t=733.34$ t
- Kolon kiriş birleşim bölgelerinin kesme güvenliği değerlendirildiğinde yetersiz kalan kolonlar vardır.
- TDY Madde 3.4.3.1'i sağlanmadığı kolonlar vardır.

Performans analiz yöntemi;

- Eşdeğer deprem yükü hesabı kullanılmıştır.
- Yapının bilgi düzeyi orta seçilmiştir.
- Yapı önem katsayısı 1 alınmıştır.
- X ve Y yönlerinde yapılan deprem yüklemeleri sonucunda yapının performansı "göçme durumu" ıkmıştır.

Tablo 6.16. Perde ilave edilince yapı performansı (Tip 5)

Kat	F_x	F_y	hykk
4.KAT	1220.59	1220.59	0.30
3.KAT	852.06	852.06	0.30
2.KAT	692.37	692.37	0.30
1.KAT	524.81	524.81	0.30
ZEMİN KAT	403.75	403.75	0.30
1.BODRUM	114.50	114.50	0.30

F_x : Kullanılan yöntemle göre hesaplanan x yönü deprem kuvveti

F_y : Kullanılan yöntemle göre hesaplanan y yönü deprem kuvveti

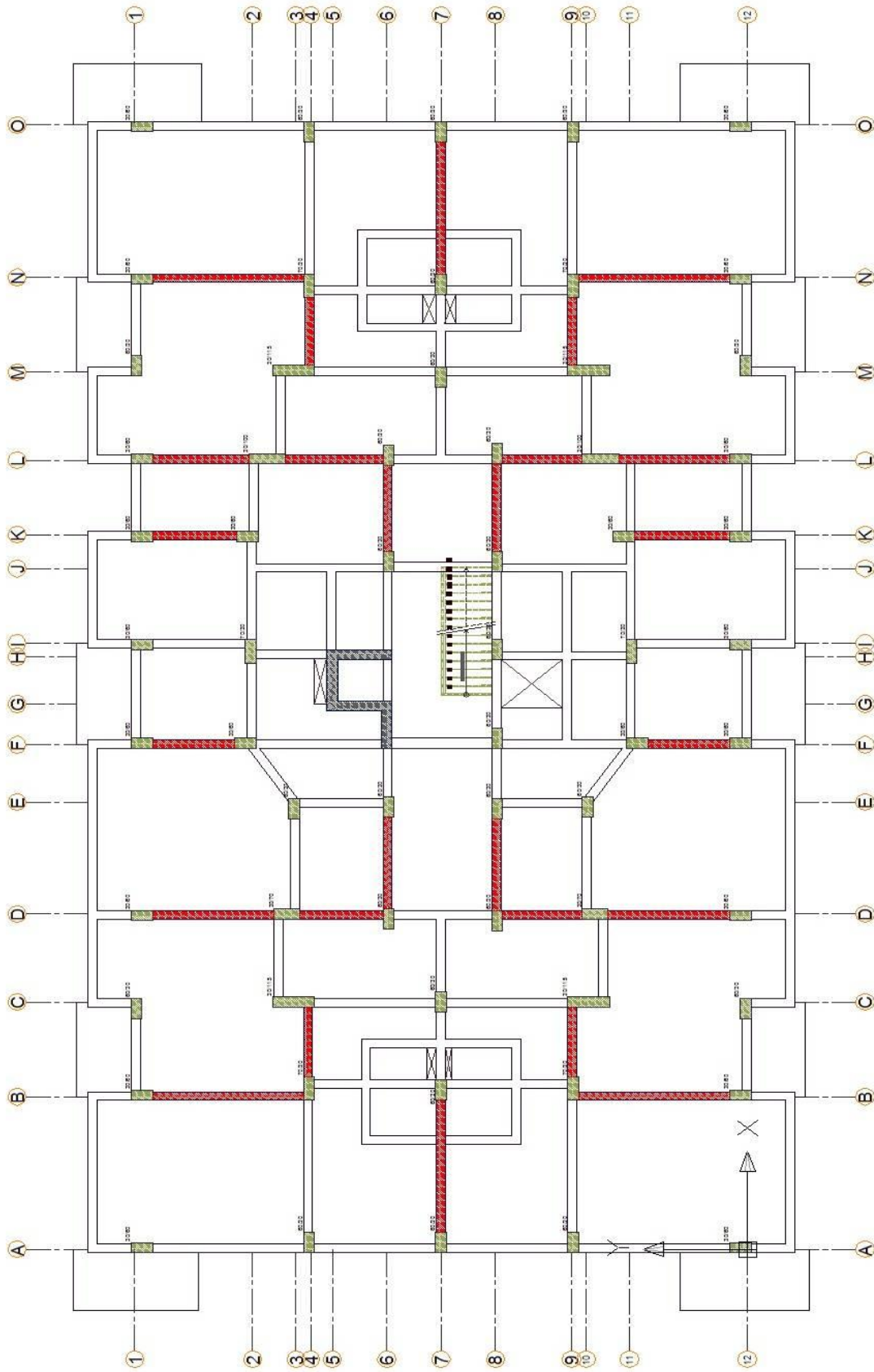
hykk: Hareketli yük katılım katsayısı

Deprem Yükleme	Durum
+EX	GÖÇME DURUMU
-EX	GÖÇME DURUMU
+EY	GÖÇME DURUMU
-EY	GÖÇME DURUMU

Tablo 6.17. Yapıda bulunan taşıyıcı elemanların perde ilave edildikten sonra hasar bölgelerindeki sayıları (Tip 5)

	Eleman tipi	Minimum hasar bölgesi	Belirgin hasar bölgesi	İleri hasar bölgesi	Göçme bölgesi
4.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	37(79%) 59(95%) 29(97%)	10(21%) 3(5%) 1(3%)		
3.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	49(86%) 61(98%) 29(97%)	8(14%) 1(2%) 1(3%)		
2.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	47(82%) 61(98%) 29(97%)	10(18%) 1(2%) 1(3%)		
1.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	46(81%) 59(95%) 28(93%)	11(19%) 1(2%) 2(7%)		2(3%)
ZEMİN KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	62(94%) 43(69%) 29(97%)	4(6%) 1(3%)		19(31%)
BODRUM KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	54(92%) 35(56%) 29(97%)	5(8%) 1(3%)		27(44%)

(Tabloda parantez içinde verilen yüzdeler kiriş, kolon ve perdelerin katlara ve hasar bölgelerine göre hasar miktarlarını yüzde cinsinden belirtmektedir. Bu yüzde değerlerine göre yapının performans düzeyleri belirlenmektedir.)



Şekil 6.16.Yapının betonarme perde ilave edilmiş normal kat kalıp planı (Tip 5)

6.4.6. Tip 6

Sistemin süneklik düzeyi karma seçilmiştir. X yönünde $\alpha_s=0.78$ dolayısıyla $R_x=6.00$ alınmıştır. Y yönünde ise $\alpha_s=0.77$ dolayısıyla $R_y=6.00$ alınmıştır.

Y doğrultusunda çeşitli uzunlukta 20 adet perde ilave edilmiş, toplam perde uzunluğu 33.70m çıkmıştır. X doğrultusunda ise yine çeşitli uzunluklarda 13 adet perde ilave edilmiş, toplam perde uzunluğu 27.05m olmuştur.

Analiz sonuçları şöyledir:

- A1 ve B2 düzensizlikleri mevcuttur.
- Görelî kat öteleme koşulu sağlanmıştır: $\delta_i (\max)/h=0.0006<0.02$
- Toplam yapı ağırlığı; 4676.83 t
- Toplam deprem yükü;
X yönünde $V_t=883.91$ t
Y yönünde $V_t=921.67$ t
- Kolon giriş birleşim bölgelerinin kesme güvenliği değerlendirildiğinde yetersiz kalan kolonlar vardır.
- TDY Madde 3.4.3.1'i sağlanmadığı kolonlar vardır.

Performans analiz yöntemi;

- Eşdeğer deprem yükü hesabı kullanılmıştır.
- Yapının bilgi düzeyi orta seçilmiştir.
- Yapı önem katsayısı 1 alınmıştır.
- X yönünde yapılan deprem yüklemeleri sonucunda yapının performansı “hemen kullanım+can güvenliği” çıkmıştır. Y yönünde yapılan deprem yüklemeleri sonucunda yapının performansı “hemen kullanım” çıkmıştır.

Tablo 6.18. Perde ilave edilince yapı performansı (Tip 6)

Kat	F_x	F_y	hykk
4.KAT	982.46	856.67	0.30
3.KAT	686.51	598.61	0.30
2.KAT	557.63	486.24	0.30
1.KAT	422.68	368.56	0.30
ZEMİN KAT	328.31	286.27	0.30
1.BODRUM	91.95	80.18	0.30

F_x : Kullanılan yöntemle göre hesaplanan x yönü deprem kuvveti

F_y : Kullanılan yöntemle göre hesaplanan y yönü deprem kuvveti

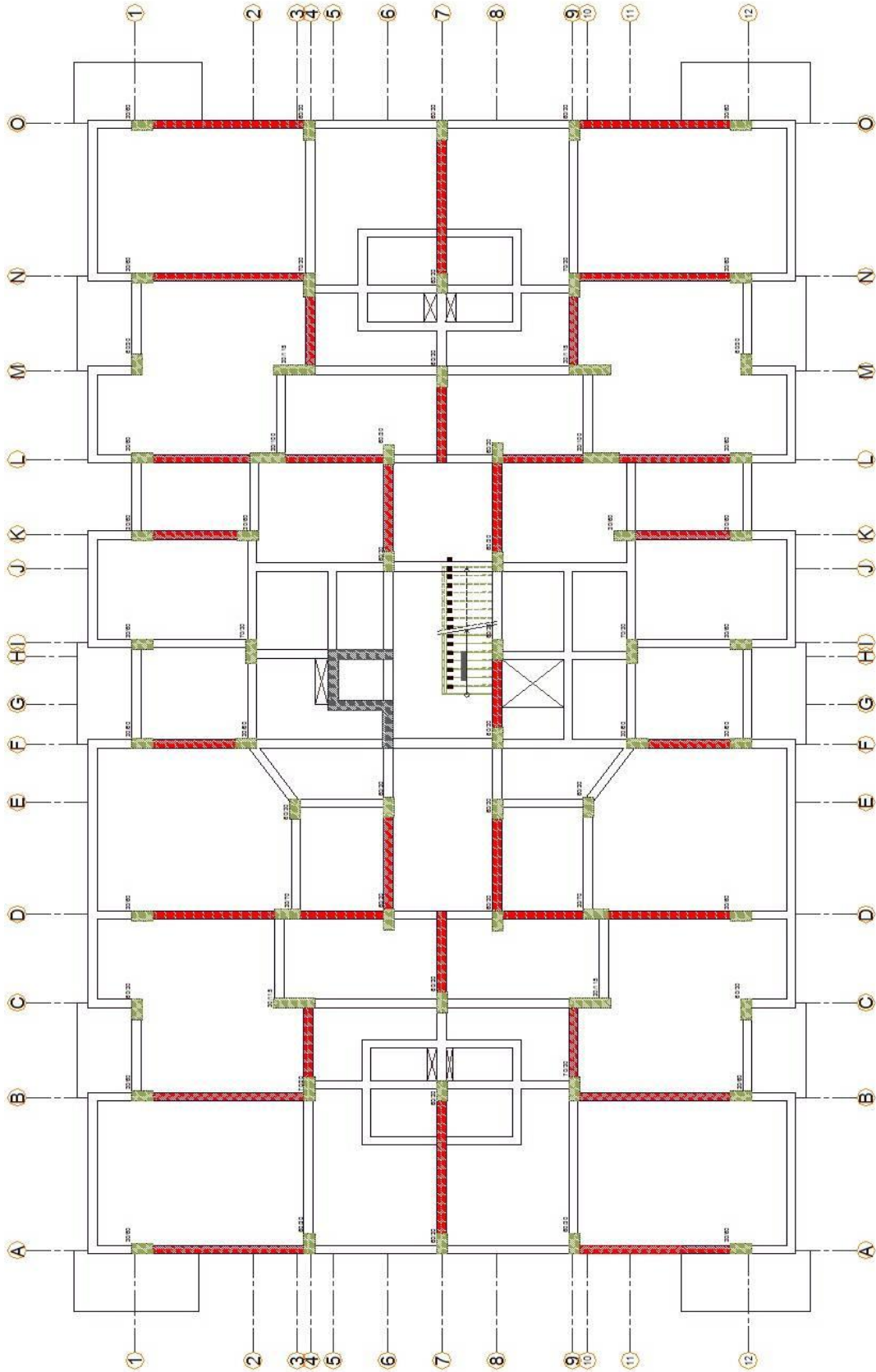
hykk: Hareketli yük katılım katsayısı

Deprem Yükleme	Durum
+EX	HEMEN KULLANIM
-EX	CAN GÜVENLİĞİ
+EY	HEMEN KULLANIM
-EY	HEMEN KULLANIM

Tablo 6.19. Yapıda bulunan taşıyıcı elemanların perde ilave edildikten sonra hasar bölgelerindeki sayıları (Tip 6)

	Eleman tipi	Minimum hasar bölgesi	Belirgin hasar bölgesi	İleri hasar bölgesi	Göçme bölgesi
4.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	47(100%) 62(100%) 37(100%)			
3.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	56(98%) 62(100%) 37(100%)	1(2%)		
2.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	57(100%) 62(100%) 37(100%)			
1.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	57(100%) 62(100%) 37(100%)			
ZEMİN KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	66(100%) 62(100%) 37(100%)			
BODRUM KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	59(100%) 62(100%) 37(100%)			

(Tabloda parantez içinde verilen yüzdeler kiriş, kolon ve perdelerin katlara ve hasar bölgelerine göre hasar miktarlarını yüzde cinsinden belirtmektedir. Bu yüzde değerlerine göre yapının performans düzeyleri belirlenmektedir.)



Şekil 6.17.Yapının betonarme perde ilave edilmiş normal kat kalıp planı (Tip 6)

6.4.7. Tip 7

Sistemin süneklik düzeyi karma seçilmiştir. X yönünde $\alpha_s=0.7412$ dolayısıyla $R_x=6.00$ alınmıştır. Y yönünde ise $\alpha_s=0.7901$ dolayısıyla $R_y=6.00$ alınmıştır.

Y doğrultusunda çeşitli uzunlukta 16 adet perde ilave edilmiş, toplam perde uzunluğu 56.50m çıkmıştır. X doğrultusunda ise yine çeşitli uzunluklarda 11 adet perde ilave edilmiş, toplam perde uzunluğu 25.90m olmuştur.

Analiz sonuçları şöyledir:

- B2 düzensizliği mevcuttur.
- Görelî kat öteleme koşulu sağlanmıştır: $\delta_i (\max)/h=0.0006<0.02$
- Toplam yapı ağırlığı; 4530.31 t
- Toplam deprem yükü;
X yönünde $V_t=850.07$ t
Y yönünde $V_t=889.68$ t
- Kolon giriş birleşim bölgelerinin kesme güvenliği değerlendirildiğinde yetersiz kalan kolonlar vardır.
- TDY Madde 3.4.3.1'i sağlanmadığı kolonlar vardır.

Performans analiz yöntemi;

- Eşdeğer deprem yükü hesabı kullanılmıştır.
- Yapının bilgi düzeyi orta seçilmiştir.
- Yapı önem katsayısı 1 alınmıştır.
- X yönünde yapılan deprem yüklemeleri sonucunda yapının performansı “can güvenliği” çıkmıştır. Y yönünde yapılan deprem yüklemeleri sonucunda yapının performansı “hemen kullanım” çıkmıştır.

Tablo 6.20. Perde ilave edilince yapı performansı (Tip 7)

Kat	F_x	F_y	hykk
4.KAT	977.46	839.48	0.30
3.KAT	682.51	586.17	0.30
2.KAT	554.54	476.27	0.30
1.KAT	420.34	361.01	0.30
ZEMİN KAT	324.26	278.48	0.30
1.BODRUM	91.63	78.70	0.30

F_x : Kullanılan yöntemle göre hesaplanan x yönü deprem kuvveti

F_y : Kullanılan yöntemle göre hesaplanan y yönü deprem kuvveti

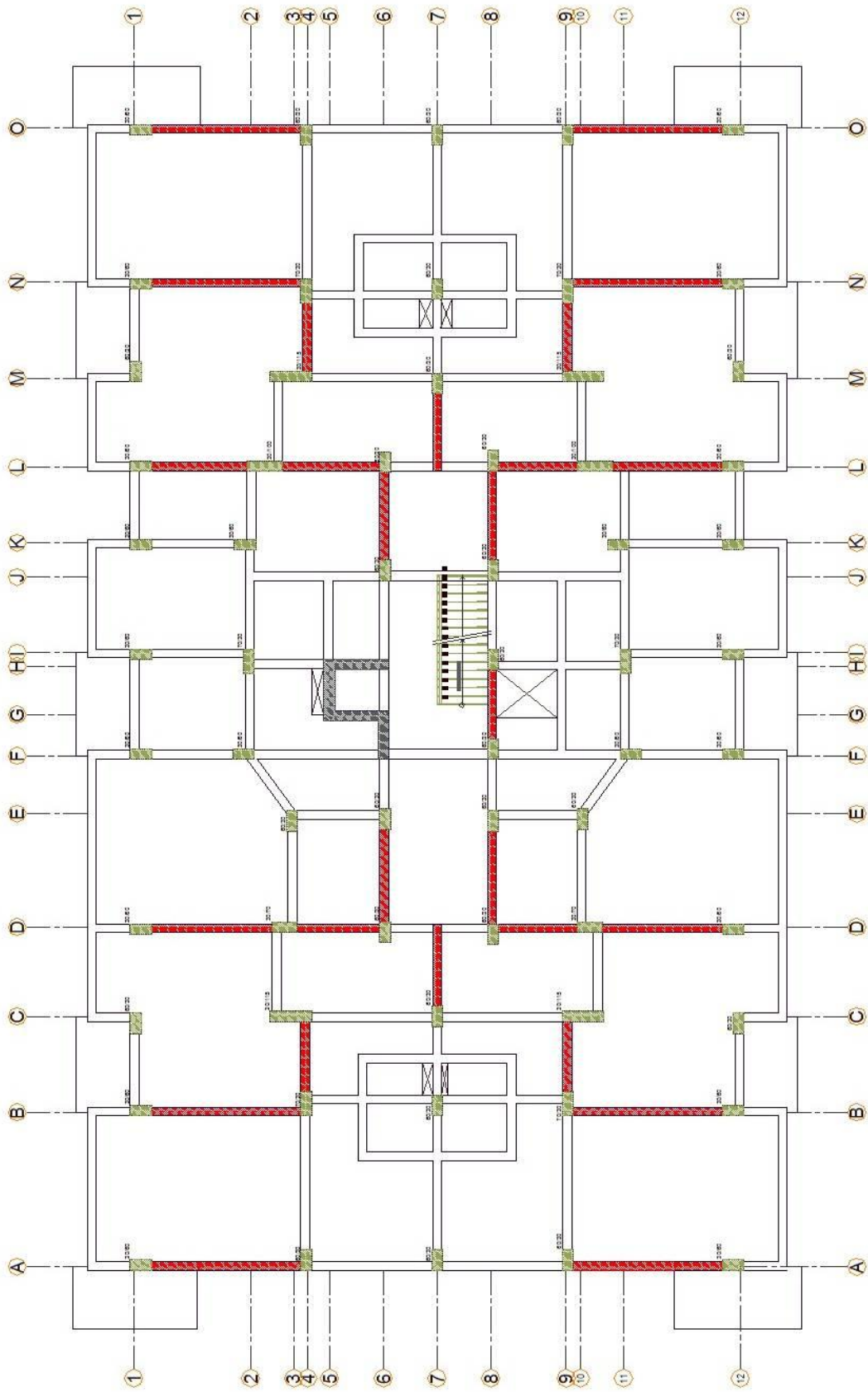
hykk: Hareketli yük katılım katsayısı

Deprem Yükleme	Durum
+EX	CAN GÜVENLİĞİ
-EX	CAN GÜVENLİĞİ
+EY	HEMEN KULLANIM
-EY	HEMEN KULLANIM

Tablo 6.21. Yapıda bulunan taşıyıcı elemanların perde ilave edildikten sonra hasar bölgelerindeki sayıları (Tip 7)

	Eleman tipi	Minimum hasar bölgesi	Belirgin hasar bölgesi	İleri hasar bölgesi	Göçme bölgesi
4.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	47(100%) 61(98%) 31(100%)	1(2%)		
3.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	56(98%) 62(100%) 31(100%)	1(2%)		
2.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	57(100%) 62(100%) 31(100%)			
1.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	57(100%) 62(100%) 31(100%)			
ZEMİN KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	66(100%) 62(100%) 31(100%)			
BODRUM KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	59(100%) 62(100%) 31(100%)			

(Tabloda parantez içinde verilen yüzdeler kiriş, kolon ve perdelerin katlara ve hasar bölgelerine göre hasar miktarlarını yüzde cinsinden belirtmektedir. Bu yüzde değerlerine göre yapının performans düzeyleri belirlenmektedir.)



Şekil 6.18.Yapının betonarme perde ilave edilmiş normal kat kalıp planı (Tip 7)

6.4.8. Tip 8

Sistemin süneklik düzeyi karma seçilmiştir. X yönünde $\alpha_s=0.7403$ dolayısıyla $R_x=6.00$ alınmıştır. Y yönünde ise $\alpha_s=0.7814$ dolayısıyla $R_y=6.00$ alınmıştır.

Y doğrultusunda çeşitli uzunlukta 12 adet perde ilave edilmiş, toplam perde uzunluğu 43.20m çıkmıştır. X doğrultusunda ise yine çeşitli uzunluklarda 11 adet perde ilave edilmiş, toplam perde uzunluğu 25.90m olmuştur.

Analiz sonuçları şöyledir:

- B2 düzensizliği mevcuttur.
- Göreli kat öteleme koşulu sağlanmıştır: $\delta_i (\max)/h=0.0006<0.02$
- Toplam yapı ağırlığı; 4426.19 t
- Toplam deprem yükü;
X yönünde $V_t=831.34$ t
Y yönünde $V_t=860.53$ t
- Kolon giriş birleşim bölgelerinin kesme güvenliği değerlendirildiğinde yetersiz kalan kolonlar vardır.
- TDY Madde 3.4.3.1' i sağlanmadığı kolonlar vardır.

Performans analiz yöntemi;

- Eşdeğer deprem yükü hesabı kullanılmıştır.
- Yapının bilgi düzeyi orta seçilmiştir.
- Yapı önem katsayısı 1 alınmıştır.
- X yönünde yapılan deprem yüklemeleri sonucunda yapının performansı “can güvenliği” çıkmıştır. Y yönünde yapılan deprem yüklemeleri sonucunda yapının performansı “hemen kullanım” çıkmıştır.

Tablo 6.22. Perde ilave edilince yapı performansı (Tip 8)

Kat	F_x	F_y	hykk
4.KAT	952.96	849.05	0.30
3.KAT	665.18	592.65	0.30
2.KAT	540.58	481.63	0.30
1.KAT	409.75	365.07	0.30
ZEMİN KAT	314.39	280.11	0.30
1.BODRUM	89.49	79.73	0.30

F_x : Kullanılan yöntemle göre hesaplanan x yönü deprem kuvveti

F_y : Kullanılan yöntemle göre hesaplanan y yönü deprem kuvveti

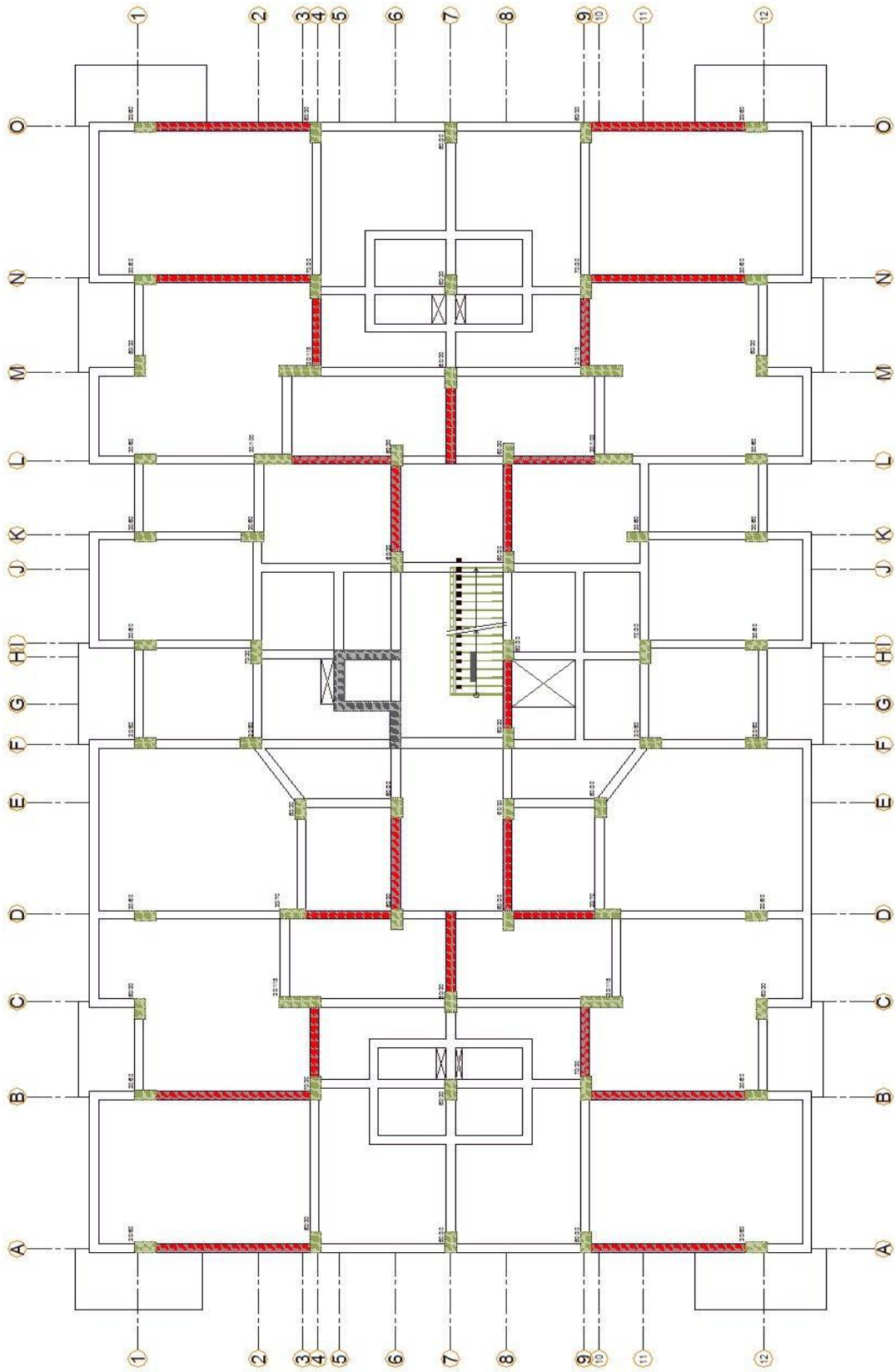
hykk: Hareketli yük katılım katsayısı

Deprem Yüklemesi	Durum
+EX	CAN GÜVENLİĞİ
-EX	CAN GÜVENLİĞİ
+EY	HEMEN KULLANIM
-EY	HEMEN KULLANIM

Tablo 6.23. Yapıda bulunan taşıyıcı elemanların perde ilave edildikten sonra hasar bölgelerindeki sayıları (Tip 8)

	Eleman tipi	Minimum hasar bölgesi	Belirgin hasar bölgesi	İleri hasar bölgesi	Göçme bölgesi
4.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	47(100%) 61(98%) 27(100%)	1(2%)		
3.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	56(98%) 62(100%) 27(100%)	1(2%)		
2.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	57(100%) 62(100%) 27(100%)			
1.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	57(100%) 62(100%) 27(100%)			
ZEMİN KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	66(100%) 62(100%) 27(100%)			
BODRUM KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	59(100%) 62(100%) 27(100%)			

(Tabloda parantez içinde verilen yüzdeler kiriş, kolon ve perdelerin katlara ve hasar bölgelerine göre hasar miktarlarını yüzde cinsinden belirtmektedir. Bu yüzde değerlerine göre yapının performans düzeyleri belirlenmektedir.)



Şekil 6.19.Yapının betonarme perde ilave edilmiş normal kat kalıp planı (Tip 8)

6.4.9. Tip 9

Sistemin süneklik düzeyi karma seçilmiştir. X yönünde $\alpha_s=0.7257$ dolayısıyla $R_x=6.00$ alınmıştır. Y yönünde ise $\alpha_s=0.7129$ dolayısıyla $R_y=6.00$ alınmıştır.

Y doğrultusunda 8 adet perde ilave edilmiş, toplam perde uzunluğu 33.20m çıkmıştır. X doğrultusunda ise yine çeşitli uzunluklarda 11 adet perde ilave edilmiş, toplam perde uzunluğu 25.90m olmuştur.

Analiz sonuçları şöyledir:

- B2 düzensizliği mevcuttur.
- Göreli kat öteleme koşulu sağlanmıştır: $\delta_i (\max)/h=0.0006<0.02$
- Toplam yapı ağırlığı; 4347.72 t
- Toplam deprem yükü;
X yönünde $V_t=813.49$ t
Y yönünde $V_t=835.85$ t
- Kolon giriş birleşim bölgelerinin kesme güvenliği değerlendirildiğinde yetersiz kalan kolonlar vardır.
- TDY Madde 3.4.3.1'i sağlanmadığı kolonlar vardır.

Performans analiz yöntemi;

- Eşdeğer deprem yükü hesabı kullanılmıştır.
- Yapının bilgi düzeyi orta seçilmiştir.
- Yapı önem katsayısı 1 alınmıştır.
- X yönünde yapılan deprem yüklemeleri sonucunda yapının performansı “can güvenliği” çıkmıştır. Y yönünde yapılan deprem yüklemeleri sonucunda yapının performansı “hemen kullanım” çıkmıştır.

Tablo 6.24. Perde ilave edilince yapı performansı (Tip 9)

Kat	F_x	F_y	hykk
4.KAT	944.57	862.13	0.30
3.KAT	659.05	601.53	0.30
2.KAT	535.68	488.93	0.30
1.KAT	406.04	370.60	0.30
ZEMİN KAT	310.18	283.11	0.30
1.BODRUM	88.79	81.04	0.30

F_x : Kullanılan yöntemle göre hesaplanan x yönü deprem kuvveti

F_y : Kullanılan yöntemle göre hesaplanan y yönü deprem kuvveti

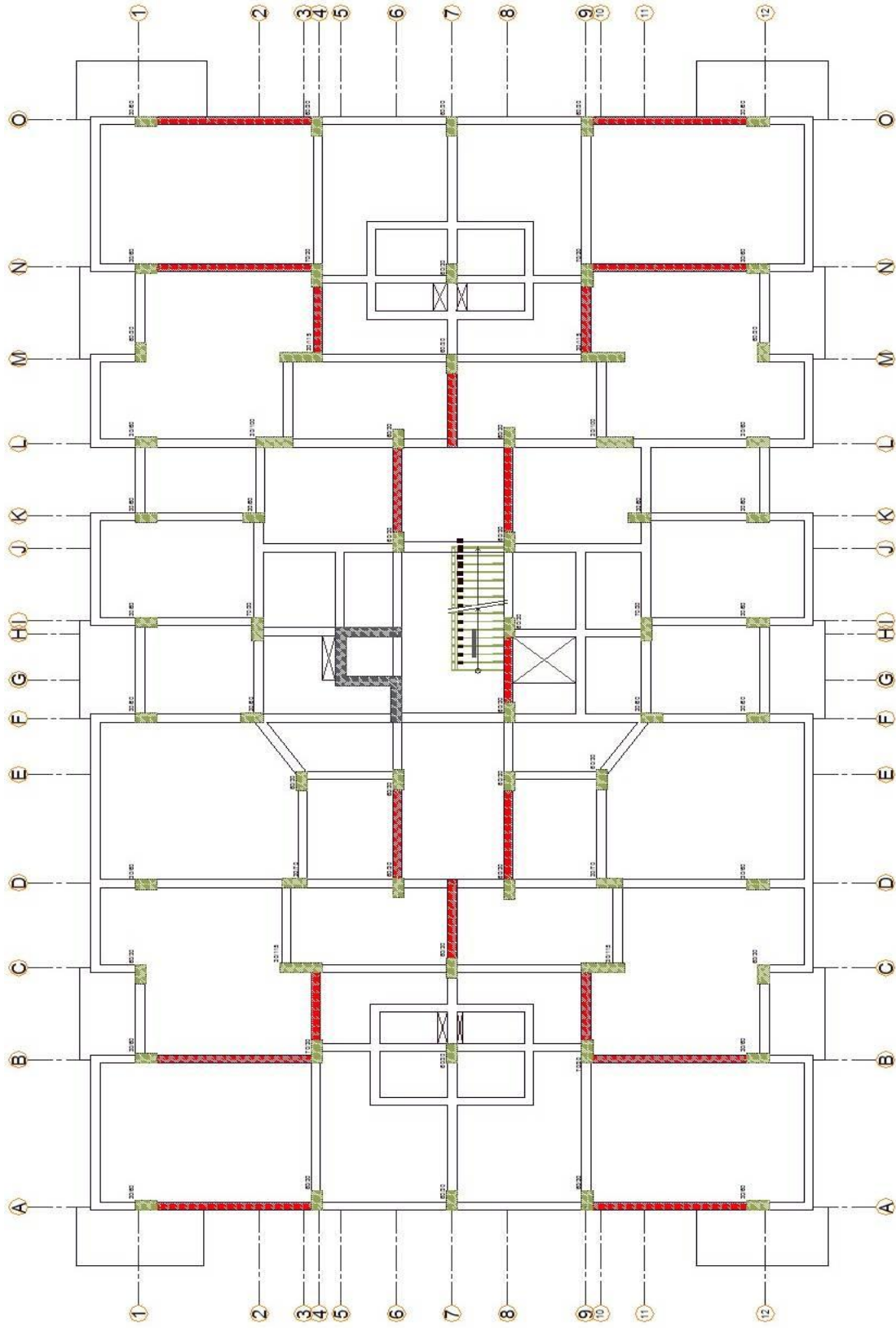
hykk: Hareketli yük katılım katsayısı

Deprem Yükleme	Durum
+EX	CAN GÜVENLİĞİ
-EX	CAN GÜVENLİĞİ
+EY	HEMEN KULLANIM
-EY	HEMEN KULLANIM

Tablo 6.25. Yapıda bulunan taşıyıcı elemanların perde ilave edildikten sonra hasar bölgelerindeki sayıları (Tip 9)

	Eleman tipi	Minimum hasar bölgesi	Belirgin hasar bölgesi	İleri hasar bölgesi	Göçme bölgesi
4.KAT	Kirişler	46(98%)	1(2%)		
	Kolonlar	61(98%)	1(2%)		
	Perdeler	23(100%)			
3.KAT	Kirişler	56(98%)	1(2%)		
	Kolonlar	62(100%)			
	Perdeler	23(100%)			
2.KAT	Kirişler	56(98%)	1(2%)		
	Kolonlar	62(100%)			
	Perdeler	23(100%)			
1.KAT	Kirişler	57(100%)			
	Kolonlar	62(100%)			
	Perdeler	23(100%)			
ZEMİN KAT	Kirişler	66(100%)			
	Kolonlar	62(100%)			
	Perdeler	23(100%)			
BODRUM KAT	Kirişler	59(100%)			
	Kolonlar	62(100%)			
	Perdeler	23(100%)			

(Tabloda parantez içinde verilen yüzdeler kiriş, kolon ve perdelerin katlara ve hasar bölgelerine göre hasar miktarlarını yüzde cinsinden belirtmektedir. Bu yüzde değerlerine göre yapının performans düzeyleri belirlenmektedir.)



Şekil 6.20.Yapının betonarme perde ilave edilmiş normal kat kalıp planı (Tip 9)

6.4.10. Tip 10

Sistemin süneklik düzeyi karma seçilmiştir. X yönünde $\alpha_s=0.7239$ dolayısıyla $R_x=6.00$ alınmıştır. Y yönünde ise $\alpha_s=0.6362$ dolayısıyla $R_y=6.00$ alınmıştır.

Y doğrultusunda 6 adet perde ilave edilmiş, toplam perde uzunluğu 24.90m çıkmıştır. X doğrultusunda ise yine çeşitli uzunluklarda 11 adet perde ilave edilmiş, toplam perde uzunluğu 25.90m olmuştur.

Analiz sonuçları şoyledir:

- B2 düzensizliği mevcuttur.
- Göreli kat öteleme koşulu sağlanmıştır: $\delta_i(\max)/h=0.0006<0.02$
- Toplam yapı ağırlığı; 4277.63 t
- Toplam deprem yükü;
X yönünde $V_t=800.89$ t
Y yönünde $V_t=816.13$ t
- Kolon kiriş birleşim bölgelerinin kesme güvenliği değerlendirildiğinde yetersiz kalan kolonlar vardır.
- TDY Madde 3.4.3.1'i sağlanmadığı kolonlar vardır.

Performans analiz yöntemi;

- Eşdeğer deprem yükü hesabı kullanılmıştır.
- Yapının bilgi düzeyi orta seçilmiştir.
- Yapı önem katsayısı 1 alınmıştır.
- X yönünde yapılan deprem yüklemeleri sonucunda yapının performansı “can güvenliği” çıkmıştır. Y yönünde yapılan deprem yüklemeleri sonucunda yapının performansı “hemen kullanım+can güvenliği” çıkmıştır.

Tablo 6.26. Perde ilave edilince yapı performansı (Tip 10)

Kat	F_x	F_y	hykk
4.KAT	928.93	872.16	0.30
3.KAT	647.88	608.29	0.30
2.KAT	526.68	494.50	0.30
1.KAT	399.22	374.83	0.30
ZEMİN KAT	303.79	285.22	0.30
1.BODRUM	87.41	82.06	0.30

F_x : Kullanılan yöntemle göre hesaplanan x yönü deprem kuvveti

F_y : Kullanılan yöntemle göre hesaplanan y yönü deprem kuvveti

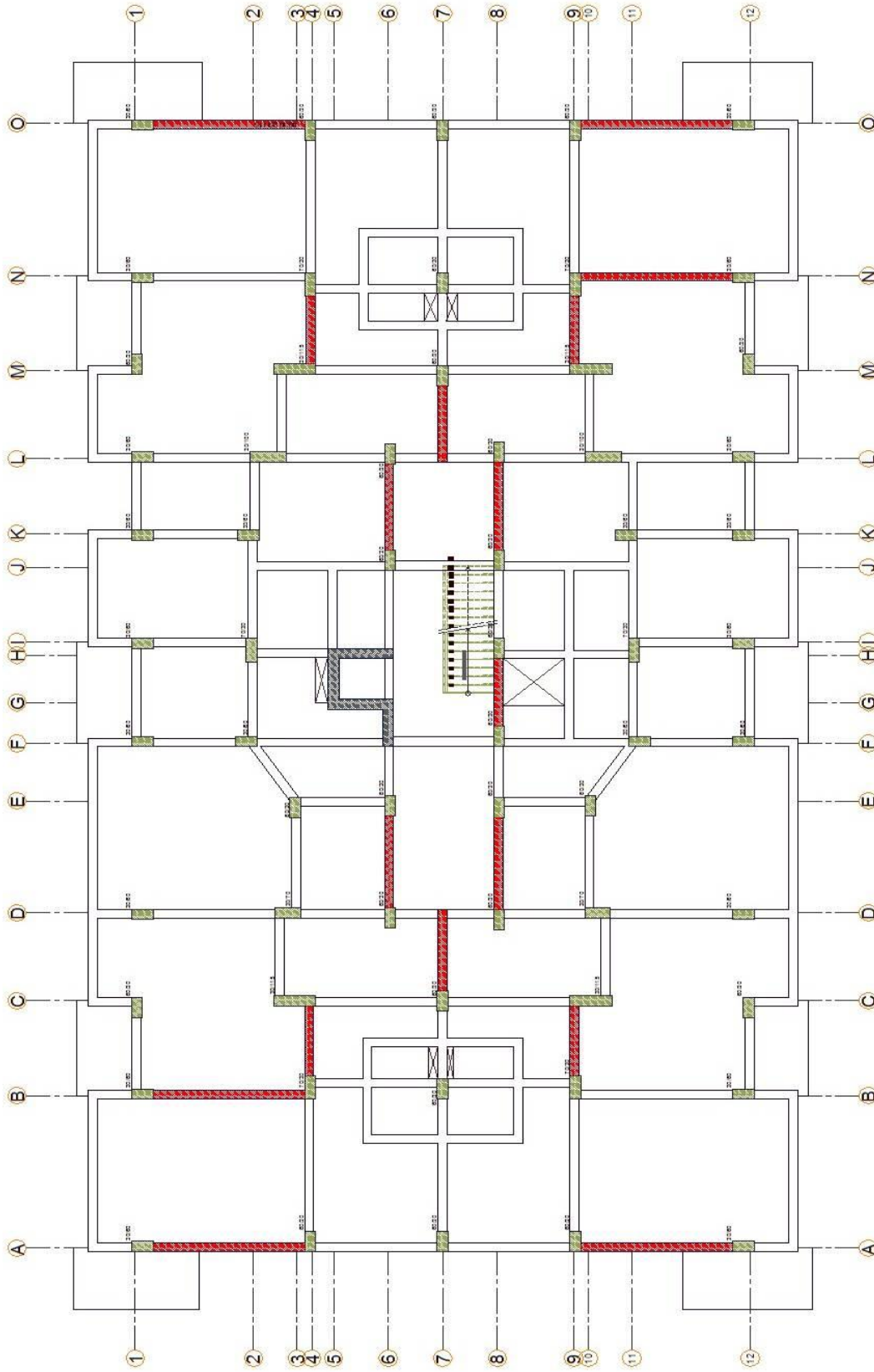
hykk: Hareketli yük katılım katsayısı

Deprem Yüklemesi	Durum
+EX	CAN GÜVENLİĞİ
-EX	CAN GÜVENLİĞİ
+EY	HEMEN KULLANIM
-EY	CAN GÜVENLİĞİ

Tablo 6.27. Yapıda bulunan taşıyıcı elemanların perde ilave edildikten sonra hasar bölgelerindeki sayıları (Tip 10)

	Eleman tipi	Minimum hasar bölgesi	Belirgin hasar bölgesi	İleri hasar bölgesi	Göçme bölgesi
4.KAT	Kirişler	46(98%)	1(2%)		
	Kolonlar	61(98%)	1(2%)		
	Perdeler	21(100%)			
3.KAT	Kirişler	56(98%)	1(2%)		
	Kolonlar	62(100%)			
	Perdeler	21(100%)			
2.KAT	Kirişler	56(98%)	1(2%)		
	Kolonlar	62(100%)			
	Perdeler	21(100%)			
1.KAT	Kirişler	57(100%)			
	Kolonlar	62(100%)			
	Perdeler	21(100%)			
ZEMİN KAT	Kirişler	66(100%)			
	Kolonlar	62(100%)			
	Perdeler	21(100%)			
BODRUM KAT	Kirişler	59(100%)			
	Kolonlar	62(100%)			
	Perdeler	21(100%)			

(Tabloda parantez içinde verilen yüzdeler kiriş, kolon ve perdelerin katlara ve hasar bölgelerine göre hasar miktarlarını yüzde cinsinden belirtmektedir. Bu yüzde değerlerine göre yapının performans düzeyleri belirlenmektedir.)



Şekil 6.21.Yapının betonarme perde ilave edilmiş normal kat kalıp planı (Tip 10)

6.4.11. Tip 11

Sistemin süneklik düzeyi karma seçilmiştir. X yönünde $\alpha_s=0.7224$ dolayısıyla $R_x=6.00$ alınmıştır. Y yönünde ise $\alpha_s=0.5455$ dolayısıyla $R_y=5.64$ alınmıştır.

Y doğrultusunda 4 adet perde ilave edilmiş, toplam perde uzunluğu 16.60m çıkmıştır. X doğrultusunda ise yine çeşitli uzunluklarda 11 adet perde ilave edilmiş, toplam perde uzunluğu 25.90m olmuştur.

Analiz sonuçları şöyledir:

- B2 düzensizliği mevcuttur.
- Göreli kat öteleme koşulu sağlanmıştır: $\delta_i (\max)/h=0.0007<0.02$
- Toplam yapı ağırlığı; 4207.54 t
- Toplam deprem yükü;
X yönünde $V_t=788.38$ t
Y yönünde $V_t=795.67$ t
- Kolon giriş birleşim bölgelerinin kesme güvenliği değerlendirildiğinde yetersiz kalan kolonlar vardır.
- TDY Madde 3.4.3.1'i sağlanmadığı kolonlar vardır.

Performans analiz yöntemi;

- Eşdeğer deprem yükü hesabı kullanılmıştır.
- Yapının bilgi düzeyi orta seçilmiştir.
- Yapı önem katsayısı 1 alınmıştır.
- X ve Y yönünde yapılan deprem yüklemeleri sonucunda yapının performansı “can güvenliği” çıkmıştır.

Tablo 6.28. Perde ilave edilince yapı performansı (Tip 11)

Kat	F_x	F_y	hykk
4.KAT	912.56	888.43	0.30
3.KAT	636.21	619.39	0.30
2.KAT	517.27	503.60	0.30
1.KAT	392.09	381.72	0.30
ZEMİN KAT	297.16	289.30	0.30
1.BODRUM	85.95	83.68	0.30

F_x : Kullanılan yöntemle göre hesaplanan x yönü deprem kuvveti

F_y : Kullanılan yöntemle göre hesaplanan y yönü deprem kuvveti

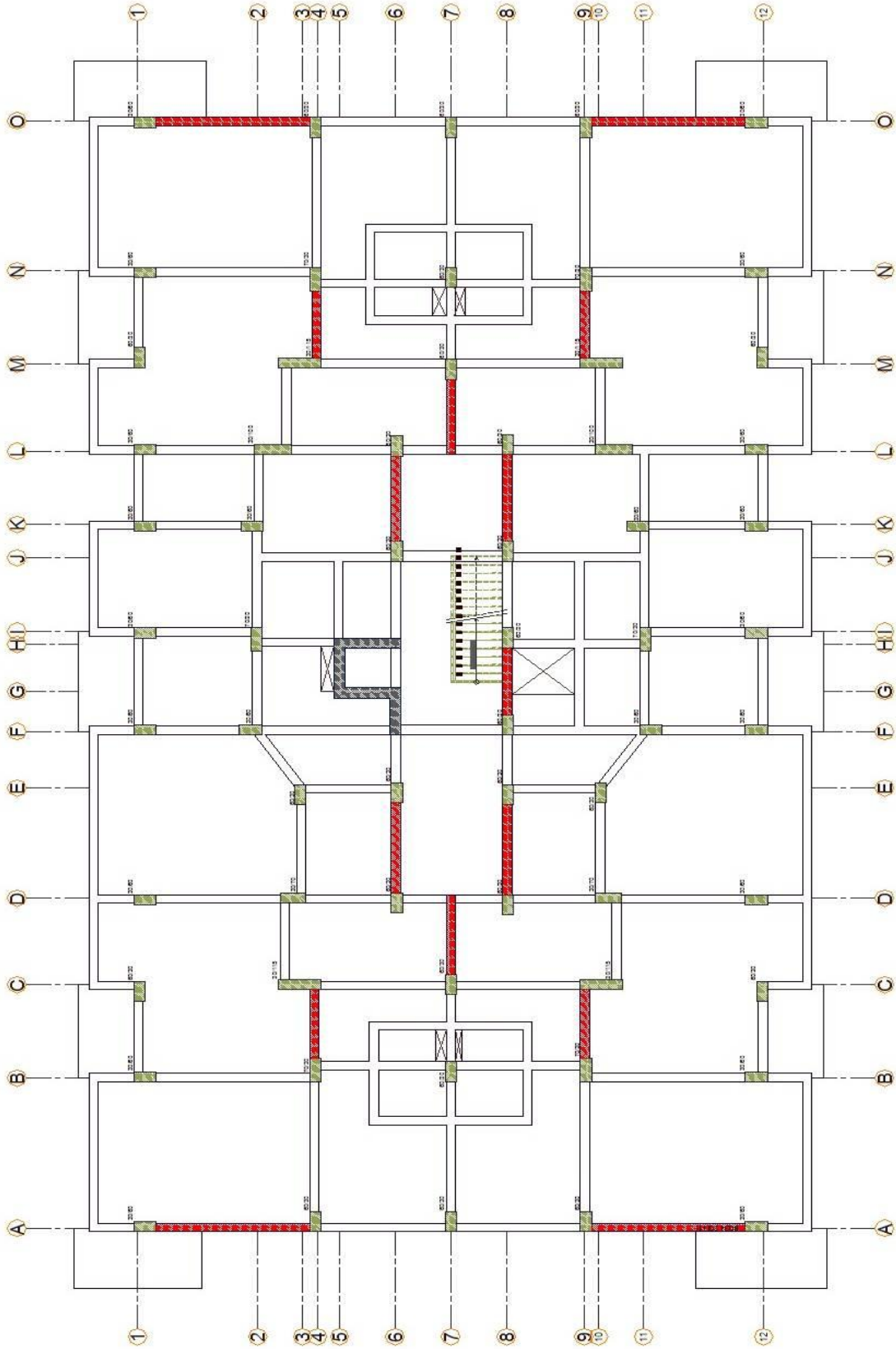
hykk: Hareketli yük katılım katsayısı

Deprem Yüklemesi	Durum
+EX	CAN GÜVENLİĞİ
-EX	CAN GÜVENLİĞİ
+EY	CAN GÜVENLİĞİ
-EY	CAN GÜVENLİĞİ

Tablo 6.29. Yapıda bulunan taşıyıcı elemanların perde ilave edildikten sonra hasar bölgelerindeki sayıları (Tip 11)

	Eleman tipi	Minimum hasar bölgesi	Belirgin hasar bölgesi	İleri hasar bölgesi	Göçme bölgesi
4.KAT	Kirişler	46(98%)	1(2%)		
	Kolonlar	61(98%)	1(2%)		
	Perdeler	19(100%)			
3.KAT	Kirişler	56(98%)	1(2%)		
	Kolonlar	62(100%)			
	Perdeler	19(100%)			
2.KAT	Kirişler	56(98%)	1(2%)		
	Kolonlar	62(100%)			
	Perdeler	19(100%)			
1.KAT	Kirişler	57(100%)			
	Kolonlar	62(100%)			
	Perdeler	19(100%)			
ZEMİN KAT	Kirişler	66(100%)			
	Kolonlar	62(100%)			
	Perdeler	19(100%)			
BODRUM KAT	Kirişler	59(100%)			
	Kolonlar	62(100%)			
	Perdeler	19(100%)			

(Tabloda parantez içinde verilen yüzdeler kiriş, kolon ve perdelerin katlara ve hasar bölgelerine göre hasar miktarlarını yüzde cinsinden belirtmektedir. Bu yüzde değerlerine göre yapının performans düzeyleri belirlenmektedir.)



Şekil 6.22.Yapının betonarme perde ilave edilmiş normal kat kalıp planı (Tip 11)

Yapılan denemeler sonucunda performans açısından ulaşılması hedeflenen can güvenliği şartına ulaşılmıştır. Fakat bu sefer de mevcut kolonların kesitleri yetersiz kalmaktadır. Bu da istenen bir durum değildir.

Yapının taşıyıcı sistemini her açıdan güvenli hale getirmek gerektiğinden, kesitleri yetersiz kalan kolonlara betonarme mantolama uygulanacaktır.

6.5. Yapıya Yerinde Dökme Betonarme Perdeler İlave Edildikten Sonra Yetersiz Kesitlere Sahip Kolonların Betonarme Mantolanması

Bir önceki aşamada yapıya yerinde dökme betonarme perdeler ilave edilerek can güvenliği performans seviyesine ulaşılmıştı. Fakat kolon kesitleri yetersiz kalmıştı. Bu sebepten ötürü betonarme mantolama yapılacaktır.

Hesap yapılırken mantolama yüzdesi 0.02 alınacaktır. Eksenel yük kontrollerinde kesit alanının tamamı hesaba katılacaktır. Mantolamanın beton sınıfı yine C20, kullanılacak donatı sınıfı ise S420 olacaktır.

Perde ilavesinden sonra kesitlerinin yetersiz kaldığı tespit edilen 43 adet kolonun uygun kenarları 10'ar cm kalınlığında betonarme mantolama yapılarak istenilen dayanıma erişilmiş ve kolon kesitleri yeterli hale getirilmiştir.

30/60 ebatlarında olup dayanımı yetersiz gelen 29 kolonun; 15 adedi 40/70, 6 adedi 50/60, 4 adedi 40/80, 3 adedi 50/70, 1 adedi ise 50/80 ebatlarına ulaşmıştır.

30/70 ebatlarında olup dayanımı yetersiz gelen 7 kolonun; 4 adedi 40/70, 1 adedi 40/90, 2 adedi ise 50/70 ebatlarına ulaşmıştır.

30/115 ebatlarında olup dayanımı yetersiz gelen 4 kolonun; 2 adedi 50/135, 2 adedi 40/135 ebatlarına ulaşmıştır.

30/100 ebatlarında olup dayanımı yetersiz gelen 2 kolon 50/100 ebatına ulaşmıştır.

Analiz sonuçları şöyledir:

- B2 düzensizliği mevcuttur.
- Göreli kat öteleme koşulu sağlanmıştır: $\delta_i (\max)/h=0.0006<0.02$
- Toplam yapı ağırlığı; 4417.18 t
- Toplam deprem yükü;
X yönünde $V_t=836.82$ t
Y yönünde $V_t=840.34$ t
- Kolon kiriş birleşim bölgelerinin kesme güvenliği şartı sağlanmıştır.
- TDY Madde 3.4.3.1'i sağlanmaktadır.

Performans analiz yöntemi;

- Eşdeğer deprem yükü hesabı kullanılmıştır.
- Yapının bilgi düzeyi sınırlı seçilmiştir.
- Yapı önem katsayısı 1 alınmıştır.
- X ve Y yönünde yapılan deprem yüklemeleri sonucunda yapının performansı “can güvenliği” çıkmıştır.

Tablo 6.30. Betonarme mantolama ve yerinde dökme betonarme perdeler eklenince yapısal performans

Kat	F_x	F_y	hykk
4.KAT	932.23	920.91	0.30
3.KAT	650.37	642.47	0.30
2.KAT	528.67	522.25	0.30
1.KAT	400.85	395.98	0.30
ZEMİN KAT	306.51	302.79	0.30
1.BODRUM	87.37	86.31	0.30

F_x : Kullanılan yöntemle göre hesaplanan x yönü deprem kuvveti

F_y : Kullanılan yöntemle göre hesaplanan y yönü deprem kuvveti

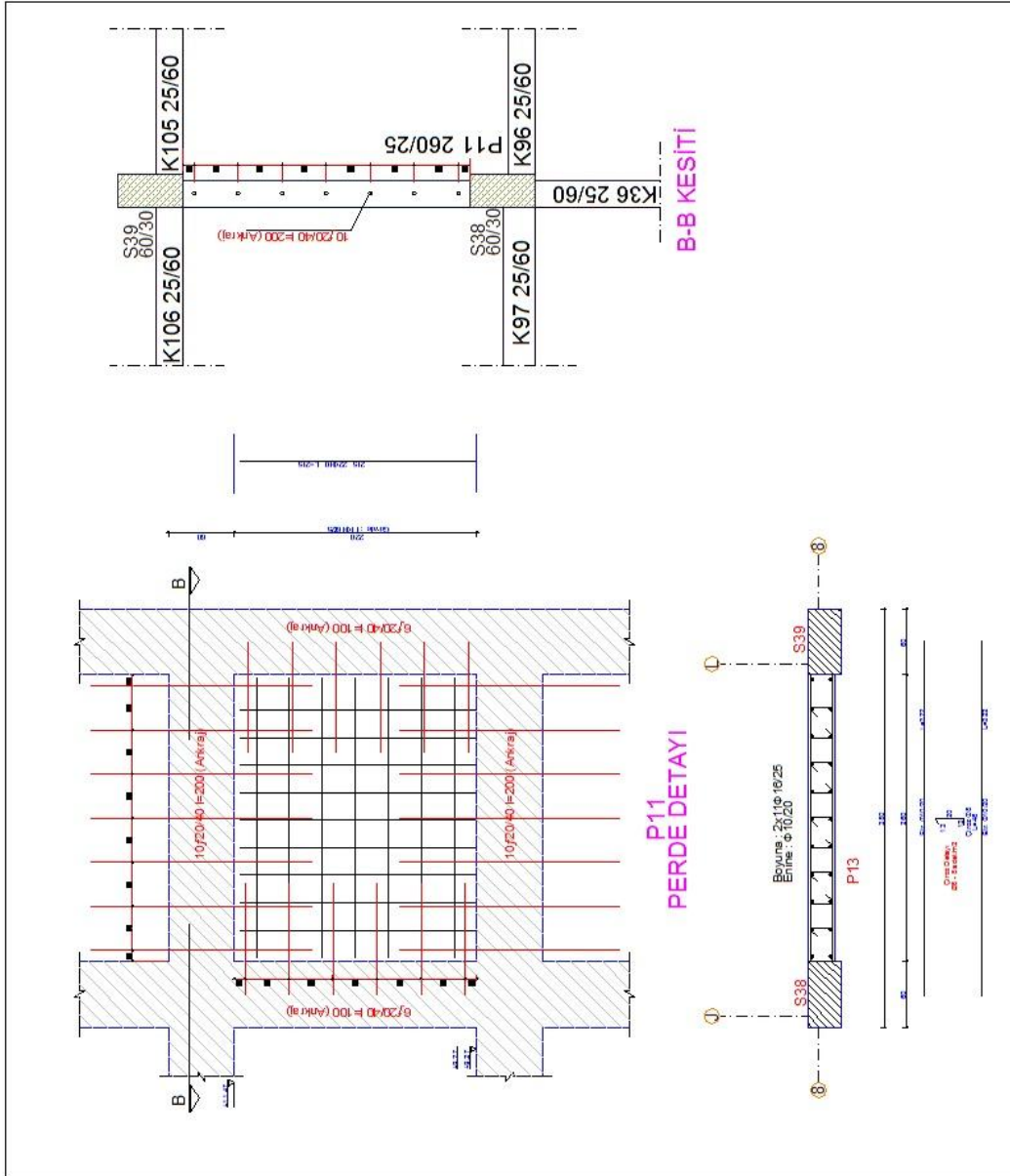
hykk: Hareketli yük katılım katsayısı

Deprem Yükleme	Durum
+EX	CAN GÜVENLİĞİ
-EX	CAN GÜVENLİĞİ
+EY	CAN GÜVENLİĞİ
-EY	CAN GÜVENLİĞİ

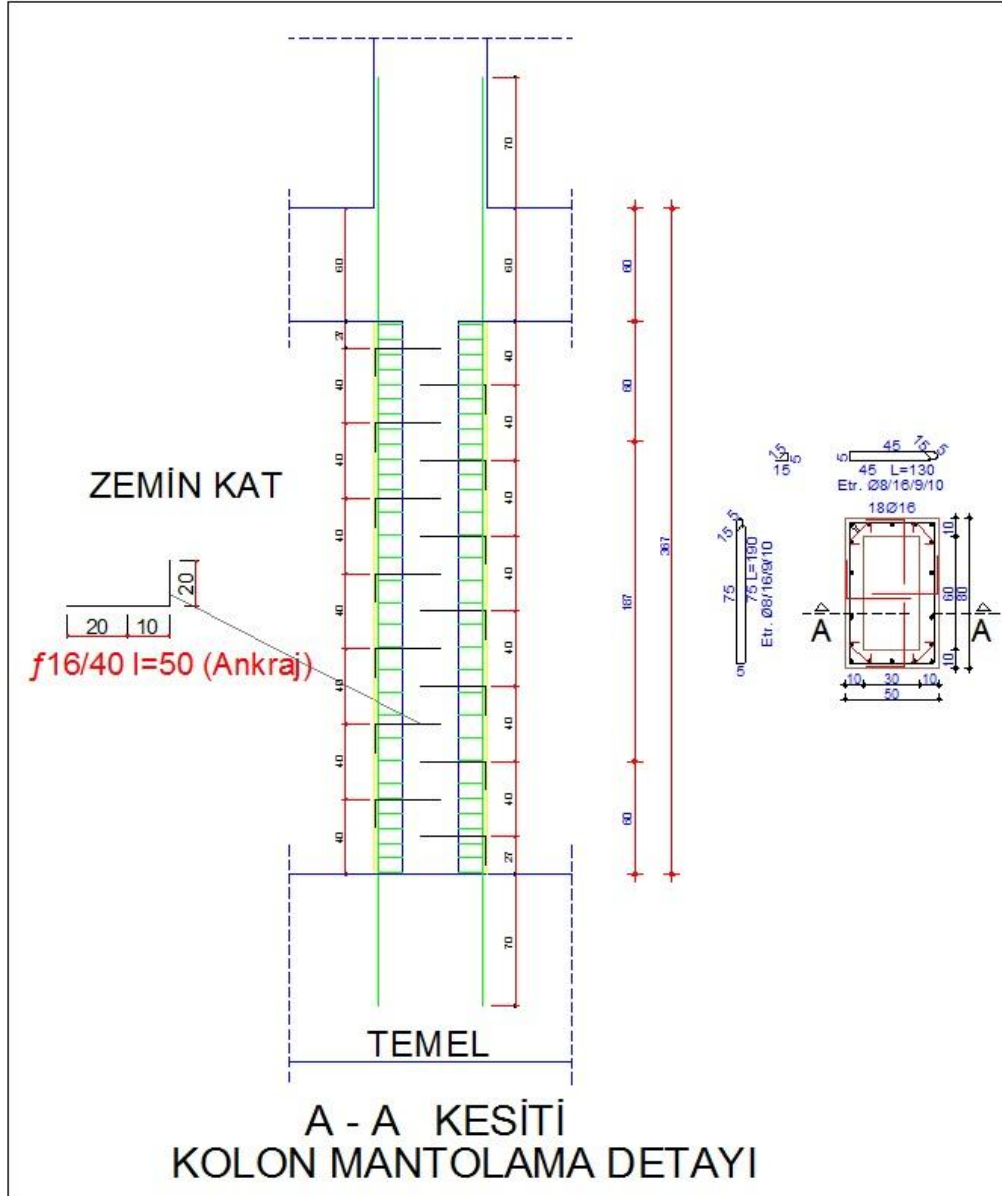
Tablo 6.31. Yapıda bulunan taşıyıcı elemanların betonarme manto ve yerinde dökme betonarme perdeler ilave edildikten sonra hasar bölgelerindeki sayıları

	Eleman tipi	Minimum hasar bölgesi	Belirgin hasar bölgesi	İleri hasar bölgesi	Göçme bölgesi
4.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	47(100%) 61(98%) 19(100%)	1(2%)		
3.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	55(94%) 62(100%) 19(100%)	2(4%)		
2.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	57(100%) 62(100%) 19(100%)			
1.KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	57(100%) 62(100%) 19(100%)			
ZEMİN KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	66(100%) 62(100%) 19(100%)			
BODRUM KAT	Kirişler Kolonlar Perdeler	59(100%) 62(100%) 19(100%)			

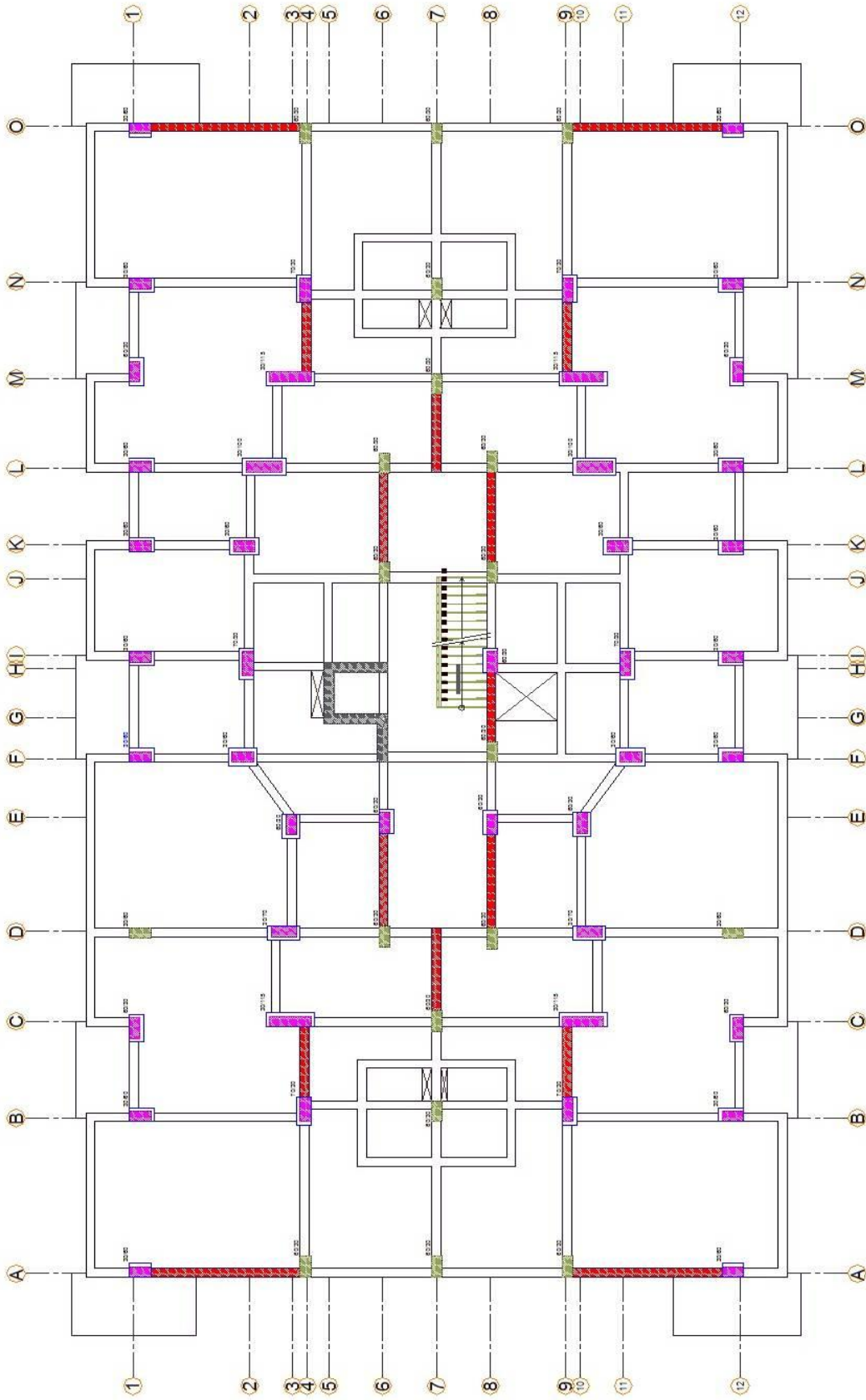
(Tabloda parantez içinde verilen yüzdeler kiriş, kolon ve perdelerin katlara ve hasar bölgelerine göre hasar miktarlarını yüzde cinsinden belirtmektedir. Bu yüzde değerlerine göre yapının performans düzeyleri belirlenmektedir.)



Şekil 6.23. Yerde dökme betonarme perde detayı



Şekil 6.24. Betonarme kolon mantolama detayı



Şekil 6.25. Yapının betonarme manto ve perde ilave edildikten sonraki normal kat kalıp planı

6.6. Kat azaltılması

Depremde yapıya gelen yükler yapı kütlesi ile doğru orantılı olduğundan, yapı ağırlığındaki bir azaltma yapıya gelen deprem kuvvetinin de azalmasını sağlayacaktır. Kat azaltılma bir güçlendirme yöntemi değildir. Fakat yapının kütlesi azalacağından deprem davranışını olumlu yönde etkiler.

Sırasıyla yapıdaki 2, 3 ve 4 katın alınması durumu incelenmiştir. Analiz sırasındaki kriterler aynıdır. Sadece binadaki toplam kat sayısı ve toplam bina yüksekliği değişmiştir.

a) Binanın 2 katı alındığında

Analiz sonuçlarına göre;

- A1 ve B2 düzensizliği mevcuttur.
- Görelî kat öteleme koşulu sağlanmıştır: $\delta_i(\max)/h=0.0055<0.02$
- Toplam yapı ağırlığı; 2546.97 t
- Toplam deprem yükü;
X ve Y yönünde $V_t=318.37$ t
- Kolon giriş birleşim bölgelerinin kesme güvenliği değerlendirildiğinde yetersiz kolonlar bulunmuştur.
- TDY Madde 3.4.3.1'i sağlamayan kolonlar vardır.

Kolon kesitleri yine yetersiz gelmektedir. 51 adet kolonun dayanımı yetersiz kalmaktadır. Performans analizi yapıldığında

Performans analiz yöntemi;

- Eşdeğer deprem yükü hesabı kullanılmıştır.
- Yapının bilgi düzeyi orta seçilmiştir.
- Yapı önem katsayısı 1 alınmıştır.
- X ve Y yönlerinde yapılan deprem yüklemeleri sonucunda yapının performansı "göçme durumu" çıkmıştır.

Tablo 6.32. 2 katı alınmış yapının deprem performansı

Kat	F _x	F _y	hykk
2.KAT	909.26	909.26	0.30
1.KAT	639.98	639.98	0.30
ZEMİN KAT	474.38	474.38	0.30
1.BODRUM	141.30	141.30	0.30

F_x: Kullanılan yöntemle göre hesaplanan x yönü deprem kuvveti

F_y: Kullanılan yöntemle göre hesaplanan y yönü deprem kuvveti

hykk: Hareketli yük katılım katsayısı

Deprem Yükleme	Durum
+EX	GÖÇME DURUMU
-EX	GÖÇME DURUMU
+EY	GÖÇME DURUMU
-EY	GÖÇME DURUMU

Tablo 6.33. 2 katı alındıktan sonra yapıda bulunan taşıyıcı elemanların hasar bölgelerindeki sayıları

	Eleman tipi	Minimum hasar bölgesi	Belirgin hasar bölgesi	İleri hasar bölgesi	Göçme bölgesi
2.KAT	Kirişler	55 (84%)	9(14%)	1(2%)	
	Kolonlar	58(94%)	4(6%)		
	Perdeler	4(100%)			
1.KAT	Kirişler	21(32%)	43(66%)	1(2%)	
	Kolonlar	54(87%)	8(13%)		
	Perdeler	1(25%)	3(75%)		
ZEMİN KAT	Kirişler	24(32%)	49(64%)	3(4%)	
	Kolonlar	30(48%)	32(52%)		
	Perdeler	2(50%)		1(25%)	1(25%)
BODRUM KAT	Kirişler	9(15%)	45(76%)	5(8%)	
	Kolonlar	45(73%)	16(25%)		1(2%)
	Perdeler	2(50%)	1(25%)	1(25%)	

(Tabloda parantez içinde verilen yüzdeler kiriş, kolon ve perdelerin katlara ve hasar bölgelerine göre hasar miktarlarını yüzde cinsinden belirtmektedir. Bu yüzde değerlerine göre yapının performans düzeyleri belirlenmektedir.)

b) Binanın 3 katı alındığında

Analiz sonuçlarına göre;

- A1 düzensizliği mevcuttur.
- Görelî kat öteleme koşulu sağlanmıştır: $\delta_i (\max)/h=0.0023<0.02$
- Toplam yapı ağırlığı; 1251.05 t

- Toplam deprem yükü;
X yönünde $V_t=156.38$ t
Y yönünde $V_t=163.96$ t
- Kolon giriş birleşim bölgelerinin kesme güvenliği değerlendirildiğinde yetersiz kolonlar bulunmuştur.
- TDY Madde 3.4.3.1'i sağlamayan kolonlar vardır.

48 adet kolonun kesitleri yetersizdir. 2 kat alınmasına göre nispeten sistem davranışı daha iyi bir hale gelse de kolon kesitleri, dolayısıyla sistem yine yetersiz kalmaktadır.

Performans analiz yöntemi;

- Eşdeğer deprem yükü hesabı kullanılmıştır.
- Yapının bilgi düzeyi orta seçilmiştir.
- Yapı önem katsayısı 1 alınmıştır.
- X ve Y yönlerinde yapılan deprem yüklemeleri sonucunda yapının performansı X doğrultusunda “göçme durumu” ve Y doğrultusunda “göçme öncesi” çıkmaktadır.

Tablo 6.34. 3 katı alınmış yapının deprem performansı

Kat	F_x	F_y	hykk
1.KAT	840.51	840.51	0.30
ZEMİN KAT	596.10	596.10	0.30
1.BODRUM	177.55	177.55	0.30

F_x : Kullanılan yöntemle göre hesaplanan x yönü deprem kuvveti

F_y : Kullanılan yöntemle göre hesaplanan y yönü deprem kuvveti

hykk: Hareketli yük katılım katsayısı

Deprem Yükleme	Durum
+EX	GÖÇME DURUMU
-EX	GÖÇME DURUMU
+EY	GÖÇME ÖNCESİ
-EY	GÖÇME ÖNCESİ

Tablo 6.35. 3 katı alındıktan sonra yapıda bulunan taşıyıcı elemanların hasar bölgelerindeki sayıları

	Eleman tipi	Minimum hasar bölgesi	Belirgin hasar bölgesi	İleri hasar bölgesi	Göçme bölgesi
1.KAT	Kirişler	60(92%)	5(8%)		
	Kolonlar	61(98%)	1(2%)		
	Perdeler	3(75%)	1(25%)		
ZEMİN KAT	Kirişler	36(47%)	38(50%)	2(3%)	
	Kolonlar	55(89%)	7(11%)	1(25%)	1(25%)
	Perdeler	2(50%)			
BODRUM KAT	Kirişler	15(25%)	40(68%)	4(7%)	
	Kolonlar	62(100%)			
	Perdeler	3(75%)		1(25%)	

(Tabloda parantez içinde verilen yüzdeler giriş, kolon ve perdelerin katlara ve hasar bölgelerine göre hasar miktarlarını yüzde cinsinden belirtmektedir. Bu yüzde değerlerine göre yapının performans düzeyleri belirlenmektedir.)

c) Binanın 4 katı alındığında

Analiz sonuçlarına göre;

- A1 ve B2 düzensizliği mevcuttur.
- Göreli kat öteleme koşulu sağlanmıştır: $\delta_i(\max)/h=0.0038<0.02$
- Toplam yapı ağırlığı; 1899.01 t
- Toplam deprem yükü;
X ve Y yönünde $V_t=237.38$ t
- Kolon giriş birleşim bölgelerinin kesme güvenliği değerlendirildiğinde yetersiz kolonlar bulunmuştur.
- TDY Madde 3.4.3.1'i sağlamayan kolonlar vardır.

Bir önceki duruma göre sistem iyileşmiştir. Fakat 31 adet kolonun kesiti yetersiz gelmektedir.

Performans analiz yöntemi;

- Eşdeğer deprem yükü hesabı kullanılmıştır.
- Yapının bilgi düzeyi orta seçilmiştir.
- Yapı önem katsayısı 1 alınmıştır.
- X ve Y yönlerinde yapılan deprem yüklemeleri sonucunda yapının performansı X doğrultusunda “göçme durumu” ve Y doğrultusunda “can güvenliği” çıkmaktadır.

Tablo 6.36. 4 katı alınmış yapının deprem performansı

Kat	F_x	F_y	hykk
ZEMİN KAT	968.24	968.24	0.30
1.BODRUM	282.80	282.80	0.30

F_x : Kullanılan yöntemle göre hesaplanan x yönü deprem kuvveti

F_y : Kullanılan yöntemle göre hesaplanan y yönü deprem kuvveti

hykk: Hareketli yük katılım katsayısı

Deprem Yüklemesi	Durum
+EX	GÖÇME DURUMU
-EX	GÖÇME DURUMU
+EY	CAN GÜVENLİĞİ
-EY	CAN GÜVENLİĞİ

Tablo 6.37. 4 katı alındıktan sonra yapıda bulunan taşıyıcı elemanların hasar bölgelerindeki sayıları

	Eleman tipi	Minimum hasar bölgesi	Belirgin hasar bölgesi	İleri hasar bölgesi	Göçme bölgesi
ZEMİN KAT	Kirişler	59(78%)	16(21%)	1(1%)	1(25%)
	Kolonlar	60(97%)	2(3%)		
	Perdeler	2(50%)	1(25%)		
BODRUM KAT	Kirişler	27(46%)	30(50%)	1(2%)	1(2%)
	Kolonlar	62(100%)			
	Perdeler	3(75%)	1(25%)		

(Tabloda parantez içinde verilen yüzdeler kiriş, kolon ve perdelerin katlara ve hasar bölgelerine göre hasar miktarlarını yüzde cinsinden belirtmektedir. Bu yüzde değerlerine göre yapının performans düzeyleri belirlenmektedir.)

Yapının 4 katının alınması durumunda sadece bodrum ve zemin katı kalmaktadır. Böyle yapılsa dahi yapısal performansı yetersiz olduğu için sisteme yine güçlendirme yapılması gerekmektedir. Aynı zamanda yapının konut kısmı iptal edilmiş olduğundan, konut olarak kullanılan katlarının alınmasını yapı sahibinin kabul etmesi gerekmektedir.

BÖLÜM 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, deprem performansı yetersiz olan mevcut yapı sistemlerinde kullanılan güçlendirme yöntemleri incelenmiştir. Güçlendirme yöntemlerini karşılaştırmak için örnek bir yapı seçilmiş ve hangi yöntemin bu yapı adına daha uygun olacağına karar verebilmek için analizler yapılmıştır.

Önceki bölümde incelenen yapı mevcut haliyle, kolonlara betonarme mantolama yapılarak ve yerinde dökme betonarme perdeler ilave edilerek analiz edildi. Deprem performansları belirlendi. Bu bölümde ise, kolonların mantolanması ve yerinde dökme betonarme perde ilavesi, kolon kesitleri yeterli hale gelen ve can güvenliği performans düzeyine erişilen olmak üzere iki basamakta değerlendirilecektir.

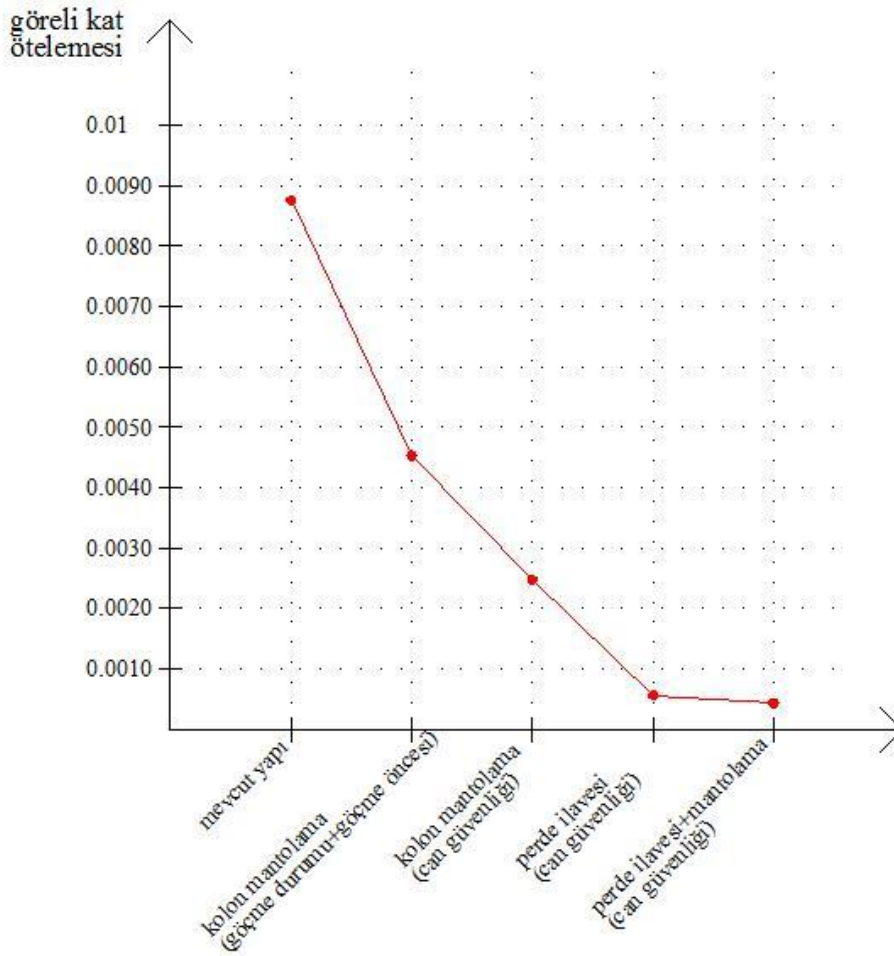
Karar vermeye yardımcı olabilmek için güçlendirme sonucunda ortaya çıkan maliyetler, yapıya kazandırılan dayanım ve performanslar değerlendirilecektir. Bu çalışmada maliyet kriteri, çıkan beton metrajlarına göre belirlenecektir.

Onarım ve güçlendirmenin bazı durumlarda mevcut yapıyı yeniden inşa etmekten daha maliyetli olduğu ve bu kıyas yapıldıktan sonra güçlendirme kararının alınması gerektiği unutulmamalıdır.

Yapılan analizlerin sonuçları tablolarla karşılaştırılmıştır. Aşağıda Tablo 7.1 ve Şekil 7.1'de görel kat ötelemeleri kullanılan yöntemler için kıyaslanmıştır. Sırasıyla incelendiğinde, görel kat ötelemesinin gitgide düşmüş olduğu gözlenmiştir.

Tablo 7.1. Görel kat ötelemelerinin karşılaştırılması

	Mevcut yapı	Kolon mantolama (göçme durumu+göçme öncesi)	Kolon mantolama (can güvenliği)	Perde ilavesi (can güvenliği)	Perde ilavesi+mantolama (can güvenliği)
Görel kat ötelemesi	0.0088	0.0044	0.0024	0.0007	0.0006



Şekil 7.1. Görel kat ötelemelerinin grafik üzerinde karşılaştırılması

Tablo 7.2’de yapının mevcut durumdaki ve güçlendirme işlemleri yapıldıktan sonraki yapı ağırlıkları verilmiştir. Can güvenliği performans düzeyini sağlayan kolon mantolama işleminin yapı ağırlığını yaklaşık 2 katına çıkardığı görülmüştür. Bu yöntem uygulandığı takdirde yapıya faydadan çok zarar oluşturacağı için tercih edilemez. Göçme durumu veren kolon mantolamasında %12, perde ilavesinde %9, perde ilave edilmesi ve kolonların mantolanması durumunda ise %14’lük bir ağırlık artışı söz konusudur.

Karar vermek için maliyet (beton metrajı) ve performans kriterleri göz önüne alınacaktır.

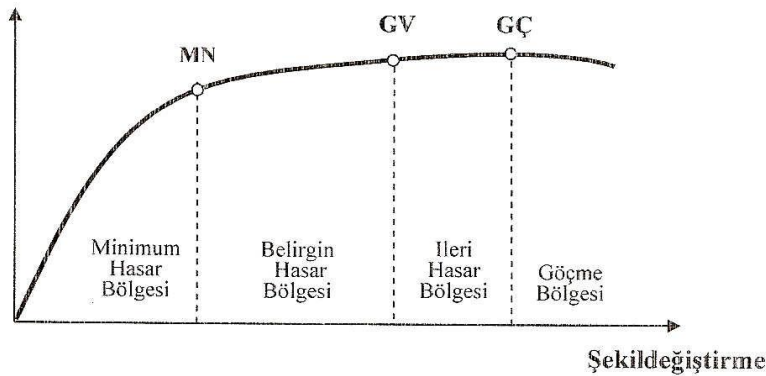
Tablo 7.2. Mevcut durumda ve güçlendirmeden sonrasında yapı ağırlıkları

	Mevcut yapı	Kolon mantolama (göçme durumu+göçme öncesi)	Kolon mantolama (can güvenliği)	Perde ilavesi (can güvenliği)	Perde ilavesi+mantolama (can güvenliği)
Yapı ağırlığı(t)	3852	4350	7725	4208	4417

Tablo 7.3. Analiz sonuçlarının metraj ve performans bazında değerlendirilmesi

	Mevcut yapı	Kolon mantolama	Kolon mantolama	Perde ilavesi	Perde ilavesi+mantolama
Performans	Göçme durumu	Göçme durumu + göçme öncesi	Can güvenliği	Can güvenliği ama kolonları yetersiz	Can güvenliği
Mevcut beton metrajı (m3)	1313	1313	1313	1313	1313
İlave beton metrajı (m3)	-	252	1611	142	234
Toplam beton metrajı (m3)	-	1565	2924	1455	1547

İç Kuvvet

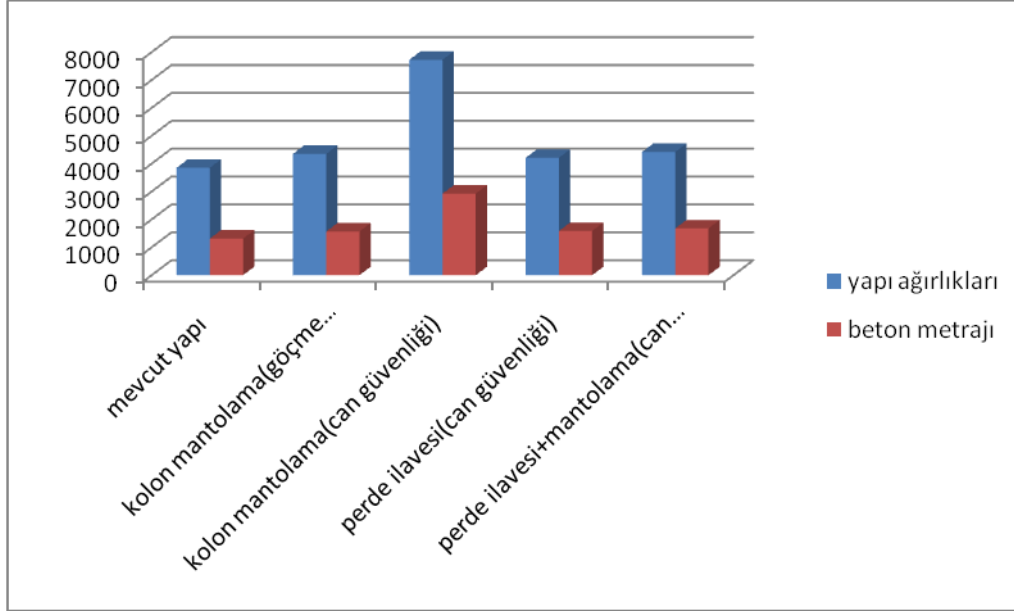


(Minimum Hasar Sınırı(MN), Güvenlik Sınırı(GV) ve Göçme Sınırı(GÇ) belirtmektedir.)

Şekil 7.2. Kesit hasar bölgeleri

Konutlarda hedeflenen minimum performans düzeyi “can güvenliği”dir. Yapıya yerinde dökme betonarme perdeler ilave edilirken perde yer ve sayıları değiştirilerek yapılan denemelerde, hemen kullanım seviyesine ulaşılsa da güçlendirmenin ekonomik olması açısından can güvenliği hedeflenmiştir. Çünkü güçlendirme için minimum maliyet önemlidir. Buna göre Tablo 7.3 ve Şekil 7.2 incelenerek, kullanılan yöntemler karşılaştırıldığında maliyet ve yapı performansı açısından bu

yapı için en uygun yöntemin, yerinde dökme betonarme perde ilave etmek ve kesitleri yetersiz olan kolonlara betonarme mantolama yapmak olduğu görülmüştür.



Şekil 7.3. Karşılaştırma grafiği

Bu sonuçlar neticesinde; mantolamaların güçlendirme elemanı olarak değil tamir veya lokal bir takviye elemanı olarak düşünülmesi gerektiği anlaşılmıştır. Depreme karşı en önemli güçlendirme elemanının perde olduğu görülmüştür. Bir kolonun çevresine yapılan mantolama maliyeti, perde maliyetine yakın olmasına rağmen atalet momenti aynı hacimdeki perdenin atalet momentinin 1/3'ü kadar olmaktadır. Deprem sırasında en son göçen eleman perdedir. Kolonların deprem sırasında yetersiz kalıp plastikleşmesi durumunda, deprem enerjisi perdeler tarafından karşılanacaktır. Bu nedenle yapıda yeni yapılan elemanların mevcut yapı elemanlarına nazaran daha rijit olması, plastik davranışta yeni rijit perdelerin deprem tesirlerini taşıyabilecek rijitlikte yapılması düşünülmelidir.

Özellikle çok katlı yapılarda çerçevesel sistemlerden kaçınılıp, perdeli sistemlerin tercih edilmesi gerekliliği de ortaya çıkmaktadır. Yapı seneler içinde ağırlığından ya da çevresel koşullardan ötürü zarar görse de iyi tasarlanmış yapı, iyi tasarlanmayana göre her zaman bir adım öndedir. Bu nedenle ilk tasarım her zaman önemlidir.

KAYNAKLAR

- [1] İstanbul Sismik Riskin Azaltılması ve Acil Durum Hazırlık Projesi, Depreme Karşı Yapısal Risklerin Azaltılması, Nisan 2009.
- [2] YANIK, A. Mevcut deprem yönetmeliği ile yürürlükten kaldırılan deprem yönetmeliğinin karşılaştırılması ve mevcut binanın incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Ağustos 2008.
- [3] AYVAZ, Y., Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Ders Notları, (Yayınlanmamış), K.T.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon, 2006.
- [4] CELEP, Z., KUMBASAR, N., Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1992.
- [5] KAZAZ, Y., Farklı Rijitleştirici Elemanlara Sahip Deprem Etkisindeki Yapıların Lineer Olmayan Davranışlarının Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1999.
- [6] DOĞANGÜN, A., Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2002.
- [7] ÖZDEMİR, I., Y., Farklı Rijitleştirici Elemanlara Sahip Deprem Etkisindeki Yapıların Lineer Davranışlarının Zemini de Dikkate Alarak Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2001.
- [8] DBYBHY, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, İzmir Şubesi, Yayın No: 53, İzmir.
- [9] ŞİRİN, C. Yapılarda oluşan hasar biçimleri ve nedenleri ve yapıların onarım ve güçlendirilmesi teknikleri ile bir yapının güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Aralık 2006.
- [10] ÇİZMECİOĞLU, T. Betonarme okul binalarında depreme karşı güçlendirme öncesi ve sonrası kolon+perde kesit alan oranlarının karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Ocak 2007
- [11] YILMAZ, B. Betonarme yapıların onarım güçlendirilmesi/güçlendirmenin ekonomik olmaması durumunda patlayıcı madde kullanılarak kontrollü yıkımı, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aralık 2006.

- [12] YÖRÜKÇÜ, B. Hasarlı Yapıların Onarım ve Güçlendirme İlkeleri, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Haziran 2007.
- [13] İstanbul Sismik Riskin Azaltılması ve Acil Durum Hazırlık Projesi, Depreme Karşı Yapısal Güçlendirme, Nisan 2009.
- [14] ONUR, H. Betonarme binaların taşıyıcı eleman ve sistem ilave edilerek iyileştirilmesi ve güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Haziran 2006.
- [15] CERİTLİ, Y. S., Depremde hasar görmüş yapıların mantolama ve perdelerle güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.
- [16] CELEP Z., KUMBASAR N., Deprem mühendisliği ve depreme dayanıklı yapı tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul 2000.
- [17] YILDIRIM, M. Deprem etkisindeki betonarme yapıların onarım ve güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Nisan 2008.
- [18] COŞKUN, E. Betonarme Yapıların Geleneksel Yöntemlerle Depreme Karşı Güçlendirilmesi, , [http: //web.iku.edu.tr/~ecoskun/Guclendirme.pdf](http://web.iku.edu.tr/~ecoskun/Guclendirme.pdf), 2011

ÖZGEÇMİŞ

Hilal BATMACI, 15.11.1985'te Sakarya'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Sakarya'da tamamladı. 2003 yılında Sakarya Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. Aynı sene başladığı Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünü 2007 yılında bitirdi. 2008 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yapı bölümünde yüksek lisansa başladı. 2007 yılından bu yana Sakarya'da hizmet veren bir yapı denetim firmasında kontrol mühendisi olarak çalışmaktadır.