

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEPREM YÜKLERİ ALTINDA BETONARME BİR YURT BİNASININ PERDE
DUVAR İLE GÜÇLENDİRİLMESİNDE MEVCUT DUVARLARININ
ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Didem ANIL

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

OCAK 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEPREM YÜKLERİ ALTINDA BETONARME BİR YURT BİNASININ PERDE
DUVAR İLE GÜÇLENDİRİLMESİNDE MEVCUT DUVARLARININ
ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Didem ANIL
(501101077)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Mustafa GENÇOĞLU

OCAK 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501101077 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Didem ANIL**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**DEPREM YÜKLERİ ALTINDA BETONARME BİR YURT BİNASININ PERDE DUVAR İLE GÜÇLENDİRİLMESİNDE MEVCUT DUVARLARININ ETKİSİNİN İNCELENMESİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Mustafa GENÇOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Beyza Taşkın Akgül**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Güray ARSLAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **10.12.2014**
Savunma Tarihi : **21.01.2015**

Aileme ve Dostlarıma,

ÖNSÖZ

Ülkemizin deprem kuşağında yer alması sebebiyle meydana gelen depremlerde zarar görmüş ya da yetersiz dayanımda olan betonarme yapıların güçlendirilmesinde deprem perdelerinin dayanımı arttırıcı etkisi bilindiği gibi dolgu duvarlarında etkili olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmada, 2011 Van Depreminde zarar görmüş iki yüz öğrenci kapasiteli beş katlı betonarme yurt binasının deprem perdeleri ile güçlendirilmesinde, yapının mevcut dolgu duvarları da hesaba katıldığındaki etkisinin ne olduğu irdelenmektedir.

Çalışmalarında katkılarını esirgemeyen değerli hocam sayın Doç. Dr. Mustafa GENÇOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım. Hayatım boyunca yanımda olan, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

Ocak 2015

İnş. Müh. Mimar Didem ANIL

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
SEMBOL LİSTESİ	xix
ÖZET.....	xxiii
SUMMARY	xxv
1. GİRİŞ	1
1.1. Genel	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	2
1.3. Konu ile İlgili Yapılan Çalışmalar	3
2. PERDE DAVRANIŞI HAKKINDA GENEL KURALLAR	7
2.1. Perde Davranışı	7
2.2. Boşluklu Perdeler	9
2.3. Boşluksuz Perdeler	9
2.4. Perde Modellemede Kriterler	10
2.4.1. Rijitlik.....	10
2.4.2. Dayanım.....	11
2.4.3. Süneklik	11
2.5. Deprem Perdelerin Planda Yerleşiminde Dikkat Edilecek Hususlar	13
2.6. Deprem Perdelerin Yapı Davranışına Genel Etkisi.....	14
3. DOLGU DUVARLAR HAKKINDA GENEL KURALLAR.....	17
3.1. Genel Tanım	17
3.2. Doğal Titreşim Periyodu	18
3.3. Düzensizlik Durumları	19
3.3.1. Planda düzensizlikler.....	19
3.3.2. Düşey düzensizlikler.....	19
3.4. Dolgu Duvarların Yapı Davranışına Genel Etkisi.....	20
4. DEPREMİN YAPI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ VE YAPININ PERFORMANSININ BELİRLENMESİ.....	23
4.1. Deprem Sırasında Yapı Davranışı	23
4.2. Yapı Hasar Tipleri	25
4.2.1. Taşıyıcı olmayan yapı elemanlarında deprem hasarları	25
4.2.2. Taşıyıcı yapı elemanlarında deprem hasarları	26
4.2.3. Kolonlarda hasar tipleri	26
4.2.4. Kirişlerde hasar tipleri	27
4.2.5. Perde duvarlarda hasar tipleri	27
4.2.6. Döşemelerde hasar tipleri	28
4.3. Yapıda Meydana Gelen Hasar Nedenleri	28
4.3.1. Projelendirme hataları.....	29

4.3.2. Donatı işlenmesi ile ilgili hatalar	30
4.3.3. Yapım hataları.....	31
4.4. Deprem Sonrası Yapı Performansının Belirlenmesi	31
4.4.1. DBYBHY 2007 ye göre hasar sınırları ve bölgelerin tanımlanması	31
4.4.2. Hasar sınırlarının belirlenmesinde FEMA ve EUROCODE yaklaşımlarının incelenmesi	33
4.4.3. Hedeflenen performans düzeyinin belirlenmesi	36
4.4.4. DBYBHY 2007 ye göre hesap yönteminin belirlenmesi.....	37
4.4.5. DBYBHY 2007 ye göre doğrusal elastik hesap yönteminin İncelenmesi	38
4.4.6. DBYBHY 2007 ye göre doğrusal elastik olmayan hesap yönteminin incelenmesi.....	41
5. GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ	43
5.1. Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Güçlendirilmesi	43
5.1.1. Kolonların güçlendirilmesi	43
5.1.2. Kirişlerin güçlendirilmesi	44
5.2. Yapı Sisteminin Tamamının Güçlendirilmesinde Önlem Ve Yöntemler	45
5.2.1. Deprem perdeleri veya kolon ekleme.....	45
5.2.2. Prefabrike beton paneller ile dolgu duvar güçlendirilmesi	46
5.2.3. Hasır çelik donatı ile dolgu duvar güçlendirilmesi	47
5.2.4. Lifli polimerler ile güçlendirilmiş dolgu duvarların etkisi.....	48
5.2.5. Kanat duvarlar eklenmesi.....	49
5.3. Dolgu Duvarların Deprem Perdeleri İle Güçlendirilen Yapıda Etkisi	49
6. ÖRNEK BİR BİNANIN DEPREM PERDELERİ İLE GÜÇLENDİRİLMESİNDE MEVCUT DOLGU DUVAR ETKİLERİNİN İRDELENMESİ	51
6.1. Yapı Genel Bilgileri	51
6.2. Taşıyıcı Sistem Ve Malzeme Özellikleri.....	53
6.3. Yapı Hesap Parametreleri	53
6.4. Yapıya Etki Eden Yükler.....	54
6.5. Yapının Mevcut Dolgu Duvarları Dikkate Alınmadan Performansının İrdelenmesi	55
6.5.1. Yapının matematik modelinin oluşturulması.....	55
6.5.2. Yapı performansının doğrusal elastik hesap yöntemi ile belirlenmesi ..	56
6.5.3. Eşdeğer deprem yükünün hesabı	57
6.5.4. Yapı düzensizliklerinin kontrolü	59
6.5.5. Kirişlerin etki/kapasite (r) oranlarının belirlenmesi	60
6.5.6. Kolonların etki/kapasite (r) oranlarının belirlenmesi	63
6.5.7. Perdelerin etki/kapasite (r) oranlarının belirlenmesi	67
6.5.8. Taşıyıcı sistem elemanlarının kritik kesitlerinde eğilme kapasitesiyle uyumlu kesme kuvveti kontrolü.....	69
6.5.9. Eleman hasar bölgelerinin ve yapı performansının belirlenmesi.....	70
6.6. Yapının Mevcut Dolgu Duvarları Dikkate Alınmadan Perde Duvarlarla Güçlendirme İşlemi	77
6.6.1. Eşdeğer deprem yükünün hesabı	77
6.6.2. Yapı düzensizliklerinin kontrolü	78
6.6.3. Eleman hasar bölgelerinin ve yapı performansının belirlenmesi	79
6.7. Yapının Mevcut Dolgu Duvarları Dikkate Alınarak Performansının İrdelenmesi	81

6.7.1. Yapının matematik modelinin oluşturulması.....	81
6.7.2. Eşdeğer deprem yükünün hesabı	85
6.7.3. Yapı düzensizliklerinin kontrolü	85
6.7.4. Eleman hasar bölgelerinin ve yapı performansının belirlenmesi	86
6.8. Yapının Mevcut Duvarları Dikkate Alınarak Perde Duvarlarla Güçlendirme İşlemi	92
6.8.1. Eşdeğer deprem yükünün hesabı	93
6.8.2. Yapı düzensizliklerinin kontrolü	94
6.8.3. Eleman hasar bölgelerinin ve yapı performansının belirlenmesi	94
7. SONUÇLAR	97
KAYNAKLAR	105
EKLER.....	109
EK-A.....	111
EK-B.....	115
ÖZGEÇMİŞ.....	117

KISALTMALAR

ACI	: American Concrete Institute
ASCE	: American Society of Civil Engineers
ATC	: Applied Technology Council
BHB	: Belirgin Hasar Bölgesi
BSSC	: Building Seismic Safety Council
CG	: Can Güvenliği
DBYBHY'07	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007
EERC-UCB	: Earthquake Engineering Research Center of University of California at Berkeley
FEMA	: Federal Emergency Management Agency
SAP 2000	: Structural Analysis Program 2000
GB	: Göçme Bölgesi
GÇ	: Göçme Sınırı
GÖ	: Göçme Öncesi
GV	: Güvenlik Sınırı
HK	: Hemen Kullanım
İHB	: İleri Hasar Bölgesi
LP	: Lifli Polimer
MHB	: Minimum Hasar Bölgesi
MN	: Minimum Hasar Sınırı
NEHRP	: National Earthquake Hazards Reduction Program
NSR	: Kolombiya Standardı
TDY	: Türk Deprem Yönetmeliği
TS 500	: Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1	: Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (Deprem Yönetmeliği, 2007)	33
Çizelge 4.2	: Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (Deprem Yönetmeliği, 2007)	33
Çizelge 4.3	: Eğilme açısından kritik kirişler için plastik mafsal dönme sınırları (Update to ASCE/SEI 41, 2007)	34
Çizelge 4.4	: Önce eğilme hasarı gören sonra eğilme ve kesmenin ortak etkisinin davranışta etkili olduğu kolonlar için plastik mafsal dönme sınırları (Update to ASCE/SEI 41, 2007)	35
Çizelge 4.5	: Deprem etkisi parametreleri	36
Çizelge 4.6	: Binalar için öngörülen deprem performans hedefleri (Deprem Yönetmeliği, 2007)	37
Çizelge 6.1	: Spektrum karakteristik periyotları (DBYBHY 2007, Tablo 2.4).....	54
Çizelge 6.2	: Kütle katılım oranı ve periyotlar	57
Çizelge 6.3	: Eşdeğer deprem kuvvetleri.....	58
Çizelge 6.4	: Burulma düzensizliği kontrolü $\eta_{bi} < 1,4$	59
Çizelge 6.5	: Göreli kat ötelemesi sınırları (DBYBHY 2007, Tablo 7.6).....	59
Çizelge 6.6	: Yapı göreli kat ötelemesi	60
Çizelge 6.7	: Kesit kapasite momenti hesap parametreleri.....	60
Çizelge 6.8	: Kiriş moment kapasiteleri	61
Çizelge 6.9	: X yönü deprem kuvveti etkisinde kiriş 1390'nın etki/kapasite oranı	62
Çizelge 6.10	: Betonarme perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları	67
Çizelge 6.11	: Güçlü eksen (y) ve zayıf eksen (x) yönünde 56 no'lu kolon kesme kuvveti	68
Çizelge 6.12	: Depremi aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan durum için kiriş eleman hasar tanımı	71
Çizelge 6.13	: Depremi aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan durum için kolon eleman hasar tanımı	72
Çizelge 6.14	: Yapı kiriş hasar dağılımı	72
Çizelge 6.15	: Yapı kolon hasar dağılımı	73
Çizelge 6.16	: Yapı mevcut perde hasar dağılımı.....	74
Çizelge 6.17	: Yapı kiriş hasar dağılımı	75
Çizelge 6.18	: Yapı kolon hasar dağılımı	75
Çizelge 6.19	: Yapı mevcut perde hasar dağılımı.....	76
Çizelge 6.20	: Güçlendirilmiş yapının eşdeğer deprem kuvvetleri	78
Çizelge 6.21	: Burulma düzensizliği kontrolü $\eta_{bi} < 1,4$	78
Çizelge 6.22	: Yapı göreli kat ötelemesi	78
Çizelge 6.23	: D2 deprem düzeyi x ve y yönü kolon ve perde hasar dağılımı.....	79
Çizelge 6.24	: D3 deprem düzeyi x ve y yönü kolon hasar dağılımı	80

Çizelge 6.25	: D3 deprem düzeyi x ve y yönü perde hasar dağılımı	80
Çizelge 6.26	: Dolgu duvar eşdeğer basınç çubuğu boyutlandırma (N, mm)	84
Çizelge 6.27	: Mevcut dolu dolgu duvarları gözönüne alınan yapının eşdeğer deprem kuvvetleri	85
Çizelge 6.28	: Burulma düzensizliği kontrolü $\eta_{bi} < 1,4$	85
Çizelge 6.29	: Yapı görelî kat ötelemesi.....	86
Çizelge 6.30	: D3 Deprem düzeyi için yapı kiriş hasar dağılımı.....	87
Çizelge 6.31	: D3 Deprem düzeyi için yapı kolon hasar dağılımı.....	87
Çizelge 6.32	: D3 Deprem düzeyi için yapı perde hasar dağılımı	88
Çizelge 6.33	: D2 Deprem düzeyi için yapı kiriş hasar dağılımı.....	89
Çizelge 6.34	: D2 Deprem düzeyi için yapı kolon hasar dağılımı.....	89
Çizelge 6.35	: D2 Deprem düzeyi için yapı perde hasar dağılımı.....	90
Çizelge 6.36	: DD_635 duvar için hasar durumu	91
Çizelge 6.37	: Mevcut dolu dolgu duvarları gözönüne alınarak perde elemanlarla güçlendirilen yapının eşdeğer deprem kuvvetleri.....	93
Çizelge 6.38	: Burulma düzensizliği kontrolü $\eta_{bi} < 1,4$	94
Çizelge 6.39	: Yapı görelî kat ötelemesi.....	94
Çizelge 6.40	: D3 deprem düzeyi için X yönü kiriş hasar durumu	95
Çizelge 6.41	: D3 deprem düzeyi için X ve Y yönü kolon hasar durumu.....	95
Çizelge 6.42	: D3 deprem düzeyi için perde hasar durumu.....	96
Çizelge 7.1	: 4 Durumun X ve Y yönü taban kesme kuvveti ve periyotlarının karşılaştırması.....	98
Çizelge 7.2	: 4 Durumun eşdeğer deprem yüklerinin katlara dağılımı.....	99
Çizelge 7.3	: 4 Durumun X ve Y yönü için maksimum yerdeğiştirme.....	99
Çizelge 7.4	: 4 Durum için 129 no'lu S30x80 kolonun enkesit alanının kat etkili kesme alanına oranı ile X ve Y yönü için etki/kapasite oranının karşılaştırması.....	101
Çizelge 7.5	: 4 Durum için 129 no'lu S30x80 kolonun enkesit alanının kat etkili kesme alanına oranı ile X ve Y yönü için kesme kuvvetlerinin karşılaştırması	102
Çizelge 7.6	: 310 no.lu DD_490 dolgu duvarına gelen kesme kuvveti ve kat kesme kuvveti.....	103

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	: Konsol perde davranışı	7
Şekil 2.2	: Perde kesitinde eğilme momenti-eğrilik değişimi	8
Şekil 2.3	: Yatay yük altında çerçeve ve perde duvar davranışı	9
Şekil 2.4	: Betonarme elemanlarda yük-yer değiştirme ilişkisi	12
Şekil 2.5	: N-M- Φ ilişkisi	12
Şekil 2.6	: Perdelerin planda yerleşimi	14
Şekil 3.1	: Betonarme çerçeve içindeki dolgu duvarın düzlemi içinde davranışı	20
Şekil 3.2	: Dolgu duvarın diyagonal elemanlarla modeli	20
Şekil 4.1	: Öncül dalga hareketinde yapı davranışı	24
Şekil 4.2	: İkincil dalga hareketinde yapı davranışı	24
Şekil 4.3	: Yapıda burulma hareketi	24
Şekil 4.4	: Dolgu duvarlarda hasar düzeyi	26
Şekil 4.5	: Betonarme kolonda hasar çeşitleri	27
Şekil 4.6	: Şekil değiştirme-iç kuvvet grafiği (DBYBHY-07)	32
Şekil 4.7	: EC8 de plastik şekil değiştirmelerin sınırları için taşıyıcı sistem elemanında tanımlanan çember kiriş dönmesi	35
Şekil 4.8	: Tipik bir binanın taban kesme kuvveti- tepe yerdeğiştirmesi ilişkisi	39
Şekil 4.9	: Kirişlere oluşan kapasite kesme kuvvetleri	40
Şekil 5.1	: Kolon mantolama	44
Şekil 5.2	: Yumuşak katın güçlendirilmesi	46
Şekil 5.3	: Eksenel Perde	46
Şekil 5.4	: Dolgu duvarların donatılı betonla güçlendirilmesi	48
Şekil 5.5	: Dolgu duvarların lifli polimer ile güçlendirilmesi	49
Şekil 6.1	: Örnek yapı normal kat kalıp planı	52
Şekil 6.2	: Sayısal uygulama için SAP 2000 model plan	52
Şekil 6.3	: Yapının 3 boyutlu taşıyıcı sistem modeli	53
Şekil 6.4	: Yapı modeli duvar yükleri	55
Şekil 6.5	: Yapı perde modeli	56
Şekil 6.6	: Rijit fiktif kiriş özellikleri	56
Şekil 6.7	: Kiriş uç noktaları tanımları	62
Şekil 6.8	: S30x60 tip kolon kesit ve donatı tanımları (SAP 2000 V.17)	63
Şekil 6.9	: S30x60 tip kolon PM_2 ve PM_3 etkileşim diyagramları (SAP 2000 V.17)	64
Şekil 6.10	: 56 No'lu kolon etkileşim diyagramı	64
Şekil 6.11	: 56 No'lu kolon N_{k1} - M_{k1} değerleri (SAP 2000 V.17)	65
Şekil 6.12	: Y yönü deprem etkisinde 56 no'lu kolon (SAP 2000 V.17)	66
Şekil 6.13	: Kesme kuvveti hesabında kullanılacak kolon uç momentleri	70
Şekil 6.14	: Güçlendirme perdeleri ve mevcut perdelerin konumu	77
Şekil 6.15	: Normal kat planında mevcut dolu dolgu duvarların konumu	81
Şekil 6.16	: Mevcut dolgu duvarların matematik modeli	83
Şekil 6.17	: X yönü deprem etkisinde DD_490 dolgu duvarlar	92

Şekil 6.18	: Güçlendirme perdeleri konumu	93
Şekil 7.1	: 129 No'lu S30x80 kolon (SAP 2000 V.17)	101
Şekil EK A.1	: Bodrum kat planı.....	111
Şekil EK A.2	: Zemin kat planı	112
Şekil EK A.3	: 1. kat ve 2. kat planı	113
Şekil EK A.4	: 3. kat planı.....	114
Şekil EK B	: 1. Kat kalıp planı.....	115

SEMBOL LİSTESİ

a	: Eşdeğer çapraz çubuğun genişliği
$a_{azaltılmış}$	: Eşdeğer çapraz çubuğun azaltılmış genişliği
A_c	: Kolon ve perde uç bölgesinin brüt enkesit alanı
$A_{açık}$	: Seçilen duvardaki toplam açıklık alanı
A_{duvar}	: Seçilen duvarın toplam alanı
A_w	: Kolon enkesiti etkin gövde alanı (depreme dik doğrultudaki kolon çıkıntılarının alanı hariç)
A_e	: Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı
A_g	: Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit alanlarının toplamı
A_k	: Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının (kapı ve pencere boşlukları hariç) toplamı
A_w	: Herhangi bir katta, kolon enkesiti etkin gövde alanları A_w 'ların toplamı
$A(T)$	: Spektral İvme Katsayısı
b_k	: Kesit gövde genişliği ya da kalınlığı
d_k	: Kesit faydalı yükseklik
E_c	: Çerçeve betonunun elastisite modülü
E_{duvar}	: Bölme duvarın elastisite modülü
$(ED)_e$	: Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
$(ED)_o$	: Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği
F_{i_x}	: X yönü katlara dağılan eşdeğer deprem yükü
F_{i_y}	: Y yönü katlara dağılan eşdeğer deprem yükü
f_{cd}	: Betonun tasarım basınç dayanımı
f_{ck}	: Betonun karakteristik silindirik basınç dayanımı
f_{ctd}	: Betonun tasarım çekme dayanımı
f_{yd}	: Boyuna donatının tasarım akma dayanımı
f_{yk}	: Boyuna donatının karakteristik akma dayanımı
f_{ywd}	: Enine donatının tasarım akma dayanımı
f_{ywk}	: Enine donatının karakteristik akma dayanımı
f_{cm}	: DBYBHY'07 7.2'ye göre tanımlanan mevcut beton dayanımı
f_{ctm}	: DBYBHY'07 7.2'ye göre tanımlanan mevcut betonun çekme dayanımı
f_{yw}	: Çelik sargıda çeliğin akma dayanımı
f_c	: Sargılı betonda beton basınç gerilmesi
f_{cc}	: Sargılı beton dayanımı
f_{co}	: Sargısız betonun basınç dayanımı
f'_d	: Bölme duvar prizma basınç dayanımı
f_s	: Donatı çeliğindeki gerilme
f_{su}	: Donatı çeliğinin kopma dayanımı

f_{sy}	: Donatı çeliginin akma dayanımı
h_d	: Bölme duvarın yüksekliği
h_k	: Kolon boyu
H_n	: Bina yüksekliği
I	: Bina önem katsayısı
I_k	: Kolon atalet momenti
k_{duvar}	: Eşdeğer çapraz çubuğun eksenel rijitliği
L_d	: Bölme duvar uzunluğu
L_p	: Plastik mafsallık boyu
ℓ_w	: Perdenin plandaki uzunluğu
M_A	: Artık moment
M_a	: Kolonun alt ucu kolon kesme kuvveti hesabında esas alınan moment
M_D	: Düşey yüklerden oluşan moment
M_e	: Deprem etkisinden oluşan eğilme momenti
M_p	: Düğüm noktasında birleşen kirişlerin moment kapasitelerinin toplamı
$M_{i,j}$	: Kirişin sağ ve sol uçlarındaki negatif ya da pozitif moment kapasiteleri
M_r	: Kesit eğilme kapasitesi
M_u ya da M_k	: DBYBHY'07 7.2' ye göre tanımlanan mevcut malzeme dayanımlarına göre hesaplanan moment kapasitesi
$M_{\bar{u}}$	: Kolonun üst ucu kolon kesme kuvveti hesabında esas alınan moment
N_A	: Artık moment kapasitesine karşı gelen eksenel kuvvet
N_d	: Düşey yüklerden meydana gelen eksenel kuvvet
N_E	: Deprem yükleri altında oluşan eksenel kuvvet
N_k	: Kesit moment kapasitesine karşı gelen eksenel kuvvet
n	: Hareketli yük azaltma katsayısı
η_{bi}	: Burulma düzensizliği katsayısı
r	: Etki/kapasite oranı
r_s	: Etki/kapasite oranının sınır değeri
r_{duvar}	: Eşdeğer çapraz çubuğun uzunluğu
R	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
t_{duvar}	: Bölme duvarın kalınlığı
T	: Doğal titreşim periyodu
T_A, T_B	: Spektrum Karakteristik Periyotları [s]
T_x	: X yönü deprem etkisiyle oluşan titreşim periyodu
T_y	: Y yönü deprem etkisiyle oluşan titreşim periyodu
u	: Tepe yerdeğiştirme
u_y	: Sistemin akma yerdeğiştirme
U_x	: X yönü yerdeğiştirme
U_y	: Y yönü yerdeğiştirme

V_d	: Düşey yük altındaki kesme kuvveti
V_{duvar}	: Dolgu duvarının kesme kuvveti dayanımı
V_e	: Doğrusal elastik sisteme ait taban kesme kuvveti
V_p	: Kesme kuvveti kapasitesi
V_t	: Taban kesme kuvveti
V_y	: Sistemin akma dayanımı
V_{ij}	: Kirişin i ve j uçlarında oluşabilecek en büyük kesme kuvveti
Q_x	: X yönü maksimum yer değiştirmesi
Q_y	: Y yönü maksimum yer değiştirmesi
W	: Binanın hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
τ_d	: Dolgu duvarının kayma dayanımı
ϵ_{cu}	: Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi
ϵ_s	: Donatı çeliği birim şekil değiştirmesi
ϵ_{su}	: Donatı çeliğinin kopma birim şekil değiştirmesi
ϕ_p	: Plastik eğrilik istemi
ϕ_t	: Toplam eğrilik istemi
ϕ_y	: Eşdeğer akma eğriliği
θ	: Eşdeğer çapraz çubuğun yatay ile olan açısı
θ_p	: Plastik dönme istemi
Δi	: Göreli yerdeğiştirme
$(\Delta i)_{ort}$	: Binanın i'inci katındaki ortalama göreli kat ötelemesi
λ	: Eşdeğer Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı

DEPREM YÜKLERİ ALTINDA BETONARME BİR YURT BİNASININ PERDE DUVAR İLE GÜÇLENDİRİLMESİNDE MEVCUT DUVARLARININ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Geçmişten günümüze gelen düşük dayanımlı beton kullanılarak inşa edilen betonarme yapı ile mimari açıdan farklı mekanların oluşturulmasını sağlayan taş ve tuğla duvarların depremin zararlı etkilerinden, malzeme kalitesi, tasarım ve işçilik gibi hususlarda hatalı kurgulanması, yapılarda büyük hasar meydana getirebilmektedir. Ülkemizin deprem kuşağında yer alması sebebiyle varolan yapıların hasar tespit ve güçlendirilmesi önem kazanmaktadır. Bu hasar görmüş yapıların depreme karşı güçlendirilmesi için deprem perdelerinin yapıdaki dayanımı artırıcı etkileri sebebiyle yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir.

Yapının mevcut duvarları gözönüne alınmadan yapılan hesaplarla binanın doğal periyodu, deprem yükü, her bir kolona ve kirişe transfer olan deprem yük miktarı, yapıdaki düzensizlik durumu, yapının deprem karşısında toplam gücü, deprem altında oluşabilecek göçme biçimi gibi önemli parametrelerin değerlendirilmesi eksik olabilmektedir. Bölme duvarların hesaplarda dikkate alınmamasının sebebi, bölme duvarların yatay rijitliğe olan katkısının kesinlik kazanmamış olması ve önerilen modellerin hesap güçlüğüdür.

Bu çalışmada, bölme duvarların matematik modeli oluşturularak hesaplarda ve perde duvar güçlendirilmesi yapılan bir yapıda ne gibi etkileri olduğu incelenmektedir. Mevcut yapıda değişik bölme duvar alanına sahip modeller oluşturularak, deprem yükleri altında yapıya ve eleman hasar durumlarına olan etkisi ve düzensizlik durumları irdelenmiştir. Duvarlar gözönüne alındığında deprem perdeleri ile güçlendirilen bir yapıda etkileri incelenip duvarların hesaplara dahil edilmemiş haliyle karşılaştırmaları yapılmıştır.

Yapılan çalışmada ele alınan bir yurt binasında bölme duvarsız durum ve mevcut bölme duvar alanlarını da hesaba katarak deprem yükleri altındaki davranışı incelenmiş, hakim periyotlar, kat kesme kuvvetleri, taban kesme kuvvetleri, eleman hasar durumları ve etki/kapasite oranlarındaki değişimi izlenmiştir.

Aynı şekilde, duvarlar gözönüne alınmadan yapının mevcut hali deprem perdeleri ile güçlendirilirken, duvarlar gözönüne alındığında da deprem perdeleri ile güçlendirme işlemi yapılarak, duvar etkisinin perde duvar ile güçlendirilen bir yapıda etkileri incelenmiştir. Duvarlar gözönüne alındığında eleman hasar durumlarını tespit için kullanılan etki/kapasite oranlarında azalma ve yapı rijitliğinde artma meydana geldiği tespit edilmiştir. Depremi ilk saniyelerinde, duvarın yapı rijitliğine ve dayanımına olan katkısı sonucu güçlendirme perdesi uygulanan sistemde güçlendirme perdesi etkili enkesit alan oranını %20 civarında azalttığı tespit edilmiştir.

Yapı tasarımının gerçekçi ve ekonomik olabilmesi için, uygulanacak analiz hesaplarında dolgu duvarların taşıyıcı sisteme etkisi itibara alınarak yapılması faydalı olmaktadır.

EVALUATION OF THE EXISTANCE OF PARTITION WALLS IN A REINFORCED CONCRETE DORMITORY BUILDING STRENGTHENED BY ADDITIONAL REINFORCED CONCRETE SHEAR WALLS

SUMMARY

From the reinforced concrete structure constructed by using the poor quality concrete from the past to the present and the stone and brick walls ensuring the formation of the different spaces in architectural terms, there can be significant damages on the buildings due to the hazardous effects of the earthquake and the poor constructions in the issues such as material, quality, design and workmanship. Due to the fact that our country is settled on the seismic zone, the damage determination and strengthening of the current buildings gain importance. For the damaged buildings to be strengthened against the earthquake, the earthquake shear walls are observed to be used commonly due to their effects on increasing the seismic resistance on the building.

With the calculations made without considering the existing partition walls in the buildings, the evaluations of the important parameters such as the natural period of the building, earthquake load, earthquake load amount transferred to each column and beam, irregularity in the building, total strength of the building against the earthquake, the type of collapse that can occur under the earthquake can be missed. The reason why the partition walls are not considered in the calculations is that the contribution of the partition walls to the rigidity is not definite and the calculation difficulty of the proposed models.

In this study, the mathematical model of the partition walls is established and what kinds of effects there are available on a building whose shear wall strengthening is made has been examined. The models having the different partition wall area in the existing building have been formed and their effects on the buildings and the element damage situations under the earthquake loads and their irregularities have been analyzed. When the walls are considered, their effects on a building strengthened with the shear walls have been examined and their comparisons have been made with their situations in which the walls have not been included to the calculations.

In a dormitory building dealt in the study realized, its behavior under the earthquake loads has been examined by also considering the situation without the partition wall and the existing partition wall cross-sectional areas and the changes in the dominant periods, lap shears, base shears, element damage situations and impact/capacity ratios have been followed.

Similarly, while the existing situation of the building has been strengthened with the shear walls without considering the partition walls, the reinforcement is made with the shear walls when the partition walls are considered, and the partition wall effects on the buildings strengthened with the shear wall have been analyzed. When the

partition walls are considered, it has been determined that there are decreases in the impact/capacity ratios used for the determination of the element damage situations and there are increases in the building rigidity. It has been determined that this situation has also reduced the cross sectional area of the shear walls in the building by approximately 20% in the building in which the strengthening is made with the shear wall.

For the building design to be realistic and economic, it is beneficial to make the analysis calculations to be applied by paying attention to the effects of the infill walls on the structural system.

1. GİRİŞ

1.1 Genel

Ülkemizin 1. derece deprem kuşağında bulunması sebebiyle depreme dayanıklı yapıların yapılması ve güçlendirilmesi önem kazanmaktadır. Depremde hasar gören yapıların yerine yeni yapıların yapılması zaman ve para kaybı düşünüldüğünde kimi zaman doğru bir karar olmamaktadır. Bu sebeple yeni bir yapı yapmak kadar mevcut yapıların iyileştirme ve güçlendirilmesi üzerine çalışmalar önemli olmaktadır.

Geçmişten günümüze gelen düşük kaliteli beton kullanılarak inşa edilen betonarme yapı ile mimari açıdan farklı mekanların oluşturulmasını sağlayan taş ve tuğla duvarların depremin zararlı etkilerinden, malzeme kalitesi, tasarım ve işçilik gibi hususlarda hatalı kurgulanması, yapılarda büyük hasara sebep olmaktadır. Bu hasar görmüş yapıların depreme karşı güçlendirilmesi için deprem perdelerinin yapıdaki dayanımı arttırıcı etkileri sebebiyle yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Yapısal olmayan elemanlar olarak düşünülen dolgu duvarlar ise deprem yükleri etkisi altında çerçeveyle birlikte çalışmaktadır. Yapılan çalışmalara göre, deprem yükünün ilk etkilerini alarak çatlayan ve kalıcı şekil değiştirme yapan dolgu duvarlar, depremin ilk etkilerini sönümlemede rol oynamaktadır. Böylece, sistemdeki diğer taşıyıcı elemanlara gelen deprem yükünü azaltmaktadır. Orta şiddette bir depremin ilk saniyelerinde duvarın etkisi görülebilmektedir. Lineer analizlerle yapılan hesaplarda duvar yapıda devre dışı kalmadan taşıyıcı sisteme katkısını sürdürmektedir. Orta şiddette bir deprem için duvarın etkisini doğrusal hesap yöntemleri kullanılarak, duvarın çatlaması gerçekleşmeden, duvar etkiliyken sisteme katkısı inceleme kapsamında ele alınabilir. Duvarların devre dışı kaldığı, ilk çatlayan duvarın tespiti ve plastikleşme durumunda ele alan nonlinear analizlerle sürecin devamı incelenmelidir. Deprem perdeleri ve dolgu duvarların ilk olarak planda doğru yerleştirilmesi gerekmektedir. Düzensiz yerleştirilen elemanlar yapıda burulmaya, gevrekliğe ve dayanımda azalmaya sebep olmaktadır. Bu sebeple, betonarme yapıda dolgu duvarın yapının davranışına olumlu katkı yapacak özelliklerini tanımak ve bundan olabildiğince yararlanmak ya da olumsuz etkileri minimum düzeye indirmek

için dolgu duvarların özellikleri incelenmelidir. Sistem modellenmesi ve hesaplarda yapıdaki mevcut dolgu duvarların da göz önüne alınarak hesaplanması ve hasarların doğru belirlenmesi önemlidir.

Yapılardaki bütün duvarlar deprem yükleri karşısında ‘‘perde duvar’’dır ve bütün perde duvarlar gibi taşıma glerine ulaşana kadar yatay yük taşırlar. Yatay yük taşımayacağı varsayılan duvarlar da ‘‘perde duvar’’dır. Betonarme ereveli yapılarda kolonlar arasındaki tuğla dolgu duvarların sınırlı da olsa yatay yük taşıma gücü vardır. Bu sınırın altındaki yk düzeylerinde tuğla dolgu duvar önemli rijitliği olan ‘‘perde duvar’’dır (FEMA-178).

1.2 Çalışmanın Amacı Ve Kapsamı

Bu çalışmada, örnek bir yapı üzerinde yapının mevcut boşluksuz dolgu duvarları da dikkate alındığında sisteme etkilerinin ne olduğu incelenmektedir. Bunun için bina tipi betonarme yapıların deprem etkisi altındaki performanslarının belirlenmesi, değerlendirilmesi ile ilgili esaslar açıklanmış, önerilen hesap yöntemleri hakkında ve güçlendirme yöntemleri ile ilgili kısaca bilgi verilmiştir.

Duvarlar dikkate alınmadan sismik dayanımı arttırmak için deprem perdesi ile güçlendirilen örnek bir yapının, duvarları dikkate alındığında güçlendirme için kullanılan deprem perdesi oranında nasıl bir etkisi olduğu incelenmiş ve sistemin davranışı üzerindeki değişiklikler karşılaştırılmıştır.

Ekim 2011 yılı Van Depremi ncesi Van’da yapılan bir yurt binasının C8 beton kalitesinde DBYBHY 2007’ye göre duvarları dikkate alınmadan deprem analizi yapılmakta ve ilk aşamada deprem perdeleri ile güçlendirilmektedir. İkinci aşamada ise deprem yükleri etkisindeki aynı yapı, mevcut boşluksuz dolgu duvarları dikkate alınarak performansına bakılıp, minimum sayıda deprem perdesine ihtiyaç kalacak şekilde güçlendirilirken, ilk aşamadaki deprem perdeleri azaltılarak etkileri karşılaştırılmıştır. Sonuçlara göre, yapının duvarlar dikkate alınmadan mevcut hali ve bu durumun deprem perdeleri ile güçlendirilmiş hali ile duvarlar dikkate alınarak incelenen mevcut hali ve bu halinin deprem perdeleri ile güçlendirilmiş durumu yapının davranışı, periyodu, taban kesme kuvveti ve deplasmanları, kritik bir kolon ve perde üzerindeki etki/kapasite oranlarındaki değişimi bu dört durum için incelenmektedir. Dolgu duvarların hesaplarda göz önüne alındığında sisteme

sağladığı etkiler üzerinde durulmaktadır. Orta şiddette bir deprem için duvarın etkisini inceleme kapsamında eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak, duvarın çatlaması gerçekleşmeden sisteme katkısı incelenmiştir. Duvarların devre dışı kaldığı, ilk çatlayan duvarın tespiti ve plastikleşme durumunda ele alan nonlinear analizlerle sürecin devamı incelenmelidir.

1.3 Konu İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Smith (1962,1969), yatay yükler uygulayarak dolgu duvarlı çerçevelerin davranışını hem deneysel hem de analitik olarak araştırmıştır. Araştırmaların sonucunda dolgu duvarlı çerçevelerin yatay rijitlik ve dayanımının duvar boyutları ve fiziksel özelliklerinin yanı sıra duvar ile kolon arasındaki temas uzunluğuna bağlı olduğunu göstermiştir. Dolgu duvarını eşdeğer basınç çubukları şeklinde modellemiş, deneylerle bu sonuçların doğruluğunu kontrol etmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda, basınç çubuğu genişliğinin, çerçevenin değişik açıklık/yükseklik oranına göre çubuk uzunluğunun 1/4'ü ile 1/11'i arasında değiştiği sonucuna varmıştır.

Ersoy ve Uzsoy (1971), 9 adet tek katlı, tek açıklıklı dolgu duvarlı betonarme çerçeve üzerinde monolitik artan yatay yükler etkisinde çalışmış, dolgu duvarların yatay yük taşıma kapasitesini 7 kat artırdığı ve yatay yerdeğiştirmeyi %65 azalttığı gözlemlenmiştir.

Altın, Ersoy ve Tankut (1992), betonarme dolgu duvarlı, betonarme çerçevelerin davranışı üzerinde çalışmışlardır. 14 adet, 1/3 ölçekli, tek açıklıklı, iki katlı, dolgu duvarlı çerçeve tekrarlı tersinir yatay yük altında test edilmiştir. Yatay yük ikinci kat üzerinden uygulanmış, deney 25 değişkenleri, duvar dolgu modeli, dolgu duvarlar ile çerçeve bağlantı şekli, beton kalitesi ve eksenel yük uygulaması olarak belirlenmiştir. Deneyler sonucunda, çerçeve ile ankraj bağlantısı yapılmamış betonarme dolgu duvarlı numunenin yatay yük taşıma kapasitesi, boş çerçeveye oranla 2.4 kat artmış, çerçeve ile ankraj uygulaması yapılan numunenin davranışında olumlu gelişmeler gözlenmiştir.

Angel, Abrams, Shapiro, Uzarski ve Webster (1994), dolgu duvarların düzlem yanal kuvvetler etkisi altında sismik dayanımını belirlemek amacıyla 8 adet duvar üzerinde deneyler yapmıştır. Bu deneylerde çatlak oluşana kadar kuvvet uygulanmış ve daha sonra bu duvarlar güçlendirilip tekrar testten geçirilmiştir. Sonuç olarak,

çatlak duvar elemanının enine mukavemeti nedeniyle kemerlenme hareketi yaptığı gözlenmiştir. Tuğla duvarın basınç dayanımı, rijitliği ve hasar oranına bağlı bir denklem geliştirmiştir.

Karadoğan ve Yüksel (2001), yaklaşık 1/2 ölçeğiyle bir açıklıklı ve tek katlı çıplak çerçeve numuneleri üzerinde deneysel olarak çalışmışlardır. Deneysel çalışma kapsamında; çıplak çerçeveler, değişik türde bölme duvarlı çerçeveler, çevresiyle bütünleşik bölme duvarlı çerçeveler yatay yük taşıyabilmeleri, süneklilikleri ve göçme biçimlerinin gözlenebilmesi gibi amaçlarla denenmiştir. Çalışma sonunda, yapıların, depremin başlangıcında hesaba esas alınan deprem yüklerinden daha büyüğünün etkisinde kaldığı, bölme duvarların etkisi göz ardı edildiğinde, yapı davranışının gerçeğe yakın olmadığı ve ayrıca bölme duvarların güçlendirme amacıyla kullanılabileceği ortaya konmuştur.

Sucuoğlu (2003), bina güvenliğinin saptanması için yapılmış ve geliştirilme aşamasında olan Eleman Esaslı Yöntem, gerek diğer ülkelerde gerekse ülkemizde kullanılan gelen kapsamlı değerlendirme yöntemlerinden (FEMA 310, FEMA 273, Japon İndeks Yöntemi) çok farklı bir yaklaşım ortaya koymuştur. Öncelikle eleman hasarının deprem kuvveti sonucu ortaya çıkan yatay ötelenme oranına bağlı olarak tanımlanması üzerinde durmuştur.

Orakçal, W. Wallance (2004), 13. Dünya Deprem Mühendisliği Konferansında ele alınan çalışmada betonarme perdelerin lineer olmayan yöntemle eğilme durumunu öngören bir duvar modelini inceler. Model sonuçları, dikdörtgen ve T-şekilli kesitli betonarme perdelerin deneysel sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Dikdörtgen duvar kesitleri için analitik model ile elde edilen sonuçlar, deneysel olarak elde edilen eğilme kapasitesi, rijitlik, ve deformasyon ile karşılaştırıldığında olumlu sonuçlar gözlenmiştir. Model, flanş boyunca boyuna şekil değiştirmeler ile örtüşmezken, T-şekilli duvarların model ve deneysel sonuçlar arasındaki ilişkinin oldukça uyumlu olduğu görülmüştür. Genel olarak, geliştirilen duvar modeli ve yapılan kalibrasyon çalışmaları, yetersiz betonarme perdelerin döngüsel etkilerini tahmin etmeyi kolaylaştırmaktadır.

Adem Özkan (2005), tez çalışmasında, betonarme perde düzlemine paralel etkiyen yükler altında bu perdelerin büyük bir atalet momenti ve büyük eğilme rijitliğine sahip olması nedeniyle diğer düşey elemanlardan ayrıldığı gözlenmiştir. İstenmeyen

güç tükenmelerini engellemek ya da göçme oluşacaksa da sünek türden olmak üzere, istenilen yerde zayıf kesitin oluşmasını sağlayarak göçmeyi kontrol altına alabilmek için, perdelerin çözüm yöntemleri incelenmiştir. En önemli yolun ise, perde uç bölgelerin detaylı bir şekilde teşkil edilip, donatılandırılması olduğu saptanmıştır.

Kızıloğlu (2006), 12 katlı bir betonarme çerçeve binayı çıplak çerçeve, sıvasız dolgu duvarlı çerçeve ve sıvalı dolgu duvarlı çerçeve olarak modellemiş ve analizini yapmıştır. Analizi doğrusal olmayan statik analiz çözümleme yöntemlerinden statik itme analizini kullanmıştır. Dolgu duvarı ise eşdeğer çapraz çubuk olarak modellemiştir.

M. Köse, Ö. Karşoğlu (2007), Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansında, dolgu duvarların, Kahramanmaraş'ta inşa edilen üç adet çok katlı betonarme binaların doğal modal periyot ve mod şekline olan etkileri incelenmiştir. Dolgu duvarların etkilerinin incelenmesi için SAP 2000 de çıplak çerçeve ve dolgu duvarlı olarak modellenmiştir. Dolgu duvarlar, sanal eş değer basınç çubukları ile oluşturulmuş ve sadece basınç gerilmelerine maruz kalmışlardır. Kullanılan ötelemeli modal analiz ile tüm eş değer sanal basınç çubuklarının sadece basınç gerilmelerine maruz kalmalarına kadar devam edilmiştir. Sonuç olarak, dolgu duvarların binaların doğal periyotlarında azalmalara neden olduğu fakat mod şeklini etkilemediği gözlenmiştir.

B. Yön, H. Şahin (2009), Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisinde ele almış oldukları çalışma zemin sınıflarına göre perdeli-çerçeve yapılarıdaki gerekli perde alanının tespiti üzerinde durulmuştur. Örnek yapılar üzerinde hem x hem de y yönünde analiz yapılarak kat yer değiştirmeleri bulunup, yapıların her bir katının göreceli kat ötelemesi elde edilip deprem yönetmeliğindeki sınır değerlerle karşılaştırılmıştır. Perde oranı 0,005 olan yapıda ise Z1 ve Z2 güvenli kat ötelemesi sınırının aşılmadığı, Z3 ve Z4 zemininde 0,02 değerinin geçildiği belirlenmiştir. Perde oranı 0,010'a çıkarıldığında ise Z1, Z2, Z3 zeminlerinde gerekli rijitliğin sağlandığı, fakat Z4 zemininde sınır değerinin aşıldığı görülmüştür.

Sevil, Baran ve Canbay (2010), Uluslar arası makalede betonarme taşıyıcı sistemlerde bölme duvarı olarak ülkemizde yaygınca kullanılan boşluklu tuğla dolgu duvarların çerçeve davranışına olumlu etkileri deneysel çalışmalarla ortaya konmuştur. Yapılan kuramsal çalışmalarla da boşluklu tuğla duvarların eş değer

basınç çubukları ile modellendiği yapısal çözümler karşılaştırılıp, benzer sonuçlar olduğu gözlenmiştir. Çerçeve de tuğla dolgu duvarın bulunması, çerçevenin yanal yük taşıma kapasitesini 3,5 kat arttırdığı, tuğla dolgu duvarın üzerine sıva uygulanması ise 4,5 kat arttırdığı gözlenmiştir.

Karancı, Kalaycıoğlu, B. Erkan ve Özden (2011), Van Depremleri İnceleme Raporunda Van'daki yapıların taşıyıcı sistemlerinin yetersiz, hatalı donatılara sahip olmasının yanında yatayda deprem yüklerine karşı dirençliliği arttıracak olan perde duvar elemanlarının olmaması tipik nedenler arasında görülmüştür. Bu yapıların kötü performans göstermesindeki nedenin sadece zemin-yapı ilişkisinden kaynaklanmadığı, yapıların doğru projelendirilmemesi, kötü işçilik ve malzeme kullanımının da etkili olduğu üzerinde durulmuştur.

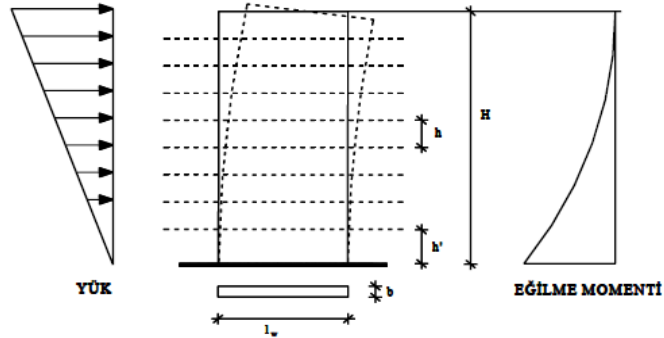
A. Ünal, H.H. Korkmaz, M.Y. Kaltakçı, M. Kamanlı, F. Bahadır ve F.S. Balık (2013), 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansında deprem dayanımı yetersiz çerçevelerin düzlem dışı perde duvar ile güçlendirilmesi çalışması ele alınmıştır. Yapılan çalışmada, 1/3 geometrik ölçekli olarak üretilen, iki katlı tek açıklıklı 3 adet deney elemanı, depremi benzeştiren tersinir-tekrarlanır yatay yükler etkisinde test edilmiştir. Çalışma sonucunda, güçlendirme perdesinde bulunan boşluklar, dayanımda azalmaya sebep olmakla birlikte, referans numuneye perde duvar ilavesi ile referans numunenin deprem dayanımında, yanal rijitliğinde ve enerji yutma kapasitelerinde oldukça büyük artışlar gözlenmiştir. Sınırlı sayıdaki bu deneyler ışığında, elde edilen sonuçlara dayanılarak, düzlem dışı perde duvar ilavesi ile güçlendirme uygulamasının, dayanım, rijitlik ve enerji yutma kapasiteleri bakımından uygulanabilir bir seçenek olduğu düşünülmektedir.

2. PERDE DAVRANIŞI HAKKINDA GENEL KURALLAR

2.1 Perde Davranışı

Deprem yönetmeliğinde planda uzun kenarının (ℓ_w) kalınlığına (b_w) oranı, en az 7 olan düşey taşıyıcı sistem elemanı perde olarak tanımlanmaktadır. Perdeler, şiddetli depremlerde binalarda önemli hasarlara neden olan görelî kat ötelemelerini önemli ölçüde azaltırlar. Uzun kenar doğrultusundaki atalet momentleri çok daha büyük olup, yatay yükleri uzun kenar doğrultusunda etkin olarak taşırlar.

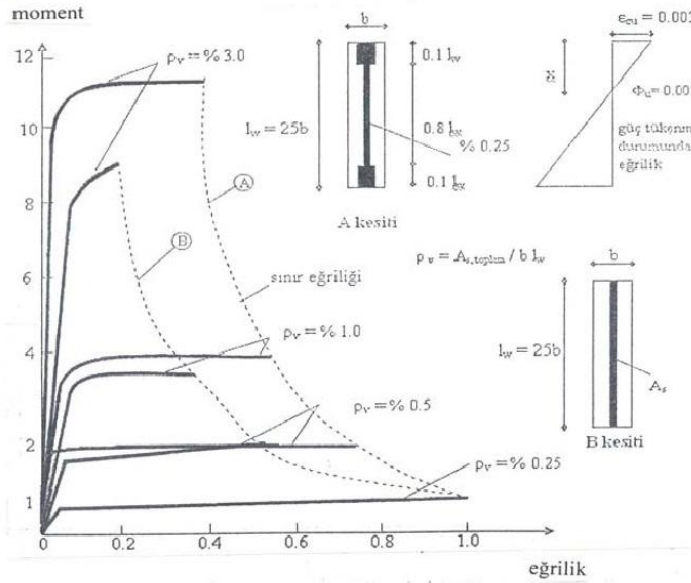
Konsol perde davranışı ile çerçeve elemanlarla birlikte tasarlanan perde eleman davranışları farklılık göstermektedir. Perdeler yatay yükler etkisinde konsol kiriş gibi davranırlar (Şekil 2.1). Kesitleri ince olmasına rağmen döşemelere rijit olarak bağlandıklarından yanal burkulma yok denecek kadardır. 2007 Deprem Yönetmeliği'ne göre burkulmaya neden olan kritik yükseklik perde yüksekliği yerine, kat yüksekliği olarak alınması uygundur.



Şekil 2.1 : Konsol perde davranışı (İ. Yüksel, 2008).

Az katlı yapılarda deprem kuvvetleri küçük olduğundan ve mimari plana uygun olarak genelde perdeler gereğinden büyük yerleştirildiğinden aşırı zorlanmazlar. Bu durumda iki doğrultuda %0,25 oranında bir konstrüktif donatı tavsiye edilir. Böylece perdenin moment taşıma özelliği sağlandığı gibi, sünekliği de önemli ölçüde artmış olur. Perdelerde gövde donatısının artırılması moment kapasitesini büyütse de kesitin göçme durumunda ulaşabileceği eğrilik yani kesitin sünekliğini azaltmış olur (Şekil 2.2). Başlık bölgesi ise yatay yükün belirli bir yönü için, tamamen basınç etkisi

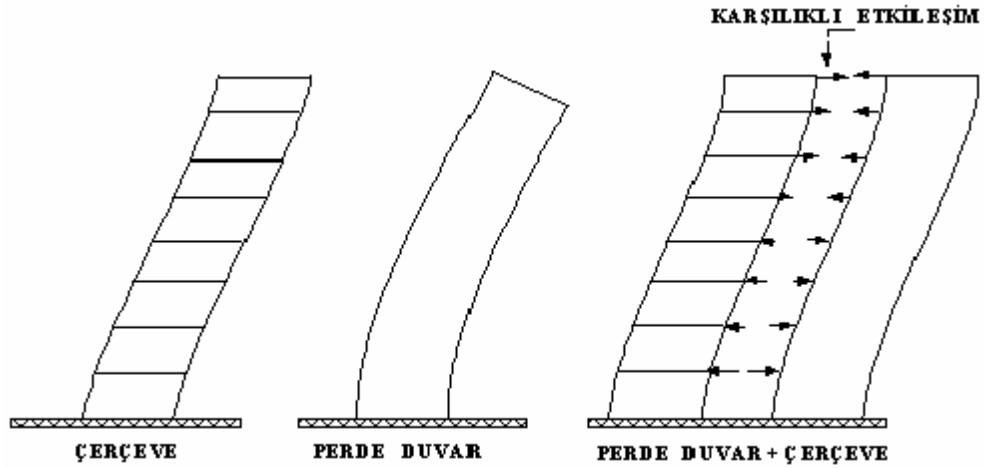
altında olacağından bu bölgenin kolonlardaki konstrüktif kurallara uyularak donatılması yerinde olur. Başlık bölgesinin bulunması perdenin eğilme momenti kapasitesini önemli derecede artırır. Hatta kesme kuvvetini eğilme momentinden daha kritik duruma getirebilir (T. Öztürk, İMO Mesleki Eğitim Kursu, 2005).



Şekil 2.2 : Perde kesitinde eğilme momenti-eğrilik değişimi.

Perdeler çerçeve sistemlerle beraber kullanıldığında ise sünekliği arttırıcı rol oynamaktadır. Perdelerin rijitlikleri fazla olduğu için, deprem veya rüzgârdan oluşan yatay yükleri, perde ve çerçeveler rijitlikleri oranında karşılarlar. Özenli bir şekilde düzenlenen perdeler, taşıyıcı sistemin toplam göçmesini önledikleri gibi, yapısal olmayan hasarların sınırlandırılmasında da etkilidir.

Perdenin şekil değiştirmesinde eğilme momenti etkili olur ve katlar arası en büyük yer değiştirme üst katlarda meydana gelirken, çerçevede ise yatay ötelemeler kat rijitliğine bağlı olarak kesme kuvvetinin en büyük olduğu alt katlarda meydana gelmekte ve üst katlara doğru azalmaktadır. Bu tür iki farklı davranış sergileyen perde ve çerçeve sistemlerinin beraber yük taşımaları durumunda, taşıyıcı sistemin ötelenmesi; perde ve çerçevelerin beraber davranmaları gereği hem eğilme, hem kayma davranışı etkisinde olacaktır (Şekil 2.3). Karma sistemde yapının üst kısmındaki perde eğilmesi çerçeveler tarafından, çerçevelerin alt katlardaki kaymaları ise perdeler tarafından engellenir (T. Öztürk, İMO Mesleki Eğitim Kursu, 2005).



Şekil 2.3 : Yatay yük altında çerçeve ve perde duvar davranışı (S. Aktan, N. Kıracı, 2010).

2.2 Boşluklu Perdeler

Perde duvarların kullanıldığı taşıyıcı sistemlerde, çoğunlukla kapı, pencere ya da tesisat geçişi gibi işlevsel nedenlerden ötürü boşluklu perde duvar ihtiyacı doğmaktadır. Bu tip yapılarda, boşlukların perde duvarlar içindeki konumları, yapı davranışına etkileri göz önünde bulundurularak, önceden tasarlanmalıdır. Boşlukların konumları ile birlikte duvar boyunca sayıları ve boyutları da yapının davranışını ve perde duvardaki gerilme dağılımını etkilemektedir. Eğilme dayanımını azaltmasından dolayı, risk oluşturacak şekilde perde alanları azaltılmamalıdır. Yükler etkisinde köşegen çatlakları oluşmasına sebep olup, daha büyük basınç ve çekme alanları oluşabilir. Bu köşegen donatı kullanarak önlenabilir. Böylece tabanda eğilme dayanımına erişilerek sünek perde davranışı sağlanmış olur (T. Selçuk, 2001).

2.3 Boşluksuz Perdeler

Konsol perde davranışı betonarme kiriş ve kolonlardan oluşmuş çerçeveler gibi davranır. Konsol perdeler döşemeler gibi diyaframlarla tutulu bir bölgedeyse perde kalınlığı düşük tutulabilir. Döşemelerin hizasından etkiyen yatay kuvvetlere maruz kalan konsol perdeleri, bu kat döşemeleri ile yanal burkulmaya karşı direnç gösterir. Konsol perdelerin güç tükenme durumu değişik şekilde oluşabilir. Perdenin en büyük momente sahip kısmında elastik ötesi şekil değiştirmeler sonrası güç tükenmesi

meydana gelebilir. Bu sünek güç tükenmesi durumundan kritik olan durum gevrek güç tükenmesidir. Eğik çekme gerilmeleri, derzlerdeki kayma güç tükenmesi veya donatı bindirme ekleri, kenetlenme boylarının doğru yapılamamış olması gevrek güç tükenmesine neden olabilir (T. Selçuk, 2001).

2.4 Perde Modellemede Kriterler

Sistem olarak deprem yüklerini taşıyan bina taşıyıcı sistemi ve aynı zamanda taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların her biri, deprem yüklerinin temel zeminine kadar güvenli olarak iletilmesini sağlayacak rijitlik, dayanım ve süneklikte olmalıdır. Ayrıca yeterli kararlılık (stabilite), yeterli sönüm ve yeterli uyum (adaptasyon) ilkeleri de göz önünde bulundurulmalıdır.

2.4.1 Rijitlik

Yatay yükten kaynaklanan deformasyon rijitlik ölçüsü olarak tanımlanır. Aynı yanal yük etkisindeki elemanlardan, az deformasyon yapan bir elemanın diğerine göre daha rijit olduğu söylenebilir. Rijitlik ile binanın kullanılabilirlik sınır durumunda oluşacak ötelenmeler belirlenir. Rijitlik unsuru deprem etkisindeki davranışlarda, hafif ve orta şiddetteki depremlerde yanal ötelenmelerin kalıcı ve büyük olmamasını, şiddetli sismik etkiler altında ise rijitliğin azalabilmesi ve bina doğal periyodunun büyüterek sismik kuvvet oluşumunu aza indirmesini amaçlar. Yapının depreme dayanıklı olması için ötelenme ve eğilme rijitliği yeterli olmalıdır. Eğilme rijitliği, yapıdaki elemanlarla daha çok ilgili olup, eleman kesitindeki moment-eğrilik ilişkisi ile tanımlanabilir. Ötelenme rijitliği ise yapının tümüyle ilgili olup, yapıya etkiyen kuvvet ile bu kuvvet etkisindeki ötelenme ile belirtilir.

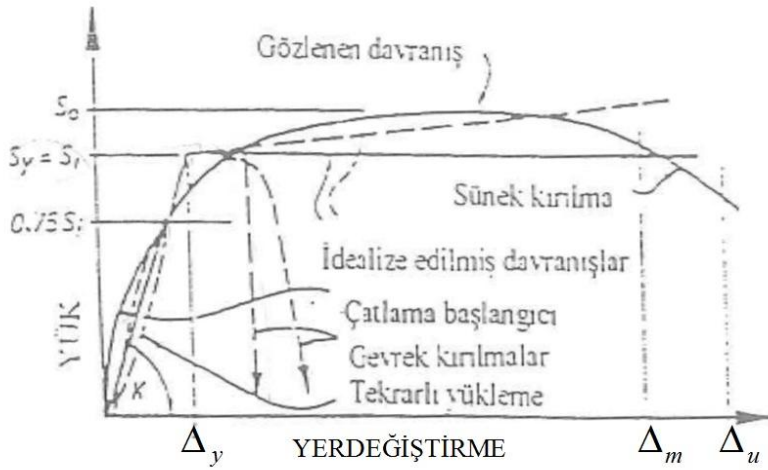
Yapı elemanlarının rijitliğini seçmek önemlidir. Elemanlardaki rijitliğinde sürekli olmasına dikkat edilmelidir. Rijitlik uygun seçilerek, titreşim periyodu belirli aralığa getirilip deprem etkilerini küçültmek mümkündür. Bunun için ilk yapılacak iş, spektrum eğrisinde bölgenin hakim periyodu ile yapınınkini uzak tutarak rezonans olayını önlemektir. Örneğin uzun zemin periyotlarının hakim olduğu bölgede, kısa periyotlu rijit az katlı yapılar uygundur (T. Öztürk, İMO Meslekiçi Eğitim Kursu, 2005).

2.4.2 Dayanım

Yapı deprem etkisi altında farklı sınır durumları göz önüne alınarak boyutlandırılır. Bunlardan kullanılabilirlik sınır durumunda, yapıda sehim ve çatlakların yapının kullanım sınır durumunu etkileyecek boyutta olmaması istenir ve yapı elastik davranacak şekilde boyutlandırılır. Hasar sınırlandırması durumunda, orta şiddetteki depremleri yapının takviye kabul edebilecek hasarla karşılaşması esas alınır. Kesitler yeterli dayanıma sahip olmalıdır ve bu dayanım hesabında malzemenin elastik olmayan davranışı esas alınır. Yapının plastik davranış altında çözümü yapılabileceği gibi, deprem yükü azaltması kullanılarak elastik çözümü yapılabilir. Son olarak yapı göçmesi sınır durumunda ise statik hesaplara esas olan orta şiddetteki depremden daha büyük bir deprem durumunda hasar kabul edilir, göçmenin kontrolü esas alınarak, istenilen düzeyde göçme durumu ortaya çıkması için elemanların kapasitelerine bakılarak, zayıf kesitin istenilen yerde oluşması sağlanır (T. Selçuk, 2001).

2.4.3 Süneklik

Perde duvarların dayanımı kadar sünekliği de önemlidir. Deprem bölgelerinde yapılan yapılarda yapının sünek olması istenir. Süneklik, büyük şekil değiştirme yapabilme yeteneği ve enerji yutabilme kapasitesi ile ilişkilidir. Yapı elemanı plastik şekil değiştirme yaparak direnç gösterir. Bu durum elemanın sünekliği ile ilgilidir. Deprem etkisinde, yapı büyük şekil değiştirmelere maruz kaldığında, yapının başlangıçta sahip olduğu dayanımın büyük bölümünü koruması ve büyük hasarları azaltması da sünekliğe bağlıdır. **Şekil 2.4**'de Δ_u yerdeğiştirmesi ile gösterilen süneklik sınırı, dayanımın azalmaya başladığı sınırla ilişkilidir. Ulaşılan bu sınır göçme sınırı olarak tanınmasına rağmen, yapı güç tükenmesine ulaşmadan plastik şekil değiştirmelerin devam etmesi mümkündür. **Şekil 2.4**'de sünek göçme ile gevrek göçme arasındaki fark görülmektedir. Gevrek göçme durumunda yıkılma belirtileri olmadan yapı tüm dayanımını kaybeder.



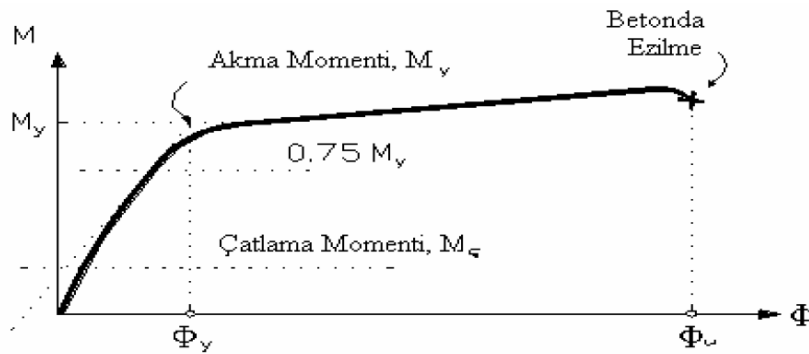
Şekil 2.4 : Betonarme elemanlarda yük-yer değiştirme ilişkisi (T. Selçuk, 2001).

Süneklik, toplam yer değiştirmenin elastik yer değiştirmeye oranı olarak tanımlanır.

$$\mu = \Delta / \Delta_y \geq 1 \quad (2.1)$$

Ötelenme sünekliği, Δ_u ile Δ_y arasındaki oran, taşıyıcı sistemin ötelenme sünekliği olarak tanımlanır. Deprem hesaplarında ötelenme sünekliği için yaklaşık 4~5 olması istenir. Eğrilik sünekliği ise N-M- Φ ilişkisi ile tanımlanır (Şekil 2.5). Çekme donatısının akma değeri Φ_y ve basınç etkisiyle betonun ezilmesine karşılık gelen Φ_u değerleri Şekil 2.5’de M- Φ ilişkisinden hesaplanır.

$$\mu_\Phi = \Phi_u / \Phi_y \quad (2.2)$$



Şekil 2.5 : N-M- Φ ilişkisi (T. Öztürk, İMO Mesleki Eğitim Kursu, 2005).

Beton gevrek malzeme, çelik ise sünek malzemedir. Çelik ve betondan meydana gelen malzemenin doğru birleştirilmesi ile sünek eleman oluşturularak şiddetli depremlerde plastik şekil değiştirme kabiliyetinin yüksek olması istenir.

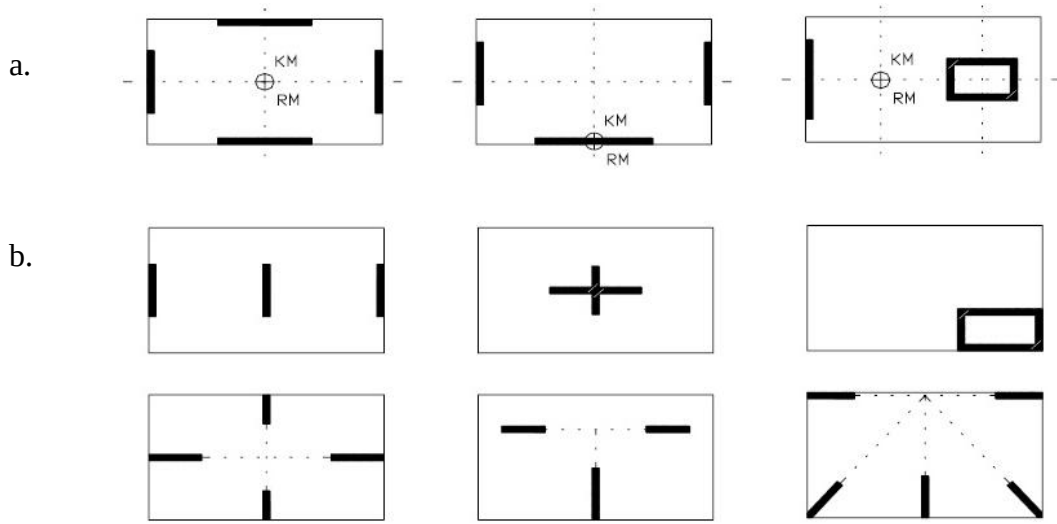
2.5 Deprem Perdelerin Planda Yerleşiminde Dikkat Edilecek Hususlar

Perdenin planda yerleşimi yapıyı farklı şekillerde etkiler. Bu yüzden perdelerin taşıyıcı sistem açısından doğru yerleştirilmesi gerekir. Perdenin kesitine ve plandaki konumuna göre eğilme moment ve burulmaya karşı dayanımı değişiklik gösterir.

Perdeler, burkulma stabilitesine sahip, rijitlikleri simetrik ve temelde devrilmeye karşı yeterli güvenlikte olmalıdır. Perdeleri planda yerleştirirken plastik şekil değiştirmelerinin düzgün olarak sisteme dağılması, perdelerin bazısının aşırı, bazısının kapasitesi altında zorlanması gibi düzensiz dağılımı ortadan kaldırmasına yardımcı olacaktır.

Yapıda rijitlik merkezinin yeri oldukça önemlidir. Rijitlik merkezi ile kütle merkezinin yeri oldukça yakın olmalıdır. Bu durum yapıdaki burulmayı etkiler. Burulma etkilerini azaltmak için perde sistemlerinin ideal şekilde düzenlenmesi gerekmektedir (Şekil 2.6a). Yapıda en büyük burulma rijitliğinin sağlanması için, perde duvarlar yapının çevresine dağıtılmalıdır.

Aynı düzlemdeki perdeler, tek başlarına konsol kiriş gibi çalışabildikleri gibi, birbirlerine bağ kirişleri ile bağlanarak perde çifti olarak düzenlenebilirler. Perde duvarlar kat planı içinde, döşeme yüklerinin olabildiğince büyük kısmını, eksenel kuvvet olarak temele aktaracak şekilde düzenlenmelidir. Bu şekilde perdede eğilme momenti için gereken donatı azalır. Ayrıca çok katlı yapılarda deprem direncinin bir kaç perdede yoğunlaştırılması, temel sistemini bu noktalarda çok büyük deprem etkisine maruz bırakır. Perde duvarlar, her iki doğrultuda yerleştirildiğinde ise depremin güçlü yönde etkimesi durumunda bile, rijitlik merkezinin herhangi bir tarafında oluşabilecek olan mafsallaşmadan dolayı, rijitlik merkezinin kütle merkezi ile olan mesafesi artacak ve oluşacak burulmaya yardım edebilecek olan depreme dik yöndeki perdelerin yardımcı olması sağlanamayacaktır (Şekil 2.6b). Aynı zamanda perdeler, simetrisi bozuk şekilde ve kat içinde belli bir bölgeye yoğunlaştırılmamalıdır. Perdelerin sistem çizgilerinin bir noktada kesişmeleri önlenmelidir (Şekil 2.6b) (T. Öztürk, İMO Mesleki Eğitim Kursu, 2005).



Şekil 2.6 : Perdelerin planda yerleşimi.

2.6 Deprem Perdelerin Yapı Davranışına Genel Etkisi

Perdelerin temel işlevi çok katlı yapıların yatay rijitliklerini arttırmaktır. Çerçeve sistemler yatay yükler altında hem iç kuvvetler ve hem de yerdeğiştirmeler bakımından istenen koşulları perdeler olmadan tam olarak sağlayamazlar. Perde duvarlı çerçeve taşıyıcı sistemler, bütün deprem bölgeleri için tavsiye edilirler.

Bir yapının taşıyıcı sistemi, tamamen perde elemanlarla tasarlanabileceği gibi taşıyıcı elemanların belli bir kısmı perde olarak tasarlanabilir. Kısmen perdeli tasarlanan yapılarda perde oranı önem kazanmaktadır. Örneğin, 1992 Erzincan depreminde, perde duvarlı yapılarda fazla hasar olmadığı gözlenmiştir (M. Döndüren, A. Karaduman, 2010).

Yapılan araştırmalarda deprem perdelerinin yatay kuvvetlere karşı dayanımı arttırmakta büyük rol oynadığı görülmüştür. Bu sebeple yapıların depreme karşı dayanıklı taşıyıcı sistem tasarımında perde oranına dikkat çekilmiştir. DBYBHY 2007 ye göre yapılara yeter sünekliği kazandırmak, yanal deplasmanları sınırlandırmak ve ekonomik tasarımlar yapmak konusunda perdeler önemli görevler düşmektedir. Perde elemanlarının kullanılması ihtiyacı, teknik gerekçelerden daha çok, betonarme yapılarında istenen kalitenin tutturulamamasından kaynaklanan zaafiyetin giderilmesi ihtiyacından kaynaklanmıştır.

Çünkü, uygulamada sünek yapı üretiminde çok büyük hatalar yapılmakta, önemli boyutlarda ihmallerle karşılaşılmaktadır. Sistemin süneklik düzeyini arttırmakta deprem perdelerinin önemli etkisi anlaşılmaktadır.

3. DOLGU DUVARLAR HAKKINDA GENEL KURALLAR

3.1 Genel Tanım

Betonarme yapının taşıyıcı iskeletinin boşlukları yapay bloklarla oluşturulan duvarla doldurulur. Bu duvar, çoğunlukla pişmiş topraktan, tuğla malzemelerden yapılır. Tuğla, tarihin en eski yapı malzemesidir. Bu arada dolgu duvarlarında hafif ya da normal ağırlıkta beton bloklar da kullanılmaktadır.

Tasarımda yapıya ağırlık dışında bir katkısı olmayacağı varsayılan dolgu duvar malzemelerinin dayanım özellikleri çok dikkate alınmaz. Bu duvarların ısı yalıtımı özellikleri çok daha önemlidir.

Dolgu duvarların önemli dayanım özelliği duvardaki bloğun dayanımı ile duvarın bir bütün olarak dayanımıdır. Duvar için kullanılan beton bloğun dayanımı ile harç ve işçilikten oluşan tuğla duvarın dayanımları farklıdır. Duvarın duvar düzlemi içinde yatay derzlerine dik ve paralel etkiyen yükler altında dayanımları önemlidir. Derzlere dik yönde gelen yüklerde duvarın “basınç” dayanımı, yatay yönde gelen yüklerde ise “kesme” dayanımı etkilidir. Deprem yükleri açısından duvarın kesme dayanımı dikkate alınır. Duvarın basınç dayanımı ise duvardaki blok, harç dayanımı ve derzlerde kullanılan harç kalınlığı, yatay ve düşey derzlerdeki harç durumuna bağlıdır. Duvarın yatay derzlere paralel doğrultuda etkiyen kuvvetlere karşı duvarın kesme dayanımı ilk anda duvar malzemesi ile harç arasındaki yapışmaya, aderansa bağlıdır. Tuğla ile harç arasındaki yapışma, tuğlanın su emme özelliklerine bağlıdır. Tuğlanın çok su emmesi harcın yeteri kadar sertleşmesine engel olabilir. Duvar çatlayınca tuğla ile harç arasındaki yapışma (aderans) yok olur, duvarın kesme dayanımı bu çatlak ara yüzeyindeki tuğlalar ya da bloklarla harç arasındaki sürtünme kuvveti ile oluşur ve çatlak genişleyip duvar blokları birbiri üzerinde kaydıkaç sürtünme alanı azalacağı için sürtünmeye bağlı kesme dayanımı da giderek azalır. Duvardaki düşey yük büyük ise sürtünmeye bağlı kesme dayanımı daha yüksek olur (N. Bayülke, 2003).

Dolgu duvarların betonarme çerçeveli yapıların deprem davranışına olumlu ve olumsuz katkıları vardır. Dolgu duvar malzemesinin cinsi, harç dayanımı ve duvar işçiliğine bağlı olarak duvarları dayanım ve rijitliğe katkısı değiştiği için yapı sistemi üzerindeki etkisini de değiştirmektedir.

Yapılan araştırmalara göre, en son Van Depremi (Ekim 2011) sonrası gözlemler göstermektedir ki; dolgu duvarlar ayakta kalan binaların dayanımına hayli katkıda bulunmuştur. Fakat dolgu duvarlarda kılcal çatlaklar şeklinde hafif hasar olduğu durumlarda bile ev sakinleri evlerinde tekrar oturmaktan çekinmektedir (A. Yakut, B. Binici, İ.O. Demirel ve G. Özcebe, 2013).

3.2 Doğal Titreşim Periyodu

İncelenen çalışmalarda, dolgu duvarlar yapıların çıplak çerçeve konumundaki rijitliğini 2-4 kat artırabilmekte olduğu görülmüştür. Duvarın rijitliğe katkısı olduğu gibi rijitlikte olan artışın neden olacağı periyot azalmasının küçük bir bölümü ağırlık artırımının getireceği daha sınırlı periyot artışını fazlası ile karşılamaktadır. Büyük yatay yüklerin olduğu depremlerde dolgu duvarların yapının rijitlik ve periyot üzerindeki katkısı giderek azalmakta olduğu tespit edilmiştir (N. Bayülke, 2003).

Şiddetli depremlerde salınımları ölçülmüş yapıların periyotları ile analitik yöntemlerle hesaplanmış periyotları arasında önemli farklar vardır. Periyot hesaplarında dolgu duvarların katkısı dikkate alınmadan bulunan periyotlar yapıda alınmış deprem kuvvetli hareket kayıtlarından hesaplanmış periyotlara göre daha uzundur. Buna karşılık dolgu duvarların rijitliğe olan katkısı da dikkate alınmış periyotlar ile depremde ölçülmüş periyotlar birbirine daha yakındır. Deprem kuvvetlerinin genliğinin büyümesi ve dolgu duvarda çatlak oluşması ile birlikte yapıların titreşim periyotları uzamakta ve yapının salt taşıyıcı çerçeve sistemi dikkate alınarak hesaplanmış periyoduna yaklaşmaktadır.

Dolgu duvarların varlığı bir depremin başında, düşük yatay yük düzeylerinde, yapının periyodunu kısaltır. Deprem sonucu duvarların çatlayıp hasarın başlaması ve giderek artması ile yapının periyodu uzamakta ve yalnızca taşıyıcı sistem dikkate alınarak bulunmuş periyoduna yaklaşmaktadır. Başka bir deyişle dolgu duvarın yapının titreşim periyoduna katkısı azalmaktadır. Deprem sırasında yapı

periyodundaki değişimler de yapıya gelen deprem yükünü etkilediği tespit edilmiştir (N. Bayülke, 2003).

3.3 Düzensizlik Durumları

Dolgu duvarların simetrik olmayan yerleşimi bina planında burulma düzensizliği gibi kritik düzensizliklerin sebebidir. Burulma düzensizliği oluşunca betonarme kolonların üzerine gelen kesme kuvveti hem yüklerin oluşturduğu kesme kuvvetini hem de burulmadan dolayı oluşacak kesme kuvvetlerini taşımak zorunda kalacağından, yapıdaki kesme kuvvetlerinde artış olur. Dolgu duvar etkisini hesaba katmadan binanın projelendirmesi, geçekte var olan duvar etkisinin görmezden gelinmesidir. Dolgu duvarlar hem yük dağılımını hem de rijitlik merkezini etkilediği için dolgu duvarın taşıyıcı sisteme etkisinin hesaba katılması gerekir. Çünkü, dolgu duvarı planda ve düşeyde bazı düzensizliklere sebep olabilmektedir (S.A. Kaplan, 2008).

3.3.1 Planda düzensizlikler

Düzensizliğe sebep olan etkenlerden biri rijitlik dağılımıdır. Simetrik olmayan yerleşim, eksantrisiteden oluşan burulma momentleri, yatay yüke karşı direnç gösterecek elemanların birbiri ile paralel düzende olmaması, planda köşelerde girinti çıkıntıların hesabı etkileyecek büyüklükte olması, yatay yüke karşı duran düşey eleman hattının sapması düzensizliklere sebep olabilmektedir. Bu sebeple dolgu duvarlar hesaba katılarak düzensizlik durumunun kontrol altına alınması sağlanabilir.

3.3.2 Düşey düzensizlikler

Dolgu duvarların yeterli kullanılmayışı ya da yanlış yerleştirilmesi ile yumuşak ve zayıf katlar, komşu katlar arası kütle ve rijitlik oranının farklı olması, yatay yük sisteminde sapmalar olması gibi düzensizlikleri beraberinde getirmektedir. Genelde üst katlarda duvar kullanılmasına rağmen, giriş katlarda ve ya zemin katlarda mimari açıdan daha fazla alan kazanmak için duvar kullanılmaması durumunda hesaba yansıtılmaması, sistemin düzensizlik durumu hakkında doğru sonucu gizlemiş olur. Düşey düzensizlik kontrolü için alınacak tedbirlerin geçerli olabilmesi için duvar etkisinin mutlaka hesaba katılması gerekir. Yapılan hesaplar ve depreme karşı

alınacak tedbirlerin doğru ve yerinde olması için dolgu duvarların etkisinin hesaba katılması önemli olmaktadır (S.A. Kaplan, 2008).

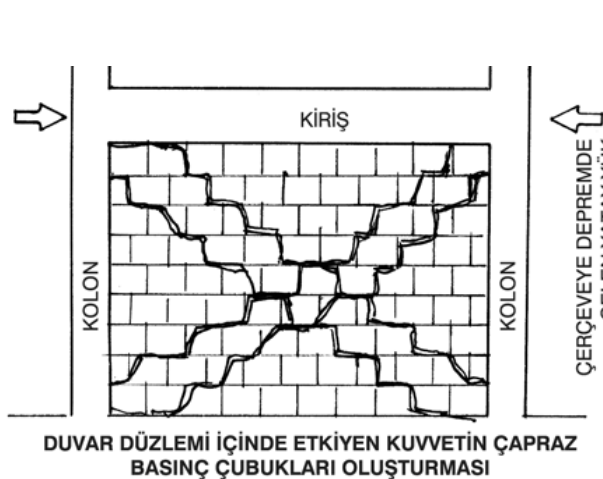
3.4 Dolgu Duvarların Yapı Davranışına Genel Etkisi

Yapı rijitliğine önemli katkısı olan dolgu duvarların kalınlığı, yüksekliği, çerçeve açıklığı ve duvarın malzemesine bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca dolgu duvarlar ile çerçevenin kolon ve kirişlerle olan ara yüzeylerindeki hareket, yapıya sönüm sağlamaktadır.

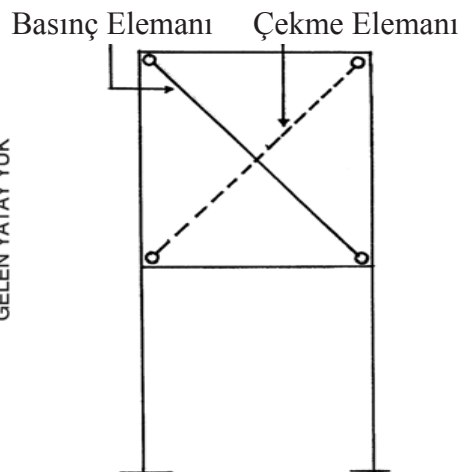
Tuğla dolgu duvar ile betonarme çerçeve birbirine yapışık ise perde duvar gibi davranış gösterir. Dolgu duvarlar kesme kuvveti taşımaya yardımcı olmaktadır (N. Bayülke, 2003).

Taşıyıcı sistem içinde dolgu duvarların bulunması, çerçeve salınım değerini büyük ölçüde etkilemektedir. Birçok standart (Euro code-8, 2003), (NBC-105, 1995), (NSR-98, 1998), (Costa Rican Seismic Code 1986) dolgu duvarlı betonarme çerçevelerin kat salınım miktarını %1 olarak sınırlamışlardır. FEMA 306 (ATC 1999) tuğla duvar için %1,5, dolgulu beton blok duvarlar için %2, dolgusuz blok beton duvarlar için %2,5 salınım sınır değerleri olarak belirlemiştir.

Dolgu duvarlı betonarme çerçevelerin başlangıç rijitlikleri dolgu duvarların rijitliği ile ilişkilidir. Bu yüzden, FEMA-306 dolgu duvarlar ile kolon-kiriş çerçeve ara yüzeyi boşluksuz olarak yapılmasını önermektedir.



Şekil 3.1 : Betonarme çerçeve içindeki dolgu duvarın düzlemi içinde davranışı (N. Bayülke, 2003).



Şekil 3.2 : Dolgu duvarın diyagonal elemanlarla modeli (N. Bayülke, 2003).

Dolgu duvarın düzlemi içinde yer aldığı betonarme çerçevenin etkisi ile **Şekil 3.1'** deki gibi çatlaması, bölme duvarın betonarme çerçevenin rijitlik ve dayanımına katkısının, duvarın bir bölümünün diyagonal eleman olarak çerçeveye rijitlik veren ve yalnızca eksenel yük taşıyan basınç çubuk elemanları aracılığı ile temsil edilebileceğini göstermektedir (Çıtıpıtıoğlu ve Doğan, 1993).

Dolgu duvarların bir bölümü ya da belli genişlikte çapraz bir duvar eleman parçası, A en kesit alanlı ve E elastisite modüllü bir basınç çubuğu olarak matematiksel modeli kurulabilir (Şekil 3.2). Dolgu duvarı temsil eden çapraz elemanın katkısı, deprem yükleri duvarı çatlatmadan önce en yüksek seviyededir (N. Bayülke, 2003). Daha sonra etkisini yitirir. Çerçeve elemanla beraber rijitlikte ve dayanımda katkısı olan duvar eleman çatlayıp, etkisini yitirdiğinde, çerçeve eleman yük dayanımını yalnız sağlar.

4. DEPREMİN YAPI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ VE YAPININ PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

4.1 Deprem Sırasında Yapı Davranışı

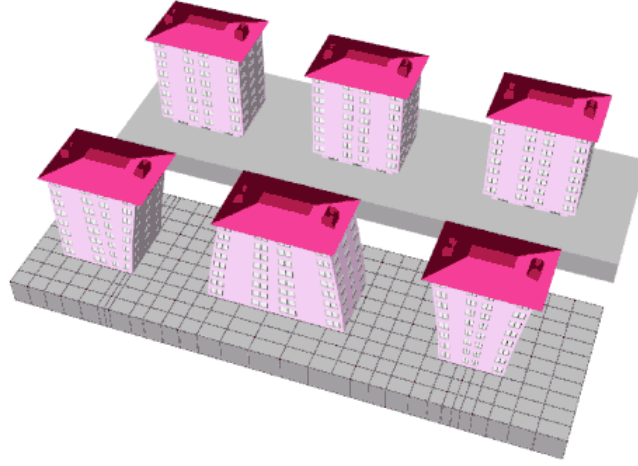
Betonarmede, beton ve çelik birbirlerinin zayıflıklarını gidermektedir. Yangına ve korozyona karşı zayıf olan çelik, beton örtü ile korunmakta, çekme dayanımı ve sünekliği yetersiz olan beton ise çelikle donatıldığında, hem basınç hem de çekme dayanımı yüksek bir malzeme haline gelmektedir.

Beton, sargı donatısı olarak adlandırılan kapalı etriyelerle sarıldığında, süneklik düzeyi yüksek bir malzeme elde edilmektedir. Bu süneklik, elemanın çok yüksek aksenal yüklerle zorlanmadığı durumlarda, depremde yeterli enerji tüketilebilmesini sağlamaktadır.

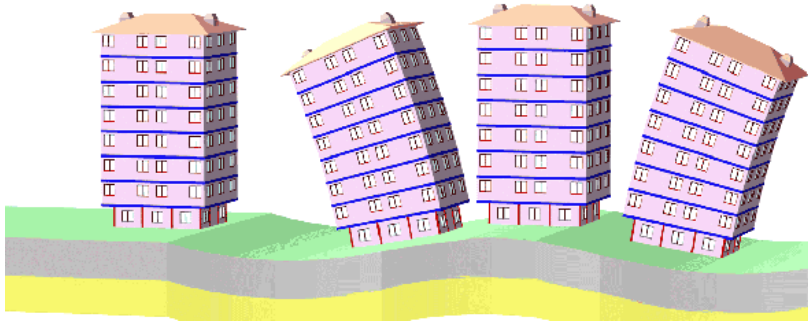
Ülkemiz gibi deprem riski yüksek ülkelerde yapılarda aranan en önemli özellik, deprem güvenliğini sağlayan yeterli dayanım, süneklik ve yanal rijitlik koşullarının sağlanmasıdır.

Yapıdaki hasarın gerçek bir değerlendirmesini yapabilmek, ayrıca yapının onarımını gerçekleştirebilmek ve varsa kusurlarını giderebilmek için, yapının depremdeki davranışı incelenmelidir.

Deprem sırasında yapılar depremin oluşturduğu yatay ve düşeydeki titreşim hareketlerinden farklı şekillerde etkilenirler. Depremde meydana gelen öncül dalga hareketi boyuna dalga hareketidir ve yapıya yıkıcı etkisi olmazken, ikincil dalga hareketi enine dalga hareketi olup yapıları ağır hasara ve yıkılmasına sebep olabilmektedir. Öncül dalga, yapı temelinde sıkışma ve genişlemelere neden olabilmektedir (Şekil 4.1). Yatay dalga hareketi ise yapıya eğilme ve silkeleme hareketi yaptırmaktadır (Şekil 4.2). Eğer, yapının rijitlik ve kütle merkezi çakışmıyorsa yapıda bu esnada burulma hareketi de oluşabilmektedir (Şekil 4.3) (H. Tonyalı, 2006).



Şekil 4.1: Öncül dalga hareketinde yapı davranışı (H. Tonyalı, 2006).



Şekil 4.2 : İkincil dalga hareketinde yapı davranışı (H. Tonyalı, 2006).



Şekil 4.3 : Yapıda burulma hareketi (H. Tonyalı, 2006).

Binalar depremde çeşitli dinamik modlara girerler. Ama bu modlardan sadece bir veya birkaçı binanın deprem anında yıkılmasına veya hasar görmesine neden olacaktır. Deprem anında bu modlar ayrı ayrı veya belli bir sıra ile oluşmazlar çünkü çok kısa bir süre içinde farklı yönlerden farklı karakterde hareketler aynı anda yapıya etkir. Burada önemli olan deprem anında zemin hareketi periyodu ile yapı dinamik davranışına büyük etkisi olan modların titreşim periyodlarının çakışmamasıdır.

Rezonansa giren yapı, bu şekilde küçük şiddetli depremlerde bile yıkılabilmektedir. Özet olarak, deprem anında bina kendine has modlara girip titreşir. Bu modlardan önemli olan bir veya birkaçı zemin etkisi nedeniyle veya binanın kendi özelliği nedeniyle, depremin kuvvetli hissedildiği bir periyoda denk gelirse; o binanın hasar görme ihtimali çok artar. Bina projelendirme sırasında bu davranış tespit edilip önemli modların depremin etkisinin daha az hissedildiği periyodlara denk gelmesi sağlanabilir.

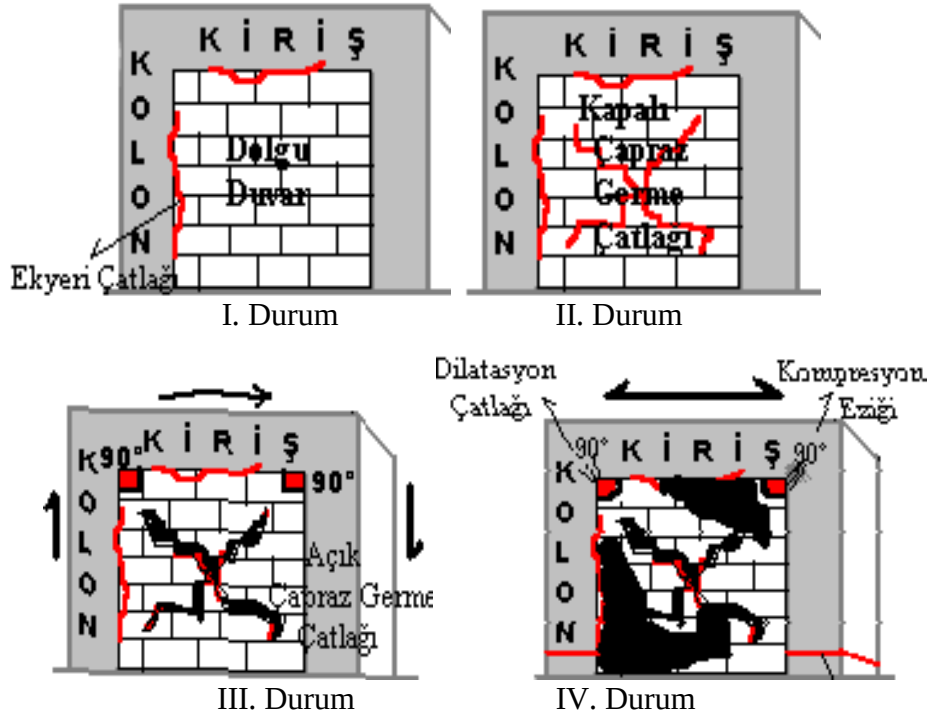
4.2 Yapı Hasar Tipleri

Hasara sebep olan unsurlardan deprem, özellikle ülkemiz için önemli yer teşkil etmektedir. Deprem betonarme yapı elemanlarını doğrudan etkilemektedir. Taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlarda ciddi boyuta ulaşan hasarlara sebep olabilmektedir. Bu hasarları tanınması, bunların nedenleri ve oluşum mekanizmaların bilinmesi, yapı güvenliğini ne düzeyde etkileyebileceğini tahmin etmede ve isabetli karar vermede yardımcı olmaktadır.

4.2.1 Taşıyıcı olmayan yapı elemanlarında deprem hasarları

Taşıyıcı olmayan eleman olarak kabul edilen duvarlar deprem sırasında yatay yüklerin belirli bir kısmını göçünceye kadar taşıdığı bilinmektedir.

Deprem sırasında hasar ilk olarak sıvaların çatlaması ile başlayıp, betonarme çerçeve ile dolgu duvar arasındaki yüzeylerden ilk önce giriş ile dolgu duvar arasında ortaya çıkmaktadır. Bu durum taşıyıcı sistem açısından önemli değildir. Daha şiddetli depremlere maruz kaldığında ise dolgu duvarlarda X biçiminde hasar oluşmaktadır. Bu hasarın ileri aşamalarında ise duvar parçalanıp, dökülmektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 : Dolgu duvarlarda hasar düzeyi (U. Kaynak, 1999).

4.2.2 Taşıyıcı yapı elemanlarında deprem hasarları

Taşıyıcı sistemde görülen hasarlar direk olarak yapının veya taşıyıcı elemanların taşıma gücünü azaltmaktadır. Söz konusu hasarlar, kolon, kiriş, betonarme perde duvar, birleşim yerleri, döşeme ve temel gibi ana elemanlarda ve sistemin bütününde gözlenen hasarlar olarak tanımlanabilir (İ. Yüksel, 2008).

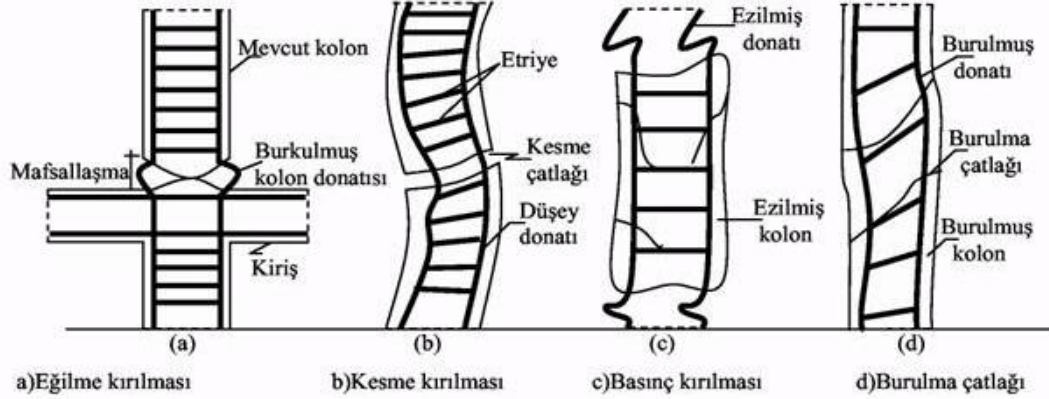
4.2.3 Kolonlarda hasar tipleri

Deprem esnasında kolonlara gelen kesme kuvvetini karşılayacak yeterli etriye bulunmadığında kolonlarda ani ve istenmeyen gevrek kırılmalar meydana gelebilmektedir. Kolonlarda oluşan büyük kesme çatlakları ağır hasarın habercisi olmaktadır (Şekil 4.5). Doğru yerleştirilmiş donatı, çatlağın genişlemesini önleyerek kılcal düzeyde kalmasını sağlamaktadır. Donatının depremde iyi bir davranış gösterebilmesi için olabildiğince asal çekme gerilmeleri doğrultusunda yerleştirilip, uçlarının sarılmasının yanı sıra, kesit boyutlarının da büyük seçilmesi gerekmektedir.

Kolona etkiyen eksenel yüklerin artması ve eksenel yük taşıma kapasitesini aşması sonucunda da kolonda gevrek kırılmalar meydana gelebilmektedir. Kolon boyuna donatısı akma sınırına ulaşmadan beton ezilip kırılarak ani kırılmalar oluşmaktadır.

Bu şekilde oluşan hasarlardan sonra, kolona yük aktaran kiriş ve döşemeler askı elemanları ile desteklenerek güçlendirilmesi gerekmektedir.

Burulma momentlerinin de etkisiyle kolonun bir tarafında diyagonal çatlaklar ve betonda dökülmeler meydana gelirken, diğer tarafında basınç ezilmelerinden kaynaklı hasarlar oluşabilmektedir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 : Betonarme kolonda hasar çeşitleri (H. Tonyalı, 2006).

4.2.4 Kirişlerde hasar tipleri

Kirişlerde en çok açıklıklarda eğilme kırılması şeklinde hasar meydana gelmektedir. Bu durum kirişte boyuna donatının yetersiz sayıda olması sonucu çekme bölgesindeki çatlakla belirlenmektedir. Kirişlerde çekme bölgesindeki betonda eğilme çatlaklarının oluşması ve bu çatlakların boyutlarının düşey yük etkisiyle büyümesi boyuna donatıdaki gerilmenin akma gerilmesine ulaştığını göstermektedir. Ancak eğilme çatlaklarının yanında, kesme çatlakları da varsa kiriş, ağır hasarlı olduğu gibi, tehlikeli duruma gelmektedir. Çünkü kesme çatlakları sünek olmamaktan ileri gelen gevrek ve istenmeyen bir kırılma türüdür. Başka kirişlere mesnet olan kirişlerde yani saplama kirişlerde ikincil kirişten ana kirişe aktarılan yük etriyeler ile ana kirişin basınç bölgesine aktarılmaz ise ana kirişte, ikincil kirişin saplandığı yerin her iki tarafında çatlaklar meydana gelmektedir.

4.2.5 Perde duvarlarda hasar tipleri

Perdelerde hasarlar, kat sayısına, yapı yüksekliğine göre artar. Kat sayısı az olan yapılarda büyük perde momentleri meydana gelmemektedir. Perde zayıf, kolon uç momentleri güçlü ise, perde gövdesinde kesme kırılması olur. Alçak yapıların perde duvarlarında kesme çatlakları oluşurken çok katlı perde duvarlı yapılarda zemin ve

zemine yakın katlarda eğilme çatlakları oluşur. Bu tür hasar pencere yada kapı boşluğu olmayan perde duvarlarda görülmektedir.

Boşluklu perde duvarlar ise birbirine kat düzeyinde bağ kirişleriyle bağlanmış iki dolu perde duvar gibi davranmaktadır. Ancak bağ kirişlerinin uçlarında kesme yada eğilme kırılması meydana gelmektedir. Bunun sonucunda boşluklu perde duvar bağımsız dolu perdeye dönüşür. Daha sonra her bir dolu perdenin tabanında eğilme kırılmasının oluşması beklenir.

Perdeli çerçeveli yapılarda ise önce perde duvar hasarı beklenir bu hasarın yaptığı ötelenmeler artacağından çerçeve elemanlarında da hasar başladığı görülür.

4.2.6 Döşemelerde hasar tipleri

Döşemelerde görülen çatlaklar genellikle düşey yükler sonucu oluşur ancak, yatay yüklerin ortaya çıkmasıyla artar. Çok önemlileri dışında, döşeme çatlakları taşıyıcı sistemin güvenliğini çok fazla etkilemez.

Perde duvarlı yapılarda perdelerin yatay yükler altında dönmesi döşemeye moment aktarılmasına ve döşemede dönmeye yol açar.

Betonarme döşemelerde temel tasarım amacı aşırı sehim ve titreşimlerin önlenmesidir. Çatlağı olmasa bile aşırı sehim ve titreşimler nedeniyle kullanıcıları rahatsız eden döşemeleri hasarlı döşeme olarak adlandırılabilir. Döşemelerde aşırı sehim ve çatlağa sebep olan faktörler beton dayanımının projede ön görülenden küçük olması, kalıpların erken sökülmesi, donatıların eksik konması özellikle mesnetlerdeki üst donatıların beton dökümü sırasında basılarak bunların moment kollarının küçültülmesi yada donatının basınç bölgesine itilmesi gösterilebilir.

4.3 Yapıda Meydana Gelen Hasar Nedenleri

Yapıda meydana gelen hasarları en aza indirmenin en iyi yolu tasarım aşamasında yönetmeliklerde belirtilen yapım ve konstrüktif kurallara dikkat etmekten geçmektedir. Uygulama aşamasında ise bunun kontrolü sıkı bir şekilde yapılmalıdır. Yapıda meydana gelen hasar nedenleri projelendirmede, donatı işlenmesinde ve yapım aşamasında olmak üzere incelenebilir.

4.3.1 Projelendirme hataları

Yapı elemanları hasarları genelde, yatay itki olan deprem kuvveti karşısında, esnek davranış sergileyememekte ve plastik deformasyon yapma yeteneklerinin eksikliklerinden kaynaklanmaktadır. Taşıyıcı sistem davranışı, sistemin çok rijit veya çok esnek olmasına göre, hasar maksimum ivme veya yer değiştirme ile orantılı şekilde ortaya çıkar. Esnek yapılarda; kısa kolon etkisi, kısa açıklıklar ve sehime engel sert elemanların noktasallaşmasına tasarımda dikkat edilmelidir. Yapının rijitliğinin arttırılması durumunda ise; yapısal davranış tasarımcının planlama anlayışında perdeli sistem, büyük boyutlu taşıyıcı elemanlar ele alınmaktadır.

Yapıda süneklik (düktilite) önem kazanmakta, malzeme kalitesi ve donatı yerleştirme düzeninde nitelik ve nicelik artmakta ve burulma etkisini önleyecek şekilde simetriye dikkat edilmelidir.

Mimari tasarımın, bir başka deyişle deprem için tasarlanmış yapıların sismik yük, statik ve dinamik hesapları yapılmalı ve en önemlisi de doğru ürünle yapılmış iyi bir inşaat süreciyle yapı oluşturulmalıdır (N. Akıncıtürk, 2003).

Düzenli taşıyıcı sistem seçimi, öncelikle mimari tasarım ile ilgilidir. Gerek planda ve gerekse düşey doğrultuda, mimari tasarımın olabildiğince karmaşıklıktan uzak, basit ve sürekli taşıyıcı sistemlerin kullanılabilmesine olanak verecek biçimde düzenlenmesi depreme karşı başarılı bir yapısal tasarımın ilk koşuludur. Bunun için, plan şekli itibarıyla karmaşık ve ani rijitlik değişimlerine neden olan şekiller derzlerle bölünerek kare, dikdörtgen gibi plan şekillerine dönüştürülmelidir. Plandaki girinti ve çıkıntılar nedeniyle köşelerde gerilme yoğunlaşmaları, ekzantrisiteden dolayı aşırı burulma etkilerinden kaçınılmalıdır. Merdiven boşluğu, asma kat gibi nedenlerle bırakılan döşeme yırtıkları, diyafram süreksizliği ve yapısal burulma meydana getireceğinden sakıncalıdır. Cephe süreksizlikleri yada cephedeki ani rijitlik değişimleri, büyük gerilme yığılmalarına ve depremde katlar arasında farklı davranışa neden olacaktır. Dolgu duvarlar da yapıya önemli bir rijitlik kazandırmakta, deprem esnasında taşıyıcı elemanlar gibi davranmaktadır. Herhangi bir katının tuğla veya benzeri malzemeli duvarla örülmemiş “yumuşak kat”lı yapılar deprem açısından oldukça sakıncalıdır. Van depreminde zarar gören yapıların bir çoğunda bu durum gözlenmiştir. Rijitlik ve kütle düzensizlikleri ile kolon boylarındaki değişimlerin bulunduğu yerlerde depremde büyük gerilme birikimleri

oluşacağından kısa kolon oluşumlarından kaçınılması gerekir. Bu gibi tasarım kriterlerine uymamak depremde ağır hasarlara sebep olabilmektedir. Örneğin, 2011 Van Depreminde de göçen ya da ağır hasarlı yapılarda alt katların dükkan olarak kullanılması amacıyla tasarlanması yumuşak kat oluşumunu da beraberinde getirmiştir. Ayrıca, yapıda kolonların bir doğrultuda güçlü inşa edilmesi sebebiyle, zayıf olduğu doğrultuda depreme yakalandığında bu tasarım hatası nedeni ile göçmeler meydana geldiği tespit edilmektedir (A. Kızıllanat, A. Coşar, A. Koçak, D. Güney, M. Selçuk, M. Yıldırım, 2011).

4.3.2 Donatı işlenmesi ile ilgili hatalar

Betonarme yapılarda beton dayanımı çok önemlidir. Hele yapı çok katlı ise bu durumda yapıdan beklenen dayanım daha da önem kazanmaktadır. Kullanılan agregaların çok fazla organik içerdiği ve boyutunun tamamen kum boyutunda olması beton dayanımının istenilen düzeyin altında kalmasına sebep olmaktadır.

Betonarmenin kompozit bir yapı malzemesi olarak kullanılabilmesi, beton ve donatının aralarında sürekli kuvvet aktaracak şekilde birlikte çalışmasının sonucudur. Bu durum uygulamada aderans olarak tanımlanır. Donatı korozyonu bu yapı içerisinde beton elemanların maksimum dayanımını ve servis ömrünü etkileyerek, her ikisi arasındaki aderansı zayıflatmaktadır. Beton ve donatı arasındaki aderans gerilmeleri, donatıdaki gerilme ve moment nedeniyle oluşan deformasyonlardan, betondaki sünme ve rötreden, betonun yerleştirilmesine bağlı bir şekilde donatı-beton adezyonundan etkilenir.

Betonarme binalarda donatıların detaylandırılmasında bazı kurallar vardır. Yapının yeterli oranda enerji tüketebilmesi ve deformasyon kabiliyetinin artması açısından büyük önem taşıyan bu kurallara uyulmadığında deprem anında ciddi hasarlar meydana gelebilmektedir. Yetersiz etriye aralığı (sargı donatısı) yüzünden kolon veya perdelerde düktil olmayan davranışlar ve kesme kırılmaları meydana gelmektedir. Kanca paylarının yetersiz olması veya birleşim yerlerinde eklerin yeterli boyda olmasından dolayı kolonlarda eğilme kapasitesine ulaşamamaktadır. Özellikle kolonlarda sargı görevi üstlenmeyen dik kancalı eriyeler hemen her depremdeki hasar görmüş yapılarda görülmektedir. Yetersiz kenetleme yüzünden genellikle kolon ve kirişler deprem sırasında kolaylıkla birbirinden ayrılmaktadır.

4.3.3 Yapım hataları

Bir yapının sünek olması, deprem sırasında ortaya çıkan enerjinin önemli bir bölümünü yutabilme kabiliyetidir. Kolon ve kirişlerden oluşan çerçeve sistemler düğüm noktalarında çatlamların oluşması ile süneklik kazanırlar. Fakat yapıda zararlı zorlamalara meydan vermemek için çatlamların kiriş uçlarında meydana gelecek şekilde kolon ve kirişlerin donatılması gerekir. Bu sebeple de kolon-kiriş bölgelerinde donatı detayları çok önem kazanmaktadır. Kolon kiriş birleşimlerinde donatı detaylarının uygun olmaması sonucunda uygulamada güçlü kiriş-zayıf kolon olarak adlandırılmaktadır. Bu davranış ise yaşanan depremlerden yapıda çok büyük hasarların meydana gelmesine neden olabilmektedir. Bu sebeple işçilik ve projeye yönetmeliklere uygun olarak imalatın yapılması da önem taşımaktadır. Etriyelerde, çirozlarda büküm kurallarına ve kenetlenmesine dikkat edilmelidir. Düzgün kenetlenmeyen sargı donatıları çalışmaz ve yapı deprem etkilerine maruz kaldığında ağır hasar oluşmasına sebep olabilmektedir.

4.4 Deprem Sonrası Yapı Performansının Belirlenmesi

Deprem sonrası yapı performansını belirlemede sistemin davranış biçimine göre farklı yönetmeliklerde farklı yaklaşımlar mevcuttur. Yapının performansı belirlenerek hasar düzeylerine ve zayıf elemanlara göre güçlendirme yapılması sağlanır.

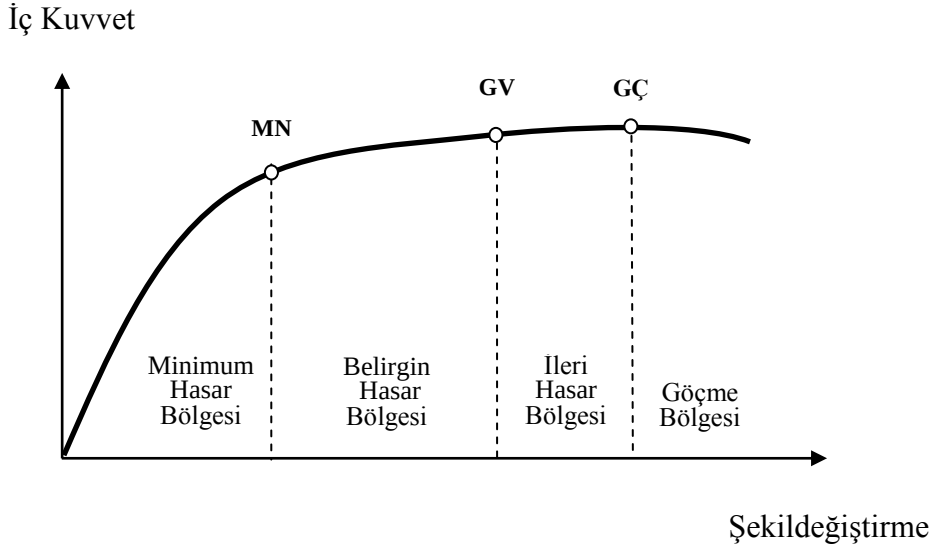
Deprem bölgelerinde bulunan mevcut ve güçlendirilecek tüm binaların ve bina türü yapıların deprem etkileri altındaki performanslarının değerlendirilmesinde uygulanacak hesap yöntemleri ve kuralları, farklı yönetmeliklerle karşılaştırmaları ile bu bölümde tanımlanmıştır.

4.4.1 DBYBHY 2007 ye göre hasar sınırları ve bölgelerin tanımlanması

Yapının öncelikli olarak hasar düzeylerinin tespit edilmesi gerekir. Sistem kesitlerinin DBYBHY 2007 ye göre belirlenen hangi hasar düzeyinde olduğu belirlenerek eleman hasar düzeyi tanımı yapılabilmektedir.

DBYBHY 2007 ye göre sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durum tanımlanmıştır. Bunlar Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ)'dir. Minimum hasar sınırı ilgili kesitte elastik ötesi davranışın

başlangıcını, güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar gören elemanlarda bu sınıflandırma geçerli değildir.



Şekil 4.6 : Şekildeğiştirme-İç kuvvet grafiği (DBYBHY-07).

Kritik kesitlerinin hasarı MN'ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, GÇ'yi aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi'nde yer alırlar (Şekil 4.6).

Analiz sonucu hesaplanan iç kuvvetlerin ve/veya şekildeğiştirmelerin, **Şekil 4.6**'daki kesit hasar sınırlarına karşı gelmek üzere tanımlanan sayısal değerler ile karşılaştırılması sonucunda, kesitlerin hangi hasar bölgelerinde olduğuna karar verilecektir. Eleman hasarı, elemanın en fazla hasar gören kesitine göre belirlenecektir. Eleman hasar sınır ve bölgeleri kirişler ve kolonlar için DBYBHY 2007 de verilmiştir (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2). Kirişler için kesme kuvveti de etkinken, kolonlar için bu sınırı belirleme de normal kuvvet etkileri de göz önüne alındığı görülmektedir.

Çizelge 4.1 : Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (Deprem Yönetmeliği, 2007).

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}^{(1)}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.0	Var	≤ 0.65	3	7	10
≤ 0.0	Var	≥ 1.30	2.5	5	8
≥ 0.5	Var	≤ 0.65	3	5	7
≥ 0.5	Var	≥ 1.30	2.5	4	5
≤ 0.0	Yok	≤ 0.65	2.5	4	6
≤ 0.0	Yok	≥ 1.30	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≤ 0.65	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	4

Çizelge 4.2 : Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (Deprem Yönetmeliği, 2007).

Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
$\frac{N_K}{A_c f_{cm}}^{(1)}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}^{(2)}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.1	Var	≤ 0.65	3	6	8
≤ 0.1	Var	≥ 1.30	2.5	5	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≤ 0.65	2	4	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≤ 0.1	Yok	≤ 0.65	2	3.5	5
≤ 0.1	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≤ 0.65	1.5	2	3
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≥ 1.30	1	1.5	2
≥ 0.7	–	–	1	1	1

4.4.2 Hasar sınırlarının belirlenmesinde FEMA ve EUROCODE yaklaşımlarının incelenmesi

İncelenmesi Eurocode 8.3'e göre mevcut veya güçlendirilecek binaların deprem güvenliğinin belirlenmesinde esas alınacak deprem etkileri ve hedeflenecek performans düzeyleri aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır, (EUROCODE 8.3, 2004);

- Göçme Öncesi Sınır Durumu (50 yılda aşılma olasılığı 2%),
- Belirgin Hasar Sınır Durumu (50 yılda aşılma olasılığı 10%)
- Minimum Hasar Sınır Durumu (50 yılda aşılma olasılığı 20%)

Eurocode 8’de de Türk Deprem Yönetmeliği’nde olduğu gibi, mevcut binaya ait geometri, malzeme özellikleri ve detaylar hakkında elde edilen bilgi kapsamına bağlı olarak sınırlı, orta veya kapsamlı şeklinde uç bilgi düzeyi belirlenmekte, ancak malzeme karakteristik dayanım değerleri 1 veya 1’den daha büyük olarak verilen bilgi düzeyine bölünmektedir. Çözümde eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri, daha kesin bir hesap yapılmadıkça, çatlamamış kesite ait eğilme rijitliğinin yarısı olarak alınabilmektedir.

FEMA 356 tarafından verilen yöntemlerde ise çeşitli güncellemeler yapılmıştır (ASCE/SEI 41, 2007 ve Update to ASCE/SEI 41, 2007). Deprem Yönetmeliği’nde sınırlar doğrusal elastik olan ve olmayan yöntemlerde;

$$r = Etki/Kapasite \leq r_{sını} \quad \epsilon_c \leq \epsilon_{csisın} \quad |\epsilon_s| \leq \epsilon_{sını} \quad (4.1)$$

olarak verilmesine karşılık FEMA yaklaşımında plastik mafsallı dönmesi ana parametreye olarak kabul edilir ve sınırlar bu parametreye bağlı olarak verilir (Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4).

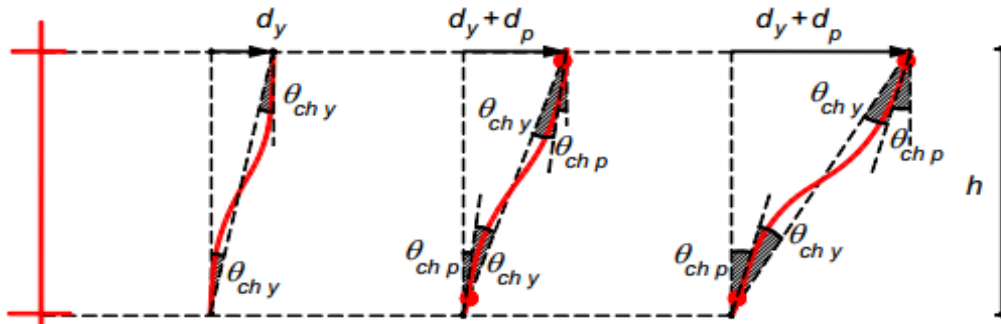
Çizelge 4.3 : Eğilme açısından kritik kirişler için plastik mafsallı dönme sınırları
(Update to ASCE/SEI 41, 2007).

<i>KİRİŞLER İÇİN PLASTİK MAFSAL DÖNME SINIRLARI (BİRİMLER: N, MM)</i>			<i>PLASTİK MAFSAL DÖNMESİ $10^3 \times \phi_p \ell_p$</i>		
			<i>Performans seviyeleri</i>		
$(\rho - \rho') / \rho_b$	<i>Sargı donatısı</i>	$V_d / (b_w d \sqrt{f_c})$	<i>MN</i>	<i>GV</i>	<i>GÇ</i>
≤ 0.0	<i>var</i>	≤ 0.25	10	20	25
≤ 0.0	<i>var</i>	≥ 0.50	5	10	20
≥ 0.5	<i>var</i>	≤ 0.25	5	10	20
≥ 0.5	<i>var</i>	≥ 0.50	5	5	15
≤ 0.0	<i>yok</i>	≤ 0.25	5	10	20
≤ 0.0	<i>yok</i>	≥ 0.50	1.5	5	10
≥ 0.5	<i>yok</i>	≤ 0.25	5	10	10
≥ 0.5	<i>yok</i>	≥ 0.50	1.5	5	5

Çizelge 4.4 : Önce eğilme hasarı gören sonra eğilme ve kesmenin ortak etkisinin davranışta etkili olduğu kolonlar için plastik mafsalsal dönme sınırları (Update to ASCE/SEI 41, 2007).

KOLONLAR İÇİN PLASTİK MAFSAL DÖNME SINIRLARI (BİRİMLER: N, MM)			PLASTİK MAFSAL DÖNMESİ $10^3 \times \phi_p \ell_p$		
			Performans seviyeleri		
$N_d / (A_c f_c)$	Sargı donatısı	$V_d / (b_w d \sqrt{f_c})$	MN	GV	GÇ
≤ 0.1	var	≤ 0.25	5	24	32
≤ 0.1	var	≥ 0.50	5	19	25
≥ 0.4	var	≤ 0.25	3	8	9
≥ 0.4	var	≥ 0.50	3	6	7
≤ 0.1	yok	≤ 0.25	5	9	10
≤ 0.1	yok	≥ 0.50	4	5	5
≥ 0.4	yok	≤ 0.25	2	3	3

Eurocode yaklaşımında ise, **Şekil 4.7**'de kiriş ve kolonlar için tanımlanan çember kiriş dönmesinin plastik değeri ana parametre kabul edilir.



Şekil değiştirmemiş kolon sistemi	Elastik şekil değiştirme	Elastik ve plastik şekil değiştirme	Elastik ve plastik şekil değiştirme
Yatay kuvvet yok	Elastik yatay yerdeğiştirme	Artan yatay kuvvet ve	yerdeğiştirme

Şekil 4.7 : EC8 de plastik şekil değiştirmelerin sınırları için taşıyıcı sistem elemanında tanımlanan çember kiriş dönmesi (A. İlki, Z. Celep, 2011).

Minimum hasar sınırı (MN) $\theta_{ch}^{pl} = 0$ $\theta_{ch} = \theta_y$

$$\text{Güvenlik sınırı (GV)} \quad \theta_{ch}^{pl} = 0,75\theta_{um}^{pl}$$

$$\text{Göçme sınırı (GÇ)} \quad \theta_{ch}^{pl} = \theta_{um}^{pl}$$

$$\theta_{um}^{pl} = \frac{f_c^{0,2}}{125} \left[\frac{A_{s1}}{A_{stoplam} - A_{s1}} \right]^{0,3} \left[\frac{h_{kat}/2}{h_{kolon}} \right]^{0,35} \quad (4.2)$$

olarak hesaplanmaktadır. Bu sınır değerin incelenmesinde, donatı alanlarını içeren terimde kesitteki A_{s1} basınç donatısının sünekliğe olumlu etkisini, h_{kat} yüksekliğinin h_{kolon} kolon kesit yüksekliğine oranının, eğilme momentinin etkili olması durumunda sünekliğe olumlu etkisinin gözönüne alındığı görülmektedir (A. İlki, Z. Celep, 2011).

4.4.3 Hedeflenen performans düzeyinin belirlenmesi

Deprem Yönetmeliği'nde Tasarım Depremi (D2), 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem olarak tanımlanır. Tasarımı yapılan binalarda bina önem katsayısı kullanılarak, deprem etkisi çeşitlendirilir ve artırılır. Toplumsal olarak önemli binalar için ya da deprem sonrası kullanımda kalması gereken binalar için deprem etkisi bina önem katsayısı olarak tanımlanan bir katsayı ile büyütülür. Bina önem katsayısının 1,5 olarak kullanılması 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremin (D3) tasarımda kullanılmasına karşı geldiği kabul edilebilir (Çizelge 4.5). Sonuç olarak tasarımı yapılacak binalar için binanın önemine ya da binanın hasar görmesi durumunda doğacak tehlike ve kaybın boyutuna bağlı olarak farklı depremlerin tasarımda esas alındığı anlaşılmaktadır. Her yeni binanın tasarımında tek bir deprem gözönüne alınır ve depremin seçimi bina önem katsayısı ile yapılır. Eğer tasarım için yapılan çözümleme statik eşdeğer deprem kuvvetini esas alıyorsa, deprem spektrumunun tanımlanması yeterli olmaktadır.

Çizelge 4.5 : Deprem etkisi parametreleri.

<i>Deprem türü</i>	<i>Deprem etkisi katsayısı</i>	<i>50 yılda aşılma olasılığı</i>	<i>Ortalama dönüş periyodu</i>
<i>D1 Kullanım depremi</i>	<i>~ 0.50</i>	<i>% 50</i>	<i>72 yıl</i>
<i>D2 Tasarım depremi</i>	<i>1.00</i>	<i>% 10</i>	<i>474 yıl</i>
<i>D3 En büyük deprem</i>	<i>~ 1.50</i>	<i>% 2</i>	<i>2475 yıl</i>

Mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesinde, binaların kullanım amacı ve türüne bağlı olarak farklı performans hedefleri belirlenmiştir (Çizelge 4.6). Deprem sonrası hizmet vermesi gerekli olan binalar ile okul ve kışla binaları tekrar süresi 475 yıl olan tasarım depremi altında *Hemen Kullanım* performans düzeyini sağlamalıdır. Aksi halde, örneğin bir hastanenin depremden sonra hizmet vermesi mümkün olmaz. Diğer yandan tekrar süresi 2475 yıl olarak kabul edilen olası en şiddetli deprem altında bu binaların *Can Güvenliği* performans düzeyini sağlaması hedeflenmiştir (Deprem Yönetmeliği, 7.8, 2007).

Çizelge 4.6 : Binalar için öngörülen deprem performans hedefleri (Deprem Yönetmeliği, 2007).

<i>Binanın Kullanım Amacı ve Türü</i>	<i>Deprem Aşılma Olasılığı</i>		
	<i>50 yılda %50</i>	<i>50 yılda %10</i>	<i>50 yılda %2</i>
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	–

4.4.4 DBYBHY 2007 ye göre hesap yönteminin belirlenmesi

Hesap yönteminin belirlenmesinden önce mevcut binaların deprem hesabında uyulan genel ilkeler ve kurallar ile yeni binaların deprem hesabında uyulan genel ilkeler ve kurallar arasında bazı önemli farklar bulunmaktadır. Örneğin deprem yüklerinin tanımında yüklerin azaltılması amacıyla taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R katsayısı) uygulanmaz. R katsayısı yeni yapılacak binalarda uygulanan kapasite tasarımı yöntemi ilkeleri doğrultusunda tanımlanmış bir katsayıdır. Kapasite tasarımı uygulanmamış binalar için geçerli değildir (Deprem Yönetmeliği, 7.4.2, 2007). Malzemelerin tasarım dayanımı yerine, yerinde incelemelerle belirlenen mevcut dayanımları göz önüne alınır. Mevcut dayanımların belirlenmesinde de istatistiksel dağılım özellikleri göz önüne alınmaktadır. Bu nedenle hesaplanan mevcut dayanım değerlerinden daha düşük dayanım bulunma olasılığı çok düşüktür (Deprem Yönetmeliği, 7.4.11, 2007). Kat ağırlıkları kat kütleleri ile uyumlu olmalıdır. Hareketli yük azaltma katsayısı n , gerek kat ağırlıkları, gerekse kat kütlelerinin hesabında aynı alınmalıdır (Deprem Yönetmeliği, 7.4.7, 2007). Kat kütleleri her katın kütle ağırlık merkezinde tanımlanır. Deprem kuvvetlerinin etkiye noktalarının tanımında ayrıca ek dışmerkezlik uygulanmaz. Ek dışmerkezliğe neden olan unsurların mevcut bir binada bulunmadığı varsayılmaktadır (Deprem Yönetmeliği, 7.4.8, 2007). Eğilme etkisindeki betonarme elemanların modellenmesinde çatlamış kesit özellikleri kullanılır. Çatlamış kesit varsayımı özellikle şekildeğiştirmelerin ve

iç kuvvet dağılımının daha hassas olarak hesaplanmasını sağlamaktadır (Deprem Yönetmeliği, 7.4.13, 2007). Kenetlenme veya bindirme boyunun yetersiz olduğu tespit edilen elemanlarda kesit kapasite momenti bu yetersizlik oranında azaltılmalıdır. Bu durumdaki bir elemanın kapasitesine sünek eğilme kırılması ile değil gevrek kesme kırılması ile ulaşması çok mümkündür (Deprem Yönetmeliği, 7.4.15, 2007).

Deprem hesabı ve performans değerlendirmesi için binaların doğrusal elastik ve doğrusal olmayan davranış kabullerine dayalı olarak farklı iki yöntem tanımlanmaktadır.

4.4.5 DBYBHY 2007 ye göre doğrusal elastik hesap yönteminin incelenmesi

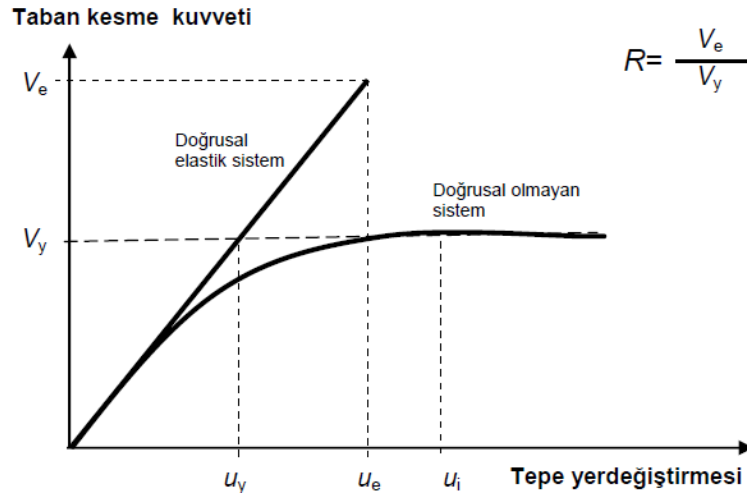
Mevcut binalarda iç kuvvetlerin ve şekildeğiştirmelerin hesaplanması için kullanılan hesap yöntemleri, Yönetmeliğin 2. Bölümünde yeni binalar için verilen hesap yöntemleri ile benzerdir. Tek önemli fark, kat sayısı 8'i aşmayan ve burulma düzensizliği bulunmayan binalara uygulanabilen eşdeğer deprem yükü yönteminde taban kesme kuvvetinin hesabıdır:

$$V_t = \lambda W A(T1) \quad (4.3)$$

Denk.(1)'de λ katsayısı, üç ve daha çok katlı binalarda 0,85 alınmaktadır. Bunun nedeni birinci titreşim modunun hakim olduğu bu tür binalarda birinci moda ait etkin kütlelerin genel olarak bina ağırlığının %85'ini geçmemesidir (2007 Deprem Yönetmelik, 7.5.1.1.).

2007 Deprem Yönetmeliği'nin 7. Bölümündeki doğrusal elastik hesap yöntemlerinin Yönetmeliğin 2. Bölümündeki doğrusal elastik hesap yöntemlerinden temel farkı performans değerlendirmesindedir. Yeni binaların tasarımında doğrusal elastik davranış kabulü ile hesaplanan (azaltılmamış) deprem kuvvetleri, tasarlanan yapının elastik ötesi süneklik ve fazla dayanım (tasarım dayanımına göre) özellikleri göz önüne alınarak seçilen taşıyıcı sistem davranış katsayısına (R_d) bölünmesi ile azaltılır. Bu azaltma, binanın kapasite tasarımı ilkelerine uygun olarak tasarlandığında deprem etkileri altında hiçbir elemanda gevrek kırılma olmayacağı ve tüm elemanların benzer süneklik ve fazla dayanım özelliklerine sahip olacağı varsayımına dayanır. Azaltılmış deprem kuvvetleri altında hesaplanan iç kuvvetler, düşey yüklerden kaynaklanan iç kuvvetlerle birleştirilerek elemanların tasarım

kuvvetleri belirlenir. Kapasite tasarımı ilkelerine göre tasarlanan bir binanın deprem etkisi altında tek dereceli bir sistem gibi davranacağını ve dayanım fazlası olmadığını, yani binanın gerçekleşen dayanımının tasarım dayanımına tam tamına eşit olduğunu düşündüğümüzde binanın doğrusal elastik ve doğrusal olmayan deprem davranışını **Şekil 4.8**'de gösterildiği gibi ifade edilebilir. **Şekil 4.8**'de taban kesme kuvveti (V) ile tepe yerdeğiştirmesi (u) ilişkisi eşdeğer bir tek dereceli sistemi tanımlamaktadır. V_e ve u_e deprem etkisi altında doğrusal elastik sisteme ait taban kesme kuvveti ve yerdeğiştirme talebini göstermektedir. V_y ve u_y tasarlanan sistemin akma dayanımı ve akma yerdeğiştirmesi, u_i ise deprem etkisi altında doğrusal olmayan sisteme ait yerdeğiştirme talebidir. Bu durumda doğrusal elastik sistem için deprem yükü azaltma katsayısı R , elastik sisteme ait taban kesme kuvveti talebinin (V_e) taban kesme kuvveti kapasitesine (V_y) oranıdır.



Şekil 4.8 : Tipik bir binanın taban kesme kuvveti - tepe yerdeğiştirmesi ilişkisi.

2007 Deprem Yönetmeliği koşullarını sağlamayan mevcut bir binada tek bir R katsayısı kullanarak deprem yüklerini azaltmak ve eleman kapasitelerini azaltılmış deprem yükleri ve düşey yük etkilerinin birleşik etkisi altında kontrol etmek doğru değildir. Zira elemanlarının tümü aynı derecede sünek olmayan bir binada tek bir R katsayısı tanımı geçerli değildir. Bu nedenle doğrusal elastik performans hesabında deprem yükü azaltma katsayısı uygulanmamış, deprem etkileri azaltılmamış deprem yükleri altında hesaplanmıştır (2007 Deprem Yönetmelik, 7.5.1.1. ve 7.5.1.2.).

Doğrusal elastik olarak modellenen bir binanın elemanlarının performans kontrolü, kritik kesitlerde azaltılmamış deprem etkisi ve düşey yük etkisi altında hesaplanan iç

kuvvetlerin kesit kapasiteleri ile karşılaştırılması sonucunda yapılabilir. Kesit kapasitesinin aşılmasına, ancak kesit yeterli sünekliğe sahipse izin verilebilir. Dolayısıyla eleman kesitlerinde iç kuvvetler cinsinden elde edilen etki / kapasite oranları kesitten talep edilen sünekliğin bir göstergesi olmaktadır (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2). 2007 Deprem Yönetmeliği'nde etki / kapasite oranları (r faktörleri), kapasite tasarımı yaklaşımının tersten formüle edilmesi ile tanımlanmıştır.

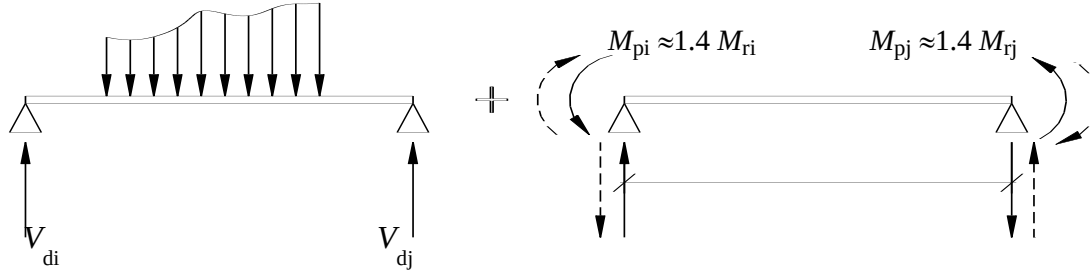
$$r = (\text{Deprem momenti}) / (\text{Artık moment kapasitesi}) \quad (4.4)$$

$$\text{Artık moment kapasitesi} = \text{Kesit moment kapasitesi} - \text{Düşey yük momenti} \quad (4.5)$$

Bu şekilde hesaplanan r talepleri, kesit hasar sınırları için tanımlanan r sınır değerleri ile karşılaştırılarak kesitin ve elemanın hasar durumuna karar verilmektedir.

Denklem (4.4) ve (4.5) birleştirilerek kesit moment kapasitesi denklemden çekilirse $\text{Kesit moment kapasitesi} = \text{Düşey yük momenti} + (\text{Deprem momenti}) / r$ (4.6) ilişkisi elde edilmektedir (Sucuoğlu, 2007).

Düşey yük ve deprem yükü etkisi altında bir kirişin i ve j uçlarında oluşabilecek en büyük kesme kuvveti, deprem kuvvetinin soldan ve sağdan etkimesi durumuna göre **denklem (4.7)** ile hesaplanır (Şekil 4.9).

$$V_{i,j} = V_{di,j} \pm (M_{pi} + M_{pj}) / l_n \quad (4.7)$$


Şekil 4.9 : Kirişlere oluşan kapasite kesme kuvvetleri (V_d : düşey yük altındaki kesme kuvveti; M_r : kesit eğilme kapasitesi).

Denklem (4.7) kullanılarak tüm kirişlerde kapasite kesme kuvvetleri hesaplanır ve kirişlerin saplandığı kolonlara aktararak kolonlarda oluşabilecek eksenel kuvvetlerin basınç ve çekme durumlarındaki “üst sınırı” bulunur. Tüm bu bulunan değerlerle 2007 Deprem Yönetmeliğinde belirtilen Tablo 7.2 ve 7.5 de r sınır değerlerle karşılaştırılarak performans belirlenir.

Doğrusal elastik hesap yönteminde 2007 Deprem Yönetmelik 2.6 ve Tablo 2.6'ya göre, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde toplam bina yüksekliği $H_N \leq 25$ m olmak kaydı ile ek dışmerkezlilik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizlik katsayısı $\eta_{bi} < 1,4$ olması durumunda Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile hesaba izin verilmekte, aksi durumda Mod Birleştirme Yöntemi ile hesap yapılması zorunlu olmaktadır.

4.4.6 DBYBHY 2007 ye göre doğrusal elastik olmayan hesap yönteminin incelenmesi

Doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin doğrusal elastik hesap yöntemlerine göre en önemli avantajı, artan yükler altında sistemde bulunan yapısal elemanlar sırayla kapasitelerine ulaştıkça, bu elemanlar tarafından taşınamayan yüklerin diğer elemanlara yeniden dağılımına izin vermesidir. Böylece iç kuvvet dağılımı daha gerçekçi olarak hesaplanabilmektedir. Doğrusal olmayan çözüm yöntemleri henüz standartlaşmış değildir. Diğer yandan deprem etkisi altında performans değerlendirmesine esas teşkil eden doğrusal olmayan sisteme ait maksimum yerdeğiştirmeler, tasarım depremi altında yaklaşık yöntemlerle tahmin edilebilmektedir.

Doğrusal olmayan yöntemlerde eşdeğer deprem yükleri bir defada değil adım adım arttırılarak uygulanır. Bu yöntem Statik İtme Analizi olarak bilinmektedir. Bu yöntemde yatay yük hesabı doğrusal elastik yöntem ile aynı şekilde hesaplanır, fakat adım adım arttırılarak uygulanır. Yapının kapasite eğrisi, her adımda uygulanan toplam yatay yükün (taban kesme kuvveti) çatı ötelenmesine karşı olan değişimi olarak ifade edilir. Statik itme analizinin ilk adımlarında yapı doğrusal elastik davranacaktır. Belirli bir adım sonra plastik mafsallar oluşmaya başlayacak, özellikle mafsalların kolonlarda oluşması ile yapıda plastik davranış görülecektir. Eğer eleman plastik mafsallarının pekleşme özelliği varsa bu durum yapının kapasite eğrisini de değiştirecek, plastik durumda artan yatay yükler altında yapının yanal kapasitesi az da olsa artmaya devam edecektir. Bina yatay yük kapasitesine ulaştıktan sonra, deprem sırasında artan yatay yükler altında hangi maksimum yerdeğiştirme değerine ulaşacağına statik itme analizi ile karar vermek mümkün değildir. Bu durumda elde edilen kapasite eğrisinden yararlanılarak bina tek dereceli bir elasto-plastik sisteme dönüştürülür ve bu tek dereceli sistemin aynı deprem etkisi altındaki maksimum

yerdeğiştirmesi (spektral deplasmanı) bağımsız bir dinamik analiz ile hesaplanmalıdır. Bunun dışında Time History Analizi gibi kaydedilmiş ve ya benzeştirilmiş yer hareketlerinden yararlanılarak sistemin hareket denkleminin adım adım entegre edilmesi işlemleri ile dinamik analiz yöntemler de kullanılabilir.

Statik itme çözümlünün adımlarında elemanların güç tükenmesi durumlarının kontrolü gerekir. Eğer bu güç tükenmesi gevrek ise, örneğin elde edilen kesme kuvveti mevcut donatı ile karşılanmıyorsa, sistemin bu itme adımına ulaşmadan gücünün tükeneceğine karar verilir. Geri dönerek kesit etkilerinin dayanımlarla karşılaştırılmasıyla, ulaşılabilir itme adımı bulunur. Bu adım eğer depremin talep yerdeğiştirmesinden küçük kalıyorsa, deprem etkisi karşılanamıyor demektir. Kesitte bulunan normal kuvvet ve eğilme momenti belirli olduğuna göre bu değerler kullanılarak kesitteki şekil değerirme durumu (betonun en büyük kısalması ve donatının en büyük uzaması) hesap edilebilir. Bu değerler yönetmelikte performans durumlarına ait sınır değerlerle karşılaştırılması yapılarak kesitin bulunduğu hasar durumu elde edilir. Bu adımdan sonra doğrusal elastik yöntemde olduğu gibi, kesitlerden elemanlara ve katlara geçilerek binanın performans durumu belirlenir. Doğrusal elastik olmayan değerlendirme yönteminde kesitteki betonun birim kısalması ve donatının birim uzama ve kısalması, yani şekil değerirmesi esas alınarak, $\varepsilon_c \leq \varepsilon_{csınır}$ ve $|\varepsilon_s| \leq \varepsilon_{ssınır}$ olarak tanımlanmıştır. Sınır değerler elastik sınırın üzerinde olup, elasto-plastik davranış beklenir. Burada da bu sınır değerleri kabul edilecek hasar seviyesine bağlıdır. Deprem Yönetmeliğinde betonda minimum hasar sınırında en dış betondaki ε_{cu} birim kısalma esas alınırken, güvenlik ve göçme sınırında enine donatı içinde kalan betonun ε_{cg} birim kısalma esas alınmaktadır (Z. Celep, 2007).

5. GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ

Bina türü yapılarda güçlendirme hedefi yapıların şiddetli depremlerde binaların hasar görmemesi değil yıkılmayarak can güvenliğinin sağlanmasıdır. Amaç yapının performansını 2007 Deprem Yönetmeliğinin belirlediği düzeye çıkarmak ve yapının performansını depremde göçmeyi önleyecek düzeyde iyileştirmektir.

Depreme dayanıklı yapı tasarımının ilkelerine göre yapılan yapılar, normal ekonomik ömürleri içinde en az bir kez olması beklenen yüksek şiddetteki depremde can kaybını önleyecek dayanımda yapılırlar. Depreme dayanıklı olarak nitelendirilen yapıda şiddetli bir deprem sonrasında hasar olabileceği beklendiğine göre, yeterli deprem güvenliği olmadan yapılmış veya eski teknolojiyle yapılmış yapılarda bu depremlerin etkilerinin çok daha fazla olacağı göz önünde bulundurulmalıdır. Bu tip eski ya da hasarlı yapıları güçlendirmek gereklidir. Yapıların güçlendirilmesinde taşıyıcı sistem elemanlarının güçlendirilmesi ve yapı sisteminin tamamının güçlendirilmesi olarak ele alınmalıdır.

5.1 Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Güçlendirilmesi

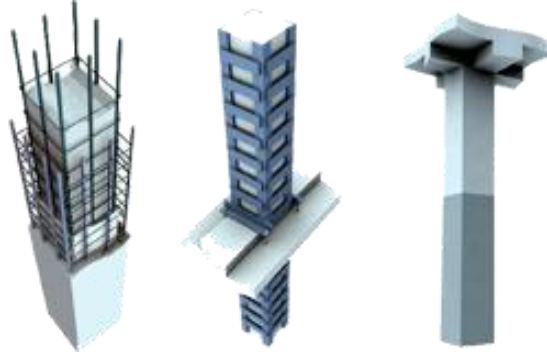
Güçlendirme bir yapının hasar görmüş taşıyıcı elemanlarının yük taşıma kapasitesini, rijitliğini, duktilitesini ve stabilitesini veya bunlardan bazılarını önceki veya mevcut durumun üzerine çıkarmak amacıyla yapılan değişikliktir.

5.1.1 Kolonların güçlendirilmesi

Hasar görmüş kolonun deprem etkilerini taşıyabilir duruma getirilmesi ya da yatay yük taşıma kapasitesinin arttırılması için kolonlar güçlendirilmelidir. Kolonun eğilme dayanımı kesit alanı büyütülerek ve donatı ilavesi yapılarak sağlanır (Şekil 5.1). Kesme dayanımı ve süneklik ise enine donatının sıklaştırılmasıyla olur. Bina planında kolonların kesitlerini birbirine yaklaştırmak ise sistemin davranışının dengeli olmasına yardımcı olur.

Kolonda meydana gelen boyuna donatının burkulması, etriyelerin kopması, betonun ezilmesi gibi hasarlı kısımlar kaldırılıp temizlenerek yenisi yapılmalıdır. Hasar fazla

ve dayanım yetersizse kolon mantolama yapılmaktadır. Kolon çevresinde mantolama yapılırken eski kolonda donatı ile çevrilmiş betonun dışında kalan kabuk betonunun tümünün sökülüp, daha sonra koyulacak takviye donatısı ile birlikte yeni kolonun betonlanması yerine, eski kolonun kabuk betonunda küçük kesme kamaları açılarak eski ve yeni betonun kaynaşması ve dış yük etkileri altında birlikte çalışmaları sağlanabilir.



Şekil 5.1 : Kolon mantolama.

5.1.2 Kirişlerin güçlendirilmesi

Hasar yerel değil ise dayanımda yetersizlik söz konusu ise kirişlerin betonarme ya da çelikle mantolanması sağlanabilir. Betonarme mantolama kirişin yüzlerine yeni betonarme tabaka eklenerek gerçekleştirilir. İlave edilecek donatının betonla aderansının, donatının ankrajının ve mevcut betonun yeni betonla kenetlenmesinin sağlanması önemlidir. Kirişlerin dört yüzünden mantolanması eğilme ve kesme dayanımlarını önemli derecede arttırmaktadır.

Çelik levha ile donatma statik yüzlere maruz olan kirişlerin yan yüzlerine uygulanarak kesme mukavemetini ve alt yüzüne uygulanarak açıklıkta eğilme mukavemetini artırır. Çelik levhalar epoksilerle yapıştırılmaktadır, ancak dayanımlarını kaybetmelerine karşın betonarmeye ankrajlarının da yapılması gerekmektedir.

Kiriş uçlarındaki negatif moment bölgelerinin de güçlendirilmesi gerekebilir. Bu durumda da kiriş üst donatılarının kolonda açılacak yuvalardan geçirilmesi ve mevcut donatı ile birlikte çalışabilmesi için V demirlerle eski donatıya kaynaklanır. Kesme ve süneklik iyileştirmesi için kirişlerin her yüzüne ilave etriyeler dağıtılmalıdır.

5.2 Yapı Sisteminin Tamamının Güçlendirilmesinde Önlem Ve Yöntemler

Mevcut bir yapıya yeni yapı elemanı eklenmesi yapının deprem davranışını büyük ölçüde değiştirir. Yeni eklenen elemanlarla beraber yapının ağırlığı artacağından deprem yüklerinde artış olacaktır. Yapı bu sebeple bu yeni durumuyla tekrar analiz edilip incelenmesi gerekir. Ayrıca yeni eklenen elemanlarla yapının burulma rijitliği ve dayanımı arttırılabilir.

5.2.1 Deprem perdeleri veya kolon ekleme

Yapının yanal rijitliğinin yetersiz olduğu durumlarda, kolon ve kiriş elemanlarının uç bölgeleri yeteri sıklıkta etriye ile sarılmamışsa bu elemanların güçlendirilmesi ekonomik olmamaktadır. Bu durumda sistemin yatay yük taşıma kapasitesi yeni taşıyıcı elemanlar eklenerek arttırılabilir. İlave elemanlar ile deprem yüklerinin büyük bir kısmı karşılanır.

Yeni deprem perdelerinin eklenmesinde döşeme ve perde arasında kesme kuvvetinin aktarımı önemlidir. Perde eleman planda köşegen yerleştirilmiş bağ çubuklarıyla döşemeye bağlanır Kesme kuvvetinin bu şekilde iletimi sağlanır.

Perdelerin yerleri seçilirken, deprem yükleri altında ek burulma momentleri meydana getirmemesine, kütle ve rijitlik merkezinin birbirine yeterince yakın olmasına dikkat edilmelidir. İlave perdelerin yerleri mevcut durumdaki kolon ve perde düzeni dikkate alınarak belirlenmelidir. İki kolon arasında olabileceği gibi bazı durumlarda kolona bir taraftan birleşmesi de kabul edilebilir.

Bina dış tarafına cephe kısmına yerleştirilen perdeler iç hacimde değişiklik yaratmayacağından mimari açıdan daha tercih edilebilmektedir. Dolu perde yapmak bu şekilde zordur, çünkü pencere boşluklarına ihtiyaç doğmaktadır. Boşluklu perdelerin inşası ve donatı detayı daha incelik istemektedir. Bir diğer önemli nokta ise mevcut kolon ve kirişlerle bağlantısının iyi yapılmasıdır (Şekil 5.3).

Binanın iç kısmında yapılan perdelerde aynı dış betonarme perdelerde olduğu gibi iki kolon arasına ve kirişe gerekli bağlantı detayı ile birleştirilir. Kapı ve ya pencere boşluğu bulunması durumunda perde bir uçtan komşu kolona bağlanırken, diğer taraftan perde için bir uç bölgesi oluşturulur.

Mimaride genelde zemin katlarda büyük alanlar oluşturmak adına projeye bağlı kalmayıp perde ve duvar eksiltmelerine gidilmektedir. Bu da yumuşak kat

min Ø 16/300 mm

min Ø 16/300 mm

min Ø 10/200 mm
iki yüzde

100 mm

min 200 mm

200 X 200 mm

46

Öndökümlü paneller mutlaka çerçevenin içinde kalacak şekilde yerleştirilerek, dışmerkezli olarak yerleştirilmeyecektir. Bu türlü uygulamalarda mevcut çerçeve içinde basınç çubuğu oluşumu sağlanmalı ve çerçeveye yük aktarımı için gerekli ankrajlar düzenlenmelidir. Bunun için uygulamanın yapılacağı duvar yüzü ile çerçeve elemanları dış yüzü arasında en az panel kalınlığına eşit derinlikte boşluk olmalıdır. Aksi halde bu tür duvar güçlendirmesi uygulanmamalıdır (2007 Deprem Yönetmeliği, 7F.4).

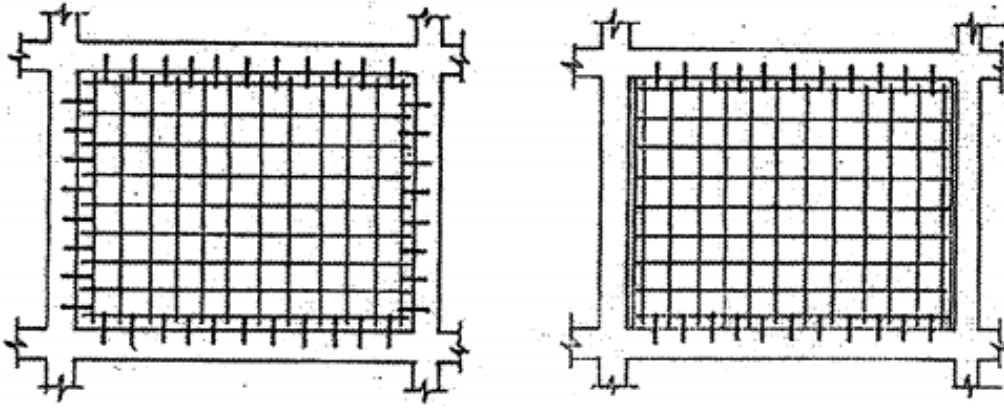
Prefabrike beton paneller ile güçlendirilecek duvarların köşegen uzunluğunun güçlendirme öncesi kalınlığına oranı 30'dan küçük olmalıdır. Öndökümlü panel betonu basınç dayanımı minimum 40 MPa olmalıdır. Büzülme çatlaklarını ve taşıma sırasında oluşabilecek çatlakları en aza indirmek için panel ortasına tek düzlemde hasır donatı konmalıdır. Hasır donatı oranı her iki doğrultuda 0,001'in altında olmamalıdır.

Prefabrike beton paneller, iki kişinin rahatlıkla taşıyıp uygulayabileceği ağırlık sınırları içinde kaldığı sürece kare veya kareye yakın dikdörtgen şeklinde olabildiği gibi kat yüksekliği boyunca yer alan şeritler halinde de üretilebilmektedir (2007 Deprem Yönetmeliği, 7F.4).

5.2.3 Hasır çelik donatı ile dolgu duvar güçlendirilmesi

Betonarme yapının çerçeve gözlerini donatılı beton duvarla doldurulması şeklinde uygulanan bir yöntemdir. Kolonlar büyük kesme kuvvetlerini taşımak zorunda kalırlar. Bu sebeple çerçeve elemanlarının ilave gelecek kuvvetleri taşıyabilecek kapasitede olmaları gerekir. Donatıların hem kirişlerde hem de kolonlarda ankraj edilmesi önemlidir (Şekil 5.4).

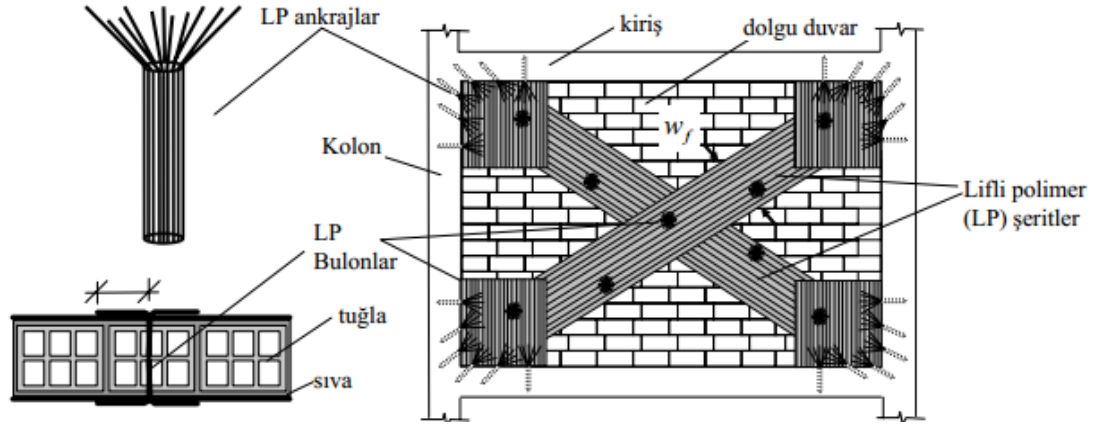
Dolgu duvar güçlendirmesi en fazla 3 katlı betonarme binalarda uygulanır. Güçlendirilen dolgu duvarlar ile yeterli performansın sağlanamaması durumunda binaya yerinde dökme betonarme perdeler de eklenebilir. Dolgu duvar güçlendirmesinin maliyeti oldukça düşüktür ve uygulaması kolaydır (2007 Deprem Yönetmeliği, Ek 7E).



Şekil 5.4 : Dolgu duvarların donatılı betonla güçlendirilmesi.

5.2.4 Lifli polimerler ile güçlendirilmiş dolgu duvarların etkisi

Uzunluğunun yüksekliğine oranı 0,5 ile 2 arasında olan dolgu duvarlarının rijitliği ve kesme dayanımı, duvar yüzüne uygulanan lifli polimerler (LP) ile artırılabilir. Daha çok beton kalitesinin iyi olduğu ancak enine ve boyuna donatının yetersiz olduğu durumlarda kullanılabilir. Bu tür uygulamalarda mevcut çerçeve içinde basınç çubuğu oluşumu sağlanmalı ve çerçeveye yük aktarımı için gerekli ankrajlar düzenlenmelidir. Bunun için uygulamanın yapılacağı duvar yüzü ile çerçeve elemanlarının dış yüzü arasında en az 30 mm derinliğinde boşluk olmalıdır. Köşegen lifli polimer şeritlerin detaylandırılması **Şekil 5.5**'de gösterilmektedir. Köşe bölgelerde yük dağılımını sağlayabilmek ve betonarme çerçeve ile LP şeritler arasında yeterli sayıda ankraj yerleştirebilmek için şerit genişliğinin 1,5 katından az olmayan genişlikte kare LP levhalar kullanılacaktır. Lifli polimer uygulaması duvarın iki tarafından yapılacak ve LP şeritler duvar kalınlığınca geçen LP bulonlar ile duvara sabitlenecektir. Köşegen LP şerit ile çerçeve arasındaki yük aktarımını sağlamak için LP ankrajlar kullanılacaktır. LP ankrajlar LP şeritlerin epoksi ile doyurulması ve bir silikon çubuk etrafına sarılması ile oluşturulacaktır (2007 Deprem Yönetmeliği, 7F.3).



Şekil 5.5 : Dolgu duvarların lifli polimer ile güçlendirilmesi.

5.2.5 Kanat duvarlar eklenmesi

Kolonların yatay yüklere karşı mukavemeti iki yanına kanat duvarlar ekleyerek artırılabilir. Kanat genellikle birleştiği kolonun kalınlığından daha az olur. Deprem anında yatay yüklerden dolayı birleşim noktalarında zorlanmalar meydana geleceğinden, bağlantıların uygun ve yeterli yapılması gerekir. Kanat uçlarındaki düşey donatılar bina yüksekliği boyunca sürekliliğini sağlamalıdır. Ayrıca, kanat duvar ile kolonun birleştiği düşey düzlem kayma mukavemeti sağlanmalıdır.

5.3 Dolgu Duvarların Deprem Perdeleri İle Güçlendirilen Yapıda Etkisi

Betonarme taşıyıcı sistemin deprem etkisine karşı direnç göstermesi taşıyıcı sistemin yatay rijitliğine bağlıdır. Kiriş ve kolonların oluşturduğu çerçevenin çıplak olması, çerçeve içinde dolgu duvar ya da perde bulunması, yatay rijitlik değerini etkilemektedir. Dolgu duvarlar betonarme çerçevenin yatay rijitliğini çok büyük oranda artırmaktadır. Çerçevenin yatay rijitliği ve dolgu duvarın yatay rijitliği oranına göre sismik etkiye karşı direnç oluşmaktadır. Dolgu duvarlar başlangıçta çok rijit davranış gösterirler ve çok yüksek oranda yatay yükü kendi üzerlerine çekerler, fakat gevrek olduklarından çerçeveden, önce hasar görürler. Duvardan boşalan kuvvetler taşıyıcı sisteme aktarılır, taşıyıcı aktarılan bu kuvvetleri taşıyabilir olmalıdır. Başka bir deyişle, taşıyıcı sistemin hem duvar var iken hem de duvar yok iken deprem kuvvetlerini taşıyabilir kapasiteye sahip olması gerekir. Kolombiya Standardı (NSR 98-1998) binaya gelecek toplam sismik kuvvetin tamamını taşıyabilecek potansiyelin betonarme çerçeve sisteminde bulunmasını önermektedir. Duvarların statik sisteme etkisi hesaba katılmadan yapılan hesaplar yapıda simetri

sağlandığını gösterse de duvar etkisinin göz önüne alınması halinde yapının simetrikliği bozulabilir. Bütün bu davranış durumlarından çıkan sonuç, deprem etkisi altında yapının hem duvarlı duruma göre çözümünü hem de yapının duvar etkisini kaybetmesi durumuna göre çözümünün yapılarak, yapıyı göçme tehlikesinden koruyacak ve emniyete alacak hesap yönteminin uygulanması gerektiğidir (S.A. Kaplan, 2008).

Dolgu duvarların varlığı bir depremin başında, daha doğrusu düşük yatay yük düzeylerinde, yapının periyodunu kısaltır. Deprem sonucu duvarların çatlayıp hasarın başlaması ve giderek artması ile yapının periyodu uzamakta ve yalnızca taşıyıcı sistem dikkate alınarak bulunmuş periyoduna yaklaşmaktadır. Bir diğer deyişle dolgu duvarın yapının titreşim periyoduna katkısı azalmaktadır. Deprem sırasında yapı periyodundaki değişimler de yapıya gelen deprem yükünün düzeyini değiştirmektedir.

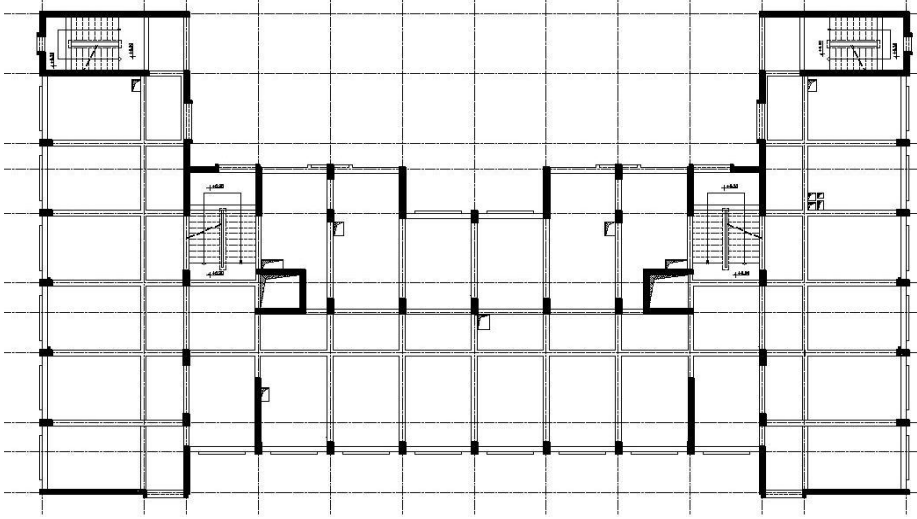
Dolgu duvarlar dikkate alındığında sistem rijitliğini değiştireceğinden güçlendirmede perde oranı değişimine etkisi ya da burulmaya etkisinin irdelenmesi açısından önemlidir. Perdelerin planda yerinin belirlenmesinde bu durumlarda göz önünde bulundurulmalı ve beraber düşünölmelidir.

6. ÖRNEK BİR BİNANIN DEPREM PERDELERİ İLE GÜÇLENDİRİLMESİNDE MEVCUT DOLGU DUVAR ETKİLERİNİN İRDELENMESİ

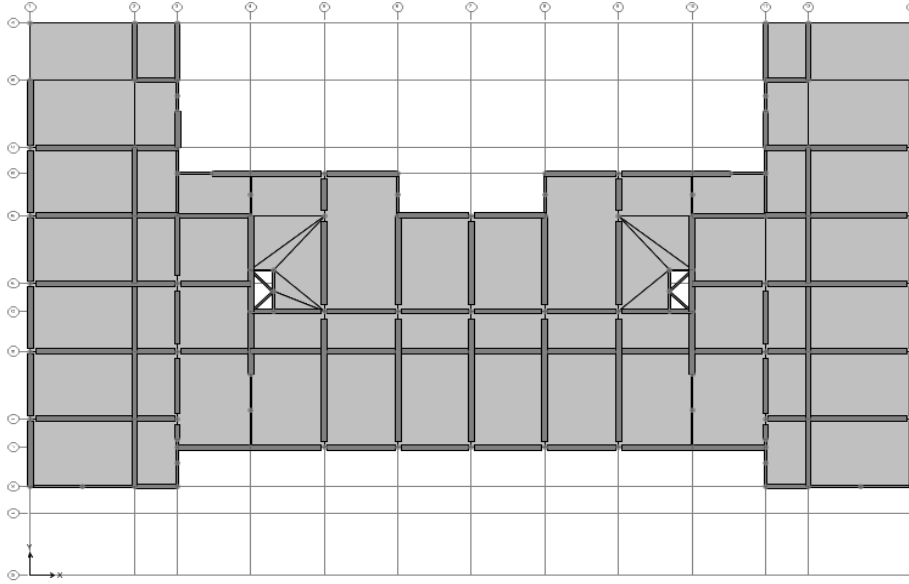
Bu örnekte 2011 Van Depreminde zarar gören 200 öğrenci kapasiteli bir yurt binasının 2007 Deprem Yönetmeliği Bölüm 7'ye göre performans analizi, ilk olarak mevcut dolu duvarları gözönüne alınmadan yapıp, deprem perdesi ile güçlendirmesi yapılacaktır. Daha sonra binanın mevcut dolu duvarlarında etkisi gözönüne alınarak performans seviyesine bakılıp, ilk duruma göre ne gibi değişiklikler olduğu, güçlendirme esnasında deprem perdeleri sayısını nasıl etkilediği, taban kesme kuvveti, yanal ötelenmeler, kritik elemanlar üzerinde etki/kapasite oranında ne gibi etkisi olduğu incelenecektir. Sonuç olarak, mevcut dolu duvarların etkisini de hesaplarda gözönüne aldığımızda deprem perdeleri ile güçlendirilmek istenen binada etkileri ve sonuçları irdelenmiş olacaktır.

6.1 Yapı Genel Bilgileri

Yapı Van İli Gevaş İlçesinde 2005 Yılında inşa edilen 200 kapasiteli bir öğrenci yurtdur. Yapı betonarme olup, bir bodrum kat, zemin kat ve 3 normal kattan oluşmaktadır (EK A).Yapı x yönünde 12 akslı, y yönünde 12 akslıdır. Yapının taşıyıcı sistemi kolon, perde, kiriş ve kirişli döşemelerden oluşmaktadır (EK B). Kolon boyutları yapı yüksekliğince bütün katlarda sabittir (Şekil 6.1).



Şekil 6.1 : Örnek yapı normal kat kalıp planı.



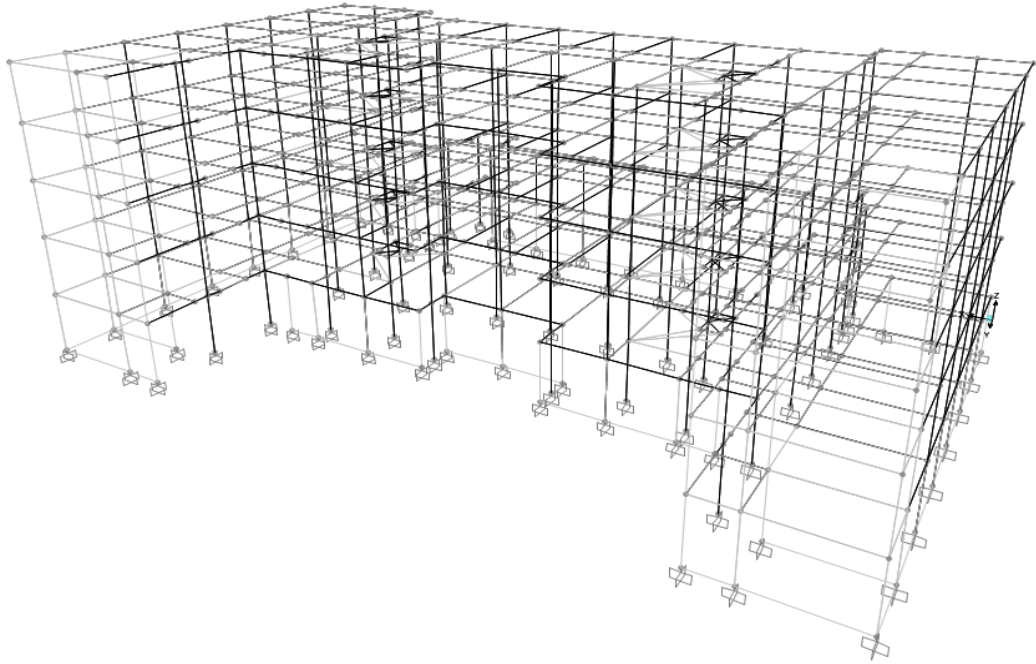
Şekil 6.2 : Sayısal uygulama için SAP 2000 model plan.

Genel Bilgiler

Kat Adedi:	5
Kat Yüksekliği:	3,30m
Toplam Bina Yüksekliği:	17m
Kullanım Amacı:	Öğrenci Yurdu

6.2. Taşıyıcı Sistem ve Malzeme Özellikleri

Yapının mevcut taşıyıcı sistemi ile ilgili sınırlı bilgiye sahip olduğundan sistemin boyutları projeden kontrol edilmiştir (EK A). Yapının 1998 Deprem Yönetmeliğine göre yapılmış olduğu kabul edilmektedir. Yapı ile ilgili mevcut beton kalitesi 8 MPa, donatı kalitesi ise S420 olarak bilinmektedir. Donatı için C25 beton kalitesine göre minimum donatı kabulü yapılmıştır. Çünkü yapının uygulama esnasında yapılan hatalarda beton kalitesinin projede istenen kaliteden düşük olduğu varsayılmıştır. Ayrıca sargı donatılarının olduğu, fakat bağlantı detayları ve kanca detaylarında gerekli koşulların sağlanmadığı kabulü yapılmıştır. Dolgu duvar malzemesi ise tuğla olup ilk aşamada taşıyıcı sisteme katkısı sadece yük olarak ele alınmış olup, ikinci aşamada modellenip taşıyıcı sisteme katkısı irdelenecektir. Yapının 3 boyutlu taşıyıcı sistem modeli **Şekil 6.3**'de SAP 2000 V.17'de modellenmiştir.



Şekil 6.3 : Yapının 3 boyutlu taşıyıcı sistem modeli.

6.3 Yapı Hesap Parametreleri

Yerel zemin sınıfı Z3 olup, karşılık gelen spektrum karakteristik periyotları

$T_{A=}$ 0,15 ve $T_B = 0,60$, 2. deprem bölgesinde yer almaktadır.

Çizelge 6.1 : Spektrum karakteristik periyotları (DBYBHY 2007, Tablo 2.4).

<i>Tablo 6.2'ye göre Yerel Zemin Sınıfı</i>	<i>T_A (saniye)</i>	<i>T_B (saniye)</i>
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

Deprem performansı için 2007 Deprem Yönetmeliğine göre deprem yükü azaltma katsayısı $R_a = 1$, deprem hesabında kullanılan bina önem katsayısı $I=1$ olarak alınmıştır.

Binanın deprem performansı, yapıya etkiyen düşey yüklerin ve deprem etkilerinin birleşik etkileri altında değerlendirilmiştir.

DBYBHY 2007, 7.4.13 maddesine göre eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri $(EI)_e$ kullanılmıştır. Bu sebeple etkin eğilme rijitlikleri için aşağıda verilen değerler kullanılmıştır:

(a) Kirişlerde: $(EI)_e = 0,40 (EI)_o$

(b) Kolon ve perdelerde, $N_d / (A_c f_{cm}) \leq 0,10$ olması durumunda: $(EI)_e = 0,40 (EI)_o$
 $N_d / (A_c f_{cm}) \geq 0,40$ olması durumunda: $(EI)_e = 0,80 (EI)_o$ olarak dikkate alınmıştır.

Düşey taşıyıcı elemanlar için düşey kuvvet etkisinde $N_d / (A_c f_{cm})$ oranları 0,10 ile 0,40 arasında ise eğilme rijitlikleri katsayısı 0,40 ile 0,80 arasında enterpolasyon yapılarak bulunmuştur.

6.4 Yapıya Etki Eden Yükler

Beton Birim Hacim Ağırlığı: 25kN/m³

Duvar Yükleri: 3 kN/m²

(Çizgisel yük hesabı için 3 kN/m² x Duvar Yüksekliği kullanılmaktadır)

Hareketli Yük (Odalar için): 2 kN/m²

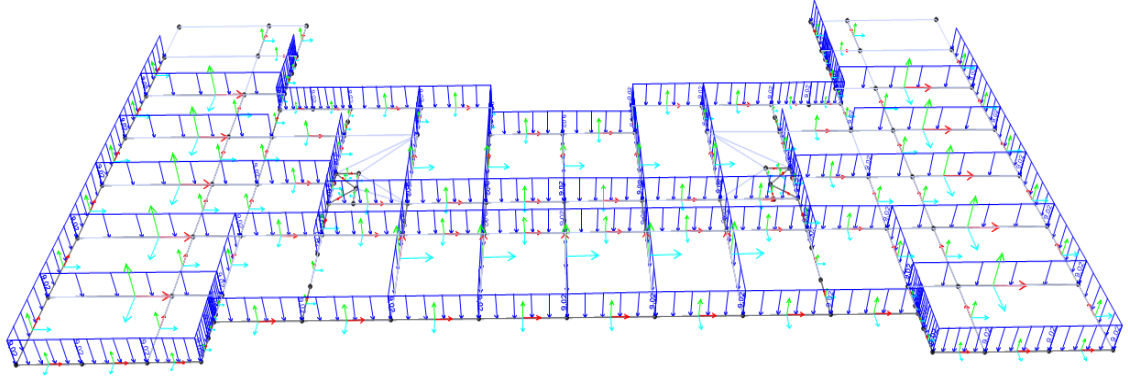
Hareketli Yük (Hol, ortak alanlar): 5 kN/m²

Hareketli Yük (Merdiven):

3,50 kN/m²

Döşeme (Şap + Kaplama + Alçı sıva):

1,96 kN/m²



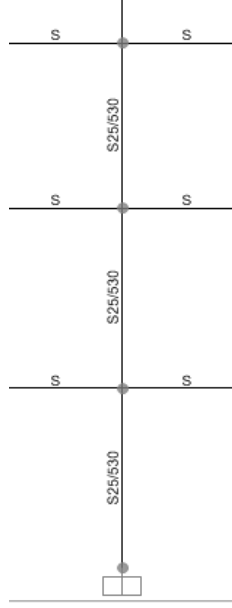
Şekil 6.4 : Yapı modeli duvar yükleri.

6.5 Yapının Mevcut Dolgu Duvarları Dikkate Alınmadan Performansının İrdelenmesi

İlk aşamada yapının mevcut duvarları modellenmeden sadece yük olarak ele alınıp hesaba katılmaktadır. Yapı mevcut taşıyıcı sistemi ile ele alınıp, hasar düzeylerinin belirlenmesi ile performans düzeyi saptanacaktır.

6.5.1 Yapının matematik modelinin oluşturulması

Yapının bilgisayar ortamında matematik modeli SAP 2000 programıyla yapılmıştır (Şekil 6.3). Kirişler dikdörtgen olarak tanımlanmıştır. Perdeler orta kolon modeline göre perde genişliğinde çubuk eleman olarak tanımlanmış düğüm noktalarına rijit fiktif kirişler tanımlanmıştır (Şekil 6.5). Fiktif kirişlerin rijitliği normal kirişlerin 100 katı olarak alınmıştır (Şekil 6.6). Döşemeler yatayda rijit diyafram olarak tanımlanmış olup düğüm noktaları sonsuz rijit kabul edilmiştir.



Şekil 6.5 : Yapı perde modeli.

Section Name		S	
Properties			
Cross-section (axial) area	100.	Section modulus about 3 axis	1.
Moment of Inertia about 3 axis	100.	Section modulus about 2 axis	1.
Moment of Inertia about 2 axis	100.	Plastic modulus about 3 axis	1.
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	1.
Shear area in 2 direction	0.	Radius of Gyration about 3 axis	1.
Shear area in 3 direction	0.	Radius of Gyration about 2 axis	1.
Torsional constant	100.	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Şekil 6.6 : Rijit fiktif kiriş özellikleri.

6.5.2 Yapı performansının doğrusal elastik hesap yöntemi ile belirlenmesi

Doğrusal Elastik Hesap Yöntemlerinden Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle Çözüm irdelenecektir. Bu yurt binasının 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem altında DBYBHY 2007'ye göre “Can Güvenliği (CG)” performans hedefini ve 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem altında DBYBH 2007'ye göre “Hemen Kullanım (HK)” performans hedefini sağlaması gerekmektedir.

Matematik Modeli SAP 2000 V.17 Programında oluşturulan yapı G+0.6Q düşey yüklemeyle çözülmüştür. Çıkan sonuçlara göre DBYBHY 2007 Bölüm 7.4.13'e göre Kolon ve Perdelere eleman rijitlikleri tanımlanmıştır. Çatlamış kesit rijitliklerinin hesabına örnek olarak, 2. Normal Kat S(30x60) 80 numaralı kolonu için yapılan hesap aşağıda görülmektedir.

$$N_d = 382,882 \text{ kN}$$

$$A_c = 180000 \text{ mm}^2 \quad N_d / (A_c f_{cm}) = 382,882 / (180000 \times 0,008) = 0,27$$

0,10 ≤ 0,27 ≤ 0,4 aralığında olduğundan $(EI)_e$ çatlama kesit rijitliği 0,4 ile 0,8 aralığından enterpolasyon yapılarak örnek kolon için $(EI)_e = 0,614(EI)_o$ bulunur. Bu değer SAP 2000'e aktarılmıştır. Örneğe ait SAP 2000 data dosyası ve excel çalışması ekli CD'de yer almaktadır (rev2.sdb).

6.5.3 Eşdeğer deprem yükünün hesabı

Eşdeğer deprem yükü ile analizde eşdeğer deprem yükünü **denklem (4.3)** ile belirleriz.

Yapı 30 modlu analiz sonucu periyodu X yönünde 0,40 sn, Y yönünde ise 0,34 sn bulunmuştur (Çizelge 6.2). λ katsayısı ise 0,85 alınmıştır.

Çizelge 6.2 : Kütle katılım oranı ve periyotlar.

Kütle Katılım Oranları						
Modlar	Mod No	Period (sn)	U_x	U_y	Sum U_x	Sum U_y
Mod	1	0,39862	0,475	0,0001152	0,475	0,000115
Mod	2	0,33967	0,0001168	0,647	0,475	0,647
Mod	3	0,23741	0,159	1,397E-05	0,634	0,647
Mod	4	0,13074	3,078E-07	0,001595	0,634	0,649
Mod	5	0,12838	0,0001384	7,582E-05	0,634	0,649
Mod	6	0,12775	0,000144	3,058E-05	0,634	0,649
Mod	7	0,12082	0,000453	2,725E-07	0,635	0,649
Mod	8	0,11516	0,0001276	0,0000348	0,635	0,649
Mod	9	0,11013	0,0005917	0,0001562	0,635	0,649
Mod	10	0,10912	0,0001765	0,013	0,636	0,662
Mod	11	0,10777	0,002076	0,001555	0,638	0,664
Mod	12	0,1041	0,001212	0,004175	0,639	0,668
Mod	13	0,10135	0,119	4,746E-05	0,758	0,668
Mod	14	0,09896	8,947E-05	0,049	0,758	0,717
Mod	15	0,09701	0,004529	0,0001186	0,762	0,717
Mod	16	0,09547	7,526E-05	0,097	0,762	0,814
Mod	17	0,08577	0,0007963	0,0003614	0,763	0,814
Mod	18	0,08418	0,0003492	0,0006434	0,763	0,815
Mod	19	0,07632	0,0009852	5,789E-05	0,764	0,815
Mod	20	0,07523	3,466E-05	0,002259	0,764	0,817
Mod	21	0,05971	0,089	1,088E-07	0,854	0,817

Çizelge 6.2 (devamı) : Kütile katılım oranı ve periyotlar.

Modlar	Mod No	Period (sn)	U _x	U _y	Sum U _x	Sum U _y
Mod	22	0,05741	0,0004123	0,0005569	0,854	0,818
Mod	23	0,0505	0,03	0,0001292	0,884	0,818
Mod	24	0,05006	3,639E-05	0,069	0,884	0,887
Mod	25	0,0346	0,0008033	0,077	0,885	0,964
Mod	26	0,03409	0,082	0,0008269	0,967	0,965
Mod	27	0,02876	0,000112	0,029	0,967	0,994
Mod	28	0,02713	0,023	0,0000706	0,99	0,994
Mod	29	0,01337	0,006444	8,037E-06	0,996	0,994
Mod	30	0,01062	1,268E-05	0,003816	0,996	0,997

$$T_x = 0,40sn,$$

Çizelge 6.1'den $T_A \leq T_x \leq T_B$ olduğundan $S(T_x) = 2,5$

$$T_y = 0,34sn, T_A \leq T_y \leq T_B \text{ olduğundan } S(T_y) = 2,5$$

A _o	R _a	I	λ	S(T)
0,30	1,00	1,00	0,85	2,50

$$V_{T_x} = V_{T_y} = \frac{\lambda \times W \times A(T)}{R_a} = \frac{0,85 \times 7283 \times 0,75}{1} = 4642,91ton$$

$$\Delta F_{N_x} = \Delta F_{N_y} = 0,0075 \times N \times V_t = 0,0075 \times 5 \times 4642,91 = 174,11ton$$

$$V_T - \Delta F_N = 4642,91 - 174,11 = 4468,8ton$$

Her bir kata etkiyen deprem yükü Fi_x ve Fi_y hesabı için **denklem (6.1)** kullanılır.

$$F_i = (V_T - \Delta F_N) \times \frac{w_i \times H_i}{\sum w_i \times H_i} \quad (6.1)$$

Çizelge 6.3 : Eşdeğer deprem kuvvetleri.

Kat	W _i (ton)	H _i (m)	W _i x H _i	Oran	F _{i_x} (ton)	F _{i_y} (ton)
Çatı	1161,41	17,10	19860,04	0,30	1343,32	1343,32
3	1251,95	13,80	17276,94	0,26	1168,60	1168,60
2	1264,02	10,50	13272,20	0,20	897,73	897,73
1	1490,72	7,20	10733,16	0,16	725,99	725,99
Zemin Kat	1368,22	3,60	4925,59	0,07	333,16	333,16
Bodrum Kat	746,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplam	7283		66066,99			

6.5.4 Yapı düzensizliklerinin kontrolü

Sistem y eksenine göre simetrik bir sistemdir, fakat x eksenine göre değildir. Hesap yöntemini belirlemede de etkin olacak **denklem (6.2)** ile ek dış merkezlik dikkate alınmadan Burulma Düzensizliği kontrolü yapılmaktadır ve burulma düzensizliğine rastlanmamaktadır (Çizelge 6.4).

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}} < 1,4 \quad (6.2)$$

Çizelge 6.4 : Burulma düzensizliği kontrolü $\eta_{bi} < 1,4$.

					<i>X YÖNÜ (m)</i>				<i>Y YÖNÜ (m)</i>			
Kat No	Q_x max	Q_x min	Q_y max	Q_y min	Δ_i max	Δ_i min	Δ_i ort	η_{bi}	Δ_i max	Δ_i min	Δ_i ort	η_{bi}
5. Kat	0,05	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	1,29	0,01	0,01	0,01	1,01
4. Kat	0,04	0,02	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	1,30	0,01	0,01	0,01	1,01
3. Kat	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	1,27	0,01	0,01	0,01	1,01
2. Kat	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	1,30	0,01	0,01	0,01	1,00
1. Kat	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,01

Düşey taşıyıcı elemanlar sürekli ve döşeme boşluklarından meydana gelen bir düzensizlik yoktur.

Eşdeğer deprem yükü hesap yönteminin uygulanması için bodrum üzerinde toplam yüksekliği 25 metreyi ve toplam kat sayısı 8'i aşmaması, ayrıca ek dışmerkezlik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1,4$ olması gerekmektedir. Örnek yapı bu şartlara uygundur.

Yapı görelî kat ötelemelerinin kontrolü **çizelge 6.6**'da verilmektedir. **Çizelge 6.5** ile karşılaştırıldığında minimum hasar sınırında olduğu görülmektedir.

Çizelge 6.5 : Görelî kat ötelemesi sınırları (DBYBHY 2007, Tablo 7.6).

Görelî Kat Ötelemesi Oranı	Hasar Sınırı		
	MN	GV	GÇ
δ_{ji} / h_{ji}	0.01	0.03	0.04

Çizelge 6.6 : Yapı görelî kat ötelemesi.

			<i>X YÖNÜ (m)</i>			<i>Y YÖNÜ (m)</i>		
Kat No	$Q_x \max$	$Q_y \max$	λ_i	λ_i / h_i	Sonuç	λ_i	λ_i / h_i	Sonuç
5.Kat	0,0472	0,0323	0,0118	0,0036	MN	0,0069	0,0021	MN
4.Kat	0,0355	0,0255	0,0125	0,0038	MN	0,0082	0,0025	MN
3.Kat	0,0230	0,0173	0,0111	0,0034	MN	0,0084	0,0026	MN
2.Kat	0,0119	0,0089	0,0102	0,0028	MN	0,0072	0,0020	MN
1. Kat	0,0018	0,0017	0,0018	0,0005	MN	0,0017	0,0005	MN

6.5.5 Kirişlerin etki/kapasite (r) oranlarının belirlenmesi

İlk olarak mevcut kirişlerin kapasiteleri belirlenmiştir. Örnek olarak K25x60 kiriş için hesap yapılmaktadır.

• • •	3Ø16	<u>K25x60</u>
• •	2Ø14	C8 elastisite modülü: $3250\sqrt{8} + 14000 = 23192,39MPa$
• • •	3Ø16	S420 donatı çeliği elastisite modülü: $200000MPa$
		$A_{\text{çekme}} = A_{\text{basınç}} = 603mm^2$ olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 6.7 : Kesit kapasite momenti hesap parametreleri.

b	250 mm	h	600 mm	d'	30 mm	A_s basınç	$603mm^2$	A_s çekme	$603mm^2$
k_1	0,85	ϵ_c	0,003	d	570 mm	a	79,9 mm	A_s gövde	308 mm ²
F_c	135,83 kN	F_s	253,26 kN	F_s'	246,33 kN	F_s gövde	129,36 kN	M_u	166,21 kNm

Çizelge 6.7'ye göre, paspayı (d') 30 mm alınmış, faydalı yükseklik (d) 570 mm'dir.

Basınç bölgesi kuvveti,

$$F_c = 0,85 \times f_c \times b \times a \quad (6.3)$$

$$F_s' = \epsilon_c \times \left(\frac{c-a}{c} \right) \times E_{\text{çelik}} \times A_{\text{Sbasınç}} \quad (6.4)$$

Çekme bölgesi kuvveti,

$$F_s = f_y \times A_{\text{Sçekme}} \quad (6.5)$$

Moment kapasitesi için,

$$M_u = F_c \times \left(d - \frac{a}{2} \right) + F_s' \times (d - d') - F_{Sgövde} \times \left(\frac{h}{2} - d' \right) \quad (6.6)$$

Denklem (6.3), (6.4), (6.5) ve (6.6) ile kiriş moment kapasiteleri bulunmuştur (Çizelge 6.8).

Çizelge 6.8 : Kiriş moment kapasiteleri.

Kiriş Mevcut Donatı					
Kiriş Boyutu	K30x60	K30x30	K30x42	K35x42	K30x54
Moment Kapasitesi M_u	212,65 kNm	47,33 kNm	70,62 kNm	93,90 kNm	93,90 kNm

Etki/kapasite oranlarını bulmak için kirişlerin artık moment kapasitesi hesabı DBYBHY 2007 Bilgilendirme Eki 7A Denklem 7A.1.a'dan yararlanılarak yapılmıştır.

SAP 2000'de modellenen yapıda 1390 numaralı K25x60 örnek kiriş üzerinde $G+0,6Q$ yüklemesi için kiriş eğilme momenti M_D -26,26 kNm, +X yönü ile uyumlu kirişin sol ucu eğilme kapasite momenti M_u 166,21 kNm'dir. Artık kapasite momenti, $M_A = M_u - M_D$, $M_A = 166,21 - (-26,26) = 192,47 \text{ kNm}$ olarak hesaplanır.

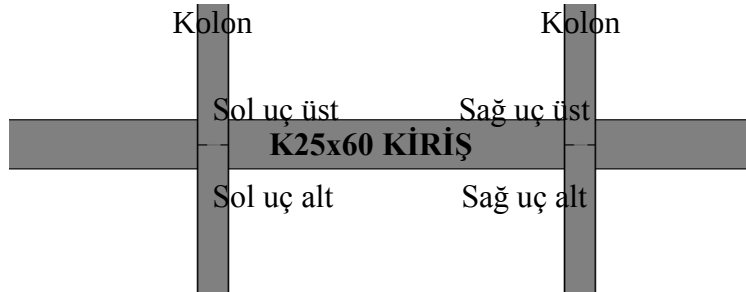
Etki/kapasite (r) oranları ise X yönü deprem kuvveti etkisinde M_e eğilme momentinin artık moment M_A 'ya oranıdır. 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem için bu kirişi değerlendirecek olursak;

$$r = \frac{67,65}{192,47} = 0,35 \text{ bulunur.}$$

50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem için bu kirişi değerlendirecek olursak oran biraz daha farklı çıkmaktadır. Çünkü depremin ivme spektrumunun ordinatları, DBYBHY 2007 Tablo 2.4'de tanımlanan spektrumun ordinatlarının yaklaşık 1,5 katı kabul edilmektedir. Bu durumda;

$r = \frac{101,47}{192,47} = 0,53$ bulunur. Bu işlemler **şekil 6.7**'de kirişin sol uç üst, sol uç alt, sağ

uç üst ve sağ uç alt olarak tekrarlanır (Çizelge 6.9). Bulunan etki/kapasite oranlarının en büyüğü kiriş hasar düzeyi saptaması için kullanılır.



Şekil 6.7 : Kiriş uç noktaları tanımları.

Çizelge 6.9'da kiriş 1390'a ait etki/kapasite (r) oranı bulunmuştur. Diğer kirişlere ait X ve Y yönü deprem kuvveti etkisine bağlı hesaplamalar SAP 2000 data dosyası ve excel çalışması ekli CD'de yer almaktadır (rev3.sdb).

Çizelge 6.9 : X yönü deprem kuvveti etkisinde kiriş 1390'nın etki/kapasite oranı.

Data	Sol Alt					Sol Üst				
Kiriş	SAP (G+nQ) kNm	SAP (Quake) kNm	M _r (kNm)	M _d (kNm)	M _e (kNm)	r	M _r (kNm)	M _d (kNm)	M _e (kNm)	r
1390	-26,26	101,47	166,2	-26,26	101,5	0,53	-166,2	-26,26	-101,5	0,73
			Sağ Alt			Sağ Üst				
Kiriş	SAP (G+nQ) kNm	SAP (Quake) kNm	M _r (kNm)	M _d (kNm)	M _e (kNm)	r	M _r (kNm)	M _d (kNm)	M _e (kNm)	r
1390	24,04	98,46	166,2	-24,04	98,46	0,52	-166,2	-24,04	-98,46	0,69
										r max
										0,73

Çizelge 4.1 kullanılarak kirişler için eleman hasar bölgesi tanımlanır. Bunun için ayrıca aşağıda yer alan hesaplamalar da yapılmalıdır.

Elemanın donatı oranı çekme donatısı $\rho = 603mm^2$, basınç donatısı $\rho' = 603mm^2$ 'dir. Çekme donatısı ile basınç donatısı farkının dengeli donatıya oranı:

$$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b} = 0 \text{ 'dır.}$$

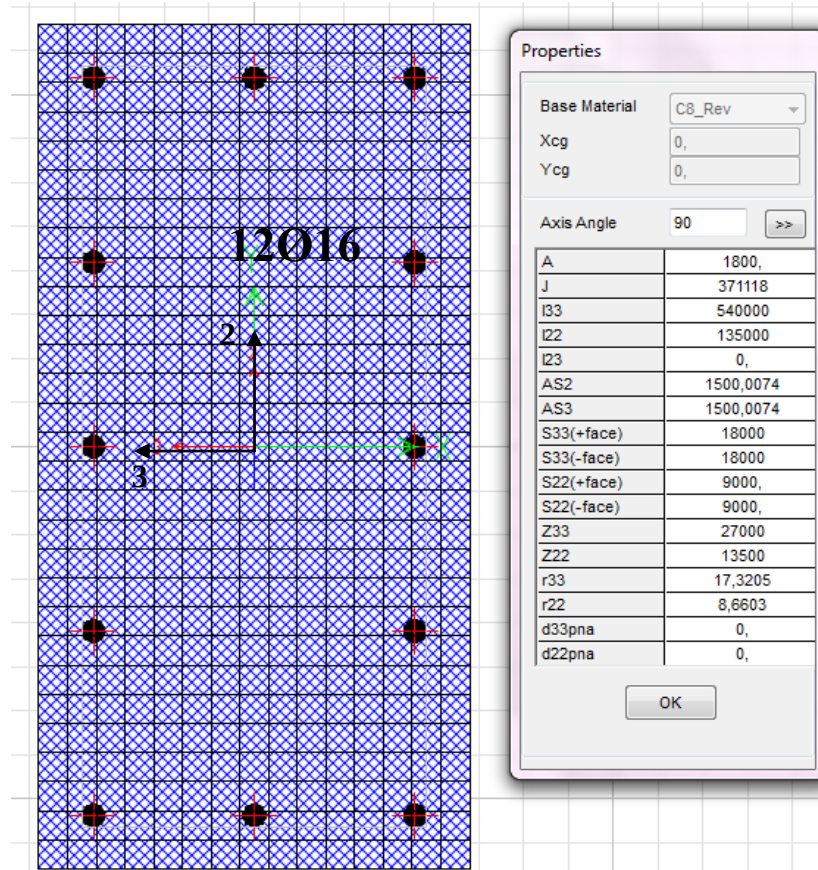
$\frac{V_e}{b_w \times d \times f_{ctm}}$ hesabı için esas alınan tasarım kesme kuvveti V_e bilinmelidir.

$$V_e = \frac{M_{sağuç} + M_{soluç}}{l} + V_{kiriş} \quad (6.7)$$

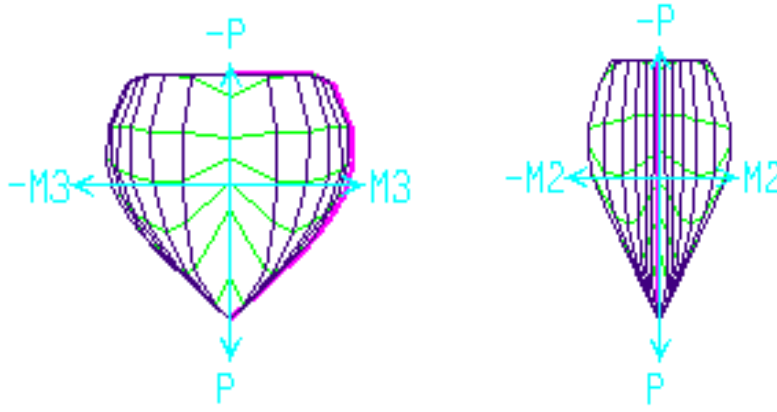
Denklem (6.7)'de kiriş uç moment kapasiteleri ve SAP 2000 programı ile hesaplanan $G+0,6Q$ yüklemesi sonucu elde edilen kesme kuvvetleri ile V_e bulunur.

6.5.6 Kolonların etki/kapasite (r) oranlarının belirlenmesi

İlk olarak mevcut kolonların kapasiteleri belirlenmiştir. Örnek olarak S30x60 kolon için hesap yapılmaktadır.



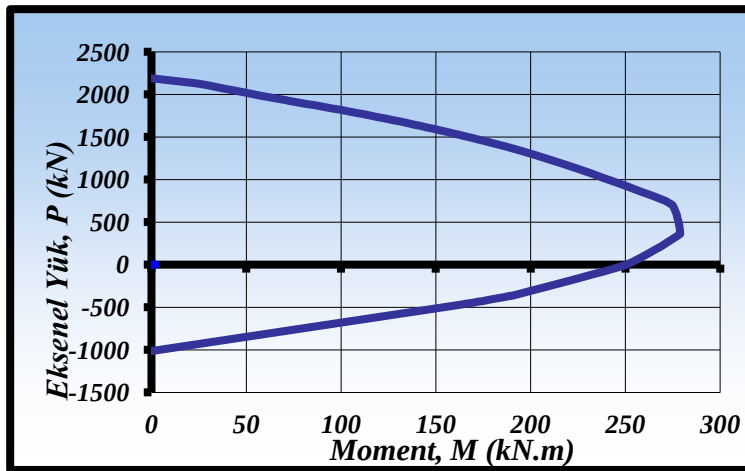
Şekil 6.8 : S30x60 tip kolon kesit ve donatı tanımları (SAP 2000 V.17).



Şekil 6.9 : S30x60 tip kolon PM_2 ve PM_3 etkileşim diyagramları (SAP 2000 V.17).

Şekil 6.8'deki kolon kesiti SAP 2000 programı "section designer" ile tanımlanmış ve Şekil 6.9'daki P normal kuvvet, M_2 ve M_3 yerel eksenlere göre moment etkileşim diyagramları oluşturulmuştur. $G+0,6Q$ yüklemeinden elde edilen normal kuvvet N_d ve eğilme momenti M_d , X ve Y yönü için yapılan deprem yüklemelerinden elde edilen N_E ve M_E değerleri ile kapasitesi hesaplanacaktır. Kapasitesi hesaplanacak kolona ait etkileşim diyagramı üzerinde (N_d, M_d) ve $(N_d + N_E, M_d + M_E)$ olan noktalar işaretlenerek bir doğru ile birleştirildiğinde diyagramı kesen nokta kapasite momenti ve ona karşılık gelen normal kuvveti verir.

Kolonlarda etki/kapasite (r) hesabında ise izlenen yol kirişlerle benzerdir. 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem için örnek eleman olarak 56 numaralı S30x60 kolon incelenmektedir.



Şekil 6.10 : 56 No'lu kolon etkileşim diyagramı.

Y yönü deprem kuvveti ile kolon güçlü yönü SAP 2000 analizi ile bulunan

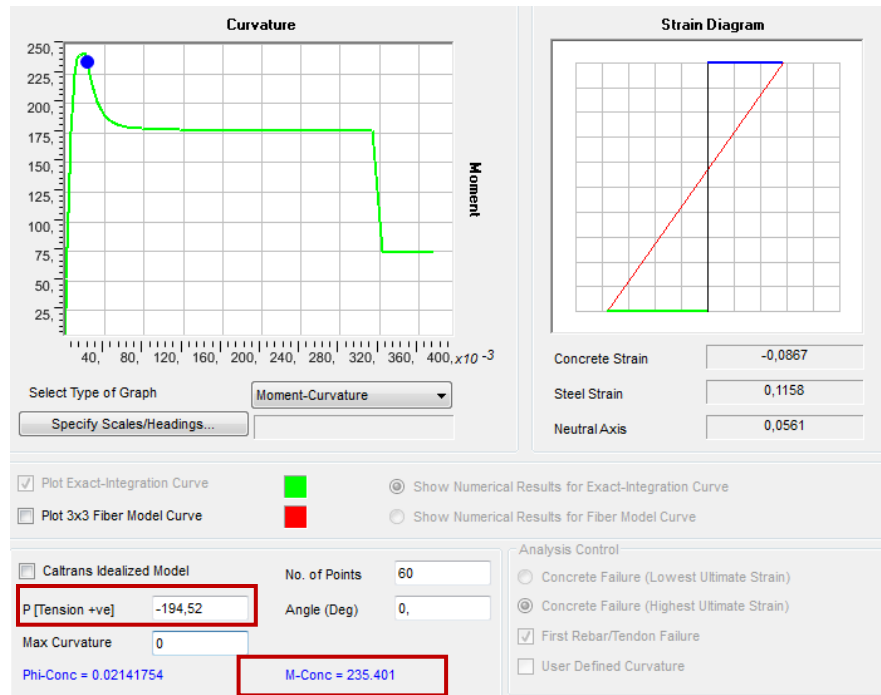
$$N_e = 9,06kN , M_e = -75,44kNm$$

G+0,6Q yüklemesi ile bulunan $N_d = -203,57kN , M_d = 101,83kNm$ kullanılarak etki/kapasite (r) oranı bulunur.

İlk olarak, $r_1 = 1$ için

$$N_{k1} = \frac{9,06}{1} + (-203,57) = -194,52kNm$$

M_{k1} değerini SAP 2000 'section designer' dan N_{k1} değerine karşı gelen moment değeridir.



Şekil 6.11 : 56 No'lu kolon N_{k1} - M_{k1} değerleri (SAP 2000 V.17).

$$M_{k1} = 235,401kNm$$

$$M_{k1} - M_d = 235,40 - 101,83 = 133,57kNm$$

$$r_2 = \frac{M_e}{M_{k1} - M_d} = 0,56 \quad r_1 \neq r_2 \text{ olduğundan } r_3 = 0,56 \text{ alınarak döngüye devam edilir.}$$

$$r_3 = 0,56 \text{ için,}$$

$$N_{k1} = \frac{9,06}{0,56} + (-203,57) = -187,54 kNm,$$

N_{k1} değerine karşı gelen moment $M_{k1} = 235,20 kNm$

$$r_4 = \frac{M_e}{M_{k1} - M_d} = 0,57 \quad r_3 \neq r_4 \text{ olduğundan } r_5 = 0,57 \text{ alınarak döngüye devam edilir.}$$

$r_6 = 0,56$ için,

$$N_{k1} = \frac{9,06}{0,57} + (-203,57) = -187,54 kNm,$$

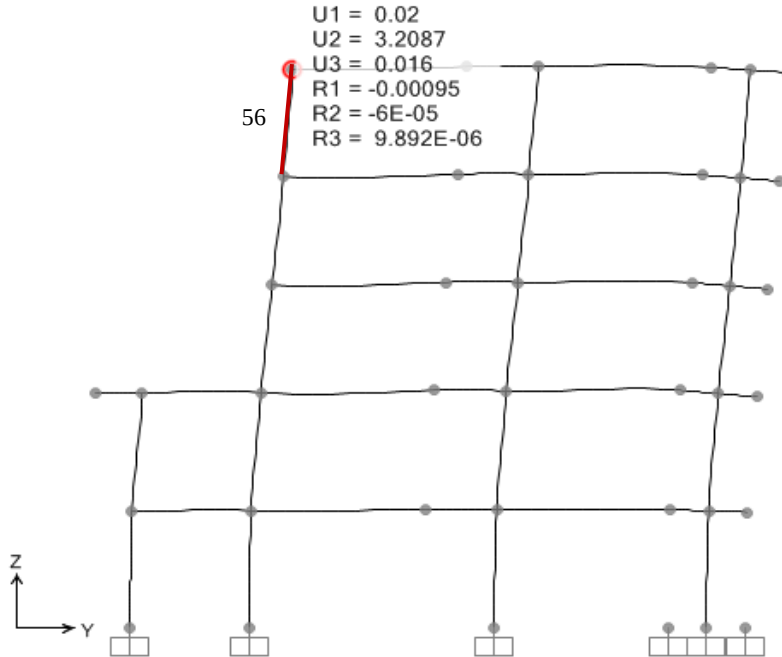
N_{k1} değerine karşı gelen moment $M_{k1} = 235,20 kNm$

$r_7 = 0,56$ bulunmaktadır. $r_6 = r_7$ olduğundan döngü bitmiştir.

Çizelge 4.2 kullanılarak kolon hasar bölgelerini belirlemek için $\frac{N_k}{A_c \times f_{cm}}$ ve

$\frac{V_e}{b_w \times d \times f_{ctm}}$ oranları bilinmelidir.

Bununla ilgili olarak 56 no'lu kolonun güçlü eksen yönünde kesme ve normal kuvvete ait oranları **çizelge 6.11'** de yer almaktadır.



Şekil 6.12 : Y yönü deprem etkisinde 56 no'lu kolon (SAP 2000 V.17).

6.5.7 Perdelerin etki/kapasite (r) oranlarının belirlenmesi

Perdelerin kapasite eğilme momentleri de kolonlarla benzer hesaplanır. Etki/kapasite oranları (r) perde uç bölgelerinin sargılanmış/sargılanmamış durumuna göre **çizelge 6.10** ile belirlenmektedir.

Çizelge 6.10 : Betonarme perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları.

Sünek Perdeler	Hasar Sınırı		
Perde Uç Bölgesinde Sargılama	MN	GV	GÇ
Var	3	6	8
Yok	2	4	6

Çizelge 6.11 : Güçlü eksen (y) ve zayıf eksen (x) yönünde 56 no'lu kolon kesme kuvveti.

Data					Eksen	Güçlü eks.	Zayıf eks.	Ve (Güçlü Eksen)								F _{cm}	8	F _{ctm}	0,99	F _{ywm}	420			
Kolon						Y	X																	
Kat	Kesit no	İstasyon	Boy (m)	Kot (m)	N _k (kN)	M ₂ (kNm)	M ₃ (kNm)	Sol uç M _j (kN m)	Sağ uç M _i (kNm)	M _p (kN m)	M _ü (kN m)	M _a (kN m)	V _e (kN)	$\frac{V_e}{b_w d F_{ctm}}$	A _c (m) ²	d (m)	b (m)	n	A _{sw}	n	A _{sw}	s (m)	$\frac{N_k}{A_c F_{cm}}$	
4	55	0	3,3		-412,1	62,6	98,2					83,2		0,47	0,18	0,6	0,3	3	50	4	50	0,15	0,29	
	55	3,3		3,3	-397,5	-81,9	-100,8	0	212,65	212,65	129		78,8		0,18	0,6	0,3	3	50	4	50	0,15	0,28	
5	56	0	3,3		-203,5	52,6	65,9					83,2		0,35	0,18	0,6	0,3	3	50	4	50	0,15	0,14	
	56	3,3		6,6	-189,0	-75,4	-68,8	0	212,65	212,65	75,4		58,8		0,18	0,6	0,3	3	50	4	50	0,15	0,13	

Data					Eksen	Güçlü eks.	Zayıf eks.	Ve (Zayıf Eksen)								F _{cm}	8	F _{ctm}	0,99	F _{ywm}	420			
Kolon						Y	X																	
Kat	Kesit no	İstasyon	Boy (m)	Kot (m)	N _k (kN)	M ₂ (kNm)	M ₃ (kNm)	Sol uç M _j (kN m)	Sağ uç M _i (kNm)	M _p (kN m)	M _ü (kN m)	M _a (kN m)	V _e (kN)	$\frac{V_e}{b_w d F_{ctm}}$	A _c (m) ²	d (m)	b (m)	n	A _{sw}	n	A _{sw}	s (m)	$\frac{N_k}{A_c F_{cm}}$	
4	55	0	3,3		-412,1	62,6	98,2					193,15		1,04	0,18	0,6	0,3	3	50	4	50	0,15	0,29	
	55	3,3		13,8	-397,6	-81,9	-100,8	212,65	212,65	425,3	257		166,75		0,18	0,6	0,3	3	50	4	50	0,15	0,28	
5	56	0	3,3		-203,6	52,7	66,0					168,23		0,55	0,18	0,6	0,3	3	50	4	50	0,15	0,14	
	56	3,3		17,1	-189,0	-75,4	-68,8	212,65	212,65	425,3	68,9		87,8		0,18	0,6	0,3	3	50	4	50	0,15	0,13	

6.5.8 Taşıyıcı sistem elemanlarının kritik kesitlerinde eğilme kapasitesiyle uyumlu kesme kuvveti kontrolü

DBYBHY 2007 Bölüm 7.5.2.2.(a)'ya göre, kolon, kiriş ve perdelerin sünek eleman sayılabilmesi için bu elemanların eğilme kapasitesiyle uyumlu olarak hesaplanan kesme kuvveti V_e 'nin TS 500'e göre hesaplanan kesme kapasitesi V_r 'yi aşmaması gerekmektedir.

Kirişler için 1390 no'lu K25x60 kiriş elemanı örnek olarak hesaplanmıştır. Kiriş kesme kuvveti kapasiteleri **denklem (6.8)** ile hesaplanmaktadır.

$$V_r = V_c + V_w = 0,8V_{cr} + V_w \quad (6.8)$$

Bunun için G+nQ yüklemesi için SAP 2000'den elde edilen kiriş kesme kuvvetleri

(V_{dy}) kullanılarak, kiriş uç momentleri de dikkate alınarak V_e hesaplanır.

$$V_c = 0,8 \times 0,65 \times f_{ctm} \times b_w \times d = 0,8 \times 0,65 \times 990 \times 0,25 \times 0,57 = 73,36kN$$

$$V_w = \frac{A_{sw} \times f_{ywm} \times d}{s} = \frac{2 \times 50 \times 420 \times 0,57}{150} = 159,60kN$$

$$V_r = 232,96kN$$

$$V_e = V_{dy} \pm \frac{M_{pi} + M_{pj}}{l_{kiriş}} = 35,937 \pm \frac{166,21 + 166,21}{3,6}$$

$$V_{ei} = -56,40kN, \quad V_{ej} = 128,28kN \leq V_r = 232,96kN \text{ olduğundan bu kiriş sünektir.}$$

$$V_{ei} = -56,40kN, \quad V_{ej} = 128,28kN \leq 0,22 \times 0,57 \times 0,25 \times 8000 = 250,8kN \text{ şartını}$$

sağlamaktadır.

Diğer kirişler de kontrol edilmiş ve kırılma türü sünek olup gereken şartları sağladıkları belirlenmiştir. Bütün kiriş durumları ekli CD'de excel çalışmalarında yer almaktadır.

56 numaralı S30x60 kolon için kesme kontrolü örneği güçlü eksen ve zayıf ekseninde incelenmiştir.

Denklem (6.8) kullanılarak kolon kesme kuvveti kapasitesi hesaplanır.

$$V_c = 0,8 \times 0,65 \times f_{ctm} \times b_w \times d \times (1 + \gamma N / A_c)$$

$$V_c = 0,8 \times 0,65 \times 8 \times 0,99 \times 300 \times 570 = 704246,4 N$$

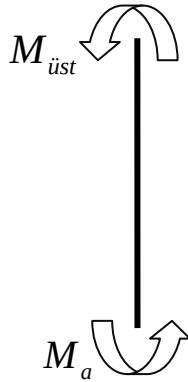
$$V_w = \frac{A_{sw} \times f_{ywm} \times d}{s} = \frac{3 \times 50 \times 420 \times 600}{150} = 252000 N$$

$$V_r = 956246,4 N = 956,25 kN$$

Kolon üst ve alt uç momentlerini de hesaba katarak elde edilen kesme kuvveti;

$$V_e = \frac{M_a + M_{\dot{u}}}{l_n} = \frac{83,19 + 75,45}{3,30 - 0,60} = \frac{158,64}{2,70} = 58,76 kN$$

Burada M_a kolon alt uç eğilme momenti, $M_{\dot{u}}$ kolon üst uç eğilme momentidir (Şekil 6.13).



Şekil 6.13 : Kesme kuvveti hesabında kullanılacak kolon uç momentleri.

$$M_{\dot{u}} = 75,4478 kNm ,$$

$$M_a = \frac{52,66}{81,94 + 52,66} \times 212,65 = 83,20 kNm$$

$$V_e \leq V_r$$

56 no'lu kolon güçlü eksen için hesaplanan kesme istemi V_e , kesme kapasitesi V_r 'den küçük olduğu için 56 no'lu kolon “sünek olarak hasar gören kolon” olarak tanımlanır. Zayıf ekseninde de kontrol yapılır (Çizelge 6.11). Diğer kolonlar da kontrol edilmiş ve kırılma türü sünek olup gereken şartları sağladıkları belirlenmiştir. Bütün kolon durumları ekli CD'de excel çalışmalarında yer almaktadır.

6.5.9 Eleman hasar bölgelerinin ve yapı performansının belirlenmesi

Taşıyıcı elemanların hasar bölgesi belirlenmiştir. Çizelge 6.12'de K25x60 kirişlerin birkaçına ait hasar bölgeleri, çizelge 6.13'de kolonların birkaçına ait hasar bölgeleri yer almaktadır.

Taşıyıcı elemanların tümüne ait hasar durumu ekli CD'de yer almaktadır.

Çizelge 6.12 : Depremin aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan durum için kiriş
eleman hasar tanımı.

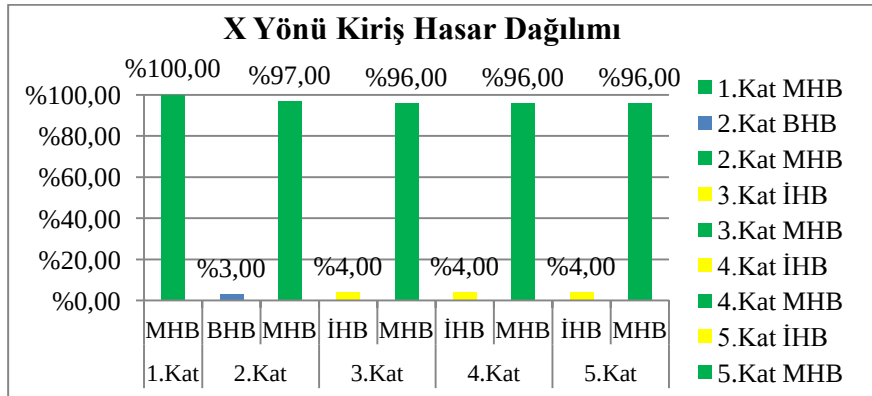
Kiriş Kesit Boyutu	Gevrek/Sünek	Kiriş Eleman No	$\frac{V_e}{b_w df_{ctm}}$	Etki/Kapasite Oranı r(max)	Eleman Hasar Bölgesi	Kat No
K25X60	Sünek	1065-X yönü	1,190147	1,31	MHB	1.Kat
K25X60	Sünek	1066-X yönü	1,179656	0,84	MHB	1.Kat
K25X60	Sünek	1071-X yönü	1,235726	3,32	BHB	2.Kat
K25X60	Sünek	1072-X yönü	1,235726	3,31	BHB	2.Kat
K25X60	Sünek	1077-X yönü	1,235726	3,95	İHB	3.Kat
K25X60	Sünek	1078-X yönü	1,235726	3,95	İHB	3.Kat
K25X60	Sünek	1083-X yönü	1,235726	3,92	İHB	4.Kat
K25X60	Sünek	1084-X yönü	1,235726	3,92	İHB	4.Kat
K25X60	Sünek	1089-X yönü	1,235726	3,53	İHB	5.Kat
K25X60	Sünek	1090-X yönü	1,235726	3,51	İHB	5.Kat
K25X60	Sünek	1128-Y yönü	0,804324	0,080031	MHB	1.Kat
K25X60	Sünek	1129-Y yönü	0,804324	0,078861	MHB	1.Kat
K25X60	Sünek	1132-Y yönü	0,804324	0,24192	MHB	2.Kat
K25X60	Sünek	1133-Y yönü	0,804324	0,240503	MHB	2.Kat
K25X60	Sünek	1136-Y yönü	0,784051	0,156813	MHB	3.Kat
K25X60	Sünek	1137-Y yönü	0,784051	0,160944	MHB	3.Kat

Çizelge 6.13 : Depremi aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan durum için kolon eleman hasar tanımı.

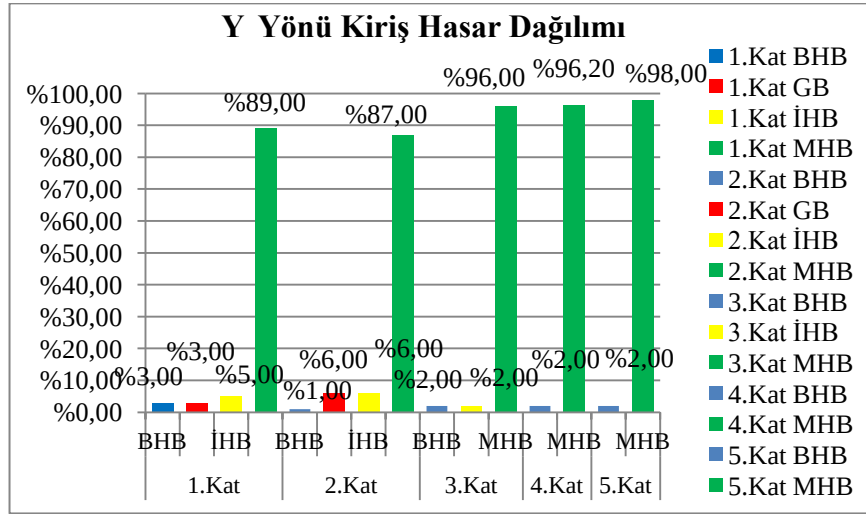
Kolon Kesit Boyutu	Gevrek/Sünek	Kolon Eleman No	$\frac{N_K}{A_c f_{cm}}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}$	Etki/Kapasite Oranı r(max)	Eleman Hasar Bölgesi	Kat No
S30X60	Sünek	147-Y yönü	0,30	Yok	0,24	0,20	MHB	1. Kat
S30X60	Sünek	148-Y yönü	0,58	Yok	1,12	0,31	MHB	2. Kat
S30X60	Sünek	149-Y yönü	0,44	Yok	1,12	0,37	MHB	3. Kat
S30X30	Sünek	14-Y yönü	0,24	Yok	0,86	0,57	MHB	2. Kat
S30X60	Sünek	150-Y yönü	0,29	Yok	1,03	0,31	MHB	4. Kat
S30X60	Sünek	151-Y yönü	0,14	Yok	0,48	0,24	MHB	5. Kat
S30X60	Sünek	87-X yönü	0,28	Yok	0,10	2,08	İHB	1. Kat
S30X60	Sünek	227-X yönü	0,28	Yok	0,09	1,55	BHB	1. Kat

Depremi aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan durum için yurt binası hemen kullanım 'HK' durumunu sağlamamaktadır. Aşağıda çizelge 6.14'de x ve y deprem doğrultularında kiriş hasar dağılımı verilmektedir.

Çizelge 6.14 : Yapı kiriş hasar dağılımı.

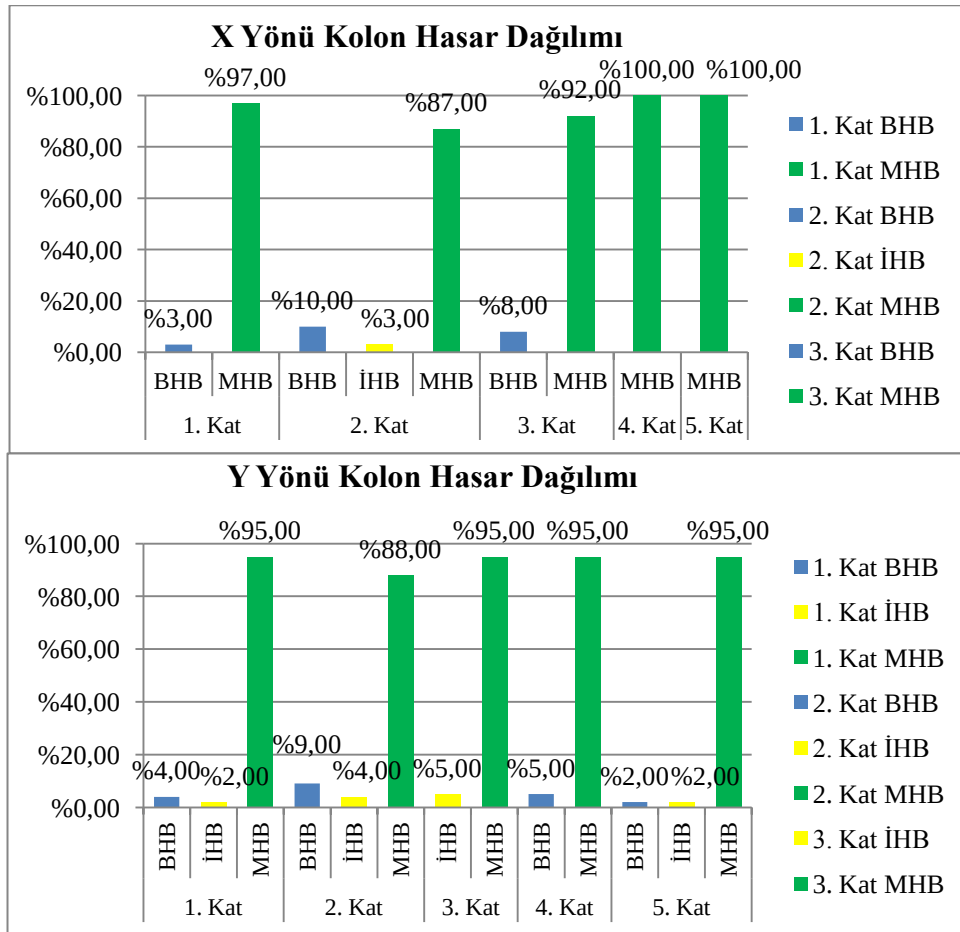


Çizelge 6.14 (devamı) : Yapı kiriş hasar dağılımı.



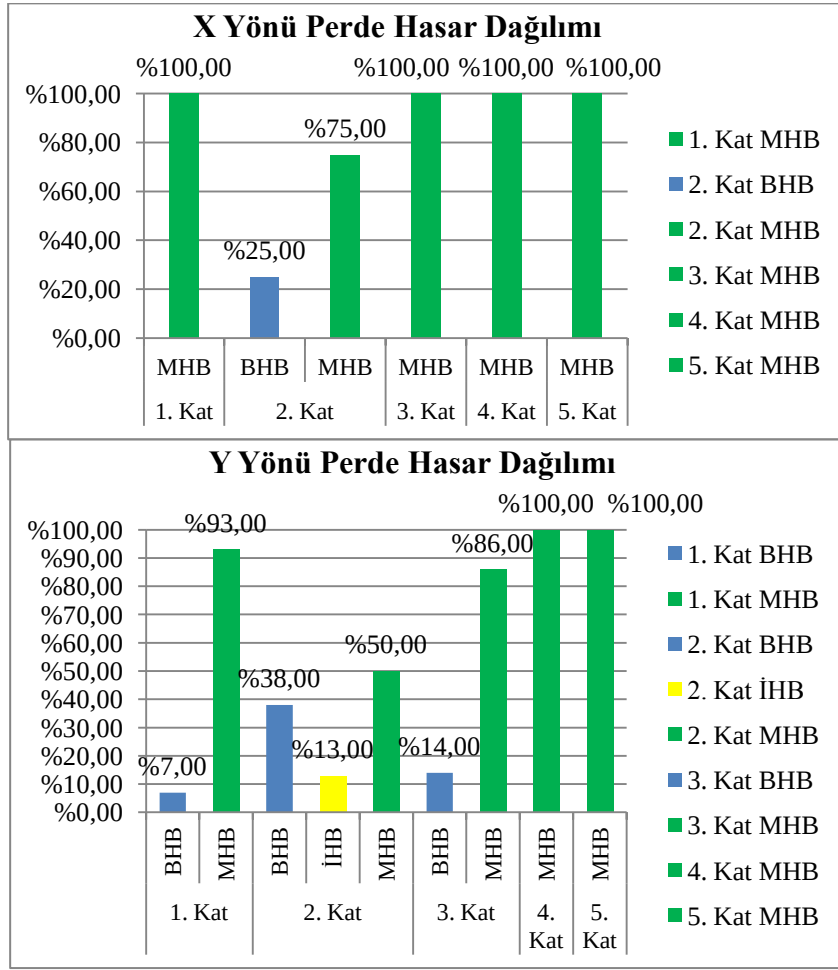
Çizelge 6.15 ile x ve y deprem doğrultularında kolon hasar dağılımı verilmiştir.

Çizelge 6.15 : Yapı kolon hasar dağılımı.



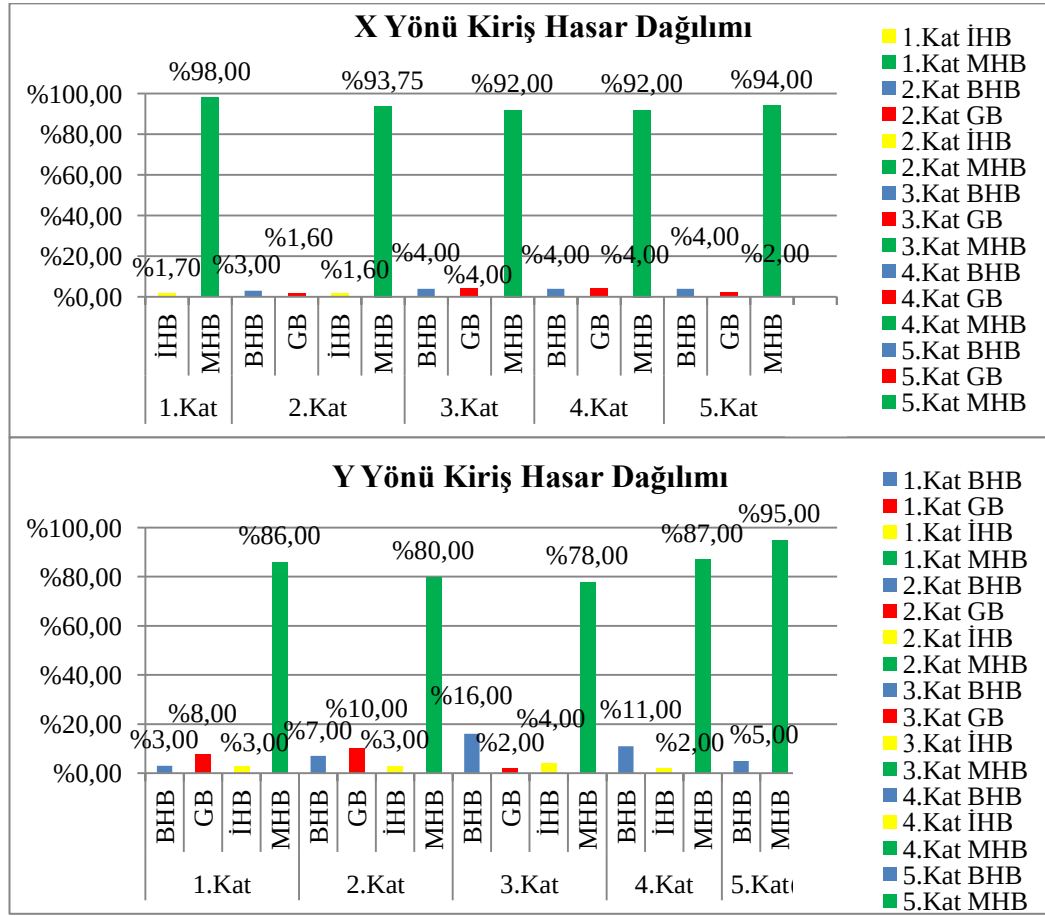
Çizelge 6.16 ile x ve y deprem doğrultularında mevcut perde hasar dağılımı verilmiştir.

Çizelge 6.16 : Yapı mevcut perde hasar dağılımı.



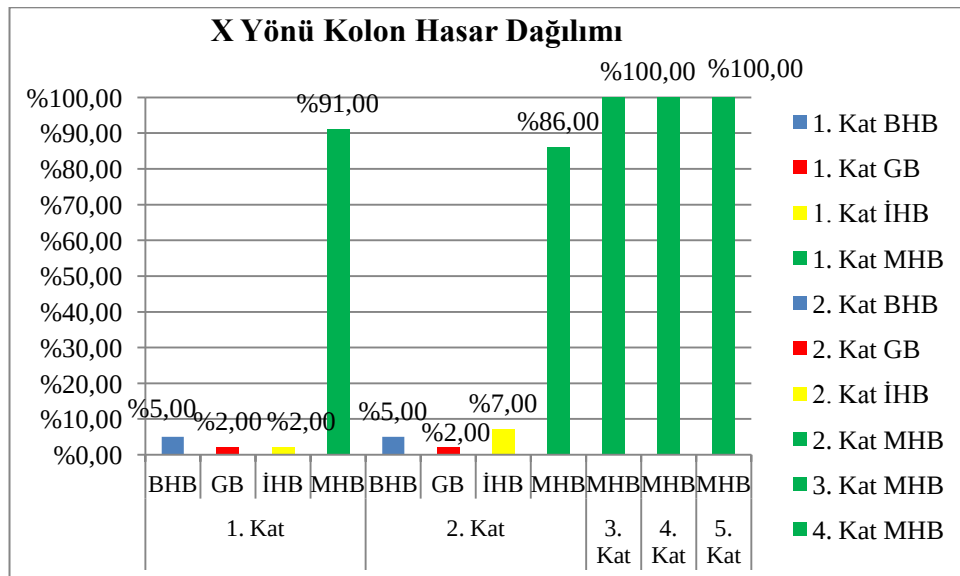
Depremi aşılma olasılığı 50 yılda %2 olan durum için yurt binası can güvenliği durumunu sağlamalıdır. Aşağıda **çizelge 6.17** ve **çizelge 6.18**'de sağlamadığı görülmektedir.

Çizelge 6.17 : Yapı kiriş hasar dağılımı.

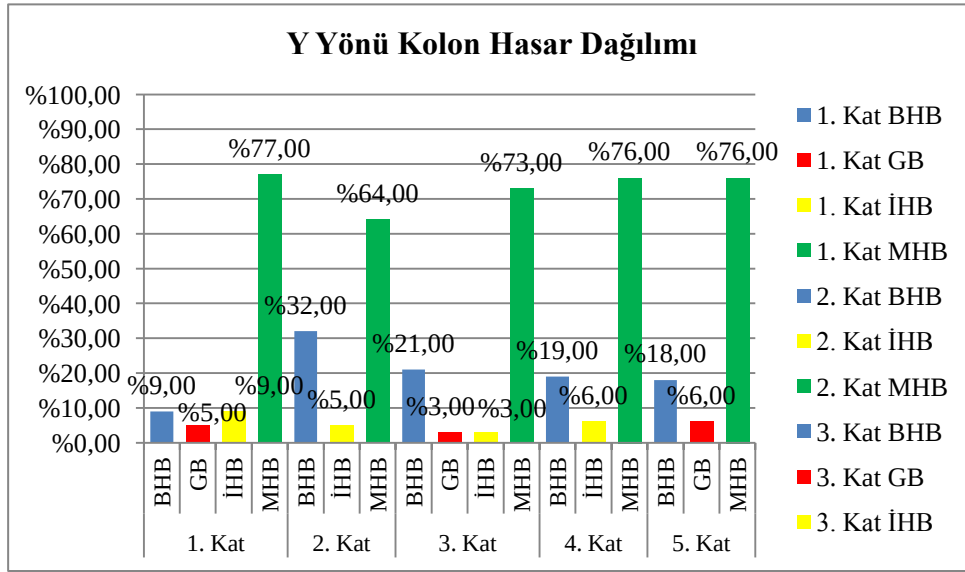


Depremi aşılma olasılığı 50 yılda %2 olan durum için yapılan hesaplarda depremin ivme spektrumunun ordinatları DBYBHY 2007'de belirtilene göre yaklaşık 1,5 katı alınarak hesap yapılmaktadır. Bu durum hasar dağılımını da etkilemektedir.

Çizelge 6.18 : Yapı kolon hasar dağılımı.

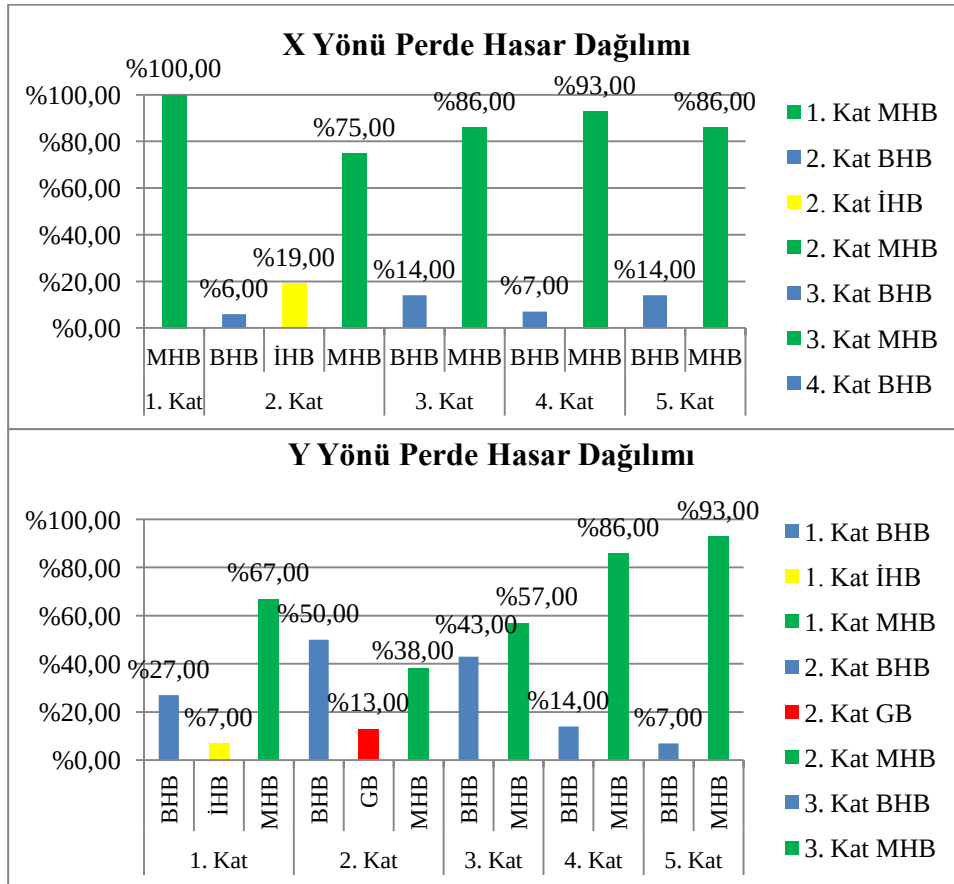


Çizelge 6.18 (devamı) : Yapı kolon hasar dağılımı.



Çizelge 6.19'da x ve y deprem doğrultularında mevcut perde hasar dağılımı verilmiştir.

Çizelge 6.19: Yapı mevcut perde hasar dağılımı.



Çizelge 6.20 : Güçlendirilmiş yapının eşdeğer deprem kuvvetleri.

Kat	W_i (ton)	H_i (m)	$W_i \times H_i$	Oran	F_{i_x} (ton)	F_{i_y} (ton)
Çatı	1169,72	17,10	20002,21	0,28	1404,77	1404,77
3	1373,96	13,80	18960,65	0,27	1331,62	1331,62
2	1386,02	10,50	14553,21	0,21	1022,08	1022,08
1	1605,50	7,20	11559,60	0,16	811,84	811,84
Zemin Kat	1514,50	3,60	5452,20	0,08	382,91	382,91
Bodrum Kat	1022,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplam	8072,50		70527,87			

6.6.2 Yapı düzensizliklerinin kontrolü

Çizelge 6.21 : Burulma düzensizliği kontrolü $\eta_{bi} < 1,4$.

					<i>X YÖNÜ (m)</i>				<i>Y YÖNÜ (m)</i>			
Kat No	Q_x max	Q_x min	Q_y max	Q_y min	Δ_i max	Δ_i min	Δ_i ort	η_{bi}	Δ_i max	Δ_i min	Δ_i ort	η_{bi}
5. Kat	0,015	0,014	0,012	0,012	0,003	0,003	0,003	1,040	0,002	0,002	0,002	1,002
4. Kat	0,012	0,010	0,009	0,009	0,004	0,003	0,003	1,050	0,003	0,003	0,003	1,002
3. Kat	0,008	0,007	0,007	0,007	0,004	0,003	0,003	1,048	0,003	0,003	0,003	1,002
2. Kat	0,004	0,004	0,004	0,004	0,003	0,003	0,003	1,075	0,003	0,003	0,003	1,001
1. Kat	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	1,013	0,001	0,001	0,001	1,002

Deprem perdeleri eklenen yapıda burulma düzensizliğine rastlanmamaktadır (Çizelge 6.21).

Çizelge 6.22 : Yapı görelî kat ötelemesi.

			<i>X YÖNÜ (m)</i>			<i>Y YÖNÜ (m)</i>		
Kat No	Q_x max	Q_x max	λ_i	λ_i / h_i	Sonuç	λ_i	λ_i / h_i	Sonuç
5.Kat	0,015	0,012	0,003	0,001	MN	0,002	0,001	MN
4.Kat	0,012	0,009	0,004	0,001	MN	0,003	0,001	MN
3.Kat	0,008	0,007	0,004	0,001	MN	0,003	0,001	MN
2.Kat	0,004	0,004	0,003	0,001	MN	0,003	0,001	MN
1. Kat	0,001	0,001	0,001	0,000	MN	0,001	0,000	MN

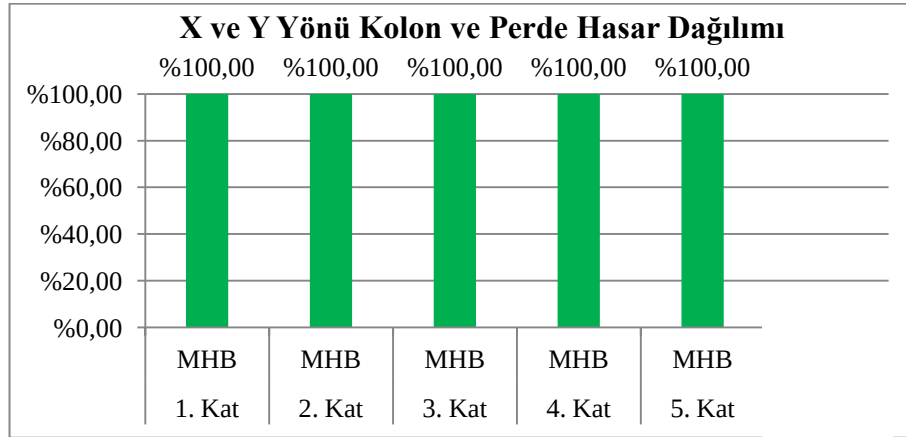
Görelî kat ötelemesi kontrolüne göre **çizelge 6.22**, **çizelge 6.5** ile karşılaştırıldığında minimum hasar sınırında olduğu görülmektedir.

6.6.3 Eleman hasar bölgelerinin ve yapı performansının belirlenmesi

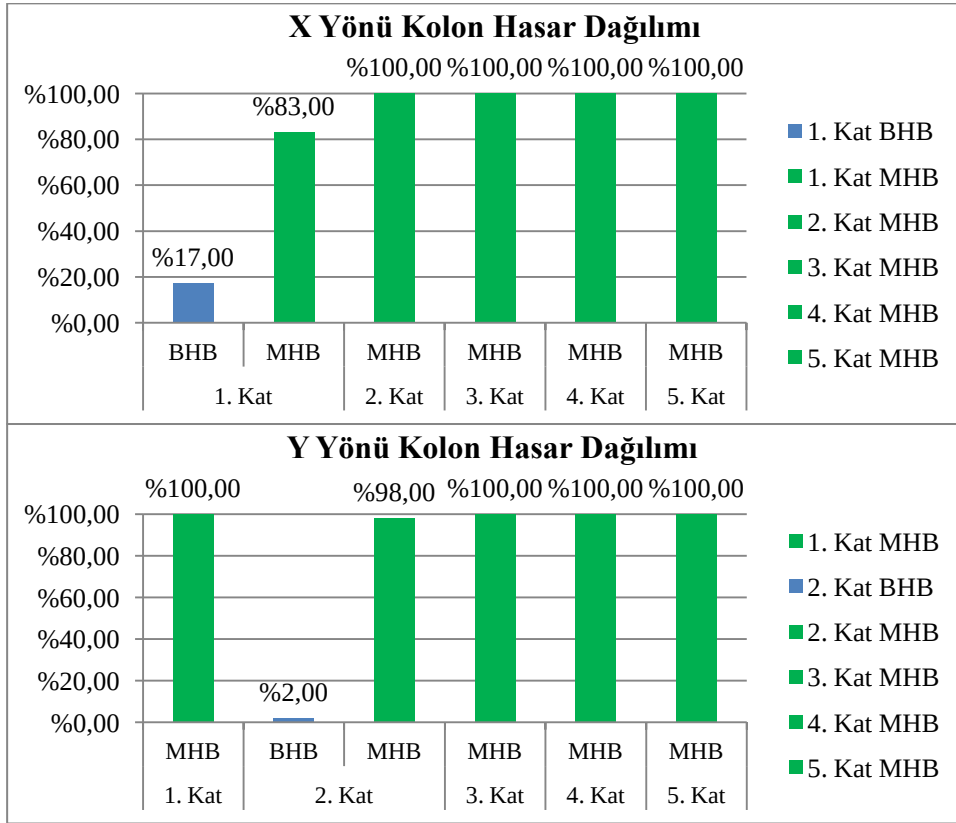
Mevcut durum performansının belirlenmesinde kullanılan hesaplar deprem perdeleri ile güçlendirilmiş yapı içinde uygulanır. Kirişler için hasar bölgeleri D2 deprem düzeyi için minimum hasar bölgesinde, kolon ve perde elemanların tümü %100 minimum hasar bölgesinde kalmaktadır (Çizelge 6.23). Bu durumda 'Hemen Kullanım' performans düzeyini sağlamaktadır.

D3 deprem düzeyi için kirişlerin %2'si belirgin hasar bölgesinde olup, %98'i minimum hasar bölgesinde bulunmaktadır. Kolonlar ise X yönünde 1. katta %17 belirgin hasar, Y yönünde 2. katta %2 belirgin hasar bölgelerinde yer almaktadır (Çizelge 6.24). **Çizelge 6.25**'de X ve Y yönü perde hasar durumu verilmiştir. Diğer taşıyıcı sistemler minimum hasar bölgesinde yer almaktadır. İleri hasar bölgesinde eleman yoktur. Bu sebeple can güvenliği düzeyini sağlamaktadır. Eleman hasar bölgeleri ve kesme kontrolleri ekli CD'de yer almaktadır.

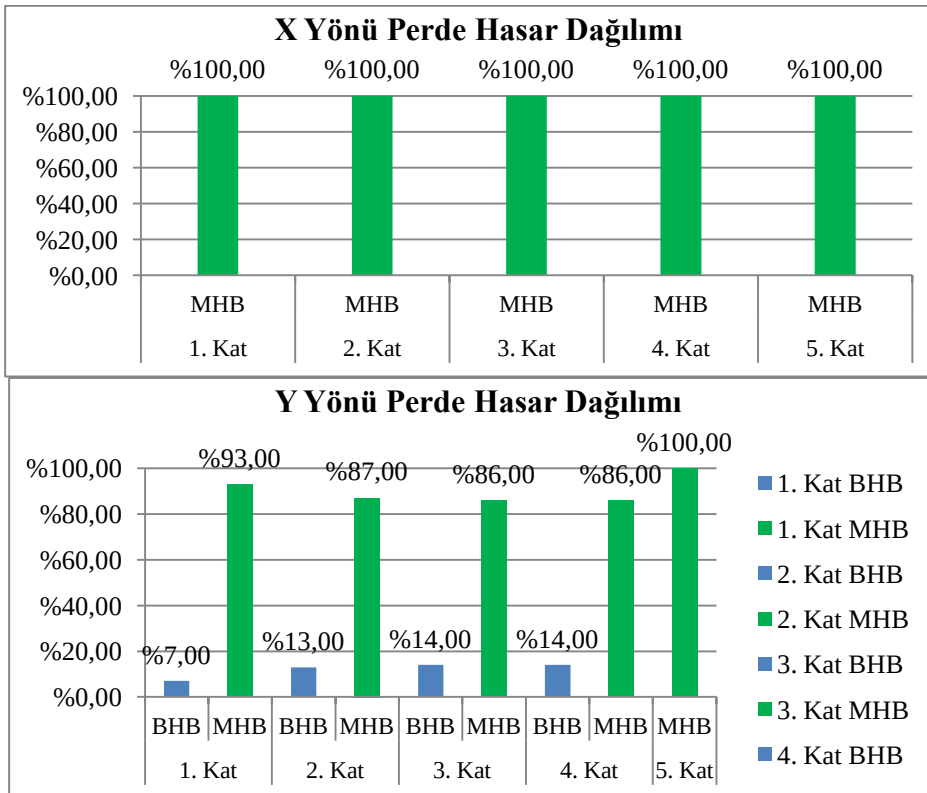
Çizelge 6.23 : D2 deprem düzeyi x ve y yönü kolon ve perde hasar dağılımı.



Çizelge 6.24 : D3 deprem düzeyi x ve y yönü kolon hasar dağılımı.

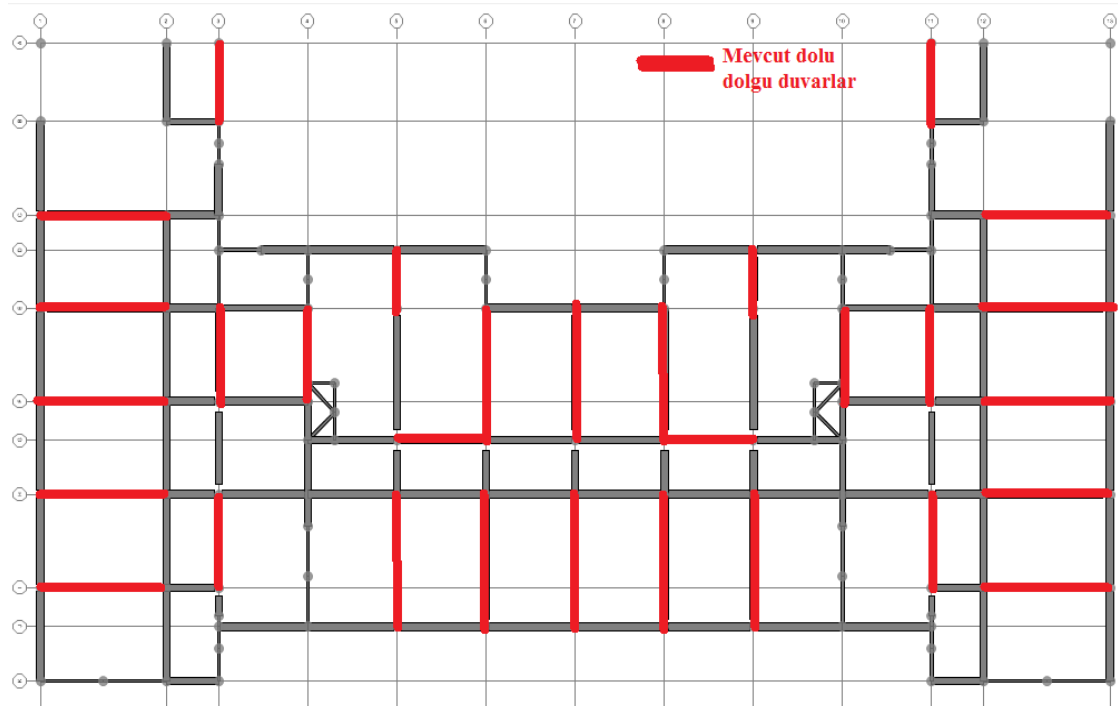


Çizelge 6.25 : D3 deprem düzeyi x ve y yönü perde hasar dağılımı.



6.7 Yapının Mevcut Dolgu Duvarları Dikkate Alınarak Performansının İrdelenmesi

İlk durumda **bölüm 6.5**'de yapı mevcut duvarları sadece yük olarak yapıya etkitilmiştir, hesap modelinde dikkate alınmamıştır. Yapının rijitliğine katkısı genel olarak bilinmesine rağmen güvenli tarafta kalınması için hesaplarda dolgu duvarların etkisi ihmal edilmektedir. Bu kısımda yapının mevcut dolu duvarları ele alınarak yapının performansı tekrar irdelenmektedir. **Çizelge 6.15**'te normal kat planına ait dolu dolgu duvarlar yer almaktadır. Bu durum bir tek zemin katta değişiklik göstermektedir. Çünkü zemin katta yemekhane gibi mimarisinde geniş açıklığa ihtiyaç duyulan alanlar mevcuttur, bu sebeple daha az oranda duvar kullanılmıştır. Normal katlarda ise öğrenci odaları mevcuttur.



Şekil 6.15 : Normal kat planında mevcut dolu dolgu duvarların konumu.

Yapının mevcut duvarları da dikkate alınarak mimari plana uyumlu olarak matematik modeli kurulmuştur.

6.7.1 Yapının matematik modelinin oluşturulması

Dolgu duvarların matematik modeli oluşturulurken eşdeğer sanal çapraz çubuğu SAP 2000'de modele yansıtılırken, iki ucu mafsallı, malzemesi duvar malzemesi ile aynı çerçeve elemanları kullanılmıştır.

Tuğla duvarı malzemesi olarak DBYBHY 2007 (7F.5a) ile tanımlanan boşluklu fabrika tuğlası kabul edilmiştir. Bu tuğla duvarının elastisite modülü $E_d = 1000 \text{MPa}$, basınç dayanımı $f_d = 2,0 \text{MPa}$, kesme dayanımı $\tau_d = 0,15 \text{MPa}$ 'dır. 1-2 aks aralığındaki dolgu duvarların 2 aksına denk gelen uçlarına S30x30'luk düşey hatıl olduğu varsayılmış ve dolu dolgu duvarlar hesapta dikkate alınmıştır.

Dolgu duvarları eşdeğer basınç çubukları ile tanımlarken tuğla duvara karşılık gelen çubuk genişliği a_d 'nin hesabı **denklem (6.9)** ile tanımlanmaktadır.

$$a_d = 0,175(\lambda_d h_k)^{-0,4} r_{du \text{ var}} \quad (6.9)$$

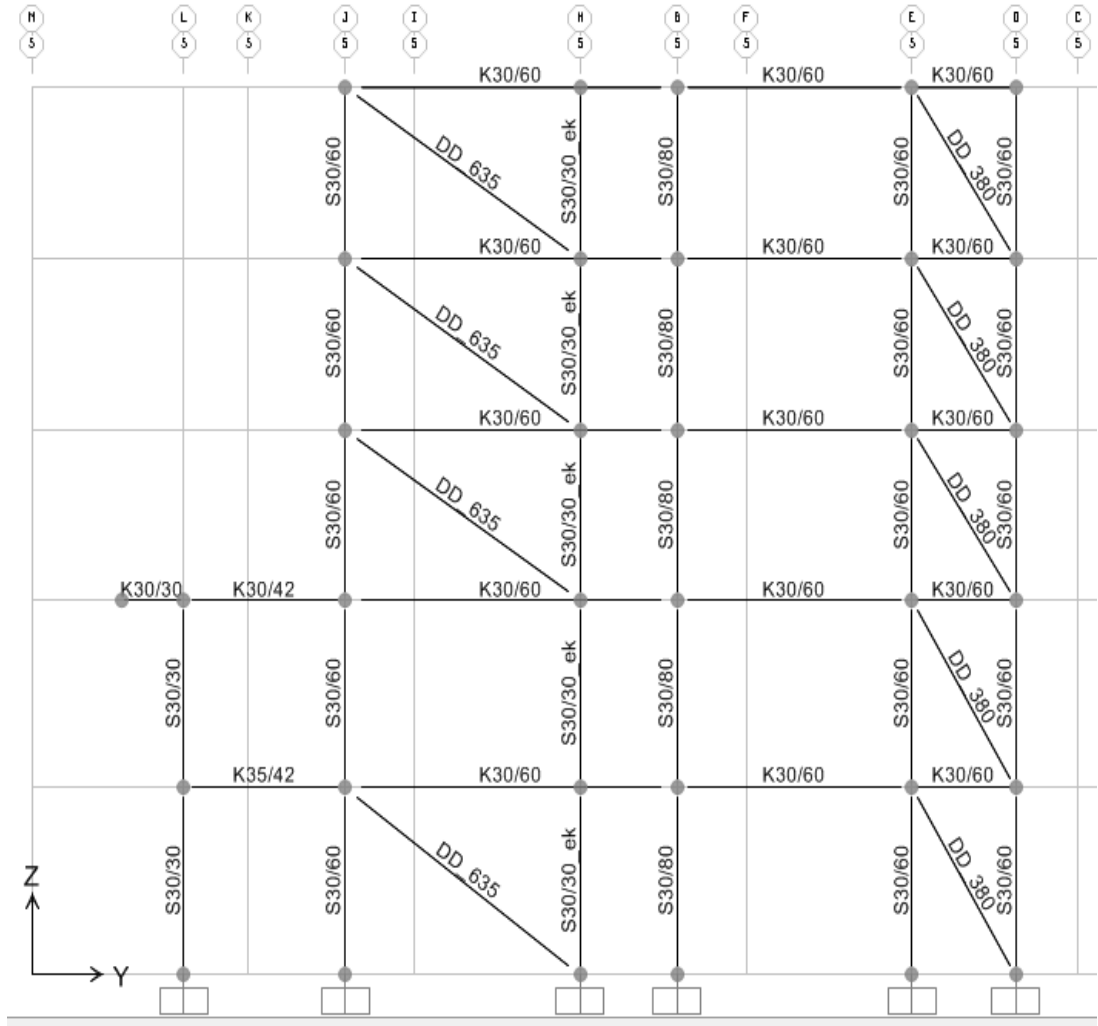
Burada h_k kolon boyu, $r_{du \text{ var}}$ dolgu duvar köşegen uzunluğu, λ_d ise denklem (6.10) ile hesaplanmaktadır.

$$\lambda_{du \text{ var}} = \left[\frac{E_{du \text{ var}} t_{du \text{ var}} \sin 2\theta}{4E_c I_k h_{du \text{ var}}} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (6.10)$$

Burada ise E_c çerçeve betonunun elastisite modülü, I_k kolonun atalet momenti ve θ köşegenin yatay ile olan açısıdır. Köşegen basınç çubuk elemanının eksenel rijitliği ise **denklem (6.11)**'de verilmektedir.

$$k_{du \text{ var}} = \frac{a_{du \text{ var}} t_{du \text{ var}} E_{du \text{ var}}}{r_{du \text{ var}}} \quad (6.11)$$

Dolgu duvarları tanımlayan eşdeğer basınç çubuklarının hesap değerleri **çizelge 6.23** ile verilmektedir. Böylelikle $a_{du \text{ var}}$ hesaplanarak SAP 2000 modelde malzeme olarak tanımlanıp, kesit tanımlarında "section designer" kısmında modellenmiş, eşdeğer çubuk elemana ataması yapılmıştır (Şekil 6.16). Model ekli CD'de yer almaktadır.



Şekil 6.16 : Mevcut dolgu duvarların matematik modeli.

Dolgu duvarları hesaba alırken olumsuz tarafta kalınarak eşdeğer çubuk elemanlar modellenmiştir. Örneğin şekil 6.16'da DD_635 duvar S30x60 ve S30x30 kolonları arasında bulunmaktadır. Hesap her iki kolonun atalet momentine göre yapıp a_{duvar} belirlenmiş, 635mm olarak alınmıştır (Çizelge 6.26). +X ve -X yönü için yapı simetrik olduğundan aynı sonuçlar çıkacaktır. Bu sebeple duvarsız model ve diğer durumlar ile karşılaştırma yapabilmek için +X yönü için hesaplar yapıp etki/kapasite oranları belirlenecektir. -X yönü deprem etkisinde de yapı simetrik olduğundan benzer hasar bölgesinde kalacaktır. Daha sonraki adımda deprem perdeleri ile güçlendirirken tek bir yön ele alınarak güçlendirme perdesi yerleşimi yapıp, simetrisine de aynı perde yerleşimi yapılarak ters yönde etki eden depreme karşı da güçlendirme sağlanmış olacaktır.

Çizelge 6.26 : Dolgu duvar eşdeğer basınç çubuğu boyutlandırma (N, mm).

Kat	t_d	h_d	L_d	r_{duvar}	θ	$\sin 2\theta$	E_{duvar}	E_c	b_k	d_k	h_k	I_k	λ_{duvar}	a_d	(Tipleştirilmiş) aduvar
B,Z	200	3000	3600	4686,15	39,83	0,984	1000	23000	250	600	3600	781250000	0,00097735	495,81	490
	200	3000	3600	4686,15	39,83	0,984	1000	23000	300	800	3600	1800000000	0,00079329	538,97	
Kat	t_d	h_d	L_d	r_{duvar}	θ	$\sin 2\theta$	E_{duvar}	E_c	b_k	d_k	h_k	I_k	λ_{duvar}	a_d	
1,2,3	200	2700	3600	4500,00	36,89	0,960	1000	23000	250	600	3300	781250000	0,00099738	488,99	490
	200	2700	3600	4500,00	36,89	0,960	1000	23000	300	800	3300	1800000000	0,00080954	531,56	
Kat	t_d	h_d	L_d	r_{duvar}	θ	$\sin 2\theta$	E_{duvar}	E_c	b_k	d_k	h_k	I_k	λ_{duvar}	a_d	
B,Z	200	3000	2250	3750,00	53,16	0,960	1000	23000	300	600	3600	5400000000	0,00059906	482,57	380
Kat	t_d	h_d	L_d	r_{duvar}	θ	$\sin 2\theta$	E_{duvar}	E_c	b_k	d_k	h_k	I_k	λ_{duvar}	a_d	
1,2,3	200	2700	2250	3514,61	50,22	0,983	1000	23000	300	600	3300	5400000000	0,00061881	462,26	380
Kat	t_d	h_d	L_d	r_{duvar}	θ	$\sin 2\theta$	E_{duvar}	E_c	b_k	d_k	h_k	I_k	λ_{duvar}	a_d	
B,Z	200	3000	3050	4278,14	44,55	1,000	1000	23000	250	1650	3600	93585937500	0,00029663	729,27	440
	200	3000	3050	4278,14	44,55	1,000	1000	23000	250	600	3600	781250000	0,00098134	451,90	
Kat	t_d	h_d	L_d	r_{duvar}	θ	$\sin 2\theta$	E_{duvar}	E_c	b_k	d_k	h_k	I_k	λ_{duvar}	a_d	
1,2,3	200	2700	3050	4073,39	41,54	0,993	1000	23000	250	1650	3600	93585937500	0,00030402	687,56	440
	200	2700	3050	4073,39	41,54	0,993	1000	23000	250	600	3600	781250000	0,00100579	426,06	
Kat	t_d	h_d	L_d	r_{duvar}	θ	$\sin 2\theta$	E_{duvar}	E_c	b_k	d_k	h_k	I_k	λ_{duvar}	a_d	
B,Z	200	3000	5100	5916,92	30,48	0,874	1000	23000	300	600	3600	1350000000	0,00082768	669,07	635
	200	3000	5100	5916,92	30,48	0,874	1000	23000	300	300	3600	675000000	0,00098428	624,26	
Kat	t_d	h_d	L_d	r_{duvar}	θ	$\sin 2\theta$	E_{duvar}	E_c	b_k	d_k	h_k	I_k	λ_{duvar}	a_d	
1,2,3	200	2700	5100	5770,62	27,91	0,827	1000	23000	300	600	3300	1350000000	0,00083811	672,25	635
	200	2700	5100	5770,62	27,91	0,827	1000	23000	300	300	3300	675000000	0,00099669	627,24	

6.7.2 Eşdeğer deprem yükünün hesabı

Mevcut dolu dolgu duvarları gözönüne alınan yapının yeni eşdeğer deprem yükleri **Çizelge 6.27**'de belirtilmektedir.

Mod 1'de $T_x = 0,38sn$

Mod 2'de $T_y = 0,32sn$ olarak bulunmaktadır.

Çizelge 6.27 : Mevcut dolu dolgu duvarları gözönüne alınan yapının eşdeğer deprem kuvvetleri.

Kat	W_i (ton)	H_i (m)	$W_i \times H_i$	Oran	F_{i_x} (ton)	F_{i_y} (ton)
Çatı	1167,00	17,10	19955,70	0,30	1348,02	1348,02
3	1262,84	13,80	17427,19	0,26	1177,22	1177,22
2	1274,91	10,50	13386,56	0,20	904,27	904,27
1	1502,39	7,20	10817,21	0,16	730,71	730,71
Zemin Kat	1414,59	3,60	5092,52	0,08	344,00	344,00
Bodrum Kat	719,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplam	7340,74		66679,18			

6.7.3 Yapı düzensizliklerinin kontrolü

Çizelge 6.28 : Burulma düzensizliği kontrolü $\eta_{bi} < 1,4$.

					<i>X YÖNÜ (m)</i>				<i>Y YÖNÜ (m)</i>			
Kat No	Q_x max	Q_x min	Q_y max	Q_y min	Δ_i max	Δ_i min	Δ_i ort	η_{bi}	Δ_i max	Δ_i min	Δ_i ort	η_{bi}
5. Kat	0,043	0,025	0,029	0,029	0,010	0,006	0,008	1,275	0,006	0,006	0,006	1,008
4. Kat	0,033	0,019	0,023	0,023	0,011	0,006	0,009	1,291	0,007	0,007	0,007	1,006
3. Kat	0,021	0,013	0,016	0,016	0,010	0,006	0,008	1,265	0,008	0,008	0,008	1,004
2. Kat	0,011	0,007	0,008	0,008	0,010	0,005	0,007	1,298	0,007	0,007	0,007	1,003
1. Kat	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	1,005	0,002	0,002	0,002	1,005

Mevcut duvarları gözönüne alınan yapıda burulma düzensizliğine rastlanmamaktadır (**Çizelge 6.28**).

Çizelge 6.29 : Yapı görelî kat ötelemesi.

			<i>X YÖNÜ (m)</i>			<i>Y YÖNÜ (m)</i>		
Kat No	Q_x max	Q_y max	λ_i	λ_i / h_i	Sonuç	λ_i	λ_i / h_i	Sonuç
5.Kat	0,0430	0,0295	0,0104	0,0032	MN	0,0061	0,0018	MN
4.Kat	0,0326	0,0234	0,0112	0,0034	MN	0,0074	0,0022	MN
3.Kat	0,0213	0,0161	0,0101	0,0031	MN	0,0077	0,0023	MN
2.Kat	0,0112	0,0083	0,0095	0,0026	MN	0,0068	0,0019	MN
1. Kat	0,0017	0,0015	0,0017	0,0005	MN	0,0015	0,0004	MN

Görelî kat ötelemesi kontrolüne göre **çizelge 6.29**, **çizelge 6.5** ile karşılaştırıldığında minimum hasar sınırında olduğu görülmektedir.

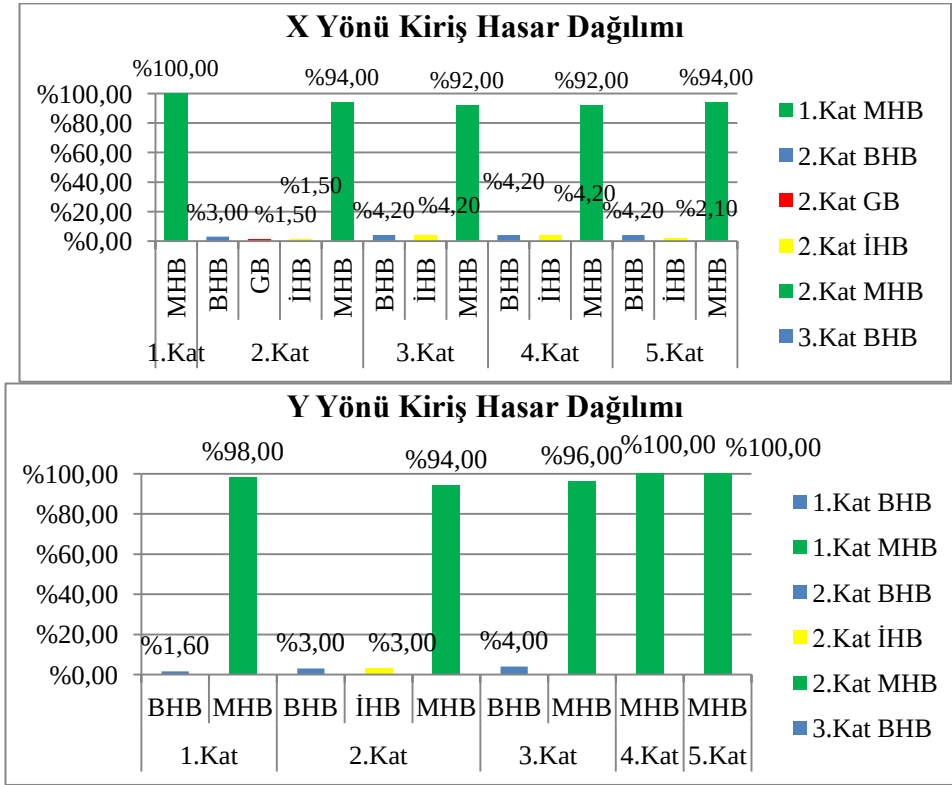
6.7.4 Eleman hasar bölgelerinin ve yapı performansının belirlenmesi

Mevcut dolu duvarları gözönüne alınarak performans değerlendirmesi yapılan yapıda, mevcut duvarlar hesaba dahil edilmemiş ilk duruma göre daha rijit davrandığı tespit edilmiştir. **Çizelge 6.29** ve **çizelge 6.6** karşılaştırıldığında yapının kat ötelenmeleri mevcut duvarlar dikkate alındığında daha az olduğu görülmektedir.

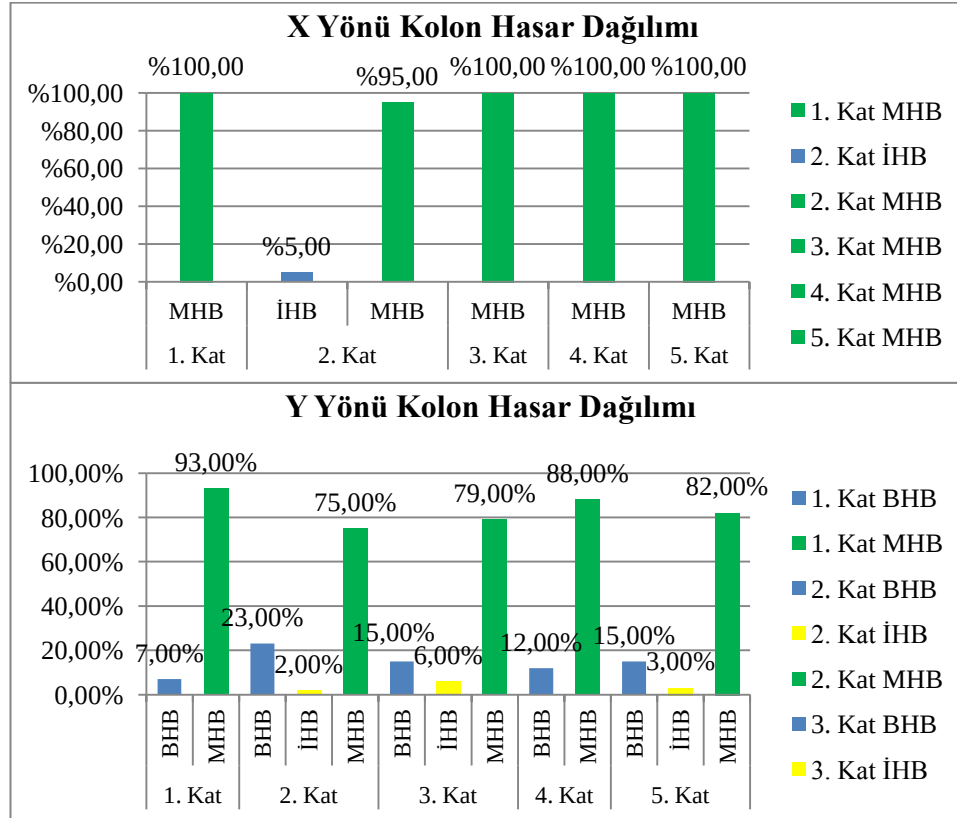
D3 deprem düzeyi için kirişlerin x ve y yönü deprem etkisinde hasar dağılımı **çizelge 6.30** ile gösterilmektedir. Kolonlara ait hasar dağılımı ise **çizelge 6.31** ile gösterilmektedir. Kiriş elemanlarda göçme bölgesinde elemanlar mevcuttur. Bu sebeple can güvenliği düzeyini sağlamamaktadır. Kiriş ve kolonlarda dolgu duvar gözönüne alınmadan yapılan performans analizi sonuçlarında duvarlar gözönüne alındığında iyileşme görülmektedir. Tüm elemanlara ait hasar bölgeleri ve kesme kontrolleri ekli CD'de yer almaktadır.

Kirişler için hasar bölgeleri D2 deprem düzeyi **çizelge 6.33**, kolon elemanların hasar bölgeleri ise **çizelge 6.34** ile belirtilmiştir. **Çizelge 6.35** ile X ve Y yönü perde hasar dağılımı verilmektedir. Kolonlarda belirgin hasar bölgelerinde kalan elemanlar mevcuttur. Bu durumda '*Hemen Kullanım*' performans düzeyini sağlamamaktadır.

Çizelge 6.30: D3 Deprem düzeyi için yapı kiriş hasar dağılımı.

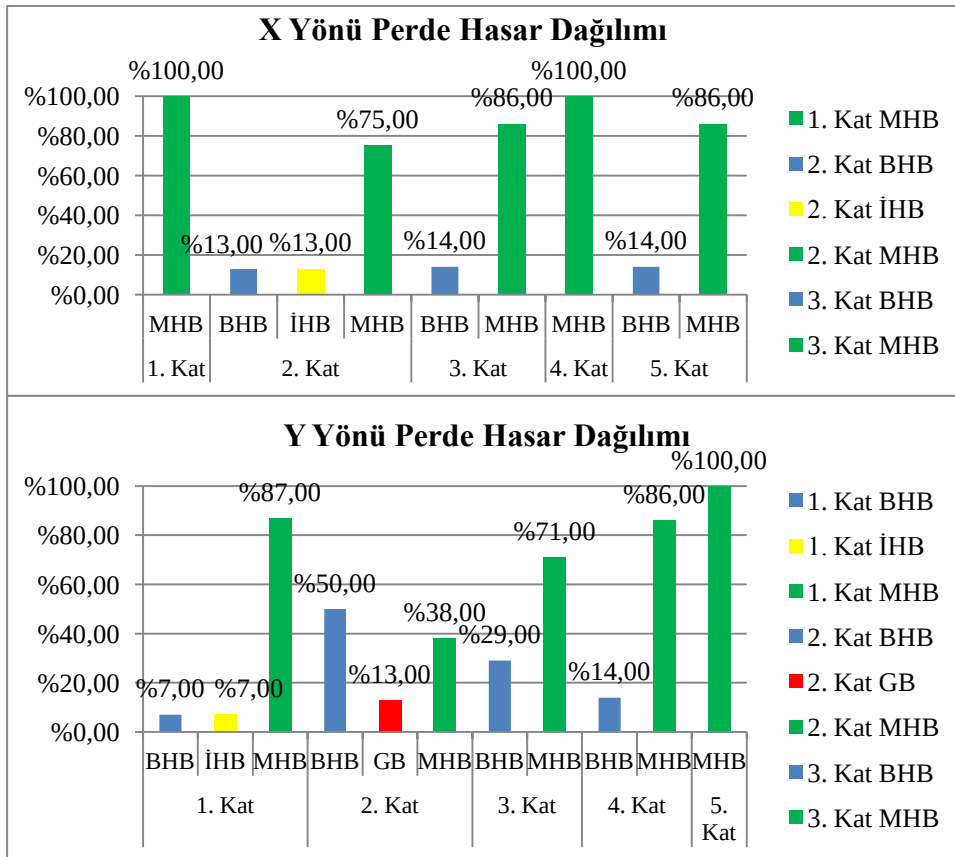


Çizelge 6.31: D3 Deprem düzeyi için yapı kolon hasar dağılımı.

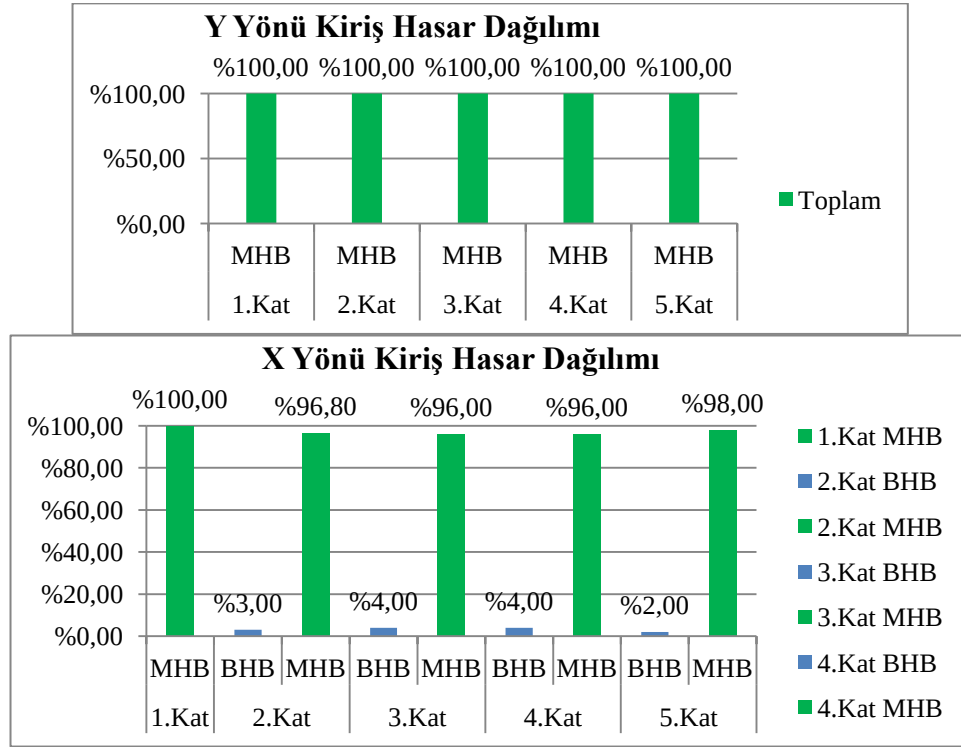


Çizelge 6.32'de perde hasar dağılımında da yatay yükün büyük çoğunluğunun perdeler tarafından taşındığı görülür. İlk durumda, duvarlar hesapta gözardı edilerek performansı hesaplanan sistemde perde hasar oranı daha yüksektir. Bu da duvarların yatay yükü taşımada etkisinin olduğunu göstermektedir. Duvarlar depremin başlangıcında deprem yükünü ilk alan elemanlardır. Duvarda çatlama meydana gelene kadar yatay yükün bir kısmını alırlar. Ama bu süre aslında çok kısadır. Duvarlarda çatlama oluştuğunda devre dışı kalırlar ve hesaplar duvarlar gözardı edilerek devam eder. Eş değer deprem yükü yönteminde duvarlar tüm hesap boyunca gözönüne alınır. Orta şiddette bir depremin başlangıç durumu ele alınarak eşdeğer deprem yükü ile duvar etkisi görülebilmektedir. Duvarların devre dışı kaldığı, ilk çatlamanın tespiti ve plastikleşme durumunda ele alan nonlineer analizlerle sürecin devamı incelenmelidir.

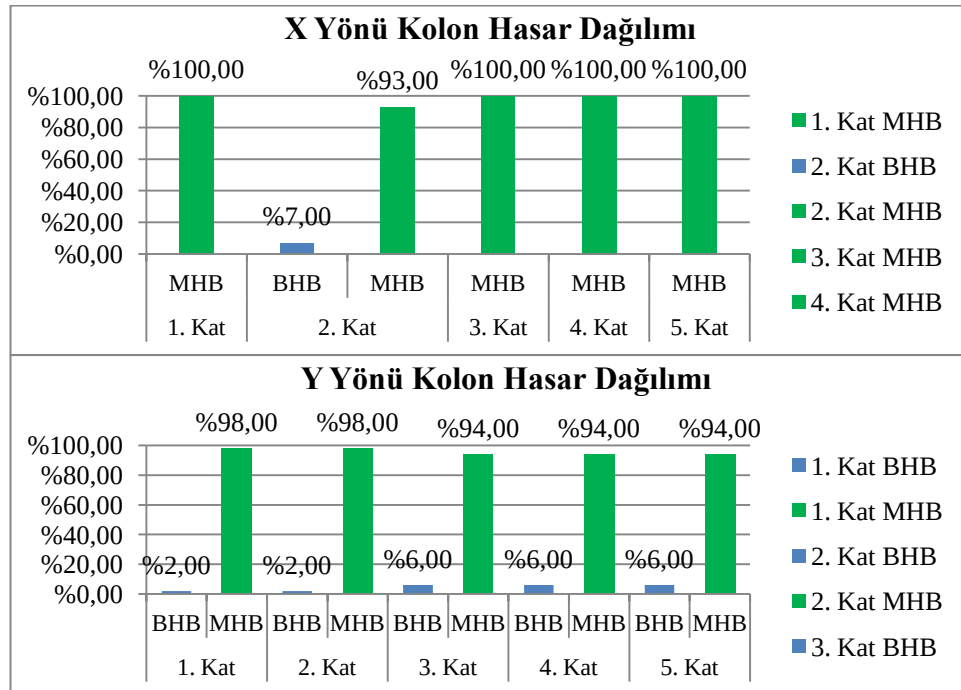
Çizelge 6.32: D3 Deprem düzeyi için yapı perde hasar dağılımı.



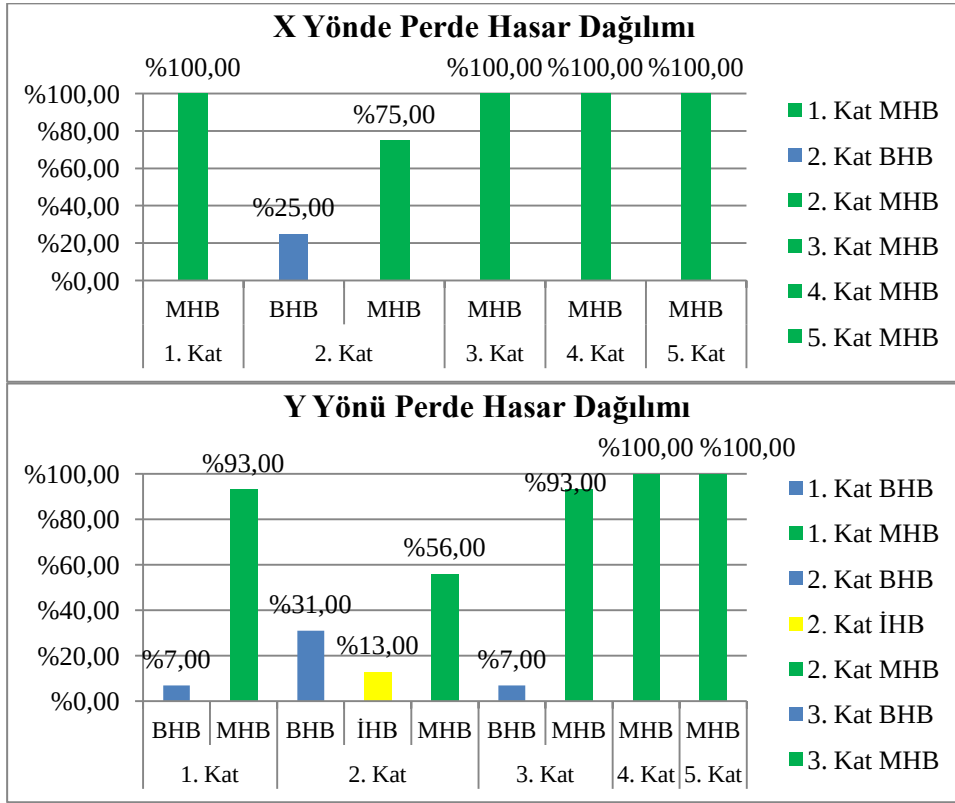
Çizelge 6.33: D2 Deprem düzeyi için yapı kiriş hasar dağılımı.



Çizelge 6.34: D2 Deprem düzeyi için yapı kolon hasar dağılımı.



Çizelge 6.35: D2 Deprem düzeyi için yapı perde hasar dağılımı.



Duvarlar gözönüne alındığında hesaplanan etki/kapasite oranlarında, duvarları gözönüne alınmadan elde edilen etki/kapasite oranları arasında azalma meydana gelmiştir. Hasar oranlarında da D3 deprem düzeyi için **çizelge 6.17** ve **çizelge 6.30**, D2 deprem düzeyi için **çizelge 6.14** ve **çizelge 6.33** karşılaştırıldığında azalma meydana geldiği irdelenmiştir. Kolonlarda ve perdelerde de benzer durum görülmektedir.

Duvarların hasar durumu için dolgu duvarın kesme kuvveti dayanımı bilinmelidir. DBYBHY 2007 (7F.4)'de güçlendirilmiş duvarlar için yer alan denklem, güçlendirilmemiş duvarlar için **denklem (6.12)** ile hesap edilmiştir.

$$V_{du\ var} = A_{du\ var} \tau_d \leq 0,22 A_{du\ var} f_d \quad (6.12)$$

Etki/kapasite oranını hesap etmek için deprem etkisi altında hesaplanan kesme kuvvetinin kesme kuvveti dayanımına oranı bilinmelidir. Duvarlar çubuk eleman olarak modellendiği için duvarda oluşan kesme kuvveti, çubuğun eksenel kuvvetinin yatay bileşeni olarak gözönüne alınmaktadır. Duvarla ilgili aç, uzunluk genişlik gibi değerler **çizelge 6.26**'dan elde edilmiştir. Çubuk genişliği 635mm olan duvarların birkaçı için hasar durumu **çizelge 6.36**'da verilmektedir. Çubuk elemanlar basınca

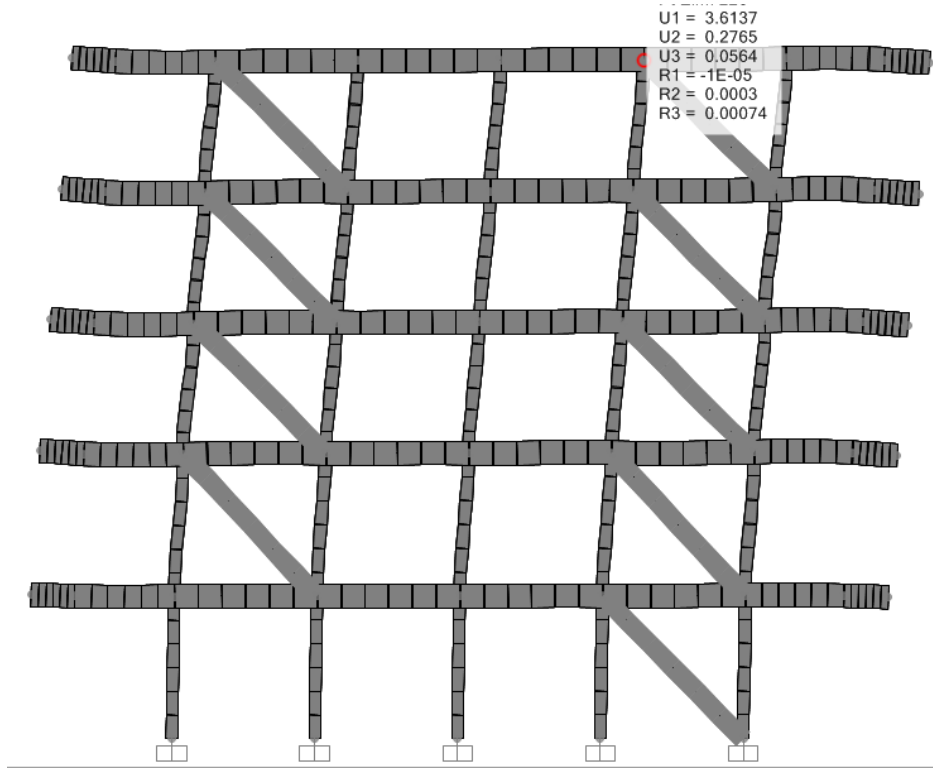
çalıştığından analiz sonucu elde edilen eksenel kuvvetin negatif değerleri kullanılmıştır. SAP 2000 programında DD_635 olarak modellenmiştir. Diğer duvarların hasar durumuna ait hesaplar ekli CD'de yer almaktadır.

Çizelge 6.36: DD_635 duvar için hasar durumu.

Eleman No	Eleman Boyu (m)	Deprem Kuvvet Yönü	Eksenel Kuvvet (kN)	Çubuğun yatayla yaptığı açının cos değeri cos(29)	Çubuk eleman yatay kuvveti V_e (kN)	Kesme Kapasitesi V_k (kN)	Etki/Kapasite oranı (r)	Hasar Bölgesi
242	0	QUAKE_Y	-18,924	0,875	-16,559	153	-0,1082	MHB
242	3,1213	QUAKE_Y	-18,924	0,875	-16,559	153	-0,1082	MHB
242	6,2426	QUAKE_Y	-18,924	0,875	-16,559	153	-0,1082	MHB
249	0	QUAKE_X	-121,27	0,875	-106,11	153	-0,6935	MHB
249	3,1213	QUAKE_X	-121,27	0,875	-106,11	153	-0,6935	MHB
249	6,2426	QUAKE_X	-121,27	0,875	-106,11	153	-0,6935	MHB
250	0	QUAKE_X	-111,34	0,875	-97,422	153	-0,6367	MHB

DD_490 duvarlar 39 adet olup 20 adedi belirgin hasar bölgesindedir. Geri kalan duvarlar minimum hasar bölgesindedir (Şekil 6.17). DD_490 duvarlar kolonların zayıf yönlerine bağlı olduğu için, kolonların güçlü yönüne bağlı olan duvarlara göre daha fazla kesme kuvveti almaktadırlar. Burada duvarların bir kısmına gelen yatay kuvvet duvarın kesme kapasitesinin altında kalırken, bazı duvarlarda da geçtiği görülmektedir. Duvara etkileyen yatay kuvvetin, kapasiteyi aştığı durumlarda artık duvar etkisi hesaplarda göz önüne alınmamalıdır. Duvar çatlamış ve taşıyıcı sisteme dayanımı arttırıcı yöndeki etkisini yitirmiştir. Bu durum daha ayrıntılı olarak nonlinear analizle irdelenir. Burada duvarın hesaplarda etkili olduğu zaman aralığı göz önünde bulundurulmuştur.

Çubuk eleman modeli yatay kuvvetlerine bakıldığında ise duvarlarında deprem etkisinde yatay kuvvet taşıdığı görülmektedir.



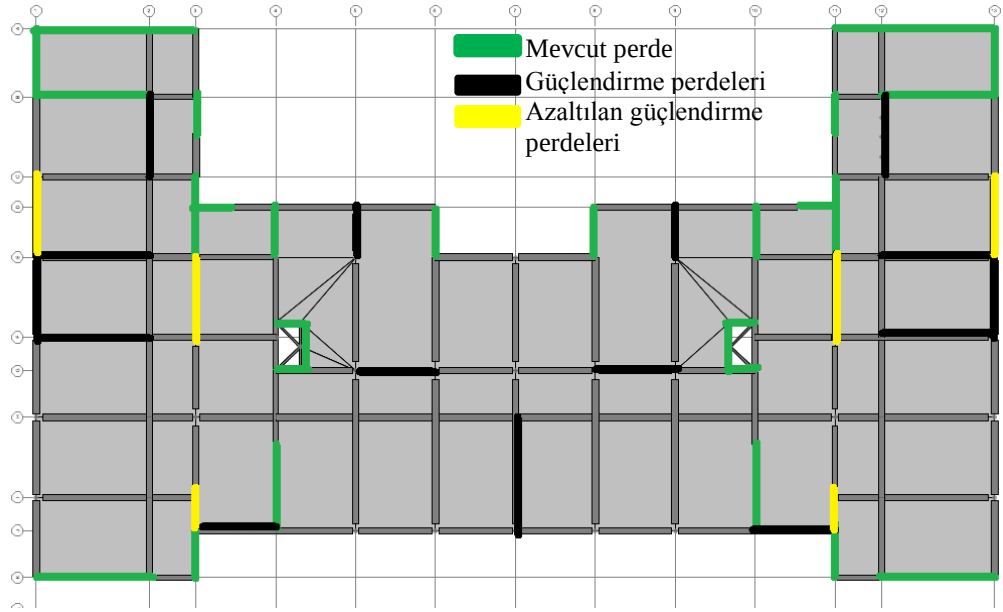
Şekil 6.17 : X yönü deprem etkisinde DD_490 dolgu duvarlar.

6.8 Yapının Mevcut Duvarları Dikkate Alınarak Perde Duvarlarla Güçlendirme İşlemi

Mevcut duvarlar hesaplarda dikkate alınmadan yapılan performans analizine göre **bölüm 6.6'da** deprem perdeleri ile güçlendirme yapılmıştır. Bu kısımda mevcut duvarları gözönüne aldığımızda güçlendirme için kullandığımız perde oranlarındaki değişim irdelenecektir.

Yapılan çalışmalar sonucunda mevcut yapıdaki duvarlı ve duvarsız performans durumlarına göre hasar durumları tespit edilmektedir. Y yönü deprem etkisinde eleman hasar durumları X yönüne göre daha fazla olduğu **çizelge 6.15** ve **çizelge 6.30** ile görülmektedir.

Yapıda burulmaya sebep olmayacak şekilde **bölüm 6.6'da** güçlendirme için gereken perdelerde azaltmaya gidilmiştir. **Şekil 6.18** ile istenilen sonuçlar elde edilmiştir. Böylelikle duvarları gözönüne alarak daha az sayıda güçlendirme perdesi kullanılmıştır. Bu durum yapının güçlendirme maliyeti açısından da avantaj sağlamaktadır.



Şekil 6.18 : Güçlendirme perdeleri konumu.

6.8.1 Eşdeğer deprem yükünün hesabı

Eşdeğer deprem yükleri çizelge 6.37'de belirtilmektedir.

Mod 2'de $T_x = 0,24sn$

Mod 1'de $T_y = 0,24sn$ olarak bulunmaktadır.

Çizelge 6.37 : Mevcut dolu dolgu duvarları gözönüne alınarak perde elemanlarla güçlendirilen yapının eşdeğer deprem kuvvetleri.

Kat	W_i (ton)	H_i (m)	$W_i \times H_i$	Oran	F_{i_x} (ton)	F_{i_y} (ton)
Çatı	1172,31	17,10	20046,50	0,29	1401,37	1401,37
3	1351,70	13,80	18653,46	0,27	1303,99	1303,99
2	1363,77	10,50	14319,59	0,21	1001,02	1001,02
1	1583,43	7,20	11400,70	0,16	796,98	796,98
Zemin Kat	1496,18	3,60	5386,25	0,08	376,53	376,53
Bodrum Kat	985,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplam	7952,97		69806,49			

6.8.2 Yapı düzensizliklerinin kontrolü

Çizelge 6.38 : Burulma düzensizliği kontrolü $\eta_{bi} < 1,4$.

					<i>X YÖNÜ (m)</i>				<i>Y YÖNÜ (m)</i>			
Kat No	Q_x max	Q_x min	Q_y max	Q_y min	Δ_i max	Δ_i min	Δ_i ort	η_{bi}	Δ_i max	Δ_i min	Δ_i ort	η_{bi}
5. Kat	0,0161	0,0127	0,0158	0,0158	0,0037	0,0029	0,0033	1,1150	0,0032	0,0032	0,0032	1,0009
4. Kat	0,0125	0,0098	0,0126	0,0126	0,0040	0,0031	0,0035	1,1293	0,0037	0,0037	0,0037	1,0005
3. Kat	0,0085	0,0067	0,0088	0,0088	0,0037	0,0029	0,0033	1,1188	0,0039	0,0039	0,0039	1,0003
2. Kat	0,0048	0,0038	0,0049	0,0049	0,0036	0,0026	0,0031	1,1577	0,0036	0,0036	0,0036	0,9994
1. Kat	0,0012	0,0013	0,0012	0,0012	0,0012	0,0011	0,0012	1,0189	0,0013	0,0013	0,0013	1,0038

Mevcut duvarları gözönüne alınarak deprem perdesi güçlendirmesi yapılan yapıda burulma düzensizliğine rastlanmamaktadır (Çizelge 6.38).

Çizelge 6.39 : Yapı görelî kat ötelemesi.

			<i>X YÖNÜ (m)</i>			<i>Y YÖNÜ (m)</i>		
Kat No	Q_x max	Q_x max	λ_i	λ_i / h_i	Sonuç	λ_i	λ_i / h_i	Sonuç
5.Kat	0,0161	0,0158	0,0037	0,0011	MN	0,0032	0,0010	MN
4.Kat	0,0125	0,0126	0,0040	0,0012	MN	0,0037	0,0011	MN
3.Kat	0,0085	0,0088	0,0037	0,0011	MN	0,0039	0,0012	MN
2.Kat	0,0048	0,0049	0,0036	0,0010	MN	0,0036	0,0010	MN
1. Kat	0,0012	0,0013	0,0012	0,0003	MN	0,0013	0,0004	MN

Görelî kat ötelemesi kontrolüne göre çizelge 6.39, çizelge 6.5 ile karşılaştırıldığında minimum hasar sınırında olduğu görülmektedir.

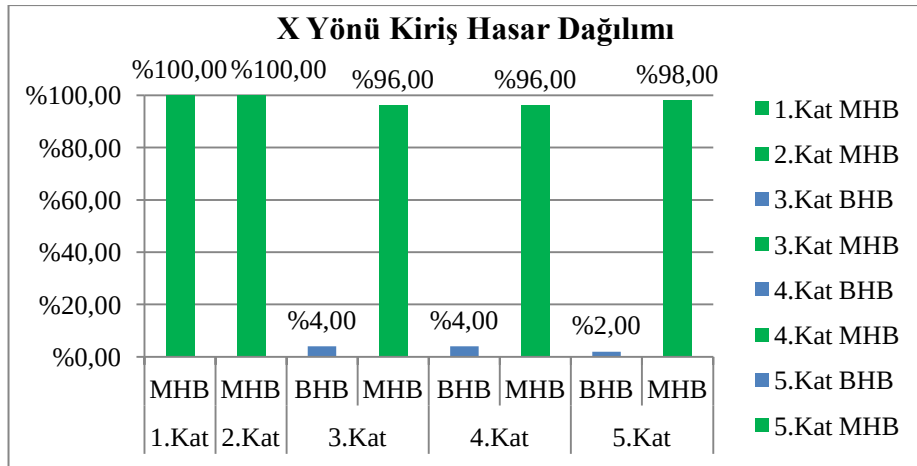
6.8.3 Eleman hasar bölgelerinin ve yapı performansının belirlenmesi

Mevcut duvarları hesaba dahil edip deprem perdeleri ile güçlendirilen yapıda daha az oranda yeni güçlendirme perde elemanlarına ihtiyaç duyulmuştur. Duvarlar dikkate alınmadan hesaplanan hasar durumunda Y yönü daha zayıf olduğu için güçlendirme perdeleri y yönünde fazla çıkmaktadır. Burada duvarlar dikkate alındığında y yönünde perde oranında azalma yapılabilmektedir. Duvarların hesaba dahil olduğu analizde, duvarlar hesaba dahil edilmediğinde gereken güçlendirme perde enkesit

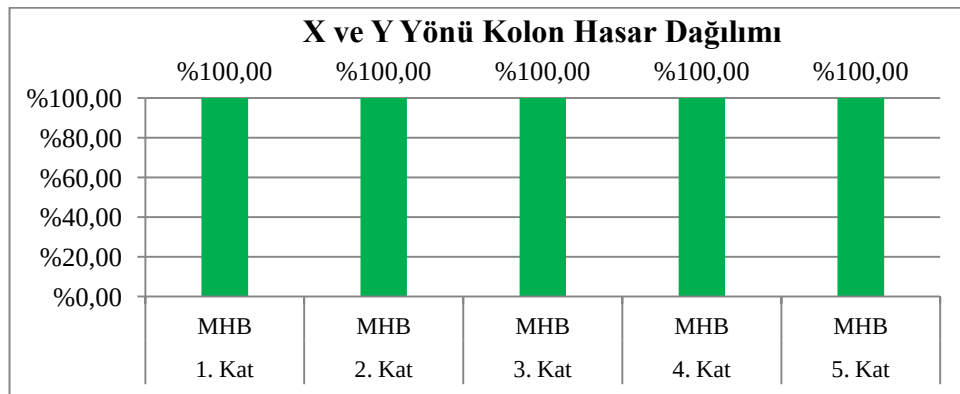
alanı normal katlar için %20,5 oranında azalma görülmektedir. Bu şekilde elemanları hasarları tekrar incelenmiştir. D2 deprem düzeyi için *hemen kullanım* durumunu sağlamaktadır. Kirişlerin, kolon ve perde elemanların %100'ü x ve y yönü için minimum hasar bölgesinde yer almaktadır.

D3 deprem düzeyi için y yönü kiriş elemanlar kolonların %100'ü minimum hasar düzeyinde yer almaktadır. X yönü kirişler **çizelge 6.40** ile gösterilmektedir. X ve Y yönü kolon hasar durumu ise **çizelge 6.41** ile verilmektedir. Yapı *can güvenliği* performansını sağlamaktadır.

Çizelge 6.40 : D3 deprem düzeyi için X yönü kiriş hasar durumu.



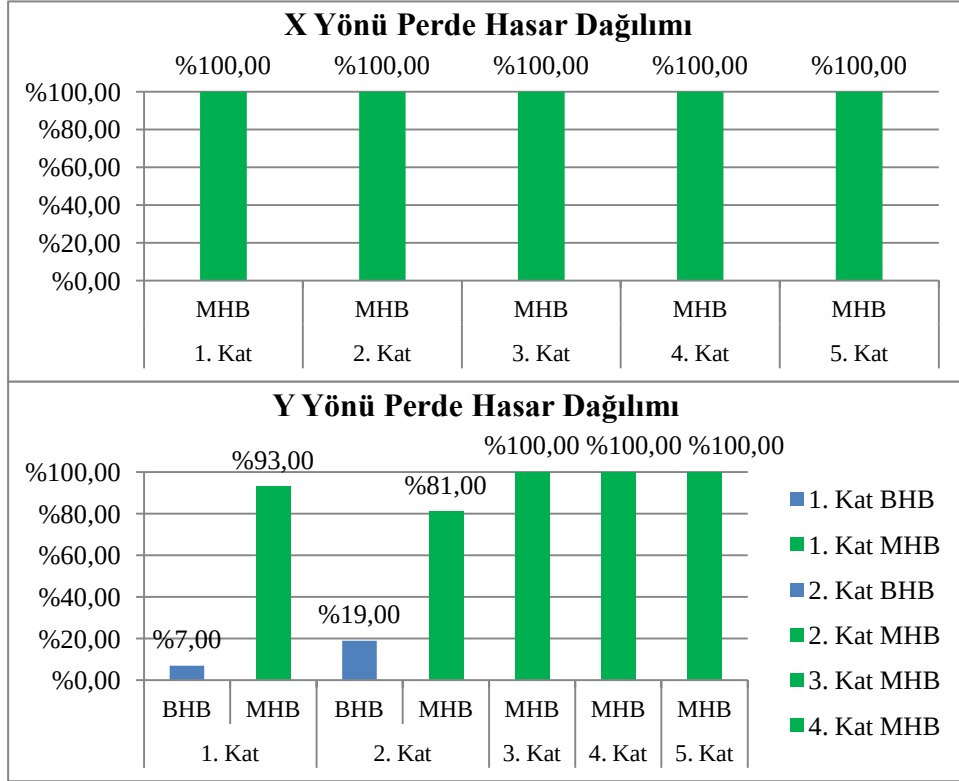
Çizelge 6.41 : D3 deprem düzeyi için X ve Y yönü kolon hasar durumu.



Çizelge 6.23 ile **çizelge 6.41** karşılaştırıldığında D3 deprem düzeyinde y yönü kolon hasar dağılımları birbirine yaklaşıktır. Deprem perdesi oranında azalmaya gidilmiş ve yapının taban kesme kuvveti azalmıştır. Böylece yapıya etki eden deprem yüklerinde de azalma olmuştur. Güçlendirme perdelerinde azalmaya gidilerek, o kısımlar dolgu duvar olarak bırakılmıştır. Yapı bu şekilde de gerekli performans

koşullarını sağlamaktadır. **Çizelge 6.42** ile perde hasar dağılımı görülmektedir. Yatay yükün büyük kısmı perdeler ile karşılanmıştır.

Çizelge 6.42 : D3 deprem düzeyi için perde hasar durumu.



7. SONUÇLAR

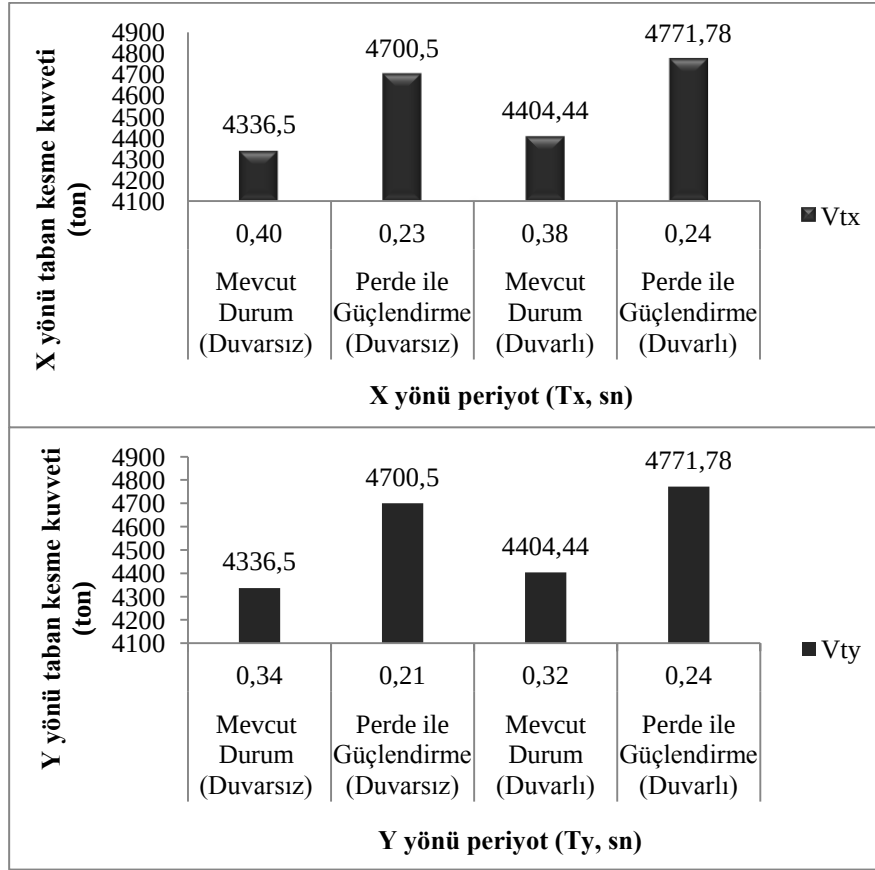
Ülkemizin deprem kuşağında yer alması ve bunla ilgili yapılan çalışmaların imkanlar ölçüsünde uygulamaya geçirilmesi önemlidir. Bölme duvarlar ile ilgili gerek geçmiş yıllarda yapılan çalışmalar, gerekse günümüzde yapılan deneysel ve teorik çalışmalar konunun önemini göstermektedir.

Bu çalışmada ele alınan konuda 2011 Van Depreminde hasar görmüş, mevcut beton dayanımı 8 MPa olan bir örnek yurt binası üzerinde duvarlar gözönüne alınmadan ve alınarak deprem perdeleri ile güçlendirilmesi DBYBHY 2007'ye uygun doğrusal hesap yöntemiyle irdelenmiştir. Orta şiddette bir deprem için duvarın etkisini inceleme kapsamında eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak, duvarın çatlaması gerçekleşmeden sisteme katkısı incelenmiştir. Duvarların devre dışı kaldığı, ilk çatlayan duvarın tespiti ve plastikleşme durumunda ele alan nonlinear analizlerle sürecin devamı incelenmelidir.

Bunun için dört durum ele alınmıştır. İlk olarak yapının mevcut durumu duvarlar dikkate alınmadan performans analizi yapılarak eleman hasar durumları X ve Y yönü deprem etkilerinde, D2 ve D3 deprem düzeylerine göre elde edilmiştir. 2. durumda planda ve kesitte düzensizliğe yol açmayacak şekilde perde duvar ile güçlendirmesi sağlanarak eleman hasar durumları minimuma indirilerek yurt binası için gerekli performans düzeyi sağlanmıştır. 3. durumda mevcut yapı mevcut dolgu duvarları dikkate alınarak tekrar irdelenmiştir. 3. durumda elde edilen eleman hasar düzeylerinde ilk duruma göre azalma olduğu tespit edilmiştir. 4. durumda duvarları gözönüne alınan yapının perde ile güçlendirmesi yapılmış ve %20 daha az güçlendirme perdesi etkili enkesit alanı kullanılarak yapı istenilen performans düzeyini sağlamıştır. Sistemde bölme duvarların da gözönüne alınmasıyla yapının yanal rijitliğinde artış meydana gelmiş, x ve y yönü titreşim periyodu azalmıştır (Çizelge 7.1). Bu durum, sisteme etkiyen deprem kuvvetlerinin artmasına neden olmaktadır (Çizelge 7.2). Buna karşın hesaba kattığımız bölme duvarlar kapasiteleri ölçüsünde yatay kuvvet karşılayarak taşıyıcı sisteme etkiyen yükün bir kısmını

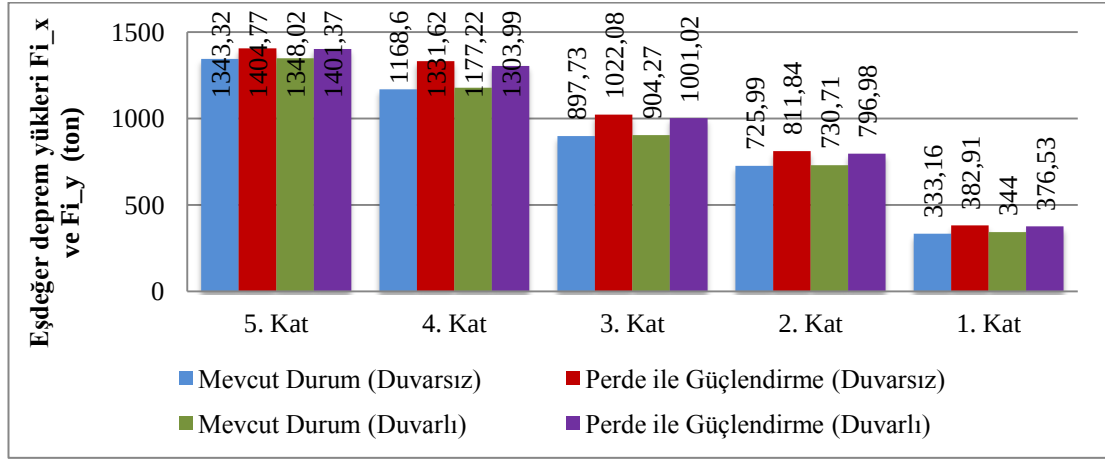
almakta, çatlama ve göçme safhasında bu enerjinin bir kısmını tüketerek betonarme elemanların hasar durumunu hafifletmektedir (Çizelge 7.4).

Çizelge 7.1 : 4 Durumun X ve Y yönü taban kesme kuvveti ve periyotlarının karşılaştırması.



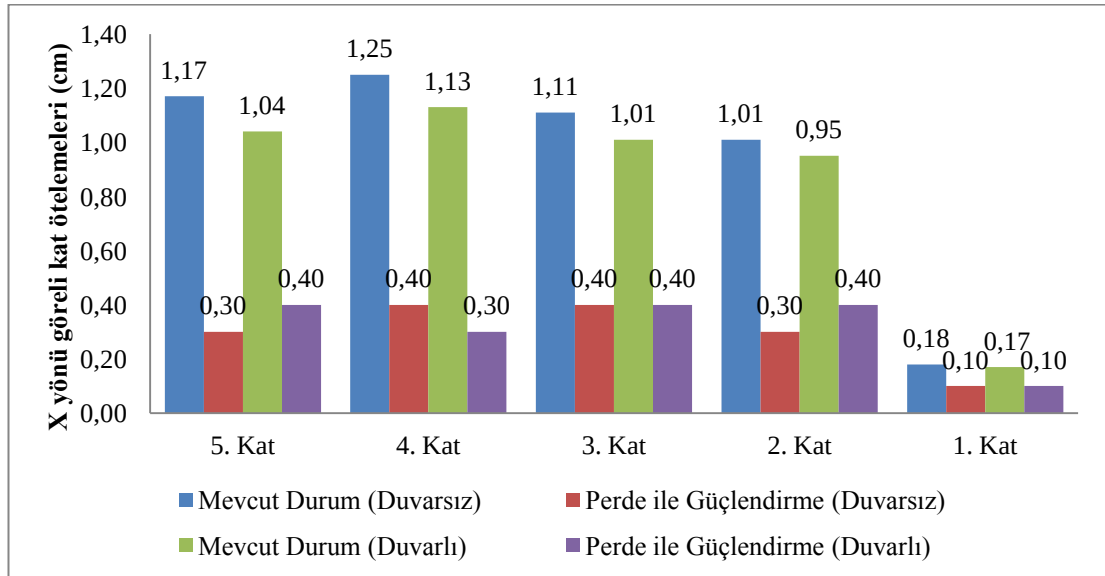
X ve Y yönü içinde 4 durumda da maksimum periyotlar 1. mod ve 2. modlara karşılık gelmektedir. Periyotlar hesapta duvarlar gözönüne alındığında azalmaktadır. Yapı rijitliği artmaktadır. Taban kesme kuvvetlerine bakıldığında ise duvarlar göz önüne alındığında artış gözlenmektedir (Çizelge 7.1).

Çizelge 7.2 : 4 Durumun eşdeğer deprem yüklerinin katlara dağılımı.

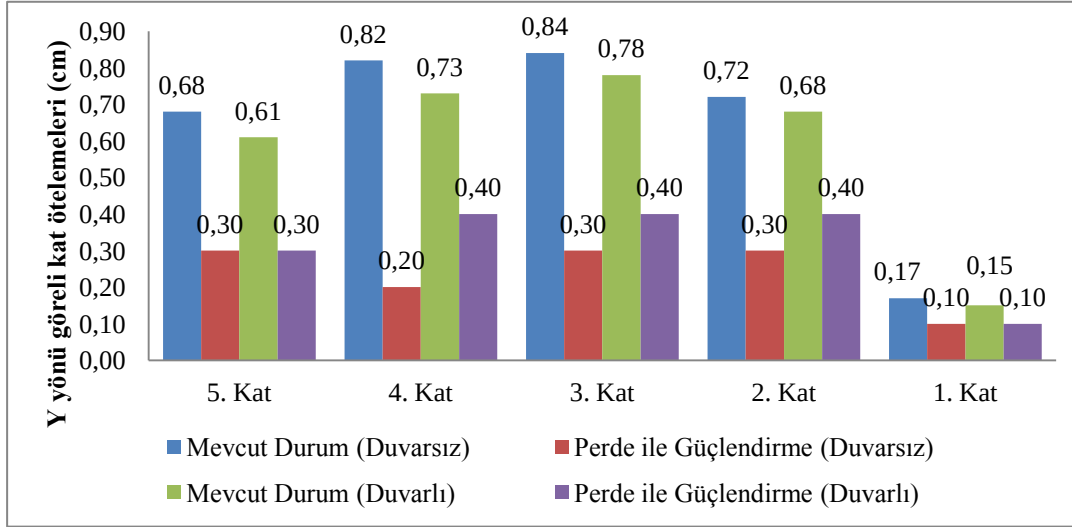


4 duruma ait eşdeğer deprem kuvvetleri dağılımı ise duvarlar gözönüne alındığında artmaktadır. Mevcut durum (duvarsız) ve mevcut duruma (duvarlı) **çizelge 7.2'**den bakıldığında duvarlı durumda artış görülmektedir. Perde ile güçlendirme durumunda ise duvarsız halde eşdeğer deprem yükleri duvarlı hale göre daha yüksektir. Çünkü duvarlar dikkate alındığında, duvarlar dikkate alınmadan hesap edilen güçlendirme perde oranında azalma olmaktadır (Çizelge 7.2). Yapılan hesaplarda duvarın çatlaması gerçekleşmeden sisteme katkısı incelenmiştir. Duvarların devre dışı kaldığında, ilk çatlayan duvarın tespiti ve plastikleşme durumunu ele alan nonlineer analizlerle inceleme yapılmalıdır.

Çizelge 7.3 : 4 Durumun X ve Y yönü için görel kat ötelemeleri.

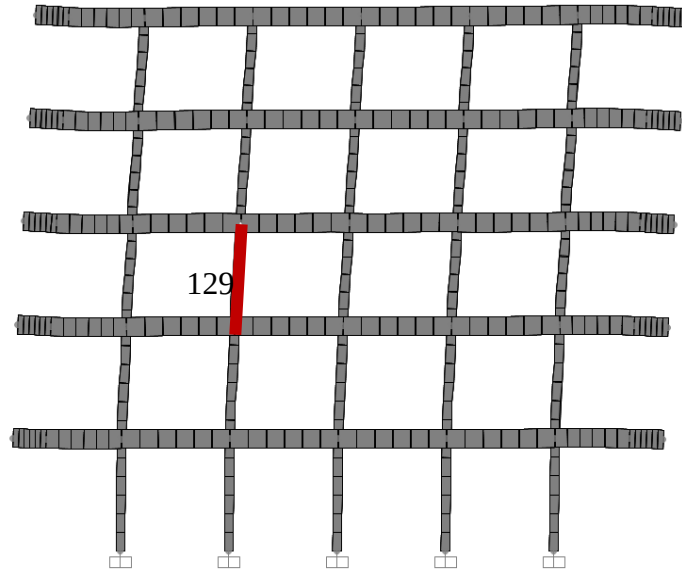


Çizelge 7.3 (devamı) : 4 Durumun X ve Y yönü için görel kat ötelemeleri.



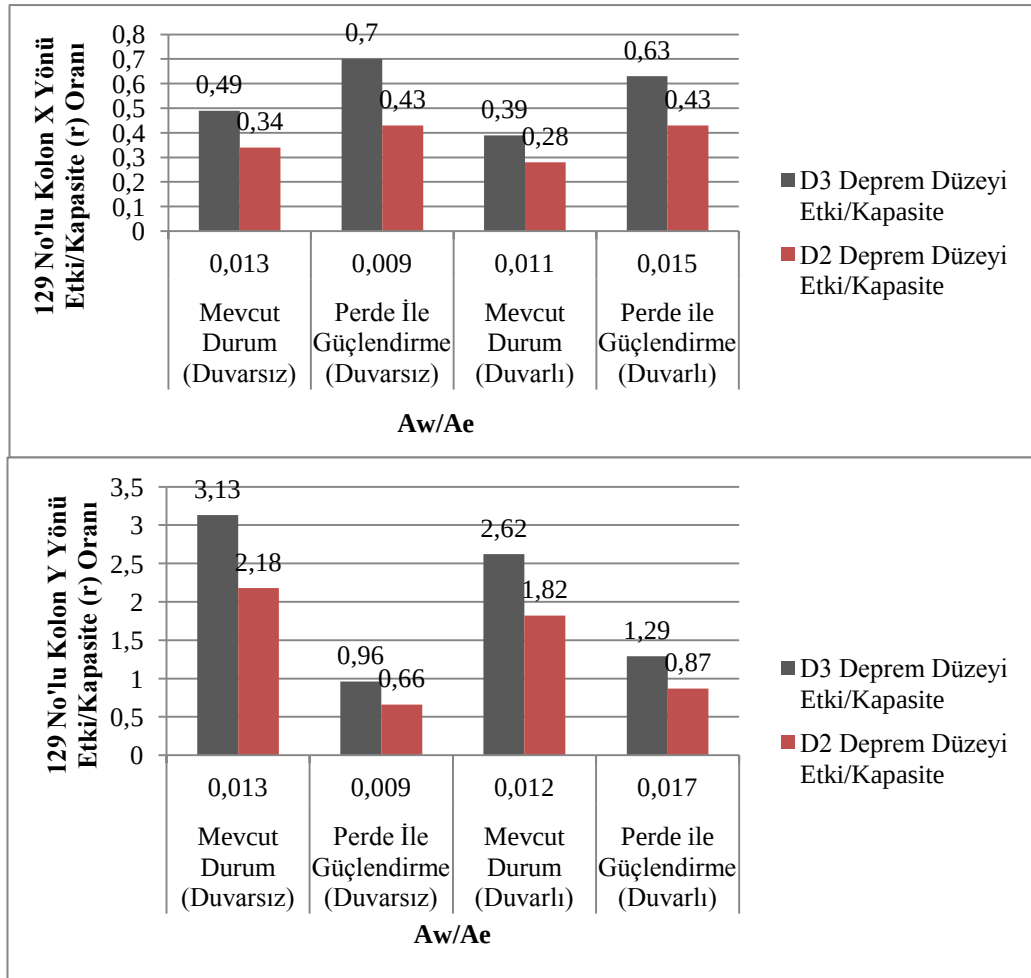
4 durum için de görel kat ötelemelerine bakıldığında mevcut durumda duvarlar gözönüne alındığında X yönünde yaklaşık %9 civarı, Y yönünde yaklaşık %10 azalma görülmektedir. Güçlendirme durumunda ise perde etkili enkesit oranını düşürüp duvarlar dikkate alındığında görel kat ötelemeleri az miktar artmaktadır. Duvarların yanal ötelenmeyi azaltma oranı, perde duvarlar kadar yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca yapıda X yönünde yanal ötelenme daha fazladır (Çizelge 7.3).

Ekli CD'de yer alan 4 durum için elemanların hasar dağılımı karşılaştırması mevcuttur. Perde elemanların deprem yüklerini karşılamada büyük etkisi olduğu, duvarların gözönüne alındığı durumda ise kolon ve perdelerin hasar oranlarının ve etki/kapasite oranlarının azaldığı görülmektedir.

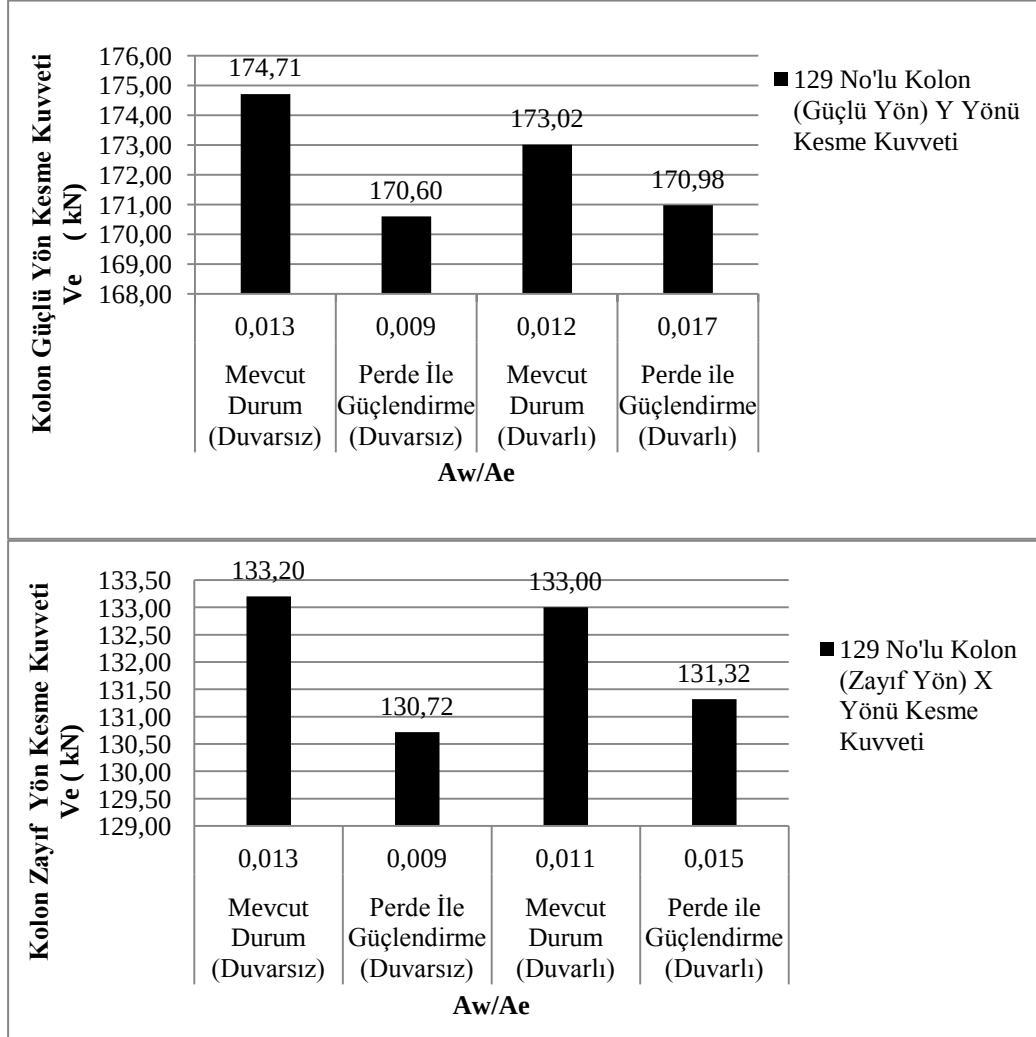


Şekil 7.1 : 129 No'lu S30x80 kolon (SAP 2000 V.17).

Çizelge 7.4 : 4 Durum için 129 no'lu S30x80 kolonun enkesit alanının kat etkili kesme alanına oranı ile X ve Y yönü için etki/kapasite oranının karşılaştırması.



Çizelge 7.5 : 4 Durum için 129 no'lu S30x80 kolonun enkesit alanının kat etkili kesme alanına oranı ile X ve Y yönü için kesme kuvvetlerinin karşılaştırması.

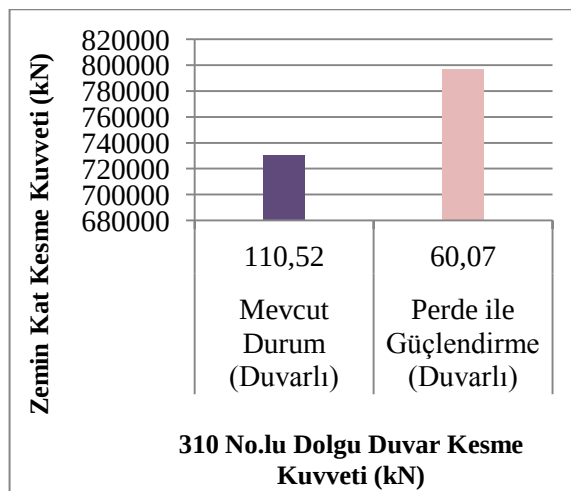


Yapıda hasar oranı yüksek göçme bölgesinde olan 129 No'lu S30x80 kolon örnek alınarak etki/kapasite (r) oranı 4 durum içinde değerlendirilmiştir (Şekil 7.1). X ve Y yönünde güçlendirme öncesi ve sonrası duvarlar dikkate alındığında etki/kapasite oranları düşmektedir. 129 no'lu kolon için X yönünde mevcut duvarlı ve duvarsız durumların perde ile güçlendirmesi durumunda etki/kapasite oranlarında her iki durum içinde artma görülürken, Y yönü deprem etkisinde azaldığı görülmektedir (Çizelge 7.4). Kesme kuvvetinin ise güçlü yönü Y yönünde daha fazla, X yönünde ise daha az olduğu görülmektedir. Mevcut durum (duvarsız) ve mevcut durumun (duvarlı) her iki yönde kesme kuvveti karşılaştırıldığında, duvarlarında bir miktar kesme kuvvetini karşıladığı görülmektedir. Yapı perde ile güçlendirildiğinde kolona gelen kesme kuvveti perdelerle de dağıldığından azalmaktadır. Duvarlar gözönüne alınıp güçlendirme perdeleri azaltıldığında ise kolona gelen kesme kuvvetinin bir

miktar arttığı görülmektedir (Çizelge 7.5). Böylece duvarların perdeler kadar olmasada kesme kuvveti taşımada da etkili olduğu belirlenmiştir. Duvarda çatlama ve hasar meydana gelerek, duvar taşıyıcı elemanlara gidecek yüklerin bir miktarını absorbe etmiş olmaktadır. Perdenin yoğun olduğu durumda duvar etkileri alınmayabilir. Çizelge 7.4'te kolon güçlü yönünde perde ile güçlendirilmiş durumların duvarlı ve duvarsız hesaplarında kolona gelen kesme kuvvetinde etkili bir değişiklik gözlenmezken, mevcut yapının duvarlı ve duvarsız hesaplarında, perde oranı az iken duvarın etkisi açıkça görülmektedir.

Y yönü deprem etkisinde zemin katta DD_490 olarak tanımlanan, dolgu duvarı temsil eden 310 no.lu eşdeğer basınç çubuğuna ait V_k kesme dayanımı 108 kN, mevcut duvarlı durumda etki eden yatay yük ise V_e 110,52 kN olarak bulunmaktadır. Güçlendirme perdesi ile duvar etkisi durumunda ise aynı duvar elemana gelen yatay yük V_e 60,07 kN olmakta ve azalmaktadır (Çizelge 7.6). Duvara güçlendirme perdesi olmadığı durumda, yatay yük taşıma kapasitesinin üstünde yük etkidiğini görmekteyiz. Duvara etkiyen yatay yükün duvarın yük taşıma kapasitesini aştığından, depremin etkidiği ilk birkaç saniyeden sonra, aslında duvarın çatlayıp devre dışı kaldığını göz önünde bulundurmak gerekir. Bu çalışmada duvarların etkili olduğu durum irdelenmektedir.

Çizelge 7.6 : 310 no.lu DD_490 dolgu duvarına gelen kesme kuvveti ve kat kesme kuvveti.



D3 Deprem düzeyi için elde edilen sonuçlar D2 Deprem düzeyine göre daha yüksek olmasının sebebi ise depremin ivme spektrumu ordinatlarının 1,5 katı kabul

edilmesinden yapıya etkiyen kuvvetlerin de 1,5 kat büyümesidir. Ele alınan yapı güçlendirme sonrası D2 deprem düzeyi için *hemen kullanım* ve D3 Deprem düzeyi için *can güvenliği* performansını sağlamaktadır. Bölme duvarlar gözönüne alındığında perde oranında azalma sağlanarak daha optimum bir çözüme ulaşılmıştır.

Geçmişten günümüze, betonarme taşıyıcı sisteme sahip yapılarda sistemin davranışına olan etkisi ihmal edilen bölme duvarlar, özellikle yüksek başlangıç rijitliği ile yatay kuvvetler altında sistemin davranışını etkilemektedir. Gerek mevcut yapıların değerlendirilmesinde, gerekse yeni tasarımlarda bölme duvarların etkisini göz önünde bulundurarak beklenmeyen düzensizlik etkilerini de hesaba katarak daha doğru ve ekonomik çözümler elde edebiliriz. Ayrıca, güçlendirme uygulamalarında dolgu duvarlar güçlendirilerek daha az maliyetle sistem dayanımı arttırılabilir.

KAYNAKLAR

- Akincitürk, N.** (2003). Ülkemizdeki Deprem Etkileri ve Yapısal Tasarımda Alınması Gereken Önlemler, *U.Ü, Müh. Mim. Fak, Mimarlık Bölümü*, Bursa.
- Akkuzu, A. V.** (2007). Betonarme Çerçeve Dolgu Duvarların Deprem Etkisi Altındaki Dinamik Davranışının İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, *İ.T.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*.
- Aktan, S., Kırac, N.** (2010). Betonarme Binalarda Perdelerin Davranış Etkileri, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi* (Cilt 23, Sayı 1).
- Aydınoglu, N., Celep, Z., Özer, E., Sucuoğlu, H.** (2009). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik – Örnekler Kitabı, *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara.
- Bayülke, N.** (2003). Betonarme Yapının Dolgu Duvarı. *Türkiye Mühendislik Haberleri* (Sayı 426).
- Celep, Z., Gençoglu M.** (2003). Deprem Etkisindeki Betonarme Çerçeve Taşıyıcı Sistem Davranışına Bölme Duvarların Etkisi, *Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul*.
- Çıtıptıoğlu, E., Erdem, D.** (1993). Depreme Dayanıklı Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Tasarım ve İnşaatı İçin Öneriler, *ODTÜ Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, Ankara*.
- DBYBHY**, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara*.
- Döndüren, M. Sami, Karaduman, A.** (2010). Deprem bölgelerindeki yüksek katlı betonarme yapılarda taşıyıcı sistem seçiminin kesit tesirlerine etkisi, *ISSN 1302/6178 Journal of Technical-Online* (Cilt 9, Sayı 2).
- Euro Code 8**, Design of Structures for Earthquake Resistance, *European Committee for Standardization*.
- FEMA 273**, NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, *Federal Emergency Management Agency, Washington, D. C., USA*.
- Ghassan Al-Chaar**, (2002). Evaluating Strength and Stiffness of Unreinforced Masonry Infill Structures, *ERDC/CERL TR-02-1, US Army Corps of Engineers, USA*.
- Güngör, O.** (2010). Mevcut Bir Karayolu Köprüsünün Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemler ile Performans Değerlendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, İstanbul*.

- Hasgür, Z., Taşkın, B.** (2007). Betonarme Binaların Depreme Karşı Nicelik Gösteriminde Dolgu Duvar Etkisinin İncelenmesi, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul*.
- İlki, A., Celep, Z.** (2011). Betonarme Yapıların Deprem Güvenliği. *Birinci Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*. ODTÜ, Ankara.
- Kaltakçı, M. Y., Arslan M. H.** (2005). Taşıyıcı Olmayan Tuğla Dolgu Duvarların Yapı Davranış Katsayısına Olan Etkisinin İncelenmesi, *Deprem Sempozyumu, Kocaeli*.
- Kaplan, S. A.** (2008). Dolgu Duvarların Betonarme Taşıyıcı Sistem Performansına Etkisi, *Türkiye Mühendislik Haberleri* (Sayı 452).
- Karaduman, A., Döndüren, M. S.** (2004). Çok Katlı Betonarme Yapıların Dinamik Analizi, *Türkiye Mühendislik Haberleri* (Sayı 432).
- Karancı, A. N., Kalaycıoğlu, S., Erkan, B., Özden, T.** (2011). Van Depremleri İnceleme Raporu, *ODTÜ Afet Yönetimi Uygulama ve Araştırma Merkezi, Ankara*.
- Keskin, İ., Celep, Z.** (2013). Deprem Yönetmeliğinde Öngörülen Taşıyıcı Sistem Güvenlik Düzeyi Konusunda Karşılaştırmalı Sayısal İnceleme. *İkinci Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, MKÜ, Hatay.
- Kızılkant, A., Koçak, A., Coşar, A., Güney, D., Selçuk, M. E., Yıldırım, M.** (2011). 23 Ekim 2011 Van Depremi Ön İnceleme Raporu, *Yıldız Teknik Üniversitesi, Teknik Rapor, İstanbul*.
- Köse, M., Karşoğlu, Ö.** (2007). Dolgu Duvarların Bina Doğal Modal Periyot ve Mod Şekline Olan Etkileri, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul*.
- Özkan, A.** (2005). Düşey Taşıyıcı Elemanlarda Betonarme Perde Davranışının İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir*.
- Öztürk, T.** (2005). Betonarme Binalarda Deprem Perdelerinin Yerleşimi ve Tasarımı. *İMO İstanbul Şubesi Mesleki Eğitim Kursları*.
- SAP 2000**, Structural Analysis Program 2000, *Computers and Structures, Inc. Berkeley CA*.
- Smith, B. S.** (1962). Lateral Stiffness of Infilled Frames, *ASCE Structural Division Journal*, pp.183- 199.
- Sucuoğlu, H., Aydınoglu, N., Özer, E., Celep, Z.** (2006). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik Örnekler Kitabı. *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı* (Sf. 511).
- Sucuoğlu, H., Aydınoglu, N., Özer, E.** (2007). Deprem Yönetmeliği ve Uygulamalı Çözümler. *İMO* (Sf. 194).
- TS 500**, 2000, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara*.
- Tonyalı, H.** (2006). Betonarme Binalarda Duvar Etkisi ve Güçlendirilmesi, *Bitirme Tezi, İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İstanbul*.

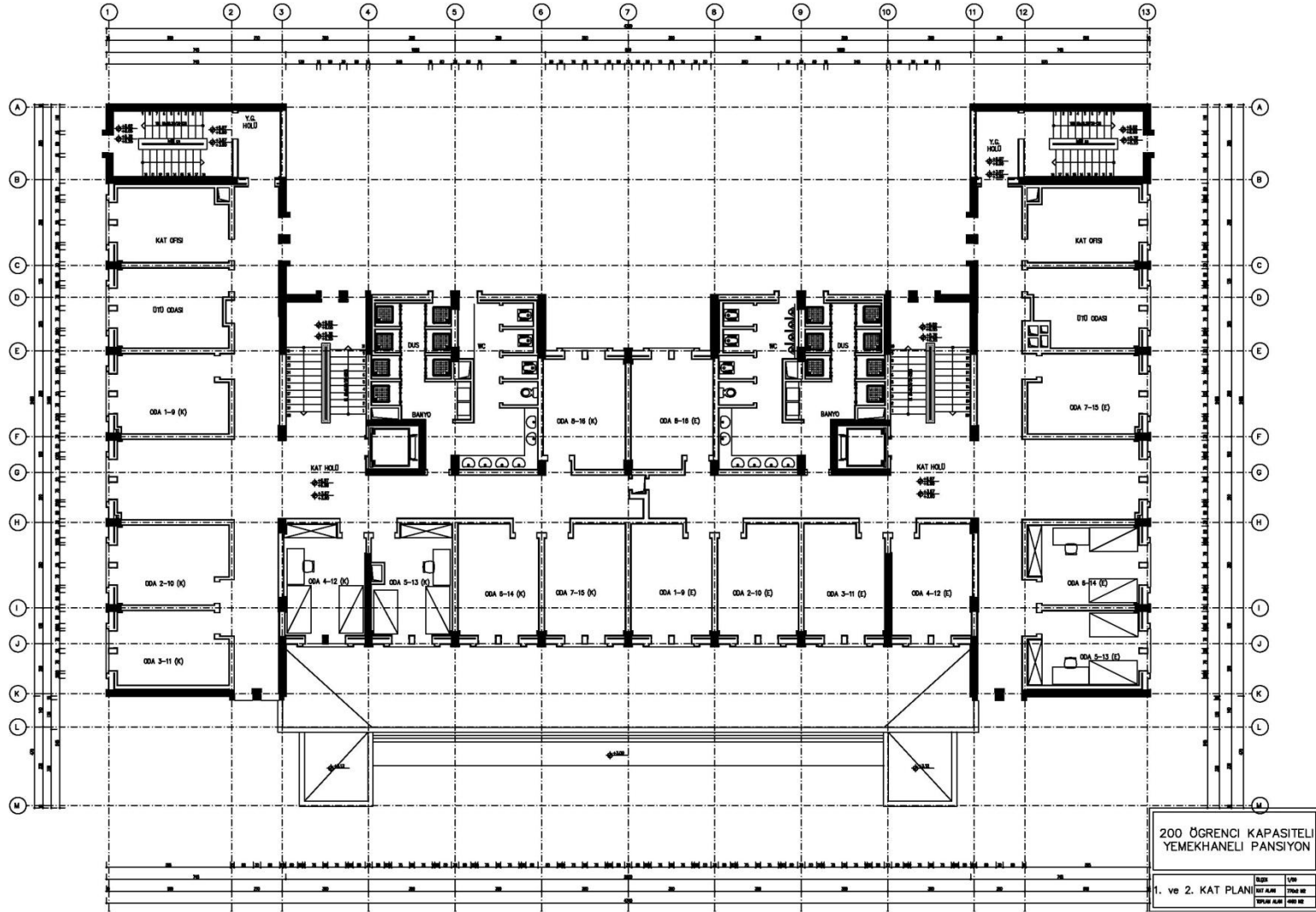
- Ünal, A., Korkmaz, H. H., Kaltakçı, M. Y., Kamanlı, M., Bahadır, F., Balık, F. S.** (2013). Deprem Dayanımı Yetersiz Betonarme Çerçevelerin Düzlem Dışı Perde Duvar ile Güçlendirilmesi. 2. *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, MKÜ, Hatay.
- Yakut, A., Binici, B., Demirel, İ. O., Özcebe, G.** (2013). Dolgu Duvarların Deprem Davranışına Etkisi, 2. *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Hatay.
- Yüksel, İ.** (2008). Betonarme Binaların Deprem Sonrası Acil Hasar Değerlendirmeleri, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* (Sayı 24, Sf. 260-276).
- Kaynak, U.** (1999). Betonarme Karkas Yapılar İçin Şiddet Skalası. Alındığı tarih: 25.10.2014, adres: <http://www.depremler.com/siddet-skalasi.html>

EKLER

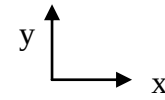
EK A: Mimari planlar

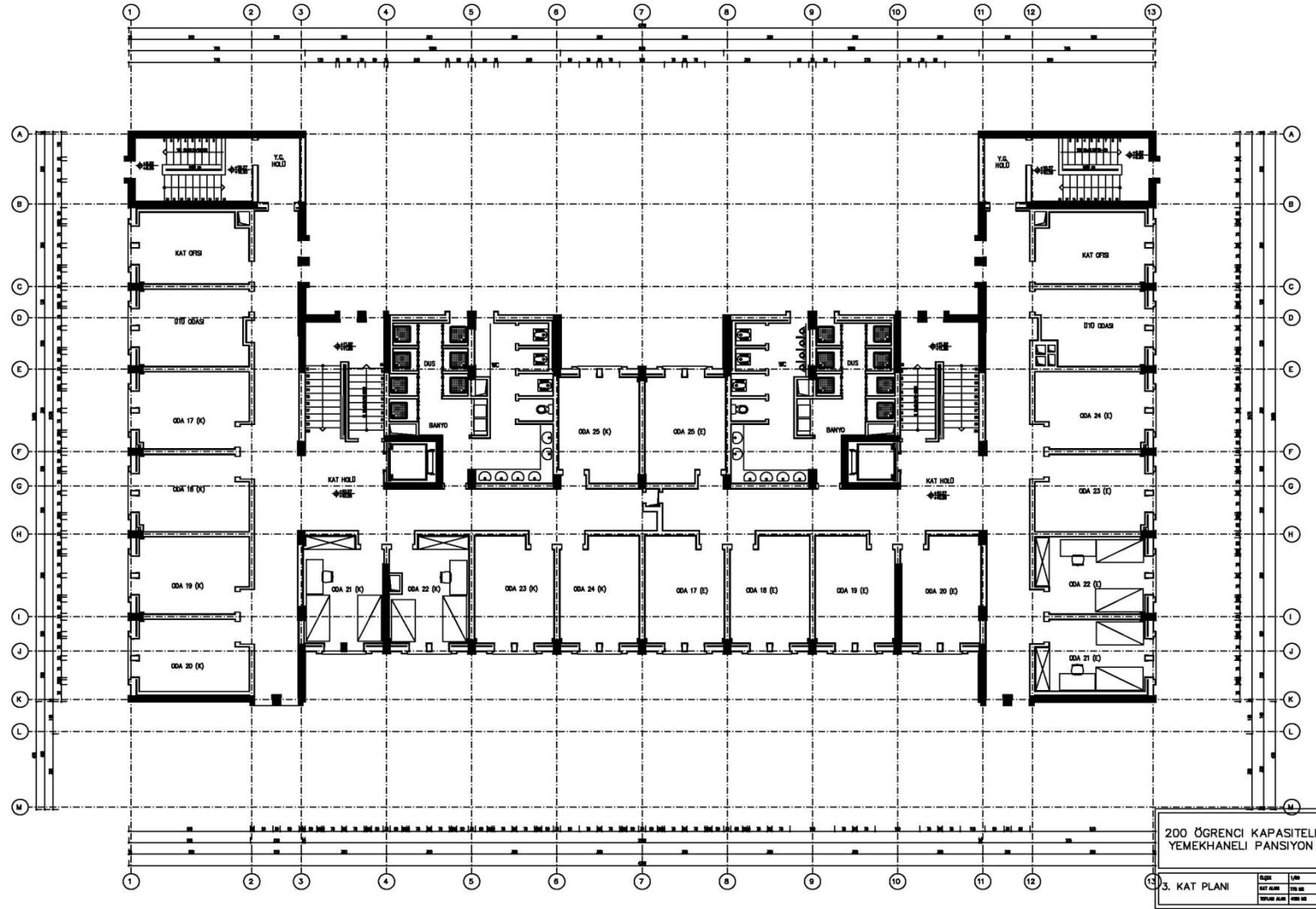
EK B: Normal kat kalıp planı

EK C: Hesap SAP 2000_V.17 ve excel sonuçlar, eleman hasar dağılımları tablosu
Ekli CD'si

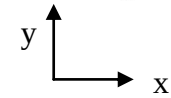


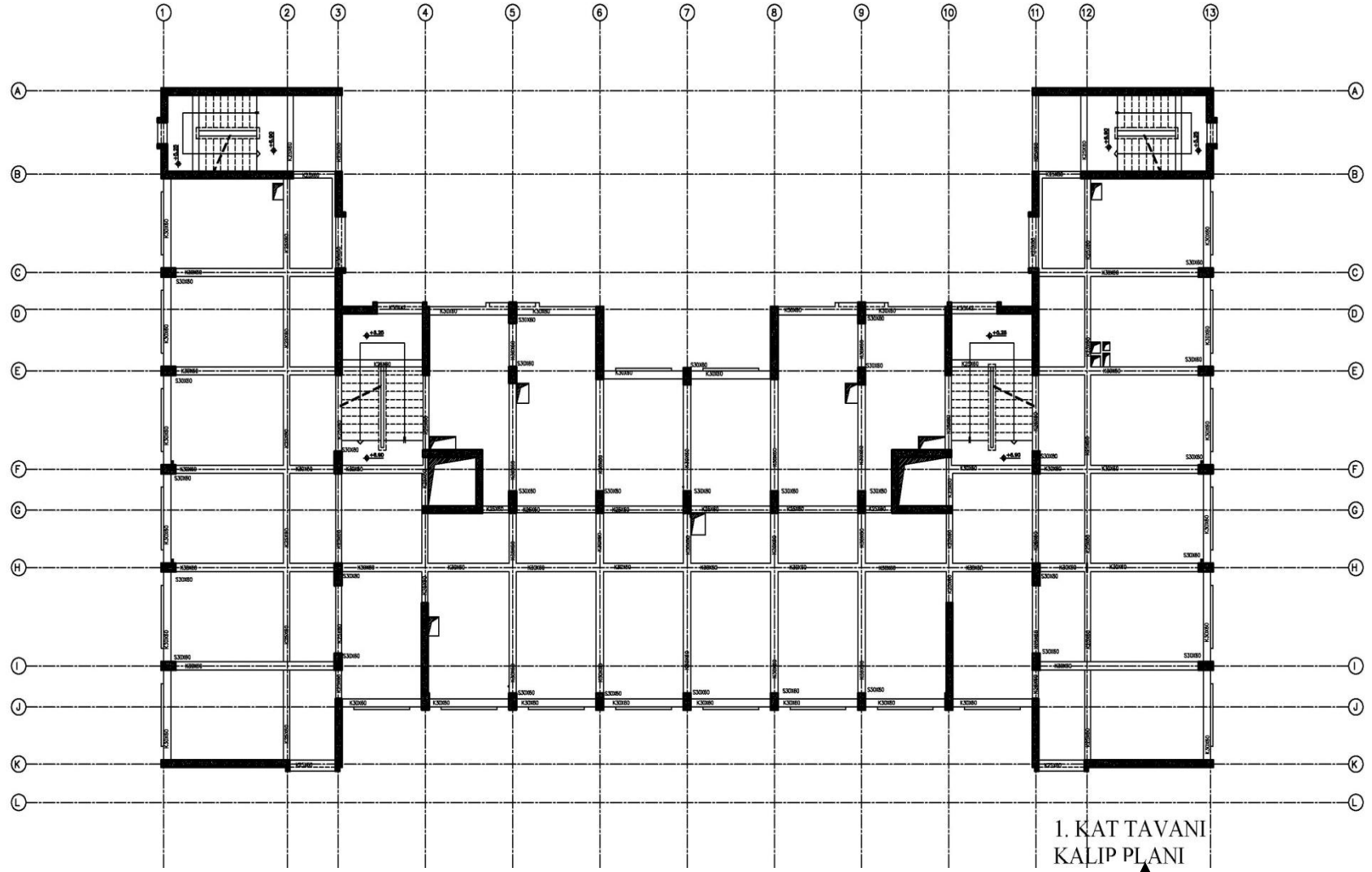
Şekil EK A.3 : 1. ve 2. kat planı.





Şekil EK A.4 : 3. Kat planı.





Şekil EK B : 1. Kat kalıp planı.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Didem Anıl

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul

Adres: Esenevler mah. Yunus Emre Cad. Ümraniye-İstanbul

E-Posta: didemanl@gmail.com

Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi-İnşaat Mühendisliği

Mimarlık (Çift Anadal Programı)