

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI DÖŞEME BOŞLUĞUNA SAHİP YAPILARIN YATAY DEPREM
KUVVETİ ETKİSİ ALTINDA DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Anıl KUTLU

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

OCAK 2013

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI DÖŞEME BOŞLUĞUNA SAHİP YAPILARIN YATAY DEPREM
KUVVETİ ETKİSİ ALTINDA DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Anıl KUTLU
(501101004)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Mustafa GENÇOĞLU

OCAK 2013

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501101004 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Anıl KUTLU**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**FARKLI DÖŞEME BOŞUĞUNA SAHİP YAPILARIN YATAY DEPREM KUVVETİ ETKİSİ ALTINDA DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Mustafa GENÇOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Kadir GÜLER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd.Doç.Dr. Sema Noyan ALACALI
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **17 Aralık 2012**
Savunma Tarihi : **24 Ocak 2013**

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezi olarak sunulan bu çalışmada, yapı düzensizliklerinden döşeme düzensizliğinin yapılara olan etkisi irdelenmiştir. Aynı deprem kuvveti etkisinde yapıların diyafram çalışması durumuyla birlikte yapıların rijit ve esnek diyafram olarak çalışmasıyla oluşacak durumlar karşılaştırılmış ve güvenilirlik incelenmiştir.

Bu tez çalışması sırasında yakın ilgi ve değerlerini yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Doç. Dr. Mustafa GENÇOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Öğrenim yaşamım boyunca bana maddi ve manevi olarak destek veren aileme sonsuz teşekkür ederim.

Ocak 2013

Anıl KUTLU
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
KISALTMALAR.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
SEMBOL LİSTESİ.....	xix
ÖZET	xxi
SUMMARY.....	xxii
1. GİRİŞ	1
1.1 Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı	2
1.2 Çalışma Amacı ve Kapsamı.....	4
2. TAŞIYICI SİSTEM DÜZENSİZLİKLERİ	7
2.1 Planda Düzensiz Yapılar	7
2.1.1 Burulma düzensizliği durumu	7
2.1.1.1 TDY 2007	7
2.1.1.2 Eurocode 8	8
2.1.1.3 IBC 2009.....	9
2.1.2 Döşeme süreksizliği durumu.....	9
2.1.2.1 TDY 2007	9
2.1.2.2 Eurocode 8	10
2.1.2.3 IBC 2009.....	11
2.1.3 Planda girinti çıkıntı düzensizliği.....	11
2.1.3.1 TDY 2007	11
2.1.3.2 Eurocode 8	11
2.1.3.3 IBC 2009.....	12
2.2 Düşeyde Düzensiz Yapılar.....	12
2.2.1 Komşu katlar arası dayanım düzensizliği	12
2.2.1.1 TDY 2007	12
2.2.1.2 Eurocode 8	13
2.2.1.3 IBC 2009.....	13
2.2.2 Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği.....	13
2.2.2.1 TDY 2007	13
2.2.2.2 Eurocode 8	14
2.2.2.3 IBC 2009.....	14
2.2.3 Taşıyıcı sistem düşey elemanlarının süreksizliği.....	14
2.2.3.1 TDY 2007	14
2.2.3.2 Eurocode 8	15
2.2.3.3 IBC 2009.....	16
3. DÖŞEMELERİN YAPI DAVRANIŞINA ETKİLERİ.....	17

3.1 Döşemelerin Yapıda Oynadığı Rol	17
3.2 Döşemelerin İnşaat Mühendisliği Açısından İncelenmesi	21
3.2.1 Rijit diyafram modeli	21
3.2.2 Döşemeleri rijit diyafram olarak çalışmayan yapılar	23
4. SAYISAL İNCELEMELER.....	27
4.1 İncelenen Yapıların Özellikleri	27
4.2 Hesaplarda İzlenen Çözüm Yöntemleri	33
4.2.1 Aynı deprem kuvvetine sahip yapıların hesabında izlenen yol	33
4.2.2 Rijit ve esnek diyaframa göre yapıların hesabında izlenen yol	34
4.3 Aynı Deprem Kuvveti Etkisindeki Yapıların Çözümleri.....	36
4.3.1 Y-1 modeli için çözümler.....	36
4.3.2 Y-2 modeli için çözümler.....	42
4.3.3 Y-3 modeli için çözümler.....	46
4.3.4 Y-4 modeli için çözümler.....	51
4.4 Rijit ve Esnek Diyaframlara Göre Çözümler	56
4.4.1 Y-1 modeli için çözümler.....	56
4.4.1.1 Y-1.a modeli için çözümler	56
4.4.1.2 Y-1.b modeli için çözümler	58
4.4.2 Y-2 modeli için çözümler.....	60
4.4.2.1 Y-2.a modeli için çözümler	60
4.4.2.2 Y-2.b modeli için çözümler	62
4.4.3 Y-3 modeli için çözümler.....	64
4.4.3.1 Y-3.a modeli için çözümler	64
4.4.3.2 Y-3.b modeli için çözümler	66
4.4.4 Y-4 modeli için çözümler.....	68
4.4.4.1 Y-4.a modeli için çözümler	68
4.4.4.2 Y-4.b modeli için çözümler	70
5. SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI	73
5.1 Aynı Deprem Kuvveti Etkisindeki Yapıların Sonuçlarının Karşılaştırılması ..	73
5.1.1 Kat yer değiştirmelerinin karşılaştırılması	73
5.1.1.1 X doğrultusundaki deprem için çözümlerin irdelenmesi	73
5.1.1.2 Y doğrultusundaki deprem için çözümlerin irdelenmesi	74
5.1.2 Kolon iç kuvvet değişimlerinin karşılaştırılması.....	75
5.1.2.1 X doğrultusundaki deprem için çözümlerin irdelenmesi	76
5.1.2.2 Y doğrultusundaki deprem için çözümlerin irdelenmesi	77
5.1.3 Döşeme gerilmelerinin karşılaştırılması	79
5.1.3.1 X doğrultusundaki deprem için çözümlerin irdelenmesi	79
5.1.3.2 Y doğrultusundaki deprem için çözümlerin irdelenmesi	80
5.2 Rijit ve Esnek Diyaframlı Yapıların Sonuçlarının Karşılaştırılması	81
5.2.1 Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması	82
5.2.2 Kat yer değiştirmelerinin karşılaştırılması	82
5.2.2.1 X doğrultusu için kat yer değişimlerinin karşılaştırılması.....	83
5.2.2.2 Y doğrultusu için kat yer değişimlerinin karşılaştırılması.....	83
5.2.3 Kolon iç kuvvet değişimlerinin karşılaştırılması.....	84
5.2.3.1 X doğrultusu için iç kuvvet çözümlerin irdelenmesi	84
5.2.3.2 Y doğrultusu için iç kuvvet çözümlerin irdelenmesi	91
5.2.4 Döşeme gerilmelerinin karşılaştırılması	97
5.2.4.1 X doğrultusundaki deprem için çözümlerin irdelenmesi	98
5.2.4.2 Y doğrultusundaki deprem için çözümlerin irdelenmesi	98
5.2.5 Diyafram ve kesme çatlağı kontrolü	99

6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	103
KAYNAKLAR.....	107
EKLER.....	109
ÖZGEÇMİŞ.....	127

KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
CQC	: Tam karesel birleştirme yöntemi
ETABS	: Extended 3D Analysis of Building Systems
IBC 2009	: International Building Code 2009
SRSS	: Karelerin toplamının karekökü yöntemi
TDY 2007	: Türkiye Deprem Yönetmeliği 2007
TS-498	: Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri
TS-500	: Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Dünya deprem yönetmeliklerindeki büyük döşeme boşluklarıyla ilgili sınır durumlar.....	5
Çizelge 3.1 : Betonarme döşeme sistemlerinin ekonomik oldukları açıklıklar ve etkisinde kalacakları yükler.....	20
Çizelge 3.2 : Modellere ait bilinmeyen sayıları.....	24
Çizelge 4.1 : Spektrum fonksiyonları.....	31
Çizelge 4.2 : Model yapıların isimlendirilmesi.....	32
Çizelge 4.3 : Yükleme kombinasyonu.....	34
Çizelge 4.4 : Y-1 modeline ait kat kütle ve dönme atalet kütleleri.....	38
Çizelge 4.5 : Y-1 modeline ait X ve Y doğrultusundaki yatay deprem kuvvetleri ve ek burulma momentleri	38
Çizelge 4.6 : Y-1 modeli için oluşacak yer değiştirmeler (mm).....	38
Çizelge 4.7 : X ve Y doğrultusunda yatay deprem kuvvetlerine göre kolonlarda oluşan moment (kNm) ve kesme kuvveti (kN) değerleri.....	39
Çizelge 4.8 : X doğrultusu doğal periyot hesapları.....	40
Çizelge 4.9 : Y doğrultusu doğal periyot hesapları.....	40
Çizelge 4.10 : Y-1 modeline ait döşeme gerilme değerleri (N/mm ²).....	41
Çizelge 4.11 : Y-2 modeli için oluşacak yer değiştirmeler (mm).....	43
Çizelge 4.12 : X ve Y doğrultusunda yatay deprem kuvvetlerine göre kolonlarda oluşan moment(kNm) ve kesme kuvveti (kN) değerleri.....	44
Çizelge 4.13 : X doğrultusu doğal periyot hesapları.....	45
Çizelge 4.14 : Y doğrultusu doğal periyot hesapları.....	45
Çizelge 4.15 : Y-2 modeline ait döşeme gerilme değerleri (N/mm ²).....	45
Çizelge 4.16 : X ve Y doğrultusunda yatay deprem kuvvetlerine göre kolonlarda oluşan moment(kNm) ve kesme kuvveti (kN) değerleri.....	48
Çizelge 4.17 : Y-3 modeli için oluşacak yer değiştirmeler (mm).....	49
Çizelge 4.18 : X doğrultusu doğal periyot hesapları.....	49
Çizelge 4.19 : Y doğrultusu doğal periyot hesapları.....	49
Çizelge 4.20 : Y-3 modeline ait döşeme gerilme değerleri (N/mm ²).....	50
Çizelge 4.21 : Y-4 modeli için oluşacak yer değiştirmeler (mm).....	52
Çizelge 4.22 : X ve Y doğrultusunda yatay deprem kuvvetlerine göre kolonlarda oluşan moment (kNm) ve kesme kuvveti (kN) değerleri.....	53
Çizelge 4.23 : X doğrultusu doğal periyot hesapları.....	54
Çizelge 4.24 : Y doğrultusu doğal periyot hesapları.....	54
Çizelge 4.25 : Y-4 modeline ait döşeme gerilme değerleri(N/mm ²).....	55
Çizelge 4.26 : Y-1.a modeline ait döşeme gerilme değerleri (N/mm ²).....	56
Çizelge 4.27 : X ve Y doğrultusunda yatay deprem kuvvetlerine göre kolonlarda oluşan moment (kNm) ve kesme kuvveti (kN) değerleri.....	57
Çizelge 4.28 : Y-1.a modeli için oluşacak yer değiştirmeler (mm).....	58
Çizelge 4.29 : Y-1.b modeline ait döşeme gerilme değerleri (N/mm ²).....	58

Çizelge 4.30 : X ve Y doğrultusunda yatay deprem kuvvetlerine göre kolonlarda oluşan moment (kNm) ve kesme kuvveti (kN) değerleri	59
Çizelge 4.31 : Y-1.b modeli için oluşacak yer değiştirmeler (mm).....	60
Çizelge 4.32 : Y-2.a modeli için oluşacak yer değiştirmeler (mm).....	60
Çizelge 4.33 : X ve Y doğrultusunda yatay deprem kuvvetlerine göre kolonlarda oluşan moment (kNm) ve kesme kuvveti (kN) değerleri.	61
Çizelge 4.34 : Y-2.a modeline ait döşeme gerilme değerleri (N/mm ²).....	62
Çizelge 4.35 : Y-2.b modeli için oluşacak yer değiştirmeler (mm).....	62
Çizelge 4.36 : X ve Y doğrultusunda yatay deprem kuvvetlerine göre kolonlarda oluşan moment (kNm) ve kesme kuvveti (kN) değerleri	63
Çizelge 4.37 : Y-2.b modeline ait döşeme gerilme değerleri (N/mm ²)	64
Çizelge 4.38 : X ve Y doğrultusunda yatay deprem kuvvetlerine göre kolonlarda oluşan moment (kNm) ve kesme kuvveti(kN) değerleri.	65
Çizelge 4.39 : Y-3.a modeli için oluşacak yer değiştirmeler (mm)	66
Çizelge 4.40 : Y-3.a modeline ait döşeme gerilme değerleri (N/mm ²).....	66
Çizelge 4.41 : X ve Y doğrultusunda yatay deprem kuvvetlerine göre kolonlarda oluşan moment (kNm) ve kesme kuvveti (kN) değerleri.	67
Çizelge 4.42 : Y-3.b modeline ait döşeme gerilme değerleri (N/mm ²)	68
Çizelge 4.43 : Y-3.b modeli için oluşacak yer değiştirmeler (mm).....	68
Çizelge 4.44 : X ve Y doğrultusunda yatay deprem kuvvetlerine göre kolonlarda oluşan moment(kNm) ve kesme kuvveti(kN) değerleri.	69
Çizelge 4.45 : Y-4.a modeli için oluşacak yer değiştirmeler (mm).	70
Çizelge 4.46 : Y-4.a modeline ait döşeme gerilme değerleri (N/mm ²).....	70
Çizelge 4.47 : X ve Y doğrultusunda yatay deprem kuvvetlerine göre kolonlarda oluşan moment (kNm) ve kesme kuvveti (kN) değerleri.	71
Çizelge 4.48 : Y-4.b modeline ait döşeme gerilme değerleri (N/mm ²).	72
Çizelge 4.49 : Y-4.b modeli için oluşacak yer değiştirmeler (mm).....	72
Çizelge 5.1 : X doğrultulu deprem kuvvetleri sonucu yer değiştirmeler ve değişim yüzdeleri (mm-%).	73
Çizelge 5.2 : Y doğrultulu deprem kuvvetleri sonucu yer değiştirmeler ve değişim yüzdeleri (mm-%)	74
Çizelge 5.3 : X deprem doğrultusu moment ve kesme kuvveti değişimleri.....	76
Çizelge 5.4 : Y deprem doğrultusu moment ve kesme kuvveti değişimleri.....	77
Çizelge 5.5 : X deprem doğrultusu döşeme gerilmeleri değişimleri (N/mm ² -%).....	80
Çizelge 5.6 : Y deprem doğrultusu döşeme gerilmeleri değişimleri (N/mm ² -%).....	81
Çizelge 5.7 : Taban kesme kuvveti değerleri	82
Çizelge 5.8 : X doğrultusunda modellerde oluşan yer değiştirmeler (%).	83
Çizelge 5.9 : Y doğrultusunda modellerde oluşan yer değiştirmeler (%).	84
Çizelge 5.10 : C9 kolonu X doğrultusu moment değişim çizelgesi.....	85
Çizelge 5.11 : C9 kolonu X doğrultusu kesme kuvveti değişim çizelgesi.	85
Çizelge 5.12 : C29 kolonu X doğrultusu moment değişim çizelgesi.....	87
Çizelge 5.13 : C29 kolonu X doğrultusu kesme kuvveti değişim çizelgesi	87
Çizelge 5.14 : C9 kolonu Y doğrultusu moment değişim çizelgesi.....	91
Çizelge 5.15 : C9 kolonu Y doğrultusu kesme kuvveti değişim çizelgesi.	92
Çizelge 5.16 : C29 kolonu Y doğrultusu moment değişim çizelgesi.....	92
Çizelge 5.17 : C29 kolonu Y doğrultusu kesme kuvveti değişim çizelgesi.	93
Çizelge 5.18 : X deprem doğrultusu döşeme gerilmeleri değişimleri (%).	98
Çizelge 5.19 : Y deprem doğrultusu döşeme gerilmeleri değişimleri (%).	99
Çizelge A.1 : Y-1 modellerine ait modal katılım oranları.....	110
Çizelge A.2 : Y-2 modellerine ait modal katılım oranları.....	111

Çizelge A.3 : Y-3 modellerina ait modal katılım oranları	112
Çizelge A.4 : Y-4 modellerina ait modal katılım oranları	113

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : A) Lineer elastik ve lineer elastik olmayan kuvvet-yer değiştirme eğrisi B) Betonarme elemanda moment-eğrilik eğrisi.....	3
Şekil 2.1 : Burulma düzensizliği durumu.	8
Şekil 2.2 : Döşeme düzensizlik durumu.	10
Şekil 2.3 : Planda döşeme süreksizliği.	10
Şekil 2.4 : Planda çıkıntı durumları.....	11
Şekil 2.5 : Planda çıkıntı durumları.....	12
Şekil 2.6 : Komşu katlar arası dayanım düzensizliği durumu.	13
Şekil 2.7.a : Kolonların kiriş ve guselere oturması durumu	15
Şekil 2.7.b : Kolonun iki ucundan mesnetli kirişe oturması durumu.....	15
Şekil 2.7.c : Perdenin kolonlara oturması durumu	15
Şekil 2.8 : Geri çekilme durumları.	16
Şekil 3.1 : Diyafram kabulleri.	21
Şekil 3.2 : Rijit diyafram modeli.....	22
Şekil 3.3 : Boşluk çevresi donatı detaylandırılması.	24
Şekil 4.1 : Y-4 modeli için en olumsuz döşeme parçası.....	30
Şekil 4.2 : Zemin sınıfları için elastik ivme spektrumu.....	30
Şekil 4.3 : Spektrum fonksiyon eğri grafiği.....	31
Şekil 4.4 : Çözümlemede kullanılacak yapı modellerinin plan görünüşleri.	32
Şekil 4.5 : Shell eleman oluşumu.	35
Şekil 4.6 : Y-1 modeline ait kat kalıp planı	37
Şekil 4.7 : Y-1, üç boyutlu ETABS modeli	37
Şekil 4.8 : Y-1 modeli döşeme bölgeleri.	43
Şekil 4.9 : Y-2 modeline ait kat kalıp planı	44
Şekil 4.10 : Y-2, üç boyutlu ETABS modeli	45
Şekil 4.11 : Y-2 modeli döşeme bölgeleri.	48
Şekil 4.12 : Y-3, üç boyutlu ETABS modeli	49
Şekil 4.13 : Y-3 modeline ait kat kalıp planı	50
Şekil 4.14 : Y-3 modeli döşeme bölgeleri	53
Şekil 4.15 : Y-3, üç boyutlu ETABS modeli.	54
Şekil 4.16 : Y-3 modeline ait kat kalıp planı	55
Şekil 4.17 : Y-3 modeli döşeme bölgeleri	55
Şekil 5.1 : X doğrultulu deprem etkisinden oluşan kat yer değişimler	73
Şekil 5.2 : Y doğrultulu deprem etkisinden oluşan kat yer değişimler	75
Şekil 5.3 : C29 kolonu X deprem doğrultusundaki kat moment değişimleri.	76
Şekil 5.4 : C29 kolonu X deprem doğrultusu kat kesme kuvveti değişimleri.	77
Şekil 5.5 : C3 kolonu Y deprem doğrultusundaki kat moment değişimleri.	78
Şekil 5.6 : C3 kolonu Y deprem doğrultusu kat kesme kuvveti değişimleri	78
Şekil 5.7 : C9 kolonu Y deprem doğrultusundaki kat moment değişimleri.	78
Şekil 5.8 : C9 kolonu Y deprem doğrultusu kat kesme kuvveti değişimleri	79
Şekil 5.9 : Y deprem doğrultusunda döşeme bölgelerinde oluşan gerilmeler	80
Şekil 5.10: Y deprem doğrultusunda döşeme bölgelerinde oluşan gerilmeler.	81

Şekil 5.11: Tüm modellere ait X doğrultusundaki yer değiştirmeler.....	83
Şekil 5.12 : Tüm modellere ait Y doğrultusundaki yer değiştirmeler.....	84
Şekil 5.13 : Deprem X doğrultusunda C9 kolonu moment değişimleri.....	86
Şekil 5.14 : Deprem X doğrultusunda C9 kolonu kesme kuvveti değişimleri.....	87
Şekil 5.15 : Deprem X doğrultusunda C29 kolonu Moment değişimleri.....	89
Şekil 5.16 : Deprem X doğrultusunda C29 kolonu kesme kuvveti değişimleri.	90
Şekil 5.17 : Deprem X doğrultusunda C9 kolonu moment değişimleri.....	94
Şekil 5.18 : Deprem X doğrultusunda C9 kolonu kesme kuvveti değişimleri.....	95
Şekil 5.19 : Deprem X doğrultusunda C29 kolonu Moment değişimleri.....	96
Şekil 5.20 : Deprem X doğrultusunda C29 kolonu kesme kuvveti değişimleri.	97
Şekil 5.21 : Y-1 modellerinin şekil değiştirmiş halleri	100
Şekil 5.22 : Y-2 modellerinin şekil değiştirmiş halleri.	101
Şekil 5.23 : Y-3 modellerinin şekil değiştirmiş halleri	101
Şekil 5.24 : Y-4 modellerinin şekil değiştirmiş halleri	101
Şekil A.1 : Aynı deprem kuvvetli modellerin X doğrultusundaki gerilme konturları	114
Şekil A.2 : Aynı deprem kuvvetli modellerin X doğrultusundaki gerilme konturları.	115
Şekil A.3 : Aynı deprem kuvvetli modellerin Y doğrultusundaki gerilme konturları	116
Şekil A.4 : Aynı deprem kuvvetli modellerin Y doğrultusundaki gerilme konturları	117
Şekil B.1 : Deprem X doğrultulu Y-1 modeli döşeme gerilmeleri konturları.....	118
Şekil B.2 : Deprem Y doğrultulu Y-1 modeli döşeme gerilmeleri konturları.....	119
Şekil B.3 : Deprem X doğrultulu Y-2 modeli döşeme gerilmeleri konturları.....	120
Şekil B.4 : Deprem Y doğrultulu Y-2 modeli döşeme gerilmeleri konturları.....	121
Şekil B.5 : Deprem X doğrultulu Y-3 modeli döşeme gerilmeleri konturları.....	122
Şekil B.6 : Deprem Y doğrultulu Y-3 modeli döşeme gerilmeleri konturları.....	123
Şekil B.7 : Deprem X doğrultulu Y-4 modeli döşeme gerilmeleri konturları.....	124
Şekil B.8 : Deprem Y doğrultulu Y-4 modeli döşeme gerilmeleri konturları.....	125

SEMBOL LİSTESİ

A	: Döşeme boşluğunun donatı yerleştirilen doğrultudaki genişliği
A_o	: Etkin yer ivmesi katsayısı
A(T)	: Spektral yer katsayısı
bw	: Döşeme kesit yüksekliği
d	: Döşemenin en uzun doğrultusu
d_i	: Binanın i'inci katında deprem yüklerine göre hesaplanan yer değiştirme
ddöş_{1i}	: Y-1 modeline göre i no'lu modellerde oluşacak döşeme gerilmelerinin değişim yüzdesi
döş_{Y-1}	: Y-1 modeline ait döşeme gerilmesi değerleri
döş_{Y-i}	: i nolu modele ait döşeme gerilmesi değerleri
dM_{1i}	: Y-1 modeline göre i no'lu modellerde oluşacak moment değişim yüzdesi
dV_{1i}	: Y-1 modeline göre i no'lu modellerde oluşacak kesme kuvveti değişim yüzdesi
dyd_{1i}	: Y-1 modeline göre i no'lu modellerde oluşacak yer değişimlerin yüzdesi
dyd_{ab}	: Esnek diyaframlı modelin rijit diyaframlı modele göre yer değişimlerin değişim yüzdesi
f_{ctd}	: Beton karakteristik çekme dayanımı
Fi	: i nolu kata etkiyen deprem kuvveti
g	: Yerçekimi ivmesi
G:	: Modellere etkiyen ölü yük
h:	: Döşeme kalınlığı
hi	: i nolu kata ait kat yüksekliği
Hi	: Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği
I	: Bina önem katsayısı
I_x	: Kat planında X yönlü atalet momenti
I_y	: Kat planında Y yönlü atalet momenti
K_i	: Her hangi bir i. katın yatay rijitliği
l_{sn}	: Döşeme kısa doğrultudaki serbest açıklığı
lb	: Kenetlenme boyu
M_{ix}	: i nolu kata ait ek burulma momentleri
M_{0i}	: Dönme atalet kütlesi
M_{Y-1}	: Y-1 modeline ait moment değerleri
M_{Y-i}	: i no'lu modele ait moment değerleri
m_i	: Herhangi i no'lu katın kütlesi
m	: Bir kattaki düğüm noktası sayısı
m	: Döşemenin uzun kenarının kısa kenarına oranı
n	: Toplam kat adeti
n	: Hareketli yük katılım katsayısı
N_{bd}	: Uç deplasmanlarının sayısı
Q	: Modellere etkiyen hareketli yük

R	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
R_a (T_i)	: Deprem yükü azaltma katsayısı
S (T_i)	: Spektrum katsayısı
V_{cr}	: Döşemenin kesme kuvveti taşıma kapasitesi
V_{Y-1}	: Y-1 modeline ait kesme kuvveti değerleri
V_{Y-i}	: i no'lu modele ait kesme kuvveti değerleri
V_t	: Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde göz önüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)
y_{d_a}	: Rijit diyaframlı modelde yer değiştirme değerleri
y_{d_b}	: Esnek diyaframlı modelde yer değiştirme değerleri
y_{d_{Y-1}}	: Y-1 modeline ait yer değiştirmeler
y_{d_{Y-i}}	: i no'lu modele ait yer değiştirmeler
ΣA_w	: Depreme dik doğrultudaki kolon çıkıntılarının alanları hariç, herhangi bir kattaki kolon en kesiti etkin gövde alanları toplamı
ΣA_g	: Binada herhangi bir katta, hesap yapılan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının en kesit alanlarının toplamı
ΣA_k	: Binada herhangi bir katta, kapı ve pencere boşlukları çıkartıldıktan sonra, hesap yapılan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının toplamı
α_s	: Döşemenin sürekli kenar uzunluklarının toplamının tüm kenar uzunluklarına oranı
Δ_i	: Binanın i nolu katındaki görelî kat ötelemesi
ΔF_n	: Bina en üst katına etkiyen tepe eşdeğer deprem kuvveti
η_{bi}	: i no'lu katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı
η_{ci}	: i no'lu katta tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısı
η_{ki}	: i no'lu katta tanımlanan rijit düzensizliği katsayısı

FARKLI DÖŞEME BOŞLUKLU YAPILARIN YATAY DEPREM KUVVETİ ETKİSİ ALTINDA DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

ÖZET

Bu tez çalışmasında döşeme süreksizliklerinin deprem kuvvetleri etkisi altında betonarme çerçeveli yapılarda nasıl etki meydana getirdiği incelenmiştir. Depreme dayanıklı bir yapıdan beklenen özelliklerden biri deprem yüklerinin yatay yük taşıyan elemanlara güvenli şekilde aktarılabilmesidir. Döşemeler de yatay yükleri kolon ya da perde gibi düşey taşıyıcı elemanlara aktarılmasını sağlayan yapı elemanıdır. Bu aktarım diyafram durumuyla ortaya çıkar. Ancak döşeme süreksizlikleri hem yatay kuvvetlerin güvenli ve sağlıklı şekilde düşey elemanlara aktarılmasını olumsuz bir şekilde etkilemekte hem de yapıda istenmeyen burulma, çatlama ve iç kuvvet zorlanmalarıyla beraber gerilme yığılmaları meydana getirebilmektedir. Bu güvenlik ancak yapının iyi analiz edilip gerekli yerlerde rijit diyafram ya da esnek diyafram olarak hangi tipin uygun olacağına karar vererek sağlanabilir.

Bu çalışmada farklı döşeme süreksizliklerine sahip 4 tip yapı modellenmiş ve iki gruba ayrılarak analiz edilmiştir. İlk grup çözümlerde eşdeğer analiz yöntemi, ikinci grup çözümlerde ise çok modlu mod birleştirme yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca çalışmada TDY 2007, Eurocode 8 ve IBC yönetmeliklerinde yer alan düzensizliklere yer verilmiştir. Yapı modellemesi ve analizlerde ETABS programı kullanılmıştır.

İlk grup çalışmada aks sürekliliğini değişmesiyle yapıda meydana gelecek olan etkiler incelenmiştir. Bu inceleme yapılırken maksimum deprem kuvvetine sahip yapıya gelen deprem kuvvetleriyle ek burulma momentleri hesaplanmıştır. Bu deprem kuvveti ve ek burulma momentleri sabit tutularak her model için aynı şekilde etkiltilmiş. Ayrıca diyafram durumu için rijit diyafram kabulü yapılmıştır. Modellerin davranışları iç kuvvetler, kat yerdeğiştirmeleri ve döşeme gerilme kontrolleri olarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Bunun sonucunda aks sürekliliğinin yapılar için önemi saptanmıştır.

İkinci grup çalışmada her model döşemeleri hem rijit hemde esnek diyafram kabulleriyle ayrı ayrı analiz edilmiştir. Bu diyafram tanımlamaları hangi model için uygun olup hangi model için uygun olmadığı yapı davranışları incelenerek tespit edilmiştir. Tüm analiz sonuçları ve gerekli kontrollere ait sonuçlar çizelge ve şekillerle ifade edilmiştir. Bunun sonucunda hangi yapılar için rijit diyafram kullanması uygunken hangi yapılar için esnek diyafram kullanılması gerekliliği bulunan sonuçlarla belirlenmiştir.

STRUCTURES WITH DIFFERENT SLAB OPENINGS INVESTIGATE OF BEHAVIOUR UNDER HORIZONTAL EARTHQUAKE FORCES

SUMMARY

Earthquakes, depending on the time varying structure of loads causes the appearance of which is proportional to mass and structure. In response, the time varies depending on the structure consists of internal forces. Earthquake resistant design of buildings purpose, damage may occur due to these forces do not exceed certain values.

The main principle of earthquake-resistant design, structural and non-structural elements of buildings in mild earthquakes avoid any damage, moderate damage in structural and non-structural elements remain limited and repairable level, with severe structural damage in earthquakes, in order to ensure the safety of life the limitation of the formation . A structure of reinforced concrete structural system, the loads acting on duties and be able to transfer the weight to the slab in a reliable way. For this reason, the selection of the structure and design of the carrier system is extremely important.

The building structural system as a whole to an earthquake, and also in each of the elements that make up the delivery system, seismic loads up to the base floor of the scale to ensure a continuous and safe transfer of rigidity, stability and durability available. This regard slab systems, the earthquake will be transferred securely between the elements of the structural system must have a level of rigidity and strength.

Taking into account all the effects of architectural requirements for modeling the structure of a team trying to bring about vertical and plan irregularities. In this study, what kind of problems created by slab irregularities observed structure. National regulations around the world, including slab openings have been imposed on a number of structures.

Every regulation, the slabs have needed to show into earthquake loads safely. This is the subject of the thesis has helped to create. Slabs, columns and shear walls earthquake forces transferring the duty the structural element structural elements. This is the transmission diaphragm definition.

In this study, two types of slab openings relevant to the investigation. In these analyzes, on a single system with a variable space models have discussed rates.

The first group analysis, the models have kept constant earthquake forces acting on a regular, 23%, 36% and 50% opening rate variable models have been discussed. Under this variable parameter, the behavior of structure and changes will occur on the basis of the element studied.

Structural model has been used in four different solutions. Slabs have been solved by according to the adoption of rigid diaphragm and for the results have been used Equivalent Seismic Load Method.

First, the structure of regular system with center mass and stiffness of each floor base shear values have been obtained with ETABS. Then, the weight of the floors with rotational inertia mass has been created.

Slab's height of the weights multiplied by the cumulative weight of the total percentage rate for each layer has been found to be. This rate and the cumulative height of a storey base shear force by multiplying the weight of the layer has obtained according to the seismic force acting on the center of mass is located. Then, by calculating the peak equivalent seismic load acting on the top floor has been added to the force of the earthquake. Finally, an additional torsional moments due to side length and eccentricity have been obtained.

A regular structure, the floor of the horizontal center of mass of five percent eksantirisiteyle earthquake forces and additional torsional moments acting in the order of 23%, 36% and 50% with a ratio of openings structures has been applied in the same way. Only changed the space in this section, the internal force changes, the floor will consist of displacements and stresses in slabs have been showed changes on the basis of regular structure, graphics, tables, and figures shown in the results.

Considering some of the columns are equal to the results for the comparison has been selected. Floor stress values used in the comparison of the average stresses taking into account the comparison of selected columns slabs.

The second group analyzes, each model is also described as rigid and flexible diaphragm. Mode has been selected 21 for 7-storey buildings. The results of the mass and stiffness of the structure for each model has been calculated according to intervals. Bending moments and shear forces of columns for each model have been obtained and will consist of a rigid structure, changes in membrane structure has been obtained by the flexible diaphragm; critical tensile strength of the concrete slabs were compared with the in-plane stresses. ETABS program has been used in the calculations.

Both vertical load and seismic load calculations made, but only by taking into consideration the changes in the internal force of the impact of the earthquake forces, modal analysis has been done. Combination of vertical loads along the horizontal loads, moment and stress can cause locally increases. This situation affects the distribution of moment-floor structure has been caused by mass behavior olumusuzluklara comparison.

Considering some of the columns are equal to the results for the comparison has been selected. Slab stress values used in the comparison of columns slabs where comparisons were made taking into account the most critical areas.

Modeled using shell elements have been defined as floor of rigid structures, networks have been divided often enough; so that there is no need to modeling flanged beams. Rigid floor structures with shell elements has been defined as the modeling of these elements is a matter of preference and in-plane plate stiffnesses (∂x , ∂y , ∂z) and plaque-plane stiffnesses (θx , θy , θz) possession and realistic solutions for three dimension modeling that they provide.

Flexible diaphragm is working as a flooring surface installed in the plane of the carrier elements are used for modeling. The membrane element, only in its own plane plate stiffness in x and y direction ($\partial x, \partial y$) and the direction of the z-plane stiffness of the plate (∂z) has been defined. With this behavior, floor horizontal load-bearing elements, the relative stiffness of the diaphragm independent has been distributed lateral loads.

Dynamic analysis and dynamic calculation model as an option Eigen vectors selected for each model to ensure mass participation percentage of 90% of the number of modes have been taken into account. Dynamic models, including 3 units on each floor for the contribution of the first 21 modes have been taken into account.

Seismic analysis of the TDY in 2007 has been described in the method of modal superposition. 5% for the combination used and the mode damping ratio CQC method.

Force or displacement of a structure that is used to estimate the peak value of the most reliable method is to use the sum of the absolute values of the size of the modal behavior. This approach consists of all modes at the same time accepts the values of the maximum mode. Another very common approach to estimate the values of the displacement or force, the maximum values of the mode is to use the square root of the sum of the squares.(SRSS). SRSS method accepts all the maximum modal values are statistically independent. Frequency is almost identical three-dimensional structures, a large number of validated this assumption. CQC method, which is based on the behavior spectrum of the terms to each other (relative) ability to receive signals into consideration, correction of these errors led to the SRSS method.

Floor levels, any description made and an aperture defined in the mass of each element is independently formed in addition to the effect of an eccentricity entered models.

As a result of all these definitions, the behavior of the first group solution of buildings olumusuzları effect has been brought about continuity of axle. The second group in which the space rate structure solutions, the results of which will be suitable definition of the diaphragm have been obtained.

1. GİRİŞ

Yapı mühendisinin amacı; yapının planlanan fonksiyonuna uygun olarak yapı-temel malzeme konfigürasyon seçimi; yapıyı kullanım ömrü boyunca etkileyecek yüklerin belirlenerek, bu yükler için yapının ekonomik, güvenilirlik analizi ve boyutlandırılması; yapılan işlemleri proje haline getirip detaylandırılması ve imalatını programlayarak gerçekleştirmesi olarak tanımlanabilir.

Bütün bu proje, planlama ve imalat aşamalarında yaratıcılığın en çok kullanıldığı alan kuşkusuz yapı taşıyıcı sistem ve konfigürasyon seçilmesidir. Yönetmelikler bu süreçte yaratıcılığı kısıtlayabilir, bu kısım daha çok mühendisin ve mimarın yetenek, tecrübe ve bilgi birikimine bağlıdır. Taşıyıcı sistem seçimi aşamasında, yapının etkileyen yükler altındaki davranışı basit yaklaşımlarla değerlendirilmelidir. Oluşacak bu basit modellerle yapının davranışını anlamak daha kolay olacaktır. Daha sonraki aşamalarda bazı kabuller yardımıyla matematiksel modeller kurularak ayrıntılı çözümler yapılması mümkün olacaktır.

Yapı, planlanan işletim süresince dış etki ve yüklere maruz kalacaktır. Bu etkiler içinde en şiddetli ve yıkım etkisi en büyük olan şüphesiz yer hareketleridir. Deprem hareketinin dünya ve yurdumuzda verdiği hasarlar büyük boyuttadır. Bu sebeple deprem yönetmelikleri ülkeler için önemli bir kaynak oluşturmaktadır. Ülkemizde de son olarak 2007 yılında tekrardan düzenlenerek TDY 2007 oluşturulmuştur. Avrupa'nın çoğu ülkelerinde Eurocode 8'e göre binaların tasarlanma zorunluğu getirilmiştir. A.B.D.'de ise IBC 2009'u yeniden düzenleyerek bu yönetmeliğe göre binalarını tasarlama zorunluluğu vardır.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında düzensiz binaların yapımından kaçınılmalıdır. Bu tip binaların yapılması zorunlu ise, yapının taşıyıcı sistemi oluşturulurken yapının mimarisi çok iyi incelenmeli, mümkün olduğunca yönetmeliklerdeki kural ve sınırlandırmalara uyulmalıdır. Ayrıca matematiksel modelleme sırasında, mümkün olduğunca yapının gerçek davranışını sergileyecek modellere başvurulmalıdır.

1.1 Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı

Depremler, yapıda zamana bağlı olarak değişen ve yapı kütlesiyle doğru orantılı olan yüklerin oluşmasına neden olurlar. Buna tepki olarak, yapıda da zamana bağlı olarak değişen iç kuvvetler oluşur. Depreme dayanıklı yapı tasarımında amaç, bu kuvvetlerin etkisiyle oluşabilecek hasarın belli değerleri aşmamasıdır.

Depreme dayanıklı yapı tasarımının ana ilkesi, hafif şiddetteki depremlerde binalarda yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacıyla kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlandırılmasıdır.[4]

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. Bu bağlamda döşeme sistemleri, deprem kuvvetlerinin taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarılmasını sağlayacak düzeyde rijitlik ve dayanıma sahip olmalıdır.[4]

Betonarme bir yapının taşıyıcı sistemi, üzerine etkiyen yükleri ve kendi ağırlığını güvenilir bir şekilde zemine aktarma görevini yerine getirebilmelidir. Bu nedenden dolayı yapının taşıyıcı sisteminin seçimi ve tasarımı son derece önemlidir.

Depreme dayanıklı yapı tasarımı için temel ilkeler genellikle yeterli dayanım yeterli rijitlik yeterli süneklik olarak belirtilmektedir. Bunlardan başka yapıların davranışlarıyla ilgili olarak kullanılan yeterli kararlılık, yeterli sönüm ve yeterli uyum ilkelerini de açıklayabiliriz;

- Yeterli Dayanım

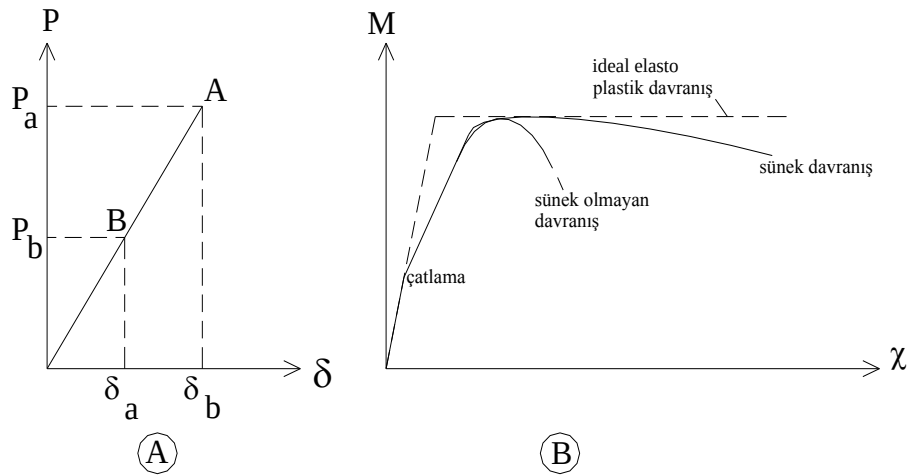
Yeterli dayanımda amaç; taşıyıcı sistem elemanlarının kendilerine etkiyen yük ya da yük etkileri nedeniyle kesit tesirlerini kırılmadan taşıyabilmeleridir. Bu ilke doğrultusunda deprem yönetmeliğinde getirilen koşullardan biri kısaca kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşuludur.

- Yeterli Rijitlik

Yapının yeterli rijitliğe sahip olmasının istenmesindeki amaç ikinci mertbe momentlerini mümkün olduğunca küçültmek, sıkça oluşan depremlerde, yani kullanılabilirlik sınır durumuna karşı gelen depremlerde, yapısal olmayan hasarları azaltmak ve deformasyonları önlemektir.

- Yeterli Süneklik

Süneklik, deprem etkileri altında yapıda lineer elastik sınır aşıldığında, yapı elemanlarında artan dış yükler için, yapı elemanının veya kesitin taşıma kapasitesinde önemli bir azalma olmadan, büyük şekil değiştirme yapması olarak tanımlanabilir. Sünek olarak tasarlanmış yapı elemanları deprem enerjisini sönmülendirerek yapının deprem etkilerinin karşılanmasında ekonomik ve güvenilir çözümler sağlamaktadır.



Şekil 1.1: A) Lineer elastik ve lineer elastik olmayan kuvvet-yer değiştirme eğrisi

B) Betonarme elemanda moment-eğrilik eğrisi

İki tip süneklikten bahsetmek mümkündür: Yapı ve kesit sünekliği

- I. Yapı sünekliği deplasman sünekliği olarak isimlendirilebilir ve yapıyı oluşturan elemanların sünekliğine bağlıdır. Kesitlerdeki lineer elastik sınırın aşılmasıyla oluşan dönmelerden dolayı sistem büyük deplasmanlar yapabilmektedir. Yatay yükler, bu yükleri taşıyan elemanların deplasmanlarıyla karşılaştırılır.(Şekil 1.1-A)
- II. Eleman ya da kesit sünekliği, eleman bazında tanımlanan süneklik düzeyidir, dönme ya da eğrilik sünekliği olarak isimlendirilir.(Şekil 1.1-B)

Aynı boyutlardaki kesit için sünekliliği etkileyen bazı unsurlar şunlardır:

- a. Çekme donatısının artması sünekliliği azaltır.
- b. Normal kuvvet artması sünekliliği azaltır.
- c. Kapalı etriye ve sargı donatısı sünekliliği artırır.
- d. Basınç donatısı sünekliliği artırır.

- Yeterli Kararlılık (Stabilite)

Yapı emniyeti için sadece dayanımın dikkate alınması yeterli değildir. Yapının denge konumunun da yeterince kararlı olması gerekmektedir. Eğer sistem kararlı durumdan çok az bir miktarda dahi olsa saparsa, yapı aniden göçer.

- Yeterli Sönüm

Deprem yönetmeliğinde betonarme yapılar için sönüm oranı %5 olarak dikkate alınmaktadır. Yapıda meydana gelebilecek çatlakların artması sönümü arttırmaktadır.

1.2 Çalışma Amacı ve Kapsamı

Dünyanın çeşitli ülke yönetmeliklerinde döşeme boşlukları içeren yapılara ait bir takım sınırlamalar getirilmiştir.[8] (Çizelge 1.1) Her yönetmelikte döşemelerin deprem yüklerini güvenli bir şekilde aktarabildiğinin gösterilmesi gerektiği belirtilmiştir. Bu durum tezin konusunu oluşturmakta yardımcı olmuştur.

Çalışmada döşeme boşluklarıyla ilgili iki tip inceleme yapılmıştır. Bu incelemelerde tek bir sistem üzerinde değişen boşluk oranlarına sahip modeller ele alınmıştır.

Birinci tip incelemelerde modellere etki eden deprem kuvvetleri sabit tutularak sırasıyla planda düzenli, %23, %36 ve %50 boşluk oranıyla değişen modeller ele alınmıştır. Bu değişken parametre altında yapı davranışı ve eleman bazında oluşacak değişimler incelenmiştir.

İkinci tip incelemelerde sırasıyla en az döşeme boşluğuna sahip yapıdan sırasıyla boşluk oranı artan şekilde dört yapı modeli oluşturulmuştur. Bu modellerde kendi aralarında rijit ve esnek diyaframlı şekilde ikiye ayrılıp toplamda sekiz model bilgisayar programına tanımlanarak boşlukların davranışları araştırılması

amaçlanmıştır. Sunulan çalışmada rijit diyaframa göre esnek diyaframın her model için değişim yüzdeleri üzerine araştırma yapılmıştır.

Çizelge 1.1 : Dünya deprem yönetmeliklerindeki büyük döşeme boşluklarıyla ilgili sınır durumlar

Ülke	Kaynak			Ülke	Kaynak		
	IAEE' 96	IAEE' 00	IAEE' 12		IAEE' 96	IAEE' 00	IAEE' 12
Eurocode-8	20%	20%	20%	Kanada	-	20%	20%
Almanya	EC-8	EC-8	EC-8	Kolombiya	50%	50%	50%
A.B.D (IBC 2009)	50%	50%	50%	Kore	50%	50%	50%
Arjantin	-	-	-	Kosta Rica	30%	30%	30%
Arnavutluk	-	-	-	Küba	-	-	-
Avustralya	-	-	20%	Meksika	20%	20%	20%
Bulgaristan	EC-8	EC-8	EC-8	Mısır	-	-	-
Cezayir	-	15%	15%	Makedonya	-	-	-
Çin	-	-	-	Nepal	-	50%	25%
Dominik	15%	-	15%	Nikaragua	-		
El Salvador	20%	20%	20%	Norveç	EC-8	EC-8	EC-8
Endonezya	25%	25%	20%	Panama	-	50%	50%
Etiyopya	-	-	-	Peru	-	-	50%
Filipinler	50%	-	-	Portekiz	-	-	-
Fransa	EC-8	EC-8	EC-8	Romanya	-	-	-
Gana	20%	20%	20%	Rusya	*	*	*
Hırvatistan	-	-	-	Slovenya	EC-8	EC-8	EC-8
Hindistan	-	-	20%	Şili	-	-	-
ISO3010	-	-	-	Türkiye	33,33%	33,33%	33,33%
İran	-	-	50%	Uganda	20%	20%	20%
İspanya	*	*	*	Ukrayna	*	*	*
İsrail	-	50%	50%	U.K.	EC-8	EC-8	EC-8
İsviçre	-	-	-	Venezüella	-	20%	20%
İtalya	*	*	25%	Yeni Zelanda	-	-	-
Japonya	-	20%	20%	Yunanistan	-	*	*

(IAEE) : Uluslar Arası Deprem Mühendisleri Birliği

(-) : Döşeme boşluğuna dair bilgi içermemektedir.

(*) : Yönetmelik ülkenin kendi dilinde olduğu için anlaşılamamaktadır.

Araştırma kriteri olarak ilk grup incelemelerde eşdeğer yük analizi ile yapılar çözülmüştür. Maksimum deprem kuvveti bulunarak tüm modellere etkitilmiş ve sonuçlar elde edilmiştir. İkinci grup incelemelerde ise çok modlu modal analiz yöntemi kullanılarak sadece yatay yükler etkisi altında sonuçlara ulaşılmıştır. İncelemelerde düşey taşıyıcı elemanlardaki kesme kuvveti ve momentler hesaplanarak, değişimleri araştırılmıştır. Döşemelerde ise maksimum düzlem içi gerilmeler betonun kritik çekme dayanımıyla karşılaştırılmıştır. Hesaplarda lineer-statik sınırlar içinde kalınmış, depremin düşey doğrultudaki hareketi göz önüne alınmamıştır.

2. TAŞIYICI SİSTEM DÜZENSİZLİKLERİ

Bu bölümde 1. bölümde değinilen depreme dayanıklı yapı tasarımının nasıl yapılacağı anlatılmıştır. Bunun dışında mimari kaynaklı oluşabilecek çeşitli düzensizlik durumları incelenmiş, TDY 2007, Avrupa genelinde kullanılan Eurocode 8 ve ABD’de kullanılan IBC 2009 yönetmelikleri ile karşılaştırılarak açıklanmıştır.

Her üç yönetmelik incelendiğinde genel olarak biçimsel farklılıkların düşeyde düzensizlik durumunda olduğu görülmüştür. TDY 2007 düşey elemanlarda süreklilik ararken Eurocode 8 ve IBC 2009 da bu durum ele alınmamıştır. Bu iki yönetmelik geri çekilmeyle alakalı durumlar incelendiği görülmüştür. TDY 2007’de ise bu durumdan hiç söz edilmemiştir.

Planda düzensizlik durumları biçimsel olarak aynı konuları ele alırken, düzensizliği oluşturan değerlerin birbirinden farklı olduğu görülmüştür. Bunun en açık görüldüğü yer döşeme süreksizliği durumudur. TDY 2007 maksimum olması ön görülen boşluk oranını %33,33 olarak kabul ederken, Eurocode 8 %20 ve IBC 2009 ise %50’lik bir döşeme boşluk oranını kabul etmiştir.

2.1 Planda Düzensiz Yapılar

2.1.1 Burulma düzensizliği durumu

2.1.1.1 TDY 2007

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} ’nin 1,2’den büyük olması durumudur.

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

$$(\Delta_i)_{\max} = (d_i)_{\max} - (d_{i-1})_{\max} \quad (3.2)$$

$$(\Delta_i)_{\min} = (d_i)_{\min} - (d_{i-1})_{\min} \quad (3.3)$$

$$(\Delta_i)_{\text{ort}} = (d_i)_{\text{ort}} - (d_{i-1})_{\text{ort}} \quad (3.4)$$

Burada;

d_i : binanın i'inci katında deprem yüklerine göre hesaplanan yer değiştirme

Δ_i : binanın i'inci katındaki görelî kat ötelemesi

$$(\Delta_i)_{\text{ort}} = 1/2 [(\Delta_i)_{\max} - (\Delta_i)_{\min}] \quad (3.5)$$

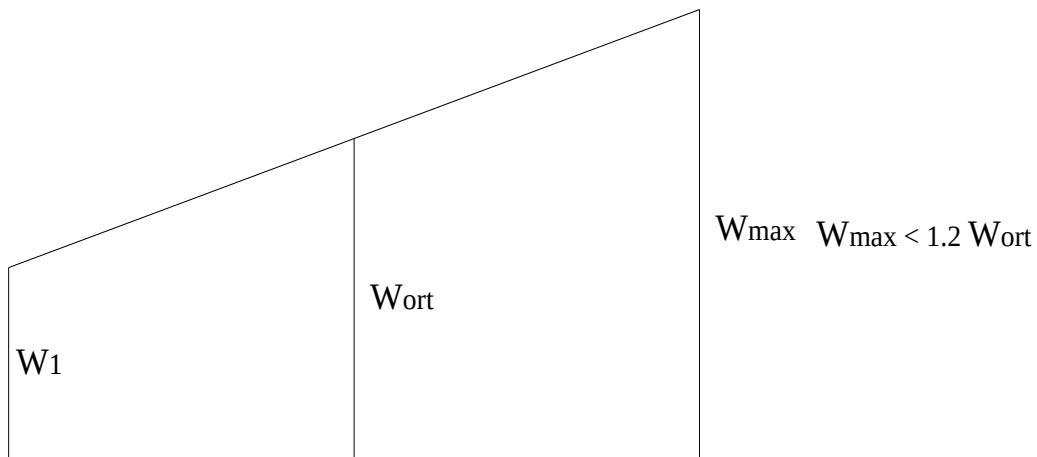
Kat deplasmanları d_i ve görelî kat ötelemeleri Δ_i deprem yüklerinin $\pm$ %5 eksantrik olarak yapıya etki ettirilmesiyle belirlenir.

Yapıda “A1 Burulma Düzensizliğinin bulunması ve $1,2 < \eta_{bi} < 2,0$ olması durumunda, bu kata uygulanan %5 ek dışmerkezlîk, her iki deprem doğrultusu için D_i katsayısı ile çarpılarak büyütölür.

$$D_i = (\eta_{bi}/1.2)^2 \quad (3.6)$$

2.1.1.2 Eurocode 8

%5'lik dış merkezlikle etkiyen deprem kuvveti etkisinde her katta en büyük rölâtif kat yer değiştirmesinin ortalama kat yer değiştirmesine oranı 1.20 den büyüktür.



Şekil 2.1 : Burulma Düzensizliği Durumu

2.1.1.3 IBC 2009

Her hangi bir kattaki maksimum görelî kat ötelemesi değeri o kattaki ortalama görelî kat ötelemesine oranının 1.2' den büyük olduğu durumdur. Bu tür düzensizliğe sahip yapılarda mutlaka aşığıdaki şartlar sağlanmalıdır;

- Yapılar mutlaka üç boyutlu modellenip, her kata en az üç serbestlik derecesi verilerek analizleri yapılmalıdır
- Yatay yük taşıyıcı elemanlarının kat diyaframlarına bağlantı noktalarındaki kesit tesir kuvvetleri % 25 oranında arttırılarak betonarme hesabı yapılmalıdır
- %5' lik dış merkezlikten oluşan burulma momenti değeri A_x katsayısı ile büyütölerek betonarme hesabı yapılmalıdır:

$$A_x = \left(\frac{d_{\max}}{1.2d_{\text{ort}}} \right)^2 \quad (3.7)$$

Burada;

$d_{\max}$: göz önüne alınan kattaki maksimum yer değıştirme değeri

d_{ort} : göz önüne alınan kattaki ortalama yer değıştirme değeri

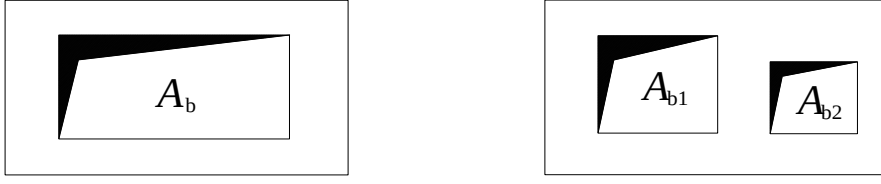
- Binanın her hangi bir katındaki maksimum görelî kat ötelemesi değeri o kat yüksekliğinin % 2 sini geçmemelidir.

2.1.2 Döşeme süreksizliği durumu

2.1.2.1 TDY 2007

Her hangi bir kattaki döşemede;

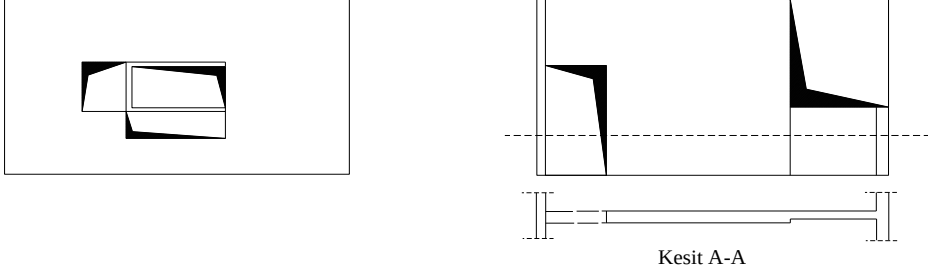
- I. Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanlarının toplamının kat brüt alanının 1/3 'ünden fazla olması,
- II. Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması,
- III. Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması döşeme süreksizliği olarak tanımlanmıştır.



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

A2 türü düzensizlik durumu-I

$$A_b / A > 1/3$$

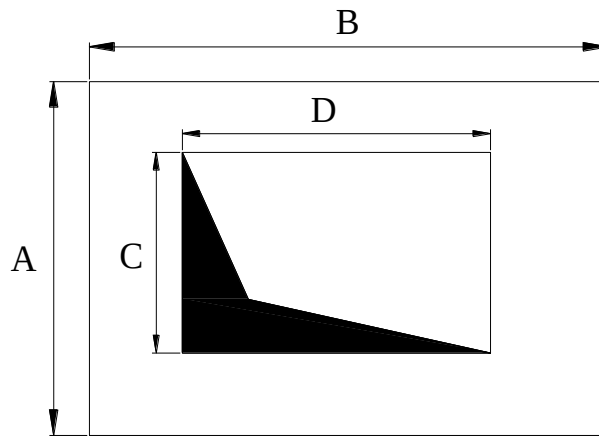


A2 türü düzensizlik durumu-II ve III

Şekil 2.2 : Döşeme düzensizlik durumu

2.1.2.2 Eurocode 8

Döşemenin düzlem içi rijitliği yeterli derecede büyük olmayıp, kat kesme kuvvetinin kolon ve perdelerde dağılımında, döşemenin düzlem içi şekil değiştirmelerinin etkisi ihmal edilemeyecek düzeydedir. Bu oran bir kat alanının %20'sini geçmeyecek şekildedir.



$$(C.D)/(A.B) > 0,20$$

Şekil 2.3 : Planda döşeme süreksizliği

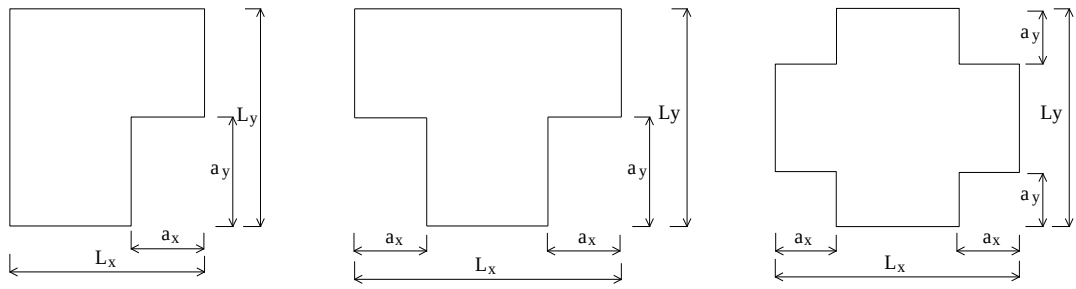
2.1.2.3 IBC 2009

Döşeme boşluklarının toplam döşeme alanının % 50'nden fazla olduğu ya da bir kattaki diyafram rijitliğinin diğer komsu kata göre % 50'den fazla değiştiği düzensizlik durumudur. Bu durumda da yine taşıyıcı elemanların diyaframa bağlantı noktalarındaki kesit tesir kuvvetleri % 25 oranında arttırılmalıdır.

2.1.3 Planda girinti çıkıntı düzensizliği

2.1.3.1 TDY 2007

Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımlarının birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması bu düzensizlik türüne girmektedir.



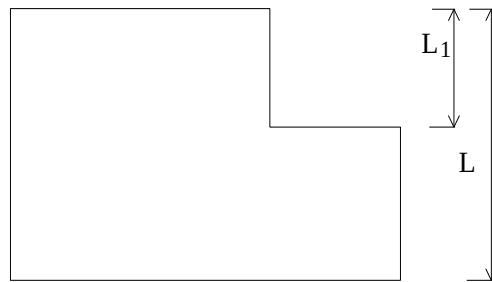
A3 türü düzensizlik durumu

$$a_x > 0.20 L_x \text{ ve aynı zamanda } a_y > 0.20 L_y$$

Şekil 2.4 : Planda çıkıntı durumları

2.1.3.2 Eurocode 8

Bina planda toplu bir durumda olmayıp, H, I gibi şekillere sahiptir. Plandaki her iki doğrultudaki çıkıntılar veya girintiler ilgili dış boyutun %25'ini geçmektedir.



$$L_1 > 0.25 L$$

Şekil 2.5 : Planda çıkıntı durumları

2.1.3.3 IBC 2009

Plandaki her iki doğrultudaki girinti veya çıkıntılar ilgili dış boyutun % 25 ini geçmemelidir. Bu düzensizlik durumunda:

- Yatay yük taşıyıcı elemanlarının kat diyaframlarına bağlantı noktalarındaki kesit tesir kuvvetleri % 25 oranında arttırılarak betonarme hesabı yapılmalıdır.

2.2 Düşeyde Düzensiz Yapılar

2.2.1 Komşu katlar arası dayanım düzensizliği

2.2.1.1 TDY 2007

Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanının (kolon+perde+0.15×kargir duvar alanı) bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olan η_{ci} Dayanım Düzensizliği katsayısının 0.80'den küçük olması durumudur (Şekil 3.6).

$$\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0.80 \quad (3.8)$$

Herhangi bir kattaki etkili kesme alanının ifadesi:

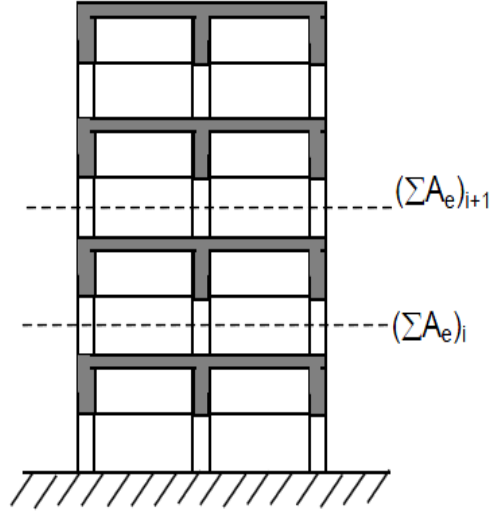
$$\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0.15 \sum A_k \quad (3.9)$$

olarak hesaplanacaktır. Bu bağıntılarda

$\sum A_w$: Depreme dik doğrultudaki kolon çıkıntılarının alanları hariç, herhangi bir kattaki kolon en kesiti etkin gövde alanları toplamını,

$\sum A_g$: Binada herhangi bir katta, hesap yapılan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının en kesit alanlarının toplamını,

$\sum A_k$: Binada herhangi bir katta, kapı ve pencere boşlukları çıkartıldıktan sonra, hesap yapılan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının toplamını göstermektedir.



Şekil 2.6 : Komşu katlar arası dayanım düzensizliği durumu

2.2.1.2 Eurocode 8

Komşu katlar arasında bulunan dayanım düzensizliği çerçeveli yapılarda, analizle belirlenmesi gerekli olan, bir katın gerçek dayanım oranının komşu katlar arasında fazla orantısız olduğu sistemlerdir.

2.2.1.3 IBC 2009

Komşu katlar arasında dayanım düzensizliği bulunmaması için, her hangi bir i. katın yatay rijitliğini temsil eden K_i aşağıdaki şartları yerine getirmek zorundadır.

$$K_i > 0.7 K_{i+1} \quad (3.10)$$

$$K_i > 0.8 (K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3}) / 3 \quad (3.11)$$

2.2.2 Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği

2.2.2.1 TDY 2007

%5'lik yatay kuvvet dış merkezliği altında oluşan, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesinin bir üst kattaki ortalama görelî kat ötelemesine oranı olan η_{ki} Rijitlik Düzensizliği Katsayısının 2.0'dan fazla olması durumudur.

$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort} > 2.0 \quad (3.12)$$

2.2.2.2 Eurocode 8

TDY 2007'den farklı olarak görelî kat ötelemesi değil de yapının kütle ve rijitlik azaltılmasıyla ilgilenmiştir.

Her bir katın yatay rijitliğinin ve kütesinin, yapın en alt katından en üst katına doğru düzenli azalan sistemlerdir.

2.2.2.3 IBC2009

Eurocode 8' e benzer şekilde kütlelerin azalmasıyla ilgilenmiştir.

Kat kütesini temsil eden m_i aşağıdaki şartı sağlamalıdır. Her hangi bir katın bir altındaki kat kütesinin 1.5 katından büyük olan sistemlerdir.

$$m_i < 1.5 m_{i+1} \quad (3.13)$$

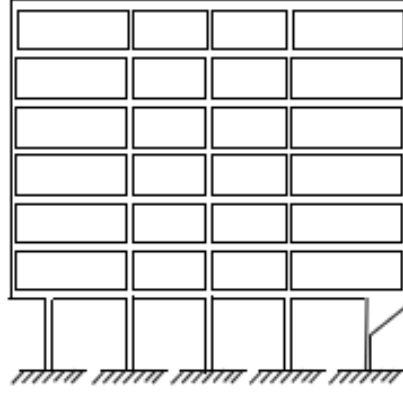
$$m_{i+1} < 1.5 m_{i-1} \quad (3.14)$$

2.2.3 Taşıyıcı sistem düşey elemanlarının süreksizliği

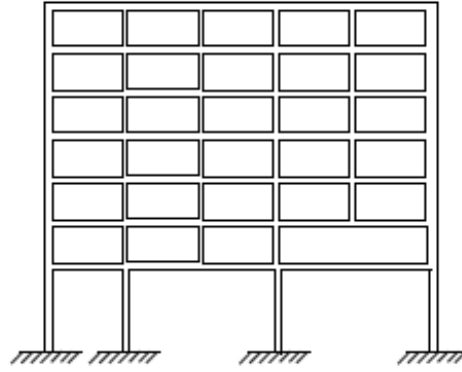
2.2.3.1 TDY 2007

Düşey taşıyıcı elemanlar olan kolon veya perdelerin bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, yada üst kattaki perdelerin aşağıda kolonlara veya kirişlere oturtulması durumudur.

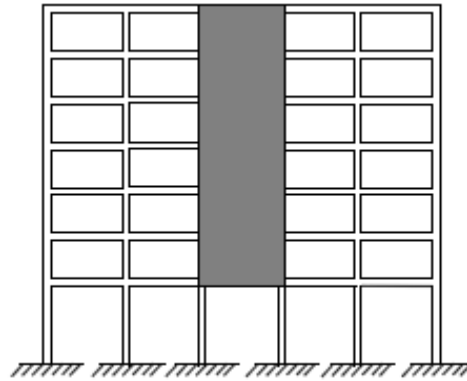
- I. Kolonlar hiçbir durumda, binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulmamalıdır. (Şekil 2.7.a)
- II. Kolon, iki ucundan mesnetli bir kirişe oturmuşsa, bu kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı diğer kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 oranında artırılmalıdır. (Şekil 2.7.b)
- III. Üst kattaki perdenin her iki ucunun alttaki kolonlara oturtulması durumunda, bu kolonlarda düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm kesit etkileri %50 arttırılmalıdır. Ayrıca sarılma bölgelerinde, yönetmelikte belirtilen minimum koşullara uyulmalıdır. (Şekil 2.7.c)



Şekil 2.7.a : Kolonların kiriş ve guselere oturması durumu



Şekil 2.7.b : Kolonun iki ucundan mesnetli kirişe oturması durumu

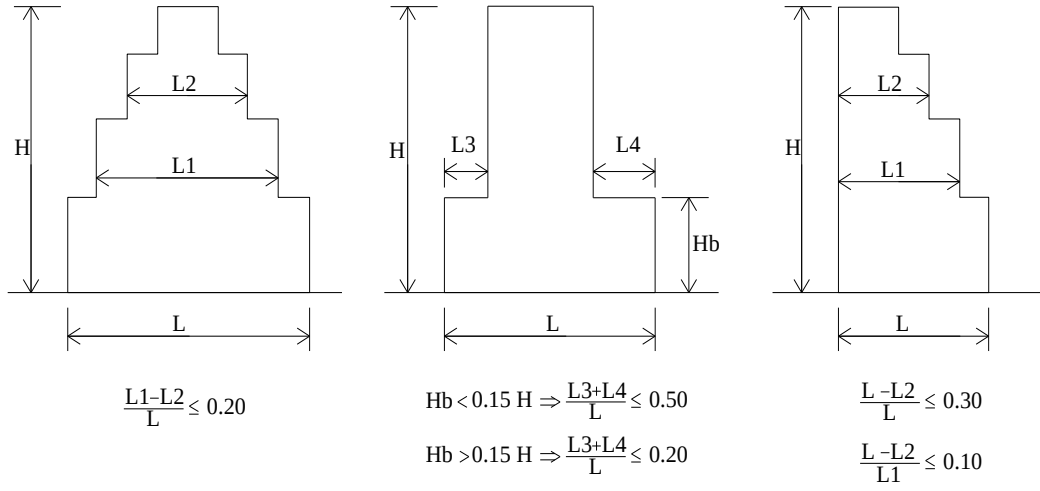


Şekil 2.7.c : Perdenin kolonlara oturması durumu

2.2.3.2 Eurocode 8

TDY 2007' de düşey elemanlarda süreksizlik olarak verilen düzensizlik durumu Eurocode 8 de geri çekilme durumu olarak farklı bir şekilde ele alınmıştır. Bu

durumda geri çekilme düzensizliğinin Şekil 2.8’de gösterildiği şekilde olması gerekmektedir.



Şekil 2.8 : Geri çekilme durumları

2.2.3.3 IBC 2009

Eurocode 8’de olduğu gibi IBC 2009’da da geri çekilme durumları olarak ele alınmıştır. Düşeydeki yatay kuvvet dayanım elemanının düzlemdeki süreksizliği aşağıdaki şartı sağlamak zorundadır.

Binada geri çekme boyu < Taşıyıcı sistemde bir eleman boyu

3. DÖŞEMELERİN YAPI DAVRANIŞINA ETKİLERİ

3.1 Döşemelerin Yapıda Oynadığı Rol

Döşemeler, öncelikle düşey yükleri taşıyan ve bu yükleri kolon, kiriş perde ve taşıyıcı duvar gibi düşey yük taşıyan elemanlara ileten, bunun dışında yatay deprem yüklerinin düşey taşıyıcı elemanlara dağıtılmasını sağlayan bir boyutu (kalınlığı) diğer iki boyutuna göre çok küçük olan, düzlemine dik doğrultuda yüklenmiş taşıyıcı elemanlardır. Döşeme tiplerini sınıflandırmaya çalışırsak kirişli, kirişsiz ve dişli döşeme olarak üç ana başlık altında sınıflandırabiliriz.

Kirişli döşeme sistemi betonarme yapılarda en çok kullanılan döşeme sistemidir. Döşemeler dört tarafından olduğu gibi iki ya da üç tarafından da mesnetli olabilir. Döşemeler üzerlerine gelen yükün paylaşımına göre bir doğrultuda ve iki doğrultuda çalışan döşemeler olmak üzere iki gruba ayrılır. Döşemenin uzun ve kısa açıklıklarının oranları iki değerini geçiyorsa tek doğrultuda çalışan döşeme olarak adlandırılır ve yüklerinin tamamının kısa açıklık boyunca kirişlere aktarıldığı kabul edilir. İki küçük olması durumunda ise döşemenin iki doğrultuda çalıştığı kabul edilir.[10]

Kirişli ve dişli döşemelerde döşemenin yükü ona mesnetli yapan kirişler yoluyla kolonlara iletilir. Döşemenin ve mesnetli yapan kirişlerin boyutlandırılması genellikle birbirinden ayrı olarak gerçekleştirilir. Kirişli döşemelerde kiriş nedeniyle kat yüksekliği önemli derecede azalmaktadır. Kullanılacak mekânda havalandırma ya da klima kanallarının bulunması halinde bu kat yüksekliği önemli derecede azalmaktadır. Bu durum büro ve iş yeri gibi mekânların etkin kullanımını engellemektedir. Mekânları rahat ve etkin kullanma isteği döşeme sistemini kirişsiz olarak seçmede etkili olan parametrelerin başında gelmektedir.

Kirişsiz döşemelerde ise deprem etkisi nedeniyle kenar ve özellikle köşe kolonlarına etkiyen eğilme momentinin büyük olması ve zımbalama yüzeyinin daha küçük

olması bu kolonlardaki zımbalama riskini arttırmaktadır. Bu durumda önlem olarak çevre kirişinin yapılması alternatif bir çözümdür.

Kirişsiz döşemelerin kirişli döşemelere göre üstünlükleri;

- I. Isı ve ses yalıtımının daha iyi olması,
- II. Kalıp imalatının az olması,
- III. Kalıp, döşeme ve beton dökümü işçiliğinin daha basit olması,
- IV. Mekânların, etkin ve rahat kullanılmasını sağlamasını sayabiliriz.

Bu tip döşemelerin zayıf tarafları ise;

- I. Depremde davranışlarının kötü olması,
- II. Zımbalama olasılığının yüksek olması,
- III. Daha fazla donatı ve beton alanı gerektirmesi,
- IV. Perde duvar gibi yatay yük taşıyıcı elemanlara daha fazla gerek duyması olarak sayılabilir.[10]

2007 Deprem Yönetmeliğinde bu tip döşemelerin binada betonarme perde duvar kullanılmaması durumunda, sadece üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde ve yapı toplam yüksekliğinin $H_N \leq 13$ m olduğu durumlarda yapılabileceği belirtilmektedir. Bu durumda birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde inşa edilecek yapılarda kirişsiz döşeme sisteminin kullanılması durumunda meydana gelebilecek hasarları sınırlamak için betonarme perde duvarlar kullanmak gerekmektedir.

Dişli döşemeler; serbest açıklıkları 0.70 m'yi geçmeyen ana kirişlere mesnetli sık birbirine paralel kirişlerden (dişlerden) ve ince bir tabladan oluşan döşemeler dişli döşeme olarak adlandırılmaktadır. Bu tip döşemelerde yük dişler vasıtasıyla ana kirişlere iletilir. Geçilecek olan döşeme açıklıklarının büyük olması durumunda kirişli döşemelerde plak kalınlığı arttığından bu döşemeler ekonomik olmayabilir ve gereksiz yere yapı ağırlığını arttırabilir. Dişli döşemelerin diğer tip döşemelere göre göze çarpabilecek bir üstün tarafı; boşluk oluşturmanın kolay olması ve oluşturulan bu boşluklardan dolayı oluşan ani rijitlik kaybının diğer döşeme tiplerinde oluşabilecek rijitlik kaybına göre daha az olmasıdır.[1]

2007 Deprem Yönetmeliğinde süneklik düzeyi yüksek kolonlar, kirişler ve kolon kiriş bölgeleri için verilen koşullardan herhangi birini sağlamayan dolgulu veya dolgusuz dişli ve kaset döşemeli sistemlerin, süneklik düzeyi normal sistemler olarak göz önüne alındığı belirtilmektedir. Ayrıca bu sistemlerin binada perde kullanılmaması durumunda, sadece üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde ve yapı toplam yüksekliğinin $H_N \leq 13$ olması durumunda yapılabileceği de belirtilmiştir. Dişli döşemelerin birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde inşa edilebilmesi için yapıda mutlaka tekniğine uygun olarak yerleştirilmiş betonarme perde duvarlar bulunması gerekmektedir. Bu tip döşemelerde dişler arası boş bırakılabileceği gibi, çeşitli dolgu malzemeleriyle de doldurularak düz bir yüzey elde etmek mümkündür. Dişler arası boş bırakılanlar dişli döşeme, dolgulu olanlar ise asmolen döşeme olarak adlandırılır. Deprem açısından bakıldığında asmolen döşemenin davranışının, dişli döşemeye göre daha kötü olduğu söylenebilir. Ayrıca dolgu malzemelerinin asmolen döşemede döşeme ağırlığını ve döşemede kullanılacak donatı miktarını arttıracak ve de döşemenin taşıma gücüne hiçbir katkıdan katkısı bulunmayacağı unutulmamalıdır.

Döşeme tiplerini sınıflandırdıktan ve her bir tip için bilinmesi gereken genel açıklamaları yaptıktan sonra döşeme sisteminin seçiminde etkili olan parametrelere göz atarsak başlıca parametreler şunlardır;

I. Bölgenin depremselliği:

Deprem bölgelerinde davranış açısından en uygun döşeme sisteminin tekniğine uygun olarak yapılmış kirişli döşeme olduğu söylenebilir. Kirişsiz döşemelerde meydana gelen zımbalama olayı bu tip döşemelerin deprem bölgelerinde kullanılmasında tereddütler oluşturmaktadır. Döşeme sistemleri içinde asmolen döşemeler depremlerde maalesef kötü bir performans göstermektedir. Bu döşemeler hem rijitlik açısından büyük yer değiştirmelere neden olmakta hem de dayanım eksikliği göstermektedir.

II. Geçilecek açıklık miktarı ve hareketli yük:

Betonarme döşeme sistemlerinin daha ekonomik oldukları açıklıklar ve etkisinde kalacakları hareketli yükler aşağıdaki çizelgede verilmiştir. Daha büyük açıklıklarda

betonarme taşıyıcı sistemler ekonomik olmaktan çıkmakta, bunun yerine ön gerilmeli ya da başka taşıyıcı sistemler tercih edilmektedir.

Çizelge 3.1 : Betonarme döşeme sistemlerinin ekonomik oldukları açıklıklar ve etkisinde kalacakları yükler

Döşeme Sistemi	Ekonomik Olduğu Açıklık (m)	Hareketli Yük (kN/m²)
Bir doğrultuda çalışan kirişli döşeme	3 ~ 6	1.25~2.00
İki doğrultuda çalışan kirişli döşeme	6 ~ 9	1.25~2.50
Dişli döşemeler	6 ~ 9	1.50~2.50
Tablasız ve başlıksız kirişsiz döşeme	6 ~ 7	1.25~2.00
Başlıklı kirişsiz döşemeler	6 ~ 9	1.50~3.00
Kaset döşemeler	9 ~ 14	1.50~3.00

III. Etkiyen yükün büyüklük ve çeşidi:

Döşemelerde kalıcı ve hareketli yüklerin dışında bazen duvar yükü gibi şerit yükler ya da tekil yükler de etkiyebilmektedir. Yükün büyük olması ya da tekil yük bulunması durumunda dişli döşemeler, diğer döşemelere göre daha uygun olmaktadır.

IV. Yapının plan geometrisi:

Dişli döşemeler genelde dörtgen dışındaki plan geometrileri için uygun olmamaktadır. Bazen bu döşemelerin dörtgen planlara yerleştirilmesinde bile kirişlerin kolonlara merkezi bir şekilde oturtulamamasından dolayı sorunlarla karşılaşmaktadır.

V. Yapının kullanım amacı:

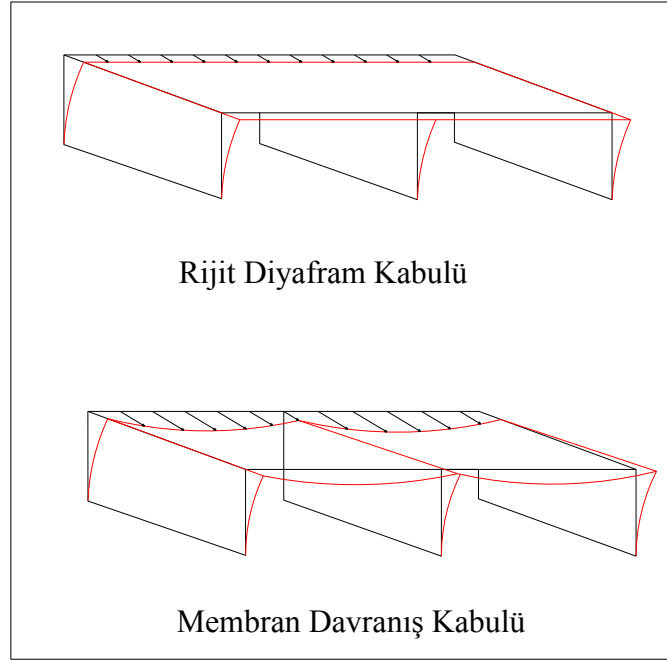
Kat yüksekliğini azaltan kirişli döşemeler, geniş bir kullanım alanı isteniyorsa, ya da mimari olarak talebe karşılık veremiyorsa tercih edilmez. Bunun yerine kirişsiz döşeme sistemi tercih edilir.

VI. Konsol döşemelerin varlığı:

Kat planında konsol döşeme sistemleri bulunuyorsa bunların açıklıkları ile doğrultuları; komşu döşemeler için seçilecek sistemi etkiler. [10]

3.2 Döşemelerin İnşaat Mühendisliği Açısından İncelenmesi

Döşemelerin öncelikli görevinin düşey yükleri taşımak olduğu açıktır, fakat bunun yanı sıra deprem durumunda da yüklerinin kolon, perde gibi düşey elemanlara dağıtılması da döşemeler tarafından yapılır. Bu durumda döşemeler düzlemleri içindeki yüklere maruz kalırlar ve yük aktarmaları diyafram davranışı ile ortaya çıkar. Döşemelerin yatay yükü aktarma işlemi diyafram etkisidir. Yatay döşeme plaklarının, yatay yüklerin karşılanmasında dayanım göstermesine diyafram tesiri denir.(Şekil 3.1)



Şekil 3.1: Diyafram kabulleri

3.2.1 Döşemeleri rijit diyafram olarak çalışan yapılar

Rijit diyafram kabulünde yapı döşemelerinin kendi düzlemleri içinde sonsuz rijit oldukları kabul edilmiştir. Yani döşeme üzerindeki bir noktanın yatay deplasmanları ve düşey eksen etrafındaki dönmesi master noktası deplasmanları cinsinden hesaplanabilmektedir. Bu model bilinmeyen deplasman sayısını büyük ölçüde azaltmaktadır.

Burulmaya çalışan bir yapıda bir katta bulunan bütün düğüm noktalarının deplasmanları birbirine eşit olmaz. Dolayısıyla ayrı ayrı hesaplanması gerekir. Bu da bilinmeyen sayısını artırır. Ancak rijit diyafram modeli ile bütün deplasmanları ayrı ayrı bulmaya gerek yoktur. Herhangi bir yapısal çözümleme programı kullanılarak

oluşturulan yapının söz konusu yükler altında master noktası deplasmanları ve dönmeleri bulunarak diğer düğümlerin deplasmanları bu referansa göre tayin edilir. Şekil 3.2’da görüleceği gibi döşemeye ait herhangi bir j noktasındaki deplasmanlar, master noktası deplasmanları cinsinden,

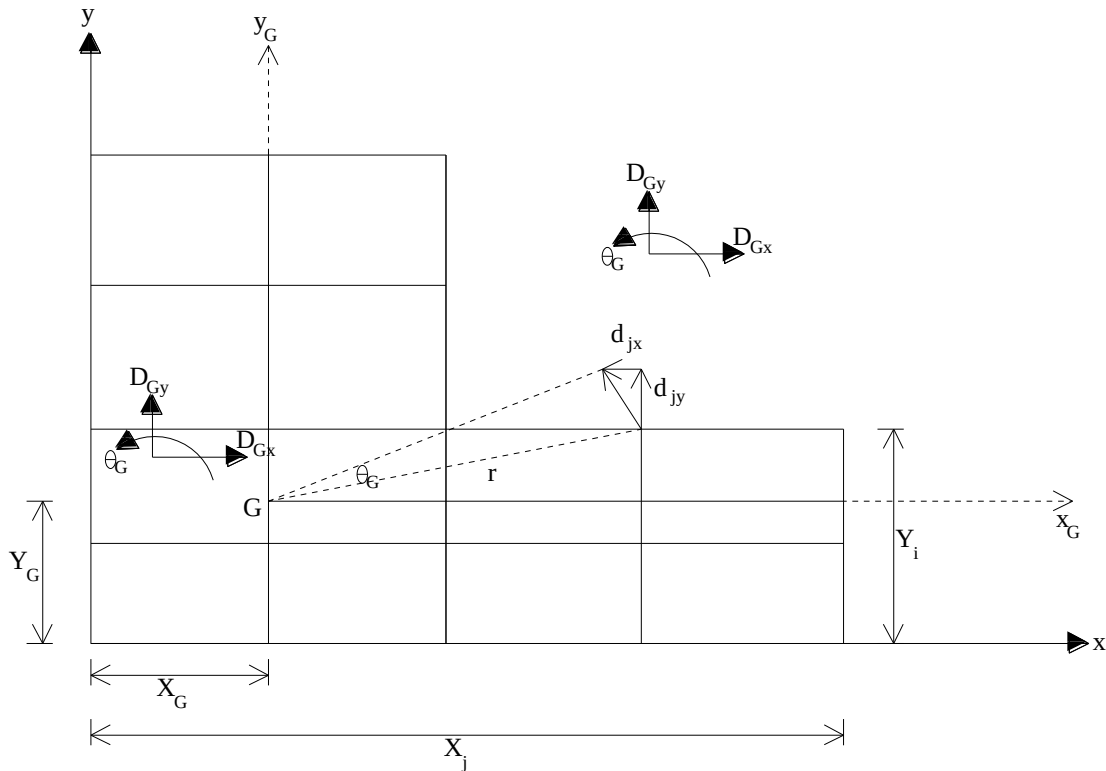
$$\theta_j = \theta_G \quad (3.1)$$

$$D_{jx} = D_{Gx} - [\theta_G (y_j - y_g)] \quad (3.2)$$

$$D_{jy} = D_{Gy} - [\theta_G (x_j - x_g)] \quad (3.3)$$

bağıntıları ile hesaplanabilir. Düğüm noktalarına ait diğer deplasmanlar ($3 \times$ kattaki düğüm sayısı), düğümlerin iki yatay eksen etrafındaki dönme ve düşey eksen doğrultusundaki öteleme deplasmanlarıdır. Bu deplasmanlar master deplasmanlarına bağlı değildir.

Ayrıca, kirişler rijit diyafram içinde kaldığından, bu elemanlarda eksenel deformasyon meydana gelmemektedir.



Şekil 3.2 : Rijit diyafram modeli

Rijit diyafram kabulünün hesaplarda getirdiği kolaylıklar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- I. Döşeme diyaframları dış yükler altında rijit cisim hareketi yapacağından, kat kütleleri, döşeme diyagramının kütle merkezinde tanımlanabilmektedir.
- II. Bilinmeyen sayısı büyük ölçüde azalacağından çözüm kolaylaşmaktadır.
- III. Döşemelerin varlığının hesaba katılması sağlanmaktadır. Aksi takdirde döşemelerin üç boyutlu kabuk elemanı kullanılarak sonlu elemanlar yöntemiyle sisteme dâhil edilmesi gerekmektedir.

Kolon, kiriş ve rijit diyafram döşemelerinden oluşan yapılarda “n” katlı ve her katta “m” düğüm noktası olan yapıda, “N_{bd}” uç deplasmanlarının sayısı aşağıdaki bağıntıyla bulunabilir.(3.4)

$$N_{bd} = n \times (3 \times m + 3) = (3 \times m \times n) + (3n) \quad (3.4)$$

3.2.2 Döşemeleri rijit diyafram olarak çalışmayan yapılar

Kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktaramadığı durumlarda rijit diyafram modelinin kullanılması sakıncalı olup yanlış sonuçlar vermektedir. Bu durumda döşemenin düzlem içi davranışının göz önüne alınması gerekmektedir.

İzlenecek yol, döşemenin yeterli sayıda üç boyutlu kabuk elemanlara bölünerek oluşturulacak sonlu elemanlar modelinin statik veya dinamik analizinin yapılması şeklinde özetlenebilir. Modelde kat kütlelerinin döşeme düğüm noktalarına uygun bir tarzda dağıtılması gerekmektedir. Dolayısıyla böyle bir analizin gerekli olup olmadığının çok iyi bir şekilde belirlenmesi önem kazanmaktadır.

Özellikle plandaki yapı düzensizliklerinin çok olumsuz olması durumunda rijit diyafram modeli ile yapılan analiz hatalı sonuçlar verebilir.

Her düğüm noktasında 6 bağımsız uç deplasmanı tanımlanacak, toplam bilinmeyen N_{bd} sayısı ise (3.5)’ e göre hesaplanacaktır.

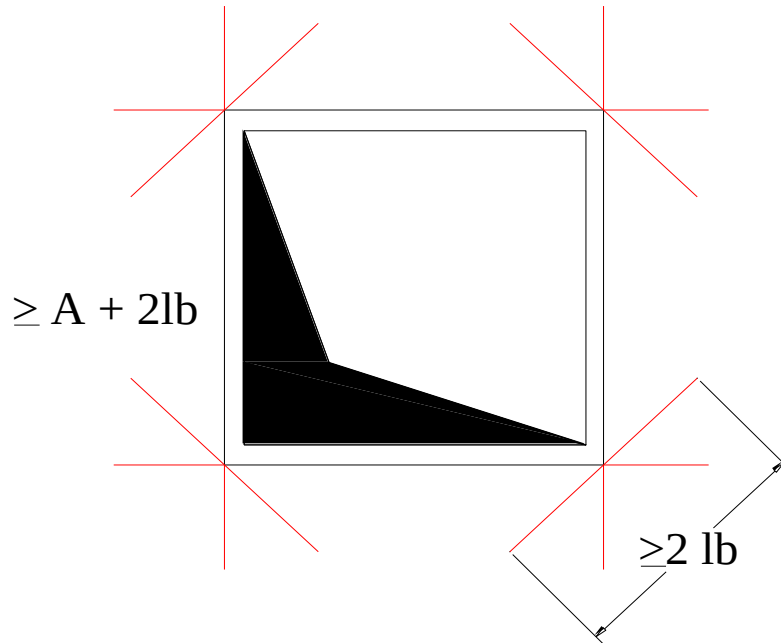
$$N_{bd} = 6 \times m \times n \quad (3.5)$$

Örnek olarak tez çalışmasında kullanılacak olan modellerin bilinmeyen sayıları Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2 : Modellere ait bilinmeyen sayıları

YAPI	n	m	N _{bd}
Y-1.a	7	40	861
Y-1.b	7	40	1680
Y-2.a	7	38	819
Y-2.b	7	38	1596
Y-3.a	7	36	777
Y-3.b	7	36	1512
Y-4.a	7	32	693
Y-4.b	7	32	1344

Döşeme boşlukları çok sık karşılaşılan bir durumdur, bundan kaçınılmaz. Merdiven boşluğu, asansör boşluğu, tesisat boşluğu, havalandırma boşluğu, döşeme boşluklarına verilebilecek en iyi örneklerdir. Döşeme boşluğunun bulunduğu bölgedeki köşeler en zayıf yerlerdir. Boşluğun çevresinde alttaki sekle uygun bir donatı düzeni yapmak bu bölgelerin rijitliğini arttıracaktır. Boşluk nedeniyle devam ettirilemeyen, kesilen donatılar, boşluk çevresinde oluşturulan bu sıklaştırma bölgesinde yerleştirilmelidir. (Altta ve üstte minimum en az 2 sıra Ø 12 boşluk donatısı gereklidir.)



Şekil 3.3 : Boşluk çevresi donatı detaylandırılması

Şekil 3.3'te ;

lb: kenetlenme boyu

A: döşeme boşluğunun donatı yerleştirilen doğrultudaki genişliğini ifade etmektedir.

Bir döşemede oluşturulan boşluğu düşey yükler altında inceleyecek olursak boşluğun köşelerinde yersel yüksek moment artışları oluşurken, bu durum döşemenin genel moment diyagramını ve moment dağılımını etkilememektedir. Hatta şunu söyleyebiliriz ki döşeme boşluğu nedeniyle oluşan yük kaybı genel moment diyagramında döşeme kenarlarına doğru moment azalmasına bile neden olabilir. Gerçekte önemli olan bu boşlukların deprem etkisi altında döşeme davranışını nasıl etkileyeceğidir. Günümüzde yapı sistemleri, döşemelerin rijit diyafram olarak çalıştığı kabulü yapılarak çözülmektedir. Bu kabule göre; döşemelerin düzlem içerisindeki hareketi iki yöndeki yatay yer değiştirme (U_x ve U_y) ile düşey eksen etrafındaki dönmedir. (θ_z) Bu kabulün doğruluğu için, döşemenin kendi içinde her iki yatay yönde de büyük rijitlik kayıplarına uğramaması gerekir. Döşemeler her iki yönde büyük rijitlik kayıplarına uğrasa bile, döşemenin düşey eksen etrafındaki dönmesi yani yapının burulması her iki yönde de az tutularak döşeme boşluğu çevresindeki kayma gerilmesi artışı az tutulmalıdır.[11]

Bu duruma önlem olarak döşeme boşluğu çevresinde, yükü mesnetlere ileten, bir nevi kiriş görevi gören kuvvetli bantlar oluşturulabilir. Kuvvetli bantlar (strong bands); döşeme boşluğu doğrultusunda, döşeme boyunca uzanan yoğun bir şekilde donatılandırılmış, ince uzun şeritlerdir. Bu şeritler eğer gerekirse; tasarım momentinin karşılanması amacıyla kalınlaştırılabilir. Bu yöntem özellikle boşta ucu olan döşemelerde moment dağılımını sağlamak amacıyla çok faydalıdır.

Çoğu mimari nedenlerden dolayı günümüzde bu tip yapılar hala yapılabilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken husus böyle bir düzensizliğe izin verilen yapıda; yapının gövdesi ile çıkıntı oluşturan kısmının deprem durumunda farklı yer değiştirmeler yapmalarını engelleyerek mümkün olduğu kadar yapının gövdesi ile çıkıntı oluşturan kısmı arasındaki kesitte gerilme yığılmalarını azaltabilmektir. Tasarım aşamasında yapının kolon perde gibi düşey taşıyıcıları binanın gövdesi ve çıkıntı oluşturan bölgesinin kütleleri ve deprem durumundaki muhtemel hareketleri

düşünülerek yerleştirilmelidir. Kütlenin yoğun olacağı gövde bölgesinin yer değiştirmelerini sınırlamak elbette ki çıkıntılı bölgesine göre daha zor olacaktır. Bu nedenle kütlenin yoğun olarak toplandığı bu bölgede yer değiştirme rijitliği daha yüksek olan taşıyıcı elemanlar koymak daha doğru olacaktır. Proje bazen ihtiyacı olan yer değiştirme rijitliğini mimari nedenlerle sağlayamayabilir. Bu durumda olası bir seçim ise yer değiştirmeleri eşitlemek amacıyla çıkıntı bölgesine ait düşey taşıyıcı elemanların yer değiştirme rijitliğini azaltmaktır. Kesinlikle unutulmaması gereken bir husus ta; rijitliklerde yapılan bu oynamanın izin verilen yer değiştirme sınırları içinde kalmasıdır. Eğer denge bu şekilde de kurulamıyorsa yapılabilecek en uygun çözüm yapının bu iki bölümünün derz ile birbirinden ayrılarak birbirlerinden farklı olarak çalışmalarını sağlamaktır. Bu sistemi uygularken yapıların aralarında bırakılacak derz de yapıların deprem durumundaki olası yer değiştirmeleri hesap edilerek yapıların çarpışmasına müsaade etmeyecek şekilde seçilmelidir.

4. SAYISAL İNCELEMELER

Bu bölümde tez kapsamında incelenecek olan çeşitli örnek modeller ele alınmıştır. İlk olarak oluşturulan bu modellere ait veriler gösterilip, hangi çözüm yöntemleri kullanıldığı hakkında bilgiler verilmiştir. Bu çözüm yöntemlerinden sonra modellere ait elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak çizelge ve grafikler üzerine aktararak incelenmiştir.

İnceleme 2 ana grupta toplanarak oluşturulmuştur:

I-İlk grup çözümlerde tüm modellere etkiyecek deprem kuvvetleri bulunmuştur. Bulunan bu deprem kuvvetleri sabit tutularak değişen boşluk oranlarına sahip yapılara etkilmiştir. Böylece yapılar arasındaki değişiklikler tek bir parametre üzerinden gösterilmiştir. Çözümde eşdeğer deprem analizi yöntemi kullanılarak birinci doğal titreşim periyotları rayleigh metoduyla bulunmuş, yer değiştirmeler, düşey taşıyıcı elemanlardaki iç kuvvetler ve döşeme gerilmeleri de gösterilmiştir. Temel amaç; aks sürekliliğinin etkisini göstermektir.

II-İkinci grup çözümlerde her model kendi içinde hem rijit hem de esnek diyafram kabulleri ile çok modlu modal analiz yöntemi kullanılarak sadece yatay deprem kuvvetleri etkisi altında çözülmüştür. Temel amaç; rijit ya da esnek diyafram kabulünün, hangi boşluk oranına sahip yapılarda kullanılmasının uygun olduğunu, yapılarda iç kuvvet, döşeme gerilmeleri ve yer değiştirmeler bakımından incelenerek ispatlanmasıdır.

4.1 İncelen Yapıların Özellikleri

Yapılarda kolon, kiriş, perde ve döşeme gibi taşıyıcı elemanların boyutları ön boyutlandırma aşamasında yaklaşık olarak seçilmiştir. Yapılan iterasyon ve çözümlemelerle kesin boyutlar elde edilmiştir. Boyutlar kesin olarak belirlendikten sonra yapıların davranışını mümkün olduğunca gerçeğe yakın elde etmek amacıyla ETABS[7] programı kullanılmıştır.

Yapıda deprem yüklerinin tamamı her iki yönde de çerçeve sistemiyle taşınmaktadır. Bu nedenle yapı süneklik düzeyi yüksek sistem olarak tasarlanmıştır.

Yapıların özellikleri:

İncelenen yapılar tek yönlü simetriye sahiptir ve yapılara ait seçilen diğer parametreler şu şekilde alınmıştır:

Bina Bilgileri:

- | | |
|--------------------------|------------|
| • Kat Adedi | 7 |
| • Bina Kat Yüksekliği | 3,5 m |
| • Toplam Bina Yüksekliği | 24.5 m |
| • Kullanım Amacı | İş Merkezi |

Malzeme Bilgileri:

- | | |
|------------------------------------|----------------|
| • Beton | C30 |
| • Donatı Çeliği | S420 |
| • Betonarme Elastisite Modülü | 31800 MPa |
| • Çelik Elastisite Modülü | 200000 MPa |
| • Beton Malzeme Güvenlik Katsayısı | 1.5 |
| • Çelik Malzeme Güvenlik Katsayısı | 1.15 |
| • Poisson oranı | 0.2 |
| • Sıcaklık Katsayısı | 10^{-5} 1/C° |

Proje Parametreleri:

- | | |
|---|-----------------------|
| • Deprem Bölgesi | 1. derece |
| • Etkin İvme Katsayısı(Ao) | 0.4 |
| • Bina Önem Katsayısı(I) | 1.0 |
| • Yerel Zemin Sınıfı | Z1 |
| • Spektrum Karakteristik Periyotları | Ta:0.10 s – Tb:0.30 s |
| • Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı(R) | |
| -Çerçevesel sistem | 8 |
| • Hareketli Yük Azaltma Katsayısı(n) | 0.30 |

Yapılarda Eleman Boyutları:

Yapı yüksekliği boyunca katlara göre değişen kolon boyutları; köşe noktalarda yani 1-A, 6-A, 1-F ve 6-F akslarında 40 x 60 cm, merdiven dış akslarında yani 3-A, 4-A, 3-F ve 4-F akslarında 60 x 40 cm, merdivenin iç akslarını oluşturan yani 4-A2, 3-A2, 4-E1 ve 3-E2 akslarında 30 x 30 cm, kalan diğer kolonlarda ise 40 x 40 cm olarak boyutlandırılmıştır. Değişen yapı tiplerinde sadece 40 x 40 cm'lik kolonlar kaldırılarak yeni tip modeller elde edilmiştir.

Yapılarda tüm kirişler 25 x 50 cm olarak boyutlandırılmıştır.

TS500[3] madde 11.4.2 gereğince döşeme kalınlıkları ve mesnetlenme şekilleri dikkate alınarak en olumsuz yapı olan Y-4' e göre belirlenmiştir. **(4.1)**'de belirtilen formül yerine konularak elde edilen sonuca göre döşeme kalınlığı belirlenmiştir.

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

Burada;

h :Döşeme kalınlığı

l_{sn} :Döşeme kısa doğrultudaki serbest açıklığı

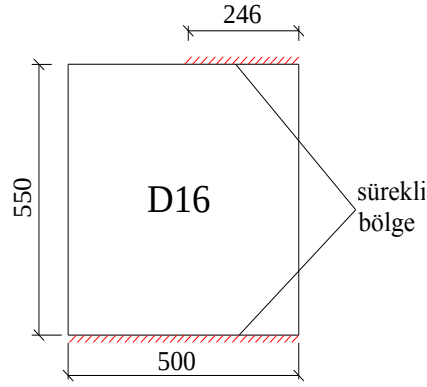
m :Döşemenin uzun kenarının kısa kenarına oranı

α_s :Döşemenin sürekli kenar uzunluklarının toplamının tüm kenar uzunluklarına oranı

Sonuç olarak Şekil(4.1)'de verilen olumsuz yapı olan Y-4 modelinin en olumsuz döşeme parçasını **(4.1)** formülünde uygularsak döşeme kalınlığı;

$$h \geq \frac{450}{15 + \frac{20}{\frac{550}{500}}} \left(1 - \frac{(500 + 246)/2100}{4}\right)$$

$h \geq 12,36 \text{ cm} \approx 13 \text{ cm}$ seçilmiştir.



Şekil 4.1: Y-4 Modeli İçin En olumsuz Döşeme Parçası

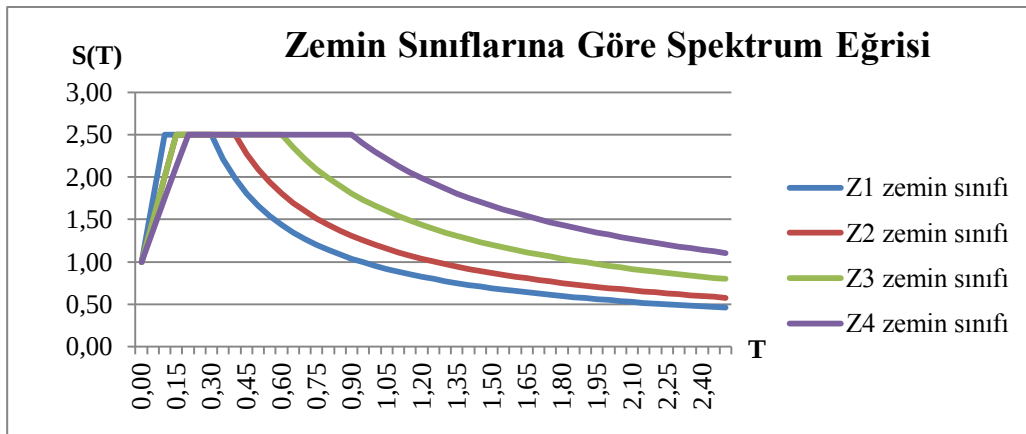
Hesapta Alınan Yükler:

Yükler TS 498 [2] baz alınarak verilmiştir. Buna göre döşeme üzerine gelen yükler;

- Ölü Yük (G)
 - En Üst Kat 2 kN/m^2
 - Diğer Katlar 4 kN/m^2
- Hareketli Yük (Q)
 - En Üst Kat 1.5 kN/m^2
 - Diğer Katlar 3.5 kN/m^2

Hesaplarda Kullanılacak Zemin Sınıfları için Spektrum Eğrileri:

Tüm zemin sınıflarına ait elastik ivme spektrum eğri grafiği Şekil 4.2’de gösterilmiştir.

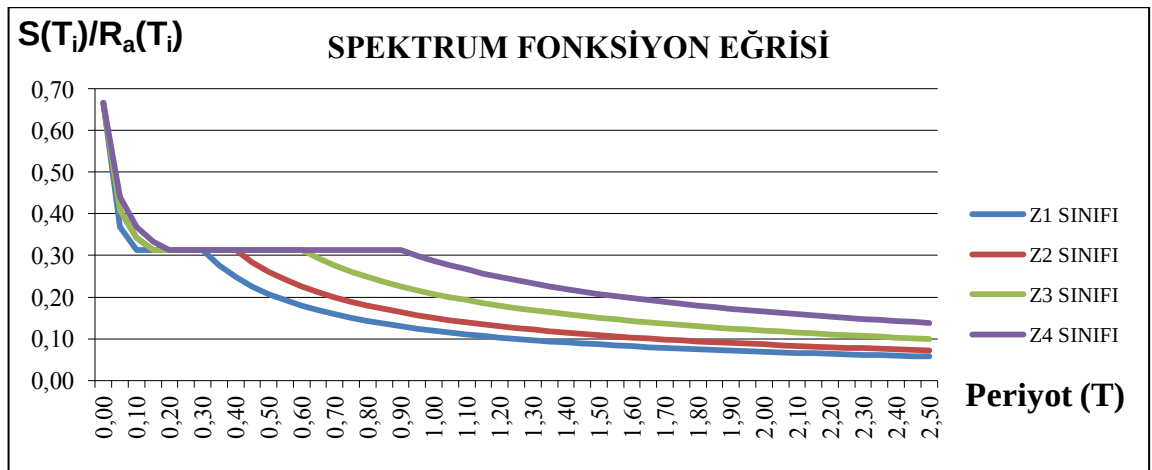


Şekil 4.2 : Zemin sınıfları için elastik ivme spektrumu

ETABS programında zemin sınıfı tanımlanırken $S(T_i)/R_a(T_i)$ fonksiyonu yeter sayıda noktayla göz önüne alınmıştır. Tüm zemin sınıfları için spektrum fonksiyonları çizelge olarak Çizelge 4.1’de spektrum eğri grafiği ise Şekil 4.3’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 : Spektrum fonksiyonları

T(sn)	$S(T_i)/R_a(T_i)$			
	Z1	Z2	Z3	Z4
0,00	0,667	0,667	0,667	0,667
0,05	0,368	0,409	0,409	0,440
0,10	0,313	0,343	0,343	0,368
0,15	0,313	0,313	0,313	0,333
0,20	0,313	0,313	0,313	0,313
0,30	0,313	0,313	0,313	0,313
0,40	0,248	0,313	0,313	0,313
0,60	0,179	0,226	0,313	0,313
0,90	0,130	0,163	0,226	0,313
1,00	0,119	0,150	0,208	0,287
1,10	0,119	0,139	0,192	0,266
1,20	0,103	0,130	0,179	0,248
1,30	0,097	0,122	0,168	0,233
1,40	0,091	0,115	0,159	0,219
1,50	0,086	0,109	0,150	0,208



Şekil 4.3 : Spektrum fonksiyon eğri grafiği

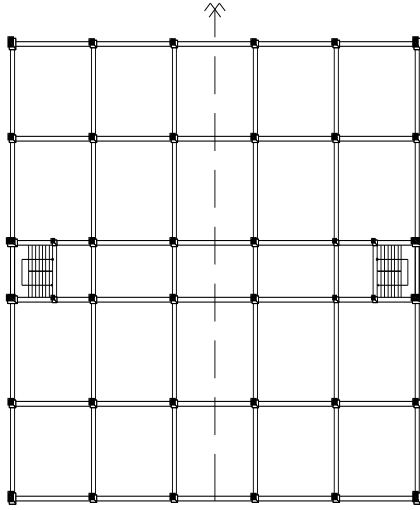
Spektrum fonksiyonları ETABS programında tanımlandıktan sonra büyütme faktörü $A_0 \times g \times I = 0,4 \times 9,81 \times 1 = 3,924$ kullanılarak işlemler tamamlanmıştır.

Hesapta Kullanılacak Yapıların İsimlendirilmesi:

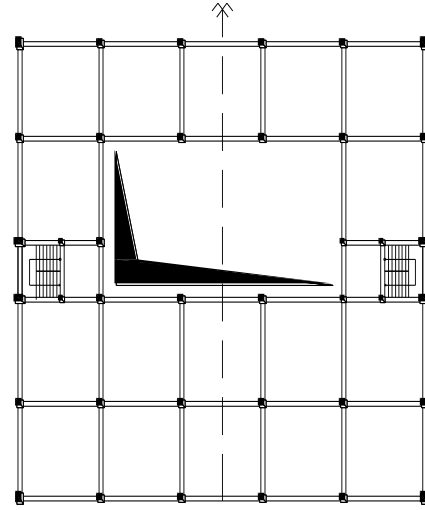
Hesapta kullanılacak yapıların isimlendirilmesi Çizelge 4.2 görüldüğü gibi yapılmış ve Şekil 4.4 üzerinde plan kesitleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 : Model yapıların isimlendirilmesi

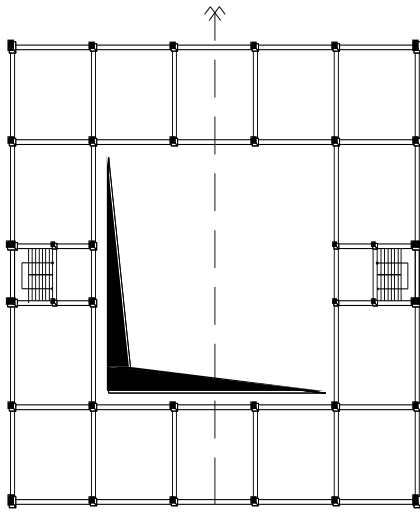
Yapı Modeli	Rijit Diyaframlı	Esnek Diyaframlı
Düzenli Yapı	Y-1.a	Y-1.b
%23 Boşluklu Yapı	Y-2.a	Y-2.b
%36 Boşluklu Yapı	Y-3.a	Y-3.b
%50 Boşluklu Yapı	Y-4.a	Y-4.b



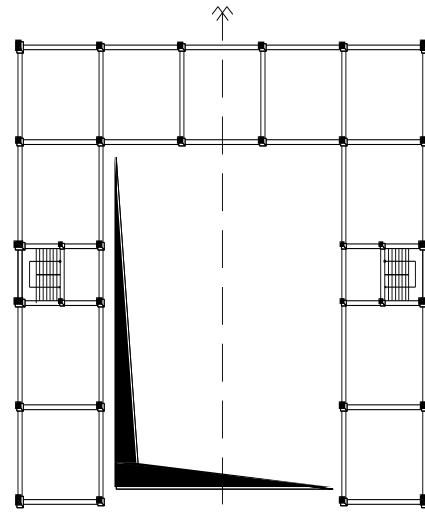
a) Y-1



b) Y-2



c) Y-3



d) Y-4

Şekil 4.4 : Çözümlemede kullanılacak yapı modellerinin plan görüşleri

4.2 Hesaplarda İzlenen Çözüm Yöntemleri

4.2.1 Aynı deprem kuvvetine sahip yapıların hesabında izlenen yol

Çözümlerde 4 farklı yapı modeli kullanılmıştır. Bu bölümde döşemeler rijit diyafram kabulüne göre çözülmüştür. Çözümler eşdeğer deprem yükü analizine [3] göre yapılmıştır.

Şekil 4.4'te plan görünüşleri verilen ve sırasıyla boşluk bulunmayan, %23, %36 ve %50 boşluk oranı bulunan yapılar ele alınmıştır.

Öncelikle Y-1 yapısının her katının rijitlik merkeziyle birlikte kütleleri ve taban kesme kuvveti değerleri ETABS'tan elde edilmiştir. Daha sonra katların ağırlığıyla birlikte dönme atalet kütleleri oluşturulmuştur. Dönme atalet kütlesi oluşturulurken;

$$M_{\theta i} = \frac{m_i(I_x + I_y)}{A} \quad (4.2)$$

formülü kullanılmıştır. Formülde m_i ; kat kütlesini, I_x ; kat planında x yönlü atalet momentini I_y ; kat planında y yönlü atalet momentini ve A ; kat planının alanını ifade etmektedir. Kümülatif yüksekliğe göre kat ağırlıklarının çarpımından oluşan toplam ağırlığı her kat için yüzde kaçlık bir oranda olduğu bulunmuştur. Bulunan bu oranı ve taban kesme kuvvetiyle birlikte kümülatif kat yüksekliğine göre elde edilen ağırlıkla çarparak o katın kütle merkezine etkiyecek deprem kuvveti bulunur. Daha sonra tepe eşdeğer deprem yük (ΔF_n) hesaplanarak en üst kata etkiyen deprem kuvvetine ilave edilmiştir. Son olarak kenar uzunluğu ve eksantirisiteye bağlı olarak ek burulma momentleri elde edilmiştir.

Y-1 yapısı için kat kütle merkezine %5 eksantirisiteyle etki eden bu yatay deprem kuvvetleri ve ek burulma momentleri, sırayla Y-2, Y-3 ve Y-4 yapılarına da aynı şekilde etkilmiştir. Sadece boşluğun değiştiği bu bölümde, kolon alt ucundaki momentler ve kolon kesme kuvvetleri ile kat yer değiştirmeleri ve döşemelerde oluşacak gerilmelerin Y-1 yapısı esas alınarak değişimleri incelenmiş, grafik, çizelge ve şekillerde bulunan sonuçlar gösterilmiştir.

Sonuçların eşit bir şekilde karşılaştırılması için göz önüne alınacak kolonlar C2, C3, C8, C9, C29, C30, C35 ve C36 olarak seçilmiştir. Döşeme gerilmelerinin karşılaştırılmasında kullanılacak değerler C2, C3, C8, C9, C29, C30, C35 ve C36

kolonlarının bulunduğu döşemelerin ortalama gerilmeleri dikkate alınarak yapılmıştır.

4.2.2 Rijit ve esnek diyaframa göre yapıların hesabında izlenen yol

Sekiz tip yapı için de hem düşey yük hem de deprem yükü hesabı yapılmış fakat sadece deprem kuvvetlerinin etkisinden oluşan iç kuvvet değişimleri göz önüne alınarak modal analiz yapılmıştır.(Çizelge 4.3) 7 katlı yapılar için 21 adet mod seçilmiştir. Elde edilen sonuçlar her model için periyotları yapı kütlesi ve rijitliğine bağlı olarak hesaplanmıştır. Her model için kolonların alt ucunda oluşan eğilme momentleri (M) ve kesme kuvvetleri (V) elde edilmiş ve rijit diyaframlı yapıya göre esnek diyaframlı yapıda oluşacak değişimler elde edilmiştir; döşemeler ise düzlem içi gerilmeleri betonun kritik çekme dayanımıyla karşılaştırılmıştır. Hesaplarda ETABS programı kullanılmıştır.

Sonuçların eşit bir şekilde karşılaştırılması için göz önüne alınacak kolonlar aynı boyutlara sahip C2, C3, C8, C9, C29 ve C30'dur. Döşeme gerilmelerinin karşılaştırılmasında kullanılacak değerler C2, C3, C8, C9, C29 ve C30 kolonun bulunduğu döşemelerin en kritik olan bölgeleri dikkate alınarak karşılaştırmalar yapılmıştır.

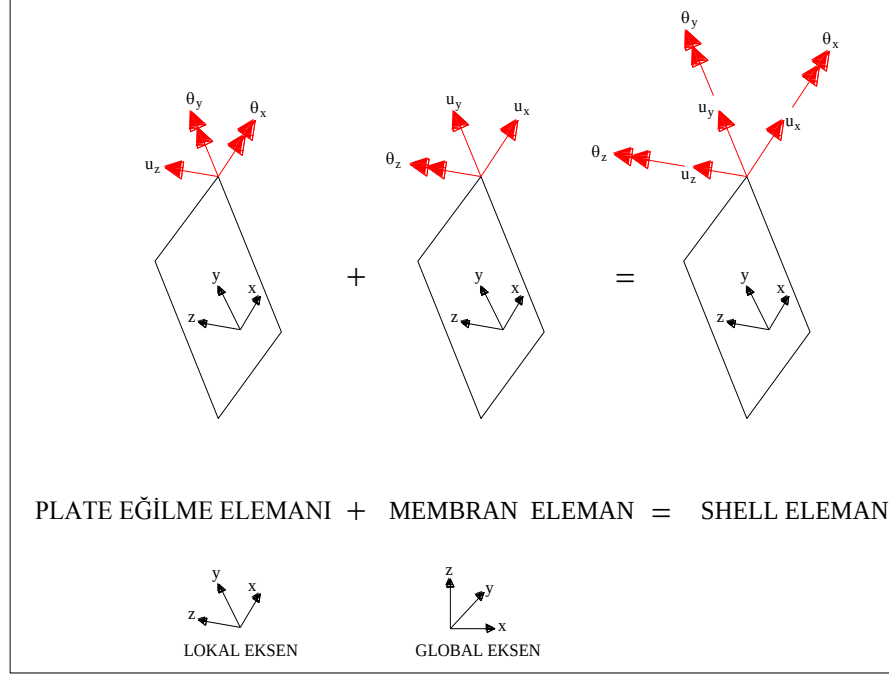
Çizelge 4.3: Çok Modal Analiz İçin Yükleme Kombinasyonu

	Kombinasyon Cinsi	Deprem Yükleme	Deprem Yükleme Katsayısı	Yükleme Kombinasyon Tipi
Modal Analiz	EX	Spektrum X	1	CQC
Modal Analiz	EY	Spektrum Y	1	CQC

Rijit döşeme olarak tanımlanan yapılar kabuk (shell) elemanlar yardımıyla modellenmiş, yeterli sıklıkta ağırlara bölünmüş; böylece kirişlerin tablalı kiriş olarak modellenmelerine lüzum kalmamıştır. Rijit döşeme olarak tanımlanan yapılarda kabuk elemanlarla modellenmesindeki tercih sebebi bu elemanların hem düzlem içi levha rijitliklerini (∂_x , ∂_y , ∂_z) hem de düzlem dışı plak rijitliklerini (θ_x , θ_y , θ_z) bulundurması ve 3 boyutlu modellemeler için daha gerçekçi çözümler sağlamalarıdır.[11]

Esnek diyafram olarak çalışan döşemeler ise düzlemi içinde yüklü yüzeysel taşıyıcı elemanları modellemek için kullanılır. Membran eleman sadece kendi düzlem içi

levha rijitliğini x ve y yönünde (∂_x, ∂_y) ve düzlem dışı plak rijitliğini z yönünde (θ_z) olarak tanımlar. Bu davranış sayesinde döşeme diyaframı yatay yükleri yatay yük taşıyan elemanlara bağlı rijitliklerinden bağımsız dağıtır. (Şekil 4.5)



Şekil 4.5 : Shell eleman oluşumu

Dinamik analizlerde, dinamik hesap modeli seçeneği olarak Eigen vektörleriyle hesap seçilmiş, her bir model için kütle katılım yüzdesi %90'ı sağlayacak sayıda mod göz önüne alınmıştır. Dinamik modeller için her katta 3 adet olmak üzere ilk 21 modun katkısı göz önüne alınmıştır.

Deprem hesapları DBYBHY' de açıklanan mod birleştirme yöntemiyle yapılmıştır. Sönüm oranı %5 alınmış ve mod katkılarının birleştirilmesi için CQC (tam karesel birleştirme) yöntemi kullanılmıştır. CQC yönteminin SRSS (karelerin toplamının karekökü) yöntemine üstünlüğü kaynak [15] ' de şu şekilde açıklanmıştır.

Bir yapıdaki kuvvet veya yer değiştirmenin pik değerini tahmin etmek için kullanılan en güvenilir yöntem, modal davranış büyüklüklerinin mutlak değerlerinin toplamını kullanmaktır. Bu yaklaşım, bütün modlar için maksimum mod değerlerinin aynı anda oluştuğunu kabul eder. Bir diğer çok yaygın yaklaşım ise, yer değiştirme veya kuvvetlerin değerlerini tahmin etmek için, maksimum mod değerlerinin karelerinin toplamının karekökünü kullanmaktır (SRSS). SRSS yöntemi, bütün maksimum mod

değerlerinin istatistiksel olarak bağımsız olduklarını kabul eder. Çok sayıda frekansın hemen hemen özdeş olduğu üç boyutlu yapılarda bu kabul doğrulanmaz. Nispeten yeni mod birleştirme yöntemi, Tam Kare Birleştirme (CQC) olup, bu yöntem 1981 de Wilson, Der Kiureghian ve Bayo tarafından yayınlanmıştır. CQC yöntemi mod katkılarını birleştirirken, modal sönüm etkileri nedeniyle birbirine yakın değerler alan modların istatistiksel çiftleşmelerini göz önüne alır. CQC yönteminin, davranış spektrumunda terimlerin birbirine göre olan (bağıl) işaretlerini göz önüne alma yeteneği, SRSS yöntemindeki hataların giderilmesini sağlamıştır. Kat seviyelerinde herhangi bir diyafram tarifi yapılmadığı ve tanımlanan her bir elemanın kütlesi birbirinden bağımsız olduğu için ek bir dış merkezlik etkisi oluşturulan modellere girilmemiştir.

4.3 Aynı Deprem Kuvveti Etkisindeki Yapıların Çözümleri

Bu kısımdaki çözümlemelerde kullanılacak deprem kuvvetleri Y-1 modeli esas alınarak oluşturulmuştur.

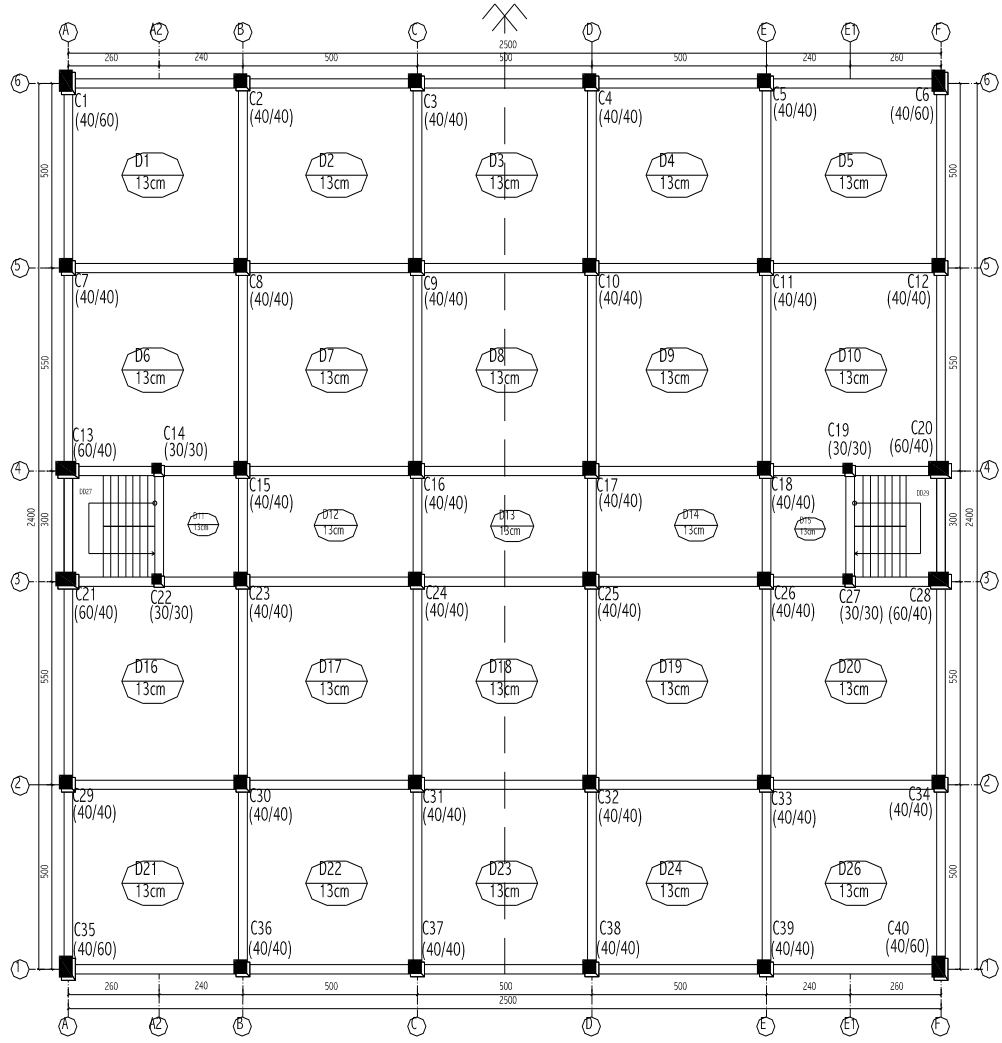
4.3.1 Y-1 modeli için çözümler

Sadece merdiven boşluğu bulunan yapı modelidir. Çözümlemede, rijit cisim hareketi yapan kat döşemesinin, kütle ve atalet kuvvetleri kat kütle merkezinde tanımlanmıştır.(Şekil 4.6 ve Şekil 4.7). Daha sonra tüm yapılarda kullanılacak yatay deprem kuvvetleriyle birlikte ek burulma momentleri Çizelge(4.4 ve 4.5)'te verilmiştir. Bu deprem yüklerine göre kat yer değiştirmeleri bulunup, yapı modeline ait her iki doğrultunun hakim doğal periyodu;

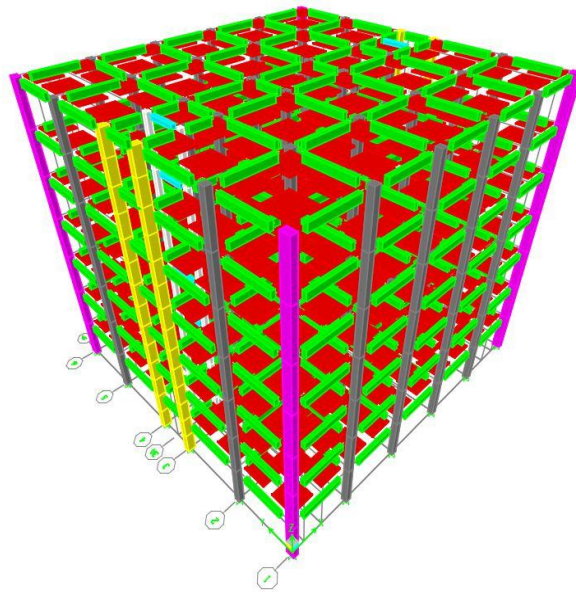
$$T_i = 2\pi \left[\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^2}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \right]^{1/2} \quad (4.3)$$

formülüyle hesaplanmıştır.

Bu modelde yapının X doğrultusundaki periyodu $T_{1x} = 1,186$ s, Y doğrultusundaki periyodu ise $T_{1Y} = 1,204$ s olarak hesaplanmıştır. Ayrıca Z1 zemin sınıfına göre taban kesme kuvvetleri, X doğrultusundaki deprem için toplam deprem yükü $V_{tBx} = 1567,56$ kN, Y doğrultusundaki deprem için toplam deprem yükü $V_{tBy} = 1547,57$ kN olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.6: Y-1 modeline ait kat kalıp planı



Şekil 4.7 : Y-1, üç boyutlu ETABS modeli

Çizelge 4.4 : Y-1 modeline ait kat kütle ve dönme atalet kütleleri

KAT	AGIRLIK(kN)	KÜTLE (kg)	DÖNME ATALET KÜTLESİ (kg.m ²)
7	4652,01	474,21	47460,66
6	6292,44	641,43	64196,61
5	6292,44	641,43	64196,61
4	6292,44	641,43	64196,61
3	6292,44	641,43	64196,61
2	6292,44	641,43	64196,61
1	6292,44	641,43	64196,61

Çizelge 4.5 : Y-1 modeline ait X ve Y doğrultusundaki yatay deprem kuvvetleri ve ek burulma momentleri

KAT	hi	Hi	Wi	WixHi	oran	Fix(kN)	Fiy(kN)	Mix(kNm)	Miy(kNm)
7	3,5	24,5	474,21	11618,18	0,20	386,69	381,76	483,37	458,11
6	3,5	21	641,43	13470,06	0,23	354,26	349,74	442,83	419,69
5	3,5	17,5	641,43	11225,05	0,19	295,22	291,45	369,02	349,74
4	3,5	14	641,43	8980,04	0,15	236,17	233,16	295,22	279,79
3	3,5	10,5	641,43	6735,03	0,11	177,13	174,87	221,41	209,85
2	3,5	7	641,43	4490,02	0,08	118,09	116,58	147,61	139,90
1	3,5	3,5	641,43	2245,01	0,04	59,04	58,29	73,80	69,95
			TOPLAM=	58763,4	1	1567,56	1547,57		

Tepe deprem kuvvetleri için;

$$\Delta F_n = 0.0075 \times N \times V_{ti} \quad (4.4)$$

kullanılmıştır.

$$\Delta F_{nx} = 0.0075 \times 7 \times 1545,47 = 81,173 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{ny} = 0.0075 \times 7 \times 1525,76 = 80,102 \text{ kN}$$

bulunmuştur.

Y-1 Modeli Kat Yer Değiştirme Sonuçları:

Çizelge 4.6 : Y-1 modeli için oluşacak yer değiştirmeler (mm)

Doğrultu	Katlar						
	1	2	3	4	5	6	7
X	3,1	7,5	11,6	15,4	18,4	20,6	21,9
Y	3,1	7,6	11,8	15,6	18,7	21	22,4

Y-1 Modeli İç Kuvvet Sonuçları:

Çizelge 4.7 : X ve Y doğrultusunda yatay deprem kuvvetlerine göre kolonlarda oluşan moment (kNm) ve kesme kuvveti (kN) değerleri

EX	C2		C3		C8		C9		C29		C30		C35		C36	
KAT	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
7	18,47	12,09	19,07	12,51	19,45	12,5	21,27	13,66	7,27	5,83	19,54	12,56	5,01	5,76	18,64	12,2
6	34,27	20,85	33,9	20,74	35,45	21,99	37,27	22,55	18,7	12,56	36,63	22,11	17,13	13,16	34,59	21,04
5	49,05	29,12	47,78	28,47	52,23	20,84	52,23	30,92	28,7	17,96	51,5	31,11	27,51	18,43	49,5	29,39
4	60,85	35,58	58,75	34,46	64,87	37,8	64,03	37,41	37,12	22,34	65,21	38,11	36,14	12,71	61,41	35,9
3	69,51	40,24	66,81	38,75	74,26	42,88	72,65	42,04	43,8	25,7	74,63	43,1	43,59	26,12	70,15	40,61
2	77,6	43,77	73,59	41,65	82,51	46,58	79,63	45,09	49,94	28,18	82,94	46,82	49,47	28,13	78,3	44,16
1	79,75	39,69	78,26	38,39	81,44	41,12	80,34	40,15	70,83	31,69	81,86	41,32	97,64	39,94	80,44	40,03

EY	C2		C3		C8		C9		C29		C30		C35		C36	
KAT	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
7	6,7	5,29	7,23	5,73	18,99	12,28	20,5	13,29	18,72	10,93	18,99	12,28	-4,27	2,75	6,37	5,29
6	16,374	11,21	18,35	12,3	33,14	20	36,04	21,78	29,07	17,56	33,14	20	9,23	12,26	16,74	11,21
5	25,48	15,88	28,05	17,49	46,52	27,51	50,75	20,03	40,86	24,2	46,52	27,51	19,23	16,37	25,48	15,88
4	32,73	19,68	36,09	21,7	57,07	33,3	62,34	36,39	50,14	29,27	57,09	33,3	27,99	20,14	37,73	19,68
3	38,51	22,56	42,52	24,92	64,66	37,88	70,73	40,9	56,2	32,82	64,66	37,38	37,34	23,58	38,51	22,56
2	43,77	24,65	48,47	27,27	71,06	40,13	77,75	43,91	62,94	35,46	71,06	40,13	42,06	24,31	43,77	24,65
1	61,57	27,49	67,75	30,25	70,61	35,38	77,43	38,71	63,41	31,73	70,61	35,38	152,44	54,61	61,57	27,49

Elde edilen iç kuvvet sonuçlarına göre iç aks üzerindeki kolonlar, dış aks üzerindeki kolonlarda meydana gelen iç zorlanmalara göre daha büyük değerler aldığı görülmüştür. Ayrıca köşede bulunan C35 kolonunun tabanında oluşan moment büyük değer almıştır. X doğrultusundaki iç kuvvetler Y doğrultusuna göre daha büyük değerlere sahiptir.

Y-1 Modeline Ait Her İki Doğrultunun Hakim Doğal Periyodu Sonuçları:

Çizelge 4.8 : X doğrultusu doğal periyot hesapları

KAT	F _{fi}	d _{fix}	m _i	(m _i x d _{fix}) ²	F _{fi} x d _{fix}
7	386,69	0,0219	474,21	0,227	8,469
6	354,26	0,0206	641,43	0,272	7,298
5	295,21	0,0184	641,43	0,217	5,432
4	236,17	0,0154	641,43	0,152	3,637
3	177,13	0,0116	641,43	0,086	2,055
2	118,09	0,0075	641,43	0,036	0,886
1	59,04	0,0031	641,43	0,006	0,183
			Toplam	0,997	27,959

$$T_x = 2\pi \left[\frac{0,997}{27,959} \right]^{1/2} = 1,186 \text{ s}$$

Çizelge 4.9 : Y doğrultusu doğal periyot hesapları

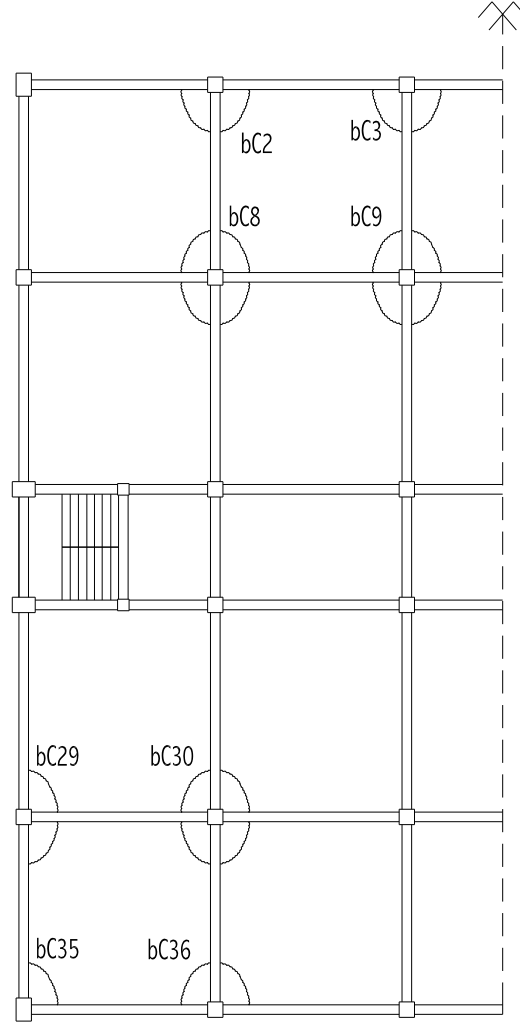
KAT	F _{fi}	d _{fiy}	m _i	(m _i x d _{fiy}) ²	F _{fi} x d _{fiy}
7	381,76	0,0224	474,21	0,238	8,551
6	349,74	0,021	641,43	0,283	7,345
5	291,45	0,0187	641,43	0,224	5,450
4	233,16	0,0156	641,43	0,156	3,637
3	174,87	0,0118	641,43	0,089	2,063
2	116,58	0,0076	641,43	0,037	0,886
1	58,29	0,0031	641,43	0,006	0,181
			Toplam	1,034	28,114

$$T_y = 2\pi \left[\frac{1,034}{28,114} \right]^{1/2} = 1,204 \text{ s}$$

Y-1 Modeli Döşeme Gerilmeleri Sonuçları:

Modelde plak kullanılmıştır. ETABS'a tanımlanırken Shell eleman olarak tanımlanmış ve beton olarak C30 betonu kullanılmıştır. C30 betonun karakteristik çekme dayanımı olan $f_{ctd}=1.9 \text{ N/mm}^2$ 'ye göre çekme çatlağının oluşup oluşmaması

hakkında karşılaştırılmalar yapılmıştır. Sonuçları elde edilen döşeme bölgeleri simetri eksenine göre Şekil 4.8’ de ayrıca edilen değerler Çizelge (4.10)’de gösterilmiştir.



Şekil 4.8 : Y-1 modeli döşeme bölgeleri

Çizelge 4.10 : Y-1 modeline ait döşeme gerilme değerleri (N/mm²)

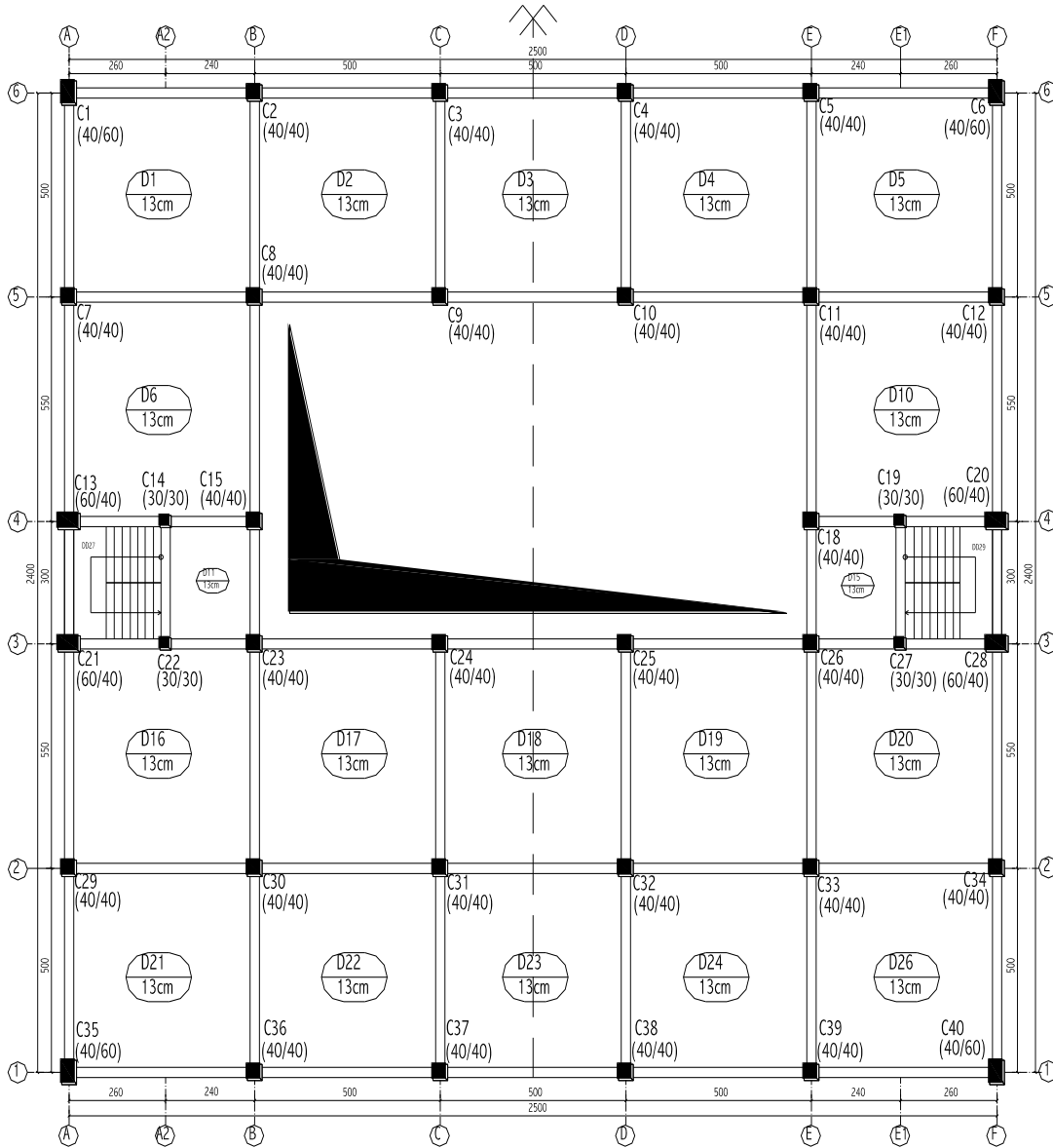
Doğrultu	Bölgeler							
	bC2	bC3	bC8	bC9	bC29	bC30	bC35	bC36
X	1,548	1,463	1,376	1,333	1,737	1,341	2,061	1,562
Y	1,521	1,681	1,198	1,318	1,251	1,198	1,891	1,518

Dış aks tarafında bulunan döşemelerde gerilme değerleri iç döşemelere göre daha yüksek elde edilmiştir. Özellikle C29 ve C35 kolunun etrafındaki döşemeler hem mesnetlenme açısından daha az noktaya sahip olması hem de köşe gerilme

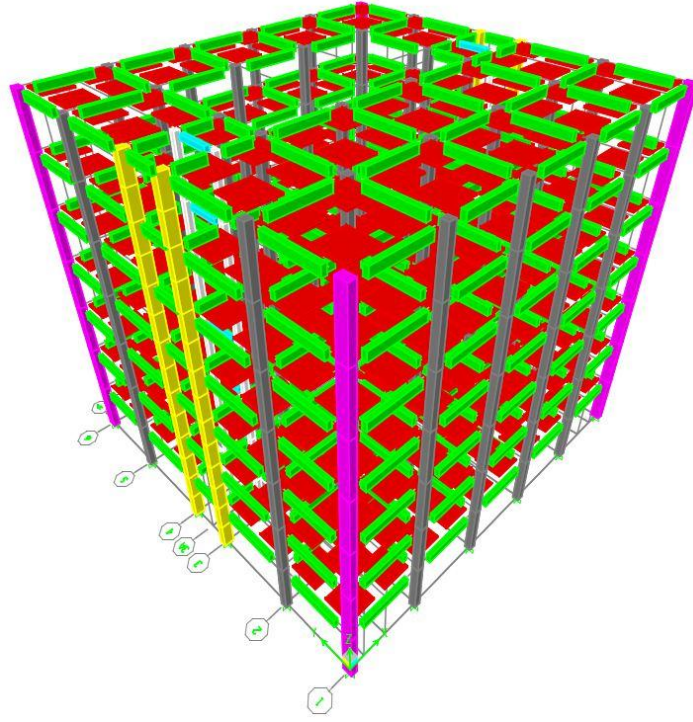
yığılmalarının biriktiği yerler olarak beton çekme dayanımına yakın ve yüksek değerler almışlardır.

4.3.2 Y-2 modeli için çözümler

Merdiven boşluklarıyla beraber toplam boşluk oranı %23'tür. Bu modelde Y-1 yapısında elde ettiğimiz deprem kuvvetleri ve ek burulma momentleri dikkate alınarak iç kuvvetler, yer değiştirmeler ve döşemelerde oluşacak gerilmelerin hesapları elde edilmiştir. Bu modelde yapının X doğrultusundaki doğal titreşim periyodu $T_{1x} = 1,119$ s, Y doğrultusundaki periyodu ise $T_{1y} = 1.152$ s olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.9 : Y-2 modeline ait kat kalıp planı



Şekil 4.10 : Y-2, üç boyutlu ETABS modeli

Y-2 Modeli Kat Yer Değiştirme Sonuçları:

Çizelge 4.11 : Y-2 modeli için oluşacak yer değiştirmeler (mm)

Doğrultu	Katlar						
	1	2	3	4	5	6	7
X	3,3	8,1	12,7	16,8	20,1	22,6	24,1
Y	3,4	8,4	13,2	17,5	21,1	23,7	25,3

Elde edilen sonuçlara göre X doğrultusundaki iç kuvvet değerleri Y doğrultusuna göre daha büyük değerler almıştır. X doğrultusunda dış aksta bulunan kolonlar iç akstakilere göre daha yüksek değerler almıştır. Y doğrultusunda ise tam tersi olarak iç akstaki kolon iç kuvvetlerini daha büyük değerler oluşturmuştur. X doğrultusunda C8, C30 ve C36 kolonları en fazla iç kuvvet değerine sahip kolonlar olarak gözükmemektedir. C8 kolonu mesnetlenme bakımından Y-1 yapısında döşemelerce 4 taraflı mesnetleniyor iken Y-2 yapısında 3 taraflı mesnetlendiği görülmektedir. Bu da üzerine gelecek yükün çevre kiriş ve döşemelere daha az aktardığı görülmüştür. Y doğrultusunda C3 ve C9 kolonları en fazla etkilendiği görülen kolonlardır. Bunun sebebi ise Y yönündeki aks sürekliliğinin bozulması olarak söylenebilir. C3 ve C9 kolonunu bağlayan kirişler yük aktarımını sadece bu iki kolona yapabilmektedir.

Y-2 Modeli İç Kuvvet Sonuçları:

Çizelge 4.12 : X ve Y doğrultusunda yatay deprem kuvvetlerine göre kolonlarda oluşan moment (kNm) ve kesme kuvveti (kN) değerleri

EX	C2		C3		C8		C9		C29		C30		C35		C36	
KAT	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
7	29,75	13,51	21,35	13,93	20,14	13,41	22,05	14,39	8,68	6,85	22,75	15,48	6,26	6,88	21,93	14,31
6	37,02	22,46	36,63	22,35	38,02	23,01	37,48	22,87	21,23	14,2	41,55	25,04	19,76	15,07	39,73	24,14
5	52,40	31,07	51,07	30,39	54,2	32,07	52,13	31,03	32,42	20,2	59,13	34,89	31,46	21,02	56,51	33,53
4	64,60	37,73	62,41	36,57	67,12	39,15	63,61	37,28	41,64	25,03	73,16	42,61	41,17	25,82	69,87	40,83
3	70,46	42,49	70,65	40,93	76,65	44,27	71,92	41,68	49,00	28,72	83,49	48,20	49,50	29,61	79,62	46,07
2	81,55	46,92	77,46	43,74	85,06	47,92	78,76	44,5	55,88	31,43	92,45	52,13	56,48	31,93	88,60	49,91
1	81,88	40,69	80,36	39,36	84,12	42,05	81,87	49,09	77,42	34,54	89,59	45,17	108,39	44,16	89,64	44,45

EY	C2		C3		C8		C9		C29		C30		C35		C36	
KAT	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
7	7,76	6,09	7,29	5,92	21,02	13,68	7,44	6,02	20,28	13,22	22,14	14,27	-4,18	3,65	8,29	6,44
6	19,26	12,87	20,62	13,73	36,59	22,17	20,79	13,82	34,35	20,72	38,30	23,08	11,09	14,38	19,55	13,04
5	29,42	18,31	32,46	20,12	51,47	30,51	32,70	20,25	48,03	28,43	53,73	31,75	22,76	19,23	29,57	18,41
4	37,86	22,73	42,36	25,35	63,23	36,93	42,66	25,3	58,76	34,29	65,91	38,43	33,00	23,63	37,84	22,74
3	44,61	26,09	50,36	29,38	71,75	41,48	50,65	29,55	66,36	38,37	74,71	43,15	43,8	27,54	44,44	26,01
2	51,01	28,52	58,37	32,56	78,84	44,38	58,72	32,75	73,22	41,15	81,86	46,11	52,05	29,20	50,60	28,32
1	67,97	30,23	75,18	33,86	77,13	38,22	75,30	33,97	70,70	35,26	78,11	39,08	169,02	59,65	67,81	30,08

Y-2 Modeline Ait Her İki Doğrultunun Hakim Doğal Periyodu Sonuçları:

Çizelge 4.13 : X doğrultusu doğal periyot hesapları

KAT	F _{fi}	d _{fix}	m _i	(m _i x d _{fix}) ²	F _{fi} x d _{fix}
7	386,69	0,0241	385,40	0,224	9,319
6	354,26	0,0226	521,29	0,266	8,006
5	295,22	0,0201	521,29	0,211	5,934
4	236,17	0,0168	521,29	0,147	3,968
3	177,13	0,0127	521,29	0,084	2,250
2	118,09	0,0081	521,29	0,034	0,957
1	59,04	0,0033	521,29	0,006	0,195
			TOPLAM	0,972	30,628

$$T_x = 2\pi \left[\frac{0,972}{30,628} \right]^{1/2} = 1,186 \text{ s}$$

Çizelge 4.14 : Y doğrultusu doğal periyot hesapları

KAT	F _{fi}	d _{fiy}	m _i	(m _i x d _{fiy}) ²	F _{fi} x d _{fiy}
7	381,76	0,0253	385,40	0,247	9,659
6	349,74	0,0237	521,29	0,293	8,289
5	291,45	0,0211	521,29	0,232	6,150
4	233,16	0,0175	521,29	0,160	4,080
3	174,87	0,0132	521,29	0,091	2,308
2	116,58	0,0084	521,29	0,037	0,979
1	58,29	0,0034	521,29	0,006	0,198
			TOPLAM	1,065	31,663

$$T_y = 2\pi \left[\frac{1,065}{31,663} \right]^{1/2} = 1,152 \text{ s}$$

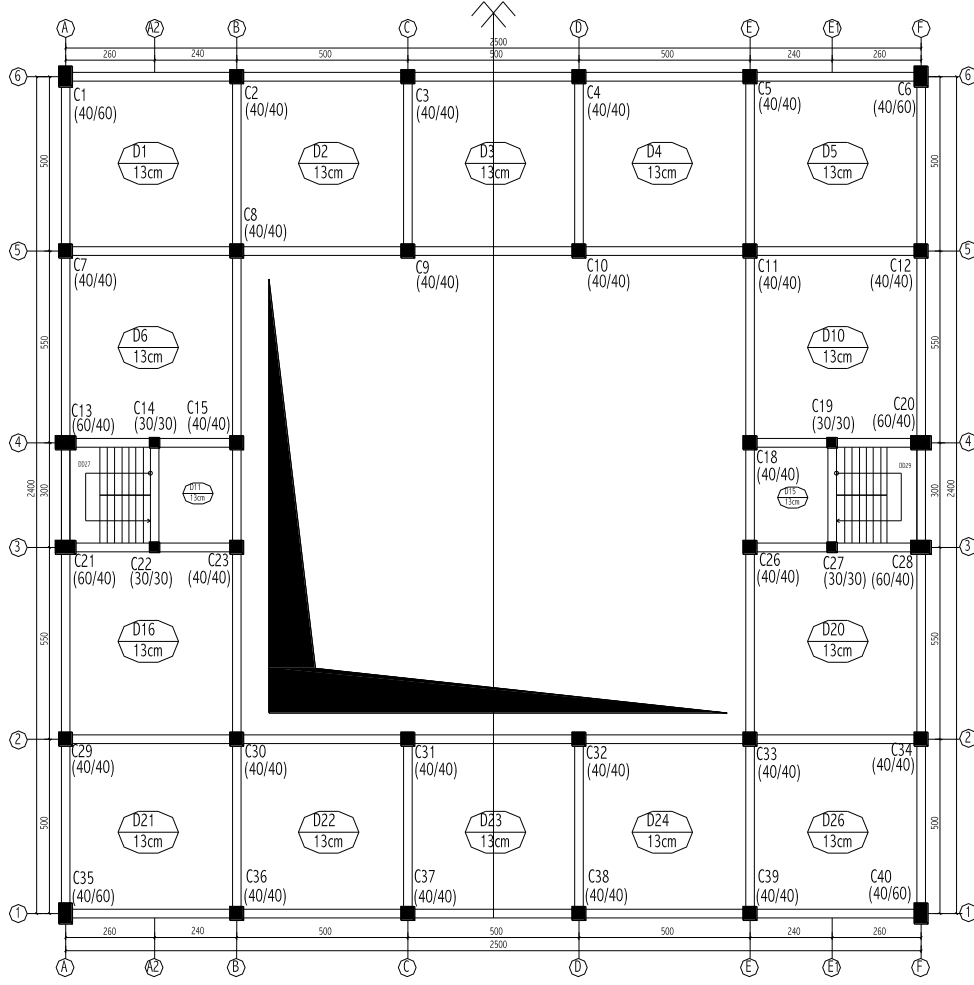
Y-2 Modeli Döşeme Gerilmeleri Sonuçları:

Sonuçları elde edilen döşeme bölgeleri simetri eksenine göre Şekil 4.11’ de verilmiştir. Ayrıca edilen değerler Çizelge 4.15’de gösterilmiştir.

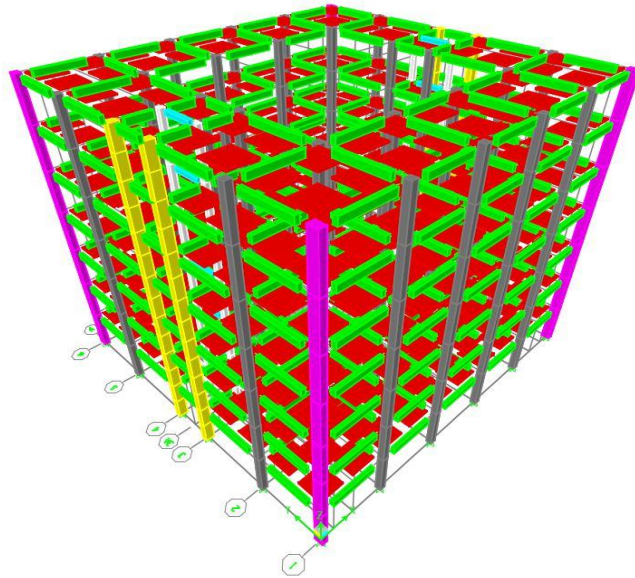
Çizelge 4.15 : Y-2 modeline ait döşeme gerilme değerleri (N/mm²)

Doğrultu	Bölgeler							
	bC2	bC3	bC8	bC9	bC29	bC30	bC35	bC36
X	1,605	1,516	1,539	1,544	1,871	1,519	2,287	1,752
Y	1,713	1,984	1,427	1,977	1,425	1,351	2,139	1,707

s, Y doğrultusundaki periyodu ise $T_{1Y}=1,097$ s olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.12 : Y-3 modeline ait kat kalıp planı



Şekil 4.13: Y-3, üç boyutlu ETABS model

Y-3 Modeli İç Kuvvet Sonuçları:

Çizelge 4.16 : X ve Y doğrultusunda yatay deprem kuvvetlerine göre kolonlarda oluşan moment (kNm) ve kesme kuvveti (kN) değerleri

EX	C2		C3		C8		C9		C29		C30		C35		C36	
KAT	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
7	24,79	16,08	25,46	16,55	24,51	15,39	25,91	16,84	10,01	7,74	24,61	15,86	7,87	8,03	24,96	16,19
6	42,97	26,02	44,52	25,89	43,51	26,28	42,85	26,08	23,34	15,49	43,7	26,4	21,73	16,32	43,29	26,21
5	60,3	35,72	58,8	34,96	64,45	36,32	59,09	35,14	35,33	21,49	61,72	36,48	33,97	22,55	60,76	36
4	73,99	43,2	71,52	41,88	75,7	44,12	71,75	42,02	45,2	27,09	76,04	44,32	44,06	27,52	74,56	43,53
3	83,86	48,47	82,67	46,71	86,12	49,71	80,81	46,8	53,02	30,99	86,51	49,93	52,64	31,38	84,51	48,85
2	82,71	52,14	88,1	49,69	95,13	53,53	88,15	49,73	60,46	33,86	95,56	53,77	60,22	33,78	93,42	52,55
1	74,49	45,4	89,79	43,91	92,37	46,11	89,89	43,95	81,16	36,16	92,79	46,32	111,47	45,19	92,19	45,74

EY	C2		C3		C8		C9		C29		C30		C35		C36	
KAT	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
7	8,93	6,91	8,4	4,3	23,59	15,31	8,56	6,82	22,92	14,9	23,59	15,31	-3,85	4,38	8,93	6,91
6	21,17	14,09	22,53	14,95	40,15	24,29	22,72	14,04	37,98	22,88	40,15	24,29	12,5	15,81	21,17	14,09
5	32,1	19,95	35,2	21,79	56,14	33,26	35,46	21,99	52,77	31,22	56,14	33,26	25,15	21,1	32,1	19,95
4	41,15	24,68	45,79	27,36	58,72	40,12	46,09	27,53	63,33	37,53	68,72	40,12	36,3	25,84	41,15	24,68
3	48,37	28,25	54,28	31,63	77,78	44,94	54,59	31,81	72,46	41,87	77,78	44,04	47,98	30,03	48,37	28,25
2	55,19	30,8	62,77	34,94	85,13	47,88	63,14	35,15	79,6	44,3	85,13	47,88	57,55	31,84	55,19	30,8
1	72,47	32,16	79,77	35,87	82,29	40,74	79,9	35,98	75,88	37,81	82,29	40,74	181,08	63,6	72,47	32,16

X ve Y doğrultuları aks süreksizliği bakımından yaklaşık olarak aynıdır. Bunun sonucunda tek açıklıkların bulunduğu kolonlarda en çok zorlanmanın olduğu görülmüştür. X doğrultusu için C8 ve C30 kolonu, Y doğrultusu için C3 ve C9 kolonları olduğu gözlemlenmiştir.

Y-3 Modeli Kat Yer Değiştirme Sonuçları:

Çizelge 4.17 : Y-3 modeli için oluşacak yer değiştirmeler (mm)

Doğrultu	Katlar						
	1	2	3	4	5	6	7
X	3,6	8,8	13,8	18,3	22	24,8	26,5
Y	3,6	9	14,1	18,8	22,6	25,5	27,2

Y-3 Modeline Ait Her İki Doğrultunun Hakim Doğal Periyodu Sonuçları:

Çizelge 4.18 : X Doğrultusu Doğal Periyot Hesapları

KAT	F _{fi}	d _{fiy}	m _i	(m _i x d _{fiy}) ²	F _{fi} x d _{fiy}
7	386,69	0,0265	325,85	0,229	10,247
6	354,26	0,0248	440,97	0,271	8,786
5	295,22	0,022	440,97	0,213	6,495
4	236,17	0,0183	440,97	0,148	4,322
3	177,13	0,0138	440,97	0,084	2,444
2	118,09	0,0088	440,97	0,034	1,039
1	59,04	0,0036	440,97	0,006	0,213
			TOPLAM	0,985	33,546

$$T_x = 2\pi \left[\frac{0,985}{33,546} \right]^{1/2} = 1,076 \text{ s}$$

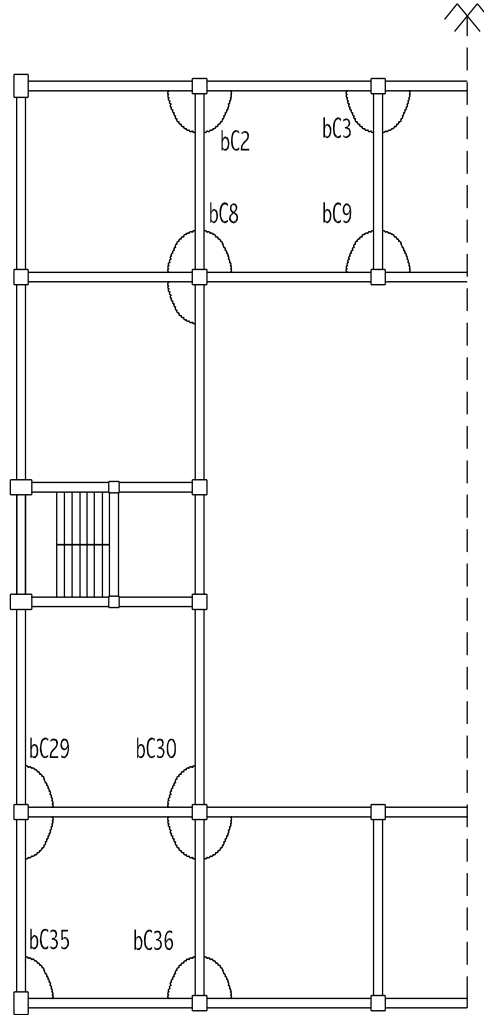
Çizelge 4.19 : Y Doğrultusu Doğal Periyot Hesapları

KAT	F _{fi}	d _{fiy}	m _i	(m _i x d _{fiy}) ²	F _{fi} x d _{fiy}
7	381,76	0,0272	325,85	0,241	10,384
6	349,74	0,0255	440,97	0,287	8,918
5	291,45	0,0226	440,97	0,225	6,587
4	233,16	0,0188	440,97	0,156	4,383
3	174,87	0,0141	440,97	0,088	2,466
2	116,58	0,009	440,97	0,036	1,049
1	58,29	0,0036	440,97	0,006	0,210
			TOPLAM	1,038	33,997

$$T_y = 2\pi \left[\frac{1,038001}{33,99741} \right]^{1/2} = 1,097 \text{ s}$$

Y-3 Modeli Döşeme Gerilmeleri Sonuçları:

Sonuçları elde edilen döşeme bölgeleri simetri eksenine göre Şekil 4.12’ de verilmiştir. Ayrıca edilen değerler Çizelge 4.20’de gösterilmiştir.



Şekil 4.14 : Y-3 modeli döşeme bölgeleri

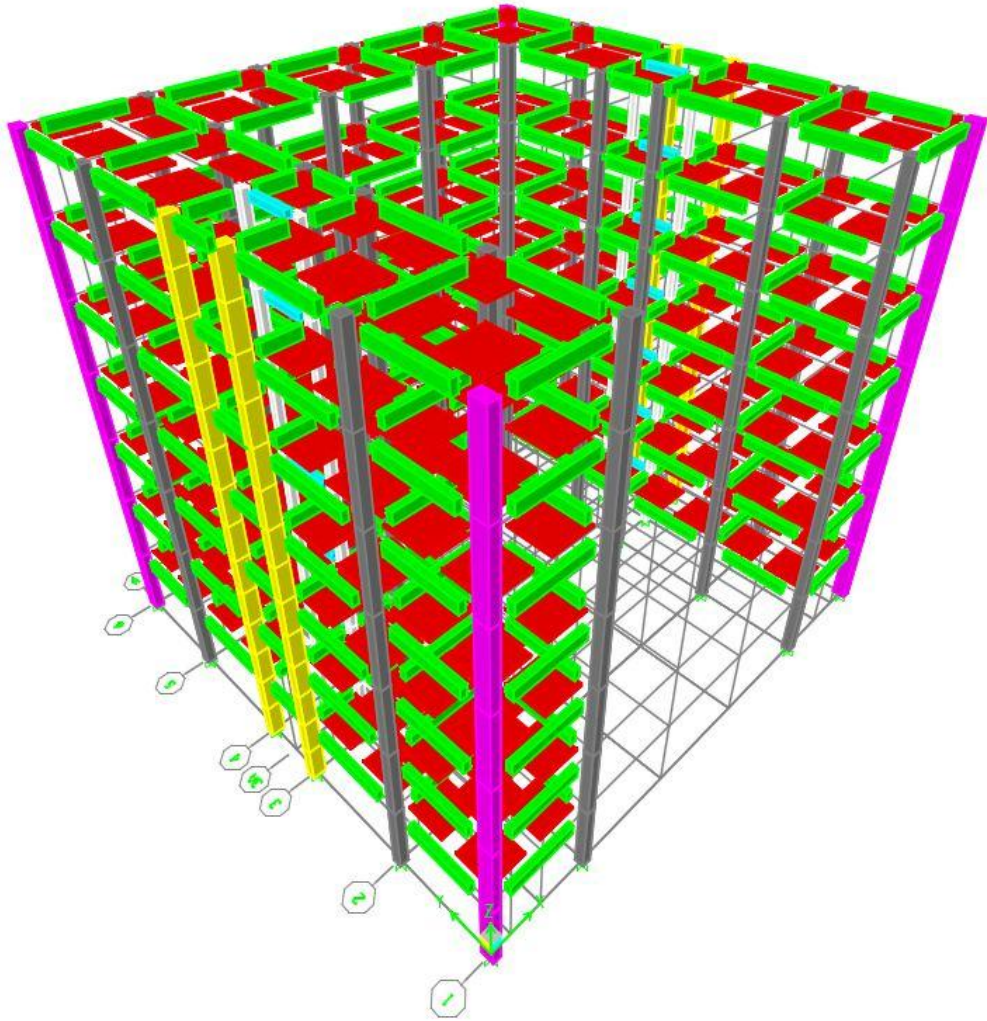
Çizelge 4.20 : Y-3 modeline ait döşeme gerilme değerleri (N/mm²)

Doğrultu	Bölgeler							
	bC2	bC3	bC8	bC9	bC29	bC30	bC35	bC36
X	1,798	1,71	1,71	1,71	2,021	1,756	2,411	1,823
Y	1,839	2,117	1,532	2,109	1,538	1,532	2,302	1,839

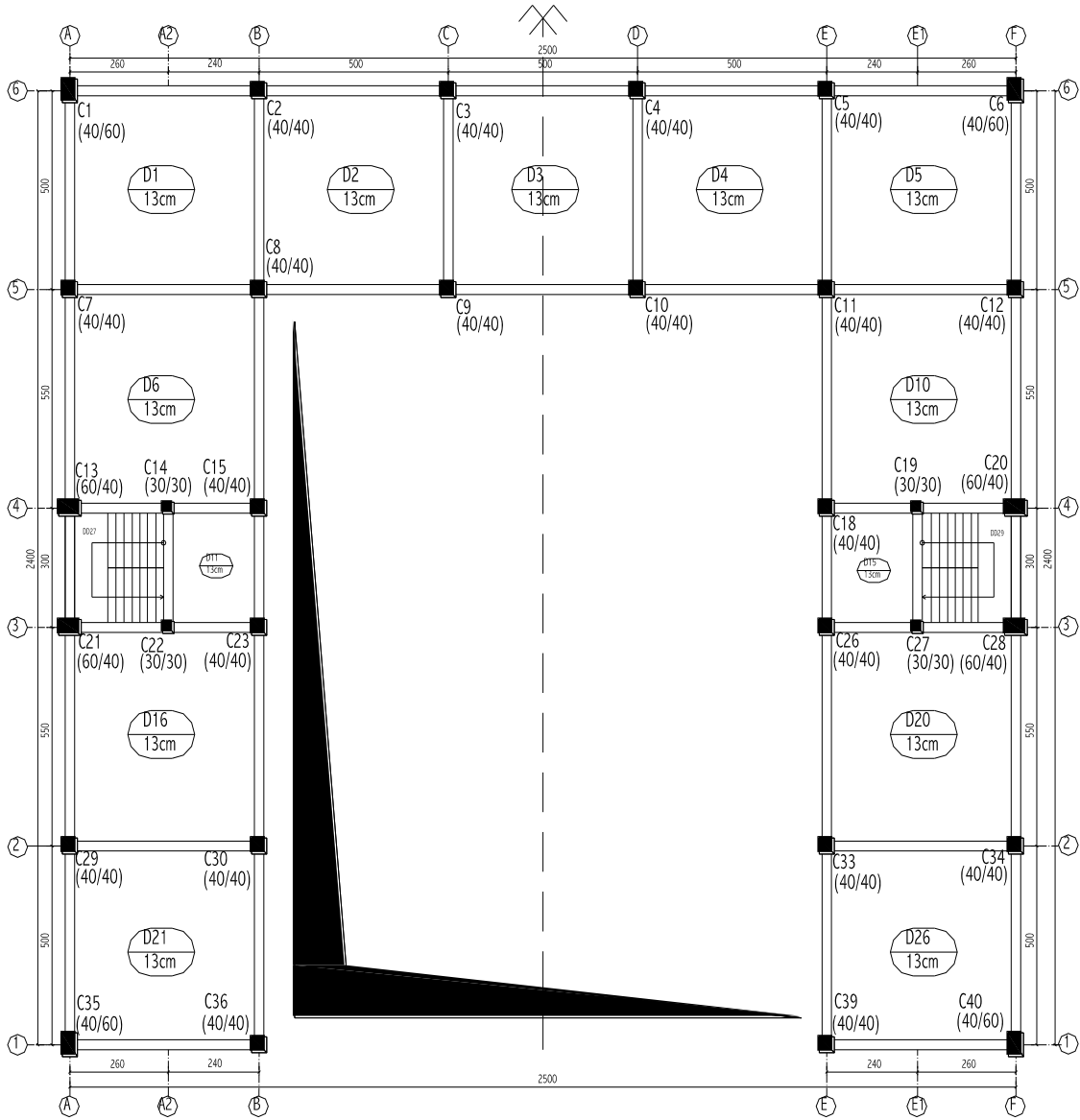
Mesnetlenme ve süreksizliğe bağlı olarak döşeme gerilmelerinde diğer modellere göre yükselmeler olmuştur. Tüm döşeme bölgelerin beton karakteristik çekme dayanımına oldukça yaklaşmıştır ve çatlamların ortaya çıkması beklenebilir. Her iki doğrultu için dış akslar ve köşe kolonların olduğu döşeme bölgeleri en yüksek değerlere sahip yerler olarak gözükmektedir.

4.3.4 Y-4 modeli için çözümler

Merdiven boşluklarıyla beraber toplam boşluk oranı %50'dir. Bu modelde Y-1 yapısında elde ettiğimiz deprem kuvvetleri ve ek burulma momentleri dikkate alınarak iç kuvvetler, yer değiştirmeler ve döşemelerde oluşacak gerilmelerin hesapları elde edilmiştir. Bu modelde yapının X doğrultusundaki periyodu $T_{1X}=1,069$ s, Y doğrultusundaki periyodu ise $T_{1Y}=1,043$ s olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.15 : Y-4, üç boyutlu ETABS modeli



Şekil 4.16 : Y-4 yapılarına ait kat kalıp planı

Y-4 Modeli Kat Yer Değiştirme Sonuçları:

Çizelge 4.21 : Y-4 modeli için oluşacak yer değiştirmeler (mm)

Doğrultu	Katlar						
	1	2	3	4	5	6	7
X	4,2	10,4	16,5	22	26,6	30,1	32,4
Y	4	9,9	15,7	20,8	25,1	28,2	30,1

Y-4 Modeli İç Kuvvet Sonuçları:

Çizelge 4.22 : X ve Y doğrultusunda yatay deprem kuvvetlerine göre kolonlarda oluşan moment (kNm) ve kesme kuvveti (kN) değerleri

EX	C2		C3		C8		C9		C29		C30		C35		C36	
KAT	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
7	31,2	20,19	31,98	20,74	31,91	20,51	33,62	21,74	13,62	10,17	13,86	10,34	11,91	10,96	14,83	11,14
6	53,1	32,12	52,53	31,94	54,44	32,8	53,6	32,53	29,69	19,3	30,04	19,48	28,31	20,43	29,29	19,1
5	71,13	43,89	72,28	42,95	75,93	44,83	73,04	43,37	44,65	27,39	45,13	27,66	43,53	25,28	43,17	26,62
4	90,3	52,93	87,68	51,32	92,89	54,1	88,09	51,54	59,96	33,82	57,55	34,15	56,12	34,45	54,45	32,43
3	102,59	59,27	93,69	57,11	105,14	60,62	98,7	57,09	66,65	38,62	67,27	38,98	66,61	39,19	63,18	36,65
2	113,08	63,55	107,5	60,58	115,31	57,78	106,98	60,22	76,3	42,16	77,06	42,58	77,66	42,4	72,3	39,79
1	110,34	54,69	108,28	52,9	109,35	54,49	106,41	51,91	92,01	41,17	92,28	41,4	123,14	49,74	89,3	39,22

EY	C2		C3		C8		C9		C29		C30		C35		C36	
KAT	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
7	9,3	7,28	8,86	7,15	25,29	16,45	9,04	7,28	24,18	15,76	25,11	16,48	-4,97	4,36	8,86	7,18
6	22,93	15,02	24,6	16,37	43,72	26,48	24,8	16,47	40,98	24,77	42,65	25,94	13,12	17,13	21,14	14,43
5	35,09	21,84	38,72	24	61,53	36,47	39,01	24,16	57,42	34	59,73	35,52	27,13	23,01	32,14	20,27
4	45,19	27,13	50,55	30,23	75,59	44,15	50,88	30,42	70,34	41,06	73,15	42,32	39,49	28,3	41,24	24,97
3	53,27	31,15	60,06	35,02	85,77	49,58	60,41	35,22	79,51	45,97	83,79	47,93	52,39	32,97	48,56	28,52
2	61,04	34,08	69,68	38,79	94,18	52,99	70,09	39,02	87,75	49,3	90,91	51,14	63,18	35,14	55,58	31,04
1	80,17	35,59	88,29	39,69	91,04	45,08	88,44	39,82	83,9	41,83	89,96	44,13	200,27	70,44	78,31	33,96

En olumsuz model olduğu sayısal sonuçlarla da görülmektedir. X yönünde bağlayıcı olarak sadece 5 ve 6 aksları varken Y yönünde ise A-B ve E-F aksları vardır. X doğrultusunda C29, C30, C35 ve C36 kolonlarının aks süreksizliği nedeniyle büyük iç kuvvet değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Y doğrultusunda ise C3 ve C9 kolonlarıyla beraber C35 kolonunun taban momentinin değerinin çok yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir.

Y-4 Modeline Ait Her İki Doğrultunun Hakim Doğal Periyodu Sonuçları:

Çizelge 4.23 : X doğrultusu doğal periyot hesapları

KAT	F _{fi}	d _{fix}	m _i	(m _i x d _{fix}) ²	F _{fi} x d _{fix}
7	386,69	0,0324	265,38	0,279	12,529
6	354,26	0,0301	360,05	0,326	10,663
5	295,22	0,0266	360,05	0,255	7,853
4	236,17	0,022	360,05	0,174	5,196
3	177,13	0,0165	360,05	0,098	2,923
2	118,09	0,0104	360,05	0,039	1,228
1	59,04	0,0042	360,05	0,006	0,248
			TOPLAM	1,177	40,639

$$T_x = 2\pi \left[\frac{1,177}{40,639} \right]^{1/2} = 1,069 \text{ s}$$

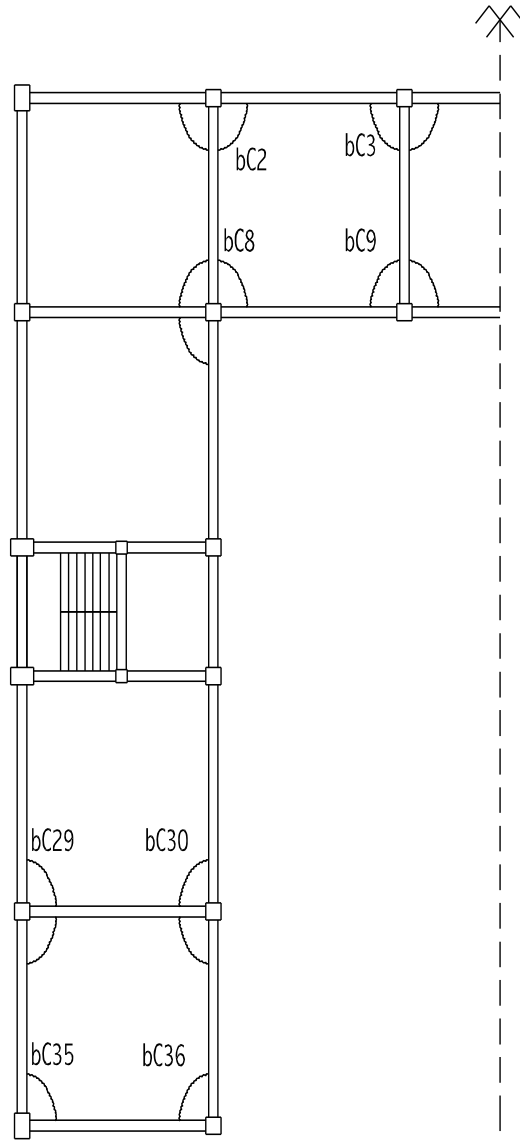
Çizelge 4.24 : Y doğrultusu doğal periyot hesapları

KAT	F _{fi}	d _{fiy}	m _i	(m _i x d _{fiy}) ²	F _{fi} x d _{fiy}
7	381,76	0,0301	265,38	0,240	11,491
6	349,74	0,0282	360,05	0,286	9,863
5	291,45	0,0251	360,05	0,227	7,315
4	233,16	0,0208	360,05	0,156	4,850
3	174,87	0,0157	360,05	0,089	2,745
2	116,58	0,0099	360,05	0,035	1,154
1	58,29	0,004	360,05	0,006	0,233
			TOPLAM	1,039	37,652

$$T_y = 2\pi \left[\frac{1,039}{37,652} \right]^{1/2} = 1,043 \text{ s}$$

Y-4 Modeli Döşeme Gerilmeleri Sonuçları:

Sonuçları elde edilen döşeme bölgeleri simetri eksenine göre Şekil 4.17' de verilmiştir. Ayrıca elde edilen değerler Çizelge (4.25)'de gösterilmiştir.



Şekil 4.17 : Y-2 modeli döşeme bölgeleri

Çizelge 4.25 : Y-4 modeline ait döşeme gerilme değerleri (N/mm²)

Doğrultu	Bölgeler							
	bC2	bC3	bC8	bC9	bC29	bC30	bC35	bC36
X	2,195	2,075	2,047	2,05	2,462	2,464	2,913	2,717
Y	2,035	2,347	1,698	2,339	1,696	1,743	2,564	2,056

Bu sonuçlara göre Y-4 modelinin oldukça sakıncalı değerler aldığı görülmektedir. Tüm döşemelerde çekme çatlağı oluşumu olduğu saptanmıştır. Özellikle her iki doğrultuda köşe kolonların bulunduğu C35 ve C36 kolon bölgelerinde gerilmeler en yüksek değerlerini almıştır.

4.4 Rijit ve Esnek Diyaframlara Göre Çözümler

4.4.1 Y-1 modelleri için çözümler

Bu kısımda Y-1.a ve Y-1.b modellerine ait çözümler sunulmuştur. Çok modlu modal analiz ile yatay deprem kuvvetleri sebebiyle oluşan sonuçlar rijit diyaframlı ve esnek diyaframlı yapı olarak ayrı ayrı çizelge ve şekillerle gösterilmiştir.

4.4.1.1 Y-1.a modeli çözümleri

Bu modelde yapının X doğrultusundaki periyodu $T_{1X}=1,188$ s, Y doğrultusundaki periyodu ise $T_{1Y}= 1,2067$ s olarak hesaplanmıştır. X doğrultusundaki birincil periyot ile kütle katılımının % 82,83'ü sağlanmış, Y doğrultusundaki birincil periyot ile kütle katılımının % 82,65'i sağlanmıştır.

Mod birleştirme yöntemi ile yapılan hesapta da X doğrultusundaki deprem için toplam deprem yükü $V_{tBx}=1545,47$ kN, Y doğrultusundaki deprem için toplam deprem yükü $V_{tBy}=1525,76$ kN olarak hesaplanmıştır.

Mod birleştirme yöntemiyle bulunan kolon iç kuvvetlerine ait değerler Çizelge 4.27'da verilmiştir.

Döşeme Gerilme Sonuçları:

Şekil 4.6'da verilen döşeme bölgelerinde oluşan gerilme değerleri Çizelge 4.26'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.26 : Y-1.a modeline ait döşeme gerilme değerleri (N/mm²)

Bölgeler	Doğrultu	
	X	Y
bC2	1,91	1,91
bC3	1,59	1,86
bC8	1,37	1,44
bC9	1,41	1,43
bC29	1,91	2,03
bC30	1,37	1,44

İç Kuvvet Sonuçları:

Çizelge 4.27 : X ve Y doğrultusunda yatay deprem kuvvetlerine göre kolonlarda oluşan moment (kNm) ve kesme kuvveti (kN) değerleri

EX	C2		C3		C8		C9		C29		C30	
Katlar	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
7	19,43	12,73	19,74	12,96	18,96	12,26	20,02	12,98	8,21	6,12	18,96	12,26
6	36,22	21,98	35,67	21,78	35,53	21,47	35,92	21,78	19,16	12,61	35,53	21,47
5	50,42	29,9	49,10	29,22	49,40	29,19	49,19	29,15	27,5	17,19	49,40	29,19
4	61,92	36,27	59,81	35,14	60,53	35,37	59,64	34,93	34,01	21,02	60,53	35,37
3	71,67	41,69	68,87	40,14	69,96	40,6	68,35	39,74	41,33	24,44	69,96	40,6
2	83,84	46,91	78,59	44,66	80,30	45,48	77,48	44,01	48,66	27,7	80,30	45,48
1	88,06	43,61	86,45	42,21	83,55	41,66	82,46	40,71	72,83	32,31	83,55	41,66

EY	C2		C3		C8		C9		C29		C30	
Katlar	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
7	8,60	6,38	8,61	6,22	20,9	13,65	19,69	12,82	22,23	14,55	20,9	13,65
6	19,84	13,05	19,21	12,56	37,32	22,54	35,13	21,26	39,20	23,66	37,32	22,54
5	28,6	17,67	27,51	16,69	51,16	30,26	48,00	28,39	53,39	31,9	51,16	30,26
4	35,83	21,56	34,27	20,56	62,07	36,3	58,00	33,9	65,60	38,38	62,07	36,30
3	42,36	25,02	40,26	23,73	71,09	41,29	66,17	38,4	75,29	43,77	71,09	41,29
2	49,79	26,27	47,11	26,71	80,76	45,76	74,82	42,38	86,53	48,94	80,76	45,76
1	73,58	32,59	68,96	30,62	83,99	41,67	78,24	38,71	89,80	44,69	83,99	41,67

Kat Yer değiştirme Sonuçları:

Çizelge 4.28 : Y-1.a modeli için oluşacak yer değiştirmeler (mm)

Doğrultu	Katlar						
	1	2	3	4	5	6	7
X	3,0	7,3	11,2	14,6	17,3	19,2	20,2
Y	3,0	7,3	11,4	14,8	17,6	19,6	20,7

4.4.1.2 Y-1.b modeli zmleri

Bu modelde yapını X doğrultusundaki periyodu $T_{1X}=1,259$ sn, Y doğrultusundaki periyodu ise $T_{1Y}= 1,281$ sn olarak hesaplanmıştır. X doğrultusundaki birincil periyot ile kütle katılımının % 82,47’si sağlanmış, Y doğrultusundaki birincil periyot ile kütle katılımının % 82,24’ sağlanmıştır.

Mod birleştirme yöntemi ile yapılan hesapta da X doğrultusundaki deprem için toplam deprem yükü $V_{tBx}=1474,14$ kN, Y doğrultusundaki deprem için toplam deprem yükü $V_{tBy}=1453,20$ kN olarak hesaplanmıştır.

Mod birleştirme yöntemiyle bulunan kolon iç kuvvetlerine ait değerler izelge 4.30’te verilmiştir.

Döşeme Gerilme Sonuçları:

şekil 4.6’da verilen döşeme bölgelerinde oluşan gerilme değerleri izelge 4.29’te gösterilmiştir.

Çizelge 4. 29 : Y-1.b modeline ait döşeme gerilme değerleri (N/mm²)

Bölgeler	Doğrultu	
	X	Y
bC2	1,81	1,82
bC3	1,55	1,70
bC8	1,42	1,53
bC9	1,44	1,49
bC29	1,74	1,82
bC30	1,42	1,53

İç Kuvvet Sonuçları:

Çizelge 4.30 : X ve Y doğrultusunda yatay deprem kuvvetlerine göre kolonlarda oluşan moment (kNm) ve kesme kuvveti (kN) değerleri

EX	C2		C3		C8		C9		C29		C30	
Katlar	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
7	19,50	12,91	19,61	13,04	17,91	11,87	18,66	12,42	8,11	6,10	17,91	11,87
6	36,03	22,00	35,46	21,77	33,52	20,51	33,78	20,74	18,77	12,41	33,52	20,51
5	50,11	29,85	48,78	29,15	46,64	27,79	46,4	27,7	26,74	16,75	46,64	27,79
4	61,62	36,21	59,55	35,09	57,25	33,63	56,43	33,22	33,45	20,18	57,25	33,63
3	71,44	41,61	68,76	40,12	66,27	88,58	64,9	37,83	40,38	23,25	66,27	88,58
2	82,46	46,58	78,39	44,42	76,25	43,07	73,8	41,79	47,13	26,03	76,25	43,07
1	88,20	43,01	86,73	41,71	82,42	40,00	81,49	39,19	71,43	31,43	82,42	40,00

EY	C2		C3		C8		C9		C29		C30	
Katlar	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
7	7,78	6,02	7,73	5,91	19,74	13,20	18,76	12,53	22,36	14,85	19,74	13,20
6	18,08	12,21	17,65	11,83	35,03	21,43	33,40	20,42	38,50	23,58	35,03	21,43
5	26,01	16,33	25,15	15,72	48,02	28,65	45,54	27,14	53,35	31,74	48,02	28,65
4	32,61	19,85	31,33	19,00	58,32	34,30	55,06	32,35	64,95	38,14	58,32	34,30
3	38,71	23,00	36,99	21,9	66,93	38,99	62,92	36,61	74,63	43,46	66,93	38,99
2	45,66	25,80	43,24	24,4	76,17	43,02	71,08	40,13	85,81	48,40	76,17	43,02
1	72,36	30,81	68,00	29,05	82,71	39,81	77,42	37,25	89,45	43,68	82,71	39,81

Kat Yer değiştirme Sonuçları:

Çizelge 4.31 : Y-1.b modeli için oluşacak yer değiştirmeler (mm)

Doğrultu	Katlar						
	1	2	3	4	5	6	7
X	3	7,3	11,2	14,6	17,3	19,2	20,2
Y	3	7,3	11,4	14,8	17,6	19,6	20,7

4.4.2 Y-2 modelleri için çözümler

Bu kısımda Y-2.a ve Y-2.b modellerine ait çözümler sunulmuştur. Çok modlu modal analiz ile yatay deprem kuvvetleri sebebiyle oluşan sonuçlar rijit diyaframlı ve esnek diyaframlı yapı olarak ayrı ayrı izelge ve şekillerle gösterilmiştir.

4.4.2.1 Y-2.a modeli zmleri

Bu modelde yapını X doğrultusundaki periyodu $T_{1X}= 1,126$ s, Y doğrultusundaki periyodu ise $T_{1Y}= 1,154$ s olarak hesaplanmıştır. X doğrultusundaki birincil periyot ile kütle katılımının % 82,83' sağlanmış, Y doğrultusundaki birincil periyot ile kütle katılımının % 75,71'i sağlanmıştır.

Mod birleştirme yöntemi ile yapılan hesapta da X doğrultusundaki deprem için toplam deprem yükü $V_{tBX}=1281,96$ kN, Y doğrultusundaki deprem için toplam deprem yükü $V_{tBY}=1281,93$ kN olarak hesaplanmıştır.

Mod birleştirme yöntemiyle bulunan kolon iç kuvvetlerine ait değerler izelge 4.33'da verilmiştir.

Kat Yer değiştirme Sonuçları:

Çizelge 4.32 : Y-2.a modeli için oluşacak yer değiştirmeler (mm)

Doğrultu	Katlar						
	1	2	3	4	5	6	7
X	2,9	6,9	10,5	13,7	16,2	17,9	18,9
Y	2,9	7,0	10,7	13,9	16,4	18,2	19,2

İç Kuvvet Sonuçları:

Çizelge 4.33 : X ve Y doğrultusunda yatay deprem kuvvetlerine göre kolonlarda oluşan moment (kNm) ve kesme kuvveti (kN) değerleri

EX	C2		C3		C8		C9		C29		C30	
KAT	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
7	17,13	11,11	17,42	11,34	16,72	10,75	17,17	11,18	8,40	6,17	19,34	12,32
6	31,31	18,91	30,87	18,75	31,06	18,69	30,29	18,38	19,2	12,48	35,68	21,39
5	43,30	25,59	42,20	25,02	43,02	25,35	41,22	24,42	27,7	16,99	49,28	29,98
4	52,77	30,84	51,00	29,89	52,41	30,55	49,57	29,03	34,53	20,67	59,99	34,93
3	60,81	35,3	58,44	34,00	60,39	34,98	56,5	32,85	40,65	23,95	69,06	39,97
2	69,94	39,59	66,34	37,68	69,14	39,13	63,85	36,26	47,68	27,10	78,85	44,65
1	72,52	36,17	71,16	34,98	70,44	35,5	68,53	33,68	68,19	30,63	78,71	39,82

EY	C2		C3		C8		C9		C29		C30	
KAT	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
7	8,51	6,20	8,13	5,53	19,85	12,84	8,24	5,91	21,59	14,02	20,73	13,30
6	19,45	12,64	18,8	12,09	35,18	21,19	18,96	12,17	37,52	22,55	36,68	21,94
5	28,00	17,20	27,4	16,69	48,19	28,44	27,61	16,81	51,35	30,31	50,03	29,45
4	35,08	20,99	34,43	20,49	58,31	34,04	34,68	20,63	62,18	36,31	60,51	35,27
3	41,42	24,30	40,76	23,89	66,75	38,71	41,03	24,05	71,15	41,30	69,24	40,10
2	48,78	27,58	48,38	27,25	75,70	42,82	48,72	27,44	81,40	45,99	78,33	44,32
1	67,37	30,18	64,19	29,14	76,35	38,02	64,32	29,24	81,52	40,80	77,23	38,70

Döşeme Gerilme Sonuçları:

Şekil 4.9’da verilen döşeme bölgelerinde oluşan gerilme değerleri Çizelge 4.34’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.34 : Y-2.a modeline ait döşeme gerilme değerleri (N/mm²)

Bölgeler	Doğrultu	
	X	Y
bC2	1,61	1,61
bC3	1,32	1,61
bC8	1,48	1,54
bC9	1,31	1,59
bC29	1,66	1,43
bC30	1,54	1,39

4.4.2.2 Y-2.b modeli çözümleri

Bu modelde yapının X doğrultusundaki periyodu $T_{1X}=1,186$ s, Y doğrultusundaki periyodu ise $T_{1Y}= 1,222$ s olarak hesaplanmıştır. X doğrultusundaki birincil periyot ile kütle katılımının % 78,42’si sağlanmış, Y doğrultusundaki birincil periyot ile kütle katılımının % 81,96’ü sağlanmıştır.

Mod birleştirme yöntemi ile yapılan hesapta da X doğrultusundaki deprem için toplam deprem yükü $V_{tBX}=1230,53$ kN, Y doğrultusundaki deprem için toplam deprem yükü $V_{tBY}=1233,78$ kN olarak hesaplanmıştır.

Mod birleştirme yöntemiyle bulunan kolon iç kuvvetlerine ait değerler Çizelge 4.36’te verilmiştir.

Kat Yer değiştirme Sonuçları:

Çizelge 4.35 : Y-2.b modeli için oluşacak yer değiştirmeler (mm)

Doğrultu	Katlar						
	1	2	3	4	5	6	7
X	2,7	6,6	10,2	13,3	15,8	17,5	18,5
Y	2,8	6,8	10,7	14,0	16,6	18,5	19,6

İç Kuvvet Sonuçları:

Çizelge 4.36 : X ve Y doğrultusunda yatay deprem kuvvetlerine göre kolonlarda oluşan moment (kNm) ve kesme kuvveti (kN) değerleri

EX	C2		C3		C8		C9		C29		C30	
KAT	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
7	14,52	9,61	14,54	9,66	14,5	9,62	15,38	10,18	6,97	5,39	17,24	11,06
6	26,66	16,24	26,13	16,01	26,88	16,42	27,38	16,77	15,98	10,76	31,87	18,80
5	36,56	21,71	35,53	21,16	37,02	22,01	37,16	22,13	22,90	14,32	44,68	25,21
4	44,21	25,90	45,69	25,07	44,89	26,32	44,61	26,2	28,41	17,22	53,27	30,17
3	50,53	29,35	48,60	28,28	51,44	29,89	50,74	29,52	33,39	19,80	63,41	34,30
2	57,44	32,38	54,65	30,89	58,60	33,05	57,00	32,22	39,14	22,10	71,46	37,94
1	60,56	29,48	50,49	28,55	62,44	30,22	61,95	29,76	61,87	26,28	76,74	34,63

EY	C2		C3		C8		C9		C29		C30	
KAT	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
7	7,17	5,49	7,28	5,47	17,78	11,85	7,46	5,62	19,37	12,83	17,77	11,84
6	16,13	10,82	16,47	10,92	30,97	18,92	16,73	11,05	32,97	19,98	31,09	18,98
5	23,05	14,39	23,79	14,77	42,13	25,09	24,14	14,97	44,79	26,57	42,30	25,18
4	28,60	17,31	29,8	17,96	50,66	29,74	30,2	18,19	53,75	31,47	50,90	29,87
3	33,64	19,88	35,28	20,8	57,63	33,5	35,71	21,04	60,96	35,4	57,92	33,66
2	39,56	22,16	41,93	23,43	64,91	36,54	42,44	23,71	68,95	38,77	65,27	36,76
1	59,65	25,24	60,67	26,10	68,15	32,64	60,86	26,26	69,36	33,76	68,35	32,80

Döşeme Gerilme Sonuçları:

Şekil 4.6’da verilen döşeme bölgelerinde oluşan gerilme değerleri Çizelge 4.37’te gösterilmiştir.

Çizelge 4. 37 : Y-2.b modeline ait döşeme gerilme değerleri (N/mm²)

Bölgeler	Doğrultu	
	X	Y
bC2	1,58	1,55
bC3	1,32	1,61
bC8	1,38	1,36
bC9	1,33	1,51
bC29	1,87	1,34
bC30	1,41	1,31

4.4.3 Y-3 modelleri için çözümler

Bu kısımda Y-3.a ve Y-3.b modellerine ait çözümler sunulmuştur. Çok modlu modal analiz ile yatay deprem kuvvetleri sebebiyle oluşan sonuçlar rijit diyaframlı ve esnek diyaframlı yapı olarak ayrı ayrı çizelge ve şekillerle gösterilmiştir.

4.4.3.1 Y-3.a modeli çözümleri

Bu modelde yapının X doğrultusundaki periyodu $T_{1X}=1,077$ s, Y doğrultusundaki periyodu ise $T_{1Y}= 1,099$ s olarak hesaplanmıştır. X doğrultusundaki birincil periyot ile kütle katılımının % 82,27’si sağlanmış, Y doğrultusundaki birincil periyot ile kütle katılımının % 82,16’sı sağlanmıştır.

Mod birleştirme yöntemi ile yapılan hesapta da X doğrultusundaki deprem için toplam deprem yükü $V_{tBX}=1144,27$ kN, Y doğrultusundaki deprem için toplam deprem yükü $V_{tBY}=1125,26$ kN olarak hesaplanmıştır.

Mod birleştirme yöntemiyle bulunan kolon iç kuvvetlerine ait değerler Çizelge 4.38’da verilmiştir.

İç Kuvvet Sonuçları:

Çizelge 4.38 : X ve Y doğrultusunda yatay deprem kuvvetlerine göre kolonlarda oluşan moment (kNm) ve kesme kuvveti (kN) değerleri

EX	C2		C3		C8		C9		C29		C30	
KAT	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
7	18,58	12,02	18,87	12,25	17,85	11,45	18,27	11,86	8,06	5,91	17,85	11,45
6	33,09	19,95	32,63	19,78	32,29	19,4	31,45	19,06	18,06	11,69	32,29	19,40
5	45,26	26,77	44,21	26,18	44,33	26,09	42,46	25,13	25,94	15,86	44,33	26,09
4	54,89	32,04	53,07	31,07	53,64	31,25	50,73	29,68	32,17	19,2	53,64	31,25
3	62,91	36,50	60,48	35,15	61,50	35,60	57,55	33,43	37,74	22,19	61,50	35,60
2	71,99	40,70	68,32	38,75	70,07	39,61	64,75	36,71	44,28	25,06	70,07	39,61
1	73,45	36,59	72,07	35,38	70,12	35,15	68,22	33,47	61,45	27,58	70,12	35,15

EY	C2		C3		C8		C9		C29		C30	
KAT	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
7	8,14	5,95	7,76	5,59	19,06	12,32	7,87	5,67	20,66	13,41	19,05	12,32
6	18,42	11,96	17,85	11,47	33,34	20,07	18,00	11,55	35,48	21,31	33,34	20,07
5	26,52	16,24	25,96	15,8	45,5	26,84	26,16	15,91	48,37	28,54	45,50	26,84
4	33,01	19,73	32,49	19,31	54,84	32,00	32,72	19,45	58,34	34,05	54,84	32,00
3	38,87	22,85	38,37	22,47	62,61	36,29	38,62	22,62	66,57	38,62	62,61	36,29
2	45,70	25,79	45,47	25,57	70,77	40,00	45,79	25,74	75,89	42,84	70,77	40,00
1	62,28	27,85	59,54	26,98	70,62	35,13	59,65	27,08	75,18	37,60	70,62	35,13

Kat Yer Değiştirme Sonuçları:

Çizelge 4.39 : Y-3.a modeli için oluşacak yer değiştirmeler (mm)

Doğrultu	Katlar						
	1	2	3	4	5	6	7
X	2,5	6,0	9,2	12,0	14,3	15,9	16,9
Y	2,5	6,1	9,4	12,3	14,6	16,3	17,3

Döşeme Gerilme Sonuçları:

Şekil 4.12’de verilen döşeme bölgelerinde oluşan gerilme değerleri Çizelge 4.40’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.40 : Y-3.a modeline ait döşeme gerilme değerleri (N/mm²)

Bölgeler	Doğrultu	
	X	Y
bC2	1,67	1,61
bC3	1,34	1,55
bC8	1,38	1,39
bC9	1,32	1,47
bC29	1,52	1,82
bC30	1,42	1,33

4.4.3.2 Y-3.b modeli çözümleri

Bu modelde yapının X doğrultusundaki periyodu $T_{1X}= 1,133$ s, Y doğrultusundaki periyodu ise $T_{1Y}= 1,159$ s olarak hesaplanmıştır. X doğrultusundaki birincil periyot ile kütle katılımının % 82,00’si sağlanmış, Y doğrultusundaki birincil periyot ile kütle katılımının % 81,84’ü sağlanmıştır.

Mod birleştirme yöntemi ile yapılan hesapta da X doğrultusundaki deprem için toplam deprem yükü $V_{tBx}=1097,81$ kN, Y doğrultusundaki deprem için toplam deprem yükü $V_{tBy}=1077,66$ kN olarak hesaplanmıştır.

Mod birleştirme yöntemiyle bulunan kolon iç kuvvetlerine ait değerler Çizelge 4.41’te verilmiştir.

İç Kuvvet Sonuçları:

Çizelge 4.41 : X ve Y doğrultusunda yatay deprem kuvvetlerine göre kolonlarda oluşan moment (kNm) ve kesme kuvveti (kN) değerleri

EX	C2		C3		C8		C9		C29		C30	
KAT	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
7	16,40	10,82	16,42	10,88	15,75	10,41	15,36	9,97	6,51	5,08	14,74	10,41
6	29,39	17,87	28,82	17,63	28,48	17,37	24,96	15,70	14,75	9,91	26,98	17,37
5	39,96	23,69	38,85	23,11	38,91	23,10	33,99	20,19	21,07	13,14	35,91	23,10
4	48,03	28,11	46,40	27,23	46,89	27,46	41,54	23,31	25,97	15,70	42,38	27,46
3	54,68	31,74	52,62	30,58	53,52	31,07	47,74	27,66	30,38	17,98	49,52	31,07
2	61,83	34,81	58,86	33,22	60,68	34,17	53,97	31,28	35,61	20,02	57,45	34,17
1	64,19	31,21	63,05	30,22	63,59	30,74	58,11	28,76	55,02	23,29	59,71	30,74

EY	C2		C3		C8		C9		C29		C30	
KAT	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
7	6,76	5,21	6,85	5,19	16,91	11,27	6,03	4,33	18,42	12,2	16,91	11,27
6	15,23	10,22	15,58	10,33	29,28	17,88	14,82	9,46	31,17	18,88	29,28	17,88
5	21,76	13,57	22,48	13,94	39,76	23,66	20,81	13,13	42,26	25,06	39,76	23,66
4	26,91	16,27	28,04	16,88	47,65	27,96	25,42	15,09	50,55	29,59	47,65	27,90
3	31,50	18,66	33,13	19,52	54,11	31,44	28,53	16,75	57,23	33,22	54,11	21,44
2	37,13	20,76	39,34	21,95	60,85	34,22	33,82	19,22	64,61	36,3	60,85	34,22
1	55,47	23,44	56,45	24,25	63,39	30,34	51,62	23,40	64,49	31,36	63,39	30,34

Döşeme Gerilme Sonuçları:

Şekil 4.12’de verilen döşeme bölgelerinde oluşan gerilme değerleri Çizelge 4.42’te gösterilmiştir.

Çizelge 4. 42 : Y-3.b modeline ait döşeme gerilme değerleri (N/mm²)

Bölgeler	Doğrultu	
	X	Y
bC2	1,51	1,46
bC3	1,22	1,21
bC8	1,19	1,29
bC9	1,28	1,26
bC29	1,39	1,29
bC30	1,24	1,18

Kat Yer değiştirme Sonuçları:

Çizelge 4.43 : Y-3.b modeli için oluşacak yer değiştirmeler (mm)

Doğrultu	Katlar						
	1	2	3	4	5	6	7
X	2,6	6,3	9,8	12,8	15,2	16,9	17,9
Y	2,6	6,4	10,0	13,1	15,6	17,4	18,4

4.4.4 Y-4 modelleri için çözümler

Bu kısımda Y-4.a ve Y-4.b modellerine ait çözümler sunulmuştur. Çok modlu modal analiz ile yatay deprem kuvvetleri sebebiyle oluşan sonuçlar rijit diyaframlı ve esnek diyaframlı yapı olarak ayrı ayrı çizelge ve şekillerle gösterilmiştir.

4.4.4.1 Y-4.a modeli çözümleri

Bu modelde yapının X doğrultusundaki periyodu $T_{1X}=1,071$ s, Y doğrultusundaki periyodu ise $T_{1Y}= 1,045$ s olarak hesaplanmıştır. X doğrultusundaki birincil periyot ile kütle katılımının % 80,98’i sağlanmış, Y doğrultusundaki birincil periyot ile kütle katılımının % 82,20’si sağlanmıştır.

Mod birleştirme yöntemi ile yapılan hesapta da X doğrultusundaki deprem için toplam deprem yükü $V_{tBx}= 993,28$ kN, Y doğrultusundaki deprem için toplam deprem yükü $V_{tBy}= 955,68$ kN olarak hesaplanmıştır.

İç Kuvvet Sonuçları:

Çizelge 4.44 : X ve Y doğrultusunda yatay deprem kuvvetlerine göre kolonlarda oluşan moment (kNm) ve kesme kuvveti (kN) değerleri

EX	C2		C3		C8		C9		C29		C30	
KAT	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
7	19,06	12,29	19,31	12,50	18,49	11,82	18,87	12,21	8,65	6,25	8,80	6,36
6	33,35	20,07	32,37	19,90	32,47	19,47	31,61	19,10	18,58	11,85	18,79	11,96
5	45,32	26,72	44,18	26,13	44,08	25,91	42,22	24,95	26,56	16,14	26,94	16,30
4	54,47	31,77	52,67	30,81	52,86	30,75	50,00	29,22	33,00	19,54	33,34	19,73
3	62,14	36,03	59,75	34,70	60,20	34,81	56,34	32,69	38,72	22,59	39,09	22,79
2	70,84	40,03	67,26	38,12	68,11	38,45	62,99	35,65	45,74	25,54	46,20	25,79
1	71,60	35,64	70,25	34,46	66,83	33,45	64,99	31,84	56,81	25,62	56,98	25,76

EY	C2		C3		C8		C9		C29		C30	
KAT	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
7	7,52	5,51	7,11	5,14	17,66	11,43	7,21	5,21	19,32	12,55	17,10	11,19
6	17,23	11,21	16,63	10,72	31,22	18,81	16,77	10,79	33,38	20,06	30,13	18,23
5	24,96	15,30	24,37	14,84	42,82	25,27	24,56	14,95	45,69	26,97	41,29	24,43
4	31,13	18,62	30,57	18,19	51,71	30,18	30,79	18,31	55,19	32,21	49,80	29,12
3	36,72	21,60	36,18	21,21	59,16	34,3	36,42	21,34	63,07	36,6	56,88	33,08
2	43,33	24,44	43,03	24,19	66,98	37,85	43,33	24,35	71,97	40,61	64,51	36,45
1	58,53	26,15	55,99	25,35	66,39	33,01	56,09	25,44	70,68	35,33	65,57	32,29

Mod birleştirme yöntemiyle bulunan kolon iç kuvvetlerine ait değerler Çizelge 4.44’da verilmiştir.

Kat Yer değiştirme Sonuçları:

Çizelge 4.45 : Y-4.a modeli için oluşacak yer değiştirmeler (mm)

Doğrultu	Katlar						
	1	2	3	4	5	6	7
X	2,4	5,8	9,0	11,8	14,1	15,8	16,8
Y	2,4	5,7	8,9	11,6	13,8	15,4	16,2

Döşeme Gerilme Sonuçları:

Şekil 4.15’te verilen döşeme bölgelerinde oluşan gerilme değerleri Çizelge 4.46’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.46 : Y-4.a modeline ait döşeme gerilme değerleri (N/mm²)

Bölgeler	Doğrultu	
	X	Y
bC2	1,63	1,59
bC3	1,31	1,46
bC8	1,33	1,29
bC9	1,27	1,47
bC29	1,58	1,34
bC30	1,56	1,21

4.4.4.2 Y-4.b Modeli Çözümleri

Bu modelde yapını X doğrultusundaki periyodu $T_{1X}= 1,131$ s, Y doğrultusundaki periyodu ise $T_{1Y}= 1,095$ s olarak hesaplanmıştır. X doğrultusundaki birincil periyot ile kütle katılımının %81,41’i sağlanmış, Y doğrultusundaki birincil periyot ile kütle katılımının % 81,91’i sağlanmıştır.

Mod birleştirme yöntemi ile yapılan hesapta da X doğrultusundaki deprem için toplam deprem yükü $V_{tBx}=894,04$ kN, Y doğrultusundaki deprem için toplam deprem yükü $V_{tBy}=917,98$ kN olarak hesaplanmıştır.

İç Kuvvet Sonuçları:

Çizelge 4.50 : X ve Y doğrultusunda yatay deprem kuvvetlerine göre kolonlarda oluşan moment (kNm) ve kesme kuvveti (kN) değerleri

EX	C2		C3		C8		C9		C29		C30	
KAT	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
7	18,17	11,98	18,28	12,09	16,90	11,17	12,67	8,71	5,42	4,20	6,64	5,96
6	32,40	19,70	31,82	19,45	30,28	18,45	21,72	13,77	11,03	6,64	13,41	10,79
5	43,95	26,07	42,77	25,45	41,08	24,37	30,99	18,46	18,22	10,41	19,65	14,65
4	52,96	31,02	51,20	30,07	49,35	28,9	35,91	19,68	21,91	12,40	23,64	17,69
3	60,55	35,17	58,30	33,92	56,26	32,65	39,64	22,66	25,42	15,13	28,77	20,46
2	68,73	38,72	65,44	36,96	63,53	35,75	43,64	24,78	30,23	17,71	33,33	23,17
1	71,77	34,92	70,40	33,77	66,48	32,13	41,11	21,66	45,18	20,11	38,44	23,53

EY	C2		C3		C8		C9		C29		C30	
KAT	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
7	6,29	4,97	6,29	4,82	16,39	10,98	4,46	3,96	13,50	8,31	16,41	10,99
6	14,82	10,04	14,72	9,81	28,85	17,67	8,97	6,25	25,77	12,31	28,94	17,71
5	21,52	13,49	21,44	13,31	39,59	23,6	16,77	8,31	30,77	16,02	39,71	23,67
4	26,87	16,31	26,83	16,17	47,82	28,1	19,21	10,39	36,05	21,11	47,98	28,19
3	31,79	18,85	31,77	18,76	54,70	31,83	21,18	12,66	45,45	26,37	54,85	31,91
2	37,67	21,11	37,89	21,18	61,93	34,86	26,38	15,45	49,37	28,10	61,99	34,89
1	56,69	23,95	54,74	23,52	64,80	31,02	38,42	19,68	55,17	27,64	64,92	31,12

Mod birleştirme yöntemiyle bulunan kolon iç kuvvetlerine ait değerler Çizelge 4.47’te verilmiştir.

Döşeme Gerilme Sonuçları:

Şekil 4.15’te verilen döşeme bölgelerinde oluşan gerilme değerleri Çizelge 4.48’te gösterilmiştir.

Çizelge 4. 48 : Y-4.b modeline ait döşeme gerilme değerleri (N/mm²)

Bölgeler	Doğrultu	
	X	Y
bC2	1,20	1,10
bC3	0,67	0,71
bC8	0,77	0,67
bC9	0,65	0,69
bC29	0,87	0,63
bC30	0,77	0,61

Kat Yer değiştirme Sonuçları:

Çizelge 4.49 : Y-4.b modeli için oluşacak yer değiştirmeler (mm)

Doğrultu	Katlar						
	1	2	3	4	5	6	7
X	2,6	6,3	9,7	12,7	15,2	17,0	18,1
Y	2,4	6,0	9,4	12,3	14,6	16,3	17,2

5. SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

5.1 Aynı Deprem Kuvveti Etkisindeki Yapıların Sonuçlarının Karşılaştırılması

5.1.1 Kat yer değiştirmelerinin karşılaştırılması

Y-1 modelinde elde edilen sonuçlar sırasıyla Y-2, Y-3 ve Y-4 modellerindeki sonuçlarla kıyaslanacaktır. Tüm yapı boyunca oluşan değişimler çizelge ve şekillerle sunulacaktır. Karşılaştırma yalnız X ve Y doğrultularına etkiyen deprem yükleri için yapılmıştır. Sonuçların karşılaştırılması (5.1) bağıntısına göre yapılmıştır. dyd_{1i} , ifadesi Y-1 modeline göre i no'lu modellerde oluşacak yer değişim yüzdelerini ifade etmektedir. yd_{Y-1} , ifadesi Y-1'e ait yer değiştirmeler, yd_{Y-i} i no'lu modele ait yer değiştirmeler olarak ifade edilmektedir

$$dyd_{1i} = \left(\frac{yd_{Y-1} - yd_{Y-i}}{yd_{Y-1}} \right) \times 100 \quad (5.1)$$

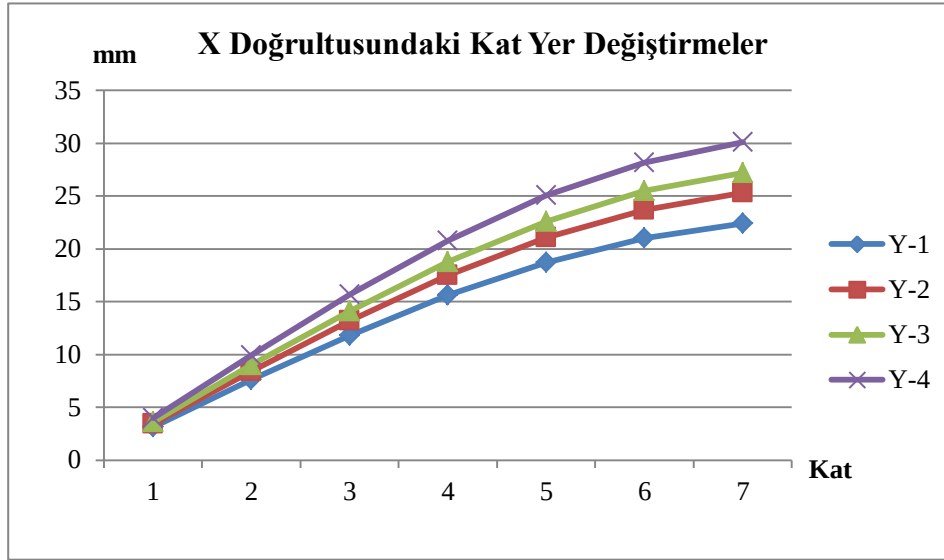
5.1.1.1 X doğrultusundaki deprem için çözümlerin irdelenmesi

Tüm modeller için X doğrultulu deprem kuvvetlerinden oluşan kat yer değiştirmeleri Çizelge 5.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1 : X doğrultulu deprem kuvvetleri sonucu yer değiştirmeler ve değişim yüzdeleri(mm - %)

KAT	MODELLER				DEĞİŞİM (%)		
	Y-1	Y-2	Y-3	Y-4	dyd_{12}	dyd_{13}	dyd_{14}
7	21,9	24,1	26,5	32,4	10,05	21,00	47,95
6	20,6	22,6	24,8	30,1	9,71	20,39	46,12
5	18,4	20,1	22,0	26,6	9,24	19,57	44,57
4	15,4	16,8	18,3	22,0	9,09	18,83	42,86
3	11,6	12,7	13,8	16,5	9,48	18,97	42,24
2	7,5	8,1	8,8	10,4	8,00	17,33	38,67
1	3,1	3,3	3,6	4,2	6,45	16,13	35,48

Çizelge 5.1’de görüldüğü gibi Y-1 modelinden, diğer modellere doğru yer değiştirmelerinde artış olmaktadır. Maksimum yer değiştirme Y-4 yapısının 7. katında oluşmaktadır ve değişim yüzdesi ise %47,95 mertebesinde olduğu görülmektedir. Modeller, boşluk oranlarıyla doğru orantılı olarak daha uzun süreli salınım yapacağı görülmektedir. Şekil 5.1 ‘de grafiksel olarak yer değişimleri her kat için verilmiştir.



Şekil 5.1 : X doğrultulu deprem etkisinden oluşan kat yer değişimleri

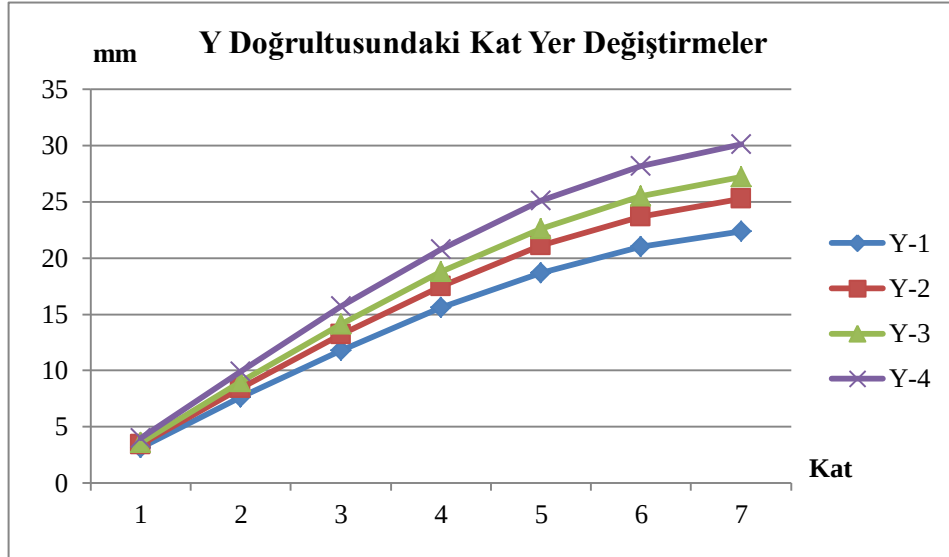
5.1.1.2 Y doğrultusundaki deprem için çözümlerin irdelenmesi

Tüm modeller için Y doğrultulu deprem kuvvetlerinden oluşan kat yer değiştirmeleri Çizelge 5.2 ‘de gösterilmiştir.

Çizelge 5.2 : Y doğrultulu deprem kuvvetleri sonucu yer değiştirmeler ve değişim yüzdeleri(mm - %)

KAT	MODELLER				DEĞİŞİM (%)		
	Y-1	Y-2	Y-3	Y-4	dyd ₁₂	dyd ₁₃	dyd ₁₄
7	22,4	25,3	27,2	30,1	12,95	21,43	34,38
6	21,0	23,7	25,5	28,2	12,86	21,43	34,29
5	18,7	21,1	22,6	25,1	12,83	20,86	34,22
4	15,6	17,5	18,8	20,8	12,18	20,51	33,33
3	11,8	13,2	14,1	15,7	11,86	19,49	33,05
2	7,6	8,4	9,0	9,9	10,53	18,42	30,26
1	3,1	3,4	3,6	4,0	9,68	16,13	29,03

Çizelge 5.2’de görüldüğü gibi Y-1 modelinden, diğer modellere doğru yer değiştirmelerde artış olmaktadır. Maksimum yer değiştirme Y-4 yapısının 7. katında oluşmaktadır ve değişim yüzdesinin %34,38 mertebesinde olduğu görülmektedir. Modeller, boşluk oranlarıyla doğru orantılı olarak daha uzun süreli salınım yapacağı görülmektedir. Şekil 5.2’de grafiksel olarak yer değişimleri her kat için verilmiştir. Ayrıca X ve Y doğrultularını karşılaştırdığımızda yapının rijit olan doğrultusuyla yer değiştirmelerin ters orantılı olarak arttığını görmekteyiz. Y deprem doğrultusunun zayıf olduğu Y-1, Y-2 ve Y-3 modelleri X deprem doğrultusundaki yer değiştirmelere göre daha yüksektir ancak Y-4 modelinin X deprem doğrultusundaki rijitliği daha zayıf olduğu için Y deprem doğrultusuna göre daha yüksek yer değiştirmelere sahip olduğu görülmüştür.



Şekil 5.2: Y Doğrultulu Deprem Etkisinden Oluşan Kat Yer Değişimleri

5.1.2 Kolon iç kuvvet değişimlerinin karşılaştırılması

Y-1 modelinde elde edilen sonuçlar sırasıyla Y-2, Y-3 ve Y-4 modellerindeki sonuçlarla kıyaslanacaktır. Tüm yapı boyunca oluşan değişimler çizelge ve şekillerle sunulacaktır. Karşılaştırma yalnız X ve Y doğrultularına etkiyen deprem yükleri için yapılmıştır. Modeller tek eksenli simetriye sahip olduğu için karşılaştırmalarda plan görünüşlerinde de (Şekil4.4) verilen C3, C8, C9, C29, C30, C35 ve C36 kolonları kullanılmıştır. Sonuçların karşılaştırılmasında tüm kolonlarda oluşan momentlerin ve kesme kuvvet değerlerinin ortalamaları alınarak değişim yüzdeleri buna göre bulunmuştur. En yüksek değişime sahip kolon spesifik olarak ele alınmıştır. Değişim

yüzdesini bulmak için (5.2) ve (5.3)'te verilen formüller kullanılmıştır. dM_{1i} , ifadesi Y-1 modeline göre i no'lu modellerde oluşacak moment değişim yüzdeleri ifade etmektedir. M_{Y-1} ifadesi Y-1'e ait moment değerleri, M_{Y-i} i no'lu modele ait moment değerleri olarak ifade edilmektedir. dV_{1i} , ifadesi Y-1 modeline göre i no'lu modellerde oluşacak kesme kuvveti değişim yüzdeleri ifade etmektedir. V_{Y-1} ifadesi Y-1'e ait kesme kuvveti değerleri, V_{Y-i} i no'lu modele ait kesme kuvveti değerleri olarak ifade edilmektedir.

$$dM_{1i} = \left(\frac{M_{Y-1} - M_{Y-i}}{M_{Y-1}} \right) \times 100 \quad (5.2)$$

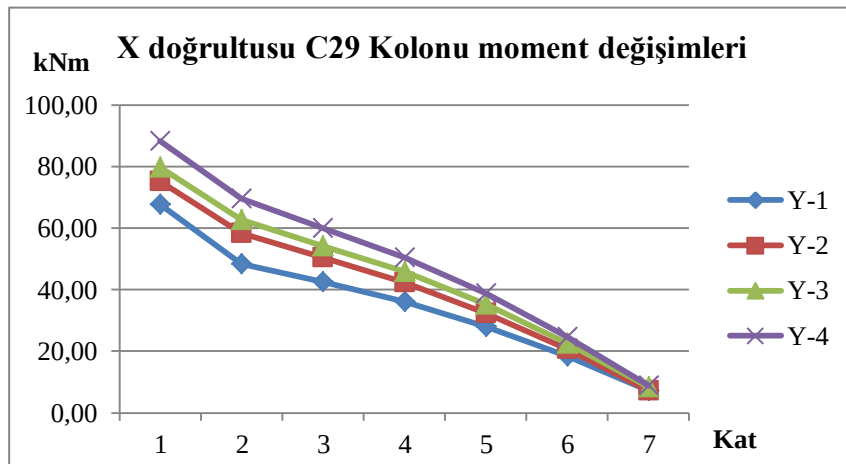
$$dV_{1i} = \left(\frac{V_{Y-1} - V_{Y-i}}{V_{Y-1}} \right) \times 100 \quad (5.3)$$

5.1.2.1 X doğrultusundaki deprem için çözümlerin irdelenmesi

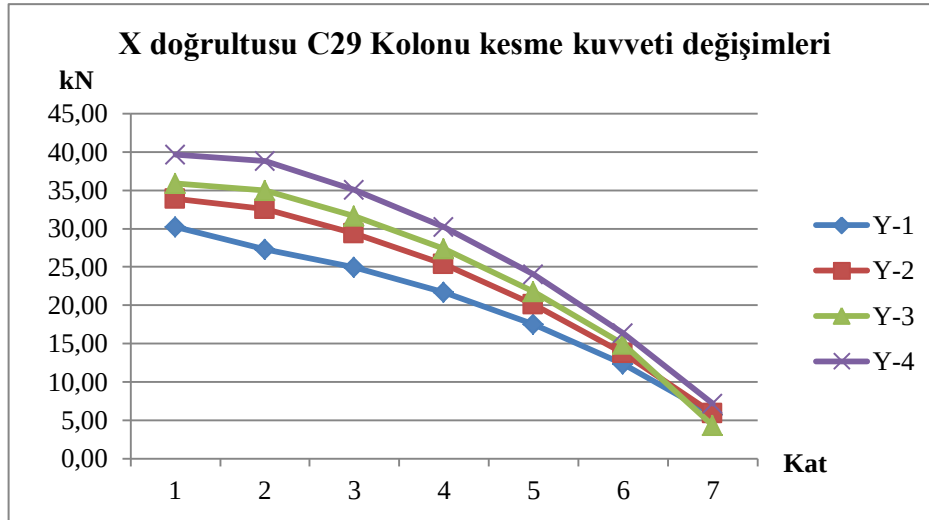
Y-1 modeline göre belirtilen kolonlardaki ortalama moment ve kesme kuvveti değişim yüzde değerleri Çizelge 5.3'de verilmiştir.

Çizelge 5.3 : X deprem doğrultusu moment ve kesme kuvveti değişimleri

Kolonlar	dM_{12}	dM_{13}	dM_{14}	dV_{12}	dV_{13}	dV_{14}
C2	7,23	14,48	21,61	6,11	20,64	47,57
C3	5,76	21,87	46,48	5,72	20,76	47,71
C8	3,68	17,45	42,60	8,12	21,34	45,34
C9	0,10	12,53	37,56	3,89	12,40	37,35
C29	11,67	20,35	49,35	11,58	19,80	47,39
C30	12,08	16,64	-7,06	12,07	16,14	-8,74
C35	13,21	20,06	47,30	20,96	28,09	54,21
C36	13,45	20,52	-6,75	13,39	20,48	-8,23



Şekil 5.3 : C29 kolonu X deprem doğrultusundaki kat moment değişimleri



Şekil 5.4: C29 kolonu X deprem doğrultusundaki kat kesme kuvveti değişimleri

En fazla değişim gösteren kolon C29 kolonu olarak belirlenmiştir. Buna sebep olarak ise X yönünde sırasıyla artan boşluk oranına bağlı olarak üzerine gelen moment ve kesme kuvvetini dağıtamaması ayrıca X doğrultulu rijitlik azalımı da bir neden olarak söylenebilir.

5.1.2.2 Y doğrultusundaki deprem için çözümlerin irdelenmesi

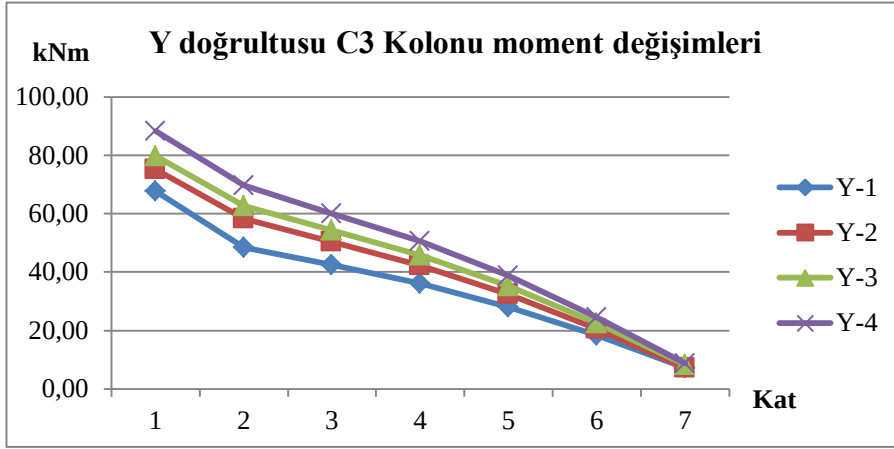
Y-1 modeline göre belirtilen kolonlardaki ortalama moment ve kesme kuvveti değişim yüzde değerleri Çizelge 5.4'te verilmiştir.

Çizelge 5.4 : Y deprem doğrultusu moment ve kesme kuvveti değişimleri

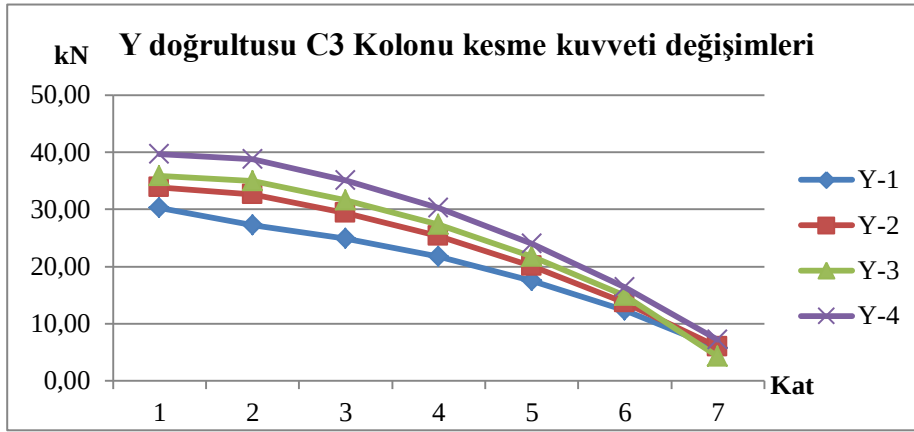
Katlar	dM ₁₂	dM ₁₃	dM ₁₄	dV ₁₂	dV ₁₃	dV ₁₄
C2	14,55	24,09	36,36	14,26	23,73	35,76
C3	15,37	24,26	37,15	15,22	22,33	36,94
C8	10,49	17,06	31,78	10,12	19,40	31,34
C9	27,12	21,51	-13,37	-24,81	-19,39	-10,52
C29	15,67	26,02	36,20	16,19	26,67	38,86
C30	14,55	19,81	28,51	14,51	19,25	27,91
C35	15,32	25,59	37,53	15,10	25,05	37,22
C36	12,13	21,38	24,18	14,42	23,73	26,51

C3 ve C9 kolonlarında oluşan iç kuvvetler dikkat çekmektedir. Modellerde artan boşluk oranına karşılık azalan rijitliklere bağlı olarak farklılıklar gözükmektedir. Özellikle C3 kolonu pozitif yönlü bir artışa sahipken C9 kolonu iç kuvvetleri de negatif yönlü bir azalmaya sahiptir.

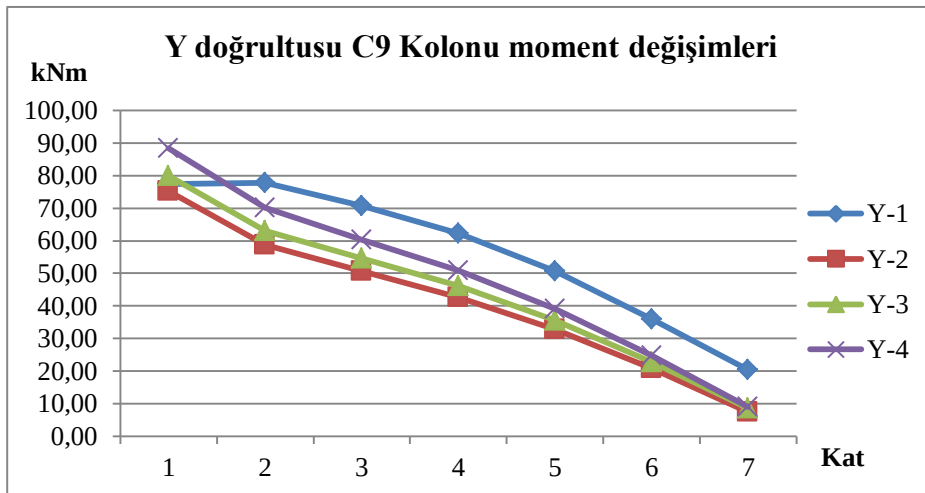
Bunun sebebi olarak C9 kolonun bulunduğu bölgede oluşan rijitlik azalması ve kütle hareketi yapamaması olarak söylenebilir.



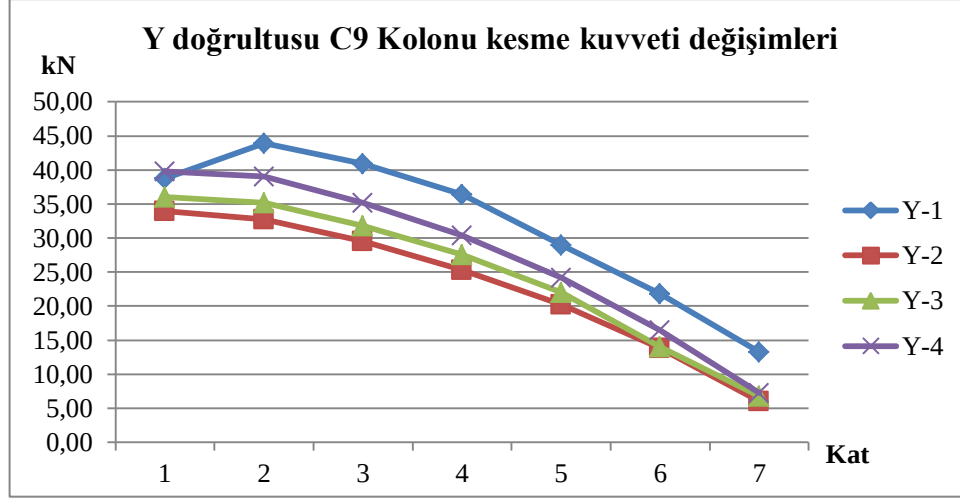
Şekil 5.5 : C3 kolonu Y deprem doğrultusundaki kat moment değişimleri



Şekil 5.6 : C3 kolonu Y deprem doğrultusundaki kat kesme kuvveti değişimleri



Şekil 5.7: C9 kolonu Y deprem doğrultusundaki kat moment değişimleri



Şekil 5.8 : C9 kolonu Y deprem doğrultusundaki kat kesme kuvveti değişimleri

5.1.3 Döşeme gerilmelerinin karşılaştırılması

Y-1 modelinde elde edilen sonuçlar sırasıyla Y-2, Y-3 ve Y-4 modellerindeki sonuçlarla kıyaslanacaktır. Tüm yapı boyunca oluşan değişimler çizelge ve şekillerle sunulacaktır. Karşılaştırma yalnız X ve Y doğrultularına etkiyen deprem yükleri için yapılmıştır. Modellerde kirişli plak döşemeler kullanılmıştır. Daha önce verilen döşeme bölgeleri betonun çekme dayanımı olan $f_{ctd} = 1.9 \text{ N/mm}^2$ ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar (5.4)'te verilen formüle göre yapılmıştır. Formülde; $dd\delta_{1b}$, ifadesi Y-1 modeline göre i no'lu modellerde oluşacak döşeme gerilmelerinin değişim yüzdelerini ifade etmektedir. $d\delta_{Y-1}$ ifadesi Y-1'e ait döşeme gerilmesi değerleri, $d\delta_{Y-i}$ i no'lu modele ait döşeme gerilmesi değerleri olarak ifade edilmektedir.

$$dd\delta_{1i} = \left(\frac{d\delta_{Y-1} - d\delta_{Y-i}}{d\delta_{Y-1}} \right) \times 100 \quad (5.4)$$

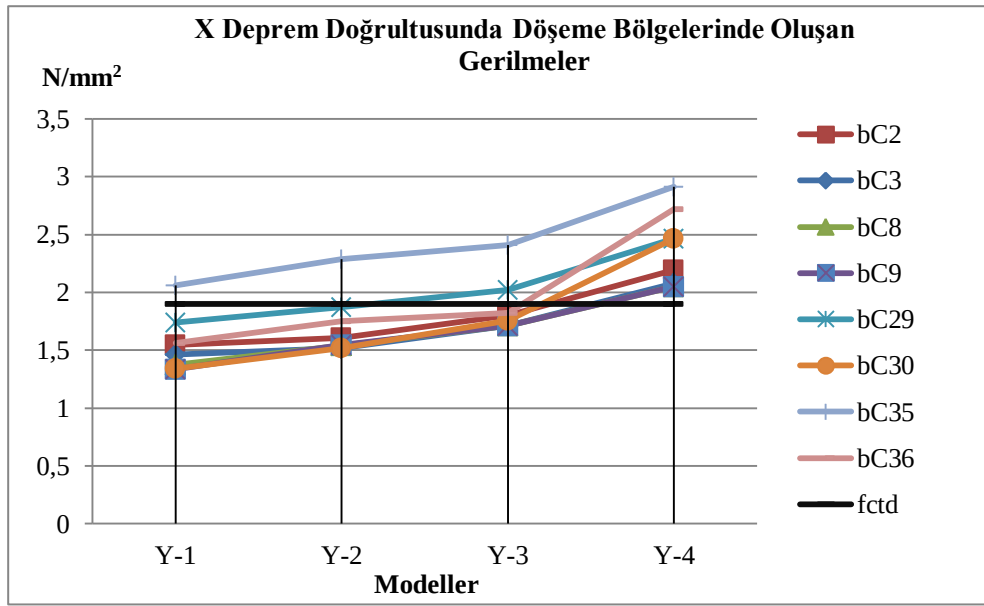
5.1.3.1 X doğrultusundaki deprem için çözümlerin irdelenmesi

Y-1 modeline göre diğer modellerdeki döşemelerde oluşacak gerilmeler ve değişim yüzde değerleri Çizelge 5.5'te, beton çekme gerilmesi (f_{ctd})'ne göre karşılaştırmalar Şekil 5.9'de verilmiştir.

Döşeme gerilmeleri kolona bağlanan kiriş ve döşemelerle ters orantılı olarak arttığını görülmektedir.

Çizelge 5.5 : X deprem doğrultusu döşeme gerilmeleri değişimleri (N/mm² -%)

Bölgeler	Y-1	Y-2	Y-3	Y-4	ddöş ₁₂	ddöş ₁₃	ddöş ₁₄
bC2	1,548	1,605	1,798	2,195	3,68	16,15	41,79
bC3	1,463	1,516	1,71	2,075	3,62	16,88	41,83
bC8	1,376	1,539	1,71	2,047	11,84	24,27	48,76
bC9	1,333	1,544	1,71	2,05	15,82	28,28	53,78
bC29	1,737	1,871	2,021	2,462	7,71	16,35	41,73
bC30	1,341	1,519	1,756	2,464	13,27	30,94	83,74
bC35	2,061	2,287	2,411	2,913	10,96	16,98	41,33
bC36	1,562	1,752	1,823	2,717	12,16	16,70	73,94



Şekil 5.9 : X deprem doğrultusunda döşeme bölgelerinde oluşan gerilmeler

Şöyle ki; C30 kolonu Y-1 modelinde tamamen boşluksuz iken bC30 bölgesindeki döşeme gerilmesi değeri 1,341 N/mm², %24 boşluklu Y-2 modelinde 1,519 N/mm², %38 boşluklu Y-3 modelinde 1,756 N/mm² ve %50 boşluklu Y-4 yapısında 2,464 N/mm² değeri alarak en fazla artışın olduğu döşeme bölgesi olarak görülmektedir. Sırayla C30 kolonuna bağlanan kiriş ve döşeme sayısı azalırken, döşeme gerilmesi artmaktadır.

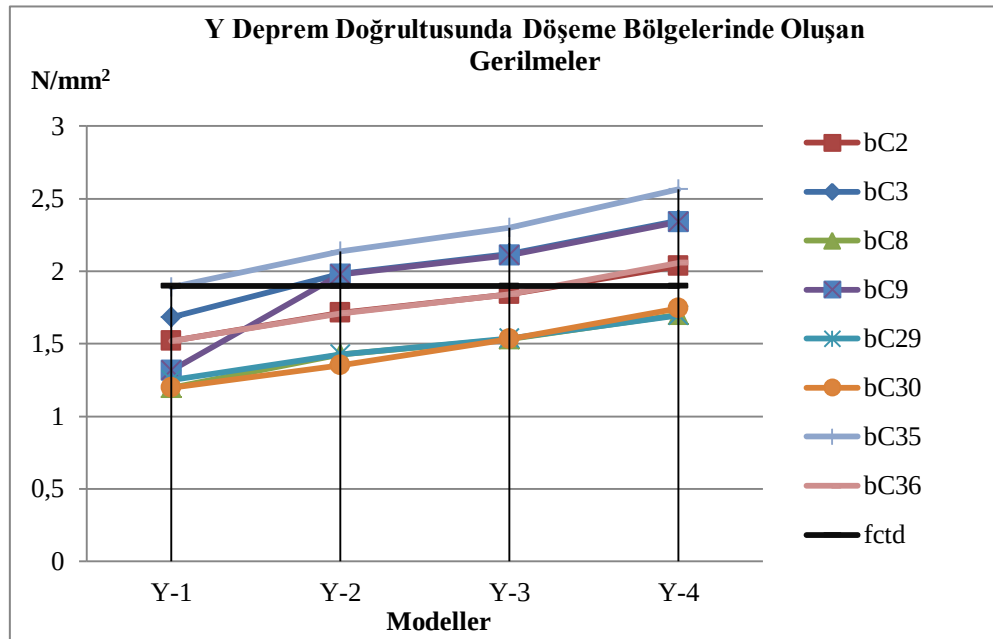
5.1.3.2 Y doğrultusundaki deprem için çözümlerin irdelenmesi

Y-1 modeline göre diğer modellerdeki döşemelerde oluşacak gerilmeler ve değişim yüzde değerleri Çizelge 5.6'de, beton çekme gerilmesi (f_{ctd})'ne göre karşılaştırmalar Şekil 5.10'da verilmiştir.

Çizelge 5.6 : Y deprem doğrultusu döşeme gerilmeleri değişimleri (N/mm² -%)

Bölgeler	Y-1	Y-2	Y-3	Y-4	ddöş ₁₂	ddöş ₁₃	ddöş ₁₄
bC2	1,521	1,713	1,839	2,035	12,62	20,90	33,79
bC3	1,681	1,984	2,117	2,347	18,02	25,93	39,61
bC8	1,198	1,427	1,532	1,698	19,11	27,88	41,73
bC9	1,318	1,977	2,109	2,339	50,00	60,01	77,46
bC29	1,251	1,425	1,538	1,696	13,90	22,94	35,57
bC30	1,198	1,351	1,532	1,743	12,77	27,88	45,49
bC35	1,891	2,139	2,302	2,564	13,11	21,73	35,59
bC36	1,518	1,707	1,839	2,056	12,45	21,14	35,44

Y deprem doğrultusu için en büyük farkların olduğu döşeme bölgesi bC9 olarak gözükmemektedir. Rijitlik bakımından y doğrultusunda zayıf olan bC3 ve bC9 bölgelerinde döşeme gerilmeleri yüksek değerler almıştır. Bu ikisiyle beraber kenar bölgelerde olması sebebiyle gerilme yığılmalarının oluşacağı düşünülen ve beton çekme gerilmesini geçen bölgeler bC2, bC35 ve bC36 olduğu görülmektedir.



Şekil 5.10 : Y deprem doğrultusunda döşeme bölgelerinde oluşan gerilmeler

5.2 Rijit ve esnek diyaframlı yapıların sonuçlarının karşılaştırılması

Değişken parametre olarak farklı diyafram modeli kullanılması seçilmiştir. Bunun sonucunda 4 ana model hem rijit, hem de esnek diyafram kabullerine göre her biri kendi içinde bağımsız yapı olarak modal analiz yöntemine göre çözülmüştür.

Sırasıyla modellerde oluşan taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması ve bunun sonucunda oluşan iç kuvvetler arası farklılıklar gösterilmiştir. Daha sonra kat yer değiştirmeler, döşeme bölgelerinde oluşacak değişimlerin beton çekme dayanım sınırı bakımından incelenmesi son olarak ise plan görünüşüne göre rijit diyafram kontrolleri yapılmıştır. İnceleme olarak her iki deprem doğrultusu için C9 ve C29 kolonlarında oluşan iç kuvvet değişimleri gösterilmiştir.

5.2.1 Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

Tüm modellere ait taban kesme kuvvetleri Çizelge 5.7’ de verilmiştir. Y-2 modeli haricinde diğer modellerde X doğrultusundaki taban kesme kuvvetleri Y doğrultusuna göre daha büyük değer aldığı görülmektedir. Hem X doğrultusundaki yapı uzunluğunun fazla olması hemde boşluk oranının bu doğrultuda daha az azalıyor olması sebep gösterilebilmektedir. Taban kesme kuvvetinin azalması o doğrultulu periyodun ve kat yer değiştirmelerinin artmasını, deprem kuvvetlerinin azalmasına neden olmaktadır.

Çizelge 5.7 : Taban kesme kuvveti değerleri (kN)

Doğrultu		X	Y
Y-1	a	1545,47	1525,76
	b	1474,14	1453,20
Y-2	a	1281,46	1281,93
	b	1230,53	1233,78
Y-3	a	1144,77	1125,26
	b	1097,81	1077,66
Y-4	a	993,28	955,68
	b	894,04	917,98

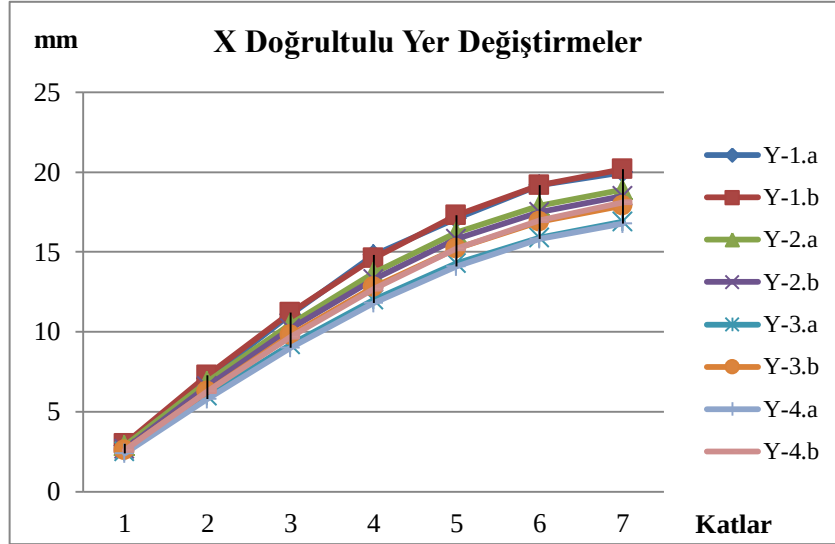
5.2.2 Kat yer değiştirmelerinin karşılaştırılması

Her model rijit ve esnek diyafram olarak kendi içinde karşılaştırılmış elde edilen sonuçlar çizelge ve grafikler halinde sunulmuştur. Aralarında oluşacak farklar formül (5.5)’ e göre yapılmıştır. Formülde verilen, dyd_{ab} esnek diyaframlı modelin rijit diyaframlı modele göre değişimini ifade etmektedir.

$$dyd_{ab} = \left(\frac{y_{db} - y_{da}}{y_{da}} \right) \times 100 \quad (5.5)$$

5.2.2.1 X doğrultusu için kat yer değiştirmelerin karşılaştırılması

X yönü doğrultusundaki yer değiştirmeler Şekil 5.11’de, aralarındaki farklar ise Çizelge 5.8’de verilmiştir.



Şekil 5.11 : Tüm modellere ait X doğrultusundaki yer değiştirmeler

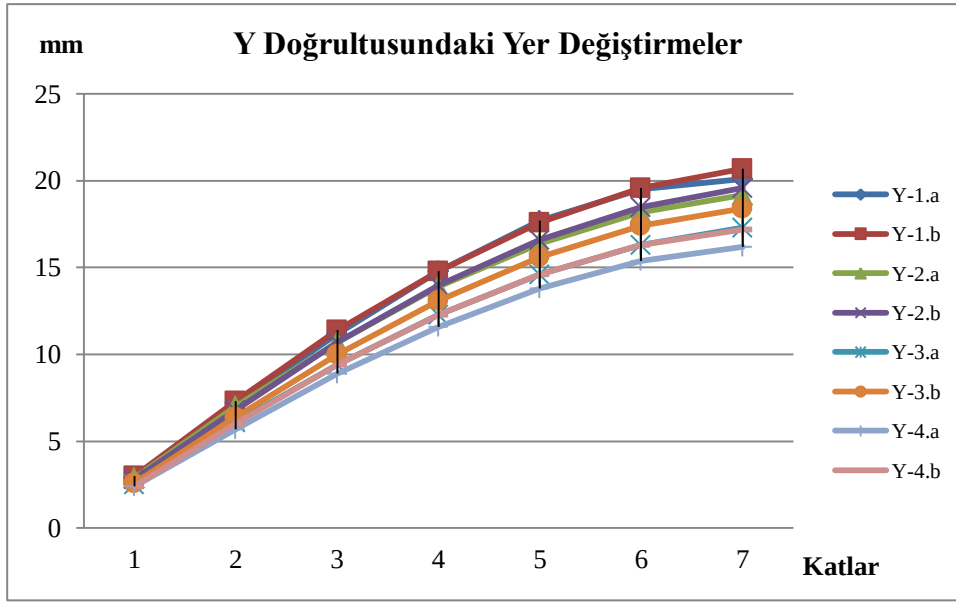
Çizelge 5.8 : X doğrultusunda modellerde oluşan yer değiştirmeler (%)

Model/Kat		1	2	3	4	5	6	7
(dyd _{ab}) _x	Y-1	3,45	2,82	0,90	-1,35	1,17	0,00	1,00
	Y-2	-6,90	-4,35	-2,86	-2,92	-2,47	-2,23	-2,12
	Y-3	4,00	5,00	6,52	6,67	6,29	6,29	5,92
	Y-4	8,33	8,62	7,78	7,63	7,80	7,59	7,74

Karşılaştırmada Y-1 ve Y-2 modellerine ait hem rijit hemde esnek diyafram çözümlerinde modellerin yer değiştirmelerinde tutarsızlık olduğu görülmektedir. Esnek diyaframlı yapılar daha fazla yer değiştirmesi gerektiği düşünüldüğünde Y-1 ve Y-2 modellerinde yer yer (-) işareti alarak bu duruma uygun olmadığı görülmüştür. Yapı rijitliğinin azalmış olmasını düşünerek esnek diyaframın en uygun olduğu Y-3 ve Y-4 modelleri olduğu görülmektedir.

5.2.2.2 Y doğrultusu için kat yer değiştirmelerin karşılaştırılması

X doğrultusu için yapılan karşılaştırmalar Y doğrultusu içinde aynen yapılmıştır. Y yönü doğrultusundaki yer değiştirmeler Şekil 5.12’da, aralarındaki farklar ise Çizelge 5.9’de verilmiştir.



Şekil 5.12 : Tüm modellere ait Y doğrultusundaki yer değiştirmeler

X doğrultusu için bahsedilen sonuç, Y doğrultusu için de aynı şekilde söylenebilir. Y-1 ve Y-2 modellerinin esnek diyaframlı çözümleri tamamen kararsız durum olması esnek diyaframın uygun olmadığını göstermektedir ama Y-3 ve Y-4 modellerinin esnek diyaframlı modelleri beklenen sonucu verdiği görülmektedir.

Çizelge 5.9 : Y doğrultusunda modellerde oluşan yer değiştirmeler (%)

Model/Kat		1	2	3	4	5	6	7
(dyd _{ab}) _y	Y-1	3,45	1,39	1,79	0,00	-0,56	0,51	2,99
	Y-2	-3,45	-2,86	0,00	0,72	1,22	1,65	2,08
	Y-3	4,00	4,92	6,38	6,50	6,85	6,75	6,36
	Y-4	0,00	5,26	5,62	6,03	5,80	5,84	6,17

5.2.3 Kolon iç kuvvet değişimlerinin karşılaştırılması

İç kuvvet değişimlerini karşılaştırmak için, iç aksta bulunan C9 kolonu ve dış aksta bulunan C29 kolonu incelenmiştir. Rijit diyaframa göre esnek diyaframda oluşacak farklar, iç kuvvet değişimlerine göre belirlenmiştir. Bunun sonucunda karşılaştırmalar, her iki deprem doğrultusunda ayrı ayrı çizelge ve grafiklerle gösterilmiştir.

5.2.3.1 X doğrultusu için iç kuvvet çözümlerin irdelenmesi

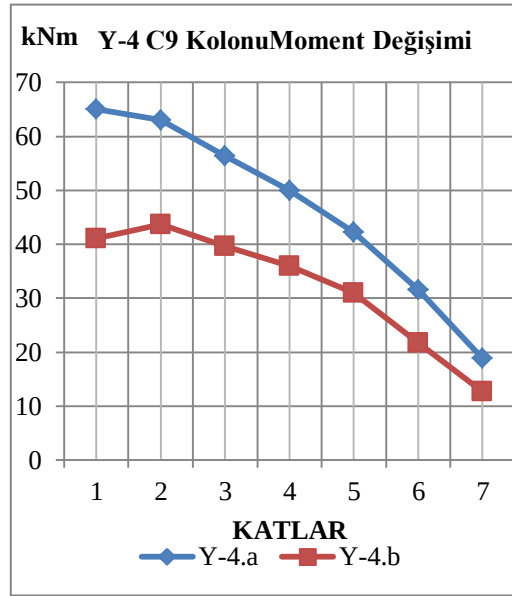
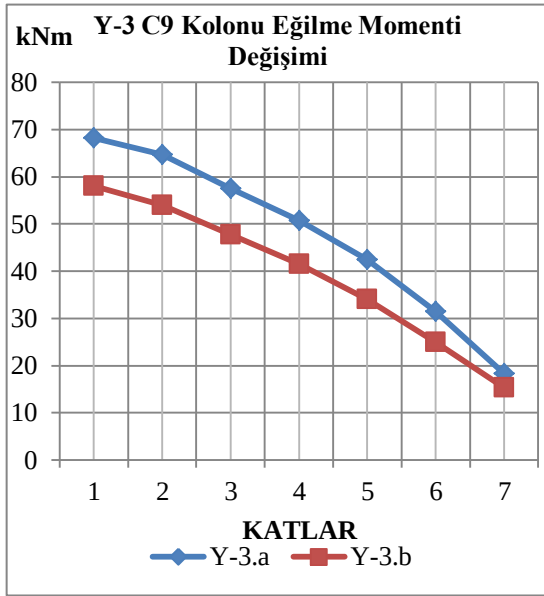
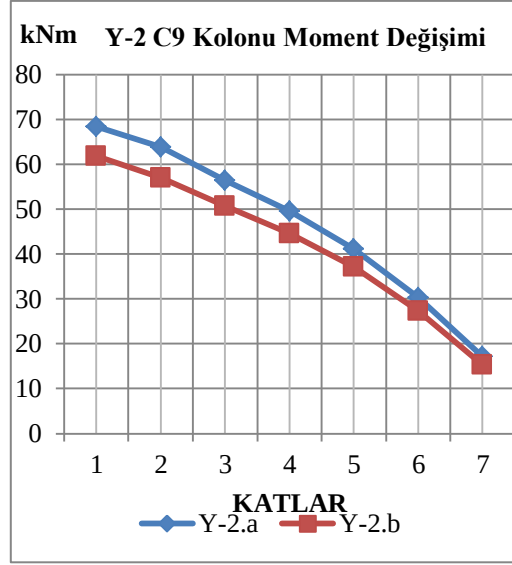
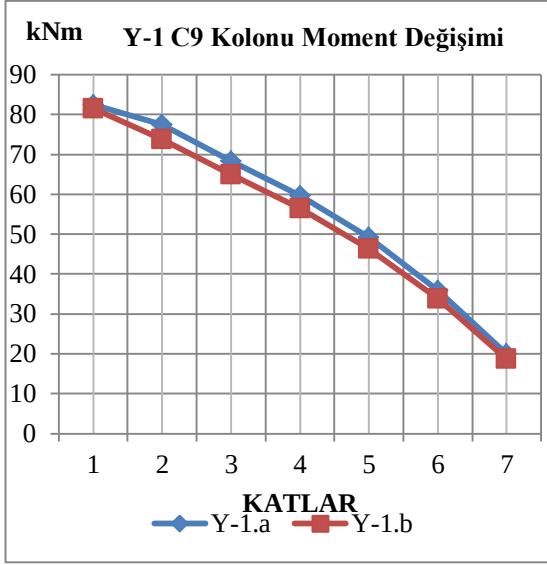
Deprem X doğrultusu için C9 ve C29 kolonlarında elde edilen iç kuvvet değişimleri Çizelge 5.10-13 ve Şekil 5.13-16'da verilmiştir.

Çizelge 5.10 : C9 kolonu X doğrultusu moment değişim çizelgesi

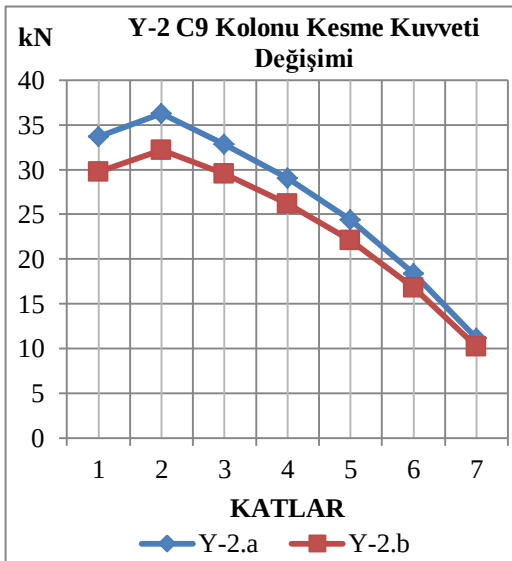
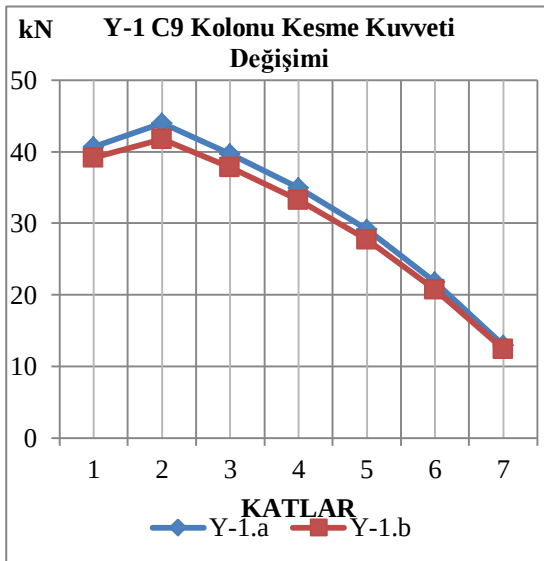
Yükleme: EX			Kolon Momentleri (kNm)				Değişim Oranları(%)			
Katlar	Kolon	Diyafram	Y-1	Y-2	Y-3	Y-4	Y-1	Y-2	Y-3	Y-4
1	C9 (40/40)	RİJİT	82,46	68,53	68,22	64,99	1,18	9,60	14,82	36,74
		ESNEK	81,49	61,95	58,11	41,11				
2	C9 (40/40)	RİJİT	77,48	63,85	64,75	62,99	4,75	10,73	16,65	30,72
		ESNEK	73,80	57,00	53,97	43,64				
3	C9 (40/40)	RİJİT	68,35	56,50	57,55	56,34	5,05	10,19	17,05	29,64
		ESNEK	64,90	50,74	47,74	39,64				
4	C9 (40/40)	RİJİT	59,64	49,57	50,73	50,00	5,38	10,01	18,12	28,18
		ESNEK	56,43	44,61	41,54	35,91				
5	C9 (40/40)	RİJİT	49,19	41,22	42,46	42,22	5,67	9,85	19,95	26,60
		ESNEK	46,40	37,16	33,99	30,99				
6	C9 (40/40)	RİJİT	35,92	30,29	31,45	31,61	5,96	9,61	20,64	31,29
		ESNEK	33,78	27,38	24,96	21,72				
7	C9 (40/40)	RİJİT	20,02	17,17	18,27	18,87	6,79	10,43	15,93	32,86
		ESNEK	18,66	15,38	15,36	12,67				

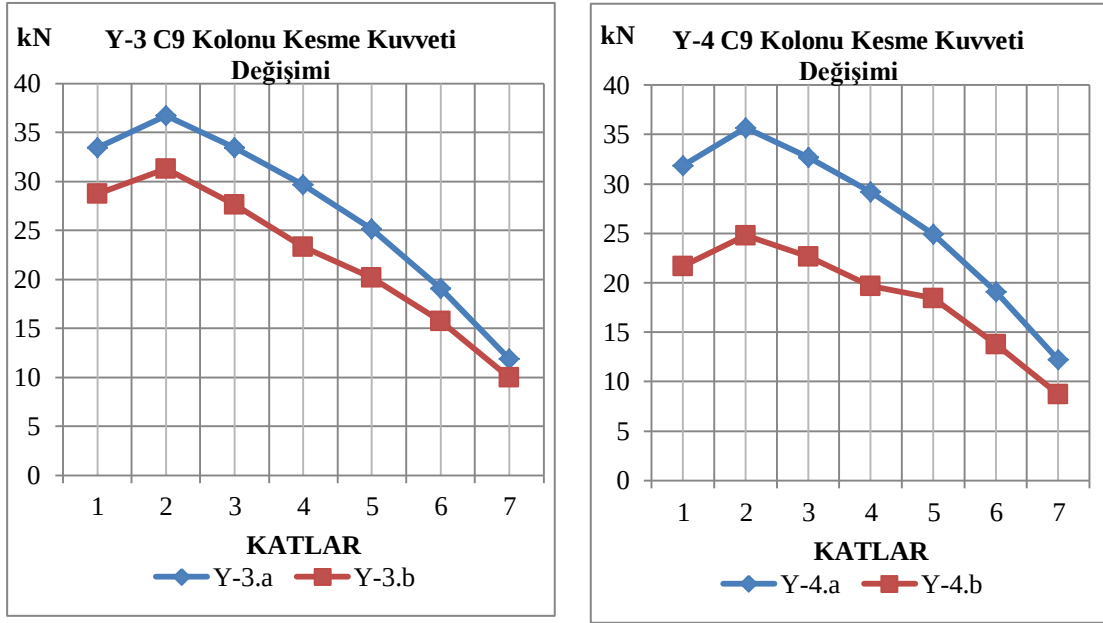
Çizelge 5.11 : C9 kolonu X doğrultusu kesme kuvveti değişim çizelgesi

Yükleme: EX			Kesme Kuvvetleri (kN)				Değişim Oranları(%)			
Katlar	Kolon	Diyafram	Y-1	Y-2	Y-3	Y-4	Y-1	Y-2	Y-3	Y-4
1	C9 (40/40)	RİJİT	40,71	33,68	33,47	31,84	3,73	11,64	14,07	31,97
		ESNEK	39,19	29,76	28,76	21,66				
2	C9 (40/40)	RİJİT	44,01	36,26	36,71	35,65	5,04	11,14	14,79	30,49
		ESNEK	41,79	32,22	31,28	24,78				
3	C9 (40/40)	RİJİT	39,74	32,85	33,43	32,69	4,81	10,14	17,26	30,68
		ESNEK	37,83	29,52	27,66	22,66				
4	C9 (40/40)	RİJİT	34,93	29,03	29,68	29,22	4,90	9,75	21,46	32,65
		ESNEK	33,22	26,20	23,31	19,68				
5	C9 (40/40)	RİJİT	29,15	24,42	25,13	24,95	4,97	9,38	19,66	26,01
		ESNEK	27,70	22,13	20,19	18,46				
6	C9 (40/40)	RİJİT	21,78	18,38	19,06	19,10	4,78	8,76	17,63	27,91
		ESNEK	20,74	16,77	15,70	13,77				
7	C9 (40/40)	RİJİT	12,98	11,18	11,86	12,21	4,31	8,94	15,94	28,67
		ESNEK	12,42	10,18	9,97	8,71				



Şekil 5.13 : Deprem X doğrultusunda C9 kolonu moment değişimleri





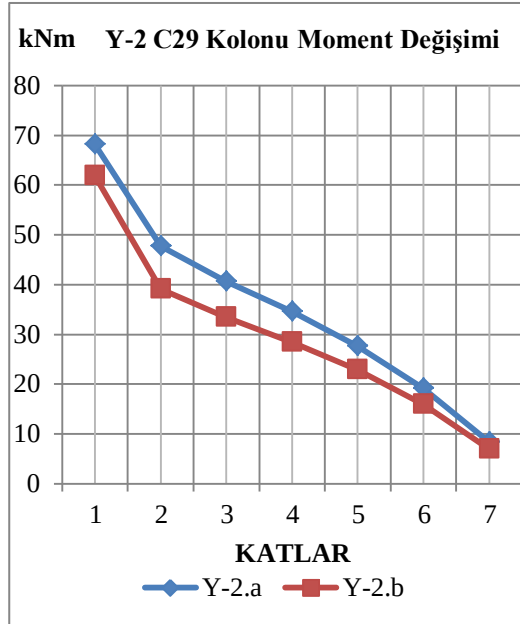
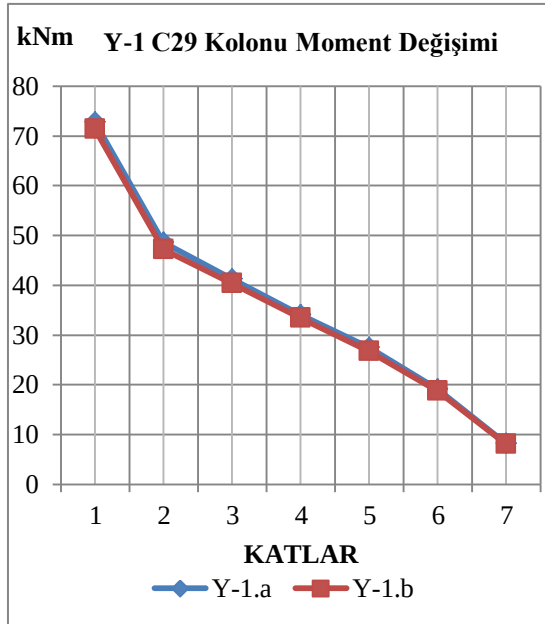
Şekil 5.14 : Deprem X doğrultusunda C9 kolonu kesme kuvveti değişimleri

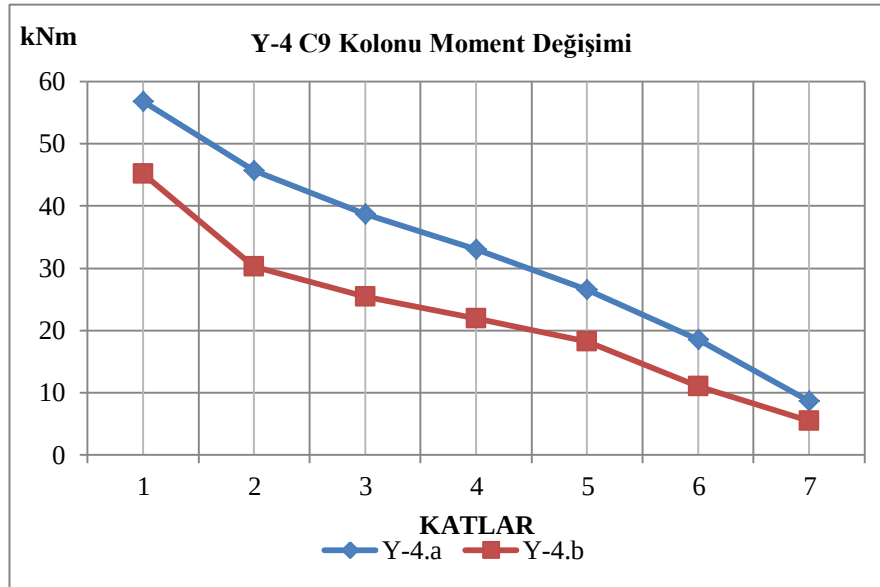
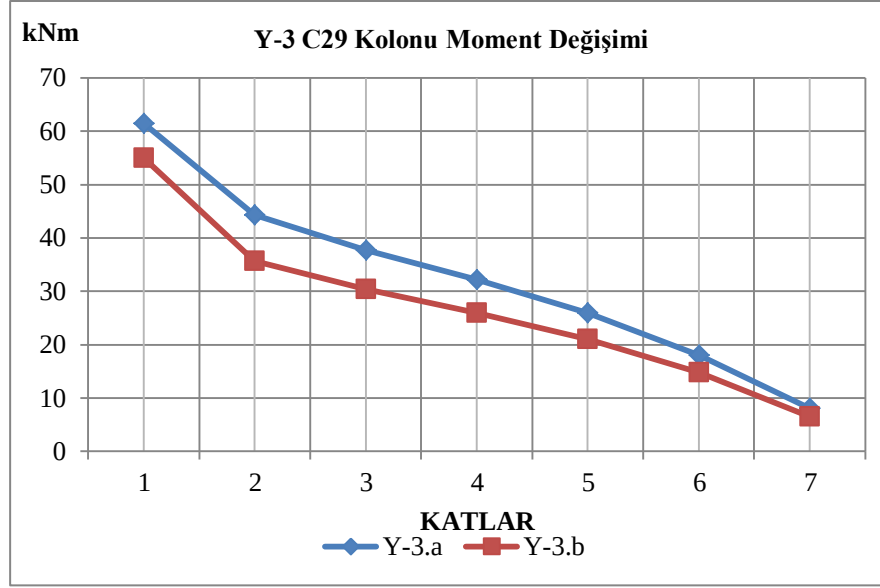
Çizelge 5.12 : C29 kolonu X doğrultusu moment değişim çizelgesi

Yükleme: EX			Kolon Momentleri (kNm)				Değişim Oranları(%)			
Katlar	Kolon	Diyafram	Y-1	Y-2	Y-3	Y-4	Y-1	Y-2	Y-3	Y-4
1	C29 (40/40)	RİJİT	72,83	68,19	61,45	56,81	1,92	9,27	10,46	20,47
		ESNEK	71,43	61,87	55,02	45,18				
2	C29 (40/40)	RİJİT	48,66	47,68	44,28	45,74	3,14	17,91	19,58	33,91
		ESNEK	47,13	39,14	35,61	30,23				
3	C29 (40/40)	RİJİT	41,33	40,65	37,74	38,72	2,30	17,86	19,50	34,35
		ESNEK	40,38	33,39	30,38	25,42				
4	C29 (40/40)	RİJİT	34,01	34,53	32,17	33,00	1,65	17,72	19,27	33,61
		ESNEK	33,45	28,41	25,97	21,91				
5	C9 (40/40)	RİJİT	27,50	27,7	25,94	26,56	2,76	17,33	18,77	31,40
		ESNEK	26,74	22,9	21,07	18,22				
6	C9 (40/40)	RİJİT	19,16	19,2	18,06	18,58	2,04	16,77	18,33	40,64
		ESNEK	18,77	15,98	14,75	11,03				
7	C9 (40/40)	RİJİT	8,21	8,4	8,06	8,65	1,22	17,02	19,23	37,34
		ESNEK	8,11	6,97	6,51	5,42				

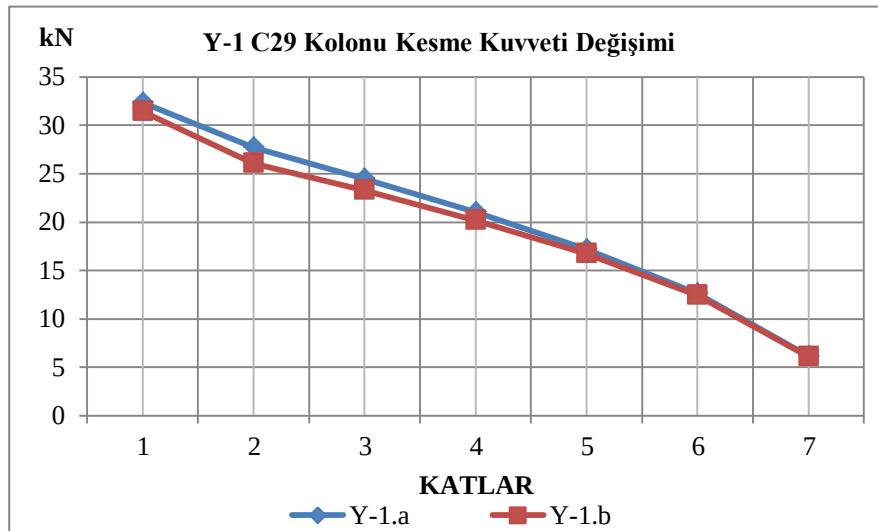
Çizelge 5.13: C29 Kolonu X Doğrultusu Kesme Kuvveti Değişim Çizelgesi

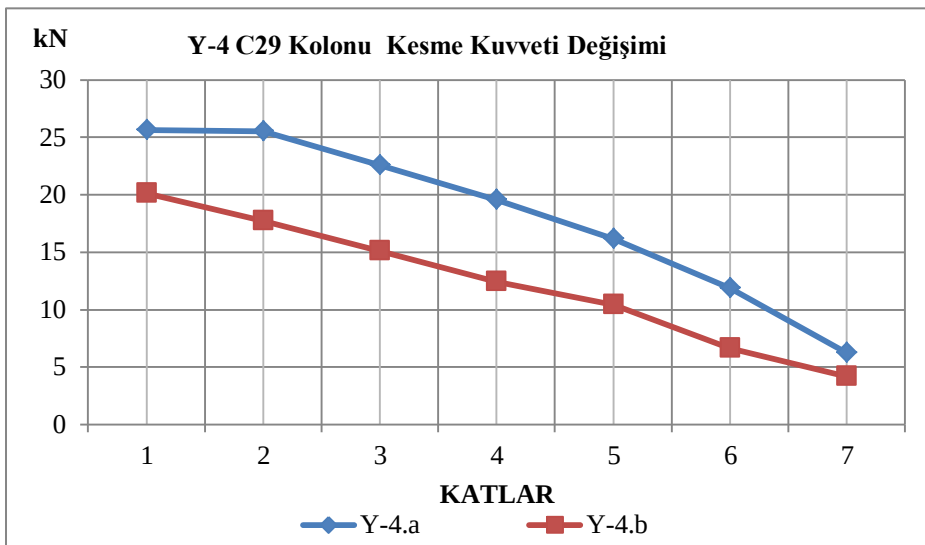
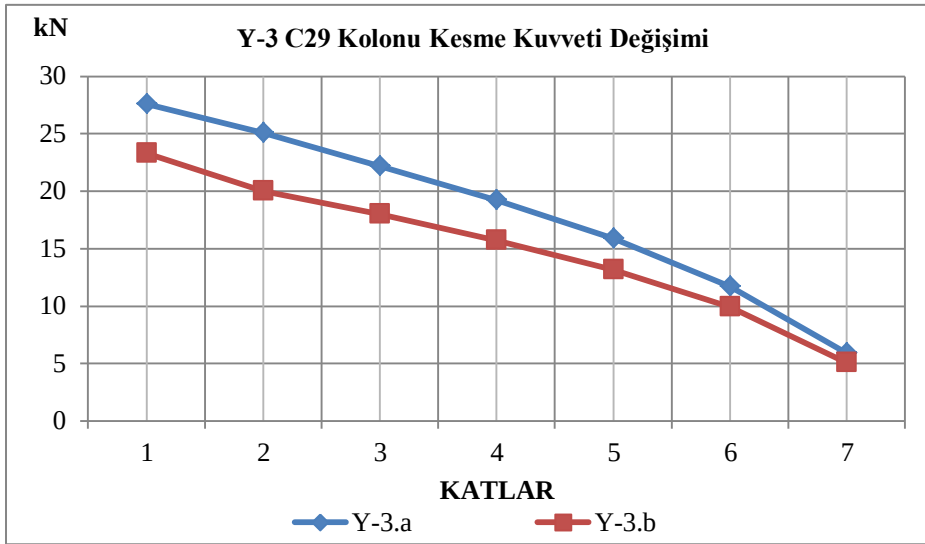
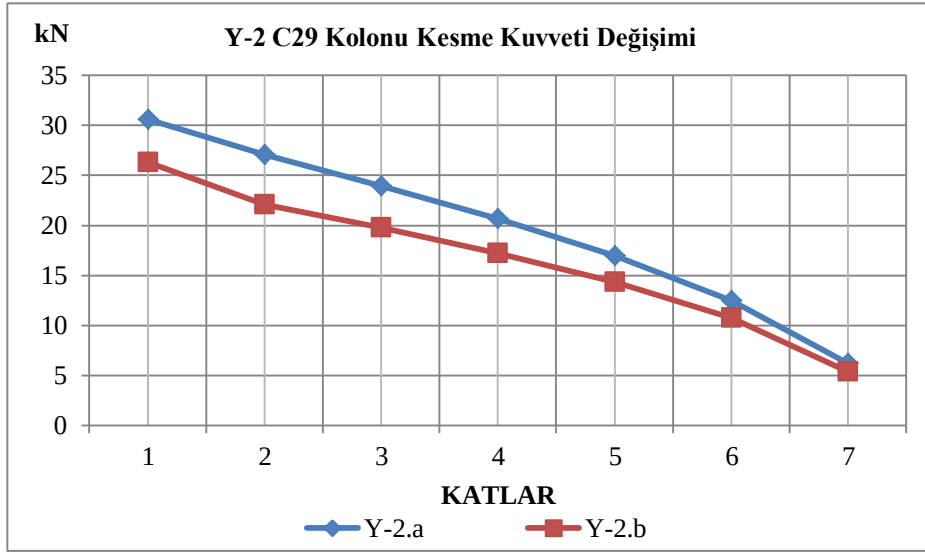
Yükleme: EX			Kesme Kuvvetleri (kN)				Değişim Oranları(%)			
Katlar	Kolon	Diyafram	Y-1	Y-2	Y-3	Y-4	Y-1	Y-2	Y-3	Y-4
1	C9 (40/40)	RİJİT	32,31	30,63	27,58	25,62	2,72	14,20	15,55	21,51
		ESNEK	31,43	26,28	23,29	20,11				
2	C9 (40/40)	RİJİT	27,70	27,10	25,06	25,54	6,03	18,45	20,11	30,66
		ESNEK	26,03	22,10	20,02	17,71				
3	C9 (40/40)	RİJİT	24,44	23,95	22,19	22,59	4,87	17,33	18,97	33,02
		ESNEK	23,25	19,80	17,98	15,13				
4	C9 (40/40)	RİJİT	21,02	20,67	19,20	19,54	4,00	16,69	18,23	36,54
		ESNEK	20,18	17,22	15,70	12,4				
5	C9 (40/40)	RİJİT	17,19	16,99	15,86	16,14	2,56	15,72	17,15	35,50
		ESNEK	16,75	14,32	13,14	10,41				
6	C9 (40/40)	RİJİT	12,61	12,48	11,69	11,85	1,59	13,78	15,23	43,97
		ESNEK	12,41	10,76	9,91	6,64				
7	C9 (40/40)	RİJİT	6,12	6,17	5,91	6,25	0,33	12,64	14,04	32,80
		ESNEK	6,10	5,39	5,08	4,20				





Şekil 5.15 : Deprem X doğrultusunda C29 kolonu moment değişimleri





Şekil 5.16 : Deprem X doğrultusunda C29 kolonu kesme kuvveti değişimleri

Çizelgelerde ve grafiklerde verilen moment ve kesme kuvveti değişim oranları rijit diyafram durumu esas alınarak hesaplanmıştır.

X deprem etkisi altında her iki kolon için Y-1 ve Y-2 modeli rijit ve esnek diyafram kabullerinde çok farklı değişimler göstermemiştir. Ancak boşluk oranının %30'u geçtiği Y-3 ve Y-4 modellerinde değişim yüzdeleri sırasıyla %20 ve %45'ler mertebesinde artmıştır. Süreksizliğin değişmesi ve burulma etkilerinin meydana gelmesi yapı kütle hareketini olumsuz etkilemiş, iç kuvvet dağılımları rijit diyafram kabulunda olumsuz yüksek sonuçlar vermesine sebep olmuştur.

5.2.3.2 Y doğrultusu için iç kuvvet çözümlerin irdelenmesi

Deprem Y doğrultusu için C9 ve C29 kolonlarında elde edilen iç kuvvet değişimleri Çizelge 5.14-17 ve Şekil 5.17-20'de verilmiştir.

Çizelge 5.14 : C9 kolonu Y doğrultusu moment değişim çizelgesi

Yükleme: EY			Kolon Momentleri (kNm)				Değişim Oranları(%)			
Katlar	Kolon	Diyafram	Y-1	Y-2	Y-3	Y-4	Y-1	Y-2	Y-3	Y-4
1	C9 (40/40)	RİJİT	78,24	64,32	59,65	56,09	1,05	5,38	13,46	31,50
		ESNEK	77,42	60,86	51,62	38,42				
2	C9 (40/40)	RİJİT	74,82	48,72	45,79	43,33	5,00	12,89	26,14	39,12
		ESNEK	71,08	42,44	33,82	26,38				
3	C9 (40/40)	RİJİT	66,17	41,03	38,62	36,42	4,91	12,97	26,13	41,85
		ESNEK	62,92	35,71	28,53	21,18				
4	C9 (40/40)	RİJİT	58,00	34,68	32,72	30,79	5,07	12,92	22,31	37,61
		ESNEK	55,06	30,20	25,42	19,21				
5	C9 (40/40)	RİJİT	48,00	27,61	26,16	24,56	5,13	12,57	20,45	31,72
		ESNEK	45,54	24,14	20,81	16,77				
6	C9 (40/40)	RİJİT	35,13	18,96	18,00	16,77	4,92	11,76	17,67	40,55
		ESNEK	33,40	16,73	14,82	9,97				
7	C9 (40/40)	RİJİT	19,69	8,24	7,87	7,21	4,72	9,47	23,38	24,27
		ESNEK	18,76	7,46	6,03	5,46				

Çizelge 5.15 : C9 kolonu Y doğrultusu kesme kuvveti değişim çizelgesi

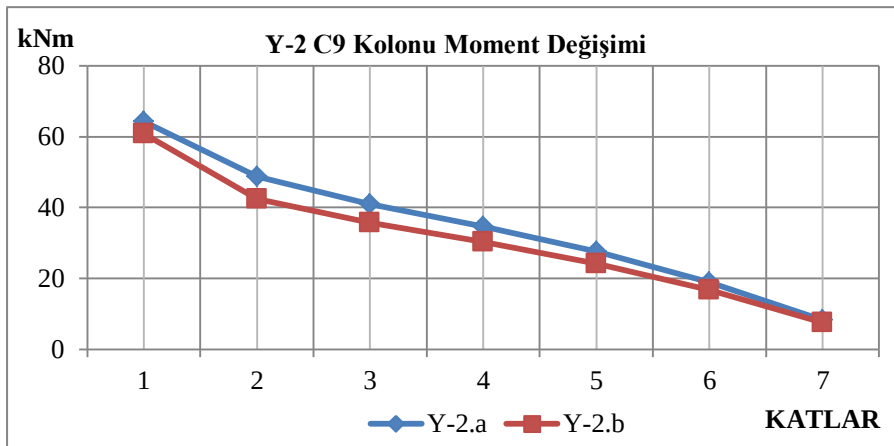
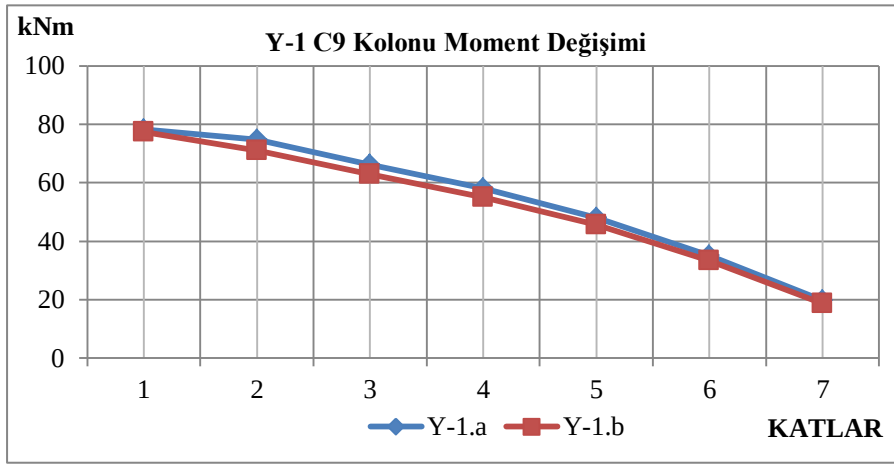
Yükleme: EY			Kesme Kuvvetleri (kN)				DEĞİŞİM ORANLARI (%)			
Katlar	Kolon	Diyafram	Y-1	Y-2	Y-3	Y-4	Y-1	Y-2	Y-3	Y-4
1	C9 (40/40)	RİJİT	38,71	29,24	27,08	25,44	3,77	10,19	13,59	22,64
		ESNEK	37,25	26,26	23,40	19,68				
2	C9 (40/40)	RİJİT	42,38	27,44	25,74	24,35	5,31	13,59	25,33	36,55
		ESNEK	40,13	23,71	19,22	15,45				
3	C9 (40/40)	RİJİT	38,40	24,05	22,62	21,34	4,66	12,52	25,95	40,67
		ESNEK	36,61	21,04	16,75	12,66				
4	C9 (40/40)	RİJİT	33,90	20,63	19,45	18,31	4,57	11,83	22,42	43,26
		ESNEK	32,35	18,19	15,09	10,39				
5	C9 (40/40)	RİJİT	28,39	16,81	15,91	14,95	4,40	10,95	17,47	44,41
		ESNEK	27,14	14,97	13,13	8,31				
6	C9 (40/40)	RİJİT	21,26	12,17	11,55	10,79	3,95	9,20	18,10	42,08
		ESNEK	20,42	11,05	9,46	6,25				
7	C9 (40/40)	RİJİT	12,82	5,91	5,67	5,21	2,26	4,91	23,63	23,99
		ESNEK	12,53	5,62	4,33	3,96				

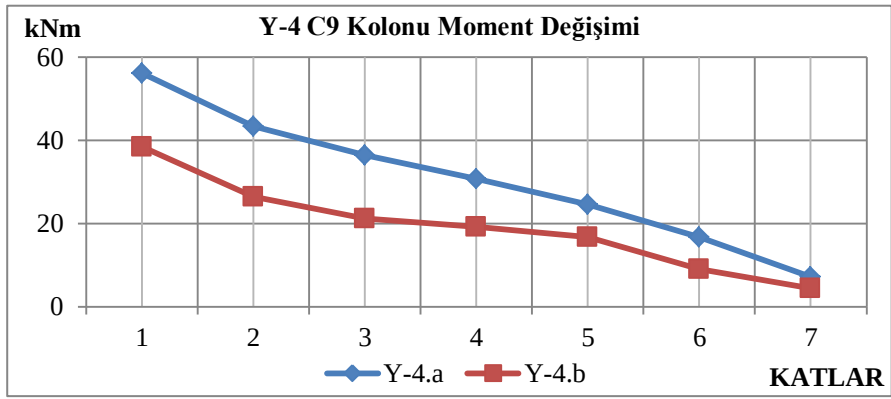
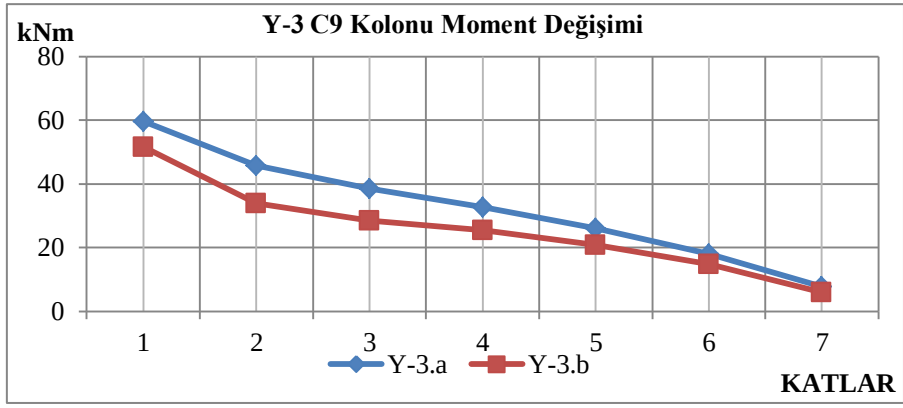
Çizelge 5.16 : C29 kolonu Y doğrultusu moment değişim çizelgesi

Yükleme: EY			Kolon Momentleri (kNm)				Değişim Oranları(%)			
Katlar	Kolon	Diyafram	Y-1	Y-2	Y-3	Y-4	Y-1	Y-2	Y-3	Y-4
1	C29 (40/40)	RİJİT	89,80	81,52	75,18	70,68	0,39	14,92	14,22	21,94
		ESNEK	89,45	69,36	64,49	55,17				
2	C29 (40/40)	RİJİT	86,53	81,4	75,89	71,97	0,83	15,29	14,86	31,40
		ESNEK	85,81	68,95	64,61	49,37				
3	C29 (40/40)	RİJİT	75,29	71,15	66,57	63,07	0,88	14,32	14,03	27,94
		ESNEK	74,63	60,96	57,23	45,45				
4	C29 (40/40)	RİJİT	65,60	62,18	58,34	55,19	0,99	13,56	13,35	36,49
		ESNEK	64,95	53,75	50,55	35,05				
5	C29 (40/40)	RİJİT	53,39	51,35	48,37	45,69	0,07	12,78	12,63	32,65
		ESNEK	53,35	44,79	42,26	30,77				
6	C29 (40/40)	RİJİT	39,20	37,52	35,48	33,38	1,79	12,13	12,15	22,80
		ESNEK	38,50	32,97	31,17	25,77				
7	C29 (40/40)	RİJİT	22,23	21,59	20,66	19,32	-0,58	10,28	10,84	30,12
		ESNEK	22,36	19,37	18,42	13,50				

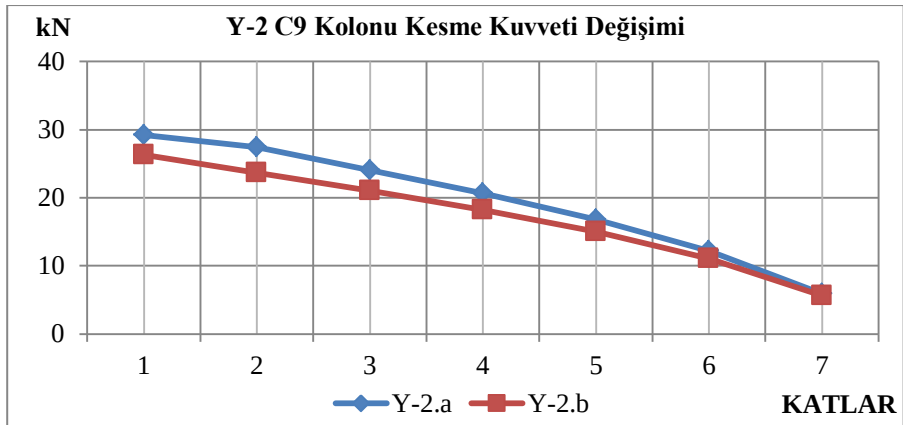
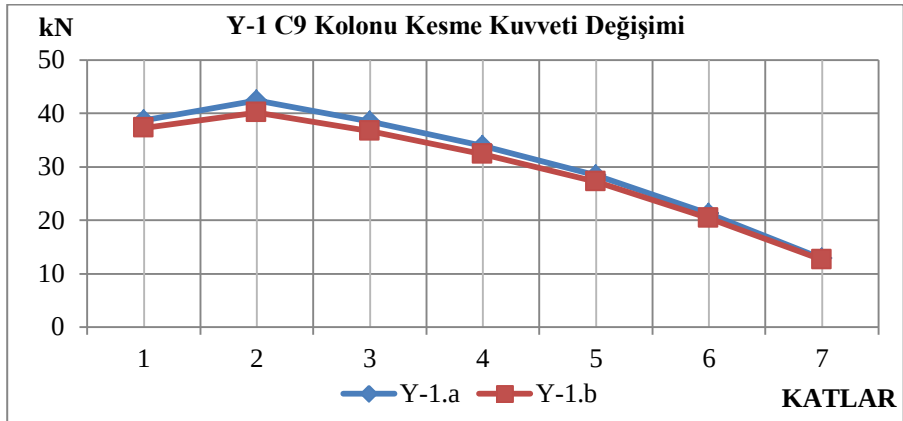
Çizelge 5.17: C29 kolonu Y doğrultusu kesme kuvveti değişim çizelgesi

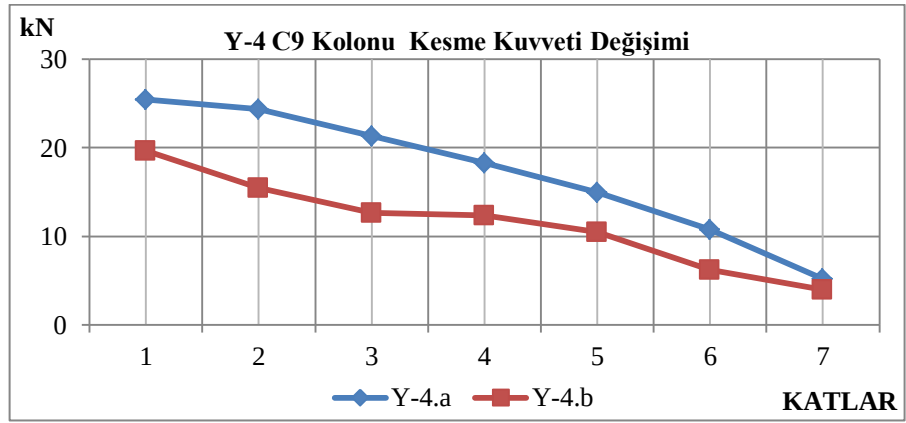
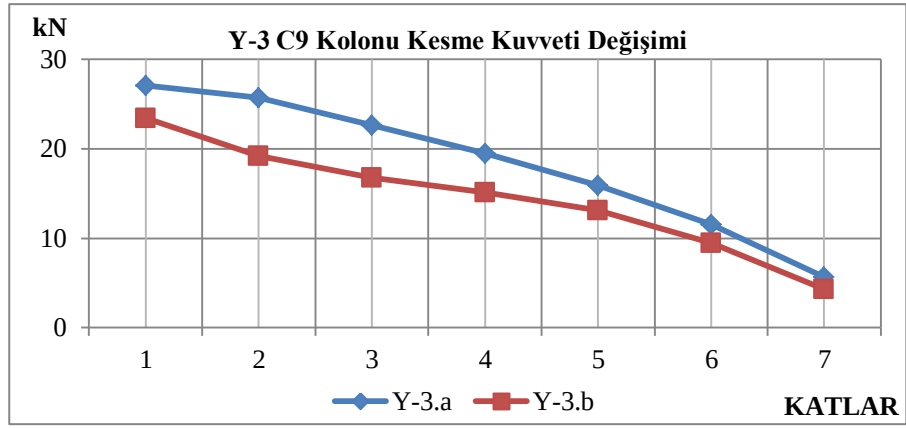
Yükleme: EY			Kesme Kuvvetleri (kN)				DEĞİŞİM ORANLARI (%)			
Katlar	Kolon	Diyafram	Y-1	Y-2	Y-3	Y-4	Y-1	Y-2	Y-3	Y-4
1	C29 (40/40)	RİJİT	44,69	40,8	37,6	35,33	2,26	17,25	16,60	21,77
		ESNEK	43,68	33,76	31,36	27,64				
2	C29 (40/40)	RİJİT	48,94	45,99	42,84	40,61	1,10	15,70	15,27	30,81
		ESNEK	48,40	38,77	36,30	28,10				
3	C29 (40/40)	RİJİT	43,77	41,30	38,62	36,6	0,71	14,29	13,98	27,95
		ESNEK	43,46	35,40	33,22	26,37				
4	C29 (40/40)	RİJİT	38,38	36,31	34,05	32,21	0,63	13,33	13,10	34,46
		ESNEK	38,14	31,47	29,59	21,11				
5	C29 (40/40)	RİJİT	31,90	30,31	28,54	26,97	0,50	12,34	12,19	40,60
		ESNEK	31,74	26,57	25,06	16,02				
6	C29 (40/40)	RİJİT	23,66	22,55	21,31	20,06	0,34	11,40	11,40	38,63
		ESNEK	23,58	19,98	18,88	12,31				
7	C29 (40/40)	RİJİT	14,55	14,02	13,41	12,55	-2,06	8,49	9,02	33,78
		ESNEK	14,85	12,83	12,20	8,31				



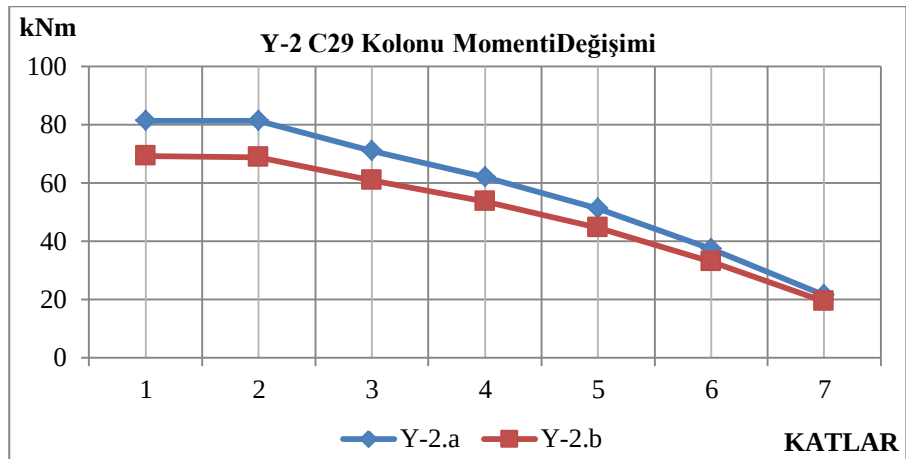
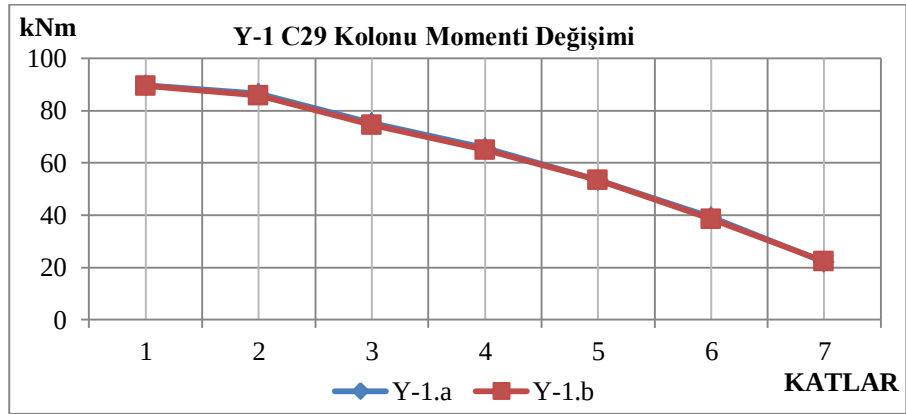


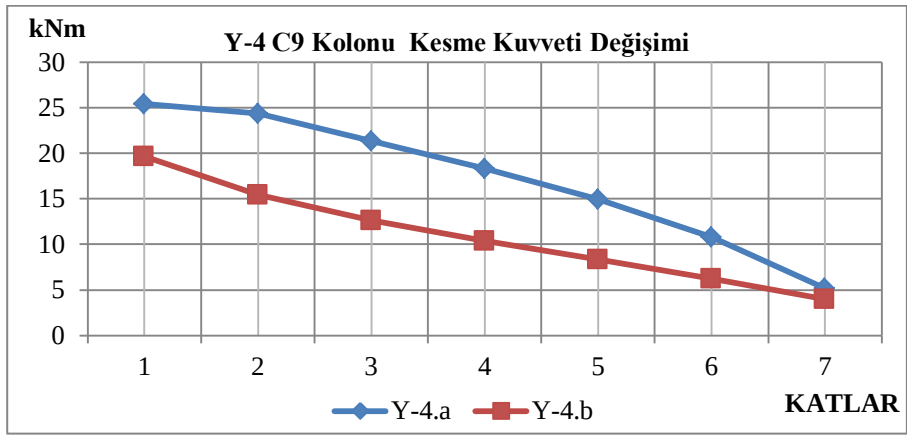
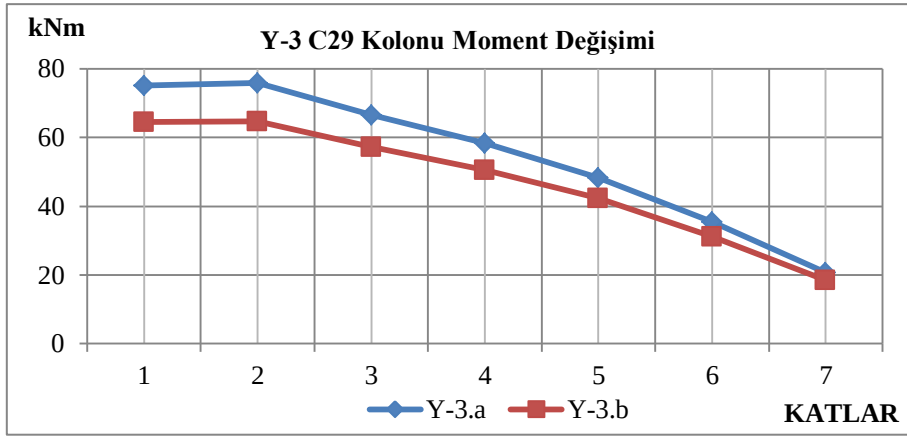
Şekil 5.17: Deprem Y doğrultusunda C9 kolonu moment değişimleri



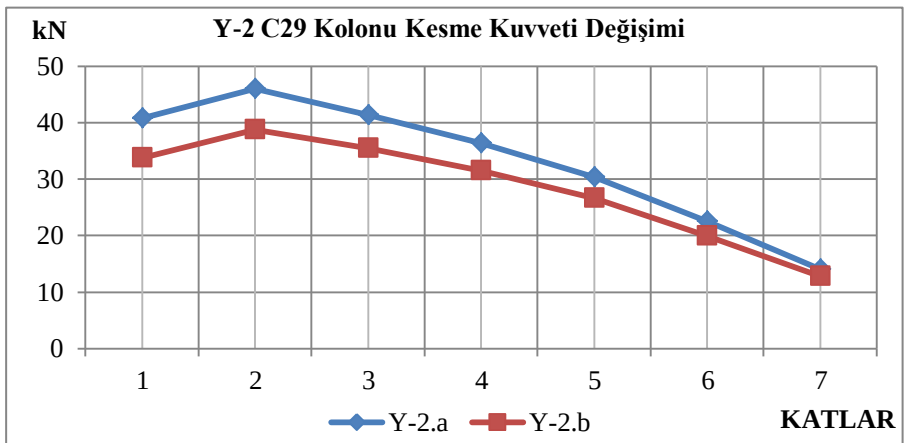
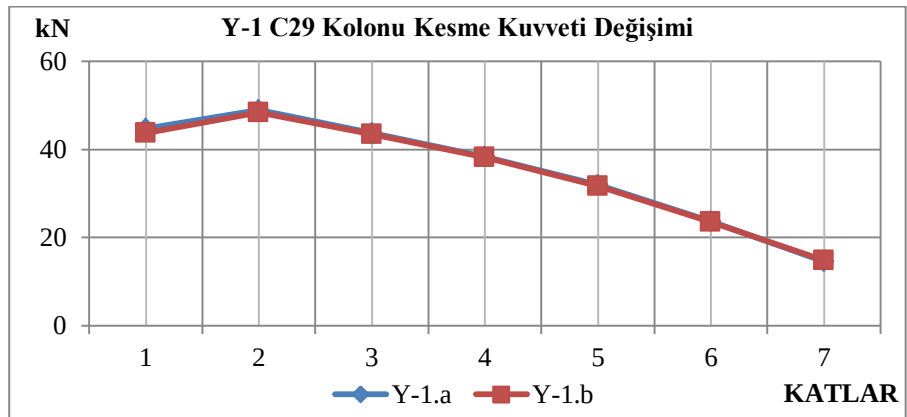


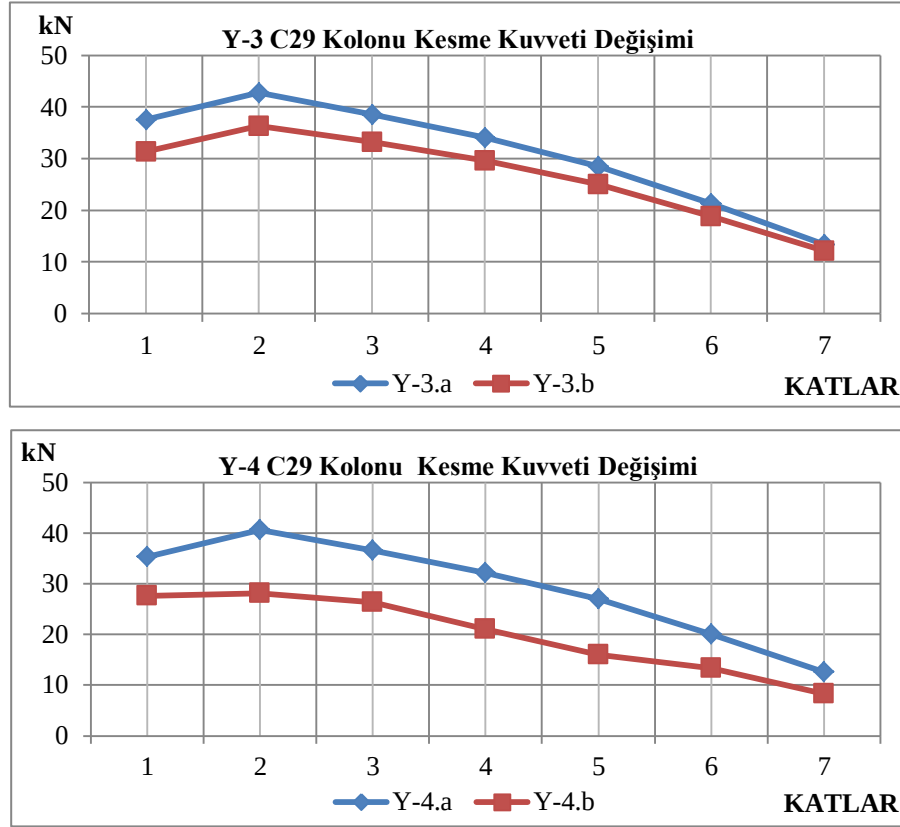
Şekil 5.18: Deprem Y doğrultusunda C9 kolonu kesme kuvveti değişimleri





Şekil 5.19 : Deprem Y doğrultusunda C29 kolonu moment değişimleri





Şekil 5.20 : Deprem Y doğrultusunda C29 kolonu kesme kuvveti değişimleri

Y yönündeki deprem etkisi altında C9 ve C29 kolonunda Y-1 ve Y-2 modellerinde rijit diyafram ile esnek diyafram arasında farklılık oluşmadığı görülmektedir. Y-3 ve Y-4 modellerinde boşluk oranı artması ve yapı rijitliliğinin azalmasıyla her iki kolonda da %20 ila %50 mertebesinde farklılıklar olduğu görülmektedir. C9 kolonu Y-3 modelinde, deprem yönü rijitliğinin az olduğu bölgede bulunmaktadır. C29 kolonu ise aynı modelde rijitliğin ve sürekliliğin sağlandığı bölgede bulunmaktadır. Ayrıca C29 kolonun Y-2 modelinin değişimlerinin Y-3'e göre daha fazla olduğu görülmüştür. Değişen süreklilik ve burulma etkisinin buna sebep olduğunu söylenebilir. İki kolon kıyaslandığında sürekliliğin ve mesnetlenmenin önemli olduğunu ve rijit diyafram modellemesinin doğru sonuç vermeyeceği görülmüştür. Esnek diyafram çözümünde her döşeme bir bütün gibi hareket etmeyerek kendi içindeki kuvvetleri kolonlara uygun bir şekilde ilettiği görülmüştür.

5.2.4 Döşeme gerilmelerinin karşılaştırılması

Karşılaştırma yalnız X ve Y doğrultularına etkiyen deprem yükleri için yapılmıştır. Daha önce verilen döşeme bölgeleri betonun çekme dayanımı olan $f_{ctd} = 1.9 \text{ N/mm}^2$ ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar 5.4'te verilen formüle göre yapılmıştır. En

büyük gerilmeler tüm modeller için 1. katta oluşmaktadır. Ayrıca daha önceden verilen döşeme bölgeleri bu kısım için de aynı şekilde geçerlidir. Rijit model esas alınarak esnek modelde oluşacak değişimler verilmiştir.

5.2.4.1 X doğrultusundaki deprem için çözümlerin irdelenmesi

Sonuçları 5.1 kısmında verilen döşeme gerilmeleri arasında oluşacak değişimler Çizelge 5.12’ de verilmiştir.

Çizelge 5.18: X deprem doğrultusu döşeme gerilmeleri değişimleri (N/mm² -%)

Bölgeler	Y-1	Y-2	Y-3	Y-4
bc2	5,24	1,86	9,58	26,38
bc3	2,52	0,00	8,96	48,85
bc8	-3,65	6,76	13,77	42,11
bc9	-2,13	-1,53	3,03	48,82
bc29	8,90	-12,65	8,55	44,94
bc30	-3,65	8,44	12,68	50,64

Sonuçlara baktığımızda C8 ve C30 kolon bölgelerinde oluşan farklılıklar gözükmemektedir. Kademeli olarak artan boşluklarla oluşan modellerde aks süreksizliğinden meydana gelen zorlanmalar X doğrultusu için bu kolon bölgelerini etkiledikleri gözlenmiştir.

5.2.4.2 Y doğrultusundaki deprem için çözümlerin irdelenmesi

Sonuçları 5.1 kısmında verilen döşeme gerilmeleri arasında oluşacak değişimler Çizelge 5.13’ de verilmiştir.

Çizelge 5.19: Y deprem doğrultusu döşeme gerilmeleri değişimleri (N/mm² -%)

Bölgeler	Y-1	Y-2	Y-3	Y-4
bc2	4,71	3,73	8,75	54,72
bc3	8,60	0,62	21,94	51,37
bc8	-6,25	5,19	7,19	48,06
bc9	-4,20	5,03	14,29	53,06
bc29	10,34	6,29	29,12	52,99
bc30	-6,25	5,76	11,28	49,59

Sonuçlara baktığımızda C3 ve C9 kolon bölgelerinde oluşan farklılıklar gözükmemektedir. Kademe olarak boşlukların olduğu modellerde aks süreksizliğinden meydana gelen zorlanmalar Y doğrultusu için bu kolon bölgelerini etkiledikleri gözlenmiştir. Y-1 ve Y-2 modeli için esnek diyafram tanımlı modellerde sağlıklı sonuçlar elde edilmediği görülmektedir. Kütle hareketi söz konusudur. Bu da kendi içinde hareket eden döşemelerin için sorun oluşturduğu gözükmemektedir. Çizelge 5.13’de (-) değer alan gerilme değerleri bunu göstermektedir.

5.2.5 Diyafram ve kesme çatlağı kontrolü

Tüm modellerin X doğrultulu şekil değiştirilmiş halleri Şekil 5.17-20’de verilmiştir. Ayrıca döşeme süreksizliğine sahip Y-3 ve Y-4 modellerinde kesme çatlağı oluşup oluşmadığı incelenmiştir.

- Yapılan sonlu elemanlar spektrum analizi sonucu Y-1 modeli rijit ve esnek diyafram modellemesinde aks doğrultularının birleşim yerlerinde açılar 90 derece değerini korumuştur. Döşemelerin plan geometrisi şekil değiştirmemiştir. (Şekil 5.17)
- Y-2 modelinin şekil değiştirmiş durumunda rijit diyafram olarak tanımlanan modelde 5 ve B aksının birleştiği yerde döşemeler 90 derece değerini koruyamamıştır. 5 aksının üzerinde bulunan döşemeler kütle davranış sergileyememiştir. Esnek diyafram tanımlı modelde ise bu değer 5 ve B aksı boyunca korunduğu görülmektedir. Bunun sonucunda yapının kütle davranışında bulunduğunu görebiliriz. (Şekil 5.18)
- Y-3 modelinin şekil değiştirmiş durumunda rijit diyafram olarak tanımlanan modelde 2, 5 ve B aksının birleşim yerlerinde döşemeler 90 derece değerini koruyamamış ve tamamen bağımsız hareket sergilemiş olduğu görülmekte bu da rijit diyafram kabulünün sıkıntılı bir durum olacağını göstermektedir. Esnek diyafram olarak modellenmesi durumunda 90 derece değerini korunduğu görülmüş ve her döşeme kendi içinde yatay ve düşey hareket etmesinden kaynaklanan kütle hareketi söz konusu olduğu görülmüştür. (Şekil 5.19)
- Y-4 modelinin şekil değiştirmiş durumunda rijit diyafram olarak tanımlanan modelde 5 ve B aksının birleşim yerinde döşeme tamamen ayrılacakmış gibi bir görüntü sergilemiştir. Bunun tersi durum esnek diyafram modellemesi olarak

gözükmemektedir ve aks birleşim yerlerindeki 90 derece değeri sağlanmıştır. (Şekil 5.20)

- Y-3 modeli kesme çatlağı kontrolü:

En olumsuz deprem kuvveti 7. Katta X yönünde 282,29 kN olarak oluşmaktadır. Bu yük kontrolü yapılacak olan (C-D) ve (4-5) aksları arasında kalan 5/5 m boyutlarındaki döşeme plağıdır.

Toplam deprem kuvveti $V = 282,29$ kN

Döşeme üzerine gelen deprem kuvveti $V = 18,97$ kN

Döşemenin taşıyabileceği maksimum kesme kuvveti ;

$$V_{cr} = 0,80 \times 0,65 \times f_{ctd} \times b_w \times d$$

$$V_{cr} = 0,80 \times 0,65 \times (1900/1,15) \times 0,13 \times 5 = 558,43 \text{ kN}$$

$V < V_{cr}$ olduğu için kesme çatlağı oluşmamaktadır.

- Y-4 modeli kesme çatlağı kontrolü:

En olumsuz deprem kuvveti 7. Katta Y yönünde 235,64 kN olarak oluşmaktadır. Bu yük kontrolü yapılacak olan (C-D) ve (4-5) aksları arasında kalan 5/5 m boyutlarındaki döşeme plağıdır.

Toplam deprem kuvveti $V = 235,64$ kN

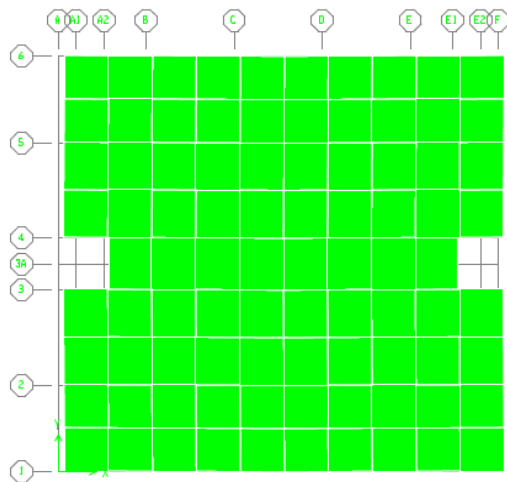
Döşeme üzerine gelen deprem kuvveti $V = 31,83$ kN

Döşemenin taşıyabileceği maksimum kesme kuvveti ;

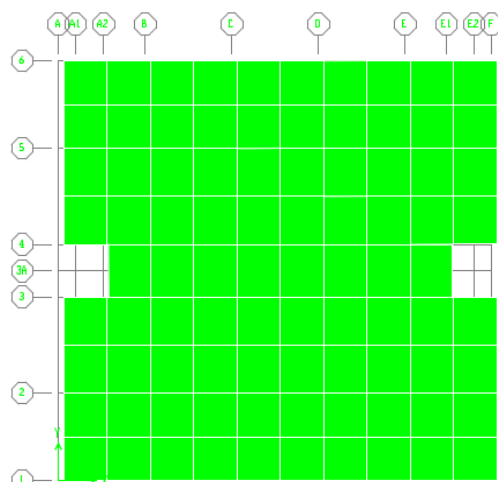
$$V_{cr} = 0,80 \times 0,65 \times f_{ctd} \times b_w \times d$$

$$V_{cr} = 0,80 \times 0,65 \times (1900/1,15) \times 0,13 \times 5 = 558,43 \text{ kN}$$

$V < V_{cr}$ olduğu için kesme çatlağı oluşmamaktadır.

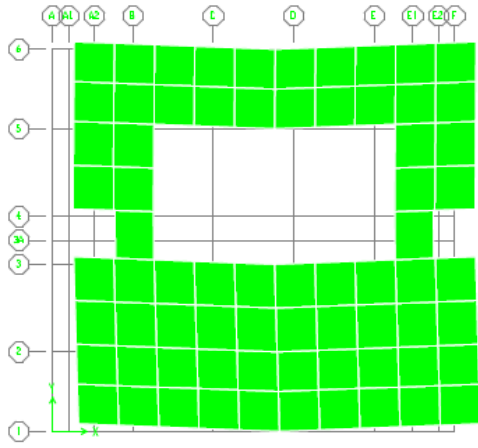


Y-1.a

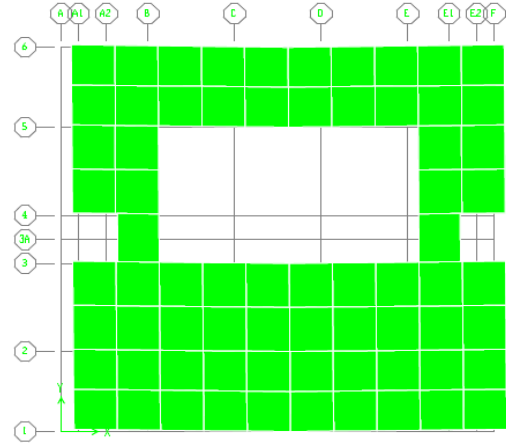


Y-1.b

Şekil 5.21 : Y-1 modellerinin şekil değiştirmiş halleri

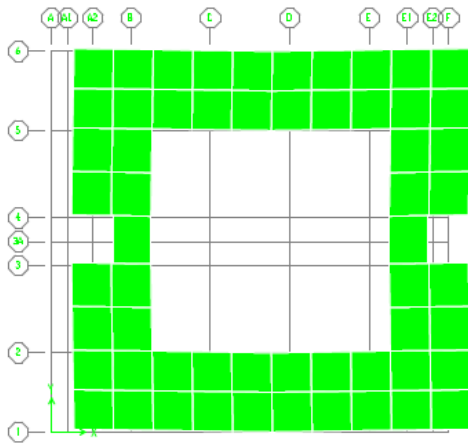


Y-2.a

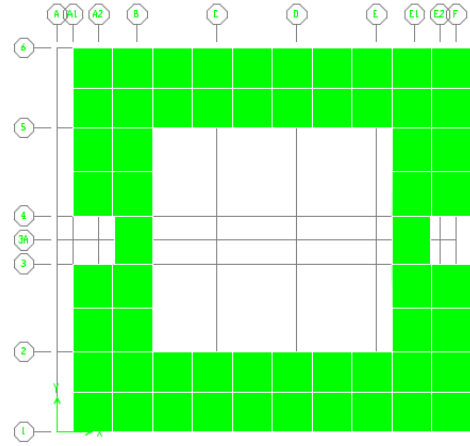


Y-2.b

Şekil 5.22: Y-2 modellerinin şekil değiştirmiş halleri

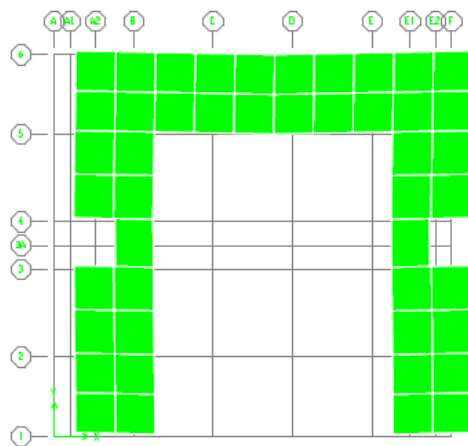


Y-3.a

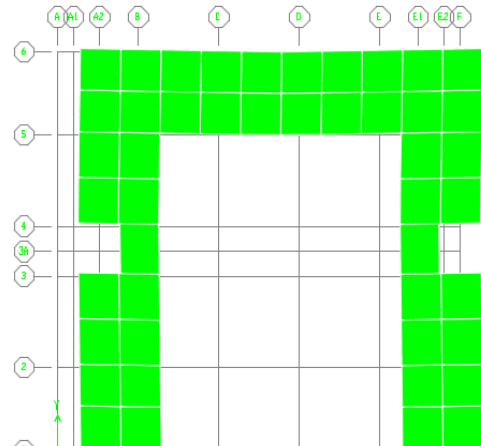


Y-3.b

Şekil 5.23: Y-3 modellerinin şekil değiştirmiş halleri



Y-4.a



Y-4.b

Şekil 5.24: Y-4 modellerinin şekil değiştirmiş halleri

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapıların deprem etkisi altında analizleri yapılırken, basitleştirme kabullerinden birisi de kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde rijit oldukları varsayımıdır. Çeşitli yönetmeliklerden Eurocode 8, IBC 2009 ve TDY 2007 incelendiğinde rijit diyafram kullanmayı öneren maddeler içerdiği görülmektedir. Bu kabul, yapı çözümlemesinde bilinmeyen sayısını önemli ölçüde azaltmaktadır. Yapılan tez çalışmasında her model için rijit diyafram tanımlamasının doğru olmadığı görülmektedir.

Tez çalışması iki grup olarak incelenmiştir. İlk grupta, sabit deprem kuvveti etkisiyle modellerde oluşacak değişimler birbiri cinsinden parametrik olarak incelenmiştir. Döşeme düzensizliğiyle birlikte aks sürekliliğinin de ne kadar önemli olduğu yapılan çalışma ile ispatlanmıştır. İkinci grupta ise, her model rijit ve esnek diyafram olarak tanımlanıp, hangi diyafram kabulünün hangi tip modellerde doğru sonuç vereceği örnek incelemelerle belirlenmiştir.

1- Aynı deprem kuvvetine sahip yapıların çözümleri incelendiğinde;

- Yer değiştirmeler için, deprem X doğrultusunda Y-1 modeline göre sırasıyla diğer modellerde %10, %21 ve %48'ler mertebesinde farklar oluşmuştur. Y doğrultusunda ise farklılıklar %13, %22 ve %35'ler mertebesinde dir. X ve Y doğrultularını karşılaştırdığımızda yapının rijit olan doğrultusuyla yer değiştirmelerin ters orantılı olarak arttığını görmekteyiz. Y deprem doğrultusunun zayıf olduğu Y-1, Y-2 ve Y-3 modellerinde oluşan yer değiştirmeler X deprem doğrultusundaki yer değiştirmelere göre daha yüksektir ancak Y-4 modeli X deprem doğrultusundaki rijitliği daha zayıf olduğu için Y deprem doğrultusuna göre daha yüksek yer değiştirmelere sahip olduğu görülmüştür.
- Düşey taşıyıcı elemanlarda iç kuvvetler incelendiğinde deprem X ve Y doğrultusunda dış aksta bulunan kolonlar iç akslara göre daha fazla moment ve kesme kuvveti etkisine maruz kalmıştır.

- Deprem X doğrultusu ele alındığında moment ve kesme kuvveti bakımından en fazla değişim içinde olan C29 kolonu olduğu görülmüştür. Y-1 modeline göre moment değişimi sırasıyla diğer modellere göre %12, %21 ve %50 mertebesinde, kesme kuvveti bakımından %12, %20 ve %49 mertebesinde değişim göstermiştir. Ayrıca C30 kolonu, döşeme süreksizliği meydana gelen Y-4 modelinde moment bakımından -%8'lik, kesme kuvveti bakımından ise -%9'luk bir negatif değişim meydana gelmiştir. Böylece sürekliliğin moment ve kesme kuvveti bakımından gerekliliği ispatlanmıştır.

- Deprem Y doğrultusunda ise moment ve kesme kuvveti bakımından en fazla değişim içinde olan C3 kolonu olduğu görülmüştür. Moment değişim mertebesi Y-1 modeline göre sırasıyla %15, %24 ve %37; kesme kuvveti değişim mertebesi %15, %22 ve %37'dir. Ayrıca X doğrultusunda olduğu gibi Y doğrultusunda da boşluğun olduğu aksta bulunan C9 kolonu azalan değerler olarak Y-1 modeline göre negatif değerler almıştır. Elde edilen sonuçlara göre moment ve kesme kuvvetlerin yatay taşıyıcı elemanlar tarafından düşey taşıyıcı elemanlara verimli şekilde aktarılamadığı görülmüştür.

- Döşemelerde oluşacak gerilmeler incelendiğinde deprem X doğrultusunda, döşeme gerilmeleri, kolona bağlanan kiriş ve döşemelerle ters orantılı olarak arttığı görülmüştür. C30 kolonu Y-1 modelinde tamamen boşluksuz iken, bC30 bölgesindeki döşeme gerilmesi değeri; $1,341 \text{ N/mm}^2$, %24 boşluklu Y-2 modelinde $1,519 \text{ N/mm}^2$, %38 boşluklu Y-3 modelinde $1,756 \text{ N/mm}^2$ ve %50 boşluklu Y-4 modelinde $2,464 \text{ N/mm}^2$ değeri olarak en fazla artışın olduğu döşeme bölgesi olarak görülmüştür. Sırayla C30 kolonuna bağlanan kiriş ve döşeme sayısı azalırken, döşeme gerilmesinin arttığı görülmüştür.

- Döşemelerde oluşacak gerilmeler incelendiğinde deprem Y doğrultusunda, bC9, en büyük farkların olduğu döşeme bölgesi olarak gözükümüştür. Rijitlik bakımından Y doğrultusunda zayıf olan bC3 ve bC9 bölgelerinde döşeme gerilmeleri yüksek değerler almıştır. Bu ikisiyle beraber kenar bölgelerde olması sebebiyle gerilme yığılmalarının oluşacağı düşünülen ve beton çekme gerilme değerini geçen bölgelerin bC2, bC35 ve bC36 olduğu görülmüştür.

2- Rijit ve esnek diyafram kabulü ile çözülen yapılar incelendiğinde;

- Rijit ve esnek diyafram olarak yapılan çözümlemelerde döşeme süreksizlik düzensizliğine sahip yapı modellerinde esnek ve rijit diyafram kabullerine göre elde

edilen sonuçlar arasında önemli sayılabilecek farklılıklar oluşurken, bu düzensizliğin olmadığı durumda esnek ve rijit diyafram çözümleri pek değişmemektedir. Bu düzensizliğe sahip yapılarda rijit diyafram kabulünde deprem sırasında her döşeme ayrı bir yatay rijit hareket yapmadığından bölgesel olarak farklı şekil değiştirmeler oluşmamaktadır. Esnek diyafram kabulünde ise her döşeme bir bütün olarak hareket etmeyerek farklı şekil değiştirmeler ortaya çıkabilmektedir. Söz konusu şekil değiştirmeler ise yapının davranışında bölgesel olarak önemli değişikliklere sebep olmaktadır. Bu nedenle, Y-3 ve Y-4 modelini rijit diyafram kabulü yaklaşımı ile elde edilen sonuçlar güvenli olmaz.

Sonuç olarak:

- Deprem Yönetmeliğinde belirtilen $1/3$ sınırı boşluğun simetrik yerleştirildiği yapılara için güvenli bir oran olduğu görülmüştür. $1/3$ üzerindeki boşluk oranlarında mimariye uygun bir şekilde kesinlikle dilatasyon yapılmalıdır.
- Yapılar olabildiğince düzenli modellenmelidir. Mimari zorunluluk gereği yapıda döşeme süreksizliği yapılması gerekiyorsa, kesinlikle planda simetrik yerleştirilmesine dikkat edilmelidir. Döşeme süreksizliğinin yapı davranışına etkisi önceden kestirilebilmeli ve hangi diyafram modelinin gerçeği yansıtmaya açısından doğru olacağı hususunda karar verilmelidir.
- Esnek diyafram kabulünün gelişen bilgisayar teknolojisiyle kullanımı desteklenmelidir. Sadece kubbe tonoz ve kemerli yapıların dışında esnek diyafram modellemesi bina türü yapılarda kullanımı oldukça önemlidir. Bu yüzden sadece rijit diyafram kullanarak bilinmeyen sayısının azaltılmasının matematiksel modellemede gerçeği yansıtmayan bir uygulama olduğu söylenebilir.
- Bu çalışma salt çerçeveli sistemler için uygulanmıştır. Ayrıca salt perdeli veya perde-çerçeveli sistemler içinde uygulama yapılmalıdır. Kullanılan taşıyıcı sistem sınır değerini ve uygulanacak yöntemi belirlemektedir.
- Döşeme boşluğunun plandaki geometrisi, kat adeti, kat yüksekliği ve plandaki yerleşimleri parametrik olarak değiştirilerek ayrıca incelenmelidir.
- Son olarak yönetmeliğimizde döşeme boşluğunun bulunduğu durumlarda hesap yöntemiyle alakalı daha açık ve net bilgi verilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.,** (2004). Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İstanbul.
- [2] **TS-498,** (1997). Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara..
- [3] **Türk Standartları TS500** (2000). Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [4] **Deprem Yönetmeliği,** (2007). Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.
- [5] **IBC, 2009. International Building Code,** International Code Council, United States of America.
- [6] **ENV 1998-1-1,** (1994). Design Provisions for Earthquake Resistance of Structures General Rules – Seismic actions and General Requirements for Structures, European Committee for Standardization, Brussels.
- [7] **Etabs,** (1995). .Modeling and Optimized Design of Concrete Structures Using ETABS, Computers and Structures, Inc, , Berkeley, California.
- [8] **Regulation For Seismic Design – A World List,** (2012), International Association for Earthquake Engineering, Tokyo.
- [9] **Özmen, G., Orakdoğen, E. Ve Darılmaz, K.,** (2005). Örneklerle ETABS., Birsan Yayınevi, İstanbul.
- [10] **Dogangün, A.,** Ekim (2002). Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı, Birsan Yayınevi, İstanbul.
- [11] **Park, R. ve Gamble , W.,** (2000). Reinforced Concrete Slabs, John Wiley & Sons, Inc.
- [12] **Arslan, S.,** (2007). Betonarme Binalarda Döşeme Boşluklarının Taşıyıcı Sistem Davranışına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [13] **Ayrancı, M. M.,**(2004). Döşeme Süreksizliği Olan B/A Yapı Sistemlerinin Farklı Bilgisayar Modelleri İle Analizi ve Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [14] **Başarı, A.,** (2007). Döşeme Düzensizliklerini Taşıyıcı Sisteme Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [15] **Wilson E.L., Habibullah, A.,** (2012). ETABS Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures Analysis Reference, Computers and Structures, Inc, California.

EKLER

Çizelge A.1 : Y-1 modellerine ait modal katılım oranları

Model	Y-1.a					Model	Y-1.b				
Mod	Periyot	Ux(%)	Uy(%)	Σx(%)	Σy(%)	Mod	Periyot	Ux(%)	Uy(%)	Σx(%)	Σy(%)
1	1,227	0,00	82,54	0,00	82,54	1	1,281	0,00	82,25	0,00	82,25
2	1,211	82,72	0,00	82,72	82,54	2	1,259	82,48	0,00	82,48	82,25
3	1,081	0,00	0,00	82,72	82,54	3	1,116	0,00	0,00	82,48	82,25
4	0,400	0,00	10,07	82,72	92,61	4	0,416	0,00	10,14	82,48	92,39
5	0,396	9,96	0,00	92,68	92,61	5	0,410	10,00	0,00	92,47	92,39
6	0,352	0,00	0,00	92,68	92,61	6	0,362	0,00	0,00	92,47	92,39
7	0,230	0,00	3,70	92,68	96,31	7	0,238	0,00	3,78	92,47	96,17
8	0,229	3,67	0,00	96,35	96,31	8	0,236	3,74	0,00	96,21	96,17
9	0,203	0,00	0,00	96,35	96,31	9	0,208	0,00	0,00	96,21	96,17
10	0,159	0,00	1,92	96,35	98,23	10	0,164	0,00	1,99	96,21	98,15
11	0,159	1,90	0,00	98,25	98,23	11	0,163	1,96	0,00	98,17	98,15
12	0,139	0,00	0,00	98,25	98,23	12	0,142	0,00	0,00	98,17	98,15
13	0,121	0,00	1,07	98,25	99,31	13	0,124	0,00	1,12	98,17	99,27
14	0,121	1,06	0,00	99,31	99,31	14	0,123	1,11	0,00	99,28	99,27
15	0,105	0,00	0,00	99,31	99,31	15	0,107	0,00	0,00	99,28	99,27
16	0,100	0,00	0,54	99,31	99,84	16	0,102	0,00	0,56	99,28	99,83
17	0,100	0,53	0,00	99,85	99,84	17	0,101	0,56	0,00	99,84	99,83
18	0,088	0,00	0,16	99,85	100,00	18	0,091	0,00	0,16	99,84	100,00
19	0,088	0,15	0,00	100,00	100,00	19	0,089	0,16	0,00	100,00	100,00
20	0,086	0,00	0,00	100,00	100,00	20	0,088	0,00	0,00	100,00	100,00
21	0,076	0,00	0,00	100,00	100,00	21	0,078	0,00	0,00	100,00	100,00

Çizelge A.2 : Y-2 modellerine ait modal katılım oranları

Model	Y-2.a					Model	Y-2.b				
Mod	Periyot	U_x(%)	U_y(%)	Σx(%)	Σy(%)	Mod	Periyot	U_x(%)	U_y(%)	Σx(%)	Σy(%)
1	1,154	0,00	82,33	0,00	82,33	1	1,222	0,00	81,97	0,00	81,97
2	1,126	75,70	0,00	75,70	82,33	2	1,186	78,42	0,00	78,42	81,97
3	1,054	6,87	0,00	82,57	82,33	3	1,080	3,85	0,00	82,27	81,97
4	0,375	0,00	10,18	82,57	92,50	4	0,395	0,00	10,23	82,27	92,20
5	0,368	9,26	0,00	91,84	92,50	5	0,385	9,63	0,00	91,90	92,20
6	0,343	0,84	0,00	92,68	92,50	6	0,350	0,49	0,00	92,39	92,20
7	0,215	0,00	3,74	92,68	96,24	7	0,225	0,00	3,84	92,39	96,03
8	0,212	3,35	0,00	96,03	96,24	8	0,221	3,57	0,00	95,96	96,03
9	0,198	0,33	0,00	96,35	96,24	9	0,201	0,20	0,00	96,15	96,03
10	0,148	0,00	1,95	96,35	98,19	10	0,154	0,00	2,04	96,15	98,07
11	0,147	1,75	0,00	98,10	98,19	11	0,152	1,88	0,00	98,03	98,07
12	0,136	0,15	0,00	98,25	98,19	12	0,138	0,10	0,00	98,14	98,07
13	0,112	0,00	1,10	98,25	99,29	13	0,116	0,00	1,16	98,14	99,23
14	0,112	0,99	0,00	99,24	99,29	14	0,115	1,06	0,00	99,20	99,23
15	0,103	0,08	0,00	99,31	99,29	15	0,104	0,06	0,00	99,26	99,23
16	0,092	0,50	0,00	99,81	99,29	16	0,095	0,00	0,59	99,26	99,82
17	0,092	0,00	0,55	99,81	99,84	17	0,094	0,54	0,00	99,80	99,82
18	0,084	0,03	0,00	99,85	99,84	18	0,085	0,03	0,00	99,83	99,82
19	0,082	0,14	0,00	99,99	99,84	19	0,084	0,00	0,17	99,83	99,99
20	0,081	0,00	0,16	99,99	100,00	20	0,083	0,16	0,00	99,99	99,99
21	0,074	0,01	0,00	100,00	100,00	21	0,080	0,00	0,00	99,99	99,99

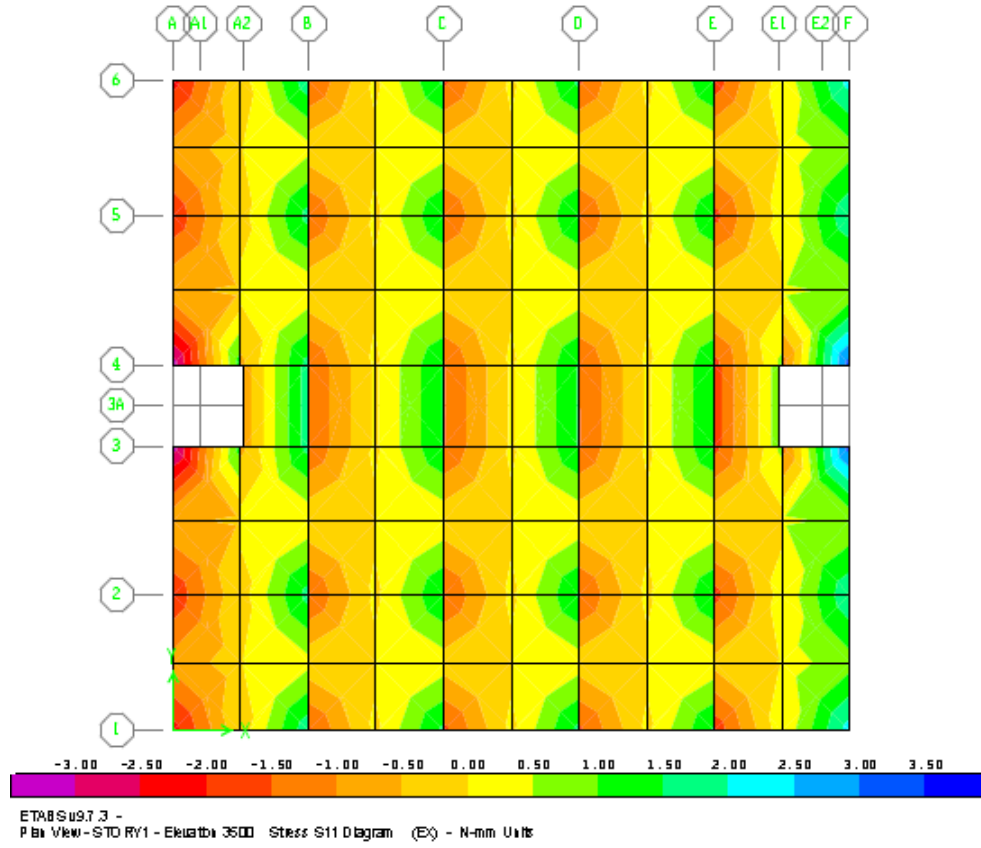
Çizelge A.3 : Y-3 modellerine ait modal katılım oranları

Model	Y-3.a					Model	Y-3.b				
Mod	Periyot	Ux(%)	Uy(%)	Σx(%)	Σy(%)	Mod	Periyot	Ux(%)	Uy(%)	Σx(%)	Σy(%)
1	1,099	0,00	82,16	0,00	82,16	1	1,160	0,00	81,85	0,00	81,85
2	1,077	82,27	0,00	82,27	82,16	2	1,134	82,01	0,00	82,01	81,85
3	1,037	0,00	0,00	82,27	82,16	3	1,063	0,00	0,00	82,01	81,85
4	0,357	0,00	10,28	82,27	92,44	4	0,374	0,00	10,30	82,01	92,15
5	0,351	10,29	0,00	92,57	92,44	5	0,367	10,28	0,00	92,29	92,15
6	0,337	0,00	0,00	92,57	92,44	6	0,345	0,00	0,00	92,29	92,15
7	0,204	0,00	3,76	92,57	96,20	7	0,213	0,00	3,85	92,29	96,00
8	0,201	3,71	0,00	96,28	96,20	8	0,209	3,80	0,00	96,09	96,00
9	0,194	0,00	0,00	96,28	96,20	9	0,198	0,00	0,00	96,09	96,00
10	0,140	0,00	1,97	96,28	98,17	10	0,145	0,00	2,05	96,09	98,05
11	0,139	1,93	0,00	98,21	98,17	11	0,144	2,01	0,00	98,10	98,05
12	0,134	0,00	0,00	98,21	98,17	12	0,136	0,00	0,00	98,10	98,05
13	0,106	0,00	1,11	98,21	99,28	13	0,109	0,00	1,17	98,10	99,22
14	0,106	1,08	0,00	99,29	99,28	14	0,108	1,14	0,00	99,25	99,22
15	0,101	0,00	0,00	99,29	99,28	15	0,107	0,00	0,00	99,25	99,22
16	0,087	0,00	0,56	99,29	99,84	16	0,103	0,00	0,00	99,25	99,22
17	0,087	0,55	0,00	99,84	99,84	17	0,101	0,00	0,00	99,25	99,22
18	0,083	0,00	0,00	99,84	99,84	18	0,093	0,00	0,00	99,25	99,22
19	0,077	0,00	0,16	99,84	100,00	19	0,089	0,00	0,59	99,25	99,82
20	0,076	0,16	0,00	100,00	100,00	20	0,089	0,58	0,00	99,82	99,82
21	0,073	0,00	0,00	100,00	100,00	21	0,085	0,00	0,00	99,82	99,82

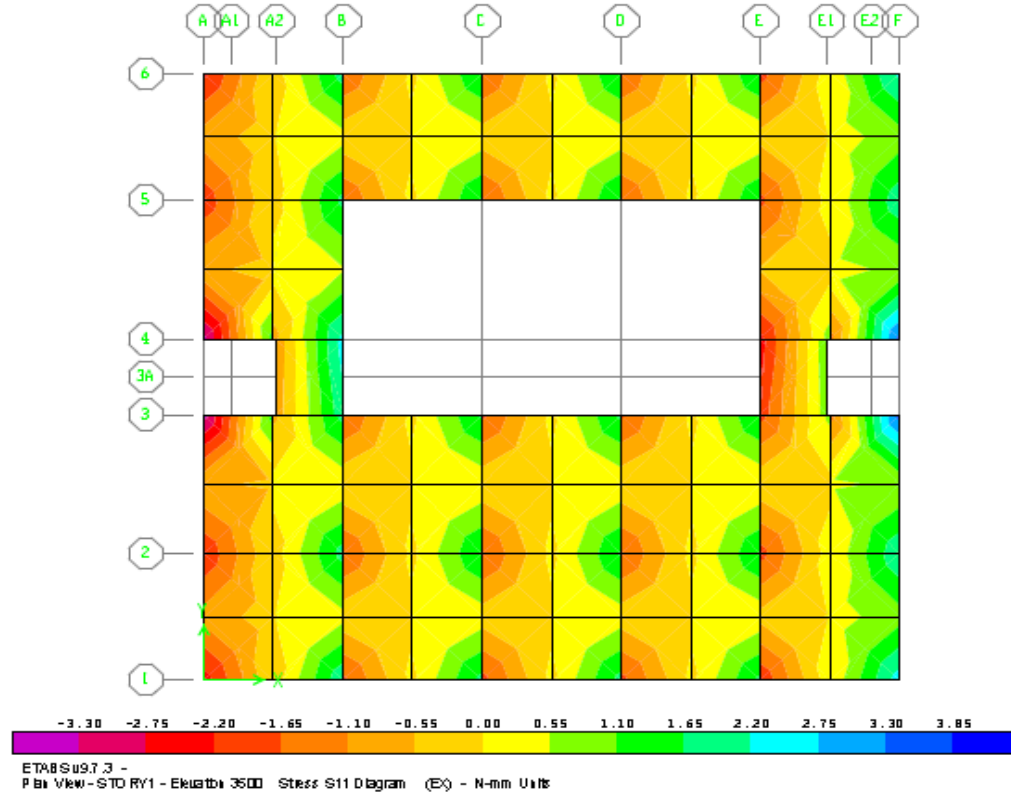
Çizelge A.4 : Y-4 modellerine ait modal katılım oranları

Model	Y-4.a					Model	Y-4.b				
Mod	Periyot	Ux(%)	Uy(%)	Σx(%)	Σy(%)	Mod	Periyot	Ux(%)	Uy(%)	Σx(%)	Σy(%)
1	1,071	80,97	0,00	80,97	0,00	1	1,131	81,42	0,00	81,42	0,00
2	1,045	0,00	82,20	80,97	82,20	2	1,096	0,00	81,91	81,42	81,91
3	1,012	0,73	0,00	81,70	82,20	3	1,040	0,04	0,00	81,45	81,91
4	0,347	10,15	0,00	91,86	82,20	4	0,364	10,46	0,00	91,92	81,91
5	0,339	0,00	10,21	91,86	92,41	5	0,355	0,00	10,19	91,92	92,11
6	0,327	0,49	0,00	92,35	92,41	6	0,337	0,00	0,04	91,92	92,14
7	0,198	3,25	0,00	95,59	92,41	7	0,335	0,14	0,00	92,06	92,14
8	0,194	0,00	3,76	95,59	96,18	8	0,249	0,00	0,02	92,06	92,17
9	0,185	0,54	0,00	96,13	96,18	9	0,206	3,63	0,00	95,69	92,17
10	0,136	1,64	0,00	97,77	96,18	10	0,202	0,00	3,75	95,69	95,92
11	0,133	0,00	1,97	97,77	98,15	11	0,189	0,25	0,00	95,93	95,92
12	0,126	0,36	0,00	98,13	98,15	12	0,171	0,00	0,09	95,93	96,01
13	0,103	0,89	0,00	99,02	98,15	13	0,157	0,00	0,00	95,93	96,01
14	0,101	0,00	1,12	99,02	99,27	14	0,143	0,01	0,00	95,94	96,01
15	0,094	0,24	0,00	99,25	99,27	15	0,141	1,82	0,00	97,77	96,01
16	0,084	0,44	0,00	99,70	99,27	16	0,139	0,00	1,90	97,77	97,91
17	0,082	0,00	0,57	99,70	99,83	17	0,128	0,23	0,00	98,00	97,91
18	0,076	0,13	0,00	99,83	99,83	18	0,123	0,00	0,14	98,00	98,05
19	0,075	0,13	0,00	99,96	99,83	19	0,123	0,01	0,00	98,01	98,05
20	0,073	0,00	0,17	99,96	100,00	20	0,106	0,94	0,00	98,95	98,05
21	0,067	0,04	0,00	100,00	100,00	21	0,105	0,00	1,05	98,95	99,10

Şekil A.1 : Aynı deprem kuvvetli modellerin X doğrultusundaki gerilme konturları

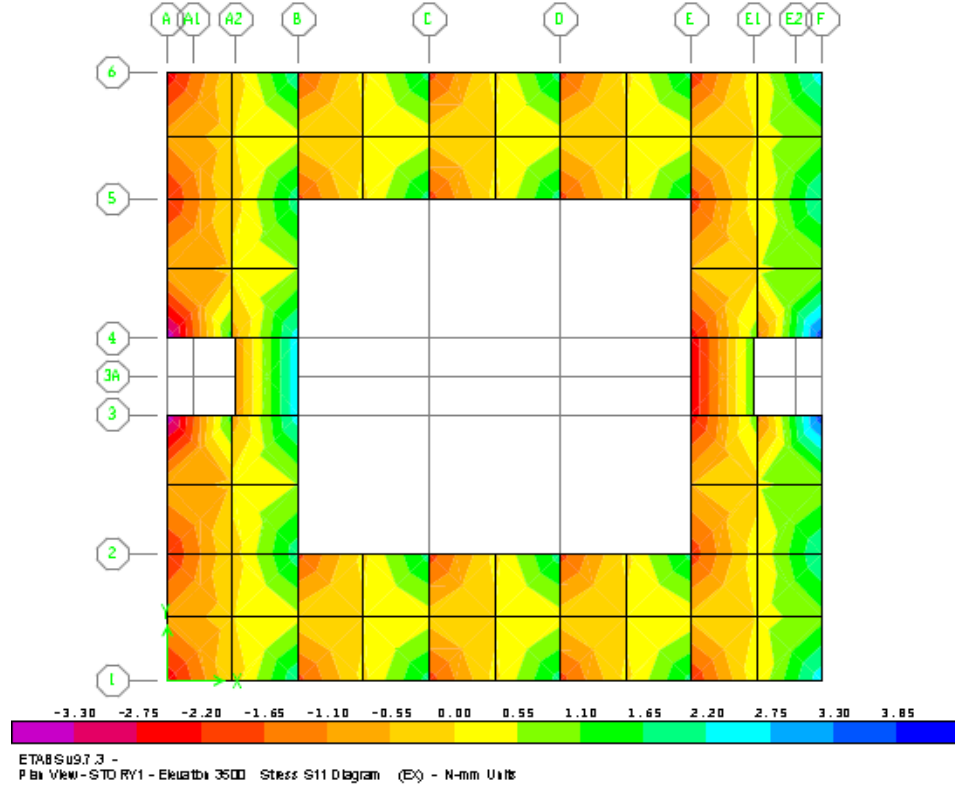


a) Y-1

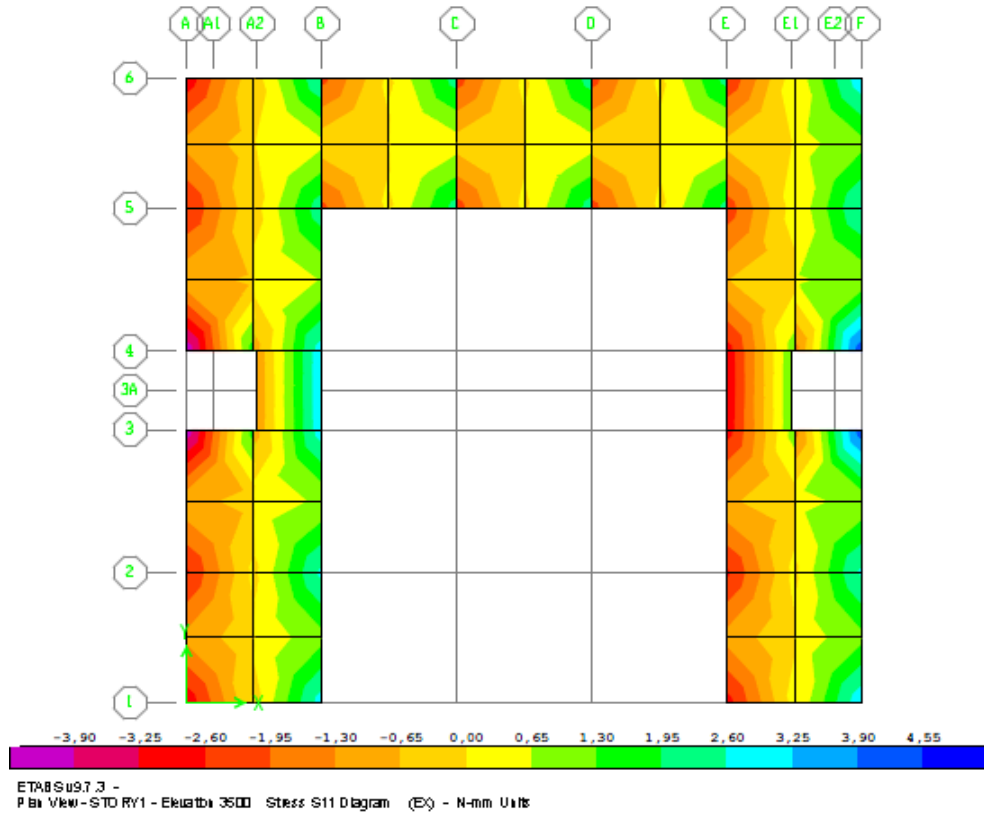


b) Y-2

Şekil A.2 : Aynı deprem kuvvetli modellerin X doğrultusundaki gerilme konturları

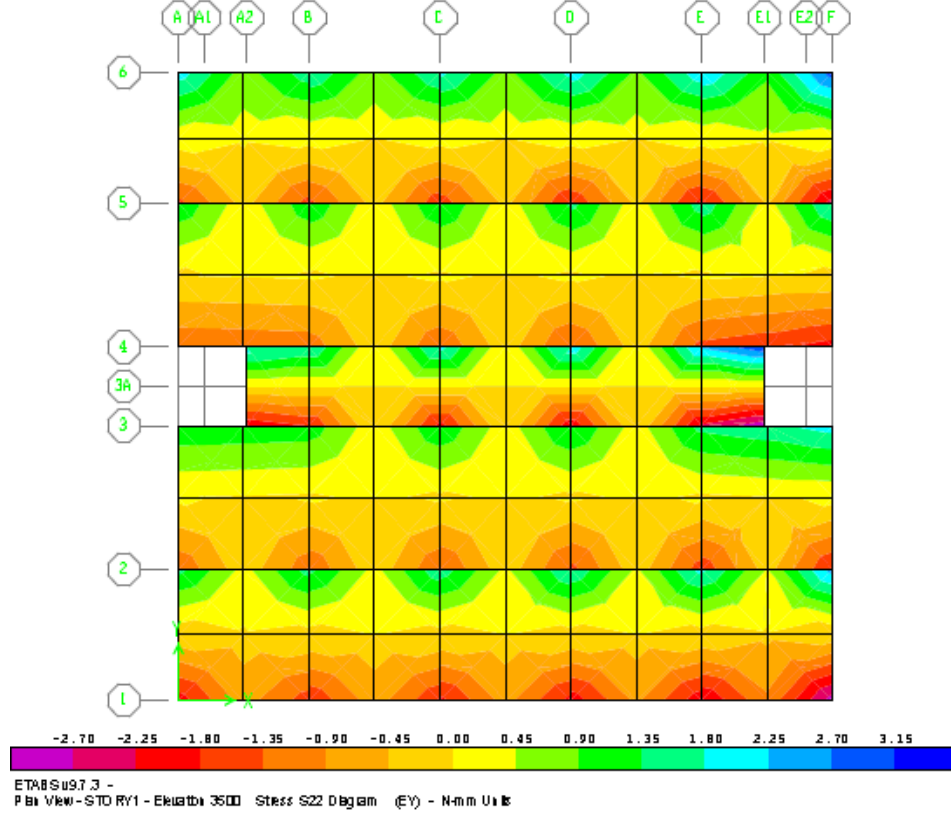


c) Y-3

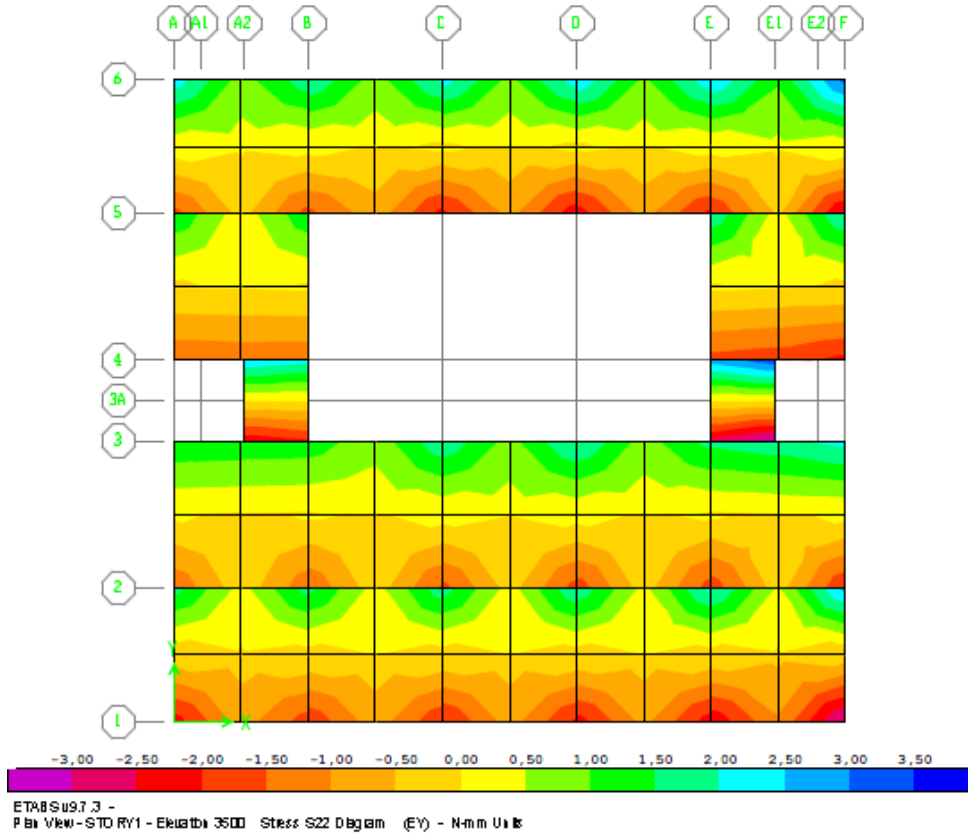


d) Y-4

Şekil A.3 : Aynı deprem kuvvetli modellerin Y doğrultusundaki gerilme konturları

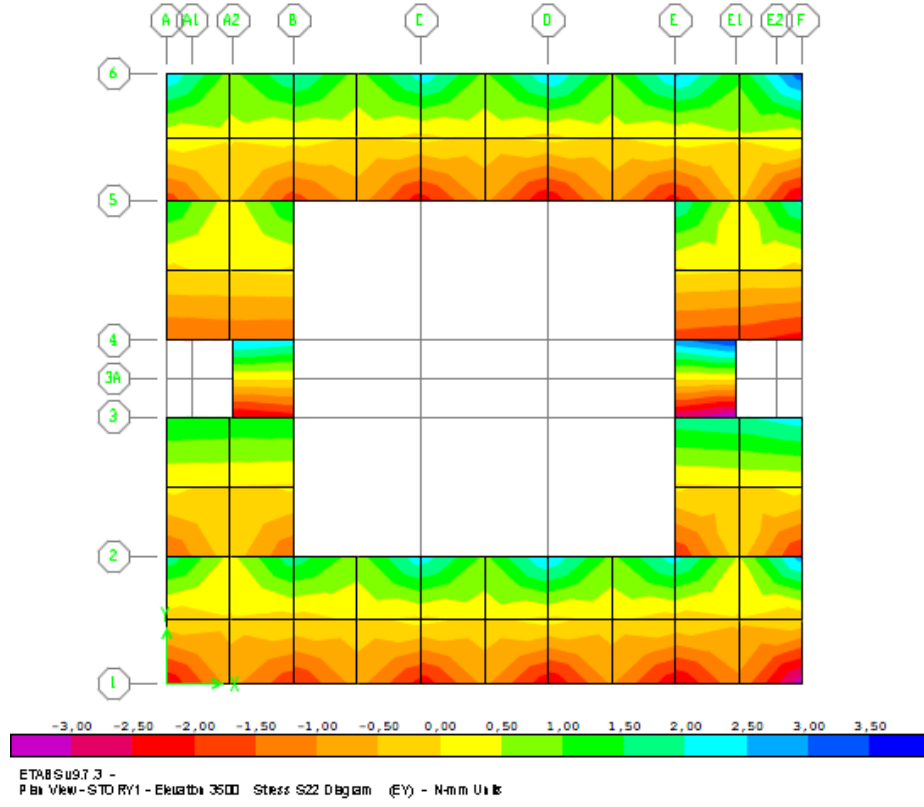


a) Y-1

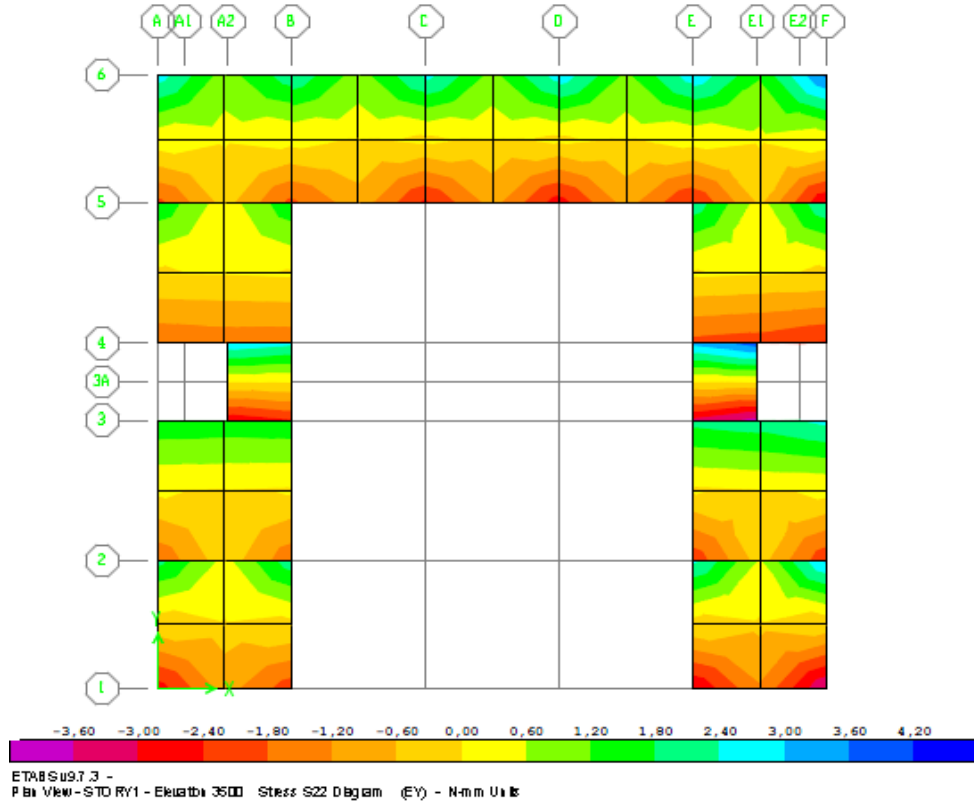


b) Y-2

Şekil A.4 : Aynı deprem kuvvetli modellerin Y doğrultusundaki gerilme konturları

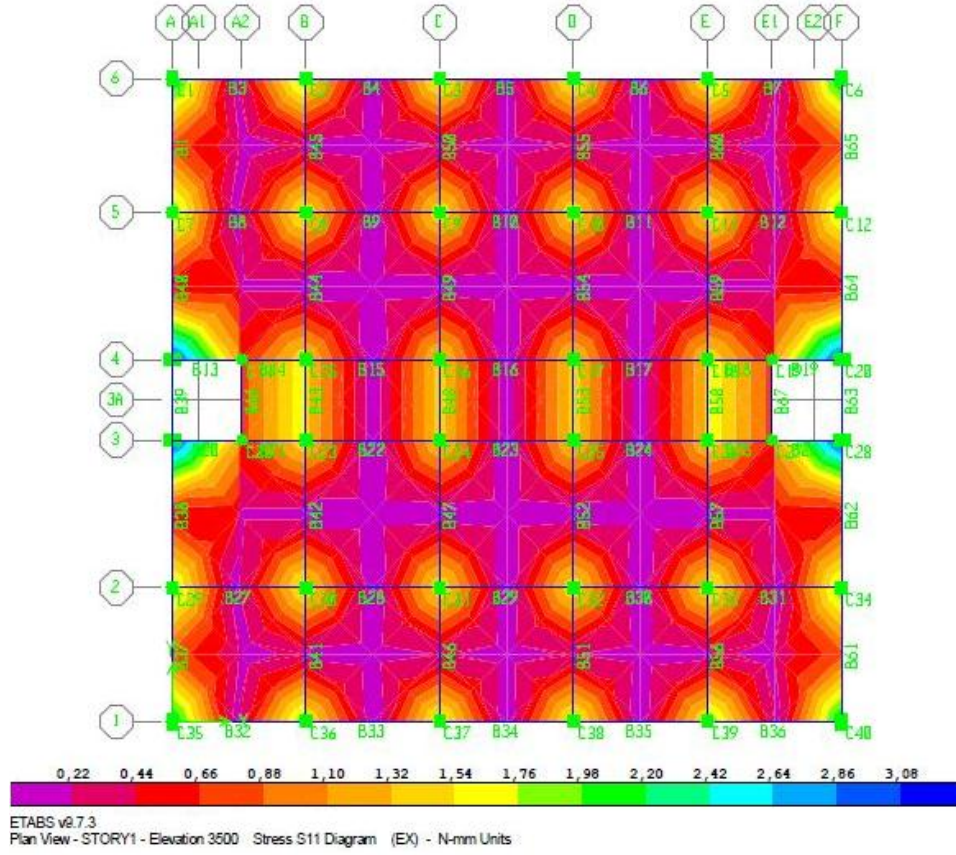


c) Y-3

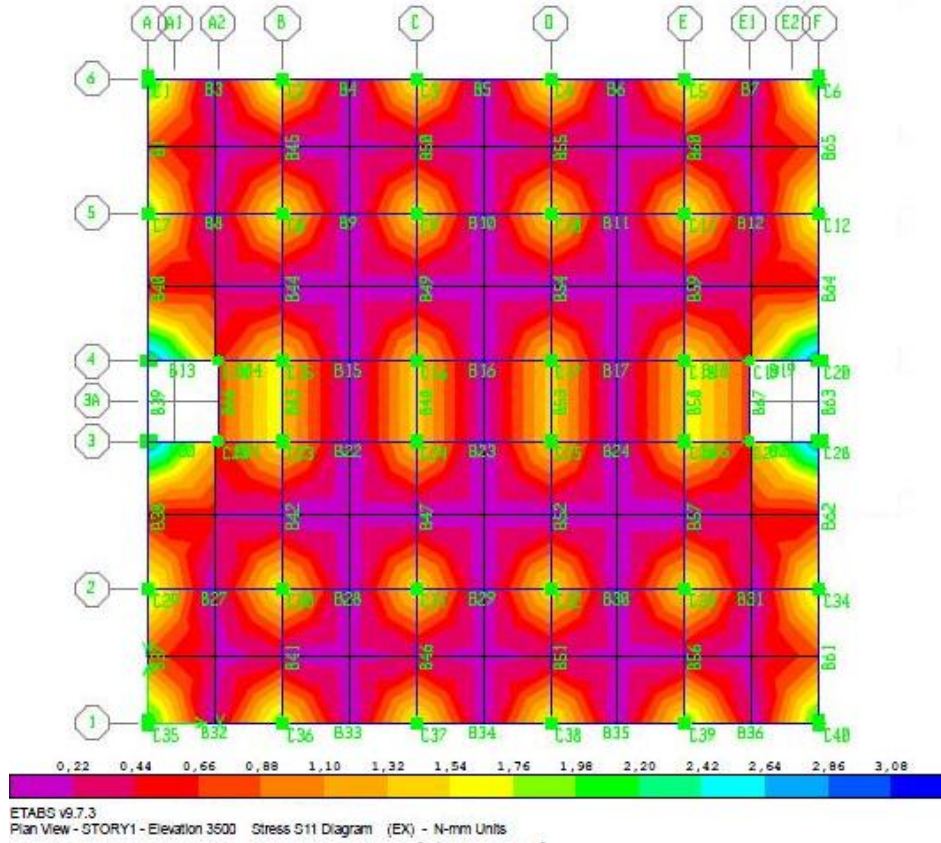


d) Y-4

Şekil B.1 : Deprem X doğrultulu Y-1 modeli döşeme gerilmeleri konturları

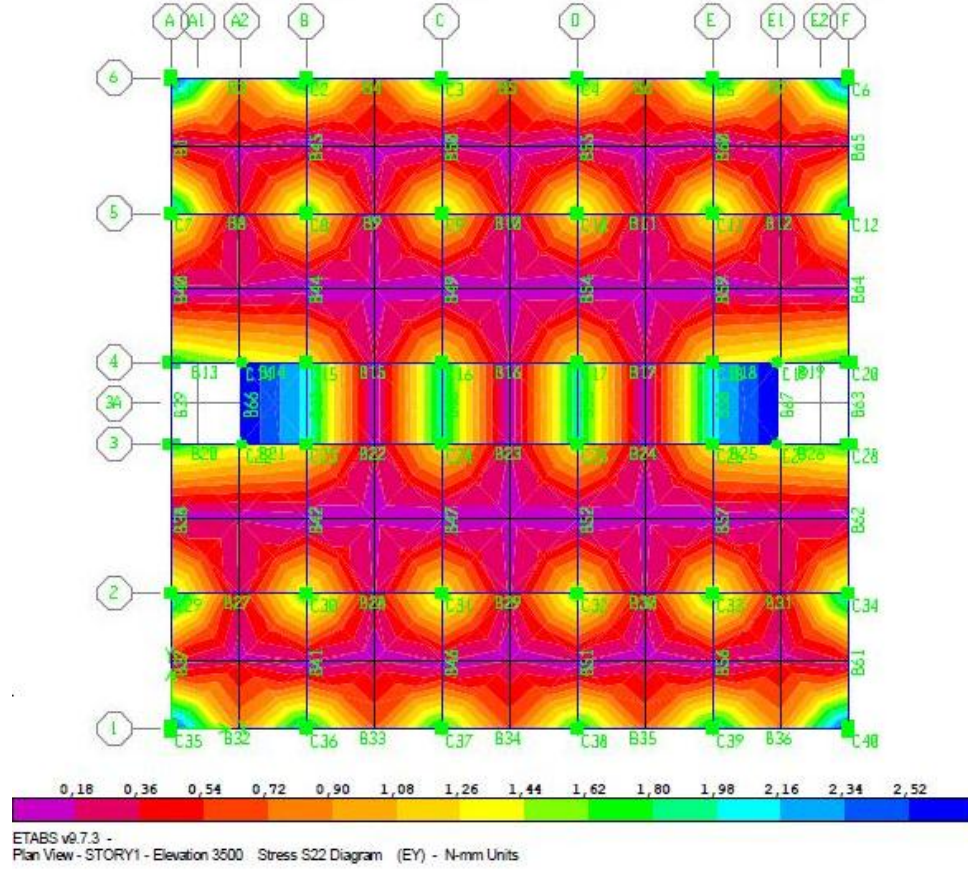


a) Y-1.a

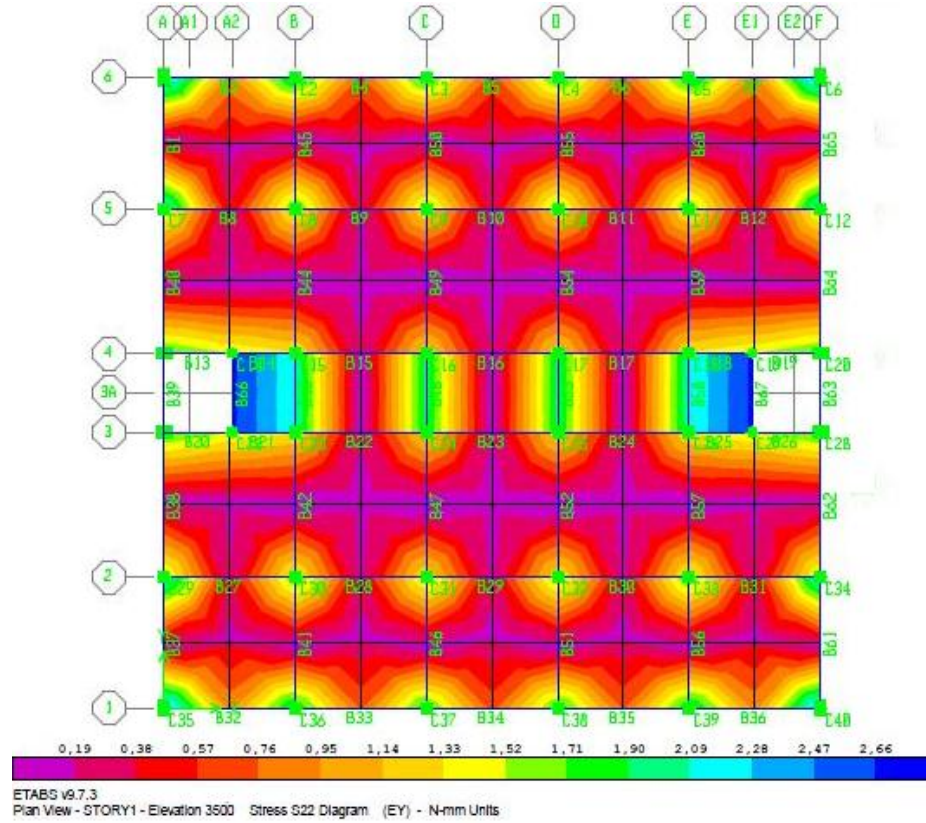


b) Y-1.b

Şekil B.2 : Deprem Y doğrultulu Y-1 modeli döşeme gerilmeleri konturları

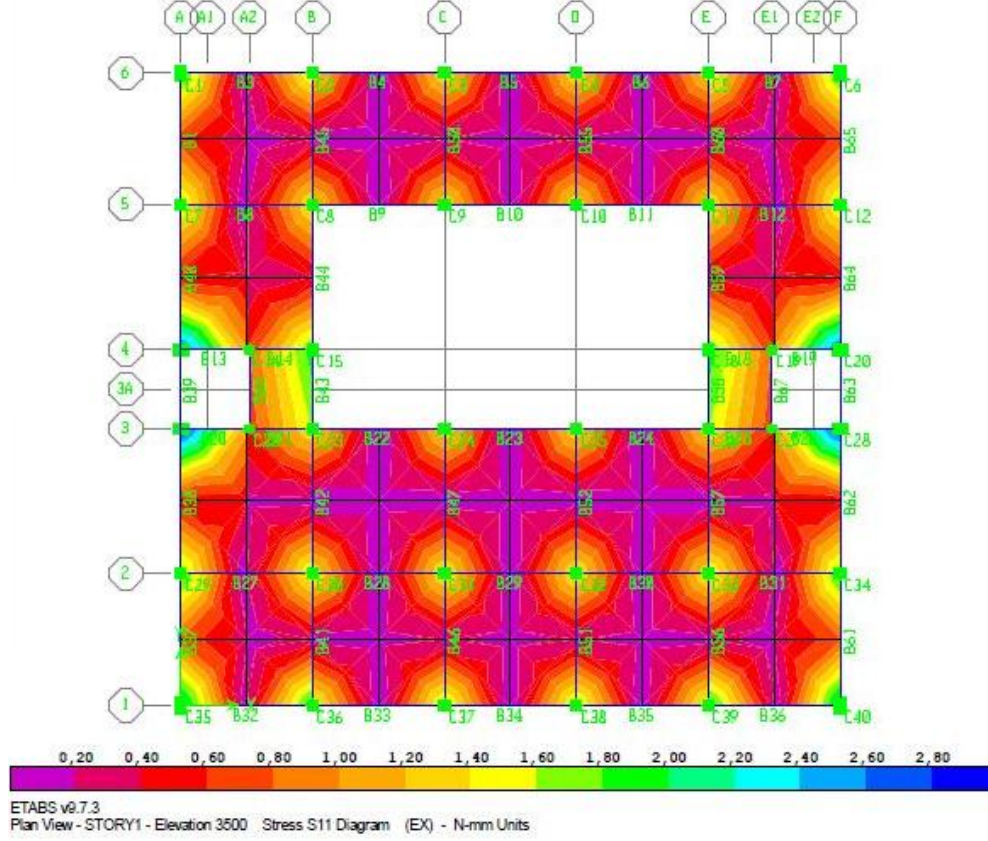


a) Y-1.a

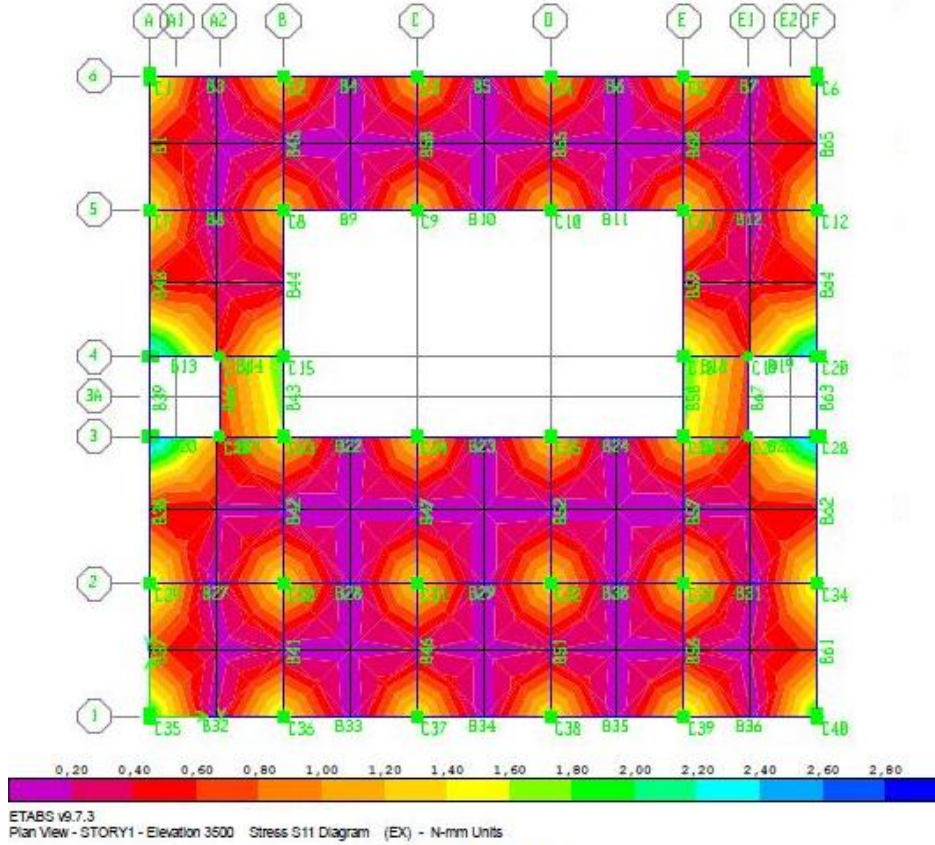


b) Y-1.b

Şekil B.3 : Deprem X doğrultulu Y-2 modeli döşeme gerilmeleri konturları

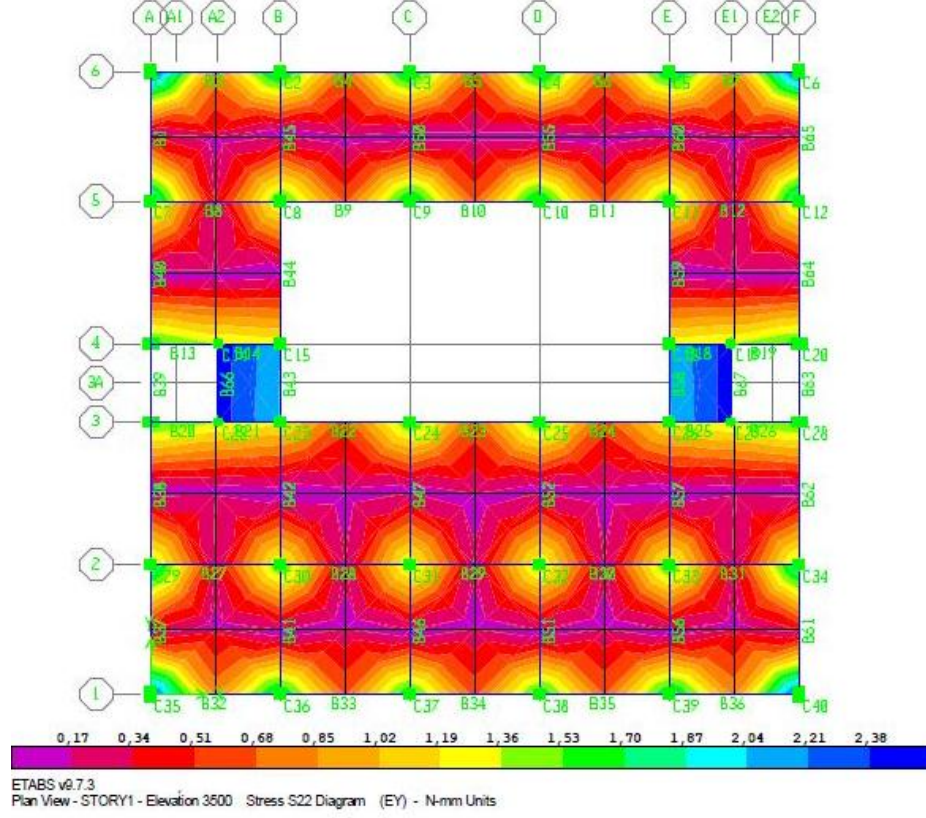


a) Y-2.a

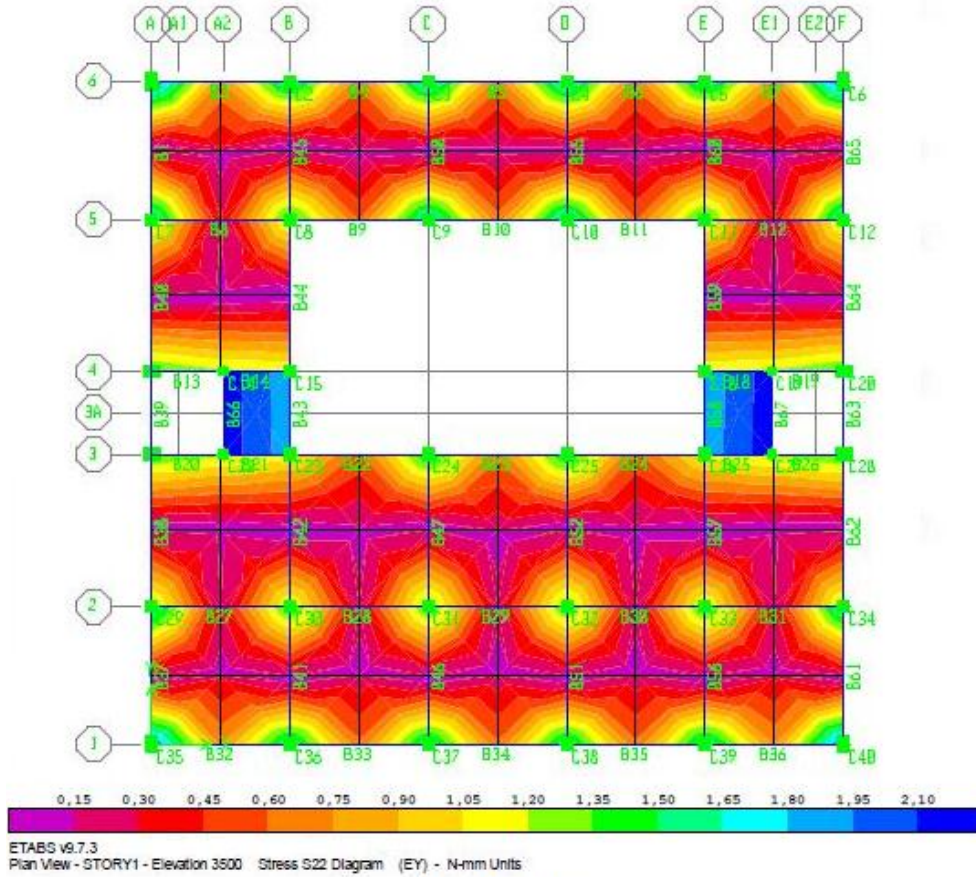


b) Y-2.b

Şekil B.4 : Deprem Y doğrultulu Y-2 modeli döşeme gerilmeleri konturları

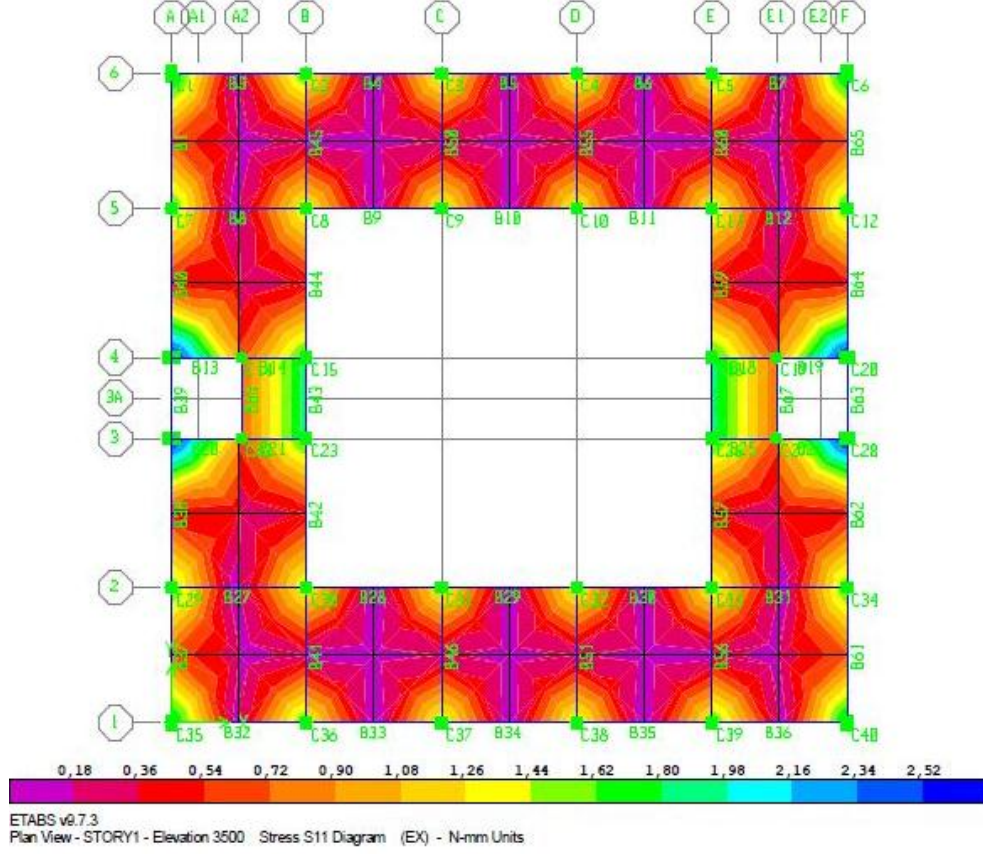


a) Y-2.a

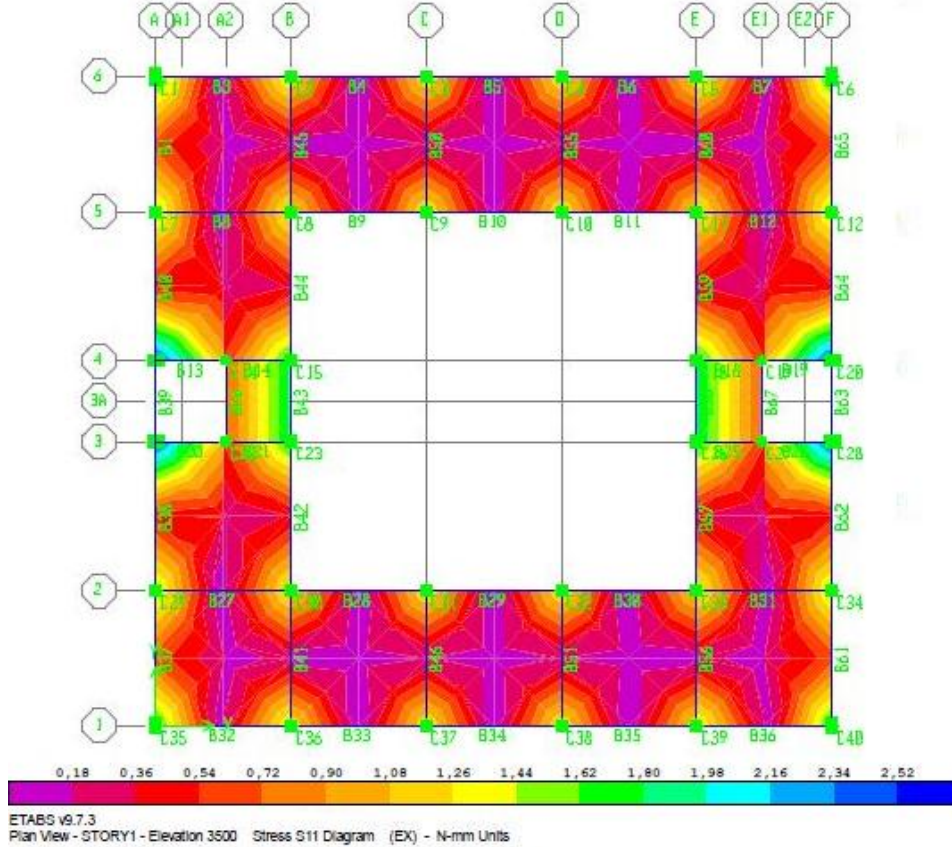


b) Y-2.b

Şekil B.5 : Deprem X doğrultulu Y-3 modeli döşeme gerilmeleri konturları

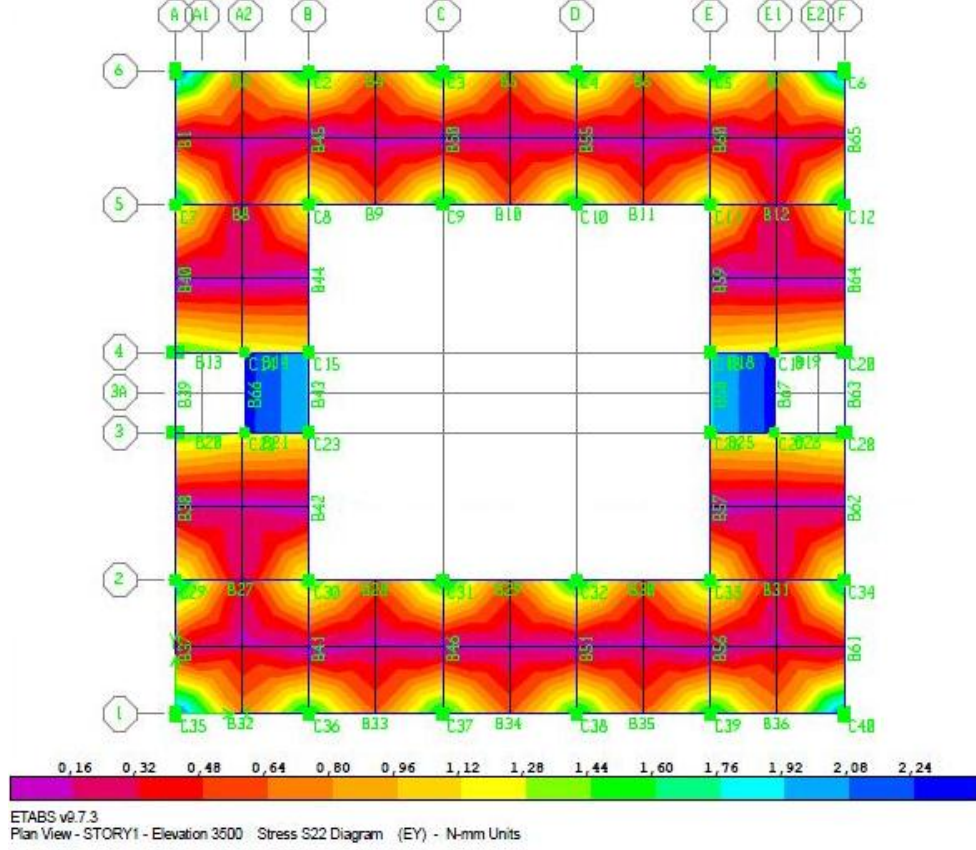


a) Y-3.a

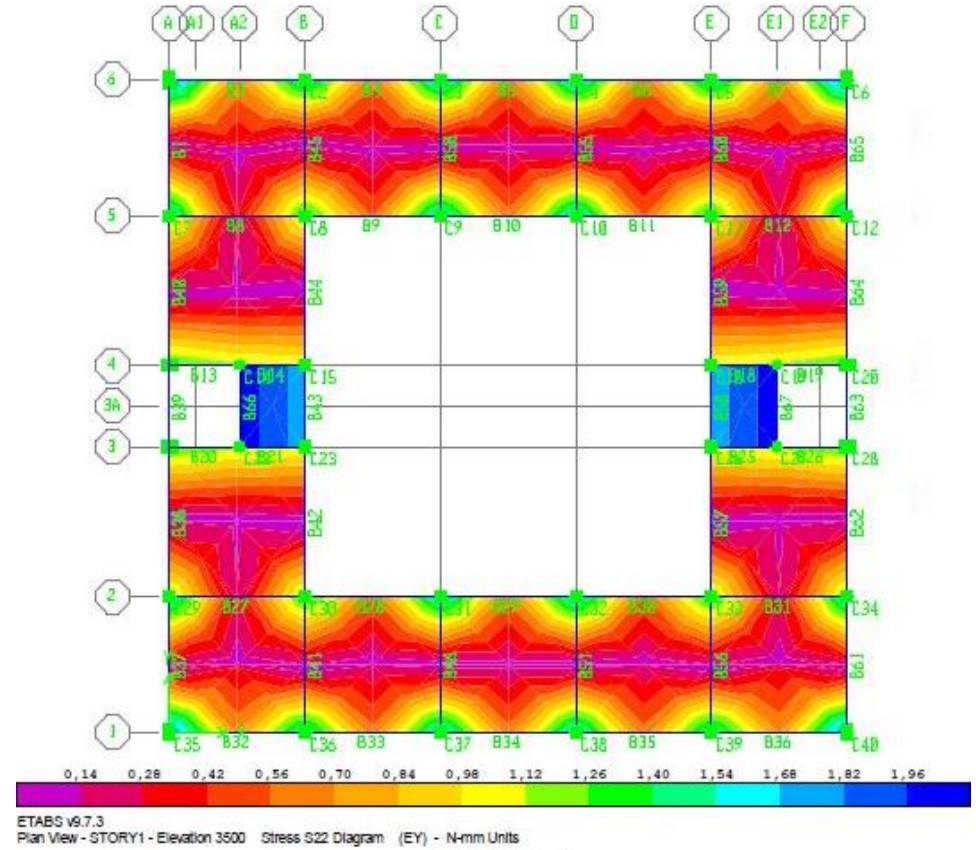


b) Y-3.b

Şekil B.6 : Deprem Y doğrultulu Y-3 modeli döşeme gerilmeleri konturları

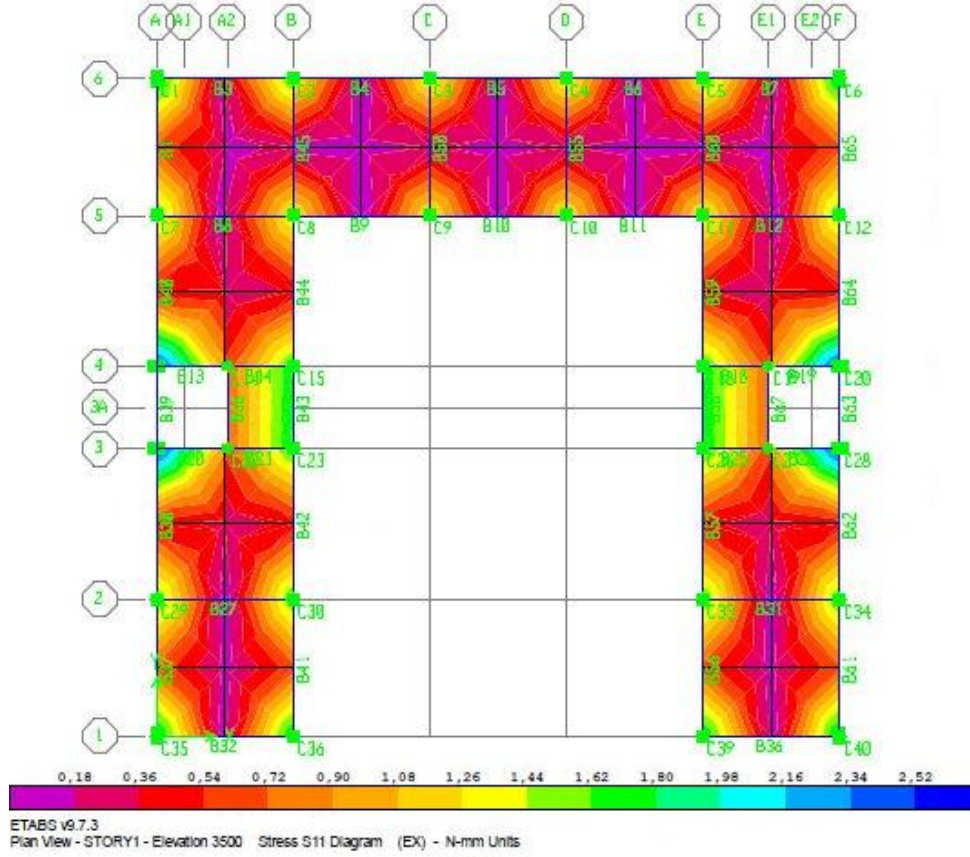


a) Y-3.a

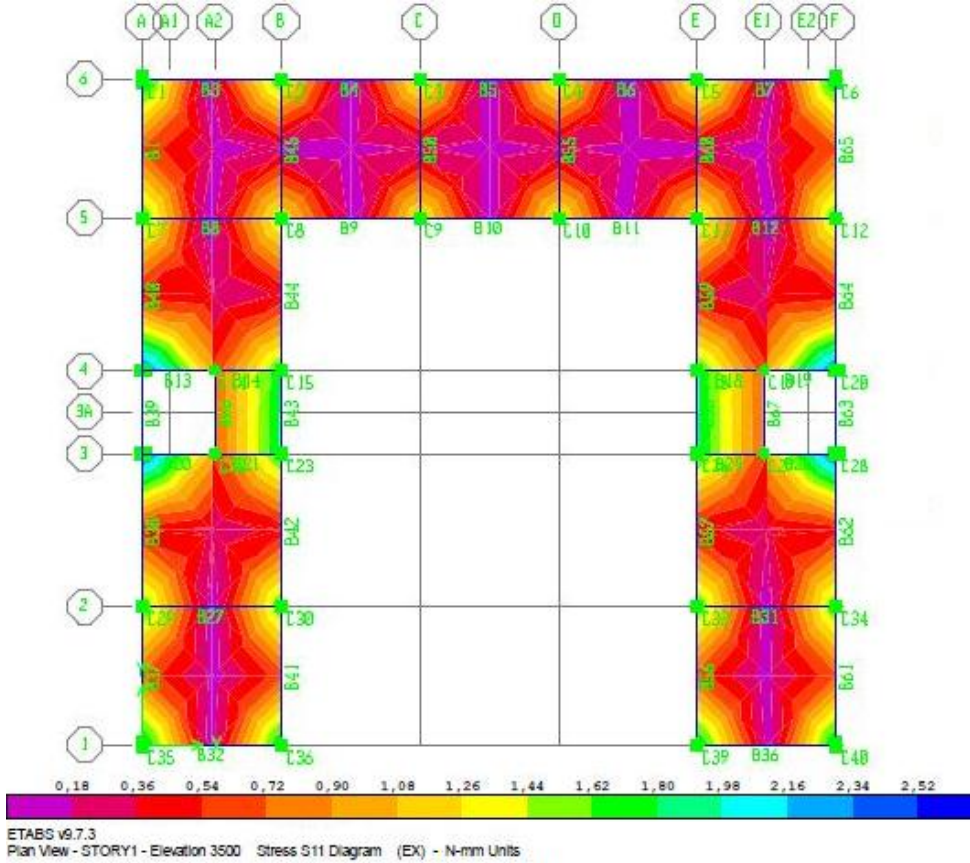


b) Y-3.b

Şekil B.7 : Deprem X doğrultulu Y-4 modeli döşeme gerilmeleri konturları

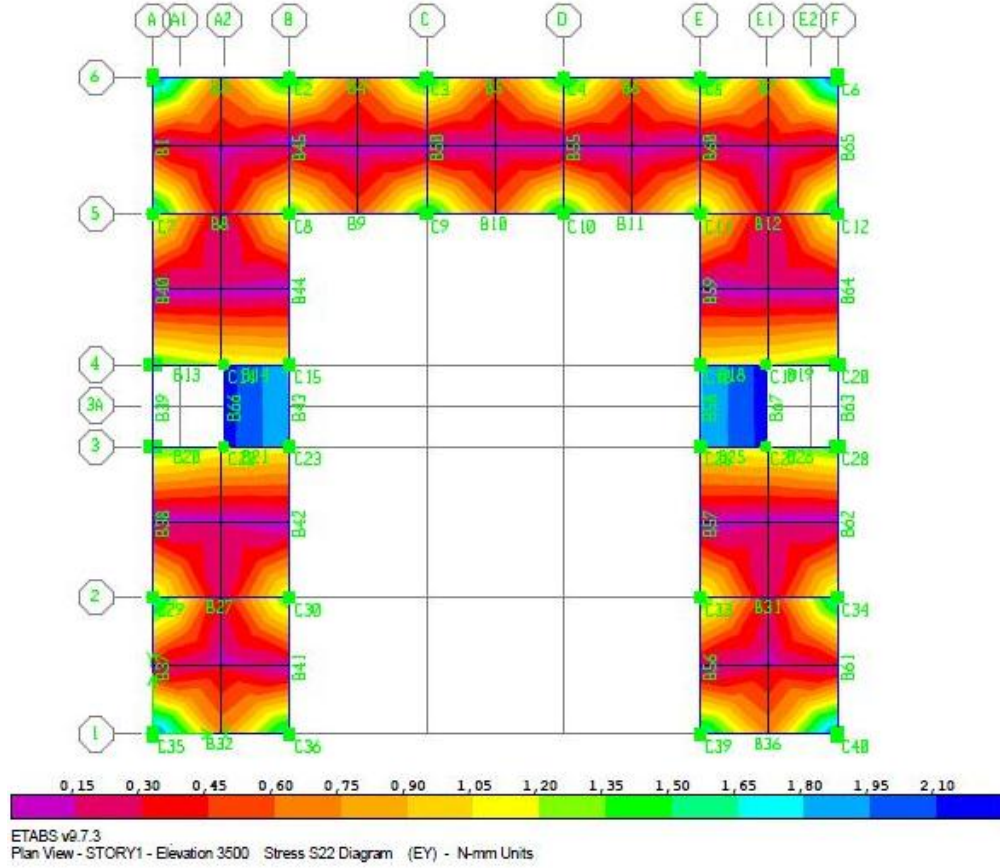


a) Y-4.a

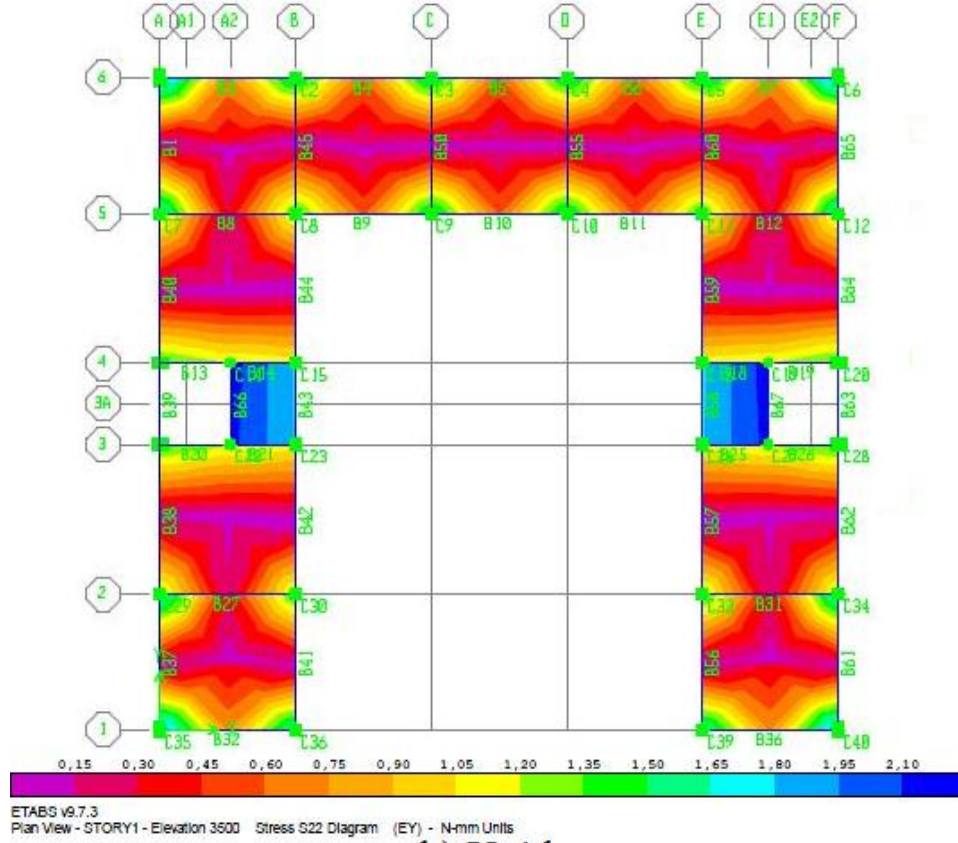


b) Y-4.b

Şekil B.6 : Deprem Y doğrultulu Y-4 modeli döşeme gerilmeleri konturları



a) Y-4.a



b) Y-4.b

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Anıl KUTLU

Doğum Yeri ve Tarihi: Tarsus / 31.10.1988

Adres: Hekimoğlu Ali Paşa Cad. Koca Yusuf Sok. No:10/2 KocaM.P./ İst.

E-Posta: anlkutlu@msn.com

Lisans: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

Mesleki Deneyim: Mayıs 2011- DOKOSA İnşaat Ltd. Şti.