

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PLANDA TAŞIYICI SİSTEMİ DÜZENLİ VE DÜZENSİZ OLAN
BETONARME İKİ YAPININ DAVRANIŞININ İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Merve Gül GEZMİŞ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PLANDA TAŞIYICI SİSTEMİ DÜZENLİ VE DÜZENSİZ OLAN
BETONARME İKİ YAPININ DAVRANIŞININ İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Merve Gül GEZMİŞ
(501101039)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL

HAZİRAN 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501101039 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Merve Gül GEZMİŞ**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **“PLANDA TAŞIYICI SİSTEMİ DÜZENLİ VE DÜZENSİZ OLAN BETONARME İKİ YAPININ DAVRANIŞININ İNCELENMESİ”** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

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

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Mustafa GENÇOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. İrfan COŞKUN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **4 Mayıs 2012**

Savunma Tarihi : **4 Haziran 2012**

Sevgili anne ve babama,

ÖNSÖZ

Bu çalışma boyunca her aşamada ilgisini, yardımını ve desteğini gördüğüm sevgili hocam ve aynı zamanda tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL'a teşekkürü bir borç bilirim.

Tüm eğitim hayatım boyunca bana her konuda destek olan, sevgi ve ilgilerini benden esirgemeyen aileme ve tüm dostlarıma teşekkür ederim.

Haziran 2012

Merve Gül GEZMİŞ
(İnşaat Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR.....	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xix
ÖZET.....	xxi
SUMMARY.....	xxiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Amaç.....	1
1.2 Literatür Araştırmaları.....	2
2. TAŞIYICI SİSTEM DÜZENLENMESİ.....	5
2.1 Taşıyıcı Sistem Türleri.....	5
2.1.1 Çerçeveler ve çerçevelerle oluşturulan tüp sistemler.....	5
2.1.2 Perde, boşluklu perde, kapalı veya boşluklu tüp sistemler.....	6
2.1.3 Perde-çerçeve (karma taşıyıcılar) sistemler.....	6
2.2 Taşıyıcı Sistem Düzenlenmesinin Önemi.....	6
2.3 Taşıyıcı Sistem Düzenlenmesinde Dikkat Edilecek Hususlar.....	7
2.4 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007'ye Göre Bina Taşıyıcı Sistemlerine İlişkin Genel İlkeler.....	9
3. DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK BİNALAR HAKKINDA YÖNETMELİK 2007.....	11
3.1 Düzensiz Binalar.....	11
3.1.1 Planda düzensizlik durumları.....	11
3.1.1.1 A1 Burulma Düzensizliği.....	11
3.1.1.2 A2 Döşeme süreksizlikleri.....	12
3.1.1.3 A3 Planda çıkıntılar bulunması.....	13
3.1.2 Düşeyde düzensizlik durumları.....	14
3.1.2.1 B1 Komşu katlar arası dayanım düzensizliği.....	14
3.1.2.2 B2 Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği.....	15
3.1.2.3 B3 Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği.....	15
3.2 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması, İkinci Mertebe Etkileri ve Deprem Derzleri.....	16
3.2.1 Etkin görelî kat ötelemelerinin hesabı ve sınırlandırılması.....	16
3.2.2 İkinci mertebe etkileri.....	17
3.2.3 Deprem derzleri.....	17
3.3 Deprem Hesabı.....	18
3.3.1 Eşdeğer deprem yükü yöntemi.....	18
3.3.1.1 Toplam eşdeğer deprem yükünün belirlenmesi.....	18
3.3.1.2 Katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin belirlenmesi.....	22
3.3.1.3 Göz önüne alınacak yerdeğiştirme bileşenleri ve deprem yüklerinin	

etkime noktalarının belirlenmesi.....	24
3.3.2 Mod birleştirme yöntemi.....	25
3.3.2.1 İvme spektrumu.....	25
3.3.2.2 Göz önüne alınacak dinamik serbestliklerinin dereceleri.....	26
3.3.2.3 Hesaba katılacak yeterli titreşim modu sayısı.....	26
3.3.2.4 Mod katkılarının birleştirilmesi.....	27
3.3.2.5 Hesaplanan büyüklüklere ilişkin alt sınır değerleri.....	27
3.3.3 Zaman tanım alanında hesap yöntemleri.....	28
3.3.3.1 Yapay deprem yer hareketleri.....	28
3.3.3.2 Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri.....	28
4. ÇOK KATLI BETONARME BİR YAPININ TASARIMI	29
4.1 Düzenli ve Düzensiz Yapının Özellikleri.....	29
4.2 Döşemelerin Hesap ve Tasarımı.....	32
4.2.1 Döşeme kalınlığı hesabı.....	32
4.2.2 Döşeme yüklerinin belirlenmesi.....	33
4.2.3 Döşeme momentlerinin hesabı.....	34
4.2.4 Döşemelerde açıklık ve mesnet donatıları hesabı.....	34
4.3 Kirişlere Gelen Yükler.....	38
4.3.1 Kirişlerin ön boyutlandırılması.....	38
4.3.2 Kirişlere gelen yüklerin belirlenmesi.....	38
4.4 Kolon Ön Boyut Hesapları.....	39
4.4.1 Kolon eksenel yüklerinin belirlenmesi.....	39
4.4.2 Kolon kesitlerinin belirlenmesi.....	40
5. DEPREM YÜKLERİNE GÖRE HESAP	43
5.1 Sistem 1, Planda Düzensiz Taşıyıcı Sistem.....	43
5.1.1 SAP2000 modelleme bilgileri.....	43
5.1.2 Dinamik analiz.....	44
5.1.3 Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile deprem yüklerinin bulunması.....	46
5.1.4 Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre düzensizlik kontrolleri.....	48
5.1.4.1 A1 burulma düzensizliği kontrolü.....	48
5.1.4.2 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	53
5.1.4.3 Göreli kat ötelemeleri kontrolü.....	57
5.1.5 Eşdeğer deprem yükü yöntemi iç kuvvetleri.....	60
5.1.5.1 Kolon iç kuvvetleri.....	60
5.1.5.2 Perde iç kuvvetleri.....	62
5.1.6 Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre donatı hesabı.....	64
5.1.7 Mod birleştirme yöntemi ile deprem hesabı.....	65
5.1.7.1 Azaltılmış ivme tepki spektrumunun SAP2000'de tanımlanması.....	65
5.1.7.2 Mod birleştirme yöntemi deprem yüklerinin oluşturulması.....	66
5.1.8 Mod birleştirme yöntemine göre düzensizlik kontrolleri.....	67
5.1.8.1 A1 burulma düzensizliği kontrolü.....	68
5.1.8.2 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	69
5.1.8.3 Göreli kat ötelemeleri kontrolü.....	70
5.1.9 Mod birleştirme yöntemi iç kuvvetleri.....	71
5.1.9.1 Kolon iç kuvvetleri.....	72
5.1.9.2 Perde iç kuvvetleri.....	73
5.2 Sistem 2, Planda Düzenli Taşıyıcı Sistem.....	75
5.2.1 SAP2000 modelleme bilgileri.....	75
5.2.2 Dinamik analiz.....	76
5.2.3 Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile deprem yüklerinin bulunması.....	77

5.2.4 Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre düzensizlik kontrolleri.....	79
5.2.4.1 A1 burulma düzensizliği kontrolü.....	79
5.2.4.2 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	80
5.2.4.3 Görelî kat ötelemeleri kontrolü.....	83
5.2.5 Eşdeğer deprem yükü yöntemi iç kuvvetleri.....	86
5.2.5.1 Kolon iç kuvvetleri.....	86
5.2.5.2 Perde iç kuvvetleri.....	87
5.2.6 Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre donatı hesabı.....	89
5.2.7 Mod birleştirme yöntemi ile deprem hesabı.....	90
5.2.7.1 Azaltılmış ivme tepki spektrumunun SAP2000'de tanımlanması...90	
5.2.7.2 Mod birleştirme yöntemi deprem yüklerinin oluşturulması.....90	
5.2.8 Mod birleştirme yöntemine göre düzensizlik kontrolleri.....	91
5.2.8.1 A1 burulma düzensizliği kontrolü.....	91
5.2.8.2 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.....	92
5.2.8.3 Görelî kat ötelemeleri kontrolü.....	93
5.2.9 Mod birleştirme yöntemi iç kuvvetleri.....	95
5.2.9.1 Kolon iç kuvvetleri.....	95
5.2.9.2 Perde iç kuvvetleri.....	97
6. SONUÇLARIN İNCELENMESİ.....	99
6.1 Periyotların Karşılaştırılması.....	99
6.2 A1 Burulma Düzensizliği Katsayılarının İncelenmesi.....	99
6.2.1 Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre karşılaştırma.....	100
6.2.2 Mod birleştirme yöntemine göre karşılaştırma.....	101
6.3 İç Kuvvetlerin İncelenmesi.....	102
6.3.1 Kolon iç kuvvetlerinin incelenmesi.....	102
6.3.2 Perde iç kuvvetlerinin incelenmesi.....	108
6.4 Zemin Kat Donatı Maliyetlerinin İncelenmesi.....	114
7. SONUÇLAR.....	115
KAYNAKLAR.....	121
ÖZGEÇMİŞ.....	123

KISALTMALAR

DBYBHY 2007 : Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007

ABYYHY 1998 : Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 1998

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar.....	18
Çizelge 3.2 : Hareketli yük katılım katsayısı (n).....	19
Çizelge 3.3 : Etkin yer ivmesi katsayısı (A_0).....	20
Çizelge 3.4 : Bina önem katsayısı (I).....	20
Çizelge 3.6 : Spektrum karakteristik periyotları.....	21
Çizelge 3.5 : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R).....	22
Çizelge 4.1 : Proje özellikleri.....	29
Çizelge 4.2 : Döşeme momentleri (kNm).....	34
Çizelge 4.3 : Açıklık donatıları.....	35
Çizelge 4.4 : X doğrultusu mesnet donatıları.....	37
Çizelge 4.5 : Y doğrultusu mesnet donatıları.....	37
Çizelge 4.6 : Kiriş ve kolon ön boyutlandırma kuralları.....	38
Çizelge 4.7 : Kirişlere gelen yükler.....	38
Çizelge 4.8 : Kolonlara gelen yükler.....	49
Çizelge 4.9 : Kolon kesitlerinin belirlenmesi.....	40
Çizelge 5.1 : Sistem 1 – 11 Katlı durum için 1. doğal titreşim periyotları.....	45
Çizelge 5.2 : X ve Y doğrultusu eşdeğer deprem hesabı.....	46
Çizelge 5.3 : Sistem 1 X ve Y doğrultuları eşdeğer deprem kuvvetleri.....	47
Çizelge 5.4 : Eşdeğer deprem yükleri.....	48
Çizelge 5.5 : Sistem 1, X Doğrultusu – EXP, EXN yükü A1 düzensizliği kontrolü.....	49
Çizelge 5.6 : Sistem1, Y Doğrultusu – EYP yükü A1 düzensizliği kontrolü.....	49
Çizelge 5.7 : Sistem1, Y Doğrultusu – EYN yükü A1 düzensizliği kontrolü.....	50
Çizelge 5.8 : Sistem 1, Y Doğrultusu – EY yükü A1 düzensizliği kontrolü.....	51
Çizelge 5.9 : Sistem1, Y Doğrultusu – Arttırılmış EYP, A1 düzensizliği kontrolü.....	52
Çizelge 5.10 : Sistem 1, Y Doğrultusu–Arttırılmış EYN, A1 düzensizliği kontrolü.....	52
Çizelge 5.11 : Sistem 1, Y Doğrultusu – Arttırılmış EY, A1 düzensizliği kontrolü.....	53
Çizelge 5.12 : Sistem 1, X Doğrultusu - EXP, EYN yükü B2 düzensizliği kontrolü.....	54
Çizelge 5.13 : Sistem 1, X Doğrultusu - EX yükü B2 düzensizliği kontrolü.....	54
Çizelge 5.14 : Sistem 1, Y Doğrultusu - EYP yükü B2 düzensizliği kontrolü.....	55
Çizelge 5.15 : Sistem 1, Y Doğrultusu - EYN yükü B2 düzensizliği kontrolü.....	56
Çizelge 5.16 : Sistem 1, Y Doğrultusu – EY yükü B2 düzensizliği kontrolü.....	56
Çizelge 5.17 : Sistem 1, X Doğrultusu - EXP, EXN, Görelî kat ötelemeleri kontrolü.....	57
Çizelge 5.18 : Sistem 1, X Doğrultusu - EX, Görelî kat ötelemeleri kontrolü.....	58
Çizelge 5.19 : Sistem 1, Y Doğrultusu - EYP, Görelî kat ötelemeleri kontrolü.....	58

Çizelge 5.20 : Sistem 1, Y Doğrultusu - EYN, Görelî kat ötelemeleri kontrolü.....	59
Çizelge 5.21 : Sistem 1, Y Doğrultusu - EY, Görelî kat ötelemeleri kontrolü.....	59
Çizelge 5.22 : Sistem 1, X doğrultusu kesme kuvveti değerleri.....	61
Çizelge 5.23 : Sistem 1, Y doğrultusu kesme kuvveti değerleri.....	61
Çizelge 5.24 : Sistem 1, X doğrultusu normal kuvveti değerleri.....	61
Çizelge 5.25 : Sistem 1, Y doğrultusu normal kuvveti değerleri.....	61
Çizelge 5.26 : Sistem 1, X doğrultusu eğilme momenti değerleri.....	62
Çizelge 5.27 : Sistem 1, Y doğrultusu eğilme momenti değerleri.....	62
Çizelge 5.28 : Sistem 1, X doğrultusu kesme kuvveti değerleri.....	62
Çizelge 5.29 : Sistem 1, Y doğrultusu kesme kuvveti değerleri.....	62
Çizelge 5.30 : Sistem 1, X doğrultusu normal kuvveti değerleri.....	63
Çizelge 5.31 : Sistem 1, Y doğrultusu normal kuvveti değerleri.....	63
Çizelge 5.32 : Sistem 1, X doğrultusu eğilme momenti değerleri.....	63
Çizelge 5.33 : Sistem 1, Y doğrultusu eğilme momenti değerleri.....	63
Çizelge 5.34 : Sistem 1, Zemin kat giriş donatıları.....	64
Çizelge 5.35 : Sistem 1, Zemin kat kolon donatıları.....	64
Çizelge 5.36 : Sistem 1, Zemin kat perde donatıları.....	64
Çizelge 5.37 : SAP2000’de tanımlanan spektrum X ve Y değerleri.....	65
Çizelge 5.38 : Sistem 1, X Doğrultusu - SPECX yükü A1 düzensizliği kontrolü...67	67
Çizelge 5.39 : Sistem 1, Y Doğrultusu - SPECY yükü A1 düzensizliği kontrolü...68	68
Çizelge 5.40 : Sistem 1, X Doğrultusu – SPECX yükü B2 düzensizliği kontrolü...69	69
Çizelge 5.41 : Sistem 1, Y Doğrultusu – SPECY yükü B2 düzensizliği kontrolü...69	69
Çizelge 5.42 : Sistem 1, X Doğrultusu -SPECX yükü görelî kat ötelemeleri kontrolü.....	70
Çizelge 5.43 : Sistem 1, Y Doğrultusu –SPECY yükü görelî kat ötelemeleri kontrolü.....	71
Çizelge 5.44 : Sistem 1, X Doğrultusu kesme kuvveti değerleri.....	72
Çizelge 5.45 : Sistem 1, Y Doğrultusu kesme kuvveti değerleri.....	72
Çizelge 5.46 : Sistem 1, X Doğrultusu normal kuvveti değerleri.....	72
Çizelge 5.47 : Sistem 1, Y Doğrultusu normal kuvveti değerleri.....	72
Çizelge 5.48 : Sistem 1, X Doğrultusu eğilme momenti değerleri.....	73
Çizelge 5.49 : Sistem 1, X Doğrultusu eğilme momenti değerleri.....	73
Çizelge 5.50 : Sistem 1, X doğrultusu kesme kuvveti değerleri.....	73
Çizelge 5.51 : Sistem 1, Y doğrultusu kesme kuvveti değerleri.....	73
Çizelge 5.52 : Sistem 1, X doğrultusu normal kuvveti değerleri.....	74
Çizelge 5.53 : Sistem 1, Y doğrultusu normal kuvveti değerleri.....	74
Çizelge 5.54 : Sistem 1, X doğrultusu eğilme momenti değerleri.....	74
Çizelge 5.55 : Sistem 1, Y doğrultusu eğilme momenti değerleri.....	74
Çizelge 5.56 : Sistem 2 – 11 Katlı durum için 1. doğal titreşim periyotları.....	76
Çizelge 5.57 : Sistem 2, X ve Y doğrultusu eşdeğer deprem hesabı.....	77
Çizelge 5.58 : Sistem 2, X ve Y doğrultuları eşdeğer deprem kuvvetleri.....	78
Çizelge 5.59 : Sistem 2, SAP2000’de tanımlanan eşdeğer deprem yükleri.....	79
Çizelge 5.60 : Sistem 2, X Doğrultusu – EXP, EXN yükü A1 düzensizliği kontrolü.....	79
Çizelge 5.61 : Sistem 2, Y Doğrultusu – EYP, EYN yükü A1 düzensizliği kontrolü.....	80
Çizelge 5.62 : Sistem 2, X Doğrultusu – EXP, EXN yükü B2 düzensizliği kontrolü.....	81
Çizelge 5.63 : Sistem 2, X Doğrultusu - EX yükü B2 düzensizliği kontrolü.....	81

Çizelge 5.64 : Sistem 2, Y Doğrultusu - EYP, EYN yükü B2 düzensizliği kontrolü.....	82
Çizelge 5.65 : Sistem 2, Y Doğrultusu - EY yükü B2 düzensizliği kontrolü.....	83
Çizelge 5.66 : Sistem 2, X Doğrultusu – EXP, EXN görelî kat ötelemeleri kontrolü.....	84
Çizelge 5.67 : Sistem 2, X Doğrultusu - EX görelî kat ötelemeleri kontrolü.....	84
Çizelge 5.68 : Sistem 2, Y Doğrultusu – EYP, EYN görelî kat ötelemeleri kontrolü.....	85
Çizelge 5.69 : Sistem 2, Y Doğrultusu - EY görelî kat ötelemeleri kontrolü.....	85
Çizelge 5.70 : Sistem 2, X doğrultusu kesme kuvvetleri değerleri.....	86
Çizelge 5.71 : Sistem 2, Y doğrultusu kesme kuvvetleri değerleri.....	86
Çizelge 5.72 : Sistem 2, X doğrultusu normal kuvvetleri değerleri.....	86
Çizelge 5.73 : Sistem 2, Y doğrultusu normal kuvvetleri değerleri.....	87
Çizelge 5.74 : Sistem 2, X doğrultusu eğilme momenti değerleri.....	87
Çizelge 5.75 : Sistem 2, Y doğrultusu eğilme momenti değerleri.....	87
Çizelge 5.76 : Sistem 2, X doğrultusu kesme kuvveti değerleri.....	87
Çizelge 5.77 : Sistem 2, Y doğrultusu kesme kuvveti değerleri.....	88
Çizelge 5.78 : Sistem 2, X doğrultusu normal kuvveti değerleri.....	88
Çizelge 5.79 : Sistem 2, Y doğrultusu normal kuvveti değerleri.....	88
Çizelge 5.80 : Sistem 2, X doğrultusu eğilme momenti değerleri.....	88
Çizelge 5.81 : Sistem 2, Y doğrultusu eğilme momenti değerleri.....	88
Çizelge 5.82 : Sistem 2, Zemin kat giriş donatıları.....	89
Çizelge 5.83 : Sistem 2, Zemin kat kolon donatıları.....	89
Çizelge 5.84 : Sistem 2, Zemin kat perde donatıları.....	89
Çizelge 5.85 : Sistem 2, X Doğrultusu - SPECX yükü A1 düzensizliği kontrolü....	91
Çizelge 5.86 : Sistem 2, Y Doğrultusu - SPECY yükü A1 düzensizliği kontrolü....	92
Çizelge 5.87 : Sistem 2, X Doğrultusu - SPECX yükü B2 düzensizliği kontrolü....	93
Çizelge 5.88 : Sistem 2, Y Doğrultusu - SPECY yükü B2 düzensizliği kontrolü....	93
Çizelge 5.89 : Sistem 2, X Doğrultusu - SPECX görelî kat ötelemeleri kontrolü....	94
Çizelge 5.90 : Sistem 2, Y Doğrultusu - SPECY görelî kat ötelemeleri kontrolü....	95
Çizelge 5.91 : Sistem 2, X doğrultusu kesme kuvveti değerleri.....	95
Çizelge 5.92 : Sistem 2, Y doğrultusu kesme kuvveti değerleri.....	96
Çizelge 5.93 : Sistem 2, X doğrultusu normal kuvveti değerleri.....	96
Çizelge 5.94 : Sistem 2, Y doğrultusu normal kuvveti değerleri.....	96
Çizelge 5.95 : Sistem 2, X doğrultusu eğilme momenti değerleri.....	96
Çizelge 5.96 : Sistem 2, Y doğrultusu eğilme momenti değerleri.....	97
Çizelge 5.97 : Sistem 2, X doğrultusu kesme kuvveti değerleri.....	97
Çizelge 5.98 : Sistem 2, Y doğrultusu kesme kuvveti değerleri.....	97
Çizelge 5.99 : Sistem 2, X doğrultusu normal kuvveti değerleri.....	97
Çizelge 5.100 : Sistem 2, Y doğrultusu normal kuvveti değerleri.....	98
Çizelge 5.101 : Sistem 2, X doğrultusu eğilme momenti değerleri.....	98
Çizelge 5.102 : Sistem 2, Y doğrultusu eğilme momenti değerleri.....	98
Çizelge 6.1 : Sistem 1 ve Sistem 2 periyot değerleri.....	99

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Çerçeve sistem plan görünümü.....	5
Şekil 2.2 : Perde + çerçeve sistem plan görünümü.....	6
Şekil 2.3 : Perde + çerçeve sistemlerin doğru ve yanlış uygulanaşına örnekler.....	8
Şekil 3.1 : A1 Türü düzensizlik durumu.....	12
Şekil 3.2 : A2 Türü düzensizlik durumları.....	13
Şekil 3.3 : A3 Türü düzensizlik durumları.....	13
Şekil 3.4 : B2 Türü düzensizlik durumları.....	15
Şekil 3.5 : Elastik tasarım ivme spektrumu.....	21
Şekil 3.6 : Toplam eşdeğer deprem yükünün hesabı.....	23
Şekil 3.7 : Eşdeğer deprem yüklerinin etkiye noktaları.....	24
Şekil 3.8 : Eşdeğer deprem yüklerinin etkiye noktaları.....	25
Şekil 4.1 : Sistem 1 – Düzensiz yapı taşıyıcı sistem yerleşim planı.....	30
Şekil 4.2 : Sistem 2 - Düzenli yapı taşıyıcı sistem yerleşim planı.....	31
Şekil 5.1 : Sistem 1, SAP2000 3 boyutlu görünümü.....	44
Şekil 5.2 : Sistem 1, 1. Mod şekli.....	45
Şekil 5.3 : Sistem 1, 2. Mod şekli.....	46
Şekil 5.4 : SAP2000’de SPECX deprem yükünün oluşturulması.....	66
Şekil 5.5 : Sistem 2, SAP2000 3 boyutlu görünümü.....	75
Şekil 5.6 : Sistem 2, 1. Mod şekli.....	76
Şekil 5.7 : Sistem 2, 2. Mod şekli.....	77
Şekil 5.8 : Sistem 2, SAP2000’de SPECY deprem yükünün oluşturulması.....	90
Şekil 6.1 : Sistem 1 ve Sistem 2, Eşdeğer deprem yükü yöntemi – A1 Düzensizliği.....	100
Şekil 6.2 : Sistem 1 ve Sistem 2, Eşdeğer deprem yükü yöntemi – A1 Düzensizliği.....	100
Şekil 6.3 : Sistem 1 ve Sistem 2, Mod birleştirme yöntemi – A1 Düzensizliği.....	101
Şekil 6.4 : Sistem 1 ve Sistem 2, Kolon kesme kuvveti değerleri.....	102
Şekil 6.5 : Sistem 1 ve Sistem 2, Kolon kesme kuvveti değerleri.....	103
Şekil 6.6 : Sistem 1 ve Sistem 2, Kolon normal kuvvet değerleri.....	104
Şekil 6.7 : Sistem 1 ve Sistem 2, Kolon normal kuvvet değerleri.....	105
Şekil 6.8 : Sistem 1 ve Sistem 2, Kolon eğilme momenti değerleri.....	106
Şekil 6.9 : Sistem 1 ve Sistem 2, Kolon eğilme momenti değerleri.....	107
Şekil 6.10 : Sistem 1, X Doğrultusu - Perde kesme kuvveti değerleri.....	108
Şekil 6.11 : Sistem 1, Y Doğrultusu – Perde kesme kuvveti değerleri.....	108
Şekil 6.12 : Sistem 1, X Doğrultusu – Perde normal kuvvet değerleri.....	109
Şekil 6.13 : Sistem 1, Y Doğrultusu – Perde normal kuvvet değerleri.....	109
Şekil 6.14 : Sistem 1, X Doğrultusu – Perde eğilme momenti değerleri.....	110
Şekil 6.15 : Sistem 1, Y Doğrultusu – Perde eğilme momenti değerleri.....	110
Şekil 6.16 : Sistem 2, X Doğrultusu – Perde kesme kuvveti değerleri.....	111
Şekil 6.17 : Sistem 2, Y Doğrultusu – Perde kesme kuvveti değerleri.....	111

Şekil 6.18 : Sistem 2, X Doğrultusu – Perde normal kuvvet değerleri.....	112
Şekil 6.19 : Sistem 2, Y Doğrultusu – Perde normal kuvvet değerleri.....	112
Şekil 6.20 : Sistem 2, X Doğrultusu – Perde eğilme momenti değerleri.....	113
Şekil 6.21 : Sistem 2, Y Doğrultusu – Perde eğilme momenti değerleri.....	113
Şekil 6.22 : Sistem 1 ve Sistem 2, Zemin kat donatı maliyetleri.....	114

PLANDA TAŞIYICI SİSTEMİ DÜZENLİ VE DÜZENSİZ OLAN BETONARME İKİ YAPININ DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

ÖZET

Bu çalışmada, taşıyıcı sistem elemanlarından perdenin plandaki konumunun yapılarda deprem kuvvetleri altındaki davranışa olan etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda planda perde yerleşimi bakımından biri düzensiz, diğeri düzenli olan iki betonarme yapı ele alınarak deprem etkisi altındaki davranışları incelenmiştir.

Birinci bölümde çalışmanın amacı, kapsamı ve çalışma ile ilgili olarak yapısal düzensizliklerden A1 burulma düzensizliğine dair genel bilgiler verilmiştir. Bu bölümde ayrıca A1 burulma düzensizliği ile ilgili daha önce yapılmış bazı akademik çalışmalara değinilmiştir.

İkinci bölümde çalışmanın amacı ile ilgili olarak taşıyıcı sistem düzenlenmesi hakkında genel bilgi verilmiştir. Taşıyıcı sistem türleri, taşıyıcı sistem düzenlenmesinde dikkat edilecek hususlar ve Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007’de konu ile ilgili belirtilen ilkeler bu bölümde verilmiştir.

Üçüncü bölümde Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007’de belirtilen yapısal düzensizlikler, bu düzensizlikler ile ilgili hükümler, gerekli kontroller ve deprem hesaplarına ilişkin bilgiler sunulmuştur.

Dördüncü bölümde her iki yapı örneği genel olarak tanıtılmış, kat kalıp planları ve ortak proje özellikleri verilmiştir. Döşeme betonarme hesapları, kolon ve kiriş ön boyut hesapları yapılmıştır. Sırası ile döşeme kalınlığı hesabı, moment ve donatı hesabı yapılmıştır. Kiriş ve kolon ön boyut hesaplamaları yapılmış ve her iki sistem için aynı boyutlar seçilmiştir.

Beşinci bölümde her iki taşıyıcı sistem SAP2000’de modellenmiş, eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemine göre ayrı ayrı çözümlemeleri yapılmıştır. Her iki yapı için modal analiz yaptırılarak X ve Y doğrultuları doğal titreşim periyotları elde edilmiştir. Elde edilen periyotlardan yararlanarak her iki yapı için eşdeğer deprem yükü yöntemi hesabı yapılmıştır. Ayrıca her iki yapı için SAP2000’de spektrum eğrileri girilerek oluşturulan deprem yükleri ile mod birleştirme yöntemine göre de çözümleme yapılmıştır. Yapılan deprem hesaplarından elde edilen veriler ile A1 burulma düzensizliği, B2 burulma düzensizliği, görelî kat ötelemeleri kontrolleri yapılmış ve her iki yapıya ait zemin kat kolon ve perde iç kuvvetleri bu bölümde verilmiştir.

Altıncı bölümde, her iki yapı için elde edilen A1 burulma düzensizliği katsayıları, zemin kat kolon ve perdelerine ait iç kuvvetler karşılaşma yolu ile incelenmiştir. Yedinci bölümde bu çalışmadan elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve önerilerde bulunulmuştur.

RESEARCHING THE BEHAVIOURS OF TWO REINFORCED CONCRETE BUILDINGS WHICH HAVE REGULAR AND IRREGULAR STRUCTURAL SYSTEMS

SUMMARY

In this study, there were used two similar reinforced concrete buildings, one has a regular structure and the other has irregular structure. The main purpose of this study is to investigate torsional irregularity and earthquake design methods used effects on the results obtained from earthquake analysis of structures. The study performed for this purpose includes 7 chapter.

To perform this study, two structures were designed with the same material and structural properties but their shear walls' position in the plan of the structures. The system called System 1, has irregular structural design by its shear walls to be just one side of the structure. The system called System 2, has regular structural design by having its shear walls's position to be symetrical. The structures were designed to be in the first degree of seismic zone and in an area has Z1 local soil class. The structures both have 12 story that each one of them's height is 3 meters. The class of reinforced concrete was chosen as C30 and the class of reinforced steel was chosen as S420.

In the first chapter, the purpose of the study was given and the content of the study was explained. And there was given information about some previous studies from the literature. In many researches, it was showned that shear walls' position in the plan effects the behaviours of the buildings. The reasons of torsional irregularity was explained in this chapter by giving examples from literature.

In the second chapter, it was explained that how to make a stuctural design of a building. In this chapter, the types of the structural systems and the principles of designing of a structural system were given. And a part of Turkish Seismic Code was given which is related to the structural design.

In the third chapter, some parts of Turkish Seismic Code were given which are about stuctural irregularity. The types of structural irregularity, conditions about irregularity, and some formulas about defining of irregularity were given. In this study, it was researched that if the systems have structural irregularity or not. Especially there was made some researches about torsional irregularity. To perform the seismic analysis, two earthquake design methods were used in this study, one was equivalent seismic load method and the other one was mode superposition method. These earthquake design methods were explained and the related parts of Turkish Seismic Code were given in this chapter.

In the fourth chapter, there was given a general information about the two systems and their material and structural properties and their plan views. It was started with the reinforced concrete designs and calculations. The floors of the structures were designed by formulas from TS 500 as their height to be 15 cm. Then the floors' dead loads and live loads were defined by using TS 498. With these loads, the moments

of the floors' were calculated and their reinforcement steels were chosen. The beams were designed according to the principles of TS 500 and Turkish Seismic Code as their height to be 60 cm and their width to be 30 cm. And dead loads and live loads of the beams were defined. The Columns were designed by the principles of TS 500 and Turkish Seismic Code. In every three story the columns' dimensions were decreased. The Columns' dimensions were given as tables in this chapter. The whole dimensions of the columns and the beams were selected the same. To compare the two system according to their shear walls' position in the plan, the whole structure of them except the shear walls, has designed the same.

In the fifth chapter, earthquake design methods were applied to the two structures by using SAP2000 software. First, two system were created as a SAP2000 model. The materials of the structures were defined at SAP2000. The class of reinforced concrete was C30 and the class of reinforced steel was S420. The vertical dead and live loads were defined. And these loads were assigned to the beams. Then, the systems were solved by using modal analysis at SAP2000. Their X direction and Y direction periods were obtained. The periods of The System 1 were found as $T_{1x} = 0,7397$, $T_{1y} = 0,8676$, and the periods of The System 2 were found as $T_{1x} = 0,7330$, $T_{1y} = 0,7381$. By using these periods the equivalent seismic loads of the systems were defined at X and Y direction. Then the load combinations were defined. By using equivalent seismic load method the two model were solved at SAP2000. After the analysis was done, relative displacements were obtained. The relative displacements were used to determine if there was a torsional irregularity or not. The result of these solutions were checked by Turkish Seismic Code to determine any irregularity to be occurred. And by the solution of equivalent seismic load method, the maximum internal forces of ground floor's columns and shear walls were obtained. Using the maximum internal forces of ground floor's columns and shear walls, the reinforcement steels of columns, beams and shear walls were chosen. There made a cost analysis for the ground floor's reinforcement steels. And the cost of a floor's reinforcement steels were calculated. This calculation was made for both of System 1 and System 2 by equivalent seismic load method results.

In the chapter 6, the two system also were solved by using mode superposition method at SAP2000. First, the response spectrum for Z1 soil class was applied to the SAP2000. Then the earthquake loads were defined at the direction of X and Y. Then the load combinations of the systems were defined at SAP2000. And the systems were analysed at SAP2000. After the analysis, maximum and minimum relative displacements of each story were obtained for the systems. Using the formulas to determine the irregularity from Turkish Seismic Code, it was searched that if any irregularity occurs in the systems. The results of this analysis were checked according to Turkish Seismic Code. And by the solution of mode superposition method, the maximum internal forces of ground floor's columns and shear walls were obtained.

The results obtained from the equivalent seismic load method analysis and the mode superposition method analysis were discussed in the 6th chapter. The two system's results for both equivalent seismic load method analysis and the mode superposition method analysis were compared by each other. The comparison was between their torsional irregularity, their ground floor's maximum internal forces and the cost of a floor's reinforcement steels. The results of the seismic analysis were shown by using graphics and explained. It is showed that System 1 has torsional irregularity as we

expected. System 2 has no irregularity but has bigger torsional irregularity values than we expected. Comparing the systems' internal forces according to the values of ground floor's columns and shear walls maximum internal forces by equivalent seismic load method results, it is showed that System 1 has higher internal values than System 2. Also, comparing the systems' internal forces according to the values of ground floor's columns and shear walls internal forces by mode superposition method results, it is showed that System 1 has higher internal forces values than System 2. Comparing the values according to the Seismic design methods it is showed that the results obtained from the equivalent seismic load method analysis are higher than the results obtained from the mode superposition method analysis.

In the sixth chapter, the two system also compared by their cost of a floor's reinforcement steels. By the results of the equivalent seismic load method, there made a cost analysis for the ground floor's reinforcement steels for the two systems. The costs of the beams, columns and shear walls of the two systems' were showed as a graphic in this chapter. It is showed that System 1's cost of ground floor's reinforcement steels was higher than System 2's ground floor's cost.

The main conclusions and recommendations obtained from this study were summarised in the chapter 7. According to the result of all analysis in this study, it is showed that shear walls position in the plan and the irregularity of the structure increased the period values, torsional irregularity, internal forces of the structure and the cost of a floor's reinforcement steels. So the cost of the construction increased as well. Unexpectedly, it is showed that although System 2 has a regular structure, it has also high torsional irregularity values. The reason of this result was predicted as the hidden torsional irregularity. It is recommended that it has to be researched the irregularity of the system's by the design procedure, even if the systems have symmetrical and regular structural system. And about the Seismic design methods, it is found that equivalent seismic load method analysis results higher internal forces than the mode superposition method analysis.

1. GİRİŞ

1.1 Amaç

Depremler tarih boyunca dünyanın hemen her yerinde en beklenmedik ve yıkıcı afetlerden biri olmuştur. Biz mühendisler zamanını önceden bilemediğimiz ve etkilerini kesin olarak belirleyemediğimiz bu doğal afete karşı yapıları olabildiğince güvenli tasarlamaya çalışmaktayız. Yapıların deprem kuvvetleri altındaki davranışları hakkında pek çok akademik çalışma yapılmıştır. Fakat deprem hakkında en iyi bilgiyi yaşanan depremlerden elde etmekteyiz. Yaşanan her yıkım bizlere bu doğal afete karşı almamız gereken yeni bir tedbiri öğretmektedir. Özellikle yakın tarihte ülkemiz dahil dünyanın pek çok ülkesinde yaşanan depremlerde yapılarda oluşan hasarların tasarım aşamasında göze çarpmayan fakat deprem etkisi altında büyük hasarlara sebep olan yapısal düzensizliklerden kaynaklandığı görülmüştür. Yapıların planda ya da düşeyde geometri ya da taşıyıcı sistem bakımından düzensiz oluşu deprem kuvvetleri altında beklenmedik hasarlar oluşturmakta ve taşıyıcı sistem elemanlarında tasarımda elde edilenin çok üstünde iç kuvvetlere sebep olmaktadır.

Pek çok ülke deprem yönetmeliklerinde yapıların deprem davranışını etkileyen yapısal düzensizliklere yer vermiş ve bu düzensizliklerle ilgili uyulması gereken ilkeler ve yaptırımlar belirlemiştir. Ülkemiz de yakın tarihte pek çok yıkıcı depreme tanık olmuş ve bu depremlerde yıkılan ve hasar gören yapılardan elde edilen veriler ışığında ilgili yönetmeliklerde bu hususlara yer vermiştir.

Deprem etkisi altında oluşan yatay kuvvetler yapıya kat kütle merkezlerinden etkimektedir. Eğer yapı planda taşıyıcı sistem bakımından simetrik değilse kat rijitlik merkezi ile kat kütle merkezi arasında bir eksantirisite meydana gelmektedir. Bu eksantirisite yatay deprem kuvvetleri altında yapının düşey eksen etrafında dönmesine sebep olmaktadır. Çoğu zaman yapının yatay rijitliğini arttırmak için yerleştirilen perdeler planda düzenli ve simetrik yerleştirilmedikleri takdirde yapının deprem davranışını olumsuz etkileyebilmektedirler.

Bu çalışmada perdelerin planda düzenli ya da düzensiz yerleşiminin yapıların deprem davranışına olan etkisini incelemek amacı ile planda dikdörtgen geometrilili, taşıyıcı sistemi perde + çerçeve sistem olan, perde yerleşimi bakımından biri düzenli diğeri düzensiz iki yapı ele alınmıştır. Her iki yapı örneği de eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemine göre analiz edilmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

1.2 Literatür Araştırmaları

Karaduman ve Döndüren (2004), yaptıkları çalışmada her biri perde sistemli, 15 katlı, T, L ve kare şeklinde plan geometrisine sahip bina modellerinin deprem davranışlarını incelemiştir. Dinamik analizin yapılmasında SAP2000 Nonlinear v-6.11 programından yararlanmış ve zaman-tanım alanında hesap metodunu tercih etmişlerdir. Yapılan analiz sonucunda deprem kuvvetleri altında en çok burulma düzensizliği L tipi yapı örneğinde, en az burulma düzensizliği ise kare tipi yapılarda ortaya çıkmıştır. Yazarlar, deprem bölgelerinde yapılacak yapılarda burulma düzensizliğinin oluşmasını önlemek için yapıların planda kare veya daire şeklinde plan geometrisinde, simetrik tasarlanmasını önermektedirler. Ayrıca kütle ve rijitlik merkezlerinin mümkün olduğunca üst üste gelmelerini sağlayacak şekilde tasarımlar yapılmasını uygun görmekteyiz.

Demir ve Dönmez (2008), yaptıkları çalışmada geometrik planları ve perde yerleşimleri farklı olan 6 tip yapıyı parametrik olarak değişen kat sayısı ve 4 farklı yerel zemin sınıfı durumu için ele almıştır. Yapılar burulma düzensizliği açısından irdelenmiş ve burulma düzensizliğine etki eden faktörlerin önem derecesi belirlenmiştir. Çalışma sonucunda plan geometrisi ve perde yerleşimi düzensizliği arttıkça burulma düzensizliği katsayısı değerlerinin Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) 2007’de belirtilen 2,00 üst sınırına yaklaştığı görülmüştür.

Özmen (2004), yaptığı çalışmada perdeleri değişik konumlarda 8 farklı yapı örneğini deprem etkileri altında incelemiştir. Özmen, çalışmasında burulma düzensizliği katsayısının DBYBHY 2007’de belirtilen 2,00 üst sınır değerini aşması için gereken koşulları parametrik bir araştırma yöntemi ile incelemiştir. Ele alınan yapıların davranışları aks sayıları ile kat sayıları parametrik olarak değiştirilerek farklı

durumlar için araştırılmıştır. Perdelerin yapı ağırlık merkezi ile çakışmamak koşulu ile asimetrik fakat ağırlık merkezine olabildiğince yakın yerleştirilmesi durumu için yapılan analizlerde burulma düzensizliği katsayılarının maksimum değerler aldığı saptanmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre burulma düzensizliği katsayılarının yüksek değerler almasındaki başlıca faktörler şunlardır;

1. Yapının plan geometrisi
2. Perdeler paralel aksların sayısı
3. Kat sayısı
4. Perdelerin plandaki konumları

Yazar, yaptığı çalışma sonucu perdelerin varlığının yapının deprem etkisi altındaki davranışına olumlu etkiler kattığını fakat az katlı yapılarda aşırı oranda perde kullanımının burulma düzensizliğini arttırdığını ortaya koymuştur. Arttırılmış dışmerkezlilik yönteminin ve Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY) 1998’de öngörülen dinamik hesap yöntemlerinin gerçekçi olmadığını, bunun yerine burulma düzensizliği katsayısına bir üst sınır değer getirilmesini, hiçbir koşulda yapının burulma düzensizliğinin bu değeri aşmayacak şekilde tasarlanmasının zorunlu hale getirilmesi gerektiğini belirtmiştir.

Özmen (2001), yaptığı çalışmada rijitlik dağılımı açısından düzensiz yapı örneklerini deprem etkileri altında incelemiştir. Yapılan analizler sonucu rijitlik dağılımının burulma düzensizliğine etkisinin oldukça yüksek olduğu gözlenmiştir. Yazar, burulma düzensizliğini azaltmak için zayıf akslara kısıtlı sayı ve boyutta da olsa perde yerleştirilmesini ya da zayıf akslardaki kolon ve/veya kiriş boyutlarının arttırılmasını önermiştir.

Özmen (2006), yaptığı çalışmada planda düzenli ve düzensiz yapı örneklerini ele almış ve burulma düzensizliği bakımından karşılaştırma yapmıştır. Elde ettiği sonuçlarda geometri ve rijitlik dağılımı bakımından simetrik olan yapılarda burulma düzensizliği katsayılarının DBYBHY 2007’de belirtilen 1,20 sınır değerine yaklaştığı görülmüştür. Sadece geometri bakımından düzensiz yapılarda burulma düzensizliğinin ortalama olarak 1,40 mertebesinde olduğu görülmüş, rijitlik dağılımının geometriye oranla burulma düzensizliği açısından daha önemli bir faktör

olduğu ortaya çıkmıştır. Yazar, yaptığı çalışmalar sonucunda burulma yapan yapıları şu şekilde sınıflandırmıştır;

1. Geometrik bakımdan düzensiz olan yapılar
2. Rijitlik dağılımı bakımından düzensiz olan yapılar
3. Geometri ve rijitlik dağılımı bakımından düzensiz olan yapılar
4. Gizli burulma düzensizliği olan yapılar

Yazara göre burada ilk üç sınıfa giren yapılarda burulma düzensizliğinin mevcut olması doğaldır. Dördüncü sınıfa giren yapılar hem geometri hem de rijitlik dağılımı bakımından tamamen simetrik oldukları halde burulma bakımından düzensiz olan yapılardır.

Döndüren, Karaduman, Çöğürçü ve Altın (2007), yaptıkları çalışmada plan geometrisi ve rijitlik bakımından simetrik olan ve olmayan yapılarda burulma düzensizliği durumlarını araştırmışlardır. Bu araştırmada burulma düzensizliği olan ve olmayan, 15 katlı, üçgen, elips, kare, dikdörtgen, daire, L ve T şeklinde plan geometrilerine sahip 7 farklı türde yapı ele alınmış ve deprem etkileri altındaki davranışları incelenmiştir. Çalışma sonucunda geometri ve rijitlik dağılımı bakımlarından düzenli olan yapılarda da burulma düzensizliği meydana geldiği görülmüştür. Kenar akslardaki taşıyıcı sistem elemanlarının rijitliklerinin düşük olması sonucu bu burulma düzensizliğinin ortaya çıktığı saptanmıştır. Bunu önlemek için kenar akslardaki taşıyıcı sistem eleman boyutlarının artırılması önerilmiştir. Çalışmada elde edilen tüm verilere göre analizi yapılan örnek yapılar arasında en düşük burulma düzensizliği değerleri kare ve daire kesitli örneklerde, en yüksek değerler ise elips kesitli örnekte elde edilmiştir.

2. TAŞIYICI SİSTEM DÜZENLENMESİ

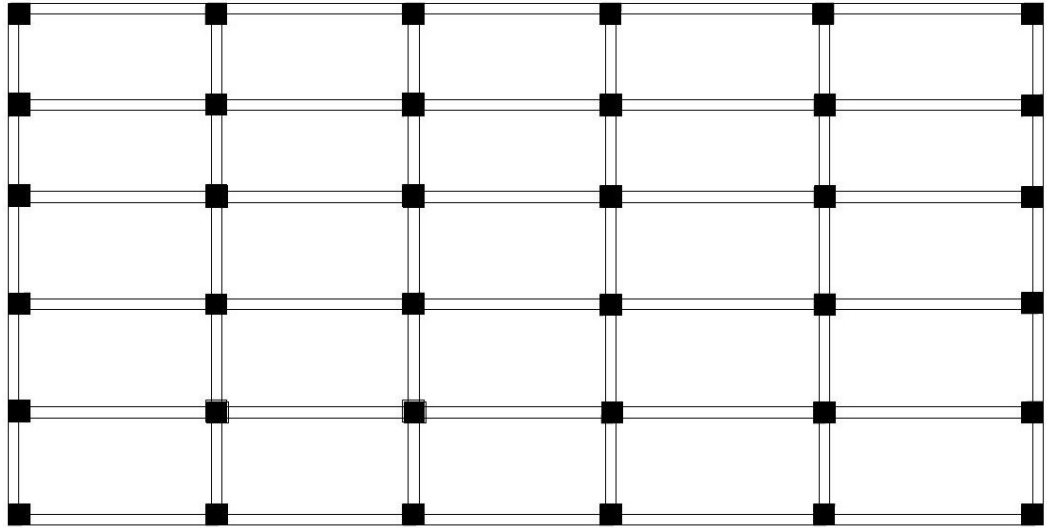
2.1 Taşıyıcı Sistem Türleri

Betonarme taşıyıcı sistemler düşey yükleri doğrudan doğruya taşıyan kat döşemeleri, bunların mesnetlerini oluşturan ve yükleri alt katlara aktaran düşey taşıyıcılar (kolon ve perdeler) ile yapının zemine mesnetlenmesini, bütün yüklerin zemine aktarılmasını sağlayan temellerden oluşmaktadır (Aka ve Altan, 1992).

Bu bölümde genel olarak taşıyıcı sistemlerin tanımından ve düzenlenmesi konusundaki ilkelerden bahsedilecektir.

2.1.1 Çerçeveler ve çerçevelerle oluşturulan tüp sistemler

Çerçeve sistemler yatay ve düşey yükleri, döşemeler, kirişler ve kolonlarla temellere aktaran taşıyıcı sistemlerdir (Şekil 2.1). Kat sayısının 10'u geçtiği yapılarda kolon ve kiriş boyutlarının mimarinin izin veremeyeceği oranda artması sebebi ile yüksek yapılarda bu tip taşıyıcı sistemlerin rijitleştirici olarak kullanılması uygun değildir.



Şekil 2.1 : Çerçeve sistem plan görünümü.

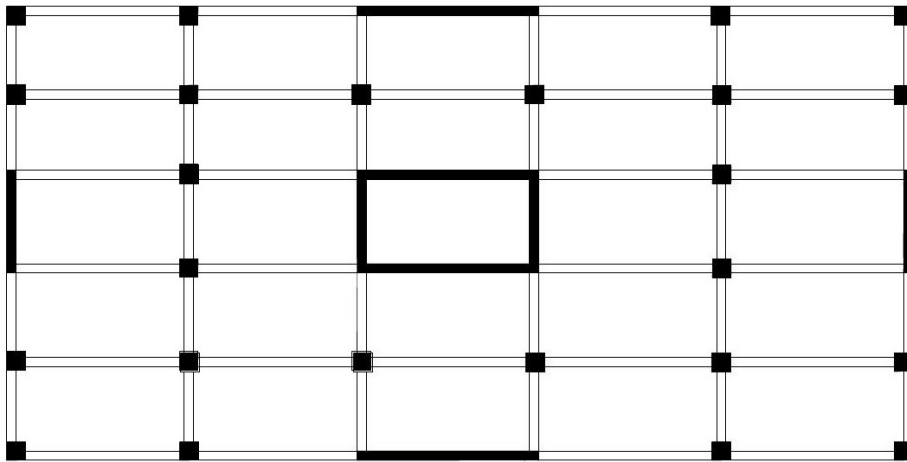
2.1.2 Perde, boşluklu perde, kapalı veya boşluklu tüp sistemler

Perde sistemler, döşemeler ve düşey taşıyıcıları perdeler ile teşkil edilen taşıyıcı sistemlerdir. Perdeler planda uzun kenarlarının kısa kenarlarına oranı 7'den büyük olan düşey taşıyıcılardır.

Yapılarda merdiven evleri, büyük tesisat boşlukları ve asansör boşlukları perde duvar şeklinde teşkil edilebilir. Bu durumda bu elemanlar yapının yatay rijitliğini büyük ölçüde arttırmaktadır. Bu tip perdeler yapının içinde bulunuyorlarsa belli aralıklarda boşluklarının olması gerekmektedir. Yüksek katlı yapılarda yapının yatay rijitliğini büyük ölçüde arttırması bakımından perde taşıyıcı elemanlarından yararlanılır. Fakat bu tip elemanlar düzenlenirken planda simetrik yerleştirilmesine dikkat edilmelidir.

2.1.3 Perde-çerçeve (karma taşıyıcılar) sistemler

Karma taşıyıcı sistemler, döşemeler ve düşey taşıyıcıları perde ve çerçevelerle teşkil edilen taşıyıcı sistemlerdir (Şekil 2.2). Çerçeve ve perdelerin birlikte kullanılması yatay yüklerin taşınması için en uygun formdur (Aka ve Altan, 1992).



Şekil 2.2 : Perde + çerçeve sistem plan görünümü.

2.2 Taşıyıcı Sistem Düzenlenmesinin Önemi

Yapıların özellikle deprem yükleri altında beklenmedik hasarlar görmesinin başlıca sebeplerinden biri taşıyıcı sistemin yatayda ve düşeyde iyi düzenlenmemiş olmasıdır. Yatay ve düşey doğrultuda uygun düzenlenmeyen taşıyıcı sistemler, elemanlarının taşıma gücünün üstünde kuvvetlere maruz kalmaktadır. Taşıyıcı sistem elemanlarının

planda düzgün dağılmayı, deprem kuvvetleri altında burulma düzensizliği oluşturmakta ve yapı büyük hasar alabilmektedir.

Taşıyıcı sistemin depremde hasar görmesindeki nedenler önem sırasına göre;

1. Taşıyıcı sistemin iyi düzenlenmemiş olması,
2. Malzeme dayanımlarının düşük olması,
3. Konstrüktif ayrıntılara dikkat edilmemiş olması,
4. Statik ve betonarme hesaplarının yeterli olmaması,

olarak sıralanabilir. Buradan, konstrüktif esaslara uymamanın statik ve betonarme çözümlemeden daha önce gelen bir hasar nedeni olduğu anlaşılmaktadır (Kutaniş).

Kolon ve perde gibi taşıyıcı elemanların birbirine dik her iki doğrultudaki rijitlikleri birbirine yakın seçildiği takdirde taşıyıcı sistem her iki doğrultudaki deprem zorlarını birbirlerine yakın ölçüde karşılar.

Taşıyıcı sistem tasarımında rijitliğin düzgün dağılımı sağlanırsa deprem yükleri altında ortaya çıkacak hasarlar bazı bölgelerde yoğunlaşmadan yapıya eşit dağılır.

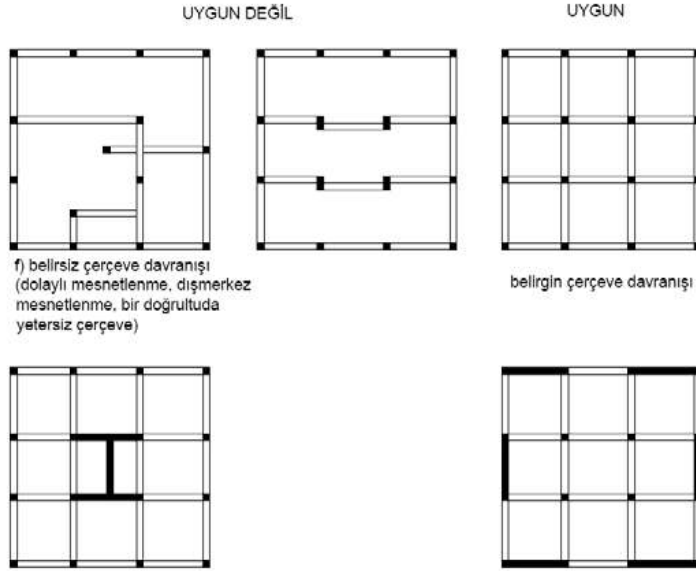
Taşıyıcı sistem düzenlenmesinde perdeleri yapının dış bölgelerine simetrik olarak dağıtmak yapının burulma rijitliğini artırarak, depremden meydana gelecek kesit tesirlerinin daha düşük düzeyde kalmasını sağlar.

2.3 Taşıyıcı Sistem Düzenlenmesinde Dikkat Edilecek Hususlar

Yapı taşıyıcı sisteminde burulma düzensizliğine olabildiğince yer verilmemelidir. Bunun için, perde vb. rijit taşıyıcı sistem elemanlarının binanın burulma rijitliğini arttıracak biçimde yerleştirilmelidir. Taşıyıcı sistem planda simetrik veya simetriğe yakın düzenlenmelidir.

L,T ve uzun plan konumları olan yapılarda deprem etkileri altında burulma düzensizliği oluşabilmektedir. Bu tip yapılarda rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasında önemli aralıklar bulunur ve düşey taşıyıcı elemanlar bu burulmanın etkisi ile oldukça yüksek kuvvetlere maruz kalırlar. Bunun önlenmesi için yapı planda derzlerle simetrik ve basit geometrik bölümlere ayrılmalıdır.

Yapının yatay rijitliğini önemli ölçüde etkileyen perde elemanların yapıya planda mümkün olduğunca simetrik yerleştirilmeleri ve olası burulma etkileri oluşturacak düzenlemelerden kaçınılmalıdır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 : Perde + çerçeve sistemlerin doğru ve yanlış uygulanaşına örnekler.

Kolon ve kirişlerden oluşan çerçeve sistemlerde açıklıkların düzensiz oluşu deprem etkilerinin artmasına sebep olabilir. Açıklıkları düzensiz olan çerçeve sistemlerde kısa kirişler oluşabilir ve bu kirişler deprem kuvveti altında oldukça büyük kesme kuvveti ve eğilme momentleri oluşabilir. Bunu önlemek için mümkün olduğunca açıklıkları düzenli sistemler tasarlanmalı, eğer mimari açıdan kısa kirişin oluşması önlenemiyorsa bu kirişlerin yüksekliklerinin azaltılması gerekmektedir.

Yatay kuvvetlerin düzgün aktarılabilmesi için döşemelerin sürekli ve üniform rijitlikte olması gerekir.

Taşıyıcı sistem elemanlarının her birinde, deprem yüklerinin temel zeminine kadar sürekli bir şekilde ve güvenli olarak aktarılmasını sağlayacak yeterlikte rijitlik, kararlılık ve dayanım bulunmalıdır. Kullanma yükleri altında eleman ve taşıyıcı sistemin tümünde çatlama, aşırı şekil değiştirme v.b. kusurlar görülmemelidir.

Taşıyıcı sistem elemanları planda mimari açıdan serbestlik sağlamalı, her türlü tesisatın uygun yerleştirilmesi ve onarımına olanak vermeli, yangına dayanıklı olmalı, ses ve titreşimi bir bölümden diğerine geçirmemeli, nem, su, ısı yalıtımı yapılabilir.

2.4 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007'ye Göre Bina Taşıyıcı Sistemlerine İlişkin Genel İlkeler

Bir bütün olarak deprem yüklerini taşıyan bina taşıyıcı sisteminde ve aynı zamanda taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların her birinde, deprem yüklerinin temel zeminine kadar sürekli bir şekilde ve güvenli olarak aktarılmasını sağlayacak yeterlikte rijitlik, kararlılık ve dayanım bulunmalıdır.

Döşeme sistemleri, deprem kuvvetlerinin taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenli aktarılmasını sağlayacak düzeyde rijitlik ve dayanıma sahip olmalıdır. Yeterli olmayan durumlarda, döşemelerde uygun aktarma elemanları düzenlenmelidir.

Binaya aktarılan deprem enerjisinin önemli bir bölümünün taşıyıcı sistemin sünek davranışı ile tüketilmesi için Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) 2007'de Bölüm 3 ve Bölüm 4'te belirtilen sünek tasarım ilkelerine titizlikle uyulmalıdır.

DBYBHY 2007'de tanımlanan düzensiz binaların tasarımından ve yapımından kaçınılmalıdır. Taşıyıcı sistem planda simetrik veya simetriğe yakın düzenlenmeli ve DBYBHY 2007'de Çizelge 2.1'de tanımlanan A1 burulma düzensizliğine olabildiğince yer verilmemelidir. Bu bağlamda, perde vb. rijit taşıyıcı sistem elemanlarının binanın burulma rijitliğini arttıracak biçimde yerleştirilmesine özen gösterilmelidir. Düşey doğrultuda ise özellikle DBYBHY 2007'de Çizelge 2.1'de B1 ve B3 başlıkları ile tanımlanan ve herhangi bir katta zayıf kat veya yumuşak kat durumu oluşturan düzensizliklerden kaçınılmalıdır.

3. DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK BİNALAR HAKKINDA YÖNETMELİK 2007

3.1 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 ve bunlarla ilgili koşullar ise aşağıda verilmiştir.

3.1.1 Planda düzensizlik durumları

3.1.1.1 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 ötelemeye oranını ifade eden burulma düzensizliği katsayısı η_{bi} 'nin 1,2'den büyük olması durumu burulma düzensizliği olarak tanımlanır (Şekil 3.1).

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

η_{bi} = i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı

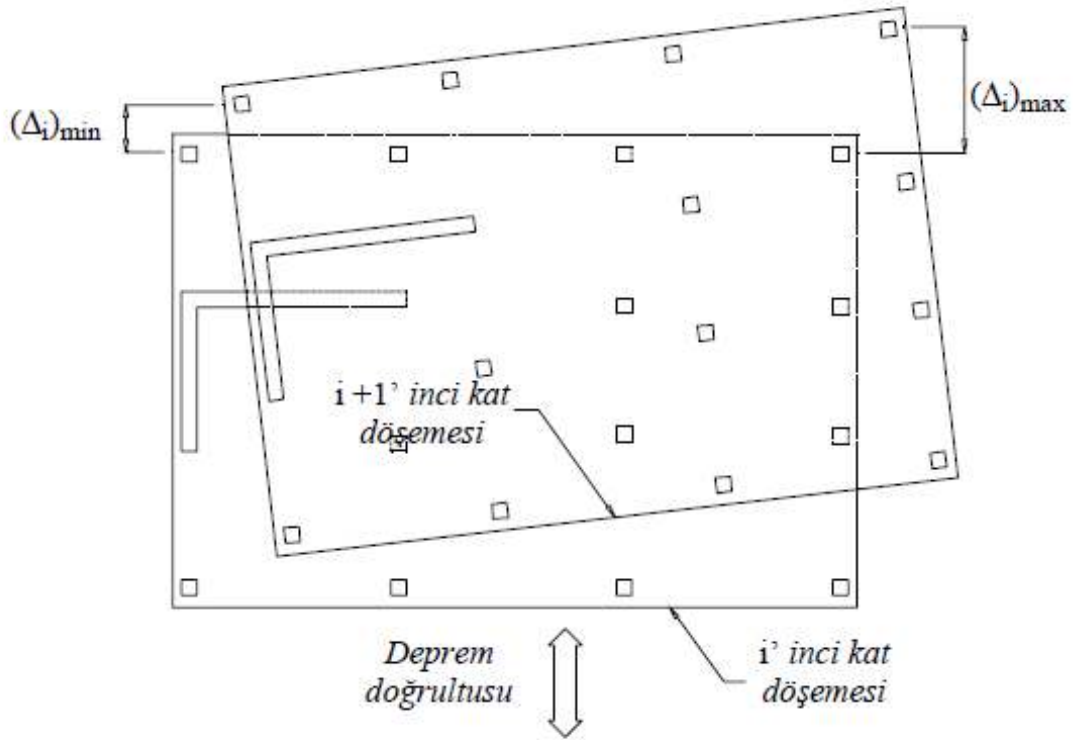
$(\Delta_i)_{\text{ort}}$ = Binanın i'inci katındaki ortalama görelî kat ötelemesi

$(\Delta_i)_{\max}$ = Binanın i'inci katındaki maksimum görelî kat ötelemesi

$(\Delta_i)_{\text{ort}}$ = Binanın i'inci katındaki minimum görelî kat ötelemesi

A1 türü düzensizlik bulunan yapılarda görelî kat ötelemelerinin hesabı, $\pm$ %5 ek dışmerkezlik etkileri de göz önüne alınarak hesaplanacaktır.

A1 türü düzensizlik deprem hesap yönteminin seçiminde etken olan düzensizliklerdendir.



Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışmaları durumunda

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

Burulma düzensizliği katsayısı :

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort}$$

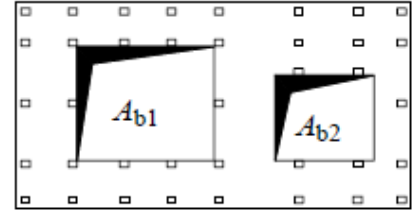
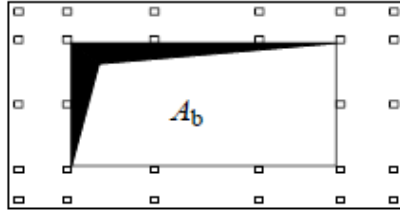
Burulma düzensizliği durumu : $\eta_{bi} > 1.2$

Şekil 3.1 : A1 Türü düzensizlik durumu.

3.1.1.2 A2 Döşeme süreksizlikleri

Döşeme süreksizlikleri, herhangi bir kattaki döşemede; merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu, deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu, döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu döşeme süreksizlik düzensizliği olarak tanımlanır (Şekil 3.2).

A2 türü düzensizliğin bulunduğu binalarda, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarabildiği hesapla doğrulanacaktır.



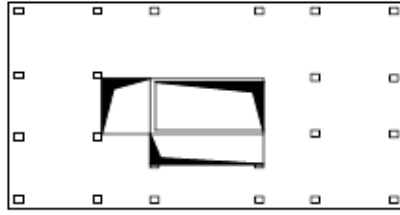
$$A_b = A_{b1} + A_{b2}$$

A2 türü düzensizlik durumu – I

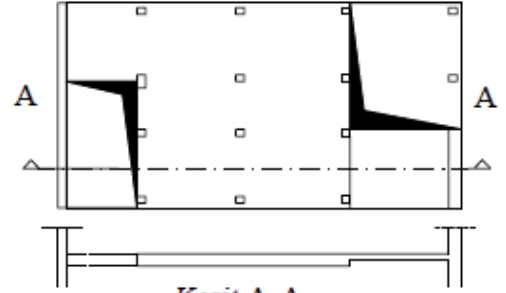
$$A_b / A > 1/3$$

A_b : Boşluk alanları toplamı

A : Brüt kat alanı



A2 türü düzensizlik durumu – II



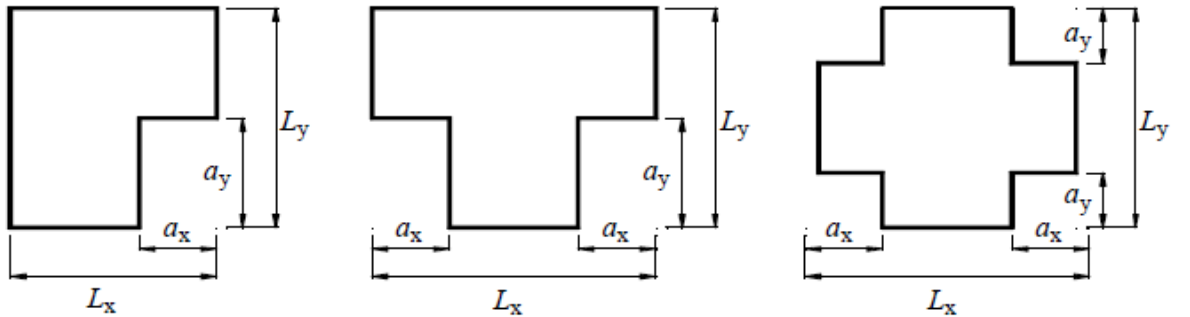
Kesit A-A

A2 türü düzensizlik durumu – II ve III

Şekil 3.2 : A2 Türü düzensizlik durumları.

3.1.1.3 A3 Planda çıkıntılar bulunması

Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumudur (Şekil 3.3).



A3 türü düzensizlik durumu:

$$a_x > 0.2 L_x \text{ ve aynı zamanda } a_y > 0.2 L_y$$

Şekil 3.3 : A3 Türü düzensizlik durumları.

A3 türü düzensizliğin bulunduğu binalarda, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarabildiği hesapla doğrulanacaktır.

3.1.2 Düşeyde düzensizlik durumları

3.1.2.1 B1 Komşu katlar arası dayanım düzensizliği

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 durumu komşu katlar arası dayanım düzensizliği olarak tanımlanır. Bu yüzden düşey yönde rijitlik düzensizliği bulunan katlara zayıf kat denir.

$$\eta_{ci} = (\Sigma A_e)_i / (\Sigma A_e)_{i+1} < 0.80 \quad (3.2)$$

Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı:

$$\Sigma A_e = \Sigma A_w + \Sigma A_g + 0.15 \Sigma A_k \quad (3.3)$$

η_{ci} = i'inci katta tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı

ΣA_e = Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı

A_w = Kolon enkesiti etkin gövde alanı (depreme dik doğrultudaki kolon çıkıntılarının alanı hariç)

ΣA_w = Herhangi bir katta, kolon enkesiti etkin gövde alanları A_w 'ların toplamı

ΣA_g = Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit alanlarının toplamı

ΣA_k = Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının (kapı ve pencere boşlukları hariç) toplamı

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

3.1.2.2 B2 Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği

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'den fazla olması durumu.

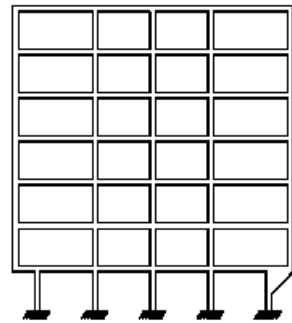
$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort} > 2.0 \quad (3.4)$$

$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort} > 2.0 \quad (3.5)$$

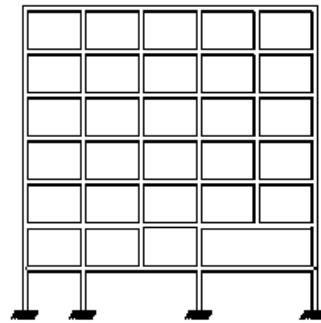
B2 türü düzensizlik bulunan yapılarda görelî kat ötelemelerinin hesabı, $\pm$ %5 ek dışmerkezlilik etkileri de göz önüne alınarak hesaplanacaktır.

3.1.2.3 B3 Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği

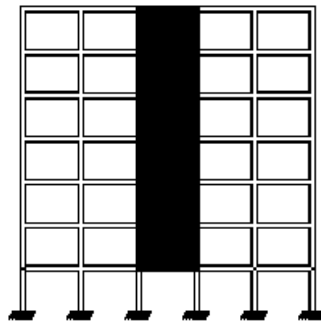
Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği olarak tanımlanır (Şekil 3.4).



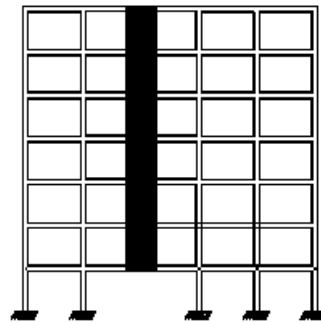
Bkz. 2.3.2.4 (a)



Bkz. 2.3.2.4 (b)



Bkz. 2.3.2.4 (c)



Bkz. 2.3.2.4 (d)

Şekil 3.4 : B2 Türü düzensizlik durumları.

a) Kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez (Şekil 3.4a).

b) Kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı düğüm noktalarına birleşen diğer kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 oranında arttırılacaktır (Şekil 3.4b).

c) Üst katlardaki perdenin altta kolonlara oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez (Şekil 3.4c).

d) Perdelerin binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez (Şekil 3.4d).

3. 2 Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması, İkinci Mertebe Etkileri ve Deprem Derzleri

3.2.1 Etkin görelî kat ötelemelerinin hesabı ve sınırlandırılması

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden azaltılmış görelî kat ötelemesi, Δ_i , (3.6) ile elde edilecektir.

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (3.6)$$

Denklem 3.6'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.

Her bir deprem doğrultusu için, binanın i 'inci katındaki kolon veya perdeler için etkin görelî kat ötelemesi, δ_i , (3.7) ile elde edilecektir.

$$\delta_i = R \Delta_i \quad (3.7)$$

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i 'inci katındaki kolon veya perdelerde, Denklem 3.7 ile hesaplanan δ_i etkin görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $(\delta_i)_{\max}$, (3.8)'de verilen koşulu sağlayacaktır:

$$\frac{(\delta_i)_{\max}}{h_i} \leq 0,02 \quad (3.8)$$

Deprem yüklerinin tamamının bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen çelik çerçevelerle taşındığı tek katlı binalarda bu sınır en çok %50 arttırılabilir.

(3.8)'de verilen 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.

3.2.2 İkinci mertbe etkileri

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal elastik olmayan davranışını esas alan daha kesin bir hesap yapılmadıkça, ikinci mertbe etkileri yaklaşık olarak aşağıdaki şekilde göz önüne alınabilir.

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda her bir katta, İkinci Mertbe Gösterge Değeri, θ_i 'nin (3.4) ile verilen koşulu sağlaması durumunda, ikinci mertbe etkileri yürürlükteki betonarme ve çelik yapı yönetmeliklerine göre değerlendirilecektir.

$$\phi_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \sum_{j=i}^N w_j}{v_i h_i} \leq 0,12 \quad (3.9)$$

(3.9)'daki koşulun herhangi bir katta sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği yeterli ölçüde arttırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.

3.2.3 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 aşağıda belirtilmiştir:

Daha elverişsiz bir sonuç elde edilmedikçe derz boşlukları, her bir kat için komşu blok veya binalarda elde edilen yerdeğiştirmelerin karelerinin toplamının karekökü ile aşağıda tanımlanan α katsayısının çarpımı sonucunda bulunan değerden az olmayacaktır. Göz önüne alınacak kat yer değiştirmeleri, kolon veya perdelerin

bağlandığı düğüm noktalarında hesaplanan azaltılmış d_i yerdeğiştirmelerinin kat içindeki ortalamaları olacaktır. Mevcut eski bina için hesap yapılmasının mümkün olmaması durumunda eski binanın yerdeğiştirmeleri, yeni bina için aynı katlarda hesaplanan değerlerden daha küçük alınmayacaktır.

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

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

Bırakılacak minimum derz boşluğu, 6 m yüksekliğe kadar en az 30 mm olacak ve bu değere 6 m'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.

3.3 Deprem Hesabı

3.3.1. Eşdeğer deprem yükü yöntemi

Bu yöntemde yapıya etkiyecek elastik deprem yüklerinin hesabı %5 sönüm oranı için elde edilen elastik tasarım ivme spektrumu kullanılarak yapılır. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 : Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar.

<i>Deprem Bölgesi</i>	<i>Bina Türü</i>	<i>Toplam Yükseklik Sınırı</i>
1, 2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı binalar	$H_N \leq 25$ m
1, 2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar	$H_N \leq 40$ m
3, 4	Tüm binalar	$H_N \leq 40$ m

3.3.1.1 Toplam eşdeğer deprem yükünün belirlenmesi

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yükü (taban kesme kuvveti), V_t , **(3.10)** ile belirlenecektir.

$$V_t = \frac{W \times A(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0,10 \times A_0 \times I \times W \quad (3.10)$$

V_t : Deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)

W : Yapının hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı

(3.10)'da yer alan ve binanın deprem yüklerinin hesaplanmasında kullanılacak toplam ağırlığı, W , (3.11) ile belirlenecektir.

$$W = \sum_{i=1}^N W_i \quad (3.11)$$

W_i : Kat ağırlıkları

(3.11)'deki w_i kat ağırlıkları ise (3.12) ile hesaplanacaktır.

$$W_i = g_i + nq_i \quad (3.12)$$

g_i : Binanın i 'inci katındaki toplam sabit yük

q_i : Binanın i 'inci katındaki toplam hareketli yük

n : Hareketli yük katılım katsayısı

(3.12)'de yer alan Hareketli Yük Katılım Katsayısı, n , Çizelge 3.2'de verilmiştir. Endüstri binalarında sabit ekipman ağırlıkları için $n = 1$ alınacak, ancak vinç kaldırma yükleri kat ağırlıklarının hesabında gözönüne alınmayacaktır. Deprem yüklerinin belirlenmesinde kullanılacak çatı katı ağırlığının hesabında kar yüklerinin %30'u gözönüne alınacaktır.

Çizelge 3.2 : Hareketli yük katılım katsayısı (n).

<i>Binanın Kullanım Amacı</i>	<i>n</i>
Depo, antrepo, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, garaj, lokanta, mağaza, vb.	0.60
Konut, işyeri, otel, hastane, vb.	0.30

$A(T_1)$: Spektral ivme katsayısı

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan Spektral İvme Katsayısı, $A(T)$, (3.13) ile verilmiştir. %5 sönüm oranı için tanımlanan Elastik İvme

Spektrumu'nun ordinatı olan Elastik Spektral İvme, $S_{ae}(T)$, Spektral İvme Katsayısı ile yerçekimi ivmesi g 'nin çarpımına karşı gelmektedir.

$$\begin{aligned} A(T_1) &= A_0 \times I \times S(T_1) \\ S_{ae}(T) &= A(T)g \end{aligned} \quad (3.13)$$

A_0 : Etkin yer ivmesi katsayısı

(3.13)'de yer alan Etkin Yer İvmesi Katsayısı, A_0 , Çizelge 3.3'te tanımlanmıştır.

Çizelge 3.3 : Etkin yer ivmesi katsayısı (A_0).

<i>Deprem Bölgesi</i>	<i>A_0</i>
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

I : Bina önem katsayısı

(3.13)'de yer alan Bina Önem Katsayısı, I , Çizelge 3.4'te tanımlanmıştır.

Çizelge 3.4 : Bina önem katsayısı (I).

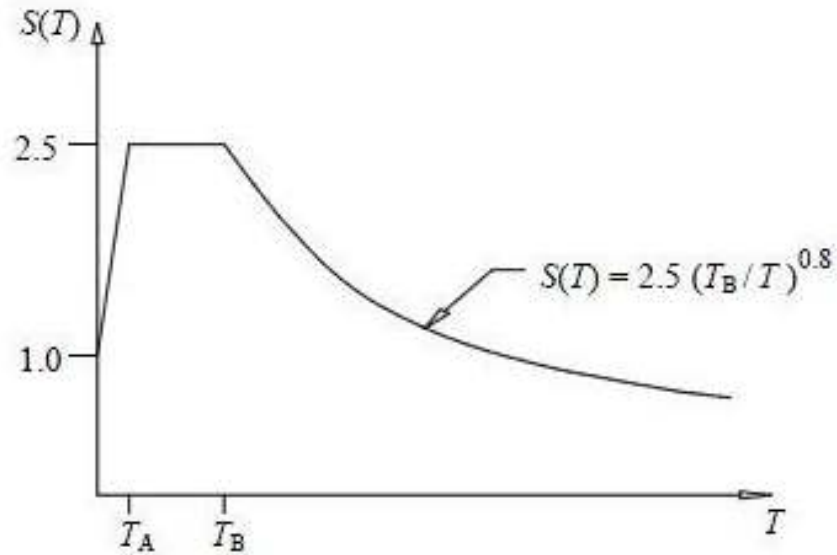
<i>Binanın Kullanımı Amacı veya Türü</i>	<i>Bina Önem Katsayısı (I)</i>
1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı 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 diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb)	1.0

$S(T_1)$: Spektrum katsayısı

(3.13)'de yer alan Spektrum Katsayısı, $S(T)$, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T 'ye bağlı olarak (3.14) ile hesaplanacaktır.

$$\begin{aligned} S(T_1) &= 1 + 1,5 \left(\frac{T_1}{T_A} \right) & (0 \leq T_1 \leq T_A) \\ S(T_1) &= 2,5 & (T_A < T_1 \leq T_B) \\ S(T_1) &= 2,5 \left(\frac{T_B}{T_1} \right)^{0,8} & (T_1 > T_B) \end{aligned} \quad (3.14)$$

Elastik tasarım ivme spektrum grafiği Şekil 3.5'te ve spektrum karakteristik periyotları Çizelge 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.5 : Elastik tasarım ivme spektrumu.

T_A, T_B : Yerel zemin sınıflarına bağlı spektrum karakteristik periyotları (s)

Çizelge 3.6 : Spektrum karakteristik periyotları.

<i>Tablo 6.2'ye göre Yerel Zemin Sınıfı</i>	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

$R_a(T_1)$: Deprem yükü azaltma katsayısı

$$R_a(T_1) = 1,5 + (R-1,5) \frac{T_1}{T_A} \quad (0 \leq T_1 \leq T_A) \quad (3.15)$$

$$R_a(T_1) = R \quad (T_A < T_1)$$

Çizelge 3.5’te taşıyıcı sistem davranış katsayıları verilmiştir.

Çizelge 3.5 : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R).

<i>BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ</i>	<i>Süneklik Düzeyi Normal Sistemler</i>	<i>Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler</i>
<u>(1) YERİNDE DÖKME BETONARME BİNALAR</u>		
(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
<u>(2) PREFABRİKE BETONARME BİNALAR</u>		
(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

3.3.1.2 Katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin belirlenmesi

(3.10) ile hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak (3.16) ile ifade edilir.

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (3.16)$$

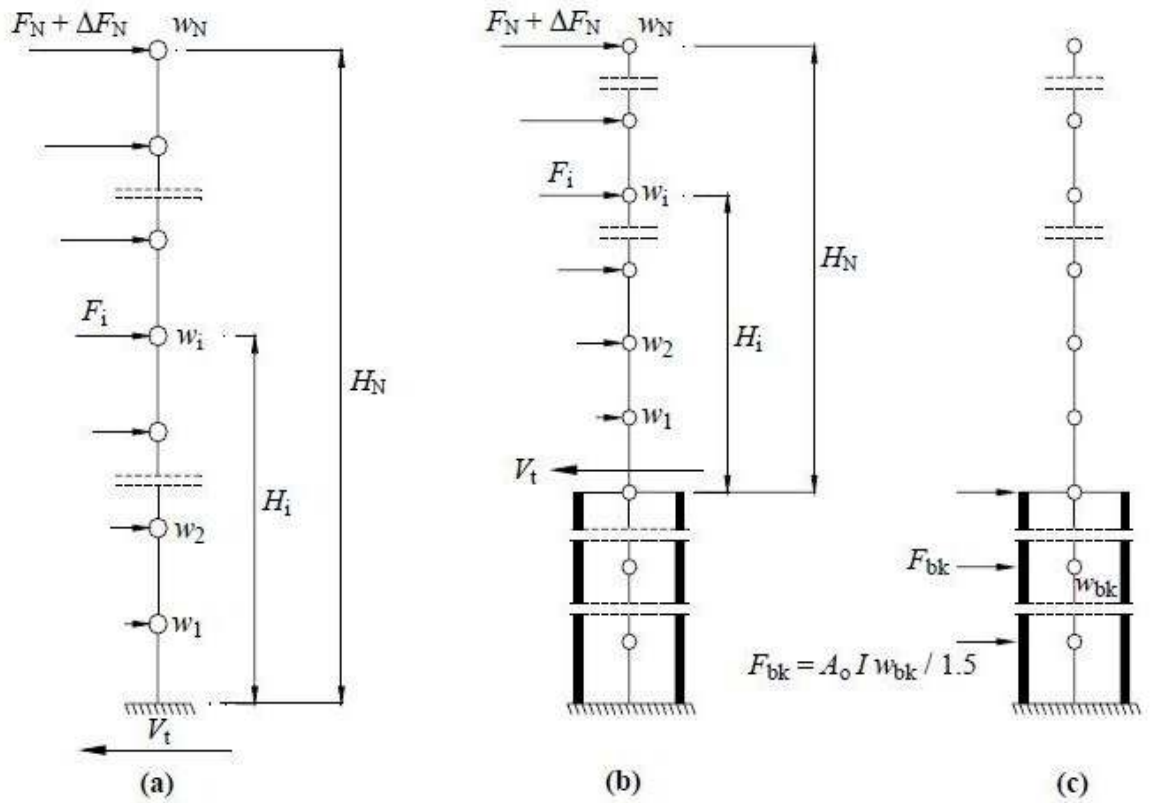
Binanın N’inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N ’in değeri (3.17) ile belirlenecektir.

$$\Delta F_N = 0,0075 \times N \times V_t \quad (3.17)$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N dışında geri kalan kısmı, N'inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına (3.18) ile dağıtılacaktır.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i \times H_i}{\sum_{j=1}^N w_j \times H_j} \quad (3.18)$$

Bodrum katlarında rijitliği üst katlara oranla çok büyük olan betonarme çevre perdelerinin bulunduğu ve bodrum kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, bodrum katlarına ve üstteki katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri, aşağıda belirtildiği üzere, ayrı ayrı hesaplanacaktır. Bu yükler, üst ve alt katların birleşiminden oluşan taşıyıcı sisteme birlikte uygulanacaktır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 : Toplam eşdeğer deprem yükünün hesabı.

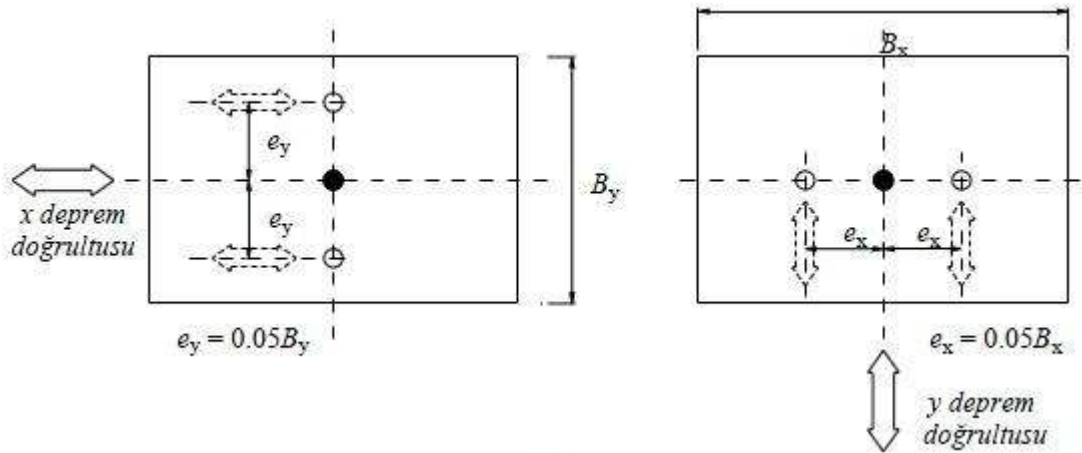
(a) Üstteki katlara etkiyen toplam eşdeğer deprem yükünün ve eşdeğer kat deprem yüklerinin belirlenmesinde, bodrumdaki rijit çevre perdeleri gözönüne alınmaksızın Çizelge 3.5’de seçilen R katsayısı kullanılacak ve sadece üstteki katların ağırlıkları hesaba katılacaktır. Bu durumda ilgili bütün tanım ve bağıntılarda temel üst kotu yerine zemin katın kotu göz önüne alınacaktır (Şekil 3.6a).

(b) Rijit bodrum katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin hesabında, sadece bodrum kat ağırlıkları göz önüne alınacak ve *Spektrum Katsayısı* olarak $S(T) = 1$ alınacaktır. Her bir bodrum katına etkiyen eşdeğer deprem yükünün hesabında, Denklem 3.13’de bulunan spektral ivme değeri ile bu katın ağırlığı doğrudan çarpılacak ve elde edilen elastik yükler, $R_a(T) = 1.5$ katsayısına bölünerek azaltılacaktır (Şekil 3.6b).

(c) Üstteki katlardan bodrum katlarına geçişte yer alan ve çok rijit bodrum perdeleri ile çevrelenen zemin kat döşeme sisteminin kendi düzlemi içindeki dayanımı, bu hesapta elde edilen iç kuvvetlere göre kontrol edilecektir (Şekil 3.6c).

3.3.1.3 Göz önüne alınacak yerdeğiştirme bileşenleri ve deprem yüklerinin etkiye noktalarının belirlenmesi

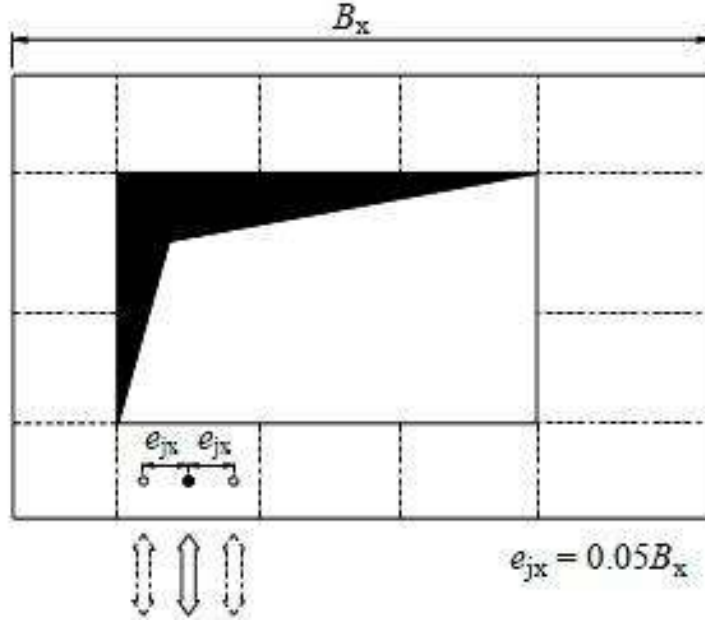
Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yerdeğiştirme bileşeni ile düşey eksen etrafındaki dönme, bağımsız yerdeğiştirme bileşenleri olarak göz önüne alınacaktır. Her katta hesaplanan eşdeğer deprem yükleri, ek dışmerkezlilik etkisinin hesaba katılabilmesi amacı ile göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5’i ve -%5’i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara ve ayrıca kat kütle merkezine uygulanacaktır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 : Eşdeğer deprem yüklerinin etkiye noktaları.

3.1.1.2’de tanımlanan A2 türü düzensizliğin bulunduğu ve döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalışmadığı binalarda, döşemelerin yatay düzlemdeki şekil değiştirmelerinin göz önüne alınmasını sağlayacak yeterlikte bağımsız statik

yerdeğiştirme bileşeni hesapta göz önüne alınacaktır. Ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için, her katta çeşitli noktalarda dağılı bulunan tekil kütlelere etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin her biri, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılacaktır (şekil 3.8).



şekil 3.8 : Eşdeğer deprem yüklerinin etkime noktaları.

Binanın herhangi bir i'inci katında DBYBHY 2007 Tablo 2.1'de tanımlanan A1 türü düzensizliğin bulunması durumunda, $1,2 < \eta_{bi} \leq 2,0$ olmak koşulu ile yukarıda belirtilen $\pm\%5$ ek dışmerkezlik, her iki deprem doğrultusu için aşağıda verilen D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir.

$$D_i = \left(\frac{\eta_{bi}}{1,2} \right)^2 \quad (3.19)$$

3.3.2 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.

3.3.2.1 İvme spektrumu

Herhangi bir n'inci titreşim modunda göz önüne alınacak azaltılmış ivme spektrumu ordinatı şu şekilde hesaplanır.

$$S_{aR}(T_n) = \frac{S_{ae}(T_n)}{R_a(T_n)} \quad (3.20)$$

3.3.2.2 Gözönüne alınacak dinamik serbestlik dereceleri

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her bir katta, birbirine dik doğrultularda iki yatay serbestlik derecesi ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme serbestlik derecesi göz önüne alınacaktır. Her katta modal deprem yükleri bu serbestlik dereceleri için hesaplanacak, ancak ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi amacı ile deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara ve ek bir yükleme olarak kat kütle merkezine uygulanacaktır.

A2 döşeme süreksizliğinin bulunduğu ve döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalışmadığı binalarda, döşemelerin kendi düzlemleri içindeki şekildeğiştirmelerinin göz önüne alınmasını sağlayacak yeterlikte dinamik serbestlik derecesi göz önüne alınacaktır. Ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için, her katta çeşitli noktalarda dağılı bulunan tekil kütlelere etkiyen modal deprem yüklerinin her biri, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılacaktır.

3.3.2.3 Hesaba katılacak yeterli titreşim modu sayısı

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

$$\begin{aligned} \sum_{n=1}^Y M_{xn} &= \sum_{n=1}^Y \frac{L_{xn}^2}{M_n} \geq 0,90 \sum_{i=1}^N m_i \\ \sum_{n=1}^Y M_{yn} &= \sum_{n=1}^Y \frac{L_{yn}^2}{M_n} \geq 0,90 \sum_{i=1}^N m_i \end{aligned} \quad (3.21)$$

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

$$\begin{aligned}
L_{xn} &= \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{xin} \quad ; \quad L_{yn} = \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{yin} \\
M_n &= \sum_{i=1}^N (m_i \Phi_{xin}^2 + m_i \Phi_{yin}^2 + m_{\theta i} \Phi_{\theta in}^2)
\end{aligned}
\tag{3.22}$$

3.3.2.4 Mod katkılarının birleştirilmesi

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

$T_m < T_n$ olmak üzere, göz önüne alınan herhangi iki 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 uygulanabilir.

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

3.3.2.5 Hesaplanan büyüklüklere ilişkin alt sınır değerleri

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, modların birleştirilmesi ile elde edilen bina toplam deprem yükü V_{tB} 'nin, Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminde hesaplanan bina toplam deprem yükü V_t 'ye oranının aşağıda tanımlanan β değerinden küçük olması durumunda ($V_{tB} < \beta V_t$), Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre bulunan tüm içkuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri, aşağıdaki denkleme göre büyütülecektir.

$$B_D = \frac{\beta V_t}{V_{tB}} B_B \tag{3.23}$$

A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması durumunda $\beta=0.90$, bu düzensizliklerden hiçbirinin bulunmaması durumunda ise $\beta=0.80$ alınacaktır.

3.3.3 Zaman tanım alanında hesap yöntemleri

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

3.3.3.1 Yapay deprem yer hareketleri

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

- (a) Kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, binanın birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmayacaktır.
- (b) Üretilen deprem yer hareketinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması A_{og} 'den daha küçük olmayacaktır.
- (c) Yapay olarak üretilen her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerlerinin ortalaması, gözönüne alınan deprem doğrultusundaki birinci (hakim) periyot T_1 'e göre $0.2T_1$ ile $2T_1$ arasındaki periyotlar için, $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivmelerinin %90'ından daha az olmayacaktır. Zaman tanım alanında doğrusal elastik analiz yapılması durumunda, azaltılmış deprem yer hareketinin elde edilmesi için esas alınacak spektral ivme değerleri Denklem 3.13 ile hesaplanacaktır.

3.3.3.2 Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri

Zaman tanım alanında yapılacak deprem hesabı için kaydedilmiş depremler veya kaynak ve dalga yayılımı özellikleri fiziksel olarak benzeştirilmiş yer hareketleri kullanılabilir. Bu tür yer hareketleri üretilirken yerel zemin koşulları da uygun biçimde göz önüne alınmalıdır. Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş yer hareketlerinin kullanılması durumunda en az üç deprem yer hareketi üretilecek ve bunlar 3.3.3.1'de verilen tüm koşulları sağlayacaktır.

4. ÇOK KATLI BETONARME BİR YAPININ TASARIMI

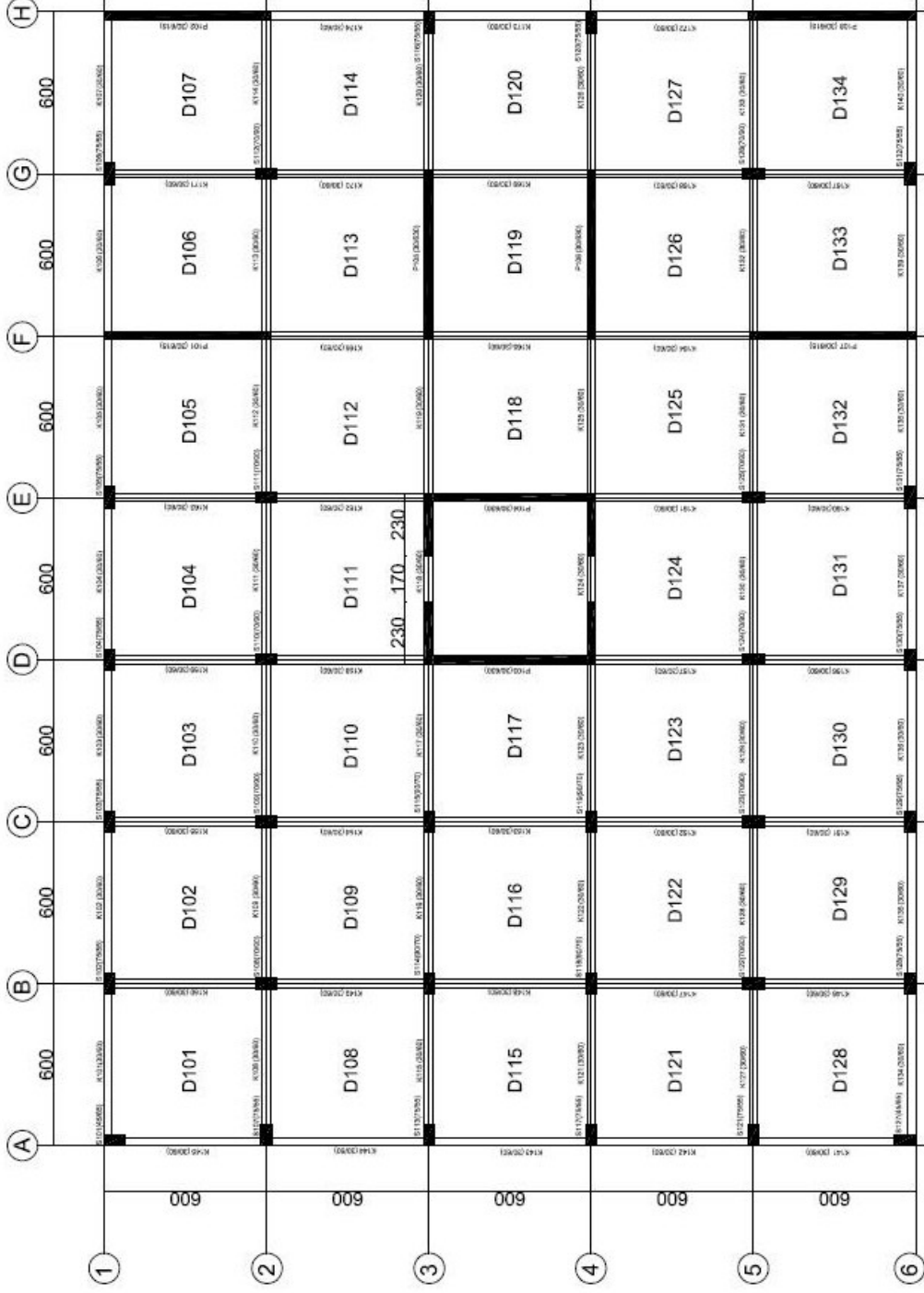
4.1 Düzenli ve Düzensiz Yapının Özellikleri

Bu çalışmada plan geometrisi dikdörtgen, taşıyıcı sistemi perde + çerçeve sistem olan iki yapı tasarlanmıştır. Her iki yapı örneği de Çizelge 4.1’de belirtilen proje özelliklerine sahiptir.

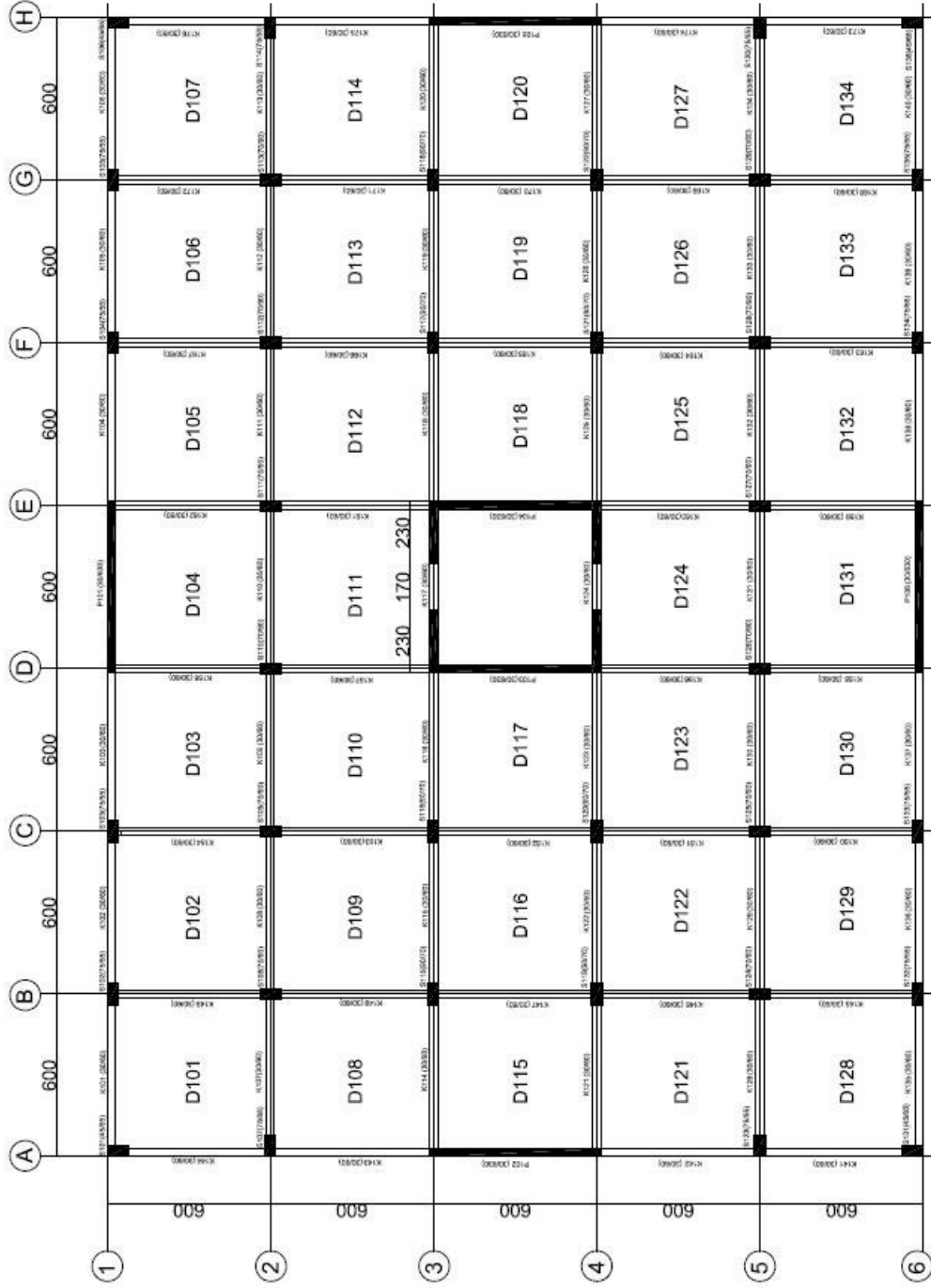
Çizelge 4.1 : Proje özellikleri.

Proje Özellikleri	
Bina Kullanım Amacı	Konut
Kat Sayısı	1B+1Z+10NK
Kat Yüksekliği	3 m
Taşıyıcı Sistem Türü	Perde+Çerçeve
Beton Sınıfı	C30
Çelik Sınıfı	S420
Zemin Sınıfı	Z1
Deprem Bölgesi	1
Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı (R)	7
Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A0)	0,4
Bina Önem Katsayısı	1

Perde yerleşiminin yapıların burulma düzensizliğine olan etkisinin karşılaştırma yolu ile incelenmesi amacı ile Sistem 1 adı ile tanımlanan yapı örneği planda perde yerleşimi bakımından düzensiz (Şekil 4.1), Sistem 2 adı ile tanımlanan yapı örneği planda tüm taşıyıcı sistem elemanları bakımından düzenli tasarlanmıştır (Şekil 4.2).



Şekil 4.1: Sistem 1 – Düzensiz yapı taşıyıcı sistem yerleşim planı.



Şekil 4.2 : Sistem 2 - Düzenli yapı taşıyıcı sistem yerleşim planı.

Yapıların döşemelere gelen yüklerinin hesabında aynı mimari özellikler seçilerek döşemelere gelen yük ve döşeme donatı hesapları yapılmıştır. Her iki yapıda da tüm katlarda döşeme kalınlığı 15 cm seçilmiştir.

Her iki sistem için giriş boyutları (30/60) cm'dir. Düşey yüklerden yararlanılarak yapılan kolon ön boyut hesapları sonucunda her iki yapı için aynı tip kolon boyutları seçilmiştir.

Yapıların dinamik ve statik hesaplarında SAP2000 V.14 programından yararlanılmıştır. Her iki sistem geometrik ve statik olarak SAP2000 programında modellenmiş ve modal çözümleme yapılmıştır. Yapıların deprem hesabında eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemi kullanılmış ve iki yöntemden elde edilen bulgular karşılaştırılmıştır.

Yapılan çözümleme sonrasında elde edilen bilgiler ile gerekli yönetmelik kontrolleri yapılmış ve düzenli ve düzensiz yapılar özellikle burulma düzensizliği bakımından incelenmiştir.

4.2 Döşemelerin Hesap ve Tasarımı

Düzenli ve düzensiz yapı örneklerinde aynı mimari özellikler ve plan geometrisi seçilmiştir. Döşeme hesapları her iki yapı için aynı şekildedir.

4.2.1 Döşeme kalınlığı hesabı

Döşeme kalınlıkları hesabında (4.1) kullanılmıştır. Yapılan hesaplar sonucunda döşemelerin tüm kat boyunca iki yapı örneği için de 15 cm olarak seçilmesi uygun görülmüştür.

$$h \geq \frac{l_{sn}}{15 + \frac{20}{m}} \left(1 - \frac{\alpha_s}{4} \right) \quad (4.1)$$

L_{sn} : Kısa doğrultudaki temiz açıklık

α_s : Sürekli kenar uzunlukları toplamının toplam kenar uzunluğuna oranı

4.2.2 Döşeme yüklerinin belirlenmesi

Her iki yapıda da kaplama malzemesi olarak 30 döşemede ahşap malzeme, 4 döşemede seramik malzeme kullanılmıştır.

Döşemelere gelen yüklerin hesabında TS 498'den yararlanılmıştır. Yapı örneklerinin kullanım türü konut olduğu için döşemelere gelen hareketli yük $q=2 \text{ kN/m}^2$ alınmıştır. Her bir yapı malzemesinden ve döşemenin kendi ağırlığından döşemelere gelen yüklerin hesabı aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

Ahşap parke kaplamalı odalarda

$$\text{Betonarme plak ağırlığı} = 0,15 \times 25 = 3,75 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Ahşap parke} = 0,022 \times 8 = 0,176 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Tesviye betonu} + \text{şap} = 0,03 \times 21 = 0,63 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Tavan sıvası} = 0,015 \times 20 = 0,3 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{İzolasyon} + \text{tesisat} = 0,50 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Toplam } G = 5,36 \text{ kN/m}^2, Q = 2 \text{ kN/m}^2$$

$$P_d = 1,4G + 1,6Q, P_d = 10,704 \text{ kN/m}^2$$

Seramik kaplamalı odalarda

$$\text{Betonarme plak ağırlığı} = 0,15 \times 25 = 3,75 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Seraamik kaplama} = 0,008 \times 22 = 0,18 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Çimento harcı} = 0,015 \times 21 = 0,315 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Tesviye betonu} = 0,03 \times 21 = 0,63 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Tavan sıvası} = 0,015 \times 20 = 0,3 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{İzolasyon} + \text{tesisat} = 0,50 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Toplam } G = 5,68 \text{ kN/m}^2, Q = 2 \text{ kN/m}^2$$

$$P_d = 1,4G + 1,6Q, P_d = 11,152 \text{ kN/m}^2$$

4.2.3 Döşeme momentlerinin hesabı

Her iki yapı örneğine ait döşemelerin mimari özellikleri ve boyutları aynı seçilmiştir. Tüm döşemelerin X doğrultusundaki ve Y doğrultusundaki boyları aynı olup 6 metredir. Döşemelerin her iki doğrultusu eşit uzunlukta olduğu için açıklıktaki X ve Y doğrultularında aynı, mesnetlerde X ve Y doğrultularında aynı momentler elde edilmiştir. Döşeme momentlerinin hesabı çift doğrultuda çalışan döşemelerin moment hesabında kullanılan α katsayıları yöntemine ait (4.2) yardımı ile yapılmıştır. Döşemelere ait X ve Y doğrultusu, açıklık ve mesnet momenti hesabı Çizelge 4.2’de ayrıntılı olarak verilmiştir.

$$M = \alpha \times P \times l_{sn}^2 \quad (4.2)$$

Çizelge 4.2 : Döşeme momentleri (kNm).

Döşeme Adı	Mimari Özellik	Sınır Koşulları	α_x mesnet	α_x açıklık	Pd	Lsn	Mx	My	(-)X	(-)Y
D1	Ahşap	İki Komşu Kenar Süreksiz	0,037	0,049	10,704	5,55	12,2	12,2	16,16	16,16
D2	Ahşap	Bir Kenar Süreksiz	0,031	0,042	10,704	5,55	10,2	10,2	13,85	13,85
D3	Ahşap	Dört Kenar Sürekli	0,025	0,033	10,704	5,7	8,69	8,69	11,48	11,48
D4	Ahşap	Bir Kenar Süreksiz	0,031	0,042	10,704	5,7	10,8	10,8	14,61	14,61
D5	Seramik	Dört Kenar Sürekli	0,025	0,033	11,152	5,7	9,06	9,06	11,96	11,96
D6	Seramik	Bir Kenar Süreksiz	0,031	0,042	11,152	5,7	11,2	11,2	15,22	15,22

4.2.4 Döşemelerde açıklık ve mesnet donatıları hesabı

Tüm döşeme hesaplarında olduğu gibi donatı hesabında da her iki yapı örneğinin donatı hesabı ve donatı seçimi aynı şekildedir. Döşemelerin her iki doğrultudaki açıklık donatısı ve mesnet donatısı hesabı K_s tabloları yardımı ile yapılmıştır. Açıklık donatıları hesabı Çizelge 4.3’de, mesnet donatıları hesabı ise Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5’te ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 4.3 : Açıklık donatıları.

Döşeme Adı		Mdx	hf	dx	K ($\times 10^{-5}$)	Ks	As	Asmin	Seçilen Donatı	
		Mdy		dy						
		kNm/m	m	m			mm ² /m	mm ² /m		mm ² /m
D101	x	12,2	0,15	0,13	138,5	2,84	266,52	260	φ8/370 Düz+ φ8/370 Pliye	272
	y	12,2		0,12	122	2,85	285	244	φ8/350 Düz+ φ8/350 Pliye	287
D102	x	10,22	0,15	0,13	165,4	2,83	222,48	260	φ8/380 Düz+ φ8/380 Pliye	265
	y	10,22		0,12	145,6	2,84	237,91	244	φ8/400 Düz+ φ8/400 Pliye	251
D103	x	10,22	0,15	0,13	165,4	2,83	222,48	260	φ8/380 Düz+ φ8/380 Pliye	265
	y	10,22		0,12	145,6	2,84	237,91	244	φ8/400 Düz+ φ8/400 Pliye	251
D104	x	10,22	0,15	0,13	165,4	2,83	222,48	260	φ8/380 Düz+ φ8/380 Pliye	265
	y	10,22		0,12	145,6	2,84	237,91	244	φ8/400 Düz+ φ8/400 Pliye	251
D105	x	10,22	0,15	0,13	165,4	2,83	222,48	260	φ8/380 Düz+ φ8/380 Pliye	265
	y	10,22		0,12	145,6	2,84	237,91	244	φ8/400 Düz+ φ8/400 Pliye	251
D106	x	10,22	0,15	0,13	165,4	2,83	222,48	260	φ8/380 Düz+ φ8/380 Pliye	265
	y	10,22		0,12	145,6	2,84	237,91	244	φ8/400 Düz+ φ8/400 Pliye	251
D107	x	12,2	0,15	0,13	138,5	2,84	266,52	260	φ8/370 Düz+ φ8/370 Pliye	272
	y	12,2		0,12	122	2,85	285	244	φ8/350 Düz+ φ8/350 Pliye	287
D108	x	10,22	0,15	0,13	165,4	2,83	222,48	260	φ8/380 Düz+ φ8/380 Pliye	265
	y	10,22		0,12	145,6	2,84	237,91	244	φ8/400 Düz+ φ8/400 Pliye	251
D109	x	8,69	0,15	0,13	194,5	2,82	188,51	260	φ8/380 Düz+ φ8/380 Pliye	265
	y	8,69		0,12	171,3	2,83	201,58	244	φ8/400 Düz+ φ8/400 Pliye	251
D110	x	8,69	0,15	0,13	194,5	2,82	188,51	260	φ8/380 Düz+ φ8/380 Pliye	265
	y	8,69		0,12	171,3	2,83	201,58	244	φ8/400 Düz+ φ8/400 Pliye	251
D111	x	10,8	0,15	0,13	156,5	2,83	235,11	260	φ8/380 Düz+ φ8/380 Pliye	265
	y	10,8		0,12	137,8	2,84	251,41	244	φ8/390 Düz+ φ8/390 Pliye	258
D112	x	8,69	0,15	0,13	194,5	2,82	188,51	260	φ8/380 Düz+ φ8/380 Pliye	265
	y	8,69		0,12	171,3	2,83	201,58	244	φ8/400 Düz+ φ8/400 Pliye	251
D113	x	8,69	0,15	0,13	194,5	2,82	188,51	260	φ8/380 Düz+ φ8/380 Pliye	265
	y	8,69		0,12	171,3	2,83	201,58	244	φ8/400 Düz+ φ8/400 Pliye	251
D114	x	10,22	0,15	0,13	165,4	2,83	222,48	260	φ8/380 Düz+ φ8/380 Pliye	265
	y	10,22		0,12	145,6	2,84	237,91	244	φ8/400 Düz+ φ8/400 Pliye	251
D115	x	10,22	0,15	0,13	165,4	2,83	222,48	260	φ8/380 Düz+ φ8/380 Pliye	265
	y	10,22		0,12	145,6	2,84	237,91	244	φ8/400 Düz+ φ8/400 Pliye	251
D116	x	9,06	0,15	0,13	186,5	2,82	196,53	260	φ8/380 Düz+ φ8/380 Pliye	265
	y	9,06		0,12	164,3	2,83	210,16	244	φ8/400 Düz+ φ8/400 Pliye	251
D117	x	11,2	0,15	0,13	150,9	2,83	243,82	260	φ8/380 Düz+ φ8/380 Pliye	265
	y	11,2		0,12	132,9	2,84	260,72	244	φ8/380 Düz+ φ8/380 Pliye	265
D118	x	11,2	0,15	0,13	150,9	2,83	243,82	260	φ8/380 Düz+ φ8/380 Pliye	265
	y	11,2		0,12	132,9	2,84	260,72	244	φ8/380 Düz+ φ8/380 Pliye	265
D119	x	9,06	0,15	0,13	186,5	2,82	196,53	260	φ8/380 Düz+ φ8/380 Pliye	265
	y	9,06		0,12	164,3	2,83	210,16	244	φ8/400 Düz+ φ8/400 Pliye	251

Çizelge 4.3 (devam) : Açıklık donatıları.

Döşeme Adı		Mdx	hf	dx	K (x10 ⁻⁵)	Ks	As	Asmin	Seçilen Donatı	
		Mdy		dy						
		kNm/m	m	m			mm ² /m	mm ² /m		mm ² /m
D120	x	10,22	0,2	0,13	165,4	2,83	222,48	260	φ8/380 Düz+ φ8/380 Pliye	265
	y	10,22		0,122	145,6	2,84	237,91	244	φ8/400 Düz+ φ8/400 Pliye	251
D121	x	10,22	0,2	0,13	165,4	2,83	222,48	260	φ8/380 Düz+ φ8/380 Pliye	265
	y	10,22		0,122	145,6	2,84	237,91	244	φ8/400 Düz+ φ8/400 Pliye	251
D122	x	8,69	0,2	0,13	194,5	2,82	188,51	260	φ8/380 Düz+ φ8/380 Pliye	265
	y	8,69		0,122	171,3	2,83	201,58	244	φ8/400 Düz+ φ8/400 Pliye	251
D123	x	8,69	0,2	0,13	194,5	2,82	188,51	260	φ8/380 Düz+ φ8/380 Pliye	265
	y	8,69		0,122	171,3	2,83	201,58	244	φ8/400 Düz+ φ8/400 Pliye	251
D124	x	10,8	0,2	0,13	156,5	2,83	235,11	260	φ8/380 Düz+ φ8/380 Pliye	265
	y	10,8		0,122	137,8	2,84	251,41	244	φ8/390 Düz+ φ8/390 Pliye	258
D125	x	8,69	0,2	0,13	194,5	2,82	188,51	260	φ8/380 Düz+ φ8/380 Pliye	265
	y	8,69		0,122	171,3	2,83	201,58	244	φ8/400 Düz+ φ8/400 Pliye	251
D126	x	8,69	0,2	0,13	194,5	2,82	188,51	260	φ8/380 Düz+ φ8/380 Pliye	265
	y	8,69		0,122	171,3	2,83	201,58	244	φ8/400 Düz+ φ8/400 Pliye	251
D127	x	10,22	0,2	0,13	165,4	2,83	222,48	260	φ8/380 Düz+ φ8/380 Pliye	265
	y	10,22		0,122	145,6	2,84	237,91	244	φ8/400 Düz+ φ8/400 Pliye	251
D128	x	12,2	0,2	0,13	138,5	2,84	266,52	260	φ8/370 Düz+ φ8/370 Pliye	272
	y	12,2		0,122	122	2,85	285	244	φ8/350 Düz+ φ8/350 Pliye	287
D129	x	10,22	0,2	0,13	165,4	2,83	222,48	260	φ8/380 Düz+ φ8/380 Pliye	265
	y	10,22		0,122	145,6	2,84	237,91	244	φ8/400 Düz+ φ8/400 Pliye	251
D130	x	10,22	0,2	0,13	165,4	2,83	222,48	260	φ8/380 Düz+ φ8/380 Pliye	265
	y	10,22		0,122	145,6	2,84	237,91	244	φ8/400 Düz+ φ8/400 Pliye	251
D131	x	10,22	0,2	0,13	165,4	2,83	222,48	260	φ8/380 Düz+ φ8/380 Pliye	265
	y	10,22		0,122	145,6	2,84	237,91	244	φ8/400 Düz+ φ8/400 Pliye	251
D132	x	10,22	0,2	0,13	165,4	2,83	222,48	260	φ8/380 Düz+ φ8/380 Pliye	265
	y	10,22		0,122	145,6	2,84	237,91	244	φ8/400 Düz+ φ8/400 Pliye	251
D133	x	10,22	0,2	0,13	165,4	2,83	222,48	260	φ8/380 Düz+ φ8/380 Pliye	265
	y	10,22		0,122	145,6	2,84	237,91	244	φ8/400 Düz+ φ8/400 Pliye	251
D134	x	12,2	0,2	0,13	138,5	2,84	266,52	260	φ8/370 Düz+ φ8/370 Pliye	272
	y	12,2		0,122	122	2,85	285	244	φ8/350 Düz+ φ8/350 Pliye	287

Çizelge 4.4 : X doğrultusu mesnet donatıları.

Mesnet Adı	(-)X	hf	dx	K (x10 ⁻⁵)	Ks	As	Amevcut	Agerekli	Seçilen Donatı	
	kNm/m	m	m			mm ² /m	mm ² /m	mm ² /m		mm ² /m
D101	16,16	0,15	0,13	104,58	2,86	355,52	136	219,52	φ8/220	229
D101-D102	16,16	0,15	0,13	104,58	2,86	355,52	268,5	87,02	φ8/330	152
D102-D103	13,85	0,15	0,13	122,02	2,85	303,63	265	38,6346	φ8/330	152
D103-D104	13,85	0,15	0,13	122,02	2,85	303,63	265	38,6346	φ8/330	152
D108	13,85	0,15	0,13	122,02	2,85	303,63	132,5	171,135	φ8/280	180
D108-D109	13,85	0,15	0,13	122,02	2,85	303,63	265	38,6346	φ8/330	152
D109-D110	11,48	0,15	0,13	147,21	2,84	250,79	265	gerek yok	–	-
D110-D111	14,61	0,15	0,13	115,67	2,85	320,3	265	55,2962	φ8/330	152
D115	13,85	0,15	0,13	122,02	2,85	303,63	132,5	171,135	φ8/280	180
D115-D116	13,85	0,15	0,13	122,02	2,85	303,63	265	38,6346	φ8/330	152
D116-D117	15,22	0,15	0,13	111,04	2,85	333,67	265	68,6692	φ8/330	152

Çizelge 4.5 Y doğrultusu mesnet donatıları.

Mesnet Adı	(-)Y	hf	dy	K (x10 ⁻⁵)	Ks	As	Amevcut	Agerekli	Seçilen Donatı	
	kNm/m	m	m			mm ² /m	mm ² /m	mm ² /m		mm ² /m
D101	16,16	0,15	0,13	104,58	2,86	355,52	143,5	212,02	φ8/230	219
D102	13,85	0,15	0,13	122,02	2,85	303,63	125,5	178,135	φ8/280	180
D103	13,85	0,15	0,13	122,02	2,85	303,63	125,5	178,135	φ8/280	180
D104	13,85	0,15	0,13	122,02	2,85	303,63	125,5	178,135	φ8/280	180
D101-D108	16,16	0,15	0,13	104,58	2,86	355,52	269	86,52	φ8/330	152
D102-D109	13,85	0,15	0,13	122,02	2,85	303,63	251	52,6346	φ8/330	152
D103-D110	13,85	0,15	0,13	122,02	2,85	303,63	251	52,6346	φ8/330	152
D104-D111	13,85	0,15	0,13	122,02	2,85	303,63	254,5	49,1346	φ8/330	152
D108-D115	13,85	0,15	0,13	122,02	2,85	303,63	251	52,6346	φ8/330	152
D109-D116	11,96	0,15	0,13	141,3	2,84	261,28	251	10,28	φ8/330	152
D110-D117	15,22	0,15	0,13	111,04	2,86	334,84	258	76,84	φ8/330	152

4.3 Kirişlere Gelen Yükler

4.3.1 Kirişlerin ön boyutlandırılması

Çizelge 4.6’de belirtilen sınırlara göre kiriş genişlikleri 30 cm , yükseklikleri 60 cm seçilmiştir.

Çizelge 4.6 : Kiriş ve kolon ön boyutlandırma kuralları.

Tanım		TS500	DBYBHY 2007
B_w	Minimum	200 mm	250 mm
B_w	Maksimum	Kolon genişliği + h	Kolon genişliği + h
h	Minimum	300 mm, $3h_f$	300 mm, $3h_f$
h	Maksimum	-	$3,5b_w$

4.3.2 Kirişlere gelen yüklerin belirlenmesi

Yapı örneklerini SAP2000 programında modellemeye başlamadan önce kirişlere etkiyen yükler hesaplanmıştır.

Kirişlere etkiyen yükler;

-Kiriş kendi ağırlığı,

-Duvar ağırlığı,

-Döşemeden gelen sabit ve hareketli yükler şeklindedir.

Çizelge 4.7’de kirişlere gelen yükler ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 4.7 : Kirişlere gelen yükler.

Kiriş No			K1	K2	K3	K4
Sabit Yükler	Kiriş Ağırlığı	kN/m	3,375	3,375	3,375	3,375
	Duvar Yüğü	kN/m	9,6	6	6	6
	Döşeme Yüğü	kN/m	16,08	16,08	16,08	17,04
	Döşeme Yüğü	kN/m	-	16,08	17,04	17,04
Hareketli Yükler	Döşeme Yüğü	kN/m	6	6	6	6
	Döşeme Yüğü	kN/m	-	6	6	6
Düzgün Yayılı Yüğü	Toplam Sabit Yüğü	kN/m	12,975	9,375	9,375	9,375
Üçgen Yayılı Yüğü	Toplam Sabit Yüğü	kN/m	16,08	32,16	33,12	34,08
	Toplam Hareketli Yüğü	kN/m	6	12	12	12

Bu çalışmada kirişlere gelen yüklerden duvar yükünü hesaplariken dış duvarlar için $g=4 \text{ kN/m}^2$, iç duvarlar için $g=2,5 \text{ kN/m}^2$ alınmıştır.

Tüm döşemeler için hareketli yük $q=2 \text{ kN/m}^2$ alınmıştır. Her katta genel olarak 4 tip kiriş bulunmaktadır. Kirişlere gelen yüklere ait hesapların detayları Çizelge 4.7’de yer almaktadır.

4.4 Kolon Ön Boyut Hesapları

4.4.1 Kolon eksenel yüklerinin belirlenmesi

Aşağıdaki Çizelge 4.8’de kolon ön boyut hesaplarında kullanılacak eksenel kuvvetlerin hesaplarının ayrıntıları verilmiştir.

Çizelge 4.8 : Kolonlara gelen yükler.

Kolon No			S1	S2	S3	S4	S5
Sabit Yükler	Kolon Ağırlığı	kN	24	24	24	24	24
	Duvar Yüğü	kN	57,6	75,6	48,67	48,67	48,67
	Kiriş Ağırlığı	kN	20,25	30,375	40,5	72	72
	Döşeme Yüğü	kN	48,24	48,24	48,24	48,24	48,24
	Döşeme Yüğü	kN	-	48,24	48,24	48,24	48,24
	Döşeme Yüğü	kN	-	-	48,24	48,24	51,12
	Döşeme Yüğü	kN	-	-	48,24	51,12	51,12
Hareketli Yükler	Döşeme Yüğü	kN	18	18	18	18	18
	Döşeme Yüğü	kN	-	18	18	18	18
	Döşeme Yüğü	kN	-	-	18	18	18
	Döşeme Yüğü	kN	-	-	18	18	18
Toplam Sabit Yüğü		kN	150,09	226,46	329,46	332,34	335,22
Toplam Hareketli Yüğü Yüğü		kN	18	36	72	72	72
$P_d=1,4G+1,6Q$		kN	238,926	374,637	576,444	580,476	584,508

4.4.2 Kolon kesitlerinin belirlenmesi

Her iki sistem için kolon boyutları aynı seçilmiş olup kolon boyutları 3 katta bir zeminden üst katlara doğru azaltılmıştır. Çizelge 4.9’da kolon ön boyut hesaplarının detayları verilmiştir.

Çizelge 4.9 : Kolon kesitlerinin belirlenmesi.

Kat	Kolon	G	Q	P=G+Q	Pd=1,4G+1,6Q	Ac	1,3Ac	Seçilen x/y	Seçilen Ac
		kN	kN	kN	kN	cm ²	cm ²		cm ²
10. Kat	S1	150,09	18	168,09	238,926	159,284	207,069	30/50	1500
9. Kat		300,18	36	336,18	477,852	318,568	414,138	30/50	1500
8. Kat		450,27	54	504,27	716,778	477,852	621,208	30/50	1500
7. Kat		600,36	72	672,36	955,704	637,136	828,277	35/55	1925
6. Kat		750,45	90	840,45	1194,63	796,42	1035,35	35/55	1925
5. Kat		900,54	108	1008,54	1433,556	955,704	1242,42	35/55	1925
4. Kat		1050,6	126	1176,63	1672,482	1114,99	1449,48	40/60	2400
3. Kat		1200,7	144	1344,72	1911,408	1274,27	1656,55	40/60	2400
2. Kat		1350,8	162	1512,81	2150,334	1433,56	1863,62	40/60	2400
1. Kat		1500,9	180	1680,9	2389,26	1592,84	2070,69	45/65	2925
Zemin Kat		1651	198	1848,99	2628,186	1752,12	2277,76	45/65	2925
Bodrum Kat		1801,1	216	2017,08	2867,112	1911,41	2484,83	45/65	2925
10. Kat	S2	226,46	36	262,455	374,637	249,758	324,685	60/40	2400
9. Kat		452,91	72	524,91	749,274	499,516	649,371	60/40	2400
8. Kat		679,37	108	787,365	1123,911	749,274	974,056	60/40	2400
7. Kat		905,82	144	1049,82	1498,548	999,032	1298,74	65/45	2925
6. Kat		1132,3	180	1312,28	1873,185	1248,79	1623,43	65/45	2925
5. Kat		1358,7	216	1574,73	2247,822	1498,55	1948,11	65/45	2925
4. Kat		1585,2	252	1837,19	2622,459	1748,31	2272,8	70/50	3500
3. Kat		1811,6	288	2099,64	2997,096	1998,06	2597,48	70/50	3500
2. Kat		2038,1	324	2362,1	3371,733	2247,82	2922,17	70/50	3500
1. Kat		2264,6	360	2624,55	3746,37	2497,58	3246,85	75/55	4125
Zemin Kat		2491	396	2887,01	4121,007	2747,34	3571,54	75/55	4125
Bodrum Kat		2717,5	432	3149,46	4495,644	2997,1	3896,22	75/55	4125

Çizelge 4.9 (devam) : Kolon kesitlerinin belirlenmesi.

Kat	Kolon	G	Q	P=G+Q	Pd=1,4G+1,6Q	Ac	1,3Ac	Seçilen x/y	Seçilen Ac
		kN	kN	kN	kN	cm ²	cm ²		cm ²
10. Kat	S3	329,46	72	401,46	576,444	384,296	499,585	55/75	4125
9. Kat		658,92	144	802,92	1152,888	768,592	999,17	55/75	4125
8. Kat		988,38	216	1204,38	1729,332	1152,89	1498,75	55/75	4125
7. Kat		1317,8	288	1605,84	2305,776	1537,18	1998,34	60/80	4800
6. Kat		1647,3	360	2007,3	2882,22	1921,48	2497,92	60/80	4800
5. Kat		1976,8	432	2408,76	3458,664	2305,78	2997,51	60/80	4800
4. Kat		2306,2	504	2810,22	4035,108	2690,07	3497,09	65/85	5525
3. Kat		2635,7	576	3211,68	4611,552	3074,37	3996,68	65/85	5525
2. Kat		2965,1	648	3613,14	5187,996	3458,66	4496,26	65/85	5525
1. Kat		3294,6	720	4014,6	5764,44	3842,96	4995,85	70/90	6300
Zemin Kat		3624,1	792	4416,06	6340,884	4227,26	5495,43	70/90	6300
Bodrum Kat		3953,5	864	4817,52	6917,328	4611,55	5995,02	70/90	6300
10. Kat	S4	332,34	72	404,34	580,476	386,984	503,079	75/55	4125
9. Kat		664,68	144	808,68	1160,952	773,968	1006,16	75/55	4125
8. Kat		997,02	216	1213,02	1741,428	1160,95	1509,24	75/55	4125
7. Kat		1329,4	288	1617,36	2321,904	1547,94	2012,32	80/60	4800
6. Kat		1661,7	360	2021,7	2902,38	1934,92	2515,4	80/60	4800
5. Kat		1994	432	2426,04	3482,856	2321,9	3018,48	80/60	4800
4. Kat		2326,4	504	2830,38	4063,332	2708,89	3521,55	85/65	5525
3. Kat		2658,7	576	3234,72	4643,808	3095,87	4024,63	85/65	5525
2. Kat		2991,1	648	3639,06	5224,284	3482,86	4527,71	85/65	5525
1. Kat		3323,4	720	4043,4	5804,76	3869,84	5030,79	90/70	6300
Zemin Kat		3655,7	792	4447,74	6385,236	4256,82	5533,87	90/70	6300
Bodrum Kat		3988,1	864	4852,08	6965,712	4643,81	6036,95	90/70	6300
10. Kat	S5	335,22	72	407,22	584,508	389,672	506,574	75/55	4125
9. Kat		670,44	144	814,44	1169,016	779,344	1013,15	75/55	4125
8. Kat		1005,7	216	1221,66	1753,524	1169,02	1519,72	75/55	4125
7. Kat		1340,9	288	1628,88	2338,032	1558,69	2026,29	80/60	4800
6. Kat		1676,1	360	2036,1	2922,54	1948,36	2532,87	80/60	4800
5. Kat		2011,3	432	2443,32	3507,048	2338,03	3039,44	80/60	4800
4. Kat		2346,5	504	2850,54	4091,556	2727,7	3546,02	85/65	5525
3. Kat		2681,8	576	3257,76	4676,064	3117,38	4052,59	85/65	5525
2. Kat		3017	648	3664,98	5260,572	3507,05	4559,16	85/65	5525
1. Kat		3352,2	720	4072,2	5845,08	3896,72	5065,74	90/70	6300
Zemin Kat		3687,4	792	4479,42	6429,588	4286,39	5572,31	90/70	6300
Bodrum Kat		4022,6	864	4886,64	7014,096	4676,06	6078,88	90/70	6300

5. DEPREM YÜKLERİNE GÖRE HESAP

5.1 Sistem 1, Planda Düzensiz Taşıyıcı Sistem

Sistem 1, planda perde yerleşimi bakımından düzensiz yapı örneğidir. Bu bölümde Sistem 1 için yapılan dinamik ve statik hesaplar ve SAP2000 programında yapılan çözümlemeden elde edilen sonuçlar verilecektir.

5.1.1 SAP2000 modelleme bilgileri

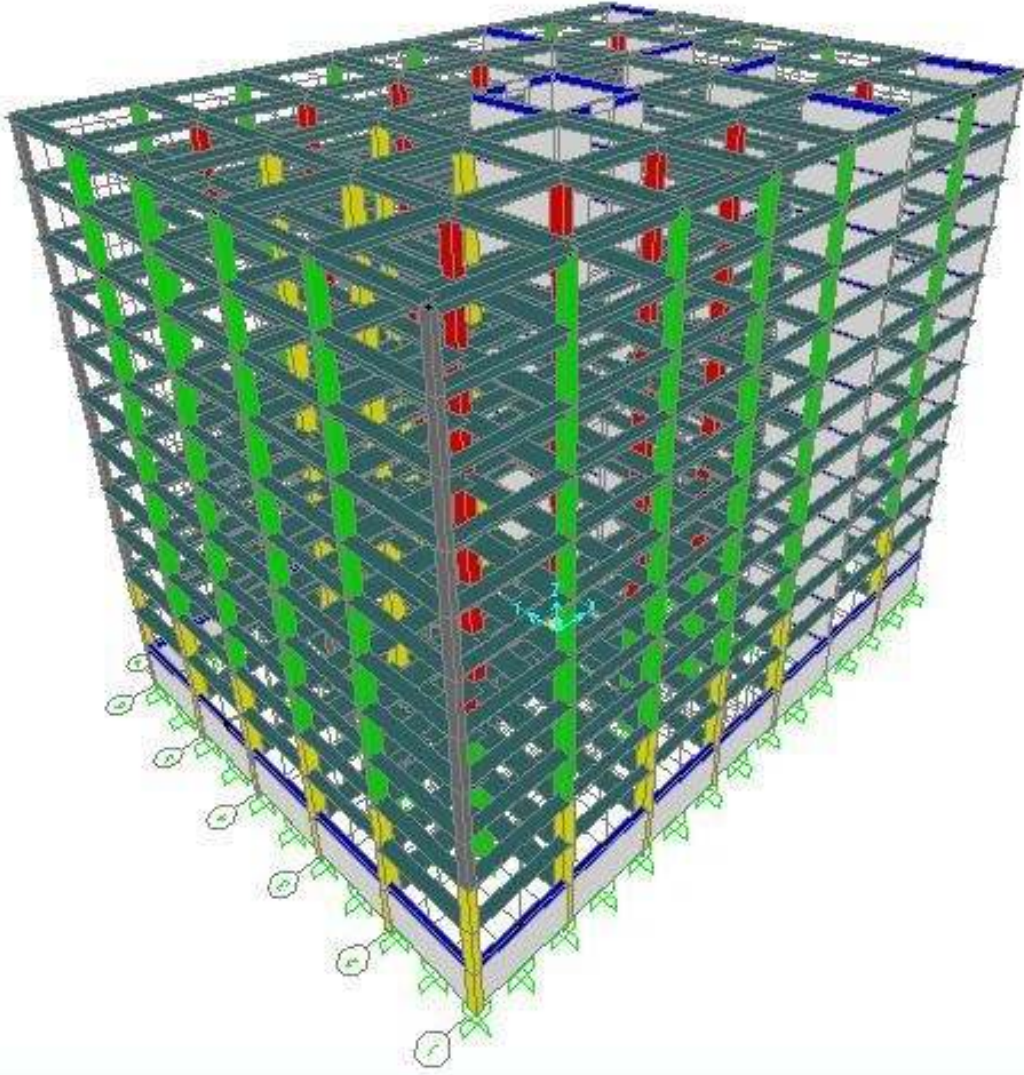
Bölüm 4'te döşeme hesapları yapılan, kolon ve kiriş ön boyutları belirlenen Sistem 1, dinamik analiz ve düşey yükler ve deprem etkisi altında çözüm yapılması için SAP2000 programında modellenmiştir. Modellemeye sistemin geometrisi oluşturularak başlanmış, ardından malzeme bilgileri, kolon ve kiriş kesitlerinin tanımlanması ile devam edilmiştir. Kesit bilgileri tanımlanan kolon ve kirişler planda belirtilen konumlarda sisteme atanmıştır.

Perde kesitleri çubuk eleman olarak tanımlanmış olup tüm perdeler 30 cm genişliğinde akstan aksa boşluksuz olarak tasarlanmıştır. Perde elemanlar orta kolon şeklinde sisteme eklenmiş ve rijitliği çok yüksek kirişlerle bağlanarak perde davranışında bulunması sağlanmıştır.

Taşıyıcı sistem elemanlarının atanmasından sonra kirişlere Bölüm 4'te hesaplanan düşey sabit ve hareketli yükler atanmıştır. Döşeme hesapları daha önce Bölüm 4'te yapıldığından SAP2000'de modellemeye döşemeler atanmamış, döşemelere gelen yükler kirişlere gelen yüklere eklenmiştir.

Sırasıyla Sistem 1 için SAP2000'de modal analiz ve düşey ve yatay yüklere göre çözümlemeler yaptırılmıştır. Deprem hesabı için eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemine göre ayrı ayrı çözümlemeler yapılmıştır. SAP2000'de her iki deprem hesabı için yapılan çözümlemelerden elde edilen sonuçların Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007'ye göre kontrolleri yapılmıştır.

Şekil 5.1 'de Sistem 1'in SAP2000 programından alınmış 3 boyutlu görünümü yer almaktadır.

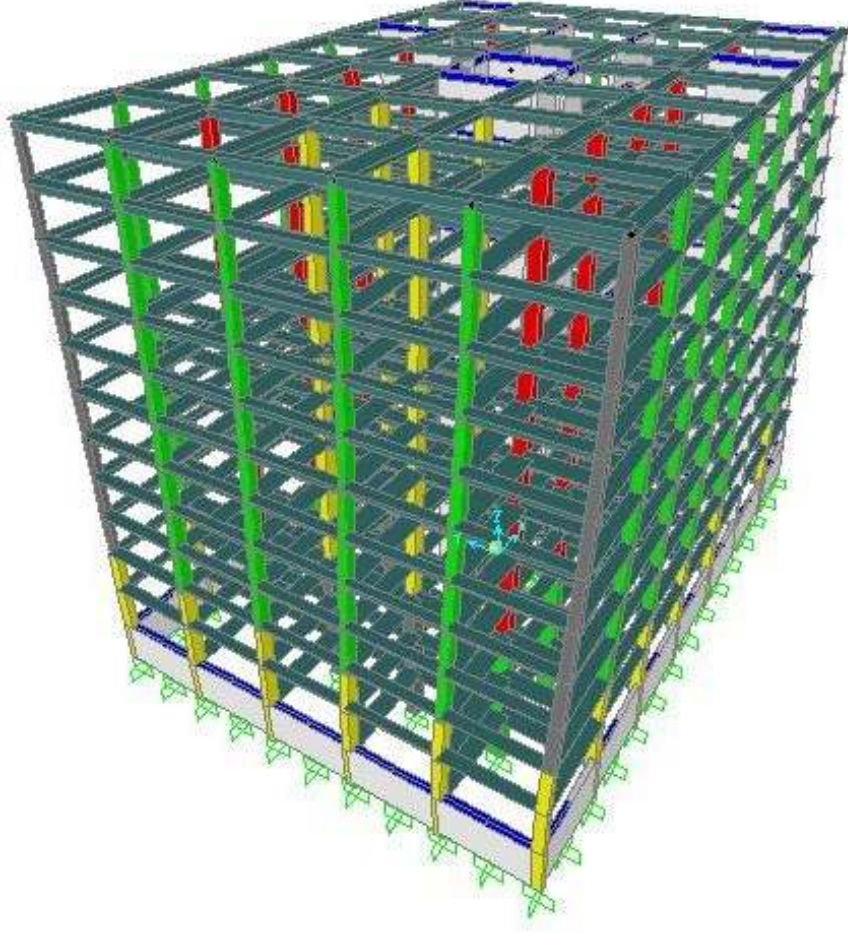


Şekil 5.1 : Sistem 1, SAP2000 3 boyutlu görünümü.

5.1.2 Dinamik analiz

Eşdeğer deprem hesabında kullanılacak olan 1. doğal titreşim periyotlarının belirlenmesi için modal analiz yapılmıştır. Modal analizde hesaplanacak en fazla mod sayısı (kat sayısı x kat serbestlik derecesi) formülü ile elde edilmiştir. İlk hesapta 2 yatay, 1 dönme serbestlik derecesi olmak üzere her katta 3 serbestlik derecesi ele alınarak, 12 kat için 36 mod sayısı uygun görülmüştür. Yapılan modal analiz sonucu modal kütle katılım oranlarının %95'e yaklaşmadığı görülerek bu sayı artırılmış, 60 mod için modal kütle katılım oranları yaklaşık %95 değerine ulaştığı görülerek hesaba devam edilmiştir.

Şekil 5.2’de Sistem 1’in SAP2000 programından alınmış 1. mod şekli görünümü yer almaktadır.



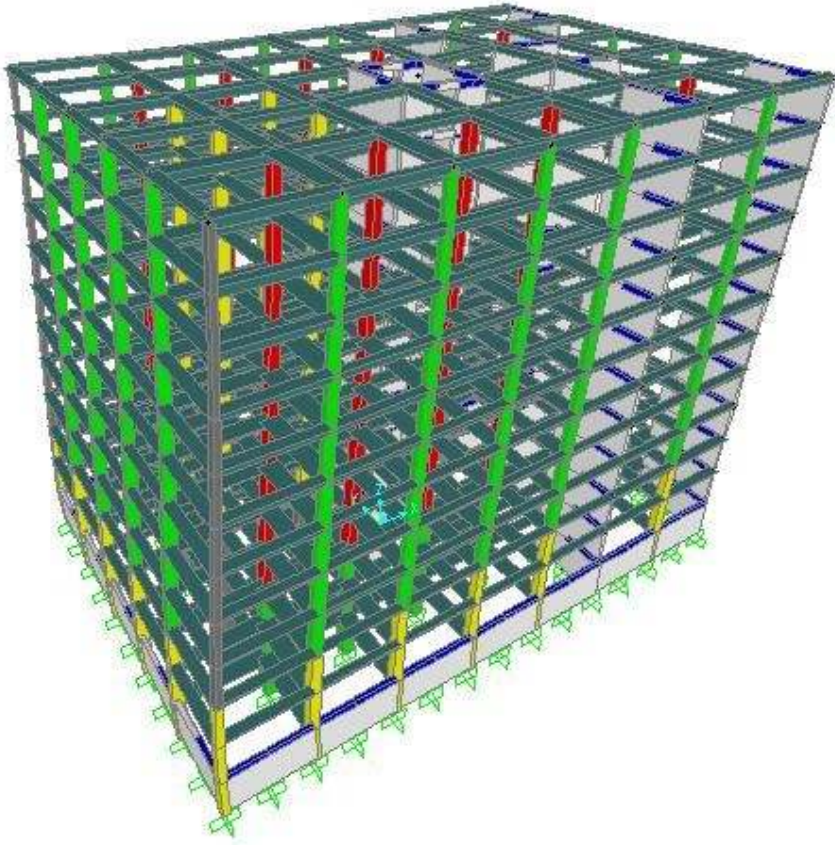
Şekil 5.2 : Sistem 1, 1. Mod şekli.

Yapıya rijit bodrum katı hariç SAP2000’de modal analiz yaptırılarak X ve Y doğrultuları 1. doğal titreşim periyotları elde edilmiş ve eşdeğer yükü yöntemi hesabı yapılarak bodrum kat hariç tüm katlara gelen deprem yükleri bu yöntemle bulunmuştur. Rijit bodrum kata gelen deprem kuvvetleri ayrıca hesaplanmıştır. Çizelge 5.1’te Sistem 1’e ait eşdeğer deprem yükü yönteminde kullanılacak 1. doğal titreşim periyotları yer almaktadır.

Çizelge 5.1 : Sistem 1 – 11 Katlı durum için 1. doğal titreşim periyotları.

T_{1x} (s)	0,6879
T_{1y} (s)	0,8595

Şekil 5.3’te Sistem 1’in SAP2000 programından alınmış 2. mod şekli görünümü yer almaktadır.



Şekil 5.3 : Sistem 1, 2. Mod şekli.

5.1.3 Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile deprem yüklerinin bulunması

Sistem 1 için yapılan dinamik analiz sonucu elde edilen 1. doğal titreşim periyotlarından yararlanılarak yapılan eşdeğer deprem yükü yöntemi hesapları aşağıdaki gibidir (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2 : X ve Y doğrultusu eşdeğer deprem hesabı.

T_{1x} (s)	0,6879	T_{1y} (s)	0,8595
$S(T_{1x})$	1,28711	$S(T_{1y})$	1,07706
$A(T_{1x})$	0,51485	$A(T_{1y})$	0,43082
$\sum W$ (kN)	155638	$\sum W$ (kN)	155638
$R_a(T_{1x})$	7	$R_a(T_{1x})$	7
V_{tx} (kN)	11447,1	V_{ty} (kN)	9578,94
F_{Nx} (kN)	944,383	F_{Ny} (kN)	790,263
$V_{tx}-F_{Nx}$ (kN)	10502,7	$V_{ty}-F_{Ny}$ (kN)	8788,68

$$V_t = \frac{W \times A(T)}{R_a(T)} \quad (5.1)$$

Çizelge 5.2’te belirtilen X ve Y doğrultuları deprem kuvvetleri (5.2)’ye göre katlara dağıtılmıştır. Çizelge 5.3’te hesabın ayrıntıları verilmiştir.

$$F_i = V_t \times \left(\frac{W_i \times H_i}{\sum (W_j \times H_j)} \right) \quad (5.2)$$

Çizelge 5.3 : Sistem 1 X ve Y doğrultuları eşdeğer deprem kuvvetleri.

Kat	Hi (m)	Wi (kN)	WixHi	(WixHi)/ (WjxHj)	Fix (kN)	Fiy (kN)
10	33	14148,9	466913,7	0,16666667	2694,8	2255,0
9	30	14148,9	424467	0,15151515	1591,3	1332,0
8	27	14148,9	382020,3	0,13636364	1432,2	1198,0
7	24	14148,9	339573,6	0,12121212	1273,1	1065,0
6	21	14148,9	297126,9	0,10606061	1113,9	932,1
5	18	14148,9	254680,2	0,09090909	954,79	799,0
4	15	14148,9	212233,5	0,07575758	795,66	665,8
3	12	14148,9	169786,8	0,06060606	636,53	532,6
2	9	14148,9	127340,1	0,04545455	477,39	399,5
1	6	14148,9	84893,4	0,03030303	318,26	266,3
Zemin	3	14148,9	42446,7	0,01515152	159,13	133,2

DBYBHY 2007’ye göre rijit bodrum kata ait deprem yüklerinin hesabı için her iki doğrultuda periyotlar $T=0$ kabul edilmiş ve Denklem 5.1’deki $R_a(T)=1,5$ olarak alınmıştır. Buna göre Sistem 1’e ait rijit bodrum katta X ve Y doğrultuları için bulunan deprem kuvveti $V=10369,8$ kN’dur. Çizelge 5.3’de elde edilen ve rijit bodrum kat için ayrıca bulunan X ve Y doğrultularındaki deprem kuvvetleri SAP2000 programına eklenmiş ve bu kuvvetler sisteme kat kütle merkezlerinden ve $\pm 0,05$ eksantrisitenin olduğu yerlerden uygulanmıştır.

Çizelge 5.4'te SAP2000'de tanımlanan X ve Y doğrultusu deprem yükleri uygulama yerleri ile birlikte verilmiştir.

Çizelge 5.4 : Eşdeğer deprem yükleri.

X Doğrultusu	Y Doğrultusu	Eksantirisite
EXP	EYP	0,05
EXN	EYN	-0,05
EX	EY	Yok

5.1.4 Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre düzensizlik kontrolleri

Sistem 1 için eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yapılan çözümlemelerden elde edilen değerler için aşağıdaki A1, B2 düzensizlikleri ve göreceli kat ötelemeleri kontrolleri yapılmıştır.

5.1.4.1 A1 burulma düzensizliği kontrolü

SAP2000 programında Çizelge 5.3'te belirtilen deprem yüklerine göre yapılan analiz yapılmıştır. Analiz sonucunda zemin kattan itibaren her katta maksimum ve minimum kat ötelemeleri okunmuş ve (5.3)'e göre A1 burulma düzensizliği kontrolü yapılmıştır.

$$\eta_{bi} = \frac{(\Delta_i)_{\max}}{(\Delta_i)_{\text{ort}}} > 1,2 \quad (5.3)$$

Çizelge 5.5'te Sistem 1'de X doğrultusunda $\pm 0,05$ eksantirisiteli durumlarda burulma düzensizliği katsayılarının tüm katlarda 1,2'nin altında kaldığı ve bu yükleme durumu için burulma düzensizliğinin oluşmadığı görülmüştür.

Çizelge 5.6'da Y doğrultusundaki depremin $+0,05$ eksantirisiteli olarak sisteme etkitildiği EYP yüklemesi durumunda burulma düzensizliği katsayıların 4. kata kadar 1,2'nin üstünde çıktığı, üst katlara doğru bu değerlerin azaldığı görülmüştür. Bu yükleme durumu için burulma düzensizliği saptanmıştır. Burulma düzensizliği katsayılarının 1,2 ile 2 arasında kalması sebebi ile DBYBHY 2007'ye göre bu yüklemede (5.4)'e göre eksantirisite artırılarak yeniden çözüm yapılacaktır.

$$D_i = \left(\frac{\eta_{bi}}{1,2} \right)^2 \quad (5.4)$$

Çizelge 5.5 : Sistem 1, X Doğrultusu – EXP, EXN yükü A1 düzensizliği kontrolü.

Kat	d_{imax}	d_{imin}	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{ort}$	η_{bi}
Zemin	0,0019	0,0016	0,0019	0,0016	0,00175	1,09
1	0,004	0,0034	0,0021	0,0018	0,00195	1,08
2	0,0065	0,0054	0,0025	0,002	0,00225	1,11
3	0,0091	0,0075	0,0026	0,0021	0,00235	1,11
4	0,0119	0,0097	0,0028	0,0022	0,0025	1,12
5	0,0146	0,012	0,0027	0,0023	0,0025	1,08
6	0,0173	0,0142	0,0027	0,0022	0,00245	1,1
7	0,0198	0,0162	0,0025	0,002	0,00225	1,11
8	0,0223	0,0182	0,0025	0,002	0,00225	1,11
9	0,0245	0,02	0,0022	0,0018	0,002	1,1
10	0,0265	0,0217	0,002	0,0017	0,00185	1,08

Çizelge 5.6 : Sistem1, Y Doğrultusu – EYP yükü A1 düzensizliği kontrolü.

Kat	d_{imax}	d_{imin}	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{ort}$	η_{bi}
Zemin	0,0019	0,0009	0,0019	0,0009	0,0014	1,36
1	0,0039	0,0018	0,002	0,0009	0,00145	1,38
2	0,0061	0,003	0,0022	0,0012	0,0017	1,29
3	0,0084	0,0045	0,0023	0,0015	0,0019	1,21
4	0,0107	0,0062	0,0023	0,0017	0,002	1,15
5	0,013	0,0079	0,0023	0,0017	0,002	1,15
6	0,0153	0,0098	0,0023	0,0019	0,0021	1,1
7	0,0174	0,0117	0,0021	0,0019	0,002	1,05
8	0,0194	0,0136	0,002	0,0019	0,00195	1,03
9	0,0212	0,0155	0,0018	0,0019	0,00185	0,97
10	0,0228	0,0173	0,0016	0,0018	0,0017	0,94

Çizelge 5.7’de Y doğrultusundaki depremin -0,05 eksantirisite ile sisteme uygulandığı EYN yüklemesinde tüm katlarda burulma düzensizliği katsayılarının 1,2’nin üstünde olduğu görülmüş ve burulma düzensizliği saptanmıştır. Burulma düzensizliği katsayıları bu yükleme için en yüksek değerini 1,75 ile 1. normal katta almıştır. Tüm katlarda burulma düzensizliği katsayılarının 1,2 ile 2 arasında kalması sebebi ile bu yüklemeye (5.4)’e göre eksantirisite arttırılacak ve yeniden çözüm yapılacaktır.

Çizelge 5.7 : Sistem1, Y Doğrultusu – EYN yükü A1 düzensizliği kontrolü.

Kat	d_{imax}	d_{imin}	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{ort}$	η_{bi}
Zemin	0,0024	0,0006	0,0024	0,0006	0,0015	1,6
1	0,0052	0,001	0,0028	0,0004	0,0016	1,75
2	0,0083	0,0017	0,0031	0,0007	0,0019	1,63
3	0,0116	0,0025	0,0033	0,0008	0,00205	1,61
4	0,0149	0,0035	0,0033	0,001	0,00215	1,53
5	0,0183	0,0046	0,0034	0,0011	0,00225	1,51
6	0,0214	0,0057	0,0031	0,0011	0,0021	1,48
7	0,0244	0,007	0,003	0,0013	0,00215	1,4
8	0,0273	0,0082	0,0029	0,0012	0,00205	1,41
9	0,0298	0,0095	0,0025	0,0013	0,0019	1,32
10	0,0319	0,0108	0,0021	0,0013	0,0017	1,24

Çizelge 5.8’de Y doğrultusundaki depremin sisteme kat kütle merkezlerinden etkidığı EY yüklemesinde de burulma düzensizliği katsayılarının üst katlara doğru azalmakla beraber 1,2’den büyük oldukları tespit edilmiş ve burulma düzensizliği saptanmıştır. Burulma düzensizliği katsayıları en yüksek değeri 1,53 değeri ile 1. normal katta almıştır. Burulma düzensizliği katsayıları değerleri 1,2’yi aşıp, 2 değerinin altında kaldığı için bu yükleme için de (5.4)’e göre eksantirisite arttırılacak yeniden analiz yapılacaktır.

Çizelge 5.8 : Sistem 1, Y Doğrultusu – EY yükü A1 düzensizliği kontrolü.

Kat	d_{imax}	d_{imin}	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{ort}$	η_{bi}
Zemin	0,0022	0,0007	0,0022	0,0007	0,00145	1,52
1	0,0045	0,0014	0,0023	0,0007	0,0015	1,53
2	0,0072	0,0024	0,0027	0,001	0,00185	1,46
3	0,01	0,0035	0,0028	0,0011	0,00195	1,44
4	0,0128	0,0048	0,0028	0,0013	0,00205	1,37
5	0,0156	0,0063	0,0028	0,0015	0,00215	1,3
6	0,0184	0,0078	0,0028	0,0015	0,00215	1,3
7	0,0209	0,0093	0,0025	0,0015	0,002	1,25
8	0,0233	0,0109	0,0024	0,0016	0,002	1,2
9	0,0255	0,0125	0,0022	0,0016	0,0019	1,16
10	0,0274	0,0141	0,0019	0,0016	0,00175	1,09

Çizelge 5.9’da Y doğrultusundaki depremde EYP deprem yükü için (5.5)’e göre hesaplanan arttırılmış yeni eksantirisite değeri verilerek yapılan çözümlemede elde edilen sonuçlarda burulma düzensizliği katsayılarının önceki çözümlemeye göre azaldığı görülmektedir. İlk 3 katta arttırılmış yüklerle yapılan çözümde de burulma düzensizliği katsayısı 1,2’nin üstüne çıkmaktadır. Diğer katlarda burulma düzensizliği oluşmamaktadır. En yüksek burulma düzensizliği katsayısı 1. normal katta 1,33 değerini almaktadır.

$$e' = \left(\frac{\eta_{bi}}{1,2} \right)^2 \times e \quad (5.5)$$

Çizelge 5.10’da Y doğrultusundaki depremde arttırılmış eksantirisite ile çözülen EYN yüklemede de yapılan ilk çözümlemeye göre burulma düzensizliği katsayısı değerlerinin azaldığı görülmekle beraber tüm katlarda burulma düzensizliği saptanmıştır. Burulma düzensizliği katsayıları üst katlara gidildikçe azalmaktadır. Burulma düzensizliği katsayıları en yüksek değerini 1,88 olarak 1. normal katta almaktadır.

Çizelge 5.9 : Sistem1, Y Doğrultusu – Arttırılmış EYP, A1 düzensizliği kontrolü.

Kat	d_{imax}	d_{imin}	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{ort}$	η_{bi}
Zemin	0,0018	0,001	0,0018	0,001	0,0014	1,29
1	0,0036	0,0019	0,0018	0,0009	0,00135	1,33
2	0,0057	0,0032	0,0021	0,0013	0,0017	1,24
3	0,0079	0,0048	0,0022	0,0016	0,0019	1,16
4	0,01	0,0066	0,0021	0,0018	0,00195	1,08
5	0,0122	0,0085	0,0022	0,0019	0,00205	1,07
6	0,0143	0,0104	0,0021	0,0019	0,002	1,05
7	0,0163	0,0124	0,002	0,002	0,002	1
8	0,0182	0,0144	0,0019	0,002	0,00195	0,97
9	0,0199	0,0164	0,0017	0,002	0,00185	0,92
10	0,0213	0,0183	0,0014	0,0019	0,00165	0,85

Çizelge 5.10 : Sistem 1, Y Doğrultusu –Arttırılmış EYN, A1 düzensizliği kontrolü.

Kat	d_{imax}	d_{imin}	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{ort}$	η_{bi}
Zemin	0,0028	0,0004	0,0028	0,0004	0,0016	1,75
1	0,006	0,0006	0,0032	0,0002	0,0017	1,88
2	0,0096	0,0009	0,0036	0,0003	0,00195	1,85
3	0,0134	0,0014	0,0038	0,0005	0,00215	1,77
4	0,0173	0,002	0,0039	0,0006	0,00225	1,73
5	0,0212	0,0027	0,0039	0,0007	0,0023	1,7
6	0,0249	0,0035	0,0037	0,0008	0,00225	1,64
7	0,0284	0,0043	0,0035	0,0008	0,00215	1,63
8	0,0316	0,0052	0,0032	0,0009	0,00205	1,56
9	0,0346	0,0062	0,003	0,001	0,002	1,5
10	0,0371	0,0072	0,0025	0,001	0,00175	1,43

Çizelge 5.11’de Y doğrultusundaki depremin kat kütle merkezinden etkidiği EY yüklemesinde arttırılmış eksantirisite verilerek yapılan çözümde burulma düzensizliği katsayıları değerlerinin azaldığı görülmüş, fakat ilk 2 katta burulma düzensizliğine rastlanmıştır.

Çizelge 5.11 : Sistem 1, Y Doğrultusu – Arttırılmış EY, A1 düzensizliği kontrolü.

Kat	d _{imax}	d _{imin}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{ort}	η _{bi}
Zemin	0,0017	0,001	0,0017	0,001	0,00135	1,26
1	0,0034	0,002	0,0017	0,001	0,00135	1,26
2	0,0054	0,0034	0,002	0,0014	0,0017	1,18
3	0,0074	0,0051	0,002	0,0017	0,00185	1,08
4	0,0094	0,007	0,002	0,0019	0,00195	1,03
5	0,0114	0,009	0,002	0,002	0,002	1
6	0,0134	0,0111	0,002	0,0021	0,00205	0,98
7	0,0152	0,0131	0,0018	0,002	0,0019	0,95
8	0,017	0,0152	0,0018	0,0021	0,00195	0,92
9	0,0186	0,0173	0,0016	0,0021	0,00185	0,86
10	0,0199	0,0193	0,0013	0,002	0,00165	0,79

5.1.4.2 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Her iki doğrultuda kat kütle merkezlerinden ve arttırılmış eksantirisiteli olarak etkiyen deprem yükleri için yapılan çözümlemeden elde edilen sonuçlar için (5.6)’ye göre B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat düzensizliği) kontrolü yapılmıştır. Yapılan kontrollerde hiçbir yükleme durumu için B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliğine rastlanmamıştır.

$$\eta_{ki} = \frac{\left(\frac{\Delta_i}{h_i} \right)_{ort}}{\left(\frac{\Delta_{i\pm 1}}{h_{i\pm 1}} \right)_{ort}} > 2,0 \quad (5.6)$$

Çizelge 5.12 ve Çizelge 5.13’te X doğrultusu deprem yükleri için yapılan B2 düzensizliği kontrolleri ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 5.12 : Sistem 1, X Doğrultusu - EXP, EYN yükü B2 düzensizliği kontrolü.

Kat	d_{imax}	d_{imin}	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{ort}$	η_{ki}	η_{ki}
Zemin	0,0019	0,0016	0,0019	0,0016	0,00175	-	0,9
1	0,004	0,0034	0,0021	0,0018	0,00195	1,11	0,87
2	0,0065	0,0054	0,0025	0,002	0,00225	1,15	0,96
3	0,0091	0,0075	0,0026	0,0021	0,00235	1,04	0,94
4	0,0119	0,0097	0,0028	0,0022	0,0025	1,06	1
5	0,0146	0,012	0,0027	0,0023	0,0025	1	1,02
6	0,0173	0,0142	0,0027	0,0022	0,00245	0,98	1,09
7	0,0198	0,0162	0,0025	0,002	0,00225	0,92	1
8	0,0223	0,0182	0,0025	0,002	0,00225	1	1,13
9	0,0245	0,02	0,0022	0,0018	0,002	0,89	1,08
10	0,0265	0,0217	0,002	0,0017	0,00185	0,93	-

Çizelge 5.13 : Sistem 1, X Doğrultusu - EX yükü B2 düzensizliği kontrolü.

Kat	d_{imax}	d_{imin}	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{ort}$	η_{ki}	η_{ki}
Zemin	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018	-	0,947
1	0,0037	0,0037	0,0019	0,0019	0,0019	1,06	0,864
2	0,0059	0,0059	0,0022	0,0022	0,0022	1,16	0,917
3	0,0083	0,0083	0,0024	0,0024	0,0024	1,09	0,96
4	0,0108	0,0108	0,0025	0,0025	0,0025	1,04	1
5	0,0133	0,0133	0,0025	0,0025	0,0025	1	1,042
6	0,0157	0,0157	0,0024	0,0024	0,0024	0,96	1,043
7	0,018	0,018	0,0023	0,0023	0,0023	0,96	1,045
8	0,0202	0,0202	0,0022	0,0022	0,0022	0,96	1,048
9	0,0223	0,0223	0,0021	0,0021	0,0021	0,95	1,167
10	0,0241	0,0241	0,0018	0,0018	0,0018	0,86	-

EXP ve EXN yüklemeleri için tüm katlarda yumuşak kat düzensizliği katsayısı değerlerinin 2'nin altında olduğu görülmüştür. Bu yükleme durumu için yumuşak kat düzensizliği saptanmamıştır (Çizelge 5.12).

EX yüklemesi için tüm katlarda yumuşak kat düzensizliği katsayısı değerlerinin 2'nin altında olduğu görülmüştür. Bu yükleme durumu için yumuşak kat düzensizliği saptanmamıştır (Çizelge 5.13).

Çizelge 5.14'te Y doğrultusu EYP yüklemesi için yapılan B2 düzensizliği kontrolü yer almaktadır.

Çizelge 5.14 : Sistem 1, Y Doğrultusu - EYP yükü B2 düzensizliği kontrolü.

Kat	d_{imax}	d_{imin}	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{ort}$	η_{ki}	η_{li}
Zemin	0,0018	0,001	0,0018	0,001	0,0014	-	1,04
1	0,0036	0,0019	0,0018	0,0009	0,00135	0,96	0,79
2	0,0057	0,0032	0,0021	0,0013	0,0017	1,26	0,89
3	0,0079	0,0048	0,0022	0,0016	0,0019	1,12	0,97
4	0,01	0,0066	0,0021	0,0018	0,00195	1,03	0,95
5	0,0122	0,0085	0,0022	0,0019	0,00205	1,05	1,03
6	0,0143	0,0104	0,0021	0,0019	0,002	0,98	1
7	0,0163	0,0124	0,002	0,002	0,002	1	1,03
8	0,0182	0,0144	0,0019	0,002	0,00195	0,98	1,05
9	0,0199	0,0164	0,0017	0,002	0,00185	0,95	1,12
10	0,0213	0,0183	0,0014	0,0019	0,00165	0,89	-

Çizelge 5.14'te EYP yüklemesi için tüm katlarda yumuşak kat düzensizliği katsayısı değerlerinin 2'nin altında olduğu görülmüştür. Bu yükleme durumu için yumuşak kat düzensizliği saptanmamıştır.

Çizelge 5.15'te Y doğrultusu EYN yüklemesi için yapılan B2 düzensizliği kontrolü, Çizelge 5.16'da Y doğrultusu EY yüklemesi için yapılan B2 düzensizliği kontrolü ayrıntılı şekilde verilmiştir.

Çizelge 5.15 : Sistem 1, Y Doğrultusu - EYN yükü B2 düzensizliği kontrolü.

Kat	d_{imax}	d_{imin}	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{ort}$	η_{ki}	η_{ki}
Zemin	0,0028	0,0004	0,0028	0,0004	0,0016	-	0,94
1	0,006	0,0006	0,0032	0,0002	0,0017	1,06	0,87
2	0,0096	0,0009	0,0036	0,0003	0,00195	1,15	0,91
3	0,0134	0,0014	0,0038	0,0005	0,00215	1,1	0,96
4	0,0173	0,002	0,0039	0,0006	0,00225	1,05	0,98
5	0,0212	0,0027	0,0039	0,0007	0,0023	1,02	1,02
6	0,0249	0,0035	0,0037	0,0008	0,00225	0,98	1,05
7	0,0284	0,0043	0,0035	0,0008	0,00215	0,96	1,05
8	0,0316	0,0052	0,0032	0,0009	0,00205	0,95	1,03
9	0,0346	0,0062	0,003	0,001	0,002	0,98	1,14
10	0,0371	0,0072	0,0025	0,001	0,00175	0,88	-

Çizelge 5.16 : Sistem 1, Y Doğrultusu – EY yükü B2 düzensizliği kontrolü.

Kat	d_{imax}	d_{imin}	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{ort}$	η_{ki}	η_{ki}
Zemin	0,0017	0,001	0,0017	0,001	0,00135	-	1
1	0,0034	0,002	0,0017	0,001	0,00135	1	0,79
2	0,0054	0,0034	0,002	0,0014	0,0017	1,26	0,92
3	0,0074	0,0051	0,002	0,0017	0,00185	1,09	0,95
4	0,0094	0,007	0,002	0,0019	0,00195	1,05	0,98
5	0,0114	0,009	0,002	0,002	0,002	1,03	0,98
6	0,0134	0,0111	0,002	0,0021	0,00205	1,03	1,08
7	0,0152	0,0131	0,0018	0,002	0,0019	0,93	0,97
8	0,017	0,0152	0,0018	0,0021	0,00195	1,03	1,05
9	0,0186	0,0173	0,0016	0,0021	0,00185	0,95	1,12
10	0,0199	0,0193	0,0013	0,002	0,00165	0,89	-

EYN yüklemesi için tüm katlarda yumuşak kat düzensizliği katsayısı değerlerinin 2'nin altında olduğu görülmüştür. Bu yükleme durumu için yumuşak kat düzensizliği saptanmamıştır (Çizelge 5.15).

EY yüklemesi için tüm katlarda yumuşak kat düzensizliği katsayısı değerlerinin 2'nin altında olduğu görülmüştür. Bu yükleme durumu için yumuşak kat düzensizliği saptanmamıştır (Çizelge 5.16).

5.1.4.3 Göreli kat ötelemeleri kontrolü

Her iki deprem doğrultusu için yapılan analizlerden elde edilen en büyük göreli kat ötelemelerinin (5.7)'deki şartı sağlaması gerekmektedir. Tüm deprem yükleri için yapılan analizlerden okunan değerlerde bu şartın sağlandığı görülmüştür.

$$\frac{(\delta_i)_{\max}}{h_i} \leq 0,02 \quad (5.7)$$

$$\delta_i = R\Delta_i \quad (5.8)$$

Çizelge 5.17'de X doğrultusu, EXP ve EXN yüklemeleri göreli kat ötelemeleri kontrolleri ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 5.17 : Sistem 1, X Doğrultusu - EXP, EXN, Göreli kat ötelemeleri kontrolü.

Kat	d _{imax}	(d _i) _{max}	h _i	(d _i) _{max} /h _i
Zemin	0,0019	0,0019	3	0,0006333
1	0,004	0,0021	3	0,0007
2	0,0065	0,0025	3	0,0008333
3	0,0091	0,0026	3	0,0008667
4	0,0119	0,0028	3	0,0009333
5	0,0146	0,0027	3	0,0009
6	0,0173	0,0027	3	0,0009
7	0,0198	0,0025	3	0,0008333
8	0,0223	0,0025	3	0,0008333
9	0,0245	0,0022	3	0,0007333
10	0,0265	0,002	3	0,0006667

Çizelge 5.18’de X doğrultusu EX yüklemesi için, Çizelge 5.19’da Y doğrultusu EYP yüklemesi için yapılan görelî kat ötelemeleri kontrolleri yer almaktadır.

Çizelge 5.18 : Sistem 1, X Doğrultusu - EX, Görelî kat ötelemeleri kontrolü.

Kat	d_{imax}	$(d_i)_{max}$	h_i	$(d_i)_{max}/h_i$
Zemin	0,0018	0,0018	3	0,0006
1	0,0037	0,0019	3	0,0006333
2	0,0059	0,0022	3	0,0007333
3	0,0083	0,0024	3	0,0008
4	0,0108	0,0025	3	0,0008333
5	0,0133	0,0025	3	0,0008333
6	0,0157	0,0024	3	0,0008
7	0,018	0,0023	3	0,0007667
8	0,0202	0,0022	3	0,0007333
9	0,0223	0,0021	3	0,0007
10	0,0241	0,0018	3	0,0006

Çizelge 5.19 : Sistem 1, Y Doğrultusu - EYP, Görelî kat ötelemeleri kontrolü.

Kat	d_{imax}	$(d_i)_{max}$	h_i	$(d_i)_{max}/h_i$
Zemin	0,0018	0,0018	3	0,0006
1	0,0036	0,0018	3	0,0006
2	0,0057	0,0021	3	0,0007
3	0,0079	0,0022	3	0,00073333
4	0,01	0,0021	3	0,0007
5	0,0122	0,0022	3	0,00073333
6	0,0143	0,0021	3	0,0007
7	0,0163	0,002	3	0,00066667
8	0,0182	0,0019	3	0,00063333
9	0,0199	0,0017	3	0,00056667
10	0,0213	0,0014	3	0,00046667

Çizelge 5.20’de Y doğrultusu EYN yüklemesi için, Çizelge 5.21’da Y doğrultusu EY yüklemesi için yapılan görelî kat ötelemeleri kontrolleri yer almaktadır.

Çizelge 5.20 : Sistem 1, Y Doğrultusu - EYN, Görelî kat ötelemeleri kontrolü.

Kat	d_{imax}	$(d_i)_{max}$	h_i	$(d_i)_{max}/h_i$
Zemin	0,0028	0,0028	3	0,0009333
1	0,006	0,0032	3	0,0010667
2	0,0096	0,0036	3	0,0012
3	0,0134	0,0038	3	0,0012667
4	0,0173	0,0039	3	0,0013
5	0,0212	0,0039	3	0,0013
6	0,0249	0,0037	3	0,0012333
7	0,0284	0,0035	3	0,0011667
8	0,0316	0,0032	3	0,0010667
9	0,0346	0,003	3	0,001
10	0,0371	0,0025	3	0,0008333

Çizelge 5.21 : Sistem 1, Y Doğrultusu - EY, Görelî kat ötelemeleri kontrolü.

Kat	d_{imax}	$(d_i)_{max}$	h_i	$(d_i)_{max}/h_i$
Zemin	0,0017	0,0017	3	0,000567
1	0,0034	0,0017	3	0,000567
2	0,0054	0,002	3	0,000667
3	0,0074	0,002	3	0,000667
4	0,0094	0,002	3	0,000667
5	0,0114	0,002	3	0,000667
6	0,0134	0,002	3	0,000667
7	0,0152	0,0018	3	0,0006
8	0,017	0,0018	3	0,0006
9	0,0186	0,0016	3	0,000533
10	0,0199	0,0013	3	0,000433

$R=7$ için $(\delta_i)_{\max}/h_i \leq 0,00286$ olmak zorundadır. X ve Y Doğrultularındaki EXP, EXN, EX, EYP, EYN, EY yüklemeleri görelî kat ötelemeleri her katta bu şartı sağlamaktadır (Çizelge 5.17, Çizelge 5.18, Çizelge 5.19, Çizelge 5.20, Çizelge 5.21).

5.1.5 Eşdeğer deprem yükü yöntemi iç kuvvetleri

5.1.5.1 Kolon iç kuvvetleri

Eşdeğer deprem yükü yöntemi için SAP2000’de oluşturulan deprem yükleri kombinasyonları aşağıdaki gibidir.

DX1=	G+Q+EXP+0,3EYP
DX2=	G+Q+EXP-0,3EYP
DX3=	G+Q+EXP+0,3EYN
DX4=	G+Q+EXP-0,3EYN
DX5=	G+Q-EXP+0,3EYP
DX6=	G+Q -EXP-0,3EYP
DX7=	G+Q -EXP+0,3EYN
DX8=	G+Q -EXP-0,3EYN
DX9=	G+Q +EXN+0,3EYP
DX10=	G+Q +EXN-0,3EYP
DX11=	G+Q +EXN+0,3EYN
DX12=	G+Q +EXN-0,3EYN
DX13=	G+Q -EXN+0,3EYP
DX14=	G+Q -EXN-0,3EYP
DX15=	G+Q -EXN+0,3EYN
DX16=	G+Q -EXN-0,3EYN
DY1=	G+Q+EYP+0,3EXP
DY2=	G+Q+EYP-0,3EXP
DY3=	G+Q+EYP+0,3EXN
DY4=	G+Q+EYP-0,3EXN
DY5=	G+Q -EYP+0,3EXP
DY6=	G+Q -EYP-0,3EXP
DY7=	G+Q -EYP+0,3EXN
DY8=	G+Q -EYP-0,3EXN
DY9=	G+Q+EYN+0,3EXP
DY10=	G+Q+EYN-0,3EXP
DY11=	G+Q+EYN+0,3EXN
DY12=	G+Q+EYN-0,3EXN
DY13=	G+Q -EYN+0,3EXP
DY14=	G+Q -EYN-0,3EXP
DY15=	G+Q -EYN+0,3EXN
DY16=	G+Q -EYN-0,3EXN

Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yapılan çözümleme sonucu Sistem 1'e ait zemin kat kolonları için elde edilen iç kuvvetler Çizelge 5.22, Çizelge 5.23, Çizelge 5.24, Çizelge 5.25, Çizelge 5.26 ve Çizelge 5.27'de verilmiştir.

Çizelge 5.22 : Sistem 1, X doğrultusu kesme kuvveti değerleri.

Kolon No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Kesme Kuvveti (kN)
S1	DX8	-74,253
S2	DX3	182,383
S3	DX3	120,143
S4	DX8	-137,38
S5	DX3	142,924

Çizelge 5.23 : Sistem 1, Y doğrultusu kesme kuvveti değerleri.

Kolon No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Kesme Kuvveti (kN)
S1	DY9	145,708
S2	DY12	129,165
S3	DY9	152,874
S4	DY12	154,524
S5	DY12	124,837

Çizelge 5.24 : Sistem 1, X doğrultusu normal kuvveti değerleri.

Kolon No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Normal Kuvveti (kN)
S1	DX15	-2058,6
S2	DX13	-2910,7
S3	DX15	-4185,9
S4	DX8	-4218,5
S5	DX15	-4160,8

Çizelge 5.25 : Sistem 1, Y doğrultusu normal kuvveti değerleri.

Kolon No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Normal Kuvveti (kN)
S1	DY12	-2070,75
S2	DY10	-3322,38
S3	DY10	-4228,2
S4	DY16	-4185,84
S5	DY12	-4137,13

Çizelge 5.26 : Sistem 1, X doğrultusu eğilme momenti değerleri.

Kolon No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Eğilme Momenti (kNm)
S1	DX8	-132,57
S2	DX8	-403,55
S3	DX3	259,105
S4	DX8	-329,71
S5	DX3	334,757

Çizelge 5.27 : Sistem 1, Y doğrultusu eğilme momenti değerleri.

Kolon No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Eğilme Momenti (kNm)
S1	DY9	306,464
S2	DY12	250,556
S3	DY12	377,912
S4	DY12	336,626
S5	DY12	272,379

5.1.5.2 Perde iç kuvvetleri

Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yapılan çözümleme sonucu Sistem 1'in zemin katına ait perdelerden elde edilen iç kuvvet değerleri Çizelge 5.28, Çizelge 5.29, Çizelge 5.30, Çizelge 5.31, Çizelge 5.32 ve Çizelge 5.33'de verilmiştir.

Çizelge 5.28 : Sistem 1, X doğrultusu kesme kuvveti değerleri.

Perde No	Elverişsiz Değeri Veren yükleme	Kesme Kuvveti (kN)
P1	DX15	600,981
P2	DX9	587,745
P3	DX3	1055,85
P4	DX8	1875,51
P5	DX3	989,021

Çizelge 5.29 : Sistem 1, Y doğrultusu kesme kuvveti değerleri.

Perde No	Elverişsiz Değeri Veren yükleme	Kesme Kuvveti (kN)
P1	DY14	113,132
P2	DY9	-130,21
P3	DY9	30,535
P4	DY8	-64,049
P5	DY13	-33,298

Çizelge 5.30 : Sistem 1, X doğrultusu normal kuvveti değerleri.

Perde No	Elverişsiz Değeri Veren yükleme	Normal Kuvveti (kN)
P1	DX5	-6044,66
P2	DX9	-4463,2
P3	DX15	-4393,08
P4	DX2	-6917,72
P5	DX5	-10978,68

Çizelge 5.31 : Sistem 1, Y doğrultusu normal kuvveti değerleri.

Perde No	Elverişsiz Değeri Veren yükleme	Normal Kuvveti (kN)
P1	DY2	-6433,34
P2	DY3	-4112,32
P3	DY12	-5125,55
P4	DY5	-6818,81
P5	DY16	-5620,84

Çizelge 5.32 : Sistem 1, X doğrultusu eğilme momenti değerleri.

Perde No	Elverişsiz Değeri Veren yükleme	Eğilme Momenti (kNm)
P1	DX5	4570,91
P2	DX2	-6234,73
P3	DX1	2079,27
P4	DX8	-18108
P5	DX15	5728,46

Çizelge 5.33 : Sistem 1, Y doğrultusu eğilme momenti değerleri.

Perde No	Elverişsiz Değeri Veren yükleme	Eğilme Momenti (kNm)
P1	DY14	204,316
P2	DY9	-223,6
P3	DY9	55,982
P4	DY8	-106,34
P5	DY15	-58,27

5.1.6 Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre donatı hesabı

Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre Sistem 1 için yapılan çözümleme sonucu elde edilen iç kuvvetler ile SAP2000 programından yararlanılarak, zemin kat kiriş, kolon ve perdeleri için donatı hesabı yapılmıştır. Kiriş ve kolon donatı alanları SAP2000 programı yardımı ile bulunarak, boyuna donatılar TS500 ve DBYBHY 2007'ye uygun şekilde seçilmiştir. Perde donatı alanları en elverişsiz momente göre abaklar yardımı ile elde hesapla bulunmuş ve başlık ve gövde donatıları seçilmiştir. Aşağıda kiriş, kolon ve perdeler için seçilen donatılar çizelgeler halinde verilmiştir (Çizelge 5.34, Çizelge 5.35, Çizelge 5.36). Seçilen donatılara ait boylar hesaplanarak zemin kat için kiriş, kolon ve perde donatı metraj hesabı yapılmış ve zemin kat için donatı maliyeti bulunmuştur.

Çizelge 5.34 : Sistem 1, Zemin kat kiriş donatıları.

Akslar	1-1	2-2	3-3	4-4	5-5	6-6	A-A	B-B	C-C	D-D	E-E	F-F	G-G	H-H
Alt Donatı	3Φ16	3Φ18	4Φ18	4Φ18	3Φ18	3Φ16	3Φ18	3Φ18	3Φ18	3Φ18	3Φ18	3Φ16	3Φ16	3Φ16
Montaj Donatısı	3Φ12	3Φ14	3Φ16	3Φ16	3Φ14	3Φ12	3Φ16	3Φ14	3Φ16	3Φ14	3Φ16	3Φ12	3Φ12	2Φ12
Üst Ek Donatı	4Φ18	4Φ18	4Φ22	4Φ22	4Φ18	4Φ18	4Φ18	4Φ20	4Φ18	4Φ20	4Φ20	4Φ18	4Φ16	3Φ16

Çizelge 5.35 : Sistem 1, Zemin kat kolon donatıları.

Kolon	Boyuna Donatı
S1	12Φ18
S2	18Φ18
S3	24Φ20
S4	24Φ20
S5	24Φ20

Çizelge 5.36 : Sistem 1, Zemin kat perde donatıları.

Perde	Başlık Donatısı	Gövde Donatısı
P1	28Φ22	16Φ14
P2	28Φ22	16Φ14
P3	10Φ22	6Φ14
P4	30Φ22	16Φ14
P5	30Φ22	16Φ14

Seçilen donatılar için metraj yapılarak Sistem 1 zemin kat donatı maliyeti 24436,4 TL olarak hesaplanmıştır.

5.1.7 Mod birleştirme yöntemi ile deprem hesabı

Sistem 1 için mod birleştirme yöntemi ile yapılan deprem hesabı aşamaları ve sonuçlarının değerlendirilmesi bu bölümde verilmiştir.

5.1.7.1 Azaltılmış ivme tepki spektrumunun SAP2000’de tanımlanması

Bu çalışmada her iki yapı örneği için yerel zemin sınıfı Z1 seçilmiştir. Z1 zemin sınıfına ait periyot değerleri $T_A=0,1$ s ve $T_B=0,3$ s’dir. SAP2000 programında Z1 yerel zemin sınıfına ait azaltılmış ivme spektrumunu tanımlamak için define menüsünden functions bölümüne girilip response spectrumu seçilmiştir. Function type bölümünde user spectrumu seçilip yeni bir fonksiyon eklenmiştir. Bu bölümde spektrum adı SPEKZ1 olarak belirlendikten sonra spektrumun x ve y değerleri olarak T ve S(T) Çizelge 5.37’de verilen şekilde programa girilmiştir.

Çizelge 5.37 : SAP2000’de tanımlanan spektrum X ve Y değerleri.

T	S(T)
0	1
0,1	2,5
0,3	2,5
0,4	1,986
0,5	1,661
0,6	1,436
0,7	1,269
0,8	1,141
0,9	1,038
1	0,954
1,1	0,884
1,2	0,825
1,3	0,774
1,4	0,729

5.1.7.2 Mod birleştirme yöntemi deprem yüklerinin oluşturulması

SAP2000’de azaltılmış ivme spektrumunun tanıtılmasından sonra X ve Y doğrultularındaki deprem yükleri oluşturulmuştur. Define menüsünden load cases bölümüne girilip yeni bir yük tanımlanmıştır. X yönündeki deprem için SPECX olarak tanımlanan deprem yüküne fonksiyon olarak 5.1.5.1’de tanımlanan SPEKZ1 spektrumu seçilmiştir. Spektrum ölçek katsayısı (Scale Factor) 0,5606 ($A_0 \cdot I \cdot g/R$) olarak tanımlanarak SPECX deprem yükü oluşturulmuştur. Aynı işlemler Y doğrultusundaki deprem yükü için de yapılarak SPECY deprem yükü oluşturulmuştur. Şekil 5.4’te SAP2000’de SPECX deprem yükünün oluşturulması gösterilmektedir. Oluşturulan SPECX ve SPECY deprem yükleri ile SAP2000’de mod birleştirme yöntemine göre çözümleme yapılmıştır.

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: SPECX Set Def Name Notes: Modify/Show...

Load Case Type: Response Spectrum Design...

Modal Combination:

- ☒ CQC GMC f1: 1.0 GMC f2: 0.0 Periodic + Rigid Type: SRSS
- ☐ SRSS
- ☐ Absolute
- ☐ GMC
- ☐ NRC 10 Percent
- ☐ Double Sum

Directional Combination:

- ☒ SRSS
- ☐ Absolute Scale Factor:

Modal Load Case:

Use Modes from this Modal Load Case: MODAL

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	SPEKZ1	0.5607
Accel	U1	SPEKZ1	0.5607

Add Modify Delete

☐ Show Advanced Load Parameters

Other Parameters:

Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...

OK Cancel

Şekil 5.4 : SAP2000’de SPECX deprem yükünün oluşturulması.

5.1.8 Mod birleştirme yöntemine göre düzensizlik kontrolleri

Sistem 1 için mod birleştirme yöntemine göre yapılan çözümlemeden elde edilen sonuçlar için aşağıdaki A1, B2 düzensizlikleri ve görelî kat ötelemeleri kontrolleri yapılmıştır.

5.1.8.1 A1 Burulma düzensizliği kontrolü

Mod birleştirme yöntemine göre 5.1.5.2’de tanımlanan SPECX ve SPECY deprem yüklerine göre çözümleme yapılmış ve bu yüklemeler için görelî kat ötelemeleri okunmuştur.

Çizelge 5.38’de SPECX deprem yükü için yapılan analiz sonucu okunan görelî kat ötelemelerinden hesaplanan burulma düzensizliği katsayıları 1,2’nin altında kalmaktadır. Bu yükleme için tüm katlarda burulma düzensizliği katsayıları 1 olarak elde edilmiş ve burulma düzensizliği saptanmamıştır.

Çizelge 5.38 : Sistem 1, X Doğrultusu - SPECX yükü A1 düzensizliği kontrolü.

Kat	d_{imax}	d_{imin}	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{ort}$	η_{bi}
Zemin	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012	1
1	0,0027	0,0027	0,0015	0,0015	0,0015	1
2	0,0044	0,0044	0,0017	0,0017	0,0017	1
3	0,0061	0,0061	0,0017	0,0017	0,0017	1
4	0,0079	0,0079	0,0018	0,0018	0,0018	1
5	0,0097	0,0097	0,0018	0,0018	0,0018	1
6	0,0115	0,0115	0,0018	0,0018	0,0018	1
7	0,0131	0,0131	0,0016	0,0016	0,0016	1
8	0,0146	0,0146	0,0015	0,0015	0,0015	1
9	0,0161	0,0161	0,0015	0,0015	0,0015	1
10	0,0173	0,0173	0,0012	0,0012	0,0012	1

Çizelge 5.39’da Sistem 1’in Y doğrultusu SPECY deprem yükü için yapılan A1 burulma düzensizliği kontrolleri yer almaktadır. SPECY deprem yükü için yapılan çözümleme sonucu okunan görelî kat ötelemelerinden hesaplanan burulma düzensizliği katsayıları üst katlara doğru azalmakla beraber 7. kata kadar 1,2’nin üstünde çıkmıştır. Bu yüklemde A1 burulma düzensizliği oluştuğu saptanmıştır. Burulma düzensizliği katsayıları en yüksek değerini 1,41 ile 1. normal katta almaktadır.

Çizelge 5.39 : Sistem 1, Y Doğrultusu - SPECY yükü A1 düzensizliği kontrolü.

Kat	d_{imax}	d_{imin}	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{ort}$	η_{bi}
Zemin	0,0021	0,001	0,0021	0,001	0,00155	1,35
1	0,0047	0,0021	0,0026	0,0011	0,00185	1,41
2	0,0077	0,0035	0,003	0,0014	0,0022	1,36
3	0,0108	0,0051	0,0031	0,0016	0,00235	1,32
4	0,0138	0,0068	0,003	0,0017	0,00235	1,28
5	0,0169	0,0086	0,0031	0,0018	0,00245	1,27
6	0,0198	0,0104	0,0029	0,0018	0,00235	1,23
7	0,0224	0,0122	0,0026	0,0018	0,0022	1,18
8	0,0249	0,014	0,0025	0,0018	0,00215	1,16
9	0,0271	0,0157	0,0022	0,0017	0,00195	1,13
10	0,0289	0,0173	0,0018	0,0016	0,0017	1,06

5.1.8.2 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Mod birleştirme yöntemine göre yapılan çözümleme sonucu elde edilen görelî kat ötelemelerinden hesaplanan değerler için 5.1.3.2’de belirtilen formüle göre yumuşak kat düzensizliği kontrolleri yapılmıştır. Yapılan kontrollerde hiçbir yükleme durumu için yumuşak kat düzensizliğine rastlanmamıştır. Çizelge 5.40’da X doğrultusu B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolleri, Çizelge 5.41’de Y doğrultusu B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolleri ayrıntılı olarak yer almaktadır.

Çizelge 5.40 : Sistem 1, X Doğrultusu – SPECX yükü B2 düzensizliği kontrolü.

Kat	d_{imax}	d_{imin}	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{ort}$	η_{ki}	η_{ki}
Zemin	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012	-	0,8
1	0,0027	0,0027	0,0015	0,0015	0,0015	1,25	0,8824
2	0,0044	0,0044	0,0017	0,0017	0,0017	1,1333	1
3	0,0061	0,0061	0,0017	0,0017	0,0017	1	0,9444
4	0,0079	0,0079	0,0018	0,0018	0,0018	1,0588	1
5	0,0097	0,0097	0,0018	0,0018	0,0018	1	1
6	0,0115	0,0115	0,0018	0,0018	0,0018	1	1,125
7	0,0131	0,0131	0,0016	0,0016	0,0016	0,8889	1,0667
8	0,0146	0,0146	0,0015	0,0015	0,0015	0,9375	1
9	0,0161	0,0161	0,0015	0,0015	0,0015	1	1,25
10	0,0173	0,0173	0,0012	0,0012	0,0012	0,8	-

Çizelge 5.41 : Sistem 1, Y Doğrultusu – SPECY yükü B2 düzensizliği kontrolü.

Kat	d_{imax}	d_{imin}	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{ort}$	η_{ki}	η_{ki}
Zemin	0,0021	0,001	0,0021	0,001	0,00155	-	0,838
1	0,0047	0,0021	0,0026	0,0011	0,00185	1,1935	0,841
2	0,0077	0,0035	0,003	0,0014	0,0022	1,1892	0,936
3	0,0108	0,0051	0,0031	0,0016	0,00235	1,0682	1
4	0,0138	0,0068	0,003	0,0017	0,00235	1	0,959
5	0,0169	0,0086	0,0031	0,0018	0,00245	1,0426	1,043
6	0,0198	0,0104	0,0029	0,0018	0,00235	0,9592	1,068
7	0,0224	0,0122	0,0026	0,0018	0,0022	0,9362	1,023
8	0,0249	0,014	0,0025	0,0018	0,00215	0,9773	1,103
9	0,0271	0,0157	0,0022	0,0017	0,00195	0,907	1,147
10	0,0289	0,0173	0,0018	0,0016	0,0017	0,8718	-

Çizelge 5.40’da SPECX yükleme için tüm katlarda yumuşak kat düzensizliği katsayısı değerlerinin 2’nin altında olduğu görülmüştür. Bu yükleme durumu için yumuşak kat düzensizliği saptanmamıştır.

Çizelge 5.41’de SPECY yükleme için tüm katlarda yumuşak kat düzensizliği katsayısı değerlerinin 2’nin altında olduğu görülmüştür. Bu yükleme durumu için yumuşak kat düzensizliği saptanmamıştır.

5.1.7.3 Göreli kat ötelemeleri kontrolü

Her iki deprem doğrultusu için yapılan analizlerden elde edilen en büyük göreli kat ötelemelerinin 5.1.3.3’de belirtilen şartı sağlaması gerekmektedir. Tüm deprem yükleri için yapılan analizlerden okunan değerlerde bu şartın sağlandığı görülmüştür. Çizelge 5.42’de Sistem 1’in X doğrultusu SPECX deprem yükü için yapılan göreli kat ötelemeleri kontrolleri ayrıntılı olarak yer almaktadır.

Çizelge 5.42 : Sistem 1, X Doğrultusu -SPECX yükü göreli kat ötelemeleri kontrolü.

Kat	d_{imax}	$(d_i)_{max}$	h_i	$(d_i)_{max}/h_i$
Zemin	0,0012	0,0012	3	0,0004
1	0,0027	0,0015	3	0,0005
2	0,0044	0,0017	3	0,00056667
3	0,0061	0,0017	3	0,00056667
4	0,0079	0,0018	3	0,0006
5	0,0097	0,0018	3	0,0006
6	0,0115	0,0018	3	0,0006
7	0,0131	0,0016	3	0,00053333
8	0,0146	0,0015	3	0,0005
9	0,0161	0,0015	3	0,0005
10	0,0173	0,0012	3	0,0004

Çizelge 5.43’te Sistem 1’in Y doğrultusu SPECY deprem yükü için yapılan göreli kat ötelemeleri kontrolleri ayrıntılı olarak yer almaktadır.

Çizelge 5.43 : Sistem 1, Y Doğrultusu –SPECY yükü göreli kat ötelemeleri kontrolü.

Kat	d_{imax}	$(d_i)_{max}$	h_i	$(d_i)_{max}/h_i$
Zemin	0,0021	0,0021	3	0,0007
1	0,0047	0,0026	3	0,00086667
2	0,0077	0,003	3	0,001
3	0,0108	0,0031	3	0,00103333
4	0,0138	0,003	3	0,001
5	0,0169	0,0031	3	0,00103333
6	0,0198	0,0029	3	0,00096667
7	0,0224	0,0026	3	0,00086667
8	0,0249	0,0025	3	0,00083333
9	0,0271	0,0022	3	0,00073333
10	0,0289	0,0018	3	0,0006

R=7 için $(\delta_i)_{max}/h_i \leq 0,00286$ olmak zorundadır. Çizelge 5.42’de SPECX yüklemesi göreli kat ötelemeleri her katta bu şartı sağlamaktadır.

R=7 için $(\delta_i)_{max}/h_i \leq 0,00286$ olmak zorundadır. Çizelge 5.43’te SPECY yüklemesi göreli kat ötelemeleri her katta bu şartı sağlamaktadır.

5.1.9 Mod birleştirme yöntemi iç kuvvetleri

5.1.9.1 Kolon iç kuvvetleri

Sistem 1’in mod birleştirme yöntemine göre çözümlenmesi ile elde edilen iç kuvvetlerden zemin kat kolonlarına ait en elverişsiz kesme kuvveti, normal kuvvet ve eğilme momenti değerleri Çizelge 5.44, Çizelge 5.45, Çizelge 5.46, Çizelge 5.47, Çizelge 5.48 ve Çizelge 5.49’da verilmiştir. Mod birleştirme yöntemi için oluşturulan depremli yük kombinasyonları aşağıdaki gibidir.

$$DX1= G+Q+SPECX+0,3SPECY$$

$$DX2= 0,9G+SPECX+0,3SPECY$$

$$DY1= G+Q+SPECY+0,3SPECX$$

$$DY2= 0,9G+SPECY+0,3SPECX$$

Çizelge 5.44 : Sistem 1, X Doğrultusu kesme kuvveti değerleri.

Kolon No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Kesme Kuvveti (kN)
S1	DX2	36,237
S2	DX2	138,03
S3	DX1	98,875
S4	DX2	109,146
S5	DX1	125,125

Çizelge 5.45 : Sistem 1, Y Doğrultusu kesme kuvveti değerleri.

Kolon No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Kesme Kuvveti (kN)
S1	DY1	118
S2	DY1	110
S3	DY1	132,106
S4	DY1	128,534
S5	DY2	103,821

Çizelge 5.46 : Sistem 1, X Doğrultusu normal kuvveti değerleri.

Kolon No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Normal Kuvveti (kN)
S1	DX1	-1207
S2	DX1	-2434,29
S3	DX1	-4049,94
S4	DX1	-4089,9
S5	DX1	-3702,36

Çizelge 5.47 : Sistem 1, Y Doğrultusu normal kuvveti değerleri.

Kolon No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Normal Kuvveti (kN)
S1	DY1	-1190,8
S2	DY1	-2127,2
S3	DY1	-4014,1
S4	DY1	-4113
S5	DY1	-3717,7

Çizelge 5.48 : Sistem 1, X Doğrultusu eğilme momenti değerleri.

Kolon No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Eğilme Momenti (kNm)
S1	DX2	80,74
S2	DX2	304,531
S3	DX1	213,89
S4	DX2	265,02
S5	DX1	288,79

Çizelge 5.49 : Sistem 1, X Doğrultusu eğilme momenti değerleri.

Kolon No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Eğilme Momenti (kNm)
S1	DY1	245,59
S2	DY1	210,56
S3	DY1	321,93
S4	DY1	282,56
S5	DY2	226,9

5.1.9.2 Perde iç kuvvetleri

Sistem 1'in mod birleştirme yöntemine göre çözümlenmesinden elde edilen zemin kat perdelerine ait en elverişsiz iç kuvvet değerleri Çizelge 5.50, Çizelge 5.51, Çizelge 5.52, Çizelge 5.53, Çizelge 5.54 ve Çizelge 5.55'de verilmiştir.

Çizelge 5.50 : Sistem 1, X doğrultusu kesme kuvveti değerleri.

Perde No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Kesme Kuvveti (kN)
P1	DX1	584,98
P2	DX1	610,94
P3	DX1	850,82
P4	DX2	1500,8
P5	DX1	650,423

Çizelge 5.51 : Sistem 1, Y doğrultusu kesme kuvveti değerleri.

Perde No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Kesme Kuvveti (kN)
P1	DY1	101,174
P2	DY2	49,07
P3	DY1	25,89
P4	DY2	64,3
P5	DY2	20,99

Çizelge 5.52 : Sistem 1, X doğrultusu normal kuvveti değerleri.

Perde No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Normal Kuvveti (kN)
P1	DX1	-5154,34
P2	DX1	-2279
P3	DX2	1361,44
P4	DX1	-6100,07
P5	DX2	3157,43

Çizelge 5.53 : Sistem 1, Y doğrultusu normal kuvveti değerleri.

Perde No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Normal Kuvveti (kN)
P1	DY1	-4742,2
P2	DY1	-2495,7
P3	DY2	1970,71
P4	DY1	-6071,29
P5	DY1	-1645,3

Çizelge 5.54 : Sistem 1, X doğrultusu eğilme momenti değerleri.

Perde No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Eğilme Momenti (kNm)
P1	DX1	3969,68
P2	DX2	5737,72
P3	DX1	1698,97
P4	DX2	13626,4
P5	DX1	3656,27

Çizelge 5.55 : Sistem 1, Y doğrultusu eğilme momenti değerleri.

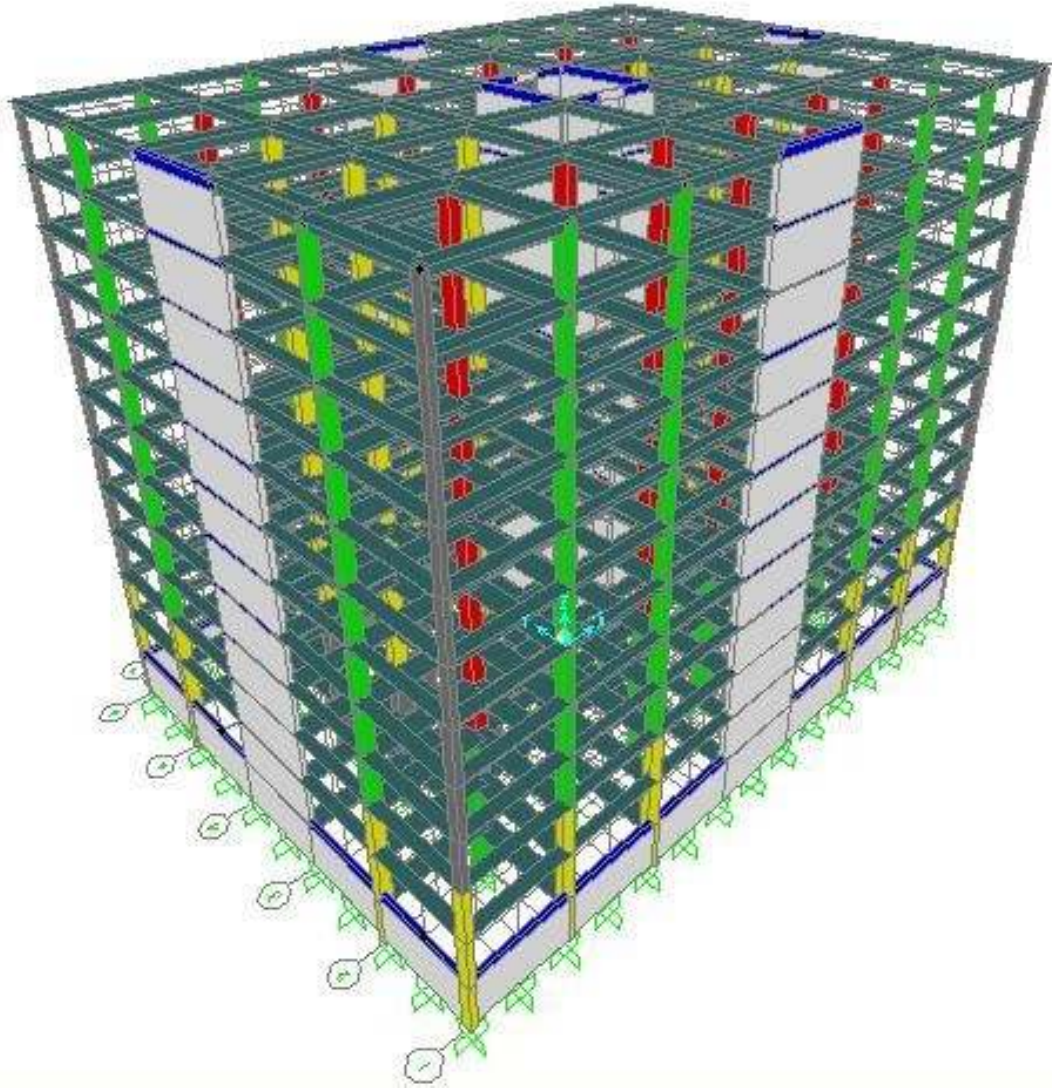
Perde No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Eğilme Momenti (kNm)
P1	DY1	184,87
P2	DY2	130,44
P3	DY1	45,86
P4	DY2	110,74
P5	DY1	36,78

5.2 Sistem 2, Planda Düzenli Taşıyıcı Sistem

Sistem 2, taşıyıcı sistemi bakımından planda simetrik ve düzenli olarak tasarlanmış yapı modelidir. Bu bölümde Sistem 2'ye ait deprem hesapları ve gerekli yönetmelik kontrolleri verilmiştir.

5.2.1 SAP2000 modelleme bilgileri

Planda taşıyıcı sistem yerleşimi bakımından simetrik olan Sistem 2, 5.1.1'de detaylı olarak açıklanan şekilde SAP2000 programında modellenmiştir. Her iki yapı  rneği için planda perde yerleşimi hariç tüm veriler aynıdır. şekil 5.5'te Sistem 2'ye ait 3 boyutlu SAP2000 görünümü yer almaktadır.



şekil 5.5 : Sistem 2, SAP2000 3 boyutlu görünümü.

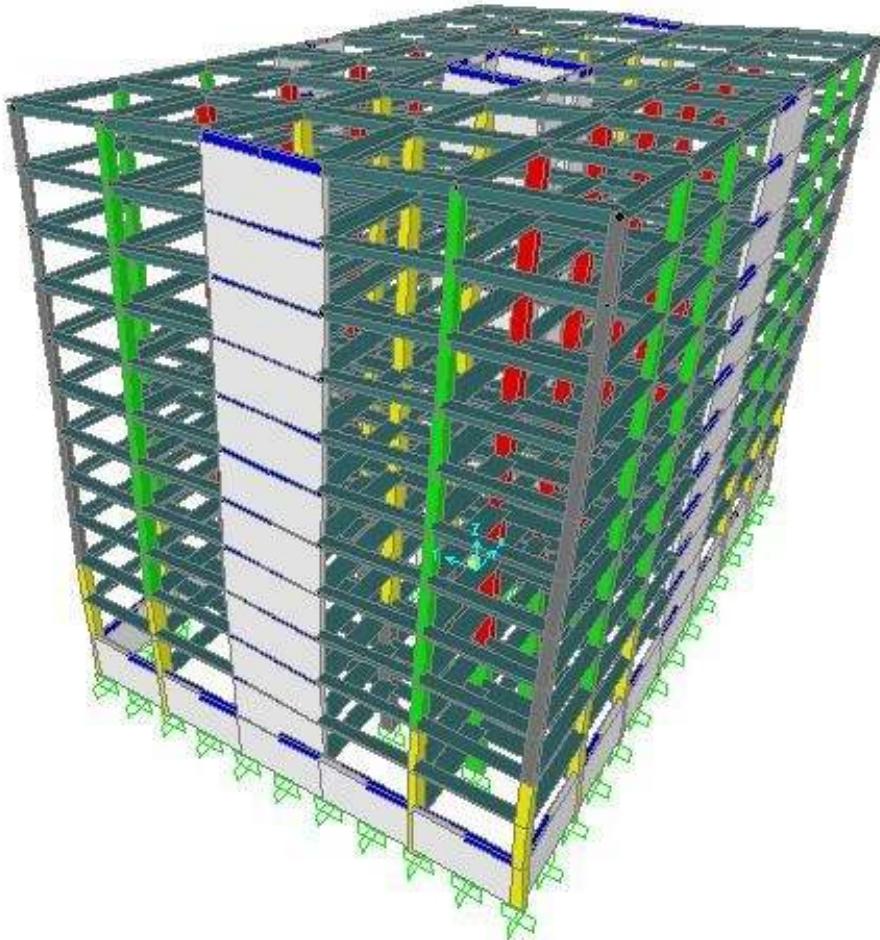
5.2.2 Dinamik analiz

Sistem 2'ye rijit bodrum katı hariç SAP2000'de modal analiz yaptırılarak X ve Y doğrultuları 1. doğal titreşim periyotları elde edilmiş ve eşdeğer yükü yöntemi hesabı yapılarak bodrum kat hariç tüm katlara gelen deprem yükleri bu yöntemle bulunmuştur. Rijit bodrum kata gelen deprem kuvvetleri ayrıca hesaplanmıştır. Çizelge 5.56'te Sistem 2'ye ait eşdeğer deprem yükü yönteminde kullanılacak 1. doğal titreşim periyotları yer almaktadır.

Çizelge 5.56 : Sistem 2 – 11 Katlı durum için 1. doğal titreşim periyotları.

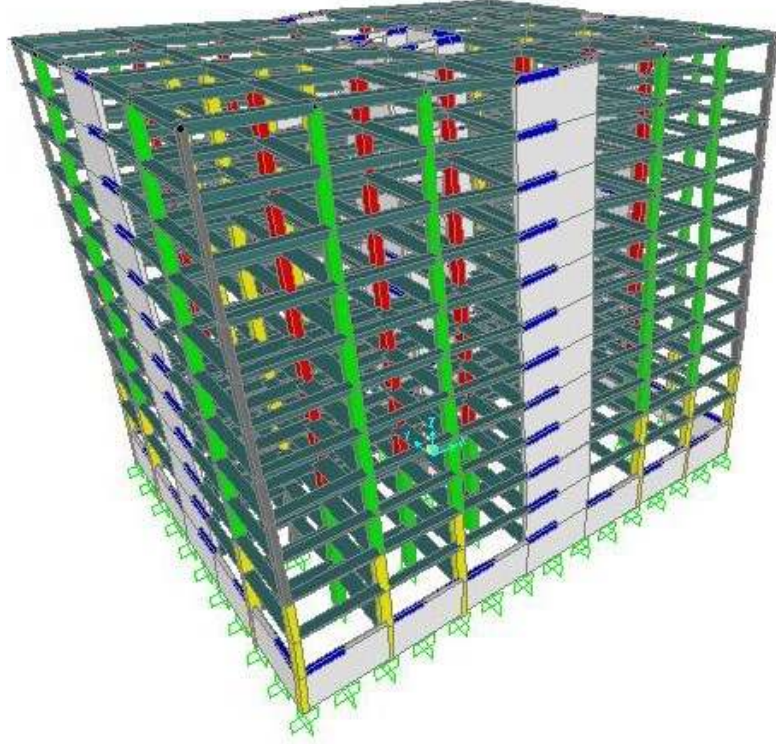
T_{1x} (s)	0,7008
T_{1y} (s)	0,6941

Şekil 5.6'da Sistem 2'ye ait SAP2000'den alınan 1. mod şekli görünümü yer almaktadır.



Şekil 5.6 : Sistem 2, 1. Mod şekli.

Şekil 5.7’de Sistem 2’ye ait SAP2000’den alınan 2. mod şekli görünümü yer almaktadır.



Şekil 5.7 : Sistem 2, 2. Mod şekli.

5.2.3 Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile deprem yüklerinin bulunması

Sistem 2 için Çizelge 5.56’te verilen periyotlardan yararlanılarak eşdeğer deprem yükü hesabı yapılmıştır (Çizelge 5.57).

Çizelge 5.57 : Sistem 2, X ve Y doğrultusu eşdeğer deprem hesabı.

T_{1x} (s)	0,7008	T_{1y} (s)	0,6941
$S(T_{1x})$	1,268124	$S(T_{1y})$	1,277907
$A(T_{1x})$	0,50725	$A(T_{1y})$	0,511163
ΣW (kN)	154508,2	ΣW (kN)	154508,2
$R_a(T_{1x})$	7	$R_a(T_{1x})$	7
V_{tx} (kN)	11196,32	V_{ty} (kN)	11282,7
F_{Nx} (kN)	923,6962	F_{Ny} (kN)	930,8224
$V_{tx}-F_{Nx}$ (kN)	10272,62	$V_{ty}-F_{Ny}$ (kN)	10351,87

Çizelge 5.57’te belirtilen X ve Y doğrultuları deprem kuvvetleri **(5.2)**’ye göre katlara dağıtılmıştır. Çizelge 5.58’te hesabın ayrıntıları verilmiştir.

Çizelge 5.58 : Sistem 2, X ve Y doğrultuları eşdeğer deprem kuvvetleri.

Kat	H _i (m)	W _i (kN)	W _i xH _i	$\frac{(W_i x H_i)}{\sum (W_j x H_j)}$	F _{ix} (kN)	F _{iy} (kN)
10	33	14046,2	463523,9	0,16667	2635,8	2656,1
9	30	14046,2	421385,4	0,15152	1556,5	1568,5
8	27	14046,2	379246,9	0,13636	1400,8	1411,6
7	24	14046,2	337108,3	0,12121	1245,2	1254,8
6	21	14046,2	294969,8	0,10606	1089,5	1097,9
5	18	14046,2	252831,2	0,09091	933,87	941,08
4	15	14046,2	210692,7	0,07576	778,23	784,23
3	12	14046,2	168554,2	0,06061	622,58	627,39
2	9	14046,2	126415,6	0,04545	466,94	470,54
1	6	14046,2	84277,08	0,0303	311,29	313,69
Zemin	3	14046,2	42138,54	0,01515	155,65	156,85

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) 2007’ye göre rijit bodrum kata ait deprem yüklerinin hesabı için her iki doğrultuda periyotlar T=0 kabul edilmiş ve **(5.1)**’deki R_a(T)=1,5 olarak alınmıştır. Buna göre Sistem 2’ye ait rijit bodrum katta X ve Y doğrultuları için bulunan deprem kuvveti V=10216 kN’dur.

Çizelge 5.58’de elde edilen ve rijit bodrum kat için ayrıca bulunan X ve Y doğrultularındaki deprem kuvvetleri SAP2000 programına eklenmiş ve bu kuvvetler sisteme kat kütle merkezlerinden ve ±0,05 eksantrisitenin olduğu yerlerden uygulanmıştır.

Çizelge 5.59’da SAP2000’de tanımlanan deprem yüklerinin doğrultu ve eksantrisiteleri verilmiştir.

Çizelge 5.59 : Sistem 2, SAP2000’de tanımlanan eşdeğer deprem yükleri.

X Doğrultusu	Y Doğrultusu	Eksantirisite
EXP	EYP	0,05
EXN	EYN	-0,05
EX	EY	Yok

5.2.4 Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre düzensizlik kontrolleri

Sistem 2’nin eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yapılan çözümlemesinden elde edilen değerler için A1, B2 düzensizlik ve görelî kat ötelemeleri kontrolleri yapılmıştır.

5.2.4.1 A1 burulma düzensizliği kontrolü

Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yapılan çözümleme sonucunda zemin kattan itibaren her katta maksimum ve minimum kat ötelemeleri okunmuş ve A1 düzensizliği kontrolü yapılmıştır. Çizelge 5.60’da Sistem 2’nin X doğrultusu EXP ve EXN deprem yükleri için yapılan burulma düzensizliği kontrolleri ayrıntılı olarak yer almaktadır.

Çizelge 5.60 : Sistem 2, X Doğrultusu – EXP, EXN yükü A1 düzensizliği kontrolü.

Kat	d_{imax}	d_{imin}	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{ort}$	η_{bi}
Zemin	0,0015	0,0014	0,0015	0,0014	0,00145	1,03
1	0,0033	0,0029	0,0018	0,0015	0,00165	1,09
2	0,0055	0,0048	0,0022	0,0019	0,00205	1,07
3	0,0079	0,0069	0,0024	0,0021	0,00225	1,07
4	0,0105	0,0091	0,0026	0,0022	0,0024	1,08
5	0,0131	0,0113	0,0026	0,0022	0,0024	1,08
6	0,0156	0,0135	0,0025	0,0022	0,00235	1,06
7	0,018	0,0155	0,0024	0,002	0,0022	1,09
8	0,0203	0,0175	0,0023	0,002	0,00215	1,07
9	0,0225	0,0194	0,0022	0,0019	0,00205	1,07
10	0,0244	0,021	0,0019	0,0016	0,00175	1,09

Çizelge 5.61’de Sistem 2’nin y doğrultusu EYP ve EYN deprem yükleri için yapılan burulma düzensizliği kontrolleri ayrıntılı olarak yer almaktadır.

Çizelge 5.61 : Sistem 2, Y Doğrultusu – EYP, EYN yükü A1 düzensizliği kontrolü.

Kat	d_{imax}	d_{imin}	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{ort}$	η_{bi}
Zemin	0,0017	0,0014	0,0017	0,0014	0,00155	1,1
1	0,0035	0,0028	0,0018	0,0014	0,0016	1,13
2	0,0058	0,0045	0,0023	0,0017	0,002	1,15
3	0,0084	0,0064	0,0026	0,0019	0,00225	1,16
4	0,0112	0,0084	0,0028	0,002	0,0024	1,17
5	0,014	0,0105	0,0028	0,0021	0,00245	1,14
6	0,0168	0,0126	0,0028	0,0021	0,00245	1,14
7	0,0196	0,0147	0,0028	0,0021	0,00245	1,14
8	0,0222	0,0166	0,0026	0,0019	0,00225	1,16
9	0,0248	0,0185	0,0026	0,0019	0,00225	1,16
10	0,0271	0,0203	0,0023	0,0018	0,00205	1,12

Çizelge 5.60’da EXP ve EXN yüklemeleri için yapılan çözümlemede aynı burulma katsayısı değerleri elde edilmiş olup, burulma düzensizliği katsayılarının 1,2 değerini aşmadığı görülmüştür. Burulma düzensizliği katsayıları her katta 1 civarında çıkmaktadır. Bu yükleme durumları için burulma düzensizliği saptanmamıştır.

Çizelge 5.61’de EYP ve EYN yüklemeleri için yapılan çözümlemede aynı burulma düzensizliği katsayıları elde edilmiş olup, burulma düzensizliği katsayılarının 1,2 değerini aşmadığı görülmüştür. Burulma düzensizliği katsayıları her katta 1,1 civarındadır ve X doğrultusunda elde edilen değerlerden daha büyük çıkmaktadır. Bu yükleme durumları için burulma düzensizliği saptanmamıştır.

5.2.4.2 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Her iki doğrultuda kat kütle merkezlerinden ve $\pm 0,05$ eksantirisiteli olarak etkiyen deprem yükleri için yapılan analiz sonucu (5.6)’ya göre B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat düzensizliği) kontrolü yapılmıştır.

Çizelge 5.62 ve Çizelge 5.63'te X doğrultusu deprem yükleri için yapılan B2 düzensizliği kontrolleri ayrıntılı olarak yer almaktadır.

Çizelge 5.62 : Sistem 2, X Doğrultusu – EXP, EXN yükü B2 düzensizliği kontrolü.

Kat	d_{imax}	d_{imin}	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{ort}$	η_{ki}	η_{ki}
Zemin	0,0015	0,0014	0,0015	0,0014	0,0015	-	0,879
1	0,0033	0,0029	0,0018	0,0015	0,0017	1,138	0,805
2	0,0055	0,0048	0,0022	0,0019	0,0021	1,242	0,911
3	0,0079	0,0069	0,0024	0,0021	0,0023	1,098	0,938
4	0,0105	0,0091	0,0026	0,0022	0,0024	1,067	1
5	0,0131	0,0113	0,0026	0,0022	0,0024	1	1,021
6	0,0156	0,0135	0,0025	0,0022	0,0024	0,979	1,068
7	0,018	0,0155	0,0024	0,002	0,0022	0,936	1,023
8	0,0203	0,0175	0,0023	0,002	0,0022	0,977	1,049
9	0,0225	0,0194	0,0022	0,0019	0,0021	0,953	1,171
10	0,0244	0,021	0,0019	0,0016	0,0018	0,854	-

Çizelge 5.63 : Sistem 2, X Doğrultusu - EX yükü B2 düzensizliği kontrolü.

Kat	d_{imax}	d_{imin}	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{ort}$	η_{ki}	η_{ki}
Zemin	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	-	0,938
1	0,0031	0,0031	0,0016	0,0016	0,0016	1,067	0,762
2	0,0052	0,0052	0,0021	0,0021	0,0021	1,313	0,955
3	0,0074	0,0074	0,0022	0,0022	0,0022	1,048	0,917
4	0,0098	0,0098	0,0024	0,0024	0,0024	1,091	1
5	0,0122	0,0122	0,0024	0,0024	0,0024	1	1,043
6	0,0145	0,0145	0,0023	0,0023	0,0023	0,958	1
7	0,0168	0,0168	0,0023	0,0023	0,0023	1	1,095
8	0,0189	0,0189	0,0021	0,0021	0,0021	0,913	1,05
9	0,0209	0,0209	0,002	0,002	0,002	0,952	1,111
10	0,0227	0,0227	0,0018	0,0018	0,0018	0,9	-

Çizelge 5.64'te Y doğrultusu EYP ve EYN deprem yükleri için yapılan B2 düzensizliği kontrolleri ayrıntılı olarak yer almaktadır.

Çizelge 5.64 : Sistem 2, Y Doğrultusu - EYP, EYN yükü B2 düzensizliği kontrolü.

Kat	d_{imax}	d_{imin}	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{ort}$	η_{ki}	η_{ki}
Zemin	0,0017	0,0014	0,0017	0,0014	0,0016	-	0,969
1	0,0035	0,0028	0,0018	0,0014	0,0016	1,032	0,8
2	0,0058	0,0045	0,0023	0,0017	0,002	1,25	0,889
3	0,0084	0,0064	0,0026	0,0019	0,0023	1,125	0,938
4	0,0112	0,0084	0,0028	0,002	0,0024	1,067	0,98
5	0,014	0,0105	0,0028	0,0021	0,0025	1,021	1
6	0,0168	0,0126	0,0028	0,0021	0,0025	1	1
7	0,0196	0,0147	0,0028	0,0021	0,0025	1	1,089
8	0,0222	0,0166	0,0026	0,0019	0,0023	0,918	1
9	0,0248	0,0185	0,0026	0,0019	0,0023	1	1,098
10	0,0271	0,0203	0,0023	0,0018	0,0021	0,911	-

EXP ve EXN yüklemeleri için yapılan çözümleme sonucunda elde edilen yumuşak kat düzensizliği katsayıları 2 üst sınır değerini geçmemektedir. Bu yüklemeler için yumuşak kat düzensizliği mevcut değildir (Çizelge 5.62).

EX yüklemesi için yapılan çözümleme sonucunda elde edilen yumuşak kat düzensizliği katsayıları 2 üst sınır değerini geçmemektedir. Bu yüklemesi için yumuşak kat düzensizliği mevcut değildir (Çizelge 5.63).

EYP ve EYN yüklemeleri için yapılan çözümleme sonucunda elde edilen yumuşak kat düzensizliği katsayıları 2 üst sınır değerini geçmemektedir. Bu yüklemeler için yumuşak kat düzensizliği mevcut değildir (Çizelge 5.64).

EY yüklemesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen yumuşak kat düzensizliği katsayıları 2 üst sınır değerini geçmemektedir. Bu yüklemesi için yumuşak kat düzensizliği mevcut değildir (Çizelge 5.65).

Çizelge 5.65 : Sistem 2, Y Doğrultusu - EY yükü B2 düzensizliği kontrolü.

Kat	d_{imax}	d_{imin}	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{ort}$	η_{ki}	η_{ki}
Zemin	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	-	0,938
1	0,0031	0,0031	0,0016	0,0016	0,0016	1,067	0,762
2	0,0052	0,0052	0,0021	0,0021	0,0021	1,313	0,955
3	0,0074	0,0074	0,0022	0,0022	0,0022	1,048	0,917
4	0,0098	0,0098	0,0024	0,0024	0,0024	1,091	0,96
5	0,0123	0,0123	0,0025	0,0025	0,0025	1,042	1,042
6	0,0147	0,0147	0,0024	0,0024	0,0024	0,96	1
7	0,0171	0,0171	0,0024	0,0024	0,0024	1	1,043
8	0,0194	0,0194	0,0023	0,0023	0,0023	0,958	1
9	0,0217	0,0217	0,0023	0,0023	0,0023	1	1,15
10	0,0237	0,0237	0,002	0,002	0,002	0,87	-

5.2.4.3 Göreli kat ötelemeleri kontrolü

Her iki deprem doğrultusu için yapılan analizlerden elde edilen en büyük göreli kat ötelemelerinin 5.1.3.3’de belirtilen şartı sağlaması gerekmektedir.

Sistem 2’nin X ve Y doğrultusu göreli kat ötelemeleri kontrolleri Çizelge 5.66, Çizelge 5.67, Çizelge 5.68 ve Çizelge 5.69’da ayrıntılı olarak verilmiştir. Tüm deprem yükleri için yapılan çözümlerlerden okunan değerlerde bu şartın sağlandığı görülmüştür.

Tüm katlarda R=7 için $(\delta_i)_{max}/h_i \leq 0,00286$ olmak zorundadır. Çizelge 5.66’da EXP ve EXN yüklemeleri göreli kat ötelemelerinin her katta bu şartı sağladığı görülmektedir.

Tüm katlarda R=7 için $(\delta_i)_{max}/h_i \leq 0,00286$ olmak zorundadır. Çizelge 5.67’de EX yüklemesi göreli kat ötelemelerinin her katta bu şartı sağladığı görülmektedir.

Tüm katlarda R=7 için $(\delta_i)_{max}/h_i \leq 0,00286$ olmak zorundadır. Çizelge 5.68’de EYP ve EYN yüklemeleri göreli kat ötelemeleri her katta bu şartı sağlamaktadır.

Tüm katlarda R=7 için $(\delta_i)_{max}/h_i \leq 0,00286$ olmak zorundadır. Çizelge 5.69’da EY yüklemesi göreli kat ötelemeleri her katta bu şartı sağlamaktadır.

Çizelge 5.66 : Sistem 2, X Doğrultusu – EXP, EXN göreli kat ötelemeleri kontrolü.

Kat	d_{imax}	$(d_i)_{max}$	h_i	$(d_i)_{max}/h_i$
Zemin	0,0015	0,0015	3	0,0005
1	0,0033	0,0018	3	0,0006
2	0,0055	0,0022	3	0,000733
3	0,0079	0,0024	3	0,0008
4	0,0105	0,0026	3	0,000867
5	0,0131	0,0026	3	0,000867
6	0,0156	0,0025	3	0,000833
7	0,018	0,0024	3	0,0008
8	0,0203	0,0023	3	0,000767
9	0,0225	0,0022	3	0,000733
10	0,0244	0,0019	3	0,000633

Çizelge 5.67 : Sistem 2, X Doğrultusu - EX göreli kat ötelemeleri kontrolü.

Kat	d_{imax}	$(d_i)_{max}$	h_i	$(d_i)_{max}/h_i$
Zemin	0,0015	0,0015	3	0,0005
1	0,0031	0,0016	3	0,000533
2	0,0052	0,0021	3	0,0007
3	0,0074	0,0022	3	0,000733
4	0,0098	0,0024	3	0,0008
5	0,0122	0,0024	3	0,0008
6	0,0145	0,0023	3	0,000767
7	0,0168	0,0023	3	0,000767
8	0,0189	0,0021	3	0,0007
9	0,0209	0,002	3	0,000667
10	0,0227	0,0018	3	0,0006

Çizelge 5.68 : Sistem 2, Y Doğrultusu – EYP, EYN göreli kat ötelemeleri kontrolü.

Kat	d_{imax}	$(d_i)_{max}$	h_i	$(d_i)_{max}/h_i$
Zemin	0,0017	0,0017	3	0,000567
1	0,0035	0,0018	3	0,0006
2	0,0058	0,0023	3	0,000767
3	0,0084	0,0026	3	0,000867
4	0,0112	0,0028	3	0,000933
5	0,014	0,0028	3	0,000933
6	0,0168	0,0028	3	0,000933
7	0,0196	0,0028	3	0,000933
8	0,0222	0,0026	3	0,000867
9	0,0248	0,0026	3	0,000867
10	0,0271	0,0023	3	0,000767

Çizelge 5.69 : Sistem 2, Y Doğrultusu - EY göreli kat ötelemeleri kontrolü.

Kat	d_{imax}	$(d_i)_{max}$	h_i	$(d_i)_{max}/h_i$
Zemin	0,0015	0,0015	3	0,0005
1	0,0031	0,0016	3	0,00053
2	0,0052	0,0021	3	0,0007
3	0,0074	0,0022	3	0,00073
4	0,0098	0,0024	3	0,0008
5	0,0123	0,0025	3	0,00083
6	0,0147	0,0024	3	0,0008
7	0,0171	0,0024	3	0,0008
8	0,0194	0,0023	3	0,00077
9	0,0217	0,0023	3	0,00077
10	0,0237	0,002	3	0,00067

5.2.5 Eşdeğer deprem yükü yöntemi iç kuvvetleri

Sistem 2'nin eşdeğer deprem yükü yöntemine göre çözümlenmesinden elde edilen zemin kat kolonlarına ait elverişsiz kesme kuvveti, normal kuvvet ve eğilme momenti değerleri bu bölümde verilmiştir.

5.2.5.1 Kolon iç kuvvetleri

Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre çözümlenen Sistem 2'nin zemin katına ait kolonlarının iç kuvvetleri Çizelge 5.70, Çizelge 5.71, Çizelge 5.72, Çizelge 5.73, Çizelge 5.74, Çizelge 5.75'de verilmiştir.

Çizelge 5.70 : Sistem 2, X doğrultusu kesme kuvvetleri değerleri.

Kolon No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Kesme Kuvveti (kN)
S1	DX8	-49,72
S2	DX3	115,24
S3	DX2	74,03
S4	DX8	-87,71
S5	DX2	97,82

Çizelge 5.71 : Sistem 2, Y doğrultusu kesme kuvvetleri değerleri.

Kolon No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Kesme Kuvveti (kN)
S1	DY9	71,94
S2	DY9	72,84
S3	DY9	76,42
S4	DY9	68,14
S5	DY9	65,79

Çizelge 5.72 : Sistem 2, X doğrultusu normal kuvvetleri değerleri.

Kolon No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Normal Kuvveti (kN)
S1	DX15	-2001,7
S2	DX15	-2825,1
S3	DX7	-4172,7
S4	DX15	-4100,5
S5	DX15	-4129,6

Çizelge 5.73 : Sistem 2, Y doğrultusu normal kuvvetleri değerleri.

Kolon No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Normal Kuvveti (kN)
S1	DY10	-2005,2
S2	DY12	-2994,4
S3	DY2	-4185,4
S4	DY12	-4213,1
S5	DY10	-4120,2

Çizelge 5.74 : Sistem 2, X doğrultusu eğilme momenti değerleri.

Kolon No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Eğilme Momenti (kNm)
S1	DX8	-85,87
S2	DX3	252,41
S3	DX2	168,29
S4	DX8	-225,22
S5	DX1	229,15

Çizelge 5.75 : Sistem 2, Y doğrultusu eğilme momenti değerleri.

Kolon No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Eğilme Momenti (kNm)
S1	DY9	145,86
S2	DY9	130,93
S3	DY12	202,476
S4	DY12	155,9
S5	DY12	149,69

5.2.5.2 Perde iç kuvvetleri

Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre çözümlenen Sistem 2'nin zemin katına ait perdelerin iç kuvvetleri Çizelge 5.76, Çizelge 5.77, Çizelge 5.78, Çizelge 5.79, Çizelge 5.80, Çizelge 5.81'de verilmiştir.

Çizelge 5.76 : Sistem 2, X doğrultusu kesme kuvveti değerleri.

Perde No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Kesme Kuvveti (kN)
P1	DX5	-3154,7
P2	DX8	-1143,6
P3	DX3	677,46
P4	DX8	-557,63

Çizelge 5.77 : Sistem 2, Y doğrultusu kesme kuvveti değerleri.

Perde No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Kesme Kuvveti (kN)
P1	DY1	119,12
P2	DY2	77,38
P3	DY15	-18,8
P4	DY1	-22,76

Çizelge 5.78 : Sistem 2, X doğrultusu normal kuvveti değerleri.

Perde No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Normal Kuvveti (kN)
P1	DX1	-4872
P2	DX5	-5668
P3	DX15	-4016,1
P4	DX5	-10130

Çizelge 5.79 : Sistem 2, Y doğrultusu normal kuvveti değerleri.

Perde No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Normal Kuvveti (kN)
P1	DY1	-5711,8
P2	DY2	-4882,3
P3	DY12	-4997
P4	DY2	-5295,2

Çizelge 5.80 : Sistem 2, X doğrultusu eğilme momenti değerleri.

Perde No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Eğilme Momenti (kNm)
P1	DX5	-26701
P2	DX8	-10196
P3	DX3	1512,24
P4	DX8	-4316,9

Çizelge 5.81 : Sistem 2, Y doğrultusu eğilme momenti değerleri.

Perde No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Eğilme Momenti (kNm)
P1	DY1	191,33
P2	DY2	111,34
P3	DY14	-37,62
P4	DY1	-41,63

5.2.6 Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre donatı hesabı

Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre Sistem 2 için yapılan çözümleme sonucu elde edilen iç kuvvetler ile SAP2000 programından yararlanılarak, zemin kat kiriş, kolon ve perdeleri için donatı hesabı yapılmıştır. Kiriş ve kolon donatı alanları SAP2000 programı yardımı ile bulunarak, boyuna donatılar TS500 ve DBYBHY 2007'ye uygun şekilde seçilmiştir. Perde donatı alanları en elverişsiz momente göre abaklar yardımı ile elde hesapla bulunmuş ve başlık ve gövde donatıları seçilmiştir. Aşağıda kiriş, kolon ve perdeler için seçilen donatılar çizelgeler halinde verilmiştir (Çizelge 5.82, Çizelge 5.83, Çizelge 5.84). Seçilen donatılara ait boylar hesaplanarak zemin kat için kiriş, kolon ve perde donatı metraj hesabı yapılmış ve zemin kat için donatı maliyeti bulunmuştur.

Çizelge 5.82 : Sistem 2, Zemin kat kiriş donatıları.

Akslar	1-1	2-2	3-3	4-4	5-5	6-6	A-A	B-B	C-C	D-D	E-E	F-F	G-G	H-H
Alt Donatı	3Φ16	3Φ16	3Φ18	3Φ18	3Φ16	3Φ16	3Φ16	3Φ16	3Φ16	3Φ18	3Φ18	3Φ16	3Φ16	3Φ16
Montaj Donatısı	3Φ12	3Φ12	3Φ14	3Φ14	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ14	3Φ14	3Φ12	3Φ12	3Φ12
Üst Ek Donatı	4Φ16	4Φ18	4Φ20	4Φ21	4Φ18	4Φ16	4Φ16	4Φ18	4Φ18	4Φ20	4Φ21	4Φ18	4Φ18	4Φ16

Çizelge 5.83 : Sistem 2, Zemin kat kolon donatıları.

Kolon	Boyuna Donatı
S1	12Φ18
S2	18Φ18
S3	24Φ20
S4	24Φ20
S5	24Φ20

Çizelge 5.84 : Sistem 2, Zemin kat perde donatıları.

Perde	Başlık Donatısı	Gövde Donatısı
P1	30Φ22	16Φ14
P2	30Φ22	16Φ14
P3	12Φ22	6Φ14
P4	30Φ22	16Φ14

Seçilen donatılar için metraj yapılarak zemin kat donatı maliyeti 23271, 6 TL bulunmuştur.

5.2.7 Mod birleştirme yöntemi ile deprem hesabı

Sistem 2 için mod birleştirme yöntemi ile deprem hesabı yapılmış ve elde edilen değerleri için gerekli yönetmelik kontrolleri bu bölümde verilmiştir.

5.2.7.1 Azaltılmış ivme tepki spektrumunun SAP2000’de oluşturulması

Her iki yapı örneği için de yerel zemin sınıfları Z1 olarak seçilmiştir. 5.1.5.1’de Sistem 1 için SAP2000’de azaltılmış ivme spektrumunun oluşturulması aşamaları aynı şekilde Sistem 2 için yapılmıştır.

5.2.6.2 Mod birleştirme yöntemi deprem yüklerinin oluşturulması

5.1.5.2’de SAP2000 programında oluşturulma aşamaları detaylı olarak anlatılan deprem yükleri SPECX ve SPECY aynı şekilde Sistem 2 için de oluşturulmuş ve çözümleme yapılmıştır. Şekil 5.8’de Sistem 2 için SAP2000’de SPECY deprem yükünün oluşturulması gösterilmektedir.

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: SPECY [Set Def Name] Notes: [Modify/Show...]

Load Case Type: Response Spectrum [Design...]

Modal Combination:

- ☒ CQC GMC f1: 1.0 GMC f2: 0.0
- ☐ SRSS
- ☐ Absolute
- ☐ GMC
- ☐ NRC 10 Percent
- ☐ Double Sum

Periodic + Rigid Type: SRSS

Directional Combination:

- ☒ SRSS
- ☐ Absolute

Scale Factor: []

Modal Load Case:

Use Modes from this Modal Load Case: MODAL

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U2	SPEKZ1	0.5607
Accel	U2	SPEKZ1	0.5607

[Add] [Modify] [Delete]

☐ Show Advanced Load Parameters

Other Parameters:

Modal Damping: Constant at 0,05 [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Şekil 5.8 : Sistem 2, SAP2000’de SPECY deprem yükünün oluşturulması.

5.2.8 Mod birleştirme yöntemine göre düzensizlik kontrolleri

Sistem 2'nin mod birleştirme yöntemine göre çözümlenmesinden elde edilen değerler için A1 burulma düzensizliği, B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği ve görel kat ötelemeleri kontrolleri bu bölümde yapılmıştır.

5.2.8.1 A1 Burulma düzensizliği kontrolü

Mod birleştirme yöntemine göre 5.1.5.2'de tanımlanan SPECX ve SPECY deprem yüklerine göre çözümleme yapılmış ve bu yüklemeler için görel kat ötelemeleri okunmuştur. Çizelge 5.85'de Sistem 2'nin X doğrultusu SPECX deprem yüklemesi için yapılan A1 burulma düzensizliği kontrolleri ayrıntılı olarak yer almaktadır.

Çizelge 5.85 : Sistem 2, X Doğrultusu - SPECX yükü A1 düzensizliği kontrolü.

Kat	d_{imax}	d_{imin}	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{ort}$	η_{bi}
Zemin	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	1
1	0,002	0,002	0,0011	0,0011	0,0011	1
2	0,0034	0,0034	0,0014	0,0014	0,0014	1
3	0,0048	0,0048	0,0014	0,0014	0,0014	1
4	0,0064	0,0064	0,0016	0,0016	0,0016	1
5	0,0079	0,0079	0,0015	0,0015	0,0015	1
6	0,0094	0,0094	0,0015	0,0015	0,0015	1
7	0,0108	0,0108	0,0014	0,0014	0,0014	1
8	0,0122	0,0122	0,0014	0,0014	0,0014	1
9	0,0135	0,0135	0,0013	0,0013	0,0013	1
10	0,0146	0,0146	0,0011	0,0011	0,0011	1

Çizelge 5.85'de SPECX deprem yükü için yapılan çözümleme sonucu okunan görel kat ötelemelerinden hesaplanan A1 burulma düzensizliği katsayıları 1,2'nin altında kalmaktadır. Burulma düzensizliği katsayıları her katta 1 çıkmaktadır. Bu yükleme durumu için burulma düzensizliği saptanmamıştır.

Çizelge 5.86’da Sistem 2’nin Y doğrultusu SPECY deprem yüklemesi için yapılan burulma düzensizliği kontrolleri ayrıntılı olarak yer almaktadır.

Çizelge 5.86 : Sistem 2, Y Doğrultusu - SPECY yükü A1 düzensizliği kontrolü.

Kat	d_{imax}	d_{imin}	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{ort}$	η_{bi}
Zemin	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	1
1	0,002	0,002	0,0011	0,0011	0,0011	1
2	0,0033	0,0033	0,0013	0,0013	0,0013	1
3	0,0047	0,0047	0,0014	0,0014	0,0014	1
4	0,0062	0,0062	0,0015	0,0015	0,0015	1
5	0,0078	0,0078	0,0016	0,0016	0,0016	1
6	0,0093	0,0093	0,0015	0,0015	0,0015	1
7	0,0108	0,0108	0,0015	0,0015	0,0015	1
8	0,0122	0,0122	0,0014	0,0014	0,0014	1
9	0,0136	0,0136	0,0014	0,0014	0,0014	1
10	0,0149	0,0149	0,0013	0,0013	0,0013	1

Çizelge 5.86’de SPECY deprem yükü için yapılan çözümleme sonucu okunan görelî kat ötelemelerinden hesaplanan burulma düzensizliği katsayıları 1,2’nin altında kalmaktadır. Burulma düzensizliği katsayıları her katta 1 değerini almaktadır. Bu yükleme durumu için burulma düzensizliği saptanmamıştır.

5.2.8.2 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Her iki doğrultuda kat kütle merkezlerinden ve arttırılmış eksantirisiteli olarak etkiyen deprem yükleri için yapılan çözümleme sonucu (5.6)’ya göre B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat düzensizliği) kontrolü yapılmıştır. X ve Y doğrultusu deprem yüklemeleri için yapılan kontrollerde yumuşak kat düzensizliğine rastlanmamıştır.

Çizelge 5.87 ve Çizelge 5.88’de X ve Y doğrultusu deprem yüklemeleri için yapılan yumuşak kat düzensizliği kontrolleri yer almaktadır.

Çizelge 5.87 : Sistem 2, X Doğrultusu - SPECX yükü B2 düzensizliği kontrolü.

Kat	d_{imax}	d_{imin}	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{ort}$	η_{ki}	η_{ki}
Zemin	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	-	0,818
1	0,002	0,002	0,0011	0,0011	0,0011	1,222	0,786
2	0,0034	0,0034	0,0014	0,0014	0,0014	1,273	1
3	0,0048	0,0048	0,0014	0,0014	0,0014	1	0,875
4	0,0064	0,0064	0,0016	0,0016	0,0016	1,143	1,067
5	0,0079	0,0079	0,0015	0,0015	0,0015	0,938	1
6	0,0094	0,0094	0,0015	0,0015	0,0015	1	1,071
7	0,0108	0,0108	0,0014	0,0014	0,0014	0,933	1
8	0,0122	0,0122	0,0014	0,0014	0,0014	1	1,077
9	0,0135	0,0135	0,0013	0,0013	0,0013	0,929	1,182
10	0,0146	0,0146	0,0011	0,0011	0,0011	0,846	-

Çizelge 5.88 : Sistem 2, Y Doğrultusu - SPECY yükü B2 düzensizliği kontrolü.

Kat	d_{imax}	d_{imin}	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{ort}$	η_{ki}	η_{ki}
Zemin	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	-	0,818
1	0,002	0,002	0,0011	0,0011	0,0011	1,22	0,846
2	0,0033	0,0033	0,0013	0,0013	0,0013	1,18	0,929
3	0,0047	0,0047	0,0014	0,0014	0,0014	1,08	0,933
4	0,0062	0,0062	0,0015	0,0015	0,0015	1,07	0,938
5	0,0078	0,0078	0,0016	0,0016	0,0016	1,07	1,067
6	0,0093	0,0093	0,0015	0,0015	0,0015	0,94	1
7	0,0108	0,0108	0,0015	0,0015	0,0015	1	1,071
8	0,0122	0,0122	0,0014	0,0014	0,0014	0,93	1
9	0,0136	0,0136	0,0014	0,0014	0,0014	1	1,077
10	0,0149	0,0149	0,0013	0,0013	0,0013	0,93	-

Çizelge 5.87’de SPECX yüklemesi için yapılan çözümleme sonucunda elde edilen yumuşak kat düzensizliği katsayıları 2 üst sınır değerini geçmemektedir. Bu yükleme için yumuşak kat düzensizliği mevcut değildir.

Çizelge 5.88’de SPECY yüklemesi için yapılan çözümleme sonucunda elde edilen yumuşak kat düzensizliği katsayıları 2 üst sınır değerini geçmemektedir. Bu yükleme için yumuşak kat düzensizliği mevcut değildir.

5.2.8.3 Göreli kat ötelemeleri kontrolü

Her iki deprem doğrultusu için yapılan çözümlemelerden elde edilen en büyük göreli kat ötelemelerinin 5.1.3.3’de belirtilen şartı sağlaması gerekmektedir. Çizelge 5.89 ve Çizelge 5.90’da SPECX ve SPECY deprem yükleri için yapılan çözümlemelerden elde edilen değerler için göreli kat ötelemeleri kontrolleri yapılmış ve bu şartın sağlandığı görülmüştür.

Tüm katlarda $R=7$ için $(\delta_i)_{\max}/h_i \leq 0,00286$ olmak zorundadır. Çizelge 5.89 ve Çizelge 5.90’da X ve Y deprem yüklemeleri için yapılan kontrollerde Sistem 2’ye ait her kat bu şartı sağlamaktadır.

Çizelge 5.89 : Sistem 2, X Doğrultusu - SPECX göreli kat ötelemeleri kontrolü.

Kat	$d_{i\max}$	$(d_i)_{\max}$	h_i	$(d_i)_{\max}/h_i$
Zemin	0,0009	0,0009	3	0,0003
1	0,002	0,0011	3	0,00036667
2	0,0034	0,0014	3	0,00046667
3	0,0048	0,0014	3	0,00046667
4	0,0064	0,0016	3	0,00053333
5	0,0079	0,0015	3	0,0005
6	0,0094	0,0015	3	0,0005
7	0,0108	0,0014	3	0,00046667
8	0,0122	0,0014	3	0,00046667
9	0,0135	0,0013	3	0,00043333
10	0,0146	0,0011	3	0,00036667

Çizelge 5.90 : Sistem 2, Y Doğrultusu - SPECY göreli kat ötelemeleri kontrolü.

Kat	$d_{i\max}$	$(d_i)_{\max}$	h_i	$(d_i)_{\max}/h_i$
Zemin	0,0009	0,0009	3	0,0003
1	0,002	0,0011	3	0,0003667
2	0,0033	0,0013	3	0,0004333
3	0,0047	0,0014	3	0,0004667
4	0,0062	0,0015	3	0,0005
5	0,0078	0,0016	3	0,0005333
6	0,0093	0,0015	3	0,0005
7	0,0108	0,0015	3	0,0005
8	0,0122	0,0014	3	0,0004667
9	0,0136	0,0014	3	0,0004667
10	0,0149	0,0013	3	0,0004333

5.2.9 Mod birleştirme yöntemi iç kuvvetleri

Sistem 2'nin mod birleştirme yöntemine göre çözümlenmesinden elde edilen zemin kat kolon ve perdelerine ait elverişsiz iç kuvvetler bu bölümde verilmiştir.

5.2.9.1 Kolon iç kuvvetleri

Mod birleştirme yöntemine göre çözümlenen Sistem 2'nin zemin katına ait kolonlarına ait elverişsiz kesme kuvveti, normal kuvvet ve eğilme momenti değerleri Çizelge 5.91, Çizelge 5.92, Çizelge 5.93, Çizelge 5.94, Çizelge 5.95, Çizelge 5.96'da verilmiştir.

Çizelge 5.91 : Sistem 2, X doğrultusu kesme kuvveti değerleri.

Kolon No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Kesme Kuvveti (kN)
S1	DX2	14,01
S2	DX1	75,33
S3	DX1	55,65
S4	DX2	60,19
S5	DX1	79,56

Çizelge 5.92 : Sistem 2, Y doğrultusu kesme kuvveti değerleri.

Kolon No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Kesme Kuvveti (kN)
S1	DY1	49,82
S2	DY1	62,25
S3	DY1	63,24
S4	DY2	49,96
S5	DY2	50,32

Çizelge 5.93 : Sistem 2, X doğrultusu normal kuvveti değerleri.

Kolon No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Normal Kuvveti (kN)
S1	DX1	-1268,5
S2	DX1	-2183,5
S3	DX1	-3980
S4	DX1	-3881,6
S5	DX1	-3708,7

Çizelge 5.94 : Sistem 2, Y doğrultusu normal kuvveti değerleri.

Kolon No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Normal Kuvveti (kN)
S1	DY1	-1266,9
S2	DY1	-2077
S3	DY1	-3972,2
S4	DY1	-3814,7
S5	DY1	-3717,1

Çizelge 5.95 : Sistem 2, X doğrultusu eğilme momenti değerleri.

Kolon No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Eğilme Momenti (kNm)
S1	DX2	37,81
S2	DX1	163,19
S3	DX1	124,75
S4	DX2	160,56
S5	DX1	189

Çizelge 5.96 : Sistem 2, Y doğrultusu eğilme momenti değerleri.

Kolon No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Eğilme Momenti (kNm)
S1	DY1	93,45
S2	DY1	107,86
S3	DY1	158,12
S4	DY2	111,39
S5	DY2	111,84

5.2.9.2 Perde iç Kuvvetleri

Mod birleştirme yöntemine göre çözümlenen Sistem 2'nin zemin kat perdelerine ait elverişsiz iç kuvvet değerleri Çizelge 5.97, Çizelge 5.98, Çizelge 5.99, Çizelge 5.100, Çizelge 5.101, Çizelge 5.102'de verilmiştir.

Çizelge 5.97 : Sistem 2, X doğrultusu kesme kuvveti değerleri.

Perde No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Kesme Kuvveti (kN)
P1	DX1	2040,94
P2	DX1	576,15
P3	DX1	505,79
P4	DX1	369,16

Çizelge 5.98 : Sistem 2, Y doğrultusu kesme kuvveti değerleri.

Perde No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Kesme Kuvveti (kN)
P1	DY1	105,52
P2	DY1	72,42
P3	DY1	15,1
P4	DY2	12,06

Çizelge 5.99 : Sistem 2, X doğrultusu normal kuvveti değerleri.

Perde No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Normal Kuvveti (kN)
P1	DX1	-4281,7
P2	DX1	-3813,8
P3	DX2	945,25
P4	DX2	2142,88

Çizelge 5.100 : Sistem 2, Y doğrultusu normal kuvveti değerleri.

Perde No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Normal Kuvveti (kN)
P1	DY1	-3744,1
P2	DY1	-4326
P3	DY2	1547,95
P4	DY1	1873,1

Çizelge 5.101 : Sistem 2, X doğrultusu eğilme momenti değerleri.

Perde No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Eğilme Momenti (kNm)
P1	DX1	16490,3
P2	DX1	4638,55
P3	DX1	1082,19
P4	DX1	2713,12

Çizelge 5.102 : Sistem 2, Y doğrultusu eğilme momenti değerleri.

Perde No	Elverişsiz Değeri Veren Yükleme	Eğilme Momenti (kNm)
P1	DY1	166,98
P2	DY1	101,76
P3	DY1	28,29
P4	DY2	23,13

6. SONUÇLARIN İNCELENMESİ

Bu bölümde Sistem 1 ve Sistem 2 için yapılan eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemi deprem hesaplarından elde edilen sonuçların karşılaştırılmaları yer almaktadır.

6.1 Periyotların Karşılaştırılması

Çizelge 6.1’de Sistem 1 ve Sistem 2’ye ait X ve Y doğrultuları 1. doğal titreşim periyotları verilmiştir. Yapılan modal analiz ile elde edilen değerlere göre Sistem 1’in X doğrultusunda daha rijit olduğu, Sistem 2’nin her iki doğrultuda birbirine yakın rijitlikte olduğu görülmüştür. Her iki sistemden perde yerleşimi bakımından düzensiz olan Sistem 1’in Y doğrultusunda periyot değerinin daha yüksek çıktığı görülmüştür.

Çizelge 6.1 : Sistem 1 ve Sistem 2 periyot değerleri.

	Sistem 1	Sistem 2
T_{1x}	0,7397	0,7330
T_{1y}	0,8976	0,7381

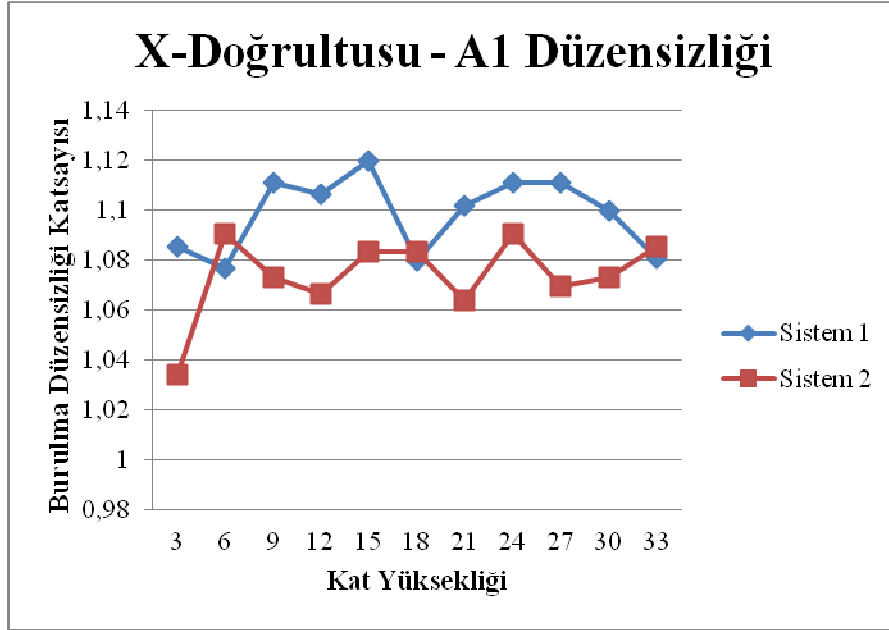
Çizelge 6.1’e göre periyot değerleri düzensiz yapı durumunda X doğrultusunda % 1, Y doğrultusunda % 21 artış göstermektedir. Planda düzensiz olan Sistem 1’in perde yerleşimi Y doğrultusunda ağırlıkta olduğu için periyot değerleri X doğrultusu için pek değişmemektedir.

6.2 A1 Burulma Düzensizliği Katsayılarının İncelenmesi

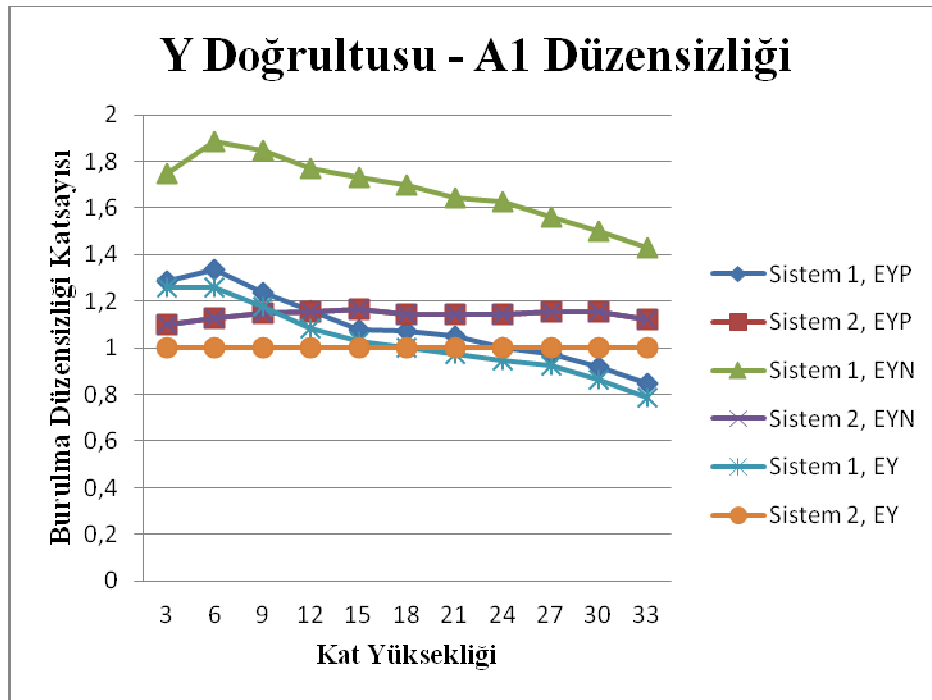
Bu bölümde Sistem 1 ve Sistem 2 için yapılan eşdeğer deprem yükü yöntemi çözümlemesinden elde edilen A1 burulma düzensizliği katsayıları karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

6.2.1 Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre karşılaştırma

Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yapılan çözümleme sonucu elde edilen Sistem 1 ve Sistem 2'ye ait burulma düzensizliği katsayıları Şekil 6.1 ve Şekil 6.2'de karşılaştırılmıştır.



Şekil 6.1 : Sistem 1 ve Sistem 2, Eşdeğer deprem yükü yöntemi – A1 Düzensizliği.



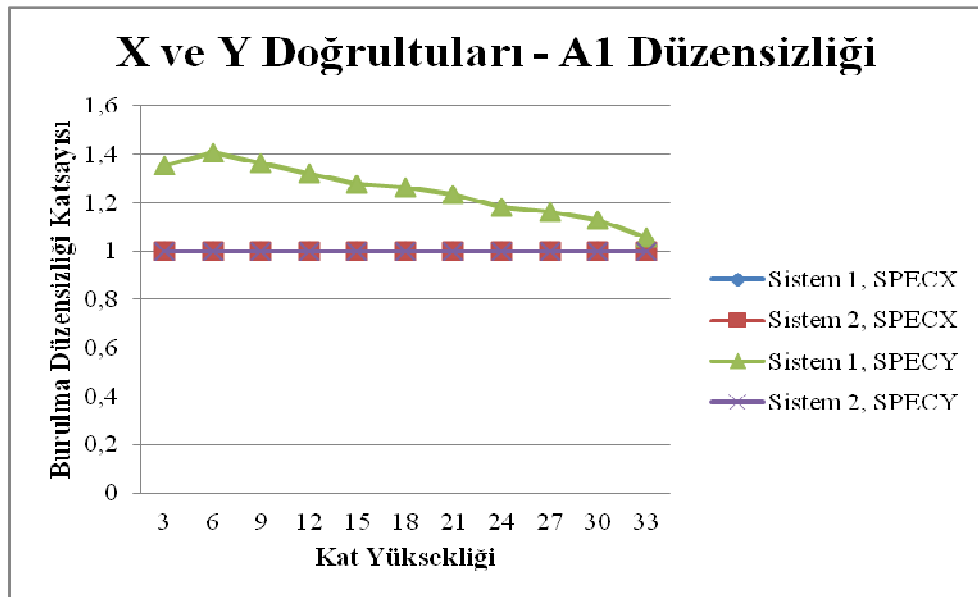
Şekil 6.2 : Sistem 1 ve Sistem 2, Eşdeğer deprem yükü yöntemi – A1 Düzensizliği.

Sistem 1 ve Sistem 2 için X doğrultusunda elde edilen burulma düzensizliği katsayılarının 1,2 değerini aşmadığı görülmektedir. Bununla beraber planda perde yerleşimi bakımından düzensiz olan Sistem 1'e ait burulma düzensizliği katsayıları taşıyıcı sistemi düzenli olan Sistem 2'ye ait burulma düzensizliği katsayılarından büyük çıkmaktadır. Bu artış en çok % 5 , en az % 2,5 civarındadır (Şekil 6.1).

Sistem 1'e ait burulma düzensizliği katsayıları Y doğrultusundaki tüm deprem yüklemelerinde 1,2'yi geçmektedir. Burulma düzensizliği katsayıları üst katlara doğru azalmaktadır. Y doğrultusunda Sistem 2'ye ait burulma düzensizliği katsayılarının 1,2'den az fakat bu değere yakın çıktığı görülmektedir. Planda düzensiz olan Sistem 1'in burulma düzensizliği katsayıları, planda düzenli olan Sistem 2'den büyük çıkmaktadır. EYP yüklemesi için elde edilen burulma düzensizliği katsayıları Sistem 1 durumunda en çok % 18, en az % 1 oranında artış göstermektedir. EYN yüklemesi için Sistem 1 durumu burulma düzensizliği katsayılarını Sistem 2'ye göre % 67 ile % 27 oranları arasında arttırmaktadır. Bu oranlar EY yüklemesi için % 25 ile % 2,5 arasındadır (Şekil 6.2).

6.2.2 Mod birleştirme yöntemine göre karşılaştırma

Mod birleştirme yönteminden elde edilen sonuçlara göre Sistem 1 ve Sistem 2 için hesaplanan A1 burulma düzensizliği katsayılarının karşılaştırılması Şekil 6.3'te verilmiştir.



Şekil 6.3 : Sistem 1 ve Sistem 2, Mod birleştirme yöntemi – A1 Düzensizliği.

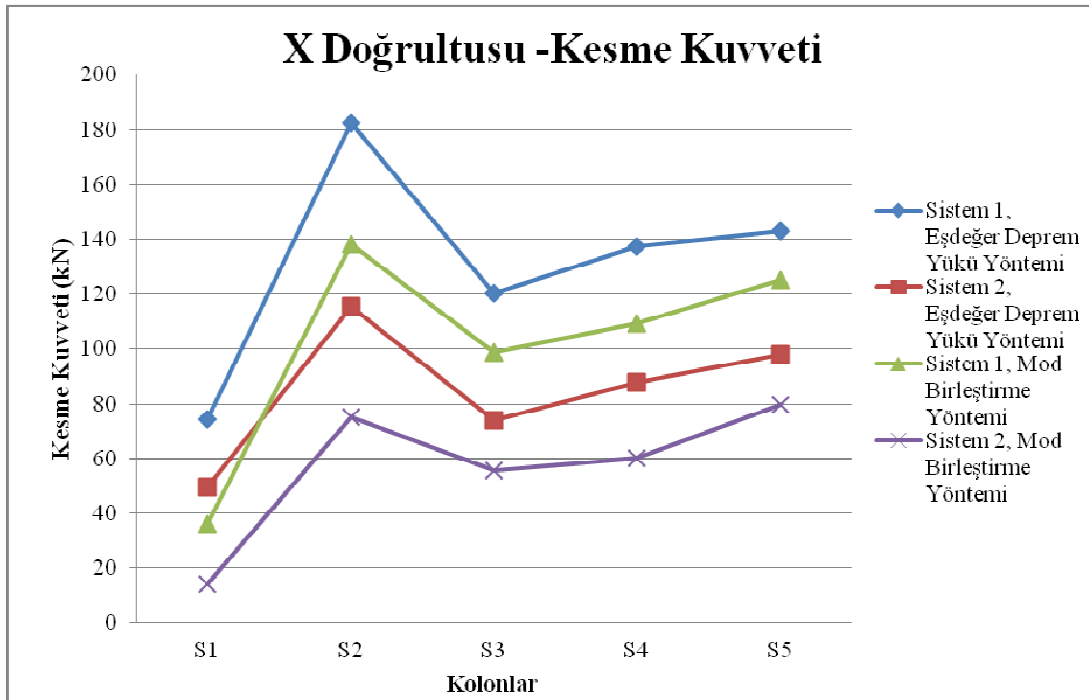
Mod birleştirme yöntemine göre yapılan analizler sonucu her iki sistemde de X doğrultusunda burulma düzensizliği saptanamamıştır. Y doğrultusunda ise planda perde yerleşimi bakımından düzensiz olan Sistem 1’de burulma düzensizliği olduğu tespit edilmiştir. Burulma düzensizliği katsayıları Sistem 1’de üst katlara doğru azalmakta, Sistem 2’de her iki doğrultuda da tüm katlarda aynıdır ve değeri 1’dir. Sistem 1 durumu için burulma düzensizliği katsayıları Sistem 2’ye göre % 40 ile % 5 arasında bir artış göstermektedir Şekil (6.3).

6.3 İç Kuvvetlerin İncelenmesi

Sistem 1 ve Sistem 2 için eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemi ile yapılan hesaplar sonucunda elde edilen elverişsiz kesme kuvveti, normal kuvvet ve eğilme momenti değerleri zemin kat kolon ve perdeleri için bu bölümde karşılaştırılarak incelenmiştir.

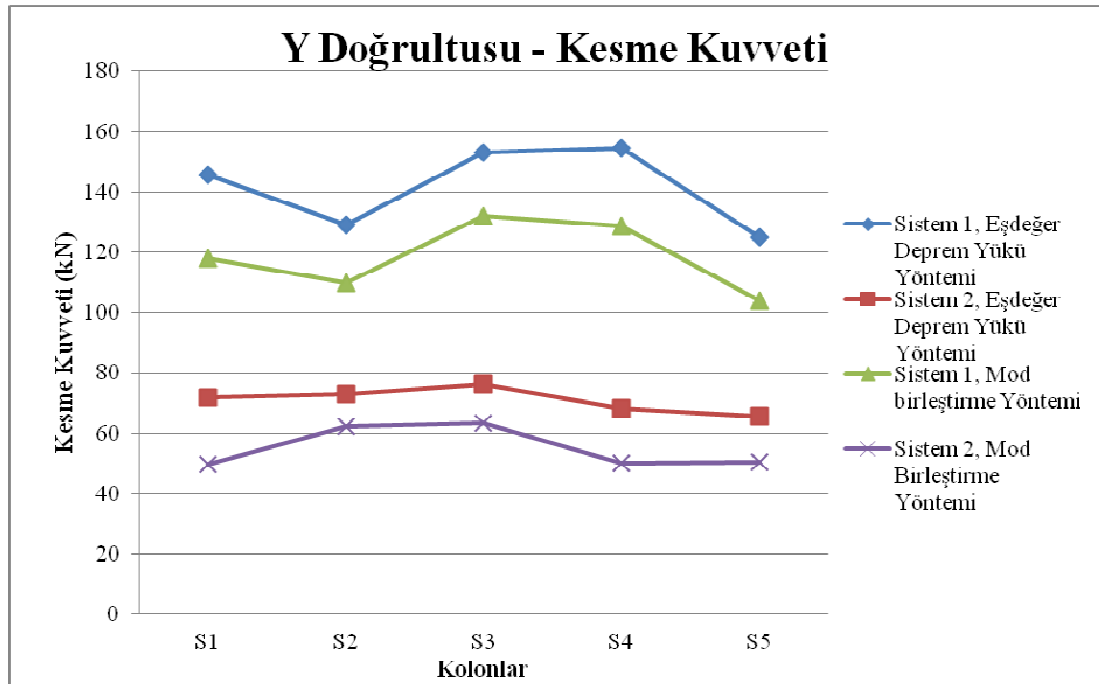
6.3.1 Kolon iç kuvvetlerinin incelenmesi

Sistem 1 ve Sistem 2 zemin kat kolonlarına ait elverişsiz kesme kuvveti, normal kuvvet ve eğilme momenti değerleri Şekil 6.4, Şekil 6.5, Şekil 6.6, Şekil 6.7, Şekil 6.8 ve Şekil 6.9’da grafik halinde verilmiştir.



Şekil 6.4 : Sistem 1 ve Sistem 2, Kolon kesme kuvveti değerleri.

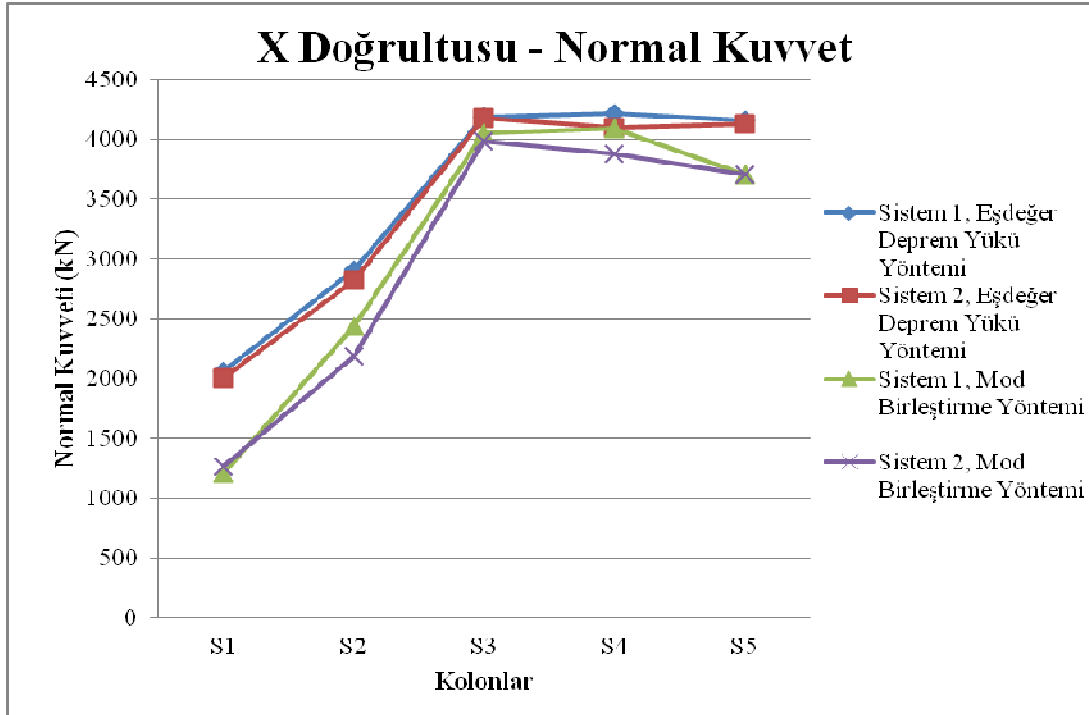
Şekil 6.4'te her iki sisteme ait zemin kat kolonlarının X doğrultusundaki en elverişsiz kesme kuvveti değerleri grafik halinde verilmiştir. Her iki deprem hesap yöntemine göre elde edilen sonuçlar planda perde yerleşimi bakımından düzensiz olan Sistem 1'in taşıyıcı sistemi düzenli olan Sistem 2'den daha büyük kesme kuvveti değerleri aldığını göstermektedir. Deprem hesap yöntemleri bakımından sonuçları inceleyecek olursak ise her iki sistem için de eşdeğer deprem yükü yöntemine göre elde edilen değerler mod birleştirme yöntemine göre elde edilen değerlerden büyüktür. Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılan çözümlemelere göre Sistem 1 durumunda kesme kuvvetleri Sistem 2 durumuna göre X doğrultusunda % 62 ile % 46 arasında artış göstermektedir. Mod birleştirme yöntemi ile elde edilen sonuçlara göre Sistem 1 durumunda kesme kuvvetleri Sistem 2 durumuna göre X doğrultusunda % 158 ile % 57 arasında artış göstermektedir. Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılan hesaplar, kesme kuvveti değerlerini, mod birleştirme yöntemi ile elde edilen değerlerden Sistem 1 için % 104 ile % 14, Sistem 2 için % 254 ile % 22 arasında bir oranla arttırmaktadır.



Şekil 6.5 : Sistem 1 ve Sistem 2, Kolon kesme kuvveti değerleri.

Aynı şekilde Y doğrultusu için elde edilen değerler de taşıyıcı sistemi düzensiz olan Sistem 1'in, taşıyıcı sistemi düzenli olan Sistem 2'den daha büyük kesme değerleri aldığını göstermektedir. Y doğrultusu için yapılan hesaplarda da eşdeğer deprem

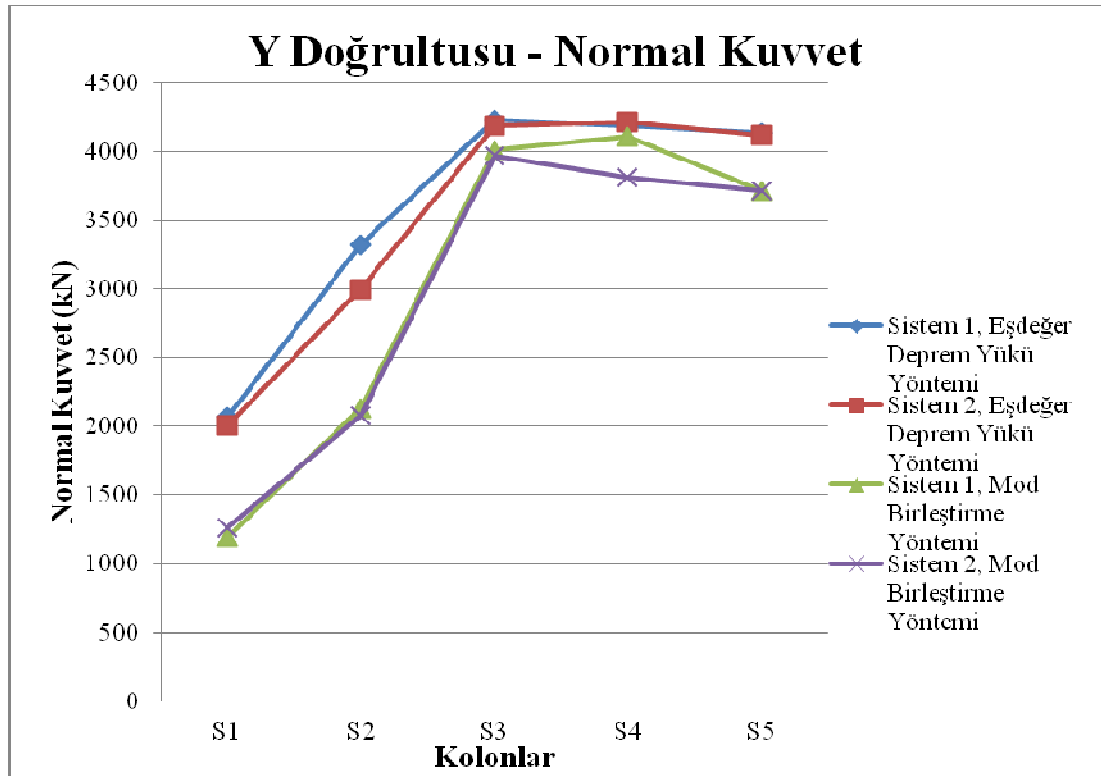
yükü yönteminde yararlanılarak elde edilen kesme kuvveti değerleri mod birleştirme yöntemi ile elde edilenlerden daha büyüktür. Kesme kuvveti değerlerini X ve Y doğrultuları olarak ele alırsak her iki sistem için de Y doğrultusunda daha büyük kesme kuvveti değerleri olduğu görülmektedir (Şekil 6.5). Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılan çözümlemelere göre, Sistem 1 durumunda kesme kuvvetleri Sistem 2 durumuna göre Y doğrultusunda % 126 ile % 77 arasında artış göstermektedir. Mod birleştirme yöntemi ile elde edilen sonuçlara göre Sistem 1 durumunda kesme kuvvetleri Sistem 2 durumuna göre Y doğrultusunda % 157 ile % 76 arasında artış göstermektedir. Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılan hesaplar, kesme kuvveti değerlerini, mod birleştirme yöntemi ile elde edilen değerlerden Sistem 1 için % 23 ile % 15, Sistem 2 için % 44 ile % 17 arasında bir oranla arttırmaktadır.



Şekil 6.6 : Sistem 1 ve Sistem 2, Kolon normal kuvvet değerleri.

Şekil 6.6’da her iki sisteme ait zemin kat kolonlarının X doğrultusundaki en elverişsiz normal kuvvet değerleri grafik halinde verilmiştir. Normal kuvvet değerleri deprem hesap yöntemlerine göre ayrı ayrı incelendiğinde, Sistem 1’e ait değerlerin Sistem 2’ye ait değerlerin üstünde olduğu görülmektedir. Deprem hesap yöntemleri karşılaştırıldığında ise her iki sistem için de eşdeğer deprem yükü yöntemi ile elde edilen normal kuvvet değerlerinin mod birleştirme yöntemi ile elde edilen değerlerin

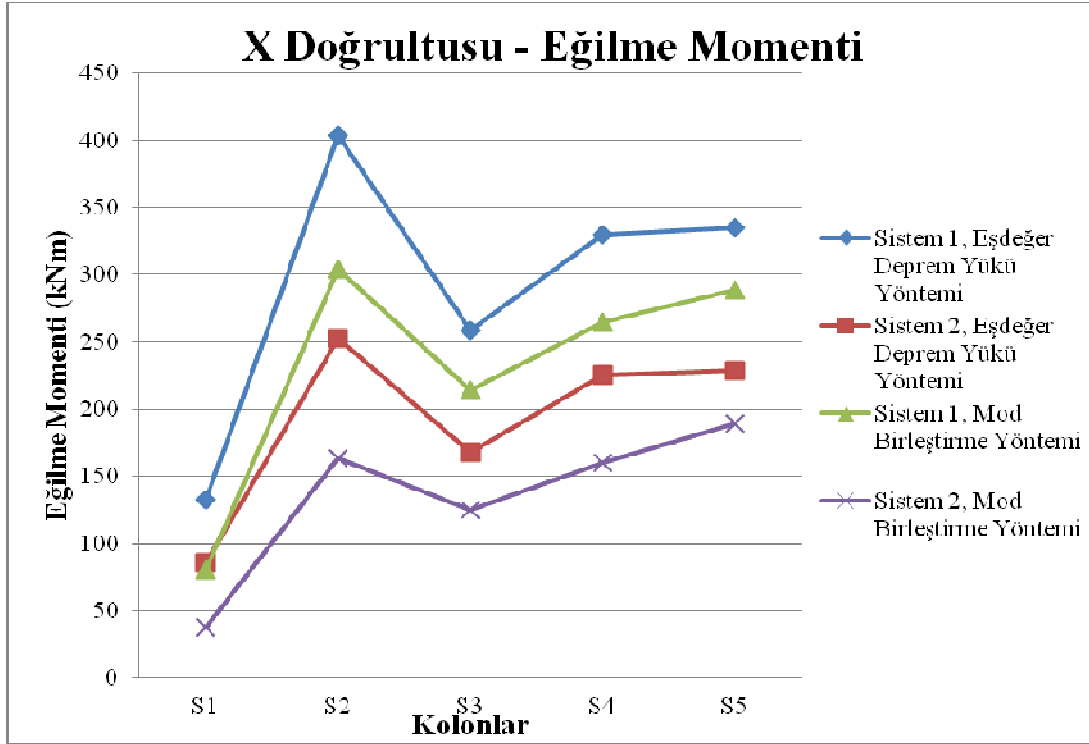
üstünde olduğu görülmektedir. Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılan çözümlemelere göre, Sistem 1 durumunda normal kuvvetler Sistem 2 durumuna göre X doğrultusunda % 3 ile % 1 arasında artış göstermektedir. Mod birleştirme yöntemi ile elde edilen sonuçlara göre Sistem 1 durumunda normal kuvvetler Sistem 2 durumuna göre X doğrultusunda % 11 ile % 1 arasında artış göstermektedir. Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılan hesaplar, normal kuvveti değerlerini, mod birleştirme yöntemi ile elde edilen değerlerden Sistem 1 için % 70 ile % 3, Sistem 2 için % 57 ile % 5 arasında bir oranla arttırmaktadır.



Şekil 6.7 : Sistem 1 ve Sistem 2, Kolon normal kuvvet değerleri.

Y doğrultusu için her iki sistem için de eşdeğer deprem yükü yöntemi ile elde edilen normal kuvvet değerleri mod birleştirme yöntemi ile elde edilen değerlerden büyüktür. Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılan deprem hesabında taşıyıcı sistemi düzensiz olan Sistem 1'in daha büyük normal kuvvet değerleri aldığı görülmektedir. Mod birleştirme yöntemi için yapılan deprem hesabında iki sisteme ait değerler birbirine çok yakın olmakla beraber genel olarak Sistem 1'in Sistem 2'den daha büyük normal kuvvet değerleri aldığı görülmüştür (Şekil 6.7). Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılan çözümlemelere göre, Sistem 1 durumunda normal kuvvetler Sistem 2 durumuna göre Y doğrultusunda % 10 ile % 1 arasında artış

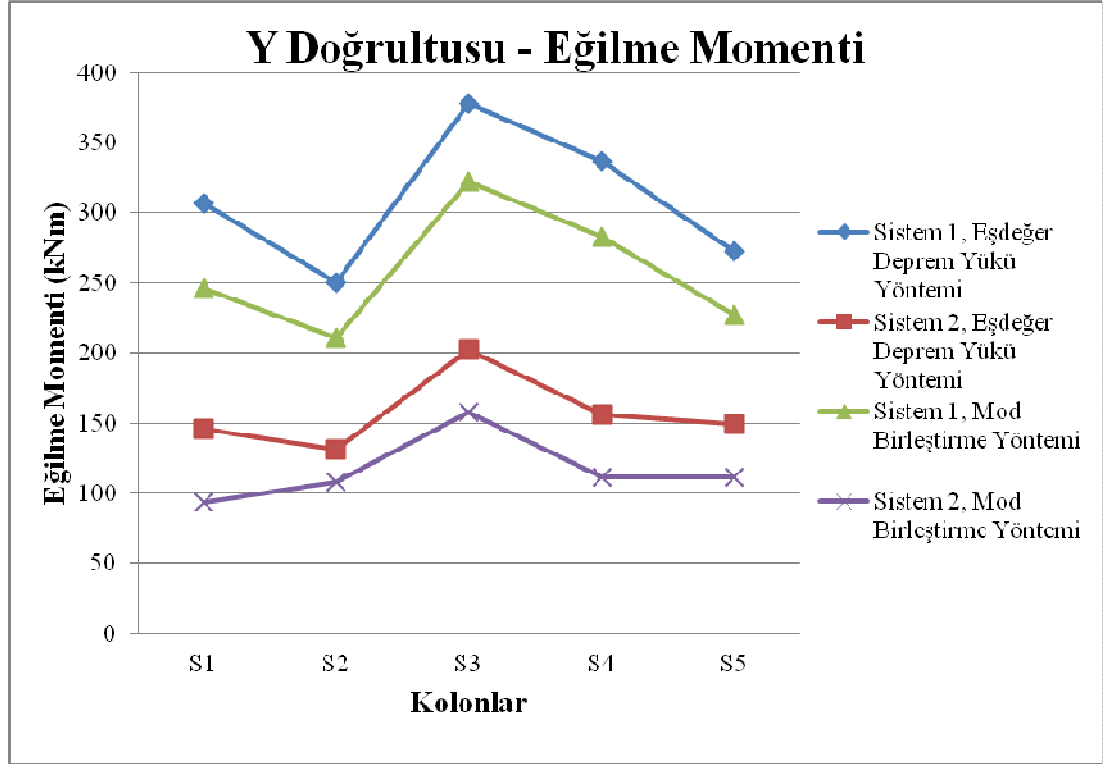
göstermektedir. Mod birleştirme yöntemi ile elde edilen sonuçlara göre Sistem 1 durumunda normal kuvvetler Sistem 2 durumuna göre Y doğrultusunda % 7 ile % 1 arasında artış göstermektedir. Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılan hesaplar, normal kuvveti değerlerini, mod birleştirme yöntemi ile elde edilen değerlerden Sistem 1 için % 73 ile % 2, Sistem 2 için % 58 ile % 5 arasında bir oranla arttırmaktadır.



Şekil 6.8 : Sistem 1 ve Sistem 2, Kolon eğilme momenti değerleri.

Şekil 6.8’de her iki sisteme ait zemin kat kolonlarının X doğrultusundaki en elverişsiz eğilme momenti değerleri grafik halinde verilmiştir. Bu grafikte planda taşıyıcı sistemi düzensiz olan Sistem 1’e ait eğilme momenti değerlerinin taşıyıcı sistemi düzenli olan Sistem 2’ye ait eğilme momenti değerlerinden büyük olduğu görülmektedir. Elde edilen değerler deprem hesap yöntemleri açısından karşılaştırılacak olurlar ise her iki sistem için de eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılan çözümlemeden daha elverişsiz eğilme momenti değerleri elde edildiği görülmektedir. Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılan çözümlemelere göre, Sistem 1 durumunda eğilme momenti değerleri Sistem 2 durumuna göre X doğrultusunda % 60 ile % 46 arasında artış göstermektedir. Mod birleştirme yöntemi ile elde edilen sonuçlara göre Sistem 1 durumunda eğilme momenti değerleri Sistem

2 durumuna göre X doğrultusunda % 113 ile % 52 arasında artış göstermektedir. Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılan hesaplar, eğilme momenti değerlerini, mod birleştirme yöntemi ile elde edilen değerlerden Sistem 1 için % 64 ile % 15, Sistem 2 için % 127 ile % 21 arasında bir oranla arttırmaktadır.

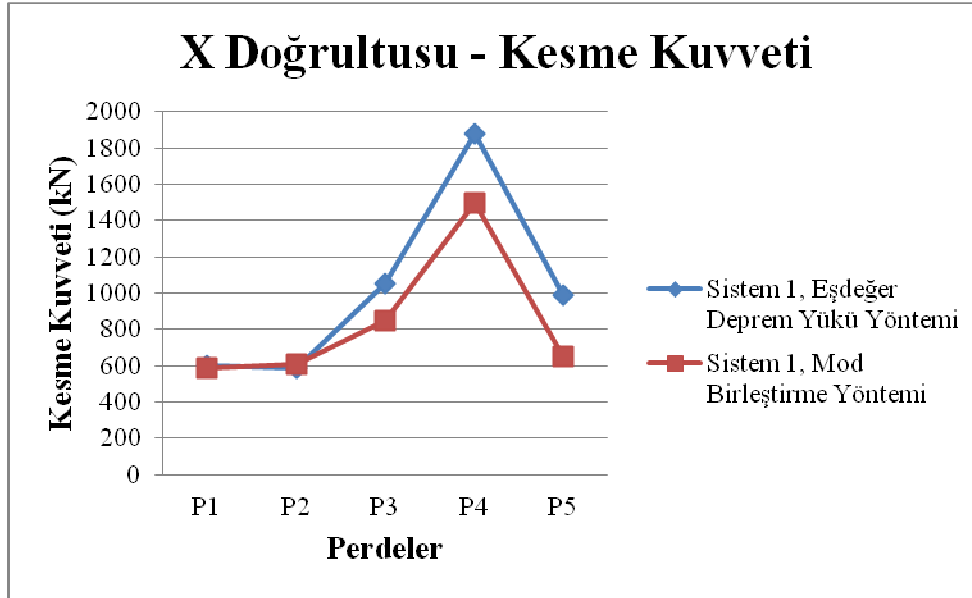


Şekil 6.9 : Sistem 1 ve Sistem 2, Kolon eğilme momenti değerleri.

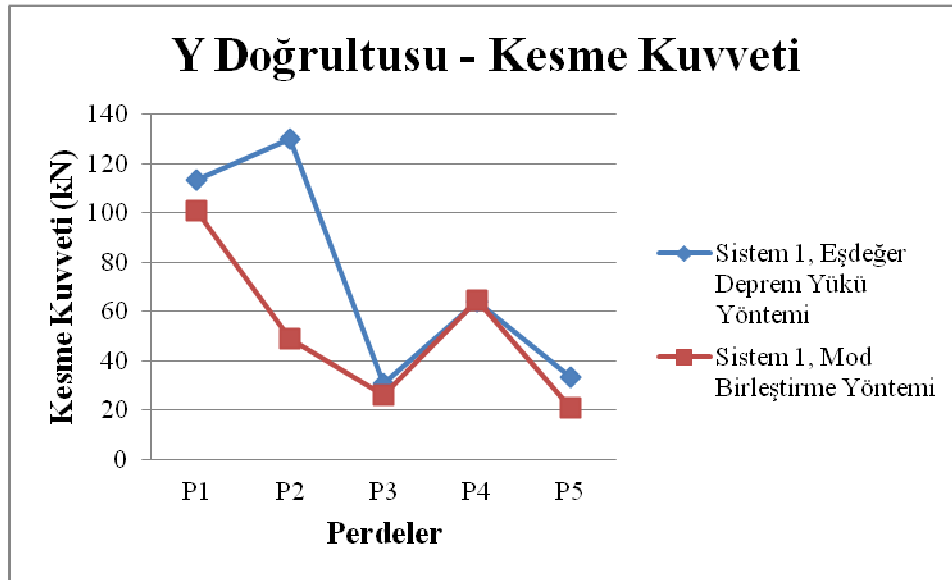
Y doğrultusuna bakılacak olursa aynı şekilde planda taşıyıcı sistemi düzensiz olan Sistem 1'in taşıyıcı sistemi düzenli olan Sistem 2'den daha elverişsiz eğilme momenti aldığı görülmektedir. Y doğrultusu için de eşdeğer deprem yükü yöntemi ile mod birleştirme yöntemi ile elde edilenden daha elverişsiz sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 6.9). Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılan çözümlemelere göre, Sistem 1 durumunda eğilme momenti değerleri Sistem 2 durumuna göre Y doğrultusunda % 115 ile % 80 arasında artış göstermektedir. Mod birleştirme yöntemi ile elde edilen sonuçlara göre Sistem 1 durumunda eğilme momenti değerleri Sistem 2 durumuna göre Y doğrultusunda % 162 ile % 95 arasında artış göstermektedir. Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılan hesaplar, eğilme momenti değerlerini, mod birleştirme yöntemi ile elde edilen değerlerden Sistem 1 için % 25 ile % 17, Sistem 2 için % 56 ile % 21 arasında bir oranla arttırmaktadır.

6.3.2 Perde iç kuvvetlerinin incelenmesi

Sistem 1 ve Sistem 2 zemin kat perdelerine ait en elverişsiz kesme kuvveti, normal kuvvet ve eğilme momenti değerleri, Şekil 6.10, Şekil 6.11, Şekil 6.12, Şekil 6.13, Şekil 6.14, Şekil 6.15, Şekil 6.16, Şekil 6.17, Şekil 6.18, Şekil 6.19, Şekil 6.20, Şekil 6.21’de grafik halinde verilmiştir.



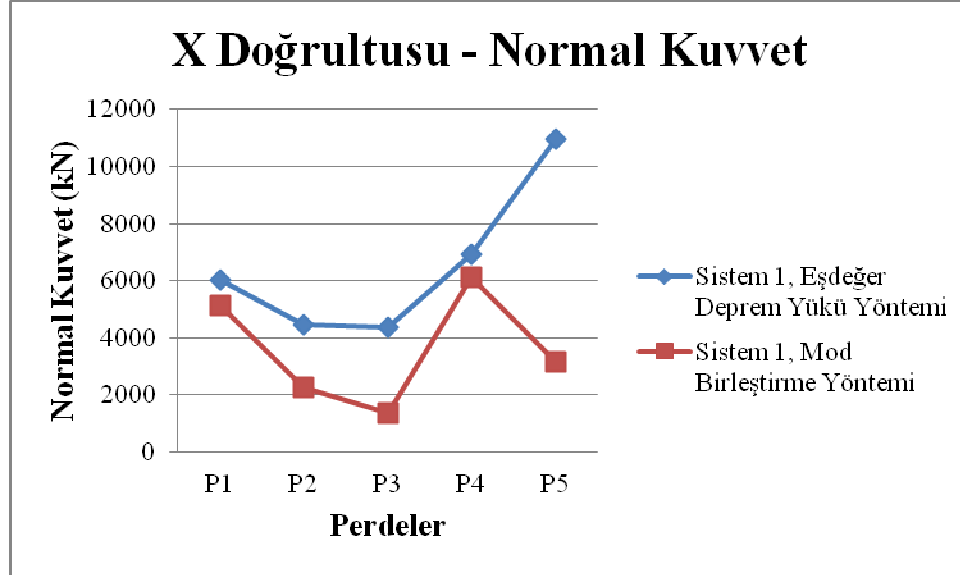
Şekil 6.10 : Sistem 1, X Doğrultusu - Perde kesme kuvveti değerleri.



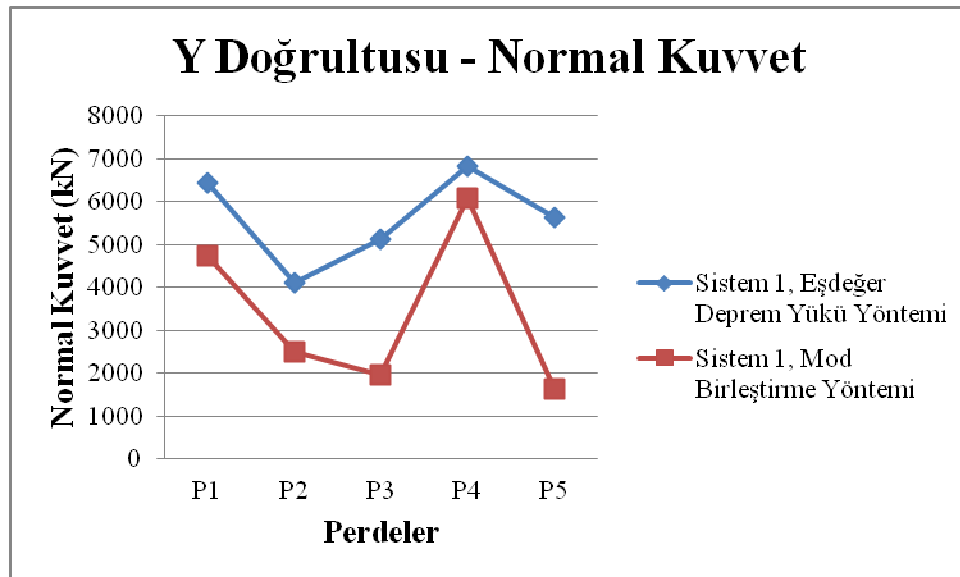
Şekil 6.11 : Sistem 1, Y Doğrultusu – Perde kesme kuvveti değerleri.

Şekil 6.10 ve Şekil 6.11’de Sistem 1’e ait zemin kat perdelerinin X ve Y doğrultuları en elverişsiz kesme kuvveti değerleri grafik halinde verilmiştir. Bu değerlere göre

eşdeğer deprem yükü yöntemi ile elde edilen kesme kuvveti değerleri mod birleştirme yöntemi ile elde edilen değerlerin üstünde kalmaktadır. Sistem 1 durumunda, eşdeğer deprem yükü yöntemi ile elde edilen kesme kuvveti değerleri mod birleştirme yöntemi ile elde edilen değerlerden X doğrultusunda % 52 ile % 3, Y doğrultusunda % 168 ile % 11 arasında bir artış göstermektedir.



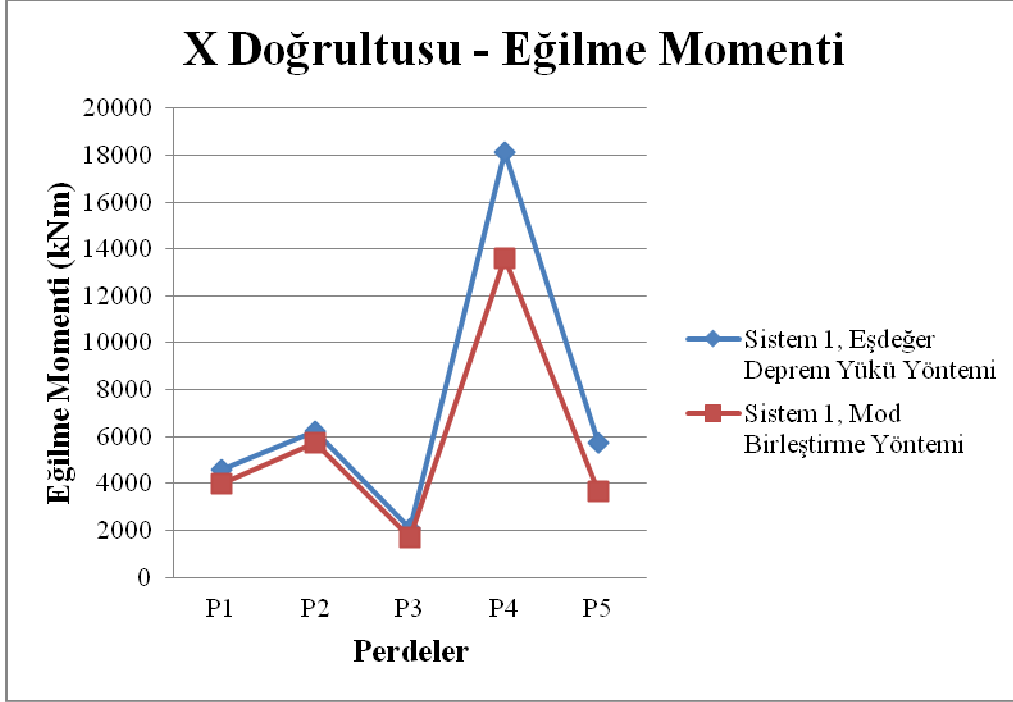
Şekil 6.12 : Sistem 1, X Doğrultusu – Perde normal kuvvet değerleri.



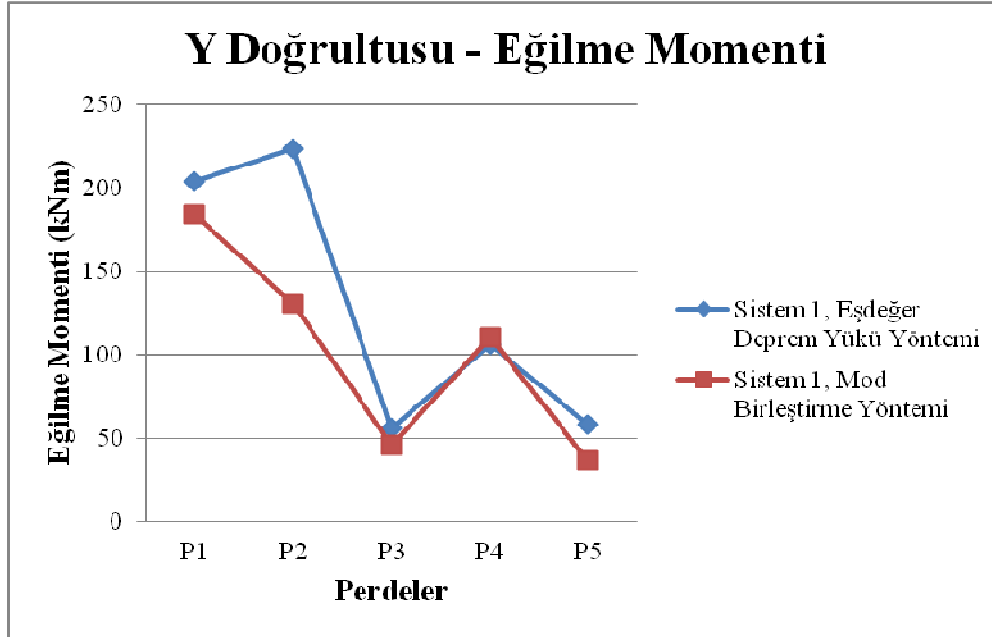
Şekil 6.13 : Sistem 1, Y Doğrultusu – Perde normal kuvvet değerleri.

Şekil 6.12 ve Şekil 6.13'te Sistem 1'e ait zemin kat perdelerinin X ve Y doğrultuları en elverişsiz normal kuvvet değerleri grafik halinde verilmiştir. Bu değerlere göre her iki doğrultu için eşdeğer deprem yükü yöntemi ile elde edilen değerler mod

birleştirme yöntemi ile elde edilen değerlerden büyüktür. Sistem 1 durumunda, eşdeğer deprem yükü yöntemi ile elde edilen normal kuvvet değerleri mod birleştirme yöntemi ile elde edilen değerlerden X doğrultusunda % 247 ile % 13, Y doğrultusunda % 241 ile % 12 arasında bir artış göstermektedir.

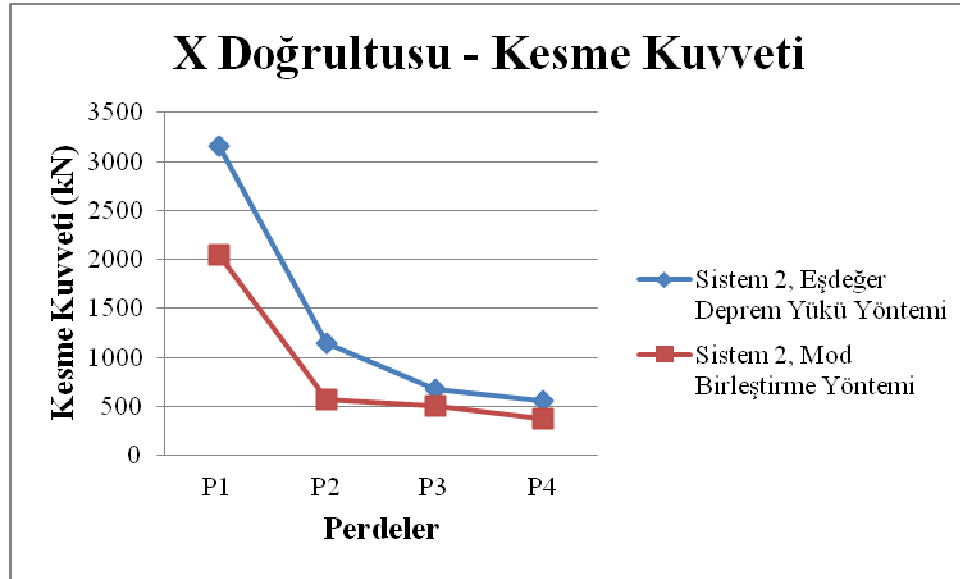


Şekil 6.14 : Sistem 1, X Doğrultusu – Perde eğilme momenti değerleri.

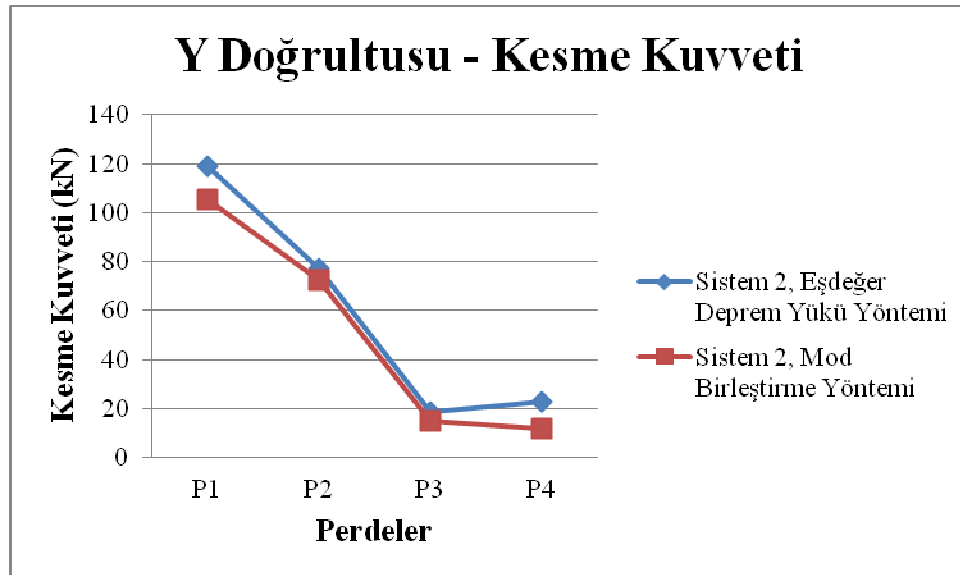


Şekil 6.15 : Sistem 1, Y Doğrultusu – Perde eğilme momenti değerleri.

Şekil 6.14 ve Şekil 6.15'te Sistem 1'e ait zemin kat perdelerinin X ve Y doğrultuları en elverişsiz eğilme momenti değerleri grafik halinde verilmiştir. Bu değerlere göre her iki doğrultu için eşdeğer deprem yükü yöntemi ile elde edilen değerler mod birleştirme yöntemi ile elde edilen değerlerden büyüktür. Sistem 1 durumunda, eşdeğer deprem yükü yöntemi ile elde edilen eğilme momenti değerleri mod birleştirme yöntemi ile elde edilen değerlerden X doğrultusunda % 56 ile % 8, Y doğrultusunda % 58 ile % 10 arasında bir artış göstermektedir.

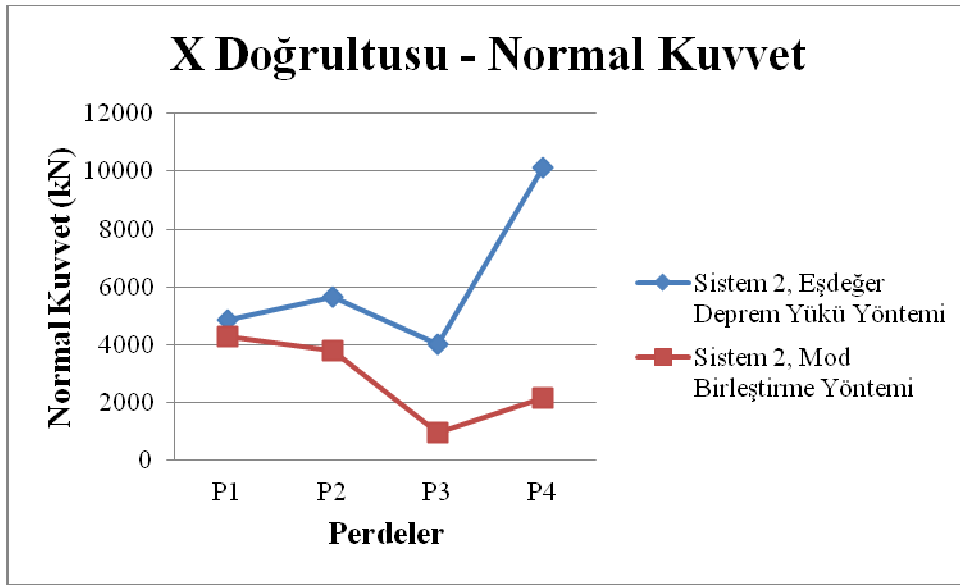


Şekil 6.16 : Sistem 2, X Doğrultusu – Perde kesme kuvveti değerleri.

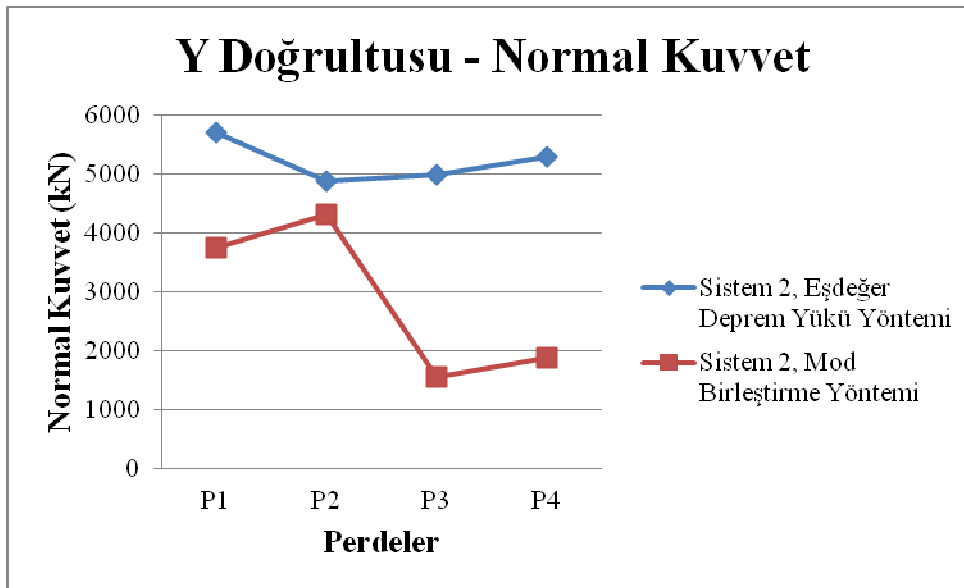


Şekil 6.17 : Sistem 2, Y Doğrultusu – Perde kesme kuvveti değerleri.

Şekil 6.16 ve Şekil 6.17’de Sistem 2’ye ait zemin kat perdelerinin X ve Y doğrultuları en elverişsiz kesme kuvveti değerleri grafik halinde verilmiştir. Bu değerler her iki doğrultu için de eşdeğer deprem yükü yöntemi ile elde edilen kesme kuvvetlerinin mod birleştirme yöntemi ile elde edilenlerden büyük olduğunu göstermektedir. Sistem 2 durumunda, eşdeğer deprem yükü yöntemi ile elde edilen kesme kuvveti değerleri mod birleştirme yöntemi ile elde edilen değerlerden X doğrultusunda % 98 ile % 33, Y doğrultusunda % 88 ile % 6 arasında bir artış göstermektedir.

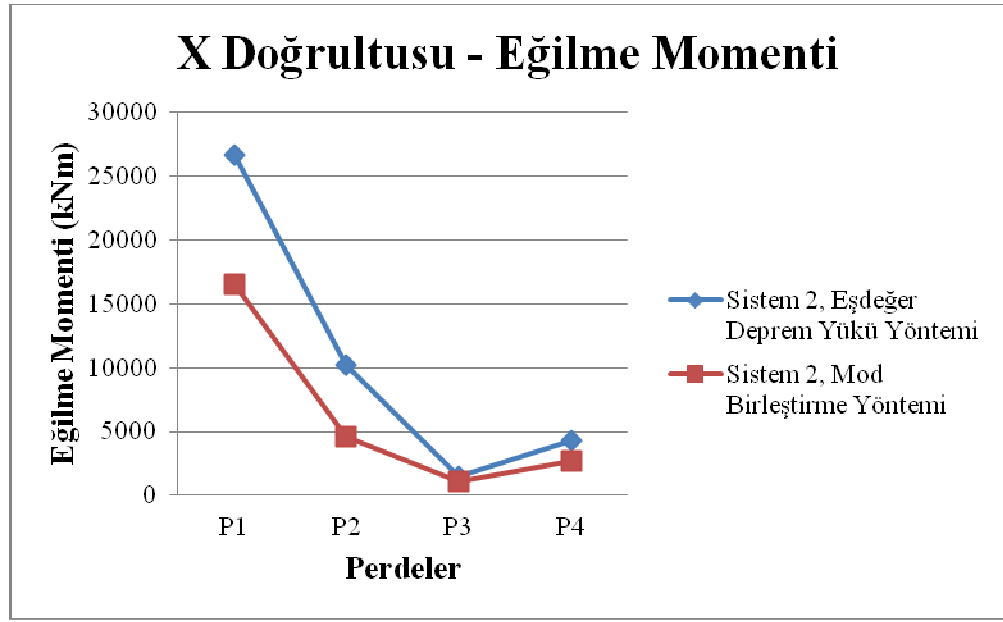


Şekil 6.18 : Sistem 2, X Doğrultusu – Perde normal kuvvet değerleri.

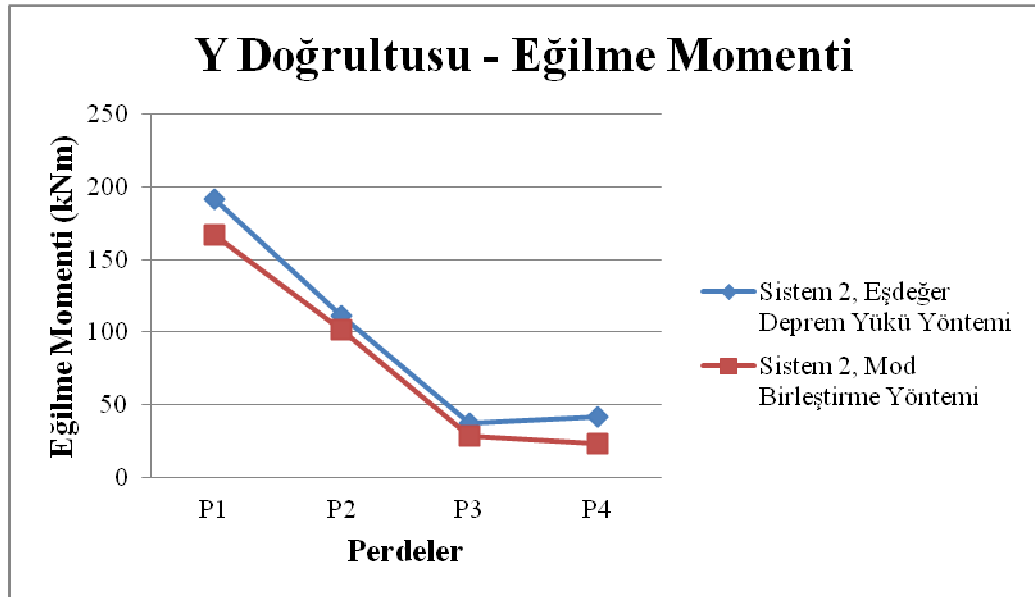


Şekil 6.19 : Sistem 2, Y Doğrultusu – Perde normal kuvvet değerleri.

Şekil 6.18 ve Şekil 6.19’da Sistem 2’ye ait zemin kat perdelerinin X ve Y doğrultuları en elverişsiz normal kuvvet değerleri grafik halinde verilmiştir. Bu değerlere göre eşdeğer deprem yükü yöntemi ile elde edilen normal kuvvet değerleri mod birleştirme yöntemi ile elde edilen normal kuvvet değerlerinden büyüktür. Sistem 2 durumunda, eşdeğer deprem yükü yöntemi ile elde edilen normal kuvvet değerleri mod birleştirme yöntemi ile elde edilen değerlerden X doğrultusunda % 372 ile % 13, Y doğrultusunda % 222 ile % 12 arasında bir artış göstermektedir.



Şekil 6.20 : Sistem 2, X Doğrultusu – Perde eğilme momenti değerleri.

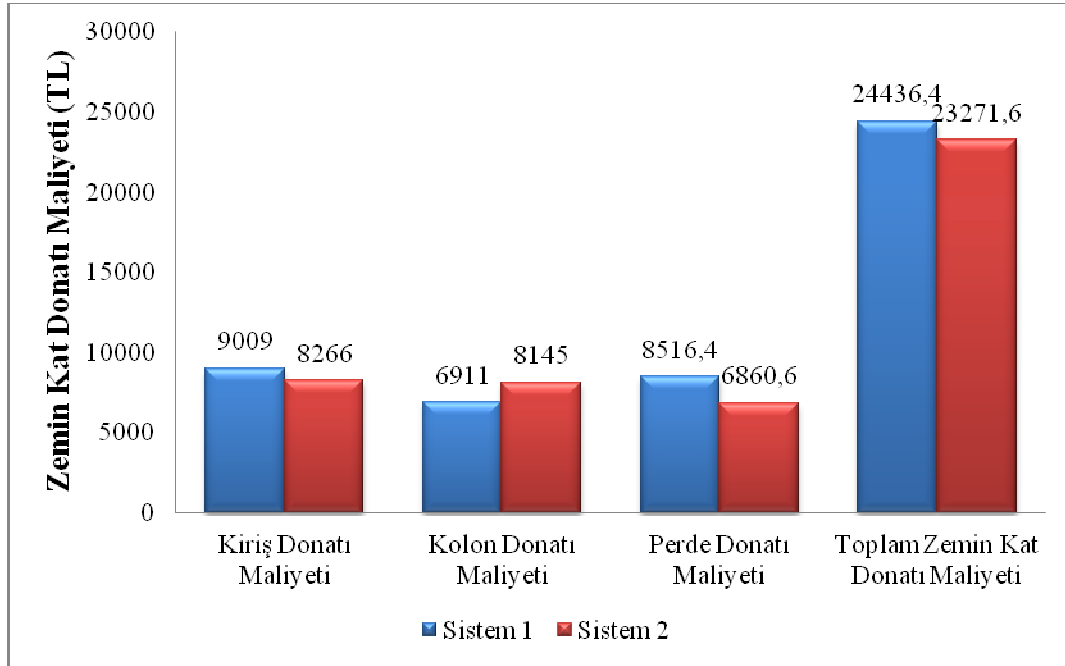


Şekil 6.21 : Sistem 2, Y Doğrultusu – Perde eğilme momenti değerleri.

Şekil 6.20 ve Şekil 6.21’de Sistem 2’ye ait zemin kat perdelerinin X ve Y doğrultuları en elverişsiz eğilme momenti değerleri grafik halinde verilmiştir. Her iki doğrultu için de eşdeğer deprem yükü yöntemi ile elde edilen değerlerin mod birleştirme yöntemi ile elde edilen değerlerden büyük olduğu görülmektedir. Sistem 2 durumunda, eşdeğer deprem yükü yöntemi ile elde edilen eğilme momenti değerleri mod birleştirme yöntemi ile elde edilen değerlerden X doğrultusunda % 119 ile % 39, Y doğrultusunda % 79 ile % 9 arasında bir artış göstermektedir.

6.4 Zemin Kat Donatı Maliyetlerinin İncelenmesi

Eşdeğer deprem yöntemine göre yapılan çözümleme ile her iki sistem için de zemin kat kiriş, kolon ve perde donatı alanları bulunmuş ve TS500 ve DBYBHY 2007’ye göre boyuna donatıları seçilmiştir. Seçilen donatılar için metraj hesabı yapılarak zemin kat donatı maliyeti hesaplanmıştır. Aşağıda her iki sistem için kiriş, kolon ve perde donatılarının zemin kat için hesaplanan maliyeti ve zemin kat toplam donatı maliyetleri Şekil 6.22’de verilmiştir.



Şekil 6.22 : Sistem 1 ve Sistem 2, Zemin kat donatı maliyetleri.

Planda düzensiz yapı Sistem 1’in zemin kat toplam donatı maliyeti, planda düzenli yapı Sistem 2’nin zemin kat toplam donatı maliyetinden % 5 fazladır.

7. SONUÇLAR

“Planda taşıyıcı sistemi düzenli ve düzensiz olan betonarme iki yapının davranışının incelenmesi” adlı bu tez çalışmasında, planda perde konumları açısından biri düzensiz diğeri düzenli çok katlı iki betonarme yapı ele alınarak deprem etkisi altındaki davranışları incelenmiştir. Her iki yapı da 1. Derece deprem bölgesi ve Z1 yerel zemin sınıfı için 1 bodrum, 1 zemin ve 10 normal kat olmak üzere toplam 12 katlı olarak tasarlanmıştır. Taşıyıcı sistem elemanlarından perdelerin plandaki konumlarının deprem davranışına olan etkisini incelemek amacı ile her iki yapı için perde konumları hariç tüm proje özellikleri aynı seçilmiştir. Öncelikle her iki sistem için ortak olan döşeme hesapları, kolon ve kiriş ön boyut hesapları yapılmıştır. Her iki sistem için döşeme kalınlığı tüm katlarda 15 cm seçilmiş ve α katsayıları yönteminden yararlanılarak döşemelere gelen momentler ve bu momentlere göre açıklık ve mesnet donatıları belirlenmiştir. TS 498’de belirtilen sabit ve hareketli yüklerden yararlanılarak kirişlere ve kolonlara gelen düşey yükler belirlenmiş ve TS 500 ve Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) 2007’de belirtilen şartlara göre ön boyutlandırma yapılmıştır. Her iki sistem için aynı boyutlar seçilmiş olup tüm kiriş boyutları 30 cm x 60 cm’dir. Kolon boyutları da aynı şekilde iki sistem için de aynı seçilerek, 3 katta bir kolon boyutları küçültülmüştür. Her iki yapı için de kat yüksekliği 3 m’dir. Kullanılan malzeme sınıfları beton için C30, çelik için S420’dir.

Kolon ve kiriş boyutları belirlenen iki sistem, SAP2000’de modellenerek sırayla modal analiz ve yatay ve düşey yüklere göre çözümlemeleri yapılmıştır. Kolon ve kirişler çubuk eleman olarak modellenmiş olup döşeme hesapları elde yapıldığı için ayrıca SAP2000’de modellenmesine gerek duyulmamış ve sadece kirişlere gelen yük olarak sisteme girilmiştir. Perde elemanlar orta kolon olarak sisteme tanıtılmış ve rijit kirişler ile bağlanarak perde davranışı yapmaları sağlanmıştır.

Her iki taşıyıcı sistem SAP2000 programı ile modellendikten sonra dinamik analiz yapılarak sistemlerin 1. Doğal titreşim periyotları elde edilmiştir. Planda düzensiz olan Sistem 1 için $T_{1x} = 0,7397$, $T_{1y} = 0,8976$ olarak bulunmuştur. Planda düzenli

olan Sistem 2 için ise, $T_{1x} = 0,733$, $T_{1y} = 0,7381$ 'dir. Ardından her iki sistem için eşdeğer deprem yükü yöntemi uygulanarak X ve Y doğrultularında katlara gelen deprem yükleri hesaplanmış ve SAP2000'de tanımlanmıştır. Bu yükler her iki sisteme de kat kütle merkezlerinden ve $\pm 0,05$ eksantirisitenin olduğu konumlardan etkilmiştir. Daha sonra planda düzensiz olan Sistem 1 için elde edilen A1 burulma düzensizliği katsayıları gereği bu eksantirisite arttırılarak yeniden çözüm yapılmıştır.

Her iki sistem ayrıca mod birleştirme yöntemine göre çözümlenmiştir. SAP2000'de Z1 yerel zemin sınıfına ait spektrum eğrisi oluşturulmuş ve bu spektrum yardımı ile X ve Y deprem yükleri meydana getirilmiştir. Mod birleştirme yöntemi için başta 36 mod için çözümleme yapılmış olup, kütle katılım oranlarının %90'ın altında kalması sebebi ile bu değer 60 moda çıkartılmış ve kütle katılım oranının %90'ı aştığı görülerek hesaplara devam edilmiştir.

Planda perde konumunun yapıların deprem davranışına olan etkisini görmek için perde yerleşimi açısından düzenli ve düzensiz bu iki sistemin çözümlenmesinden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yapılan çözümleme sonucunda planda düzensiz olan planda düzensiz yapı Sistem 1'de X doğrultusunda A1 burulma düzensizliğine rastlanmamıştır. Y doğrultusunda ise A1 burulma düzensizliği katsayıları 1,2'nin üstüne çıkmış ve beklendiği üzere burulma düzensizliği oluşmuştur. Planda düzensiz yapı Sistem 1 için burulma düzensizliği katsayıları 1,2 ile 2 arasında kalmaktadır. Burulma düzensizliği katsayılarının bu aralıkta kalmasından dolayı eksantirisite arttırılarak yeniden çözüm yapılmış ve arttırılmış eksantirisiteli çözümde burulma düzensizliği katsayılarının daha da arttığı görülmüştür.

Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yapılan çözümlemelerde planda düzenli taşıyıcı sisteme sahip olan planda düzenli yapı Sistem 2'de burulma düzensizliği katsayıları 1 ile 1,2 arasında değişmektedir. Burulma düzensizliği katsayılarının düzenli olan planda düzenli yapı Sistem 2'de beklenenin üstünde değerler aldığı görülmüş ve bunun sebebi gizli burulma olarak öngörülmüştür.

Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılan çözümlemelerde deprem kuvvetlerinin kat kütle merkezine $\pm 5\%$ eksantirisite ile etkidiği durumlarda deprem kuvvetlerinin kat kütle merkezine etkidiği durumlardan daha büyük burulma katsayıları elde edilmiştir.

Eşdeğer deprem yükü yönteminden elde edilen sonuçlara göre planda taşıyıcı sistem düzensizliği bulunan Sistem 1'in burulma düzensizliği katsayıları, düzenli taşıyıcı sisteme sahip Sistem 2'nin burulma düzensizliği katsayılarından en elverişsiz durumlarda X doğrultusunda en çok 5% en az $2,5\%$, Y doğrultusunda en çok 67% en az 27% daha büyüktür.

Mod birleştirme yöntemine göre yapılan çözümlemelere göre planda düzensiz yapı Sistem 1'de X doğrultusunda A1 burulma düzensizliği görülmemektedir. Y doğrultusunda 1,2'yi geçen burulma düzensizliği katsayıları eşdeğer deprem yükü yönteminde elde edilen değerlerden daha küçüktür. Planda düzenli yapı Sistem 2'de ise beklendiği gibi burulma düzensizliği oluşmamış ve burulma düzensizliği katsayıları 1 civarında çıkmaktadır.

Mod birleştirme yönteminden elde edilen sonuçlara göre planda taşıyıcı sistem düzensizliği bulunan Sistem 1'in burulma düzensizliği katsayıları, düzenli taşıyıcı sisteme sahip Sistem 2'nin burulma düzensizliği katsayılarından en elverişsiz durumlarda Y doğrultusunda en çok 40% en az 5% daha büyüktür.

Her iki yapı modeli için de eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılan çözümlemelerde mod birleştirme yükü yöntemine göre yapılan çözümlemelerden daha büyük burulma düzensizliği katsayıları elde edilmiştir.

Her iki yapı için hem eşdeğer deprem yükü yöntemi, hem de mod birleştirme yöntemine göre elde edilen sonuçlar için B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği ve görelî kat ötelemeleri kontrolleri yapılmış ve iki sistemin de gerekli şartları sağladığı, B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliğine rastlanmadığı görülmüştür.

Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yapılan çözümlemelerden elde edilen sonuçlara göre planda düzensiz taşıyıcı sisteme sahip olan Sistem 1'e ait kolon ve perde iç kuvvetleri planda düzenli taşıyıcı sisteme sahip olan Sistem 2'ye ait kolon ve perde iç kuvvetlerinden büyük çıkmıştır. Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yapılan çözümlemelere göre planda perde yerleşiminin düzensizliği bulunan Sistem 1'in zemin kat kolon kesme kuvvetleri, planda düzenli olan Sistem 2'ye ait zemin kat

kolon kesme kuvvetlerinden en elverişsiz durumlarda X doğrultusunda % 62 - %46, Y doğrultusunda % 126 - % 77 daha büyüktür. Sistem 1 zemin kat kolon normal kuvvetleri, Sistem 2 zemin kat kolon normal kuvvetlerinden en elverişsiz durumlarda X doğrultusunda % 3 - % 1, Y doğrultusunda % 10 - % 1 civarında daha büyüktür. Planda düzensiz yapı Sistem 1 zemin kat kolon eğilme momentleri, planda düzenli yapı Sistem 2 zemin kat kolon eğilme momentlerinden en elverişsiz durumlarda X doğrultusunda % 60 - % 46, Y doğrultusunda % 115 - % 80 daha büyüktür.

Mod birleştirme yöntemine göre yapılan çözümlemelerden elde edilen sonuçlara göre, planda düzensiz yapı Sistem 1'e ait kolon ve perde iç kuvvetleri, planda düzenli Sistem 2'ye ait kolon ve perde iç kuvvetlerinden büyük çıkmıştır. Mod birleştirme yöntemine göre yapılan çözümlemelere göre, planda düzensiz yapı Sistem 1'e ait zemin kat kolon kesme kuvvetleri, planda düzenli yapı Sistem 2'ye ait zemin kat kolon kesme kuvvetlerinden en elverişsiz durumlarda X doğrultusunda % 158 - % 57, Y doğrultusunda % 157 - % 76 civarında daha büyüktür. Planda düzensiz yapı Sistem 1 zemin kat kolon normal kuvvetleri, planda düzenli yapı Sistem 2 zemin kat kolon normal kuvvetlerinden en elverişsiz durumlarda X doğrultusunda % 11 - % 1, Y doğrultusunda % 7 - % 1 daha büyüktür. Planda düzensiz yapı Sistem 1 zemin kat kolon eğilme momentleri, planda düzenli yapı Sistem 2 zemin kat kolon eğilme momentlerinden en elverişsiz durumlarda X doğrultusunda % 113 - % 52, Y doğrultusunda % 162 - % 95 daha büyüktür.

Her iki deprem hesap yöntemi için de planda düzensiz yapı Sistem 1'e ait iç kuvvetlerin planda düzenli yapı Sistem 2'ye göre artış oranları Y doğrultusunda X doğrultusundan fazla çıkmaktadır. Bu da Y doğrultusunda perde yerleşiminin yoğun ve düzensiz oluşunun iç kuvvetleri büyük ölçüde arttırdığını göstermektedir.

Deprem hesap yöntemleri karşılaştırılacak olursa, her iki sistem için de yapılan çözümlemeler eşdeğer deprem yükü yöntemi ile mod birleştirme yönteminden elde edilen değerlerden daha büyük iç kuvvet değerleri elde edildiğini göstermektedir.

Planda düzensiz yapı Sistem 1 için yapılan çözümlemelerde eşdeğer deprem yükü yöntemi ile elde edilen sonuçlar mod birleştirme yönteminden elde edilenlerden kesme kuvvetleri açısından X doğrultusunda maksimum % 104, Y doğrultusunda maksimum % 23 daha büyüktür. Bu oranlar normal kuvvet değerleri için X

doğrultusunda % 70, Y doğrultusunda % 73'tür. Eğilme momentleri için ise bu değerler X doğrultusu için % 64, Y doğrultusu için % 25'tir.

Planda düzenli yapı Sistem 2 için yapılan çözümlemelerde eşdeğer deprem yükü yöntemi ile elde edilen sonuçlar mod birleştirme yönteminden elde edilenlerden kesme kuvvetleri açısından X doğrultusunda maksimum % 254, Y doğrultusunda maksimum % 44 daha büyüktür. Bu oranlar normal kuvvet değerleri için X doğrultusunda % 57, Y doğrultusunda % 58'dir. Eğilme momentleri için ise bu değerler X doğrultusu için % 127, Y doğrultusu için % 56'dır.

Her iki sistem için eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yapılan çözümlemeye göre zemin kat için donatı hesabı yapılmıştır. Bu hesaba göre planda düzensiz yapı Sistem 1'in zemin kat toplam donatı maliyeti, planda düzenli yapı Sistem 2'nin zemin kat toplam donatı maliyetinden % 5 fazla çıkmıştır.

Sonuç olarak bu çalışma, planda düzensiz perde yerleşiminin deprem etkisine maruz kalan yapıların, burulma düzensizliği katsayılarını ve iç kuvvetlerini büyük ölçüde arttırdığını göstermektedir. Bu artış, yapıda perdelerin daha yoğun olduğu doğrultuda daha yüksek mertebelere ulaşmaktadır. Ayrıca, bu çalışmada perdelerin planda simetrik yerleştirildiği düzenli yapıda burulma düzensizliği oluşmamakla birlikte burulma düzensizliği katsayılarının beklenenden yüksek mertebelerde çıktığı görülmüştür. Tamamen simetrik ve düzenli olan bu sistemde beklenmedik ölçüde burulma düzensizliği katsayılarının elde edilmesinde gizli burulmanın etkili olduğu düşünülmektedir. Yapılara yatay rijitliği arttırmak için eklenen perde taşıyıcı sistem elemanlarının yatay rijitliği artırıcı bu olumlu etkisi, eğer yapıların tasarım aşamasında perdeler sisteme simetrik ve düzenli olarak eklenmezlerse oldukça olumsuz bir etkiye dönüşebilmektedir. Yapılara deprem kuvvetleri altında büyük hasarlar verebilecek burulma düzensizliğinden kaçınmak ve taşıyıcı sistem elemanlarının tasarımın üstünde iç kuvvetlere maruz kalmasını önlemek amacı ile perde elemanlarının planda yerleşimine çok dikkat edilmeli ve planda mümkün olduğunca simetrik ve her iki doğrultuda rijitlikleri birbirine yakın olacak şekilde düzenlenmelidir. Tasarım aşamasında simetrik olarak düzenlenen perdelerden oluşan sistemlerin de mutlaka deprem hesapları yapıldıktan sonra burulma düzensizliği kontrolü yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

Ağcakoca, M. (2000). Burulma Modu Etkin Olan Yapıların Deprem Etkisi Altındaki Davranışı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2000, İstanbul.

Aka, İ. ve Altan, M. (1992). Betonarme Taşıyıcı Sistemler, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, 1992, İstanbul.

Aktan, S. ve Kırac, N. (2009). Betonarme Binalarda Perdelerin Davranışa Etkileri, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt:XXIII, Sayı:1, 2010.

Demir, A. ve Dönmez, D. (2008). Çok Katlı Yapılarda Burulma Düzensizliğine Etki Eden Faktörler, C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 4.1 (2008) 31 – 36.

Deprem Bölgelerine Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2007, Ankara.

Erol, O. (1999). Planda Düzensiz Yapıların Deprem Yönetmeliğine Göre İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1999, İstanbul.

Karaduman, A. ve Döndüren, M. S. (2004). Çok Katlı Betonarme Yapıların Dinamik Analizi, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 432 – 2004/4.

Nam, C. (2001). Planda Düzensiz Betonarme Bir Yapının Düşey ve Yatay Yükler Altında Davranışının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2001, İstanbul.

Özmen, G. (2000). Plan Geometrisinin Burulma Düzensizliğine Etkisi, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 410 – 2000/6.

Özmen, G. (2001). Rijitlik Dağılımının Burulma Düzensizliğine Etkisi, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 411 – 2001/1.

Özmen, G. (2004). Çok Katlı Yapılarda Aşırı Burulma Düzensizliği, İMO Teknik Dergi, 2004 3131-3144, Yazı 210.

Özmen, G., Orakdoğan, E., Darılmaz, K. (2009). Örneklerle SAP2000 – V12, Birsan Yayınevi, 2009, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Merve Gül Gezmiş

Doğum Yeri ve Tarihi: Giresun – 08.02.1987

Adres: Bakırköy - İstanbul

E-Posta: merve_gezmis@hotmail.com

Lisans: Yıldız Teknik Üniversitesi – İnşaat Fakültesi – İnşaat Mühendisliği Bölümü