

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PLANDA DÜZENSİZ YAPILARIN DEPREM
ETKİLERİ ALTINDAKİ DAVRANIŞI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Ahmet Şeref BAHÇECİOĞLU

Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Programı : YAPI MÜHENDİSLİĞİ

ŞUBAT 2005

**PLANDA DÜZENSİZ YAPILARIN DEPREM
ETKİLERİ ALTINDAKİ DAVRANIŞI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Ahmet Şeref BAHÇECİOĞLU
(501011001)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 27 Aralık 2004
Tezin Savunulduğu Tarih : 19 Ocak 2005

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Gülten GÜLAY
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Faruk KARADOĞAN (İ.T.Ü.)
Prof.Dr. Günay ÖZMEN (İ.T.Ü.)

ŞUBAT 2005

ÖNSÖZ

“Planda Düzensiz Yapılarda Kat Döşemelerinin Deprem Etkileri Altındaki Davranışı” adlı çalışmayı içeren bu yüksek lisans tezini hazırlamam sırasında bilgi ve hoşgörü ile yardımlarını esirgemeyip yol gösteren değerli hocam Sayın Doç. Dr. Gülten GÜLAY’a ve Yapı Statiği Anabilim Dalı’nın değerli öğretim ve araştırma görevlilerine ve bana her zaman maddi ve manevi her türlü desteği veren aileme teşekkür ederim.

Ocak 2005

Ahmet Şeref BAHÇECİOĞLU

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖZET	xii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında istenilen Sınır Durumlar	1
1.2. Yapılarda Düzensizlik Oluşturacak Durumlar	3
1.3. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	4
2. DÜZENSİZ YAPILAR VE YAPI SİSTEMLERİNİN TASARIMI	6
2.1. A.B.Y.Y.H.Y 1998 Esaslarına Göre Düzensizlikler	8
2.1.1. Planda Düzensizlik Durumları	8
2.1.1.1. A-1 Burulma Düzensizliği	8
2.1.1.2. A-2 Döşeme Süreksizlikleri	9
2.1.1.3. A-3 Planda Çıkıntılar Bulunması	9
2.1.1.4. A-4 Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması	10
2.1.2. Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları	11
2.1.2.1. Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)	11
2.1.2.2. Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)	11
2.1.2.3. Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği	12
2.2. Konuyla İlgili Yapılmış Çalışmalar	12
2.3. Çeşitli Ülkelerin Deprem Yönetmeliklerinde Düzensizlikler	14
3. DEPREM YÜKLERİNİN HESABI	16
3.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	16
3.2. Mod Birleştirme Yöntemi	23
3.3. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri	26
4. DÖŞEMELER	28
4.1. Döşeme Seçimi	28
4.2. Döşeme Tipleri	29
4.2.1. Kirişli Döşemeler	29
4.2.1.1. Tek Doğrultuda Çalışan Döşemeler	30

4.2.1.2. Çift Doğrultuda Çalışan Döşemeler	30
4.2.2. Kirişsiz Döşemeler	31
4.2.3. Dişli Döşemeler	31
4.2.4. Kaset Döşemeler	32
4.2.5. Prefabrike Döşemeler	32
5. HESAPLARDA İZLENEN YOL	33
5.1. Boyutlandırma	33
5.2. Düzensizlik Kontrolleri	36
5.2.1. A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü	36
5.2.2. B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği Kontrolü	36
5.2.3. Görelî Kat Ötelemeleri Kontrolü	36
5.2.4. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü	37
5.2.5. α_m Hesabı	37
5.3. Sonlu Elemanlar Yöntemi	37
5.4. Döşemelerde Düzlem İçi Gerilmelerin Belirlenmesi	38
6. SAYISAL ÖRNEKLER	39
6.1. Örnek Yapıların Tanımı	39
6.2. Örnek Yapıların İncelenmesi	41
6.2.1. Yapı 1, 1. Çözüm (Rijit diyafram kabulü)	41
6.2.1.1. Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi	45
6.2.1.2. Kat Deplasmanları ve A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü	46
6.2.1.3. B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği Kontrolü	48
6.2.1.4. Görelî Kat Ötelemeleri Kontrolü	48
6.2.1.5. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü	49
6.2.1.6. Kolonlara Ait İç Kuvvetler	49
6.2.2. Yapı 1, 2. Çözüm (Esnek diyafram kabulü)	51
6.2.2.1. Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi	52
6.2.2.2. Kat Deplasmanları ve A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü	53
6.2.2.3. B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği Kontrolü	55
6.2.2.4. Görelî Kat Ötelemeleri Kontrolü	56
6.2.2.5. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü	56
6.2.2.6. Kolonlara Ait İç Kuvvetler	56
6.2.2.7. Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Düzlem İçi Gerilmelerin Belirlenmesi	58
6.2.3. Yapı 1, 1. ve 2. Çözümlerin Karşılaştırılması	60
6.2.4. Yapı 2, 1. Çözüm (Rijit diyafram kabulü)	62
6.2.4.1. Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi	65
6.2.4.2. Kat Deplasmanları ve A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü	66

6.2.4.3. B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği Kontrolü	66
6.2.4.4. α_m Hesabı	67
6.2.4.5. Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü	68
6.2.4.6. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü	68
6.2.4.7. Kolon ve Perdelere Ait İç Kuvvetler	68
6.2.5. Yapı 2, 2. Çözüm (Esnek diyafram kabulü)	70
6.2.5.1. Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi	71
6.2.5.2. Kat Deplasmanları ve A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü	72
6.2.5.3. B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği Kontrolü	74
6.2.5.4. α_m Hesabı	74
6.2.5.5. Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü	75
6.2.5.6. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü	75
6.2.5.7. Kolonlara Ait İç Kuvvetler	76
6.2.5.8. Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Düzlem İçi Gerilmelerin Belirlenmesi	78
6.2.6. Yapı 2, 1. ve 2. Çözümlerin Karşılaştırılması	80
6. SONUÇLAR	83
KAYNAKLAR	85
ÖZGEÇMİŞ	87

KISALTMALAR

A-1	: Planda Düzensizlik Durumlarından Birincisi
A-2	: Planda Düzensizlik Durumlarından İkincisi
A-3	: Planda Düzensizlik Durumlarından Üçüncüsü
A.B.Y.Y.H.Y	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
BÇIII	: Nervürlü Beton Çelik Çubuğu
BS30	: Beton Sınıfı 30
NEHRP	: National Earthquake Hazards Reduction Program
SAP90,SAP2000	: Structural Analyze Programme
TS-500	: Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları
UBC	: Uniform Building Code
Z1,Z2,Z3,Z4	: Yerel Zemin Sınıfları

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Uluslararası yönetmeliklerde planda düzensizlikler ile ilgili sınırlamalar	15
Tablo 3.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Uygulanabileceği Binalar.	16
Tablo 3.2. Hareketli Yüğü Katılım Katsayısı	18
Tablo 3.3. Etkin Yer İvmesi Katsayısı.....	18
Tablo 3.4. Bina Önem Katsayısı.....	19
Tablo 3.5. Spektrum Karakteristik Periyotları.....	20
Tablo 3.6. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı	22
Tablo 5.1. Yüğü Artım Katsayısı Değerleri	34
Tablo 6.1. Yapı 1, Kolon Boyutlandırılması	43
Tablo 6.2. Kat Ağırlıkları, kat kütleleri ve polar atalet momentleri	45
Tablo 6.3. Eşdeğer deprem kuvvetlerinin katlara dağılımı ve ek burulma momentleri	46
Tablo 6.4. Deplasman değerleri, görelî kat öteleme değerleri ve burulma düzensizliği katsayıları	47
Tablo 6.5. Yeni eksantrisite değerleri ve ek burulma momentleri	47
Tablo 6.6. Yeni kat deplasmanları	47
Tablo 6.7. Yumuşak kat düzensizliği kontrolü	48
Tablo 6.8. Görelî Kat Ötelemeleri Kontrolü.....	48
Tablo 6.9. İkinci mertebe etkilerinin kontrolü	49
Tablo 6.10. Yapı 1, 1.çözüm X doğrultusunda etkiyen depremden dolayı oluşan kolon uç kuvvetleri	50
Tablo 6.11. Kolonlarda toplanan kütleler (kNs ² /m).....	51
Tablo 6.12. Polar atalet momentleri	52
Tablo 6.13. Yapı 1'in 2. çözümünden elde edilen eşdeğer deprem kuvvetlerinin her bir kattaki kolonlara dağılımı	53
Tablo 6.14. Ek burulma momentleri (kNm).....	53
Tablo 6.15. Yapı 1, 2. Çözüm, Deplasman değerleri, görelî kat öteleme değerleri ve burulma düzensizliği katsayıları	54
Tablo 6.16. Yeni eksantrisite değerleri	54
Tablo 6.17. Ek burulma momentleri (kNm).....	54
Tablo 6.18. Yeni kat deplasmanları.....	55
Tablo 6.19. Yumuşak kat düzensizliği kontrolü	55
Tablo 6.20. Görelî Kat Ötelemeleri Kontrolü.....	56
Tablo 6.21. Yapı 1, 2. çözüme göre ikinci mertebe etkilerinin kontrolü.....	56
Tablo 6.22. Yapı 1, 2.çözüm X doğrultusunda etkiyen depremden dolayı oluşan kolon uç kuvvetleri.....	57
Tablo 6.23. Kat döşemelerindeki maksimum asal gerilmeler ve f_{ctk} değerleri..	59
Tablo 6.24. S3 kolonunun 1. ve 2. çözümlerinden elde edilen uç kuvvetleri.....	60

Tablo 6.25.	S4 kolonunun 1. ve 2. çözümlerinden elde edilen uç kuvvetleri.	61
Tablo 6.26.	Yapı 2, Kolon Boyutlandırılması.....	64
Tablo 6.27.	Kat Ağırlıkları, kat kütleleri ve polar atalet momentleri.....	65
Tablo 6.28.	Yapı 2'nin 1. çözümünden elde edilen eşdeğer deprem kuvvetlerinin katlara dağılımı ve ek burulma momentleri.....	66
Tablo 6.29.	Deplasman değerleri, görelî kat öteleme değerleri ve burulma düzensizliği katsayıları.....	66
Tablo 6.30.	Yumuşak kat düzensizliği kontrolü.....	67
Tablo 6.31.	Yapı 2, 1. Çözüme ait devrilme momenti hesabı.....	67
Tablo 6.32.	Görelî Kat Ötelemeleri Kontrolü.....	68
Tablo 6.33.	Yapı 2, 1. çözüme göre ikinci mertebe etkilerinin kontrolü.....	68
Tablo 6.34.	Yapı 2, 1.çözüm X doğrultusunda etkiyen depremden dolayı oluşan kolon ve perde uç kuvvetleri.....	69
Tablo 6.35.	Kolonlarda toplanan kütleler (kNs ² /m).....	70
Tablo 6.36.	Polar atalet momentleri.....	71
Tablo 6.37.	Yapı 2'nin 2. çözümünden elde edilen eşdeğer deprem kuvvetlerinin her bir kattaki kolonlara dağılımı.....	72
Tablo 6.38.	Ek burulma momentleri (kNm).....	72
Tablo 6.39.	Yapı 2, 2. Çözüm, Deplasman değerleri, görelî kat öteleme değerleri ve burulma düzensizliği katsayıları.....	73
Tablo 6.40.	Yeni eksantrisite değerleri.....	73
Tablo 6.41.	Ek burulma momentleri (kNm).....	73
Tablo 6.42.	Yeni kat deplasmanları.....	74
Tablo 6.43.	Yumuşak kat düzensizliği kontrolü.....	74
Tablo 6.44.	Yapı 2, 2. Çözüme ait devrilme momenti hesabı.....	75
Tablo 6.45.	Görelî Kat Ötelemeleri Kontrolü.....	75
Tablo 6.46.	Yapı 2, 2. çözüme göre ikinci mertebe etkilerinin kontrolü.....	76
Tablo 6.47.	Yapı 2, 2.çözüm X doğrultusunda etkiyen depremden dolayı oluşan kolon ve perde uç kuvvetleri.....	77
Tablo 6.48.	Kat döşemelerindeki maksimum asal gerilmeler ve f_{ctk} değerleri	79
Tablo 6.49.	S3 kolonunun 1. ve 2. çözümlerinden elde edilen uç kuvvetleri.	80
Tablo 6.50.	S4 kolonunun 1. ve 2. çözümlerinden elde edilen uç kuvvetleri.	81
Tablo 6.51.	P1 perdesinin 1. ve 2. çözümlerinden elde edilen uç kuvvetleri.	82

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Perdeli Yapıların Deprem Bakımından Plandaki Durumu....	7
Şekil 2.2 : Burulma Düzensizliği.....	8
Şekil 2.3 : A-2 Türü Düzensizlik Durumları.....	9
Şekil 2.4 : A-3 Türü Düzensizlik Durumu	10
Şekil 2.5 : A-4 Türü Düzensizlik Durumu.....	10
Şekil 2.6 : Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği.....	12
Şekil 3.1 : Zaman – Spektrum katsayısı grafiği.....	20
Şekil 3.2 : F_{fi} 'nin elde edilmesi.....	21
Şekil 3.3 : Kat ağırlıkları ve katlara gelen deprem yükleri.....	23
Şekil 3.4 : Kaydırılmış ve gerçek kütle merkezleri.....	24
Şekil 3.5 : Katlarda gerçek ve kaydırılmış kütle merkezleri.....	25
Şekil 5.1 : Tablalı Kiriş Kesit Boyutları.....	34
Şekil 6.1 : Yapı 1, $a_x = 600$ cm. ve $a_y = 800$ cm. (Sadece çerçevesel sistem).....	40
Şekil 6.2 : Yapı 2, $a_x = 600$ cm. ve $a_y = 800$ cm. (Perde + çerçevesel sistem).....	40
Şekil 6.3 : Yapı 1, Yalnız çerçevelerden oluşan sistemin normal kat planı.....	41
Şekil 6.4 : Yapı 1, Kat Çerçevelerinin Üç Boyutlu Görünümü.....	42
Şekil 6.5 : Yapı 1, 2. çözüm için kütle modeli.....	51
Şekil 6.6 : Yapı 1, 2. çözüm 10. kat döşemesine ait asal gerilme diyagramı	58
Şekil 6.7 : Döşemelerdeki maksimum gerilmeler ve f_{ctk} değerlerinin karşılaştırılması.....	59
Şekil 6.8 : S3 kolonu, 1. ve 2. çözüme ait Moment (alt) ve Kesme Kuvveti değerleri.....	60
Şekil 6.9 : S4 kolonu, 1. ve 2. çözüme ait Moment (alt) ve Kesme Kuvveti değerleri.....	61
Şekil 6.10 : Yapı Tipi 2, Perde + çerçevelerden oluşan sistemin normal kat planı.....	62
Şekil 6.11 : Yapı 2, Kat Çerçevelerinin Üç Boyutlu Görünümü.....	63
Şekil 6.12 : Yapı 2, 2. çözüm için kütle modeli.....	70
Şekil 6.13 : Yapı 2, 2.çözüm 10.kat döşemesine ait gerilme diyagramı.....	78
Şekil 6.14 : Döşemelerdeki maksimum gerilmeler ve f_{ctk} değerlerinin karşılaştırılması.....	79
Şekil 6.15 : S3 kolonu, 1. ve 2. çözüme ait Moment (alt) ve Kesme Kuvveti değerleri.....	80
Şekil 6.16 : S4 kolonu, 1. ve 2. çözüme ait Moment (alt) ve Kesme Kuvveti değerleri.....	81
Şekil 6.17 : P1 perdesi, 1. ve 2. çözüme ait Moment (alt) ve Kesme Kuvveti değerleri.....	82

SEMBOL LİSTESİ

Δ	: Yapının toplam deformasyonu
ΔF_N	: Ek eşdeğer deprem yükü
α_s	: Döşemede toplam sürekli kenar uzunluğunun toplam kenar uzunluğuna oranı
σ_{max}	: Maksimum düzlem içi gerilme
η_{bi}	: Burulma düzensizliği katsayısı
A	: Brüt kat alanı
A_0	: Etkin yer ivmesi katsayısı
A_b	: Boşluk alanları toplamı
A_c	: Kolon kesit alanı
A_e	: Kolonun veya perde uç bölgesi brüt en kesit alanı
A_g	: Herhangi bir katta göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanının en kesit alanı
A_k	: Herhangi bir katta göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel kagir dolgu duvar alanları (kapı pencere boşlukları hariç)
A_w	: Kolon en kesiti etkin gövde alanı
$A(T)$	: Spektral ivme katsayısı
a_x, a_y	: Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların bir doğrultudaki toplam boyutları
B_B	: Mod birleştirme yönteminde mod katkılarının birleştirilmesi ile bulunan bir büyüklük
B_D	: B_B büyüklüğüne ait büyütülmüş değerler
b	: Tablalı kesitte etkili tabla genişliği
b_w	: Tablalı kesitte gövde genişliği
c	: Deprem katsayısı
d_{fi}	: Deprem doğrultusundaki yer değiştirmeler
F	: Yük artım katsayısı
f_{cd}	: Beton tasarım basınç dayanımı
f_{ck}	: Beton karakteristik dayanımı
f_{ctk}	: Betonun karakteristik çekme dayanımı
F_{fi}	: i'nci kata etkiyen fiktif yük
F_i	: i'nci kata etkiyen eşdeğer deprem yükü
F_t	: Ek tepe kuvveti
f_{yd}	: Çelik akma dayanımı
g_i	: Sabit yük
h_f	: Döşeme kalınlığı
H_N	: Yapı yüksekliği
I	: Bina önem katsayısı
L	: Yapının bir yöndeki toplam plan uzunluğu
L_x, L_y	: Yapının x ve yönündeki toplam plan boyutları
l_p	: Kiriş moment sıfır noktaları arası uzaklık

l_n	: Döşemenin net uzun açıklığı
m	: Döşemede uzun kenarın kısa kenara oranı
m_i	: i'nci katın kütlesi
N	: Kolon üzerine gelen eşdeğer tekil yük
n	: Hareketli yük katılım katsayısı
q_i	: Hareketli yük
Q_t	: q eşdeğer yayılı yükünden gelen toplam yük
q_x, q_y	: Yük bileşenleri
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
R_a	: Deprem yükü azaltma katsayısı
S	: Spektrum katsayısı
S_{pa}	: r. titreşim modunda göz önüne alınacak ivme spektrum değeri
T	: Bina doğal periyodu
t	: Döşeme kalınlığı
T_1	: Binanın birinci doğal titreşim periyodu
$T_1, T_2, \dots$	: Düşey taşıyıcı elemanlarda oluşan kesme kuvvetleri
T_A, T_B	: Spektrum karakteristik periyotları
V_t	: Toplam eşdeğer deprem yükü
W	: Binanın toplam ağırlığı
w_i	: Binanın i'nci katının ağırlığı
Z	: Deprem Bölgesi katsayısı

Tablo 2.1 Uluslararası yönetmeliklerde planda düzensizlikler ile ilgili sınırlamalar

Tablo 3.1 Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Uygulanabileceğı Binalar

Tablo 3.2 Hareketli Yüğü Katılım Katsayısı

Tablo 3.3 Etkin Yer İvmesi Katsayısı

Tablo 3.4 Bina Önem Katsayısı

Tablo 3.5 Spektrum karakteristik Periyotları

Tablo 3.6 Taşıyıcı sistem davranış katsayısı

Tablo 5.1 Yüğü Artım Katsayısı Değerleri

Tablo 6.1 Yapı 1, Kolon Boyutlandırılması

Tablo 6.2 Kat Ağırlıkları, kat kütleleri ve polar atalet momentleri

Tablo 6.3 Eşdeğer deprem kuvvetlerinin katlara dağılımı ve ek burulma momentleri

Tablo 6.4 Deplasman değerleri, görelî kat öteleme değerleri ve burulma düzensizliğı katsayıları

Tablo 6.5 Yeni eksantrisite değerleri ve ek burulma momentleri

Tablo 6.6 Yeni kat deplasmanları

Tablo 6.7 Yumuşak kat düzensizliğı kontrolü

Tablo 6.8 Görelî Kat Ötelemeleri Kontrolü

Tablo 6.9 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü

Tablo 6.10 Yapı 1, 1.çözüm X doğrultusunda etkiyen depremde dolayî oluşan kolon uç kuvvetleri

Tablo 6.11 Kolonlarda toplanan kütleler (kNs^2/m)

Tablo 6.12 Polar atalet momentleri

Tablo 6.13 Yapı 1'in 2. çözümünden elde edilen eşdeğer deprem kuvvetlerinin her bir kattaki kolonlara dağılımı

Tablo 6.14 Ek burulma momentleri (kNm)

Tablo 6.15 Yapı 1, 2. Çözüm, Deplasman değerleri, görelî kat öteleme değerleri ve burulma düzensizliğı katsayıları

Tablo 6.16 Yeni eksantrisite değerleri

Tablo 6.17 Ek burulma momentleri (kNm)

Tablo 6.18 Yeni kat deplasmanları

Tablo 6.19 Yumuşak kat düzensizliğı kontrolü

Tablo 6.20 Görelî Kat Ötelemeleri Kontrolü

Tablo 6.21 Yapı 1, 2. çözüme göre ikinci mertebe etkilerinin kontrolü

Tablo 6.22 Yapı 1, 2.çözüm X doğrultusunda etkiyen depremde dolayî oluşan kolon uç kuvvetleri

Tablo 6.23 Kat döşemelerindeki maksimum asal gerilmeler ve f_{ctk} değerleri

Tablo 6.24 S3 kolonunun 1. ve 2. çözümlerinden elde edilen uç kuvvetleri

Tablo 6.25 S4 kolonunun 1. ve 2. çözümlerinden elde edilen uç kuvvetleri

Tablo 6.26 Yapı 2, Kolon Boyutlandırılması

Tablo 6.27 Kat Ağırlıkları, kat kütleleri ve polar atalet momentleri

Tablo 6.28 Yapı 2'nin 1. çözümünden elde edilen eşdeğer deprem kuvvetlerinin katlara dağılımı ve ek burulma momentleri

Tablo 6.29 Deplasman değerleri, görelî kat öteleme değerleri ve burulma düzensizliği katsayıları

Tablo 6.30 Yumuşak kat düzensizliği kontrolü

Tablo 6.31 Yapı 2, 1. Çözüme ait devrilme momenti hesabı

Tablo 6.32 Görelî Kat Ötelemeleri Kontrolü

Tablo 6.33 Yapı 2, 1. çözüme göre ikinci mertebe etkilerinin kontrolü

Tablo 6.34 Yapı 2, 1.çözüm X doğrultusunda etkiyen depremden dolayı oluşan kolon ve perde uç kuvvetleri

Tablo 6.35 Kolonlarda toplanan kütleler (kNs^2/m)

Tablo 6.36 Polar atalet momentleri

Tablo 6.37 Yapı 2'nin 2. çözümünden elde edilen eşdeğer deprem kuvvetlerinin her bir kattaki kolonlara dağılımı

Tablo 6.38 Ek burulma momentleri (kNm)

Tablo 6.39 Yapı 2, 2. Çözüm, Deplasman değerleri, görelî kat öteleme değerleri ve burulma düzensizliği katsayıları

Tablo 6.40 Yeni eksantrisite değerleri

Tablo 6.41 Ek burulma momentleri (kNm)

Tablo 6.42 Yeni kat deplasmanları

Tablo 6.43 Yumuşak kat düzensizliği kontrolü

Tablo 6.44 Yapı 2, 2. Çözüme ait devrilme momenti hesabı

Tablo 6.45 Görelî Kat Ötelemeleri Kontrolü

Tablo 6.46 Yapı 2, 2. çözüme göre ikinci mertebe etkilerinin kontrolü

Tablo 6.47 Yapı 2, 2.çözüm X doğrultusunda etkiyen depremden dolayı oluşan kolon ve perde uç kuvvetleri

Tablo 6.48 Kat döşemelerindeki maksimum asal gerilmeler ve f_{ctk} değerleri

Tablo 6.49 S3 kolonunun 1. ve 2. çözümlerinden elde edilen uç kuvvetleri

Tablo 6.50 S4 kolonunun 1. ve 2. çözümlerinden elde edilen uç kuvvetleri

Tablo 6.51 P1 perdesinin 1. ve 2. çözümlerinden elde edilen uç kuvvetleri

Şekil 2.1 Perdeli Yapıların Deprem Bakımından Plandaki Durumu

Şekil 2.2 Burulma Düzensizliği

Şekil 2.3 A-2 Türü Düzensizlik Durumları

Şekil 2.4 A-3 Türü Düzensizlik Durumu

Şekil 2.5 A-4 Türü Düzensizlik Durumu

Şekil 2.6 Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği

Şekil 3.1 Zaman – Spektrum katsayısı grafiği

Şekil 3.2 F_{fi} 'nin elde edilmesi

Şekil 3.3 Kat ağırlıkları ve katlara gelen deprem yükleri

Şekil 3.4 Kaydırılmış ve gerçek kütle merkezleri

Şekil 3.5 Katlarda gerçek ve kaydırılmış kütle merkezleri

Şekil 5.1 Tablalı Kiriş Kesit Boyutları

Şekil 6.1 Yapı 1, $a_x = 600$ cm. ve $a_y = 800$ cm. (Sadece çerçevesel sistem)

Şekil 6.2 Yapı 2, $a_x = 600$ cm. ve $a_y = 800$ cm. (Perde + çerçevesel sistem)

Şekil 6.3 Yapı 1, Yalnız çerçevelerden oluşan sistemin normal kat planı

Şekil 6.4 Yapı 1, Kat Çerçevelerinin Üç Boyutlu Görünümü

Şekil 6.5 Yapı 1, 2. çözüm için kütle modeli

Şekil 6.6 Yapı 1, 2.çözüm 10. kat döşemesine ait asal gerilme diyagramı

Şekil 6.7 Döşemelerdeki maksimum gerilmeler ve f_{ctk} değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 6.8 S3 kolonu, 1. ve 2. çözüme ait Moment (alt) ve Kesme Kuvveti değerleri

Şekil 6.9 S4 kolonu, 1. ve 2. çözüme ait Moment (alt) ve Kesme Kuvveti değerleri

Şekil 6.10 Yapı Tipi 2, Perde + çerçevelerden oluşan sistemin normal kat planı

Şekil 6.11 Yapı 2, Kat Çerçevelerinin Üç Boyutlu Görünümü

Şekil 6.12 Yapı 2, 2. çözüm için kütle modeli

Şekil 6.13 Yapı 2, 2.çözüm 10.kat döşemesine ait asal gerilme diyagramı

Şekil 6.14 Döşemelerdeki maksimum gerilmeler ve f_{ctk} değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 6.15 S3 kolonu, 1. ve 2. çözüme ait Moment (alt) ve Kesme Kuvveti değerleri

Şekil 6.16 S4 kolonu, 1. ve 2. çözüme ait Moment (alt) ve Kesme Kuvveti değerleri

Şekil 6.17 P1 perdesi, 1. ve 2. çözüme ait Moment (alt) ve Kesme Kuvveti değerleri

1. GİRİŞ

1.1 Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında İstenilen Limit Durumlar

1.2 Yapılarda Düzensizlik Oluşturacak Durumlar

1.3 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

2. DÜZENSİZ YAPILAR VE YAPI SİSTEMLERİNİN TASARIMI

2.1 A.B.Y.Y.H.Y 1998 Esaslarına Göre Düzensizlikler

2.1.1 Planda Düzensizlik Durumları

2.1.1.1 A–1 Burulma Düzensizliği

2.1.1.2 A–2 Döşeme Süreksizlikleri

2.1.1.3 A–3 Planda Çıkıntılar Bulunması

2.1.1.4 A–4 Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması

2.1.2 Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları

2.1.2.1 Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)

2.1.2.2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)

2.1.2.3 Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği

2.2 Konuyla İlgili Yapılmış Çalışmalar

2.3 Çeşitli Ülkelerin Deprem Yönetmeliklerinde Düzensizlikler

3. DEPREM YÜKLERİNİN HESABI

3.1 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

3.2 Mod Birleştirme Yöntemi

3.3 Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri

4. DÖŞEMELER

4.1 Döşeme Seçimi

4.2 Döşeme Tipleri

4.2.1 Kirişli Döşemeler

4.2.1.1 Tek Doğrultuda Çalışan Döşemeler

4.2.1.2 Çift Doğrultuda Çalışan Döşemeler

4.2.2 Kirişsiz Döşemeler

4.2.3 Dişli Döşemeler

4.2.4 Kaset Döşemeler

4.2.5 Prefabrike Döşemeler

5. HESAPLARDA İZLENEN YOL

5.1 Boyutlandırma

5.2 Düzensizlik Kontrolleri

5.2.1 A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü

5.2.2 B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik (Yumuşak Kat) Düzensizliği Kontrolü

5.2.3 Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü

5.2.4 İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

5.2.5 α_m Hesabı

5.3 Sonlu Elemanlar Yöntemi

5.4 Döşemelerde Düzlem İçi Gerilmelerin Belirlenmesi

6. SAYISAL ÖRNEKLER

6.1 Örnek Yapıların Tanımı

6.2 Örnek Yapıların İncelenmesi

6.2.1 Yapı 1, 1. Çözüm (Rijit diyafram kabulü)

6.2.1.1 Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

6.2.1.2 Kat Deplasmanları ve A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü

6.2.1.3 B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik (Yumuşak Kat) Düzensizliği Kontrolü

6.2.1.4 Görelî Kat Ötelemeleri Kontrolü

6.2.1.5 İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

6.2.1.6 Kolonlara Ait İç Kuvvetler

6.2.2 Yapı 1, 2. Çözüm (Esnek diyafram kabulü)

6.2.2.1 Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

6.2.2.2 Kat Deplasmanları ve A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü

6.2.2.3 B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik (Yumuşak Kat) Düzensizliği Kontrolü

6.2.2.4 Görelî Kat Ötelemeleri Kontrolü

6.2.2.5 İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

6.2.2.6 Kolonlara Ait İç Kuvvetler

6.2.2.7 Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Düzlem İçi Gerilmelerin Belirlenmesi

6.2.3 Yapı 1, 1. ve 2. Çözümlerin Karşılaştırılması

6.2.4 Yapı 2, 1. Çözüm (Rijit diyafram kabulü)

6.2.4.1 Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

6.2.4.2 Kat Deplasmanları ve A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü

6.2.4.3 B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik (Yumuşak Kat) Düzensizliği Kontrolü

6.2.4.4 α_m Hesabı

6.2.4.5 Görelî Kat Ötelemeleri Kontrolü

6.2.4.6 İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

6.2.4.7 Kolon ve Perdelere Ait İç Kuvvetler

6.2.5 Yapı 2, 2. Çözüm (Esnek diyafram kabulü)

6.2.5.1 Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

6.2.5.2 Kat Deplasmanları ve A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü

6.2.5.3 B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik (Yumuşak Kat) Düzensizliği Kontrolü

6.2.5.4 α_m Hesabı

6.2.5.5 Görelî Kat Ötelemeleri Kontrolü

6.2.5.6 İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

6.2.5.7 Kolonlara Ait İç Kuvvetler

6.2.5.8 Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Düzlem İçi Gerilmelerin Belirlenmesi

6.2.6 Yapı 2, 1. ve 2. Çözümlerin Karşılaştırılması

ÖZET

Yüksek Lisans tezi olarak sunulan bu çalışmada; planda düzensiz yapılarda kat döşemelerinin deprem yükleri etkisi altındaki davranışı, ayrıntılı olarak incelenmiştir. Yapılan bu çalışmada Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelikte tanımlanmış olan; A3 - Planda çıkıntılar bulunması, düzensizlik durumu incelenmiştir. Ele alınan örnek yapılar 2 ayrı yaklaşımla modellenmiş, bu modeller için deprem analizleri yapılmıştır. Yönetmelikte verilen bu düzensizlik durumunun sınır değeri için perdeli ve perdesiz olmak üzere iki tip taşıyıcı sistem düzenlenmiştir. Bu yapı örnekleri üzerinde; kat kütlelerinin kütle merkezinde toplandığı, kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı birinci model, kütlelerin kolon uç noktalarında toplandığı esnek diyafram kabulü ile çözülen ikinci model ile deprem yükü etkisindeki yapının analizi yapılarak yönetmelikte verilen bu düzensizlik durumunun yeterliliği ve gerekliliğinin araştırılması amaçlanmıştır.

Yedi bölüm halinde sunulan bu çalışmanın birinci bölümünde konunun tanıtılması, çalışmanın amacı ve kapsamı yer almaktadır.

İkinci bölümde, düzensizliklerin tanımlanması, düzensizlikleri oluşturan etkenler incelenmiştir. Ayrıca planda düzensizlik durumları için çeşitli ülkelerin deprem yönetmelikleri incelenmiş ve konuyla ilgili daha evvel yapılmış çalışmalar hakkında bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde, deprem hesabında uygulanan yöntemler detaylı olarak incelenmiştir. Bu bölümde Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile yapıya etki eden deprem kuvvetlerinin belirlenmesi, ABYYHY.'ye göre düzensizlik kontrolleri, kat döşemelerinde, sonlu elemanlar yöntemiyle, düzlem içi gerilmelerin belirlenmesi konuları üzerinde durulmuştur.

Dördüncü bölümde, döşemeler konusunda detaylı bilgiler verilmiş, döşemelerin taşıyıcı özellikleri, modelleri ve modelleri arasında karşılaştırmalar yapılmıştır.

Beşinci bölümde ise; hesaplarda izlenen yol verilmiştir.

Altıncı bölümde ise; Planda çıkıntıları bulunan düzensiz yapılarda, döşemelerin davranışlarını belirleyebilmek amacı ile incelenen sayısal örnekler yer almıştır. Kat döşemelerinde oluşacak düzensizliğe; yapıdaki rijitliklerin neden olabileceği göz önüne alınarak, boyutları aynı, rijitlikleri değişen yapı örnekleri farklı modellemelerle çözülmüş ve karşılaştırmalar yapılmıştır.

Yedinci bölümde tez çalışmasında elde edilen sonuçlar verilmiştir. Çalışmanın sayısal incelemelerine dayanarak elde edilen başlıca sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Kat döşemelerinde hesaplanan maksimum düzlem içi gerilmeler, yalnız çerçevelerden meydana gelen yapı sistemlerinde daha küçük değerlerde kalmalarına rağmen, aynı boyutlardaki çerçeve + perdeli sistemlerde sınır f_{ctk} değerini aşabilmektedir.
- Plandaki boyut düzensizliğinden çok, yapıdaki rijitlik dağılımı daha etkilidir.
- Kat döşemelerinde oluşabilecek düzlem içi maksimum gerilme değerinin o kata etkiyen eşdeğer deprem kuvvetine bağlı olduğunu kabul etmek yanıltıcı olabilir. Bazı durumlarda kata etkiyen deprem kuvveti düşük olmasına rağmen kritik gerilme değerleri bu kata oluşabilmektedir.
- Kat döşemelerinde en yüksek gerilme değerleri çerçeveli yapılarda kolon uçlarında ve planda boyutların ani değişim gösterdiği bölgelerde, perde + çerçeveli yapılarda ise perde etrafında oluşmaktadır.

BEHAVIOUR OF IRREGULAR STRUCTURES UNDER THE SEISMIC EFFECTS

SUMMARY

In this study which is presented as master thesis, the structures which are irregular in plan, are examined about their floor slabs behaviour under seismic effects. In this study, A3 type irregularity – Projecting parts in plan, which is defined in Turkish Seismic Code (ABYYHY), the irregular positions which are identified by the codes about the buildings which are constructed in disaster areas are examined. Some sample structures are modeled and analyzed with two different mathematic modeling approaches. Two types of structural systems are selected to investigate the model for the limit values of the irregularity, which is defined in the seismic code. The structure 1 is made of frames and The structure 2 is made of frames and shear walls. In these structural systems, on the first model, storey masses are defined at the centre of the plan where the floor diaphragm is considered to be infinitely rigid in its own plane. On the second model, the storey masses are considered to be concentrated at the column-floor joints at storey levels where the floor diaphragm is considered to be flexible.

In the first chapter of study, which consists of seven chapters, the introduction about the subject and the purpose and the coverage of the study is presented.

In the second chapter, definition of the structural irregularities, code regulations and reasons of irregularities are examined. The seismic code of other countries are investigated for plan irregularities, and simple summaries for the earlier studies involved about this subject is given.

In the third chapter, the analysis methods are examined with details. In this chapter, the determination of the seismic loads by the equivalent static method, controls of plan irregularities for Turkish seismic code, the determination of the in-plane stress distributions by finite element methods in floor slabs are explained.

In the fourth chapter, the detailed information of dealing with slabs are given. Preferences of floor types, floor modals and comparison between floor models are carried out.

In the fifth chapter, the way of calculations is given.

The irregular structures, which have projecting parts in plan, for the determination of behaviour of floor slabs, is examined numerically in the sixth chapter. The similar structures that have different rigidities are considered as rigid and flexible floor system in order to determine the effects of changes in rigidities of slabs with two mathematic models and the comparisons are presented.

In the seventh part, the results of the study are presented. The results obtained from the numerical analysis of study are given below.

- Maximum in-plane stresses calculated in slabs in structural systems consist of simple frames are smaller, those calculated on the slabs in systems which have frames + shear walls exceed the tensile strength of concrete.
- Rigidity is more important than irregularity in dimension of plan.
- It may be misleading to accept that the possible maximum in-plane stresses are proportional with the equivalent static seismic force. In some cases even though the acting lateral load is critically high, the in-plane stresses may reach critical values.
- In slabs, the maximum stresses are formed at endpoint of columns in structural systems consist of simple frames and formed over shear walls in systems have frames and shear walls.

1. GİRİŞ

Ülkemizin alan olarak % 90'ndan fazla bir kısmı aktif fayların etki alanı içerisinde. Bu bölümde yaşayan kişi sayısı toplam nüfusun % 95'inden fazladır. Ayrıca ülkemizde bulunan yapı stoğunun çok önemli bir bölümü, ekonomik olması ve uygulama alanı daha geniş olması nedeniyle betonarme yapılarıdır. Ayrıca nüfus yoğunluğu her geçen gün artan kentlerde yüksek yapılar daha fazla tercih edilmektedir.

Çok katlı yapıların daha büyük kütleli ve yüksek olması, söz konusu yapıların depreme göre hesabının daha dikkatli incelenmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Deprem hesabında, üzerindeki düşey yükleri kirişlere aktarması yanında rijit diyafram davranışı ile yatay yüklerin kolon veya perde gibi düşey taşıyıcı elemanlara aktarılmasını sağlayan döşemeler, önemli bir yer teşkil etmektedir.

Yapı tasarımı hesaplamalarında önceliği döşemelerin boyutlandırılması almaktadır. Döşeme kalınlığının alt sınır değeri TS 500 / Şubat 2000 [1] 'de (11.1) ve (11.2) ifadeleri ile verilmiştir. Bu ifadelere göre hesaplanan döşeme kalınlığı ile yatay ve düşey yükler; taşıyıcı elemanlara güvenli bir şekilde aktarılabilir. Genellikle hesaplarda döşeme elemanları sonsuz rijit kabul edilmektedir. Ancak ABYYHY [2] (Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik) de, depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken, planda ve düşey doğrultuda düzensizlik meydana getiren durumlar belirtilmiştir. Bu düzensizlikler tez çalışmasının 2. bölümünde ayrıntılı olarak tanımlanmıştır.

Bu çalışmada, bu düzensizliklerden biri olan, planda büyük çıkıntı veya girinti bulunması konusu ile ilgili olarak betonarme yüksek yapıların döşemelerinde meydana gelen gerilme yayılımı incelenerek limit durumlar araştırılmıştır.

1.1 Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında İstenilen Limit Durumlar

Deprem kayıtlarının ve yeryüzünün tektonik yapısının incelenmesinden deprem tehlikesi olan bölgeleri belirlemek oldukça kolay olmasına karşılık, yapının ömrü boyunca meydana gelebilecek en büyük deprem hakkında tahmin yapmak zordur. Depreme dayanıklı yapı tasarımında, yapının fonksiyonuna devam etmesinin

sağlanması, hasarın sınırlandırılması ve yapı içindekilerin hayatının kurtarılması şeklinde olmak üzere değişik seviyelerde korunma söz konusudur. Bu seviyelerin belirlenmesi toplumun bu konu ile ilgili bilgilendirilmesi ve ekonomik duruma bağlıdır.

a) Kullanılabilirlik Sınır Durumu : Bölgede sık olarak ortaya çıkan küçük depremlerin yapının fonksiyonu herhangi bir olumsuz etki yapmaması, taşıyıcı sistemde onarıma gerek gösteren hasarın meydana gelmemesi istenir. Bu ise, depremde oluşacak etkilerin eleman kesitlerinde meydana getireceği gerilmelerin elastik bölgede kalması şeklinde sağlanır. Elemanlarda küçük çatlaklar oluşursa da, büyük çatlaklar ve betonun ezilmesi gibi bir olayın meydana gelmemesi istenir. Bu duruma tasarımda esas alınacak deprem, yapının fonksiyonunun önemine bağlı olarak seçilir. Örneğin, konut yapısında dönüşüm periyodu daha küçük olan bir deprem seçilirken; hastane, itfaiye binası, haberleşme ve santral binası gibi deprem durumunda fonksiyonuna devam etmesi istenen yerler için dönüşüm periyodu daha büyük depremler seçilir. Bu durum yapı önem katsayısının seçimi ile kontrol edilir.

b) Hasar Kontrolü Sınır Durumu : Kullanılabilirlik sınır durumuna esas alınan depremden daha büyük depremlerde yapıda bazı hasarlar meydana gelir. Donatı akma durumuna gelirken, onarımı gerekli olan geniş çatlaklar oluşabilir. Bunu gibi bazı yerlerde temizlenip yenilenmeyi gerektiren beton ezilmelerine rastlanabilir. Bu ikinci sınır durumu, ekonomik olarak mümkün olmayan durumu birbirinden ayırır. Yapının ömrü boyunca, taşıyıcı sistemi bu sınır durumuna getirecek depremin meydana gelme ihtimalinin düşük olması gerekir. Böyle bir sınır durumuna karşı gelen depremden sonra yapının ekonomik olarak onarılıp güçlendirilmesi istenir.

c) Göçme Kontrol Sınır Durumu : Yönetmelikte öngörülen kuvvetlerden çok daha büyük bir etki oluşturabilecek bir depremin meydana gelme olasılığı düşüktür. Böyle bir depremin sınırlı hasarla karşılanması ekonomik olmaz. Ancak, böyle bir durumda göçme mekanizmasının kontrol edilerek, yapının içindekilerin hayatının korunması bu sınır durumu tarif eder. Ender olarak meydana gelecek depremlerde yapıda tamir edilemeyecek hasarın meydana gelmesi kaçınılmazdır. Ancak, bu durumda da can kaybının önlenmesi için yapının tamamen göçmesinin meydana gelmemesi gerekir. Büyük depremlerde yapı dayanım sınırı aşılabacağı için yatay taşıyıcılıkta önemli kayıplar olmadan ve tamamen göçme meydana gelmeden, büyük plastik şekil

ve yer deşiştirmeler oluşabilecek şekilde boyutlamanın yapılması bu kontrolün esasını teşkil eder.

Yukarıda tarif edilen üç korunma seviyesinin gerçekteştirilebilmesi; yapıda yeterli seviyede yatay rijitlik, dayanım ve sünekliğin sağlanması ve yapının genel davranışının kontrol edilmesi ile mümkün olur. Bu üç seviyenin ayrılmasında oldukça büyük belirsizlikler olduğu muhakkaktır. Boyutlamada kapasite kavramına önem vererek, bu belirsizlikler belirli ölçüde yenilebilir.

1.2 Yapılarda Düzensizlik Oluşturacak Durumlar

Depreme karşı yapı güvenliğinin sağlanmasında, taşıyıcı sistemin tasarımı, çözümlmeden daha önemlidir. Tasarım aşamasında oluşacak yapı düzensizlikleri nedeni ile deprem yükleri etkisinde yapı, bölgesel zorlanmalara maruz kalacaktır.

Geometri : Yapı tasarımı basit ve düzenli yapıldığı takdirde, deprem esnasındaki davranışları incelemek ve buna göre bir çözümlleme yapmak daha kolay olacaktır. Karmaşık yapılarda ise çözümlleme zorluğu yanında binaya etki edecek bir de burulma etkisini göz önünde bulundurmak gerekecektir.

Benzer sebeplerden dolayı yapının planda iki doğrultuda simetriye sahip olması, çözümlmede kolaylıklar sağlayacaktır. Simetrik olmayan yapılar depremlerde simetrik yapılara oranla daha fazla hasar görmüşlerdir. Bununla birlikte her zaman simetrik olan yapılar için düzenli denemez. Örneğin: planda + şeklinde olan yapılar, simetrik olmasına rağmen düzensiz yapı kabul edilebilir. Bu tip yapılardaki deprem gerilme dağılımları ileriki bölümlerde detaylı olarak incelenecektir.

Rijitlik : Yatay kuvvetler altında yapıdaki yer değiştirmelerin hesabı yanal rijitliğin belirlenmesine bağlıdır. Brüt eleman kesitlerinden ve betonun başlangıç elastik modülünden hareket edildiğinde, bulunacak rijitlik yatay yükün çok düşük seviyesi için geçerli olur. Kullanılabilirlik limit durumundaki rijitlik için, betonun çatlamasının göz önüne 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 gösterir. Rijitliğin arttırılması ile katların birbirine göre olan relatif yatay ötelenmesi sınırlandırılarak özellikle taşıyıcı olmayan elemanlarda meydana gelecek hasarı kontrol altına almak mümkündür. Bunun yanında özellikle yüksek yapılarda deprem sırasında düşey yüklerin ikinci mertebe etkilerini sınırlı tutmak için yer değiştirmelerin sınırlandırılması amacıyla rijitliğin arttırılması gerekli olur.

Süneklik (Düktilite) : Taşıyıcı sistemin veya taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların sünekliği, işaret değiştiren ve sistemi elastik sınırın ötesinde zorlayan etkiler altında enerji yutma sonucunu doğurduğundan, düşey yükler altındaki projelendirme değil, sadece dinamik yükler etkisinde önem kazanır. Seyrek meydana gelecek şiddetli deprem etkisini, yapının elastik davranışının üzerinde şekil değiştirerek karşılaması öngörülür. Böyle bir durumda ise elastik olmayan davranış önem kazanmaktadır. Yapının elastik sınırı geçip, sünerek kesit zorlarında önemli artmalar olmadan şekil değiştirmesi arzu edilir. Bu yolla depremin dinamik etkisi yutulmakta ve sönümlenmektedir. Bir yapı sünek ise, deprem sırasında zeminden yapıya iletilen enerjinin büyük bir kısmı, elastik sınırın ötesindeki büyük genlikli titreşimler, yapının dayanımını önemli bir kayba uğratmadan yutulur.

1.3 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

ABYYHY’de [2] tanımlanan A-2 döşeme süreksizliği ve A-3 planda çıkıntılar bulunması düzensizlikleri durumunda birinci ve ikinci deprem bölgelerinde bulunan yapıların kat döşemelerinin rijit diyafram davranışı göstermeyebileceği belirtilmiştir. Bu durumda döşemelerin deprem yüklerini düşey yük taşıyan elemanlara güvenli bir şekilde aktarabildiğinin gösterilmesi istenmiştir. Bu çalışmada, yönetmelikte verilen bu düzensizlik durumlarından A-3 olarak adlandırılan planda çıkıntılar bulunması durumu, planları aynı rijitlikleri farklı 2 tip yapı örneğinin, 2 farklı modelleme yaklaşımı ile modellenmiş ve bu modeller için analizler yapılarak bu düzensizlik durumunun araştırılması amaçlanmıştır. Yapı 1’de sistem tamamen çerçevelerden oluşturulmuş, yapı 2’de ise aynı plana sahip sistem perde + çerçeveler kullanılarak tasarlanmıştır. Analizler yapılırken düşey yükler etkisi dışında, deprem kuvvetinin etkisinin daha net anlaşılabilmesi açısından modellemelerde düşey yük etkisi göz önüne alınmamış ve sistemin daha çok zorlanacağı X yönünde deprem etkimesi üzerinde durulmuştur.

1. modellemede kat kütleleri, kütle merkezinde toplanmış ve döşemenin rijit diyafram davranışı gösterdiği varsayımı yapılmıştır. 2. modellemede ise kat kütleleri her katta kolon uçlarında toplanmış ve rijit diyafram varsayımı terk edilmiştir.

Çalışmada şu aşamalar üzerinde durulmuştur.

- Yapısal düzensizlikler ve düzensizlikleri oluşturan etkenlerin tanımlanması, nedenlerinin ve uygulanabilecek çözüm yollarının verilmesi. ABYYHY [2]’de verilen A-2 döşeme süreksizliği ve A-3 planda çıkıntılar bulunması durumları için daha önceden yapılmış

alışmalar ve çeşitli ülkelerin deprem yönetmeliklerinde planda düzensizlikler araştırılmış,

- Eşitdeğer deprem yükü yöntemi ve diğer yöntemler hakkında bilgiler,
- Döşemeler hakkında bilgiler verilmiş,
- Deprem yükleri etkisinde 2 farklı türde yapının analizinin 2 farklı modelleme ile yapılarak döşemeleri esnek çözümleme yaklaşımı ve getirdiği sonuçlar incelenmiş, yapı sisteminin tasarımında burulma düzensizliği, yumuşak kat düzensizliği, göreli kat ötelemeleri ve ikinci mertebe etkilerinin 2 farklı yapı tipi ve 2 farklı çözüm için kontrolü yapılmış, kolon uç kuvvetlerinin belirlenmiş, döşemelerde oluşacak maksimum düzlem içi gerilmelerinin sonlu elemanlar yöntemi ile belirlenmiş, grafik ve tablolarla karşılaştırmalar yapılmış,
- Sayısal rnekler ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

2. DÜZENSİZ YAPILAR VE YAPI SİSTEMLERİNİN TASARIMI

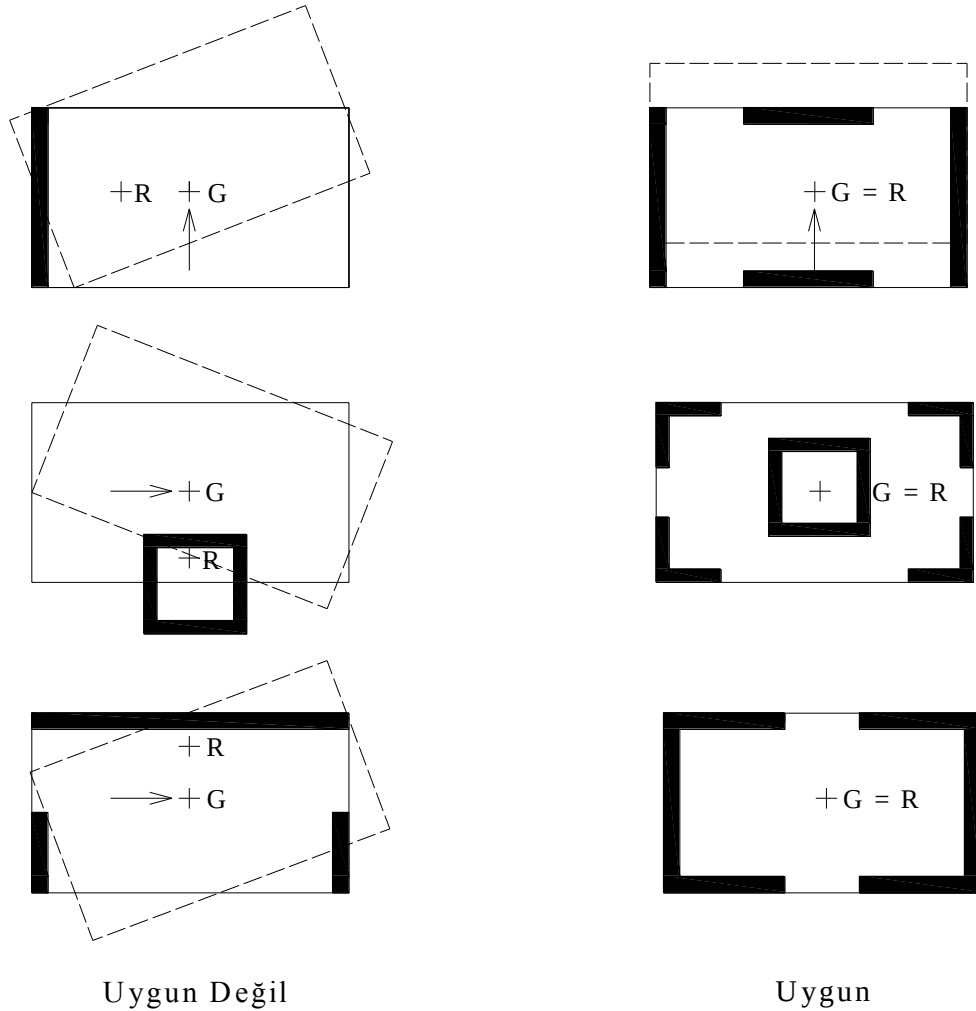
Deprem sırasında yapıya gelen kuvvetler yapının kütle merkezine etmektedir. Kütle merkezi bir çok yapıda yapının geometrik merkezi olarak alınabilir. Rijitlik merkezi ise yapıdaki kolon ve perde duvar gibi taşıyıcı sistem elemanlarının ağırlık merkezidir. Bu iki merkez arasında olan farklılık, yapıya gelen deprem kuvvetlerinin yapıya rijitlik merkezinden geçen bir düşey eksen çevresinde burulmasına yol açar. Burulma momenti ne kadar büyük ve eleman rijitlik merkezinden ne kadar uzakta ise o kadar büyük bir burulma momenti ile zorlanır. Bu nedenle elemanların burulma etkisi altında kalmamaları için yapıların planda olabildiğince basit ve simetrik biçimlerde yapılması depreme dayanıklı olmaları için gereklidir.

Yapı sistemine etkiyen deprem yüklerinin taşınmasında perdeler etkili olarak kullanılırlar. Bir yapıda çerçeve sistemi ile beraber kullanıldığı gibi, düşey taşıyıcıları sadece perdelerden oluşan sistemler de vardır. Çerçeve ile beraber olduğu durumda da, perdelerin rijitlikleri fazla olduğu için, deprem veya rüzgardan oluşan yatay yüklerin tamamına yakın miktarını karşılarlar. Taşıyıcı sistemlerin yükseklikleri arttıkça perdeler önemli bir eleman olarak ortaya çıkar. Yatay yükler altında kat yer değiştirmelerinin sınırlandırılması bakımından, bazı durumlarda perdelerin kullanılması zorunlu olur. Deprem bölgelerinde yapılan perdelerin hem yapının güvenliğini sağlayarak ve hem de yer değiştirmeleri sınırlandırılarak yapısal olmayan elemanlarda hasarlı önlemleri bakımından etkili davrandıkları belirlenmiştir. Bu nedenle ve gelecekte daha yüksek yapıların yapılması eğilimi ile taşıyıcı sistemlerde perdelerin daha yoğun kullanılacağı tahmin edilir. [3]

Perdeler yapının temelinden başlayarak en üst kata kadar sürekli olarak yapılmak zorundadır. Çeşitli nedenlerden dolayı binanın zemin katında hiç yapılmaması ya da en üst kadar uzatılmayıp ara katlardan birinde kesilmesi çok sakıncalıdır. Zemin katta betonarme perde yapılmaması ,betonarme çerçeveler arasına tuğla duvar konulmayıp, dolgu duvarların bir üst kattan yapılması büyük sakıncalar ortaya çıkarmaktadır. Bu tür zemin katında kolonlara oturan perde duvarlı yapılar “zemin katı esnek” olarak nitelenmektedir. Bu tür yapılarda zemin katlarda çok büyük momentler ve ötelemeler oluşmaktadır. Büyük yatay ötelemeler ve düşey yüklerin birlikte etkimesiyle zemin kat kolonlarında ikince mertebeden momentler oluşmakta ve yıkıma sebep olabilmektedir. Bu tip yapılardan kaçınılması gerekmektedir.

Perdeli yapıların üst katlarında gereksiz olduğu düşünülerek belli katlardan sonra perdenin devam ettirilmemesi de sakıncalı bir durumdur. Perde sürekli olmalıdır. Sürekli olmaması perdenin kesildiği katta gerilme birikimine yol açar ve burada büyük hasarlar meydana gelebilir.

Perdelerin plandaki yerleri de önemlidir. Perdeler yapıda burulma etkisi oluşturmayacak şekilde düzenlenmelidir. Genellikle asansör boşlukları ve merdiven boşlukları çevrelerine yerleştirilmektedir. Perdelerin kolonlara oranla rijitliklerinin çok daha fazla olması, bunların yapının merkezinden uzakta bir noktada bulunmaları, mutlaka burulma yaratacak bir moment kolu oluşturacaktır. Şekil 2.1 de perdeli yapılarda çeşitli perde yerleşimleri gösterilmektedir.



Şekil 2.1 Perdeli Yapıların Deprem Bakımından Plandaki Durumu

Perdeler burulma rijitliğini artıracak şekilde tercihen yapı dış akslarına yerleştirilmelidir. Ancak böyle uygulamalar 5-6 kata kadar uygun olmakta, yüksek yapılarda devrilme momentleri yapının her iki kenarında toplanacağından perdelerin temellerinin boyutlandırılmasında güçlükler çıkabilmektedir. Yüksek yapıların perdelerinin yapı planında iki doğrultuda dağıtılmış bir biçimde yerleştirilmesi daha uygundur. Perdelerin aksel yükleri ne kadar çok olursa, eğilme donatısına olan gereksinim daha da azalacak, temellere daha küçük devrilme momentleri etkiyecektir. Böylelikle temel tasarımında fazla problem ortaya çıkmayacaktır. Az sayıda perdenin yapının bir yerinde toplanması temellere büyük etkilerin gelmesine yol açar.

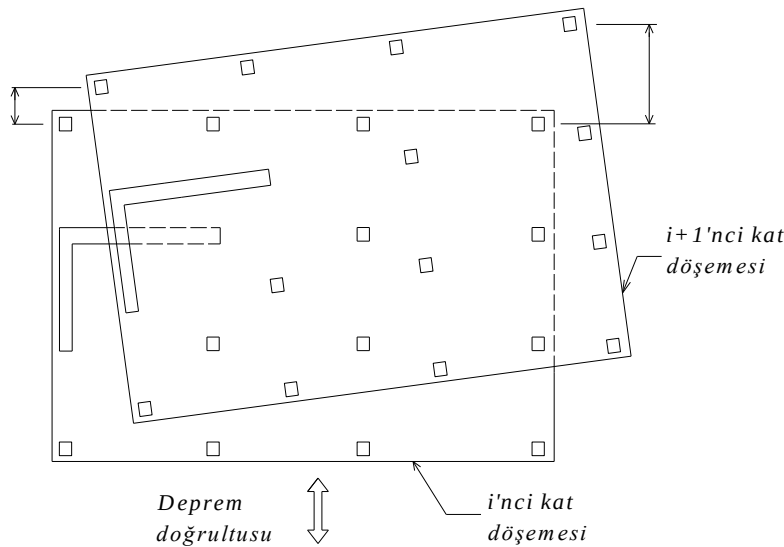
2.1 A.B.Y.Y.H.Y 1998 Esaslarına Göre Düzensizlikler

Depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken düzensiz binaların tanımlanması ile ilgili olarak, planda ve düşey doğrultuda düzensizlik meydana getiren durumlar aşağıda tanımlanmıştır. [2]

2.1.1 Planda Düzensizlik Durumları

2.1.1.1 A-1 Burulma Düzensizliği

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görel kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görel ötelemeye oranını ifade eden Burulma düzensizliği katsayısı η_{bi} 'nin 1,2'den büyük olması durumudur (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Burulma Düzensizliği

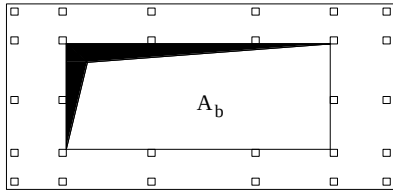
$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}} > 1,2 \quad (2.1)$$

$$(\Delta_i)_{\text{ort}} = 1/2 [(\Delta_i)_{\max} + (\Delta_i)_{\min}] \quad (2.2)$$

2.1.1.2 A-2 Döşeme Süreksizlikleri

Herhangi bir kattaki döşemede (Şekil 2.3)

- 1- Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'nden fazla olması durumudur.
- 2- Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumudur.
- 3- Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumudur.

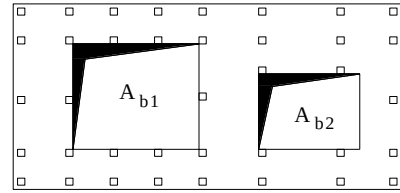


A2 Türü düzensizlik durumu -I

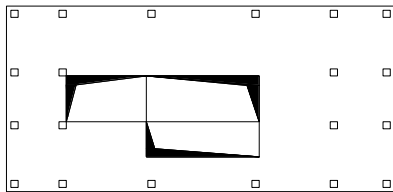
$$A_b/A > 1/3$$

A_b : Boşluk alanları toplamı

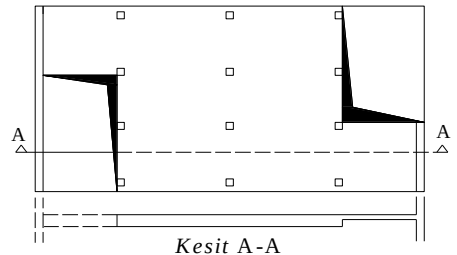
A : Brüt kat alanı



$$A_b = A_{b1} + A_{b2}$$



A2 Türü düzensizlik durumu -II

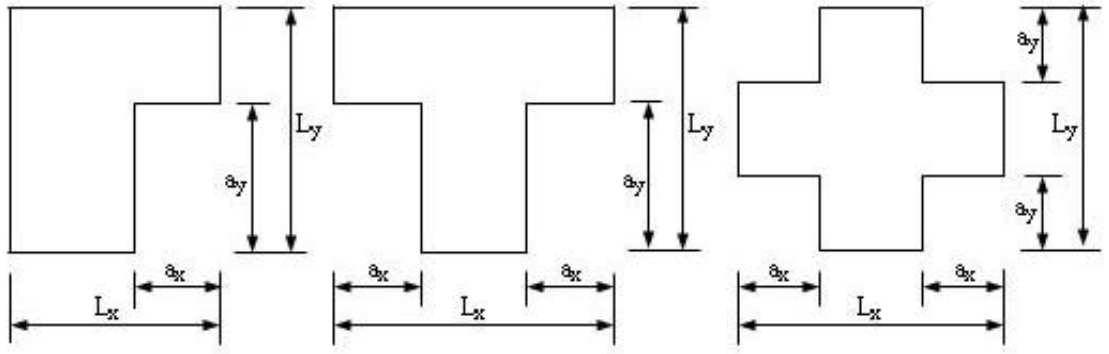


A2 Türü düzensizlik durumu -II ve III

Şekil 2.3 A-2 Türü Düzensizlik Durumları

2.1.1.3 A-3 Planda Çıkıntılar Bulunması

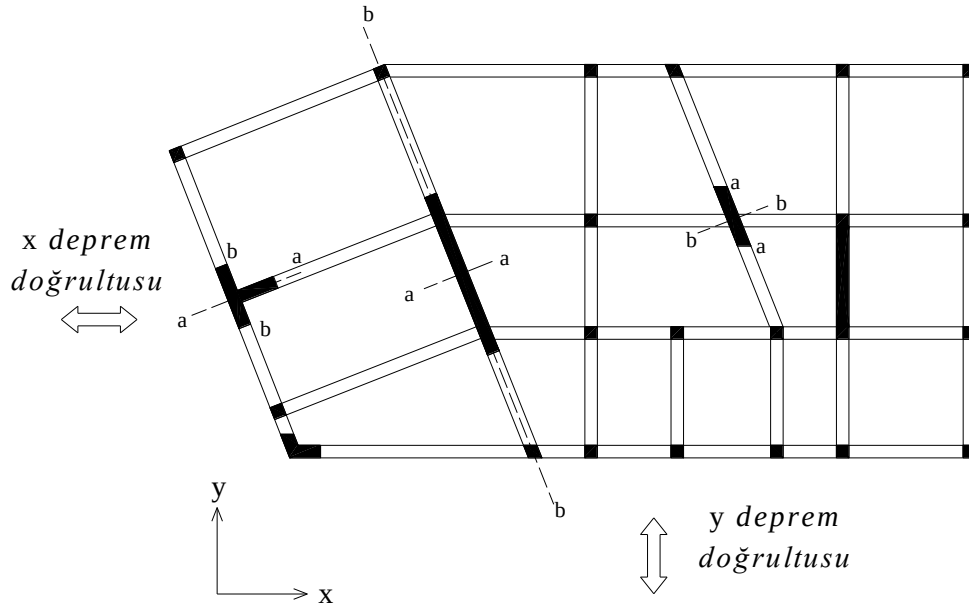
Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumudur. ($a_x > 0,2L_x$ ve $a_y > 0,2L_y$) (Şekil 2.4)



Şekil 2.4 A-3 Türevi Düzensizlik Durumu

2.1.1.4 A-4 Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının plandaki asal eksenlerinin, göz önüne alınan birbirine dik yatay deprem doğrultularına paralel olmaması durumudur (Şekil 2.5). Bu durumda elemanların asal eksen doğrultularındaki iç kuvvetler denklem 2.3'e göre hesaplanacaktır.



Şekil 2.5 A-4 Türevi Düzensizlik Durumu

$$B_a = \pm B_{ax} \pm 0,30 B_{ay} \quad (2.3a)$$

$$B_a = \pm 0,30 B_{ax} \pm B_{ay} \quad (2.3b)$$

B_a : Taşıyıcı sistem elemanının a asal eksenini doğrultusunda tasarıma esas iç kuvvet büyüklüğü

B_{ax} : Taşıyıcı sistem elemanının a asal eksenini doğrultusunda, x doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü

B_{ay} : Taşıyıcı sistem elemanının a asal eksenini doğrultusunda, x'e dik y doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü

2.1.2 Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları

2.1.2.1 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 alanına oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı η_{ci} 'nin 0,80'den küçük olması durumudur.

$$\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0,80 \quad (2.4)$$

Herhangi bir katta etkili kesme alanının şu şekilde tanımlanmıştır.

$$\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0,15 \sum A_k \quad (2.5)$$

$\sum A_e$: Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı

$\sum A_w$: Herhangi bir katta, kolon en kesiti etkin gövde alanları toplamı

$\sum A_g$: Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanının en kesit alanları toplamı.

$\sum A_k$: Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel kagir dolgu duvar alanlarının (Kapı ve pencere boşlukları hariç) toplamı.

2.1.2.2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)

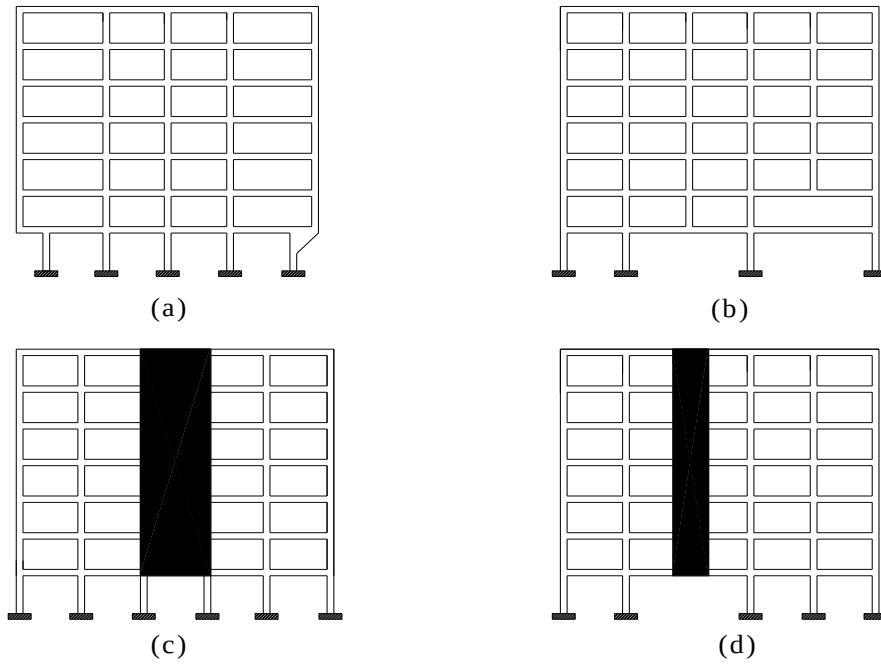
Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'nci kattaki ortalama görelî kat ötelemesinin bir üst kattaki ortalama görelî kat ötelemesine oranı olarak tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki} 'nin 1,5'tan fazla olması durumudur.

$$\eta_{ki} = (\Delta_i)_{\text{ort}} / (\Delta_{i+1})_{\text{ort}} > 1,5 \quad (2.6)$$

Görelî kat ötelemelerinin hesabı, $\pm \%5$ ek dışmerkezlîk etkileri de göz önüne alınarak yapılacaktır.

2.1.2.3 Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliğı

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. (Şekil 2.6) ABYYHY’de bu tür taşıyıcı sistem düzenlemesine kesinlikle izin verilmemektedir.



Şekil 2.6 Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliğı

2.2 Konuyla İlgili Yapılmış Çalışmalar

Tez çalışmasına konu olan düzensizlik durumlarından A-2 ve A-3 türü düzensizliklerle ilgili literatürde çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Yapılan araştırmalarda genelde döşemelerin rijit diyafram olarak çalıştığı varsayımı yapılmış ve rijit diyafram olarak çalışmayan durumlarla kıyaslamalar yapılmıştır. Bu kısımda yapılan çalışmalar hakkında kısa bilgiler verilecektir.

Ayrancı, M.M., [4], döşeme süreksizliğı konusunda yaptığı araştırmada 2 tip yapı örneğı incelemiş, Esnek ve rijit diyafram kabulü için 3 ayrı modelleme yaparak elde ettiğı sonuçları karşılaştırmıştır. Boşluk oranı düzensiz yapı sınıfına girmesi için gerekli olan 0,333 değerine çok yakın (0,336) ve sadece çerçevelerden oluşan yapı

seçilmiş, ve aynı plana sahip sistemi boşluk kenarlarına perdeler yerleştirilmesi durumunda da inceleyerek kolonlarda oluşacak uç kuvvet ve döşeme içindeki gerilme değerleri değişimini gözlemlemiştir. 1. çözümde, kat kütlelerinin merkezde bir noktada toplanarak rijit diyafram kabulü, 2. çözümde, kütlelerin kolon uçlarında toplanarak esnek diyafram kabulü ve 3. çözümde ise kütlelerin döşeme merkezlerinde ve kirişlerin orta noktalarında toplanarak yapının analizi yapılmış, 2 ve 3. çözümlerin birbirine çok yakın değerler verdiği, rijit diyafram kabulü ile çözümde ise döşeme gerilmelerinin daha yüksek değerler aldığı gözlemlenmiştir.

Gür, M.Y., [5], döşeme süreksizliği bulunan U planlı bir yapıyı dış aksta sürekli kiriş olması ve kiriş olmaması durumuna göre ve rijit diyafram kabulünün yapıldığı ve yapılmadığı durumlar için incelemiştir. Analizler, eşdeğer deprem yükü ve modların birleştirilmesi yöntemlerine göre SAP90 bilgisayar programı ile yapılmış, elde edilen kritik kesit tesirleri ile karşılaştırılmıştır. Döşemelerin rijit diyafram olarak çalışmadığının kabul edildiği durumda, yapıdaki düzensizlik belirgin olarak ortaya çıkmış, deprem yüklerinden oluşan kesit tesirleri karşılaştırıldığında kritik kesitlerde daha olumsuz sonuçların çıktığı görülmüştür.

Coşkun, S., [6], yaptığı araştırmada, A-3 türü düzensiz L planlı yalnızca çerçevelerden oluşan 4 katlı bir yapıda, Erzincan depreminin spektral ivme – zaman kayıtlarını kullanarak dinamik analiz yapmıştır. Aynı yapıyı yine sadece çerçevelerden oluşacak şekilde 8 ve 16 katlı olarak analiz ederek sonuçları karşılaştırmıştır. Ayrıca + planlı bir yapıyı 4,8 ve 16 katlı olarak modelleyip 16 katlı durum için Erzincan depremi kayıtlarıyla dinamik analizini yapmıştır. Bu çalışmada deprem etkisi yanında düşey yüklerden oluşacak etkiler de göz önünde bulundurulmuş, eşdeğer deprem yükü yöntemi ve dinamik analiz sonuçlarının yakın çıktığı görülmüştür.

Erol, O., [7], deprem yönetmeliğinde verilen A-1, A-2 ve A-3 türü düzensiz yapıların için ayrı ayrı örnekler incelemiş, bu örnekleri rijit diyafram kabulü yaptığı ve yapmadığını varsayarak SAP90 bilgisayar programı yardımıyla çözerek yönetmeliğin öngördüğü hesap biçiminin gerekliliğini incelemiştir. Bu çalışmada yapılar 3 katlı olarak tasarlandığı için deprem etkilerinden dolayı döşeme gerilmeleri çok düşük çıkmıştır. Aynı yapıların daha yüksek tasarlanması durumunda sınır değerlerin aşılabileceği belirtilmiştir.

Ju, H.S., Lin, M.C., [8], yaptıkları çalışmada planda çıkıntıları bulunan T planlı ve döşeme süreksizliği bulunan U planlı yapılarda rijit ve esnek diyafram kabulleri yaparak kolon uç kuvvetleri değişimini incelemiştir. Yapılan araştırmada planlarında perde bulunmayan yapıların çözümlerinde iki farklı yaklaşımdan elde edilen

sonuçların birbirine çok yakın değerler verdiğini, perdeli yapılarda ise iki çözüm arasında ihmal edilemeyecek kadar yüksek farkların olduğu gözlemlenmiştir.

Atabey, M.S., [9], planda çıkıntılar bulunması durumunda düzlem içi gerilme değerlerini sonlu elemanlar yöntemi ve kiriş idealleştirilmesi yöntemi kullanarak incelemiştir. Planları birbirinden farklı 2 farklı yapıyı sadece çerçevelerden oluşturarak, çerçeve + kenar akslarda perdeler kullanarak, çerçeve + merkezde çekirdek perdeler kullanarak ve çerçeve + iç ve dış akslarda perdeler kullanarak analiz etmiş ve döşemelerde oluşacak maksimum değerleri birbirleriyle kıyaslamıştır. Bu çalışmada düzlem içi gerilmelerin yalnız çerçevelerden oluşan sistemlerde küçük değerler aldığı, Perde kullanılması durumunda ise sınır gerilme değerlerinin aşıldığı belirtilmektedir.

Şen, B., [10], A-2 türü düzensizlik durumunda döşemelerde düzlem içi gerilme dağılımları incelenmiştir. Bu araştırmada değişik yatay yük taşıyıcı eleman yerleşimine sahip planda aynı boyutlardaki yapılar SAP90 bilgisayar programı kullanılarak analiz edilmiştir. Yapılan sonucu elde edilen kesme kuvveti değerleri döşemeler katlardan bağımsız düşünülerek döşemelere etki ettirilip gerilme değerleri elde edilmiştir.

2.3 Çeşitli Ülkelerin Deprem Yönetmeliklerinde Düzensizlikler

ABYYHY 1998 esaslarına göre planda düzensizlikler 2.1.1’de özetlenmiştir. Bu düzensizliklere sahip yapılarla ilgili, bir çok ülkenin yönetmeliklerinde de çeşitli kısıtlamalar getirilmiştir. “Regulations For Seismic Design – A World List”[11] adlı kaynakta dünya ülkelerinin yönetmelikleri incelenmiş ve birçok ülkede planda düzensizlikler ile ilgili şartlar üzerinde durulmuştur. Tablo 2.1’de planda düzensizliklerle ilgili çeşitli ülke yönetmeliklerine ait bilgiler verilmiştir.

Yapıların planda düzensiz binalar sınıfına dahil edilmesi için, planda çıkıntı yapan kısımlarının, binanın o katının aynı doğrultudaki toplam plan boyutlarının %25’inden daha büyük olması şartı; Arnavutluk, Cezayir, Endonezya ve İran yönetmeliklerinde, %20’sinden daha büyük olması şartı ise Meksika Yönetmeliklerinde bulunmaktadır.

Döşeme süreksizliği olan yapılarda ise boşluk alanının toplam alana oranı A.B.D, İsrail, Kolombiya, Kore, Nepal ve Panama’da %50, Venezüella’da %20, Cezayir’de ise %15’den daha büyük olması durumunda yapılar düzensiz yapı sınıfına dahil olmaktadır.

Kostarika, Küba, Meksika, Peru ve Portekiz’de planda düzensizliğe izin verilmemektedir.

Tablo 2.1 Uluslararası yönetmeliklerde planda düzensizlikler ile ilgili sınırlamalar

Ülkeler	Planda Döşeme Süreksizliği	Planda Çıkıntılar Bulunması	Diletasyon Derzi Uygulaması	Planda Düzensizlik Olması Durumunda Dinamik Hesap Zorunluluğu
Almanya			X	
ABD (UBC)	X			X
Arnavutluk		X	X	X
Avustralya				
Avusturya			X	
Bulgaristan			X	X
Cezayir	X	X		X
Çin			X	X
Dominik Cum.				
El Salvador				X
Endonezya		X		X
Eurocode 8				X
Filipinler				X
Fransa				X
Hırvatistan			X	
Hindistan				X
ISO 3010				X
İran		X		X
İsrail	X			X
İtalya				
İsviçre				X
Japonya				
Kanada				
Kolombiya	X			
Kore	X			
Kostarika				
Küba				
Makedonya			X	
Meksika		X		
Mısır				X
NEHRP				X
Nepal	X			
Nikaragua				X
Panama	X			
Peru				
Portekiz				
Romanya			X	X
Slovenya				X
Venezüella	X			X
Yeni Zelanda				X
Yugoslavya			X	
Yunanistan			X	

3. DEPREM YÜKLERİNİN HESABI

Taşıyıcı sistemlere etkiyecek olan deprem yüklerinin hesabında kullanılacak hesap metodunun seçiminde tanımlanan sınırlamalar yeni deprem yönetmeliğinde verilmektedir. A.B.Y.Y.H.Y yapı yönetmeliğinin kapsamı 1975 deprem yönetmeliğine göre daha da genişletilmiştir. Eski yönetmelikte eşdeğer deprem yükü yöntemi yapı yüksekliğinin 75 metreden daha küçük olma koşulunu sağlayan bütün yapılar için uygun bulunurken, yeni yönetmeliğe göre deprem bölgesi, yapı yüksekliği, yapı düzensizliği gibi daha ayrıntılı kısıtlamalar verilerek dinamik yöntemlerin uygulama alanı genişletilmiş ve dinamik yöntem kullanılmasına teşvik edilmiştir. Yapı sistemlerinin deprem yükü hesabı yeni yönetmeliğe göre 3 şekilde yapılabilir.

- 1- Eşdeğer Deprem Yükü
- 2- Mod Birleştirme Yöntemi
- 3- Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

Bu bölümde deprem yüklerinin hesabında kullanılan yöntemler ayrıntılı olarak ele alınmış ve Mod Birleştirme ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir. Deprem yükleri etkisindeki yapı elemanlarına ait kesit zorlarının ve kat döşemelerinde oluşan tepki kuvvetlerinin nasıl hesaplanacağı ve sonlu elemanlar yöntemi ile düzlem içi gerilmelerinin hesaplanması bu bölümde ele alınmıştır.

3.1 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi

Tablo 3.1 Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Uygulanabileceği Binalar

Deprem Bölgesi	Bina Türü	Toplam Yükseklik Sınırı
1,2	A-1 Türü burulma düzensizliği olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2,0$ koşulunu sağlayan binalar	$H_N \leq 25$ m.
1,2	A-1 Türü burulma düzensizliği olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2,0$ koşulunu sağlayan ve ayrıca B-2 türü düzensizliği olmayan binalar	$H_N \leq 60$ m.
3,4	Tüm Binalar	$H_N \leq 75$ m.

Tablo 3.1’de kullanılan H_N ifadesi bina toplam yüksekliğini ifade etmektedir.

Göz önüne alına deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (Taban Kesme Kuvveti), (V_t) denklem 3.1 ile belirlenecektir.

$$V_t = W.A(T_1)/R_a(T_1) \geq 0,10.A_0.I.W \quad (3.1)$$

Bu ifadede;

W : Binanın deprem sırasındaki toplam ağırlığı

T_1 : Binanın birinci doğal periyodu

$R_a(T)$: Deprem yüğü azaltma katsayısı

$A(T)$: Spektral ivme katsayısı

A_0 : Etkin yer ivmesi katsayısı

I : Bina önem katsayısı

şeklinde belirtilmiştir.

Binanın deprem sırasındaki toplam ağırlığı olarak göz önüne alınacak olan W , denklem 3.2 ile belirlenecektir.

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (3.2)$$

w_i kat ağırlıkları ise denklem 3.3 ile hesaplanacaktır.

$$w_i = g_i + n.q_i \quad (3.3)$$

Bu ifadelerde;

w_i : Her bir kata ait ağırlık

g_i : Sabit yükler

q_i : Hareketli yükler

n : Hareketli yük azaltma katsayısı şeklinde ifade edilmiştir.

Hareketli yük katılım katsayısı, n , Tablo 3.2 de verilmiştir. Kar yüklerinin %30'u sabit yük olarak göz önüne alınacaktır. Endüstri binalarında; sabit ekipman ağırlıkları için $n = 1$ alınacak, ancak vinç kaldırma yükleri kat ağırlıklarının hesabında göz önüne alınmayacaktır.

Tablo 3.2 Hareketli Yük Katılım Katsayısı

Binanın Kullanım Amacı	n
Depo, antrepo, vb.	0,80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, garaj, lokanta, mağaza, vb.	0,60
Konut, işyeri, otel, hastane, vb.	0,30

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, $A(T)$, denklem 3.4'te tanımlanmıştır.

$$A(T) = A_0 \cdot I \cdot S(T) \quad (3.4)$$

A_0 : Etkin yer ivme katsayısını

$S(T)$: Spektrum katsayısını

ifade etmektedir.

Denklem 3.4'de yer alan Etkin Yer İvmesi Katsayısı, A_0 , Tablo 3.3'de verilmiştir.

Tablo 3.3 Etkin Yer İvmesi Katsayısı

Deprem Bölgesi	A_0
1	0,40
2	0,30
3	0,20
4	0,10

Denklem 3.4'de yer alan Bina Önem Katsayısı, I , Tablo 3.4'de verilmiştir.

Tablo 3.4 Bina Önem Katsayısı

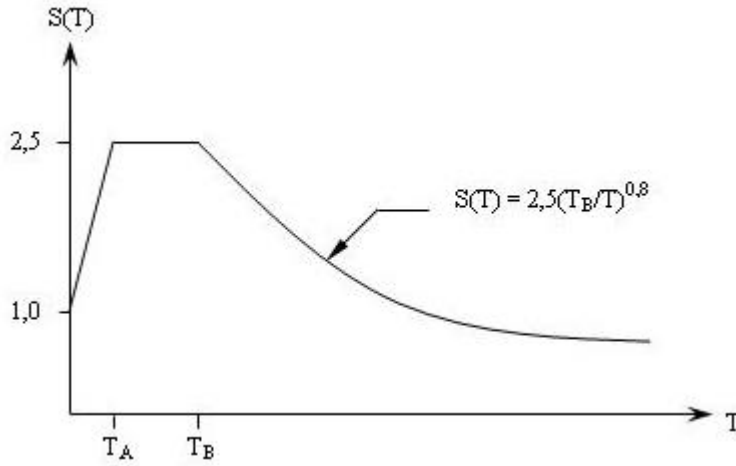
<i>Binanın Kullanım Amacı veya Türü</i>	<i>Bina Önem Katsayısı(I)</i>
<u>1- Deprem sonrasında kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</u> a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gereken binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1,5
<u>2- İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar</u> a) Okullar, diğer eğitim ve bina tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. b) Müzeler	1,4
<u>3- İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</u> Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1,2
<u>4- Diğer Binalar</u> Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer tür binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.	1,0

Denklem 3.4’de yer alan Spektrum Katsayısı, $S(T)$, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T ’ye bağlı olarak denklem 3.5, 3.6 ve 3.7 ile hesaplanacaktır. (Şekil 3.1)

$$S(T) = 1 + 1,5.T / T_A \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3.5)$$

$$S(T) = 2,5 \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (3.6)$$

$$S(T) = 2,5(T_B / T)^{0,8} \quad (T > T_B) \quad (3.7)$$



Şekil 3.1 Zaman – Spektrum katsayısı grafiği

Spektrum karakteristik periyotları, T_A ve T_B , Tablo 3.5’te verilmektedir.

Tablo 3.5 Spektrum karakteristik Periyotları

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (sn)	T_B (sn)
Z1	0,10	0,30
Z2	0,15	0,40
Z3	0,15	0,60
Z4	0,20	0,90

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi’nin uygulandığı tüm binaların birinci doğal titreşim periyodu denklem 3.8’e göre hesaplanabilir.

$$T_1 = 2\pi \left[\sum_{i=1}^N (m_i d_{fi}^2) / \sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi} \right]^{1/2} \quad (3.8)$$

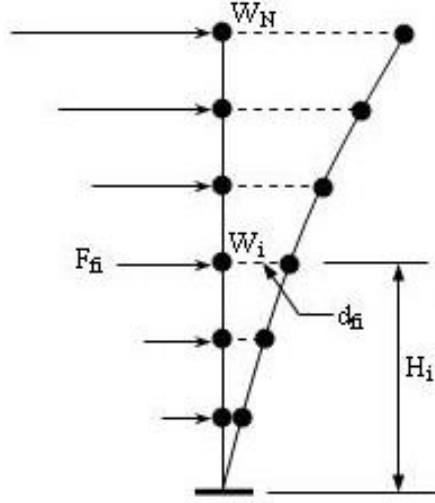
Bu denklemde;

m_i : i’nci katın kütesidir. w_i/g oranı ile bulunur.

F_{fi} : i’nci kata etkiyen fiktif yükleri gösterir ve denklem 3.9 ile hesaplanır.

d_{fi} : Fiktif yüklerin etkisi altında, aynı noktalarda deprem doğrultusunda hesaplanan yer değiştirmeleri gösterir.

$$F_{fi} = \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (3.9)$$



Şekil 3.2 F_{fi} 'nin elde edilmesi

Depremde taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışını göz önüne almak üzere, spektral ivme katsayısına göre bulunacak elastik deprem yükleri, aşağıda tanımlanan Deprem Yüğü Azaltma Katsayısına bölünecektir.

Deprem yüğü azaltma katsayısı, $R_a(T)$, çeşitli taşıyıcı sistemler için Tablo 3.6 'da tanımlanan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, R 'ye ve doğal titreşim periyodu T 'ye bağlı olarak denklem 3.10 ve 3.11 ile belirlenecektir.

$$R_a(T) = 1,5 + (R - 1,5)T / T_A \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3.10)$$

$$R_a(T) = R \quad (T > T_A) \quad (3.11)$$

Hesaplanan toplam eşdeğer deprem yüğü, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak Denklem 3.12 ile ifade edilir. (Şekil 3.3)

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (3.12)$$

Bu ifadede;

V_t : Toplam eşdeğer deprem yüğü

ΔF_N : En üst kata etkiyen ek eşdeğer deprem yüküdür.

$H_N > 25$ m. için binanın tepesine etkiyen ek eşdeğer deprem yükü , ΔF_N 'in değeri
birinci doğal titreşim periyoduna bağlı olarak, denklem 3.13 ile belirlenecektir.

$H_N < 25$ m. olan binalar için $\Delta F_N = 0$ alınacaktır.

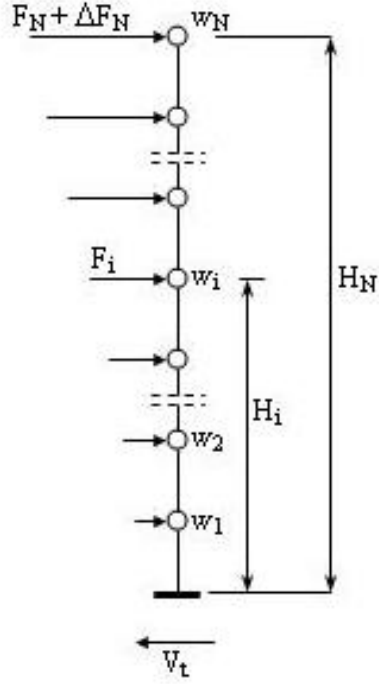
$$\Delta F_N = 0,07 T_1 V_t \leq 0,02 V_t \quad (3.13)$$

Tablo 3.6 Taşıyıcı sistem davranış katsayısı

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	Süneklik Düzeyi Normal Sistemler	Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler
1-YERİNDE DÖKME BETONARME BİNALAR		
A-1 Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	4	8
A-2 Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar	4	7
A-3 Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar	4	6
A-4 Deprem yüklerinin, çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar	4	7
2-PREFABRİKE BETONARME BİNALAR		
B-1 Deprem yüklerinin tamamının, bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen çerçevelerle taşındığı binalar	3	6
B-2 Deprem yüklerinin tamamının; kolonları temelde ankastre, üstte mafsallı tek katlı çerçevelerle aşıldığı binalar	-	5
B-3 Deprem yüklerinin tamamının prefabrike boşluksuz perdelerle taşındığı binalar	-	4
B-4 Deprem yüklerinin, bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen prefabrike çerçeveler ile yerinde dökme bloksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar	3	5
3-ÇELİK BİNALAR		
C-1 Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	5	8
C-2 Deprem yüklerinin tamamının; kolonları temelde ankastre, üstte mafsallı tek katlı çerçevelerle aşıldığı binalar	4	6
C-3 Deprem yüklerinin tamamının çaprazlı perdeler veya yerinde dökme betonarme perdeler tarafından taşındığı binalar		
(a) Çaprazların merkezi olma durumu	3	-
(b) Çaprazların dış merkez olma durumu	-	7
(c) Betonarme perde durumu	4	6
C-4 Deprem yüklerinin çerçevelerle birlikte çaprazlı çelik perdeler veya erinde dökme betonarme perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar		
(a) Çaprazların merkezi olma durumu	4	-
(b) Çaprazların dış merkez olma durumu	-	8
(c) Betonarme perde durumu	4	7

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N dışında geri kalan kısmı, en üst katta dahil olmak üzere, bina katlarına denklem 3.14 ile dağıtılacaktır.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N (w_j H_j)} \quad (3.14)$$



Şekil 3.3 Kat ağırlıkları ve katlara gelen deprem yükleri

3.2 Mod Birleştirme Yöntemi

Bu yöntemde maksimum iç kuvvetler ve yer değiştirmeler, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilir.

Herhangi bir r 'nci titreşim modunda göz önüne alınacak ivme spektrumu ordinatı denklem 3.15 ile belirlenecektir.

$$S_{pa}(T_r) = A(T_r)g / R_a(T_r) \quad (3.15)$$

Bu ifadede ;

$S_{pa}(T_r)$: r . titreşim modunda göz önüne alınacak ivme spektrum değeri

$A(T_r)$: r. titreşim moduna ait spektral ivme katsayısını

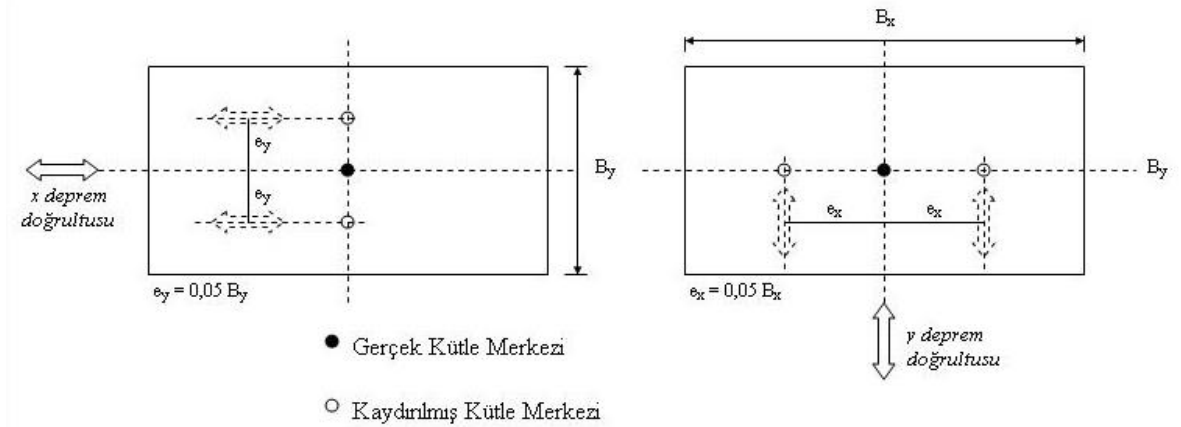
g : Yer çekimi ivmesi ($9,81 \text{ m/sn}^2$)

$R_a(T_r)$: r. titreşim modunda deprem yük azaltma katsayısı

olarak tanımlanmıştır.

Elastik tasarım ivme spektrumunun özel olarak belirlenmesi durumunda, denklem 3.15'te $A(T_r)g$ yerine, ilgili özel spektrum ordinatı göz önüne alınacaktır.

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 göz önüne alınır. Kat kütleleri, her katın kütle merkezinde ve ayrıca ek dış merkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi amacıyla, kaydırılmış kütle merkezlerinde tanımlanacaktır. Kaydırılmış kütle merkezleri, gerçek kütle merkezleri göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyunun $\pm 5\%$ 'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalardır. (Şekil 3.6)



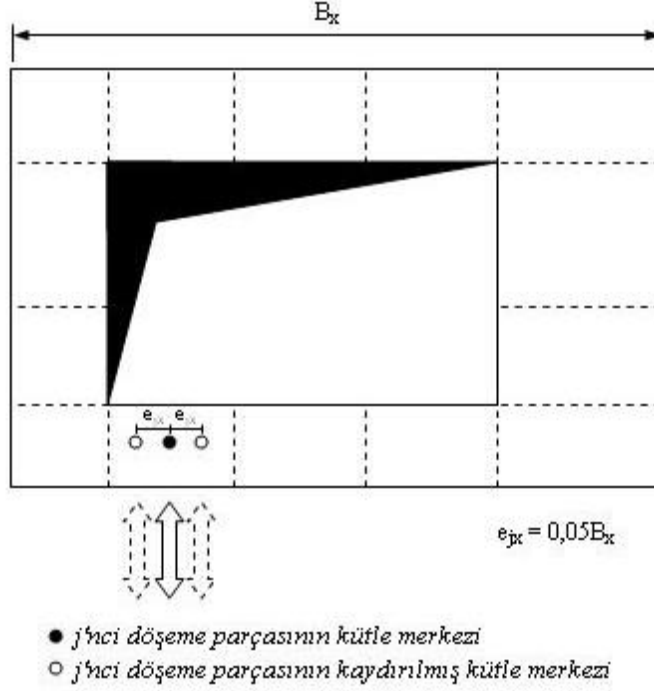
Şekil 3.4 Kaydırılmış ve gerçek kütle merkezleri

Ancak herhangi bir i'nci katın kütle eylemsizlik momenti, m_{0i} , kaydırılmamış kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafında hesaplanır. Kat kütlelerine karşı gelen kat ağırlıkları ise denklem 3.16 ile hesaplanır.

$$m_i = w_i / g \quad (3.16)$$

Döşeme süreksizliğinin bulunduğu ve döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalışmadığı binalarda, döşemelerin kendi düzlemleri içindeki şekil

değiştirmelerinin göz önüne alınmasını sağlayacak yeterlilikte dinamik serbestlik derecesi göz önüne alınmalıdır. Bu durumda, ek dış merkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için her katta çeşitli noktalarda dağılı bulunan tekil kütlelerin her biri, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılmalıdır. (Şekil 3.7)



Şekil 3.5 Katlarda gerçekte ve kaydırılmış kütle merkezleri

Bu tür binalarda sadece ek dış merkezlik etkilerinden oluşan iç kuvvet ve yer değıştirme büyüklükleri eşdeğer statik yükleme yöntemi ile hesaplanabilir. Daha sonra bu büyüklükler, ek dış merkezlik etkisi göz önüne alınmaksızın her bir titreşim modu için hesaplanarak, mod katkılarının karelerinin karekökü ile birleştirilen büyüklüklere doğrudan eklenmelidir.

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı göz önüne alınan birbirine dik X ve Y yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin %90'ndan daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir. Ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda etkin kütlesi, bina toplam kütlelerinin %5'inden büyük olan bütün titreşim modları da göz önüne alınmalıdır. Bodrum katlarında rijitliği üst katlara oranla çok büyük olan betonarme çevre perdelerinin bulunduğu ve bodrum kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binaların hesabında, sadece bodrum katların üstündeki katlarda etkin olan titreşim modlarının göz önüne alınmasıyla yetinilebilir.

Binaya etkiyen toplam deprem yükü, kat kesme kuvveti, iç kuvvet bileşenleri, yer değiştirme ve görelî kat ötelemesi gibi büyüklüklerin her biri için ayrı ayrı uygulanmak üzere, her titreşim modu için hesaplanan ve eş zamanlı olmayan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi için uygulanacak kurallar aşağıda verilmiştir:

- a) $T_s < T_r$ olmak üzere, dikkate 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 Karekökü Kuralı uygulanabilir. T_r ve T_s , yapının r. ve s. Doğal titreşim periyotlarını göstermektedir.
- b) Yukarıda belirtilen koşulun sağlanamaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilebilmesi için Tam Karesel Birleştirme Kuralı uygulanacaktır. Bu kuralın uygulanmasında kullanılacak çapraz korelasyon katsayılarının hesabında modal sönüm oranları bütün titreşim modları için %5 olarak alınacaktır.

İncelenen deprem doğrultusunda, mod katkılarının uygun bir şekilde birleştirilmesi ile 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 β değerinden küçük olması durumunda ($V_{tb} < \beta V_t$), Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre bulunan tüm iç kuvvet ve yer değiştirme büyüklükleri denklem 3.17 ye göre büyütülecektir.

$$B_D = (\beta V_t / V_{tb}) B_B \quad (3.17)$$

B_D : B_B Büyüklüğüne ait büyütülmüş değerler,

B_B : Mod Birleştirme yönteminde mod katkılarının birleştirilmesi ile bulunan bir büyüklüktür.

A-1, B-2 veya B-3 türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması durumunda denklem 3.17'de $\beta = 1,00$, bu tür düzensizliklerden hiç birinin bulunmaması durumunda ise $\beta = 0,90$ alınacaktır.

3.3 Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri

Özel durumlarda, bina ve bina türü yapıların zaman tanım alanında doğrusal elastik ya da doğrusal elastik olmayan deprem hesabı için, daha önce kaydedilen veya yapay yollarla üretilen benzeştirilmiş deprem yer hareketleri kullanılabilir.

Zaman tanım alanında yapılacak deprem hesabında, aşağıdaki özellikleri taşıyan en az üç kaydedilmiş veya benzeştirilmiş ivme kaydı kullanılacak ve bunlara göre elde edilen büyüklüklerin en elverişsiz olanları tasarıma esas alınacaktır.

- a) İvme kayıtlarındaki kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, ivmelerin zarfları $\pm 0,05$ g den az olmamak koşulu ile, yapının birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmayacaktır.
- b) Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerleri, bütün periyotlar için, $A(T)$ spektral ivme katsayısı değerlerinin g ile çarpımının %90'ndan az olmayacaktır. Ancak, zaman tanım alanında doğrusal elastik hesap yapılması durumunda, azaltılmış deprem yer hareketinin elde edilmesi için esas alınacak spektral ivme değerleri denklem 3.15 ile hesaplanacaktır.

Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan hesap yapılması durumunda, taşıyıcı sistem elemanlarının tekrarlı yükler altındaki davranışını tanımlayan iç kuvvet – şekil değiştirme bağıntıları, geçerliliği teorik ya da deneysel olarak kanıtlanmış yöntemlerle elde edilecektir.

4. DÖŞEMELER

Yapısal sistemlerde, üzerin gelen yükleri doğrudan taşıyan kısaca üstünde yaşanan hacimleri örten, iki boyulu taşıyıcı elemanlara “döşeme” denilmektedir. Döşemeler, iki boyutlu taşıyıcı elemanlar olup, faydalı yükleri çevre duvarlarına veya kirişlere iletirler. Doğrudan kolonlara mesnetli döşemelerde yükler döşemeden kolonlara geçer. Genellikle, döşemeler çevrelerindeki kirişlere ve bazen de doğrudan taşıyıcı duvarlara mesnetlenen plaklar türünden taşıyıcı eleman olarak ortaya çıkar. Dikdörtgen elemanlarda meydana gelen bölümlerden oluştuğu gibi, daire gibi değişik geometriye de sahip olabilirler. Çevresinin tümünde kiriş veya taşıyıcı duvar bulunabileceği gibi, sadece bir bölümü bu elemanlara mesnetli olabilir. Kalınlıkları açıklığa ve yüke bağlı olarak belirir. Mesnet durumuna bağlı olarak yükünü bir veya iki doğrultuda ileten bu tür döşemeler kirişli plak döşemeler olarak isimlendirilir. Ana kirişleri mesnetli sık paralel kirişler sistemi diğer bir döşeme türünü meydana getirir. Sık paralel kirişler, dış olarak bilindiği için bu tür döşeme sistemleri dişli döşemeler olarak isimlendirilir. Bu tür döşemelerde yük dişler doğrultusunda mesnet kirişlerine iletilir. Kirişsiz döşemeler ise, kiriş olmaksızın doğrudan kolona mesnetli döşeme türünü oluştururlar. [3]

Döşemeler kirişleri birbirine bağladıkları için yapıyı yatay yüklere karşı rijitleştirir. Deprem durumunda bir levha (diyafram) etkisi ile yapının yatay stabilitesini artırır. Yapılan tanımlamalarda döşemenin düşey yükler altında plak, deprem yükleri altında da levha olarak çalıştığı görülmektedir.

Bu tezde, yapısal düzensizliklerden planda çıkıntılar bulunması halindeki döşemeler incelenmiştir. Deprem etkisi altında, döşemede bulunan çıkıntılardan dolayı ani boyut değişikliklerin meydana geldiği noktalarda gerilme yoğunlaşmaları oluşur. Bu da deprem yüklerinin düşey taşıyıcı elemanlara güvenli bir şekilde dağılımını etkileyebilir.

4.1 Döşeme Seçimi

Döşeme, çeşitli amaçlarla üzerinde yaşanan düşey doğrultudaki yükleri taşıyan, duvar, kiriş, kolon ya da çerçeve gibi düşey taşıyıcılar üzerine oturan yatay yapı elemanlarıdır.

Döşemeler, yalnızca düşey yükleri taşımakla kalmazlar. Aynı zamanda deprem durumunda yapıya gelen yatay kuvvetlerin tüm taşıyıcı elemanlara üniform olarak dağılmasını diyafram etkisi ile sağlayarak yapının yatay stabilitesini artırırılar. Yapının boyutlandırılmasında göz önüne alınan en önemli kriterlerden biri de yapı maliyeti olduğu ve döşemeler de yapı maliyetini önemli bir kısmını oluşturduğunda dikkatli seçilmelidir. Döşeme tipinin seçiminde bina ve kat yüksekliği, döşeme yükleri ve yatay yükler, kalıp sistemi, inşaat süresi ve tesisat elemanları etkili olur.

4.2 Döşeme Tipleri

Uygulamada kullanılan döşeme modelleri tiplerine göre beş gruba ayrılabilirler:

Döşeme çeşitleri[1]

1. Kirişli Döşeme
2. Kirişsiz Döşeme
3. Dişli Döşeme
4. Kaset Döşeme
5. Prefabrike Döşeme

Yapı elemanları içinde kolon ve kirişler, gerek düşey gerekse yatay yükler için bir çerçeve olarak çözülebilir, çünkü bu elemanlar taşıyıcı boyutların yanında diğer iki boyutu ihmal edilebilecek kadar küçük olan çubuk elemanlardır. Ancak döşemeler ise yukarıdaki tanımlamada belirtildiği gibi yüzeysel taşıyıcılardır. Döşemelerin taşıma yeteneklerinden tam olarak yararlanmak istenirse, hesapların iki boyutu kuvvet durumuna göre yapılması gerekir. Betonarme döşemeler genellikle diğer yapı elemanları yanında en az risk taşıyan elemanlardır. Dikkat edilmesi gereken önemli nokta, hesap aşamasında döşemelerin sonsuz rijit kabul edilmesidir.

4.2.1 Kirişli Döşemeler

Betonarme yapılarda en çok kullanılan döşeme sistemidir. Döşemenin mesnedini kiriş veya duvarlar oluşturur. Genellikle dört tarafından kirişlere mesnetli plaklar ortaya çıkarsa da üç, iki veya bir tarafından kirişe mesnetli olduğu durumlar da mevcuttur. Kirişler arasında döşeme devam ediyorsa, bu mesnedin dönmediği kabul edilir ve sürekli mesnet olarak alınır. Eğer döşeme kirişlerden sonra devam etmiyorsa basit mesnet olarak kabul edilir. Kirişli döşemeler kirişler üzerine yük aktarma özelliğine göre ikiye ayrılır. Bunlar:

- Tek Doğrultuda Çalışan Döşemeler
- İki doğrultuda Çalışan Döşemeler

Bu sınıflandırma döşemenin üzerine gelen yükü kirişlere ne yönde dağıttığına bağlı olarak yapılmıştır. Eğer düzgün yayılı yük altında

$$m = l_{uzun} / l_{kısa} > 2 \quad (4.1)$$

ise bu döşeme tek doğrultuda çalışan döşeme,

$$m = l_{uzun} / l_{kısa} < 2 \quad (4.2)$$

ise bu döşeme çift doğrultuda çalışan döşeme olarak sınıflandırılır.

4.2.1.1 Tek Doğrultuda Çalışan Döşemeler

Tek doğrultuda çalışan döşemelerde yükler kısa doğrultuda aktarılır. Bu nedenle de donatı yerleştirilmesi bu kısa doğrultu yönünde yapılmalıdır. Uzun kenar doğrultusunda dağıtma donatıları yerleştirilmelidir. Tek doğrultuda çalışan plaklar için minimum kalınlık 8 cm'dir. Tavan döşemelerinde veya bir yerin örtülmesine yarayan veya yalnız onarım ve temizlik işlerinde veya benzeri durumlarda kullanılan döşemelerde 6 cm'ye kadar düşürülebilir.

4.2.1.2 Çift Doğrultuda Çalışan Döşemeler

İki doğrultuda çalışan döşemelerde ise yük aktarımı iki doğrultuda olmaktadır. Donatı yerleştirmesi iki doğrultuda olmalıdır. Türk Standartlarında verilen döşeme kalınlığı sınırlaması ; döşemenin düşey yükleri taşıması ve deprem yüklerini diyafram özelliğini bozmadan ,tam olarak taşıyıcı sistem elemanlarına aktarabilmesi için gerekli bir koşuldur. Bu sınırlama şu şekildedir; [1]

$$h_f \geq \frac{l_{sn}}{15 + \frac{20}{m}} \left(1 - \frac{\alpha_s}{4} \right) \quad (4.3)$$

Bu ifadede;

h_f : döşeme kalınlığı

m : uzun kenarın kısa kenara oranı

a_s : döşeme sürekli kenar uzunlukları toplamının kenar uzunlukları toplamına oranı

l_{sn} : döşemenin kısa doğrultudaki net açıklığı

olarak ifade edilmektedir.

Kirişli döşemeler işçiliği ve kalıbı kolay olduğundan tercih edilen sistemdir. Ancak açıklıkları 6-7 metreye, kalınlıkları 18-20 cm'ye kadar olan döşemeler ekonomiktir. Büyüyen açıklıklarda ağırlık ve maliyet artar. Plaklara mesnet görevi yapan kirişlerin yükseklikleri de, plak kalınlığının 3 katından az olmalıdır.

4.2.2 Kirişsiz Döşemeler

Kirişli ve dişli döşemelerde döşemenin yükü önce ona mesnetlik yapan kirişler yoluyla kolonlara iletilir. Döşemenin ve mesnetlik yapan kirişlerin boyutlandırılması genellikle birbirinden ayrı olarak gerçekleşir. Kirişsiz döşemelerde ise, yük doğrudan doğruya kolonlara iletilir. Açıklık ve yüklerin büyük olmadığı yapılarda kullanılması ekonomiktir. Yapı kat yüksekliğinin sınırlı olması veya düz bir tavan istenmesi durumunda kullanılabilir. Kirişsiz döşemede döşeme kalınlığı 15 cm'den küçük olmamalı ve aynı zamanda denklem 4.4'e uymalıdır.

$$h_f \geq l_{yn} (800 + \beta f_{yd}) / 36000 \quad (4.4)$$

Kirişsiz döşemelerde, genellikle döşeme kalınlığına etkili olan nokta, döşemede kolon birleşiminde yükün döşemeden kolona aktarılmasıdır. Çevrede kenar kirişlerinin bulunmadığı durumlarda daha da kritik olur. Zımbalama dayanımı hesap kesme kuvveti ile karşılaştırılır. Gerekir ise kolon döşeme birleşim bölgesine başlıklarda yerleştirilir. Yapı kat yüksekliğinin sınırlı olması veya düz bir tavan istenmesi durumunda kullanılabilir. Kolon başlarına zımbalama ve eğilmeden dolayı bir başlık yapılması uygun olur. 7.5-9 m. açıklığa kadar kullanılabilir. Yatay yükler fazla şekil değiştirmeye engel olamadıklarından çok katlı yapılarda yatay yükler perdeler ile taşınmalıdır.

4.2.3 Dişli Döşemeler

Dişli döşemeler sık kirişlerden ibaret olan döşeme sistemidir. Bir veya iki doğrultuda kirişlerin oluşturulması ve arada boşlukların bırakılması şeklinde ortaya çıkarlar. Özellikle açıklık kesitlerinin taşıma gücüne etkisi az olan çekme bölgesindeki betonun kaldırılmasıyla, döşemenin öz ağırlığı azaltılmış olur. Mesnetlerdeki negatif moment için ise, dişler birleştirilerek büyük kesit elde edilebilir. Dişli döşemelerin

boyutlamasına başlamadan kalıp planının çizilerek dışların ve onlara paralel çerçeve kirişlerinin yerleştirilmesi önemlidir. Kalıp nedeniyle tam dış ve aralık çıkacak şekilde bir düzenleme yaparken, paralel kirişlerin eksenleri ile kolon eksenleri genellikle üst üste getirilemezse de, bunların dış merkezliğinin azaltılmasına çalışılmalıdır. [3]

Minimum döşeme kalınlığı dışlar arasında kalan açıklığın 1/10'undan ve 5 cm'den büyük olmalıdır. Kirişler arası boş kalabileceği gibi yapının ağırlığını etkilemeyecek hafif bloklarla da doldurulabilir.

Dişli döşemeler, açıklığın artması ile artan döşeme kalınlığını azaltmak için kullanılır. Döşemenin esası sık aralıklı kiriş uygulamasıdır. Kirişler arası oluşan boşlukların deprem açısından doğru malzemesi (yapıyı ağırlaştırmayacak) ile doldurulması faydalıdır. Bu durumda düz bir tavan elde edilmiş olur. Dış açıklığı 4-7 metre arasındaki döşemelerde bir, 7 metreden büyük döşemelerde iki enine diş kullanılmalıdır. 10,5 – 12 metreye kadar döşemelerde kullanılabilir.

4.2.4 Kaset Döşemeler

Kaset döşemeler, kareye yakın ağır yük taşıyan döşemelerde iki doğrultuda kirişlerle elde edilir. 10,5 – 12 metreye kadar döşemelerde kullanılabilir.

4.2.5 Prefabrike Döşemeler

Yapının inşa süresinin kısa olduğu durumlarda kullanılan bir döşeme biçimidir. Prefabrik veya ön germeli döşeme elemanları, açıklığın artması veya süratli inşa elde edilmesi durumlarında kullanılır. Yüke ve açıklığa bağlı olarak eleman üretimleri yapılmaktadır.

5. HESAPLARDA İZLENEN YOL

Tez çalışmasında incelenen yapıların çözümünde 2 ayrı yöntem uygulanmıştır. 1. Çözümde kat kütleleri yapının kütle merkezinde belirlenen bir “Master Joint”te toplanıp döşemelerde rijit diyafram kabulü yapılmış, 2. Çözümde ise, kat kütleleri her bir kolon ucunda toplanmış ve rijit diyafram kabulü terk edilerek esnek diyafram çözümü yapılmıştır.

5.1 Boyutlandırma

Döşemelerin Boyutlandırılması

T.S. 500’e göre [1] uzun kenar / kısa kenar oranı, 2’den küçük olan döşemeler çift doğrultuda çalışan döşemeler olarak adlandırılır. Çift doğrultuda çalışan döşemelerin boyutlandırılması için denklem 4.3 kullanılmıştır.

Kolon ve Kirişlerin Boyutlandırılması

T.S. 500’e göre [1] kiriş toplam yüksekliği, 300 mm’den ve döşeme kalınlığının üç katından daha küçük olamaz. Kiriş gövde genişliği, 200 mm’den az, kiriş toplam yüksekliği ile kolon genişliği toplamından fazla olamaz.

Kolonlarda ise, T.S. 500’e göre kesit genişliği 250 mm’den az olamaz. Ayrıca ;

$$N_d \leq 0,9.f_{cd}.A_c \quad (5.1)$$

koşulu sağlanmalıdır.

N_d : Tasarım eksenel kuvveti

f_{cd} : Beton tasarım basınç dayanımı

A_c : Kolon kesit alanı

şeklinde ifade edilmektedir.

Kolon üzerine gelen eşdeğer tekil yük

$$N = F \cdot Q_t \quad (5.2)$$

Bu ifadede kullanılan Q_t ve q eşdeğer yayılı yükünden gelen toplam yüküdür. F ise, yük artım katsayısıdır. Yük artım katsayısı değerleri tablo 5.1’de belirtilmiştir.

Tablo 5.1 Yük Artım Katsayısı Değerleri

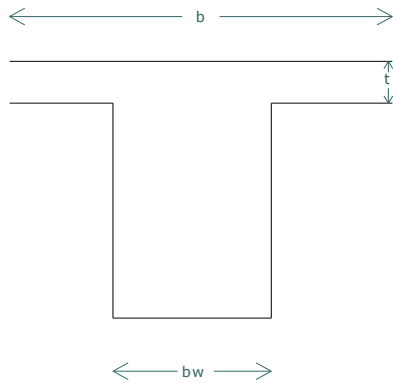
Kat	En üst	En üstün bir altı	Alt Katlar
	1,0	1,0	1,0
	4,5	2,0	1,4
	6,0	2,3	1,8

Kiriş Etkili Tabla Genişliklerinin Bulunması

Tablalı kirişlerin kesit hesabında, yapısal çözümleme ve şekil değiştirme hesapları için gerekli eylemsizlik momentlerinin bulunmasında göz önüne alınacak tabla genişliği denklem 5.3’te belirtildiği gibi hesaplanmalıdır. [1] (Şekil 5.1)

Simetrik kesitlerde, (T- kesiti) $b = b_w + 0,2l_p \quad (5.3a)$

Simetrik olmayan kesitlerde, (L- kesiti vb.) $b = b_1 + 0,1l_p \quad (5.3b)$



Şekil 5.1 Tablalı Kiriş Kesit Boyutları

Ancak, gövde dışına taşan tabla genişliği, her bir yanda tabla kalınlığının altı katından ve komşu kiriş gövdesinin yüzüne olan uzaklığın yarısından fazla olamaz. Denklem 5.3'te kullanılan l_p , kirişin iki moment sıfır noktası arasındaki uzunluğudur. l_p değerleri denklem 5.4'e göre hesaplanacaktır.

$$l_p = 1,0 l \text{ (Tek açıklıklı, basit mesnetli kiriş)} \quad (5.4a)$$

$$l_p = 0,8 l \text{ (Sürekli kiriş kenar açıklığı)} \quad (5.4b)$$

$$l_p = 0,6 l \text{ (Sürekli kiriş iç açıklığı)} \quad (5.4c)$$

$$l_p = 1,5 l \text{ (Konsol kiriş)} \quad (5.4d)$$

Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi

Hesaplar, yapıda daha elverişsiz sonuçların oluşacağı x yönüne göre yapılmıştır. Yapının titreşim Periyodunun belirlenmesi için SAP 2000 [12] bilgisayar programı kullanılmıştır. 1. Çözümde kat döşemeleri, programa kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak tanımlanmıştır. Bu nedenle döşeme bir bütün halinde düşünülüp, kütle ve atalet kuvvetleri her bir kat döşemesinde kütle merkezlerinde tanımlanan “Master Joint” adı verilen düğüm noktalarında tanımlanmıştır. Bu düğüm noktalarına δ_x , δ_y serbestlikleri yönünde kat kütleleri eklenmiş, yapının düşey ekseninde yaptığı θ_z dönme hareketine karşı gelen rijitlik ise Denklem 5.5 ile verilen polar atalet momenti ile düğüm noktalarına eklenmiştir. Denklem 5.5’de m_i kat kütlesi, I_x ve I_y kat döşemesinin düzlem içi eğilme rijitliklerini, A ise kat alanını vermektedir.

$$M_{qi} = \frac{m_i(I_x + I_y)}{A} \quad (5.5)$$

2. Çözümde ise kütle ve atalet kuvvetleri döşemelerde kolon uç noktalarında tanımlanmış, rijit diyafram kabulü terk edilerek analiz yapılmıştır.

Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

Yapıya etkiyen deprem kuvvetleri, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile hesaplanmıştır. Bu yöntemle ilgili ayrıntılı bilgiler Bölüm 3.1’de verilmiştir. Buna göre; etkin yer ivmesi katsayısı Tablo 3.3’ten, Bina önem katsayısı Tablo 3.4’ten, davranış katsayısı Tablo 3.6’dan, Spektrum Karakteristik Periyodu Tablo 3.5’ten

okunarak spektrum katsayısı ve buna bağlı olarak katlara etkiyen eşdeğer deprem kuvvetleri ve ek tasarım deprem yükü hesaplanmıştır.

5.2 Düzensizlik Kontrolleri

Statik analiz yapıldıktan sonra kat deplasmanları hesapları yapılarak ABYYHY’de tanımlanan çeşitli sınır değerler içerisinde kaldığı kontrol edilmiştir.

5.2.1 A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü

Yapılar birinci deprem bölgesinde bulunduğundan A1-Burulma düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir. Burulma düzensizliği kontrolü denklem 2.1’e göre yapılmıştır.

Hesaplanan burulma düzensizliği katsayıları bazı katlarda $1,2 < \eta_b < 2,0$ arasında çıkarsa bu katlarda eksantrisite miktarları D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülür ve eşdeğer kat deprem yükleri bulunan bu yeni eksantrisite miktarları göz önüne alınarak deprem analizi yeniden yapılarak, yeni deplasmanlar ile yeni iç kuvvetler elde edilir. D_i , eksantrisite artım katsayısı denklem 5.6 ile hesaplanır.

$$D_i = (\eta_{bi} / 1,2)^2 \quad (5.6)$$

5.2.2 B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik (Yumuşak Kat) Düzensizliği Kontrolü

Yapı, 1. derece deprem bölgesinde bulunduğundan ve $H_N > 25$ m olduğundan B2-Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü Yapılması gerekmektedir. Yumuşak kat düzensizliği kontrolü denklem 2.5 ile yapılmıştır.

5.2.3 Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü

Binanın tüm katlarında yapılan deprem analizi sonucu hesaplanacak göreli kat ötelemelerinin kat içindeki değerleri ABYYHY’de sınırlandırılmıştır. Sınır değerler Denklem 5.7a ve 5.7b’de verilmiştir.

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0,0035 \quad (5.7a)$$

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0,02 / R \quad (5.7b)$$

Denklem 5.7a ve 5.7b’de verilen koşulun binanın herhangi bir katında sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrar yapılmak zorundadır.

5.2.4 İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışını esas alan ikinci mertebe etkileri Denklem 5.8'e göre hesaplanacaktır. Bu denklemde θ_i , İkinci mertebe gösterge değerini ifade etmektedir.

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \sum_{j=1}^N w_j}{V_i h_i} \leq 0,12 \quad (5.8)$$

5.2.5 α_m Hesabı

Perde - Çerçeve bileşimi olan karma sistemlerde deprem yükünün %25'nin çerçeve tarafından taşınması gerekmektedir. İşte bu yüzden ABYYHY'de perdeli sistemler için α_m katsayısının hesaplanarak süneklik düzeyine göre birtakım kontrollerin yapılması gerekmektedir.

$$\alpha_m = \frac{\text{Perde Taban Momentleri Toplamı}}{\text{Toplam Devrilme Momenti}} \quad (5.9)$$

Süneklik düzeyi yüksek sistemlerde $R=7$ katsayısının kullanılabilmesi için, boşluksuz perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen eğilme momentlerinin toplamı, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam devrilme momentinin %75'inden fazla olmayacaktır. Bu koşulun sağlanamaması durumunda $0,75 < \alpha_m < 1$ aralığında kullanılacak R katsayısı, Denklem 5.10 ile belirlenip analiz tekrarlanır.

$$R = 10 - 4\alpha_m \quad (5.10)$$

5.3 Sonlu Elemanlar Yöntemi

Sonlu Elemanlar Yöntemi'nin uygulanacağı sürekli ortam, fiktif sınırlarla sonlu sayıda bölgeye bölünür. Bu bölgelere eleman adı verilir. Elemanların şekilleri ve boyutları, çözüm bölgesinin sınır biçimine ve süreklilik özelliğine uygun olmalıdır. Bu sonlu elemanların birbirleriyle bağlantısının, yalnızca düğüm noktaları denilen köşe noktalarında olduğu varsayılır. Düğüm noktalarındaki deplasman ve iç kuvvet bileşenlerine de sırasıyla uç deplasmanları ve uç kuvvetleri denir.

Sonlu elemanların birim kuvvet, birim deplasman ve yükleme matrisleri, kolaylık sağlamak amacıyla, eleman içinde iç kuvvet veya deplasman alanları için yapılan

bazı kabuller ile, yaklaşık olarak tayin edilir. Ancak bu alanların seçiminde elemanların iç bölgelerinden başka, çevreleri boyunca ayrıtlar üzerinde de denge ve geometrik uygunluk şartlarını sağlamak gerekir. Bundan başka, eleman boyutları sonsuz küçüğe giderken, iç kuvvet veya deplasman alanları için yapılan kabullere göre bulunan çözümün, klasik elastisite teorisi çözümüne gitmesi istenir.

Eleman boyutu küçültülerek eleman sayısı arttırıldığında yaklaşık çözüm gerçek değere ulaşır. Bunun işlem sayısını da arttırdığı unutulmamalıdır. Ayrıca elemanın boyutlarının birbirine ve diğer eleman boyutlarına yakın olması denklem takımının stabilitesini artırır. Elemanların kenarlarında yayılı durumdaki iç kuvvetler ya da deplasmanlar, düğüm noktalarında yoğunlaşmış kabul edilir. Bilinmeyen olarak düğüm noktalarındaki deplasmanlar ya da kuvvetler alınır.

Eleman içindeki deplasman bileşenlerinin uç deplasmanlarına bağlı ifadelerini elde edebilmek amacıyla, önce deplasman bileşenleri için koordinatlara bağlı fonksiyonlar seçilir. Bu fonksiyona interpolasyon fonksiyonu veya şekil fonksiyonu denir. Ve sadece tanımlandığı bölge için geçerli olur. Eleman tipine bağlı olarak seçilen şekil fonksiyonları elemandaki şekil değiştirmeleri düğüm noktası bilinmeyenlerine bağlar. Şekil fonksiyonları için polinomlardan faydalanılabilir. Bu amaçla seçilerek polinomun terim sayısının uç deplasman sayısına eşit olması gerekmektedir. Buradan da görülüyor ki, bir elemanda uç deplasman sayısı ne kadar yüksekse deplasmanlar için seçilecek interpolasyon fonksiyonunun derecesi de o kadar yüksektir. Yani çözümdeki kesme hataları o kadar küçük olacaktır. Buna karşılık, deplasman metodunda bilinmeyen sayısının artması sonucunda hesabın uzaması sakıncası ortaya çıkmaktadır. Bundan dolayı, eleman büyüklüklerinin ve her elemandaki uç deplasman sayısının dengeli bir şekilde seçilmesi gerekmektedir. BU fonksiyon seçilirken yakınsaklığın sağlanması gereğine dikkat edilmelidir. Bundan başka deplasman fonksiyonlarının ayrıtlar boyunca komşu elemanların deplasmanlarını ve bunların türevlerini eşitlemeleri özelliği de önemlidir. Bir ayrıt boyunca geometrik uygunluk şartlarının sağlanıp sağlanmadığının belirlenmesinde, her düğüm noktasında, elemanlara ait uç deplasmanların birbirine eşit olması özelliğinden faydalanılır.

5.4 Döşemelerde Düzlem İçi Gerilmelerin Belirlenmesi

Yapının statik analizi yapılarak her kat döşemesinde oluşan maksimum gerilme değerlerinin betonun çekme dayanımını aşıp aşmadığı kontrol edilir. Planda düzensiz yapılarda, kat döşemelerinin ani boyut değişiklikleri nedeni ile meydana gelen köşe noktalarına özellikle dikkat edilmelidir. Yetersiz kalan bölgelere donatı ile takviye yapılmalıdır.

6. SAYISAL ÖRNEKLER

Bu bölümde A3 türü düzensizliği olan çerçeve ve perde + çerçeve tipi yapıların deprem sırasında kat döşemelerinin deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı elemanlara güvenle aktarıp aktarmadığını incelemek üzere çeşitli sayısal örneklere yer verilmiştir. Sayısal örnekler incelenirken düşey yüklerin etkisi yanında deprem kuvvetlerinden dolayı, yapı örneklerinin neden olacağı olumsuzluklar üzerinde durulmuştur.

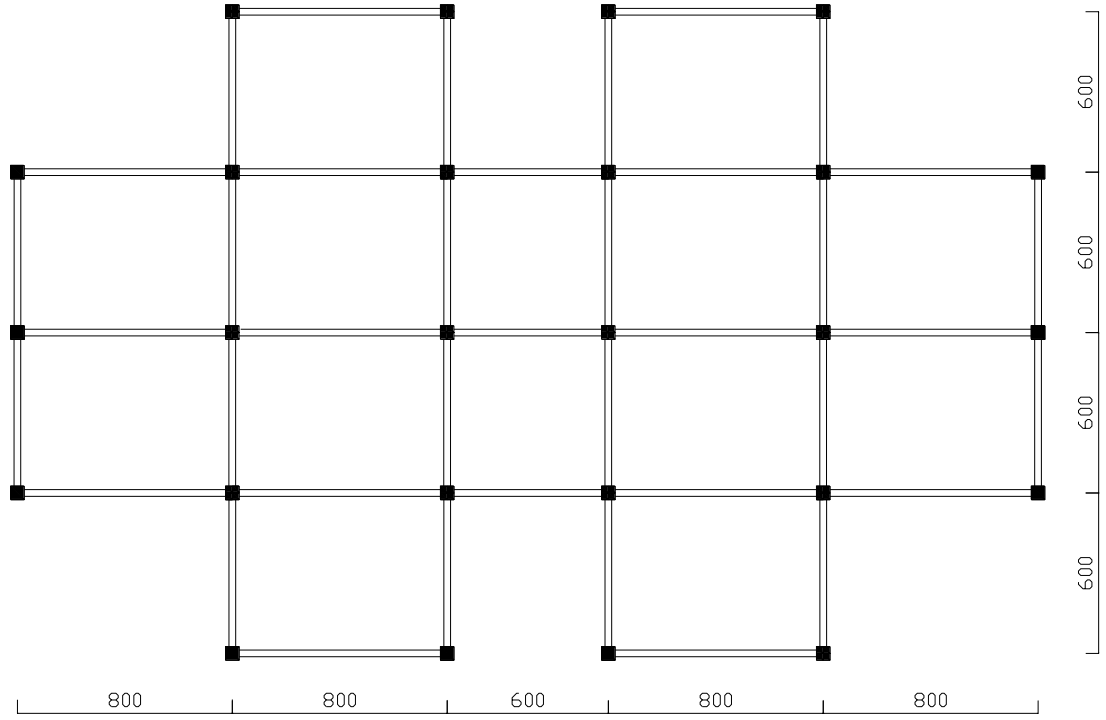
Seçilen yapı örnekleri farklı rijitliklerde seçilmiş, rijitlik dağılımının kat döşemelerinin deprem güvenliklerine olan etkisi araştırılmıştır.

5. 1 Örnek Yapıların Tanımı

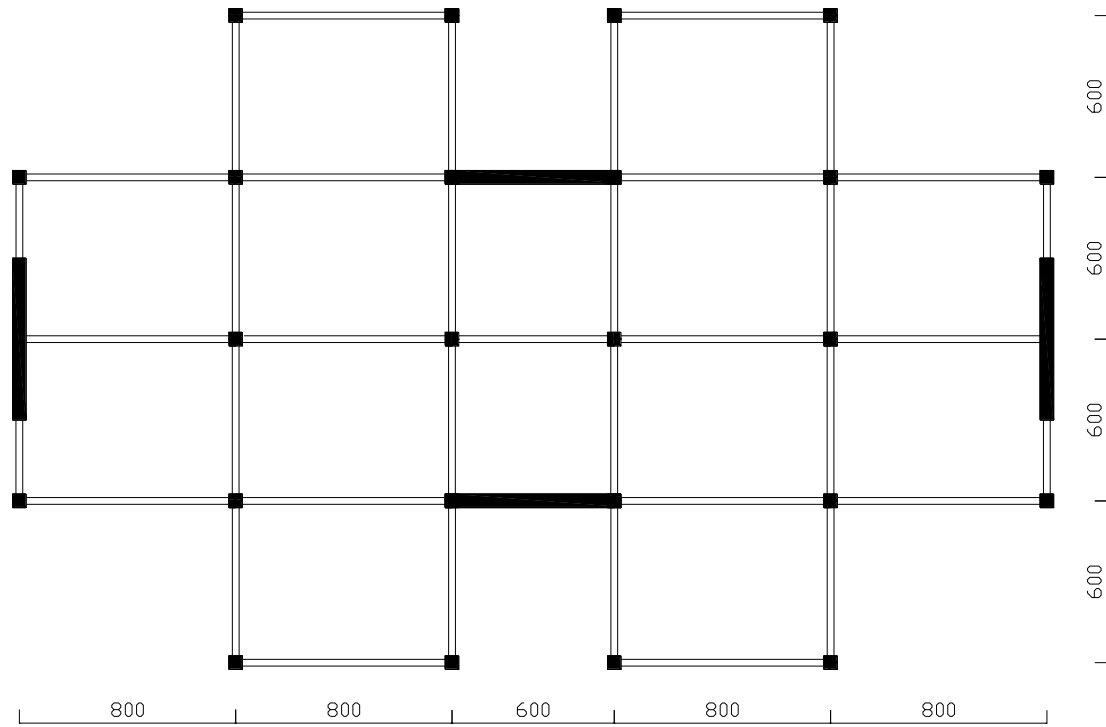
Seçilen yapı modelleri iki farklı türde ele alınmıştır. Örnekler ABYYHY’ de verilen A3 – Planda çıkıntılar bulunması, düzensizliğini vurgulayabilmek amacı ile olumsuz sonuç verebilecek türden seçilmiştir.

Rijitlik dağılımının etkisini görebilmek için aynı boyuttaki yapı örnekleri, hem yalnız çerçevelerden oluşacak şekilde (Şekil 6.1), hem de kenar akslarda iki yönde perde ve çerçevelerden oluşacak şekilde (Şekil 6.2) seçilmiştir.

Örneklerin Çözümünde; Deprem bölgesi :1. Bölge, Kullanılan malzemeler : B.S.30 ve B.Ç.III, Yapının kullanım amacı ise : konut olarak düşünülmüştür.



Şekil 6.1 Yapı 1, $a_x = 600$ cm. ve $a_y = 800$ cm. (Sadece çerçeveseli sistem)



Şekil 6.2 Yapı 2, $a_x = 600$ cm. ve $a_y = 800$ cm. (Perde + çerçeveseli sistem)

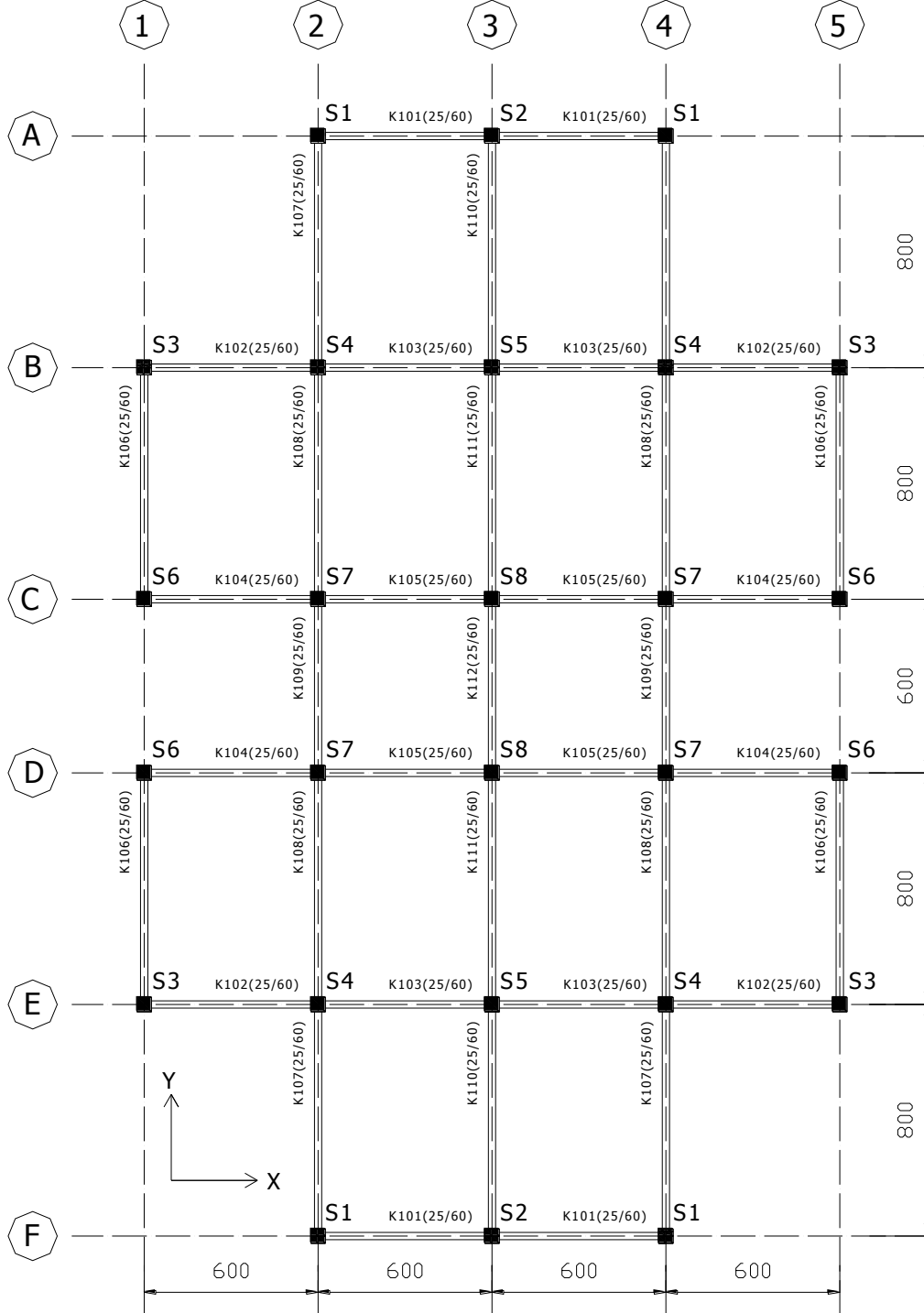
6.2 Örnek Yapıların İncelenmesi

6.2.1 Yapı 1, 1. Çözüm (Rijit diyafram kabulü)

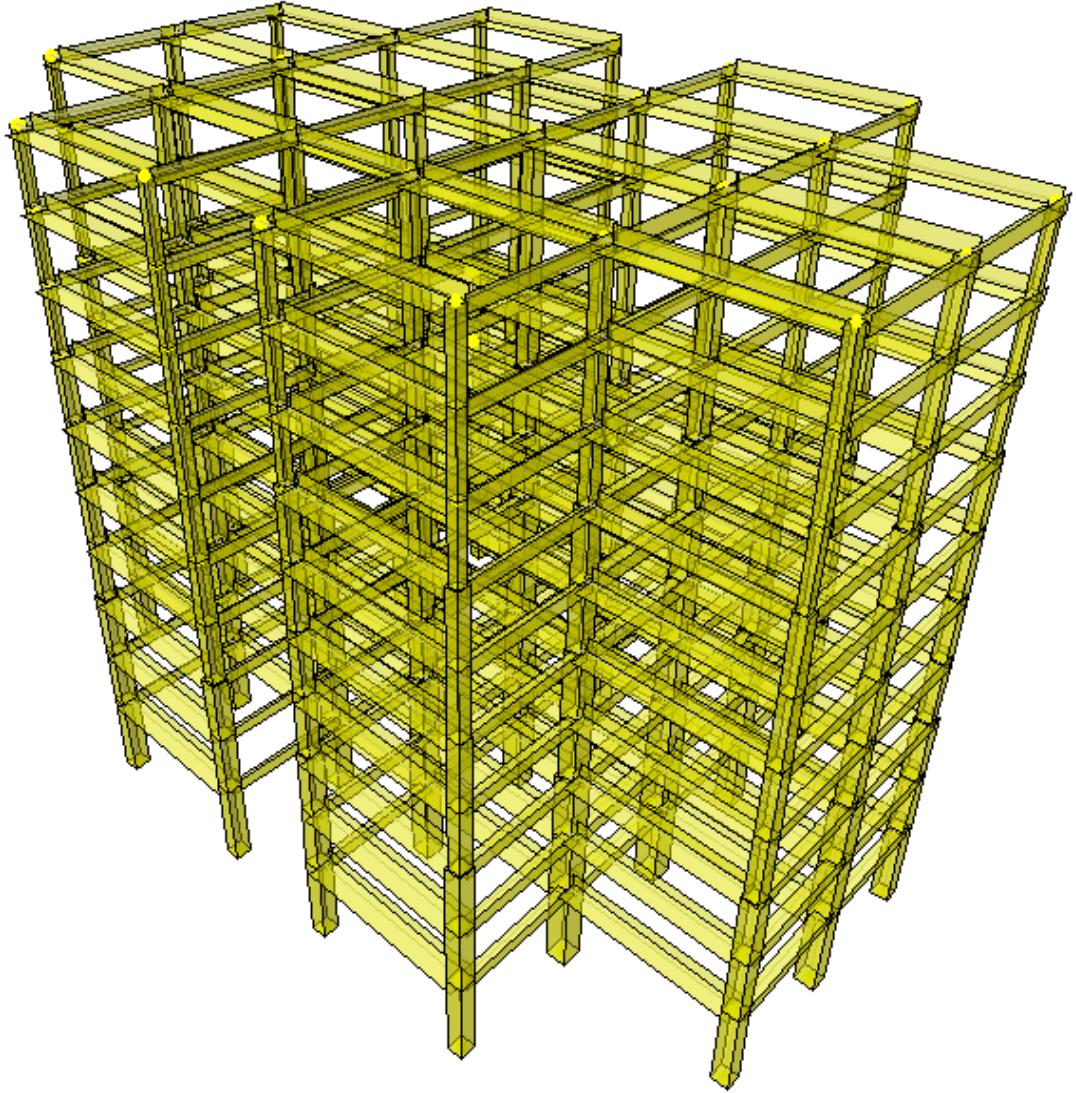
Şekil 6.3'te kat planı verilen 10 katlı B/A yapının boyutlandırılması yapılmıştır.

$$a_x = 600 \text{ cm} = 0,25L_x > 0,2 L_x$$

$$a_y = 800 \text{ cm.} = 0,21L_y > 0,2 L_y$$



Şekil 6.3 Yapı 1, Yalnız çerçevelerden oluşan sistemin normal kat planı



Şekil 6.4 Yapı 1, Kat Çerçevelerinin Üç Boyutlu Görünümü

Şekil 6.4’de SAP 2000 [5] Bilgisayar Programında analizi yapılan Yapı 1’in üç boyutlu görünümü verilmiştir. Tanıtılan modelde döşeme kalınlığı denklem 4.3’e göre döşeme kalınlıkları en elverişsiz boyutlar olan (800 cm X 600cm) esas alınarak 18 cm olarak hesaplanmıştır. Kiriş boyutları, (25cm X 60 cm) olarak tasarlanmıştır. Kolon alan tablosu Tablo 6.1’de verilmiştir.

Kolon ve kirişler boyutlandırılırken 3.4.1.’de açıklanan kurallar esas alınmıştır.

Tablo 6.1 Yapı 1, Kolon Boyutlandırılması

Kat	Kolon No	Alan (m ²)	q (kN/m ²)	Nq (kN)	Üst kat Nq (kN)	Toplam Nq (kN)	Ac (cm ²)	Seçilen (cm x cm)
10	S1001,S1003,S1006	12,00	10,5	126,00	0,00	126,00	1260,0	45 x 45
	S1002	24,00	10,5	252,00	0,00	252,00	1890,0	45 x 45
	S1004	36,00	10,5	378,00	0,00	378,00	630,0	45 x 45
	S1005	48,00	10,5	504,00	0,00	504,00	840,0	45 x 45
	S1007	33,00	10,5	346,50	0,00	346,50	577,5	45 x 45
	S1008	42,00	10,5	441,00	0,00	441,00	735,0	45 x 45
9	S901,S903,S906	12,00	14,0	168,00	126,00	294,00	1127,0	50 x 50
	S902	24,00	14,0	336,00	252,00	588,00	1960,0	50 x 50
	S904	36,00	14,0	504,00	378,00	882,00	1470,0	50 x 50
	S905	48,00	14,0	672,00	504,00	1176,00	1960,0	50 x 50
	S907	33,00	14,0	462,00	346,50	808,50	1347,5	50 x 50
	S908	42,00	14,0	588,00	441,00	1029,00	1715,0	50 x 50
8	S801,S803,S806	12,00	14,0	168,00	294,00	462,00	1386,0	50 x 50
	S802	24,00	14,0	336,00	588,00	924,00	2156,0	50 x 50
	S804	36,00	14,0	504,00	882,00	1386,00	2310,0	50 x 50
	S805	48,00	14,0	672,00	1176,00	1848,00	3080,0	60 x 60
	S807	33,00	14,0	462,00	808,50	1270,50	2117,5	50 x 50
	S808	42,00	14,0	588,00	1029,00	1617,00	2695,0	60 x 60
7	S701,S703,S706	12,00	14,0	168,00	462,00	630,00	1890,0	55 x 55
	S702	24,00	14,0	336,00	924,00	1260,00	2940,0	65 x 65
	S704	36,00	14,0	504,00	1386,00	1890,00	3150,0	65 x 65
	S705	48,00	14,0	672,00	1848,00	2520,00	4200,0	75 x 75
	S707	33,00	14,0	462,00	1270,50	1732,50	2887,5	65 x 65
	S708	42,00	14,0	588,00	1617,00	2205,00	3675,0	75 x 75
6	S601,S603,S606	12,00	14,0	168,00	630,00	798,00	2394,0	55 x 55
	S602	24,00	14,0	336,00	1260,00	1596,00	3724,0	65 x 65
	S604	36,00	14,0	504,00	1890,00	2394,00	3990,0	65 x 65
	S605	48,00	14,0	672,00	2520,00	3192,00	5320,0	75 x 75
	S607	33,00	14,0	462,00	1732,50	2194,50	3657,5	65 x 65
	S608	42,00	14,0	588,00	2205,00	2793,00	4655,0	75 x 75
5	S501,S503,S506	12,00	14,0	168,00	798,00	966,00	2898,0	60 x 60
	S502	24,00	14,0	336,00	1596,00	1932,00	4508,0	75 x 75
	S504	36,00	14,0	504,00	2394,00	2898,00	4830,0	80 x 80
	S505	48,00	14,0	672,00	3192,00	3864,00	6440,0	90 x 90
	S507	33,00	14,0	462,00	2194,50	2656,50	4427,5	75 x 75
	S508	42,00	14,0	588,00	2793,00	3381,00	5635,0	85 x 85
4	S401,S403,S406	12,00	14,0	168,00	966,00	1134,00	3402,0	60 x 60
	S402	24,00	14,0	336,00	1932,00	2268,00	5292,0	75 x 75
	S404	36,00	14,0	504,00	2898,00	3402,00	5670,0	80 x 80
	S405	48,00	14,0	672,00	3864,00	4536,00	7560,0	90 x 90
	S407	33,00	14,0	462,00	2656,50	3118,50	5197,5	75 x 75
	S408	42,00	14,0	588,00	3381,00	3969,00	6615,0	85 x 85
3	S301,S303,S306	12,00	14,0	168,00	1134,00	1302,00	3906,0	75 x 75
	S302	24,00	14,0	336,00	2268,00	2604,00	6076,0	90 x 90
	S304	36,00	14,0	504,00	3402,00	3906,00	6510,0	95 x 95
	S305	48,00	14,0	672,00	4536,00	5208,00	8680,0	105 x 105
	S307	33,00	14,0	462,00	3118,50	3580,50	5967,5	90 x 90
	S308	42,00	14,0	588,00	3969,00	4557,00	7595,0	100 x 100
2	S201,S203,S206	12,00	14,0	168,00	1302,00	1470,00	4410,0	75 x 75
	S202	24,00	14,0	336,00	2604,00	2940,00	6860,0	90 x 90
	S204	36,00	14,0	504,00	3906,00	4410,00	7350,0	95 x 95
	S205	48,00	14,0	672,00	5208,00	5880,00	9800,0	105 x 105
	S207	33,00	14,0	462,00	3580,50	4042,50	6737,5	90 x 90
	S208	42,00	14,0	588,00	4557,00	5145,00	8575,0	100 x 100
1	S101,S103,S106	12,00	14,0	168,00	1470,00	1638,00	4914,0	75 x 75
	S102	24,00	14,0	336,00	2940,00	3276,00	7644,0	90 x 90
	S104	36,00	14,0	504,00	4410,00	4914,00	8190,0	95 x 95
	S105	48,00	14,0	672,00	5880,00	6552,00	10920,0	105 x 105
	S107	33,00	14,0	462,00	4042,50	4504,50	7507,5	90 x 90
	S108	42,00	14,0	588,00	5145,00	5733,00	9555,0	100 x 100

Kiriş Etkili Tabla Genişlikleri

Tabla genişlikleri Denklem 5.3 ve 5.4'e göre hesaplanarak SAP2000 [5] bilgisayar programına tanıtılmıştır.

Yapı 1 için etkili tabla genişlikleri aşağıda elde edilmiştir:

- K 101, K102, K104 (X doğrultusunda, Yarım Tablalı) :

$$b = 25 + 0,1.l_p$$

$$l_p = 0,8*600 = 480 \text{ cm.}$$

$$b = 25 + 48 = 73 \text{ cm.}$$

- K 103, K105 (X doğrultusunda, Tam Tablalı) :

$$b = 25 + 0,2.l_p$$

$$l_p = 0,6*600 = 360 \text{ cm.}$$

$$b = 25 + 0,2*360 = 97 \text{ cm.}$$

- K 106 (Y doğrultusunda, Yarım Tablalı) :

$$l_p = 800 \text{ cm.}$$

$$b = 25 + 0,1*800 = 105 \text{ cm.}$$

- K 107 (Y doğrultusunda, Yarım Tablalı) :

$$l_p = 0,8*800 = 640 \text{ cm.}$$

$$b = 25 + 0,1*640 = 89 \text{ cm.}$$

- K 108, K111 (Y doğrultusunda, Tam Tablalı) :

$$l_p = 0,6*800 = 480 \text{ cm.}$$

$$b = 25 + 0,2*480 = 121 \text{ cm.}$$

- K 109 (Y doğrultusunda, Yarım Tablalı) :

$$l_p = 0,6*600 = 360 \text{ cm.}$$

$$b = 25 + 0,1*360 = 61 \text{ cm.}$$

- K 110 (Y doğrultusunda, Tam Tablalı) :

$$l_p = 0,8 \cdot 800 = 640 \text{ cm.}$$

$$b = 25 + 0,2 \cdot 640 = 153 \text{ cm.}$$

Kat Ağırlıkları, kütleleri ve polar atalet momentleri Tablo 6.2’de verilmiştir. Kolon boyutları her katta değiştiği için buna bağlı olarak ağırlıklar ve diğer değerler her katta değişmiştir.

Tablo 6.2 Kat Ağırlıkları, kat kütleleri ve polar atalet momentleri

Kat	W _i (kN)	m _i (kNs ² /m)	M _{0i}
10	5745,69	585,70	78548
9	7020,69	715,67	95978
8	7070,94	720,79	96665
7	7179,09	731,81	98144
6	7270,04	741,08	99387
5	7368,49	751,12	100733
4	7466,94	761,16	102079
3	7650,09	779,83	104582
2	7833,24	798,50	107086
1	8076,03	823,24	110405

$$\Sigma = 72681,24$$

Yapılan analiz sonucunda yapının X yönündeki 1. Titreşim Periyodu: $T_{1X} = 1,100$ sn olarak bulunmuştur.

5.2.1.1 Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

Yapıya etkiyen deprem kuvvetleri, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile hesaplanmıştır. Bu yöntemle ilgili ayrıntılı bilgiler bölüm 3.1’de verilmiştir. Buna göre;

- Etkin Yer İvmesi Katsayısı : $A_0 = 0,40$ (Tablo 3.3)
- Bina önem katsayısı : $I = 1,0$ (Tablo 3.4)
- Davranış Katsayısı : $R = 8$ (Tablo 3.6)
- Spektrum Karakteristik Periyodu : Yerel Zemin Sınıfı Z2 için $T_B = 0,40$ (Tablo 3.5)
- Yapının Birinci Doğal Periyodu : $T_1 = 1,100$ sn
- Spektrum Katsayısı : $S = 2,5 \cdot (T_B/T_1)^{0,8} = 1,1123$

- Deprem Katsayısı : $c = \frac{A_0.I.S}{R} = \frac{0,4.1.1,123}{8} = 0,055616$
- Eşdeğer Deprem Yüğü = $V_t = c.\Sigma w_i = 0,055616.72681,24 = 4042,31 \text{ kN}$
- Ek Tasarım Deprem Yüğü : $\Delta F_N = 0,07.T_1.V_t = 311,47 \text{ kN}$

Deprem yüklerinin katlara dağılımı ve $\pm 0,05$ eksantrisite verilerek hesaplanan ek burulma momentleri (M_i) Tablo 6.3'te verilmiştir.

Tablo 6.3 Eşdeğer deprem kuvvetlerinin katlara dağılımı ve ek burulma momentleri

Kat	h_i	H_i	$W_i \text{ (kN)}$	$w_i \cdot H_i \text{ (kNm)}$	$F_i \text{ (kN)}$	$M_i \text{ (kNm)}$
10	3,00	31,00	5745,69	178116,39	853,43	1621,52
9	3,00	28,00	7020,69	196579,32	598,14	1136,47
8	3,00	25,00	7070,94	176773,50	537,88	1021,96
7	3,00	22,00	7179,09	157939,98	480,57	913,08
6	3,00	19,00	7270,04	138130,76	420,30	798,56
5	3,00	16,00	7368,49	117895,84	358,73	681,58
4	3,00	13,00	7466,94	97070,22	295,36	561,18
3	3,00	10,00	7650,09	76500,90	232,77	442,27
2	3,00	7,00	7833,24	54832,68	166,84	317,00
1	4,00	4,00	8076,03	32304,12	98,29	186,76
		Σ	72681,24	1226143,71	4042,31	

5.2.1.2 Kat Deplasmanları ve A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü

Yapı birinci deprem bölgesinde bulunduğundan A1-Burulma düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir. Yapılan analiz sonucu elde edilen deplasman değerleri, maksimum, minimum, ortalama görelî kat ötelemeleri değerleri ve burulma düzensizliği katsayıları Tablo 6.4'te verilmiştir.. Burulma düzensizliği katsayıları, denklem 2.1'e göre hesaplanmıştır.

Tablo 6.4 Deplasman değerleri, görelî kat öteleme değerleri ve burulma düzensizliğı katsayıları

Kat	$(d_i)_{\max} \text{ (m)}$	$(d_i)_{\min} \text{ (m)}$	$(\Delta_i)_{\max} \text{ (m)}$	$(\Delta_i)_{\min} \text{ (m)}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}} \text{ (m)}$	η_{bi}
10	0,037031	0,024138	0,002118	0,001417	0,0017675	1,1983027
9	0,034913	0,022721	0,002963	0,001966	0,0024645	1,2022723
8	0,031950	0,020755	0,003789	0,002480	0,0031345	1,2088052
7	0,028161	0,018275	0,003818	0,002473	0,0031455	1,2137975
6	0,024343	0,015802	0,004373	0,002833	0,0036030	1,2137108
5	0,019970	0,012969	0,004435	0,002874	0,0036545	1,2135723
4	0,015535	0,010095	0,004624	0,003001	0,0038125	1,2128525
3	0,010911	0,007094	0,004274	0,002786	0,0035300	1,2107649
2	0,006637	0,004308	0,003823	0,002487	0,0031550	1,2117274
1	0,002814	0,001821	0,002814	0,001821	0,0023175	1,2142395

Tablo 6.4'te hesaplanan burulma düzensizliğı katsayıları bazı katlarda $1,2 < \eta_b < 2,0$ arasında çıkmıştır. Bu katlarda eksantrisite miktarları D_i katsayısı ile çarpılarak büyütölmüş ve bulunan bu yeni eksantrisite miktarları göz önüne alınarak deprem analizi yeniden yapılmış, yeni deplasmanlar ile yeni iç kuvvetler elde edilmiştir. D_i eksantrisite artım katsayısı denklem 5.6 ile hesaplanmıştır.

Tablo 6.5 Yeni eksantrisite değerleri ve ek burulma momentleri

Kat	η_{bi}	D_i	$e_i \text{ (m)}$	$F_i \text{ (kN)}$	$M_i \text{ (kNm)}$
10	1,19830	1,0000	1,900	853,43	1621,52
9	1,20227	1,0038	1,907	598,14	1140,77
8	1,20881	1,0147	1,928	537,88	1037,02
7	1,21380	1,0231	1,944	480,57	934,20
6	1,21371	1,0230	1,944	420,30	816,92
5	1,21357	1,0227	1,943	358,73	697,09
4	1,21285	1,0215	1,941	295,36	573,27
3	1,21076	1,0180	1,934	232,77	450,23
2	1,21173	1,0196	1,937	166,84	323,22
1	1,21424	1,0239	1,945	98,29	191,21

Tablo 6.6 Yeni kat deplasmanları

Kat	$(d_i)_{\max} \text{ (m)}$	$(d_i)_{\min} \text{ (m)}$
10	0,037096	0,024074
9	0,034977	0,022657
8	0,032013	0,020693
7	0,028220	0,018217
6	0,024396	0,015749
5	0,020015	0,012925
4	0,015571	0,010059
3	0,010936	0,007069
2	0,006652	0,004292
1	0,002821	0,001814

Tablo 6.5'te hesaplanan ek burulma momentlerine göre sistem tekrar analiz edilerek elde edilen kat deplasmanları Tablo 6.6'da verilmiştir.

5.2.1.3 B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik (Yumuşak Kat) Düzensizliği Kontrolü

Yapı, 1. derece deprem bölgesinde bulunduğu ve $H_N > 25$ m olduğundan B2-Yumuşak kat düzensizliği kontrolü yapılması gerekmektedir. Denklem 2.5'e göre hesaplanan yumuşak kat düzensizliği katsayılarının kontrolü Tablo 6.7'de verilmiştir.

Tablo 6.7 Yumuşak kat düzensizliği kontrolü

Kat	$(d_i)_{\max}$ (m)	$(d_i)_{\min}$ (m)	$(\Delta_i)_{\max}$ (m)	$(\Delta_i)_{\min}$ (m)	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$ (m)	η_{ki}
10	0,037096	0,024074	0,002119	0,001417	0,001768	
9	0,034977	0,022657	0,002964	0,001964	0,002464	1,393665
8	0,032013	0,020693	0,003793	0,002476	0,0031345	1,272119
7	0,028220	0,018217	0,003824	0,002468	0,003146	1,003669
6	0,024396	0,015749	0,004381	0,002824	0,0036025	1,145105
5	0,020015	0,012925	0,004444	0,002866	0,003655	1,014573
4	0,015571	0,010059	0,004635	0,002990	0,0038125	1,043092
3	0,010936	0,007069	0,004284	0,002777	0,0035305	0,926033
2	0,006652	0,004292	0,003831	0,002478	0,0031545	0,893500
1	0,002821	0,001814	0,002821	0,001814	0,0023175	0,734665

< 1,5

5.2.1.4 Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü

Tablo 6.8'de verilen göreli kat ötelemeleri değerlerinin Denklem 5.7'de belirtilen sınır değerinin altında olduğu görülmektedir.

$$(D_i)_{\max} / h_i \leq 0,02 / 8 = 0,0025$$

Tablo 6.8 Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{\max}$ (m)	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$
10	3,00	0,002119	0,0007063
9	3,00	0,002964	0,0009880
8	3,00	0,003793	0,0012643
7	3,00	0,003824	0,0012747
6	3,00	0,004381	0,0014603
5	3,00	0,004444	0,0014813
4	3,00	0,004635	0,0015450
3	3,00	0,004284	0,0014280
2	3,00	0,003831	0,0012770
1	4,00	0,002821	0,0007053
			< 0,002500

5.2.1.5 İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Tablo 6.9’da ikinci mertebe etkilerinin kontrolü yapılmıştır. İkinci mertebe gösterge değeri, θ_i , denklem 5.8’e göre hesaplanmıştır.

Tablo 6.9 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü

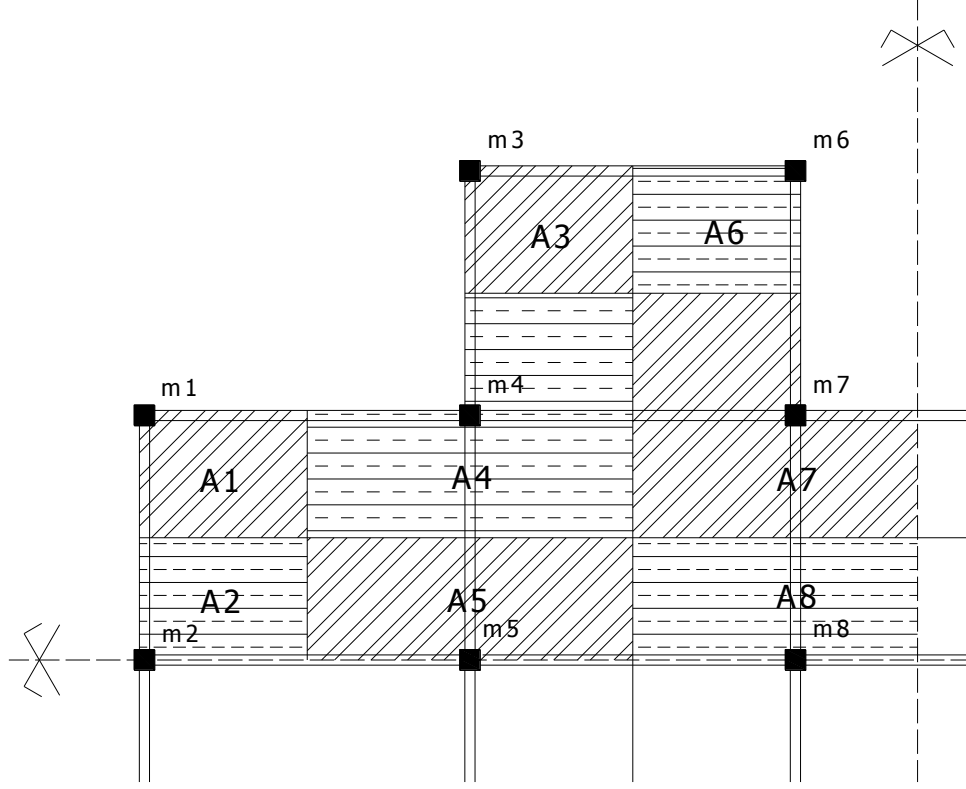
Kat	$W_i(kN)$	$\Sigma W_i(kN)$	$(\Delta_i)_{ort} (m)$	$F_i (kN)$	$V_i (kN)$	$h_i (m)$	θ_i
10	5745,69	5745,69	0,0017675	853,43	853,43	3,00	0,0501755
9	7020,69	12766,38	0,0024645	598,14	1451,57	3,00	0,0411331
8	7070,94	19837,32	0,0031345	537,88	1989,45	3,00	0,0381713
7	7179,09	27016,41	0,0031455	480,57	2470,02	3,00	0,0308525
6	7270,04	34286,45	0,0036030	420,30	2890,32	3,00	0,0302009
5	7368,49	41654,94	0,0036545	358,73	3249,04	3,00	0,0272504
4	7466,94	49121,88	0,0038125	295,36	3544,40	3,00	0,0260596
3	7650,09	56771,97	0,0035300	232,77	3777,18	3,00	0,0226417
2	7833,24	64605,21	0,0031550	166,84	3944,02	3,00	0,0193804
1	8076,03	72681,24	0,0023175	98,29	4042,31	4,00	0,0104172
	72681,24			4042,31			< 0,12

5.2.1.6 Kolonlara Ait İç Kuvvetler

Yapı 1’in x yönünde deprem kuvveti etkimesi durumunda 1. çözüme ait kolon üst ve alt moment ve kesme kuvveti değerleri Tablo 6.10’da verilmiştir.

5.2.2 Yapı 1, 2. Çözüm (Esnek diyafram kabulü)

Bu çözüm yönteminde kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalıştığı kabulü terk edilmiştir. Kütle ve atalet kuvvetlerinin her bir kattaki kolon uç noktalarında toplandığı varsayımı yapılmıştır. (Şekil 6.5)



Şekil 6.5 Yapı 1, 2. çözüm için kütle modeli

Her bir kolonda toplanan kütleler ve polar atalet momentleri Tablo 6.11 ve Tablo 6.12’de verilmiştir.

Tablo 6.11 Kolonlarda toplanan kütleler (kNs^2/m)

Kat	$m_{(A1,A3,A6)}$	$m_{(A2)}$	$m_{(A4)}$	$m_{(A5)}$	$m_{(A7)}$	$m_{(A8)}$
10	10,85	21,69	32,54	43,38	29,83	37,96
9	13,25	26,51	39,76	53,01	36,45	46,39
8	13,35	26,70	40,04	53,39	36,71	46,72
7	13,55	27,10	40,66	54,21	37,27	47,43
6	13,72	27,45	41,17	54,90	37,74	48,03
5	13,91	27,82	41,73	55,64	38,25	48,68
4	14,10	28,19	42,29	56,38	38,76	49,33
3	14,44	28,88	43,32	57,76	39,71	50,54
2	14,79	29,57	44,36	59,15	40,66	51,75
1	15,25	30,49	45,74	60,98	41,92	53,36

Tablo 6.12 Polar atalet momentleri

Kat	$M_{\theta i(A1,A3,A6)}$	$M_{\theta i(A2)}$	$M_{\theta i(A4)}$	$M_{\theta i(A5)}$	$M_{\theta i(A7)}$	$M_{\theta i(A8)}$
10	90,39	180,77	271,16	361,54	213,31	278,39
9	110,44	220,88	331,33	441,77	260,64	340,16
8	111,23	222,47	333,70	444,93	262,51	342,60
7	112,93	225,87	338,80	451,74	266,52	347,84
6	114,36	228,73	343,09	457,46	269,90	352,24
5	115,91	231,83	347,74	463,65	273,56	357,01
4	117,46	234,92	352,39	469,85	277,21	361,78
3	120,34	240,69	361,03	481,37	284,01	370,66
2	123,22	246,45	369,67	492,90	290,81	379,53
1	127,04	254,09	381,13	508,18	299,82	391,30

Yapılan analiz sonucunda yapının X yönündeki 1. Titreşim Periyodu: $T_{1X} = 1,101$ sn olarak bulunmuştur.

5.2.2.1 Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

Esnek diyafram kabulü ile çözümde de yapıya etkiyen deprem kuvvetleri, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile hesaplanmıştır. Buna göre;

- Etkin Yer İvmesi Katsayısı : $A_0 = 0,40$ (Tablo 3.3)
- Bina önem katsayısı : $I = 1,0$ (Tablo 3.4)
- Davranış Katsayısı : $R = 8$ (Tablo 3.6)
- Spektrum Karakteristik Periyodu : Yerel Zemin Sınıfı Z2 için $T_B = 0,40$ (Tablo 3.5)
- Yapının Birinci Doğal Periyodu : $T_1 = 1,101$
- Spektrum Katsayısı : $S = 2,5.(T_B/T_1)^{0,8} = 1,112$
- Deprem Katsayısı : $c = \frac{A_0.I.S}{R} = \frac{0,4.1.1,112}{8} = 0,055602$
- Eşdeğer Deprem Yüğü $= V_t = c.\Sigma w_i = 0,055602.72681,24 = 4041,19$ kN
- Ek Tasarım Deprem Yüğü : $\Delta F_N = 0,07.T_1.V_t = 311,49$

Deprem yüklerinin her bir kattaki kolonlara dağılımı ve $\pm 0,05$ eksantrisite verilerek hesaplanan ek burulma momentleri (M_i) Tablo 6.13 ve Tablo 6.14'te verilmiştir.

Tablo 6.13 Yapı 1'in 2. çözümünden elde edilen eşdeğer deprem kuvvetlerinin her bir kattaki kolonlara dağılımı

Kat	h_i	H_i	$W_i(kN)$	$w_i \cdot H_i (kNm)$	$F_i (kN)$	$F_i (A_{1,3,6})$	$F_i (A_2)$	$F_i (A_4)$	$F_i (A_5)$	$F_i (A_7)$	$F_i (A_8)$
10	3,00	31,00	5745,69	178116,39	853,29	15,80	31,60	47,40	63,21	43,45	55,31
9	3,00	28,00	7020,69	196579,32	597,96	11,07	22,15	33,22	44,29	30,45	38,76
8	3,00	25,00	7070,94	176773,50	537,71	9,96	19,92	29,87	39,83	27,38	34,85
7	3,00	22,00	7179,09	157939,98	480,42	8,90	17,79	26,69	35,59	24,47	31,14
6	3,00	19,00	7270,04	138130,76	420,17	7,78	15,56	23,34	31,12	21,40	27,23
5	3,00	16,00	7368,49	117895,84	358,62	6,64	13,28	19,92	26,56	18,26	23,24
4	3,00	13,00	7466,94	97070,22	295,27	5,47	10,94	16,40	21,87	15,04	19,14
3	3,00	10,00	7650,09	76500,90	232,70	4,31	8,62	12,93	17,24	11,85	15,08
2	3,00	7,00	7833,24	54832,68	166,79	3,09	6,18	9,27	12,35	8,49	10,81
1	4,00	4,00	8076,03	32304,12	98,26	1,82	3,64	5,46	7,28	5,00	6,37
			72681,24	1226143,71	4041,19						

Tablo 6.14 Ek burulma momentleri (kNm)

Kat	$M_i (A_{1,3,6})$	$M_i (A_2)$	$M_i (A_4)$	$M_i (A_5)$	$M_i (A_7)$	$M_i (A_8)$
10	30,02	60,05	90,07	120,09	82,56	105,08
9	21,04	42,08	63,12	84,16	57,86	73,64
8	18,92	37,84	56,76	75,68	52,03	66,22
7	16,90	33,81	50,71	67,62	46,49	59,16
6	14,78	29,57	44,35	59,13	40,66	51,74
5	12,62	25,24	37,85	50,47	34,70	44,16
4	10,39	20,78	31,17	41,56	28,57	36,36
3	8,19	16,38	24,56	32,75	22,52	28,66
2	5,87	11,74	17,61	23,47	16,14	20,54
1	3,46	6,91	10,37	13,83	9,51	12,10

5.2.2.2 Kat Deplasmanları ve A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü

Yapılan analiz sonucu elde edilen deplasman değerleri, maksimum, minimum, ortalama göreceli kat ötelemeleri değerleri ve burulma düzensizliği katsayıları Tablo 6.15'de verilmiştir..

Tablo 6.15 Yapı 1, 2. Çözüm, Deplasman değerleri, görelî kat öteleme değerleri ve burulma düzensizliğı katsayıları

Kat	$(d_i)_{\max}$ (m)	$(d_i)_{\min}$ (m)	$(\Delta_i)_{\max}$ (m)	$(\Delta_i)_{\min}$ (m)	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$ (m)	η_{bi}
10	0,036632	0,023668	0,002055	0,001333	0,001694	1,213105
9	0,034577	0,022335	0,002860	0,001858	0,002359	1,212378
8	0,031717	0,020477	0,003747	0,002422	0,003085	1,214784
7	0,027970	0,018055	0,003818	0,002465	0,003142	1,215343
6	0,024152	0,015590	0,004339	0,002798	0,003569	1,215917
5	0,019813	0,012792	0,004413	0,002850	0,003632	1,215200
4	0,015400	0,009942	0,004598	0,002973	0,003786	1,214635
3	0,010802	0,006969	0,004202	0,002721	0,003462	1,213925
2	0,006600	0,004248	0,003778	0,002438	0,003108	1,215573
1	0,002822	0,001810	0,002822	0,001810	0,002316	1,218480

Tablo 6.15’de hesaplanan burulma düzensizliğı katsayıları, her katta $1,2 < \eta_b < 2,0$ arasında çıkmıştır. Bu katlarda eksantrisite miktarları D_i katsayısı ile çarpılarak büyütölmüş ve bulunan bu yeni eksantrisite miktarları göz önüne alınarak deprem analizi yeniden yapılmış, yeni deplasmanlar ile yeni iç kuvvetler elde edilmiştir. D_i , eksantrisite artım katsayısı denklem 5.6 ile hesaplanmıştır.

Tablo 6.16 Yeni eksantrisite değerleri

Kat	η_{bi}	D_i	e_i (m)
10	1,21311	1,0220	1,942
9	1,21238	1,0207	1,939
8	1,21478	1,0248	1,947
7	1,21534	1,0257	1,949
6	1,21592	1,0267	1,951
5	1,21520	1,0255	1,948
4	1,21463	1,0245	1,947
3	1,21392	1,0233	1,944
2	1,21557	1,0261	1,950
1	1,21848	1,0310	1,959

Tablo 6.17 Ek burulma momentleri (kNm)

Kat	$M_i (A_{1,3,6})$	$M_i (A_2)$	$M_i (A_4)$	$M_i (A_5)$	$M_i (A_7)$	$M_i (A_8)$
10	30,68	61,36	92,05	122,73	84,38	107,39
9	21,48	42,95	64,43	85,90	59,06	75,16
8	19,39	38,78	58,17	77,55	53,32	67,86
7	17,34	34,68	52,02	69,36	47,68	60,69
6	15,18	30,36	45,54	60,71	41,74	53,12
5	12,94	25,88	38,82	51,76	35,58	45,29
4	10,64	21,29	31,93	42,58	29,27	37,25
3	8,38	16,76	25,14	33,52	23,04	29,33
2	6,02	12,04	18,07	24,09	16,56	21,08
1	3,56	7,13	10,69	14,26	9,80	12,48

Tablo 6.16’da, yeni eksantrisite değerleri, Tablo 6.17’de de buna bağlı olarak hesaplanan yeni ek burulma momentleri verilmiştir.

Yapılan analiz sonucu elde edilen yeni kat deplasmanları Tablo 6.18’de verilmiştir.

Tablo 6.18 Yeni kat deplasmanları

Kat	$(d_i)_{\max}$ (m)	$(d_i)_{\min}$ (m)
10	0,036783	0,023517
9	0,034721	0,022191
8	0,031849	0,020344
7	0,028088	0,017937
6	0,024254	0,015488
5	0,019896	0,012708
4	0,015465	0,009877
3	0,010848	0,006923
2	0,006628	0,004220
1	0,002834	0,001798

5.2.2.3 B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik (Yumuşak Kat) Düzensizliği Kontrolü

Denklem 2.5’e göre hesaplanan Yapı 1, 2. çözüm için yumuşak kat düzensizliği kontrolü Tablo 6.19’da verilmiştir.

Tablo 6.19 Yumuşak kat düzensizliği kontrolü

Kat	$(d_i)_{\max}$ (m)	$(d_i)_{\min}$ (m)	$(\Delta_i)_{\max}$ (m)	$(\Delta_i)_{\min}$ (m)	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$ (m)	η_{ki}
10	0,036783	0,023517	0,002062	0,001326	0,001694	
9	0,034721	0,022191	0,002872	0,001847	0,002359	1,392857
8	0,031849	0,020344	0,003761	0,002407	0,003084	1,307057
7	0,028088	0,017937	0,003834	0,002449	0,003141	1,018645
6	0,024254	0,015488	0,004358	0,002780	0,003569	1,136081
5	0,019896	0,012708	0,004431	0,002831	0,003631	1,017372
4	0,015465	0,009877	0,004617	0,002954	0,003785	1,042550
3	0,010848	0,006923	0,004220	0,002703	0,003461	0,914410
2	0,006628	0,004220	0,003794	0,002422	0,003108	0,897877
1	0,002834	0,001798	0,002834	0,001798	0,002316	0,745174

< 1,5

5.2.2.4 Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü

Tablo 6.20 Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{\max}$ (m)	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$
10	3,00	0,002062	0,0006873
9	3,00	0,002872	0,0009573
8	3,00	0,003761	0,0012537
7	3,00	0,003834	0,0012780
6	3,00	0,004358	0,0014527
5	3,00	0,004431	0,0014770
4	3,00	0,004617	0,0015390
3	3,00	0,004220	0,0014067
2	3,00	0,003794	0,0012647
1	4,00	0,002834	0,0007085
			< 0,002500

5.2.2.5 İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Yapı 1, 2. çözüm için ikinci mertebe etkilerinin kontrolü Denklem 5.8'e göre hesaplanmış ve Tablo 6.21'de gösterilmiştir.

Tablo 6.21 Yapı 1, 2. çözüme göre ikinci mertebe etkilerinin kontrolü

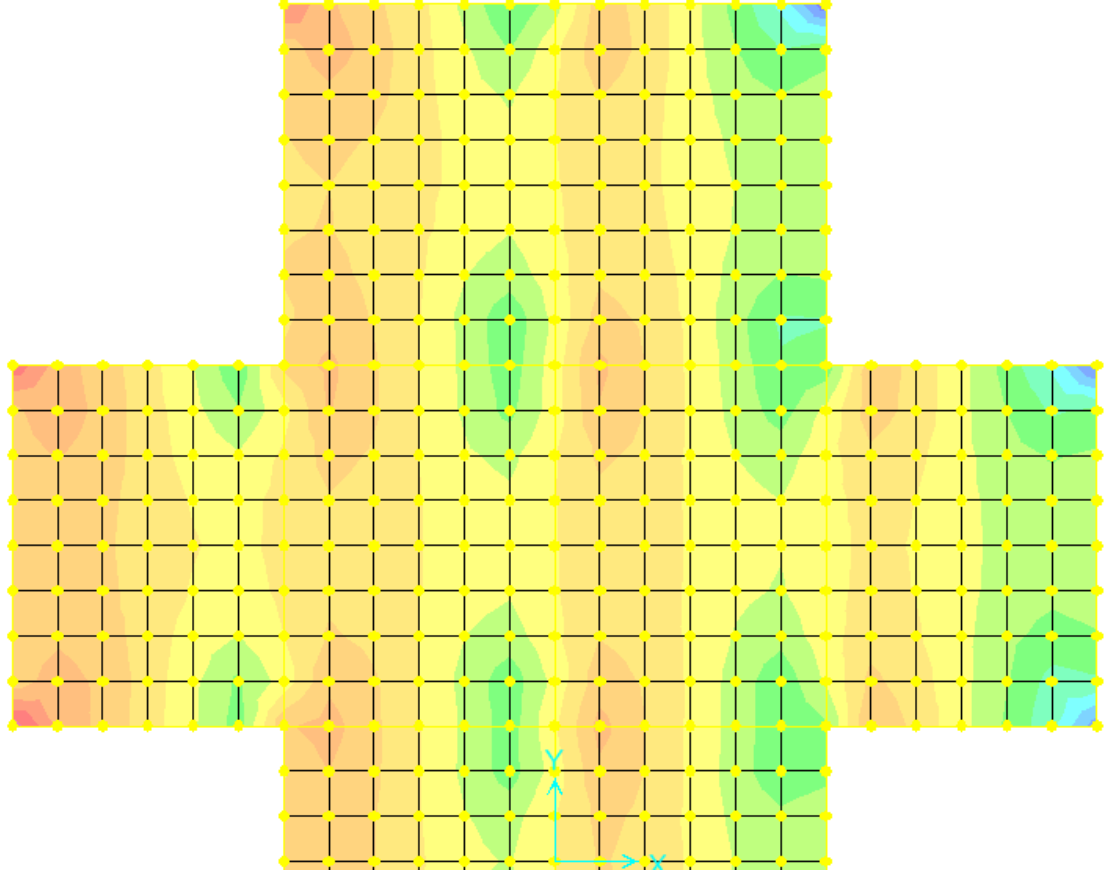
Kat	W_i (kN)	ΣW_i (kN)	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$ (m)	F_i (kN)	V_i (kN)	h_i	θ_i
10	5745,69	5745,69	0,001694	853,29	853,29	3,00	0,0480972
9	7020,69	12766,38	0,002360	597,96	1451,24	3,00	0,0393895
8	7070,94	19837,32	0,003084	537,71	1988,96	3,00	0,0375656
7	7179,09	27016,41	0,003142	480,42	2469,38	3,00	0,0308212
6	7270,04	34286,45	0,003569	420,17	2889,55	3,00	0,0299239
5	7368,49	41654,94	0,003631	358,62	3248,17	3,00	0,0270825
4	7466,94	49121,88	0,003786	295,27	3543,43	3,00	0,0258821
3	7650,09	56771,97	0,003462	232,70	3776,14	3,00	0,0222084
2	7833,24	64605,21	0,003108	166,79	3942,93	3,00	0,0190969
1	8076,03	72681,24	0,002316	98,26	4041,19	4,00	0,0104134
	72681,24			4041,19			< 0,12

5.2.2.6 Kolonlara Ait İç Kuvvetler

Yapı 1'in x yönünde deprem kuvveti etkimesi durumunda esnek diyafram kabulü ile yapılan 2. çözüme ait kolon üst ve alt moment ve kesme kuvveti değerleri Tablo 6.22'de verilmiştir.

5.2.2.7 Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Düzlem İçi Gerilmelerin Belirlenmesi

Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak kat döşemeleri (1m. x 1m.)'lik alanlara bölünmüş ve SAP2000 [5] bilgisayar programı kullanılarak çözülmüştür. Şekil 6.6'da 10. kat döşemesine ait düzlem içi asal gerilme diyagramı verilmiştir.



Şekil 6.6 Yapı 1, 2.çözüm 10. kat döşemesine ait asal gerilme diyagramı

Gerilme diyagramından da görüleceği gibi döşemede en çok zorlanan bölümler, kolonların birleşme bölgeleri ve planda ani daralma gösteren bölgelerdir. Gerilmeler birçok katta sınır değerler içerisinde kalmıştır. Yalnız en yüksek gerilme değerinin görüldüğü 3. katta BS30 betonunun karakteristik çekme dayanımı olan $f_{ctk}=1,9\text{N/mm}^2$ 'yi aşmaktadır. Analizler yapılırken döşeme donatıları hesaba katılmamıştır. Donatıların varlığı gerilme değerlerini düşürecektir.

Tablo 6.23 Kat döşemelerine ait maksimum gerilme değerleri (N/mm^2)

Kat	$(\sigma_i)_{\max}$	Kat	$(\sigma_i)_{\max}$
10	0,35	5	1,67
9	0,71	4	1,79
8	1,03	3	1,91
7	1,27	2	1,86
6	1,45	1	1,56

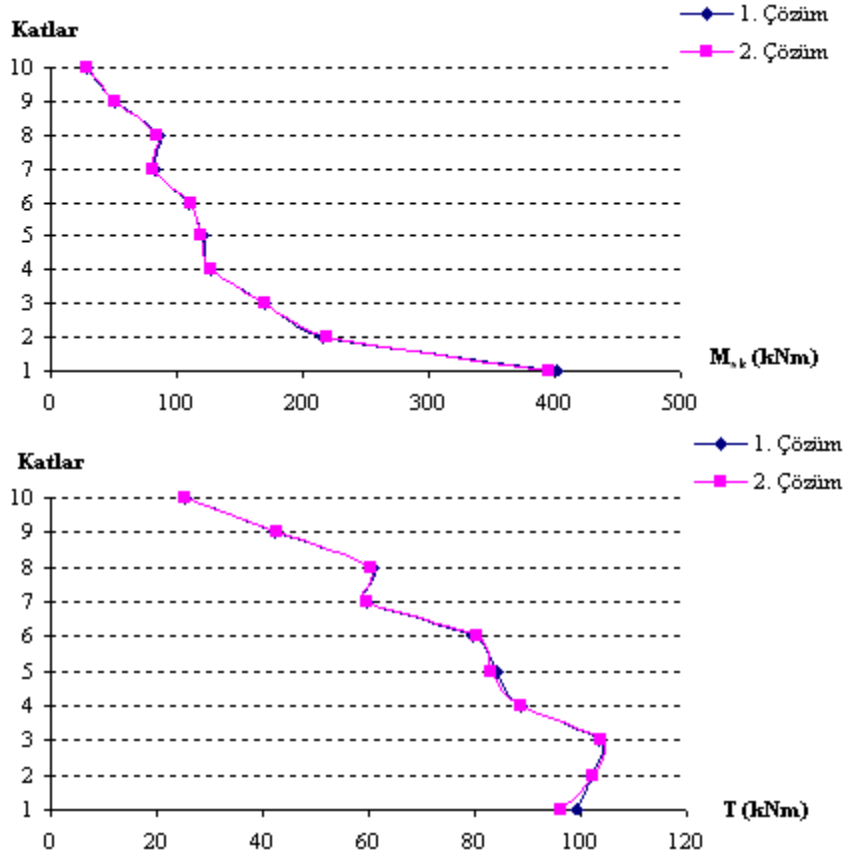
Tüm katlara ait maksimum gerilme değerleri Tablo 6.23’de verilmiştir.

5.2.3 Yapı 1, 1. ve 2. Çözümlerin Karşılaştırılması

Yapı 1’de en çok zorlanan taşıyıcı elemanlardan B1 aksında bulunan S3 kolonu ve B2 aksında bulunan dış aksında bulunan S3 ve planda daralma oluşan bölgede bulunan S4 kolonlarına ait depremin x yönünden etkimesi durumundaki 1. ve 2. çözümden elde edilen sonuçların kıyaslanması şekil 5.8 ve şekil 5.9’da gösterilmiştir. Bu kolonlara ait değerler Tablo 5.25 ve 5.26’da verilmiştir.

Tablo 5.25 S3 kolonunun 1. ve 2. çözümlerinden elde edilen uç kuvvetleri

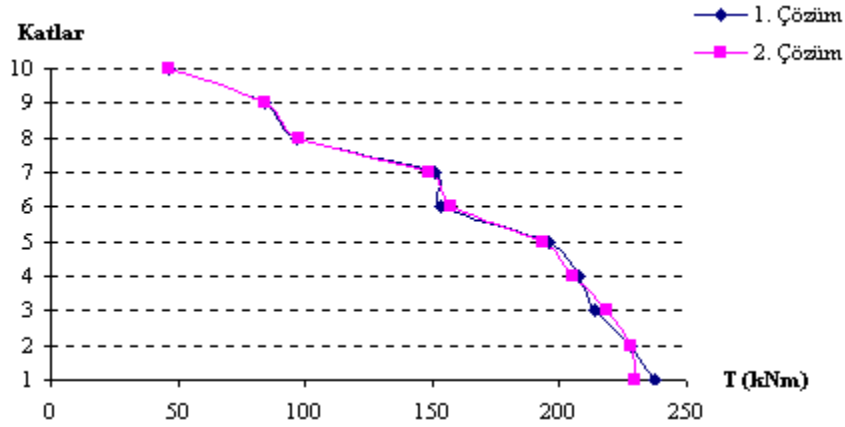
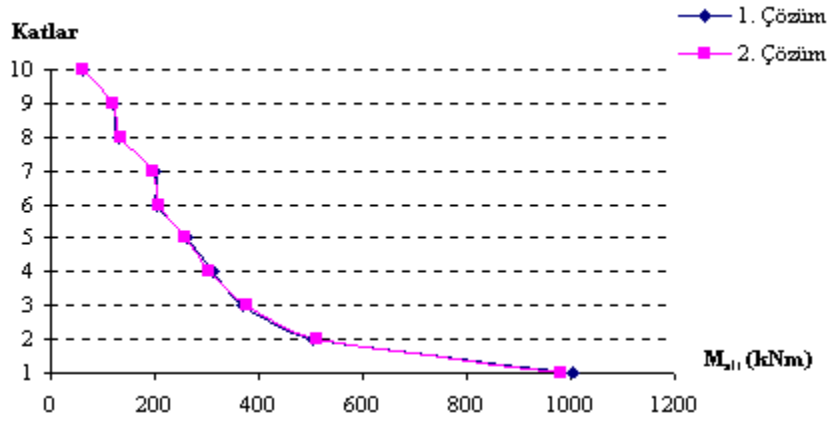
Kat	Moment (üst) (kNm)		Kesme Kuv. (kN)	
	1. Çözüm	2. Çözüm	1. Çözüm	2. Çözüm
10	28,30	28,26	25,11	25,14
9	50,74	51,52	42,12	42,54
8	85,19	84,74	60,70	60,37
7	81,81	81,48	59,74	59,65
6	109,79	111,21	79,48	80,21
5	120,41	118,93	84,18	83,07
4	127,76	127,55	88,67	88,70
3	169,41	169,98	103,50	103,67
2	216,56	218,28	101,93	102,15
1	401,70	394,50	99,09	96,37



Şekil 5.8 S3 kolonu, 1. ve 2. çözüme ait Moment (alt) ve Kesme Kuvveti değerleri

Tablo 5.26 S4 kolonunun 1. ve 2. çözümlerinden elde edilen uç kuvvetleri

Kat	Moment (üst) (kNm)		Kesme Kuv. (kN)	
	1. Çözüm	2. Çözüm	1. Çözüm	2. Çözüm
10	59,98	60,26	46,05	46,24
9	118,24	118,55	83,78	84,06
8	131,40	132,77	96,82	97,49
7	199,74	195,19	150,84	148,35
6	203,18	209,21	153,17	156,90
5	259,89	257,54	196,01	193,01
4	310,01	303,26	207,89	205,29
3	370,85	377,31	213,93	218,27
2	503,46	510,41	228,01	228,23
1	1003,83	982,01	237,74	229,41



Şekil 5.9 S4 kolonu, 1. ve 2. çözüme ait Moment (alt) ve Kesme Kuvveti değerleri

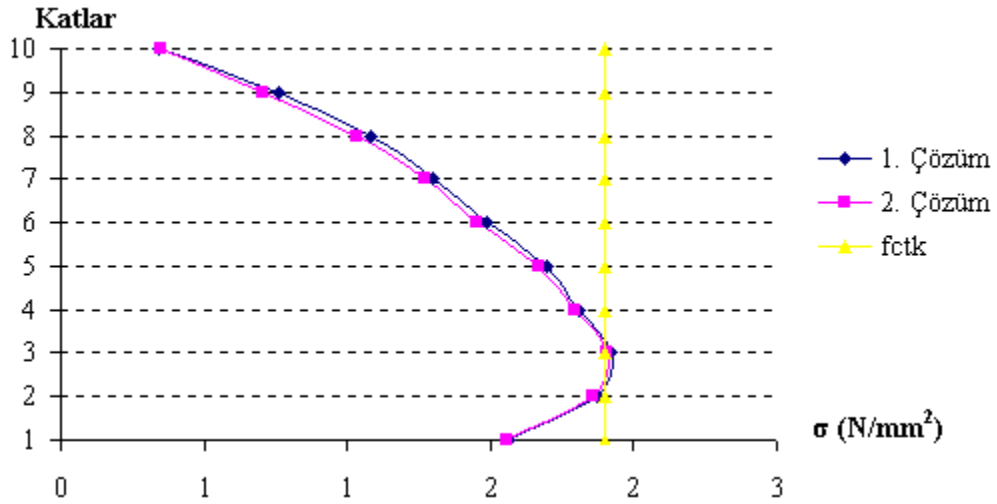
Grafiklerden de görüleceği gibi her iki kolonda da 1. ve 2. çözümler birbirine çok yakın değerler vermiştir.

5.2.3.2 Döşemelerdeki Maksimum Gerilme Değerlerinin Karşılaştırılması

Depremi x doğrultusunda etkimesi durumunda 1. ve 2. çözümlerden elde edilen döşemelerdeki maksimum düzlem içi gerilme değerleri ile BS30 betonunun karakteristik çekme dayanımları karşılaştırılmıştır.(Tablo 5.27) Ve grafikleri Şekil 5.10'da gösterilmektedir.

Tablo 5.27 Döşemelerdeki maksimum gerilmeler ve f_{ctk} değerleri

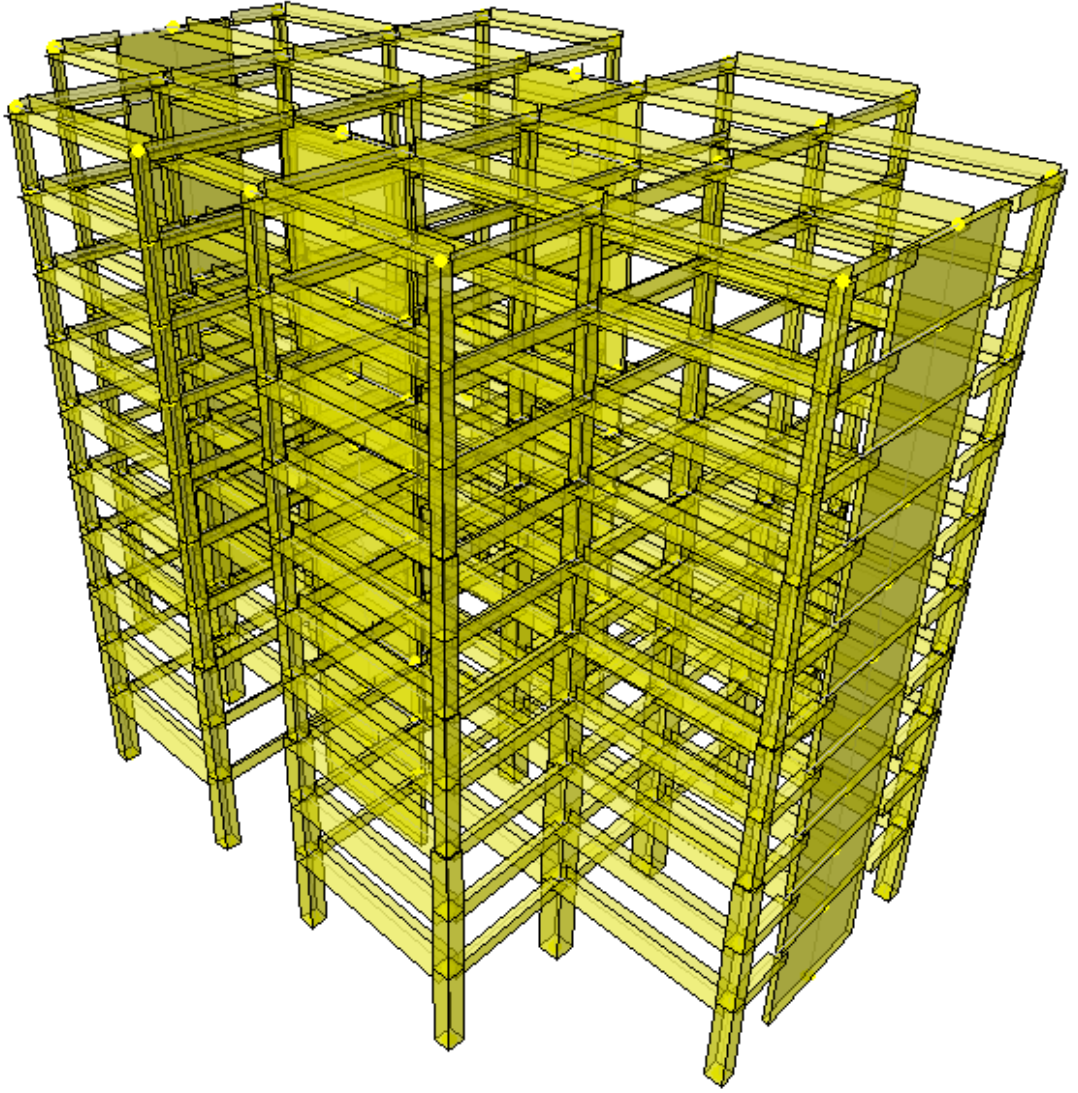
Kat	$(\sigma_i)_{\max}$ (N/mm ²)		f_{ctk} (N/mm ²)
	1. Çözüm	2. Çözüm	
10	0,34	0,35	1,9
9	0,76	0,71	1,9
8	1,08	1,03	1,9
7	1,30	1,27	1,9
6	1,49	1,45	1,9
5	1,70	1,67	1,9
4	1,81	1,79	1,9
3	1,92	1,91	1,9
2	1,87	1,86	1,9
1	1,57	1,55	1,9



Şekil 5.10 Döşemelerdeki maksimum gerilmeler ve f_{ctk} değerlerinin karşılaştırılması

Grafikten de görüldüğü gibi döşemelerdeki düzlem içi maksimum gerilme değerleri, 1. ve 2. çözümlerde birbirlerine çok yakın değerler almakta ve bazı katlarda f_{ctk} sınır gerilme değerini aşmaktadır.

$$a_y = 800 \text{ cm.} = 0,21L_y > 0,2 L_y$$

Şekil 5.12 Yapı 2, Kat Çerçevelerinin Üç Boyutlu Görünümü

Şekil 5.12’de SAP 2000 [5] Bilgisayar Programında analizi yapılan Yapı 2’nin üç boyutlu görünümü, verilmiştir. Tanıtılan modelin kolon alan tablosu Tablo 5.28’de verilmiştir. Kolon, kiriş ve kiriş tabla boyutları Yapı 1 ile aynıdır. Perde boyutlarında ise X yönündeki perdeler bütün katlarda (600cm X 25 cm), Y yönündeki perdeler ise bütün katlarda (25cm X650 cm) alınmıştır.

Tablo 5.28 Yapı 2, Kolon Boyutlandırılması

Kat	Kolon No	Kolon Boyutu (cm x cm)	Kat	Kolon No	Kolon Boyutu (cm x cm)
10	S1001,S1003,S1006	45 x 45	5	S501,S503,S506	60 x 60
	S1004	45 x 45		S504	80 x 80
	S1005	45 x 45		S505	90 x 90
	S1008	45 x 45		S508	85 x 85
	P1001	600 x 25		P501	600 x 25
	P1002	25 x 650		P502	25 x 650
9	S901,S903,S906	50 x 50	4	S401,S403,S406	60 x 60
	S904	50 x 50		S404	80 x 80
	S905	50 x 50		S405	90 x 90
	S908	50 x 50		S408	85 x 85
	P901	600 x 25		P401	600 x 25
	P902	25 x 650		P402	25 x 650
8	S801,S803,S806	50 x 50	3	S301,S303,S306	75 x 75
	S804	50 x 50		S304	95 x 95
	S805	60 x 60		S305	105 x 105
	S808	60 x 60		S308	100 x 100
	P801	600 x 25		P301	600 x 25
	P802	25 x 650		P302	25 x 650
7	S701,S703,S706	55 x 55	2	S201,S203,S206	75 x 75
	S704	65 x 65		S204	95 x 95
	S705	75 x 75		S205	105 x 105
	S708	75 x 75		S208	100 x 100
	P701	600 x 25		P201	600 x 25
	P702	25 x 650		P202	25 x 650
6	S601,S603,S606	55 x 55	1	S101,S103,S106	75 x 75
	S604	65 x 65		S104	95 x 95
	S605	75 x 75		S105	105 x 105
	S608	75 x 75		S108	100 x 100
	P601	600 x 25		P101	600 x 25
	P602	25 x 650		P102	25 x 650

Kat Ağırlıkları, kütleleri ve polar atalet momentleri Tablo 5.29’da verilmiştir. Kolon boyutları her katta değiştiği için buna bağlı olarak ağırlıklar ve diğer değerler her katta değişmiştir.

Yapılan analiz sonucunda yapının X yönündeki 1. Titreşim Periyodu: 0,786 olarak bulunur.

Tablo 5.29 Kat Ağırlıkları, kat kütleleri ve polar atalet momentleri

Kat	W _i (kN)	m _i (kNs ² /m)	M _{0i}
10	5896,74	601,09	80613
9	7314,24	745,59	99991
8	7355,94	749,84	100561
7	7433,04	757,70	101615
6	7492,94	763,81	102434
5	7566,19	771,27	103435
4	7639,44	778,74	104437
3	7778,04	792,87	106332
2	7916,64	807,00	108226
1	8176,81	833,52	111783

$$\Sigma = 74570,02$$

5.3.1.1 Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

Yapıya etkiyen deprem kuvvetleri, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile hesaplanır. Bu yöntemle ilgili ayrıntılı bilgiler bölüm 3.1’de verilmiştir. Buna göre;

- Etkin Yer İvmesi Katsayısı : $A_0 = 0,40$ (Tablo 3.3)
- Bina önem katsayısı : $I = 1,0$ (Tablo 3.4)
- Davranış Katsayısı : $R = 7$ (Tablo 3.6)
- Spektrum Karakteristik Periyodu : Yerel Zemin Sınıfı Z2 için $T_B = 0,40$ (Tablo 3.5)
- Yapının Birinci Doğal Periyodu : $T_1 = 0,786$
- Spektrum Katsayısı : $S = 2,5.(T_B/T_1)^{0,8} = 1,4563$
- Deprem Katsayısı : $c = \frac{A_0.I.S}{R} = \frac{0,4.1.1,4563}{7} = 0,083217$
- Eşdeğer Deprem Yüğü = $V_t = c.\Sigma w_i = 0,083217.74570,02 = 6205,49$ kN
- Ek Tasarım Deprem Yüğü : $\Delta F_N = 0,07.T_1.V_t = 341,43$

Deprem yüklerinin katlara dağılımı ve $\pm 0,05$ eksantrisite verilerek hesaplanan ek burulma momentleri (M_i) Tablo 5.30’da verilmiştir.

Tablo 5.30 Yapı 2'nin 1. çözümünden elde edilen eşdeğer deprem kuvvetlerinin katlara dağılımı ve ek burulma momentleri

Kat	h_i	H_i	$W_i(kN)$	$w_i \cdot H_i (kN.m)$	$F_i (kN)$	$M_i (kNm)$
10	3,00	31,00	5896,74	182798,94	1189,71	2260,45
9	3,00	28,00	7314,24	204798,72	950,37	1805,71
8	3,00	25,00	7355,94	183898,50	853,39	1621,43
7	3,00	22,00	7433,04	163526,88	758,85	1441,82
6	3,00	19,00	7492,94	142365,86	660,65	1255,24
5	3,00	16,00	7566,19	121059,04	561,78	1067,38
4	3,00	13,00	7639,44	99312,72	460,86	875,64
3	3,00	10,00	7778,04	77780,40	360,94	685,79
2	3,00	7,00	7916,64	55416,48	257,16	488,61
1	4,00	4,00	8176,81	32707,24	151,78	288,38
			74570,02	1263664,78	6205,49	

5.3.1.2 Kat Deplasmanları ve A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü

Yapılan analiz sonucu elde edilen deplasman değerleri, görelî kat ötelemeleri değerleri ve burulma düzensizliği katsayıları Tablo 5.31'de verilmiştir. Burulma düzensizliği katsayısı, η_b , denklem 3.25 ile hesaplanmaktadır.

Tablo 5.31 Deplasman değerleri, görelî kat öteleme değerleri ve burulma düzensizliği katsayıları

Kat	$(d_i)_{max} (m)$	$(d_i)_{min} (m)$	$(\Delta_i)_{max} (m)$	$(\Delta_i)_{min} (m)$	$(\Delta_i)_{ort} (m)$	η_{bi}
10	0,027842	0,022155	0,002718	0,002141	0,0024295	1,1187487
9	0,025124	0,020014	0,002888	0,002282	0,0025850	1,1172147
8	0,022236	0,017732	0,003070	0,002432	0,0027510	1,1159578
7	0,019166	0,015300	0,003200	0,002514	0,0028570	1,1200560
6	0,015966	0,012786	0,003234	0,002598	0,0029160	1,1090535
5	0,012732	0,010188	0,003201	0,002550	0,0028755	1,1131977
4	0,009531	0,007638	0,003067	0,002450	0,0027585	1,1118361
3	0,006464	0,005188	0,002700	0,002162	0,0024310	1,1106541
2	0,003764	0,003026	0,002209	0,001775	0,0019920	1,1089357
1	0,001555	0,001251	0,001555	0,001251	0,0014030	1,1083393

Tablo 5.31'de hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı, η_b 1,2'den küçük çıkmıştır.

5.3.1.3 B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik (Yumuşak Kat) Düzensizliği Kontrolü

Yapı, 1. derece deprem bölgesinde bulunduğu ve $H_N > 25$ m olduğundan B-2 Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü Yapılması gerekmektedir. Yumuşak kat

düzensizliği katsayıları Denklem 3.27'ye göre hesaplanmış ve Tablo 5.32'de verilmiştir.

Tablo 5.32 Yumuşak kat düzensizliği kontrolü

Kat	$(d_i)_{\max}$ (m)	$(d_i)_{\min}$ (m)	$(\Delta_i)_{\max}$ (m)	$(\Delta_i)_{\min}$ (m)	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$ (m)	η_{ki}
10	0,027842	0,022155	0,002718	0,002141	0,0024295	
9	0,025124	0,020014	0,002888	0,002282	0,002585	1,064005
8	0,022236	0,017732	0,003070	0,002432	0,002751	1,064217
7	0,019166	0,015300	0,003200	0,002514	0,002857	1,038531
6	0,015966	0,012786	0,003234	0,002598	0,002916	1,020651
5	0,012732	0,010188	0,003201	0,002550	0,0028755	0,986111
4	0,009531	0,007638	0,003067	0,002450	0,0027585	0,959311
3	0,006464	0,005188	0,002700	0,002162	0,002431	0,881276
2	0,003764	0,003026	0,002209	0,001775	0,001992	0,819416
1	0,001555	0,001251	0,001555	0,001251	0,001403	0,704317

< 1,5

5.3.1.4 α_m Hesabı

α_m hesabı için gerekli olan devrilme momenti hesabı Tablo 5.33'te verilmiştir. α_m katsayısı denklem 3.30'a göre hesaplanmıştır.

Tablo 5.33 Yapı 2, 1. Çözümüne ait devrilme momenti hesabı

Kat	H_i (m)	F_i (kN)	M_D (kNm)
10	31,00	1189,71	36880,97
9	28,00	950,37	26610,45
8	25,00	853,39	21334,63
7	22,00	758,85	16694,70
6	19,00	660,65	12552,39
5	16,00	561,78	8988,44
4	13,00	460,86	5991,22
3	10,00	360,94	3609,42
2	7,00	257,16	1800,13
1	4,00	151,78	607,11
		6205,49	135069,46

$$\alpha_m = \frac{44917,32}{135069,46} = 0,33 < 0,75$$

Bu durumda analiz sonuçlarının düzeltilmesine gerek yoktur.

5.3.1.5 Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü

$$(D_i)_{\max} / h_i \leq 0,02 / 7 = 0,0028$$

Tablo 5.34 Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{\max}$ (m)	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$
10	3,00	0,002718	0,0009060
9	3,00	0,002888	0,0009627
8	3,00	0,003070	0,0010233
7	3,00	0,003200	0,0010667
6	3,00	0,003234	0,0010780
5	3,00	0,003201	0,0010670
4	3,00	0,003067	0,0010223
3	3,00	0,002700	0,0009000
2	3,00	0,002209	0,0007363
1	4,00	0,001555	0,0003888
			< 0,002800

5.3.1.6 İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışını esas alan ikinci mertebe etkileri Denklem 3.29'a göre hesaplanacaktır. Yapı 1, 1. çözüm için ikinci mertebe etkilerinin kontrolü Tablo 5.35'de gösterilmiştir.

Tablo 5.35 Yapı 2, 1. çözüme göre ikinci mertebe etkilerinin kontrolü

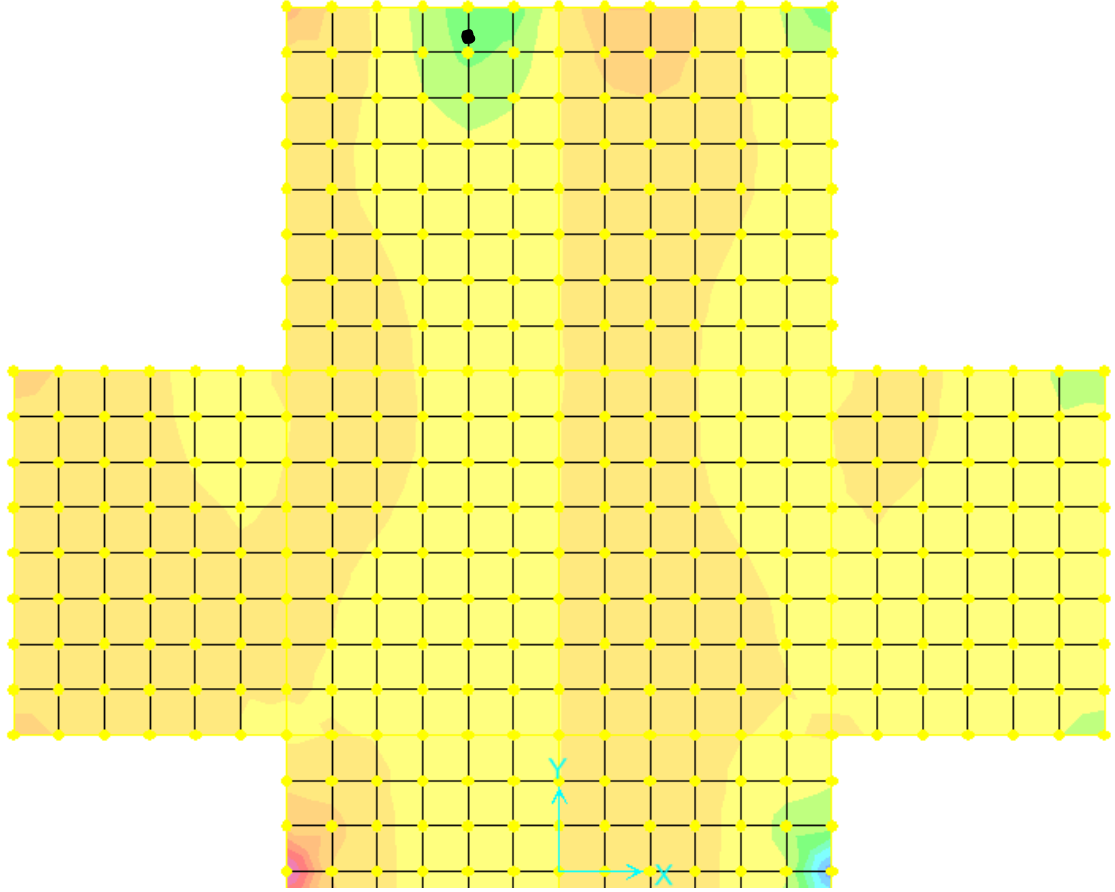
Kat	W_i (kN)	ΣW_i (kN)	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$ (m)	F_i (kN)	V_i (kN)	h_i (m)	θ_i
10	5896,74	5896,74	0,0024295	1189,71	1189,71	3,00	0,0507597
9	7314,24	13210,98	0,0025850	950,37	2140,08	3,00	0,0300243
8	7355,94	20566,92	0,0027510	853,39	2993,47	3,00	0,0228433
7	7433,04	27999,96	0,0028570	758,85	3752,32	3,00	0,0189258
6	7492,94	35492,9	0,0029160	660,65	4412,97	3,00	0,0164248
5	7566,19	43059,09	0,0028755	561,78	4974,75	3,00	0,0143676
4	7639,44	50698,53	0,0027585	460,86	5435,61	3,00	0,0126144
3	7778,04	58476,57	0,0024310	360,94	5796,55	3,00	0,0104246
2	7916,64	66393,21	0,0019920	257,16	6053,71	3,00	0,0081792
1	8176,81	74570,02	0,0014030	151,78	6205,49	4,00	0,0042149
	74570,02			6205,49			< 0,12

5.3.1.7 Kolon ve Perdelere Ait İç Kuvvetler

Yapı 2'nin x yönünde deprem kuvveti etkimesi durumunda 1. çözüme ait kolon ve perde üst ,alt moment ve kesme kuvveti değerleri Tablo 5.36'da verilmiştir.

5.3.1.8 Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Düzlem İçi Gerilmelerin Belirlenmesi

Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak kat döşemeleri (1m. x 1m.)'lik alanlara bölünmüş ve SAP2000 [5] bilgisayar programı kullanılarak çözülmüştür. Şekil 5.13'te 10. kat döşemesine ait düzlem içi gerilme diyagramı verilmiştir.



Şekil 5.13 Yapı 2, 1.çözüm 10. kat döşemesine ait gerilme diyagramı

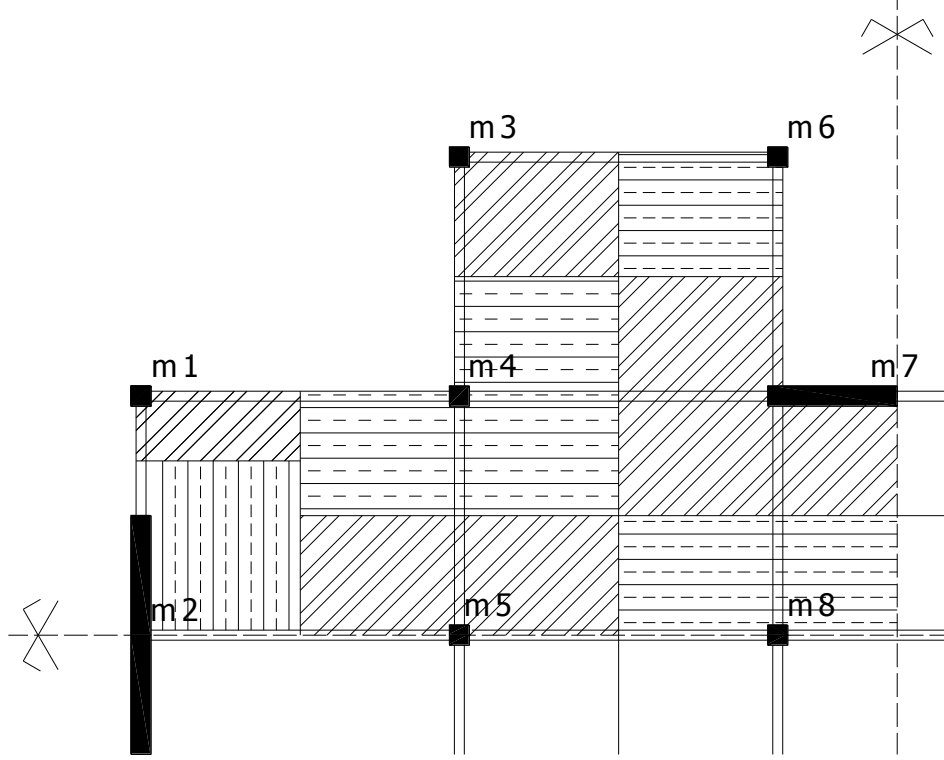
Gerilme diyagramından da görüleceği gibi döşemede en çok zorlanan bölümler, perde etrafıdır. Maksimum gerilmeler perdelerine yakın bölgelerde oluşmuştur. Diğer kolon uçlarında gerilme değerlerinin düşük olduğu gözlemlenmiştir..Yapı 2, 1. çözüm için birçok katta maksimum gerilme değerleri, BS30 betonunun karakteristik çekme dayanımı olan $f_{ctk}=1,9\text{N/mm}^2$ 'yi aşmaktadır. (Tablo 5.37) Bu bölgelerde dayanım artırıcı önlemler alınmalıdır.

Tablo 5.37 Kat döşemelerine ait maksimum gerilme değerleri (N/mm^2)

Kat	$(\sigma_i)_{\max}$	Kat	$(\sigma_i)_{\max}$
10	1,96	5	2,69
9	2,25	4	2,62
8	2,38	3	2,44
7	2,53	2	2,05
6	2,64	1	1,40

5.3.2 Yapı 2, 2. Çözüm (Esnek diyafram kabulü)

Bu çözüm yönteminde kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalıştığı kabulü terk edilmiştir. Kütle ve atalet kuvvetlerinin her bir kattaki kolon uç noktalarında toplandığı varsayımı yapılmıştır. (Şekil 5.14)



Şekil 5.14 Yapı 2, 2. çözüm için kütle modeli

Her bir kolonda toplanan kütleler ve polar atalet momentleri Tablo 5.38 ve Tablo 5.39'da verilmiştir.

Tablo 5.38 Kolonlarda toplanan kütleler (kNs²/m)

Kat	$m_{(A1,A3,A6)}$	$m_{(A2)}$	$m_{(A4)}$	$m_{(A5)}$	$m_{(A7)}$	$m_{(A8)}$
10	10,85	25,66	32,54	43,38	63,39	37,96
9	13,25	34,30	39,76	53,01	80,06	46,39
8	13,35	34,34	40,04	53,39	80,29	46,72
7	13,55	34,22	40,66	54,21	80,36	47,43
6	13,72	34,04	41,17	54,90	80,25	48,03
5	13,91	33,98	41,73	55,64	80,42	48,68
4	14,10	33,92	42,29	56,38	80,58	49,33
3	14,44	33,86	43,32	57,76	80,97	50,54
2	14,79	33,79	44,36	59,15	81,36	51,75
1	15,25	35,59	45,74	60,98	83,89	53,36

Tablo 5.39 Polar atalet momentleri

Kat	$M_{\theta i(A1,A3,A6)}$	$M_{\theta i(A2)}$	$M_{\theta i(A4)}$	$M_{\theta i(A5)}$	$M_{\theta i(A7)}$	$M_{\theta i(A8)}$
10	90,39	213,84	271,16	361,54	1455,96	278,39
9	110,44	285,81	331,33	441,77	1839,05	340,16
8	111,23	286,18	333,70	444,93	1844,36	342,60
7	112,93	285,18	338,80	451,74	1845,92	347,84
6	114,36	283,65	343,09	457,46	1843,38	352,24
5	115,91	283,18	347,74	463,65	1847,19	357,01
4	117,46	282,71	352,39	469,85	1851,00	361,78
3	120,34	282,16	361,03	481,37	1859,90	370,66
2	123,22	281,62	369,67	492,90	1868,81	379,53
1	127,04	296,58	381,13	508,18	1926,87	391,30

Yapılan analiz sonucunda yapının X yönündeki 1. Titreşim Periyodu: 0,873 olarak bulunur.

5.3.2.1 Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

Yapıya etkiyen deprem kuvvetleri, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile hesaplanır. Bu yöntemle ilgili ayrıntılı bilgiler bölüm 3.1’de verilmiştir. Buna göre;

- Etkin Yer İvmesi Katsayısı : $A_0 = 0,40$ (Tablo 3.3)
- Bina önem katsayısı : $I = 1,0$ (Tablo 3.4)
- Davranış Katsayısı : $R = 7$ (Tablo 3.6)
- Spektrum Karakteristik Periyodu : Yerel Zemin Sınıfı Z2 için $T_B = 0,40$ (Tablo 3.5)
- Yapının Birinci Doğal Periyodu : $T_1 = 0,873$
- Spektrum Katsayısı : $S = 2,5.(T_B/T_1)^{0,8} = 1,339$
- Deprem Katsayısı : $c = \frac{A_0.I.S}{R} = \frac{0,4.1.1,339}{7} = 0,07651$
- Eşdeğer Deprem Yüğü = $V_t = c.\Sigma w_i = 0,07651.74570,02 = 5705,62$ kN
- Ek Tasarım Deprem Yüğü : $\Delta F_N = 0,07.T_1.V_t = 313,92$

Deprem yüklerinin her bir kattaki kolonlara dağılımı ve $\pm 0,05$ eksantrisite verilerek hesaplanan ek burulma momentleri (M_i) Tablo 5.40 ve Tablo 5.41’de verilmiştir.

Tablo 5.40 Yapı 2'nin 2. çözümünden elde edilen eşdeğer deprem kuvvetlerinin her bir kattaki kolonlara dağılımı

Kat	h_i (m)	H_i (m)	$W_i(kN)$	$w_i \cdot H_i$ (kN.m)	$F_i (kN)$	$F_i (A_{1,3,6})$	$F_i (A_2)$	$F_i (A_4)$	$F_i (A_5)$	$F_i (A_7)$	$F_i (A_8)$
10	3,00	31,00	5896,74	182798,94	1093,87	19,74	46,70	59,21	78,95	115,35	69,08
9	3,00	28,00	7314,24	204798,72	873,82	15,53	40,20	46,60	62,13	93,83	54,36
8	3,00	25,00	7355,94	183898,50	784,64	13,97	35,94	41,90	55,87	84,02	48,89
7	3,00	22,00	7433,04	163526,88	697,72	12,48	31,51	37,44	49,92	74,00	43,68
6	3,00	19,00	7492,94	142365,86	607,43	10,91	27,07	32,74	43,66	63,82	38,20
5	3,00	16,00	7566,19	121059,04	516,52	9,32	22,76	27,95	37,26	53,86	32,60
4	3,00	13,00	7639,44	99312,72	423,74	7,67	18,46	23,01	30,68	43,85	26,84
3	3,00	10,00	7778,04	77780,40	331,87	6,04	14,17	18,13	24,18	33,89	21,16
2	3,00	7,00	7916,64	55416,48	236,45	4,33	9,90	13,00	17,33	23,84	15,16
1	4,00	4,00	8176,81	32707,24	139,55	2,55	5,96	7,66	10,21	14,04	8,93
			74570,02	1263664,78	5705,62						

Tablo 5.41 Ek burulma momentleri (kNm)

Kat	$M_i (A_{1,3,6})$	$M_i (A_2)$	$M_i (A_4)$	$M_i (A_5)$	$M_i (A_7)$	$M_i (A_8)$
10	37,50	88,72	112,51	150,01	219,16	131,26
9	29,51	76,37	88,53	118,05	178,28	103,29
8	26,54	68,28	79,61	106,15	159,64	92,88
7	23,71	59,87	71,13	94,84	140,60	82,99
6	20,74	51,43	62,21	82,95	121,26	72,58
5	17,70	43,24	53,10	70,80	102,33	61,95
4	14,57	35,07	43,72	58,29	83,31	51,00
3	11,48	26,93	34,45	45,94	64,39	40,20
2	8,23	18,81	24,70	32,93	45,29	28,81
1	4,85	11,32	14,55	19,40	26,68	16,97

5.3.2.2 Kat Deplasmanları ve A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü

Yapılan analiz sonucu elde edilen deplasman değerleri, Denklem 3.24'e göre hesaplanan göreceli kat ötelemeleri değerleri ve Denklem 3.25'e göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayıları Tablo 5.42'de verilmiştir.

Tablo 5.42 Yapı 2, 2. Çözüm, Deplasman değerleri, görelî kat öteleme değerleri ve burulma düzensizliği katsayıları

Kat	$(d_i)_{\max}$ (m)	$(d_i)_{\min}$ (m)	$(\Delta_i)_{\max}$ (m)	$(\Delta_i)_{\min}$ (m)	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$ (m)	η_{bi}
10	0,029704	0,018920	0,001949	0,001895	0,0019220	1,01405
9	0,027755	0,017025	0,002613	0,002000	0,0023065	1,13289
8	0,025142	0,015025	0,003065	0,002104	0,0025845	1,18592
7	0,022077	0,012921	0,003232	0,002180	0,0027060	1,19438
6	0,018845	0,010741	0,003497	0,002217	0,0028570	1,22401
5	0,015348	0,008524	0,003564	0,002179	0,0028715	1,24116
4	0,011784	0,006345	0,003591	0,002067	0,0028290	1,26935
3	0,008193	0,004278	0,003327	0,001810	0,0025685	1,29531
2	0,004866	0,002468	0,002882	0,001448	0,0021650	1,33118
1	0,001984	0,001020	0,001984	0,001020	0,0015020	1,32091

Tablo 5.42’de hesaplanan burulma düzensizliği katsayıları, bazı katlarda $1,2 < \eta_b < 2,0$ arasında çıkmıştır. Bu katlarda eksantrisite miktarları D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülmüş ve eşdeğer kat deprem yükleri bulunan bu yeni eksantrisite miktarları göz önüne alınarak deprem analizi yeniden yapılmış, yeni deplasmanlar ile yeni iç kuvvetler elde edilmiştir. D_i , eksantrisite artım katsayısı denklem 3.26 ile hesaplanmıştır.

Tablo 5.43 Yeni eksantrisite değerleri

Kat	η_{bi}	D_i	e_i (m)
10	1,01405	1,0000	1,900
9	1,13289	1,0000	1,900
8	1,18592	1,0000	1,900
7	1,19438	1,0000	1,900
6	1,22401	1,0404	1,977
5	1,24116	1,0698	2,033
4	1,26935	1,1189	2,126
3	1,29531	1,1652	2,214
2	1,33118	1,2306	2,338
1	1,32091	1,2117	2,302

Tablo 5.44 Ek burulma momentleri (kNm)

Kat	$M_i (A_{1,3,6})$	$M_i (A_2)$	$M_i (A_4)$	$M_i (A_5)$	$M_i (A_7)$	$M_i (A_8)$
10	37,50	88,72	112,51	150,01	219,16	131,26
9	29,51	76,37	88,53	118,05	178,28	103,29
8	26,54	68,28	79,61	106,15	159,64	92,88
7	23,71	59,87	71,13	94,84	140,60	82,99
6	21,58	53,51	64,73	86,30	126,16	75,51
5	18,93	46,26	56,80	75,74	109,47	66,27
4	16,31	39,24	48,92	65,22	93,22	57,07
3	13,38	31,37	40,14	53,53	75,03	46,84
2	10,13	23,15	30,39	40,52	55,74	35,45
1	5,88	13,72	17,63	23,50	32,33	20,57

Tablo 5.43’de, yeni eksantrisite değerleri, Tablo 5.44’de de buna bağlı olarak hesaplanan yeni ek burulma momentleri verilmiştir.

Yapılan analiz sonucu elde edilen yeni kat deplasmanları Tablo 5.45’te verilmiştir.

Tablo 5.45 Yeni kat deplasmanları

Kat	(d _i) _{max} (m)	(d _i) _{min} (m)
10	0,029709	0,018880
9	0,027761	0,016987
8	0,025147	0,014990
7	0,022082	0,012889
6	0,018852	0,010713
5	0,015355	0,008500
4	0,011792	0,006325
3	0,008199	0,004263
2	0,004871	0,002459
1	0,001987	0,001016

5.3.2.3 B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik (Yumuşak Kat) Düzensizliği Kontrolü

Denklem 3.27’ye göre hesaplanan Yapı 2, 2. çözüm için yumuşak kat düzensizliği kontrolü Tablo 5.46’da verilmiştir.

Tablo 5.46 Yumuşak kat düzensizliği kontrolü

Kat	(d _i) _{max} (m)	(d _i) _{min} (m)	(Δ _i) _{max} (m)	(Δ _i) _{min} (m)	(Δ _i) _{ort} (m)	η _{ki}
10	0,029709	0,018880	0,001948	0,001893	0,0019205	
9	0,027761	0,016987	0,002614	0,001997	0,0023055	1,200469
8	0,025147	0,014990	0,003065	0,002101	0,002583	1,120364
7	0,022082	0,012889	0,003230	0,002176	0,002703	1,046458
6	0,018852	0,010713	0,003497	0,002213	0,002855	1,056234
5	0,015355	0,008500	0,003563	0,002175	0,002869	1,004904
4	0,011792	0,006325	0,003593	0,002062	0,0028275	0,985535
3	0,008199	0,004263	0,003328	0,001804	0,002566	0,907515
2	0,004871	0,002459	0,002884	0,001443	0,0021635	0,843141
1	0,001987	0,001016	0,001987	0,001016	0,0015015	0,694014

5.3.2.4 α_m Hesabı

α_m hesabı için gerekli olan devrilme momenti hesabı Tablo 5.47’de verilmiştir. α_m katsayısının hesabı, denklem 3.30’a göre hesaplanmıştır.

$$a_m = \frac{37297,94}{124189,17} = 0,30 < 0,75$$

Bu durumda analiz sonuçlarının düzeltilmesine gerek yoktur.

Tablo 5.47 Yapı 2, 2. Çözümüne ait devrilme momenti hesabı

Kat	H _i (m)	F _i (kN)	M _D (kNm)
10	31,00	1093,87	33910,01
9	28,00	873,82	24466,91
8	25,00	784,64	19616,07
7	22,00	697,72	15349,90
6	19,00	607,43	11541,26
5	16,00	516,52	8264,39
4	13,00	423,74	5508,61
3	10,00	331,87	3318,67
2	7,00	236,45	1655,13
1	4,00	139,55	558,21
		5705,62	124189,17

5.3.2.5 Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü

Tablo 5.48 Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü

Kat	h _i (m)	(Δ _i) _{max} (m)	(Δ _i) _{max} /h _i
10	3,00	0,001948	0,0006493
9	3,00	0,002614	0,0008713
8	3,00	0,003065	0,0010217
7	3,00	0,003230	0,0010767
6	3,00	0,003497	0,0011657
5	3,00	0,003563	0,0011877
4	3,00	0,003593	0,0011977
3	3,00	0,003328	0,0011093
2	3,00	0,002884	0,0009613
1	4,00	0,001987	0,0004968
			< 0,002800

5.3.2.6 İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Yapı 2, 2. çözüm için ikinci mertebe etkilerinin kontrolü Denklem 3.29'a göre hesaplanmış ve Tablo 5.49'da gösterilmiştir.

Tablo 5.49 Yapı 2, 2. çözüme göre ikinci mertebe etkilerinin kontrolü

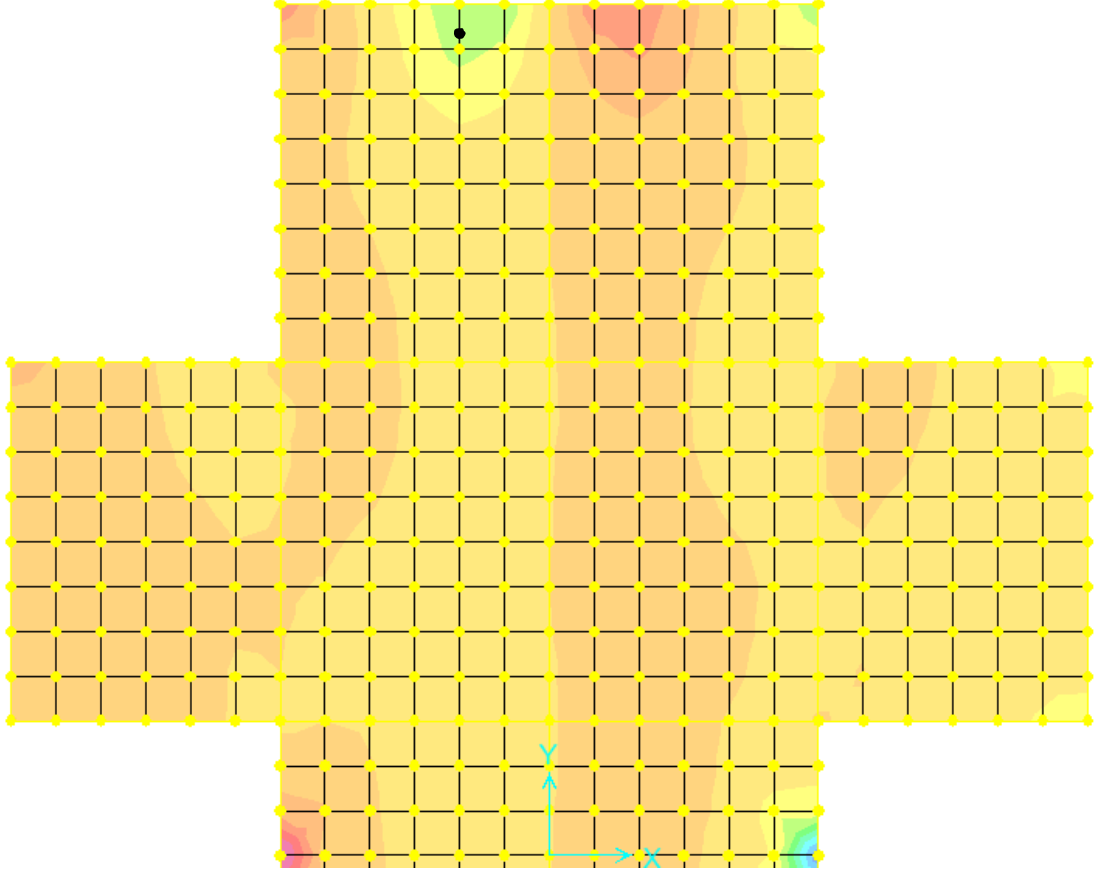
Kat	$W_i(kN)$	$\Sigma W_i(kN)$	$(\Delta_i)_{ort} (m)$	$F_i (kN)$	$V_i (kN)$	$h_i (m)$	θ_i
10	5896,74	5896,74	0,0019205	1189,71	1189,71	3,00	0,0401251
9	7314,24	13210,98	0,0023055	950,37	2140,08	3,00	0,026778
8	7355,94	20566,92	0,0025830	853,39	2993,47	3,00	0,0214483
7	7433,04	27999,96	0,0027030	758,85	3752,32	3,00	0,0179056
6	7492,94	35492,9	0,0028550	660,65	4412,97	3,00	0,0160812
5	7566,19	43059,09	0,0028690	561,78	4974,75	3,00	0,0143352
4	7639,44	50698,53	0,0028275	460,86	5435,61	3,00	0,01293
3	7778,04	58476,57	0,0025660	360,94	5796,55	3,00	0,0110035
2	7916,64	66393,21	0,0021635	257,16	6053,71	3,00	0,0088834
1	8176,81	74570,02	0,0015015	151,78	6205,49	4,00	0,0045108
	74570,02			6205,49			< 0,12

5.3.2.7 Kolonlara Ait İç Kuvvetler

Yapı 2'nin x yönünde deprem kuvveti etkimesi durumunda 2. çözüme ait kolon üst ve alt moment ve kesme kuvveti değerleri Tablo 5.50'de verilmiştir.

5.3.2.8 Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Düzlem İçi Gerilmelerin Belirlenmesi

Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak kat döşemeleri (1m. x 1m.) lik alanlara bölünmüş ve SAP2000 [5] bilgisayar programı kullanılarak çözülmüştür. Şekil 5.16'da 10. kat döşemesine ait düzlem içi gerilme diyagramı verilmiştir.



Şekil 5.15 Yapı 2, 2.çözüm 10.kat döşemesine ait gerilme diyagramı

Gerilme diyagramından da görüleceği gibi döşemede en çok zorlanan bölümler, perde etrafıdır. Maksimum gerilmeler perdelerle yakın bölgelerde oluşmuştur. Diğer kolon uçlarında gerilme değerlerinin düşük olduğu gözlemlenmiştir..Yapı 2, 2. çözüm için birçok katta maksimum gerilme değerleri, BS30 betonunun karakteristik çekme dayanımı olan $f_{ctk}=1,9\text{N/mm}^2$ 'yi aşmaktadır. (Tablo 5.51) Bu bölgelerde dayanım artırıcı önlemler alınmalıdır.

Tablo 5.51 Kat döşemelerine ait maksimum gerilme değerleri (N/mm^2)

Kat	$(\sigma_i)_{\max}$	Kat	$(\sigma_i)_{\max}$
10	1,89	5	2,43
9	1,95	4	2,30
8	2,07	3	2,20
7	2,29	2	1,74
6	2,31	1	1,20

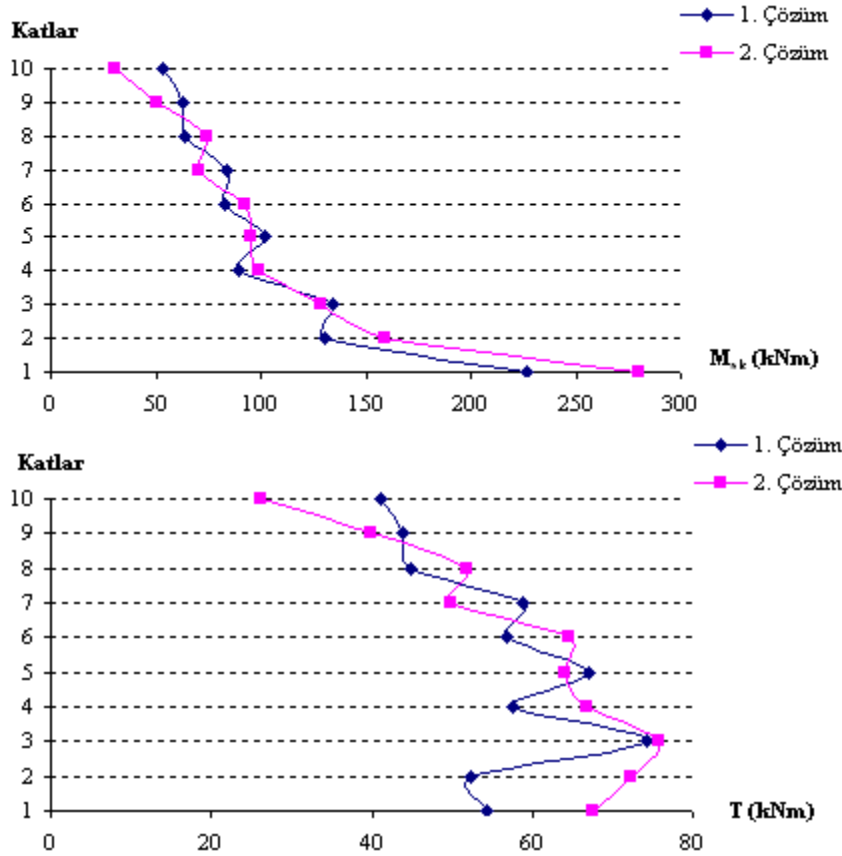
5.3.3 Yapı 2, 1. ve 2. Çözümlerin Karşılaştırılması

5.3.3.1 Kolon Uç Kuvvet Değişimlerinin Karşılaştırılması

Yapı 2'nin dış aksında bulunan S3 ve planda daralma oluşan bölgede bulunan S4 kolonları ve P1 perdesine ait depremin X yönünden etkimesi durumundaki 1. ve 2. çözümden elde edilen sonuçların kıyaslanması şekil 5.16, 5.17 ve şekil 5.18'de gösterilmiştir. Bu kolonlara ait değerler Tablo 5.52, 5.53 ve 5.54'da verilmiştir.

Tablo 5.52 S3 kolonunun 1. ve 2. çözümlerinden elde edilen uç kuvvetleri

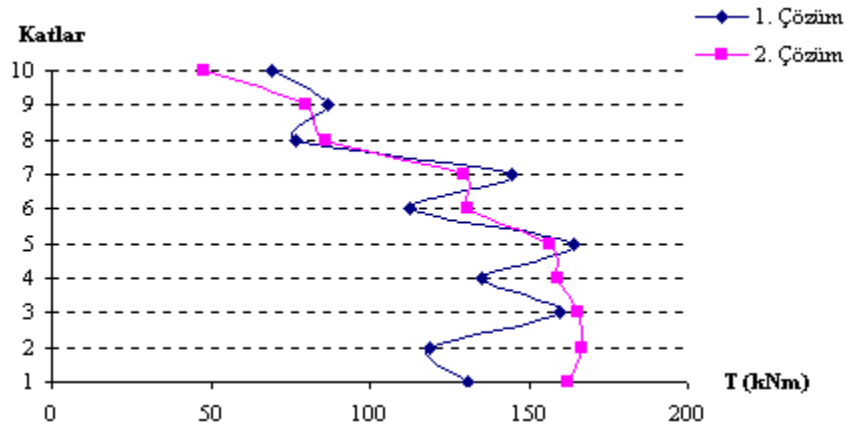
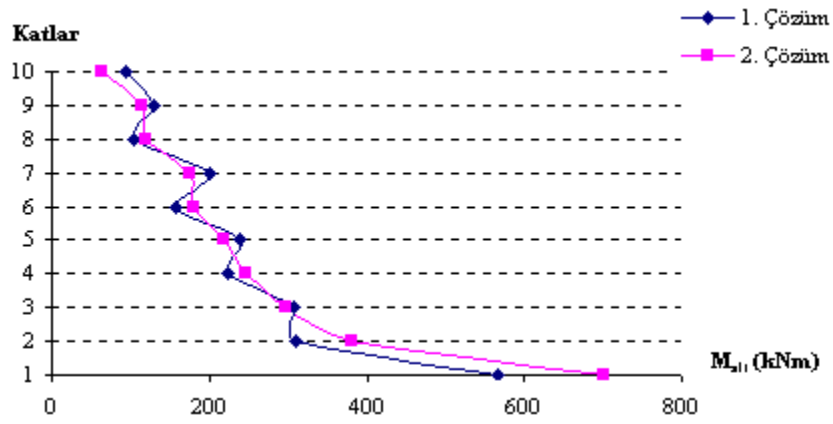
Kat	Moment (üst) (kNm)		Kesme Kuv. (kN)	
	1. Çözüm	2. Çözüm	1. Çözüm	2. Çözüm
10	53,50	30,76	41,20	26,23
9	62,95	50,78	43,98	39,92
8	64,04	74,37	44,75	51,73
7	84,21	70,44	58,71	49,95
6	82,96	91,92	56,79	64,46
5	101,60	94,95	67,03	64,10
4	89,72	99,35	57,51	66,70
3	134,55	129,04	74,32	75,81
2	130,86	159,52	52,38	72,40
1	226,66	280,38	54,34	67,47



Şekil 5.16 S3 kolonu, 1. ve 2. çözüme ait Moment (alt) ve Kesme Kuvveti değerleri

Tablo 5.53 S4 kolonunun 1. ve 2. çözümlerinden elde edilen uç kuvvetleri

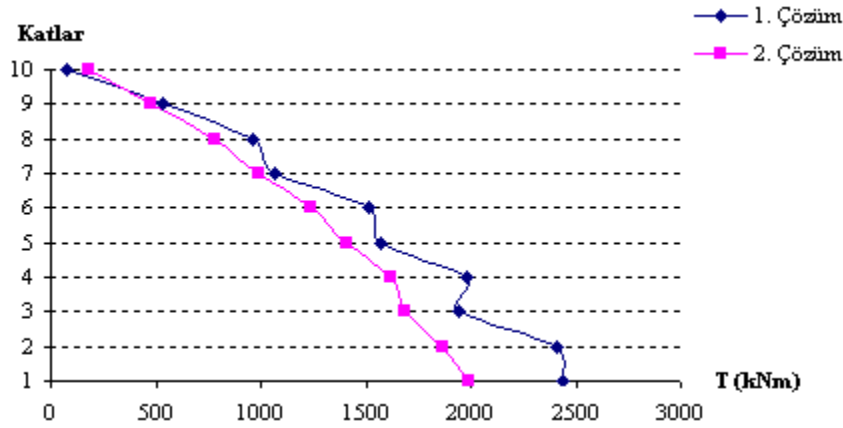
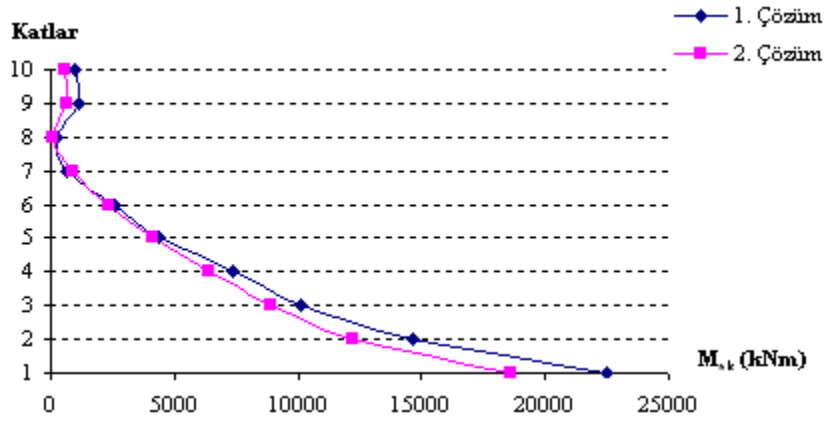
Kat	Moment (üst) (kNm)		Kesme Kuv. (kN)	
	1. Çözüm	2. Çözüm	1. Çözüm	2. Çözüm
10	94,91	63,57	69,34	48,01
9	128,90	114,25	86,94	79,74
8	104,28	119,25	76,55	86,26
7	200,34	174,41	144,37	129,37
6	157,88	180,32	112,74	130,64
5	238,69	219,07	164,10	156,60
4	224,39	246,02	135,33	159,16
3	307,41	296,61	159,55	165,15
2	311,04	380,98	118,66	166,39
1	567,53	700,08	130,88	162,33



Şekil 5.17 S4 kolonu, 1. ve 2. çözüme ait Moment (alt) ve Kesme Kuvveti değerleri

Tablo 5.54 P1 perdesinin 1. ve 2. çözümlerinden elde edilen uç kuvvetleri

Kat	Moment (üst) (kNm)		Kesme Kuv. (kN)	
	1. Çözüm	2. Çözüm	1. Çözüm	2. Çözüm
10	991,06	562,34	80,22	179,41
9	1117,16	659,23	532,60	477,30
8	242,46	64,54	960,61	777,84
7	649,53	889,55	1064,91	991,17
6	2576,62	2351,12	1518,92	1242,54
5	4408,43	4093,85	1575,86	1405,04
4	7333,92	6388,68	1976,90	1616,96
3	10116,36	8888,57	1944,50	1687,87
2	14635,41	12229,92	2413,99	1866,21
1	22458,66	18590,86	2441,67	1992,14



Şekil 5.18 P1 perdesi, 1. ve 2. çözüme ait Moment (alt) ve Kesme Kuvveti değerleri

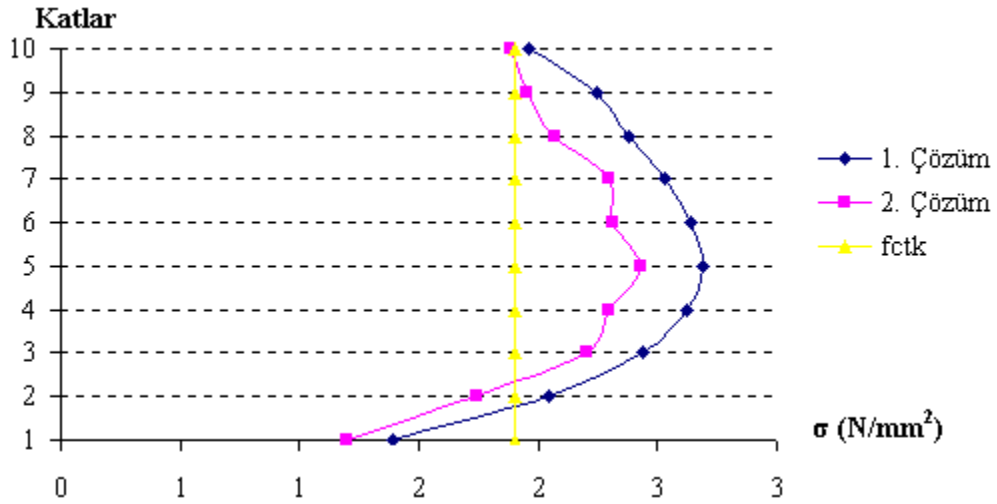
Grafiklerden de görüleceği gibi perdeli bir yapı olan Yapı 2'de her üç yapı elemanında da 1. ve 2. çözümlerden elde edilen değerler birbirinden farklı çıkmaktadır.

5.3.3.2 Döşemelerdeki Maksimum Gerilme Değerlerinin Karşılaştırılması

Depremi x doğrultusunda etkimesi durumunda 1. ve 2. çözümlerden elde edilen döşemelerdeki maksimum düzlem içi gerilme değerleri ile BS30 betonunun karakteristik çekme dayanımları karşılaştırılmıştır.(Tablo 5.55) Ve grafikleri Şekil 5.19’da gösterilmektedir.

Tablo 5.55 Döşemelerdeki maksimum gerilmeler ve f_{ctk} değerleri

Kat	$(\sigma_i)_{\max}$ (N/mm ²)		f_{ctk} (N/mm ²)
	1. Çözüm	2. Çözüm	
10	4,61	2,92	1,9
9	5,90	3,98	1,9
8	6,35	4,59	1,9
7	6,92	4,81	1,9
6	7,15	4,91	1,9
5	7,17	4,98	1,9
4	6,93	4,75	1,9
3	6,32	4,36	1,9
2	5,33	3,73	1,9
1	3,90	2,85	1,9



Şekil 5.19 Döşemelerdeki maksimum gerilmeler ve f_{ctk} değerlerinin karşılaştırılması

Grafikten de görüldüğü gibi döşemelerdeki düzlem içi maksimum gerilme değerleri, tüm katlarda 1. çözümde daha yüksek değer almıştır ve her iki çözümde de birçok katta f_{ctk} sınır gerilme değerini aşmaktadır. Sadece alt katlarda sınır gerilme değeri altına düşmüştür. Maksimum değer ise orta katlarda olduğu gözlemlenmektedir.

6. SAYISAL ÖRNEKLER

Bu bölümde A3 türü düzensizliği olan çerçeve ve perde + çerçeve tipi yapıların deprem sırasında kat döşemelerinin deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı elemanlara güvenle aktarıp aktarmadığını incelemek üzere çeşitli sayısal örneklere yer verilmiştir. Sayısal örnekler incelenirken düşey yüklerin etkisi yanında deprem kuvvetlerinden dolayı, yapı örneklerinin neden olacağı olumsuzluklar üzerinde durulmuştur.

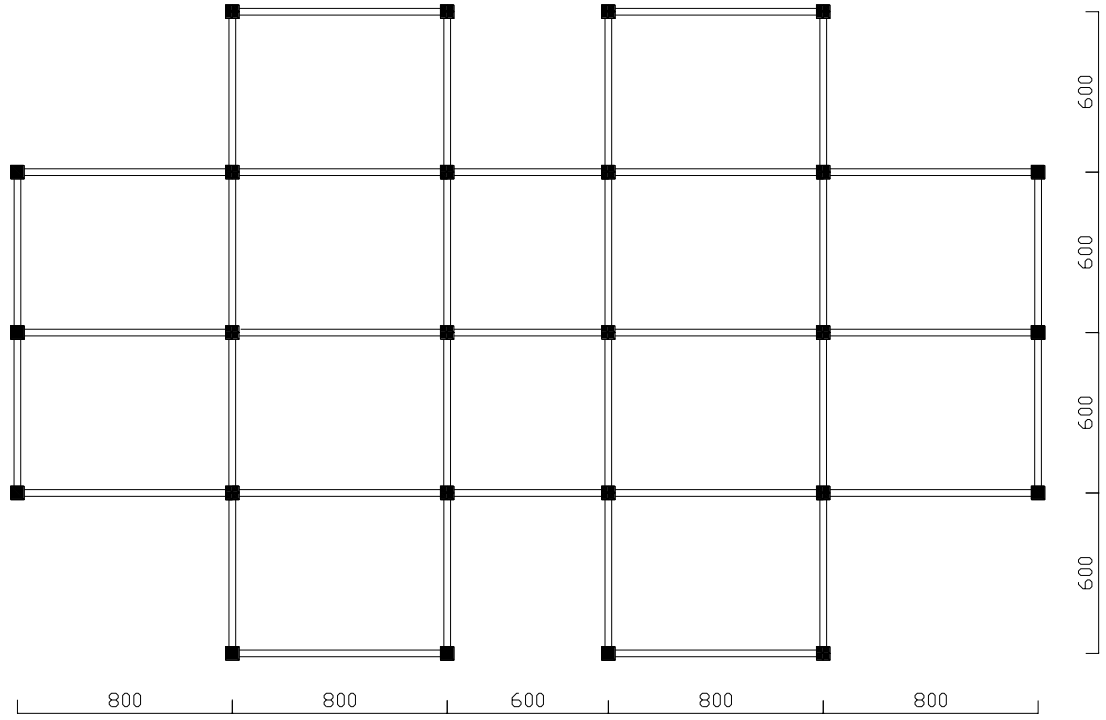
Seçilen yapı örnekleri farklı rijitliklerde seçilmiş, rijitlik dağılımının kat döşemelerinin deprem güvenliklerine olan etkisi araştırılmıştır.

6. 1 Örnek Yapıların Tanımı

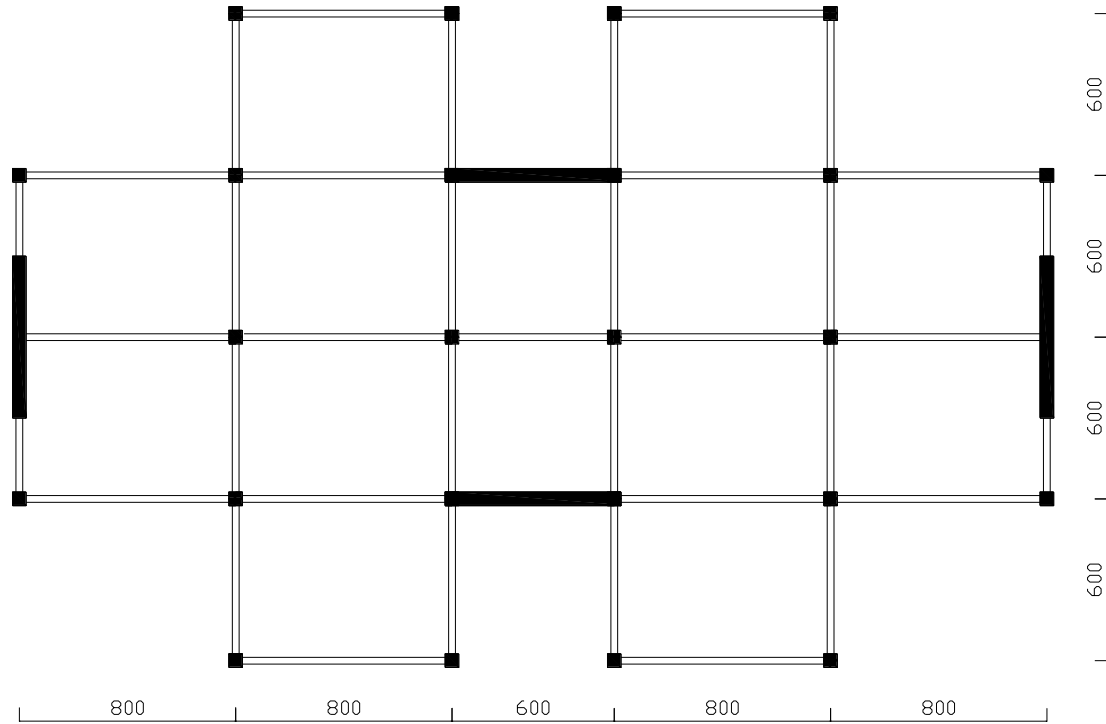
Seçilen yapı modelleri iki farklı türde ele alınmıştır. Örnekler ABYYHY’ de verilen A3 – Planda çıkıntılar bulunması, düzensizliğini vurgulayabilmek amacı ile olumsuz sonuç verebilecek türden seçilmiştir.

Rijitlik dağılımının etkisini görebilmek için aynı boyuttaki yapı örnekleri, hem yalnız çerçevelerden oluşacak şekilde (Şekil 6.1), hem de kenar akslarda iki yönde perde ve çerçevelerden oluşacak şekilde (Şekil 6.2) seçilmiştir.

Örneklerin Çözümünde; Deprem bölgesi :1. Bölge, Kullanılan malzemeler : B.S.30 ve B.Ç.III, Yapının kullanım amacı ise : konut olarak düşünülmüştür.



Şekil 6.1 Yapı 1, $a_x = 600$ cm. ve $a_y = 800$ cm. (Sadece çerçevesli sistem)



Şekil 6.2 Yapı 2, $a_x = 600$ cm. ve $a_y = 800$ cm. (Perde + çerçevesli sistem)

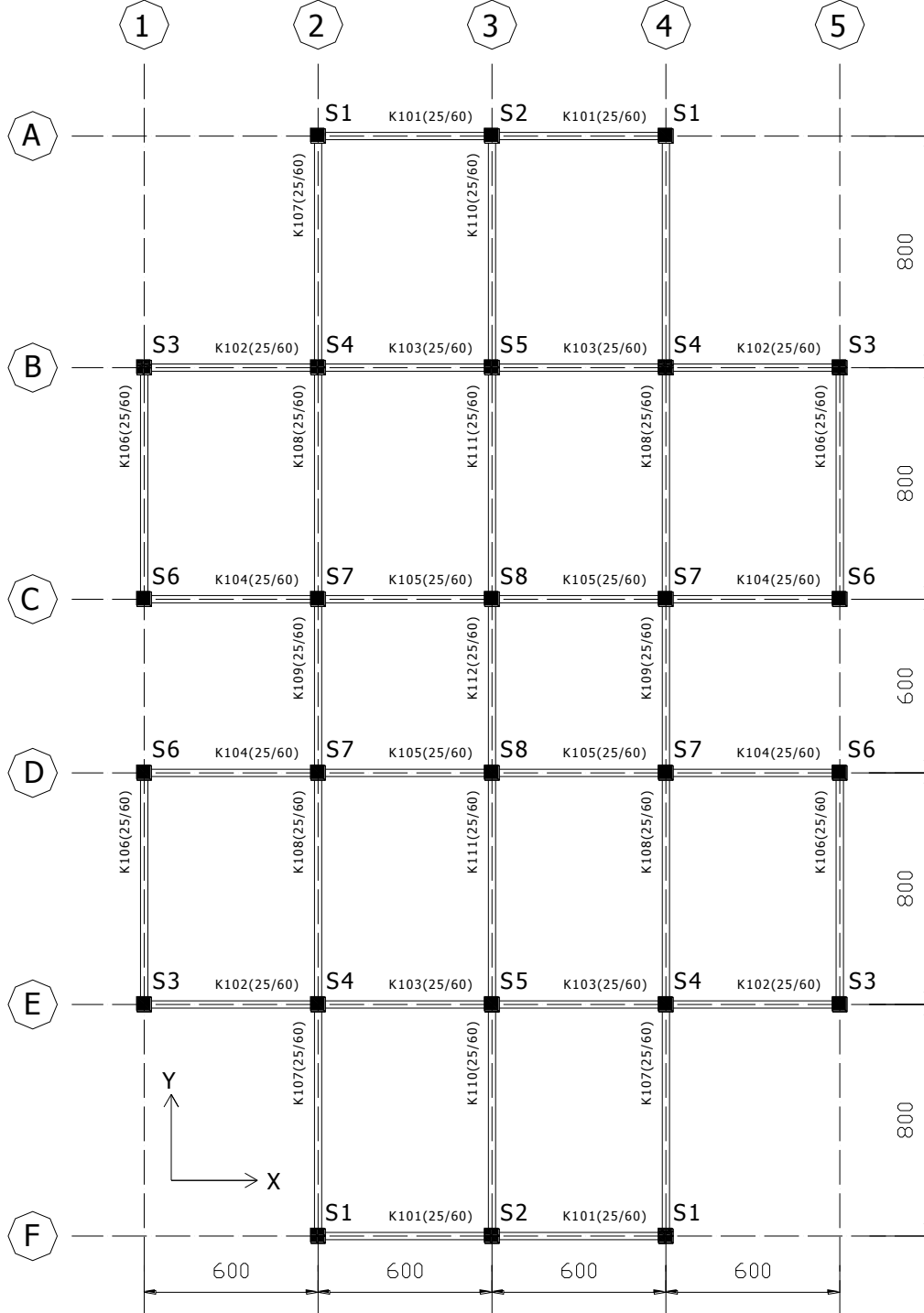
6.2 Örnek Yapıların İncelenmesi

6.2.1 Yapı 1, 1. Çözüm (Rijit diyafram kabulü)

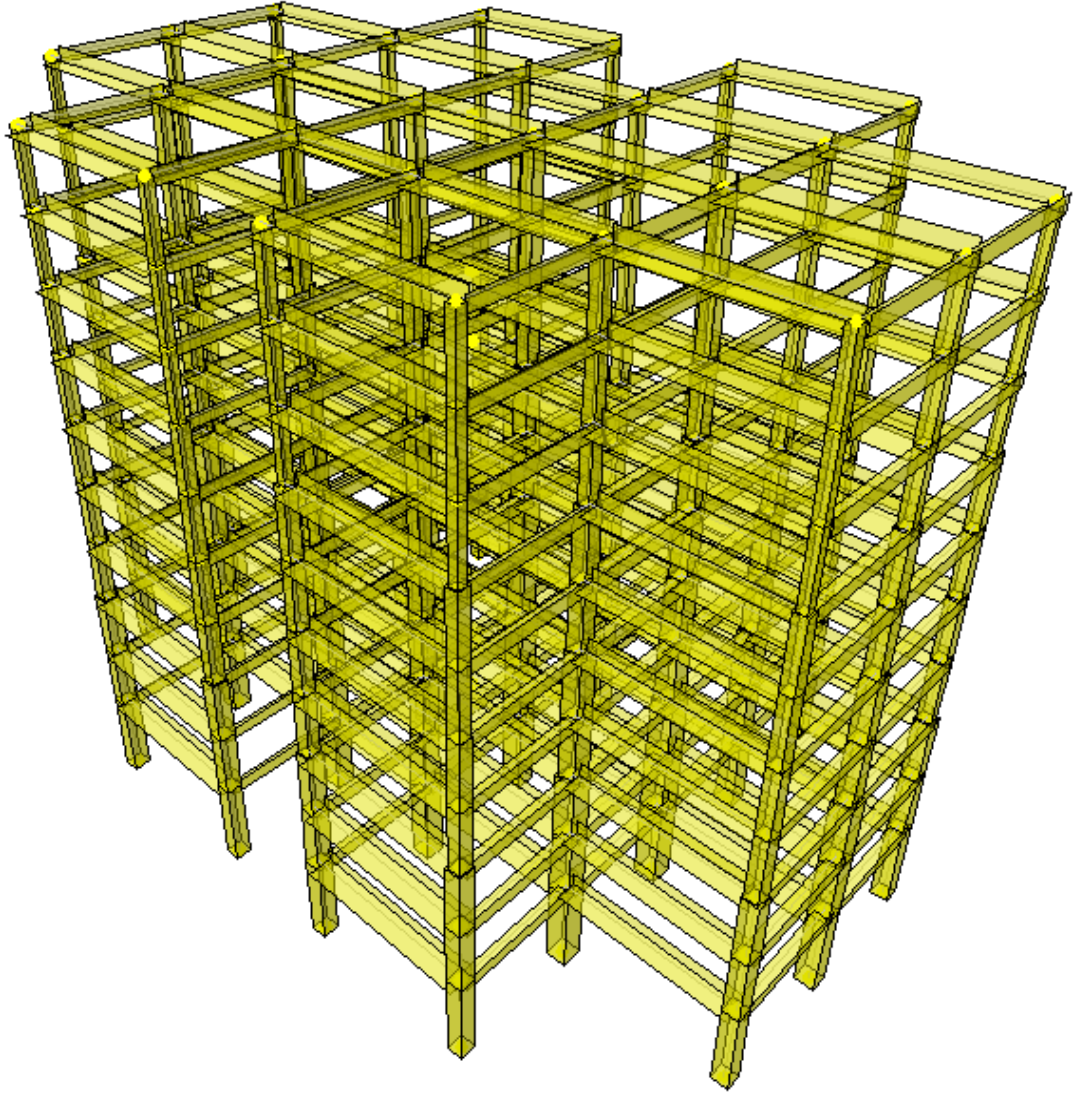
Şekil 6.3'te kat planı verilen 10 katlı B/A yapının boyutlandırılması yapılmıştır.

$$a_x = 600 \text{ cm} = 0,25L_x > 0,2 L_x$$

$$a_y = 800 \text{ cm.} = 0,21L_y > 0,2 L_y$$



Şekil 6.3 Yapı 1, Yalnız çerçevelerden oluşan sistemin normal kat planı



Şekil 6.4 Yapı 1, Kat Çerçevelerinin Üç Boyutlu Görünümü

Şekil 6.4’de SAP 2000 [12] Bilgisayar Programında analizi yapılan Yapı 1’in üç boyutlu görünümü verilmiştir. Tanıtılan modelde döşeme kalınlığı denklem 4.3’e göre ve en elverişsiz boyutlar olan (800cm X 600cm) esas alınarak 18 cm olarak hesaplanmıştır. Kiriş boyutları, (25cm X 60 cm) olarak tasarlanmıştır. Kolon alan tablosu Tablo 6.1’de verilmiştir.

Kolon ve kirişler boyutlandırılırken 3.4.1.’de açıklanan kurallar esas alınmıştır.

Tablo 6.1 Yapı 1, Kolon Boyutlandırılması

Kat	Kolon No	Alan (m ²)	q (kN/m ²)	Nq (kN)	Üst kat Nq (kN)	Toplam Nq (kN)	Ac (cm ²)	Seçilen (cm x cm)
10	S1001,S1003,S1006	12,00	10,5	126,00	0,00	126,00	1260,0	45 x 45
	S1002	24,00	10,5	252,00	0,00	252,00	1890,0	45 x 45
	S1004	36,00	10,5	378,00	0,00	378,00	630,0	45 x 45
	S1005	48,00	10,5	504,00	0,00	504,00	840,0	45 x 45
	S1007	33,00	10,5	346,50	0,00	346,50	577,5	45 x 45
	S1008	42,00	10,5	441,00	0,00	441,00	735,0	45 x 45
9	S901,S903,S906	12,00	14,0	168,00	126,00	294,00	1127,0	50 x 50
	S902	24,00	14,0	336,00	252,00	588,00	1960,0	50 x 50
	S904	36,00	14,0	504,00	378,00	882,00	1470,0	50 x 50
	S905	48,00	14,0	672,00	504,00	1176,00	1960,0	50 x 50
	S907	33,00	14,0	462,00	346,50	808,50	1347,5	50 x 50
	S908	42,00	14,0	588,00	441,00	1029,00	1715,0	50 x 50
8	S801,S803,S806	12,00	14,0	168,00	294,00	462,00	1386,0	50 x 50
	S802	24,00	14,0	336,00	588,00	924,00	2156,0	50 x 50
	S804	36,00	14,0	504,00	882,00	1386,00	2310,0	50 x 50
	S805	48,00	14,0	672,00	1176,00	1848,00	3080,0	60 x 60
	S807	33,00	14,0	462,00	808,50	1270,50	2117,5	50 x 50
	S808	42,00	14,0	588,00	1029,00	1617,00	2695,0	60 x 60
7	S701,S703,S706	12,00	14,0	168,00	462,00	630,00	1890,0	55 x 55
	S702	24,00	14,0	336,00	924,00	1260,00	2940,0	65 x 65
	S704	36,00	14,0	504,00	1386,00	1890,00	3150,0	65 x 65
	S705	48,00	14,0	672,00	1848,00	2520,00	4200,0	75 x 75
	S707	33,00	14,0	462,00	1270,50	1732,50	2887,5	65 x 65
	S708	42,00	14,0	588,00	1617,00	2205,00	3675,0	75 x 75
6	S601,S603,S606	12,00	14,0	168,00	630,00	798,00	2394,0	55 x 55
	S602	24,00	14,0	336,00	1260,00	1596,00	3724,0	65 x 65
	S604	36,00	14,0	504,00	1890,00	2394,00	3990,0	65 x 65
	S605	48,00	14,0	672,00	2520,00	3192,00	5320,0	75 x 75
	S607	33,00	14,0	462,00	1732,50	2194,50	3657,5	65 x 65
	S608	42,00	14,0	588,00	2205,00	2793,00	4655,0	75 x 75
5	S501,S503,S506	12,00	14,0	168,00	798,00	966,00	2898,0	60 x 60
	S502	24,00	14,0	336,00	1596,00	1932,00	4508,0	75 x 75
	S504	36,00	14,0	504,00	2394,00	2898,00	4830,0	80 x 80
	S505	48,00	14,0	672,00	3192,00	3864,00	6440,0	90 x 90
	S507	33,00	14,0	462,00	2194,50	2656,50	4427,5	75 x 75
	S508	42,00	14,0	588,00	2793,00	3381,00	5635,0	85 x 85
4	S401,S403,S406	12,00	14,0	168,00	966,00	1134,00	3402,0	60 x 60
	S402	24,00	14,0	336,00	1932,00	2268,00	5292,0	75 x 75
	S404	36,00	14,0	504,00	2898,00	3402,00	5670,0	80 x 80
	S405	48,00	14,0	672,00	3864,00	4536,00	7560,0	90 x 90
	S407	33,00	14,0	462,00	2656,50	3118,50	5197,5	75 x 75
	S408	42,00	14,0	588,00	3381,00	3969,00	6615,0	85 x 85
3	S301,S303,S306	12,00	14,0	168,00	1134,00	1302,00	3906,0	75 x 75
	S302	24,00	14,0	336,00	2268,00	2604,00	6076,0	90 x 90
	S304	36,00	14,0	504,00	3402,00	3906,00	6510,0	95 x 95
	S305	48,00	14,0	672,00	4536,00	5208,00	8680,0	105 x 105
	S307	33,00	14,0	462,00	3118,50	3580,50	5967,5	90 x 90
	S308	42,00	14,0	588,00	3969,00	4557,00	7595,0	100 x 100
2	S201,S203,S206	12,00	14,0	168,00	1302,00	1470,00	4410,0	75 x 75
	S202	24,00	14,0	336,00	2604,00	2940,00	6860,0	90 x 90
	S204	36,00	14,0	504,00	3906,00	4410,00	7350,0	95 x 95
	S205	48,00	14,0	672,00	5208,00	5880,00	9800,0	105 x 105
	S207	33,00	14,0	462,00	3580,50	4042,50	6737,5	90 x 90
	S208	42,00	14,0	588,00	4557,00	5145,00	8575,0	100 x 100
1	S101,S103,S106	12,00	14,0	168,00	1470,00	1638,00	4914,0	75 x 75
	S102	24,00	14,0	336,00	2940,00	3276,00	7644,0	90 x 90
	S104	36,00	14,0	504,00	4410,00	4914,00	8190,0	95 x 95
	S105	48,00	14,0	672,00	5880,00	6552,00	10920,0	105 x 105
	S107	33,00	14,0	462,00	4042,50	4504,50	7507,5	90 x 90
	S108	42,00	14,0	588,00	5145,00	5733,00	9555,0	100 x 100

Kiriş Etkili Tabla Genişlikleri

Tabla genişlikleri Denklem 5.3 ve 5.4'e göre hesaplanarak SAP2000 [12] bilgisayar programına tanıtılmıştır.

Yapı 1 için etkili tabla genişlikleri aşağıda elde edilmiştir:

- K 101, K102, K104 (X doğrultusunda, Yarım Tablalı) :

$$b = 25 + 0,1.l_p$$

$$l_p = 0,8*600 = 480 \text{ cm.}$$

$$b = 25 + 48 = 73 \text{ cm.}$$

- K 103, K105 (X doğrultusunda, Tam Tablalı) :

$$b = 25 + 0,2.l_p$$

$$l_p = 0,6*600 = 360 \text{ cm.}$$

$$b = 25 + 0,2*360 = 97 \text{ cm.}$$

- K 106 (Y doğrultusunda, Yarım Tablalı) :

$$l_p = 800 \text{ cm.}$$

$$b = 25 + 0,1*800 = 105 \text{ cm.}$$

- K 107 (Y doğrultusunda, Yarım Tablalı) :

$$l_p = 0,8*800 = 640 \text{ cm.}$$

$$b = 25 + 0,1*640 = 89 \text{ cm.}$$

- K 108, K111 (Y doğrultusunda, Tam Tablalı) :

$$l_p = 0,6*800 = 480 \text{ cm.}$$

$$b = 25 + 0,2*480 = 121 \text{ cm.}$$

- K 109 (Y doğrultusunda, Yarım Tablalı) :

$$l_p = 0,6*600 = 360 \text{ cm.}$$

$$b = 25 + 0,1*360 = 61 \text{ cm.}$$

- K 110 (Y doğrultusunda, Tam Tablalı) :

$$l_p = 0,8 \cdot 800 = 640 \text{ cm.}$$

$$b = 25 + 0,2 \cdot 640 = 153 \text{ cm.}$$

Kat Ağırlıkları, kütleleri ve polar atalet momentleri Tablo 6.2’de verilmiştir. Kolon boyutları her katta değiştiği için buna bağlı olarak ağırlıklar ve diğer değerler her katta değişmiştir.

Tablo 6.2 Kat Ağırlıkları, kat kütleleri ve polar atalet momentleri

Kat	W _i (kN)	m _i (kNs ² /m)	M _{0i}
10	5745,69	585,70	78548
9	7020,69	715,67	95978
8	7070,94	720,79	96665
7	7179,09	731,81	98144
6	7270,04	741,08	99387
5	7368,49	751,12	100733
4	7466,94	761,16	102079
3	7650,09	779,83	104582
2	7833,24	798,50	107086
1	8076,03	823,24	110405

$$\Sigma = 72681,24$$

Yapılan analiz sonucunda yapının X yönündeki 1. Titreşim Periyodu: T_{1X} = 1,100 sn olarak bulunmuştur.

6.2.1.1 Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

Yapıya etkiyen deprem kuvvetleri, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile hesaplanmıştır. Bu yöntemle ilgili ayrıntılı bilgiler bölüm 3.1’de verilmiştir. Buna göre;

- Etkin Yer İvmesi Katsayısı : A₀ = 0,40 (Tablo 3.3)
- Bina önem katsayısı : I = 1,0 (Tablo 3.4)
- Davranış Katsayısı : R = 8 (Tablo 3.6)
- Spektrum Karakteristik Periyodu : Yerel Zemin Sınıfı Z2 için T_B = 0,40 (Tablo 3.5)
- Yapının Birinci Doğal Periyodu : T_{1X} = 1,100 sn
- Spektrum Katsayısı : S = 2,5.(T_B/T₁)^{0,8} = 1,1123

- Deprem Katsayısı : $c = \frac{A_0.I.S}{R} = \frac{0,4.1.1,123}{8} = 0,055616$
- Eşdeğer Deprem Yüğü = $V_t = c.\Sigma w_i = 0,055616.72681,24 = 4042,31 \text{ kN}$
- Ek Tasarım Deprem Yüğü : $\Delta F_N = 0,07.T_1.V_t = 311,47 \text{ kN}$

Deprem yüklerinin katlara dağılımı ve $\pm 0,05$ eksantrisite verilerek hesaplanan ek burulma momentleri (M_i) Tablo 6.3'te verilmiştir.

Tablo 6.3 Eşdeğer deprem kuvvetlerinin katlara dağılımı ve ek burulma momentleri

Kat	h_i	H_i	$W_i \text{ (kN)}$	$w_i \cdot H_i \text{ (kNm)}$	$F_i \text{ (kN)}$	$M_i \text{ (kNm)}$
10	3,00	31,00	5745,69	178116,39	853,43	1621,52
9	3,00	28,00	7020,69	196579,32	598,14	1136,47
8	3,00	25,00	7070,94	176773,50	537,88	1021,96
7	3,00	22,00	7179,09	157939,98	480,57	913,08
6	3,00	19,00	7270,04	138130,76	420,30	798,56
5	3,00	16,00	7368,49	117895,84	358,73	681,58
4	3,00	13,00	7466,94	97070,22	295,36	561,18
3	3,00	10,00	7650,09	76500,90	232,77	442,27
2	3,00	7,00	7833,24	54832,68	166,84	317,00
1	4,00	4,00	8076,03	32304,12	98,29	186,76
		Σ	72681,24	1226143,71	4042,31	

6.2.1.2 Kat Deplasmanları ve A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü

Yapı birinci deprem bölgesinde bulunduğundan A1-Burulma düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir. Yapılan analiz sonucu elde edilen deplasman değerleri, maksimum, minimum, ortalama göreceli kat ötelemeleri değerleri ve burulma düzensizliği katsayıları Tablo 6.4'te verilmiştir.. Burulma düzensizliği katsayıları, denklem 2.1'e göre hesaplanmıştır.

Tablo 6.4 Deplasman değerleri, göreceli kat öteleme değerleri ve burulma düzensizliği katsayıları

Kat	$(d_i)_{\max}$ (m)	$(d_i)_{\min}$ (m)	$(\Delta_i)_{\max}$ (m)	$(\Delta_i)_{\min}$ (m)	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$ (m)	η_{bi}
10	0,037031	0,024138	0,002118	0,001417	0,0017675	1,1983027
9	0,034913	0,022721	0,002963	0,001966	0,0024645	1,2022723
8	0,031950	0,020755	0,003789	0,002480	0,0031345	1,2088052
7	0,028161	0,018275	0,003818	0,002473	0,0031455	1,2137975
6	0,024343	0,015802	0,004373	0,002833	0,0036030	1,2137108
5	0,019970	0,012969	0,004435	0,002874	0,0036545	1,2135723
4	0,015535	0,010095	0,004624	0,003001	0,0038125	1,2128525
3	0,010911	0,007094	0,004274	0,002786	0,0035300	1,2107649
2	0,006637	0,004308	0,003823	0,002487	0,0031550	1,2117274
1	0,002814	0,001821	0,002814	0,001821	0,0023175	1,2142395

Tablo 6.4'te hesaplanan burulma düzensizliği katsayıları bazı katlarda $1,2 < \eta_b < 2,0$ arasında çıkmıştır. Bu katlarda eksantrisite miktarları D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülmüş ve bulunan bu yeni eksantrisite miktarları göz önüne alınarak deprem analizi yeniden yapılmış, yeni deplasmanlar ile yeni iç kuvvetler elde edilmiştir. D_i eksantrisite artım katsayısı denklem 5.6 ile hesaplanmıştır.

Tablo 6.5 Yeni eksantrisite değerleri ve ek burulma momentleri

Kat	η_{bi}	D_i	e_i (m)	F_i (kN)	M_i (kNm)
10	1,19830	1,0000	1,900	853,43	1621,52
9	1,20227	1,0038	1,907	598,14	1140,77
8	1,20881	1,0147	1,928	537,88	1037,02
7	1,21380	1,0231	1,944	480,57	934,20
6	1,21371	1,0230	1,944	420,30	816,92
5	1,21357	1,0227	1,943	358,73	697,09
4	1,21285	1,0215	1,941	295,36	573,27
3	1,21076	1,0180	1,934	232,77	450,23
2	1,21173	1,0196	1,937	166,84	323,22
1	1,21424	1,0239	1,945	98,29	191,21

Tablo 6.6 Yeni kat deplasmanları

Kat	$(d_i)_{\max}$ (m)	$(d_i)_{\min}$ (m)
10	0,037096	0,024074
9	0,034977	0,022657
8	0,032013	0,020693
7	0,028220	0,018217
6	0,024396	0,015749
5	0,020015	0,012925
4	0,015571	0,010059
3	0,010936	0,007069
2	0,006652	0,004292
1	0,002821	0,001814

Tablo 6.5'te hesaplanan ek burulma momentlerine göre sistem tekrar analiz edilerek elde edilen kat deplasmanları Tablo 6.6'da verilmiştir.

6.2.1.3 B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik (Yumuşak Kat) Düzensizliği Kontrolü

Yapı, 1. derece deprem bölgesinde bulunduğu ve $H_N > 25$ m olduğundan B2-Yumuşak kat düzensizliği kontrolü yapılması gerekmektedir. Denklem 2.5'e göre hesaplanan yumuşak kat düzensizliği katsayılarının kontrolü Tablo 6.7'de verilmiştir.

Tablo 6.7 Yumuşak kat düzensizliği kontrolü

Kat	$(d_i)_{\max}$ (m)	$(d_i)_{\min}$ (m)	$(\Delta_i)_{\max}$ (m)	$(\Delta_i)_{\min}$ (m)	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$ (m)	η_{ki}
10	0,037096	0,024074	0,002119	0,001417	0,001768	
9	0,034977	0,022657	0,002964	0,001964	0,002464	1,393665
8	0,032013	0,020693	0,003793	0,002476	0,0031345	1,272119
7	0,028220	0,018217	0,003824	0,002468	0,003146	1,003669
6	0,024396	0,015749	0,004381	0,002824	0,0036025	1,145105
5	0,020015	0,012925	0,004444	0,002866	0,003655	1,014573
4	0,015571	0,010059	0,004635	0,002990	0,0038125	1,043092
3	0,010936	0,007069	0,004284	0,002777	0,0035305	0,926033
2	0,006652	0,004292	0,003831	0,002478	0,0031545	0,893500
1	0,002821	0,001814	0,002821	0,001814	0,0023175	0,734665

< 1,5

6.2.1.4 Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü

Tablo 6.8'de verilen göreli kat ötelemeleri değerlerinin Denklem 5.7'de belirtilen sınır değerinin altında olduğu görülmektedir.

$$(\Delta_i)_{\max}/h_i \leq 0,02 / 8 = 0,0025$$

Tablo 6.8 Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{\max}$ (m)	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$
10	3,00	0,002119	0,0007063
9	3,00	0,002964	0,0009880
8	3,00	0,003793	0,0012643
7	3,00	0,003824	0,0012747
6	3,00	0,004381	0,0014603
5	3,00	0,004444	0,0014813
4	3,00	0,004635	0,0015450
3	3,00	0,004284	0,0014280
2	3,00	0,003831	0,0012770
1	4,00	0,002821	0,0007053
			< 0,002500

6.2.1.5 İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Tablo 6.9’da ikinci mertebe etkilerinin kontrolü yapılmıştır. İkinci mertebe gösterge değeri, θ_i , denklem 5.8’e göre hesaplanmıştır.

Tablo 6.9 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü

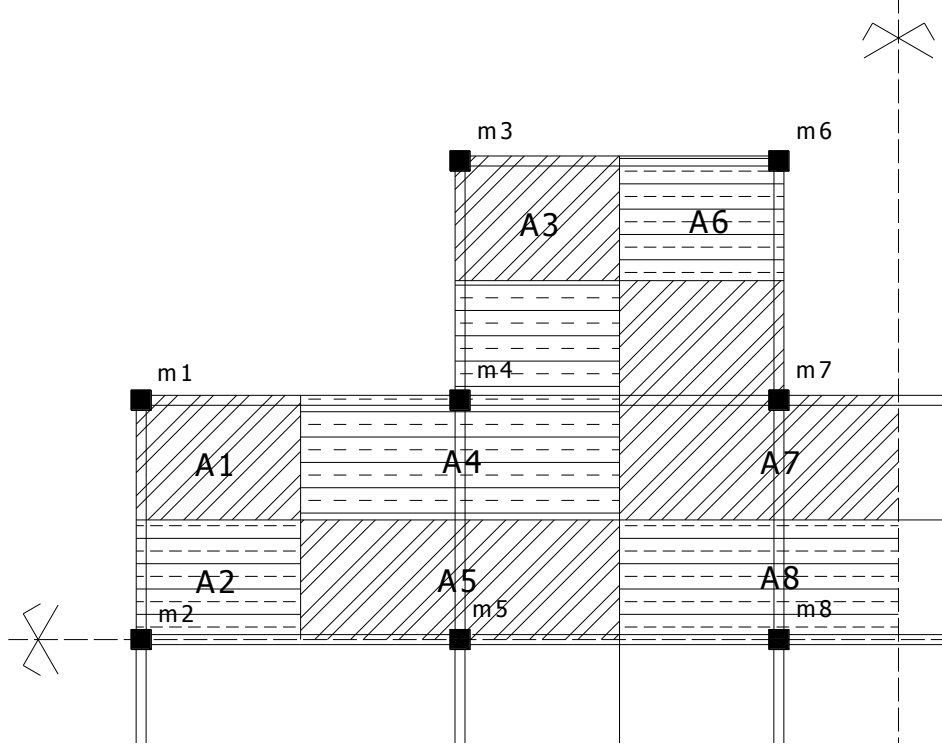
Kat	$W_i(\text{kN})$	$\Sigma W_i(\text{kN})$	$(\Delta_i)_{\text{ort}} (\text{m})$	$F_i (\text{kN})$	$V_i (\text{kN})$	$h_i (\text{m})$	θ_i
10	5745,69	5745,69	0,0017675	853,43	853,43	3,00	0,0501755
9	7020,69	12766,38	0,0024645	598,14	1451,57	3,00	0,0411331
8	7070,94	19837,32	0,0031345	537,88	1989,45	3,00	0,0381713
7	7179,09	27016,41	0,0031455	480,57	2470,02	3,00	0,0308525
6	7270,04	34286,45	0,0036030	420,30	2890,32	3,00	0,0302009
5	7368,49	41654,94	0,0036545	358,73	3249,04	3,00	0,0272504
4	7466,94	49121,88	0,0038125	295,36	3544,40	3,00	0,0260596
3	7650,09	56771,97	0,0035300	232,77	3777,18	3,00	0,0226417
2	7833,24	64605,21	0,0031550	166,84	3944,02	3,00	0,0193804
1	8076,03	72681,24	0,0023175	98,29	4042,31	4,00	0,0104172
	72681,24			4042,31			< 0,12

6.2.1.6 Kolonlara Ait İç Kuvvetler

Yapı 1’in x yönünde deprem kuvveti etkimesi durumunda 1. çözüme ait kolon üst ve alt moment ve kesme kuvveti değerleri Tablo 6.10’da verilmiştir.

6.2.2 Yapı 1, 2. Çözüm (Esnek diyafram kabulü)

Bu çözüm yönteminde kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalıştığı kabulü terk edilmiştir. Döşemeler parçalara bölünerek kütle ve atalet kuvvetlerinin her bir kattaki kolon uç noktalarında toplandığı varsayımı yapılmıştır. (Şekil 6.5)



Şekil 6.5 Yapı 1, 2. çözüm için kütle modeli

Her bir kolonda toplanan kütleler ve polar atalet momentleri Tablo 6.11 ve Tablo 6.12’de verilmiştir.

Tablo 6.11 Kolonlarda toplanan kütleler (kNs²/m)

Kat	$m_{(A1,A3,A6)}$	$m_{(A2)}$	$m_{(A4)}$	$m_{(A5)}$	$m_{(A7)}$	$m_{(A8)}$
10	10,85	21,69	32,54	43,38	29,83	37,96
9	13,25	26,51	39,76	53,01	36,45	46,39
8	13,35	26,70	40,04	53,39	36,71	46,72
7	13,55	27,10	40,66	54,21	37,27	47,43
6	13,72	27,45	41,17	54,90	37,74	48,03
5	13,91	27,82	41,73	55,64	38,25	48,68
4	14,10	28,19	42,29	56,38	38,76	49,33
3	14,44	28,88	43,32	57,76	39,71	50,54
2	14,79	29,57	44,36	59,15	40,66	51,75
1	15,25	30,49	45,74	60,98	41,92	53,36

Tablo 6.12 Polar atalet momentleri

Kat	$M_{\theta i(A1,A3,A6)}$	$M_{\theta i(A2)}$	$M_{\theta i(A4)}$	$M_{\theta i(A5)}$	$M_{\theta i(A7)}$	$M_{\theta i(A8)}$
10	90,39	180,77	271,16	361,54	213,31	278,39
9	110,44	220,88	331,33	441,77	260,64	340,16
8	111,23	222,47	333,70	444,93	262,51	342,60
7	112,93	225,87	338,80	451,74	266,52	347,84
6	114,36	228,73	343,09	457,46	269,90	352,24
5	115,91	231,83	347,74	463,65	273,56	357,01
4	117,46	234,92	352,39	469,85	277,21	361,78
3	120,34	240,69	361,03	481,37	284,01	370,66
2	123,22	246,45	369,67	492,90	290,81	379,53
1	127,04	254,09	381,13	508,18	299,82	391,30

Yapılan analiz sonucunda yapının X yönündeki 1. Titreşim Periyodu: $T_{1X} = 1,101$ sn olarak bulunmuştur.

6.2.2.1 Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

Esnek diyafram kabulü ile çözümde de yapıya etkiyen deprem kuvvetleri, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile hesaplanmıştır. Buna göre;

- Etkin Yer İvmesi Katsayısı : $A_0 = 0,40$ (Tablo 3.3)
- Bina önem katsayısı : $I = 1,0$ (Tablo 3.4)
- Davranış Katsayısı : $R = 8$ (Tablo 3.6)
- Spektrum Karakteristik Periyodu : Yerel Zemin Sınıfı Z2 için $T_B = 0,40$ (Tablo 3.5)
- Yapının Birinci Doğal Periyodu : $T_1 = 1,101$
- Spektrum Katsayısı : $S = 2,5.(T_B/T_1)^{0,8} = 1,112$
- Deprem Katsayısı : $c = \frac{A_0.I.S}{R} = \frac{0,4.1.1,112}{8} = 0,055602$
- Eşdeğer Deprem Yüğü = $V_t = c.\Sigma w_i = 0,055602.72681,24 = 4041,19$ kN
- Ek Tasarım Deprem Yüğü : $\Delta F_N = 0,07.T_1.V_t = 311,49$

Deprem yüklerinin her bir kattaki kolonlara dağılımı ve $\pm 0,05$ eksantrisite verilerek hesaplanan ek burulma momentleri (M_i) Tablo 6.13 ve Tablo 6.14’te verilmiştir.

Tablo 6.13 Yapı 1'in 2. çözümünden elde edilen eşdeğer deprem kuvvetlerinin her bir kattaki kolonlara dağılımı

Kat	h_i	H_i	$W_i(kN)$	$w_i \cdot H_i$ (kNm)	$F_i (kN)$	$F_i (A_{1,3,6})$	$F_i (A_2)$	$F_i (A_4)$	$F_i (A_5)$	$F_i (A_7)$	$F_i (A_8)$
10	3,00	31,00	5745,69	178116,39	853,29	15,80	31,60	47,40	63,21	43,45	55,31
9	3,00	28,00	7020,69	196579,32	597,96	11,07	22,15	33,22	44,29	30,45	38,76
8	3,00	25,00	7070,94	176773,50	537,71	9,96	19,92	29,87	39,83	27,38	34,85
7	3,00	22,00	7179,09	157939,98	480,42	8,90	17,79	26,69	35,59	24,47	31,14
6	3,00	19,00	7270,04	138130,76	420,17	7,78	15,56	23,34	31,12	21,40	27,23
5	3,00	16,00	7368,49	117895,84	358,62	6,64	13,28	19,92	26,56	18,26	23,24
4	3,00	13,00	7466,94	97070,22	295,27	5,47	10,94	16,40	21,87	15,04	19,14
3	3,00	10,00	7650,09	76500,90	232,70	4,31	8,62	12,93	17,24	11,85	15,08
2	3,00	7,00	7833,24	54832,68	166,79	3,09	6,18	9,27	12,35	8,49	10,81
1	4,00	4,00	8076,03	32304,12	98,26	1,82	3,64	5,46	7,28	5,00	6,37
			72681,24	1226143,71	4041,19						

Tablo 6.14 Ek burulma momentleri (kNm)

Kat	$M_i (A_{1,3,6})$	$M_i (A_2)$	$M_i (A_4)$	$M_i (A_5)$	$M_i (A_7)$	$M_i (A_8)$
10	30,02	60,05	90,07	120,09	82,56	105,08
9	21,04	42,08	63,12	84,16	57,86	73,64
8	18,92	37,84	56,76	75,68	52,03	66,22
7	16,90	33,81	50,71	67,62	46,49	59,16
6	14,78	29,57	44,35	59,13	40,66	51,74
5	12,62	25,24	37,85	50,47	34,70	44,16
4	10,39	20,78	31,17	41,56	28,57	36,36
3	8,19	16,38	24,56	32,75	22,52	28,66
2	5,87	11,74	17,61	23,47	16,14	20,54
1	3,46	6,91	10,37	13,83	9,51	12,10

6.2.2.2 Kat Deplasmanları ve A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü

Yapılan analiz sonucu elde edilen deplasman değerleri, maksimum, minimum, ortalama göreceli kat ötelemeleri değerleri ve burulma düzensizliği katsayıları Tablo 6.15'de verilmiştir.

Tablo 6.15 Yapı 1, 2. Çözüm, Deplasman değerleri, görelî kat öteleme değerleri ve burulma düzensizliğı katsayıları

Kat	$(d_i)_{\max}$ (m)	$(d_i)_{\min}$ (m)	$(\Delta_i)_{\max}$ (m)	$(\Delta_i)_{\min}$ (m)	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$ (m)	η_{bi}
10	0,036632	0,023668	0,002055	0,001333	0,001694	1,213105
9	0,034577	0,022335	0,002860	0,001858	0,002359	1,212378
8	0,031717	0,020477	0,003747	0,002422	0,003085	1,214784
7	0,027970	0,018055	0,003818	0,002465	0,003142	1,215343
6	0,024152	0,015590	0,004339	0,002798	0,003569	1,215917
5	0,019813	0,012792	0,004413	0,002850	0,003632	1,215200
4	0,015400	0,009942	0,004598	0,002973	0,003786	1,214635
3	0,010802	0,006969	0,004202	0,002721	0,003462	1,213925
2	0,006600	0,004248	0,003778	0,002438	0,003108	1,215573
1	0,002822	0,001810	0,002822	0,001810	0,002316	1,218480

Tablo 6.15’de hesaplanan burulma düzensizliğı katsayıları, her katta $1,2 < \eta_b < 2,0$ arasında çıkmıştır. Bu katlarda eksantrisite miktarları D_i katsayısı ile çarpılarak büyütölmüş ve bulunan bu yeni eksantrisite miktarları göz önüne alınarak deprem analizi yeniden yapılmış, yeni deplasmanlar ile yeni iç kuvvetler elde edilmiştir. D_i , eksantrisite artım katsayısı denklem 5.6 ile hesaplanmıştır.

Tablo 6.16 Yeni eksantrisite değerleri

Kat	η_{bi}	D_i	e_i (m)
10	1,21311	1,0220	1,942
9	1,21238	1,0207	1,939
8	1,21478	1,0248	1,947
7	1,21534	1,0257	1,949
6	1,21592	1,0267	1,951
5	1,21520	1,0255	1,948
4	1,21463	1,0245	1,947
3	1,21392	1,0233	1,944
2	1,21557	1,0261	1,950
1	1,21848	1,0310	1,959

Tablo 6.17 Ek burulma momentleri (kNm)

Kat	$M_i (A_{1,3,6})$	$M_i (A_2)$	$M_i (A_4)$	$M_i (A_5)$	$M_i (A_7)$	$M_i (A_8)$
10	30,68	61,36	92,05	122,73	84,38	107,39
9	21,48	42,95	64,43	85,90	59,06	75,16
8	19,39	38,78	58,17	77,55	53,32	67,86
7	17,34	34,68	52,02	69,36	47,68	60,69
6	15,18	30,36	45,54	60,71	41,74	53,12
5	12,94	25,88	38,82	51,76	35,58	45,29
4	10,64	21,29	31,93	42,58	29,27	37,25
3	8,38	16,76	25,14	33,52	23,04	29,33
2	6,02	12,04	18,07	24,09	16,56	21,08
1	3,56	7,13	10,69	14,26	9,80	12,48

Tablo 6.16’da, yeni eksantrisite değerleri, Tablo 6.17’de de buna bağlı olarak hesaplanan yeni ek burulma momentleri verilmiştir.

Yapılan analiz sonucu elde edilen yeni kat deplasmanları Tablo 6.18’de verilmiştir.

Tablo 6.18 Yeni kat deplasmanları

Kat	$(d_i)_{\max}$ (m)	$(d_i)_{\min}$ (m)
10	0,036783	0,023517
9	0,034721	0,022191
8	0,031849	0,020344
7	0,028088	0,017937
6	0,024254	0,015488
5	0,019896	0,012708
4	0,015465	0,009877
3	0,010848	0,006923
2	0,006628	0,004220
1	0,002834	0,001798

6.2.2.3 B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik (Yumuşak Kat) Düzensizliği Kontrolü

Denklem 2.5’e göre hesaplanan Yapı 1, 2. çözüm için yumuşak kat düzensizliği kontrolü Tablo 6.19’da verilmiştir.

Tablo 6.19 Yumuşak kat düzensizliği kontrolü

Kat	$(d_i)_{\max}$ (m)	$(d_i)_{\min}$ (m)	$(\Delta_i)_{\max}$ (m)	$(\Delta_i)_{\min}$ (m)	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$ (m)	η_{ki}
10	0,036783	0,023517	0,002062	0,001326	0,001694	
9	0,034721	0,022191	0,002872	0,001847	0,002359	1,392857
8	0,031849	0,020344	0,003761	0,002407	0,003084	1,307057
7	0,028088	0,017937	0,003834	0,002449	0,003141	1,018645
6	0,024254	0,015488	0,004358	0,002780	0,003569	1,136081
5	0,019896	0,012708	0,004431	0,002831	0,003631	1,017372
4	0,015465	0,009877	0,004617	0,002954	0,003785	1,042550
3	0,010848	0,006923	0,004220	0,002703	0,003461	0,914410
2	0,006628	0,004220	0,003794	0,002422	0,003108	0,897877
1	0,002834	0,001798	0,002834	0,001798	0,002316	0,745174

< 1,5

6.2.2.4 Görelî Kat Ötelemeleri Kontrolü

Tablo 6.20 Görelî Kat Ötelemeleri Kontrolü

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{\max}$ (m)	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$
10	3,00	0,002062	0,0006873
9	3,00	0,002872	0,0009573
8	3,00	0,003761	0,0012537
7	3,00	0,003834	0,0012780
6	3,00	0,004358	0,0014527
5	3,00	0,004431	0,0014770
4	3,00	0,004617	0,0015390
3	3,00	0,004220	0,0014067
2	3,00	0,003794	0,0012647
1	4,00	0,002834	0,0007085
			< 0,002500

6.2.2.5 İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Yapı 1, 2. çözüm için ikinci mertebe etkilerinin kontrolü Denklem 5.8'e göre hesaplanmış ve Tablo 6.21'de gösterilmiştir.

Tablo 6.21 Yapı 1, 2. çözüme göre ikinci mertebe etkilerinin kontrolü

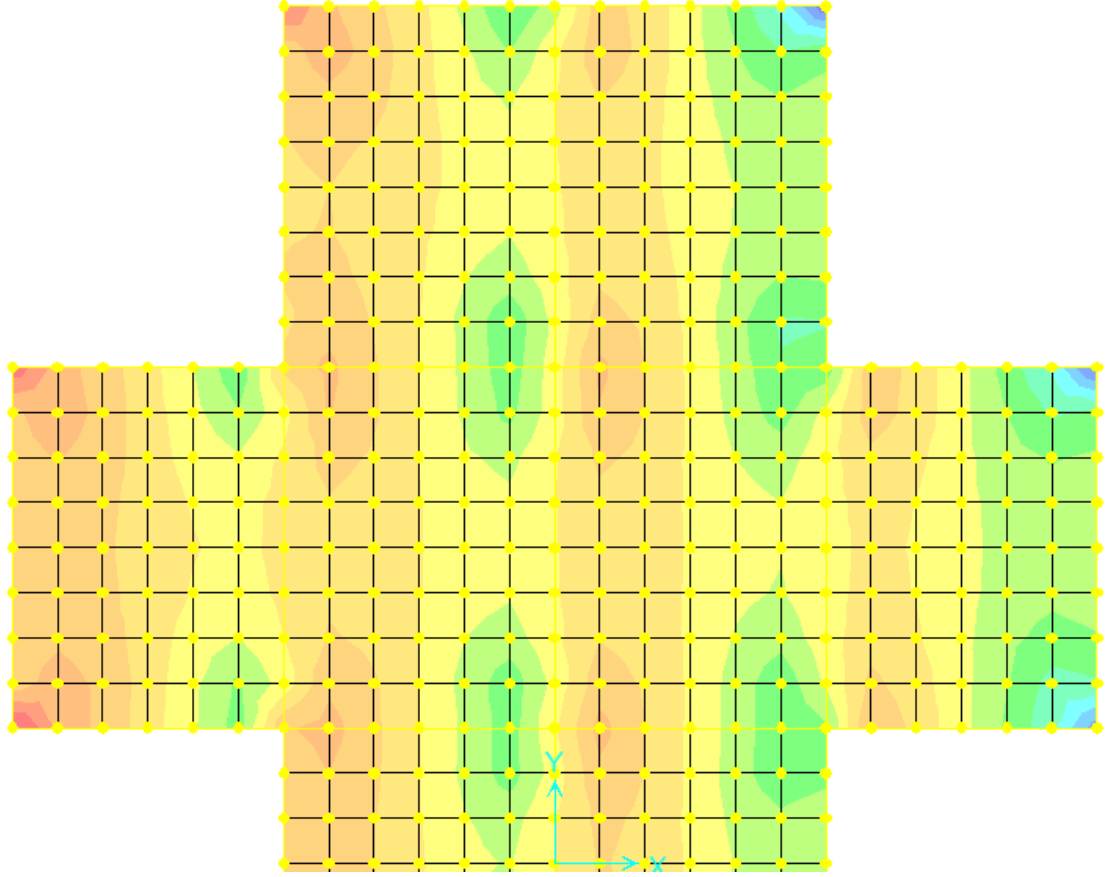
Kat	W_i (kN)	ΣW_i (kN)	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$ (m)	F_i (kN)	V_i (kN)	h_i	θ_i
10	5745,69	5745,69	0,001694	853,29	853,29	3,00	0,0480972
9	7020,69	12766,38	0,002360	597,96	1451,24	3,00	0,0393895
8	7070,94	19837,32	0,003084	537,71	1988,96	3,00	0,0375656
7	7179,09	27016,41	0,003142	480,42	2469,38	3,00	0,0308212
6	7270,04	34286,45	0,003569	420,17	2889,55	3,00	0,0299239
5	7368,49	41654,94	0,003631	358,62	3248,17	3,00	0,0270825
4	7466,94	49121,88	0,003786	295,27	3543,43	3,00	0,0258821
3	7650,09	56771,97	0,003462	232,70	3776,14	3,00	0,0222084
2	7833,24	64605,21	0,003108	166,79	3942,93	3,00	0,0190969
1	8076,03	72681,24	0,002316	98,26	4041,19	4,00	0,0104134
	72681,24			4041,19			< 0,12

6.2.2.6 Kolonlara Ait İç Kuvvetler

Yapı 1'in x yönünde deprem kuvveti etkimesi durumunda esnek diyafram kabulü ile yapılan 2. çözüme ait kolon üst ve alt moment ve kesme kuvveti değerleri Tablo 6.22'de verilmiştir.

6.2.2.7 Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Düzlem İçi Gerilmelerin Belirlenmesi

Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak kat döşemeleri (1m. x 1m.)'lik alanlara bölünmüş ve SAP2000 [12] bilgisayar programı kullanılarak çözülmüştür. Şekil 6.6'da 10. kat döşemesine ait düzlem içi asal gerilme diyagramı verilmiştir.



Şekil 6.6 Yapı 1, 2.çözüm 10. kat döşemesine ait asal gerilme diyagramı

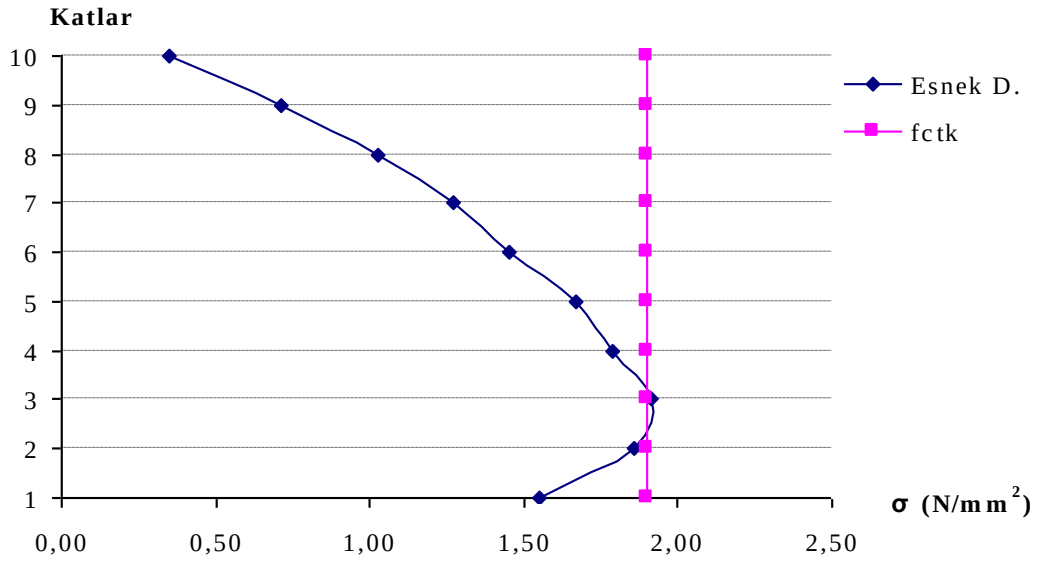
Gerilme diyagramından da görüleceği gibi döşemede en çok zorlanan bölümler, kolonların birleşme bölgeleri ve planda ani daralma gösteren bölgelerdir. Gerilmeler birçok katta sınır değerler içerisinde kalmıştır. Yalnız en yüksek gerilme değerinin görüldüğü 3. katta BS30 betonunun karakteristik çekme dayanımı olan $f_{ctk}=1,9N/mm^2$ 'yi aşmaktadır. Sınır gerilme değerlerinin aşıldığı bölgelere donatı ile takviye yapılmalıdır.

Analizler yapılırken döşeme donatıları hesaba katılmamıştır. Donatıların varlığı gerilme değerlerini düşürecektir.

Tablo 6.23 Kat döşemelerindeki maksimum asal gerilmeler ve f_{ctk} değerleri

Kat	$(\sigma_i)_{\max}$ (N/mm ²)	f_{ctk} (N/mm ²)
10	0,35	1,9
9	0,71	1,9
8	1,03	1,9
7	1,27	1,9
6	1,45	1,9
5	1,67	1,9
4	1,79	1,9
3	1,91	1,9
2	1,86	1,9
1	1,55	1,9

Depremi x doğrultusunda etkimesi durumunda esnek diyafram kabulü ile elde edilen döşemelerdeki maksimum düzlem içi gerilme değerleri ile BS30 betonunun karakteristik çekme dayanımları ile karşılaştırılmıştır. (Tablo 6.23) Ve grafikleri Şekil 6.7’de gösterilmiştir.



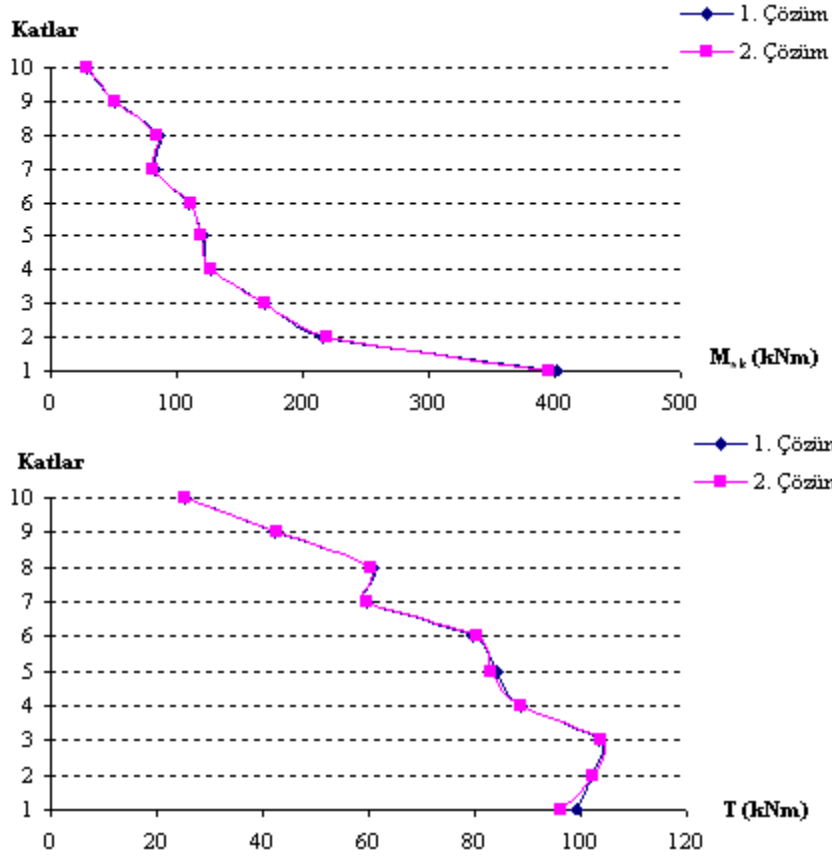
Şekil 6.7 Döşemelerdeki maksimum gerilmeler ve f_{ctk} değerlerinin karşılaştırılması

6.2.3 Yapı 1, 1. ve 2. Çözümlerin Karşılaştırılması

Yapı 1’de en çok zorlanan taşıyıcı elemanlardan B1 aksında bulunan S3 ve B2 aksında bulunan S4 kolonlarının depremin x yönünden etkimesi durumundaki moment ve kesme kuvvetleri hesaplanarak 1. ve 2. çözümden elde edilen sonuçların karşılaştırılması şekil 6.8 ve şekil 6.9’da gösterilmiştir. Bu kolonlara ait değerler Tablo 6.24 ve 6.25’de verilmiştir.

Tablo 6.24 S3 kolonunun 1. ve 2. çözümlerinden elde edilen uç kuvvetleri

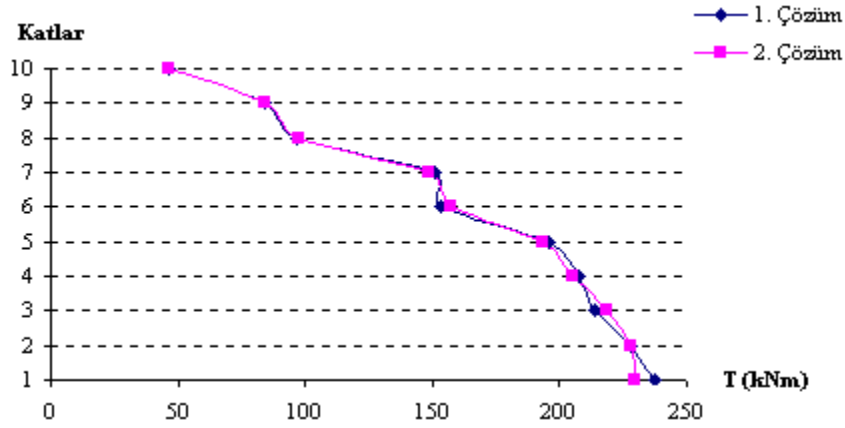
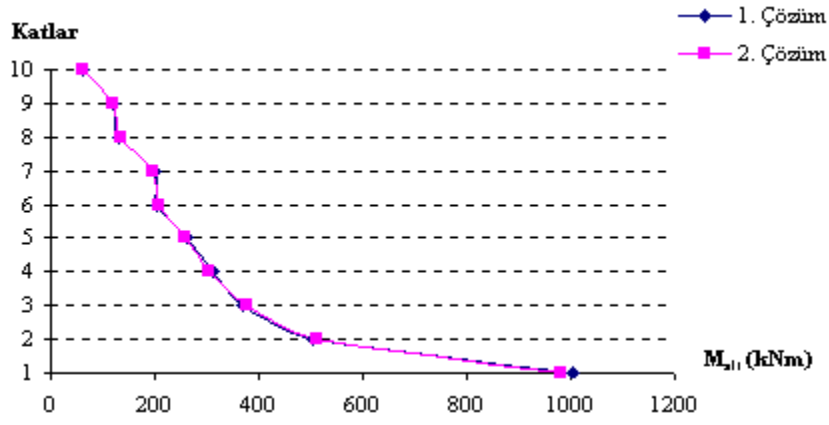
Kat	Moment (üst) (kNm)		Kesme Kuv. (kN)	
	1. Çözüm	2. Çözüm	1. Çözüm	2. Çözüm
10	28,30	28,26	25,11	25,14
9	50,74	51,52	42,12	42,54
8	85,19	84,74	60,70	60,37
7	81,81	81,48	59,74	59,65
6	109,79	111,21	79,48	80,21
5	120,41	118,93	84,18	83,07
4	127,76	127,55	88,67	88,70
3	169,41	169,98	103,50	103,67
2	216,56	218,28	101,93	102,15
1	401,70	394,50	99,09	96,37



Şekil 6.8 S3 kolonu, 1. ve 2. çözüme ait Moment (alt) ve Kesme Kuvveti değerleri

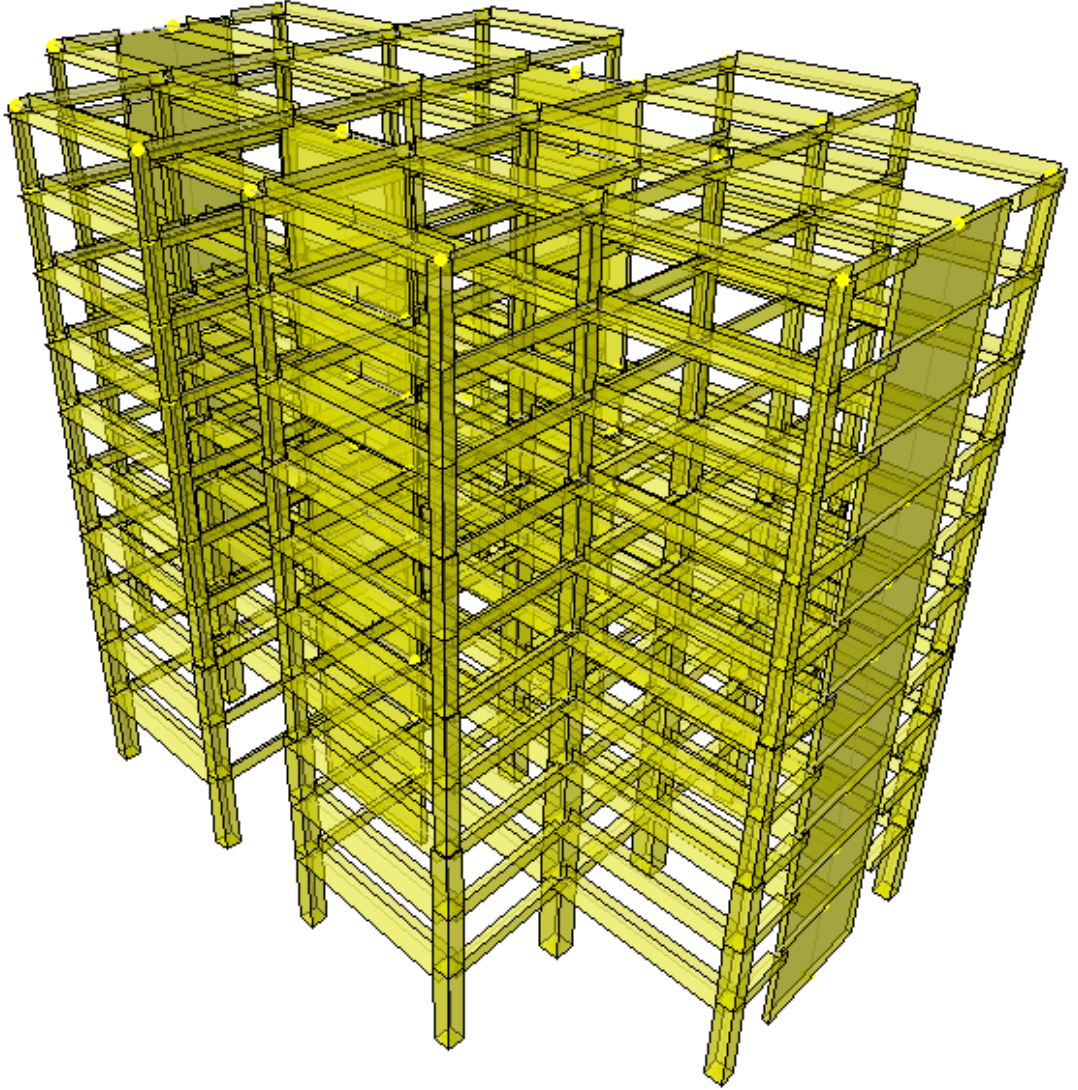
Tablo 6.25 S4 kolonunun 1. ve 2. çözümlerinden elde edilen uç kuvvetleri

Kat	Moment (üst) (kNm)		Kesme Kuv. (kN)	
	1. Çözüm	2. Çözüm	1. Çözüm	2. Çözüm
10	59,98	60,26	46,05	46,24
9	118,24	118,55	83,78	84,06
8	131,40	132,77	96,82	97,49
7	199,74	195,19	150,84	148,35
6	203,18	209,21	153,17	156,90
5	259,89	257,54	196,01	193,01
4	310,01	303,26	207,89	205,29
3	370,85	377,31	213,93	218,27
2	503,46	510,41	228,01	228,23
1	1003,83	982,01	237,74	229,41



Şekil 6.9 S4 kolonu, 1. ve 2. çözüme ait Moment (alt) ve Kesme Kuvveti değerleri

Grafiklerden de görüleceği gibi her iki kolonda da 1. ve 2. çözümler birbirine çok yakın değerler vermiştir.



Şekil 6.11 Yapı 2, Kat Çerçevelerinin Üç Boyutlu Görünümü

Şekil 6.11’de SAP 2000 [12] Bilgisayar Programında analizi yapılan Yapı 2’nin üç boyutlu görünümü verilmiştir. Tanıtılan modelde döşeme kalınlığı denklem 4.3’e göre ve en elverişsiz boyutlar olan (800cm X 600cm) esas alınarak 18 cm olarak hesaplanmıştır. Kiriş boyutları, (25cm X 60cm) olarak tasarlanmıştır. Kolon alan tablosu Tablo 6.26’da verilmiştir. Kolon, kiriş ve kiriş tabla boyutları Yapı 1 ile aynıdır. Perde boyutlarında ise X yönündeki perdeler bütün katlarda (600cm X 25cm), Y yönündeki perdeler ise bütün katlarda (25cm X 650 cm) alınmıştır.

Kolon ve kirişler boyutlandırılırken 3.4.1.’de açıklanan kurallar esas alınmıştır.

Tablo 6.26 Yapı 2, Kolon Boyutlandırılması

Kat	Kolon No	Kolon Boyutu (cm x cm)	Kat	Kolon No	Kolon Boyutu (cm x cm)
10	S1001,S1003,S1006	45 x 45	5	S501,S503,S506	60 x 60
	S1004	45 x 45		S504	80 x 80
	S1005	45 x 45		S505	90 x 90
	S1008	45 x 45		S508	85 x 85
	P1001	600 x 25		P501	600 x 25
	P1002	25 x 650		P502	25 x 650
9	S901,S903,S906	50 x 50	4	S401,S403,S406	60 x 60
	S904	50 x 50		S404	80 x 80
	S905	50 x 50		S405	90 x 90
	S908	50 x 50		S408	85 x 85
	P901	600 x 25		P401	600 x 25
	P902	25 x 650		P402	25 x 650
8	S801,S803,S806	50 x 50	3	S301,S303,S306	75 x 75
	S804	50 x 50		S304	95 x 95
	S805	60 x 60		S305	105 x 105
	S808	60 x 60		S308	100 x 100
	P801	600 x 25		P301	600 x 25
	P802	25 x 650		P302	25 x 650
7	S701,S703,S706	55 x 55	2	S201,S203,S206	75 x 75
	S704	65 x 65		S204	95 x 95
	S705	75 x 75		S205	105 x 105
	S708	75 x 75		S208	100 x 100
	P701	600 x 25		P201	600 x 25
	P702	25 x 650		P202	25 x 650
6	S601,S603,S606	55 x 55	1	S101,S103,S106	75 x 75
	S604	65 x 65		S104	95 x 95
	S605	75 x 75		S105	105 x 105
	S608	75 x 75		S108	100 x 100
	P601	600 x 25		P101	600 x 25
	P602	25 x 650		P102	25 x 650

Kat Ağırlıkları, kütleleri ve polar atalet momentleri Tablo 6.27’de verilmiştir. Kolon boyutları her katta değiştiği için buna bağlı olarak ağırlıklar ve diğer değerler her katta değişmiştir.

Yapılan analiz sonucunda yapının X yönündeki 1. Titreşim Periyodu: $T_{1X} = 0,786$ sn olarak bulunmuştur.

Tablo 6.27 Kat Ağırlıkları, kat kütleleri ve polar atalet momentleri

Kat	W _i (kN)	m _i (kNs ² /m)	M _{0i}
10	5896,74	601,09	80613
9	7314,24	745,59	99991
8	7355,94	749,84	100561
7	7433,04	757,70	101615
6	7492,94	763,81	102434
5	7566,19	771,27	103435
4	7639,44	778,74	104437
3	7778,04	792,87	106332
2	7916,64	807,00	108226
1	8176,81	833,52	111783

$$\Sigma = 74570,02$$

6.2.4.1 Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

Yapıya etkiyen deprem kuvvetleri, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile hesaplanmıştır. Bu yöntemle ilgili ayrıntılı bilgiler bölüm 3.1’de verilmiştir. Buna göre;

- Etkin Yer İvmesi Katsayısı : $A_0 = 0,40$ (Tablo 3.3)
- Bina önem katsayısı : $I = 1,0$ (Tablo 3.4)
- Davranış Katsayısı : $R = 7$ (Tablo 3.6)
- Spektrum Karakteristik Periyodu : Yerel Zemin Sınıfı Z2 için $T_B = 0,40$ (Tablo 3.5)
- Yapının Birinci Doğal Periyodu : $T_{1x} = 0,786$ sn
- Spektrum Katsayısı : $S = 2,5.(T_B/T_1)^{0,8} = 1,4563$
- Deprem Katsayısı : $c = \frac{A_0.I.S}{R} = \frac{0,4.1.1,4563}{7} = 0,083217$
- Eşdeğer Deprem Yüğü : $V_t = c.\Sigma w_i = 0,083217.74570,02 = 6205,49$ kN
- Ek Tasarım Deprem Yüğü : $\Delta F_N = 0,07.T_1.V_t = 341,43$

Deprem yüklerinin katlara dağılımı ve $\pm 0,05$ eksantrisite verilerek hesaplanan ek burulma momentleri (M_i) Tablo 6.28’de verilmiştir.

Tablo 6.28 Yapı 2'nin 1. çözümünden elde edilen eşdeğer deprem kuvvetlerinin katlara dağılımı ve ek burulma momentleri

Kat	h_i	H_i	$W_i(kN)$	$w_i \cdot H_i (kN.m)$	$F_i (kN)$	$M_i (kNm)$
10	3,00	31,00	5896,74	182798,94	1189,71	2260,45
9	3,00	28,00	7314,24	204798,72	950,37	1805,71
8	3,00	25,00	7355,94	183898,50	853,39	1621,43
7	3,00	22,00	7433,04	163526,88	758,85	1441,82
6	3,00	19,00	7492,94	142365,86	660,65	1255,24
5	3,00	16,00	7566,19	121059,04	561,78	1067,38
4	3,00	13,00	7639,44	99312,72	460,86	875,64
3	3,00	10,00	7778,04	77780,40	360,94	685,79
2	3,00	7,00	7916,64	55416,48	257,16	488,61
1	4,00	4,00	8176,81	32707,24	151,78	288,38
			74570,02	1263664,78	6205,49	

6.2.4.2 Kat Deplasmanları ve A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü

Yapılan analiz sonucu elde edilen deplasman değerleri, göreceli kat ötelemeleri değerleri ve burulma düzensizliği katsayıları Tablo 6.29'da verilmiştir. Burulma düzensizliği katsayısı, η_b , denklem 2.1 ile hesaplanmıştır.

Tablo 6.29 Deplasman değerleri, göreceli kat öteleme değerleri ve burulma düzensizliği katsayıları

Kat	$(d_i)_{max} (m)$	$(d_i)_{min} (m)$	$(\Delta_i)_{max} (m)$	$(\Delta_i)_{min} (m)$	$(\Delta_i)_{ort} (m)$	η_{bi}
10	0,027842	0,022155	0,002718	0,002141	0,0024295	1,1187487
9	0,025124	0,020014	0,002888	0,002282	0,0025850	1,1172147
8	0,022236	0,017732	0,003070	0,002432	0,0027510	1,1159578
7	0,019166	0,015300	0,003200	0,002514	0,0028570	1,1200560
6	0,015966	0,012786	0,003234	0,002598	0,0029160	1,1090535
5	0,012732	0,010188	0,003201	0,002550	0,0028755	1,1131977
4	0,009531	0,007638	0,003067	0,002450	0,0027585	1,1118361
3	0,006464	0,005188	0,002700	0,002162	0,0024310	1,1106541
2	0,003764	0,003026	0,002209	0,001775	0,0019920	1,1089357
1	0,001555	0,001251	0,001555	0,001251	0,0014030	1,1083393

Tablo 6.29'da hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı, η_b 1,2'den küçük çıkmıştır.

6.2.4.3 B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik (Yumuşak Kat) Düzensizliği Kontrolü

Yapı, 1. derece deprem bölgesinde bulunduğu ve $H_N > 25$ m olduğundan B2-Yumuşak kat düzensizliği Kontrolü Yapılması gerekmektedir. Denklem 2.5'e göre

hesaplanan yumuşak kat düzensizliği katsayılarının kontrolü Tablo 6.30'da verilmiştir.

Tablo 6.30 Yumuşak kat düzensizliği kontrolü

Kat	$(d_i)_{\max}$ (m)	$(d_i)_{\min}$ (m)	$(\Delta_i)_{\max}$ (m)	$(\Delta_i)_{\min}$ (m)	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$ (m)	η_{ki}
10	0,027842	0,022155	0,002718	0,002141	0,0024295	
9	0,025124	0,020014	0,002888	0,002282	0,002585	1,064005
8	0,022236	0,017732	0,003070	0,002432	0,002751	1,064217
7	0,019166	0,015300	0,003200	0,002514	0,002857	1,038531
6	0,015966	0,012786	0,003234	0,002598	0,002916	1,020651
5	0,012732	0,010188	0,003201	0,002550	0,0028755	0,986111
4	0,009531	0,007638	0,003067	0,002450	0,0027585	0,959311
3	0,006464	0,005188	0,002700	0,002162	0,002431	0,881276
2	0,003764	0,003026	0,002209	0,001775	0,001992	0,819416
1	0,001555	0,001251	0,001555	0,001251	0,001403	0,704317

< 1,5

6.2.4.4 α_m Hesabı

ABYYHY'de tanımlanan α_m hesabı için gerekli olan devrilme momenti hesabı Tablo 6.31'te verilmiştir. α_m katsayısı denklem 5.9'a göre hesaplanmıştır.

Tablo 6.31 Yapı 2, 1. Çözüme ait devrilme momenti hesabı

Kat	H_i (m)	F_i (kN)	M_D (kNm)
10	31,00	1189,71	36880,97
9	28,00	950,37	26610,45
8	25,00	853,39	21334,63
7	22,00	758,85	16694,70
6	19,00	660,65	12552,39
5	16,00	561,78	8988,44
4	13,00	460,86	5991,22
3	10,00	360,94	3609,42
2	7,00	257,16	1800,13
1	4,00	151,78	607,11
		6205,49	135069,46

$$a_m = \frac{44917,32}{135069,46} = 0,33 < 0,75$$

Bu durumda analiz sonuçlarının düzeltilmesine gerek yoktur.

6.2.4.5 Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü

$$(\Delta_i)_{\max}/h_i \leq 0,02 / 7 = 0,0028$$

Tablo 6.32 Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{\max}$ (m)	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$
10	3,00	0,002718	0,0009060
9	3,00	0,002888	0,0009627
8	3,00	0,003070	0,0010233
7	3,00	0,003200	0,0010667
6	3,00	0,003234	0,0010780
5	3,00	0,003201	0,0010670
4	3,00	0,003067	0,0010223
3	3,00	0,002700	0,0009000
2	3,00	0,002209	0,0007363
1	4,00	0,001555	0,0003888
			< 0,002800

6.2.4.6 İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Tablo 6.33'te ikinci mertebe etkilerinin kontrolü yapılmıştır. İkinci mertebe gösterge değeri, θ_i , denklem 5.8'e göre hesaplanmıştır.

Tablo 6.33 Yapı 2, 1. çözüme göre ikinci mertebe etkilerinin kontrolü

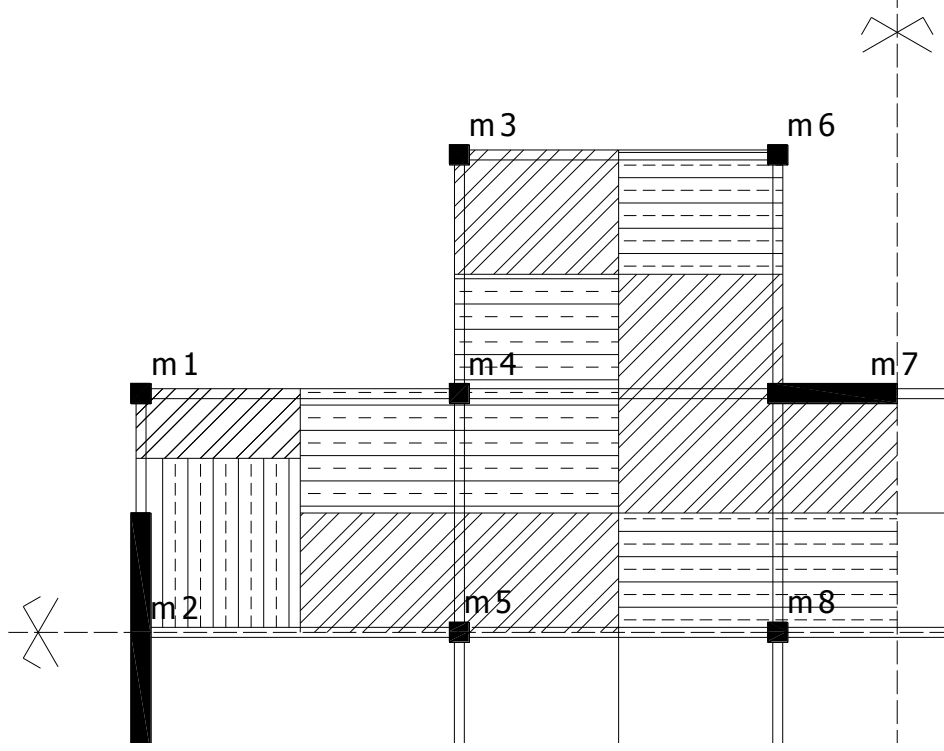
Kat	W_i (kN)	ΣW_i (kN)	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$ (m)	F_i (kN)	V_i (kN)	h_i (m)	θ_i
10	5896,74	5896,74	0,0024295	1189,71	1189,71	3,00	0,0507597
9	7314,24	13210,98	0,0025850	950,37	2140,08	3,00	0,0300243
8	7355,94	20566,92	0,0027510	853,39	2993,47	3,00	0,0228433
7	7433,04	27999,96	0,0028570	758,85	3752,32	3,00	0,0189258
6	7492,94	35492,9	0,0029160	660,65	4412,97	3,00	0,0164248
5	7566,19	43059,09	0,0028755	561,78	4974,75	3,00	0,0143676
4	7639,44	50698,53	0,0027585	460,86	5435,61	3,00	0,0126144
3	7778,04	58476,57	0,0024310	360,94	5796,55	3,00	0,0104246
2	7916,64	66393,21	0,0019920	257,16	6053,71	3,00	0,0081792
1	8176,81	74570,02	0,0014030	151,78	6205,49	4,00	0,0042149
	74570,02			6205,49			< 0,12

6.2.4.7 Kolon ve Perdelere Ait İç Kuvvetler

Yapı 2'nin x yönünde deprem kuvveti etkimesi durumunda 1. çözüme ait kolon ve perde üst, alt moment ve kesme kuvveti değerleri Tablo 6.34'te verilmiştir.

6.2.5 Yapı 2, 2. Çözüm (Esnek diyafram kabulü)

Bu çözüm yönteminde kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalıştığı kabulü terk edilmiştir. Döşemeler parçalara bölünerek kütle ve atalet kuvvetlerinin her bir kattaki kolon uç noktalarında toplandığı varsayımı yapılmıştır. (Şekil 6.12)



Şekil 6.12 Yapı 2, 2. çözüm için kütle modeli

Her bir kolonda toplanan kütleler ve polar atalet momentleri Tablo 6.35 ve Tablo 6.36'da verilmiştir.

Tablo 6.35 Kolonlarda toplanan kütleler (kNs²/m)

Kat	$m_{(A1,A3,A6)}$	$m_{(A2)}$	$m_{(A4)}$	$m_{(A5)}$	$m_{(A7)}$	$m_{(A8)}$
10	10,85	25,66	32,54	43,38	63,39	37,96
9	13,25	34,30	39,76	53,01	80,06	46,39
8	13,35	34,34	40,04	53,39	80,29	46,72
7	13,55	34,22	40,66	54,21	80,36	47,43
6	13,72	34,04	41,17	54,90	80,25	48,03
5	13,91	33,98	41,73	55,64	80,42	48,68
4	14,10	33,92	42,29	56,38	80,58	49,33
3	14,44	33,86	43,32	57,76	80,97	50,54
2	14,79	33,79	44,36	59,15	81,36	51,75
1	15,25	35,59	45,74	60,98	83,89	53,36

Tablo 6.36 Polar atalet momentleri

Kat	$M_{\theta i(A1,A3,A6)}$	$M_{\theta i(A2)}$	$M_{\theta i(A4)}$	$M_{\theta i(A5)}$	$M_{\theta i(A7)}$	$M_{\theta i(A8)}$
10	90,39	213,84	271,16	361,54	1455,96	278,39
9	110,44	285,81	331,33	441,77	1839,05	340,16
8	111,23	286,18	333,70	444,93	1844,36	342,60
7	112,93	285,18	338,80	451,74	1845,92	347,84
6	114,36	283,65	343,09	457,46	1843,38	352,24
5	115,91	283,18	347,74	463,65	1847,19	357,01
4	117,46	282,71	352,39	469,85	1851,00	361,78
3	120,34	282,16	361,03	481,37	1859,90	370,66
2	123,22	281,62	369,67	492,90	1868,81	379,53
1	127,04	296,58	381,13	508,18	1926,87	391,30

Yapılan analiz sonucunda yapının X yönündeki 1. Titreşim Periyodu: $T_{1X} = 0,873$ sn olarak bulunmuştur.

6.2.5.1 Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

Yapıya etkiyen deprem kuvvetleri, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile hesaplanmıştır. Bu yöntemle ilgili ayrıntılı bilgiler bölüm 3.1’de verilmiştir. Buna göre;

- Etkin Yer İvmesi Katsayısı : $A_0 = 0,40$ (Tablo 3.3)
- Bina önem katsayısı : $I = 1,0$ (Tablo 3.4)
- Davranış Katsayısı : $R = 7$ (Tablo 3.6)
- Spektrum Karakteristik Periyodu : Yerel Zemin Sınıfı Z2 için $T_B = 0,40$ (Tablo 3.5)
- Yapının Birinci Doğal Periyodu : $T_{1X} = 0,873$ sn
- Spektrum Katsayısı : $S = 2,5.(T_B/T_1)^{0,8} = 1,339$
- Deprem Katsayısı : $c = \frac{A_0.I.S}{R} = \frac{0,4.1.1,339}{7} = 0,07651$
- Eşdeğer Deprem Yüğü : $V_t = c.\Sigma w_i = 0,07651.74570,02 = 5705,62$ kN
- Ek Tasarım Deprem Yüğü : $\Delta F_N = 0,07.T_1.V_t = 313,92$

Deprem yüklerinin her bir kattaki kolonlara dağılımı ve $\pm 0,05$ eksantrisite verilerek hesaplanan ek burulma momentleri (M_i) Tablo 6.37 ve Tablo 6.38’de verilmiştir.

Tablo 6.37 Yapı 2'nin 2. çözümünden elde edilen eşdeğer deprem kuvvetlerinin her bir kattaki kolonlara dağılımı

Kat	h_i (m)	H_i (m)	W_i (kN)	$w_i \cdot H_i$ (kN.m)	F_i (kN)	$F_i (A_{1,3,6})$	$F_i (A_2)$	$F_i (A_4)$	$F_i (A_5)$	$F_i (A_7)$	$F_i (A_8)$
10	3,00	31,00	5896,74	182798,94	1093,87	19,74	46,70	59,21	78,95	115,35	69,08
9	3,00	28,00	7314,24	204798,72	873,82	15,53	40,20	46,60	62,13	93,83	54,36
8	3,00	25,00	7355,94	183898,50	784,64	13,97	35,94	41,90	55,87	84,02	48,89
7	3,00	22,00	7433,04	163526,88	697,72	12,48	31,51	37,44	49,92	74,00	43,68
6	3,00	19,00	7492,94	142365,86	607,43	10,91	27,07	32,74	43,66	63,82	38,20
5	3,00	16,00	7566,19	121059,04	516,52	9,32	22,76	27,95	37,26	53,86	32,60
4	3,00	13,00	7639,44	99312,72	423,74	7,67	18,46	23,01	30,68	43,85	26,84
3	3,00	10,00	7778,04	77780,40	331,87	6,04	14,17	18,13	24,18	33,89	21,16
2	3,00	7,00	7916,64	55416,48	236,45	4,33	9,90	13,00	17,33	23,84	15,16
1	4,00	4,00	8176,81	32707,24	139,55	2,55	5,96	7,66	10,21	14,04	8,93
			74570,02	1263664,78	5705,62						

Tablo 6.38 Ek burulma momentleri (kNm)

Kat	$M_i (A_{1,3,6})$	$M_i (A_2)$	$M_i (A_4)$	$M_i (A_5)$	$M_i (A_7)$	$M_i (A_8)$
10	37,50	88,72	112,51	150,01	219,16	131,26
9	29,51	76,37	88,53	118,05	178,28	103,29
8	26,54	68,28	79,61	106,15	159,64	92,88
7	23,71	59,87	71,13	94,84	140,60	82,99
6	20,74	51,43	62,21	82,95	121,26	72,58
5	17,70	43,24	53,10	70,80	102,33	61,95
4	14,57	35,07	43,72	58,29	83,31	51,00
3	11,48	26,93	34,45	45,94	64,39	40,20
2	8,23	18,81	24,70	32,93	45,29	28,81
1	4,85	11,32	14,55	19,40	26,68	16,97

6.2.5.2 Kat Deplasmanları ve A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü

Yapılan analiz sonucu elde edilen deplasman değerleri, maksimum, minimum, ortalama görelî kat ötelemeleri değerleri ve burulma düzensizliği katsayıları Tablo 6.39'da verilmiştir.

Tablo 6.39 Yapı 2, 2. Çözüm, Deplasman değerleri, görelî kat öteleme değerleri ve burulma düzensizliğı katsayıları

Kat	$(d_i)_{\max}$ (m)	$(d_i)_{\min}$ (m)	$(\Delta_i)_{\max}$ (m)	$(\Delta_i)_{\min}$ (m)	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$ (m)	η_{bi}
10	0,029704	0,018920	0,001949	0,001895	0,0019220	1,01405
9	0,027755	0,017025	0,002613	0,002000	0,0023065	1,13289
8	0,025142	0,015025	0,003065	0,002104	0,0025845	1,18592
7	0,022077	0,012921	0,003232	0,002180	0,0027060	1,19438
6	0,018845	0,010741	0,003497	0,002217	0,0028570	1,22401
5	0,015348	0,008524	0,003564	0,002179	0,0028715	1,24116
4	0,011784	0,006345	0,003591	0,002067	0,0028290	1,26935
3	0,008193	0,004278	0,003327	0,001810	0,0025685	1,29531
2	0,004866	0,002468	0,002882	0,001448	0,0021650	1,33118
1	0,001984	0,001020	0,001984	0,001020	0,0015020	1,32091

Tablo 6.39’da hesaplanan burulma düzensizliğı katsayıları, bazı katlarda $1,2 < \eta_b < 2,0$ arasında çıkmıştır. Bu katlarda eksantrisite miktarları D_i katsayısı ile çarpılarak büyütölmüş ve bulunan bu yeni eksantrisite miktarları göz önüne alınarak deprem analizi yeniden yapılmış, yeni deplasmanlar ile yeni iç kuvvetler elde edilmiştir. D_i , eksantrisite artım katsayısı denklem 5.6 ile hesaplanmıştır.

Tablo 6.40 Yeni eksantrisite değerleri

Kat	η_{bi}	D_i	e_i (m)
10	1,01405	1,0000	1,900
9	1,13289	1,0000	1,900
8	1,18592	1,0000	1,900
7	1,19438	1,0000	1,900
6	1,22401	1,0404	1,977
5	1,24116	1,0698	2,033
4	1,26935	1,1189	2,126
3	1,29531	1,1652	2,214
2	1,33118	1,2306	2,338
1	1,32091	1,2117	2,302

Tablo 6.41 Ek burulma momentleri (kNm)

Kat	$M_i (A_{1,3,6})$	$M_i (A_2)$	$M_i (A_4)$	$M_i (A_5)$	$M_i (A_7)$	$M_i (A_8)$
10	37,50	88,72	112,51	150,01	219,16	131,26
9	29,51	76,37	88,53	118,05	178,28	103,29
8	26,54	68,28	79,61	106,15	159,64	92,88
7	23,71	59,87	71,13	94,84	140,60	82,99
6	21,58	53,51	64,73	86,30	126,16	75,51
5	18,93	46,26	56,80	75,74	109,47	66,27
4	16,31	39,24	48,92	65,22	93,22	57,07
3	13,38	31,37	40,14	53,53	75,03	46,84
2	10,13	23,15	30,39	40,52	55,74	35,45
1	5,88	13,72	17,63	23,50	32,33	20,57

Tablo 6.40’da, yeni eksantrisite değerleri, Tablo 6.41’de de buna bağlı olarak hesaplanan yeni ek burulma momentleri verilmiştir.

Yapılan analiz sonucu elde edilen yeni kat deplasmanları Tablo 6.42’de verilmiştir.

Tablo 6.42 Yeni kat deplasmanları

Kat	(d _i) _{max} (m)	(d _i) _{min} (m)
10	0,029709	0,018880
9	0,027761	0,016987
8	0,025147	0,014990
7	0,022082	0,012889
6	0,018852	0,010713
5	0,015355	0,008500
4	0,011792	0,006325
3	0,008199	0,004263
2	0,004871	0,002459
1	0,001987	0,001016

6.2.5.3 B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik (Yumuşak Kat) Düzensizliği Kontrolü

Denklem 2.5’e göre hesaplanan Yapı 2, 2. çözüm için yumuşak kat düzensizliği kontrolü Tablo 6.43’de verilmiştir.

Tablo 6.43 Yumuşak kat düzensizliği kontrolü

Kat	(d _i) _{max} (m)	(d _i) _{min} (m)	(Δ _i) _{max} (m)	(Δ _i) _{min} (m)	(Δ _i) _{ort} (m)	η _{ki}
10	0,029709	0,018880	0,001948	0,001893	0,0019205	
9	0,027761	0,016987	0,002614	0,001997	0,0023055	1,200469
8	0,025147	0,014990	0,003065	0,002101	0,002583	1,120364
7	0,022082	0,012889	0,003230	0,002176	0,002703	1,046458
6	0,018852	0,010713	0,003497	0,002213	0,002855	1,056234
5	0,015355	0,008500	0,003563	0,002175	0,002869	1,004904
4	0,011792	0,006325	0,003593	0,002062	0,0028275	0,985535
3	0,008199	0,004263	0,003328	0,001804	0,002566	0,907515
2	0,004871	0,002459	0,002884	0,001443	0,0021635	0,843141
1	0,001987	0,001016	0,001987	0,001016	0,0015015	0,694014

6.2.5.4 α_m Hesabı

ABYYHY’de tanımlanan α_m hesabı için gerekli olan devrilme momenti hesabı Tablo 6.44’te verilmiştir. α_m katsayısının hesabı, denklem 5.9’a göre hesaplanmıştır.

$$a_m = \frac{37297,94}{124189,17} = 0,30 < 0,75$$

Bu durumda analiz sonuçlarının düzeltilmesine gerek yoktur.

Tablo 6.44 Yapı 2, 2. Çözümüne ait devrilme momenti hesabı

Kat	H _i (m)	F _i (kN)	M _D (kNm)
10	31,00	1093,87	33910,01
9	28,00	873,82	24466,91
8	25,00	784,64	19616,07
7	22,00	697,72	15349,90
6	19,00	607,43	11541,26
5	16,00	516,52	8264,39
4	13,00	423,74	5508,61
3	10,00	331,87	3318,67
2	7,00	236,45	1655,13
1	4,00	139,55	558,21
		5705,62	124189,17

6.2.5.5 Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü

Tablo 6.45 Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü

Kat	h _i (m)	(Δ _i) _{max} (m)	(Δ _i) _{max} /h _i
10	3,00	0,001948	0,0006493
9	3,00	0,002614	0,0008713
8	3,00	0,003065	0,0010217
7	3,00	0,003230	0,0010767
6	3,00	0,003497	0,0011657
5	3,00	0,003563	0,0011877
4	3,00	0,003593	0,0011977
3	3,00	0,003328	0,0011093
2	3,00	0,002884	0,0009613
1	4,00	0,001987	0,0004968
			< 0,002800

6.2.5.6 İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Yapı 2, 2. çözüm için ikinci mertebe etkilerinin kontrolü Denklem 5.8'e göre hesaplanmış ve Tablo 6.46'da gösterilmiştir.

Tablo 6.46 Yapı 2, 2. çözüme göre ikinci mertebe etkilerinin kontrolü

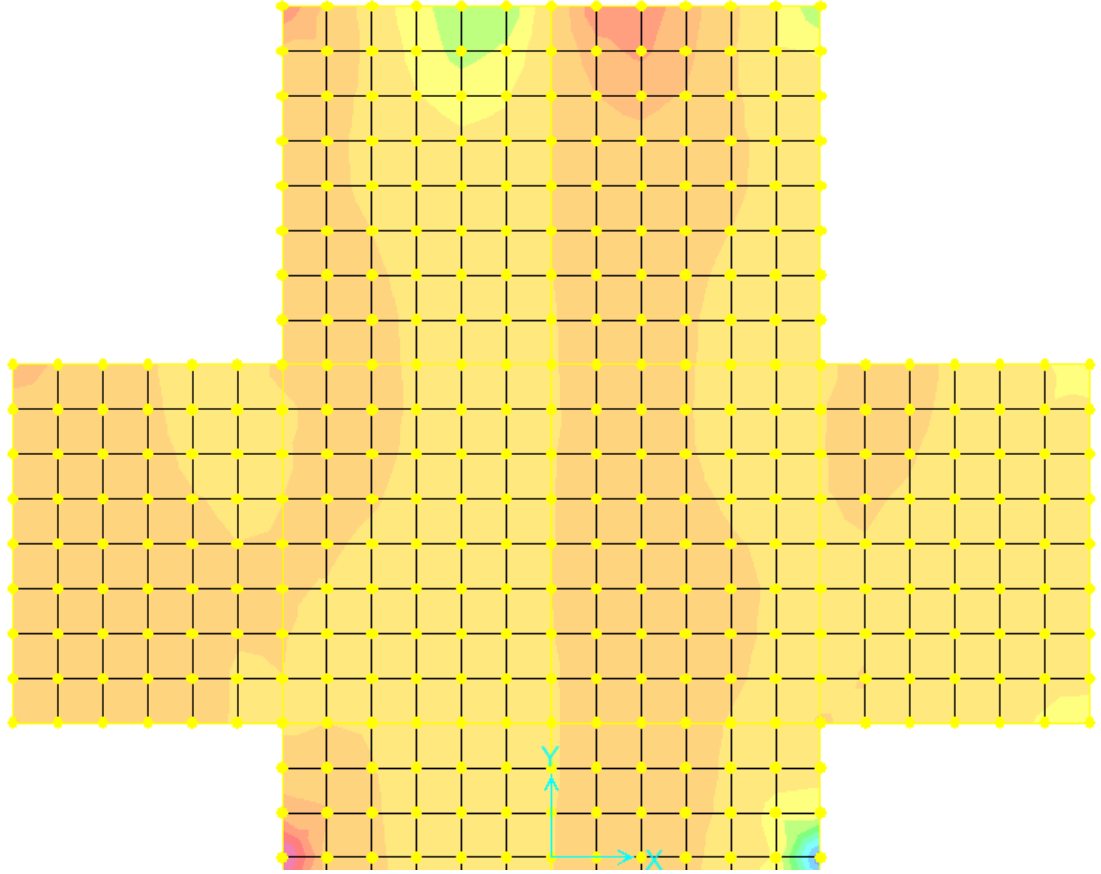
Kat	W_i (kN)	ΣW_i (kN)	$(\Delta_i)_{ort}$ (m)	F_i (kN)	V_i (kN)	h_i (m)	θ_i
10	5896,74	5896,74	0,0019205	1189,71	1189,71	3,00	0,0401251
9	7314,24	13210,98	0,0023055	950,37	2140,08	3,00	0,026778
8	7355,94	20566,92	0,0025830	853,39	2993,47	3,00	0,0214483
7	7433,04	27999,96	0,0027030	758,85	3752,32	3,00	0,0179056
6	7492,94	35492,9	0,0028550	660,65	4412,97	3,00	0,0160812
5	7566,19	43059,09	0,0028690	561,78	4974,75	3,00	0,0143352
4	7639,44	50698,53	0,0028275	460,86	5435,61	3,00	0,01293
3	7778,04	58476,57	0,0025660	360,94	5796,55	3,00	0,0110035
2	7916,64	66393,21	0,0021635	257,16	6053,71	3,00	0,0088834
1	8176,81	74570,02	0,0015015	151,78	6205,49	4,00	0,0045108
	74570,02			6205,49			< 0,12

6.2.5.7 Kolonlara Ait İç Kuvvetler

Yapı 2'nin x yönünde deprem kuvveti etkimesi durumunda esnek diyafram kabulü ile yapılan 2. çözüme ait kolon üst ve alt moment ve kesme kuvveti değerleri Tablo 6.47'de verilmiştir.

6.2.5.8 Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Düzlem İçi Gerilmelerin Belirlenmesi

Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak kat döşemeleri (1m. x 1m.) lik alanlara bölünmüş ve SAP2000 [12] bilgisayar programı kullanılarak çözülmüştür. Şekil 6.13'te 10. kat döşemesine ait düzlem içi gerilme diyagramı verilmiştir.



Şekil 6.13 Yapı 2, 2.çözüm 10.kat döşemesine ait asal gerilme diyagramı

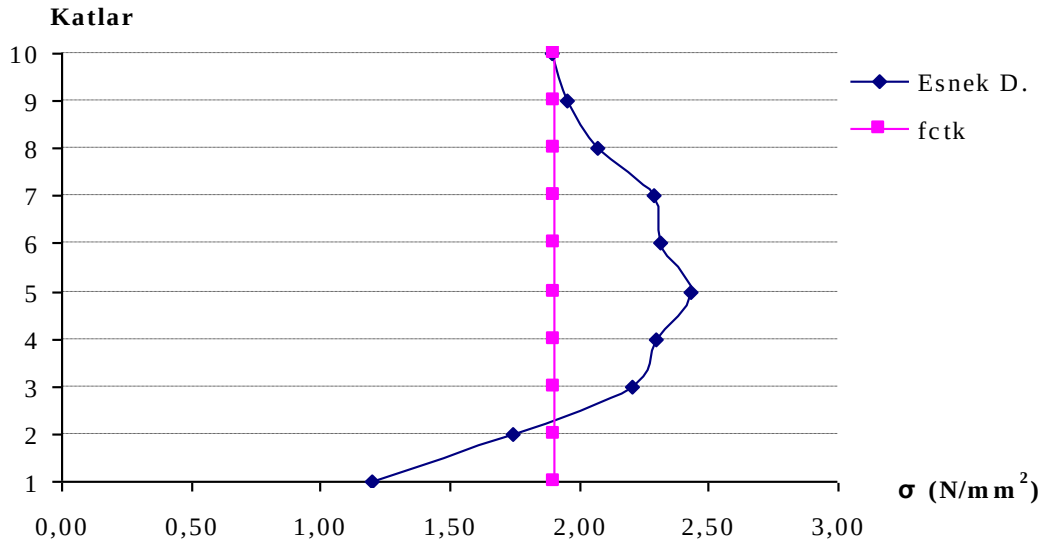
Gerilme diyagramından da görüleceği gibi döşemede en çok zorlanan bölümler, perde çevresidir. Maksimum gerilmeler tüm katlarda perdelere yakın bölgelerde oluşmuştur. Diğer kolon uçlarında gerilme değerlerinin düşük olduğu gözlemlenmiştir. Yapı 2, 2. çözüm için birçok katta maksimum gerilme değerleri, BS30 betonunun karakteristik çekme dayanımı olan $f_{ctk}=1,9\text{N/mm}^2$ 'yi aşmaktadır. Sınır gerilme değerlerinin aşıldığı bölgelere donatı ile takviye yapılmalıdır.

Analizler yapılırken döşeme donatıları hesaba katılmamıştır. Donatıların varlığı gerilme değerlerini düşürecektir.

Tablo 6.48 Kat döşemelerindeki maksimum asal gerilmeler ve f_{ctk} değerleri

Kat	$(\sigma_i)_{\max}$ (N/mm ²)	f_{ctk} (N/mm ²)
10	1,89	1,9
9	1,95	1,9
8	2,07	1,9
7	2,29	1,9
6	2,31	1,9
5	2,43	1,9
4	2,30	1,9
3	2,20	1,9
2	1,74	1,9
1	1,20	1,9

Depremi'nin x doğrultusunda etkimesi durumunda esnek diyafram kabulü ile elde edilen döşemelerdeki maksimum düzlem içi gerilme değerleri ile BS30 betonunun karakteristik çekme dayanımları ile karşılaştırılmıştır. (Tablo 6.48) Ve grafikleri Şekil 6.14'te gösterilmiştir.



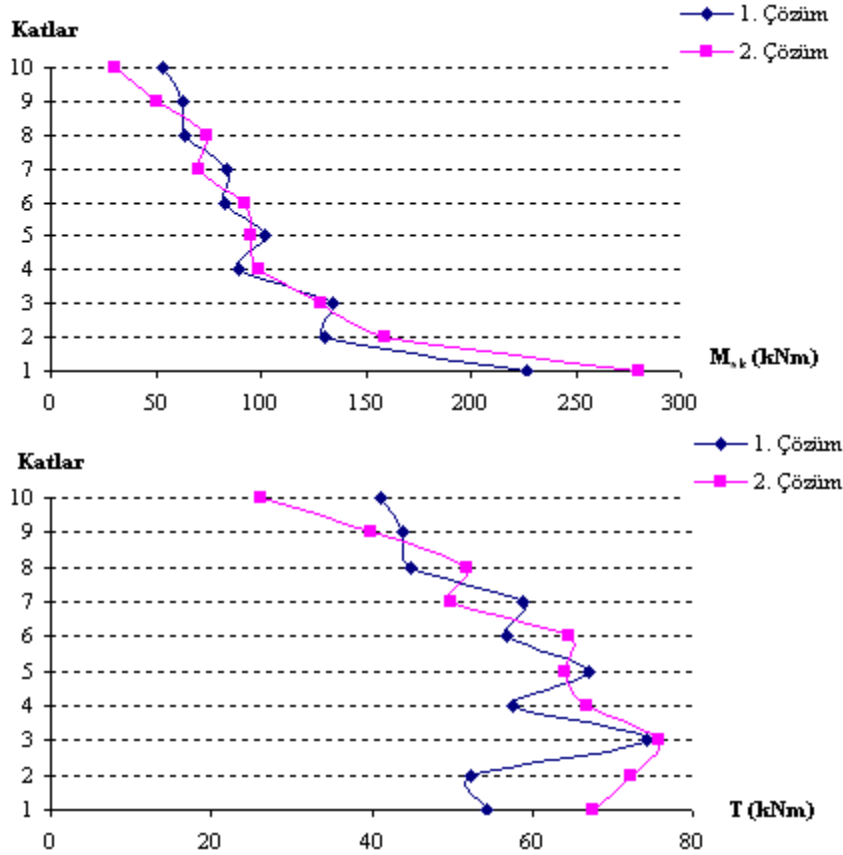
Şekil 6.14 Döşemelerdeki maksimum gerilmeler ve f_{ctk} değerlerinin karşılaştırılması

6.2.6 Yapı 2, 1. ve 2. Çözümlerin Karşılaştırılması

Yapı 2’de en çok zorlanan taşıyıcı elemanlardan B1 aksında bulunan S3 ve B2 aksında bulunan S4 kolonlarının ve X yönünde çalışan P1 perdesinin depremin x yönünden etkimesi durumundaki moment ve kesme kuvvetleri hesaplanarak 1. ve 2. çözümden elde edilen sonuçların karşılaştırılması şekil 6.15, 6.16, ve 6.17’de gösterilmiştir. Bu kolonlara ait değerler Tablo 6.49, 6.50 ve 6.51’de verilmiştir.

Tablo 6.49 S3 kolonunun 1. ve 2. çözümlerinden elde edilen uç kuvvetleri

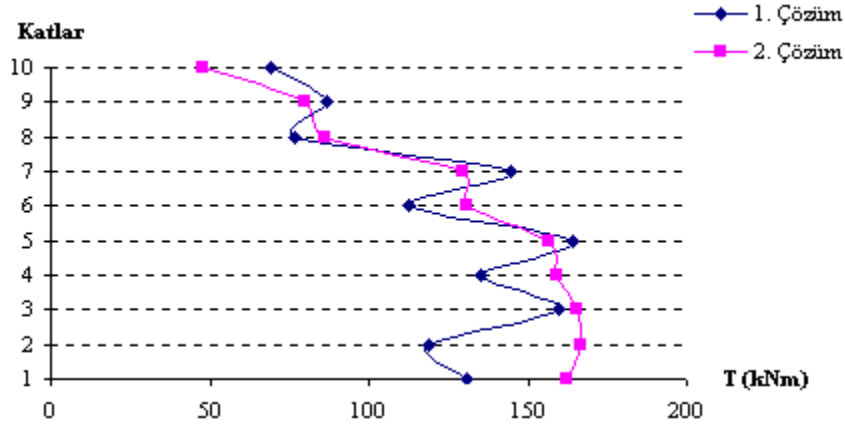
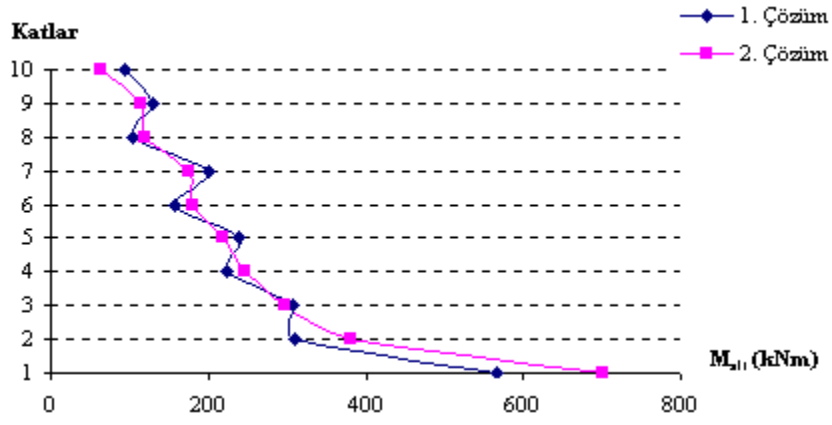
Kat	Moment (üst) (kNm)		Kesme Kuv. (kN)	
	1. Çözüm	2. Çözüm	1. Çözüm	2. Çözüm
10	53,50	30,76	41,20	26,23
9	62,95	50,78	43,98	39,92
8	64,04	74,37	44,75	51,73
7	84,21	70,44	58,71	49,95
6	82,96	91,92	56,79	64,46
5	101,60	94,95	67,03	64,10
4	89,72	99,35	57,51	66,70
3	134,55	129,04	74,32	75,81
2	130,86	159,52	52,38	72,40
1	226,66	280,38	54,34	67,47



Şekil 6.15 S3 kolonu, 1. ve 2. çözüme ait Moment (alt) ve Kesme Kuvveti değerleri

Tablo 6.50 S4 kolonunun 1. ve 2. çözümlerinden elde edilen uç kuvvetleri

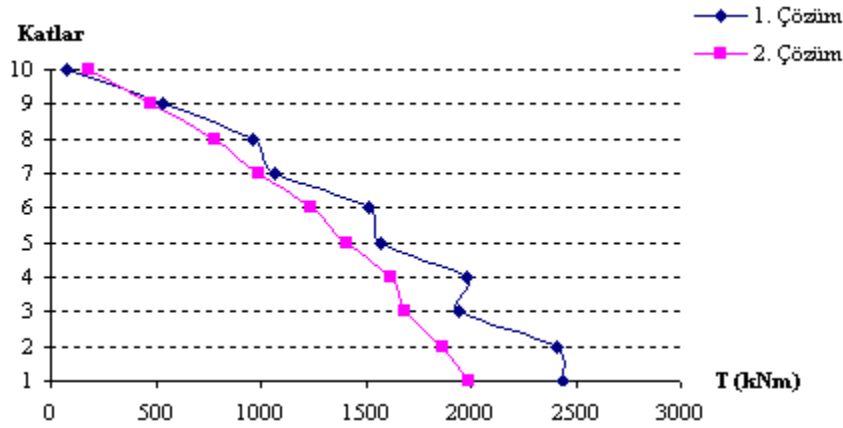
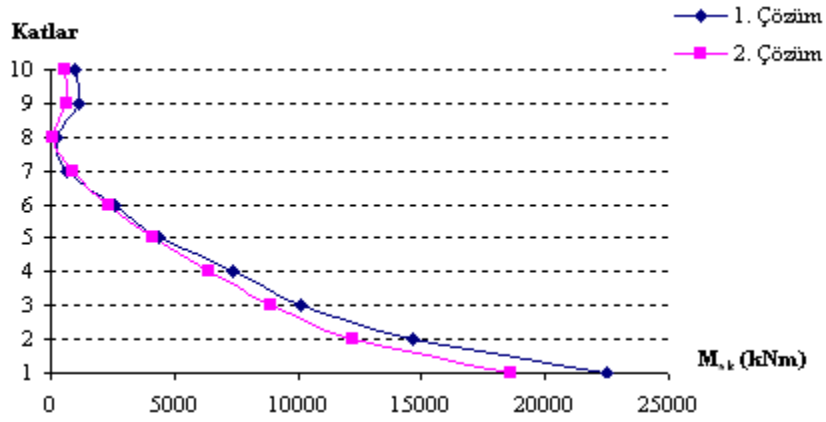
Kat	Moment (üst) (kNm)		Kesme Kuv. (kN)	
	1. Çözüm	2. Çözüm	1. Çözüm	2. Çözüm
10	94,91	63,57	69,34	48,01
9	128,90	114,25	86,94	79,74
8	104,28	119,25	76,55	86,26
7	200,34	174,41	144,37	129,37
6	157,88	180,32	112,74	130,64
5	238,69	219,07	164,10	156,60
4	224,39	246,02	135,33	159,16
3	307,41	296,61	159,55	165,15
2	311,04	380,98	118,66	166,39
1	567,53	700,08	130,88	162,33



Şekil 6.16 S4 kolonu, 1. ve 2. çözüme ait Moment (alt) ve Kesme Kuvveti değerleri

Tablo 6.51 P1 perdesinin 1. ve 2. çözümlerinden elde edilen uç kuvvetleri

Kat	Moment (üst) (kNm)		Kesme Kuv. (kN)	
	1. Çözüm	2. Çözüm	1. Çözüm	2. Çözüm
10	991,06	562,34	80,22	179,41
9	1117,16	659,23	532,60	477,30
8	242,46	64,54	960,61	777,84
7	649,53	889,55	1064,91	991,17
6	2576,62	2351,12	1518,92	1242,54
5	4408,43	4093,85	1575,86	1405,04
4	7333,92	6388,68	1976,90	1616,96
3	10116,36	8888,57	1944,50	1687,87
2	14635,41	12229,92	2413,99	1866,21
1	22458,66	18590,86	2441,67	1992,14



Şekil 6.17 P1 perdesi, 1. ve 2. çözüme ait Moment (alt) ve Kesme Kuvveti değerleri

Grafiklerden de görüleceği gibi perdeli bir yapı olan Yapı 2'de her üç yapı elemanında da 1. ve 2. çözümlerden elde edilen değerler birbirinden farklı çıkmaktadır.

7. SONUÇLAR

Yapılan bu çalışmada, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte [2] tanımlanan A3-Planda çıkıntılar bulunması türü düzensizliğe sahip betonarme binaların kat döşemelerinin deprem sırasındaki davranışları ayrıntılı olarak incelenmiştir. Rijitlik değişikliklerinin etkisini görebilmek için aynı plana sahip düşey taşıyıcıların rijitlikler farklı 2 yapı tipi ele alınmıştır. Bu farklı yapı tiplerinden Yapı 1 sadece çerçevelerden oluşmakta, Yapı 2’de ise X ve Y yönünde perdeler kullanılmıştır.

Çalışmada incelenen yapı tipleri 2 ayrı modelleme yapılarak analiz edilmiştir. 1. Çözümde kütleler kat merkezinde bir noktada tanımlanmış döşemelerde rijit diyafram kabulü yapılmıştır. 2. Çözümde ise döşemeler parçalara ayrılarak kütleler kolon uç noktalarında toplanmış, rijit diyafram kabulü terk edilmiştir. Eşdeğer deprem kuvveti yöntemi ile statik analiz yapılmış, düşey taşıyıcı elemanlardaki iç kuvvet dağılımları incelenmiştir. İncelenen yapı tiplerinde bütün kat döşemelerinde sonlu elemanlar yöntemi ile hesaplanan maksimum gerilme değerleri, f_{ctk} değeri ile kıyaslanmıştır.

Çalışmanın sayısal incelemelerine dayanarak elde edilen başlıca sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Yapı sistemlerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarındaki iç kuvvet değişimi bakımından incelendiğinde, çerçevelerden oluşan sistemlerde 1. ve 2. çözüm arasındaki farkın ihmal edilebilecek derecede az olduğu gözlemlenmiştir. Perdeli sistemlerde ise 2. çözüm arasındaki fark daha belirgin görülmektedir. Perdeli sistemlerde farklılığın daha yüksek olmasının sebebi gerilmelerin perde etrafında toplanmaları olarak açıklanabilir.
- Kat döşemelerinde hesaplanan maksimum düzlem içi gerilmeler, yalnız çerçevelerden meydana gelen yapı sistemlerinde bazı katlarda sınır değerlerin altında kalmakla beraber, bazı katlarda f_{ctk} değerini aşabilmektedir. Çerçeve + perdeli sistemlerde ise bütün katlarda sınır f_{ctk} değerini aşmaktadır.

- Bu sonuç, kritik gerilme değerlerinin oluşmasında, binanın plandaki boyut düzensizliğinden çok, yapıdaki rijitlik dağılımının etkili olduğunu göstermektedir.
- Kat döşemelerinde oluşabilecek düzlem içi maksimum gerilme değerinin o kata etkiyen eşdeğer deprem kuvvetine bağlı olduğunu kabul etmek yanıltıcı olabilir. Bazı durumlarda kata etkiyen deprem kuvveti düşük olmasına rağmen kritik gerilme değerleri bu katta oluşabilmektedir.
- Kat döşemelerinde en yüksek gerilme değerleri çerçeveli yapılarda kolon uçlarında ve planda boyutların ani değişim gösterdiği bölgelerde, perde + çerçeveli yapılarda ise perde etrafında oluşmaktadır.
- İncelenen yapı sistemlerinde döşemelerdeki düzlem içi gerilmelerin en yüksek olduğu katlar 4. veya 5. ara katlardır.
- İncelenen yapı sistemlerinin 1. çözümünde birinci doğal titreşim periyodu ve eşdeğer deprem yüklerinin döşeme düzlemleri içinde oluşturdukları tepki kuvvetlerinin belirlenmesinde, kat döşemeleri kendi düzlemleri içinde sonsuz rijit olarak alınmıştır. Ancak düzensiz rijitlik dağılımı olan yapılarda, kat döşemelerinin gerçek davranışının böyle olmadığı bilinmektedir. Periyot hesabında kat döşemelerinin sonsuz rijit davranmadığının göz önüne alınması ayrı bir inceleme konusunu oluşturmaktadır.
- İncelenen yapı sistemlerinde analizler elverişsiz sonuçların oluşabileceği X yönüne göre yapılmıştır. Diğer yönde deprem etkimesi durumunda da gerilmeler daha büyük değerler alabilir. Ayrıca analizler sadece deprem etkilerine göre yapıldığından, düşey yük etkileri ve elverişsiz kombinasyonların da mutlaka göz önüne alınması gerekmektedir.
- İncelenen yapı tiplerinde taşıyıcı eleman ve döşemelerin donatıları ve kirişlerin katkısı hesaplarda dikkate alınmamıştır. Donatıların varlığı döşemelerde düzlem içi gerilmelerin belirlenmesinde göz önüne alınması gereken bir etkidir.

KAYNAKLAR

- [1] **TS-500**, 2000. Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, İstanbul.
- [2] **Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (A.B.Y.Y.H.Y.)**, 1998. *İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı*, Ankara.
- [3] **Celep Z., ve Kumbasar, N.**, 1998. Betonarme Yapılar, Sema Matbaacılık, İstanbul.
- [4] **Ayrancı, M.M.**, 2004. Döşeme Süreksizliği Olan B/A Yapı Sistemlerinin Farklı Bilgisayar Modelleri İle Analizi ve Karşılaştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [5] **Gür, M.Y.**, 1998. Planda Düzensiz Yapıların Deprem Davranışının İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [6] **Coşkun, S.**, 1997. Planda Düzensiz Binaların Deprem Etkisi Altında Doğrusal Davranışları, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [7] **Erol, O.**, 1999. Planda Düzensiz Yapıların Deprem Yönetmeliğine Göre İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [8] **Ju, H.S., Lin, M.C.**, 1999. Comparison of Building Analyses Assuming Rigid or Flexible Floors, *Journal of Structural Engineering*, ASCE, **125-1**, 25-31.
- [9] **Atabey, S.**, 1999. Planda Düzensiz Yapılarda Kat Döşemelerinin Deprem Etkileri Altındaki Davranışı, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [10] **Şen, B.**, 2001. Deprem Yüğü Etkisi Altındaki Büyük Boşluklu Döşemelerde Gerilme Yayılımının İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- [11] **Regulations For Seismic Design – A World List**, 2000, International Association for Earthquake Engineering, Tokyo.
- [12] **Özmen, G., ve Orakdöğen, E., ve Darılmaz, K.**, 2002. Örneklerle SAP2000, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [13] **Celep Z., ve Kumbasar, N.**, 1992. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Sema Matbaacılık, İstanbul.
- [14] **Çağatay, İ., ve Güzeldağ, S.**, 2002. Yeni Deprem Yönetmeliği (TDY-98) SAP2000N Uygulamaları, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [15] **Celep Z., ve Kumbasar, N.**, 2001. Yapı Dinamiği, Rehber Matbaacılık, İstanbul.

Tablo 6.10 Yapı 1, 1.çözüm X doğrultusunda etkiyen depremten dolayı oluşan kolon uç kuvvetleri

Kat	S1			S2			S3			S4		
	M (kNm)		T (kN)	M (kNm)		T (kN)	M (kNm)		T (kN)	M (kNm)		T (kN)
	üst	alt		üst	alt		üst	alt		üst	alt	
10	50,29	29,95	26,74	78,81	60,17	46,32	47,03	28,30	25,11	78,17	59,98	46,05
9	81,01	54,62	45,21	136,35	118,19	84,84	75,60	50,74	42,12	133,10	118,24	83,78
8	105,03	91,83	65,62	161,20	131,61	97,60	96,92	85,19	60,70	159,06	131,40	96,82
7	105,19	88,31	64,50	247,30	189,93	145,74	97,39	81,81	59,74	252,79	199,74	150,84
6	138,57	117,73	85,43	261,93	217,08	159,67	128,64	109,79	79,48	256,33	203,18	153,17
5	140,75	127,88	89,54	300,62	253,96	184,86	132,14	120,41	84,18	328,14	259,89	196,01
4	147,57	136,98	94,85	302,45	293,43	198,63	138,27	127,76	88,67	313,67	310,01	207,89
3	150,50	181,64	110,71	282,11	361,06	214,39	141,11	169,41	103,50	270,92	370,85	213,93
2	95,70	232,71	109,47	192,25	474,48	222,24	89,22	216,56	101,93	180,59	503,46	228,01
1	6,00	434,21	107,05	22,10	887,98	216,47	5,69	401,70	99,09	52,86	1003,83	237,74

Kat	S5			S6			S7			S8		
	M (kNm)		T (kN)	M (kNm)		T (kN)	M (kNm)		T (kN)	M (kNm)		T (kN)
	üst	alt		üst	alt		üst	alt		üst	alt	
10	83,39	67,81	50,57	41,38	24,71	21,98	71,69	54,94	42,21	78,39	63,44	47,28
9	128,63	92,58	73,74	67,94	45,11	37,68	122,24	108,77	77,01	119,39	85,90	68,43
8	234,20	180,28	138,16	87,33	76,85	54,73	146,15	120,96	89,04	215,66	166,64	127,43
7	263,79	191,60	151,80	87,24	73,36	53,53	230,26	179,98	136,75	241,57	174,00	138,52
6	321,62	242,75	188,12	116,46	98,87	71,78	238,52	199,07	145,87	299,52	236,08	178,53
5	344,57	257,85	200,81	118,31	107,55	75,29	277,57	236,51	171,36	294,94	239,91	178,28
4	369,82	377,99	249,27	124,46	115,25	79,90	273,95	262,49	178,82	322,90	320,14	214,35
3	248,85	428,89	225,91	127,46	154,07	93,84	261,38	324,26	195,21	247,82	373,38	207,07
2	160,03	635,80	265,28	80,28	197,61	92,63	176,63	419,28	198,64	163,45	526,07	229,84
1	154,08	1454,69	325,15	6,31	368,41	90,53	11,72	757,78	186,52	88,95	1115,48	256,63

Tablo 6.22 Yapı 1, 2.çözüm X doğrultusunda etkiyen depremten dolayı oluşan kolon uç kuvvetleri

Kat	S1			S2			S3			S4		
	M (kNm)		T (kN)	M (kNm)		T (kN)	M (kNm)		T (kN)	M (kNm)		T (kN)
	üst	alt		üst	alt		üst	alt		üst	alt	
10	48,84	29,27	26,04	76,62	58,71	45,11	47,15	28,26	25,14	78,45	60,26	46,24
9	77,86	51,30	43,05	130,98	112,44	81,14	76,11	51,52	42,54	133,62	118,55	84,06
8	104,98	89,77	64,92	161,38	130,60	97,33	96,37	84,74	60,37	159,71	132,77	97,49
7	107,50	90,87	66,12	248,64	191,95	146,86	97,46	81,48	59,65	249,85	195,19	148,35
6	135,80	115,89	83,90	259,28	215,23	158,17	129,40	111,21	80,21	261,48	209,21	156,90
5	141,30	127,04	89,45	300,15	252,21	184,12	130,28	118,93	83,07	321,47	257,54	193,01
4	148,24	141,16	96,47	303,50	301,07	201,52	138,56	127,55	88,70	312,49	303,26	205,29
3	142,81	175,37	106,06	267,76	350,59	206,12	141,03	169,98	103,67	277,49	377,31	218,27
2	97,78	225,81	107,86	194,52	459,61	218,05	88,18	218,28	102,15	174,27	510,41	228,23
1	2,10	439,29	109,90	9,92	898,51	222,50	9,03	394,50	96,37	64,37	982,01	229,41

Kat	S5			S6			S7			S8		
	M (kNm)		T (kN)	M (kNm)		T (kN)	M (kNm)		T (kN)	M (kNm)		T (kN)
	üst	alt		üst	alt		üst	alt		üst	alt	
10	83,91	67,56	50,49	42,23	25,63	21,98	71,61	54,81	42,14	78,16	62,88	47,02
9	130,17	94,43	74,87	68,73	46,14	37,68	123,08	109,43	77,50	121,26	88,11	69,79
8	232,94	179,75	137,56	86,51	76,43	54,73	146,34	122,06	89,47	214,01	166,15	126,72
7	262,69	188,46	150,38	86,71	73,69	53,53	226,70	177,63	134,78	239,56	175,25	138,27
6	325,25	246,68	190,64	114,06	96,43	71,78	236,28	195,87	144,05	293,16	227,05	173,41
5	340,50	264,20	201,57	118,98	106,48	75,29	277,57	234,49	170,69	300,94	243,59	181,51
4	359,19	357,12	238,77	125,21	116,97	79,90	274,72	263,63	179,45	317,66	314,68	210,78
3	269,83	442,43	237,42	124,71	151,42	93,84	258,43	321,79	193,41	251,64	373,15	208,26
2	147,81	654,18	267,33	81,85	195,44	92,63	177,32	414,31	197,21	162,69	523,47	228,72
1	177,70	1413,59	308,97	3,76	371,58	90,53	6,32	764,08	189,44	86,10	1118,89	258,20

Tablo 6.34 Yapı 2, 1.çözüm X doğrultusunda etkiyen depremten dolayı oluşan kolon ve perde uç kuvvetleri

Kat	S1			S3			S4			S5		
	M (kNm)		T (kN)	M (kNm)		T (kN)	M (kNm)		T (kN)	M (kNm)		T (kN)
	üst	alt		üst	alt		üst	alt		üst	alt	
10	130,21	105,43	78,55	70,12	53,50	41,20	113,09	94,91	69,34	109,61	94,92	68,18
9	140,05	137,91	92,65	69,00	62,95	43,98	131,93	128,90	86,94	122,63	103,97	75,53
8	148,70	141,75	96,82	70,21	64,04	44,75	125,36	104,28	76,55	175,52	132,75	102,76
7	204,55	197,73	134,09	91,92	84,21	58,71	232,78	200,34	144,37	241,20	206,73	149,31
6	200,81	194,90	131,91	87,41	82,96	56,79	180,33	157,88	112,74	205,36	181,50	128,95
5	252,15	252,95	168,37	99,48	101,60	67,03	253,62	238,69	164,10	258,08	254,88	170,99
4	216,22	205,57	140,60	82,80	89,72	57,51	181,61	224,39	135,33	190,72	272,23	154,32
3	286,03	296,88	194,30	88,40	134,55	74,32	171,25	307,41	159,55	142,69	370,17	170,95
2	153,97	264,30	139,42	26,27	130,86	52,38	44,94	311,04	118,66	3,32	391,37	129,35
1	60,01	269,10	82,28	9,29	226,66	54,34	44,00	567,53	130,88	112,39	820,72	177,08

Kat	S6			S8			P1			P2		
	M (kNm)		T (kN)	M (kNm)		T (kN)	M (kNm)		T (kN)	M (kNm)		T (kN)
	üst	alt		üst	alt		üst	alt		üst	alt	
10	53,56	37,07	30,21	90,96	72,04	54,33	1231,70	991,06	80,22	29,61	15,26	14,96
9	44,78	40,13	28,27	85,33	70,71	52,01	2714,96	1117,16	532,60	20,63	12,27	10,97
8	46,99	39,95	28,98	120,50	84,78	68,43	3099,56	242,46	960,61	26,57	19,21	15,26
7	55,94	48,84	34,93	145,97	116,43	87,47	2545,20	649,53	1064,91	22,62	17,10	13,24
6	53,15	49,74	34,30	127,84	116,40	81,41	1980,14	2576,62	1518,92	26,50	25,31	17,27
5	55,64	58,38	38,01	132,82	141,16	91,43	321,94	4408,43	1575,86	18,89	23,63	14,17
4	46,33	58,66	35,00	104,80	170,55	91,78	1403,21	7333,92	1976,90	19,61	32,04	17,22
3	40,19	92,56	44,24	56,42	243,27	99,90	4282,85	10116,36	1944,50	8,10	30,84	12,98
2	4,70	93,82	29,71	45,00	263,88	72,96	7393,45	14635,41	2413,99	3,68	32,96	12,21
1	26,54	208,64	45,53	112,52	637,54	131,25	12691,88	22458,66	2441,67	6,36	67,92	15,39

Tablo 6.47 Yapı 2, 2.çözüm X doğrultusunda etkiyen depremten dolayı oluşan kolon ve perde uç kuvvetleri

Kat	S1			S3			S4			S5		
	M (kNm)		T (kN)	M (kNm)		T (kN)	M (kNm)		T (kN)	M (kNm)		T (kN)
	üst	alt		üst	alt		üst	alt		üst	alt	
10	115,65	93,41	69,69	47,94	30,76	26,23	80,46	63,57	48,01	79,40	65,28	48,23
9	123,75	121,09	81,61	68,99	50,78	39,92	124,97	114,25	79,74	116,48	88,33	68,27
8	130,43	124,91	85,11	80,82	74,37	51,73	139,54	119,25	86,26	195,32	157,06	117,46
7	175,09	169,12	114,74	79,41	70,44	49,95	213,70	174,41	129,37	212,69	166,14	126,28
6	173,92	170,00	114,64	101,46	91,92	64,46	211,60	180,32	130,64	252,29	210,50	154,26
5	210,52	210,14	140,22	97,34	94,95	64,10	250,73	219,07	156,60	250,35	223,98	158,11
4	188,50	183,10	123,87	100,76	99,35	66,70	231,46	246,02	159,16	252,95	287,96	180,30
3	228,02	243,46	157,16	98,40	129,04	75,81	198,85	296,61	165,15	177,71	344,77	174,16
2	127,67	213,26	113,64	57,67	159,52	72,40	118,19	380,98	166,39	86,31	481,90	189,40
1	54,33	230,37	71,18	10,48	280,38	67,47	50,75	700,08	162,33	138,52	1003,15	216,16

Kat	S6			S8			P1			P2		
	M (kNm)		T (kN)	M (kNm)		T (kN)	M (kNm)		T (kN)	M (kNm)		T (kN)
	üst	alt		üst	alt		üst	alt		üst	alt	
10	38,76	18,89	19,22	69,42	49,61	39,68	1100,58	562,34	179,41	9,25	21,84	19,78
9	53,07	35,12	29,40	93,00	66,79	53,26	2091,14	659,23	477,30	6,42	40,97	21,52
8	55,47	43,06	32,84	141,10	95,07	78,73	2398,05	64,54	777,84	21,19	36,02	16,86
7	60,49	47,92	36,14	168,98	117,46	95,48	2083,96	889,55	991,17	13,19	25,36	22,88
6	65,54	53,98	39,84	171,63	129,10	100,24	1376,48	2351,12	1242,54	26,82	36,93	16,49
5	68,94	61,95	43,63	180,03	149,82	109,95	121,29	4093,85	1405,04	23,13	26,35	21,25
4	65,72	68,16	44,63	167,42	192,58	120,00	1537,80	6388,68	1616,96	37,44	31,20	12,85
3	59,55	100,15	53,23	115,55	265,61	127,05	3824,98	8888,57	1687,87	34,99	15,57	19,07
2	19,98	145,44	55,14	17,55	416,76	144,77	6631,28	12229,92	1866,21	51,24	13,31	15,46
1	51,06	283,42	58,09	196,65	866,68	167,51	10622,31	18590,86	1992,14	92,39	13,25	4,94

Tablo 5.36 Yapı 2, 1.çözüm X doğrultusunda etkiyen depremten dolayı o

Kat	S1			S3		
	M (kNm)		T (kN)	M (kNm)		T (kN)
	üst	alt		üst	alt	
10	164,75	126,88	97,21	105,27	82,51	62,59
9	151,62	146,86	99,50	103,47	96,84	66,77
8	151,32	140,55	97,29	103,03	96,73	66,59
7	189,33	178,63	122,65	133,89	125,73	86,54
6	174,79	168,45	114,42	126,45	122,63	83,03
5	200,45	203,70	134,72	143,42	148,91	97,44
4	162,75	168,39	110,38	117,84	129,08	82,31
3	186,16	242,89	143,02	126,23	191,52	105,92
2	68,30	221,69	96,66	35,92	182,70	72,87
1	3,53	280,18	69,16	18,40	260,82	60,60

Kat	S6			S8		
	M (kNm)		T (kN)	M (kNm)		T (kN)
	üst	alt		üst	alt	
10	84,12	61,04	48,39	147,80	123,16	90,32
9	71,73	66,91	46,21	148,68	127,94	92,21
8	72,91	65,28	46,06	209,83	157,67	122,50
7	86,89	79,22	55,37	261,09	222,87	161,32
6	81,43	78,75	53,39	220,95	210,73	143,89
5	85,89	91,93	59,27	239,56	257,59	165,72
4	70,20	88,11	52,77	184,47	277,67	154,05
3	63,55	136,06	66,54	125,76	381,02	168,93
2	2,91	135,65	44,25	33,57	400,01	122,15
1	38,33	239,09	50,19	146,33	734,38	147,01

luşan kolon ve perde uç kuvvetleri

S4			S5		
M (kNm)		T (kN)	M (kNm)		T (kN)
üst	alt		üst	alt	
169,04	145,75	104,93	167,00	148,07	105,03
201,01	197,71	132,91	191,22	166,56	119,26
187,97	160,76	116,24	276,10	217,28	164,46
354,32	311,29	221,87	383,18	340,04	241,07
272,40	244,22	172,21	320,34	293,12	204,49
385,34	369,09	251,48	407,62	411,60	273,08
271,19	334,82	202,01	294,71	415,03	236,58
261,33	451,37	237,57	234,33	551,95	262,09
72,14	444,94	172,36	16,70	567,91	193,74
66,13	655,26	147,28	157,03	945,83	197,20

P1			P2		
M (kNm)		T (kN)	M (kNm)		T (kN)
üst	alt		üst	alt	
740,90	1370,21	209,77	50,73	77,38	42,70
2288,97	1564,59	241,46	43,14	47,65	30,26
2535,15	588,17	661,67	56,20	62,07	39,42
1592,03	354,00	648,68	53,47	57,49	36,99
796,18	2797,81	1179,35	64,92	63,96	42,96
1676,53	5172,34	1165,27	61,49	52,88	38,13
4073,96	9020,12	1648,72	70,45	52,47	40,98
7987,68	12793,69	1602,00	63,98	33,68	32,55
11916,74	18484,05	2189,10	65,16	23,97	29,71
17881,99	27367,65	2371,42	82,08	0,93	20,29

Tablo 5.50 Yapı 2, 2.çözüm X doğrultusunda etkiyen depremten dolayı o

Kat	S1			S3		
	M (kNm)		T (kN)	M (kNm)		T (kN)
	üst	alt		üst	alt	
10	151,00	115,72	88,91	88,85	66,71	51,85
9	140,94	135,53	92,16	99,32	87,86	62,39
8	140,72	131,34	90,69	101,28	97,99	66,42
7	172,96	163,10	112,02	113,85	106,53	73,46
6	162,70	157,08	106,60	125,53	121,44	82,32
5	182,60	185,03	122,54	123,77	129,51	84,43
4	152,86	158,98	103,95	115,82	127,42	81,08
3	167,08	220,47	129,18	106,27	161,29	89,19
2	65,01	203,50	89,50	48,86	170,82	73,23
1	3,04	258,49	63,86	13,12	255,05	60,48

Kat	S6			S8		
	M (kNm)		T (kN)	M (kNm)		T (kN)
	üst	alt		üst	alt	
10	69,49	45,84	38,44	121,83	98,69	73,51
9	72,83	61,47	44,77	141,37	116,89	86,09
8	71,96	67,55	46,51	205,83	165,07	123,63
7	72,08	65,49	45,86	222,66	184,41	135,69
6	81,00	77,85	52,95	228,54	217,17	148,57
5	72,88	79,43	50,70	202,98	224,32	142,43
4	68,25	85,46	51,19	185,88	272,27	152,72
3	52,80	110,00	54,11	101,29	309,35	136,88
2	15,68	128,36	47,28	17,71	377,48	131,73
1	34,17	236,40	50,56	128,84	728,22	149,85

luşan kolon ve perde uç kuvvetleri

S4			S5		
M (kNm)		T (kN)	M (kNm)		T (kN)
üst	alt		üst	alt	
144,46	122,86	89,11	143,20	125,52	89,58
187,67	181,69	123,12	178,31	151,96	110,09
182,25	159,38	113,88	266,43	218,17	161,53
311,49	269,23	193,58	330,89	287,47	206,12
268,61	243,48	170,70	321,20	296,45	205,88
335,79	320,78	218,86	348,64	354,76	234,47
267,88	327,60	198,49	294,56	405,88	233,48
219,31	383,68	201,00	190,48	466,33	218,94
100,76	415,23	172,00	57,22	529,50	195,58
52,50	637,71	146,30	136,71	915,94	194,81

P1			P2		
M (kNm)		T (kN)	M (kNm)		T (kN)
üst	alt		üst	alt	
685,55	1074,10	129,52	28,81	63,22	30,68
1923,70	1308,24	205,15	38,74	57,99	32,24
2205,86	573,02	546,10	61,87	61,83	41,23
1528,96	492,38	673,78	41,07	43,22	28,10
547,19	2479,81	998,76	65,87	66,92	44,26
1446,96	4886,38	1146,47	53,33	43,34	32,23
3874,04	8208,61	1444,86	67,42	51,37	39,60
7258,35	12032,44	1591,36	54,19	28,40	27,53
11227,10	17012,00	1928,30	61,92	28,08	30,00
16460,11	24936,54	2119,11	81,93	0,82	20,69

ÖZGEÇMİŞ

Ahmet Şeref Bahçecioğlu, 1978 yılında Kayseri’de doğdu. İlk öğrenimini Ahmet Paşa İlkokulu, Orta ve Lise öğrenimini Kayseri Nuh Mehmet Baldöktü Anadolu Lisesi’nde tamamladı. 2001 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümünden mezun olup, aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’na bağlı Yapı Mühendisliği programında yüksek lisans öğrenimine başladı.