

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETONARME BİR YAPININ
EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ VE
MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİNE GÖRE TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Doğacan TURAN

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

OCAK 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETONARME BİR YAPININ
EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ VE
MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİNE GÖRE TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Doğacan TURAN
501101019**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL

OCAK 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501101069 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Doğacan TURAN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**BETONARME BİR YAPININ EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ VE MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİNE GÖRE TASARIMI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. İrfan ÇOŞKUN**

Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Mustafa GENÇOĞLU

İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **19 Aralık 2011**
Savunma Tarihi : **23 Ocak 2012**

ÖNSÖZ

“BETONARME BİR YAPININ EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ VE MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİNE GÖRE TASARIMI” adlı çalışmayı içeren bu yüksek lisans tezini hazırlamam sırasında, bilgi ve hoşgörüsü 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. Ayrıca İ.T.Ü. Yapı Mühendisliği Yüksek Lisans öğrenimi süresince almış olduğum karşılıksız TÜBİTAK BİDEB 2210 Programı Yurt İçi Yüksek Lisans Bursundan dolayı TÜBİTAK’a teşekkürü bir borç bilirim.

Ocak 2012

Doğacan TURAN
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

| | |
|---|-----------|
| ÖNSÖZ..... | v |
| İÇİNDEKİLER | vii |
| KISALTMALAR | xi |
| ÇİZELGE LİSTESİ..... | xiii |
| ŞEKİL LİSTESİ..... | xv |
| ÖZET..... | xvii |
| SUMMARY | xix |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. DEPREM YÜKÜ HESAP YÖNTEMLERİ | 3 |
| 2.1 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi | 3 |
| 2.2 Mod Birleştirme Yöntemi | 14 |
| 2.2.1 Hesaba katılacak yeterli titreşim modu sayısı..... | 15 |
| 2.2.2 Mod katkılarının birleştirilmesi | 16 |
| 2.3 Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri | 17 |
| 2.3.1 Yapay deprem yer hareketleri | 18 |
| 2.3.2 Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri | 18 |
| 2.3.3 Zaman tanım alanında hesap | 28 |
| 3. DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK BİNALAR HAKKINDA YÖNETMELİK 2007..... | 19 |
| 3.1 Kapsam..... | 19 |
| 3.2 Düzensiz Binalar | 20 |
| 3.2.1 Planda düzensizlik durumları..... | 21 |
| 3.2.1.1 A1 burulma düzensizliği | 21 |
| 3.2.1.2 A2 döşeme süreksizlikleri | 22 |
| 3.2.1.3 A3 planda çıkıntılar bulunması | 23 |
| 3.2.2 Düşey doğrultuda düzensizlik durumları | 23 |
| 3.2.2.1 B1 komşu katlar arası dayanım düzensizliği | 23 |
| 3.2.2.2 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği | 24 |
| 3.2.2.3 B3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği | 24 |
| 3.3 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması, İkinci Mertebe Etkileri ve Deprem Derzleri..... | 25 |
| 3.3.1 Etkin görelî kat ötelemelerinin hesaplanması ve sınırlandırılması | 25 |
| 3.3.2 İkinci mertebe etkileri | 26 |
| 3.3.3 Deprem derzleri..... | 26 |
| 3.4 Zemin Koşullarının Belirlenmesi | 27 |
| 3.4.1 Zemin grupları ve yerel zemin sınıfları..... | 27 |
| 4. BETONARME BİR YAPININ TASARIMI..... | 31 |
| 4.1 Döşemelerin Hesap ve Tasarımı | 34 |
| 4.1.1 Döşeme kalınlığı hesabı | 34 |
| 4.1.2 Döşeme yüklerinin belirlenmesi | 34 |
| 4.1.2.1 Sabit yükler | 34 |

| | |
|---|------------|
| 4.1.2.2 İlave sabit yükler | 36 |
| 4.1.2.3 Hareketli yükler | 36 |
| 4.1.2.4 Döşeme hesap yükleri | 36 |
| 4.1.3 Döşemelerin statik hesabı..... | 36 |
| 4.1.3.1 Plak döşemeler için TS 500 yaklaşık yöntemi | 36 |
| 4.1.3.2 α katsayılarının bulunması ve döşeme moment hesabı | 37 |
| 4.1.3.3 Mesnet momentlerinin dengelenmesi..... | 38 |
| 4.1.4 Döşeme donatısı hesabı..... | 39 |
| 4.2 Kiriş Yüklerinin Belirlenmesi | 40 |
| 4.2.1 Kiriş ön boyutları | 40 |
| 4.2.2 Kirişlere gelen yüklerin belirlenmesi | 40 |
| 4.3 Kolon Ön Boyutlandırması | 43 |
| 4.3.1 Kolon eksenel yüklerinin belirlenmesi..... | 43 |
| 4.3.2 Kolon kesitlerinin belirlenmesi | 43 |
| 5. DEPREM YÜKLERİNE GÖRE HESAP | 49 |
| 5.1 SAP 2000 Modelleme Bilgileri | 49 |
| 5.2 Dinamik Analiz | 51 |
| 5.3 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi İle Deprem Yüklerinin Bulunması..... | 59 |
| 5.3.1 Yük kombinasyonları..... | 59 |
| 5.3.2 Katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin belirlenmesi..... | 60 |
| 5.3.2.1 X doğrultusunda deprem yüklerinin belirlenmesi | 60 |
| 5.3.2.2 Y doğrultusunda deprem yüklerinin belirlenmesi | 61 |
| 5.4 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine Göre Düzensizlik Kontrolleri..... | 62 |
| 5.4.1 Kat deplasmanları ve A1 burulma düzensizliği kontrolü | 65 |
| 5.4.2 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü | 69 |
| 5.4.3 Kat görelî ötelemeleri kontrolü | 71 |
| 5.4.4 İkinci mertbe etkilerinin kontrolü..... | 74 |
| 5.5 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi İç Kuvvetleri | 77 |
| 5.5.1 Kolon iç kuvvetleri..... | 77 |
| 5.5.2 Perde iç kuvvetleri..... | 79 |
| 5.6 Mod Birleştirme Yöntemi İle Deprem Hesabı | 80 |
| 5.6.1 Mod birleştirme yönteminin SAP 2000 programında uygulanması..... | 81 |
| 5.6.1.1 Azaltılmış ivme tepki spektrumunun SAP 2000’de oluşturulması | 81 |
| 5.6.1.2 Taban kesme kuvvetinin SAP 2000’de tanımlanması..... | 81 |
| 5.6.1.3 Mod birleştirme yöntemi deprem yüklerinin oluşturulması..... | 82 |
| 5.6.2 Mod birleştirme yöntemi SAP 2000 analiz sonuçları..... | 84 |
| 5.6.2.1 Modal kütle katılım oranları | 84 |
| 5.6.3 Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması | 86 |
| 5.7 Mod Birleştirme Yöntemine Göre Düzensizlik Kontrolleri..... | 87 |
| 5.7.1 A1 burulma düzensizliği kontrolü | 87 |
| 5.7.2 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü | 89 |
| 5.7.3 Kat görelî ötelemeleri kontrolü | 92 |
| 5.7.4 İkinci mertbe etkilerinin kontrolü..... | 93 |
| 5.8 Mod Birleştirme Yöntemi İç Kuvvetleri | 96 |
| 5.8.1 Kolon iç kuvvetleri..... | 96 |
| 5.8.2 Perde iç kuvvetleri..... | 98 |
| 6. İKİ YÖNTEMİN SONUÇLARININ İNCELENMESİ | 101 |
| 6.1 Taban Kesme Kuvvetlerinin İncelenmesi | 101 |
| 6.2 A1 Burulma Düzensizliğinin İncelenmesi..... | 102 |
| 6.3 B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliğinin İncelenmesi | 104 |

| | |
|--|------------|
| 6.4 Kat Göreli Ötelemelerinin İncelenmesi..... | 105 |
| 6.5 İkinci Mertebe Etkilerinin İncelenmesi | 107 |
| 6.5 Kolon İç Kuvvetlerinin İncelenmesi | 108 |
| 6.6 Perde İç Kuvvetlerinin İncelenmesi | 114 |
| 7. SONUÇ VE ÖNERİLER..... | 121 |
| KAYNAKLAR | 125 |
| EKLER..... | 127 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 133 |

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 Yüğü 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..... | 4 |
| Çizelge 2.3 | : Etkin yer ivmesi katsayısı..... | 5 |
| Çizelge 2.4 | : Bina önem katsayısı | 6 |
| Çizelge 2.5 | : Yerel zemin sınıfları..... | 6 |
| Çizelge 2.6 | : Spektrum karakteristik periyotları..... | 7 |
| Çizelge 2.7 | : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı | 12 |
| Çizelge 3.1 | : Düzensiz yapılar | 20 |
| Çizelge 3.2 | : Zemin grupları..... | 28 |
| Çizelge 3.3 | : Yerel zemin sınıfları..... | 30 |
| Çizelge 4.1 | : Bina genel özellikleri..... | 32 |
| Çizelge 4.2 | : Döşeme mesnetlendirme özellikleri | 35 |
| Çizelge 4.3 | : TS 500 α katsayılarının bulunması..... | 38 |
| Çizelge 4.4 | : Döşeme açıklık ve mesnet momentleri | 38 |
| Çizelge 4.5 | : X doğrultusunda mesnet moment seçimi | 39 |
| Çizelge 4.6 | : Y doğrultusunda mesnet moment seçimi | 40 |
| Çizelge 4.7 | : Kirişlere gelen yüklerin hesabı..... | 41 |
| Çizelge 4.8 | : Kolonlara gelen eksenel yüklerin hesaplanması | 44 |
| Çizelge 5.1 | : Binanın doğal titreşim periyotları ve frekansları..... | 52 |
| Çizelge 5.2 | : Modların kütle katılım oranları | 54 |
| Çizelge 5.3 | : X doğrultusunda eşdeğer deprem yükü hesabı..... | 63 |
| Çizelge 5.4 | : Y doğrultusunda eşdeğer deprem yükü hesabı..... | 64 |
| Çizelge 5.5 | : E.D.Y.Y. X doğrultusunda A1 burulma düzensizliği kontrolü..... | 66 |
| Çizelge 5.6 | : E.D.Y.Y. Y doğrultusunda A1 burulma düzensizliği kontrolü | 67 |
| Çizelge 5.7 | : E.D.Y.Y. X doğrultusunda A1 burulma düzensizliği kontrolü (2. Çözüm)..... | 68 |
| Çizelge 5.8 | : E.D.Y.Y. Y doğrultusunda A1 burulma düzensizliği kontrolü (2. Çözüm)..... | 69 |
| Çizelge 5.9 | : E.D.Y.Y. X doğrultusunda B2 düzensizliği kontrolü | 70 |
| Çizelge 5.10 | : E.D.Y.Y. Y doğrultusunda B2 düzensizliği kontrolü | 71 |
| Çizelge 5.11 | : E.D.Y.Y. X doğrultusunda kat görelî ötelemeleri kontrolü | 72 |
| Çizelge 5.12 | : E.D.Y.Y. Y doğrultusunda kat görelî ötelemeleri kontrolü | 73 |
| Çizelge 5.13 | : E.D.Y.Y. X doğrultusunda ikinci mertebe etkileri kontrolü | 75 |
| Çizelge 5.14 | : E.D.Y.Y. Y doğrultusunda ikinci mertebe etkileri kontrolü | 76 |
| Çizelge 5.15 | : E.D.Y.Y. M3 eğilme momentleri | 78 |
| Çizelge 5.16 | : E.D.Y.Y. M2 eğilme momentleri | 78 |
| Çizelge 5.17 | : E.D.Y.Y. V2 kesme kuvveti..... | 79 |
| Çizelge 5.18 | : E.D.Y.Y. V3 kesme kuvveti..... | 79 |
| Çizelge 5.19 | : E.D.Y.Y. Perde iç kuvvetleri..... | 80 |
| Çizelge 5.20 | : Zaman ivme fonksiyonu | 81 |

| | |
|---|-----|
| Çizelge 5.21 : Mod birleştirme yöntemi modal katılım oranları | 85 |
| Çizelge 5.22 : Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması | 87 |
| Çizelge 5.23 : M.B.Y. x doğrultusunda A-1 burulma düzensizliği kontrolü..... | 88 |
| Çizelge 5.24 : M.B.Y. y doğrultusunda A-1 burulma düzensizliği kontrolü..... | 89 |
| Çizelge 5.25 : M.B.Y. x doğrultusunda B-2 rijitlik düzensizliği kontrolü | 90 |
| Çizelge 5.26 : M.B.Y. y doğrultusunda B-2 rijitlik düzensizliği kontrolü | 91 |
| Çizelge 5.27 : M.B.Y. x doğrultusunda kat görelî ötelemeleri kontrolü | 92 |
| Çizelge 5.28 : M.B.Y. y doğrultusunda kat görelî ötelemeleri kontrolü | 93 |
| Çizelge 5.29 : M.B.Y. x doğrultusunda ikinci mertbe etkileri kontrolü | 94 |
| Çizelge 5.30 : M.B.Y. y doğrultusunda ikinci mertbe etkileri kontrolü | 95 |
| Çizelge 5.31 : M.B.Y. M3 eğilme momentleri, normal kuvvetler..... | 96 |
| Çizelge 5.32 : M.B.Y. M2 eğilme momentleri, normal kuvvetler..... | 97 |
| Çizelge 5.33 : M.B.Y. V2 kesme kuvveti | 97 |
| Çizelge 5.34 : M.B.Y. V3 kesme kuvveti | 98 |
| Çizelge 5.35 : M.B.Y. perde iç kuvvetleri | 99 |
| Çizelge 6.1 : Eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemi ile bulunan taban kesme kuvveti (V_T) değerleri | 101 |
| Çizelge 6.2 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan A1 burulma düzensizliği katsayıları | 103 |
| Çizelge 6.3 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan B2 rijitlik düzensizliği katsayıları | 104 |
| Çizelge 6.4 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan kat görelî ötelemeleri | 105 |
| Çizelge 6.5 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan ikinci metebe etkisi katsayıları | 107 |
| Çizelge 6.6 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan kolon M3 eğilme momentleri | 109 |
| Çizelge 6.7 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan kolon V2 kesme kuvvetleri | 111 |
| Çizelge 6.8 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan kolon normal kuvvetleri | 113 |
| Çizelge 6.9 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan perde eğilme momentleri | 114 |
| Çizelge 6.10 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan perde kesme kuvvetleri | 116 |
| Çizelge 6.11 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan perde eksenel kuvvetleri | 118 |

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..... | 9 |
| Şekil 2.4 : Rijit bodrum kata sahip binada üst katlar için yapılacak eşdeğer deprem yükü hesabı | 10 |
| Şekil 2.5 : Bodrum kata ait eşdeğer deprem yükü hesabı..... | 11 |
| Şekil 2.6 : Kütle merkezinin yeri ve kaydırılmış kütle merkezinin konumları | 11 |
| 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..... | 21 |
| Şekil 3.2 : A-2 düzensizlik durumu-1 | 22 |
| Şekil 3.3 : A-2 düzensizlik durumu-2 ve 3 | 22 |
| Şekil 3.4 : A-3 türü düzensizlik durumu | 23 |
| Şekil 3.5 : 3.2.2.3 (a) guseli durum | 24 |
| Şekil 3.6 : 3.2.2.3 (b) kolon süreksizliği | 25 |
| Şekil 3.7 : 3.2.2.3 (c) perde süreksizliği | 25 |
| Şekil 3.8 : 3.2.2.3 (d) perde süreksizliği..... | 25 |
| Şekil 4.1 : Binanın normal kat kalıp planı... .. | 33 |
| Şekil 5.1 : Binanın SAP 2000 programında 3D modeli... .. | 51 |
| Şekil 5.2 : Binanın SAP 2000 programıyla bulunan 1. mod şekli | 56 |
| Şekil 5.3 : Binanın x doğrultusundaki 1. modu | 57 |
| Şekil 5.4 : Binanın y doğrultusundaki 1. modu | 58 |
| Şekil 5.5 : SAP 2000 programında zaman-ivme fonksiyonunun tanımlanması | 83 |
| Şekil 5.6 : SAP 2000 programında specx'in tanımlanması... .. | 84 |
| Şekil 6.1 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması | 102 |
| Şekil 6.2 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan A1 burulma düzensizliği katsayılarının karşılaştırılması | 103 |
| Şekil 6.3 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan B2 rijitlik düzensizliği katsayılarının karşılaştırılması | 105 |
| Şekil 6.4 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan kat görelî ötelemelerinin karşılaştırılması | 106 |
| Şekil 6.5 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan ikinci mertebeye etkilerinin karşılaştırılması | 108 |
| Şekil 6.6 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan zemin kat kolon eğilme momentlerinin karşılaştırılması | 109 |
| Şekil 6.7 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan 10. kat kolon eğilme momentlerinin karşılaştırılması | 110 |
| Şekil 6.8 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan zemin kat kolon kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması | 111 |

| | | |
|-------------------|--|-----|
| Şekil 6.9 | : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan 10. kat kolon kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması | 112 |
| Şekil 6.10 | : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan zemin kat kolon eksenel kuvvetlerinin karşılaştırılması | 113 |
| Şekil 6.11 | : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan 10. kat kolon eksenel kuvvetlerinin karşılaştırılması | 114 |
| Şekil 6.12 | : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan zemin kat perde eğilme momentlerinin karşılaştırılması | 115 |
| Şekil 6.13 | : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan 10. kat perde eğilme momentlerinin karşılaştırılması | 115 |
| Şekil 6.14 | : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan zemin kat perde kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması | 117 |
| Şekil 6.15 | : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan 10. kat perde kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması | 117 |
| Şekil 6.16 | : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan zemin kat perde eksenel kuvvetlerinin karşılaştırılması | 118 |
| Şekil 6.17 | : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan 10. kat perde eksenel kuvvetlerinin karşılaştırılması | 119 |

ÇOK KATLI BETONARME BİR YAPININ EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ VE MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİNE GÖRE TASARIMI

ÖZET

Yapısal elemanlarda oluşacak en elverişsiz iç kuvvetleri meydana getiren yüklemeler depremlili durum yüklemeleridir. Yapıya etkiyen deprem yüklerinin hesaplanabilmesi için farklı yöntemler mevcuttur. Bu yöntemlerden taşıyıcı sisteme uygun olanın tespit edilmesi, deprem yükü hesabının ve taşıyıcı elemanlara dağılımının yöntemin gerektirdiği 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, lokal 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. Yöntem sadedir; kolay anlaşılır ve uygulanır. Modların Süperpozisyonu Yönteminde ise, maksimum iç kuvvetler ve yerdeğiştirmeler binada yeterli sayıda titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilir. Yöntemde n serbestlik derecesine eşit sayıda birbirinden bağımsız n tane tek serbestlik dereceli sistemin davranışı esas alınarak yapılan çözümlenmeye dayanır. 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.

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

İkinci bölümde, Deprem Yönetmeliğinde belirtilen deprem yükü çözüm yöntemleri hakkında detaylı açıklama 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 depremlili durum çözümü sonrası yapılması gerekli olan kontroller hakkında açıklamalar verilmiştir.

Dördüncü bölümde, 1 bodrum kat, 1 zemin kat ve 10 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 hesabı verilmiştir.

Altıncı bölümde her iki yöntemle yapılmış olan analizler sonucu elde edilen iç kuvvetler ve düzensizlik durumları çizelgeler ve grafikler haline birarada verilmiştir, her iki yöntemde elde edilen sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılarak sonuçların değişimi incelenmiştir

Yedinci bölümde ise her iki yöneme ait sonuçlar kıyaslanmış ve çalışma sonucu elde edilen bilgiler sunulmuştur.

DESIGN OF A REINFORCED CONCRETE TALL STORY BUILDING BY EQUIVALENT SEISMIC LOAD METHOD AND MODE SUPERPOSITION METHOD

SUMMARY

Considerable losses of life and properties have taken place as a result of the destruction caused by the earthquakes that have happened in Turkey during the past two decades. A large number of existing buildings in Turkey and other developing countries, built according to design codes of the 70s and 90s shows that many of them behave poorly and have insufficient seismic safety. Damages are serious and irreparable that occurred on residential buildings. The earthquake and the construction regulations underwent significant changes with revisions made in 2007.

Reinforced concrete buildings being economical and having widespread implementation areas have made them common practice in our country. The ways necessary to arrange these buildings are, creation of the column support systems, utilizing a solution system on the sections of the support system to discover the arising effects, dimensional realization and completion of the respective sketches.

Seismic loads generate the most inconvenient internal forces of the structural elements. There are different methods of calculating the force of earthquakes affecting on buildings. These are called seismic load calculation methods. After determining the essential one of the methods for our system, the force of earthquakes and its distribution over structural elements must be calculated in the way the chosen method requires.

Determining the suitable methods for different systems are given in Turkish seismic code. Three alternative seismic load calculation methods are presented by the seismic code. Equivalent Seismic Load Method, Modal Superposition Method and Time Increment Methods are indicated for seismic load calculations in our seismic code.

On the occasion of the force of earthquakes being calculated with an unsuitable approach for the building, the results will not be satisfied in the way that they must be. Therefore, the application of the three calculating methods for the seismic load is restricted by the seismic code.

Equivalent Seismic Load Method is a widespread seismic load calculation method and it can be found in many seismic codes in the world. This method can be found in different names such as semi dynamic method or semi static method.

The total earthquake force which is applied to building calculated by an assumption which depends on many parameters such as seismic property of the area, local soil conditions, 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 very applicable.

In Mode Superposition Method, the maximum internal forces and displacements are obtained by the calculation of the maximum contributions of each adequate vibration modes that combined statistically. The dynamic response of independent mass concentrated points can be obtained separately for each mode shapes.

Based on Mode Superposition Method, it is expected that the behavior of the structural system is obtained by means of the superposition of each vibration mode via certain modes.

Being the common practice of lumped mass, it is assumed that the mass of each story is lumped at the story level, the mass center, and the effect of eccentricity of mass center and the rigidity is taken into account by applying torsion on it. At the end, the result of these two dynamic analyses are compared.

The mode superposition method sums factored mode shapes (eigenvectors) from a modal analysis to calculate the structure's response. Its advantages are: it is faster and less expensive than either the reduced or the full method for many problems, element loads applied in the preceding modal analysis can be applied in the harmonic response analysis via the command, it allows solutions to be clustered about the structure's natural frequencies so this results in a smoother, more accurate tracing of the response curve, prestressing effects can be included, it accepts modal damping (damping ratio as a function of frequency).

Disadvantages of the mode superposition method is imposed (non-zero) displacements cannot be applied.

In Time Increment Methods, in order to investigate the structural behavior of the building under seismic loading, an earthquake is assigned to the building as lateral load and the time history analysis is carried out.

Time History Analysis is another seismic calculation method in our seismic code. The method makes use of earthquakes acceleration-time records that occurred previously or similar artificial records which constituted.

The building under consideration is located in first degree seismic zone which consist of a ground floor and 10 official stories. It is designed as an apartment. The ground floor and official stories are 3 m height. Structural system consist of exterior tube with closely spaced columns and the core shear walls.

Three dimensional modeling of the building is analyzed using SAP 2000 structural analysis programme, that works with Finite Element Method, to determine the section effects under loads and to yield all internal forces of structural elements.

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.

For the purpose of considering behaviour of the building undergoing lateral seismic effects, the loads found according to the Equivalent Seismic Load Method presented in the Turkish Earthquake Code are used in the computer model which analyzed with SAP 2000 structural analysis programme.

The building was modelled as three dimensional frame system 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 ends 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 a floor level were constrained to move as a planar diaphragm in order to prevent in plane membrane deformations. No slabs were defined; instead, slab weights were distributed to side beams as dead loads. Weights of the beams, columns, walls and the roofs 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.

Approximate analysis method presented in Technical Report and Spectral Analysis Method using the SAP 2000 programme is applied to the building and results of internal forces are corresponded with each other.

Using the combination 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.

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 fourth chapter of the thesis, reinforced concrete tall story building consisting of 1 basement story, 1 ground floor and 10 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.

In the sixth chapter the results of internal forces and structural irregularities are given together for Equivalent Seismic Load Method and Mod Superposition Method.

In the last chapter of thesis, the comparison of the results which are obtained by two different methods 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 İskan Bakanlığı tarafından 2007 yılında hazırlanmış 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 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 sınırlandırılmasıdır.

Bu çalışmada, taşıyıcı sistemi betonarme perde ve çerçevelerden oluşan 12 katlı bir yapının yatay ve düşey yükler altında D.B.Y.B.H.Y. 2007 kurallarına göre Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi kullanılarak tasarımı yapılmıştır. Yapı, 1 adet rijit perdelerle çevrili bodrum kat, 1 zemin kat ve 10 normal kattan oluşmaktadır. Tüm katların yüksekliği 3 m dir. Yapı birinci derece deprem bölgesinde yer almaktadır ve üzerinde bulunduğu zemin Z3 yerel zemin sınıfındadır. Yapıda C25 kalitesinde beton ve S420 kalitesinde betonarme çeliği kullanılmıştır. Zemin emniyet gerilmesi 180 kN/m^2 alınmıştır. Yapının taşıyıcı sistemi üç boyutlu olarak SAP 2000 programında modellenmiş ve depremlı durum 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) kurallarına göre yapılmıştır. Çalışmanın son aşamasında Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Modların Süperpozisyonu Yöntemine göre elde edilen sonuçlar birbiri ile karşılaştırılarak sonuçların değişimi incelenmiştir.

2. DEPREM YÜKÜ HESAP YÖNTEMLERİ

Yapı sistemlerinin deprem hesabı DBYBHY 2007 de belirtildiği gibi 3 farklı şekilde yapılmaktadır.

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

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

2.1 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi

Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin uygulanabileceği bina türleri ve bu binalara ait yükseklik bilgileri aşağıda 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 bina toplam yüksekliğini ifade etmektedir. Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (Taban Kesme Kuvveti), (V_t) Denklem (2.1) ile belirlenecektir.

$$V_t = W \cdot A(T_1) / R_a(T_1) \geq 0,10 \cdot A_0 \cdot I \cdot W \quad (2.1)$$

Bu ifadede;

W : Binanın 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

şeklinde belirtilmiştir.

Binanın deprem sırasındaki toplam ağırlığı olarak göz önüne alınacak olan W , Denklem (2.2) ile belirlenecektir.

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (2.2)$$

Buna göre w_i kat ağırlıkları ise Denklem (2.3) ile hesaplanacaktır.

$$w_i = g_i + n \cdot q_i \quad (2.3)$$

Bu ifadelerde ;

w_i : Her bir kata ait ağırlık

g_i : Sabit yükler

q_i : Hareketli yükler

n : Hareketli yük katılım katsayısı şeklinde ifade edilmiştir.

Hareketli yük katılım katsayısı, n , Çizelge 2.2 de verilmiştir. Kar yüklerinin %30'u sabit yük olarak göz önüne alınacaktır. Endüstri binalarında; sabit ekipman ağırlıkları için $n=1$ alınacak, ancak vinç kaldırma yükleri kat ağırlıklarının hesabında göz önüne alınmayacaktır.

Çizelge 2.2 : Hareketli yük katılım katsayısı.

| Binanın Kullanım Amacı | n |
|---|-----|
| Depo, antrepo, vb. | 0.8 |
| Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinama, 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)'te tanımlanmıştır. %5 sönüm oranı için tanımlanan Elastik İvme Spektrumunun ordinatı olan Elastik Spektral İvme, $S_{ac}(T)$, Spektral İvme Katsayısı ile yerçekimi ivmesi g 'nin çarpımına karşı gelmektedir.

$$A(T) = A_0 \cdot I \cdot S(T) \quad (2.4)$$

A_0 : Etkin yer ivme 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.

| Deprem Bölgesi | A_0 |
|----------------|-------|
| 1 | 0.4 |
| 2 | 0.3 |
| 3 | 0.2 |
| 4 | 0.1 |

Bina önem katsayısı, I , farklı bina kullanım amaçlarına göre Çizelge 2.4'de verilmiştir.

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.

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

$$S(T) = 2,5 \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (2.5)$$

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

Denklem 2.5'deki Spektrum Karakteristik Periyotları, T_A ve T_B , Çizelge 2.5'de tanımlanmış olan Yerel Zemin Sınıflarına bağlı olmak üzere Çizelge 2.6'da verilmiştir. T_A spektrum karakteristik alt periyodu, T_B ise spektrum karakteristik üst periyodu anlamına gelir. Bu iki değer arasında ivme tepki spektrumundaki lineer bölgeye ise plato adı verilir. Yapıya etki edecek olan en büyük deprem yükü yapı periyodu karakteristik alt ve üst periyotlar arasında iken etkir. Yapının dinamik analiz sonrasında tespit edilen doğal titreşim periyotlarından x ve y doğrultularında etkili olan birinci doğal titreşim periyotları $S(T)$ hesabında kullanılacaktır.

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) Toksik, 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 |

Çizelge 2.5 : Yerel zemin sınıfları.

| Yerel Zemin Sınıfı | Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h₁) |
|---------------------------|---|
| Z1 | A Grubu zeminler h ₁ ≤ 15 m olan (B) grubu zeminler |
| Z2 | h ₁ > 15 m olan (B) grubu zeminler h ₁ ≤ 15 m olan (C) grubu zeminler |
| Z3 | 15 m < h ₁ < 50 m olan (C) grubu zeminler h ₁ ≤ 10 m olan (D) grubu zeminler |
| Z4 | h ₁ > 50 m olan (C) grubu zeminler h ₁ > 10 m olan (D) grubu zeminler |

Spektrum Karakteristik Periyotları Çizelge 2.6'da verilmiştir.

Çizelge 2.6 : Spektrum karakteristik periyotları.

| Yerel Zemin Sınıfı | T _A (sn) | T _B (sn) |
|--------------------|---------------------|---------------------|
| Z1 | 0.10 | 0.30 |
| Z2 | 0.15 | 0.40 |
| Z3 | 0.15 | 0.60 |
| Z4 | 0.20 | 0.90 |

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi uygulandığı takdirde, binanın deprem doğrultusundaki hakim doğal titreşim periyodu, Denklem (2.6) ile hesaplanan değerden daha büyük alınmayacaktır.

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

Bu denklemde ;

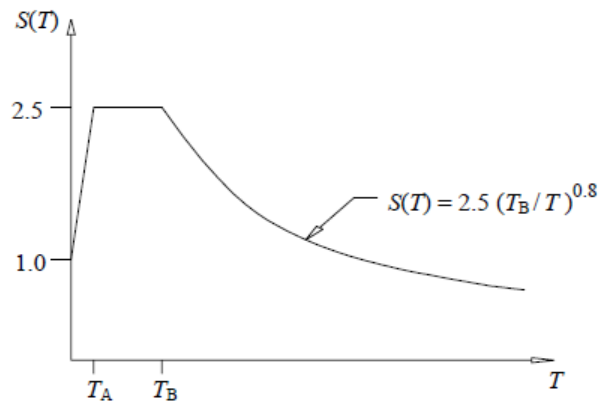
m_i : i'nci katın kütesidir.

F_{fi} : i'nci kata etkiyen fiktif yükleri gösterir ve Denklem (2.7) ile hesaplanır.

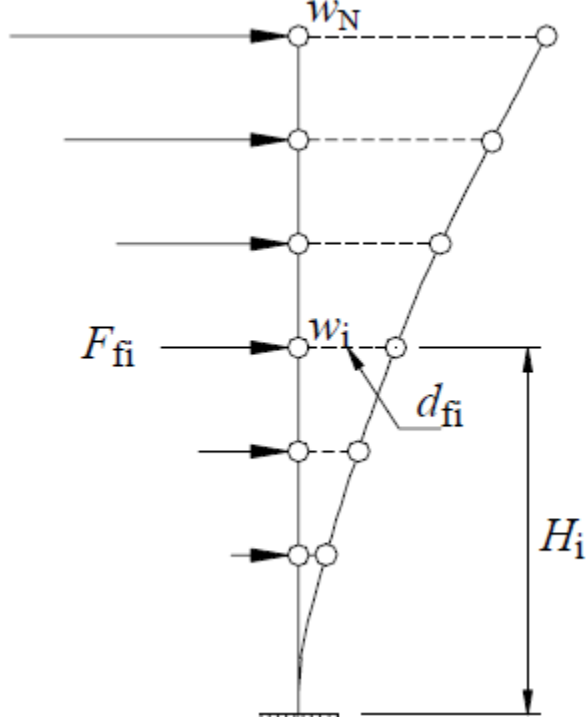
d_{fi} : Fiktif yüklerin etkisi altında, aynı noktalarda deprem doğrultusunda hesaplanan yer değiştirmeleri gösterir.

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

Zaman-Spektrum katsayısı grafiği Şekil 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.1 : Zaman-Spektrum katsayısı grafiği.



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

Taşıyıcı sistemin depremlili durumda sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışı göz önüne alınarak, spektral ivme katsayılarına bağlı olarak bulunan elastik deprem yükleri, aşağıda tanımlanan Deprem Yüğü Azaltma Katsayısına bölünecek ve yapıya etkiyen eşdeğer deprem yükleri belli bir oranda azaltılmış olacaktır. Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı, çeşitli taşıyıcı sistemler için Çizelge 2.7’de tanımlanan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, R ’ye ve yapının doğal titreşim periyodu, T ’ye bağlı olarak Denklem (2.8) ve (2.9) ile belirlenecektir.

$$R_a(T) = 1,5 + (R - 1,5)T/T_A \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (2.8)$$

$$R_a(T) = R \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (2.9)$$

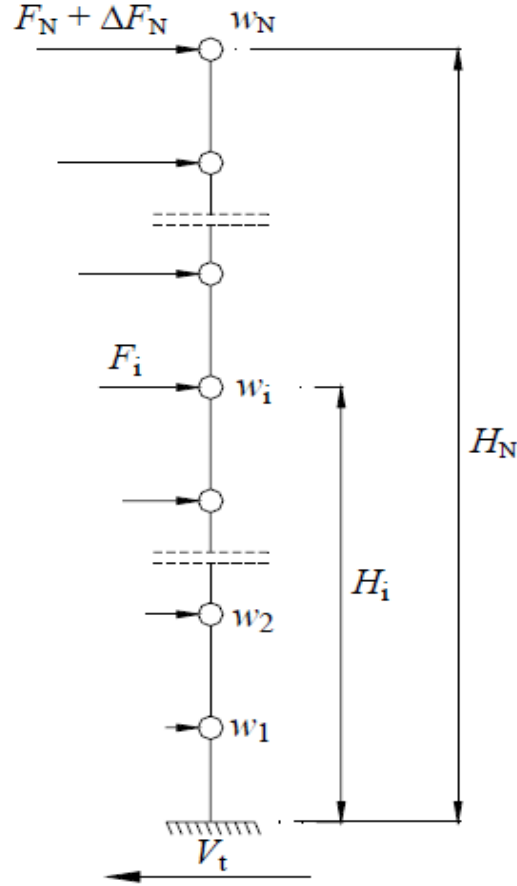
Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, Denklem (2.1) ile hesaplanan yapıya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerin toplamı olarak denklem (2.10) ile ifade edilir ve Şekil 2.3’te gösterilmiştir.

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (2.10)$$

Bu ifadede;

V_t : Toplam eşdeğer deprem yükü

ΔF_N : En üst kata etkiyen ek eşdeğer deprem yüküdür.



Şekil 2.3 : Kat ağırlıkları ve katlara gelen deprem yükleri.

Binanın N'inci katına etkiyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N 'in değeri Denklem (2.11) ile belirlenecektir.

$$\Delta F_N = 0.0075 \cdot N \cdot V_t \quad (2.11)$$

Toplam Eşdeğer Deprem Yükü ΔF_N dışında geri kalan kısmı, N'inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına Denklem (2.12) ile dağıtılacaktır.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i \cdot H_i}{\sum_{j=1}^N w_j \cdot H_j} \quad (2.12)$$

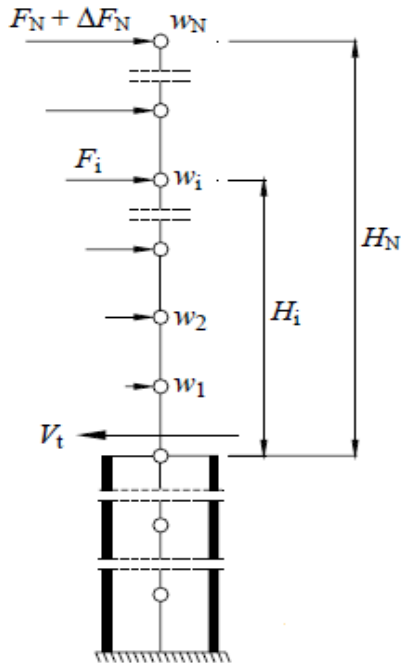
Bodrum katlarında rijitliği üst katlara oranla çok büyük olan betonarme çevre perdelerinin bulunduğu ve bodrum kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, bodrum katlarına ve üstteki katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri, ayrı ayrı aşağıda anlatılan şekilde hesaplanacaktır. Üstteki katlara etkiyen toplam eşdeğer deprem yükünün ve eşdeğer kat deprem yüklerinin belirlenmesinde, bodrumdaki rijit çevre perdeleri gözönüne 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 periyodu bulunurken, 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 (2.13) ile hesaplanan spektral ivme değeri ile bu katın ağırlığı doğrudan çarpılacak ve elde edilen elastik yükler, $R_a(T) = 1.5$ katsayısına bölünerek azaltılacaktır.

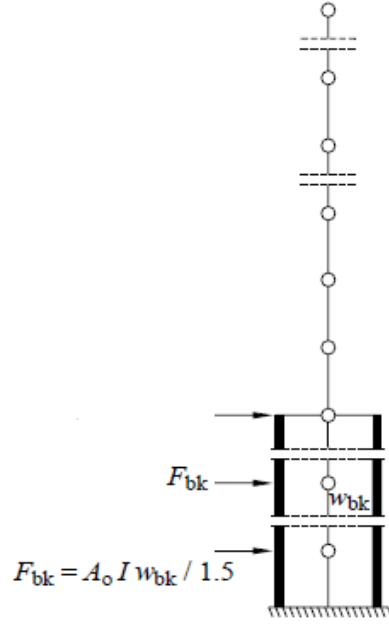
$$S_a(T) = A(T) \cdot g \quad (2.13)$$

Şekil 2.4'te rijit bodrum kata sahip binada üst katlar için yapılacak eşdeğer deprem yükü hesabında, üst katlara etki edecek deprem kuvvetleri ve bu kuvvetlerin uygulama yükseklikleri verilmiştir. Şekil 2.5'te ise aynı durum rijit bodrum kat için izah edilmiştir.

Yapının katlarına etki edecek olan eşdeğer deprem yüklerinin etkime yerleri, rijit bodrum kata sahip binada üst katlar için Şekil 2.4'de verilmiş olup, bodrum kata etkicek eşdeğer yükler şekil 2.5'de verilmiştir.

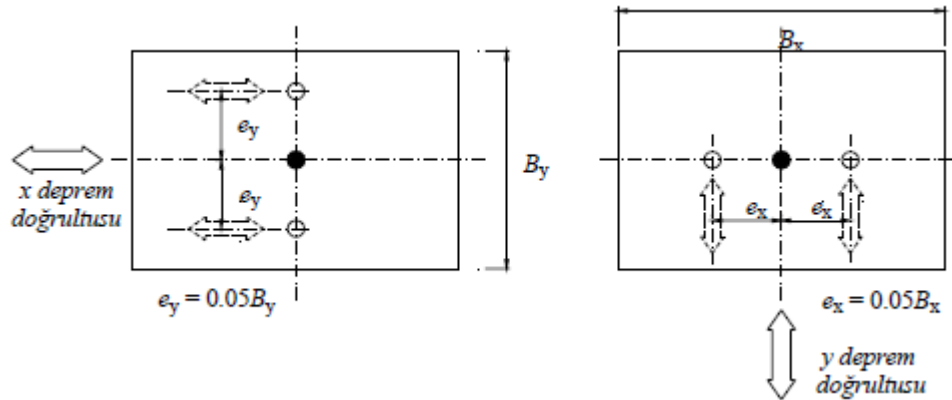


Şekil 2.4 : Rijit bodrum kata sahip binada üst katlar için yapılacak eşdeğer deprem yükü hesabı.



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 gözönüne 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. Kat hizasında tüm döşemeleri içine alacak şekilde rijitdiyafram uygulandığı takdirde, bu davranışı bozacak olan döşeme boşlukları göz önünde bulundurulmalıdır.



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

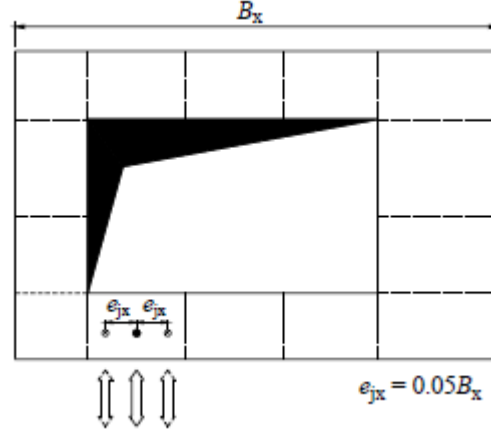
Yapının sahip olduğu taşıyıcı sistem tipine göre taşıyıcı sistem davranış katsayısı Çizelge 2.7'den alınıp spektrum katsayısı ve deprem yükü hesabında kullanılacaktır.

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 bağlantıları 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 bağlantıları 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 - 4 | 5 7 6 |
| (a) Çaprazların merkezi olma durumu ... | | |
| (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 - 4 | 6 8 7 |
| (a) Çaprazların merkezi olma durumu ... | | |
| (b) Çaprazların dışmerkez olma durumu ... | | |
| (c) Betonarme perdelerin kullanılması durumu ... | | |

A2 türü düzensizliğin bulunduğu ve döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalışmadığı binalarda, döşemelerin yatay düzlemdeki şekil değiştirmelerinin gözönüne alınmasını sağlayacak yeterlikte bağımsız statik yerdeğiştirme bileşeni hesapta gözönüne 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.

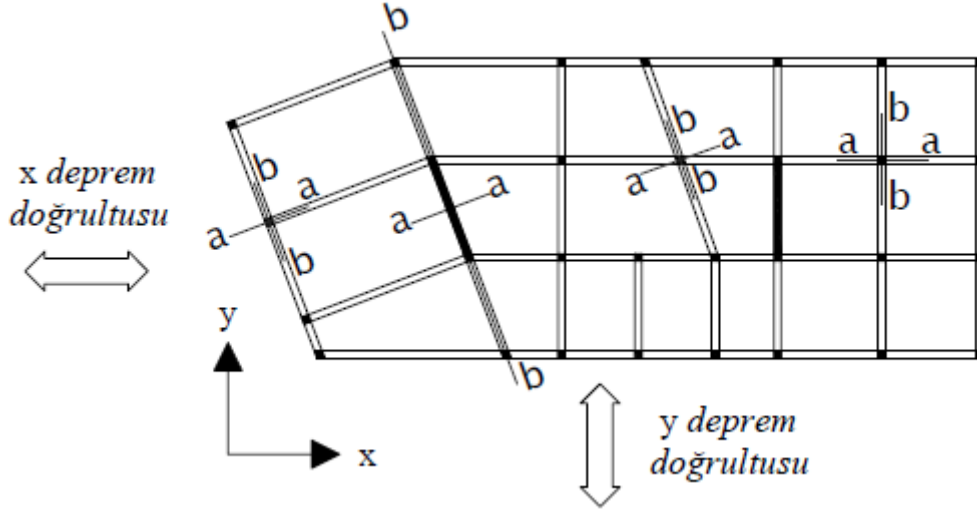
Binanın herhangi bir i'inci katında A1 türü burulma düzensizliği olması durumunda, $1.2 \leq \eta_{bi} \leq 2.0$ olmak koşulu ile bu katta uygulanan $\pm\% 5$ ek dışmerkezlik, her iki deprem doğrultusu için Denklem (2.1)'de verilen D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir.

$$D_i = \left(\frac{\eta_{bi}}{1.2} \right)^2 \quad (2.14)$$

Şekil 2.8'de verilen 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 (2.15) ile elde edilecektir.

$$\begin{aligned} B_a &= \pm B_{ax} \pm 0.30 B_{ay} & \text{veya} & & B_a &= \pm 0.30 B_{ax} \pm B_{ay} \\ B_b &= \pm B_{bx} \pm 0.30 B_{by} & \text{veya} & & B_b &= \pm 0.30 B_{bx} \pm B_{by} \end{aligned} \quad (2.15)$$

İç kuvvetlerin her iki asal eksen doğrultusunda büyütülme işlemi iç kuvvetler yerine daha öncesinde hesaplanacak olan deprem yüklerinin büyütülmesi ile gerçekleştirilebilir [1]. Anlaşılacağı üzere hesap yapılacak olan ana deprem doğrultusuna dik olan tali doğrultuda hesaplanmış olan deprem yüküde hesaba katılmış olur [1].



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 istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilir. Herhangi bir r'inci titreşim modunda göz önüne alınacak ivme spektrumu ordinatı denklem (2.16) ile belirlenecektir.

$$S_{aR}(T_r) = \frac{S_{ae}(T_r)}{R_a(T_r)} \quad (2.16)$$

Bu ifadede ;

$S_{aR}(T_r)$: r'inci titreşim modunda gözönüne alınacak ivme spektrum değeri

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

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

r'inci moda ait spektral ivme değeri Denklem (2.17) ile bulunacaktır.

$$S_{ae}(T_r) = A(T_r).g \quad (2.17)$$

Bu ifadede ;

g : Yerçekimi ivmesi

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

Elastik tasarım ivme spektrumunun özel olarak belirlenmesi halinde, Denklem (2.17)'de $S_{ae}(T_r)$ yerine, ilgili özel spektrum ordinatı gözönüne 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 gözönüne 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 gözönüne alınmasını sağlayacak yeterlilikte dinamik serbestlik derecesi gözönüne 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 Denklem 2.1'e göre de hesaplanabilir. Bu büyüklükler, ek dışmerkezlik etkisi gözönüne alınmaksızın her bir titreşim modu için hesaplanarak birleştirilen büyüklere doğrudan eklenecektir.

2.2.1 Hesaba katılacak yeterli titreşim modu sayısı

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, gözönüne alınan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin % 90'ından daha az olmaması kuralına göre Denklem 2.18' de verildiği biçimde belirlenecektir.

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

$$\sum_{n=1}^Y M_{yn} = \sum_{n=1}^Y \frac{L_{yn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^N m_i \quad (2.18)$$

Bu ifadede;

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

M_{yn} : Gözönüne 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 kütleleri olarak tanımlanmıştır.

Denklem 2.18'de yer alan L_{xn} ve L_{yn} ile modal kütle M_n 'nin ifadeleri, Denklem 2.19 ve denklem 2.20'de verilmiştir.

$$L_{xn} = \sum_{i=1}^N M_i \Phi_{xin} \quad L_{yn} = \sum_{i=1}^N M_i \Phi_{yin} \quad (2.19)$$

$$M = \sum_{i=1}^N (M_i \Phi_{XIN}^2 + M_i \Phi_{YIN}^2 + M_{\Theta i} \Phi_{\Theta IN}^2) \quad (2.20)$$

Bu ifadelerde;

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

Φ_{yin} : Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta y eksenini 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 gözönüne alınması ile yetinilebilir. Bu durumda, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi için verilen kurallar aynen uygulanacak ve Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılacak hesapta, bodrumdaki rijit çevre perdeleri gözönüne 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 görel 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, gözönüne 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.

Gözönüne 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 ($V_{tB} \leq \beta \cdot V_t$), Mod Birleştirme Yöntemine göre bulunan tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri, Denklem (2.21)'e göre büyütülecektir.

$$B_D = \left(\frac{\beta V_t}{V_{tB}} \right) B_B \quad (2.21)$$

Bu ifade de;

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 (2.21)'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 yada doğrusal elastik olmayan deprem hesabı için, yapay yollarla üretilen, daha önce kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri kullanılabilir. Daha önce kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri kullanılacak olduğu takdirde uyulması gerekli olan üç adet kural yönetmeliğimizde yatay deprem yer hareketi altında açıklanmıştır.

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, gözönüne alınan deprem doğrultusundaki birinci (hakim) periyod T_1 'e göre $0.2T_1$ ile $2T_1$ arasındaki periyodlar için, Denklem (2.15)'te tanımlanan $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivmelerinin % 90'ından daha az olmayacaktır. Zaman tanım alanında doğrusal elastik analiz yapılması durumunda, azaltılmış deprem yer hareketinin elde edilmesi için esas alınacak spektral ivme değerleri Denklem (2.18) ile 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 gözönüne 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 esası, kuvvetli yer hareketine maruz kalabilecek bina ve bina türü yapıların, depreme dayanıklı tasarlanması ve yapılması ile ilgili koşulları tanımlamaya dayanır. Bu bölümde, “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007” [1] de verilen temel esaslardan bahsedilecektir. Bu yönetmelik deprem bölgelerinde yeni yapılacak binalar ile daha önce yapılmış mevcut binalara uygulanır. 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 sınırlandırılmasıdır.

İlke olarak depreme dayanıklı yapı tasarımı, anlaşılacağı üzere tasarımda yapısal hasar oluşumunu belli bir düzeyde kabul eden bir görüşe sahiptir. Oluşması muhtemel yapısal hasar riskleri kabul edilmiştir. Herhangi bir yapının depremi hiç hasar görmeden atlatabilmesi için binanın yapım maliyetinin ekonomik olması söz konusu değildir. Yurdumuz genelinde aktif fay hatları yoğun olduğundan ve bir çok büyük ilimiz 1. ve 2. derece deprem bölgesinde kaldığından dolayı yapısal tasarımın güvenli ve aynı zamanda ekonomik olmasına ihtiyaç duyulmuştur. Bu nedenle şiddetli yer hareketi altında yapının hasar göreceği kabul edilmesi durumunda, mutlaka bu hasarı kontrol etmek için iyi bir yapısal sistem seçimi gerçekleştirmek ve detaylandırma ile yapının deprem davranışını, oluşabilecek hasarların kontrol edilmesiyle mümkün olabilir. Depreme dayanıklı yapı tasarımı sırasında ilk olarak yapıdaki düzensizlikler gözönüne alınmalıdır ve ilk etapta yapı olabildiğince düzenli bir halde tasarlanmalıdır.

3.2 Düzensiz Binalar

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.

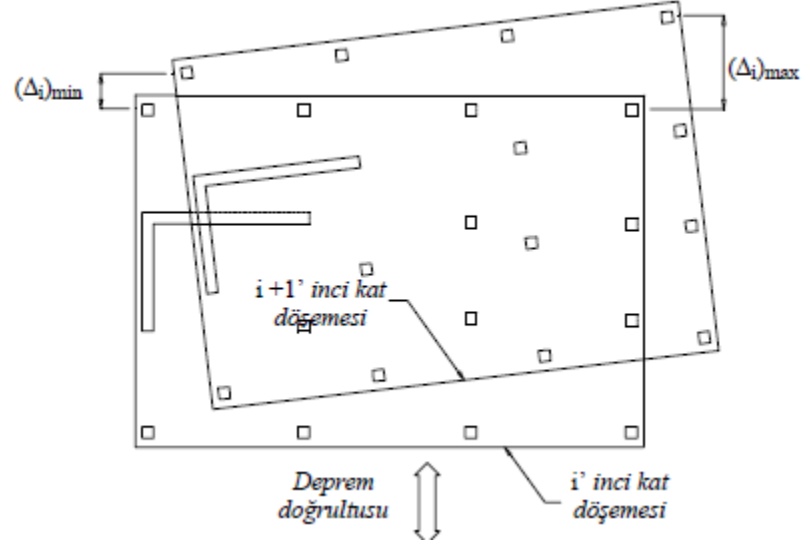
Çizelge 3.1 : Düzensiz yapılar.

| A – Planda Düzensizlik Durumları | İlgili Maddeler |
|--|------------------------|
| A1-Burulma Düzensizliği : Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} ’nin 1.2’den büyük olması durumu (Şekil 3.1) [$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} > 1.2$] Görelî kat ötelemelerinin hesabı, \pm % 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, dahil, 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 Çıkıntılarının 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 |
| B – Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları | İlgili Maddeler |
| B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat): Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i’inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki} ’nin 2.0’den fazla olması durumu | 3.2.2.2 |
| B3-Taşyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği : Taşyıcı 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 |

3.2.1 Planda düzensizlik durumları

3.2.1.1 A1 burulma düzensizliği

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görece kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görece ötelemeye oranını ifade eden Burulma düzensizliği katsayısı η_{bi} 'nin 1.2'den büyük olması durumudur ve Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 : A1 Burulma Düzensizliği.

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

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

Deprem sırasında yapıya gelen kuvvetler yapının kütle merkezine etkimektedir. Kütle merkezi yapının geometrik merkezi olarak alınabilir. Her iki doğrultuda simetrik bir yapıda kütle merkezi yapının tam ortasında olacaktır. Rijitlik merkezi ise yapıda mevcut olan kolon, perde gibi deprem yüklerine karşı çalışan düşey taşıyıcı yapısal elemanların ağırlık merkezidir. Yapıya etkiyen deprem yükleri, yapının kütle merkezine etkir, fakat yapı rijitlik merkezi etrafında döner. Rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasında mesafe olmayan her iki doğrultuda da simetrik olan yapılara da D.B.Y.B.H.Y. 2007 %5 oranında minimum bir eksişmerkezlik uygulanmasını öngörür. Bu yüzden deprem hesabı yapılan tüm yapılarda burulma gerçekleşir. Önemli olan ise bu durumun mertebesinin A1 Burulma Düzensizliği yaratmayacak bir mertebede tutulmasıdır. Burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} > 1.2$ olduğu takdirde Deprem Yönetmeliği yapıya belli mertebede bir ceza uygular. Bu cezanın amacı muhtemel gerçekleşmesi beklenen burulma durumunda daha elverişsiz iç kuvvetler

elde ederek hesapta güvenilir tarafta kalmaktır. Binanın herhangi bir i'inci katında Çizelge 3.1'de tanımlanan A1 türü düzensizliğin bulunması durumunda, $1.2 < \eta_{bi} < 2.0$ olmak koşulu ile bu katta uygulanan $\pm\% 5$ ekdışmerkezlik değeri, her iki deprem doğrultusu için Denklem (3.3)'de verilen D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir.

$$D_i = \left(\frac{\eta_{bi}}{1.2} \right)^2 \quad (3.3)$$

3.2.1.2 A2 döşeme süreksizlikleri

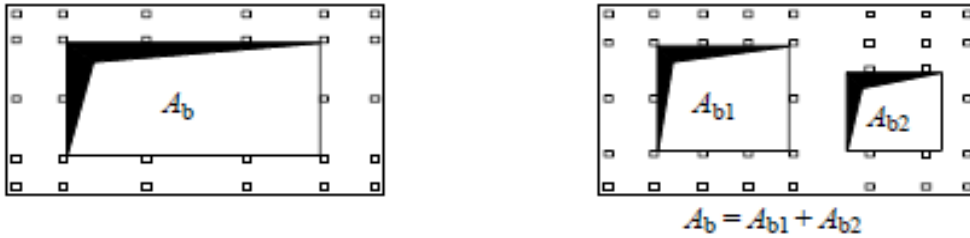
Kat seviyelerinde, düzlem rijit diyafram olarak çalışması istenen döşeme sistemleri bu koşulu, Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'te verildiği gibi barındırmış oldukları mevcut boşluklardan dolayı sağlayamadıkları durumda ortaya çıkan planda süreksizlik türüdür. Denklem (3.4)'de verilmiş şekli ile döşeme boşlukları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

$$A_b / A > 1/3 \quad (3.4)$$

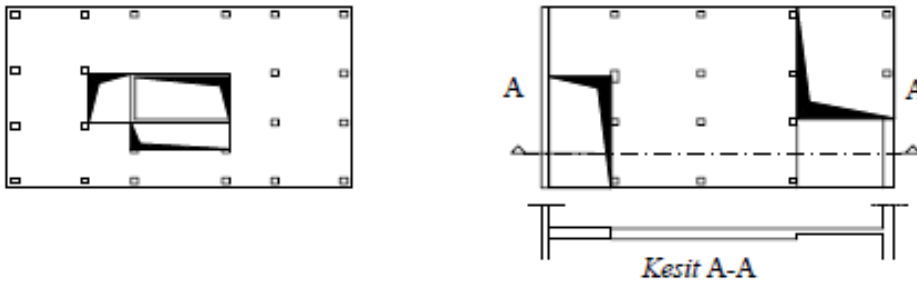
Bu ifadede ;

A_b :Boşluk alanları toplamı

A :Brüt kat alanı olarak tanımlanmıştır.



Şekil 3.2 : A2 düzensizlik durumu-1.



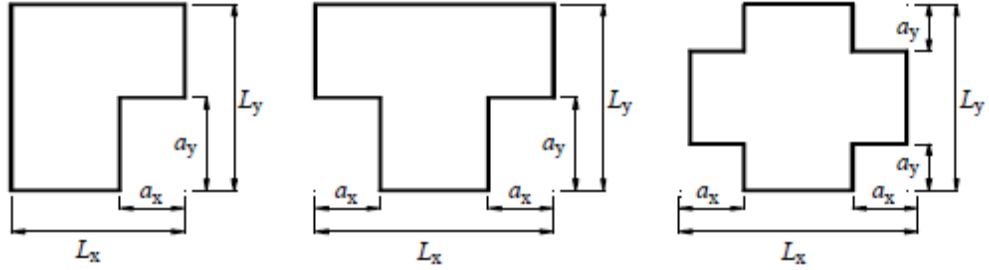
Şekil 3.3 : A2 düzensizlik durumu 2 ve 3.

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

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.

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

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

Bu ifadede :

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

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

B1 türü düzensizliğin bulunduğu binalarda, gözönüne alınan i'inci kattaki dolgu duvarı alanlarının toplamı bir üst kattakine göre fazla ise, η_{ci} 'nin hesabında dolgu duvarları gözönüne alınmayacaktır. $0.60 < (\eta_{ci})_{\min} < 0.80$ aralığında Çizelge 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)

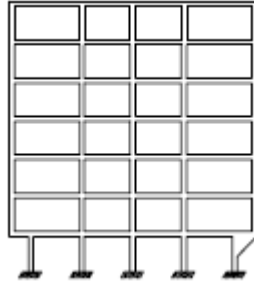
Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat öteleme oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat öteleme oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki} 'nin 2.0'dan fazla olması durumudur. Görelî kat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

$$\begin{aligned} [\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / =(\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort} > 2.0] \quad \text{veya} \\ [\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / =(\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort} > 2.0] \end{aligned} \quad (3.7)$$

3.2.2.3 B3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği

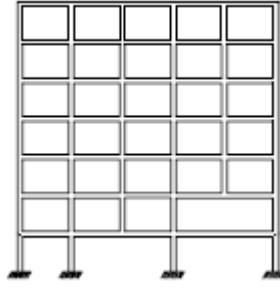
B3 türü düzensizliğin bulunduğu binalara ilişkin koşullar, bütün deprem bölgelerinde uygulanmak üzere, aşağıda belirtilmiştir:

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



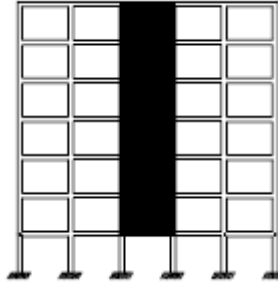
Şekil 3.5 : B3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği (a).

(b) Şekil 3.6'daki gibi kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca gözönüne 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.



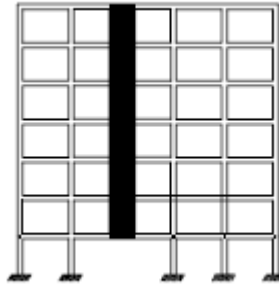
Şekil 3.6 : B3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği (b).

(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 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması, İkinci Mertebe Etkileri ve Deprem Derzleri

3.3.1 Etkin görelî kat ötelemelerinin hesaplanması ve sınırlandırılması deprem derzleri

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

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

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 gözönüne alınmayabilir. Her bir deprem doğrultusu için, binanın i 'inci katındaki kolon veya perdeler için etkin görelî kat ötelemesi, δ_i , Denklem (3.9) ile elde edilecektir.

$$\delta_i = R \cdot \Delta_i \quad (3.9)$$

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

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

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 görelî 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 gözönüne alınabilir. Gözönüne 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.

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

Burada $(\Delta_i)_{\text{ort}}$, i 'inci kattaki kolon ve perdelerde hesaplanan azaltılmış görelî 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. Gözönüne 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 başlanmadan önce belirlenmesi 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 : Zemin grupları.

| Zemin Grubu | Zemin Grubu Tanımı | Standart Penetras-yon (N/30) | Relatif Sıklık (%) | Serbest Basınç Direnci (kPa) | Kayma Dalgası Hızı (m/s) |
|--------------------|--|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|---|
| (A) | 1-Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar 2-Çok sıkı kum, çakıl 3-Sert kil ve siltli kil | - > 50 > 32 | - 85-100 - | >1000 - >400 | >1000 >700 >700 |
| (B) | 1-Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar 2-Orta sıkı kum, çakıl 3-Çok katı kil ve siltli kil | - 30-50 16-32 | - 65-85 - | 500-10 ³ - 200-400 | 700-10 ³ 400-700 300-700 |
| Zemin Grubu | Zemin Grubu Tanımı | Standart Penetras-yon (N/30) | Relatif Sıklık (%) | Serbest Basınç Direnci (kPa) | Kayma Dalgası Hızı (m/s) |
| (C) | 1-Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar 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 |

Yerel Zemin sınıfları zemin grupları ve en üst zemin tabakası kalınlığına bağlı olarak Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3 : Yerel zemin sınıfları.

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

4. BETONARME BİR YAPININ TASARIMI

Bu çalışmada, 12 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 tasarımı yapılmıştır.

Söz konusu yapı, 1 adet rijit perdelerle çevrili bodrum kat, 1 zemin kat ve 10 normal kattan oluşmaktadır. Tüm katların yüksekliği 3 m'dir. Yapı birinci derece deprem bölgesinde yer almaktadır ve üzerinde bulunduğu zemin Z3 yerel zemin sınıfındadır. Yapıda C25 kalitesinde beton ve S420 kalitesinde betonarme çeliği kullanılmıştır. Zemin emniyet gerilmesi 180 kN/m^2 alınmıştır. Tasarımı yapılmış olan 12 katlı betonarme yapıya ait genel bilgiler Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Yapının mimari planı projesi daha önce gerçekleştirilmiş ve yerinde inşaatı yapılmış olan 12 katlı bir binadan alınmıştır. Bina için tez kapsamında yapılmış olan kalıp planı ise ön boyutlandırma sonrası tasarlanmış olan taşıyıcı elaman kesitlerine göre çizilmiştir. Yapıda kapalı çıkma ve planda düzensizlik durumları mevcut değildir.

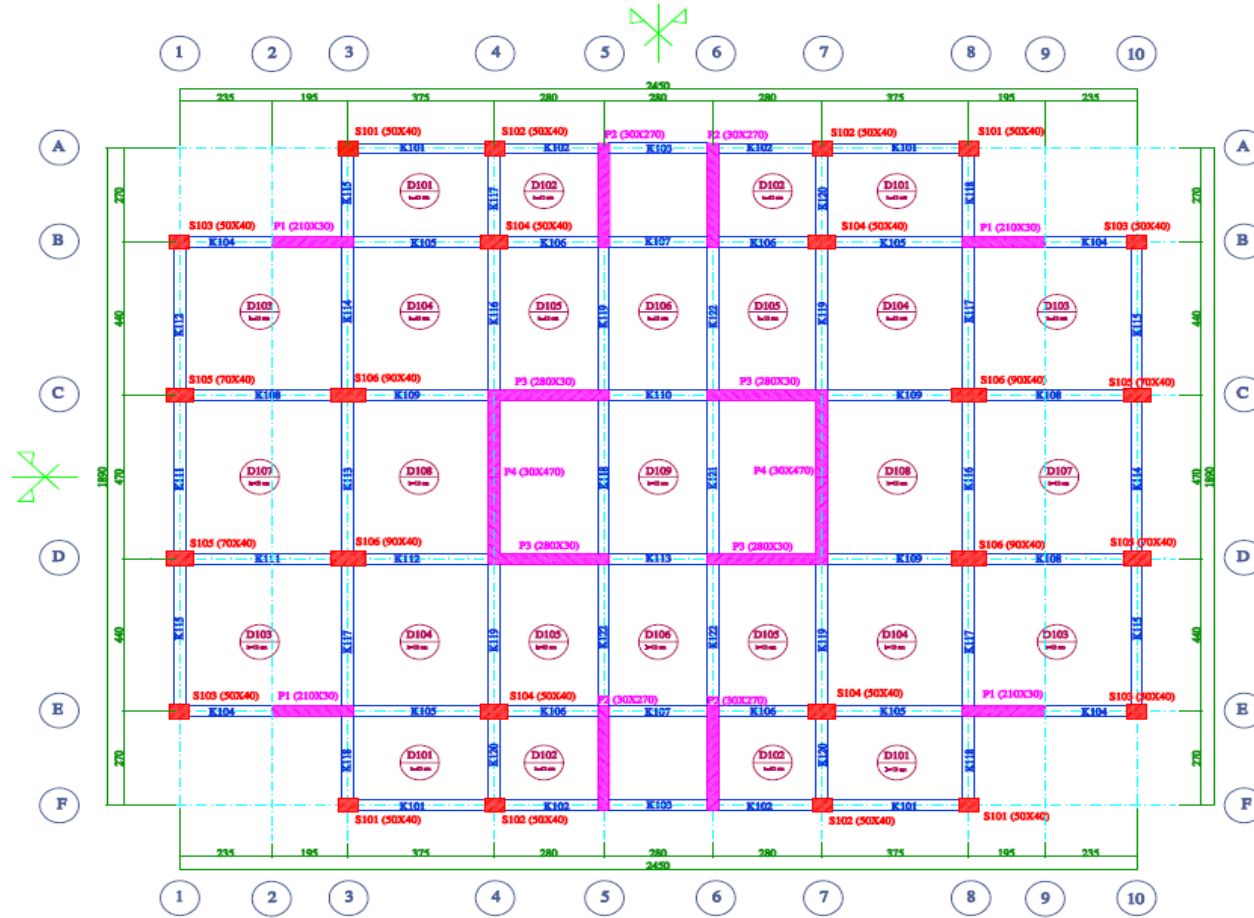
Binaya ait kalıp planı şekil 4.1'de verilmiştir. Yapıya ait bodrum kat 30 cm genişliğinde rijit perde duvarlarla çevrilidir. Yapıda normal kat kalıp planı sadece ilk 5 kat için verilmiş olup yapı yüksekliğince 2 kez kolon boyutlarında daraltma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapıda her iki doğrultuda simetri mevcuttur. Yapıdaki simetri göz önüne alınarak bu bölümde 9 adet döşeme tipi, 19 tip kiriş, 6 tip kolon ve 4 tip perde üzerinde gerekli olan tüm işlemler yapılmıştır.

Yapıdaki tüm düşey taşıyıcı elemanların kesitleri önboyutlandırma ile belirlenmiştir. Önboyutlandırma sonucunda belirlenen kesitler ile yapının SAP 2000 programında statik hesabı yapılmış ve tüm elemanlara ait iç kuvvetler belirlenmiştir. Statik hesap sonuçları mukavemet sağ el kuralına göre dönüştürülerek iç kuvvetler tablolar halinde zemin kat ve 10. kat için verilmiştir.

Çizelge 4.1 : Bina genel özellikleri.

| Bina Genel Bilgileri | | | | |
|--|--|-----------------|----------------|-----------------|
| Açıklama | Bilgiler | | | |
| Kat Adedi | Bodrum + Zemin +10 Normal Kat | | | |
| Kullanım Amacı | Konut | | | |
| Yapı Süneklik Düzeyi | Yüksek | | | |
| Yapı Önem Katsayısı (I) | 1.00 | | | |
| Bina Taşıyıcı Sistemi | Boşluklu ve bağ kirişli perdeler ile çerçeveler kullanılarak deprem yüklerini taşıyan sistemdedir. | | | |
| Zemin Durumu | Z3 | | | |
| Spektrum Karakteristik Periyodları | $T_A = 0.15$ sn | $T_B = 0.60$ sn | | |
| Zemin Emniyet Gerilmesi | $\sigma_{em} = 180$ kN/m ² | | | |
| 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 | 36 m | | | |

Çizelge 4.1'de 12 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 29 adet döşeme vardır. Yapıda her iki doğrultuda simetri olduğu için tasarımı ve hesabı yapılmış olan 9 tip döşeme vardır.

Merdiven kovani ve asansör boşluğundan dolayı komşu kirişlere aktarılan yükler hesap edilirken merdiven kovani 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.

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

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 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

Tüm katlarda sabit yükler aynı alınmıştır. Hareketli yükler ise TS 498'de verildiği şekilde alınmıştır.

4.1.2.1 Sabit yükler (g)

1- Öz Ağırlık = $0.12 \cdot 25 = 3 \text{ kN/m}^2$

2- Laminat Parke = $0.02 \cdot 10.5 = 0.21 \text{ kN/m}^2$










3- Şap = $0.05 \cdot 22 = 1.1 \text{ kN/m}^2$

4- Strafor (sarı) = $0.02 \cdot 0.3 = 0.006 \text{ kN/m}^2$

5- Tavan Sıvası = $0.02 \cdot 20 = 0.4 \text{ kN/m}^2$

Toplam Sabit Yük = 4.716 kN/m^2 , Seçilen Sabit Yük = 4.800 kN/m^2

Çizelge 4.2 : Döşeme mesnetlenme özellikleri.

| Döşeme Kalınlığı Tayini | | | | | | |
|--------------------------------|---|------------------|------------------|-------------------------|----------------------------|------------------|
| Döşeme Adı | Mesnetlenme Biçimi | Lx cm | Ly cm | ξ | α | Hf cm |
| D101 |  | 375 | 270 | 1.389 | 0.5 | 7.143 |
| D102 |  | 280 | 270 | 1.037 | 0.755 | 5.695 |
| D103 |  | 430 | 440 | 1.023 | 0.5 | 10.13 |
| D104 |  | 375 | 440 | 1.173 | 1 | 8.073 |
| D105 |  | 280 | 440 | 1.571 | 0.806 | 7.199 |
| D106 |  | 280 | 440 | 1.571 | 0.806 | 7.199 |
| D107 |  | 430 | 470 | 1.093 | 0.739 | 9.790 |
| D108 |  | 375 | 470 | 1.253 | 0.722 | 9.137 |
| D109 |  | 280 | 470 | 1.679 | 0.373 | 8.423 |

4.1.2.2 İlave sabit yükler

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

4.1.2.3 Hareketli yükler (q)

Döşemeler üzerine etkilenecek olan hareketli yükler TS 498'den [2] alınmıştır. Konut odalarında $Q = 2 \text{ kN/m}^2$ alınmıştır. Tüm döşemeler konut odası olduğu için, tüm döşemelerde 2 kN/m^2 hareketli yük kullanılmıştır. Yapıda balkon bulunmamaktadır.

4.1.2.4 Döşeme hesap yükleri

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

Sabit Yük $G = 4.8 \text{ kN/m}^2$

Hareketli Yük $= 2 \text{ kN/m}^2$

Döşeme Hesap Yükü $= 1.4 \cdot 4.8 + 1.6 \cdot 2 = 9.92 \text{ kN/m}^2$

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 [3]. TS 500 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.

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 kullanılabilir. Yaklaşık yöntemle plakların momentleri hesaplanırken Çizelge 4.2'de verilen α katsayıları kullanılmıştır. Plak momentleri Denklem 4.3 ile hesaplanmıştır.

$$M_d = \alpha \cdot P_d \cdot l_{sn}^2 \quad (4.3)$$

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 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 101 döşemesine ait hesap aşağıda verilmiştir. Tüm döşemelere için yapılmış olan α katsayıları hesabı ise Çizelge 4.3'te verilmiştir. Yapılmış olan moment hesaplarına örnek teşkil etmesi amacı ile D 101 döşemesine ait moment hesabı aşağıda verilmiştir. Tüm döşemelere ait moment hesapları ise Çizelge 4.4'te verilmiştir.

D 101 Mesnetlenme biçimi: Komşu iki kenar süreksiz

$$l_1 = 375 \text{ cm} , l_s = 270 \text{ cm}$$

$$l_1 / l_s = 1.389$$

Kısa açıklık doğrultusunda negatif moment için $\alpha = 0.070$

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

Uzun açıklık doğrultusunda negatif moment için $\alpha = 0.053$

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

$$P_d = 9.92 \text{ kN/m}^2 \text{ (Hesap Yüğü) , } l_{sn} = 240 \text{ cm (Kısa yönde net açıklık)}$$

$$M_{1x} = 0.037 * 9.92 * 2.4^2 = 2.114 \text{ kNm (Açıklık Momenti)}$$

$$M_{1y} = 0.053 * 9.92 * 2.4^2 = 3.028 \text{ kNm (Açıklık Momenti)}$$

$$X_1 = 0.049 * 9.92 * 2.4^2 = 2.800 \text{ kNm (Mesnet Momenti)}$$

$$Y_1 = 0.070 * 9.92 * 2.4^2 = 4.000 \text{ kNm (Mesnet Momenti)}$$

Çizelge 4.3'te "K.A.D." kısa açıklık doğrultusunu, "U.A.D." ise uzun açıklık doğrultusunu, " L_1 " uzun kenarı, " L_s " kısa kenarı ifade etmektedir.

TS 500 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 düzeltilmesi 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_1 | L_s | L_1 / L_s | K.A.D. | | U.A.D. | |
| | | | | | Negatif | Pozitif | Negatif | Pozitif |
| D101 | İki Komşu Kenar Süreksiz | 375 | 270 | 1.389 | 0.070 | 0.053 | 0.049 | 0.037 |
| D102 | Bir Kenar süreksiz | 280 | 270 | 1.037 | 0.044 | 0.032 | 0.041 | 0.031 |
| D103 | İki Komşu Kenar Süreksiz | 440 | 430 | 1.023 | 0.051 | 0.038 | 0.049 | 0.037 |
| D104 | Dört Kenar Sürekli | 440 | 375 | 1.173 | 0.044 | 0.033 | 0.033 | 0.025 |
| D105 | Bir Kenar Süreksiz | 440 | 280 | 1.571 | 0.068 | 0.051 | 0.041 | 0.031 |
| D106 | Bir Kenar Süreksiz | 440 | 280 | 1.571 | 0.068 | 0.051 | 0.041 | 0.031 |
| D107 | Bir Kenar Süreksiz | 470 | 430 | 1.093 | 0.047 | 0.035 | 0.041 | 0.031 |
| D108 | Bir Kenar Süreksiz | 470 | 375 | 1.253 | 0.055 | 0.042 | 0.041 | 0.031 |
| D109 | İki Uzun Kenar Süreksiz | 470 | 280 | 1.679 | oluşmaz | 0.075 | 0.056 | 0.044 |

Çizelge 4.4 : Döşeme açıklık ve mesnet momentleri.

| Döşeme Momentleri | | | | | | | |
|-------------------|------------------|---------------|----------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| Döşeme İsmi | Döşeme Kalınlığı | Hesap Yüğü Pd | L_{sn} | M_x açıklık | M_y açıklık | M_x mesnet | M_y mesnet |
| D101 | 12.000 | 9.92 | 240.0 | 2.114 | 3.028 | 2.800 | 4.000 |
| D102 | 12.000 | 9.92 | 240.0 | 1.771 | 1.828 | 2.343 | 2.514 |
| D103 | 12.000 | 9.92 | 400.0 | 6.031 | 5.873 | 8.095 | 7.777 |
| D104 | 12.000 | 9.92 | 345.0 | 3.896 | 2.952 | 5.195 | 3.896 |
| D105 | 12.000 | 9.92 | 250.0 | 3.162 | 1.922 | 4.216 | 2.542 |
| D106 | 12.000 | 9.92 | 250.0 | 3.162 | 1.922 | 4.216 | 2.542 |
| D107 | 12.000 | 9.92 | 400.0 | 5.555 | 4.920 | 7.460 | 6.508 |
| D108 | 12.000 | 9.92 | 345.0 | 4.359 | 3.660 | 6.494 | 4.841 |
| D109 | 12.000 | 9.92 | 250.0 | 4.650 | 2.728 | - | 3.472 |

4.1.3.3 Mesnet momentlerinin dengelenmesi

Kalıp planı üzerinde tasarlanmış olan tüm döşemeler için hem X doğrultusunda hemde Y doğrultusunda mesnet moment seçimi yapılması gerekmektedir. Bu nedenle X doğrultusunda sırasıyla D101-D102, D102-D103, D104-D105, D105-D106, D106-D107, D108-D109 döşemeleri arasında mesnet moment seçimi yapılmıştır. Aynı işlemler Y doğrultusunda sırasıyla D108-D104, D109-D105, D105-

D101, D106-D102, D110-D107, D107-D103 komşu döşemeler arasında da yapılmıştır. Örnek teşkil etmesi amacıyla X doğrultusunda D105-D106 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.

D105–D106 Mesnet Momenti Seçimi:

$$l_{5X} = 4.00 \text{ m}, l_{6X} = 3.75 \text{ m}$$

$$X_5 = 8.095 \text{ kNm}, X_6 = 5.195 \text{ kNm}$$

$$0.8 * 8.095 = 6.476 > \min X = 5.195 \text{ dağıtma işlemi yapılacak}$$

$$d_5 = \frac{\frac{1}{4}}{\frac{1}{4} + \frac{1}{3.45}} = 0.463 \quad d_6 = \frac{\frac{1}{3.45}}{\frac{1}{4} + \frac{1}{3.45}} = 0.537$$

$$\Delta_X = (8.095 - 5.195) * 2/3 = 1.933 \text{ kNm}$$

$$X'_5 = 8.095 - 0.463 * 1.933 = 7.200 \text{ kNm}$$

$$X'_6 = 8.095 + 0.537 * 1.933 = 6.233 \text{ kNm}$$

$$\text{Seçilen mesnet momenti } X_{5-6} = 7.200 \text{ kNm}$$

Çizelge 4.5 : X Doğrultusunda mesnet moment seçimi.

| X Doğrultusunda Mesnet Momenti Seçimi | |
|--|--------------|
| Mesnet | Moment (kNm) |
| D101-D102 ARASI | 2.800 |
| D103-D104 ARASI | 7.200 |
| D104-D105 ARASI | 5.195 |
| D105-D106 ARASI | 4.216 |
| D107-D108 ARASI | 7.460 |

4.1.4 Döşeme donatısı hesabı

Döşeme donatıları hesabı İTÜ İnşaat Fakültesi Betonarme Yapılar Çalışma Grubu Betonarme Çizelge ve Abaklarından yararlanılarak yapılmıştır [4]. Döşeme donatıları Ek A: Çizelgeler kısmında Çizelge 4.10 ile Çizelge 4.15 arasında Çizelgeler halinde verilmiştir. Döşeme donatıları tüm plak döşemelerde kısa ve uzun kenar doğrultusunda, açıklık ve mesnet donatıları şeklinde hesaplanmıştır. Büyük moment taşıyan kenar doğrultusuna daha büyük alana sahip donatı yerleştirilmiştir.

Çizelge 4.6'da Y doğrultusunda mesnet moment dengelemesi yapıldıktan sonra seçilmiş olan mesnet momentleri verilmiştir.

Çizelge 4.6 : Y Doğrultusunda mesnet moment seçimi.

| Y Doğrultusunda Mesnet Momenti Seçimi | |
|--|--------------|
| Mesnet | Moment (kNm) |
| D103-D107 ARASI | 7.777 |
| D104-D108 ARASI | 4.841 |
| D101-D104 ARASI | 4.000 |
| D102-D105 ARASI | 2.542 |
| D106-D109 ARASI | 3.007 |

4.2 Kiriş Yüklerinin Belirlenmesi

4.2.1 Kiriş ön boyutları

Kiriş ön boyutları TS 500’de verilmiş olan kriterler ve yapı yüksekliği gözönüne alınarak 30x60 cm olarak tayin edilmiştir. Yapıda mevcut olan tüm kirişler 30 cm genişliğe ve 60 cm yüksekliğe sahiptir.

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 arttırılmıştır. 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 64 adet kiriş bulunmaktadır. Yapıda her iki doğrultuda simetri mevcut olduğu için hesap yapılması yeterli olan kiriş sayısı 19’dur.

$$\text{Kiriş birim boy ağırlığı} = 0.30 \cdot (0.60 - 0.12) \cdot 25 = 3.6 \text{ kN/m}$$

$$\text{Dış duvar birim boy ağırlığı} = 4.2 \cdot 2.4 = 10,080 \text{ kN/m}$$

$$\text{İç duvar birim boy ağırlığı} = 2,5 \cdot 2.4 = 6 \text{ kN/m}$$

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 üniform yayılı yüke çevirmek için aşağıda verilmiş olan Denklem (4.4) ve Denklem (4.5) kullanılmıştır.

Üçgen yayılı yükü düzgün yayılı yüke çevirmek için; $P.1_s/3$ (4.4)

Trapez yayılı yükü düzgün yayılı yüke çevirmek için; $P.1_s.(1.5-1/2m^2)/3$ (4.5)

formülleri 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 |
| K101 | D101 | D101 | 10.080 | 3.600 | 18.445 | 1.985 | 29.000 |
| | 4.765 | 1.985 | | | | | |
| K102 | D102 | D102 | 10.080 | 3.600 | 17.655 | 1.656 | 27.367 |
| | 3.975 | 1.656 | | | | | |
| K103 | MD102 | MD102 | 10.080 | 3.600 | 17.655 | 2.898 | 29.354 |
| | 3.975 | 2.898 | | | | | |
| K104 | D103 | D103 | 10.080 | 3.600 | 16.577 | 1.333 | 25.341 |
| | 2.897 | 1.333 | | | | | |
| K105 | D101 | D101 | Yok | 3.600 | 13.517 | 4.285 | 25.780 |
| | 4.765 | 1.985 | | | | | |
| | D104 | D104 | | | | | |
| | 5.152 | 2.300 | | | | | |
| K106 | D102 | D102 | Yok | 3.600 | 11.308 | 3.323 | 21.148 |
| | 3.975 | 1.656 | | | | | |
| | D105 | D105 | | | | | |
| | 3.733 | 1.667 | | | | | |
| K107 | MD102 | MD102 | Yok | 3.600 | 11.308 | 4.565 | 23.135 |
| | 3.975 | 2.898 | | | | | |
| | D106 | D106 | | | | | |
| | 3.733 | 1.667 | | | | | |
| K108 | D103 | D103 | Yok | 3.600 | 17.546 | 5.334 | 33.099 |
| | 5.973 | 2.667 | | | | | |
| | D107 | D107 | | | | | |
| | 7.973 | 2.667 | | | | | |
| K109 | D104 | D104 | 6.000 | 3.600 | 22.227 | 4.800 | 38.798 |
| | 5.152 | 2.300 | | | | | |
| | D108 | D108 | | | | | |
| | 7.475 | 2.500 | | | | | |

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 |
| K110 | D106 | D106 | Yok | 3.600 | 11.066 | 3.334 | 20.827 |
| | 3.733 | 1.667 | | | | | |
| | D109 | D109 | | | | | |
| | 3.733 | 1.667 | | | | | |
| K111 | D107 | D107 | 10.080 | 3.600 | 22.303 | 2.884 | 35.839 |
| | 8.623 | 2.884 | | | | | |
| K112 | D103 | D103 | 10.080 | 3.600 | 19.796 | 2.726 | 32.076 |
| | 6.106 | 2.726 | | | | | |
| K113 | D107 | D107 | 6.000 | 3.600 | 26.348 | 5.602 | 48.850 |
| | 8.623 | 2.884 | | | | | |
| | D108 | D108 | | | | | |
| | 8.125 | 2.718 | | | | | |
| K114 | D103 | D103 | 6.000 | 3.600 | 21.562 | 5.340 | 38.731 |
| | 6.106 | 2.726 | | | | | |
| | D104 | D104 | | | | | |
| | 5.856 | 2.614 | | | | | |
| K115 | D101 | D101 | 10.080 | 3.600 | 17.264 | 1.600 | 26.730 |
| | 3.584 | 1.600 | | | | | |
| K116 | D104 | D104 | 4.500 | 3.600 | 18.800 | 4.776 | 33.962 |
| | 5.856 | 2.614 | | | | | |
| | D105 | D105 | | | | | |
| | 4.844 | 2.162 | | | | | |
| K117 | D101 | D101 | 6.000 | 3.600 | 16.768 | 3.200 | 28.595 |
| | 3.584 | 1.600 | | | | | |
| | D102 | D102 | | | | | |
| | 3.584 | 1.600 | | | | | |
| | D106 | D106 | | | | | |
| | 4.844 | 2.162 | | | | | |

Çizelge 4.7’de verilmiş olan tüm kiriş yükleri kN birimindedir. Yüklerin SAP 2000’e girildiği yer, çubuk yükleri (frame loads) başlığı altındaki yayılı yük (distributed load) ara yüzüdür. Başka bir yol olarak kiriş yükleri düzgün yayılı yük olarak girmek yerine üçgen ve trapez yük olarakta girilebilirdi. Bu tip bir yol izlenseydi SAP 2000’de çubuk yükleri olarak trapez yük (trapezoidal load) opsiyonu kullanılacaktı. 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 aksenal 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 Çizelgelarda yapılmış olan hesaplarda kolonlara sırasıyla döşemelerden, duvarlardan, kirişlerden ve bir üst kattaki kolonlardan gelen yükler hesaplanmıştır. Hesap yapılırken, yani kolon aksenal 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 10'uncu kattan en alt kat olan bodrum kata kadar kolon aksenal 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 aksenal yükleri (N_d), TS 500'de verilen salt düşey yük birleşim yüklemesi olan $1.4G+1.6Q$ yüklemesine göre hesaplanmıştır. Bu yükleme birleşimine göre hesaplanmış olan kolon aksenal yükleri aşağıda Çizelge 4.8'de vermiştir.

4.3.2 Kolon Kesitlerinin Belirlenmesi

Kolon aksenal yüklerinin (N_d) bulunmasından sonra bu yükler % 30 oranında arttırılarak kolon kesitleri belirlenmiştir. Kolon aksenal yükleri sadece düşey yük birleşimine göre belirlendiği için kolonlarda depremli durum moment etkisi göz önüne alınmış bu nedenle kolon aksenal yüklerine bağlı olan kesit alanları % 30 arttırılmıştır. En büyük kolon aksenal 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 gözönüne alınarak kolon nihai kesitleri tayin edilmiştir. Tüm hesaplar her bir kat gözönüne alınarak S101, S102, S103, S104, S105, S106 kolonları için verilmiştir. Hesap yapılırken, yani kolon aksenal 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 önboyutlandırma ile elde edilen kolon kesitleri taşıma gücü ihtiyacı bakımından, perdelede gözönüne alındığında yeterlidir.

Çizelge 4.8 : Kolonlara gelen eksenel yüklerin hesaplanması.

| Kolon Eksenel Yüklerinin Hesabı | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|------------------|--------|--------------|--------|----------------|---------|---------|
| 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) | |
| 10 | S101 | 12.100 | 5.063 | Yok | 11.610 | 18.000 | Yok | Yok | 41.710 | 5.063 | 41.710 | 5.063 | 66.495 |
| | S102 | 21.222 | 6.550 | Yok | 16.650 | 18.000 | Yok | Yok | 55.873 | 6.550 | 55.873 | 6.550 | 88.702 |
| | S103 | 24.252 | 10.105 | Yok | 16.200 | 18.000 | Yok | Yok | 58.452 | 10.105 | 58.452 | 10.105 | 98.001 |
| | S104 | 55.806 | 23.253 | Yok | 24.570 | 18.000 | Yok | Yok | 98.376 | 23.253 | 98.376 | 23.253 | 174.931 |
| | S105 | 46.956 | 19.565 | Yok | 24.120 | 18.000 | Yok | Yok | 89.076 | 19.565 | 89.076 | 19.565 | 156.010 |
| | S106 | 87.906 | 36.628 | Yok | 30.870 | 18.000 | Yok | Yok | 139.776 | 36.628 | 139.776 | 36.628 | 254.291 |
| 9 | S901 | 12.150 | 5.063 | 32.508 | 11.610 | 18.000 | 41.710 | 5.063 | 74.268 | 5.063 | 115.978 | 10.126 | 162.369 |
| | S902 | 21.222 | 6.550 | 43.470 | 16.650 | 18.000 | 55.873 | 6.550 | 99.642 | 6.650 | 155.515 | 13.100 | 238.681 |
| | S903 | 24.252 | 10.105 | 45.360 | 16.200 | 18.000 | 58.452 | 10.105 | 67.812 | 10.105 | 126.264 | 20.210 | 209.106 |
| | S904 | 55.806 | 23.253 | 21.300 | 24.570 | 18.000 | 98.376 | 23.253 | 119.676 | 23.253 | 218.052 | 46.506 | 379.682 |
| | S905 | 46.956 | 19.565 | 45.804 | 24.120 | 18.000 | 89.076 | 19.565 | 134.940 | 19.565 | 224.016 | 39.130 | 376.230 |
| | S906 | 87.906 | 36.628 | 27.300 | 30.870 | 18.000 | 139.776 | 36.628 | 164.076 | 36.628 | 303.852 | 73.256 | 542.602 |
| 8 | S801 | 12.150 | 5.063 | 32.508 | 11.610 | 18.000 | 115.978 | 10.126 | 74.268 | 5.063 | 190.246 | 15.189 | 290.647 |
| | S802 | 21.222 | 6.550 | 43.470 | 16.650 | 18.000 | 155.515 | 13.100 | 99.642 | 6.650 | 255.157 | 19.750 | 388.820 |
| | S803 | 24.252 | 10.105 | 45.360 | 16.200 | 18.000 | 126.264 | 20.210 | 67.812 | 10.105 | 194.076 | 30.315 | 320.104 |
| | S804 | 55.806 | 23.253 | 21.300 | 24.570 | 18.000 | 218.052 | 46.506 | 119.676 | 23.253 | 337.728 | 69.759 | 584.434 |
| | S805 | 46.956 | 19.565 | 45.864 | 24.120 | 18.000 | 224.016 | 39.130 | 134.940 | 19.565 | 358.956 | 58.695 | 596.450 |
| | S806 | 87.906 | 36.628 | 27.300 | 30.870 | 18.000 | 303.852 | 73.256 | 164.076 | 36.628 | 467.928 | 109.884 | 830.914 |

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

| Kolon Eksenel Yüklerinin Hesabı | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|------------------|---------|--------------|--------|----------------|---------|----------|
| 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) | |
| 7 | S701 | 12.150 | 5.063 | 32.508 | 11.610 | 18.000 | 190.246 | 15.189 | 74.268 | 5.063 | 264.514 | 20.252 | 402.723 |
| | S702 | 21.222 | 6.550 | 43.470 | 16.650 | 18.000 | 255.157 | 19.750 | 99.642 | 6.650 | 354.799 | 26.400 | 538.959 |
| | S703 | 24.252 | 10.605 | 45.360 | 16.200 | 18.000 | 194.076 | 30.315 | 67.812 | 10.105 | 261.888 | 40.420 | 431.315 |
| | S704 | 55.806 | 23.253 | 21.300 | 24.570 | 18.000 | 337.728 | 69.759 | 119.676 | 23.253 | 457.404 | 93.012 | 789.185 |
| | S705 | 46.956 | 19.565 | 45.864 | 24.120 | 18.000 | 358.956 | 58.695 | 134.940 | 19.565 | 493.896 | 78.260 | 816.670 |
| | S706 | 87.906 | 36.628 | 27.300 | 30.870 | 18.000 | 467.928 | 109.884 | 164.076 | 36.628 | 632.004 | 146.512 | 1119.225 |
| 6 | S601 | 12.150 | 5.063 | 32.508 | 11.610 | 18.000 | 264.514 | 20.252 | 74.268 | 5.063 | 338.782 | 25.315 | 514.799 |
| | S602 | 21.222 | 6.550 | 43.470 | 16.650 | 18.000 | 354.799 | 26.400 | 99.642 | 6.650 | 454.440 | 33.050 | 689.096 |
| | S603 | 24.252 | 10.105 | 45.360 | 16.200 | 18.000 | 261.888 | 40.420 | 67.812 | 10.105 | 329.700 | 50.525 | 542.420 |
| | S604 | 55.806 | 23.253 | 21.300 | 24.570 | 18.000 | 457.404 | 93.012 | 119.676 | 23.253 | 577.080 | 116.265 | 993.936 |
| | S605 | 46.356 | 19.565 | 45.864 | 24.120 | 18.000 | 493.896 | 78.260 | 134.940 | 19.565 | 628.836 | 97.825 | 1036.890 |
| | S606 | 87.506 | 36.628 | 27.300 | 30.870 | 18.000 | 632.004 | 146.512 | 164.076 | 36.628 | 796.080 | 183.140 | 1407.536 |
| 5 | S501 | 12.150 | 5.063 | 32.508 | 11.610 | 18.000 | 338.782 | 25.315 | 74.268 | 5.063 | 413.050 | 30.378 | 626.875 |
| | S502 | 21.222 | 6.550 | 44.470 | 16.650 | 18.000 | 454.440 | 33.050 | 99.642 | 6.650 | 554.082 | 39.700 | 839.235 |
| | S503 | 24.252 | 10.105 | 45.360 | 16.200 | 18.000 | 329.700 | 50.525 | 67.812 | 10.105 | 397.512 | 60.630 | 653.525 |
| | S504 | 55.806 | 23.253 | 21.300 | 24.570 | 18.000 | 577.080 | 116.265 | 119.676 | 23.253 | 696.756 | 139.518 | 1310.135 |
| | S505 | 46.956 | 19.565 | 45.864 | 24.120 | 18.000 | 628.836 | 97.825 | 134.940 | 19.565 | 763.776 | 117.481 | 1257.256 |
| | S506 | 87.906 | 36.628 | 27.300 | 30.870 | 18.000 | 796.080 | 183.140 | 164.076 | 36.628 | 960.156 | 219.768 | 1695.847 |

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

| Kolon Eksenel Yüklerinin Hesabı | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|------------------|---------|--------------|--------|----------------|---------|----------|
| 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) | |
| 4 | S401 | 12.150 | 5.063 | 32.508 | 11.610 | 18.000 | 413.050 | 30.378 | 74.268 | 5.063 | 487.318 | 35.441 | 738.951 |
| | S402 | 21.222 | 6.550 | 44.470 | 16.650 | 18.000 | 554.082 | 39.700 | 99.642 | 6.650 | 653.724 | 46.350 | 989.374 |
| | S403 | 24.252 | 10.105 | 45.360 | 16.200 | 18.000 | 397.512 | 60.630 | 67.812 | 10.105 | 465.324 | 70.735 | 764.630 |
| | S404 | 55.806 | 23.253 | 21.300 | 24.570 | 18.000 | 696.756 | 139.518 | 119.676 | 23.253 | 816.432 | 162.771 | 1403.438 |
| | S405 | 46.956 | 19.565 | 45.864 | 24.120 | 18.000 | 763.776 | 117.481 | 134.940 | 19.565 | 898.716 | 137.046 | 1477.476 |
| | S406 | 87.906 | 36.628 | 27.300 | 30.870 | 18.000 | 960.156 | 219.768 | 164.076 | 36.628 | 1124.232 | 256.396 | 1984.158 |
| 3 | S301 | 12.150 | 5.063 | 32.508 | 11.610 | 18.000 | 487.318 | 35.440 | 74.268 | 5.063 | 561.586 | 40.504 | 851.027 |
| | S302 | 21.222 | 6.550 | 44.470 | 16.650 | 18.000 | 653.724 | 46.350 | 99.642 | 6.650 | 753.366 | 53.000 | 1139.512 |
| | S303 | 24.252 | 10.105 | 45.360 | 16.200 | 18.000 | 465.324 | 70.735 | 67.812 | 10.105 | 533.136 | 80.840 | 875.734 |
| | S304 | 55.806 | 23.253 | 21.300 | 24.570 | 18.000 | 816.432 | 162.771 | 119.676 | 23.253 | 936.108 | 186.024 | 1608.190 |
| | S305 | 46.956 | 19.565 | 45.864 | 24.120 | 18.000 | 898.716 | 137.046 | 134.940 | 19.565 | 1033.656 | 156.611 | 1697.696 |
| | S306 | 87.906 | 36.628 | 27.300 | 30.870 | 18.000 | 1124.232 | 256.396 | 164.076 | 36.628 | 1288.308 | 293.024 | 2272.470 |
| 2 | S201 | 12.150 | 5.063 | 32.508 | 11.610 | 18.000 | 561.586 | 40.504 | 74.268 | 5.063 | 635.854 | 45.567 | 953.103 |
| | S202 | 21.222 | 6.550 | 44.470 | 16.650 | 18.000 | 753.366 | 53.000 | 99.642 | 6.650 | 853.008 | 59.650 | 1289.651 |
| | S203 | 24.252 | 10.105 | 45.360 | 16.200 | 18.000 | 533.136 | 80.840 | 67.812 | 10.105 | 600.948 | 90.945 | 986.839 |
| | S204 | 55.806 | 23.253 | 21.300 | 24.570 | 18.000 | 936.108 | 186.024 | 119.676 | 23.253 | 1055.784 | 209.277 | 1812.941 |
| | S205 | 46.956 | 19.565 | 45.864 | 24.120 | 18.000 | 1033.656 | 156.611 | 134.940 | 19.565 | 1168.596 | 176.176 | 1917.916 |
| | S206 | 87.906 | 36.628 | 27.300 | 30.870 | 18.000 | 1288.308 | 233.024 | 164.076 | 36.628 | 1452.384 | 329.652 | 2560.781 |

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

| Kolon Eksenel Yüklerinin Hesabı | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|------------------|---------|--------------|--------|----------------|---------|----------|
| 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) | |
| 1 | S101 | 12.150 | 5.063 | 32.508 | 11.610 | 18.000 | 635.854 | 45.567 | 74.268 | 5.063 | 710.122 | 50.630 | 1075.179 |
| | S102 | 21.222 | 6.550 | 44.470 | 16.650 | 18.000 | 853.008 | 59.650 | 99.642 | 6.650 | 952.650 | 66.300 | 1439.790 |
| | S103 | 24.252 | 10.105 | 45.360 | 16.200 | 18.000 | 600.948 | 90.945 | 67.812 | 10.105 | 668.760 | 101.050 | 1097.944 |
| | S104 | 55.806 | 23.253 | 21.300 | 24.570 | 18.000 | 1055.784 | 209.277 | 119.676 | 23.253 | 1175.460 | 232.530 | 2017.692 |
| | S105 | 46.956 | 19.565 | 45.864 | 24.120 | 18.000 | 1168.596 | 176.176 | 134.940 | 19.565 | 1303.536 | 195.741 | 2138.136 |
| | S106 | 87.906 | 36.628 | 27.300 | 30.870 | 18.000 | 1452.384 | 323.652 | 164.076 | 36.628 | 1616.460 | 366.280 | 2849.092 |
| ZEMİN | SZ01 | 12.150 | 5.063 | 32.508 | 11.610 | 18.000 | 710.122 | 50.630 | 74.268 | 5.063 | 784.390 | 55.693 | 1187.255 |
| | SZ02 | 21.222 | 6.550 | 44.470 | 16.650 | 18.000 | 952.650 | 66.300 | 99.642 | 6.650 | 1052.292 | 72.950 | 1589.929 |
| | SZ03 | 24.252 | 10.105 | 45.360 | 16.200 | 18.000 | 668.760 | 101.050 | 67.812 | 10.105 | 736.572 | 111.155 | 1209.049 |
| | SZ04 | 55.806 | 23.253 | 21.300 | 24.570 | 18.000 | 1175.460 | 232.530 | 119.676 | 23.253 | 1295.136 | 255.783 | 2222.443 |
| | SZ05 | 46.956 | 19.565 | 45.864 | 24.120 | 18.000 | 1303.536 | 195.741 | 134.940 | 19.565 | 1438.476 | 215.306 | 2358.356 |
| | SZ06 | 87.906 | 36.628 | 27.300 | 30.870 | 18.000 | 1616.460 | 366.280 | 164.076 | 36.628 | 1780.536 | 402.908 | 3137.403 |
| BODRUM | BS01 | 12.150 | 5.063 | 32.508 | 11.610 | 18.000 | 784.390 | 55.693 | 74.268 | 5.063 | 858.658 | 60.756 | 1299.331 |
| | BS02 | 21.222 | 6.550 | 44.470 | 16.650 | 18.000 | 1052.292 | 72.950 | 99.642 | 6.650 | 1151.934 | 79.600 | 1740.068 |
| | BS03 | 24.252 | 10.105 | 45.360 | 16.200 | 18.000 | 736.572 | 111.155 | 67.812 | 10.105 | 804.384 | 121.260 | 1320.154 |
| | BS04 | 55.806 | 23.253 | 21.300 | 24.570 | 18.000 | 1295.136 | 255.783 | 119.676 | 23.253 | 1414.812 | 279.036 | 2427.194 |
| | BS05 | 46.956 | 19.565 | 45.864 | 24.120 | 18.000 | 1438.476 | 215.306 | 134.940 | 19.565 | 1573.416 | 234.871 | 2578.576 |
| | BS06 | 87.906 | 36.628 | 27.300 | 30.870 | 18.000 | 1780.536 | 402.908 | 164.076 | 36.628 | 1944.612 | 439.536 | 3425.714 |

5. DEPREM YÜKLERİNE GÖRE HESAP

5.1 SAP 2000 Modelleme Bilgileri

Yapının deprem hesabı, 2. Bölümde anlatılan Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile ve Mod Birleştirme Yöntemi ile ayrı ayrı hesaplanmış ve her iki yöntemle göre bulunan sonuçlar birbiri ile karşılaştırılmıştır. Binanın analitik yapı modeli, 3 boyutlu yapısal analiz programı SAP 2000 kullanılarak yapılmıştır. Binanın perde çerçeve taşıyıcı sistemi modellenmiştir. Kolon ve kirişler bir boyutlu çubuk eleman (frame) olarak modellenmiştir. Perdeler ise iki boyutlu kabuk eleman (shell) olarak modellenmiştir. Perde elemanlar, sonlu elemanlar mantığı çevresinde uygun sonlu elemanlara (mesh)'lere 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 yerdeğıştirmelerinin (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 yansıması adına tüm döşemelerden kirişlere aktarılan yükler elle hesaplanarak SAP 2000'de kiriş yüklerine (frame loads) ilave edilmiştir. Analiz sırasında TS 500'de yer alan yük kombinasyonları kullanılmıştır. D.B.Y.B.H.Y 2007 [1] bu yükleme kombinasyonlarına ilave olarak diğer yön katkılarının katılmasını istemiştir. Gerekli olan açıklamalar 2. Bölümde yapılmıştır. Yapıda uygulanması gerekli olan 64 adet depremlilik durum yükleme kombinasyonu oluşturulmuştur. Bina her iki doğrultuda simetrik olduğundan dolayı ve bina inşaatını gözönüne alarak yapılan 0.9 G'li kombinasyonlar çıkarıldıktan sonra geriye 16 adet depremlilik yükleme kombinasyonu kalmaktadır.

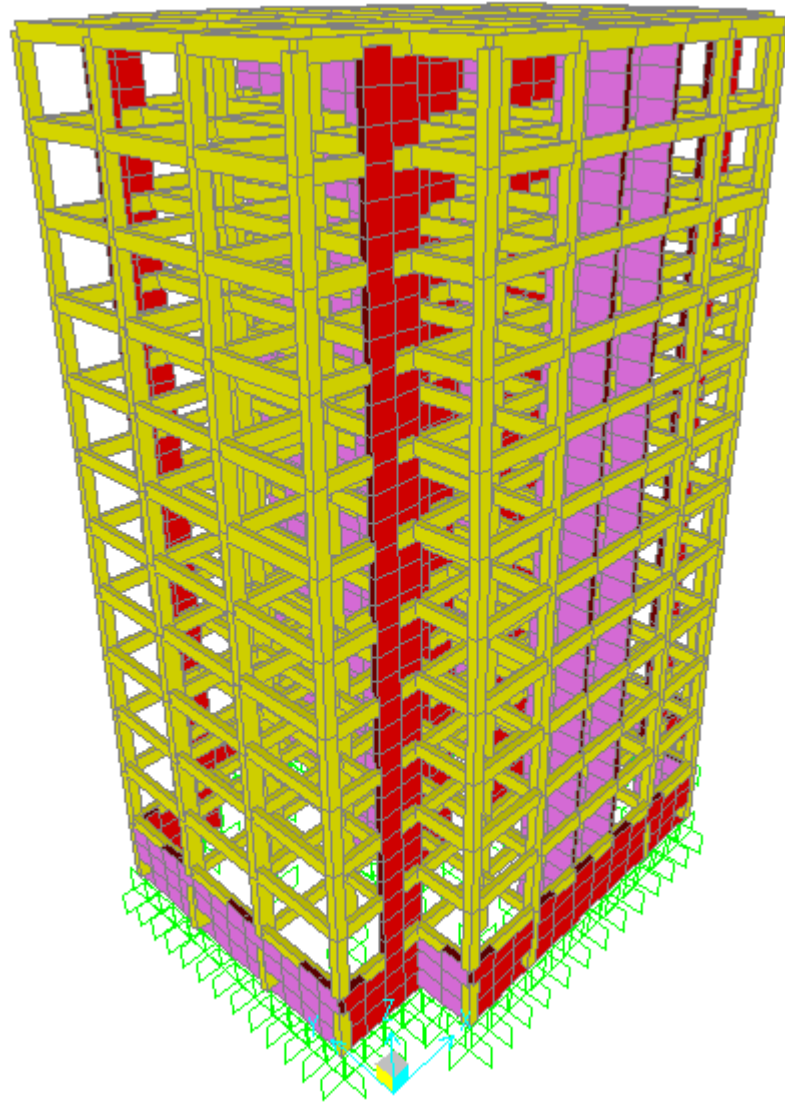
1.4G+1.6Q düşey kombinasyonu ve depremleri yükleme kombinasyonlarının tümünü içinde bulunduran zarf kombinasyonu dahil olmak üzere toplam 17 adet kombinasyon uygulanmıştır.

SAP 2000 programıyla 3 türlü analiz uygulanmıştır:

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

Dinamik analiz SAP 2000 programında 12 katlı 3 boyutlu bina modeli üzerinde 36 serbestlik yani 32 adet mod ile yapılmıştır. Dinamik analiz ile yapının her iki doğrultuda sahip olduğu doğal titreşim periyodları bulunmuş ve bu periyodlar Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminde her iki deprem yönündeki taban kesme kuvvetlerinin hesaplanmasında kullanmıştır. Şekil 5.1'de binanın SAP 2000 programında modellenmiş olan üç boyutlu yapı modeli verilmiştir.

Şekil 5.1'de verilen yapının SAP 2000 ile modellenmesinde döşemeler kullanılmamıştır. Yapının en alt katının bodrum kat olduğu görülmektedir. Şekil 5.1'de pembe ve 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 değişikçe renk değiştirmektedir. Global eksen takımına uygun olması amaç edilerek perdeler SAP 2000'de modellenirken bakış yönü olarak binaya tam karşı yönden ve tam sağ yönden bakılmıştır. 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, SAP 2000 programı kullanılarak bulunmuştur. Binanın dinamik analizinde $G+0.3Q$ yüklemesi kullanılmıştır. Bu yüklemeye ile yapı ağırlığı SAP 2000 programına hesaplatılmıştır. SAP 2000 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 kütesine bağlıdır. Yapı ağırlığı bilirse, binanın kütlesi $m=W/g$ olacaktır. Bina kütlesi (m) bulunurken elemanların zati ağırlığını SAP 2000 programı kendisi hesaplamaktadır. Material properties (malzeme bilgileri) kısmında beton için

birim hacim ağırlık değeri bu nedenle 25 kN/m² girilmiştir ve yükleme isimleri (Load Pattern) kısmında G yükü tanımlanırken ‘self weight multiplier’ zati ağırlık çarpanı 1 alınmıştır. Bina 12 katlıdır. Dinamik analizde kullanılmış olan dinamik serbestlik sayısı, her bir kat seviyesinde X ve Y doğrultusunda öteleme Z ekseninde dönecek üzere 3 adettir. Binanın toplam dinamik serbestlik sayısı 12 adet kat gözönüne alındığında 36 adettir. Aynı zamanda yapının ilgilenilmesi gerekli mod sayısında 36 adet olmalıdır. Dinamik analiz yapılmış ve yeterli kütle katılım değeri olan % 90’a ulaşamadığı için mod sayısı SAP 2000’e 60 girilmiş ve yeniden dinamik analiz tekrarlanmıştır. Dinamik analiz sonuçları tüm yapı genelinde Çizelge 5.1’de 36 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 | 0.939920 | 1.0639 | 6.6848 | 44.687 |
| modal | mod | 2 | 0.915688 | 1.0921 | 6.8617 | 47.083 |
| modal | mod | 3 | 0.851563 | 1.1743 | 7.3784 | 54.441 |
| modal | mod | 4 | 0.281287 | 3.5551 | 22.337 | 498.95 |
| modal | mod | 5 | 0.268291 | 3.7273 | 23.419 | 548.46 |
| modal | mod | 6 | 0.222493 | 4.4945 | 28.240 | 797.50 |
| modal | mod | 7 | 0.145627 | 6.8669 | 43.146 | 1861.6 |
| modal | mod | 8 | 0.132019 | 7.5747 | 47.593 | 2265.1 |
| modal | mod | 9 | 0.119278 | 8.3838 | 52.677 | 2774.8 |
| modal | mod | 10 | 0.118496 | 8.4391 | 53.024 | 2811.6 |

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 | 11 | 0.10421 | 9.5886 | 60.247 | 3629.7 |
| modal | mod | 12 | 0.10211 | 9.7926 | 61.529 | 3785.8 |
| modal | mod | 13 | 0.10207 | 9.7969 | 61.556 | 3789.1 |
| modal | mod | 14 | 0.09884 | 10.117 | 63.567 | 4040.7 |
| modal | mod | 15 | 0.09594 | 10.422 | 65.486 | 4288.5 |
| modal | mod | 16 | 0.09505 | 10.52 | 66.102 | 4369.5 |
| modal | mod | 17 | 0.09418 | 10.618 | 66.714 | 4450.8 |
| modal | mod | 18 | 0.09392 | 10.647 | 66.898 | 4475.3 |
| modal | mod | 19 | 0.09326 | 10.722 | 67.369 | 4538.6 |
| modal | mod | 20 | 0.09167 | 10.908 | 68.538 | 4697.5 |
| modal | mod | 21 | 0.08165 | 12.247 | 76.951 | 5921.4 |
| modal | mod | 22 | 0.08092 | 12.358 | 77.645 | 6028.8 |
| modal | mod | 23 | 0.08053 | 12.416 | 78.014 | 6086.2 |
| modal | mod | 24 | 0.08044 | 12.431 | 78.104 | 6100.3 |
| modal | mod | 25 | 0.07903 | 12.653 | 79.503 | 6320.7 |
| modal | mod | 26 | 0.07633 | 13.099 | 82.307 | 6774.4 |
| modal | mod | 27 | 0.07495 | 13.341 | 83.822 | 7026.1 |
| modal | mod | 28 | 0.07476 | 13.375 | 84.038 | 7062.4 |
| modal | mod | 29 | 0.06952 | 14.383 | 90.368 | 8166.4 |
| modal | mod | 30 | 0.06941 | 14.405 | 90.512 | 8192.4 |
| modal | mod | 31 | 0.06483 | 15.424 | 96.91 | 9391.6 |
| modal | mod | 32 | 0.06392 | 15.644 | 98.294 | 9661.8 |
| modal | mod | 33 | 0.06351 | 15.745 | 98.928 | 9786.8 |
| modal | mod | 34 | 0.06262 | 15.969 | 100.34 | 10068 |
| modal | mod | 35 | 0.06244 | 16.015 | 100.62 | 10125 |
| modal | mod | 36 | 0.05737 | 17.429 | 109.51 | 11992 |

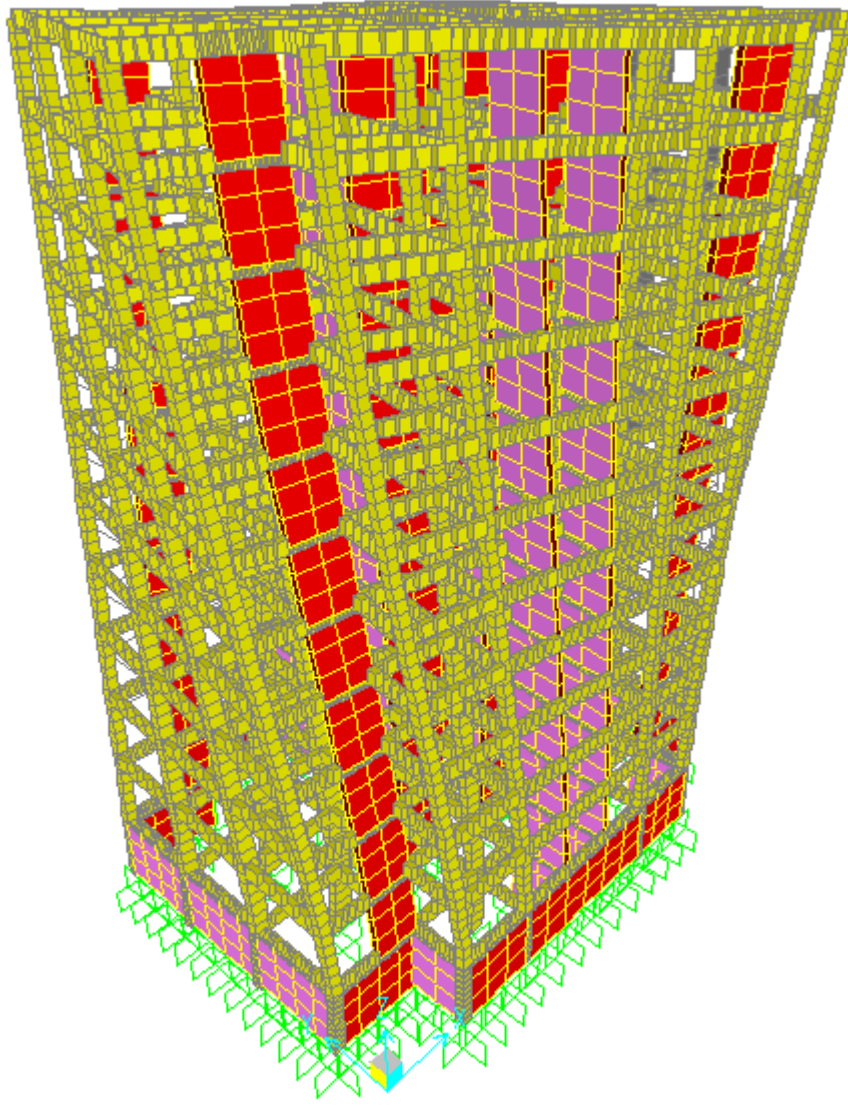
Çizelge 5.2 : Modların kütle katılım oranları.

| Modal Kütle Katılım Oranları | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------|----------------|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Analiz | Adım | Adım No | Periyod (sn) | ToplamUX | ToplamUY | ToplamRZ |
| modal | mod | 1 | 0.939920 | 1.491E-18 | 2.154E-19 | 0.17922 |
| modal | mod | 2 | 0.915688 | 1.493E-18 | 0.69536 | 0.36559 |
| modal | mod | 3 | 0.851563 | 0.78424 | 0.69536 | 0.6677 |
| modal | mod | 4 | 0.281287 | 0.78424 | 0.69536 | 0.69785 |
| modal | mod | 5 | 0.268291 | 0.78424 | 0.69590 | 0.73103 |
| modal | mod | 6 | 0.222493 | 0.78868 | 0.69590 | 0.80123 |
| modal | mod | 7 | 0.145627 | 0.78868 | 0.69590 | 0.81229 |
| modal | mod | 8 | 0.132019 | 0.78868 | 0.70314 | 0.82532 |
| modal | mod | 9 | 0.119278 | 0.85058 | 0.79484 | 0.82532 |
| modal | mod | 10 | 0.118496 | 0.85058 | 0.82818 | 0.82568 |
| modal | mod | 11 | 0.104291 | 0.86725 | 0.82818 | 0.84489 |
| modal | mod | 12 | 0.102118 | 0.88180 | 0.82818 | 0.85053 |
| modal | mod | 13 | 0.102073 | 0.88180 | 0.82818 | 0.85053 |
| modal | mod | 14 | 0.098844 | 0.93074 | 0.90069 | 0.85053 |
| modal | mod | 15 | 0.095946 | 0.93074 | 0.91091 | 0.85053 |
| modal | mod | 16 | 0.095053 | 0.93074 | 0.91091 | 0.85559 |
| modal | mod | 17 | 0.094180 | 0.93916 | 0.91091 | 0.85563 |
| modal | mod | 18 | 0.093922 | 0.93976 | 0.91181 | 0.85563 |
| modal | mod | 19 | 0.093265 | 0.93976 | 0.91189 | 0.85565 |
| modal | mod | 20 | 0.091674 | 0.93976 | 0.91189 | 0.85603 |
| modal | mod | 21 | 0.081652 | 0.94085 | 0.91349 | 0.85603 |
| modal | mod | 22 | 0.080921 | 0.94086 | 0.91349 | 0.85605 |
| modal | mod | 23 | 0.080539 | 0.94086 | 0.91392 | 0.86314 |
| modal | mod | 24 | 0.080446 | 0.94086 | 0.91392 | 0.86317 |
| modal | mod | 25 | 0.079031 | 0.94086 | 0.91392 | 0.86317 |
| modal | mod | 26 | 0.076339 | 0.94086 | 0.91518 | 0.86354 |
| modal | mod | 27 | 0.074959 | 0.94086 | 0.91518 | 0.86357 |
| modal | mod | 28 | 0.074766 | 0.95026 | 0.92912 | 0.86357 |
| modal | mod | 29 | 0.069529 | 0.95026 | 0.92912 | 0.86669 |
| modal | mod | 30 | 0.069418 | 0.95026 | 0.93075 | 0.86669 |
| modal | mod | 31 | 0.064835 | 0.95123 | 0.93075 | 0.87930 |
| modal | mod | 32 | 0.063922 | 0.95150 | 0.93115 | 0.87930 |
| modal | mod | 33 | 0.063513 | 0.95162 | 0.93115 | 0.87943 |
| modal | mod | 34 | 0.062621 | 0.95162 | 0.93118 | 0.87943 |
| modal | mod | 35 | 0.062443 | 0.95162 | 0.93118 | 0.87945 |
| modal | mod | 36 | 0.057376 | 0.95229 | 0.93217 | 0.87945 |
| modal | mod | 37 | 0.057336 | 0.95285 | 0.93217 | 0.87949 |
| modal | mod | 38 | 0.055725 | 0.95285 | 0.93246 | 0.88433 |
| modal | mod | 39 | 0.054918 | 0.95285 | 0.93246 | 0.88633 |
| modal | mod | 40 | 0.051134 | 0.95285 | 0.93246 | 0.88633 |

Çizelge 5.2 (Devam): Modların kütle katılım oranları.

| Modal Kütle Katılım Oranları | | | | | | |
|------------------------------|------|---------|--------------|----------|----------|----------|
| Analiz | Adım | Adım No | Periyod (sn) | ToplamUX | ToplamUY | ToplamRZ |
| modal | mod | 41 | 0.051062 | 0.95285 | 0.93246 | 0.88638 |
| modal | mod | 42 | 0.051025 | 0.95287 | 0.93246 | 0.88643 |
| modal | mod | 43 | 0.050991 | 0.95288 | 0.93249 | 0.88643 |
| modal | mod | 44 | 0.050180 | 0.95620 | 0.9374 | 0.88643 |
| modal | mod | 45 | 0.050178 | 0.95620 | 0.93978 | 0.88643 |
| modal | mod | 46 | 0.048256 | 0.95636 | 0.93978 | 0.88649 |
| modal | mod | 47 | 0.048248 | 0.95636 | 0.93978 | 0.88649 |
| modal | mod | 48 | 0.046644 | 0.95660 | 0.93978 | 0.89340 |
| modal | mod | 49 | 0.046364 | 0.95666 | 0.93986 | 0.89340 |
| modal | mod | 50 | 0.046252 | 0.95666 | 0.93991 | 0.89348 |
| modal | mod | 51 | 0.046241 | 0.95666 | 0.93991 | 0.89360 |
| modal | mod | 52 | 0.046192 | 0.95679 | 0.93991 | 0.89472 |
| modal | mod | 53 | 0.045336 | 0.95679 | 0.93991 | 0.89596 |
| modal | mod | 54 | 0.044819 | 0.95761 | 0.94113 | 0.89596 |
| modal | mod | 55 | 0.044815 | 0.95761 | 0.94267 | 0.89596 |
| modal | mod | 56 | 0.043049 | 0.95768 | 0.94267 | 0.89597 |
| modal | mod | 57 | 0.043046 | 0.95768 | 0.94267 | 0.89597 |
| modal | mod | 58 | 0.042218 | 0.95768 | 0.94269 | 0.89608 |
| modal | mod | 59 | 0.042187 | 0.95768 | 0.94269 | 0.89608 |
| modal | mod | 60 | 0.041846 | 0.95768 | 0.94285 | 0.90051 |

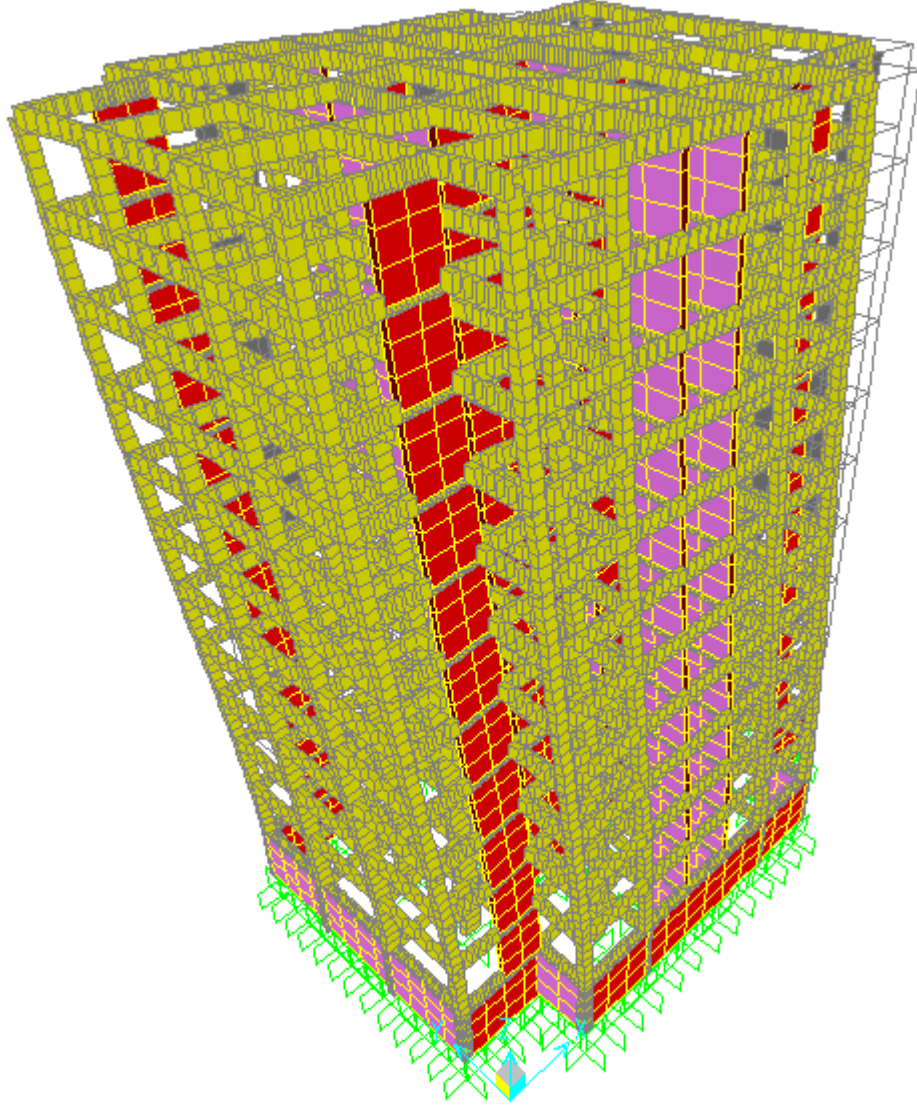
Yukarıda görüldüğü üzere kütle katılım oranı 60 mod için yaklaşık olarak % 95'e karşılık gelmektedir. Deprem Yönetmeliği'nde kütle katılım oranının % 90'ı geçmesi istenmiştir [1]. Yapının genel dinamik davranışını daha iyi temsil edebilmek adına kütle katılım oranı % 95'e kadar arttırılmıştır. Yapının birinci doğal titreşim periyodu 0.9399 sn bulunmuştur ve binanın birinci modu burulma modudur. Bunun sebebi 1. doğal titreşim periyoduna "RZ" yani Z eksenini etrafında dönme serbestliğinin kütle katılım oranının en yüksek oranda etkimiş olmasıdır. SAP 2000 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 gözönüne alındığında ikinci moda karşılık gelmektedir. Bina'nın Y doğrultusundaki birinci modu ise yapının modları arasında üçüncü moda karşı gelmektedir. Yapının Y doğrultusunda rijitliğinin daha fazla olduğu bilindiği için dinamik analiz sonuçları güvenilir kabul edilmiştir. Şekil 5.2'de SAP 2000 programı ile bulunmuş olan binanın birinci modu verilmiştir.



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

Yapının birinci modu şekil 5.2’de görüldüğü üzere burulma modudur. Yapının birinci modu deprem yükü hesaplarında kullanılmamıştır. Binanın birinci moduna ait doğal titreşim periyodu SAP 2000 programında 0.93992 saniye bulunmuştur.

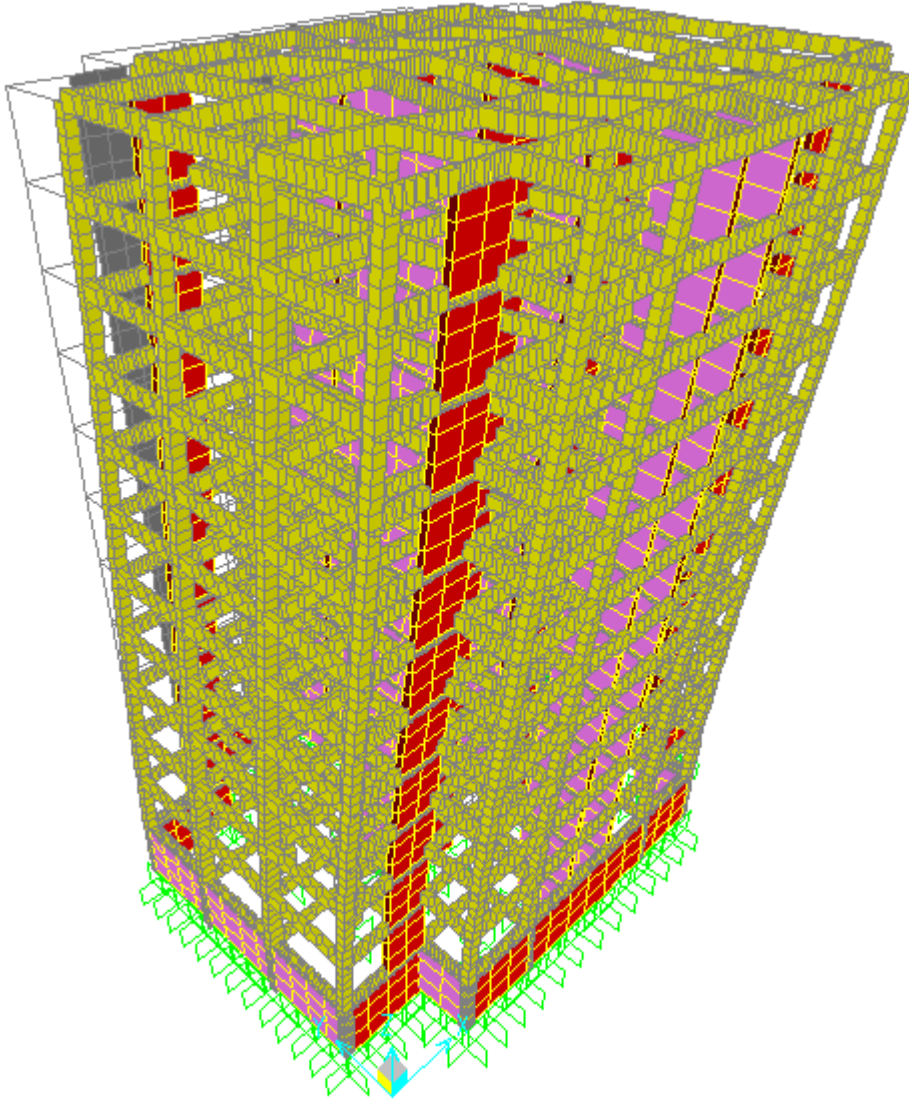
Deprem yükü hesabında binanın X doğrultusundaki ve Y doğrultusundaki birinci doğal titreşim periyodları kullanılmıştır. Birinci modun burulma modu olması X ve Y doğrultularında etkili olan doğal titreşim periyodunun azalmasına neden olmaktadır. Bu azalma nedeni ile yapıya etkiyen deprem yükü artacaktır. Yapı rijittir. Şekil 5.3’de yapının X doğrultusundaki birinci mod şekli verilmiştir.



Şekil 5.3 : Binanın x doğrultusundaki 1. modu. (Yapının tüm modları arasında 2. modu x doğrultusundadır.)

Binanın X doğrultusundaki birinci moduna karşılık gelen doğal titreşim periyodu (T_{1X}) SAP 2000 programında 0.9156 saniye bulunmuştur. T_{1X} , X doğrultusunda Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabında doğrudan kullanılmıştır.

X doğrultusunda meydana gelen ilk modun Y doğrultusunda meydana gelen moddan daha önce oluşması yapının X doğrultusunda, Y doğrultusuna oranla daha rijit olduğunu göstermektedir. Bu sonuç beklenen bir durumdur çünkü yapının Y doğrultusundaki perde toplam uzunluğu X doğrultusundan daha fazladır. Şekil 5.4'te yapının Y doğrultusundaki birinci mod şekli verilmiştir.



Şekil 5.4 : Binanın y doğrultusundaki 1. modu. (Yapının tüm modları arasında 3. modu y doğrultusundadır.)

Binanın Y doğrultusundaki birinci moduna karşılık gelen doğal titreşim periyodu (T_{1Y}) SAP 2000 programında 0.8516 saniye bulunmuştur. T_{1Y} , Y doğrultusunda Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabında doğrudan kullanılmıştır.

Y doğrultusunda meydana gelen ilk modun X doğrultusunda meydana gelen moddan daha sonra oluşması (y doğrultusundaki doğal titreşim periyodu x doğrultusundan ufak bulunmuştur) yapının Y doğrultusunda, X doğrultusuna oranla daha rijit olduğunu göstermektedir. Bu sonuç beklenen bir durumdur çünkü yapının Y doğrultusundaki perde toplam uzunluğu X doğrultusundan daha fazladır.

5.3 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Deprem Yüğülerinin Bulunması

5.3.1 Yüğü kombinasyonları

Yapı modeli SAP 2000 programında hazırlanıp, deprem yüğüleri ilave edildikten sonra, taşıyıcı sistem aşağıdaki 17 yükleme kombinasyonlarının herbiri için ayrı 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 etkililmiş olduğu görülmektedir. Yukarıda verilen yükleme kombinasyonlarında bulunan toplama işareti (+) yön belirtmemektedir, sadece belirtilen yüklerin lineer olarak toplanacağı anlamına gelmektedir. Deprem yüklerine ait yönler SAP 2000 programında yukarıda da anlaşılacağı üzere yük adlarının (Load Pattern) içerisinde verilmiştir. Örneğin 17 nolu yüklemede depremin etkilediği ana yön negatif Y yönüdür, diğer yönde gelecek olan deprem yükü katkısı ise pozitif X doğrultusundadır.

5.3.2 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.

5.3.2.1 X doğrultusunda deprem yüklerinin belirlenmesi

Toplam bina ağırlığı : 71388,418 kN

Bina'nın X Doğrultusunda doğal titreşim periyodu (T_{1X}) : 0.9156 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, $R_a(T_{1X}) = 7$, ($T_A < T$ $R_a(T) = R$)

Spektrum Katsayısı $S(T)$: 1.7828 ($T \geq T_B$ $S(T) = 2.5 * (T_B/T)^{0.8}$)

Spektral İvme Katsayısı $A(T) = A_0 * I * S(T) = 0,4 * 1 * 1,7828 = 0.7131$

Taban Kesme Kevveti = $V_{TX} = W * A(T) / R_a(T) = 71388.418 * 0.7131 / 7 = 7272.54$ kN

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

$$V_{TX} = 7272.54 \text{ kN} \geq 0.1 * 0.4 * 1 * 71388.418 = 2855,537 \text{ kN}$$

$$\text{Normal Kat Ağırlığı} = 5858,5772 \text{ kN}$$

$$\text{Çatı Katı Ağırlığı} = 4860,8494 \text{ kN}$$

$$\text{Toplam Kat Adedi, } N = 11$$

$$\text{Kamçılama Kuvveti, } \Delta_{FNX} = 0.0075 * N * V_{TX} = 0.0075 * 11 * 7272.54 = 599.98 \text{ kN}$$

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 yükseklikleridir.

V_i : Kat kesme kuvvetleridir.

5.3.2.2 Y doğrultusunda deprem yüklerinin belirlenmesi

$$\text{Toplam bina ağırlığı} : 71388,418 \text{ kN}$$

$$\text{Bina'nın Y Doğrultusunda doğal titreşim periyodu (T}_{1Y}) : 0.8516 \text{ sn}$$

$$\text{Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A}_0) : 0.4$$

$$\text{Bina Önem Katsayısı (I) : 1}$$

$$\text{Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) : 7}$$

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

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

$$\text{Spektrum Katsayısı S(T) : 1.8892 (} T \geq T_B \ S(T) = 2.5 * (T_B/T)^{0.8})$$

$$\text{Spektral İvme Katsayısı A(T) = A}_0 * I * S(T) = 0,4 * 1 * 1,8892 = 0.7557$$

$$\text{Taban Kesme Kuvveti} = V_{TY} = W * A(T) / R_a(T) = 71388.418 * 0.7557 / 7 = 7706.58 \text{ kN}$$

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

$$V_{TY} = 7706.58 \text{ kN} \geq 0.1 * 0.4 * 1 * 71388.418 = 2855,537 \text{ kN}$$

$$\text{Normal Kat Ağırlığı} = 5858,5772 \text{ kN}$$

$$\text{Çatı Katı Ağırlığı} = 4860,8494 \text{ kN}$$

$$\text{Toplam Kat Adedi, } N = 11$$

$$\text{Kamçılama Kuvveti, } \Delta_{FNY} = 0.0075 * N * V_{TY} = 0.0075 * 11 * 7706.58 = 635,79 \text{ kN}$$

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

5.4 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine Göre Düzensizlik Kontrolleri

Eşdeğer deprem yükleri hesabı bina için her iki doğrultuda yapıldıktan sonra bulunmuş olan katlara etkiyen deprem yükleri SAP 2000 programında binaya etkitilmiştir. 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 ekler bölümünde Çizelge 5.36'da ve Çizelge 5.37'de verilmiştir. Binada kat seviyelerinde rijit diyafram kabulü yapıldığından dolayı birbiri ile aynı deplasmana sahip düğüm noktaları bulunmuştur. Yapılmış olan rijit diyafram kabulü çerçevesinde gerçekleşmiş olan bu durum beklenildiği üzere doğru işlem yapmış olduğumuzu kanıtlamaktadır. 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 X ve Y doğrultularına ait oluşturulmuş olan EX ve EY eşdeğer deprem yüklerinin türevleri olduğundan dolayı ve yapı her iki doğrultuda tam simetriye sahip olduğundan dolayı, düğüm noktası deplasmanları incelinirken sadece 4 adet yerdeğiştirme değerinin kullanılması yeterlidir. Bu yüzden çalışma kapsamında ele alınan yapının her kattaki kolonlarından yapının köşelerinde konumlanmış olan kolonardaki yerdeğiştirmelerin hesaba katılması yeterlidir. Yapılmış olan bu açıklamaya uygun olarak tüm kolon düğüm noktası yerdeğiştirmeleri arasında benzerlikler olduğu görülmüştür. Birbirinden farklı değerler alan dört adet yerdeğiştirme değerine rastlanmıştır. Bu sonuçlar bize yukarıda verilmiş olan açıklamanın doğruluğunu ispatlamaktadır. 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 : X doğrultusunda eşdeğer deprem yükü hesabı.

| Kat No | h (m) | Hi (m) | Wi (kN) | Wi*Hi (kNm) | $(Wi*Hi)/(\sum Wi*Hi)$ | $Fix=[(Wi*Hi)/(\sum Wi*Hi)]*(V_{tx}-\Delta F_{nx})$ kN | Vi (kN) |
|-----------|-------|--------|----------|-------------|------------------------|---|-----------|
| 10 | 3 | 33 | 4860.849 | 160408.0302 | 0.1423 | 1549.640083 | 1549.6401 |
| 9 | 3 | 30 | 5858.577 | 175757.316 | 0.1559 | 1040.527174 | 2590.1673 |
| 8 | 3 | 27 | 5858.577 | 158181.5844 | 0.1403 | 936.4744562 | 3526.6417 |
| 7 | 3 | 24 | 5858.577 | 140605.8528 | 0.1248 | 832.4217389 | 4359.0635 |
| 6 | 3 | 21 | 5858.577 | 123030.1212 | 0.1092 | 728.3690215 | 5087.4325 |
| 5 | 3 | 18 | 5858.577 | 105454.3896 | 0.0936 | 624.3163042 | 5711.7488 |
| 4 | 3 | 15 | 5858.577 | 87878.658 | 0.0780 | 520.2635868 | 6232.0124 |
| 3 | 3 | 12 | 5858.577 | 70302.9264 | 0.0624 | 416.2108694 | 6648.2232 |
| 2 | 3 | 9 | 5858.577 | 52727.1948 | 0.0468 | 312.1581521 | 6960.3814 |
| 1 | 3 | 6 | 5858.577 | 35151.4632 | 0.0312 | 208.1054347 | 7168.4868 |
| Zemin Kat | 3 | 3 | 5858.577 | 17575.7316 | 0.0156 | 104.0527174 | 7272.5395 |

Çizelge 5.4 : Y doğrultusunda eşdeğer deprem yükü hesabı.

| Kat No | h (m) | Hi (m) | Wi (kN) | Wi*Hi (kNm) | (Wi*Hi)/(∑Wi*Hi) | $F_{iy}=[(W_i*H_i)/(\sum W_i*H_i)]*(V_{tx}-\Delta F_{ny})$ kN | Vi (kN) |
|-----------|-------|--------|----------|-------------|------------------|--|-----------|
| 10 | 3 | 33 | 4860.849 | 160408.0302 | 0.1423 | 1642.127773 | 1642.1278 |
| 9 | 3 | 30 | 5858.577 | 175757.316 | 0.1559 | 1102.629307 | 2744.7571 |
| 8 | 3 | 27 | 5858.577 | 158181.5844 | 0.1403 | 992.366376 | 3737.1235 |
| 7 | 3 | 24 | 5858.577 | 140605.8528 | 0.1248 | 882.1034454 | 4619.2269 |
| 6 | 3 | 21 | 5858.577 | 123030.1212 | 0.1092 | 771.8405147 | 5391.0674 |
| 5 | 3 | 18 | 5858.577 | 105454.3896 | 0.0936 | 661.577584 | 6052.6450 |
| 4 | 3 | 15 | 5858.577 | 87878.658 | 0.0780 | 551.3146533 | 6603.9597 |
| 3 | 3 | 12 | 5858.577 | 70302.9264 | 0.0624 | 441.0517227 | 7045.0114 |
| 2 | 3 | 9 | 5858.577 | 52727.1948 | 0.0468 | 330.788792 | 7375.8002 |
| 1 | 3 | 6 | 5858.577 | 35151.4632 | 0.0312 | 220.5258613 | 7596.3260 |
| Zemin Kat | 3 | 3 | 5858.577 | 17575.7316 | 0.0156 | 110.2629307 | 7706.5890 |

5.4.1 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; birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranı şeklinde tanımlanmıştır. 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 yerdeğıştirmeleri gözönüne alınarak A1 burulma düzensizliği kontrolü gerçekleştirilmiştir. Katlarda meydana gelen düğüm noktası yerdeğıştirmelerinin maksimum, minimum ve ortalama değerleri yukarıda bahsedilmiş olan depremlî 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,

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

$$(\Delta_i)_{\min} = (d_i)_{\min} - (d_{i-1})_{\min} \quad (5.4)$$

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}} > 1.2 \text{ Olmalı}$$

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

denklemlerine göre hesaplanmıştır. SAP 2000’de yapılmış olan analiz sonucu elde edilen X ve Y doğrultusundaki deplasman değerleri, minimum, maksimum, ortalama görelî kat ötelemeleri değerleri ve burulma düzensizliği katsayıları aşağıda Çizelge 5.5 ve Çizelge 5.6’da verilmiştir. X doğrultusunda A1 burulma düzensizliğine rastlanmamış Y doğrultusunda rastlanmıştır. Yönetmeliğin öngördüğü şekilde yeni bir ekdışmerkezlik değeri kullanılarak tüm deprem hesabı SAP 2000 programında yeniden yapılmıştır.

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

Çizelge 5.5 : E.D.Y.Y. x doğrultusunda A1 burulma düzensizliği kontrolü.

| A1 Burulma Düzensizliği | | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|
| X Doğrultusu | | | | | | |
| Kat | (di)_{min} | (di)_{max} | (Δi)_{min} | (Δi)_{max} | (Δi)_{ort} | η_{bi} |
| 10 | 0.029100 | 0.036240 | 0.002020 | 0.002480 | 0.002250 | 1.102220 |
| 9 | 0.027080 | 0.033760 | 0.002260 | 0.002780 | 0.002520 | 1.103170 |
| 8 | 0.024820 | 0.030980 | 0.002530 | 0.003130 | 0.002830 | 1.106010 |
| 7 | 0.022290 | 0.027850 | 0.002760 | 0.003420 | 0.003090 | 1.106800 |
| 6 | 0.019530 | 0.024430 | 0.002970 | 0.003690 | 0.003330 | 1.108110 |
| 5 | 0.016560 | 0.020740 | 0.003140 | 0.003890 | 0.003520 | 1.105110 |
| 4 | 0.013420 | 0.016850 | 0.003200 | 0.003990 | 0.003600 | 1.108330 |
| 3 | 0.010220 | 0.012860 | 0.003110 | 0.003880 | 0.003500 | 1.108570 |
| 2 | 0.007110 | 0.008980 | 0.002890 | 0.003630 | 0.003260 | 1.113500 |
| 1 | 0.004220 | 0.005350 | 0.002430 | 0.002750 | 0.002590 | 1.106180 |
| Zemin Kat | 0.001790 | 0.002260 | 0.001790 | 0.002260 | 0.002030 | 1.113300 |

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

Eşdeğer Deprem Yüğü hesabında X doğrultusunda yapılmış olan A1 Burulma düzensizliği kontrolünde, burulma düzensizliği katsayıları her katta 1.2 değerinden ufak bulunduğu için katlara ait deprem yüklerinin katlara etkilendiği %5 oranında ekdışmerkezlilik değerinin belli bir oranda arttırılması gerekmemiştir.

Çizelge 5.6 : E.D.Y.Y. y doğrultusunda A1 burulma düzensizliği kontrolü.

| A1 Burulma Düzensizliği | | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Y Doğrultusu | | | | | | |
| Kat | (di)_{min} | (di)_{max} | (Δi)_{min} | (Δi)_{max} | (Δi)_{ort} | η_{bi} |
| 10 | 0.025310 | 0.038010 | 0.002380 | 0.003180 | 0.002780 | 1.143880 |
| 9 | 0.022930 | 0.034830 | 0.002480 | 0.003420 | 0.002950 | 1.159320 |
| 8 | 0.020450 | 0.031410 | 0.002560 | 0.003620 | 0.003090 | 1.171520 |
| 7 | 0.017890 | 0.027790 | 0.002630 | 0.003800 | 0.003220 | 1.181960 |
| 6 | 0.015260 | 0.023990 | 0.002650 | 0.003940 | 0.003290 | 1.197570 |
| 5 | 0.012610 | 0.020050 | 0.002810 | 0.003980 | 0.003390 | 1.174040 |
| 4 | 0.009980 | 0.016070 | 0.002540 | 0.003930 | 0.003230 | 1.216720 |
| 3 | 0.007440 | 0.012140 | 0.002360 | 0.003730 | 0.003040 | 1.226970 |
| 2 | 0.005080 | 0.008410 | 0.002080 | 0.003400 | 0.002740 | 1.240880 |
| 1 | 0.003000 | 0.005010 | 0.001680 | 0.002850 | 0.002270 | 1.255510 |
| Zemin Kat | 0.001320 | 0.002160 | 0.001320 | 0.002160 | 0.001740 | 1.241380 |

Yukarıda Çizelge 5.6'da Y doğrultusunda yapılmış olan A1 burulma düzensizliği hesabı verilmiştir. Çizelge 5.6'da hesaplanmış olan burulma düzensizliği katsayılarının 4'üncü kattan itibaren 1.2 sınır değerini aştığı görülmektedir. Bu nedenle Eşdeğer Deprem Yüğü hesabında bulunan katlara ait deprem yüklerinin katlara etkitildiği %5 oranında ekdışmerkezlik değerinin belli bir oranda artırılması gerekmiştir. Bölüm 3.2.2.1'de verilmiş olan Denklem 3.2 yardımıyla bir D katsayısı Y doğrultusu için hesaplanmış ve her iki deprem doğrultusunda da ek dışmerkezlik bulunan D değeri kadar artırılmıştır. D değerinin hesabı aşağıda verilmiştir.(e'), Deprem yüklerinin etki edeceği yeni ek dışmerkezlik değeridir.

$$D_i = \left(\frac{\eta_{bi}}{1.2} \right)^2 = \left(\frac{1.2555}{1.2} \right)^2 = 1.095$$

$$e' = D_i * e = 1.095 * 0.05 = 0.0547$$

SAP 2000 programında katlara etki ettirilmiş olan deprem yüklerinin etki noktası olan %5 kaydırılmış kütle merkezleri %5.47 olarak değiştirilmiş ve deprem hesabı SAP 2000 programında yeniden yapılmıştır. SAP 2000’de yapılmış olan ikinci çözüme ait tüm düğüm noktası yerdeğiştirmeleri verilmiştir. A1 Burulma Düzensizliği kontrolleri yeniden her iki deprem doğrultusu için yapılmıştır. Çizelge 5.7’de X doğrultusunda yapılan hesap verilmiştir.

Çizelge 5.7 : E.D.Y.Y. x doğrultusunda A1 burulma düzensizliği kontrolü.
(2.çözüm)

| A1 Burulma Düzensizliği | | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|
| X Doğrultusu | | | | | | |
| Kat | (di)_{min} | (di)_{max} | (Δi)_{min} | (Δi)_{max} | (Δi)_{ort} | η_{bi} |
| 10 | 0.028770 | 0.036570 | 0.002010 | 0.002490 | 0.002250 | 1.106670 |
| 9 | 0.026760 | 0.034080 | 0.002230 | 0.002820 | 0.002530 | 1.114620 |
| 8 | 0.024530 | 0.031260 | 0.002500 | 0.003150 | 0.002830 | 1.113070 |
| 7 | 0.022030 | 0.028110 | 0.002730 | 0.003450 | 0.003090 | 1.116500 |
| 6 | 0.019300 | 0.024660 | 0.002940 | 0.003730 | 0.003340 | 1.116770 |
| 5 | 0.016360 | 0.020930 | 0.003100 | 0.003920 | 0.003510 | 1.116810 |
| 4 | 0.013260 | 0.017010 | 0.003160 | 0.004020 | 0.003590 | 1.111980 |
| 3 | 0.010100 | 0.012990 | 0.003080 | 0.003920 | 0.003500 | 1.120000 |
| 2 | 0.007020 | 0.009070 | 0.002850 | 0.003670 | 0.003260 | 1.125770 |
| 1 | 0.004170 | 0.005400 | 0.002410 | 0.003120 | 0.002770 | 1.126350 |
| Zemin Kat | 0.001760 | 0.002280 | 0.001760 | 0.002280 | 0.002020 | 1.128710 |

Çizelge 5.7’de görüldüğü üzere X Doğrultusunda ikinci çözüm sonrasında burulma düzensizliğine rastlanmamıştır. Deprem yüklerinin etki noktası olan kaydırılmış kütle merkezine ait eksi merkezlik değeri %5 değerinden %5.47’ye arttırılmış olduğu için X doğrultusunda burulma katsayıları merite olarak artmıştır. Bu durumu Deprem Yönetmeliği 2007’nin binayı cezalandırmasıdır.

Çizelge 5.8’de Y doğrultusunda ikinci çözüme ait yapılmış olan A1 burulma düzensizliği hesapları verilmiştir

Çizelge 5.8 : E.D.Y.Y. y doğrultusunda A1 burulma düzensizliği kontrolü. (2.çözüm)

| A1 Burulma Düzensizliği | | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Y Doğrultusu | | | | | | |
| Kat | (di)_{min} | (di)_{max} | (Δi)_{min} | (Δi)_{max} | (Δi)_{ort} | η_{bi} |
| 10 | 0.024710 | 0.038610 | 0.002340 | 0.003220 | 0.002780 | 1.158270 |
| 9 | 0.022370 | 0.035390 | 0.002430 | 0.003460 | 0.002950 | 1.172880 |
| 8 | 0.019940 | 0.031930 | 0.002520 | 0.003680 | 0.003100 | 1.187100 |
| 7 | 0.017420 | 0.028250 | 0.002570 | 0.003850 | 0.003210 | 1.199380 |
| 6 | 0.014850 | 0.024400 | 0.002590 | 0.004000 | 0.003300 | 1.212120 |
| 5 | 0.012260 | 0.020400 | 0.002570 | 0.004040 | 0.003310 | 1.303230 |
| 4 | 0.009690 | 0.016360 | 0.002470 | 0.004000 | 0.003240 | 1.234570 |
| 3 | 0.007220 | 0.012360 | 0.002290 | 0.003790 | 0.003040 | 1.246710 |
| 2 | 0.004930 | 0.008570 | 0.002020 | 0.003460 | 0.002740 | 1.262770 |
| 1 | 0.002910 | 0.005110 | 0.001630 | 0.002910 | 0.002270 | 1.077780 |
| Zemin Kat | 0.001280 | 0.002200 | 0.001280 | 0.002200 | 0.001640 | 1.340000 |

İkinci çözüm sonrası Y doğrultusunda A1 Burulma düzensizliğinin mertebe olarak arttığı görülmüştür.

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

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

Komşu katlar arası rijitlik (yumuşak kat) düzensizliği katsayıları,

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

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

$$(\Delta_i)_{\text{ort}} = 1/2 \cdot [(\Delta_i)_{\max} + (\Delta_i)_{\min}] \quad (5.11)$$

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

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

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

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

denklemlerine göre hesaplanmıştır. Çizelge 5.9 ve 5.10'da her iki doğrultuda bulunan değerler verilmiştir.

Çizelge 5.9 : E.D.Y.Y. x doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği kontrolü.

| B2 Komsu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) | | | | | | |
|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|
| X Doğrultusu | | | | | | |
| Kat | (di)_{min} | (di)_{max} | (Δi)_{min} | (Δi)_{max} | (Δi)_{ort} | η_{ki} |
| 10 | 0.024710 | 0.038610 | 0.002340 | 0.003220 | 0.002780 | - |
| 9 | 0.022370 | 0.035390 | 0.002430 | 0.003460 | 0.002950 | 1.12444 |
| 8 | 0.019940 | 0.031930 | 0.002520 | 0.003680 | 0.003100 | 1.11858 |
| 7 | 0.017420 | 0.028250 | 0.002570 | 0.003850 | 0.003210 | 1.09187 |
| 6 | 0.014850 | 0.024400 | 0.002590 | 0.004000 | 0.003300 | 1.08091 |
| 5 | 0.012260 | 0.020400 | 0.002570 | 0.004040 | 0.003310 | 1.05089 |
| 4 | 0.009690 | 0.016360 | 0.002470 | 0.004000 | 0.003240 | 1.02279 |
| 3 | 0.007220 | 0.012360 | 0.002290 | 0.003790 | 0.003040 | 0.97493 |
| 2 | 0.004930 | 0.008570 | 0.002020 | 0.003460 | 0.002740 | 0.93143 |
| 1 | 0.002910 | 0.005110 | 0.001630 | 0.002910 | 0.002270 | 0.84696 |
| Zemin Kat | 0.001280 | 0.002200 | 0.001280 | 0.002200 | 0.001640 | 0.72924 |

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 5.10 : E.D.Y.Y. y doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği kontrolü.

| B2 Komsu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) | | | | | | |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| Y Doğrultusu | | | | | | |
| Kat | (d_i)_{min} | (d_i)_{max} | (Δ_i)_{min} | (Δ_i)_{max} | (Δ_i)_{ort} | η_{ki} |
| 10 | 0.024710 | 0.038610 | 0.002340 | 0.003220 | 0.002780 | - |
| 9 | 0.022370 | 0.035390 | 0.002430 | 0.003460 | 0.002950 | 1.06115 |
| 8 | 0.019940 | 0.031930 | 0.002520 | 0.003680 | 0.003100 | 1.05085 |
| 7 | 0.017420 | 0.028250 | 0.002570 | 0.003850 | 0.003210 | 1.03548 |
| 6 | 0.014850 | 0.024400 | 0.002590 | 0.004000 | 0.003300 | 1.02804 |
| 5 | 0.012260 | 0.020400 | 0.002570 | 0.004040 | 0.003310 | 1.00303 |
| 4 | 0.009690 | 0.016360 | 0.002470 | 0.004000 | 0.003240 | 0.97885 |
| 3 | 0.007220 | 0.012360 | 0.002290 | 0.003790 | 0.003040 | 0.93827 |
| 2 | 0.004930 | 0.008570 | 0.002020 | 0.003460 | 0.002740 | 0.90132 |
| 1 | 0.002910 | 0.005110 | 0.001630 | 0.002910 | 0.002270 | 0.82847 |
| Zemin Kat | 0.001280 | 0.002200 | 0.001280 | 0.002200 | 0.001640 | 0.72247 |

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 Kat görelî ötelemeleri kontrolü

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

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

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 kat görelil ötelemesi Denklem 5.13'te verilmiştir.

$$\delta_i = R \cdot \Delta_i \quad (5.13)$$

$(\delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.02$ 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 görelil kat ötelemesi

$(\delta_i)_{\max}$: Bina'nın i 'inci katındaki maksimum etkin görelil 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 kat görelil ötelemeleri kontrolü her iki deprem doğrultusu içinde ayrı ayrı yukarıda verilen işlem yolu izlenerek ve çizelgeler oluşturularak yapılmıştır.

Aşağıda Çizelge 5.11'de X doğrultusunda, Çizelge 5.12'de ise Y doğrultusunda yapılmış olan kat görelil ötelemeleri kontrolleri verilmiştir. Çizelge 5.11'de ve Çizelge 5.12'de görüldüğu 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 5.11 : E.D.Y.Y. x doğrultusunda kat görelil ötelemeleri hesabı.

| Kat | $(d_i)_{\max}$ | $(\Delta_i)_{\max}$ | h_i | $(\Delta_i)_{\max} / h_i$ |
|-----|----------------|---------------------|-------|---------------------------|
| 10 | 0.03657 | 0.00249 | 3 | 0.00083 |
| 9 | 0.03408 | 0.00282 | 3 | 0.00094 |
| 8 | 0.03126 | 0.00315 | 3 | 0.00105 |
| 7 | 0.02811 | 0.00345 | 3 | 0.00115 |

Çizelge 5.11 (Devam): E.D.Y.Y. x doğrultusunda kat görelî ötelemeleri hesabı.

| Kat | $(d_i)_{\max}$ | $(\Delta_i)_{\max}$ | h_i | $(\Delta_i)_{\max} / h_i$ |
|-----------|----------------|---------------------|-------|---------------------------|
| 6 | 0.02466 | 0.00373 | 3 | 0.00124 |
| 5 | 0.02993 | 0.00392 | 3 | 0.00131 |
| 4 | 0.01701 | 0.00402 | 3 | 0.00134 |
| 3 | 0.01299 | 0.00392 | 3 | 0.00131 |
| 2 | 0.00907 | 0.00367 | 3 | 0.00122 |
| 1 | 0.00540 | 0.00312 | 3 | 0.00104 |
| Zemin Kat | 0.00228 | 0.00228 | 3 | 0.00076 |

Yapılan analiz sonucunda binada, Çizelge 5.11’de verilen X doğrultusundaki görelî kat ötelemelerinin belirtilen sınır değeri olan 0.00286’nın altında olduğu bulunmuştur.

Çizelge 5.12 : E.D.Y.Y. y doğrultusunda kat görelî ötelemeleri hesabı.

| Kat | $(d_i)_{\max}$ | $(\Delta_i)_{\max}$ | h_i | $(\Delta_i)_{\max} / h_i$ |
|-----------|----------------|---------------------|-------|---------------------------|
| 10 | 0.03861 | 0.00322 | 3 | 0.00107 |
| 9 | 0.03539 | 0.00346 | 3 | 0.00115 |
| 8 | 0.03193 | 0.00368 | 3 | 0.00123 |
| 7 | 0.02825 | 0.00385 | 3 | 0.00128 |
| 6 | 0.02440 | 0.00400 | 3 | 0.00133 |
| 5 | 0.02040 | 0.00404 | 3 | 0.00135 |
| 4 | 0.01636 | 0.00400 | 3 | 0.00133 |
| 3 | 0.01236 | 0.00379 | 3 | 0.00126 |
| 2 | 0.00857 | 0.00346 | 3 | 0.00115 |
| 1 | 0.00511 | 0.00291 | 3 | 0.00097 |
| Zemin Kat | 0.00220 | 0.00220 | 3 | 0.00073 |

Yapılan analiz sonucunda binada, Çizelge 5.12’de verilen Y doğrultusundaki görelî kat ötelemelerinin belirtilen sınır değeri olan 0.00286’nın altında olduğu bulunmuştur. Yapıda her iki doğrultuda da kat görelî deplasmanları sınır değeri aşmamaktadır.

5.4.4 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü

Taşıyıcı sistem elemanlarının yalnızca elastik doğrusal davranışları dikkate alındığında, ikinci mertebe etkileri aşağıdaki belirtilen şekilde gözönüne alınabilir. Gözönüne alınan deprem doğrultusunda her bir katta, İkinci Mertebe Gösterge Değeri, Θ_i ’nin Denklem (5.17) ile verilen koşulu sağlaması durumunda, ikinci mertebe etkileri yürürlükteki yönetmeliklere göre değerlendirilecektir.

$$\Theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \sum_{j=1}^N w_j}{V_{ih_i}} \leq 0.12 \quad (5.17)$$

Bu ifadede ;

$(\Delta_i)_{ort}$: i’inci katta kolon ve perdede hesaplanan görelî 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 5.13 ve Çizelge 5.14’de sırasıyla X ve Y doğrultularında ikinci mertebe etkilerinin kontrolü Denklem (5.17) uygulanarak yapılmıştır. X doğrultusunda toplam $\Theta_i = 0.0559 < 0.12$ bulunmuştur, Y doğrultusunda toplam $\Theta_i = 0.06210 < 0.12$ bulunmuştur. Her iki doğrultuda bulunan ikinci mertebe etki değerleri deprem yönetmeliğinde belirtilen sınır değerinin altındadır. Her iki doğrultuda yapılan kontroller sonrası, X ve Y doğrultusunda ikinci derece mertebe etkilerinin sınır değeri olan 0.12’nin altında kaldığı görülmüştür. Farklı zemin oturmalarına bağılı 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 5.13 : E.D.Y.Y. x doğrultusunda ikinci merteye etkileri kontrolü.

| Kat | hi (m) | Wi (kN) | $\sum W_i$ (kN) | $(\Delta i)_{ort}$ | Deprem Yükleri (kN) | Kat Kesme Kuvvetleri (kN) | θ_i |
|-----------|--------|---------|-----------------|--------------------|---------------------|---------------------------|------------|
| 10 | 3 | 4860.85 | 4860.85 | 0.00225 | 1549.640 | 1549.640 | 0.0024 |
| 9 | 3 | 5858.58 | 10719.43 | 0.00253 | 1040.527 | 2590.167 | 0.0035 |
| 8 | 3 | 5858.58 | 16578.00 | 0.00283 | 936.474 | 3526.642 | 0.0044 |
| 7 | 3 | 5858.58 | 22436.58 | 0.00309 | 832.422 | 4359.064 | 0.0053 |
| 6 | 3 | 5858.58 | 28295.16 | 0.00334 | 728.369 | 5087.433 | 0.0062 |
| 5 | 3 | 5858.58 | 34153.74 | 0.00351 | 624.316 | 5711.749 | 0.0070 |
| 4 | 3 | 5858.58 | 40012.31 | 0.00359 | 520.264 | 6232.012 | 0.0077 |
| 3 | 3 | 5858.58 | 45870.89 | 0.00350 | 416.211 | 6648.223 | 0.0080 |
| 2 | 3 | 5858.58 | 51729.47 | 0.00326 | 312.158 | 6960.381 | 0.0081 |
| 1 | 3 | 5858.58 | 57588.04 | 0.00277 | 208.105 | 7168.487 | 0.0074 |
| Zemin Kat | 3 | 5858.58 | 63446.62 | 0.00202 | 104.053 | 7272.540 | 0.0059 |

Çizelge 5.14 : E.D.Y.Y. y doğrultusunda ikinci mertebe etkileri kontrolü.

| Kat | hi (m) | Wi (kN) | $\sum Wi$ (kN) | $(\Delta i)_{ort}$ | Deprem Yükleri (kN) | Kat Kesme Kuvvetleri (kN) | θ_i |
|-----------|--------|---------|----------------|--------------------|---------------------|---------------------------|------------|
| 10 | 3 | 4860.85 | 4860.85 | 0.00225 | 1642.128 | 1642.128 | 0.0022 |
| 9 | 3 | 5858.58 | 10719.43 | 0.00253 | 1102.629 | 2744.757 | 0.0033 |
| 8 | 3 | 5858.58 | 16578.00 | 0.00283 | 992.366 | 3737.124 | 0.0042 |
| 7 | 3 | 5858.58 | 22436.58 | 0.00309 | 882.103 | 4619.227 | 0.0050 |
| 6 | 3 | 5858.58 | 28295.16 | 0.00334 | 771.841 | 5391.067 | 0.0058 |
| 5 | 3 | 5858.58 | 34153.74 | 0.00351 | 661.578 | 6052.645 | 0.0066 |
| 4 | 3 | 5858.58 | 40012.31 | 0.00359 | 551.315 | 6603.960 | 0.0073 |
| 3 | 3 | 5858.58 | 45870.89 | 0.00350 | 441.052 | 7045.011 | 0.0076 |
| 2 | 3 | 5858.58 | 51729.47 | 0.00326 | 330.789 | 7375.800 | 0.0076 |
| 1 | 3 | 5858.58 | 57588.04 | 0.00277 | 220.526 | 7596.326 | 0.0070 |
| Zemin Kat | 3 | 5858.58 | 63446.62 | 0.00202 | 110.263 | 7706.589 | 0.0055 |

5.5 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İç Kuvvetleri

5.5.1 Kolon iç kuvvetleri

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılarak SAP 2000 programı ile yapılmış olan statik hesaplara ait tüm yapı genelinde oluşan kolon iç kuvvetleri ekler kısmında Çizelge 5.38'de, tüm kirişlere ait iç kuvvetler ise Çizelge 5.39'da verilmiştir. Yapının son katı olan 10'uncu kat ve zemin kat gözönüne alınarak yalnızca bu katlara ait iç kuvvetler bu bölümde Çizelgeler halinde sunulmuştur. Bu bölümde verilen iç kuvvetler 6. Bölümde söz konusu yöntemlerin iç kuvvet bakımından kıyaslanması konusuna taban teşkil eder. Daha genel ve özelleşmiş bir inceleme yapılabilmesi adına yapının tüm katlarına ait kolonlar yerine sadece 10'uncu kat ile zemin kat kolon tesirleri gözönüne alınmıştır. Kolonlara ait M3 ve M2 eğilme momentleri ve bu eğilme momentlerini oluşturan normal kuvvetler birlikte verilmiştir. Kolonlarda oluşan M3 ve M2 eğilme momentlerinin yanısıra kolonlar için önemli olan V2 ve V3 kesme kuvvetleri de Çizelgeler halinde sunulmuştur. Sap 2000 programına girilmiş olan 17 adet yükleme kombinasyonu arasından iç kuvvet seçimi yapılmıştır. Zarf yükleme kombinasyonu sonuçlarını doğrudan kullanmak yanlış olacağından ve yanıltıcı sonuçlar doğurabileceği için bu tip bir yola başvurulmamıştır. Tüm iç kuvvetler en elverişsiz sonuçları veren yükleme kombinasyonları gözönünde alınarak seçilmiştir. SAP 2000 programına çubuk eleman olarak tanımlanmış olan kolonların, SAP 2000 programı çubuk eleman lokal eksen takımı sağ el kuralına uygun olarak ve iç yapı statığı pozitif yön kabulü göz önünde bulundurularak, tüm iç kuvvetler işaretleriyle birlikte sunulmuştur. Sap 2000 programında modellenmiş olan binada hem X doğrultusunda hemde Y doğrultusunda ayrı ayrı iç tesir diyagramları elde edilmiştir. Bu işlem gerçekleştirilirken X doğrultusundaki diyagramlar, sadece bu doğrultudaki deprem yükleme kombinasyonları arasından seçilmemiştir. Diğer yön katkıları da göz önünde bulundurulmuştur. Bu katkı daha önce 3.Bölümde anlatmış olduğumuz üzere %30'dur. İç kuvvetlerin arttırılması işlemi bu vesile ile yükleme kombinasyonları ile sağlanmıştır.

Aşağıda Çizelge 5.15'de kolonlarda en elverişsiz M3 momentlerini veren yükleme kombinasyonları, elde edilen M3 eğilme momenti değerleri ve bu momentleri oluşturan normal kuvvetler verilmiştir.

Çizelge 5.15 : E.D.Y.Y. M3 eğilme momentleri, normal kuvvetleri.

| Kat No | Kolon No | Elverişsiz Değeri Veren Yük Birleşimi | Eğilme Momenti-M3 (kNm) | Normal Kuvvet N (kN) |
|--------|----------|---------------------------------------|-------------------------|----------------------|
| 10 | S1 | G+Q+EXNeN+0,30EYNeP | 93,429 | -62,499 |
| | S2 | G+Q+EXPeN+0,30EYPeP | -120,803 | -58,405 |
| | S3 | G+Q+EXNeN+0,30EYNeP | -27,301 | -71,599 |
| | S4 | G+Q+EXPeN+0,30EYPeP | -138,345 | -77,885 |
| | S5 | G+Q+EXNeP+0,30EYNeN | 75,674 | -172,801 |
| | S6 | G+Q+EXPeN+0,30EYPeP | -217,787 | -102,474 |
| Zem. | S1 | G+Q+EXNeN+0,30EYNeP | 97,294 | -1237,841 |
| | S2 | G+Q+EXPeN+0,30EYPeP | 110,819 | -1453,825 |
| | S3 | G+Q+EXPeN+0,30EYPeP | 95,423 | -2142,695 |
| | S4 | G+Q+EXPeN+0,30EYPeP | 197,450 | -1196,479 |
| | S5 | G+Q+EXNeN+0,30EYNeP | -165,928 | -2747,668 |
| | S6 | G+Q+EXPeN+0,30EYPeP | 302,827 | -2618,821 |

Çizelge 5.16'da kolonlarda en elverişsiz M2 momentlerini veren yükleme kombinasyonları, elde edilen M2 eğilme momenti değerleri ve bu momentleri oluşturan normal kuvvetler verilmiştir.

Çizelge 5.16 : E.D.Y.Y. M2 eğilme momentleri, normal kuvvetleri.

| Kat No | Kolon No | Elverişsiz Değeri Veren Yük Birleşimi | Eğilme Momenti-M2 (kNm) | Normal Kuvvet N (kN) |
|--------|----------|---------------------------------------|-------------------------|----------------------|
| 10 | S1 | G+Q+EYNeN+0,30EXNeP | 43,921 | -72,184 |
| | S2 | G+Q+EYNeN+0,30EXNeP | 38,514 | -66,703 |
| | S3 | G+Q+EYNeN+0,30EXNeP | 107,239 | -71,599 |
| | S4 | G+Q+EYNeN+0,30EXNeP | 114,905 | -124,935 |
| | S5 | G+Q+EYNeN+0,30EXNeP | 136,752 | -153,625 |
| | S6 | G+Q+EYNeN+0,30EXNeP | 129,196 | -150,057 |
| Zem. | S1 | G+Q+EYNeN+0,30EXNeP | 50,909 | -1260,136 |
| | S2 | G+Q+EYNeN+0,30EXNeP | -56,314 | -1702,697 |
| | S3 | G+Q+EYNeN+0,30EXNeP | -59,154 | -1400,111 |
| | S4 | G+Q+EYNeN+0,30EXNeP | -102,735 | -1256,760 |
| | S5 | G+Q+EYNeN+0,30EXNeP | -99,573 | -2102,585 |
| | S6 | G+Q+EYNeN+0,30EXNeP | -100,264 | -2599,392 |

Çizelge 5.17'de zemin kat ve 10. katlarda en elverişsiz V2 kesme kuvvetlerini veren yükleme kombinasyonu ve bu kombinasyon ile elde edilen V2 kesme kuvveti değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.17 : E.D.Y.Y. V2 kesme kuvveti.

| Kat No | Kolon No | Elverişsiz Değeri Veren Yük Birleşimi | Kesme Kuvveti-V2 (kN) |
|--------|----------|---------------------------------------|-----------------------|
| 10 | S1 | G+Q+EXNeN+0,30EYNeP | -55,892 |
| | S2 | G+Q+EXPeN+0,30EYPeP | 100,140 |
| | S3 | G+Q+EXNeN+0,30EYNeP | 16,763 |
| | S4 | G+Q+EXPeN+0,30EYPeP | 85,745 |
| | S5 | G+Q+EXNeP+0,30EYNeN | -44,235 |
| | S6 | G+Q+EXPeN+0,30EYPeP | 133,349 |
| Zemin | S1 | G+Q+EXNeN+0,30EYNeP | -48,379 |
| | S2 | G+Q+EXPeN+0,30EYPeP | 79,263 |
| | S3 | G+Q+EXPeN+0,30EYPeP | 55,079 |
| | S4 | G+Q+EXPeN+0,30EYPeP | 101,661 |
| | S5 | G+Q+EXNeN+0,30EYNeP | -74,861 |
| | S6 | G+Q+EXPeN+0,30EYPeP | 136,218 |

Çizelge 5.18’de en elverişsiz V3 kesme kuvvetlerini veren yükleme kombinasyonu ve elde edilen V3 kesme kuvveti değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.18 : E.D.Y.Y. V3 kesme kuvveti.

| Kat No | Kolon No | Elverişsiz Değeri Veren Yük Birleşimi | Kesme Kuvveti-V3 (kN) |
|--------|----------|---------------------------------------|-----------------------|
| 10 | S1 | G+Q+EYNeN+0,30EXNeP | -27,181 |
| | S2 | G+Q+EYNeN+0,30EXNeP | -24,455 |
| | S3 | G+Q+EYNeN+0,30EXNeP | -66,065 |
| | S4 | G+Q+EYNeN+0,30EXNeP | -72,954 |
| | S5 | G+Q+EYNeN+0,30EXNeP | -86,344 |
| | S6 | G+Q+EYNeN+0,30EXNeP | -81,118 |
| Zemin | S1 | G+Q+EYNeN+0,30EXNeP | -27,718 |
| | S2 | G+Q+EYNeN+0,30EXNeP | -32,026 |
| | S3 | G+Q+EYNeN+0,30EXNeP | -35,314 |
| | S4 | G+Q+EYNeN+0,30EXNeP | -63,670 |
| | S5 | G+Q+EYNeN+0,30EXNeP | -58,385 |
| | S6 | G+Q+EYNeN+0,30EXNeP | -58,282 |

5.5.2 Perde iç kuvvetleri

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılarak SAP 2000 programı ile yapılan statik analiz sonrası yapıda mevcut olan tüm perde iç kuvvetleri ekler bölümünde Çizelge 5.40 ile verilmiştir. Bu bölümde kolonlar ile uyumlu gidilmesi açısından aynen kolonlarda olduğu gibi binanın 10’uncu katı ve zemin katına ait perde iç kuvvetleri aşağıda sunulmuştur. Perdeler SAP 2000 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. Sonlu elemanlara ayrılmış olan perdelerin her kat seviyesinde perde alt uç düğüm noktarına yakın yerlerden kesim yapılmış ve bu kesim yapılan yerlerin altında kalan düğüm noktalarında meydana gelen iç kuvvetler dikkate alınmıştır. Perde lokal eksen takımı, düğüm noktası lokal eksen takımından farklıdır ve SAP 2000 programında bu farklılık göz önüne alınarak yapılan kesimlere ait iç kuvvet sonuçları Çizelgeler halinde sunulmuştur. Çizelge 5.19’da perde iç kuvvetleri tek bir çizelge halinde verilmiştir.

Çizelge 5.19 : 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) |
|--------|----------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| 10 | P1 | 22.089 | 202.101 | 125.756 | 63.368 | -300.287 |
| | P2 | 75.173 | 191.728 | 148.645 | 121.871 | -336.388 |
| | P3 | 51.041 | 214.701 | 156.539 | 47.309 | -624.387 |
| | P4 | -11.018 | 650.876 | 225.501 | 62.583 | -596.695 |
| Zemin | P1 | 53.917 | 2612.702 | 755.343 | 46.027 | -3161.824 |
| | P2 | 82.857 | 4079.804 | 918.091 | 86.585 | -4018.477 |
| | P3 | 43.988 | 3452.286 | 700.019 | 88.029 | -5557.507 |
| | P4 | 68.883 | 4847.072 | 2256.611 | 70.337 | -5826.531 |

5.6 Mod Birleştirme Yöntemi ile Deprem Hesabı

Yapının Mod Birleştirme Yöntemi ile depremli durum hesapları binanın her iki doğrultusunda ayrı ayrı SAP 2000 programı kullanılarak yapılmıştır. Mod birleştirme yöntemi, eşdeğer deprem yükü yöntemi gibi statik bir deprem hesap yöntemi olmadığı için azaltılmış ivme-tepki spektrumu SAP 2000 programına tanıtılarak mod birleştirme yöntemi uygulanmıştır. Her iki deprem doğrultusu için mod birleştirme yöntemi için düzenlenmiş olan fonksiyonel yükler ve bu yükleri oluşturmak adına yapıya ait ivme tepki spektrumu manuel olarak oluşturulmuştur.

5.6.1 Mod birleştirme yönteminin SAP 2000 programında uygulanması

5.6.1.1 Azaltılmış ivme tepki spektrumunun SAP 2000’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 gözönüne 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 SAP 2000’e “Response Spectrum Function” kısmına bir fonksiyon halinde girilmiştir. Aşağıda Çizelge 5.20’de SAP 2000’e girilen zaman-ivme fonksiyonu Çizelge halinde verilmiştir.

Çizelge 5.20 : Zaman-İvme fonksiyonu (response spectrum function).

| Zaman | S(T) | R _a (T) | İvme S(T) / R _a (T) |
|-------|------|--------------------|-----------------------------------|
| 0.00 | 1,00 | 1,50 | 0,6667 |
| 0.05 | 1,50 | 3,33 | 0,6667 |
| 0.10 | 2,00 | 5,16 | 0,3876 |
| 0.15 | 2,50 | 7,00 | 0,3571 |
| 0.20 | 2,50 | 7,00 | 0,3571 |
| 0.25 | 2,50 | 7,00 | 0,3571 |
| 0.30 | 2,50 | 7,00 | 0,3571 |
| 0.35 | 2,50 | 7,00 | 0,3571 |
| 0.40 | 2,50 | 7,00 | 0,3571 |
| 0.45 | 2,50 | 7,00 | 0,3571 |
| 0.50 | 2,50 | 7,00 | 0,3571 |
| 0.55 | 2,50 | 7,00 | 0,3571 |
| 0.60 | 2,50 | 7,00 | 0,3571 |
| 0.65 | 2,34 | 7,00 | 0,3350 |
| 0.70 | 2,21 | 7,00 | 0,3157 |
| 0.75 | 2,09 | 7,00 | 0,2988 |
| 0.80 | 1,99 | 7,00 | 0,2837 |
| 0.85 | 1,89 | 7,00 | 0,2703 |
| 0.90 | 1,81 | 7,00 | 0,2582 |
| 0.95 | 1,73 | 7,00 | 0,2473 |
| 1.00 | 1,66 | 7,00 | 0,2371 |
| 1.05 | 1,60 | 7,00 | 0,2286 |
| 1.10 | 1,54 | 7,00 | 0,2199 |

5.6.1.2. Taban kesme kuvveti V_t’nin SAP 2000’de tanımlanması

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

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

Denklem (5.18)’de verilen S(T) / R_a(T) kısım SAP 2000’e 5.5.1.1’de anlatılmış olan şekilde bir fonksiyon olarak tanıtılmıştır. “g.A₀.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.

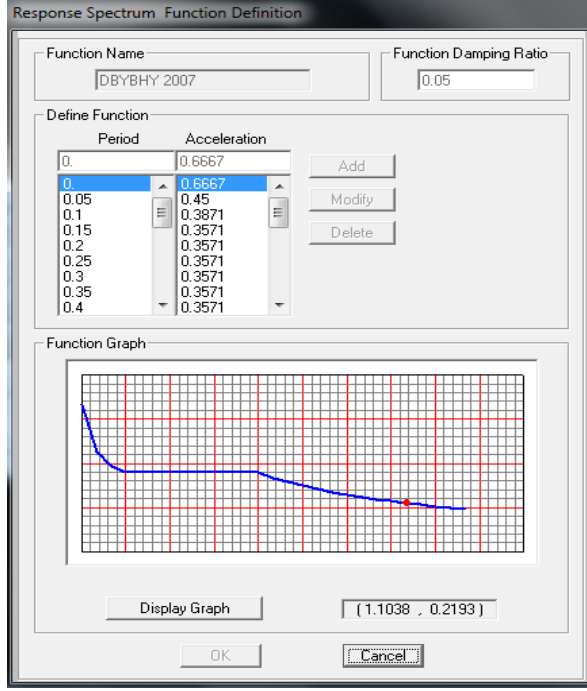
$$g.A_0.I = 9,81*0.4*1 = 3,924 \text{ olarak bulunmuştur.}$$

Mod birleştirme yöntemi taban kesme kuvveti için Denklem (5.18)'de verilen (m) kütlesi ise SAP 2000'de eleman zati ağırlıklarından dolayı olanlar manuel olarak hesaplanıp kat kütle merkezine girilmiştir, duvar yükleri ve döşeme yükleri gibi yüklerin ağırlıklarından dolayı oluşacak kütleler ise SAP 2000 programında otomatik olarak hesaplanmıştır. Her kat seviyesinde kat kütle merkezi bir adet düğüm noktası olarak atanmış ve içinde bulunduğu katın rijit diyaframına eklenmiştir. Bu sayede TSD sistemin topaklaşmış kütle modeli üzerinde çalıştığı durum bire bir SAP 2000 programında tasarlanmıştır. Kat kütle merkezi her iki deprem doğrultusunda $\pm\% 5$ kaydırılarak 5 farklı SAP 2000 dosyası oluşturulmuş ve her bir depremlilik durum ayrı ayrı SAP 2000 programında çözülmüştür. Kat seviyesine kütleler atanırken bu durum gözönüne 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 yüklem tipi spektrum fonksiyonu olan iki adet yüklem durumu oluşturulmuştur. X doğrultusunda spektral yüklem için SPECX, Y doğrultusundaki spektral yüklem için SPECY adı altında yüklem durumları SAP 2000'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 yüklem 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 $\pm\% 5$ kaydırılmış kat kütle merkezlerine deprem yüklerinin uygulanmasını koşul olarak getirdiği için kütle merkezleri 4 farklı SAP 2000 dosyası oluşturularak aynı bina 4 farklı kaydırılmış kütle merkezi ile modellenmiştir. Bu

modellerin birincisinde kütle merkezi X doğrultusunda + %5 kaydırılmış, ikincisinde X doğrultusunda - %5 kaydırılmış, üçüncüsünde Y doğrultusunda + %5 kaydırılmış, dördüncüsünde ise Y doğrultusunda - %5 kaydırılmıştır. Şekil 5.5’de zaman-ivme fonksiyonunun SAP 2000’de girildiği menü verilmiştir.



Şekil 5.5 : SAP 2000 programında zaman-ivme fonksiyonunun tanımlanması

X doğrultusunda spektral yükleme için SPECX, Y doğrultusundaki spektral yükleme içinde SPECY adı altında yükleme durumları SAP 2000’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 edilmelidir. Şekil 5.6’da specx’ in SAP 2000 programında mod birleştirme yöntemi uygulanırken kullanılan arayüzde tanımlanması verilmiştir.

Şekil 5.6 : SAP 2000 programında specx'in tanımlanması.

5.6.2 Mod birleştirme yöntemi sap 2000 analiz sonuçları

5.6.2.1 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 gözönüne alınmış ve çözümde 60 mod kullanılmıştır. 60 mod için analiz sonrası bulunan kütle katılım oranları kümülatif olarak her serbestlik derecesi için bulunmuş ve aşağıda Çizelge 5.21'de gösterilen biçimde verilmiştir. Dönme serbestliği gözönüne alınmadığında ilk 18 moda kadar olan kısmın % 90 kütle katılımını geçtiği görülmektedir. Deprem Yönetmeliği Mod Birleştirme yönteminde mod kısıtlaması yapmamıştır fakat kümülatif olarak kütle katılımın toplam yapı kütlelerinin %90'nı geçmesi şart koşulmuştur. Yapılan mod birleştirme analizinin Deprem Yönetmeliğinde verilen bu şartı sağladığı kontrol edilmiştir. Yapının 60 adet mod için X doğrultusundaki öteleme serbestliğinin toplam kütle katılım oranı %0.9680, Y doğrultusunda ise % 0.9555 bulunmuştur.

Çizelge 5.21 : Mod birleştirme yöntemi modal kütle katılım oranları.

| Mod | Periyod | Toplam UX | Toplam UY | Toplam UZ | Toplam RX | Toplam RY | Toplam RZ |
|------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 1 | 0.8917 | 0.6888 | 0 | 0 | 0 | 0.7502 | 0.201 |
| 2 | 0.8298 | 0.6888 | 0.6647 | 0 | 0.8269 | 0.7502 | 0.5269 |
| 3 | 0.8033 | 0.6888 | 0.6647 | 0 | 0.8269 | 0.7502 | 0.6769 |
| 4 | 0.2612 | 0.8114 | 0.6647 | 0 | 0.8269 | 0.751 | 0.7127 |
| 5 | 0.2402 | 0.8114 | 0.6647 | 0 | 0.8269 | 0.751 | 0.7378 |
| 6 | 0.2163 | 0.8114 | 0.8189 | 0 | 0.8323 | 0.751 | 0.8134 |
| 7 | 0.1282 | 0.8602 | 0.8189 | 0 | 0.8323 | 0.756 | 0.8277 |
| 8 | 0.1244 | 0.8602 | 0.8189 | 0 | 0.8323 | 0.756 | 0.8369 |
| 9 | 0.1053 | 0.8602 | 0.8189 | 0.3824 | 0.8793 | 0.8272 | 0.8369 |
| 10 | 0.1049 | 0.8607 | 0.8189 | 0.3824 | 0.8793 | 0.8562 | 0.837 |
| 11 | 0.1008 | 0.8607 | 0.8729 | 0.3824 | 0.8833 | 0.8562 | 0.8635 |
| 12 | 0.0889 | 0.8607 | 0.8732 | 0.3824 | 0.8986 | 0.8562 | 0.8636 |
| 13 | 0.0887 | 0.8607 | 0.8732 | 0.3824 | 0.8986 | 0.8562 | 0.8636 |
| 14 | 0.0839 | 0.8607 | 0.8732 | 0.6969 | 0.9373 | 0.9148 | 0.8636 |
| 15 | 0.0828 | 0.8607 | 0.8732 | 0.7144 | 0.9394 | 0.9181 | 0.8636 |
| 16 | 0.0826 | 0.861 | 0.8732 | 0.7144 | 0.9394 | 0.9181 | 0.8637 |
| 17 | 0.0817 | 0.861 | 0.8732 | 0.7144 | 0.9394 | 0.9274 | 0.8637 |
| 18 | 0.0813 | 0.861 | 0.8732 | 0.7144 | 0.9394 | 0.9274 | 0.8676 |
| 19 | 0.0813 | 0.861 | 0.8733 | 0.7144 | 0.9517 | 0.9274 | 0.8677 |
| 20 | 0.0792 | 0.861 | 0.8733 | 0.7144 | 0.9517 | 0.9274 | 0.8683 |
| 21 | 0.07797 | 0.88798 | 0.87328 | 0.71439 | 0.95171 | 0.92831 | 0.87615 |
| 22 | 0.07146 | 0.88798 | 0.8734 | 0.71439 | 0.95173 | 0.92831 | 0.8762 |
| 23 | 0.07126 | 0.88798 | 0.8734 | 0.71439 | 0.95173 | 0.92831 | 0.87623 |
| 24 | 0.06847 | 0.88798 | 0.8734 | 0.71975 | 0.95239 | 0.92931 | 0.87623 |
| 25 | 0.06692 | 0.88798 | 0.87354 | 0.71975 | 0.95239 | 0.92931 | 0.87631 |
| 26 | 0.06476 | 0.88811 | 0.87354 | 0.71975 | 0.95239 | 0.93051 | 0.87634 |
| 27 | 0.06372 | 0.88811 | 0.87354 | 0.71975 | 0.95239 | 0.93051 | 0.87636 |
| 28 | 0.0628 | 0.88811 | 0.90081 | 0.71975 | 0.95351 | 0.93051 | 0.88973 |
| 29 | 0.06135 | 0.88811 | 0.90081 | 0.78997 | 0.96214 | 0.94359 | 0.88973 |
| 30 | 0.05946 | 0.88811 | 0.90081 | 0.78997 | 0.96214 | 0.94359 | 0.89231 |

Çizelge 5.21 (Devam): Mod birleştirme yöntemi modal kütle katılım oranları.

| Mod | Periyod | Toplam UX | Toplam UY | Toplam UZ | Toplam RX | Toplam RY | Toplam RZ |
|-----|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 31 | 0.05685 | 0.88811 | 0.90081 | 0.78997 | 0.96214 | 0.94483 | 0.89231 |
| 32 | 0.0542 | 0.88811 | 0.90081 | 0.79100 | 0.96227 | 0.94502 | 0.89231 |
| 33 | 0.05402 | 0.90485 | 0.90081 | 0.79100 | 0.96227 | 0.94532 | 0.8972 |
| 34 | 0.05396 | 0.90485 | 0.90082 | 0.79100 | 0.9624 | 0.94532 | 0.8972 |
| 35 | 0.05319 | 0.90485 | 0.90082 | 0.79100 | 0.9624 | 0.94532 | 0.89722 |
| 36 | 0.05315 | 0.90578 | 0.90082 | 0.79100 | 0.9624 | 0.94534 | 0.89749 |
| 37 | 0.04837 | 0.90578 | 0.90082 | 0.79691 | 0.96313 | 0.94644 | 0.89749 |
| 38 | 0.04834 | 0.90578 | 0.90082 | 0.79691 | 0.96366 | 0.94644 | 0.89749 |
| 39 | 0.04701 | 0.90578 | 0.90082 | 0.79691 | 0.96366 | 0.94644 | 0.89913 |
| 40 | 0.04522 | 0.90578 | 0.91747 | 0.79691 | 0.96394 | 0.94644 | 0.90729 |
| 41 | 0.04463 | 0.90578 | 0.91747 | 0.81936 | 0.9667 | 0.95062 | 0.90729 |
| 42 | 0.04463 | 0.90578 | 0.91747 | 0.81936 | 0.9667 | 0.95263 | 0.90729 |
| 43 | 0.04385 | 0.90578 | 0.91747 | 0.81936 | 0.9667 | 0.95263 | 0.90729 |
| 44 | 0.0438 | 0.90588 | 0.91747 | 0.81936 | 0.9667 | 0.95263 | 0.90732 |
| 45 | 0.04366 | 0.90588 | 0.91747 | 0.81963 | 0.96673 | 0.95268 | 0.90732 |
| 46 | 0.04365 | 0.90588 | 0.91801 | 0.81963 | 0.96682 | 0.95268 | 0.90759 |
| 47 | 0.04291 | 0.90588 | 0.91801 | 0.81963 | 0.96682 | 0.95268 | 0.90759 |
| 49 | 0.04067 | 0.91781 | 0.91804 | 0.81963 | 0.96701 | 0.95298 | 0.91108 |
| 50 | 0.03941 | 0.91781 | 0.91804 | 0.8254 | 0.96772 | 0.95406 | 0.91108 |
| 51 | 0.03941 | 0.91781 | 0.91804 | 0.8254 | 0.96772 | 0.95536 | 0.91109 |
| 52 | 0.03922 | 0.91781 | 0.91804 | 0.8254 | 0.96772 | 0.95536 | 0.9115 |
| 53 | 0.03919 | 0.91781 | 0.91804 | 0.8262 | 0.96781 | 0.95551 | 0.9115 |
| 54 | 0.03911 | 0.91781 | 0.91804 | 0.8262 | 0.96784 | 0.95551 | 0.9115 |
| 55 | 0.03903 | 0.91852 | 0.91804 | 0.8262 | 0.96784 | 0.95553 | 0.91171 |
| 56 | 0.03874 | 0.91852 | 0.91804 | 0.8262 | 0.96784 | 0.95553 | 0.9124 |
| 57 | 0.03785 | 0.91852 | 0.91805 | 0.8262 | 0.9679 | 0.95553 | 0.9124 |
| 58 | 0.03784 | 0.91852 | 0.91805 | 0.8262 | 0.9679 | 0.95553 | 0.91241 |
| 59 | 0.03519 | 0.91852 | 0.93028 | 0.8262 | 0.96806 | 0.95553 | 0.9184 |
| 60 | 0.0349 | 0.91853 | 0.93028 | 0.8262 | 0.96806 | 0.95553 | 0.9184 |

5.6.3 Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

Yapının mod birleştirme yöntemi uygulandığı 5 adet çözümün her iki doğrultuda taban kesme kuvvetleri SAP 2000 programında base reactions (taban reaksiyonları) kısmından okunmuş ve eşdeğer deprem yükü yönteminde bulunan taban kesme kuvvetleri ile kıyaslanmıştır. Yapıda X doğrultusunda A1 burulma düzensizliği mevcut olmadığı için X doğrultusundaki karşılaştırmada β katsayısı 0.8 alınmış, Y doğrultusunda A1 burulma düzensizliği mevcut olduğu için Y doğrultusundaki

karşılaştırmada β katsayısı 0.9 alınmıştır. Yapılmış olan taban kesme kuvveti karşılaştırmaları Çizelge 5.22’de verilmiştir. Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin değerleri mod birleştirme yöntemi ile bulunan taban kesme kuvvetleri değerlerinden küçük bulunmuştur. Bu nedenden ötürü mod birleştirme yöntemi ile bulunan taban kesme kuvvetleri hiçbir değişikliğe uğramadan iç kuvvetlerin ve yerdeğiştirmelerin bulunmasında doğrudan kullanılmıştır. Eğer bunun aksi bir durum gerçekleşip 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 çıkmış olsa idi, mod birleştirme yöntemi ile bulunan kuvvetler 2. Bölümde verilmiş olan Denklem (2.23) ile bulunan D katsayıları ile büyütülecekti. Bu büyültme işlemi SAP 2000 programında (scale faktör) büyültme oranı değerinin değiştirilmesi ile çözülecektir.

Çizelge 5.22 : Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.

| Kuvvet Doğrultusu | E.D.Y.Y V_T | β_x | β_y | M.B.Y. Specx (+%5 e_y) V_{TB} | M.B.Y. Specx (+%5 e_y) V_{TB} | M.B.Y. Specx (+%5 e_y) V_{TB} | M.B.Y. Specx (+%5 e_y) V_{TB} |
|-------------------|---------------------|-----------|-----------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| X Doğrultusu | 7272,540 | 0.8 | - | 6841,740 | 6841,740 | 6901,300 | 6901,300 |
| Y Doğrultusu | 7706,589 | - | 0.9 | 7169,632 | 7169,631 | 6982,641 | 6982,401 |
| Kuvvet Doğrultusu | Azaltılmış Değerler | | | Seçilen Taban Kesme Kuvvetleri | | | |
| X Doğrultusu | 5818,032 | | | 6841,740 | 6841,740 | 6901,300 | 6901,300 |
| Y Doğrultusu | 6935,930 | | | 7169,632 | 7169,631 | 6982,641 | 6982,401 |

5.7 Mod Birleştirme Yöntemine Göre Düzensizlik Kontrolleri

Bölüm 5.3’te eşdeğer deprem yükü analizi sonrası yapılmış olan tüm deprem yönetmeliği düzensizlik kontrolleri mod birleştirme yöntemi içinde aynı şekilde uygulanmıştır.

5.7.1 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 gözönüne

alınarak A1 burulma düzensizliği kontrolü gerçekleştirilmiştir. X ve Y doğrultularına göre A1 burulma düzensizliği kontrolleri Çizelge 5.23 ve Çizelge 5.24’de verilmiştir. düzensizliğin gerçekleşmemesi için $\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}} < 1.2$ olmalıdır. Çizelge 5.23’de görüldüğü üzere binanın tüm katlarında X doğrultusundaki burulma katsayısı (η_{bi}) sınır değer olan 1.2’den küçük olarak bulunmuştur. Yapıda X doğrultusunda burulma düzensizliği mevcut değildir.

Çizelge 5.23 : M.B.Y. x doğrultusunda A1 burulma düzensizliği kontrolü.

| A1 Burulma Düzensizliği | | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|
| X Doğrultusu | | | | | | |
| Kat | (di)_{min} | (di)_{max} | (Δi)_{min} | (Δi)_{max} | (Δi)_{ort} | η_{bi} |
| 10 | 0,02625 | 0,03078 | 0,00167 | 0,00192 | 0,00180 | 1,067 |
| 9 | 0,02458 | 0,02886 | 0,00190 | 0,00221 | 0,00206 | 1,073 |
| 8 | 0,02268 | 0,02665 | 0,00217 | 0,00254 | 0,00236 | 1,076 |
| 7 | 0,02051 | 0,02411 | 0,00242 | 0,00282 | 0,00262 | 1,076 |
| 6 | 0,01809 | 0,02129 | 0,00266 | 0,00312 | 0,00289 | 1,080 |
| 5 | 0,01543 | 0,01817 | 0,00284 | 0,00332 | 0,00308 | 1,078 |
| 4 | 0,01259 | 0,01485 | 0,00295 | 0,00345 | 0,00320 | 1,078 |
| 3 | 0,00964 | 0,01140 | 0,00289 | 0,00341 | 0,00315 | 1,083 |
| 2 | 0,00675 | 0,00799 | 0,00272 | 0,00321 | 0,00297 | 1,081 |
| 1 | 0,00403 | 0,00478 | 0,00232 | 0,00275 | 0,00253 | 1,087 |
| Zemin Kat | 0,00171 | 0,00203 | 0,00171 | 0,00203 | 0,00187 | 1.086 |

$(\Delta_i)_{\max}$ değeri en çok 4. katta görülürken η_{bi} değeri en çok 3. katta görülmüştür, bu sebepten ötürü katlara ait maksimum yerdeğiştirme değerlerinin doğrudan A1 burulma düzensizliğini arttırdığını söylemek doğru olmaz. Önemli olan etkin kat görelî ötelemeleri içerisindeki en büyük yerdeğiştirme değerleri ve bu değerlerin mertebeleridir.

Çizelge 5.24 : M.B.Y. y doğrultusunda A1 burulma düzensizliği kontrolü.

| A1 Burulma Düzensizliği | | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Y Doğrultusu | | | | | | |
| Kat | (di)_{min} | (di)_{max} | (Δi)_{min} | (Δi)_{max} | (Δi)_{ort} | η_{bi} |
| 10 | 0,02530 | 0,03031 | 0,00214 | 0,00243 | 0,00229 | 1,061 |
| 9 | 0,02316 | 0,02788 | 0,00227 | 0,00263 | 0,00245 | 1,073 |
| 8 | 0,02089 | 0,02525 | 0,00241 | 0,00283 | 0,00262 | 1,080 |
| 7 | 0,01848 | 0,02242 | 0,00254 | 0,00300 | 0,00277 | 1,083 |
| 6 | 0,01594 | 0,01942 | 0,00263 | 0,00313 | 0,00288 | 1,087 |
| 5 | 0,01331 | 0,01629 | 0,00265 | 0,00319 | 0,00292 | 1,092 |
| 4 | 0,01066 | 0,01310 | 0,00261 | 0,00317 | 0,00289 | 1,097 |
| 3 | 0,00805 | 0,00993 | 0,00248 | 0,00303 | 0,00276 | 1,098 |
| 2 | 0,00557 | 0,00690 | 0,00224 | 0,00278 | 0,00251 | 1,108 |
| 1 | 0,00333 | 0,00412 | 0,00188 | 0,00234 | 0,00211 | 1,109 |
| Zemin Kat | 0,00145 | 0,00178 | 0,00145 | 0,00178 | 0,00162 | 1,099 |

Çizelge 5.24’de görüldüğü üzere binanın tüm katlarında Y doğrultusundaki burulma katsayısı (η_{bi}) sınır değer olan 1.2’den küçük olarak bulunmuştur. Yapıda Y doğrultusunda burulma düzensizliği mevcut değildir.

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

X ve Y Doğrultularına göre B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik (Yumuşak Kat) Düzensizliği Kontrolü Çizelge 5.25 ve Çizelge 5.26’da verilmiştir. $\eta_{ki} = (\Delta_i)_{ort} / (\Delta_{i+1})_{ort} < 2$ olmalıdır.

Yapıda X doğrultusunda B-2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği mevcut değildir. B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği Kontrolü katsayısı olan η_{ki} yapı boyunca bir üst kat baz alınarak yapılmıştır.

Çizelge 5.25 : M.B.Y. x doğrultusunda B2 rijitlik düzensizliği kontrolü.

| B2 Komsu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) | | | | | | |
|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|
| X Doğrultusu | | | | | | |
| Kat | (di)_{min} | (di)_{max} | (Δi)_{min} | (Δi)_{max} | (Δi)_{ort} | η_{ki} |
| 10 | 0,02625 | 0,03078 | 0,00167 | 0,00192 | 0,00180 | - |
| 9 | 0,02458 | 0,02886 | 0,00190 | 0,00221 | 0,00206 | 1,144 |
| 8 | 0,02268 | 0,02665 | 0,00217 | 0,00254 | 0,00236 | 1,146 |
| 7 | 0,02051 | 0,02411 | 0,00242 | 0,00282 | 0,00262 | 1,110 |
| 6 | 0,01809 | 0,02129 | 0,00266 | 0,00312 | 0,00289 | 1,103 |
| 5 | 0,01543 | 0,01817 | 0,00284 | 0,00332 | 0,00308 | 1,066 |
| 4 | 0,01259 | 0,01485 | 0,00295 | 0,00345 | 0,00320 | 1,039 |
| 3 | 0,00964 | 0,01140 | 0,00289 | 0,00341 | 0,00315 | 0,984 |
| 2 | 0,00675 | 0,00799 | 0,00272 | 0,00321 | 0,00297 | 0,943 |
| 1 | 0,00403 | 0,00478 | 0,00232 | 0,00275 | 0,00253 | 0,851 |
| Zemin Kat | 0,00171 | 0,00203 | 0,00171 | 0,00203 | 0,00187 | 0,739 |

Çizelge 5.25’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 öngördüğü sınır değer olan 2’nin altında kaldığı sonucuna varılmıştır. En büyük rijitlik düzensizliği mertebesi 1,146 ile yapının 8’inci katında bulunmuştur. En küçük rijitlik düzensizliği mertebesi ise 0,851 değeri ile yapının 1’inci katında olduğu bulunmuştur. Yapıda X doğrultusunda B-2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği mevcut değildir. B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği Kontrolü katsayısı olan η_{ki} yapı boyunca bir üst kat baz alınarak yapılmıştır ve bu yüzden en üst kat olan 10. katta η_{ki} değer almamaktadır.

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

| B2 Komsu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) | | | | | | |
|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Y Doğrultusu | | | | | | |
| Kat | (di)_{min} | (di)_{max} | (Δi)_{min} | (Δi)_{max} | (Δi)_{ort} | η_{ki} |
| 10 | 0,02530 | 0,03031 | 0,00214 | 0,00243 | 0,00229 | - |
| 9 | 0,02316 | 0,02788 | 0,00227 | 0,00263 | 0,00245 | 1,070 |
| 8 | 0,02089 | 0,02525 | 0,00241 | 0,00283 | 0,00262 | 1,069 |
| 7 | 0,01848 | 0,02242 | 0,00254 | 0,00300 | 0,00277 | 1,057 |
| 6 | 0,01594 | 0,01942 | 0,00263 | 0,00313 | 0,00288 | 1,040 |
| 5 | 0,01331 | 0,01629 | 0,00265 | 0,00319 | 0,00292 | 1,014 |
| 4 | 0,01066 | 0,01310 | 0,00261 | 0,00317 | 0,00289 | 0,990 |
| 3 | 0,00805 | 0,00993 | 0,00248 | 0,00303 | 0,00276 | 0,955 |
| 2 | 0,00557 | 0,00690 | 0,00224 | 0,00278 | 0,00251 | 0,909 |
| 1 | 0,00333 | 0,00412 | 0,00188 | 0,00234 | 0,00211 | 0,841 |
| Zemin Kat | 0,00145 | 0,00178 | 0,00145 | 0,00178 | 0,00162 | 0,768 |

Çizelge 5.26’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 öngördüğü sınır değer olan 2’nin altında kaldığı sonucuna varılmıştır. En büyük rijitlik düzensizliği mertebesi 1,070 ile yapının 9’uncu katında bulunmuştur. En küçük rijitlik düzensizliği mertebesi ise 0,841 değeri ile yapının 1’inci katında olduğu bulunmuştur. Yapıda Y doğrultusunda doğrultusunda B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği mevcut değildir. Çizelge 5.25 ve Çizelge 5.26’da görüldüğü üzere binanın her iki deprem doğrultusunda tüm katlarında B-2 Komşu Katlar Arası Rijitlik (Yumuşak Kat) Düzensizliği katsayısı $\eta_{ki} < 2.0$ çıkmıştır.

5.7.3 Kat görelî ötelemeleri kontrolü

Mod Birleştirme Yöntemine göre X ve Y doğrultuları görelî kat ötelemeleri kontrolleri Çizelge 5.27 ve Çizelge 5.28’de verilmiştir. R=7 olduğu bilinmektedir bu nedenle $(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.00286$ olmalıdır.

Çizelge 5.27 : M.B.Y. x doğrultusunda kat görelî ötelemeleri hesabı.

| Kat | $(d_i)_{\max}$ | $(\Delta_i)_{\max}$ | h_i | $(\Delta_i)_{\max} / h_i$ |
|-----------|----------------|---------------------|-------|---------------------------|
| 10 | 0,02625 | 0,00192 | 3 | 0.00064 |
| 9 | 0,02458 | 0,00221 | 3 | 0.00074 |
| 8 | 0,02268 | 0,00254 | 3 | 0.00085 |
| 7 | 0,02051 | 0,00282 | 3 | 0.00094 |
| 6 | 0,01809 | 0,00312 | 3 | 0.00104 |
| 5 | 0,01543 | 0,00332 | 3 | 0.00111 |
| 4 | 0,01259 | 0,00345 | 3 | 0.00115 |
| 3 | 0,00964 | 0,00341 | 3 | 0.00114 |
| 2 | 0,00675 | 0,00321 | 3 | 0.00107 |
| 1 | 0,00403 | 0,00275 | 3 | 0.00092 |
| Zemin Kat | 0,00171 | 0,00203 | 3 | 0.00068 |

Çizelge 5.27’de görüldüğü üzere yapıda mod birleştirme yöntemi kullanılarak yapılmış olan analiz sonucunda, X doğrultusunda görelî kat ötelemeleri kontrolleri yapılmış ve tüm katlarda Deprem Yönetmeliğinin öngördüğü sınır değer olan 0,00286’nın altında kaldığı sonucuna varılmıştır. En büyük kat görelî ötelemesi değer 0,00115 ile 4’üncü katta bulunmuş en küçük değer ise 0,00064 ile 10’uncu katta bulunmuştur. X ve Y doğrultusunda kat görelî ötelemeleri deprem yönetmeliğinin öngördüğü sınırın altında kalmaktadır.

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

| Kat | $(d_i)_{\max}$ | $(\Delta_i)_{\max}$ | h_i | $(\Delta_i)_{\max} / h_i$ |
|-----------|----------------|---------------------|-------|---------------------------|
| 10 | 0,03031 | 0,00243 | 3 | 0.00081 |
| 9 | 0,02788 | 0,00263 | 3 | 0.00088 |
| 8 | 0,02525 | 0,00283 | 3 | 0.00094 |
| 7 | 0,02242 | 0,00300 | 3 | 0.00100 |
| 6 | 0,01942 | 0,00313 | 3 | 0.00104 |
| 5 | 0,01629 | 0,00319 | 3 | 0.00106 |
| 4 | 0,01310 | 0,00317 | 3 | 0.00106 |
| 3 | 0,00993 | 0,00303 | 3 | 0.00101 |
| 2 | 0,00690 | 0,00278 | 3 | 0.00093 |
| 1 | 0,00412 | 0,00234 | 3 | 0.00078 |
| Zemin Kat | 0,00178 | 0,00178 | 3 | 0.00059 |

Çizelge 5.27 ve Çizelge 5.28'te görüldüğü üzere binanın her iki deprem doğrultusunda görelî kat ötelemeleri $(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.00286$ çıkmıştır. X ve Y doğrultusunda kat görelî ötelemeleri deprem yönetmeliğinin öngördüğü sınırın altında kalmaktadır.

5.7.4 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü

X ve Y Doğrultularına göre ikinci mertebe etkilerinin kontrolleri Çizelge 5.29 ve Çizelge 5.30'da verilmiştir.

X doğrultusunda toplam $\Theta_i = 0.06873 < 0.12$ bulunmuştur. Y doğrultusunda toplam $\Theta_i = 0.06000 < 0.12$ bulunmuştur. Her iki doğrultuda ikinci mertebe etkileri deprem yönetmeliğinde belirtilmiş olan sınır değerin altındadır.

Çizelge 5.29 : M.B.Y. x doğrultusunda ikinci mertebe etkileri kontrolü.

| Kat | hi (m) | Wi (Kn) | $\sum Wi$ (Kn) | $(\Delta i)_{ort}$ | Kat Kesme Kuvvetleri (Kn) | θ_i |
|-----------|--------|---------|----------------|--------------------|---------------------------|------------|
| 10 | 3 | 4860.85 | 4860.85 | 0,00180 | 993,202 | 0.00294 |
| 9 | 3 | 5858.58 | 10719.43 | 0,00206 | 1931,062 | 0.00381 |
| 8 | 3 | 5858.58 | 16578.00 | 0,00236 | 2803,334 | 0.00465 |
| 7 | 3 | 5858.58 | 22436.58 | 0,00262 | 3576,306 | 0.00548 |
| 6 | 3 | 5858.58 | 28295.16 | 0,00289 | 4244,667 | 0.00642 |
| 5 | 3 | 5858.58 | 34153.74 | 0,00308 | 4834,950 | 0.00725 |
| 4 | 3 | 5858.58 | 40012.31 | 0,00320 | 5347,420 | 0.00798 |
| 3 | 3 | 5858.58 | 45870.89 | 0,00315 | 5814,152 | 0.00828 |
| 2 | 3 | 5858.58 | 51729.47 | 0,00297 | 6203,488 | 0.00826 |
| 1 | 3 | 5858.58 | 57588.04 | 0,00253 | 6519,418 | 0.00745 |
| Zemin Kat | 3 | 5858.58 | 63446.62 | 0,00187 | 6759,358 | 0.00585 |

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

| Kat | hi (m) | Wi (Kn) | $\sum Wi$ (Kn) | $(\Delta i)_{ort}$ | Kat Kesme Kuvvetleri (Kn) | θ_i |
|-----------|--------|---------|----------------|--------------------|---------------------------|------------|
| 10 | 3 | 4860.85 | 4860.85 | 0,00229 | 1418,894 | 0.00262 |
| 9 | 3 | 5858.58 | 10719.43 | 0,00245 | 2212,464 | 0.00396 |
| 8 | 3 | 5858.58 | 16578.00 | 0,00262 | 3095,290 | 0.00468 |
| 7 | 3 | 5858.58 | 22436.58 | 0,00277 | 3884,874 | 0.00533 |
| 6 | 3 | 5858.58 | 28295.16 | 0,00288 | 4562,032 | 0.00595 |
| 5 | 3 | 5858.58 | 34153.74 | 0,00292 | 5162,368 | 0.00644 |
| 4 | 3 | 5858.58 | 40012.31 | 0,00289 | 5685,646 | 0.00678 |
| 3 | 3 | 5858.58 | 45870.89 | 0,00276 | 6151,574 | 0.00686 |
| 2 | 3 | 5858.58 | 51729.47 | 0,00251 | 6541,428 | 0.00662 |
| 1 | 3 | 5858.58 | 57588.04 | 0,00211 | 6847,950 | 0.00592 |
| Zemin Kat | 3 | 5858.58 | 63446.62 | 0,00162 | 7062,175 | 0.00485 |

5.8 Mod Birleştirme Yöntemi İç Kuvvetleri

5.8.1 Kolon iç kuvvetleri

Mod birleştirme yöntemi kullanılarak SAP 2000 programı ile yapılmış olan statik hesaplara ait tüm yapı genelinde oluşan kolon iç kuvvetleri ekler kısmında Çizelge 5.38’de verilmiştir. Yapının son katı olan 10’uncu kat ve zemin kat gözönüne alınarak yalnızca bu katlara ait iç kuvvetler bu bölümde çizelgeler halinde sunulmuştur. Kolonlara ait M3 ve M2 eğilme momentleri ve bu eğilme momentlerini oluşturan normal kuvvetler birlikte verilmiştir. Kolonlarda oluşan M3 ve M2 eğilme momentlerinin yanısıra kolonlar için önem arz eden V2 ve V3 kesme kuvveti değerleride çizelgeler halinde sunulmuştur. Tüm iç kuvvetler en elverişsiz sonuçları veren yükleme kombinasyonları gözönüne alınarak seçilmiştir. SAP 2000 programına çubuk eleman olarak tanımlanmış olan kolonların, SAP 2000 programı çubuk eleman lokal eksen takımı sağ el kuralına uygun olarak ve iç yapı statığı pozitif yön kabulü göz önünde bulundurularak, tüm iç kuvvetler işaretleriyle birlikte sunulmuştur.

Aşağıda Çizelge 5.31’de en elverişsiz M3 momentlerini veren yükleme kombinasyonu, elde edilen M3 eğilme momenti değerleri ve bu momentleri oluşturan normal kuvvetler verilmiştir.

Çizelge 5.31 : M.B.Y. M3 eğilme momentleri, normal kuvvetler.

| Kat No | Kolon No | Elverişsiz Değeri Veren Yük Birleşimi | Eğilme Momenti- M3 (kNm) | Normal Kuvvet-N (kN) |
|--------|----------|---------------------------------------|--------------------------|----------------------|
| 10 | S1 | G+Q+SPECX+0.30SPECY | 73.634 | -54.742 |
| | S2 | G+Q+SPECX+0.30SPECY | 101.977 | -64.523 |
| | S3 | G+Q+SPECX+0.30SPECY | 23.779 | -83.724 |
| | S4 | G+Q+SPECX+0.30SPECY | 101.632 | -119.325 |
| | S5 | G+Q+SPECX+0.30SPECY | 90.467 | -157.222 |
| | S6 | G+Q+SPECX+0.30SPECY | 165.554 | -147.314 |
| Zemin | S1 | G+Q+SPECX+0.30SPECY | 47.001 | -1277.759 |
| | S2 | G+Q+SPECX+0.30SPECY | 91.927 | -1598.633 |
| | S3 | G+Q+SPECX+0.30SPECY | 78.386 | -2085.786 |
| | S4 | G+Q+SPECX+0.30SPECY | 167.169 | -1260.096 |
| | S5 | G+Q+SPECX+0.30SPECY | 154.093 | -2643.507 |
| | S6 | G+Q+SPECX+0.30SPECY | 252.438 | -2524.612 |

Aşağıda Çizelge 5.32’de en elverişsiz M2 momentlerini veren yükleme kombinasyonu, elde edilen M2 eğilme momenti değerleri ve bu momentleri oluşturan normal kuvvetler verilmiştir.

Çizelge 5.32 : M.B.Y. M2 eğilme momentleri, normal kuvvetler

| Kat No | Kolon No | Elverişsiz Değeri Veren Yük Birleşimi | Eğilme Momenti- M2 (kNm) | Normal Kuvvet-N (kN) |
|--------|----------|---------------------------------------|--------------------------|----------------------|
| 10 | S1 | G+Q+SPECY+0.30SPECX | 41.055 | -69.704 |
| | S2 | G+Q+SPECY+0.30SPECX | 32.562 | -69.497 |
| | S3 | G+Q+SPECY+0.30SPECX | 96.008 | -74.604 |
| | S4 | G+Q+SPECY+0.30SPECX | 92.303 | -119.901 |
| | S5 | G+Q+SPECY+0.30SPECX | 109.537 | -156.471 |
| | S6 | G+Q+SPECY+0.30SPECX | 106.321 | -150.391 |
| Zemin | S1 | G+Q+SPECY+0.30SPECX | 41.603 | -1292.769 |
| | S2 | G+Q+SPECY+0.30SPECX | 48.119 | -1598.633 |
| | S3 | G+Q+SPECY+0.30SPECX | 43.224 | -1460.428 |
| | S4 | G+Q+SPECY+0.30SPECX | 87.362 | -1260.096 |
| | S5 | G+Q+SPECY+0.30SPECX | 68.266 | -2142.181 |
| | S6 | G+Q+SPECY+0.30SPECX | 78.691 | -2524.675 |

Çizelge 5.33’de en elverişsiz V2 kesme kuvvetlerini veren yükleme kombinasyonu ve elde edilen V2 kesme kuvveti değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.33 : M.B.Y. V2 kesme kuvveti.

| Kat No | Kolon No | Elverişsiz Değeri Veren Yük Birleşimi | Kesme Kuvveti-V2 (kN) |
|--------|----------|---------------------------------------|-----------------------|
| 10 | S1 | G+Q+SPECX+0.30SPECY | 43.985 |
| | S2 | G+Q+SPECX+0.30SPECY | 63.349 |
| | S3 | G+Q+SPECX+0.30SPECY | 17.104 |
| | S4 | G+Q+SPECX+0.30SPECY | 73.181 |
| | S5 | G+Q+SPECX+0.30SPECY | 39.105 |
| | S6 | G+Q+SPECX+0.30SPECY | 100.931 |
| Zemin | S1 | G+Q+SPECX+0.30SPECY | 39.834 |
| | S2 | G+Q+SPECX+0.30SPECY | 52.558 |
| | S3 | G+Q+SPECX+0.30SPECY | 45.666 |
| | S4 | G+Q+SPECX+0.30SPECY | 90.785 |
| | S5 | G+Q+SPECX+0.30SPECY | 70.772 |
| | S6 | G+Q+SPECX+0.30SPECY | 114.311 |

Çizelge 5.34’de en elverişsiz V3 kesme kuvvetlerini veren yükleme kombinasyonu ve elde edilen V3 kesme kuvveti değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.34 : M.B.Y. V3 kesme kuvveti.

| Kat No | Kolon No | Elverişsiz Değeri Veren Yük Birleşimi | Kesme Kuvveti-V3 (kN) |
|--------|----------|---------------------------------------|-----------------------|
| 10 | S1 | G+Q+SPECY+0.30SPECX | -25.593 |
| | S2 | G+Q+SPECY+0.30SPECX | -20.601 |
| | S3 | G+Q+SPECY+0.30SPECX | -59.223 |
| | S4 | G+Q+SPECY+0.30SPECX | -58.599 |
| | S5 | G+Q+SPECY+0.30SPECX | -69.198 |
| | S6 | G+Q+SPECY+0.30SPECX | -66.763 |
| Zemin | S1 | G+Q+SPECY+0.30SPECX | -24.368 |
| | S2 | G+Q+SPECY+0.30SPECX | -27.714 |
| | S3 | G+Q+SPECY+0.30SPECX | -26.828 |
| | S4 | G+Q+SPECY+0.30SPECX | -54.234 |
| | S5 | G+Q+SPECY+0.30SPECX | -40.604 |
| | S6 | G+Q+SPECY+0.30SPECX | -46.461 |

5.8.2 Perde iç kuvvetleri

Mod birleştirme Yöntemi SAP 2000’de 5 farklı model üzerinde uygulanmış olduğu için 5 modele ait tüm iç tesir diyagramları en elverişsiz iç kuvvetler elde edilirken karşılaştırılmıştır. Her bir model farklı kaydırılmış kütle merkezi içerdiğinden dolayı iç kuvvetler çok sayıdadır. Bu sebepten ötürü tüm modellere ait iç kuvvetler Çizelgelendirilmemiş, sadece gerekli olanlar ekler kısmında verilmiştir. Bu bölümde kolonlar ile uyumlu gidilmesi açısından aynen kolonlarda olduğu gibi binanın 10’uncu katı ve zemin katına ait perde iç kuvvetleri aşağıda çizelgeler halinde sunulmuştur. Perdeler SAP 2000 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. Sonlu elemanlara ayrılmış olan perdelerin her kat seviyesinde perde alt uç düğüm noktalarına yakın yerlerden kesim yapılmış ve bu kesim yapılan yerlerin altında kalan düğüm noktalarında meydana gelen iç kuvvetler dikkate alınmıştır. Perde lokal eksen takımı, düğüm noktası lokal eksen takımından farklıdır ve SAP 2000 programında bu farklılık göz önüne alınarak yapılan kesimlere ait iç kuvvet sonuçları çizelgeler halinde sunulmuştur.

Çizelge 5.35’de perdelerde oluşan en elverişsiz M1 ve M2 eğilme momenti değerleri, bu momentleri oluşturan 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 5.35 : 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) |
|--------|----------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| 10 | P1 | -2.924 | 197.338 | 110.914 | 32.948 | -292.458 |
| | P2 | 9.805 | 152.566 | 126.323 | 44.681 | -323.655 |
| | P3 | 20.305 | 239.181 | 134.943 | 5.255 | -638.311 |
| | P4 | -17.849 | 593.255 | 348.908 | 42.41 | -521.789 |
| Zemin | P1 | 8.898 | 2344.073 | 670.724 | 20.853 | -3092.245 |
| | P2 | 26.047 | 4620.124 | 863.982 | 25.729 | -4008.838 |
| | P3 | 19.182 | 3537.882 | 827.896 | 30.192 | -5385.345 |
| | P4 | 17.931 | 4604.977 | 1914.352 | 14.198 | -5396.467 |

6. İKİ YÖNTEMİN SONUÇLARININ İNCELENMESİ

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

6.1 Taban Kesme Kuvvetlerinin İncelenmesi

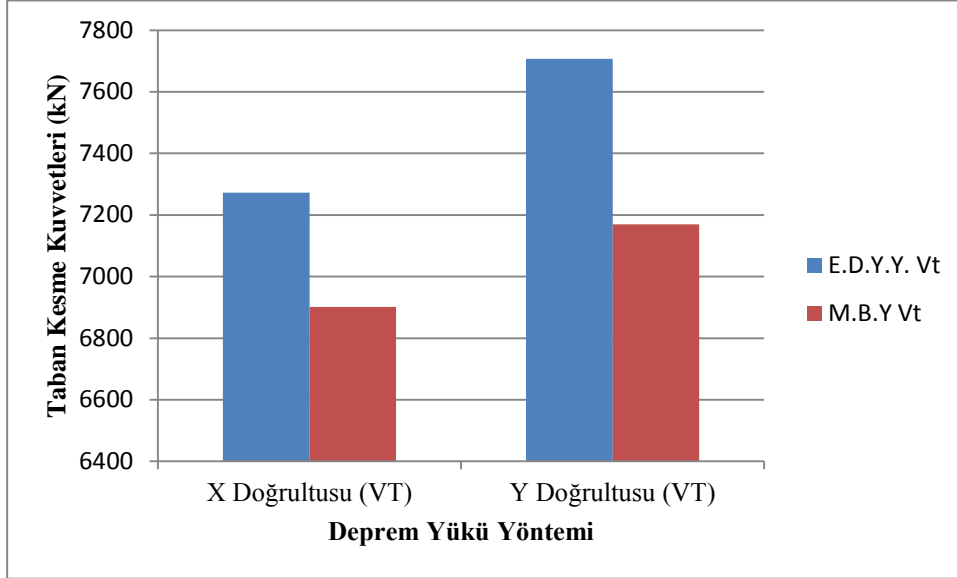
Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi (E.D.Y.Y.) ve Mod Birleştirme Yöntemi (M.B.Y.) kullanılarak yapıya X ve Y doğrultularında etki eden taban kesme kuvvetleri Çizelge 6.1’de her iki yöntem için birlikte verilmiştir. Çizelge 6.1’de kalın punto kullanılarak verilmiş olan taban kesme kuvvetleri çalışmada iki yönetime ait iç kuvvetleri elde ederken kullanılmış olan taban kesme kuvvetleridir. Şekil 6.1’de ise taban kesme kuvvetleri için yapılmış olan karşılaştırma grafik ile verilmiştir.

Çizelge 6.1 : Eşdeğer deprem yüğü yöntemi ve mod birleştirme yöntemi ile bulunan taban kesme kuvveti (V_T) değerleri.

| Birimler kN | E.D.Y.Y. | M.B.Y (+%5e _x) | M.B.Y. (+%5e _y) | M.B.Y (-%5e _x) | M.B.Y (-%5e _y) |
|------------------------------|----------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| X Doğrultusu (V_T) | 7272,540 | 6841,740 | 6841,740 | 6901,300 | 6901,300 |
| Y Doğrultusu (V_T) | 7706,589 | 7169,632 | 7169,631 | 6982,641 | 6982,401 |

Her iki yönetime ait taban kesme kuvvetleri karşılaştırılırken Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile bulunan değerler doğrudan kullanılırken, Mod Birleştirme Yöntemi ile bulunan taban kesme kuvvetlerinden her iki doğrultuda da en büyük olanlar kullanılmıştır. X doğrultusunda Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile taban kesme kuvveti 7272,540 kN, Mod Birleştirme Yöntemiyle ise 6901,300 kN bulunmuştur.

X doğrultusunda Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile bulunan taban kesme kuvvetinin, Mod Birleştirme Yöntemi ile bulunan taban kesme kuvvetinden yaklaşık olarak %5.4 daha büyük olduğu görülmüştür.



Şekil 6.1 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.

Y doğrultusunda E.D.Y.Y. ile taban kesme kuvveti 7706,589 kN, M.B.Y. ile 7169,632 kN bulunmuştur. Y doğrultusunda E.D.Y.Y. ile hesaplanan taban kesme kuvveti değerinin M.B.Y. ile bulunan değerden yaklaşık olarak %7.5 daha büyük olduğu görülmüştür.

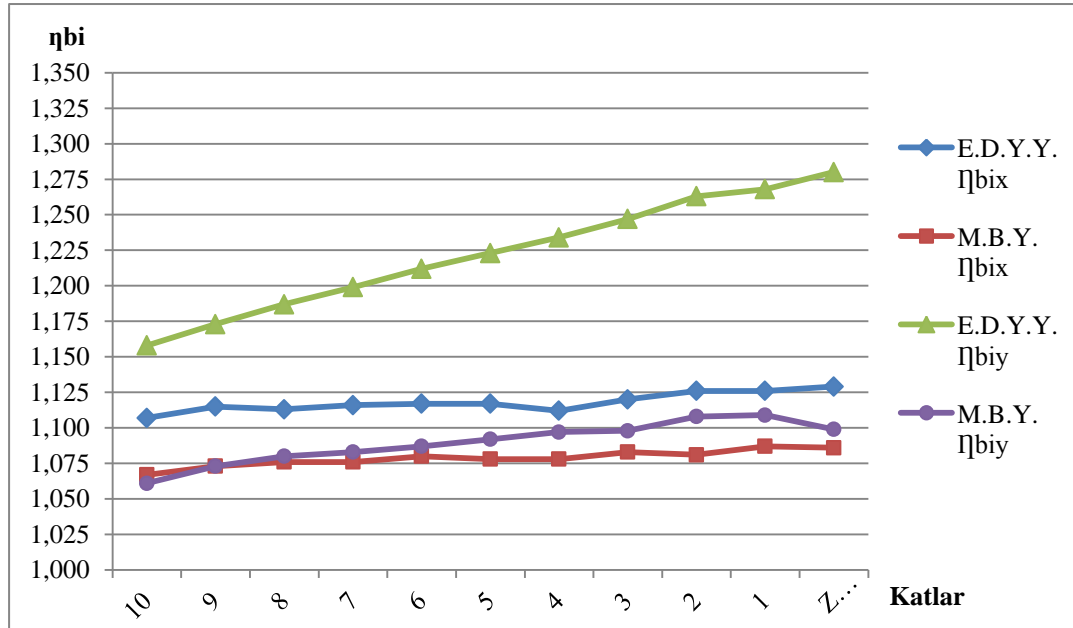
6.2 A1 Burulma Düzensizliğinin İncelenmesi

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi kullanılarak yapıda her kata ait hesaplanmış olan A1 burulma düzensizliği katsayısı η_{bi} , Çizelge 6.2’de birlikte verilmiştir. X doğrultusunda en büyük η_{bi} değeri E.D.Y.Y. için zemin katta 1.129 değerinde, M.B.Y’de ise 1. katta 1,087 değerinde bulunmuştur. X doğrultusunda tüm katlarda E.D.Y.Y. ile hesaplanmış olan η_{bi} değerlerinin M.B.Y. ile hesaplanandan büyük olduğu gözlenmiştir. X doğrultusunda iki yöntemin A1 burulma düzensizliği farkının en çok 2. katta %4,2 mertebesinde, en az farkın ise 4. katta %3,1 mertebesinde olduğu görülmüştür. Y doğrultusunda en büyük η_{bi} değerinin E.D.Y.Y. için zemin katta, M.B.Y.’de ise 1.katta olduğu görülmüştür.

Çizelge 6.2 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan A1 burulma düzensizliği katsayıları.

| Kat No | X Doğrultusu | | Y Doğrultusu | |
|--------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| | E.D.Y.Y. η_{bi} | M.B.Y. η_{bi} | E.D.Y.Y. η_{bi} | M.B.Y. η_{bi} |
| 10 | 1.107 | 1,067 | 1.158 | 1,061 |
| 9 | 1.115 | 1,073 | 1.173 | 1,073 |
| 8 | 1.113 | 1,076 | 1.187 | 1,080 |
| 7 | 1.116 | 1,076 | 1.199 | 1,083 |
| 6 | 1.117 | 1,080 | 1.212 | 1,087 |
| 5 | 1.117 | 1,078 | 1.303 | 1,092 |
| 4 | 1.112 | 1,078 | 1.234 | 1,097 |
| 3 | 1.120 | 1,083 | 1.247 | 1,098 |
| 2 | 1.126 | 1,081 | 1.263 | 1,108 |
| 1 | 1.126 | 1,087 | 1.278 | 1,109 |
| Zemin | 1.129 | 1.086 | 1.340 | 1,099 |

Y doğrultusunda en büyük η_{bi} değerinin E.D.Y.Y. için zemin katta 1,340 değerinde, M.B.Y.'de ise 1.katta 1,109 mertebesinde olduğu görülmüştür. Y doğrultusunda iki yöntemin A1 burulma düzensizliği farkının en çok zemin katta %21,9 mertebesinde, en az farkın ise 10. katta %9,1 mertebesinde olduğu görülmüştür. İki yöntemin η_{bi} değerleri arasındaki farkın yüzde olarak Y doğrultusunda daha da arttığı gözlenmiştir. Şekil 6.2'de her iki yöntemin A1 burulma düzensizlikleri X ve Y doğrultuları gözönüne alınarak grafikte sunulmuştur.



Şekil 6.2 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan A1 burulma düzensizliği katsayılarının karşılaştırılması.

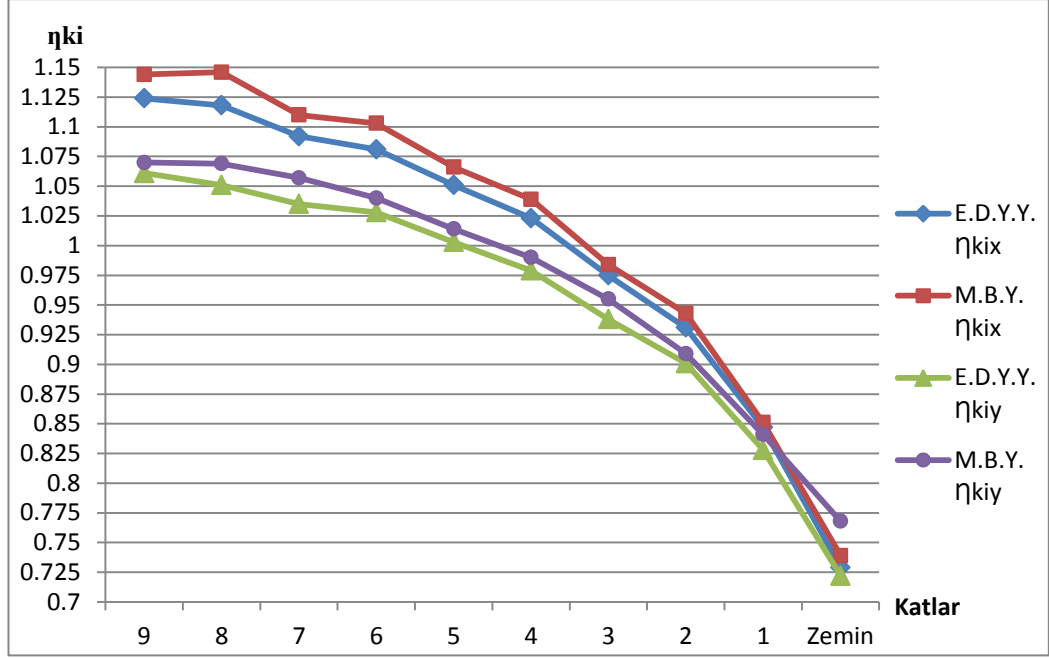
6.3 B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliğinin İncelenmesi

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi kullanılarak yapıda her kata ait hesaplanmış olan B2 rijitlik düzensizliği katsayısı η_{ki} , Çizelge 6.3’de birlikte verilmiştir. X doğrultusunda en büyük η_{ki} değerinin E.D.Y.Y. için 9. katta 1.124, M.B.Y’de ise 8. katta 1.146 olduğu görülmüştür. X doğrultusunda iki yöntemin B2 rijitlik düzensizliği farkı en çok 8. katta %2.5 mertebesindedir, en az fark ise 1. katta %0.5 mertebesindedir. Y doğrultusunda en büyük η_{ki} değeri E.D.Y.Y. için 9. katta 1.061, M.B.Y.’de ise yine aynı katta 1.070 değerinde olduğu görülmüştür. Y doğrultusunda iki yöntemin B2 rijitlik düzensizliği farkı en çok 7. katta %2.1 mertebesinde, en az fark ise 2. katta %0.9 mertebesindedir. Her iki doğrultuda da M.B.Y. ile bulunmuş η_{ki} değerlerinin E.D.Y.Y. ile bulunanların tamamından daha büyük değerlerde olduğunu söylemek mümkündür. İki yöntemin η_{ki} değerleri arasındaki fark yüzde olarak X doğrultusunda daha fazladır.

Çizelge 6.3 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan B2 rijitlik düzensizliği katsayıları.

| Kat No | X Doğrultusu | | Y Doğrultusu | |
|--------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| | E.D.Y.Y. η_{ki} | M.B.Y. η_{ki} | E.D.Y.Y. η_{ki} | M.B.Y. η_{ki} |
| 10 | - | - | - | - |
| 9 | 1,124 | 1,144 | 1,061 | 1,070 |
| 8 | 1,118 | 1,146 | 1,051 | 1,069 |
| 7 | 1,092 | 1,110 | 1,035 | 1,057 |
| 6 | 1,081 | 1,103 | 1,028 | 1,040 |
| 5 | 1,051 | 1,066 | 1,003 | 1,014 |
| 4 | 1,023 | 1,039 | 0,979 | 0,990 |
| 3 | 0,975 | 0,984 | 0,938 | 0,955 |
| 2 | 0,931 | 0,943 | 0,901 | 0,909 |
| 1 | 0,847 | 0,851 | 0,828 | 0,841 |
| Zemin | 0,729 | 0,739 | 0,722 | 0,768 |

Şekil 6.3’de her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan B2 rijitlik düzensizliği katsayılarının X ve Y doğrultularında karşılaştırılması grafik halinde verilmiştir. X doğrultusunda en büyük η_{ki} değerinin E.D.Y.Y. için 9. katta, M.B.Y’de ise 8. katta olduğu görülmüştür.



Şekil 6.3 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan B2 rijitlik düzensizliği katsayılarının karşılaştırılması.

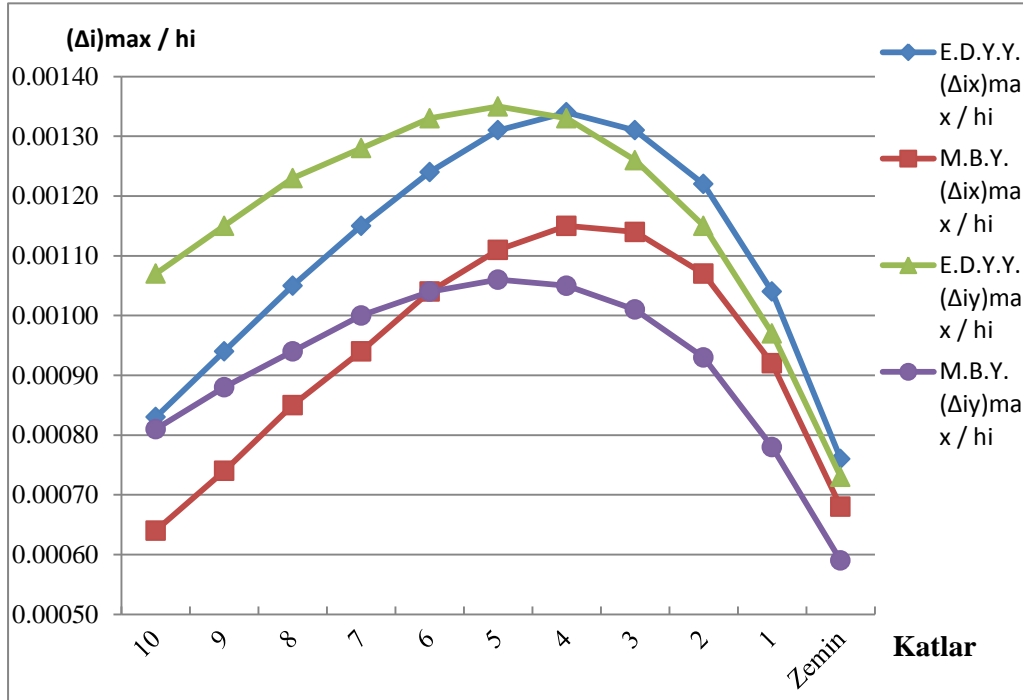
6.4 Kat Görelî Ötelemelerinin İncelenmesi

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi kullanılarak yapıda her kata ait hesaplanmış kat görelî ötelemeleri $((\Delta_i)_{\max}/h_i)$, Çizelge 6.4’de birlikte verilmiştir. Her iki yöntem için kat görelî ötelemeleri hesabı her kat seviyesinde bulunan tüm kolon düğüm noktaları gözönüne alınarak yapılmıştır.

Çizelge 6.4 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan kat görelî ötelemeleri.

| Kat No | X Doğrultusu | | Y Doğrultusu | |
|--------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| | E.D.Y.Y. $(\Delta_i)_{\max} / h_i$ | M.B.Y. $(\Delta_i)_{\max} / h_i$ | E.D.Y.Y. $(\Delta_i)_{\max} / h_i$ | M.B.Y. $(\Delta_i)_{\max} / h_i$ |
| 10 | 0.00083 | 0.00064 | 0.00107 | 0.00081 |
| 9 | 0.00094 | 0.00074 | 0.00115 | 0.00088 |
| 8 | 0.00105 | 0.00085 | 0.00123 | 0.00094 |
| 7 | 0.00115 | 0.00094 | 0.00128 | 0.00100 |
| 6 | 0.00124 | 0.00104 | 0.00133 | 0.00104 |
| 5 | 0.00131 | 0.00111 | 0.00135 | 0.00106 |
| 4 | 0.00134 | 0.00115 | 0.00133 | 0.00105 |
| 3 | 0.00131 | 0.00114 | 0.00126 | 0.00101 |
| 2 | 0.00122 | 0.00107 | 0.00115 | 0.00093 |
| 1 | 0.00104 | 0.00092 | 0.00097 | 0.00078 |
| Zemin | 0.00076 | 0.00068 | 0.00073 | 0.00059 |

X doğrultusunda en büyük kat ötelemesi değeri E.D.Y.Y. için 4. katta 0.00134, M.B.Y'de ise aynı katta 0.00115 olarak bulunmuştur. X doğrultusunda iki yöntemin kat görelî ötelemesi farkı en çok %29.7 mertebesinde ve 10. katta oluşmaktadır. X doğrultusunda iki yöntemin en küçük kat görelî ötelemesi farkı zemin katta %11.8 mertebesinde dir. Y doğrultusunda en büyük kat görelî ötelemesi değ erinin E.D.Y.Y. için 5. katta 0.00135 oldu ğ u, M.B.Y.'de de aynı katta 0.00106 oldu ğ u görülmüştür. Y doğrultusunda iki yöntemin kat görelî ötelemesi farkının en çok 10. katta %32.1 mertebesinde, en az farkın ise zemin katta %23.7 mertebesinde oldu ğ u görülmüştür. Her iki doğrultuda da E.D.Y.Y. ile bulunmuş kat görelî ötelemesi değ erlerinin M.B.Y. ile bulunanların tamamından daha büyük oldu ğ unu söylemek mümkündür. Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan kat görelî ötelemelerinin karşılaştırılması grafik biçiminde Ş ekil 6.4'te verilmiştir.



Ş ekil 6.4 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan kat görelî ötelemelerinin karşılaştırılması.

X doğrultusunda iki yöntemin kat görelî ötelemesi farkı en çok 10. katta oluşmaktadır. X doğrultusunda iki yöntemin en küçük kat görelî ötelemesi farkı zemin katta oluşmaktadır. Y doğrultusunda en büyük kat görelî ötelemesi değ erinin E.D.Y.Y. için 5. katta oldu ğ u, M.B.Y.'de de aynı katta oldu ğ u görülmüştür.

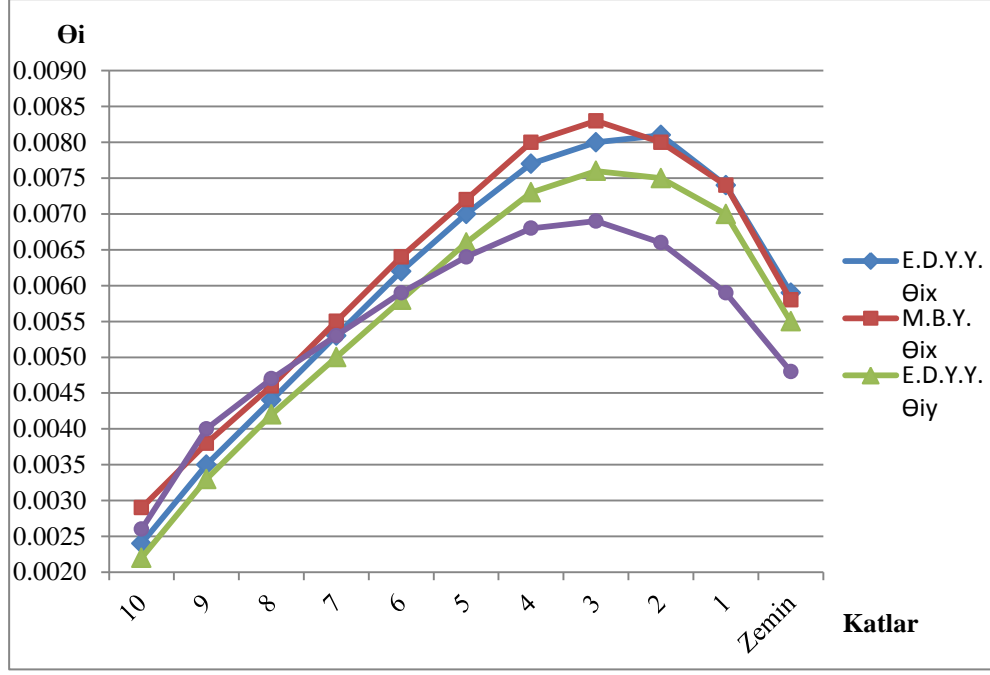
6.5 İkinci Mertebe Etkilerinin İncelenmesi

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi kullanılarak yapıda her kata ait her iki doğrultuda hesaplanmış olan ikinci mertebe etkisi katsayısı Θ_i , Çizelge 6.5’de birlikte verilmiştir.

Çizelge 6.5 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan ikinci mertebe etkisi katsayıları.

| Kat No | X Doğrultusu | | Y Doğrultusu | |
|--------------|------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| | E.D.Y.Y. Θ_i | M.B.Y. Θ_i | E.D.Y.Y. Θ_i | M.B.Y. Θ_i |
| 10 | 0.0024 | 0.0029 | 0.0022 | 0.0026 |
| 9 | 0.0035 | 0.0038 | 0.0033 | 0.0040 |
| 8 | 0.0044 | 0.0046 | 0.0042 | 0.0047 |
| 7 | 0.0053 | 0.0055 | 0.0050 | 0.0053 |
| 6 | 0.0062 | 0.0064 | 0.0058 | 0.0059 |
| 5 | 0.0070 | 0.0072 | 0.0066 | 0.0064 |
| 4 | 0.0077 | 0.0080 | 0.0073 | 0.0068 |
| 3 | 0.0080 | 0.0083 | 0.0076 | 0.0069 |
| 2 | 0.0081 | 0.0080 | 0.0075 | 0.0066 |
| 1 | 0.0074 | 0.0074 | 0.0070 | 0.0059 |
| Zemin | 0.0059 | 0.0058 | 0.0055 | 0.0048 |

X doğrultusunda en büyük Θ_i değeri E.D.Y.Y. için 2. katta 0.0081, M.B.Y.’de ise yine 3. katta 0.0083 olarak bulunmuştur. X doğrultusunda iki yöntemin ikinci mertebe katsayısı farkı en çok 10. katta %20.8 mertebesinde olup, en az fark ise 1. katta %1.0 mertebesinde oluşmaktadır. Y doğrultusunda en büyük ikinci mertebe katsayısı değeri E.D.Y.Y. için 3. katta 0.0076, M.B.Y.’de ise yine aynı katta 0.0069 değerinde oluşmaktadır. Y doğrultusunda iki yöntemin ikinci mertebe katsayısı farkının en çok 9. katta %21.2 olduğu, en az farkın ise 6. katta %1.7 mertebesinde olduğu görülmüştür. Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan ikinci mertebe etkilerinin X ve Y doğrultularında karşılaştırılması grafik biçiminde Şekil 6.5’de verilmiştir. X doğrultusunda iki yöntemin ikinci mertebe katsayısı farkı en çok 10. Katta olup, en az fark ise 1. katta oluşmaktadır. Y doğrultusunda en büyük ikinci mertebe katsayısı değeri E.D.Y.Y. için 3. katta, M.B.Y.’de ise yine aynı katta oluşmaktadır.



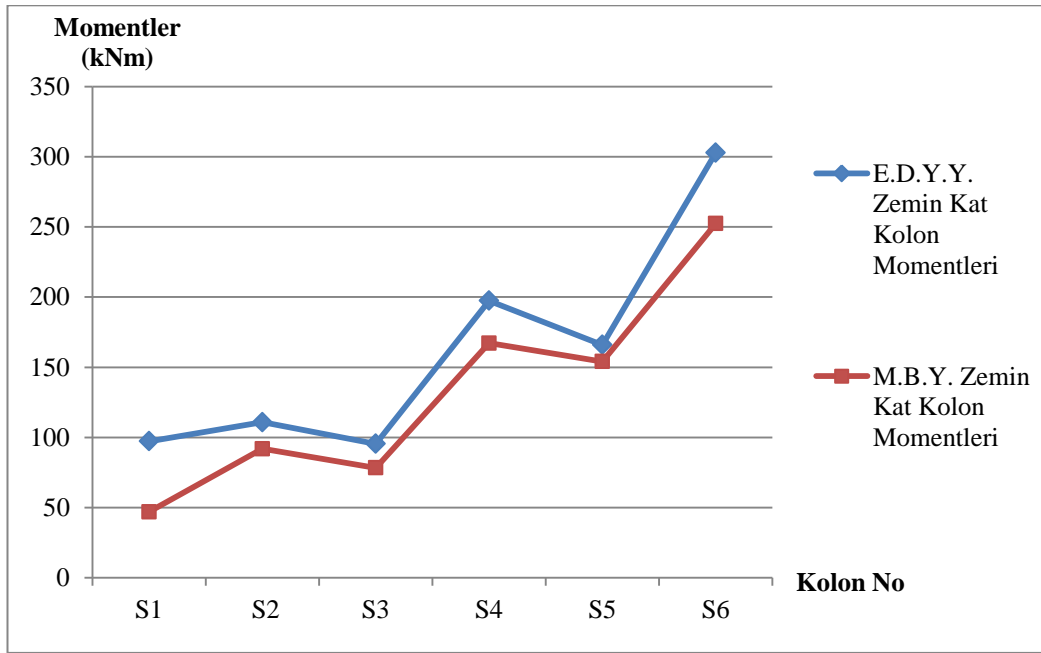
Şekil 6.5 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan ikinci derece etkilerinin karşılaştırılması.

6.6 Kolon İç Kuvvetlerinin İncelenmesi

Kolonlarda oluşan en büyük momentler M3 eğilme momentleri olarak bulunmuştur. E.D.Y.Y. ve M.B.Y. ile elde edilen M3 eğilme momentleri Çizelge 6.6'da birarada verilmiştir. 10'uncu kattaki S5 kolonu dışında, E.D.Y.Y. ile bulunan M3 eğilme momentleri M.B.Y. ile bulunan M3 eğilme momentlerinden daha büyük olduğu görülmektedir. E.D.Y.Y.'de daha büyük taban kesme kuvveti elde edildiği için M.B.Y.'ne göre daha büyük eğilme momenti değerlerinin elde edilmesi doğaldır. Şekil 6.6'da iki yönteme ait zemin kat kolonlarında elde edilen eğilme momentlerinin karşılaştırılması grafik ile verilmiştir. E.D.Y.Y. ile bulunan en büyük eğilme momenti değeri, zemin kat S6 kolonunda oluşmaktadır. M.B.Y. ile bulunan en büyük eğilme momenti değeri, zemin kat S6 kolonunda bulunmuştur. İki yöntemde bulunmuş olan en büyük eğilme momentleri arasındaki fark 10. kat S6 kolonunda oluşmaktadır. Eğilme momentleri arasındaki en küçük fark ise zemin kat S5 kolonundadır. Kolonlarda oluşan en büyük kesme kuvvetleri M3 eğilme momentlerine bağlı olmak üzere V2 kesme kuvvetleri olarak bulunmuştur. Kolonlarda oluşan en büyük N aksenal kuvvetleri, M3 eğilme momentlerine bağlı olarak seçilmiştir. E.D.Y.Y. ve M.B.Y.'ne ait olan N aksenal kuvvetleri Çizelge halinde birarada verilmiştir.

Çizelge 6.6 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan kolon M3 eğilme momentleri.

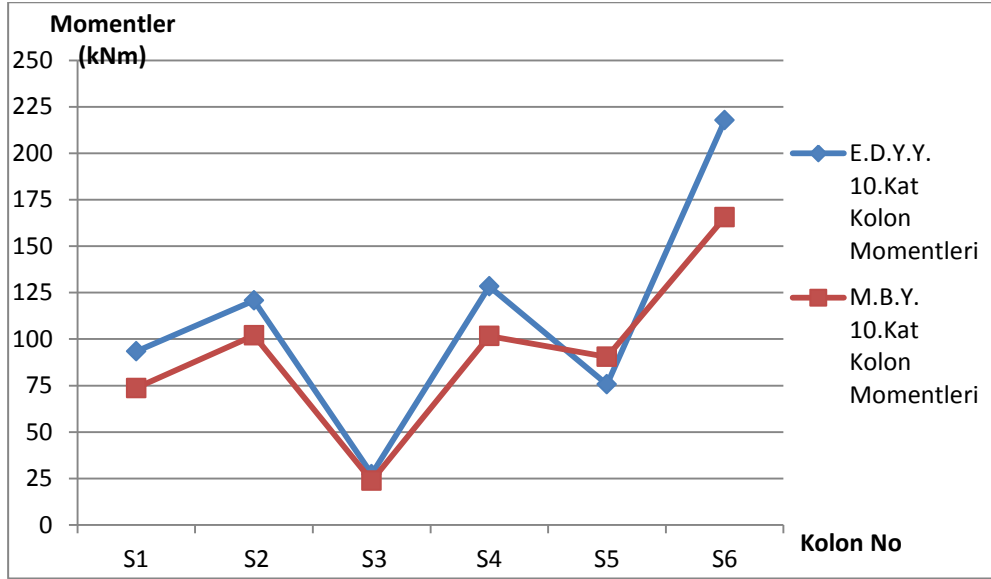
| Kat No | Kolon No | E.D.Y.Y. Eğilme Momenti-M3 (kNm) | M.B.Y. Eğilme Momenti-M3 (kNm) |
|--------|----------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 10 | S1 | 93.429 | 73.634 |
| | S2 | 120.803 | 101.977 |
| | S3 | 27.301 | 23.779 |
| | S4 | 128.345 | 101.632 |
| | S5 | 75.674 | 90.467 |
| | S6 | 217.787 | 165.554 |
| Zemin | S1 | 97.294 | 47.001 |
| | S2 | 110.819 | 91.927 |
| | S3 | 95.423 | 78.386 |
| | S4 | 197.450 | 167.169 |
| | S5 | 165.928 | 154.093 |
| | S6 | 302.827 | 252.438 |



Şekil 6.6 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan zemin kat kolon eğilme momentlerinin karşılaştırılması.

E.D.Y.Y. ile bulunan en büyük eğilme momenti değeri, zemin kat S6 kolonunda 302,826 kNm olarak bulunmuştur. M.B.Y. ile bulunan en büyük eğilme momenti değeri, zemin kat S6 kolonunda 252,438 kNm olarak bulunmuştur. İki yöntemde bulunmuş olan en büyük eğilme momentleri arasındaki fark 10. kat S6 kolonunda %31.6 mertebesinde oluşmaktadır. Eğilme momentleri arasındaki en küçük fark ise

zemin kat S5 kolonunda %7.7 mertebesindedir. Şekil 6.7’de iki yönteme ait 10. kat kolonlarında elde edilen eğilme momentlerinin karşılaştırılması grafik ile verilmiştir.



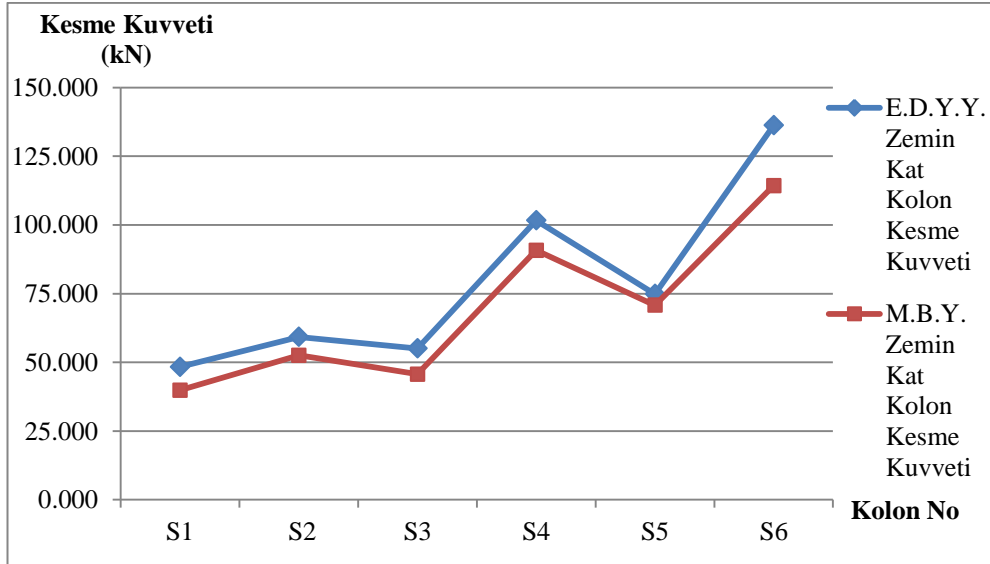
Şekil 6.7 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan 10. kat kolon eğilme momentlerinin karşılaştırılması.

Kolonlarda oluşan en büyük kesme kuvvetleri M3 eğilme momentlerine bağlı olmak üzere V2 kesme kuvvetleri olarak bulunmuştur. E.D.Y.Y. ve M.B.Y.’ne ait olan V2 kesme kuvvetleri Çizelge 6.7’de birarada verilmiştir. 10’uncu kattaki S3 kolonu dışında E.D.Y.Y. ile bulunan V2 kesme kuvveti değerlerinin M.B.Y. ile bulunan V2 kesme kuvveti değerlerinden daha büyük olduğu görülmektedir. Beklenildiği üzere E.D.Y.Y. ile daha elverişsiz, daha büyük kolon kesme kuvvetleri elde edilmiştir. E.D.Y.Y. ile bulunan en büyük kolon kesme kuvveti değeri, zemin kat S6 kolonunda 136,218 kN olarak bulunmuştur. M.B.Y. ile bulunan en büyük kolon kesme kuvveti değeri, zemin kat S6 kolonunda 114,311 kN olarak bulunmuştur. İki yöntemde bulunmuş olan kesme kuvvetleri arasındaki en büyük fark 10. kat S1 kolonunda %27.1 mertebesindedir. E.D.Y.Y. ile bulunan V2 kesme kuvveti değerlerinin M.B.Y. ile bulunan V2 kesme kuvveti değerlerinden daha büyük olduğu görülmektedir. Her iki yöntemde de en küçük kesme kuvvetleri, eğilme momentlerinde olduğu gibi 10’uncu katta S3 kolonunda bulunmuştur. E.D.Y.Y. ile bulunan V2 kesme kuvveti değerlerinin M.B.Y. ile bulunan V2 kesme kuvveti değerlerinden daha büyük olduğu görülmektedir.

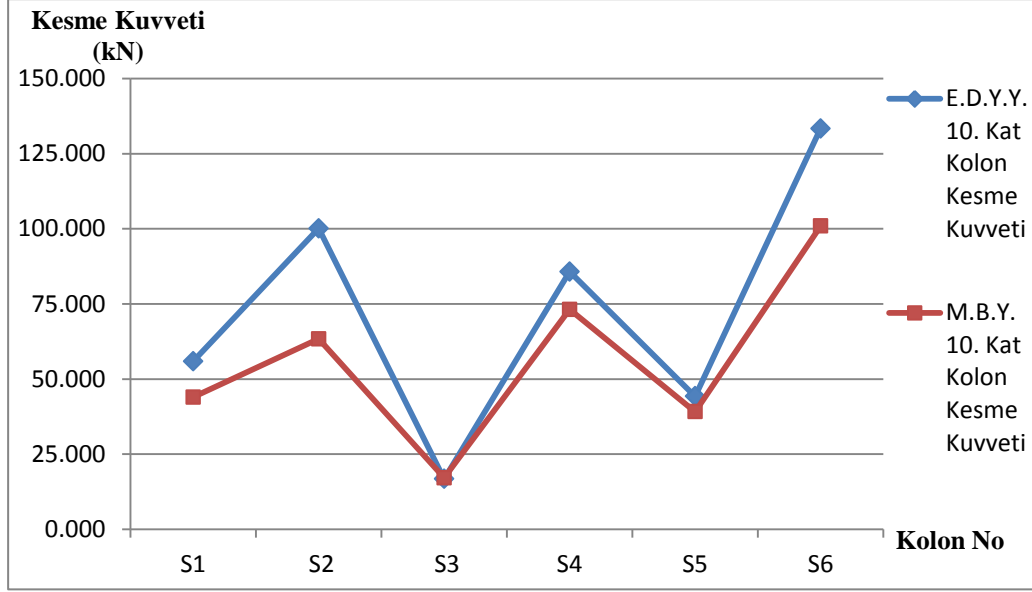
Çizelge 6.7 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan kolon V2 kesme kuvvetleri.

| Kat No | Kolon No | E.D.Y.Y. Kesme Kuvveti-V2 (kN) | M.B.Y. Kesme Kuvveti-V2 (kN) |
|--------|----------|-----------------------------------|---------------------------------|
| 10 | S1 | 55,892 | 43.985 |
| | S2 | 100,140 | 63.349 |
| | S3 | 16,763 | 17.104 |
| | S4 | 85,745 | 73.181 |
| | S5 | 44,235 | 39.105 |
| | S6 | 133,349 | 100.931 |
| Zemin | S1 | 48,379 | 39.834 |
| | S2 | 59,263 | 52.558 |
| | S3 | 55,079 | 45.666 |
| | S4 | 101,661 | 90.785 |
| | S5 | 74,861 | 70.772 |
| | S6 | 136,218 | 114.311 |

Her iki yöntemde de en küçük kesme kuvvetleri, eğilme momentlerinde olduğu gibi 10'uncu katta S3 kolonunda bulunmuştur ve aralarındaki fark %2 mertebesinde oluşmaktadır. Şekil 6.8'de iki yönteme ait zemin kat kolon kesme kuvvetlerinin grafik üzerinde karşılaştırılması verilmiştir.



Şekil 6.8 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan zemin kat kolon kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.



Şekil 6.9 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan 10. kat kolon kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.

Şekil 6.9’da iki yönteme ait 10. kat kolon kesme kuvvetlerinin grafik üzerinde karşılaştırılması verilmiştir.

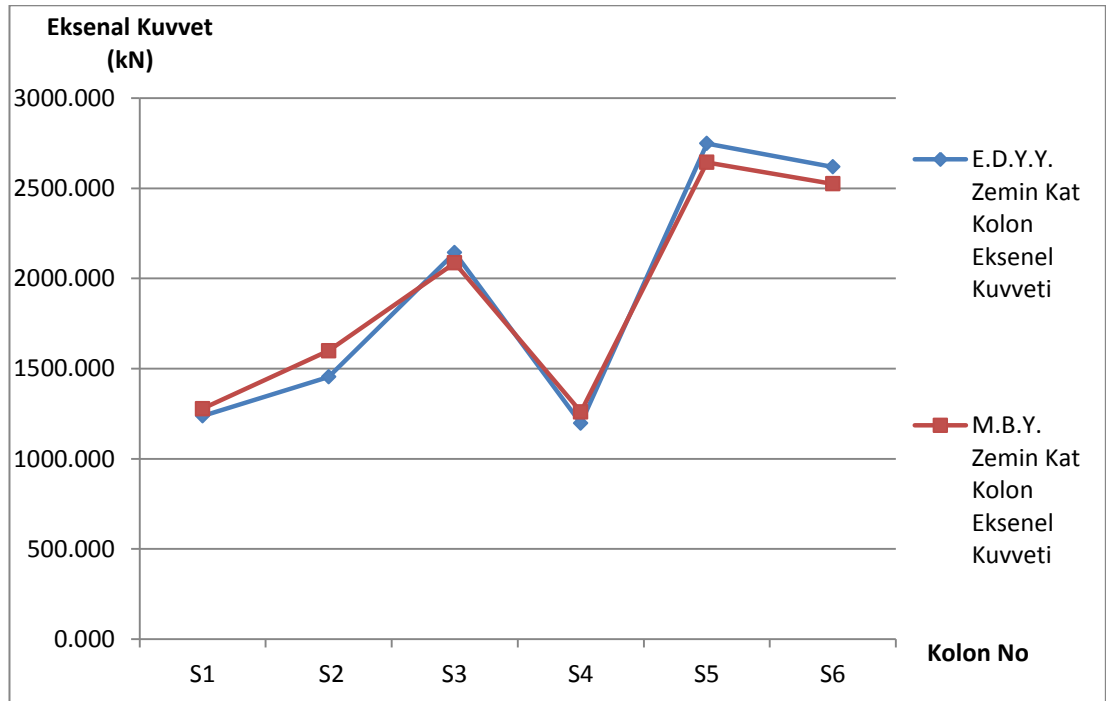
Kolonlarda oluşan en büyük N eksenel kuvvetleri, M3 eğilme momentlerine bağlı olarak seçilmiştir. E.D.Y.Y. ve M.B.Y.’ne ait olan N eksenel kuvvetleri Çizelge 6.8’de birarada verilmiştir. E.D.Y.Y. ile en büyük kolon eksenel yükü zemin kat S5 kolonunda 2747,668 kN olarak bulunmuştur. M.B.Y. ile en büyük kolon eksenel yükü zemin kat S6 kolonunda 2643.507 kN olarak bulunmuştur.

İki yöntem için bulunan normal kuvvetler arası fark en çok 10. kat S3 kolonunda %16.9 mertebesinde oluşmaktadır, en az fark ise zemin kat S3 kolonunda %2.7 mertebesinde oluşmaktadır. İki yöntem ile hesaplanan kolon eksenel yükleri yapıdaki tüm kolonlarda her iki yöntemde de birbirine çok yakın değerlerde bulunmuştur. Her iki yöntem ile bulunan değerler gözönüne alındığında S5 ve S6 kolonlarının eksenel yüklerinin diğer kolonlara oranla çok daha büyük mertebelerde olduğu görülmüştür. S5 ve S6 kolonları yapıdaki diğer kolonlara göre daha büyük kesite sahip oldukları için ve daha çok kirişle kuşatıldıkları için eksenel yüklerinin daha büyük mertebelerde olması beklenen bir sonuçtur. İki yönteme ait zemin kat eksenel kuvvetlerinin grafik üzerinde karşılaştırılması bu bölümde birarada verilmiştir. Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan kolon normal kuvvetleri iki yöntemde de birbirine oldukça yakındır.

Çizelge 6.8 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan kolon normal kuvvetleri.

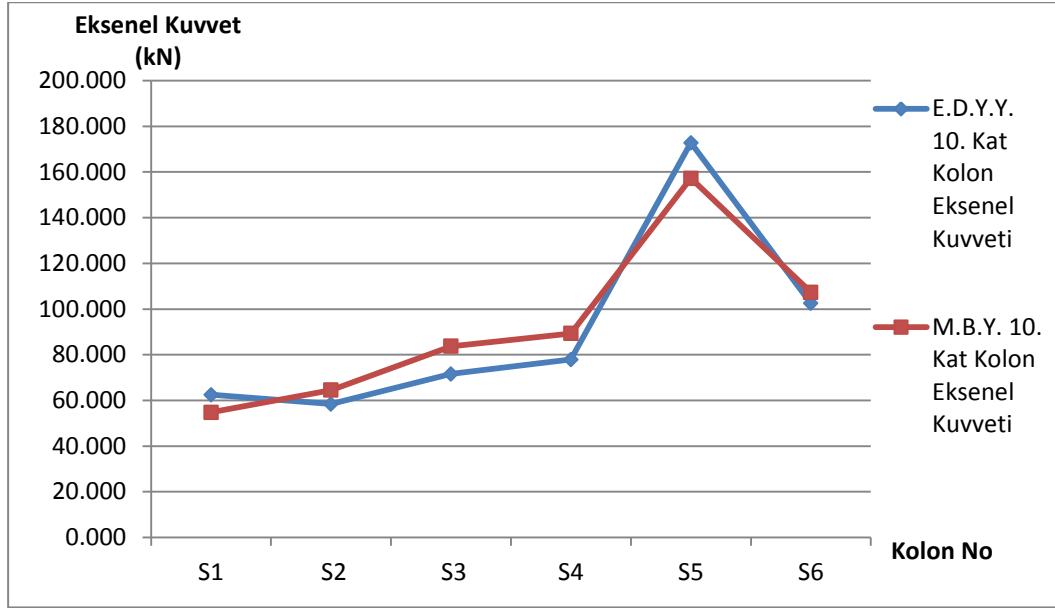
| Kat No | Kolon No | E.D.Y.Y. Normal Kuvveti-N (kN) | M.B.Y. Normal Kuvveti-N (kN) |
|--------|----------|-----------------------------------|---------------------------------|
| 10 | S1 | 62,499 | 54.742 |
| | S2 | 58,405 | 64.523 |
| | S3 | 71,599 | 83.724 |
| | S4 | 77,885 | 89.325 |
| | S5 | 172,801 | 157.222 |
| | S6 | 102,474 | 107.314 |
| Zemin | S1 | 1237,841 | 1277.759 |
| | S2 | 1453,825 | 1598.633 |
| | S3 | 2142,695 | 2085.786 |
| | S4 | 1196,479 | 1260.096 |
| | S5 | 2747,668 | 2643.507 |
| | S6 | 2618,821 | 2524.612 |

S5 ve S6 kolonları yapıdaki diğer kolonlara göre daha büyük kesite sahip oldukları için ve daha çok kirişle kuşatıldıkları için eksenel yüklerinin daha büyük mertebelerde olması beklenen bir sonuçtur. Şekil 6.10'da iki yöntemle ait zemin kat eksenel kuvvetlerinin grafik üzerinde karşılaştırılması verilmiştir.



Şekil 6.10 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan zemin kat kolon eksenel kuvvetlerinin karşılaştırılması.

Şekil 6.11’de iki yönteme ait 10. kat eksenel kuvvetlerinin grafik üzerinde karşılaştırılması verilmiştir.



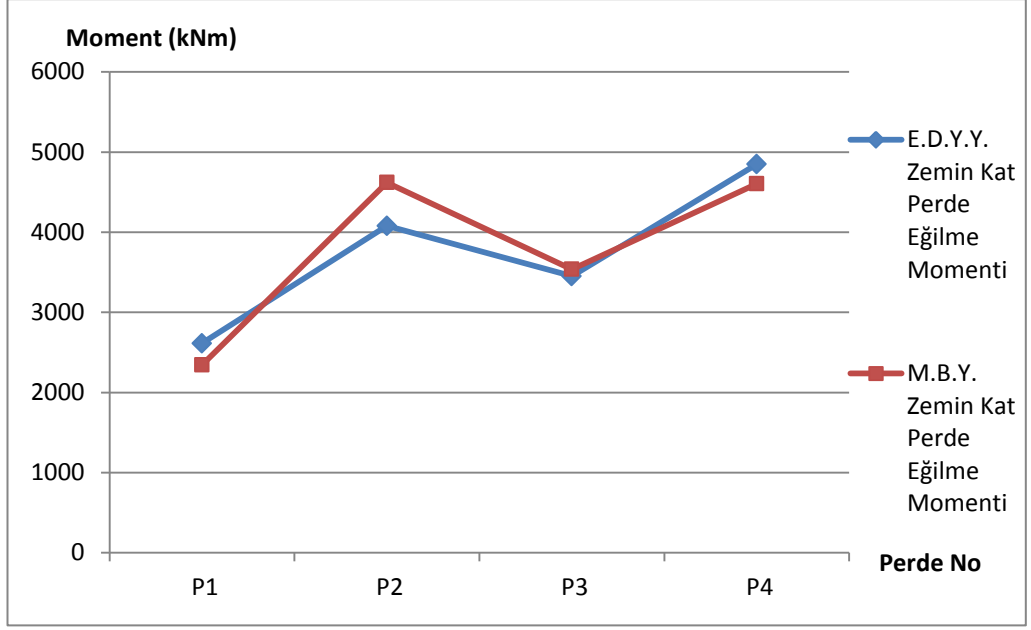
Şekil 6.11 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan 10. kat kolon eksenel kuvvetlerinin karşılaştırılması.

6.7 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.’ne ait perde eğilme momentleri Çizelge 6.9’da birarada verilmiştir. Şekil 6.12’de iki yönteme ait zemin kat perde eğilme momentlerinin grafik üzerinde karşılaştırılması verilmiştir.

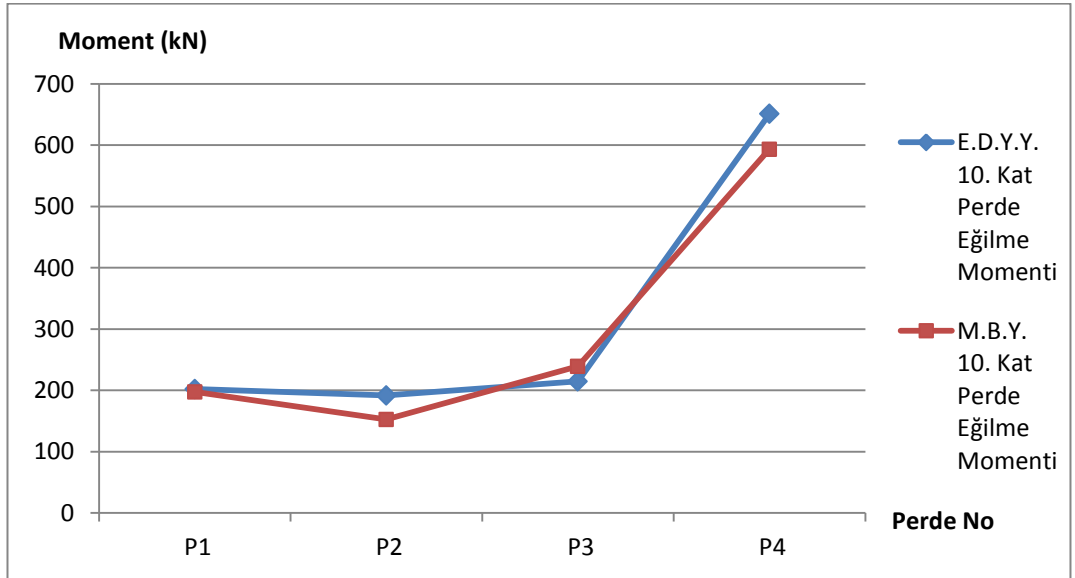
Çizelge 6.9 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan perde eğilme momentleri.

| Kat No | Perde No | E.D.Y.Y. Perde Eğilme Momenti (kNm) | M.B.Y. Perde Eğilme Momenti (kNm) |
|--------|----------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 10 | P1 | 202.101 | 197.338 |
| | P2 | 191.728 | 152.566 |
| | P3 | 214.701 | 239.181 |
| | P4 | 650.876 | 593.255 |
| Zemin | P1 | 2612.702 | 2344.073 |
| | P2 | 4079.804 | 4620.124 |
| | P3 | 3452.286 | 3537.882 |
| | P4 | 4847.072 | 4604.977 |



Şekil 6.12 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan zemin kat perde eğilme momentlerinin karşılaştırılması.

E.D.Y.Y. ile en büyük perde eğilme momenti zemin kat P4 perdesinde 4847.072 kNm olarak bulunmuştur. M.B.Y. ile en büyük perde eğilme momenti zemin kat P4 perdesinde 4604.977 kNm olarak bulunmuştur. İki yöntem için bulunan en büyük eğilme momenti farkı 10. kat P2 perdesinde %25.7 mertebesindedir. İki yöntem için bulunan en küçük eğilme momenti farkı 10. kat P1 perdesinde %2.4 mertebesindedir.



Şekil 6.13 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan 10. kat perde eğilme momentlerinin karşılaştırılması.

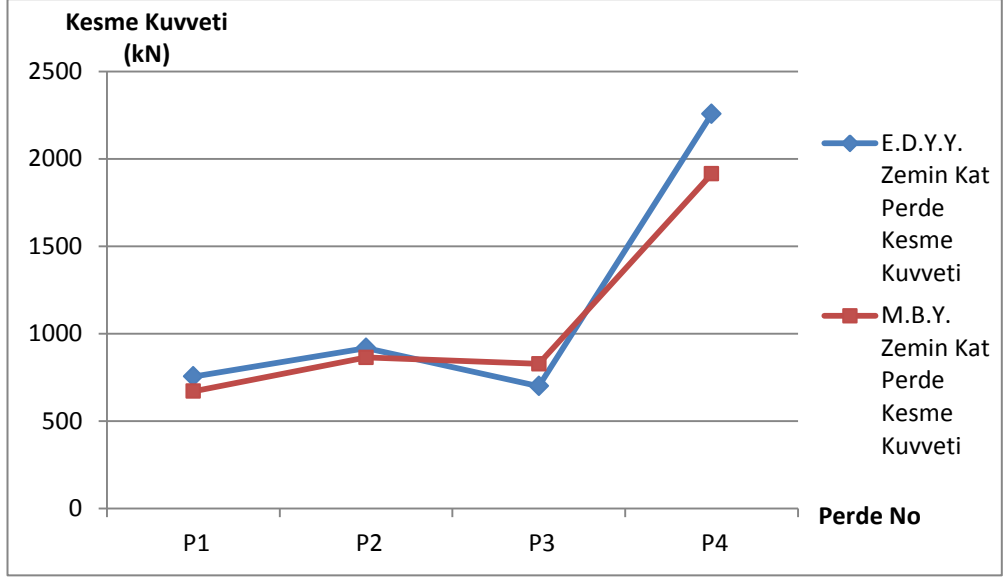
Şekil 6.13’de iki yönteme ait 10. kat perde eğilme momentlerinin grafik üzerinde karşılaştırılması verilmiştir. İki yöntem ile hesaplanan perde eğilme momentleri yapıdaki tüm perdelerde her iki yöntemde de birbirine çok yakın bulunmuştur.

Perdelerde oluşan en büyük kesme kuvvetleri, perde M2 eğilme momentlerine bağlı olarak V1 kesme kuvvetleridir. V1 kesme kuvvetleri en elverişsiz perde kesme kuvvetleri olarak bulunmuştur. E.D.Y.Y. ve M.B.Y.’ne ait perde kesme kuvvetleri Çizelge 6.10’da birarada verilmiştir.

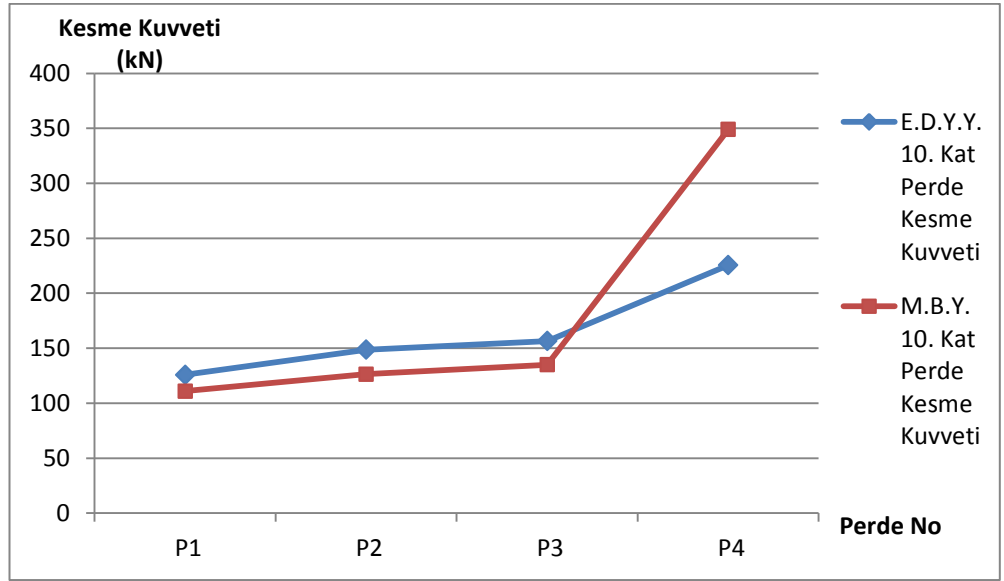
Çizelge 6.10 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan perde kesme kuvvetleri.

| Kat No | Perde No | E.D.Y.Y. Perde Kesme Kuvveti (kN) | M.B.Y. Perde Kesme Kuvveti (kN) |
|--------|----------|--------------------------------------|------------------------------------|
| 10 | P1 | 125.756 | 110.914 |
| | P2 | 148.645 | 126.323 |
| | P3 | 156.539 | 134.943 |
| | P4 | 225.501 | 348.908 |
| Zemin | P1 | 755.343 | 670.724 |
| | P2 | 918.091 | 863.982 |
| | P3 | 700.019 | 827.896 |
| | P4 | 2256.611 | 1914.352 |

E.D.Y.Y. ile en büyük perde kesme kuvveti zemin kat P4 perdesinde 2256.611 kN olarak bulunmuştur. M.B.Y. ile en büyük perde kesme kuvveti zemin kat P4 perdesinde 1914.352 kN olarak bulunmuştur. İki yöntem için bulunan kesme kuvveti değerleri arasındaki fark en çok 10. kat P4 perdesinde %54.7 mertebesinde oluşmaktadır, en küçük fark ise zemin kat P2 perdesinde %6.3 mertebesinde oluşmaktadır. Her iki yöntem ile bulunan değerler gözönüne alındığında P4 perdesinin kesme kuvveti diğer perdelerle oranla çok daha yüksek mertebelerde bulunmuştur. P4 perdesi diğer perdelerle oranla çok daha uzun bir perdedir bu yüzden rijitliği çok fazladır. P4 perdesi katlara etkiyen deprem yüklerinin önemli kısmını kendi üzerine almaktadır, bu durum P4 perdesinde daha fazla kesme kuvveti oluşmasına neden olmaktadır. Şekil 6.14’de iki yönteme ait zemin kat perde kesme kuvvetlerinin, Şekil 6.15’de ise iki yönteme ait 10. kat perde kesme kuvvetlerinin grafik üzerinde karşılaştırılması verilmiştir.



Şekil 6.14 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan zemin kat perde kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.



Şekil 6.15 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan 10. kat perde kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.

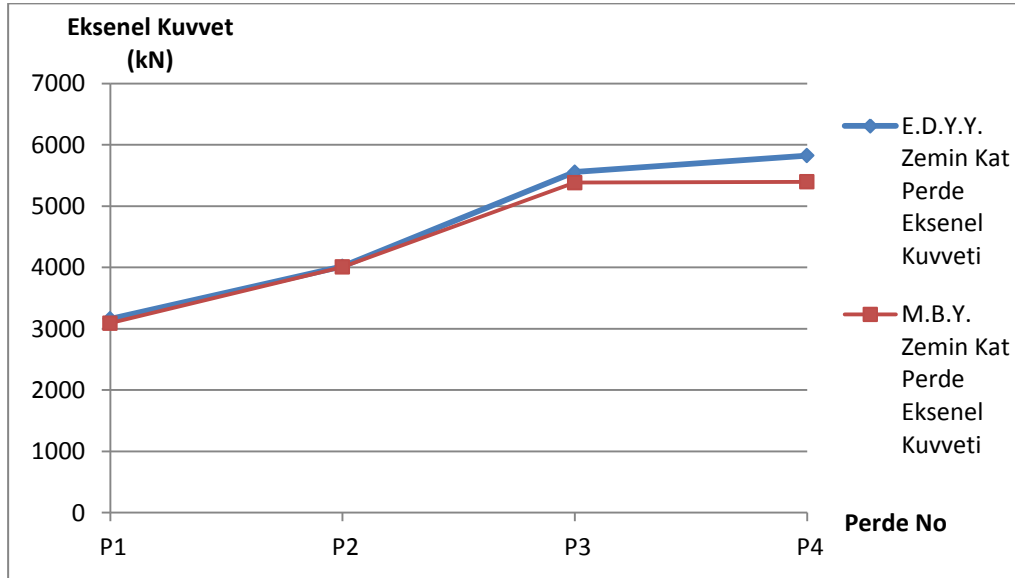
E.D.Y.Y. ile en büyük perde eksenel kuvveti zemin kat P4 perdesinde bulunmuştur. M.B.Y. ile en büyük perde eksenel kuvveti E.D.Y.Y. ile aynı şekilde zemin kat P4 perdesinde olduğu görülmüştür. İki yöntem için bulunan en büyük kesme kuvveti farkı 10. kat P4 perdesinde oluşmaktadır.

Perdelere oluşan en büyük N eksenel kuvvetleri, E.D.Y.Y. ve M.B.Y. için Çizelge 6.11’de birarada verilmiştir.

Çizelge 6.11 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan perde eksenel kuvvetleri.

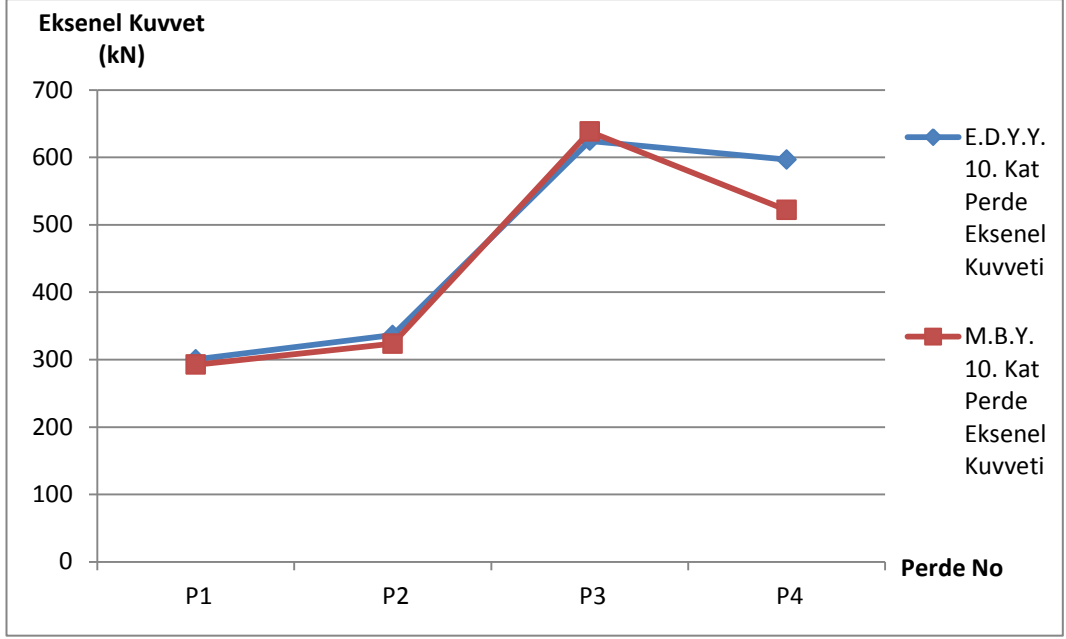
| Kat No | Perde No | E.D.Y.Y. Perde Eksenel Kuvveti (kN) | M.B.Y. Perde Eksenel Kuvveti (kN) |
|--------|----------|--|--------------------------------------|
| 10 | P1 | 300.287 | 292.458 |
| | P2 | 336.388 | 323.655 |
| | P3 | 624.387 | 638.311 |
| | P4 | 596.695 | 521.789 |
| Zemin | P1 | 3161.824 | 3092.245 |
| | P2 | 4018.477 | 4008.838 |
| | P3 | 5557.507 | 5385.345 |
| | P4 | 5826.531 | 5396.467 |

E.D.Y.Y. ile en büyük perde eksenel kuvveti zemin kat P4 perdesinde 5826.531 kN olarak bulunmuştur. M.B.Y. ile en büyük perde eksenel kuvveti zemin kat P4 perdesinde 5396.467 kN olarak bulunmuştur. İki yöntem için bulunan en büyük kesme kuvveti farkı 10. kat P4 perdesinde %14.4 mertebesinde oluşmaktadır. İki yöntemin perde eksenel kuvvetleri arasındaki ilişki Şekil 6.16’da verimiştir.



Şekil 6.16 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan zemin kat perde eksenel kuvvetlerinin karşılaştırılması.

İki yöntem için elde edilen perde normal kuvvetleri birbirine yakın olduğu görülmektedir. Şekil 6.17’de 10. kat perde eksenel kuvvetlerinin grafik üzerinde karşılaştırılması verilmiştir.



Şekil 6.17 : Her iki deprem hesap yöntemi ile elde edilmiş olan 10. Kat perde eksenel kuvvetlerinin karşılaştırılması.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

“Çok Katlı Betonarme Bir Yapının Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemine Göre Tasarımı” adlı tez çalışmasında, 1. Derece deprem bölgesinde, 12 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 önboyutları TS 500 [3]’de ve Deprem Yönetmeliğinde [1]’de belirtilen kurallara göre belirlenmiştir. Binanın dinamik ve statik analizleri SAP 2000 programı ile yapılmıştır. SAP 2000 programında taşıyıcı sistem elemanlarından kolonlar ve kirişler bir boyutlu çubuk eleman, perdeler ise üç boyutlu 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 1. derece deprem bölgesinde olduğu için etkin yer ivmesi katsayısı $A_0=0,4$ alınmıştır. Binanın bulunduğu yerel zemin sınıfı Z2 olduğu için spektrum karakteristik periyodları, $T_A=0,15\text{sn}$ ve $T_B=0,60\text{sn}$ 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 $T_{1X}=0,9156\text{ sn}$ ve Y doğrultusunda doğal titreşim periyodu $T_{1Y}=0,8516\text{ sn}$ bulunmuştur. Bina periyodu büyük olduğundan dolayı binaya uygulanan taban kesme kuvveti spektrumdaki maksimum değere göre düşük bir seviyede kalmıştır. Yapıya, deprem hesap yükü yöntemlerinden Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi uygulanmıştır. Binaya, X doğrultusunda Eşdeğer Deprem Yükü analizine göre etkiyen toplam deprem yükü (Taban Kesme Kuvveti), Mod Birleştirme Yöntemi ile elde edilen değerden %5.4 mertebesinde daha büyük olduğu bulunmuştur. Binaya Y doğrultusunda etki eden toplam deprem yükü, Eşdeğer

Deprem Yüğü Analizinde Mod Birleştirme Analizine göre %7.5 mertebesinde daha fazla bulunmuştur. Binada A1 türü düzensizlik mevcut olduğu için β katsayısı 0,90 alınarak Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile bulunan taban kesme kuvvetleri çarpıldığında bulunan yeni değerler Mod Birleştirme Yöntemi ile bulunan taban kesme kuvvetlerinden küçük olduğu için Mod Birleştirme Yöntemi ile hesaplanan taban kesme kuvvetleri doğrudan statik analizde kullanılmıştır. Mod Birleştirme Yönteminde, her bir mod için hesaplanan etkin kütle değerleri bina toplam kütesinin %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 doğrultusunda %92, Y doğrultusunda ise %93 olduğu gözlenmiştir.

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile elde edilen sonuçlara bakıldığında A1 türü planda burulma düzensizliğine rastlanmış, Mod Birleştirme Yönteminde ise rastlanmamıştır. İki yöntem arasında X doğrultusundaki en büyük η_{bi} farkı 2. katta %2.5 mertebesinde, en küçük fark ise 4. katta %3.1 mertebesinde oluşmaktadır. İki yöntem arasında Y doğrultusundaki en büyük η_{bi} farkı 2. katta %21.9 mertebesinde, en küçük fark ise 10. katta %9.1 mertebesinde olduğu görülmüştür.

Binada B2 türü katlar arası rijitlik düzensizliğine her iki yöntemde de rastlanmamıştır. X doğrultusunda Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Mod Birleştirme Yöntemi arasındaki en büyük η_{ki} farkı 8. katta %2.5 mertebesinde, en küçük fark ise 1. katta %0.5 mertebesinde oluşmaktadır. Y doğrultusunda iki yöntem arasındaki en büyük η_{ki} farkı 7. katta %2.1 mertebesinde, en küçük fark ise 2. katta %0.9 mertebesinde oluşmaktadır.

Binada Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi için yapılmış olan kat görelili ötelemeleri kontrolünde her iki doğrultuda tüm katlardaki $(\Delta_i)_{max}/h_i$ oranının yönetmelikte verilen $0.02/R=0.00286$ değerinin altında olduğu gözlenmiştir. X doğrultusunda iki yöntem arasındaki $(\Delta_i)_{max}/h_i$ farkı en çok 10. katta %29.7 mertebesinde, en az fark zemin katta %11.8 mertebesinde oluşmaktadır. Y doğrultusunda iki yöntem arasındaki $(\Delta_i)_{max}/h_i$ farkı en çok 10. katta %32.1 mertebesinde, en az fark ise zemin katta %23.7 mertebesinde oluşmaktadır.

Binada her iki yöntem içinde X ve Y doğrultularında İkinci Mertebe Etkileri Düzensizliğine rastlanmamıştır. X doğrultusunda iki yöntem arasındaki Θ_i farkı en

çok 10. katta %20.8 mertebesinde, en az fark 1. katta %1.0 mertebesinde oluşmaktadır. Y doğrultusunda iki yöntem arasındaki Θ_1 farkı en çok 9. katta %21.2 mertebesinde, en az 6. katta %1.7 mertebesinde oluşmaktadır.

Her iki yöntem için yapılan analiz sonucunda bulunan kolon ve perde iç kuvvetleri karşılaştırılmıştır. Kolonlarda E.D.Y.Y. ve M.B.Y. sonuçları karşılaştırıldığında, iki yöntem ile elde edilen kolon eğilme momentleri arasındaki fark en çok 10. kat S6 kolonunda %31.6 mertebesinde, en az fark ise zemin kat S5 kolonunda %7.7 mertebesinde oluşmaktadır. İki yöntemde bulunan kolon kesme kuvvetleri arasındaki fark en çok 10. kat S1 kolonunda %27.1 mertebesinde, en az farkın ise 10. kat S3 kolonunda %2.0 mertebesinde olduğu bulunmuştur. Eksenel kuvvetler arasındaki farklar her iki yöntem sonuçları incelendiğinde, en çok farkın 10.kat S3 kolonunda %16.9 mertebesinde, en küçük farkın ise zemin kat S3 kolonunda %2.7 mertebesinde olduğu bulunmuştur. Analiz sonuçlarına göre en elverişsiz kolon iç kuvvetleri her iki yöntemde de S6 kolonunda olduğu gözlenmiştir. Kolonlarda oluşan iç kuvvet değerlerinin E.D.Y.Y.'de daha elverişsiz olduğu görülmüştür.

Perdelerde, E.D.Y.Y. ve M.B.Y. sonuçları karşılaştırıldığında, iki yöntem ile elde edilen perde eğilme momentleri arasındaki farkın en çok 10. kat P2 perdesinde %25.7 mertebesinde, en az farkın ise 10. kat P1 perdesinde %2.4 mertebesinde olduğu bulunmuştur. İki yöntemde bulunan perde kesme kuvvetleri arasındaki fark en çok 10. kat P4 perdesinde %54.7 mertebesinde, en az farkın ise zemin kat P2 perdesinde %6.3 mertebesinde olduğu bulunmuştur. Perde eksenel kuvvetleri arasındaki farklar her iki yöntem sonuçları incelendiğinde en çok 10.kat P4 perdesinde %14.4 mertebesinde, en küçük farkın ise zemin kat P2 perdesinde %0.2 mertebesinde olduğu bulunmuştur. Perde normal kuvvetleri her iki yöntemde de birbirine çok yakın olduğu gözlenmiştir.

Analiz sonuçları incelendiğinde normal kuvvetlerin her iki yöntemde birbirine çok yakın bulunmasına rağmen eğilme momenti ve kesme kuvveti değerleri hem perdeler hemde kolonlarda Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminde daha fazladır. Binada her iki yöntemde de üst katlardaki normal kuvvet-eğilme momenti arasındaki oran alt katlara oranla daha fazladır.

Yapılan çalışma sonucunda her iki yönteme göre incelenen yapıda, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile elde edilen iç kuvvetler daha büyük mertebelerde bulunmuştur ve

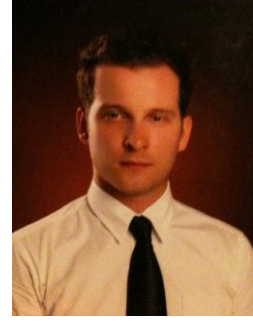
beklenildiği üzere Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Mod Birleştirme Yöntemine göre daha güvenli tarafta kaldığı görülmüştür. D.YB.Y.B.H.Y. 2007’de, deprem yüğü hesap yöntemlerinin belirlenmesinde yapı yüksekliği koşullarının verilmesi yanında, yapının düzensizlik durumları ve bu düzensizlik durumlarının mertebeleri de önemlidir.

İncelenen yapıda, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemine göre elde edilen sonuçların Mod Birleştirme Yöntemine göre bulunan sonuçlardan daha büyük olduğu gözlenmiştir. Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin hesap adımları gereği kat kesme kuvvetinin daha büyük alınması nedeni ile bu sonuç doğaldır. Bu durumda Mod Birleştirme Yöntemine göre elde edilen sonuçların özellikle maliyet aşamasında daha ekonomiktir.

KAYNAKLAR

- [1] **Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (D.B.Y.B.H.Y)**, 1998. *İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı*, 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., Orakdoğan, E. Ve Darılmaz, K.**, (2006). *Örneklerle SAP 2000*, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [8] **İTÜ İnşaat Fakültesi Betonarme Yapılar Çalışma grubu Betonarme Çizelge ve Abakları.**

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Doğacan TURAN

Doğum Yeri ve Tarihi: İZMİR 23.11.1984

Adres: 664 sok. No47/4 Gazimir/İZMİR

E-Posta: dogacanturan@hotmail.com

Lisans: Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği

Yüksek Lisans : İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Yapı Mühendisliği

