

**MEVCUT BİR BETONARME YAPININ TAŞIYICI
SİSTEM İLAVESİYLE GÜÇLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Çetin GELEKÇİ
(501981058)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13 Mayıs 2002
Tezin Savunulduğu Tarih : 28 Mayıs 2002**

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Turgut ÖZTÜRK

Diğer Jüri Üyeleri : Doç.Dr. Kadir GÜLER

Yar.Doç.Dr. Nilgün AKTAN

HAZİRAN 2002

ÖNSÖZ

Uzun öğrencilik hayatımda bir dönemin daha sonuna geliyorum. Bu süreç içerisinde biri olan bu tez çalışmasında benden yardımlarını eksik etmeyen değerli hocam Doç.Dr.Turgut ÖZTÜRK'e, üzerimde emekleri olan tüm hocalarıma, bana her zaman yardımcı olan değerli mesai arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim. Hayatımın her aşamasında bana destek olan aileme, özellikle hakları asla ve asla ödenemeyecek değerli anne ve babama, hayatıma neşe katan yeğenim Damla'ya sevgilerimle.

MAYIS 2002

Çetin GELEKÇİ

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	ix
ÖZET	xii
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ VE ÇALIŞMANIN AMACI	1
2. MEVCUT YAPININ İNCELENMESİ	2
2.1. Yapı Hakkında Bilgi	2
2.2. Yapıda Kullanılan Malzeme Hakkında Bilgi	2
2.3 .Yapının İnşa Edildiği Zemin Hakkında Bilgi	3
3. MEVCUT YAPININ HESAPLARI	4
3.1.Yük Analizi	4
3.2. Mevcut Yapının 3 Boyutlu Matematik Modelinin Oluşturulması	4
3.3. 1975 Deprem Yönetmeliği'ne Göre Mevcut Yapının Çözümlemesi	11
3.3.1. Deprem yükünün hesaplanması	11
3.3.2. Kapasite (Dayanım) hesapları	12
3.4. 1997 Deprem Yönetmeliği'ne Göre Mevcut Yapının Çözümlemesi	18
3.4.1. Elastik deprem yüklerinin tanımlanması	19
3.4.2. Deprem yükünün hesaplanması	20
3.4.3. Deplasman ve düzensizliklerin tahkiki	24
3.4.3.1.Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması	24
3.4.3.2. A1-Burulma düzensizliği	26
3.5. Kapasite (Dayanım) Hesapları	32
3.6. Değerlendirme	40
4. İYİLEŞTİRME VE DEĞİŞİK GÜÇLENDİRME MODELLERİ	41
4.1. Model-1	41
4.2. Model-2	45
4.3. Model-3	48
4.4. Model-4	52
4.5. Model-5	56
4.6. Model-6	59
5. GÜÇLENDİRİLMİŞ YAPININ ANALİZİ	64
5.1. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Sağlanması Gereken Koşullar	64
5.2. Mevcut Yapının Güçlendirilmesi	67

5.3. 1997 ABYYHY'E Göre Güçlendirilmiş Yapının Çözümlemesi	71
5.3.1. Deprem yükünün hesaplanması	71
5.3.2. Deplasman ve düzensizliklerin tahkiki	75
5.3.2.1. Göreli kat ötelemelerinin sınırlandırılması	75
5.3.2.2. A1-Burulma düzensizliği	75
5.4. Ek Döşemelerin Betonarme Hesabı	77
5.5. Ek Kirişlerin Betonarme Hesabı	79
5.6. Ek Perdelerin Betonarme Hesabı	81
5.7. Kapasite Hesapları	87
5.8. Temel Tasarımı	90
5.8.1. Temelin modellenmesi	90
5.8.2. Güçlendirilmiş yapının elastik ankastre çözümlemesi	92
5.8.3. Temel betonarme hesabı	92
5.8.4. Emniyet gerilmesi kontrolü	95
5.9. Ek Perde ve Temelin Uygulanması ve Konstrüktif Kurallar	97
6. SONUÇLAR	98
KAYNAKLAR	100
EKLER	101
ÖZGEÇMİŞ	110

KISALTMALAR

MS	: Mevcut Sistem
M1	: Model-1
M2	: Model-2
M3	: Model-3
M4	: Model-4
M5	: Model-5
M6	: Model-6
G.M.	: Güçlendirilmiş Model
E.A .	: Elastik Ankastre
Ç.Ö.	: Çakıroğlu - Özer

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1 : Modal periyot ve modal kütle katılım oranları	8
Tablo 3.2 : Yapıya etkiyen düşey yükler	9
Tablo 3.3 : (x-x) Doğrultusu kat kesme kuvveti (VX)	12
Tablo 3.4 : (y-y) Doğrultusu kat kesme kuvveti (VY)	12
Tablo 3.5 : (x-x) Doğrultusu Zemin Kat kapasite hesap tablosu	13
Tablo 3.6 : (x-x) Doğrultusu 5. Kat kapasite hesap tablosu	14
Tablo 3.7 : (x-x) Doğrultusu kapasite oranları	14
Tablo 3.8 : (y-y) Doğrultusu Zemin Kat kapasite hesap tablosu	15
Tablo 3.9 : (y-y) Doğrultusu 5. Kat kapasite hesap tablosu	16
Tablo 3.10 : (y-y) Doğrultusu kapasite oranları	17
Tablo 3.11 : Kat kesme kuvvetleri	22
Tablo 3.12 : Artırılmış kat kesme kuvvetleri	23
Tablo 3.13 : (x-x) Doğrultusu deplasman tahkiki	24
Tablo 3.14 : (y-y) Doğrultusu deplasman tahkiki	25
Tablo 3.15 : (x-x) Doğrultusu (A1) burulma düzensizliği tahkiki	28
Tablo 3.16 : +%5 (x-x) Doğrultusu (A1) burulma düzensizliği tahkiki	28
Tablo 3.17 : -%5 (x-x) Doğrultusu (A1) burulma düzensizliği tahkiki	28
Tablo 3.18 : (y-y) Doğrultusu (A1) burulma düzensizliği tahkiki	29
Tablo 3.19 : +%5 (y-y) Doğrultusu (A1) burulma düzensizliği tahkiki	29
Tablo 3.20 : -%5 (y-y) Doğrultusu (A1) burulma düzensizliği tahkiki	29
Tablo 3.21 : (x-x) Doğrultusu zayıf kat düzensizliği	31
Tablo 3.22 : (y-y) Doğrultusu zayıf kat düzensizliği	32
Tablo 3.23 : Kapasite hesaplarında kullanılacak kesit tesirleri	33
Tablo 3.24 : (x-x) Doğrultusu temin kat kapasite hesap tablosu	34
Tablo 3.25 : (x-x) Doğrultusu 5. Kat kapasite hesap tablosu	34
Tablo 3.26 : (x-x) Doğrultusu kapasite oranları	35
Tablo 3.27 : (y-y) Doğrultusu Zemin Kat kapasite hesap tablosu	36
Tablo 3.28 : (y-y) Doğrultusu 5. Kat kapasite hesap tablosu	37
Tablo 3.29 : (y-y) Doğrultusu kapasite oranları	38
Tablo 3.30 : (x-x) Doğrultusu Zemin Kat kapasite hesap tablosu (Biaxial)	39
Tablo 3.31 : (y-y) Doğrultusu Zemin Kat kapasite hesap tablosu (Biaxial)	39
Tablo 4.1 : Model-1 modal periyot ve modal kütle katılım oranları	41
Tablo 4.2 : M1 toplam taban kesme kuvvetleri ve devrilme momentleri	42
Tablo 4.3 : Model-1 Mevcut Sistem (A1) burulma düzensizliği tahkiki	44
Tablo 4.4 : Model-2 modal periyot ve modal kütle katılım oranları	45
Tablo 4.5 : M2- M1 Mevcut Sistem (A1) burulma düzensizliği tahkiki	47
Tablo 4.6 : Model-3 modal periyot ve modal kütle katılım oranları	48
Tablo 4.7 : M3 deprem kat kesme kuvvetleri ve devrilme momentleri	49
Tablo 4.8 : M3 Zemin Kat kapasite hesabında kullanılacak kesit tesirleri	49
Tablo 4.9 : Model-3 (A1) burulma düzensizliği tahkiki	52
Tablo 4.10 : Model-4 modal periyot ve modal kütle katılım oranları	52
Tablo 4.11 : M4 deprem kat kesme kuvvetleri ve devrilme momentleri	54

Tablo 4.12	: M4 (A1) burulma düzensizliği tahkiki	55
Tablo 4.13	: M4 Zemin Kat kapasite hesabında kullanılacak kesit tesirleri	55
Tablo 4.14	: M5 modal periyot ve modal kütle katılım oranları	58
Tablo 4.15	: M5 deprem kat kesme kuvvetleri ve devrilme momentleri	58
Tablo 4.16	: M5 (A1) burulma düzensizliği tahkiki	59
Tablo 4.17	: M5 Zemin Kat kapasite hesabında kullanılacak kesit tesirleri	59
Tablo 4.18	: Model-6 modal periyot ve modal kütle katılım oranları	59
Tablo 4.19	: M6 deprem kat kesme kuvvetleri ve devrilme momentleri	61
Tablo 4.20	: M6 (A1) burulma düzensizliği tahkiki	62
Tablo 4.21	: M6 Zemin Kat kapasite hesabında kullanılacak kesit tesirleri	62
Tablo 4.22	: Zemin Kat kapasite oranları	62
Tablo 5.1	: G.M. modal periyot ve modal kütle katılım oranları	71
Tablo 5.2	: G.M'e etkiyen düşey yükler	73
Tablo 5.3	: G.M. artırılmış kat kesme kuvvetleri ve devrilme momentleri	74
Tablo 5.4	: G.M.ve Mevcut Sistem (A1) burulma düzensizliği tahkiki	76
Tablo 5.5	: Kiriş iç kuvvetleri	79
Tablo 5.6	: Güçlendirme perdeleri iç kuvvetleri	81
Tablo 5.7	: Ek perde duvarların karşıladığı deprem yükü	86
Tablo 5.8	: G.M. (x-x) Doğrultusu Zemin Kat kapasite hesap tablosu	88
Tablo 5.9	: G.M. (x-x) Doğrultusu Zemin Kat kapasite oranları	88
Tablo 5.10	: G.M. (y-y) Doğrultusu Zemin Kat kapasite hesap tablosu	89
Tablo 5.11	: G.M.(y-y) Doğrultusu Zemin Kat kapasite oranları	89
Tablo 5.12	: E.A. Model modal periyot ve modal kütle katılım oranları	92

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 3.1	: Mevcut yapının matematik modelinin kalıp planı	6
Şekil 3.2	: Mevcut yapının matematik modelinin 3 boyutlu görünüşü	7
Şekil 3.3	: Spektral ivme katsayıları	21
Şekil 3.4	: Artırılmış kat kesme kuvvetleri- H_i değişimi	23
Şekil 3.5	: Mevcut yapı deplasman tahkiki	26
Şekil 3.6	: A1-Burulma düzensizliği	26
Şekil 3.7	: Kaydırılmış kütle merkezleri	27
Şekil 4.1	: Model-1 kalıp planı	42
Şekil 4.2	: Model-1 Mevcut Sistem görelî kat ötelemeleri karşılaştırması	43
Şekil 4.3	: Model-2 kalıp planı	46
Şekil 4.4	: M1, M2 ve Mevcut Sistem görelî kat ötelemeleri karşılaştırması ...	47
Şekil 4.5	: Model-3 kalıp planı	50
Şekil 4.6	: Görelî kat ötelemesi tahkiki	51
Şekil 4.7	: Model-4 kalıp planı	53
Şekil 4.8	: Model-4 Görelî kat ötelemesi tahkiki	54
Şekil 4.9	: Model-5 kalıp planı	57
Şekil 4.10	: Model-5 Görelî kat ötelemesi tahkiki	58
Şekil 4.11	: Model-6 kalıp planı	60
Şekil 4.12	: Model-6 Görelî kat ötelemesi tahkiki	61
Şekil 5.1	: Güçlendirilmiş yapı kalıp planı	69
Şekil 5.2	: Güçlendirilmiş yapının 3 boyutlu görünüşü	70
Şekil 5.3	: G.M. Görelî kat ötelemelerinin tahkiki	75
Şekil 5.4	: Ek perde duvar donatı ve donatı yerleşimi	86
Şekil 5.5	: Mevcut ve yeni temelin modellenmesi	91
Şekil 5.6	: Temel M_{11} Diyagramı [$1.4G + 1.6Q$]	93
Şekil 5.7	: Temel M_{22} Diyagramı [$1.4G + 1.6Q$]	94
Şekil 5.8	: Artırılmış yükler altında temeldeki şekil değiştirme [$1.4G+1.6Q$]	96

SEMBOL LİSTESİ

A	:Kat alanı
A_b	:Kat içindeki boşluk alanları toplamı
A_c	:Kolonun ve perde uç bölgesinin brüt enkesit alanı
A_g	:Gerekli donatı alanı
A_o	:Etkin yer ivmesi katsayısı
A_s	:Çekme donatısı kesit alanı
A(T)	:Spektral ivme katsayısı
A_{smin}	:Minimum donatı kesit alanı
A_{smax}	:Maksimum donatı kesit alanı
ΣA_e	:Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı
ΣA_g	:Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit alanlarının toplamı
ΣA_k	:Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının (kapı ve pencere boşlukları hariç) toplamı
ΣA_p	:Binanın tüm katlarının plan alanlarının toplamı
b	:Kiriş genişliği, kolon kesit boyutu, döşeme şerit genişliği
b_w	:Kiriş gövde genişliği, perdenin gövde kalınlığı
d	:Eğilme elemanlarında faydalı yükseklik
d'	:Basınç donatısı merkezinden ölçülen beton örtüsü
E	:Deprem etkisi
E_c	:Beton elastisite modülü
f_{cd}	:Beton tasarım basınç dayanımı
f_{ck}	:Beton karakteristik basınç dayanımı
f_{ctk}	:Beton karakteristik eksenel çekme dayanımı
f_{ctd}	:Beton tasarım eksenel çekme dayanımı
f_{ctk}	:Beton karakteristik eksenel çekme dayanımı
f_{yd}	:Boyuna donatı tasarım akma dayanımı
f_{yk}	:Boyuna donatı karakteristik akma dayanımı
f_{ywd}	:Enine donatı tasarım akma dayanımı
g_i	:Binanın i'inci katındaki toplam sabit yük
G	:Kalıcı yük etkisi
h	:Döşeme kalınlığı, eleman yüksekliği, kiriş toplam yüksekliği, kolonun eğilme düzlemindeki kesit boyutu
h_f	:Döşeme kalınlığı

H_{cr}	:Kritik perde yüksekliği
H_w	:Temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği
I	:Bina önem katsayısı
K	:Zemin düşey yatak katsayısı
l	:Hesap açıklığı
l_1	:Döşemenin uzun doğrultuda , mesnet eksenleri arasında kalan açıklığı
l_n	:Kolonun kirişler arasında kalan serbest yüksekliği, kirişin kolon veya perde yüzleri arasında kalan serbest açıklığı
l_s	:Döşemenin kısa doğrultuda , mesnet eksenleri arasında kalan açıklığı
l_w	:Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu
l_u	:Perde uç bölgesi uzunluğu
M	:Binanın toplam kütlesi
M_d	:Tasarım eğilme momenti
M_x	:X yönü momenti
M_y	:Y yönü momenti
M_r	:Taşıma gücü momenti
M_1, M_2	:Lokal eksenler etrafında döndüren eğilme momentleri
n	:Hareketli yük katılım katsayısı
N_d	:Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel kuvvet
N_{dmax}	:Yük katsayıları kullanılarak,sadece düşey yüklere göre veya düşey yükler ve deprem yüklerine göre hesaplanan eksenel basınç kuvvetlerinin en büyüğü
N_{max}	:En büyük tasarım eksenel yükü
p_d	:Düzgün yayılı döşeme tasarım yükü
q_i	:Binanın i'inci katındaki toplam hareketli yük
Q	:Hareketli yük etkisi
R	:Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$R_a(T)$	:Deprem yükü azaltma katsayısı
$S(T)$	:Spektrum katsayısı
T	:Binanın doğal titreşim periyodu (s)
T_A, T_B	:Spektrum karakteristik periyotları
T_r, T_s	:Binanın r'inci ve s'inci doğal titreşim periyotları (s)
U_x	:X yönü öteleme kütle katılım oranı
U_y	:Y yönü öteleme kütle katılım oranı
V_d	:Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti
V_e	:Kolon ve kirişte enine donatı hesabına esas alınan kesme kuvveti
V_r	:Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımı
V_t	:Binaya etkiyen toplam deprem yükü (taban kesme kuvveti)
V_t	:Eşdeğer deprem yükü yönteminde , gözönüne alınan deprem

	doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü
V_{tB}	:Mod birleştirme yönteminde, gözönüne alınan deprem doğrultusunda modlara ait katkıların birleştirilmesi ile bulunan bina toplam deprem yükü (taban kesme kuvveti)
V_X	: X yönünde oluşan kesme kuvveti
V_Y	: Y yönünde oluşan kesme kuvveti
V_2, V_3	:Lokal eksenler etrafında meydana gelen kesme kuvvetleri
W	:Binanın hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
w_i	:Binanın i'inci katının hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı
α_m	:Süneklik düzeyi yüksek perdelerin tabanında elde edilen eğilme momentleri toplamının,binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam devrilme momentine oranı
β	:Mod birleştirme yöntemi ile hesaplanan büyüklüklerin alt sınırlarının belirlenmesi için kullanılan katsayı
η_{bi}	:i'inci katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı
η_{ci}	: i'inci katta tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısı
η_{ki}	:i'inci katta tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı
Δ_i	:Binanın i'inci katındaki görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{max}$	:Binanın i'inci katındaki maksimum görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{ort}$	: Binanın i'inci katındaki ortalama görelî kat ötelemesi
q_{em}	:Zemin emniyet gerilmesi

MEVCUT BİR BETONARME YAPININ TAŞIYICI SİSTEM

İLAVESİYLE GÜÇLENDİRİLMESİ

ÖZET

Bu tez çalışmasında konut amacı ile kullanılan mevcut bir yapının deprem yükleri altındaki davranışı 1975 ve 1997 deprem yönetmelikleri dahilinde irdelenecek ve depreme dayanıklı yapı tasarımı şartlarını sağlayacak uygun bir güçlendirme modeli düzenlenecektir.

İncelenen yapı her iki doğrultuda büyük oranda simetrik, 13 katlı, 40.00 m yüksekliğinde olup plandaki boyutları 24.20m x 25.40m'dir. Yapı kat planında, simetri ekseninde (y-y) doğrultusunda büyük döşeme boşluklarına, yatay çerçeve süreksizliklerine ve dolaylı mesnetlenen kirişlere sahiptir. Deprem yükleri boyutları b/h oranları 5-11 arasında değişen kolon ve perdelerden, boyutları 0.20m/0.60m olan sarkık kirişlerden oluşan boşluksuz perde ve çerçevelerle taşınmaktadır. Döşeme türü olarak 0.12m kalınlığında plak döşemeler kullanılmıştır. Temel olarak dikdörtgen ve trapez kesitli ızgara temel modeli uygulanmıştır.

Yapı 1. derece deprem bölgesinde olup, üzerine inşaa edildiği zemin grubu Z4'tür. Söz konusu yapı 1997 Deprem Yönetmeliği'nin yayınlanmasından önce inşaa edildiği için ilk olarak 1975 Deprem Yönetmeliği'nin tariflediği yatay yükler altında çözümlemesi yapılmış ve elde edilen en elverişsiz iç kuvvetlere göre Zemin katta kapasite kontrolleri yapılmıştır. Yapılan kapasite kontrolleri sonucunda düşey taşıyıcı elemanların aksenal yük taşıma kapasitelerinin genel olarak yeterli olduğu, moment taşıma kapasitelerinin ise tüm kesitlerde her iki doğrultuda da yetersiz olduğu görülmüştür.

Mevcut yapı 1997 deprem yönetmeliğine göre süneklilik düzeyi normal sistem olarak kabul edilmiş ve deprem yükleri buna göre tariflenmiştir. 1997 deprem yönetmeliğine göre hesaplanan deprem yükleri altında sistemin çözümlemesi yapılarak yapının yanal rijitliğinin yeterlilik düzeyini ifade eden görelî kat ötelemeleri kontrolleri, burulma düzensizliği kontrolleri ve kesit kapasite kontrolleri yapılmıştır. Yapılan kontroller sonucunda yapının yanal ötelenme rijitliğinin yetersiz olduğu, ek dışmerkez yüklemeler altında yapıda; (x-x) doğrultusunda -%5, (y-y) doğrultusunda ise $\pm$ %5 yüklemelerinde burulma düzensizliği katsayılarının yönetmelikte izin verilen 1.20 değerinden büyük olduğu tespit edilmiştir. Aksenal yük taşıma kapasiteleri bakımından kesitler kontrol edildiğinde genel olarak yeterli olduğu fakat bazı kesitlerde aksenal yük taşıma kapasitesinin üzerinde değerler olduğu da görülmüştür. Moment taşıma kapasitesi bakımından zemin katta yer alan kesitlerde yapılan kontroller sonucunda hepsinin yetersiz olduğu tespit edilmiştir.

1975 ve 1997 deprem yönetmeliklerine göre yapılan kontroller sonucunda incelenen binanın yanal ötelenme rijitliğinin yetersiz olduğu, A1 burulma düzensizliğinin olduğu ve kesit kapasitelerinin yeterli olmadığı görüldüğünden deprem kuvvetlerinin büyük çoğunluğunu alabilecek yeni elemanlar ilavesiyle taşıyıcı sistemin iyileştirilmesi gerektiğine yani yapının ilave yeni elemanlarla güçlendirilmesine karar verilmiştir.

Güçlendirilmiş yapının çözümlemesine geçilmeden önce gerek güçlendirilmiş bina modelinin oluşturulması gerekse olası diğer güçlendirme modellerinin kısaca incelenmesi yapılmıştır. Olası diğer güçlendirme modellerinde çeşitli tahkikler yapılarak yetersiz oldukları görülmüştür.

Güçlendirilmiş yapı modeline karar verilirken uygulanabilir ve ekonomik olması hususları da gözönünde bulundurulmuş ve. yeni elemanlar ilave edildikten sonra deprem yükleri 1997 deprem yönetmeliğine göre tariflenmiştir. Bu yükler altında, düşey taşıyıcı elemanların mesnetlenme koşullarının ankastre ve elastik ankastre mesnet olarak dikkate alınmasıyla yapılan çözümlemeler sonucunda yapıdaki yerdeğiştirme probleminin ortadan kalktığı yani yanal ötelenme rijitliğinin yeterli olduğu, burulma düzensizliği katsayılarının zemin kat hariç istenilen düzeye geldiği bir başka deyişle burulma açısından yapının güvenli hale geldiği, tüm kesitlerin eğilme momenti kapasitelerinin yeterli olduğu tespit edilmiştir.

STRENGTHENING OF AN EXISTING REINFORCED CONCRETE

STRUCTURE BY ADDING A CARRYING SYSTEM

SUMMARY

In the present thesis, analysis of an apartment building have been carried out under earthquake loads given by 1975 and 1997 Turkish Earthquake Resistant Design Code and is going to be strengthened by choosing an appropriate carrying system.

The structure consists of a ground story having 4.0m height and twelve stories with a height of 3.0m, total height of structure is 40.0m and it is almost symmetrical in both directions. From view of the plan, its dimensions are 24.20m by 25.40m. On the symmetry axis, the structure has big openings on the (y-y) direction, discontinuity in the frame system and indirectly supported beams. Earthquake loads are carried by shear walls and frame system are used to carry earthquake loads. The ratio (b/h) of shear walls is between 5 and 11. In this structure, 12 cm thick membrane element is used as a slab and beams with the dimension of 0.20m by 0.60m. Two way continuous elements which have rectangular and trapezoidal cross-section are used as foundation system which is like as grid. The structure is assumed to be in the earthquake zone of the first degree and located on a Z4 class soil.

Because the structure is built before the publication of 1997 Turkish Earthquake Code, firstly it's calculated according to the 1975 Turkish Earthquake Code and capacity controls are done for the ground story for maximum design forces. At the end of the checks, it is seen that, almost all of the vertical elements such as structural walls and columns have sufficient dimension, on the other hand, it is clear to see that their ultimate moment capacities are not enough in both directions.

Existing structure is assumed as a nominal ductile system and the earthquake loads are described according to the 1997 Turkish Earthquake Code. By using these lateral loads, analysis of the structure is carried out and all irregularities in plan are checked. It is seen that, lateral stiffness of the structure is insufficient and additional eccentricity effects are considered. Torsional irregularity factor greater than the value of 1.2 for the $\pm 5\%$ eccentricity for the (x-x) direction and $\pm 5\%$ eccentricity for the (y-y) direction. Under axial loadings, most of the sections are adequate. At the ground floor, it is seen that, ultimate moment capacities of all the sections are inadequate at both directions.

Calculations carried out according to the 1975 and 1997 Turkish Earthquake Codes are indicated that the structure has to be strengthened because of the insufficient lateral stiffness and ultimate moment capacities.

Before starting to analysis of the strengthening model, other strengthening models have been investigated and it is seen that they were not sufficient for various reasons. While deciding the strengthening model, applicability and economic reasons also taken into consideration. Earthquake loads are described according to the 1997 Turkish Earthquake Resistant Design Code. Support conditions of the retrofitted structure is assumed as fixed and elastic fixed. All calculations are done under these circumstances, and it seen that, lateral stiffness is sufficient and the A1 torsional irregularity is acceptable values except for the ground story. Ultimate moment capacities are also sufficient for all sections.

1. GİRİŞ VE ÇALIŞMANIN AMACI

17 Ağustos 1999 Kocaeli ve 12 Kasım 1999 Düzce Depremleri sonrasında Marmara Bölgesi illerinin büyük çoğunluğu depremden etkilenmiştir. Depremlerin nüfus ve sanayi yapılarının yoğunluğunun çok fazla olduğu bir bölgede meydana gelmesi sonucunda deprem ve depreme karşı alınması gereken önlemler konusu daha çok önem kazanmıştır.

Bu tez çalışmasında incelenecek olan yapı yukarıda bahsedilen depremlere maruz kalmış, taşıyıcı elemanlarında eğilme ve kesme çatlakları tespit edilmiş 13 katlı bir betonarme konuttur. Söz konusu yapı her iki doğrultuda büyük oranda simetrik olup kat içerisinde yapının davranışını etkileyecek döşeme boşlukları, dolaylı mesnetlenmeler ve yatay çerçeve süreksizlikleri içermektedir.

Bu çalışmanın amacı, mevcut yapının depreme karşı davranışının 1975 ve 1997 Deprem Yönetmeliği dahilinde değerlendirilmesi, kat içerisindeki döşeme boşluklarının ve yatay çerçeve süreksizliğinin yapının dinamik davranışını nasıl etkilediğinin araştırılması, ortaya çıkan elverişsiz sonuçlar neticesinde yapının uygun ve ekonomik bir şekilde güçlendirilmesi, güçlendirme sonrası yapının dinamik davranışının belirlenmesidir.

Böylece,

- Güçlendirme öncesi mevcut yapının dinamik davranışı belirlenerek, güçlendirme sonrası nasıl bir değişiklik olduğu tespitinin yapılması,
- Yapılan değişikliklerin neler olduğu ve neden gerekli olduğunun anlaşılması,
- Güçlendirme öncesi binada ne gibi yetersizliklerin olduğunun tespit edilmesi ve güçlendirme sonrası bu yetersizliklerin son durumunun incelenmesi

sağlanacaktır.

2. MEVCUT YAPININ İNCELENMESİ

2.1. Yapı Hakkında Bilgi

İncelemesi yapılacak olan yapı bir Zemin kat ve 12 normal kat olmak üzere toplam 13 katlı bir betonarme yapı olup konut olarak kullanılmaktadır. Zemin kat yüksekliği 4,00m ve normal kat yüksekliği 3,00m, bina toplam yüksekliği 40,00m'dir. Her iki yönde büyük oranda simetrik olan söz konusu yapı kat içerisinde (y-y) doğrultusunda boşluklar içermektedir. Daha çok mimari kullanım amacı gözönünde bulundurularak inşa edilmiş olup bina taşıyıcı sistemi yerinde dökme, b/h oranları 5-11 arasında değişen perdeler, kolonlar ve boyutları 0,20m/0,60m olan sarkık kirişlerden oluşmuştur. Döşeme olarak kalınlığı 0,12m olan plak döşemeler kullanılmış ve döşeme yükleri düşey taşıyıcı elemanlara kirişler ile aktarılmıştır. Kat brüt alanı 475,64m²'dir. Yapıda ızgara temel tipi uygulanmış olup, temel yüksekliği 1,30m, temel genişliği 1,40m-2,80m arasında değişen dikdörtgen ve trapez kesitlerden ibarettir.. Yapılan incelemelerde kat kalıp planının projeye uygun olarak imal edildiği, yapının boyutlandırılmasının ve inşaatın bitim tarihinin 1987 yılı olduğu anlaşılmıştır.

2.2 Yapıda Kullanılan Malzeme Hakkında Bilgi

Mevcut sistemin bina karakteristiklerinin ortaya çıkarılması için çalışmalar yapılırken, malzeme yönünden de tespitler yapılmıştır. Bu çalışmalar için binadan karot numuneleri alınmış ve muhtelif elemanlar üzerinde Schmidt Çekici deneyleri yapılmıştır. Karot numuneleri üzerinde yapılan deneysel çalışmalar ve Schmidt Çekici tespitlerinin değerlendirilmesi sonucunda binanın karakteristik beton dayanımının projede verildiği gibi BS20 kalitesinde ($f_{ck}=20,00$ N/mm²) olduğu ve betonarme çeliği olarak BÇI çeliği kullanıldığı tespit edilmiş, kullanılan malzemenin projeye uygun olduğu görülmüştür.

2.3 Yapının İnşa Edildiği Zemin Hakkında Bilgi

Binanın temel zemininde yapılan incelemeler sonucunda hazırlanan Zemin Etüd Raporu'nda belirlenen değerler aşağıda verilmiştir.

Yerel Zemin Sınıfı : Z4

En büyük Yer İvmesi : $a = 0,40g$

Tasarım Spektrum Karakteristik Periyotları $T_A = 0,20 \text{ sn}$, $T_B = 0,90 \text{ sn}$

Emniyetli Zemin Gerilmesi : $q_{em} = 160 \text{ kN/m}^2$

Düşey Yatak Katsayısı: $K_v = 10000 \text{ kN/m}^3$

3. MEVCUT YAPININ HESAPLARI

3.1 Yük Analizi

TS498’de verilen katsayılar ve değerler kullanılarak yük analizi yapılacaktır.

Döşeme Yük Analizi:

Tüm döşemeler plak döşeme olarak imal edilmiş olup döşeme kalınlığı 12cm’dir.

Buna göre yük analizi yapılacaktır.

Döşeme zati ağırlığı (0,12x24,525) = 2,943 KN/m²

Kaplama ve Sıva ağırlığı = 1,472 KN/m²

Buna göre;

$$g = 4,415 \text{ KN/m}^2$$

$$q = 1,962 \text{ KN/m}^2 \text{ (Kat döşemesinde)}$$

$$q = 3,434 \text{ KN/m}^2 \text{ (Balkon döşemesinde)}$$

Duvar yükleri;

Dış duvarlar :

$$g = 4,12 \times H_i \text{ (Kapı ve pencere boşlukları hariç).}$$

İç duvarlar :

$$g = 2,45 \times H_i \text{ (Kapı boşlukları hariç).}$$

alınarak hesaplarda kullanılacaktır.

3.2 Mevcut Yapının 3 Boyutlu Matematik Modelinin Oluşturulması

İncelenecek yapının 3 boyutlu matematik modeli sonlu elemanlar yöntemini kullanan ETABS programı ile modellenmiştir. Bu model oluşturulurken tüm döşemeler kabuk (shell) elemanlar olarak alınmiş ve yapıya etki eden düşey yükler bu kabuk elemanlara atanmiştir. Kirişler ise çubuk eleman (frame) olarak tanımlanmiş ve duvar yükleri üzerlerine yayılı yük olarak atanmiştir. Tüm kolon ve perdeler kabuk eleman olarak tanımlanmiş olup sağlıklı bir çözüm iin yeterince sonlu elemanlara bölünerek ve zemine ankastre kabul edilerek modellenmiştir. Yapının atısı ve merdivenleri modele girilmemiş fakat yükleri yapıya aktarılmıştır. Dinamik

özömlerlerde bölme duvarlarının etkisi gözönüne alınmamıştır. Bütün bu tasarım prensipleri ile zemin ve yapıya ait aşağıda verilen karakteristik değerler gözönünde bulundurularak yapının statik ve dinamik özömleri yapılmıştır.

Şekil 3.1’de yapının matematik modelinin kalıp planı, Şekil 3.2’de, 3 boyutlu görünüşü yapının mimari planı Ek-3.a’da, kalıp planı ise Ek-3.b’de verilmiştir.

özömlerlerde kullanılan zemin ve yapıya ait karakteristik değerler;

Deprem bölgesi : 1

Zemin sınıfı : Z4

Bina önem katsayısı : 1,00

Etkin yer ivmesi katsayısı (A_0) : 0,40g

Hareketli yük katılım katsayısı : 0,30

Deprem yükü azaltma katsayısı (R) : 4

olarak alınmış ve özömler yapılmıştır.

Şekil 3.1 Mevcut yapının matematik modelinin kalıp planı

Şekil 3.2 Mevcut yapının matematik modelinin 3 boyutlu görünüşü

Yapılan çözümlmelerden elde edilen modal analiz sonuçları, modlara ait periyot ve modal kütle katılım oranları Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1 Modal periyot ve modal kütle katılım oranları

Mod	Periyot	UX	UY	UX	ΣUY	ΣRX	ΣRY	ΣRZ
1	1,8542	22,08	0,03	22,08	0,03	0,04	29,36	52,55
2	1,7841	52,80	0,04	74,88	0,07	0,09	99,55	74,51
3	1,4044	0,01	73,18	74,89	73,25	99,40	99,56	74,58
4	0,5818	10,69	0,00	85,58	73,25	99,40	99,58	76,43
5	0,5587	1,81	0,00	87,39	73,25	99,40	99,58	87,44
6	0,4903	0,00	0,00	87,39	73,26	99,42	99,58	87,44
7	0,4333	0,00	10,45	87,39	83,71	99,53	99,58	87,44
8	0,3858	0,00	2,84	87,39	86,54	99,56	99,58	87,44
9	0,3148	0,08	0,00	87,47	86,54	99,56	99,58	87,44
10	0,3123	4,78	0,00	92,25	86,54	99,56	99,90	87,58
11	0,2911	0,13	0,00	92,38	86,54	99,56	99,91	92,53
12	0,2830	0,00	0,00	92,38	86,54	99,56	99,91	92,53
13	0,2757	0,00	0,32	92,38	86,86	99,57	99,91	92,54
14	0,2716	0,02	0,00	92,41	86,86	99,57	99,92	92,54
15	0,2440	0,03	0,00	92,44	86,86	99,57	99,92	92,54
16	0,2232	0,00	0,00	92,44	86,87	99,57	99,92	92,54
17	0,2168	0,00	4,89	92,44	91,76	99,91	99,92	92,54
18	0,1980	2,37	0,00	94,81	91,76	99,91	99,94	92,59
19	0,1936	0,33	0,00	95,14	91,76	99,91	99,95	92,59
20	0,1883	0,02	0,14	95,17	91,89	99,91	99,95	92,64

Tablo 3.1’den de anlaşılacağı üzere hesaba katılacak yeterli titreşim modu sayısı (x-x) doğrultusunda 10 ve (y-y) doğrultusunda 17 olması gerekmektedir. Titreşim modu sayısı 20 seçilerek statik ve dinamik çözümlmeler yapılmıştır. Tablo 3.1’den takip edilebileceği gibi (x- x) doğrultusunda en fazla etkin kütle katılımı (%52,80) 2. modda, (y – y) doğrultusunda en fazla etkin kütle katılımı (%73,18) 3. modda olmaktadır. Bu nedenle (x- x) doğrultusunda hakim periyot olarak 2. mod periyodu ($T_1 = 1,7841$ sn), (y- y) doğrultusunda hakim periyot olarak 3. mod periyodu ($T_1 = 1,4044$ sn), alınarak Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Mod Birleştirme Yöntemi taban kesme kuvvetleri kıyaslanacaktır.

Yapının statik çözümlemesi sonucunda yapıya etkiyen düşey yükler Tablo 3.2’de verilmiştir. Yapının deprem yükü hesabında kullanılacak ağırlığı bu tablodan yararlanılarak hesaplanacaktır

Tablo 3.2 Yapıya etkiyen düşey yükler

Kat	Yük	Yer	P(kN)	MX(kNm)	MY (kNm)
12.Kat	G	Üst	4908,34	61864,21	-59288,65
12.Kat	G	Alt	5713,93	72023,60	-68968,81
12.Kat	Q	Üst	933,32	11766,16	-11270,14
12.Kat	Q	Alt	933,32	11766,16	-11270,14
11.Kat	G	Üst	10622,27	133887,81	-128257,46
11.Kat	G	Alt	11427,87	144047,20	-137937,63
11.Kat	Q	Üst	1866,55	23532,33	-22540,27
11.Kat	Q	Alt	1866,55	23532,33	-22540,27
10.Kat	G	Üst	16336,30	205911,42	-197226,27
10.Kat	G	Alt	17141,90	216070,80	-206906,45
10.Kat	Q	Üst	2799,87	35298,48	-33810,41
10.Kat	Q	Alt	2799,87	35298,48	-33810,41
9.Kat	G	Üst	22033,75	277727,36	-265995,67
9.Kat	G	Alt	22862,89	288183,41	-275960,72
9.Kat	Q	Üst	3733,10	47064,64	-45080,54
9.Kat	Q	Alt	3733,10	47064,64	-45080,54
8.Kat	G	Üst	27754,75	349839,96	-335049,96
8.Kat	G	Alt	28583,89	360296,00	-345015,00
8.Kat	Q	Üst	4666,42	58830,81	-56350,68
8.Kat	Q	Alt	4666,42	58830,81	-56350,68
7.Kat	G	Üst	33430,42	421381,50	-403555,83
7.Kat	G	Alt	34377,28	433320,82	-414945,29
7.Kat	Q	Üst	5599,74	70596,97	-67620,82
7.Kat	Q	Alt	5599,74	70596,97	-67620,82
6.Kat	G	Üst	39203,21	494146,74	-473236,85
6.Kat	G	Alt	40179,50	506456,87	-484982,41
6.Kat	Q	Üst	6532,97	82363,13	-78890,95
6.Kat	Q	Alt	6532,97	82363,13	-78890,95
5.Kat	G	Üst	44968,45	566809,38	-542839,42
5.Kat	G	Alt	46016,85	580036,85	-555471,09
5.Kat	Q	Üst	7466,29	94129,28	-90161,09
5.Kat	Q	Alt	7466,29	94129,28	-90161,09
4.Kat	G	Üst	50796,38	640267,92	-613212,05
4.Kat	G	Alt	51858,01	653668,88	-626009,49
4.Kat	Q	Üst	8399,52	105895,45	-101431,22
4.Kat	Q	Alt	8399,52	105895,45	-101431,22
3.Kat	G	Üst	56594,38	713351,75	-683233,50
3.Kat	G	Alt	57725,18	727628,55	-696892,32
3.Kat	Q	Üst	9332,84	117661,61	-112701,36
3.Kat	Q	Alt	9332,84	117661,61	-112701,36
2.Kat	G	Üst	62461,55	787311,42	-754116,33
2.Kat	G	Alt	63592,34	801588,22	-767775,14
2.Kat	Q	Üst	10266,17	129427,77	-123971,50
2.Kat	Q	Alt	10266,17	129427,77	-123971,50
1.Kat	G	Üst	68279,17	860648,02	-824400,85
1.Kat	G	Alt	69480,60	875814,91	-838914,38
1.Kat	Q	Üst	11199,39	141193,94	-135241,63
1.Kat	Q	Alt	11199,39	141193,94	-135241,63
Zemin	G	Üst	74167,52	934874,71	-895540,09
Zemin	G	Alt	75769,50	955097,25	-914891,47
Zemin	Q	Alt	12132,71	152960,09	-146511,77

Binanın deprem sırasındaki toplam ağırlığı olarak gözönüne alınacak olan W , Tablo 3.2'den yararlanılarak Denk.(3.1) ile belirlenecektir.

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (3.1)$$

Denk. (3.1)'teki w_i kat ağırlıkları ise Denk.(3.2) ile hesaplanacaktır.

$$w_i = g_i + nq_i \quad (3.2)$$

Yapının deprem yükü hesabında kullanılacak toplam ağırlığı, W , Denk.(3.1)'e göre hesaplanacak olursa;

$$W = 74167,52 + (75769,50 - 74167,52)/2 + 0,30 \cdot (12132,71)$$

$$W = 78608,32 \text{ KN}$$

3.3 1975 Deprem Yönetmeliğine Göre Mevcut Yapının Çözümlemesi

Yapı 1997 Deprem Yönetmeliği'nin yayınından önce yapıldığı için 1975 Deprem Yönetmeliği'ne göre yapılacak dinamik çözümleme ile de incelenecek ve burada kısaca kat deprem yükleri ile kapasite hesaplarına yer verilecektir.

3.3.1 Deprem yükünün hesaplanması

$$F = C \cdot W$$

$$C = C_o \cdot K \cdot S \cdot I$$

C : Deprem Katsayısı

C_o : Deprem bölge Katsayısı

K : Yapı tipi Katsayısı

S : Yapı dinamik Katsayısı (Spektrum Katsayısı)

$$S = 1 / [0,80 - T - T_o]$$

T : Binanın birinci moduna ait saniye cinsinden doğal periyodu

T_o : Zemin hakim periyodu

I : Yapı önem Katsayısı

C_o : 0,10 (1. Derece deprem bölgesi)

K : 1,50

T_o : 0,80 sn (Zemin cinsi IV)

I : 1,0

alınarak dinamik hesap yapılacaktır.

$$W = 78608,32 \text{ KN}$$

(x-x) doğrultusu deprem yükü hesabı;

$$T = 1,784 \text{ sn}$$

$$S = 1 / [0,80 - 1,784 - 0,80]$$

$$S = 0,561 \text{ sn}^{-1}$$

$$F = 0,10 \cdot 1,50 \cdot 0,561 \cdot 1,0 \cdot 78608,32 = 6614,89 \text{ KN}$$

(y-y) doğrultusu deprem yükü hesabı;

$$T = 1,4044 \text{ sn}$$

$$S = 1 / [0,80 - 1,404 - 0,80]$$

$$S = 0,7123 \text{ sn}^{-1}$$

$$F = 0,10 \cdot 1,50 \cdot 0,7123 \cdot 1,0 \cdot 78608,32 = 8398,91 \text{ KN}$$

Modal çözümlemeler sonucu bulunan kat deprem yükleri aşağıda Tablo 3.3 ve Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.3 (x-x) Doğrultusu kat kesme kuvveti (VX)

Kat	Yük	P(kN)	VX(kN)	MY(kNm)
12.Kat	SpecX	0	1087,24	0,00
11.Kat	SpecX	0	2031,39	3261,73
10.Kat	SpecX	0	2803,98	9335,20
9.Kat	SpecX	0	3461,37	17655,68
8.Kat	SpecX	0	4033,91	27826,18
7.Kat	SpecX	0	4535,79	39571,91
6.Kat	SpecX	0	4990,21	52673,19
5.Kat	SpecX	0	5402,03	66966,09
4.Kat	SpecX	0	5768,51	82320,11
3.Kat	SpecX	0	6083,21	98624,64
2.Kat	SpecX	0	6343,95	115760,53
1.Kat	SpecX	0	6527,04	133606,71
Zemin	SpecX	0	6617,56	152017,72

Tablo 3.4 (y-y) Doğrultusu kat kesme kuvveti (VY)

Kat	Yük	P(kN)	VY(kNm)	MX(kNm)
12.Kat	SpecX	0	1294,56	0,00
11.Kat	SpecX	0	2497,04	3883,68
10.Kat	SpecX	0	3523,96	11364,03
9.Kat	SpecX	0	4411,73	21880,86
8.Kat	SpecX	0	5201,31	34963,01
7.Kat	SpecX	0	5904,42	50273,61
6.Kat	SpecX	0	6522,09	67552,42
5.Kat	SpecX	0	7051,06	86567,47
4.Kat	SpecX	0	7501,71	107069,84
3.Kat	SpecX	0	7871,74	128823,36
2.Kat	SpecX	0	8152,99	151596,82
1.Kat	SpecX	0	8328,33	175167,87
Zemin	SpecX	0	8406,07	199299,53

3.3.2 Kapasite (Dayanım) hesapları

Kapasite hesapları Prof. Adnan ÇAKIROĞLU - Prof.Dr. Erkan ÖZER'in "Eğik Eğilme ve Eksenel Kuvvet Etkisindeki Dikdörtgen Betonarme Kesitlerde Taşıma Gücü Formülleri" kullanılarak yapılmıştır. BIAXIAL programı ile de bazı kesitlerin kapasite hesapları sadece zemin katta karşılaştırma amacıyla yapılmıştır. Kapasite hesapları yapılırken aşağıdaki yükleme kombinasyonları altında meydana gelen en elverişsiz kesit tesirleri kullanılacaktır. Bu kesit tesirleri en fazla donatıyı verecek olan (normal kuvvet az-eğilme momenti fazla) kesit tesirleridir.

G : Sabit işletme yükleri

Q : Hareketli işletme yükleri

E : Deprem yükü

alınarak yükleme kombinasyonları aşağıda tanımlanmıştır.

Yükleme kombinasyonları :

1- $G + Q \pm E$

2- $1,4G + 1,6Q$

Hesaplarda kullanılacak malzeme,

Beton kalitesi : BS20

Betonarme çeliği : BÇI

Tablo 3.3'te verilen kat deprem yükleri etkisinde ve yukarıda verilen yükleme kombinasyonları sonucunda 1975 Deprem Yönetmeliği'ne göre elde edilen en elverişsiz kesit tesirleri altında sadece [3] kullanılarak zemin kat ve 5. katta yapılan kapasite hesapları (x-x) doğrultusu için Tablo 3.5 ve Tablo 3.6'da özet olarak verilmiştir.

Tablo 3.5 (x-x) Doğrultusu Zemin Kat kapasite hesap tablosu

Kesit Adı	b (cm)	h (cm)	A_{sm} (cm ²)	% ρ	N_o (kN)	N_{max} (kN)	N_{dmax} (kN)	N_{dx} (kN)	M_{dx} (kNm)	M_{rx} (kNm)	V_{dmax} (kN)	V_{rmax} (kN)
P7	180	25	65,6	1,46	6107,9	4414,5	-3381,1	-1227,6	2668,1	1520,6	391,2	1147,77
P10	180	25	65,6	1,46	6107,9	4414,5	-3375,8	-1229,5	2712,3	1520,6	412,9	1147,77
P33	180	25	65,6	1,46	6107,9	4414,5	-3410,0	-1228,5	2735,2	1520,6	417,7	1147,77
P36	180	25	65,6	1,46	6107,9	4414,5	-3369,8	-1219,6	2732,8	1520,6	420,8	1147,77
P29	180	20	51,2	1,42	4862,5	3531,6	-2782,8	-877,0	2364,3	1216,4	508,0	918,216
P30	180	20	51,2	1,42	4862,5	3531,6	-3135,8	-471,7	2349,0	1020,2	494,4	918,216
P13	180	20	51,2	1,42	4862,5	3531,6	-2579,0	-1150,8	2461,2	1324,4	548,2	918,216
P14	180	20	51,2	1,42	4862,5	3531,6	-3324,2	-286,5	2444,3	922,1	534,6	918,216
P23	160	20	41,8	1,31	4251,7	3139,2	-2158,2	-935,8	1758,0	951,6	314,4	816,192
P16	160	20	41,8	1,31	4251,7	3139,2	-2581,3	-463,8	1687,0	775,0	334,0	816,192
P27	160	20	41,8	1,31	4251,7	3139,2	-2140,7	-1185,9	1644,1	1010,4	316,7	816,192
P20	160	20	41,8	1,31	4251,7	3139,2	-2133,3	-1207,3	1693,0	1030,1	335,7	816,192
P17	160	20	41,8	1,31	4251,7	3139,2	-1896,0	-364,8	765,0	608,2	179,6	816,192
P18	120	20	29,1	1,21	3147,6	2354,4	-2274,5	7,700	807,1	402,2	202,5	612,144
P26	140	20	39,5	1,41	3775,7	2746,8	-3046,9	-85,10	1841,5	549,4	466,3	714,168
P19	120	20	39,5	1,65	3342,1	2354,4	-1916,1	-302,4	877,3	402,2	259,5	612,144

Tablo 3.6 (x-x) Doğrultusu 5. Kat kapasite hesap tablosu

Kesit Adı	b (cm)	h (cm)	A _{sm} (cm ²)	% ρ	N _o (kN)	N _{max} (kN)	N _{dmax} (kN)	N _{dx} (kN)	M _{dx} (kNm)	M _{rx} (kNm)	V _{dmax} (kN)	V _{rmax} (kN)
P7	180	25	41,8	0,93	5660,9	4414,5	-2043,1	-813,7	534,0	922,1	199,5	1147,8
P10	180	25	41,8	0,93	5660,9	4414,5	-2042,4	-818,5	506,0	922,1	213,2	1147,8
P33	180	25	41,8	0,93	5660,9	4414,5	-2056,4	-818,6	486,6	1020,2	190,4	1147,8
P36	180	25	41,8	0,93	5660,9	4414,5	-2035,1	-816,8	480,6	1020,2	211,6	1147,8
P29	140	20	33,2	1,18	3656,5	2746,8	-1508,3	-909,9	490,4	706,3	311,0	714,2
P30	140	20	33,2	1,18	3656,5	2746,8	-1523,3	-785,9	438,2	716,1	236,2	714,2
P13	140	20	33,2	1,18	3656,5	2746,8	-1525,4	-910,3	500,6	725,9	310,5	714,2
P14	140	20	33,2	1,18	3656,5	2746,8	-1535,8	-754,3	454,4	696,5	240,7	714,2
P23	120	20	33,2	1,38	3222,9	2354,4	-1301,1	-498,3	426,1	490,5	214,5	612,1
P16	120	20	33,2	1,38	3222,9	2354,4	-1505,1	-304,1	466,0	421,8	239,0	612,1
P27	120	20	33,2	1,38	3222,9	2354,4	-1292,6	-729,1	333,3	510,1	228,9	612,1
P20	120	20	33,2	1,38	3222,9	2354,4	-1287,0	-743,1	338,8	549,4	227,8	612,1
P17	140	20	33,2	1,18	3656,5	2746,8	-1066,7	-315,8	293,1	402,2	153,5	714,2
P18	120	20	25,1	1,05	3072,3	2354,4	-1151,5	-259,6	325,2	372,8	169,6	612,1
P26	120	20	29,1	1,21	3147,6	2354,4	-1270,5	-703,8	928,2	627,8	654,8	612,1
P19	120	20	29,1	1,21	3147,6	2354,4	-981,0	-411,9	490,5	402,2	297,5	612,1

Yukarıda verilen kapasite hesap tablolarına ait kapasite oranları aşağıda Tablo 3.7’de verilmiştir.

Tablo 3.7 (x-x) Doğrultusu kapasite oranları

Zemin Kat				5. Kat			
Kesit Adı	N _{dmax} / N _{max}	M _{dx} / M _{rx}	V _{dmax} / V _{rmax}	Kesit Adı	N _{dmax} / N _{max}	M _{dx} / M _{rx}	V _{dmax} / V _{rmax}
P7	0,77	1,75	0,34	P7	0,46	0,58	0,17
P10	0,76	1,78	0,36	P10	0,46	0,55	0,19
P33	0,77	1,80	0,36	P33	0,47	0,48	0,17
P36	0,76	1,80	0,37	P36	0,46	0,47	0,18
P29	0,79	1,94	0,55	P29	0,43	0,69	0,34
P30	0,89	2,30	0,54	P30	0,43	0,61	0,26
P13	0,73	1,86	0,60	P13	0,43	0,69	0,34
P14	0,94	2,65	0,58	P14	0,43	0,65	0,26
P23	0,69	1,85	0,39	P23	0,41	0,87	0,26
P16	0,82	2,18	0,41	P16	0,48	1,10	0,29
P27	0,68	1,63	0,39	P27	0,41	0,65	0,28
P20	0,68	1,64	0,41	P20	0,41	0,62	0,28
P17	0,60	1,26	0,22	P17	0,34	0,73	0,19
P18	0,97	2,01	0,33	P18	0,49	0,87	0,28
P26	1,11	3,35	0,65	P26	0,46	1,48	0,92
P19	0,81	2,18	0,42	P19	0,42	1,22	0,49

Tablo 3.7 ‘de görüldüğü üzere (x-x) doğrultusunda Zemin katta tüm kesitler, 5. katta ise P16, P19, P26 kesitleri eğilme kapasitesi bakımından yetersizdirler. Kesitlerin eksenel yük taşıma kapasitesi ise yeterlidir.

(y-y) doğrultusu için [3] kullanılarak zemin kat ve 5. katta yapılan kapasite hesapları Tablo 3.8 ve Tablo 3.9’da özet olarak verilmiştir.

Tablo 3.8 (y-y) Doğrultusu Zemin Kat kapasite hesap tablosu

Kesit Adı	b (cm)	h (cm)	A _{sm} (cm ²)	% ρ	N _o (kN)	N _{max} (kN)	Nd _{max} (kN)	Ndx (kN)	M _{dy} (kNm)	M _{ry} (kNm)	Vd _{max} (kN)	Vr _{max} (kN)
P1	20	120	36,2	1,51	3279,5	2354,4	-2203,9	-53,6	451,7	343,4	76,1	612,1
P41	20	120	36,2	1,51	3279,5	2354,4	-2232,1	-80,7	473,8	353,2	89,7	612,1
P2	20	120	36,2	1,51	3279,5	2354,4	-2262,2	-20,1	493,7	333,5	85,5	612,1
P42	20	120	36,2	1,51	3279,5	2354,4	-2264,4	-23,8	509,5	333,5	96,7	612,1
P3	20	230	84,4	1,83	6567,1	4512,6	-5110,2	-222,7	2826,8	1638,3	390,7	1173,3
P37	20	230	84,4	1,83	6567,1	4512,6	-5167,2	-226,9	2903,1	1648,1	463,7	1173,3
P6	20	230	84,4	1,83	6567,1	4512,6	-5280,7	-104,1	3007,5	1540,2	428,5	1173,3
P40	20	230	84,4	1,83	6567,1	4512,6	-5289,7	-117,2	3069,0	1540,2	496,5	1173,3
P11	30	220	84,4	1,28	8735,1	6474,6	-5780,6	-2111,9	3781,8	2805,7	568,8	1683,4
P31	30	220	84,4	1,28	8735,1	6474,6	-5454,6	-2360,7	3719,1	2903,8	524,5	1683,4
P12	30	220	84,4	1,28	8735,1	6474,6	-5498,8	-2374,9	4025,5	2894,0	622,7	1683,4
P32	30	220	84,4	1,28	8735,1	6474,6	-5480,2	-2373,2	3938,1	2894,0	567,6	1683,4
P24	20	180	51,2	1,42	4862,5	3531,6	-2561,5	-1296,6	1522,0	1206,6	289,5	918,2
P4	20	140	33,2	1,18	3656,5	2746,8	-2458,2	-986,9	1495,8	1098,7	267,0	714,2
P38	20	140	33,2	1,18	3656,5	2746,8	-3510,7	371,8	740,7	343,4	149,8	714,2
P5	20	140	33,2	1,18	3656,5	2746,8	-3548,3	337,2	747,9	343,4	158,8	714,2
P39	20	140	33,2	1,18	3656,5	2746,8	-3574,4	422,4	765,0	343,4	157,6	714,2
P8	20	220	53,5	1,22	5772,1	4316,4	-3588,9	393,8	772,9	343,4	167,2	1122,3
P34	20	220	53,5	1,22	5772,1	4316,4	-3591,0	-2188,2	2898,7	1932,6	470,0	1122,3
P9	20	220	53,5	1,22	5772,1	4316,4	-3577,4	-2147,8	2829,3	1932,6	426,0	1122,3
P35	20	220	53,5	1,22	5772,1	4316,4	-3565,9	-2274,5	2991,9	1962,0	499,0	1122,3
P25	20	180	41,8	1,16	4685,3	3531,6	-3572,4	-2264,0	2925,9	1962,0	457,7	918,2
S1	30	100	38,5	1,28	3973,8	2943,0	-2827,6	-69,7	518,6	313,9	146,5	765,2
S2	30	100	38,5	1,28	3973,8	2943,0	-2928,9	12,9	538,6	284,5	162,8	765,2
P21	20	130	29,1	1,12	3364,4	2550,6	-2342,7	-1154,4	643,4	667,1	102,7	663,2
P28	20	130	29,1	1,12	3364,4	2550,6	-2348,6	-1169,2	681,8	667,1	136,7	663,2
P22	20	130	29,1	1,12	3364,4	2550,6	-2333,3	-1163,6	615,4	667,1	120,9	663,2
P15	20	130	29,1	1,12	3364,4	2550,6	-2378,8	-1199,0	574,5	676,9	86,5	663,2

Tablo 3.9 (y-y) Doğrultusu 5. Kat kapasite hesap tablosu

Kesit Adı	b (cm)	h (cm)	A _{sm} (cm ²)	% ρ	N _o (kN)	N _{max} (kN)	Nd _{max} (kN)	Ndx (kN)	Mdy (kNm)	Mry (kNm)	Vd _{max} (kN)	Vr _{max} (kN)
P1	20	100	25,1	1,26	2638,7	1962,0	-1305,7	-59,8	131,3	206,0	69,0	510,1
P41	20	100	25,1	1,26	2638,7	1962,0	-1341,6	-96,3	163,2	206,0	90,6	510,1
P2	20	100	25,1	1,26	2638,7	1962,0	-1352,9	-46,2	136,1	186,4	74,9	510,1
P42	20	100	25,1	1,26	2638,7	1962,0	-1354,8	-66,3	172,8	215,8	96,4	510,1
P3	20	170	42,7	1,26	4485,7	3335,4	-2385,4	-736,2	411,6	951,6	169,9	867,2
P37	20	170	42,7	1,26	4485,7	3335,4	-2433,7	-761,8	536,2	971,2	301,6	867,2
P6	20	170	42,7	1,26	4485,7	3335,4	-2449,5	-697,8	419,8	941,8	180,5	867,2
P40	20	170	42,7	1,26	4485,7	3335,4	-2453,4	-727,8	552,9	971,2	309,7	867,2
P11	30	220	66,1	1,00	8392,2	6474,6	-3353,7	-1997,2	723,3	2501,6	478,5	1683,4
P31	30	220	66,1	1,00	8392,2	6474,6	-3391,7	-2069,1	938,9	2531,0	292,0	1683,4
P12	30	220	66,1	1,00	8392,2	6474,6	-3416,0	-2139,9	767,3	2550,6	513,7	1683,4
P32	30	220	66,1	1,00	8392,2	6474,6	-3410,4	-2094,9	957,3	2550,6	307,6	1683,4
P24	20	180	41,8	1,16	4685,3	3531,6	-1667,4	-1111,9	626,3	1157,6	379,3	918,2
P4	20	120	25,1	1,05	3072,3	2354,4	-1660,2	-1005,5	531,8	1147,8	310,6	612,1
P38	20	120	25,1	1,05	3072,3	2354,4	-1867,2	-117,6	212,4	284,5	107,0	612,1
P5	20	120	25,1	1,05	3072,3	2354,4	-1890,9	-155,1	225,2	304,1	142,3	612,1
P39	20	120	25,1	1,05	3072,3	2354,4	-1899,3	-92,2	212,4	274,7	108,1	612,1
P8	20	170	35,4	1,04	4349,3	3335,4	-1907,9	-126,7	227,5	284,5	143,4	867,2
P34	20	170	35,4	1,04	4349,3	3335,4	-2131,3	-1279,3	498,5	981,0	302,8	867,2
P9	20	170	35,4	1,04	4349,3	3335,4	-2136,4	-1271,0	474,0	990,8	282,7	867,2
P35	20	170	35,4	1,04	4349,3	3335,4	-2116,8	-1221,1	513,6	1000,6	311,5	867,2
P25	20	180	31,4	0,87	4490,8	3531,6	-2125,8	-1239,3	489,6	1000,6	291,7	918,2
S1	25	100	33,2	1,33	3331,3	2452,5	-1239,6	-643,1	507,8	461,1	290,2	637,7
S2	25	100	33,2	1,33	3331,3	2452,5	-1241,8	-614,8	507,8	451,3	335,7	637,7
P21	20	130	25,1	0,97	3289,1	2550,6	-1414,4	-708,1	187,8	539,6	59,8	663,2
P28	20	130	25,1	0,97	3289,1	2550,6	-1418,3	-731,8	233,7	519,9	129,1	663,2
P22	20	130	25,1	0,97	3289,1	2550,6	-1431,9	-720,4	222,0	539,6	123,7	663,2
P15	20	130	25,1	0,97	3289,1	2550,6	-1463,8	-718,9	182,2	529,7	56,7	663,2

(y-y) doğrultusu için yapılan ve yukarıda verilen kapasite hesap tablolarına ait kapasite oranları aşağıda Tablo 3.10’da verilmiştir.

Tablo 3.10 (y-y) Doğrultusu kapasite oranları

Zemin Kat				5. Kat			
Kesit Adı	N_{dmax}/N_{max}	M_{dy}/M_{ry}	V_{dmax}/V_{rmax}	Kesit Adı	N_{dmax}/N_{max}	M_{dy}/M_{ry}	V_{dmax}/V_{rmax}
P1	0,94	1,32	0,12	P1	0,67	0,64	0,14
P41	0,95	1,34	0,15	P41	0,68	0,79	0,18
P2	0,96	1,48	0,14	P2	0,69	0,73	0,15
P42	0,96	1,53	0,16	P42	0,69	0,80	0,19
P3	1,13	1,73	0,33	P3	0,72	0,43	0,20
P37	1,15	1,76	0,40	P37	0,73	0,55	0,35
P6	1,17	1,95	0,37	P6	0,73	0,45	0,21
P40	1,17	1,99	0,42	P40	0,74	0,57	0,36
P11	0,89	1,35	0,34	P11	0,52	0,29	0,28
P31	0,84	1,28	0,31	P31	0,52	0,37	0,17
P12	0,85	1,39	0,37	P12	0,53	0,30	0,31
P32	0,85	1,36	0,34	P32	0,53	0,38	0,18
P24	0,73	1,26	0,32	P24	0,47	0,54	0,41
P4	0,89	1,36	0,37	P4	0,71	0,46	0,51
P38	1,28	2,16	0,21	P38	0,79	0,75	0,17
P5	1,29	2,18	0,22	P5	0,80	0,74	0,23
P39	1,30	2,23	0,22	P39	0,81	0,77	0,18
P8	0,83	2,25	0,15	P8	0,57	0,80	0,17
P34	0,83	1,50	0,42	P34	0,64	0,51	0,35
P9	0,83	1,46	0,38	P9	0,64	0,48	0,33
P35	0,83	1,52	0,44	P35	0,63	0,51	0,36
P25	1,01	1,49	0,50	P25	0,60	0,49	0,32
S1	0,96	1,65	0,19	S1	0,51	1,10	0,46
S2	1,00	1,89	0,21	S2	0,51	1,13	0,53
P21	0,92	0,96	0,15	P21	0,55	0,35	0,09
P28	0,92	1,02	0,21	P28	0,56	0,45	0,19
P22	0,91	0,92	0,18	P22	0,56	0,41	0,19
P15	0,93	0,85	0,13	P15	0,57	0,34	0,09

Tablo 3.10'da görüldüğü üzere (y-y) doğrultusunda Zemin kattaki kesitlerin neredeyse tamamı, 5. katta ise S17 ve S18 kesitleri eğilme kapasitesi bakımından yetersizdirler. Kesitlerin eksenel yük taşıma kapasitesi genel olarak yeterlidir.

3.4 1997 Deprem Yönetmeliği'ne Göre Mevcut Yapının Çözümlemesi

Mod Birleştirme Yöntemi ile 1997 Deprem Yönetmeliği'ne göre yapıya etkiyen deprem yükleri hesaplanacak, tüm tahkiklerde ve hesaplarda kullanılacaktır. Bu yöntemde maksimum iç kuvvetler ve yerdeğiştirmeler, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilir.

Herhangi bir r'inci titreşim modunda gözönüne alınacak ivme spektrumu ordinatı Denk.(3.3) ile belirlenecektir.

$$S_{pa}(T_r) = A(T_r) g / R_a(T_r) \quad (3.3)$$

Gözönüne Alınacak Dinamik Serbestlik Dereceleri:

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her bir katta aşağıda tanımlanan kaydırılmış kütle merkezlerinin her birinde, birbirine dik doğrultularda iki yatay serbestlik derecesi ile düşey eksen etrafındaki dönme serbestlik derecesi gözönüne alınacaktır. Kat kütleleri, her katın kütle merkezinde ve ayrıca ek dışmerkezlik etkisi'nin hesaba katılabilmesi amacı ile, kaydırılmış kütle merkezleri'nde tanımlanacaktır. Kaydırılmış kütle merkezleri, gerçek kütle merkezinin gözönüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalardır.

Hesaba Katılacak Yeterli Titreşim Modu Sayısı:

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, gözönüne alınan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütle'lerin toplamının, hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin %90'ından daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir.

Ayrıca gözönüne alınan deprem doğrultusunda etkin kütlesi, bina toplam kütlelerinin %5'inden büyük olan bütün titreşim modları gözönüne alınacaktır.

Mod Katkılarının Birleştirilmesi:

Binaya etkiyen toplam deprem yükü, kat kesme kuvveti, iç kuvvet bileşenleri, yerdeğiştirme ve görelî kat ötelemesi gibi büyüklüklerin her biri için ayrı ayrı uygulanmak üzere, her titreşim modu için hesaplanan ve eşzamanlı olmayan

maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi için uygulanacak kurallar aşağıda verilmiştir:

a.) $T_s < T_r$ olmak üzere, gözönüne alınan herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyotların daima $T_s / T_r < 0.80$ koşulunu sağlaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Karelerin Toplamının Kare Kökü Kuralı uygulanabilir.

b.) Yukarıda belirtilen koşulun sağlanamaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Tam Karesel Birleştirme (CQC) Kuralı uygulanacaktır. Bu kuralın uygulanmasında kullanılacak çapraz korelasyon katsayılarının hesabında, modal sönüm oranları bütün titreşim modları için %5 olarak alınacaktır.

Yapılan çözümlemeler sonucunda yukarıda belirtilen (a) koşulu sağlanmadığından dolayı maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Tam Karesel Birleştirme (CQC) Kuralı uygulanacaktır.

Hesaplanan Büyüklüklere İlişkin Altsınır Değerleri

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, yukarıda anlatıldığı gibi mod katkıları birleştirilerek elde edilen bina toplam deprem yükü V_{tB} 'nin, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde hesaplanan bina toplam deprem yükü V_t 'ye oranının aşağıda tanımlanan B değerinden küçük olması durumunda ($V_{tB} < BV_t$), Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre bulunan tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri, Denk.(3.4)'e göre büyütülecektir.

$$B_D = (BV_t / V_{tB}) B_B \quad (3.4)$$

Ancak A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması durumunda Denk.(3.4)'te $B = 1.00$, bu düzensizliklerden hiçbirinin bulunmaması durumunda ise $B = 0.90$ alınacaktır.

3.4.1 Elastik deprem yüklerinin tanımlanması

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan ve tanım olarak %5 sönüm oranı için elastik Tasarım İvme Spektrumu'nun yerçekimi ivmesi g 'ye bölünmesine karşı gelen Spektral İvme Katsayısı, $A(T)$, Denk.(3.5) ile verilmiştir.

$$A(T) = A_0 I S(T) \quad (3.5)$$

Denk.(3.5)'te yer alan,

A_0 : 0,40 (Etkin Yer İvmesi Katsayısı)

I : 1,00 (Bina Önem Katsayısı)

$S(T)$: Spektrum Katsayısı

$$S(T) = 1 + 1.5 T / T_A \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3.5a)$$

$$S(T) = 2.5 \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (3.5b)$$

$$S(T) = 2.5 (T_B / T)^{0.8} \quad (T > T_B) \quad (3.5c)$$

T : Bina doğal periyodu

T_A, T_B : Yerel zemin sınıfına bağlı Spektrum Karakteristik Periyotları (Z4 Zemin sınıfı, $T_A = 0,20$ sn ve $T_B = 0,90$ sn)

3.4.2 Deprem Yükünün Hesaplanması

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yükü (taban kesme kuvveti), V_t , Denk.(3.6) ile belirlenecektir.

$$V_t = W A(T_1) / R_a(T_1) \geq 0.10 A_0 I W \quad (3.6)$$

R : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı

İncelenen yapı 1997 Deprem Yönetmeliği'nin yayınından önce yapıldığı ve süneklik şartlarını sağlamadığı için Süneklik Düzeyi Normal Sistem olarak alınacak ve Bina Taşıyıcı Sistemi 'Deprem yüklerinin, çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar' [1] için verilen Deprem Yükü Azaltma Katsayısı, $R_a(T_1)$,

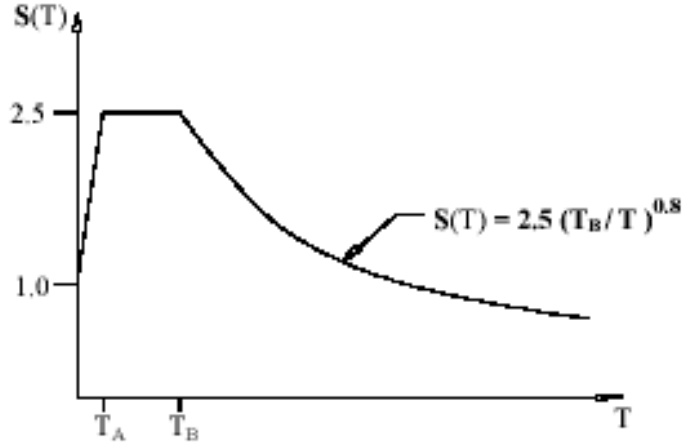
$R_a(T_1) = 4$ alınacaktır.

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan ve tanım olarak %5 sönüm oranı için elastik Tasarım İvme Spektrumu'nun yerçekimi ivmesi g 'ye bölünmesine karşı gelen Spektral İvme Katsayısı, $A(T)$, Denk.(3.7) ile verilmiştir.

$$A(T) = A_0 I S(T) \quad (3.7)$$

Yukarıda verilen bilgiler esas alınarak, ivme spektrumu ordinatlarına karşı gelen spektral ivme katsayıları, tüm periyotlar için, Tablo 3.5'te verilen spektrum karakteristik periyotları gözönüne alınarak yapının dinamik çözümünde kullanılacaktır. Ancak bu değerler Denk.(3.7)'den bulunacak değerlerden hiçbir

zaman daha küçük olmayacaktır. Şekil 3.3'te spektral ivme katsayıları grafiği verilmiştir.



Şekil 3.3 Spektral ivme katsayıları

(x-x) doğrultusunda taban kesme kuvveti hesabı;

$$T = 1,784 \text{ sn} > T_B = 0,90 \text{ sn}$$

$$S(T) = 2.5 (T_B / T)^{0.8} = 2.5 (0,90 / 1,784)^{0.8} = 1,4462$$

$$A(T) = A_0 I S(T)$$

$$A(T) = 0,5785$$

$$V_t = W_x A(T) / R$$

$$V_t = 11368,73 \text{ KN}$$

(y - y) doğrultusunda taban kesme kuvveti hesabı;

$$T = 1,404 \text{ sn} > T_B = 0,90 \text{ sn}$$

$$S(T) = 2.5 (T_B / T)^{0.8} = 2.5 (0,90 / 1,404)^{0.8} = 1,7516$$

$$A(T) = A_0 I S(T)$$

$$A(T) = 0,7006$$

$$V_t = W_x A(T) / R$$

$$V_t = 13769,03 \text{ KN}$$

Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılan çözümlemeler sonucunda hesaplanan taban kesme kuvvetleri yukarıda Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile hesaplanan deprem taban kesme kuvvetlerinin %90'ından daha az olmamalıdır. Yapıda A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az biri var ise Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile hesaplanan deprem taban kesme kuvvetinden az olmamalıdır.

Yapılan tahkiklerde binada A1-Burulma Düzensizliği'nin olduğu görülmüştür. Bu yüzden Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılan çözümlemeler sonucunda hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin eşdeğer deprem yükünden az olmaması için gerekli oranda artırılması sureti ile hesaplar yapılacaktır.

Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılan çözümlemeler sonucunda bulunan deprem yükleri Tablo 3.11'de verilmiştir.

Tablo 3.11 Kat kesme kuvvetleri

Kat	VX(kN)	VY(kN)	MX(kNm)	MY(kNm)
12.Kat	1422,12	1603,49	0,00	0,00
11.Kat	2657,06	3092,93	4810,47	4266,34
10.Kat	3667,61	4364,91	14075,90	12210,45
9.Kat	4527,48	5464,53	27102,43	23093,63
8.Kat	5276,36	6442,53	43306,46	36396,64
7.Kat	5932,82	7313,43	62270,72	51760,06
6.Kat	6527,19	8078,51	83672,88	68896,53
5.Kat	7065,86	8733,71	107225,61	87591,64
4.Kat	7545,21	9291,90	132620,59	107674,70
3.Kat	7956,83	9750,23	159565,30	129001,02
2.Kat	8297,90	10098,60	187773,34	151414,78
1.Kat	8537,37	10315,77	216969,30	174757,57
Zemin	8655,77	10412,07	246859,65	198839,17

Tablo 3.11'den anlaşılabacağı üzere,

(x-x) doğrultusunda;

$V_{tb} = VX = 8655,77 \text{ kN} < V_t = 11368,73 \text{ kN}$ olduğundan tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri Denk. (3.4)'e göre büyütülecektir.

$$B_D = 11368,73 / 8655,77$$

$$B_D = 1,3134$$

Tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme değerleri %31,34 artırılarak hesap ve tahkikler yapılacaktır.

(y-y) doğrultusunda;

$$V_{tb} = VY = 10412,07 \text{ kN} < V_t = 13769,03 \text{ kN}$$

$$B_D = 13769,03 / 10412,07$$

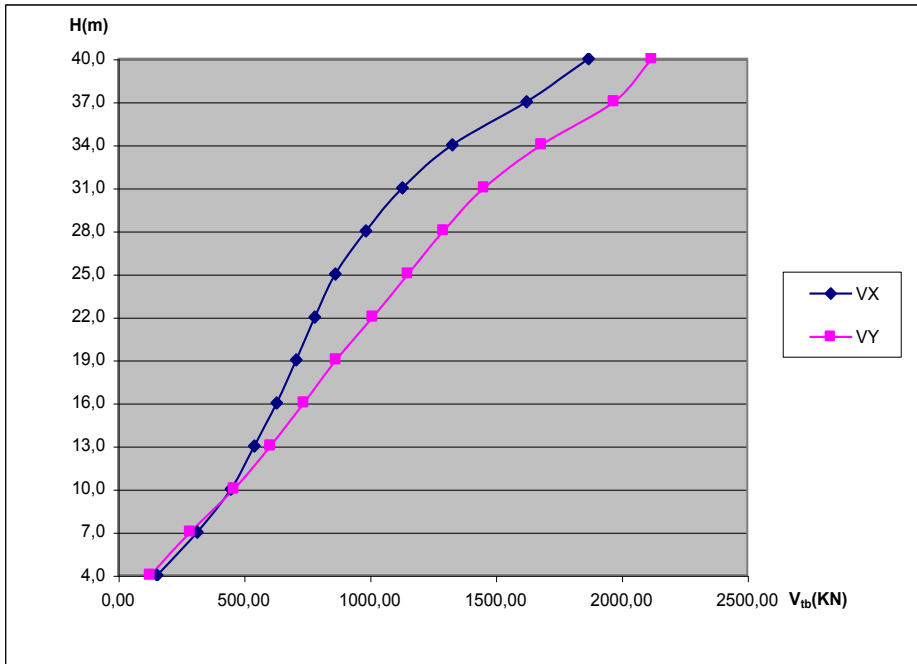
$$B_D = 1,3224$$

Tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme değerleri %32,24 artırılarak hesap ve tahkikler yapılacaktır.

Artırılmış deprem yükleri Tablo 3.12'de verilmişlerdir Şekil 3.4'te ise artırılmış kat kesme kuvvetlerinin yükseklik ile değişimi grafik olarak görülmektedir.

Tablo 3.12 Artırılmış kat kesme kuvvetleri

Kat	VX(kN)	VY(kN)	MX(kNm)	MY(kNm)
12.Kat	1869,33	2121,15	0,00	0,00
11.Kat	3492,64	4091,43	6363,45	5608,00
10.Kat	4820,97	5774,04	18620,07	16050,33
9.Kat	5951,25	7228,67	35852,02	30356,00
8.Kat	6935,64	8522,40	57287,25	47842,48
7.Kat	7798,53	9674,45	82373,81	68037,30
6.Kat	8579,83	10686,51	110685,32	90562,77
5.Kat	9287,90	11553,24	141841,67	115137,03
4.Kat	9917,99	12291,63	175435,01	141535,71
3.Kat	10459,06	12897,93	211078,37	169568,62
2.Kat	10907,37	13358,76	248392,92	199030,94
1.Kat	11222,16	13646,05	287014,33	229714,46
Zemin	11377,79	13773,43	326554,30	261369,13



Şekil 3.4 Artırılmış kat kesme kuvvetleri-H_i değişimi

3.4.3 Deplasman ve düzensizliklerin tahkiki

3.4.3.1 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden görelî kat ötelemesi, Δ_i , Denk.(3.8) ile elde edilecektir.

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (3.8)$$

Denk.(4.10)'da d_i ve d_{i-1} , binanın i 'inci ve $(i-1)$ 'inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında hesaptan elde edilen yatay yerdeğiştirmeleri göstermektedir. Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i 'inci katındaki kolon veya perdelerde, Denk.(3.8) ile hesaplanan görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük $(\Delta_i)_{\max}$, Denk.(3.9)'da verilen koşulların elverişsiz olanını sağlayacaktır.

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.0035 \quad (3.9a)$$

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.02 / R = 0.0050 \quad (3.9b)$$

Yukarıda Denk.(3.9)'da verilen koşulun binanın herhangi bir katında sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.

(x-x) Doğrultusu Deplasman Tahkiki : Tersinir deprem yükleri altında elde edilen en elverişsiz deplasmanlar SpecX deprem yüklemesi ile yapıya etkililmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 3.13'te verilmiştir.

Tablo 3.13 (x-x) Doğrultusu deplasman tahkiki

KAT	H _i (m)	(Δ_i) _{max}	(Δ_i) _{min}	(Δ_i) _{ort}	(Δ_i) _{max} /H _i	<,>	(Δ_i) _{max}
12.KAT	3,0	0,0100	0,0082	0,0091	0,0033	<	0,0035
11.KAT	3,0	0,0116	0,0102	0,0109	0,0039	>	0,0035
10.KAT	3,0	0,0137	0,0125	0,0131	0,0046	>	0,0035
9.KAT	3,0	0,0158	0,0147	0,0153	0,0053	>	0,0035
8.KAT	3,0	0,0178	0,0167	0,0173	0,0059	>	0,0035
7.KAT	3,0	0,0192	0,0182	0,0187	0,0064	>	0,0035
6.KAT	3,0	0,0205	0,0197	0,0201	0,0068	>	0,0035
5.KAT	3,0	0,0211	0,0200	0,0206	0,0070	>	0,0035
4.KAT	3,0	0,0209	0,0196	0,0203	0,0070	>	0,0035
3.KAT	3,0	0,0198	0,0181	0,0190	0,0066	>	0,0035
2.KAT	3,0	0,0179	0,0165	0,0172	0,0060	>	0,0035
1.KAT	3,0	0,0145	0,0132	0,0139	0,0048	>	0,0035
ZEMİN	4,0	0,0100	0,0090	0,0095	0,0025	<	0,0035

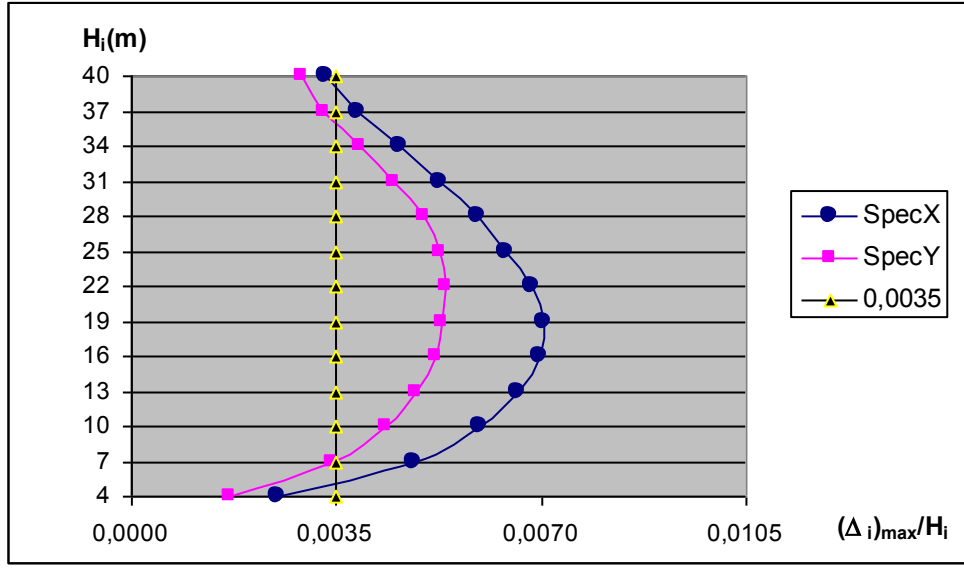
Tablo 3.13'te görüldüğü gibi (x-x) doğrultusunda görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri sadece 12. kat ve Zemin katta izin verilen sınırlar ($(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.0035$) içindedir. Diğer katlarda bu sınır aşılmakta dolayısıyla yapıda rijitlik yetersizliği olduğu görülmektedir. Katlara, bir başka deyişle yüksekliğe göre görelî kat ötelemelerinin değişimi Şekil 3.5'te görülmektedir.

(y-y) Doğrultusu Deplasman Tahkiki : Tersinir deprem yükleri altında elde edilen elverişsiz deplasmanlar SpecY deprem yüklemesi ile yapıya etkitilmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 3.14'te verilmiştir.

Tablo 3.14 (y – y) Doğrultusu Deplasman Tahkiki

KAT	H _i (m)	(Δ_i) _{max}	(Δ_i) _{min}	(Δ_i) _{ort}	(Δ_i) _{max} /H _i	<,>	(Δ_i) _{max}
12.KAT	3,0	0,0087	0,0075	0,0081	0,0029	<	0,0035
11.KAT	3,0	0,0099	0,0091	0,0095	0,0033	<	0,0035
10.KAT	3,0	0,0117	0,0109	0,0113	0,0039	>	0,0035
9.KAT	3,0	0,0134	0,0125	0,0130	0,0045	>	0,0035
8.KAT	3,0	0,0150	0,0139	0,0145	0,0050	>	0,0035
7.KAT	3,0	0,0158	0,0149	0,0154	0,0053	>	0,0035
6.KAT	3,0	0,0161	0,0152	0,0157	0,0054	>	0,0035
5.KAT	3,0	0,0159	0,0150	0,0155	0,0053	>	0,0035
4.KAT	3,0	0,0156	0,0147	0,0152	0,0052	>	0,0035
3.KAT	3,0	0,0146	0,0138	0,0142	0,0049	>	0,0035
2.KAT	3,0	0,0130	0,0121	0,0126	0,0043	>	0,0035
1.KAT	3,0	0,0103	0,0091	0,0097	0,0034	<	0,0035
ZEMİN	4,0	0,0067	0,0058	0,0063	0,0017	<	0,0035

Tablo 3.14'te görüldüğü gibi (y – y) doğrultusunda görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri sadece 12.,11.,1. kat ve Zemin katta izin verilen sınırlar ($(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.0035$) içindedir. Diğer katlarda bu sınır aşılmakta ve bir rijitlik yetersizliği olduğu görülmektedir. Yüksekliğe göre görelî kat ötelemelerinin değişimi Şekil 3.5'te görülmektedir



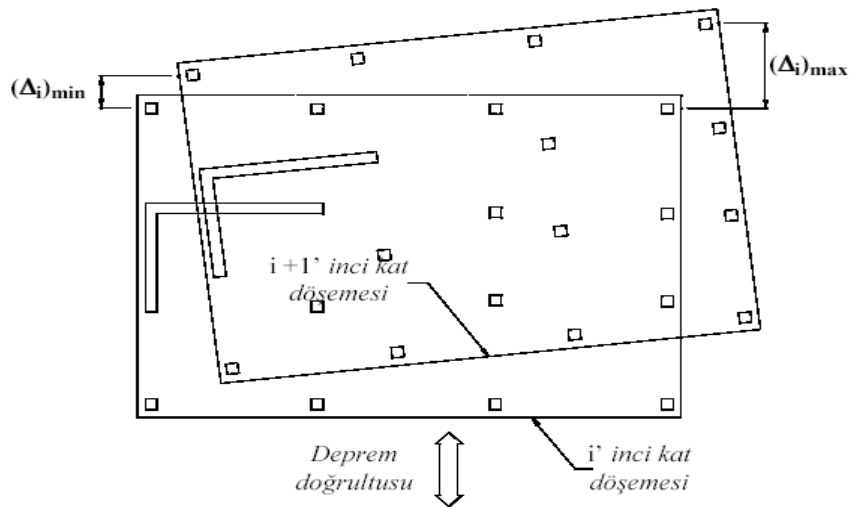
Şekil 3.5 Mevcut yapı deplasman tahkiki

3.4.3.2 (A1)-burulma düzensizliği:

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük göreceli kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama göreceli ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} 'nin 1.2'den büyük olması durumu (Şekil 3.6).

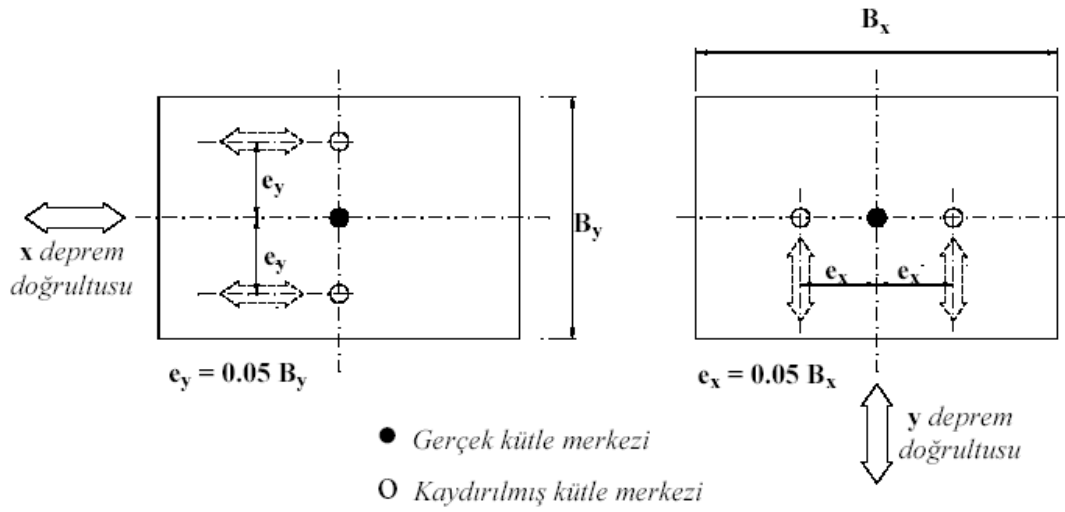
$$[\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}} > 1.2] \quad (3.10)$$

Göreceli kat ötelemelerinin hesabı, $\pm$ %5 ek dışmerkezlilik etkileri de gözönüne alınarak aşağıda açıklanacağı gibi yapılacaktır.



Şekil 3.6 A1-Burulma düzensizliği

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yerdeğiştirme bileşeni ile düşey eksen etrafındaki dönme, bağımsız statik yerdeğiştirme bileşenleri olarak gözönüne alınacaktır. Her katta belirlenen deprem yükleri kat kütle merkezine ve ayrıca ek dışmerkezlilik etkisi'nin hesaba katılabilmesi amacı ile, kaydırılmış kütle merkezleri'ne tekil yatay yükler olarak uygulanacaktır. Kaydırılmış kütle merkezleri, gerçek kütle merkezinin gözönüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun $\pm 5\%$ 'i ve -5% 'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalardır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Kaydırılmış kütle merkezleri

Binanın herhangi bir i'inci katında A1 türü düzensizliğin bulunması durumunda, $1.2 < \eta_{bi} \leq 2.0$ olmak koşulu ile, yukarıdaki tanımlara göre bu kata uygulanan $\pm 5\%$ ek dışmerkezlilik, her iki deprem doğrultusu için Denk (3.11)'te verilen D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir.

$$D_i = (\eta_{bi} / 1.2)^2 \quad (3.11)$$

Bütün bu bilgiler ışığında yapılan A1-Burulma Düzensizliği tahkikleri aşağıda tablolar halinde verilmiştir.

Tablo 3.15 (x-x) Doğrultusu A1-burulma düzensizliği tahkiki

Kat	H _i (m)	(Δ_i) _{max}	(Δ_i) _{min}	(Δ_i) _{ort}	η_{bi}
12.Kat	3,0	0,0100	0,0082	0,0091	1,0989
11.Kat	3,0	0,0116	0,0102	0,0109	1,0642
10.Kat	3,0	0,0137	0,0125	0,0131	1,0458
9.Kat	3,0	0,0158	0,0147	0,0153	1,0361
8.Kat	3,0	0,0178	0,0167	0,0173	1,0319
7.Kat	3,0	0,0192	0,0182	0,0187	1,0267
6.Kat	3,0	0,0205	0,0197	0,0201	1,0199
5.Kat	3,0	0,0211	0,0200	0,0206	1,0268
4.Kat	3,0	0,0209	0,0196	0,0203	1,0321
3.Kat	3,0	0,0198	0,0181	0,0190	1,0449
2.Kat	3,0	0,0179	0,0165	0,0172	1,0407
1.Kat	3,0	0,0145	0,0132	0,0139	1,0469
Zemin	4,0	0,0100	0,0090	0,0095	1,0526

Tablo 3.16 +%5 (x-x) Doğrultusu A1-burulma düzensizliği tahkiki

Kat	H _i (m)	(Δ_i) _{max}	(Δ_i) _{min}	(Δ_i) _{ort}	η_{bi}
12.Kat	3,0	0,0097	0,0068	0,0083	1,1758
11.Kat	3,0	0,0113	0,0082	0,0097	1,1590
10.Kat	3,0	0,0134	0,0096	0,0115	1,1652
9.Kat	3,0	0,0152	0,0110	0,0131	1,1603
8.Kat	3,0	0,0168	0,0123	0,0146	1,1546
7.Kat	3,0	0,0179	0,0132	0,0156	1,1511
6.Kat	3,0	0,0190	0,0140	0,0165	1,1515
5.Kat	3,0	0,0192	0,0143	0,0168	1,1463
4.Kat	3,0	0,0188	0,0140	0,0164	1,1463
3.Kat	3,0	0,0177	0,0131	0,0154	1,1494
2.Kat	3,0	0,0159	0,0118	0,0139	1,1480
1.Kat	3,0	0,0128	0,0094	0,0111	1,1532
Zemin	4,0	0,0088	0,0063	0,0076	1,1656

Tablo 3.17 -%5 (x-x) Doğrultusu A1-burulma düzensizliği tahkiki

Kat	H _i (m)	(Δ_i) _{max}	(Δ_i) _{min}	(Δ_i) _{ort}	η_{bi}
12.Kat	3,0	0,0111	0,0061	0,0086	1,2907
11.Kat	3,0	0,0130	0,0075	0,0103	1,2683
10.Kat	3,0	0,0151	0,0089	0,0120	1,2583
9.Kat	3,0	0,0172	0,0102	0,0137	1,2555
8.Kat	3,0	0,0190	0,0114	0,0152	1,2500
7.Kat	3,0	0,0202	0,0122	0,0162	1,2469
6.Kat	3,0	0,0213	0,0131	0,0172	1,2384
5.Kat	3,0	0,0217	0,0132	0,0175	1,2436
4.Kat	3,0	0,0213	0,0131	0,0172	1,2384
3.Kat	3,0	0,0201	0,0122	0,0162	1,2446
2.Kat	3,0	0,0180	0,0110	0,0145	1,2414
1.Kat	3,0	0,0144	0,0088	0,0116	1,2414
Zemin	4,0	0,0097	0,0061	0,0079	1,2278

Tablo 3.17’de görüldüğü gibi -%5 ek dışmerkez yüklemede (x-x) doğrultusunda A1-Burulma Düzensizliği vardır.

Tablo 3.18 (y-y) Doğrultusu A1-burulma düzensizliği tahkiki

Kat	H _i (m)	(Δ_i) _{max}	(Δ_i) _{min}	(Δ_i) _{ort}	η_{bi}
12.Kat	3,0	0,0087	0,0075	0,0081	1,0741
11.Kat	3,0	0,0099	0,0091	0,0095	1,0421
10.Kat	3,0	0,0117	0,0109	0,0113	1,0354
9.Kat	3,0	0,0134	0,0125	0,0130	1,0347
8.Kat	3,0	0,0150	0,0139	0,0145	1,0381
7.Kat	3,0	0,0158	0,0149	0,0154	1,0293
6.Kat	3,0	0,0161	0,0152	0,0157	1,0288
5.Kat	3,0	0,0159	0,0150	0,0155	1,0291
4.Kat	3,0	0,0156	0,0147	0,0152	1,0297
3.Kat	3,0	0,0146	0,0138	0,0142	1,0282
2.Kat	3,0	0,0130	0,0121	0,0126	1,0359
1.Kat	3,0	0,0103	0,0091	0,0097	1,0619
Zemin	4,0	0,0067	0,0058	0,0063	1,0720

Tablo 3.19 +%5 (y-y) Doğrultusu A1-burulma düzensizliği tahkiki

Kat	H _i (m)	(Δ_i) _{max}	(Δ_i) _{min}	(Δ_i) _{ort}	η_{bi}
12.Kat	3,0	0,0084	0,0050	0,0067	1,2537
11.Kat	3,0	0,0097	0,0059	0,0078	1,2436
10.Kat	3,0	0,0116	0,0069	0,0093	1,2541
9.Kat	3,0	0,0135	0,0079	0,0107	1,2617
8.Kat	3,0	0,0151	0,0088	0,0120	1,2636
7.Kat	3,0	0,0159	0,0092	0,0126	1,2669
6.Kat	3,0	0,0162	0,0094	0,0128	1,2656
5.Kat	3,0	0,0160	0,0091	0,0126	1,2749
4.Kat	3,0	0,0155	0,0088	0,0122	1,2757
3.Kat	3,0	0,0145	0,0080	0,0113	1,2889
2.Kat	3,0	0,0128	0,0070	0,0099	1,2929
1.Kat	3,0	0,0100	0,0053	0,0077	1,3072
Zemin	4,0	0,0065	0,0033	0,0049	1,3265

Tablo 3.20 -%5 (y-y) Doğrultusu A1-burulma düzensizliği tahkiki

Kat	H _i (m)	(Δ_i) _{max}	(Δ_i) _{min}	(Δ_i) _{ort}	η_{bi}
12.Kat	3,0	0,0089	0,0046	0,0067	1,3185
11.Kat	3,0	0,0104	0,0055	0,0080	1,3082
10.Kat	3,0	0,0123	0,0066	0,0095	1,3016
9.Kat	3,0	0,0141	0,0076	0,0109	1,2995
8.Kat	3,0	0,0157	0,0085	0,0121	1,2975
7.Kat	3,0	0,0166	0,0089	0,0128	1,3020
6.Kat	3,0	0,0169	0,0090	0,0130	1,3050
5.Kat	3,0	0,0167	0,0088	0,0128	1,3098
4.Kat	3,0	0,0163	0,0084	0,0124	1,3198
3.Kat	3,0	0,0151	0,0077	0,0114	1,3246
2.Kat	3,0	0,0133	0,0066	0,0100	1,3367
1.Kat	3,0	0,0104	0,0051	0,0078	1,3419
Zemin	4,0	0,0066	0,0033	0,0050	1,3333

Tablo 3.19 ve Tablo 3.20’de görüldüğü gibi (y-y) doğrultusunda $\pm\%5$ ek dışmerkez yüklemelerinde A1-Burulma Düzensizliği vardır.

Tablo 3.15 ve Tablo 3.18'deki A1-Burulma düzensizliği değerlerine bakıldığında x ve y doğrultularında deprem yüklerinin kütle merkezine etkimesi halinde yapıda A1-Burulma düzensizliğinin olmadığı görülmektedir. Bunun en önemli sebebi yapının kütle merkezi ile rijitlik merkezinin birbirine yakın olmasıdır.

Ek dışmerkez yüklemelerde ise (x-x) doğrultusunda yapılan +%5 (0,05B_y) yüklemesi dışında yapıda burulma düzensizliğinin olduğu görülmektedir. Bunun sebebi bina kenar akslarında bulunan taşıyıcı elemanların rijitliklerinin dolayısıyla burulma rijitliklerinin küçük olmasıdır [8]. Ayrıca G-H aksları arasındaki döşeme süreksizliği de (x-x) doğrultusunda yapılan -%5 (0,05B_y) ek dışmerkez yüklemelerde burulma düzensizliğinin olmasına sebep olan etkenlerden biridir. Bu etken aşağıda bölüm 4.2'de kısaca incelenmiştir. (x-x) doğrultusunda yapılan +%5 (0,05B_y) ek dışmerkez yüklemelerde burulma düzensizliğinin olmamasının sebebi ise yapının rijitlik merkezi ile bu yüklemedeki kaydırılmış kütle merkezinin birbirine diğer yüklemelere göre daha yakın olmasıdır.

A2-Döşeme Süreksizlikleri :

Herhangi bir kattaki döşemede,

I - Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının (A_b/A) 1/3'ünden fazla olması durumu,

$$A = 475,64 \text{ m}^2$$

$$A_b = 87,96 \text{ m}^2$$

$$A_b/A = 0,16 \cong 1/6 < 1/3,$$

(I) Durumu döşeme süreksizliği yoktur.

II - Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu,

Yapıda (II) Durumu döşeme süreksizliği vardır (Bölüm 4.2'de kısaca incelenmiştir).

III - Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu,

Yapıda (III) Durumu döşeme süreksizliği vardır (Bölüm 4.2'de kısaca incelenmiştir).

A3-Planda Çıkıntılar Bulunması :

Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumudur. Yapıda A3-Planda Çıkıntılar Bulunması düzensizliği yoktur.

A4-Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması :

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının plandaki asal eksenlerinin, gözönüne alınan birbirine dik yatay deprem doğrultularına paralel olmaması durumudur. Yapıda tüm düşey taşıyıcıların asal eksenleri ilgili deprem doğrultularına paralel olduğundan A4 düzensizliği sözkonusu değildir.

B1 - Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat) :

Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanının, bir üst kattaki etkili kesme alanı'na oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı η_{ci} 'nin 0.80'den küçük olması durumu. [$\eta_{ci} = (\Sigma A_e)_i / (\Sigma A_e)_{i+1} < 0.80$]

Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı :

$$\Sigma A_e = \Sigma A_w + \Sigma A_g + 0.15 \Sigma A_k \quad 3.10$$

Tablo 3.21 (x-x) Doğrultusu zayıf kat düzensizliği

KAT	ΣA_g (m ²)	ΣA_k (m ²)	η_{ci}
12.Kat	4,2500	2,22	
11.Kat	4,2500	2,22	1,00
10.Kat	4,2500	2,22	1,00
9.Kat	4,2500	2,22	1,00
8.Kat	4,2500	2,22	1,00
7.Kat	4,2500	2,22	1,00
6.Kat	4,2500	2,22	1,00
5.Kat	4,8025	2,14	1,07
4.Kat	4,8025	2,14	1,00
3.Kat	5,2700	2,07	1,06
2.Kat	5,2700	2,07	1,00
1.Kat	5,5675	2,02	1,03
Zemin	5,5675	2,02	1,00

Tablo 3.22 (y-y) Doğrultusu zayıf kat düzensizliği

KAT	ΣA_g (m ²)	ΣA_k (m ²)	η_{ci}
12.Kat	6,9429	1,79	
11.Kat	6,9429	1,79	1,00
10.Kat	6,9429	1,79	1,00
9.Kat	7,4571	1,71	1,05
8.Kat	7,4571	1,71	1,00
7.Kat	8,1429	1,60	1,06
6.Kat	8,1429	1,60	1,00
5.Kat	9,3243	1,42	1,10
4.Kat	9,3243	1,42	1,00
3.Kat	10,0086	1,32	1,05
2.Kat	10,0086	1,32	1,00
1.Kat	10,6286	1,32	1,05
Zemin	10,6286	1,32	1,00

Tablo 3.21-22’de de görüldüğü gibi her iki doğrultuda da B1 zayıf kat düzensizliği yoktur.

B2 - Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) :

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i’inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesinin bir üst kattaki ortalama görelî kat ötelemesine oranı olarak tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki} ’nin 1.5’tan fazla olması durumu

$$[\eta_{ki} = (\Delta_i)_{ort} / (\Delta_{i+1})_{ort} > 1.5] \quad 3.12$$

B3 - Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği :

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara veya kirişlere oturtulması durumudur. Yapıda B3 Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği yoktur.

3.5 Kapasite Hesapları

(x-x) Doğrultusu Kapasite Hesapları :

Tablo 3.12’de verilen deprem yükleri altında yapılan çözümlemeler ile elde edilen kesit tesirleri ile kapasite hesapları yapılacaktır. Bu kesit tesirlerinin kapasite hesaplarında kullanılacak en elverişsiz değerleri aşağıda Tablo 3.23’te verilmiştir.

Tablo 3.23 Kapasite hesaplarında kullanılacak kesit tesirleri

Kat	Perde	Komb.	P	V2	V3	M2	M3
5.Kat	P7	G+Q+E	-381,61	352,47	52,78	111,56	921,08
5.Kat	P10	G+Q+E	-390,34	364,44	53,07	109,20	886,91
5.Kat	P33	G+Q+E	-383,47	340,11	74,07	84,84	833,27
5.Kat	P36	G+Q+E	-391,12	363,85	72,10	78,42	839,09
5.Kat	P29	G+Q+E	-801,28	521,40	11,38	17,03	844,15
5.Kat	P30	G+Q+E	-614,01	429,29	8,34	12,48	765,65
5.Kat	P13	G+Q+E	-793,24	525,23	9,81	14,45	867,75
5.Kat	P14	G+Q+E	-516,89	440,27	5,10	7,78	804,13
5.Kat	P23	G+Q+E	-209,44	391,22	18,44	18,22	695,38
5.Kat	P16	G+Q+E	131,75	435,17	10,01	25,57	761,72
5.Kat	P27	G+Q+E	-597,43	381,51	18,74	27,84	573,36
5.Kat	P20	G+Q+E	-624,80	380,82	11,77	17,38	584,06
5.Kat	P17	G+Q+E	-564,76	1091,95	20,99	32,17	1578,76
5.Kat	P18	G+Q+E	-217,78	513,75	5,30	12,18	846,12
5.Kat	P26	G+Q+E	-44,05	274,97	2,45	4,42	505,13
5.Kat	P19	G+Q+E	64,06	303,62	7,36	13,07	559,77
Zemin	P7	G+Q+E	-434,39	683,56	15,60	41,06	4641,88
Zemin	P10	G+Q+E	-438,90	713,48	15,70	40,70	4709,89
Zemin	P33	G+Q+E	-425,07	731,53	21,68	48,98	4769,28
Zemin	P36	G+Q+E	-427,52	727,31	21,39	48,20	4751,67
Zemin	P29	G+Q+E	-175,11	880,45	2,45	4,29	4108,60
Zemin	P30	G+Q+E	509,63	861,61	1,86	3,56	4087,68
Zemin	P13	G+Q+E	-667,08	949,61	2,06	3,77	4275,33
Zemin	P14	G+Q+E	832,48	930,48	0,39	1,64	4251,31
Zemin	P23	G+Q+E	-508,06	556,13	5,40	14,65	3074,97
Zemin	P16	G+Q+E	316,08	590,56	3,04	11,03	2953,71
Zemin	P27	G+Q+E	-951,57	541,22	5,30	13,88	2841,83
Zemin	P20	G+Q+E	-992,67	573,39	3,04	10,80	2924,81
Zemin	P17	G+Q+E	199,14	311,17	0,39	1,38	1329,04
Zemin	P18	G+Q+E	848,17	350,22	3,04	4,72	1400,70
Zemin	P26	G+Q+E	1005,92	803,54	6,08	10,41	3197,24
Zemin	P19	G+Q+E	291,85	451,95	2,35	3,95	1526,86

Tablo 3.24 (x-x) Doğrultusu Zemin Kat kapasite hesap tablosu

Kesit Adı	b (cm)	h (cm)	A _{sm} (cm ²)	% ρ	N ₀ (kN)	N _{max} (kN)	Nd _{max} (kN)	Ndx (kN)	Mdx (kNm)	Mrx (kNm)	Vd _{max} (kN)	Vr _{max} (kN)
P7	180	25	65,6	1,46	6107,9	4414,5	-4174	-434,39	4641,9	1128,2	683,6	1147,77
P10	180	25	65,6	1,46	6107,9	4414,5	-4166	-438,9	4709,9	1128,2	713,5	1147,77
P33	180	25	65,6	1,46	6107,9	4414,5	-4213	-425,07	4769,3	1128,2	731,5	1147,77
P36	180	25	65,6	1,46	6107,9	4414,5	-4162	-427,52	4751,7	1128,2	727,3	1147,77
P29	180	20	51,2	1,42	4862,5	3531,6	-3485	-175,11	4108,6	824,0	880,4	918,216
P30	180	20	51,2	1,42	4862,5	3531,6	-4117	509,63	4087,7	376,9	861,6	918,216
P13	180	20	51,2	1,42	4862,5	3531,6	-2948	-667,08	4275,3	1128,2	949,6	918,216
P14	180	20	51,2	1,42	4862,5	3531,6	-4443	832,48	4251,3	101,2	930,5	918,216
P23	160	20	41,8	1,31	4251,7	3139,2	-2525	-508,06	3075	765,2	556,1	816,192
P16	160	20	41,8	1,31	4251,7	3139,2	-3361	316,08	2953,7	310,5	590,6	816,192
P27	160	20	41,8	1,31	4251,7	3139,2	-2056	-951,57	2841,8	932,0	541,2	816,192
P20	160	20	41,8	1,31	4251,7	3139,2	-2133	-992,67	2924,8	951,6	573,4	816,192
P17	160	20	41,8	1,31	4251,7	3139,2	-4138	199,14	1329	412,0	311,2	816,192
P18	120	20	29,1	1,21	3147,6	2354,4	-2510	848,17	1400,7	0,00	350,2	612,144
P26	140	20	39,5	1,41	3775,7	2746,8	-2460	1005,9	3197,2	0,00	803,5	714,168
P19	120	20	39,5	1,65	3342,1	2354,4	-3115	291,85	1526,9	255,1	451,9	612,144

Tablo 3.25 (x-x) Doğrultusu 5. Kat kapasite hesap tablosu

Kesit Adı	b (cm)	h (cm)	A _{sm} (cm ²)	% ρ	N ₀ (kN)	N _{max} (kN)	Nd _{max} (kN)	Ndx (kN)	Mdx (kNm)	Mrx (kNm)	Vd _{max} (kN)	Vr _{max} (kN)
P7	180	25	41,8	0,93	5660,9	4414,5	-2452,0	-381,6	921,1	313,9	352,5	1147,8
P10	180	25	41,8	0,93	5660,9	4414,5	-2442,2	-390,3	886,9	313,9	364,4	1147,8
P33	180	25	41,8	0,93	5660,9	4414,5	-2468,7	-383,5	833,3	667,1	340,1	1147,8
P36	180	25	41,8	0,93	5660,9	4414,5	-2431,1	-391,1	839,1	667,1	363,9	1147,8
P29	140	20	33,2	1,18	3656,5	2746,8	-1508,3	-801,3	844,2	647,5	521,4	714,2
P30	140	20	33,2	1,18	3656,5	2746,8	-1523,3	-614,0	765,7	608,2	429,3	714,2
P13	140	20	33,2	1,18	3656,5	2746,8	-1525,4	-793,2	867,8	647,5	525,2	714,2
P14	140	20	33,2	1,18	3656,5	2746,8	-1635,8	-516,9	804,1	598,4	440,3	714,2
P23	120	20	33,2	1,38	3222,9	2354,4	-1590,0	-209,4	695,4	382,6	391,2	612,1
P16	120	20	33,2	1,38	3222,9	2354,4	-1940,8	131,7	761,7	264,9	435,2	612,1
P27	120	20	33,2	1,38	3222,9	2354,4	-1292,6	-597,4	573,4	451,3	381,5	612,1
P20	120	20	33,2	1,38	3222,9	2354,4	-1287,0	-624,8	584,1	500,3	380,8	612,1
P17	140	20	33,2	1,18	3656,5	2746,8	-1270,5	-564,8	1578,8	637,7	1092,0	714,2
P18	120	20	25,1	1,05	3072,3	2354,4	-1146,2	-217,8	846,1	392,4	513,7	612,1
P26	120	20	29,1	1,21	3147,6	2354,4	-1338,5	-44,0	505,1	313,9	275,0	612,1
P19	120	20	29,1	1,21	3147,6	2354,4	-1475,1	64,1	559,8	284,5	303,6	612,1

Yapılan kapasite hesapları sonucunda tasarım kesit tesirlerinin kapasite kesit tesirlerine oranları Tablo 3.26’da verilmiştir.

Tablo 3.26 (x-x) Doğrultusu kapasite oranları

Zemin Kat				5. Kat			
Kesit Adı	N_{dmax}/N_{max}	M_{dx}/M_{rx}	V_{dmax}/V_{rmax}	Kesit Adı	N_{dmax}/N_{max}	M_{dx}/M_{rx}	V_{dmax}/V_{rmax}
P7	0,95	4,11	0,60	P7	0,56	2,93	0,31
P10	0,94	4,17	0,62	P10	0,55	2,83	0,32
P33	0,95	4,23	0,64	P33	0,56	1,25	0,3
P36	0,94	4,21	0,63	P36	0,55	1,26	0,32
P29	0,99	4,99	0,96	P29	0,55	1,3	0,73
P30	1,17	10,85	0,94	P30	0,55	1,26	0,6
P13	0,83	3,79	1,03	P13	0,56	1,34	0,74
P14	1,26	-	1,01	P14	0,6	1,34	0,62
P23	0,80	4,02	0,68	P23	0,68	1,82	0,64
P16	1,07	9,51	0,72	P16	0,82	2,88	0,71
P27	0,66	3,05	0,66	P27	0,55	1,27	0,62
P20	0,68	3,07	0,70	P20	0,55	1,17	0,62
P17	1,32	3,23	0,38	P17	0,46	2,48	1,53
P18	1,07	-	0,57	P18	0,49	2,16	0,84
P26	0,90	-	1,13	P26	0,57	1,61	0,45
P19	1,32	5,99	0,74	P19	0,63	1,97	0,50

Tablo 3.26 ‘da görüldüğü üzere (x-x) doğrultusunda gerek Zemin kat, gerekse 5. kattaki tüm kesitler eğilme kapasitesi bakımından yetersizdirler (Zemin katta P18, P14, P26 kesitleri aşırı çekme kuvvetine maruz kaldıklarından eğilme momenti kapasiteleri sıfırlanmıştır).

Tablo 3.27 (y-y) Doğrultusu Zemin Kat kapasite hesap tablosu

Kesit Adı	b (cm)	h (cm)	A _{sm} (cm ²)	% ρ	N _o (kN)	N _{max} (kN)	Nd _{max} (kN)	Ndx (kN)	M _{dy} (kNm)	M _{ry} (kNm)	Vd _{max} (kN)	Vr _{max} (kN)
P1	20	120	36,2	1,51	3279,5	2354,4	-2910,5	653,1	757,5	15,2	130,8	612,1
P41	20	120	36,2	1,51	3279,5	2354,4	-2939,0	626,2	782,0	15,2	145,1	612,1
P2	20	120	36,2	1,51	3279,5	2354,4	-2999,0	716,7	823,4	0,0	145,5	612,1
P42	20	120	36,2	1,51	3279,5	2354,4	-3000,8	712,5	839,0	0,0	156,6	612,1
P3	20	230	84,4	1,83	6567,1	4512,6	-6716,3	1428,5	2049,9	140,2	671,2	1173,3
P37	20	230	84,4	1,83	6567,1	4512,6	-6850,6	1411,4	4803,1	140,2	747,2	1173,3
P6	20	230	84,4	1,83	6567,1	4512,6	-6981,8	1597,1	5007,7	10,2	732,9	1173,3
P40	20	230	84,4	1,83	6567,1	4512,6	-6989,4	1582,5	5068,9	10,2	800,7	1173,3
P11	30	220	84,4	1,28	8735,1	6474,6	-6986,3	-906,3	6256,2	2138,6	926,0	1683,4
P31	30	220	84,4	1,28	8735,1	6474,6	-6471,2	-1344,0	6208,4	2413,3	889,2	1683,4
P12	30	220	84,4	1,28	8735,1	6474,6	-6525,4	-1348,3	6646,8	2413,3	1014,4	1683,4
P32	30	220	84,4	1,28	8735,1	6474,6	-6501,2	-1352,2	6559,3	2413,3	959,2	1683,4
P24	20	180	51,2	1,42	4862,5	3531,6	-2640,2	-964,2	2514,8	1138,0	470,2	918,2
P4	20	140	33,2	1,18	3656,5	2746,8	-4786,5	1647,6	1231,5	0,0	251,3	714,2
P38	20	140	33,2	1,18	3656,5	2746,8	-4825,0	1613,9	1239,5	0,0	260,7	714,2
P5	20	140	33,2	1,18	3656,5	2746,8	-4887,7	1735,9	1272,8	0,0	265,0	714,2
P39	20	140	33,2	1,18	3656,5	2746,8	-4897,6	1702,5	1279,8	0,0	274,1	714,2
P8	20	220	53,5	1,22	5772,1	4316,4	-3591,0	-1975,2	4788,1	1922,8	764,8	1122,3
P34	20	220	53,5	1,22	5772,1	4316,4	-3577,4	-1914,5	4720,9	1942,4	720,7	1122,3
P9	20	220	53,5	1,22	5772,1	4316,4	-3565,9	-2129,8	4945,5	1971,8	814,9	1122,3
P35	20	220	53,5	1,22	5772,1	4316,4	-3572,4	-2109,2	4876,8	1962,0	772,6	1122,3
P25	20	180	41,8	1,16	4685,3	3531,6	-4887,7	-503,4	2477,6	932,0	439,4	918,2
S1	30	100	38,5	1,28	3973,8	2943,0	-3733,9	836,6	866,9	0,0	248,4	765,2
S2	30	100	38,5	1,28	3973,8	2943,0	-3895,6	979,5	886,6	0,0	264,5	765,2
P21	20	130	29,1	1,12	3364,4	2550,6	-2453,0	-833,3	1077,6	618,0	180,9	663,2
P28	20	130	29,1	1,12	3364,4	2550,6	-2439,4	-855,0	1117,5	618,0	215,4	663,2
P22	20	130	29,1	1,12	3364,4	2550,6	-2420,3	-852,7	1009,8	618,0	189,3	663,2
P15	20	130	29,1	1,12	3364,4	2550,6	-2446,4	-890,4	967,5	627,8	154,6	663,2

Tablo 3.28 (y-y) Doğrultusu 5. Kat kapasite hesap tablosu

Kesit Adı	b (cm)	h (cm)	A _{sm} (cm ²)	% ρ	N _o (kN)	N _{max} (kN)	Nd _{max} (kN)	Ndx (kN)	Mdy (kNm)	Mry (kNm)	Vd _{max} (kN)	Vr _{max} (kN)
P1	20	100	25,1	1,26	2638,7	1962,0	-1732,8	332,0	217,3	176,6	122,3	510,1
P41	20	100	25,1	1,26	2638,7	1962,0	-1750,8	312,9	258,0	176,6	143,6	510,1
P2	20	100	25,1	1,26	2638,7	1962,0	-1776,5	359,7	232,2	176,6	131,4	510,1
P42	20	100	25,1	1,26	2638,7	1962,0	-1778,1	357,1	272,6	176,6	152,5	510,1
P3	20	170	42,7	1,26	4485,7	3335,4	-2919,2	-202,5	618,8	676,9	325,5	867,2
P37	20	170	42,7	1,26	4485,7	3335,4	-2983,0	-212,5	826,9	676,9	458,8	867,2
P6	20	170	42,7	1,26	4485,7	3335,4	-3016,9	-130,4	633,6	618,0	342,0	867,2
P40	20	170	42,7	1,26	4485,7	3335,4	-3020,4	-160,7	851,8	637,7	471,3	867,2
P11	30	220	66,1	1,00	8392,2	6474,6	-3421,7	-1738,9	1204,3	2383,8	726,7	1683,4
P31	30	220	66,1	1,00	8392,2	6474,6	-3391,7	-1903,5	1349,4	2452,5	555,1	1683,4
P12	30	220	66,1	1,00	8392,2	6474,6	-3416,0	-1977,8	1274,4	2472,1	783,9	1683,4
P32	30	220	66,1	1,00	8392,2	6474,6	-3410,4	-1937,7	1379,9	2491,7	579,1	1683,4
P24	20	180	41,8	1,16	4685,3	3531,6	-1667,4	-1072,0	1007,0	1128,2	607,8	918,2
P4	20	120	25,1	1,05	3072,3	2354,4	-2436,4	451,6	335,4	215,8	189,7	612,1
P38	20	120	25,1	1,05	3072,3	2354,4	-2461,2	415,3	355,2	215,8	225,0	612,1
P5	20	120	25,1	1,05	3072,3	2354,4	-2469,7	495,8	335,6	215,8	191,3	612,1
P39	20	120	25,1	1,05	3072,3	2354,4	-2493,3	458,5	358,7	215,8	226,5	612,1
P8	20	170	35,4	1,04	4349,3	3335,4	-2131,3	-1140,4	820,7	941,8	496,7	867,2
P34	20	170	35,4	1,04	4349,3	3335,4	-2136,4	-1124,3	796,5	961,4	476,8	867,2
P9	20	170	35,4	1,04	4349,3	3335,4	-2116,8	-1050,6	844,9	990,8	510,4	867,2
P35	20	170	35,4	1,04	4349,3	3335,4	-2125,8	-1076,6	821,8	981,0	491,1	867,2
P25	20	180	31,4	0,87	4490,8	3531,6	-1660,2	-900,0	870,1	1098,7	508,2	918,2
S1	25	100	33,2	1,33	3331,3	2452,5	-1239,6	-505,5	816,3	421,8	497,5	637,7
S2	25	100	33,2	1,33	3331,3	2452,5	-1441,2	-445,4	819,8	412,0	541,5	637,7
P21	20	130	25,1	0,97	3289,1	2550,6	-1480,9	-521,6	280,4	470,9	121,9	663,2
P28	20	130	25,1	0,97	3289,1	2550,6	-1480,7	-546,6	349,7	470,9	191,4	663,2
P22	20	130	25,1	0,97	3289,1	2550,6	-1474,9	-533,8	333,1	470,9	183,1	663,2
P15	20	130	25,1	0,97	3289,1	2550,6	-1505,1	-529,2	271,5	470,9	116,5	663,2

Yapılan kapasite hesapları sonucunda tasarım kesit tesirlerinin kapasite kesit tesirlerine oranları Tablo 3.29’da verilmiştir.

Tablo 3.29 (y-y) Doğrultusu kapasite oranları

Zemin Kat				5. Kat			
Kesit Adı	N_{dmax}/N_{max}	M_{dy}/M_{ry}	V_{dmax}/V_{rmax}	Kesit Adı	N_{dmax}/N_{max}	M_{dy}/M_{ry}	V_{dmax}/V_{rmax}
P1	1,24	-	0,21	P1	0,88	1,23	0,24
P41	1,25	-	0,24	P41	0,89	1,46	0,28
P2	1,27	-	0,24	P2	0,91	1,31	0,26
P42	1,27	-	0,26	P42	0,91	1,54	0,30
P3	1,49	14,6	0,57	P3	0,88	0,91	0,38
P37	1,52	-	0,64	P37	0,89	1,22	0,53
P6	1,55	-	0,62	P6	0,90	1,03	0,39
P40	1,55	-	0,68	P40	0,91	1,34	0,54
P11	1,08	2,9	0,55	P11	0,53	0,51	0,43
P31	1,00	2,6	0,53	P31	0,52	0,55	0,33
P12	1,01	2,8	0,60	P12	0,53	0,52	0,47
P32	1,00	2,7	0,57	P32	0,53	0,55	0,34
P24	0,75	2,2	0,51	P24	0,47	0,89	0,66
P4	1,74	-	0,35	P4	1,03	1,55	0,31
P38	1,76	-	0,36	P38	1,05	1,65	0,37
P5	1,78	-	0,37	P5	1,05	1,56	0,31
P39	1,78	-	0,38	P39	1,06	1,66	0,37
P8	0,83	2,5	0,68	P8	0,64	0,87	0,57
P34	0,83	2,4	0,64	P34	0,64	0,83	0,55
P9	0,83	2,5	0,73	P9	0,63	0,85	0,59
P35	0,83	2,5	0,69	P35	0,64	0,84	0,57
P25	1,38	2,7	0,48	P25	0,47	0,79	0,55
S1	1,27	-	0,32	S1	0,51	1,94	0,78
S2	1,32	-	0,35	S2	0,59	1,99	0,85
P21	0,96	1,7	0,27	P21	0,58	0,60	0,18
P28	0,96	1,8	0,32	P28	0,58	0,74	0,29
P22	0,95	1,6	0,29	P22	0,58	0,71	0,28
P15	0,96	1,5	0,23	P15	0,59	0,58	0,18

Tablo 3.29’da görüldüğü üzere (y-y) doğrultusunda Zemin katta tüm kesitler, 5. katta ise bazı kesitler eğilme kapasitesi bakımından yetersizdirler (Zemin katta P1, P2, P41, P42, P37, P6 P40, P4, P38, P5, P39, S1 VE S2 kesitleri aşırı çekme kuvvetine maruz kaldıklarından eğilme momenti kapasiteleri sıfırlanmıştır).

BIAXIAL Kapasite Hesabı : Sadece normal kuvvet dikkate alınarak BIAXIAL programı ile hesaplanan eğilme momenti kapasite değerlerinin Çakıroğlu-Özer Formülleri kullanılarak elde edilen eğilme momenti kapasite değerlerine çok yakın olduğu görülmüştür. Hesap sonuçları Tablo 3.30 ve Tablo 3.31’de verilmiştir.

Tablo 3.30 (x-x) Doğrultusu Zemin Kat kapasite hesap tablosu (Biaxial)

Kesit Adı	Ndx	Mdx	Mrx	Mdx/Mrx
P27	-434,4	4641,9	1266,4	3,67
P28	-438,9	4709,9	1268,9	3,71
P41	-425,1	4769,3	1261,1	3,78
P42	-427,5	4751,7	1262,5	3,76
P29	-175,1	4108,6	918,4	4,47
P30	509,6	4087,7	402,0	10,17
P39	-667,1	4275,3	1200,4	3,56
P40	832,5	4251,3	125,9	*
P31	-508,1	3075,0	858,7	3,58
P34	316,1	2953,7	365,2	8,09
P33	-951,6	2841,8	1021,9	2,78
P38	-992,7	2924,8	1033,3	2,83
P35	199,1	1329,0	448,5	2,96
P36	848,2	1400,7	0,0	*
P32	1005,9	3197,2	0,0	*
P37	291,8	1526,9	306,3	4,98

Tablo 3.31 (y-y) Doğrultusu Zemin Kat kapasite hesap tablosu (Biaxial)

Kesit Adı	Ndy	Mdy	Mry	Mdy/Mry
P1	653,1	757,5	21,5	*
P41	626,2	782,0	36,9	*
P2	716,7	823,4	0,0	*
P42	712,5	839,0	0,0	*
P3	1428,5	2049,9	198,4	10,3
P37	1411,4	4803,1	216,9	*
P6	1597,1	5007,7	19,2	*
P40	1582,5	5068,9	35,8	*
P11	-906,3	6256,2	2235,1	2,8
P31	-1344,0	6208,4	2489,5	2,5
P12	-1348,3	6646,8	2491,7	2,7
P32	-1352,2	6559,3	2493,8	2,6
P24	-964,2	2514,8	1323,7	1,9
P4	1647,6	1231,5	0,0	*
P38	1613,9	1239,5	0,0	*
P5	1735,9	1272,8	0,0	*
P39	1702,5	1279,8	0,0	*
P8	-1975,2	4788,1	2062,7	2,3
P34	-1914,5	4720,9	2054,6	2,3
P9	-2129,8	4945,5	2075,7	2,4
P35	-2109,2	4876,8	2074,9	2,4
P25	-503,4	2477,6	1089,5	2,3
S1	836,6	866,9	0,0	*
S2	979,5	886,6	0,0	*
P21	-833,3	1077,6	626,4	1,7
P28	-855,0	1117,5	630,7	1,8
P22	-852,7	1009,8	630,2	1,6
P15	-890,4	967,5	637,4	1,5

3.6 Değerlendirme

Mevcut yapı üzerinde yapılan hesap ve incelemeler sonucunda aşağıda verilen sonuçlar elde edilmiştir :

- a) Yapıda rijitlik (yatay ötelenme) sorunu vardır. Bu sorunu gidermek için deprem yüklerini karşılayacak ek taşıyıcı elemanlar konmalıdır.
- b) Yapılan kapasite (dayanım) hesapları sonucunda yapının incelenen katlarında kesitlerin eğilme kapasitesi bakımından yetersiz olduğu tespit edilmiştir.
- c) Süneklik şartları sağlanmamaktadır (1997 Deprem Yönetmeliği'nin yayınından önce yapılmış olması ve proje üzerinde yapılan incelemeler dikkate alınarak).
- d) Yapıda bulunan döşeme boşluklarının döşemelerin tam bir diyafram olarak çalışmasını engellediği ve döşemelerin esnek diyafram olarak çalıştığı tespit edilmiştir.
- e) Ek dışmerkez etkileri gözönünde bulundurularak yapılan çözümlemelerde yapıda A1-Burulma Düzensizliği'nin olduğu tespit edilmiştir.
- f) Bütün bu sonuçlar gözönünde bulundurularak yapının taşıyıcı sistem ilavesiyle güçlendirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

4. İYİLEŞTİRME VE GÜÇLENDİRME MODELLERİ

Bu bölümde yapının güçlendirilmesine geçmeden önce yapılan değişik idealleştirme ve güçlendirme modelleri kısaca incelenecek ve hangi durumda yapının davranışının nasıl değiştiği görülmeye çalışılacaktır. Kısaca yapının periyodunun, buna bağlı olarak taban kesme kuvvetinin, maksimum kat deplasmanlarının, A1 Burulma Düzensizliğinin ve birkaç taşıyıcı elemanda moment taşıma kapasitesinin nasıl değiştiği irdelenecektir. Ek olarak konulan tüm perdelerin kalınlıkları tüm modellerde aynı kalınlıkta seçilmiştir

b = 35,00 cm (Zemin ve 1. kat)

b =25,00 cm (Diğer katlar)

Tüm modellerde eğilme momenti kapasitesinin kontrol edileceği kesitler aynı kesitler olup bu kesitler; P1, S1, P7, P17, P21, P29 kesitleridir.

4.1 Model-1

Daha önce de belirtildiği gibi incelenen yapıda deprem yükleri çerçeveler ve perdeler tarafından birlikte taşınmakla birlikte yapıda yatay çerçeve süreksizliğinin olduğu da görülmektedir. Bu süreksizliğin yapının davranışını nasıl etkilediğini görebilmek için Şekil 4.1’de de görüldüğü gibi mevcut yapı modelinde B,N,1,4,12 ve 15 akslarına boyutları 25/60 olan kirişler girilmiş ve mevcut yapının çözümlemesinde olduğu gibi $R = 4$ alınarak Model1’in çözümlemesi yapılmıştır. Model-1 için yapılan statik ve dinamik çözümlemeler sonucu ilk 5 mod için elde edilen modal periyot ve modal kütle katılım oranları Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1 Model-1 modal periyot ve modal kütle katılım oranları

Mod	Model-1			Mevcut Sistem		
	Periyot	UX	UY	Periyot	UX	UY
1	1,8168	72,43	0,00	1,8542	22,08	0,03
2	1,6619	2,46	0,08	1,7841	52,80	0,04
3	1,3545	0,01	73,61	1,4044	0,01	73,18
4	0,5767	12,35	0,00	0,5818	10,69	0,00
5	0,5179	0,21	0,00	0,5587	1,81	0,00

Şekil 4.1 Model-1 kalıp planı

Tablo 4.1’den de anlaşılacağı üzere yapının rijitliği her iki doğrultuda da artmaktadır. Model-1’de burulma modu olan 2. mod periyodunun mevcut yapının burulma modu olan 1. moda periyoduna göre önemli bir oranda değiştiği görülmektedir (%11,57). Yapının burulma rijitliği mevcut yapıya göre artmıştır. Bu artış A1 burulma düzensizliği tahkikinde daha net bir şekilde görülebilir. (x-x) doğrultusunda yapının Model-1’de 1., mevcut sistemde 2. mod periyodunun, (y-y) doğrultusunda ise her iki modelde de 3. mod periyodunun hakim periyotlar olduğu görülmektedir. Modal analiz sonucunda bulunan toplam taban kesme kuvvetleri ve devrilme momentleri Tablo 4.2’de verilmiştir.

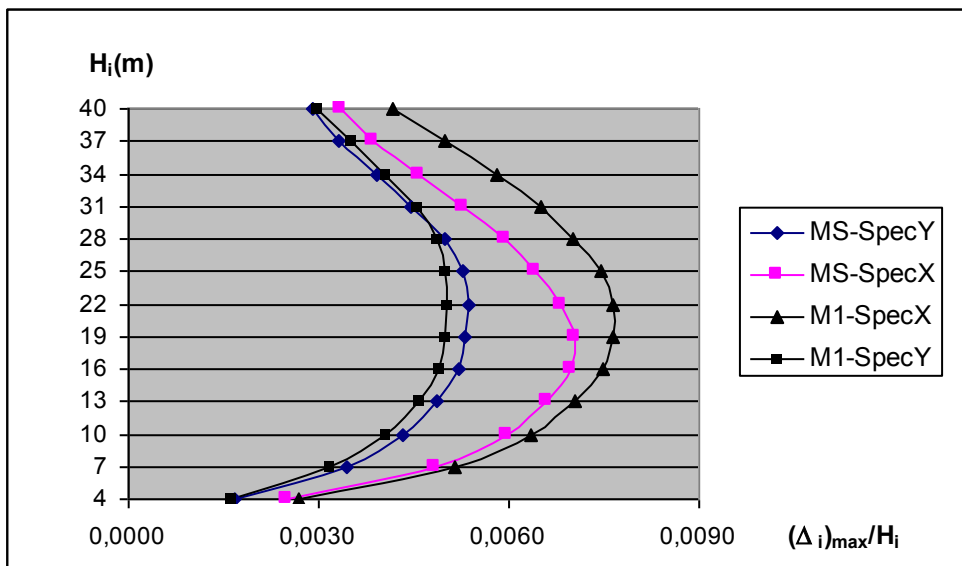
Tablo 4.2 Model-1 toplam taban kesme kuvvetleri ve devrilme momentleri

Deprem Yüğü	Model-1		Mevcut Sistem	
	$\Sigma V_{tb}(kN)$	$\Sigma M(kN)$	$\Sigma V_{tb}(kN)$	$\Sigma M(kN)$
SpecX	11354,39	318681,28	11377,79	319239,17
SpecY	14365,18	406539,64	13773,43	390632,50

Tablo 4.2’den de anlaşılacağı gibi yapının (x-x) doğrultusunda deprem yükleri pek değişmemiş, (y-y) doğrultusunda ise % 4,30 artmıştır..

Görelî Kat Ötelemeleri Karşılaştırması :

Her iki modele ait görelî kat ötelemeleri karşılaştırılmış, genel olarak (x-x) doğrultusunda deplasmanların arttığı, (y-y) doğrultusunda ise azaldığı görülmüştür. Her iki modelde görelî kat ötelemelerinin nasıl değiştiği ise aşağıda Şekil 4.2’de görülmektedir



Şekil 4.2 Model-1 Mevcut Sistem görelî kat ötelemeleri karşılaştırması

Şekil 4.2’de de görüleceği üzere (x-x) doğrultusunda Model-1’de tüm görelî kat ötelemeleri mevcut sistem değerlerinden büyük çıkmaktadır. Bunun sebebi yapının bu doğrultudaki burulma rijitliğinin artması ve yapının daha az burulmaya maruz kalarak deprem yükünün deplasmanlarda bir artış olarak ortaya çıkmasıdır. (y-y) doğrultusunda ise üstteki 4 kat hariç daha küçük çıkmaktadır. Eklenen kirişler yatay çerçeve sürekliliğini sağlamış ve. (y-y) doğrultusunda deplasmanlar ilk 8 katta ortalama %5,90 azalmış üst katlarda ise ortalama %3,50 artmıştır.

A1 Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırması :

Her iki model için de en elverişsiz A1 burulma düzensizliği -%5 ek dışmerkez yüklemede meydana gelmektedir. Bu yüklemelere ait A1 burulma düzensizliği katsayıları aşağıda Tablo 4.3’te verilmiştir.

Tablo 4.3 Model-1 Mevcut Sistem A1-burulma düzensizliği tahkiki

Kat	H _i (m)	Model-1		Mevcut Sistem	
		-%5(x-x)	-%5(y-y)	-%5(x-x)	-%5(y-y)
		η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}
12.Kat	3,00	1,2189	1,2615	1,2907	1,3185
11.Kat	3,00	1,2079	1,2387	1,2683	1,3082
10.Kat	3,00	1,1917	1,2391	1,2583	1,3016
9.Kat	3,00	1,1957	1,2417	1,2555	1,2995
8.Kat	3,00	1,1883	1,2479	1,2500	1,2975
7.Kat	3,00	1,1890	1,2450	1,2469	1,3020
6.Kat	3,00	1,1862	1,2500	1,2384	1,3050
5.Kat	3,00	1,1864	1,2598	1,2436	1,3098
4.Kat	3,00	1,1942	1,2581	1,2384	1,3198
3.Kat	3,00	1,1988	1,2727	1,2446	1,3246
2.Kat	3,00	1,2000	1,2780	1,2414	1,3367
1.Kat	3,00	1,2017	1,2956	1,2414	1,3419
Zemin	4,00	1,1975	1,3019	1,2278	1,3333

Tablo 4.3’te görüldüğü üzere Model-1’de (x-x) doğrultusunda A1 burulma düzensizliğinin çok azaldığı ve 1,20 sınır değere yakın ve düşük değerler aldığı tespit edilmiştir. (y-y) doğrultusunda ise A1 burulma düzensizliğinin mevcut sisteme göre azaldığı açık bir şekilde görülmektedir.

4.2 Model-2

Model-2’de Şekil 4.3’te görüldüğü gibi Model-1’deki kirişlere ilave olarak yapının her iki doğrultudaki döşeme süreksizliğini gidermek amacı ile $h_f = 12,00$ cm kalınlığında döşemeler eklenerek ve $R= 4$ alınarak çözüm tekrarlanmıştır. Model-2’de döşeme süreksizliğinin yapının davranışına nasıl etki ettiği araştırılacaktır. Model-2 için yapılan statik ve dinamik çözümlemeler sonucu ilk 5 moda ait modal periyot ve modal kütle katılım oranları mevcut sistem değerleri ile birlikte Tablo 4.4’te verilmiştir

Tablo 4.4 Model-2 modal periyot ve modal kütle katılım oranları

Mod	Model-2			Mevcut Sistem		
	Periyot	UX	UY	Periyot	UX	UY
1	1,8650	72,69	0,00	1,8542	22,08	0,03
2	1,6996	2,24	0,08	1,7841	52,80	0,04
3	1,3913	0,01	73,65	1,4044	0,01	73,18
4	0,5918	12,38	0,00	0,5818	10,69	0,00
5	0,5278	0,16	0,00	0,5587	1,81	0,00

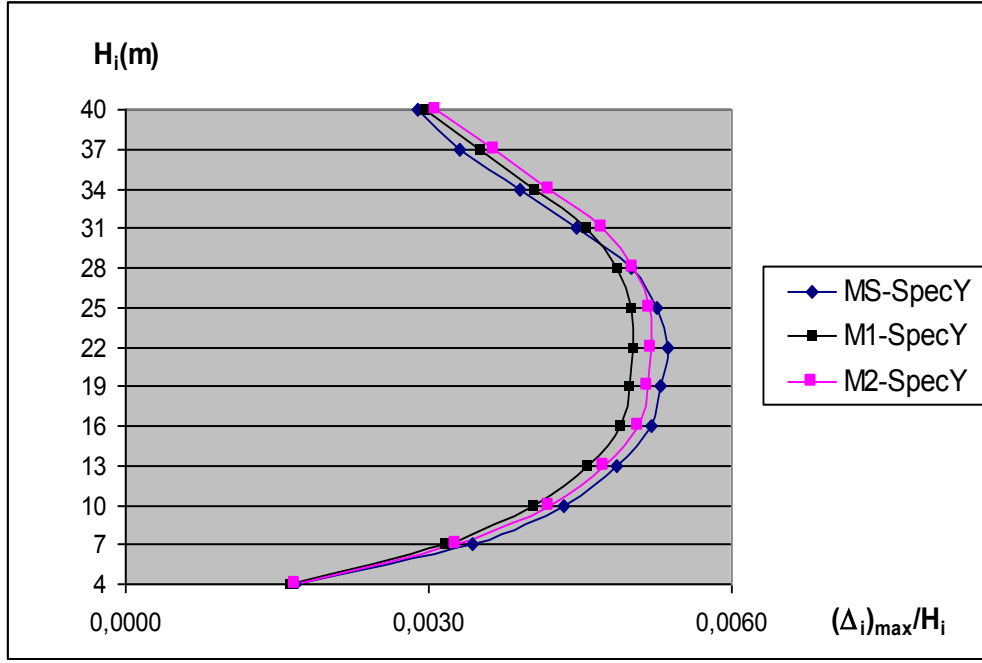
Model-2’de depremten dolayı oluşan toplam taban kesme kuvvetinin;

(x-x) doğrultusunda, V_{tb} %1,63

(y-y) doğrultusunda, V_{tb} %5,68

arttığı görülmüştür. Model-1, Model-2 ve Mevcut sisteme ait (y-y) doğrultusu görelî kat ötelemesi değerleri Şekil 4.4’te gösterilmiştir.

Şekil 4.3 Model-2 kalıp planı



Şekil 4.4 Model-1 Model-2 ve Mevcut Sistem görelî kat ötelemeleri karşılaştırması

Şekil 4.4'te Model-2'de (y-y) doğrultusunda görelî kat ötelemelerinin ilk 8 katta mevcut sistem görelî kat ötelemelerine göre azaldığı, üst katlarda ise arttığı görülmektedir.

A1 Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırması :

Model-1, Model-2 ve Mevcut Sistem için en elverişsiz A1 burulma düzensizliği -%5 ek dışmerkez yüklemelerde meydana gelmektedir. Bu yüklemelere ait A1 burulma düzensizliği katsayıları aşağıda Tablo 4.5'de verilmiştir.

Tablo 4.5 Model-2 Model-1 Mevcut Sistem A1-burulma düzensizliği tahkiki

Kat	H_i (m)	Model-2		Model-1		Mevcut Sistem	
		-%5(x-x)	-%5(y-y)	-%5(x-x)	-%5(y-y)	-%5(x-x)	-%5(y-y)
		η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}
12.Kat	3,00	1,1823	1,2727	1,2189	1,2615	1,2907	1,3185
11.Kat	3,00	1,1759	1,2453	1,2079	1,2387	1,2683	1,3082
10.Kat	3,00	1,1698	1,2487	1,1917	1,2391	1,2583	1,3016
9.Kat	3,00	1,1704	1,2442	1,1957	1,2417	1,2555	1,2995
8.Kat	3,00	1,1638	1,2500	1,1883	1,2479	1,2500	1,2975
7.Kat	3,00	1,1649	1,2520	1,1890	1,2450	1,2469	1,3020
6.Kat	3,00	1,1614	1,2490	1,1862	1,2500	1,2384	1,3050
5.Kat	3,00	1,1611	1,2615	1,1864	1,2598	1,2436	1,3098
4.Kat	3,00	1,1691	1,2677	1,1942	1,2581	1,2384	1,3198
3.Kat	3,00	1,1740	1,2827	1,1988	1,2727	1,2446	1,3246
2.Kat	3,00	1,1758	1,2885	1,2000	1,2780	1,2414	1,3367
1.Kat	3,00	1,1685	1,2963	1,2017	1,2956	1,2414	1,3419
Zemin	4,00	1,1684	1,2963	1,1975	1,3019	1,2278	1,3333

Model-2’de döşeme süreksizlikleri kaldırılarak yapılan çözümlemeler sonucunda toplam taban kesme kuvvetinin artmasına rağmen;

- (x-x) Doğrultusunda A1-burulma düzensizliğinin ortadan kalktığı,
- (y-y) Doğrultusunda A1-burulma düzensizliğinin pek değişmediği ve (x-x) doğrultusundaki döşeme süreksizliğinin yapının davranışını fazla etkilemediği,
- (y-y) Doğrultusunda yapı ağırlığının artmasına rağmen bu doğrultudaki hakim periyodun 1,404 sn’den 1,391 sn’ye düştüğü yani yapının yanal ötelenme rijitliğinin arttığı, ((III) Durumu döşeme süreksizliği)
- (y-y) Doğrultusunda yapının maksimum göreceli kat ötelemelerinin $((\Delta_i)_{\max})$ deprem yükü artmasına rağmen ilk 7 katta azaldığı, 8. katta değişmediği, 9.-12. katlarda arttığı görülmüştür ((II) Durumu döşeme süreksizliği).

4.3 Model-3

Model-3 ‘te Şekil 4.5’de görüldüğü gibi 1-E,1-K,15-E ve 15-K akslarına simetrik olarak 40x100 cm boyutunda kolonlar, E ve K akslarına 220 cm uzunluğunda,tek tarafından mevcut taşıyıcı perdeye bağlanan (x-x) doğrultusunda betonarme perdeler simetrik olarak eklenmiştir. Bu modelde yapının rijitlik merkezinden uzakta ek taşıyıcı elemanlar koyularak yapının burulma rijitliğini artırmak, diğer taşıyıcı elemanlara gelen deprem yüklerini azaltmak amaçlanmıştır.

Model-3 için yapılan statik ve dinamik çözümlemeler sonucu elde edilen modal periyot ve modal kütle katılım oranları Tablo 4.6’da verilmiştir

Tablo 4.6 Model-3 modal periyot ve modal kütle katılım oranları

Mod	Periyot	UX	UY
1	1,4180	2,31	0,07
2	1,3272	71,20	0,00
3	1,2020	0,00	71,16
4	0,4842	0,00	0,01
5	0,4316	0,20	0,00

Tablo 4.6’dan da anlaşılacağı üzere (x-x) doğrultusunda binanın 2. periyodu, (y-y) doğrultusunda ise binanın 3. periyodu hakim periyottur. Modal analiz sonucunda bulunan kat kesme kuvvetleri Tablo 4.7’de verilmiştir.

Tablo 4.7 Model-3 deprem kat kesme kuvvetleri ve devrilme momentleri

Kat	H _i (m)	Yük	VX _i (kN)	ΣVX(kN)	ΣMY(kN)	VY _i (kNm)	ΣVY(kN)	ΣMX(kNm)
12.Kat	3,00	Spec	1484,77	4454,30	13362,90	1678,53	5035,60	15106,8
11.Kat	3,00	Spec	1417,35	13160,66	52844,88	1591,14	14844,63	59640,7
10.Kat	3,00	Spec	1251,16	25620,51	129706,41	1386,37	28812,77	146079,0
9.Kat	3,00	Spec	1089,98	41350,31	253757,33	1186,27	46339,71	285098,1
8.Kat	3,00	Spec	947,17	59921,62	433522,20	1014,78	66911,01	485831,2
7.Kat	3,00	Spec	855,28	81058,76	676698,47	908,41	90207,52	756453,7
6.Kat	3,00	Spec	744,59	104429,6	989987,49	788,77	115870,34	1104064,7
5.Kat	3,00	Spec	659,54	129779,2	1379325,10	694,01	143615,18	1534910,3
4.Kat	3,00	Spec	566,97	156829,6	1849814,04	589,10	173127,33	2054292,3
3.Kat	3,00	Spec	455,22	185245,7	2405551,32	464,95	204034,34	2666395,3
2.Kat	3,00	Spec	325,75	214639,1	3049468,72	327,37	235923,45	3374165,6
1.Kat	3,00	Spec	191,78	244607,8	3783292,28	190,04	268382,68	4179313,7
Zemin	4,00	Spec	77,10	284874,5	4922790,49	76,21	311966,47	5427179,5

Aşağıda Tablo 4.8’te kapasite tahkiki yapılacak kesitlere ait en elverişsiz kesit tesirleri verilmiştir.

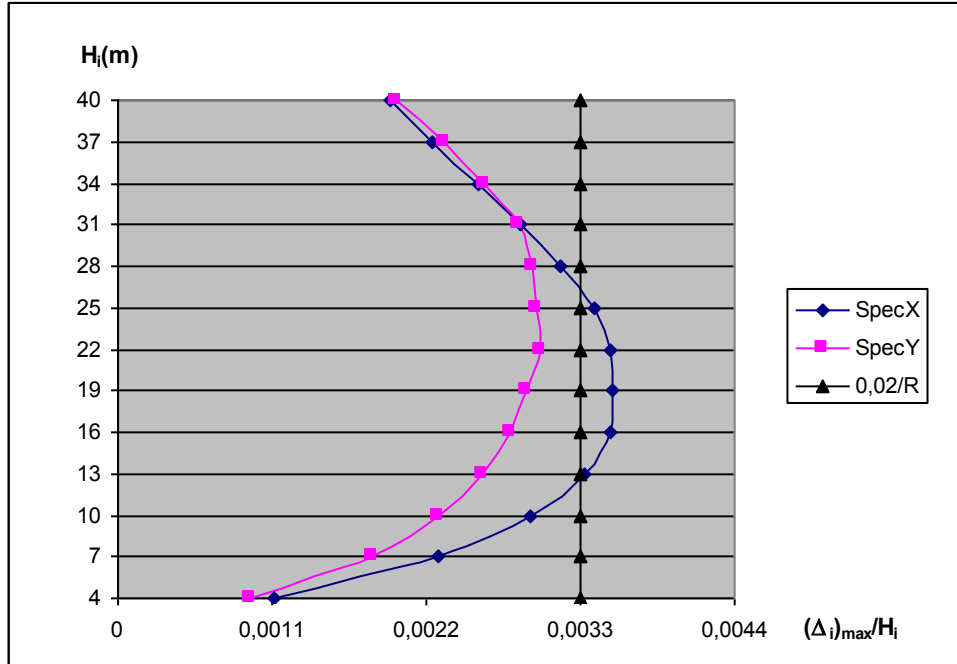
Tablo 4.8 Model-3 Zemin Kat kapasite hesabında kullanılacak kesit tesirleri

Kat	Kesit	Komb.	P	V2	V3	M2	M3
Zemin	P27	G+Q+E	-860,04	261,83	7,46	15,51	1882,05
Zemin	P29	G+Q+E	-1282,76	362,38	0,98	1,63	1714,73
Zemin	P35	G+Q+E	-666,20	337,27	1,67	3,06	1350,10
Zemin	P1	G+Q+E	61,70	68,57	2,45	3,67	402,62
Zemin	S1	G+Q+E	-207,48	138,71	0,10	0,26	462,04
Zemin	P25	G+Q+E	820,21	147,93	1,77	2,32	657,94

Kapasite hesap oranları Model3 - Model6 için bölüm sonunda birlikte verilecektir.

Şekil 4.5 Model-3 kalıp planı

Yapılan tahkikler sonucunda maksimum görelî kat ötelemelerinin nasıl değıştiği aşağığı Şekil 4.6’da görölmektedir.



Şekil 4.6 Görelî kat ötelemesi tahkiki

Şekil 4.6’dan da göröleceği üzere (y-y) doğrultusunda tüm katlarda görelî kat ötelemeleri oranı $((\Delta_i)_{max}/H_i)$ [1]’de verilen sınırlar içerisinde $((\Delta_i)_{max}/H_i \leq 0,02/R)$ kalmaktadır. (x-x) doğrultusunda ise 4.-7. katlarda izin verilen sınır değeri aşmaktadır. Yani (x-x) doğrultusunda Model-3’ün yanal ötelenme rijitliği yetersizdir. Yapılan A1-Burulma düzensizliği tahkiklerinde her iki doğrultuda da -%5 ek dışmerkez yüklemelerde A1 düzensizliğinin olduğu görölmüştür. Her iki doğrultudaki η_{bi} A1-Burulma düzensizliği katsayıları Tablo 4.9’da verilmiştir.

Tablo 4.9 Model-3 (A1) burulma düzensizliği tahkiki

Kat	H _i (m)	-%5(x-x)	-%5(y-y)
		η_{bi}	η_{bi}
12.Kat	3,00	1,2911	1,2558
11.Kat	3,00	1,2747	1,2525
10.Kat	3,00	1,2642	1,2456
9.Kat	3,00	1,2683	1,2381
8.Kat	3,00	1,2555	1,2409
7.Kat	3,00	1,2583	1,2482
6.Kat	3,00	1,2469	1,2571
5.Kat	3,00	1,2410	1,2555
4.Kat	3,00	1,2485	1,2672
3.Kat	3,00	1,2468	1,2833
2.Kat	3,00	1,2500	1,2885
1.Kat	3,00	1,2621	1,2927
Zemin	4,00	1,2836	1,2963

Tablo 4.9’da görüldüğü üzere Model-3’te her iki doğrultuda da A1 düzensizliği ortadan kalkmamaktadır. A1 düzensizliğinin olmasının sebebi kenar akslardaki taşıyıcıların yeterli rijitlikte olmamasıdır.

4.4 Model-4

Model-4’te Şekil 4.7’de görüldüğü gibi (x-x) doğrultusunda E ve K akslarına simetrik olarak 4,10 m uzunluğunda ek perdeler konmuştur. (y-y) doğrultusunda ise 4 ve 12 akslarındaki mevcut kolon ve perde arasına betonarme perdeler koyularak mevcut taşıyıcı elemanlar perde uç bölgesi olarak kullanılmak istenmiştir. Bu modelde yapının rijitlik merkezinden uzakta ek taşıyıcı elemanlar koyularak yapının burulma rijitliğini artırmak amaçlanmıştır.

Model-4 için yapılan statik ve dinamik çözümlemeler sonucu elde edilen modal periyot ve modal kütle katılım oranları Tablo 4.10’da verilmiştir

Tablo 4.10 Model-4 modal periyot ve modal kütle katılım oranları

Mod	Periyot	UX	UY
1	1,1668	70,15	0,00
2	1,0611	0,32	0,16
3	0,9512	0,01	68,27
4	0,4822	0,00	0,07
5	0,3351	0,08	0,63

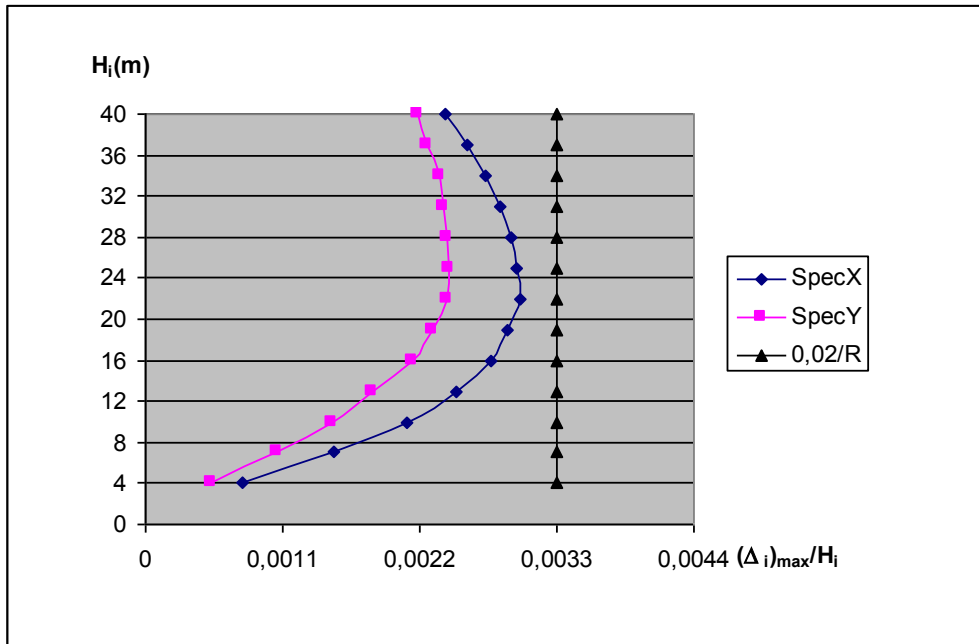
Tablo 4.10’dan da anlaşılabacağı üzere (x-x) doğrultusunda binanın 1. periyodu, (y-y) doğrultusunda ise binanın 3. periyodu hakim periyottur. Modal analiz sonucunda bulunan kat kesme kuvvetleri Tablo 4.11’de verilmiştir.

Şekil 4.7 Model-4 kalıp planı

Tablo 4.11 Model-4 deprem kat kesme kuvvetleri ve devrilme momentleri

Kat	H _i (m)	Yük	VX _i (kN)	ΣVX(kN)	ΣMY(kNm)	VY _i (kNm)	ΣVY(kN)	ΣMX(kNm)
12.Kat	3,00	Spec	1741,86	1741,86	5225,59	2071,87	2071,87	6215,62
11.Kat	3,00	Spec	1618,65	3360,51	10081,54	1948,56	4020,43	12061,30
10.Kat	3,00	Spec	1430,10	4790,62	14371,85	1720,38	5740,81	17222,44
9.Kat	3,00	Spec	1212,42	6003,03	18009,10	1466,10	7206,92	21620,75
8.Kat	3,00	Spec	1031,82	7034,85	21104,55	1252,05	8458,97	25376,90
7.Kat	3,00	Spec	891,43	7926,28	23778,85	1076,65	9535,61	28606,84
6.Kat	3,00	Spec	784,21	8710,50	26131,49	929,60	10465,21	31395,63
5.Kat	3,00	Spec	693,67	9404,16	28212,48	797,45	11262,66	33787,99
4.Kat	3,00	Spec	597,43	10001,59	30004,77	661,49	11924,15	35772,46
3.Kat	3,00	Spec	479,22	10480,81	31442,42	511,10	12435,25	37305,76
2.Kat	3,00	Spec	343,94	10824,75	32474,24	354,93	12790,18	38370,54
1.Kat	3,00	Spec	206,70	11031,44	33094,33	208,56	12998,74	38996,22
Zemin	4,00	Spec	93,00	11124,44	44497,77	93,10	13091,84	52367,35

Yapılan tahkikler sonucunda yapının yanal ötelenme rijitliğinin izin verilen sınırlar içerisinde kaldığı görülmüştür.



Şekil 4.8 Model-4 Görelî kat ötelemesi tahkiki

Şekil 4.8'den de görüleceği üzere her iki doğrultuda tüm katlarda görelî kat ötelemeleri oranı $((\Delta_i)_{\max}/H_i)$ [1]'de verilen sınırlar içerisinde $((\Delta_i)_{\max}/H_i \leq 0,02/R)$ kalmaktadır.

Yapılan A1 Burulma düzensizliği tahkiklerinde, (x-x) doğrultusunda A1 düzensizliğinin çok azaldığı, (y-y) doğrultusunda ise -%5(y-y) çözümünde A1 düzensizliğinin olduğu görülmüştür. (y-y) doğrultusunda A1 düzensizliğinin

olmasının sebebi bu doğrultuda kenar akslarda ötelenme rijitliği yetersiz kesitlerin olmasıdır. Her iki doğrultudaki η_{bi} (A1) Burulma düzensizliği katsayıları Tablo 4.12’de verilmiştir.

Tablo 4.12 Model-4 (A1) burulma düzensizliği tahkiki

Kat	H_i (m)	-%5(x-x)	-%5(y-y)
		η_{bi}	η_{bi}
12.Kat	3,00	1,2072	1,2371
11.Kat	3,00	1,2203	1,2692
10.Kat	3,00	1,2126	1,2727
9.Kat	3,00	1,2121	1,2793
8.Kat	3,00	1,1971	1,2743
7.Kat	3,00	1,1972	1,2807
6.Kat	3,00	1,1888	1,2857
5.Kat	3,00	1,1942	1,3019
4.Kat	3,00	1,1940	1,3131
3.Kat	3,00	1,1765	1,3256
2.Kat	3,00	1,1800	1,3429
1.Kat	3,00	1,1831	1,3469
Zemin	4,00	1,1915	1,3125

Tablo 4.12’de görüldüğü üzere Model-4’te (x-x) doğrultusunda A1 düzensizliğinin çok azaldığı ve 1,20 sınır değere yakın ve düşük değerler aldığı tespit edilmiştir. Fakat yapıda A1 düzensizliği ortadan kalkmamaktadır. (y-y) doğrultusunda ise A1 düzensizliğinin olduğu çok açık bir şekilde görülmektedir. Bu doğrultuda A1 düzensizliğinin olmasının sebebi kenar akslardaki taşıyıcıların yeterli rijitlikte olmamasıdır.

Tablo 4.13 Model-4 Zemin Kat kapasite hesabında kullanılacak kesit tesirleri

Kat	Kesit	Komb.	P	V2	V3	M2	M3
Zemin	P7	G+Q+E	354,04	212,09	1,77	4,73	1426,34
Zemin	P29	G+Q+E	-1196,43	228,77	1,08	1,39	1180,79
Zemin	P17	G+Q+E	-547,79	215,53	1,37	2,02	908,40
Zemin	P1	G+Q+E	-41,10	40,02	2,35	3,87	231,86
Zemin	S1	G+Q+E	-571,43	72,69	0,29	0,59	269,53
Zemin	P21	G+Q+E	535,04	88,49	0,49	0,39	382,55

4.5 Model-5

Model-5 'te Şekil 4.9'da görüldüğü gibi Model-4'te (x-x) doğrultusunda E ve K akslarındaki perdeler G-1 G-15,I-3 ve I-12 akslarındaki mevcut taşıyıcıların arasına konularak L perdeler elde edilmiştir. Yatay çerçeve sürekliliğini gidermek için 1,3,13,15 akslarına kiriş eklenmiştir (25/60). (y-y) doğrultusunda ise Model-4 ile aynıdır. Bu modelde yapının (y-y) doğrultusundaki döşeme süreksizliğinin ortadan kaldırılması ve çerçeve sürekliliğinin sağlanması amaçlanmıştır.

Model-5 için yapılan statik ve dinamik çözümlemeler sonucu elde edilen modal periyot ve modal kütle katılım oranları Tablo 4.14'te verilmiştir.

Şekil 4.9 Model-5 kalıp planı

Tablo 4.14 Model-5 Modal Periyot ve Modal Kütle Katılım Oranları

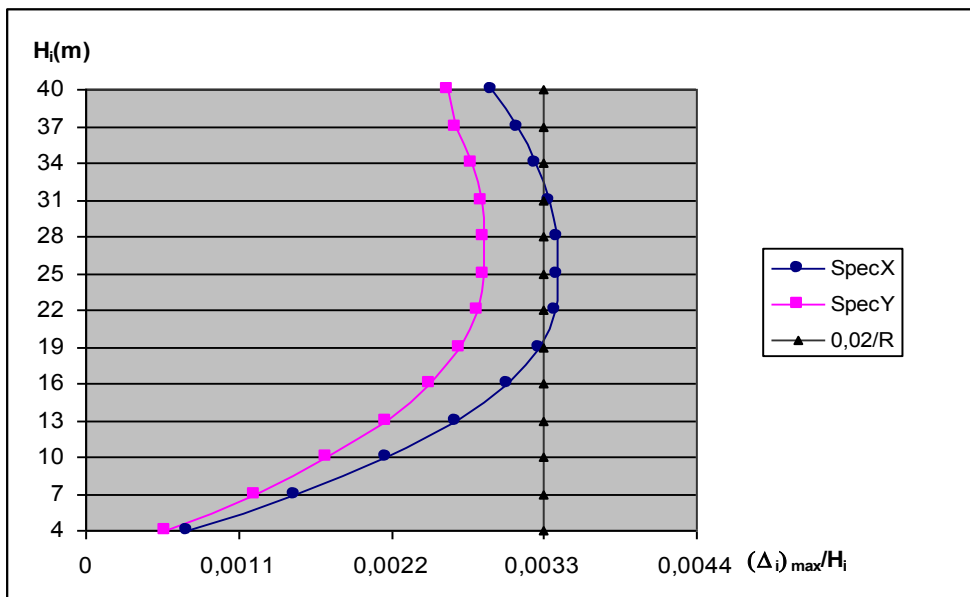
Mod	Periyot	UX	UY
1	1,2886	49,98	0,00
2	1,2590	18,99	0,06
3	1,0525	0,01	67,88
4	0,3449	0,54	0,00
5	0,3341	15,95	0,00

Tablo 4.14'ten de anlaşılacağı üzere (x-x) doğrultusunda binanın 1. periyodu, (y-y) doğrultusunda ise binanın 3. periyodu hakim periyottur. Modal analiz sonucunda bulunan kat kesme kuvvetleri Tablo 4.15'te verilmiştir.

Tablo 4.15 Model-5 deprem kat kesme kuvvetleri ve devrilme momentleri

Kat	H _i (m)	Yük	VX _i (kN)	ΣVX(kN)	ΣMY(kNm)	VY _i (kNm)	ΣVY(kN)	ΣMX(kNm)
12.Kat	3,00	Spec	1768,94	1768,94	5306,8	2048,72	2048,72	6146,2
11.Kat	3,00	Spec	1616,17	3385,11	10613,6	1916,11	3964,83	18040,6
10.Kat	3,00	Spec	1377,81	4762,92	20769,0	1651,39	5616,22	34889,3
9.Kat	3,00	Spec	1139,62	5902,54	35057,7	1386,32	7002,54	55896,9
8.Kat	3,00	Spec	955,24	6857,78	52765,3	1172,03	8174,56	80420,6
7.Kat	3,00	Spec	825,19	7682,97	73338,7	1006,97	9181,53	107965,2
6.Kat	3,00	Spec	735,40	8418,37	96387,6	877,79	10059,32	138143,2
5.Kat	3,00	Spec	662,54	9080,91	121642,7	766,15	10825,47	170619,6
4.Kat	3,00	Spec	578,18	9659,09	148885,4	646,69	11472,17	205036,1
3.Kat	3,00	Spec	467,11	10126,20	177862,7	507,71	11979,88	240975,7
2.Kat	3,00	Spec	334,83	10461,03	208241,3	355,55	12335,43	277982,0
1.Kat	3,00	Spec	200,60	10661,63	239624,4	209,75	12545,18	315617,6
Zemin	4,00	Spec	89,52	10751,15	282270,9	92,48	12637,65	366168,2

Model-5'te (x-x) doğrultusunda orta katlarda göreceli kat ötelemesi değerlerinin Şekil 10'dan da görülebileceği gibi izin verilen sınırları aşmaktadır.



Şekil 4.10 Model-5 Görelî kat ötelemesi tahkiki

Model-5 için yapılan A1 burulma düzensizliğı tahkiklerinde yapının her iki doğrultuda da A1 burulma düzensizliğıne maruz kaldığı görülmüştür. Her iki doğrultudaki η_{bi} (A1) Burulma düzensizliğı katsayıları en elverişsiz yüklemeler için Tablo 4.16’da verilmiştir

Tablo 4.16 Model-5 (A1) burulma düzensizliğı tahkiki

Kat	H_i (m)	-%5(x-x)	-%5(y-y)
		η_{bi}	η_{bi}
12.Kat	3,00	1,2030	1,2787
11.Kat	3,00	1,2138	1,2381
10.Kat	3,00	1,2129	1,2366
9.Kat	3,00	1,2125	1,2444
8.Kat	3,00	1,2048	1,2464
7.Kat	3,00	1,2071	1,2555
6.Kat	3,00	1,2078	1,2593
5.Kat	3,00	1,2070	1,2656
4.Kat	3,00	1,2162	1,2712
3.Kat	3,00	1,2214	1,2871
2.Kat	3,00	1,2150	1,3086
1.Kat	3,00	1,2329	1,2857
Zemin	4,00	1,2500	1,3143

Tablo 4.17 Model-5 Zemin Kat kapasite hesabında kullanılacak kesit tesirleri

Kat	Kesit	Komb.	P	V2	V3	M2	M3
Zemin	P7	G+Q+E	-308,82	184,53	0,88	5,10	1349,65
Zemin	P29	G+Q+E	-1211,63	223,18	1,08	1,61	1176,35
Zemin	P17	G+Q+E	-1017,89	221,51	1,57	2,45	908,39
Zemin	P1	G+Q+E	-41,30	35,71	2,55	3,91	232,12
Zemin	S1	G+Q+E	-500,51	76,62	0,10	0,42	286,38

4.6 Model-6

Model-6 ‘da Şekil 4.11’de görüldüğü gibi A ve O akslarındaki mevcut taşıyıcıların arasına 350 cm uzunluğunda ek perdeler konularak L perdeler elde edilmiş, yapının burulma rijitliğinin artırılması amaçlanmıştır.. (y-y) doğrultusunda ise Model-4 ve Model-5 ile aynıdır. Model-6 için yapılan statik ve dinamik çözümler sonucunda elde edilen modal periyot ve modal kütle katılım oranları Tablo 4.18’de verilmiştir

Tablo 4.18 Model-6 modal periyot ve modal kütle katılım oranları

Mod	Periyot	UX	UY
1	1,3265	70,93	0,00
2	1,1130	0,15	0,06
3	0,9156	0,00	68,51
4	0,4595	0,00	0,31
5	0,3846	14,53	0,00

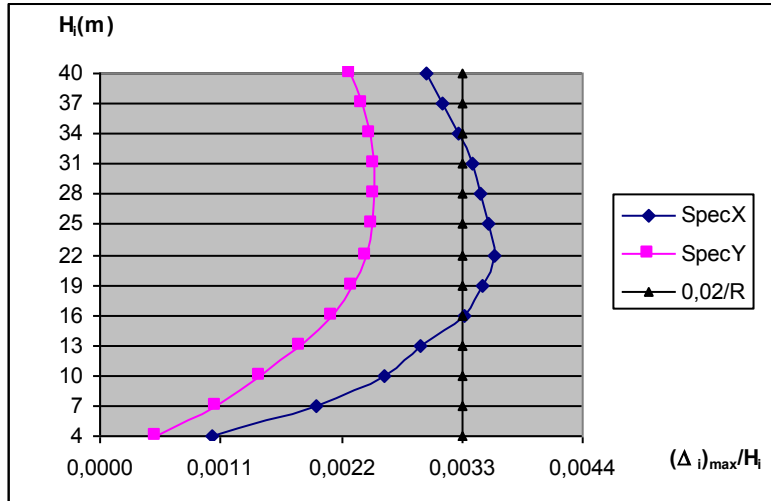
Şekil 4.11 Model-6 kalıp planı

Modal analiz sonucunda bulunan kat kesme kuvvetleri ve devrilme momentleri Tablo 4.19’de verilmiştir.

Tablo 4.19 Model-6 deprem kat kesme kuvvetleri ve devrilme momentleri

Kat	H _i (m)	Yük	VX _i (kN)	ΣVX(kN)	ΣMY(kNm)	VY _i (kNm)	ΣVY(kN)	ΣMX(kNm)
12.Kat	3,00	Spec	1554,00	1554,00	4662,01	2102,87	2102,87	6308,61
11.Kat	3,00	Spec	1439,72	2993,72	13643,16	1987,80	4090,67	18580,63
10.Kat	3,00	Spec	1289,23	4282,95	26492,00	1769,43	5860,10	36160,94
9.Kat	3,00	Spec	1092,25	5375,19	42617,58	1518,59	7378,69	58297,00
8.Kat	3,00	Spec	924,49	6299,69	61516,65	1302,57	8681,26	84340,79
7.Kat	3,00	Spec	794,61	7094,30	82799,54	1120,30	9801,56	113745,48
6.Kat	3,00	Spec	699,16	7793,46	106179,91	963,64	10765,20	146041,08
5.Kat	3,00	Spec	621,95	8415,41	131426,14	821,88	11587,08	180802,32
4.Kat	3,00	Spec	541,02	8956,43	158295,44	677,97	12265,05	217597,47
3.Kat	3,00	Spec	439,10	9395,53	186482,02	521,70	12786,75	255957,71
2.Kat	3,00	Spec	320,49	9716,02	215630,08	361,50	13148,24	295402,45
1.Kat	3,00	Spec	195,32	9911,34	245364,09	211,60	13359,85	335481,99
Zemin	4,00	Spec	87,80	9999,14	285360,64	93,59	13453,43	389295,72

Yapılan tahkikler sonucunda yapının (x-x) doğrultusunda orta katlarında görelî kat ötelenme değerlerinin Şekil 4.12’den de görülebileceğî gibi izin verilen sınırları aşmaktadır.



Şekil 4.12 Model-6 Görelî kat ötelenmesi tahkiki

Yapılan A1 burulma düzensizliği tahkiklerinde yapının her iki doğrultuda da A1 burulma düzensizliğine maruz kaldığı görülmüştür. (x-x) doğrultusunda kenar akslara konulan perdelerle rağmen alt ve üst katlarda burulma düzensizliği olduğu tespit edilmiştir. Her iki doğrultudaki η_{bi} (A1) Burulma düzensizliği katsayıları en elverişsiz yüklemeler için Tablo 4.20’de verilmiştir.

Tablo 4.20 Model-6 (A1) burulma düzensizliği tahkiki

Kat	H _i (m)	-%5(x-x)	-%5(y-y)
		η_{bi}	η_{bi}
12.Kat	3,00	1,3782	1,3118
11.Kat	3,00	1,2836	1,2857
10.Kat	3,00	1,2027	1,2941
9.Kat	3,00	1,1772	1,2762
8.Kat	3,00	1,1779	1,2897
7.Kat	3,00	1,1667	1,2830
6.Kat	3,00	1,1765	1,2885
5.Kat	3,00	1,1687	1,2800
4.Kat	3,00	1,1720	1,2826
3.Kat	3,00	1,1714	1,3000
2.Kat	3,00	1,2066	1,3030
1.Kat	3,00	1,2222	1,3191
Zemin	4,00	1,2881	1,2903

Tablo 4.21 Model-6 Zemin Kat kapasite hesabında kullanılacak kesit tesirleri

Kat	Kesit	Komb.	P	V2	V3	M2	M3
Zemin	P7	G+Q+E	361,99	256,53	-2,16	-2,34	1694,26
Zemin	P29	G+Q+E	-1059,19	342,07	1,37	2,11	1647,53
Zemin	P17	G+Q+E	-360,62	314,70	1,96	2,95	1266,05
Zemin	S1	G+Q+E	-500,51	76,62	0,10	0,42	286,38
Zemin	P21	G+Q+E	680,13	202,38	15,01	10,07	623,05

Aşağıda Tablo 4.22’de Model-3, Model-4, Model-5 ve Model-6’da kesit tesirleri verilen kesitler için yapılan eğilme momenti kapasite hesaplarının oranları verilmiştir.

Tablo 4.22 Zemin Kat kapasite oranları

Kesit	Model- 3	Model- 4	Model- 5	Model- 6
	M_d/M_r	M_d/M_r	M_d/M_r	M_d/M_r
P7	1,27	1,91	1,13	2,29
P29	1,21	0,85	0,84	1,21
P17	1,46	1,04	0,87	1,67
P1	1,23	0,62	0,62	*
S1	1,88	0,52	0,58	0,55
P21	-	-	*	-

P21 kesiti çekme kuvvetine maruz kaldığından dolayı eğilme momenti kapasitesi tüm modellerde sıfırlanmıştır.

(*) Model-5’te P21, Model-6’da P1 kesitleri güçlendirme için eklenen perdelerde uç bölgesi olarak kullanılmıştır.

Değerlendirme

Model-1 ve Model-2 mevcut yapının idealleştirilmesi için, Model-3, Model-4, Model-5 ve Model-6 ise değişik güçlendirmeler için yapılmış çalışmalardır. Yapılan bu çalışmalar sonucunda şu görüşlere varılmıştır.

1. Model-1’de mevcut sisteme eklenen kirişler ile yapının burulma rijitliğinin mevcut yapının burulma rijitliğine göre arttığı ve (A1) Burulma düzensizliği katsayılarının azaldığı görülmüştür.
2. Model-2’de mevcut yapıya eklenen döşemelerle tam bir diyafram oluşturulmuş, bunun sonucunda alt katlarda deplasmanların mevcut yapının deplasmanlarına göre azaldığı, üst katlarda ise arttığı, (x-x) doğrultusundaki burulma düzensizliğinin ortadan kalktığı tespit edilmiştir.
3. Model-3’ün rijitlik ve kesit kapasiteleri bakımından yetersiz olduğu tespit edilmiştir.
4. Model-4’ün kesit kapasiteleri bakımından yetersiz olduğu, (x-x) doğrultusundaki perdelerin mevcut taşıyıcılardan yararlanmadan imal edileceği için pek sağlıklı olmayacağı (uç bölgesi olarak kullanılacak bir kesite bitişik değil), uygulamasının kolay ve ekonomik olmayacağı kanaatine varılmıştır.
5. Model-5’in (x-x) doğrultusunda yeterli rijitliğe sahip olmadığı, kesit kapasitelerinin yetersiz olduğu görülmüş, ekonomik ve kolay uygulanabilir olmadığı görülmüştür.
6. Model-6’da kesitlerin yetersiz olduğu tespit edilmiş, (x-x) doğrultusunda binanın dış akslarına eklenen perdelerin yapı ile tam bütünleşmediği ve deprem yükleri altında bitişikindeki döşemelerde aşırı zorlanma olabileceği düşünülmüştür.

5. GÜÇLENDİRİLMİŞ YAPININ ANALİZİ

5.1 Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Sağlanması Gereken Koşullar

Mevcut yapının taşıyıcı sistem ilavesiyle güçlendirilmesi yapılırken depreme dayanıklı yapı tasarımında dikkat edilmesi ve sağlanması gereken hususlara uyulmuştur. Depreme dayanıklı yapı tasarımında genel eğilim sünek taşıyıcı sistemlerin teşvik edilmesidir. Bunun yanında yatay ve düşey kesitlerde düzenli taşıyıcı sistemin seçimi, elemanların birleşim bölgelerinde gösterilecek özen, taşıyıcı sistemde yatay yerdeğiştirmelerin sınırlandırarak rijitliğin oluşturulması ve bu suretle taşıyıcı olmayan elemanlarda meydana gelebilecek hasarların azaltılması diğer önemli hususlardır [4]. Deprem etkisi dinamik bir etkidir ve yapıya etkisi yer hareketinin özellikleri yanında yapının dinamik özelliklerine (rijitlik, periyod, sönüm vb.) bağlıdır. Aşağıda depreme dayanıklı yapı tasarımının sağlaması gereken 3 koşul olan rijitlik, dayanım ve süneklik hakkında kısaca bilgi verilecektir.

a) Rijitlik

Yatay kuvvetler altında yapıdaki yerdeğiştirmelerin hesabı yanal ötelenme rijitliğinin belirlenmesine bağlıdır. Brüt eleman kesitlerinde ve betonun başlangıç elastiklik modülünden hareket edildiğinde, bulunacak rijitlik yatay yükün çok düşük seviyesi için geçerli olur. Kullanılabilirlik sınır durumundaki rijitlik için, betonun çatlamasının gözönüne alınması uygundur. Yatay kuvvetin büyümesiyle donatıda akma ve donatı ve betonda doğrusal olmayan davranışın hakim duruma geçmesi, rijitliği daha da azaltır. Binada taşıyıcı olmayan elemanlar, taşıyıcı olanlara göre daha az elastiktir ve gevrek bir davranış gösterirler. Rijitliğin artırılması ile katların birbirine göre olan relatif yatay hareketi sınırlandırılarak özellikle taşıyıcı olmayan elemanlarda meydana gelebilecek hasarı kontrol altına almak mümkündür. Bunun yanında özellikle yüksek yapılarda deprem sırasında düşey yüklerin ikinci mertebe etkilerini sınırlı tutmak için yerdeğiştirmelerin sınırlandırılması amacıyla rijitliğin artırılması gerekli olur. Depremde katlararası ardışık yerdeğiştirme büyük olduğu

takdirde hem oluşacak ikinci mertebe momentleri artacak, hem de yapısal olmayan hasarın maliyeti çok artacaktır. Yapılan hesaplar ve deneyler katlararası ardışık yerdeğiştirmenin 0,01'i geçmemesi gerektiğini göstermektedir. Doğrusal analiz yapıldığında ve yönetmeliğin öngördüğü yükler kullanıldığında, katlararası ardışık yerdeğiştirmesi aşağıdaki sınırları aşmamalıdır [4,5].

$$\delta_i \leq 0,0035h_i$$

$$\delta_i \leq 0,02h_i/R$$

b) Dayanım

Seçilen bir deprem etkisine karşı taşıyıcı sistemin gerekli dayanıma sahip olması boyutlamanın esasını teşkil eder. Dayanımın sağlanması sadece kesitte gerekli olan donatının bulunması değildir. Gerekli donatının bulunması ile birlikte, donatının aderansının sağlanması, gerekli kenetlenme boyuna sahip olacak şekilde başlangıç ve bitiş yerlerinin seçilmesi ve betonun yerleştirilmesini zorlaştıracak donatı düzenlerinden kaçınılması da, dayanımın oluşması için gereklidir. Ayrıca, konstrüktif kurallara uyulması da öngörülen dayanımın oluşmasında önemli bir yer tutar [4].

c) Süneklik

Yapıda büyük hasarların ve toptan göçmenin önlenmesi, taşıyıcı sistemin yatay yük dayanımının büyük bir kısmını büyük elastik ötesi yerdeğiştirmelerde de koruması ile mümkündür. Taşıyıcı sistemin veya elemanlarının veya kullanılan malzemenin elastik ötesi davranışta da dayanımının önemli bir kısmını sürdürme özelliği süneklik olarak isimlendirilir. Sünek kavramı büyük şekil ve yerdeğiştirme yapabilme, tekrarlı yükler altında enerji söndürebilme özelliğini de içerir. Enerjinin büyük bir yüzdesi oluşan plastik mafsallarda tüketilir. Süneklik taşıma gücünde önemli bir azalma olmadan enerji tüketebilme yeteneğidir. [1]'de yapı elemanlarının sünek davranarak yeterli enerjiyi tüketebilecekleri varsayımı ile, hesaplanan deprem kuvvetleri R deprem yükü azaltma katsayıları ile azaltılmaktadır. Taşıyıcı sistemin sünek davranış göstermesi için kullanılan malzemeler sünek olmalıdır. Donatının kopma gerilmesinin öngörülen değeri sağlaması yanında kopma uzamasının da yönetmelikte verilen sınırın altına düşmemesi gerekir. Bunun yanında donatının basınç gerilmeleri altında da sünek davranış gösterebilmesi için burkulmaya karşı korunmuş olması önemlidir. Beton esas olarak basınç gerilmeleri taşır ve en büyük

kısalması sınırlı bir değere sahiptir. Betonun bu değerini artırmak için kiriş ve kolonlarda kancaları betona kenetlenmiş sık etriye düzeni kullanılabilir.

Genel olarak sünekliğin sağlanabilmesi için aşağıdaki koşullara dikkat edilmelidir.

- Kiriş ve kolon uçları sık ve kapalı etriyelerle sarılmalıdır.
- Yönetmelikteki kenetlenme ve bindirme boylarına uyulmalıdır.
- Kiriş ve kolonlarda kapasite dizaynı yapılarak kesme kırılması önlenmelidir.
- Yönetmelikte öngörülen donatı sınırlarına uyulmalıdır [4,5]

5.2 Mevcut Yapının Güçlendirilmesi

Bölüm 3’te yapılan inceleme ve karşılaştırmalar sonucunda binanın olası büyük bir depremde yeterli güvenliği sağlayamayacağı ve güçlendirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

İncelenen binanın yanal ötelenme rijitliği yetersiz olduğundan, mevcut projenin incelenmesinden elde edilen bilgilerden kolon ve kiriş uç bölgelerinde yeterli sünekliği sağlayacak donatı yerleşiminin mevcut olmadığı görüldüğünden ve kesitlerin moment taşıma kapasitelerinin yetersiz olduğunun tespit edilmesinden sonra yapının güçlendirilmesi gerektiğine ve depremden dolayı oluşacak kuvvetleri karşılayacak yeni elemanlar ilave edilerek taşıyıcı sistem iyileştirilmesine karar verilmiştir.

Sistem iyileştirmede temel ilke, bazı çerçevelerin kuvvetlendirilip, rijitleştirilmesidir. Bu işlem belirli çerçevelere konulacak çelik çaprazlarla veya dolgu duvarlarla sağlanabilir. Dolgu duvarlar, prefabrik panolardan, yerinde dökme betonarmeden veya benzeri başka yöntemlerle yapılabilir. Tüm durumlarda dolgu ile çerçevenin bir perde oluşturabilmesi için, dolgu ile çerçeve elemanın bütünleşik bir şekilde yapının davranışına katılması gerekir, [5]. İncelenen bina, yerinde dökme betonarme dolgu duvar yani perde duvarlarla iyileştirilecektir.

Yatay yük taşıyıcı perde yerlerinin seçimi;

Perde duvar elemanları yerleştirilirken aşağıdaki hususlara dikkate edilmeye çalışılmıştır.

- Perde duvarlar planda yerleştirilirken mümkün olduğunca simetrik yerleştirilmelidir.
- Yapının burulma rijitliğini arttırması bakımından mümkün olduğunca planda, kenar akslara yerleştirilmelidir.
- Yatay kuvvetlerin döşemelerden güvenli bir şekilde perde elemanlara aktarılabilmesi için boşlukların olduğu yerlerden mümkün olduğunca kaçınılmalıdır.
- Perde duvarlar özellikle burulmanın önemli olduğu yapılarda her iki doğrultuda da mevcut olmalıdır. Çünkü yapının burulma rijitliğini önemli ölçüde arttırmaktadır.

- Perde duvarlar mümkün olduğunca mevcut düşey taşıyıcıların arasına konmalıdır.

Perde doğrultuları aynı bir noktadan geçmemeli veya buna yakın durumlar oluşturulmamalıdır. Aksi takdirde burulma etkilerini karşılama bakımından sistem kararsız bir davranış gösterir.

İncelenen yapıda daha önce de belirtildiği üzere yapının davranışını ve deprem yüklerinin taşıyıcı elemanlara aktarılmasını olumsuz yönde etkileyen çerçeve süreksizlikleri ve döşeme boşlukları bulunmaktadır. Bu olumsuzluklar da gözönünde bulundurularak Şekil 5.1’de görüldüğü gibi G ve I akslarına mevcut taşıyıcı elemanlar arasına (x-x) doğrultusunda, 6 ve 10 akslarına yine mevcut taşıyıcı elemanlar arasına (y-y) doğrultusunda perde duvarlar eklenmiş, mevcut taşıyıcı elemanlar 4 tarafından mantolanmış ve hem sistemin burulma rijitliğini artırmak hem de oluşturulan yeni perdelerle uç bölgesi teşkil etmek için perdelerle dik çıkmalar verilmiştir. Döşeme boşlukları $h_f = 12,00$ cm kalınlığında plak döşemeler ile doldurulmuş ve çerçeveler ek kirişler ile sürekli bir hale getirilmiştir. Bu güçlendirme modeli seçilirken şunlar amaçlanmıştır :

- a) Yapıdaki döşeme boşluklarının giderilerek döşemelerin tam bir diyafram olarak çalışması, deprem yüklerini güvenli bir şekilde taşıyıcı elemanlara aktarması, yapının ortasında yer alan döşemenin deprem etkisinde aşırı zorlanmasının önlenmesi,
- b) Oluşturulacak ek perdelerde eklenen döşemelerden gelecek normal kuvvetten yararlanılması,
- c) Çerçeve sürekliliğinin sağlanması, burulma rijitliğinin artırılması,
- d) Ek perdelerin imal edilmesinin kolay ve ekonomik olması, mevcut taşıyıcı elemanlardan yararlanılması ve perde uç bölgesi teşkil etme imkanının olması,
- e) Ek perdelerin altına yapılacak yeni temelin Bölüm-4’te incelenen modellere göre daha sağlıklı, kolay uygulanabilir ve daha ekonomik olması,
- f) Sistem her iki doğrultuda da büyük oranda simetrik olduğundan sistemin burulmasına sebep olmamak için ek perdelerin simetrik yerleştirilmesi,
- g) Eklenen perde duvarlar komşu katlar arası dayanım düzensizliğine (zayıf kat) sebep olmamak için tüm katlar boyunca devam ettirilmesi.

Şekil 5.2’de güçlendirilmiş yapının 3 boyutlu görünüşü verilmiştir. Tablo ve şekillerde güçlendirilmiş yapı kısaca G.M. olarak gösterilecektir.

Şekil 5.1 Güçlendirilmiş yapı kalıp planı

Şekil 5.2 Güçlendirilmiş yapının 3 boyutlu görünüşü

5.3 1997 Deprem Yönetmeliği'ne Göre Güçlendirilmiş Yapının Çözümlemesi

Şekil 5.1'de çözümlemede modellenen matematik modeli, Ek-5a'da kalıp planı verilen güçlendirilmiş sistemin statik ve dinamik çözümlemeleri Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılmıştır.

Çözümlemelerde zemin ve yapıya ait aşağıdaki karakteristik değerler kullanılmıştır :

Deprem bölgesi : 1

$A_o = 0,40g$

$I = 1,00$

$n = 0,30$ (hareketli yük azaltma katsayısı)

$R = 6,0$

Zemin grubu : Z4 ($T_A = 0,20$ sn, $T_B = 0,90$ sn)

5.3.1 Deprem yükünün hesaplanması

Güçlendirilmiş yapı yukarıda verilen karakteristik değerler altında güçlendirilmiş yapı modellenmiş, statik ve dinamik çözümlemeleri yapılmıştır. Çözümlemeler sonucu her iki doğrultuda [1]'de belirtilen yeterli modal kütle katılım oranı olan %90, (x-x) doğrultusu için 8. modda, (y-y) doğrultusu için 10. modda sağlanmış ve 10 mod çözümler için yeterli kabul edilmiştir. Bu çözümlemelere ait modal periyot ve modal kütle katılım oranları aşağıda Tablo 5.1'de, her katın ve yapının toplam ağırlığı toplam Tablo 5.2'de verilmiştir.

Tablo 5.1 G.M. modal periyot ve modal kütle katılım oranları

Mod	Periyot	UX	UY	ΣUX	ΣUY	ΣRX	ΣRY	ΣRZ
1	1,2008	60,14	0,01	60,14	0,01	0,01	85,15	10,41
2	1,1714	9,68	0,08	69,82	0,09	0,13	98,85	75,30
3	1,0433	0,00	68,41	69,82	68,49	98,49	98,85	75,39
4	0,3605	0,03	0,00	69,85	68,50	98,49	98,86	88,07
5	0,3162	16,25	0,00	86,11	68,50	98,49	99,59	88,09
6	0,2605	0,00	17,30	86,11	85,79	99,58	99,59	88,09
7	0,1870	0,00	0,00	86,11	85,80	99,58	99,59	93,16
8	0,1463	6,42	0,00	92,52	85,80	99,58	99,91	93,16
9	0,1198	0,00	0,00	92,52	85,80	99,58	99,91	95,92
10	0,1183	0,00	6,55	92,52	92,35	99,90	99,91	95,92

Tablo 5.1'den takip edilebileceği gibi (x-x) doğrultusunda en fazla etkin kütle katılımı (%60,14) 1. modda, (y-y) doğrultusunda en fazla etkin kütle katılımı (%68,41) 3. modda olmaktadır. Bu nedenle (x- x) doğrultusunda hakim periyot olarak 1. mod periyodu ($T_1 = 1,2008$ sn), (y- y) doğrultusunda hakim periyot olarak

3. mod periyodu ($T_1 = 1,0433$ sn), alınarak Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Mod Birleştirme Yöntemi taban kesme kuvvetleri karşılaştırılacak ve [1]'de belirtilen koşullar altında gerekirse tüm iç kuvvet ve deplasmanlar artırılacaktır.

Yapının deprem yükü hesabında kullanılacak toplam ağırlığı, W , Tablo 5.2'den Denk.(3.1)'e göre hesaplanarak,

$$W = 89443,13 \text{ kN}$$

bulunmuştur. Her iki deprem doğrultusu için eşdeğer deprem yükü yöntemi ile hesaplanan toplam taban kesme kuvvetleri;

$$(V_t)_x = 11844,89 \text{ kN}$$

$$(V_t)_y = 13253,02 \text{ kN}$$

olarak hesaplanmış ve mod birleştirme yöntemi ile hesaplanan toplam taban kesme kuvvetlerinin (V_{tb}) her iki doğrultu için de yetersiz oldukları görülmüştür. Yapıda A1-Burulma düzensizliği olduğundan $B=1.00$ alınarak tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri Denk. (3.4)'e göre,

$$(x-x) \text{ doğrultusunda } \%36,85$$

$$(y-y) \text{ doğrultusunda } \%39,40$$

oranında artırılmış, tüm deplasman, düzensizlik, kapasite ve betonarme hesaplar ve tahkikler bu artırılmış yükler altında yapılmıştır. Her iki doğrultuya ait artırılmış kat deprem yükleri ve devrilme momentleri Tablo 5.3'te verilmiştir.

Tablo 5.2 G.M.'e etkiyen düşey yükler

Kat	Yük	Yer	P(kN)	MX(kNm)	MY (kNm)
12.Kat	G	Üst	5043,42	63565,74	-60917,78
12.Kat	G	Alt	6497,06	81891,21	-78446,93
12.Kat	Q	Üst	1075,76	13560,92	-12993,68
12.Kat	Q	Alt	1075,76	13560,92	-12993,68
11.Kat	G	Üst	11540,48	145456,94	-139364,72
11.Kat	G	Alt	12994,13	163782,41	-156893,87
11.Kat	Q	Üst	2151,43	27121,84	-25987,35
11.Kat	Q	Alt	2151,43	27121,84	-25987,35
10.Kat	G	Üst	18037,55	227348,15	-217811,66
10.Kat	G	Alt	19491,19	245673,63	-235340,80
10.Kat	Q	Üst	3227,20	40682,76	-38981,03
10.Kat	Q	Alt	3227,20	40682,76	-38981,03
9.Kat	G	Üst	24526,37	309135,54	-296158,88
9.Kat	G	Alt	25991,79	327609,34	-313830,46
9.Kat	Q	Üst	4302,86	54243,68	-51974,69
9.Kat	Q	Alt	4302,86	54243,68	-51974,69
8.Kat	G	Üst	31026,97	391071,25	-374648,54
8.Kat	G	Alt	32492,39	409545,04	-392320,13
8.Kat	Q	Üst	5378,63	67804,60	-64968,37
8.Kat	Q	Alt	5378,63	67804,60	-64968,37
7.Kat	G	Üst	37482,24	472435,89	-452589,80
7.Kat	G	Alt	39065,38	492392,96	-471685,80
7.Kat	Q	Üst	6454,39	81365,52	-77962,05
7.Kat	Q	Alt	6454,39	81365,52	-77962,05
6.Kat	G	Üst	44055,24	555283,81	-531955,49
6.Kat	G	Alt	45638,38	575240,88	-551051,49
6.Kat	Q	Üst	7530,06	94926,45	-90955,72
6.Kat	Q	Alt	7530,06	94926,45	-90955,72
5.Kat	G	Üst	50599,39	637762,15	-610986,19
5.Kat	G	Alt	52242,86	658488,23	-630826,04
5.Kat	Q	Üst	8605,82	108487,36	-103949,40
5.Kat	Q	Alt	8605,82	108487,36	-103949,40
4.Kat	G	Üst	57194,65	720888,05	-690644,71
4.Kat	G	Alt	58851,27	741787,61	-710650,32
4.Kat	Q	Üst	9681,49	122048,28	-116943,07
4.Kat	Q	Alt	9681,49	122048,28	-116943,07
3.Kat	G	Üst	63780,40	803898,81	-770201,18
3.Kat	G	Alt	65476,85	825303,40	-790712,24
3.Kat	Q	Üst	10757,25	135609,20	-129936,75
3.Kat	Q	Alt	10757,25	135609,20	-129936,75
2.Kat	G	Üst	70405,98	887414,60	-850263,10
2.Kat	G	Alt	72102,32	908819,19	-870774,17
2.Kat	Q	Üst	11833,02	149170,12	-142930,42
2.Kat	Q	Alt	11833,02	149170,12	-142930,42
1.Kat	G	Üst	77010,85	970670,82	-930075,76
1.Kat	G	Alt	79010,33	995893,59	-954253,50
1.Kat	Q	Üst	12908,68	162731,05	-155924,09
1.Kat	Q	Alt	12908,68	162731,05	-155924,09
Zemin	G	Üst	83918,86	1057745,23	-1013555,08
Zemin	G	Alt	86584,73	1091375,60	-1045792,07
Zemin	Q	Alt	13984,45	176291,96	-168917,77

Tablo 5.3 G.M. artırılmış kat kesme kuvvetleri ve devrilme momentleri

Kat	H _i (m)	Yük	VX _i (kN)	ΣVX(kN)	ΣMY(kNm)	VY _i (kN)	ΣVY(kN)	ΣMX(kNm)
12.Kat	3,00	Spec	1916,87	1916,87	5750,64	2159,48	2159,48	6478,35
11.Kat	3,00	Spec	1779,73	3696,60	16821,23	2012,33	4171,80	18973,29
10.Kat	3,00	Spec	1460,61	5157,22	32201,92	1661,72	5833,52	36376,80
9.Kat	3,00	Spec	1226,15	6383,37	51105,75	1401,65	7235,17	57823,87
8.Kat	3,00	Spec	1069,88	7453,25	72989,42	1222,03	8457,20	82705,27
7.Kat	3,00	Spec	950,00	8403,25	97470,75	1075,08	9532,28	110567,82
6.Kat	3,00	Spec	838,07	9241,31	124239,69	935,29	10467,56	141025,97
5.Kat	3,00	Spec	715,64	9956,95	152969,79	787,74	11255,31	173675,57
4.Kat	3,00	Spec	606,65	10563,60	183348,28	658,25	11913,56	208136,93
3.Kat	3,00	Spec	504,14	11067,74	215082,69	537,20	12450,75	244057,31
2.Kat	3,00	Spec	392,40	11460,14	247901,89	409,96	12860,71	281115,51
1.Kat	3,00	Spec	259,47	11719,61	281533,86	266,24	13126,96	319003,53
Zemin	4,00	Spec	125,27	11844,89	327164,27	126,06	13253,02	370302,26

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) :

İncelenen yapı 1997 Deprem Yönetmeliği'nde belirtilen deprem yüklerinin, çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar sınıfına girmekte ve eklenecek perde duvarlarda süneklik düzeyi yüksek sistemlere ait koşullara uyulacaktır. R deprem yükü azaltma katsayısı yönetmelikte süneklik düzeyi yüksek sistemler için 7 olarak belirtilmektedir. Fakat incelenen yapı mevcut bir yapı olduğundan ve bir güçlendirme hesabı söz konusu olduğunda R katsayısı 4 - 6 değerleri arasında seçilmelidir [6]. İncelenen yapıda R deprem yükü azaltma katsayısı,

R = 6 alınmış ve çözümler bu değere göre yapılmıştır.

Aşağıda [1]'de R=7 alınabilmesi koşulunun sağlanıp sağlanmadığı irdelenmiştir. R=7 katsayısının kullanılabilmesi için, boşluksuz perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen eğilme momentlerinin toplamı, binanın tümü için tapanda meydana gelen toplam devrilme momentinin %75'inden daha fazla olmayacaktır ($\alpha_m \leq 0,75$).

Komb.	ΣM (kNm)
G+Q+E(X)	279115,276
G+Q+E(Y)	293245,939

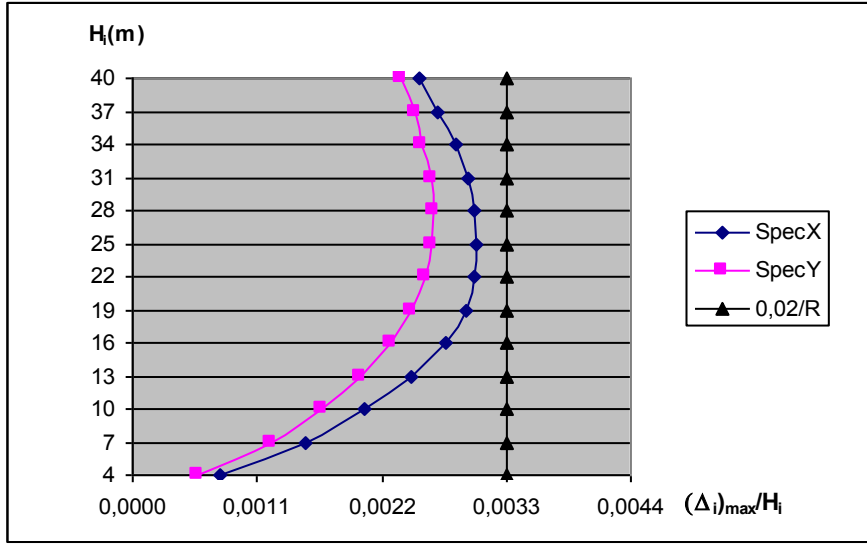
XX Perdeleri	ΣMY = 101678,931 kNm	$\alpha_m = 0,364$	< 0,75
YY Perdeleri	ΣMX = 136350,752 kNm	$\alpha_m = 0,465$	< 0,75

Yukarıda kısaca gösterildiği gibi incelenen sistem R = 7 alınabilme koşulunu sağlamaktadır.

5.3.2 Deplasman ve düzensizliklerin tahkiki

5.3.2.1 Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması

Artırılmış yükler altında yapılan tahkikler sonucunda herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden görelî kat ötelemesi, Δ_i 'nin kat içindeki en büyük değeri $(\Delta_i)_{\max}$ tüm katlarda izin verilen sınırlar içinde kalmaktadır. Aşağıda Şekil 5.3'te görelî kat ötelemelerinin kat yüksekliğine oranlarının maksimum değerleri $((\Delta_i)_{\max}/h_i)$ ve sınır değerleri gösterilmiştir.



Şekil 5.3 G.M. Görelî kat ötelemelerinin tahkiki

Şekil 5.3'te açıkça görülebileceği gibi her iki doğrultuda da yapının yanal ötelenme rijitliği yeterlidir. Ek perde duvarları ile yapının rijitliği yeterince artırılmış ve kat deplasmanları azaltılarak izin verilen sınırlar içinde tutulmuştur.

5.3.2.2 (A1)-burulma düzensizliği:

Güçlendirilmiş yapının çözümlemeleri sonucu yapılan A1-Burulma düzensizliği tahkiklerinde deprem yüklerinin kütle merkezine etkimesi halinde yapıda A1 düzensizliğinin olmadığı tespit edilmiştir. A1-Burulma düzensizliğinin kütle merkezi %5 kaydırılarak yapılan ek dışmerkez yüklemelerde ve alt katlarda meydana geldiği tespit edilmiştir. Güçlendirilmiş sisteme (G.M.) ait en elverişsiz yüklemeler olan $\%5B_x$ ve $\%5B_y$ yüklemelerinden elde edilen A1 düzensizliği katsayıları η_{bi} , aşağıda aynı yüklemelere ait mevcut sistem η_{bi} katsayıları ile birlikte Tablo 5.4'te verilmiştir.

Tablo 5.4 G.M. ve Mevcut Sistem (A1) burulma düzensizliği tahkiki

Kat	H _i (m)	Güçlendirilmiş Sistem		Mevcut Sistem	
		-%5(x-x)	-%5(y-y)	-%5(x-x)	-%5(y-y)
		η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}	η_{bi}
12.Kat	3,00	1,1311	1,1017	1,2907	1,3185
11.Kat	3,00	1,1349	1,0984	1,2683	1,3082
10.Kat	3,00	1,1392	1,1181	1,2583	1,3016
9.Kat	3,00	1,1352	1,1318	1,2555	1,2995
8.Kat	3,00	1,1394	1,1343	1,2500	1,2975
7.Kat	3,00	1,1433	1,1515	1,2469	1,3020
6.Kat	3,00	1,1566	1,1603	1,2384	1,3050
5.Kat	3,00	1,1596	1,1746	1,2436	1,3098
4.Kat	3,00	1,1697	1,1966	1,2384	1,3198
3.Kat	3,00	1,1803	1,1923	1,2446	1,3246
2.Kat	3,00	1,1950	1,2184	1,2414	1,3367
1.Kat	3,00	1,2264	1,2500	1,2414	1,3419
Zemin	4,00	1,2245	1,2821	1,2278	1,3333

Tablo 5.4’te görüldüğü gibi güçlendirilmiş sistemde her iki doğrultuda da A1 burulma düzensizliği katsayıları mevcut sisteme göre çok azalmış, sadece alt katlarda yeterince bir iyileştirme sağlanamamıştır. Bunun sebebi ise yapının her iki yönde de tamamen simetrik olmamasıdır. Burulma düzensizliğinin azalması ile yapının burulmadan doğacak ek zorlanmalara maruz kalması büyük oranda önlenmiştir.

Diğer düzensizlikler ise;

- Ek döşemeler ile yapının A2 döşeme süreksizliği giderilmiş,
- Ek perdeler tüm katlarda devam ettirilerek B1-Komşu katlar arası dayanım düzensizliğine (Zayıf kat) meydan verilmemiş,
- B2- Komşu katlar arası rijitlik düzensizliğinin (Yumuşak kat) olmadığı tespit edilmiştir.

5.5 Ek Kirişlerin Betonarme Hesabı

Ek betonarme kirişlerin hesabı fazla ayrıntıya girmeden yapılacaktır. Ek-5a'da gösterilen K1(35/90) ve K2(50/60) kirişlerine ait en elverişsiz iç kuvvetler Tablo 5.5'te verilmiştir.

Tablo 5.5 Kiriş iç kuvvetleri

Kat	Kiriş	Komb.	Yer	P(KN)	V2(KN)	M3(KNm)
5.Kat	K1	G+Q+E(X)	0,00	-11,576	521,196	757,350
5.Kat	K1	G+Q+E(X)	0,47	-11,576	529,733	512,188
5.Kat	K1	G+Q+E(X)	0,93	-11,576	539,141	262,802
5.Kat	K1	G+Q+E(X)	1,40	-11,576	548,636	8,981
5.Kat	K1	G+Q+E(X)	1,87	-11,576	558,132	262,297
5.Kat	K1	G+Q+E(X)	2,33	-11,576	567,627	511,195
5.Kat	K1	G+Q+E(X)	2,80	-11,576	576,164	755,852
5.Kat	K1	G+Q-E(X)	0,00	-12,557	-575,119	-777,421
5.Kat	K1	G+Q-E(X)	0,47	-12,557	-566,582	-510,995
5.Kat	K1	G+Q-E(X)	0,93	-12,557	-557,086	-248,794
5.Kat	K1	G+Q-E(X)	1,40	-12,557	-547,591	8,964
5.Kat	K1	G+Q-E(X)	1,87	-12,557	-538,096	-249,291
5.Kat	K1	G+Q-E(X)	2,33	-12,557	-528,688	-511,979
5.Kat	K1	G+Q-E(X)	2,80	-12,557	-520,151	-778,910
5.Kat	K1	1,4G+1,6Q	0,00	-17,266	-38,417	-14,330
5.Kat	K1	1,4G+1,6Q	0,47	-17,266	-26,308	0,828
5.Kat	K1	1,4G+1,6Q	0,93	-17,266	-12,806	9,957
5.Kat	K1	1,4G+1,6Q	1,40	-17,266	0,784	12,762
5.Kat	K1	1,4G+1,6Q	1,87	-17,266	14,286	9,251
5.Kat	K1	1,4G+1,6Q	2,33	-17,266	27,789	-0,584
5.KAT	K1	1,4G+1,6Q	2,80	-17,266	39,898	-16,447
5.KAT	K2	G+Q+E(Y)	0,00	-13,44	395,93	408,87
5.KAT	K2	G+Q+E(Y)	0,50	-13,44	404,07	208,93
5.KAT	K2	G+Q+E(Y)	1,00	-13,44	413,88	4,49
5.Kat	K2	G+Q+E(Y)	1,50	-13,44	423,69	209,45
5.Kat	K2	G+Q+E(Y)	2,00	-13,44	431,93	409,90
5.Kat	K2	G+Q-E(Y)	0,00	-14,03	-433,01	-420,01
5.Kat	K2	G+Q-E(Y)	0,50	-14,03	-424,77	-205,50
5.Kat	K2	G+Q-E(Y)	1,00	-14,03	-414,96	4,49
5.Kat	K2	G+Q-E(Y)	1,50	-14,03	-405,15	-204,98
5.Kat	K2	G+Q-E(Y)	2,00	-14,03	-396,91	-418,97
5.Kat	K2	1,4G+1,6Q	0,00	-19,62	-26,39	-7,94
5.Kat	K2	1,4G+1,6Q	0,50	-19,62	-14,72	2,43
5.Kat	K2	1,4G+1,6Q	1,00	-19,62	-0,78	6,39
5.Kat	K2	1,4G+1,6Q	1,50	-19,62	13,24	3,17
5.Kat	K2	1,4G+1,6Q	2,00	-19,62	24,92	-6,46

5.6 Ek Perdelerin Betonarme Hesabı

Güçlendirilmiş yapının artırılmış deprem yükleri altında yapılan çözümlemeler sonucu oluşturulan yeni perde duvarlara ait en elverişsiz iç kuvvetler Tablo 5.6'da verilmiştir. Betonarme hesap BIAXIAL programı ile yapılacaktır.

Tablo 5.6 Güçlendirme perdeleri iç kuvvetleri

Kat	Kesit	Komb.	Yer	P (kN)	V2(kN)	V3(kN)	M2 (kNm)	M3 (kNm)
Zemin	EP1	G+Q+E(X)	Üst	-3660,60	2171,93	113,80	509,11	15682,67
Zemin	EP1	G+Q+E(X)	Alt	-3431,05	2154,96	89,76	711,15	22949,60
Zemin	EP1	G+Q-E(X)	Üst	-4633,95	-2210,29	-45,03	-546,15	-15561,53
Zemin	EP1	G+Q-E(X)	Alt	-5252,76	-2174,09	-161,57	-769,72	-23077,50
Zemin	EP4	G+Q+E(X)	Üst	-3203,95	2186,45	112,91	511,11	15561,50
Zemin	EP4	G+Q+E(X)	Alt	-2759,65	2152,22	85,45	710,46	22981,27
Zemin	EP4	G+Q-E(X)	Üst	-5072,55	-2160,16	-42,77	-543,24	-15832,93
Zemin	EP4	G+Q-E(X)	Alt	-5906,40	-2144,86	-155,68	-760,14	-23051,18
Zemin	EP5	G+Q+E(X)	Üst	-3547,10	2133,68	57,98	557,78	15709,78
Zemin	EP5	G+Q+E(X)	Alt	-3116,93	2117,78	146,66	729,89	22710,83
Zemin	EP5	G+Q-E(X)	Üst	-4748,04	-2168,11	-130,87	-521,49	-15570,52
Zemin	EP5	G+Q-E(X)	Alt	-5562,17	-2132,99	-75,93	-678,17	-22795,31
Zemin	EP8	G+Q+E(X)	Üst	-3240,34	2163,99	54,25	551,88	15516,27
Zemin	EP8	G+Q+E(X)	Alt	-2741,11	2129,95	145,09	730,49	22740,54
Zemin	EP8	G+Q-E(X)	Üst	-5055,09	-2136,32	-124,49	-519,62	-15767,11
Zemin	EP8	G+Q-E(X)	Alt	-5944,47	-2121,22	-74,56	-680,27	-22783,12
Zemin	EP2	G+Q+E(Y)	Üst	-3376,60	2332,92	28,15	1500,02	18561,83
Zemin	EP2	G+Q+E(Y)	Alt	-2809,88	2211,08	43,56	1902,71	25655,97
Zemin	EP2	G+Q-E(Y)	Üst	-6514,33	-2264,44	-34,83	-1476,20	-19077,05
Zemin	EP2	G+Q-E(Y)	Alt	-7431,37	-2206,96	-14,32	-1861,88	-26043,99
Zemin	EP3	G+Q+E(Y)	Üst	-3279,09	2415,61	38,46	1497,15	18768,19
Zemin	EP3	G+Q+E(Y)	Alt	-2634,28	2293,09	10,50	1969,65	25994,52
Zemin	EP3	G+Q-E(Y)	Üst	-6530,42	-2341,45	-31,78	-1509,78	-19232,70
Zemin	EP3	G+Q-E(Y)	Alt	-7517,99	-2282,98	-39,24	-1990,74	-26327,36
Zemin	EP6	G+Q+E(Y)	Üst	-3294,79	2255,42	28,25	1484,24	18892,84
Zemin	EP6	G+Q+E(Y)	Alt	-2719,63	2198,72	42,97	1889,07	25827,08
Zemin	EP6	G+Q-E(Y)	Üst	-6504,42	-2340,67	-35,51	-1493,93	-18765,89
Zemin	EP6	G+Q-E(Y)	Alt	-7420,77	-2218,53	-13,54	-1889,41	-25869,14
Zemin	EP7	G+Q+E(Y)	Üst	-3275,46	2335,66	38,46	1505,10	19093,11
Zemin	EP7	G+Q+E(Y)	Alt	-2635,26	2277,98	10,50	1970,36	26176,18
Zemin	EP7	G+Q-E(Y)	Üst	-6552,49	-2417,77	-31,29	-1499,68	-18910,72
Zemin	EP7	G+Q-E(Y)	Alt	-7536,24	-2294,66	-39,93	-1976,19	-26156,45

Tablo 5.6'da verilen iç kuvvetlerden en elverişsiz olan iç kuvvetler altında Zemin katta bulunan perde duvarların betonarme hesabı yapılacaktır. Perdeler süneklik düzeyi yüksek olarak ve 1997 Deprem Yönetmeliği'ne uygun olarak donatılacaktır. 1997 Deprem Yönetmeliği'ne göre süneklik düzeyi yüksek olan perdeler için verilmiş olan koşullar incelenirse;

Enkesit Koşulları

- Perdeler, planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az yedi olan düşey taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Aşağıda belirtilen özel durum dışında perde kalınlığı, kat yüksekliğinin 1/15'inden ve 200 mm'den az olmayacaktır. Ancak $H_w / l_w > 2.0$ olan perdelerde, aşağıda 5.2'de tanımlanan kritik perde yüksekliği boyunca perde kalınlığı, kat yüksekliğinin 1/12'sinden az olmayacaktır.
- Deprem yüklerinin tümünün bina yüksekliği boyunca sadece perdeler tarafından taşındığı binalarda, Denklem (5.1) ile verilen koşulların her ikisinin de sağlanması durumunda perde duvar kalınlığı, binadaki en yüksek katın yüksekliğinin 1/20'sinden ve 150 mm'den az olmayacaktır.

$$\sum A_g / \sum A_p \geq 0.002 \quad (5.1a)$$

$$V_t / \sum A_g \leq 0.5 f_{ctd} \quad (5.1b)$$

Denklem (5.1), bodrum katlarının çevresinde çok rijit betonarme perdelerin bulunduğu binalarda zemin kat düzeyinde, diğer binalarda ise temel üst kotu düzeyinde uygulanacaktır.

$\sum A_p$	(x-x) Doğrultusu			(y-y) Doğrultusu		
	$\sum A_g$	$\sum A_g / \sum A_p$	$V_t / \sum A_g$	$\sum A_g$	$\sum A_g / \sum A_p$	$V_t / \sum A_g$
6183,32 m ²	14,9875 m ²	0,00242	790,00	18,8786 m ²	0,00305	700,00

Perde kalınlığı için kat yüksekliğinin 1/15'inden az olamaz koşulu uygulandığında, Zemin Kat için $400/15=26,67 \text{ cm} < 35 \text{ cm}$ sağlanmaktadır.

Ancak $H_w / l_w > 2.0$ olan perdelerde 5.2'de tanımlanan kritik perde yüksekliği boyunca kat yüksekliğinin 1/12'sinden az olamaz koşulu uygulanmalıdır.

$400/12=33,33 \text{ cm} < 35 \text{ cm}$ sağlanmaktadır.

Perde Uç Bölgeleri ve Kritik Perde Yüksekliği

- $H_w / l_w > 2.0$ olan perdelerin planda her iki ucunda perde uç bölgeleri oluşturulacaktır. Perde uç bölgeleri, perdenin kendi kalınlığı içinde oluşturulabileceği gibi, perdeye birleşen diğer bir perdenin veya perdenin ucunda genişletilmiş bir kesitin içinde de düzenlenebilir.
- Temel üstünden itibaren kritik perde yüksekliği, $2l_w$ değerini aşmamak üzere, aşağıda verilen koşulların elverişsiz olanını sağlayacak biçimde belirlenecektir.

$$H_{cr} \geq l_w \quad (5.2a)$$

$$H_{cr} \geq H_w / 6 \quad (5.2b)$$

Bodrum katlarında rijitliği üst katlara oranla çok büyük olan betonarme çevre perdelerinin bulunduğu ve bodrum kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, H_w ve H_{cr} büyüklükleri zemin kat döşemesinden itibaren yukarıya doğru gözönüne alınacaktır.

İncelenen yapıda bodrum kat bulunmadığı için H_w ve H_{cr} büyüklükleri zemin kat döşemesinden itibaren yukarıya doğru gözönüne alınacaktır.

Toplam yüksekliği = 40,00 m ($H_w = 40,00$ m)

EP1, EP4, EP5, EP8 ($l = 440$ cm) perdeleri için kritik perde yüksekliği

$$2 \times 440 > H_{cr} > 440$$

$$2 \times 440 > H_{cr} > 4000/6$$

$$H_{cr} = 700 \text{ cm (Zemin ve 1. Kat boyunca)}$$

EP2, EP3, EP6, EP7 ($l = 550$ cm) perdeleri için kritik perde yüksekliği

$$2 \times 550 > H_{cr} > 550$$

$$2 \times 550 > H_{cr} > 4000/6$$

$$H_{cr} = 700 \text{ cm (Zemin ve 1. Kat boyunca)}$$

Bu değerlerden en olumsuzu seçilirse tüm perdeler için $H_{cr} > 550$ olması gerektiği ortaya çıkar. Sonuç olarak Zemin ve 1. Katta yer alan perdelerin kritik perde yüksekliği içinde yer aldığı düşünülecektir.

- Dikdörtgen kesitli perdelerde, yukarıda tanımlanan kritik perde yüksekliği boyunca uç bölgelerinin her birinin plandaki uzunluğu, perdenin plandaki toplam uzunluğunun %20'sinden ve perde kalınlığının iki katından daha az olmayacaktır. Kritik perde yüksekliğinin üstünde kalan perde kesimi boyunca ise, perde uç bölgelerinin her birinin plandaki uzunluğu, perdenin plandaki toplam uzunluğunun %10'undan ve perde kalınlığından az olmayacaktır.
- Perde uç bölgelerinin, perdeye birleşen diğer bir perdenin veya perdenin ucunda genişletilmiş bir kesitin içinde düzenlenmesi durumunda; her bir perde uç bölgesinin enkesit alanı, en az dikdörtgen kesitli perdeler için yukarıda tanımlanan uç bölgesi alanına tanımlanan alana eşit olacaktır.

Gövde Donatısı Koşulları :

- Perdenin her iki yüzündeki gövde donatılarının toplam enkesit alanı, düşey ve yatay donatıların her biri için, perde uç bölgelerinin arasında kalan perde gövdesi brüt enkesit alanının 0.0025'inden az olmayacaktır. $H_w / l_w \leq 2.0$ olması durumunda perde gövdesi, perdenin tüm kesiti olarak gözönüne alınacaktır. Perde gövdesinde boyuna ve enine donatı aralığı 250 mm'den fazla olmayacaktır.
- Yukarıdaki Denklem (5.1) ile verilen koşulların her ikisinin de sağlandığı binalarda, düşey ve yatay toplam gövde donatısı oranlarının her biri 0.0015'e indirilebilir. Ancak bu durumda donatı aralığı 300 mm'yi geçmeyecektir.
- Uç bölgeleri dışında, perde gövdelerinin her iki yüzündeki donatı ağırları, beher metrekare perde yüzünde en az 4 adet özel deprem çirozu ile karşılıklı olarak bağlanacaktır. Ancak 5.2'de tanımlanan kritik perde yüksekliği boyunca, uç bölgeleri dışındaki beher metrekare perde yüzünde en az 10 adet özel deprem çirozu kullanılacaktır. Çirozların çapı, en az yatay donatının çapı kadar olacaktır.

Gövde Donatılarının Düzenlenmesi :

Perdelerin yatay gövde donatıları, aşağıda (a) veya (b)'de belirtildiği şekilde düzenlenebilir.

- (a) Yatay gövde donatıları etriyelerle sarılı perde uç bölgesinin sonunda 90 derece kıvrılarak karşı yüzde köşedeki düşey donatıya 135 derecelik kanca ile bağlanacaktır.
- (b) Yatay gövde donatılarının perde ucunda 90 derece kıvrım yapılmaksızın bitirilmesi durumunda, perdenin her iki ucuna gövde donatısı ile aynı çapta olan $\supset$ biçiminde yatay donatılar yerleştirilecektir. Bu donatılar, perde uç bölgesinin iç sınırından itibaren perde gövdesine doğru en az kenetlenme boyu kadar uzatılacaklardır.

Perde Uç Bölgelerinde Donatı Koşulları :

- Perde uç bölgelerinin her birinde, düşey donatı toplam alanının perde brüt enkesit alanına oranı 0.001'den az olmayacaktır. Ancak, 5.2'de tanımlanan kritik perde yüksekliği boyunca bu oran 0.002'ye çıkarılacaktır. Perde uç bölgelerinin her birinde düşey donatı miktarı $4\phi 14$ 'ten az olmayacaktır.

- Perde uç bölgelerindeki düşey donatılar, aşağıdaki kurallara uyularak, kolonlarda olduğu gibi etriyeler ve/veya çirozlardan oluşan enine donatılarla sarılacaktır.

(a) Uç bölgelerinde kullanılacak enine donatının çapı 8 mm'den az olmayacaktır. Etriye kollarının ve/veya çirozların arasındaki yatay uzaklık, a, etriye ve çiroz çapının 25 katından fazla olmayacaktır.

(b) 5.2'de tanımlanan kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgelerine, kolonların sarılma bölgeleri için [1]'e göre belirlenen enine donatıların en az $2/3$ 'ü konulacaktır. Düşey doğrultuda etriye ve/veya çiroz aralığı perde kalınlığının yarısından ve 100 mm'den daha fazla, 50 mm'den daha az olmayacaktır. Bu donatılar, temelin içinde de en az perde kalınlığının iki katı kadar bir yükseklik boyunca devam ettirilecektir.

Kritik perde yüksekliğinin dışında kalan perde uç bölgelerinde düşey doğrultudaki etriye ve/veya çiroz aralığı, perde duvar kalınlığından ve 200 mm'den daha fazla olmayacaktır. Ancak, perde uç bölgelerindeki enine donatının çapı ve aralığı, hiçbir zaman perde gövdesindeki yatay donatıdan az olmayacaktır.

- Perde duvarların betonarme hesabı :

Malzeme : BS20/BCIII

Tablo 5.6'da (x-x) doğrultusu pereleri için en elverişsiz iç kuvvetler EP4 perdesine ait değerlerdir. EP4 iç kuvvetleri altında; Biaxial programı ile donatı ve malzeme karakteristikleri ile Şekil 5.4'te görüldüğü gibi donatıların yerleri programa girilerek betonarme hesap yapılmıştır. Perde duvarların donatı detay ve açılımları Ek-5.d'de verilmiştir.

$$N = -2759,65 \text{ kN}$$

$$M_{33} = 22981,27 \text{ kNm}$$

$$M_{22} = 710,46 \text{ kNm}$$

İç kuvvetleri altında,

$$A_s = 235,56 \text{ cm}^2 \text{ hesaplanmıştır.}$$

$$\text{Seçilen Donatı : } 53\Phi 24 + 44\Phi 14 = 307,32 \text{ cm}^2 \text{ (Toplam düşey donatı)}$$

Seçilen donatı ile EP4 perdesinin moment taşıma kapasitesi,

$$M_r = 25220,00 \text{ kNm} > M_{33} = 22981,27 \text{ kNm}$$

(y-y) doğrultusu pereleri için en elverişsiz iç kuvvetler EP7 perdesine ait değerlerdir.

$$N = -2635,26 \text{ kN}$$

$$M_{33} = 26176,18 \text{ kNm}$$

$$M_{22} = 1970,36 \text{ kNm}$$

İç kuvvetleri altında,

$$A_s = 219,37 \text{ cm}^2$$

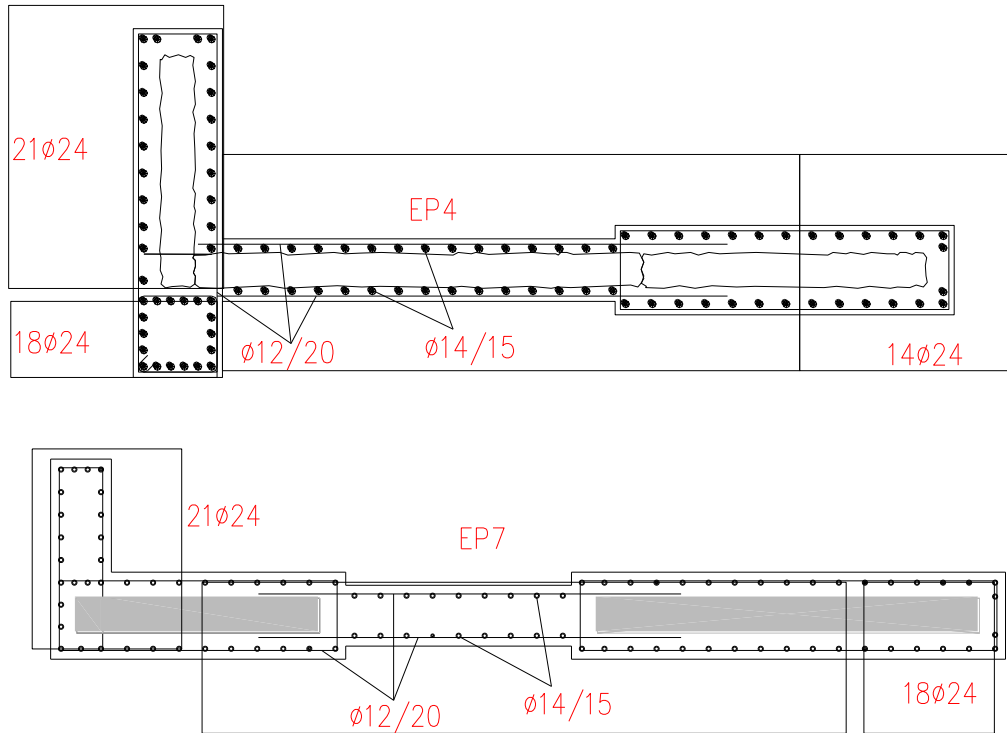
$$\text{Seçilen Donatı : } 41\Phi 24 + 52\Phi 14 = 265,40 \text{ cm}^2 \text{ (Toplam düşey donatı)}$$

Seçilen donatı ile EP7 perdesinin moment taşıma kapasitesi,

$$M_r = 26748,00 \text{ kNm} > M_{33} 26176,18 \text{ kNm}$$

Her iki perde içinde düşey gövde donatısı ; $2 \times \Phi 14/15$

Her iki perde içinde yatay gövde donatısı ; $2 \times \Phi 12/20$



Şekil 5.4 Ek perde duvar donatı ve donatı yerleşimi

Ek perde duvarların karşıladığı deprem yükü oranı Tablo 5.7’de verilmiştir.

Tablo 5.7 Ek perde duvarların karşıladığı deprem yükü

Yük	(x-x) Doğrultusun			(x-x) Doğrultusun		
	$\Sigma V_t(\text{kN})$	$\Sigma V_{\text{perde}}(\text{kN})$	$\Sigma V_t / \Sigma V_{\text{perde}}$	$\Sigma V_t(\text{kN})$	$\Sigma V_{\text{perde}}(\text{kN})$	$\Sigma V_t / \Sigma V_{\text{perde}}$
Spec	11843,12	8889,43	%75,06	13248,99	9456,84	%71,38

5.7 Kapasite Hesapları

Kapasite hesapları Biaxial ve Yaklaşık Bağıntılar (Çakıroğlu, A., Özer, E.) ile yapılacaktır. Biaxial programı hesaplama yaparken şu kabulleri yapmaktadır [3];

- Düzlem kesit eğilmeden sonra da düzlem kalır.
- Betonun taşıyabileceği çekme gerilmesi ihmal edilecek kadar küçüktür.
- Taşıma gücü hesabında betonun en büyük boy değişim oranı 0.0030-0.0035 ve çeliğin en büyük boy değişim oranı 0.01 alınmalıdır.

Biaxial programı ile hesapta veri dosyasında kesitin, donatının ve kesite etkiyen yük ile momentin girişi yapılır. Veri dosyasında donatı girişi, her bir donatının koordinatlarının tek tek girilmesi ile olur. Ayrıca her türlü geometrik şekil de girilebilmektedir.

Yaklaşık Bağıntılar (Çakıroğlu, A., Özer, E.) ise bir ve iki eksenli eğilme momenti ve eksenel kuvvet etkisindeki dikdörtgen ve daire betonarme kesitlerin taşıma gücü esasına göre hesabında kullanılmak üzere yaklaşık bağıntılar verilmektedir, [2]. Bu bağıntılarla, hesap yüklerine ait kesit tesirlerinin verilmesi halinde, öngörülen çeşitli donatı yerleştirme seçenekleri için doğrudan doğruya donatı miktarı bulunabilmektedir.

Yaklaşık bağıntılar, BÇI ve BÇIII donatı çelikleri için verilmiş olmakla birlikte [2]'de çeşitli malzeme emniyet katsayılarının kullanılması durumundaki bağıntılar da belirtilmiştir. Ancak, burada betonun yapacağı en büyük birim kısalma 0.003 ile sınırlandırılmıştır.

Kesit tesirlerinin ve kesit boyutlarının verilmesi halinde gerekli donatı miktarı doğrudan hesaplanabildiği gibi, kesit boyutlarının ve donatı miktarının verilmesi durumunda da kesit tesirleri yani kesit kapasiteleri tayin edilebilmektedir.

Aşağıda Tablo 5.8'de (x-x) doğrultusunda çalışan kesitlere ait en elverişsiz iç kuvvetler altında Zemin katta yapılan moment taşıma kapasitesine ait kapasite hesap tablosu verilmiştir.

Tablo 5.8 G.M. (x-x) Doğrultusu Zemin Kat Kapasite Hesap Tablosu

Kesit Adı	b (cm)	h (cm)	A_{sm} (cm ²)	% ρ	N_{dx} (kN)	M_{dy} (kNm)	M_{dx} (kNm)	Ç.Ö. Formülleri	Biaxial
								M_{rx} (kNm)	M_{rx} (kNm)
P7	180	25	65,6	1,46	-1300,41	7,36	1323,68	1599,03	1648,40
P10	180	25	65,6	1,46	-1307,18	7,54	1325,31	1608,84	1650,60
P33	180	25	65,6	1,46	-1321,21	13,17	1290,99	1589,22	1654,90
P36	180	25	65,6	1,46	-1333,87	13,16	1278,62	1599,03	1658,80
P29	180	20	51,2	1,42	-736,44	1,92	1134,70	1157,58	1232,60
P30	180	20	51,2	1,42	-666,00	1,26	1140,26	1147,77	1200,00
P13	180	20	51,2	1,42	-1015,43	1,09	1119,07	1275,30	1341,50
P14	180	20	51,2	1,42	-789,21	0,27	1124,76	1187,01	1255,20
P26	160	20	41,8	1,31	-520,52	0,03	378,52	686,70	717,50
P17	120	20	41,8	1,74	-1031,03	2,58	911,86	1000,62	1043,50
P18	160	20	41,8	1,31	-498,54	1,73	425,90	470,88	455,20
P19	160	20	41,8	1,31	-281,35	1,87	390,08	559,17	618,50

Tablo 5.9 G.M. (x-x) Doğrultusu Zemin Kat Kapasite Oranları

Kesit Adı	Ç.Ö. Formülleri	Biaxial
	M_{dx}/M_{rx}	M_{dx}/M_{rx}
P7	0,83	0,80
P10	0,82	0,80
P33	0,81	0,78
P36	0,80	0,77
P29	0,98	0,92
P30	0,99	0,95
P13	0,88	0,83
P14	0,95	0,90
P26	0,55	0,53
P17	0,91	0,87
P18	0,90	0,94
P19	0,70	0,63

Tablo 5.9’da görüldüğü gibi (x-x) doğrultusunda Zemin kattaki tüm kesitlerin moment taşıma kapasiteleri yeterlidir.

(y-y) doğrultusunda çalışan kesitlere ait en elverişsiz iç kuvvetler altında Zemin katta yapılan moment taşıma kapasitesine ait kapasite hesap tablosu aşağıda Tablo-5.10’da verilmiştir.

Tablo 5.10 G.M. (y-y) Doğrultusu Zemin Kat Kapasite Hesap Tablosu

Kesit Adı	b (cm)	h (cm)	A_{sm} (cm ²)	% ρ	N_{dy} (kN)	M_{dx} (kNm)	M_{dy} (kNm)	Ç.Ö. Formülleri	Biaxial
								M_{ry} (kNm)	M_{ry} (kNm)
P1	20	120	36,2	1,51	-198,95	4,32	236,45	412,02	433,90
P41	20	120	36,2	1,51	-210,13	4,21	253,38	421,83	437,90
P2	20	120	36,2	1,51	-173,24	-0,32	262,05	412,02	424,20
P42	20	120	36,2	1,51	-178,54	-0,40	278,05	412,02	426,50
P3	20	230	84,4	1,83	-559,07	2,43	1590,50	1962,00	1990,70
P37	20	230	84,4	1,83	-542,10	2,14	1660,72	1962,00	1980,20
P6	20	230	84,4	1,83	-474,12	1,16	1690,61	1863,90	1937,00
P40	20	230	84,4	1,83	-486,48	0,91	1757,70	1863,90	1945,10
P11	30	220	84,4	1,28	-2511,65	1,70	2158,25	2423,07	2938,10
P31	30	220	84,4	1,28	-2717,08	0,58	2083,24	3041,10	2979,40
P12	30	220	84,4	1,28	-2729,53	6,27	2292,91	3001,86	2981,90
P32	30	220	84,4	1,28	-2726,69	5,83	2210,69	3001,86	2981,40
P24	20	180	51,2	1,42	-1434,32	1,17	905,92	1412,64	1448,10
P25	20	180	41,8	1,16	-1217,62	0,32	876,53	1226,25	1379,30
S1	30	100	38,5	1,28	-457,15	0,52	296,50	421,83	482,70
S2	30	100	38,5	1,28	-417,22	0,23	319,08	412,02	471,50

Kapasite hesap tablosundaki tasarım eğilme momentlerinin kapasite eğilme momentlerine oranları Tablo 5.11’de verilmiştir. Tablo 5.11’de görüleceği üzere (y-y) doğrultusunda tüm kesitlerin eğilme momenti kapasiteleri yeterlidir.

Tablo 5.11 G.M. (y-y) Doğrultusu Zemin Kat Kapasite Oranları

Kesit Adı	Ç.Ö. Formülleri	Biaxial
	M_{dx}/M_{rx}	M_{dx}/M_{rx}
P1	0,57	0,54
P41	0,60	0,58
P2	0,64	0,62
P42	0,67	0,65
P3	0,81	0,80
P37	0,85	0,84
P6	0,91	0,87
P40	0,94	0,90
P11	0,89	0,73
P31	0,69	0,70
P12	0,76	0,77
P32	0,74	0,74
P24	0,64	0,63
P25	0,71	0,64
S1	0,70	0,61
S2	0,77	0,68

Tablo 5.11’de görüldüğü gibi (y-y) doğrultusunda Zemin kattaki tüm kesitlerin moment taşıma kapasiteleri yeterlidir.

5.8 Temel Tasarımı

Eklenen perde duvarların altına zemine kuvvet aktarımını sağlamak için mevcut ızgara temel üzerine 60,00 cm yüksekliğinde kısmi radye temel yapılmıştır. Kısmi radye temelin statik ve betonarme hesabı TS500'de verilen kurallar dahilinde yapılmıştır.

5.8.1 Temelin modellenmesi

Diğer elemanlarının boyutlandırılmasında esas olan temelden ankastre çözümden ayrı olarak, yapı elastik ankastre kabulü ile modellenmiş, statik ve dinamik çözümlemeler yapılmıştır.

Temel aşağıda açıklandığı gibi modellenmiştir. Mevcut ızgara temel çubuk elemanlar ile elastik zemine oturan kiriş modeli ile tanımlanmış ve yeterli sonlu elemana bölünerek ETABS v7.18'de çökmeye karşı tanımlanan düşey yatak katsayıları ile tanımlı sonlu eleman ağı oluşturulmuştur. Kısmi radye temel ise Şekil 5.5'te görüldüğü gibi mevcut temel üzerine kabuk (shell) elemanlar olarak tanımlanmış, çubuk elemanın düğüm noktalarından bölünerek sonlu elemanlara ayrılmıştır. ETABS v7.18'de çökmeye karşı tanımlanan düşey yatak katsayıları ile tanımlı sonlu eleman ağı oluşturularak modellenmiştir. Yapı temelleri ile birlikte ayrıca modellenmiş olup bu modeldeki çözümün ankastre modele göre büyük farklılıklar göstermediği gözlenmiştir. Sonlu eleman düğüm noktalarında tanımlanan çökmeye karşı yay sabiti değerleri, düşey yatak katsayısının ilgili sonlu elemanın etkili yük alanı ile çarpılmasından oluşan tekil kuvvetler şeklinde tanımlanmıştır.(kN/m) [7].

Bu işlemler ETABS v7.18 tarafından otomatik olarak gerçekleştirilmiştir. Radye temelin boyutlandırılmasında kullanılan zemin parametreleri aşağıda verilmiştir.

Zemin düşey yatak katsayısı (k_v)=10000 kN/m³

Zemin emniyet gerilmesi (σ_z)=160 kN/m²

Radye temelin boyutlandırılmasında kullanılan yük kombinasyonları aşağıda verilmiştir;

- 1,4G+1,6Q
- G+Q±E(X)
- G+Q±E(Y)

Şekil 5.5 Mevcut ve yeni temelin modellenmesi

5.8.2 Güçlendirilmiş yapının elastik ankastre çözümlemesi

Temel girilerek yapılan zemine elastik ankastre mesnetli çözümlemeye ait modal analiz sonuçları Tablo 5.12’de verilmiştir.

Tablo 5.12 Elastik Ankastre Model Modal Periyot ve Modal Kütle Katılım Oranları

Mod	Periyot	UX	UY	SumUX	SumUY
1	1,4012	69,98	0,00	69,98	0,00
2	1,2066	0,22	0,15	70,20	0,15
3	1,1704	0,00	67,60	70,20	67,75
4	0,3533	0,06	0,00	70,26	67,75
5	0,3249	15,76	0,00	86,02	67,75
6	0,2580	0,00	16,27	86,02	84,02
7	0,1781	0,00	0,00	86,02	84,02
8	0,1442	6,08	0,00	92,10	84,02
9	0,1121	0,00	6,11	92,10	90,13
10	0,1088	0,00	0,00	92,10	90,14

Tablo 5.12’de görüleceği gibi elastik ankastre çözümde yapının periyotları uzamış dolayısıyla toplam taban kesme kuvveti azalmıştır. Toplam taban kesme kuvveti (x-x) doğrultusunda %14, (y-y) doğrultusunda %10 oranında azalmıştır. Elastik ankastre çözümlemeye ait toplam taban kesme kuvvetleri;

$$\Sigma(V_t)_x = 10383,89 \text{ kN}$$

$$\Sigma(V_t)_y = 11992,04 \text{ kN}$$

Olarak hesaplanmış ve temel hesabında kullanılmıştır.

5.8.3 Temel betonarme hesabı

(x-x) doğrultusunda Şekil 5.6’da görülebileceği gibi en elverişsiz kesit tesirleri 1,4G+1,6Q kombinasyonunda;

$$M_{11} = -235,25 \text{ kNm} \quad (\text{Üst açıklıkta})$$

$$M_{11} = 147,15 \text{ kNm} \quad (\text{Perde altında})$$

(y-y) doğrultusunda Şekil-5.7’de görülebileceği gibi en elverişsiz kesit tesirleri 1,4G+1,6Q kombinasyonunda;

$$M_{22} = -196,20 \text{ kNm} \quad (\text{Üst açıklıkta})$$

$$M_{22} = 147,15 \text{ kNm} \quad (\text{Perde altında})$$

Meydana geldiği yapılan çözümlemelerden elde edilmiştir.

$$A_{smin} = 0,0035bd = 0,0035 \times 100 \times 55 = 19,25 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{Seçilen Donatı : } \Phi 16 / 20 \text{ (Alta her iki doğrultuda)} = 20,10 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{Seçilen Donatı : } \Phi 18 / 20 \text{ (Üste her iki doğrultuda)} = 25,40 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Şekil 5.6 Temel M_{11} Diyagramı [1.4G + 1.6Q]

Şekil 5.7 Temel M_{22} Diyagramı [1.4G + 1.6Q]

Φ16 /20 donatısı ile temelin taşıyabileceği moment;
 $M_r = 196,20 \text{ kNm}$ (Perde altında)

Φ18 /20 donatısı ile temelin taşıyabileceği moment;
 $M_r = 240,93 \text{ kNm}$ (Açıklıkta)

Temel aplikasyonu Ek-5.e’de verilmiştir.

5.8.4 Emniyet gerilmesi kontrolü

$$q_{em} = 160,00 \text{ kN/m}^2$$

Temelde meydana gelen gerilme,

$$q = K \times \delta$$

bağıntısı ile temeldeki çökme ve düşey yatak katsayısına bağlı olarak ifade edilir. Artırılmış düşey yükler altında temelde meydana gelen şekil değiştirme Şekil 5.8’de gösterilmiştir.

$$q = K \times \delta$$

Şekil 5.8’de görülen temelin düşey yükler altındaki şekil değiştirmesinde elde edilen en elverişsiz çökme değeri ;

$$\delta_{max} = 0,0216 \text{ m}$$

$$q = 216 \text{ kN/m}^2 \text{ (Artırılmış yükler altında)}$$

Artırılmış yükler altındaki bu gerilme değeri %45 azaltılarak

$$q = 149,00 \text{ kN/m}^2 < q_{em} = 160,00 \text{ kN/m}^2$$

Şekil 5.8. Artırılmış yükler altında temeldeki şekil değıştirme [1.4G+1.6Q]

5.9 Ek Perde ve Yeni Temelin Uygulanması ve Konstrüktif Kurallar

Güçlendirme perdelerinin uç donatılarının ve mantolanan düşey taşıyıcıların ana donatılarının katlar arası sürekliliği mutlaka sağlanmalıdır. Taşıyıcı sistemin yeni eklenen kısımları ile mevcut taşıyıcı elemanların bir bütün olarak çalışması ve bu elemanlar arasında kuvvet aktarımını sağlanması gerekir. Bunu sağlamak için;

- Eski ve yeni beton ara yüzeyinde bütünleşmeyi sağlayan kimyasal malzeme kullanılması,
- Mevcut ve eklenen elemanın donatılarının birbirine bağlanması (kaynak, kanca ve başka yöntemlerle),
- Eski betonda dişler açmak, yüzeyde traşlama yapmak ve filiz donatıları kullanmak suretiyle yeni beton ile bütünleşmesi ve böylece kuvvet aktarımının sağlanması gerekir.

Perde filizlerinin çerçeve elemanlarına gömülme boyu en az 15 ϕ , filiz için açılan delik çapı filiz çapından 5mm büyük olmalı, filiz delikleri epoksi ile doldurulmalıdır. Epoksinin akmaması için yatay filizleri düşük bir açıyla eğimli yerleştirilmelidir. Filizler perde içine en az 35 ϕ kadar uzamalı, 25-40cm aralığında yerleştirilmelidir. Perde ve manto betonu dökülürken üstte giriş altındaki 5-10cm boşluk bırakılarak bu boşluklar rötresiz harç ile doldurulmalıdır. Dört tarafından mantolanan düşey taşıyıcılarda filiz çubukları kullanılmayabilir. Perdede her iki yüzde ve her iki doğrultuda minimum ϕ 10/200mm, uç bölgesinde birinci katta en az ϕ 10/100mm ve diğer katlarda en az ϕ 10/200mm etriye kullanılacaktır.

Ek olarak konulan elemanların altına uygulanacak yeni temel ile eski temel filiz donatıları kullanılarak birbirine bağlanmalı, bunun için eski temelde açılacak deliğin derinliği en az 20 ϕ olmalı ve bu filizler perde içine en az 60 ϕ uzatılmalıdır [9].

Ek perde ve temeller bu bilgiler dahilinde donatılmıştır [Ek-5.e, Ek-5.f].

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada incelenen yapının mevcut durumunun, değişik iyileştirme ve güçlendirme modelleri ile güçlendirilmiş yapının çözümleri yapılmış ve aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

1. Mevcut yapının 1975 ve 1997 deprem yönetmelikleri dahilinde yapılan çözümlerde yapının yanal ötelenme rijitliğinin yetersiz olduğu bir başka deyişle kullanılan kesitlerin yeterli rijitlikte olmadığı tespit edilmiştir.
2. Mevcut yapının gerek 1975 ve gerekse 1997 deprem yönetmeliğine göre yapılan çözümler sonucu elde edilen en elverişsiz kesit tesirleri altında yapılan kapasite kontrollerinde genel olarak taşıyıcıların eksenel yük taşıma kapasitelerinin yeterli olduğu buna karşılık moment taşıma kapasitelerinin yetersiz olduğu tespit edilmiştir.
3. Mevcut sistem üzerinde yapılan A1 burulma düzensizliği tahkiklerine (x-x) doğrultusunda $-0.5B_y$ ek dışmerkez yüklemde A1 düzensizliği katsayısının ortalama değeri 1.25 , $+0.5B_y$ için ise 1.15 olarak tespit edilmiştir. Aradaki farkın sebebi yapının tamamen simetrik olmaması ve yapının rijitlik merkezinin $+0.5B_y$ doğrultusuna daha yakın olmasıdır. (y-y) doğrultusunda ise $-0.5B_x$ ek dışmerkez yüklemde A1 düzensizliğinin katsayısının ortalama değeri 1.32 , $+0.5B_x$ için ise 1.25 olarak tespit edilmiştir. (y-y) doğrultusunda burulma düzensizliğinin biraz daha fazla olmasının sebebi kenar akslarda kullanılan kesitlerin iç akslarda kullanılan kesitlere oranla daha düşük rijitlikte olmalarıdır. Genel olarak her iki doğrultuda da kenar akslardaki rijitlikleri düşük elemanların olması ek dışmerkezlik etkileri gözönüne alınarak yapılan çözümlerde yukarıda verilen burulma düzensizliği oranlarına sebep olmaktadır.
4. Mevcut sistem üzerinde yapılan tahkiklerde yapıda, plan ve düşey doğrultuda diğer düzensizliklerin 1997 deprem yönetmeliğinde belirtilen sınır değerler içinde kaldığı görülmüştür.

5. Güçlendirilmiş sistem modeli hazırlanırken değişik modeller üzerinde durulmuş ve yapının taşıyıcı modeli idealize edilmeye çalışılmış ve aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.
 - Çerçevelerde, özellikle (y-y) doğrultusunda, yatay çerçeve süreksizliğinin giderilmesi için kirişler kullanılmış ve çözümleme sonucunda bu doğrultuda yapının yanal ötelenmesinin azaldığı yani yapının yanal ötelenme rijitliğinin arttığı görülmüştür.
 - (y-y) doğrultusundaki döşeme boşlukları ek döşemeler ile doldurulup çerçeve sürekliliği sağlanarak yapılan çözümlerde sistemin yanal ötelenme rijitliğinin daha da arttığı ve (x-x) doğrultusundaki burulma düzensizliğinin ortadan kalktığı görülmüştür. Bu çözümlerle yapıdaki yatay çerçeve süreksizliği ve döşeme süreksizliğinin yapının yanal ötelenme rijitliğini azalttığı ve burulmaya olumsuz yönde etki eden bir faktör olduğu, taşıyıcı elemanlar arası kuvvet aktarımını engellediği görülmüştür.
- 6 Güçlendirilmiş sistem üzerinde yapılan çözümlerde yapının eklenen perde duvarlar ile yeterli rijitliğe kavuştuğu, her iki doğrultuda da deplasman sorununun ortadan kalktığı tespit edilmiştir.
- 7 Güçlendirilmiş yapıda taşıyıcı elemanlarda en elverişsiz iç kuvvetler altında yapılan kapasite tahkiklerinde tüm taşıyıcı elemanların hem eksenel yük taşıma kapasitesi hem de moment taşıma kapasitesi bakımından yeterli olduğu tespit edilmiştir.
- 8 A1 burulma düzensizliği ek dışmerkez yüklemelerde her iki doğrultuda da zemin ve birinci kat hariç sınır değerin (1.20) altına inmiş veya ona yakın değerler almıştır.
- 9 Güçlendirilmiş yapıda ek perdelerin altına kısmi radye temel, elastik ankastre olarak ve mevcut ızgara temel ise zemine oturan elastik ankastre kiriş olarak modellenmiş ve yapılan çözümlemelerde yapının periyodunun uzadığı, deprem yüklerinin azaldığı görülmüş, yapılan tahkiklerde bu çözümün ankastre mesnet kabulü ile yapılan çözüm ile örtüştüğü görülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] **Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik**, 1997.
İmar İskan Bakanlığı , Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı
- [2] **Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik**, 1975.
İmar İskan Bakanlığı , Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı
- [3] **Çakıroğlu, A., Özer,E.**, 1981. Teknik Rapor 40, Eğik Eğilme ve Normal Kuvvet Etkisi Altında Taşıma Gücü Formüller, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul
- [4] **Celep,Z., Kumbasar, N.**, 1996. Betonarme Yapılar, Sema Matbaacılık, İstanbul
- [5] **TÜBİTAK İMO**, 1999. Betonarme Binaların Onarım Ve Güçlendirilmesi, Kurs Notları
- [6] **Özer,E.**, İstanbul ve Marmara Bölgesindeki Betonarme Yapıların Deprem Güvenliklerinin Belirlenmesi, Onarım ve Güçlendirilmesi
- [7] **Computers and Structures, Inc.** 1999. ETABS User's Manual, Berkeley, California
- [8] **Özmen.G.**, Çok Katlı Yapılarda Burulma Düzensizliği, 2001.
- [9] **İ.T.Ü. Betonarme Çalışma Grubu**, Betonarme ve Yığma Binaların Onarım ve Güçlendirilmesinde Uyulacak Kurallar
- [10] **TS500**, 2000. Betonarme yapıların hesap ve yapım kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara*
- [11] **TS498**, 1984. Betonarme elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yükler, *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara*