

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ VE MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMLERİNİN
ÇOK KATLI BETONARME BİR YAPIDA KIYASLANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Ali İŞSEVER

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ VE MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMLERİNİN
ÇOK KATLI BETONARME BİR YAPIDA KIYASLANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Mehmet Ali İŞSEVER
(501091120)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Turgut ÖZTÜRK

HAZİRAN 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501091120 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Mehmet Ali İŞSEVER**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ VE MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMLERİNİN ÇOK KATLI BETONARME BİR YAPIDA KIYASLANMASI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç.Dr. Turgut ÖZTÜRK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Kutlu DARILMAZ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Nilgün AKTAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **04 Mayıs 2012**
Savunma Tarihi : **06 Haziran 2012**

ÖNSÖZ

“EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ VE MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMLERİNİN ÇOK KATLI BETONARME BİR YAPIDA KIYASLANMASI” adlı yüksek lisans tezimi hazırlamamda, bilgisi ve hoşgörüsü ile yardımlarını esirgemeyip yol gösteren değerli hocam Sayın Doç. Dr. Turgut ÖZTÜRK’e, lisans ve yüksek lisans eğitimimde emeği geçmiş olan bütün İTÜ İnşaat Fakültesi hocalarıma, zor şartlarda beni yetiştiren anneme, her zaman arkamda olduğunu bildiğim abime, bana yardım etmekten usanmayan ablama ve hep yanımda olmasını istediğim Reyhan Kunduracıoğlu’na teşekkürü bir borç bilirim.

Mayıs 2012

Mehmet Ali İŞSEVER
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
2. DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK BİNALAR HAKKINDA YÖNETMELİK 2007 (D.B.Y.B.H.Y. 2007)	3
2.1 Kapsam.....	3
2.2 Düzensiz Binalar	3
2.2.1 Planda düzensizlik durumları.....	3
2.2.1.1 A1 tipi burulma düzensizliği.....	3
2.2.1.2 A2 döşeme süreksizlikleri	5
2.2.1.3 A3 planda çıkıntılar bulunması	6
2.2.2 Düşey doğrultuda düzensizlik durumları	6
2.2.2.1 B1 komşu katlar arası dayanım düzensizliği (Zayıf kat)	6
2.2.2.2 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)	7
2.2.2.3 B3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği	7
2.3 Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması, İkinci Mertebe Etkileri ve Deprem Derzleri.....	10
2.3.1 Etkin görelî kat ötelemelerinin hesaplanması ve sınırlandırılması	10
2.3.2 İkinci mertebe etkileri	10
2.3.3 Deprem derzleri.....	11
2.4 Zemin Koşullarının Belirlenmesi	12
2.4.1 Zemin grupları ve yerel zemin sınıfları.....	12
3. DEPREM YÖNETMELİKLERİNİN DEPREM YÜKÜ HESAP YÖNTEMLERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ.....	15
3.1 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007	15
3.1.1 Eşdeğer deprem yükü yöntemi.....	15
3.1.2 Mod birleştirme yöntemi.....	27
3.1.2.1 Dikkate alınacak dinamik serbestlik dereceleri.....	28
3.1.2.2 Hesaba katılacak yeterli titreşim modu sayısı.....	29
3.1.2.3 Mod katkılarının birleştirilmesi	30
3.1.2.4 Hesaplanan büyüklüklere ait alt sınır değerleri.....	30
3.1.3 Zaman tanım alanında hesap yöntemleri	31
3.1.3.1 Yapay deprem yer hareketleri	31
3.1.3.2 Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri	32
3.1.3.3 Zaman tanım alanında hesap.....	32
3.2 International Building Code 2009	32
3.2.1 Eşdeğer deprem yükü yöntemi.....	34

3.2.1.1 Toplam eşdeğer deprem yükünün belirlenmesi	34
3.2.1.2 Yapının birinci titreşim periyodunun belirlenmesi	35
3.2.1.3 Eşdeğer deprem yükünün katlara dağıtılması	36
3.2.2 Modal spektrum analizi yöntemi.....	36
3.2.2.1 Titreşim modlarının sayısının belirlenmesi.....	36
3.2.2.2 Modların birleştirilmesi.....	36
3.3 Eurocode 8 2009.....	37
3.3.1 Eşdeğer deprem yükü analizi	38
3.3.1.1 Taban kesme kuvveti.....	38
3.3.1.2 Yatay kuvvetlerin dağılımı.....	39
3.3.1.3 Burulma etkileri.....	40
3.3.2 Mod spektrum analizi.....	41
3.3.2.1 Modların birleştirilmesi.....	42
3.3.2.2 Burulma etkileri.....	42
4. İNCELENECEK BETONARME YAPI HAKKINDA BİLGİLER	43
4.1 Binaya Ait Genel Özellikler	43
4.2 Kat Planı	43
4.3 Yük Analizi	45
4.3.1 Sabit yükler (G).....	45
4.3.2 Hareketli yükler (Q).....	45
5. DEPREM YÜKLERİNE GÖRE HESAP	47
5.1 ETABS Modelleme Bilgileri.....	47
5.2 Dinamik Analiz	48
5.3 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile Deprem Yüklerinin Bulunması	54
5.3.1 Yük kombinasyonları	54
5.3.2 Katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin belirlenmesi	54
5.3.2.1 X doğrultusunda deprem yüklerinin belirlenmesi	55
Birinci derece deprem bölgesi için deprem yükleri	55
5.3.2.2 Y doğrultusunda deprem yüklerinin belirlenmesi	55
Birinci derece deprem bölgesi için deprem yükleri	55
5.4 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine Göre Düzensizlik Kontrolleri.....	57
5.4.1 Kat deplasmanları ve A1 burulma düzensizliği kontrolü.....	57
5.4.2 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat) kontrolü	64
5.4.3 Göreli kat ötelemeleri kontrolü	66
5.4.4 İkinci merteye etkilerinin kontrolü.....	67
5.5 Mod Birleştirme Yöntemi ile Deprem Hesabı.....	69
5.5.1 Mod birleştirme yönteminin ETABS programında uygulanması	69
5.5.1.1 Azaltılmış ivme tepki spektrumunun ETABS’da oluşturulması.....	69
5.5.1.2 Taban kesme kuvveti V_t ’nin ETABS’da tanımlanması	70
5.5.1.3 Mod birleştirme yöntemi deprem yüklerinin oluşturulması.....	71
5.5.2 Modal kütle katılım oranları.....	73
5.5.3 Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.....	74
5.6 Mod Birleştirme Yöntemine Göre Düzensizlik Kontrolleri	75
5.6.1 Kat deplasmanları ve A1 burulma düzensizliği kontrolü.....	75
5.6.2 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat) kontrolü	78
5.6.3 Göreli kat ötelemeleri kontrolü	79
5.6.4 İkinci merteye etkilerinin kontrolü.....	81
6. İKİ YÖNTEMİN SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI.....	83
6.1 Taban Kesme Kuvvetlerinin Kıyaslanması	83
6.2 A1 Burulma Düzensizliğinin Kıyaslanması	87

6.3 B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliğinin Kıyaslanması.....	90
6.4 Görelî Kat Ötelemelerinin İncelenmesi.....	92
6.5 İkinci Mertebe Etkilerinin İncelenmesi.....	99
6.6 İç Kuvvetlerin Kıyaslanması	101
6.6.1 Kolon iç kuvvetlerin kıyaslanması.....	101
6.6.1.1 S1 kolonunun iç kuvvetlerinin kıyaslanması	101
6.6.1.2 S6 kolonunun iç kuvvetlerinin kıyaslanması	111
6.6.1.3 S5 kolonunun iç kuvvetlerinin kıyaslanması	120
6.6.2 Perde iç kuvvetlerin kıyaslanması.....	130
6.6.2.1 P1 perdesi iç kuvvetleri kıyaslaması	130
6.6.2.2 P2 perdesi iç kuvvetleri kıyaslaması	139
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	149
KAYNAKLAR	151
ÖZGEÇMİŞ	153

KISALTMALAR

DBYBHY 2007	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007
E.D.Y.Y.	: Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi
TS 500	: Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları
TS 498	: Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüğülerin Hesap Değerleri
M.B.Y.	: Mod Birleştirme Yöntemi
1.D.D.B	: 1. Derece Deprem Bölgesi
2.D.D.B	: 2. Derece Deprem Bölgesi
3.D.D.B	: 3. Derece Deprem Bölgesi
4.D.D.B	: 4. Derece Deprem Bölgesi
Z1	: Z1 Zemin Sınıfı
Z2	: Z2 Zemin Sınıfı
Z3	: Z3 Zemin Sınıfı
Z4	: Z4 Zemin Sınıfı

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1	: Zemin grupları.....	12
Çizelge 2.2	: Yerel zemin sınıfları.....	13
Çizelge 3.1	: Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar.	15
Çizelge 3.2	: Hareketli yük katılım katsayısı.....	17
Çizelge 3.3	: Etkin yer ivmesi katsayısı.....	17
Çizelge 3.4	: Bina önem katsayısı.....	18
Çizelge 3.5	: Yerel zemin sınıfları.....	19
Çizelge 3.6	: Spektrum karakteristik periyotları.....	20
Çizelge 3.7	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R).....	25
Çizelge 3.8	: Deprem yükü hesap yönteminin seçimi.	33
Çizelge 3.9	: Yapı Önem Kategorileri.....	33
Çizelge 3.10	: Sismik dizayn kategorileri.....	34
Çizelge 3.11	: Yapı tipine göre Ct ve x değerleri.....	35
Çizelge 5.1	: Binanın doğal titreşim periyotları ve kütle katılım oranları.....	49
Çizelge 5.2	: X doğrultusunda eşdeğer deprem yükü hesabı.....	56
Çizelge 5.3	: Y doğrultusunda eşdeğer deprem yükü hesabı.....	56
Çizelge 5.4	: E.D.Y.Y. X doğrultusunda (+ %5) A1 burulma düzensizliği kontrolü.....	57
Çizelge 5.5	: E.D.Y.Y. X doğrultusunda (- %5) A1 burulma düzensizliği kontrolü.....	58
Çizelge 5.6	: E.D.Y.Y. Y doğrultusunda (+ %5) A1 burulma düzensizliği kontrolü.....	59
Çizelge 5.7	: E.D.Y.Y. Y doğrultusunda (- %5) A1 burulma düzensizliği kontrolü.....	59
Çizelge 5.8	: E.D.Y.Y. X doğrultusunda (+ %5) A1 burulma düzensizliği kontrolü (2. Çözüm).....	61
Çizelge 5.9	: E.D.Y.Y. X doğrultusunda (- %5) A1 burulmadüzensizliği kontrolü (2. Çözüm).....	61
Çizelge 5.10	: E.D.Y.Y. Y doğrultusunda (+ %5) A1 burulma düzensizliği kontrolü (2. Çözüm).....	62
Çizelge 5.11	: E.D.Y.Y. Y doğrultusunda (- %5) A1 burulmadüzensizliği kontrolü (2. Çözüm).....	63
Çizelge 5.12	: E.D.Y.Y. X doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği kontrolü.....	64
Çizelge 5.13	: E.D.Y.Y. Y doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği kontrolü.....	65
Çizelge 5.14	: E.D.Y.Y. X doğrultusunda göreceli kat ötelemeleri hesabı.....	66
Çizelge 5.15	: E.D.Y.Y. Y doğrultusunda göreceli kat ötelemeleri hesabı.....	67
Çizelge 5.16	: E.D.Y.Y. X doğrultusunda ikinci mertebe etkileri kontrolü.....	68
Çizelge 5.17	: E.D.Y.Y. Y doğrultusunda ikinci mertebe etkileri kontrolü.....	68
Çizelge 5.18	: Zaman-İvme fonksiyonu (response spectrum function).....	69
Çizelge 5.19	: Mod birleştirme yöntemi modal kütle katılım oranları.....	73
Çizelge 5.20	: Taban kesme kuvvetleri karşılaştırması.....	74

Çizelge 5.21 : D katsayısının hesabı.....	74
Çizelge 5.22 : M.B.Y. X doğrultusunda (+ %5) A1 burulma düzensizliği kontrolü.	75
Çizelge 5.23 : M.B.Y. X doğrultusunda (- %5) A1 burulma düzensizliği kontrolü.	76
Çizelge 5.24 : M.B.Y. Y doğrultusunda (+ %5) A1 burulma düzensizliği kontrolü.	76
Çizelge 5.25 : M.B.Y. Y doğrultusunda (- %5) A1 burulma düzensizliği kontrolü.	77
Çizelge 5.26 : M.B.Y. X doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği kontrolü.....	78
Çizelge 5.27 : M.B.Y. Y doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği kontrolü.....	79
Çizelge 5.28 : M.B.Y. X doğrultusunda görelî kat ötelemeleri hesabı.....	79
Çizelge 5.29 : M.B.Y. Y doğrultusunda görelî kat ötelemeleri hesabı.....	80
Çizelge 5.30 : M.B.Y. X doğrultusunda ikinci mertebe etkileri kontrolü.	81
Çizelge 5.31 : M.B.Y. Y doğrultusunda ikinci mertebe etkileri kontrolü.	82
Çizelge 6.1 : Z1 için E.D.Y.Y ve M.B.Y ile bulunan (VT) değerleri.....	83
Çizelge 6.2 : Z2 için E.D.Y.Y ve M.B.Y ile bulunan (VT) değerleri.....	84
Çizelge 6.3 : Z3 için E.D.Y.Y ve M.B.Y ile bulunan (VT) değerleri.....	84
Çizelge 6.4 : Z4 için E.D.Y.Y ve M.B.Y ile bulunan (VT) değerleri.....	85
Çizelge 6.5 : Z2 için A1 burulma düzensizliği katsayıları (η_{bi}).....	87
Çizelge 6.6 : Z2 için B2 düzensizliği katsayıları (η_{ki}).	90
Çizelge 6.7 : Z1 için hesaplanmış olan görelî kat ötelemeleri.....	93
Çizelge 6.8 : Z2 için hesaplanmış olan görelî kat ötelemeleri.....	94
Çizelge 6.9 : Z3 için hesaplanmış olan görelî kat ötelemeleri.....	95
Çizelge 6.10 : Z4 için hesaplanmış olan görelî kat ötelemeleri.....	96
Çizelge 6.11 : Z2 için ikinci mertebe etkisi katsayıları (Θ_i).	99
Çizelge 6.12 : Z1 için S1 kolonu M3 değerleri.....	102
Çizelge 6.13 : Z2 için S1 kolonu M3 değerleri.....	103
Çizelge 6.14 : Z3 için S1 kolonu M3 değerleri.....	104
Çizelge 6.15 : Z4 için S1 kolonu M3 değerleri.....	105
Çizelge 6.16 : Z1 için S1 kolonu V2 değerleri.	106
Çizelge 6.17 : Z2 için S1 kolonu V2 değerleri.	107
Çizelge 6.18 : Z3 için S1 kolonu V2 değerleri.	108
Çizelge 6.19 : Z4 için S1 kolonu V2 değerleri.	109
Çizelge 6.20 : Z2 için S1 kolonu P değerleri.....	110
Çizelge 6.21 : Z1 için S6 kolonu M3 değerleri.....	111
Çizelge 6.22 : Z2 için S6 kolonu M3 değerleri.....	112
Çizelge 6.23 : Z3 için S6 kolonu M3 değerleri.....	113
Çizelge 6.24 : Z4 için S6 kolonu M3 değerleri.....	114
Çizelge 6.25 : Z1 için S6 kolonu V2 değerleri.	116
Çizelge 6.26 : Z2 için S6 kolonu V2 değerleri.	117
Çizelge 6.27 : Z3 için S6 kolonu V2 değerleri.	118
Çizelge 6.28 : Z4 için S6 kolonu V2 değerleri.	119
Çizelge 6.29 : Z2 için S6 kolonu P değerleri.....	120
Çizelge 6.30 : Z1 için S5 kolonu M3 değerleri.....	121
Çizelge 6.31 : Z2 için S5 kolonu M3 değerleri.....	122
Çizelge 6.32 : Z3 için S5 kolonu M3 değerleri.....	123
Çizelge 6.33 : Z4 için S5 kolonu M3 değerleri.....	124
Çizelge 6.34 : Z1 için S5 kolonu V2 değerleri.	125
Çizelge 6.35 : S5 kolonu P değerleri.	129
Çizelge 6.36 : P1 perdesi 13. kat M3 değerleri.....	130
Çizelge 6.37 : P1 perdesi 10. kat M3 değerleri.....	131
Çizelge 6.38 : P1 perdesi 5. kat M3 değerleri.....	132
Çizelge 6.39 : P1 perdesi Zemin kat M3 değerleri.	133

Çizelge 6.40 : P1 perdesi 13. kat V2 değerleri.	134
Çizelge 6.41 : P1 perdesi 10. kat V2 değerleri.	135
Çizelge 6.42 : P1 perdesi 5. kat V2 değerleri.	136
Çizelge 6.43 : P1 perdesi Zemin kat V2 değerleri.	137
Çizelge 6.44 : Z2 için P1 perdesi P değerleri.	138
Çizelge 6.45 : P2 perdesi 13. kat M3 değerleri.....	139
Çizelge 6.46 : P2 perdesi 10. kat M3 değerleri.....	140
Çizelge 6.47 : P2 perdesi 5. kat M3 değerleri.....	141
Çizelge 6.48 : P2 perdesi Zemin kat M3 değerleri.	142
Çizelge 6.49 : P2 perdesi 13. kat V2 değerleri.	143
Çizelge 6.50 : P2 perdesi 10. kat V2 değerleri.	144
Çizelge 6.51 : P2 perdesi 5. kat V2 değerleri.	145
Çizelge 6.52 : P2 perdesi Zemin kat V2 değerleri.	146
Çizelge 6.53 : Z2 için P2 perdesi P değerleri.	147

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	: A1 Burulma Düzensizliği.....	4
Şekil 2.2	: A2 düzensizlik durumu-1.....	5
Şekil 2.3	: A2 düzensizlik durumu 2 ve 3.....	5
Şekil 2.4	: A-3 türü düzensizlik durumu.....	6
Şekil 2.5	: B3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği (a).....	8
Şekil 2.6	: B3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği (b).....	8
Şekil 2.7	: B3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği (c).....	9
Şekil 2.8	: B3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği (d).....	9
Şekil 3.1	: Zaman-Spektrum katsayısı grafiği.....	20
Şekil 3.2	: F_{fi} katlara etkiyen fiktif yüklerin elde edilmesi.....	21
Şekil 3.3	: Kat ağırlıkları ve katlara gelen deprem yükleri.....	22
Şekil 3.4	: Rijit bodrum kata sahip binada üst katlar için yapılacak E.D.Y. hesabı.....	23
Şekil 3.5	: Bodrum kata ait eşdeğer deprem yükü hesabı.....	24
Şekil 3.6	: Kütle merkezinin yeri ve kaydırılmış kütle merkezinin konumları.....	24
Şekil 3.7	: Planda düzensiz ve kat seviyesinde tek bir rijit diyaframa sahip olmayan yapıya deprem yüklerinin uygulanması.....	26
Şekil 3.8	: X ve y doğrultusunda depremin ortak etkisi.....	27
Şekil 4.1	: Normal kat kalıp planı.....	44
Şekil 5.1	: Binanın ETABS programında 3D Modeli.....	48
Şekil 5.2	: Binanın ETABS programıyla bulunan 1. mod şekli.....	51
Şekil 5.3	: Binanın X doğrultusundaki 1. Modu.....	52
Şekil 5.4	: Binanın Y doğrultusundaki 1. Modu.....	53
Şekil 5.5	: ETABS programında zaman-ivme fonksiyonunun tanımlanması.....	72
Şekil 5.6	: ETABS programında response spektrum case'in tanımlanması.....	72
Şekil 6.1	: Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırması (kN).....	86
Şekil 6.2	: 1.D.D.B A1 düzensizliği katsayıları karşılaştırması.....	88
Şekil 6.3	: 2.D.D.B A1 düzensizliği katsayıları karşılaştırması.....	88
Şekil 6.4	: 3.D.D.B A1 düzensizliği katsayıları karşılaştırması.....	89
Şekil 6.5	: 4.D.D.B A1 düzensizliği katsayıları karşılaştırması.....	89
Şekil 6.6	: 1.D.D.B B2 düzensizliği katsayıları karşılaştırması.....	91
Şekil 6.7	: 2.D.D.B B2 düzensizliği katsayıları karşılaştırması.....	91
Şekil 6.8	: 3.D.D.B B2 düzensizliği katsayıları karşılaştırması.....	92
Şekil 6.9	: 4.D.D.B B2 düzensizliği katsayıları karşılaştırması.....	92
Şekil 6.10	: 1.D.D.B Göreli kat ötelemeleri karşılaştırması.....	97
Şekil 6.11	: 2.D.D.B Göreli kat ötelemeleri karşılaştırması.....	97
Şekil 6.12	: 3.D.D.B Göreli kat ötelemeleri karşılaştırması.....	98
Şekil 6.13	: 4.D.D.B Göreli kat ötelemeleri karşılaştırması.....	98
Şekil 6.14	: İkinci mertebe etkisi katsayıları (Θ_i).....	101
Şekil 6.15	: Z1 için S1 kolonunun M3 karşılaştırması.....	102
Şekil 6.16	: Z2 için S1 kolonunun M3 karşılaştırması.....	103
Şekil 6.17	: Z3 için S1 kolonunun M3 karşılaştırması.....	104
Şekil 6.18	: Z4 için S1 kolonunun M3 karşılaştırması.....	105

Şekil 6.19 : Z1 için S1 kolonunun V2 karşılaştırması.	107
Şekil 6.20 : Z2 için S1 kolonunun V2 karşılaştırması.	108
Şekil 6.21 : Z3 için S1 kolonunun V2 karşılaştırması.	109
Şekil 6.22 : Z4 için S1 kolonunun V2 karşılaştırması.	110
Şekil 6.23 : Z1 için S6 kolonunun M3 karşılaştırması.	112
Şekil 6.24 : Z2 için S6 kolonunun M3 karşılaştırması.	113
Şekil 6.25 : Z3 için S6 kolonunun M3 karşılaştırması.	114
Şekil 6.26 : Z4 için S6 kolonunun M3 karşılaştırması.	115
Şekil 6.27 : Z1 için S6 kolonunun V2 karşılaştırması.	116
Şekil 6.28 : Z2 için S6 kolonunun V2 karşılaştırması.	117
Şekil 6.29 : Z3 için S6 kolonunun V2 karşılaştırması.	118
Şekil 6.30 : Z4 için S6 kolonunun V2 karşılaştırması.	119
Şekil 6.31 : Z1 için S5 kolonunun M3 karşılaştırması.	121
Şekil 6.32 : Z2 için S5 kolonunun M3 karşılaştırması.	122
Şekil 6.33 : Z3 için S5 kolonunun M3 karşılaştırması.	123
Şekil 6.34 : Z4 için S5 kolonunun M3 karşılaştırması.	124
Şekil 6.35 : Z1 için S5 kolonunun V2 karşılaştırması.	126
Şekil 6.36 : Z2 için S5 kolonu V2 değerleri.	126
Şekil 6.37 : Z2 için S5 kolonunun V2 karşılaştırması.	127
Şekil 6.38 : Z3 için S5 kolonu V2 değerleri.	127
Şekil 6.39 : Z3 için S5 kolonunun V2 karşılaştırması.	128
Şekil 6.40 : Z4 için S5 kolonu V2 değerleri.	128
Şekil 6.41 : Z4 için S5 kolonunun V2 karşılaştırması.	129
Şekil 6.42 : P1 perdesi 13. kat M3 değerleri karşılaştırması.	131
Şekil 6.43 : P1 perdesi 10. kat M3 değerleri karşılaştırması.	132
Şekil 6.44 : P1 perdesi 5. kat M3 değerleri karşılaştırması.	133
Şekil 6.45 : P1 perdesi Zemin kat M3 değerleri karşılaştırması.	134
Şekil 6.46 : P1 perdesi 13. kat V2 değerleri karşılaştırması.	135
Şekil 6.47 : P1 perdesi 10. kat V2 değerleri karşılaştırması.	136
Şekil 6.48 : P1 perdesi 5. kat V2 değerleri karşılaştırması.	137
Şekil 6.49 : P1 perdesi Zemin kat V2 değerleri karşılaştırması.	138
Şekil 6.50 : P2 perdesi 13. kat M3 değerleri karşılaştırması.	140
Şekil 6.51 : P2 perdesi 10. kat M3 değerleri karşılaştırması.	141
Şekil 6.52 : P2 perdesi 5. kat M3 değerleri karşılaştırması.	142
Şekil 6.53 : P2 perdesi Zemin kat M3 değerleri karşılaştırması.	143
Şekil 6.54 : P2 perdesi 13. kat V2 değerleri karşılaştırması.	144
Şekil 6.55 : P2 perdesi 10. kat V2 değerleri karşılaştırması.	145
Şekil 6.56 : P2 perdesi 5. kat V2 değerleri karşılaştırması.	146
Şekil 6.57 : P2 perdesi Zemin kat V2 değerleri karşılaştırması.	147

EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ VE MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMLERİNİN ÇOK KATLI BETONARME BİR YAPIDA KIYASLANMASI

ÖZET

Yaşanan depremler sonucu karşılaşılan can ve mal kayıpları, deprem riski olan bölgelerde deprem yönetmeliklerinin oluşturulması zorunluluğunu ortaya koymuştur. Bu doğal afeti en düşük hasarla atlattmak için yaşanılacak depremde yapının maruz kalacağı deprem yüklerini en gerçekçi şekilde yapıya etkirmek deprem yönetmelikleri için önemli bir konudur. Bu sebepten deprem bölgelerinde yapılacak yapılarda yapıya etkileyen deprem yükünün hesap yönteminin seçimi önemlidir. Bu yüklerin hesaplanmasında ulusal ve uluslararası standartlar lineer ve nonlineer olmak üzere çeşitli yöntemler sunmaktadır. Bu yöntemlerden sisteme uygun olanının belirlenmesi, deprem yükünün hesabı ve yapı elemanlarına dağıtılması önemlidir. Aksi takdirde elde edilen sonuçlar olması gerekenden farklı sonuçlar verecektir. Deprem yönetmeliğimizde deprem yükü hesap yöntemleri, uygulanabilecekleri yapısal sistemlerle birlikte verilmiştir. Bu hesap yöntemleri; eşdeğer deprem yükü yöntemi, mod birleştirme yöntemi ve zaman tanım alanında hesap yöntemidir.

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007’de verilen deprem yükü hesap yöntemlerinden, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi bugüne kadarki deprem yönetmeliklerimizde yer alan bir yöntemdir. Bu yöntemle yapıya etkileyecek olan yük; yapının bulunduğu, yönetmeliğimizde tanımlanan deprem bölgesi ve zemin koşulları, yapının dinamik özellikleri, kütle dağılımı ve yapının deprem anındaki önemi gibi değişkenler dikkate alınarak yaklaşık olarak hesaplanır. Bu yük yapıya statik bir yük olarak dağıtılır. Mod birleştirme yönteminde ise, dinamik bir yöntem olup maksimum iç kuvvetler ve yer değiştirmeler, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilir. Yapı sisteminin davranışının, her bir serbest titreşim modunun deprem hareketine olan cevabının ayrı ayrı elde edilmesinden sonra birleştirilmesi ile bulunabileceği esasına dayanır. Deprem yönetmeliğimizde önerilen bir başka çözüm yöntemi ise Zaman Tanım Alanında Çözümdür. Bu yöntemde daha önceden kaydedilen veya yapay yollarla üretilen deprem kayıtları kullanılır. Çözümde doğrudan integrasyon ile dinamik analiz yapılır.

Yüksek lisans tezi olarak sunulan bu çalışmada; dört farklı deprem bölgesinde ve dört farklı zemin sınıfında, deprem yönetmeliğimizde verilen eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemi 15 katlı bir yapı üzerinde incelenmiştir.

Yedi bölüm halinde sunulan çalışmanın birinci bölümünde, konunun tanıtılmasına yer verilmiştir.

İkinci bölümde Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (2007) hakkında gerekli bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik(2007), Eurocode8(2004) ve International Building Code(2009)

yönetmeliklerinin deprem yükü hesap yöntemlerinin seçimi ve bu yöntemlerin uygulanmasına değinilmiştir.

Dördüncü bölümde, incelenecek olan betonarme yapı hakkında genel bilgiler verilmiştir.

Beşinci bölümde, ETABS analiz programı ile yapının 4 farklı deprem bölgesi için hem eşdeğer deprem yükü yöntemine hem de mod birleştirme yöntemine göre analizi açıklanmıştır.

Altıncı bölümde ise, bütün deprem bölgeleri ve zemin sınıfları için ETABS programından elde edilen analiz sonuçlarının karşılaştırması yapılmıştır.

Yedinci bölümde ise, sonuçlar değerlendirilerek öneriler verilmiştir.

COMPARING OF EQUIVALENT SEISMIC LOAD METHOD AND MODE SUPERPOSITION METHOD ON MULTI-STORY REINFORCED CONCRETE BUILDING

SUMMARY

Considerable losses of life and properties as a result of the destruction caused by the earthquakes necessitated new earthquake and construction regulations for the earthquake zones. In order to reduce the damages caused by this natural disaster, the earthquake and construction regulations give importance to the precise calculation of the force of earthquakes affecting the buildings. Thus, it is important to choose the appropriate methods to calculate the force of earthquakes that affect the buildings, which are referred as seismic load calculation methods.

National and international standards present different linear and nonlinear methods to calculate the seismic load. However, choosing the appropriate method, calculating the seismic load and distributing it over structural elements have important consequences, since different methods would yield different results from that of the appropriate one. Turkish seismic code outlines the seismic load calculation methods in accordance with the structural systems/elements on which these methods can be used. These methods include Equivalent Seismic Load Method, Mode Superposition Method and Time Increment Methods.

Equivalent Seismic Load Method, which is included both in Turkish seismic code of 2007 and in our earlier seismic and building codes, is a widespread seismic calculation method. It is sometimes referred as semi-dynamic or semi-static method. According to this model, the force that will affect the building is calculated approximately by using following parameters: the seismic property of the area, local soil conditions, the dynamic features of the structure, mass distribution and function of the building, and finally the significance of the structure during the earthquake. The earthquake force is applied to the building as a static load.

Mode Superposition Method, on the other hand, is a dynamic method. According to this method, in order obtain the maximum internal forces and displacements, the maximum contributions of each adequate vibration modes are calculated and then these contributions are combined statistically. This calculation method is based on the assumption that behavior of structure can be calculated by combining the responses of each independent mode vibration to the earthquake move, which are obtained separately.

Yet another method included in our seismic code is Time Increment Methods. In this method, earthquake time history, which is recorded by previous earthquakes or obtained by simulations, is used. The calculation of this method is analyzed dynamically with direct integration.

This thesis investigates the equivalent seismic load and mode superposition methods, which are used in building and seismic codes, with a fifteen-floor concrete reinforced building in four earthquakes zones and four soil classes. The building under consideration consists of a basement floor, a ground floor and 13 official stories. It is designed as an apartment. The ground floor, basement floor and official stories are three-meter height. The ground floor is surrounded by 30-cm rigid shear walls.

The structural model of the building is analyzed using three-dimensional ETABS program. The building is modeled as three-dimensional frame system. Columns and beams are modeled as one-dimensional frames, and slabs are modeled as membrane elements. Shear elements are modeled as two-dimensional shell elements and are separated into meshes in accordance with finite elements rationale. The design is realized by assigning rigid planar diaphragm at all floor levels.

In ETABS program, the natural of vibration periods of the building are found by using dynamic analysis. After that, two different methods are used to determine the section effects under loads: equivalent seismic load and mode superposition methods. The results of these different methods are compared for four earthquakes zones and four soil classes.

In these analyses, load combinations are assigned to the structural elements according to Turkish Standards (TS) 500. In addition, the requirements of D.B.Y.B.H.Y 2007 for the load combinations such as additional dimensional contributions are used. Thus, 64 seismic load combinations are constructed to be applied to the building. Since the building is symmetric in two directions, combinations with 0.9 G are not used, leaving 16 seismic load combinations to be used.

This study is presented in seven chapters. The first chapter introduces the research topic and explains the research design.

The second one gives detailed information about the Turkish seismic code of 2007. Furthermore, this chapter also gives information about the scope of the seismic code, the irregularities defined in the seismic code, the restrictions for story drifts, second-order effects and earthquake joints, and soil conditions.

The third chapter explains the choice of seismic load calculation methods, and calculation steps as discussed in Turkish Seismic Code (2007), Eurocode (2004) and Uniform Building Code (2009).

The fourth chapter gives general information on the concrete reinforced tall story building, which will be examined in the next chapter.

The fifth chapter explains the equivalent seismic load and mode superposition method analyses done for all earthquake zones and soil classes by focusing on Z2 soil class and second degree earthquake zone in detail. For this analysis, ETABS program is used.

In the sixth chapter, the results that are obtained by using equivalent seismic load and mode superposition methods for earthquakes zones and soil classes obtained by the ETABS program for each method are compared.

In the final chapter, the results are evaluated and suggestions are offered. One of the findings of this comparison is that when seismic base shear force values are compared the values obtained by using mode superposition method are 10 percent smaller than the values obtained by using equivalent seismic load method.

When irregularities are examined, it is found that the values calculated by using equivalent seismic load method are higher than those obtained by using mode superposition method. In addition, this difference does not change according to earthquake zones and soil classes.

Moreover, all internal forces calculated by using equivalent seismic load method are higher than the forces calculated by using mode superposition method. This difference is more significant in columns in comparison to the shear walls.

1. GİRİŞ

Deprem bölgelerinde yapılan yapıların taşıyıcı sistemlerinin tasarımında, deprem kuvvetlerinin güvenli bir şekilde karşılanıp temele aktarılması ana unsurlardan biridir. Ne zaman, ne şiddette ve nerede karşılaşılabileceği belirsiz olan depremlerin yapı üzerinde yaratacağı etkilerin kesin olarak bilinmesi mümkün değildir. Ancak çeşitli yaklaşımlarla, depremin yapıya olan etkileri belirlenebilir.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında en önemli kaynak deprem yönetmelikleridir. Deprem yönetmelikleri ait oldukları bölgelerin sismik koşulları doğrultusunda yapıların depreme dayanıklı tasarımı için uyulması gereken kuralları içerirler. Ülkemizde bu kurallar Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007’de verilmiştir.

Deprem yönetmeliğimizin temelinde, uluslararası yönetmeliklerde de olduğu gibi düşük şiddetteki depremlerde yapının taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlarında hasar oluşmaması, orta şiddetteki depremlerde taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlarda oluşacak olan hasarın onarılabilir düzeyde olması, şiddetli depremlerde ise can kaybına neden olmayacak şekilde kalıcı hasarların sınırlandırılması ilkesi yatar.

Bu çalışma kapsamında, taşıyıcı sistemi betonarme perde ve çerçeveden oluşan bir bina deprem yönetmeliğimizde tanımlanan deprem bölgeleri ve yerel zemin sınıfları için yine deprem yönetmeliğimizde açıklanan Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi ile analiz edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

2. DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK BİNALAR HAKKINDA YÖNETMELİK 2007 (D.B.Y.B.H.Y. 2007)

2.1 Kapsam

Deprem Yönetmeliklerinin amacı yapıya ait taşıyıcı sistemin yatay ve düşey yükleri yapının en üstünden temel zeminine kadar aktarmasını sağlamaktır. Bu amaca yönelik olarak deprem yönetmelikleri yapının yeterli rijitlik, kararlılık ve dayanımı sağlaması için konstrüktif kurallardan ve hesaplardan oluşur. Deprem yönetmelikleri hazırlandıkları tarihe kadarki teorik araştırmalardan, yapılan uygulamalarda edinilen tecrübelerden ve deprem sonrası incelemelerden elde edilen sonuçlara göre hazırlanmaktadır.

Deprem Yönetmeliklerinin genel eğilimi sünek taşıyıcı sistemlerin kullanımını teşvik etmek yönündedir. Deprem yönetmelikleri olasılıklar göz önüne alınarak hazırlanır ve olasılıklar dâhilinde tasarlanan yapının deprem sonrasında kullanılamaz olsa bile kısmen ya da tamamen göçmesi istenmemektedir. DBYBHY’te yapı önem katsayısı $I=1$ olan binalar için dönüşüm periyodu 475 yıl ve 50 yıllık süre içindeki aşılma olasılığı olan %10 olan yer hareketlerine karşı tasarlanan yapılara karşılık gelmektedir [1].

2.2 Düzensiz Binalar

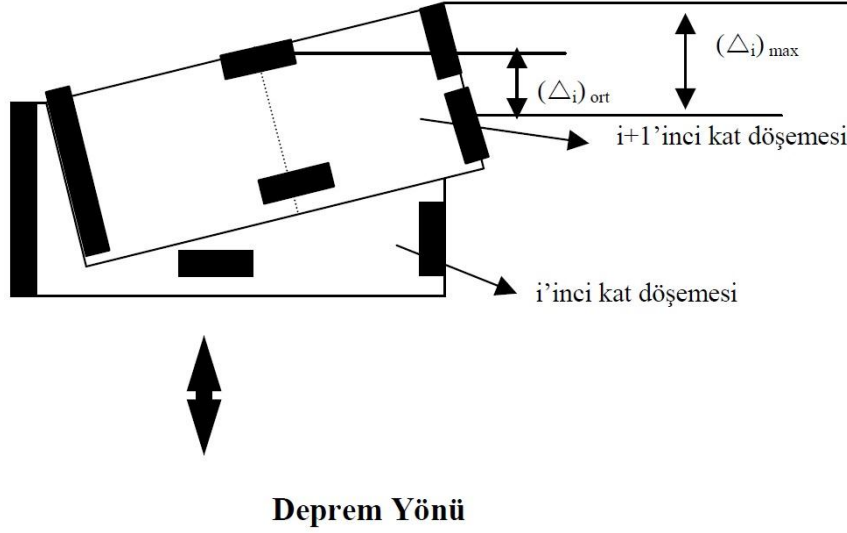
Depreme dayanıklı yapı tasarımında kaçınılması gereken birçok düzensizlik tipi vardır. Bu düzensizlikler yapı boyutlarının ve şeklinin mimari tasarım gereği basitlikten uzak ya da asimetrik olması, kat yüksekliklerindeki farklılıklar, kısa kolonların oluşturulması, rijitlik dağılımı gibi nedenlerden ortaya çıkabilir.

2.2.1 Planda düzensizlik durumları

2.2.1.1 A1 tipi burulma düzensizliği

Bu tür düzensizlik deprem hesap yönteminin seçiminde etken olan düzensizliktir. Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en

büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden Burulma düzensizliği katsayısı η_{bi} 'nin 1,2'den büyük olması durumudur.



Şekil 2.1 : A1 Burulma Düzensizliği.

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

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

Kütle merkezi yapının geometrik merkezi, rijitlik merkezi ise deprem yüklerine karşı çalışan düşey taşıyıcı elemanların ağırlık merkezidir. Yapıya deprem kuvvetleri yapının kütle merkezinden etkimektedir. Buna karşın rijitlik merkezi etrafında döner. Rijitlik merkezi ve kütle merkezi çakışan her iki doğrultuda simetrik yapılarda deprem yönetmeliği uyarınca %5 minimum dış merkezlilik uygulanmasını öngörür. Deprem yönetmeliği burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} > 1,2$ olduğuunda ekdışmerkezliliği arttırarak yapının burulma durumunda daha elverişsiz iç kuvvetlere maruz kaldığını öngörerek güvenli tarafta kalma yoluna gider. A1 tipi burulma düzensizliği olması durumunda $1,2 < \eta_{bi} < 2,0$ olmak koşulu ile bu katta uygulanan ± 5 ekdışmerkezlik değeri, her iki deprem doğrultusu için Denklem (2.3)'de verilen Di katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir.

Bu yüzden deprem hesabı yapılan tüm yapılarda burulma gerçekleşir. Önemli olan ise bu durumun mertebesinin A1 Burulma Düzensizliği yaratmayacak bir mertebede tutulmasıdır.

$$D_i = \left(\frac{\eta_{bi}}{1.2} \right)^2 \quad (2.3)$$

2.2.1.2 A2 döşeme süreksizlikleri

Bu düzensizlik türü döşeme sistemlerinde bulunan boşluklardan dolayı, kat düzleminin rijit diyafram olarak çalışmaması ve planda süreksizlik oluşması şeklinde ortaya çıkar.

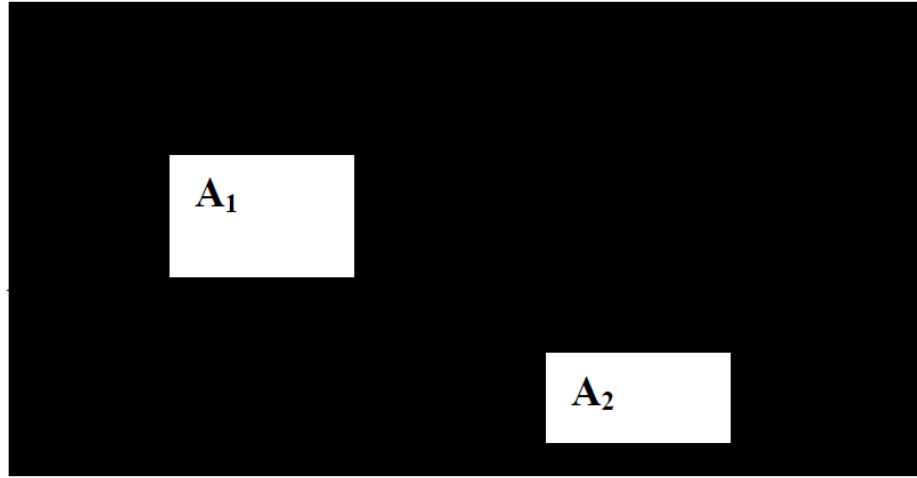
Bir kat seviyesindeki döşemelerin toplam alanı döşemelerdeki boşlukların toplam alanından üç kat fazla olmalıdır.

$$A_b / A > 1/3 \quad (2.4)$$

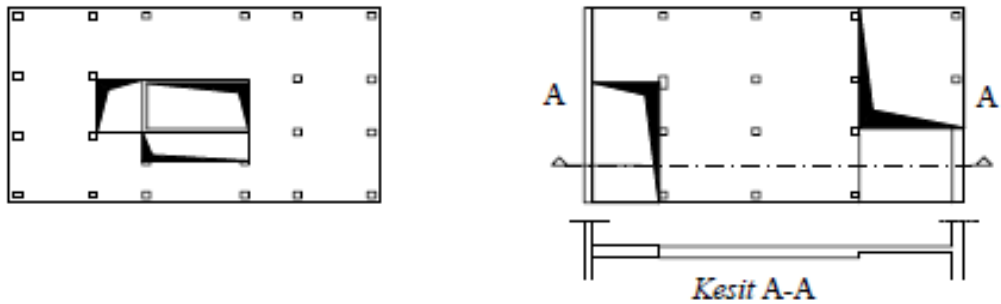
Bu ifadede;

A_b :Boşluk alanları toplamı (A_1+A_2)

A :Brüt kat alanı olarak tanımlanmıştır.



Şekil 2.2 : A2 düzensizlik durumu-1.



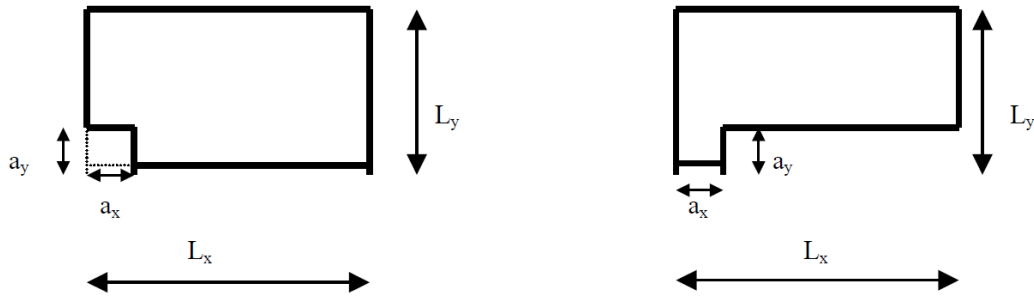
Şekil 2.3 : A2 düzensizlik durumu 2 ve 3.

2.2.1.3 A3 planda çıkıntılar bulunması

Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin, binanın o katının aynı doğrultudaki toplam boyutlarının %20'sinden daha büyük olması oluşan düzensizlik durumudur.

$$A_x > 0.2 L_x \text{ ve/veya } a_y > 0.2 L_y$$

L_x , L_y , a_x , a_y ifadeleri Şekil 2.4 görüldüğü gibidir.



Şekil 2.4 : A-3 türü düzensizlik durumu.

2.2.2 Düşey doğrultuda düzensizlik durumları

2.2.2.1 B1 komşu katlar arası dayanım düzensizliği (Zayıf kat)

Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanının, bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı η_{ci} 'nin 0.80'den küçük olması ile karşılaşılan düşeyde düzensizlik durumudur.

$$[\eta_{ci} = (\sum Ae)_i / (\sum Ae)_{i+1} < 0.8] \quad (2.5)$$

$$\sum Ae = \sum Aw + \sum Ag + 0.15 \sum Ak \quad (2.6)$$

Bu ifadede:

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

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

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

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

B1 türü düzensizliğin bulunduğu binalarda, göz önüne alınan i'inci kattaki dolgu duvarı alanlarının toplamı bir üst kattakine göre fazla ise, η_{ci} 'nin hesabında dolgu duvarları gözönüne alınmayacaktır. $0.60 < (\eta_{ci})_{min} < 0.80$ aralığında Çizelge 3.7'de verilen taşıyıcı sistem davranış katsayısı, $1.25 (\eta_{ci})_{min}$ değeri ile çarpılarak her iki deprem doğrultusunda da binanın tümüne uygulanacaktır. Ancak hiçbir zaman $\eta_{ci} < 0.60$ olmayacaktır. Aksi durumda, zayıf katın dayanımı ve rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.

2.2.2.2 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)

Bu tip düzensizlik A1 tipi düzensizlikte olduğu gibi deprem hesap yönteminin seçiminde etkindir. Bu düzensizlik birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat öteleme oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat öteleme oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki} 'nin 2.0'dan fazla olması durumudur. Görelî kat ötelemeleri hesabı $\pm\% 5$ ek dışmerkezlilik etkileri de gözönüne alınarak yapılacaktır.

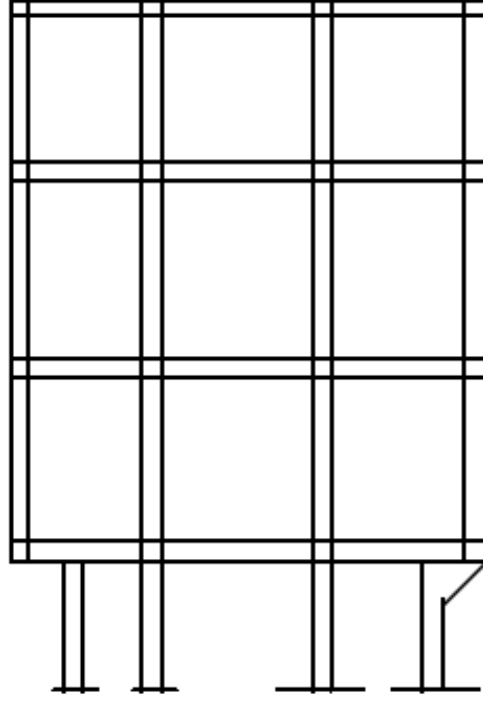
$$\begin{aligned} [\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / =(\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort} > 2.0] \quad \text{veya} \\ [\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / =(\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort} > 2.0] \end{aligned} \quad (2.7)$$

2.2.2.3 B3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği

B3 türü düzensizliğin bulunduğu binalara ilişkin koşullar, bütün deprem bölgelerinde uygulanmak üzere, aşağıda belirtilmiştir:

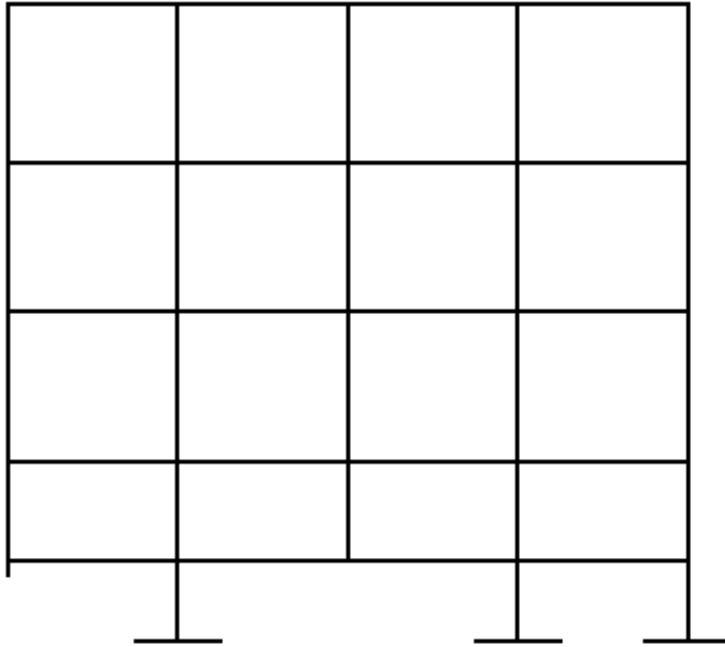
(a) Kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan güselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.

(b) Kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı düğüm noktalarına birleşen diğer kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri % 50 oranında arttırılacaktır.



(a)

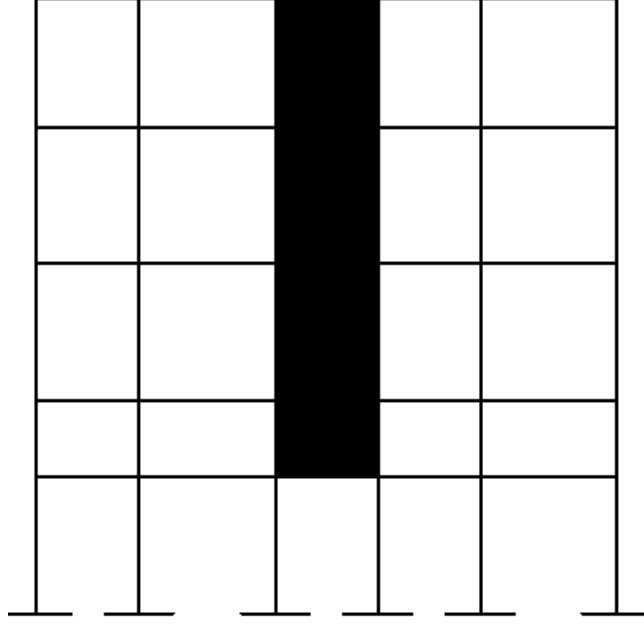
Şekil 2.5 : B3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği (a).



(b)

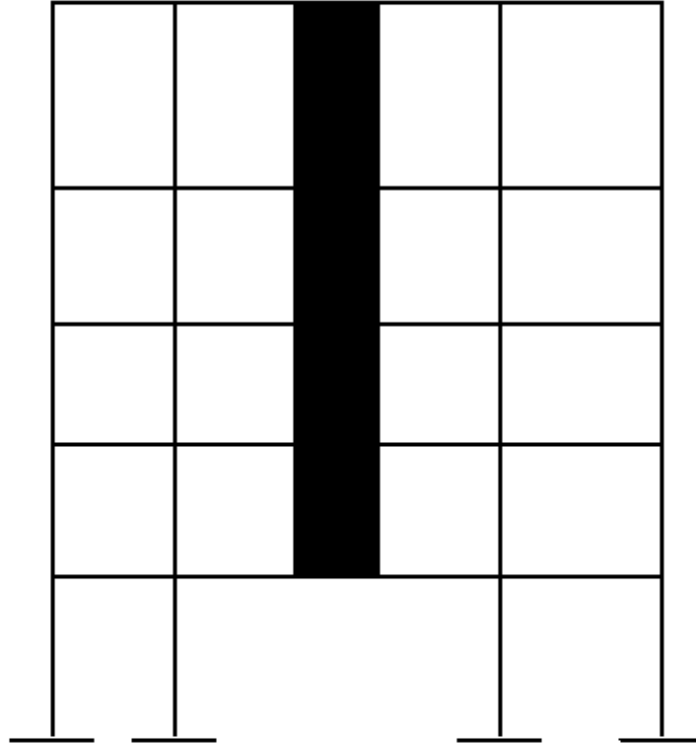
Şekil 2.6 : B3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği (b).

(c) Üst katlardaki perdenin altta kolonlara oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.



Şekil 2.7 : B3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği (c).

(d) Perdelerin binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasına oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.



Şekil 2.8 : B3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği (d).

2.3 Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması, İkinci Mertebe Etkileri ve Deprem Derzleri

2.3.1 Etkin görelî kat ötelemelerinin hesaplanması ve sınırlandırılması

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden azaltılmış görelî kat ötelemesi, Δ_i Denklem 2.8 ile elde edilecektir.

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (2.8)$$

Denklem 3.8’de d_i ve d_{i-1} , her bir deprem doğrultusu için binanın i ’inci ve $(i-1)$ ’inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yatay yerdeğiştirmeleri göstermektedir. Ancak $N > 13$ olan binalarda doğal periyod, 0.1 N’den daha büyük alınmamasına ilişkin koşul ve Denklem 3.1’deki minimum eşdeğer deprem yükü hesabındaki koşul burada göz önüne alınmayabilir. Her bir deprem doğrultusu için, binanın i ’inci katındaki kolon veya perdeler için etkin görelî kat ötelemesi, δ_i , Denklem 2.9 ile elde edilecektir.

$$\delta_i = R \cdot \Delta_i \quad (2.9)$$

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i ’inci katındaki kolon veya perdede, Denklem (2.9) ile hesaplanan δ_i , etkin görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $(\delta_i)_{\max}$, Denklem 2.10’da verilen koşulu sağlayacaktır.

$$(\delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.02 \quad (2.10)$$

Denklem 2.10’daki koşulun binanın herhangi bir katında sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır. Ancak verilen koşul sağlansa bile, yapısal olmayan gevrek elemanların (cephe elemanları vb.) etkin görelî kat ötelemeleri altında kullanılabilirliği hesapla doğrulanacaktır.

2.3.2 İkinci mertebe etkileri

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal elastik olmayan davranışını esas alan daha kesin bir hesap yapılmadıkça, ikinci mertebe etkileri yaklaşık olarak aşağıdaki şekilde göz önüne alınabilir. Göz önüne alınan deprem doğrultusunda her bir katta,

İkinci Mertebe Gösterge Değeri, Θ_i 'nin, Denklem (2.11) ile verilen koşulu sağlaması durumunda, ikinci mertebe etkileri yürürlükteki betonarme ve çelik yapı yönetmeliklerine göre değerlendirilecektir.

$$\Theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \sum_{j=1}^N w_j}{V_i h_i} \leq 0.12 \quad (2.11)$$

Burada $(\Delta_i)_{ort}$, i'inci kattaki kolon ve perdelerde hesaplanan azaltılmış görelî kat ötelemelerinin kat içindeki ortalama değeri olarak yukarıda verilmiş olan şekilde bulunacaktır.

2.3.3 Deprem derzleri

Farklı zemin oturmalarına bağılı temel öteleme ve dönmeleri ile sıcaklık değışmelerinin etkisi dışında, bina blokları veya mevcut eski binalarla yeni yapılacak binalar arasında, sadece deprem etkisi için bırakılacak derz boşluklarına ilişkin koşullar aşağıda belirtilmiştir.

1-Derz boşlukları, her bir kat için komşu blok veya binalarda elde edilen yer değıştirmelerin karelerinin toplamının karekökü ile aşağıda tanımlanan α katsayısının çarpımı sonucunda bulunan değerdan az olmayacaktır. Göz önüne alınacak kat yer değıştirmeleri, kolon veya perdelerin bağlandığı düğüm noktalarında hesaplanan azaltılmış di yer değıştirmelerinin kat içindeki ortalamaları olacaktır.

a-Komşu binaların veya bina bloklarının kat döşemelerinin bütün katlarda aynı seviyelerde olmaları durumunda $\alpha = R / 4$ alınacaktır.

b-Komşu binaların veya bina bloklarının kat döşemelerinin, bazı katlarda olsa bile, farklı seviyelerde olmaları durumunda $\alpha = R / 2$ alınacaktır.

2-Bırakılacak minimum derz boşluğu, 6 metre yüksekliğe kadar en az 30 mm olacak ve bu değere 6 metre 'den sonraki her 3 m'lik yükseklik için en az 10 mm eklenecektir.

3-Bina blokları arasındaki derzler, depremde blokların bütün doğrultularda birbirlerinden bağımsız olarak çalışmasına olanak verecek şekilde düzenlenecektir.

2.4 Zemin Koşullarının Belirlenmesi

Yapıya etkiyecek olan taban kesme kuvveti değeri yalnızca binaya ait yapısal modele değil aynı zamanda binanın üzerine yapılması düşünülen zeminin sahip olduğu değerlere de bağlıdır. Gerek temel hesabı gerekse bina için yapılacak olan statik hesaba temel teşkil eden dinamik analizin zemin koşullarına bağlı olmasından dolayı binanın yapılacağı yerdeki zemin koşullarının bina modellemesine başlanmadan önce belirlenmesi gerekir. Bu nedenle bu kısımda zemin koşullarının deprem hesabını etkileyen faktörleri verilmiştir.

2.4.1 Zemin grupları ve yerel zemin sınıfları

Zemin koşullarını deprem hesabına yansıtmak amacı ile D.B.Y.B.H.Y 2007 [2]'de zemin grubu ve buna bağlı olarak yerel zemin sınıfı tanımlamaları yapılmıştır. Zeminler, zemin özellikleri dikkate alınarak A, B, C, D şeklinde gruplandırılmışlardır. Zemin grubu ve en üst zemin tabakası kalınlığı h_1 'e bağlı olarak Yerel Zemin Sınıfları tanımlanmıştır. Yerel Zemin Sınıfının belirlenmesi için esas alınacak Zemin Grupları Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 : Zemin grupları.

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	Standart Penetrasyon (N/30)	Relatif Sıkılık (%)	Serbest Basınç Direnci (kPa)	Kayma Dalgası Hızı (m/s)
(A)	1-Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar 2-Çok sıkı kum, çakıl 3-Sert kil ve siltli kil	- > 50 > 32	- 85-100 -	>1000 - >400	>1000 >700 >700

Çizelge 2.1 (devam): Zemin grupları.

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	Standart Penetrasyon (N/30)	Relatif Sıkılık (%)	Serbest Basınç Direnci (kPa)	Kayma Dalgası Hızı (m/s)
(B)	1-Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrılmış çimentolu tortul kayalar	-	-	500-10 ³	700-10 ³
	2-Orta sıkı kum, çakıl	30-50	65-85	-	400-700
	3-Çok katı kil ve siltli kil	16-32	-	200-400	300-700
(C)	1-Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrılmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar	-	-	<500	400-700
	2-Orta sıkı kum, çakıl	10-30	35-65	-	200-400
	3-Katı kil ve siltli kil	8-16	-	100-200	200-300
(D)	1-Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları	-	-	-	<200
	2-Gevşek kum	<10	<35	-	<200
	3-Yumuşak kil, siltli kil	<8	-	<100	<200

Yerel Zemin sınıfları zemin grupları ve en üst zemin tabakası kalınlığına bağlı olarak Çizelge 2.3’te verilmiştir.

Çizelge 2.2 : Yerel zemin sınıfları.

Yerel Zemin Sınıfı	Çizelge 3.1’e Göre Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h_1)
Z1	(A) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (B) grubu zeminler
Z2	$h_1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler
Z3	$15 \text{ m} < h_1 \leq 50$ m olan (C) grubu zeminler
Z4	$h_1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler

3. DEPREM YÖNETMELİKLERİNİN DEPREM YÜKÜ HESAP YÖNTEMLERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

3.1 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007

DBYBHY 2007'e göre binaların ve bina türü yapıların deprem hesabında kullanılacak olan yöntemler;

- Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi
- Mod birleştirme yöntemi
- Zaman tanımlı alanda hesap yöntemidir.

Bu bölümde yapıya ait doğal titreşim periyotlarının dinamik analiz ile hesaplanmasından sonra yapılacak olan deprem hesabı kısmına esas teşkil eden yöntemler hakkında detaylı bilgiler verilmiştir. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Aralığında Hesap Yöntemi hakkında DBYBHY 2007'de uyulması gerekli olan ve izlenecek adımlar açıklanmıştır.

3.1.1 Eşdeğer deprem yüğü yöntemi

Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin uygulanabileceği binalar aşağıdaki Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 : Eşdeğer deprem yüğü yönteminin uygulanabileceği binalar.

Deprem Bölgesi	1,2	1,2	3,4
Bina Türü	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $n_{bi} \leq 2,0$ koşulunu sağladığı binalar	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $n_{bi} \leq 2,0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar	Tüm Binalar
Toplam Yükseklik Sınırı	$H_N \leq 25$ m	$H_N \leq 40$ m	$H_N \leq 40$ m

Burada kullanılan H_N ifadesi bina toplam yüksekliğini ifade etmektedir. Göz önüne alınan 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, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı

T_1 :Binanın birinci doğal titreşim periyodu

$R_a(T)$:Deprem yüğü azaltma katsayısı

$A(T)$:Spektral ivme katsayısı

A_0 :Etkin yer ivmesi katsayısı

şeklinde belirtilmiştir.

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

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

Buna göre w_i kat ağırlıkları ise Denklem (3.3) ile hesaplanacaktır.

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

Bu ifadelerde ;

w_i :Binanın i 'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı

g_i :Binanın i 'inci katındaki toplam sabit yükler

q_i :Binanın i 'inci katındaki toplam hareketli yükler

n :Hareketli yük katılım katsayısı şeklinde ifade edilmiştir.

Hareketli yük katılım katsayısı, n , Çizelge 3.2 de verilmiştir. Endüstri binalarında; sabit ekipman ağırlıkları için $n=1$ alınacak, ancak vinç kaldırma yükleri kat ağırlıklarının hesabında göz önüne alınmayacaktır. Deprem yüklerinin

belirlenmesinde kullanılacak olan çatı katı ağırlığının hesabında kar yüklerinin %30'u göz önüne alınacaktır.

Çizelge 3.2 : Hareketli yük katılım katsayısı.

Binanın Kullanım Amacı	n
Depo, antrepo, vb.	0.8
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, garaj, lokanta, mağaza, vb.	0.6
Konut, işyeri, otel, hastane, vb.	0.3

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan Spektral İvme Katsayısı, $A(T)$, Denklem (3.4)'te tanımlanmıştır. %5 sönüm oranı için tanımlanan Elastik İvme Spektrumunun ordinatı olan Elastik Spektral İvme, $S_{ae}(T)$, Spektral İvme Katsayısı ile yerçekimi ivmesi g 'nin çarpımına karşı gelmektedir [3].

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

Bu ifadede;

A_0 :Etkin yer ivme katsayısını

$S(T)$:Spektrum katsayısını

I :Bina önem katsayısını

Denklem 3.4'te yer alan A_0 , etkin yer ivme katsayısı, Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3 : Etkin yer ivmesi katsayısı.

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.4
2	0.3
3	0.2
4	0.1

Bina önem katsayısı, I, farklı bina kullanım amaçlarına göre Çizelge 3.4’de verilmiştir.

Çizelge 3.4 : Bina önem katsayısı.

Binanın Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı (I)
1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gereken binalar (Hastaneler, 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) Toksit, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın sağlandığı binalar a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. b) Müzeler	1.4
3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1.2
4. Diğer binalar Yukarıdaki tanımlara girmeyen binalar (Konut, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1

Denklem 2.4’de yer alan Spektrum Katsayısı, $S(T)$, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T ’ye bağlı olarak Denklem (3.5) ile hesaplanacaktır.

$$\begin{aligned} S(T) &= 1+1,5.T/T_A & (0 \leq T \leq T_A) \\ S(T) &= 2,5 & (T_A \leq T \leq T_B) \\ S(T) &= 2,5.(T_B/T)^{0,8} & (T \geq T_B) \end{aligned} \quad (3.5)$$

Denklem 3.5’deki Spektrum Karakteristik Periyotları, T_A ve T_B , Çizelge 3.5’de tanımlanmış olan Yerel Zemin Sınıflarına bağlı olmak üzere Çizelge 3.6’da verilmiştir. T_A spektrum karakteristik alt periyodu, T_B ise spektrum karakteristik üst periyodu anlamına gelir. Bu iki değer arasında ivme tepki spektrumundaki lineer bölgeye ise plato adı verilir. Yapıya etki edecek olan en büyük deprem yükü yapı periyodu karakteristik alt ve üst periyotlar arasında iken etkir. Yapının dinamik analiz sonrasında tespit edilen doğal titreşim periyotlarından x ve y doğrultularında etkili olan birinci doğal titreşim periyodları $S(T)$ hesabında kullanılacaktır.

Çizelge 3.5 : Yerel zemin sınıfları.

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h_1)
Z1	A Grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (B) grubu zeminler
Z2	$h_1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (C) grubu zeminler
Z3	$15 \text{ m} < h_1 < 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 \leq 10$ m olan (D) grubu zeminler
Z4	$h_1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler

Spektrum Karakteristik Periyotları Çizelge 3.6’da verilmiştir.

Çizelge 3.6 : Spektrum karakteristik periyotları.

Yerel Zemin	Z1	Z2	Z3	Z4
T_A (sn)	0.10	0.15	0.15	0.20
T_B (sn)	0.30	0.40	0.60	0.90

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi uygulandığı takdirde, binanın deprem doğrultusundaki hakim doğal titreşim periyodu, Denklem (3.6) ile hesaplanan değerden daha büyük alınmayacaktır.

$$T_1 = 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{\left(\sum_{i=1}^N m_i \cdot d_{fi}^2 \right)}{\left(\sum_{i=1}^N F_{fi} \cdot d_{fi}^2 \right)} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3.6)$$

Bu denklemde ;

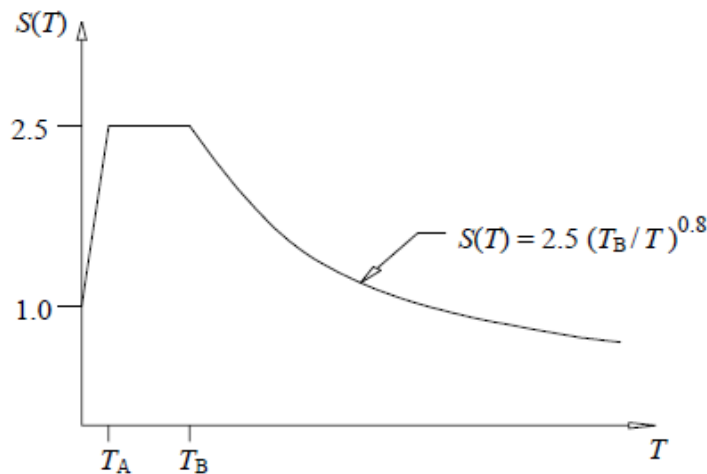
m_i :i’nci katın kütlesidir.

F_{fi} :i’nci kata etkiyen fiktif yükleri gösterir ve Denklem (3.7) ile hesaplanır.

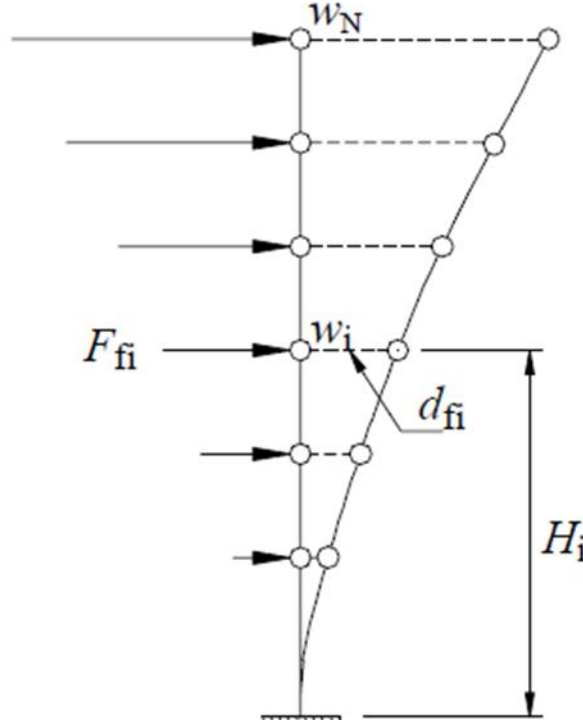
d_{fi} :Fiktif yüklerin etkisi altında, aynı noktalarda deprem doğrultusunda hesaplanan yer değiştirmeleri gösterir.

$$F_{fi} = \frac{w_i \cdot H_i}{\sum_{j=1}^N w_j \cdot H_j} \quad (3.7)$$

Zaman-Spektrum katsayısı grafiği Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1 : Zaman-Spektrum katsayısı grafiği.



Şekil 3.2 : F_{fi} katlara etkiyen fiktif yüklerin elde edilmesi.

Taşıyıcı sistemin depremli durumda sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışı göz önüne alınarak, spektral ivme katsayılarına bağlı olarak bulunan elastik deprem yükleri, aşağıda tanımlanan Deprem Yüğü Azaltma Katsayısına bölünecek ve yapıya etkiyen eşdeğer deprem yükleri belli bir oranda azaltılmış olacaktır. Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı, çeşitli taşıyıcı sistemler için Çizelge 3.7’de tanımlanan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, R ’ye ve yapının doğal titreşim periyodu, T ’ye bağlı olarak Denklem (3.8) ve (3.9) ile belirlenecektir.

$$R_a(T) = 1,5 + (R-1,5)T/T_A \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3.8)$$

$$R_a(T) = R \quad (T > T_A) \quad (3.9)$$

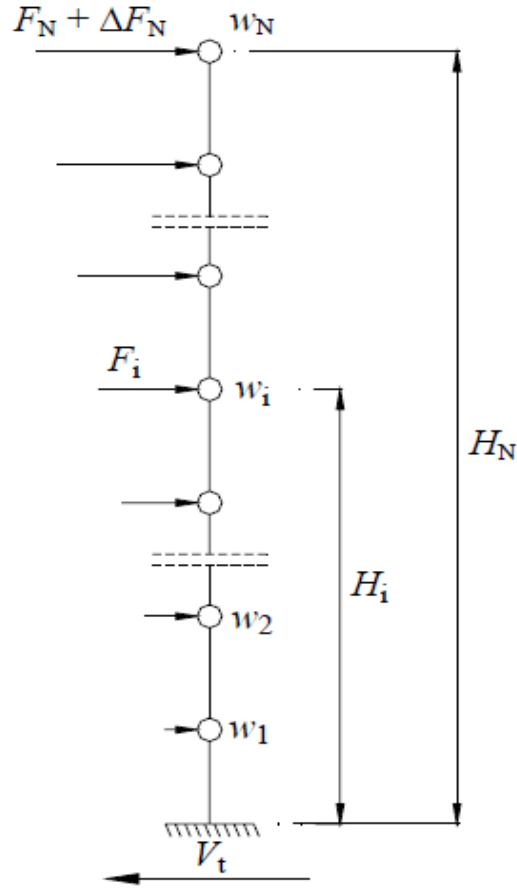
Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, Denklem (3.1) ile hesaplanan yapıya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak denklem (3.10) ile ifade edilir ve Şekil 3.3’te gösterilmiştir.

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (3.10)$$

Bu ifadede;

V_t :Toplam eşdeğer deprem yükü

ΔF_N .En üst kata etkiyen ek eşdeğer deprem yüküdür.



Şekil 3.3 : Kat ağırlıkları ve katlara gelen deprem yükleri.

Binanın N'inci katına etkiyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N 'in değeri Denklem (3.11) ile belirlenecektir.

$$\Delta F_N = 0.0075 \cdot N \cdot V_t \quad (3.11)$$

Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü ΔF_N dışında geri kalan kısmı, N'inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına Denklem (3.12) ile dağıtılacaktır.

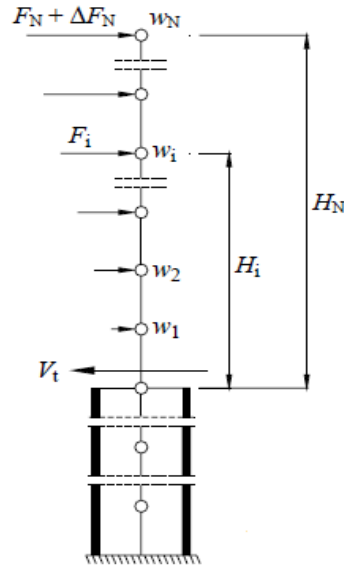
$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i \cdot H_i}{\sum_{j=1}^N w_j \cdot H_j} \quad (3.12)$$

Bodrum katlarında rijitliği üst katlara oranla çok büyük olan betonarme çevre perdelerinin bulunduğu ve bodrum kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, bodrum katlarına ve üstteki katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri, ayrı ayrı aşağıda anlatılan şekilde hesaplanacaktır. Üstteki katlara etkiyen

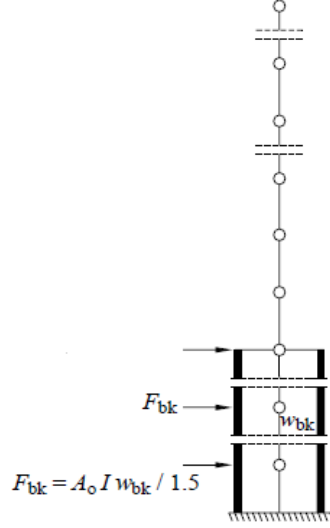
toplam eşdeğer deprem yükünün ve eşdeğer kat deprem yüklerinin belirlenmesinde, bodrumdaki rijit çevre perdeleri göz önüne alınmaksızın Çizelge 3.7’den seçilen R katsayısı kullanılacak ve sadece üstteki katların ağırlığı hesaba katılacaktır. Bu durumda ilgili bütün tanım ve bağıntılarda temel üst kotu yerine zemin katın kotu göz önüne alınacaktır. Denklem (3.6) ile hesaplanacak olan bina doğal titreşim periyodu bulunurken, fiktif yüklerin belirlenmesi için sadece üst katların ağırlıkları Şekil 3.4’teki biçimde kullanılacaktır. Rijit bodrum katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin hesabında, Şekil 3.5’te görüldüğü gibi sadece bodrum kat ağırlıkları göz önüne alınacak ve Spektrum Katsayısı olarak $S(T)=1$ alınacaktır. Her bir bodrum kata etkiyen eşdeğer deprem yükünün hesabında, Denklem (3.13) ile hesaplanan spektral ivme değeri ile bu katın ağırlığı doğrudan çarpılacak ve elde edilen elastik yükler, $R_a(T) = 1.5$ katsayısına bölünerek azaltılacaktır.

$$S_a(T) = A(T) \cdot g \quad (3.13)$$

Şekil 3.4’te rijit bodrum kata sahip binada üst katlar için yapılacak eşdeğer deprem yükü hesabında, üst katlara etki edecek deprem kuvvetleri ve bu kuvvetlerin uygulama yükseklikleri verilmiştir. Şekil 3.5’te ise aynı durum rijit bodrum kat için izah edilmiştir. Yapının katlarına etki edecek olan eşdeğer deprem yüklerinin etkime yerleri, rijit bodrum kata sahip binada üst katlar için Şekil 3.4’de verilmiş olup, bodrum kata etkiyecek eşdeğer yükler Şekil 3.5’de verilmiştir.

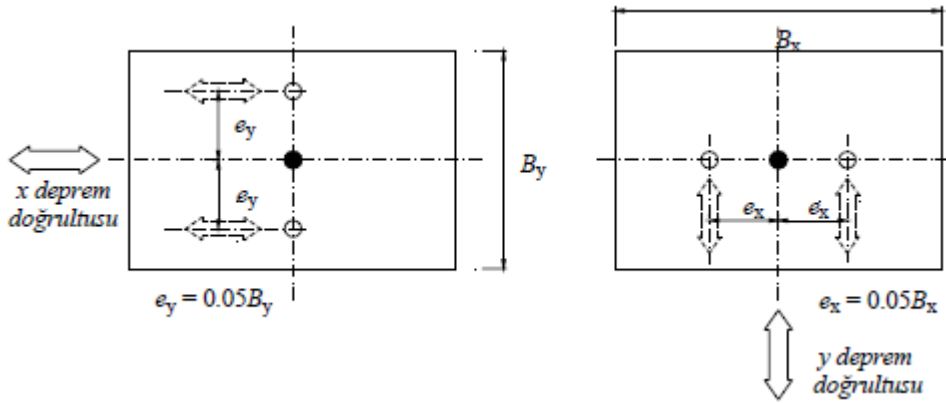


Şekil 3.4 : Rijit bodrum kata sahip binada üst katlar için yapılacak E.D.Y. hesabı.



Şekil 3.5 : Bodrum kata ait eşdeğer deprem yükü hesabı.

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yerdeğiştirme bileşeni ile düşey eksen etrafındaki dönme, bağımsız yerdeğiştirme bileşeni olarak göz önüne alınacaktır. Her katta Denklem (3.1) ile hesaplanmış olan eşdeğer deprem yükleri, ek dış merkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi amacı ile göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyunun $\pm 5\%$ 'i ve $\pm 5\%$ 'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara ve ayrıca kat kütle merkezine uygulanacaktır. Kat hizasında tüm döşemeleri içine alacak şekilde rijit diyafram uygulandığı takdirde, bu davranışı bozacak olan döşeme boşlukları göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 3.6 : Kütle merkezinin yeri ve kaydırılmış kütle merkezinin konumları.

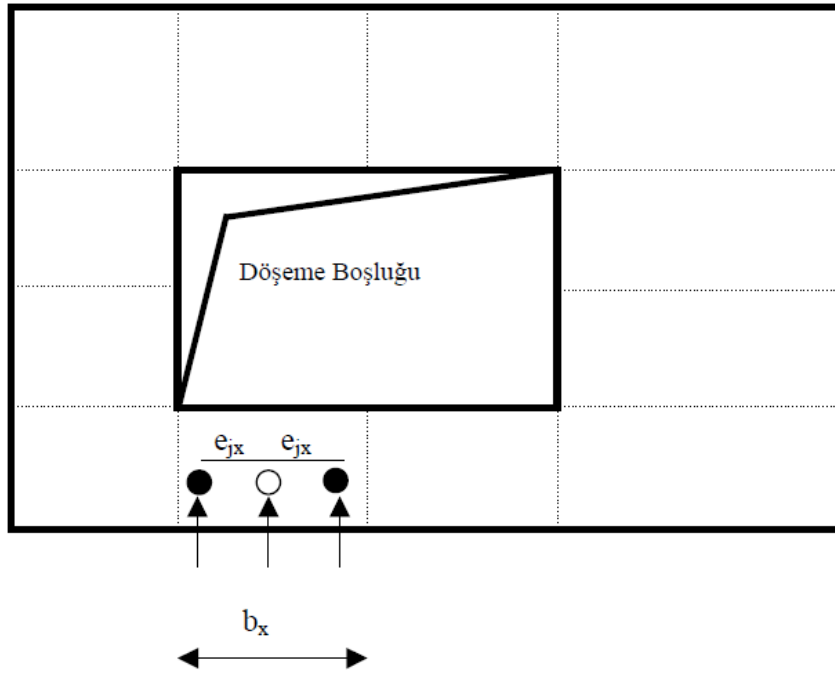
Yapının sahip olduğu taşıyıcı sistem tipine göre taşıyıcı sistem davranış katsayısı Çizelge 3.7'den alınıp spektrum katsayısı ve deprem yükü hesabında kullanılacaktır.

Çizelge 3.7 : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R).

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	Süneklik Düzeyi Normal Sistemler	Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler
1. Yerinde Dökme Betonarme Binalar		
1.1 Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	4	8
1.2 Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar	4	7
1.3 Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar	4	6
1.4 Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar	4	7
2. Prefabrike Betonarme Binalar		
2.1 Deprem yüklerinin tamamının bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen çerçevelerle taşındığı binalar	3	7
2.2 Deprem yüklerinin tamamının, üstteki bağıntıları mafsallı olan kolonlar tarafından taşındığı tek katlı binalar	-	3
2.3 Deprem yüklerinin tamamının prefabrike veya yerinde dökme boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı, çerçeve bağlantıları mafsallı olan prefabrike binalar	-	5
2.4 Deprem yüklerinin, bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen prefabrike çerçeveler ile yerinde dökme boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar	3	6
3. Çelik Binalar		
3.1 Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	5	8
3.2 Deprem yüklerinin tamamının, üstteki bağıntıları mafsallı olan kolonlar tarafından taşındığı tek katlı binalar	-	4
3.3 Deprem yüklerinin tamamının çaprazlı perdeler veya yerinde dökme betonarme perdeler tarafından taşındığı binalar		
(a) Çaprazların merkezi olma durumu	4	5
(b) Çaprazların dışmerkez olma durumu	-	7
(c) Betonarme perdelerin kullanılması durumu	4	6
3.4 Deprem yüklerinin çerçeveler ile birlikte çaprazlı çelik perdeler veya yerinde dökme betonarme perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar		
(a) Çaprazların merkezi olma durumu	5	6
(b) Çaprazların dışmerkez olma durumu	-	8
(c) Betonarme perdelerin kullanılması durumu	4	7

A2 türü düzensizliğin bulunduğu ve döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalışmadığı binalarda, döşemelerin yatay düzlemdeki şekil değiştirmelerinin göz önüne alınmasını sağlayacak yeterlikte bağımsız statik yer değiştirme bileşeni hesapta göz önüne alınacaktır.

Ek dışmerkezlilik etkisinin hesaba katılabilmesi için, her katta çeşitli noktalarda dağılı bulunan tekil kütlelere etkileyen eşdeğer deprem yüklerinin her biri, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar Şekil 3.7'deki gibi kaydırılacaktır.



Şekil 3.7 : Planda düzensiz ve kat seviyesinde tek bir rijit diyaframa sahip olmayanyapıya deprem yüklerinin uygulanması.

Binanın herhangi bir i'inci katında A1 türü burulma düzensizliği olması durumunda, $1.2 \leq \eta_{bi} \leq 2.0$ olmak koşulu ile bu katta uygulanan $\pm\% 5$ ek dışmerkezlilik, her iki deprem doğrultusu için Denklem (3.14)'de verilen D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir.

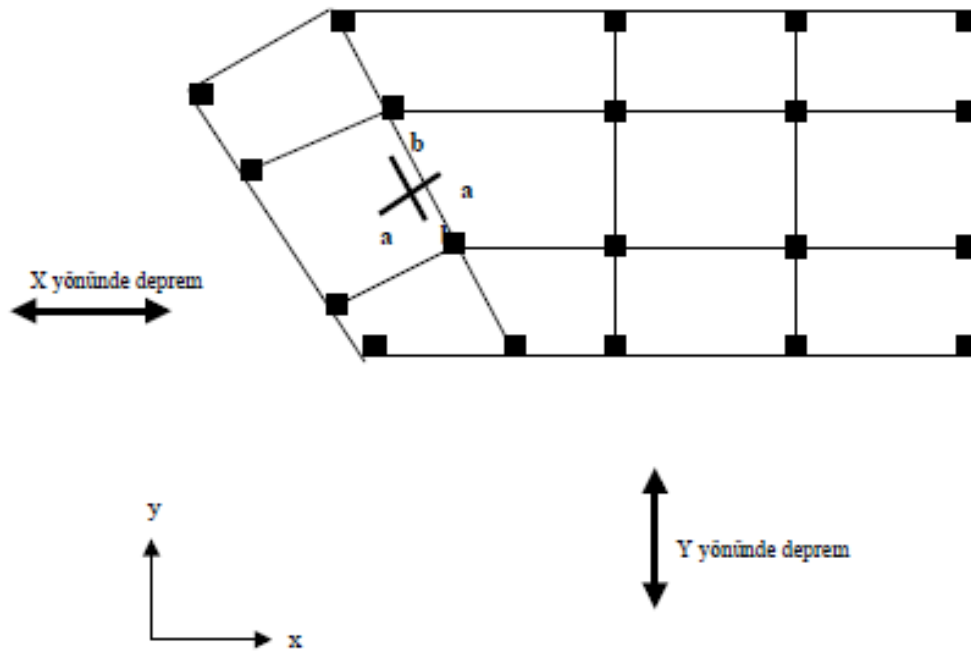
$$D_i = \left(\frac{\eta_{bi}}{1.2} \right)^2 \quad (3.14)$$

Taşıyıcı sisteme ayrı ayrı etki ettirilen x ve y doğrultularındaki depremlerin ortak etkisi altında, taşıyıcı sistem elemanlarının a ve b asal eksen doğrultularındaki iç kuvvetler, en elverişsiz sonucu verecek şekilde Denklem (3.15) ile elde edilecektir.(Şekil 3.8)

$$B_a = \pm B_{ax} \pm 0.30 B_{ay} \text{ veya } B_a = \pm 0.30 B_{ax} \pm B_{ay}$$

$$B_b = \pm B_{bx} \pm 0.30 B_{by} \text{ veya } B_b = \pm 0.30 B_{bx} \pm B_{by} \quad (3.15)$$

İç kuvvetlerin her iki asal eksen doğrultusunda büyütülme işlemi iç kuvvetler yerine daha öncesinde hesaplanacak olan deprem yüklerinin büyütülmesi ile de gerçekleştirilebilir. Anlaşılacağı üzere hesap yapılacak olan ana deprem doğrultusuna dik olan tali doğrultuda hesaplanmış olan deprem yüküde hesaba katılmış olur [4].



Şekil 3.8 : X ve y doğrultusunda depremin ortak etkisi.

3.1.2 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'inci titreşim modunda göz önüne alınacak ivme spektrumu ordinatı denklem (3.16) ile belirlenecektir.

$$S_{aR}(T_r) = \frac{S_{ae}(T_r)}{R_a(T_r)} \quad (3.16)$$

Bu ifadede ;

$S_{aR}(T_r)$: r'inci doğal titreşim modu için azaltılmış spektral ivme

$S_{ae}(T_r)$: r'inci titreşim moduna ait elastik spektral ivme

$R_a(T_r)$: r'inci titreşim modunda deprem yükü azaltma katsayısı

r'inci moda ait spektral ivme değeri Denklem (3.17) ile bulunacaktır.

$$S_{aR}(T_r) = A(T_r) \cdot g \quad (3.17)$$

Bu ifadede;

g : Yerçekimi ivmesi

$A(T_r)$: r'inci titreşim moduna ait spektral ivme katsayısı olarak tanımlanmıştır.

Elastik tasarım ivme spektrumunun özel olarak belirlenmesi halinde, Denklem (3.17)'de $S_{ae}(T_r)$ yerine, ilgili özel spektrum ordinatı göz önüne alınacaktır.

3.1.2.1 Dikkate alınacak dinamik serbestlik dereceleri

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her bir katta, birbirine dik doğrultularda iki yatay serbestlik derecesi ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme serbestlik derecesi göz önüne alınacaktır.

Her katta modal deprem yükleri bu serbestlik dereceleri için hesaplanacak, ancak ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi amacı ile deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara ve ek bir yükleme olarak kat kütle merkezine uygulanacaktır. A2 türü döşeme düzensizliğinin 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 alınacaktır.

Ek dışmerkezlilik etkisinin hesaba katılabilmesi için, her katta çeşitli noktalarda dağılı bulunan tekil kütlelere etkiyen modal deprem yüklerinin her biri, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar Şekil 3.7'de görüldüğü üzere kaydırılacaktır. Bu tür binalarda, sadece ek dışmerkezlik etkilerinden oluşan iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri Denklem 3.1'e göre de hesaplanabilir. Bu büyüklükler, ek dışmerkezlik etkisi göz önüne alınmaksızın her bir titreşim modu için hesaplanarak birleştirilen büyüklere doğrudan eklenecektir.

3.1.2.2 Hesaba katılacak yeterli titreşim modu sayısı

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'ından daha az olmaması kuralına göre Denklem 3.18' de verildiği biçimde belirlenecektir.

$$\sum_{n=1}^Y M_{xn} = \sum_{n=1}^Y \frac{L_{xn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^N m_i$$
$$\sum_{n=1}^Y M_{yn} = \sum_{n=1}^Y \frac{L_{yn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^N m_i \quad (3.18)$$

Bu ifadede;

M_{xn} :Göz önüne alınan x deprem doğrultusunda binanın n'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle.

M_{yn} :Göz önüne alınan y deprem doğrultusunda binanın n'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle

M_n :n'inci doğal titreşim moduna ait modal kütle

M_i :Binanın i'inci katının kütlesi olarak tanımlanmıştır.

Denklem 3.18'de yer alan L_{xn} ve L_{yn} ile modal kütle M_n 'nin ifadeleri, kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalar için aşağıda verilmiştir:

$$L_{xn} = \sum_{i=1}^N M_i \Phi_{xin} \quad L_{yn} = \sum_{i=1}^N M_i \Phi_{yin} \quad (3.19)$$

$$M_n = \sum_{i=1}^N (m_i \Phi_{xin}^2 + m_i \Phi_{yin}^2 + m_{\theta i} \Phi_{\theta in}^2) \quad (3.20)$$

Bu ifadelerde;

Φ_{xin} :Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta x eksen doğrultusundaki yatay bileşeni

Φ_{yin} :Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta y eksen doğrultusundaki yatay bileşeni

$\Phi_{\theta in}$:Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta düşey eksen etrafındaki dönme bileşeni olarak tanımlanmıştır.

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 etkili olan titreşim modlarının göz önüne alınması ile yetinilebilir. Bu durumda, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi için verilen kurallar aynen uygulanacak ve Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılacak hesapta, bodrumdaki rijit çevre perdeleri göz önüne alınmaksızın Çizelge 3.7’den seçilen R katsayısı kullanılacak, sadece üstteki katların kütleleri hesaba katılacaktır.

3.1.2.3 Mod katkılarının birleştirilmesi

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

$T_m < T_n$ olmak üzere, göz önüne alınan herhangi bir titreşim moduna ait doğal periyotların daima $T_m / T_n < 0.80$ koşulunu sağlaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Karelerin Toplamının Kare Kökü Kuralı (SRSS) uygulanabilir.

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

3.1.2.4 Hesaplanan büyüklüklere ait alt sınır değerleri

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, Mod Katkılarının Birleştirilmesi başlığı altında anlatılan şekilde birleştirilerek elde edilen bina toplam deprem yüğü V_{tB} ’nin, Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminde Denklem (3.1) ile hesaplanan bina toplam deprem yüğü V_t ’ye oranının aşağıda tanımlanan β değerinden küçük olması durumunda ($V_{tB} \leq \beta \cdot V_t$), Mod Birleştirme Yöntemine göre bulunan tüm iç kuvvet ve yerdeğıştirme büyüklükleri, Denklem (3.21)’e göre büyütülecektir.

$$B_D = \left(\frac{\beta V_t}{V_{tB}} \right) B_B \quad (3.21)$$

Bu ifade de;

B_s :Mod Birleştirme Yönteminde mod katkılarının birleştirilmesi ile bulunan herhangi bir büyüklük.

B_D : B_B büyüklüğüne ait büyütülmüş değer

B :Mod Birleştirme Yöntemi ile hesaplanan büyüklüklerin alt sınırlarının belirlenmesi için kullanılan katsayı olarak tanımlanmıştır.

Yapıda, A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması durumunda Denklem (3.21)'de verilen β katsayısı 0.90 alınacak, bu düzensizliklerden hiçbirinin bulunmaması durumunda ise $\beta = 0.80$ alınacaktır.

3.1.3 Zaman tanım alanında hesap yöntemleri

Bina ve bina türü yapıların zaman tanım alanında doğrusal elastik yada doğrusal elastik olmayan deprem hesabı için, yapay yollarla üretilen, daha önce kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri kullanılabilir. Daha önce kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri kullanılacak olduğu takdirde uyulması gerekli olan üç adet kural yönetmeliğimizde yatay deprem yer hareketi altında açıklanmıştır.

3.1.3.1 Yapay deprem yer hareketleri

Yapay yer hareketlerinin kullanılması durumunda, aşağıdaki özellikleri taşıyan en az üç deprem yer hareketi üretilecektir.

- (a) Kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, binanın birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmayacaktır.
- (b) Üretilen deprem yer hareketinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerinin ortalaması $A_0.g$ 'den daha küçük olmayacaktır.
- (c) Yapay olarak üretilen bir ivme kaydına göre % 5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerinin ortalaması, göz önüne alınan deprem doğrultusundaki birinci periyod T_1 'e göre $0.2T_1$ ile $2T_1$ arasındaki periyodlar için, Denklem (3.15)'te tanımlanan $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivmelerinin % 90'ından daha az olmayacaktır. Zaman tanım

alanında doğrusal elastik analiz yapılması durumunda, azaltılmış deprem yer hareketinin elde edilmesi için esas alınacak spektral ivme değerleri Denklem (3.18) ile hesaplanacaktır.

3.1.3.2 Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri

Zaman Tanım Alanında yapılacak deprem hesabı için kaydedilmiş depremler veya kaynak ve dalga yayılımı özellikleri fiziksel olarak benzeştirilmiş yer hareketleri kullanılabilir. Bu tür yer hareketleri üretilirken yerel zemin koşulları da uygun biçimde göz önüne alınmalıdır. Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş yer hareketlerinin kullanılması durumunda en az üç deprem yer hareketi üretilecek ve bunlar 3.1.3.1’de verilen tüm koşulları sağlayacaktır.

3.1.3.3 Zaman tanım alanında hesap

Zaman Tanım Alanında doğrusal elastik olmayan hesap yapılması durumunda, taşıyıcı sistem elemanlarının tekrarlı yükler altındaki dinamik davranışını temsil eden iç kuvvet-şekil değiştirme bağıntıları, teorik ve deneysel geçerlilikleri kanıtlanmış olmak kaydı ile ilgili literatürden yararlanılarak tanımlanacaktır. Doğrusal veya doğrusal olmayan hesapta, üç yer hareketi kullanılması durumunda sonuçların maksimumu, en az yedi yer hareketi kullanılması durumunda ise sonuçların ortalaması tasarım için esas alınacaktır.

3.2 International Building Code 2009

Bina türü yapıların deprem yükü hesap yönteminde kullanılabilecek yöntemler;

- Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi
- Modal Spektrum analizi yöntemi
- Sismik Tepki Geçmiş yöntemi.

Bu bölümde Eşdeğer deprem yükü ve modal spektrum analizi yöntemleri anlatılacaktır [5].

Hesap yönteminin seçimindeki kısıtlamalar Çizelge 3.8’de verilmiştir.

Çizelge 3.8 : Deprem yükü hesap yönteminin seçimi.

Sismik Dizayn Kategorisi	Yapısal Özellik	Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi	Modal Spektrum analizi yöntemi	Sismik Tepki Geçmiş yöntemi
B,C	Bütün yapılarda	Uygulanabilir	Uygulanabilir	Uygulanabilir
D,E,F	Bina önem I ve II kategorisindeki yapılarda 3 katı aşmayan yapılar için	Uygulanabilir	Uygulanabilir	Uygulanabilir
	Bina önem III ve IV kategorisindeki yapılarda 2 katı aşmayan yapılar için	Uygulanabilir	Uygulanabilir	Uygulanabilir
	Düzensizliği olmayan $T \leq 3,5T_s$ için	Uygulanabilir	Uygulanabilir	Uygulanabilir
	Planda 2,3,4,5 düzensizlikleri ve Düşeyde 4,5a,5b düzensizlikleri olan $T \leq 3,5T_s$ olan yapılar için	Uygulanabilir	Uygulanabilir	Uygulanabilir
	Diğer bütün binalar için	Uygulanamaz	Uygulanabilir	Uygulanabilir

Yapı önem kategorisi Çizelge 3.9’da verilmiştir.

Çizelge 3.9 : Yapı Önem Kategorileri.

Önem Kategorisi	Önem Niteliği
I	Hata durumlarında insan canının tehlikeye atma riski az olan bina ve bina tipi yapılar
II	I,III ve IV kategoriye girmeyen yapılar
III	Hata durumlarında insan canının tehlikeye atma riski azımsanamayacak kadar olan bina ve bina tipi yapılar
IV	Temel gereksinim olarak belirlenmiş bina ve bina tipi yapılar

Sismik dizayn kategorileri kısa periyot aralığında dizayn spektral ivme değeri, S_{d1} , ve bina önem katsayılarına göre Çizelge 3.10'da verilmiştir.

Çizelge 3.10 : Sismik dizayn kategorileri.

S_{d1} değeri	I ve II	III	IV
$S_{d1} > 0,067$	A	A	A
$0,067 \leq S_{d1} \leq 0,133$	B	B	C
$0,133 \leq S_{d1} \leq 0,20$	C	C	D
$0,20 \leq S_{d1}$	D	D	D

3.2.1 Eşdeğer deprem yükü yöntemi

3.2.1.1 Toplam eşdeğer deprem yükünün belirlenmesi

Bu yöntemle göre Toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme) kuvveti, V , Denklem 3.22'ye göre hesaplanır.

$$V = C_s W \quad (3.22)$$

Bu ifadede;

C_s : Sismik tepki katsayısı

W :Etketif sismik ağırlık

Sismik tepki katsayısı ise denklem 3.23 ile hesaplanır. Bu değeri Denklem 3.24, Denklem 3.25 ve Denklem 3.26 de hesaplanan değeri aşamaz.

$$C_s = \frac{S_{D1}}{\left(\frac{R}{T}\right)} \quad (3.23)$$

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{T}\right)} \quad T \leq T_L \quad (3.24)$$

$$C_s = \frac{S_{D1} T_L}{T^2\left(\frac{R}{T}\right)} \quad T > T_L \quad (3.25)$$

$$C_s = 0,01 \quad (3.26)$$

S_{D1} : Kısa periyot aralığında dizayn spektral ivme değeri

R : Düzeltme Faktörü

I : Çizelge 3.9’da verilen bina önem katsayısı

T : Doğal titreşim periyodu

T_L : Uzun periyotlu dönüşüm periyodu

3.2.1.2 Yapının birinci titreşim periyodunun belirlenmesi

Birinci titreşim periyodu, T , elemanların yapısal özellikler ve deformasyon karakteristiğine göre uygunluğu doğrulanmış yöntemlerle belirlenebilir. Periyodun bulunması için binanın yaklaşık periyodunun, T_a , bulunmasına izin verilir.

Yaklaşık periyot T_a Denklem 3.27 veya 3.28 bulunabilir.

$$T_a = C_t h_n^x \quad (3.27)$$

Bu ifadede;

C_t ve x : Çizelge 3.11’de verilen değerler alınır.

h_n : Binanın yüksekliği

Çizelge 3.11 : Yapı tipine göre C_t ve x değerleri.

Yapı Tipi	C_t	x
Çelik çerçevesel yapı	0,0724	0,8
Betonarme çerçevesel yapı	0,0466	0,9
Dışmerkezi çaprazlı çelik yapı	0,0731	0,75
Diğer yapı tipleri	0,0488	0,75

$$T_a = 0,1N \quad (3.28)$$

Burada;

N : Toplam kat sayısı

Denklem 3.28’in uygulanabilmesi için binanın en yüksek 12 katlı olması ve kat yüksekliğinin en fazla 3 olması gerekmektedir.

3.2.1.3 Eşdeğer deprem yükünün katlara dağıtılması

Her kata gelen eşdeğer deprem yükü F_x Denklem 3.29'a göre hesaplanır.

$$F_x = C_{vx}V \quad (3.29)$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3.30)$$

Bu denklemlerde;

C_{vx} : Dağıtım katsayısı

V : Toplam eşdeğer deprem yükü

w_i ve w_x : Binanın i 'inci ve x 'inci katındaki etkili sismik ağırlığı

h_i ve h_x : i 'inci ve x 'inci kata temelden olan yükseklik

k : Periyoda karşılık üst ($T \leq 0,5$ için $k=1$, $T \geq 2,5$ için $k=1$, $0,5 \leq T \leq 2,5$ için lineer interpolasyonla bulunur)

3.2.2 Modal spektrum analizi yöntemi

3.2.2.1 Titreşim modlarının sayısının belirlenmesi

Yapının doğal titreşim periyotlarının belirlenmesi için bir analiz yapılmalıdır. Yapılan analizde bulunan titreşim modlarının sayısının için birbirine dik x ve y doğrultularında hesaplanan etkin kütlelerin toplamının, bina toplam kütlelerinin %90'ından az olamaz.

3.2.2.2 Modların birleştirilmesi

Yapıya etkiyen parametrelerin her biri için ayrı ayrı birleştirilmesinde

- Karelerin toplamının karekökü
- Tam karesel birleştirme

kuralları uygulanabilir.

3.3 Eurocode 8 2009

Bu başlık altında Eurocode 8’de geçen deprem hesap metotlarından bahsedilecek ve bu metotlardan lineer-elastik analizler hakkında bilgi verilecektir.

Sismik etkiler ve sismik tasarım durumundaki diğer eylemlerin etkileri yapının lineer-elastik davranışı temelinde ele alınabilir. Sismik etkileri belirlemek için kullanılan referans metot, yapının lineer-elastik modu ve tasarım spektrumu kullanılarak yapılan mod cevap spektrum analizi olabilir [6].

Binanın yapısal karakteristiklerine bağlı olarak aşağıda verilen lineer-elastik analizleri kullanılabilir:

- Eşdeğer deprem yükü analizi
- Tüm bina tipleri için ise modal spektrum analizi

Lineer metoda alternatif olarak lineer olmayan metotlar da kullanılabilir:

- Lineer olmayan statik (itme) analiz
- Lineer olmayan time history (dinamik) analizi

Lineer olmayan analizler, analizlerin sonuçlarının yorumlandığı ve gereksinimlerin karşılandığı bir metot olan temel model kullanılarak düzgün sismik verilerle doğrulanmış olmalıdır. Lineer-elastik analiz, plandaki düzenlilik için kriterler sağlanıyorsa her ana yatay yönden biri için 2 düzlemsel model kullanılarak yapılabilir Bina önem sınıfına bağlı olarak, lineer-elastik analiz her ana yatay yönden biri için planındaki düzenlilik kriterleri sağlanmasa bile aşağıda verilen özel düzenlilik koşullarının yerine getirilmesi şartıyla 2 düzlemsel model kullanılabilir:

- Bina, iyi dağıtılmış, nispeten rijit kaplama ve bölmelere sahip olmalıdır
- Bina yüksekliği 10 m’yi geçemez
- Zeminin düzlem-içi sertliği, dikey yapısal elemanların yanal sertliği ile karşılaştırıldığında katı bir diyafram davranışı varsayılabilmesi için yeterince büyük olmalıdır.
- Yanal rijitlik ve kütle merkezlerinin her biri yaklaşık olarak dikey çizgi üzerinde ve 2 yatay yönde olmalıdır.

Son koşul hariç yukarıdaki şartları sağlayan binalarda da her ana yatay yön için bir tane olmak üzere iki düzlemsel model kullanılan lineer-elastik analiz kullanılabilir. Fakat bu durumda analizin bütün sismik etkileri 1.25 ile çarpılmalıdır.

3.3.1 Eşdeğer deprem yükü analizi

Bu analiz türü, her ana yönde birincil moddan daha yüksek titreşim modlarının etkilerinden önemli ölçüde etkilenmeyen binalara uygulanabilir. Bu analizin kullanılabilmesi için aşağıdaki şartların yerine getirilmesi gerekir.

- Birincil titreşim periyodu T_1 iki ana yönde Denklem 3.31'deki değerlerden küçük olmalıdır;

$$\begin{aligned} T_1 &\leq 0,2 s \\ T_1 &\leq 4T_c \end{aligned} \quad (3.31)$$

Bu ifadede;

T_1 :Birincil periyot

T_c :Spektrum karakteristik periyotlarının üst limitidir.

- Düşey doğrultudaki düzensizlik kriterlerini sağlaması gerekmektedir.

3.3.1.1 Taban kesme kuvveti

Sismik taban kesme kuvveti F_b , binanın analiz edildiği her yatay yön için Denklem 3.32 kullanılarak belirlenir.

$$F = S(T)m\lambda \quad (3.32)$$

Burada,

$S_d(T_1)$: T_1 periyodundaki dizayn spektrumunun ordinatı;

T_1 :Binanın doğal birincil titreşim periyodu (yön olarak yanal hareket kabul edildiğinde);

m : Binanın toplam ağırlığı (temelin ya da rijit bodrumun üst seviyesi);

λ :Düzeltilme faktörü ($T_1 < 2 T_c$ ve bina ikiden fazla katlı ise $\lambda = 0,85$; diğer durumlarda ise $\lambda = 1,0$)

Binanın birincil titreşim periyodu olan T_1 'in belirlenmesi için dinamik metodlara dayalı ifadeler (Örneğin; Rayleigh metodu) kullanılabilir.

Yüksekliği 40 m'ye kadar olan binalar için T_1 (s) Denklem 3.33 ile bulunabilir.

$$T_1 = C_t H^{3/4} \quad (3.33)$$

Burada,

C_t :Moment dayanımlı çelik uzay çerçeveler için 0.085; moment dayanımlı uzay beton çerçeveler ve dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveler için 0.075; diğer bütün yapılar için ise 0.050'dir.

H :Bina yüksekliği (temelden ya da rijit bodrumun üst seviyesinden itibaren)

Alternatif olarak, beton ya da kesme tuğla duvarlara sahip yapıların C_t değeri denklem 3.34 göre bulunabilir.

$$C_t = 0,075\sqrt{A_c} \quad (3.34)$$

Burada,

A_c :Binanın ilk katındaki kesme duvarların toplam etkili alanı (m²);

Diğer bir alternatif olarak da T_1 (s)'in hesaplanmasında Denklem 3.35 de kullanılabilir.

$$T_1 = 2\sqrt{d} \quad (3.35)$$

Burada,

d : Yatay doğrultudaki yer çekimi kuvvetlerine bağlı olan binanın üst kısmındaki yanal elastik deplasman (m).

3.3.1.2 Yatay kuvvetlerin dağılımı

Bina analizinde yatay yöndeki birincil mod şekilleri dinamiği methodla ya da binanın yüksekliğiyle lineer olarak artan yatay deplasmanlar kullanılarak hesaplanabilir.

Sismik hareket etkileri, tüm katlardaki yatay kuvvetleri F_i kapsayan iki düzlemsel model uygulanarak belirlenebilir.

$$F_i = F_b (s_i m_i) / \sum s_j m_j \quad (3.36)$$

Bu denklemde;

F_i :Kat i üzerine etki eden yatay kuvvet;

F_b :Sismik taban kesme kuvveti;

s_i, s_j :Birincil mod şeklindeki m_i, m_j kütlelerinin deplasmanları;

m_i, m_j :Katların kütleleri.

Birincil mod şekli, binanın yüksekliği ile artan yatay deplasmanlar ile hesaplanacağı zaman F_i yatay kuvvetleri aşağıdaki verildiği gibi alınmalıdır.

$$F_i = F_b z_i m_i / \sum z_j m_j \quad (3.37)$$

Bu ifadede;

z_i, z_j :Sismik hareketin uygulandığı seviyenin üstündeki m_i, m_j kütlelerinin yükseklikleri (temel ya da rijit bodrumun üst seviyesi). Bu koşul uyarınca F_i yatay kuvvetler, kendi düzleminde rijit katlar göz önüne alınarak yanal yük dirençli sistemlere dağıtılabilir.

3.3.1.3 Burulma etkileri

Eğer yanal rijitlik ve kütle, plana simetrik olarak dağıtılmış ise ve dışmerkezlilik olmadığı sürece, daha kesin bir metot dikkate alınmalıdır. Burulma etkilerinin açıklaması tekil yük dirençli elementlerdeki hareket etkileri Denklem 3.38’de verilen δ faktörü ile çarpılarak yapılabilir.

$$\delta = 1 + 0,6^x / L_e \quad (3.38)$$

Burada,

x :Elementin plandaki binanın kütle merkezine olan uzaklığı (sismik hareket doğrultusuna dik olarak ölçülür);

L_e :En dıştaki iki yanal yük dirençli element arasındaki mesafe (sismik hareket doğrultusuna dik olarak ölçülür).

Eğer analiz her ana yatay yön için bir tane olmak üzere iki düzlemsel model kullanılarak yapılıyorsa burulma etkileri dışmerkezlilik olan e_{ai} 'i 2 katına çıkararak ve δ faktörünün bulunmasında kullanılan 0.6 katsayısını 1.2'ye arttırarak belirlenebilir.

3.3.2 Mod spektrum analizi

Mod spektrum analizi, eşdeğer deprem yükü analizinin uygulama şartlarını sağlamadığı binalara uygulanır.

Genel cevaba önemli ölçüde katkı sağlayan tüm titreşim modlarının cevabı dikkate alınmalıdır.

Yukarıda vurgulanan durum aşağıdaki şartları sağladığında dikkate alınır:

- Etkili mod kütleleri toplamının, binanın toplam kütle miktarının en az % 90'ı olmalı;
- Etkili mod kütleleri ile birlikte bütün mod kütleleri, toplam kütlelerin % 5'inden fazla olmalıdır.

Uzaysal model kullanılarak yukarıdaki şartlar bütün ilgili yönler için doğrulanmalıdır.

Yukarıdaki gerekleri içermeyen binalarda (Örneğin; burulma modlarının önemli etkisi olan binalar), uzaysal analiz için modların minimum k sayısı dikkate alınarak Denklem 3.39 ve Denklem 3.40'daki şartları birlikte sağlanmalıdır.

$$k \geq 3\sqrt{n} \quad (3.39)$$

$$T_k \leq 0,2s \quad (3.40)$$

Bu ifadelerdeki;

K :Dikkate alınan mod sayısı;

n :Temelin ya da rijit bodrumun üstündeki katların sayısı;

T_k :Mod k için titreşim periyodu.

3.3.2.1 Modların birleştirilmesi

i ve j titreşim modlarının (öteleme ve burulma modları dahil olmak üzere) cevabı, eğer T_i ve T_j ($T_j \leq T_i$) periyotları Denklem 3.41 koşulunu sağlıyorsa birbirinden bağımsız alınabilir.

$$T_j = 0,9T_i \quad (3.41)$$

Sismik hareket etkisinin maksimum değeri E_E Denklem 3.42'deki gibi alınırsa bütün ilgili mod cevapları herhangi bir zamanda birbirinden bağımsız kabul edilebilir.

$$E_E = \sqrt{\sum E_E^2} \quad (3.42)$$

Burada,

E_E :Sismik hareket etkisi (kuvvet, deplasman, vb.)

E_{Ei} :Titreşim modu i'ye bağlı olan sismik hareket etkisi.

3.3.2.2 Burulma etkileri

Analiz için uzaysal model kullanıldığında, burulma etkileri, her kat i'nin düşey ekseni civarındaki M_{ai} burulma momenti setlerini içeren statik yüklerin uygulanmasından kaynaklanan etkiler zarfı olarak belirlenebilir.

$$M_{ai} = e_{ai}F_i \quad (3.43)$$

Burada,

M_{ai} :Kat i'nin dikey eksenine uygulanan burulma momenti

e_{ai} :Kat kütlesi i'nin dışmerkezliliği

F_i :Kat i'ye etki eden yatay kuvvet

4. İNCELENECEK BETONARME YAPI HAKKINDA BİLGİLER

4.1 Binaya Ait Genel Özellikler

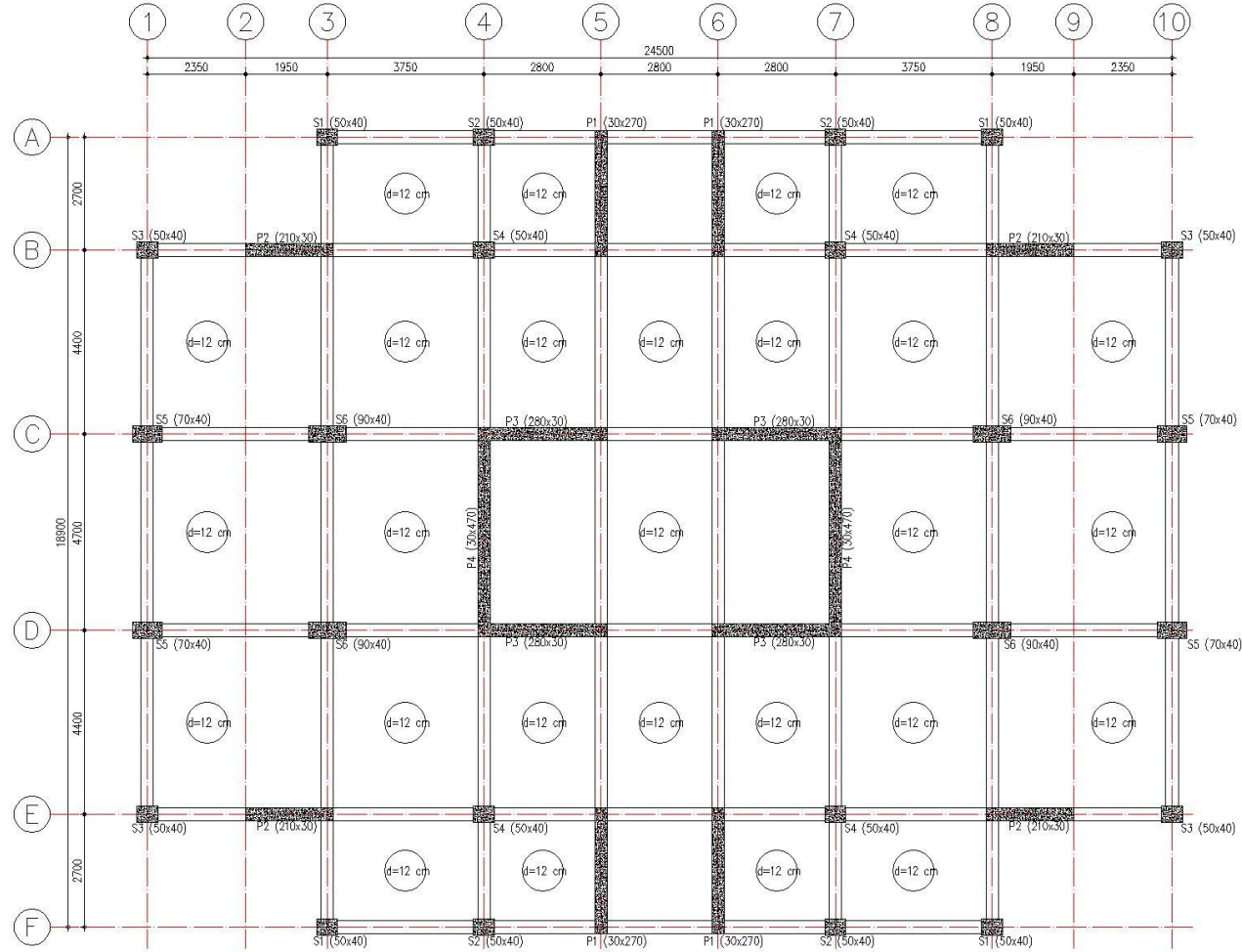
Bu çalışmada, 15 katlı betonarme çok katlı bir yapının yatay ve düşey yükler altında D.B.Y.B.H.Y. 2007 [2] kurallarına göre Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi kullanılarak 4 zemin sınıfı ve 4 deprem bölgesine göre tasarımı yapılmıştır. Binaya ait genel özellikler aşağıda sıralanmıştır.

Kullanım Amacı	:Konut
Döşeme Tipi	:Kirişli Plak
Taşıyıcı Sistemi	:Perdeli Çerçeve
Kat Sayısı	:1 Bodrum, 1 Zemin ve 13 Normal Kat
Kat Yükseklikleri	:3 metre
Yapı Yüksekliği	:45 metre
Süneklik Düzeyi	:Yüksek
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)	:7
Kullanılan Malzemeler	:C30 S420
Döşeme Kalınlığı	:12 cm

Tez kapsamında incelenen yapıda kapalı çıkma ve planda düzensizlik durumları mevcut değildir. Bodrum kat 30 cm genişliğinde rijit perde duvarlarla çevrilidir. Yapıda her iki doğrultuda simetri mevcuttur.

4.2 Kat Planı

Üzerinde çalıştığım yapının kat planı Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1 : Normal kat kalıp planı.

4.3 Yük Analizi

Tüm katlarda sabit yükler aynı alınmıştır. Betonarme elemanların kendi ağırlıkla programda belirlendiğinden yk analizine eklenmemiştir. Hareketli yükler ise TS 498’de verildiğı şekilde alınmıştır.

4.3.1 Sabit yükler (G)

Laminant Parke	:0.02*10,5= 0.21 kN/m ²
şap	:0,05*22= 1,2 kN/m ²
Strafor (sarı)	:0,02*0,3= 0.006 kN/m ²
Tavan Sıvası	:0,02*20=0,4 kN/m ²
$\Sigma=$ 1,72 kN/m ²	

4.3.2 Hareketli yükler (Q)

Döşemeler zerine etkitilecek olan hareketli yükler TS 498’den [7] alınmıştır. Konut odalarında $Q = 2 \text{ kN/m}^2$ alınmıştır. Tüm döşemeler konut odası olduğı için, tüm döşemelerde 2 kN/m^2 hareketli yük kullanılmıştır. Yapıda balkon bulunmamaktadır.

5. DEPREM YÜKLERİNE GÖRE HESAP

5.1 ETABS Modelleme Bilgileri

Yapının deprem yüklerine göre hesabı, 3. Bölümde anlatılan Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile ve Mod Birleştirme Yöntemi ile her bir deprem bölgesi için bütün zemin sınıfları için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu bölümde Z2 zemin sınıfı için 1.derece deprem bölgesinde yapılan işlemler etraflıca açıklanmıştır. Altıncı bölümde her iki yöntem ile elde edilen sonuçlar bütün zemin sınıfları ve deprem bölgeleri için karşılaştırılmıştır. Binanın yapı modeli, 3 boyutlu yapısal analiz programı ETABS kullanılarak yapılmıştır. Bina'nın perde çerçeve taşıyıcı sistemi modellenmiştir. Kolon ve kirişler bir boyutlu çubuk eleman (frame) olarak modellenmiştir. Döşemeler membrane eleman olarak, perdeler ise iki boyutlu kabuk eleman (shell) olarak modellenmiştir. Perde elemanları, sonlu elemanlar mantığı çevresinde uygun sonlu elemanlara (mesh)'lere ayrılmıştır. Kat seviyelerinde döşeme düzlemi seviyesinde rijit diyafram ataması yapılarak tasarım gerçekleştirilmiştir. Analiz sırasında TS 500'de yer alan yük kombinasyonları kullanılmıştır. D.B.Y.B.H.Y 2007 [8] bu yükleme kombinasyonlarına ilave olarak diğer yön katkılarının katılmasını istemiştir. Yapıda uygulanması gerekli olan 64 adet depremli durum yükleme kombinasyonu oluşturulmuştur. Bina her iki doğrultuda simetrik olduğundan dolayı ve bina inşasını göz önüne alarak yapılan 0.9 G'li kombinasyonlar çıkarıldıktan sonra geriye 16 adet depremli yükleme kombinasyonu kalmaktadır.

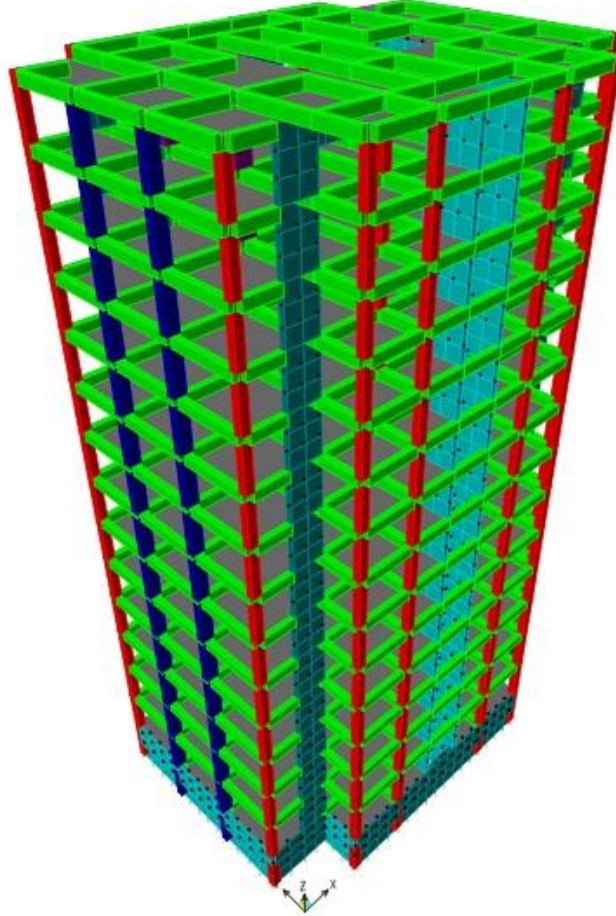
1.4G+1.6Q düşey kombinasyonu ve depremleri yükleme kombinasyonlarının tümünü içinde bulunduran toplam 16 adet kombinasyon uygulanmıştır.

ETABS programıyla 3 türlü analiz uygulanmıştır:

- 1- Dinamik Analiz
- 2- Eşdeğer Deprem Yüğü Analizi
- 3- Mod Birleştirme Analizi

Dinamik analiz ETABS programında 15 katlı 3 boyutlu bina modeli üzerinde 45 mod ile yapılmıştır. Dinamik analiz ile yapının her iki doğrultuda sahip olduğu doğal

titreşim periyodları bulunmuş ve bu periyodlar Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminde her iki deprem yönündeki taban kesme kuvvetlerinin hesaplanmasında kullanılmıştır. Şekil 5.1’de binanın ETABS programında modellenmiş olan üç boyutlu yapı modeli verilmiştir.



Şekil 5.1 : Binanın ETABS programında 3D Modeli.

5.2 Dinamik Analiz

Binanın X ve Y doğrultusundaki doğal titreşim periyodu, ETABS programı kullanılarak bulunmuştur. Binanın dinamik analizinde $G+0.3Q$ yükleme kullanılmıştır. Bu yükleme ile yapı ağırlığı ETABS programına hesaplatılmıştır. Herhangi bir deprem yükü uygulanmadan dinamik analiz gerçekleştirildiği için binaya etkiyecek deprem yükü, bina ağırlığına eşit olacaktır. Yapının doğal titreşim periyotları sadece binanın toplam kütlesine bağlıdır. Yapı ağırlığı bilinirse, binanın kütlesi $m=W/g$ olacaktır. Bina kütlesi (m) bulunurken elemanların zati ağırlığını

ETABS programı kendisi hesaplamaktadır. Dinamik analiz yapılmış ve yeterli kütle katılım değeri olan % 90'a ulaşılan kadar mod sayısı ETABS programında arttırılmıştır ve yeniden dinamik analiz tekrarlanmıştır. X ve Y doğrultusu için bulunan modal değerler ve modların kütle katılım oranları Çizelge 5.1'de verilmiştir [9].

Çizelge 5.1 : Binanın doğal titreşim periyotları ve kütle katılım oranları.

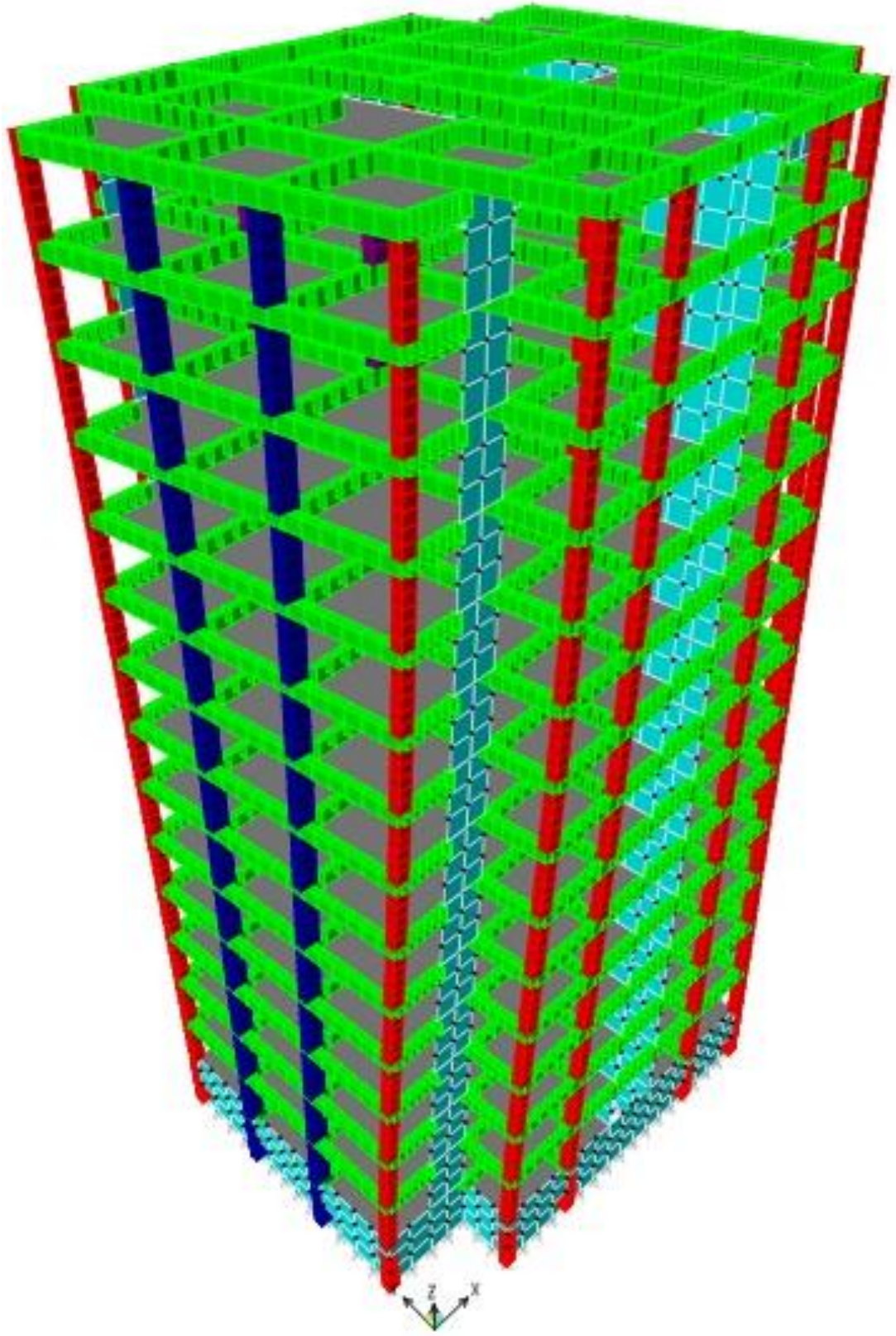
Mod	Period(sn)	UX	UY	RZ	SumUX	SumUY	SumRZ
1	1,004199	0,1166	1,4655	70,0447	0,1166	1,4655	70,0447
2	0,941354	70,9554	0,0996	0,0868	71,072	1,5651	70,1315
3	0,931068	0,0759	66,3924	1,5289	71,1478	67,9575	71,6604
4	0,303254	0,0123	0,0602	10,9802	71,1602	68,0177	82,6406
5	0,278985	11,7756	0,0001	0,0112	82,9358	68,0178	82,6518
6	0,244296	0	14,7153	0,0528	82,9358	82,7332	82,7046
7	0,158535	0,0025	0,0129	4,2533	82,9383	82,746	86,9579
8	0,140944	4,5041	0	0,0023	87,4424	82,746	86,9602
9	0,112588	0	5,45	0,012	87,4424	88,196	86,9722
10	0,102678	0,0008	0,0058	2,1518	87,4433	88,2018	89,124
11	0,087517	2,5586	0	0,0007	90,0019	88,2018	89,1247
12	0,074737	0,0004	0,0022	1,2469	90,0022	88,204	90,3716
13	0,068884	0	2,7906	0,0041	90,0022	90,9946	90,3757
14	0,060496	1,6443	0	0,0004	91,6466	90,9946	90,376
15	0,058497	0,0003	0,0011	0,8009	91,6468	90,9957	91,177
16	0,04855	0	1,6916	0	91,6468	92,6873	91,177
17	0,04801	0	0,002	0,5506	91,6469	92,6894	91,7276
18	0,045134	1,1669	0	0,0001	92,8138	92,6894	91,7277
19	0,04078	0	0,001	0,3901	92,8138	92,6904	92,1178
20	0,037262	0	1,1733	0,0014	92,8138	93,8636	92,1192
21	0,035588	0,8341	0	0,0148	93,6478	93,8637	92,1341
22	0,035567	0,0508	0,0003	0,266	93,6986	93,8639	92,4001
23	0,031735	0	0,0005	0,198	93,6986	93,8645	92,5981
24	0,030191	0	0,8934	0,0009	93,6986	94,7579	92,5991
25	0,029281	0,7096	0	0	94,4082	94,7579	92,5991
26	0,028905	0	0,0001	0,1322	94,4082	94,758	92,7313
27	0,026862	0	0,0002	0,0781	94,4083	94,7582	92,8094
28	0,025476	0	0,0185	0,0342	94,4083	94,7767	92,8436
29	0,025443	0	0,7081	0,003	94,4083	95,4849	92,8466
30	0,024925	0,5919	0	0	95,0002	95,4849	92,8467
31	0,024669	0	0	0,0095	95,0002	95,4849	92,8562
32	0,0221	0	0,6213	0,0003	95,0002	96,1062	92,8565
33	0,02183	0,5059	0	0	95,5061	96,1062	92,8565
34	0,019688	0	0,548	0,0001	95,5061	96,6543	92,8566
35	0,019604	0,4328	0	0	95,9389	96,6543	92,8566
36	0,018016	0,3555	0	0	96,2944	96,6543	92,8566
37	0,017932	0	0,4943	0	96,2944	97,1486	92,8566
38	0,016929	0,2519	0	0	96,5463	97,1486	92,8566
39	0,016666	0	0,4465	0,0002	96,5463	97,5951	92,8568
40	0,016277	0,1033	0	0	96,6496	97,5951	92,8568
41	0,015789	0	0,3893	0,0007	96,6496	97,9844	92,8574
42	0,015242	0	0,2644	0,0011	96,6496	98,2488	92,8585
43	0,015149	3,3503	0	0	100	98,2488	92,8586
44	0,014827	0	1,7443	0,0146	100	99,9931	92,8731
45	0,013108	0	0,0069	7,1269	100	100	100

Yukarıda görüldüğü üzere kütle katılım oranı 45 mod için yaklaşık olarak % 100'e karşılık gelmektedir. Deprem Yönetmeliği'nde kütle katılım oranının % 90'ı geçmesi istenmiştir [2]. Yapının birinci doğal titreşim periyodu 1,004199 sn bulunmuştur ve binanın birinci modu burulma modudur. Bunun sebebi 1. doğal titreşim periyoduna "RZ" yani Z eksenini etrafında dönme serbestliğinin kütle katılım oranının en yüksek oranda etkimiş olmasıdır. ETABS programında binanın ilk 3 moduna ait mod şekilleri (mod shape) incelenmiştir. Şekil 5.2'de yapının birinci modunun şekli, Şekil 5.3'te yapının ikinci modunun şekli ve Şekil 5.3'te yapının üçüncü modunun şekli verilmiştir. Bina'nın X doğrultusundaki 1. Modu yapının tüm modları göz önüne alındığında ikinci moda karşılık gelmektedir. Bina'nın Y doğrultusundaki birinci modu ise yapının modları arasında üçüncü moda karşı gelmektedir. Yapının Y doğrultusunda rijitliğinin daha fazla olduğu bilindiği için dinamik analiz sonuçları güvenilir kabul edilmiştir.

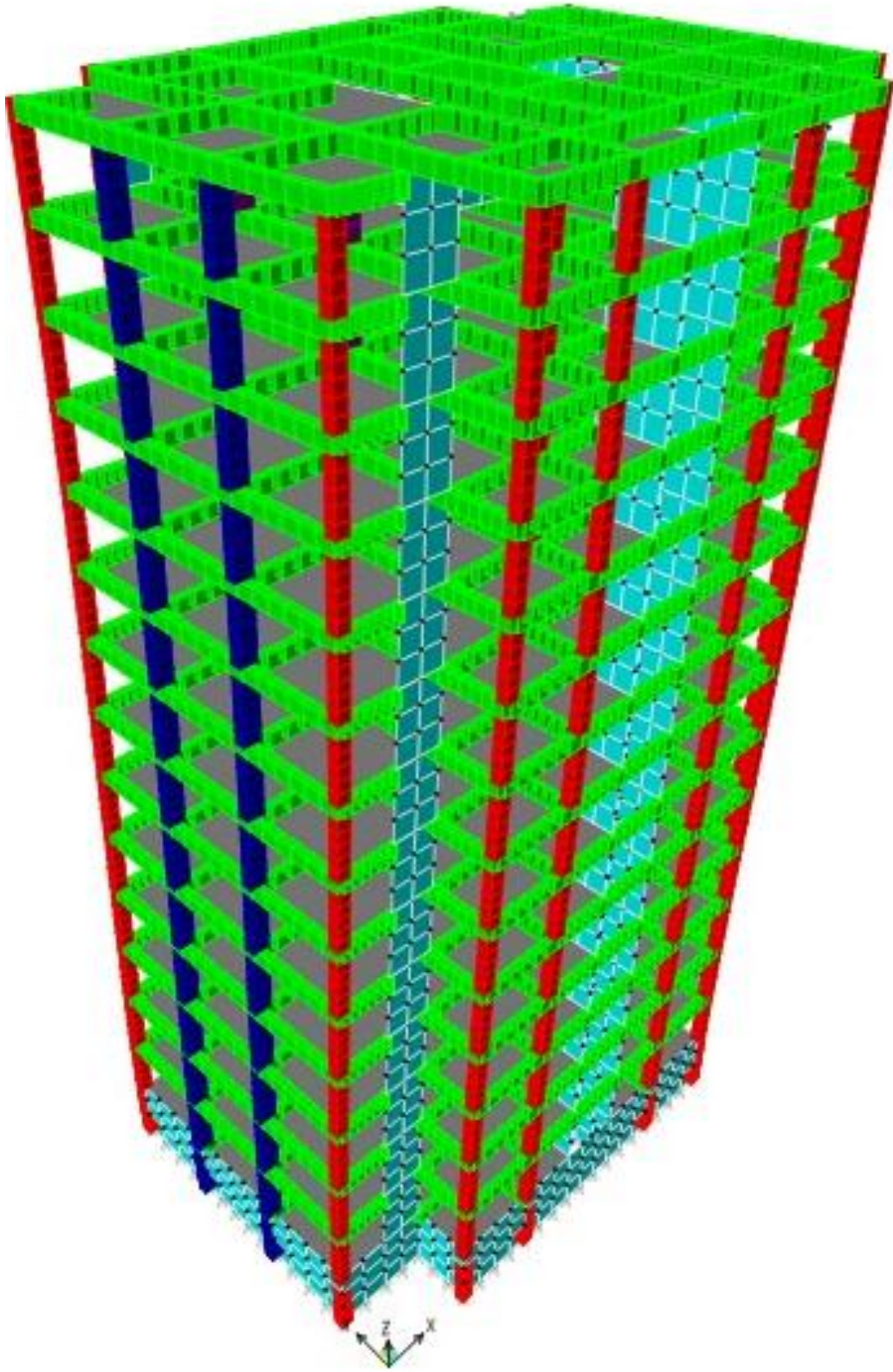
Şekil 5.2'de ETABS programı ile bulunmuş olan binanın birinci modu verilmiştir. Yapının birinci modu şekil 5.2'de görüldüğü üzere burulma modudur. Yapının birinci modu deprem yükü hesaplarında kullanılmamıştır. Binanın birinci moduna ait doğal titreşim periyodu ETABS programında 1,004199 saniye bulunmuştur.

Şekil 5.3'de yapının X doğrultusundaki birinci mod şekli verilmiştir. Binanın X doğrultusundaki birinci moduna karşılık gelen doğal titreşim periyodu (T1X) ETABS programında 0,941354 saniye bulunmuştur. T1X, X doğrultusunda Eşdeğer Deprem Yükü Hesabında doğrudan kullanılmıştır.

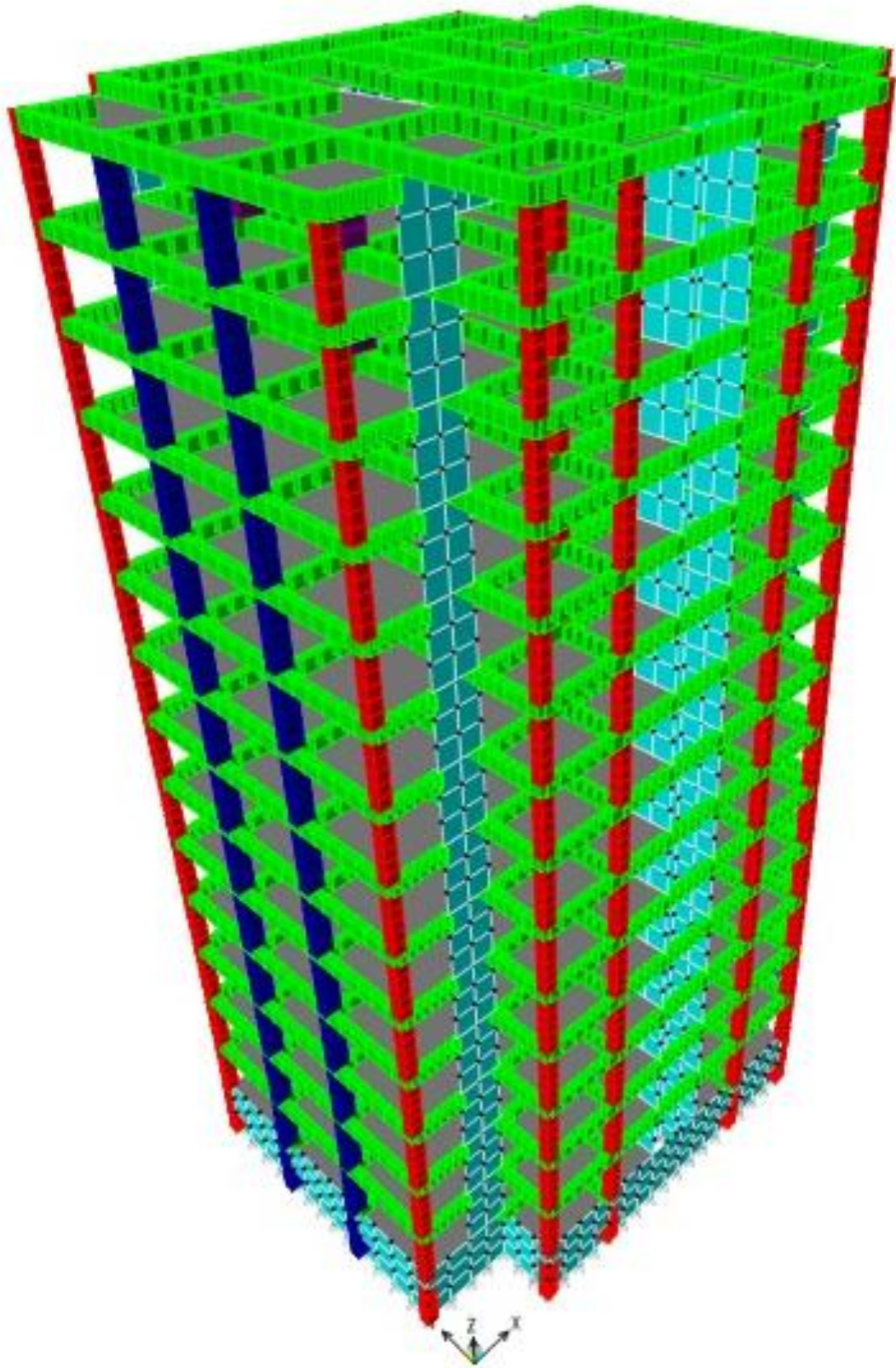
Yukarıda Şekil 5.4'te yapının Y doğrultusundaki birinci mod şekli verilmiştir. Binanın Y doğrultusundaki birinci moduna karşılık gelen doğal titreşim periyodu (T1Y) ETABS programında 0,931068 saniye bulunmuştur. T1Y, Y doğrultusunda Eşdeğer Deprem Yükü Hesabında doğrudan kullanılmıştır.



Şekil 5.2 : Binanın ETABS programıyla bulunan 1. mod şekli.



Şekil 5.3 : Binaın X doğrultusundaki 1. Modu.



Şekil 5.4 : Binanın Y doğrultusundaki 1. Modu.

5.3 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Deprem Yüğülerinin Bulunması

5.3.1 Yüğü kombinasyonları

Yapı modeli ETABS programında hazırlanıp 17 yükleme kombinasyonlarının her biri için analiz edilmiştir.

- 1- $1.4G+1.6Q$
- 2- $1G+1Q+EXPeP+0.30EYPeP$
- 3- $1G+1Q+EXPeP+0.30EYPeN$
- 4- $1G+1Q+EXPeN+0.30EYPeP$
- 5- $1G+1Q+EXPeN+0.30EYPeN$
- 6- $1G+1Q+EXNeP+0.30EYPeP$
- 7- $1G+1Q+EXNeP+0.30EYPeN$
- 8- $1G+1Q+EXNeN+0.30EYPeP$
- 9- $1G+1Q+EXNeN+0.30EYPeN$
- 10- $1G+1Q+EYPeP+0.30EXPeP$
- 11- $1G+1Q+EYPeP+0.30EXPeN$
- 12- $1G+1Q+EYPeN+0.30EXPeP$
- 13- $1G+1Q+EYPeN+0.30EXPeN$
- 14- $1G+1Q+EYNeP+0.30EXPeP$
- 15- $1G+1Q+EYNeP+0.30EXPeN$
- 16- $1G+1Q+EYNeN+0.30EXPeP$
- 17- $1G+1Q+EYNeN+0.30EXPeN$

Burada, G sabit yüğüleri, Q hareketli yüğüleri, E deprem yüğülerini, (e) binadaki ek dışmerkezliği, P pozitif yönü, N negatif yönü göstermektedir. Yukarıdaki kombinasyonlarında bulunan toplama işareti (+) işareti yön belirtmemektedir.

5.3.2 Katlara etkiyen eşdeğer deprem yüğülerinin belirlenmesi

Yapıya etkiyen Eşdeğer Deprem Yüğüleri her iki bina doğrultusu için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Eşdeğer deprem yüğülerinin hesabı 2. Bölümde anlatılmış olan işlem sırası ile yapılmıştır. Dinamik analiz ile elde edilen binanın doğal titreşim periyotları ve bina ağırlığı eşdeğer deprem yüğü hesabında doğrudan kullanılmıştır. Bölüm 2’de açıklandığı üzere perde duvarlarla çevrili bodrum kata ait deprem yüğü hesabı yapılmamış, bu yüzden yapı ağırlığından rijit bodrum katın ağırlığı çıkarılmıştır.

5.3.2.1 X doğrultusunda deprem yüklerinin belirlenmesi

Toplam bina ağırlığı: 72904,88 kN

Bina'nın X Doğrultusunda doğal titreşim periyodu (T_{1X}) : 0,0941354 sn

Bina Önem Katsayısı (I) : 1

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) : 7

Spektrum Karakteristik Periyotları: Yerel Zemin Sınıfı Z2 için $T_A = 0.15$, $T_B = 0.40$

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı, $R_a(T_{1X}) = 7$, ($T_A < T$ $R_a(T) = R$)

Birinci derece deprem bölgesi için deprem yükleri

Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0) : 0,4

Spektrum Katsayısı $S(T)$: $S(T) = 2,5 \frac{T_B}{T}^{0,8} = 1,26$, $T \geq T_B$

Spektral İvme Katsayısı: $A(T) = A_0 I S(T) A_0 = 0,504$

Taban Kesme Kuvveti: $V_{TX} = \frac{W A(T)}{R_a(T)} = 5249,15$ kN

Kontrol: $V_{TX} \geq 0,1 A_0 I W$ olmalı.

$V_{TX} = 5249,15$ kN $\geq 2916,20$ kN

Toplam Kat Adedi, $N = 14$

Kamçılama Kuvveti, $\Delta F_{NX} = 0.0075 N V_{TX} = 551,16$

5.3.2.2 Y doğrultusunda deprem yüklerinin belirlenmesi

Toplam bina ağırlığı: 72904,88 kN

Bina'nın Y Doğrultusunda doğal titreşim periyodu (T_{1Y}) : 0,931068 sn

Bina Önem Katsayısı (I) : 1

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) : 7

Spektrum Karakteristik Periyotları: Yerel Zemin Sınıfı Z2 için $T_A = 0.15$, $T_B = 0.40$

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı, $R_a(T_{1Y}) = 7$, ($T_A < T$ $R_a(T) = R$)

Birinci derece deprem bölgesi için deprem yükleri

Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0) : 0,4

Spektrum Katsayısı $S(T)$: $S(T) = 2,5 \frac{T_B}{T}^{0,8} = 1,27$, $T \geq T_B$

Spektral İvme Katsayısı: $A(T) = A_0 I S(T) A_0 = 0,511$

Taban Kesme Kuvveti: $V_{TY} = \frac{W A(T)}{R_a(T)} = 5322,06$ kN

Kontrol: $V_{TY} \geq 0,1 A_0 I W$ olmalı.

$$V_{TX}=5322,06 \text{ kN} \geq 2916,20 \text{ kN}$$

Toplam Kat Adedi, N = 14

$$\text{Kamçılama Kuvveti, } \Delta F_{NX} = 0.0075NV_{TX} = 558,82$$

Çizelge 5.2 ve Çizelge 5.3’de X ve Y doğrultuları için katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve kat kesme kuvvetleri verilmiştir.

Çizelge 5.2 : X doğrultusunda eşdeğer deprem yükü hesabı.

Kat	Hi(m)	Wi(kN)	Wi*Hi	(Wi*Hi)/(ΣWi*Hi)	Fi (kN)	Vi(kN)
13	42	4611,32	193675,4	0,1190	1113,637	1113,637
12	39	5253,35	204880,7	0,1259	590,7876	1704,424
11	36	5253,35	189120,6	0,1162	545,3424	2249,767
10	33	5253,35	173360,6	0,1065	499,8972	2749,664
9	30	5253,35	157600,5	0,0968	454,452	3204,116
8	27	5253,35	141840,5	0,0871	409,0068	3613,123
7	24	5253,35	126080,4	0,0775	363,5616	3976,684
6	21	5253,35	110320,4	0,0678	318,1164	4294,801
5	18	5253,35	94560,3	0,0581	272,6712	4567,472
4	15	5253,35	78800,25	0,0484	227,226	4794,698
3	12	5253,35	63040,2	0,0387	181,7808	4976,479
2	9	5253,35	47280,15	0,0290	136,3356	5112,814
1	6	5253,35	31520,1	0,0194	90,8904	5203,705
Zemin	3	5253,35	15760,05	0,0097	45,4452	5249,15

Çizelge 5.3 : Y doğrultusunda eşdeğer deprem yükü hesabı.

Kat	Hi(m)	Wi(kN)	Wi*Hi	(Wi*Hi)/(ΣWi*Hi)	Fi (kN)	Vi(kN)
13	42	4611,32	193675,4	0,1190	1125,536	1125,536
12	39	5253,35	204880,7	0,1259	599,5035	1725,039
11	36	5253,35	189120,6	0,1162	553,3878	2278,427
10	33	5253,35	173360,6	0,1065	507,2722	2785,699
9	30	5253,35	157600,5	0,0968	461,1565	3246,856
8	27	5253,35	141840,5	0,0871	415,0409	3661,897
7	24	5253,35	126080,4	0,0775	368,9252	4030,822
6	21	5253,35	110320,4	0,0678	322,8096	4353,631
5	18	5253,35	94560,3	0,0581	276,6939	4630,325
4	15	5253,35	78800,25	0,0484	230,5783	4860,903
3	12	5253,35	63040,2	0,0387	184,4626	5045,366
2	9	5253,35	47280,15	0,0290	138,347	5183,713
1	6	5253,35	31520,1	0,0194	92,2313	5275,944
Zemin	3	5253,35	15760,05	0,0097	46,11565	5322,06

5.4 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemine Göre Düzensizlik Kontrolleri

Eşdeğer deprem yükleri hesabında hesaplanan deprem yükleri deprem yükleri ETABS programıyla binaya etkilmiştir.

5.4.1 Kat deplasmanları ve A1 burulma düzensizliği kontrolü

Burulma düzensizliği Deprem Yönetmeliği 2007’de; birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranı şeklinde tanımlanmıştır. A1 Burulma düzensizliği kontrolü yapı için her iki deprem doğrultusunda da uygulanmıştır. Hem X doğrultusu hem de Y doğrultusu için yapılmış A1 Burulma düzensizliği hesapları Çizelge 5.4, Çizelge 5.5, Çizelge 5.6 ve Çizelge 5.7’de verilmiştir. A1 burulma düzensizliğine hem X hem de Y doğrultusunda rastlanmıştır. Yönetmeliğin öngördüğü şekilde yeni bir eksişmerkezlik değeri kullanılarak tüm deprem hesabı ETABS programında yeniden yapılmıştır.

Çizelge 5.4 : E.D.Y.Y. X doğrultusunda (+ %5) A1 burulma düzensizliği kontrolü.

Kat	(di) _{min} (cm)	(di) _{max} (cm)	(Δi) _{min} (cm)	(Δi) _{max} (cm)	(Δi) _{ort} (cm)	η _{bi}
13	3,3352	2,5285	0,1634	0,1408	0,1521	1,074293
12	3,1718	2,3877	0,1814	0,1558	0,1686	1,075919
11	2,9904	2,2319	0,2019	0,172	0,18695	1,079968
10	2,7885	2,0599	0,2229	0,1877	0,2053	1,085728
9	2,5656	1,8722	0,243	0,202	0,2225	1,092135
8	2,3226	1,6702	0,2609	0,2139	0,2374	1,098989
7	2,0617	1,4563	0,2756	0,2228	0,2492	1,105939
6	1,7861	1,2335	0,2862	0,2279	0,25705	1,113402
5	1,4999	1,0056	0,2915	0,2282	0,25985	1,121801
4	1,2084	0,7774	0,2904	0,222	0,2562	1,133489

Çizelge 5.4(devam) : E.D.Y.Y. X doğrultusunda (+ %5) A1 burulma düzensizliği kontrolü.

3	0,918	0,5554	0,2805	0,207	0,24375	1,150769
2	0,6375	0,3484	0,2586	0,1791	0,21885	1,181631
1	0,3789	0,1693	0,2193	0,1307	0,175	1,253143
Zemin	0,1596	0,0386	0,1443	0,0415	0,0929	1,553283

Çizelge 5.5 : E.D.Y.Y. X doğrultusunda (- %5) A1 burulma düzensizliği kontrolü.

Kat	(di)_{min} (cm)	(di)_{max} (cm)	(Δi)_{min} (cm)	(Δi)_{max} (cm)	(Δi)_{ort} (cm)	η_{bi}
13	3,3006	2,5619	0,1617	0,1426	0,15215	1,062767
12	3,1389	2,4193	0,1796	0,1578	0,1687	1,064612
11	2,9593	2,2615	0,1998	0,1742	0,187	1,068449
10	2,7595	2,0873	0,2206	0,1901	0,20535	1,074263
9	2,5389	1,8972	0,2406	0,2046	0,2226	1,080863
8	2,2983	1,6926	0,2582	0,2167	0,23745	1,087387
7	2,0401	1,4759	0,2728	0,2257	0,24925	1,094483
6	1,7673	1,2502	0,2832	0,2309	0,25705	1,101731
5	1,4841	1,0193	0,2885	0,2312	0,25985	1,110256
4	1,1956	0,7881	0,2874	0,225	0,2562	1,12178
3	0,9082	0,5631	0,2775	0,2098	0,24365	1,138929
2	0,6307	0,3533	0,256	0,1816	0,2188	1,170018
1	0,3747	0,1717	0,2168	0,1328	0,1748	1,240275
Zemin	0,1579	0,0389	0,1426	0,0418	0,0922	1,546638

Çizelge 5.6 : E.D.Y.Y. Y doğrultusunda (+ %5) A1 burulma düzensizliği kontrolü.

Kat	(di)_{min} (cm)	(di)_{max} (cm)	(Δi)_{min} (cm)	(Δi)_{max} (cm)	(Δi)_{ort} (cm)	η_{bi}
13	3,6647	2,648	0,2363	0,2004	0,21835	1,082207
12	3,4284	2,4476	0,2492	0,2074	0,2283	1,091546
11	3,1792	2,2402	0,2627	0,2155	0,2391	1,098703
10	2,9165	2,0247	0,2763	0,2226	0,24945	1,107637
9	2,6402	1,8021	0,2885	0,228	0,25825	1,117135
8	2,3517	1,5741	0,2981	0,2308	0,26445	1,127245
7	2,0536	1,3433	0,3041	0,2304	0,26725	1,137886
6	1,7495	1,1129	0,3054	0,2257	0,26555	1,150066
5	1,4441	0,8872	0,3007	0,2162	0,25845	1,163475
4	1,1434	0,671	0,2893	0,2008	0,24505	1,180575
3	0,8541	0,4702	0,2696	0,1788	0,2242	1,202498
2	0,5845	0,2914	0,2401	0,1481	0,1941	1,236991
1	0,3444	0,1433	0,1979	0,1082	0,15305	1,293041
Zemin	0,1465	0,0351	0,13	0,0374	0,0837	1,553166

Çizelge 5.7 : E.D.Y.Y. Y doğrultusunda (- %5) A1 burulma düzensizliği kontrolü.

Kat	(di)_{min} (cm)	(di)_{max} (cm)	(Δi)_{min} (cm)	(Δi)_{max} (cm)	(Δi)_{ort} (cm)	η_{bi}
13	3,8336	2,5011	0,2415	0,1921	0,2168	1,11393
12	3,5921	2,309	0,256	0,2001	0,22805	1,122561
11	3,3361	2,1089	0,271	0,2071	0,23905	1,133654
10	3,0651	1,9018	0,2861	0,2129	0,2495	1,146693
9	2,779	1,6889	0,2997	0,2173	0,2585	1,159381
8	2,4793	1,4716	0,3107	0,2191	0,2649	1,172895

Çizelge 5.7 (devam): 1. D.D.B için E.D.Y.Y. Y doğrultusunda (- %5) A1 burulma düzensizliği kontrolü.

7	2,1686	1,2525	0,3178	0,2177	0,26775	1,186928
6	1,8508	1,0348	0,3201	0,2126	0,26635	1,201802
5	1,5307	0,8222	0,3162	0,2026	0,2594	1,218967
4	1,2145	0,6196	0,3052	0,1871	0,24615	1,239894
3	0,9093	0,4325	0,2854	0,1656	0,2255	1,265632
2	0,6239	0,2669	0,2554	0,1359	0,19565	1,305392
1	0,3685	0,131	0,2118	0,098	0,1549	1,367334
Zemin	0,1567	0,033	0,1399	0,0355	0,0877	1,595211

Yukarıda çizelgelerde X ve Y doğrultusunda yapılmış olan A1 burulma düzensizliği hesabı verilmiştir. Hesaplanmış olan burulma düzensizliği katsayılarının X doğrultusunda olduğu gibi 1.2 sınır değerini aştığı görülmektedir. Bu nedenle Eşdeğer Deprem Yüğü hesabında bulunan katlara ait deprem yüklerinin katlara etkitildiği %5 oranında ek dışmerkezlik değerinin belli bir oranda arttırılması gerekmiştir. D katsayısı X ve Y doğrultusundan büyük olanı için hesaplanmış ve her iki deprem doğrultusunda da ek dışmerkezlik bulunan D değeri kadar arttırılmıştır. D değerinin hesabı aşağıda verilmiştir.(e'), Deprem yüklerinin etki edeceği yeni ek dışmerkezlik değeridir [10].

$$D_i = \left(\frac{\eta_{bi}}{1.2} \right)^2 = \left(\frac{1,59521}{1.2} \right)^2 = 1.77$$

$$e' = D_i * e = 1.095 * 0.05 = 0.0885 \text{ olarak hesaplanmıştır}$$

ETABS programında katlara etki ettirilmiş olan deprem yüklerinin etki noktası olan %5 kaydırılmış kütle merkezleri %8.85 olarak değiştirilmiş ve deprem hesabı ETABS programında yeniden yapılmıştır. A1 Burulma Düzensizliği kontrolleri yeniden her iki deprem doğrultusu için yapılmıştır. Çizelge 5.8, Çizelge 5.9, Çizelge 5.10, Çizelge 5.11'de ikinci çözüme ait yapılmış olan A1 burulma düzensizliği hesapları verilmiştir. Bundan sonra yapılan hesaplar deprem yönetmeliği uyarınca hesaplanan yeni dışmerkezliliğe göre yapılmıştır.

Çizelge 5.8 : E.D.Y.Y. X doğrultusunda (+ %5) A1 burulma düzensizliği kontrolü
(2. Çözüm).

Kat	(di) _{min} (cm)	(di) _{max} (cm)	(Δi) _{min} (cm)	(Δi) _{max} (cm)	(Δi) _{ort} (cm)	η _{bi}
13	3,5968	2,2753	0,1750	0,1279	0,1515	1,1555
12	3,4218	2,1474	0,1949	0,1412	0,1681	1,1598
11	3,2269	2,0062	0,2169	0,1556	0,1863	1,1646
10	3,0100	1,8506	0,2399	0,1695	0,2047	1,1720
9	2,7701	1,6811	0,2617	0,1823	0,2220	1,1788
8	2,5084	1,4988	0,2811	0,1928	0,2370	1,1863
7	2,2273	1,3060	0,2970	0,2006	0,2488	1,1937
6	1,9303	1,1054	0,3086	0,2051	0,2569	1,2015
5	1,6217	0,9003	0,3146	0,2051	0,2599	1,2107
4	1,3071	0,6952	0,3134	0,1993	0,2564	1,2225
3	0,9937	0,4959	0,3030	0,1855	0,2443	1,2405
2	0,6907	0,3104	0,2798	0,1596	0,2197	1,2736
1	0,4109	0,1508	0,2379	0,1146	0,1763	1,3498
Zemin	0,1730	0,0362	0,1573	0,0393	0,0983	1,6002

Çizelge 5.9 : E.D.Y.Y. X doğrultusunda (- %5) A1 burulmadüzensizliği kontrolü
(2. Çözüm).

Kat	(di) _{min} (cm)	(di) _{max} (cm)	(Δi) _{min} (cm)	(Δi) _{max} (cm)	(Δi) _{ort} (cm)	η _{bi}
13	3,5622	2,3087	0,1734	0,1297	0,1516	1,1442
12	3,3888	2,1790	0,1930	0,1432	0,1681	1,1481
11	3,1958	2,0358	0,2149	0,1577	0,1863	1,1535

Çizelge 5.9 (devam) : E.D.Y.Y. X doğrultusunda (- %5) A1 burulmadüzensizliği kontrolü (2. Çözüm).

10	2,9809	1,8781	0,2376	0,1721	0,2049	1,1599
9	2,7433	1,7060	0,2591	0,1848	0,2220	1,1674
8	2,4842	1,5212	0,2785	0,1956	0,2371	1,1749
7	2,2057	1,3256	0,2942	0,2036	0,2489	1,1820
6	1,9115	1,1220	0,3057	0,2080	0,2569	1,1902
5	1,6058	0,9140	0,3115	0,2081	0,2598	1,1990
4	1,2943	0,7059	0,3104	0,2023	0,2564	1,2108
3	0,9839	0,5036	0,3001	0,1883	0,2442	1,2289
2	0,6838	0,3153	0,2770	0,1621	0,2196	1,2617
1	0,4068	0,1532	0,2355	0,1166	0,1761	1,3377
Zemin	0,1713	0,0366	0,1556	0,0397	0,0977	1,5934

Çizelge 5.10 : E.D.Y.Y. Y doğrultusunda (+ %5) A1 burulma düzensizliği kontrolü (2. Çözüm).

Kat	(di)_{min} (cm)	(di)_{max} (cm)	(Δi)_{min} (cm)	(Δi)_{max} (cm)	(Δi)_{ort} (cm)	η_{bi}
13	4,1127	2,2393	0,2564	0,1706	0,2135	1,2009
12	3,8563	2,0687	0,2721	0,1747	0,2234	1,2180
11	3,5842	1,8940	0,2888	0,1790	0,2339	1,2347
10	3,2954	1,7150	0,3053	0,1831	0,2442	1,2502
9	2,9901	1,5319	0,3204	0,1940	0,2572	1,2457
8	2,6697	1,3379	0,3327	0,2020	0,2674	1,2444
7	2,3370	1,1359	0,3409	0,2001	0,2705	1,2603
6	1,9961	0,9358	0,3437	0,1944	0,2691	1,2775
5	1,6524	0,7414	0,3402	0,1846	0,2624	1,2965

Çizelge 5.10 (devam): E.D.Y.Y. Y doğrultusunda (+ %5) A1 burulma düzensizliği kontrolü(2. Çözüm).

4	1,3122	0,5568	0,3288	0,1696	0,2492	1,3194
3	0,9834	0,3872	0,3081	0,1491	0,2286	1,3478
2	0,6753	0,2381	0,2762	0,1212	0,1987	1,3900
1	0,3991	0,1169	0,2298	0,0862	0,1580	1,4544
Zemin	0,1693	0,0307	0,1522	0,0334	0,0928	1,6401

Çizelge 5.11 : E.D.Y.Y. Y doğrultusunda (- %5) A1 burulmadüzensizliği kontrolü (2. Çözüm).

Kat	(di)_{min} (cm)	(di)_{max} (cm)	(Δi)_{min} (cm)	(Δi)_{max} (cm)	(Δi)_{ort} (cm)	η_{bi}
13	4,2767	2,0531	0,2611	0,1640	0,2126	1,2284
12	4,0156	1,8891	0,2786	0,1665	0,2226	1,2519
11	3,7370	1,7226	0,2966	0,1693	0,2330	1,2732
10	3,4404	1,5533	0,3147	0,1719	0,2433	1,2935
9	3,1257	1,3814	0,3313	0,1736	0,2525	1,3123
8	2,7944	1,2078	0,3448	0,1738	0,2593	1,3297
7	2,4496	1,0340	0,3542	0,1781	0,2662	1,3308
6	2,0954	0,8559	0,3581	0,1809	0,2695	1,3288
5	1,7373	0,6750	0,3552	0,1705	0,2629	1,3513
4	1,3821	0,5045	0,3443	0,1557	0,2500	1,3772
3	1,0378	0,3488	0,3237	0,1356	0,2297	1,4095
2	0,7141	0,2132	0,2913	0,1088	0,2001	1,4561
1	0,4228	0,1044	0,2434	0,0757	0,1596	1,5255
Zemin	0,1794	0,0287	0,1619	0,0315	0,0967	1,6743

İkinci çözüm sonrası hem X hem de Y doğrultusunda A1 Burulma düzensizliğinin merteye olarak arttığı görülmüştür. Bunun anlamı düzensizlikten ötürü yapıyı cezalandırmak olarak yorumlanabilir.

5.4.2 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat) kontrolü

Komşu katlar arası rijitlik (yumuşak kat) düzensizliği, Deprem Yönetmeliği 2007’de; birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i’inci kattaki ortalama görel kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görel kat ötelemesi bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki} ’nin 2.0’den fazla olması durumu ile tanımlanmıştır. X ve Y doğrultuları için hesaplanan η_{ki} değerleri Çizelge 5.12 ve Çizelge 5.13’de verilmiştir.

Çizelge 5.12 : E.D.Y.Y. X doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği kontrolü.

Kat	$(d_i)_{min}$ (cm)	h_i (m)	(Δi) (cm)	$(\Delta i / h_i)_{ort}$	$(\Delta i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort}$	η_{ki}
13	3,5968	3,0000	0,1750	0,0583	-	0,8979
12	3,4218	3,0000	0,1949	0,0650	1,1137	0,8986
11	3,2269	3,0000	0,2169	0,0723	1,1129	0,9041
10	3,0100	3,0000	0,2399	0,0800	1,1060	0,9167
9	2,7701	3,0000	0,2617	0,0872	1,0909	0,9310
8	2,5084	3,0000	0,2811	0,0937	1,0741	0,9465
7	2,2273	3,0000	0,2970	0,0990	1,0566	0,9624
6	1,9303	3,0000	0,3086	0,1029	1,0391	0,9809
5	1,6217	3,0000	0,3146	0,1049	1,0194	1,0038
4	1,3071	3,0000	0,3134	0,1045	0,9962	1,0343
3	0,9937	3,0000	0,3030	0,1010	0,9668	1,0829
2	0,6907	3,0000	0,2798	0,0933	0,9234	1,1761
1	0,4109	3,0000	0,2379	0,0793	0,8503	1,5124
Zemin	0,1730	3,0000	0,1573	0,0524	-	-

Binada X doğrultusunda yapılmış olan komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolünde tüm katlar için sınır değer olan 2.0'ın aşılmadığı görülmüştür. Binada X doğrultusunda komşu katlar arası rijitlik düzensizliği yoktur.

Çizelge 5.13 : E.D.Y.Y Y doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği kontrolü.

Kat	$(d_i)_{min}$ (cm)	h_i (m)	(Δi) (cm)	$(\Delta i / h_i)_{ort}$	$(\Delta i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1} = / h_{i+1})_{ort}$	η_{ki}
13	4,1127	3,0000	0,2564	0,0855	-	0,9423
12	3,8563	3,0000	0,2721	0,0907	1,0612	0,9422
11	3,5842	3,0000	0,2888	0,0963	1,0614	0,9460
10	3,2954	3,0000	0,3053	0,1018	1,0571	0,9529
9	2,9901	3,0000	0,3204	0,1068	1,0495	0,9630
8	2,6697	3,0000	0,3327	0,1109	1,0384	0,9759
7	2,3370	3,0000	0,3409	0,1136	1,0246	0,9919
6	1,9961	3,0000	0,3437	0,1146	1,0082	1,0103
5	1,6524	3,0000	0,3402	0,1134	0,9898	1,0347
4	1,3122	3,0000	0,3288	0,1096	0,9665	1,0672
3	0,9834	3,0000	0,3081	0,1027	0,9370	1,1155
2	0,6753	3,0000	0,2762	0,0921	0,8965	1,2019
1	0,3991	3,0000	0,2298	0,0766	0,8320	1,5099
Zemin	0,1693	3,0000	0,1522	0,0507	-	-

Binada Y doğrultusunda yapılmış olan komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolünde tüm katlar için sınır değer olan 2.0'ın aşılmadığı görülmüştür. Binada Y doğrultusunda komşu katlar arası rijitlik düzensizliği yoktur.

5.4.3 Göreli kat ötelemeleri kontrolü

Deprem Yönetmeliği 2007'ye göre, göreli kat ötelemesi, herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade etmektedir. Binada göreli kat ötelemeleri kontrolü bütün deprem bölgeleri ve her iki deprem doğrultusu içinde ayrı ayrı $(d_i)_{\max} / h_i \leq 0.02$ koşulu binanın her katında her iki deprem doğrultusu içinde ayrı ayrı sağlanmalıdır. X ve Y doğrultusunda yapılmış olan göreli kat ötelemeleri kontrolleri Çizelge 5.14 ve Çizelge 5.15'de verilmiştir.

Çizelge 5.14 : E.D.Y.Y. X doğrultusunda göreli kat ötelemeleri hesabı.

Kat	$(d_i)_{\max}$ (cm)	h_i (cm)	$(\Delta_i)_{\max}$ (cm)	$(d_i)_{\max}$ (cm)	$(d_i)_{\max} / h_i$
13	3,5968	300	0,1750	1,2250	0,0041
12	3,4218	300	0,1949	1,3643	0,0045
11	3,2269	300	0,2169	1,5183	0,0051
10	3,0100	300	0,2399	1,6793	0,0056
9	2,7701	300	0,2617	1,8319	0,0061
8	2,5084	300	0,2811	1,9677	0,0066
7	2,2273	300	0,2970	2,0790	0,0069
6	1,9303	300	0,3086	2,1602	0,0072
5	1,6217	300	0,3146	2,2022	0,0073
4	1,3071	300	0,3134	2,1938	0,0073
3	0,9937	300	0,3030	2,1210	0,0071
2	0,6907	300	0,2798	1,9586	0,0065
1	0,4109	300	0,2379	1,6653	0,0056
Zemin	0,1730	300	0,1573	1,1011	0,0037

Yapılan analiz sonucunda binada, X doğrultusundaki göreli kat ötelemelerinin belirtilen sınır değerin altında olduğu bulunmuştur.

Çizelge 5.15 : E.D.Y.Y. Y doğrultusunda görelî kat ötelemeleri hesabı.

Kat	(d_i)_{max} (cm)	h_i (cm)	(Δ_i)_{max} (cm)	(d_i)_{max} (cm)	(d_i)_{max} / h_i
13	4,2767	300	0,2611	1,8277	0,0061
12	4,0156	300	0,2786	1,9502	0,0065
11	3,7370	300	0,2966	2,0762	0,0069
10	3,4404	300	0,3147	2,2029	0,0073
9	3,1257	300	0,3313	2,3191	0,0077
8	2,7944	300	0,3448	2,4136	0,0080
7	2,4496	300	0,3542	2,4794	0,0083
6	2,0954	300	0,3581	2,5067	0,0084
5	1,7373	300	0,3552	2,4864	0,0083
4	1,3821	300	0,3443	2,4101	0,0080
3	1,0378	300	0,3237	2,2659	0,0076
2	0,7141	300	0,2913	2,0391	0,0068
1	0,4228	300	0,2434	1,7038	0,0057
Zemin	0,1794	300	0,1619	1,1333	0,0038

Yapılan analiz sonucunda binada, Y doğrultusundaki görelî kat ötelemelerinin belirtilen sınır değerin altında olduğu bulunmuştur.

5.4.4 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü

Taşıyıcı sistem elemanlarının yalnızca elastik doğrusal davranışları dikkate alındığında, ikinci mertebe etkileri aşağıdaki belirtilen şekilde göz önüne alınabilir. X ve Y doğrultularında ikinci mertebe etkilerinin kontrolü Çizelge 5.16 ve Çizelge 5.17’de verilmiştir. Her iki doğrultuda bulunan ikinci mertebe etki değerleri deprem yönetmeliğinde belirtilen sınır değerin altındadır. Her iki doğrultuda yapılan kontroller sonrası, X ve Y doğrultusunda ikinci derece mertebe etkilerinin sınır değeri olan 0.12’nin altında kaldığı görülmüştür.

Çizelge 5.16 : E.D.Y.Y. X doğrultusunda ikinci mertebe etkileri kontrolü.

Kat	hi (cm)	(Δi) _{ort} (cm)	ΣW_i (kN)	V_i (kN)	θ_i
13	300	0,1515	4611,32	1113,6366	0,0021
12	300	0,1681	9864,67	1704,4242	0,0032
11	300	0,1863	15118,02	2249,7667	0,0042
10	300	0,2047	20371,37	2749,6639	0,0051
9	300	0,2220	25624,72	3204,1159	0,0059
8	300	0,2370	30878,07	3613,1227	0,0067
7	300	0,2488	36131,42	3976,6843	0,0075
6	300	0,2569	41384,77	4294,8008	0,0083
5	300	0,2599	46638,12	4567,4720	0,0088
4	300	0,2564	51891,47	4794,6980	0,0092
3	300	0,2443	57144,82	4976,4788	0,0093
2	300	0,2197	62398,17	5112,8144	0,0089
1	300	0,1763	67651,52	5203,7048	0,0076
Zemin	300	0,0983	72904,87	5249,1500	0,0046

Çizelge 5.17 : E.D.Y.Y. Y doğrultusunda ikinci mertebe etkileri kontrolü.

Kat	hi (cm)	(Δi) _{ort} (cm)	ΣW_i (kN)	V_i (kN)	θ_i
13	300	0,2135	4611,32	1125,54	0,0029
12	300	0,2234	9864,67	1725,04	0,0043
11	300	0,2339	15118,02	2278,43	0,0052
10	300	0,2442	20371,37	2785,70	0,0060
9	300	0,2572	25624,72	3246,86	0,0068
8	300	0,2674	30878,07	3661,90	0,0075
7	300	0,2705	36131,42	4030,82	0,0081
6	300	0,2691	41384,77	4353,63	0,0085
5	300	0,2624	46638,12	4630,33	0,0088
4	300	0,2492	51891,47	4860,90	0,0089

Çizelge 5.17 (devam): E.D.Y.Y. Y doğrultusunda ikinci mertebe etkileri kontrolü.

3	300	0,2286	57144,82	5045,37	0,0086
2	300	0,1987	62398,17	5183,71	0,0080
1	300	0,1580	67651,52	5275,94	0,0068
Zemin	300	0,0928	72904,87	5322,06	0,0042

5.5 Mod Birleştirme Yöntemi ile Deprem Hesabı

5.5.1 Mod birleştirme yönteminin ETABS programında uygulanması

Yapının Mod Birleştirme Yöntemi ile depremlı durum hesapları binanın her iki doğrultusunda ayrı ayrı ETABS programı kullanılarak yapılmıştır. Mod birleştirme yöntemi, eşdeğer deprem yükü yöntemi gibi statik bir yöntem olmadığı için ivme-tepki spektrumu manuel olarak oluşturularak ETABS programına tanıtılmış ve mod birleştirme yöntemi uygulanmıştır.

5.5.1.1 Azaltılmış ivme tepki spektrumunun ETABS’da oluşturulması

Her bir periyoda karşılık gelen ivme değerleri bulunmuş ve ETABS’ta “Response Spectrum Function” kısmına bir fonksiyon halinde girilmiştir. Aşağıda Çizelge 5.18’de ETABS’a girilen zaman-ivme fonksiyonu Çizelge halinde verilmiştir.

Çizelge 5.18 : Zaman-İvme fonksiyonu (response spectrum function).

Zaman	S(T) (sn)	R _a (T)	İvme S(T) / R _a (T)
0,01	1,100	1,867	0,589
0,02	1,200	2,233	0,537
0,03	1,300	2,600	0,500
0,04	1,400	2,967	0,472
0,05	1,500	3,333	0,450
0,06	1,600	3,700	0,432
0,07	1,700	4,067	0,418
0,08	1,800	4,433	0,406
0,09	1,900	4,800	0,396
0,1	2,000	5,167	0,387
0,11	2,100	5,533	0,380
0,12	2,200	5,900	0,373
0,13	2,300	6,267	0,367
0,14	2,400	6,633	0,362
0,15	2,500	7,000	0,357
0,4	2,500	7,000	0,357
0,42	2,404	7,000	0,343

Çizelge 5.18 (devam): Zaman-İvme fonksiyonu (response spectrum function).

0,44	2,316	7,000	0,331
0,46	2,236	7,000	0,319
0,48	2,161	7,000	0,309
0,5	2,091	7,000	0,299
0,52	2,027	7,000	0,290
0,54	1,966	7,000	0,281
0,56	1,910	7,000	0,273
0,58	1,857	7,000	0,265
0,6	1,807	7,000	0,258
0,62	1,761	7,000	0,252
0,64	1,717	7,000	0,245
0,66	1,675	7,000	0,239
0,68	1,635	7,000	0,234
0,7	1,598	7,000	0,228
0,72	1,562	7,000	0,223
0,74	1,528	7,000	0,218
0,76	1,496	7,000	0,214
0,78	1,465	7,000	0,209
0,8	1,436	7,000	0,205
0,85	1,368	7,000	0,195
0,9	1,307	7,000	0,187
0,95	1,251	7,000	0,179
1	1,201	7,000	0,172
1,05	1,155	7,000	0,165
1,1	1,113	7,000	0,159
1,15	1,074	7,000	0,153
1,2	1,038	7,000	0,148
1,25	1,005	7,000	0,144
1,3	0,974	7,000	0,139
1,35	0,945	7,000	0,135
1,4	0,918	7,000	0,131
1,45	0,892	7,000	0,127
1,5	0,868	7,000	0,124
1,55	0,846	7,000	0,121
1,6	0,825	7,000	0,118
1,65	0,805	7,000	0,115
1,7	0,786	7,000	0,112

5.5.1.2 Taban kesme kuvveti V_t 'nin ETABS'da tanımlanması

Mod birleştirme yönteminde taban kesme kuvveti aynı eşdeğer deprem yükü yönteminde olduğu gibi Denklem (5.18) ile tanımlanmıştır.

$$V_t = m \cdot g \cdot A_0 \cdot I \cdot S(T) / R_a(T) \quad (5.18)$$

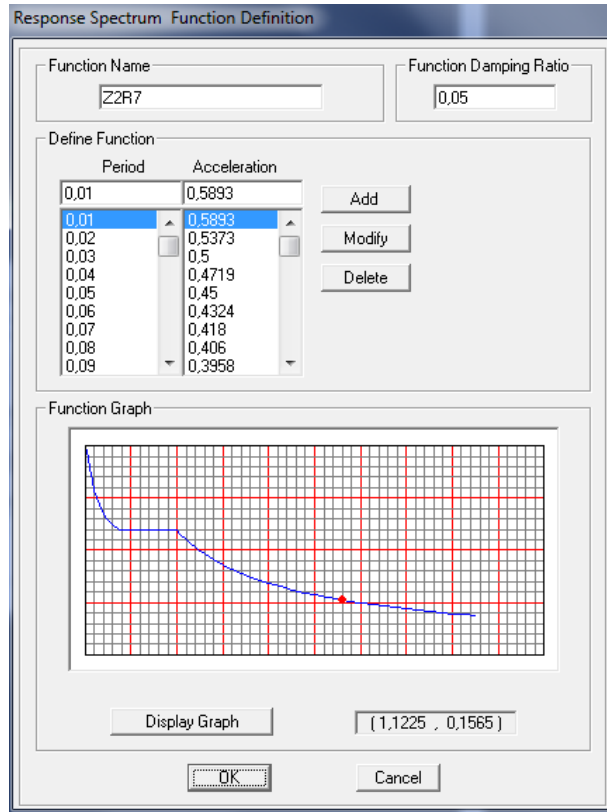
Denklem (5.18)'de verilen $S(T) / R_a(T)$ kısmı ETABS'A bir fonksiyon olarak tanımlanmıştır. $S(T) / R_a(T)$ kısmı bütün deprem bölgeleri için aynıdır. “ $g \cdot A_0 \cdot I$ ” kısmı

ise her iki doğrultuda oluşturulan mod birleştirme deprem yüklerini temsil eden SPECX ve SPECY yükleme durumları içerisinde büyütme oranı olarak tanımlanmıştır. Bu değer her deprem bölgesi için ayrı ayrı hesaplanmıştır. $g.A_0.I = 9,81 * 0.4 * 1 = 3,924$ olarak bulunmuştur.

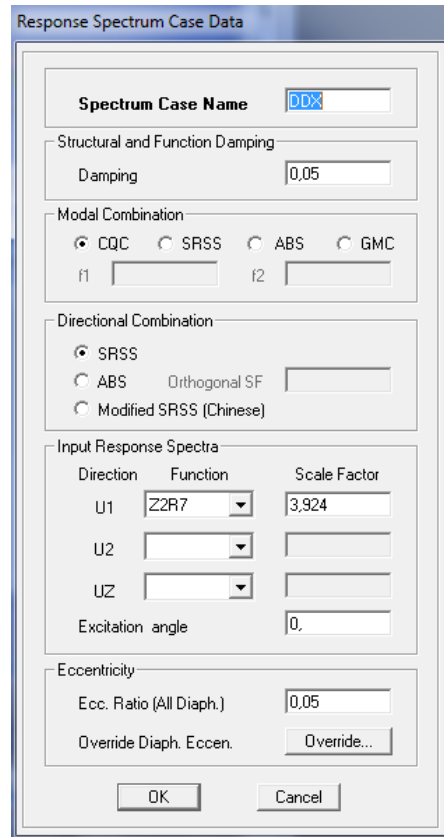
5.5.1.3 Mod birleştirme yöntemi deprem yüklerinin oluşturulması

Mod birleştirme yöntemi için her iki doğrultuda yükleme tipi spektrum fonksiyonu olan iki adet yükleme durumu oluşturulmuştur. X doğrultusunda spektral yükleme için SPECX, Y doğrultusundaki spektral yükleme içinde SPECY adı altında yükleme durumları ETABS`da ‘‘Load Case’’ olarak tanımlanmıştır. Yükleme oluşturulurken her iki doğrultuda da fonksiyon olarak azaltılmış zaman-ivme fonksiyonu seçilmiş ve büyütme oranı (scale factor) olarak deprem bölgeleri için hesaplanmış olan $g.A_0.I$ değerleri girilmiştir. Yükleme durumları için maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için (CQC) tam karesel birleştirme kuralı uygulanmıştır ve tüm modları için % 5 sönüm oranı tanımlanmıştır. Deprem Yönetmeliği 2007’de $\pm\% 5$ kaydırılmış kat kütle merkezlerine deprem yüklerinin uygulanmasını koşul olarak getirdiği için Şekil 5.5’de zaman-ivme fonksiyonunun ETABS’da girildiği menü verilmiştir.

Zaman ivme fonksiyonu belirlendikten sonra bu fonksiyon yüklemelere atanmalıdır. Zaman ivme spektrumu her iki doğrultu için aynı değerleri alacak olsa dahi iki ayrı fonksiyonun oluşturulması gerekmektedir. Yükleme tipi olarak ivme (acceleration) seçilmelidir. Deprem doğrultularına süperpozisyon yöntemi SRSS seçilmiştir. Mod birleştirme yöntemine ait süperpozisyon tipi ise tam karesel birleştirme (C.Q.C.) seçilmiştir. Daha yakınsak sonuç elde edilmesi ve deprem yönetmeliğinde tavsiye edilmiş olunmasından dolayı tam karesel birleştirme yöntemi tercih edilmelidir.



Şekil 5.5 : ETABS programında zaman-ivme fonksiyonunun tanımlanması.



Şekil 5.6 : ETABS programında response spektrum case'in tanımlanması.

5.5.2 Modal kütle katılım oranları

Yapıda mod birleştirme yöntemi uygulandıktan sonra ilk olarak kütle katılım oranları kontrol edilmiştir. Deprem yönetmeliğimizde X ve Y yönlerindeki etkin kütle katılımını hiçbir zaman binanın toplam kütlelerinin %90'ından daha az olmaması gerekmektedir. Bu sebepten yapı 45 modda çözülmüştür ve modal kütle katılım oranları Çizelge 5.19'da verilmiştir.

Çizelge 5.19 : Mod birleştirme yöntemi modal kütle katılım oranları.

Mod	Period(sn)	UX	UY	RZ	SumUX	SumUY	SumRZ
1	1,004199	0,1166	1,4655	70,0447	0,1166	1,4655	70,0447
2	0,941354	70,9554	0,0996	0,0868	71,072	1,5651	70,1315
3	0,931068	0,0759	66,3924	1,5289	71,1478	67,9575	71,6604
4	0,303254	0,0123	0,0602	10,9802	71,1602	68,0177	82,6406
5	0,278985	11,7756	0,0001	0,0112	82,9358	68,0178	82,6518
6	0,244296	0	14,7153	0,0528	82,9358	82,7332	82,7046
7	0,158535	0,0025	0,0129	4,2533	82,9383	82,746	86,9579
8	0,140944	4,5041	0	0,0023	87,4424	82,746	86,9602
9	0,112588	0	5,45	0,012	87,4424	88,196	86,9722
10	0,102678	0,0008	0,0058	2,1518	87,4433	88,2018	89,124
11	0,087517	2,5586	0	0,0007	90,0019	88,2018	89,1247
12	0,074737	0,0004	0,0022	1,2469	90,0022	88,204	90,3716
13	0,068884	0	2,7906	0,0041	90,0022	90,9946	90,3757
14	0,060496	1,6443	0	0,0004	91,6466	90,9946	90,376
15	0,058497	0,0003	0,0011	0,8009	91,6468	90,9957	91,177
16	0,04855	0	1,6916	0	91,6468	92,6873	91,177
17	0,04801	0	0,002	0,5506	91,6469	92,6894	91,7276
18	0,045134	1,1669	0	0,0001	92,8138	92,6894	91,7277
19	0,04078	0	0,001	0,3901	92,8138	92,6904	92,1178
20	0,037262	0	1,1733	0,0014	92,8138	93,8636	92,1192
21	0,035588	0,8341	0	0,0148	93,6478	93,8637	92,1341
22	0,035567	0,0508	0,0003	0,266	93,6986	93,8639	92,4001
23	0,031735	0	0,0005	0,198	93,6986	93,8645	92,5981
24	0,030191	0	0,8934	0,0009	93,6986	94,7579	92,5991
25	0,029281	0,7096	0	0	94,4082	94,7579	92,5991
26	0,028905	0	0,0001	0,1322	94,4082	94,758	92,7313
27	0,026862	0	0,0002	0,0781	94,4083	94,7582	92,8094
28	0,025476	0	0,0185	0,0342	94,4083	94,7767	92,8436
29	0,025443	0	0,7081	0,003	94,4083	95,4849	92,8466
30	0,024925	0,5919	0	0	95,0002	95,4849	92,8467
31	0,024669	0	0	0,0095	95,0002	95,4849	92,8562
32	0,0221	0	0,6213	0,0003	95,0002	96,1062	92,8565
33	0,02183	0,5059	0	0	95,5061	96,1062	92,8565
34	0,019688	0	0,548	0,0001	95,5061	96,6543	92,8566
35	0,019604	0,4328	0	0	95,9389	96,6543	92,8566
36	0,018016	0,3555	0	0	96,2944	96,6543	92,8566

Çizelge 5.19(devam) : Mod birleştirme yöntemi modal kütle katılım oranları.

37	0,017932	0	0,4943	0	96,2944	97,1486	92,8566
38	0,016929	0,2519	0	0	96,5463	97,1486	92,8566
39	0,016666	0	0,4465	0,0002	96,5463	97,5951	92,8568
40	0,016277	0,1033	0	0	96,6496	97,5951	92,8568
41	0,015789	0	0,3893	0,0007	96,6496	97,9844	92,8574
42	0,015242	0	0,2644	0,0011	96,6496	98,2488	92,8585
43	0,015149	3,3503	0	0	100	98,2488	92,8586
44	0,014827	0	1,7443	0,0146	100	99,9931	92,8731
45	0,013108	0	0,0069	7,1269	100	100	100

5.5.3 Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

Mod birleştirme yöntemiyle 4 farklı deprem bölgesi için ETABS programı ile yapılan deprem hesabı sonucunda taban kesme kuvvetleri programdan okunmuştur. Aşağıdaki tablolarda eşdeğer deprem yükü yönteminde hesaplanan taban kesme kuvvetleri ile mod birleştirme yönteminde bulunan taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırması görülmektedir. Yapının her iki doğrultusunda da A1, B2 veya B3 düzensizliklerinden en az biri bulunduğundan β katsayısı her iki doğrultuda da 0,9 alınmıştır. Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırması Çizelge 5.20’de verilmiştir.

Çizelge 5.20 : Taban kesme kuvvetleri karşılaştırması.

Deprem Yönü	E.D.Y.Y. V_T (kN)	β_X/β_Y	$\beta \cdot V_T$	M.B.Y. V_{TB} (kN)
X Doğrultusu	5249,15	0,9	4724,24	4316,95
Y Doğrultusu	5322,06	0,9	4789,85	4284,24

Yapılan karşılaştırma sonucunda eşdeğer deprem yükü yöntemi ile bulunan ve β katsayısı ile küçültülen taban kesme kuvveti, mod birleştirme yönteminde bulunan taban kesme kuvvetinden büyük bulunmuştur. Bu sebepten mod birleştirme yöntemi ile bulunan taban kesme kuvvetleri deprem yönetmeliğimizde verilen D katsayısı ile büyütülecektir. Bu değer hesabı Çizelge 5.21’de X ve Y doğrultusunda verilmiştir.

Çizelge 5.21 : D katsayısının hesabı.

Deprem Yönü	E.D.Y.Y. V_T (kN)	M.B.Y. V_{TB} (kN)	β_X/β_Y	D
X Doğrultusu	5249,15	4316,95	0,9	1,09
Y Doğrultusu	5322,06	4284,24	0,9	1,12

Hesaplanan bu katsayılar ETABS programında scale faktör kısmına eklenmiştir ve hesaplar yeniden yapılmıştır.

5.6 Mod Birleştirme Yöntemine Göre Düzensizlik Kontrolleri

Eşdeğer deprem yükü analizi sonrasında yapılan bütün düzensizlik kontrolleri mod birleştirme yönteminde de yapılmıştır.

5.6.1 Kat deplasmanları ve A1 burulma düzensizliği kontrolü

Çizelge 5.22, Çizelge 5.23, Çizelge 5.24 ve Çizelge 5.25’de hesaplanmış olan burulma düzensizliği değerleri verilmiştir. A1 burulma düzensizliğine hem X hem de Y doğrultusunda rastlanmıştır.

Çizelge 5.22 : M.B.Y X doğrultusunda (+ %5) A1 burulma düzensizliği kontrolü.

Kat	$(di)_{min}$ (cm)	$(di)_{max}$ (cm)	$(\Delta i)_{min}$ (cm)	$(\Delta i)_{max}$ (cm)	$(\Delta i)_{ort}$ (cm)	η_{bi}
13	2,7990	2,3233	0,1200	0,1137	0,1169	1,0270
12	2,6790	2,2096	0,1358	0,1293	0,1326	1,0245
11	2,5432	2,0803	0,1546	0,1461	0,1504	1,0283
10	2,3886	1,9342	0,1746	0,1628	0,1687	1,0350
9	2,2140	1,7714	0,1940	0,1783	0,1862	1,0422
8	2,0200	1,5931	0,2120	0,1921	0,2021	1,0492
7	1,8080	1,4010	0,2279	0,2033	0,2156	1,0571
6	1,5801	1,1977	0,2407	0,2114	0,2261	1,0648
5	1,3394	0,9863	0,2498	0,2152	0,2325	1,0744
4	1,0896	0,7711	0,2533	0,2132	0,2333	1,0860
3	0,8363	0,5579	0,2493	0,2026	0,2260	1,1033
2	0,5870	0,3553	0,2343	0,1797	0,2070	1,1319
1	0,3527	0,1756	0,2026	0,1359	0,1693	1,1970
Zemin	0,1501	0,0397	0,1362	0,0391	0,0877	1,5539

Çizelge 5.23 : M.B.Y. X doğrultusunda (- %5) A1 burulma düzensizliği kontrolü.

Kat	(di) _{min} (cm)	(di) _{max} (cm)	(Δi) _{min} (cm)	(Δi) _{max} (cm)	(Δi) _{ort} (cm)	η _{bi}
13	2,7990	2,3233	0,1200	0,1137	0,1169	1,0270
12	2,6790	2,2096	0,1358	0,1293	0,1326	1,0245
11	2,5432	2,0803	0,1546	0,1461	0,1504	1,0283
10	2,3886	1,9342	0,1746	0,1628	0,1687	1,0350
9	2,2140	1,7714	0,1940	0,1783	0,1862	1,0422
8	2,0200	1,5931	0,2120	0,1921	0,2021	1,0492
7	1,8080	1,4010	0,2279	0,2033	0,2156	1,0571
6	1,5801	1,1977	0,2407	0,2114	0,2261	1,0648
5	1,3394	0,9863	0,2498	0,2152	0,2325	1,0744
4	1,0896	0,7711	0,2533	0,2132	0,2333	1,0860
3	0,8363	0,5579	0,2493	0,2026	0,2260	1,1033
2	0,5870	0,3553	0,2343	0,1797	0,2070	1,1319
1	0,3527	0,1756	0,2026	0,1359	0,1693	1,1970
Zemin	0,1501	0,0397	0,1362	0,0391	0,0877	1,5539

Yukarıda çizelgelerde X doğrultusunda yapılmış olan A1 burulma düzensizliği hesabı verilmiştir. Hesaplanmış olan burulma düzensizliği katsayılarının zemin katta 1.2 sınır değerini aştığı görülmektedir.

Çizelge 5.24 : M.B.Y. Y doğrultusunda (+ %5) A1 burulma düzensizliği kontrolü.

Kat	(di) _{min} (cm)	(di) _{max} (cm)	(Δi) _{min} (cm)	(Δi) _{max} (cm)	(Δi) _{ort} (cm)	η _{bi}
13	3,3844	2,4568	0,1932	0,1694	0,1813	1,0656
12	3,1912	2,2874	0,2071	0,1787	0,1929	1,0736
11	2,9841	2,1087	0,2222	0,1884	0,2053	1,0823

Çizelge 5.24 (devam) : M.B.Y. Y doğrultusunda (+ %5) A1 burulma düzensizliği kontrolü.

10	2,7619	1,9203	0,2377	0,1976	0,2177	1,0921
9	2,5242	1,7227	0,2525	0,2054	0,2290	1,1029
8	2,2717	1,5173	0,2655	0,2109	0,2382	1,1146
7	2,0062	1,3064	0,2758	0,2135	0,2447	1,1273
6	1,7304	1,0929	0,2826	0,2126	0,2476	1,1414
5	1,4478	0,8803	0,2845	0,2071	0,2458	1,1574
4	1,1633	0,6732	0,2802	0,1960	0,2381	1,1768
3	0,8831	0,4772	0,2681	0,1783	0,2232	1,2012
2	0,6150	0,2989	0,2460	0,1518	0,1989	1,2368
1	0,3690	0,1471	0,2102	0,1120	0,1611	1,3048
Zemin	0,1588	0,0351	0,1434	0,0343	0,0889	1,6140

Çizelge 5.25 : M.B.Y. Y doğrultusunda (- %5) A1 burulma düzensizliği kontrolü.

Kat	(di)_{min} (cm)	(di)_{max} (cm)	(Δi)_{min} (cm)	(Δi)_{max} (cm)	(Δi)_{ort} (cm)	η_{bi}
13	3,3844	2,4568	0,1932	0,1694	0,1813	1,0656
12	3,1912	2,2874	0,2071	0,1787	0,1929	1,0736
11	2,9841	2,1087	0,2222	0,1884	0,2053	1,0823
10	2,7619	1,9203	0,2377	0,1976	0,2177	1,0921
9	2,5242	1,7227	0,2525	0,2054	0,2290	1,1029
8	2,2717	1,5173	0,2655	0,2109	0,2382	1,1146
7	2,0062	1,3064	0,2758	0,2135	0,2447	1,1273
6	1,7304	1,0929	0,2826	0,2126	0,2476	1,1414
5	1,4478	0,8803	0,2845	0,2071	0,2458	1,1574

Çizelge 5.25 (devam) : M.B.Y. Y doğrultusunda (- %5) A1 burulma düzensizliği kontrolü.

4	1,1633	0,6732	0,2802	0,1960	0,2381	1,1768
3	0,8831	0,4772	0,2681	0,1783	0,2232	1,2012
2	0,6150	0,2989	0,2460	0,1518	0,1989	1,2368
1	0,3690	0,1471	0,2102	0,1120	0,1611	1,3048
Zemin	0,1588	0,0351	0,1434	0,0343	0,0889	1,6140

Çizelgelerde görülebileceği üzere her iki deprem doğrultusunda A1 düzensizliği mevcuttur.

5.6.2 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat) kontrolü

Eşdeğer deprem yönteminde yapıldığı üzere mod birleştirme yönteminde de B2 düzensizliği kontrol edilmiş. Çizelge 5.26 ve Çizelge 5.27’de B2 rijitlik düzensizliği kontrolleri görülebilmektedir.

Çizelge 5.26 : M.B.Y. X doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği kontrolü.

Kat	(di)_{min}(cm)	h_i(m)	(Δi) (cm)	(Δi/ h_i)_{ort}	(Δi/ h_i)_{ort}/(Δ_{i+1}=/ h_{i+1})_{ort}	η_{ki}
13	2,7990	3,0000	0,1200	0,0400	-	0,8837
12	2,6790	3,0000	0,1358	0,0453	1,1317	0,8784
11	2,5432	3,0000	0,1546	0,0515	1,1384	0,8855
10	2,3886	3,0000	0,1746	0,0582	1,1294	0,9000
9	2,2140	3,0000	0,1940	0,0647	1,1111	0,9151
8	2,0200	3,0000	0,2120	0,0707	1,0928	0,9302
7	1,8080	3,0000	0,2279	0,0760	1,0750	0,9468
6	1,5801	3,0000	0,2407	0,0802	1,0562	0,9636
5	1,3394	3,0000	0,2498	0,0833	1,0378	0,9862
4	1,0896	3,0000	0,2533	0,0844	1,0140	1,0160
3	0,8363	3,0000	0,2493	0,0831	0,9842	1,0640
2	0,5870	3,0000	0,2343	0,0781	0,9398	1,1565
1	0,3527	3,0000	0,2026	0,0675	0,8647	1,4875
Zemin	0,1501	3,0000	0,1362	0,0454	-	-

Binada X doğrultusunda yapılmış olan komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolünde tüm katlar için sınır değer olan 2.0'ın aşılmadığı görülmüştür. Binada X doğrultusunda komşu katlar arası rijitlik düzensizliği yoktur.

Çizelge 5.27 : M.B.Y. Y doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği kontrolü.

Kat	$(d_i)_{\min}(\text{cm})$	$h_i(\text{m})$	$(\Delta i) (\text{cm})$	$(\Delta i / h_i)_{\text{ort}}$	$(\Delta i / h_i)_{\text{ort}} / (\Delta_{i+1} = / h_{i+1})_{\text{ort}}$	η_{ki}
13	3,3844	3,0000	0,1932	0,0644	-	0,9329
12	3,1912	3,0000	0,2071	0,0690	1,0719	0,9320
11	2,9841	3,0000	0,2222	0,0741	1,0729	0,9348
10	2,7619	3,0000	0,2377	0,0792	1,0698	0,9414
9	2,5242	3,0000	0,2525	0,0842	1,0623	0,9510
8	2,2717	3,0000	0,2655	0,0885	1,0515	0,9627
7	2,0062	3,0000	0,2758	0,0919	1,0388	0,9759
6	1,7304	3,0000	0,2826	0,0942	1,0247	0,9933
5	1,4478	3,0000	0,2845	0,0948	1,0067	1,0153
4	1,1633	3,0000	0,2802	0,0934	0,9849	1,0451
3	0,8831	3,0000	0,2681	0,0894	0,9568	1,0898
2	0,6150	3,0000	0,2460	0,0820	0,9176	1,1703
1	0,3690	3,0000	0,2102	0,0701	0,8545	1,4658
Zemin	0,1588	3,0000	0,1434	0,0478	-	-

Binada Y doğrultusunda yapılmış olan komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolünde tüm katlar için sınır değer olan 2.0'ın aşılmadığı görülmüştür. Binada Y doğrultusunda komşu katlar arası rijitlik düzensizliği yoktur.

5.6.3 Görelî kat ötelemeleri kontrolü

Mod Birleştirme Yöntemine göre X ve Y doğrultuları için görelî kat ötelemeleri kontrolleri Çizelge 5.28 ve Çizelge 5.29'da verilmiştir.

Çizelge 5.28 : M.B.Y. X doğrultusunda görelî kat ötelemeleri hesabı.

Kat	$(d_i)_{\max}(\text{cm})$	$h_i(\text{cm})$	$(\Delta i)_{\max}(\text{cm})$	$(d_i)_{\max}(\text{cm})$	$(d_i)_{\max} / h_i$
13	2,7990	300	0,1200	0,8400	0,0028
12	2,6790	300	0,1358	0,9506	0,0032
11	2,5432	300	0,1546	1,0822	0,0036

Çizelge 5.28 : M.B.Y. X doğrultusunda görelî kat ötelemeleri hesabı.

10	2,3886	300	0,1746	1,2222	0,0041
9	2,2140	300	0,1940	1,3580	0,0045
8	2,0200	300	0,2120	1,4840	0,0049
7	1,8080	300	0,2279	1,5953	0,0053
6	1,5801	300	0,2407	1,6849	0,0056
5	1,3394	300	0,2498	1,7486	0,0058
4	1,0896	300	0,2533	1,7731	0,0059
3	0,8363	300	0,2493	1,7451	0,0058
2	0,5870	300	0,2343	1,6401	0,0055
1	0,3527	300	0,2026	1,4182	0,0047
Zemin	0,1501	300	0,1362	0,9534	0,0032

Yapılan analiz sonucunda binada, X doğrultusundaki görelî kat ötelemelerinin belirtilen sınır değerin altında olduğu bulunmuştur.

Çizelge 5.29 : M.B.Y. Y doğrultusunda görelî kat ötelemeleri hesabı.

Kat	(d_i)_{max}(cm)	h_i(cm)	(Δ_i)_{max}(cm)	(d_i)_{max}(cm)	(d_i)_{max} / h_i
13	3,3844	300	0,1932	1,3524	0,0045
12	3,1912	300	0,2071	1,4497	0,0048
11	2,9841	300	0,2222	1,5554	0,0052
10	2,7619	300	0,2377	1,6639	0,0055
9	2,5242	300	0,2525	1,7675	0,0059
8	2,2717	300	0,2655	1,8585	0,0062
7	2,0062	300	0,2758	1,9306	0,0064
6	1,7304	300	0,2826	1,9782	0,0066

Çizelge 5.29(devam) : M.B.Y. Y doğrultusunda görel kat ötelemeleri hesabı.

5	1,4478	300	0,2845	1,9915	0,0066
4	1,1633	300	0,2802	1,9614	0,0065
3	0,8831	300	0,2681	1,8767	0,0063
2	0,6150	300	0,2460	1,7220	0,0057
1	0,3690	300	0,2102	1,4714	0,0049
Zemin	0,1588	300	0,1434	1,0038	0,0033

Yapılan analiz sonucunda binada, hem X hem de Y doğrultusundaki görel kat ötelemelerinin belirtilen sınır değerin altında olduğu bulunmuştur.

5.6.4 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü

Mod birleştirme yöntemi için X ve Y doğrultularında ikinci mertebe etkilerinin kontrolü Çizelge 5.30 ve Çizelge 5.31’de verilmiştir. Her iki doğrultuda bulunan ikinci mertebe etki değerleri deprem yönetmeliğinde belirtilen sınır değerin altındadır. Her iki doğrultuda yapılan kontroller sonrası, X ve Y doğrultusunda ikinci derece mertebe etkilerinin sınır değer olan 0.12’nin altında kaldığı görülmüştür.

Çizelge 5.30 : M.B.Y. X doğrultusunda ikinci mertebe etkileri kontrolü.

Kat	h _i (cm)	(Δi) _{ort} (cm)	$\sum W_i$ (kN)	V _i (kN)	θ_i
13	300	0,1169	4611,32	741,92	0,0024
12	300	0,1326	9864,67	1371,24	0,0032
11	300	0,1504	15118,02	1892,11	0,0040
10	300	0,1687	20371,37	2331,55	0,0049
9	300	0,1862	25624,72	2707,43	0,0059
8	300	0,2021	30878,07	3035,46	0,0069
7	300	0,2156	36131,42	3329,84	0,0078
6	300	0,2261	41384,77	3601,6	0,0087
5	300	0,2325	46638,12	3856,4	0,0094
4	300	0,2333	51891,47	4093,57	0,0099
3	300	0,2260	57144,82	4306,86	0,0100

Çizelge 5.30 (devam) : M.B.Y. X doğrultusunda ikinci mertebe etkileri kontrolü.

2	300	0,2070	62398,17	4486,55	0,0096
1	300	0,1693	67651,52	4622,26	0,0083
Zemin	300	0,0877	72904,87	4705,3	0,0045

Çizelge 5.31 : M.B.Y. Y doğrultusunda ikinci mertebe etkileri kontrolü.

Kat	hi (cm)	(Δi)_{ort}(cm)	$\sum W_i$ (kN)	V_i(kN)	θ_i
13	300	0,1813	4611,32	823,74	0,0034
12	300	0,1929	9864,67	1498,03	0,0042
11	300	0,2053	15118,02	2021,77	0,0051
10	300	0,2177	20371,37	2442,38	0,0061
9	300	0,2290	25624,72	2792,23	0,0070
8	300	0,2382	30878,07	3095,87	0,0079
7	300	0,2447	36131,42	3372	0,0087
6	300	0,2476	41384,77	3633,21	0,0094
5	300	0,2458	46638,12	3885,02	0,0098
4	300	0,2381	51891,47	4125,92	0,0100
3	300	0,2232	57144,82	4348,96	0,0098
2	300	0,1989	62398,17	4543,6	0,0091
1	300	0,1611	67651,52	4697,66	0,0077
Zemin	300	0,0889	72904,87	4798,48	0,0045

6. İKİ YÖNTEMİN SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Bu Bölümde Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemine ait elde edilmiş sonuçlar her bir zemin sınıfı ve deprem bölgesi için birbiri ile karşılaştırılarak çizelgeler halinde verilmiştir. Elde edilen sonuçlar her iki yöntem için yorumlanmıştır.

6.1 Taban Kesme Kuvvetlerinin Kıyaslanması

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi (E.D.Y.Y.) ve Mod Birleştirme Yöntemi (M.B.Y.) kullanılarak yapıya X ve Y doğrultularında etki eden taban kesme kuvvetleri tüm zemin sınıfları için, her deprem bölgesi için Çizelge 6.1, Çizelge 6.2, Çizelge 6.3, Çizelge 6.4’de verilmiştir.

Çizelge 6.1 : Z1 için E.D.Y.Y ve M.B.Y ile bulunan (VT) değerleri.

Deprem bölgesi ve doğrultusu		E.D.Y.Y.(kN)	M.B.Y.(kN)
1. D.D.B	X Doğrultusu(V _T)	4176	3756,85
	Y Doğrultusu(V _T)	4212	3786,32
2. D.D.B	X Doğrultusu(V _T)	3132	2817,64
	Y Doğrultusu(V _T)	3159	2839,74
3. D.D.B	X Doğrultusu(V _T)	2088	1878,43
	Y Doğrultusu(V _T)	2106	1893,16
4. D.D.B	X Doğrultusu(V _T)	1044	939,21
	Y Doğrultusu(V _T)	1163	1046,7

Çizelge 6.2 : Z2 için E.D.Y.Y ve M.B.Y ile bulunan (VT) değerleri.

Deprem bölgesi ve doğrultusu		E.D.Y.Y.(kN)	M.B.Y.(kN)
1. D.D.B	X Doğrultusu(V _T)	5249,15	4705,3
	Y Doğrultusu(V _T)	5322,06	4798,48
2. D.D.B	X Doğrultusu(V _T)	3863,96	3463,35
	Y Doğrultusu(V _T)	3936,86	3534,17
3. D.D.B	X Doğrultusu(V _T)	2551,67	2288,29
	Y Doğrultusu(V _T)	2624,58	2356,11
4. D.D.B	X Doğrultusu(V _T)	1239,38	1111,14
	Y Doğrultusu(V _T)	1312,29	1188,97

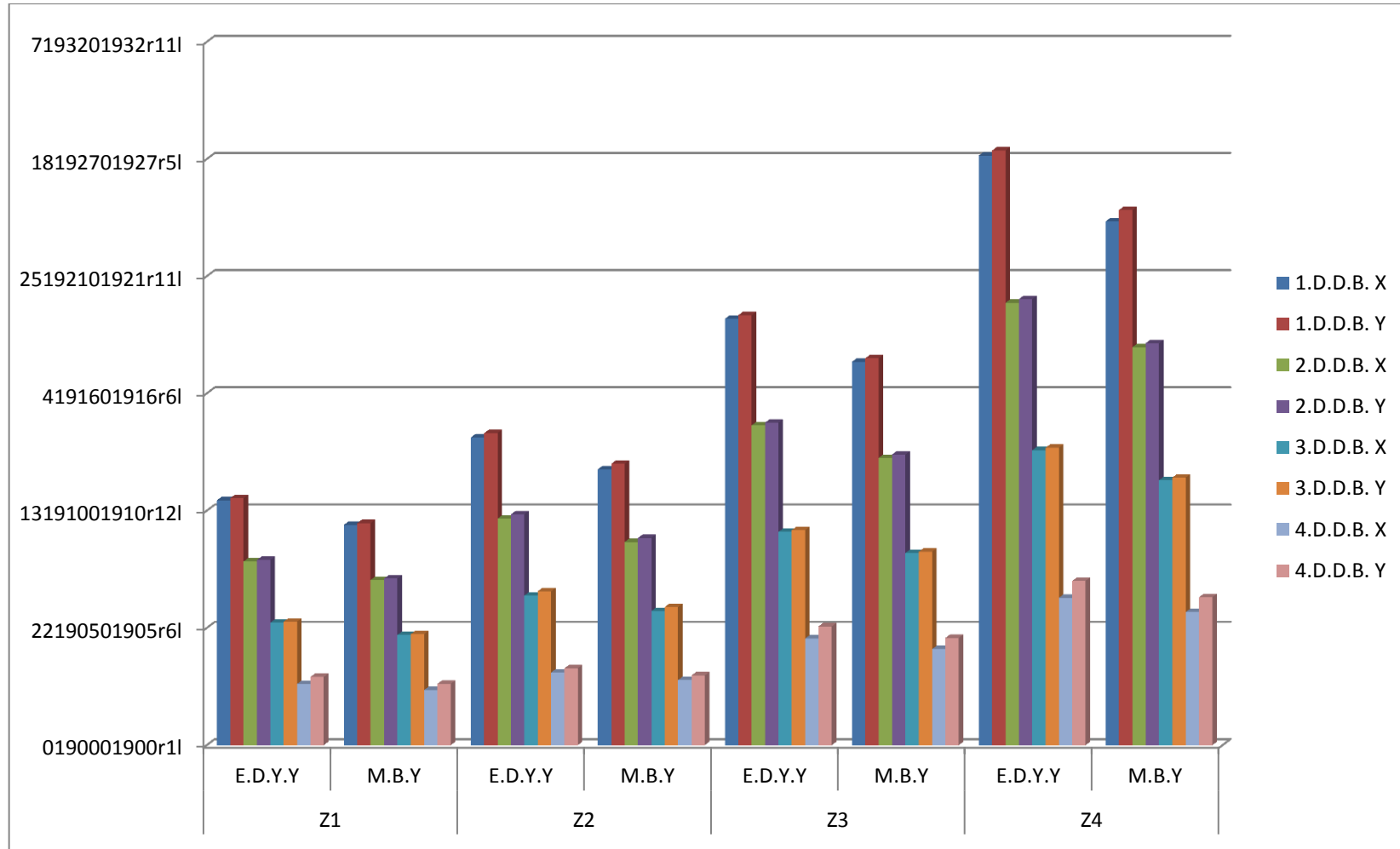
Çizelge 6.3 : Z3 için E.D.Y.Y ve M.B.Y ile bulunan (VT) değerleri.

Deprem bölgesi ve doğrultusu		E.D.Y.Y.(kN)	M.B.Y.(kN)
1. D.D.B	X Doğrultusu(VT)	7272	6537,56
	Y Doğrultusu(VT)	7334	6598,45
2. D.D.B	X Doğrultusu(VT)	5454	4899,48
	Y Doğrultusu(VT)	5501	4956,04
3. D.D.B	X Doğrultusu(VT)	3636	3276,16
	Y Doğrultusu(VT)	3667	3299,23
4. D.D.B	X Doğrultusu(VT)	1818	1638,08
	Y Doğrultusu(VT)	2026	1829,7

Çizelge 6.4 : Z4 için E.D.Y.Y ve M.B.Y ile bulunan (VT) değerleri.

Deprem bölgesi ve doğrultusu		E.D.Y.Y.(kN)	M.B.Y.(kN)
1. D.D.B	X Doğrultusu(V_T)	10058	8935,82
	Y Doğrultusu(V_T)	10145	9128,19
2. D.D.B	X Doğrultusu(V_T)	7544	6787,21
	Y Doğrultusu(V_T)	7608	6855,85
3. D.D.B	X Doğrultusu(V_T)	5029	4518,11
	Y Doğrultusu(V_T)	5072	4564,1
4. D.D.B	X Doğrultusu(V_T)	2514	2269,1
	Y Doğrultusu(V_T)	2802	2524,82

Şekil 6.1’de ise taban kesme kuvvetleri için yapılmış olan karşılaştırma grafik ile verilmiştir. Her iki yöneme ait taban kesme kuvvetleri aradaki farkların farklı zemin sınıfları için yüzdesel olarak yaklaşık mertebelerde olduğu görülebilmektedir. Bir zemin sınıfı içinde ise deprem bölgesi birden dörde giderken iki yöntemle hesaplanan kesme kuvvetleri arasındaki fark azalmaktadır.



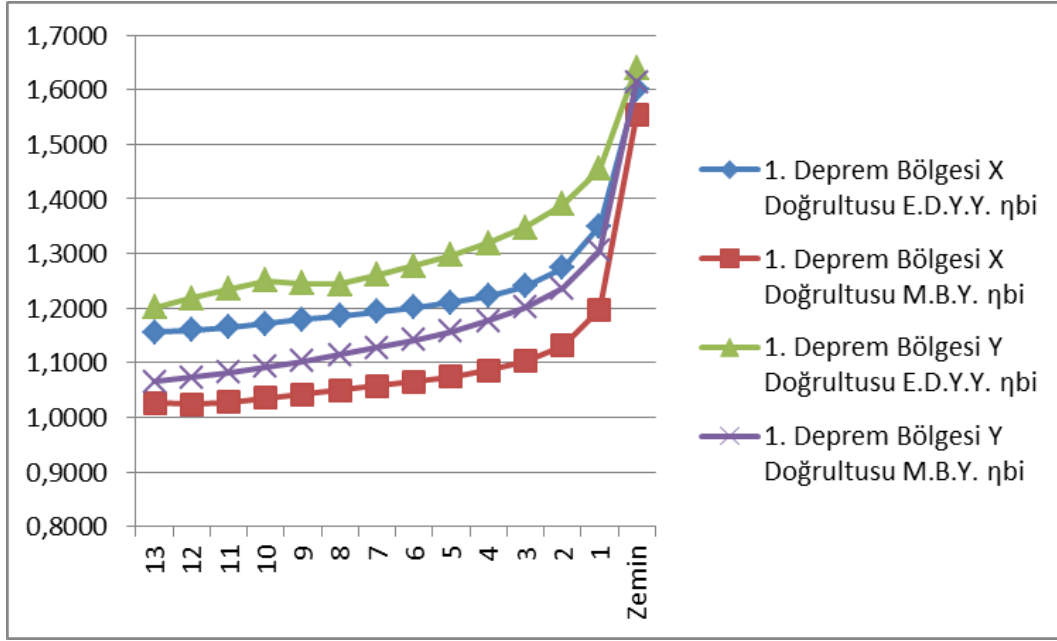
Şekil 6.1 : Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırması (kN).

6.2 A1 Burulma Düzensizliğinin Kıyaslanması

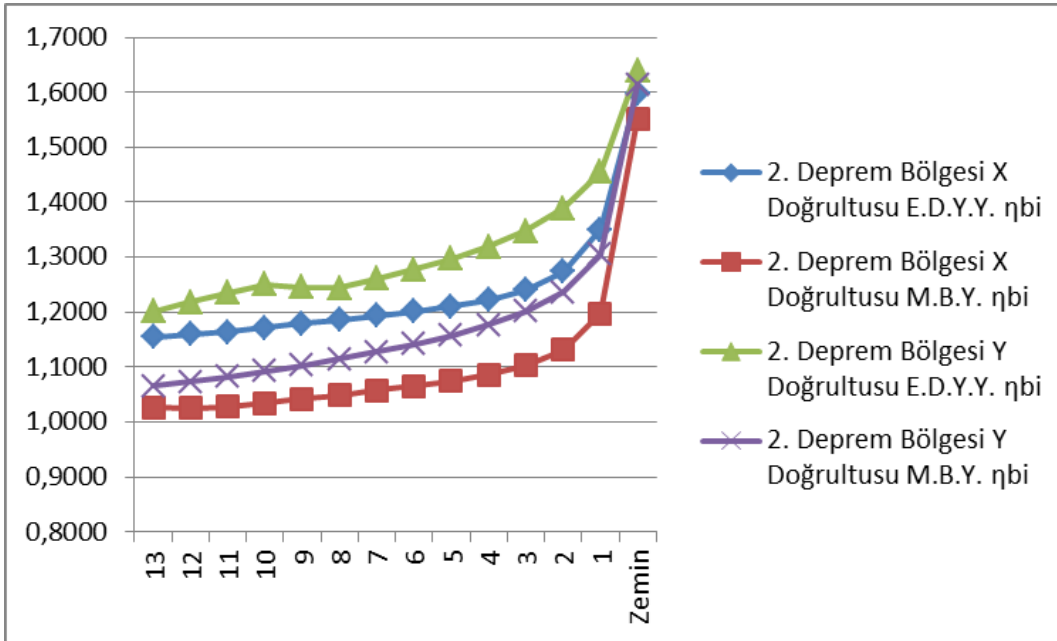
Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi kullanılarak Z2 zemin sınıfı için yapıda her kata ait hesaplanmış olan A1 burulma düzensizliği katsayısı η_{bi} , Çizelge 6.5’de birlikte verilmiştir. Bütün zemin sınıfları için hesaplanan η_{bi} değerleri aynı mertebelerde olduğu için sadece Z2 zemin sınıfı için karşılaştırma yapılmıştır.

Çizelge 6.5 : Z2 için A1 burulma düzensizliği katsayıları (η_{bi}).

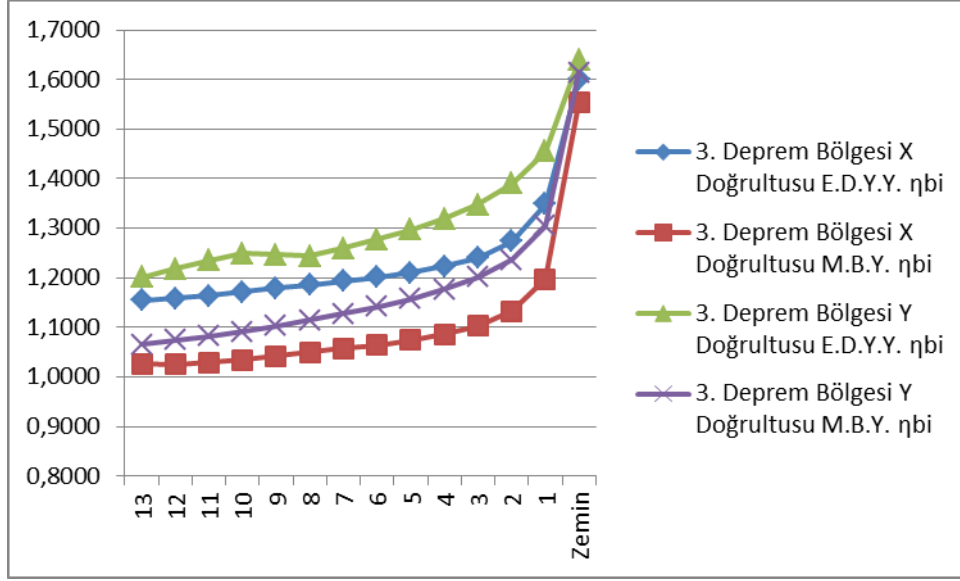
Kat No	1. Deprem Bölgesi				2. Deprem Bölgesi			
	X Doğrultusu		Y Doğrultusu		X Doğrultusu		Y Doğrultusu	
	E.D.Y.Y. η_{bi}	M.B.Y. η_{bi}	E.D.Y.Y. η_{bi}	M.B.Y. η_{bi}	E.D.Y.Y. η_{bi}	M.B.Y. η_{bi}	E.D.Y.Y. η_{bi}	M.B.Y. η_{bi}
13	1,1555	1,0270	1,2009	1,0656	1,1553	1,0267	1,2008	1,0655
12	1,1598	1,0245	1,2180	1,0736	1,1599	1,0246	1,2178	1,0736
11	1,1646	1,0283	1,2347	1,0823	1,1642	1,0284	1,2347	1,0823
10	1,1720	1,0350	1,2502	1,0921	1,1720	1,0346	1,2503	1,0923
9	1,1788	1,0422	1,2457	1,1029	1,1788	1,0423	1,2459	1,1026
8	1,1863	1,0492	1,2444	1,1146	1,1861	1,0491	1,2442	1,1148
7	1,1937	1,0571	1,2603	1,1273	1,1939	1,0570	1,2602	1,1273
6	1,2015	1,0648	1,2775	1,1414	1,2016	1,0652	1,2776	1,1415
5	1,2107	1,0744	1,2965	1,1574	1,2105	1,0742	1,2966	1,1575
4	1,2225	1,0860	1,3194	1,1768	1,2226	1,0862	1,3194	1,1764
3	1,2405	1,1033	1,3478	1,2012	1,2406	1,1031	1,3481	1,2011
2	1,2736	1,1319	1,3900	1,2368	1,2733	1,1319	1,3893	1,2369
1	1,3498	1,1970	1,4544	1,3048	1,3503	1,1974	1,4546	1,3050
Zemin	1,6002	1,5539	1,6401	1,6140	1,5992	1,5526	1,6402	1,6144
Kat No	3. Deprem Bölgesi				4. Deprem Bölgesi			
	X Doğrultusu		Y Doğrultusu		X Doğrultusu		Y Doğrultusu	
	E.D.Y.Y. η_{bi}	M.B.Y. η_{bi}	E.D.Y.Y. η_{bi}	M.B.Y. η_{bi}	E.D.Y.Y. η_{bi}	M.B.Y. η_{bi}	E.D.Y.Y. η_{bi}	M.B.Y. η_{bi}
13	1,1544	1,0264	1,2010	1,0657	1,1552	1,0290	1,2290	1,0668
12	1,1589	1,0248	1,2181	1,0739	1,1591	1,0240	1,2514	1,0732
11	1,1643	1,0287	1,2350	1,0823	1,1650	1,0295	1,2735	1,0816
10	1,1709	1,0347	1,2495	1,0917	1,1718	1,0339	1,2933	1,0918
9	1,1789	1,0420	1,2461	1,1028	1,1794	1,0421	1,3124	1,1041
8	1,1857	1,0494	1,2446	1,1150	1,1860	1,0503	1,3302	1,1143
7	1,1937	1,0572	1,2601	1,1273	1,1942	1,0559	1,3298	1,1271
6	1,2011	1,0646	1,2773	1,1411	1,2020	1,0647	1,3298	1,1417
5	1,2106	1,0743	1,2968	1,1579	1,2095	1,0747	1,3508	1,1576
4	1,2227	1,0859	1,3190	1,1766	1,2231	1,0863	1,3771	1,1763
3	1,2403	1,1033	1,3481	1,2013	1,2402	1,1030	1,4099	1,2018
2	1,2737	1,1321	1,3898	1,2364	1,2736	1,1320	1,4549	1,2361
1	1,3493	1,1968	1,4554	1,3047	1,3510	1,1975	1,5273	1,3058
Zemin	1,6004	1,5540	1,6393	1,6147	1,5991	1,5507	1,6730	1,6136



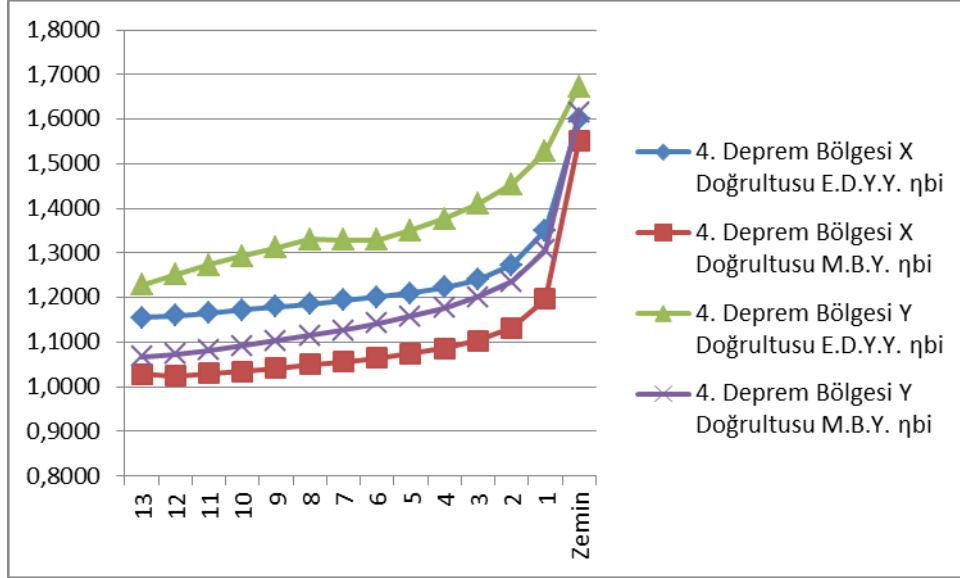
Şekil 6.2 : 1.D.D.B A1 düzensizliği katsayıları karşılaştırması.



Şekil 6.3 : 2.D.D.B A1 düzensizliği katsayıları karşılaştırması.



Şekil 6.4 : 3.D.D.B A1 düzensizliği katsayıları karşılaştırması.



Şekil 6.5 : 4.D.D.B A1 düzensizliği katsayıları karşılaştırması.

Elde edilen A1 düzensizliği katsayıları incelendiğinde her deprem bölgesi için mod birleştirme ve eşdeğer deprem yükünden elde edilen değerlerin arasındaki farkın benzer olduğu görülebilmektedir. Buna karşın elde edilen düzensizlik katsayıları için eşdeğer deprem yükü yöntemi ile elde edilen katsayıların mod birleştirme yöntemiyle elde edilen A1 düzensizliği katsayılarının %10 ila %12 oranında daha küçük olduğu görülmektedir.

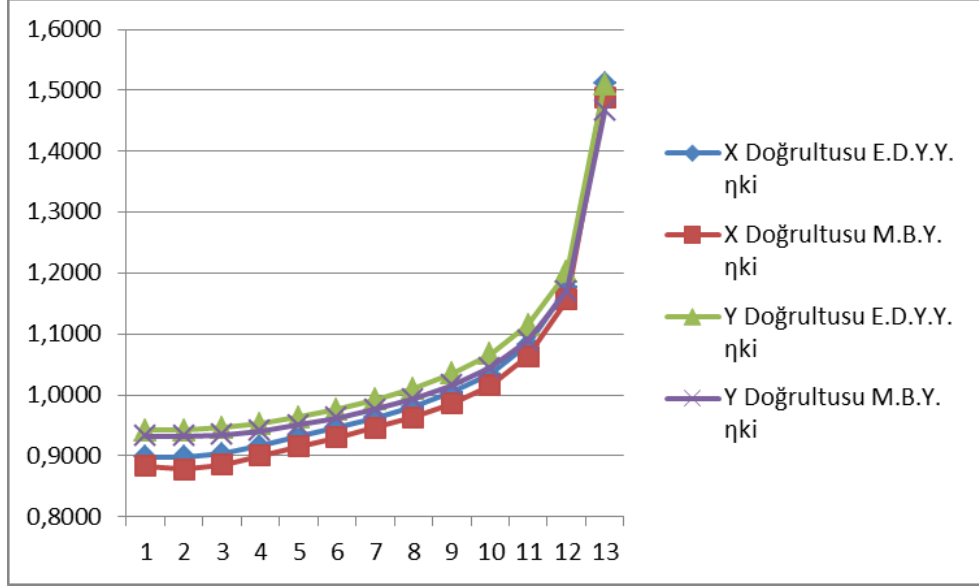
6.3 B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliğinin Kıyaslanması

A1 düzensizliğinde olduğu gibi B2 düzensizliğinde de zemin farklı zemin sınıfları için hesaplanan η_{ki} değerleri aynı mertebelerde olduğundan karşılaştırma için Z2 zemin sınıfı örnek alınmıştır. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi kullanılarak bütün deprem bölgeleri için yapıda her kata ait hesaplanmış olan B2 rijitlik düzensizliği katsayısı η_{ki} , Çizelge 6.6'da birlikte verilmiştir

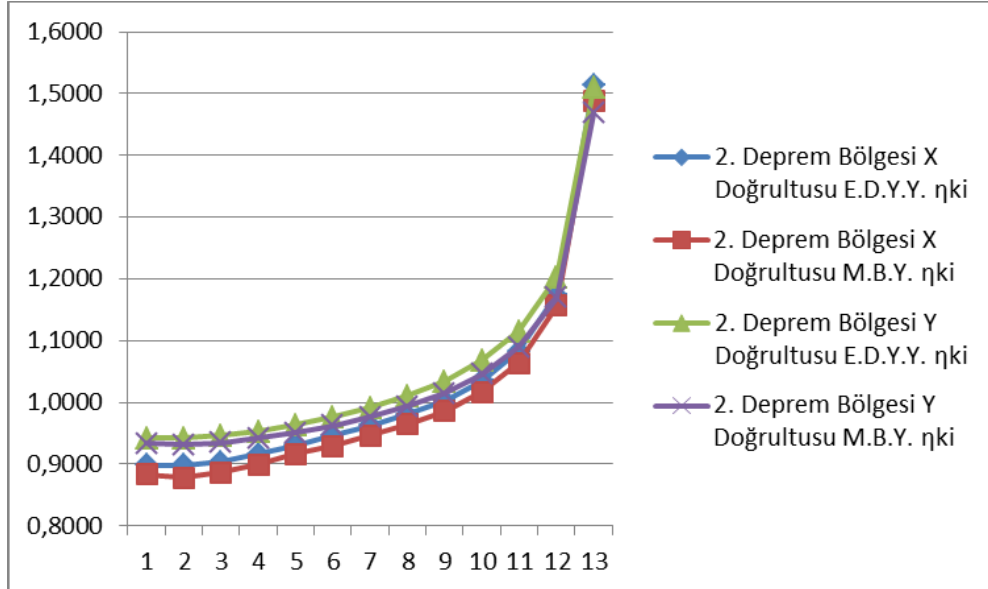
Çizelge 6.6 : Z2 için B2 düzensizliği katsayıları (η_{ki}).

Kat No	1. Deprem Bölgesi				2. Deprem Bölgesi			
	X Doğrultusu		Y Doğrultusu		X Doğrultusu		Y Doğrultusu	
	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
13	0,8979	0,8837	0,9423	0,9329	0,8981	0,8830	0,9419	0,9331
12	0,8986	0,8784	0,9422	0,9320	0,8984	0,8780	0,9424	0,9316
11	0,9041	0,8855	0,9460	0,9348	0,9037	0,8864	0,9460	0,9349
10	0,9167	0,9000	0,9529	0,9414	0,9169	0,8992	0,9523	0,9419
9	0,9310	0,9151	0,9630	0,9510	0,9309	0,9160	0,9634	0,9504
8	0,9465	0,9302	0,9759	0,9627	0,9460	0,9297	0,9762	0,9626
7	0,9624	0,9468	0,9919	0,9759	0,9626	0,9464	0,9913	0,9765
6	0,9809	0,9636	1,0103	0,9933	0,9810	0,9641	1,0107	0,9933
5	1,0038	0,9862	1,0347	1,0153	1,0035	0,9861	1,0341	1,0150
4	1,0343	1,0160	1,0672	1,0451	1,0345	1,0163	1,0676	1,0456
3	1,0829	1,0640	1,1155	1,0898	1,0831	1,0638	1,1155	1,0894
2	1,1761	1,1565	1,2019	1,1703	1,1752	1,1562	1,2025	1,1698
1	1,5124	1,4875	1,5099	1,4658	1,5143	1,4875	1,5089	1,4682
Zemin	-	-	-	-	-	-	-	-
Kat No	3. Deprem Bölgesi				4. Deprem Bölgesi			
	X Doğrultusu		Y Doğrultusu		X Doğrultusu		Y Doğrultusu	
	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
13	0,8975	0,8820	0,9412	0,9331	0,8998	0,8875	0,9374	0,9337
12	0,8967	0,8790	0,9431	0,9322	0,8965	0,8743	0,9398	0,9327
11	0,9024	0,8857	0,9462	0,9349	0,9046	0,8883	0,9420	0,9338
10	0,9154	0,9003	0,9525	0,9419	0,9159	0,8996	0,9498	0,9409
9	0,9301	0,9146	0,9628	0,9502	0,9321	0,9142	0,9612	0,9514
8	0,9451	0,9297	0,9762	0,9624	0,9458	0,9312	0,9737	0,9634
7	0,9619	0,9479	0,9917	0,9769	0,9616	0,9472	0,9887	0,9743
6	0,9803	0,9630	1,0101	0,9928	0,9825	0,9627	1,0080	0,9943
5	1,0033	0,9862	1,0352	1,0153	1,0027	0,9866	1,0318	1,0159
4	1,0340	1,0165	1,0664	1,0456	1,0350	1,0153	1,0639	1,0452
3	1,0824	1,0632	1,1160	1,0894	1,0817	1,0651	1,1114	1,0885
2	1,1766	1,1574	1,2021	1,1705	1,1762	1,1545	1,1947	1,1708
1	1,5098	1,4879	1,5107	1,4659	1,5148	1,4922	1,5063	1,4676
Zemin	-	-	-	-	-	-	-	-

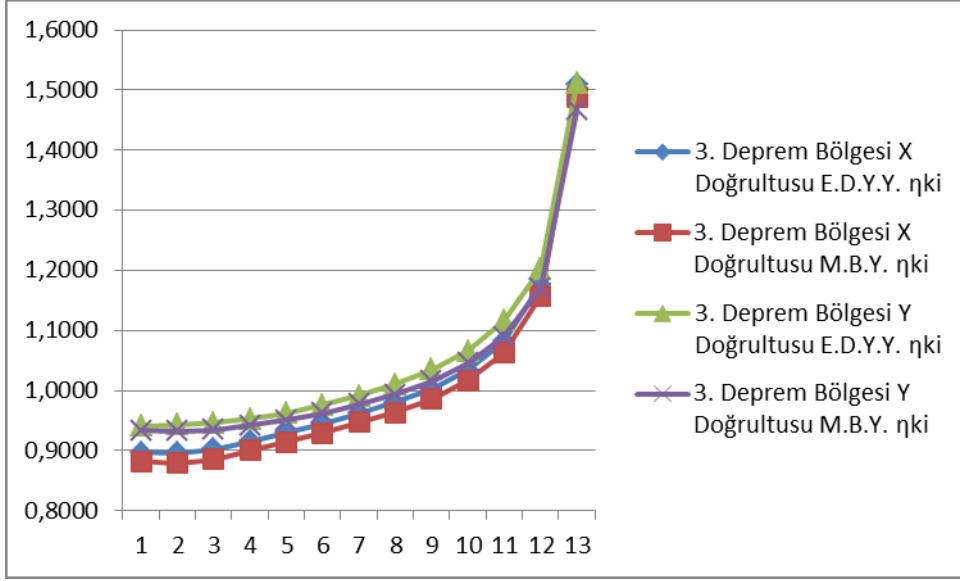
Aşağıdaki resimlerde her deprem bölgesi için her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan B2 rijitlik düzensizliği katsayılarının X ve Y doğrultularında karşılaştırılması grafik halinde verilmiştir. Deprem bölgeleri değişimi hesaplanan η_{ki} değerlerinde grafiklerde de görülebileceği gibi büyük farklar oluşturmada da hesap yönteminin değişimi A1 düzensizliğine göre az olsa da farklılık oluşturmuştur.



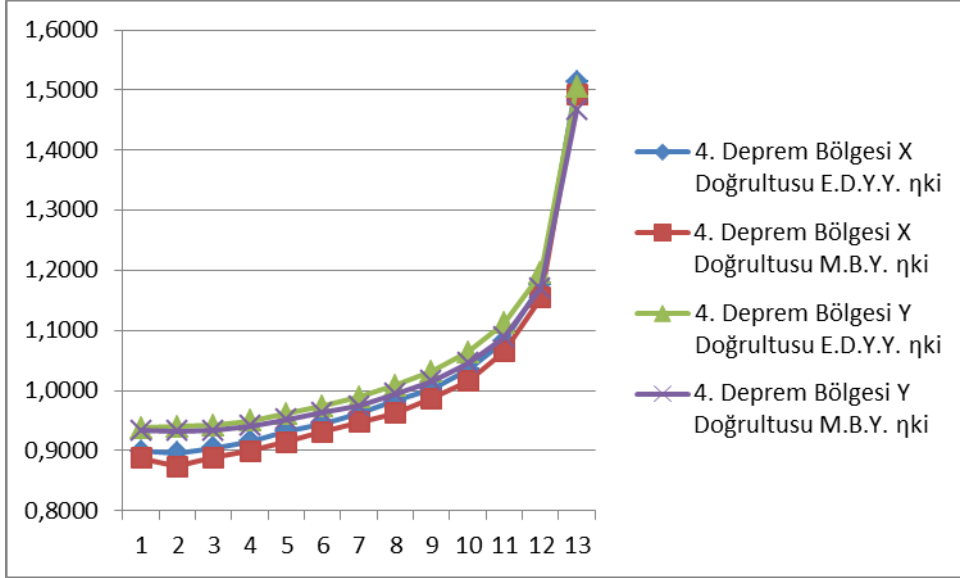
Şekil 6.6 : 1.D.D.B B2 düzensizliği katsayıları karşılaştırması.



Şekil 6.7 : 2.D.D.B B2 düzensizliği katsayıları karşılaştırması.



Şekil 6.8 : 3.D.D.B B2 düzensizliği katsayıları karşılaştırması.



Şekil 6.9 : 4.D.D.B B2 düzensizliği katsayıları karşılaştırması.

6.4 Göreli Kat Ötelemelerinin İncelenmesi

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi kullanılarak yapıda her kata ait her deprem bölgesi için hesaplanmış göreli kat ötelemeleri $(\Delta_i)_{\max}/h_i$, Çizelge 6.7, Çizelge 6.8, Çizelge 6.9, Çizelge 6.10'da tüm zemin sınıfları için birlikte verilmiştir.

Çizelge 6.7 : Z1 için hesaplanmış olan görelî kat ötelemeleri.

Kat No	1. D.D.B.				2. D.D.B.			
	X Doğrultusu		Y Doğrultusu		X Doğrultusu		Y Doğrultusu	
	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$
13	0,003173	0,002217	0,004795	0,003465	0,002378	0,001664	0,003596	0,002597
12	0,00354	0,002501	0,005112	0,00371	0,002655	0,001876	0,003834	0,002784
11	0,003943	0,00284	0,005437	0,003974	0,002959	0,002128	0,004079	0,002982
10	0,004368	0,003187	0,005766	0,004244	0,003274	0,002392	0,004324	0,00318
9	0,004769	0,00353	0,006064	0,004499	0,003577	0,002648	0,004548	0,003376
8	0,005126	0,00385	0,006309	0,004732	0,003845	0,002886	0,004734	0,003547
7	0,005423	0,004135	0,006477	0,004921	0,004067	0,003101	0,004858	0,003691
6	0,005637	0,004373	0,006547	0,005056	0,004228	0,003281	0,004909	0,003792
5	0,005747	0,004555	0,006489	0,00511	0,004312	0,003416	0,004867	0,003834
4	0,005733	0,004639	0,006286	0,005061	0,004298	0,003479	0,004716	0,003796
3	0,005544	0,004594	0,005908	0,004872	0,004158	0,003444	0,004429	0,003654
2	0,005122	0,004342	0,005311	0,004501	0,003843	0,003257	0,003983	0,003376
1	0,004356	0,00378	0,004433	0,003876	0,003267	0,002835	0,003325	0,002905
Zemin	0,002879	0,002555	0,002947	0,002662	0,002158	0,001918	0,002212	0,001997
Kat No	3. D.D.B.				4. D.D.B.			
	X Doğrultusu		Y Doğrultusu		X Doğrultusu		Y Doğrultusu	
	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$
13	0,001587	0,001108	0,002396	0,001731	0,000793	0,000555	0,001199	0,000959
12	0,001769	0,001251	0,002557	0,001857	0,000884	0,000625	0,001276	0,001024
11	0,001972	0,001419	0,002718	0,001986	0,000987	0,000709	0,00136	0,001099
10	0,002184	0,001596	0,002882	0,002121	0,00109	0,000798	0,001442	0,001174
9	0,002385	0,001764	0,003033	0,002252	0,001192	0,000882	0,001514	0,001244
8	0,002562	0,001925	0,003155	0,002364	0,001283	0,000961	0,00158	0,001307
7	0,002711	0,002067	0,003239	0,002462	0,001356	0,001034	0,001619	0,00136
6	0,002819	0,002186	0,003274	0,002527	0,001409	0,001094	0,001636	0,001398
5	0,002875	0,002277	0,003246	0,002555	0,001437	0,001139	0,001622	0,001414
4	0,002865	0,002319	0,003143	0,002532	0,001433	0,00116	0,001573	0,001398
3	0,002772	0,002296	0,002952	0,002436	0,001386	0,001148	0,001477	0,001349
2	0,002562	0,002172	0,002655	0,002252	0,001281	0,001085	0,001328	0,001244
1	0,002179	0,00189	0,002219	0,001937	0,001087	0,000945	0,001108	0,001071
Zemin	0,00144	0,001279	0,001472	0,00133	0,000721	0,000639	0,000737	0,000737

Çizelge 6.8 : Z2 için hesaplanmış olan görelî kat ötelemeleri.

Kat No	1. D.D.B.				2. D.D.B.			
	X Doğrultusu		Y Doğrultusu		X Doğrultusu		Y Doğrultusu	
	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
	$(d_i)_{\max}/h_i$	$(d_i)_{\max}/h_i$	$(d_i)_{\max}/h_i$	$(d_i)_{\max}/h_i$	$(d_i)_{\max}/h_i$	$(d_i)_{\max}/h_i$	$(d_i)_{\max}/h_i$	$(d_i)_{\max}/h_i$
13	0,004083	0,0028	0,006092	0,004508	0,003003	0,00206	0,004508	0,00332
12	0,004548	0,003169	0,006501	0,004832	0,003344	0,002333	0,004809	0,003558
11	0,005061	0,003607	0,006921	0,005185	0,003722	0,002658	0,005119	0,00382
10	0,005598	0,004074	0,007343	0,005546	0,004118	0,002998	0,005432	0,004086
9	0,006106	0,004527	0,00773	0,005892	0,004492	0,003334	0,005717	0,004338
8	0,006559	0,004947	0,008045	0,006195	0,004825	0,00364	0,005952	0,004564
7	0,00693	0,005318	0,008265	0,006435	0,005101	0,003915	0,006113	0,004741
6	0,007201	0,005616	0,008356	0,006594	0,005299	0,004137	0,006181	0,004856
5	0,007341	0,005829	0,008288	0,006638	0,005402	0,004291	0,006132	0,004888
4	0,007313	0,00591	0,008034	0,006538	0,005383	0,004352	0,005941	0,004816
3	0,00707	0,005817	0,007553	0,006256	0,005203	0,004282	0,005588	0,004606
2	0,006529	0,005467	0,006797	0,00574	0,004804	0,004025	0,005026	0,004228
1	0,005551	0,004727	0,005679	0,004905	0,004088	0,003481	0,004202	0,003614
Zemin	0,00367	0,003178	0,003778	0,003346	0,0027	0,00234	0,002795	0,002462
Kat No	3. D.D.B.				4. D.D.B.			
	X Doğrultusu		Y Doğrultusu		X Doğrultusu		Y Doğrultusu	
	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
	$(d_i)_{\max}/h_i$	$(d_i)_{\max}/h_i$	$(d_i)_{\max}/h_i$	$(d_i)_{\max}/h_i$	$(d_i)_{\max}/h_i$	$(d_i)_{\max}/h_i$	$(d_i)_{\max}/h_i$	$(d_i)_{\max}/h_i$
13	0,001962	0,00136	0,003005	0,002214	0,000964	0,000663	0,001475	0,001118
12	0,002186	0,001542	0,003206	0,002373	0,001071	0,000747	0,001566	0,001197
11	0,002438	0,001755	0,003414	0,002546	0,001195	0,000854	0,001661	0,001283
10	0,002702	0,001981	0,003621	0,002723	0,001321	0,000961	0,001757	0,001374
9	0,002952	0,0022	0,00381	0,002891	0,001442	0,001069	0,001843	0,001461
8	0,003173	0,002406	0,003969	0,003043	0,001547	0,001169	0,001916	0,001535
7	0,003358	0,002588	0,004074	0,003162	0,001636	0,001255	0,00196	0,001594
6	0,003491	0,00273	0,004121	0,003236	0,001701	0,001325	0,001979	0,001636
5	0,003561	0,002835	0,004088	0,00326	0,001731	0,001377	0,001955	0,001645
4	0,003549	0,002875	0,003962	0,003211	0,001727	0,001395	0,001892	0,001619
3	0,003432	0,002828	0,003724	0,003071	0,001668	0,001374	0,001773	0,001549
2	0,003171	0,00266	0,003353	0,002819	0,001542	0,00129	0,001589	0,001423
1	0,002695	0,002298	0,0028	0,002408	0,001311	0,001118	0,001321	0,001216
Zemin	0,001785	0,001545	0,001864	0,001643	0,000866	0,000749	0,000877	0,000828

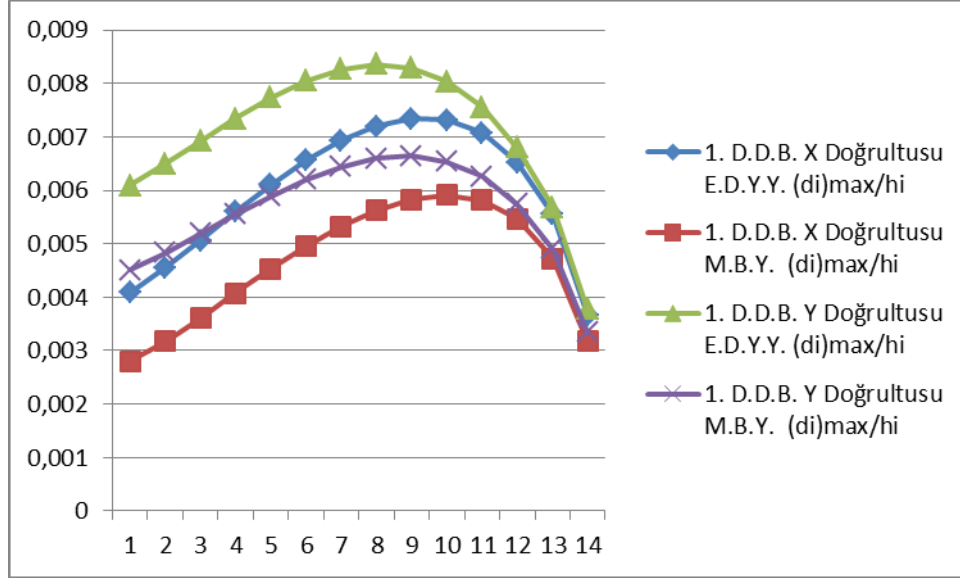
Çizelge 6.9 : Z3 için hesaplanmış olan görelî kat ötelemeleri.

Kat No	1. D.D.B.				2. D.D.B.			
	X Doğrultusu		Y Doğrultusu		X Doğrultusu		Y Doğrultusu	
	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$
13	0,005525	0,003911	0,008349	0,006344	0,004144	0,002933	0,006263	0,004765
12	0,00616	0,004438	0,008902	0,006804	0,00462	0,003325	0,006676	0,00511
11	0,006869	0,005073	0,009466	0,007308	0,005152	0,003801	0,0071	0,00549
10	0,007602	0,005747	0,010038	0,007828	0,005703	0,004307	0,00753	0,005878
9	0,008304	0,006407	0,010558	0,008318	0,006228	0,004802	0,007917	0,006249
8	0,008925	0,007012	0,010985	0,008741	0,006694	0,005255	0,008241	0,006566
7	0,009443	0,007539	0,011279	0,009067	0,007082	0,005649	0,008458	0,006811
6	0,009814	0,007952	0,011396	0,009256	0,007359	0,005962	0,008547	0,006951
5	0,01001	0,008223	0,0113	0,009275	0,007509	0,006162	0,008475	0,006967
4	0,009977	0,008302	0,010946	0,009081	0,007483	0,006221	0,008211	0,00682
3	0,009653	0,008127	0,010283	0,008629	0,00724	0,00609	0,007712	0,00648
2	0,008918	0,007588	0,009247	0,007854	0,006687	0,005689	0,006935	0,005901
1	0,007586	0,006519	0,007721	0,006648	0,005689	0,004884	0,005791	0,004993
Zemin	0,005014	0,004349	0,005133	0,004489	0,003761	0,003262	0,003848	0,003372
Kat No	3. D.D.B.				4. D.D.B.			
	X Doğrultusu		Y Doğrultusu		X Doğrultusu		Y Doğrultusu	
	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$
13	0,00276	0,00196	0,004177	0,003171	0,001381	0,00098	0,002088	0,001759
12	0,003082	0,002224	0,00445	0,003402	0,00154	0,001111	0,002224	0,001888
11	0,003432	0,002543	0,004734	0,003654	0,001717	0,001272	0,002368	0,002025
10	0,003803	0,002879	0,005017	0,003915	0,001899	0,00144	0,002508	0,00217
9	0,004151	0,003211	0,00528	0,004158	0,002077	0,001605	0,002639	0,002308
8	0,004464	0,003514	0,005493	0,004373	0,002231	0,001757	0,002749	0,002424
7	0,00472	0,003778	0,00564	0,004534	0,002361	0,00189	0,002819	0,002513
6	0,004907	0,003985	0,005698	0,004627	0,002452	0,00199	0,002849	0,002567
5	0,005005	0,004121	0,005651	0,004636	0,002504	0,00206	0,002826	0,002574
4	0,004989	0,00416	0,005472	0,004541	0,002494	0,002081	0,002737	0,002518
3	0,004828	0,004072	0,005143	0,004314	0,002413	0,002037	0,002569	0,002392
2	0,004459	0,003803	0,004622	0,003927	0,002231	0,001902	0,002312	0,002179
1	0,003792	0,003267	0,003859	0,003325	0,001895	0,001633	0,00193	0,001843
Zemin	0,002506	0,002179	0,002567	0,002245	0,001255	0,00109	0,001283	0,001244

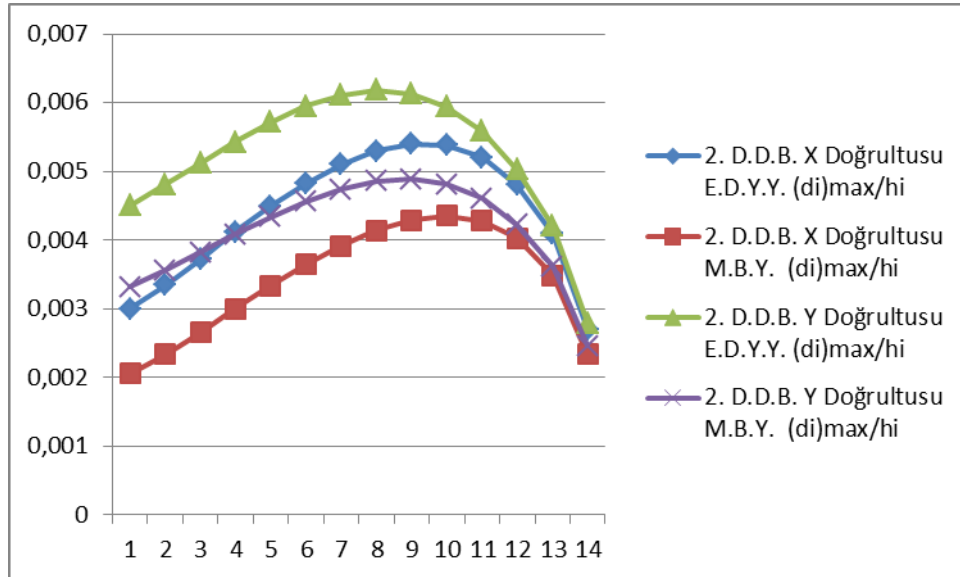
Çizelge 6.10 : Z4 için hesaplanmış olan görelî kat ötelemeleri.

Kat No	1. D.D.B.				2. D.D.B.			
	X Doğrultusu		Y Doğrultusu		X Doğrultusu		Y Doğrultusu	
	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
	$(d_i)_{\max}/h_i$	$(d_i)_{\max}/h_i$	$(d_i)_{\max}/h_i$	$(d_i)_{\max}/h_i$	$(d_i)_{\max}/h_i$	$(d_i)_{\max}/h_i$	$(d_i)_{\max}/h_i$	$(d_i)_{\max}/h_i$
13	0,007642	0,00536	0,01155	0,008885	0,005731	0,004074	0,008661	0,006673
12	0,008519	0,006092	0,012311	0,009534	0,006389	0,004627	0,009233	0,007161
11	0,009501	0,006977	0,013095	0,010246	0,007126	0,005297	0,009821	0,007695
10	0,010516	0,007917	0,013883	0,010983	0,007887	0,006015	0,010414	0,008248
9	0,011485	0,008843	0,014604	0,011674	0,008615	0,006715	0,010953	0,008766
8	0,012346	0,009688	0,015195	0,012264	0,009261	0,007359	0,011396	0,009212
7	0,01306	0,010414	0,015601	0,0127	0,009793	0,007908	0,011699	0,009539
6	0,013575	0,010974	0,015764	0,012941	0,01018	0,008337	0,011823	0,009718
5	0,013844	0,011326	0,015629	0,012927	0,010383	0,008601	0,011723	0,009709
4	0,013804	0,011405	0,015141	0,012609	0,010353	0,008664	0,011356	0,009471
3	0,013351	0,011125	0,014222	0,011928	0,010015	0,008451	0,010666	0,00896
2	0,012334	0,010353	0,012791	0,010803	0,009249	0,007863	0,009592	0,008113
1	0,010491	0,008855	0,010677	0,009088	0,007868	0,006727	0,00801	0,006825
Zemin	0,006937	0,005885	0,0071	0,006097	0,005203	0,004468	0,005325	0,00458
Kat No	3. D.D.B.				4. D.D.B.			
	X Doğrultusu		Y Doğrultusu		X Doğrultusu		Y Doğrultusu	
	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
	$(d_i)_{\max}/h_i$	$(d_i)_{\max}/h_i$	$(d_i)_{\max}/h_i$	$(d_i)_{\max}/h_i$	$(d_i)_{\max}/h_i$	$(d_i)_{\max}/h_i$	$(d_i)_{\max}/h_i$	$(d_i)_{\max}/h_i$
13	0,003822	0,002711	0,005773	0,004445	0,001911	0,001363	0,002889	0,002459
12	0,004261	0,00308	0,006155	0,004765	0,00213	0,001547	0,003078	0,002637
11	0,004751	0,003526	0,00655	0,005124	0,002375	0,001771	0,003274	0,002833
10	0,005257	0,004004	0,006942	0,005493	0,002627	0,002011	0,00347	0,003038
9	0,005742	0,004471	0,007301	0,005836	0,002872	0,002245	0,003652	0,003229
8	0,006174	0,0049	0,007597	0,006132	0,003087	0,002459	0,003799	0,003393
7	0,006529	0,005264	0,0078	0,006351	0,003264	0,002644	0,003899	0,003512
6	0,006788	0,005549	0,007882	0,006468	0,003393	0,002788	0,003941	0,003579
5	0,006923	0,005726	0,007814	0,006463	0,003463	0,002875	0,003908	0,003577
4	0,0069	0,005768	0,007569	0,006307	0,003451	0,002898	0,003785	0,003486
3	0,006676	0,005626	0,007112	0,005964	0,003337	0,002823	0,003556	0,003299
2	0,006169	0,005234	0,006396	0,005399	0,003085	0,00263	0,003197	0,002989
1	0,005245	0,004478	0,005339	0,004545	0,002623	0,002249	0,002672	0,002513
Zemin	0,003467	0,002975	0,003549	0,00305	0,001734	0,001493	0,001773	0,001687

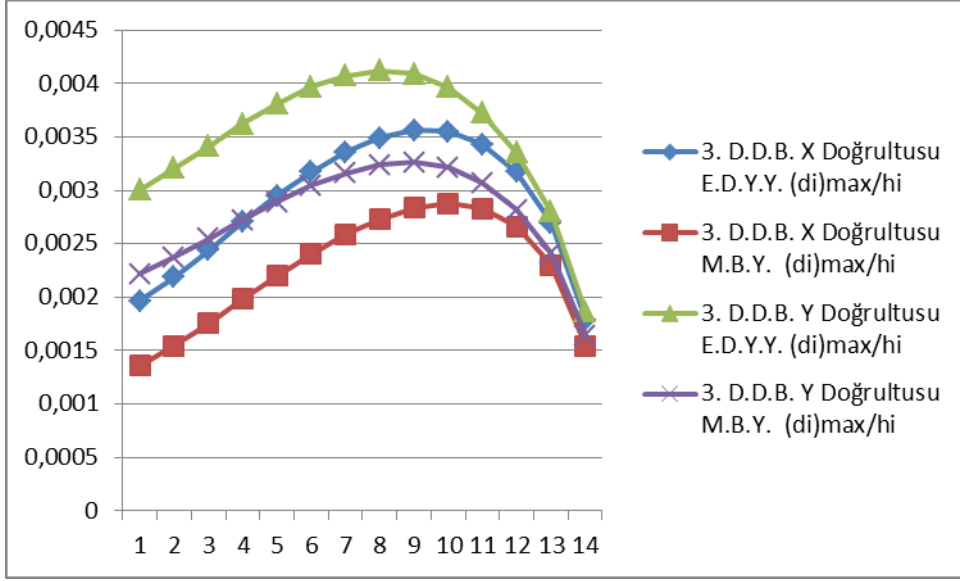
Tüm zemin sınıfları için bütün deprem bölgelerinde ve her iki doğrultuda da E.D.Y.Y. ile bulunmuş görelî kat ötelemesi değerlerinin M.B.Y. ile bulunanların tamamından daha büyük olduğunu söylemek mümkündür. Z2 zemin sınıfı için her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan görelî kat ötelemelerinin karşılaştırılması grafik biçiminde aşağıdaki şekillerde verilmiştir.



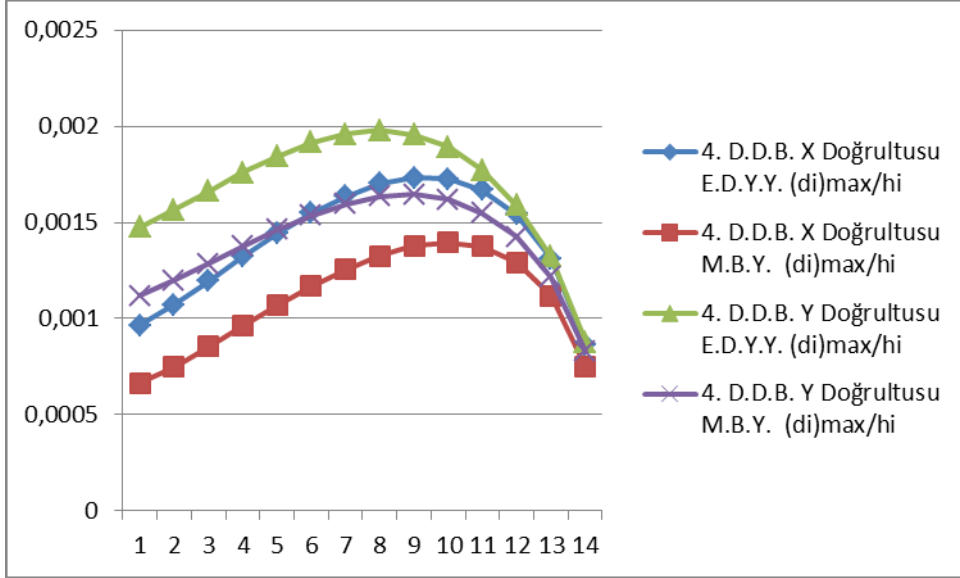
Şekil 6.10 : 1.D.D.B Görelî kat ötelemeleri karşılaştırması.



Şekil 6.11 : 2.D.D.B Görelî kat ötelemeleri karşılaştırması.



Şekil 6.12 : 3.D.D.B Görelî kat ötelemeleri karşılaştırması.



Şekil 6.13 : 4.D.D.B Görelî kat ötelemeleri karşılaştırması.

Yukarıdaki grafikler incelendiğinde bütün deprem bölgelerinde eşdeğer deprem yükü yöntemiyle hesaplanan görelî kat ötelemelerinin mod birleştirme yöntemiyle hesaplanan görelî kat ötelemelerinin %30 oranlarında daha az olduğu görülebilmektedir. Farklı deprem bölgeleri ve zemin sınıfları için için mod birleştirme yöntemi ile eşdeğer deprem yükü yöntemi arasındaki değişim arasında büyük bir farka rastlanmamıştır.

6.5 İkinci Mertebe Etkilerinin İncelenmesi

Hesaplanan Θ_i değerleri farklı zemin sınıfları için farklılık göstermemektedir. Z2 zemin sınıfı için Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi kullanılarak yapıda her deprem bölgesi için her kata ait her iki doğrultuda hesaplanmış olan ikinci mertebe etkisi katsayısı Θ_i , Çizelge 6.11’de birlikte verilmiştir.

Çizelge 6.11 : Z2 için ikinci mertebe etkisi katsayıları (Θ_i).

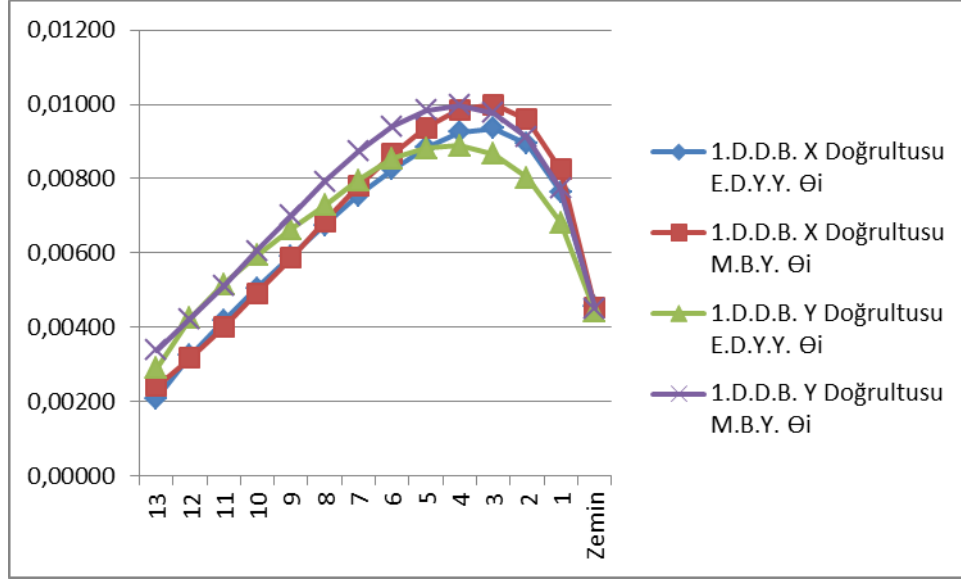
Kat No	1.D.D.B.				2.D.D.B.			
	X Doğrultusu		Y Doğrultusu		X Doğrultusu		Y Doğrultusu	
	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
	Θ_i	Θ_i	Θ_i	Θ_i	Θ_i	Θ_i	Θ_i	Θ_i
13	0,00209	0,00242	0,00290	0,00338	0,00210	0,00242	0,00290	0,00338
12	0,00324	0,00318	0,00424	0,00423	0,00324	0,00318	0,00424	0,00423
11	0,00417	0,00400	0,00515	0,00512	0,00417	0,00401	0,00515	0,00512
10	0,00506	0,00491	0,00593	0,00605	0,00506	0,00491	0,00593	0,00605
9	0,00592	0,00587	0,00664	0,00700	0,00592	0,00587	0,00664	0,00700
8	0,00675	0,00685	0,00729	0,00792	0,00675	0,00685	0,00729	0,00792
7	0,00754	0,00780	0,00795	0,00874	0,00754	0,00780	0,00795	0,00874
6	0,00825	0,00866	0,00854	0,00940	0,00825	0,00866	0,00854	0,00940
5	0,00884	0,00937	0,00883	0,00984	0,00884	0,00937	0,00883	0,00983
4	0,00925	0,00986	0,00890	0,00998	0,00925	0,00985	0,00889	0,00999
3	0,00935	0,00999	0,00867	0,00978	0,00935	0,00999	0,00867	0,00977
2	0,00894	0,00960	0,00803	0,00911	0,00894	0,00960	0,00803	0,00911
1	0,00764	0,00826	0,00682	0,00773	0,00764	0,00826	0,00682	0,00774
Zemin	0,00455	0,00453	0,00442	0,00450	0,00455	0,00453	0,00442	0,00449

Çizelge 6.11 (devam): Z2 için ikinci mertebe etkisi katsayıları (Θ_i).

Kat No	3.D.D.B.				4.D.D.B.			
	X Doğrultusu		Y Doğrultusu		X Doğrultusu		Y Doğrultusu	
	E.D.Y.Y. Θ_i	M.B.Y. Θ_i	E.D.Y.Y. Θ_i	M.B.Y. Θ_i	E.D.Y.Y. Θ_i	M.B.Y. Θ_i	E.D.Y.Y. Θ_i	M.B.Y. Θ_i
13	0,00214	0,00242	0,00290	0,00338	0,00210	0,00242	0,00292	0,00338
12	0,00327	0,00318	0,00424	0,00423	0,00324	0,00317	0,00426	0,00423
11	0,00418	0,00400	0,00515	0,00512	0,00417	0,00401	0,00517	0,00512
10	0,00506	0,00491	0,00593	0,00605	0,00506	0,00491	0,00596	0,00605
9	0,00592	0,00587	0,00664	0,00700	0,00592	0,00587	0,00676	0,00700
8	0,00675	0,00685	0,00729	0,00792	0,00675	0,00685	0,00752	0,00792
7	0,00753	0,00780	0,00795	0,00874	0,00753	0,00780	0,00808	0,00874
6	0,00825	0,00866	0,00854	0,00940	0,00825	0,00865	0,00853	0,00941
5	0,00884	0,00938	0,00883	0,00983	0,00885	0,00937	0,00880	0,00983
4	0,00924	0,00986	0,00890	0,00999	0,00924	0,00985	0,00887	0,00998
3	0,00934	0,00999	0,00867	0,00977	0,00935	0,01000	0,00864	0,00977
2	0,00893	0,00960	0,00803	0,00911	0,00894	0,00959	0,00797	0,00912
1	0,00763	0,00826	0,00682	0,00773	0,00764	0,00826	0,00674	0,00773
Zemin	0,00455	0,00452	0,00442	0,00450	0,00455	0,00453	0,00425	0,00450

Her deprem bölgesi için mod birleştirme yöntemiyle hesaplanan Θ_i her iki doğrultuda da eşdeğer deprem yükünden hesaplanan Θ_i değerlerinden daha küçüktür. Bunun sebebi mod birleştirme yönteminde hesaplanan taban kesme kuvvetinin daha küçük olmasıdır.

X ve Y doğrultularında karşılaştırılması grafik biçiminde Şekil 6.14’de verilmiştir. Her deprem bölgesi için hesaplanan Θ_i değerleri yaklaşık olduğu için grafik olarak sadece 1. D.D.B için grafik çizilmiştir.



Şekil 6.14 : İkinci merteye etkisi katsayıları (Θ_i).

6.6 İç Kuvvetlerin Kıyaslanması

İç Kuvvetlerin kıyaslanması yapılırken kat planında belirlenen A3 aksındaki S1 kolonu, C1 aksındaki S5 kolonu, C3 aksındaki S6 kolonu AB5 aksındaki P1 perdesi ile B23 aksındaki P2 perdesi kullanılarak kıyas gerçekleştirilmiştir. Bu kıyaslama yapılırken daha genel ve belirgin sonuçlar elde etmek için değerler zemin kat, 5. Kat, 10. Kat ve 13. Kat arasında yapılmıştır.

6.6.1 Kolon iç kuvvetlerin kıyaslanması

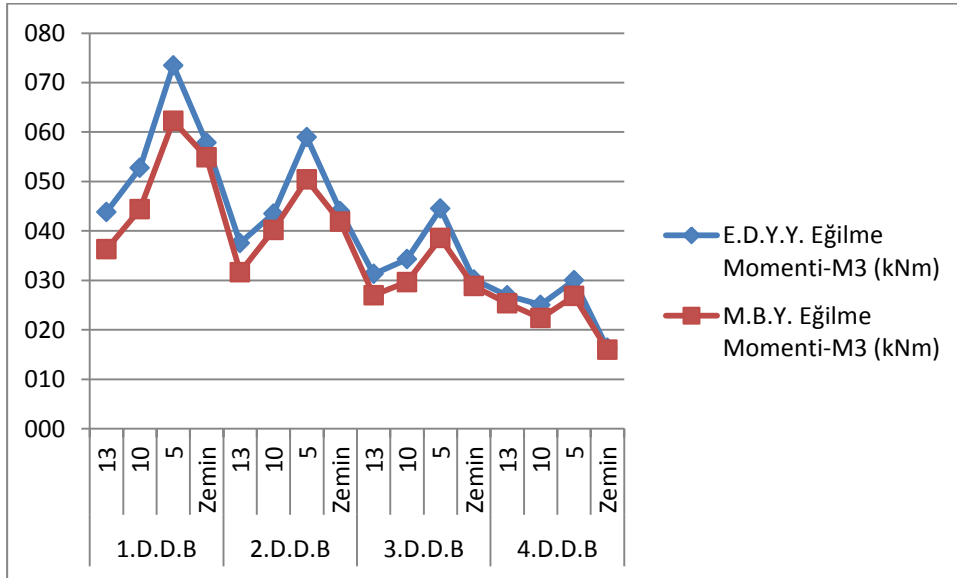
Kolonlarda oluşan en büyük momentler M3 eğilme momentleri olarak bulunmuştur. E.D.Y.Y. ve M.B.Y. ile elde edilen M3 eğilme momentleri Çizelge 6.6'da bir arada verilmiştir. E.D.Y.Y.'de daha büyük taban kesme kuvveti elde edildiği için M.B.Y.'ne göre daha büyük eğilme momenti değerlerinin elde edilmesi doğaldır. Normal kuvvetlerde düşey yüklerin etkin olduğundan sadece Z2 zemin sınıfı için sonuçlar karşılaştırılmıştır.

6.6.1.1 S1 kolonunun iç kuvvetlerinin kıyaslanması

Çizelge 6.12, Çizelge 6.13, Çizelge 6.14 ve Çizelge 6.15,'de tüm zemin sınıfları için S1 kolonuna ait farklı deprem bölgelerinde her iki yöntemde oluşan M3 eğilme momenti değerleri verilmiştir.

Çizelge 6.12 : Z1 için S1 kolonu M3 değerleri.

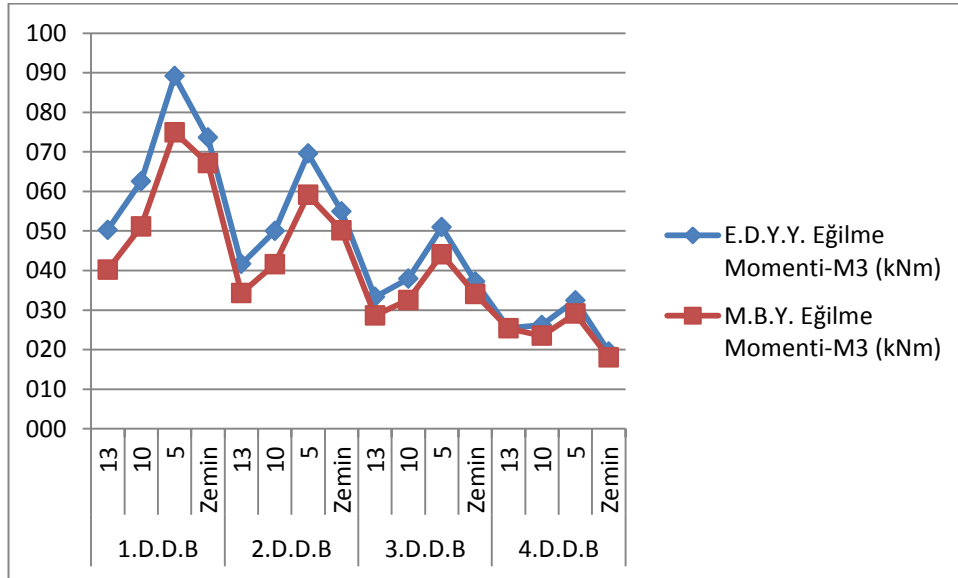
Deprem Bölgesi	Kat	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Eğilme Momenti-M3 (kNm)	Eğilme Momenti-M3 (kNm)
1.D.D.B	13	43,81	36,29
	10	52,74	44,37
	5	73,47	62,24
	Zemin	57,86	54,91
2.D.D.B	13	37,56	31,65
	10	43,51	40,22
	5	58,98	50,39
	Zemin	44,02	41,87
3.D.D.B	13	31,31	27,00
	10	34,29	29,65
	5	44,50	38,55
	Zemin	30,18	28,83
4.D.D.B	13	26,96	25,38
	10	25,06	22,37
	5	30,01	26,83
	Zemin	16,34	15,95



Şekil 6.15 : Z1 için S1 kolonunun M3 karşılaştırması.

Çizelge 6.13 : Z2 için S1 kolonu M3 değerleri.

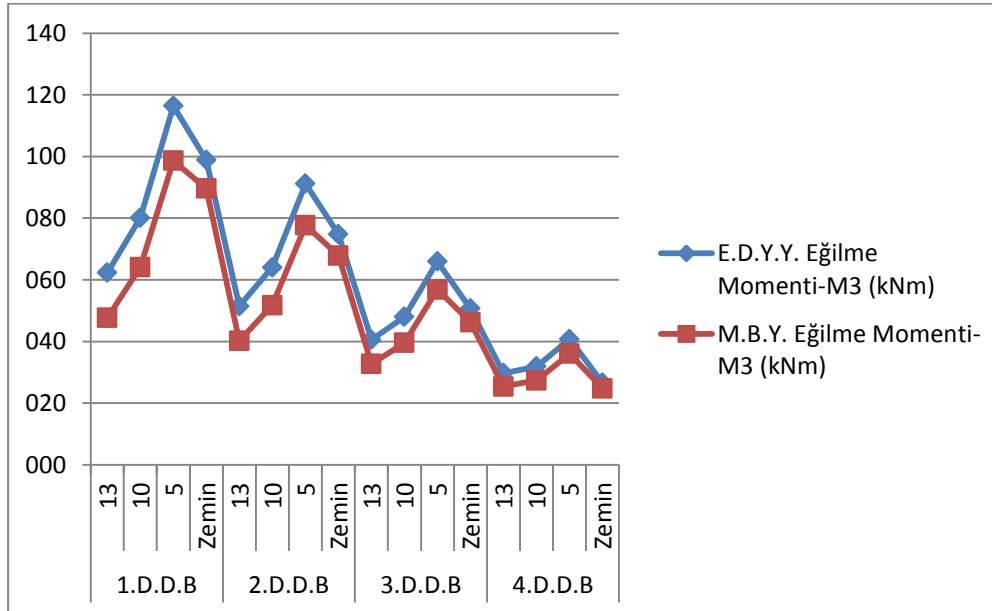
Deprem Bölgesi	Kat	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Eğilme Momenti-M3 (kNm)	Eğilme Momenti-M3 (kNm)
1.D.D.B	13	50,27	40,19
	10	62,54	51,13
	5	89,14	74,95
	Zemin	73,63	67,12
2.D.D.B	13	41,66	34,26
	10	49,97	41,59
	5	69,55	59,10
	Zemin	54,94	50,15
3.D.D.B	13	33,32	28,66
	10	37,93	32,56
	5	50,94	44,11
	Zemin	37,22	34,09
4.D.D.B	13	25,43	25,38
	10	26,21	23,53
	5	32,45	29,12
	Zemin	19,53	18,04



Şekil 6.16 : Z2 için S1 kolonunun M3 karşılaştırması.

Çizelge 6.14 : Z3 için S1 kolonu M3 değerleri.

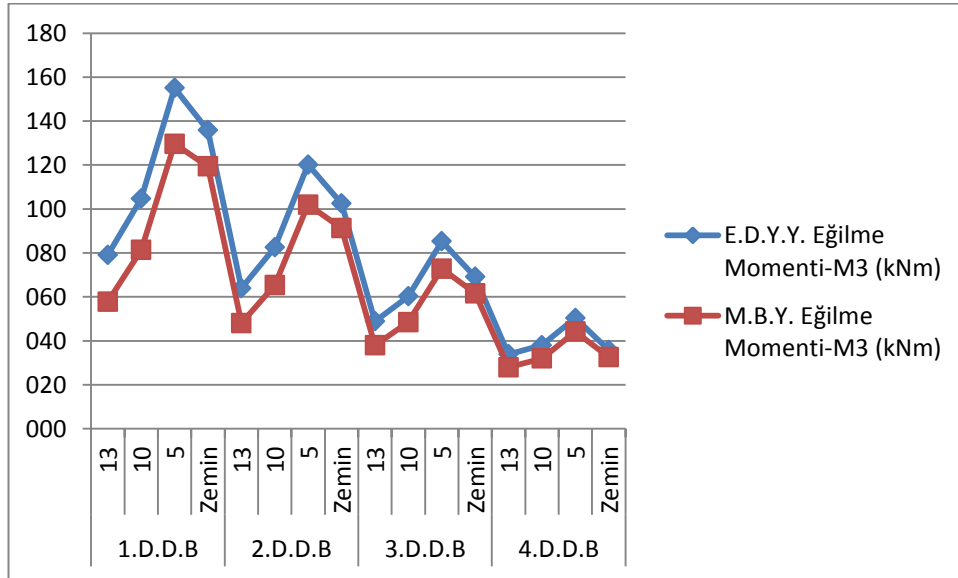
Deprem Bölgesi	Kat	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Eğilme Momenti-M3 (kNm)	Eğilme Momenti-M3 (kNm)
1.D.D.B	13	62,33	47,68
	10	80,10	64,10
	5	116,41	98,64
	Zemin	98,88	89,62
2.D.D.B	13	51,45	40,18
	10	64,03	51,79
	5	91,19	77,66
	Zemin	74,79	67,87
3.D.D.B	13	40,57	32,72
	10	47,96	39,57
	5	65,97	56,83
	Zemin	50,69	46,28
4.D.D.B	13	29,69	25,38
	10	31,90	27,39
	5	40,75	36,06
	Zemin	26,60	24,76



Şekil 6.17 : Z3 için S1 kolonunun M3 karşılaştırması.

Çizelge 6.15 : Z4 için S1 kolonu M3 değerleri.

Deprem Bölgesi	Kat	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Eğilme Momenti-M3 (kNm)	Eğilme Momenti-M3 (kNm)
1.D.D.B	13	79,01	57,77
	10	104,72	81,37
	5	155,07	129,68
	Zemin	135,81	119,37
2.D.D.B	13	63,96	48,09
	10	82,50	65,34
	5	120,18	101,98
	Zemin	102,48	91,23
3.D.D.B	13	48,91	37,94
	10	60,28	48,49
	5	85,30	72,85
	Zemin	69,16	61,65
4.D.D.B	13	33,86	28,01
	10	38,05	31,97
	5	50,41	44,25
	Zemin	35,83	32,63



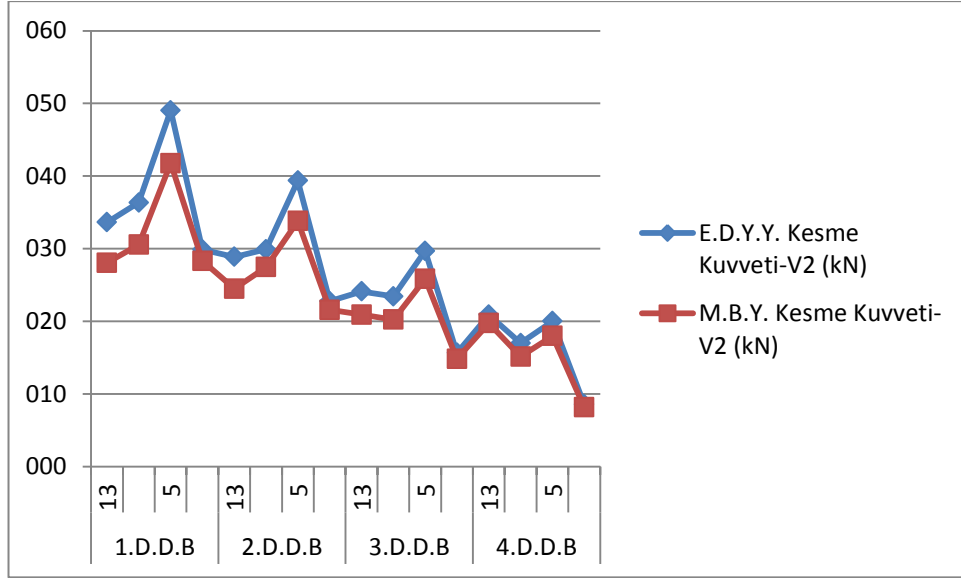
Şekil 6.18 : Z4 için S1 kolonunun M3 karşılaştırması.

Şekil 6.15, Şekil 6.16, Şekil 6.17, Şekil 6.18’de S1 kolonunun tüm zemin sınıflarında her deprem bölgesi için hesaplanan M3 değerleri karşılaştırması verilmiştir. Grafik incelendiğinde eşdeğer deprem yükü yöntemiyle bulunan moment değerlerinin mod birleştirmeye göre daha yüksek olduğu görülebilmektedir. Tüm zemin sınıfları için hesaplanan değerlerde karşılaşılan farklılıklar zemin sınıfından bağımsız olarak değiştiği şekiller karşılıklı olarak incelendiğinde görülebilmektedir. Deprem bölgesi 4. Derece deprem bölgesine giderken yöntemler sonucu bulunan momentler arasındaki farkın azaldığı grafikten anlaşıyor.

Çizelge 6.16, Çizelge 6.17, Çizelge 6.18, Çizelge 6.19’da S1 kolonuna ait farklı deprem bölgelerinde her iki yöntemde oluşan V2 kesme kuvveti değerleri tüm zemin sınıfları için verilmiştir.

Çizelge 6.16 : Z1 için S1 kolonu V2 değerleri.

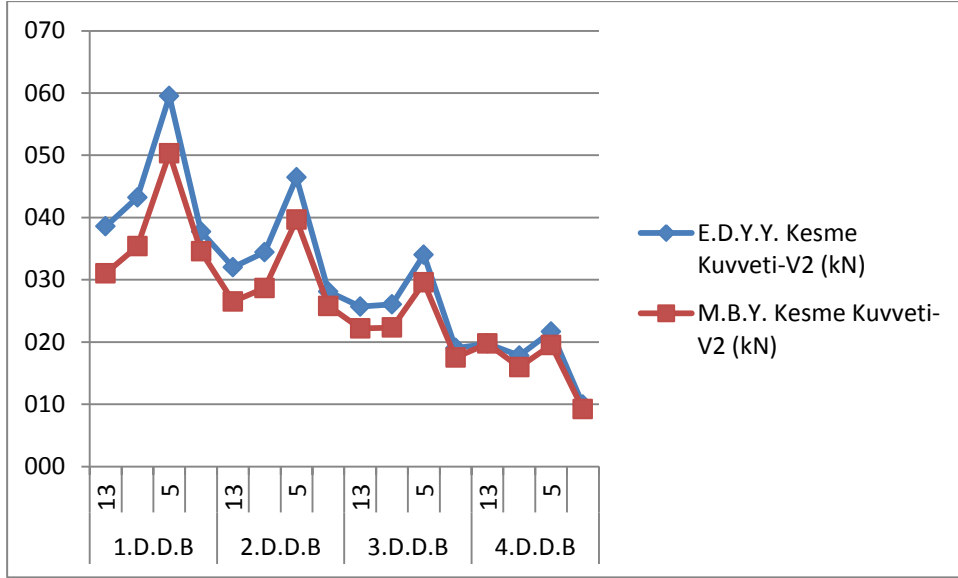
Deprem Bölgesi	Kat	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Kesme Kuvveti-V2 (kN)
1.D.D.B	13	33,63	28,05
	10	36,35	30,54
	5	49,03	41,77
	Zemin	29,86	28,32
2.D.D.B	13	28,87	24,49
	10	29,90	27,46
	5	39,36	33,82
	Zemin	22,76	21,57
3.D.D.B	13	24,11	20,92
	10	23,44	20,24
	5	29,69	25,86
	Zemin	15,65	14,83
4.D.D.B	13	20,90	19,75
	10	16,99	15,15
	5	20,02	17,98
	Zemin	8,55	8,16



Şekil 6.19 : Z1 için S1 kolonunun V2 karşılaştırması.

Çizelge 6.17 : Z2 için S1 kolonu V2 değerleri.

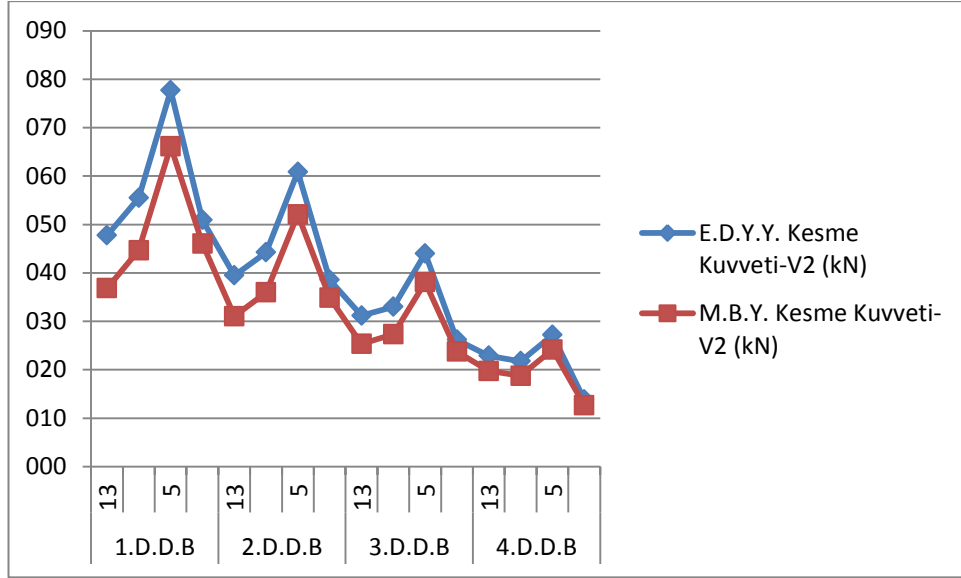
Deprem Bölgesi	Kat	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Kesme Kuvveti-V2 (kN)
1.D.D.B	13	38,57	31,05
	10	43,23	35,38
	5	59,50	50,29
	Zemin	37,71	34,56
2.D.D.B	13	32,01	26,50
	10	34,44	28,67
	5	46,43	39,65
	Zemin	28,11	25,80
3.D.D.B	13	25,68	22,19
	10	26,04	22,33
	5	34,02	29,58
	Zemin	19,03	17,51
4.D.D.B	13	19,75	17,89
	10	17,83	15,98
	5	21,68	19,51
	Zemin	9,94	9,22



Şekil 6.20 : Z2 için S1 kolonunun V2 karşılaştırması.

Çizelge 6.18 : Z3 için S1 kolonu V2 değerleri.

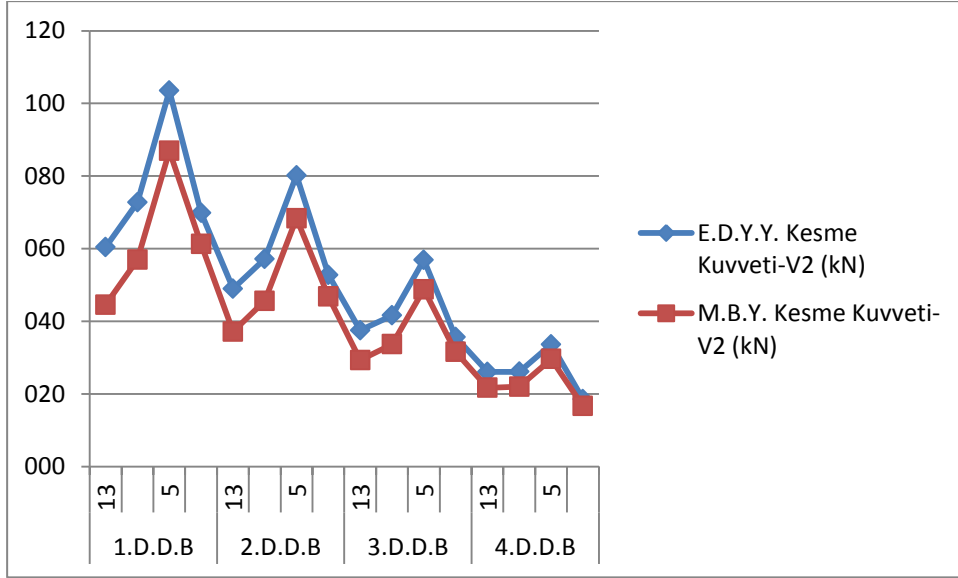
Deprem Bölgesi	Kat	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Kesme Kuvveti-V2 (kN)
1.D.D.B	13	47,75	36,82
	10	55,49	44,65
	5	77,69	66,15
	Zemin	50,91	46,05
2.D.D.B	13	39,46	31,05
	10	44,25	35,96
	5	60,85	52,07
	Zemin	38,55	34,85
3.D.D.B	13	31,17	25,33
	10	33,01	27,33
	5	44,02	38,10
	Zemin	26,18	23,74
4.D.D.B	13	22,88	19,75
	10	21,77	18,74
	5	27,19	24,16
	Zemin	13,81	12,66



Şekil 6.21 : Z3 için S1 kolonunun V2 karşılaştırması.

Çizelge 6.19 : Z4 için S1 kolonu V2 değerleri.

Deprem Bölgesi	Kat	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Kesme Kuvveti-V2 (kN)
1.D.D.B	13	60,45	44,59
	10	72,72	56,97
	5	103,49	86,92
	Zemin	69,87	61,26
2.D.D.B	13	48,99	37,15
	10	57,17	45,62
	5	80,20	68,35
	Zemin	52,76	46,80
3.D.D.B	13	37,52	29,34
	10	41,63	33,69
	5	56,92	48,82
	Zemin	35,66	31,60
4.D.D.B	13	26,05	21,70
	10	26,08	22,00
	5	33,64	29,64
	Zemin	18,55	16,69



Şekil 6.22 : Z4 için S1 kolonunun V2 karşılaştırması.

Şekil 6.19, Şekil 6.20, Şekil 6.21 Şekil 6.22’de S1 kolonunun her deprem bölgesi için V2 karşılaştırması tüm zemin sınıflarında verilmiştir.

Çizelge 6.20’de Z2 zemin sınıfı için S1 kolonuna ait farklı deprem bölgelerinde her iki yöntemde oluşan P normal kuvvet değerleri verilmiştir.

Çizelge 6.20 : Z2 için S1 kolonu P değerleri.

Deprem Bölgesi	Kat	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Normal Kuvvet-P (kN)	Normal Kuvvet-P (kN)
1.D.D.B	13	76,97	76,38
	10	355,27	348,68
	5	842,83	834,06
	Zemin	1317,06	1314,00
2.D.D.B	13	76,11	75,67
	10	342,50	337,60
	5	803,31	796,66
	Zemin	880,82	883,40
3.D.D.B	13	75,28	75,00
	10	330,31	327,18
	5	765,70	761,49
	Zemin	943,41	944,91
4.D.D.B	13	74,48	74,33
	10	318,36	316,80
	5	728,53	726,44
	Zemin	1005,51	1006,22

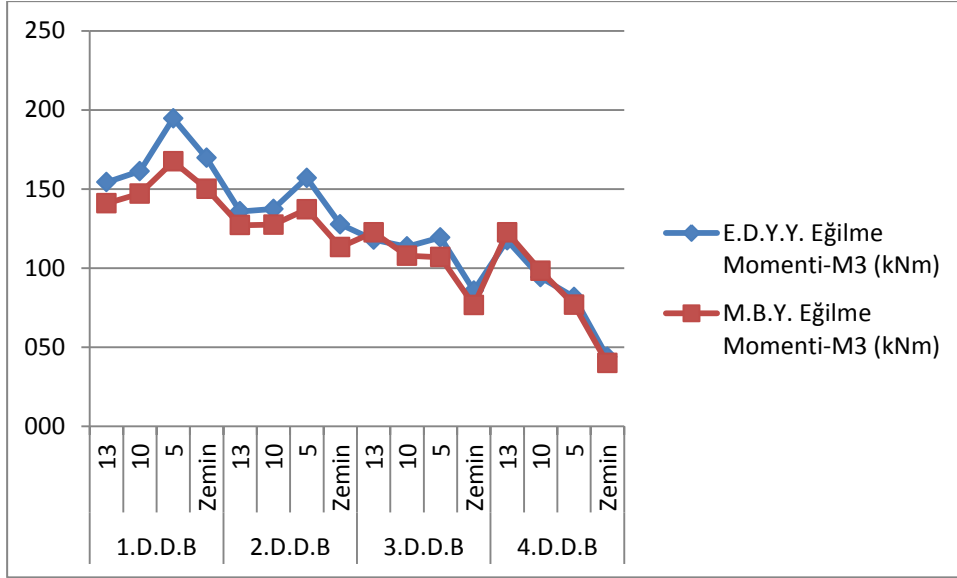
İki yöntem ile hesaplanan kolon eksenel yükleri yapıdaki tüm kolonlarda her iki yöntemde de birbirine çok yakın değerlerde bulunmuştur. Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan kolon normal kuvvetleri iki yöntemde de farklı deprem bölgeleri için birbirine oldukça yakındır.

6.6.1.2 S6 kolonunun iç kuvvetlerinin kıyaslanması

Çizelge 6.21, Çizelge 6.22, Çizelge 6.23, Çizelge 6.24’de S6 tüm zemin sınıfları için kolonuna ait farklı deprem bölgelerinde her iki yöntemde hesaplanan M3 eğilme momenti değerleri verilmiştir.

Çizelge 6.21 : Z1 için S6 kolonu M3 değerleri.

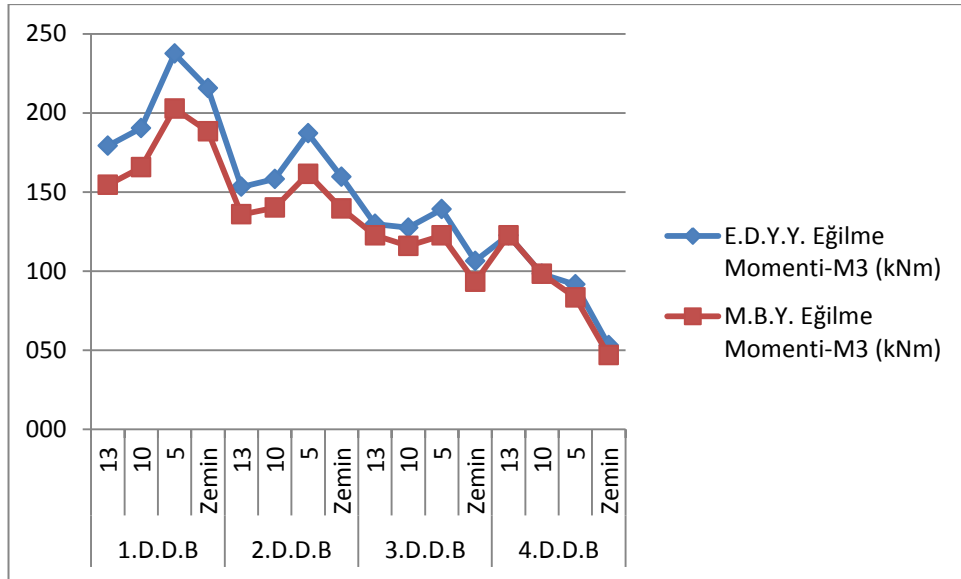
Deprem Bölgesi	Kat	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Eğilme Momenti-M3 (kNm)	Eğilme Momenti-M3 (kNm)
1.D.D.B	13	154,24	140,89
	10	161,25	147,05
	5	194,62	167,43
	Zemin	169,63	150,13
2.D.D.B	13	135,83	127,13
	10	137,42	127,47
	5	157,00	137,16
	Zemin	127,72	113,34
3.D.D.B	13	117,99	122,65
	10	113,58	107,89
	5	119,38	106,88
	Zemin	85,80	76,54
4.D.D.B	13	117,59	122,65
	10	94,18	98,23
	5	81,76	76,85
	Zemin	43,89	39,93



Şekil 6.23 : Z1 için S6 kolonunun M3 karşılaştırması.

Çizelge 6.22 : Z2 için S6 kolonu M3 değerleri.

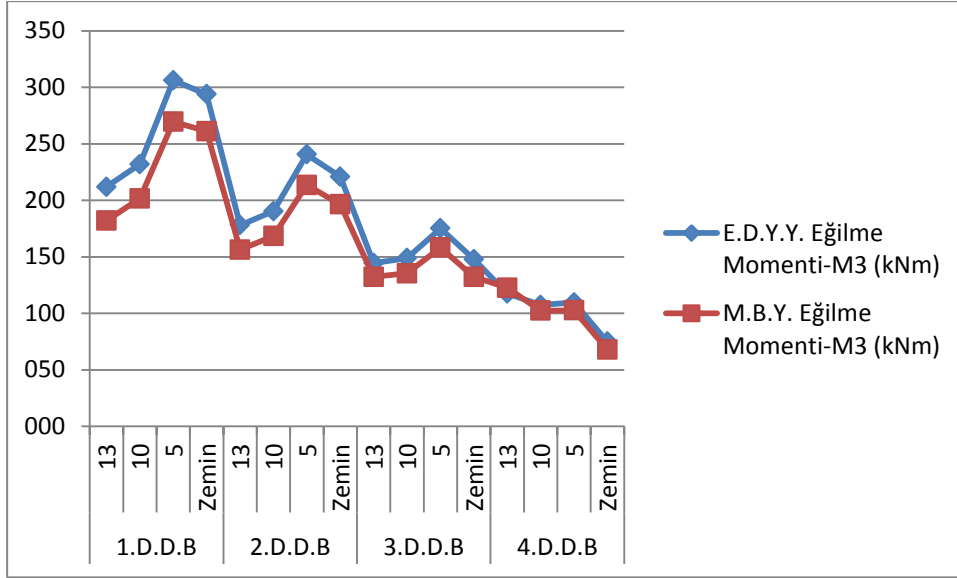
Deprem Bölgesi	Kat	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Eğilme Momenti-M3 (kNm)	Eğilme Momenti-M3 (kNm)
1.D.D.B	13	179,16	154,46
	10	190,36	165,62
	5	237,40	202,75
	Zemin	215,69	188,39
2.D.D.B	13	153,24	135,89
	10	158,24	140,07
	5	187,01	161,50
	Zemin	159,57	139,49
3.D.D.B	13	129,83	122,65
	10	127,45	115,90
	5	139,11	122,46
	Zemin	106,38	93,18
4.D.D.B	13	122,65	122,65
	10	98,23	98,23
	5	91,60	83,41
	Zemin	53,27	46,84



Şekil 6.24 : Z2 için S6 kolonunun M3 karşılaştırması.

Çizelge 6.23 : Z3 için S6 kolonu M3 değerleri.

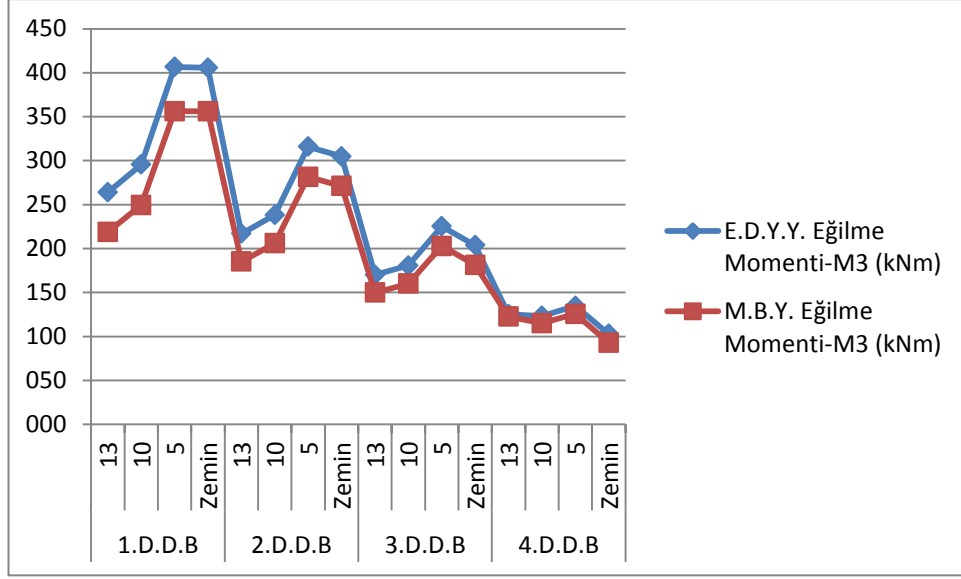
Deprem Bölgesi	Kat	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Eğilme Momenti-M3 (kNm)	Eğilme Momenti-M3 (kNm)
1.D.D.B	13	211,89	182,05
	10	231,91	201,69
	5	306,13	269,49
	Zemin	293,88	261,12
2.D.D.B	13	178,03	156,39
	10	190,41	168,40
	5	240,64	213,60
	Zemin	220,90	196,45
3.D.D.B	13	144,43	132,35
	10	148,91	135,35
	5	175,14	158,15
	Zemin	147,93	132,31
4.D.D.B	13	117,59	122,65
	10	107,41	102,45
	5	109,64	102,71
	Zemin	74,95	67,93



Şekil 6.25 : Z3 için S6 kolonunun M3 karşılaştırması.

Çizelge 6.24 : Z4 için S6 kolonu M3 değerleri.

Deprem Bölgesi	Kat	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Eğilme Momenti-M3 (kNm)	Eğilme Momenti-M3 (kNm)
1.D.D.B	13	263,78	218,74
	10	295,51	249,52
	5	406,52	356,20
	Zemin	405,73	356,15
2.D.D.B	13	216,95	185,12
	10	238,11	205,87
	5	315,92	281,49
	Zemin	304,79	271,10
3.D.D.B	13	170,12	149,83
	10	180,71	160,02
	5	225,33	202,87
	Zemin	203,85	181,45
4.D.D.B	13	125,27	122,65
	10	123,31	115,12
	5	134,74	125,58
	Zemin	102,91	92,97



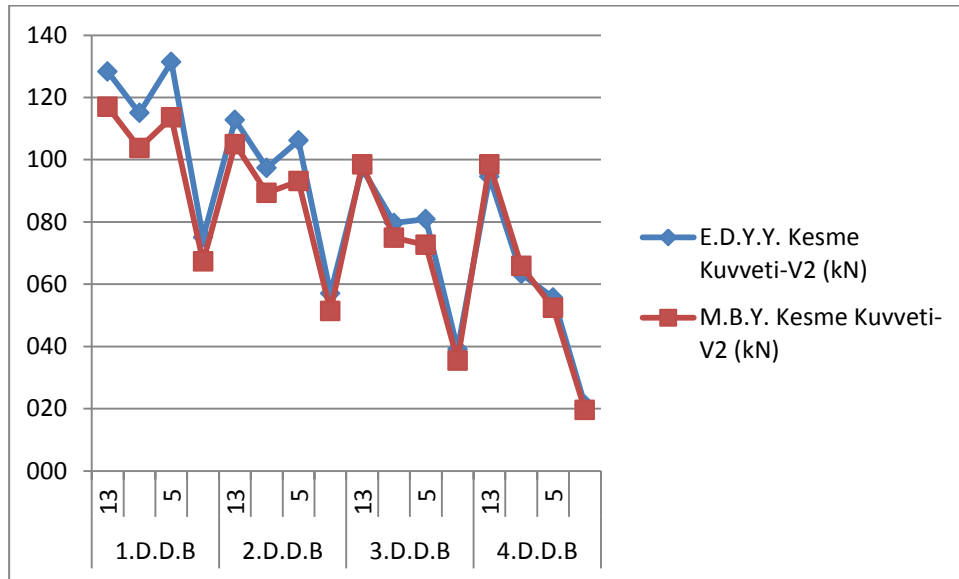
Şekil 6.26 : Z4 için S6 kolonunun M3 karşılaştırması.

Şekil 6.23, Şekil 6.24, Şekil 6.25, Şekil 6.26’da S6 kolonunun tüm zemin sınıflarında her deprem bölgesi için M3 karşılaştırması verilmiştir. Grafik incelendiğinde tüm zemin sınıflarında eşdeğer deprem yükü yöntemiyle bulunan moment değerlerinin mod birleştirmeye göre daha yüksek olduğu görülebilmektedir. Zemin sınıflarındaki değişim farklı deprem bölgeleri için hesaplanan iç kuvvetlerdeki farkı değiştirmede gözükmemektedir. Deprem bölgesi 4. Derece deprem bölgesine giderken yöntemler sonucu bulunan momentler arasındaki farkın azaldığı grafikten anlaşıyor. S1 kolonu ile karşılaştırıldığında yöntemler arasındaki fark daha az olduğu görülebilmektedir.

Çizelge 6.25, Çizelge 6.26, Çizelge 6.27, Çizelge 6.28 ’de S6 kolonuna ait farklı deprem bölgelerinde her iki yöntemde oluşan V2 kesme kuvveti değerleri tüm zemin sınıfları için verilmiştir.

Çizelge 6.25 : Z1 için S6 kolonu V2 değerleri.

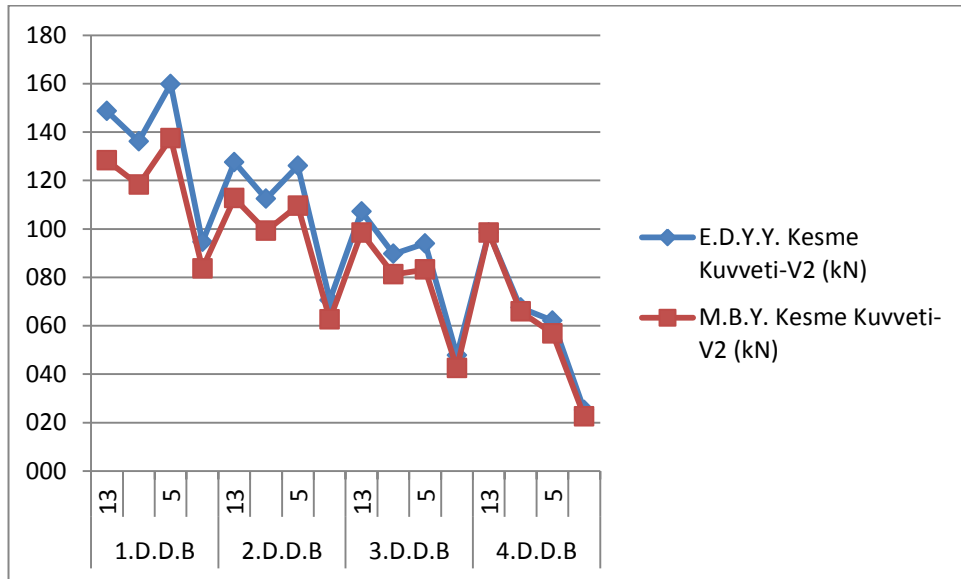
Deprem Bölgesi	Kat	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Kesme Kuvveti-V2 (kN)
1.D.D.B	13	128,30	117,00
	10	115,00	103,75
	5	131,38	113,55
	Zemin	74,98	67,28
2.D.D.B	13	112,76	104,98
	10	97,33	89,34
	5	106,15	93,09
	Zemin	57,05	51,36
3.D.D.B	13	97,22	98,48
	10	79,66	74,93
	5	80,92	72,64
	Zemin	39,12	35,44
4.D.D.B	13	94,52	98,48
	10	63,32	65,89
	5	55,68	52,35
	Zemin	21,19	19,62



Şekil 6.27 : Z1 için S6 kolonunun V2 karşılaştırması.

Çizelge 6.26 : Z2 için S6 kolonu V2 değerleri.

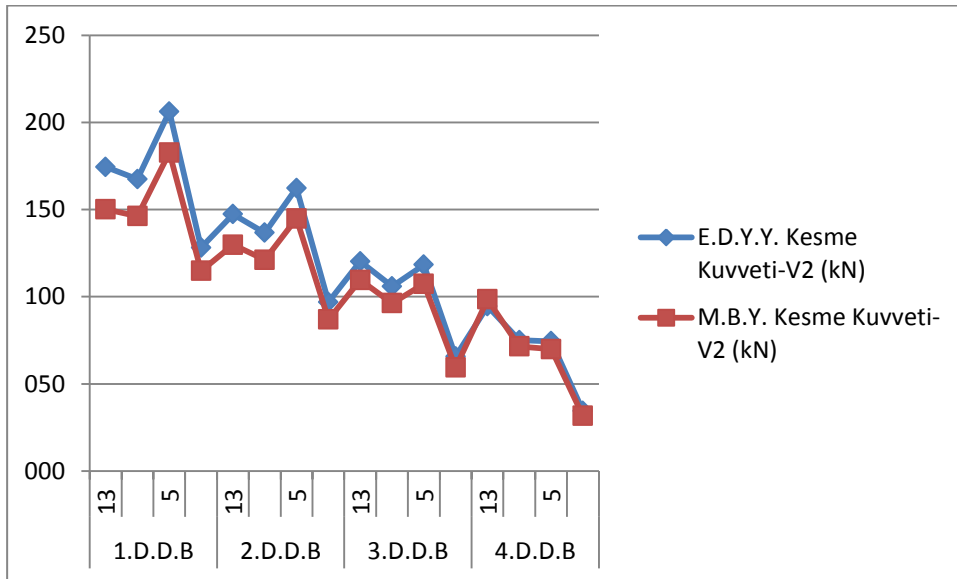
Deprem Bölgesi	Kat	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Kesme Kuvveti-V2 (kN)
1.D.D.B	13	148,60	128,29
	10	136,17	118,23
	5	159,80	137,47
	Zemin	94,57	83,65
2.D.D.B	13	127,53	112,64
	10	112,39	99,21
	5	126,02	109,58
	Zemin	70,58	62,54
3.D.D.B	13	107,21	98,48
	10	89,66	81,22
	5	93,95	83,19
	Zemin	47,84	42,55
4.D.D.B	13	98,48	98,48
	10	67,45	65,89
	5	62,07	56,79
	Zemin	25,13	22,56



Şekil 6.28 : Z2 için S6 kolonunun V2 karşılaştırması.

Çizelge 6.27 : Z3 için S6 kolonu V2 değerleri.

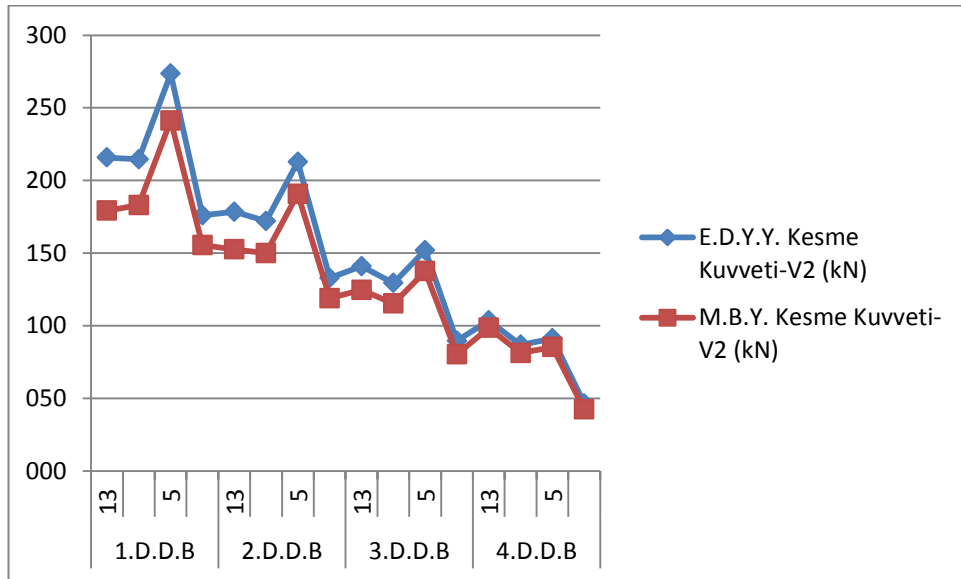
Deprem Bölgesi	Kat	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Kesme Kuvveti-V2 (kN)
1.D.D.B	13	174,35	150,12
	10	167,39	146,18
	5	206,18	182,62
	Zemin	128,14	114,76
2.D.D.B	13	147,30	129,80
	10	136,62	121,12
	5	162,25	144,83
	Zemin	96,92	86,92
3.D.D.B	13	120,25	109,60
	10	105,85	96,25
	5	118,32	107,33
	Zemin	65,70	59,30
4.D.D.B	13	94,52	98,48
	10	75,08	71,45
	5	74,38	69,85
	Zemin	34,48	31,62



Şekil 6.29 : Z3 için S6 kolonunun V2 karşılaştırması.

Çizelge 6.28 : Z4 için S6 kolonu V2 değerleri.

Deprem Bölgesi	Kat	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Kesme Kuvveti-V2 (kN)
1.D.D.B	13	215,81	179,20
	10	214,54	183,00
	5	273,51	241,24
	Zemin	175,99	155,51
2.D.D.B	13	178,39	152,54
	10	171,98	149,97
	5	212,75	190,72
	Zemin	132,80	118,91
3.D.D.B	13	140,98	124,59
	10	129,43	115,25
	5	151,98	137,57
	Zemin	89,62	80,36
4.D.D.B	13	103,57	98,48
	10	86,87	81,19
	5	91,22	85,30
	Zemin	46,44	42,37



Şekil 6.30 : Z4 için S6 kolonunun V2 karşılaştırması.

Şekil 6.27, Şekil 6.28, Şekil 6.29, Şekil 6.30’de S6 kolonunun her deprem bölgesi için V2 karşılaştırması tüm zemin sınıfları için verilmiştir.Şekiller incelendiğinde farklı zemin sınıfları için yöntemler arasında benzer farklılıklarla karşılaşıldığı görülmektedir. Eğilme momenti değerlerinde de olduğu gibi en büyük farkın birinci derece deprem bölgesinde olduğu ve dördüncü derece deprem bölgesine doğru bu farkın azaldığı görülmektedir.

Çizelge 6.29’da Z2 zemin sınıfı için S6 kolonuna ait farklı deprem bölgelerinde her iki yöntemde oluşan P normal kuvvet değerleri verilmiştir.

Çizelge 6.29 : Z2 için S6 kolonu P değerleri.

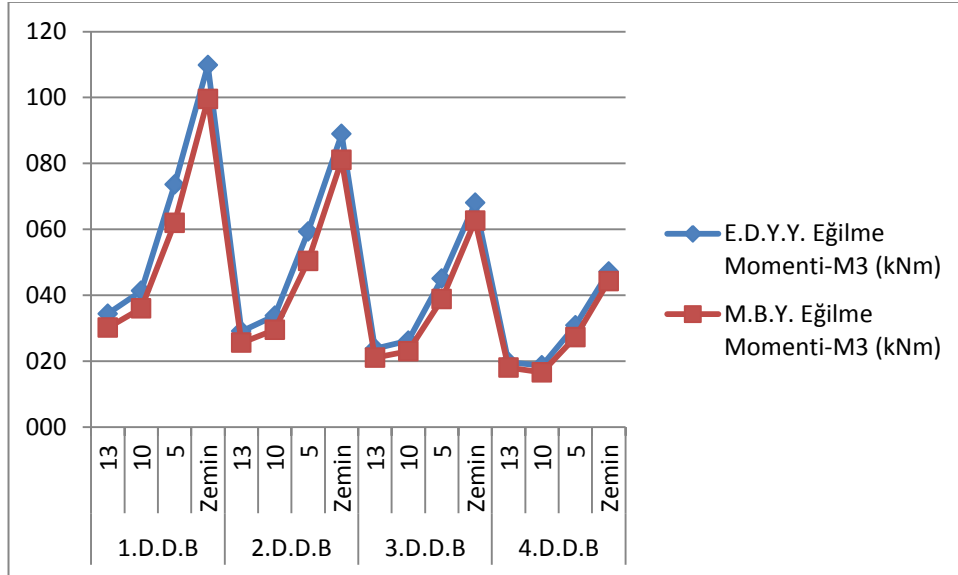
Deprem Bölgesi	Kat	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Normal Kuvvet-P (kN)	Normal Kuvvet-P (kN)
1.D.D.B	13	178,67	173,22
	10	743,31	707,94
	5	1833,41	1727,63
	Zemin	3005,60	2832,65
2.D.D.B	13	155,76	124,02
	10	703,58	677,66
	5	1705,99	1628,33
	Zemin	2784,75	2657,68
3.D.D.B	13	166,01	163,55
	10	665,36	648,98
	5	1584,29	1534,29
	Zemin	2574,42	2491,97
4.D.D.B	13	143,64	158,84
	10	628,61	620,29
	5	1465,12	1440,20
	Zemin	2366,90	2326,17

6.6.1.3 S5 kolonunun iç kuvvetlerinin kıyaslanması

Çizelge 6.30, Çizelge 6.31, Çizelge 6.32, Çizelge 6.33’de S5 kolonuna ait farklı deprem bölgelerinde her iki yöntemde oluşan M3 eğilme momenti değerleri tüm zemin sınıfları için verilmiştir.

Çizelge 6.30 : Z1 için S5 kolonu M3 değerleri.

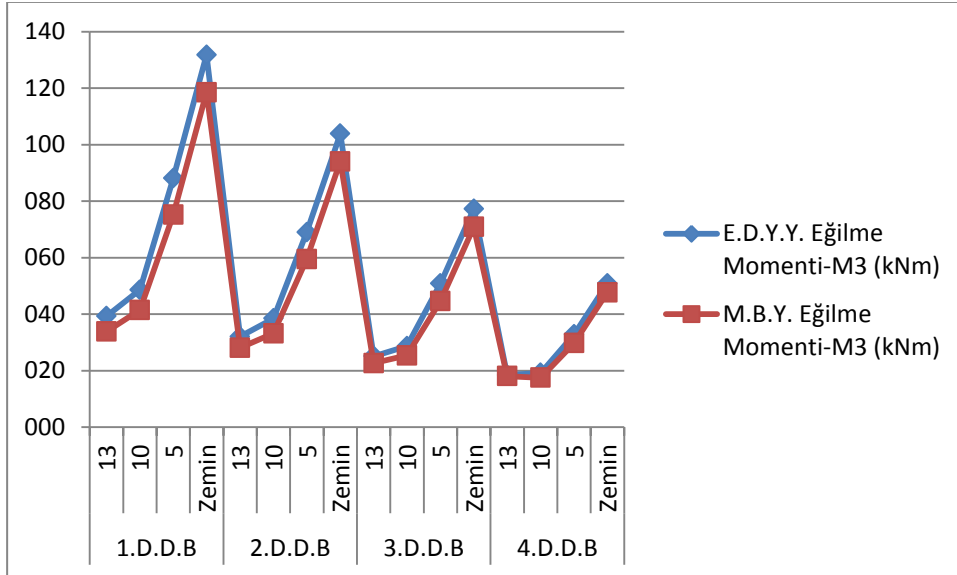
Deprem Bölgesi	Kat	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Eğilme Momenti-M3 (kNm)	Eğilme Momenti-M3 (kNm)
1.D.D.B	13	34,40	30,14
	10	41,33	36,01
	5	73,56	61,91
	Zemin	109,76	99,49
2.D.D.B	13	29,09	25,62
	10	33,78	29,53
	5	59,31	50,36
	Zemin	88,89	81,06
3.D.D.B	13	23,78	21,09
	10	26,23	23,05
	5	45,06	38,81
	Zemin	68,02	62,64
4.D.D.B	13	19,71	18,09
	10	18,68	16,60
	5	30,82	27,31
	Zemin	47,15	44,28



Şekil 6.31 : Z1 için S5 kolonunun M3 karşılaştırması.

Çizelge 6.31 : Z2 için S5 kolonu M3 değerleri.

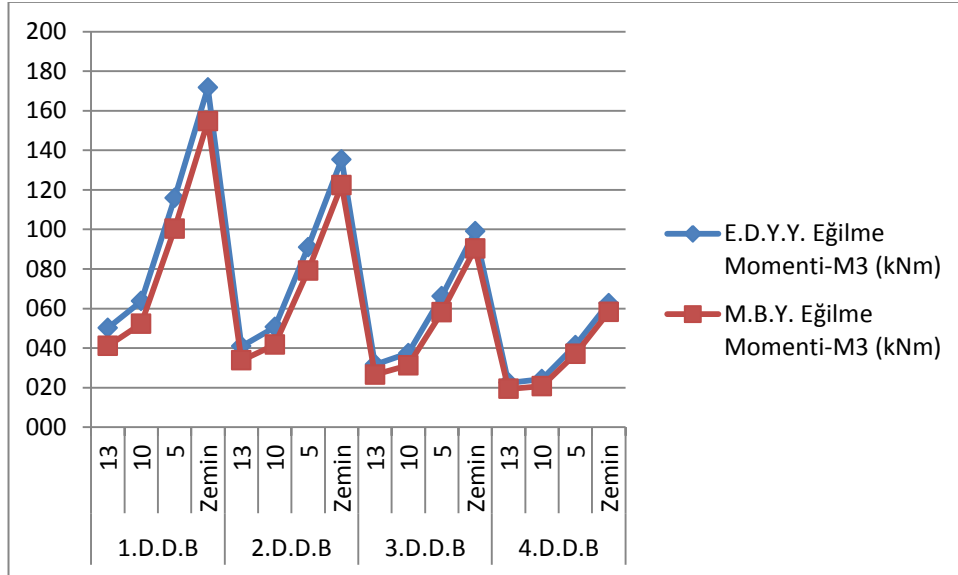
Deprem Bölgesi	Kat	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Eğilme Momenti-M3 (kNm)	Eğilme Momenti-M3 (kNm)
1.D.D.B	13	39,29	33,83
	10	48,64	41,49
	5	88,12	75,16
	Zemin	131,77	118,52
2.D.D.B	13	32,08	28,08
	10	38,44	33,21
	5	69,01	59,48
	Zemin	103,81	94,06
3.D.D.B	13	25,09	22,65
	10	28,65	25,37
	5	50,85	44,63
	Zemin	77,30	70,90
4.D.D.B	13	18,49	18,09
	10	19,20	17,52
	5	32,83	29,78
	Zemin	50,83	47,72



Şekil 6.32 : Z2 için S5 kolonunun M3 karşılaştırması.

Çizelge 6.32 : Z3 için S5 kolonu M3 değerleri.

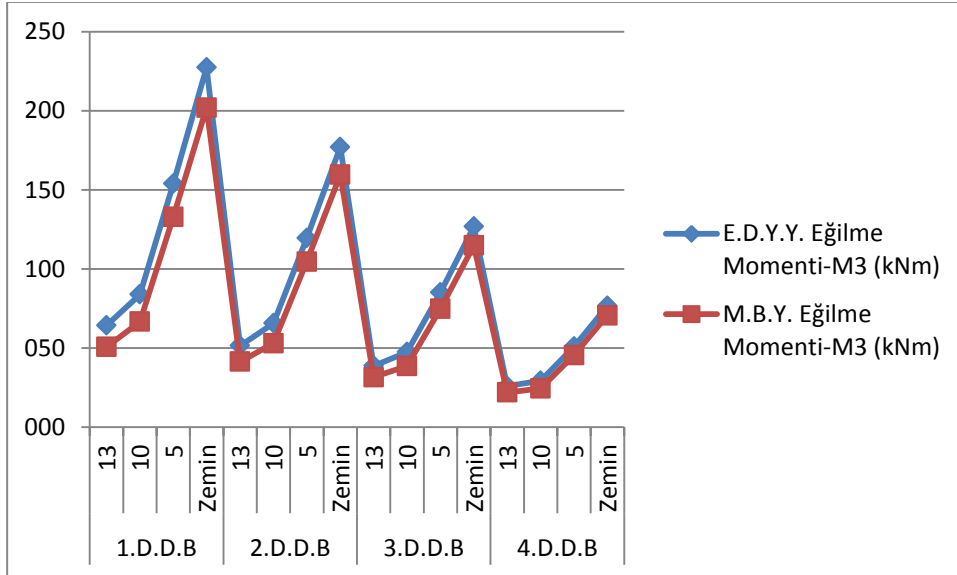
Deprem Bölgesi	Kat	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Eğilme Momenti-M3 (kNm)	Eğilme Momenti-M3 (kNm)
1.D.D.B	13	50,13	41,03
	10	63,70	52,27
	5	115,80	100,26
	Zemin	171,63	154,66
2.D.D.B	13	40,89	33,77
	10	50,56	41,70
	5	90,99	79,08
	Zemin	135,29	122,37
3.D.D.B	13	31,65	26,56
	10	37,42	31,22
	5	66,18	58,08
	Zemin	98,95	90,36
4.D.D.B	13	22,41	19,38
	10	24,28	20,73
	5	41,38	36,98
	Zemin	62,61	58,18



Şekil 6.33 : Z3 için S5 kolonunun M3 karşılaştırması.

Çizelge 6.33 : Z4 için S5 kolonu M3 değerleri.

Deprem Bölgesi	Kat	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Eğilme Momenti-M3 (kNm)	Eğilme Momenti-M3 (kNm)
1.D.D.B	13	64,30	50,71
	10	83,84	66,65
	5	153,82	132,83
	Zemin	227,33	201,87
2.D.D.B	13	51,51	41,37
	10	65,67	53,01
	5	119,50	104,63
	Zemin	177,07	159,48
3.D.D.B	13	38,73	31,57
	10	47,49	38,66
	5	85,19	74,90
	Zemin	126,80	114,78
4.D.D.B	13	25,95	21,95
	10	29,31	24,54
	5	50,88	45,55
	Zemin	76,54	70,62



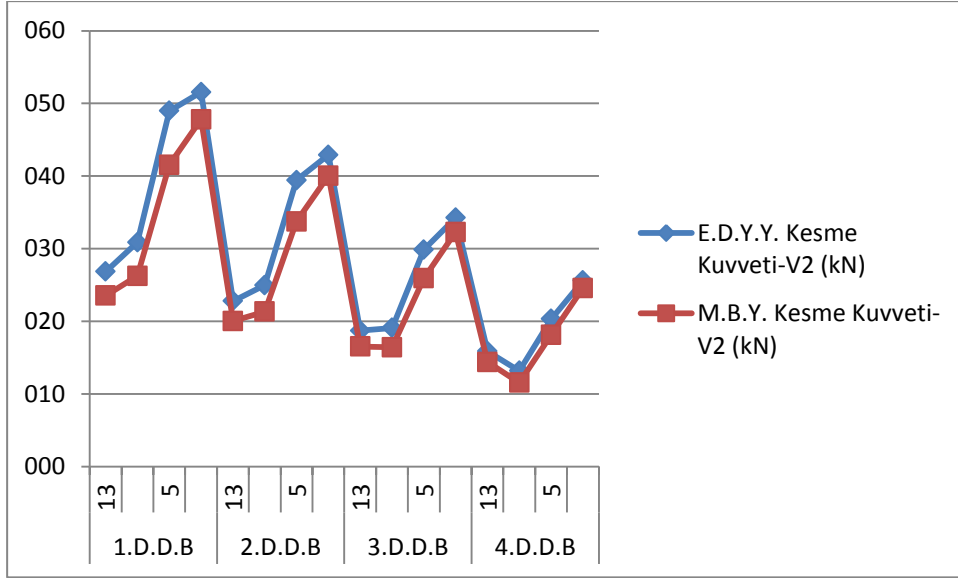
Şekil 6.34 : Z4 için S5 kolonunun M3 karşılaştırması.

Şekil 6.31, Şekil 6.32, Şekil 6.33, Şekil 6.34’de S5 kolonunun her deprem bölgesi için M3 karşılaştırması verilmiştir. Grafik incelendiğinde bulunan değerler arasındaki farkın diğer kolonlara göre azalmasına rağmen eşdeğer deprem yükü yöntemiyle bulunan moment değerlerinin mod birleştirmeye göre daha yüksek olduğu görülebilmektedir. Deprem bölgesi 4. Derece deprem bölgesine giderken yöntemler sonucu bulunan momentler arasındaki farkın azaldığı grafikten anlaşıyor.

Çizelge 6.34, Çizelge 6.35, Çizelge 6.36, Çizelge 6.37’de S5 kolonuna ait farklı deprem bölgelerinde her iki yöntemde oluşan V2 kesme kuvveti değerleri verilmiştir.

Çizelge 6.34 : Z1 için S5 kolonu V2 değerleri.

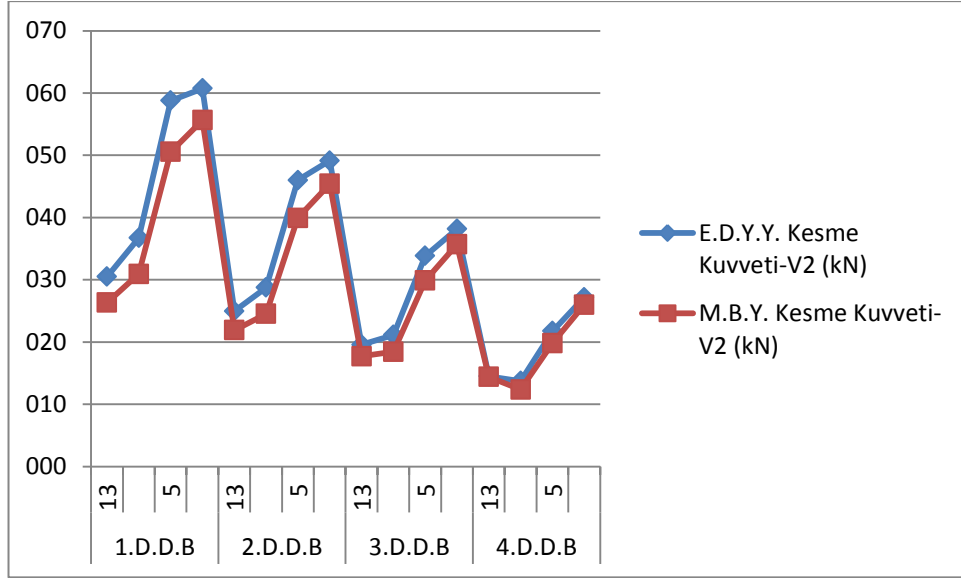
Deprem Bölgesi	Kat	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Kesme Kuvveti-V2 (kN)
1.D.D.B	13	26,85	23,54
	10	30,88	26,25
	5	48,97	41,55
	Zemin	51,56	47,80
2.D.D.B	13	22,78	20,04
	10	24,98	21,34
	5	39,42	33,74
	Zemin	42,91	40,05
3.D.D.B	13	18,71	16,54
	10	19,08	16,43
	5	29,87	25,92
	Zemin	34,26	32,30
4.D.D.B	13	15,87	14,40
	10	13,18	11,55
	5	20,32	18,14
	Zemin	25,61	24,58



Şekil 6.35 : Z1 için S5 kolonunun V2 karşılaştırması.

Şekil 6.36 : Z2 için S5 kolonu V2 değerleri.

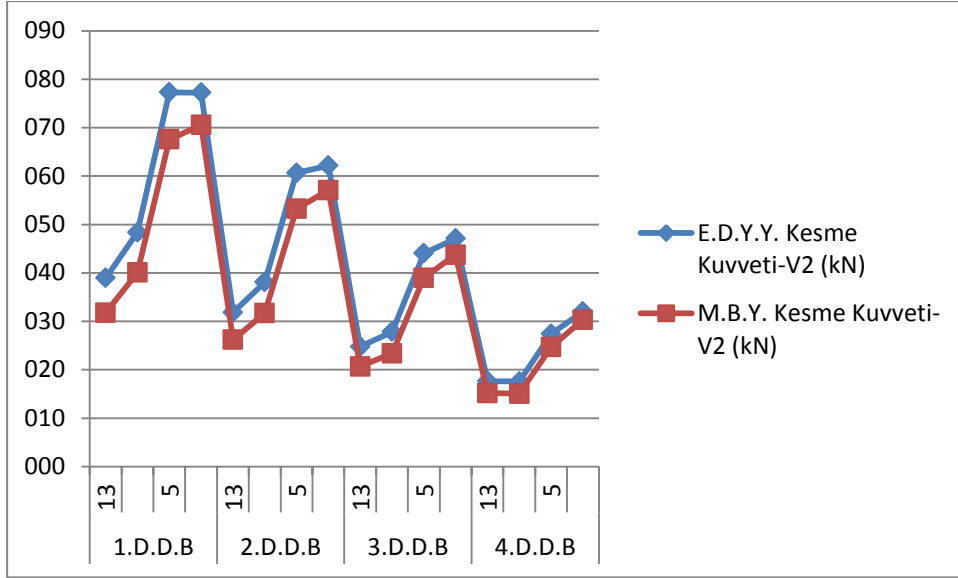
Deprem Bölgesi	Kat	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Kesme Kuvveti-V2 (kN)
1.D.D.B	13	30,51	26,34
	10	36,71	30,94
	5	58,78	50,55
	Zemin	60,72	55,64
2.D.D.B	13	24,96	21,91
	10	28,76	24,53
	5	45,99	39,93
	Zemin	49,13	45,40
3.D.D.B	13	19,56	17,72
	10	21,15	18,45
	5	33,84	29,88
	Zemin	38,15	35,69
4.D.D.B	13	14,51	14,40
	10	13,73	12,38
	5	21,76	19,82
	Zemin	27,18	25,99



Şekil 6.37 : Z2 için S5 kolonunun V2 karşılaştırması.

Şekil 6.38 : Z3 için S5 kolonu V2 değerleri.

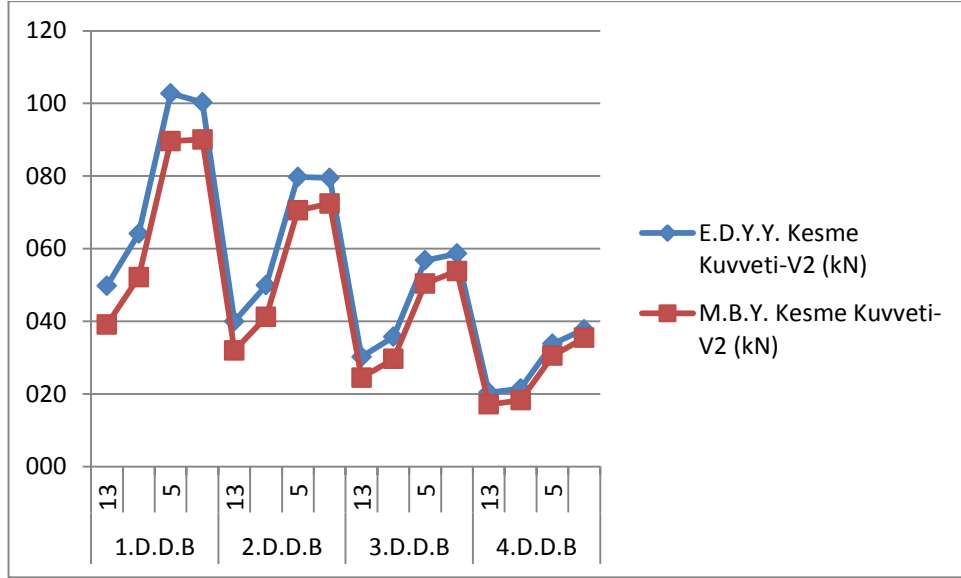
Deprem Bölgesi	Kat	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Kesme Kuvveti-V2 (kN)
1.D.D.B	13	38,93	31,76
	10	48,38	40,08
	5	77,28	67,56
	Zemin	77,21	70,54
2.D.D.B	13	31,84	26,20
	10	38,10	31,70
	5	60,65	53,22
	Zemin	62,15	57,08
3.D.D.B	13	24,75	20,67
	10	27,83	23,38
	5	44,03	38,99
	Zemin	47,09	43,73
4.D.D.B	13	17,66	15,18
	10	17,55	15,05
	5	27,40	24,70
	Zemin	32,02	30,31



Şekil 6.39 : Z3 için S5 kolonunun V2 karşılaştırması.

Şekil 6.40 : Z4 için S5 kolonu V2 değerleri.

Deprem Bölgesi	Kat	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Kesme Kuvveti-V2 (kN)
1.D.D.B	13	49,79	39,09
	10	64,13	52,14
	5	102,76	89,62
	Zemin	100,29	90,05
2.D.D.B	13	39,99	31,95
	10	49,92	41,17
	5	79,76	70,52
	Zemin	79,46	72,41
3.D.D.B	13	30,18	24,46
	10	35,70	29,62
	5	56,77	50,39
	Zemin	58,63	53,82
4.D.D.B	13	20,37	17,13
	10	21,49	18,24
	5	33,77	30,51
	Zemin	37,80	35,46



Şekil 6.41 : Z4 için S5 kolonunun V2 karşılaştırması.

Şekil 6.38, Şekil 6.39, Şekil 6.40, Şekil 6.41’de S5 kolonunun her deprem bölgesi için V2 karşılaştırması verilmiştir.

Kolonlarda oluşan en büyük N eksenel kuvvetleri, M3 eğilme momentlerine bağlı olarak seçilmiştir. Çizelge 6.35’de S5 kolonuna ait farklı deprem bölgelerinde her iki yöntemde oluşan P normal kuvvet değerleri verilmiştir.

Çizelge 6.35 : S5 kolonu P değerleri.

Deprem Bölgesi	Kat	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Normal Kuvvet-P (kN)	Normal Kuvvet-P (kN)
1.D.D.B	13	122,26	170,00
	10	519,95	544,89
	5	1175,82	1220,43
	Zemin	1994,42	2005,55
2.D.D.B	13	150,47	154,45
	10	552,51	570,85
	5	1253,81	1286,68
	Zemin	2102,50	2110,78
3.D.D.B	13	157,18	159,73
	10	583,61	595,39
	5	1328,18	1349,28
	Zemin	2205,45	2210,17
4.D.D.B	13	163,74	165,01
	10	614,06	619,93
	5	1401,33	1411,83
	Zemin	2306,98	2309,43

Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan kolon normal kuvvetleri iki yöntemde de farklı deprem bölgeleri için birbirine oldukça yakındır.

6.6.2 Perde iç kuvvetlerin kıyaslanması

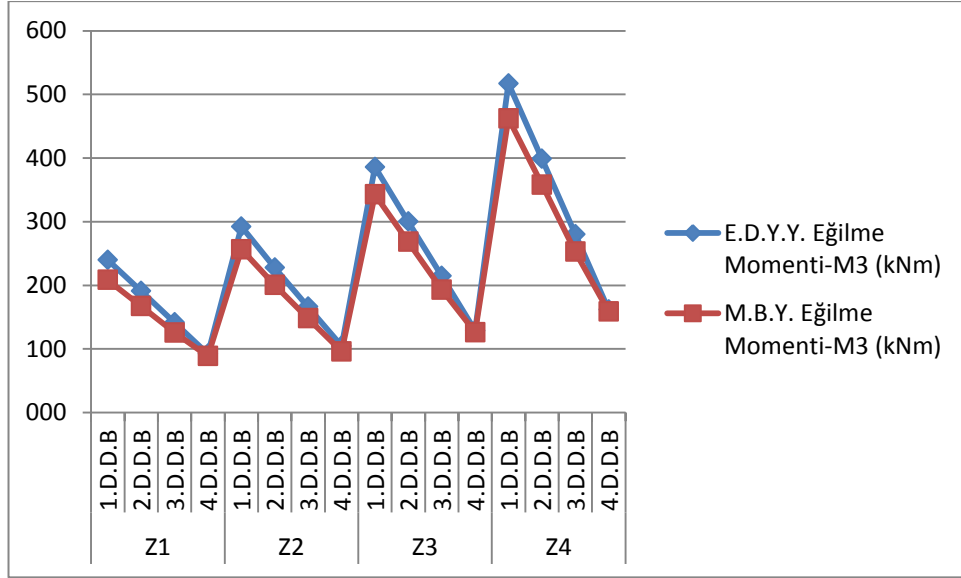
Perde elemanlardan çıktı sonuçları almak ve perdeleri boyutlandırmak için elemanlara “pier” ataması yapılmalıdır. Perde iç kuvvetleri ETABS programında perde kabuk elemanlarına “pier” ataması yapılarak okunmuştur.

6.6.2.1 P1 perdesi iç kuvvetleri kıyaslaması

Çizelge 6.36, Çizelge 6.37, Çizelge 6.38, Çizelge 6.39’da P1 perdesine ait her bir deprem bölgesi ve zemin sınıfı için iki yöntemde oluşan M3 momentleri katlara göre verilmiştir.

Çizelge 6.36 : P1 perdesi 13. kat M3 değerleri.

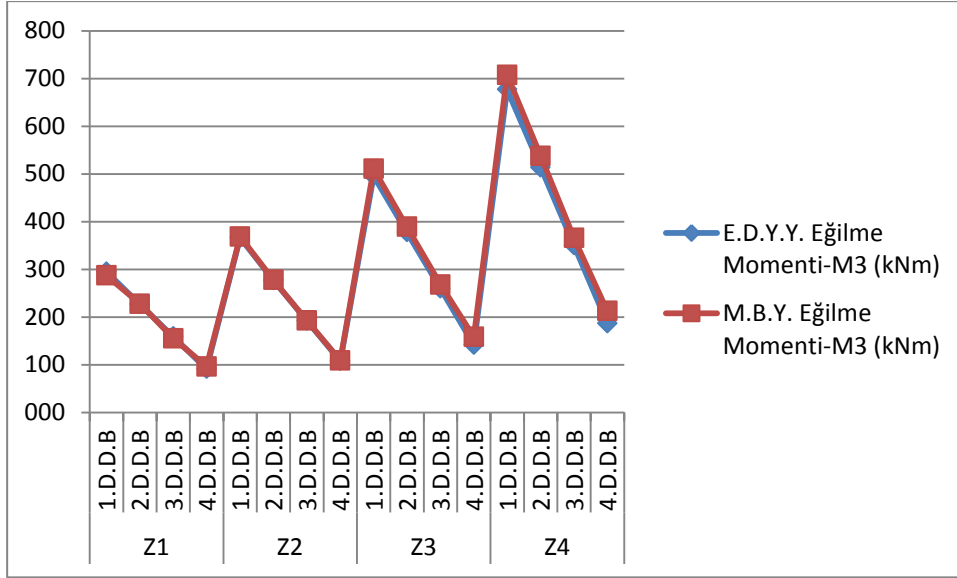
Zemin Sınıfı	Deprem Bölgesi	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Eğilme Momenti-M3 (kNm)	Eğilme Momenti-M3 (kNm)
Z1	1.D.D.B	239,95	208,37
	2.D.D.B	190,75	167,10
	3.D.D.B	141,54	125,83
	4.D.D.B	92,34	88,82
Z2	1.D.D.B	292,36	256,64
	2.D.D.B	227,54	200,43
	3.D.D.B	166,16	148,03
	4.D.D.B	104,71	96,10
Z3	1.D.D.B	385,82	342,80
	2.D.D.B	300,15	268,24
	3.D.D.B	214,48	193,06
	4.D.D.B	128,80	126,15
Z4	1.D.D.B	517,12	462,30
	2.D.D.B	398,63	358,08
	3.D.D.B	280,13	252,85
	4.D.D.B	161,63	158,97



Şekil 6.42 : P1 perdesi 13. kat M3 değerleri karşılaştırması.

Çizelge 6.37 : P1 perdesi 10. kat M3 değerleri.

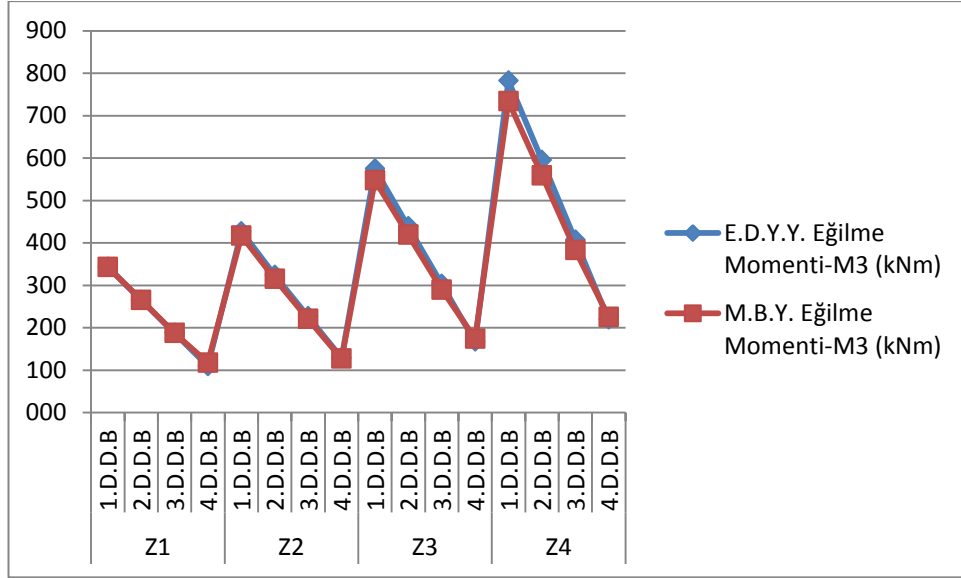
Zemin Sınıfı	Deprem Bölgesi	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Eğilme Momenti-M3 (kNm)	Eğilme Momenti-M3 (kNm)
Z1	1.D.D.B	295,00	287,51
	2.D.D.B	227,15	228,14
	3.D.D.B	159,31	155,66
	4.D.D.B	91,47	96,59
Z2	1.D.D.B	366,57	368,80
	2.D.D.B	277,33	277,90
	3.D.D.B	192,79	193,18
	4.D.D.B	108,25	109,23
Z3	1.D.D.B	496,10	510,65
	2.D.D.B	377,98	389,46
	3.D.D.B	259,87	268,19
	4.D.D.B	141,75	158,63
Z4	1.D.D.B	677,13	707,61
	2.D.D.B	513,76	537,46
	3.D.D.B	350,38	365,76
	4.D.D.B	187,01	212,75



Şekil 6.43 : P1 perdesi 10. kat M3 değerleri karşılaştırması.

Çizelge 6.38 : P1 perdesi 5. kat M3 değerleri.

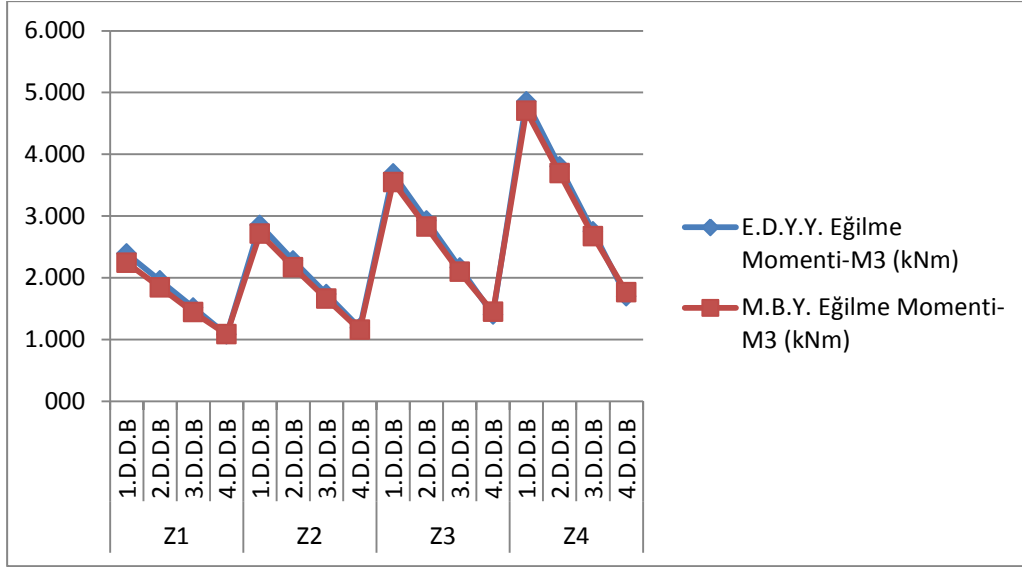
Zemin Sınıfı	Deprem Bölgesi	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Eğilme Momenti-M3 (kNm)	Eğilme Momenti-M3 (kNm)
Z1	1.D.D.B	343,33	343,37
	2.D.D.B	265,35	265,41
	3.D.D.B	187,37	187,45
	4.D.D.B	109,39	117,60
Z2	1.D.D.B	427,18	416,81
	2.D.D.B	324,16	315,30
	3.D.D.B	226,56	220,68
	4.D.D.B	128,98	126,92
Z3	1.D.D.B	574,49	547,54
	2.D.D.B	438,72	419,09
	3.D.D.B	302,95	289,55
	4.D.D.B	167,18	174,38
Z4	1.D.D.B	782,58	733,88
	2.D.D.B	594,79	559,14
	3.D.D.B	407,00	382,77
	4.D.D.B	219,20	225,52



Şekil 6.44 : P1 perdesi 5. kat M3 değerleri karşılaştırması.

Çizelge 6.39 : P1 perdesi Zemin kat M3 değerleri.

Zemin Sınıfı	Deprem Bölgesi	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Eğilme Momenti-M3 (kNm)	Eğilme Momenti-M3 (kNm)
Z1	1.D.D.B	2392,34	2243,63
	2.D.D.B	1955,17	1843,87
	3.D.D.B	1518,00	1444,10
	4.D.D.B	1080,83	1085,63
Z2	1.D.D.B	2856,51	2716,33
	2.D.D.B	2280,58	2170,45
	3.D.D.B	1734,95	1661,62
	4.D.D.B	1189,38	1157,39
Z3	1.D.D.B	3688,28	3549,75
	2.D.D.B	2927,13	2826,53
	3.D.D.B	2165,97	2097,22
	4.D.D.B	1404,82	1448,63
Z4	1.D.D.B	4854,86	4703,27
	2.D.D.B	3802,06	3693,54
	3.D.D.B	2749,26	2674,33
	4.D.D.B	1696,46	1765,51



Şekil 6.45 : P1 perdesi Zemin kat M3 değerleri karşılaştırması.

Şekil 6.42, Şekil 6.43, Şekil 6.44, Şekil 6.45’de P1 perdesinin her bir deprem bölgesi ve zemin sınıfları için hesaplanan M3 değerlerinin karşılaştırması verilmiştir. Grafikten perde kuvvetlerinin hesabında hesap yönteminin en büyük farkı 1. Derece deprem bölgesinde ve 13. Katta olduğu görülmektedir. Zemin sınıfının değişimi kolon iç kuvvetlerinde olduğu gibi önemli bir etkisi olmamıştır

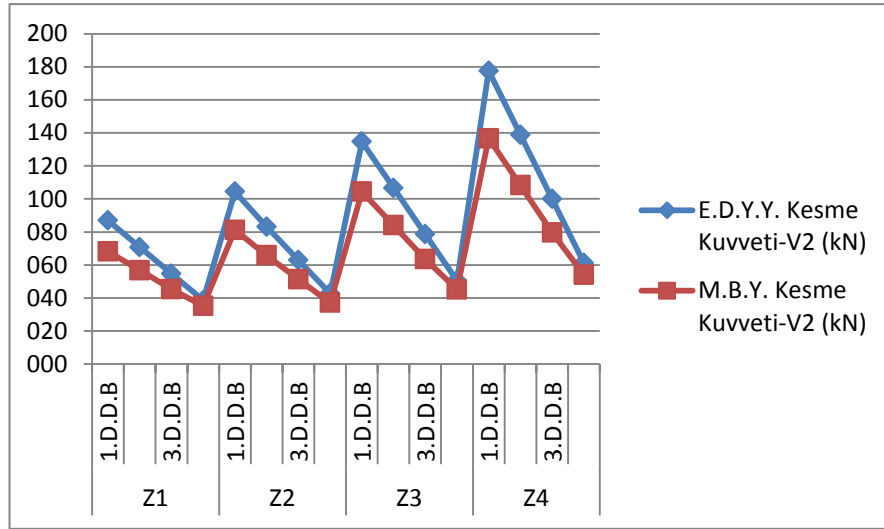
Çizelge 6.40, Çizelge 6.41, Çizelge 6.42, Çizelge 6.43’de P1 perdesine ait her bir deprem bölgesi ve zemin sınıfı için iki yöntemde oluşan V2 kuvvetleri katlara göre verilmiştir.

Çizelge 6.40 : P1 perdesi 13. kat V2 değerleri.

Zemin Sınıfı	Deprem Bölgesi	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Kesme Kuvveti-V2 (kN)
Z1	1.D.D.B	86,90	68,13
	2.D.D.B	70,80	56,76
	3.D.D.B	54,70	45,38
	4.D.D.B	38,61	35,17
Z2	1.D.D.B	104,40	81,25
	2.D.D.B	83,12	65,81
	3.D.D.B	62,97	51,40
	4.D.D.B	42,78	37,13

Çizelge 6.40 (devam) : P1 perdesi 13. kat V2 değerleri.

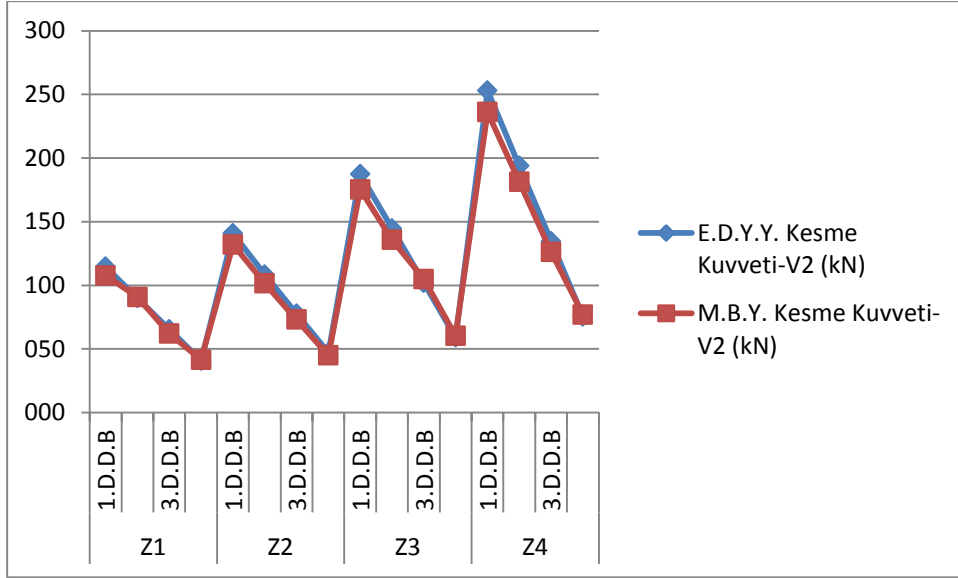
Z3	1.D.D.B	134,62	104,38
	2.D.D.B	106,59	84,02
	3.D.D.B	78,57	63,50
	4.D.D.B	50,54	45,22
Z4	1.D.D.B	177,58	136,62
	2.D.D.B	138,81	108,27
	3.D.D.B	100,04	79,64
	4.D.D.B	61,28	54,07



Şekil 6.46 : P1 perdesi 13. kat V2 değerleri karşılaştırması.

Çizelge 6.41 : P1 perdesi 10. kat V2 değerleri.

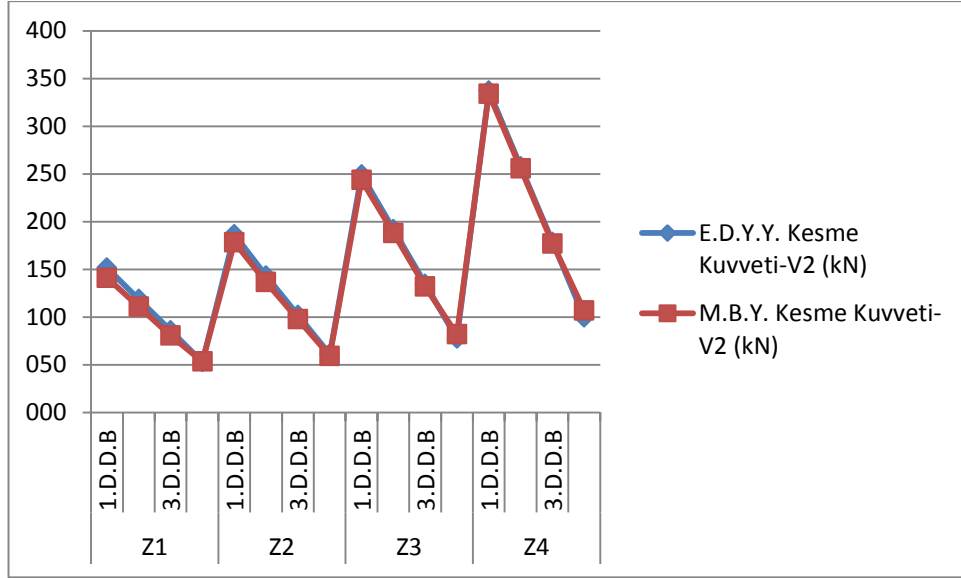
Zemin Sınıfı	Deprem Bölgesi	E.D.Y.Y. Kesme Kuvveti-V2 (kN)	M.B.Y. Kesme Kuvveti-V2 (kN)
Z1	1.D.D.B	114,53	107,66
	2.D.D.B	89,94	90,76
	3.D.D.B	65,35	61,97
	4.D.D.B	40,76	41,50
Z2	1.D.D.B	140,76	131,99
	2.D.D.B	108,35	101,51
	3.D.D.B	77,64	73,09
	4.D.D.B	46,95	44,93
Z3	1.D.D.B	187,42	175,26
	2.D.D.B	144,61	135,69
	3.D.D.B	101,80	104,81
	4.D.D.B	58,98	60,31
Z4	1.D.D.B	253,03	236,02
	2.D.D.B	193,82	181,34
	3.D.D.B	134,60	126,16
	4.D.D.B	75,39	77,00



Şekil 6.47 : P1 perdesi 10. kat V2 değerleri karşılaştırması.

Çizelge 6.42 : P1 perdesi 5. kat V2 değerleri.

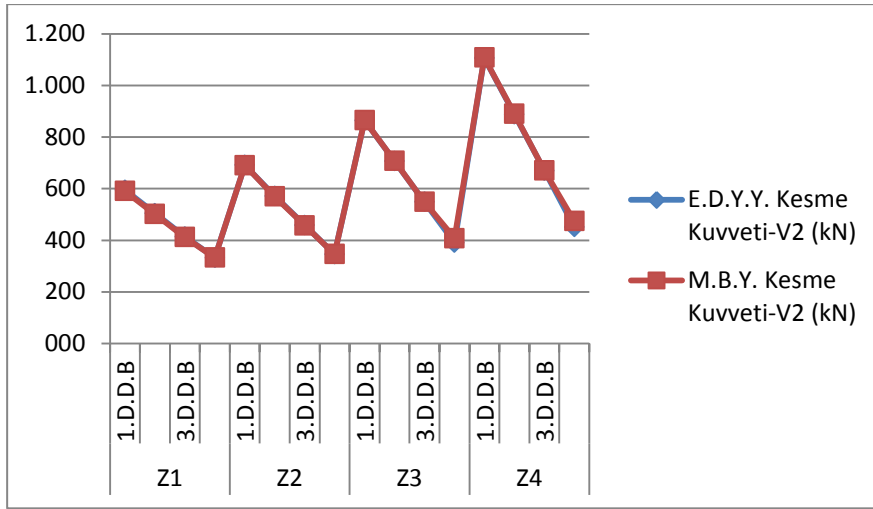
Zemin Sınıfı	Deprem Bölgesi	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Kesme Kuvveti-V2 (kN)
Z1	1.D.D.B	151,78	141,20
	2.D.D.B	118,85	110,94
	3.D.D.B	85,92	80,67
	4.D.D.B	53,00	53,51
Z2	1.D.D.B	186,62	178,42
	2.D.D.B	143,27	136,71
	3.D.D.B	102,20	97,84
	4.D.D.B	61,13	59,31
Z3	1.D.D.B	249,39	243,71
	2.D.D.B	192,06	188,05
	3.D.D.B	134,73	131,94
	4.D.D.B	77,40	81,96
Z4	1.D.D.B	337,26	333,95
	2.D.D.B	257,96	255,91
	3.D.D.B	178,66	177,10
	4.D.D.B	99,37	106,75



Şekil 6.48 : P1 perdesi 5. kat V2 değerleri karşılaştırması.

Çizelge 6.43 : P1 perdesi Zemin kat V2 değerleri.

Zemin Sınıfı	Deprem Bölgesi	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Kesme Kuvveti-V2 (kN)
Z1	1.D.D.B	595,34	591,08
	2.D.D.B	504,67	501,55
	3.D.D.B	413,99	412,02
	4.D.D.B	332,21	332,67
Z2	1.D.D.B	691,14	690,56
	2.D.D.B	571,82	569,99
	3.D.D.B	458,78	457,58
	4.D.D.B	345,75	346,18
Z3	1.D.D.B	864,14	864,78
	2.D.D.B	706,26	707,49
	3.D.D.B	548,39	548,89
	4.D.D.B	390,52	407,65
Z4	1.D.D.B	1106,10	1107,66
	2.D.D.B	887,74	890,13
	3.D.D.B	669,37	670,45
	4.D.D.B	451,01	474,33



Şekil 6.49 : P1 perdesi Zemin kat V2 değerleri karşılaştırması.

Şekil 6.46, Şekil 6.47, Şekil 6.48, Şekil 6.49’de P1 perdesinin her bir deprem bölgesi ve zemin sınıfı için hesaplanan V2 değerleri verilmiştir. Grafikten perde kuvvetlerinin hesabında hesap yönteminin en büyük farkı 13. Katta ve 1. Derece deprem bölgesinde verdiği görülebilir. Zemin sınıfının değişimi M3 değerinde olduğu gibi değişime etkisi deprem bölgesi oranında olmamıştır.

Çizelge 6.44’de P1 perdesine ait Z2 zemin sınıfı için her bir deprem bölgesinde iki yöntemde oluşan P kuvvetleri verilmiştir.

Çizelge 6.44 : Z2 için P1 perdesi P değerleri.

Deprem Bölgesi	Kat	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Normal Kuvvet-P (kN)	Normal Kuvvet-P (kN)
1.D.D.B	13	256,59	224,69
	10	1265,16	1202,23
	5	3052,85	2763,67
	Zemin	4567,96	4192,42
2.D.D.B	13	236,48	224,69
	10	1180,06	1142,66
	5	2837,19	2763,67
	Zemin	4246,37	4192,42
3.D.D.B	13	217,44	208,77
	10	1099,35	1134,06
	5	2632,75	2524,40
	Zemin	3941,58	3846,35
4.D.D.B	13	198,37	194,57
	10	1018,88	1006,92
	5	2428,65	2346,28
	Zemin	3637,11	3562,26

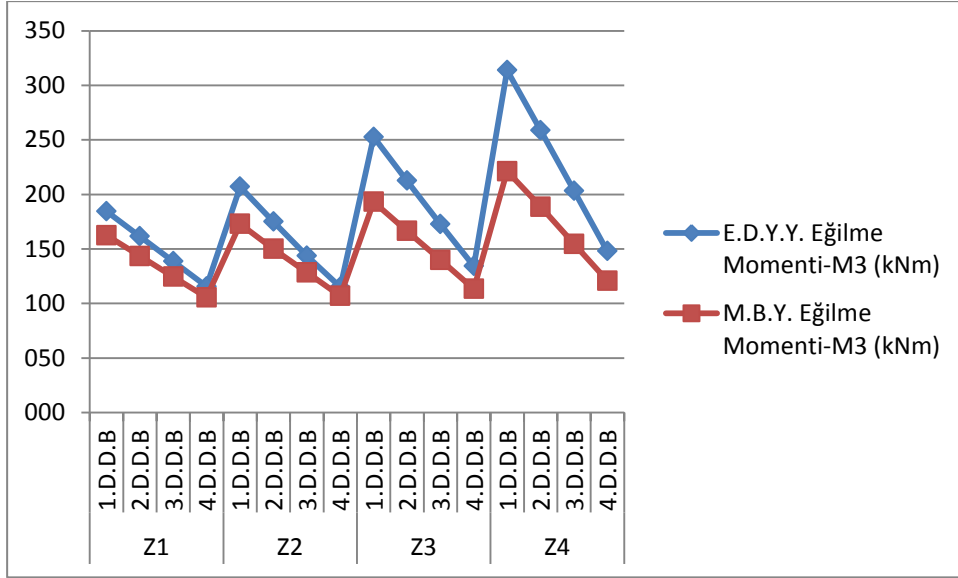
Çizelge 6.44 incelendiğinde her bir deprem bölgesinde ve her iki yöntem için hesaplanan P1 perdesi normal kuvvet değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir.

6.6.2.2 P2 perdesi iç kuvvetleri kıyaslaması

Çizelge 6.45, Çizelge 6.46, Çizelge 6.47, Çizelge 6.48’de P2 perdesine ait tüm zemin sınıfları ve her bir deprem bölgesi için iki yöntemde oluşan M3 momentleri katlara göre verilmiştir.

Çizelge 6.45 : P2 perdesi 13. kat M3 değerleri.

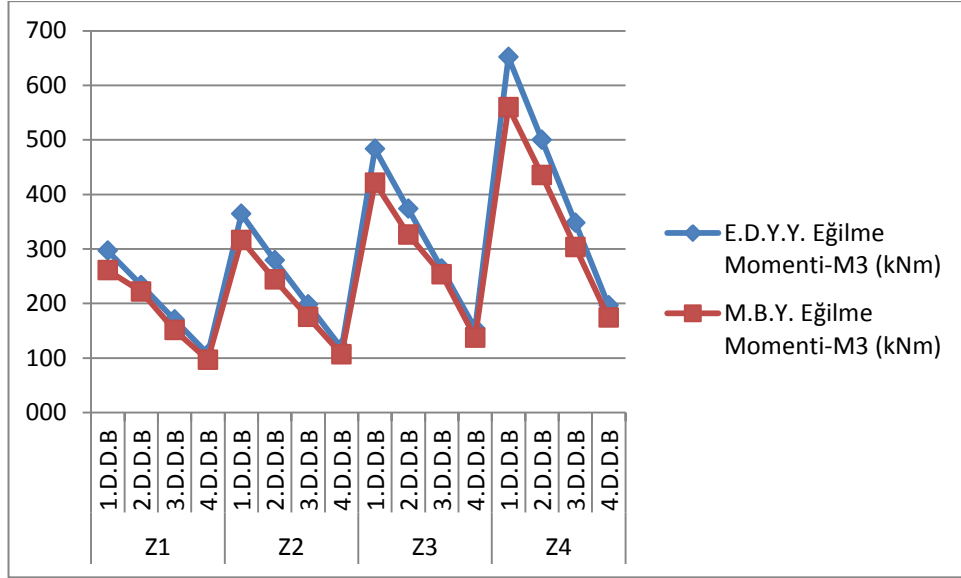
Zemin Sınıfı	Deprem Bölgesi	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Eğilme Momenti-M3 (kNm)	Eğilme Momenti-M3 (kNm)
Z1	1.D.D.B	184,55	162,54
	2.D.D.B	161,59	143,53
	3.D.D.B	138,62	124,52
	4.D.D.B	115,66	105,63
Z2	1.D.D.B	207,01	172,94
	2.D.D.B	175,02	150,15
	3.D.D.B	143,72	128,56
	4.D.D.B	114,97	106,98
Z3	1.D.D.B	252,62	193,16
	2.D.D.B	212,64	166,45
	3.D.D.B	172,66	139,94
	4.D.D.B	134,21	113,42
Z4	1.D.D.B	313,89	221,21
	2.D.D.B	258,59	188,74
	3.D.D.B	203,30	154,56
	4.D.D.B	148,00	120,93



Şekil 6.50 : P2 perdesi 13. kat M3 değerleri karşılaştırması.

Çizelge 6.46 : P2 perdesi 10. kat M3 değerleri.

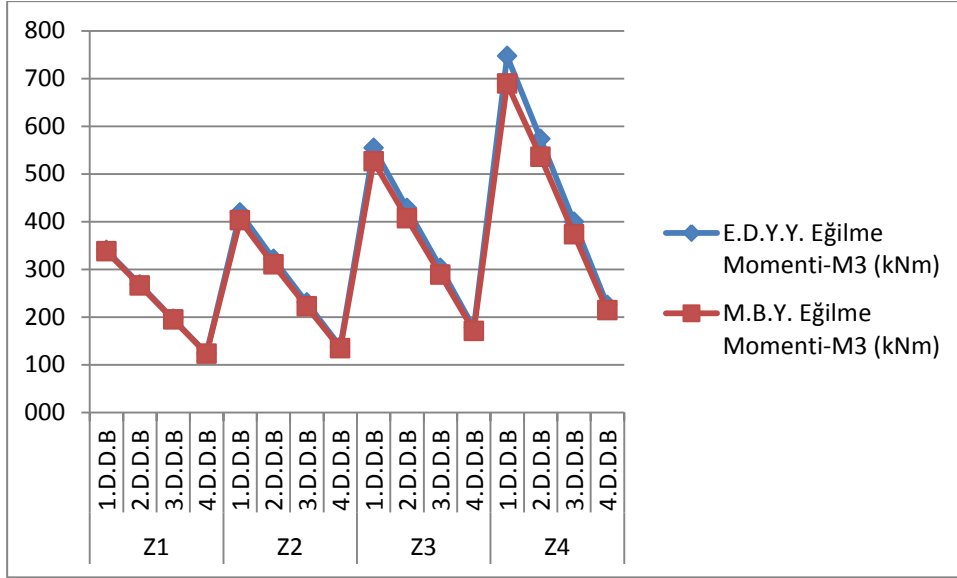
Zemin Sınıfı	Deprem Bölgesi	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Eğilme Momenti-M3 (kNm)	Eğilme Momenti-M3 (kNm)
Z1	1.D.D.B	296,52	260,71
	2.D.D.B	233,49	221,86
	3.D.D.B	170,45	151,15
	4.D.D.B	107,41	96,76
Z2	1.D.D.B	364,02	316,30
	2.D.D.B	278,97	243,85
	3.D.D.B	198,29	175,28
	4.D.D.B	117,86	106,68
Z3	1.D.D.B	483,39	421,39
	2.D.D.B	373,63	326,27
	3.D.D.B	263,88	253,43
	4.D.D.B	154,13	137,41
Z4	1.D.D.B	651,60	560,00
	2.D.D.B	499,79	435,07
	3.D.D.B	347,99	303,52
	4.D.D.B	196,18	173,98



Şekil 6.51 : P2 perdesi 10. kat M3 değerleri karşılaştırması.

Çizelge 6.47 : P2 perdesi 5. kat M3 değerleri.

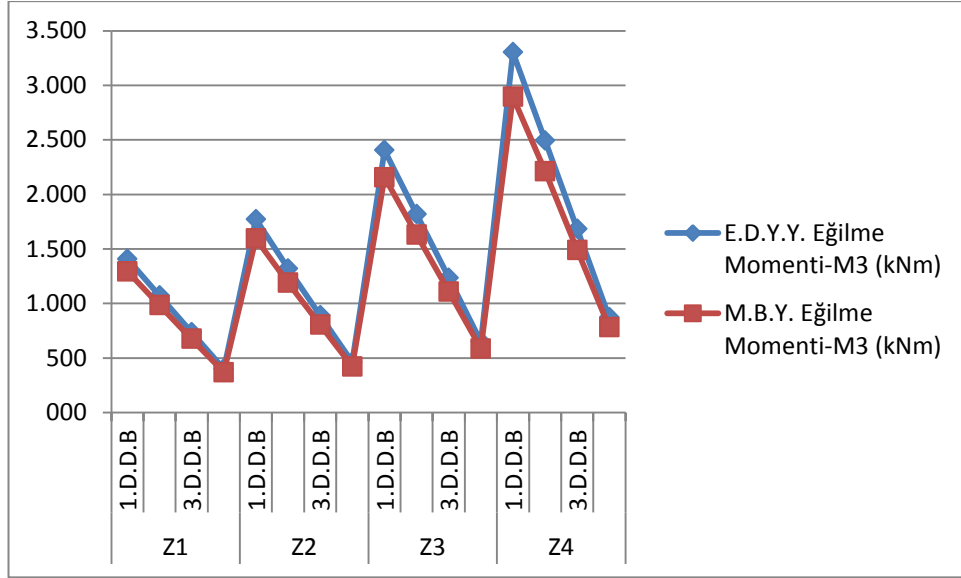
Zemin Sınıfı	Deprem Bölgesi	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Eğilme Momenti-M3 (kNm)	Eğilme Momenti-M3 (kNm)
Z1	1.D.D.B	340,34	338,13
	2.D.D.B	268,16	266,39
	3.D.D.B	195,98	194,64
	4.D.D.B	124,18	123,46
Z2	1.D.D.B	418,95	403,07
	2.D.D.B	321,99	310,26
	3.D.D.B	230,36	222,42
	4.D.D.B	138,16	134,55
Z3	1.D.D.B	554,32	526,09
	2.D.D.B	428,64	407,14
	3.D.D.B	302,97	289,12
	4.D.D.B	177,29	171,03
Z4	1.D.D.B	746,93	689,20
	2.D.D.B	573,10	535,41
	3.D.D.B	399,27	373,51
	4.D.D.B	225,45	214,15



Şekil 6.52 : P2 perdesi 5. kat M3 değerleri karşılaştırması.

Çizelge 6.48 : P2 perdesi Zemin kat M3 değerleri.

Zemin Sınıfı	Deprem Bölgesi	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Eğilme Momenti-M3 (kNm)	Eğilme Momenti-M3 (kNm)
Z1	1.D.D.B	1408,58	1293,99
	2.D.D.B	1072,39	984,70
	3.D.D.B	736,20	675,41
	4.D.D.B	400,01	368,90
Z2	1.D.D.B	1772,53	1595,18
	2.D.D.B	1319,97	1189,50
	3.D.D.B	890,99	805,56
	4.D.D.B	462,64	421,59
Z3	1.D.D.B	2405,19	2156,63
	2.D.D.B	1819,85	1630,76
	3.D.D.B	1234,50	1108,92
	4.D.D.B	649,16	587,24
Z4	1.D.D.B	3302,31	2895,28
	2.D.D.B	2492,69	2211,02
	3.D.D.B	1683,07	1490,84
	4.D.D.B	873,44	782,30



Şekil 6.53 : P2 perdesi Zemin kat M3 değerleri karşılaştırması.

Şekil 6.50, Şekil 6.51, Şekil 6.52, Şekil 6.53’de P2 perdesinin tüm zemin sınıfları ve her bir deprem bölgesi için hesaplanan M3 değerleri karşılaştırması katlara göre verilmiştir. Grafikten perde kuvvetlerinin hesabında hesap yönteminin en büyük farkı 1. Derece deprem bölgesinde ve 13. Katta verdiği görülebilir. Şekiller incelendiğinde elde edilen değerlerin P1 perdesinde elde edilen değerlerden farklı olarak zemin sınıfları için değiştiği ve Z4 zemin sınıfında en büyük farkın hesaplandığı görülmüştür.

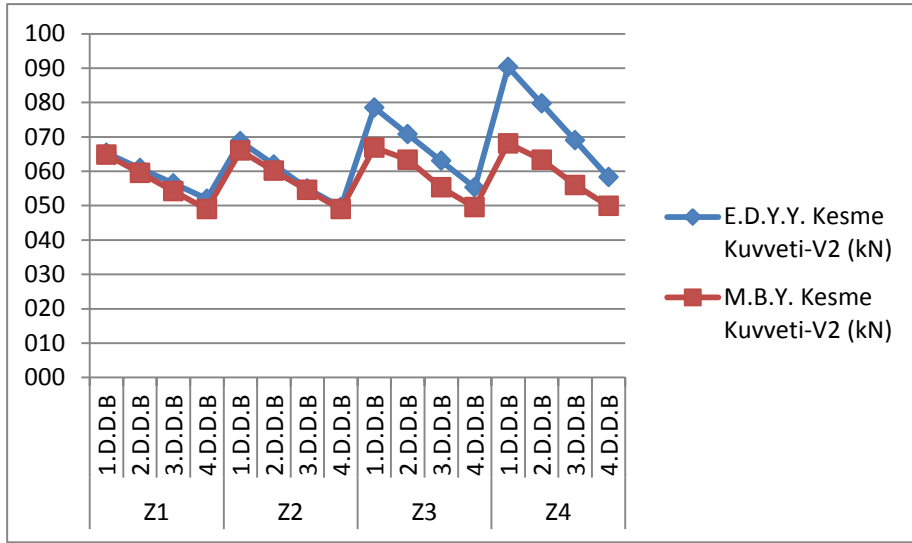
Çizelge 6.46, Çizelge 6.47, Çizelge 6.48, Çizelge 6.49’de P2 perdesine ait her bir deprem bölgesi ve zemin sınıfı için iki yöntemde oluşan V2 kuvvetleri katlara göre verilmiştir.

Çizelge 6.49 : P2 perdesi 13. kat V2 değerleri.

Zemin Sınıfı	Deprem Bölgesi	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Kesme Kuvveti-V2 (kN)
Z1	1.D.D.B	65,33	64,79
	2.D.D.B	60,88	59,51
	3.D.D.B	56,44	54,23
	4.D.D.B	51,99	48,96
Z2	1.D.D.B	68,67	66,01
	2.D.D.B	61,95	60,12
	3.D.D.B	54,97	54,53
	4.D.D.B	49,54	48,95

Çizelge 6.49 (devam) : P2 perdesi 13. kat V2 değerleri.

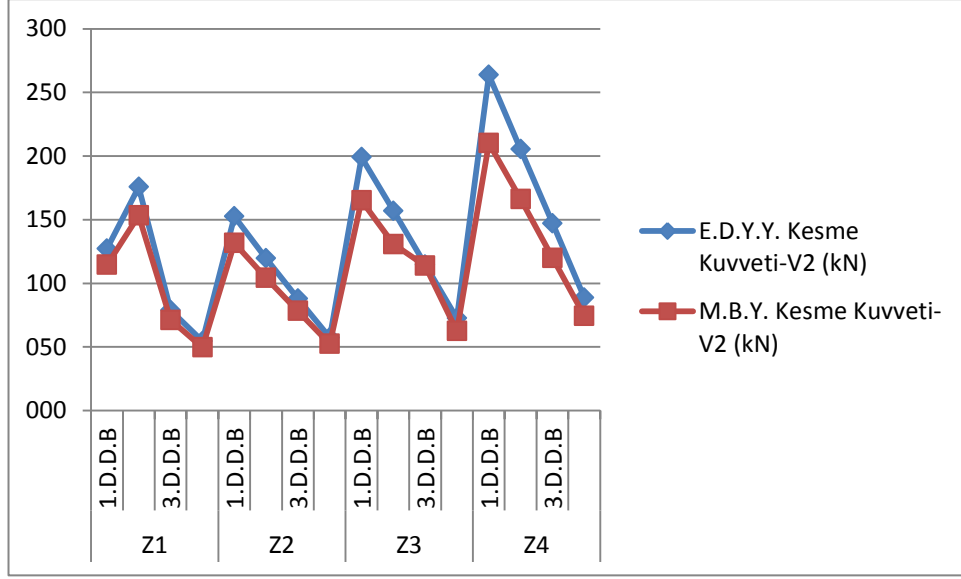
Z3	1.D.D.B	78,50	66,89
	2.D.D.B	70,76	63,33
	3.D.D.B	63,02	55,30
	4.D.D.B	55,28	49,50
Z4	1.D.D.B	90,36	68,07
	2.D.D.B	79,66	63,33
	3.D.D.B	68,95	56,00
	4.D.D.B	58,25	49,88



Şekil 6.54 : P2 perdesi 13. kat V2 değerleri karşılaştırması.

Çizelge 6.50 : P2 perdesi 10. kat V2 değerleri.

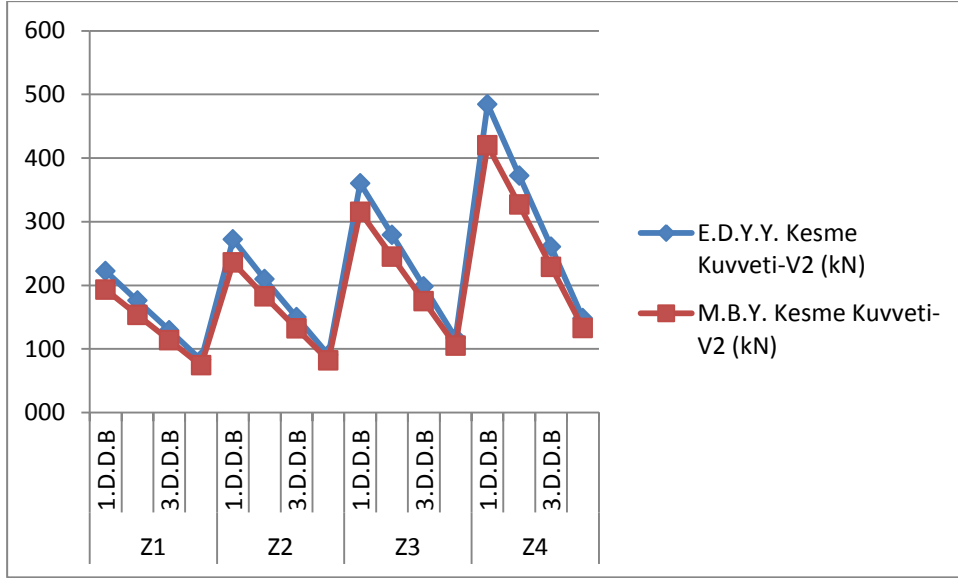
Zemin Sınıfı	Deprem Bölgesi	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Kesme Kuvveti-V2 (kN)
Z1	1.D.D.B	127,29	114,51
	2.D.D.B	175,71	153,35
	3.D.D.B	78,84	71,16
	4.D.D.B	54,61	49,62
Z2	1.D.D.B	152,59	131,67
	2.D.D.B	119,60	104,27
	3.D.D.B	88,01	78,34
	4.D.D.B	57,29	52,40
Z3	1.D.D.B	199,10	165,14
	2.D.D.B	156,92	130,74
	3.D.D.B	114,74	113,83
	4.D.D.B	72,56	62,45
Z4	1.D.D.B	263,75	210,17
	2.D.D.B	205,41	166,21
	3.D.D.B	147,07	119,94
	4.D.D.B	88,73	74,38



Şekil 6.55 : P2 perdesi 10. kat V2 değerleri karşılaştırması.

Çizelge 6.51 : P2 perdesi 5. kat V2 değerleri.

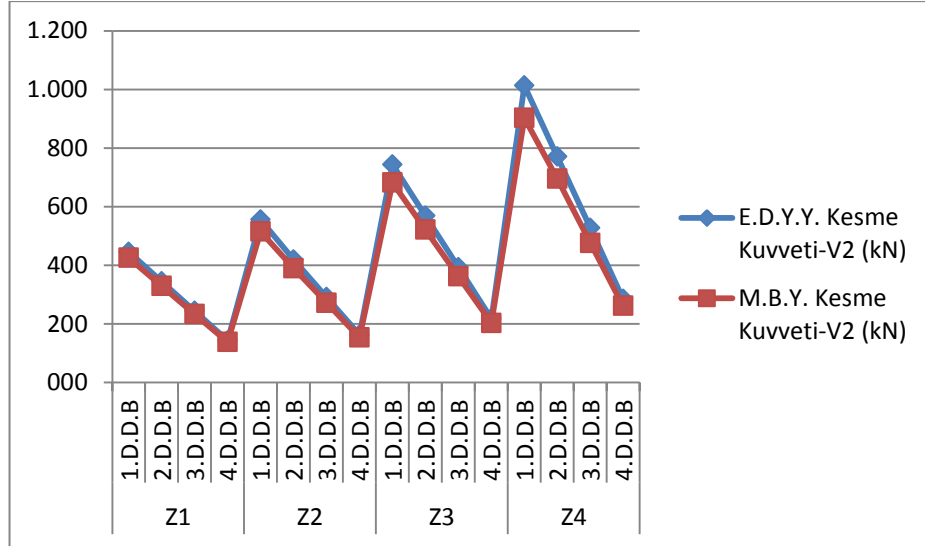
Zemin Sınıfı	Deprem Bölgesi	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Kesme Kuvveti-V2 (kN)
Z1	1.D.D.B	222,23	193,07
	2.D.D.B	175,71	153,35
	3.D.D.B	129,18	113,64
	4.D.D.B	82,66	74,23
Z2	1.D.D.B	272,12	235,65
	2.D.D.B	209,36	182,52
	3.D.D.B	149,81	132,24
	4.D.D.B	90,47	81,94
Z3	1.D.D.B	360,15	315,36
	2.D.D.B	279,15	244,94
	3.D.D.B	198,14	175,08
	4.D.D.B	117,14	105,16
Z4	1.D.D.B	484,30	419,68
	2.D.D.B	372,26	326,78
	3.D.D.B	260,22	228,97
	4.D.D.B	148,18	132,66



Şekil 6.56 : P2 perdesi 5. kat V2 değerleri karşılaştırması.

Çizelge 6.52 : P2 perdesi Zemin kat V2 değerleri.

Zemin Sınıfı	Deprem Bölgesi	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Kesme Kuvveti-V2 (kN)
Z1	1.D.D.B	445,47	425,33
	2.D.D.B	344,74	329,27
	3.D.D.B	244,00	233,21
	4.D.D.B	143,27	138,08
Z2	1.D.D.B	555,34	515,28
	2.D.D.B	419,70	390,23
	3.D.D.B	291,17	271,90
	4.D.D.B	162,72	153,56
Z3	1.D.D.B	744,09	682,19
	2.D.D.B	568,70	521,64
	3.D.D.B	393,31	362,30
	4.D.D.B	217,92	203,14
Z4	1.D.D.B	1012,90	902,73
	2.D.D.B	770,31	694,96
	3.D.D.B	527,72	476,36
	4.D.D.B	285,13	261,44



Şekil 6.57 : P2 perdesi Zemin kat V2 değerleri karşılaştırması.

Şekil 6.54, Şekil 6.55, Şekil 6.56, Şekil 6.57’de P2 perdesinin her bir deprem bölgesi ve zemin sınıfı için hesaplanan V2 değerleri verilmiştir. Grafikten perde kuvvetlerinin hesabında hesap yönteminin en büyük farkı 1. Derece deprem bölgesinde 13. Katta ve Z4 zemin sınıfında verdiği görülebilir.

Çizelge 6.53’de Z2 için P2 perdesine ait her bir deprem bölgesi için iki yöntemde oluşan P kuvvetleri verilmiştir. Çizelge 6.53 incelendiğinde her bir deprem bölgesinde ve her iki yöntem için hesaplanan P2 perdesi normal kuvvet değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir.

Çizelge 6.53 : Z2 için P2 perdesi P değerleri.

Deprem Bölgesi	Kat	E.D.Y.Y.	M.B.Y.
		Normal Kuvvet-P (kN)	Normal Kuvvet-P (kN)
1.D.D.B	13	246.82	221.00
	10	1155.93	1089.75
	5	2587.04	2405.37
	Zemin	3795.86	3542.89
2.D.D.B	13	231.65	200.48
	10	1086.84	1046.73
	5	2446.15	2362.35
	Zemin	3636.62	3542.89
3.D.D.B	13	217.19	211.49
	10	1021.02	1037.98
	5	2311.90	2257.47
	Zemin	3484.82	3424.04
4.D.D.B	13	202.95	200.13
	10	956.12	938.76
	5	2179.60	2152.70
	Zemin	3335.41	3305.32

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

“EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ VE MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMLERİNİN ÇOK KATLI BETONARME BİR YAPIDA KIYASLANMASI” adlı bu tez çalışmasında 15 katlı perde ve çerçeve sistemli bir betonarme yapının Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik 2007’de verilen deprem yükü hesap yöntemleri ile deprem yüklemesi yapılmıştır. Bu yüklemeler binanın farklı deprem bölgelerinde olması ve farklı zemin sınıflarında olması durumuna göre kıyaslanmıştır. Ele alınan bu yapı X ve Y doğrultusunda simetriye sahiptir. Binanın statik ve dinamik analizinde ETABS programı kullanılmıştır. Programda yapı elemanlarında kolonlar ve kirişler çubuk eleman, perdeler ise kabuk eleman olarak tanımlanmıştır.

Yapının doğal titreşim periyotları dinamik analizle bulunmuştur. X doğrultusunda doğal titreşim periyodu $T_{1X}= 0,941354sn$, Y doğrultusunda doğal titreşim periyodu $T_{1Y}=0,931068sn$ olarak bulunmuştur. Binaya Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemine göre deprem yüklemesi yapılmıştır. Elde edilen taban kesme kuvveti değerlerinde mod birleştirme yöntemi ile elde edilen değerler, eşdeğer deprem yükü yöntemine göre %10 daha küçük bulunmuştur. Burulma düzensizliği incelendiğinde mod birleştirme yöntemi ile bulunan burulma düzensizliği katsayılarının hem X hem de Y yönünde Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile bulunan katsayılardan daha küçük olduğu görülmektedir. Farklı deprem bölgeleri ve zemin sınıflarına göre yapılan kıyaslamalarda görülmüştür ki deprem bölgesindeki ve zemin sınıfındaki değişim elde edilen burulma düzensizliği katsayıları farkını etkilememektedir. Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği karşılaştırıldığında, tüm zemin sınıfları için bulunan değerler birbirine çok yakın bulunmuştur. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi ile bulunan sonuçların da birbirine çok yakın olmasıyla birlikte Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile bulunan değerlerden büyüktür. Bu değerler deprem bölgesinin değişiminden etkilenmemektedir.

Görelî kat ötelemeleri değerleri incelendiğinde, hem X hem de Y yönünde her bir deprem bölgesi ve zemin sınıfı için hesaplanan görelî kat ötelemeleri değerleri farklı

deprem bölgeleri ve zemin sınıflarında birbirine çok yakınken, deprem yükü hesap yönteminin değişmesi sonucu elde edilen değerlerde farklılık görülmüştür. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile hesaplanan görelî kat ötelemeleri değerleri Mod Birleştirme Yöntemi ile hesaplanan görelî kat ötelemeleri değerlerine oranla daha büyük sonuçlar vermiştir. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemine göre bulunan ikinci mertebe etkilerinin değerleri karşılaştırıldığında her bir deprem bölgesi ve tüm zemin sınıfları için hem X hem de Y doğrultusunda iki yöntemle göre bulunan sonuçlar birbirine yakındır.

İç kuvvetlerin kıyaslaması için kat planından 3 tip kolon ve 2 tip perde seçilerek elemanlara gelen M3, V2 ve P değerleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda kolonlarda oluşan M3 eğilme momenti değerleri Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminde Mod Birleştirme Yöntemine göre daha büyük bulunmuştur. Deprem bölgesi 1. Dereceden 4 dereceye gittikçe aradaki fark kısmen azalmaktadır. Zemin sınıfındaki değişim iki yöntemle hesaplanan M3 eğilme momenti değerleri arasındaki farkı önemli ölçüde etkilemediği görülmektedir. Aynı durum V2 kesme kuvveti içinde geçerlidir. Kolonlara gelen normal kuvvetler karşılaştırıldığında, deprem yükü hesap yöntemlerinin her deprem bölgesi için elde edilen değerler birbirine yakındır. Perdelerde yapılan karşılaştırma sonucu, oluşan M3 momentleri için Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile elde edilen değerlerin Mod Birleştirme Yöntemi ile elde edilen değerlere göre en çok 1. Derece Deprem Bölgesinde ve 13. katta olduğu diğer deprem bölgelerinde ve katlarda bu farkın daha az olduğu görülmektedir. Zemin sınıfındaki değişim P1 perdesi için etkili olmazken P2 perdesi için zemin sınıfı Z1'den Z4'e giderken farkın arttığı görülmüştür. Bu durum V2 kesme kuvveti içinde benzerdir. Elde edilen normal kuvvet değerleri ise kolonlarda olduğu gibi birbirine yakındır.

Yapılan çalışma sonucunda Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile elde edilen sonuçların Mod Birleştirme Yöntemi ile elde edilen sonuçlara oranla her deprem bölgesi ve zemin sınıfı için daha büyük olduğu görülmüştür. Bu fark deprem bölgesinin 1. Derece Deprem Bölgesinden 4. Derece Deprem Bölgesine giderken azaldığı görülmektedir. Zemin sınıfındaki değişimin deprem bölgesindeki değişim kadar kritik olmadığı görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre 1. ve 2. Derece Deprem bölgelerinde Mod Birleştirme Yöntemi ile hesap yapılması yapı maliyeti açısından önem kazanmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.,** (2005). Betonarme Yapılar, *Sema Matbaacılık*, İstanbul.
- [2] **Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 2007,** 2007. *İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı*, Ankara.
- [3] **Sezen,H.** (2000). Evolution Of Seismic Building Design And Construction Practice In Turkey Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, California, USA.
- [4] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.,** (2001). Yapı Dinamiği ve Deprem Mühendisliğine Giriş, *Sema Matbaacılık*, İstanbul.
- [5] **Eurocode 8-1998,** (2004), Design of structures for earthquake resistance.
- [6] **International Building Code,** (2009), *International Code Council, Inc.*
- [7] **TS 498,** 2000. Yapı Elemanlarının Boyutlandırmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, İstanbul.
- [8] **TS 500,** 2000. Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, İstanbul.
- [9] **Özmen, G., Orakdöğen, E. Ve Darılmaz, K.,** (2005). Örneklerle ETABS, *Birsan Yayınevi*, İstanbul.
- [10] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.,** (2009). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik Açıklamalar ve Örnekler Kitabı, *İstanbul Proje Koordinasyon Birimi*, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Mehmet Ali İşsever

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul / 07.11.1987

E-Posta: maliissever@hotmail.com

Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi/İnşaat Mühendisliği 2009