İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONARME BİR YAPIDA FARKLI ZEMİN SINIFLARININ DEPREM DAVRANIŞINA ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Emre UKÇUL

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2013

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONARME BİR YAPIDA FARKLI ZEMİN SINIFLARININ DEPREM DAVRANIŞINA ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Emre UKÇUL
501101021

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL

HAZİRAN 2013

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501010021 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Emre UKÇUL, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "BETONARME BİR YAPIDA FARKLI ZEMİN SINIFLARININ DEPREM DAVRANIŞINA ETKİSİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL** .....
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç.Dr. Mustafa GENÇOĞLU** .....
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç.Dr. Zafer KÜTÜĞ .....
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **03 Mayıs 2013**
Savunma Tarihi : **04 Haziran 2013**

ÖNSÖZ

"BETONARME BİR YAPIDA FARKLI ZEMİN SINIFLARININ DEPREM DAVRANIŞINA ETKİSİ" adlı çalışmayı içeren bu yüksek lisans tezini hazırlamam sırasında, bilgi ve höşgörü ile yardımlarını esirgemeyip yol gösteren değerli hocam Sayın Prof. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL'a ve bana her zaman maddi ve manevi her türlü desteği veren ailem ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Mayıs 2013

Emre UKÇUL
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **v**
İÇİNDEKİLER ..... **viiii**
KISALTMALAR ..... **xi**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xiii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xvii**
ÖZET ..... **xix**
SUMMARY ..... **xxi**
1. GİRİŞ **1**
2. DEPREM YÜKÜ HESAP YÖNTEMLERİ **3**
2.1 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi 3
2.2 Mod Birleştirme Yöntemi 14
2.2.1 Hesaba katılacak yeterli titreşim modu sayısı 16
2.2.2 Mod katkılarının birleştirilmesi 17
2.3 Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri 18
2.3.1 Yapay deprem yer hareketleri 18
2.3.2 Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri 19
2.3.3 Zaman tanım alanında hesap 19
3. DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK BİNALAR HAKKINDA YÖNETMELİK 2007 ..... **21**
3.1 Kapsam 21
3.2 Düzensiz Binalar 22
3.2.1 Planda düzensizlik durumları 23
3.2.1.1 A1 burulma düzensizliği 23
3.2.1.2 A2 döşeme süreksizlikleri 24
3.2.1.3 A3 planda çıkıntılar bulunması 25
3.2.2 Düşey doğrultuda düzensizlik durumları 26
3.2.2.1 B1 komşu katlar arası dayanım düzensizliği 26
3.2.2.2 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği 27
3.2.2.3 B3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği 28
3.3 Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması, İkinci Mertebe Etkileri ve Deprem Derzleri 29
3.3.1 Etkin göreli kat ötelemelerinin hesaplanması ve sınırlandırılması 29
3.3.2 İkinci mertebe etkileri 30
3.3.3 Deprem derzleri 30
3.4 Zemin Koşullarının Belirlenmesi 31
3.4.1 Zemin grupları ve yerel zemin sınıfları 31
4. BETONARME BİR YAPININ TASARIMI **33**
4.1 Döşemelerin Hesap ve Tasarımı 36
4.1.1 Döşeme kalınlığı hesabı 36
4.1.2 Döşeme yüklerinin belirlenmesi 36
4.1.2.1 Sabit yükler 36

4.1.2.2 İlave sabit yükler 38
4.1.2.3 Hareketli yükler 38
4.1.2.4 Döşeme hesap yükleri 38
4.1.3 Döşemelerin statik hesabı 38
4.1.3.1 Plak döşemeler için TS 500 yaklaşık yöntemi 39
4.1.3.2 α katsayılarının bulunması ve döşeme moment hesabı 39
4.1.3.3 Mesnet momentlerinin dengelenmesi 41
4.2 Kiriş Yüklerinin Belirlenmesi 42
4.2.1 Kiriş ön boyutları 42
4.2.2 Kirişlere gelen yüklerin belirlenmesi 42
4.3 Kolon Ön Boyutlandırması 45
4.3.1 Kolon eksenel yüklerinin belirlenmesi 45
4.3.2 Kolon kesitlerinin belirlenmesi 45
5. DEPREM YÜKLERİNE GÖRE HESAP 53
5.1 SAP2000 Modelleme Bilgileri 53
5.2 Dinamik Analiz 55
5.3 Yük Kombinasyonları 63
5.4 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi İle Deprem Yüklerinin Bulunması 64
5.4.1 Yapının Z1 yerel zemin sınıfı için deprem yüklerinin bulunması 64
5.4.1.1 Katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin belirlenmesi 64
5.4.1.2 Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre düzensizlik kontrolleri 66
5.4.1.3 Kat deplasmanları ve A1 burulma düzensizliği kontrolü 69
5.4.1.4 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü 72
5.4.1.5 Göreli kat ötelemeleri kontrolü 74
5.4.1.6 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü 76
5.4.2 Yapının Z2 yerel zemin sınıfı için deprem yüklerinin bulunması 79
5.4.2.1 Katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin belirlenmesi 79
5.4.2.2 Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre düzensizlik kontrolleri 80
5.4.2.3 Kat deplasmanları ve A1 burulma düzensizliği kontrolü 83
5.4.2.4 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü 84
5.4.2.5 Göreli kat ötelemeleri kontrolü 86
5.4.2.6 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü 88
5.4.3 Yapının Z3 yerel zemin sınıfı için deprem yüklerinin bulunması 91
5.4.3.1 Katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin belirlenmesi 91
5.4.3.2 Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre düzensizlik kontrolleri 92
5.4.3.3 Kat deplasmanları ve A1 burulma düzensizliği kontrolü 95
5.4.3.4 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü 96
5.4.3.5 Göreli kat ötelemeleri kontrolü 97
5.4.3.6 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü 99
5.4.4 Yapının Z4 yerel zemin sınıfı için deprem yüklerinin bulunması 102
5.4.4.1 Katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin belirlenmesi 102
5.4.4.2 Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre düzensizlik kontrolleri 103
5.4.4.3 Kat deplasmanları ve A1 burulma düzensizliği kontrolü 106
5.4.4.4 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü 107
5.4.4.5 Göreli kat ötelemeleri kontrolü 110
5.4.4.6 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü 111
5.5 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi İç Kuvvetleri 114
5.5.1 Z1 zemin sınıfı için iç kuvvetler 114
5.5.1.1 Kolon iç kuvvetleri 114
5.5.1.2 Perde iç kuvvetleri 115

5.5.2 Z2 zemin sınıfı için iç kuvvetler 116
5.5.2.1 Kolon iç kuvvetleri 116
5.5.2.2 Perde iç kuvvetleri 117
5.5.3 Z3 zemin sınıfı için iç kuvvetler 117
5.5.3.1 Kolon iç kuvvetleri 117
5.5.3.2 Perde iç kuvvetleri 118
5.5.4 Z4 zemin sınıfı için iç kuvvetler 119
5.5.4.1 Kolon iç kuvvetleri 119
5.5.4.2 Perde iç kuvvetleri 120
5.6 Mod Birleştirme Yöntemi İle Deprem Hesabı 120
5.6.1 Mod birleştirme yönteminin SAP2000 programında uygulanması 120
5.6.1.1 Azaltılmış ivme tepki spektrumunun SAP2000'de oluşturulması 120
5.6.1.2 Taban kesme kuvveti V_t'nin SAP2000'de tanımlanması 124
5.6.1.3 Mod birleştirme yöntemi deprem yüklerinin oluşturulması 125
5.7 Mod Birleştirme Yöntemi SAP2000 Analiz Sonuçları 127
5.7.1 Modal kütle katılım oranları 127
5.7.2 Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması 131
5.8 Mod Birleştirme Yöntemine Göre Düzensizlik Kontrolleri 134
5.8.1 Z1 zemin sınıfı için mod birleştirme yöntemine göre düzensizlik kontrolleri 134
5.8.1.1 A1 burulma düzensizliği kontrolü 134
5.8.1.2 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü 136
5.8.1.3 Göreli kat ötelemeleri kontrolü 138
5.8.1.4 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü 140
5.8.2 Z2 zemin sınıfı için mod birleştirme yöntemine göre düzensizlik kontrolleri 143
5.8.2.1 A1 burulma düzensizliği kontrolü 143
5.8.2.2 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü 145
5.8.2.3 Göreli kat ötelemeleri kontrolü 147
5.8.2.4 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü 148
5.8.3 Z3 zemin sınıfı için mod birleştirme yöntemine göre düzensizlik kontrolleri 151
5.8.3.1 A1 burulma düzensizliği kontrolü 151
5.8.3.2 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü 152
5.8.3.3 Göreli kat ötelemeleri kontrolü 155
5.8.3.4 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü 156
5.8.4 Z4 zemin sınıfı için mod birleştirme yöntemine göre düzensizlik kontrolleri 159
5.8.4.1 A1 burulma düzensizliği kontrolü 159
5.8.4.2 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü 161
5.8.4.3 Göreli kat ötelemeleri kontrolü 163
5.8.4.4 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü 164
5.9 Mod Birleştirme Yöntemi İç Kuvvetleri 167
5.9.1 Z1 zemin sınıfı için iç kuvvetler 167
5.9.1.1 Kolon iç kuvvetleri 167
5.9.1.2 Perde iç kuvvetleri 168
5.9.2 Z2 zemin sınıfı için iç kuvvetler 169
5.9.2.1 Kolon iç kuvvetleri 169
5.9.2.2 Perde iç kuvvetleri 170
5.9.3 Z3 zemin sınıfı için iç kuvvetler 171

5.9.3.1 Kolon iç kuvvetleri 171
5.9.3.2 Perde iç kuvvetleri 172
5.9.3 Z4 zemin sınıfı için iç kuvvetler 172
5.9.4.1 Kolon iç kuvvetleri 172
5.9.4.2 Perde iç kuvvetleri 173
6. ANALİZ SONUÇLARININ İNCELENMESİ 175
6.1 Taban Kesme Kuvvetlerinin İncelenmesi 175
6.2 Periyotların İncelenmesi 177
6.3 A1 Burulma Düzensizliğinin İncelenmesi 180
6.4 B2 Komşu Katlar Arasaı Rijitlik Düzensizliğinin İncelenmesi 182
6.5 Göreli Kat Ötelemelerinin İncelenmesi 185
6.6 İkinci Mertebe Etkilerinin İncelenmesi 187
6.7 Kolon İç Kuvvetlerinin İncelenmesi 190
6.8 Perde İç Kuvvetlerinin İncelenmesi 196
7. SONUÇ VE ÖNERİLER 203
KAYNAKLAR 207
ÖZGEÇMİŞ 209

KISALTMALAR

D.B.Y.B.H.Y. 2007	**:** Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007
TS 500	**:** Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları
TS 498	**:** Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri
TSY	**:** Toplam Sabit Yük
THY	**:** Toplam Hareketli Yük
E.D.Y.Y.	**:** Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi
M.B.Y.	**:** Mod Birleştirme Yöntemi

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar 3
Çizelge 2.2 : Hareketli yük katılım katsayısı 5
Çizelge 2.3 : Etkin yer ivmesi katsayısı 5
Çizelge 2.4 : Bina önem katsayısı 6
Çizelge 2.5 : Yerel zemin sınıfları 7
Çizelge 2.6 : Spektrum karakteristik periyotları 7
Çizelge 2.7 : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı 9
Çizelge 3.1 : Düzensiz yapılar 22
Çizelge 3.2 : Zemin grupları 32
Çizelge 4.1 : Bina genel özellikleri 34
Çizelge 4.2 : Döşeme mesnetlendirme özellikleri 37
Çizelge 4.3 : TS 500 α katsayılarının bulunması 40
Çizelge 4.4 : Döşeme açıklık ve mesnet momentleri 41
Çizelge 4.5 : X doğrultusunda mesnet moment seçimi 42
Çizelge 4.6 : Y doğrultusunda mesnet moment seçimi 42
Çizelge 4.7 : Kirişlere gelen yüklerin hesabı 43
Çizelge 4.8 : Kolonlara gelen eksenel yüklerin hesaplanması 47
Çizelge 4.9 : Kolon kesitleri 51
Çizelge 5.1 : Binanın doğal titreşim periyotları ve frekansları 56
Çizelge 5.2 : Modların kütle katılım oranları 58
Çizelge 5.3 : Z1 zemin sınıfı X doğrultusunda eşdeğer deprem yükü hesabı 67
Çizelge 5.4 : Z1 zemin sınıfı Ydoğrultusunda eşdeğer deprem yükü hesabı 68
Çizelge 5.5 : Z1 zemin sınıfı E.D.Y.Y. X doğrultusunda A1 burulma düzensizliği 70
Çizelge 5.6 : Z1 zemin sınıfı E.D.Y.Y. Y doğrultusunda A1 burulma düzensizliği 71
Çizelge 5.7 : Z1 zemin sınıfı E.D.Y.Y. X doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği ... 72
Çizelge 5.8 : Z1 zemin sınıfı E.D.Y.Y. Y doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği .. 73
Çizelge 5.9 : Z1 zemin sınıfı E.D.Y.Y. X doğrultusunda göreli kat ötelemeleri ... 75
Çizelge 5.10 : Z1 zemin sınıfı E.D.Y.Y. Y doğrultusunda göreli kat ötelemeleri.... 75
Çizelge 5.11 : Z1 zemin sınıfı E.D.Y.Y. X doğrultusunda ikinci mertebe etkileri... 77
Çizelge 5.12 : Z1 zemin sınıfı E.D.Y.Y. Y doğrultusunda ikinci mertebe etkileri... 78
Çizelge 5.13 : Z2 zemin sınıfı X doğrultusunda eşdeğer deprem yükü hesabı 81
Çizelge 5.14 : Z2 zemin sınıfı Ydoğrultusunda eşdeğer deprem yükü hesabı 82
Çizelge 5.15 : Z2 zemin sınıfı E.D.Y.Y. X doğrultusunda A1 burulma düzensizliği 83
Çizelge 5.16 : Z2 zemin sınıfı E.D.Y.Y. Y doğrultusunda A1 burulma düzensizliği 84
Çizelge 5.17 : Z2 zemin sınıfı E.D.Y.Y. X doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği... 85
Çizelge 5.18 : Z2 zemin sınıfı E.D.Y.Y. Y doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği.. 86
Çizelge 5.19 : Z2 zemin sınıfı E.D.Y.Y. X doğrultusunda göreli kat ötelemeleri ... 87
Çizelge 5.20 : Z2 zemin sınıfı E.D.Y.Y. Y doğrultusunda göreli kat ötelemeleri.... 87
Çizelge 5.21 : Z2 zemin sınıfı E.D.Y.Y. X doğrultusunda ikinci mertebe etkileri... 89
Çizelge 5.22 : Z2 zemin sınıfı E.D.Y.Y. Y doğrultusunda ikinci mertebe etkileri... 90
Çizelge 5.23 : Z3 zemin sınıfı X doğrultusunda eşdeğer deprem yükü hesabı 93

Çizelge 5.24 : Z3 zemin sınıfı Ydoğrultusunda eşdeğer deprem yükü hesabı 94
Çizelge 5.25 : Z3 zemin sınıfı E.D.Y.Y. X doğrultusunda A1 burulma düzensizliği 95
Çizelge 5.26 : Z3 zemin sınıfı E.D.Y.Y. Y doğrultusunda A1 burulma düzensizliği 96
Çizelge 5.27 : Z3 zemin sınıfı E.D.Y.Y. X doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği ... 96
Çizelge 5.28 : Z3 zemin sınıfı E.D.Y.Y. Y doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği.. 97
Çizelge 5.29 : Z3 zemin sınıfı E.D.Y.Y. X doğrultusunda göreli kat ötelemeleri.... 98
Çizelge 5.30 : Z3 zemin sınıfı E.D.Y.Y. Y doğrultusunda göreli kat ötelemeleri.... 98
Çizelge 5.31 : Z3 zemin sınıfı E.D.Y.Y. X doğrultusunda ikinci mertebe etkileri. 100
Çizelge 5.32 : Z3 zemin sınıfı E.D.Y.Y. Y doğrultusunda ikinci mertebe etkileri. 101
Çizelge 5.33 : Z4 zemin sınıfı X doğrultusunda eşdeğer deprem yükü hesabı 104
Çizelge 5.34 : Z4 zemin sınıfı Ydoğrultusunda eşdeğer deprem yükü hesabı 105
Çizelge 5.35 : Z4 zemin sınıfı E.D.Y.Y. X doğrultusunda A1 burulma düzensizliği 106
Çizelge 5.36 : Z4 zemin sınıfı E.D.Y.Y. Y doğrultusunda A1 burulma düzensizliği 107
Çizelge 5.37 : Z4 zemin sınıfı E.D.Y.Y. X doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği. 108
Çizelge 5.38 : Z4 zemin sınıfı E.D.Y.Y. Y doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği 109
Çizelge 5.39 : Z4 zemin sınıfı E.D.Y.Y. X doğrultusunda göreli kat ötelemeleri.. 110
Çizelge 5.40 : Z4 zemin sınıfı E.D.Y.Y. Y doğrultusunda göreli kat ötelemeleri.. 111
Çizelge 5.41 : Z4 zemin sınıfı E.D.Y.Y. X doğrultusunda ikinci mertebe etkileri. 112
Çizelge 5.42 : Z4 zemin sınıfı E.D.Y.Y. Y doğrultusunda ikinci mertebe etkileri. 113
Çizelge 5.43 : Z1 zemin sınıfı E.D.Y.Y. M3, M2 eğilme momentleri, normal kuvvetler. 114
Çizelge 5.44 : Z1 zemin sınıfı E.D.Y.Y. V2 ve V3 kesme kuvveti. 115
Çizelge 5.45 : Z1 zemin sınıfı E.D.Y.Y. perde iç kuvvetleri..... 115
Çizelge 5.46 : Z2 zemin sınıfı E.D.Y.Y. M3, M2 eğilme momentleri, normal kuvvetler. 116
Çizelge 5.47 : Z2 zemin sınıfı E.D.Y.Y. V2 ve V3 kesme kuvveti. 116
Çizelge 5.48 : Z2 zemin sınıfı E.D.Y.Y. perde iç kuvvetleri..... 117
Çizelge 5.49 : Z3 zemin sınıfı E.D.Y.Y. M3, M2 eğilme momentleri, normal kuvvetler. 117
Çizelge 5.50 : Z3 zemin sınıfı E.D.Y.Y. V2 ve V3 kesme kuvveti. 118
Çizelge 5.51 : Z3 zemin sınıfı E.D.Y.Y. perde iç kuvvetleri..... 118
Çizelge 5.52 : Z4 zemin sınıfı E.D.Y.Y. M3, M2 eğilme momentleri, normal kuvvetler. 119
Çizelge 5.53 : Z4 zemin sınıfı E.D.Y.Y. V2 ve V3 kesme kuvveti. 119
Çizelge 5.54 : Z4 zemin sınıfı E.D.Y.Y. perde iç kuvvetleri..... 120
Çizelge 5.55 : Z1 zemin sınıfı Zaman-İvme fonksiyonu 121
Çizelge 5.56 : Z2 zemin sınıfı Zaman-İvme fonksiyonu 122
Çizelge 5.57 : Z3 zemin sınıfı Zaman-İvme fonksiyonu 123
Çizelge 5.58 : Z4 zemin sınıfı Zaman-İvme fonksiyonu 124
Çizelge 5.59 : Z1 zemin sınıfı +%5 X doğrultusu mod birleştirme yöntemi modal kütle katılım oranları 128
Çizelge 5.60 : Z1 zemin sınıfı +%5 Y doğrultusu mod birleştirme yöntemi modal kütle katılım oranları 130
Çizelge 5.61 : Z1 zemin sınıfı taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması..... 132
Çizelge 5.62 : Z2 zemin sınıfı taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması..... 132
Çizelge 5.63 : Z3 zemin sınıfı taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması..... 133
Çizelge 5.64 : Z4 zemin sınıfı taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması..... 133

Çizelge 5.65 : Z1 zemin sınıfı M.B.Y. X doğrultusunda A1 burulma düzensizliği kontrolü 134
Çizelge 5.66 : Z1 zemin sınıfı M.B.Y. Y doğrultusunda A1 burulma düzensizliği kontrolü 135
Çizelge 5.67 : Z1 zemin sınıfı M.B.Y. X doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği kontrolü 136
Çizelge 5.68 : Z1 zemin sınıfı M.B.Y. Y doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği kontrolü 137
Çizelge 5.69 : Z1 zemin sınıfı M.B.Y. X doğrultusunda göreli kat ötelemeleri ... 138
Çizelge 5.70 : Z1 zemin sınıfı M.B.Y. Y doğrultusunda göreli kat ötelemeleri ... 139
Çizelge 5.71 : Z1 zemin sınıfı M.B.Y. X doğrultusunda ikinci mertebe etkileri .. 141
Çizelge 5.72 : Z1 zemin sınıfı M.B.Y. Y doğrultusunda ikinci mertebe etkileri .. 142
Çizelge 5.73 : Z2 zemin sınıfı M.B.Y. X doğrultusunda A1 burulma düzensizliği kontrolü 143
Çizelge 5.74 : Z2 zemin sınıfı M.B.Y. Y doğrultusunda A1 burulma düzensizliği kontrolü 144
Çizelge 5.75 : Z2 zemin sınıfı M.B.Y. X doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği kontrolü 145
Çizelge 5.76 : Z2 zemin sınıfı M.B.Y. Y doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği kontrolü 146
Çizelge 5.77 : Z2 zemin sınıfı M.B.Y. X doğrultusunda göreli kat ötelemeleri ... 147
Çizelge 5.78 : Z2 zemin sınıfı M.B.Y. Y doğrultusunda göreli kat ötelemeleri ... 148
Çizelge 5.79 : Z2 zemin sınıfı M.B.Y. X doğrultusunda ikinci mertebe etkileri .. 149
Çizelge 5.80 : Z2 zemin sınıfı M.B.Y. Y doğrultusunda ikinci mertebe etkileri .. 150
Çizelge 5.81 : Z3 zemin sınıfı M.B.Y. X doğrultusunda A1 burulma düzensizliği kontrolü 151
Çizelge 5.82 : Z3 zemin sınıfı M.B.Y. Y doğrultusunda A1 burulma düzensizliği kontrolü 152
Çizelge 5.83 : Z3 zemin sınıfı M.B.Y. X doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği kontrolü 153
Çizelge 5.84 : Z3 zemin sınıfı M.B.Y. Y doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği kontrolü 154
Çizelge 5.85 : Z3 zemin sınıfı M.B.Y. X doğrultusunda göreli kat ötelemeleri ... 155
Çizelge 5.86 : Z3 zemin sınıfı M.B.Y. Y doğrultusunda göreli kat ötelemeleri ... 156
Çizelge 5.87 : Z3 zemin sınıfı M.B.Y. X doğrultusunda ikinci mertebe etkileri .. 157
Çizelge 5.88 : Z3 zemin sınıfı M.B.Y. Y doğrultusunda ikinci mertebe etkileri .. 158
Çizelge 5.89 : Z4 zemin sınıfı M.B.Y. X doğrultusunda A1 burulma düzensizliği kontrolü 159
Çizelge 5.90 : Z4 zemin sınıfı M.B.Y. Y doğrultusunda A1 burulma düzensizliği kontrolü 160
Çizelge 5.91 : Z4 zemin sınıfı M.B.Y. X doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği kontrolü 161
Çizelge 5.92 : Z4 zemin sınıfı M.B.Y. Y doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği kontrolü 162
Çizelge 5.93 : Z4 zemin sınıfı M.B.Y. X doğrultusunda göreli kat ötelemeleri ... 163
Çizelge 5.94 : Z4 zemin sınıfı M.B.Y. Y doğrultusunda göreli kat ötelemeleri ... 164
Çizelge 5.95 : Z4 zemin sınıfı M.B.Y. X doğrultusunda ikinci mertebe etkileri .. 165
Çizelge 5.96 : Z4 zemin sınıfı M.B.Y. Y doğrultusunda ikinci mertebe etkileri .. 166
Çizelge 5.97 : Z1 zemin sınıfı M.B.Y. M3, M2 eğilme momentleri, normal kuvvetler. 167

Çizelge 5.98 : Z1 zemin sınıfı M.B.Y. V2 ve V3 kesme kuvveti 168
Çizelge 5.99 : Z1 zemin sınıfı M.B.Y. perde iç kuvvetleri..... 169
Çizelge 5.100 : Z2 zemin sınıfı M.B.Y. M3, M2 eğilme momentleri, normal kuvvetler. 169
Çizelge 5.101 : Z2 zemin sınıfı M.B.Y. V2 ve V3 kesme kuvveti 170
Çizelge 5.102 : Z2 zemin sınıfı M.B.Y. perde iç kuvvetleri..... 170
Çizelge 5.103 : Z3 zemin sınıfı M.B.Y. M3, M2 eğilme momentleri, normal kuvvetler. 171
Çizelge 5.104 : Z3 zemin sınıfı M.B.Y. V2 ve V3 kesme kuvveti 171
Çizelge 5.105 : Z3 zemin sınıfı M.B.Y. perde iç kuvvetleri..... 172
Çizelge 5.106 : Z4 zemin sınıfı M.B.Y. M3, M2 eğilme momentleri, normal kuvvetler. 172
Çizelge 5.107 : Z4 zemin sınıfı M.B.Y. V2 ve V3 kesme kuvveti 173
Çizelge 5.108 : Z4 zemin sınıfı M.B.Y. perde iç kuvvetleri..... 173
Çizelge 6.1 : Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan taban kesme kuvveti değerleri 175
Çizelge 6.2 : Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan taban kesme kuvveti değerleri..... 176
Çizelge 6.3 : Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan A1 burulma düzensizliği katsayıları..... 181
Çizelge 6.4 : Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan B2 rijitlik düzensizliği katsayıları 183
Çizelge 6.5 : Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan kat ötelemeleri 186
Çizelge 6.6 : Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan ikinci mertebe etkisi katsayıları 188
Çizelge 6.7 : Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan kolon M3 eğilme momentleri 191
Çizelge 6.8 : Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan kolon kesme kuvvetleri..... 193
Çizelge 6.9 : Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan kolon normal kuvvetleri..... 195
Çizelge 6.10 : Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan perde eğilme momentleri..... 196
Çizelge 6.11 : Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan perde kesme kuvvetleri..... 198
Çizelge 6.12 : Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan perde normal kuvvetleri..... 200

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Zaman-spektrum katsayısı grafiği....7
Şekil 2.2 : Katlara etkiyen fiktif yüklerin elde edilmesi....8
Şekil 2.3 : Kat ağırlıkları ve katlara gelen deprem yükleri....10
Şekil 2.4 : Rijit bodrum kata sahip binada üst katlar için yapılacak eşdeğer deprem yükü hesabı 12
Şekil 2.5 : Bodrum kata ait eşdeğer deprem yükü hesabı 12
Şekil 2.6 : Kütle merkezinin yeri ve kaydırılmış kütle merkezinin konumları 13
Şekil 2.7 : Planda düzensiz yapıya deprem yüklerinin uygulanması.... 13
Şekil 2.8 : X ve Y doğrultusunda depremin ortak etkisi 14
Şekil 3.1 : A-1 burulma düzensizliği.... 23
Şekil 3.2 : A-2 düzensizlik durumu-1 24
Şekil 3.3 : A-2 düzensizlik durumu-2 ve 3.... 25
Şekil 3.4 : A-3 türü düzensizlik durumu 26
Şekil 3.5 : B-3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği (a).... 28
Şekil 3.6 : B-3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği (b) 28
Şekil 3.7 : B-3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği (c).... 29
Şekil 3.8 : B-3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği (d) 29
Şekil 4.1 : Normal kat kalıp planı.... 35
Şekil 5.1 : Binanın SAP2000 programında 3D modeli 55
Şekil 5.2 : Binanın SAP2000 programıyla bulunan 1. mod şekli.... 60
Şekil 5.3 : Binanın SAP2000 programıyla bulunan 2. mod şekli.... 61
Şekil 5.4 : Binanın SAP2000 programıyla bulunan 3. mod şekli.... 62
Şekil 5.5 : SAP2000 programında zaman-ivme fonksiyonunun tanımlanması..... 126
Şekil 5.6 : SAP2000 programında SPECX'in tanımlanması 127
Şekil 6.1 : E.D.Y.Y ile 4 farklı zemin sınıfı için elde edlimiş olan taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.... 176
Şekil 6.2 : Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için elde edilmiş olan taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.... 177
Şekil 6.3 : Z1 zemin sınıfı için yapı periyodunun ivme tasarım spektrumunda gösterilmesi.... 178
Şekil 6.4 : Z2 zemin sınıfı için yapı periyodunun ivme tasarım spektrumunda gösterilmesi.... 178
Şekil 6.5 : Z3 zemin sınıfı için yapı periyodunun ivme tasarım spektrumunda gösterilmesi.... 179
Şekil 6.6 : Z4 zemin sınıfı için yapı periyodunun ivme tasarım spektrumunda gösterilmesi.... 180
Şekil 6.7 : Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için elde edilmiş olan X doğrultusundaki A1 burulma düzensizliği katsayılarının karşılaştırılması 182

Şekil 6.8 : Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için elde edilmiş olan Y doğrultusundaki A1 burulma düzensizliği katsayılarının karşılaştırılması 182
Şekil 6.9 : Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için elde edilmiş olan X doğrultusundaki B2 rijitlik düzensizliği katsayılarının karşılaştırılması 184
Şekil 6.10 : Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için elde edilmiş olan Y doğrultusundaki B2 rijitlik düzensizliği katsayılarının karşılaştırılması 184
Şekil 6.11 : Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için elde edilmiş olan X doğrultusundaki göreli kat ötelemelerinin karşılaştırılması 187
Şekil 6.12 : Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için elde edilmiş olan Y doğrultusundaki göreli kat ötelemelerinin karşılaştırılması 187
Şekil 6.13 : Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için elde edilmiş olan X doğrultusundaki ikinci mertebe etkilerinin karşılaştırılması 189
Şekil 6.14 : Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için elde edilmiş olan Y doğrultusundaki ikinci mertebe etkilerinin karşılaştırılması 190
Şekil 6.15 : Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan 11. kat kolon eğilme momentlerinin karşılaştırılması 191
Şekil 6.16 : Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan zemin kat kolon eğilme momentlerinin karşılaştırılması 192
Şekil 6.17 : Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan 11. kat kolon kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması 193
Şekil 6.18 : Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan zemin kat kolon kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması 194
Şekil 6.19 : Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan 11. kat kolon eksenel kuvvetlerinin karşılaştırılması 195
Şekil 6.20 : Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan zemin kat kolon eksenel kuvvetlerinin karşılaştırılması 196
Şekil 6.21 : Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan 11. kat perde eğilme momentlerinin karşılaştırılması 197
Şekil 6.22 : Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan zemin kat perde eğilme momentlerinin karşılaştırılması 197
Şekil 6.23 : Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan 11. kat perde kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması 199
Şekil 6.24 : Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan zemin kat perde kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması 199
Şekil 6.25 : Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan 11. kat perde eksenel kuvvetlerinin karşılaştırılması 200
Şekil 6.26 : Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan zemin kat perde eksenel kuvvetlerinin karşılaştırılması 201

BETONARME BİR YAPIDA FARKLI ZEMİN SINIFLARININ DEPREM DAVRANIŞINA ETKİSİ

ÖZET

Yapısal elemanlarda oluşacak en elverişsiz iç kuvvetleri meydana getiren yüklemeler depremli durum yüklemeleridir. Yapıya etkiyecek toplam deprem yükü, yapının bulunduğu deprem bölgesi ve yerel zemin sınıfının yanında, yapının kütlesi ve periyoduna da bağlıdır. Deprem bölgeleri ve yerel zemin sınıfına göre, beklenen deprem şiddeti farklı olacağından, yapıya etkiyebilecek deprem yükü de farklı olacaktır. Deprem Yönetmeliğinde dört farklı zemin sınıfı tanımlanmıştır ve her zemin sınıfı için deprem yükü hesabında kullanılacak katsayılar mevcuttur. Deprem yüklerinin hesaplanabilmesi için farklı yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemlerden taşıyıcı sisteme uygun olanın tespit edilmesi, deprem yükü hesabının ve taşıyıcı elemanlara dağılımının yönteme uygun şekilde yapılması gerekmektedir. Değişik tipte taşıyıcı sistemlere uygun olan deprem yükü hesap yönteminin belirlenmesi Deprem Yönetmeliğimizde verilmiştir. Eşdeğer deprem yükü yöntemi, mod birleştirme yöntemi ve zaman tanım alanında hesap yöntemi yönetmeliğimizde deprem yükü hesap yöntemleri olarak belirtilmiştir. Bu üç yöntem arasından yapısal sisteme uygun olmayan bir yaklaşım yaparak deprem yükleri hesaplandığı takdirde, elde edilecek sonuçlar olması gerektiği gibi çıkmayacaktır. Bu nedenle, deprem yüklerinin hesaplanmasında kullanılan üç adet yöntemin uygulama sınırları yönetmeliğimizce kısıtlanmıştır.

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi hemen her Deprem Yönetmeliğinde yer alan bir yaklaşımdır. ‘Yarı dinamik yöntem’ veya ‘yarı statik yöntem’ gibi isimlerle de anılır. Bu yöntemde binaya etkiyecek yük; bölgenin depremselliği, yerel zemin şartları, yapının dinamik özellikleri (doğal titreşim periyodu), kütle dağılımı, yapının işlevinin önemi gibi birçok parametre dikkate alınarak tahmin edilir. Şiddeti ve yapıdaki dağılımı tahmin edilmiş deprem yükü altında yapının statik hesabı yapılır.

Modların Süperpozisyonu Yönteminde ise, maksimum iç kuvvetler ve yerdeğiştirmeler binada yeterli sayıda titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilir. Yöntemin esası ‘’n’’ serbestlik derecesine eşit sayıda birbirinden bağımsız ‘’n’’ tane tek serbestlik dereceli sistemin davranışı esas alınarak yapılan çözümlemeye dayanır. Zemin şartları değişkenliğine bağlı olarak, hesaplarda kullanılacak olan spektral ivme değerleri Deprem Yönetmeliğinde belirtilen ivme spektrumuna bağlı olarak alınır. 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.

Yedi bölümden oluşan bu çalışmanın birinci bölümünde, giriş başlığı altında genel bilgiler verilmiştir.

İkinci bölümde, Deprem Yönetmeliğinde belirtilen deprem yükü çözüm yöntemleri hakkında detaylı açıklamalar yapılmış ve çözüm yöntemlerinde uygulanması gereken işlem adımları etraflıca verilmiştir.

Üçüncü bölümde, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 (D.B.Y.B.H.Y.) hakkında lineer çözüme esas teşkil eden yapısal düzensizlikler ve yapıda depremli durum çözümü sonrası yapılması gerekli olan kontroller hakkında açıklamalar verilmiştir.

Dördüncü bölümde, 1 bodrum kat, 1 zemin kat ve 11 normal kattan oluşan, kat yükseklikleri 3 metre olan, 1. Derece Deprem Bölgesinde yapılması planlanan çok katlı betonarme bir yapının tasarımı verilmiştir. Beşinci bölümde söz konusu yapının, Deprem Yönetmeliğinde belirtilmiş olan eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemine göre Deprem Yönetmeliğinde tanımlanan Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin sınıfları için deprem hesabı verilmiştir.

Altıncı bölümde her iki yöntemle yapılmış olan analizler sonucu elde edilen iç kuvvetler ve düzensizlik durumları çizelgeler ve grafikler halinde Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin sınıfları için bir arada verilmiştir. Elde edilen sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılarak sonuçların değişimi incelenmiştir.

Yedinci bölümde ise incelenen sonuçlar kıyaslanmış ve çalışma sonucu elde edilen bilgiler sunulmuştur.

THE EFFECTS OF DIFFERENT SOIL CLASSES ON SEISMIC LOADS RESPONSES IN A REINFORCEMENT CONCRETE BUILDING

SUMMARY

Seismic loads cause critical internal forces on structural elements. Total seismic load depends on seismic zone on which building is located and local site class as well as mass and period of structure. Because of changes on predicted earthquake intensity in accordance with seismic zone and local site class, total seismic load which acts on building varies. In Turkish Seismic Code (2007), four different site classes are defined with their own coefficients those are used in calculations for seismic loads. There are many different methods for seismic calculations. The suitable method for structural properties is chosen and seismic loads are calculated. Seismic force calculation methods for different structural systems are defined in Turkish Seismic Code (2007) . Equivalent Seismic Loads Method, Modal Superposition Method and Time Increment Methods are indicated for seismic load calculations in Turkish Seismic Code (2007). As a result of choosing unsuitable method for structural system, the results will not be satisfied in the way that they must be. Therefore, the application of three analysing methods for the seismic load is restricted by the seismic code.

Equivalent Seismic Loads Method is the most common seismic load analysis approach and had found place in many other seismic design codes in many countries. This method is also known as “Semi Dynamic Method” or “Semi Static Method”. The total seismic load that is applied to structure calculated by an assumption which depends on many parameters such as seismic property of the area local soil properties , dynamic properties of structure, mass distribution and function of the building. Static analyse is performed under this assumed and distributed seismic load along the structure elevation. The method is simple, easy to understand and applicate. In mode superposition; the maximum internal forces and displacements are obtained by the calculation of the maximum contributions of each adequate vibration modes those combined statistically.

The dynamic response of independent mass concentrated points can be obtained separately for each mod shapes. For different soil properties, spectral acceleration values,which are used in calculations, are given in seismic code.

On the other hand, Time Increment Method is an alternative for Equivalent Seismic Loads Method and Modal Superposition Method. In Time Increment Method, in order to investigate the structural behaviour of the building under seismic loading, an earthquake is assigned to the building as lateral load and the time history analysis are carried out.

In this study; a 13 story reinforced concrete structure with shear walls and frames has

been analysed and compared for different types of soils based on Equivalent Seismic Loads Method according to Turkish Seismic Code 2007.

Structure contains 1 basement surrounded with shear walls, 1 ground floor and 11 stories. All the stories have the same hight which is 3 m. The structure located in the 1st degree of seismic zone.

In SAP2000, the structure has been designed as three dimensional model and analysed for the earthquake loads. The frame system is formed by beams and columns. Frame type elements having zero mass were used for the definition of all elements in order to control total mass of the Building. The representation of beam-column joints was realized by assigning rigid end offsets at the end of the elements.

The joints connecting the base columns to the foundation were restrained for all degrees of freedom assuming an infinitely rigid foundation. All joints at the floor level were constrained to move as a rigid diaphragm in order to prevent in plane membrane deformations. No slabs were defined; instead, weights of slabs were distrubuted to side beams as dead loads. Weights of the beams, walls and the roof were also assigned as distributed dead loads on beams. Another load case was defined to introduce live loads on beams. Masses assigned to the stories were calculated using these dead and live load values.

Under the effects of self weight and live loads presented in Turkish Standarts 498, preliminary dimensions are assigned to the structural elements according to the criteria mentioned in Turkish Standarts 500.

Approximate analysis method presented in Technical Report and Spectral Analysis Method using the SAP2000 application is applied to the building and results of internal forces are compared with each other.

Using the combinations of resulting the internal forces from Mode Superposition Method and Equivalent Seismic Load Method, the static analysis of the system under service loads, internal forces of columns, beams and the shear walls of the whole structure is carried out.

At the last stage of this study; the results gained by analysis based on Equivalent Seismic Loads and Mod Superposition Methods are compared for 4 different types of soils and the effects of earthquake loads to structure are observed.

There are 7 chapters in this study and in the first chapter, the introduction about the subject thesis is presented.

In the second chapter, detailed instructions are given about the seismic load calculation methods in the seismic code and the calculation steps are explained in respect.

In the third chapter, the structural irregularities which are based on linear solution in Turkish Seismic Code 2007 and the control steps that should be done after seismic load analysis are given.

In the forth chapter of the thesis, reinforced concrete tall story building consisting of 1 basement story, 1 ground floor and 11 official stories, which is located in 1st degree seismic zone, is analysed. Each story has 3 meters height.

The seismic load calculations about this building is given in chapter 5. The calculations of the building for each site class is also in this chapter.

In the sixth chapter the results of analysis for the internal forces and structural irregularities are given together for different site classes.

In the last chapter of thesis, the comparison of the results which are obtained are given.

1. GİRİŞ

Deprem etkisi doğal afetlerin en önemlilerinden biridir. Meydana getirdiği etkiler dikkate alındığında deprem etkisinin büyük can ve mal kaybına yol açtığı görülmektedir. Deprem etkisinin en önemli özelliği, meydana gelen can kayıplarının hemen hemen hepsinin, insanlar tarafından inşa edilen yapıların davranışı ile ilgili olmasıdır.

Bir bölgede oluşabilecek olan depremlerin özelliklerinin ve yapılar üzerinde yaratacağı etkilerin kesin olarak önceden bilinmesi bugünün teknolojik koşullarında henüz olanaksız görülmektedir. Bu belirsizliklere rağmen depreme karşı yeterli dayanıma sahip yapılar inşa etmek mümkündür. Gerçekte, depremin oluş zamanı ve yeri yeterli doğrulukta tahmin edilerek önceden haber verilebilse ve böylece insanların hayatları kurtarılabilse bile, yapıların yine deprem etkisine dayanıklı olarak inşa edilmesi gereklidir.

Yapıların depreme dayanıklı bir biçimde yapılması konusunda en önemli kaynak deprem yönetmelikleridir. Her ülke kendi sahip olduğu coğrafi konum ve bu coğrafyada mevcut olan jeolojik ve sismik özellikler ile yerel zemin koşulları doğrultusunda, yapıların deprem etkisi altındaki tasarımında uyulması gereken kuralları içeren yönetmelikler hazırlar. Bu amaç doğrultusunda ülkemizin Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından 2007 yılında hazırlamış olduğu yönetmelik Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007'dir (D.B.Y.B.H.Y. 2007).

Tüm dünyada depreme dayanıklı yapı tasarımında uygulanan temel ilke D.B.Y.B.H.Y. 2007'de [1] de benimsenmiştir. Deprem Yönetmeliğimizin temel ilkesi, hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlanmasıdır.

Bu çalışmada, taşıyıcı sistemi betonarme perde ve çerçevelerden oluşan 13 katlı bir yapının yatay ve düşey yükler altında D.B.Y.B.H.Y. 2007 [1] kurallarına göre farklı zemin sınıfları için Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi kullanılarak tasarımı ve karşılaştırılması yapılmıştır. Yapı, 1 adet rijit perdelerle çevrili bodrum kat, 1 zemin kat ve 11 normal kattan oluşmaktadır. Tüm katların yüksekliği 3 m'dir. Yapı birinci derece deprem bölgesinde yer almaktadır ve yapıda C25 kalitesinde beton ve S420 kalitesinde betonarme çeliği kullanılmıştır. Yapının taşıyıcı sistemi üç boyutlu olarak SAP2000 programında modellenmiş ve depremli durum için çözümü yapılmıştır. Modelde kolonlar ve kirişler çubuk eleman, perdeler ise kabuk eleman olarak modellenmiştir. Döşemeler ayrıca modellenmemiş, her kat seviyesinde rijit diyafram davranışının geçerli olduğu kabulü yapılmıştır. Taşıyıcı elemanların ön boyutlandırması, Yapı Elemanlarının Boyutlandırmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri (TS 498 [2]) kurallarına göre yapılmıştır. Çalışmanın son aşamasında Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Modların Süperpozisyonu Yöntemine göre elde edilen sonuçlar, 4 farklı zemim sınıfı Z1, Z2, Z3 ve Z4 için birbirleri ile karşılaştırılarak oluşan deprem kuvvetlerinin yapıya etkisi üzerinde incelemeler yapılmıştır.

2. DEPREM YÜKÜ HESAP YÖNTEMLERİ

DBYBHY 2007'de [1] belirtildiği üzere, binaların ve bina türü yapıların deprem hesabında 3 farklı yöntem kullanılabilir.

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

Bu yöntemlerden Mod Birleştirme Yöntemi ile Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi tüm binaların ve bina türü yapıların deprem hesabında kullanılabilir. Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin kullanılması belli şartlara bağlıdır.

Bu bölümde deprem bölgelerinde yeni yapılacak binaların ve bina türü yapıların depreme dayanıklı olarak hesaplanmasında esas alınacak deprem yükleri ve uygulanacak hesap kuralları hakkında DBYBHY 2007 [1] esaslarına dayanarak bilgi verilmiştir.

2.1 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi

Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin uygulanabileceği bina türleri ve bu binalara ait yükseklik sınırlarına ait bilgiler Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1: Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar.

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

Burada kullanılan H_N ifadesi binanın temel üstünden ölçülen toplam yüksekliğini ifade etmektedir.

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yükü (Taban Kesme Kuvveti), (V_t) Denklem (2.1) ile belirlenecektir.

$$V_t = W.A(T_1)/R_a(T_1) \geq 0{,}10.A_0.I.W \qquad \textbf{(2.1)}$$

Bu ifadede;

W : Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı

T_1 : Binanın birinci doğal titreşim periyodu

$R_a(T)$: Deprem yükü azaltma katsayısı

A(T) : Spektral ivme katsayısı

A_0 : Etkin yer ivmesi katsayısı

I : Bina önem katsayısı şeklinde belirtilmiştir.

Denklem (2.1)'de yer alan ve binanın deprem yüklerinin hesaplanmasında kullanılacak toplam ağırlığı, W, Denklem (2.2) ile belirlenecektir.

$$W = \sum_{i=1}^{N} wi \qquad \textbf{(2.2)}$$

Denklem (2.2)'deki w_i kat ağırlıkları ise Denklem (2.3) ile hesaplanacaktır.

$$w_i = g_i + n*q_i \qquad \textbf{(2.3)}$$

Bu ifadelerde;

w_i :Her bir katının hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı

g_i :Binanın i'inci katındaki toplam sabit yük

q_i : Binanın i'inci katındaki toplam hareketli yük

n :Hareketli yük katılım katsayısı şeklinde ifade edilmiştir.

Denklem (2.3)'de ifade edilen hareketli yük katılım katsayısı, n, Çizelge 2.2'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 çatı katı ağırlığının hesabında kar yüklerinin %30'u göz önüne alınacaktır.

Çizelge 2.2: Hareketli yük katılım katsayısı (n).

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 (2.4) ile verilmiştir. %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.

$$A(T) = A_0.I.S(T) \quad \textbf{(2.4)}$$

A_0 : Etkin yer ivmesi katsayısını

S(T) : Spektrum katsayısını

I : Bina önem katsayısını ifade etmektedir.

Denklem 2.4'te yer alan A_0, etkin yer ivme katsayısı, Çizelge 2.3'te verilmiştir.

Çizelge 2.3: Etkin yer ivmesi katsayısı. (A_0)

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.4
2	0.3
3	0.2
4	0.1

Bina önem katsayısı, I, Çizelge 2.4'te verilmiştir.

Çizelge 2.4: 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.)	1.0

Denklem 2.4'de yer alan Spektrum Katsayısı, S(T), yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T'ye bağlı olarak Denklem (2.5) ile hesaplanacaktır.

$$\begin{aligned} S(T) &= 1+1{,}5.T/T_A && (0 \le T \le T_A) \\ S(T) &= 2.5 && (T_A \le T \le T_B) \\ S(T) &= 2{,}5.(T_B/T)^{0.8} && (T \ge T_B) \end{aligned} \qquad \textbf{(2.5)}$$

Yerel zemin koşullarının tanımlanması için esas alınan yerel zemin sınıfları Çizelge 2.5'te verilmiştir.

Çizelge 2.5: Yerel zemin sınıfları.

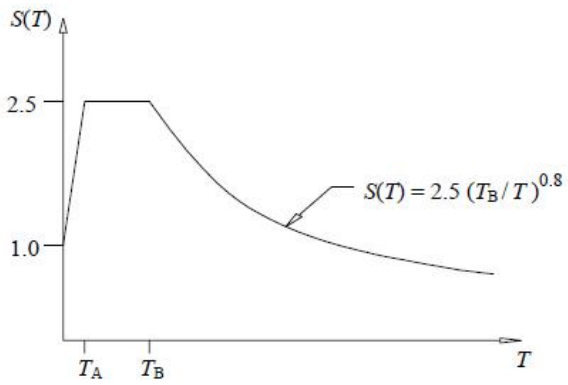
Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h_1)
Z1	A Grubu zeminler $h_1 \leq$15 m olan (B) grubu zeminler
Z2	$h_1 >$ 15 m olan (B) grubu zeminler $h_1 \leq$ 15 m olan (C) grubu zeminler
Z3	15 m < h_1 <50 m olan (C) grubu zeminler $h_1 \leq$ 10 m olan (D) grubu zeminler
Z4	h_1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

Denklem 2.5'teki Spektrum Karakteristik Periyotları, T_A ve T_B, Çizelge 2.5'te tanımlanmış olan Yerel Zemin Sınıflarına bağlı olmak üzere Çizelge 2.6'da verilmiştir.

Çizelge 2.6: Spektrum karakteristik periyotları.

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (sn)	T_B (sn)
Z1	0.1	0.3
Z2	0.15	0.4
Z3	0.15	0.6
Z4	0.2	0.9

Periyot-Spektrum katsayısı grafiği Şekil 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.1: Periyot-Spektrum katsayısı grafiği.

Gerekli durumlarda elastik tasarım ivme spektrumu, yerel deprem ve zemin koşulları göz önüne alınarak yapılacak özel araştırmalarla da belirlenebilir. Ancak, bu şekilde belirlenecek ivme spektrumu ordinatlarına karşı gelen spektral ivme katsayıları, tüm periyotlar için, Çizelge 2.6'daki ilgili karakteristik periyotlar göz önüne alınarak Denklem (2.4)'den bulunacak değerlerden hiçbir zaman daha küçük olmayacaktır.

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin uygulanması durumunda, binanın deprem doğrultusundaki hakim doğal titreşim periyodu, Denklem (2.6) ile hesaplanan değerden daha büyük alınmayacaktır.

$$T_1 = 2.\pi.\left(\frac{\left(\sum_{i=1}^{N} m_i.\ d_{fi}^2\right)}{\left(\sum_{i=1}^{N} F_{fi}.\ d_{fi}^2\right)}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad \textbf{(2.6)}$$

Bu denklemde;

m_i : Binanın i'nci katının kütlesi ($m_i = w_i/g$)

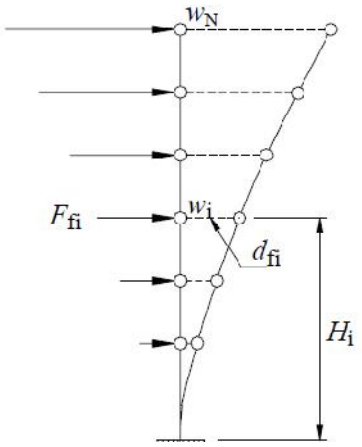
F_{fi} : Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında i'nci kata etkiyen fiktif yük

d_{fi} : Binanın i'nci katında F_{fi} fiktif yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme değeri şeklindedir.

Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında i'nci kata etkiyen fiktif yük F_{fi}, Denklem (2.7) ile hesaplanır.

$$F_{fi} = \frac{w_i.H_i}{\sum_{j=1}^{N} w_j.H_j} \qquad \textbf{(2.7)}$$

Denklem (2.7) ile hesaplanan değerden bağımsız olarak, bodrum katlar hariç kat sayısı N >13 olan binalarda doğal periyod, 0.1N'den daha büyük alınmayacaktır.



Şekil 2.2: F_{fi} katlara etkiyen fiktif yüklerin elde edilmesi.

Çizelge 2.7: 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	4 -	5 7
(a) Çaprazların merkezi olma durumu…	4	6
(b) Çaprazların dışmerkez olma durumu…		
(c) Betonarme perdelerin kullanılması durumu…		
3.4 Deprem yüklerinin çerçeveler ile birlikte çaprazlı çelik perdeler veya yerinde dökme betonarme perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar	5 -	6 8
(a) Çaprazların merkezi olma durumu…	4	7
(b) Çaprazların dışmerkez olma durumu…		
(c) Betonarme perdelerin kullanılması durumu…		

Depremde taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışını göz önüne almak üzere, Denklem 2.4'de verilen spektral ivme katsayısına göre bulunacak elastik deprem yükleri, aşağıda tanımlanan Deprem Yükü Azaltma Katsayısına bölünecektir. Deprem Yükü Azaltma Katsayısı, çeşitli taşıyıcı sistemler için Çizelge 2.7'de tanımlanan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, R'ye ve yapının doğal titreşim periyodu, T'ye bağlı olarak Denklem (2.8) ile belirlenecektir.

$$R_a(T) = 1{,}5+(R-1{,}5)T/T_A \qquad (0 \leq T \leq T_A)$$

$$R_a(T) = R \qquad (0 \leq T \leq T_A) \qquad \textbf{(2.8)}$$

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, Denklem (2.1) ile hesaplanan yapıya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak denklem (2.9) ile ifade edilir ve Şekil 2.3'te gösterilmiştir.

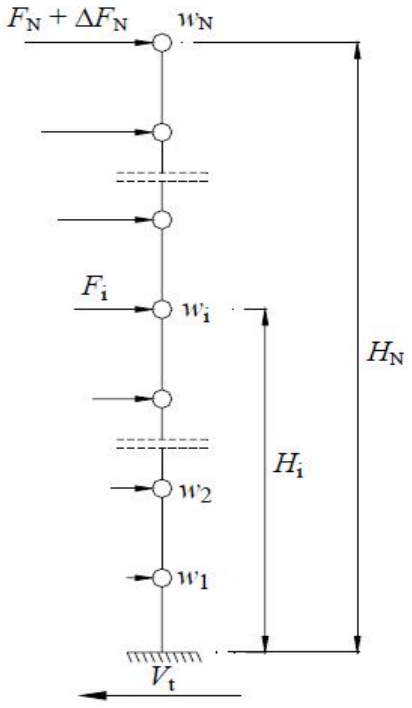
$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^{N} F_i \qquad \textbf{(2.9)}$$

Bu ifadede;

V_t : Göz önüne alınan deprem doğrultusundaki binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)

ΔF_N : Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yüküdür.

.



Şekil 2.3: Kat ağırlıkları ve katlara gelen deprem yükleri.

Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N'in değeri Denklem (2.10) ile belirlenecektir.

$$\Delta F_N = 0.0075.N.V_t \quad \textbf{(2.10)}$$

Toplam Eşdeğer Deprem Yükü ΔF_N dışında geri kalan kısmı, N'inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına Denklem (2.11) ile dağıtılacaktır.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i.H_i}{\sum_{j=1}^{N} w_j.H_j} \quad \textbf{(2.11)}$$

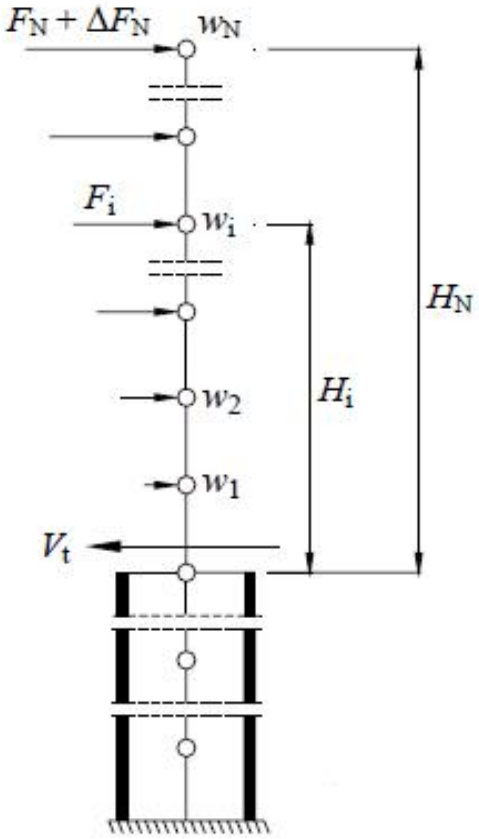
Bodrum katlarında rijitliği üst katlara oranla çok büyük olan betonarme çevre perdelerinin bulunduğu ve bodrum kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, bodrum katlarına ve üstteki katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri, aşağıda belirtildiği üzere, ayrı ayrı hesaplanacaktır. Bu yükler, üst ve alt katların birleşiminden oluşan taşıyıcı sisteme birlikte uygulanacaktır.

Üstteki katlara etkiyen toplam eşdeğer deprem yükünün ve eşdeğer kat deprem yüklerinin belirlenmesinde, bodrumdaki rijit çevre perdeleri göz önüne alınmaksızın Çizelge 2.7'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 (2.6) ile hesaplanacak olan bina doğal titreşim periyodunun hesabında da, fiktif yüklerin belirlenmesi için sadece üst katların ağırlıkları Şekil 2.4'teki biçimde kullanılacaktır.

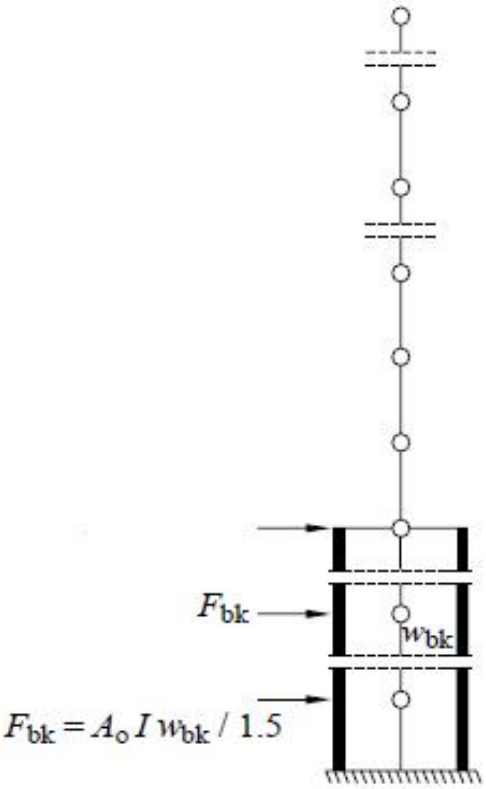
Rijit bodrum katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin hesabında, Şekil 2.5'te görüldüğü gibi sadece bodrum kat ağırlıkları göz önüne alınacak ve Spektrum Katsayısı olarak S(T)=1 alınacaktır. Her bir bodrum kata etkiyen eşdeğer deprem yükünün hesabında, Denklem (2.12)'den bulunan spektral ivme değeri ile bu katın ağırlığı doğrudan çarpılacak ve elde edilen elastik yükler, $R_a(T)$ = 1.5 katsayısına bölünerek azaltılacaktır.

$$S_a(T) = A(T) \, . \, g \quad \textbf{(2.12)}$$

Üstteki katlardan bodrum katlarına geçişte yer alan ve çok rijit bodrum perdeleri ile çevrelenen zemin kat döşeme sisteminin kendi düzlemi içinde dayanımı, bu hesapta elde edilen iç kuvvetlere göre kontrol edilecektir.

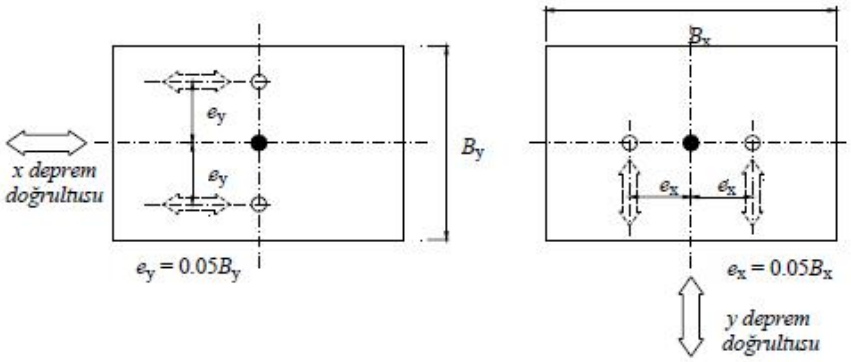


Şekil 2.4: Rijit bodrum kata sahip binada üst katlar için yapılacak eşdeğer deprem yükü hesabı.



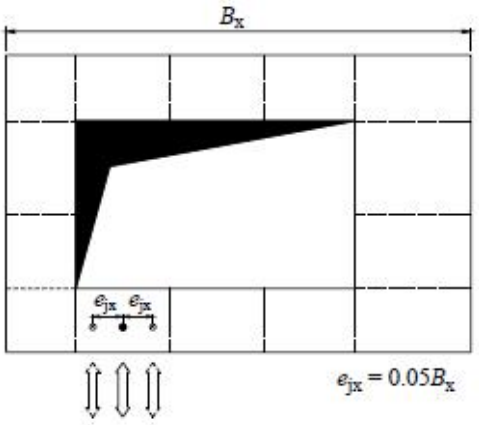
Şekil 2.5: Bodrum kata ait eşdeğer deprem yükü hesabı.

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 (2.1) ile hesaplanmış olan eşdeğer deprem yükleri, ek dış merkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi amacı ile göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara ve ayrıca kat kütle merkezine Şekil 2.6'daki gibi uygulanacaktır.



Şekil 2.6: Kütle merkezinin yeri ve kaydırılmış kütle merkezinin konumları.

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 yerdeğiştirme bileşeni hesapta göz önüne alınacaktır. Ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için, her katta çeşitli noktalarda dağılı bulunan tekil kütlelere etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin her biri, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar Şekil 2.7'deki gibi kaydırılacaktır.



Şekil 2.7: Planda düzensiz ve kat seviyesinde tek bir rijit diyaframa sahip olmayan yapıya deprem yüklerinin uygulanması.

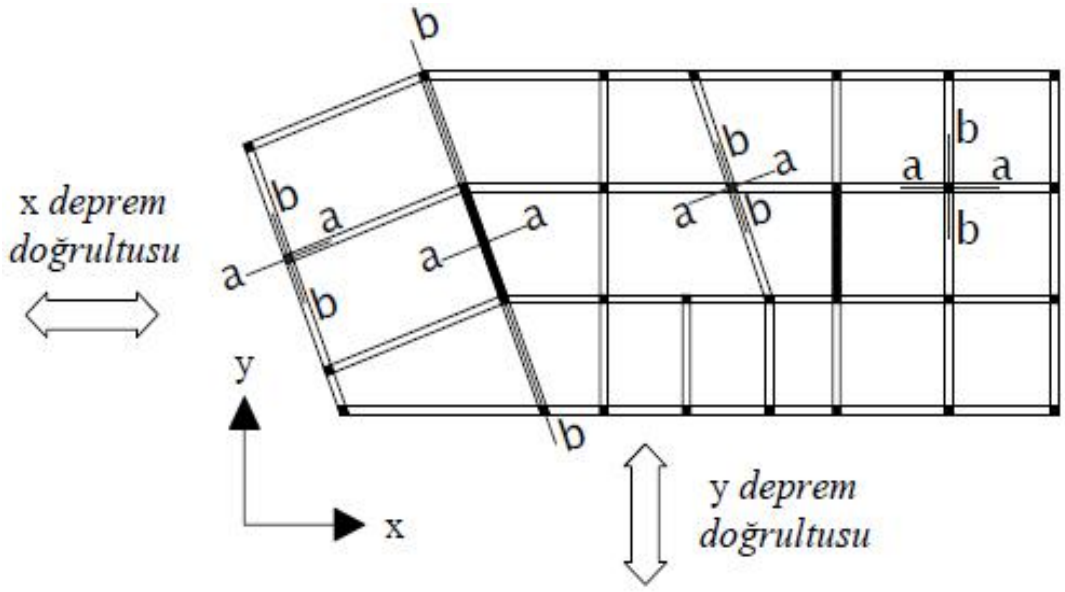
Binanın herhangi bir i'inci katında A1 türü burulma düzensizliği olması durumunda, $1.2 \leq \eta_{bi} \leq 2.0$ olmak koşulu ile bu katta uygulanan ±% 5 ek dışmerkezlik, her iki deprem doğrultusu için Denklem (2.13)'de verilen D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir.

$$D_i = \left(\frac{\eta_{Bi}}{1.2}\right)^2 \qquad \textbf{(2.13)}$$

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 (2.14) ile elde edilecektir.

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

$$B_b = \pm B_{bx} \pm 0.30\, B_{by} \quad \text{veya} \quad Bb = \pm 0.30\, B_{bx} \pm B_{by} \qquad \textbf{(2.14)}$$



Şekil 2.8: X ve y doğrultusunda depremin ortak etkisi.

2.2 Mod Birleştirme Yöntemi

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

Herhangi bir n'inci titreşim modunda göz önüne alınacak ivme spektrumu ordinatı Denklem (2.15) ile belirlenecektir.

$$S_{aR}(T_n) = \frac{S_{ae}(T_n)}{R_a(T_n)} \quad \textbf{(2.15)}$$

Bu ifadede;

$S_{aR}(T_n)$: n'inci doğal titreşim modu için azaltılmış spektral ivme [m /s^2]

$S_{ae}(T_n)$: Elastik spektral ivme [m /s^2]

$R_a(T_n)$: Deprem yükü azaltma katsayısıdır.

r'inci moda ait spektral ivme değeri Denklem (2.16) ile bulunacaktır.

$$S_{ae}(T_n) = A(T).g \quad \textbf{(2.16)}$$

Bu ifadede;

g : Yerçekimi ivmesi (9.81 m /s^2)

$A(T_n)$: Spektral ivme katsayısı olarak tanımlanmıştır.

Elastik tasarım ivme spektrumunun özel olarak belirlenmesi durumunda, Denklem (2.16)'da $S_{ae}(T_n)$ yerine, ilgili özel spektrum ordinatı göz önüne alınacaktır. 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 dışmerkezlik 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 2.7'de görüldüğü üzere kaydırılacaktır. Bu tür binalarda, sadece ek dışmerkezlik etkilerinden oluşan iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri eşdeğer deprem yüküne göre de hesaplanabilir. Bu büyüklükler, ek dışmerkezlik etkisi göz önüne alınmaksızın her bir titreşim modu için hesaplanarak birliştirilen büyüklüklere doğrudan eklenecektir.

2.2.1 Hesaba katılacak yeterli titreşim modu sayısı

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, Y, 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 kütlesinin % 90'ından daha az olmaması kuralına göre Denklem 2.17' de verildiği biçimde belirlenecektir.

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

$$\sum_{n=1}^{Y} M_{yn} = \sum_{n=1}^{Y} \frac{L_{yn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^{N} m_i \qquad \textbf{(2.17)}$$

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 2.17'de yer alan L_{xn} ve L_{yn} ile modal kütle M_n'nin ifadeleri, Denklem 2.18 ve denklem 2.19'da verilmiştir.

$$L_{xn} = \sum_{i=1}^{N} M_i \Phi_{xin} \qquad L_{yn} = \sum_{i=1}^{N} M_i \Phi_{yin} \qquad \textbf{(2.18)}$$

$$M = \sum_{i=1}^{N} \left(M_i \Phi_{XiN}^2 + M_i \Phi_{YiN}^2 + M_{\Theta i} \Phi_{\Theta iN}^2 \right) \qquad \textbf{(2.19)}$$

Bu ifadelerde;

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

Φ_{yin} : Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta y ekseni 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 yükü yöntemi için verilen kurallar aynen uygulanacak ve mod birleştirme yöntemi ile yapılacak hesapta, bodrumdaki rijit çevre perdeleri göz önüne alınmaksızın Çizelge 2.7'den seçilen R katsayısı kullanılacak, sadece üstteki katların kütleleri hesaba katılacaktır.

2.2.2. Mod katkılarının birleştirilmesi

Binaya etkiyen toplam deprem yükü, kat kesme kuvveti, iç kuvvet bileşenleri, yerdeğiştirme ve göreli 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.

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, Mod Katkılarının Birleştirilmesi başlığı altında anlatılan şekilde birleştirilerek elde edilen bina toplam deprem yükü V_{tB}'nin, Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminde Denklem (2.1) ile hesaplanan bina toplam deprem yükü V_t'ye oranının aşağıda tanımlanan β değerinden küçük olması durumunda ($V_{tB} \leq \beta.V_t$), mod birleştirme yöntemine göre bulunan tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri, Denklem (2.20)'ye göre büyütülecektir.

$$B_D = \left(\frac{\beta V_t}{V_{tB}}\right) B_B \qquad \textbf{(2.20)}$$

Bu ifadede;

B_B : Mod birleştirme yönteminde mod katkılarının birleştirilmesi ile bulunan herhangi bir büyüklük.

B_D : B_B büyüklüğüne ait büyütülmüş değer

β : 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 (2.20)'de verilen β katsayısı 0.90 alınacak, bu düzensizliklerden hiçbirinin bulunmaması durumunda ise $\beta = 0.80$ alınacaktır.

2.3 Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri

Bina ve bina türü yapıların zaman tanım alanında doğrusal elastik ya da 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.

2.3.1 Yapay deprem yer hareketleri

Yapay yer hareketlerinin kullanılması durumunda, bu bölümde verilen özellikleri taşıyan en az üç deprem yer hareketi üretilecektir.

Kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, binanın birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmayacaktır.

Üretilen deprem yer hareketinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerinin ortalaması $A_0.g$'den daha küçük olmayacaktır.

Yapay olarak üretilen bir ivme kaydına göre % 5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerinin ortalaması, göz önüne alınan deprem doğrultusundaki birinci (hakim) periyod T_1'e göre $0.2T_1$ ile $2T_1$ arasındaki periyodlar için, Denklem (2.16)'da 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 hesaplanacaktır.

2.3.2. 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 2.3.1'de verilen tüm koşulları sağlayacaktır.

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

3.1.Kapsam

Deprem yönetmeliğinin amacı, tespit ve ilan olunan deprem bölgelerinde yeniden yapılacak, değiştirilecek, büyütülecek resmi ve özel tüm binaların ve bina türü yapıların tamamının veya bölümlerinin depreme dayanıklı tasarımı ve yapımı ile mevcut binaların deprem öncesi veya sonrasında performanslarının değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi için gerekli kuralları ve minimum koşulları belirlemektir. Bu bölümde, "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007"de [1] verilen temel esaslardan bahsedilecektir.

Bu yönetmelik hükümleri, deprem bölgelerinde yeni yapılacak binalar ile daha önce yapılmış mevcut binalara uygulanır. Bu yönetmelik hükümleri, betonarme (yerinde dökülmüş ve öngermeli veya öngerilmesiz prefabrike), çelik ve yığma binalar ile bina türü yapılar için geçerlidir.

Bu yönetmeliğe göre yeni yapılacak binaların depreme dayanıklı tasarımının ana ilkesi şu şekilde verilmiştir;

1. Hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi,
2. Orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalması,
3. Şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı yapısal hasar durumunun sınırlanmasıdır.

Bu yönetmeliğe göre yeni binaların tasarımında esas alınacak tasarım depremi, yukarıda da bahsedilen şiddetli depreme karşı gelmektedir. Bina Önem Katsayısı I=1 olan binalar için, tasarım depreminin 50 yıllık bir süre içinde aşılma olasılığı %10'dur.

Bir bütün olarak deprem yüklerini taşıyan bina taşıyıcı sisteminde ve aynı zamanda taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların her birinde, deprem yüklerinin temel zeminine

kadar sürekli bir şekilde ve güvenli olarak aktarılmasını sağlayacak yeterlikte rijitlik, kararlılık ve dayanım bulunmalıdır.

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007'de [1] düzenli yapılar teşvik edilmiştir. Buna karşılık davranışlarındaki olumsuzluk ve belirsizliklerinden dolayı deprem kuvvetleri artırılarak ve ek boyutlama esasları ve konstrüktif kurallar getirilerek düzensiz yapıların dayanım düzeyi yükseltilmiş ve bunların seçiminden caydırma esas alınmıştır.

3.2 Düzensiz Binalar

Çizelge 3.1: Düzensiz yapılar.

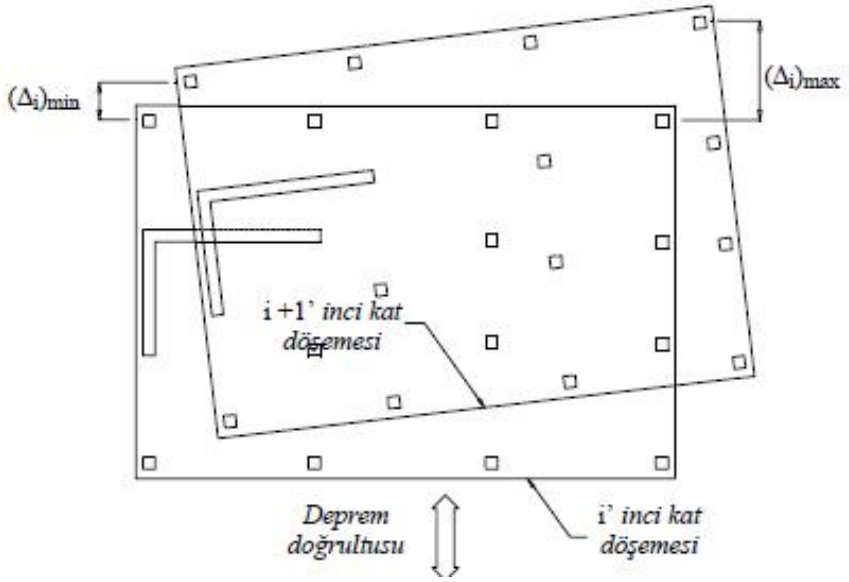
A – Planda Düzensizlik Durumları	**İlgili Maddeler**
A1-Burulma Düzensizliği: Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük göreli kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama göreli ötemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi}'nin 1.2'den büyük olması durumu (Şekil 3.1) [$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} > 1.2$] Göreli kat ötelemelerinin hesabı, ± % 5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak, 2.1'e göre yapılacaktır.	3.2.1.1
A2- Döşeme Süreksizlikleri: Herhangi bir kattaki döşemede (Şekil 3.2); 1-Merdiven ve asansör boşlukları, dâhil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu, 2-Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu, 3-Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu	3.2.1.2
A3- Planda Çıkıntıların Bulunması: Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultudaki toplam plan boyutlarının % 20'sinden daha büyük olması durumu (Şekil 3.3)	3.2.1.3
B – Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları	**İlgili Maddeler**
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 0.8'den küçük olması durumu. [$\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0.8$]	3.2.2.1
B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat): Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki}'nin 2.0'dan fazla olması durumu	3.2.2.2
B3-Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği: Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu (Şekil 3.5)	3.2.2.3

Depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken düzensiz binaların tanımlanması ile ilgili olarak, planda ve düşey doğrultuda düzensizlik meydana getiren durumlar Çizelge 3.1'de verilmiştir.

3.2.1 Planda düzensizlik durumları

3.2.1.1 A1 burulma düzensizliği

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir kattaki en büyük rölatif yatay kat ötelemesinin ortalama rölatif kat ötelemesine oranı olarak tanımlanan Burulma Düzensizlik Katsayısı η_{bi}'nin 1.2'den büyük olması durumu, burulma düzensizliği olarak tanımlanmaktadır ve Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1: A1 Burulma Düzensizliği.

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} > 1.2 \quad \textbf{(3.1)}$$

$$(\Delta_i)_{ort} = 1/1[(\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}] \quad \textbf{(3.2)}$$

Kat ortalama yatay yerdeğiştirmesi, bina döşemesinin rijit diyafram gibi davrandığı kabul edilerek, en küçük ve en büyük yerdeğiştirmelerin ortalaması olarak alınmıştır. Burulma türü düzensizlik deprem kuvvetinin etkidiği kat kütle merkezi ile kat rijitlik merkezinin birbirinden ayrık olması ile belirgin duruma gelir. Kat ötelemelerinin hesabında, kütle merkezindeki muhtemel değişiklikleri de göz önüne alarak, deprem kuvvetinin, etkidiği doğrultuya dik bina boyutunun ±%5 kadar bir dışmerkezlikle

bulunduğu kabul edilecektir. Kabul edilen elde olmayan bu dışmerkezlikten dolayı bina tamamen simetrik olsa bile daima η_{bi} >1.0 olacaktır. Yapıda ek düzensizlik bulunması bu oranı daha da arttıracaktır.

Deprem Yönetmeliği'nde [1] dinamik hesap taşıyıcı sistemin davranışının belirlenmesinde daha etkili bir yöntem kabul edildiği için, η_{bi} >2.0 olması durumunda, birinci ve ikinci deprem bölgelerinde Mod Birleştirme Yöntemi'nin kullanılması zorunlu kılınmıştır. Burulma Düzensizlik Katsayısı'nın 1.2> η_{bi} >2.0 olması durumunda ise, katlara etkiyen eşdeğer deprem yükü için kabul edilen ±%5 eş dışmerkezlik Denklem (3.3)'de verilen D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir.

$$D_i = \left(\frac{\eta_{Bi}}{1.2}\right)^2 \qquad \textbf{(3.3)}$$

3.2.1.2 A2 döşeme süreksizlikleri

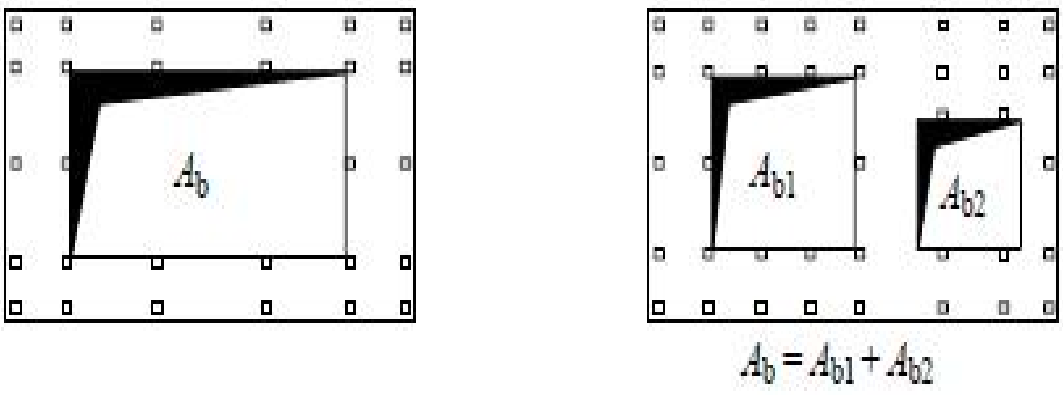
Kat seviyelerinde, düzlem rijit diyafram olarak çalışması istenen döşeme sistemleri bu koşulu, Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'te verildiği gibi barındırmış oldukları mevcut boşluklardan dolayı sağlayamadıkları durumda ortaya çıkan planda süreksizlik türüdür. Denklem (3.4)'de verilmiş şekli ile döşeme boşlukları kat seviyesinde toplam döşeme alanının 1/3'ünü geçmemelidir.

$$A_b / A > 1/3 \qquad \textbf{(3.4)}$$

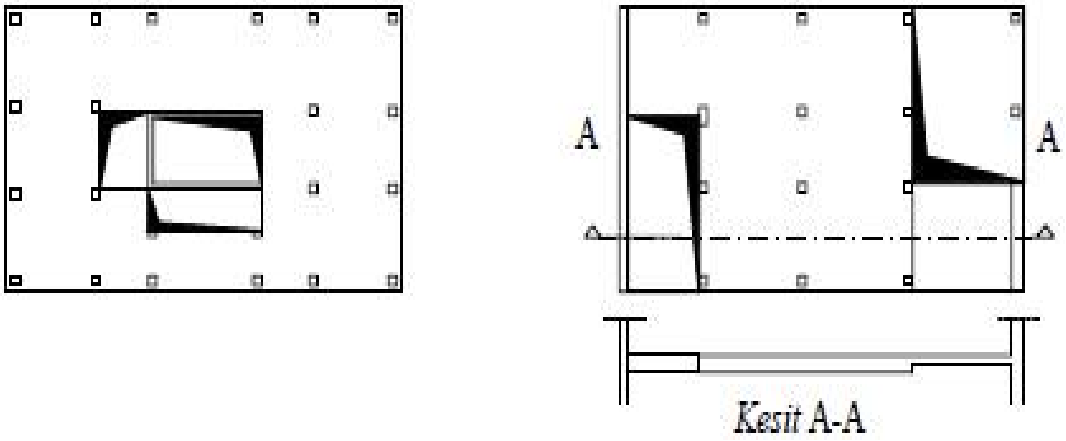
Bu ifadede;

A_b :Boşluk alanları toplamı

A :Brüt kat alanı olarak tanımlanmıştır.



Şekil 3.2: A2 düzensizlik durumu-1.



Şekil 3.3: A2 düzensizlik durumu 2 ve 3.

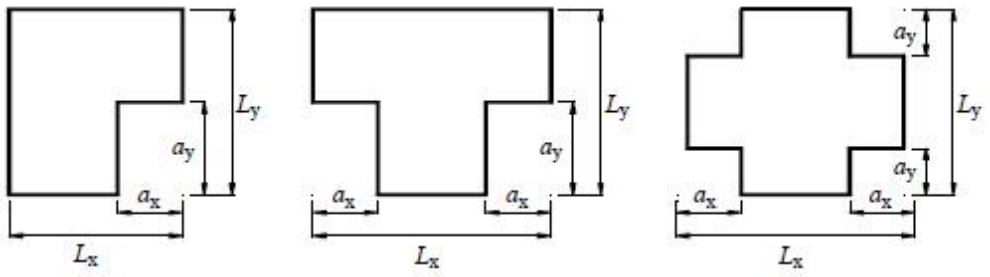
Deprem yüklerinin kolon ve perde gibi düşey taşıyıcı elemanlara güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşlukları bulunmamalıdır. Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani değişikliklerin bulunması döşeme süreksizlik düzensizliği olarak tanımlanır. Deprem kuvvetinin yapıda kütlenin yoğun olarak bulunduğu döşemelerde meydana geldiği kabul edildiği için, bu yüklerin döşemelere mesnetlik yapan kiriş, kolon ve perde gibi elemanlara iletilmesi önemlidir. Döşemede boşlukların bulunması ve özellikle döşemenin doğrudan kolon veya perdeye mesnetlendiği kirişsiz döşemelerde bu mesnetlenme kenarlarında boşlukların bulunması, kuvvet iletimini zorlaştıracak ve gerilme yığılmalarına sebep olacaktır. Bunun gibi, döşemenin kalınlığında ani sayılabilecek değişiklikler de deprem kuvvetinin iletilmesinde gerilme yığılmalarına sebep olabilir. Bu düzensizliğin bulunduğu binalarda, kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini, kolon ve perde gibi düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarabildiği gösterilmelidir.

3.2.1.3 A3 planda çıkıntılar bulunması

Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların her iki bina boyutunun % 20'sini aşması durumunda Şekil 3.4'te verilen şekilde ortaya çıkan planda düzensizlik durumudur.

$A_x > 0.2\ L_x$ ve/veya $a_y > 0.2\ L_y$ olmalıdır.

L_x, L_y, a_x, a_y ifadeleri Şekil 3.4 üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 3.4: A-3 türü düzensizlik durumu.

Bu tür düzensizliğe sahip L, T, H ve U şeklindeki döşemeler deprem kuvvetlerini diğer elemanlara iletirken, rijit diyafram gibi davrandığı kabulü doğru olmayabilir. Bu durumda, döşemenin kollarında düzlemleri içinde birbirine göre relatif yerdeğiştirme ortaya çıkabilir. Döşemede oluşan deprem yüklerinin kiriş, kolon ve perde gibi elemanlara paylaştırılmasında döşemenin düzlem içi eğilmesinin de göz önüne alınması ve bu kuvvetlerinin güvenle elemanlar arası iletilebildiğinin gösterilmesi gerekir.

3.2.2 Düşey doğrultuda düzensizlik durumları

3.2.2.1 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.

$$[\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0.8] \quad \textbf{(3.5)}$$

$$\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0.15 \sum A_k \quad \textbf{(3.6)}$$

Bu ifadede:

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

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

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

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

Yapılarda depremden doğan kolon ve perde kesme kuvvetleri ve momentleri üst katlara doğru azalır. Buna uygun olarak, bina yüksekliği boyunca kolon ve perde kapasitelerinin yukarıya doğru azalarak değişimi beklenir. Bu suretle taşınması gerekli etki ile taşınabilecek etki arasında uygun bir değişim oluşturulur ve oluşabilecek bir deprem hasarının dengeli biçimde dağılması sağlanır. 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 göz önüne alınmayacaktır. $0.60 < (\eta_{ci})_{min} < 0.80$ aralığında Çizelge 2.7'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 arttırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.

3.2.2.2 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki}'nin 2.0'dan fazla olması durumudur. Göreli kat ötelemeleri hesabı ±% 5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak yapılacaktır.

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

$$[\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)ort / =(\Delta_{i-1} / h_{i-})ort > 2.0] \qquad \textbf{(3.7)}$$

Yapılarda deprem etkileri alt katlara doğru artar. Buna uygun olarak bina yüksekliği boyunca kat yatay rijitliklerinin artması sağlanır. Bu suretle kat rölatif yerdeğiştirmelerinin de yakın değerlerde ve alt katlarda üste göre daha büyük rölatif yerdeğiştirme oluşması beklenir. Bu tür özelliği bulunmayan binalarda alt kat üste göre daha yumuşak, kolay yerdeğiştirebilir olup, bu durum deprem hasarının alt katlarda yoğunlaşmasına ikinci mertebe etkilerin büyümesine ve bunun sonucu olarak taşıyıcı sistemin ağır hasar görmesine sebep olur.

Deprem Yönetmeliği'nde [1] dinamik hesap, taşıyıcı sistemin davranışının belirlenmesinde daha etkili bir yöntem kabul edildiği için, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde inşa edilen ve toplam yüksekliği $25m < H_N < 60m$ olan bu tür düzensizliğe sahip binalar için dinamik hesap yapılmasını zorunlu kılmıştır. Bina

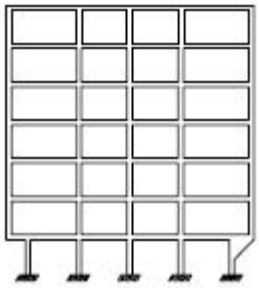
yüksekliğinin 60m den büyük olması durumunda ise, bu tür düzensizliğe bakılmaksızın dinamik hesap yapılması öngörülmüştür.

3.2.2.3 B3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumudur.

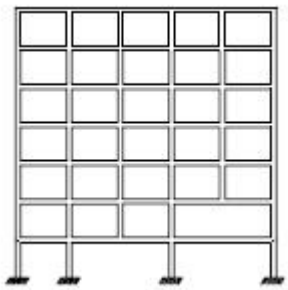
B3 türü düzensizliğin bulunduğu binalara ilişkin koşullar, bütün deprem bölgelerinde uygulanmak üzere, aşağıda belirtilmiştir:

(a) Şekil 3.5'teki gibi kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.



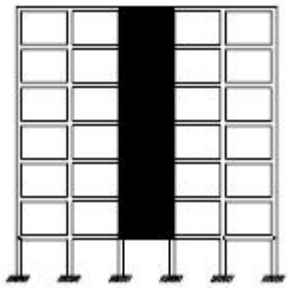
Şekil 3.5: B3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği (a).

(b) Şekil 3.6'daki gibi 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.



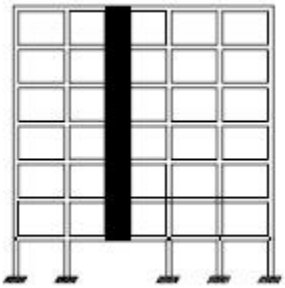
Şekil 3.6: B3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği (b).

(c) Şekil 3.7'deki gibi üst katlardaki perdenin altta kolonlara oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.



Şekil 3.7: B3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği (c).

(d) Şekil 3.8'deki gibi perdelerin binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasına oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.



Şekil 3.8: B3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği (d).

3.3 Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması, İkinci Mertebe Etkileri ve Deprem Derzleri

3.3.1 Etkin göreli kat ötelemelerinin hesaplanması ve sınırlandırılması

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

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

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 alınmayacaktır koşulu ve Denklem (2.1)'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 göreli kat ötelemesi, δ_i, Denklem (3.9) ile elde edilecektir.

$$\delta_i = R.\Delta_i \quad \textbf{(3.9)}$$

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i'inci katındaki kolon veya perdede, Denklem (3.9) ile hesaplanan δ_i, etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $(\delta_i)_{max}$, Denklem (3.10)'da verilen koşulu sağlayacaktır.

$$(\delta_i)_{max} / \ h_i \leq 0.02 \quad \textbf{(3.10)}$$

Denklem (3.10)'daki koşulun binanın herhangi bir katında sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği arttırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır. Ancak verilen koşul sağlansa bile, yapısal olmayan gevrek elemanların (cephe elemanları vb.) etkin göreli kat ötelemeleri altında kullanılabilirliği hesapla doğrulanacaktır.

3.3.2 İkinci mertebe etkileri

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal elastik olmayan davranışını esas alan daha kesin bir hesap yapılmadıkça, ikinci mertebe etkileri yaklaşık olarak aşağıdaki şekilde alınabilir. Göz önüne alınan deprem doğrultusunda her bir katta, İkinci Mertebe Gösterge Değeri, Θ_i'nin, Denklem (3.11) ile verilen koşulu sağlaması durumunda, ikinci mertebe etkileri yürürlükteki betonarme ve çelik yapı yönetmeliklerine göre değerlendirilecektir.

$$\Theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \sum_{j=1}^{N} w_j}{V_i h_i} \leq 0.12 \quad \textbf{(3.11)}$$

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

3.3.3 Deprem derzleri

Farklı zemin oturmalarına bağlı temel öteleme ve dönmeleri ile sıcaklık değişmelerinin etkisi dışında, bina blokları veya mevcut eski binalarla yeni yapılacak binalar arasında, sadece deprem etkisi için bırakılacak derz boşluklarına ilişkin koşullar bu bölümde verilmiştir.

Derz boşlukları, her bir kat için komşu blok veya binalarda elde edilen yerdeğiştirmelerin karelerinin toplamının karekökü ile aşağıda tanımlanan α

katsayısının çarpımı sonucunda bulunan değerden az olmayacaktır. Göz önüne alınacak kat yerdeğiştirmeleri, kolon veya perdelerin bağlandığı düğüm noktalarında hesaplanan azaltılmış d_i yerdeğiştirmelerinin kat içindeki ortalamaları olacaktır. Komşu binaların veya bina bloklarının kat döşemelerinin bütün katlarda aynı seviyelerde olmaları durumunda $\alpha = R / 4$ alınacaktır. Komşu binaların veya bina bloklarının kat döşemelerinin, bazı katlarda olsa bile, farklı seviyelerde olmaları durumunda $\alpha = R / 2$ alınacaktır. 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. Bina blokları arasındaki derzler, depremde blokların bütün doğrultularda birbirlerinden bağımsız olarak çalışmasına olanak verecek şekilde düzenlenecektir.

3.4 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 başlanmasından önce tayin edilmesi gerekir. Bu nedenle bu kısımda zemin koşullarının deprem hesabını etkileyen faktörleri verilmiştir.

3.4.1 Zemin grupları ve yerel zemin sınıfları

Zemin koşullarını deprem hesabına yansıtmak amacı ile D.B.Y.B.H.Y 2007 [1]'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 3.2'de verilmiştir. Çizelge 3.2'ye göre belirlenen Yerel Zemin Sınıfları Bölüm 2 Çizelge 2.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.2 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 kayaçlar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayaçlar, sert çimentolu tortul kayaçlar …. 2-Çok sıkı kum, çakıl …….. 3-Sert kil ve siltli kil ……	- > 50 > 32	- 85-100 -	>1000 - >400	>1000 >700 >700
(B)	1-Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayaçlar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayaçlar …….. 2-Orta sıkı kum, çakıl …….. 3-Çok katı kil ve siltli kil ….	- 30-50 16-32	- 65-85 -	$500\text{-}10^3$ - 200-400	$700\text{-}10^3$ 400-700 300-700
Zemin Grubu	**Zemin Grubu Tanımı**	**Standart Penetrasyon (N/30)**	**Relatif Sıkılık (%)**	**Serbest Basınç Direnci (kPa)**	**Kayma Dalgası Hızı (m/s)**
(C)	1-Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayaçlar ve çimentolu tortul kayaçlar …… 2-Orta sıkı kum, çakıl …….. 3-Katı kil ve siltli kil ……	- 10-30 8-16	- 35-65 -	<500 - 100-200	400-700 200-400 200-300
(D)	1-Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları …. 2-Gevşek kum …….... 3-Yumuşak kil, siltli kil …..	- <10 <8	- <35 -	- - <100	<200 <200 <200

4. BETONARME BİR YAPININ TASARIMI

Bu çalışmada, 13 katlı betonarme çok katlı bir yapının yatay ve düşey yükler altında D.B.Y.B.H.Y. 2007 [1] kurallarına göre Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi kullanılarak 4 farklı zemin koşulunda tasarımı yapılmıştır.

Söz konusu yapı, 1 adet rijit perdelerle çevrili bodrum kat, 1 zemin kat ve 11 normal kattan oluşmaktadır. Tüm katların yüksekliği 3 m'dir. Yapı birinci derece deprem bölgesinde yer almaktadır ve Z1, Z2, Z3 ve Z4 yerel zemin sınıfları için ayrı ayrı tasarım yapılmıştır. Yapıda C25 kalitesinde beton ve S420 kalitesinde betonarme çeliği kullanılmıştır. Tasarımı yapılmış olan 13 katlı betonarme yapıya ait genel bilgiler Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Tasarımı yapılan bina kalıp planı, ön boyutlandırma sonrası tasarlanmış olan taşıyıcı elaman kesitlerine göre çizilmiştir. Yapıda kapalı çıkma ve planda düzensizlik durumları mevcut değildir.

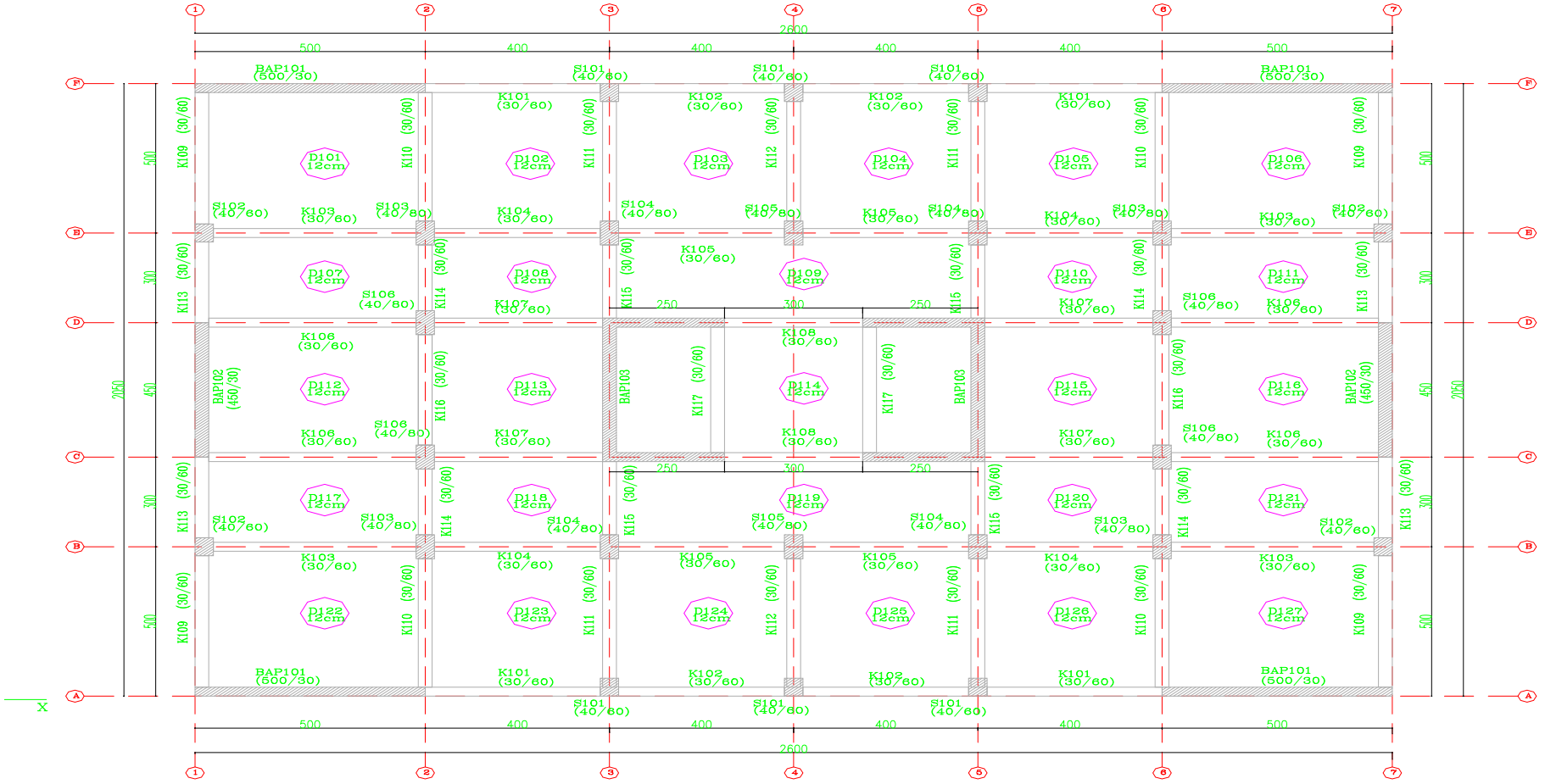
Binaya ait kalıp planı şekil 4.1'de verilmiştir. Yapıya ait bodrum kat 30 cm genişliğinde rijit perde duvarlarla çevrilidir. Yapı yüksekliğince 4 kez kolon boyutlarında daraltma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapıda her iki doğrultuda simetri mevcuttur. Yapıdaki simetri göz önüne alınarak bu bölümde 9 adet döşeme tipi, 17 tip kiriş, 6 tip kolon ve 4 tip perde üzerinde gerekli olan tüm işlemler yapılmıştır.

Yapıdaki tüm düşey taşıyıcı elemanların kesitleri ön boyutlandırma ile belirlenmiştir. Ön boyutlandırma sonucunda belirlenen kesitler ile yapının SAP2000 programında statik hesabı yapılmış ve tüm elemanlara ait iç kuvvetler belirlenmiştir. Statik hesap sonuçları mukavemet sağ el kuralına göre dönüştürülerek iç kuvvetler çizelgeler halinde zemin kat ve 11. katta X ve Y doğrultusunda en dış akslar için verilmiştir.

Çizelge 4.1: Bina genel özellikleri.

Bina Genel Bilgileri				
Açıklama	**Bilgiler**			
Kat Adedi	Bodrum + Zemin +11 Normal Kat			
Kullanım Amacı	Konut			
Yapı Süneklik Düzeyi	Yüksek			
Yapı Önem Katsayısı (I)	1.00			
Bina Taşıyıcı Sistemi	Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler kullanılarak taşındığı sistemler sınıfındadır.			
Zemin Durumu	Z1, Z2, Z3, Z4			
Deprem Bölgesi	1'inci Derece Deprem Bölgesi			
Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0)	0.4			
Malzeme	Beton Sınıfı: C25, Çelik Sınıfı: S420			
Beton Sınıfı: C25	F_{ck} (Mpa)	F_{ctk} (Mpa)	F_{cd} (Mpa)	F_{ctd} (Mpa)
	25	1.8	16.7	1.25
Çelik Sınıfı: S420	F_{yk} (Mpa)	F_{yd} (Mpa)		
	420	365		
Elastisite Modülü E (Mpa)	30000			
Kat Yükseklikleri (h)	Bodrum Kat	Zemin Kat	Normal Katlar	
	3 m	3 m	3 m	
Binanın Toplam Yüksekliği	39 m			

Çizelge 4.1'de 13 katlı binaya ait genel özellikler verilmiştir.



Şekil 4.1: Normal kat kalıp planı.

4.1 Döşemelerin Hesap ve Tasarımı

Taşıyıcı sistemdeki tüm döşemeler kirişli plak döşeme olarak tasarlanmıştır. Kalıp planında toplam 27 adet döşeme vardır. Yapıda her iki doğrultuda simetri olduğu için tasarımı ve hesabı yapılmış olan 9 tip döşeme vardır.

Merdiven kovası ve asansör boşluğundan dolayı komşu kirişlere aktarılan yükler hesap edilirken merdiven kovası ve asansör boşluklarının olduğu yerlerde eşdeğer 12 cm kalınlığında döşemeler mevcut olduğu kabul edilerek hesaplanmıştır.

4.1.1 Döşeme kalınlığı hesabı

Döşeme kalınlıkları Denklem 4.1'e göre belirlenmiştir.

$$h_f = \frac{l_{sn}}{\left(15+\frac{20}{\varepsilon}\right)} \cdot \left(1-\frac{\alpha_s}{4}\right) \qquad \textbf{(4.1)}$$

Bu ifadede;

h_f : Döşeme kalınlığı

l_{sn} : Sürekli kenar serbest açıklığı uzunluğu

α_s : Sürekli kenar uzunluğunun toplam döşeme kenarı uzunluğuna oranı

ε : Uzun kenar eksenel açıklığının kısa kenar eksenel açıklığına oranı olarak verilmiştir.

Döşeme kalınlıkları hesabına göre en büyük minimum döşeme kalınlığı $h_f > 11.750$ cm bulunmuş ve tüm plak döşemelerin kalınlıkları $h_f = 12$ cm seçilmiştir. Döşeme mesnetlenme özellikleri ve döşemelere ait diğer özellikler Çizelge 4.2'de verilmiştir.

4.1.2 Döşeme yüklerinin belirlenmesi

Çatı katı hariç tüm katlarda sabit yükler aynı alınmıştır. Hareketli yükler ise TS 498'de [2] verildiği şekilde alınmıştır.

4.1.2.1 Sabit yükler (g)

<u>Çatı Dışındaki Tüm Katlar</u>

1- Öz Ağırlık = 0.12*25 = 3 kN/m^2

2- Laminat Parke = 0.08 kN/m^2 + 0,01*20 = 0,28 kN/m^2

3- Şap = 0.05*22 = 1.1 kN/m^2

4- Strafor (sarı) = 0.02*0.3 = 0.006 kN/m^2

5- Tavan Sıvası = 0.02*20 = 0.4 kN/m^2

Toplam Sabit Yük = 4.786 kN/m^2, Seçilen Sabit Yük = 4.800 kN/m^2

Çizelge 4.2: Döşeme mesnetlenme özellikleri.

Döşeme Kalınlığı Tayini						
Döşeme İsmi	**Mesnetlenme Biçimi**	**ln x (cm)**	**ln y (cm)**	**ε**	**α**	**hf (cm)**
D01		500	500	1.000	0.5	11.750
D02		400	500	1.250	0.778	9.615
D03		400	500	1.250	0.778	9.615
D07		500	300	1.670	0.813	7.976
D08		400	300	1.330	1.000	6.742
D12		500	450	1.110	0.763	10.293
D13		400	450	1.125	0.735	9.213
D14		300	450	1.50	0.4	8.576
D09	Tek doğrultuda çalışan döşeme h= l/25	800	300	2.670		10.800

Çatı Katı

1- Öz Ağırlık = 0.12*25 = 3 kN/m^2

2- Oluklu Kiremit = 0.01*5 = 0.05 kN/m^2

3- Isı İzolasyonu = 0.04*0.3 = 0.012 kN/m^2

4- Ahşap Çatı = 0.75 kN/m^2

5- Tavan Sıvası = 0.02*20 = 0.4 kN/m^2

Toplam Sabit Yük = 4.212 kN/m^2, Seçilen Sabit Yük = 4.300 kN/m^2

4.1.2.2 İlave sabit yükler

Döşeme üzerinde duvar bulunması durumunda, duvardan kaynaklanan üniform şerit yükü hesaba katmanın zor olmasından dolayı kaba bir yaklaşım olarak duvar ağırlığı hesaplanır.

Döşemeler üzerinde taşıyıcı olmayan tuğla duvarın bulunması ve döşeme hareketli yükünün 5 kN/m^2'den az olması durumunda pratik olarak hareketli yük 1.5 kN/m^2 arttırılabilir.

4.1.2.3 Hareketli yükler (q)

Döşemeler üzerine etkitilecek olan hareketli yükler TS 498'den [2] alınmıştır. Konut odalarında q = 2 kN/m^2 alınmıştır. Tüm döşemeler konut odası olduğu için, tüm döşemelerde 2 kN/m^2 hareketli yük kullanılmıştır. Yapıda balkon bulunmamaktadır. Çatı katı döşemesinde ise q = 0.75 kN/m^2 kar yükü alınmıştır.

4.1.2.4 Döşeme hesap yükleri

Döşemeler'deki hesap yükleri bulunurken TS 500'de [3] 6.2.6'da verilen sadece düşey yük kullanılacak olan yük birleşimi P_d = 1.4G+1.6Q hesap yükü kullanılmıştır.

Çatı Dışındaki Tüm Katlar İçin

Sabit Yük G = 4.8 kN/m^2

Hareketli Yük = 2 kN/m^2

Döşeme Hesap Yükü = 1.4*4.8 + 1.6*2 = 9.92 kN/m^2

4.1.3 Döşemelerin statik hesabı

Çift doğrultuda çalışan plak döşemeler için, Eşdeğer Çerçeve Yöntemi ve Akma Çizgileri Yöntemi gibi farklı yöntemleri döşeme statik hesabında kullanmak mümkündür.

TS 500 [3] 11.Bölüm 11.4.2'de belirtildiği üzere çift doğrultuda çalışan kirişli plak döşemelerin hesabında, döşeme açıklıklarının birbirinden çok farklı olmadığı durumlarda veya kesin hesap yapma gereği olmadığı durumlarda bu bölümde verilen yaklaşık yöntem kullanılabilir. Döşeme plakları kare veya dikdörtgen olabilir.

Tek doğrultuda çalışan döşemelerde α katsayıları ile hesap yapılamaz. Diğer taraftan sürekli kiriş teorisiyle β_m katsayıları ile sürekli iki açıklık bulunmadığından uygulanamamaktadır.

4.1.3.1 İki doğrultuda çalışan plak döşemeler için TS 500 yaklaşık yöntem

Yaklaşık yöntem ile plak statik hesabı plak açıklıkları arasında büyük farklılıklar olmayan yapılarda veya daha kesin hesaba ihtiyaç duyulmadığı yapılarda kullanılabilen bir yöntemdir. Yaklaşık yöntemle plakların momentleri hesaplanırken Çizelge 4.2'de verilen α katsayıları kullanılmıştır. Plak momentleri Denklem 4.3 ile hesaplanmıştır.

$$M = \alpha . P . l_{sn}^2 \qquad \textbf{(4.3)}$$

Bu ifadede;

M_d : Plak için hesaplanmış olan açıklık veya mesnet momentidir.

P_d : 1.4G ve 1.6Q toplamından oluşan döşeme hesap yüküdür.

l_{sn} : Plağın kısa doğrultusundaki net açıklığıdır.

α : TS 500 [3] Moment Katsayısıdır.

4.1.3.2 α Katsayılarının bulunması ve döşeme moment hesabı

Çizelge 4.2 kullanılarak tüm döşemeler için α katsayıları hesaplanmıştır. Yapılan hesaplara örnek teşkil etmek amacı ile D 01 döşemesine ait hesap aşağıda verilmiştir. Tüm döşemeler için yapılmış olan α katsayıları hesabı ise Çizelge 4.3'te verilmiştir. Yapılmış olan moment hesaplarına örnek teşkil etmesi amacı ile D01 döşemesine ait moment hesabı aşağıda verilmiştir. Tüm döşemelere ait moment hesapları ise Çizelge 4.4'te verilmiştir.

D01 Mesnetlenme biçimi: Komşu iki kenar süreksiz

l_l = 500 cm, ls = 500 cm

l_l / l_s = 1.000

Kısa açıklık doğrultusunda negatif moment için $\alpha = 0.049$

Kısa açıklık doğrultusunda pozitif moment için $\alpha = 0.037$

Uzun açıklık doğrultusunda negatif moment için $\alpha = 0.049$

Uzun açıklık doğrultusunda pozitif moment için $\alpha = 0.037$ bulunmuştur.

$P_d = 9.92$ kN/m^2 (Hesap Yükü), $l_{sn} = 470$ cm (Kısa yönde net açıklık)

$M_{1x} = 0.037*9.92*4.7^2 = 8.110$ kNm (Açıklık Momenti)

$M_{1y} = 0.037*9.92*4.7^2 = 8.110$ kNm (Açıklık Momenti)

$X_1 = 0.049*9.92*4.7^2 = 10.740$ kNm (Mesnet Momenti)

$Y_1 = 0.049*9.92*4.7^2 = 10.740$ kNm (Mesnet Momenti)

Çizelge 4.3'te "K.A.D." kısa açıklık doğrultusunu, "U.A.D." ise uzun açıklık doğrultusunu, "L_l" uzun kenarı, "L_s" kısa kenarı ifade etmektedir.

TS 500 [3] α katsayıları kullanılarak hesaplanmış olan döşemelere ait kısa ve uzun kenarlar gözönüne alınarak bulunan mesnet ve açıklık momentleri hesaplandıktan sonra döşeme statik hesabı yapılmıştır. Döşeme statik hesabında kullanılmış olan momentler mesnet moment düzeltmesi sonrası bulunmuş olan döşeme momentleridir.

Çizelge 4.3: TS 500 α katsayılarının bulunması.

TS 500 Yaklaşık Yöntemi								
α Sayıları								
Döşeme İsmi	Döşeme Sınır Koşulları	l_l	l_s	l_l/l_s	K.A.D.		U.A.D.	
					Negatif	Pozitif	Negatif	Pozitif
D01	İki Komşu Kenar Süreksiz	500	500	1.000	0.049	0.037	0.049	0.037
D02	Bir Kenar Süreksiz	500	400	1.250	0.055	0.042	0.041	0.031
D03	Bir Kenar Süreksiz	500	400	1.250	0.055	0.042	0.041	0.031
D07	Bir Kenar Süreksiz	500	300	1.670	0.072	0.054	0.041	0.031
D08	Dört Kenar Sürekli	400	300	1.330	0.052	0.039	0.033	0.025
D12	Bir Kenar Süreksiz	500	400	1.110	0.047	0.035	0.041	0.031
D13	Bir Kenar Süreksiz	450	400	1.125	0.048	0.036	0.041	0.031
D14	İki Uzun Kenar Süreksiz	450	300	1.500	Oluşmaz	0.071	0.056	0.044

Çizelge 4.4: Döşeme açıklık ve mesnet momentleri.

Döşeme Momentleri							
Döşeme İsmi	**Döşeme Kalınlığı**	**Hesap Yükü Pd**	**Lsn**	**Mx**	**My**	**X**	**Y**
D01	12.000	9.92	470.000	8.110	8.110	10.740	10.740
D02	12.000	9.92	370.000	5.700	4.210	7.470	5.570
D03	12.000	9.92	370.000	5.700	4.210	7.470	5.570
D07	12.000	9.92	270.000	2.240	3.910	2.960	5.210
D08	12.000	9.92	270.000	1.810	2.820	2.390	3.760
D12	12.000	12.16	420.000	6.650	7.510	8.790	10.080
D13	12.000	12.16	370.000	5.990	5.160	7.990	6.830
D14	12.000	9.92	270.000	5.130	3.180	0.000	4.050
D09	12.000	9.92	270.000	3.720	11.110	-	6.280

4.1.3.3 Mesnet momentlerinin dengelenmesi

Kalıp planı üzerinde tasarlanmış olan olan tüm döşemeler için hem X doğrultusunda hem de Y doğrultusunda mesnet moment seçimi yapılması gerekmektedir. Bu nedenle X doğrultusunda sırasıyla D01-D02, D02-D03, D03-D04, D07-D08 döşemeleri arasında mesnet moment seçimi yapılmıştır. Aynı işlemler Y doğrultusunda sırasıyla D01-D07, D07-D12, D02-D08, D08-D13, D03-D09, D09-D14 komşu döşemeler arasında da yapılmıştır. Örnek teşkil etmesi amacıyla X doğrultusunda D01-D02 döşemeleri için yapılmış olan mesnet momenti seçimi aşağıda verilmiştir. Diğer tüm yapılmış X doğrultusunda hesap sonuçları ise Çizelge 4.5'te verilmiştir. Y doğrultusundaki mesnet moment düzeltmeleri de Çizelge 4.6'da verilmiştir.

D01–D02Mesnet Momenti Seçimi:

L_{1X} = 5.00 m, l_{2X} = 4.00 m

X_1 = 10.740 kNm, X_6 = 7.470 kNm

0.8*10.740 = 8.590 > min X = 7.470 dağıtma işlemi yapılacak.

$$d_1=\frac{\frac{1}{5}}{\frac{1}{5}+\frac{1}{4}}=0.444 \qquad d_2=\frac{\frac{1}{4}}{\frac{1}{5}+\frac{1}{4}}=0.555$$

Δ_X =(10.740-7.470)*2/3 = 2.180 kNm

X'_1= 10.740-0.444*2.180 =9.770 kNm

X'_2= 7.470+0.555*2.180 =8.680 kNm

Seçilen mesnet momenti X_{1-2} = 9.770 kNm

Çizelge 4.5: X Doğrultusunda mesnet moment seçimi.

X Doğrultusunda Mesnet Momenti Seçimi	
Mesnet	Moment (kNm)
D01-D02 ARASI	9.770
D02-D03 ARASI	7.470
D03-D04 ARASI	7.470
D07-D08 ARASI	2.960

Çizelge 4.6: Y Doğrultusunda mesnet moment seçimi.

X Doğrultusunda Mesnet Momenti Seçimi	
Mesnet	Moment (kNm)
D01-D07 ARASI	9.360
D07-D12 ARASI	8.780
D08-D13 ARASI	6.010
D02-D08 ARASI	5.120
D03-D09 ARASI	8.800
D09-D14 ARASI	8.280

4.2 Kiriş Yüklerinin Belirlenmesi

4.2.1 Kiriş ön boyutları

Kiriş ön boyutları TS 500'de [3] verilmiş olan aşağıdaki kriterleri sağlayacak biçimde ve yapı yüksekliği göz önüne alınarak 30x60 cm olarak tayin edilmiştir. Yapıda mevcut olan tüm kirişler 30 cm genişliğe ve 60 cm yüksekliğe sahiptir.

$h_{kiriş} > 3*h_{döş}$

$b_w > 200mm$

$h_{kiriş} < (1/4)*l_{sn}$

$h_{kiriş} < 3.5*b_w$

4.2.2 Kirişlere gelen yüklerin belirlenmesi

Yapıda mevcut olan tüm normal kat kirişlerine, kendi zati ağırlıkları dışında 2 tip yük etki etmektedir. Bu yüklerden ilki sadece kalıp planında yapı etrafını dönen kirişlere etkiyen tam tuğla duvar yüküdür. Bu yüklerden ikincisi ise yapıdaki döşemelerden dolayı kirişlere etkiyen yüklerdir. Mimari planda döşemeler üzerinde

bulunan yarım tuğla duvarların ağırlıkları, döşemelere çizgisel yayılı yük olarak aktarılmamış, döşeme sabit yükleri 1.5 kN/m^2 artırılmıştır. Döşemelerin sahip oldukları G sabit yükleri ve Q hareketli yükleri, döşemelerin etrafını çeviren kirişlere kırık çizgiler kullanılarak ayrı ayrı üniform yayılı yük olarak aktarılmıştır. Yapıda 60 adet kiriş bulunmaktadır. Yapıda her iki doğrultuda simetri mevcut olduğu için hesap yapılması yeterli olan kiriş sayısı 17'dir.

Kiriş birim boy ağırlığı = 0.30*(0.60-0.12)*25 = 3.6 kN/m

Dış duvar birim boy ağırlığı = 0.2*(3.00-0.60)*13.5 = 6.480 kN/m

İç duvar birim boy ağırlığı = 0.135*(3.00-0.60)*13.5 = 4.374 kN/m

Sıva ağırlığı = 2*0.02*2.40*20 = 1.920 kN/m

Yukarıdaki yük değerleri dikkate alınarak kirişlere duvarlardan gelen yükler bulunmuştur. Kirişlere döşemelerden gelen yükler trapez ve üçgen yayılı yükler şeklinde dağıtılmıştır. Daha sonrasında döşemelerden gelen yükleri uniform yayılı yüke çevirmek için aşağıda verilmiş olan Denklem (4.4) ve Denklem (4.5) kullanılmıştır.

Üçgen yayılı yükü düzgün yayılı yüke çevirmek için; $P.l_s/3$ **(4.4)**

Trapez yayılı yükü düzgün yayılı yüke çevirmek için; $P.l_s.(1.5\text{-}1/2m^2)/3$ **(4.5)**

Denklemleri kullanılmıştır. Yapıdaki tüm kirişlere ait yükler Çizelge 4.7'de verilmiştir. Bu yükler SAP 2000 programına manuel olarak girilmiştir.

Çizelge 4.7: Kirişlere gelen yüklerin hesabı.

Normal Kat Kiriş Yüklerinin Belirlenmesi							
Kiriş No	**D.G.S.Y.(G)**	**D.G.H.Y.(Q)**	**Duvar Ağırlığı**	**Kiriş Öz Ağırlığı**	**T.S.Y (Toplam G)**	**T.H.Y (Toplam Q)**	**1.4G+1.6Q**
K01	D02	D02	8.400	3.600	17.920	2.467	29.035
	5.920	2.467					
K02	D03	D03	8.400	3.600	17.920	2.467	29.035
	5.920	2.467					
K03	D01	D01	YOK	3.600	21.052	7.271	41.106
	7.520	3.133					
	D07	D07					
	9.932	4.138					
K04	D02	D02	6.294	3.600	23.021	5.470	40.981
	5.920	2.467					
	D08	D08					
	7.207	3.003					
K05	D03	D03	6.294	3.600	24.694	6.167	44.439
	5.920	2.467					
	D09	D09					
	8.880	3.700					

Çizelge 4.7 (Devam): Kirişlere gelen yüklerin hesabı.

Normal Kat Kiriş Yüklerinin Belirlenmesi							
Kiriş No	**D.G.S.Y.(G)**	**D.G.H.Y.(Q)**	**Duvar Ağırlığı**	**Kiriş Öz Ağırlığı**	**T.S.Y (Toplam G)**	**T.H.Y (Toplam Q)**	**1.4G+1.6Q**
K06	D07 9.932 D12 10.971	D07 4.138 D12 3.428	6.294	3.600	30.797	7.566	55.221
K07	D08 7.207 D13 7.893	D08 3.003 D13 2.467	YOK	3.600	18.700	5.470	34.932
K08	D09 6.480 D14 4.320	D09 2.700 D14 1.800	YOK	3.600	14.400	4.500	27.360
K09	D01 7.520	D01 3.133	8.400	3.600	19.520	3.133	32.341
K10	D01 7.520 D02 8.874	D01 3.133 D02 3.697	6.294	3.600	26.288	6.830	47.731
K11	D02 8.874 D03 8.874	D02 3.697 D03 3.697	6.294	3.600	27.642	7.394	50.529
K12	D02 8.874 D03 8.874	D02 3.697 D03 3.697	6.294	3.600	27.642	7.394	50.529
K13	D07 4.320	D07 1.800	8.400	3.600	16.320	1.800	25.728
K14	D07 4.320 D08 4.320	D07 1.800 D08 1.800	6.294	3.600	18.534	3.600	31.708
K15	D08 4.320	D08 1.800	6.294	3.600	14.214	1.800	22.780
K16	D12 8.960 D08 8.960	D12 2.800 D08 2.800	6.294	3.600	27.814	5.600	47.900
K17	D14 8.587 M.S. 9.043	D14 3.578 M.S. 6.594	YOK	3.600	21.230	10.172	45.997

Çizelge 4.7'de verilmiş olan tüm kiriş yükleri kN birimindedir. Yükler SAP 2000'e çubuk yükleri (frame loads) başlığı altındaki yayılı yük (distributed load) ara yüzü yardımıyla girilir. Başka bir yol olarak kiriş yükleri düzgün yayılı yük olarak girmek yerine üçgen ve trapez yük olarak girmektir. Bu tip bir yol izlenmesi durumunda SAP 2000'de çubuk yükleri olarak trapez yük (trapezoidal load) opsiyonu kullanılır. D.G.S.Y, döşemelerden gelen sabit yükleri, D.G.H.Y, döşemelerden gelen hareketli yükleri, T.S.Y, kiriş üzerindeki toplam sabit yük, T.H.Y, kiriş üzerindeki toplam hareketli yükü ifade etmektedir.

4.3 Kolon Ön Boyutlandırması

4.3.1 Kolon eksenel yüklerinin belirlenmesi

Yapıda mevcut olan kolonlara belli bir başlangıç kesiti tayin edilmesi amacı ile kolon ön boyutlandırması yapılmıştır. Yapının tüm katlarında her bir kolona ihtiva eden yükler çizelgeler halinde hesaplanmıştır. Bu çizelgelerde yapılmış olan hesaplarda kolonlara sırasıyla döşemelerden, duvarlardan, kirişlerden ve bir üst kattaki kolonlardan gelen yükler hesaplanmıştır. Hesap yapılırken, yani kolon eksenel yükleri olan N_d'ler bulunurken taşıyıcı elemanlardan aktarılan yükler sabit yük (G) ve hareketli yük (Q) olarak ayrı ayrı hesaplanmıştır. Çizelgeler en üst kat olan 11'inci kattan en alt kat olan bodrum kata kadar kolon eksenel yükleri kümülatif toplanacak şekilde oluşturulmuştur. Yapıda toplam 24 adet kolon bulunmaktadır. Yapı her iki doğrultuda simetriye sahip olduğu için hesap yapılması yeterli olan kolon sayısı 6 adet'tir. Kolon eksenel yükleri (N_d), TS 500'de [3] verilen salt düşey yük birleşim yüklemesi olan 1.4G+1.6Q yüklemesine göre hesaplanmıştır. Bu yükleme birleşimine göre hesaplanmış olan kolon eksenel yükleri aşağıda Çizelge 4.8'de verimiştir.

4.3.2 Kolon Kesitlerinin Belirlenmesi

Kolon eksenel yüklerinin (N_d) bulunmasından sonra bu yükler %30 oranında arttırılarak kolon kesitleri belirlenmiştir. Kolon eksenel yükleri sadece düşey yük birleşimine göre belirlendiği için kolonlarda depremli durum moment etkisi göz önüne alınmış bu nedenle kolon eksenel yüklerine bağlı olan kesit alanları %30 arttırılmıştır. En büyük kolon eksenel yükü en alt kat olan bodrum katta oluşacağı için ilk olarak bodrum kattaki kolonların ihtiyaç duydukları kesitler hesaplanmıştır.

Kolonların ihtiyaç duydukları kesitler ($1.30A_c$) ve yapıda her iki doğrultuda kolon ve perde rijitlikleri göz önüne alınarak kolon nihai kesitleri tayin edilmiştir. Tüm hesaplar her bir katta S01, S02, S03, S04, S05, S06 kolonları için verilmiştir. Hesap yapılırken, yani kolon eksenel yükleri olan N_d'ler bulunurken taşıyıcı elemanlardan aktarılan yükler sabit yük (G) ve hareketli yük (Q) olarak ayrı ayrı hesaplanarak ve yüzde otuz oranında arttırılarak elde edildiği için ön boyutlandırma ile elde edilen kolon kesitleri taşıma gücü ihtiyacı bakımından, perdeler de göz önüne alındığında yeterlidir. Bulunan kolon kesitlerine ait değerler Çizelge 4.9'da verimiştir.

Çizelge 4.8: Kolonlara gelen eksenel yüklerin hesaplanması.

Kolonlara Gelen Eksenel Yükler													
Kat	Kolon Adı	Döşeme		Duvar	Kiriş	Kolon	Üst Kattan Gelen		Kat Ağırlığı		Toplam Ağırlık		Nd
		G(kN)	Q(kN)				G(kN)	Q(kN)	G(kN)	Q(kN)	G(kN)	Q(kN)	
11	S1101	48.000	7.500		23.400	18.750			90.150	7.500	90.150	7.500	138.210
	S1102	48.000	7.500		23.400	18.750			90.150	7.500	90.150	7.500	138.210
	S1103	86.400	13.500		30.600	18.750			135.750	13.500	135.750	13.500	211.650
	S1104	76.800	12.000		28.800	18.750			124.350	12.000	124.350	12.000	193.290
	S1105	76.800	12.000		28.800	18.750			124.350	12.000	124.350	12.000	193.290
	S1106	81.000	12.656		29.700	18.750			129.450	12.656	129.450	12.656	201.480
10	S1001	48.000	20.000	49.335	23.400	18.750	90.150	7.500	139.485	20.000	229.635	27.500	365.489
	S1002	48.000	20.000	33.600	23.400	18.750	90.150	7.500	123.750	20.000	213.900	27.500	343.460
	S1003	86.400	36.000	37.764	30.600	18.750	135.750	13.500	173.514	36.000	309.264	49.500	512.170
	S1004	76.800	32.000	40.911	28.800	18.750	124.350	12.000	165.261	32.000	289.611	44.000	475.855
	S1005	76.800	32.000	40.911	28.800	18.750	124.350	12.000	165.261	32.000	289.611	44.000	475.855
	S1006	97.200	33.750	39.338	29.700	18.750	129.450	12.656	184.988	33.750	314.438	46.406	514.463
9	S901	48.000	20.000	49.335	23.400	18.750	229.635	27.500	139.485	20.000	369.120	47.500	592.768
	S902	48.000	20.000	33.600	23.400	18.750	213.900	27.500	123.750	20.000	337.650	47.500	548.710
	S903	86.400	36.000	37.764	30.600	18.750	309.264	49.500	173.514	36.000	482.778	85.500	812.689
	S904	76.800	32.000	40.911	28.800	18.750	289.611	44.000	165.261	32.000	454.872	76.000	758.421
	S905	76.800	32.000	40.911	28.800	18.750	289.611	44.000	165.261	32.000	454.872	76.000	758.421
	S906	97.200	33.750	39.338	29.700	18.750	314.438	46.406	184.988	33.750	499.426	80.156	827.446

Çizelge 4.8 (Devam): Kolonlara gelen eksenel yüklerin hesaplanması.

Kolonlara Gelen Eksenel Yükler													
Kat	Kolon Adı	Döşeme		Duvar	Kiriş	Kolon	Üst Kattan Gelen		Kat Ağırlığı		Toplam Ağırlık		Nd
		G(kN)	Q(kN)				G(kN)	Q(kN)	G(kN)	Q(kN)	G(kN)	Q(kN)	
8	S801	48.000	20.000	49.335	23.400	18.750	369.120	47.500	139.485	20.000	508.605	67.500	820.047
	S802	48.000	20.000	33.600	23.400	18.750	337.650	47.500	123.750	20.000	461.400	67.500	753.960
	S803	86.400	36.000	37.764	30.600	18.750	482.778	85.500	173.514	36.000	656.292	121.500	1113.209
	S804	76.800	32.000	40.911	28.800	18.750	454.872	76.000	165.261	32.000	620.133	108.000	1040.986
	S805	76.800	32.000	40.911	28.800	18.750	454.872	76.000	165.261	32.000	620.133	108.000	1040.986
	S806	97.200	33.750	39.338	29.700	18.750	499.426	80.156	184.988	33.750	684.414	113.906	1140.429
7	S701	48.000	20.000	49.335	23.400	18.750	508.605	67.500	139.485	20.000	648.090	87.500	1047.326
	S702	48.000	20.000	33.600	23.400	18.750	461.400	67.500	123.750	20.000	585.150	87.500	959.210
	S703	86.400	36.000	37.764	30.600	18.750	656.292	121.500	173.514	36.000	829.806	157.500	1413.728
	S704	76.800	32.000	40.911	28.800	18.750	620.133	108.000	165.261	32.000	785.394	140.000	1323.552
	S705	76.800	32.000	40.911	28.800	18.750	620.133	108.000	165.261	32.000	785.394	140.000	1323.552
	S706	97.200	33.750	39.338	29.700	18.750	684.414	113.906	184.988	33.750	869.402	147.656	1453.412
6	S601	48.000	20.000	49.335	23.400	18.750	648.090	87.500	139.485	20.000	787.575	107.500	1274.605
	S602	48.000	20.000	33.600	23.400	18.750	585.150	87.500	123.750	20.000	708.900	107.500	1164.460
	S603	86.400	36.000	37.764	30.600	18.750	829.806	157.500	173.514	36.000	1003.320	193.500	1714.248
	S604	76.800	32.000	40.911	28.800	18.750	785.394	140.000	165.261	32.000	950.655	172.000	1606.117
	S605	76.800	32.000	40.911	28.800	18.750	785.394	140.000	165.261	32.000	950.655	172.000	1606.117
	S606	97.200	33.750	39.338	29.700	18.750	869.402	147.656	184.988	33.750	1054.390	181.406	1766.396

Çizelge 4.8 (Devam): Kolonlara gelen eksenel yüklerin hesaplanması.

Kolonlara Gelen Eksenel Yükler													
Kat	Kolon Adı	Döşeme		Duvar	Kiriş	Kolon	Üst Kattan Gelen		Kat Ağırlığı		Toplam Ağırlık		Nd
		G(kN)	Q(kN)				G(kN)	Q(kN)	G(kN)	Q(kN)	G(kN)	Q(kN)	
5	S501	48.000	20.000	49.335	23.400	18.750	787.575	107.500	139.485	20.000	927.060	127.500	1501.884
	S502	48.000	20.000	33.600	23.400	18.750	708.900	107.500	123.750	20.000	832.650	127.500	1369.710
	S503	86.400	36.000	37.764	30.600	18.750	1003.320	193.500	173.514	36.000	1176.834	229.500	2014.768
	S504	76.800	32.000	40.911	28.800	18.750	950.655	172.000	165.261	32.000	1115.916	204.000	1888.682
	S505	76.800	32.000	40.911	28.800	18.750	950.655	172.000	165.261	32.000	1115.916	204.000	1888.682
	S506	97.200	33.750	39.338	29.700	18.750	1054.390	181.406	184.988	33.750	1239.378	215.156	2079.379
4	S401	48.000	20.000	49.335	23.400	18.750	927.060	127.500	139.485	20.000	1066.545	147.500	1729.163
	S402	48.000	20.000	33.600	23.400	18.750	832.650	127.500	123.750	20.000	956.400	147.500	1574.960
	S403	86.400	36.000	37.764	30.600	18.750	1176.834	229.500	173.514	36.000	1350.348	265.500	2315.287
	S404	76.800	32.000	40.911	28.800	18.750	1115.916	204.000	165.261	32.000	1281.177	236.000	2171.248
	S405	76.800	32.000	40.911	28.800	18.750	1115.916	204.000	165.261	32.000	1281.177	236.000	2171.248
	S406	97.200	33.750	39.338	29.700	18.750	1239.378	215.156	184.988	33.750	1424.366	248.906	2392.362
3	S301	48.000	20.000	49.335	23.400	18.750	1066.545	147.500	139.485	20.000	1206.030	167.500	1956.442
	S302	48.000	20.000	33.600	23.400	18.750	956.400	147.500	123.750	20.000	1080.150	167.500	1780.210
	S303	86.400	36.000	37.764	30.600	18.750	1350.348	265.500	173.514	36.000	1523.862	301.500	2615.807
	S304	76.800	32.000	40.911	28.800	18.750	1281.177	236.000	165.261	32.000	1446.438	268.000	2453.813
	S305	76.800	32.000	40.911	28.800	18.750	1281.177	236.000	165.261	32.000	1446.438	268.000	2453.813
	S306	97.200	33.750	39.338	29.700	18.750	1424.366	248.906	184.988	33.750	1609.354	282.656	2705.345

Çizelge 4.8 (Devam): Kolonlara gelen eksenel yüklerin hesaplanması.

Kolonlara Gelen Eksenel Yükler													
Kat	Kolon Adı	Döşeme		Duvar	Kiriş	Kolon	Üst Kattan Gelen		Kat Ağırlığı		Toplam Ağırlık		Nd
		G(kN)	Q(kN)				G(kN)	Q(kN)	G(kN)	Q(kN)	G(kN)	Q(kN)	
2	S201	48.000	20.000	49.335	23.400	18.750	1206.030	167.500	139.485	20.000	1345.515	187.500	2183.721
	S202	48.000	20.000	33.600	23.400	18.750	1080.150	167.500	123.750	20.000	1203.900	187.500	1985.460
	S203	86.400	36.000	37.764	30.600	18.750	1523.862	301.500	173.514	36.000	1697.376	337.500	2916.326
	S204	76.800	32.000	40.911	28.800	18.750	1446.438	268.000	165.261	32.000	1611.699	300.000	2736.379
	S205	76.800	32.000	40.911	28.800	18.750	1446.438	268.000	165.261	32.000	1611.699	300.000	2736.379
	S206	97.200	33.750	39.338	29.700	18.750	1609.354	282.656	184.988	33.750	1794.342	316.406	3018.328
1	S101	48.000	20.000	49.335	23.400	18.750	1345.515	187.500	139.485	20.000	1485.000	207.500	2411.000
	S102	48.000	20.000	33.600	23.400	18.750	1203.900	187.500	123.750	20.000	1327.650	207.500	2190.710
	S103	86.400	36.000	37.764	30.600	18.750	1697.376	337.500	173.514	36.000	1870.890	373.500	3216.846
	S104	76.800	32.000	40.911	28.800	18.750	1611.699	300.000	165.261	32.000	1776.960	332.000	3018.944
	S105	76.800	32.000	40.911	28.800	18.750	1611.699	300.000	165.261	32.000	1776.960	332.000	3018.944
	S106	97.200	33.750	39.338	29.700	18.750	1794.342	316.406	184.988	33.750	1979.330	350.156	3331.312
ZEMİN	SZ01	48.000	20.000	49.335	23.400	18.750	1485.000	207.500	139.485	20.000	1624.485	227.500	2638.279
	SZ02	48.000	20.000	33.600	23.400	18.750	1327.650	207.500	123.750	20.000	1451.400	227.500	2395.960
	SZ03	86.400	36.000	37.764	30.600	18.750	1870.890	373.500	173.514	36.000	2044.404	409.500	3517.366
	SZ04	76.800	32.000	40.911	28.800	18.750	1776.960	332.000	165.261	32.000	1942.221	364.000	3301.509
	SZ05	76.800	32.000	40.911	28.800	18.750	1776.960	332.000	165.261	32.000	1942.221	364.000	3301.509
	SZ06	97.200	33.750	39.338	29.700	18.750	1979.330	350.156	184.988	33.750	2164.318	383.906	3644.295
BODRUM	BS01	48.000	20.000	49.335	23.400	18.750	1624.485	227.500	139.485	20.000	1763.970	247.500	2865.558
	BS02	48.000	20.000	33.600	23.400	18.750	1451.400	227.500	123.750	20.000	1575.150	247.500	2601.210
	BS03	86.400	36.000	37.764	30.600	18.750	2044.404	409.500	173.514	36.000	2217.918	445.500	3817.885
	BS04	76.800	32.000	40.911	28.800	18.750	1942.221	364.000	165.261	32.000	2107.482	396.000	3584.075
	BS05	76.800	32.000	40.911	28.800	18.750	1942.221	364.000	165.261	32.000	2107.482	396.000	3584.075
	BS06	97.200	33.750	39.338	29.700	18.750	2164.318	383.906	184.988	33.750	2349.306	417.656	3957.278

Çizelge 4.9: Kolon kesitleri.

Kolon Kesitleri					
Kat	**Kolon Adı**	**Nd**	**Ac=Nd/0.5fck**	**1.30 Ac**	**Seçilen Kesit**
Bodrum	BS01	2865.558	2292.446	2750.936	40*70
	BS02	2601.210	2080.968	2497.162	40*60
	BS03	3817.885	3054.308	3665.170	40*90
	BS04	3584.075	2867.260	3440.712	40*90
	BS05	3584.075	2867.260	3440.712	40*90
	BS06	3957.278	3165.822	3798.987	40*90
Zemin	ZS01	2638.279	2110.623	2532.748	40*70
	ZS02	2395.960	1916.768	2300.122	40*60
	ZS03	3517.366	2813.892	3376.671	40*90
	ZS04	3301.509	2641.208	3169.449	40*90
	ZS05	3301.509	2641.208	3169.449	40*90
	ZS06	3644.295	2915.436	3498.523	40*90
1	S101	2411.000	1928.800	2314.560	40*60
	S102	2190.710	1752.568	2103.082	40*60
	S103	3216.846	2573.477	3088.172	40*80
	S104	3018.944	2415.155	2898.186	40*80
	S105	3018.944	2415.155	2898.186	40*80
	S106	3331.312	2665.049	3198.059	40*80
2	S201	2183.721	1746.977	2096.372	40*60
	S202	1985.460	1588.368	1906.042	40*60
	S203	2916.326	2333.061	2799.673	40*80
	S204	2736.379	2189.103	2626.923	40*80
	S205	2736.379	2189.103	2626.923	40*80
	S206	3018.328	2414.663	2897.595	40*80
3	S301	1956.442	1565.154	1878.184	40*60
	S302	1780.210	1424.168	1709.002	40*60
	S303	2615.807	2092.645	2511.175	40*80
	S304	2453.813	1963.051	2355.661	40*80
	S305	2453.813	1963.051	2355.661	40*80
	S306	2705.345	2164.276	2597.131	40*80
4	S401	1729.163	1383.330	1659.996	40*50
	S402	1574.960	1259.968	1511.962	40*50
	S403	2315.287	1852.230	2222.676	40*70
	S404	2171.248	1736.998	2084.398	40*70
	S405	2171.248	1736.998	2084.398	40*70
	S406	2392.362	1913.890	2296.668	40*70
5	S501	1501.884	1201.507	1441.809	40*50
	S502	1369.710	1095.768	1314.922	40*50
	S503	2014.768	1611.814	1934.177	40*70
	S504	1888.682	1510.946	1813.135	40*70
	S505	1888.682	1510.946	1813.135	40*70
	S506	2079.379	1663.503	1996.204	40*70

Çizelge 4.9 (Devam): Kolon kesitleri.

Kolon Kesitleri					
Kat	**Kolon Adı**	**Nd**	**Ac=Nd/0.5fck**	**1.30 Ac**	**Seçilen Kesit**
6	S601	1274.605	1019.684	1223.621	40*50
	S602	1164.460	931.568	1117.882	40*50
	S603	1714.248	1371.398	1645.678	40*70
	S604	1606.117	1284.894	1541.872	40*70
	S605	1606.117	1284.894	1541.872	40*70
	S606	1766.396	1413.116	1695.740	40*70
7	S701	1047.326	837.861	1005.433	40*40
	S702	959.210	767.368	920.842	40*40
	S703	1413.728	1130.983	1357.179	40*60
	S704	1323.552	1058.841	1270.610	40*60
	S705	1323.552	1058.841	1270.610	40*60
	S706	1453.412	1162.730	1395.276	40*60
8	S801	820.047	656.038	787.245	40*40
	S802	753.960	603.168	723.802	40*40
	S803	1113.209	890.567	1068.680	40*60
	S804	1040.986	832.789	999.347	40*60
	S805	1040.986	832.789	999.347	40*60
	S806	1140.429	912.343	1094.812	40*60
9	S901	592.768	474.214	569.057	40*40
	S902	548.710	438.968	526.762	40*40
	S903	812.689	650.151	780.182	40*60
	S904	758.421	606.737	728.084	40*60
	S905	758.421	606.737	728.084	40*60
	S906	827.446	661.957	794.348	40*60
10	S1001	365.489	292.391	350.869	40*40
	S1002	343.460	274.768	329.722	40*40
	S1003	512.170	409.736	491.683	40*50
	S1004	475.855	380.684	456.821	40*50
	S1005	475.855	380.684	456.821	40*50
	S1006	514.463	411.570	493.884	40*50
11	S1101	138.210	110.568	132.682	40*40
	S1102	138.210	110.568	132.682	40*40
	S1103	211.650	169.320	203.184	40*50
	S1104	193.290	154.632	185.558	40*50
	S1105	193.290	154.632	185.558	40*50
	S1106	201.480	161.184	193.420	40*50

5. DEPREM YÜKLERİNE GÖRE HESAP

5.1 SAP2000 Modelleme Bilgileri

Yapının deprem hesabı, 2. Bölümde anlatılan Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi ile ayrı ayrı 4 farklı zemin tipi için hesaplanmış ve her iki yöntemle bulunan sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

Binanın analitik yapı modeli, 3 boyutlu yapısal analiz programı SAP2000 kullanılarak yapılmıştır. Kolon ve kirişler bir boyutlu çubuk eleman (frame) olarak modellenmiştir. Perdeler ise iki boyutlu kabuk eleman (shell) olarak modellenmiştir. SAP2000 programı sonlu eleman metodu ile binayı çerçevelere ayırmadan 3 boyutlu olarak analiz etmektedir. Perde elemanlar, sonlu elemanlar mantığı çevresinde uygun sonlu eleman ağlarına ayrılmıştır. Perdelerin orta kolon modeli yerine sonlu elemanlar modeline göre tasarlanmış olmasının nedeni orta kolon modelinde perde elemanları çubuk eleman olarak modellenmesinden kaynaklanan eksikliklerdir. Bu eksikliklerden en etkilisi perdeler çubuk eleman olarak modellendiklerinde sistemin olması gerektiğinden daha rijit hale gelmesidir. Yapı genelinde düşünüldüğünde elastik eğrinin yani deformasyon şeklinin daha ufak olmasına yol açmaktadır. Bu da doğal olarak düğüm noktalarının yerdeğiştirmelerinin (joint displacement) ufak olmasına ve en sonunda da elverişsiz iç kuvvetler yerine normalden düşük değerler çıkmasına yol açmaktadır. Kat seviyelerinde döşeme düzlemi seviyesinde rijit diyafram ataması yapılarak tasarım gerçekleştirilmiştir. Döşemelerin statik hesabı elle yapılmıştır bu nedenle 3 boyutlu bina modellemesinde döşemeler oluşturulmamıştır. Gerçek durumu tam olarak yansıtması adına tüm döşemelerden kirişlere aktarılan yükler elle hesaplanarak SAP2000'de kiriş yüklerine (frame loads) ilave edilmiştir. Analiz sırasında TS 500'de [3] yer alan yük kombinasyonları kullanılmıştır. D.B.Y.B.H.Y 2007 [1] 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 inşaasını göz önüne alarak yapılan 0.9 G'li

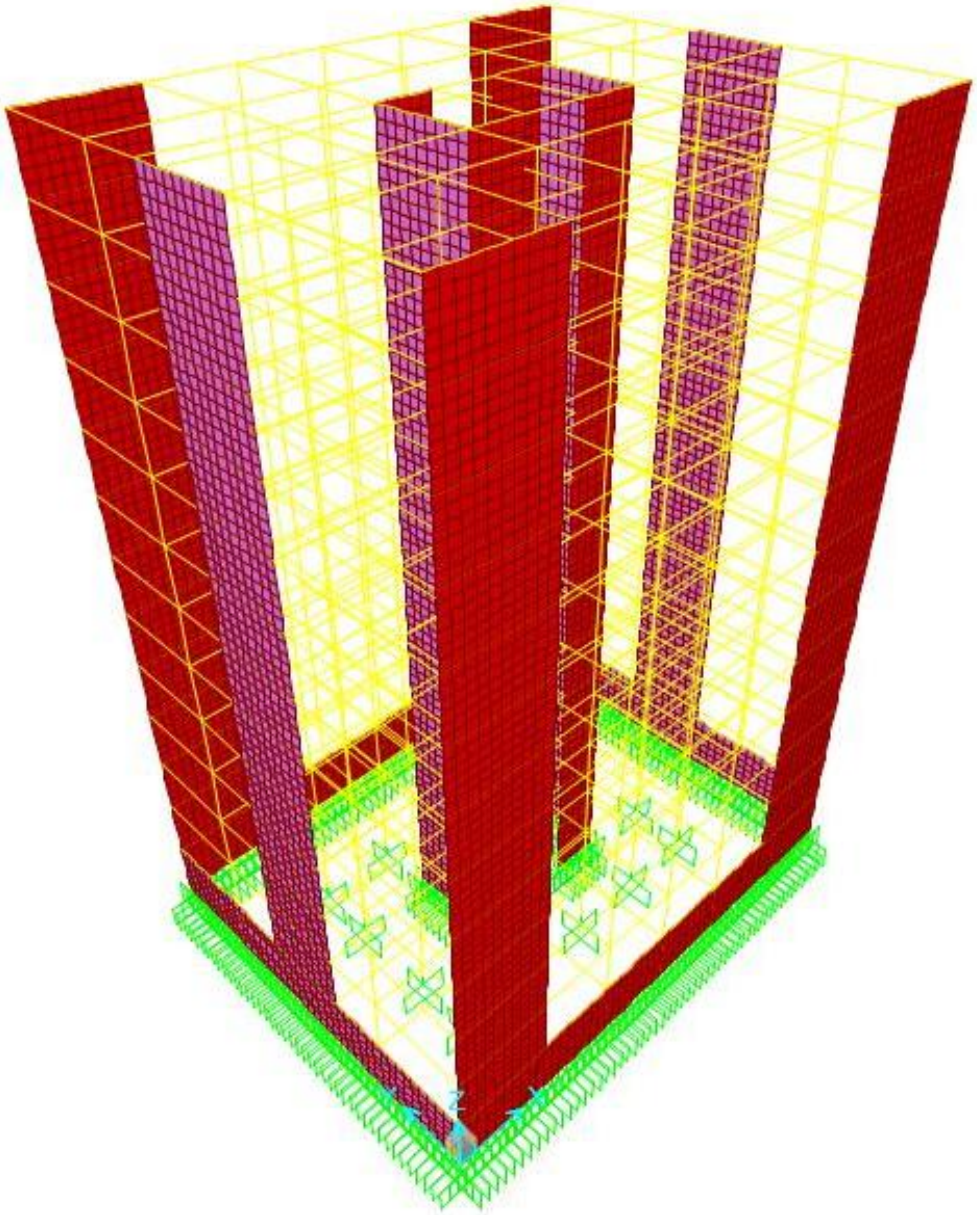
kombinasyonlar çıkarıldıktan sonra geriye 16 adet deprem kombinasyonu kalmaktadır.

1.4G+1.6Q düşey kombinasyonu ve deprem kombinasyonlarının tümünü içinde bulunduran zarf kombinasyonu dahil olmak üzere toplam 17 adet kombinasyon uygulanmıştır.

SAP 2000 programıyla 3 türlü analiz uygulanmıştır:
1- Dinamik Analiz
2- Eşdeğer Deprem Yükü Analizi
3- Mod Birleştirme Analizi

Dinamik analiz SAP2000 programında 13 katlı 3 boyutlu bina modeli üzerinde 39 serbestlik ile yapılmıştır. Dinamik analiz ile yapının her iki doğrultuda sahip olduğu doğal titreşim periyodları bulunmuş ve bu periyodlar Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminde her iki deprem yönündeki taban kesme kuvvetlerinin hesaplanmasında kullanmıştır. Şekil 5.1'de binanın SAP2000 programında modellenmiş olan üç boyutlu yapı modeli verilmiştir.

Şekil 5.1'de verilen yapının SAP2000 ile modellenmesinde döşemeler kullanılmamıştır. Yapının en alt katının bodrum kat olduğu görülmektedir. Şekil 5.1'de kırmızı renkte modellenmiş olan taşıyıcı elemanlar perdelerdir, shell (kabuk) eleman olarak modellenmiştir. Sarı renkte görülen taşıyıcı elemanlar kolonlar ve kirişlerdir, frame (çubuk) eleman olarak modellenmiştir. Perdelerin farklı renkte görülmelerinin nedeni yapıda mevcut oldukları koordinatlar göz önüne alındığında perde lokal eksenlerinin global koordinat takımına göre farklı pozisyon almış olmalarıdır. Bu da tabiki sadece perde yerleşiminden dolayı oluşan bir farklılıktır. Default (mevcut) ayarlı olan lokal eksen takımları perdeler söz konusu olduğu zaman önem arz eden iki boyutlu yüzeyler grafik olarak perde konumları değiştikçe renk değiştirmektedir. Global eksen takımına uygun olması amaç edilinerek perdeler SAP 2000'de modellenirken bakış yönü olarak binaya tam karşı yön alınmıştır. Şekil 5.1'de perdelerle çevrili bodrum katın alt uç düğüm noktalarında yeşil renkte olan ankastre mesnetler görülmektedir. Bodrum katın altında bulunan düğüm noktalarına mesnet ataması yapılırken her düğüm noktasında üç adet yerdeğiştirme ve üç adet dönme serbestliği tutulu (restrain) komutu kullanılarak ankastre hale getirilmiştir.



Şekil 5.1: Binanın SAP 2000 programında 3D modeli.

5.2 Dinamik Analiz

Binanın X ve Y doğrultusundaki doğal titreşim periyodu, SAP2000 programı kullanılarak bulunmuştur. Binanın dinamik analizinde G+0.3Q yüklemesi kullanılmıştır. Bu yükleme ile yapı ağırlığı SAP2000 programına hesaplatılmıştır. SAP2000 programında building output (yapı çıktıları) başlığı altında bulunan base reactions (taban reaksiyonları) kısmında yapı ağırlığı bulunmaktadır. 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 SAP2000 programı kendisi hesaplamaktadır. Material properties (malzeme bilgileri) kısmında beton için birim hacim ağırlık değeri bu nedenle 25 kN/m^2 girilmiştir ve yükleme isimleri (Load Pattern) kısmında G yükü tanımlanırken 'self weight multiplier' zati ağırlık çarpanı 1 alınmıştır. Bina 13 katlıdır. Dinamik analizde kullanılmış olan dinamik serbestlik sayısı, her bir kat seviyesinde X ve Y doğrultusunda öteleme, Z ekseni etrafında ise dönme olmak üzere 3 adettir. Binanın toplam dinamik serbestlik sayısı 13 adet kat göz önüne alındığında 39 adettir. Aynı zamanda yapının ilgilenilmesi gerekli mod sayısıda 39 adet olmalıdır. Dinamik analiz yapılmış ve yeterli kütle katılım değeri olan % 90'a ulaşılamadığı için mod sayısı SAP2000'e 60 girilmiş ve yeniden dinamik analiz tekrarlanmıştır. Dinamik analiz sonuçları tüm yapı genelinde Çizelge 5.1'de 39 adet mod için verilmiştir. X ve Y doğrultusu için bulunan modal değerler Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.1: Binanın doğal titreşim periyotları ve frekansları.

Modal Periyotlar ve Frekanslar						
Yükleme Tipi	**Adım Tipi**	**Adım No**	**Periyod**	**Frekans**	**Açısal Frekans**	**Özdeğer**
-	-	Birimsiz	sn	1/sn	rad/sn	Rad^2/sn^2
modal	mod	1	0.906594	1.103	69.305	48.032
modal	mod	2	0.826359	12.101	76.035	57.813
modal	mod	3	0.755898	13.229	83.122	69.093
modal	mod	4	0.245454	4.0741	25.598	655.27
modal	mod	5	0.227429	4.397	27.627	763.25
modal	mod	6	0.205846	4.858	30.524	931.7
modal	mod	7	0.118284	8.4542	53.12	2821.7
modal	mod	8	0.113658	8.7983	55.281	3056.0
modal	mod	9	0.112526	8.8868	55.838	3117.8
modal	mod	10	0.110244	9.0708	56.993	3248.2
modal	mod	11	0.106658	9.3758	58.91	3470.4
modal	mod	12	0.106479	9.3915	59.008	3482.0
modal	mod	13	0.097607	10.245	64.372	4143.8
modal	mod	14	0.093801	10.661	66.984	4486.8

Çizelge 5.1 (Devam): Binanın doğal titreşim periyotları ve frekansları.

Modal Periyotlar ve Frekanslar						
Yükleme Tipi	**Adım Tipi**	**Adım No**	**Periyod**	**Frekans**	**Açısal Frekans**	**Özdeğer**
-	-	-	sn	1/sn	rad/sn	Rad^2/sec
modal	mod	15	0.092987	10.754	67.57	4565.8
modal	mod	16	0.091446	10.935	68.709	4720.9
modal	mod	17	0.087672	11.406	71.667	5136.1
modal	mod	18	0.087288	11.456	71.982	5181.5
modal	mod	19	0.084592	11.822	74.277	5517.0
modal	mod	20	0.084353	11.855	74.487	5548.3
modal	mod	21	0.083015	12.046	75.687	5728.5
modal	mod	22	0.072837	13.729	86.263	7441.4
modal	mod	23	0.07251	13.791	86.652	7508.6
modal	mod	24	0.072208	13.849	87.015	7571.6
modal	mod	25	0.071401	14.005	87.999	7743.8
modal	mod	26	0.068528	14.593	91.688	8406.8
modal	mod	27	0.06791	14.725	92.522	8560.3
modal	mod	28	0.067142	14.894	93.581	8757.4
modal	mod	29	0.066172	15.112	94.953	9016.1
modal	mod	30	0.066037	15.143	95.147	9052.9
modal	mod	31	0.065475	15.273	95.963	9209
modal	mod	32	0.064592	15.482	97.275	9462.4
modal	mod	33	0.063407	15.771	99.093	9819.3
modal	mod	34	0.062922	15.893	99.856	9971.3
modal	mod	35	0.061079	16.372	102.87	10582
modal	mod	36	0.059504	16.806	105.59	11150
modal	mod	37	0.057459	17.404	109.35	11958
modal	mod	38	0.056637	17.656	110.94	12307
modal	mod	39	0.05588	17.896	112.44	12643

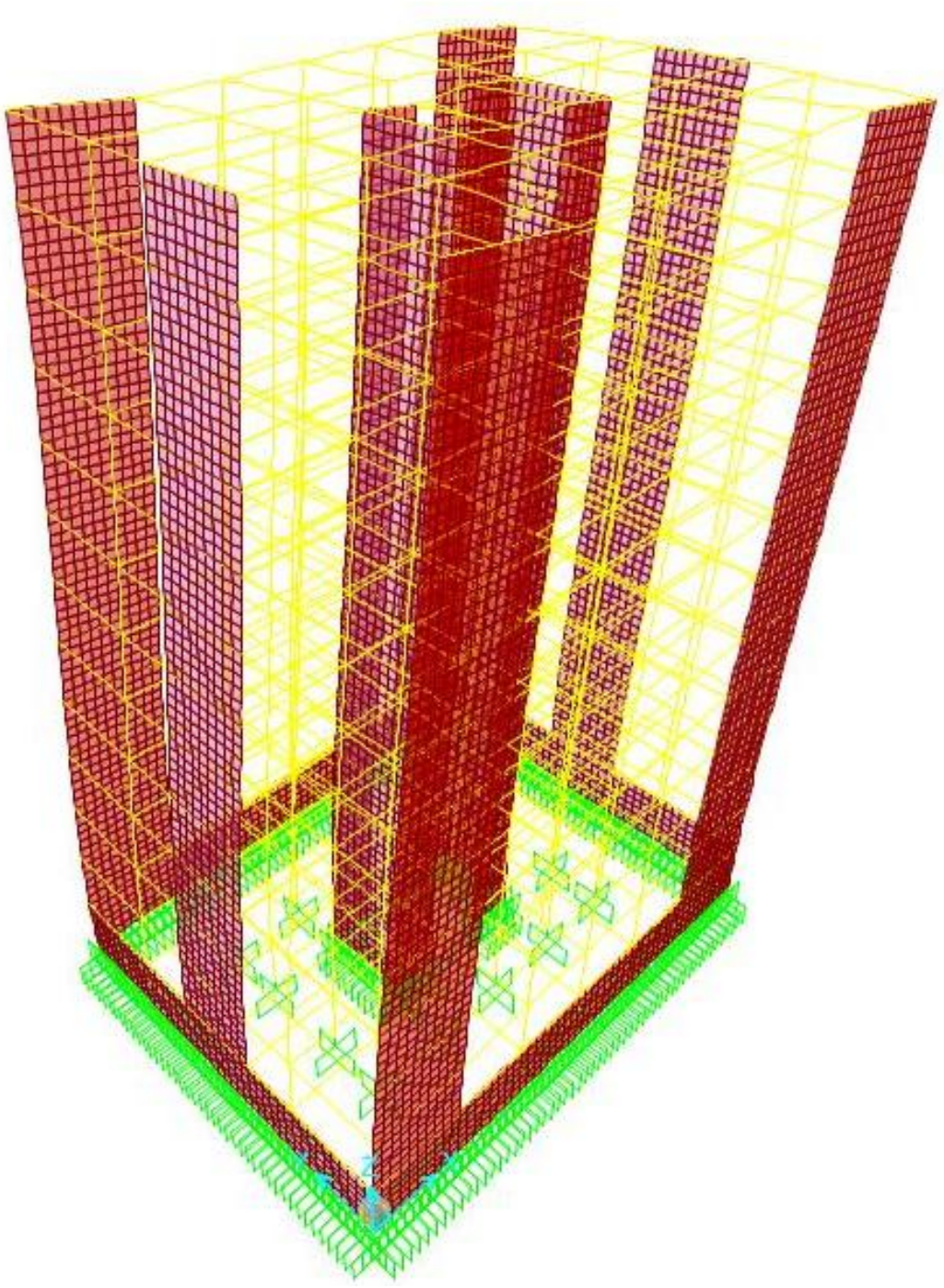
Çizelge 5.2: Modların kütle katılım oranları.

Modal Kütle Katılım Oranları					
Analiz	**Adım**	**Adım No**	**Periyod (sn)**	**ToplamUX**	**ToplamUY**
modal	mod	1	0.906594	0.66363	0
modal	mod	2	0.826359	0.66363	0.66386
modal	mod	3	0.755898	0.66363	0.66386
modal	mod	4	0.245454	0.80414	0.66386
modal	mod	5	0.227429	0.80414	0.81579
modal	mod	6	0.205846	0.80414	0.81579
modal	mod	7	0.118284	0.80414	0.81579
modal	mod	8	0.113658	0.80414	0.81997
modal	mod	9	0.112526	0.84356	0.81997
modal	mod	10	0.110244	0.86306	0.81997
modal	mod	11	0.106658	0.86306	0.81997
modal	mod	12	0.106479	0.86306	0.87076
modal	mod	13	0.097607	0.86306	0.87076
modal	mod	14	0.093801	0.86306	0.8719
modal	mod	15	0.092987	0.86306	0.8719
modal	mod	16	0.091446	0.86306	0.8719
modal	mod	17	0.087672	0.86306	0.87193
modal	mod	18	0.087288	0.86329	0.87193
modal	mod	19	0.084592	0.86341	0.87193
modal	mod	20	0.084353	0.86341	0.87193
modal	mod	21	0.083015	0.86341	0.87193
modal	mod	22	0.072837	0.86341	0.87234
modal	mod	23	0.07251	0.86341	0.87234
modal	mod	24	0.072208	0.86341	0.87234
modal	mod	25	0.071401	0.86351	0.87234
modal	mod	26	0.068528	0.86351	0.87234
modal	mod	27	0.06791	0.86351	0.87565
modal	mod	28	0.067142	0.86355	0.87565
modal	mod	29	0.066172	0.86355	0.90053
modal	mod	30	0.066037	0.89604	0.90053
modal	mod	31	0.065475	0.89604	0.90053
modal	mod	32	0.064592	0.89604	0.90053
modal	mod	33	0.063407	0.89604	0.90053
modal	mod	34	0.062922	0.8962	0.90053
modal	mod	35	0.061079	0.8962	0.90089
modal	mod	36	0.059504	0.8962	0.90089
modal	mod	37	0.057459	0.8962	0.90089
modal	mod	38	0.056637	0.8962	0.90089
modal	mod	39	0.05588	0.8962	0.90089
modal	mod	40	0.055869	0.8962	0.90089

Çizelge 5.2 (Devam): Modların kütle katılım oranları.

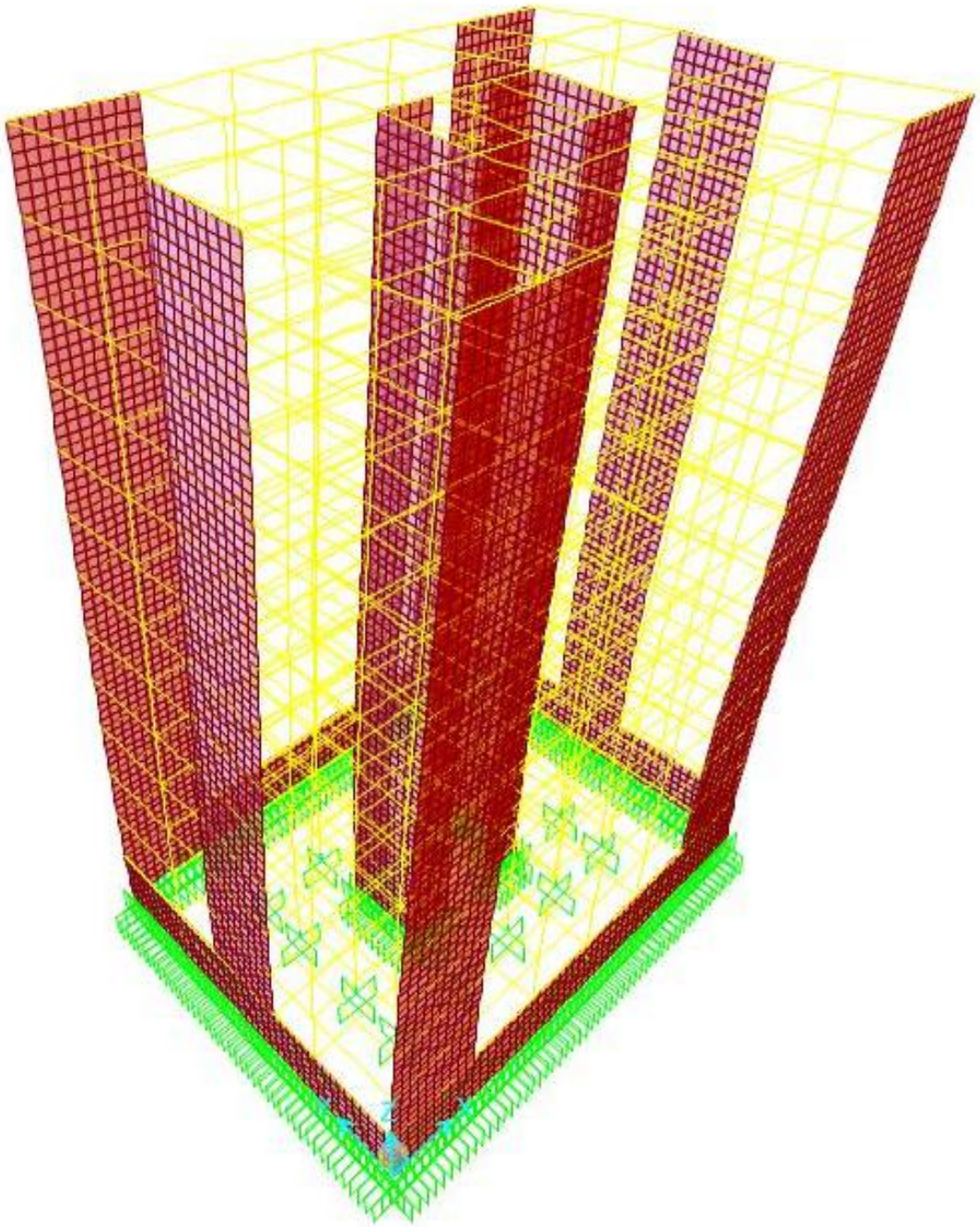
Modal Kütle Katılım Oranları					
Analiz	**Adım**	**Adım No**	**Periyod (sn)**	**ToplamUX**	**ToplamUY**
modal	mod	41	0.055407	0.8962	0.90089
modal	mod	42	0.054158	0.89625	0.90089
modal	mod	43	0.054142	0.89625	0.90096
modal	mod	44	0.053435	0.89625	0.90096
modal	mod	45	0.048924	0.89625	0.90096
modal	mod	46	0.0489	0.89627	0.90096
modal	mod	47	0.048042	0.89627	0.90582
modal	mod	48	0.047653	0.89627	0.90582
modal	mod	49	0.047339	0.89627	0.90582
modal	mod	50	0.047298	0.89627	0.91932
modal	mod	51	0.047071	0.89627	0.9195
modal	mod	52	0.045403	0.9172	0.9195
modal	mod	53	0.044773	0.9172	0.9195
modal	mod	54	0.044689	0.9172	0.9195
modal	mod	55	0.044254	0.91783	0.9195
modal	mod	56	0.044082	0.91783	0.9195
modal	mod	57	0.042475	0.91785	0.9195
modal	mod	58	0.042369	0.91785	0.9195
modal	mod	59	0.041777	0.91785	0.9195
modal	mod	60	0.041658	0.91785	0.9195

Yukarıda görüldüğü üzere kütle katılım oranı 60 mod için yaklaşık olarak % 92'ye karşılık gelmektedir. Deprem Yönetmeliği'nde kütle katılım oranının % 90'ı geçmesi istenmiştir. Yapının birinci doğal titreşim periyodu 0.907 sn bulunmuştur ve X doğrultusundadır. SAP2000 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 birinci moda karşılık gelmektedir. Bina'nın Y doğrultusundaki birinci modu ise yapının modları arasında ikinci moda karşı gelmektedir.



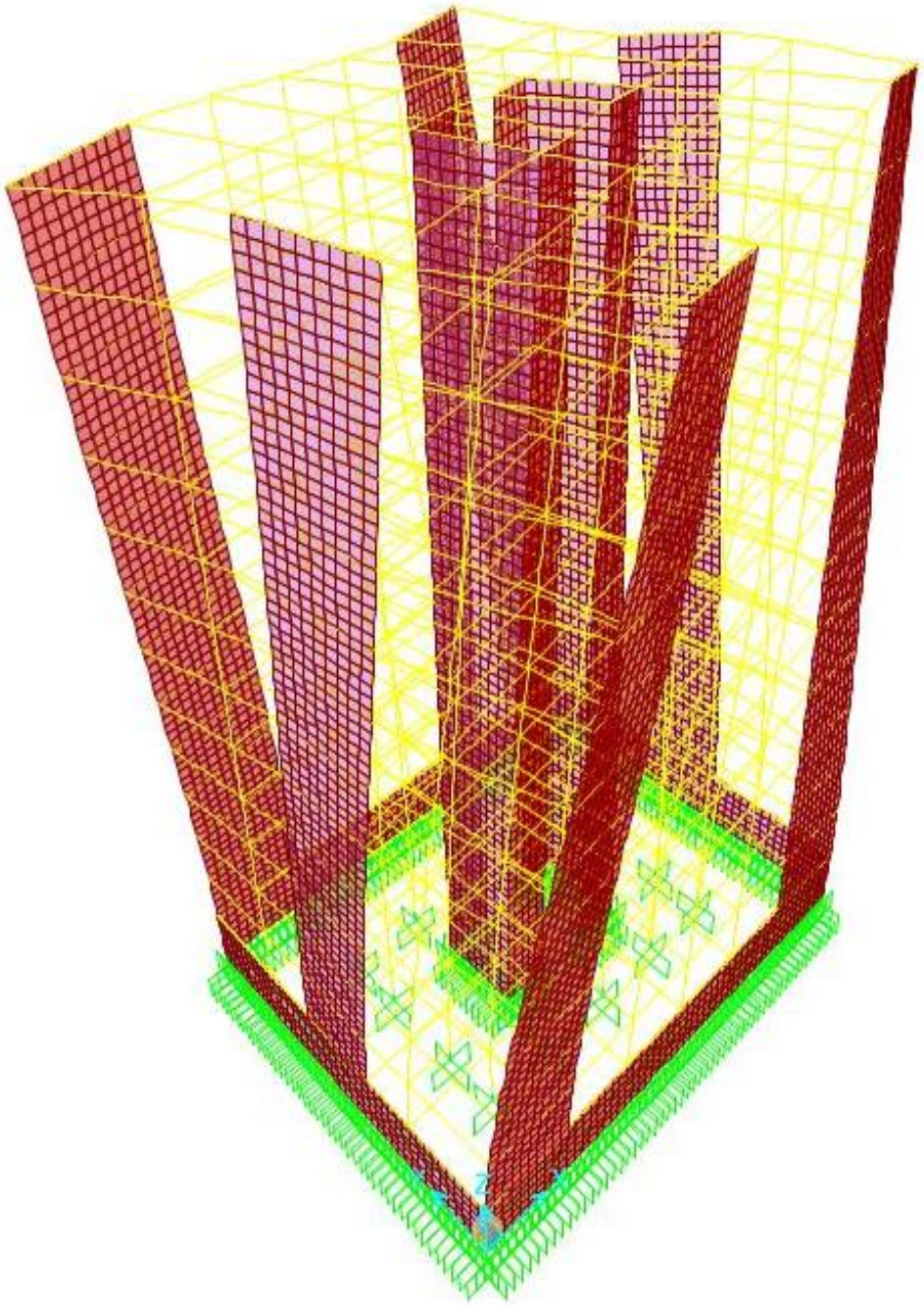
Şekil 5.2: Binanın SAP 2000 programıyla bulunan 1. mod şekli.

Binanın X doğrultusundaki birinci moduna karşılık gelen doğal titreşim periyodu (T_{1X}) SAP2000 programında 0.907 saniye bulunmuştur. T_{1X}, X doğrultusunda Eşdeğer Deprem Yükü Hesabında doğrudan kullanılmıştır.



Şekil 5.3: Binanın SAP 2000 programıyla bulunan 2. mod şekli.

Binanın Y doğrultusundaki birinci moduna karşılık gelen doğal titreşim periyodu (T_{1Y}) SAP2000 programında 0.826 saniye bulunmuştur. T_{1Y}, Y doğrultusunda Eşdeğer Deprem Yükü Hesabında doğrudan kullanılmıştır.



Şekil 5.4: Binanın SAP2000 programıyla bulunan 3. mod şekli.

Yapının üçüncü modu şekil 5.4'de görüldüğü üzere burulma modudur. Yapının üçüncü modu deprem yükü hesaplarında kullanılmamıştır. Binanın üçüncü moduna ait doğal titreşim periyodu SAP2000 programında 0.756 saniye bulunmuştur.

5.3 Yük Kombinasyonları

Yapı modeli SAP2000 programında hazırlanıp, deprem yükleri ilave edildikten sonra, taşıyıcı sistem aşağıdaki 17 yükleme kombinasyonlarının herbiri için ayrı 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

18- ZARF (ENVELOPE) COMBO

Burada, G sabit yükleri, Q hareketli yükleri, E deprem yüklerini, (e) binadaki ek dışmerkezliği, P pozitif yönü, N negatif yönü göstermektedir. 16 adet depremli

durum kombinasyonunun herbirinde deprem yüklerinin % 5 ek dışmerkezlik olacak şekilde yapının kaydırılmış kütle merkezine etkitilmiş olduğu görülmektedir. Yukarıda verilen yükleme kombinasyonlarında bulunan toplama işareti (+) yön belirtmemektedir, sadece belirtilen yüklerin lineer olarak toplanacağı anlamına gelmektedir. Deprem yüklerine ait yönler SAP2000 programında yukarıda da anlaşılacağı üzere yük adlarının (Load Pattern) içerisinde verilmiştir. Örneğin 17 nolu yüklemede depremin etkidiği ana yön negatif Y yönüdür, diğer yönde gelecek olan deprem yükü katkısı ise pozitif X doğrultusundadır.

5.4 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile Deprem Yüklerinin Bulunması

5.4.1 Yapının Z1 yerel zemin sınıfı için deprem yüklerinin bulunması

5.4.1.1 Katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin belirlenmesi

Yapıya etkiyen Eşdeğer Deprem Yükleri her iki bina doğrultusu için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Eşdeğer deprem yüklerinin hesabı 2. Bölümde anlatılmış olan işlem sırası ile yapılmıştır. Dinamik analiz ile elde edilen binanın doğal titreşim periyotları ve bina ağırlığı eşdeğer deprem yükü hesabında doğrudan kullanılmıştır. Bölüm 2'de açıklandığı üzere perde duvarlarla çevrili bodrum kata ait deprem yükü hesabı yapılmamış, bu yüzden yapı ağırlığından rijit bodrum katın ağırlığı çıkarılmıştır. Yapının sembolik topaklaşmış kütle modelindeki taban ankastreliği yapının zemin katından başlamaktadır.

X doğrultusunda deprem yüklerinin belirlenmesi

Toplam bina ağırlığı: 102034.326kN

Bina'nın X Doğrultusunda doğal titreşim periyodu (T_{1X}) : 0.907 sn

Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0) : 0.4

Bina Önem Katsayısı (I) : 1

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) : 7

Spektrum Karakteristik Periyotları: Yerel Zemin Sınıfı Z1 için $T_A = 0.10$, $T_B = 0.30$

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

Spektrum Katsayısı S(T) : 1.0321 ($T \geq T_B$ $S(T)=2.5*(T_B/T)^{0.8}$)

Spektral İvme Katsayısı $A(T) = A_0*I*S(T)=0,4*1*1,0321=0.4128$

Taban Kesme Kevveti = $V_{TX} = W*A(T)/R_a(T)= 102034.326*0.4128/7=6017.453$ kN

Kontrol: $V_{TX} \geq 0.1*A_0 *I*W$ olmalı.

V_{TX} =6017.453 kN ≥ 0.1*0.4*1*102034.326=4081.373 kN

1.Normal Kat Ağırlığı = 7953.529 kN

Çatı Katı Ağırlığı = 5295.978 kN

Toplam Kat Adedi, N = 12

Kamçılama Kuvveti, Δ_{FNX} = 0.0075*N*V_{TX} =0.0075*12*6017.453 = 541.5708 kN

X doğrultusunda katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve kat kesme kuvvetleri Çizelge 5.3'de verilmiştir.

Bu ifadede :

F_i : Katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleridir.

Δ_{FNX} : Bina tepesine etki eden kamçılama kuvvetidir.

h : Kat yüksekliklerideir.

V_i : Kat kesme kuvvetleridir.

Y doğrultusunda deprem yüklerinin belirlenmesi

Toplam bina ağırlığı: 102034.326 kN

Bina'nın Y Doğrultusunda doğal titreşim periyodu (T_{1Y}) : 0.826 sn

Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0) : 0.4

Bina Önem Katsayısı (I) : 1

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) : 7

Spektrum Karakteristik Periyotları: Yerel Zemin Sınıfı Z1 için T_A = 0.10, T_B = 0.30

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

Spektrum Katsayısı S(T) : 1.1114 (T ≥ T_B S(T)=2.5*(T_B/T)^0.8)

Spektral İvme Katsayısı A(T) = A_0*I*S(T)=0,4*1*1,1114 = 0.4446

Taban Kesme Kevveti = V_{TY} =W*A(T)/R_a(T)= 102034.326 *0.4446/7=6480.269 kN

Kontrol: V_{TY} ≥ 0.1*A_0 *I*W olmalı

V_{TY} =6480.269 kN ≥ 0.1*0.4*1*102034.326=4081.373 kN

1.Normal Kat Ağırlığı = 7953.529 kN

Çatı Katı Ağırlığı = 5295.978 kN

Toplam Kat Adedi, N = 12

Kamçılama Kuvveti, Δ_{FNY} = 0.0075*N*V_{TY} =0.0075*12*6480.269 = 583.2242 kN

Y doğrultusunda katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve kat kesme kuvvetleri Çizelge 5.4'te verilmiştir.

5.4.1.2 Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre düzensizlik kontrolleri

Eşdeğer deprem yükleri hesabı bina için her iki doğrultuda yapıldıktan sonra bulunmuş olan katlara etkiyen deprem yükleri SAP2000 programında binaya etkitilmiştir. Binada kat seviyelerinde rijit diyafram kabulü yapıldığından dolayı birbiri ile aynı deplasmana sahip düğüm noktaları bulunmuştur. Tüm kolonlara ait düğüm noktası yerdeğiştirmeleri hesaplandıktan sonra Deprem Yönetmeliği 2007'deki tüm düzensizlik kontrolleri sırası ile bina için yapılmıştır. Binada mevcut olan her kata ait tüm kolonların EXPEP, EXPEN, EXNEP, EXNEN, EYPEP, EYPEN, EYNEP, EYNEN deprem yüklemelerinin etkisi altında yapmış oldukları tüm düğüm noktası yerdeğiştirmeleri kontrol edilmiştir. Yapının her iki doğrultuda tam simetriye sahip olmasından dolayı, düğüm noktası deplasmanları incelenirken kolon düğüm noktası yerdeğiştirmeleri arasında benzerlikler olduğu görülmüştür.

Yapıda 4 farklı zemin sınıfı için yapılan hesaplarda A2 döşeme süreksizlikleri, A3 planda çıktılar bulunması, B1 komşu katlar arası dayanım düzensizliği ve B3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği düzensizlikleri bulunmamaktadır.

Yapılan hesaplarda A1 burulma düzensizliği, B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği ile göreli kat ötelemeleri ve ikinci mertebe etkilerine ilişkin bulunan değerler bu bölümde verilmiştir.

X doğrultusunda katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve kat kesme kuvvetleri Çizelge 5.3'de verilmiştir. Y doğrultusunda katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve kat kesme kuvvetleri Çizelge 5.4'te verilmiştir.

Çizelge 5.3: Z1 zemin sınıfı X doğrultusunda eşdeğer deprem yükü hesabı.

Kat No	h (m)	Hi (m)	Wi (kN)	Wi*Hi (kNm)	(Wi*Hi)/(∑Wi*Hi)	Fix=[(Wi*Hi)/(∑Wi*Hi)]*(Vtx-ΔFnx) kN	Vi (kN)
11	3	36	5295.978	190655.208	0.1091	482.473	482.473
10	3	33	7814.329	257872.857	0.1476	808.212	1290.686
9	3	30	7826.329	234789.87	0.1344	735.867	2026.553
8	3	27	7838.329	211634.883	0.1211	663.296	2689.848
7	3	24	7838.329	188119.896	0.1077	589.596	3279.444
6	3	21	7867.129	165209.709	0.0946	517.792	3797.237
5	3	18	7895.929	142126.722	0.0813	445.447	4242.683
4	3	15	7895.929	118438.935	0.0678	371.206	4613.889
3	3	12	7924.729	95096.748	0.0544	298.048	4911.936
2	3	9	7953.529	71581.761	0.0410	224.348	5136.284
1	3	6	7953.529	47721.174	0.0273	149.565	5285.850
Zem. Kat	3	3	7972.729	23918.187	0.0137	74.963	5360.813

Çizelge 5.4: Z1 zemin sınıfı Y doğrultusunda eşdeğer deprem yükü hesabı.

Kat No	h (m)	Hi (m)	Wi (kN)	Wi*Hi (kNm)	(Wi*Hi)/(∑Wi*Hi)	Fiy=[(Wi*Hi)/(∑Wi*Hi)]*(Vty-ΔFny) kN	Vi (kN)
11	3	36	5295.978	190655.208	0.1091	519.581	519.581
10	3	33	7814.329	257872.857	0.1476	870.374	1389.955
9	3	30	7826.329	234789.87	0.1344	792.464	2182.419
8	3	27	7838.329	211634.883	0.1211	714.311	2896.731
7	3	24	7838.329	188119.896	0.1077	634.943	3531.674
6	3	21	7867.129	165209.709	0.0946	557.617	4089.291
5	3	18	7895.929	142126.722	0.0813	479.707	4568.998
4	3	15	7895.929	118438.935	0.0678	399.756	4968.753
3	3	12	7924.729	95096.748	0.0544	320.971	5289.725
2	3	9	7953.529	71581.761	0.0410	241.603	5531.328
1	3	6	7953.529	47721.174	0.0273	161.069	5692.396
Zem. Kat	3	3	7972.729	23918.187	0.0137	80.729	5773.125

5.4.1.3 Kat deplasmanları ve A1 burulma düzensizliği kontrolü

Yapı birinci derece deprem bölgesinde olduğu için A1 burulma düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir. Burulma düzensizliği Deprem yönetmeliği 2007'de [1]; birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük göreli kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama göreli ötelemeye oranı şeklinde tanımlanmıştır. Düğüm noktaları her kat seviyesinde her kolona ait olacak şekilde seçilmiş ve EXPEP, EXPEN, EXNEP, EXNEN, EYPEP, EYPEN, EYNEP, EYNEN deprem yüklemelerinin tümü için yapılmış olan düğüm noktası yerdeğiştirmeleri için A1 burulma düzensizliği kontrolü gerçekleştirilmiştir. Katlarda meydana gelen düğüm noktası yerdeğiştirmelerinin maksimum, minumum ve ortalama değerleri yukarıda bahsedilmiş olan depremli durum yüklemeleri arasından seçilmiştir. A1 Burulma düzensizliği kontrolü yapı için her iki deprem doğrultusunda da uygulanmıştır. Hem X doğrultusu hemde Y doğrultusu için Denlem 5.4 ile yapılmış A1 Burulma düzensizliği hesapları Çizelge 5.5 ve Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Burulma düzensizliği katsayıları,

$$(\Delta_i)_{max} = (d_i)_{max} - (d_{i-1})_{max}$$
$$(\Delta_i)_{min} = (d_i)_{min} - (d_{i-1})_{min} \qquad \textbf{(5.4)}$$
$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} > 1.2 \text{ Olmalı}$$
$$(\Delta_i)_{ort} = 1/2.[\ (\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}\ ]$$

denklemlerine göre hesaplanmıştır. SAP2000'de yapılmış olan analiz sonucu elde edilen X ve Y doğrultusundaki deplasman değerleri, minimum, maksimum, ortalama göreli kat ötelemeleri değerleri ve burulma düzensizliği katsayıları aşağıda Çizelge 5.5 ve Çizelge 5.6'da verilmiştir. Hem X doğrultusunda hem de Y doğrultusunda A1 burulma düzensizliğine rastlanmamıştır. Bu nedenle deprem yönetmeliğinin [1] öngördüğü şekilde yeni bir ekdışmerkezlik değeri kullanılarak deprem hesabının SAP2000 programında yeniden yapılmasına gerek kalmamıştır.

X doğrultusunda yapılmış olan A1 Burulma düzensizliği kontrolünde, burulma düzensizliği katsayıları her katta 1.2 değerinden küçük bulunmuştur, binada X doğrultusunda A1 Burulma düzensizliği bulunmamaktadır.

Çizelge 5.5: Z1 zemin sınıfı E.D.Y.Y. X doğrultusunda A1 burulma düzensizliği.

A1 Burulma Düzensizliği						
X Doğrultusu						
Kat	(di) min (m)	(di) max (m)	(Δi) min (m)	(Δi) max (m)	(Δi) ort (m)	ηbi
11	0.020438	0.023549	0.001444	0.001677	0.001561	1.075
10	0.018994	0.021872	0.001552	0.001799	0.001676	1.074
9	0.017442	0.020073	0.001679	0.001946	0.001813	1.074
8	0.015763	0.018127	0.001817	0.002101	0.001959	1.072
7	0.013946	0.016026	0.001936	0.002237	0.002087	1.072
6	0.01201	0.013789	0.002017	0.002325	0.002171	1.071
5	0.009993	0.011464	0.002053	0.002363	0.002208	1.070
4	0.00794	0.009101	0.002024	0.002328	0.002176	1.070
3	0.005916	0.006773	0.001907	0.002189	0.002048	1.069
2	0.004009	0.004584	0.001693	0.001942	0.001818	1.069
1	0.002316	0.002642	0.001352	0.00155	0.001451	1.068
Zem. Kat	0.000964	0.001092	0.00084	0.00096	0.0009	1.067
Bod. Kat	0.000124	0.000132	0.000124	0.000132	0.000128	1.031

Çizelge 5.5'te X doğrultusunda yapılmış olan A1 Burulma düzensizliği kontrolünde, burulma düzensizliği katsayıları her katta 1.2 değerinden küçük bulunmuştur. Bu nedenle binada X doğrultusunda A1 Burulma düzensizliği bulunmamaktadır. En alt kat olan rijit perde duvarlar ile çevrili bodrum katı için Eşdeğer Deprem Yükü hesabı üst katlar ile birlikte yapılmadığından dolayı A1 Burulma düzensizliği hesabında bodrum kat düğüm noktaları hesaba katılmamıştır.

Eşdeğer Deprem Yükü hesabında X doğrultusunda yapılmış olan A1 Burulma düzensizliği kontrolünde, burulma düzensizliği katsayıları her katta 1.2 değerinden küçük bulunduğu için katlara ait deprem yüklerinin %5 oranındaki dışmerkezlik değerinin artırılması gerekmemiştir.

Çizelge 5.6: Z1 zemin sınıfı E.D.Y.Y. Y doğrultusunda A1 burulma düzensizliği.

A1 Burulma Düzensizliği						
Y Doğrultusu						
Kat	(di) min (m)	(di) max (m)	(Δi) min (m)	(Δi) max (m)	(Δi) ort (m)	ηbi
11	0.017115	0.022505	0.001275	0.001678	0.001477	1.136
10	0.01584	0.020827	0.00137	0.001799	0.001585	1.135
9	0.01447	0.019028	0.001453	0.001914	0.001684	1.137
8	0.013017	0.017114	0.001545	0.002039	0.001792	1.138
7	0.011472	0.015075	0.001619	0.00214	0.00188	1.139
6	0.009853	0.012935	0.001638	0.002171	0.001905	1.140
5	0.008215	0.010764	0.00165	0.002188	0.001919	1.140
4	0.006565	0.008576	0.001619	0.002144	0.001882	1.140
3	0.004946	0.006432	0.001512	0.002001	0.001757	1.139
2	0.003434	0.004431	0.001371	0.001803	0.001587	1.136
1	0.002063	0.002628	0.001147	0.001491	0.001319	1.130
Zem. Kat	0.000916	0.001137	0.000779	0.000987	0.000883	1.118
Bod. Kat	0.000137	0.00015	0.000137	0.00015	0.000144	1.045

Yukarıda Çizelge 5.6'da Y doğrultusunda yapılmış olan A1 Burulma düzensizliği kontrolünde, burulma düzensizliği katsayıları her katta 1.2 değerinden küçük bulunmuştur. Bu nedenle binada Y doğrultusunda A1 Burulma düzensizliği bulunmamaktadır. En alt kat olan rijit perde duvarlar ile çevrili bodrum katı için Eşdeğer Deprem Yükü hesabı üst katlar ile birlikte yapılmadığından dolayı A1 Burulma düzensizliği hesabında bodrum kat düğüm noktaları hesaba katılmamıştır.

Eşdeğer Deprem Yükü hesabında Y doğrultusunda yapılmış olan A1 Burulma düzensizliği kontrolünde, burulma düzensizliği katsayıları her katta 1.2 değerinden ufak bulunduğu için katlara ait deprem yüklerinin %5 oranındaki dışmerkezlik değerinin artırılması gerekmemiştir.

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

Komşu katlar arası rijitlik (yumuşak kat) düzensizliği, Deprem Yönetmeliği 2007'de [1]; birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama göreli kat ötelemesine bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki}'nin 2.0'dan fazla olması durumu ile tanımlanmıştır. Denklem 5.11 ile hesaplanmıştır.

Çizelge 5.7 ve 5.8'de her iki doğrultuda bulunan değerler verilmiştir.

Çizelge 5.7: Z1 zemin sınıfı E.D.Y.Y. X doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği.

B2 Komsu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)						
X Doğrultusu						
Kat	(di) min (m)	(di) max (m)	(Δi) min (m)	(Δi) max (m)	(Δi) ort (m)	ηki
11	0.020438	0.023549	0.001444	0.001677	0.001561	
10	0.018994	0.021872	0.001552	0.001799	0.001676	1.074
9	0.017442	0.020073	0.001679	0.001946	0.001813	1.082
8	0.015763	0.018127	0.001817	0.002101	0.001959	1.081
7	0.013946	0.016026	0.001936	0.002237	0.002087	1.065
6	0.01201	0.013789	0.002017	0.002325	0.002171	1.040
5	0.009993	0.011464	0.002053	0.002363	0.002208	1.017
4	0.00794	0.009101	0.002024	0.002328	0.002176	0.986
3	0.005916	0.006773	0.001907	0.002189	0.002048	0.941
2	0.004009	0.004584	0.001693	0.001942	0.001818	0.887
1	0.002316	0.002642	0.001352	0.00155	0.001451	0.798
Zem. Kat	0.000964	0.001092	0.00084	0.00096	0.0009	0.620
Bod. Kat	0.000124	0.000132	0.000124	0.000132	0.000128	0.142

Komşu katlar arası rijitlik (yumuşak kat) düzensizliği katsayıları,

$$(\Delta_i)_{max} = (d_i)_{max} - (d_{i-1})_{max}$$

$$(\Delta_i)_{min} = (d_i)_{min} - (d_{i-1})_{min}$$

$$(\Delta_i)_{ort} = 1/2.[\ (\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}\ ] \qquad \textbf{(5.11)}$$

$$(\Delta_{i+1})_{max} = (d_{i+1})_{max} - (d_i)_{max}$$

$$(\Delta_{i+1})_{min} = (d_{i+1})_{min} - (d_i)_{min}$$

$$(\Delta_{i+1})_{ort} = 1/2.[\ (\Delta_{i+1})_{max} + (\Delta_{i+1})_{min}\ ]$$

$$\eta_{ki} = (\Delta_i)_{ort} / (\Delta_{i+1})_{ort} < 2 \text{ olmalıdır.}$$

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

Çizelge 5.8: Z1 zemin sınıfı E.D.Y.Y. Y doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği.

B2 Komsu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)						
Y Doğrultusu						
Kat	(di) min (m)	(di) max (m)	(Δi) min (m)	(Δi) max (m)	(Δi) ort (m)	ηki
11	0.017115	0.022505	0.001275	0.001678	0.001477	
10	0.01584	0.020827	0.00137	0.001799	0.001585	1.073
9	0.01447	0.019028	0.001453	0.001914	0.001684	1.062
8	0.013017	0.017114	0.001545	0.002039	0.001792	1.064
7	0.011472	0.015075	0.001619	0.00214	0.00188	1.049
6	0.009853	0.012935	0.001638	0.002171	0.001905	1.013
5	0.008215	0.010764	0.00165	0.002188	0.001919	1.008
4	0.006565	0.008576	0.001619	0.002144	0.001882	0.980
3	0.004946	0.006432	0.001512	0.002001	0.001757	0.934
2	0.003434	0.004431	0.001371	0.001803	0.001587	0.904
1	0.002063	0.002628	0.001147	0.001491	0.001319	0.831
Zem. Kat	0.000916	0.001137	0.000779	0.000987	0.000883	0.669
Bod. Kat	0.000137	0.00015	0.000137	0.00015	0.000144	0.163

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.

5.4.1.5 Göreli kat ötelemeleri kontrolü

Deprem Yönetmeliği 2007'ye [1] göre, göreli kat ötelemesi, herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade etmektedir. Binada göreli kat ötelemeleri kontrolü her iki deprem doğrultusu içinde ayrı ayrı aşağıdaki işlem yolu izlenerek ve çizelgeler oluşturularak yapılmıştır. Azaltılmış göreli kat ötelemesi olan Δ_i, aşağıda verilmiş olan Denklem 5.12 ile elde edilmiştir.

$$(\Delta_i)_{max} = d_i - d_{i-1} \qquad \textbf{(5.12)}$$

d_i ve d_{i-1}, bina'nın i'inci ve i-1'inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında hesaptan elde edilen yatay yerdeğiştirmeleri göstermektedir. Etkin göreli kat ötelemesi Denklem 5.13'te verilmiştir.

$$\delta_i = R \,.\, \Delta_i \qquad \textbf{(5.13)}$$

$(\delta_i)_{max} / h_i \leq 0.02$ ve $(\Delta_i)_{max} / h_i \leq 0.02 / R$ olmalıdır. R=7 olduğu bilinmektedir bu nedenle $(\Delta_i)_{max} / h_i \leq 0.00286$ olmalıdır.

Yukarıda verilen ifadelerde:

h_i : Kat yüksekliği

δ_i : Bina'nın i'inci katındaki etkin göreli kat ötelemesi

$(\delta_i)_{max}$: Bina'nın i'inci katındaki maksimum etkin göreli kat ötelemesi

R : Taşıyıcı sistem davranış katsayısını ifade etmektedir.

$(\Delta_i)_{max} / h_i \leq 0.00286$ koşulu binanın her katında her iki deprem doğrultusu içinde ayrı ayrı sağlanmalıdır. Aksi takdirde taşıyıcı sistemin rijitliği düzensizliğe sahip deprem doğrultusunda arttırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır. Binada göreli kat ötelemeleri kontrolü her iki deprem doğrultusu içinde ayrı ayrı yukarıda verilen işlem yolu izlenerek ve çizelgeler oluşturularak yapılmıştır.

Aşağıda Çizelge 5.9'da X doğrultusunda, Çizelge 5.10'da ise Y doğrultusunda yapılmış olan göreli kat ötelemeleri kontrolleri verilmiştir. Çizelge 5.9'da ve Çizelge 5.10'da görüldüğü üzere $(\Delta_i)_{max} / h_i$ oranı katlar arasında belli bir düzene sahip

değildir. X doğrultusunda ve Y doğrultusunda katlar arasında farklı bir değişim olduğu bulunmuştur.

Çizelge 5.9: Z1 zemin sınıfı E.D.Y.Y. X doğrultusunda göreli kat ötelemeleri.

Kat	(di) max (m)	(Δi) max (m)	hi (m)	(Δi)max/hi
11	0.023549	0.001677	3	0.00056
10	0.021872	0.001799	3	0.00060
9	0.020073	0.001946	3	0.00065
8	0.018127	0.002101	3	0.00070
7	0.016026	0.002237	3	0.00075
6	0.013789	0.002325	3	0.00078
5	0.011464	0.002363	3	0.00079
4	0.009101	0.002328	3	0.00078
3	0.006773	0.002189	3	0.00073
2	0.004584	0.001942	3	0.00065
1	0.002642	0.00155	3	0.00052
Zem. Kat	0.001092	0.00096	3	0.00032
Bod. Kat	0.000132	0.000132	3	0.00004

Yapılan analiz sonucunda binada, Çizelge 5.09'da verilen X doğrultusundaki göreli kat ötelemelerinin belirtilen sınır değer olan 0.00286'nın altında olduğu bulunmuştur.

Çizelge 5.10: Z1 zemin sınıfı E.D.Y.Y. Y doğrultusunda göreli kat ötelemeleri.

Kat	(di) max (m)	(Δi) max (m)	hi (m)	(Δi)max/hi
11	0.022505	0.001678	3	0.0006
10	0.020827	0.001799	3	0.0006
9	0.019028	0.001914	3	0.0006
8	0.017114	0.002039	3	0.0007
7	0.015075	0.00214	3	0.0007
6	0.012935	0.002171	3	0.0007
5	0.010764	0.002188	3	0.0007
4	0.008576	0.002144	3	0.0007
3	0.006432	0.002001	3	0.0007
2	0.004431	0.001803	3	0.0006
1	0.002628	0.001491	3	0.0005
Zem. Kat	0.001137	0.000987	3	0.0003
Bod. Kat	0.00015	0.00015	3	0.0001

Yapılan analiz sonucunda binada, Çizelge 5.10'da verilen Y doğrultusundaki göreli kat ötelemelerinin belirtilen sınır değer olan 0.00286'nın altında olduğu bulunmuştur. Yapıda her iki doğrultuda da göreli kat deplasmanları sınır değeri aşmamaktadır.

5.4.1.6 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü

Taşıyıcı sistem elemanlarının yalnızca elastik doğrusal davranışları dikkate alındığında, ikinci mertebe etkileri aşağıdaki belirtilen şekilde alınabilir. Göz önüne alınan deprem doğrultusunda her bir katta, İkinci Mertebe Gösterge Değeri, Θ_i'nin Denklem (5.17) ile verilen koşulu sağlaması gerekmektedir.

$$\Theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \sum_{j=1}^{N} w_j}{V_i h_i} \leq 0.12 \qquad \textbf{(5.17)}$$

Bu ifadede;

$(\Delta_i)_{ort}$: i'inci katta kolon ve perdede hesaplanan göreli kat ötelemelerinin kat içindeki ortama değeri,

W_i : Her bir katın ağırlığı,

H_i : Her bir kata ait yükseklik,

V_i : Deprem hesabında bulunan her bir kata ait kat kesme kuvveti değeri,

Θ_i : İkinci mertebe gösterge değerini ifade etmektedir.

Çizelge 5.11 ve Çizelge 5.12'de sırasıyla X ve Y doğrultularında ikinci mertebe etkilerinin kontrolü Denklem (5.17) uygulanarak yapılmıştır. X doğrultusunda toplam $\Theta_i = 0.0793 < 0.12$ bulunmuştur, Y doğrultusunda toplam $\Theta_i = 0.0657 < 0.12$ bulunmuştur. Her iki doğrultuda bulunan ikinci mertebe etki değerleri deprem yönetmeliğinde [1] belirtilen sınır değerin altındadır. Yapılan kontroller sonrası, X ve Y doğrultusunda ikinci derece mertebe etkilerinin sınır değer olan 0.12'nin altında kaldığı görülmüştür.

Farklı zemin oturmalarına bağlı temel öteleme ve dönmeleri ile sıcaklık değişmelerinin etkisi ve bina blokları veya mevcut eski binalarla yeni yapılacak binalar arasında, sadece deprem etkisi için bırakılacak derz boşluklarına ilişkin koşullar yapıda mevcut olmadığı için deprem derzleri yapıda yer almamaktadır.

Çizelge 5.11: Z1 zemin sınıfı E.D.Y.Y. X doğrultusunda ikinci mertebe etkileri kontrolü.

Kat	hi (m)	Wi (kN)	∑Wi (kN)	(Δi) ort (m)	Kat Kuvvetleri Fi (kN)	Kat Kesme Kuvvetleri Vi (kN)	θi
11	3	5295.978	5295.978	0.001561	482.473	482.473	0.0057
10	3	7814.329	13110.31	0.001676	808.212	1290.686	0.0057
9	3	7826.329	20936.64	0.001813	735.867	2026.553	0.0062
8	3	7838.329	28774.97	0.001959	663.296	2689.848	0.0070
7	3	7838.329	36613.29	0.002087	589.596	3279.444	0.0078
6	3	7867.129	44480.42	0.002171	517.792	3797.237	0.0085
5	3	7895.929	52376.35	0.002208	445.447	4242.683	0.0091
4	3	7895.929	60272.28	0.002176	371.206	4613.889	0.0095
3	3	7924.729	68197.01	0.002048	298.048	4911.936	0.0095
2	3	7953.529	76150.54	0.001818	224.348	5136.284	0.0090
1	3	7953.529	84104.07	0.001451	149.565	5285.85	0.0077
Zem. Kat	3	7972.729	92076.8	0.0009	74.963	5360.813	0.0052

Çizelge 5.12: Z1 zemin sınıfı E.D.Y.Y. Y doğrultusunda ikinci mertebe etkileri kontrolü.

Kat	hi (m)	Wi (kN)	∑Wi (kN)	(Δi) ort (m)	Kat Kuvvetleri Fi (kN)	Kat Kesme Kuvvetleri Vi (kN)	θi
11	3	5295.978	5295.978	0.001477	519.581	519.581	0.0050
10	3	7814.329	13110.307	0.001585	870.374	1389.955	0.0050
9	3	7826.329	20936.636	0.001684	792.464	2182.419	0.0054
8	3	7838.329	28774.965	0.001792	714.311	2896.731	0.0059
7	3	7838.329	36613.294	0.00188	634.943	3531.674	0.0065
6	3	7867.129	44480.423	0.001905	557.617	4089.291	0.0069
5	3	7895.929	52376.352	0.001919	479.707	4568.998	0.0073
4	3	7895.929	60272.281	0.001882	399.756	4968.753	0.0076
3	3	7924.729	68197.010	0.001757	320.971	5289.725	0.0075
2	3	7953.529	76150.539	0.001587	241.603	5531.328	0.0073
1	3	7953.529	84104.068	0.001319	161.069	5692.396	0.0065
Zem. Kat	3	7972.729	92076.797	0.000883	80.729	5773.125	0.0047

5.4.2 Yapının Z2 yerel zemin sınıfı için deprem yüklerinin bulunması

5.4.2.1 Katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin belirlenmesi

X doğrultusunda deprem yüklerinin belirlenmesi

Toplam bina ağırlığı: 102034.326kN

Bina'nın X Doğrultusunda doğal titreşim periyodu (T_{1X}) : 0.907 sn

Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0) : 0.4

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 Yükü Azaltma Katsayısı, $R_a(T_{1X}) = 7$

Spektrum Katsayısı S(T) : 1.2991

Spektral İvme Katsayısı A(T) = 0.5197

Taban Kesme Kevveti = V_{TX} = 7574.669 kN

Kontrol: $V_{TX} \geq 0.1*A_0 *I*W$ olmalı.

V_{TX} =7574.669 kN $\geq$ 4081.373 kN

1.Normal Kat Ağırlığı = 7953.529 kN

Çatı Katı Ağırlığı = 5295.978 kN

Toplam Kat Adedi, N = 12

Kamçılama Kuvveti, Δ_{FNX} =681.7202 kN

X doğrultusunda katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve kat kesme kuvvetleri Çizelge 5.13'te verilmiştir.

Y doğrultusunda deprem yüklerinin belirlenmesi

Toplam bina ağırlığı: 102034.326 kN

Bina'nın Y Doğrultusunda doğal titreşim periyodu (T_{1Y}) : 0.826 sn

Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0) : 0.4

Bina Önem Katsayısı (I) : 1

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) : 7

Spektrum Karakteristik Periyotları: Yerel Zemin Sınıfı Z1 için $T_A = 0.15$, $T_B = 0.40$

Deprem Yükü Azaltma Katsayısı, $R_a(T_{1Y}) = 7$

Spektrum Katsayısı S(T) : 1.3991

Spektral İvme Katsayısı A(T) = 0.5596

Taban Kesme Kevveti = V_{TY} = 8157.254 kN

Kontrol: $V_{TY} \geq 0.1*A_0 *I*W$ olmalı

V_{TY} =8157.254 kN ≥ 4081.373 kN

1.Normal Kat Ağırlığı = 7953.529 kN

Çatı Katı Ağırlığı = 5295.978 kN

Toplam Kat Adedi, N = 12

Kamçılama Kuvveti, Δ_{FNY} = 734.1529 kN

Y doğrultusunda katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve kat kesme kuvvetleri Çizelge 5.14'te verilmiştir.

5.4.2.2 Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre düzensizlik kontrolleri

X doğrultusunda katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve kat kesme kuvvetleri Çizelge 5.13'de verilmiştir. Y doğrultusunda katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve kat kesme kuvvetleri Çizelge 5.14'te verilmiştir.

Çizelge 5.13: Z2 zemin sınıfı X doğrultusunda eşdeğer deprem yükü hesabı.

Kat No	h (m)	Hi (m)	Wi (kN)	Wi*Hi (kNm)	(Wi*Hi)/(∑Wi*Hi)	Fix=[(Wi*Hi)/(∑Wi*Hi)]*(Vtx-ΔFnx) kN	Vi (kN)
11	3	36	5295.978	190655.208	0.1091	607.329	607.329
10	3	33	7814.329	257872.857	0.1476	1017.364	1624.694
9	3	30	7826.329	234789.87	0.1344	926.297	2550.991
8	3	27	7838.329	211634.883	0.1211	834.946	3385.936
7	3	24	7838.329	188119.896	0.1077	742.174	4128.110
6	3	21	7867.129	165209.709	0.0946	651.788	4779.898
5	3	18	7895.929	142126.722	0.0813	560.721	5340.619
4	3	15	7895.929	118438.935	0.0678	467.267	5807.886
3	3	12	7924.729	95096.748	0.0544	375.177	6183.064
2	3	9	7953.529	71581.761	0.0410	282.406	6465.469
1	3	6	7953.529	47721.174	0.0273	188.270	6653.740
Zem. Kat	3	3	7972.729	23918.187	0.0137	94.362	6748.102

Çizelge 5.14: Z2 zemin sınıfı Y doğrultusunda eşdeğer deprem yükü hesabı.

Kat No	h (m)	Hi (m)	Wi (kN)	Wi*Hi (kNm)	(Wi*Hi)/(∑Wi*Hi)	Fiy=[(Wi*Hi)/(∑Wi*Hi)]*(Vty-ΔFny) kN	Vi (kN)
11	3	36	5295.978	190655.208	0.1091	654.040	654.040
10	3	33	7814.329	257872.857	0.1476	1095.612	1749.652
9	3	30	7826.329	234789.87	0.1344	997.541	2747.193
8	3	27	7838.329	211634.883	0.1211	899.163	3646.356
7	3	24	7838.329	188119.896	0.1077	799.256	4445.612
6	3	21	7867.129	165209.709	0.0946	701.919	5147.531
5	3	18	7895.929	142126.722	0.0813	603.847	5751.378
4	3	15	7895.929	118438.935	0.0678	503.206	6254.584
3	3	12	7924.729	95096.748	0.0544	404.033	6658.617
2	3	9	7953.529	71581.761	0.0410	304.126	6962.743
1	3	6	7953.529	47721.174	0.0273	202.751	7165.494
Zem. Kat	3	3	7972.729	23918.187	0.0137	101.620	7267.114

5.4.2.3 Kat deplasmanları ve A1 burulma düzensizliği kontrolü

SAP2000'de yapılmış olan analiz sonucu elde edilen X ve Y doğrultusundaki deplasman değerleri, minimum, maksimum, ortalama göreli kat ötelemeleri değerleri ve burulma düzensizliği katsayıları aşağıda Çizelge 5.15 ve Çizelge 5.16'da verilmiştir. Hem X doğrultusunda hem de Y doğrultusunda A1 burulma düzensizliğine rastlanmamıştır.

Çizelge 5.15: Z2 zemin sınıfı E.D.Y.Y. X doğrultusunda A1 burulma düzensizliği.

A1 Burulma Düzensizliği						
X Doğrultusu						
Kat	(di) min (m)	(di) max (m)	(Δi) min (m)	(Δi) max (m)	(Δi) ort (m)	ηbi
11	0.025727	0.029644	0.001818	0.002111	0.001965	1.075
10	0.023909	0.027533	0.001953	0.002265	0.002109	1.074
9	0.021956	0.025268	0.002114	0.00245	0.002282	1.074
8	0.019842	0.022818	0.002287	0.002645	0.002466	1.073
7	0.017555	0.020173	0.002438	0.002816	0.002627	1.072
6	0.015117	0.017357	0.002538	0.002926	0.002732	1.071
5	0.012579	0.014431	0.002584	0.002975	0.00278	1.070
4	0.009995	0.011456	0.002548	0.00293	0.002739	1.070
3	0.007447	0.008526	0.0024	0.002755	0.002578	1.069
2	0.005047	0.005771	0.002131	0.002445	0.002288	1.069
1	0.002916	0.003326	0.001702	0.001952	0.001827	1.068
Zem. Kat	0.001214	0.001374	0.001057	0.001208	0.001133	1.067
Bod. Kat	0.000157	0.000166	0.000157	0.000166	0.000162	1.028

Çizelge 5.16: Z2 zemin sınıfı E.D.Y.Y. Y doğrultusunda A1 burulma düzensizliği.

A1 Burulma Düzensizliği						
Y Doğrultusu						
Kat	(di) min (m)	(di) max (m)	(Δi) min (m)	(Δi) max (m)	(Δi) ort (m)	ηbi
11	0.021544	0.028328	0.001605	0.002112	0.001859	1.136
10	0.019939	0.026216	0.001725	0.002264	0.001995	1.135
9	0.018214	0.023952	0.001828	0.00241	0.002119	1.137
8	0.016386	0.021542	0.001945	0.002566	0.002256	1.138
7	0.014441	0.018976	0.002039	0.002694	0.002367	1.138
6	0.012402	0.016282	0.002061	0.002733	0.002397	1.140
5	0.010341	0.013549	0.002077	0.002753	0.002415	1.140
4	0.008264	0.010796	0.002038	0.0027	0.002369	1.140
3	0.006226	0.008096	0.001903	0.002519	0.002211	1.139
2	0.004323	0.005577	0.001726	0.002269	0.001998	1.136
1	0.002597	0.003308	0.001444	0.001876	0.00166	1.130
Zem. Kat	0.001153	0.001432	0.000981	0.001244	0.001113	1.118
Bod. Kat	0.000172	0.000188	0.000172	0.000188	0.00018	1.044

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

Çizelge 5.17 ve 5.18'de her iki doğrultuda B2 komşu katlar arası rijitlik dünsizliği için bulunan değerler verilmiştir.

Çizelge 5.17: Z2 zemin sınıfı E.D.Y.Y. X doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği.

B2 Komsu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)						
X Doğrultusu						
Kat	(di) min (m)	(di) max (m)	(Δi) min (m)	(Δi) max (m)	(Δi) ort (m)	ηki
11	0.025727	0.029644	0.001818	0.002111	0.001965	
10	0.023909	0.027533	0.001953	0.002265	0.002109	1.074
9	0.021956	0.025268	0.002114	0.00245	0.002282	1.082
8	0.019842	0.022818	0.002287	0.002645	0.002466	1.081
7	0.017555	0.020173	0.002438	0.002816	0.002627	1.065
6	0.015117	0.017357	0.002538	0.002926	0.002732	1.040
5	0.012579	0.014431	0.002584	0.002975	0.00278	1.017
4	0.009995	0.011456	0.002548	0.00293	0.002739	0.985
3	0.007447	0.008526	0.0024	0.002755	0.002578	0.941
2	0.005047	0.005771	0.002131	0.002445	0.002288	0.888
1	0.002916	0.003326	0.001702	0.001952	0.001827	0.799
Zem. Kat	0.001214	0.001374	0.001057	0.001208	0.001133	0.620
Bod. Kat	0.000157	0.000166	0.000157	0.000166	0.000162	0.143

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 5.18: Z2 zemin sınıfı E.D.Y.Y. Y doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği.

B2 Komsu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)						
Y Doğrultusu						
Kat	(di) min (m)	(di) max (m)	(Δi) min (m)	(Δi) max (m)	(Δi) ort (m)	ηki
11	0.021544	0.028328	0.001605	0.002112	0.001859	
10	0.019939	0.026216	0.001725	0.002264	0.001995	1.073
9	0.018214	0.023952	0.001828	0.00241	0.002119	1.062
8	0.016386	0.021542	0.001945	0.002566	0.002256	1.064
7	0.014441	0.018976	0.002039	0.002694	0.002367	1.049
6	0.012402	0.016282	0.002061	0.002733	0.002397	1.013
5	0.010341	0.013549	0.002077	0.002753	0.002415	1.008
4	0.008264	0.010796	0.002038	0.0027	0.002369	0.981
3	0.006226	0.008096	0.001903	0.002519	0.002211	0.933
2	0.004323	0.005577	0.001726	0.002269	0.001998	0.903
1	0.002597	0.003308	0.001444	0.001876	0.00166	0.831
Zem. Kat	0.001153	0.001432	0.000981	0.001244	0.001113	0.670
Bod. Kat	0.000172	0.000188	0.000172	0.000188	0.00018	0.162

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.

5.4.2.5 Göreli kat ötelemeleri kontrolü

Aşağıda Çizelge 5.19'da X doğrultusunda, Çizelge 5.20'da ise Y doğrultusunda yapılmış olan göreli kat ötelemeleri kontrolleri verilmiştir.

Çizelge 5.19: Z2 zemin sınıfı E.D.Y.Y. X doğrultusunda göreli kat ötelemeleri.

Kat	(di) max (m)	(Δi) max (m)	hi (m)	(Δi)max/hi
11	0.029644	0.002111	3	0.00070
10	0.027533	0.002265	3	0.00076
9	0.025268	0.00245	3	0.00082
8	0.022818	0.002645	3	0.00088
7	0.020173	0.002816	3	0.00094
6	0.017357	0.002926	3	0.00098
5	0.014431	0.002975	3	0.00099
4	0.011456	0.00293	3	0.00098
3	0.008526	0.002755	3	0.00092
2	0.005771	0.002445	3	0.00082
1	0.003326	0.001952	3	0.00065
Zem. Kat	0.001374	0.001208	3	0.00040
Bod. Kat	0.000166	0.000166	3	0.00006

Yapılan analiz sonucunda binada, Çizelge 5.19'da verilen X doğrultusundaki göreli kat ötelemelerinin belirtilen sınır değer olan 0.00286'nın altında olduğu bulunmuştur.

Çizelge 5.20: Z2 zemin sınıfı E.D.Y.Y. Y doğrultusunda göreli kat ötelemeleri.

Kat	(di) max (m)	(Δi) max (m)	hi (m)	(Δi)max/hi
11	0.028328	0.002112	3	0.0007
10	0.026216	0.002264	3	0.0008
9	0.023952	0.00241	3	0.0008
8	0.021542	0.002566	3	0.0009
7	0.018976	0.002694	3	0.0009
6	0.016282	0.002733	3	0.0009
5	0.013549	0.002753	3	0.0009
4	0.010796	0.0027	3	0.0009
3	0.008096	0.002519	3	0.0008
2	0.005577	0.002269	3	0.0008
1	0.003308	0.001876	3	0.0006
Zem. Kat	0.001432	0.001244	3	0.0004
Bod. Kat	0.000188	0.000188	3	0.0001

Yapılan analiz sonucunda binada, Çizelge 5.20'de verilen Y doğrultusundaki göreli kat ötelemelerinin belirtilen sınır değer olan 0.00286'nın altında olduğu bulunmuştur. Yapıda her iki doğrultuda da göreli kat deplasmanları sınır değeri aşmamaktadır.

5.4.2.6 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü

Çizelge 5.21 ve Çizelge 5.22'de sırasıyla X ve Y doğrultularında ikinci mertebe etkilerinin kontrolü Denklem (5.17) uygulanarak yapılmıştır. X doğrultusunda toplam $\Theta_i = 0.0793 < 0.12$ bulunmuştur, Y doğrultusunda toplam $\Theta_i = 0.0657 < 0.12$ bulunmuştur. Her iki doğrultuda bulunan ikinci mertebe etki değerleri deprem yönetmeliğinde [1] belirtilen sınır değerin altındadır.

Çizelge 5.21: Z2 zemin sınıfı E.D.Y.Y. X doğrultusunda ikinci mertebe etkileri kontrolü.

Kat	hi (m)	Wi (kN)	∑Wi (kN)	(Δi) ort (m)	Kat Kuvvetleri Fi (kN)	Kat Kesme Kuvvetleri Vi (kN)	θi
11	3	5295.978	5295.978	0.001965	607.329	607.329	0.0057
10	3	7814.329	13110.31	0.002109	1017.364	1624.694	0.0057
9	3	7826.329	20936.64	0.002282	926.297	2550.991	0.0062
8	3	7838.329	28774.97	0.002466	834.946	3385.936	0.0070
7	3	7838.329	36613.29	0.002627	742.174	4128.11	0.0078
6	3	7867.129	44480.42	0.002732	651.788	4779.898	0.0085
5	3	7895.929	52376.35	0.00278	560.721	5340.619	0.0091
4	3	7895.929	60272.28	0.002739	467.267	5807.886	0.0095
3	3	7924.729	68197.01	0.002578	375.177	6183.064	0.0095
2	3	7953.529	76150.54	0.002288	282.406	6465.469	0.0090
1	3	7953.529	84104.07	0.001827	188.270	6653.74	0.0077
Zem. Kat	3	7972.729	92076.8	0.001133	94.362	6748.102	0.0052

Çizelge 5.22: Z2 zemin sınıfı E.D.Y.Y. Y doğrultusunda ikinci mertebe etkileri kontrolü.

Kat	hi (m)	Wi (kN)	∑Wi (kN)	(Δi) ort (m)	Kat Kuvvetleri Fi (kN)	Kat Kesme Kuvvetleri Vi (kN)	θi
11	3	5295.978	5295.978	0.001859	654.040	654.040	0.0050
10	3	7814.329	13110.307	0.001995	1095.612	1749.652	0.0050
9	3	7826.329	20936.636	0.002119	997.541	2747.193	0.0054
8	3	7838.329	28774.965	0.002256	899.163	3646.356	0.0059
7	3	7838.329	36613.294	0.002367	799.256	4445.612	0.0065
6	3	7867.129	44480.423	0.002397	701.919	5147.531	0.0069
5	3	7895.929	52376.352	0.002415	603.847	5751.378	0.0073
4	3	7895.929	60272.281	0.002369	503.206	6254.584	0.0076
3	3	7924.729	68197.010	0.002211	404.033	6658.617	0.0075
2	3	7953.529	76150.539	0.001998	304.126	6962.743	0.0073
1	3	7953.529	84104.068	0.00166	202.751	7165.494	0.0065
Zem. Kat	3	7972.729	92076.797	0.001113	101.620	7267.114	0.0047

5.4.3 Yapının Z3 yerel zemin sınıfı için deprem yüklerinin bulunması

5.4.3.1 Katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin belirlenmesi

X doğrultusunda deprem yüklerinin belirlenmesi

Toplam bina ağırlığı: 102034.326kN

Bina'nın X Doğrultusunda doğal titreşim periyodu (T_{1X}) : 0.907 sn

Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0) : 0.4

Bina Önem Katsayısı (I) : 1

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) : 7

Spektrum Karakteristik Periyotları: Yerel Zemin Sınıfı Z3 için $T_A = 0.15$, $T_B = 0.60$

Deprem Yükü Azaltma Katsayısı, $R_a(T_{1X}) = 7$

Spektrum Katsayısı S(T) : 1.7969

Spektral İvme Katsayısı A(T) = 0.7188

Taban Kesme Kevveti = V_{TX} = 10476.99 kN

Kontrol: $V_{TX} \geq 0.1*A_0 *I*W$ olmalı.

V_{TX} =10476.99 kN $\geq$ 4081.373 kN

1.Normal Kat Ağırlığı = 7953.529 kN

Çatı Katı Ağırlığı = 5295.978 kN

Toplam Kat Adedi, N = 12

Kamçılama Kuvveti, Δ_{FNX} =942.9294 kN

X doğrultusunda katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve kat kesme kuvvetleri Çizelge 5.23'te verilmiştir.

Y doğrultusunda deprem yüklerinin belirlenmesi

Toplam bina ağırlığı: 102034.326 kN

Bina'nın Y Doğrultusunda doğal titreşim periyodu (T_{1Y}) : 0.826 sn

Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0) : 0.4

Bina Önem Katsayısı (I) : 1

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) : 7

Spektrum Karakteristik Periyotları: Yerel Zemin Sınıfı Z1 için $T_A = 0.15$, $T_B = 0.60$

Deprem Yükü Azaltma Katsayısı, $R_a(T_{1Y}) = 7$

Spektrum Katsayısı S(T) : 1.9351

Spektral İvme Katsayısı A(T) = 0.7740

Taban Kesme Kevveti = V_{TY} = 11282.8 kN

Kontrol: $V_{TY} \geq 0.1*A_0 *I*W$ olmalı

V_{TY} =11282.8 kN ≥ 4081.373 kN

1.Normal Kat Ağırlığı = 7953.529 kN

Çatı Katı Ağırlığı = 5295.978 kN

Toplam Kat Adedi, N = 12

Kamçılama Kuvveti, Δ_{FNY} = 1015.452 kN

Y doğrultusunda katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve kat kesme kuvvetleri Çizelge 5.24'te verilmiştir.

5.4.3.2 Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre düzensizlik kontrolleri

X doğrultusunda katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve kat kesme kuvvetleri Çizelge 5.23'de verilmiştir. Y doğrultusunda katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve kat kesme kuvvetleri Çizelge 5.24'te verilmiştir.

Çizelge 5.23: Z3 zemin sınıfı X doğrultusunda eşdeğer deprem yükü hesabı.

Kat No	h (m)	Hi (m)	Wi (kN)	Wi*Hi (kNm)	(Wi*Hi)/(∑Wi*Hi)	Fix=[(Wi*Hi)/(∑Wi*Hi)]*(Vtx-ΔFnx) kN	Vi (kN)
11	3	36	5295.978	190655.208	0.1091	840.035	840.035
10	3	33	7814.329	257872.857	0.1476	1407.180	2247.214
9	3	30	7826.329	234789.87	0.1344	1281.219	3528.433
8	3	27	7838.329	211634.883	0.1211	1154.865	4683.298
7	3	24	7838.329	188119.896	0.1077	1026.547	5709.844
6	3	21	7867.129	165209.709	0.0946	901.529	6611.373
5	3	18	7895.929	142126.722	0.0813	775.568	7386.941
4	3	15	7895.929	118438.935	0.0678	646.306	8033.247
3	3	12	7924.729	95096.748	0.0544	518.931	8552.178
2	3	9	7953.529	71581.761	0.0410	390.613	8942.791
1	3	6	7953.529	47721.174	0.0273	260.408	9203.199
Zem. Kat	3	3	7972.729	23918.187	0.0137	130.519	9333.718

Çizelge 5.24: Z3 zemin sınıfı Y doğrultusunda eşdeğer deprem yükü hesabı.

Kat No	h (m)	Hi (m)	Wi (kN)	Wi*Hi (kNm)	(Wi*Hi)/(∑Wi*Hi)	Fiy=[(Wi*Hi)/(∑Wi*Hi)]*(Vty-ΔFny) kN	Vi (kN)
11	3	36	5295.978	190655.208	0.1091	904.644	904.644
10	3	33	7814.329	257872.857	0.1476	1515.409	2420.053
9	3	30	7826.329	234789.87	0.1344	1379.760	3799.813
8	3	27	7838.329	211634.883	0.1211	1243.688	5043.501
7	3	24	7838.329	188119.896	0.1077	1105.501	6149.002
6	3	21	7867.129	165209.709	0.0946	970.867	7119.869
5	3	18	7895.929	142126.722	0.0813	835.218	7955.087
4	3	15	7895.929	118438.935	0.0678	696.015	8651.102
3	3	12	7924.729	95096.748	0.0544	558.843	9209.945
2	3	9	7953.529	71581.761	0.0410	420.656	9630.601
1	3	6	7953.529	47721.174	0.0273	280.437	9911.038
Zem. Kat	3	3	7972.729	23918.187	0.0137	140.557	10051.595

5.4.3.3 Kat deplasmanları ve A1 burulma düzensizliği kontrolü

SAP2000'de yapılmış olan analiz sonucu elde edilen X ve Y doğrultusundaki deplasman değerleri, minimum, maksimum, ortalama göreli kat ötelemeleri değerleri ve burulma düzensizliği katsayıları aşağıda Çizelge 5.25 ve Çizelge 5.26'da verilmiştir. Hem X doğrultusunda hem de Y doğrultusunda A1 burulma düzensizliğine rastlanmamıştır.

Çizelge 5.25: Z3 zemin sınıfı E.D.Y.Y. X doğrultusunda A1 burulma düzensizliği.

A1 Burulma Düzensizliği						
X Doğrultusu						
Kat	(di) min (m)	(di) max (m)	(Δi) min (m)	(Δi) max (m)	(Δi) ort (m)	ηbi
11	0.035585	0.041002	0.002515	0.00292	0.002718	1.075
10	0.03307	0.038082	0.002701	0.003132	0.002917	1.074
9	0.030369	0.03495	0.002925	0.003388	0.003157	1.073
8	0.027444	0.031562	0.003162	0.003659	0.003411	1.073
7	0.024282	0.027903	0.003372	0.003895	0.003634	1.072
6	0.02091	0.024008	0.003511	0.004047	0.003779	1.071
5	0.017399	0.019961	0.003575	0.004115	0.003845	1.070
4	0.013824	0.015846	0.003524	0.004053	0.003789	1.070
3	0.0103	0.011793	0.00332	0.003811	0.003566	1.069
2	0.00698	0.007982	0.002947	0.003382	0.003165	1.069
1	0.004033	0.0046	0.002354	0.002699	0.002527	1.068
Zem. Kat	0.001679	0.001901	0.001462	0.001671	0.001567	1.067
Bod. Kat	0.000217	0.00023	0.000217	0.00023	0.000224	1.029

Çizelge 5.26: Z3 zemin sınıfı E.D.Y.Y. Y doğrultusunda A1 burulma düzensizliği.

A1 Burulma Düzensizliği						
Y Doğrultusu						
Kat	(di) min (m)	(di) max (m)	(Δi) min (m)	(Δi) max (m)	(Δi) ort (m)	ηbi
11	0.029799	0.039183	0.00222	0.002921	0.002571	1.136
10	0.027579	0.036262	0.002385	0.003133	0.002759	1.136
9	0.025194	0.033129	0.00253	0.003332	0.002931	1.137
8	0.022664	0.029797	0.00269	0.003551	0.003121	1.138
7	0.019974	0.026246	0.00282	0.003726	0.003273	1.138
6	0.017154	0.02252	0.002851	0.003779	0.003315	1.140
5	0.014303	0.018741	0.002872	0.003809	0.003341	1.140
4	0.011431	0.014932	0.002819	0.003734	0.003277	1.140
3	0.008612	0.011198	0.002633	0.003484	0.003059	1.139
2	0.005979	0.007714	0.002387	0.003139	0.002763	1.136
1	0.003592	0.004575	0.001997	0.002595	0.002296	1.130
Zem. Kat	0.001595	0.00198	0.001357	0.00172	0.001539	1.118
Bod. Kat	0.000238	0.00026	0.000238	0.00026	0.000249	1.044

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

Çizelge 5.27 ve 5.28'de her iki doğrultuda bulunan değerler verilmiştir.

Çizelge 5.27: Z3 zemin sınıfı E.D.Y.Y. X doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği.

B2 Komsu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)						
X Doğrultusu						
Kat	(di) min (m)	(di) max (m)	(Δi) min (m)	(Δi) max (m)	(Δi) ort (m)	ηki
11	0.035585	0.041002	0.002515	0.00292	0.002718	
10	0.03307	0.038082	0.002701	0.003132	0.002917	1.073
9	0.030369	0.03495	0.002925	0.003388	0.003157	1.082
8	0.027444	0.031562	0.003162	0.003659	0.003411	1.080
7	0.024282	0.027903	0.003372	0.003895	0.003634	1.065
6	0.02091	0.024008	0.003511	0.004047	0.003779	1.040
5	0.017399	0.019961	0.003575	0.004115	0.003845	1.017
4	0.013824	0.015846	0.003524	0.004053	0.003789	0.985
3	0.0103	0.011793	0.00332	0.003811	0.003566	0.941
2	0.00698	0.007982	0.002947	0.003382	0.003165	0.888
1	0.004033	0.0046	0.002354	0.002699	0.002527	0.798
Zem. Kat	0.001679	0.001901	0.001462	0.001671	0.001567	0.620
Bod. Kat	0.000217	0.00023	0.000217	0.00023	0.000224	0.143

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 5.28: Z3 zemin sınıfı E.D.Y.Y. Y doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği.

B2 Komsu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)						
Y Doğrultusu						
Kat	(di) min (m)	(di) max (m)	(Δi) min (m)	(Δi) max (m)	(Δi) ort (m)	ηki
11	0.029799	0.039183	0.00222	0.002921	0.002571	
10	0.027579	0.036262	0.002385	0.003133	0.002759	1.073
9	0.025194	0.033129	0.00253	0.003332	0.002931	1.062
8	0.022664	0.029797	0.00269	0.003551	0.003121	1.065
7	0.019974	0.026246	0.00282	0.003726	0.003273	1.049
6	0.017154	0.02252	0.002851	0.003779	0.003315	1.013
5	0.014303	0.018741	0.002872	0.003809	0.003341	1.008
4	0.011431	0.014932	0.002819	0.003734	0.003277	0.981
3	0.008612	0.011198	0.002633	0.003484	0.003059	0.933
2	0.005979	0.007714	0.002387	0.003139	0.002763	0.903
1	0.003592	0.004575	0.001997	0.002595	0.002296	0.831
Zem. Kat	0.001595	0.00198	0.001357	0.00172	0.001539	0.670
Bod. Kat	0.000238	0.00026	0.000238	0.00026	0.000249	0.162

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.

5.4.3.5 Göreli kat ötelemeleri kontrolü

Aşağıda Çizelge 5.29'da X doğrultusunda, Çizelge 5.30'da ise Y doğrultusunda yapılmış olan göreli kat ötelemeleri kontrolleri verilmiştir.

Çizelge 5.29: Z3 zemin sınıfı E.D.Y.Y. X doğrultusunda göreli kat ötelemeleri.

Kat	(di) max (m)	(Δi) max (m)	hi (m)	(Δi)max/hi
11	0.041002	0.00292	3	0.00097
10	0.038082	0.003132	3	0.00104
9	0.03495	0.003388	3	0.00113
8	0.031562	0.003659	3	0.00122
7	0.027903	0.003895	3	0.00130
6	0.024008	0.004047	3	0.00135
5	0.019961	0.004115	3	0.00137
4	0.015846	0.004053	3	0.00135
3	0.011793	0.003811	3	0.00127
2	0.007982	0.003382	3	0.00113
1	0.0046	0.002699	3	0.00090
Zem. Kat	0.001901	0.001671	3	0.00056
Bod. Kat	0.00023	0.00023	3	0.00008

Yapılan analiz sonucunda binada, Çizelge 5.29'da verilen X doğrultusundaki göreli kat ötelemelerinin belirtilen sınır değer olan 0.00286'nın altında olduğu bulunmuştur.

Çizelge 5.30: Z3 zemin sınıfı E.D.Y.Y. Y doğrultusunda göreli kat ötelemeleri.

Kat	(di) max (m)	(Δi) max (m)	hi (m)	(Δi)max/hi
11	0.039183	0.002921	3	0.0010
10	0.036262	0.003133	3	0.0010
9	0.033129	0.003332	3	0.0011
8	0.029797	0.003551	3	0.0012
7	0.026246	0.003726	3	0.0012
6	0.02252	0.003779	3	0.0013
5	0.018741	0.003809	3	0.0013
4	0.014932	0.003734	3	0.0012
3	0.011198	0.003484	3	0.0012
2	0.007714	0.003139	3	0.0010
1	0.004575	0.002595	3	0.0009
Zem. Kat	0.00198	0.00172	3	0.0006
Bod. Kat	0.00026	0.00026	3	0.0001

Yapılan analiz sonucunda binada, Çizelge 5.30'de verilen Y doğrultusundaki göreli kat ötelemelerinin belirtilen sınır değer olan 0.00286'nın altında olduğu bulunmuştur. Yapıda her iki doğrultuda da göreli kat deplasmanları sınır değeri aşmamaktadır.

5.4.3.6 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü

Çizelge 5.31 ve Çizelge 5.32'de sırasıyla X ve Y doğrultularında ikinci mertebe etkilerinin kontrolü Denklem (5.17) uygulanarak yapılmıştır. X doğrultusunda toplam $\Theta_i = 0.0793 < 0.12$ bulunmuştur, Y doğrultusunda toplam $\Theta_i = 0.0657 < 0.12$ bulunmuştur. Her iki doğrultuda bulunan ikinci mertebe etki değerleri deprem yönetmeliğinde [1] belirtilen sınır değerin altındadır.

Çizelge 5.31: Z3 zemin sınıfı E.D.Y.Y. X doğrultusunda ikinci mertebe etkileri kontrolü.

Kat	hi (m)	Wi (kN)	∑Wi (kN)	(Δi) ort (m)	Kat Kuvvetleri Fi (kN)	Kat Kesme Kuvvetleri Vi (kN)	θi
11	3	5295.978	5295.978	0.002718	840.035	840.035	0.0057
10	3	7814.329	13110.31	0.002917	1407.180	2247.214	0.0057
9	3	7826.329	20936.64	0.003157	1281.219	3528.433	0.0062
8	3	7838.329	28774.97	0.003411	1154.865	4683.298	0.0070
7	3	7838.329	36613.29	0.003634	1026.547	5709.844	0.0078
6	3	7867.129	44480.42	0.003779	901.529	6611.373	0.0085
5	3	7895.929	52376.35	0.003845	775.568	7386.941	0.0091
4	3	7895.929	60272.28	0.003789	646.306	8033.247	0.0095
3	3	7924.729	68197.01	0.003566	518.931	8552.178	0.0095
2	3	7953.529	76150.54	0.003165	390.613	8942.791	0.0090
1	3	7953.529	84104.07	0.002527	260.408	9203.199	0.0077
Zem. Kat	3	7972.729	92076.8	0.001567	130.519	9333.718	0.0052

Çizelge 5.32: Z3 zemin sınıfı E.D.Y.Y. Y doğrultusunda ikinci mertebe etkileri kontrolü.

Kat	hi (m)	Wi (kN)	∑Wi (kN)	(Δi) ort (m)	Kat Kuvvetleri Fi (kN)	Kat Kesme Kuvvetleri Vi (kN)	θi
11	3	5295.978	5295.978	0.002571	904.644	904.644	0.0050
10	3	7814.329	13110.307	0.002759	1515.409	2420.053	0.0050
9	3	7826.329	20936.636	0.002931	1379.760	3799.813	0.0054
8	3	7838.329	28774.965	0.003121	1243.688	5043.501	0.0059
7	3	7838.329	36613.294	0.003273	1105.501	6149.002	0.0065
6	3	7867.129	44480.423	0.003315	970.867	7119.869	0.0069
5	3	7895.929	52376.352	0.003341	835.218	7955.087	0.0073
4	3	7895.929	60272.281	0.003277	696.015	8651.102	0.0076
3	3	7924.729	68197.010	0.003059	558.843	9209.945	0.0075
2	3	7953.529	76150.539	0.002763	420.656	9630.601	0.0073
1	3	7953.529	84104.068	0.002296	280.437	9911.038	0.0065
Zem. Kat	3	7972.729	92076.797	0.001539	140.557	10051.595	0.0047

5.4.4 Yapının Z4 yerel zemin sınıfı için deprem yüklerinin bulunması

5.4.4.1 Katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin belirlenmesi

X doğrultusunda deprem yüklerinin belirlenmesi

Toplam bina ağırlığı: 102034.326kN

Bina'nın X Doğrultusunda doğal titreşim periyodu (T_{1X}) : 0.907 sn

Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0) : 0.4

Bina Önem Katsayısı (I) : 1

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) : 7

Spektrum Karakteristik Periyotları: Yerel Zemin Sınıfı Z3 için $T_A = 0.20$, $T_B = 0.90$

Deprem Yükü Azaltma Katsayısı, $R_a(T_{1X}) = 7$

Spektrum Katsayısı S(T) : 2.4854

Spektral İvme Katsayısı A(T) = 0.9942

Taban Kesme Kevveti = V_{TX} = 14491.38 kN

Kontrol: $V_{TX} \geq 0.1*A_0 *I*W$ olmalı.

V_{TX} =14491.38 kN $\geq$ 4081.373 kN

1.Normal Kat Ağırlığı = 7953.529 kN

Çatı Katı Ağırlığı = 5295.978 kN

Toplam Kat Adedi, N = 12

Kamçılama Kuvveti, Δ_{FNX} =1304.224 kN

X doğrultusunda katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve kat kesme kuvvetleri Çizelge 5.33'te verilmiştir.

Y doğrultusunda deprem yüklerinin belirlenmesi

Toplam bina ağırlığı: 102034.326 kN

Bina'nın Y Doğrultusunda doğal titreşim periyodu (T_{1Y}) : 0.826 sn

Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0) : 0.4

Bina Önem Katsayısı (I) : 1

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) : 7

Spektrum Karakteristik Periyotları: Yerel Zemin Sınıfı Z1 için $T_A = 0.20$, $T_B = 0.90$

Deprem Yükü Azaltma Katsayısı, $R_a(T_{1Y}) = 7$

Spektrum Katsayısı S(T) : 2.5

Spektral İvme Katsayısı A(T) = 1.0

Taban Kesme Kevveti = V_{TY} = 14576.33 kN

Kontrol: $V_{TY} \geq 0.1*A_0 *I*W$ olmalı

V_{TY} =14576.33 kN ≥ 4081.373 kN

1.Normal Kat Ağırlığı = 7953.529 kN

Çatı Katı Ağırlığı = 5295.978 kN

Toplam Kat Adedi, N = 12

Kamçılama Kuvveti, Δ_{FNY} = 1311.87 kN

Y doğrultusunda katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve kat kesme kuvvetleri Çizelge 5.34'te verilmiştir.

5.4.4.2 Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre düzensizlik kontrolleri

X doğrultusunda katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve kat kesme kuvvetleri Çizelge 5.33'de verilmiştir. Y doğrultusunda katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve kat kesme kuvvetleri Çizelge 5.34'te verilmiştir.

Çizelge 5.33: Z4 zemin sınıfı X doğrultusunda eşdeğer deprem yükü hesabı.

Kat No	h (m)	Hi (m)	Wi (kN)	Wi*Hi (kNm)	(Wi*Hi)/(∑Wi*Hi)	Fix=[(Wi*Hi)/(∑Wi*Hi)]*(Vtx-ΔFnx) kN	Vi (kN)
11	3	36	5295.978	190655.208	0.1091	1161.904	1161.904
10	3	33	7814.329	257872.857	0.1476	1946.357	3108.261
9	3	30	7826.329	234789.87	0.1344	1772.133	4880.394
8	3	27	7838.329	211634.883	0.1211	1597.365	6477.759
7	3	24	7838.329	188119.896	0.1077	1419.880	7897.639
6	3	21	7867.129	165209.709	0.0946	1246.960	9144.599
5	3	18	7895.929	142126.722	0.0813	1072.736	10217.335
4	3	15	7895.929	118438.935	0.0678	893.946	11111.281
3	3	12	7924.729	95096.748	0.0544	717.766	11829.046
2	3	9	7953.529	71581.761	0.0410	540.281	12369.327
1	3	6	7953.529	47721.174	0.0273	360.187	12729.514
Zem. Kat	3	3	7972.729	23918.187	0.0137	180.528	12910.042

Çizelge 5.34: Z4 zemin sınıfı Y doğrultusunda eşdeğer deprem yükü hesabı.

Kat No	h (m)	Hi (m)	Wi (kN)	Wi*Hi (kNm)	(Wi*Hi)/(∑Wi*Hi)	Fiy=[(Wi*Hi)/(∑Wi*Hi)]*(Vty-ΔFny) kN	Vi (kN)
11	3	36	5295.978	190655.208	0.1091	1168.715	1168.715
10	3	33	7814.329	257872.857	0.1476	1957.768	3126.483
9	3	30	7826.329	234789.87	0.1344	1782.522	4909.005
8	3	27	7838.329	211634.883	0.1211	1606.729	6515.734
7	3	24	7838.329	188119.896	0.1077	1428.204	7943.938
6	3	21	7867.129	165209.709	0.0946	1254.270	9198.208
5	3	18	7895.929	142126.722	0.0813	1079.024	10277.232
4	3	15	7895.929	118438.935	0.0678	899.187	11176.419
3	3	12	7924.729	95096.748	0.0544	721.973	11898.393
2	3	9	7953.529	71581.761	0.0410	543.448	12441.841
1	3	6	7953.529	47721.174	0.0273	362.299	12804.139
Zem. Kat	3	3	7972.729	23918.187	0.0137	181.587	12985.726

5.4.4.3 Kat deplasmanları ve A1 burulma düzensizliği kontrolü

SAP2000'de yapılmış olan analiz sonucu elde edilen X ve Y doğrultusundaki deplasman değerleri, minimum, maksimum, ortalama göreli kat ötelemeleri değerleri ve burulma düzensizliği katsayıları aşağıda Çizelge 5.35 ve Çizelge 5.36'da verilmiştir. Hem X doğrultusunda hem de Y doğrultusunda A1 burulma düzensizliğine rastlanmamıştır.

Çizelge 5.35: Z4 zemin sınıfı E.D.Y.Y. X doğrultusunda A1 burulma düzensizliği.

A1 Burulma Düzensizliği						
X Doğrultusu						
Kat	(di) min (m)	(di) max (m)	(Δi) min (m)	(Δi) max (m)	(Δi) ort (m)	ηbi
11	0.04922	0.056712	0.003479	0.004038	0.003759	1.074
10	0.045741	0.052674	0.003736	0.004333	0.004035	1.074
9	0.042005	0.048341	0.004045	0.004686	0.004366	1.073
8	0.03796	0.043655	0.004374	0.005061	0.004718	1.073
7	0.033586	0.038594	0.004664	0.005388	0.005026	1.072
6	0.028922	0.033206	0.004856	0.005597	0.005227	1.071
5	0.024066	0.027609	0.004945	0.005692	0.005319	1.070
4	0.019121	0.021917	0.004874	0.005605	0.00524	1.070
3	0.014247	0.016312	0.004592	0.005272	0.004932	1.069
2	0.009655	0.01104	0.004077	0.004677	0.004377	1.069
1	0.005578	0.006363	0.003256	0.003734	0.003495	1.068
Zem. Kat	0.002322	0.002629	0.002022	0.002311	0.002167	1.067
Bod. Kat	0.0003	0.000318	0.0003	0.000318	0.000309	1.029

Çizelge 5.36: Z4 zemin sınıfı E.D.Y.Y. Y doğrultusunda A1 burulma düzensizliği.

A1 Burulma Düzensizliği						
Y Doğrultusu						
Kat	(di) min (m)	(di) max (m)	(Δi) min (m)	(Δi) max (m)	(Δi) ort (m)	ηbi
11	0.038497	0.05062	0.002868	0.003773	0.003321	1.136
10	0.035629	0.046847	0.003081	0.004048	0.003565	1.136
9	0.032548	0.042799	0.003268	0.004304	0.003786	1.137
8	0.02928	0.038495	0.003476	0.004587	0.004032	1.138
7	0.025804	0.033908	0.003642	0.004814	0.004228	1.139
6	0.022162	0.029094	0.003684	0.004883	0.004284	1.140
5	0.018478	0.024211	0.00371	0.00492	0.004315	1.140
4	0.014768	0.019291	0.003642	0.004824	0.004233	1.140
3	0.011126	0.014467	0.003401	0.004501	0.003951	1.139
2	0.007725	0.009966	0.003084	0.004056	0.00357	1.136
1	0.004641	0.00591	0.00258	0.003352	0.002966	1.130
Zem. Kat	0.002061	0.002558	0.001753	0.002222	0.001988	1.118
Bod. Kat	0.000308	0.000336	0.000308	0.000336	0.000322	1.043

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

Çizelge 5.37 ve 5.38'de her iki doğrultuda B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği için bulunan değerler verilmiştir.

Çizelge 5.37: Z4 zemin sınıfı E.D.Y.Y. X doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği.

B2 Komsu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)						
X Doğrultusu						
Kat	(di) min (m)	(di) max (m)	(Δi) min (m)	(Δi) max (m)	(Δi) ort (m)	ηki
11	0.04922	0.056712	0.003479	0.004038	0.003759	
10	0.045741	0.052674	0.003736	0.004333	0.004035	1.073
9	0.042005	0.048341	0.004045	0.004686	0.004366	1.082
8	0.03796	0.043655	0.004374	0.005061	0.004718	1.081
7	0.033586	0.038594	0.004664	0.005388	0.005026	1.065
6	0.028922	0.033206	0.004856	0.005597	0.005227	1.040
5	0.024066	0.027609	0.004945	0.005692	0.005319	1.018
4	0.019121	0.021917	0.004874	0.005605	0.00524	0.985
3	0.014247	0.016312	0.004592	0.005272	0.004932	0.941
2	0.009655	0.01104	0.004077	0.004677	0.004377	0.887
1	0.005578	0.006363	0.003256	0.003734	0.003495	0.798
Zem. Kat	0.002322	0.002629	0.002022	0.002311	0.002167	0.620
Bod. Kat	0.0003	0.000318	0.0003	0.000318	0.000309	0.143

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 5.38: Z4 zemin sınıfı E.D.Y.Y. Y doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği.

B2 Komsu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)						
X Doğrultusu						
Kat	(di) min (m)	(di) max (m)	(Δi) min (m)	(Δi) max (m)	(Δi) ort (m)	ηki
11	0.038497	0.05062	0.002868	0.003773	0.003321	
10	0.035629	0.046847	0.003081	0.004048	0.003565	1.073
9	0.032548	0.042799	0.003268	0.004304	0.003786	1.062
8	0.02928	0.038495	0.003476	0.004587	0.004032	1.065
7	0.025804	0.033908	0.003642	0.004814	0.004228	1.049
6	0.022162	0.029094	0.003684	0.004883	0.004284	1.013
5	0.018478	0.024211	0.00371	0.00492	0.004315	1.007
4	0.014768	0.019291	0.003642	0.004824	0.004233	0.981
3	0.011126	0.014467	0.003401	0.004501	0.003951	0.933
2	0.007725	0.009966	0.003084	0.004056	0.00357	0.904
1	0.004641	0.00591	0.00258	0.003352	0.002966	0.831
Zem. Kat	0.002061	0.002558	0.001753	0.002222	0.001988	0.670
Bod. Kat	0.000308	0.000336	0.000308	0.000336	0.000322	0.162

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.

5.4.4.5 Göreli kat ötelemeleri kontrolü

Aşağıda Çizelge 5.39'da X doğrultusunda, Çizelge 5.40'da ise Y doğrultusunda yapılmış olan göreli kat ötelemeleri kontrolleri verilmiştir.

Çizelge 5.39: Z4 zemin sınıfı E.D.Y.Y. X doğrultusunda göreli kat ötelemeleri.

Kat	(di) max (m)	(Δi) max (m)	hi (m)	(Δi)max/hi
11	0.056712	0.004038	3	0.00135
10	0.052674	0.004333	3	0.00144
9	0.048341	0.004686	3	0.00156
8	0.043655	0.005061	3	0.00169
7	0.038594	0.005388	3	0.00180
6	0.033206	0.005597	3	0.00187
5	0.027609	0.005692	3	0.00190
4	0.021917	0.005605	3	0.00187
3	0.016312	0.005272	3	0.00176
2	0.01104	0.004677	3	0.00156
1	0.006363	0.003734	3	0.00124
Zem. Kat	0.002629	0.002311	3	0.00077
Bod. Kat	0.000318	0.000318	3	0.00011

Yapılan analiz sonucunda binada, Çizelge 5.39'da verilen X doğrultusundaki göreli kat ötelemelerinin belirtilen sınır değer olan 0.00286'nın altında olduğu bulunmuştur.

Çizelge 5.40: Z4 zemin sınıfı E.D.Y.Y. Y doğrultusunda göreli kat ötelemeleri.

Kat	(di) max (m)	(Δi) max (m)	hi (m)	(Δi)max/hi
11	0.05062	0.003773	3	0.0013
10	0.046847	0.004048	3	0.0013
9	0.042799	0.004304	3	0.0014
8	0.038495	0.004587	3	0.0015
7	0.033908	0.004814	3	0.0016
6	0.029094	0.004883	3	0.0016
5	0.024211	0.00492	3	0.0016
4	0.019291	0.004824	3	0.0016
3	0.014467	0.004501	3	0.0015
2	0.009966	0.004056	3	0.0014
1	0.00591	0.003352	3	0.0011
Zem. Kat	0.002558	0.002222	3	0.0007
Bod. Kat	0.000336	0.000336	3	0.0001

Yapılan analiz sonucunda binada, Çizelge 5.30'de verilen Y doğrultusundaki göreli kat ötelemelerinin belirtilen sınır değer olan 0.00286'nın altında olduğu bulunmuştur. Yapıda her iki doğrultuda da göreli kat deplasmanları sınır değeri aşmamaktadır.

5.4.4.6 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü

Çizelge 5.41 ve Çizelge 5.42'de sırasıyla X ve Y doğrultularında ikinci mertebe etkilerinin kontrolü Denklem (5.17) uygulanarak yapılmıştır. X doğrultusunda toplam $\Theta_i = 0.0793 < 0.12$ bulunmuştur, Y doğrultusunda toplam $\Theta_i = 0.0657 < 0.12$ bulunmuştur. Her iki doğrultuda bulunan ikinci mertebe etki değerleri deprem yönetmeliğinde [1] belirtilen sınır değerin altındadır.

Çizelge 5.41: Z4 zemin sınıfı E.D.Y.Y. X doğrultusunda ikinci mertebe etkileri kontrolü.

Kat	hi (m)	Wi (kN)	∑Wi (kN)	(Δi) ort (m)	Kat Kuvvetleri Fi (kN)	Kat Kesme Kuvvetleri Vi (kN)	θi
11	3	5295.978	5295.978	0.003759	1161.904	1161.904	0.0057
10	3	7814.329	13110.31	0.004035	1946.357	3108.261	0.0057
9	3	7826.329	20936.64	0.004366	1772.133	4880.394	0.0062
8	3	7838.329	28774.97	0.004718	1597.365	6477.759	0.0070
7	3	7838.329	36613.29	0.005026	1419.880	7897.639	0.0078
6	3	7867.129	44480.42	0.005227	1246.960	9144.599	0.0085
5	3	7895.929	52376.35	0.005319	1072.736	10217.335	0.0091
4	3	7895.929	60272.28	0.00524	893.946	11111.281	0.0095
3	3	7924.729	68197.01	0.004932	717.766	11829.046	0.0095
2	3	7953.529	76150.54	0.004377	540.281	12369.327	0.0090
1	3	7953.529	84104.07	0.003495	360.187	12729.514	0.0077
Zem. Kat	3	7972.729	92076.8	0.002167	180.528	12910.042	0.0052

Çizelge 5.42: Z4 zemin sınıfı E.D.Y.Y. Y doğrultusunda ikinci mertebe etkileri kontrolü.

Kat	hi (m)	Wi (kN)	∑Wi (kN)	(Δi) ort (m)	Kat Kuvvetleri Fi (kN)	Kat Kesme Kuvvetleri Vi (kN)	θi
11	3	5295.978	5295.978	0.003321	1168.715	1168.715	0.0050
10	3	7814.329	13110.307	0.003565	1957.768	3126.483	0.0050
9	3	7826.329	20936.636	0.003786	1782.522	4909.005	0.0054
8	3	7838.329	28774.965	0.004032	1606.729	6515.734	0.0059
7	3	7838.329	36613.294	0.004228	1428.204	7943.938	0.0065
6	3	7867.129	44480.423	0.004284	1254.270	9198.208	0.0069
5	3	7895.929	52376.352	0.004315	1079.024	10277.232	0.0073
4	3	7895.929	60272.281	0.004233	899.187	11176.419	0.0076
3	3	7924.729	68197.010	0.003951	721.973	11898.393	0.0075
2	3	7953.529	76150.539	0.00357	543.448	12441.841	0.0073
1	3	7953.529	84104.068	0.002966	362.299	12804.139	0.0065
Zem. Kat	3	7972.729	92076.797	0.001988	181.587	12985.726	0.0047

5.5 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi İç Kuvvetleri

5.5.1 Z1 zemin sınıfı için iç kuvvetler

5.5.1.1 Kolon iç kuvvetleri

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi kullanılarak SAP2000 programı ile elde edilmiş olan iç kuvvetler, yapının son katı olan 11'inci kat ve zemin kat göz önüne alınarak, yapının en dış X ve Y aksları için bu bölümde çizelgeler halinde sunulmuştur. Kolonlara ait M3 ve M2 eğilme momentleri ve normal kuvvetler birlikte verilmiştir. Kolonlarda oluşan M3 ve M2 eğilme momentlerinin yanı sıra kolonlar için önem arz eden V2 ve V3 kesme kuvveti değerleri de çizelgeler halinde sunulmuştur. Tüm iç kuvvetler en elverişsiz sonuçları veren yükleme kombinasyonları göz önüne alınarak seçilmiştir.

Aşağıda Çizelge 5.43'de en elverişsiz M3 ve M2 eğilme momenti değerleri ve normal kuvvetler verilmiştir.

Çizelge 5.43: Z1 zemin sınıfı E.D.Y.Y. M3, M2 eğilme momentleri, normal kuvvetler.

Kat No	Kolon No	Eğilme Momenti M3 (kNm)	Eğilme Momenti M2(kNm)	Normal Kuvvet-N (kN)
11	S1	125.013	-73.657	-87.882
	S2	-73.270	-51.724	-124.091
	S3	-130.926	-81.419	-84.653
	S4	-81.719	-88.151	-58.365
	S5	-77.630	78.581	-60.299
Zemin	S1	92.109	94.170	-2084.715
	S2	65.285	85.659	-2222.618
	S3	-93.508	97.008	-1945.290
	S4	74.324	142.180	-1808.247
	S5	73.176	-131.893	-1999.172

Çizelge 5.44'de en elverişsiz V2 ve V3 kesme kuvvetlerini gösteren değerler verilmiştir.

Çizelge 5.44: Z1 zemin sınıfı E.D.Y.Y. V2 ve V3 kesme kuvveti.

Kat No	Kolon No	Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Kesme Kuvveti-V3 (kN)
11	S1	-80.649	46.841
	S2	47.446	33.136
	S3	84.463	51.730
	S4	51.484	57.508
	S5	48.949	-51.283
Zemin	S1	-60.767	60.586
	S2	42.704	54.686
	S3	61.580	62.743
	S4	47.739	92.333
	S5	46.877	-85.046

5.5.1.2 Perde iç kuvvetleri

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi kullanılarak SAP2000 programı ile yapılan statik analiz sonrası yapıda mevcut olan perde iç kuvvetleri Çizelge 5.45'de verilmiştir. Bu bölümde kolonlar ile uyumlu gidilmesi açısından aynen kolonlarda olduğu gibi binanın 11'inci katı ve zemin katına ait perde iç kuvvetleri aşağıda sunulmuştur. Perdeler SAP2000 programında Shell (kabuk) eleman olarak modellenmiş olup sonlu elemanlara bölünerek perde analizi gerçekleştirilmiş olduğu için perde iç kuvvetleri kolonlardan farklı olmak üzere düğüm noktaları baz alınarak elde edilmiştir

Çizelge 5.45: Z1 zemin sınıfı E.D.Y.Y. perde iç kuvvetleri.

Kat No	Perde No	Eğilme Momenti-M1 (kNm)	Eğilme Momenti-M2 (kNm)	Kesme Kuvveti-V1 (kN)	Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Normal Kuvvet-N (kN)
11	P1	175.022	1102.802	416.856	-130.200	-396.729
	P2	178.228	-1086.396	-401.648	-132.566	-418.038
	P3	499.107	-164.446	-121.354	48.497	-484.625
Zemin	P1	118.392	6760.078	885.736	-71.639	-3957.332
	P2	119.638	-6742.266	-885.236	-72.259	-5596.470
	P3	4607.443	-120.456	-72.621	796.968	-6286.801

5.5.2 Z2 zemin sınıfı için iç kuvvetler

5.5.2.1 Kolon iç kuvvetleri

Aşağıda Çizelge 5.46'da en elverişsiz M3 ve M2 eğilme momenti değerleri ve normal kuvvetler verilmiştir.

Çizelge 5.46: Z2 zemin sınıfı E.D.Y.Y. M3, M2 eğilme momentleri, normal kuvvetler.

Kat No	Kolon No	Eğilme Momenti M3 (kNm)	Eğilme Momenti M2(kNm)	Normal Kuvvet-N (kN)
11	S1	143.843	-83.422	-90.915
	S2	-92.231	-59.721	-127.492
	S3	-151.287	-93.170	-86.850
	S4	-90.422	-107.801	-47.936
	S5	-85.275	95.755	-61.995
Zemin	S1	113.400	108.752	-2202.102
	S2	82.180	98.671	-2320.518
	S3	-115.162	112.325	-2016.596
	S4	85.192	175.304	-1918.062
	S5	83.746	-162.355	-2158.395

Çizelge 5.47'de en elverişsiz V2 ve V3 kesme kuvvetlerini gösteren değerler verilmiştir.

Çizelge 5.47: Z2 zemin sınıfı E.D.Y.Y. V2 ve V3 kesme kuvveti.

Kat No	Kolon No	Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Kesme Kuvveti-V3 (kN)
11	S1	-92.826	52.992
	S2	59.725	38.166
	S3	97.627	59.147
	S4	56.963	70.246
	S5	53.772	-62.410
Zemin	S1	-75.045	69.467
	S2	53.755	62.521
	S3	76.068	72.182
	S4	54.460	113.786
	S5	53.374	-104.612

5.5.2.2 Perde iç kuvvetleri

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi kullanılarak SAP2000 programı ile yapılan statik analiz sonrası yapıda mevcut olan perde iç kuvvetleri Çizelge 5.48'de verilmiştir

Çizelge 5.48: Z2 zemin sınıfı E.D.Y.Y. perde iç kuvvetleri.

Kat No	Perde No	Eğilme Momenti-M1 (kNm)	Eğilme Momenti-M2 (kNm)	Kesme Kuvveti-V1 (kN)	Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Normal Kuvvet-N (kN)
11	P1	194.579	1334.299	476.326	-145.211	-406.713
	P2	198.614	-1313.647	-457.182	-148.189	-433.536
	P3	628.268	-178.352	-131.970	61.047	-496.514
Zemin	P1	137.476	8486.464	1095.486	-82.398	-5307.093
	P2	139.044	-8464.043	-1094.857	-83.178	-5866.013
	P3	5799.773	-137.308	-81.641	1003.210	-6490.673

5.5.3 Z3 zemin sınıfı için iç kuvvetler

5.5.3.1 Kolon iç kuvvetleri

Aşağıda Çizelge 5.49'da en elverişsiz M3 ve M2 eğilme momenti değerleri ve normal kuvvetler verilmiştir.

Çizelge 5.49: Z3 zemin sınıfı E.D.Y.Y. M3, M2 eğilme momentleri, normal kuvvetler.

Kat No	Kolon No	Eğilme Momenti M3 (kNm)	Eğilme Momenti M2(kNm)	Normal Kuvvet-N (kN)
11	S1	178.938	-101.588	-96.566
	S2	-127.570	-74.626	-133.830
	S3	-189.234	-115.071	-90.943
	S4	-106.643	-144.425	-61.787
	S5	-99.524	127.763	-65.155
Zemin	S1	153.084	135.930	-2420.887
	S2	113.669	122.924	-2502.981
	S3	-139.792	140.872	-2178.134
	S4	105.447	237.041	-2122.734
	S5	103.447	-219.131	-2455.154

Çizelge 5.50'de en elverişsiz V2 ve V3 kesme kuvvetlerini gösteren değerler verilmiştir.

Çizelge 5.50: Z3 zemin sınıfı E.D.Y.Y. V2 ve V3 kesme kuvveti.

Kat No	Kolon No	Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Kesme Kuvveti-V3 (kN)
11	S1	-115.522	64.456
	S2	82.609	47.541
	S3	122.163	72.970
	S4	67.175	93.986
	S5	62.762	-83.148
Zemin	S1	-101.656	86.020
	S2	74.352	77.124
	S3	103.071	89.776
	S4	66.985	153.769
	S5	65.483	-141.081

5.5.3.2 Perde iç kuvvetleri

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi kullanılarak SAP2000 programı ile yapılan statik analiz sonrası yapıda mevcut olan perde iç kuvvetleri Çizelge 5.51'de verilmiştir

Çizelge 5.51: Z3 zemin sınıfı E.D.Y.Y. perde iç kuvvetleri.

Kat No	Perde No	Eğilme Momenti-M1 (kNm)	Eğilme Momenti-M2 (kNm)	Kesme Kuvveti-V1 (kN)	Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Normal Kuvvet-N (kN)
11	P1	231.028	1765.761	587.165	-173.189	-425.321
	P2	236.609	-1737.196	-560.687	-177.308	-462.421
	P3	868.996	-204.271	-151.755	84.437	-518.673
Zemin	P1	173.045	11704.089	1486.418	-102.449	-5595.307
	P2	175.215	-11673.077	-1485.547	-103.528	-6368.384
	P3	8022.025	-168.716	-98.452	1387.602	-6870.647

5.5.4 Z4 zemin sınıfı için iç kuvvetler

5.5.4.1 Kolon iç kuvvetleri

Aşağıda Çizelge 5.52'de en elverişsiz M3 ve M2 eğilme momenti değerleri ve normal kuvvetler verilmiştir.

Çizelge 5.52: Z4 zemin sınıfı E.D.Y.Y. M3, M2 eğilme momentleri, normal kuvvetler.

Kat No	Kolon No	Eğilme Momenti M3 (kNm)	Eğilme Momenti M2(kNm)	Normal Kuvvet-N (kN)
11	S1	227.593	-120.147	-104.070
	S2	-176.081	-90.333	-140.509
	S3	-240.895	-138.796	-96.806
	S4	-128.630	-184.135	-63.995
	S5	-119.433	161.089	-68.654
Zemin	S1	207.737	164.415	-2663.794
	S2	156.943	148.479	-2695.251
	S3	-210.885	171.250	-2328.027
	S4	133.268	303.456	-2324.799
	S5	130.685	-278.683	-2784.590

Çizelge 5.53'de en elverişsiz V2 ve V3 kesme kuvvetlerini gösteren değerler verilmiştir.

Çizelge 5.53: Z4 zemin sınıfı E.D.Y.Y. V2 ve V3 kesme kuvveti.

Kat No	Kolon No	Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Kesme Kuvveti-V3 (kN)
11	S1	-146.986	76.169
	S2	114.023	57.420
	S3	155.565	87.944
	S4	81.020	119.729
	S5	75.319	-104.738
Zemin	S1	-138.296	103.333
	S2	102.657	92.513
	S3	140.124	108.528
	S4	84.175	196.832
	S5	82.235	-179.282

5.5.4.2 Perde iç kuvvetleri

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi kullanılarak SAP2000 programı ile yapılan statik analiz sonrası yapıda mevcut olan perde iç kuvvetleri Çizelge 5.54'de verilmiştir

Çizelge 5.54: Z4 zemin sınıfı E.D.Y.Y. perde iç kuvvetleri.

Kat No	Perde No	Eğilme Momenti-M1 (kNm)	Eğilme Momenti-M2 (kNm)	Kesme Kuvveti-V1 (kN)	Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Normal Kuvvet-N (kN)
11	P1	269.455	2357.822	738.482	-202.691	-443.276
	P2	277.174	-2320.919	-704.275	-208.389	-494.590
	P3	1124.397	-240.120	-179.122	109.089	-549.321
Zemin	P1	210.679	16125.570	2023.754	-123.668	-5864.137
	P2	213.680	-16085.505	-2022.630	-125.160	-6933.428
	P3	10383.304	-212.159	-121.705	1795.709	-7396.213

5.6 Mod Birleştirme Yöntemi ile Deprem Hesabı

Yapının mod birleştirme yöntemi ile depremli durum hesapları binanın her iki doğrultusunda ayrı ayrı SAP2000 programı kullanılarak yapılmıştır. Mod birleştirme yöntemi, eşdeğer deprem yükü yöntemi gibi statik bir deprem hesap yöntemi olmadığı için azaltılmış ivme-tepki spektrumu SAP2000 programına tanıtılarak mod birleştirme yöntemi uygulanmıştır. Her iki deprem doğrultusu için mod birleştirme yönteminde düzenlenmiş olan fonksiyonel yükler ve bu yükleri oluşturmak adına yapıya ait ivme tepki spektrumu manuel olarak oluşturulmuştur.

5.6.1 Mod birleştirme yönteminin SAP2000 programında uygulanması

5.6.1.1 Azaltılmış ivme tepki spektrumunun SAP2000'de oluşturulması

Mod birleştirme yönteminde yapısal elemanlarda oluşacak iç kuvvetler azaltılmış ivme-tepki spektrumunda her bir periyoda, yani zamana karşı gelen spektrum katsayılarının etkili olduğu ve yapısal elemanların, modal kütle katılım oranları göz önüne alınarak her bir modda oluşacak iç kuvvetlerin belirli şekilde süperpoze edilmesi ile bulunur. Bu sebepten ötürü her bir periyoda karşılık gelen ivme değerleri bulunmuş ve SAP2000'e "Response Spectrum Function" kısmına bir fonksiyon halinde girilmiştir.

Tez kapsamında yapılan çözümde herbir zemin sınıfı için ayrı zaman-ivme fonksiyonu (response spectrum function) tanımlanmıştır ve aşağıda çizelgeler halinde verilmiştir.

Çizelge 5.55: Z1 zemin sınıfı Zaman-İvme fonksiyonu (response spectrum function).

Zaman	S(T)	$R_a(T)$	İvme
			$S(T) / R_a(T)$
0.000	1.000	1.500	0.667
0.050	1.750	4.250	0.412
0.100	2.500	7.000	0.357
0.150	2.500	7.000	0.357
0.200	2.500	7.000	0.357
0.250	2.500	7.000	0.357
0.300	2.500	7.000	0.357
0.350	2.210	7.000	0.316
0.400	1.986	7.000	0.284
0.450	1.807	7.000	0.258
0.500	1.661	7.000	0.237
0.550	1.539	7.000	0.220
0.600	1.436	7.000	0.205
0.650	1.347	7.000	0.192
0.700	1.269	7.000	0.181
0.750	1.201	7.000	0.172
0.800	1.141	7.000	0.163
0.850	1.087	7.000	0.155
0.900	1.038	7.000	0.148
0.950	0.994	7.000	0.142
1.000	0.954	7.000	0.136
1.050	0.918	7.000	0.131
1.100	0.884	7.000	0.126
1.150	0.853	7.000	0.122
1.200	0.825	7.000	0.118
1.250	0.798	7.000	0.114
1.300	0.774	7.000	0.111
1.350	0.751	7.000	0.107
1.400	0.729	7.000	0.104
1.450	0.709	7.000	0.101
1.500	0.690	7.000	0.099

Çizelge 5.56: Z2 zemin sınıfı Zaman-İvme fonksiyonu (response spectrum function).

Zaman	S(T)	$R_a(T)$	İvme
			$S(T) / R_a(T)$
0.000	1.000	1.500	0.667
0.050	1.500	3.333	0.450
0.100	2.000	5.167	0.387
0.150	2.500	7.000	0.357
0.200	2.500	7.000	0.357
0.250	2.500	7.000	0.357
0.300	2.500	7.000	0.357
0.350	2.500	7.000	0.357
0.400	2.500	7.000	0.357
0.450	2.275	7.000	0.325
0.500	2.091	7.000	0.299
0.550	1.938	7.000	0.277
0.600	1.807	7.000	0.258
0.650	1.695	7.000	0.242
0.700	1.598	7.000	0.228
0.750	1.512	7.000	0.216
0.800	1.436	7.000	0.205
0.850	1.368	7.000	0.195
0.900	1.307	7.000	0.187
0.950	1.251	7.000	0.179
1.000	1.201	7.000	0.172
1.050	1.155	7.000	0.165
1.100	1.113	7.000	0.159
1.150	1.074	7.000	0.153
1.200	1.038	7.000	0.148
1.250	1.005	7.000	0.144
1.300	0.974	7.000	0.139
1.350	0.945	7.000	0.135
1.400	0.918	7.000	0.131
1.450	0.892	7.000	0.127
1.500	0.868	7.000	0.124

Çizelge 5.57: Z3 zemin sınıfı Zaman-İvme fonksiyonu (response spectrum function).

Zaman	S(T)	$R_a(T)$	İvme
			$S(T) / R_a(T)$
0.000	1.000	1.500	0.667
0.050	1.500	3.333	0.450
0.100	2.000	5.167	0.387
0.150	2.500	7.000	0.357
0.200	2.500	7.000	0.357
0.250	2.500	7.000	0.357
0.300	2.500	7.000	0.357
0.350	2.500	7.000	0.357
0.400	2.500	7.000	0.357
0.450	2.500	7.000	0.357
0.500	2.500	7.000	0.357
0.550	2.500	7.000	0.357
0.600	2.500	7.000	0.357
0.650	2.345	7.000	0.335
0.700	2.210	7.000	0.316
0.750	2.091	7.000	0.299
0.800	1.986	7.000	0.284
0.850	1.892	7.000	0.270
0.900	1.807	7.000	0.258
0.950	1.731	7.000	0.247
1.000	1.661	7.000	0.237
1.050	1.598	7.000	0.228
1.100	1.539	7.000	0.220
1.150	1.486	7.000	0.212
1.200	1.436	7.000	0.205
1.250	1.390	7.000	0.199
1.300	1.347	7.000	0.192
1.350	1.307	7.000	0.187
1.400	1.269	7.000	0.181
1.450	1.234	7.000	0.176
1.500	1.201	7.000	0.172

Çizelge 5.58: Z4 zemin sınıfı Zaman-İvme fonksiyonu (response spectrum function).

Zaman	S(T)	$R_a(T)$	İvme
			$S(T) / R_a(T)$
0.000	1.000	1.500	0.667
0.050	1.375	2.875	0.478
0.100	1.750	4.250	0.412
0.150	2.125	5.625	0.378
0.200	2.500	7.000	0.357
0.250	2.500	7.000	0.357
0.300	2.500	7.000	0.357
0.350	2.500	7.000	0.357
0.400	2.500	7.000	0.357
0.450	2.500	7.000	0.357
0.500	2.500	7.000	0.357
0.550	2.500	7.000	0.357
0.600	2.500	7.000	0.357
0.650	2.500	7.000	0.357
0.700	2.500	7.000	0.357
0.750	2.500	7.000	0.357
0.800	2.500	7.000	0.357
0.850	2.500	7.000	0.357
0.900	2.500	7.000	0.357
0.950	2.394	7.000	0.342
1.000	2.298	7.000	0.328
1.050	2.210	7.000	0.316
1.100	2.129	7.000	0.304
1.150	2.055	7.000	0.294
1.200	1.986	7.000	0.284
1.250	1.922	7.000	0.275
1.300	1.863	7.000	0.266
1.350	1.807	7.000	0.258
1.400	1.756	7.000	0.251
1.450	1.707	7.000	0.244
1.500	1.661	7.000	0.237

5.6.1.2. Taban kesme kuvveti V_t'nin SAP2000'de tanımlanması

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

$$V_t = m.g.A_0.I.S(T) / R_a(T) \qquad \textbf{(5.18)}$$

Denklem (5.18)'de verilen S(T) / R_a(T) ifadesi SAP2000'e 5.5.1.1'de anlatılmış olan şekilde bir fonksiyon olarak tanıtılmıştır.''$g.A_0.I$'' kısmı ise her iki doğrultuda oluşturulan mod birleştirme deprem yüklerini temsil eden SPECX ve SPECY yükleme durumları içerisinde büyütme oranı olarak tanımlanmıştır. Her iki deprem doğrultusunda etkili olan büyütme oranı aynı bulunmuştur.

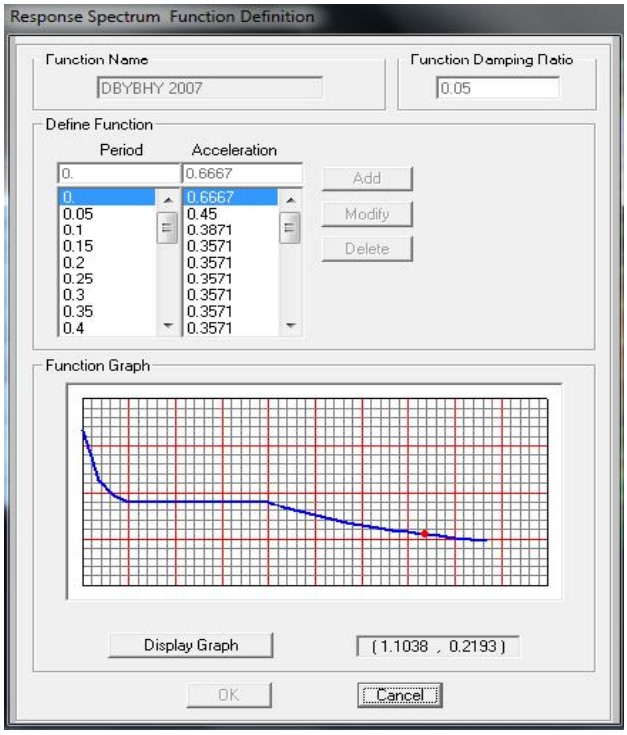
$g.A_0.I = 9.81*0.4*1 = 3.924$ olarak bulunmuştur.

Mod birleştirme yönteminde taban kesme kuvveti hesabı için Denklem (5.18)'de verilen (m) kütlesi ise SAP2000'de eleman zati ağırlıklarından dolayı olanlar hesaplanıp kat kütle merkezine girilmiştir. Her kat seviyesinde kat kütle merkezi bir adet düğüm noktası olarak atanmış ve içinde bulunduğu katın rijit diyaframına eklenmiştir. Bu sayede tek serbestlik dereceli sistemin topaklaşmış kütle modeli üzerinde çalıştığı durum bire bir SAP2000 programında tasarlanmıştır. Kat kütle merkezi her iki deprem doğrultusunda ±%5 kaydırılarak SAP2000 dosyası oluşturulmuş ve her bir deprem durumu ayrı ayrı SAP2000 programında çözülmüştür. Kat seviyesine kütleler atanırken bu durum göz önüne alınmış ve kütle serbestlikleri X doğrultusunda ötelenme ve Y doğrultusunda ötelenme hareketi olarak seçilmiştir.

5.6.1.3 Mod birleştirme yöntemi deprem yüklerinin oluşturulması

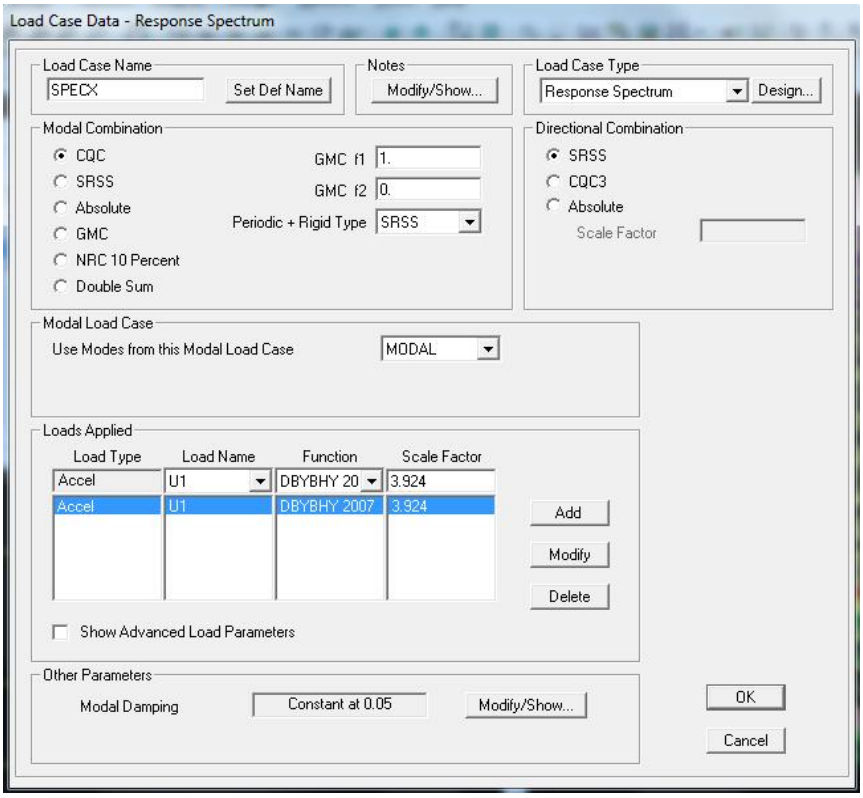
Mod birleştirme yöntemi için her iki doğrultuda yükleme tipi spektrum fonksiyonu olan iki adet yükleme durumu oluşturulmuştur. X doğrultusunda spektral yükleme için SPECX, Y doğrultusundaki spektral yükleme için de SPECY adı altında yükleme durumları SAP2000'de ''Load Case'' olarak tanımlanmıştır. SPECX oluşturulurken etkime doğrultusu olarak U1 (X doğrultusu) seçilmiş, fonksiyon olarak azaltılmış zaman-ivme fonksiyonu seçilmiş ve büyütme oranı (scale factor) olarak 3.924 girilmiştir. SPECX'te maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için (CQC) tam karesel birleştirme kuralı uygulanmıştır ve tüm modları için %5 sönüm oranı tanımlanmıştır. Y doğrultusundaki spektral yükleme için SPECY oluşturulurken SPECX'teki işlemlerin aynısı yapılmış sadece etki yönü olarak U2 (Y doğrultusu) seçilmiştir. Yapıda bulunan her kata ait toplam kütleler her kat seviyesinde tek düğüm noktasında, kat kütle merkezinde oluşturulmuş ve SPECX ile SPECY spektral yüklerinin kat kütle merkezine etki etmesi sağlanmıştır. Deprem Yönetmeliği 2007'de [1] ±% 5 kaydırılmış kat kütle merkezlerine deprem yüklerinin

uygulanmasını koşul olarak getirdiği için kütle merkezleri farklı SAP2000 dosyaları oluşturularak, bina kaydırılmış kütle merkezi ile modellenmiştir. Şekil 5.5'de zaman-ivme fonksiyonunun SAP2000'de girildiği menü verilmiştir.



Şekil 5.5: SAP2000 programında zaman-ivme fonksiyonunun tanımlanması

X doğrultusunda spektral yükleme için SPECX, Y doğrultusundaki spektral yükleme içinde SPECY adı altında yükleme durumları SAP2000'de ''Load Case'' olarak tanımlandıktan sonra bu yüklere ait fonksiyonlar her iki deprem doğrultusu için atanmıştır. 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 edilmiştir. Şekil 5.6'da SPECX' in SAP2000 programında mod birleştirme yöntemi uygulanırken kullanılan ara yüzde tanımlanması verilmiştir.



Şekil 5.6: SAP2000 programında SPECX'in tanımlanması.

5.7 Mod Birleştirme Yöntemi SAP2000 Analiz Sonuçları

5.7.1 Modal kütle katılım oranları

Yapıda mod birleştirme yöntemi analiz sonrası ilk olarak modal kütle katılım oranları kontrol edilmiştir. Analiz öncesi eşdeğer deprem yükü yöntemi ile aynı sayıda olacak şekilde 60 adet mod göz önüne alınmış ve çözümde 60 mod kullanılmıştır. 60 mod için analiz sonrası bulunan kütle katılım oranları kümülatif olarak her serbestlik derecesi için bulunmuş ve aşağıda Z1 zemin sınıfı için X ve Y doğrultularında çizelgelerde verilmiştir. Deprem yönetmeliği [1] mod birleştirme yönteminde mod kısıtlaması yapmamıştır, fakat kümülatif olarak kütle katılımının toplam yapı kütlesinin %90'nı geçmesi şart koşulmuştur. Yapılan mod birleştirme analizinin deprem yönetmeliğinde [1] verilen bu şartı sağladığı kontrol edilmiştir. Yapının 60 adet mod için X ve Y doğrultusundaki öteleme serbestliğinin toplam kütle katılım oranı yaklaşık %98 – 99 değerlerini bulmuştur.

Çizelge 5.59: Z1 zemin sınıfı +%5 X doğrultusu mod birleştirme yöntemi modal kütle katılım oranları.

Mod	Periyod	Toplam UX	Toplam UY	Toplam UZ	Toplam RX	Toplam RY	Toplam RZ
1	0.977075	0.66145	0	1.68E-19	0	0.91487	0.17374
2	0.906339	0.66145	0.6005	1.54E-18	0.85392	0.91487	0.619
3	0.76547	0.66145	0.66322	2.03E-18	0.94243	0.91487	0.65884
4	0.263219	0.80256	0.66322	2.03E-18	0.94243	0.92093	0.6959
5	0.247211	0.80256	0.80177	2.03E-18	0.949	0.92093	0.79534
6	0.206918	0.80256	0.81447	2.03E-18	0.9496	0.92093	0.80501
7	0.119296	0.8624	0.81447	1.24E-17	0.9496	0.92529	0.82073
8	0.115835	0.8624	0.86724	1.02E-16	0.95283	0.92529	0.857
9	0.094032	0.8624	0.8707	7.27E-16	0.95303	0.92529	0.86222
10	0.071784	0.8624	0.8989	4.97E-15	0.95361	0.92529	0.88092
11	0.070292	0.89613	0.8989	5.86E-15	0.95361	0.92611	0.88978
12	0.055989	0.89613	0.90059	1.53E-13	0.95364	0.92611	0.89279
13	0.05125	0.89613	0.91866	1.58E-13	0.95424	0.92611	0.9051
14	0.048167	0.9185	0.91866	1.64E-12	0.95424	0.92704	0.91098
15	0.04329	0.9185	0.91866	0.73005	0.97823	0.96453	0.91098
16	0.042382	0.91854	0.91866	0.73005	0.97823	0.9784	0.91099
17	0.041857	0.91854	0.91868	0.73005	0.98578	0.9784	0.91102
18	0.041784	0.91854	0.91868	0.73005	0.98578	0.9784	0.91102
19	0.041278	0.91854	0.91868	0.73292	0.98587	0.97855	0.91102
20	0.040141	0.91857	0.91868	0.73292	0.98587	0.97933	0.91103
21	0.040043	0.91857	0.91868	0.73651	0.98599	0.97951	0.91103
22	0.039976	0.91857	0.93244	0.73651	0.98627	0.97951	0.91759
23	0.038608	0.91857	0.93249	0.73651	0.98627	0.97951	0.92169
24	0.037798	0.91861	0.93249	0.73651	0.98627	0.97953	0.9217
25	0.036366	0.93481	0.93249	0.73651	0.98627	0.97987	0.92596
26	0.032984	0.93481	0.94296	0.73651	0.98641	0.97987	0.93196
27	0.031568	0.93481	0.94303	0.73651	0.9868	0.97987	0.93198
28	0.031059	0.93481	0.94303	0.74443	0.98706	0.98028	0.93198
29	0.029392	0.93481	0.94339	0.74443	0.98706	0.98028	0.93391
30	0.029362	0.94771	0.94339	0.74443	0.98706	0.98043	0.9373
31	0.028398	0.94771	0.95212	0.74443	0.98717	0.98043	0.94265
32	0.026857	0.94771	0.95212	0.74661	0.98724	0.98054	0.94265
33	0.026852	0.94771	0.95212	0.74661	0.98724	0.98059	0.94265
34	0.026281	0.94771	0.95212	0.74661	0.98724	0.98059	0.94266
35	0.026095	0.94771	0.95219	0.74661	0.98726	0.98059	0.9427

Çizelge 5.59 (Devam): Z1 zemin sınıfı +%5 X doğrultusu mod birleştirme yöntemi modal kütle katılım oranları.

Mod	Periyod	Toplam UX	Toplam UY	Toplam UZ	Toplam RX	Toplam RY	Toplam RZ
36	0.025311	0.94771	0.95922	0.74661	0.98734	0.98059	0.94672
37	0.02514	0.94771	0.95922	0.74661	0.98734	0.98059	0.94672
38	0.025008	0.94771	0.95961	0.74661	0.98735	0.98059	0.94695
39	0.024887	0.95862	0.95961	0.74661	0.98735	0.98072	0.94981
40	0.023855	0.95862	0.96002	0.74661	0.98735	0.98072	0.95108
41	0.023082	0.95862	0.96655	0.74661	0.98742	0.98072	0.95535
42	0.022546	0.95872	0.96655	0.74661	0.98742	0.98072	0.95538
43	0.022472	0.95872	0.96655	0.74661	0.98742	0.98072	0.95538
44	0.021894	0.96841	0.96655	0.74661	0.98742	0.98081	0.95792
45	0.021615	0.96841	0.97273	0.74661	0.98747	0.98081	0.96135
46	0.020667	0.96841	0.97809	0.74661	0.98752	0.98081	0.9639
47	0.020381	0.96841	0.97814	0.74661	0.98752	0.98081	0.96467
48	0.020321	0.96841	0.97815	0.74661	0.98752	0.98081	0.96467
49	0.020251	0.96841	0.97828	0.74661	0.98752	0.98081	0.96516
50	0.019927	0.96959	0.97828	0.74661	0.98752	0.98081	0.96548
51	0.01992	0.96959	0.97828	0.74682	0.98753	0.98082	0.96548
52	0.019871	0.97732	0.97828	0.74682	0.98753	0.98091	0.96751
53	0.019774	0.97732	0.9931	0.74682	0.98765	0.98091	0.9769
54	0.019165	0.97732	0.9931	0.74682	0.98765	0.98091	0.9769
55	0.018628	0.97732	0.9931	0.74683	0.98765	0.98091	0.9769
56	0.018591	0.97732	0.9931	0.74683	0.98765	0.98091	0.9769
57	0.018521	0.98541	0.9931	0.74683	0.98765	0.98098	0.97903
58	0.017998	0.98541	0.9931	0.74683	0.98765	0.98098	0.98066
59	0.01789	0.98541	0.9931	0.74683	0.98765	0.98098	0.98067
60	0.017666	0.99177	0.9931	0.74683	0.98765	0.98103	0.98234

Çizelge 5.60: Z1 zemin sınıfı +%5 Y doğrultusu mod birleştirme yöntemi modal kütle katılım oranları.

Mod	Periyod	Toplam UX	Toplam UY	Toplam UZ	Toplam RX	Toplam RY	Toplam RZ
1	0.983674	0.64666	0	1.18E-19	0	0.89462	0.26302
2	0.889741	0.64666	0.6632	1.25E-18	0.94242	0.89462	0.55125
3	0.774187	0.66147	0.6632	1.25E-18	0.94242	0.91487	0.6585
4	0.264994	0.79931	0.6632	1.26E-18	0.94242	0.92079	0.71507
5	0.243093	0.79931	0.81438	1.26E-18	0.94959	0.92079	0.78077
6	0.208915	0.80258	0.81438	1.26E-18	0.94959	0.92093	0.80439
7	0.12009	0.86099	0.81438	1.57E-18	0.94959	0.92519	0.82819
8	0.114323	0.86099	0.8705	1.32E-17	0.95302	0.92519	0.85258
9	0.094596	0.86245	0.8705	1.33E-17	0.95302	0.92529	0.8618
10	0.071062	0.86245	0.90008	3.57E-16	0.95363	0.92529	0.87466
11	0.070775	0.89522	0.90008	3.59E-16	0.95363	0.92609	0.88819
12	0.056136	0.89626	0.90008	1.76E-14	0.95363	0.92611	0.89282
13	0.05083	0.89626	0.91926	3.03E-14	0.95426	0.92611	0.90115
14	0.048506	0.91781	0.91926	4.71E-14	0.95426	0.92699	0.91032
15	0.04329	0.91781	0.91926	0.73005	0.97826	0.96448	0.91032
16	0.042384	0.91784	0.91926	0.73005	0.97826	0.9784	0.91034
17	0.041855	0.91784	0.91929	0.73005	0.98579	0.9784	0.91035
18	0.041784	0.91784	0.91929	0.73005	0.98579	0.9784	0.91035
19	0.041278	0.91784	0.91929	0.73292	0.98589	0.97854	0.91035
20	0.040141	0.91787	0.91929	0.73292	0.98589	0.97932	0.91036
21	0.040043	0.91787	0.91929	0.73651	0.986	0.9795	0.91036
22	0.039642	0.91787	0.93284	0.73651	0.98628	0.9795	0.91625
23	0.038686	0.91903	0.93284	0.73651	0.98628	0.97952	0.91868
24	0.037799	0.91909	0.93284	0.73651	0.98628	0.97953	0.9187
25	0.036623	0.93422	0.93284	0.73651	0.98628	0.97986	0.92577
26	0.032746	0.93422	0.94343	0.73651	0.98643	0.97986	0.93037
27	0.031566	0.93422	0.94351	0.73651	0.9868	0.97986	0.9304
28	0.031059	0.93422	0.94351	0.74443	0.98706	0.98027	0.9304
29	0.029652	0.9463	0.94351	0.74443	0.98706	0.98041	0.93232
30	0.029323	0.94717	0.94351	0.74443	0.98706	0.98042	0.93758
31	0.028205	0.94717	0.95252	0.74443	0.98718	0.98042	0.94149
32	0.026857	0.94717	0.95252	0.74661	0.98725	0.98053	0.94149
33	0.026852	0.94717	0.95252	0.74661	0.98725	0.98059	0.94149
34	0.026282	0.94719	0.95252	0.74661	0.98725	0.98059	0.94149
35	0.026094	0.94719	0.95257	0.74661	0.98727	0.98059	0.94152

Çizelge 5.60 (Devam): Z1 zemin sınıfı +%5 Y doğrultusu mod birleştirme yöntemi modal kütle katılım oranları.

Mod	Periyod	Toplam UX	Toplam UY	Toplam UZ	Toplam RX	Toplam RY	Toplam RZ
36	0.025157	0.94719	0.95877	0.74661	0.98735	0.98059	0.94421
37	0.02514	0.94719	0.95877	0.74661	0.98735	0.98059	0.94421
38	0.02509	0.95795	0.95877	0.74661	0.98735	0.98071	0.94816
39	0.024994	0.95795	0.96013	0.74661	0.98735	0.98071	0.94875
40	0.023821	0.95819	0.96013	0.74661	0.98735	0.98071	0.95055
41	0.022935	0.95819	0.96705	0.74661	0.98742	0.98071	0.95355
42	0.022547	0.95831	0.96705	0.74661	0.98742	0.98072	0.95362
43	0.022472	0.95832	0.96705	0.74661	0.98742	0.98072	0.95362
44	0.022071	0.96759	0.96705	0.74661	0.98742	0.9808	0.95743
45	0.02147	0.96759	0.97333	0.74661	0.98748	0.9808	0.96016
46	0.020523	0.96759	0.97866	0.74661	0.98752	0.9808	0.96248
47	0.020369	0.96817	0.97866	0.74661	0.98752	0.98081	0.96277
48	0.020321	0.96817	0.97867	0.74661	0.98753	0.98081	0.96277
49	0.020257	0.96969	0.97867	0.74661	0.98753	0.98082	0.96281
50	0.020016	0.97623	0.97867	0.74661	0.98753	0.98087	0.96719
51	0.01992	0.97623	0.97867	0.74681	0.98753	0.98088	0.96719
52	0.019917	0.97644	0.97867	0.74681	0.98753	0.98091	0.96729
53	0.01965	0.97644	0.99342	0.74681	0.98765	0.98091	0.9737
54	0.019165	0.97645	0.99342	0.74681	0.98765	0.98091	0.9737
55	0.018686	0.98456	0.99342	0.74681	0.98765	0.98097	0.97657
56	0.018628	0.98456	0.99342	0.74683	0.98766	0.98097	0.97657
57	0.018591	0.98456	0.99342	0.74683	0.98766	0.98097	0.97657
58	0.017977	0.98554	0.99342	0.74683	0.98766	0.98098	0.97695
59	0.01789	0.98554	0.99342	0.74683	0.98766	0.98098	0.97695
60	0.017795	0.99104	0.99342	0.74683	0.98766	0.98103	0.98079

5.7.2 Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

Yapıda mod birleştirme yönteminin uygulandığı çözümde her iki doğrultuda taban kesme kuvvetleri SAP2000 programında base reactions (taban reaksiyonları) kısmından okunmuş ve eşdeğer deprem yükü yönteminde bulunan taban kesme kuvvetleri ile kıyaslanmıştır. Yapıda X ve Y doğrultularında A1 burulma düzensizliği mevcut olmadığı için β katsayısı 0.8 alınmıştır. Yapılmış olan taban kesme kuvveti karşılaştırmaları herbir zemin sınıfı için aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir. Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile hesaplanan taban kesme kuvveti değerlerinin mod birleştirme yöntemi ile bulunan taban kesme kuvvetleri değerlerinden küçük bulunması durumunda, mod birleştirme yöntemi ile bulunan

taban kesme kuvvetleri hiçbir değişikliğe uğramadan iç kuvvetlerin ve yerdeğiştirmelerin bulunmasında doğrudan kullanılmıştır. Mod birleştirme yöntemi ile bulunan taban kesme kuvvetleri, eşdeğer deprem yükü yöntemi ile bulunan ve sonrasında β katsayısı ile azaltılmış olan taban kesme kuvvetlerinden küçük olduğunda ise, mod birleştirme yöntemi ile bulunan kuvvetler 2. Bölümde verilmiş olan Denklem (2.20) ile bulunan katsayı ile büyütülmüştür. Bu büyütme işlemi SAP2000 programında (scale faktör) büyütme oranı değerinin değiştirilmesi ile çözülecektir.

Çizelge 5.61: Z1 zemin sınıfı taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.

Kuvvet Doğrultusu	E.D.Y.Y V_T	β_X	β_Y	M.B.Y. (+%5 e_x) V_{TB}	M.B.Y. (+%5 e_y) V_{TB}	M.B.Y. (-%5 e_x) V_{TB}	M.B.Y. (-%5 e_y) V_{TB}
X Doğrultusu	6017.453	0.8	-	5388.677	5272.127	5388.677	5272.127
Y Doğrultusu	6480.269	-	0.8	5364.524	5745.056	5364.524	5745.056
Kuvvet Doğrultusu	Azaltılmış Değerler			Seçilen Taban Kesme Kuvvetleri			
X Doğrultusu	4813.962			5388.677	5272.127	5388.677	5272.127
Y Doğrultusu	5184.215			5364.524	5745.056	5364.524	5745.056

Çizelge 5.62: Z2 zemin sınıfı taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.

Kuvvet Doğrultusu	E.D.Y.Y V_T	β_X	β_Y	M.B.Y. (+%5 e_x) V_{TB}	M.B.Y. (+%5 e_y) V_{TB}	M.B.Y. (-%5 e_x) V_{TB}	M.B.Y. (-%5 e_y) V_{TB}
X Doğrultusu	7574.669	0.8	-	6420.544	6280.299	6420.544	6280.299
Y Doğrultusu	8157.254	-	0.8	6397.391	6864.232	6397.391	6864.232
Kuvvet Doğrultusu	Azaltılmış Değerler			Seçilen Taban Kesme Kuvvetleri			
X Doğrultusu	6059.735			6420.544	6280.299	6420.544	6280.299
Y Doğrultusu	6525.803			6397.391	6864.232	6397.391	6864.232

Çizelge 5.63: Z3 zemin sınıfı taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.

Kuvvet Doğrultusu	E.D.Y.Y V_T	β_X	β_Y	M.B.Y. (+%5 e_x) V_{TB}	M.B.Y. (+%5 e_y) V_{TB}	M.B.Y. (-%5 e_x) V_{TB}	M.B.Y. (-%5 e_y) V_{TB}
X Doğrultusu	10476.990	0.8	-	8356.634	8168.399	8356.634	8168.399
Y Doğrultusu	11282.800	-	0.8	8343.644	8980.613	8343.644	8980.613
Kuvvet Doğrultusu	Azaltılmış Değerler			Seçilen Taban Kesme Kuvvetleri			
X Doğrultusu	8381.592			9041.878	8381.777	9041.878	8381.777
Y Doğrultusu	9026.240			9027.823	9214.109	9027.823	9214.109

Çizelge 5.64: Z4 zemin sınıfı taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.

Kuvvet Doğrultusu	E.D.Y.Y V_T	β_X	β_Y	M.B.Y. (+%5 e_x) V_{TB}	M.B.Y. (+%5 e_y) V_{TB}	M.B.Y. (-%5 e_x) V_{TB}	M.B.Y. (-%5 e_y) V_{TB}
X Doğrultusu	14491.380	0.8	-	11200.216	11134.466	11200.216	11134.466
Y Doğrultusu	14576.330	-	0.8	10937.862	11954.085	10937.862	11954.085
Kuvvet Doğrultusu	Azaltılmış Değerler			Seçilen Taban Kesme Kuvvetleri			
X Doğrultusu	11593.104			11940.550	11593.206	11940.550	11593.206
Y Doğrultusu	11661.064			11661.854	12446.593	11661.854	12446.593

M.B.Y. ile bulunan taban kesme kuvvetleri değerleri Çizelge 5.61 ve Çizelge 5.62'de E.D.Y.Y ile bulunan değerlerden büyük olduğu için hesaplarda M.B.Y ile bulunan değerler kullanılmıştır. Ancak Çizelge 5.63 ve Çizelge 5.64'de de görüldüğü üzere M.B.Y. ile bulunan taban kesme kuvvetleri değerlerinin, E.D.Y.Y ile bulunan değerlerden küçük olduğu görülmektedir. Bu nedenle, zemin sınıfı Z3 ve Z4 için yapılan hesaplarda M.B.Y. ile bulunan kuvvetler katsayı ile büyütülerek yeniden modellenmiştir.

5.8 Mod Birleştirme Yöntemine Göre Düzensizlik Kontrolleri

Bölüm 5.4'te eşdeğer deprem yükü analizi sonrası yapılmış olan tüm deprem yönetmeliği [1] düzensizlik kontrolleri mod birleştirme yöntemi için de uygulanmıştır.

5.8.1 Z1 zemin sınıfı için mod birleştirme yöntemine göre düzensizlik kontrolleri

5.8.1.1 A1 burulma düzensizliği kontrolü

Düğüm noktaları her kat seviyesinde her kolona ait olacak şekilde seçilmiş ve SPECX(+%e_Y), SPECX(-%e_Y), SPECY(+%e_X), SPECY(-%e_y), deprem yüklemelerinin tümü için yapılmış olan düğüm noktası yerdeğiştirmeleri göz önüne alınarak A1 burulma düzensizliği kontrolü gerçekleştirilmiştir. X ve Y doğrultularına göre A1 burulma düzensizliği kontrolleri Çizelge 5.65 ve Çizelge 5.66'da verilmiştir. Düzensizliğin oluşmaması için $\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} < 1.2$ olmalıdır. Çizelgelerden de görüldüğü üzere binanın tüm katlarında X ve Y doğrultusundaki burulma katsayısı (η_{bi}) sınır değer olan 1.2'den küçük olarak bulunmuştur. Yapıda X ve Y doğrultularında burulma düzensizliği mevcut değildir.

Çizelge 5.65: Z1 zemin sınıfı M.B.Y. X doğrultusunda A1 burulma düzensizliği kontrolü.

A1 Burulma Düzensizliği						
X Doğrultusu						
Kat	**$(di)_{min}$**	**$(di)_{max}$**	**$(\Delta i)_{min}$**	**$(\Delta i)_{max}$**	**$(\Delta i)_{ort}$**	**η_{bi}**
11	0.01913	0.021422	0.001415	0.001598	0.001507	1.061
10	0.017715	0.019824	0.001501	0.001691	0.001596	01.Haz
9	0.016214	0.018133	0.001599	0.0018	0.0017	1.059
8	0.014615	0.016333	0.0017	0.001912	0.001806	1.059
7	0.012915	0.014421	0.001789	0.002008	0.001899	1.058
6	0.011126	0.012413	0.001846	0.002067	0.001957	1.056
5	0.00928	0.010346	0.001875	0.002097	0.001986	1.056
4	0.007405	0.008249	0.001855	0.002072	0.001964	1.055
3	0.00555	0.006177	0.001761	0.001965	0.001863	1.055

Çizelge 5.65 (Devam): Z1 zemin sınıfı M.B.Y. X doğrultusunda A1 burulma düzensizliği kontrolü.

A1 Burulma Düzensizliği						
X Doğrultusu						
Kat	$(di)_{min}$	$(di)_{max}$	$(\Delta i)_{min}$	$(\Delta i)_{max}$	$(\Delta i)_{ort}$	η_{bi}
2	0.003789	0.004212	0.001581	0.001763	0.001672	1.054
1	0.002208	0.002449	0.001281	0.001427	0.001354	1.054
Zem. Kat	0.000927	0.001022	0.000808	0.000897	0.000853	1.052
Bod. Kat	0.000119	0.000125	0.000119	0.000125	0.000122	1.025

$(\Delta_i)_{max}$ değeri en çok 5. katta görülürken η_{bi} değeri en çok 11. katta görülmüştür, bu sebepten ötürü katlara ait maksimum yerdeğiştirme değerlerinin doğrudan A1 burulma düzensizliğini arttırdığını söylemek doğru olmaz. Önemli olan etkin göreli kat ötelemeleri içerisindeki en büyük yerdeğiştirme değerleri ve bu değerlerin mertebeleridir.

Çizelge 5.66: Z1 zemin sınıfı M.B.Y. Y doğrultusunda A1 burulma düzensizliği kontrolü.

A1 Burulma Düzensizliği						
Y Doğrultusu						
Kat	$(di)_{min}$	$(di)_{max}$	$(\Delta i)_{min}$	$(\Delta i)_{max}$	$(\Delta i)_{ort}$	η_{bi}
11	0.012728	0.017257	0.000982	0.001335	0.001159	1.152
10	0.011746	0.015922	0.001046	0.00142	0.001233	1.152
9	0.0107	0.014502	0.001096	0.001488	0.001292	1.152
8	0.009604	0.013014	0.001149	0.001561	0.001355	1.152
7	0.008455	0.011453	0.001192	0.001616	0.001404	1.151
6	0.007263	0.009837	0.001195	0.001624	0.00141	1.152
5	0.006068	0.008213	0.0012	0.00163	0.001415	1.152
4	0.004868	0.006583	0.00118	0.001603	0.001392	1.152

Çizelge 5.66 (Devam): Z1 zemin sınıfı M.B.Y. Y doğrultusunda A1 burulma düzensizliği kontrolü.

A1 Burulma Düzensizliği						
Y Doğrultusu						
Kat	**$(di)_{min}$**	**$(di)_{max}$**	**$(\Delta i)_{min}$**	**$(\Delta i)_{max}$**	**$(\Delta i)_{ort}$**	**η_{bi}**
3	0.003688	0.00498	0.001108	0.001509	0.001309	1.153
2	0.00258	0.003471	0.001015	0.001379	0.001197	1.152
1	0.001565	0.002092	0.00086	0.001164	0.001012	Oca.15
Zem. Kat	0.000705	0.000928	0.000592	0.000794	0.000693	1.146
Bod. Kat	0.000113	0.000134	0.000113	0.000134	0.000124	1.085

Çizelge 5.66'da görüldüğü üzere binanın tüm katlarında Y doğrultusundaki burulma düzensizliği katsayısı (η_{bi}) sınır değer olan 1.2'den küçük olarak bulunmuştur. Yapıda Y doğrultusunda burulma düzensizliği mevcut değildir.

5.8.1.2 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak kat) kontrolü

X ve Y Doğrultularına göre B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik (Yumuşak Kat) Düzensizliği Kontrolü Çizelge 5.67 ve Çizelge 5.68'de verilmiştir.

$\eta_{ki} = (\Delta_i)_{ort} / (\Delta_{i+1})_{ort} < 2$ olmalıdır.

Çizelge 5.67: Z1 zemin sınıfı M.B.Y. X doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği kontrolü.

B2 Komsu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)						
X Doğrultusu						
Kat	**$(di)_{min}$**	**$(di)_{max}$**	**$(\Delta i)_{min}$**	**$(\Delta i)_{max}$**	**$(\Delta i)_{ort}$**	**η_{ki}**
11	0.01913	0.021422	0.001415	0.001598	0.001507	
10	0.017715	0.019824	0.001501	0.001691	0.001596	1.059
9	0.016214	0.018133	0.001599	0.0018	0.0017	1.065
8	0.014615	0.016333	0.0017	0.001912	0.001806	1.063
7	0.012915	0.014421	0.001789	0.002008	0.001899	1.051
6	0.011126	0.012413	0.001846	0.002067	0.001957	1.031
5	0.00928	0.010346	0.001875	0.002097	0.001986	1.015
4	0.007405	0.008249	0.001855	0.002072	0.001964	0.989
3	0.00555	0.006177	0.001761	0.001965	0.001863	0.949

Çizelge 5.67 (Devam): Z1 zemin sınıfı M.B.Y. X doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği kontrolü.

B2 Komsu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)						
X Doğrultusu						
Kat	**$(di)_{min}$**	**$(di)_{max}$**	**$(\Delta i)_{min}$**	**$(\Delta i)_{max}$**	**$(\Delta i)_{ort}$**	**η_{ki}**
2	0.003789	0.004212	0.001581	0.001763	0.001672	0.897
1	0.002208	0.002449	0.001281	0.001427	0.001354	0.81
Zem. Kat	0.000927	0.001022	0.000808	0.000897	0.000853	0.63
Bod. Kat	0.000119	0.000125	0.000119	0.000125	0.000122	0.143

Çizelge 5.67'de görüldüğü üzere yapıda mod birleştirme yöntemi kullanılarak yapılmış olan analiz sonucunda, X doğrultusunda B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü yapılmış ve η_{ki}'nin tüm katlarda deprem yönetmeliğinin [1] öngördüğü sınır değer olan 2.0'nin altında kaldığı sonucuna varılmıştır. En büyük rijitlik düzensizliği mertebesi 1.065 ile yapının 9'uncu katında bulunmuştur. Yapıda X doğrultusunda B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği mevcut değildir. B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü katsayısı olan η_{ki} yapı boyunca bir üst kat temel alınarak yapılmıştır ve bu yüzden en üst kat olan 11. katta η_{ki} değer almamaktadır.

Çizelge 5.68: Z1 zemin sınıfı M.B.Y. Y doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği kontrolü.

B2 Komsu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)						
Y Doğrultusu						
Kat	**$(di)_{min}$**	**$(di)_{max}$**	**$(\Delta i)_{min}$**	**$(\Delta i)_{max}$**	**$(\Delta i)_{ort}$**	**η_{ki}**
11	0.012728	0.017257	0.000982	0.001335	0.001159	
10	0.011746	0.015922	0.001046	0.00142	0.001233	1.064
9	0.0107	0.014502	0.001096	0.001488	0.001292	1.048
8	0.009604	0.013014	0.001149	0.001561	0.001355	1.049
7	0.008455	0.011453	0.001192	0.001616	0.001404	1.036
6	0.007263	0.009837	0.001195	0.001624	0.00141	1.004
5	0.006068	0.008213	0.0012	0.00163	0.001415	1.004

Çizelge 5.68 (Devam): Z1 zemin sınıfı M.B.Y. Y doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği kontrolü.

B2 Komsu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)						
Y Doğrultusu						
Kat	$(di)_{min}$	$(di)_{max}$	$(\Delta i)_{min}$	$(\Delta i)_{max}$	$(\Delta i)_{ort}$	η_{ki}
4	0.004868	0.006583	0.00118	0.001603	0.001392	0.983
3	0.003688	0.00498	0.001108	0.001509	0.001309	0.940
2	0.00258	0.003471	0.001015	0.001379	0.001197	0.915
1	0.001565	0.002092	0.00086	0.001164	0.001012	0.845
Zem. Kat	0.000705	0.000928	0.000592	0.000794	0.000693	0.685
Bod. Kat	0.000113	0.000134	0.000113	0.000134	0.000124	0.178

Çizelge 5.68'de görüldüğü üzere yapıda mod birleştirme yöntemi kullanılarak yapılmış olan analiz sonucunda, Y doğrultusunda B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü yapılmış ve η_{ki}'nin tüm katlarda deprem yönetmeliğinin [1] öngördüğü sınır değer olan 2.0'nin altında kaldığı sonucuna varılmıştır. En büyük rijitlik düzensizliği mertebesi 1.064 ile yapının 10'uncu katında bulunmuştur. Yapıda Y doğrultusunda doğrultusunda B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği mevcut değildir. Çizelge 5.67 ve Çizelge 5.68'de görüldüğü üzere binanın her iki deprem doğrultusunda tüm katlarında B2 komşu katlar arası rijitlik (Yumuşak Kat) düzensizliği katsayısı $\eta_{ki} < 2.0$ çıkmıştır.

5.8.1.3 Göreli kat ötelemeleri kontrolü

Mod Birleştirme Yöntemine göre X ve Y doğrultuları göreli kat ötelemeleri kontrolleri Çizelge 5.69 ve Çizelge 5.70'de verilmiştir. R=7 olduğu bilinmektedir bu nedenle $(\Delta_i)_{max} / h_i \leq 0.00286$ olmalıdır.

Çizelge 5.69: Z1 zemin sınıfı için M.B.Y. X doğrultusunda göreli kat ötelemeleri.

Kat	$(d_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{max}$	h_i	$(\Delta_i)_{max} / h_i$
11	0.021422	0.001598	3	0.00053
10	0.019824	0.001691	3	0.00056
9	0.018133	0.0018	3	0.00060

Çizelge 5.69 (Devam): Z1 zemin sınıfı için M.B.Y. X doğrultusunda göreli kat ötelemeleri.

Kat	$(d_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{max}$	h_i	$(\Delta_i)_{max} / h_i$
8	0.016333	0.001912	3	0.00064
7	0.014421	0.002008	3	0.00067
6	0.012413	0.002067	3	0.00069
5	0.010346	0.002097	3	0.00070
4	0.008249	0.002072	3	0.00069
3	0.006177	0.001965	3	0.00066
2	0.004212	0.001763	3	0.00059
1	0.002449	0.001427	3	0.00048
Zem. Kat	0.001022	0.000897	3	0.00030
Bod. Kat	0.00125	0.000125	3	0.00004

Çizelge 5.69'da görüldüğü üzere yapıda mod birleştirme yöntemi kullanılarak yapılmış olan analiz sonucunda, X ve Y doğrultusunda göreli kat ötelemeleri deprem yönetmeliğinin [1] öngördüğü sınırın altında kalmaktadır.

Çizelge 5.70: Z1 zemin sınıfı için M.B.Y. Y doğrultusunda göreli kat ötelemeleri.

Kat	$(d_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{max}$	h_i	$(\Delta_i)_{max} / h_i$
11	0.017257	0.001335	3	0.0004
10	0.015922	0.00142	3	0.0005
9	0.014502	0.001488	3	0.0005
8	0.013014	0.001561	3	0.0005
7	0.011453	0.001616	3	0.0005
6	0.009837	0.001624	3	0.0005
5	0.008213	0.00163	3	0.0005
4	0.006583	0.001603	3	0.0005
3	0.00498	0.001509	3	0.0005
2	0.003471	0.001379	3	0.0005

Çizelge 5.70 (Devam): Z1 zemin sınıfı için M.B.Y. Y doğrultusunda göreli kat ötelemeleri.

Kat	$(d_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{max}$	h_i	$(\Delta_i)_{max} / h_i$
1	0.002092	0.001164	3	0.0004
Zem. Kat	0.000928	0.000794	3	0.0003
Bod. Kat	0.000134	0.000134	3	0.0000

Çizelge 5.69 ve Çizelge 5.70'te görüldüğü üzere binanın her iki deprem doğrultusunda göreli kat ötelemeleri $(\Delta_i)_{max} / h_i \leq 0.00286$ çıkmıştır. X ve Y doğrultusunda göreli kat ötelemeleri deprem yönetmeliğinin [1] öngördüğü sınırın altında kalmaktadır.

5.8.1.4 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü

X ve Y doğrultularına göre ikinci mertebe etkilerinin kontrolleri Çizelge 5.71 ve Çizelge 5.72'de verilmiştir.

X doğrultusunda toplam $\Theta_i = 0.0727 < 0.12$ bulunmuştur. Y doğrultusunda toplam $\Theta_i = 0.06494 < 0.12$ bulunmuştur. Her iki doğrultuda ikinci mertebe etkileri deprem yönetmeliğinde [1] belirtilmiş olan sınır değerin altındadır.

Çizelge 5.71: Z1 zemin sınıfı için M.B.Y. X doğrultusunda ikinci mertebe etkileri.

Kat	hi (m)	Wi (kN)	∑Wi (kN)	(Δi) ort (m)	Kat Kuvvetleri Fi (kN)	Kat Kesme Kuvvetleri Vi (kN)	θi
11	3	5295,978	5295,978	0,001507	482,473	482,473	0.0055
10	3	7814,329	13110,31	0,001596	808,212	1290,686	0.0054
9	3	7826,329	20936,64	0,0017	735,867	2026,553	0.0059
8	3	7838,329	28774,97	0,001806	663,296	2689,848	0.0064
7	3	7838,329	36613,29	0,001899	589,596	3279,444	0.0071
6	3	7867,129	44480,42	0,001957	517,792	3797,237	0.0076
5	3	7895,929	52376,35	0,001986	445,447	4242,683	0.0082
4	3	7895,929	60272,28	0,001964	371,206	4613,889	0.0085
3	3	7924,729	68197,01	0,001863	298,048	4911,936	0.0086
2	3	7953,529	76150,54	0,001672	224,348	5136,284	0.0083
1	3	7953,529	84104,07	0,001354	149,565	5285,85	0.0072
Zem. Kat	3	7972,729	92076,8	0,000853	74,963	5360,813	0.0049

Çizelge 5.72: Z1 zemin sınıfı için M.B.Y. Y doğrultusunda ikinci mertebe etkileri.

Kat	hi (m)	Wi (kN)	∑Wi (kN)	(Δi) ort (m)	Kat Kuvvetleri Fi (kN)	Kat Kesme Kuvvetleri Vi (kN)	θi
11	3	5295,978	5295,978	0,001159	519,581	519,581	0.0039
10	3	7814,329	13110,307	0,001233	870,374	1389,955	0.0039
9	3	7826,329	20936,636	0,001292	792,464	2182,419	0.0041
8	3	7838,329	28774,965	0,001355	714,311	2896,731	0.0045
7	3	7838,329	36613,294	0,001404	634,943	3531,674	0.0049
6	3	7867,129	44480,423	0,00141	557,617	4089,291	0.0051
5	3	7895,929	52376,352	0,001415	479,707	4568,998	0.0054
4	3	7895,929	60272,281	0,001392	399,756	4968,753	0.0056
3	3	7924,729	68197,010	0,001309	320,971	5289,725	0.0056
2	3	7953,529	76150,539	0,001197	241,603	5531,328	0.0055
1	3	7953,529	84104,068	0,001012	161,069	5692,396	0.0050
Zem. Kat	3	7972,729	92076,797	0,000693	80,729	5773,125	0.0037

5.8.2 Z2 zemin sınıfı için mod birleştirme yöntemine göre düzensizlik kontrolleri

5.8.2.1 A1 burulma düzensizliği kontrolü

X ve Y doğrultularına göre A1 burulma düzensizliği kontrolleri Çizelge 5.73 ve Çizelge 5.74'de verilmiştir.

Çizelge 5.73: Z2 zemin sınıfı M.B.Y. X doğrultusunda A1 burulma düzensizliği kontrolü.

A1 Burulma Düzensizliği						
X Doğrultusu						
Kat	(di) min (m)	(di) max (m)	(Δi) min (m)	(Δi) max (m)	(Δi) ort (m)	ηbi
11	0.024121	0.027023	0.001768	0.001997	0.001883	1.061
10	0.022353	0.025026	0.001883	0.002123	0.002003	1.060
9	0.02047	0.022903	0.002014	0.002269	0.002142	1.060
8	0.018456	0.020634	0.002154	0.002422	0.002288	1.059
7	0.016302	0.018212	0.002273	0.002553	0.002413	1.058
6	0.014029	0.015659	0.00235	0.002633	0.002492	1.057
5	0.011679	0.013026	0.002385	0.002669	0.002527	1.056
4	0.009294	0.010357	0.002352	0.002628	0.00249	1.055
3	0.006942	0.007729	0.002221	0.002479	0.00235	1.055
2	0.004721	0.00525	0.001982	0.002212	0.002097	1.055
1	0.002739	0.003038	0.001595	0.001777	0.001686	1.054
Zem. Kat	0.001144	0.001261	0.000999	0.001109	0.001054	1.052
Bod. Kat	0.000145	0.000152	0.000145	0.000152	0.000149	1.024

Çizelge 5.73'de görüldüğü üzere binanın tüm katlarında X doğrultusundaki burulma düzensizliği katsayısı (η_{bi}) sınır değer olan 1.2'den küçük olarak bulunmuştur. Yapıda Y doğrultusunda burulma düzensizliği mevcut değildir.

Çizelge 5.74: Z2 zemin sınıfı M.B.Y. Y doğrultusunda A1 burulma düzensizliği kontrolü.

A1 Burulma Düzensizliği						
Y Doğrultusu						
Kat	(di) min (m)	(di) max (m)	(Δi) min (m)	(Δi) max (m)	(Δi) ort (m)	ηbi
11	0.016019	0.021756	0.001228	0.001671	0.00145	1.153
10	0.014791	0.020085	0.00131	0.001782	0.001546	1.153
9	0.013481	0.018303	0.001378	0.001875	0.001627	1.153
8	0.012103	0.016428	0.001453	0.001975	0.001714	1.152
7	0.01065	0.014453	0.001509	0.002053	0.001781	1.153
6	0.009141	0.0124	0.001518	0.002066	0.001792	1.153
5	0.007623	0.010334	0.001523	0.002073	0.001798	1.153
4	0.0061	0.008261	0.001493	0.002034	0.001764	1.153
3	0.004607	0.006227	0.001397	0.001904	0.001651	1.154
2	0.00321	0.004323	0.001272	0.00173	0.001501	1.153
1	0.001938	0.002593	0.001069	0.001449	0.001259	1.151
Zem. Kat	0.000869	0.001144	0.000731	0.00098	0.000856	1.146
Bod. Kat	0.000138	0.000164	0.000138	0.000164	0.000151	1.086

Çizelge 5.74'de görüldüğü üzere binanın tüm katlarında Y doğrultusundaki burulma düzensizliği katsayısı (η_{bi}) sınır değer olan 1.2'den küçük olarak bulunmuştur. Yapıda Y doğrultusunda burulma düzensizliği mevcut değildir.

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

X ve Y Doğrultularına göre B2 komşu katlar arası rijitlik (Yumuşak Kat) düzensizliği kontrolü Çizelge 5.75 ve Çizelge 5.76'da verilmiştir.

Çizelge 5.75: Z2 zemin sınıfı M.B.Y. X doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği kontrolü.

B2 Komsu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)						
X Doğrultusu						
Kat	$(di)_{min}$	$(di)_{max}$	$(\Delta i)_{min}$	$(\Delta i)_{max}$	$(\Delta i)_{ort}$	η_{ki}
11	0.024121	0.027023	0.001768	0.001997	0.001883	
10	0.022353	0.025026	0.001883	0.002123	0.002003	1.064
9	0.02047	0.022903	0.002014	0.002269	0.002142	1.069
8	0.018456	0.020634	0.002154	0.002422	0.002288	1.068
7	0.016302	0.018212	0.002273	0.002553	0.002413	1.055
6	0.014029	0.015659	0.00235	0.002633	0.002492	1.033
5	0.011679	0.013026	0.002385	0.002669	0.002527	1.014
4	0.009294	0.010357	0.002352	0.002628	0.00249	0.985
3	0.006942	0.007729	0.002221	0.002479	0.00235	0.944
2	0.004721	0.00525	0.001982	0.002212	0.002097	0.892
1	0.002739	0.003038	0.001595	0.001777	0.001686	0.804
Zem. Kat	0.001144	0.001261	0.000999	0.001109	0.001054	0.625
Bod. Kat	0.000145	0.000152	0.000145	0.000152	0.000149	0.141

Çizelge 5.75'de görüldüğü üzere yapıda mod birleştirme yöntemi kullanılarak yapılmış olan analiz sonucunda, X doğrultusunda B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü yapılmış ve η_{ki}'nin tüm katlarda deprem yönetmeliğinin [1] öngördüğü sınır değer olan 2'nin altında kaldığı sonucuna varılmıştır.

Çizelge 5.76: Z2 zemin sınıfı M.B.Y. Y doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği kontrolü.

B2 Komsu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)						
Y Doğrultusu						
Kat	**$(di)_{min}$**	**$(di)_{max}$**	**$(\Delta i)_{min}$**	**$(\Delta i)_{max}$**	**$(\Delta i)_{ort}$**	**η_{ki}**
11	0.016019	0.021756	0.001228	0.001671	0.00145	
10	0.014791	0.020085	0.00131	0.001782	0.001546	1.067
9	0.013481	0.018303	0.001378	0.001875	0.001627	1.052
8	0.012103	0.016428	0.001453	0.001975	0.001714	1.054
7	0.01065	0.014453	0.001509	0.002053	0.001781	1.039
6	0.009141	0.0124	0.001518	0.002066	0.001792	1.006
5	0.007623	0.010334	0.001523	0.002073	0.001798	1.003
4	0.0061	0.008261	0.001493	0.002034	0.001764	0.981
3	0.004607	0.006227	0.001397	0.001904	0.001651	0.936
2	0.00321	0.004323	0.001272	0.00173	0.001501	0.909
1	0.001938	0.002593	0.001069	0.001449	0.001259	0.839
Zem. Kat	0.000869	0.001144	0.000731	0.00098	0.000856	0.680
Bod. Kat	0.000138	0.000164	0.000138	0.000164	0.000151	0.177

Çizelge 5.76'da görüldüğü üzere yapıda mod birleştirme yöntemi kullanılarak yapılmış olan analiz sonucunda, Y doğrultusunda B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü yapılmış ve η_{ki}'nin tüm katlarda deprem yönetmeliğinin [1] öngördüğü sınır değer olan 2'nin altında kaldığı sonucuna varılmıştır.

5.8.2.3 Göreli kat ötelemeleri kontrolü

Mod Birleştirme Yöntemine göre X ve Y doğrultuları göreli kat ötelemeleri kontrolleri Çizelge 5.77 ve Çizelge 5.78'de verilmiştir.

Çizelge 5.77: Z2 zemin sınıfı için M.B.Y. X doğrultusunda göreli kat ötelemeleri.

Kat	(di) max (m)	(Δi) max (m)	hi (m)	(Δi)max/hi
11	0.027023	0.001997	3	0.00067
10	0.025026	0.002123	3	0.00071
9	0.022903	0.002269	3	0.00076
8	0.020634	0.002422	3	0.00081
7	0.018212	0.002553	3	0.00085
6	0.015659	0.002633	3	0.00088
5	0.013026	0.002669	3	0.00089
4	0.010357	0.002628	3	0.00088
3	0.007729	0.002479	3	0.00083
2	0.00525	0.002212	3	0.00074
1	0.003038	0.001777	3	0.00059
Zem. Kat	0.001261	0.001109	3	0.00037
Bod. Kat	0.000152	0.000152	3	0.00005

Çizelge 5.78: Z2 zemin sınıfı için M.B.Y. Y doğrultusunda göreli kat ötelemeleri.

Kat	(di) max (m)	(Δi) max (m)	hi (m)	(Δi)max/hi
11	0.021756	0.001671	3	0.0006
10	0.020085	0.001782	3	0.0006
9	0.018303	0.001875	3	0.0006
8	0.016428	0.001975	3	0.0007
7	0.014453	0.002053	3	0.0007
6	0.0124	0.002066	3	0.0007
5	0.010334	0.002073	3	0.0007
4	0.008261	0.002034	3	0.0007
3	0.006227	0.001904	3	0.0006
2	0.004323	0.00173	3	0.0006
1	0.002593	0.001449	3	0.0005
Zem. Kat	0.001144	0.00098	3	0.0003
Bod. Kat	0.000164	0.000164	3	0.0001

Çizelge 5.77 ve Çizelge 5.78'de görüldüğü üzere binanın her iki deprem doğrultusunda göreli kat ötelemeleri $(\Delta_i)_{max} / h_i \leq 0.00286$ çıkmıştır. X ve Y doğrultusunda göreli kat ötelemeleri deprem yönetmeliğinin [1] öngördüğü sınırın altında kalmıştır.

5.8.2.4 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü

X ve Y doğrultularına göre ikinci mertebe etkilerinin kontrolleri Çizelge 5.79 ve Çizelge 5.80'de verilmiştir.

X doğrultusunda toplam $\Theta_i = 0.0917 < 0.12$ bulunmuştur. Y doğrultusunda toplam $\Theta_i = 0.0623 < 0.12$ bulunmuştur. Her iki doğrultuda ikinci mertebe etkileri deprem yönetmeliğinde [1] belirtilmiş olan sınır değerin altındadır.

Çizelge 5.79: Z2 zemin sınıfı için M.B.Y. X doğrultusunda ikinci mertebe etkileri.

Kat	hi (m)	Wi (kN)	∑Wi (kN)	(Δi) ort (m)	Kat Kuvvetleri Fi (kN)	Kat Kesme Kuvvetleri Vi (kN)	θi
11	3	5295.978	5295.978	0.001883	482.473	482.473	0.0069
10	3	7814.329	13110.31	0.002003	808.212	1290.686	0.0068
9	3	7826.329	20936.64	0.002142	735.867	2026.553	0.0074
8	3	7838.329	28774.97	0.002288	663.296	2689.848	0.0082
7	3	7838.329	36613.29	0.002413	589.596	3279.444	0.0090
6	3	7867.129	44480.42	0.002492	517.792	3797.237	0.0097
5	3	7895.929	52376.35	0.002527	445.447	4242.683	0.0104
4	3	7895.929	60272.28	0.00249	371.206	4613.889	0.0108
3	3	7924.729	68197.01	0.00235	298.048	4911.936	0.0109
2	3	7953.529	76150.54	0.002097	224.348	5136.284	0.0104
1	3	7953.529	84104.07	0.001686	149.565	5285.85	0.0089
Zem. Kat	3	7972.729	92076.8	0.001054	74.963	5360.813	0.0060

Çizelge 5.80: Z2 zemin sınıfı için M.B.Y. Y doğrultusunda ikinci mertebe etkileri.

Kat	hi (m)	Wi (kN)	∑Wi (kN)	(Δi) ort (m)	Kat Kuvvetleri Fi (kN)	Kat Kesme Kuvvetleri Vi (kN)	θi
11	3	5295.978	5295.978	0.00145	519.581	519.581	0.0049
10	3	7814.329	13110.307	0.001546	870.374	1389.955	0.0049
9	3	7826.329	20936.636	0.001627	792.464	2182.419	0.0052
8	3	7838.329	28774.965	0.001714	714.311	2896.731	0.0057
7	3	7838.329	36613.294	0.001781	634.943	3531.674	0.0062
6	3	7867.129	44480.423	0.001792	557.617	4089.291	0.0065
5	3	7895.929	52376.352	0.001798	479.707	4568.998	0.0069
4	3	7895.929	60272.281	0.001764	399.756	4968.753	0.0071
3	3	7924.729	68197.010	0.001651	320.971	5289.725	0.0071
2	3	7953.529	76150.539	0.001501	241.603	5531.328	0.0069
1	3	7953.529	84104.068	0.001259	161.069	5692.396	0.0062
Zem. Kat	3	7972.729	92076.797	0.000856	80.729	5773.125	0.0045

5.8.3 Z3 zemin sınıfı için mod birleştirme yöntemine göre düzensizlik kontrolleri

5.8.3.1 A1 burulma düzensizliği kontrolü

X ve Y doğrultularına göre A1 burulma düzensizliği kontrolleri Çizelge 5.81 ve Çizelge 5.82'de verilmiştir.

Çizelge 5.81: Z3 zemin sınıfı M.B.Y. X doğrultusunda A1 burulma düzensizliği kontrolü.

A1 Burulma Düzensizliği						
X Doğrultusu						
Kat	(di) min (m)	(di) max (m)	(Δi) min (m)	(Δi) max (m)	(Δi) ort (m)	ηbi
11	0.034327	0.038175	0.002504	0.002801	0.002653	1.056
10	0.031823	0.035374	0.002672	0.002986	0.002829	1.055
9	0.029151	0.032388	0.00287	0.003205	0.003038	1.055
8	0.026281	0.029183	0.003078	0.003433	0.003256	1.055
7	0.023203	0.02575	0.003257	0.00363	0.003444	1.054
6	0.019946	0.02212	0.003369	0.003748	0.003559	1.053
5	0.016577	0.018372	0.003416	0.003796	0.003606	1.053
4	0.013161	0.014576	0.00336	0.00373	0.003545	1.052
3	0.009801	0.010846	0.003159	0.003503	0.003331	1.052
2	0.006642	0.007343	0.002806	0.00311	0.002958	1.051
1	0.003836	0.004233	0.002244	0.002486	0.002365	1.051
Zem. Kat	0.001592	0.001747	0.001394	0.001536	0.001465	1.048
Bod. Kat	0.000198	0.000211	0.000198	0.000211	0.000205	1.032

Çizelge 5.81'de görüldüğü üzere binanın tüm katlarında X doğrultusundaki burulma düzensizliği katsayısı (η_{bi}) sınır değer olan 1.2'den küçük olarak bulunmuştur. Yapıda X doğrultusunda burulma düzensizliği mevcut değildir.

Çizelge 5.82: Z3 zemin sınıfı M.B.Y. Y doğrultusunda A1 burulma düzensizliği kontrolü.

A1 Burulma Düzensizliği						
Y Doğrultusu						
Kat	(di) min (m)	(di) max (m)	(Δi) min (m)	(Δi) max (m)	(Δi) ort (m)	ηbi
11	0.023931	0.030788	0.001824	0.002351	0.002088	1.126
10	0.022107	0.028437	0.001952	0.002513	0.002233	1.126
9	0.020155	0.025924	0.002058	0.002651	0.002355	1.126
8	0.018097	0.023273	0.002177	0.002805	0.002491	1.126
7	0.01592	0.020468	0.002267	0.002922	0.002595	1.126
6	0.013653	0.017546	0.002283	0.002945	0.002614	1.127
5	0.01137	0.014601	0.002291	0.002956	0.002624	1.127
4	0.009079	0.011645	0.002242	0.002892	0.002567	1.127
3	0.006837	0.008753	0.00209	0.002697	0.002394	1.127
2	0.004747	0.006056	0.001893	0.002438	0.002166	1.126
1	0.002854	0.003618	0.001582	0.00203	0.001806	1.124
Zem. Kat	0.001272	0.001588	0.001073	0.001364	0.001219	1.119
Bod. Kat	0.000199	0.000224	0.000199	0.000224	0.000212	1.059

Çizelge 5.82'de görüldüğü üzere binanın tüm katlarında Y doğrultusundaki burulma düzensizliği katsayısı (η_{bi}) sınır değer olan 1.2'den küçük olarak bulunmuştur. Yapıda Y doğrultusunda burulma düzensizliği mevcut değildir.

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

X ve Y doğrultularında B2 komşu katlar arası rijitlik (Yumuşak Kat) düzensizliği kontrolü Çizelge 5.83 ve Çizelge 5.84'de verilmiştir.

Çizelge 5.83: Z3 zemin sınıfı M.B.Y. X doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği kontrolü.

B2 Komsu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)						
X Doğrultusu						
Kat	**$(di)_{min}$**	**$(di)_{max}$**	**$(\Delta i)_{min}$**	**$(\Delta i)_{max}$**	**$(\Delta i)_{ort}$**	**η_{ki}**
11	0.034327	0.038175	0.002504	0.002801	0.002653	
10	0.031823	0.035374	0.002672	0.002986	0.002829	1.067
9	0.029151	0.032388	0.00287	0.003205	0.003038	1.074
8	0.026281	0.029183	0.003078	0.003433	0.003256	1.072
7	0.023203	0.02575	0.003257	0.00363	0.003444	1.058
6	0.019946	0.02212	0.003369	0.003748	0.003559	1.033
5	0.016577	0.018372	0.003416	0.003796	0.003606	1.013
4	0.013161	0.014576	0.00336	0.00373	0.003545	0.983
3	0.009801	0.010846	0.003159	0.003503	0.003331	0.940
2	0.006642	0.007343	0.002806	0.00311	0.002958	0.888
1	0.003836	0.004233	0.002244	0.002486	0.002365	0.800
Zem. Kat	0.001592	0.001747	0.001394	0.001536	0.001465	0.619
Bod. Kat	0.000198	0.000211	0.000198	0.000211	0.000205	0.140

Çizelge 5.83'de görüldüğü üzere yapıda mod birleştirme yöntemi kullanılarak yapılmış olan analiz sonucunda, X doğrultusunda B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü yapılmış ve η_{ki}'nin tüm katlarda deprem yönetmeliğinin [1] öngördüğü sınır değer olan 2.0'nin altında kaldığı sonucuna varılmıştır.

Çizelge 5.84: Z3 zemin sınıfı M.B.Y. Y doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği kontrolü.

B2 Komsu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)						
Y Doğrultusu						
Kat	**$(di)_{min}$**	**$(di)_{max}$**	**$(\Delta i)_{min}$**	**$(\Delta i)_{max}$**	**$(\Delta i)_{ort}$**	**η_{ki}**
11	0.023931	0.030788	0.001824	0.002351	0.002088	
10	0.022107	0.028437	0.001952	0.002513	0.002233	1.069
9	0.020155	0.025924	0.002058	0.002651	0.002355	1.055
8	0.018097	0.023273	0.002177	0.002805	0.002491	1.058
7	0.01592	0.020468	0.002267	0.002922	0.002595	1.042
6	0.013653	0.017546	0.002283	0.002945	0.002614	1.008
5	0.01137	0.014601	0.002291	0.002956	0.002624	1.004
4	0.009079	0.011645	0.002242	0.002892	0.002567	0.978
3	0.006837	0.008753	0.00209	0.002697	0.002394	0.932
2	0.004747	0.006056	0.001893	0.002438	0.002166	0.905
1	0.002854	0.003618	0.001582	0.00203	0.001806	0.834
Zem. Kat	0.001272	0.001588	0.001073	0.001364	0.001219	0.675
Bod. Kat	0.000199	0.000224	0.000199	0.000224	0.000212	0.174

Çizelge 5.84'de görüldüğü üzere yapıda mod birleştirme yöntemi kullanılarak yapılmış olan analiz sonucunda, Y doğrultusunda B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü yapılmış ve η_{ki}'nin tüm katlarda deprem yönetmeliğinin [1] öngördüğü sınır değer olan 2.0'nin altında kaldığı sonucuna varılmıştır.

5.8.3.3 Göreli kat ötelemeleri kontrolü

Mod Birleştirme Yöntemine göre X ve Y doğrultuları göreli kat ötelemeleri kontrolleri Çizelge 5.85 ve Çizelge 5.86'da verilmiştir.

Çizelge 5.85: Z3 zemin sınıfı için M.B.Y. X doğrultusunda göreli kat ötelemeleri.

Kat	(di) max (m)	(Δi) max (m)	hi (m)	(Δi)max/hi
11	0.038175	0.002801	3	0.00093
10	0.035374	0.002986	3	0.00100
9	0.032388	0.003205	3	0.00107
8	0.029183	0.003433	3	0.00114
7	0.02575	0.00363	3	0.00121
6	0.02212	0.003748	3	0.00125
5	0.018372	0.003796	3	0.00127
4	0.014576	0.00373	3	0.00124
3	0.010846	0.003503	3	0.00117
2	0.007343	0.00311	3	0.00104
1	0.004233	0.002486	3	0.00083
Zem. Kat	0.001747	0.001536	3	0.00051
Bod. Kat	0.000211	0.000211	3	0.00007

Çizelge 5.86: Z3 zemin sınıfı için M.B.Y. Y doğrultusunda göreli kat ötelemeleri.

Kat	(di) max (m)	(Δi) max (m)	hi (m)	(Δi)max/hi
11	0.030788	0.002351	3	0.0008
10	0.028437	0.002513	3	0.0008
9	0.025924	0.002651	3	0.0009
8	0.023273	0.002805	3	0.0009
7	0.020468	0.002922	3	0.0010
6	0.017546	0.002945	3	0.0010
5	0.014601	0.002956	3	0.0010
4	0.011645	0.002892	3	0.0010
3	0.008753	0.002697	3	0.0009
2	0.006056	0.002438	3	0.0008
1	0.003618	0.00203	3	0.0007
Zem. Kat	0.001588	0.001364	3	0.0005
Bod. Kat	0.000224	0.000224	3	0.0001

Çizelge 5.85 ve Çizelge 5.86'da görüldüğü üzere binanın her iki deprem doğrultusunda göreli kat ötelemeleri $(\Delta_i)_{max} / h_i \leq 0.00286$ çıkmıştır. X ve Y doğrultusunda göreli kat ötelemeleri deprem yönetmeliğinin [1] öngördüğü sınırın altında kalmaktadır.

5.8.3.4 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü

X ve Y Doğrultularına göre ikinci mertebe etkilerinin kontrolleri Çizelge 5.87 ve Çizelge 5.88'de verilmiştir.

X doğrultusunda toplam $\Theta_i = 0.13 > 0.12$ bulunmuştur. Y doğrultusunda ise toplam $\Theta_i = 0.0902 < 0.12$ bulunmuştur. X doğrultusunda ikinci mertebe etkileri deprem yönetmeliğinde [1] belirtilmiş olan sınır değerin üstünde çıkmıştır.

Çizelge 5.87: Z3 zemin sınıfı için M.B.Y. X doğrultusunda ikinci mertebe etkileri.

Kat	hi (m)	Wi (kN)	∑Wi (kN)	(Δi) ort (m)	Kat Kuvvetleri Fi (kN)	Kat Kesme Kuvvetleri Vi (kN)	θi
11	3	5295.978	5295.978	0.002653	482.473	482.473	0.0097
10	3	7814.329	13110.307	0.002829	808.212	1290.686	0.0096
9	3	7826.329	20936.636	0.003038	735.867	2026.553	0.0105
8	3	7838.329	28774.965	0.003256	663.296	2689.848	0.0116
7	3	7838.329	36613.294	0.003444	589.596	3279.444	0.0128
6	3	7867.129	44480.423	0.003559	517.792	3797.237	0.0139
5	3	7895.929	52376.352	0.003606	445.447	4242.683	0.0148
4	3	7895.929	60272.281	0.003545	371.206	4613.889	0.0154
3	3	7924.729	68197.01	0.003331	298.048	4911.936	0.0154
2	3	7953.529	76150.539	0.002958	224.348	5136.284	0.0146
1	3	7953.529	84104.068	0.002365	149.565	5285.85	0.0125
Zem. Kat	3	7972.729	92076.797	0.001465	74.963	5360.813	0.0084

Çizelge 5.88: Z3 zemin sınıfı için M.B.Y. Y doğrultusunda ikinci mertebe etkileri.

Kat	hi (m)	Wi (kN)	∑Wi (kN)	(Δi) ort (m)	Kat Kuvvetleri Fi (kN)	Kat Kesme Kuvvetleri Vi (kN)	θi
11	3	5295.978	5295.978	0.002088	519.581	519.581	0.0071
10	3	7814.329	13110.307	0.002233	870.374	1389.955	0.0070
9	3	7826.329	20936.636	0.002355	792.464	2182.419	0.0075
8	3	7838.329	28774.965	0.002491	714.311	2896.731	0.0082
7	3	7838.329	36613.294	0.002595	634.943	3531.674	0.0090
6	3	7867.129	44480.423	0.002614	557.617	4089.291	0.0095
5	3	7895.929	52376.352	0.002624	479.707	4568.998	0.0100
4	3	7895.929	60272.281	0.002567	399.756	4968.753	0.0104
3	3	7924.729	68197.010	0.002394	320.971	5289.725	0.0103
2	3	7953.529	76150.539	0.002166	241.603	5531.328	0.0099
1	3	7953.529	84104.068	0.001806	161.069	5692.396	0.0089
Zem. Kat	3	7972.729	92076.797	0.001219	80.729	5773.125	0.0065

5.8.4 Z4 zemin sınıfı için mod birleştirme yöntemine göre düzensizlik kontrolleri

5.8.4.1 A1 burulma düzensizliği kontrolü

X ve Y doğrultularına göre A1 burulma düzensizliği kontrolleri Çizelge 5.89 ve Çizelge 5.90'da verilmiştir.

Çizelge 5.89: Z4 zemin sınıfı M.B.Y. X doğrultusunda A1 burulma düzensizliği kontrolü.

A1 Burulma Düzensizliği						
X Doğrultusu						
Kat	(di) min (m)	(di) max (m)	(Δi) min (m)	(Δi) max (m)	(Δi) ort (m)	ηbi
11	0.048193	0.053631	0.003502	0.003919	0.003711	1.056
10	0.044691	0.049712	0.003743	0.004186	0.003965	1.056
9	0.040948	0.045526	0.004029	0.004502	0.004266	1.055
8	0.036919	0.041024	0.004329	0.004833	0.004581	1.055
7	0.03259	0.036191	0.004589	0.005116	0.004853	1.054
6	0.028001	0.031075	0.004749	0.005287	0.005018	1.054
5	0.023252	0.025788	0.004814	0.005353	0.005084	1.053
4	0.018438	0.020435	0.004727	0.005252	0.00499	1.053
3	0.013711	0.015183	0.004437	0.004924	0.004681	1.052
2	0.009274	0.010259	0.00393	0.004358	0.004144	1.052
1	0.005344	0.005901	0.003132	0.003471	0.003302	1.051
Zem. Kat	0.002212	0.00243	0.001939	0.002144	0.002042	1.050
Bod. Kat	0.000273	0.000286	0.000273	0.000286	0.00028	1.023

Çizelge 5.89'da görüldüğü üzere binanın tüm katlarında X doğrultusundaki burulma düzensizliği katsayısı (η_{bi}) sınır değer olan 1.2'den küçük olarak bulunmuştur. Yapıda X doğrultusunda burulma düzensizliği mevcut değildir.

Çizelge 5.90: Z4 zemin sınıfı M.B.Y. Y doğrultusunda A1 burulma düzensizliği kontrolü.

A1 Burulma Düzensizliği						
Y Doğrultusu						
Kat	(di) min (m)	(di) max (m)	(Δi) min (m)	(Δi) max (m)	(Δi) ort (m)	ηbi
11	0.030848	0.042806	0.002346	0.003259	0.002803	1.163
10	0.028502	0.039547	0.002512	0.003487	0.003	1.163
9	0.02599	0.03606	0.002652	0.003687	0.00317	1.163
8	0.023338	0.032373	0.002806	0.003905	0.003356	1.164
7	0.020532	0.028468	0.002927	0.004076	0.003502	1.164
6	0.017605	0.024392	0.002945	0.00411	0.003528	1.165
5	0.01466	0.020282	0.002955	0.004124	0.00354	1.165
4	0.011705	0.016158	0.002891	0.004031	0.003461	1.165
3	0.008814	0.012127	0.002691	0.003753	0.003222	1.165
2	0.006123	0.008374	0.002436	0.003382	0.002909	1.163
1	0.003687	0.004992	0.002037	0.002807	0.002422	1.159
Zem. Kat	0.00165	0.002185	0.001387	0.001879	0.001633	1.151
Bod. Kat	0.000263	0.000306	0.000263	0.000306	0.000285	1.076

Çizelge 5.90'da görüldüğü üzere binanın tüm katlarında Y doğrultusundaki burulma düzensizliği katsayısı (η_{bi}) sınır değer olan 1.2'den küçük olarak bulunmuştur. Yapıda Y doğrultusunda burulma düzensizliği mevcut değildir.

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

X ve Y doğrultularında B2 komşu katlar arası rijitlik (Yumuşak Kat) düzensizliği kontrolü Çizelge 5.91 ve Çizelge 5.92'de verilmiştir.

Çizelge 5.91: Z4 zemin sınıfı M.B.Y. X doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği kontrolü.

B2 Komsu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)						
X Doğrultusu						
Kat	$(di)_{min}$	$(di)_{max}$	$(\Delta i)_{min}$	$(\Delta i)_{max}$	$(\Delta i)_{ort}$	η_{ki}
11	0.048193	0.053631	0.003502	0.003919	0.003711	
10	0.044691	0.049712	0.003743	0.004186	0.003965	1.068
9	0.040948	0.045526	0.004029	0.004502	0.004266	1.076
8	0.036919	0.041024	0.004329	0.004833	0.004581	1.074
7	0.03259	0.036191	0.004589	0.005116	0.004853	1.059
6	0.028001	0.031075	0.004749	0.005287	0.005018	1.034
5	0.023252	0.025788	0.004814	0.005353	0.005084	1.013
4	0.018438	0.020435	0.004727	0.005252	0.00499	0.982
3	0.013711	0.015183	0.004437	0.004924	0.004681	0.938
2	0.009274	0.010259	0.00393	0.004358	0.004144	0.885
1	0.005344	0.005901	0.003132	0.003471	0.003302	0.797
Zem. Kat	0.002212	0.00243	0.001939	0.002144	0.002042	0.618
Bod. Kat	0.000273	0.000286	0.000273	0.000286	0.00028	0.137

Çizelge 5.91'de görüldüğü üzere yapıda mod birleştirme yöntemi kullanılarak yapılmış olan analiz sonucunda, X doğrultusunda B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü yapılmış ve η_{ki}'nin tüm katlarda deprem yönetmeliğinin [1] öngördüğü sınır değer olan 2.0'nin altında kaldığı sonucuna varılmıştır.

Çizelge 5.92: Z4 zemin sınıfı M.B.Y. Y doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği kontrolü.

B2 Komsu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)						
X Doğrultusu						
Kat	**$(di)_{min}$**	**$(di)_{max}$**	**$(\Delta i)_{min}$**	**$(\Delta i)_{max}$**	**$(\Delta i)_{ort}$**	**η_{ki}**
11	0.030848	0.042806	0.002346	0.003259	0.002803	
10	0.028502	0.039547	0.002512	0.003487	0.003	1.070
9	0.02599	0.03606	0.002652	0.003687	0.00317	1.057
8	0.023338	0.032373	0.002806	0.003905	0.003356	1.059
7	0.020532	0.028468	0.002927	0.004076	0.003502	1.044
6	0.017605	0.024392	0.002945	0.00411	0.003528	1.007
5	0.01466	0.020282	0.002955	0.004124	0.00354	1.003
4	0.011705	0.016158	0.002891	0.004031	0.003461	0.978
3	0.008814	0.012127	0.002691	0.003753	0.003222	0.931
2	0.006123	0.008374	0.002436	0.003382	0.002909	0.903
1	0.003687	0.004992	0.002037	0.002807	0.002422	0.833
Zem. Kat	0.00165	0.002185	0.001387	0.001879	0.001633	0.674
Bod. Kat	0.000263	0.000306	0.000263	0.000306	0.000285	0.174

Çizelge 5.92'de görüldüğü üzere yapıda mod birleştirme yöntemi kullanılarak yapılmış olan analiz sonucunda, Y doğrultusunda B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü yapılmış ve η_{ki}'nin tüm katlarda deprem yönetmeliğinin [1] öngördüğü sınır değer olan 2.0'nin altında kaldığı sonucuna varılmıştır.

5.8.4.3 Göreli kat ötelemeleri kontrolü

Çizelge 5.93: Z4 zemin sınıfı için M.B.Y. X doğrultusunda göreli kat ötelemeleri.

Kat	(di) max (m)	(Δi) max (m)	hi (m)	(Δi)max/hi
11	0.053631	0.003919	3	0.00131
10	0.049712	0.004186	3	0.00140
9	0.045526	0.004502	3	0.00150
8	0.041024	0.004833	3	0.00161
7	0.036191	0.005116	3	0.00171
6	0.031075	0.005287	3	0.00176
5	0.025788	0.005353	3	0.00178
4	0.020435	0.005252	3	0.00175
3	0.015183	0.004924	3	0.00164
2	0.010259	0.004358	3	0.00145
1	0.005901	0.003471	3	0.00116
Zem. Kat	0.00243	0.002144	3	0.00071
Bod. Kat	0.000286	0.000286	3	0.00010

Çizelge 5.94: Z4 zemin sınıfı için M.B.Y. Y doğrultusunda göreli kat ötelemeleri.

Kat	(di) max (m)	(Δi) max (m)	hi (m)	(Δi)max/hi
11	0.042806	0.003259	3	0.0011
10	0.039547	0.003487	3	0.0012
9	0.03606	0.003687	3	0.0012
8	0.032373	0.003905	3	0.0013
7	0.028468	0.004076	3	0.0014
6	0.024392	0.00411	3	0.0014
5	0.020282	0.004124	3	0.0014
4	0.016158	0.004031	3	0.0013
3	0.012127	0.003753	3	0.0013
2	0.008374	0.003382	3	0.0011
1	0.004992	0.002807	3	0.0009
Zem. Kat	0.002185	0.001879	3	0.0006
Bod. Kat	0.000306	0.000306	3	0.0001

Çizelge 5.93 ve Çizelge 5.94'de görüldüğü üzere binanın her iki deprem doğrultusunda göreli kat ötelemeleri $(\Delta_i)_{max} / h_i \leq 0.00286$ çıkmıştır. X ve Y doğrultusunda göreli kat ötelemeleri deprem yönetmeliğinin [1] öngördüğü sınırın altında kalmaktadır.

5.8.4.4 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü

X ve Y doğrultularına göre ikinci mertebe etkilerinin kontrolleri Çizelge 5.95 ve Çizelge 5.96'da verilmiştir.

X doğrultusunda toplam $\Theta_i = 0.1827 > 0.12$ bulunmuştur. Y doğrultusunda toplam $\Theta_i = 0.1215 > 0.12$ bulunmuştur. Hem X hem de Y doğrultusunda ikinci mertebe etkileri deprem yönetmeliğinde [1] belirtilmiş olan sınır değerin üstünde çıkmıştır.

Çizelge 5.95: Z4 zemin sınıfı için M.B.Y. X doğrultusunda ikinci mertebe etkileri.

Kat	hi (m)	Wi (kN)	∑Wi (kN)	(Δi) ort (m)	Kat Kuvvetleri Fi (kN)	Kat Kesme Kuvvetleri Vi (kN)	θi
11	3	5295.978	5295.978	0.003711	482.473	482.473	0.0136
10	3	7814.329	13110.307	0.003965	808.212	1290.686	0.0134
9	3	7826.329	20936.636	0.004266	735.867	2026.553	0.0147
8	3	7838.329	28774.965	0.004581	663.296	2689.848	0.0163
7	3	7838.329	36613.294	0.004853	589.596	3279.444	0.0181
6	3	7867.129	44480.423	0.005018	517.792	3797.237	0.0196
5	3	7895.929	52376.352	0.005084	445.447	4242.683	0.0209
4	3	7895.929	60272.281	0.00499	371.206	4613.889	0.0217
3	3	7924.729	68197.01	0.004681	298.048	4911.936	0.0217
2	3	7953.529	76150.539	0.004144	224.348	5136.284	0.0205
1	3	7953.529	84104.068	0.003302	149.565	5285.85	0.0175
Zem. Kat	3	7972.729	92076.797	0.002042	74.963	5360.813	0.0117

Çizelge 5.96: Z4 zemin sınıfı için M.B.Y. Y doğrultusunda ikinci mertebe etkileri.

Kat	hi (m)	Wi (kN)	∑Wi (kN)	(Δi) ort (m)	Kat Kuvvetleri Fi (kN)	Kat Kesme Kuvvetleri Vi (kN)	θi
11	3	5295.978	5295.978	0.002803	519.581	519.581	0.0095
10	3	7814.329	13110.307	0.003	870.374	1389.955	0.0094
9	3	7826.329	20936.636	0.00317	792.464	2182.419	0.0101
8	3	7838.329	28774.965	0.003356	714.311	2896.731	0.0111
7	3	7838.329	36613.294	0.003502	634.943	3531.674	0.0121
6	3	7867.129	44480.423	0.003528	557.617	4089.291	0.0128
5	3	7895.929	52376.352	0.00354	479.707	4568.998	0.0135
4	3	7895.929	60272.281	0.003461	399.756	4968.753	0.0140
3	3	7924.729	68197.010	0.003222	320.971	5289.725	0.0138
2	3	7953.529	76150.539	0.002909	241.603	5531.328	0.0133
1	3	7953.529	84104.068	0.002422	161.069	5692.396	0.0119
Zem. Kat	3	7972.729	92076.797	0.001633	80.729	5773.125	0.0087

5.9 Mod Birleştirme Yöntemi İç Kuvvetleri

5.9.1 Z1 zemin sınıfı için iç kuvvetler

5.9.1.1 Kolon iç kuvvetleri

Mod birleştirme yöntemi kullanılarak SAP2000 programı ile elde edilmiş olan iç kuvvetler, yapının son katı olan 11'inci kat ve zemin kat göz önüne alınarak bu bölümde çizelgeler halinde sunulmuştur. Kolonlara ait M3 ve M2 eğilme momentleri ve normal kuvvetler birlikte verilmiştir. Kolonlarda oluşan M3 ve M2 eğilme momentlerinin yanı sıra kolonlar için önem arz eden V2 ve V3 kesme kuvveti değerleri de çizelgeler halinde sunulmuştur. Tüm iç kuvvetler en elverişsiz sonuçları veren yükleme kombinasyonları göz önüne alınarak seçilmiştir.

Aşağıda Çizelge 5.97'de en elverişsiz M3 ve M2 eğilme momenti değerleri ve normal kuvvetler verilmiştir.

Çizelge 5.97: Z1 zemin sınıfı M.B.Y. M3, M2 eğilme momentleri, normal kuvvetler.

Kat No	Kolon No	Eğilme Momenti-M3 (kNm)	Eğilme Momenti-M2(kNm)	Normal Kuvvet-N (kN)
11	S1	129.575	-77.050	-91.931
	S2	70.441	-50.566	-123.620
	S3	-129.575	-77.050	-91.931
	S4	-80.120	-92.924	-68.079
	S5	-80.120	92.924	-68.079
Zemin	S1	83.287	80.669	-1915.598
	S2	57.047	76.599	-2149.766
	S3	-82.629	87.966	-2039.785
	S4	69.279	137.391	-1929.958
	S5	69.279	-137.391	-1929.958

Çizelge 5.98'de en elverişsiz V2 ve V3 kesme kuvvetlerini gösteren değerler verilmiştir.

Çizelge 5.98: Z1 zemin sınıfı M.B.Y. V2 ve V3 kesme kuvveti.

Kat No	Kolon No	Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Kesme Kuvveti-V3 (kN)
11	S1	-83.584	48.973
	S2	45.822	32.417
	S3	83.584	48.973
	S4	50.492	60.611
	S5	50.492	-60.611
Zemin	S1	-54.739	53.025
	S2	37.331	49.458
	S3	54.356	57.276
	S4	44.693	89.439
	S5	44.693	-89.439

5.9.1.2 Perde iç kuvvetleri

Mod birleştirme Yöntemi SAP2000'de eksantrisite etkisinden dolayı farklı modeller üzerinde uygulandığında, bu modellere ait tüm iç tesir diyagramları en elverişsiz iç kuvvetler elde edilirken karşılaştırılmıştır. Her model kaydırılmış kütle merkezi içerdiğinden dolayı iç kuvvetler çok sayıdadır. Bu sebepten ötürü tüm modellere ait iç kuvvetler çizelgeleştirilmemiş, sadece gerekli olanlar verilmiştir. Bu bölümde kolonlar ile uyumlu gidilmesi açısından, kolonlarda olduğu gibi binanın 11'inci katı ve zemin katına ait perde iç kuvvetleri aşağıda çizelgeler halinde sunulmuştur. Perdeler SAP2000 programında shell (kabuk) eleman olarak modellenmiş olup sonlu elemanlara bölünerek perde analizi gerçekleştirilmiş olduğu için perde iç kuvvetleri kolonlardan farklı olmak üzere düğüm noktaları baz alınarak elde edilmiştir. Perde lokal eksen takımı, düğüm noktası lokal eksen takımından farklıdır ve SAP2000 programında bu farklılık göz önüne alınarak yapılan kesimlere ait iç kuvvet sonuçları çizelgeler halinde sunulmuştur.

Çizelge 5.99'da perdelerde oluşan en elverişsiz M1 ve M2 eğilme momenti değerleri, normal kuvvetler ve en elverişsiz V1 ve V2 kesme kuvvetleri verilmiştir. SAP 2000 programı kesim yaparak perde iç kuvveti elde etme işlemi yapıldığı zaman iç kuvvet değerlerini perde birim uzunluğuna karşılık gelen iç kuvvetler olarak vermektedir. Bu hususa dikkat edilerek sonuçlar sunulmuştur.

Çizelge 5.99: Z1 zemin sınıfı M.B.Y. perde iç kuvvetleri.

Kat No	Perde No	Eğilme Momenti-M1 (kNm)	Eğilme Momenti-M2 (kNm)	Kesme Kuvveti-V1 (kN)	Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Normal Kuvvet-N (kN)
11	P1	150.646	991.673	385.099	-114.221	-407.705
	P2	180.203	-999.716	-391.349	-137.826	-411.058
	P3	477.016	-165.344	-124.871	84.486	-480.682
Zemin	P1	88.893	5865.320	872.542	-56.012	-5392.841
	P2	113.485	-5874.605	-873.230	-69.781	-5425.532
	P3	4348.583	-112.867	-69.616	814.305	-6190.984

5.9.2 Z2 zemin sınıfı için iç kuvvetler

5.9.2.1 Kolon iç kuvvetleri

Aşağıda Çizelge 5.100'de en elverişsiz M3 ve M2 eğilme momenti değerleri ve normal kuvvetler verilmiştir.

Çizelge 5.100: Z2 zemin sınıfı M.B.Y. M3, M2 eğilme momentleri, normal kuvvetler.

Kat No	Kolon No	Eğilme Momenti-M3 (kNm)	Eğilme Momenti-M2(kNm)	Normal Kuvvet-N (kN)
11	S1	143.193	-81.755	-91.362
	S2	84.378	-54.685	-125.376
	S3	-139.507	-86.186	-93.000
	S4	-87.217	-111.435	-69.076
	S5	-87.217	111.435	-69.076
Zemin	S1	101.206	91.320	-1989.585
	S2	71.217	86.695	-2229.579
	S3	-100.353	100.433	-2146.903
	S4	78.260	167.366	-2073.407
	S5	78.260	-167.366	-2073.407

Çizelge 5.101'de en elverişsiz V2 ve V3 kesme kuvvetlerini gösteren değerler verilmiştir.

Çizelge 5.101: Z2 zemin sınıfı M.B.Y. V2 ve V3 kesme kuvveti.

Kat No	Kolon No	Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Kesme Kuvveti-V3 (kN)
11	S1	-92.391	51.939
	S2	54.652	35.008
	S3	90.013	54.745
	S4	54.961	72.613
	S5	54.961	-72.613
Zemin	S1	-66.741	59.594
	S2	46.592	55.462
	S3	66.245	64.880
	S4	50.211	108.811
	S5	50.211	-108.811

5.9.2.2 Perde iç kuvvetleri

Çizelge 5.102'de perdelerde oluşan en elverişsiz M1 ve M2 eğilme momenti değerleri, normal kuvvetler ve en elverişsiz V1 ve V2 kesme kuvvetleri verilmiştir.

Çizelge 5.102: Z2 zemin sınıfı M.B.Y. perde iç kuvvetleri.

Kat No	Perde No	Eğilme Momenti-M1 (kNm)	Eğilme Momenti-M2 (kNm)	Kesme Kuvveti-V1 (kN)	Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Normal Kuvvet-N (kN)
11	P1	162.798	1182.569	429.996	-123.953	-419.375
	P2	199.364	-1192.810	-438.252	-153.050	-423.837
	P3	587.191	-177.504	-134.547	90.997	-490.909
Zemin	P1	99.870	7331.314	1027.171	-62.126	-5499.395
	P2	130.684	-7342.748	-1027.832	-79.282	-5651.428
	P3	5452.557	-127.063	-77.066	981.676	-6369.786

5.9.3 Z3 zemin sınıfı için iç kuvvetler

5.9.3.1 Kolon iç kuvvetleri

Aşağıda Çizelge 5.103'de en elverişsiz M3 ve M2 eğilme momenti değerleri ve normal kuvvetler verilmiştir.

Çizelge 5.103: Z3 zemin sınıfı M.B.Y. M3, M2 eğilme momentleri, normal kuvvetler.

Kat No	Kolon No	Eğilme Momenti-M3 (kNm)	Eğilme Momenti-M2(kNm)	Normal Kuvvet-N (kN)
11	S1	184.593	-103.121	-96.485
	S2	123.528	-70.124	-131.956
	S3	-179.154	-109.545	-98.754
	S4	-104.824	-156.942	-72.452
	S5	-104.824	156.942	-72.452
Zemin	S1	144.497	116.980	-2166.291
	S2	105.282	111.084	-2419.004
	S3	-143.207	130.400	-2400.500
	S4	99.971	239.844	-2412.814
	S5	99.971	-239.844	-2412.814

Çizelge 5.104'de en elverişsiz V2 ve V3 kesme kuvvetlerini gösteren değerler verilmiştir.

Çizelge 5.104: Z3 zemin sınıfı M.B.Y. V2 ve V3 kesme kuvveti.

Kat No	Kolon No	Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Kesme Kuvveti-V3 (kN)
11	S1	-119.160	65.424
	S2	80.004	44.720
	S3	115.651	69.490
	S4	66.047	102.118
	S5	66.047	-102.118
Zemin	S1	-95.729	75.472
	S2	68.862	70.053
	S3	94.979	83.228
	S4	63.585	155.712
	S5	63.585	-155.712

5.9.3.2 Perde iç kuvvetleri

Çizelge 5.105'de perdelerde oluşan en elverişsiz M1 ve M2 eğilme momenti değerleri, normal kuvvetler ve en elverişsiz V1 ve V2 kesme kuvvetleri verilmiştir.

Çizelge 5.105: Z3 zemin sınıfı M.B.Y. perde iç kuvvetleri.

Kat No	Perde No	Eğilme Momenti-M1 (kNm)	Eğilme Momenti-M2 (kNm)	Kesme Kuvveti-V1 (kN)	Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Normal Kuvvet-N (kN)
11	P1	192.645	1636.486	536.792	-148.011	-447.892
	P2	246.014	-1651.841	-549.641	-190.338	-454.807
	P3	850.262	-207.613	-158.655	104.159	-515.622
Zemin	P1	126.479	10834.031	1423.702	-77.090	-6126.873
	P2	171.955	-10850.636	-1424.405	-102.297	-6188.234
	P3	8089.544	-161.222	-95.199	1404.361	-6794.608

5.9.4 *Z4* zemin sınıfı için iç kuvvetler

5.9.4.1 Kolon iç kuvvetleri

Aşağıda Çizelge 5.106'da en elverişsiz M3 ve M2 eğilme momenti değerleri ve normal kuvvetler verilmiştir.

Çizelge 5.106: Z4 zemin sınıfı M.B.Y. M3, M2 eğilme momentleri, normal kuvvetler.

Kat No	Kolon No	Eğilme Momenti-M3 (kNm)	Eğilme Momenti-M2(kNm)	Normal Kuvvet-N (kN)
11	S1	229.907	-125.899	-101.768
	S2	165.995	-86.801	-139.064
	S3	-221.709	-135.098	-105.000
	S4	-124.197	-207.319	-75.763
	S5	-124.197	207.319	-75.763
Zemin	S1	191.679	143.883	-2337.672
	S2	142.317	137.404	-2623.425
	S3	-189.710	163.309	-2681.739
	S4	123.793	320.220	-2789.049
	S5	123.793	-320.220	-2789.049

Çizelge 5.107'de en elverişsiz V2 ve V3 kesme kuvvetlerini gösteren değerler verilmiştir.

Çizelge 5.107: Z4 zemin sınıfı M.B.Y. V2 ve V3 kesme kuvveti.

Kat No	Kolon No	Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Kesme Kuvveti-V3 (kN)
11	S1	-148.459	79.800
	S2	107.505	55.212
	S3	143.171	85.621
	S4	78.246	134.780
	S5	78.246	-134.780
Zemin	S1	-127.314	92.164
	S2	93.071	85.800
	S3	126.170	103.365
	S4	78.264	207.720
	S5	78.264	-207.720

5.9.4.2 Perde iç kuvvetleri

Çizelge 5.108'de perdelerde oluşan en elverişsiz M1 ve M2 eğilme momenti değerleri, normal kuvvetler ve en elverişsiz V1 ve V2 kesme kuvvetleri verilmiştir.

Çizelge 5.108: Z4 zemin sınıfı M.B.Y. perde iç kuvvetleri.

Kat No	Perde No	Eğilme Momenti-M1 (kNm)	Eğilme Momenti-M2 (kNm)	Kesme Kuvveti-V1 (kN)	Kesme Kuvveti-V2 (kN)	Normal Kuvvet-N (kN)
11	P1	220.150	2131.531	653.065	-170.144	-478.421
	P2	297.833	-2154.841	-672.957	-231.764	-488.704
	P3	1144.174	-240.859	-185.275	115.178	-542.898
Zemin	P1	151.297	14642.443	1854.754	-91.142	-6692.598
	P2	217.776	-14667.213	-1855.564	-127.869	-6774.062
	P3	11015.119	-198.912	-115.224	1873.778	-7263.309

6. ANALİZ SONUÇLARININ İNCELENMESİ

Bu bölümde eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemine ait 4 farklı zemin sınıfı için elde edilmiş sonuçlar birbiri ile karşılaştırılarak çizelgeler halinde verilmiştir. Elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

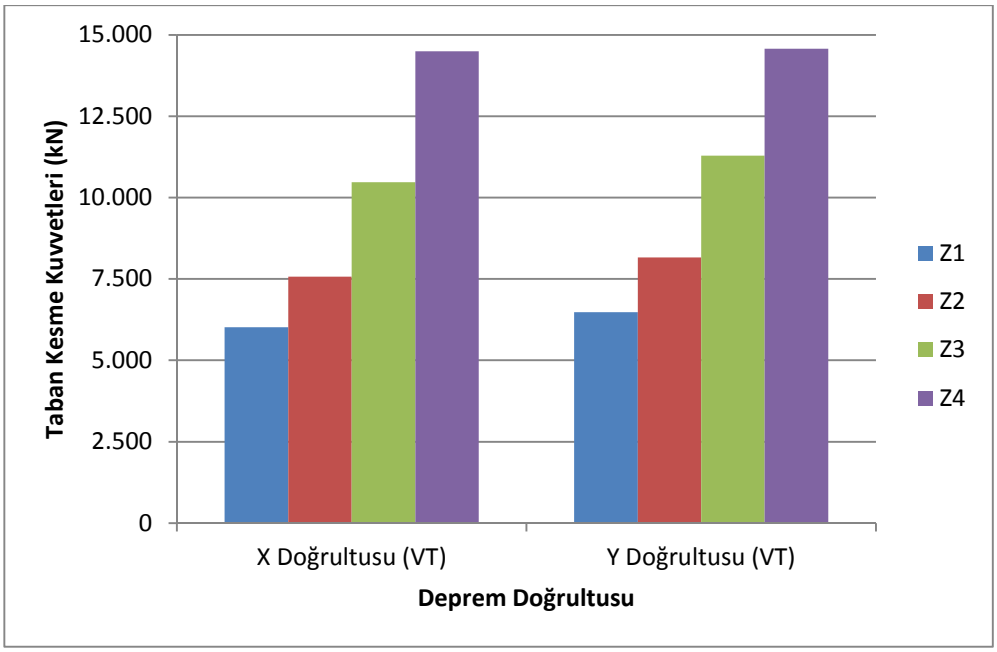
6.1 Taban Kesme Kuvvetlerinin İncelenmesi

Eşdeğer deprem yükü yöntemi (E.D.Y.Y.) ve mod birleştirme yöntemi (M.B.Y.) kullanılarak yapıya X ve Y doğrultularında etki eden taban kesme kuvvetleri, her zemin sınıfı için, aşağıdaki çizelgelerde gösterilmiştir. Çizelge 6.1'de eşdeğer deprem yükü yöntemi ile bulunan taban kesme kuvvetleri her zemin sınıfı için verilmiştir. Şekil 6.1'de ise taban kesme kuvvetlerinin değişimi grafik olarak verilmiştir.

Çizelge 6.1: Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan taban kesme kuvveti (V_T) değerleri.

Birimler kN	Z1	Z2	Z3	Z4
X Doğrultusu (V_T)	6017.453	7574.669	10476.990	14491.380
Y Doğrultusu (V_T)	6480.269	8157.254	11284.800	14576.330

X doğrultusunda eşdeğer deprem yükü yöntemi ile bulunan taban kesme kuvvetinin, Z1 zemin sınıfı ve Z4 zemin sınıfı arasında yaklaşık olarak %140 arttığı görülmüştür.



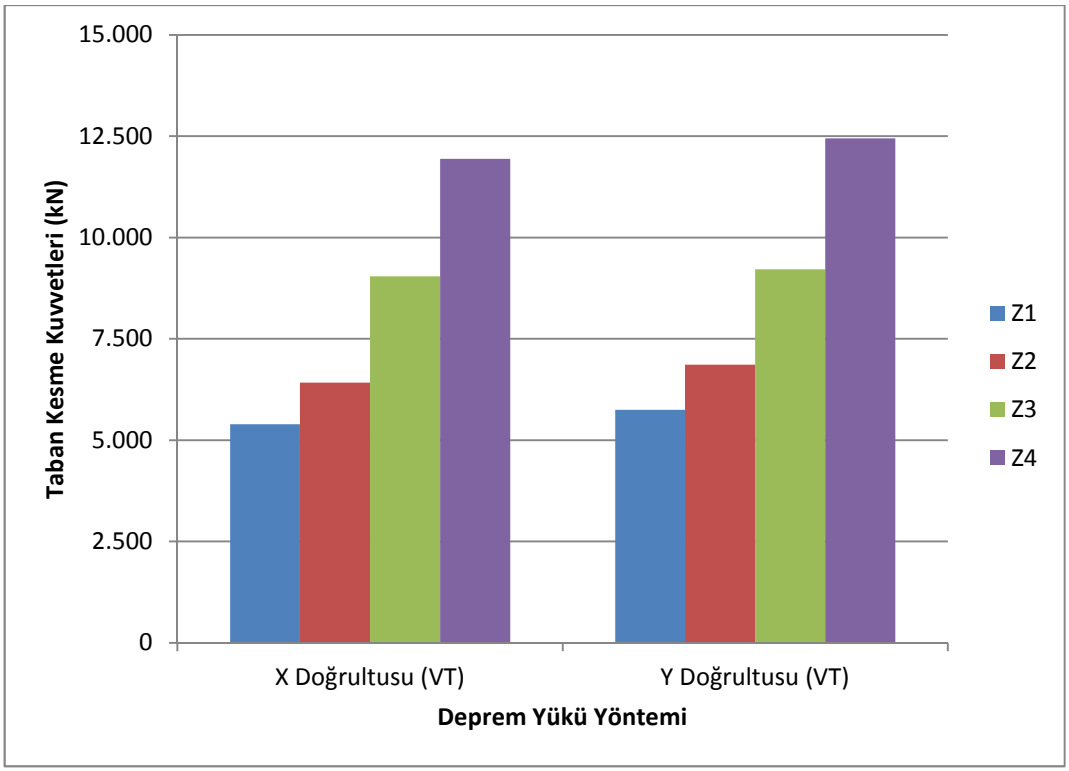
Şekil 6.1: E.D.Y.Y ile 4 farklı zemin sınıfı için elde edilmiş olan taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.

Y doğrultusunda eşdeğer deprem yükü yöntemi ile bulunan taban kesme kuvvetinin, Z1 zemin sınıfı ve Z4 zemin sınıfı arasında yaklaşık olarak %124 arttığı görülmüştür.

Çizelge 6.2'de mod birleştirme yöntemi ile bulunan taban kesme kuvvetleri her zemin sınıfı için verilmiştir. Şekil 6.2'de ise taban kesme kuvvetlerinin grafiksel değişimi gözlenmektedir.

Çizelge 6.2: Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan taban kesme kuvveti (V_T) değerleri.

Birimler kN	Z1	Z2	Z3	Z4
X Doğrultusu (V_T)	5388.667	6420.544	9041.878	11940.550
Y Doğrultusu (V_T)	5745.056	6864.232	9214.109	12446.593

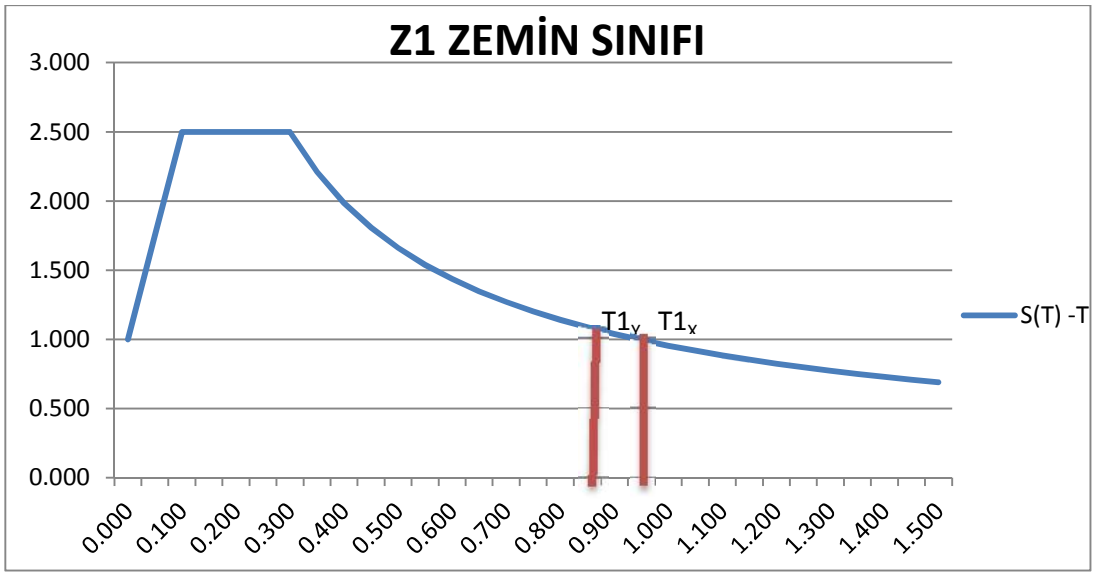


Şekil 6.2: Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için elde edilmiş olan taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.

X doğrultusunda mod birleştirme yöntemi ile bulunan taban kesme kuvvetinin, Z1 zemin sınıfı ve Z4 zemin sınıfı arasında yaklaşık olarak %121 arttığı görülmüştür. Bu oran Z1 ile Z2 zemin sınıfları arasında %19, Z2 ile Z3 zemin sınıfları arasında %41, Z3 ile Z4 zemin sınıfları arasında ise %35 olarak bulunmuştur. Y doğrultusunda mod birleştirme yöntemi ile bulunan taban kesme kuvvetinin, Z1 zemin sınıfı ve Z4 zemin sınıfı arasında yaklaşık olarak %116 arttığı görülmüştür. Bu oran Z1 ile Z2 zemin sınıfları arasında %19, Z2 ile Z3 zemin sınıfları arasında %36, Z3 ile Z4 zemin sınıfları arasında ise %35 olarak bulunmuştur. Her iki doğrultuda da taban kesme kuvvetleri arasındaki en büyük artış miktarının Z2 zemin sınıfı ile Z3 zemin sınıfı arasında gerçekleştiği görülmektedir.

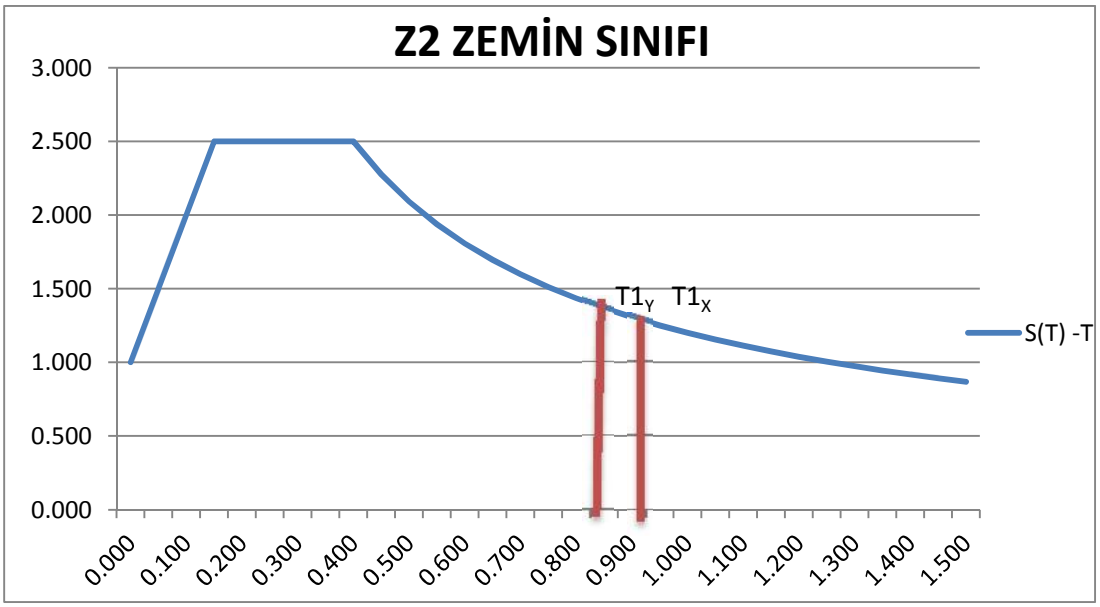
6.2 Periyotların İncelenmesi

Bu bölümde, X ve Y doğrultusunda yapı periyodunun, her zemin sınıfı için D.B.Y.B.H.Y 2007'de [1] verilen spektrum katsayısı – periyot grafiklerinde bulunduğu noktalar incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.



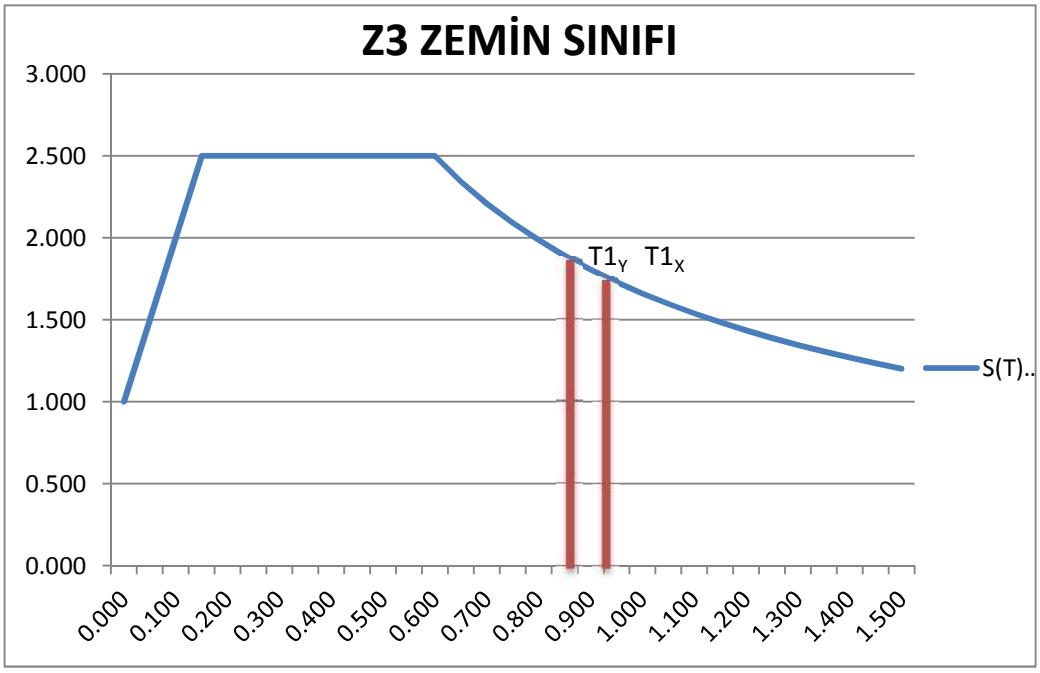
Şekil 6.3: Z1 zemin sınıfı için yapı periyodunun ivme tasarım spektrumunda gösterilmesi.

Z1 zemin sınıfı için X ve Y doğrultularında bulunan yapıya ait periyot değerleri T_x ve T_y'nin grafikte eğiminin azaldığı bölgede olduğu ve maksimum spektrum katsayısı değerinden küçük değerlere karşılık geldiği görülmüştür. Deprem yönetmeliği 2007'de [1] verilen spektrum karakteristik periyotları T_A ve T_B ye karşılık gelen spektrum katsayısı değeri 2,5 iken Z1 zemin sınıfı için yapılan hesaplarda T_x ve T_y'ye karşılık gelen spektrum karsayıları 1,03 ve 1,11'dir.



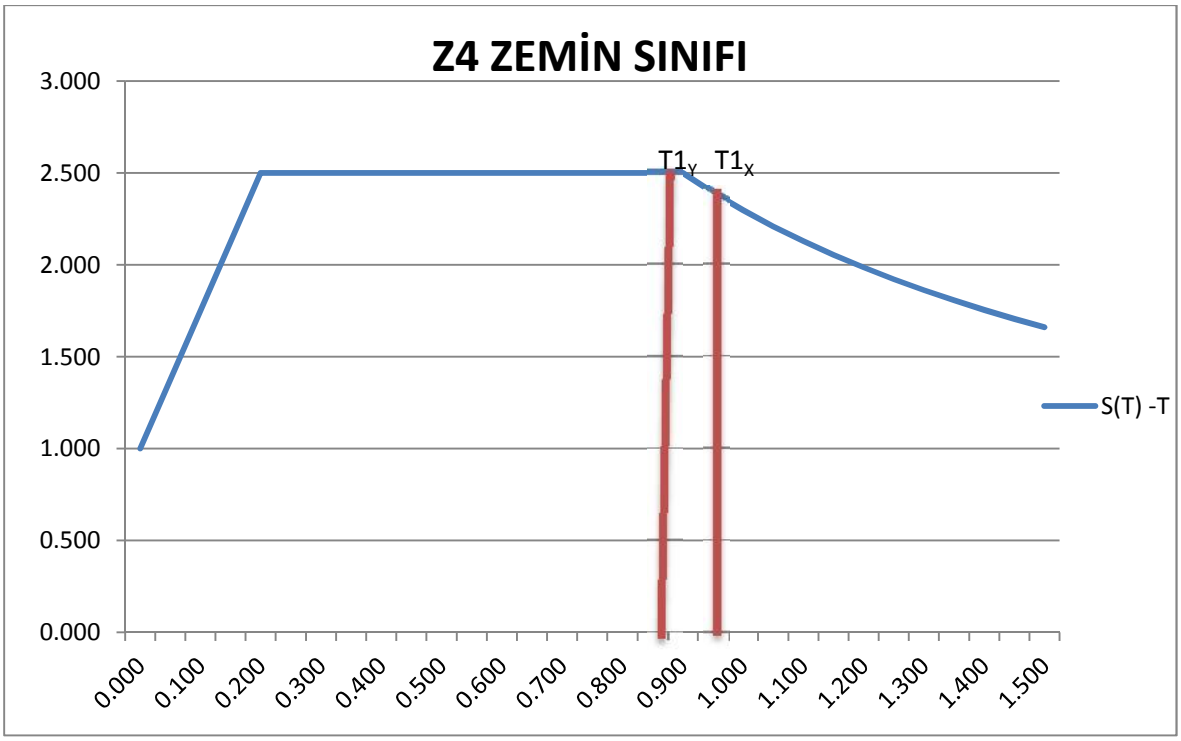
Şekil 6.4: Z2 zemin sınıfı için yapı periyodunun ivme tasarım spektrumunda gösterilmesi.

Şekil 6.4'te Z2 zemin sınıfı için X ve Y doğrultularında bulunan yapıya ait periyot değerleri T_x ve T_y'nin ivme tasarım spektrumunda bulunduğu bölge gösterilmiştir. Burada yapı periyoduna ait değerlerin grafikte eğiminin azaldığı bölgede olduğu ve maksimum spektrum katsayısı değerinden küçük değerlere karşılık geldiği görülmüştür. Deprem yönetmeliği 2007'de [1] verilen spektrum karakteristik periyotları T_A ve T_B ye karşılık gelen spektrum katsayısı değeri 2,5 iken Z2 zemin sınıfı için yapılan hesaplarda T_x ve T_y'ye karşılık gelen spektrum karsayıları 1,29 ve 1,39'dir. Z1 zemin sınıfına kıyasla spektrum katsayısı değerlerinin X doğrultusunda yaklaşık %25, Y doğrultusunda ise yine yaklaşık %25 oranında arttığı görülmüştür.



Şekil 6.5: Z3 zemin sınıfı için yapı periyodunun ivme tasarım spektrumunda gösterilmesi.

Şekil 6.5'te Z3 zemin sınıfı için X ve Y doğrultularında bulunan yapıya ait periyot değerleri T_x ve T_y'nin ivme tasarım spektrumunda bulunduğu bölge gösterilmiştir. Burada yapı periyoduna ait değerlerin grafikte eğiminin azaldığı bölgede olduğu ve maksimum spektrum katsayısı değerinden küçük değerlere karşılık geldiği görülmüştür. Deprem yönetmeliği 2007'de [1] verilen spektrum karakteristik periyotları T_A ve T_B ye karşılık gelen spektrum katsayısı değeri 2,5 iken Z3 zemin sınıfı için yapılan hesaplarda T_x ve T_y'ye karşılık gelen spektrum karsayıları 1,79 ve 1,93'dür. Z2 zemin sınıfına kıyasla spektrum katsayısı değerlerinin X doğrultusunda yaklaşık %39, Y doğrultusunda ise yine yaklaşık %39 oranında arttığı görülmüştür.



Şekil 6.6: Z4 zemin sınıfı için yapı periyodunun ivme tasarım spektrumunda gösterilmesi.

Şekil 6.6'da Z4 zemin sınıfı için X ve Y doğrultularında bulunan yapıya ait periyot değerleri T_x ve T_y'nin ivme tasarım spektrumunda bulunduğu bölge gösterilmiştir. Burada yapı periyoduna ait değerlerin grafiğin maksimum değerler aldığı bölgeye karşılık geldiği görülmüştür. Deprem yönetmeliği 2007'de [1] verilen spektrum karakteristik periyotları T_A ve T_B ye karşılık gelen spektrum katsayısı değeri 2,5 iken Z4 zemin sınıfı için yapılan hesaplarda T_x ve T_y'ye karşılık gelen spektrum karsayıları 2,43 ve 2,50'dir. Z3 zemin sınıfına kıyasla spektrum katsayısı değerlerinin X doğrultusunda yaklaşık %36, Y doğrultusunda ise yaklaşık %30 oranında arttığı görülmüştür.

6.3 A1 Burulma Düzensizliğinin İncelenmesi

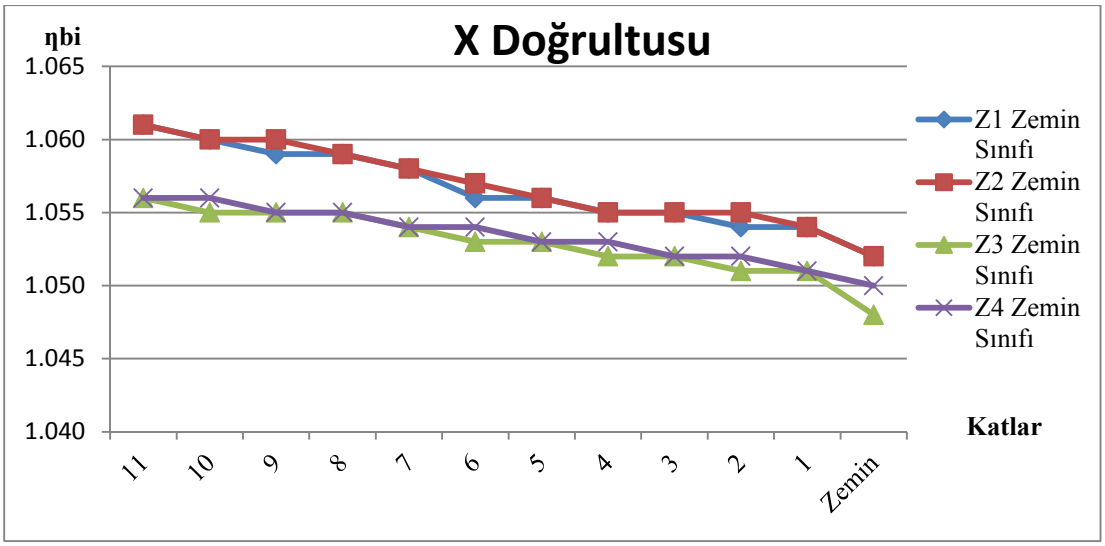
Bu bölümde, eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemi kullanılarak yapılan hesaplar sonucunda Denklem 2.20'de verilen büyütme katsayıları ile bulunmuş olan değerler kullanılmıştır. Yapıda her zemin sınıfı için katlara ait hesaplanmış olan A1 burulma düzensizliği katsayısı η_{bi}, Çizelge 6.3'de birlikte verilmiştir. X doğrultusunda en büyük η_{bi} değeri Z1 zemin sınıfı için 11. katta 1.061 değerinde, Z4 zemin sınıfında ise 11. katta 1.056 değerinde bulunmuştur. X

doğrultusunda A1 burulma düzensizliği farkının en çok Z2 zemin sınıfı ile Z3 zemin sınıfı arasında yaklaşık %1 oranında olduğu görülmüştür. Y doğrultusunda en büyük η_{bi} değeri Z1 zemin sınıfı için 3. katta 1.153 değerinde, Z4 zemin sınıfında ise 3. katta 1.165 değerinde bulunmuştur. Y doğrultusunda A1 burulma düzensizliği farkının en çok Z3 zemin sınıfı ile Z4 zemin sınıfı arasında yaklaşık %3 oranında olduğu görülmüştür.

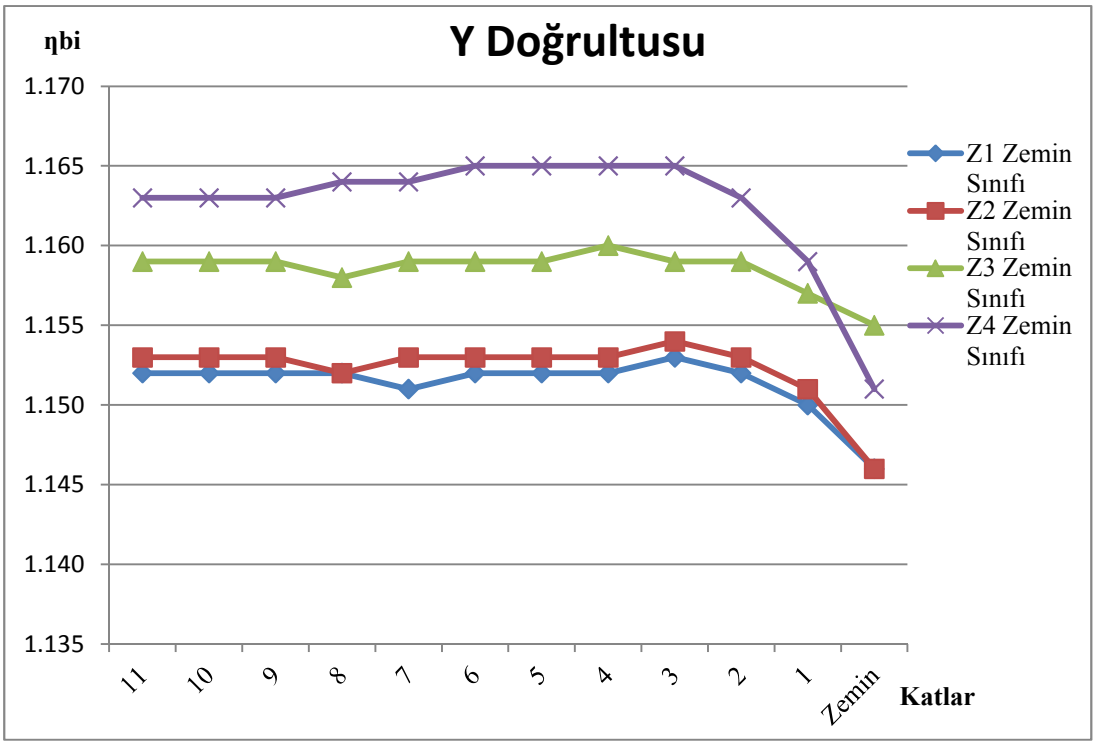
Çizelge 6.3: Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan A1 burulma düzensizliği katsayıları.

	Z1 Zemin Sınıfı		Z2 Zemin Sınıfı		Z3 Zemin Sınıfı		Z4 Zemin Sınıfı	
Kat No	X Doğrultusu η_{bi}	Y Doğrultusu η_{bi}	X Doğrultusu η_{bi}	Y Doğrultusu η_{bi}	X Doğrultusu η_{bi}	Y Doğrultusu η_{bi}	X Doğrultusu η_{bi}	Y Doğrultusu η_{bi}
11	1.061	1.152	1.061	1.153	1.056	1.159	1.056	1.163
10	1.060	1.152	1.060	1.153	1.055	1.159	1.056	1.163
9	1.059	1.152	1.060	1.153	1.055	1.159	1.055	1.163
8	1.059	1.152	1.059	1.152	1.055	1.158	1.055	1.164
7	1.058	1.151	1.058	1.153	1.054	1.159	1.054	1.164
6	1.056	1.152	1.057	1.153	1.053	1.159	1.054	1.165
5	1.056	1.152	1.056	1.153	1.053	1.159	1.053	1.165
4	1.055	1.152	1.055	1.153	1.052	1.160	1.053	1.165
3	1.055	1.153	1.055	1.154	1.052	1.159	1.052	1.165
2	1.054	1.152	1.055	1.153	1.051	1.159	1.052	1.163
1	1.054	1.150	1.054	1.151	1.051	1.157	1.051	1.159
Zemin	1.052	1.146	1.052	1.146	1.048	1.155	1.050	1.151

Her zemin sınıfı için η_{bi} değerleri arasındaki farkın yüzde olarak Y doğrultusunda daha da arttığı gözlenmiştir. Şekil 6.7 ve Şekil 6.8'de her zemin sınıfı için A1 burulma düzensizlikleri X ve Y doğrultuları göz önüne alınarak grafikle sunulmuştur.



Şekil 6.7: Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için elde edilmiş olan X doğrultusundaki A1 burulma düzensizliği katsayılarının karşılaştırılması.



Şekil 6.8: Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için elde edilmiş olan Y doğrultusunda A1 burulma düzensizliği katsayılarının karşılaştırılması.

6.4 B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliğinin İncelenmesi

Bu bölümde, eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemi kullanılarak yapılan hesaplar sonucunda Denklem 2.20'de verilen büyütme katsayıları ile bulunmuş olan değerler kullanılmıştır. Yapıda her zemin sınıfı için katlara ait

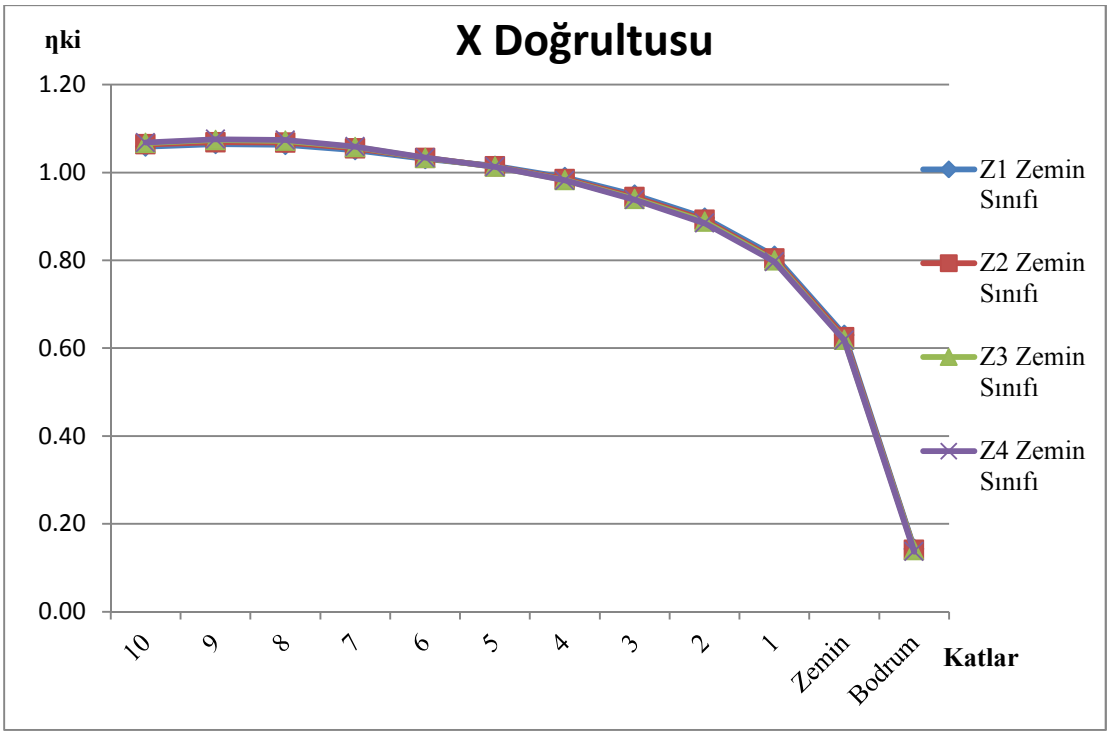
hesaplanmış olan B2 rijitlik düzensizliği katsayısı η_{ki}, Çizelge 6.4'de birlikte verilmiştir. X doğrultusunda en büyük η_{ki} değerinin Z1 zemin sınıfı için 9. katta 1.065, Z4 zemin sınıfı için ise 9. katta 1.076 olduğu görülmüştür. X doğrultusunda B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği farkı en fazla Z2 zemin sınıfı ile Z3 zemin sınıfı arasında ve %1 mertebesindedir. Y doğrultusunda en büyük η_{ki} değeri Z1 zemin sınıfı için 10. katta 1.064, Z4 zemin sınıfı için ise yine aynı katta 1.070 değerinde olduğu görülmüştür. Y doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği farkı en çok Z1 zemin sınıfı ile Z2 zemin sınıfı arasında %1 mertebesindedir.

Şekil 6.9 ve Şekil 6.10'da her zemin sınıfı için elde edilmiş olan B2 rijitlik düzensizliği katsayılarının X ve Y doğrultularında karşılaştırılması grafik halinde verilmiştir.

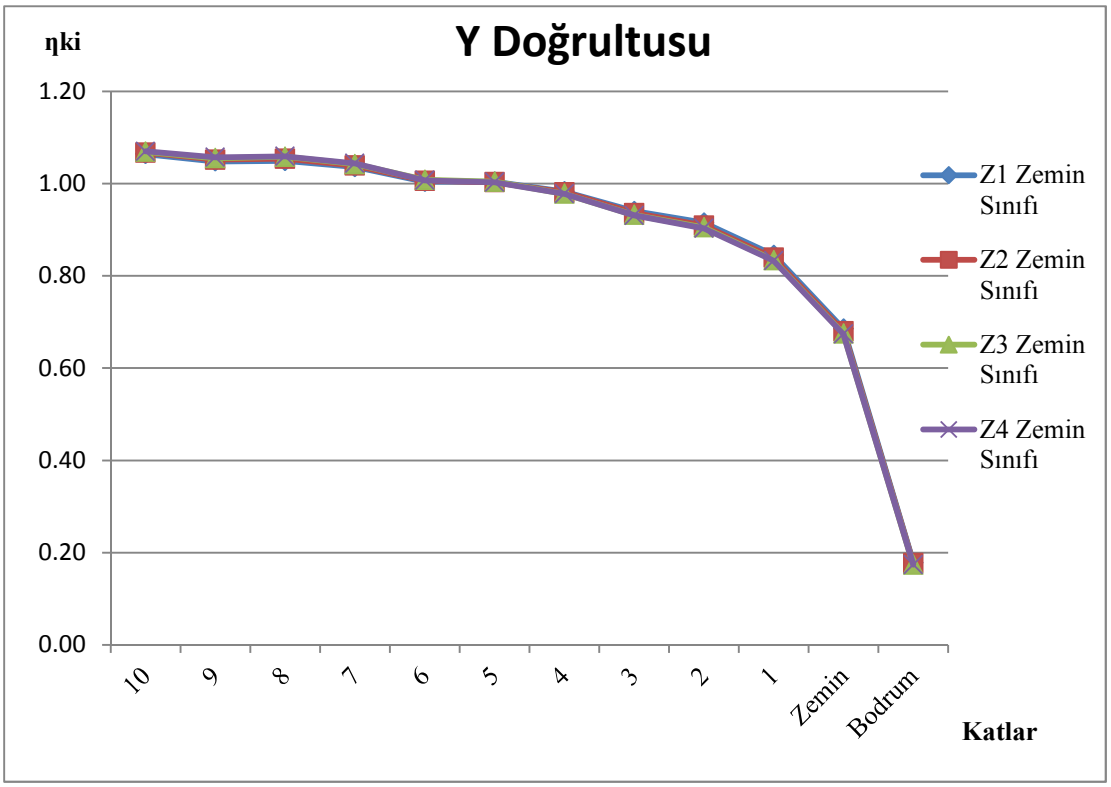
Şekil 6.9 ve Şekil 6.10 incelendiğinde B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği değerlerinin tüm zemin sınıfları için sınır değerin altında kaldığı ve farklı zemin sınıflarında deprem kuvvetlerinde meydana gelen artışa rağmen η_{ki} değerlerinin birbirine çok yakın çıktığı görülmektedir.

Çizelge 6.4: Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan B2 rijitlik düzensizliği katsayıları.

	Z1 Zemin Sınıfı		Z2 Zemin Sınıfı		Z3 Zemin Sınıfı		Z4 Zemin Sınıfı	
Kat No	X Doğrultusu η_{ki}	Y Doğrultusu η_{ki}	X Doğrultusu η_{ki}	Y Doğrultusu η_{ki}	X Doğrultusu η_{ki}	Y Doğrultusu η_{ki}	X Doğrultusu η_{ki}	Y Doğrultusu η_{ki}
10	1.059	1.064	1.064	1.067	1.067	1.069	1.068	1.07
9	1.065	1.048	1.069	1.052	1.074	1.055	1.076	1.057
8	1.063	1.049	1.068	1.054	1.072	1.058	1.074	1.059
7	1.051	1.036	1.055	1.039	1.058	1.042	1.059	1.044
6	1.031	1.004	1.033	1.006	1.033	1.008	1.034	1.007
5	1.015	1.004	1.014	1.003	1.013	1.004	1.013	1.003
4	0.989	.983	0.985	0.981	0.983	0.978	0.982	0.978
3	0.949	0.94	0.944	0.936	0.94	0.932	0.938	0.931
2	0.897	0.915	0.892	0.909	0.888	0.905	0.885	0.903
1	0.81	0.845	0.804	0.839	0.8	0.834	0.797	0.833
Zemin	0.63	0.685	0.625	0.68	0.619	0.675	0.618	0.674
Bodrum	0.143	0.178	0.141	0.177	0.14	0.174	0.137	0.174



Şekil 6.9: Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için elde edilmiş olan X doğrultusundaki B2 rijitlik düzensizliği katsayılarının karşılaştırılması.



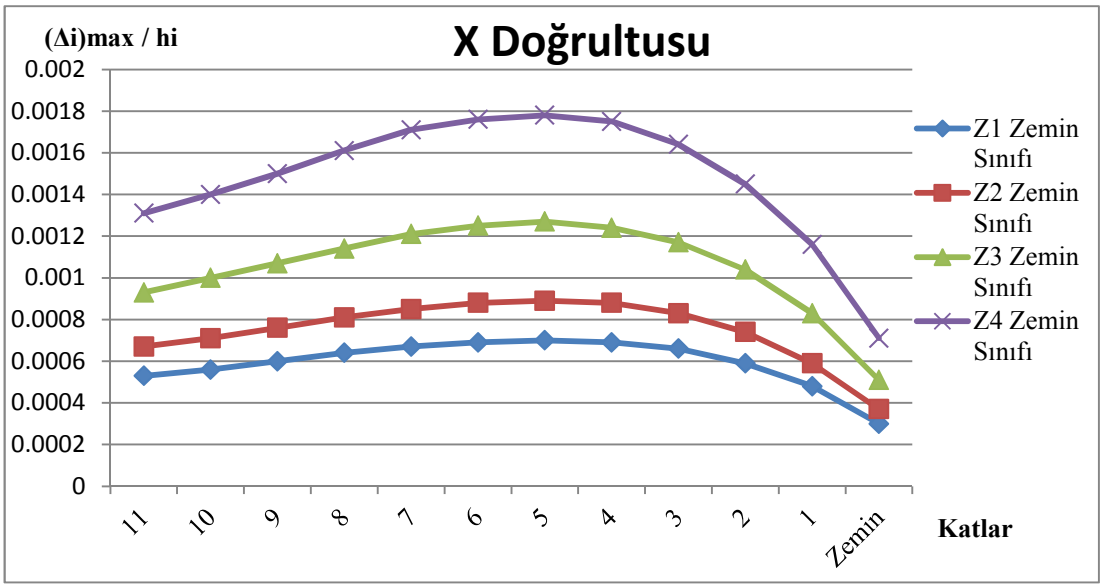
Şekil 6.10: Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için elde edilmiş olan Y doğrultusundaki B2 rijitlik düzensizliği katsayılarının karşılaştırılması.

6.5 Göreli kat Ötelemelerinin İncelenmesi

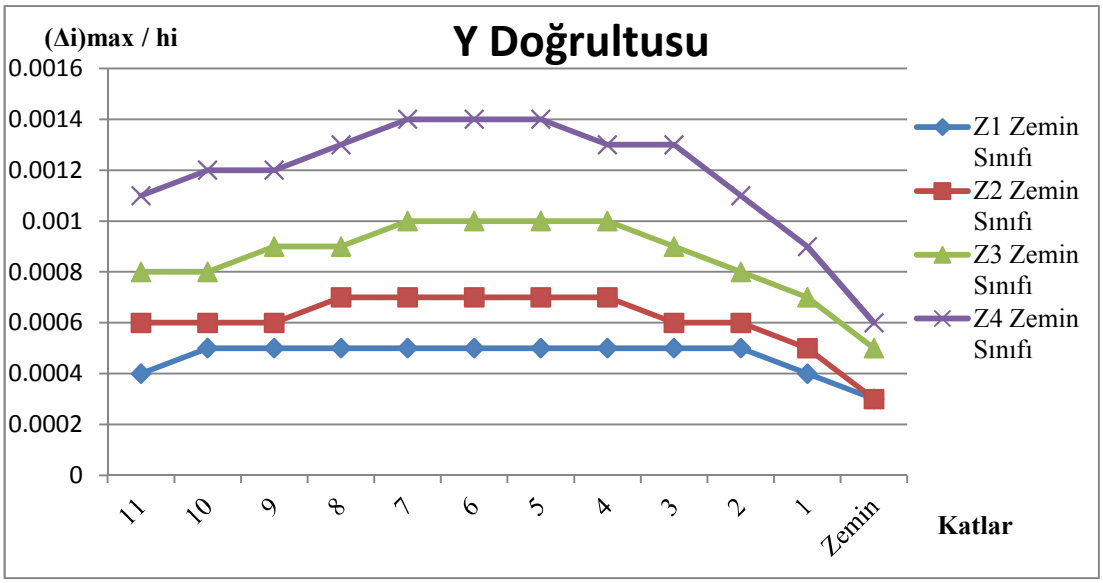
Bu bölümde, eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemi kullanılarak yapılan hesaplar sonucunda Denklem 2.20'de verilen büyütme katsayıları ile bulunmuş olan değerler kullanılmıştır. Yapıda her zemin sınıfı için katlara ait hesaplanmış göreli kat ötelemeleri ($(\Delta_i)_{max}/h_i$), Çizelge 6.5'de birlikte verilmiştir. Göreli kat ötelemeleri hesabı her kat seviyesinde bulunan tüm kolon düğüm noktaları göz önüne alınarak yapılmıştır. X doğrultusunda en büyük kat ötelemesi değeri Z1 zemin sınıfı için 5. katta 0.0007, Z4 zemin sınıfında ise aynı katta 0.00178 olarak bulunmuştur. X doğrultusunda göreli kat ötelemesi farkı en çok Z2 zemin sınıfı ile Z3 zemin sınıfı arasında %40 mertebesinde ve 5. katta oluşmaktadır. Y doğrultusunda iki yöntemin göreli kat ötelemesi farkının en çok Z3 zemin sınıfı ile Z4 zemin sınıfı arasında 7. katta %40 mertebesinde olduğu görülmüştür. Her zemin sınıfı için X doğrultusunda bulunan göreli kat ötelemesi değerlerinin Y doğrultusunda bulunanların tamamından daha büyük olduğunu söylemek mümkündür. Her zemin sınıfı için elde edilmiş olan göreli kat ötelemelerinin karşılaştırılması grafik biçiminde Şekil 6.11 ve Şekil 6.12'de verilmiştir.

Çizelge 6.5: Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan göreli kat ötelemeleri.

	Z1 Zemin Sınıfı		Z2 Zemin Sınıfı		Z3 Zemin Sınıfı		Z4 Zemin Sınıfı	
	X Doğrultusu	Y Doğrultusu	X Doğrultusu	Y Doğrultusu	X Doğrultusu	Y Doğrultusu	X Doğrultusu	Y Doğrultusu
Kat No	M.B.Y. (Δi)max / hi	M.B.Y. (Δi)max / hi	M.B.Y. (Δi)max / hi	M.B.Y. (Δi)max / hi	M.B.Y. (Δi)max / hi	M.B.Y. (Δi)max / hi	M.B.Y. (Δi)max / hi	M.B.Y. (Δi)max / hi
11	0.00053	0.0004	0.00067	0.0006	0.00093	0.0008	0.00131	0.0011
10	0.00056	0.0005	0.00071	0.0006	0.001	0.0008	0.0014	0.0012
9	0.0006	0.0005	0.00076	0.0006	0.00107	0.0009	0.0015	0.0012
8	0.00064	0.0005	0.00081	0.0007	0.00114	0.0009	0.00161	0.0013
7	0.00067	0.0005	0.00085	0.0007	0.00121	0.001	0.00171	0.0014
6	0.00069	0.0005	0.00088	0.0007	0.00125	0.001	0.00176	0.0014
5	0.0007	0.0005	0.00089	0.0007	0.00127	0.001	0.00178	0.0014
4	0.00069	0.0005	0.00088	0.0007	0.00124	0.001	0.00175	0.0013
3	0.00066	0.0005	0.00083	0.0006	0.00117	0.0009	0.00164	0.0013
2	0.00059	0.0005	0.00074	0.0006	0.00104	0.0008	0.00145	0.0011
1	0.00048	0.0004	0.00059	0.0005	0.00083	0.0007	0.00116	0.0009
Zemin	0.0003	0.0003	0.00037	0.0003	0.00051	0.0005	0.00071	0.0006



Şekil 6.11: Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için elde edilmiş olan X doğrultusundaki göreli kat ötelemelerinin karşılaştırılması.



Şekil 6.12: Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için elde edilmiş olan Y doğrultusundaki göreli kat ötelemelerinin karşılaştırılması.

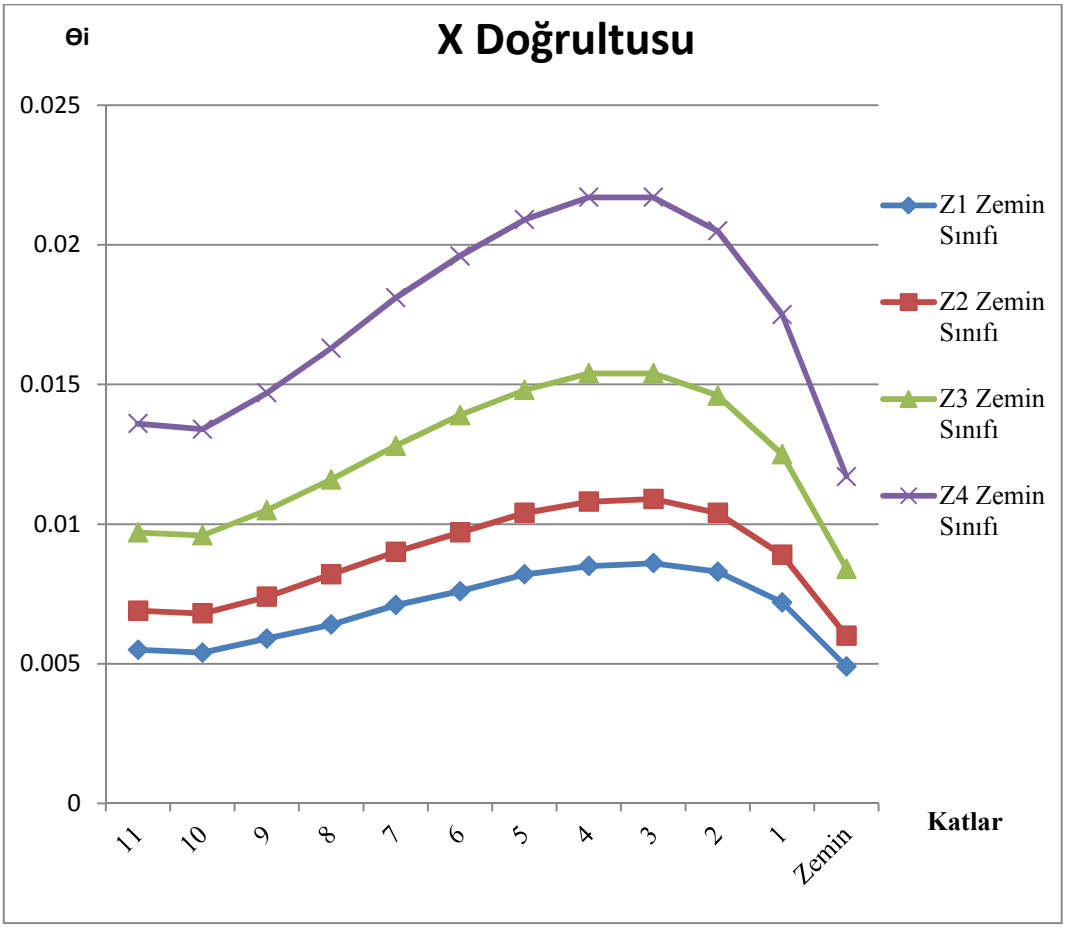
6.6 İkinci Mertebe Etkilerinin İncelenmesi

Bu bölümde, eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemi kullanılarak yapılan hesaplar sonucunda Denklem 2.20'de verilen büyütme katsayıları ile bulunmuş olan değerler kullanılmıştır. Yapıda her kata ait her iki doğrultuda hesaplanmış olan ikinci mertebe etkisi katsayısı Θ_i, Çizelge 6.6'da birlikte verilmiştir.

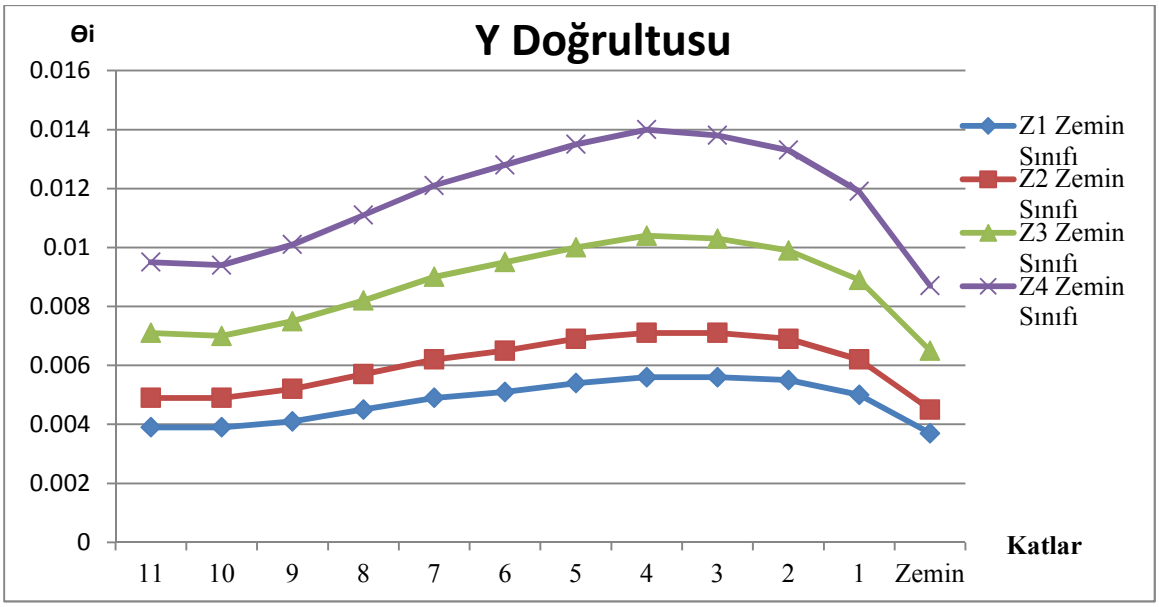
Çizelge 6.6: Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan ikinci mertebe etkisi katsayıları.

	Z1 Zemin Sınıfı		Z2 Zemin Sınıfı		Z3 Zemin Sınıfı		Z4 Zemin Sınıfı	
	X Doğrultusu	Y Doğrultusu	X Doğrultusu	Y Doğrultusu	X Doğrultusu	Y Doğrultusu	X Doğrultusu	Y Doğrultusu
Kat No	M.B.Y. Θ_i	M.B.Y. Θ_i	M.B.Y. Θ_i	M.B.Y. Θ_i	M.B.Y. Θ_i	M.B.Y. Θ_i	M.B.Y. Θ_i	M.B.Y. Θ_i
11	0.0055	0.0039	0.0069	0.0049	0.0097	0.0071	0.0136	0.0095
10	0.0054	0.0039	0.0068	0.0049	0.0096	0.007	0.0134	0.0094
9	0.0059	0.0041	0.0074	0.0052	0.0105	0.0075	0.0147	0.0101
8	0.0064	0.0045	0.0082	0.0057	0.0116	0.0082	0.0163	0.0111
7	0.0071	0.0049	0.009	0.0062	0.0128	0.009	0.0181	0.0121
6	0.0076	0.0051	0.0097	0.0065	0.0139	0.0095	0.0196	0.0128
5	0.0082	0.0054	0.0104	0.0069	0.0148	0.01	0.0209	0.0135
4	0.0085	0.0056	0.0108	0.0071	0.0154	0.0104	0.0217	0.014
3	0.0086	0.0056	0.0109	0.0071	0.0154	0.0103	0.0217	0.0138
2	0.0083	0.0055	0.0104	0.0069	0.0146	0.0099	0.0205	0.0133
1	0.0072	0.005	0.0089	0.0062	0.0125	0.0089	0.0175	0.0119
Zemin	0.0049	0.0037	0.006	0.0045	0.0084	0.0065	0.0117	0.0087
Toplam	0.0836	0.0572	0.1054	0.0721	0.1492	0.1043	0.2097	0.1402

X doğrultusunda en büyük Θ_i değeri Z1 zemin sınıfı için 3. katta 0.0086, Z4 zemin sınıfı için ise yine 3. katta 0.0217 olarak bulunmuştur. X doğrultusunda ikinci mertebe katsayısı farkı en çok Z2 zemin sınıfı ile Z3 zemin sınıfı arasında %40 mertebesinde oluşmaktadır. Y doğrultusunda en büyük Θ_i değeri Z1 zemin sınıfı için 3. katta 0.0056, Z4 zemin sınıfı için ise yine 3. katta 0.0138 olarak bulunmuştur. Y doğrultusunda ikinci mertebe katsayısı farkı en çok Z2 zemin sınıfı ile Z3 zemin sınıfı arasında %40 mertebesinde mertebesinde oluşmaktadır. Toplam ikinci mertebe etkisi katsayısı Θ_i değerleri kıyaslandığında, Z3 zemin sınıfı için X doğrultusunda, Z4 zemin sınıfında ise hem X hem de Y doğrultusunda kritik değer olan 0.12 değerinin aşıldığı görülmektedir. Bu durumda bu zemin sınıfları için yapının rijitliğini artırıcı önlemler alınması gerekmektedir. Her zemin sınıfı için elde edilmiş olan ikinci mertebe etkilerinin karşılaştırılması grafik biçiminde Şekil 6.13 ve Şekil 6.14'de verilmiştir.



Şekil 6.13: Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için elde edilmiş olan X doğrultusundaki ikinci mertebe etkilerinin karşılaştırı



Şekil 6.14: Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için elde edilmiş olan Y doğrultusundaki ikinci mertebe etkilerinin karşılaştırılması.

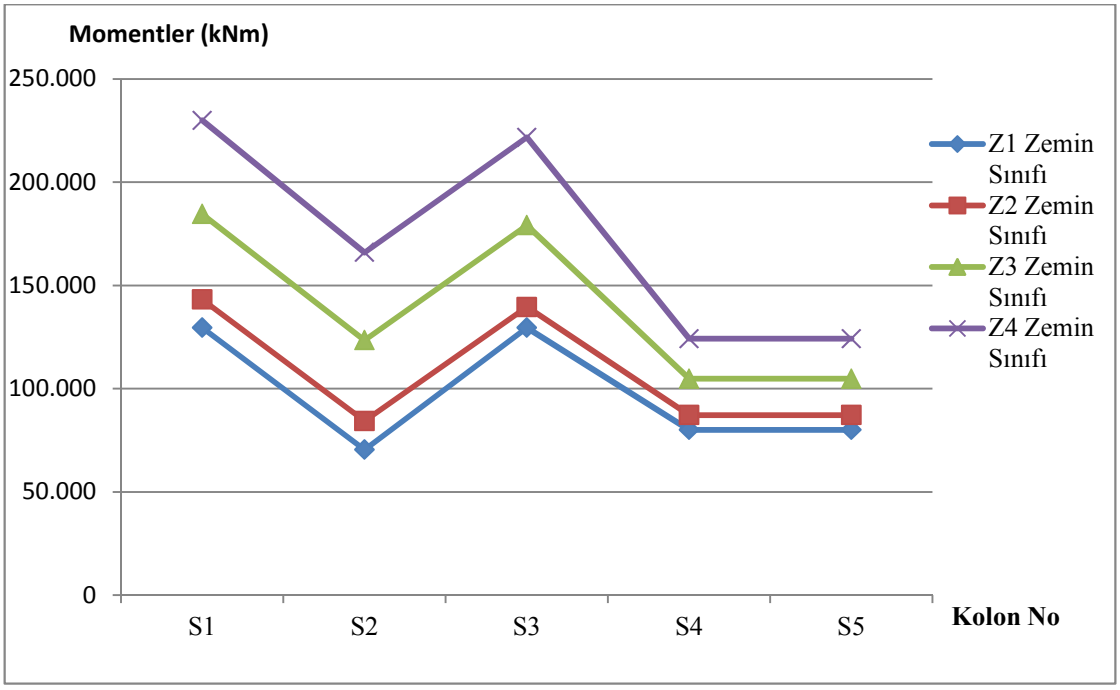
6.7 Kolon İç Kuvvetlerinin İncelenmesi

Kolonlarda oluşan iç kuvvet değerleri zemin ve 11. normal katlar baz alınarak, yapının X ve Y doğrultusundaki en dış aksları için karşılaştırma yapılmıştır. Kolonlarda oluşan en büyük M3 eğilme momentleri bu bölümde karşılaştırılmıştır. E.D.Y.Y. ve M.B.Y. ile elde edilen M3 eğilme momentleri Denklem 2.20'de verilen büyütme katsayıları ile hesaplanarak çözümlerde kullanılmıştır. Çizelge 6.7'de her zemin sınıfı için M3 eğilme momenti değerleri bir arada verilmiştir. 11'inci kattaki eğilme momentlerine göre zemin kattaki eğilme momentlerinin azaldığı görülmüştür. Z1 zemin sınıfına göre diğer zemin sınıfları için bulunan eğilme momenti değerlerinin, artan deprem kuvvetlerine bağlı olarak artış gösterdiği görülebilmektedir. Z1 zemin sınıfında S3 kolonu için eğilme momenti değeri 11. katta 129.575 kNm iken Z4 zemin sınıfında bu değer yaklaşık %70 artış göstererek 221.609 kNm olarak bulunmuştur. Zemin katta ise aynı kolon için bu artış %125 değerlerini bulmaktadır. Şekil 6.15 ve Şekil 6.16'da her zemin sınıfı için zemin kat ve 11. kat kolonlarında elde edilen eğilme momentlerinin karşılaştırılması grafik ile verilmiştir. En büyük eğilme momenti değeri, zemin katta Z1 zemin sınıfı için S3 kolonunda, diğer zemin sınıflarında ise S1 kolonunda oluşmaktadır. 11 katta ise en büyük eğilme momenti değeri bütün zemin sınıfları için S1 kolonunda bulunmuştur. Şekil 6.15 ve Şekil 6.16'daki moment değerleri incelendiğinde en büyük değişimin Z2 zemin sınıfı ile Z3 zemin sınıfı arasında olduğu görülmektedir. Z3 ile Z4 zemin

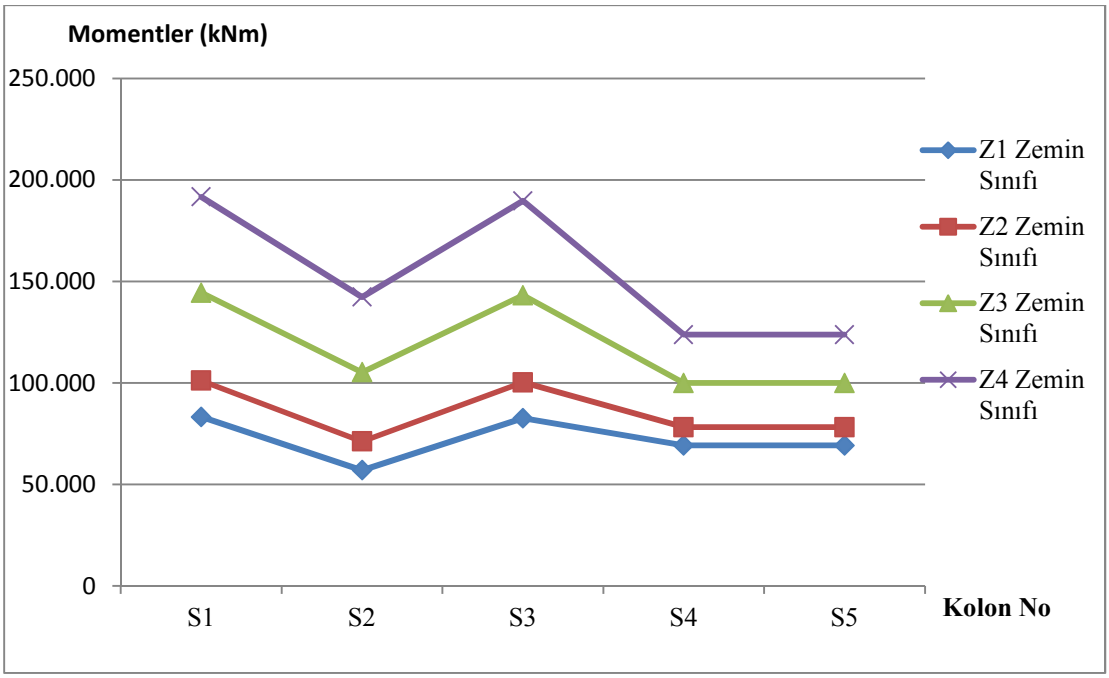
sınıfları arasındaki değer değişiminin de Z1 ile Z2 zemin sınıflarına oranla daha az olduğu görülmektedir.

Çizelge 6.7: Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan kolon M3 eğilme momentleri.

		Z1 Zemin Sınıfı	Z2 Zemin Sınıfı	Z3 Zemin Sınıfı	Z4 Zemin Sınıfı
Kat No	Kolon No	M.B.Y. Eğilme Momenti-M3 (kNm)	M.B.Y. Eğilme Momenti-M3 (kNm)	M.B.Y. Eğilme Momenti-M3 (kNm)	M.B.Y. Eğilme Momenti-M3 (kNm)
11	S1	129.575	143.193	184.593	229.907
	S2	70.441	84.378	123.528	165.995
	S3	129.575	139.507	179.154	221.709
	S4	80.120	87.217	104.824	124.197
	S5	80.120	87.217	104.824	124.197
Zemin	S1	83.287	101.206	144.497	191.679
	S2	57.047	71.217	105.282	142.317
	S3	82.629	100.353	143.207	189.710
	S4	69.279	78.260	99.971	123.793
	S5	69.279	78.260	99.971	123.793



Şekil 6.15: Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan 11. Kat kolon eğilme momentlerinin karşılaştırılması.



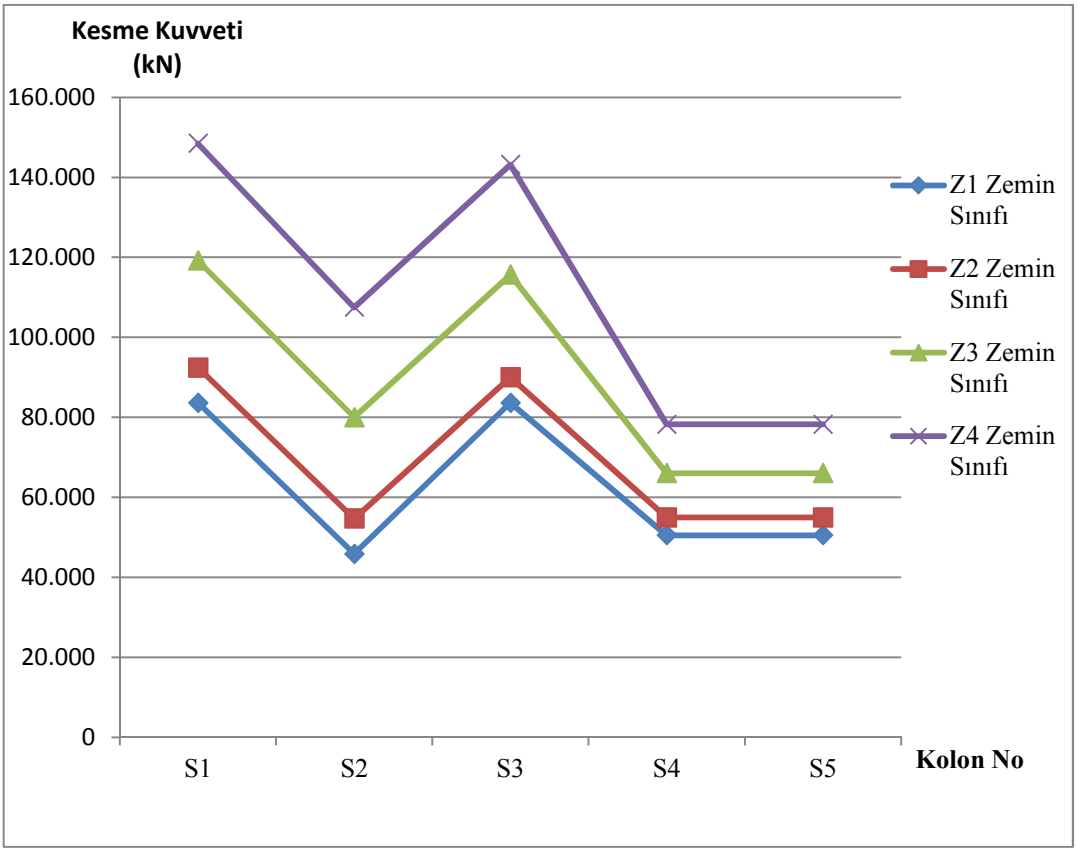
Şekil 6.16: Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan zemin kat kolon eğilme momentlerinin karşılaştırılması.

Kolonlarda oluşan en büyük kesme kuvvetleri M3 eğilme momentlerine bağlı olmak üzere V2 kesme kuvvetleri olarak bulunmuştur. Her zemin sınıfı için V2 kesme kuvvetleri zemin kat ve 11. normal kat için Çizelge 6.8'de bir arada verilmiştir. Kesme kuvvetlerinin de eğilme momentleri ile benzer şekilde, artan deprem yüklerine bağlı olarak, Z1 zemin sınıfı ile Z4 zemin sınıfı arasında artış gösterdiği görülmektedir. En büyük kolon kesme kuvveti değeri, zemin katta Z1 zemin sınıfı için S1 kolonunda 54.739 kN, Z4 zemin sınıfında ise aynı kolonda 127.314 kN olarak bulunmuştur. 11. Katta ise Z1 zemin sınıfında S1 kolonunda 83.584 kN, Z4 zemin sınıfında ise aynı kolonda 148.459 kN olarak bulunmuştur. Z1 zemin sınıfı ile Z4 zemin sınıfı arasında, S1 kolonunda kesme kuvveti değerleri %70 mertebesinde artış göstermektedir. Zemin katta ise bu artış Z1 zemin sınıfı ile Z4 zemin sınıfı arasında aynı kolonda %125 mertebesindedir. Şekil 6.17 ve Şekil 6.18'de her zemin sınıfı için zemin kat ve 11. kat kolonlarında elde edilen kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması grafik ile verilmiştir.

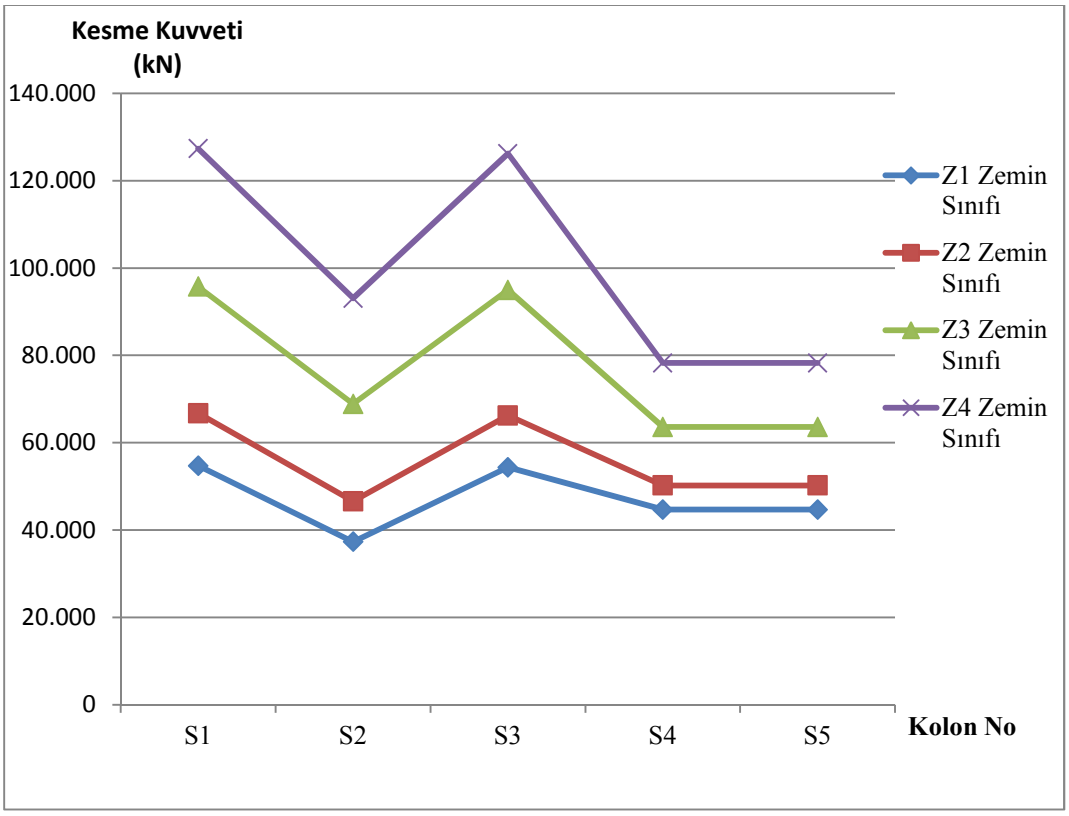
Şekil 6.17 ve Şekil 6.18 incelendiğinde, Z2 zemin sınıfı ile Z3 zemin sınıfı arasındaki değer değişiminin diğer zemin sınıflarına kıyasla daha fazla olduğu görülmektedir.

Çizelge 6.8: Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan kolon kesme kuvvetleri.

		Z1 Zemin Sınıfı	Z2 Zemin Sınıfı	Z3 Zemin Sınıfı	Z4 Zemin Sınıfı
Kat No	Kolon No	M.B.Y. Kesme Kuvveti-V2 (kN)	M.B.Y. Kesme Kuvveti-V2 (kN)	M.B.Y. Kesme Kuvveti-V2 (kN)	M.B.Y. Kesme Kuvveti-V2 (kN)
11	S1	83.584	92.391	119.160	148.459
	S2	45.822	54.652	80.004	107.505
	S3	83.584	90.013	115.651	143.171
	S4	50.492	54.961	66.047	78.246
	S5	50.492	54.961	66.047	78.246
Zemin	S1	54.739	66.741	95.729	127.314
	S2	37.331	46.592	68.862	93.071
	S3	54.356	66.245	94.979	126.170
	S4	44.693	50.211	63.585	78.264
	S5	44.693	50.211	63.585	78.264



Şekil 6.17: Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan 11. kat kolon kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.



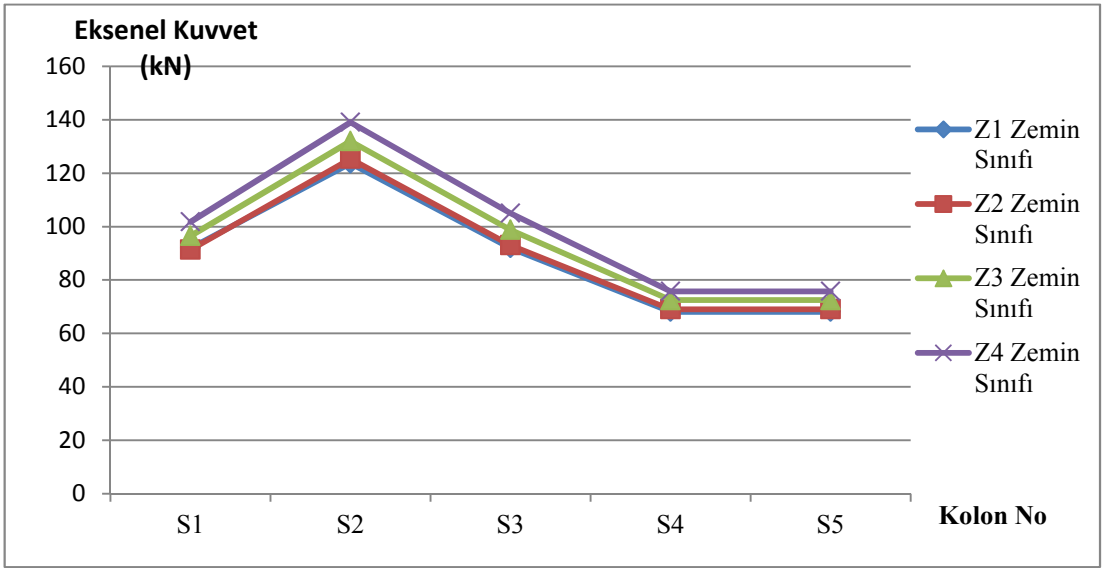
Şekil 6.18: Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan zemin kat kolon kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.

Kolonlarda oluşan en büyük N eksenel kuvvetleri, M3 eğilme momentlerine bağlı olarak seçilmiştir. Her zemin sınıfı için N eksenel kuvvetleri zemin kat ve 11. normal kat için Çizelge 6.9'da bir arada verilmiştir. En büyük kolon eksenel yükü zemin katta Z1 zemin sınıfı için S2 kolonunda 2149.766 kN olarak bulunmuştur. Z4 zemin sınıfında ise bu değer S4 kolonunda 2789.049 kN olarak bulunmuştur. 11. normal katta en büyük kolon eksenel yükü Z1 zemin sınıfında S2 kolonunda 123.620 kN, Z4 zemin sınıfında ise yine aynı kolonda 131.956 kN olarak bulunmuştur. Z1 zemin sınıfı ile Z4 zemin sınıfı kıyaslandığında, normal kuvvetler arası fark en çok S4 kolonunda %45 mertebesinde oluşmaktadır. Her zemin sınıfı için zemin kat ve 11. kat eksenel kuvvetlerinin grafik üzerinde karşılaştırılması Şekil 6.19 ve Şekil 6.20'de verilmiştir.

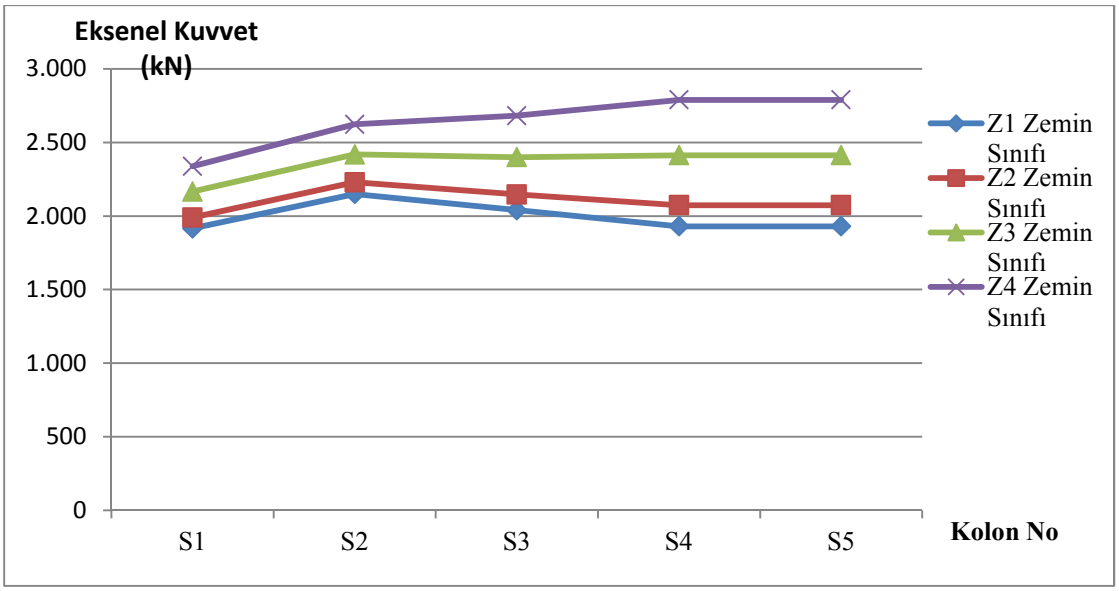
Şekil 6.19 ve Şekil 6.20 incelendiğinde kolon eksenel kuvvetlerindeki en büyük artış miktarının Z2 ile Z3 zemin sınıfı arasında olduğu görülmektedir. Zemin katta bu artış 11. kata kıyasla daha fazladır.

Çizelge 6.9: Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan kolon normal kuvvetleri.

		Z1 Zemin Sınıfı	Z2 Zemin Sınıfı	Z3 Zemin Sınıfı	Z4 Zemin Sınıfı
Kat No	Kolon No	M.B.Y. Normal Kuvvet-N (kN)	M.B.Y. Normal Kuvvet-N (kN)	M.B.Y. Normal Kuvvet-N (kN)	M.B.Y. Normal Kuvvet-N (kN)
11	S1	91.931	91.362	96.485	101.768
	S2	123.620	125.376	131.956	139.064
	S3	91.931	93.0	98.754	105.0
	S4	68.079	69.076	72.452	75.763
	S5	68.079	69.076	72.452	75.763
Zemin	S1	1915.598	1989.585	2166.291	2337.672
	S2	2149.766	2229.579	2419.004	2623.425
	S3	2039.785	2146.903	2400.50	2681.739
	S4	1929.958	2073.407	2412.814	2789.049
	S5	1929.958	2073.407	2412.814	2789.049



Şekil 6.19: Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan 11. kat kolon eksenel kuvvetlerinin karşılaştırılması.



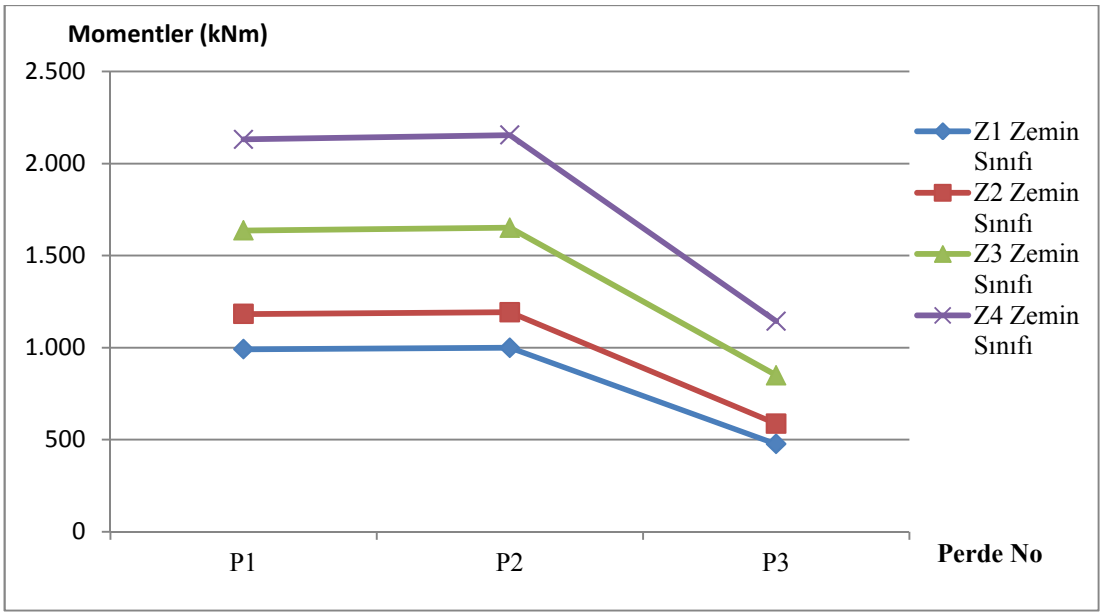
Şekil 6.20: Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan 11. kat kolon eksenel kuvvetlerinin karşılaştırılması.

6.8 Perde İç Kuvvetlerinin İncelenmesi

Perdelerde oluşan en büyük eğilme momentleri perde etkili uzunluğu doğrultusunda olmak üzere M2 eğilme momentleridir. E.D.Y.Y. ve M.B.Y. ile elde edilen iç kuvvet değerleri Denklem 2.20'de verilen büyütme katsayıları ile hesaplanarak çözümlerde kullanılmıştır. Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin sınıflarına ait perde eğilme momentleri Çizelge 6.10'da bir arada verilmiştir. Şekil 6.21'de 11. kata ait, Şekil 6.22'de ise zemin kata ait perde eğilme momentlerinin grafik üzerinde karşılaştırılması verilmiştir.

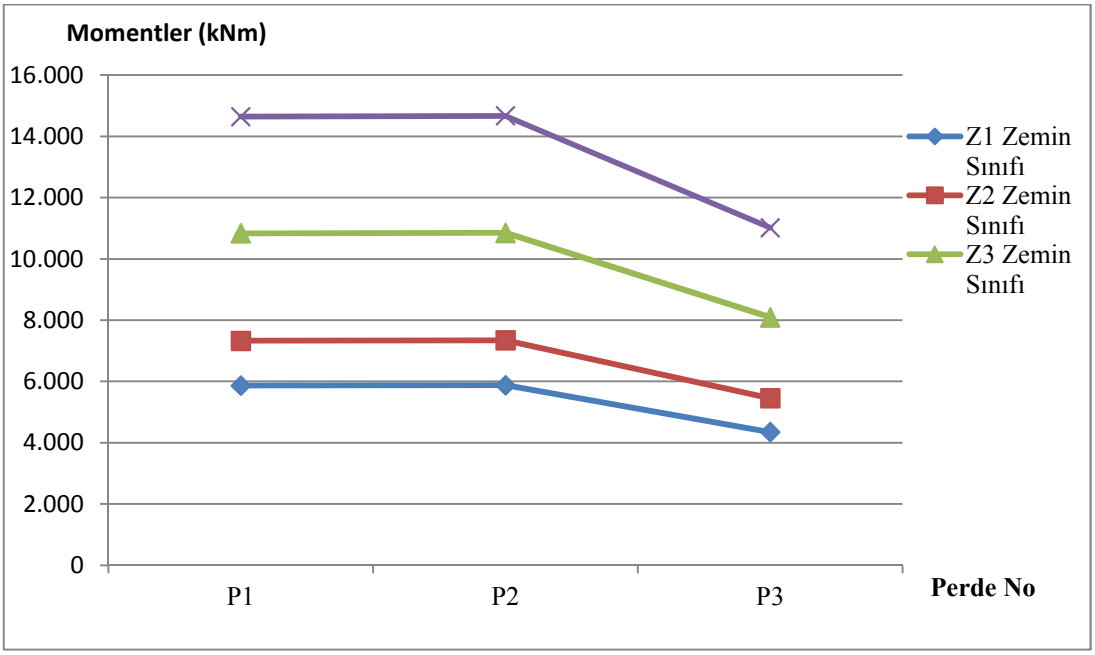
Çizelge 6.10: Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan perde eğilme momentleri.

		Z1 Zemin Sınıfı	Z2 Zemin Sınıfı	Z3 Zemin Sınıfı	Z4 Zemin Sınıfı
Kat No	Perde No	M.B.Y. Eğilme Momenti (kNm)	M.B.Y. Eğilme Momenti (kNm)	M.B.Y. Eğilme Momenti (kNm)	M.B.Y. Eğilme Momenti(kNm)
11	P1	991.673	1182.569	1636.486	2131.531
	P2	999.716	1192.810	1651.841	2154.841
	P3	477.016	587.191	850.262	1144.174
Zemin	P1	5865.320	7331.314	10834.031	14642.443
	P2	5874.605	7342.748	10850.636	14667.213
	P3	4348.583	5452.557	8089.544	11015.119



Şekil 6.21: Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan 11. kat perde eğilme momentlerinin karşılaştırılması.

Z1 zemin sınıfı için 11. katta en büyük perde eğilme momenti P2 perdesinde 999.716 kNm olarak bulunmuştur. Z4 zemin sınıfı için ise 11. katta en büyük perde eğilme momenti yine P2 perdesinde 2154.841 kNm olarak bulunmuştur. Z1 zemin sınıfı ile Z4 zemin sınıfı perde eğilme momentleri arası %115'lik bir artış meydana gelmiştir.



Şekil 6.22: Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan zemin kat perde eğilme momentlerinin karşılaştırılması.

Z1 zemin sınıfı için zemin katta en büyük perde eğilme momenti P2 perdesinde 5874.605 kNm olarak bulunmuştur. Z4 zemin sınıfı için ise zemin katta en büyük

perde eğilme momenti yine P2 perdesinde 14667.213 kNm olarak bulunmuştur. Z1 zemin sınıfı ile Z4 zemin sınıfı perde eğilme momentleri arası %150'lik bir artış meydana gelmiştir.

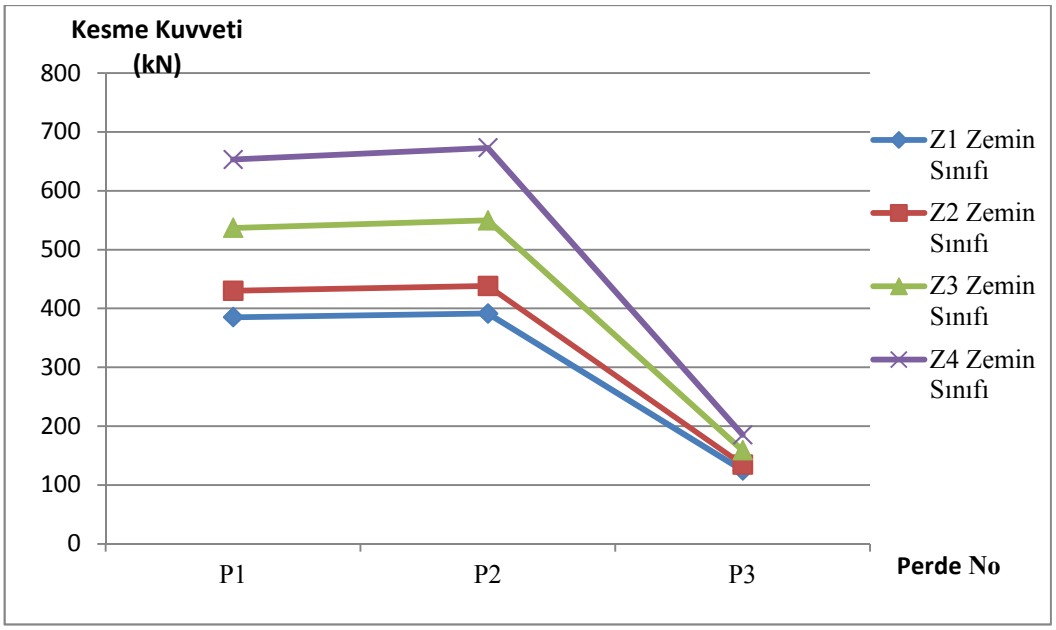
Şekil 6.21 ve Şekil 6.22'de görüldüğü üzere tüm zemin sınıfları için perde eğilme momentleri Z1 zemin sınfından Z4 zemin sınıfına doğru belli bir oranda artış göstermiştir. Bu artış Z1 zemin sınıfı ile Z2 zemin sınıfı arasında, Z3 zemin sınıfı ile Z4 zemin sınıfı arasındakine göre daha azdır. En büyük moment artışı ise Z2 zemin sınıfı ile Z3 zemin sınıfı arasında %45 mertebesindedir.

Perdelerde oluşan en büyük kesme kuvvetleri, V1 kesme kuvvetleridir. Farklı zemin sınıflarına ait perde kesme kuvvetleri Çizelge 6.11'de bir arada verilmiştir.

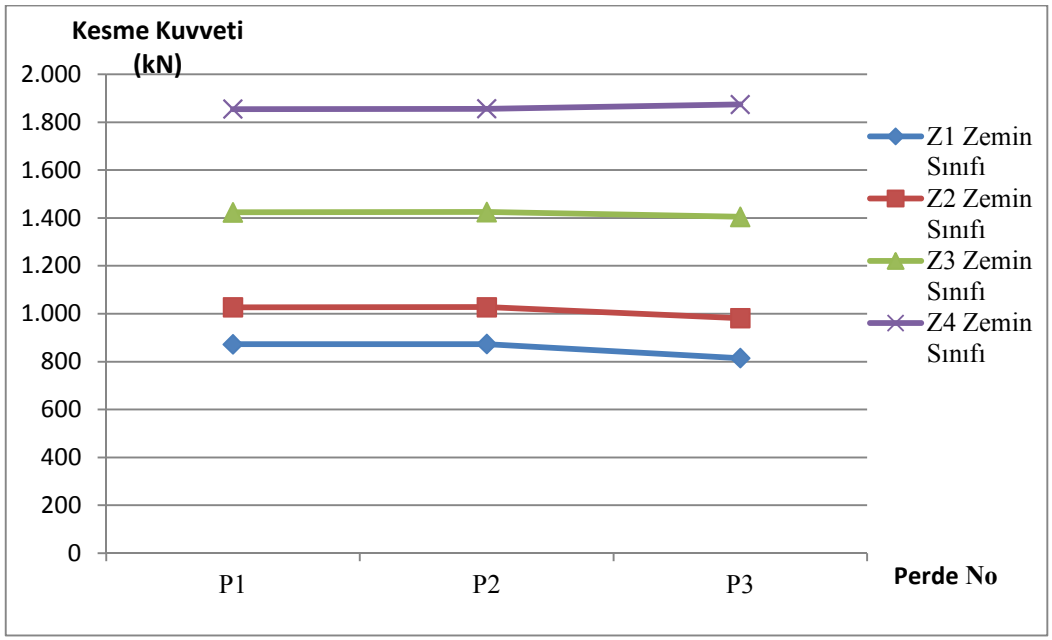
Çizelge 6.11: Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan perde kesme kuvvetleri.

		Z1 Zemin Sınıfı	Z2 Zemin Sınıfı	Z3 Zemin Sınıfı	Z4 Zemin Sınıfı
Kat No	Perde No	M.B.Y. Kesme Kuvveti (kN)	M.B.Y. Kesme Kuvveti (kN)	M.B.Y. Kesme Kuvveti (kN)	M.B.Y. Kesme Kuvvet (kN)
11	P1	385.099	429.996	536.792	653.065
	P2	391.349	438.252	549.641	672.957
	P3	124.871	134.547	158.655	185.275
Zemin	P1	872.542	1027.171	1423.702	1854.754
	P2	873.230	1027.832	1424.405	1855.564
	P3	814.305	981.676	1404.361	1873.778

En büyük perde kesme kuvveti Z1 zemin sınıfı için zemin kat P2 perdesinde 873.230 kN olarak bulunmuştur. Z4 zemin sınıfında ise zemin kat P3 perdesinde 1873.778 kN olarak bulunmuştur. Z1 zemin sınıfı ile Z4 zemin sınıfı arasında perde kesme kuvvetleri zemin katta %113'lük bir artış göstermiştir. 11. kat için ise perde kesme kuvvetlerindeki bu artış %65 mertebesindedir. Şekil 6.23'da 11. kata ait, Şekil 6.24'de ise zemin kata ait perde kesme kuvvetlerinin grafik üzerinde karşılaştırılması verilmiştir.



Şekil 6.23: Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan11. kat perde kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.



Şekil 6.24: Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan zemin kat perde kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.

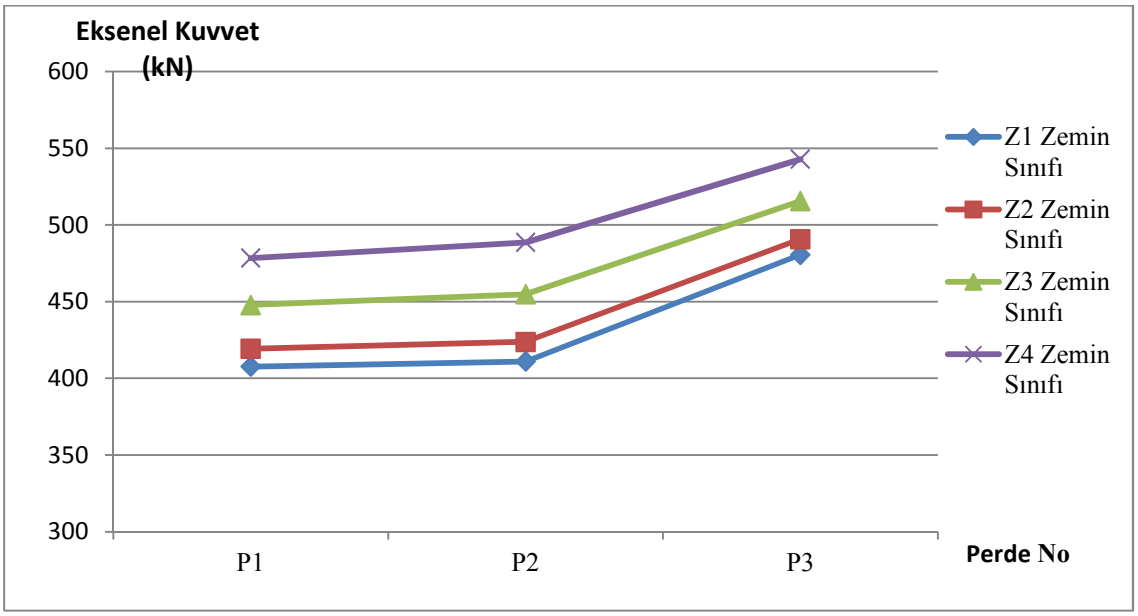
Şekil 6.23 ve Şekil 6.24'de görüldüğü üzere perde eğilme momentlerinde olduğu gibi perde kesme kuvvetlerinde de en büyük değer artışı Z2 zemin sınıfı ile Z3 zemin sınıfı arasında ve %40 mertebesindedir. Zemin sınıfları değiştikçe artan deprem kuvvetlerine orantılı olarak kesme kuvveti değerlerinin de artış gösterdiği görülmektedir.

Perdelerde oluşan en büyük N eksenel kuvvetleri, her zemin sınıfı için Çizelge 6.12'de birarada verilmiştir.

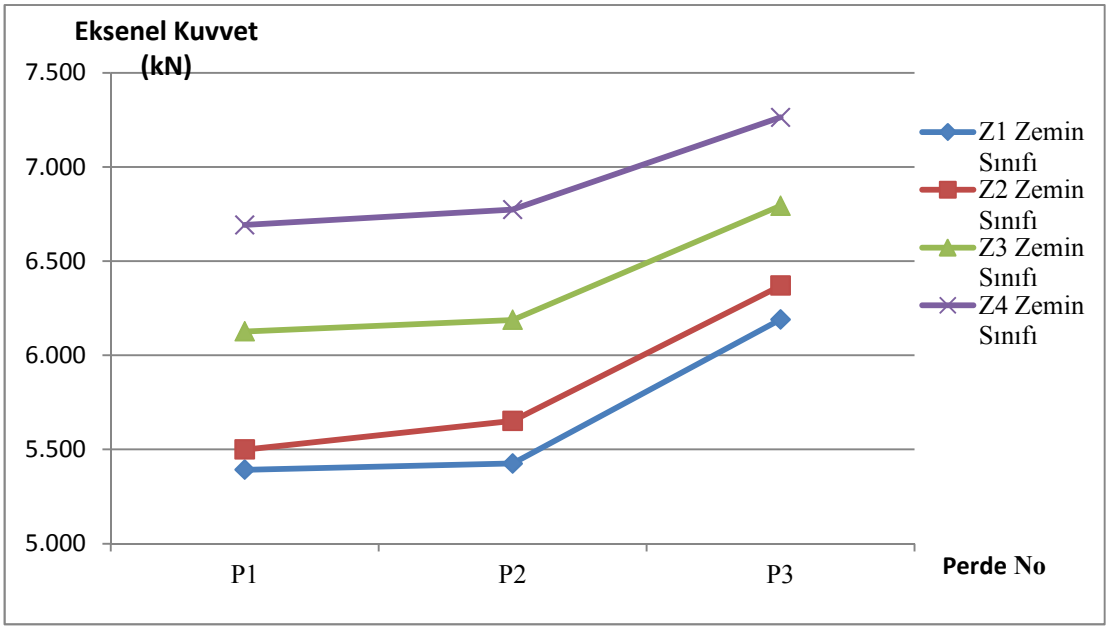
Çizelge 6.12: Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan perde eksenel kuvvetleri.

		Z1 Zemin Sınıfı	Z2 Zemin Sınıfı	Z3 Zemin Sınıfı	Z4 Zemin Sınıfı
Kat No	Kolon No	M.B.Y. Normal Kuvveti-N (kN)	M.B.Y. Normal Kuvveti-N (kN)	M.B.Y. Normal Kuvveti-N (kN)	M.B.Y. Normal Kuvveti-N (kN)
11	P1	407.705	419.375	447.892	478.421
	P2	411.058	423.837	454.807	488.704
	P3	480.682	490.909	515.622	542.898
Zemin	P1	5392.841	5499.395	6126.873	6692.598
	P2	5425.532	5651.428	6188.234	6774.062
	P3	6190.984	6369.786	6794.608	7263.309

En büyük perde eksenel kuvveti Z1 zemin sınıfı için zemin kat P3 perdesinde 6190.984 kN olarak bulunmuştur. Z4 zemin sınıfı için ise yine zemin kat P3 perdesinde 7263.309 kN olarak bulunmuştur. Z1 ile Z4 zemin sınıfları arasında eksenel kuvvet değerlerinin zemin katta %17 oranında artış gösterdiği görülmektedir. Bu artış 11. katta %13 mertebesindedir. Tüm zemin sınıfları için perde eksenel kuvvetleri arasındaki ilişki Şekil 6.25 ve Şekil 6.26'da verimiştir.



Şekil 6.25: Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan 11. kat perde eksenel kuvvetlerinin karşılaştırılması.



Şekil 6.26: Mod birleştirme yöntemi ile 4 farklı zemin sınıfı için bulunan zemin kat perde eksenel kuvvetlerinin karşılaştırılması.

Şekil 6.25 ve Şekil 6.26'da görüldüğü üzere perde eksenel kuvvetlerinde en büyük değer artışı Z2 zemin sınıfı ile Z3 zemin sınıfı arasında görülmektedir. Zemin sınıfları değiştikçe artan deprem kuvvetlerine orantılı olarak kesme kuvveti değerlerinin de artış gösterdiği görülmektedir. Ancak bu artış perde eğilme momentleri ve perde kesme kuvvetlerine kıyasla daha azdır.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

"Betonarme Bir Yapıda Farklı Zemin Sınıflarının Deprem Davranışına Etkisi" adlı tez çalışmasında, 1. Derece deprem bölgesinde, 13 katlı perde ve çerçeve sistemli betonarme bir yapı, D.B.Y.B.H.Y. 2007 [1] kurallarına uygun olarak tasarlanmıştır. Taşıyıcı sistemin tasarımında deprem yüklerine karşı çalışan perde ve kolonların rijitliklerinin planda her iki doğrultuda birbirine yakın olarak dağıtılmasına dikkat edilmiştir. Binanın kat kalıp planı X ve Y doğrultularında simetriye sahiptir. TS 498 [2]'de verilen yüklere göre zati ağırlık ve hareketli yükler hesaplanmış ve bu yüklerin etkisinde elemanların ön boyutları TS 500 [3]'de ve D.B.Y.B.H.Y. 2007 [1]'de belirtilen kurallara göre belirlenmiştir. Binanın dinamik ve statik analizleri SAP2000 programı ile yapılmıştır. SAP2000 programında taşıyıcı sistem elemanlarından kolonlar ve kirişler çubuk eleman, perdeler ise kabuk eleman olarak modellenmiştir. Statik analiz sırasında yükler yapıya 17 kombinasyon şeklinde uygulanmıştır. Analiz sonuçları 17 kombinasyon sonuçları arasından en elverişsiz olanlar seçilerek elde edilmiştir. Bina Z1, Z2, Z3 ve Z4 yerel zemin sınıfları için ayrı ayrı çözülmüş ve her bir çözüm sonucu bulunan değerler karşılaştırılmıştır.

Bina 1. derece deprem bölgesinde olduğu için etkin yer ivmesi katsayısı A_0=0.4 alınmıştır. Binanın spektrum karakteristik periyodları T_A ve T_B her zemin sınıfı için D.B.Y.B.H.Y. 2007 [1]'e uygun olarak alınmıştır. Taşıyıcı sistem perde çerçeve olduğu için taşıyıcı sistem davranış katsayısı R=7 alınmıştır. Binada kullanılan beton sınıfı C25, çelik sınıfı ise S420'dir.

Yapılan analizlerde yapının X doğrultusunda doğal titreşim periyodu T_{1X}=0,907 sn ve Y doğrultusunda doğal titreşim periyodu T_{1Y}=0,826 sn bulunmuştur. 4 farklı zemin sınıfı için yapılan hesaplar sonucunda yapıya etkiyen deprem yükü değerini artıran spektrum katsayısı değerinin Z1 zemin sınıfından Z4 zemin sınıfına doğru artış gösterdiği görülmüştür. En büyük artış miktarının Z2 ile Z3 zemin sınıfları arasında %39 mertebesinde olduğu ve Z4 zemin sınıfı için spektrum katsayısının alabileceği en büyük değer olan 2,5 değerine ulaştığı bulunmuştur.

Deprem yükleri altında hesap için, deprem hesap yükü yöntemlerinden eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemi uygulanmıştır. Binaya, X ve Y doğrultusunda eşdeğer deprem yükü analizine göre etkiyen toplam deprem yükünün (Taban kesme kuvveti), mod birleştirme yöntemi ile elde edilen değerden daha büyük olduğu bulunmuştur. Farklı zemin sınıfları karşılaştırıldığında Z1 zemin sınıfı ile Z4 zemin sınıfı arasında taban kesme kuvvetinin X doğrultusunda %140, Y doğrultusunda da %124 arttığı görülmüştür. Zemin sınıfları arasındaki en büyük artış miktarının ise Z2 ile Z3 zemin sınıfı arasında her iki doğrultu için %35 mertebelerinde gerçekleştiği görülmüştür. Binada A1 türü düzensizlik 4 farklı zemin sınıfı için de mevcut değildir. Bu nedenle β katsayısı 0.80 alınarak eşdeğer deprem yükü yöntemi ile bulunan taban kesme kuvvetleri ile çarpıldığında bulunan yeni değerler mod birleştirme yöntemiyle bulunan taban kesme kuvvetleri ile karşılaştırılmıştır. Z1 ve Z2 zemin sınıfları için β katsayısı ile çarpılan eşdeğer deprem yükü çözümüne ait değerler, mod birleştirme yöntemi ile bulunan değerlerden küçük olduğu için mod birleştirme yöntemi ile hesaplanan taban kesme kuvvetleri doğrudan statik analizde kullanılmıştır. Z3 ve Z4 zemin sınıfları için ise mod birleştirme yöntemiyle hesaplanan taban kesme kuvvetleri, eşdeğer deprem yükü yöntemi ile hesaplanan değerlerden küçük bulunmuştur. Bu yüzden Z3 ve Z4 zemin sınıfları için mod birleştirme yöntemi ile bulunan değerler katsayı ile büyütülmüştür.

Mod birleştirme yönteminde her bir mod için hesaplanan etkin kütle değeri bina toplam kütlesinin %90'ından daha az olmamalıdır. 36 mod için yapılan analizde bu koşulun sağlanamadığı gözlenmiş ve bu nedenle mod sayısı arttırılarak 60 modun uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan analizde bu oranın 60 mod için, X ve Y doğrultularında %98 mertebesine ulaştığı görülmüştür.

Mod birleştirme yöntemi ile elde edilen sonuçlara bakıldığında tüm zemin sınıfları için yapılan hesaplarda A1 türü planda burulma düzensizliğine rastlanmamıştır. Zemin sınıfları karşılaştırıldığında X doğrultusundaki en büyük η_{bi} değeri 11. katta görülmektedir. η_{bi} değeri değişimi incelendiğinde maksimum değer farkı Z2 ile Z3 zemin sınıfları arasında %1 mertebesindedir. Y doğrultusundaki en büyük η_{bi} değeri 3. katta görülmektedir. η_{bi} değeri değişimi incelendiğinde maksimum değer farkı Z3 ile Z4 zemin sınıfları arasında %3 mertebesindedir.

Binada B2 türü katlar arası rijitlik düzensizliğine herhangi bir zemin sınıfında rastlanmamıştır. X doğrultusunda en büyük η_{ki} değeri 9. katta görülmüştür. En büyük η_{ki} değer değişimi ise Z2 ile Z3 zemin sınıfları arasında %1 mertebesinde oluşmaktadır. Y doğrultusunda en büyük η_{ki} değeri yine 9. katta, en büyük değer değişimi ise Z2 ile Z3 zemin sınıfları arasında %1 mertebesinde görülmüştür.

Binada mod birleştirme yöntemi için yapılmış olan göreli kat ötelemeleri kontrolünde tüm zemin sınıfları için her iki doğrultuda, tüm katlardaki $(\Delta_i)_{max}/h_i$ oranının yönetmelikte verilen 0.02/R=0.00286 değerinin altında olduğu gözlenmiştir. X doğrultusunda göreli kat ötelemesi farkının en çok Z2 zemin sınıfı ile Z3 zemin sınıfı arasında %40 mertebesinde ve 5. katta oluştuğu belirlenmiştir. Y doğrultusunda ise göreli kat ötelemesi farkının en çok Z2 zemin sınıfı ile Z3 zemin sınıfı arasında %40 mertebesinde ve 7. katta oluştuğu görülmüştür.

Binada Z1 ve Z2 zemin sınıfları için X ve Y doğrultularında ikinci mertebe etkilerine rastlanmamıştır. Z3 zemin sınıfında X doğrultusunda, Z4 zemin sınıfında ise X ve Y doğrultularında ikinci mertebe etkileri görülmüş ve bu zemin sınıfları için yapı taşıyıcılarının rijitliklerinin artırılması gerektiği saptanmıştır.

Yapıda M.B.Y. sonucu bulunan kolon ve perde iç kuvvetleri değerleri tüm zemin sınıfları için karşılaştırılmıştır. Kolonlarda M.B.Y. sonucu bulunan değerler karşılaştırıldığında, kolon eğilme momentlerinin Z1 zemin sınıfından Z4 zemin sınıfına doğru artan deprem kuvvetleri ile orantılı olarak arttığı görülmüştür. En büyük eğilme momenti değişiminin Z2 ile Z3 zemin sınıfları arasında olduğu, Z3 ile Z4 zemin sınıfları arasındaki değer değişiminin de Z1 ile Z2 zemin sınıflarına oranla daha az olduğu görülmektedir. Tüm zemin sınıfları için kolon kesme kuvvetleri karşılaştığında çıkan sonuçların eğilme momentleri ile benzerlik gösterdiği, en büyük değer değişiminin yine Z2 ile Z3 zemin sınıfları arasında olduğu bulunmuştur. Eksenel kuvvetler arasındaki farklar her zemin sınıfı için incelendiğinde, en büyük değer artışının Z2 ile Z3 zemin sınıfı arasında olduğu, zemin kattaki artışın da 11. kattaki değer artışına oranla daha fazla olduğu gözlenmiştir.

Perdelerde, M.B.Y. sonuçları her zemin sınıfı için karşılaştırıldığında, elde edilen perde eğilme momentleri arasındaki farkın Z1 ile Z4 sınıfları karşılaştırıldığında P2 perdesinde %150 mertebelerine ulaştığı bulunmuştur. En büyük değer artışı ise Z2 ile Z3 zemin sınıfları arasında P2 perdesinde %45 mertebesinde görülmektedir. Perde

kesme kuvvetleri arasındaki farklarda yine tüm zemin sınıfları incelendiğinde perde eğilme momentleri sonuçları ile benzerlik göstermektedir. En büyük değer farkı Z2 ile Z3 zemin sınıfları arasında %40 mertebesindedir. Perde normal kuvvetleri incelendiğinde ise değerlerin perde eğilme momentleri ve perde kesme kuvvetleri gibi artan deprem kuvvetleri ile orantılı, Z1 zemin sınıfından Z4 zemin sınıfına doğru artış gösterdiği görülmüştür. Ancak bu artış perde eğilme momentleri ve perde kesme kuvvetlerine kıyasla daha düşük değerlerde Z1 ile Z4 zemin sınıfları arası %17 mertebesinde kalmaktadır.

Analiz sonuçları incelendiğinde Z1 zemin sınıfı ile Z4 zemin sınıfı arasında artan deprem kuvvetlerine bağlı olarak kolon ve perde iç kuvvetlerinin artış gösterdiği görülmüştür. Bu artış normal kuvvet değerleri için eğilme momenti ve kesme kuvveti değerlerine kıyasla hem perdeler hem de kolonlarda daha azdır.

Yapılan çalışma sonucunda Z1, Z2, Z3 ve Z4 yerel zemin sınıflarına göre incelenen yapıda, eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemi ile elde edilen iç kuvvetlerin beklenildiği üzere Z1 zemin sınıfından Z4 zemin sınıfına doğru artan değerler aldığı görülmüştür. Bu değer artışlarının zemin sınıfı değişimine bağlı olarak artan deprem kuvveti ile orantılı olduğu söylenebilir.

1. Derece deprem bölgesinde perde ve betonarme çerçeve taşıyıcı sistemli tasarlanan bir yapının, değişen zemin şartları altında yapısal düzensizlikler ortaya çıkabileceği görülmüştür. Yapılan incelemeler sonucunda Z1 ve Z2 zemin sınıflarına ait hesap değerleri ile Z3 ve Z4 zemin sınıflarına ait hesap değerleri kendi içlerinde benzerlik göstermektedir. Yapıda düzensizlikler ve iç kuvvetler incelendiğinde en büyük değer değişimlerinin Z2 ile Z3 zemin sınıfları arasında olduğu gözlemlenmiştir. Bu değişimin gerek bazı zemin sınıflarında yetersiz rijitlik nedeniyle kesitleri, bazı zemin sınıflarında ise artan iç kuvvetlere bağlı olarak donatı alanını artıracağı söylenebilir. Bu nedenle deprem bölgelerinin yanında farklı zemin sınıflarının da yapı maliyetine olumlu ya da olumsuz etkileri olabileceği bir kez daha görülmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 (D.B.Y.B.H.Y.), 2007. *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı,* Ankara.

[2] TS 498, 2000. Yapı Elemanlarının Boyutlandırmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri*, Türk Standartları Enstitüsü*, İstanbul.

[3] TS 500, 2000. Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, İstanbul.

[4] Celep, Z. ve Kumbasar, N., (2001). Yapı *Dinamiği ve Deprem Mühendisliğine Giriş*, Sema Matbaacılık, İstanbul.

[5] Doğangün, A., (2008*), Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı*, Birsen Yayınevi, Ankara.

[6] Celep, Z. ve Kumbasar, N., (2005). *Betonarme Yapılar*, Sema Matbaacılık, İstanbul.

[7] Özmen, G., Orakdöğen, E. Ve Darılmaz, K., (2006). *Örneklerle SAP 2000*, Birsen Yayınevi, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Emre UKÇUL

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul 13.09.1987

Adres: Fıstıklı Köşk Sokak 18/09 ORTAKÖY/İSTANBUL

E-Posta: emr.ukl@gmail.com

Lisans: Balıkesir Üniversitesi