

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PLANDA ÇIKINTI DÜZENSİZLİĞİNE SAHİP BETONARME YAPILARIN
DEPREM DAVRANIŞININ İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Özgen ALGÜL

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL

OCAK 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PLANDA ÇIKINTI DÜZENSİZLİĞİNE SAHİP BETONARME YAPILARIN
DEPREM DAVRANIŞININ İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Özgen ALGÜL
(501111048)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL

22 Ocak 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501111048 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Özgen ALGÜL**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **“PLANDA ÇIKINTI DÜZENSİZLİĞİNE SAHİP BETONARME YAPILARIN DEPREM DAVRANIŞININ İNCELENMESİ”** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

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

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Metin AYDOĞAN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Ali KOÇAK
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **15 Aralık 2014**
Savunma Tarihi : **22 Ocak 2015**

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans tez çalışmam sırasında bilgisiyle bana yol gösteren, en basit konularda bile hoşgörüyü sorularımı cevaplayan, her zaman ilgili olan tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Tülay Aksu ÖZKUL' a, Yüksek Lisans eğitimimde katkıları bulunan değerli İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Öğretim Üyelerine teşekkür ederim. Hayatım boyunca yanımda olan, maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Aralık 2014

Özgen ALGÜL
(İnşaat Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
SEMBOL LİSTESİ	xix
ÖZET.....	xxii
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	1
1.2 Konuyla İlgili Yapılmış Çalışmalar	2
2. TAŞIYICI SİSTEM DÜZENSİZLİKLERİ.....	5
2.1 Planda Düzensizlik Durumları	5
2.1.1 A1- Burulma düzensizliği	5
2.1.2 A2- Döşeme süreksizlikleri.....	7
2.1.3 A3 - Planda çıkıntılar bulunması	8
2.2 Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları.....	9
2.2.1 B1 - Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat).....	9
2.2.2 B2 – Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat) :	9
2.2.3 B3 – Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği	10
3. DEPREM YÜKÜ HESAP YÖNTEMLERİ	13
3.1 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	13
3.1.1 Spektral ivme katsayısının bulunması.....	14
3.1.2 Etkin yer ivmesi katsayısının bulunması	14
3.1.3 Bina önem katsayısının bulunması	14
3.1.4 Spektrum katsayısının bulunması	14
3.1.5 Elastik deprem yüklerinin azaltılması.....	16
3.1.6 Toplam eşdeğer deprem yükünün belirlenmesi	16
3.1.7 Katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin belirlenmesi.....	17
3.2 Mod Birleştirme Yöntemi	18
3.2.1 Modal spektral analiz yöntemi	18
3.2.1.1 Gözönüne alınacak dinamik serbestlik dereceleri.....	18
3.2.1.2 Hesaba katılacak yeterli titreşim modu sayısı.....	18
3.2.1.3 Mod katkılarının birleştirilmesi	19
3.2.1.4 Hesaplanan büyüklüklere ilişkin alt sınır değerleri.....	19
3.3 Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi.....	20
4. KAT DÖŞEMELERİNİN MODELLENMESİ.....	21
4.1 Kat Döşemelerinin Rijit Diyafram Olarak Modellenmesi	21
4.2 Kat Döşemelerinin Esnek Diyafram Olarak Modellenmesi.....	22
5. SAYISAL ÖRNEKLER	25
5.1 Örnek Binaların Tanımı	25

5.2 Hesaplarda İzlenen Yol	26
5.3 ÇRD ve ÇED Tip Binalar İçin Çözüm	28
5.3.1 ÇRD ve ÇED tip binalar için döşeme donatı hesabı	32
5.3.2 ÇRD tipi bina için çözüm	34
5.3.3 ÇED tipi bina için çözüm	40
5.3.4 ÇRD ve ÇED bina sistemlerinin karşılaştırılması	46
5.3.5 ÇRD ve ÇED bina sistemleri için sonuçlar	50
5.3.6 ÇRD ve ÇED binaları için taşıyıcı eleman betonarme hesapları	51
5.4 PÇRD ve PÇED Tip Binalar İçin Çözüm	56
5.4.1 PÇRD ve PÇED tipi binalar için döşeme donatı hesabı	61
5.4.2 PÇRD tipi bina için çözüm	62
5.4.3 PÇED tipi bina için çözüm	70
5.4.4 PÇRD ve PÇED bina sistemlerinin karşılaştırılması	76
5.4.5 PÇRD ve PÇED bina sistemleri için sonuçlar	85
5.4.6 PÇRD ve PÇED binaları için taşıyıcı eleman betonarme hesapları	86
5.5 Çerçeve Tipi Binanın Farklı Döşeme Kalınlığı İle Modellenmesi	91
5.5.1 ÇRD16 için çözüm	91
5.5.2 ÇED16 için çözüm	96
5.5.3 ÇRD16 ve ÇED16 bina sistemlerinin karşılaştırılması	100
5.5.4 ÇRD16 ve ÇED16 bina sistemleri için sonuçlar	104
5.5.5 Çerçeve taşıyıcı sistemli binaların karşılaştırması	105
5.6 Perde + Çerçeve Tipi Binanın Farklı Döşeme Kalınlığı ile Modellenmesi	106
5.6.1 PÇRD16 tipi bina için çözüm	107
5.6.2 PÇED16 tipi bina için çözüm	112
5.6.3 PÇRD16 ve PÇED16 bina sistemlerinin karşılaştırılması	117
5.6.4 PÇRD16 ve PÇED16 binaları için sonuçlar	126
5.6.5 Perde + Çerçeve taşıyıcı sistemli binaların karşılaştırması	127
6. DEPREM YÜKÜ ALTINDA DÖŞEME GERİLMELERİ	131
6.1 Çerçeve Taşıyıcı Sisteme Sahip Binada Döşeme Gerilmeleri	131
6.1.1 12 cm döşeme kalınlığı ile modellenmesi	131
6.1.2 14 cm döşeme kalınlığı ile modellenmesi	134
6.1.3 16 cm döşeme kalınlığı ile modellenmesi	137
6.1.4 Çerçeve taşıyıcı sistemde sonuçlar	140
6.2 Perde + Çerçeve Taşıyıcı Sisteme Sahip Yapıda Döşeme Gerilmeleri	142
6.2.1 12 cm döşeme kalınlığı ile modellenmesi	143
6.2.2 14 cm döşeme kalınlığı ile modellenmesi	146
6.2.3 16 cm döşeme kalınlığı ile modellenmesi	149
6.2.4 Perde + Çerçeve taşıyıcı sistemde sonuçlar	152
7. SONUÇLAR	155
8. KAYNAKLAR	163
ÖZGEÇMİŞ	165

KISALTMALAR

DBYBHY : Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik

CQC : Tam Karesel Birleştirme

SRSS : Karelerin Toplamının Kare Kökü Kuralı

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1 :Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar	13
Çizelge 3.2 :DBYBHY 2007' ye göre etkin yer ivmesi katsayısı (A_0).	14
Çizelge 3.3 :Bina önem katsayısı (I)	15
Çizelge 3.4 :Spektrum karakteristik periyotları.....	15
Çizelge 3.5 :Taşıyıcı sistem davranış katsayısı.	16
Çizelge 3.6 :Hareketli yük katılım katsayısı.....	17
Çizelge 5.1 :Bina sistemleri kısaltmaları.	27
Çizelge 5.2 :ÇRD ve ÇED tipi binaların kat ağırlık ve kütleleri.	28
Çizelge 5.3 :ÇRD ve ÇED tip binaların kolon ön boyutları.	30
Çizelge 5.4 :ÇRD ve ÇED tipi bina döşeme sisteminin açıklık momentleri, donatı boyut ve aralıkları.	32
Çizelge 5.5 :ÇRD ve ÇED tipi bina döşeme sisteminin mesnet momentleri, donatı boyut ve aralıkları.	33
Çizelge 5.6 :ÇRD binasına etkiyen kat kesme kuvvetleri.	36
Çizelge 5.7 :ÇRD binasında katlara etkiyen kuvvetler ve ek burulma momentleri.	36
Çizelge 5.8 :Deprem hesabında kullanılan kombinasyonlar.	37
Çizelge 5.9 :ÇRD binasında Comb 4 yüklemesi için burulma düzensizliği kontrolü.	37
Çizelge 5.10 :ÇRD binasında Comb 4 yüklemesi için yumuşak kat , görelî kat ötelemesi ve ikinci mertebe etkileri kontrolü.....	38
Çizelge 5.11 :ÇRD binasında büyütme katsayısı ve ek dışmerkezlik değerleri.	38
Çizelge 5.12 :ÇRD binasında katlara etkiyen kuvvetler ve büyütülen dış merkezlikli ek burulma momentleri.	39
Çizelge 5.13 :ÇRD binasında kolon uçlarında oluşan maksimum moment ve maksimum kesme kuvveti değerleri.	39
Çizelge 5.14 :ÇED binasına etkiyen kat kesme kuvvetleri.....	43
Çizelge 5.15 :ÇED binasında katlara etkiyen kuvvetler ve ek burulma momentleri.	43

Çizelge 5.16 : ÇED binasında Comb 4 yüklemesi için burulma düzensizliği kontrolü.	43
Çizelge 5.17 : ÇED binasında Comb 4 yüklemesi için yumuşak kat, görel kat ötelemesi ve ikinci merteb etkileri kontrolü.	44
Çizelge 5.18 : ÇED binasında büyütme katsayısı ve ek dışmerkezlilik değerleri.	44
Çizelge 5.19 : ÇED binasında katlara etkiyen kuvvetler ve büyütülen dış merkezlikli ek burulma momentleri.	45
Çizelge 5.20 : ÇED binasında kolon uçlarında oluşan maksimum moment ve maksimum kesme kuvveti değerleri.....	45
Çizelge 5.21 : ÇRD ve ÇED binalarına ait periyot değerleri.....	47
Çizelge 5.22 : ÇRD ve ÇED binalarına ait taban kesme kuvvetleri.	47
Çizelge 5.23 : ÇRD ve ÇED binalarındaki kolonların moment ve kesme kuvveti değişim yüzdeleri.	48
Çizelge 5.24 : ÇRD ve ÇED binalarındaki kolonlarda oluşan iç kuvvet değişimlerinin tüm katlar için ortalamaları.	49
Çizelge 5.25 : ÇRD binasına ait kolon donatı değerleri.	52
Çizelge 5.26 : ÇRD binasına ait kiriş donatı değerleri.	53
Çizelge 5.27 : ÇED binasında kolon donatı değerleri.	54
Çizelge 5.28 : ÇED binasına ait kiriş donatı değerleri.	55
Çizelge 5.29 : PÇRD ve PÇED binalarının kat kütle ve ağırlıkları.	58
Çizelge 5.30 : PÇRD ve PÇED binalarında perde boyutları.	58
Çizelge 5.31 : PÇRD ve PÇED binalarında kolon ön boyutları.	59
Çizelge 5.32 : PÇRD ve PÇED tipi binaların döşeme sisteminin momentleri, donatı boyut ve aralıkları.....	61
Çizelge 5.33 : PÇRD ve PÇED tipi binaların döşeme sisteminin momentleri, donatı boyut ve aralıkları.....	62
Çizelge 5.34 : PÇRD binasına ait kat kesme kuvvetleri.	65
Çizelge 5.35 : PÇRD binasına ait kat kuvvetleri ve ek burulma momentleri.	66
Çizelge 5.36 : PÇRD binasında Comb 4 yüklemesi için burulma düzensizliği kontrolü.	66
Çizelge 5.37 : PÇRD binasında Comb 4 yüklemesi için yumuşak kat , görel kat ötelemesi ve ikinci merteb etkileri kontrolü.	67
Çizelge 5.38 : PÇRD binasında büyütme katsayısı ve ek dışmerkezlilik değerleri.....	67
Çizelge 5.39 : PÇRD binasında kat kuvvetleri ve düzeltme uygulanmış moment değerleri.....	68

Çizelge 5.40 :PÇRD binasında kolon uçlarında oluşan maksimum moment ve maksimum kesme kuvveti değerleri.	68
Çizelge 5.41 :PÇRD binasında perde uçlarında oluşan moment ve kesme kuvveti değerleri.....	69
Çizelge 5.42 :PÇED binasına ait kat kesme kuvvetleri.	72
Çizelge 5.43 :PÇED binasına ait kat kuvvetleri ve ek burulma momentleri.	73
Çizelge 5.44 :PÇED binasında Comb 4 yüklemesi için burulma düzensizliği kontrolü.	73
Çizelge 5.45 :PÇED binasında Comb 4 yüklemesi için yumuşak kat, göreceli kat ötelemesi ve ikinci mertebeye etkileri kontrolü.....	74
Çizelge 5.46 :PÇED binasında büyütme katsayısı ve ek dışmerkezlilik değerleri.....	74
Çizelge 5.47 :PÇED binasında kat kesme kuvvetleri ve düzeltilmiş katsayılı moment değerleri.	75
Çizelge 5.48 :PÇED binasında kolon uçlarında oluşan maksimum moment ve maksimum kesme kuvveti değerleri.	75
Çizelge 5.49 :PÇED binasında perdelerde oluşan moment ve kesme kuvveti değerleri.....	77
Çizelge 5.50 :PÇRD ve PÇED binalarına ait periyot değerleri.	78
Çizelge 5.51 :PÇRD ve PÇED binalarına ait taban kesme kuvvetleri.	78
Çizelge 5.52 :PÇRD ve PÇED binalarındaki kolonların moment ve kesme kuvveti değişim yüzdeleri.	79
Çizelge 5.53 :PÇRD ve PÇED binalarında kolonlarda oluşan ortalama değişim yüzdeleri.....	80
Çizelge 5.54 :PÇRD ve PÇED binalarının perde iç kuvvetleri değişim yüzdeleri....	82
Çizelge 5.55 :Perde iç kuvvetleri ortalama yüzde değerleri.	83
Çizelge 5.56 :PÇRD binasına ait kolon donatı tablosu.....	86
Çizelge 5.57 :PÇRD binasına ait kiriş donatı değerleri.	87
Çizelge 5.58 :PÇRD binasındaki perde uç bölgeleri donatı tablosu.....	88
Çizelge 5.59 :PÇED binasındaki kolon donatı tablosu.....	88
Çizelge 5.60 :PÇED binasına ait kiriş donatı değerleri.	89
Çizelge 5.61 :PÇED binasındaki perde uç bölgeleri donatı tablosu.....	90
Çizelge 5.62 :Bina sistemleri kısaltmaları.	91
Çizelge 5.63 :ÇRD16 binasına etkiyen kat kesme kuvvetleri.	92
Çizelge 5.64 :ÇRD16 binasında katlara etkiyen kuvvetler ve ek burulma momentleri.	92

Çizelge 5.65 : ÇRD16 binasında Comb 4 yüklemesi için burulma düzensizliği kontrolü.	93
Çizelge 5.66 : ÇRD16 binasında Comb 4 yüklemesi için yumuşak kat, görel kat ötelemesi ve ikinci mertebe etkileri kontrolü.	93
Çizelge 5.67 : ÇRD16 binasında büyütme katsayısı ve ek dışmerkezlik değerleri. ...	94
Çizelge 5.68 : ÇRD16 binasında katlara etkiyen kuvvetler ve momentleri.....	94
Çizelge 5.69 : ÇRD16 binasında kolon uçlarında oluşan maksimum moment ve maksimum kesme kuvveti değerleri.....	94
Çizelge 5.70 : ÇED16 binasına etkiyen kat kesme kuvvetleri.....	96
Çizelge 5.71 : ÇED16 binasında katlara etkiyen kuvvetler ve ek momentleri.	97
Çizelge 5.72 : ÇED16 binasında Comb 4 yüklemesi için burulma düzensizliği kontrolü.	97
Çizelge 5.73 : ÇED16 binasında Comb 4 yüklemesi için yumuşak kat, görel kat ötelemesi ve ikinci mertebe etkileri kontrolü.	97
Çizelge 5.74 : ÇED16 binasında büyütme katsayısı ve ek dışmerkezlik değerleri. ...	98
Çizelge 5.75 : ÇED16 binasında katlara etkiyen kuvvetler ve momentleri.....	98
Çizelge 5.76 : ÇED16 binasında kolon uçlarında oluşan maksimum moment ve maksimum kesme kuvveti değerleri.....	99
Çizelge 5.77 : ÇRD16 ve ÇED16 binalarına ait periyot değerleri.....	100
Çizelge 5.78 : ÇRD16 ve ÇED16 binalarına ait taban kesme kuvvetleri.	100
Çizelge 5.79 : ÇRD16 ve ÇED16 binalarındaki kolonların moment ve kesme kuvveti değişim yüzdeleri.	101
Çizelge 5.80 : ÇRD16 ve ÇED16 binalarında kolonlarda oluşan ortalama değişim yüzdeleri.	102
Çizelge 5.81 : Bina sistemleri kısaltmaları.	107
Çizelge 5.82 : PÇRD16 binasına ait kat kesme kuvvetleri.	108
Çizelge 5.83 : PÇRD16 binasına ait kat kuvvetleri ve ek burulma momentleri.	108
Çizelge 5.84 : PÇRD16 binasında Comb 4 yüklemesi için burulma düzensizliği kontrolü.	109
Çizelge 5.85 : PÇRD16 binasında Comb 4 yüklemesi için yumuşak kat,görel kat ötelemesi ve ikinci mertebe etkileri kontrolü.	109
Çizelge 5.86 : PÇRD16 binasında büyütme katsayısı ve ek dışmerkezlik değerleri.	110
Çizelge 5.87 : PÇRD16 binasında kat kuvvetleri ve düzeltme uygulanmış moment değerleri.....	110

Çizelge 5.88	:PÇRD16 binasında kolon uçlarında oluşan maksimum moment ve maksimum kesme kuvveti değerleri.	111
Çizelge 5.89	:PÇRD16 binasında perde uçlarında oluşan moment ve kesme kuvveti değerleri.....	112
Çizelge 5.90	:PÇED16 binasına ait kat kesme kuvvetleri.	113
Çizelge 5.91	:PÇED16 binasına ait kat kuvvetleri ve ek burulma momentleri.	114
Çizelge 5.92	:PÇED16 binasında Comb4 yüklemesi için burulma düzensizliği kontrolü.	114
Çizelge 5.93	:PÇED16 binasında Comb4 yüklemesi için yumuşak kat, görelî kat ötelemesi ve ikinci mertbe etkileri kontrolü.....	115
Çizelge 5.94	:PÇED16 binasında büyütme katsayısı ve ek dışmerkezlik değerleri.....	115
Çizelge 5.95	:PÇED binası kat kuvvetleri ve düzeltme uygulanmış moment değerleri.....	116
Çizelge 5.96	:PÇED16 binasında kolon uçlarında oluşan maksimum moment ve maksimum kesme kuvveti değerleri.....	116
Çizelge 5.97	:PÇED16 binasında perde uçlarında oluşan moment ve kesme kuvveti değerleri.....	118
Çizelge 5.98	:PÇRD16 ve PÇED16 binalarına ait periyot değerleri.	119
Çizelge 5.99	:PÇRD16 ve PÇED16 binalarına ait taban kesme kuvvetleri.	119
Çizelge 5.100	:PÇRD16 ve PÇED16 binalarındaki kolonların moment ve kesme kuvveti değişim yüzdeleri.	119
Çizelge 5.101	:PÇRD16 ve PÇED16 binalarındaki kolonlarda oluşan ortalama değişim yüzdeleri.	121
Çizelge 5.102	:PÇRD16 ve PÇED16 binalarının perde iç kuvvetleri değişim yüzdeleri.....	123
Çizelge 5.103	:PÇRD16 ve PÇED16 binalarındaki perde iç kuvvetleri ortalama değerleri.....	124
Çizelge 6.1	:Çerçeve sistemli binanın kat döşemelerinde oluşan maksimum gerilme değerleri ($h_f=12$ cm).	132
Çizelge 6.2	:Rijit diyafram ve esnek diyafram yaklaşımı ile çerçeve tipi binada zemin katta kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerleri ($h_f=12$ cm).	134
Çizelge 6.3	:Her iki modelleme için kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerlerinin yüzde olarak değişimi.	134

Çizelge 6.4 :Çerçeve sistemli binanın kat döşemelerinde oluşan maksimum gerilme değerleri ($h_f=14$ cm).	135
Çizelge 6.5 :Rijit diyafram ve esnek diyafram yaklaşımı ile çerçeve tipi binada zemin katta kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerleri ($h_f=14$ cm).....	137
Çizelge 6.6 :Her iki modelleme için kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerlerinin yüzde olarak değişimi.	137
Çizelge 6.7 :Çerçeve sistemli binaların kat döşemelerinde oluşan maksimum gerilme değerleri ($h_f=16$ cm)..	138
Çizelge 6.8 :Rijit diyafram ve esnek diyafram yaklaşımı ile çerçeve tipi binada zemin katta kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerleri ($h_f=16$ cm).....	140
Çizelge 6.9 :Her iki modelleme için kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerlerinin yüzde olarak değişimi.	140
Çizelge 6.10 :Perde +Çerçeve sistemli binaların kat döşemelerinde oluşan maksimum gerilme değerleri ($h_f=12$ cm).....	143
Çizelge 6.11 :Rijit diyafram ve esnek diyafram yaklaşımı ile perde + çerçeve tipi binada belirtilen katlardaki perde-döşeme ve kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerleri ($h_f=12$ cm).	145
Çizelge 6.12 :Her iki modelleme için perde - döşeme ve kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerlerinin yüzde olarak değişimi.....	145
Çizelge 6.13 :Perde +çerçeve bina sistemlerinin kat döşemelerinde oluşan maksimum gerilme değerleri ($h_f=14$ cm).....	146
Çizelge 6.14 :Rijit diyafram ve esnek diyafram yaklaşımı ile perde+çerçeve tipi binada belirtilen katlardaki perde - döşeme ve kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerleri ($h_f=14$ cm).	148
Çizelge 6.15 :Her iki modelleme için perde-döşeme ve kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerlerinin yüzde olarak değişimi.....	148
Çizelge 6.16 :Perde + çerçeve sistemli binalarda kat döşemelerinde oluşan maksimum gerilme değerleri ($h_f=16$ cm).....	149
Çizelge 6.17 :Rijit diyafram ve esnek diyafram yaklaşımı ile perde+çerçeve tipi binada belirtilen katlardaki perde - döşeme ve kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerleri ($h_f=16$ cm).	151
Çizelge 6.18 :Her iki modelleme için perde - döşeme ve kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerlerinin yüzde olarak değişimi.....	151

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 :Burulma düzensizliği.....	6
Şekil 2.2 :A2 türü düzensizlik.	7
Şekil 2.3 :A3 türü düzensizlik.	8
Şekil 2.4 :B3 türü düzensizlikler.	11
Şekil 4.1 :Kat kütlelerinin ağırlık merkezinde toplandığı yapı modeli.	22
Şekil 5.1 :Tipik kat planı.	26
Şekil 5.2 :ÇRD ve ÇED tipi binaların tipik kat planı.	29
Şekil 5.3 :ÇRD ve ÇED tipi binalara ait 3 boyutlu model.	34
Şekil 5.4 :S10 kolonunun alt ucundaki moment değişimleri.....	49
Şekil 5.5 :S10 kolonunun üst ucundaki moment değişimleri.	50
Şekil 5.6 :S10 kolonunun kesme kuvveti değişimi.....	50
Şekil 5.7 :PÇRD ve PÇED tipi binaların tipik kat planı.....	57
Şekil 5.8 :PÇRD ve PÇED binalarının üç boyutlu modeli.	63
Şekil 5.9 :S3 kolonu Malt değişim grafiği.....	80
Şekil 5.10 :S3 kolonu Müst değişim grafiği.	81
Şekil 5.11 :S3 kolonu V değişim grafiği.	81
Şekil 5.12 :P4 perdesinin Malt değişim grafiği.	83
Şekil 5.13 :P4 perdesinin Müst değişim grafiği.	84
Şekil 5.14 :P4 perdesinin V değişim grafiği.....	84
Şekil 5.15 :S10 kolonu Malt değişim grafiği.....	103
Şekil 5.16 :S10 kolonu Müst değişim grafiği.	103
Şekil 5.17 :S10 kolonu V değişim grafiği.	104
Şekil 5.18 :S3 kolonu Malt değişim grafiği.....	121
Şekil 5.19 :S3 kolonu Müst değişim grafiği.	122
Şekil 5.20 :S3 kolonu V değişim grafiği.	122
Şekil 5.21 :P4 perdesinin Malt değişim grafiği.	124
Şekil 5.22 :P4 perdesinin Müst değişim grafiği.	125
Şekil 5.23 :P4 perdesinin V değişim grafiği.....	125

Şekil 6.1	:Rijit diyafram yaklaşımı ile zemin katta x yönündeki depremden oluşan döşeme gerilme dağılımı (hf=12cm).....	133
Şekil 6.2	:Esnek diyafram yaklaşımı zemin katta x yönündeki depremden oluşan döşeme gerilme dağılımı (hf=12 cm).....	133
Şekil 6.3	:Rijit diyafram yaklaşımı ile zemin katta y yönündeki depremden oluşan döşeme gerilme dağılımı (hf=14 cm).....	136
Şekil 6.4	:Esnek diyafram yaklaşımı ile zemin katta y yönündeki depremden oluşan döşeme gerilme dağılımı (hf=14 cm).....	136
Şekil 6.5	:Rijit diyafram yaklaşımı ile zemin katta x yönündeki depremden oluşan döşeme gerilme dağılımı (hf=16 cm).....	139
Şekil 6.6	:Esnek diyafram yaklaşımı ile zemin katta x yönündeki depremden oluşan döşeme gerilme dağılımı (hf=16 cm).....	139
Şekil 6.7	:Rijit diyafram yaklaşımı ile 5. katta x yönündeki depremden oluşan döşeme gerilme dağılımı (hf=12 cm).	144
Şekil 6.8	:Esnek diyafram yaklaşımı ile 4. katta y yönündeki depremden oluşan döşeme gerilme dağılımı (hf=12 cm).....	144
Şekil 6.9	:Rijit diyafram yaklaşımı ile 4. katta y yönündeki depremden oluşan döşeme gerilme dağılımı (hf=14 cm).	147
Şekil 6.10	:Esnek diyafram yaklaşımı ile 5. katta x yönündeki depremden oluşan döşeme gerilme dağılımı (hf=14 cm).....	147
Şekil 6.11	:Rijit diyafram yaklaşımı ile 5. katta x yönündeki depremden oluşan döşeme gerilme dağılımı (hf=16 cm).	150
Şekil 6.12	:Esnek diyafram yaklaşımı ile 4. katta y yönündeki depremden oluşan döşeme gerilme dağılımı (hf=16 cm).....	150

SEMBOL LİSTESİ

$A(T)$	: Spektral İvme Katsayısı
A_0	: Etkin Yer İvmesi Katsayısı
a_x, a_y	: Planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik doğrultudaki boyutları
ΣA_e	: Kattaki etkili kesme alanının toplamı
ΣA_g	: Kattaki göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit alanlarının toplamı
ΣA_k	: Kattaki göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel kagir dolgu duvar alanlarının toplamı
ΣA_w	: Kattaki kolon enkesit etkin gövde alanlarının toplamı
D_i	: Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminde burulma düzensizliği olan binalar için i'inci katta $\pm \%5$ ek dışmerkezliğe uygulanan büyütme katsayısı
d_{fi}	: Binanın i'inci katında F_{fi} fiktif yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
d_i	: Binanın i'inci katında deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
F_{fi}	: Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında i'inci kata etkiyen fiktif yük
F_i	: Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminde i'inci kata etkiyen eşdeğer deprem yüğü
g_i	: Binanın i'inci katındaki toplam sabit yük
H_i	: Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda i'inci katın zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen yüksekliği) [m]
H_N	: Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen toplam yükseklik) [m]
h_i	: Binanın i'inci katının kat yüksekliği
I	: Bina Önem Katsayısı
m_i	: Binanın i'inci katının kütlesi
m_{0i}	: Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalışması durumunda, binanın i'inci katının kaydırılmamış kütle merkezinden geçen düşey eksene göre kütle eylemsizlik momenti
N	: Binanın temel üstünden itibaren toplam kat sayısı
n	: Hareketli Yük Katılım Katsayısı
q_i	: Binanın i'inci katındaki toplam hareketli yük
R	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı

- $R_a(T)$** : Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
- $S(T)$** : Spektrum Katsayısı
- T** : Bina doğal titreşim periyodu [s]
- T_1** : Binanın birinci doğal titreşim periyodu [s]
- T_A, T_B** : Spektrum Karakteristik Periyotları [s]
- T_r, T_s** : Binanın r'inci ve s'inci doğal titreşim periyotları [s]
- V_i** : Gözönüne alınan deprem doğrultusunda binanın I'inci katına etki eden kat kesme kuvveti
- V_t** : Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminde gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yüğü (taban kesme kuvveti)
- W** : Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
- w_i** : Binanın i'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı
- Δ_i** : Binanın i'inci katındaki görelî kat ötelemesi
- $(\Delta_i)_{\max}$** : Binanın i'inci katındaki maksimum görelî kat ötelemesi
- $(\Delta_i)_{\text{ort}}$** : Binanın i'inci katındaki ortalama görelî kat ötelemesi
- ΔF_N** : Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yüğü
- η_{bi}** : i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı
- η_{ci}** : i'inci katta tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı
- η_{ki}** : i'inci katta tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı

PLANDA ÇIKINTI DÜZENSİZLİĞİNE SAHİP BETONARME YAPILARIN DEPREM DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

ÖZET

Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007' de belirtilen A3- Planda Çıkıntı Düzensizliği' ne sahip binaların deprem davranışları incelenmiştir. Deprem yükleri altında binaların analizinde genel olarak döşeme sisteminin sonsuz rijit olduğu düşünülerek, döşemelerin rijit diyafram davranışı gösterdiği kabul edilir. Bu yaklaşımın planda düzensiz binalar için geçerliliğini kontrol etmek amacıyla, aynı kat planına sahip, taşıyıcı sistemleri farklı olan iki bina sistemi analiz edilmiştir.

Bu tez çalışmasında incelenen binalar, planda çıkıntı düzensizliği bulunan, aynı kat planına sahip, çerçeve taşıyıcı sistemli 6 katlı ve perde-çerçeve taşıyıcı sistemli 12 katlı olarak seçilmiştir. Bu binaların üç boyutlu modellemesi yapılarak, döşemelerin esnek ve rijit diyafram olarak çalıştığı kabulleri ile deprem ve diğer yükler altında çözümlemeler yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yapılan çözümlemeler sonucunda yapıların periyotları, taban kesme kuvvetleri, düşey taşıyıcı elemanlarda oluşan moment ve kesme kuvveti değerleri karşılaştırılmıştır. Her iki yaklaşım için döşeme kalınlığı da parametre olarak alınarak, döşeme kalınlığının rijit diyafram ve esnek diyafram yaklaşımlarına etkisi incelenmiştir. Ayrıca aynı sistemler yine döşeme kalınlığı parametre olarak alınarak, farklı döşeme kalınlıkları ile sadece deprem yükleri altında analiz edilerek, döşeme gerilmeleri, kolon - döşeme ve perde - döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerleri incelenmiştir.

Tez çalışması aşağıdaki bölümlerden oluşmaktadır:

- Birinci bölümde, çalışma konusunun tanıtılması, çalışmanın amacı ve kapsamı, daha önce yapılan çalışmalar hakkında bilgiler yer almaktadır.
- Çalışmanın ikinci bölümünde, deprem yönetmeliğinde tanımlanan düzensizlik durumları hakkında genel bilgi verilmiştir.
- Üçüncü bölümde, bina sistemlerinin deprem yükünün hesabı için yönetmelikte verilen deprem yükü hesap yöntemleri incelenmiş ve bu yöntemler hakkında bilgi verilmiştir.
- Dördüncü bölümde, kat döşemelerinin rijit diyafram yaklaşımı ve esnek diyafram yaklaşımı ile modellenmesi hakkında genel bilgi verilmiştir.
- Sayısal örneklerin olduğu beşinci bölümde ise aynı kat planına sahip iki farklı tip bina sistemi ele alınarak bu sistemlerin iki ayrı modelleme ile düşey ve deprem yükleri altında analizi yapılmış, bina sistemlerinin yönetmelikte belirtilen düzensizlik kontrolleri yapılmış ve düşey elemanlarda oluşan kuvvetler hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlarda bina periyotları, taban kesme kuvvetleri, taşıyıcı elemanlarda oluşan iç kuvvetler karşılaştırılmıştır. Aynı bina sistemleri döşeme kalınlığı arttırılarak yeniden modellenmiş, yapılan çözümleme sonucunda elde edilen periyot, taban kesme kuvvetleri, taşıyıcı elemanlarda oluşan iç kuvvetler karşılaştırılmış ve döşeme kalınlığının bu sonuçlara etkisi belirlenmiştir.

- Altıncı bölümde söz konusu bina sistemlerinde, döşeme gerilmelerinin farklı döşeme kalınlıklarına bağlı olarak değişimi incelenmiştir. Döşeme kalınlığı parametre olarak alınarak, 12, 14 ve 16 cm döşeme kalınlıkları ile modellenen binalar sadece deprem yükü altında analiz edilerek, kat döşemelerinde ve kolon-döşeme, perde - döşeme birleşim bölgelerinde oluşan maksimum asal gerilme değerleri karşılaştırılmış ve döşeme kalınlığının gerilme değerlerine etkisi irdelenmiştir.
- Yedinci bölümde ise sayısal örneklerde elde edilen sonuçlar verilmiş ve bu sonuçlar yorumlanmıştır.

BEHAVIOUR OF REINFORCED CONCRETE BUILDINGS WITH IRREGULAR SLABS UNDER EARTHQUAKE EFFECTS

SUMMARY

Earthquake motion which effects structures during their service life may be very destructive. Unfortunately, 92% of Turkey is under the risk of destructive earthquakes. For design of structural systems, the resistance of the buildings against seismic force is one of the main principles. The latest Turkish earthquake code - Specification for Buildings to be Built in Seismic Zones (DBYBHY 2007) was brought into force in 2007 in order to design earthquake resistant structures. Regular structural systems are encouraged in the code while it is advised to avoid the design of irregular structures as possible as we can.

The main purpose of the present study is to investigate the behaviour of reinforced concrete buildings with irregular slabs under earthquake effects. In this study, A3 type irregularity; projecting parts in plan, as defined in DBYBHY 2007 is investigated.

In the structural analysis of buildings, floor slabs are usually assumed to be rigid in their planes. This assumption simplifies the solution whether approximate techniques or more elaborate computer analyses are used. For most regular structures, this approach is generally satisfied. It is necessary, therefore, to verify this approach for irregular structures.

In this study, the differences between the rigid floor and flexible floor analyses of irregular buildings are investigated. The equivalent lateral force method is used to analyze the buildings. The structures studied are reinforced concrete building frames with 6 and 12 stories. 6 storey-building is considered without shear walls while 12 storey-building is considered with shear walls. For each building periods, base shear forces, bending moments and shear force values of vertical structural elements are calculated and compared. Also, in order to determine the effect of the slab thickness between rigid and flexible floor assumptions, same buildings are analyzed with different slab thicknesses. Also, the variation of slab stresses based on different slab thickness is investigated.

The study consists of the following divisions:

- In the first chapter, the subject of the study is explained. The purpose and scope of the study and information about past studies are given briefly.
- In the second chapter of the study, irregularities defined in DBYBHY 2007 are examined. According to DBYBHY 2007, design and construction of irregular buildings should be avoided because of their unfavourable seismic behaviour.

There are two main irregularities, first one is irregularities in plan while the other one is irregularities in elevation. Irregularities in plan consist following three types;

- i. A1 - Torsional Irregularity,

- ii. A2 - Floor Discontinuities
- iii. A3 - Projections in Plan.

Irregularities in elevation consists following three types;

- i. B1 - Interstorey Strength Irregularity (Weak Storey) ,
- ii. B2 - Interstorey Stiffness Irregularity (Soft Storey),
- iii. B3 - Discontinuity of Vertical Structural Elements.

A3 - Projections in plan is the main subject of this study and it is defined in DBYBHY 2007 as, the cases where projections beyond the re-entrant corners in both of the two principal directions in plan exceed the total plan dimensions of the building in the respective directions by more than 20%. According to the DBYBHY 2007, buildings with irregularity types A2 and A3, in the first and second seismic zones, it shall be verified by the calculation that the floor systems are capable of transferring the seismic loads safely between vertical structural elements.

- In the third chapter, the methods to be used for the seismic analysis of buildings and building-like structures are given and explained. According to DBYBHY 2007, there are three main methods for calculating earthquake loads. Those are Equivalent Seismic Load Method, Mode-Combination Method and Analysis Methods in the Time Domain.

In this study equivalent seismic load method is used. According to DBYBHY 2007, The Equivalent Seismic Load Method may be used for,

- I. In the first and second seismic zones, buildings with torsional irregularity coefficient satisfying the condition $\eta_{bi} \leq 2.0$ at every storey, building height less than 25 m.
- II. In the first and second seismic zones, buildings with torsional irregularity coefficient satisfying the condition $\eta_{bi} \leq 2.0$ at every storey and at the same time without the type B2 irregularity, building height less than 40 m.
- III. In the third and fourth seismic zones, all buildings, building height less than 40 m.

Investigated structures satisfied this conditions.

- In the fourth chapter of the study, general information about the rigid and flexible floor assumptions are given.

For building analyses under the rigid floor assumption, each rigid floor contains a master node with three degrees of freedom at the mass center of the floor to control the two in- plane translations and one out-of-plane rotation of all the slaved nodes in this rigid floor.

For building analyses under the flexible floor assumption, each node contains six degrees of freedom - three translations and three rotations.

- In the fifth chapter of the study, the numerical examples are given. The structures considered in the present study are frame buildings with 6 and 12 stories. 12 storey-building is designed with shear walls while 6 storey-building is designed without shear walls. Both of them have same story plans, story height is 3.20 m for each storey. All beams are selected as 30/60 cm.

Because of the symmetric storey plan, 12 columns are investigated for 6 storey building and 6 columns and 4 shear walls are investigated for 12 storey building, respectively.

Buildings are selected in the first zone. Building importance factor is selected as $I=1.5$ because the buildings designed as hospital.

Each building slab is selected as two-way slab and the slab thickness is taken as 12 cm. Those buildings are analyzed under rigid floor and flexible floor assumptions. Thus, two analyses are used for each building.

Base shear forces and story shear forces are calculated by using equivalent seismic load method. Irregularities specified in DBYBHY 2007 are checked and irregularity coefficients have satisfied the conditions. As a conclusion of analysis, the variation of shear forces and bending moments of vertical structural elements are given in tables.

In order to determine the effect of the slab thickness between rigid and flexible floor assumptions the same buildings are analyzed with different slab thicknesses. First part of the slab thickness of 12 cm is examined. After having the results of the first part, the same systems are analyzed with slab thickness of 16 cm.

- In the sixth chapter of the study, the variation of slab stresses based on different slab thickness is investigated. The structures used in chapter five, are analyzed under only earthquake load. 6 and 12 storey-buildings with slab thicknesses of 12, 14 and 16 cm are analyzed under earthquake load. Those buildings are analyzed under rigid floor and flexible floor assumptions. Thus, two analyses are used for each building. Maximum principle stress values of each storey are shown in figures and tables.
- In the last chapter of the study, the results obtained from analyses are given and commented.

As the conclusion of this study, it is found that,

- The internal forces in vertical structural elements in framed system does not differ much while the difference is higher at the framed - shear walled systems. For the buildings without shear walls the rigid floor model is as accurate as the flexible floor model. For the buildings with shear walls the rigid floor and the flexible floor model analyses can differ much more compare to the framed buildings. It was shown that, for frame and frame with shear walls systems, the increase in the floor stiffness leads to a decrease in difference between the result of rigid floor and flexible floor analyses.
- The stress concentrations at the slabs are mainly located in the regions close to the walls. In slabs, the maximum principle stresses are formed at endpoint of columns in framed systems and formed over shear walls in framed - shear walled systems.
- Maximum principle stresses of each storey are smaller for framed systems, however, those calculated for framed - shear walled systems are higher. It has shown that, for framed and framed - shear walled systems, the increase in the floor stiffness leads to increase in the maximum principle stresses at the same time. Maximum principle stresses of each storey are higher for the flexible floor assumption compare to the rigid floor assumption.

1. GİRİŞ

Depremler, kuşkusuz doğa afetlerinin en yıkıcı ve tehlikeli olanıdır. Şiddetine göre hasarlara veya can ve mal kaybına neden olmaktadır. Ülkemizde de tarih içerisinde birçok şiddetli deprem meydana gelmiş can ve mal kaybına yol açmıştır.

Topraklarımızın % 66'sı, nüfusumuzun % 71'i, toplam belediyelerin % 68'i birinci ve ikinci derece deprem bölgeleri içinde yer almaktadır. Üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerini de dikkate aldığımızda topraklarımızın yaklaşık % 92'si deprem tehlikesi altında bulunmaktadır. Bu nedenle, can ve mal kayıplarının fazlalığı bakımından deprem, doğal afetler içinde önemli bir yere sahiptir. 1900'lü yıllardan bugüne kadar ülkemizde yaşanan depremlerde yaklaşık olarak 100.000 insanımız ölmüş, 250.000 insanımız yaralanmış, 600.000'den fazla yapı yıkılmış veya önemli ölçüde hasar görmüştür [1].

Depremlerle oluşacak yıkımların önüne geçebilmek adına ülkemizde depreme dayanıklı yapı tasarımına temel oluşturacak yönetmelikler yürürlüğe konulmuştur. Son olarak 2007 yılında Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik [2] yürürlüğe konulmuştur.

Yönetmeliğe göre yapılacak binaların belirli kurallara uyması gerekmektedir, bu kurallara uyan bina sistemleri genellikle taşıyıcı sistemi düzgün olan düzenli binalardır. Yönetmelikte düzensiz binaların tasarımından ve yapımından kaçınılması gerektiği belirtilmiştir. Belirtilen düzensizlikler planda ve düşeyde olmak üzere iki ana grupta toplanmıştır. Binaların belirli sınırlar içerisinde düzensizliğine izin verilmekte ancak bunun sonucunda bir takım yaptırımlar uygulanmaktadır. Düzenli binaların tasarımı sırasında varsayılan kabullerin düzensiz binalar için uygunluğu tartışmalara açıktır.

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada DBYBHY 2007 'de belirtilen A3 - Planda Çıkıntılar Düzensizliği olan bir bina sistemi ele alınmış, iki farklı taşıyıcı sistem ve iki farklı yaklaşımla

modellenmiş ve bu modeller için yapılan analizler sonucunda belirtilen düzensizlik durumunun etkileri incelenmiştir.

A tipi binada taşıyıcı sistem sadece çerçevelerden oluşurken B tipi binada ise aynı planda perde + çerçevelerden oluşan taşıyıcı sistem seçilmiştir. Her iki bina türü, ilk modellemede kat kütlelerinin kütle merkezinde toplandığı yani döşeme sisteminin rijit diyafram davranışı yaptığı varsayımıyla, ikinci modellemede ise kat döşemelerinin rijit diyafram davranışı gösterdiği varsayımı terk edilerek esnek diyafram davranışı gösterdiği varsayımıyla modellenmiştir. Yapılan çözümlemelerde bu modellere her iki yönde deprem kuvvetleri etkilmiştir. Düşey yüklere ve deprem kuvvetlerine bağlı olarak toplamda 115 adet farklı kombinasyon oluşturularak çözüm yapılmıştır.

Söz konusu çalışmada düşey taşıyıcı elemanlarda oluşan iç kuvvetler belirlenmiş, farklı modeller için karşılaştırmalar yapılmış ve belirtilen düzensizlik durumu için esnek ve rijit diyafram varsayımlarıyla yapılan çözümler arasındaki farklılıkların belirlenmesi amaçlanmıştır.

Ayrıca döşeme kalınlığı parametre olarak seçilerek ele alınan rijit ve esnek diyafram yaklaşımlı modeller yeniden çözümlenmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Döşeme kalınlığının rijit ve esnek diyafram yaklaşımlarına olan etkisi incelenmiştir.

Sadece deprem yükleri altında, döşeme kalınlığı parametre olarak seçilerek, aynı binalar tekrardan analiz edilmiş ve döşeme kalınlığının kat döşemelerinde, kolon - döşeme ve perde-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerlerine etkisi incelenmiştir.

1.2 Konuyla İlgili Yapılmış Çalışmalar

Tez çalışmasına konu olan düzensizlik türü ile ilgili literatürde çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda genelde planda düzensiz binaların rijit diyafram varsayıldığı durumla rijit varsayılmadığı durum kıyaslanmıştır. Bu bölümde daha çok rijit ve esnek diyafram farkının ele alındığı çalışmalarla birlikte genel olarak düzensiz binalar hakkında yapılan çalışmalarla ilgili kısa bilgiler verilecektir.

Rijit ve esnek diyaframlı döşemenin farkını araştırmak için planda değişik tipteki binalarla bir çalışma yapılmıştır. Çerçeve ve perde-çerçeve sistemler ele alınarak, planda en boy oranı, kat adedi, perde yerleşimi, döşeme ve perde kalınlığı

değiştirilerek sistemler incelenmiştir. Çalışma sonucunda esnek ve rijit diyafram farkının perdeli binalarda daha fazla olduğu görülmüş ve bu fark için bir hata formülasyonu geliştirilmiştir [3].

Bir başka çalışmada, kat sayısı, kat yüksekliği, döşeme tipi, planda en boy oranı, döşeme boşlukları, kolon ve perdelerin boyutları ve binadaki yerleşimi, döşeme türü parametre seçilerek rijit döşeme varsayımının kullanılabilirliği incelenmiştir. Araştırma sonucunda rijit diyafram yaklaşımının çerçeve sistemlerde kullanılabilir olduğu görülmüş ancak perdeli binalarda hata verdiği görülmüştür. Bu hata için bir formülasyon geliştirilmiştir [4].

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bir çalışmada, döşeme süreksizliğine sahip çerçeve ve perde - çerçeve sistem olmak üzere iki bina türü ele alınarak, esnek ve rijit diyafram kabulü yapılarak, sistemler analiz edilmiştir. Çalışmada kolonlarda oluşacak uç kuvvetleri ve döşemedeki gerilme değişimi incelenmiştir. Analiz sonucunda çerçeve sistemde esnek ve rijit diyafram arasında fazla fark olmadığı görülmüş ancak perde - çerçeve sistemde bu farkın çok daha fazla olduğu görülmüştür [5].

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bir başka çalışmada ise planda çıkıntıları bulunan düzensiz betonarme binaların kat döşemelerinin deprem davranışı ayrıntılı olarak incelenmiştir. Çerçeve ve perde - çerçeve sistem olmak üzere planda üç farklı tip binayı ele alıp, perdeli binalarda perde yerleşimini değiştirerek, sonlu elemanlar yöntemi ve kat döşemelerinin kiriş olarak idealleştirilmesi ile binaları analiz etmiştir. Kat döşemelerinde hesaplanan maksimum düzlem içi gerilmelerin çerçeveden oluşan binada çok küçük değerlerde kaldığı ancak çerçeve ve kenar akslar perdeli binalarda ise gerilmelerin izin verilen sınır değerleri aştığı görülmüştür [6].

2. TAŞIYICI SİSTEM DÜZENSİZLİKLERİ

Ülkemiz deprem kuşağında yer aldığından DBYBHY 2007' ye göre yapılan binaların, deprem yüklerini taşıyan taşıyıcı sistemi ve bu sistemdeki her taşıyıcı eleman deprem yüklerinin temel zeminine kadar sürekli ve güvenli bir şekilde aktarılmasını sağlayacak yeterlikte rijitlik, kararlılık ve dayanımda olmalıdır. Deprem yüklerinin sorunsuz bir şekilde zemin seviyesine aktarılabilmesi adına elemanların sürekli olması kaçınılmazdır. Bu nedenle yönetmelikte düzensiz binaların tasarımından ve yapılmasından kaçınılması gerektiği belirtilirken belirli sınırlar içerisindeki düzensizliklere izin verilmiştir. Ancak düzensiz binaların davranışlarındaki olumsuzluklar ve belirsizliklerden dolayı bu binaların seçilmesi durumunda bu binalara gelecek deprem kuvveti artırılarak ve ek konstrüktif kurallar getirilerek binaların dayanımının artırılması hedeflenmiştir.

DBYBHY 2007 düzensiz binaları planda ve düşey doğrultuda olmak üzere iki ana başlık altında toplamıştır.

- Planda Düzensizlik Durumları
 - A1- Burulma Düzensizliği
 - A2- Döşeme Süreksizlikleri
 - A3- Planda Çıkıntılar Bulunması durumu
- Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları
 - B1-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği
 - B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği
 - B3-Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarında Süreksizlik

2.1 Planda Düzensizlik Durumları

2.1.1 A1- Burulma düzensizliği

Binanın birbirine dik olan iki deprem doğrultusundan herhangi birinde, herhangi bir kattaki en büyük göreceli kat ötelemesinin o katta aynı deprem doğrultusu için oluşan ortalama göreceli kat ötelemesine oranını ifade eden "Burulma Düzensizliği Katsayısı"

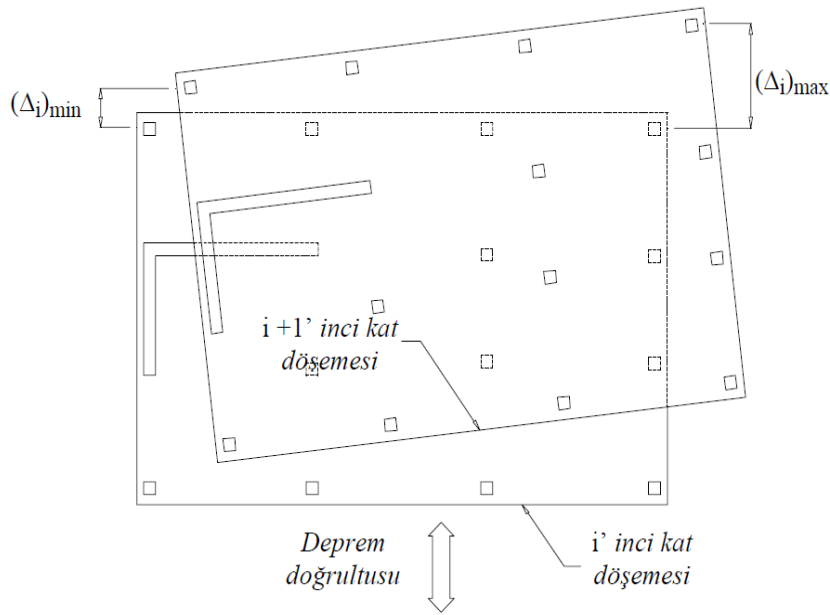
η_{bi} 'nin 1.2 den büyük olması durumu "Burulma Düzensizliği" olarak tanımlanır.

$$(\Delta_i)_{ort} = 1/2[(\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}] \quad (2.1)$$

Burulma düzensizliği katsayısı :

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} \quad (2.2)$$

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



Şekil 2.1 - Burulma düzensizliği

Görelî kat ötelemelerinin hesabının, göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyunun $\pm\%5$ kadar kaydırılması sonucu belirlenen noktalara ek dışmerkezlilik etkisini de ilave edilerek yapılması gerekir.

Bu düzensizlik türü, bina ve bina türü yapıların deprem hesabında kullanılacak yöntemin belirlenmesinde etkindir. Bina yüksekliğinin 25 metrenin altında olduğu 1. ve 2. deprem bölgelerinde her bir katta burulma düzensizliği katsayısının 2 den küçük olması durumunda deprem hesap yöntemi olarak Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılmasına izin verilmiştir. Bina yüksekliğinin 40 metrenin altında olduğu 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde de Eşdeğer Deprem yüğü yönteminin kullanılabilmesi için Burulma düzensizliği katsayısının 2 den küçük olması ve ayrıca B2- yumuşak kat düzensizliğinin olmaması şartı getirilmiştir. Burulma düzensizliği katsayısının $1.2 < \eta_{bi} < 2.0$ olduğu durumlarda ise, düzensizliğin bulunduğu katta uygulanacak olan $\pm\%5$ ek dışmerkezliliğin, her iki deprem doğrultusu için formülü

verilen D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülmesi şartı getirilmiştir. Böylece burulma düzensizliği etkisi artarak, yapı elemanlarına gelen deprem etkilerinin artması ve bu tip düzensizliğe sahip binaların tasarımından kaçınılması amaçlanmıştır.

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

2.1.2 A2- Döşeme süreksizlikleri

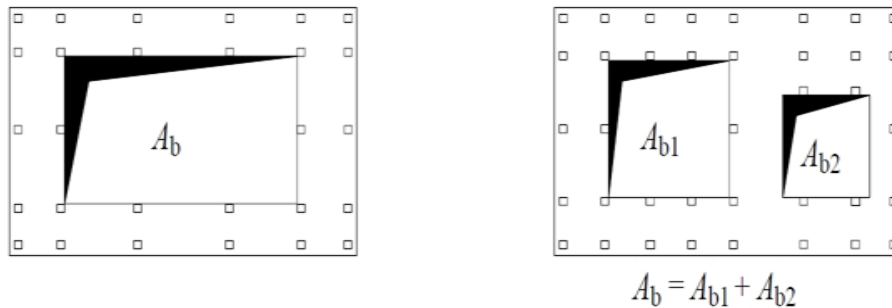
Binaya etkiyen deprem kuvvetlerini bina taşıyıcı sistem elemanları olan kolon, perde ve kiriş gibi taşıyıcı elemanlara aktaran eleman döşemelerdir. Döşemelerin bu etkileri taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarabilmesini sağlayacak düzeyde rijitlik ve dayanıma sahip olması gerekmektedir. Döşemelerde büyük boşluklar bulunması durumunda rijit diyafram davranışı engellenir ve bu durum yönetmelikte öngörülen sistem rijitliğinin sağlanmasına engel olur.

DBYBHY 2007 ye göre, herhangi bir kattaki döşemede;

I – Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu,

II – Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu,

III – Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumlarının binada döşeme süreksizliğine sebep olduğu belirtilmiştir.



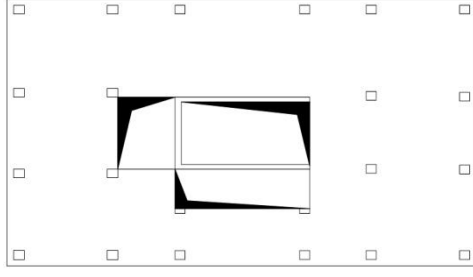
A2 türü düzensizlik durumu -I

$$A_b/A > 1/3$$

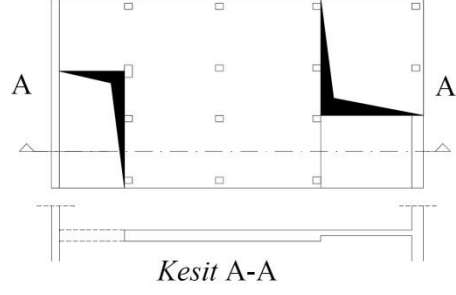
A_b : Boşluk alanları toplamı

A: Brüt kat alanı

Şekil 2.2- A2 türü düzensizlik



A2 türü düzensizlik durumu - II



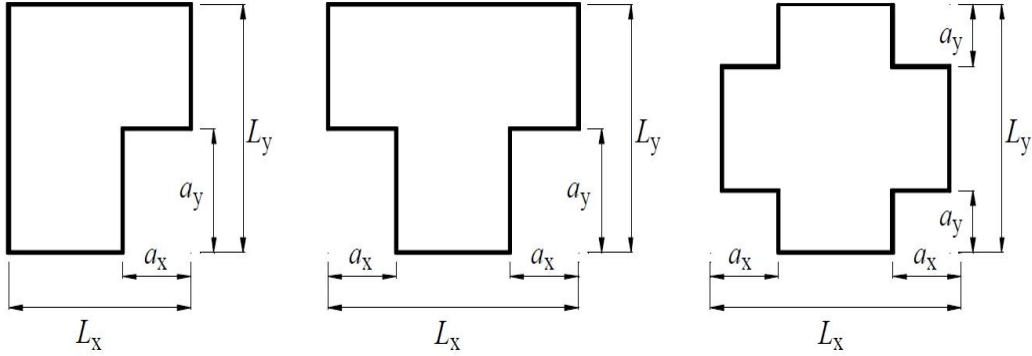
A2 türü düzensizlik durumu - II ve III

Şekil 2.2 (Devam) - A2 türü düzensizlik

Bu düzensizliğin olduğu binaların, birinci ve ikinci deprem bölgelerinde yapılması durumunda, kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarabildiğinin hesaplarla doğrulanması koşulu getirilmiştir.

2.1.3 A3 - Planda çıkıntılar bulunması

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



A3 türü düzensizlik durumu :

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

Şekil 2.3- A3 türü düzensizlik

Bu düzensizliğin olduğu binaların, birinci ve ikinci deprem bölgelerinde yapılması durumunda, kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarabildiğinin hesaplarla doğrulanması koşulu getirilmiştir.

2.2 Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları

2.2.1 B1 - Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat)

Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki *etkili kesme alanı*'nın, bir üst kattaki *etkili kesme alanı*'na oranı olarak tanımlanan "Dayanım Düzensizliği Katsayısı" η_{ci} 'nin 0.80'den küçük olması durumunda o kat zayıf kat olarak tanımlanır.

$$\eta_{ci} = \frac{(\sum A_e)_i}{(\sum A_e)_{i+1}} < 0.80 \quad (2.4)$$

Herhangi bir kattaki etkili kesme alanının tanımı :

$$\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0.15 \sum A_k \quad (2.5)$$

Etkili kesme alanı formülündeki $\sum A_w$ o kattaki kolon enkesiti etkin gövde alanı olan A_w ' ların toplamı, $\sum A_g$ göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit alanlarının toplamı ve $\sum A_k$ ise göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel pencere ve kapı boşlukları hariç kargir dolgu duvar alanları toplamıdır.

Bu tür düzensizliğin bulunduğu binalarda, göz önüne alınan kattaki dolgu duvar alanlarının toplamı bir üst kattakine göre fazla ise, η_{ci} 'nin hesabında dolgu duvarların etkisi göz önüne alınmaz.

Zayıf kat durumu olan katlarda, dayanım düzensizliği katsayısı $0.60 \leq \eta_{ci} \leq 0.80$ aralığında ise hesaplarda kullanılacak olan taşıyıcı sistem davranış katsayısı, $1.25(\eta_{ci})_{\min}$ değeri ile çarpılarak her iki deprem doğrultusunda da binanın tümüne uygulanması gerekir. Ancak dayanım düzensizliği katsayısı $\eta_{ci} < 0.60$ olmasına izin verilmez, bu durumda zayıf katın dayanımı ve rijitliğinin artırılması ve deprem hesabının tekrarlanması gerekir.

2.2.2 B2 – Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat) :

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat öteleme oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat öteleme oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki} 'nin 2.0'den fazla olması durumunda o kat yumuşak kat olarak tanımlanır. Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki} Denklem 2.6 ile hesaplanır.

$$\eta_{ki} = \frac{(\Delta_i/h_i)_{ort}}{(\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}} > 2.0 \quad \text{veya} \quad \eta_{ki} = \frac{(\Delta_i/h_i)_{ort}}{(\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}} > 2.0 \quad (2.6)$$

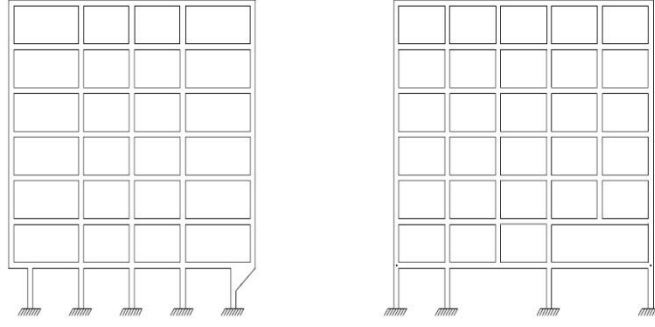
Görelî kat ötelemelerinin hesabının, göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyunun $\pm\%5$ kadar kaydırılması sonucu belirlenen noktalara ek dışmerkezlik etkisini de ilave edilerek yapılması gerekir.

B2 türü düzensizlik deprem hesap yöntemi seçimine etken olan düzensizlik türlerinden biridir. Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde 40 metreye kadar yapılacak olan yapılarda Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin kullanılabilmesi için bu düzensizliğin olmaması ve burulma düzensizliği katsayısının 2 den küçük olması şartı getirilmiştir.

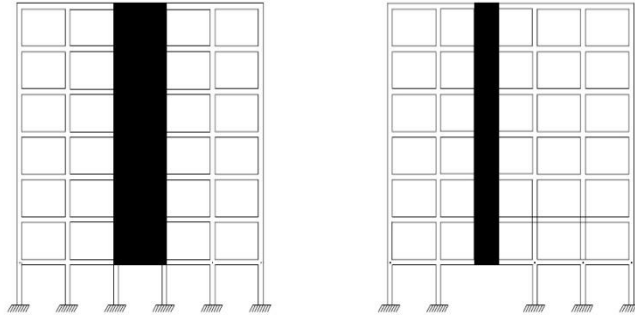
2.2.3 B3 – Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği

Taşıyıcı sistemin düşey elemanları olan kolon ve perdelerin bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu binada düşey elemanların süreksizliğini oluşturur. Bu tür süreksizlikleri içeren binalar için bütün deprem bölgelerinde uygulanmak üzere şu kurallar verilmiştir:

- a) Kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşan guselerin üzerine ve ucuna oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.
- b) Kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı düğüm noktalarına birleşen diğer kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 oranında arttırılacaktır.
- c) Üst katlardaki perdenin alt katta kolonlara oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.
- d) Perdelerin binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.



2.2.3.a ve 2.2.3.b durumları



2.2.3.c ve 2.2.3.d durumları

Şekil 2.4 - B3 türü Düzensizlikler

3. DEPREM YÜKÜ HESAP YÖNTEMLERİ

Yönetmelikte bina ve bina türü yapıların deprem hesabında kullanılacak olan yöntemler olarak Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi, Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi olmak üzere üç farklı yöntem tanımlanmıştır. Bu yöntemlerden Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri tüm bina ve bina türü yapılar için kullanılabilirken, Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin kullanılabilmesi için bir takım uygulama sınırları getirilmiştir.

Bu bölümde deprem yönetmeliğinde tanımlanmış olan hesap yöntemleri hakkında genel bilgiler verilecektir.

3.1 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi

Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar Çizelge 3.1' de verilmiştir.

Çizelge 3.1- Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar.

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

Eşdeğer deprem yükü yönteminde binanın toplam ağırlığı bulunarak, toplam taban kesme kuvveti hesaplanır. Bu kesme kuvveti, her katın ağırlığı ve yüksekliği çarpım oranına göre dağıtılır. Binanın en üst katına etkiyecek olan eşdeğer deprem yükü, diğer katlardan farklı olarak, ek eşdeğer deprem yükü ile toplanarak bulunur.

3.1.1 Spektral ivme katsayısının bulunması

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan Spektral İvme Katsayısı, $A(T)$, Denk.(3.1a) ile verilmiştir. %5 sönüm oranı için tanımlanan Elastik İvme Spektrumu'nun ordinatı olan Elastik Spektral İvme, $S_{ae}(T)$ (Denk. 3.1b), Spektral İvme Katsayısı, $A(T)$ ile yerçekimi ivmesi g 'nin çarpımına karşı gelmektedir.

$$A(T) = A_0 \cdot I \cdot S(T) \quad (3.1a)$$

$$S_{ae}(T) = A(T) \cdot g \quad (3.1b)$$

3.1.2 Etkin yer ivmesi katsayısının bulunması

Denk.(3.1a)'da yer alan etkin yer ivmesi katsayısı, A_0 , Çizelge 3.2'de tanımlanmıştır. Yapının bulunduğu deprem bölgesine bağlı olarak bulunur.

Çizelge 3.2- DBYBHY 2007' ye göre etkin yer ivmesi katsayısı (A_0).

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

3.1.3 Bina önem katsayısının bulunması

Denk.(3.1a)'da yer alan bina önem katsayısı, I , Çizelge 3.3'te tanımlanmıştır. Binanın kullanım amacına göre bulunur.

3.1.4 Spektrum katsayısının bulunması

Denk.(3.1a)'da yer alan spektrum katsayısı, $S(T)$, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T 'ye bağlı olarak Denk.(3.2) ile hesaplanacaktır.

$$S(T) = 1 + 1.5 \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3.2a)$$

Çizelge 3.3- Bina önem katsayısı (I).

Binanın Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı (I)
1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. b) Müzeler	1.4
3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1.2
4. Diğer binalar Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb)	1

$$S(T) = 2.5 \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (3.2b)$$

$$S(T) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} \quad (T_B < T) \quad (3.2c)$$

Denk.(3.2)'deki spektrum karakteristik periyotları, T_A ve T_B yerel zemin sınıflarına bağlı olarak Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4 - Spektrum karakteristik periyotları (T_A , T_B)

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z_1	0.10	0.30
Z_2	0.15	0.40
Z_3	0.15	0.60
Z_4	0.20	0.90

3.1.5 Elastik deprem yüklerinin azaltılması

Depremde taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışını göz önüne almak üzere, Denk.(3.1a)'da verilen spektral ivme katsayısına göre bulunacak elastik deprem yükleri, aşağıda tanımlanan Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı, (R_a)'ya bölünecektir. Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı, çeşitli taşıyıcı sistemler için Çizelge 3.5'te tanımlanan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, (R)'ye ve doğal titreşim periyodu, (T)'ye bağlı olarak Denk.(3.3a) ve Denk.(3.3b) ile belirlenecektir.

$$R_a(T) = 1.5 + (R - 1.5) \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3.3a)$$

$$R_a(T) = R \quad (T_A < T) \quad (3.3b)$$

Çizelge 3.5- Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R).

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	Süneklik Düzeyi Normal Sistemler	Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler
YERİNDE DÖKME BETONARME BİNALAR		
(1) Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	4	8
(2) Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar	4	7
(3) Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar	4	6

Verilen tablonun konu ile ilgili bölümü alınmıştır. Tablonun tamamı DBYBHY 2007'de mevcuttur.

3.1.6 Toplam eşdeğer deprem yükünün belirlenmesi

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti), V_t , Denk.(3.4) ile belirlenecektir. Her doğrultu için o doğrultuya ait taban kesme kuvveti hesaplanır.

Taban kesme kuvveti (V_t)

$$V_{t=} \frac{WA(T)}{R_a} \geq 0.10A_0IW \quad (3.4)$$

Binaya ait ağırlık (W);

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (3.5)$$

Kat ağırlıkları (w_i);

$$w_i = g_i + nq_i \quad (3.6)$$

Bu denklemlerde; N: Yapının toplam kat sayısı

g_i : Yapı katlarının ölü yükü

q_i : Yapı katlarının etkiyen hareketli yükü

n: Hareketli yük katılım kat sayısı (Çizelge 3.6)

Çizelge 3.6 -Hareketli yük katılım katsayısı.

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

3.1.7 Katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin belirlenmesi

Toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak ifade edilir.

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (3.7)$$

Bina tabanına gelen eşdeğer deprem yükü, bina katlarına dağıtılır. Binanın en üst katına diğer katlardan farklı olarak ek eşdeğer deprem yükü, ΔF_N , etkir.

$$\Delta F_N = 0.0075NV_t \quad (3.8)$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N dışında geri kalan kısmı, N'inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına Denk.(3.9) ile dağıtılacaktır.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i x H_i}{\sum_{j=1}^N w_j x H_j} \quad (3.9)$$

3.2 Mod Birleştirme Yöntemi

Mod birleştirme yönteminde, eşdeğer deprem yükü yönteminden farklı olarak, toplam deprem kuvvetinin bulunmasında tüm titreşim periyotları ve mod şekilleri hesaba katılır. Bu toplam kuvvetin katlara dağıtılmasında ilgili mod şekilleri alınır. Bu yöntem çok serbestlik dereceli sistemlerin davranışını veren ifadelerin her mod şekli için ayrı ayrı değerlendirilmesi olarak da düşünülebilir.

3.2.1 Modal spektral analiz yöntemi

Maksimum iç kuvvetler ve yerdeğiştirmeler, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilir. Mod birleştirme yönteminde özel tasarım spektrum ivme grafikleri kullanılarak maksimum tepkiler elde edilir. Bu grafikler %5 sönüm oranı için yapının bulunduğu yerel zemin sınıfına göre çizilir. Grafikler üzerinden spektral ivme katsayısı okunur. Her mod için okunan değerlere göre maksimum modal tepkiler birleştirilir.

3.2.1.1 Gözönüne alınacak dinamik serbestlik dereceleri

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

3.2.1.2 Hesaba katılacak yeterli titreşim modu sayısı

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

Denklem (3.10)'da yer alan L_{xn} ve L_{yn} ile modal kütle M_n 'nin ifadeleri, kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalar için Denklem (3.11)'de verilmiştir:

$$\sum_{n=1}^Y M_{xn} = \sum_{n=1}^Y \frac{L_{xn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^N m_i \quad (3.10)$$

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

Burada m_i i' inci katın kütlesini ve Φ modal matrisi temsil etmektedir.

$$L_{xn} = \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{xin} \quad ; \quad L_{yn} = \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{yin} \quad (3.11)$$

$$M_n = \sum_{i=0}^n (m_i \Phi_{xin}^2 + m_i \Phi_{yin}^2 + m_{i\theta} \Phi_{\theta n}^2)$$

3.2.1.3 Mod katkılarının birleştirilmesi

Mod katkılarının birleştirilmesinde, her bir büyüklüğe ayrı ayrı uygulanmak üzere bütün titreşim modları için hesaplanan ve eşzamanlı olmayan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi için kurallar belirtilmiştir. Bu kurallar; $T_m < T_n$ olmak üzere, gözönüne alınan herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyotların daima $T_m/T_n < 0.80$ koşulunu sağlaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Karelerin Toplamının Kare Kökü Kuralı (SRSS) uygulanabilir. Koşulun sağlanamaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Tam Karesel Birleştirme (CQC) Kuralı uygulanacaktır. Bu kuralın uygulanmasında kullanılacak çapraz korelasyon katsayıları'nın hesabında, modal sönüm oranları bütün titreşim modları için %5 olarak alınacaktır

3.2.1.4 Hesaplanan büyüklüklere ilişkin alt sınır değerleri

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, mod katkılarının birleştirilmesi ile elde edilen bina toplam deprem yükü V_{tB} 'nin, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde hesaplanan bina toplam deprem yükü V_t 'ye oranının aşağıda tanımlanan β değerinden küçük olması durumunda ($V_{tB} < \beta V_t$), Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre bulunan tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri, Denklem (3.12)'ye göre büyütülecektir.

$$B_D = \frac{\beta V_t}{V_{tB}} B_B \quad (3.12)$$

A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin bulunduğu yapılarda Denklem (3.12)'de $\beta=0.90$, bu düzensizliklerden hiçbirinin bulunmaması durumunda ise $\beta=0,80$ alınacaktır.

3.3 Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

Zaman tanım alanı hesap yönteminde, yapay yollarla üretilen, daha önce kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri kullanılabilir. DBYBHY 2007' de yapay yer hareketinin kullanılması durumunda en az üç deprem yer hareketinin üretilmesi gerektiği belirtilmiştir. Ve bu üretilen yer hareketleri bazı özellikleri taşımalıdır;

- Kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, binanın birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmamalıdır.
- Üretilen deprem yer hareketinin sıfır periyoda karşılık gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması (A_0g)' den daha küçük olmayacaktır.
- Yapay olarak üretilen her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerlerinin ortalaması, göz önüne alınan deprem doğrultusundaki birinci periyot T_1 ' e göre $0.2T_1$ ile $2T_1$ arasındaki periyotlar için yönetmelikte tanımlanan elastik spektral ivmelerinin %90'ından daha az olmayacaktır. Zaman tanım alanında doğrusal elastik analiz yapılması durumunda, azaltılmış deprem yer hareketinin elde edilmesi için esas alınacak spektral ivme değerleri yönetmelikte belirtildiği şekilde hesaplanmalıdır.

Üretilcek deprem kayıtları yukarıda verilen koşulları sağlamalıdır.

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

4. KAT DÖŞEMELERİNİN MODELLENMESİ

Bina tasarımında deprem kuvvetlerinin güvenli bir şekilde karşılanması en temel unsurlardan biridir. Yatay yüklerin düşey taşıyıcı elemanlara dağıtılması döşemeler tarafından yapılır. Bu durumda döşemeler düzlemleri içindeki yükler etkisi altında kalır ve yük aktarmaları diyafram davranışı ile olur [7].

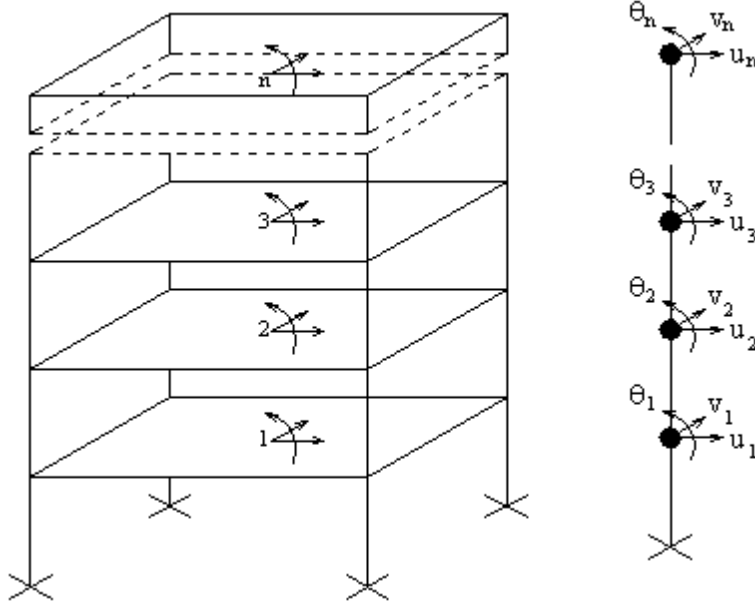
Döşemelerin modellenmesinde rijit veya esnek diyafram kabulü yapılmaktadır. Döşemeler, genel olarak rijit diyafram davranışı gösterdiği kabul edilerek modellenir. Bu bölümde kat döşemelerinin rijit ve esnek diyafram kabulüyle modellenmesi hakkında genel bilgiler verilecektir.

4.1 Kat Döşemelerinin Rijit Diyafram Olarak Modellenmesi

Rijit diyafram kabulünde döşemenin kendi düzlemi içinde sonsuz rijit olduğu kabul edilmektedir. Rijit diyafram olarak çalışan döşeme, yatay yükler altında, kendi düzlemi içinde deforme olmadan öteleme hareketi yapacaktır. Döşemedeki herhangi bir noktanın, birbirine dik iki yatay öteleme ve döşeme düzlemine dik eksen etrafında dönme olmak üzere üç serbestlik derecesinin bulunduğu varsayılmaktadır. Döşeme üzerinde seçilen bir noktanın birbirine dik iki yatay öteleme ve döşeme düzlemine dik eksen etrafında dönme deplasmanlarının bilinmesi durumunda, döşeme üzerindeki diğer düğüm noktalarının deplasmanları, seçilen noktaların deplasmanlarına bağlı olarak hesaplanabilmektedir [3].

Rijit diyafram kabulünde kat kütleleri ve kütle atalet momentleri kat döşemelerine karşı gelen serbestlik derecelerinde toplanmışlardır. Bu kabulde deprem kuvvetinin düşey bileşeni ihmal edilir. Deprem yüklerine göre çözümde uygulamadaki binalar kat başına üç serbestlik derecesi ile idealleştirilirler. (Şekil 4.1)

Genel olarak düzenli binaların kat döşemelerinin rijit diyafram davranışı gösterdiği kabul edilir. Bilgisayar programında modelleme yapılırken, her katta birbirine dik iki yatay öteleme ve döşeme düzlemine dik eksen etrafında dönme olmak üzere üç serbestlik derecesi olan ve kat kütle merkezinde bulunan düğüm noktalarında rijit



Şekil 4.1- Kat kütlelerinin ağırlık merkezinde toplandığı yapı modeli.

diyafram tanımlanır ve bu noktalara ilgili deprem kuvvetleri uygulanır.

4.2 Kat Döşemelerinin Esnek Diyafram Olarak Modellenmesi

Kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde, deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktaramadığı durumlarda rijit diyafram modelinin kullanılması sakıncalı olup yanlış sonuçlar verebilmektedir. Bu durumda döşemenin düzlem içi davranışının göz önüne alınması gerekmektedir. Esnek diyafram kabulünde döşeme ötelemenin yanında şekil değiştirme de yapmaktadır.

Kat döşemeleri rijit diyafram davranışı göstermeyen binaarda izlenilecek yol, döşemenin yeterli sayıda kabuk elemanlara bölünerek, oluşturulacak sonlu elemanlar modelinin statik veya dinamik analizinin yapılmasıdır.

Genel olarak döşeme ve perdeler sonlu elemanlar ile modellenirken düzlem içi kuvvetler levha eleman, düzleme dik kuvvetler plak elemanlarla modellenirler. Ancak düğüm noktalarında sınır şartlarını sağlamak için yeterli sayıda serbestliğin tutulmadığı durumlarda yalnız levha veya yalnızca plak davranışı yeterli olmaz. Bu yüzden her iki eleman tipinin birleşimi olan kabuk elemanlarla modellemek daha gerçekçi bir yaklaşımdır.

Esnek diyafram modelinde kat kütlelerinin döşeme düğüm noktalarına uygun bir tarzda dağıtılması gerekmektedir. Bunun için çözümlemede kullanılan bilgisayar

programında esnek diyafram olarak tanımlanan seçenek kullanılarak, kat kütleleri diyafram içerisindeki sonlu elemanların rijitliği ile orantılı olarak döşeme düğüm noktalarına dağıtılabilir. Bu seçenek kullanılmak istenilmiyorsa deprem kuvvetleri ve kat kütleleri düşey taşıyıcı eleman uçlarına etraflarındaki döşeme alanları ile orantılı olarak dağıtılabilir.

5. SAYISAL ÖRNEKLER

Bu bölümde DBYBHY 2007' de belirtilen A3 - Planda Çıkıntılar Bulunması düzensizliğini incelemek amacıyla, bu düzensizliğe sahip 6 katlı ve 12 katlı olmak üzere iki farklı bina sistemi incelenmiştir. İncelenen bina sistemlerinin mimari planları aynı olup, 6 katlı bina çerçeve taşıyıcı sistemden, 12 katlı bina perde + çerçeve taşıyıcı sistemden oluşmaktadır.

Bu bölümde A3 türü düzensizliğe sahip, taşıyıcı sistemleri farklı olan iki binanın kat döşemelerinin rijit diyafram ve esnek diyafram davranışı gösterdiği kabulü yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

5.1 Örnek Binaların Tanımı

Sayısal örneklerde,

- Çerçeve taşıyıcı sistem (Çerçeve Tipi)
- Perde + Çerçeve taşıyıcı sistem (Perde + Çerçeve Tipi)

olmak üzere 2 farklı sistem seçilmiştir.

Çerçeve taşıyıcı sistem Bodrum + Zemin + 4 Normal kattan oluşurken, Perde + Çerçeve taşıyıcı sistem Bodrum + Zemin + 10 Normal kattan oluşmaktadır. Binaların kullanım amacı hastane olarak seçilmiştir.

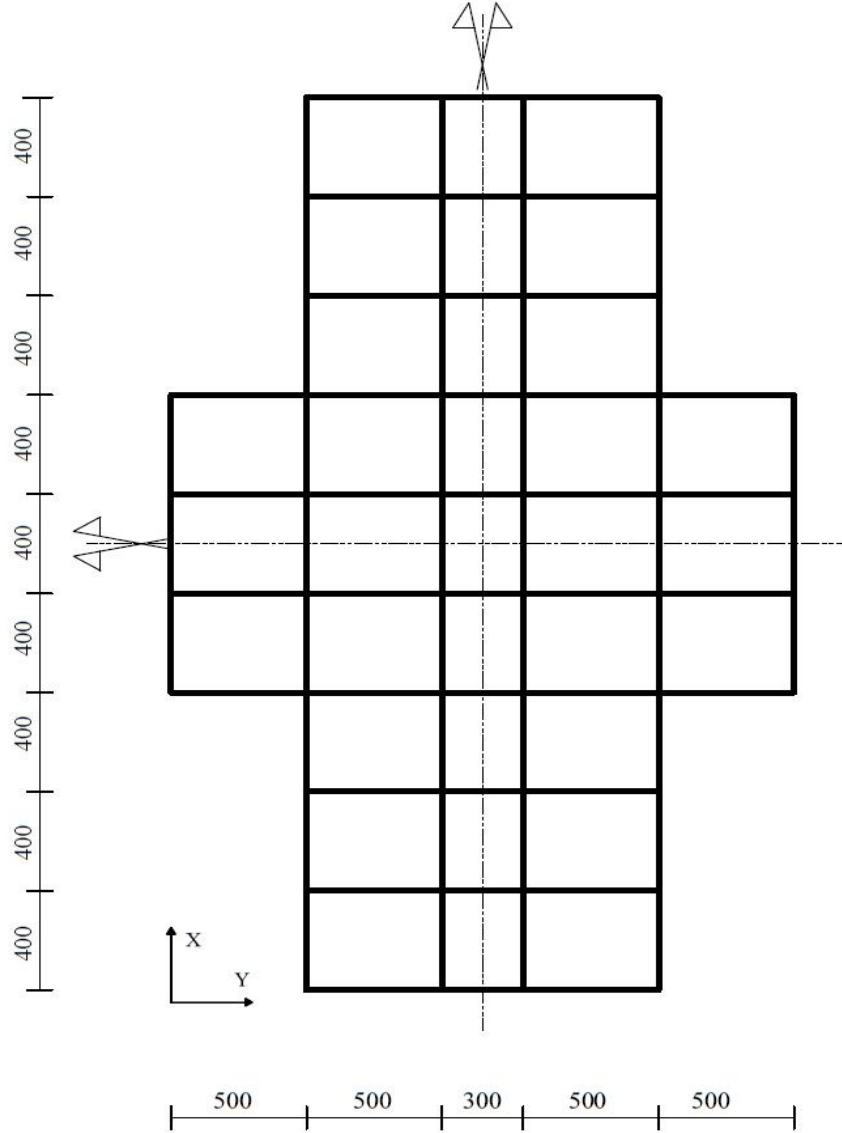
Her iki bina için,

- Bina önem katsayısı $I=1.5$
- Deprem Bölgesi; 1. Derece Deprem Bölgesi ($A_0=0.40$)
- Zemin Sınıfı: Z2
- Zemin Emniyet Gerilmesi: 20 kN/m^2 olarak seçilmiştir.

Kat yükseklikleri her iki bina için tüm katlarda 3.20 m. olarak belirlenmiştir. Her iki bina için tüm kirişler 30x60 cm boyutlarında, döşeme sistemi ise 12 cm kalınlığında kirişli plak döşeme olarak seçilmiştir. Döşemelere gelen yükler; $g=5.523 \text{ kN/m}^2$ ve hareketli yük koridorlarda $q=5.0 \text{ kN/m}^2$ ve odalarda $q=3.5 \text{ kN/m}^2$ olarak alınmıştır.

Binalarda C30 beton sınıfı ve S420 donatı kullanılmıştır. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) Çerçeve tipi binada 8, Perde + Çerçeve tipi binada 7 alınarak hesaplamalar yapılmıştır.

Binaların mimari planları aynı olup, çıkıntı yapan kısımların uzunluğu binanın toplam uzunluğunun %20' sinden fazladır (DBYBHY 2.3.2.2). Bu oran x yönünde %33.33 ve y yönünde %21.74 tür. Binaların tipik kat planı Şekil 5.1' de verilmiştir.



Şekil 5.1- Tipik kat planı.

5.2 Hesaplarda İzlenen Yol

Bina sistemi modelleri bundan sonraki bölümlerde aşağıdaki çizelgede belirtilen kısaltmalarla gösterilecektir.

Çizelge 5.1- Bina sistemleri kısaltmaları.

Bina Tipi	Modelleme	
	Rijit Diyafram	Esnek Diyafram
Çerçeve Taşıyıcı Sistem	ÇRD	ÇED
Perde + Çerçeve Taşıyıcı Sistem	PÇRD	PÇED

Tüm modellerde deprem hesapları DBYBHY 2007' de belirtilen Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi' ne göre yapılmıştır.

- ÇRD ve ÇED binalarının toplam yüksekliği 19,2 m. olup, burulma düzensizliği (A1) kontrol edilmiş ve $\eta_{bi} < 2,0$ olarak elde edilmiştir.
- PÇRD ve PÇED binalarının toplam yükseklikleri 38,40 m. olup, burulma düzensizliği kontrol edilmiş, $\eta_{bi} < 2,0$ ve ayrıca yumuşak kat düzensizliği (B2) kontrol edilmiş ve $\eta_{ki} < 2,0$ elde edilmiştir.

Yapılan kontroller sonucu bina sistemlerinin deprem hesabında Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin kullanılması için gerekli koşulları sağladığı görülmüştür.

Tüm modeller için yapılan boyutlandırmalar kaynaklara uygun olarak yapılmıştır [2,8].

Rijit diyafram modelinde, kütle merkezinde düğüm noktaları tanımlanmış ve bu noktalara deprem kuvvetleri X - Y doğrultularında etkilmiştir. Esnek diyafram modelinde ise çözümlemede kullanılan bilgisayar programında tanımlanan esnek diyafram seçeneği kullanılmış, deprem kuvvetleri ve bu kuvvetlerden oluşan ek burulma momentleri programa girilmiştir. Analizler sonucunda binalardaki düzensizlik kontrolleri yapılmış, binaların hakim periyotları, taban kesme kuvvetleri, kolon ve perdelerde oluşan moment ve kesme kuvvetleri karşılaştırılmıştır.

5.3 ÇRD ve ÇED Tip Binalar İçin Çözüm

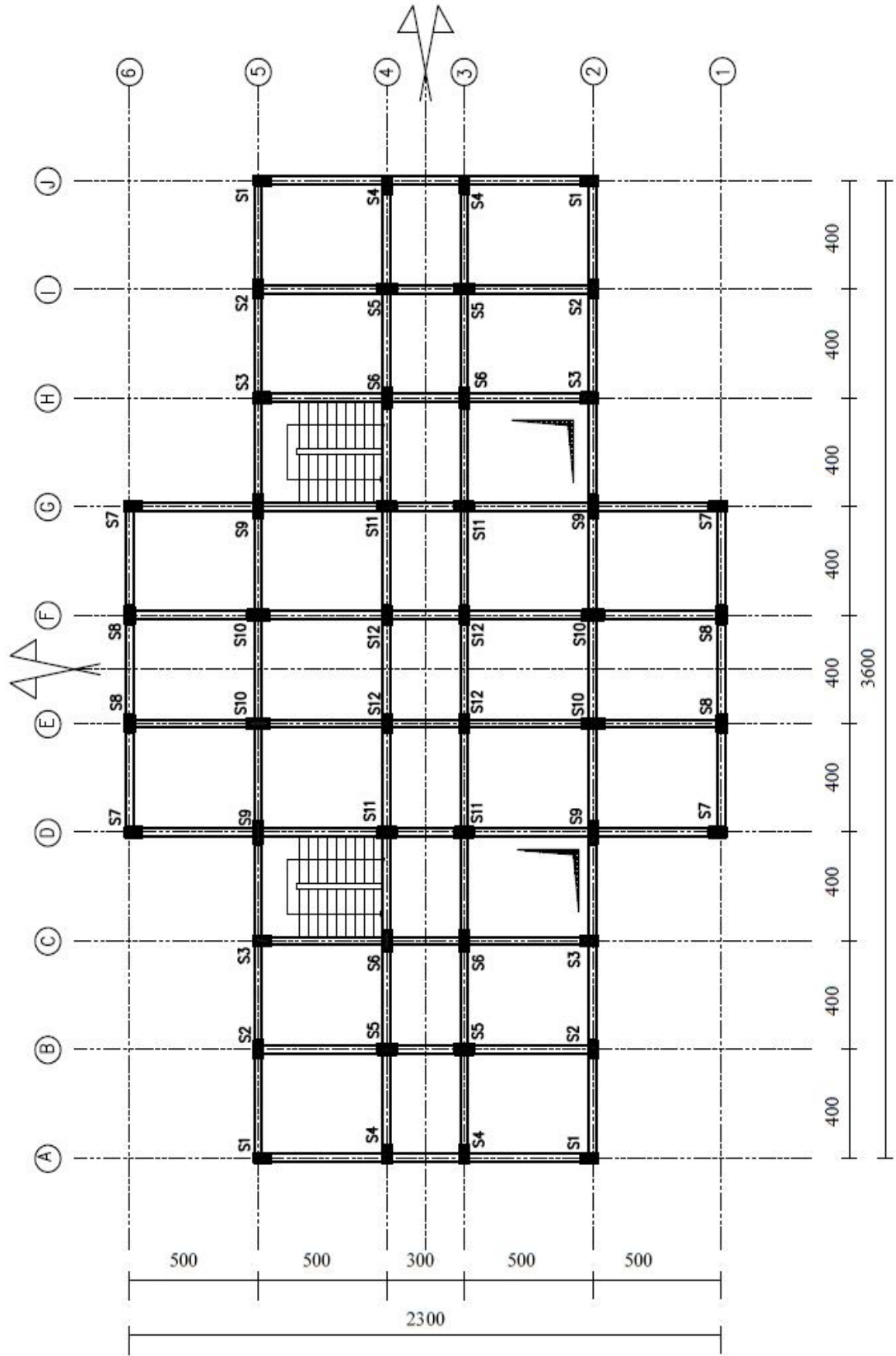
Çerçeve taşıyıcı sistem olarak modellenen ÇRD ve ÇED tipi binaların kat planı Şekil 5.2' de verilmiştir.

- Bodrum + Zemin + 4 Normal Kattan oluşan binada, bodrum katta rijit çevre perdeler bulunmaktadır.
- Tüm katlar 3.20 m yüksekliğindedir.
- Bina sistemindeki tüm kirişler 30x60 cm boyutlarında ve döşemeler ise 12 cm kalınlığında kirişli plak döşeme olarak seçilmiştir.

Bina sistemi simetrik olduğundan 12 adet kolon için hesaplamalar yapılmıştır. Kat kütleleri Çizelge 5.2 ve kolon boyutları Çizelge 5.3' te verilmiştir.

Çizelge 5.2 - ÇRD ve ÇED tipi binaların kat ağırlık ve kütleleri.

KAT	$g_i(\text{kN})$	$q_i(\text{kN})$	$w_i(\text{kN})$	$m_i(\text{kNs}^2/\text{m})$
4	5855,10	3381,00	6869,40	700,25
3	7165,69	2120,00	7801,69	795,28
2	7213,69	2120,00	7849,69	800,17
1	7213,69	2120,00	7849,69	800,17
Zemin	7328,89	2120,00	7964,89	811,92
Bodrum	10160,89	2120,00	10796,89	1100,60



Şekil 5.2 - ÇRD ve ÇED tipi binaların tipik kat planı.

Çizelge 5.3- ÇRD ve ÇED tip binaların kolon ön boyutları.

Kat	Kolon	Üstten G (kN)	Üstten Q (kN)	Toplam G (kN)	Toplam Q (kN)	G (kN)	Q (kN)	Nd (kN)	Ac gerekli (cm ²)	Kesit Ac (cm ²)	Seçilen (cm ²)
4	S1	17,74	-	103,18	28,75	120,92	28,75	215,29	143,52	186,58	30/50
	S2	15,77	-	149,01	57,50	164,78	57,50	322,69	215,13	279,66	30/50
	S3	15,77	-	149,01	57,50	164,78	57,50	322,69	215,13	279,66	30/50
	S4	15,77	-	132,82	46,00	148,59	46,00	281,63	187,75	244,08	30/50
	S5	-	-	170,14	92,00	170,14	92,00	385,39	256,93	334,01	30/50
	S6	-	-	170,14	92,00	170,14	92,00	385,39	256,93	334,01	30/50
	S7	17,74	-	103,18	28,75	120,92	28,75	215,29	143,52	186,58	30/50
	S8	15,77	-	132,76	57,50	148,53	57,50	299,94	199,96	259,95	30/50
	S9	17,74	-	204,31	86,25	222,05	86,25	448,87	299,25	389,02	30/60
	S10	-	-	179,76	115,00	179,76	115,0	435,66	290,44	377,58	30/60
	S11	-	-	157,14	92,00	157,14	92,00	367,19	244,80	318,23	30/50
	S12	-	-	127,89	92,00	127,89	92,00	326,24	217,50	282,74	30/50
3	S1	120,92	28,75	102,95	17,50	223,87	46,25	387,42	258,28	335,76	30/50
	S2	164,78	57,50	148,56	35,00	313,33	92,50	586,67	391,11	508,44	30/50
	S3	164,78	57,50	148,56	42,50	313,33	100,0	598,67	399,11	518,84	30/50
	S4	148,59	46,00	132,46	32,50	281,05	78,50	519,07	346,05	449,86	30/50
	S5	170,14	92,00	169,41	65,00	339,55	157,0	726,57	484,38	629,69	30/50
	S6	170,14	92,00	169,41	72,50	339,55	164,5	738,57	492,38	640,09	30/50
	S7	120,92	28,75	102,95	17,50	223,87	46,25	387,42	258,28	335,76	30/50
	S8	148,53	57,50	140,43	35,00	288,96	92,50	552,54	368,36	478,87	30/50
	S9	222,05	86,25	203,63	67,50	425,68	153,7	841,95	561,30	729,69	30/60
	S10	179,76	115,00	186,98	85,00	366,74	200,0	833,43	555,62	722,31	30/60
	S11	157,14	92,00	156,41	80,00	313,55	172,0	714,17	476,11	618,94	30/50
	S12	127,89	92,00	127,16	80,00	255,05	172,0	632,27	421,51	547,96	30/50
2	S1	223,87	46,25	107,95	17,50	331,83	63,75	566,56	377,70	491,01	30/50
	S2	313,33	92,50	153,56	35,00	466,89	127,5	857,64	571,76	743,29	30/50
	S3	313,33	100,00	153,56	42,50	466,89	142,5	881,64	587,76	764,09	30/50
	S4	281,05	78,50	137,46	32,50	418,51	111,0	763,52	509,01	661,71	30/50
	S5	339,55	157,00	174,41	65,00	513,96	222,0	1.074,7	716,49	931,44	30/60
	S6	339,55	164,50	174,41	72,50	513,96	237,0	1.098,7	732,49	952,24	30/60
	S7	223,87	46,25	107,95	17,50	331,82	63,75	566,55	377,70	491,01	30/50
	S8	288,96	92,50	145,43	35,00	434,39	127,5	812,14	541,43	703,86	30/50
	S9	425,68	153,75	208,63	67,50	634,30	221,2	1.242,0	828,02	1.076,4	30/70
	S10	366,74	200,00	191,98	85,00	558,71	285,0	1.238,1	825,46	1.073,1	30/70
	S11	313,55	172,00	161,41	80,00	474,96	252,0	1.068,1	712,09	925,72	30/60
	S12	255,05	172,00	132,16	80,00	387,21	252,0	945,29	630,19	819,25	30/50

Çizelge 5.3 (Devam) - ÇRD ve ÇED tipi binaların kolon ön boyutları.

1	S1	331,83	63,75	107,95	17,50	439,78	81,25	745,69	497,13	646,26	30/50
	S2	466,89	127,50	153,56	35,00	620,44	162,5	1.128,6	752,41	978,14	30/50
	S3	466,89	142,50	153,56	42,50	620,44	185,0	1.164,6	776,41	1.009,3	30/50
	S4	418,51	111,00	137,46	32,50	555,97	143,5	1.007,9	671,97	873,57	30/50
	S5	513,96	222,00	174,41	65,00	688,37	287,0	1.422,9	948,61	1.233,1	30/60
	S6	513,96	237,00	174,41	72,50	688,37	309,5	1.458,9	972,61	1.264,3	30/60
	S7	331,82	63,75	107,95	17,50	439,78	81,25	745,69	497,12	646,26	30/50
	S8	434,39	127,50	145,43	35,00	579,82	162,5	1.071,7	714,50	928,85	30/50
	S9	634,30	221,25	208,63	67,50	842,93	288,7	1.642,1	1.094,74	1.423,1	30/70
	S10	558,71	285,00	191,98	85,00	750,69	370,0	1.642,9	1.095,31	1.423,9	30/70
	S11	474,96	252,00	161,41	80,00	636,37	332,0	1.422,1	948,08	1.232,5	30/60
	S12	387,21	252,00	132,16	80,00	519,37	332,0	1.258,3	838,88	1.090,5	30/50
Z	S1	439,78	81,25	112,95	17,50	552,73	98,75	931,82	621,22	807,58	30/60
	S2	620,44	162,50	158,56	35,00	779,00	197,5	1.406,6	937,73	1.219,0	30/60
	S3	620,44	185,00	158,56	42,50	779,00	227,5	1.454,6	969,73	1.260,6	30/60
	S4	555,97	143,50	142,46	32,50	698,43	176,0	1.259,4	839,60	1.091,4	30/60
	S5	688,37	287,00	179,41	65,00	867,78	352,0	1.778,0	1.185,39	1.541,0	30/70
	S6	688,37	309,50	179,41	72,50	867,78	382,0	1.826,0	1.217,39	1.582,6	30/70
	S7	439,78	81,25	112,95	17,50	552,73	98,75	931,82	621,21	807,58	30/60
	S8	579,82	162,50	150,43	35,00	730,25	197,5	1.338,3	892,23	1.159,9	30/60
	S9	842,93	288,75	213,63	67,50	1.056,5	356,2	2.049,1	1.366,12	1.775,9	30/80
	S10	750,69	370,00	196,98	85,00	947,66	455,0	2.054,7	1.369,82	1.780,7	30/80
	S11	636,37	332,00	166,41	80,00	802,78	412,0	1.783,0	1.188,73	1.545,3	30/70
	S12	519,37	332,00	137,16	80,00	656,53	412,0	1.578,3	1.052,23	1.367,8	30/60
B	S1	552,73	98,75	112,95	17,50	665,68	116,2	1.117,9	745,31	968,90	30/60
	S2	779,00	197,50	158,56	35,00	937,55	232,5	1.684,5	1.123,05	1.459,9	30/60
	S3	779,00	227,50	158,56	42,50	937,55	270,0	1.744,5	1.163,05	1.511,9	30/60
	S4	698,43	176,00	142,46	32,50	840,89	208,5	1.510,8	1.007,23	1.309,4	30/60
	S5	867,78	352,00	179,41	65,00	1.047,1	417,0	2.133,2	1.422,18	1.848,8	30/70
	S6	867,78	382,00	179,41	72,50	1.047,1	454,5	2.193,2	1.462,18	1.900,8	30/70
	S7	552,73	98,75	112,95	17,50	665,68	116,2	1.117,9	745,30	968,89	30/60
	S8	730,25	197,50	150,43	35,00	880,68	232,5	1.604,9	1.069,97	1.390,9	30/60
	S9	1.056,5	356,25	213,63	67,50	1.270,1	423,7	2.456,2	1.637,51	2.128,7	30/80
	S10	947,66	455,00	196,98	85,00	1.144,6	540,0	2.466,4	1.644,33	2.137,6	30/80
	S11	802,78	412,00	166,41	80,00	969,19	492,0	2.144,0	1.429,38	1.858,1	30/70
	S12	656,53	412,00	137,16	80,00	793,69	492,0	1.898,3	1.265,58	1.645,2	30/60

5.3.1 ÇRD ve ÇED tip binalar için döşeme donatı hesabı

Binanın kat döşemeleri çift doğrultuda çalışan döşemelerdir. Yönetmeliğimizde verilen esaslara uygun olarak yapılan hesaplamalar sonucunda döşeme kalınlığının 12 cm olarak seçilmesi uygun görülmüştür.

Döşeme sistemi için yapılan hesaplamalar sonucunda seçilen donatı boyut ve aralıkları, açıklık momentleri için Çizelge 5.4, mesnet momentleri için ise Çizelge 5.5' te verilmiştir.

Çizelge 5.4 - ÇRD ve ÇED tipi bina döşeme sisteminin açıklık momentleri, donatı boyut ve aralıkları.

Döşeme	Doğrultu	Md (kNm/m)	d (m)	K (x10 ⁻⁵)	k _s	A _a açıklık (mm ² /m)	Seçilen (mm ²)	Düz	Pilye
D101 D102 D106	X	8,852	0,1	112,97	2,85	252,28	ø8/180 (279 mm ²)	ø8/360 (140mm ²)	ø8/360 (140mm ²)
D101 D102 D106	Y	6,753	0,09	119,95	2,85	213,85	ø8/180 (279 mm ²)	ø8/360 (140mm ²)	ø8/360 (140mm ²)
D103	X	3,555	0,09	227,85	2,81	110,96	ø8/180 (279 mm ²)	ø8/360 (140mm ²)	ø8/360 (140mm ²)
D103	Y	5,046	0,1	198,18	2,82	142,30	ø8/180 (279 mm ²)	ø8/360 (140mm ²)	ø8/360 (140mm ²)
D104 D108 D111	X	2,867	0,09	282,53	2,80	89,20	ø8/180 (279 mm ²)	ø8/360 (140mm ²)	ø8/360 (140mm ²)
D104 D108 D111	Y	4,473	0,1	223,56	2,81	125,69	ø8/180 (279 mm ²)	ø8/360 (140mm ²)	ø8/360 (140mm ²)
D105	X	5,046	0,09	160,52	2,83	158,67	ø8/180 (279 mm ²)	ø8/360 (140mm ²)	ø8/360 (140mm ²)
D105	Y	7,569	0,1	132,12	2,84	214,96	ø8/180 (279 mm ²)	ø8/360 (140mm ²)	ø8/360 (140mm ²)
D107	X	8,938	0,1	111,88	2,85	211,41	ø8/180 (279 mm ²)	ø8/360 (140mm ²)	ø8/360 (140mm ²)
D107	Y	6,676	0,09	121,33	2,85	211,41	ø8/180 (279 mm ²)	ø8/360 (140mm ²)	ø8/360 (140mm ²)

Çizelge 5.4 (Devam) - ÇRD ve ÇED tipi bina döşeme sisteminin açıklık momentleri, donatı boyutları ve aralıkları.

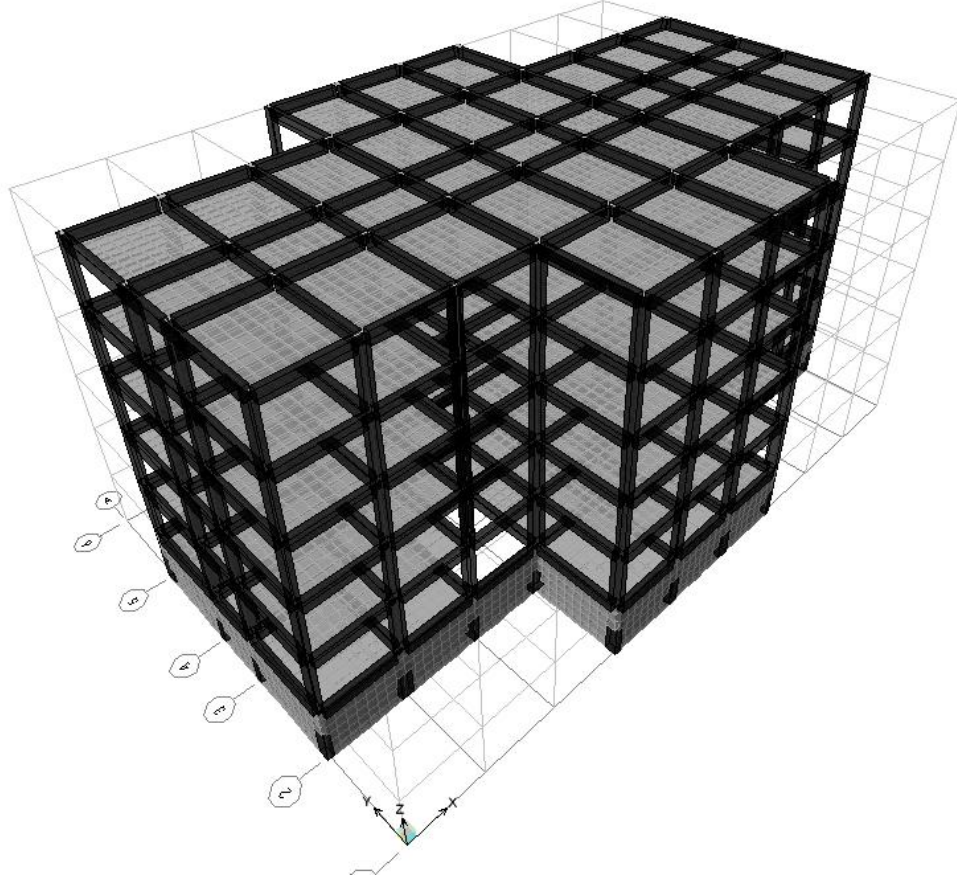
D109	X	8,867	0,1	112,77	2,85	252,71	ø8/180 (279 mm ²)	ø8/360 (140mm ²)	ø8/360 (140mm ²)
D109	Y	6,623	0,09	112,30	2,85	209,73	ø8/180 (279 mm ²)	ø8/360 (140mm ²)	ø8/360 (140mm ²)
D110	X	7,753	0,1	128,98	2,85	220,96	ø8/180 (279 mm ²)	ø8/360 (140mm ²)	ø8/360 (140mm ²)
D110	Y	5,384	0,09	150,45	2,83	169,30	ø8/180 (279 mm ²)	ø8/360 (140mm ²)	ø8/360 (140mm ²)

Çizelge 5.5 - ÇRD ve ÇED tipi bina döşeme sisteminin mesnet momentleri, donatı boyut ve aralıkları.

Mesnet	Md (kNm/m)	K (x10 ⁻⁵)	k _s	A _s mesnet (mm ² /m)	Mevcut Donatı	Ek Donatı
D101/D102	11,681	85,61	2,88	336,41	ø8/360 + ø8/360 (280 mm ²)	ø8/330 (153 mm ²)
D101/D103	8,386	119,26	2,85	239,00	ø8/360 + ø8/360 (280 mm ²)	-
D102/D104	8,190	122,10	2,85	233,415	ø8/360 + ø8/360 (280 mm ²)	-
D104/D105	5,543	180,41	2,83	156,87	ø8/360 + ø8/360 (280 mm ²)	-
D106/D107	9,045	110,56	2,86	258,69	ø8/360 + ø8/360 (280 mm ²)	-
D107/D108	8,267	120,96	2,85	235,61	ø8/360 + ø8/360 (280 mm ²)	-
D106/D109	11,751	85,10	2,88	338,43	ø8/360 + ø8/360 (280 mm ²)	ø8/330 (153 mm ²)
D107/D110	11,845	84,42	2,88	341,14	ø8/360 + ø8/360 (280 mm ²)	ø8/330 (153 mm ²)
D108/D111	3,785	264,20	2,81	106,36	ø8/360 + ø8/360 (280 mm ²)	-
D110/D111	7,107	140,71	2,84	201,84	ø8/360 + ø8/360 (280 mm ²)	-
D109/D110	8,351	119,75	2,85	238,00	ø8/360 + ø8/360 (280 mm ²)	-

5.3.2 ÇRD tipi bina için çözüm

Kat planı verilen ÇRD tipi bina sistemi ETABS v9.7.2 [9] programında modellenmiştir. Binaya ait üç boyutlu modelleme Şekil 5.3'te verilmiştir.



Şekil 5.3 - ÇRD ve ÇED tipi binalara ait 3 boyutlu model.

Modal analiz sonucunda bina hakim periyodu 1.mod $T_y=0,8273$ s ve 2.mod $T_x=0,7868$ s olarak elde edilmiştir. Elde edilen periyotlara göre taban kesme kuvveti hesaplanırken DBYBHY 2.7.2.4' te belirtilen bodrum katta rijitliği üst katlara oranla çok büyük betonarme çevre perdelerin bulunmasından dolayı bodrum ve üstteki katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Zemin seviyesinde hesaplanan taban kesme kuvvetleri $V_{ty}=4025,21$ kN ve $V_{tx}=4197,72$ kN olarak elde edilmiştir. Bodrum kata etkiyen kesme kuvveti $V_{bk}=4318,756$ kN olarak hesaplanmıştır.

X yönü için taban kesme kuvveti hesabı;

Z2 zemin sınıfı için $T_A=0,15$ s ve $T_B=0,40$ s olarak verilmiştir. $T_x=0,7868$ s olarak elde edildiğinden $T_B < T$ olur.

Spektrum katsayısı $S(T)$;

$$S(T) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} \Rightarrow S(T) = 1,46 \quad (5.1)$$

Spektral ivme katsayısı $A(T)$;

$$A(T) = A_0 I S(T) \Rightarrow A(T) = 0,876 \quad (5.2)$$

Deprem yükü azaltma katsayısı $R_a(T)$;

$$T_A < T \Rightarrow R_a(T) = R, \quad R=8 \text{ alındığından} \quad R_a(T) = 8 \quad (5.3)$$

Taban kesme V_t ;

$$V_t = \frac{W A(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_0 I W \Rightarrow V_{tx} = 4197,72 \text{ kN} \quad (5.4)$$

En üst kata etkiyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N ;

$$\Delta F_{Nx} = 0.0075 N V_t = 157,41 \text{ kN} \quad (5.5)$$

olarak elde edilir.

Y yönü için taban kesme kuvveti hesabı;

Z2 zemin sınıfı için $T_A = 0,15$ s ve $T_B = 0,40$ s olarak verilmiştir. $T_y = 0,8273$ s olarak elde edildiğinden $T_B < T$ olur.

Spektrum katsayısı $S(T)$;

$$S(T) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} \Rightarrow S(T) = 1,40 \quad (5.6)$$

Spektral ivme katsayısı $A(T)$;

$$A(T) = A_0 I S(T) \Rightarrow A(T) = 0,84 \quad (5.7)$$

Deprem yükü azaltma katsayısı $R_a(T)$;

$$T_A < T \Rightarrow R_a(T) = R, \quad R=8 \text{ alındığından} \quad R_a(T) = 8 \quad (5.8)$$

Taban kesme V_t ;

$$V_t = \frac{W A(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_0 I W \Rightarrow V_{ty} = 4025,21 \text{ kN} \quad (5.9)$$

En üst kata etkiyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N ;

$$\Delta F_{Ny} = 0.0075NV_t = 150,95 \text{ kN} \quad (5.10)$$

olarak elde edilir.

Bodrum Kata Etkiyen Kesme Kuvveti Hesabı;

Spektrum Katsayısı $S(T) = 1$ olarak alınmıştır. Spektral ivme değeri ile bu katın ağırlığı doğrudan çarpılmış ve $R_a(T) = 1.5$ katsayısına bölünmüştür.

$$V_{bk} = \frac{A_o IW_{bk}}{1.5} = 4318.756 \text{ kN} \quad (5.11)$$

olarak elde edilir.

Katlara etkiyen kat kesme kuvvetleri Çizelge 5.6' da verilmiştir. Katlara etkiyen kuvvetler ve bu kuvvetlerden oluşacak ek burulma momentleri ise Çizelge 5.7' de verilmiştir.

Çizelge 5.6 - ÇRD binasına etkiyen kat kesme kuvvetleri.

KAT	h_i	H_i	$w_i H_i$	$\frac{w_i H_i}{\sum w_i H_i}$	F_{ix}	F_{iy}	ΔF_{Nx}	ΔF_{Ny}	V_{ix}	V_{iy}
4	3,2	16	109910,4	0,305	1230,61	1180,03	157,41	150,95	1388,02	1330,9
3	3,2	12,8	99861,63	0,277	1118,10	1072,14	-	-	2506,12	2403,1
2	3,2	9,6	75357,02	0,209	843,734	809,058	-	-	3349,85	3212,1
1	3,2	6,4	50238,01	0,139	562,489	539,372	-	-	3912,34	3751,5
Z	3,2	3,2	25487,64	0,071	285,372	273,644	-	-	4197,72	4025,2
B	3,2	-	-	-	4318,76	4318,76	-	-	8516,47	8343,9

Çizelge 5.7- ÇRD binasında katlara etkiyen kuvvetler ve ek burulma momentleri.

KAT	$F_{ix} \text{ (kN)}$	$M_{ix} \text{ (kNm)}$	$F_{iy} \text{ (kN)}$	$M_{iy} \text{ (kNm)}$
4	1388,02	1596,22	1330,98	2395,77
3	1118,10	1285,81	1072,14	1929,86
2	843,73	970,29	809,058	1456,30
1	562,48	646,86	539,37	970,87
Z	285,37	328,17	273,64	492,55
B	4318,76	4966,57	4318,76	7773,76

Çizelgelerde verilen kuvvet ve momentler programa girilmiştir. Binaların analizi sırasında ETABS programına düşey yük ve deprem etkisi için 115 farklı yük kombinasyonu girilmiştir. Bu yük kombinasyonlarından seçilen belirli yüklemeler için düzensizlik kontrolleri yapılmıştır. Seçilen bu kombinasyonların içeriği Çizelge 5.8' de verilmiştir.

Çizelge 5.8 - Deprem hesabında kullanılan kombinasyonlar.

Kombinasyon Adı	İÇERİĞİ
Comb 1	Düşey yükler + X yönlü +0.05 ek dışmerkezlilik etkili deprem kuvveti
Comb 2	Düşey yükler + X yönlü - 0.05 ek dışmerkezlilik etkili deprem kuvveti
Comb 3	Düşey yükler + Y yönlü +0.05 ek dışmerkezlilik etkili deprem kuvveti
Comb 4	Düşey yükler +Y yönlü -0.05 ek dışmerkezlilik etkili deprem kuvveti

Seçilen depremler için A1-Burulma Düzensizliği, B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği, Etkin Göreli Kat Ötelemesi ve İkinci Mertebe Etkileri kontrolleri yapılmıştır. Bu kontrollerden sadece Comb 4 yüklemesi için elde edilen değerler Çizelge 5.9 ve Çizelge 5.10' da verilmiştir.

Çizelge 5.9- ÇRD binasında Comb 4 yüklemesi için burulma düzensizliği kontrolü.

KAT	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}	Burulma
4	0,0028	0,0018	0,0023	1,2174>1,2	Vardır.
3	0,0048	0,0031	0,0040	1,2152>1,2	Vardır.
2	0,0056	0,0037	0,0047	1,2043>1,2	Vardır.
1	0,0065	0,0041	0,0053	1,2264>1,2	Vardır.
Z	0,0045	0,0029	0,0037	1,2162>1,2	Vardır.
B	0,0002	0,0002	0,0002	1,0000<1,2	Yoktur.

Çizelge 5.10 - ÇRD binasında Comb 4 yüklemesi için yumuşak kat , görelî kat ötelemesi ve ikinci mertebe etkileri kontrolü.

KAT	η_{ki}	$(\delta_i)_{\max}/h_i$	θ_i	
4	0,5823<2	0,0070<0,02	0,0037<0,12	Yoktur.
3	0,8495<2	0,0120<0,02	0,0075<0,12	Yoktur.
2	0,8774<2	0,0140<0,02	0,0102<0,12	Yoktur.
1	1,4324<2	0,0163<0,02	0,01341<0,12	Yoktur.
Z	0,6981<2	0,0113<0,02	0,0110<0,12	Yoktur.
B	0,0541<2	0,0005<0,02	0,0004<0,12	Yoktur.

Yapılan düzensizlik kontrolleri sonucunda Comb 3 ve Comb 4 yükleme kombinasyonlarının oluşturduğu burulma düzensizliği katsayılarının (η_{bi}) bodrum kat haricindeki katlarda 1.2' den büyük olduğu görülmüştür. Ancak Yönetmeliğin 2.7.3.3 maddesinde belirtildiği üzere, burulma düzensizliği katsayısı $1,2 < \eta_{bi} < 2,0$ olduğundan uygulanan ek dışmerkezlîk, her iki deprem doğrultusu için D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülmüştür. Katlara uygulanan ek dışmerkezlîk büyütme katsayısı;

$$D_i = \left(\frac{\eta_{bi}}{1,2} \right)^2 \quad (5.12)$$

formülü ile hesaplanmıştır.

Dışmerkezlîğe uygulanacak büyütme katsayıları ile ek dışmerkezlîk değerleri Çizelge 5.11' de verilmiştir.

Çizelge 5.11 - ÇRD binasında büyütme katsayısı ve ek dışmerkezlîk değerleri.

KAT	η_{bi}	D_i	Ek dışmerkezlîk
4	1,21739	1,0292	0,05146
3	1,21519	1,02548	0,05127
2	1,2043	1,00718	0,05036
1	1,22642	1,04451	0,05223
Z	1,21622	1,02721	0,05136

Verilen eş dışmerkezlik değerlerine göre kat momentleri büyütülmüş ve ilgili katlara uygulanmıştır. Kat kuvvetleri ve büyütme katsayısı uygulanan moment değerleri Çizelge 5.12' de verilmiştir.

Çizelge 5.12 - ÇRD binasında katlara etkiyen kuvvetler ve büyütülen dışmerkezlikli ek burulma momentleri.

KAT	F_{ix} (kN)	M_{ix} (kNm)	F_{iy} (kN)	M_{iy} (kNm)
4	1388,02	1642,83	1330,99	2465,73
3	1118,10	1318,58	1072,15	1979,04
2	843,73	977,26	809,06	1466,76
1	562,49	675,65	539,37	1014,074
Z	285,37	337,10	273,64	505,96
B	4318,76	4966,57	4318,76	7773,76

Her iki deprem yönü için elde edilen kat kesme kuvvetleri ve bu kuvvetlerden oluşan ek burulmalar bina sistemine etkilmiş ve yapılan çözümleme sonucunda oluşan kolon kesme kuvveti ve moment değerleri Çizelge 5.13' te verilmiştir.

Çizelge 5.13- ÇRD binasında kolon uçlarında oluşan maksimum moment ve maksimum kesme kuvveti değerleri.

KAT	S1			S2		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)
4	63,243	69,821	51,18	58,406	48,178	40,81
3	105,936	81,875	72,24	115,129	81,414	75,59
2	119,843	83,167	78,05	139,667	92,552	89,32
1	127,523	90,424	83,83	160,126	104,611	101,82
Z	249,068	53,68	116,44	243,522	95,315	130,09
KAT	S3			S4		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)
4	70,221	84,191	59,39	58,742	59,576	45,51
3	100,455	74,564	67,31	90,408	68,479	61,11
2	116,735	79,731	75,56	107,903	73,357	69,72
1	118,081	86,197	78,57	107,008	79,335	71,67
Z	240,744	51,641	112,46	217,371	48,328	102,19

Çizelge 5.13 (Devam) - ÇRD binasında kolon uçlarında oluşan maksimum moment ve maksimum kesme kuvveti değerleri.

KAT	S5			S6		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)
4	92,439	74,729	64,3	69,962	53,525	47,49
3	146,179	106,486	97,18	108,291	83,438	73,74
2	252,033	177,593	165,24	182,165	133,619	121,46
1	297,119	186,01	185,82	214,342	136,287	134,86
Z	367,646	152,441	200,03	277,237	98,936	144,68
KAT	S7			S8		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)
4	59,44	61,076	46,35	69,696	55,472	48,14
3	97,954	74,995	66,52	131,906	91,439	85,9
2	109,81	75,181	71,15	159,892	105,096	101,92
1	114,55	81,751	75,5	182,534	118,618	115,83
Z	216,88	50,278	102,75	263,885	111,078	144,22
KAT	S9			S10		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)
4	105,842	95,127	77,3	69,776	70,64	54,01
3	156,663	129,215	109,95	127,459	109,461	91,12
2	235,054	181,264	160,12	180,327	143,789	124,66
1	284,082	182,743	179,55	241,124	148,402	149,82
Z	470,445	111,453	223,81	353,988	74,406	164,77
KAT	S11			S12		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)
4	76,771	67,221	55,36	66,794	47,983	46,81
3	121,695	89,856	81,32	120,644	82,93	78,3
2	210,524	149,215	138,36	145,318	95,783	92,73
1	249,792	156,984	156,45	167,014	107,639	105,64
Z	317,186	122,909	169,21	206,6	97,748	117,06

5.3.3 ÇED tipi bina için çözüm

Kat planı verilen ÇED tipi bina ETABS v9.7.2 programında esnek diyafram modeli ile modellenmiştir. Binaya ait üç boyutlu model ÇRD tipi bina ile aynıdır. (Şekil 5.3)

Modal analiz sonucunda bina hakim periyodu 1. mod $T_y=0,8329$ s ve 2. mod $T_x=0,7909$ s olarak elde edilmiştir. Elde edilen periyotlara göre taban kesme kuvveti

hesaplanırken DBYBHY 2.7.2.4' te belirtilen bodrum katta rijitliği üst katlara oranla çok büyük betonarme çevre perdelerin bulunmasından dolayı bodrum ve üstteki katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Zemin seviyesinden hesaplanan taban kesme kuvvetleri $V_{ty}=3996,46$ kN ve $V_{tx}=4168,97$ kN olarak elde edilmiştir. Bodrum kata etkiyen kesme kuvveti $V_{bk}=4318,756$ kN olarak hesaplanmıştır.

X yönü için taban kesme kuvveti hesabı;

Z2 zemin sınıfı için $T_A=0,15$ s ve $T_B=0,40$ s olarak verilmiştir. $T_x=0,7909$ s olarak elde edildiğinden $T_B < T$ olur.

Spektrum katsayısı $S(T)$;

$$S(T) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} \Rightarrow S(T) = 1,45 \quad (5.13)$$

Spektral ivme katsayısı $A(T)$;

$$A(T) = A_o I S(T) \Rightarrow A(T) = 0,87 \quad (5.14)$$

Deprem yükü azaltma katsayısı $R_a(T)$;

$$T_A < T \Rightarrow R_a(T) = R, \quad R=8 \text{ alındığından} \quad R_a(T) = 8 \quad (5.15)$$

Taban kesme V_t ;

$$V_t = \frac{W A(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_o I W \Rightarrow V_{tx} = 4168,97 \text{ kN} \quad (5.16)$$

En üst kata etkiyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N ;

$$\Delta F_{Nx} = 0.0075 N V_t = 156,34 \text{ kN} \quad (5.17)$$

olarak elde edilir.

Y yönü için taban kesme kuvveti hesabı;

Z2 zemin sınıfı için $T_A=0,15$ s ve $T_B=0,40$ s olarak verilmiştir. $T_y=0,8329$ s olarak elde edildiğinden $T_B < T$ olur.

Spektrum katsayısı $S(T)$;

$$S(T) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} \Rightarrow S(T) = 1,39 \quad (5.18)$$

Spektral ivme katsayısı $A(T)$;

$$A(T) = A_0 IS(T) \Rightarrow A(T) = 0,834 \quad (5.19)$$

Deprem yükü azaltma katsayısı $R_a(T)$;

$$T_A < T \Rightarrow R_a(T) = R, R=8 \text{ alındığından } R_a(T) = 8 \quad (5.20)$$

Taban kesme V_t ;

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_0 IW \Rightarrow V_{ty} = 3996,46 \text{ kN} \quad (5.21)$$

En üst kata etkiyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N ;

$$\Delta F_{Ny} = 0.0075 N V_t = 149,87 \text{ kN} \quad (5.22)$$

olarak elde edilir.

Bodrum Kata Etkiyen Kesme Kuvveti Hesabı;

Spektrum Katsayısı $S(T) = 1$ olarak alınmıştır. Spektral ivme değeri ile bu katın ağırlığı doğrudan çarpılmış ve $R_a(T) = 1.5$ katsayısına bölünmüştür.

$$V_{bk} = \frac{A_0 IW_{bk}}{1.5} = 4318.756 \text{ kN} \quad (5.23)$$

olarak elde edilir.

Katlara etkiyen kat kesme kuvvetleri Çizelge 5.14 'te verilmiştir. Katlara etkiyen kuvvetler ve bu kuvvetlerden oluşacak ek burulma momentleri Çizelge 5.15' te verilmiştir.

Tablolarda verilen kuvvet ve momentler programa girilmiştir. Binaların analizi sırasında ETABS programına 115 farklı yük kombinasyonu girilmiştir. Bu yük kombinasyonlarından seçilen belirli yüklemeler için düzensizlik kontrolleri yapılmıştır.

Seçilen depremler için DBYBHY' de belirtilen A1-Burulma Düzensizliği, B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği, Etkin Görelî Kat Ötelemesi ve İkinci Mertebe Etkileri kontrolleri yapılmıştır. Bu kontrollerden sadece Comb 4 yüklemesi için elde edilen değerler Çizelge 5.16 ve Çizelge 5.17' de verilmiştir. Yapılan düzensizlik kontrolleri sonucunda Comb 3 ve Comb 4 yükleme kombinasyonlarının oluşturduğu burulma düzensizliği katsayılarının (η_{bi}) tüm katlarda 1.2' den büyük

olduğu görülmüştür. Ancak Yönetmeliğin 2.7.3.3 maddesinde belirtildiği üzere, burulma düzensizliği katsayısı $1,2 < \eta_{bi} < 2,0$ olduğundan uygulanan ek dışmerkezlilik, her iki deprem doğrultusu için D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülmüştür.

Çizelge 5.14- ÇED binasına etkiyen kat kesme kuvvetleri.

KAT	h_i	H_i	$w_i H_i$	$\frac{w_i H_i}{\sum w_i H_i}$	F_{ix}	F_{iy}	ΔF_{Nx}	ΔF_{Ny}	V_{ix}	V_{iy}
4	3,2	16	109910,4	0,305	1222,18	1171,61	156,34	149,87	1378,52	1321,4
3	3,2	12,8	99861,63	0,277	1110,44	1064,49	-	-	2488,96	2385,9
2	3,2	9,6	75357,02	0,209	837,95	803,28	-	-	3326,92	3189,2
1	3,2	6,4	50238,01	0,139	558,64	535,52	-	-	3885,55	3724,7
Z	3,2	3,2	25487,64	0,071	283,417	271,69	-	-	4168,97	3996,4
B	3,2	-	-	-	4318,76	4318,76	-	-	8487,73	8315,2

Çizelge 5.15- ÇED binasında katlara etkiyen kuvvetler ve ek burulma momentleri.

KAT	F_{ix} (kN)	M_{ix} (kNm)	F_{iy} (kN)	M_{iy} (kNm)
4	1222,18	1585,30	1171,61	2378,66
3	1110,44	1277,01	1064,49	1916,08
2	837,95	963,65	803,28	1445,90
1	558,64	642,43	535,52	963,94
Z	283,42	325,93	271,69	489,04
B	4318,76	4966,57	4318,76	7773,76

Çizelge 5.16- ÇED binasında Comb 4 yüklemesi için burulma düzensizliği kontrolü.

KAT	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}	Burulma
4	0,0029	0,0019	0,0024	1,2083>1,2	Vardır.
3	0,0047	0,0031	0,0039	1,2051>1,2	Vardır.
2	0,0055	0,0035	0,0045	1,2222>1,2	Vardır.
1	0,0064	0,0041	0,0053	1,2190>1,2	Vardır.
Z	0,0048	0,0031	0,0040	1,2152>1,2	Vardır.
B	0,0010	0,0001	0,0006	1,8182>1,2	Vardır.

Çizelge 5.17- ÇED binasında Comb 4 yüklemesi için yumuşak kat , görel kat ötelemesi ve ikinci mertebe etkileri kontrolü.

KAT	η_{ki}	$(\delta_i)_{\max}/h_i$	θ_i	
4	0,6154<2	0,0073<0,02	0,0039<0,12	Yoktur.
3	0,8667<2	0,0118<0,02	0,0075<0,12	Yoktur.
2	0,8571<2	0,0138<0,02	0,0099<0,12	Yoktur.
1	1,3291<2	0,0160<0,02	0,0134<0,12	Yoktur.
Z	0,7524<2	0,0120<0,02	0,0118<0,12	Yoktur.
B	0,1392<2	0,0025<0,02	0,0010<0,12	Yoktur.

Katlara uygulanan ek dışmerkezlilik büyütme katsayısı değerleri Çizelge 5.18' de verilmiştir.

Verilen eş dışmerkezlilik değerlerine göre kat momentleri büyütülmüş ve ilgili katlara uygulanmıştır. Kat kuvvetleri ve büyütme katsayısı uygulanan moment değerleri Çizelge 5.19' da verilmiştir.

Her iki deprem yönü için elde edilen kat kesme kuvvetleri ve bu kuvvetlerden oluşan ek burulmalar yapı sistemine etkitilmiş ve yapılan analiz sonucunda oluşan kolon kesme kuvveti ve moment değerleri Çizelge 5.20' de verilmiştir.

Çizelge 5.18- ÇED binasında büyütme katsayısı ve ek dışmerkezlilik değerleri.

KAT	η_{bi}	D_i	Ek dışmerkezlilik
4	1,2083	1,0139	0,0507
3	1,2051	1,0086	0,0504
2	1,2222	1,0374	0,0519
1	1,2190	1,0320	0,0516
Z	1,2152	1,0255	0,0513
B	1,8182	2,2957	0,1148

Çizelge 5.19 - ÇED binasında katlara etkiyen kuvvetler ve büyütülen dışmerkezlikli ek burulma momentleri.

KAT	F_{ix} (kN)	M_{ix} (kNm)	F_{iy} (kN)	M_{iy} (kNm)
4	1378,52	1607,40	1321,48	2411,82
3	1110,44	1287,94	1064,49	1932,49
2	837,95	999,67	803,28	1499,95
1	558,64	662,99	535,52	994,78
Z	283,42	334,23	271,69	501,50
B	4318,76	11423,11	4318,76	17879,65

Çizelge 5.20- ÇED binasında kolon uçlarında oluşan maksimum moment ve maksimum kesme kuvveti değerleri.

KAT	S1			S2		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)
4	67,483	71,31	53,38	57,765	48,22	40,54
3	103,02	78,534	69,83	113,972	80,675	74,86
2	117,066	81,902	76,53	138,858	91,839	88,73
1	122,536	90,466	81,92	155,498	104,012	99,81
Z	260,447	60,457	123,42	266,915	108,532	143,83
KAT	S3			S4		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)
4	75,348	86,658	62,31	57,634	58,969	44,85
3	99,232	72,191	65,93	90,573	68,64	61,24
2	114,371	78,597	74,22	107,101	72,874	69,22
1	119,117	86,18	78,96	107,797	79,27	71,95
Z	230,328	51,553	108,42	203,328	48,691	96,93
KAT	S5			S6		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)
4	98,35	78,124	67,87	70,103	53,58	47,57
3	143,411	103,752	95,06	108,2	83,288	73,65
2	245,713	173,67	161,3	180,736	132,684	120,55
1	292,697	184,914	183,7	216,619	135,258	135,34
Z	368,873	156,907	202,22	249,099	93,281	131,61

Çizelge 5.20 (Devam) - ÇED binasında kolon uçlarında oluşan maksimum moment ve maksimum kesme kuvveti değerleri.

KAT	S7			S8		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)
4	53,849	58,002	43,02	68,61	54,609	47,39
3	97,821	76,277	66,96	129,788	90,134	84,59
2	110,655	75,112	71,45	158,914	104,54	101,33
1	107,938	80,818	72,6	178,389	118,191	114,07
Z	230,861	59,802	111,79	287,685	124,316	158,46
KAT	S9			S10		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)
4	103,29	93,447	75,67	61,585	66,31	49,19
3	155,975	128,85	109,55	129,132	112,268	92,85
2	233,196	179,665	158,79	181,775	144,446	125,47
1	276,945	182,228	176,61	248,851	147,336	152,38
Z	469,561	122,235	227,61	307,157	70,141	144,47
KAT	S11			S12		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)
4	71,366	64,122	52,11	65,756	54,321	46,18
3	123,303	91,447	82,54	121,103	83,291	78,61
2	211,746	149,831	139,07	144,837	95,686	92,51
1	252,58	156,691	157,41	174,242	108,188	108,63
Z	293,375	119,066	158,63	175,45	85,55	100,38

5.3.4 ÇRD ve ÇED bina sistemlerinin karşılaştırılması

Rijit diyafram kabulüyle yapılan çözümleme (ÇRD) ile esnek diyafram kabulü ile yapılan çözümleme (ÇED) sonucunda elde edilen veriler karşılaştırıldığında çok büyük farklılıkların olmadığı ancak bazı noktalarda bu farkın biraz daha belirgin olduğu görülmüştür.

ÇRD ve ÇED binalarına ait ilk 3 periyot arasında çok büyük farklar yoktur. Esnek diyafram ile modellenen binanın periyodu % 0,5 kadar fazladır. Her iki binanın periyot değerleri Çizelge 5.21' de verilmiştir.

ÇRD ve ÇED binalarına ait taban kesme kuvvet değerleri Çizelge 5.22' de verilmiştir.

Çizelge 5.21 - ÇRD ve ÇED binalarına ait periyot değerleri.

Bina	1. Mod	2.Mod	3.Mod
ÇRD	0,8273	0,7868	0,7832
ÇED	0,8329	0,7909	0,7867
Değişim	%0,68	%0,52	%0,45

Çizelge 5.22 - ÇRD ve ÇED binalarına ait taban kesme kuvvetleri.

Bina	V_{t_x}	V_{t_y}
ÇRD	4197,72	4025,21
ÇED	4168,97	3996,46
Değişim	- % 0,68	- % 0,71

Her iki bina için elde edilen kolon uçlarında oluşan moment ve kesme kuvvetleri karşılaştırılması tüm kolonlar için yapılmıştır. Bu karşılaştırmada her iki bina tipi için elde edilen kuvvetlerin farkı yüzde olarak belirtilmiştir.

ÇED binasının ÇRD binasına göre değişimi Denklem 5.24 ile hesaplanmıştır.

$$\Delta = \frac{\text{ÇED} - \text{ÇRD}}{\text{ÇRD}} \cdot 100 \quad (5.24)$$

Her iki bina kolonlarında oluşan moment ve kesme kuvvetlerinin karşılaştırma değerleri Çizelge 5.23' te verilmiştir.

Genel olarak kolonlardaki iç kuvvetlerde % 1 ile % 3 arasında değişen değerlerde bir fark olduğu görülmektedir. İç kuvvetlerde oluşan bu değişimin özellikle zemin katta ve 4. katta arttığı, farkın % 19' a kadar değiştiği görülmektedir. Esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre, zemin katta dış akslarda bulunan kolonlar için %19' a kadar daha büyük iç kuvvetler oluşturduğu görülmektedir. İç akslarda bulunan kolonlardaki değişime bakıldığında ise zemin katta rijit diyafram yaklaşımının esnek diyafram yaklaşımına göre % 15' e kadar daha büyük iç kuvvetler oluşturduğu görülmektedir.

Çizelge 5.23 - ÇRD ve ÇED binalarındaki kolonların moment ve kesme kuvveti değişim yüzdeleri.

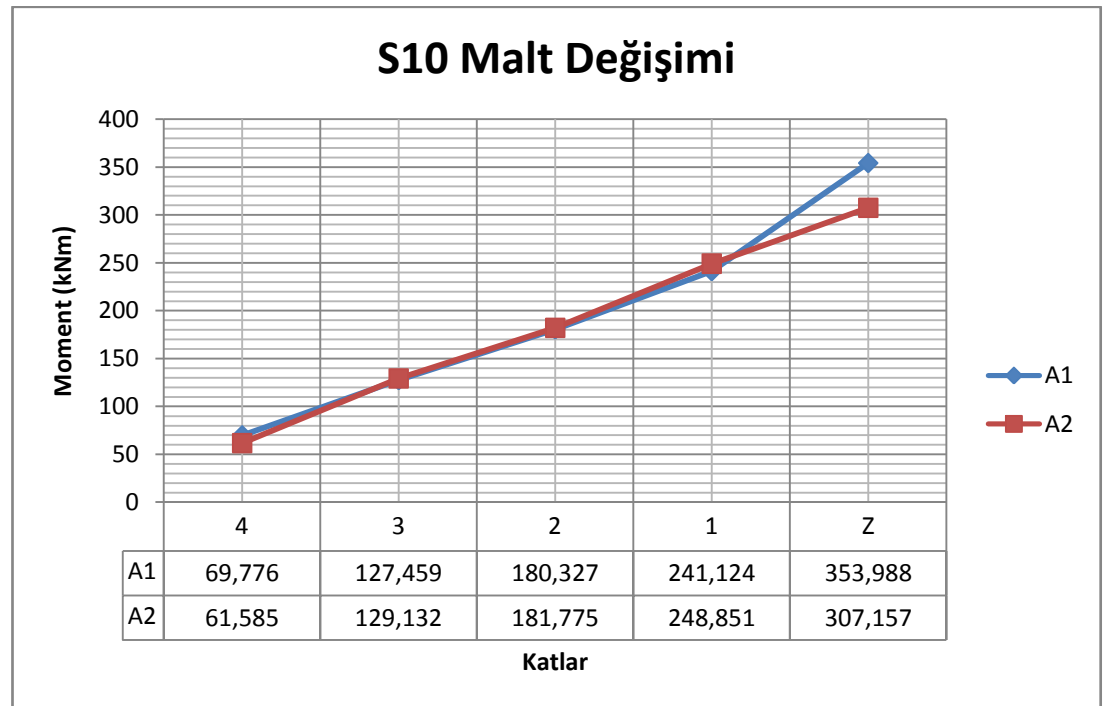
KAT	S1			S2		
	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV
4	6,704	2,133	4,299	-1,097	0,087	-0,662
3	-2,753	-4,081	-3,336	-1,005	-0,908	-0,966
2	-2,317	-1,521	-1,947	-0,579	-0,770	-0,661
1	-3,911	0,046	-2,278	-2,890	-0,573	-1,974
Z	4,569	12,625	5,995	9,606	13,867	10,562
KAT	S3			S4		
	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV
4	7,301	2,847	4,917	-1,886	-1,019	-1,450
3	-1,217	-3,287	-2,050	0,183	0,235	0,213
2	-2,025	-1,443	-1,773	-0,743	-0,658	-0,717
1	0,877	-0,020	0,496	0,737	-0,082	0,391
Z	-4,327	-0,171	-3,592	-6,460	0,751	-5,147
KAT	S5			S6		
	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV
4	6,394	4,543	5,552	0,202	0,103	0,168
3	-1,894	-2,567	-2,182	-0,084	-0,180	-0,122
2	-2,508	-2,209	-2,384	-0,784	-0,700	-0,749
1	-1,488	-0,589	-1,141	1,062	-0,755	0,356
Z	0,334	2,930	1,095	-10,149	-5,716	-9,034
KAT	S7			S8		
	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV
4	-9,406	-5,033	-7,184	-1,558	-1,556	-1,558
3	-0,136	1,709	0,661	-1,606	-1,427	-1,525
2	0,770	-0,092	0,422	-0,612	-0,529	-0,579
1	-5,772	-1,141	-3,841	-2,271	-0,360	-1,519
Z	6,446	18,943	8,798	9,019	11,918	9,874
KAT	S9			S10		
	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV
4	-2,411	-1,766	-2,109	-13,300	-6,130	-8,924
3	-0,439	-0,282	-0,364	1,296	2,564	1,899
2	-0,790	-0,882	-0,831	0,797	0,457	0,650
1	-2,512	-0,282	-1,637	3,105	-0,718	1,709
Z	-0,188	9,674	1,698	-15,247	-5,732	-12,32
KAT	S11			S12		
	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV
4	-7,040	-4,610	-5,871	-1,554	13,209	-1,346
3	1,321	1,771	1,500	0,380	0,435	0,396
2	0,580	0,413	0,513	-0,331	-0,101	-0,237
1	1,116	-0,187	0,614	4,328	0,510	2,830
Z	-7,507	-3,127	-6,253	-15,077	-12,479	-14,25

Ayrıca her kolon için bina boyunca katlarda oluşan değişimlerin mutlak değerce ortalaması alınmıştır, alınan bu ortalama değişim yüzde değerleri Çizelge 5.24 'te verilmiştir.

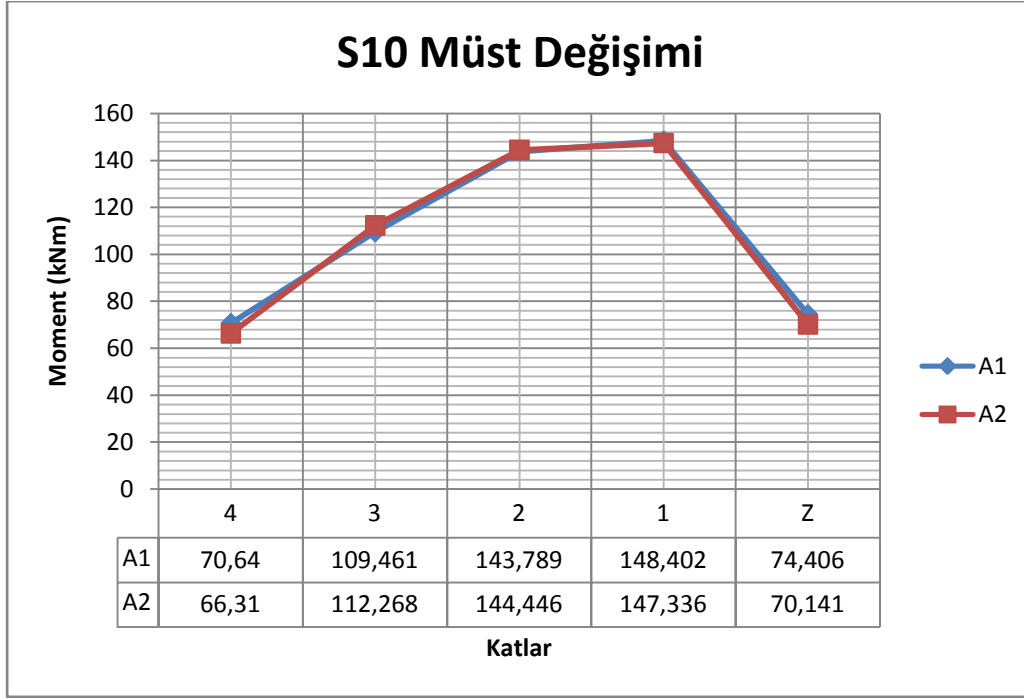
Çizelge 5.24 - ÇRD ve ÇED binalarındaki kolonlarda oluşan iç kuvvet değişimlerin tüm katlar için ortalamaları.

KOLON	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV
S1	4,051	4,081	3,571
S2	3,036	3,036	2,965
S3	3,150	1,553	2,566
S4	2,002	0,549	1,584
S5	2,524	2,568	2,471
S6	2,456	1,491	2,086
S7	4,506	5,384	4,181
S8	3,013	3,158	3,011
S9	1,268	2,577	1,328
S10	6,749	3,120	5,100
S11	3,513	2,021	2,950
S12	4,334	5,347	3,812

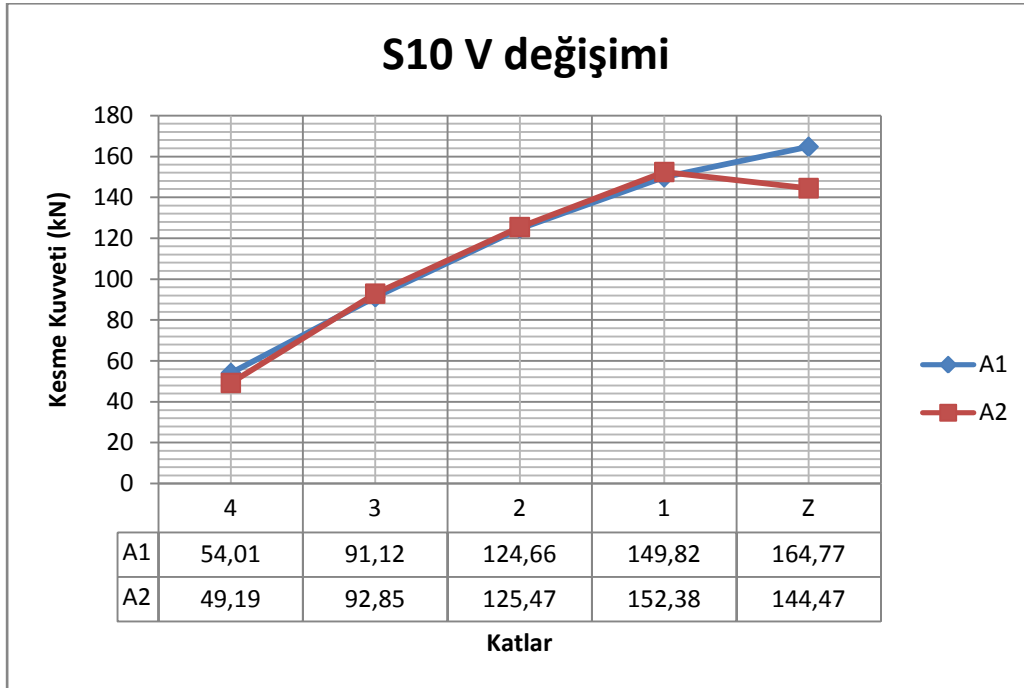
Ayrıca kolonlardaki eğilme momenti ve kesme kuvveti değerlerinin katlardaki değişimi, sadece S10 kolonu için Şekil 5.4, Şekil 5.5 ve Şekil 5.6' da verilmiştir.



Şekil 5.4 - S10 kolonunun alt ucundaki moment değişimleri.



Şekil 5.5 - S10 kolonunun üst ucundaki moment değişimleri.



Şekil 5.6 - S10 kolonunun kesme kuvveti değişimi.

5.3.5 ÇRD ve ÇED bina sistemleri için sonuçlar

6 katlı binanın rijit ve esnek diyafram kabulleriyle yapılan çözümlemelerinden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında;

- Esnek diyafram yaklaşımının periyot değerinin rijit diyafram yaklaşımının periyoduna göre yaklaşık % 0.50 fazla olduğu,

- Taban kesme kuvvetlerinin, rijit diyaframlı binada her iki yönde de yaklaşık % 0,70 fazla olduğu görülmüştür.
- Her iki bina için yapılan düzensizlik kontrolleri sonucunda burulma düzensizliği dışında herhangi bir düzensizliğin olmadığı görülmüştür. Rijit diyafram yaklaşımı ile modellenen binada bodrum kat harici tüm katlarda burulma düzensizliği varken, esnek diyafram yaklaşımı ile modellenen binada tüm katlarda burulma düzensizliği vardır. Bodrum kat haricindeki katlarda oluşan burulma düzensizliği katsayısı η_{bi} nin değişim yaklaşık % 1 kadar iken bodrum katta bu fark % 81.82' ye çıkmıştır.
- Genel olarak kolonlardaki iç kuvvetlerde % 1 ile % 3 arasında değişen değerlerde bir fark olduğu görülmektedir. İç kuvvetlerde oluşan bu değişimin özellikle zemin katta ve 4. katta arttığı, farkın % 19' a kadar değiştiği görülmüştür. Zemin katta dış akslarda bulunan kolonlar için esnek diyafram yaklaşımının %19 a kadar daha büyük, iç akslarda bulunan kolonlar için ise rijit diyafram yaklaşımının %15 'e kadar daha büyük sonuçlar verdiği görülmüştür.
- Kolon uç noktalarında oluşan iç kuvvetlerin tüm katlardaki değişiminin ortalamasına bakıldığında bu değişimin momentler için % 6.75' e kadar değişen değerlerde, kesme kuvveti için ise % 5.12' ye kadar değişen değerlerde olduğu görülmüştür.

5.3.6 ÇRD ve ÇED binaları için taşıyıcı eleman betonarme hesapları

Her iki bina sistemi için yapılan çözümlemelerden elde edilen sonuçlara göre zemin katta bulunan taşıyıcı elemanlar için donatı hesabı yapılmıştır. Donatı hesapları TS500 ve Deprem Yönetmeliği' ne uygun olarak yapılmıştır. Yönetmelikte belirtilen kolonların kirişlerden güçlü olması durumu, kolon kiriş birleşim bölgelerinde kesme güvenliği, kiriş ve kolonların kesme güvenlikleri kontrolleri yapılmış, bu kontroller sonucunda kolon ve kirişlere uygun donatılar seçilmiştir. ÇRD binası için kolon donatı hesabı ve seçilen donatı Çizelge 5.25, kiriş donatı hesabı ve seçilen donatı ise Çizelge 5.26' da verilmiştir.

ÇRD binasında tüm kirişlerde 3 ϕ 14 montaj donatısı kullanılmıştır. Mesnet hesaplarında belirtilen ilave donatı değerleri, hesaplanan donatı değerlerinden montaj donatısının çıkarıldığı değerlerdir.

Çizelge 5.25 - ÇRD binasına ait kolon donatı değerleri.

Kolon	Kat	b (m)	h (m)	N (kN)	M _{max} (kNm)	A _s hesap	A _s min.	A _s seçilen (cm ²)	Etriye
S1	Z	0,3	0,6	750,26	249,07	Min.	18	14#20 (44)	#12/10/15
	1	0,3	0,5	588,08	127,52	Min.	15	12#20 (37,7)	#12/10/15
S2	Z	0,6	0,3	770,70	243,52	Min.	18	20#20(62,84)	#12/10/15
	1	0,5	0,3	613,60	160,31	Min.	15	16#20(50,26)	#12/10/15
S3	Z	0,3	0,6	978,14	240,74	Min.	18	14#20 (44)	#12/10/15
	1	0,3	0,5	771,00	118,08	Min.	15	14#20 (44)	#12/10/15
S4	Z	0,6	0,3	1114,27	217,37	Min.	18	18#20(56,54)	#12/10/15
	1	0,5	0,3	598,59	123,48	14,08	15	14#20 (44)	#12/10/15
S5	Z	0,3	0,7	918,25	367,65	16,89	21	16#20(50,26)	#14/10/15
	1	0,3	0,6	787,57	297,12	17,01	18	12#20 (37,7)	#14/10/15
S6	Z	0,7	0,3	1024,90	277,24	Min.	21	14#20 (44)	#12/10/15
	1	0,6	0,3	828,11	214,34	Min.	18	12#20 (37,7)	#12/10/15
S7	Z	0,3	0,6	689,30	216,88	Min.	18	14#20 (44)	#12/10/15
	1	0,3	0,5	540,11	114,55	Min.	15	12#20 (37,7)	#12/10/15
S8	Z	0,6	0,3	854,97	263,89	Min.	18	20#20(62,84)	#12/10/15
	1	0,5	0,3	675,79	182,53	4,31	15	14#20 (44)	#12/10/15
S9	Z	0,8	0,3	1290,13	470,45	Min.	24	16#20(50,26)	#12/10/15
	1	0,7	0,3	1023,74	284,08	Min.	21	12#20 (37,7)	#12/10/15
S10	Z	0,3	0,8	1399,52	353,99	Min.	24	16#20(50,26)	#14/10/15
	1	0,3	0,7	1126,31	241,12	Min.	21	12#20 (37,7)	#14/10/15
S11	Z	0,3	0,7	785,75	317,18	Min.	21	16#20(50,26)	#12/10/15
	1	0,3	0,6	688,19	249,79	Min.	18	12#20 (37,7)	#12/10/15
S12	Z	0,6	0,3	1102,65	206,60	Min.	18	16#20(50,26)	#12/10/15
	1	0,5	0,3	866,60	167,01	Min.	15	16#20(50,26)	#12/10/15

Çizelge 5.26 - ÇRD binasına ait giriş donatı değerleri.

Kiriş	Açıklık				Mesnet (Sol)				Mesnet (Sağ)				Mesnet (sağ) Pozitif				Eriye
	M	A _s Hes.	A _s min	A _s Seç.	M	A _s ilave	A _s Seç.	M	A _s Hes.	A _s Seç.	M	A _s İlave	A _s Seç.	M	A _s Hes.	A _s Seç.	
K1	118,72	6,3	5,13	5*14	-136,30	2,29	2*14	122,76	6,30	-	-167,24	3,95	3*14	127,80	6,50	-	ø8/10/20
K2	115,41	6,01	5,13	5*14	-154,97	3,26	3*14	127,29	6,55	-	-99,88	0,41	1*14	60,33	3,18	-	ø8/10/20
K3	132,85	7,08	5,13	5*14	-128,58	1,88	2*14	94,94	4,95	-	-181,46	4,71	4*14	163,40	8,67	1*14	ø8/10/20
K4	141,39	7,39	5,13	5*14	-190,12	5,19	4*14	144,81	7,7	-	-99,53	0,39	1*14	75,50	3,70	-	ø10/10/20
K5	123,72	6,39	5,13	5*14	-113,54	1,12	1*14	88,33	4,85	-	-177,69	4,51	3*14	128,90	6,64	-	ø10/10/20
K6	133,62	6,90	5,13	5*14	-165,11	3,81	3*14	144,81	7,41	-	-129,90	1,94	2*14	76,93	3,83	-	ø8/10/20
K7	117,83	6,09	5,13	5*14	-141,93	2,58	2*14	127,45	6,70	-	-167,87	3,98	3*14	127,20	6,70	-	ø8/10/20
K8	137,00	7,25	5,13	5*14	-185,46	4,91	4*14	155,47	8,14	1*14	-185,47	4,91	4*14	145,09	7,96	1*14	ø10/10/20
K9	163,22	8,43	5,13	6*14	-218,81	6,74	5*14	172,05	8,94	-	-141,34	2,55	2*14	104,51	5,62	-	ø10/10/20
K10	60,559	3,07	5,13	4*14	-110,87	0,96	1*14	74,77	3,83	-	-110,87	0,96	1*14	54,64	2,81	-	ø8/10/20
K11	163,22	5,37	5,13	4*14	-117,40	1,31	1*14	81,65	4,09	-	-142,09	2,58	2*14	110,80	5,88	-	ø8/10/20
K12	120,44	6,39	5,13	5*14	-161,69	3,63	3*14	136,63	7,15	-	-161,69	3,63	3*14	124,98	6,64	-	ø8/10/20
K13	155,37	8,03	5,13	6*14	-144,78	3,20	2*14	108,09	5,73	-	-215,13	6,55	5*14	156,63	8,03	-	ø10/10/20
K14	151,16	7,93	5,13	6*14	-210,13	6,29	5*14	162,91	8,65	-	-182,70	4,77	4*14	123,84	6,49	-	ø10/10/20
K15	133,19	7,21	5,13	5*14	-134,82	2,22	2*14	110,65	5,77	-	-205,90	6,04	4*14	134,51	7,21	-	ø8/10/20
K16	133,13	6,88	5,13	5*14	-156,36	3,36	3*14	108,39	5,73	-	-188,30	5,09	4*14	134,16	7,11	-	ø8/10/20
K17	151,58	7,93	5,13	6*14	-199,00	5,64	4*14	158,59	8,29	-	-157,52	3,42	3*14	107,32	5,41	-	ø10/10/20
K18	135,38	7,08	5,13	5*14	-167,85	3,98	3*14	144,65	7,67	-	-168,93	4,03	3*14	78,61	3,83	-	ø8/10/20
K19	125,5	6,49	5,13	5*14	-138,96	2,43	2*14	94,12	5,01	-	-200,90	5,78	5*14	128,02	6,78	-	ø10/10/20
K20	58,37	3,14	5,13	4*14	-106,89	0,76	1*14	78,35	4,09	-	-106,72	0,75	1*14	62,60	3,30	-	ø8/10/20
K21	177,77	9,3	5,13	5*16	-226,21	7,13	5*14	204,2	10,81	1*14	-225,85	7,11	5*14	200,50	10,59	1*14	ø10/10/20
K22	60,806	3,24	5,13	4*14	-99,05	0,37	1*14	80,93	4,32	-	-98,90	0,36	1*14	72,10	3,89	-	ø8/10/20
K23	164,46	8,65	5,13	6*14	-201,77	5,82	4*14	188,80	9,95	1*14	-201,66	5,82	4*14	185,40	9,73	1*14	ø10/10/20
K24	44,766	2,16	5,13	4*14	-91,57	-	-	59,96	3,24	-	-91,36	-	-	43,997	2,38	-	ø8/10/20

ÇED binası zemin kat için yapılan kolon donatı hesabı Çizelge 5.27 ve kiriş donatı hesabı Çizelge 5.28' de verilmiştir.

ÇED binasında tüm kirişlerde 3 ϕ 14 montaj donatısı kullanılmıştır. Mesnet hesaplarında belirtilen ilave donatı değerleri, hesaplanan donatı değerlerinden montaj donatısının çıkarıldığı değerlerdir.

Çizelge 5.27 - ÇED binasında kolon donatı değerleri.

Kolon	Kat	b (m)	h (m)	N (kN)	M _{max} (kNm)	A _s hesap	A _s min	A _s seçilen (cm ²)	Etriye
S1	Z	0,3	0,6	749,59	260,45	12,07	18	14 ϕ 20 (44)	ϕ 12/10/15
	1	0,3	0,5	587,01	122,54	Min.	15	12 ϕ 20 (37,7)	ϕ 12/10/15
S2	Z	0,6	0,3	655,14	266,92	Min.	18	20 ϕ 20(62,84)	ϕ 12/10/15
	1	0,5	0,3	625,84	155,50	Min.	15	16 ϕ 20(50,26)	ϕ 12/10/15
S3	Z	0,3	0,6	1001,6	230,33	Min.	18	14 ϕ 20 (44)	ϕ 12/10/15
	1	0,3	0,5	773,21	119,12	Min.	15	14 ϕ 20 (44)	ϕ 12/10/15
S4	Z	0,6	0,3	1115,2	203,33	Min.	18	16 ϕ 20(50,26)	ϕ 12/10/15
	1	0,5	0,3	857,64	107,80	14,08	15	14 ϕ 20 (44)	ϕ 12/10/15
S5	Z	0,3	0,7	921,21	368,87	14,08	21	16 ϕ 20(50,26)	ϕ 14/10/15
	1	0,3	0,6	790,89	292,70	17,01	18	12 ϕ 20 (37,7)	ϕ 14/10/15
S6	Z	0,7	0,3	1066,3	249,10	Min.	21	14 ϕ 20 (44)	ϕ 12/10/15
	1	0,6	0,3	828,67	216,62	Min.	18	12 ϕ 20 (37,7)	ϕ 12/10/15
S7	Z	0,3	0,6	683,49	230,86	Min.	18	14 ϕ 20 (44)	ϕ 12/10/15
	1	0,3	0,5	535,34	107,94	Min.	15	14 ϕ 20 (44)	ϕ 12/10/15
S8	Z	0,6	0,3	856,23	287,69	12,07	18	20 ϕ 20(62,84)	ϕ 12/10/15
	1	0,5	0,3	675,68	178,39	Min.	15	16 ϕ 20(50,26)	ϕ 12/10/15
S9	Z	0,8	0,3	1299,3	469,56	Min.	24	14 ϕ 20 (44)	ϕ 12/10/15
	1	0,7	0,3	1029,3	276,95	Min.	21	12 ϕ 20 (37,7)	ϕ 12/10/15
S10	Z	0,3	0,8	1458,2	307,16	Min.	24	16 ϕ 20(50,26)	ϕ 14/10/15
	1	0,3	0,7	1124,6	248,85	Min.	21	12 ϕ 20 (37,7)	ϕ 14/10/15
S11	Z	0,3	0,7	780,12	293,375	Min.	21	16 ϕ 20(50,26)	ϕ 12/10/15
	1	0,3	0,6	696,89	252,58	Min.	18	12 ϕ 20 (37,7)	ϕ 12/10/15
S12	Z	0,6	0,3	1102,7	175,45	Min.	18	16 ϕ 20(50,26)	ϕ 12/10/15
	1	0,5	0,3	867,07	174,24	Min.	15	12 ϕ 20 (37,7)	ϕ 12/10/15

Çizelge 5.28 - ÇED binasına ait giriş donatı değerleri.

Giriş	Açıklık				Mesnet (Sol)				Mesnet (Sağ)				Mesnet (sağ) Pozitif				Etriye
	M	A _s Hes.	A _s min	A _s Seç.	M	A _s Hes.	A _s Seç.	M	A _s Hes.	A _s Seç.	M	A _s Hes.	A _s Hes.	M	A _s Hes.	A _s Seç.	
K1	123,90	6,5	5,13	5*14	-140,4	2,50	2*14	126,92	6,70	-	-173,14	4,25	3*14	133,46	6,91	-	ø8/10/20
K2	121,60	6,37	5,13	5*14	-162,29	3,67	3*14	134,20	7,08	-	-106,13	0,72	1*14	66,05	3,54	-	ø8/10/20
K3	133,41	7,08	5,13	5*14	-140,4	1,90	2*14	94,60	5,13	-	-179,74	4,62	3*14	164,10	8,67	1*14	ø8/10/20
K4	139,53	7,39	5,13	5*14	-188,71	5,11	4*14	142,92	7,39	-	-99,66	0,40	1*14	75,83	3,70	-	ø10/10/20
K5	119,99	6,39	5,13	5*14	-112,39	1,12	1*14	87,11	4,60	-	-173,53	4,27	3*14	124,95	6,64	-	ø10/10/20
K6	129,30	6,90	5,13	5*14	-160,70	3,58	3*14	139,15	7,41	-	-127,17	1,81	2*14	74,43	3,96	-	ø8/10/20
K7	133,82	6,91	5,13	5*14	-147,13	2,87	2*14	133,26	7,11	-	-174,76	4,42	3*14	133,82	7,11	-	ø8/10/20
K8	143,41	7,61	5,13	5*14	-193,10	5,34	4*14	162,76	8,49	1*14	-193,09	5,34	4*14	152,67	8,14	1*14	ø10/10/20
K9	166,30	8,69	5,13	6*14	-222,68	6,94	5*14	175,24	9,20	-	-143,33	2,65	2*14	106,45	5,62	-	ø10/10/20
K10	59,80	3,07	5,13	4*14	-109,87	0,93	1*14	73,82	3,96	-	-109,87	0,93	1*14	53,61	2,81	-	ø8/10/20
K11	94,15	5,11	5,13	4*14	-112,21	1,05	1*14	76,75	3,96	-	-131,91	2,04	2*14	100,69	5,37	-	ø8/10/20
K12	110,44	5,88	5,13	5*14	-150,21	3,02	2*14	125,28	6,64	-	-150,21	3,02	2*14	113,44	5,88	-	ø8/10/20
K13	159,22	8,26	5,13	6*14	-147,14	2,87	2*14	110,64	5,73	-	-218,24	6,71	5*14	160,56	8,26	-	ø10/10/20
K14	151,60	7,93	5,13	6*14	-210,50	6,31	5*14	163,35	8,65	-	-183,01	4,79	4*14	124,05	6,49	-	ø10/10/20
K15	131,02	6,85	5,13	5*14	-133,83	2,17	2*14	109,77	5,59	-	-204,39	5,96	4*14	132,20	7,21	-	ø8/10/20
K16	138,40	7,11	5,13	5*14	-158,35	3,46	3*14	110,02	5,73	-	-193,87	5,38	4*14	139,42	7,34	-	ø8/10/20
K17	147,64	7,93	5,13	6*14	-194,90	5,43	4*14	154,50	8,29	-	-155,84	3,34	3*14	105,37	5,41	-	ø10/10/20
K18	134,60	7,08	5,13	5*14	-166,75	3,92	3*14	143,85	7,67	-	-170,61	4,12	3*14	79,86	4,13	-	ø8/10/20
K19	120,53	6,49	5,13	5*14	-134,90	2,22	2*14	90,50	4,72	-	-195,90	5,48	4*14	122,81	6,49	-	ø10/10/20
K20	59,98	3,14	5,13	4*14	-109,11	0,87	1*14	80,51	4,25	-	-108,98	0,87	1*14	64,59	3,46	-	ø8/10/20
K21	178,43	9,51	5,13	5*16	-226,95	7,17	5*14	204,91	10,81	1*14	-226,56	7,15	5*14	201,18	10,59	1*14	ø10/10/20
K22	60,71	3,24	5,13	4*14	-98,81	0,34	1*14	80,81	4,32	-	-98,67	0,33	1*14	71,94	3,78	-	ø8/10/20
K23	160,70	8,22	5,13	6*14	-197,22	5,55	4*14	184,44	9,73	1*14	-196,95	5,54	4*14	180,51	9,51	1*14	ø10/10/20
K24	42,88	2,16	5,13	4*14	-88,92	-	-	57,47	2,81	-	-88,72	-	-	41,35	2,16	-	ø8/10/20

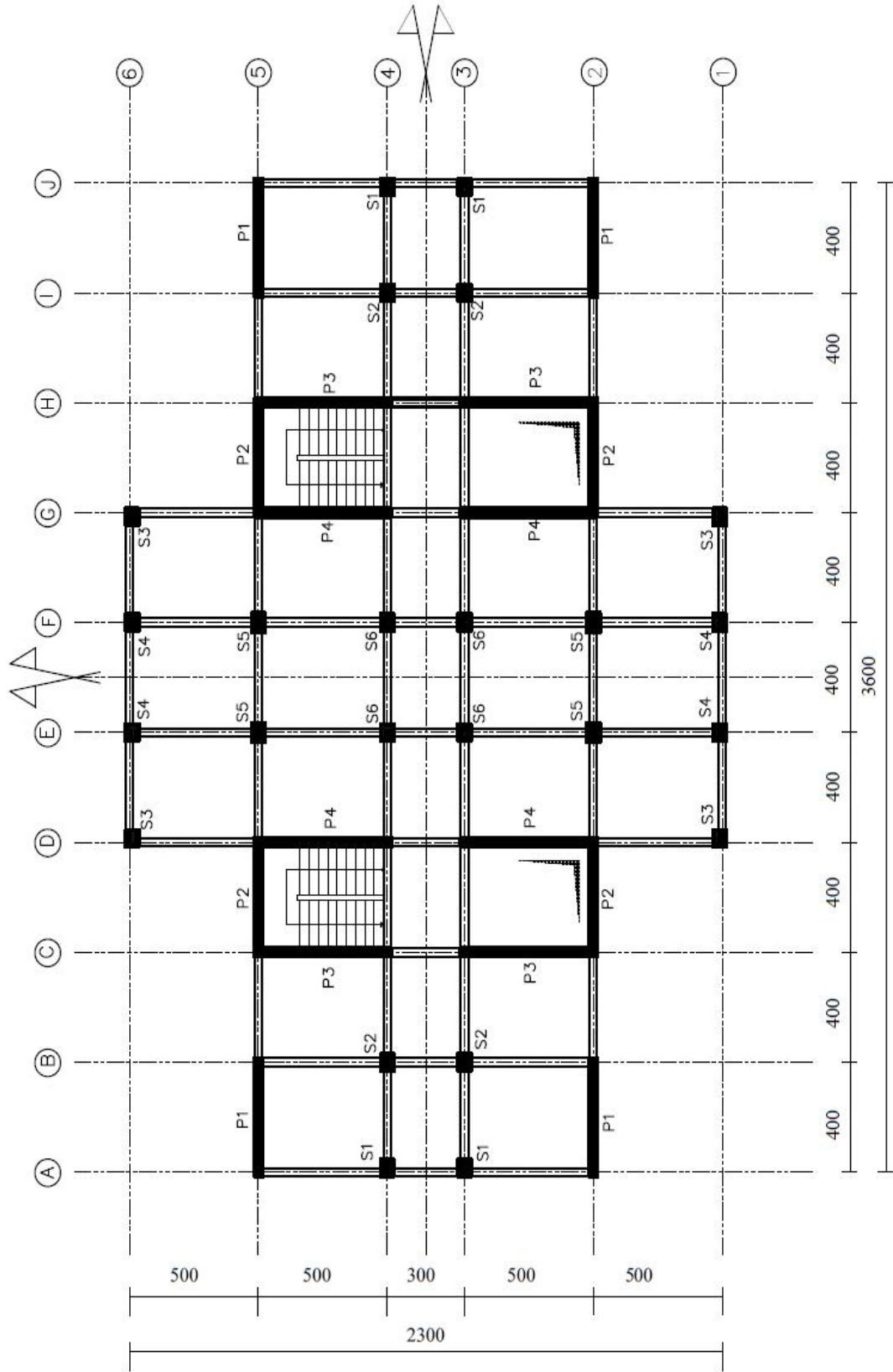
Rijit diyafram yaklaşımı ve esnek diyafram yaklaşımı ile çözümlenen binaların taşıyıcı elemanlarındaki maksimum iç kuvvetler birbirine yakın değerler olduğundan, donatı hesabında her iki bina için de hesaplanan donatı miktarları çoğu taşıyıcı eleman için aynıdır. Kolonlarda, S4 kolonunda zemin katta rijit diyafram yaklaşımı ile çözümlenen yapıda 18 ϕ 20 donatı kullanılırken, esnek diyafram yaklaşımı ile çözümlenen yapıda 16 ϕ 20 donatı kullanılmıştır. S7 kolonunda ise rijit diyafram yaklaşımı ile çözümlenen yapıda birinci katta 12 ϕ 20 donatı kullanılırken, esnek diyafram yaklaşımı ile çözümlenen yapıda 14 ϕ 20 donatı kullanılmıştır. S8 kolonunda, rijit diyafram yaklaşımı ile çözümlenen yapıda birinci katta 14 ϕ 20 donatı kullanılırken, esnek diyafram yaklaşımı ile çözümlenen yapıda 16 ϕ 20 donatı kullanılmıştır. S9 kolonunda ise rijit diyafram yaklaşımı ile çözümlenen yapıda zemin katta 16 ϕ 20 donatı kullanılırken, esnek diyafram yaklaşımı ile çözümlenen yapıda 14 ϕ 20 donatı kullanılmıştır. Kirişlerde ise K3 kirişinde sağ mesnet donatısı rijit diyafram yaklaşımı ile çözümlenen yapıda 4 ϕ 14 iken esnek diyafram yaklaşımı ile çözümlenen yapıda 3 ϕ 14 e düşmüştür. K12 kirişinde rijit diyafram yaklaşımı ile çözümlenen yapıda her iki mesnette 3 ϕ 14 mesnet donatısı kullanılırken, esnek diyafram yaklaşımı ile çözümlenen yapıda 2 ϕ 14 yeterli gelmiştir. K19 kirişinde sağ mesnette rijit diyafram yaklaşımı yapıda 5 ϕ 14 mesnet donatısı kullanılırken, esnek diyafram yaklaşımı ile çözümlenen yapıda 4 ϕ 14 yeterli gelmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda rijit diyafram ve esnek diyafram kabulleriyle modellenen çerçeve tipi sistemli binalar arasında yapılan taşıyıcı elemanların donatı tasarımı etki edecek mertebede bir değişimin olmadığı görülmüştür.

5.4 PÇRD ve PÇED Tip Binalar İçin Çözüm

Perde + Çerçeve taşıyıcı sistem olarak modellenen PÇRD ve PÇED tipi binaların kat planı Şekil 5.7'de verilmiştir.

- Bodrum + Zemin + 10 Normal kattan oluşan binlarda, bodrum katta rijit çevre perdeler bulunmaktadır.
- Tüm katlar 3.2 m yüksekliğindedir. Bina sistemlerindeki tüm kirişler 30x60 cm boyutlarında ve döşeme sistemi ise 12 cm kalınlığında kirişli plak döşeme olarak seçilmiştir.
- Binlarda 30 cm kalınlığında tüm bina boyunca devam eden 16 adet perde bulunmaktadır.



Şekil 5.7- PÇRD ve PÇED tipi binaların tipik kat planı.

Bina sistemi simetrik olduğundan 6 adet kolon ve 4 perde için hesaplamalar yapılmıştır. Kat kütleleri Çizelge 5.29, perde boyutları Çizelge 5.30 ve kolon boyutları Çizelge 5.31'de verilmiştir.

Çizelge 5.29- PÇRD ve PÇED binalarının kat kütle ve ağırlıkları.

KAT	$g_i(\text{kN})$	$q_i(\text{kN})$	$w_i(\text{kN})$	$m_i(\text{kNs}^2/\text{m})$
10	6987,68	3381,00	8001,98	815,70
9	7747,88	2120,00	8383,88	854,63
8	7747,88	2120,00	8383,88	854,63
7	7747,88	2120,00	8383,88	854,63
6	7824,68	2120,00	8460,68	862,45
5	7824,68	2120,00	8460,68	862,45
4	7824,68	2120,00	8460,68	862,45
3	7824,68	2120,00	8460,68	862,45
2	7939,88	2120,00	8575,88	874,20
1	7939,88	2120,00	8575,88	874,20
Z	7939,88	2120,00	8575,88	874,20
B	10019,88	2120,00	10655,88	1086,23

Çizelge 5.30 - PÇRD ve PÇED binalarında perde boyutları.

PERDE	BOYUT (cm)
P1	30/400
P2	30/400
P3	30/500
P4	30/500

Çizelge 5.31- PÇRD ve PÇED binalarında kolon ön boyutları.

Kat	Kolon	Üstten G (kN)	Üstten Q (kN)	Toplam G (kN)	Toplam Q (kN)	G (kN)	Q (kN)	Nd (kN)	Ac gerekli (cm ²)	Seçilen (cm ²)
10	S1	15,77	-	132,82	46,00	148,59	46,00	281,63	187,75	40/50
	S2	-	-	170,14	92,00	170,14	92,00	385,39	256,93	40/50
	S3	17,74	-	103,18	28,75	120,92	28,75	215,29	143,52	40/50
	S4	15,77	-	132,76	57,50	148,53	57,50	299,94	199,96	40/50
	S5	-	-	179,76	115,00	179,76	115,0	435,66	290,44	40/50
	S6	-	-	127,89	92,00	127,89	92,00	326,24	217,50	40/50
9	S1	148,59	46,00	132,46	32,50	281,05	78,50	519,07	346,05	40/50
	S2	170,14	92,00	169,41	65,00	339,55	157,0	726,57	484,38	40/50
	S3	120,92	28,75	102,95	17,50	223,87	46,25	387,42	258,28	40/50
	S4	148,53	57,50	140,43	35,00	288,96	92,50	552,54	368,36	40/50
	S5	179,76	115,00	187,15	85,00	366,91	200,0	833,67	555,78	40/50
	S6	127,89	92,00	127,16	80,00	255,05	172,0	632,27	421,51	40/50
8	S1	281,05	78,50	132,46	32,50	413,51	111,0	756,52	504,34	40/50
	S2	339,55	157,00	169,41	65,00	508,96	222,0	1.067,7	711,83	40/50
	S3	223,87	46,25	102,95	17,50	326,82	63,75	559,55	373,04	40/50
	S4	288,96	92,50	140,43	35,00	429,39	127,5	805,14	536,76	40/50
	S5	366,91	200,00	187,15	85,00	554,06	285,0	1.231,6	821,12	40/50
	S6	255,05	172,00	127,16	80,00	382,21	252,0	938,29	625,53	40/50
7	S1	413,51	111,00	137,46	32,50	550,97	143,5	1.000,9	667,31	40/50
	S2	508,96	222,00	174,41	65,00	683,37	287,0	1.415,9	943,94	40/50
	S3	326,82	63,75	107,95	17,50	434,78	81,25	738,69	492,46	40/50
	S4	429,39	127,50	145,43	35,00	574,82	162,5	1.064,7	709,83	40/50
	S5	554,06	285,00	192,15	85,00	746,21	370,0	1.636,6	1.091,13	40/50
	S6	382,21	252,00	132,16	80,00	514,37	332,0	1.251,3	834,21	40/50
6	S1	550,97	143,50	137,46	32,50	688,43	176,0	1.245,4	830,27	40/60
	S2	683,37	287,00	174,41	65,00	857,78	352,0	1.764,0	1.176,06	40/60
	S3	434,78	81,25	107,95	17,50	542,73	98,75	917,82	611,88	40/60
	S4	574,82	162,50	145,43	35,00	720,25	197,5	1.324,3	882,90	40/60
	S5	746,21	370,00	192,15	85,00	938,36	455,0	2.041,7	1.361,14	40/60
	S6	514,37	332,00	132,16	80,00	646,53	412,0	1.564,3	1.042,89	40/60
5	S1	688,43	176,00	137,46	32,50	825,89	208,5	1.489,8	993,23	40/60
	S2	857,78	352,00	174,41	65,00	1.032,1	417,0	2.112,2	1.408,18	40/60
	S3	542,73	98,75	107,95	17,50	650,68	116,2	1.096,9	731,30	40/60
	S4	720,25	197,50	145,43	35,00	865,68	232,5	1.583,9	1.055,97	40/60
	S5	938,36	455,00	192,15	85,00	1.130,5	540,0	2.446,7	1.631,14	40/60
	S6	646,53	412,00	132,16	80,00	778,69	492,0	1.877,3	1.251,58	40/60

Çizelge 5.31 (Devam) - PÇRD ve PÇED binalarında kolon ön boyutları.

4	S1	825,9	208,5	142,5	32,5	968,4	241,0	1.741,3	1.160,9	40/60
	S2	1.032,2	417,0	179,4	65,0	1.211,6	482,0	2.467,4	1.645,0	40/60
	S3	650,7	116,3	113,0	17,5	763,6	133,8	1.283,1	855,4	40/60
	S4	865,7	232,5	150,4	35,0	1.016,1	267,5	1.850,6	1.233,7	40/60
	S5	1.130,5	540,0	197,2	85,0	1.327,7	625,0	2.858,7	1.905,8	40/60
	S6	778,7	492,0	137,2	80,0	915,8	572,0	2.197,4	1.464,9	40/60
3	S1	968,4	241,0	142,5	32,5	1.110,8	273,5	1.992,7	1.328,5	40/60
	S2	1.211,6	482,0	179,4	65,0	1.391,0	547,0	2.822,6	1.881,7	40/60
	S3	763,6	133,8	113,0	17,5	876,6	151,3	1.469,2	979,5	40/60
	S4	1.016,1	267,5	150,4	35,0	1.166,5	302,5	2.117,2	1.411,4	40/60
	S5	1.327,7	625,0	197,2	85,0	1.524,8	710,0	3.270,7	2.180,5	40/60
	S6	915,8	572,0	137,2	80,0	1.053,0	652,0	2.517,4	1.678,3	40/60
2	S1	1.110,8	273,50	142,46	32,50	1.253,2	306,0	2.244,1	1.496,12	50/60
	S2	1.391,0	547,00	179,41	65,00	1.570,4	612,0	3.177,7	2.118,52	50/60
	S3	876,59	151,25	112,95	17,50	989,54	168,7	1.655,3	1.103,57	50/60
	S4	1.166,5	302,50	150,43	35,00	1.316,9	337,5	2.383,7	1.589,17	50/60
	S5	1.524,8	710,00	197,15	85,00	1.721,9	795,0	3.682,7	2.455,16	50/60
	S6	1.053,0	652,00	137,16	80,00	1.190,1	732,0	2.837,4	1.891,62	50/60
1	S1	1.253,2	306,00	147,46	32,50	1.400,7	338,5	2.502,6	1.668,42	50/60
	S2	1.570,4	612,00	184,41	65,00	1.754,8	677,0	3.539,9	2.359,97	50/60
	S3	989,54	168,75	117,95	17,50	1.107,4	186,2	1.848,4	1.232,33	50/60
	S4	1.316,9	337,50	155,43	35,00	1.472,4	372,5	2.657,3	1.771,57	50/60
	S5	1.721,9	795,00	202,15	85,00	1.924,1	880,0	4.101,7	2.734,50	50/60
	S6	1.190,1	732,00	142,16	80,00	1.332,3	812,0	3.164,4	2.109,64	50/60
Z	S1	1.400,7	338,50	147,46	32,50	1.548,1	371,0	2.761,0	1.840,71	50/60
	S2	1.754,8	677,00	184,41	65,00	1.939,2	742,0	3.902,1	2.601,42	50/60
	S3	1.107,4	186,25	117,95	17,50	1.225,4	203,7	2.041,6	1.361,08	50/60
	S4	1.472,4	372,50	155,43	35,00	1.627,8	407,5	2.930,9	1.953,97	50/60
	S5	1.924,1	880,00	202,15	85,00	2.126,2	965,0	4.520,7	3.013,84	50/60
	S6	1.332,3	812,00	142,16	80,00	1.474,4	892,0	3.491,4	2.327,66	50/60
B	S1	1.548,2	371,0	147,5	32,5	1.695,7	403,5	3.019,5	2.013,0	50/60
	S2	1.939,2	742,0	184,4	65,0	2.123,6	807,0	4.264,3	2.842,9	50/60
	S3	1.225,4	203,8	118,0	17,5	1.343,4	221,3	2.234,8	1.489,8	50/60
	S4	1.627,8	407,5	155,4	35,0	1.783,3	442,5	3.204,6	2.136,4	50/60
	S5	2.126,3	965,0	202,2	85,0	2.328,4	1.050	4.939,8	3.293,2	50/70
	S6	1.474,5	892,0	142,2	80,0	1.616,6	972,0	3.818,5	2.545,7	50/60

5.4.1 PÇRD ve PÇED tipi binalar için döşeme donatı hesabı

Binaların kat döşemeleri çift doğrultuda çalışan döşemedir. Yönetmeliğimizde verilen esaslara uygun şekilde yapılan hesaplamalar sonucunda döşeme kalınlığının 12 cm olarak seçilmesi uygun görülmüştür.

Döşeme sistemi için yapılan hesaplamalar sonucunda seçilen donatı boyut ve aralıkları, açıklık momentleri için Çizelge 5.32, mesnet momentleri için ise Çizelge 5.33' te verilmiştir.

Çizelge 5.32 - PÇRD ve PÇED tipi binaların döşeme sisteminin açıklık momentleri, donatı boyut ve aralıkları.

Döşeme	Doğrultu	Md (kNm/m)	d (m)	K ($\times 10^{-5}$)	k_s	A_a (mm ² /m)	Seçilen (mm ²)	Düz (mm ²)	Pilye (mm ²)
D101 D102 D106	X	8,852	0,1	112,97	2,85	252,28	φ8/180 (279)	φ8/360 (140)	φ8/360 (140)
D101 D102 D106	Y	6,753	0,09	119,95	2,85	213,85	φ8/180 (279)	φ8/360 (140)	φ8/360 (140)
D103	X	3,555	0,09	227,85	2,81	110,96	φ8/180 (279)	φ8/360 (140)	φ8/360 (140)
D103	Y	5,046	0,1	198,18	2,82	142,30	φ8/180 (279)	φ8/360 (140)	φ8/360 (140)
D104 D108 D111	X	2,867	0,09	282,53	2,80	89,20	φ8/180 (279)	φ8/360 (140)	φ8/360 (140)
D104 D108 D111	Y	4,473	0,1	223,56	2,81	125,69	φ8/180 (279)	φ8/360 (140)	φ8/360 (140)
D105	X	5,046	0,09	160,52	2,83	158,67	φ8/180 (279)	φ8/360 (140)	φ8/360 (140)
D105	Y	7,569	0,1	132,12	2,84	214,96	φ8/180 (279)	φ8/360 (140)	φ8/360 (140)
D107	X	8,938	0,1	111,88	2,85	211,41	φ8/180 (279)	φ8/360 (140)	φ8/360 (140)
D107	Y	6,676	0,09	121,33	2,85	211,41	φ8/180 (279)	φ8/360 (140)	φ8/360 (140)
D109	X	8,867	0,1	112,77	2,85	252,71	φ8/180 (279)	φ8/360 (140)	φ8/360 (140)
D109	Y	6,623	0,09	112,30	2,85	209,73	φ8/180 (279)	φ8/360 (140)	φ8/360 (140)
D110	X	7,753	0,1	128,98	2,85	220,96	φ8/180 (279)	φ8/360 (140)	φ8/360 (140)
D110	Y	5,384	0,09	150,45	2,83	169,30	φ8/180 (279)	φ8/360 (140)	φ8/360 (140)

Çizelge 5.33- PÇRD ve PÇED tipi binaların döşeme sisteminin mesnet momentleri, donatı boyut ve aralıkları.

Mesnet	Md (kNm/m)	K (x10 ⁻⁵)	k _s	A _a (mm ² /m)	Mevcut Donatı	Ek Donatı
D101/D102	11,681	85,61	2,88	336,41	ø8/360 + ø8/360 (280 mm ²)	ø8/330 (153 mm ²)
D101/D103	8,386	119,26	2,85	239,00	ø8/360 + ø8/360	-
D102/D104	8,190	122,10	2,85	233,415	ø8/360 + ø8/360	-
D104/D105	5,543	180,41	2,83	156,87	ø8/360 + ø8/360	-
D106/D107	9,045	110,56	2,86	258,69	ø8/360 + ø8/360	-
D107/D108	8,267	120,96	2,85	235,61	ø8/360 + ø8/360	-
D106/D109	11,751	85,10	2,88	338,43	ø8/360 + ø8/360	ø8/330 (153 mm ²)
D107/D110	11,845	84,42	2,88	341,14	ø8/360 + ø8/360	ø8/330 (153 mm ²)
D108/D111	3,785	264,20	2,81	106,36	ø8/360 + ø8/360	-
D110/D111	7,107	140,71	2,84	201,84	ø8/360 + ø8/360	-
D109/D110	8,351	119,75	2,85	238,00	ø8/360 + ø8/360	-

5.4.2 PÇRD tipi bina için çözüm

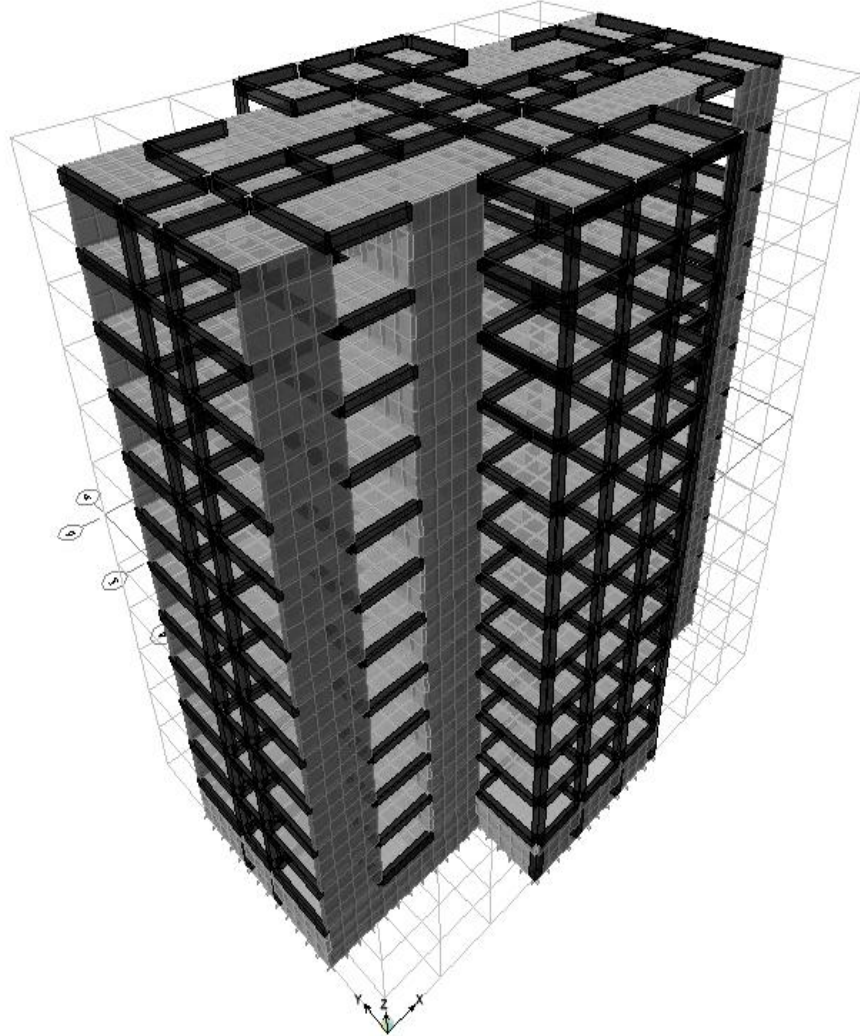
Kat planı verilen PÇRD tipi bina sistemi rijit diyafram davranışı dikkate alınarak ETABS v9.7.2 programında modellenmiştir. Binaya ait üç boyutlu model Şekil 5.8 ' de verilmiştir.

Çözümleme sonucunda bina hakim periyodu 1.mod $T_x=0,8205$ s ve 2. mod $T_y=0,7818$ s olarak elde edilmiştir. Elde edilen periyotlara göre taban kesme kuvveti hesaplanırken DBYBHY 2.7.2.4' te belirtilen bodrum katta rijitliği üst katlara oranla çok büyük betonarme çevre perdelerin bulunmasından dolayı bodrum ve üstteki katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Yapılan çözümleme sonucunda zemin seviyesinden hesaplanan taban kesme kuvvetleri $V_{t_x}= 11206,360$ kN ve $V_{t_y}= 11603,720$ kN olarak elde edilmiştir. Bodrum kata etkiyen kesme kuvveti $V_{b_k}=4262,352$ kN olarak hesaplanmıştır. Yapılan

kontroller sonucunda perdelerin tabanında meydana gelen kesme kuvvetlerinin toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen kesme kuvvetinin %75'inden daha fazla olduğu görülmüştür.

X yönünde, perdelerin karşıladığı toplam kesme kuvveti $V=10149,97$ kN dur. Bina zemin tabanında x yönünde oluşan toplam kesme kuvveti $V_{tx}=11206,360$ kN olduğundan; $\alpha_s = 0,91$ olarak elde edilmiştir.



Şekil 5.8- PÇRD ve PÇED binalarının üç boyutlu modeli.

Bu oran yönetmeliğin verdiği sınır olan % 75 ten daha büyük olduğundan taşıyıcı sistem davranış katsayısı R , $R = 10 - 4\alpha_s$ bağıntısı ile hesaplanmıştır.

Y yönünde, perdelerin karşıladığı toplam kesme kuvveti $V=10815,22$ kN dur. Bina zemin tabanında y yönünde oluşan toplam kesme kuvveti $V_{ty}= 11603,720$ kN olduğundan $\alpha_s = 0,93$ olarak elde edilmiştir. Bu oran yönetmeliğin verdiği sınır

değer olan % 75 ten daha büyük olduğundan taşıyıcı sistem davranış katsayısı R , $R = 10 - 4\alpha_s$ bağıntısı ile hesaplanmıştır.

$R_x = 6,38$ ve $R_y = 6,27$ alınarak hesaplamalar yapılmıştır.

X yönü için taban kesme kuvveti hesabı;

Z2 zemin sınıfı için $T_A = 0,15$ s ve $T_B = 0,40$ s olarak verilmiştir. $T_x = 0,8205$ s olarak elde edildiğinden, $T_B < T$ olur.

Spektrum katsayısı $S(T)$;

$$S(T) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} \Rightarrow S(T)_x = 1,41 \quad (5.25)$$

Spektral ivme katsayısı $A(T)$;

$$A(T) = A_0 I S(T) \Rightarrow A(T) = 0,846 \quad (5.26)$$

Deprem yükü azaltma katsayısı $R_a(T)$;

$$T_A < T \Rightarrow R_a(T) = R, R = 6,38 \text{ alındığından } R_a(T) = 6,38 \quad (5.27)$$

Taban kesme V_t ;

$$V_t = \frac{W A(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_0 I W \Rightarrow V_{tx} = 12295,37 \text{ kN} \quad (5.28)$$

En üst kata etkiyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N ;

$$\Delta F_{N_x} = 0.0075 N V_t = 1014,368 \text{ kN} \quad (5.29)$$

olarak elde edilir.

Y yönü için Taban Kesme Kuvveti Hesabı;

Z2 zemin sınıfı için $T_A = 0,15$ s ve $T_B = 0,40$ s olarak verilmiştir. $T_y = 0,7818$ s olarak elde edildiğinden, $T_B < T$ olur.

Spektrum katsayısı $S(T)$;

$$S(T) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} \Rightarrow S(T)_y = 1,46 \quad (5.30)$$

Spektral ivme katsayısı $A(T)$;

$$A(T) = A_0 I S(T) \Rightarrow A(T) = 0,876 \quad (5.31)$$

Deprem yükü azaltma katsayısı $R_a(T)$;

$$T_A < T \Rightarrow R_a(T) = R \quad R=6,27 \text{ alındığından } R_a(T) = 6,27 \quad (5.32)$$

Taban kesme V_t ;

$$V_t = \frac{W A(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_0 I W \Rightarrow V_{ty} = 12954,74 \text{ kN} \quad (5.33)$$

En üst kata etkiyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N ;

$$\Delta F_{Ny} = 0.0075 N V_t = 1068,766 \text{ kN} \quad (5.34)$$

olarak elde edilir.

Bodrum Kata Etkiyen Kesme Kuvveti Hesabı;

Spektrum Katsayısı $S(T) = 1$ olarak alınmıştır. Spektral ivme değeri ile bu katın ağırlığı doğrudan çarpılmış ve $R_a(T) = 1.5$ katsayısına bölünmüştür.

$$V_{bk} = \frac{A_0 I W_{bk}}{1.5} = 4262,352 \text{ kN} \quad (5.35)$$

olarak elde edilmiştir. Katlara etkiyen kat kesme kuvvetleri Çizelge 5.34' te verilmiştir. Katlara etkiyen kuvvetler ve bu kuvvetlerden oluşacak ek burulma momentleri Çizelge 5.35' te verilmiştir.

Çizelge 5.34 - PÇRD binasına ait kat kesme kuvvetleri.

KAT	h_i	H_i	$w_i H_i$	$\frac{w_i H_i}{\sum w_i H_i}$	F_{ix}	F_{iy}	ΔF_{Nx}	ΔF_N	V_{ix}	V_{iy}
10	3,2	35,2	281669,70	0,159	1798,94	1895,41	1014,3	1068,7	2813,31	2964,18
9	3,2	32	268284,16	0,152	1713,45	1805,34	-	-	4526,76	4769,52
8	3,2	28,8	241455,74	0,137	1542,10	1624,81	-	-	6068,87	6394,33
7	3,2	25,6	214627,33	0,122	1370,76	1444,27	-	-	7439,63	7838,60
6	3,2	22,4	189519,23	0,107	1210,40	1275,31	-	-	8650,03	9113,91
5	3,2	19,2	162445,05	0,092	1037,48	1093,13	-	-	9687,52	10207,0
4	3,2	16	135370,88	0,077	864,57	910,94	-	-	10552,1	11117,9
3	3,2	12,8	108296,70	0,061	691,66	728,75	-	-	11243,7	11846,7
2	3,2	9,6	82328,45	0,047	525,81	554,01	-	-	11769,5	12400,7
1	3,2	6,4	54885,63	0,031	350,54	369,34	-	-	12120,1	12770,0
Z	3,2	3,2	27442,82	0,016	175,27	184,67	-	-	12295,3	12954,7
B	3,2	-	-	-	4262,35	4262,35	-	-	16557,7	17217,1

Çizelge 5.35 - PÇRD binasına ait kat kuvvetleri ve ek burulma momentleri.

KAT	F_{ix} (kN)	M_{ix} (kNm)	F_{iy} (kN)	M_{iy} (kNm)
10	2813,309	3235,306	2964,180	5335,524
9	1713,452	1970,470	1805,340	3249,612
8	1542,107	1773,423	1624,806	2924,651
7	1370,762	1576,376	1444,272	2599,690
6	1210,404	1391,964	1275,314	2295,566
5	1037,489	1193,112	1093,127	1967,628
4	864,574	994,260	910,939	1639,690
3	691,659	795,408	728,751	1311,752
2	525,808	604,679	554,005	997,210
1	350,538	403,119	369,337	664,806
Z	175,269	201,560	184,668	332,403
B	4262,352	4901,705	4262,352	7672,234

Çizelgelerde verilen kuvvet ve momentler binaya etkililmiş ve elde edilen deplasman değerleri ile yönetmelikte belirtilen düzensizlik kontrolleri yapılmıştır. Seçilen depremler için A1- Burulma Düzensizliği, B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği, Etkin Göreli Kat Ötelemesi ve İkinci Mertebe Etkileri kontrolleri yapılmıştır. Bu kontrollerden sadece Comb 4 yüklemesi için elde edilen değerler Çizelge 5.36 ve Çizelge 5.37'de verilmiştir.

Çizelge 5.36 - PÇRD binasında Comb 4 yüklemesi için burulma düzensizliği kontrolü.

KAT	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}	Burulma
10	0,0030	0,0019	0,0025	1,2245>1,2	Vardır.
9	0,0032	0,0020	0,0026	1,2308>1,2	Vardır.
8	0,0033	0,0021	0,0027	1,2222>1,2	Vardır.
7	0,0034	0,0022	0,0028	1,2143>1,2	Vardır.
6	0,0035	0,0023	0,0029	1,2069>1,2	Vardır.
5	0,0036	0,0022	0,0029	1,2414>1,2	Vardır.
4	0,0034	0,0022	0,0028	1,2143>1,2	Vardır.
3	0,0033	0,0020	0,0027	1,2453>1,2	Vardır.
2	0,0029	0,0018	0,0024	1,2340>1,2	Vardır.
1	0,0023	0,0015	0,0019	1,2105>1,2	Vardır.
Z	0,0016	0,0010	0,0013	1,2308>1,2	Vardır.
B	0,0003	0,0002	0,0003	1,2000=1,2	Yoktur.

Çizelge 5.37- PÇRD binasında Comb 4 yüklemesi için yumuşak kat , görelî kat ötelemesi ve ikinci mertebe etkileri kontrolü.

KAT	η_{ki}	$(\delta_i)_{\max}/h_i$	θ_i	
10	0,9423<2	0,0059<0,02	0,0021<0,12	Yoktur.
9	0,9630<2	0,0063<0,02	0,0028<0,12	Yoktur.
8	0,9643<2	0,0065<0,02	0,0033<0,12	Yoktur.
7	0,9655<2	0,0067<0,02	0,0037<0,12	Yoktur.
6	1,0000<2	0,0069<0,02	0,0041<0,12	Yoktur.
5	1,0357<2	0,0071<0,02	0,0044<0,12	Yoktur.
4	1,0566<2	0,0067<0,02	0,0046<0,12	Yoktur.
3	1,1277<2	0,0065<0,02	0,0047<0,12	Yoktur.
2	1,2368<2	0,0057<0,02	0,0045<0,12	Yoktur.
1	1,4615<2	0,0045<0,02	0,0039<0,12	Yoktur.
Z	0,6842<2	0,0031<0,02	0,0029<0,12	Yoktur.
B	0,1923<2	0,0006<0,02	0,0005<0,12	Yoktur.

Yapılan düzensizlik kontrolleri sonucunda Comb 3 ve Comb 4 yükleme kombinasyonlarının oluşturduğu burulma düzensizliği katsayılarının (η_{bi}) bodrum kat haricindeki katlarda 1.2' den büyük olduğu görülmüştür. Ancak Yönetmeliğin 2.7.3.3 maddesinde belirtildiği üzere, burulma düzensizliği katsayısı $1,2 < \eta_{bi} < 2,0$ olduğundan uygulanan ek dışmerkezlik, her iki deprem doğrultusu için D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülmüştür.

Dışmerkezliğe uygulanacak büyütme katsayıları ile ek dışmerkezlik değerleri Çizelge 5.38' da verilmiştir.

Çizelge 5.38- PÇRD binasında büyütme katsayısı ve ek dışmerkezlik değerleri.

KAT	η_{bi}	D_i	Ek dışmerkezlik
10	1,2245	1,0412	0,0521
9	1,2308	1,0519	0,0526
8	1,2222	1,0373	0,0519
7	1,2143	1,0239	0,0512
6	1,2069	1,0115	0,0506
5	1,2414	1,0702	0,0535
4	1,2143	1,0239	0,0512
3	1,2453	1,0768	0,0538
2	1,2340	1,0575	0,0529
1	1,2105	1,0176	0,0509
Z	1,2308	1,0519	0,0526

Verilen eş dışmerkezlik değerlerine göre kat momentleri büyütülmüş ve ilgili katlara uygulanmıştır. Kat kuvvetleri ve büyütme katsayısı uygulanan moment değerleri Çizelge 5.39' da verilmiştir.

Çizelge 5.39 - PÇRD binasında kat kuvvetleri ve düzeltme uygulanmış moment değerleri.

KAT	F_{i_x} (kN)	M_{i_x} (kNm)	F_{i_y} (kN)	M_{i_y} (kNm)
10	2813,309	3368,730	2964,180	5555,561
9	1713,452	2072,816	1805,340	3418,397
8	1542,107	1839,713	1624,806	3033,974
7	1370,762	1614,146	1444,272	2661,978
6	1210,404	1407,999	1275,314	2322,011
5	1037,489	1276,821	1093,127	2105,677
4	864,574	1018,083	910,939	1678,977
3	691,659	856,575	728,751	1412,626
2	525,808	639,472	554,005	1054,589
1	350,538	410,222	369,337	676,520
Z	175,269	212,029	184,668	349,668
B	4262,352	4901,705	4262,352	7672,234

Her iki deprem yönü için elde edilen kat kesme kuvvetleri ve bu kuvvetlerden oluşan ek burulmalar bina sistemine etkililmiş ve yapılan çözümleme sonucunda oluşan kolon kesme kuvveti ve moment değerleri Çizelge 5.40 ' ta verilmiştir.

Çizelge 5.40 - PÇRD binasında kolon uçlarında oluşan maksimum moment ve maksimum kesme kuvveti değerleri.

KAT	S1			S2		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V (kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V (kN)
10	91,487	62,906	59,380	182,724	138,738	123,640
9	90,792	57,506	57,040	168,486	104,073	104,830
8	95,598	60,593	60,070	177,727	111,596	111,280
7	96,443	62,350	61,070	159,553	110,349	103,810
6	112,940	72,516	71,330	223,028	151,819	144,170
5	113,536	69,843	70,500	211,499	131,047	131,750
4	116,148	70,014	71,600	205,346	126,845	123,527
3	103,363	66,268	65,240	181,028	114,681	113,730
2	153,271	94,960	95,470	183,246	111,529	113,370
1	130,864	66,181	75,790	148,019	78,657	87,180
Z	117,294	48,961	63,940	108,710	42,919	58,320

Çizelge 5.40 (Devam) - PÇRD binasında kolon uçlarında oluşan maksimum moment ve maksimum kesme kuvveti değerleri.

KAT	S3			S4		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V (kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V (kN)
10	107,658	88,674	75,510	141,951	103,873	94,550
9	95,649	59,621	59,720	135,084	85,026	84,660
8	103,429	65,746	65,070	141,779	89,819	89,080
7	83,023	63,611	56,400	131,937	89,619	85,210
6	117,441	75,276	74,120	187,577	128,063	121,400
5	116,461	72,099	72,520	179,671	110,483	111,600
4	114,808	67,778	70,230	176,460	107,511	109,220
3	104,667	61,081	63,750	159,424	97,757	98,920
2	111,325	57,561	64,960	166,249	96,370	101,010
1	93,189	38,264	50,560	136,292	68,287	78,680
Z	117,104	19,006	52,350	133,528	39,484	66,540

KAT	S5			S6		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V (kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V (kN)
10	267,246	198,015	178,950	228,533	172,414	154,210
9	246,296	152,781	153,490	208,309	129,128	129,780
8	254,290	160,180	159,410	215,496	136,000	135,190
7	226,767	156,215	147,300	191,899	132,504	124,770
6	313,506	215,182	203,340	264,669	181,803	171,720
5	292,304	182,700	182,690	246,927	154,068	154,230
4	279,544	175,414	174,980	236,356	147,747	147,730
3	242,692	157,253	153,830	205,513	132,127	129,860
2	243,288	153,120	152,460	206,379	128,007	128,610
1	194,859	110,376	117,400	166,610	91,323	99,200
Z	136,785	65,296	77,720	121,230	52,908	66,980

Yapılan çözümleme sonucunda yapıda bulunan perdelerde oluşan moment ve kesme kuvveti değerleri Çizelge 5.41' de verilmiştir.

Çizelge 5.41 - PÇRD binasında perde uçlarında oluşan moment ve kesme kuvveti değerleri.

KAT	P1			P2		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)
10	-384,91	-435,24	15,73	-287,34	-56,149	21,92
9	-361,98	-917,04	173,46	-155,41	-565,63	358,22
8	-209,97	-924,91	223,42	133,03	-764,07	701,89
7	136,55	-802,05	293,31	542,92	-796,09	1012,04
6	367,27	-474,05	262,91	929,86	-657,67	1217,71
5	778,01	-248,61	320,82	1442,64	-511,06	1478,97
4	1275,93	120,62	345,41	2039,65	-231,37	1710,77
3	1939,26	698,84	387,63	2748,96	172,164	1916,95
2	2739,50	1418,82	412,71	3520,6	732,136	2043,19
1	4199,71	2312,02	589,90	4518,57	1510,13	2083,03
Z	7629,50	3917,65	1159,95	5969,48	2892,98	2148,06

Çizelge 5.41 (Devam) - PÇRD binasında perde uçlarında oluşan moment ve kesme kuvveti değerleri.

KAT	P3			P4		
	Malt (kNm)	Müst (kNm)	V(kN)	Malt (kNm)	Müst(kNm)	V(kN)
10	-57,768	-1669,70	438,49	-330,84	-1120,20	287,12
9	-89,635	-2150,10	645,04	-408,30	-1767,60	485,12
8	153,365	-2369,20	831,76	-197,01	-1979,50	623,3
7	674,605	-2291,40	1005,66	292,22	-1891,80	750,85
6	1358,7	-1910,60	1131,18	936,051	-1520,20	837,79
5	2281,58	-1325,60	1268,22	1809,78	-961,10	936,77
4	3417,05	-449,08	1379,97	2895,27	-125,79	1015,54
3	4832,48	709,93	1495,27	4268,70	974,323	1108,57
2	6369,27	2251,34	1519,46	5770,05	2421,70	1132,72
1	8407,05	3997,26	1673,06	7861,53	4086,43	1310,11
Z	11406,00	6374,04	1839,41	11089,80	6396,52	1653,99

5.4.3 PÇED tipi bina için çözüm

Kat planı verilen PÇED bina sistemi esnek diyafram modeli ile ETABS v9.7.2 programında modellenmiştir. Binaya ait 3 boyutlu model PÇRD binası ile aynıdır (Şekil 5.8).

Modal analiz sonucunda bina hakim periyodu 1. mod $T_x=0,8282$ ve 2. mod $T_y=0,7909$ sn olarak elde edilmiştir. Yapılan çözümleme sonucunda zemin seviyesinde hesaplanan taban kesme kuvvetleri $V_{tx}=11126,88$ kN ve $V_{ty}=11524,27$ kN olarak elde edilmiştir. Bodrum kata etkiyen kesme kuvveti $V_{bk}=4262,352$ kN olarak hesaplanmıştır.

Yapılan kontroller sonucunda perdelerin tabanında meydana gelen kesme kuvvetlerinin toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen kesme kuvvetinin %75'inden daha fazla olduğu görülmüştür.

X yönünde, perdelerin karşıladığı toplam kesme kuvveti $V=10201,42$ kN dur. Bina zemin tabanında x yönünde oluşan toplam kesme kuvveti $V_{tx}=11126,88$ kN olduğundan; $\alpha_s=0,92$ olarak elde edilmiştir. Bu oran yönetmeliğin verdiği sınır değer olan % 75 ten daha büyük olduğundan taşıyıcı sistem davranış katsayısı R, $R=10-4\alpha_s$ bağıntısı ile hesaplanmıştır.

Y yönünde, perdelerin karşıladığı toplam kesme kuvveti $V=10719,06$ kN dur. Bina zemin tabanında y yönünde oluşan toplam kesme kuvveti $V_{ty}=11524,27$ kN olduğundan $\alpha_s=0,93$ olarak elde edilmiştir.

Bu oran yönetmeliğin verdiği sınır değer olan % 75 ten daha büyük olduğundan taşıyıcı sistem davranış katsayısı R , $R = 10 - 4\alpha_s$ bağıntısı ile hesaplanmıştır.

$R_x = 6,33$ ve $R_y = 6,28$ alınarak hesaplamalar yapılmıştır.

X yönü için taban kesme kuvveti hesabı;

Z2 zemin sınıfı için $T_A = 0,15$ s ve $T_B = 0,40$ s olarak verilmiştir. $T_x = 0,8282$ s olarak elde edildiğinden $T_B < T$ olur.

Spektrum katsayısı $S(T)$;

$$S(T) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} \Rightarrow S(T) = 1,40 \quad (5.36)$$

Spektral ivme katsayısı $A(T)$;

$$A(T) = A_0 S(T) \Rightarrow A(T) = 0,838 \quad (5.37)$$

Deprem yükü azaltma katsayısı $R_a(T)$;

$$T_A < T \Rightarrow R_a(T) = R, R = 6,33 \text{ alındığından } R_a(T) = 6,33 \quad (5.38)$$

Taban kesme V_t ;

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_0 I W \Rightarrow V_{tx} = 12304,604 \text{ kN} \quad (5.39)$$

En üst kata etkiyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N ;

$$\Delta F_{Nx} = 0.0075 N V_t = 1015,13 \text{ kN} \quad (5.40)$$

olarak elde edilir.

Y yönü için taban kesme kuvveti hesabı;

Z2 zemin sınıfı için $T_A = 0,15$ s ve $T_B = 0,40$ s olarak verilmiştir. $T_y = 0,7909$ s olarak elde edildiğinden $T_B < T$ olur.

Spektrum katsayısı $S(T)$;

$$S(T) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} \Rightarrow S(T) = 1,45 \quad (5.41)$$

Spektral ivme katsayısı $A(T)$;

$$A(T) = A_o IS(T) \Rightarrow A(T) = 0,87 \quad (5.42)$$

Deprem yükü azaltma katsayısı $R_a(T)$;

$$T_A < T \Rightarrow R_a(T) = R, R=6,28 \text{ alındığından } R_a(T) = 6,28 \quad (5.43)$$

Taban kesme V_t ;

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_o IW \Rightarrow V_{ty} = 12845,520 \text{ kN} \quad (5.44)$$

En üst kata etkiyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N ;

$$\Delta F_{Ny} = 0.0075 N V_t = 1059,76 \text{ kN} \quad (5.45)$$

olarak elde edilir.

Bodrum Kata Etkiyen Kesme Kuvveti Hesabı;

Spektrum Katsayısı $S(T)=1$ olarak alınmıştır. Spektral ivme değeri ile bu katın ağırlığı doğrudan çarpılmış ve $R_a(T)=1.5$ katsayısına bölünmüştür.

$$V_{bk} = \frac{A_o IW_{bk}}{1.5} = 4262,352 \text{ kN} \quad (5.46)$$

olarak elde edilmiştir. Katlara etkiyen kat kesme kuvvetleri Çizelge 5.42' de verilmiştir. Katlara etkiyen kuvvetler ve bu kuvvetlerden oluşacak ek burulma momentleri Çizelge 5.43' te verilmiştir.

Çizelge 5.42 - PÇED binasına ait kat kesme kuvvetleri.

KAT	h_i	H_i	$w_i H_i$	$\frac{w_i H_i}{\sum w_i H_i}$	F_{ix}	F_{iy}	ΔF_{Nx}	ΔF_{Ny}	V_{ix}	V_{iy}
10	3,2	35,2	281669,70	0,159	1800,29	1879,43	1015,1	1059,7	2815,42	2939,19
9	3,2	32	268284,16	0,152	1714,74	1790,12	-	-	4530,16	4729,31
8	3,2	28,8	241455,74	0,137	1543,27	1611,10	-	-	6073,43	6340,42
7	3,2	25,6	214627,33	0,122	1371,79	1432,10	-	-	7445,22	7772,51
6	3,2	22,4	189519,23	0,107	1211,31	1264,56	-	-	8656,53	9037,07
5	3,2	19,2	162445,05	0,092	1038,27	1083,91	-	-	9694,80	10121,0
4	3,2	16	135370,88	0,077	865,223	903,259	-	-	10560,0	11024,2
3	3,2	12,8	108296,70	0,061	692,179	722,607	-	-	11252,2	11746,8
2	3,2	9,6	82328,45	0,047	526,202	549,335	-	-	11778,4	12296,1
1	3,2	6,4	54885,63	0,031	350,802	366,223	-	-	12129,2	12662,4
Z	3,2	3,2	27442,82	0,016	175,401	183,112	-	-	12304,6	12845,5
B	3,2	-	-	-	4262,35	4262,35	-	-	16566,96	17107,87

Çizelge 5.43 - PÇED binasına ait kat kuvvetleri ve ek burulma momentleri.

KAT	F_{ix} (kN)	M_{ix} (kNm)	F_{iy} (kN)	M_{iy} (kNm)
10	2815,42	3237,74	2939,19	5290,54
9	1714,74	1971,95	1790,12	3222,21
8	1543,26	1774,75	1611,11	2899,99
7	1371,79	1577,56	1432,10	2577,77
6	1211,31	1393,01	1264,56	2276,21
5	1038,27	1194,01	1083,91	1951,04
4	865,22	995,01	903,26	1625,87
3	692,18	796,01	722,61	1300,69
2	526,20	605,13	549,33	988,80
1	350,80	403,42	366,22	659,20
Z	175,40	201,71	183,11	329,60
B	4262,35	4901,70	4262,35	7672,23

Çizelgelerde verilen kuvvet ve momentler yapıya etkilmiş ve elde edilen deplasman değerleri ile düzensizlik kontrolleri yapılmıştır. Seçilen depremler için A1-Burulma Düzensizliği, B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği, Etkin Göreli Kat Ötelemesi ve İkinci Mertebe Etkileri kontrolleri yapılmıştır. Bu kontrollerden Comb 4 yükleme kombinasyonu için elde edilen değerler Çizelge 5.44 ve Çizelge 5.45' de verilmiştir.

Çizelge 5.44 - PÇED binasında Comb 4 yüklemesi için burulma düzensizliği kontrolü.

KAT	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}	Burulma
10	0,003	0,002	0,002	1,208>1,2	Vardır.
9	0,003	0,002	0,003	1,231>1,2	Vardır.
8	0,003	0,002	0,003	1,222>1,2	Vardır.
7	0,004	0,002	0,003	1,228>1,2	Vardır.
6	0,004	0,002	0,003	1,228>1,2	Vardır.
5	0,004	0,002	0,003	1,228>1,2	Vardır.
4	0,003	0,002	0,003	1,214>1,2	Vardır.
3	0,003	0,002	0,003	1,245>1,2	Vardır.
2	0,003	0,002	0,002	1,261>1,2	Vardır.
1	0,002	0,001	0,002	1,263>1,2	Vardır.
Z	0,002	0,001	0,002	1,333>1,2	Vardır.
B	0,001	0,001	0,001	1,800>1,2	Vardır.

Çizelge 5.45 - PÇED binasında Comb 4 yüklemesi için yumuşak kat, görelî kat ötelemesi ve ikinci mertebe etkileri kontrolü.

KAT	η_{ki}	$(\delta_i)_{\max}/h_i$	θ_i	
10	0,923<2	0,006<0,02	0,002<0,12	Yoktur.
9	0,963<2	0,006<0,02	0,003<0,12	Yoktur.
8	0,947<2	0,006<0,02	0,003<0,12	Yoktur.
7	1,000<2	0,007<0,02	0,004<0,12	Yoktur.
6	1,000<2	0,008<0,02	0,004<0,12	Yoktur.
5	1,018<2	0,007<0,02	0,004<0,12	Yoktur.
4	1,057<2	0,007<0,02	0,005<0,12	Yoktur.
3	1,152<2	0,006<0,02	0,005<0,12	Yoktur.
2	1,211<2	0,006<0,02	0,004<0,12	Yoktur.
1	1,267<2	0,005<0,02	0,004<0,12	Yoktur.
Z	0,789<2	0,004<0,02	0,003<0,12	Yoktur.
B	0,333<2	0,002<0,02	0,001<0,12	Yoktur.

Yapılan düzensizlik kontrolleri sonucunda Comb 3 ve Comb 4 yükleme kombinasyonlarının oluşturduğu burulma düzensizliği katsayılarının (η_{bi}) tüm katlarda 1.2' den büyük olduğu görülmüştür. Ancak Yönetmeliğin 2.7.3.3 maddesinde belirtildiği üzere, burulma düzensizliği katsayısı $1,2 < \eta_{bi} < 2,0$ olduğundan uygulanan ek dışmerkezlilik, her iki deprem doğrultusu için D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülmüştür. Dışmerkezliğe uygulanacak büyütme katsayıları ile ek dışmerkezlik değerleri Çizelge 5.46'de verilmiştir.

Çizelge 5.46 - PÇED binasında büyütme katsayısı ve ek dışmerkezlik değerleri.

KAT	η_{bi}	D_i	Ek dışmerkezlik
10	1,2083	1,0139	0,0507
9	1,2308	1,0519	0,0526
8	1,2222	1,0374	0,0519
7	1,2281	1,0473	0,0524
6	1,2281	1,0473	0,0524
5	1,2281	1,0473	0,0524
4	1,2143	1,0240	0,0512
3	1,2453	1,0769	0,0538
2	1,2609	1,1040	0,0552
1	1,2632	1,1080	0,0554
Z	1,3333	1,2346	0,0617
B	1,8000	2,2500	0,1125

Verilen eş dışmerkezlik değerlerine göre kat momentleri büyütülmüş ve ilgili katlara uygulanmıştır. Kat kuvvetleri ve büyütme katsayısı uygulanan moment değerleri Çizelge 5.47' de verilmiştir.

Çizelge 5.47 - PÇED binasında kat kesme kuvvetleri ve düzeltilmiş katsayılı moment değerleri.

KAT	F_{ix} (kN)	M_{ix} (kNm)	F_{iy} (kN)	M_{iy} (kNm)
10	2815,422	3282,870	2939,189	5364,291
9	1714,739	2074,373	1790,119	3389,577
8	1543,265	1841,095	1611,107	3008,395
7	1371,791	1652,241	1432,096	2699,804
6	1211,313	1458,954	1264,562	2383,968
5	1038,268	1250,532	1083,911	2043,401
4	865,223	1018,847	903,259	1664,822
3	692,179	857,218	722,607	1400,716
2	526,202	668,079	549,335	1091,657
1	350,802	447,008	366,223	730,422
Z	175,401	249,024	183,112	406,912
B	4262,352	11028,836	4262,352	17262,526

Her iki deprem yönü için elde edilen kat kesme kuvvetleri ve bu kuvvetlerden oluşan ek burulmalar bina sistemine etkililmiş ve yapılan çözümleme sonucunda oluşan kolon kesme kuvveti ve moment değerleri Çizelge 5.48' de verilmiştir.

Çizelge 5.48 - PÇED binasında kolon uçlarında oluşan maksimum moment ve maksimum kesme kuvveti değerleri.

KAT	S1			S2		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V (kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V (kN)
10	87,864	60,638	57,120	180,421	137,563	122,300
9	91,064	57,870	57,280	170,511	105,717	106,240
8	94,945	60,128	59,640	178,349	112,085	111,710
7	96,278	62,165	60,940	162,346	111,902	105,480
6	111,780	71,716	70,580	221,638	150,937	143,300
5	113,122	69,515	70,240	213,359	132,680	133,090
4	115,369	69,682	71,160	206,112	127,471	128,300
3	105,517	67,262	66,450	183,332	116,132	115,180
2	148,746	92,154	92,650	184,500	111,734	113,940
1	125,428	68,563	74,610	150,590	78,027	87,930
Z	155,762	67,875	86,010	94,023	39,245	51,180

Çizelge 5.48 (Devam) - PÇED binasında kolonlarda oluşan maksimum moment ve maksimum kesme kuvveti değerleri.

KAT	S3			S4		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V (kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V (kN)
10	98,907	84,408	70,510	132,262	98,096	88,600
9	98,243	62,981	62,010	137,304	87,433	86,440
8	101,880	65,061	64,210	141,285	89,742	88,860
7	87,564	65,855	59,010	136,669	92,184	88,020
6	113,882	72,491	71,680	183,816	125,423	118,940
5	117,786	74,128	73,810	181,611	112,518	113,130
4	114,206	67,951	70,060	176,971	108,195	109,680
3	108,013	62,866	65,720	163,584	100,280	101,490
2	109,080	56,770	63,790	165,654	96,435	100,800
1	86,952	43,534	50,190	133,113	74,049	79,680
Z	150,299	31,867	70,060	180,966	60,446	92,850
KAT	S5			S6		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V (kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V (kN)
10	262,094	194,877	175,760	228,542	172,529	154,260
9	248,343	154,666	155,000	211,194	131,006	131,620
8	254,695	160,523	159,700	216,724	136,883	136,000
7	230,596	158,350	149,590	196,471	135,101	127,530
6	312,426	214,398	202,620	264,331	181,519	171,480
5	295,129	185,008	184,670	250,659	156,941	156,770
4	281,371	176,672	176,170	238,735	149,331	149,260
3	246,690	159,640	156,280	209,827	134,585	132,470
2	245,035	154,269	153,580	206,144	128,523	128,720
1	202,674	113,030	121,420	188,560	92,462	108,090
Z	118,893	62,840	69,900	82,915	40,883	47,610

Yapılan çözümleme sonucunda yapıda bulunan perdelerdeki moment ve kesme kuvveti değerleri Çizelge 5.49' da verilmiştir.

5.4.4 PÇRD ve PÇED bina sistemlerinin karşılaştırılması

Rijit diyafram kabulüyle yapılan çözümleme ile esnek diyafram kabulü ile yapılan çözümleme sonucunda elde edilen veriler karşılaştırıldığında farklılıkların olduğu görülmüştür. PÇRD ve PÇED yapısına ait ilk üç periyot arasında çok büyük farklar yoktur. Esnek diyafram ile modellenen yapının periyodu %1 kadar fazladır. Her iki yapının periyot değerleri Çizelge 5.50 de verilmiştir.

Çizelge 5.49 - PÇED binasında perdelerde oluşan moment ve kesme kuvveti değerleri.

KAT	P1			P2		
	Malt (kNm)	Müst (kNm)	V (kN)	Malt (kNm)	Müst (kNm)	V (kN)
10	-331,32	-428,03	30,22	-293,10	-79,19	14,06
9	-384,79	-863,89	149,72	-164,68	-599,30	380,53
8	-225,89	-948,24	225,73	109,743	-788,19	702,41
7	75,257	-819,93	279,75	534,57	-817,18	1009,04
6	345,92	-539,38	276,66	902,06	-654,97	1199,99
5	714,85	-275,90	309,61	1413,62	-529,25	1474,87
4	1182,41	99,78	338,32	1999,20	-260,78	1710,73
3	1825,53	594,28	384,76	2700,62	133,05	1906,89
2	2754,73	1289,74	457,81	3438,252	713,37	1987,76
1	4451,22	2309,51	669,29	4413,62	1511,04	1973,92
Z	7404,40	4154,90	1015,47	6175,45	2802,71	2065,43
KAT	P3			P4		
	Malt (kNm)	Müst (kNm)	V (kN)	Malt (kNm)	Müst (kNm)	V (kN)
10	-232,19	-1718,54	572,23	-684,99	-1002,49	223,72
9	-211,25	-1936,73	689,31	-716,27	-2031,9	449,42
8	352,20	-2103,83	822,57	-398,08	-2248,9	641,47
7	750,99	-2081,74	965,86	178,9	-2097,17	786,06
6	1373,85	-1792,04	1097,17	841,19	-1663,08	865,44
5	2229,99	-1251,46	1225,67	1707,17	-1098,93	961,82
4	3297,01	-430,14	1332,91	2769,27	-279,151	1038,92
3	4581,96	667,72	1424,58	4144,28	787,402	1150,69
2	6021,88	2075,78	1460,86	5685,85	2214,813	1207
1	7944,33	3719,43	1604,23	7930,45	3890,19	1453,32
Z	10886,47	5984,52	1734,83	10999,91	6334,43	1758,23

Çizelge 5.50 - PÇRD ve PÇED binalarına ait periyot değerleri.

Bina	1. Mod	2.Mod	3.Mod
PÇRD	0,8205	0,7818	0,7578
PÇED	0,8282	0,7909	0,7701
Değişim	%0,94	%1,16	%1,62

PÇRD ve PÇED binalarına ait taban kesme kuvvet değerleri Çizelge 5.51' te verilmiştir.

Çizelge 5.51 - PÇRD ve PÇED binalarına ait taban kesme kuvvetleri.

Bina	V _{tx}	V _{ty}
PÇRD	12295,37	12954,74
PÇED	12304,604	12845,520
Değişim	% 0,075	- % 0,84

Her iki bina için elde edilen taşıyıcı eleman moment ve kesme kuvvetleri karşılaştırılması tüm kolonlar ve perdeler için yapılmıştır. Bu karşılaştırmada elde edilen kuvvetlerin farkı yüzde olarak belirtilmiştir. PÇED binasının PÇRD binasına göre değişimi Denklem 5.47 ile hesaplanmıştır.

$$\Delta = \frac{P_{\text{ÇED}} - P_{\text{ÇRD}}}{P_{\text{ÇRD}}} \cdot 100 \quad (5.47)$$

Kolon uçlarında oluşan iç kuvvet karşılaştırma değerleri Çizelge 5.52' de verilmiştir

Her iki diyafram yaklaşımı için kolonlardaki iç kuvvet değişimine bakıldığında, genel olarak iç kuvvetlerde % 1 ile % 4 arasında değişen miktarlarda bir değişim olduğu görülmektedir. Bazı katlarda kolonlarda oluşan bu iç kuvvet değişimlerinin daha da büyük olduğu gözlenmektedir. Esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre, zemin katta, dış akslarda bulunan kolonlarda % 41' e kadar daha fazla iç kuvvet oluşturduğu, iç akslarda bulunan kolonlarda ise % 47' ye kadar daha az iç kuvvet oluşturduğu gözlenmiştir.

Çizelge 5.52 - PÇRD ve PÇED binalarındaki kolonların moment ve kesme kuvveti değişim yüzdeleri.

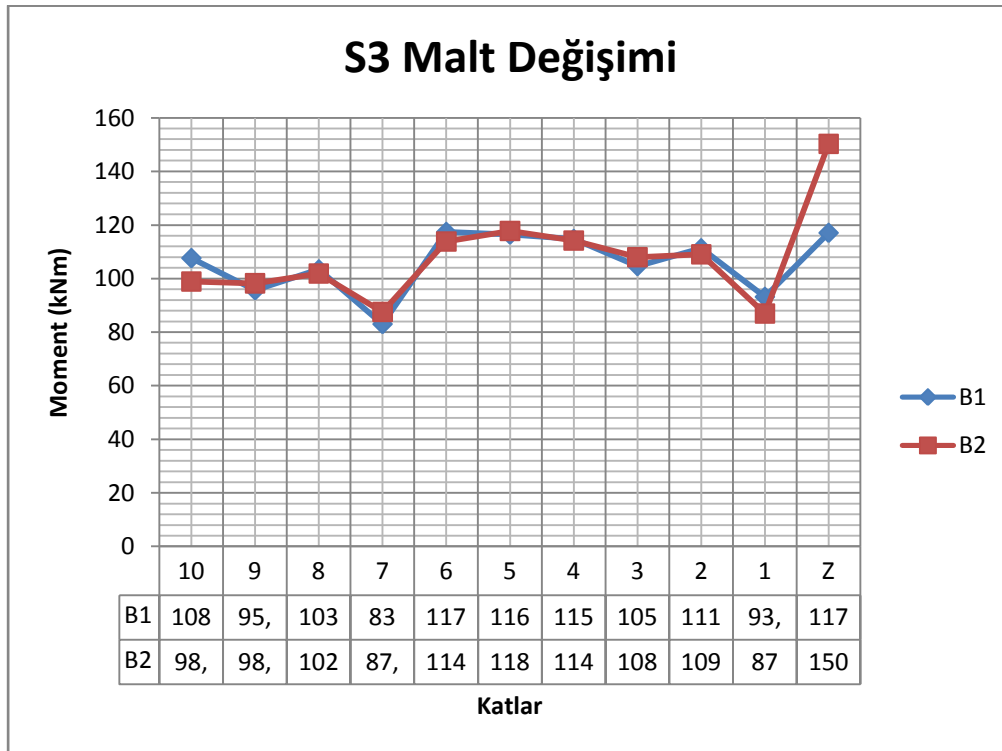
KAT	S1			S2		
	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV
10	-4,123	-3,740	-3,957	-1,276	-0,854	-1,096
9	0,299	0,629	0,419	1,188	1,555	1,327
8	-0,688	-0,773	-0,721	0,349	0,436	0,385
7	-0,171	-0,298	-0,213	1,720	1,388	1,583
6	-1,038	-1,116	-1,063	-0,627	-0,584	-0,607
5	-0,366	-0,472	-0,370	0,872	1,231	1,007
4	-0,675	-0,476	-0,618	0,372	0,491	3,720
3	2,041	1,478	1,821	1,257	1,249	1,259
2	-3,042	-3,045	-3,044	0,680	0,183	0,500
1	-4,334	3,474	-1,582	1,707	-0,807	0,853
Z	24,697	27,866	25,660	-15,621	-9,362	-13,95
KAT	S3			S4		
	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV
10	-8,848	-5,054	-7,091	-7,326	-5,889	-6,716
9	2,640	5,335	3,693	1,617	2,753	2,059
8	-1,520	-1,053	-1,339	-0,350	-0,086	-0,248
7	5,186	3,407	4,423	3,462	2,782	3,192
6	-3,125	-3,842	-3,404	-2,046	-2,105	-2,068
5	1,125	2,737	1,748	1,068	1,809	1,352
4	-0,527	0,255	-0,243	0,289	0,632	0,419
3	3,098	2,839	2,998	2,543	2,516	2,532
2	-2,058	-1,393	-1,834	-0,359	0,067	-0,208
1	-7,173	12,105	-0,737	-2,388	7,781	1,255
Z	22,086	40,358	25,278	26,214	34,679	28,336
KAT	S5			S6		
	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV
10	-1,966	-1,610	-1,815	0,004	0,067	0,032
9	0,824	1,219	0,974	1,366	1,434	1,398
8	0,159	0,214	0,182	0,567	0,645	0,596
7	1,660	1,348	1,531	2,327	1,922	2,164
6	-0,346	-0,366	-0,355	-0,128	-0,156	-0,14
5	0,957	1,248	1,072	1,489	1,831	1,620
4	0,649	0,712	0,675	0,997	1,061	1,025
3	1,621	1,495	1,568	2,056	1,826	1,970
2	0,713	0,745	0,729	-0,114	0,401	0,085
1	3,856	2,348	3,311	11,641	1,232	8,225
Z	-15,049	-3,908	-11,18	-46,210	-29,413	-40,7

Binadaki kolonların tüm katlardaki kolon uçlarında oluşan iç kuvvet değişimlerinin mutlak değerce ortalaması alınarak, kolonlarda oluşan ortalama değişim yüzdeleri Çizelge 5.53' te verilmiştir.

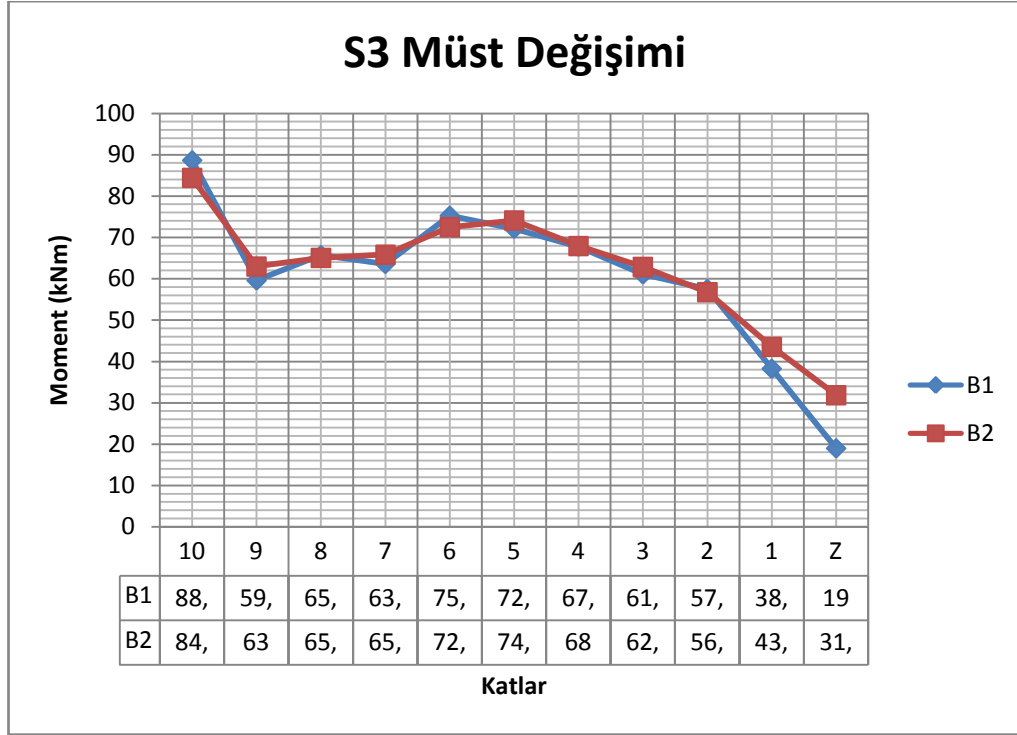
Çizelge 5.53- PÇRD ve PÇED binalarında kolonlarda oluşan ortalama değişim yüzdeleri.

KOLON	Malt	Müst	V
S1	3,770	3,942	3,588
S2	2,333	1,649	2,390
S3	5,217	7,125	4,799
S4	4,333	5,555	4,399
S5	2,527	1,383	2,127
S6	6,082	3,635	5,267

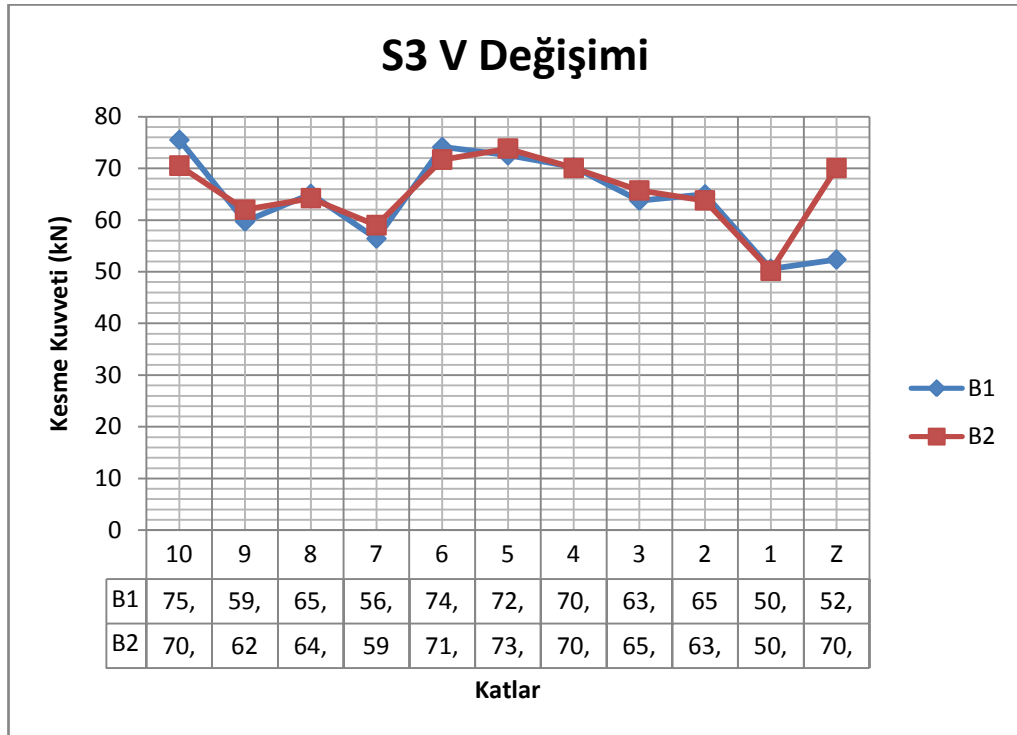
Kolonlardaki iç kuvvet değerlerinin değişimi sadece S3 kolonu için Şekil 5.9, Şekil 5.10 ve Şekil 5.11' de verilmiştir.



Şekil 5.9 - S3 kolonu Malt değişim grafiği.



Şekil 5.10- S3 kolonu Müst değişim grafiği.



Şekil 5.11 - S3 kolonu V değişim grafiği.

Perde + çerçeve tipi bina sistemlerinde perdelerde iç kuvvet değişimlerinin, kolonlardaki iç kuvvet değişimlerine oranla daha fazla olduğu görülmüştür.

Yapılan çözümler sonucu elde edilen perde iç kuvvetleri değişim yüzdeleri Çizelge 5.54' da verilmiştir.

Çizelge 5.54 - PÇRD ve PÇED binalarının perde iç kuvvetleri değişim yüzdeleri.

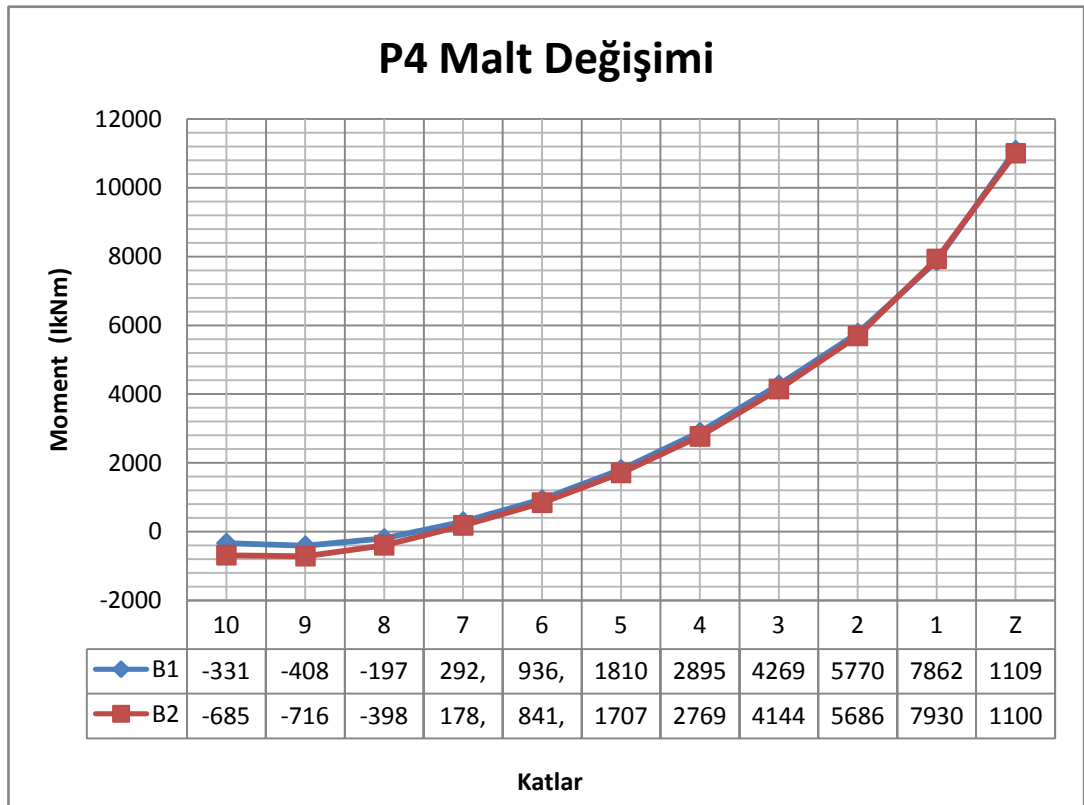
KAT	P1			P2		
	$\Delta Malt$	$\Delta Müst$	ΔV	$\Delta Malt$	$\Delta Müst$	ΔV
10	-16,172	-1,684	47,948	1,967	29,102	-55,90
9	5,929	-6,152	-15,85	5,632	5,618	5,863
8	7,048	2,460	1,023	-21,220	3,061	0,074
7	-81,449	2,181	-4,847	-1,564	2,580	-0,297
6	-6,170	12,113	4,970	-3,082	-0,412	-1,477
5	-8,835	9,892	-3,621	-2,053	3,438	-0,278
4	-7,909	-20,890	-2,096	-2,023	11,279	-0,002
3	-6,230	-17,593	-0,746	-1,790	-29,392	-0,528
2	0,553	-10,009	9,851	-2,395	-2,629	-2,789
1	5,650	-0,109	11,862	-2,378	0,060	-5,528
Z	-3,040	5,710	-14,22	3,335	-3,220	-4,001
KAT	P3			P4		
	$\Delta Malt$	$\Delta Müst$	ΔV	$\Delta Malt$	$\Delta Müst$	ΔV
10	75,121	2,844	23,372	51,701	-11,738	-28,34
9	57,570	-11,018	6,422	42,997	13,006	-7,944
8	56,455	-12,612	-1,117	50,511	11,977	2,833
7	10,172	-10,074	-4,121	-63,343	9,792	4,479
6	1,103	-6,617	-3,100	-11,276	8,593	3,195
5	-2,313	-5,926	-3,472	-6,011	12,543	2,604
4	-3,641	-4,401	-3,531	-4,550	54,939	2,250
3	-5,468	-6,321	-4,962	-3,002	-23,739	3,660
2	-5,769	-8,457	-4,011	-1,481	-9,341	6,154
1	-5,824	-7,470	-4,291	0,869	-5,045	9,854
Z	-4,772	-6,509	-6,028	-0,817	-0,980	5,929

Perde iç kuvvetlerinin tüm katlardaki değişiminin ortalamaları alınmıştır, bu değişimler Çizelge 5.55' de verilmiştir.

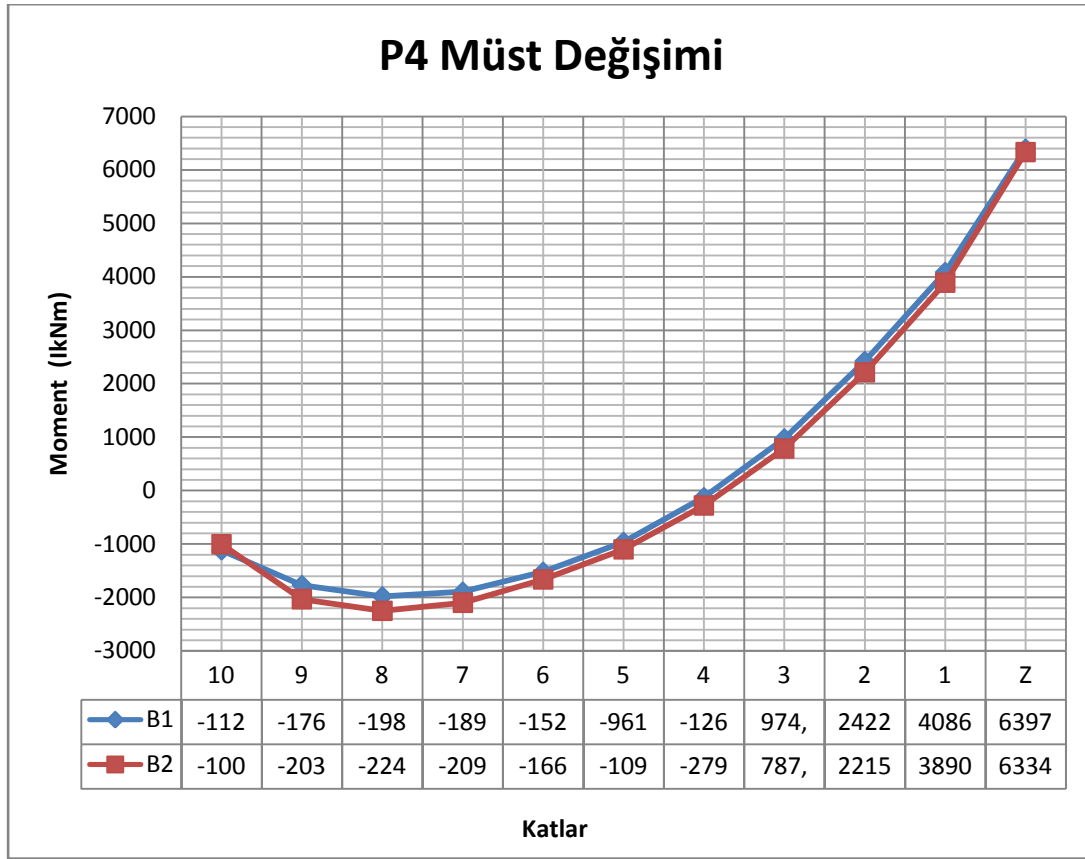
Çizelge 5.55 - Perde iç kuvvetleri ortalama yüzde değerleri.

PERDE	Malt	Müst	V
P1	13,544	8,072	10,641
P2	4,313	8,254	6,976
P3	20,746	7,477	5,857
P4	21,505	14,699	7,022

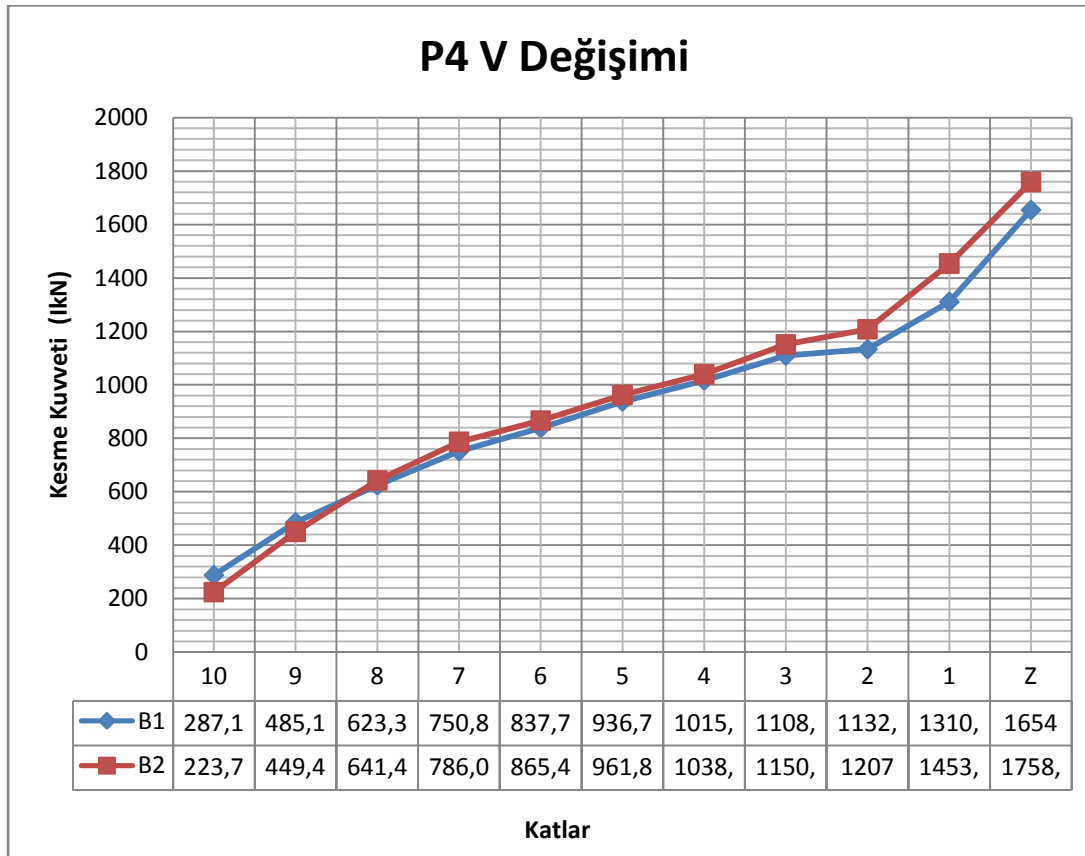
Perdelerde oluşan iç kuvvet değerlerinin değişimi sadece P4 perdesi için Şekil 5.12, Şekil 5.13 ve Şekil 5.14' te verilmiştir.



Şekil 5.12 - P4 perdesinin Malt değişim grafiği.



Şekil 5.13 - P4 perdesinin Müst değişim grafiği.



Şekil 5.14 - P4 perdesinin V değişim grafiği.

5.4.5 PÇRD ve PÇED bina sistemleri için sonuçlar

12 katlı binaların rijit ve esnek diyafram kabulleriyle yapılan çözümlerinden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında;

- Esnek diyafram yaklaşımında periyot değerinin rijit diyafram yaklaşımının periyoduna göre yaklaşık % 1 fazla olduğu,
- Taban kesme kuvvetlerinin, rijit diyafram yaklaşımında x yönünde % 0,075 daha az, y yönündeyse % 0,84 daha fazla olduğu görülmüştür.
- Her iki yapı için yapılan düzensizlik kontrolleri sonucunda burulma düzensizliği dışında herhangi bir düzensizliğin olmadığı görülmüştür. Rijit diyafram yaklaşımı ile modellenen binada bodrum kat harici tüm katlarda burulma düzensizliği varken, esnek diyafram yaklaşımı ile modellenen binada tüm katlarda burulma düzensizliği vardır. Bodrum kat ve zemin kat haricindeki katlarda oluşan burulma düzensizliği katsayısı η_{bi} nin değişim yaklaşık % 1 kadar iken zemin katta η_{bi} nin değişim %8.3' e ve bodrum katta bu fark % 50' ye çıkmıştır.
- Her iki diyafram yaklaşımı için kolonlardaki iç kuvvet değişimine bakıldığında, genel olarak iç kuvvetlerde % 1 ile % 4 arasında değişen miktarlarda bir değişim olduğu görülmektedir. Bazı katlarda kolonlarda oluşan bu iç kuvvet değişimlerinin daha da büyük olduğu gözlenmektedir. Esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre, zemin katta, dış akslarda bulunan kolonlarda % 41' e kadar daha fazla iç kuvvet oluşturduğu, iç akslarda bulunan kolonlarda ise % 47' ye kadar daha az iç kuvvet oluşturduğu gözlenmiştir.
- Kolon uç noktalarında oluşan iç kuvvetlerin tüm katlardaki değişiminin ortalamasına bakıldığında bu değişimin momentler için % 7.13' e kadar değişen değerlerde, kesme kuvveti için ise % 5.27' ye kadar değişen değerlerde olduğu görülmüştür.
- Perdelerde oluşan farkın kolonlara göre daha belirgin olduğu görülmüştür. Perdelerde oluşan iç kuvvetlerin her iki yaklaşım için oluşturduğu değişimlere bakıldığında, genel olarak %1 ile %13 arasında değişen değerlerde olduğu görülmüştür. Ancak bu farkın bazı noktalarda çok daha büyük değerlere ulaştığı görülmüştür. Esnek diyafram yaklaşımının rijit

diyafram yaklaşımına göre oluşturduğu en belirgin fark, en üst katta P3 perdesindeki M_{alt} momentinde oluşan % 75,121'lik değişimdir. Rijit diyafram yaklaşımının esnek diyafram yaklaşımına göre oluşturduğu en belirgin fark, yedinci katta P1 perdesindeki M_{alt} momentinde oluşan % 81,449' luk değişimdir.

- Perdelerde oluşan iç kuvvetlerin tüm katlardaki değişiminin ortalamasına bakıldığında bu değişimin momentlerde %22' ye kadar, kesme kuvvetinde ise %11' e kadar değişen değerlerde olduğu görülmüştür.

5.4.6 PÇRD ve PÇED binaları için taşıyıcı eleman betonarme hesapları

Her iki bina sistemi için yapılan çözümlemelerden elde edilen sonuçlara göre zemin katta bulunan taşıyıcı elemanlar için donatı hesabı yapılmıştır.

Donatı hesapları TS500 ve Deprem Yönetmeliği' ne uygun olarak yapılmıştır. Kiriş ve kolonların kesme güvenlikleri kontrolleri yapılmış, bu kontroller sonucunda kolon ve kirişlere uygun donatılar seçilmiştir.

PÇRD binası için kolon donatı hesabı Çizelge 5.56' da verilmiştir. PÇRD binasında hesaplanan kiriş donatı değerleri Çizelge 5.57'de verilmiştir.

Çizelge 5.56 - PÇRD binasına ait kolon donatı tablosu.

Kolon	Kat	b (m)	h (m)	N (kN)	M_{max} (kNm)	A_s hesap	A_{smin} (cm ²)	A_s seçilen (cm ²)	Etriye
S1	Z	0,6	0,5	2720,230	168,692	Min.	30	10*20(31,42)	*8/10/20
	1	0,6	0,5	1771,990	130,864	Min.	30	10*20(31,42)	*8/10/20
S2	Z	0,6	0,5	1860,500	112,786	Min.	30	10*20(31,42)	*8/10/20
	1	0,6	0,5	1564,380	148,019	Min.	30	10*20(31,42)	*8/10/20
S3	Z	0,6	0,5	1599,930	117,104	Min.	30	10*20(31,42)	*8/10/20
	1 l	0,6	0,5	1793,580	106,057	Min.	30	10*20(31,42)	*8/10/20
S4	Z	0,6	0,5	1842,170	133,528	Min.	30	10*20(31,42)	*8/10/20
	1	0,6	0,5	1656,470	136,292	Min.	30	10*20(31,42)	*8/10/20
S5	Z	0,6	0,5	1977,410	136,785	Min.	30	10*20(31,42)	*8/10/20
	1	0,6	0,5	1735,530	194,859	Min.	30	10*20(31,42)	*8/10/20
S6	Z	0,6	0,5	1863,850	121,230	Min.	30	10*20(31,42)	*8/10/20
	1	0,6	0,5	1653,060	166,610	Min.	30	10*20(31,42)	*8/10/20

Çizelge 5.57 - PÇRD binasına ait kiriş donatı değerleri.

Kiriş	Açıklık				Mesnet (Sol)			Mesnet (Sol) Pozitif			Mesnet (Sağ)			Mesnet (sağ) Pozitif			Eriye
	M	A _s Hes.	A _s min	A _s Seç.	M	A _s Hes.	A _s Seç.	M	A _s Hes.	A _s Seç.	M	A _s Hes.	A _s Seç.	M	A _s Hes.	A _s Seç.	
K1	138,33	7,25	5,13	5*14	-217,96	6,70	5*14	175,10	9,20	1*14	-219,82	6,80	5*14	161,42	8,49	1*14	ø8/10/20
K2	62,18	3,08	5,13	4*14	-111,98	1,04	1*14	70,45	3,70	-	-69,847	-	-	65,06	3,39	-	ø8/10/20
K3	103,87	5,37	5,13	4*14	-102,23	0,53	1*14	111,61	5,88	-	-168,44	4,01	3*14	62,95	3,07	-	ø8/10/20
K4	33,67	2,56	5,13	4*14	-101,72	0,50	1*14	25,54	1,28	-	-94,56	0,12	1*14	44,78	2,30	-	ø8/10/20
K5	66,37	3,45	5,13	4*14	-100,82	0,46	1*14	75,47	4,06	-	-91,59	-	-	67,93	3,55	-	ø8/10/20
K6	63,63	3,36	5,13	4*14	-105,62	0,70	1*14	80,24	4,25	-	-105,62	0,70	1*14	67,59	3,54	-	ø8/10/20
K7	114,69	5,72	5,13	4*14	-230,05	7,37	5*14	127,79	6,64	1*14	-115,02	1,19	1*14	129,17	6,90	1*14	ø8/10/20
K8	63,33	3,32	5,13	4*14	-109,82	0,91	1*14	80,03	4,22	-	-109,82	0,91	1*14	66,29	3,32	-	ø8/10/20
K9	95,98	5,11	5,13	4*14	-156,19	3,41	3*14	83,27	4,22	-	-96,419	0,22	1*14	105,03	5,62	-	ø8/10/20
K10	61,72	3,07	5,13	4*14	-101,09	0,47	1*14	77,86	3,96	-	-101,09	0,47	1*14	68,26	3,58	-	ø8/10/20
K11	59,93	3,21	5,13	4*14	-108,75	0,86	1*14	62,53	3,33	-	-68,74	-	-	36,58	1,83	-	ø8/10/20
K12	79,71	3,96	5,13	4*14	-98,851	0,34	1*14	52,40	2,88	-	-83,49	-	-	20,02	1,08	-	ø8/10/20
K13	91,11	4,82	5,13	4*14	-169,50	4,06	3*14	107,39	5,73	-	-134,60	2,20	2*14	87,94	4,59	-	ø8/10/20
K14	59,04	3,24	5,13	4*14	-98,12	0,32	1*14	61,82	3,24	-	-123,21	1,61	2*14	34,34	1,80	-	ø8/10/20
K15	59,64	2,95	5,13	4*14	-100,02	0,42	1*14	50,31	2,65	-	-99,93	0,41	1*14	27,86	1,47	-	ø8/10/20
K16	57,89	3,14	5,13	4*14	-103,84	0,61	1*14	82,59	4,40	-	-104,28	0,62	1*14	74,45	3,93	-	ø8/10/20
K17	58,57	3,24	5,13	4*14	-103,45	0,59	1*14	83,24	4,32	-	-102,96	0,57	1*14	76,49	3,89	-	ø8/10/20
K18	227,69	11,89	5,13	6*16	-315,13	12,52	6*18	300,20	16,00	3*14	-315,39	12,53	6*18	300,70	16,00	3*14	ø10/10/20
K19	199,38	10,59	5,13	6*16	-277,80	10,15	6*16	265,61	14,05	2*14	-277,29	10,12	6*16	262,37	13,84	2*14	ø10/10/20
K20	48,56	2,38	5,13	4*14	-86,99	-	-	69,03	3,57	-	-87,00	-	-	59,63	3,14	-	ø8/10/20

PÇRD binasında perde uç bölgeleri donatı hesabı değerleri Çizelge 5.58 de verilmiştir.

Çizelge 5.58 - PÇRD binasındaki perde uç bölgeleri donatı tablosu.

Perde	Kat	b	h	N (kN)	M (kNm)	As hsp	Asmin (cm ²)	As (cm ²) seçilen
P1	Z	0,3	4	5038,710	7629,498	36,21	24	12 ϕ 20 (37,7)
P2	Z	0,3	4	355,970	5969,484	51,72	24	12 ϕ 24 (54,28)
P3	Z	0,3	5	4613,290	11406,010	34,48	30	12 ϕ 20 (37,7)
P4	Z	0,3	5	6247,740	11089,780	34,48	30	12 ϕ 20 (37,7)

PÇRD binasında bulunan tüm perdelerde düşey gövde donatısı ϕ 14/250 ve yatay gövde donatısı ϕ 12/250 olarak seçilmiştir. Perde kesme güvenliği kontrolleri yapılmıştır. Perde uç bölgesinde yatay donatı ϕ 12/100 olarak seçilmiştir.

PÇRD binasında bulunan tüm kirişlerde 3 ϕ 14 montaj donatısı kullanılmıştır. Mesnet donatı hesaplarında belirtilen A_s hesap değerleri montaj donatılarının göz önüne alındığı değerlerdir.

PÇED binasında hesaplanan kolon donatı değerleri Çizelge 5.59' da verilmiştir.

PÇED binasına ait kiriş donatı değerleri Çizelge 5.60'da verilmiştir.

Çizelge 5.59 - PÇED binasındaki kolon donatı tablosu.

Kolon	Kat	b (m)	h (m)	N (kN)	M _{max} (kNm)	A _s hesap	A _{smin} (cm ²)	A _s seçilen (cm ²)	Etriye
S1	Z	0,6	0,5	1947,390	155,762	Min.	30	10 ϕ 20(31,42)	ϕ 8/10/20
	1	0,6	0,5	1780,040	125,428	Min.	30	10 ϕ 20(31,42)	ϕ 8/10/20
S2	Z	0,6	0,5	1860,760	125,289	Min.	30	10 ϕ 20(31,42)	ϕ 8/10/20
	1	0,6	0,5	1568,150	150,590	Min.	30	10 ϕ 20(31,42)	ϕ 8/10/20
S3	Z	0,6	0,5	1602,790	150,299	Min.	30	10 ϕ 20(31,42)	ϕ 8/10/20
	1 l	0,6	0,5	1796,010	100,978	Min.	30	10 ϕ 20(31,42)	ϕ 8/10/20
S4	Z	0,6	0,5	1842,470	180,966	Min.	30	10 ϕ 20(31,42)	ϕ 8/10/20
	1	0,6	0,5	1657,550	133,113	Min.	30	10 ϕ 20(31,42)	ϕ 8/10/20
S5	Z	0,6	0,5	1975,920	118,893	Min.	30	10 ϕ 20(31,42)	ϕ 8/10/20
	1	0,6	0,5	1736,27	202,674	Min.	30	10 ϕ 20(31,42)	ϕ 8/10/20
S6	Z	0,6	0,5	1939,760	86,056	Min.	30	10 ϕ 20(31,42)	ϕ 8/10/20
	1	0,6	0,5	1654,330	188,560	Min.	30	10 ϕ 20(31,42)	ϕ 8/10/20

Çizelge 5.60 - PÇED binasına ait kiriş donatı değerleri.

Kiriş	Açıklık				Mesnet (Sol)				Mesnet (Sol) Pozitif				Mesnet (Sağ)				Mesnet (sağ) Pozitif				Etriye
	M	A _s Hes.	A _s min	A _s Seç.	M	A _s Hes.	A _s Seç.	M	A _s Hes.	A _s Seç.	M	A _s Hes.	A _s Seç.	M	A _s Hes.	A _s Seç.					
K1	143,25	7,61	5,13	5*14	-226,28	7,13	5*14	181,28	9,55	2*14	-226,37	7,14	5*14	169,77	8,84	1*14	48/10/20				
K2	61,53	3,08	5,13	4*14	-111,49	1,01	1*14	69,06	3,39	-	-68,08	-	-	64,18	3,39	-	48/10/20				
K3	102,15	5,37	5,13	4*14	-100,49	0,44	1*14	109,41	5,88	-	-165,86	3,88	3*14	60,75	3,07	-	48/10/20				
K4	33,82	2,56	5,13	4*14	-101,02	0,47	1*14	25,00	1,28	-	-96,21	0,21	1*14	45,01	2,30	-	48/10/20				
K5	77,37	4,06	5,13	4*14	-113,87	1,13	1*14	88,00	4,67	-	-106,06	0,72	1*14	81,35	4,27	-	48/10/20				
K6	73,79	3,89	5,13	4*14	-119,10	1,40	1*14	93,08	4,95	-	-119,10	1,40	1*14	81,07	4,25	-	48/10/20				
K7	116,17	6,13	5,13	4*14	-235,15	7,67	5*14	132,65	6,90	1*14	-116,88	1,29	1*14	131,24	6,90	1*14	48/10/20				
K8	62,42	3,19	5,13	4*14	-108,34	0,84	1*14	78,90	4,09	-	-108,34	0,84	1*14	64,78	3,45	-	48/10/20				
K9	91,44	4,85	5,13	4*14	-150,61	3,04	2*14	76,79	3,96	-	-90,03	-	-	99,08	5,11	-	48/10/20				
K10	53,97	2,56	5,13	4*14	-91,75	-	-	68,10	3,45	-	-91,75	-	-	58,90	3,08	-	48/10/20				
K11	62,54	3,21	5,13	4*14	-118,23	1,35	1*14	70,40	3,67	-	-83,39	-	-	44,62	2,29	-	48/10/20				
K12	79,77	3,96	5,13	4*14	-102,77	0,55	1*14	55,99	2,88	-	-86,40	-	-	25,23	1,26	-	48/10/20				
K13	96,43	5,04	5,13	4*14	-178,03	4,53	3*14	113,94	5,96	-	-144,73	2,74	2*14	99,55	5,27	-	48/10/20				
K14	59,04	3,24	5,13	4*14	-98,76	0,35	1*14	62,32	3,24	-	-124,80	1,69	2*14	35,50	1,80	-	48/10/20				
K15	96,43	2,95	5,13	4*14	-96,74	0,23	1*14	47,46	2,65	-	-98,264	0,31	1*14	26,12	1,47	-	48/10/20				
K16	66,38	3,46	5,13	4*14	-117,54	1,32	1*14	87,44	4,56	-	-116,67	1,28	1*14	94,71	4,87	-	48/10/20				
K17	61,62	3,24	5,13	4*14	-108,31	0,83	1*14	87,59	4,54	-	-107,55	0,80	1*14	81,14	4,32	-	48/10/20				
K18	228,62	11,89	5,13	6*16	-316,11	12,57	6*18	300,93	16,00	3*14	-316,85	12,61	6*18	301,91	16,00	3*14	410/10/20				
K19	210,12	10,81	5,13	6*16	-292,58	11,04	6*16	279,42	14,70	2*14	-292,03	11,01	6*16	276,78	14,70	2*14	410/10/20				
K20	50,56	2,59	5,13	4*14	-90,65	-	-	71,13	3,68	-	-85,65	-	-	58,24	3,03	-	48/10/20				

Perde uç bölgeleri donatı hesabı değerleri Çizelge 5.61' de verilmiştir.

Çizelge 5.61 - PÇED binasındaki perde uç bölgeleri donatı tablosu.

Perde	Kat	b	h	N (kN)	M (kNm)	As hsp	Asmin (cm ²)	As (cm ²) seçilen
P1	Z	0,3	4	5035,05	7404,404	31,03	24	12 ϕ 20 (37,7)
P2	Z	0,3	4	698,310	6175,449	56,9	24	14 ϕ 24 (63,34)
P3	Z	0,3	5	5125,77	10886,469	Min	30	12 ϕ 20 (37,7)
P4	Z	0,3	5	6073,84	10999,910	Min	30	12 ϕ 20 (37,7)

PÇED binasında bulunan tüm perdelerde düşey gövde donatısı ϕ 14/250 ve yatay gövde donatısı ϕ 12/250 olarak seçilmiştir. Perde kesme güvenliği kontrolleri yapılmıştır. Perde uç bölgesinde yatay donatı ϕ 12/100 olarak seçilmiştir.

PÇED binasındaki tüm kirişlerde 3 ϕ 14 montaj donatısı kullanılmıştır. Mesnet donatı hesaplarında belirtilen A_s hesap değerleri montaj donatılarının göz önüne alındığı değerlerdir.

Her iki diyafram yaklaşımı ile modellenen binalarda kullanılan donatı miktarlarına bakıldığında, diyafram yaklaşımlarının donatı miktarını neredeyse hiç etkilemediği görülmektedir. Her iki yaklaşım için kolonlarda kullanılacak donatı miktarları aynıdır.

Kirişlerde ise K9 kirişinde rijit diyafram yaklaşımı ile çözümlenen yapıda sol mesnette 3 ϕ 14 donatı, sağ mesnette 1 ϕ 14 donatı gerekirken, esnek diyafram yaklaşımı ile çözümlenen yapıda sol mesnette 2 ϕ 14, sağ mesnette ise hiç donatı gerekmemektedir.

K10 kirişinde de rijit diyafram yaklaşımı ile çözümlenen yapıda sol ve sağ mesnetlerde 1 ϕ 14 donatı gerekirken, esnek diyafram yaklaşımı ile çözümlenen yapıda sol ve sağ mesnetlerde hiç donatı gerekmemektedir.

K5 kirişinde ise rijit diyafram yaklaşımı ile çözümlenen yapıda sağ mesnette donatı gerekmezken, esnek diyafram yaklaşımı ile çözümlenen yapıda sağ mesnette 1 ϕ 14 donatı gerekmektedir.

Perdelerde kullanılan gövde donatıları her iki yaklaşım için de aynı mertebededir. P2 perdesinde rijit diyafram yaklaşımında uç bölgesinde kullanılan düşey donatı miktarı 12 ϕ 24 iken esnek diyafram yaklaşımında 14 ϕ 24 olmuştur.

Rijit ve esnek diyafram yaklaşımları ile modellenen her iki model arasında taşıyıcı elemanların zemin kat için yapılan donatı hesaplarında, donatı miktarlarının aynı mertebede kaldığı görülmüştür.

5.5 Çerçeve Tipi Binanın Farklı Döşeme Kalınlığı İle Modellenmesi

Rijit ve esnek diyafram davranışı varsayımı ile çıkıntı düzensizliğine sahip binaların davranışı incelenirken, döşeme kalınlığının davranışa etkisi de belirlenmeye çalışılmıştır. Bu nedenle Bölüm 5.3' te tanımlanan çerçeve tipi binanın 12 cm olan döşeme kalınlığı 16 cm olarak değiştirilerek yeniden analizler yapılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Döşeme kalınlığı 16 cm olarak değiştirilmiş çerçeve tipi bina bundan sonraki bölümlerde Çizelge 5.62' de verildiği şekilde anılacaktır.

Çizelge 5.62- Bina sistemleri kısaltmaları.

Bina Tipi	Modelleme	
	Rijit Diyafram	Esnek Diyafram
Çerçeve Taşıyıcı Sistem	ÇRD16	ÇED16

5.5.1 ÇRD16 için çözüm

ÇRD16 bina sistemi rijit diyafram yaklaşımı ile ETABS v9.7.2 programında modellenmiştir. Analiz sonucunda bina hakim periyodu 1. mod $T_y=0,8558$ s ve 2. mod $T_x=0,8168$ s olarak elde edilmiştir. Elde edilen periyotlara göre taban kesme kuvveti hesaplanırken DBYBHY 2.7.2.4' te belirtilen bodrum katta rijitliği üst katlara oranla çok büyük betonarme çevre perdelerin bulunmasından dolayı bodrum ve üstteki katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Zemin seviyesinden hesaplanan taban kesme kuvvetleri $V_{ty}=4177,447$ kN ve $V_{tx}=4331,029$ kN olarak elde edilmiştir. Bodrum kata etkiyen kesme kuvveti $V_{bk}=4521,956$ kN olarak hesaplanmıştır.

Katlara etkiyen kat kesme kuvvetleri Çizelge 5.63' da verilmiştir. Katlara etkiyen kuvvetler ve bu kuvvetlerden oluşacak ek burulma momentleri Çizelge 5.64' de verilmiştir.

Çizelge 5.63 - ÇRD16 binasına etkiyen kat kesme kuvvetleri.

KAT	h_i	H_i	$w_i H_i$	$\frac{w_i H_i}{\sum w_i H_i}$	F_{i_x}	F_{i_y}	ΔF_{N_x}	ΔF_N	V_{ix}	V_{iy}
4	3,2	16	119318,4	0,308700	1286,85	1241,21	162,41	156,65	1449,26	1397,87
3	3,2	12,8	106364,0	0,275184	1147,14	1106,46			2596,41	2504,33
2	3,2	9,6	80233,82	0,207580	865,324	834,638			3461,73	3338,97
1	3,2	6,4	53489,21	0,138387	576,882	556,425			4038,61	3895,39
Z	3,2	3,2	27113,24	0,070147	292,417	282,047			4331,03	4177,45
B	3,2	-	-	-	4521,96	4521,96	-	-	8852,99	8699,40

Çizelge 5.64- ÇRD16 binasında katlara etkiyen kuvvetler ve ek burulma momentleri.

KAT	F_{i_x} (kN)	M_{ix} (kNm)	F_{i_y} (kN)	M_{iy} (kNm)
4	1449,26	1666,66	1397,87	2516,17
3	1147,14	1319,21	1106,46	1991,63
2	865,32	995,12	834,64	1502,35
1	576,88	663,42	556,43	1001,57
Z	292,42	336,28	282,05	507,69
B	4521,96	5200,25	4521,96	8139,52

Çizelgelerde verilen kuvvet ve momentler programa girilmiştir. Binaların analizi sırasında ETABS programına düşey yük ve deprem etkisi için 115 farklı yük kombinasyonu girilmiştir. Bu yük kombinasyonlarından seçilen belirli yüklemeler için düzensizlik kontrolleri yapılmıştır.

Seçilen depremler için A1-Burulma Düzensizliği, B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği, Etkin Göreli Kat Ötelemesi ve İkinci Mertebe Etkileri kontrolleri yapılmıştır. Bu kontrollerden sadece Comb 4 yüklemesi için elde edilen değerler

Çizelge 5.65 ve Çizelge 5.66 ' da verilmiştir.

Çizelge 5.65 - ÇRD16 binasında Comb 4 yüklemesi için burulma düzensizliği kontrolü.

KAT	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}	Burulma
4	0,0028	0,0019	0,0024	1,191<1,2	Yoktur.
3	0,0049	0,0032	0,0041	1,209>1,2	Vardır.
2	0,0057	0,0036	0,0047	1,226>1,2	Vardır.
1	0,0065	0,0042	0,0054	1,215>1,2	Vardır.
Z	0,0046	0,0029	0,0038	1,227>1,2	Vardır.
B	0,0002	0,0002	0,0002	1<1,2	Yoktur.

Çizelge 5.66 - ÇRD16 binasında Comb 4 yüklemesi için yumuşak kat , görel kat ötelemesi ve ikinci mertebe etkileri kontrolü.

KAT	η_{ki}	$(\delta_i)_{\max}/h_i$	θ_i	
4	0,580<2	0,007<0,02	0,0039<0,12	Yoktur.
3	0,871<2	0,012<0,02	0,0080<0,12	Yoktur.
2	0,869<2	0,014<0,02	0,0105<0,12	Yoktur.
1	1,427<2	0,016<0,02	0,0139<0,12	Yoktur.
Z	0,701<2	0,012<0,02	0,0115<0,12	Yoktur.
B	0,053<2	0,001<0,02	0,0004<0,12	Yoktur.

Yapılan düzensizlik kontrolleri sonucunda Comb 3 ve Comb 4 kombinasyonlarının oluşturduğu burulma düzensizliği katsayılarının (η_{bi}) bodrum kat ve en üst kat haricindeki katlarda 1.2' den büyük olduğu görülmüştür. Ancak Yönetmeliğin 2.7.3.3 maddesinde belirtildiği üzere, burulma düzensizliği katsayısı $1,2 < \eta_{bi} < 2,0$ olduğundan uygulanan ek dışmerkezlik, her iki deprem doğrultusu için D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülmüştür.

Dışmerkezliğe uygulanacak büyütme katsayıları ile ek dışmerkezlik değerleri Çizelge 5.67' te verilmiştir.

Çizelge 5.67 - ÇRD16 binasında büyütme katsayısı ve ek dışmerkezlilik değerleri.

KAT	η_{bi}	D_i	Ek dışmerkezlilik
3	1,209	1,017	0,0508
2	1,226	1,043	0,0522
1	1,215	1,025	0,0513
Z	1,227	1,044	0,0522

Verilen eş dışmerkezlilik değerlerine göre kat momentleri büyütülmüş ve ilgili katlara uygulanmıştır. Kat kuvvetleri ve büyütme katsayısı uygulanan moment değerleri Çizelge 5.68 ' de verilmiştir.

Çizelge 5.68 - ÇRD16 binasında katlara etkiyen kuvvetler ve momentleri.

KAT	F_{ix} (kN)	M_{ix} (kNm)	F_{iy} (kN)	M_{iy} (kNm)
4	1449,26	1666,66	1397,87	2516,17
3	1147,14	1341,00	1106,46	2024,53
2	865,32	1038,39	834,64	1567,67
1	576,88	680,054	556,43	1026,68
Z	292,42	351,39	282,05	530,50
B	4521,96	5200,25	4521,96	8139,52

Her iki deprem yönü için elde edilen kat kesme kuvvetleri ve bu kuvvetlerden oluşan ek burulmalar bina sistemine etkilmiş ve yapılan çözümleme sonucunda oluşan kolon kesme kuvveti ve moment değerleri Çizelge 5.69' da verilmiştir.

Çizelge 5.69- ÇRD16 binasında kolon uçlarında oluşan maksimum moment ve maksimum kesme kuvveti değerleri.

KAT	S1			S2		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)
4	66,91	72,135	53,48	61,123	49,615	42,46
3	111,199	84,975	75,44	119,245	83,761	78,08
2	125,299	86,312	81,39	143,946	95,087	91,94
1	132,598	94,014	87,16	164,899	107,634	104,82
Z	254,216	58,047	120,1	248,639	99,299	133,73

Çizelge 5.69 (Devam) - ÇRD16 binasında kolon uçlarında oluşan maksimum moment ve maksimum kesme kuvveti değerleri.

KAT	S3			S4		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)
4	75,215	88,204	62,85	63,896	62,662	48,68
3	106,11	77,808	70,74	97,277	72,447	65,28
2	122,248	82,987	78,94	115,158	77,671	74,17
1	123,235	89,919	81,98	114,311	84,159	76,33
Z	246,875	56,174	116,56	224,821	54,618	107,48
KAT	S5			S6		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)
4	96,297	76,37	66,41	74,444	56,362	50,31
3	152,947	110,26	101,23	113,992	86,767	77,21
2	264,047	184,579	172,55	191,515	139,393	127,27
1	310,061	194,395	194,02	223,574	142,445	140,78
Z	379,6	163,273	208,8	286,322	106,21	150,97
KAT	S7			S8		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)
4	62,809	63,147	48,44	72,971	57,623	50,23
3	102,786	77,807	69,46	136,297	93,981	88,57
2	114,298	77,808	73,89	164,37	107,811	104,68
1	118,935	84,865	78,38	187,303	121,708	118,85
Z	221,328	54,027	105,91	269,07	115,237	147,81
KAT	S9			S10		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)
4	114,347	101,158	82,89	77,469	75,451	58,82
3	166,052	134,903	115,75	138,161	115,495	97,56
2	248,325	189,732	168,48	195,714	153,119	134,17
1	297,144	191,423	187,91	256,153	158,722	159,57
Z	482,707	121,214	232,28	369,749	86,328	175,41
KAT	S11			S12		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)
4	79,702	69,04	57,2	71,62	57,743	49,76
3	126,383	92,451	84,17	127,286	86,697	82,3
2	218,133	153,591	142,97	152,364	99,986	97,06
1	258,15	162,483	161,78	174,283	112,36	110,25
Z	325,8	130,013	175,31	214,387	104,145	122,51

5.5.2 ÇED16 için çözüm

ÇED16 bina sistemi esnek diyafram yaklaşımı ile ETABS v9.7.2 programında modellenmiştir. Yapılan çözümleme sonucunda bina hakim periyodu 1.mod $T_y=0,8608$ s ve 2.mod $T_x=0,8205$ s olarak elde edilmiştir. Elde edilen periyotlara göre taban kesme kuvveti hesaplanırken DBYBHY 2.7.2.4' te belirtilen bodrum katta rijitliği üst katlara oranla çok büyük betonarme çevre perdelerin bulunmasından dolayı bodrum ve üstteki katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Zemin seviyesinden hesaplanan taban kesme kuvvetleri $V_{ty}=4146,73$ kN ve $V_{tx}=4331,029$ kN olarak elde edilmiştir. Bodrum kata etkiyen kesme kuvveti $V_{bk}=4521,956$ kN olarak hesaplanmıştır.

Katlara etkiyen kat kesme kuvvetleri Çizelge 5.70' da verilmiştir. Katlara etkiyen kuvvetler ve bu kuvvetlerden oluşacak ek burulma momentleri Çizelge 5.71' de verilmiştir.

Çizelge 5.70 - ÇED16 binasına etkiyen kat kesme kuvvetleri.

KAT	h_i	H_i	$w_i H_i$	$\frac{w_i H_i}{\sum w_i H_i}$	F_{ix}	F_{iy}	ΔF_{Nx}	ΔF_N	V_{ix}	V_{iy}
4	3,2	16	119318,4	0,308700	1286,85	1232,09	162,41	155,50	1449,26	1387,59
3	3,2	12,8	106364,0	0,275184	1147,14	1098,32			2596,41	2485,92
2	3,2	9,6	80233,82	0,207580	865,324	828,501			3461,73	3314,42
1	3,2	6,4	53489,21	0,138387	576,882	552,334			4038,61	3866,75
Z	3,2	3,2	27113,24	0,070147	292,417	279,973			4322,12	4146,73
B	3,2	-	-	-	4521,96	4521,96	-	-	8852,99	8668,68

Çizelgelerde verilen kuvvet ve momentler programa girilmiştir. Binaların analizi sırasında ETABS programına düşey yük ve deprem etkisi için 115 farklı yük kombinasyonu girilmiştir. Bu yük kombinasyonlarından seçilen belirli yüklemeler için düzensizlik kontrolleri yapılmıştır. Seçilen depremler için A1-Burulma Düzensizliği, B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği, Etkin Görelî Kat Ötelemesi ve İkinci Mertebe Etkileri kontrolleri yapılmıştır. Bu kontrollerden sadece

Comb 4 yüklemesi için elde edilen değerler Çizelge 5.72 ve Çizelge 5.73 ' da verilmiştir.

Çizelge 5.71- ÇED16 binasında katlara etkiyen kuvvetler ve ek burulma momentleri.

KAT	F_{ix} (kN)	M_{ix} (kNm)	F_{iy} (kN)	M_{iy} (kNm)
4	1449,26	1666,66	1387,59	2497,67
3	1147,14	1319,21	1098,32	1976,98
2	865,32	995,12	828,50	1491,30
1	576,88	663,42	552,33	994,20
Z	292,42	336,28	279,97	503,95
B	4521,96	5200,25	4521,96	8139,52

Çizelge 5.72 - ÇED16 binasında Comb 4 yüklemesi için burulma düzensizliği kontrolü.

KAT	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}	Burulma
4	0,0030	0,0019	0,0025	1,224>1	Vardır.
3	0,0047	0,0031	0,0039	1,205>1,2	Vardır.
2	0,0056	0,0036	0,0046	1,217>1,2	Vardır.
1	0,0065	0,0041	0,0053	1,226>1,2	Vardır.
Z	0,0048	0,0031	0,0040	1,215>1,2	Vardır.
B	0,0001	0,0009	0,0005	1,8>1,2	Vardır.

Çizelge 5.73 - ÇED16 binasında Comb 4 yüklemesi için yumuşak kat , görel kat ötelemesi ve ikinci mertebe etkileri kontrolü.

KAT	η_{ki}	$(\delta_i)_{max}/h_i$	θ_i	
4	0,628<2	0,0075<0,02	0,0041<0,12	Yoktur.
3	0,847<2	0,0117<0,02	0,0077<0,12	Yoktur.
2	0,867<2	0,0140<0,02	0,0105<0,12	Yoktur.
1	1,341<2	0,0163<0,02	0,0139<0,12	Yoktur.
Z	0,745<2	0,0120<0,02	0,122<0,12	Yoktur.
B	0,126<2	0,0023<0,02	0,0009<0,12	Yoktur.

Yapılan düzensizlik kontrolleri sonucunda Comb 3 ve Comb 4 yükleme kombinasyonlarının oluşturduğu burulma düzensizliği katsayılarının (η_{bi}) tüm katlarda 1.2' den büyük olduğu görülmüştür. Ancak Yönetmeliğin 2.7.3.3 maddesinde belirtildiği üzere, burulma düzensizliği katsayısı $1,2 < \eta_{bi} < 2,0$

olduğundan uygulanan ek dışmerkezlilik, her iki deprem doğrultusu için D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülmüştür.

Dışmerkezliliğe uygulanacak büyütme katsayıları ile ek dışmerkezlilik değerleri Çizelge 5.74' ta verilmiştir.

Çizelge 5.74 - ÇED16 binasında büyütme katsayısı ve ek dışmerkezlilik değerleri.

KAT	η_{bi}	D_i	Ek dışmerkezlilik
4	1,224	1,0412	0,0521
3	1,205	1,0086	0,0504
2	1,217	1,0292	0,0515
1	1,226	1,0445	0,0522
Z	1,215	1,0255	0,0513
B	1,8	2,25	0,1125

Verilen eş dışmerkezlilik değerlerine göre kat momentleri büyütülmüş ve ilgili katlara uygulanmıştır. Kat kuvvetleri ve büyütme katsayısı uygulanan moment değerleri Çizelge 5.75 ' de verilmiştir.

Çizelge 5.75 - ÇED16 binasında katlara etkiyen kuvvetler ve momentleri.

KAT	F_{ix} (kN)	M_{ix} (kNm)	F_{iy} (kN)	M_{iy} (kNm)
4	1449,26	1735,39	1387,59	2600,67
3	1147,14	1330,50	1098,32	1993,90
2	865,32	1024,180	828,50	1534,84
1	576,88	692,94	552,33	1038,44
Z	292,42	344,85	279,97	516,79
B	4521,95	11700,56	4521,95	18313,92

Her iki deprem yönü için elde edilen kat kesme kuvvetleri ve bu kuvvetlerden oluşan ek burulmalar bina sistemine etkililmiş ve yapılan analiz sonucunda oluşan kolon kesme kuvveti ve moment değerleri Çizelge 5.76' de verilmiştir.

Çizelge 5.76- ÇED16 binasında kolon uçlarında oluşan maksimum moment ve maksimum kesme kuvveti değerleri.

KAT	S1			S2		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)
4	71,666	74,096	56,06	61,404	49,95	42,67
3	108,935	82,038	73,45	119,157	83,746	78,04
2	122,717	85,19	79,96	144,169	95,064	92,01
1	128,527	94,252	85,68	162,001	107,819	103,78
Z	265,067	64,303	126,68	270,539	111,732	147,1
KAT	S3			S4		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)
4	80,037	90,681	65,66	63,02	62,295	48,18
3	105,263	75,846	69,66	97,786	72,879	65,64
2	120,249	82,006	77,79	114,916	77,567	74,03
1	124,066	90,04	82,35	115,392	84,499	76,88
Z	239,809	56,459	113,95	214,712	55,405	103,89
KAT	S5			S6		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)
4	102,524	80,053	70,22	74,929	56,756	50,65
3	150,989	108,159	99,67	114,544	87,109	77,56
2	258,776	181,302	169,26	191,27	139,298	127,14
1	306,504	193,762	192,41	226,483	142,378	141,87
Z	383,598	168,359	212,29	265,042	102,185	141,16
KAT	S7			S8		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)
4	57,724	60,368	45,42	72,707	57,424	50,05
3	102,905	79,068	69,99	135,778	93,721	88,27
2	115,026	77,716	74,13	164,788	108,108	104,96
1	113,349	83,986	75,9	184,934	122,123	118,1
Z	232,441	62,213	113,33	292,245	127,998	161,63
KAT	S9			S10		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)
4	112,651	100,247	81,88	69,749	71,3	54,25
3	166,674	135,519	116,23	139,871	118,055	99,2
2	247,989	189,346	168,21	196,922	153,517	134,78
1	293,59	192,097	186,8	262,194	157,647	161,48
Z	480,852	130,593	235,17	330,032	81,072	158,12
KAT	S11			S12		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)
4	74,915	66,342	54,31	71,14	57,56	49,5
3	128,044	94,006	85,4	128,465	87,538	83,08
2	219,293	154,122	143,62	152,855	100,478	97,44
1	260,934	162,272	162,73	181,229	113,533	113,37
Z	302,578	125,255	164,55	186,241	92,626	107,26

5.5.3 ÇRD16 ve ÇED16 bina sistemlerinin karşılaştırılması

Döşeme kalınlığı 16 cm olan binada, rijit diyafram kabulüyle yapılan çözümleme ile esnek diyafram kabulü ile yapılan çözümleme sonucunda elde edilen veriler karşılaştırıldığında çok büyük farklılıkların olmadığı ancak bazı noktalarda bu farkın biraz daha yüksek olduğu görülmüştür.

ÇRD16 ve ÇED16 binalarına ait ilk üç periyot arasında çok büyük farklar yoktur. Esnek diyafram ile modellenen binanın periyodu % 0.5 kadar fazladır. Her iki binanın periyot değerleri Çizelge 5.77' te verilmiştir.

Çizelge 5.77 - ÇRD16 ve ÇED16 binalarına ait periyot değerleri.

Bina	1. Mod	2.Mod	3.Mod
ÇRD16	0,8558	0,8168	0,8088
ÇED16	0,8608	0,8205	0,8119
Değişim	%0,58	%0,45	%0,38

ÇRD16 ve ÇED16 binalarına ait taban kesme kuvvet değerleri Çizelge 5.78' te verilmiştir.

Çizelge 5.78 - ÇRD16 ve ÇED16 binalarına ait taban kesme kuvvetleri.

Bina	V _{t_x}	V _{t_y}
ÇRD16	4331,029	4177,447
ÇED16	4322,123	4146,730
Değişim	- %0,21	- % 0,74

Her iki bina için elde edilen kolon uçlarında oluşan maksimum moment ve maksimum kesme kuvvetleri karşılaştırılması tüm kolonlar için yapılmıştır. Bu karşılaştırmada her iki bina tipi için elde edilen kuvvetlerin farkı yüzde olarak belirtilmiştir. ÇED16 binasının ÇRD16 binasına göre değişimi Denklem 5.48 ile hesaplanmıştır.

$$\Delta = \frac{\text{ÇED16} - \text{ÇRD16}}{\text{ÇRD16}} \cdot 100 \quad (5.48)$$

Karşılaştırma değerleri Çizelge 5.79' da verilmiştir.

Çizelge 5.79- ÇRD16 ve ÇED16 binalarındaki kolonların moment ve kesme kuvveti değişim yüzdeleri.

KAT	S1			S2		
	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV
4	7,108	2,719	4,824	0,460	0,675	0,495
3	-2,036	-3,456	-2,638	-0,074	-0,018	-0,05
2	-2,061	-1,300	-1,757	0,155	-0,024	0,076
1	-3,070	0,253	-1,698	-1,757	0,172	-0,99
Z	4,268	10,777	5,479	8,808	12,521	9,998
KAT	S3			S4		
	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV
4	6,411	2,732	4,471	-1,371	-0,586	-1,027
3	-0,798	-2,587	-1,527	0,523	0,596	0,551
2	-1,635	-1,196	-1,457	-0,210	-0,134	-0,189
1	0,674	0,134	0,451	0,946	0,404	0,721
Z	-2,862	0,505	-2,239	-4,496	1,441	-3,340
KAT	S5			S6		
	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV
4	6,466	4,823	5,737	0,651	0,699	0,676
3	-1,280	-1,905	-1,541	0,484	0,394	0,453
2	-1,996	-1,775	-1,907	-0,128	-0,068	-0,10
1	-1,147	-0,326	-0,830	1,301	-0,047	0,774
Z	1,053	3,115	1,671	-7,432	-3,790	-6,49
KAT	S7			S8		
	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV
4	-8,096	-4,401	-6,235	-0,362	-0,345	-0,358
3	0,116	1,621	0,763	-0,381	-0,277	-0,339
2	0,637	-0,118	0,325	0,254	0,275	0,267
1	-4,697	-1,036	-3,164	-1,265	0,341	-0,631
Z	5,021	15,152	7,006	8,613	11,074	9,350
KAT	S9			S10		
	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV
4	-1,483	-0,901	-1,218	-11,068	-5,502	-7,77
3	0,375	0,457	0,415	1,223	2,217	1,681
2	-0,135	-0,203	-0,160	0,613	0,260	0,455
1	-1,196	0,352	-0,591	2,304	-0,677	1,197
Z	-0,384	7,738	1,244	-12,034	-6,088	-9,86
KAT	S11			S12		
	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV
4	-6,006	-3,908	-5,052	-0,670	-0,317	-0,52
3	1,314	1,682	1,461	0,926	0,970	0,948
2	0,532	0,346	0,455	0,322	0,492	0,392
1	1,078	-0,130	0,587	3,985	1,044	2,830
Z	-7,128	-3,660	-6,138	-13,129	-11,061	-12,5

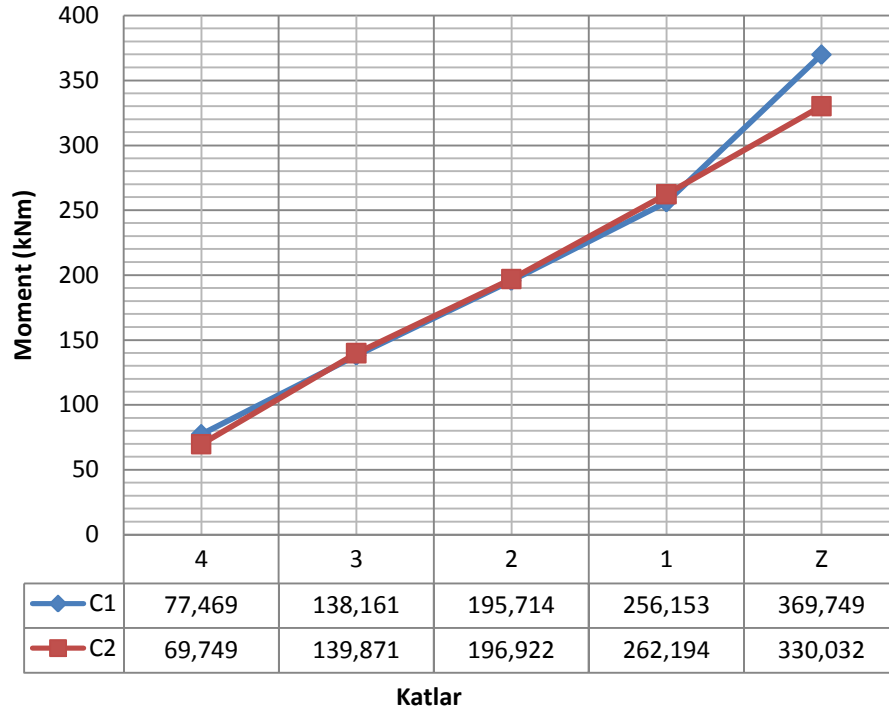
Genel olarak kolonlarda oluşan iç kuvvetlerde % 1 ile % 2 arasında değişen miktarlarda bir değişim olduğu görülmektedir. Bazı katlarda kolonlarda oluşan bu iç kuvvet değişimlerinin daha da büyük olduğu gözlenmektedir. Kesit tesirlerindeki bu değişimin özellikle zemin kat ve 4. katta arttığı, farkın % 15' e kadar değiştiği görülmüştür. Esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre, zemin katta dış akslarda bulunan kolonlar için %15' e kadar daha büyük iç kuvvetler oluşturduğu görülmüştür. İç akslarda bulunan kolonlardaki değişime bakıldığında ise zemin katta rijit diyafram yaklaşımının esnek diyafram yaklaşımına göre %13' e kadar daha büyük kuvvetler oluşturduğu görülmüştür. Ayrıca her kolon için bina boyunca katlarda oluşan değişimlerin mutlak değerce ortalaması alınmıştır, kolonlardaki ortalama değişim yüzde değerleri Çizelge 5.80' de verilmiştir.

Çizelge 5.80- ÇRD16 ve ÇED16 binalarında kolonlarda oluşan ortalama değişim yüzdeleri.

KOLON	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV
S1	3,709	3,701	3,279
S2	2,251	2,682	2,322
S3	2,476	1,431	2,029
S4	1,509	0,632	1,166
S5	2,389	2,389	2,337
S6	1,999	1,000	1,701
S7	3,713	4,465	3,498
S8	2,175	2,462	2,189
S9	0,715	1,930	0,726
S10	5,449	2,949	4,192
S11	3,212	1,945	2,739
S12	3,807	2,777	3,428

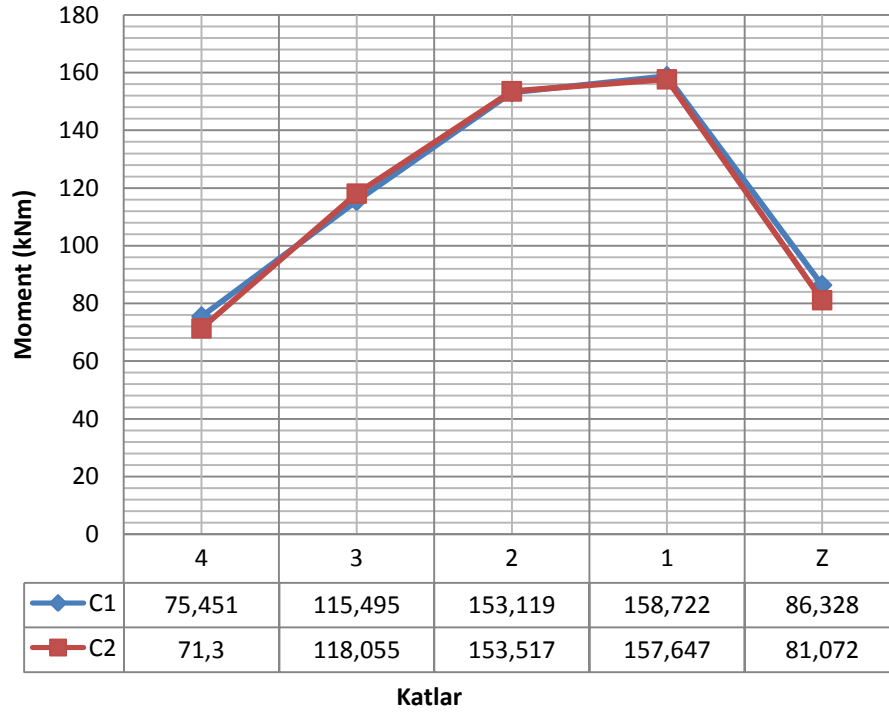
Kolonlardaki iç kuvvet değerlerinin katlardaki değişimi sadece S10 kolonu için Şekil 5.15 , Şekil 5.16 ve Şekil 5.17' de verilmiştir.

S10 Kolonu Malt Değişimi

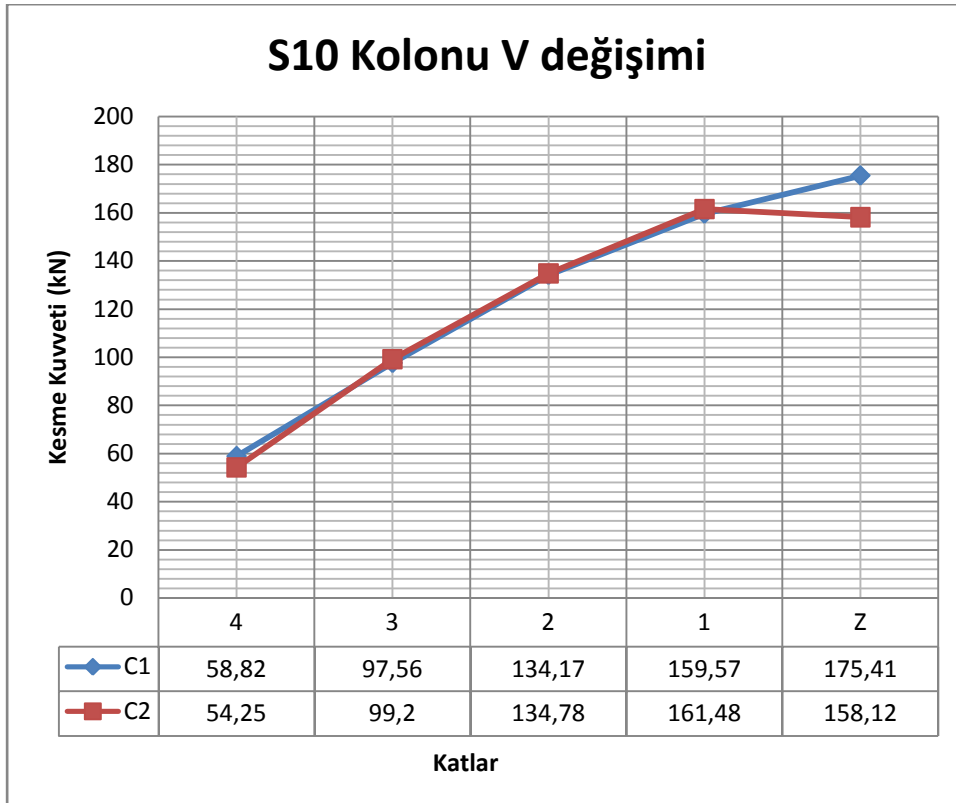


Şekil 5.15 - S10 kolonu Malt değişimi.

S10 Kolonu Müst Değişimi



Şekil 5.16 - S10 kolonu Müst değişimi.



şekil 5.17 - S10 kolonu V değişimi.

5.5.4 çRD16 ve çED16 bina sistemleri için sonuçlar

ereve taşıyıcı sistemli 6 katlı binanın 16 cm döşeme kalınlığı ile rijit ve esnek diyafram kabulleriyle yapılan analizlerinden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında;

- Esnek diyafram yaklaşımının periyot değerinin rijit diyafram yaklaşımının periyot değerine göre % 0.4 kadar fazla olduğu,
- Taban kesme kuvvetlerinin, rijit diyaframlı binada x yönünde % 0,21, y yönünde % 0,74 fazla olduğu görülmüştür.
- Her iki bina için yapılan düzensizlik kontrolleri sonucunda burulma düzensizliği dışında herhangi bir düzensizliğin olmadığı görülmüştür. Rijit diyafram yaklaşımı ile modellenen binada bodrum kat ve dördüncü katlar harici tüm katlarda burulma düzensizliği varken, esnek diyafram yaklaşımı ile modellenen binada tüm katlarda burulma düzensizliği vardır. Bodrum kat haricindeki katlarda oluşan burulma düzensizliği katsayısı η_{bi} nin değişim yaklaşık % 1 kadar iken bodrum katta bu fark % 80'e çıkmıştır.
- Genel olarak kolonlarda oluşan i kuvvetlerde % 1 ile % 2 arasında değişen miktarlarda bir değişim olduğu görülmektedir. Bazı katlarda kolonlarda oluşan bu i kuvvet değişimlerinin daha da büyük olduğu gözlenmektedir.

Kesit tesirlerindeki bu değişimin özellikle zemin kat ve 4. katta arttığı, farkın % 15' e kadar değiştığı görölmüştür. Esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre, zemin katta dış akslarda bulunan kolonlar için %15' e kadar daha büyük iç kuvvetler oluşturduğu görölmüştür. İç akslarda bulunan kolonlardaki değişime bakıldığında ise zemin katta rijit diyafram yaklaşımının esnek diyafram yaklaşımına göre %13' e kadar daha büyük kuvvetler oluşturduğu görölmüştür.

- Kolon uç noktalarında oluşan iç kuvvetlerin tüm katlardaki değişiminin ortalamasına bakıldığında bu değişimin momentler için % 5.5' e kadar değişen değerlerde, kesme kuvveti için ise % 4.2' ye kadar değişen değerlerde olduğu görölmüştür.

5.5.5 Çerçeve taşıyıcı sistemli binaların karşılaştırması

Çerçeve taşıyıcı sisteme sahip bina rijit ve esnek diyafram yaklaşımları ile döşeme kalınlığı 12 cm ve 16 cm alınarak çözümlemeler yapılmıştır.

Döşeme kalınlığı 12 cm olarak modellenen bina için elde edilen sonuçlar ile döşeme kalınlığı 16 cm olarak modellenen bina için elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında,

- Döşeme kalınlığının artmasına bağlı olarak bina hakim periyotlarında artış olmuştur. Rijit diyafram yaklaşımlı modeller arasındaki periyot artışı %3,5 civarındadır. Esnek diyafram yaklaşımlı modeller arasındaki periyot artışı da % 3.5 civarındadır.
- Döşeme kalınlığı artışına bağlı olarak 16 cm döşeme kalınlıklı modellerde bina ağırlığı arttığından taban kesme kuvvetleri de artış göstermiştir. Rijit diyafram yaklaşımlı binalarda x yönündeki taban kesme kuvveti %3.18, y yönündeki taban kesme kuvveti ise %3.78 artış göstermiştir. Esnek diyafram yaklaşımlı binalarda x yönündeki taban kesme kuvveti % 3,89 ve y yönündeki taban kesme kuvveti %3,76 artış göstermiştir.
- Döşeme kalınlığı ile orantılı olarak rijit diyafram yaklaşımı ile modellenen binalarda kolonlarda oluşan momentlerde % 9 a kadar, kesme kuvvetinde ise % 8' e kadar bir artış olmuştur. Esnek diyafram yaklaşımı ile modellenen binalarda, kolonlarda oluşan momentlerde % 9 a kadar, kesme kuvvetinde ise % 8' e kadar bir artış olmuştur.
- Kolonlarda oluşan iç kuvvet değişimlerine genel olarak bakıldığında, 12 cm

döşeme kalınlıklı binalarda kolonlarda oluşan iç kuvvetlerin rijit diyafram ve esnek diyaframlı yaklaşımlar arasındaki farkları % 1 ile % 3 arasında değişim gösterirken 16 cm döşeme kalınlıklı binalarda bu farklar %1 ile % 2 arasında değişim göstermektedir.

- Kolonlarda oluşan iç kuvvet değişimlerinin maksimum değerlerine bakıldığında, 12 cm döşeme kalınlıklı binada esnek diyafram yaklaşımı rijit diyafram yaklaşımına göre %18' e kadar, rijit diyafram yaklaşımı esnek diyafram yaklaşımına göre %15' e kadar daha büyük kesit tesirleri oluşturmuştur. 16 cm döşeme kalınlıklı binada esnek diyafram yaklaşımı rijit diyafram yaklaşımına göre %15' e kadar, rijit diyafram yaklaşımı esnek diyafram yaklaşımına göre %13' e kadar daha büyük kesit tesirleri oluşturmuştur.
- Kolon uç noktalarında oluşan iç kuvvetlerin tüm katlardaki değişiminin ortalamasına bakıldığında, 12 cm döşeme kalınlıklı binada momentler için % 6.75' e kadar değişen değerlerde, kesme kuvveti için ise % 5.12' ye kadar değişen değerlerde fark olduğu görülmüştür. 16 cm döşeme kalınlıklı binada ise bu değerlerin momentler için % 5.5' e kadar değişen değerlerde, kesme kuvveti için ise % 4.2' ye kadar değişen değerlerde olduğu görülmüştür.
- Döşeme kalınlığının artmasına bağlı olarak bina periyotları ve taban kesme kuvvetleri artmıştır. Aynı şekilde taşıyıcı elemanlarda oluşan iç kuvvetlerde de artış gözlenmiştir. Ancak döşeme kalınlığının artmasına bağlı olarak esnek diyafram yaklaşımı ile çözümlenen modelin, rijit diyafram yaklaşımı ile çözümlenen modele göre oluşturduğu farkın azaldığı görülmüştür. Döşeme rijitliği arttıkça her iki yaklaşım arasındaki farkın azaldığı gözlenmiştir.

5.6 Perde + Çerçeve Tipi Binanın Farklı Döşeme Kalınlığı ile Modellenmesi

Rijit ve esnek diyafram davranışı varsayımı ile çıkıntı düzensizliğine sahip binaların davranışı incelenirken, döşeme kalınlığının davranışa etkisi de belirlenmeye çalışılmıştır. Bu nedenle Bölüm 5.4' te tanımlanan Perde + Çerçeve tipi binanın 12 cm olan döşeme kalınlığı 16 cm olarak değiştirilerek yeniden analizler yapılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Döşeme kalınlığı 16 cm olarak değiştirilmiş bina sistemleri bundan sonraki bölümlerde Çizelge 5.81' de verildiği şekilde anılacaktır.

Çizelge 5.81- Bina sistemleri kısaltmaları.

Bina Tipi	Modelleme	
	Rijit Diyafram	Esnek Diyafram
Perde + Çerçeve Taşıyıcı Sistem	PÇRD16	PÇED16

5.6.1 PÇRD16 tipi bina için çözüm

PÇRD16 bina sistemi rijit diyafram yaklaşımı ile ETABS v9.7.2 programında modellenmiştir. Analiz sonucunda bina hakim periyodu 1. mod $T_x=0,8385$ s ve 2. mod $T_y=0,7988$ s olarak elde edilmiştir. Elde edilen periyotlara göre taban kesme kuvveti hesaplanırken DBYBHY 2.7.2.4' te belirtilen bodrum katta rijitliği üst katlara oranla çok büyük betonarme çevre perdelerin bulunmasından dolayı bodrum ve üstteki katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Yapılan çözümleme sonucunda zemin seviyesinden hesaplanan taban kesme kuvvetleri $V_{tx}=11640,26$ kN ve $V_{ty}=12146,36$ kN olarak elde edilmiştir. Bodrum kata etkiyen kesme kuvveti $V_{bk}=4478,352$ kN olarak hesaplanmıştır.

Yapılan kontroller sonucunda perdelerin tabanında meydana gelen kesme kuvvetlerinin toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen kesme kuvvetinin %75'inden daha fazla olduğu görülmüştür. Yapılan hesaplamalar sonucunda $R_x=6,41$ ve $R_y=6,28$ alınarak hesaplamalar yapılmıştır.

Katlara etkiyen kat kesme kuvvetleri Çizelge 5.82' de verilmiştir. Katlara etkiyen kuvvetler ve bu kuvvetlerden oluşacak ek burulma momentleri Çizelge 5.83' de verilmiştir.

Çizelgelerde verilen kuvvet ve momentler binaya etkilmiş ve elde edilen deplasman değerleri ile yönetmelikte belirtilen düzensizlik kontrolleri yapılmıştır. Seçilen depremler için A1- Burulma Düzensizliği, B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği, Etkin Göreli Kat Ötelemesi ve İkinci Mertebe Etkileri kontrolleri yapılmıştır. Bu kontrollerden sadece Comb 4 yüklemesi için elde edilen değerler Çizelge 5.84 ve Çizelge 5.85' te verilmiştir.

Çizelge 5.82- PÇRD16 binasına ait kat kesme kuvvetleri.

KAT	h_i	H_i	$w_i H_i$	$\frac{w_i H_i}{\sum w_i H_i}$	F_{i_x}	F_{i_y}	ΔF_{N_x}	ΔF_N	V_{i_x}	V_{i_y}
10	3,2	35,2	302367,29	0,161	1879,312	2001,616	1048,71	1116,9	2928,025	3118,578
9	3,2	32	284540,16	0,152	1768,511	1883,604			4696,536	5002,182
8	3,2	28,8	256086,14	0,136	1591,660	1695,243			6288,196	6697,425
7	3,2	25,6	227632,12	0,121	1414,809	1506,883			7703,005	8204,308
6	3,2	22,4	200898,43	0,107	1248,650	1329,911			8951,655	9534,219
5	3,2	19,2	172198,65	0,092	1070,271	1139,924			10021,92	10674,14
4	3,2	16	14398,880	0,076	891,893	949,936			10913,81	11624,07
3	3,2	12,8	11799,104	0,061	713,514	759,949			11627,33	12384,02
2	3,2	9,6	87205,248	0,046	542,009	577,283			12169,34	12961,31
1	3,2	6,4	58136,832	0,031	361,340	384,855			1250,682	13346,16
Z	3,2	3,2	29119,616	0,016	180,988	192,767			12711,67	13538,93
B	3,2	-	-	-	4478,352	4478,352			17190,02	18017,28

Çizelge 5.83 - PÇRD16 binasına ait kat kuvvetleri ve ek burulma momentleri.

KAT	F_{i_x} (kN)	M_{i_x} (kNm)	F_{i_y} (kN)	M_{i_y} (kNm)
10	2928,025	3367,229	3118,578	5613,440
9	1768,511	2033,788	1883,604	3390,487
8	1591,660	1830,409	1695,243	3051,438
7	1414,809	1627,030	1506,883	2712,389
6	1248,650	1435,948	1329,911	2393,839
5	1070,271	1230,812	1139,924	2051,862
4	891,893	1025,677	949,936	1709,885
3	713,514	820,541	759,949	1367,908
2	542,009	623,311	577,283	1039,109
1	361,340	415,541	384,855	692,739
Z	180,988	208,136	192,767	346,980
B	4478,352	5150,1048	4478,352	8061,0336

Çizelge 5.84 - PÇRD16 binasında Comb 4 yüklemesi için burulma düzensizliği kontrolü.

KAT	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}	Burulma
10	0,0030	0,0020	0,0025	1,200=1,2	Yoktur.
9	0,0031	0,0020	0,0026	1,216>1,2	Vardır.
8	0,0033	0,0021	0,0027	1,222>1,2	Vardır.
7	0,0034	0,0022	0,0028	1,214>1,2	Vardır.
6	0,0036	0,0023	0,0030	1,220>1,2	Vardır.
5	0,0035	0,0022	0,0029	1,228>1,2	Vardır.
4	0,0035	0,0022	0,0029	1,228>1,2	Vardır.
3	0,0033	0,0021	0,0027	1,222>1,2	Vardır.
2	0,0029	0,0018	0,0024	1,234>1,2	Vardır.
1	0,0024	0,0015	0,0020	1,231>1,2	Vardır.
Z	0,0016	0,0009	0,0013	1,280>1,2	Vardır.
B	0,0003	0,0003	0,0003	1<1,2	Yoktur.

Çizelge 5.85 - PÇRD16 binasında Comb 4 yüklemesi için yumuşak kat , görel kat ötelemesi ve ikinci mertebe etkileri kontrolü.

KAT	η_{ki}	$(\delta_i)_{\max}/h_i$	θ_i	
10	0,98<2	0,0059<0,02	0,0022<0,12	Yoktur.
9	0,94<2	0,0061<0,02	0,0028<0,12	Yoktur.
8	0,96<2	0,0065<0,02	0,0033<0,12	Yoktur.
7	0,94<2	0,0067<0,02	0,0038<0,12	Yoktur.
6	1,035<2	0,0071<0,02	0,0043<0,12	Yoktur.
5	1,00<2	0,0069<0,02	0,0044<0,12	Yoktur.
4	1,05<2	0,0069<0,02	0,0048<0,12	Yoktur.
3	1,14<2	0,0065<0,02	0,0048<0,12	Yoktur.
2	1,21<2	0,0057<0,02	0,0045<0,12	Yoktur.
1	1,56<2	0,0047<0,02	0,0041<0,12	Yoktur.
Z	0,64<2	0,0031<0,02	0,0028<0,12	Yoktur.
B	0,24<2	0,0006<0,02	0,0006<0,12	Yoktur.

Yapılan düzensizlik kontrolleri sonucunda Comb3 ve Comb4 yükleme kombinasyonlarının oluşturduğu burulma düzensizliği katsayılarının (η_{bi}) bodrum kat ve en üst kat haricindeki katlarda 1.2' den büyük olduğu görülmüştür. Ancak Yönetmeliğin 2.7.3.3 maddesinde belirtildiği üzere, burulma düzensizliği katsayısı $1,2 < \eta_{bi} < 2,0$ olduğundan uygulanan ek dışmerkezlilik, her iki deprem doğrultusu için

D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülmüştür. Dışmerkezlğe uygulanacak büyütme katsayıları ile ek dışmerkezlük değlerleri Çizelge 5.86' de verilmiştir.

Çizelge 5.86 - PÇRD16 binasında büyütme katsayısı ve ek dışmerkezlük değlerleri.

KAT	η_{bi}	D_i	Ek dışmerkezlük
9	1,216	1,026	0,0513
8	1,222	1,037	0,0519
7	1,214	1,024	0,0512
6	1,220	1,034	0,0517
5	1,228	1,047	0,0524
4	1,228	1,047	0,0524
3	1,222	1,037	0,0519
2	1,234	1,058	0,0529
1	1,231	1,052	0,0526
Z	1,280	1,138	0,0569

Verilen eş dışmerkezlük değlerlerine göre kat momentleri büyütülmüş ve ilgili katlara uygulanmıştır. Kat kuvvetleri ve büyütme katsayısı uygulanan moment değlerleri Çizelge 5.87' de verilmiştir.

Çizelge 5.87 - PÇRD16 binasında kat kuvvetleri ve düzeltme uygulanmış moment değlerleri.

KAT	F_{i_x} (kN)	M_{i_x} (kNm)	F_{i_y} (kN)	M_{i_y} (kNm)
10	2928,025	3367,229	3118,578	5613,440
9	1768,511	2087,317	1883,604	3479,724
8	1591,660	1898,830	1695,243	3165,501
7	1414,809	1666,014	1506,883	2777,378
6	1248,650	1485,028	1329,911	2475,661
5	1070,271	1289,079	1139,924	2148,998
4	891,893	1074,232	949,936	1790,831
3	713,514	851,213	759,949	1419,041
2	542,009	659,176	577,283	1098,899
1	361,340	437,124	384,855	728,720
Z	180,988	236,813	192,767	394,787
B	4478,352	5150,1048	4478,352	8061,0336

Her iki deprem yönü için elde edilen kat kesme kuvvetleri ve bu kuvvetlerden oluşan ek burulmalar bina sistemine etkilmiş ve yapılan çözümleme sonucunda oluşan kolon kesme kuvveti ve moment değerleri Çizelge 5.88 ' de verilmiştir.

Çizelge 5.88 - PÇRD16 binasında kolon uçlarında oluşan maksimum moment ve maksimum kesme kuvveti değerleri.

KAT	S1			S2		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V (kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V (kN)
10	95,031	65,256	61,650	186,807	140,407	125,850
9	94,363	59,823	59,300	173,453	107,374	108,010
8	99,404	63,009	62,470	182,904	114,819	114,510
7	100,403	64,928	63,590	165,242	113,872	107,350
6	117,791	75,666	74,410	232,859	158,129	150,380
5	116,512	73,034	72,990	221,424	137,482	138,040
4	119,347	72,096	73,630	215,228	133,310	134,050
3	106,316	68,212	67,130	190,303	120,990	119,730
2	158,392	98,473	98,790	193,412	118,621	120,010
1	135,530	69,275	78,770	156,518	84,758	92,800
Z	120,071	51,287	65,910	114,244	47,302	62,130
KAT	S3			S4		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V (kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V (kN)
10	111,326	91,148	77,870	144,927	105,681	96,390
9	99,271	61,994	62,020	138,309	87,136	86,710
8	107,132	68,172	67,420	145,130	92,013	91,210
7	86,354	66,012	58,600	135,331	91,888	87,390
6	122,141	78,665	77,230	192,999	131,775	124,910
5	120,923	75,191	75,430	184,950	114,103	115,020
4	119,096	70,840	73,050	181,609	111,083	112,570
3	108,433	63,925	66,290	164,056	101,154	102,000
2	114,932	60,495	67,470	171,148	100,013	104,290
1	96,363	40,608	52,680	140,421	71,420	81,480
Z	118,729	20,577	53,580	135,468	41,443	68,040
KAT	S5			S6		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V (kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V (kN)
10	276,694	203,150	184,560	239,870	179,298	161,220
9	256,365	159,340	159,890	219,726	136,482	137,000
8	264,233	166,507	165,670	226,907	143,202	142,350
7	236,628	162,557	153,530	202,910	139,704	131,770
6	329,174	225,511	213,340	281,662	193,079	182,590
5	307,002	192,441	192,090	263,038	164,568	164,460
4	293,078	184,536	183,700	251,612	157,833	157,480
3	253,887	165,374	161,250	218,965	141,447	138,620
2	256,287	161,475	160,680	220,351	137,865	137,780
1	189,247	115,327	117,140	177,794	99,412	106,620
Z	187,267	85,535	104,920	127,836	58,522	71,680

Yapılan çözümleme sonucunda binada bulunan perdelerdeki moment ve kesme kuvveti değerleri Çizelge 5.89' da verilmiştir.

Çizelge 5.89 - PÇRD16 binasında perde uçlarında oluşan moment ve kesme kuvveti değerleri.

KAT	P1			P2		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)
10	-397,861	-453,873	17,5	-318,224	-30,538	19,46
9	-377,525	-953,655	180,04	-188,444	-569,78	342,74
8	-225,377	-967,647	231,96	102,349	-780,335	696,01
7	125,142	-848,592	304,29	515,898	-819,913	1013,44
6	350,554	-519,931	272,03	901,941	-685,547	1222,36
5	759,006	-302,365	331,68	1416,617	-546,999	1490,39
4	1257,152	72,825	357,6	2018,459	-274,248	1730,24
3	1923,714	640,931	400,87	2736,263	124,995	1944,68
2	2725,472	1365,938	424,85	3516,662	683,141	2078,42
1	4211,144	2265,12	608,13	4534,694	1463,619	2127,79
Z	7678,76	3905,316	1179,2	6005,022	2864,583	2191,43
KAT	P3			P4		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)
10	-72,727	-1783,72	467,12	-349,81	-1210,02	316,43
9	-101,598	-2266,36	678,62	-426,017	-1872,1	521,31
8	146,587	-2498,39	872,46	-208,999	-2097,97	665,48
7	676,095	-2431,44	1053,43	290,14	-2020,4	798,92
6	1368,793	-2056,93	1184,84	943,912	-1654,72	890,46
5	2300,925	-1475,3	1326,58	1828,913	-1099,49	993,63
4	3449,826	-597,863	1443,35	2930,235	-263,431	1076,54
3	4883,201	571,839	1561,79	4325,91	846,357	1173,05
2	6436,089	2137,037	1584,11	5845,626	2314,448	1195,72
1	8512,488	3911,997	1743,45	7980,075	4006,982	1378,89
Z	11597,76	6351,874	1916,82	11285,71	6375,684	1730,38

5.6.2 PÇED16 tipi bina için çözüm

PÇED16 bina sistemi esnek diyafram ile ETABS v.97.2 programında modellenmiştir. Analiz sonucunda bina hakim periyodu 1. mod $T_x=0,8458$ s ve 2.

mod $T_y=0,8074$ s olarak elde edilmiştir. Elde edilen periyotlara göre taban kesme kuvveti hesaplanırken DBYBHY 2.7.2.4' te belirtilen bodrum katta rijitliği üst katlara oranla çok büyük betonarme çevre perdelerin bulunmasından dolayı bodrum ve üstteki katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Yapılan çözümleme sonucunda zemin seviyesinden hesaplanan taban kesme kuvvetleri $V_{tx}=11555,91$ kN ve $V_{ty}=12062,01$ kN olarak elde edilmiştir. Bodrum kata etkiyen kesme kuvveti $V_{bk}=4478,352$ kN olarak hesaplanmıştır. Yapılan kontroller sonucunda perdelerin tabanında meydana gelen kesme kuvvetlerinin toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen kesme kuvvetinin %75'inden daha fazla olduğu görülmüştür. Yapılan hesaplamalar sonucunda $R_x=6,37$ ve $R_y=6,29$ alınarak hesaplamalar yapılmıştır.

Katlara etkiyen kat kesme kuvvetleri Çizelge 5.90' da verilmiştir. Katlara etkiyen kuvvetler ve bu kuvvetlerden oluşacak ek burulma momentleri Çizelge 5.91' de verilmiştir.

Çizelge 5.90 - PÇED16 binasına ait kat kesme kuvvetleri.

Kat	h_i	H_i	$w_i H_i$	$\frac{w_i H_i}{\sum w_i H_i}$	F_{ix}	F_{iy}	ΔF_{Nx}	ΔF_{Ny}	V_{ix}	V_{iy}
10	3,2	35,2	302367,29	0,161	1877,410	1984,556	1047,7	1107,44	2925,061	3091,998
9	3,2	32	284540,16	0,152	1766,720	1867,549			4691,781	4959,547
8	3,2	28,8	256086,14	0,136	1590,048	1680,794			6281,830	6640,341
7	3,2	25,6	227632,12	0,121	1413,376	1494,039			7695,206	8134,381
6	3,2	22,4	200898,43	0,107	1247,386	1318,576			8942,592	9452,957
5	3,2	19,2	172198,65	0,092	1069,188	1130,208			10011,78	10583,16
4	3,2	16	14398,880	0,076	890,990	941,840			10902,77	11525,00
3	3,2	12,8	11799,104	0,061	712,792	753,472			11615,56	12278,47
2	3,2	9,6	87205,248	0,046	541,461	572,362			12157,02	12850,83
1	3,2	6,4	58136,832	0,031	360,974	381,575			12517,99	13232,41
Z	3,2	3,2	29119,616	0,016	180,805	191,124			12698,80	13423,53
B	3,2	-			4478,352	4478,352			17177,15	17901,88

Çizelge 5.91 - PÇED16 binasına ait kat kuvvetleri ve ek burulma momentleri.

KAT	F_{ix} (kN)	M_{ix} (kNm)	F_{iy} (kN)	M_{iy} (kNm)
10	2925,061	3363,820	3091,998	5565,596
9	1766,720	2031,728	1867,549	3361,589
8	1590,048	1828,556	1680,794	3025,430
7	1413,376	1625,383	1494,039	2689,271
6	1247,386	1434,494	1318,576	2373,436
5	1069,188	1229,566	1130,208	2034,374
4	890,990	1024,638	941,840	1695,312
3	712,792	819,711	753,472	1356,249
2	541,461	622,680	572,362	1030,252
1	360,974	415,120	381,575	686,835
Z	180,805	207,925	191,124	344,022
B	4478,352	5150,1048	4478,352	8061,0336

Çizelgelerde verilen kuvvet ve momentler binaya etkililmiş ve elde edilen deplasman değerleri ile yönetmelikte belirtilen düzensizlik kontrolleri yapılmıştır. Seçilen depremler için A1- Burulma Düzensizliği, B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği, Etkin Görelî Kat Ötelemesi ve İkinci Mertebe Etkileri kontrolleri yapılmıştır. Bu kontrollerden sadece Comb 4 yüklemesi için elde edilen değerler Çizelge 5.92 ve Çizelge 5.93' te verilmiştir.

Çizelge 5.92 - PÇED16 binasında Comb 4 yüklemesi için burulma düzensizliği kontrolü.

KAT	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}	Burulma
10	0,0029	0,0018	0,0024	1,234>1,2	Vardır.
9	0,0032	0,0021	0,0027	1,208>1,2	Vardır.
8	0,0033	0,0021	0,0027	1,222>1,2	Vardır.
7	0,0035	0,0022	0,0029	1,228>1,2	Vardır.
6	0,0035	0,0022	0,0029	1,228>1,2	Vardır.
5	0,0035	0,0022	0,0029	1,228>1,2	Vardır.
4	0,0035	0,0022	0,0029	1,228>1,2	Vardır.
3	0,0033	0,0020	0,0027	1,245>1,2	Vardır.
2	0,0029	0,0017	0,0023	1,261>1,2	Vardır.
1	0,0024	0,0014	0,0019	1,263>1,2	Vardır.
Z	0,0020	0,0010	0,0015	1,333>1,2	Vardır.
B	0,0008	0,0001	0,0005	1,778>1,2	Vardır.

Çizelge 5.93 - PÇED16 binasında Comb 4 yüklemesi için yumuşak kat , görelî kat ötelemesi ve ikinci mertebe etkileri kontrolü.

KAT	η_{ki}	$(\delta_i)_{\max}/h_i$	θ_i	
10	0,886<2	0,0057<0,02	0,0020<0,12	Yoktur.
9	0,981<2	0,0063<0,02	0,0029<0,12	Yoktur.
8	0,964<2	0,0065<0,02	0,0034<0,12	Yoktur.
7	0,982<2	0,0069<0,02	0,0038<0,12	Yoktur.
6	1,000<2	0,0069<0,02	0,0042<0,12	Yoktur.
5	1,000<2	0,0069<0,02	0,0045<0,12	Yoktur.
4	1,075<2	0,0069<0,02	0,0048<0,12	Yoktur.
3	1,152<2	0,0065<0,02	0,0048<0,12	Yoktur.
2	1,210<2	0,0057<0,02	0,0045<0,12	Yoktur.
1	1,266<2	0,0047<0,02	0,0040<0,12	Yoktur.
Z	0,789<2	0,0039<0,02	0,0034<0,12	Yoktur.
B	0,300<2	0,0016<0,02	0,0009<0,12	Yoktur.

Yapılan düzensizlik kontrolleri sonucunda Comb 3 ve Comb 4 yükleme kombinasyonlarının oluşturduğu burulma düzensizliği katsayılarının (η_{bi}) tüm katlarda 1.2' den büyük olduğu görülmüştür. Ancak Yönetmeliğin 2.7.3.3 maddesinde belirtildiği üzere, burulma düzensizliği katsayısı $1,2 < \eta_{bi} < 2,0$ olduğundan uygulanan ek dışmerkezlik, her iki deprem doğrultusu için D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülmüştür. Dışmerkezliğe uygulanacak büyütme katsayıları ile ek dışmerkezlik değerleri Çizelge 5.94' te verilmiştir.

Çizelge 5.94- PÇED16 binasında büyütme katsayısı ve ek dışmerkezlik değerleri.

KAT	η_{bi}	D_i	Ek dışmerkezlik
10	1,234	1,0580	0,0529
9	1,208	1,0126	0,0506
8	1,222	1,0374	0,0519
7	1,228	1,0473	0,0524
6	1,228	1,0473	0,0524
5	1,228	1,0473	0,0524
4	1,228	1,0473	0,0524
3	1,245	1,0769	0,0538
2	1,261	1,1040	0,0552
1	1,263	1,1080	0,0554
Z	1,333	1,2346	0,0617
B	1,778	2,1948	0,1097

Verilen eş dışmerkezlik değerlerine göre kat momentleri büyütülmüş ve ilgili katlara uygulanmıştır. Kat kuvvetleri ve büyütme katsayısı uygulanan moment değerleri Çizelge 5.95' te verilmiştir.

Çizelge 5.95 - PÇED binası kat kuvvetleri ve düzeltme uygulanmış moment değerleri.

KAT	F_{ix} (kN)	M_{ix} (kNm)	F_{iy} (kN)	M_{iy} (kNm)
10	2925,061	3557,374	3091,998	5885,840
9	1766,720	2057,369	1867,549	3404,012
8	1590,048	1896,907	1680,794	3138,521
7	1413,376	1702,328	1494,039	2816,581
6	1247,386	1502,403	1318,576	2485,795
5	1069,188	1287,774	1130,208	2130,681
4	890,990	1073,145	941,840	1775,568
3	712,792	882,746	753,472	1460,545
2	541,461	687,451	572,362	1137,419
1	360,974	459,969	381,575	761,041
Z	180,805	256,696	191,124	424,716
B	4478,352	11330,231	4478,352	17734,274

Her iki deprem yönü için elde edilen kat kesme kuvvetleri ve bu kuvvetlerden oluşan ek burulmalar bina sistemine etkilmiş ve yapılan analiz sonucunda oluşan kolon kesme kuvveti ve moment değerleri Çizelge 5.96 ' da verilmiştir.

Çizelge 5.96 - PÇED16 binasında kolon uçlarında oluşan maksimum moment ve maksimum kesme kuvveti değerleri.

KAT	S1			S2		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V (kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V (kN)
10	92,754	63,869	60,240	184,777	139,344	124,660
9	95,296	60,537	59,940	175,254	108,803	109,250
8	99,388	62,939	62,430	183,438	115,235	114,870
7	100,784	65,096	63,800	167,680	115,238	108,810
6	117,369	75,342	74,120	231,588	157,325	149,580
5	116,770	73,045	73,000	223,067	138,906	139,220
4	119,266	72,183	73,630	215,915	133,884	134,540
3	108,774	69,477	68,560	192,430	122,345	121,070
2	155,452	96,576	96,930	194,406	118,857	120,490
1	130,748	71,395	77,750	159,119	84,433	93,670
Z	156,915	69,532	87,100	98,718	44,259	54,950

Çizelge 5.96 (Devam) - PÇED16 binasında kolon uçlarında oluşan maksimum moment ve maksimum kesme kuvveti değerleri.

KAT	S3			S4		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V (kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V (kN)
10	103,735	87,461	73,540	136,757	100,834	91,380
9	101,772	65,041	64,160	140,551	89,386	88,440
8	105,827	67,611	66,710	144,900	92,071	91,140
7	90,643	68,147	61,070	139,830	94,354	90,070
6	118,929	76,150	75,030	189,749	129,490	122,78
5	122,283	77,105	76,690	186,942	116,063	116,54
4	118,566	70,993	72,910	182,189	111,762	113,06
3	111,608	65,625	68,170	168,014	103,563	104,45
2	112,900	59,751	66,400	170,735	100,143	104,18
1	90,273	45,538	52,230	137,427	76,807	82,400
Z	150,690	33,177	70,720	180,974	61,792	93,370
KAT	S5			S6		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V (kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V (kN)
10	272,068	200,341	181,70	239,404	179,062	160,95
9	258,454	161,157	161,39	222,158	138,075	138,55
8	264,807	166,947	166,06	227,856	143,894	142,98
7	240,386	164,677	155,79	206,933	141,981	134,20
6	328,233	224,828	212,72	281,092	192,644	182,21
5	309,772	194,657	194,01	266,230	167,042	166,64
4	294,878	185,779	184,87	253,622	159,193	158,78
3	257,866	167,718	163,69	222,814	143,633	140,94
2	257,455	162,496	161,52	219,881	138,148	137,70
1	198,549	118,578	121,97	195,932	100,689	114,09
Z	159,448	82,622	93,10	91,316	46,250	52,910

Yapılan çözümleme sonucunda PÇED binasında bulunan perdelerde oluşan moment ve kesme kuvveti değerleri Çizelge 5.97' de verilmiştir.

5.6.3 PÇRD16 ve PÇED16 bina sistemlerinin karşılaştırılması

Rijit diyafram yaklaşımıyla yapılan çözümleme ile esnek diyafram yaklaşımıyla yapılan çözümleme sonucunda elde edilen veriler karşılaştırıldığında farklılıkların olduğu görülmüştür. PÇRD16 ve PÇED16 binlarına ait ilk üç periyot arasında çok büyük farklar yoktur. Her iki binanın periyot değerleri Çizelge 5.98' de verilmiştir.

Çizelge 5.97 - PÇED16 binasında perde uçlarında oluşan moment ve kesme kuvveti değerleri.

KAT	P1			P2		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)
10	-347,651	-447,143	31,09	-319,061	-53,333	11,32
9	-397,785	-903,84	158,14	-194,549	-601,819	366,52
8	-236,515	-988,338	234,94	82,456	-802,774	697,38
7	70,513	-861,515	291,26	513,147	-839,437	1013,03
6	334,909	-578,259	285,36	878,177	-679,171	1205,26
5	702,915	-323,453	320,74	1392,759	-563,06	1488,62
4	1169,703	49,661	350,01	1983,469	-301,404	1733,24
3	1811,664	543,084	396,43	2694,023	86,309	1940,72
2	2730,401	1238,972	466,07	3436,42	662,212	2030,39
1	4443,38	2252,349	684,7	4430,533	1456,872	2026,59
Z	7484,72	4123,127	1050,5	6194,215	2779,017	2286,58
KAT	P3			P4		
	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)	Malt(kNm)	Müst(kNm)	V(kN)
10	-213,796	-1841,72	603,85	-692,057	-1090,47	254,39
9	-189,85	-2067,88	726,12	-712,712	-2122,73	488,49
8	334,02	-2252,26	866,34	-385,666	-2345,66	684,91
7	746,064	-2242,73	1019,48	200,709	-2200,05	833,09
6	1384,971	-1956,23	1158,94	866,393	-1770,19	913,6
5	2261,258	-1413,94	1295,48	1740,053	-1214,09	1013,34
4	3351,417	-582,784	1409,13	2814,335	-395,154	1092,81
3	4664,832	534,369	1505,86	4208,466	679,255	1206,21
2	6124,609	1976,924	1538,02	5756,637	2125,979	1256,45
1	8088,534	3654,724	1686,35	8039,202	3816,594	1511,22
Z	11151,77	5988,571	1830,98	11187,57	6309,947	1831,39

Çizelge 5.98 - PÇRD16 ve PÇED16 binalarına ait periyot değerleri.

Bina	1. Mod	2.Mod	3.Mod
PÇRD16	0,8385	0,7988	0,7706
PÇED16	0,8458	0,8074	0,7820
Değişim	%0,87	%1,08	%1,46

PÇRD16 ve PÇED16 binalarına ait taban kesme kuvvet değerleri Çizelge 5.99' da verilmiştir.

Çizelge 5.99 - PÇRD16 ve PÇED16 binalarına ait taban kesme kuvvetleri.

Bina	V _{tx}	V _{ty}
PÇRD16	12711,67	13538,93
PÇED16	12698,80	13423,53
Değişim	- % 0.10	-% 0,85

Her iki bina için elde edilen kolon ve perdeler için moment ve kesme kuvvetleri karşılaştırılması tüm kolonlar ve perdeler için yapılmıştır. Bu karşılaştırmada PÇED16 binasının PÇRD16 binasına göre değişimi yüzde olarak belirtilmiştir. PÇED16 binasının PÇRD16 binasına göre değişimi Denklem 5.49 ile hesaplanmıştır.

$$\Delta = \frac{P_{\text{ÇED16}} - P_{\text{ÇRD16}}}{P_{\text{ÇRD16}}} \cdot 100 \quad (5.49)$$

Kolon iç kuvvetler karşılaştırması Çizelge 5.100' de verilmiştir.

Çizelge 5.100 - PÇRD16 ve PÇED16 binalarındaki kolonların moment ve kesme kuvveti değişim yüzdeleri.

KAT	S1			S2		
	ΔMalt	ΔMüst	ΔV	ΔMalt	ΔMüst	ΔV
10	-2,455	-2,172	-2,341	-1,099	-0,763	-0,955
9	0,979	1,179	1,068	1,028	1,313	1,135
8	-0,016	-0,111	-0,064	0,291	0,361	0,313
7	0,378	0,258	0,329	1,454	1,185	1,342
6	-0,360	-0,430	-0,391	-0,549	-0,511	-0,535
5	0,221	0,015	0,014	0,737	1,025	0,848
4	-0,068	0,121	0,000	0,318	0,429	0,364
3	2,260	1,821	2,086	1,105	1,108	1,107
2	-1,891	-1,964	-1,919	0,511	0,199	0,398
1	-3,657	2,969	-1,312	1,635	-0,385	0,929
Z	23,480	26,240	24,328	-15,728	-6,875	-13,07

Çizelge 5.100 (Devam) - PÇRD16 ve PÇED16 binalarındaki kolonların moment ve kesme kuvveti değişim yüzdeleri.

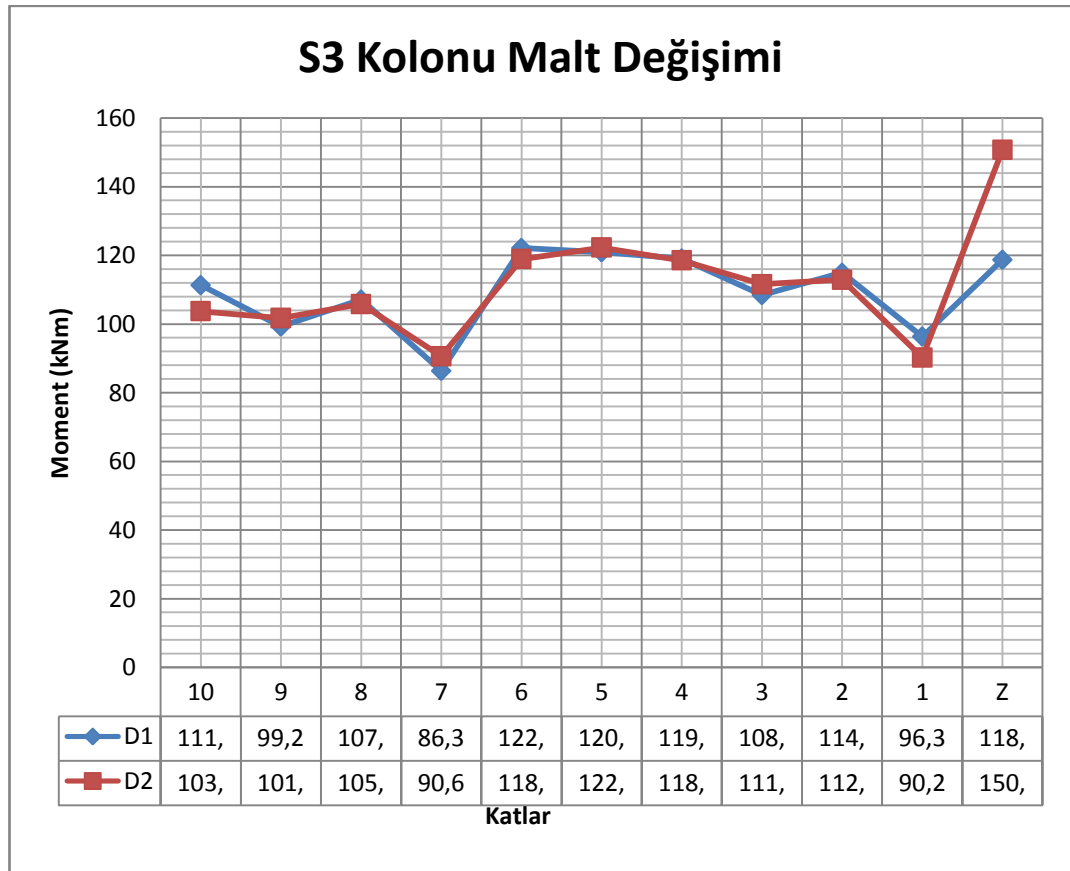
KAT	S3			S4		
	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV
10	-7,318	-4,216	-5,888	-5,974	-4,807	-5,483
9	2,457	4,685	3,335	1,595	2,517	1,956
8	-1,233	-0,830	-1,064	-0,159	0,063	-0,077
7	4,732	3,133	4,045	3,217	2,614	2,975
6	-2,701	-3,303	-2,932	-1,713	-1,765	-1,735
5	1,112	2,482	1,643	1,066	1,689	1,304
4	-0,447	0,216	-0,192	0,318	0,608	0,433
3	2,845	2,590	2,758	2,356	2,326	2,346
2	-1,800	-1,245	-1,611	-0,242	0,130	-0,106
1	-6,746	10,826	-0,862	-2,179	7,014	1,117
Z	21,210	37,978	24,236	25,145	32,931	27,129
KAT	S5			S6		
	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV
10	-1,700	-1,402	-1,574	-0,195	-0,132	-0,168
9	0,808	1,127	0,929	1,095	1,154	1,119
8	0,217	0,264	0,235	0,416	0,481	0,441
7	1,563	1,287	1,451	1,944	1,604	1,811
6	-0,287	-0,304	-0,291	-0,203	-0,226	-0,209
5	0,894	1,138	0,990	1,199	1,481	1,308
4	0,610	0,669	0,633	0,793	0,854	0,819
3	1,543	1,398	1,491	1,727	1,522	1,646
2	0,454	0,628	0,520	-0,214	0,205	-0,058
1	4,685	2,742	3,960	9,257	1,268	6,547
Z	-17,447	-3,526	-12,69	-39,993	-26,534	-35,48

Her iki diyafram yaklaşımı için kolonlardaki değişime bakıldığında genel olarak iç kuvvetlerde % 1 ile % 4 arasında değişen miktarlarda bir değişim olduğu görülmektedir. Bazı katlarda kolonlarda oluşan bu iç kuvvet değişimlerinin daha da büyük olduğu gözlenmektedir. Zemin katta dış akslarda bulunan kolonlarda esnek diyafram yaklaşımının % 38' e kadar daha büyük iç kuvvet oluşturduğu, iç akslarda bulunan kolonlarda ise esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre % 40' a kadar daha az iç kuvvet oluşturduğu gözlenmiştir. Binadaki kolonların tüm katlardaki oluşan iç kuvvet değişimlerinin mutlak değerce ortalaması alınarak kolonlarda oluşan ortalama değişim yüzdeleri Çizelge 5.101' de verilmiştir.

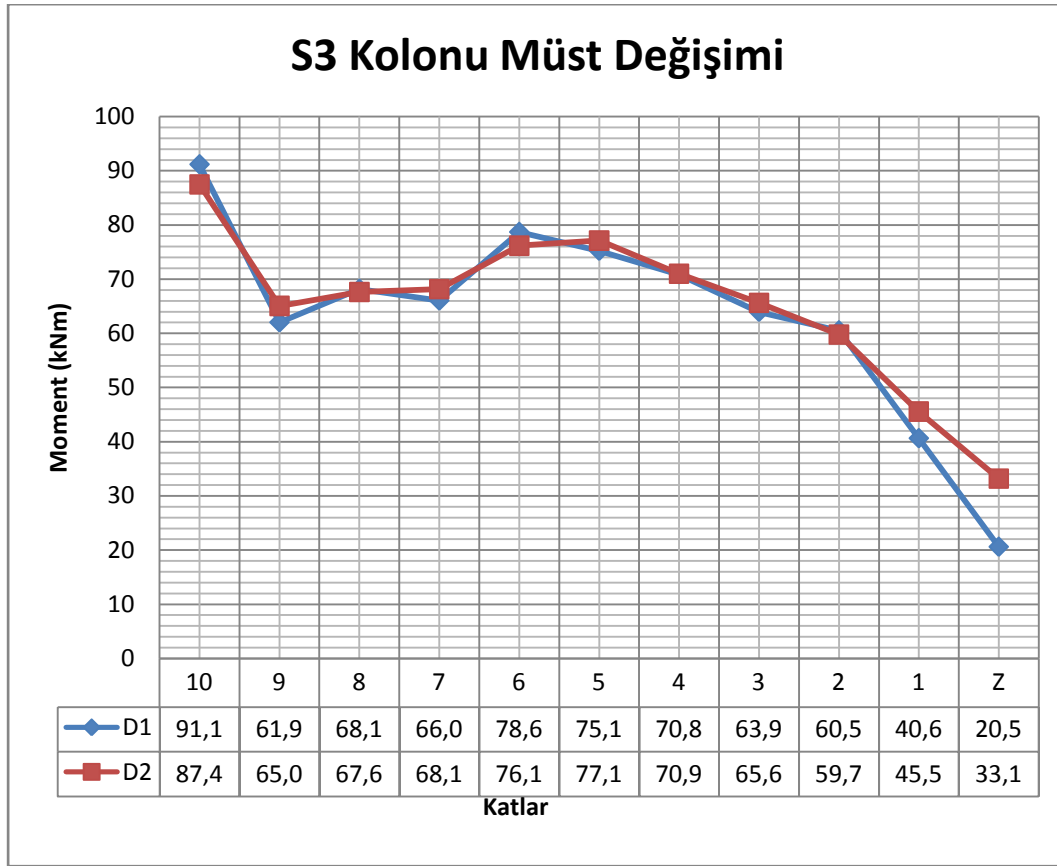
Çizelge 5.101 - PÇRD16 ve PÇED16 binalarındaki kolonlarda oluşan ortalama değişim yüzdeleri.

KOLON	Malt	Müst	V
S1	3,251	3,389	3,077
S2	2,223	1,287	1,908
S3	4,782	6,500	4,415
S4	3,997	5,133	4,060
S5	2,746	1,317	2,252
S6	5,185	3,224	4,509

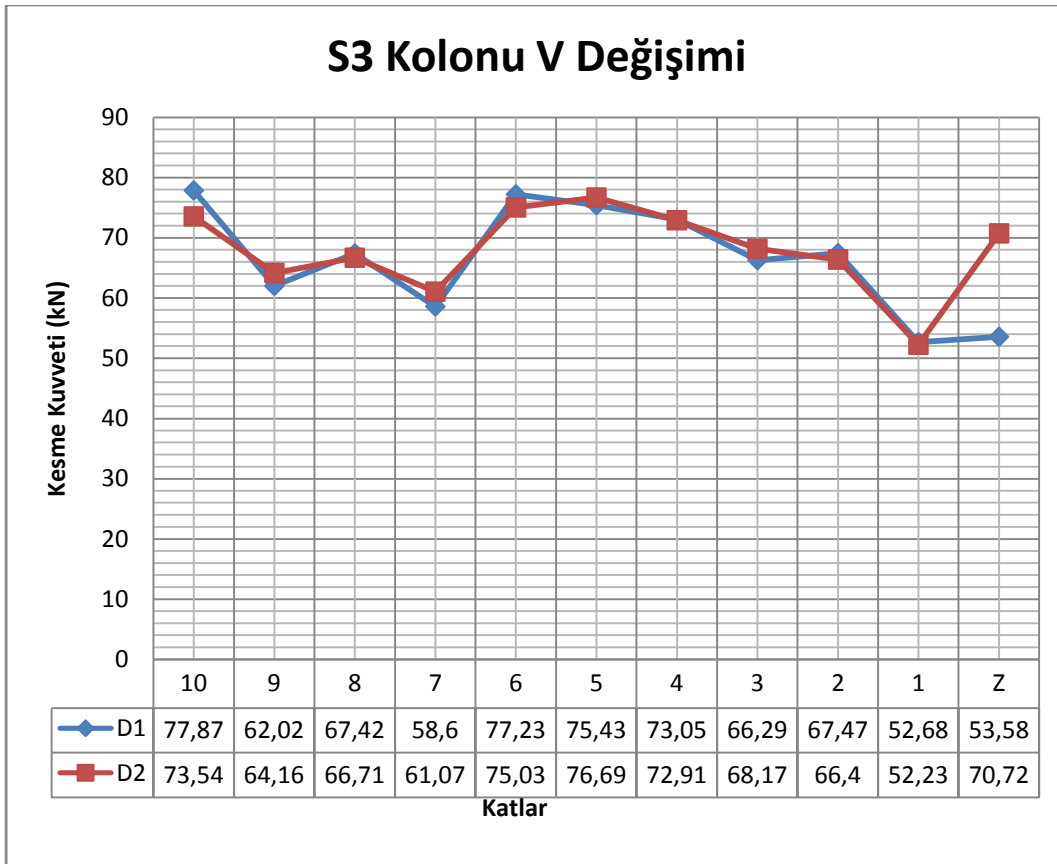
Kolonlardaki iç kuvvet değerlerinin katlardaki değişimi sadece S3 için Şekil 5.18, Şekil 5.19 ve Şekil 5.20' de verilmiştir.



Şekil 5.18 - S3 kolonu Malt değişim grafiği.



Şekil 5.19 - S3 kolonu Müst değişim grafiği.



Şekil 5.20 - S3 kolonu V değişim grafiği.

PÇRD16 ve PÇED16 tipi bina sistemlerinde perde kuvvet değişimlerinin, kolon kuvvet değişimlerine oranla daha fazla olduğu görülmüştür. Yapılan analizler sonucu elde edilen perde iç kuvvetleri değişim yüzdeleri Çizelge 5.102' de verilmiştir.

Çizelge 5.102 - PÇRD16 ve PÇED16 binalarının perde iç kuvvetleri değişim yüzdeleri.

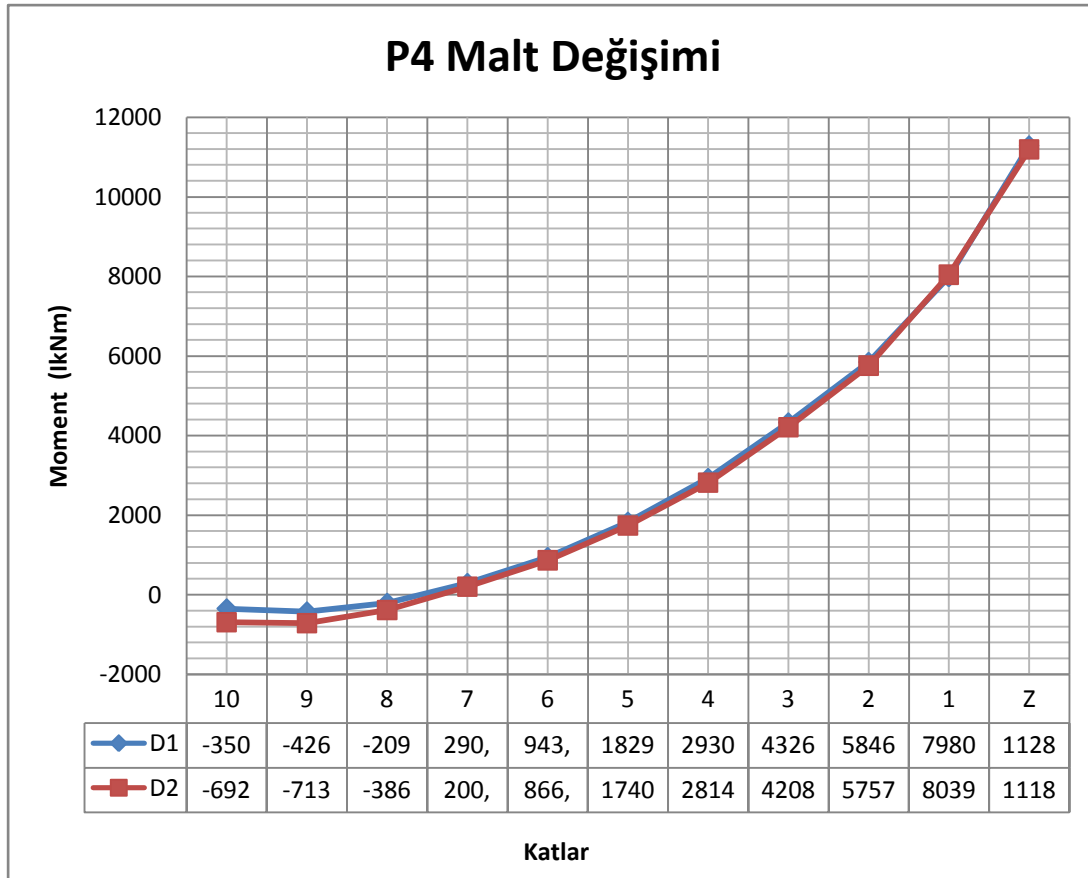
KAT	P1			P2		
	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV
10	-14,443	-1,505	43,712	0,262	42,741	-71,91
9	5,093	-5,511	-13,85	3,138	5,324	6,488
8	4,709	2,094	1,268	-24,126	2,795	0,196
7	-77,474	1,500	-4,474	-0,536	2,326	-0,040
6	-4,671	10,087	4,671	-2,706	-0,939	-1,419
5	-7,980	6,520	-3,411	-1,713	2,852	-0,119
4	-7,476	-46,644	-2,169	-1,764	9,010	0,173
3	-6,185	-18,017	-1,120	-1,568	-44,823	-0,204
2	0,181	-10,248	8,844	-2,335	-3,160	-2,366
1	5,227	-0,567	11,183	-2,351	-0,463	-4,994
Z	-2,592	5,283	-12,25	3,054	-3,079	4,161
KAT	P3			P4		
	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV	ΔM_{alt}	$\Delta M_{üst}$	ΔV
10	65,983	3,150	22,643	49,454	-10,963	-24,39
9	46,485	-9,598	6,542	40,226	11,807	-6,719
8	56,114	-10,928	-0,706	45,808	10,559	2,837
7	9,378	-8,414	-3,330	-44,558	8,166	4,102
6	1,168	-5,148	-2,235	-8,947	6,523	2,533
5	-1,754	-4,340	-2,401	-5,107	9,440	1,945
4	-2,936	-2,587	-2,428	-4,118	33,335	1,489
3	-4,681	-7,012	-3,714	-2,791	-24,601	2,749
2	-5,086	-8,099	-2,997	-1,546	-8,865	4,833
1	-5,241	-7,039	-3,386	0,735	-4,988	8,757
Z	-3,999	-6,067	-4,688	-0,877	-1,042	5,515

Perdelerin iç kuvvetlerinin her kattaki değişimi mutlak değerce toplanarak ortalaması alınmıştır, elde edilen perde ortalama değişim değerleri Çizelge 5.103' te verilmiştir.

Çizelge 5.103 - PÇRD16 ve PÇED16 binalarındaki perde iç kuvvetleri ortalama değerleri.

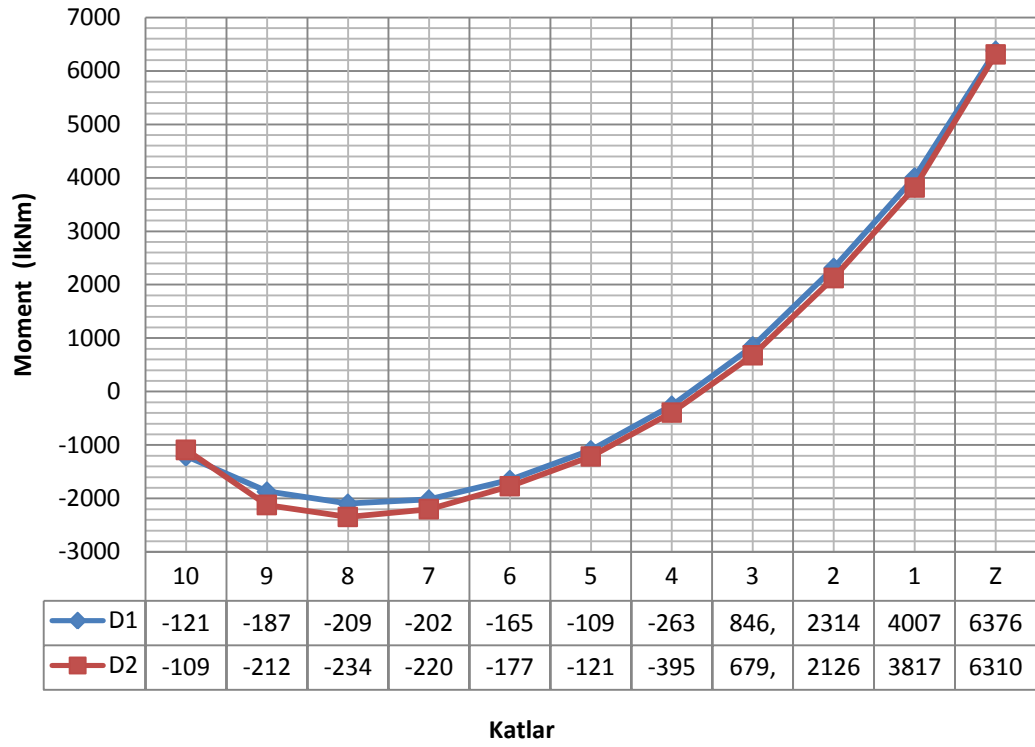
PERDE	Malt	Müst	V
P1	12,366	9,816	9,723
P2	3,959	10,683	8,370
P3	18,439	6,580	5,006
P4	18,561	11,844	5,988

Perdelerdeki iç kuvvet değerlerinin katlara göre değişimi sadece P4 Perdesi için Şekil 5.21, Şekil 5.22 ve Şekil 5.23' te verilmiştir.



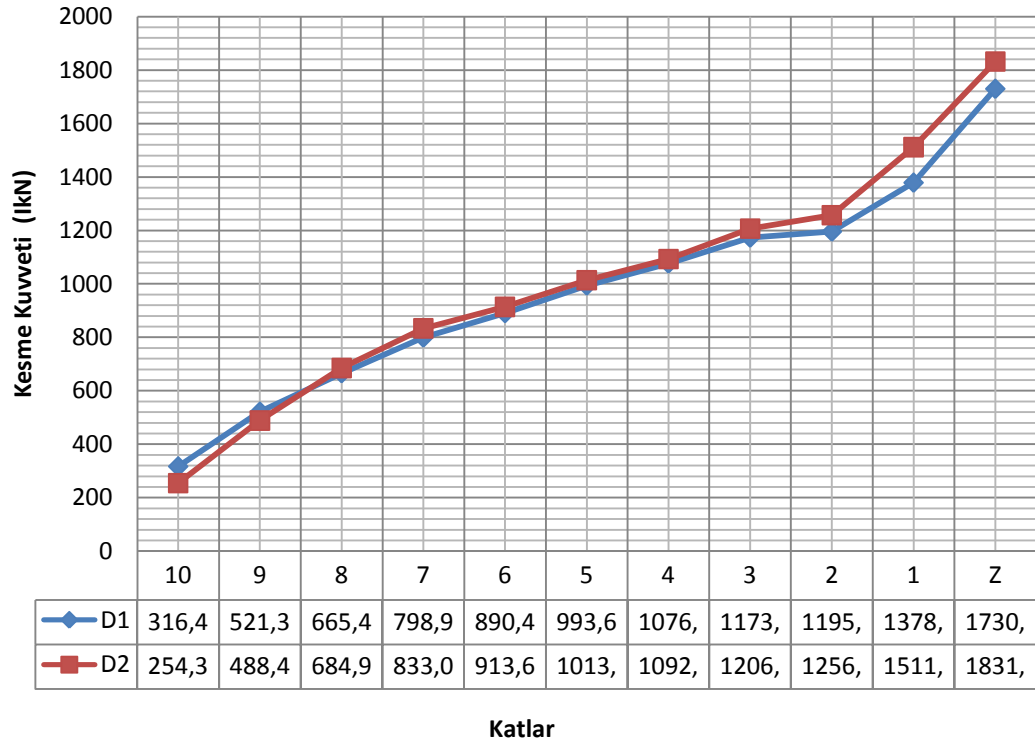
Şekil 5.21 - P4 perdesinin Malt değişim grafiği.

P4 Müst Değişimi



Şekil 5.22 - P4 perdesinin Müst değişim grafiği.

P4 V Değişimi



Şekil 5.23 - P4 perdesinin V değişim grafiği.

5.6.4 PÇRD16 ve PÇED16 binaları için sonuçlar

12 katlı binanın 16 cm döşeme kalınlığı ile rijit ve esnek diyafram kabulleriyle yapılan analizlerinden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında;

- Esnek diyafram yaklaşımının periyot değerinin rijit diyafram yaklaşımının periyoduna göre yaklaşık %1 fazla olduğu,
- Taban kesme kuvvetlerinin, rijit diyafram yaklaşımında x yönünde % 0,10 ve y yönünde % 0,85 daha fazla olduğu görülmüştür.
- Her iki bina için yapılan düzensizlik kontrolleri sonucunda burulma düzensizliği dışında herhangi bir düzensizliğin olmadığı görülmüştür. Rijit diyafram yaklaşımı ile modellenen binada bodrum kat ve en üst harici tüm katlarda burulma düzensizliği varken, esnek diyafram yaklaşımı ile modellenen binada tüm katlarda burulma düzensizliği vardır. Bodrum kat ve zemin kat haricindeki katlarda oluşan burulma düzensizliği katsayısı η_{bi} nin değişim yaklaşık % 2 kadar iken zemin katta η_{bi} nin değişim % 4,14' e ve bodrum katta bu fark % 77.80' e çıkmıştır.
- Her iki diyafram yaklaşımı için kolonlardaki değişime bakıldığında genel olarak iç kuvvetlerde % 1 ile % 4 arasında değişen miktarlarda bir değişim olduğu görülmektedir. Bazı katlarda kolonlarda oluşan bu iç kuvvet değişimlerinin daha da büyük olduğu gözlenmektedir. Zemin katta dış akslarda bulunan kolonlarda esnek diyafram yaklaşımının % 38' e kadar daha büyük iç kuvvet oluşturduğu, iç akslarda bulunan kolonlarda ise esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre % 40' a kadar daha az iç kuvvet oluşturduğu gözlenmiştir.
- Kolon uç noktalarında oluşan iç kuvvetlerin tüm katlardaki değişiminin ortalamasına bakıldığında bu değişimin momentler için % 6,50' ye kadar değişen değerlerde, kesme kuvveti için ise % 4,51' e kadar değişen değerlerde olduğu görülmüştür.
- Perdelerde oluşan farkın kolonlara göre daha belirgin olduğu görülmüştür. Perdelerde oluşan iç kuvvetlerin her iki yaklaşım için oluşturduğu değişimlere bakıldığında, genel olarak %1 ile %13 arasında değişen değerlerde olduğu görülmüştür. Ancak bu farkın bazı noktalarda çok daha büyük değerlere ulaştığı görülmüştür. Esnek diyafram yaklaşımının rijit

diyafram yaklaşımına göre oluşturduğu en belirgin fark, en üst katta P3 perdesindeki M_{alt} momentinde oluşan % 65,983' lik değişimdir. Rijit diyafram yaklaşımının esnek diyafram yaklaşımına göre oluşturduğu en belirgin fark, yedinci katta P1 perdesindeki M_{alt} momentinde oluşan % 77,474' lük değişimdir.

- Perdelerde oluşan iç kuvvetlerin tüm katlardaki değişiminin ortalamasına bakıldığında bu değişimin momentlerde % 19' a kadar, kesme kuvvetinde ise % 10' a kadar değişen değerlerde olduğu görülmüştür.

5.6.5 Perde + Çerçeve taşıyıcı sistemli binaların karşılaştırması

Perde + Çerçeve taşıyıcı sisteme sahip bina rijit ve esnek diyafram yaklaşımları ile döşeme kalınlığı 12 cm ve 16 cm alınarak çözümlemeler yapılmıştır.

Döşeme kalınlığı 12 cm olarak modellenen bina için elde edilen sonuçlar ile döşeme kalınlığı 16 cm olarak modellenen bina için elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında,

- Döşeme kalınlığının artmasına bağlı olarak bina hakim periyotlarında artış olmuştur. Rijit diyafram yaklaşımli modeller arasındaki periyot artışı % 2 civarındadır. Esnek diyafram yaklaşımli modeller arasındaki periyot artışı da % 2 civarındadır.
- Döşeme kalınlığı artışına bağlı olarak 16 cm döşeme kalınlıklı modellerde bina ağırlığı arttığından taban kesme kuvvetleri de artış göstermiştir. Rijit diyafram yaklaşımli binalarda x yönündeki taban kesme kuvveti % 3,39, y yönündeki taban kesme kuvveti ise % 4,51 artış göstermiştir. Esnek diyafram yaklaşımli binalarda x yönündeki taban kesme kuvveti % 3,20 ve y yönündeki taban kesme kuvveti % 4,50 artış göstermiştir.
- Kolonlarda oluşan iç kuvvet değişimlerine genel olarak bakıldığında, 12 cm döşeme kalınlıklı binada kolonlarda oluşan iç kuvvetlerin rijit diyafram ve esnek diyaframli yaklaşımlar arasındaki farkları % 1 ile % 4 arasında değişim gösterirken, 16 cm döşeme kalınlıklı binada da bu farklar %1 ile % 4 arasında değişim göstermektedir.
- Kolonlarda oluşan iç kuvvet değişimlerinin maksimum değerlerine bakıldığında, 12 cm döşeme kalınlıklı binada esnek diyafram yaklaşımı rijit diyafram yaklaşımına göre % 41' e kadar, rijit diyafram yaklaşımı esnek diyafram yaklaşımına göre ise % 47' ye kadar daha büyük kesit tesirleri

oluşturmuştur. 16 cm döşeme kalınlıklı binada esnek diyafram yaklaşımı rijit diyafram yaklaşımına göre % 38' e kadar, rijit diyafram yaklaşımı esnek diyafram yaklaşımına göre % 40' a kadar daha büyük kesit tesirleri oluşturmuştur.

- Kolon uç noktalarında oluşan iç kuvvetlerin tüm katlardaki değişiminin ortalamasına bakıldığında, 12 cm döşeme kalınlıklı binada momentler için % 7,13' e kadar değişen değerlerde, kesme kuvveti için ise % 5,27' ye kadar değişen değerlerde fark olduğu görülmüştür. 16 cm döşeme kalınlıklı binada ise bu değerlerin momentler için % 6,50' ye kadar değişen değerlerde, kesme kuvveti için ise % 4,51' e kadar değişen değerlerde olduğu görülmüştür.
- Perdelerde oluşan iç kuvvetlerin her iki yaklaşım için oluşturduğu değişimlere bakıldığında, 12 cm döşeme kalınlıklı binada genel olarak %1 ile %13 arasında, 16 cm döşeme kalınlıklı binada ise %1 ile %13 arasında olduğu görülmüştür. Perdelerde oluşan iç kuvvet değişimlerinin maksimum değerlerine bakıldığında, 12 cm döşeme kalınlıklı binada esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre oluşturduğu en belirgin fark, en üst katta P3 perdesindeki M_{alt} momentinde oluşan % 75,121'lik değişimdir. Rijit diyafram yaklaşımının esnek diyafram yaklaşımına göre oluşturduğu en belirgin fark ise yedinci katta P1 perdesindeki M_{alt} momentinde oluşan % 81,449' luk değişimdir. 16 cm döşeme kalınlıklı binada ise 12 cm döşeme kalınlıklı binada belirtilen perdelerin aynı noktalarında olmak üzere esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre oluşturduğu en belirgin fark %65,983' lik değişim ve rijit diyafram yaklaşımının esnek diyafram yaklaşımına göre % 77,474' luk değişimdir.
- Perdelerde oluşan iç kuvvetlerin tüm katlardaki değişiminin ortalamasına bakıldığında bu değişimin 12 cm döşeme kalınlıklı bina için momentlerde % 22' ye kadar, kesme kuvvetinde ise % 11' e kadar değişen değerlerde olduğu görülmüştür. 16 cm döşeme kalınlıklı bina için ise momentlerde % 19' a kadar, kesme kuvvetinde ise % 10' a kadar değişen değerlerde olduğu görülmüştür.
- Döşeme kalınlığı artışına bağlı olarak bina periyodu ve taban kesme kuvveti değerlerinde artış gözlenmiştir. Ayrıca taşıyıcı elemanlarda oluşan iç kuvvetlerde de artış gözlenmiştir. Ancak döşeme rijitliği arttıkça esnek ve rijit

diyafram yaklaşımları ile modellenen binalar arasında oluşan değişim miktarının azaldığı gözlenmiştir.

6. DEPREM YÜKÜ ALTINDA DÖŞEME GERİLMELERİ

Bu bölümde, sayısal örneklerde incelenmiş olan, çerçeve taşıyıcı sistemli ve perde + çerçeve taşıyıcı sistemli binalar farklı döşeme kalınlıkları için rijit ve esnek diyafram kabulleri ile döşeme gerilmelerinin değişimini incelemek amacıyla sadece deprem yükleri altında çözülmüştür.

Döşemelerde oluşan gerilme dağılımı incelenmiş, kalınlığın ve diyafram kabullerinin döşeme gerilme dağılımlarına etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

Her iki binanın kat döşemeleri sonlu elemanlara bölünerek sayısal analizler yapılmıştır. Kat döşemeleri 6 katlı binada 0.5m x 0.5m' lik, 12 katlı binada ise 1m x 1m' lik alanlara bölünmüştür. Sadece, X ve Y yönünde etki eden deprem yükleri altında rijit ve esnek diyafram yaklaşımları ile çözüm yapılmıştır.

Esnek diyafram modellemesinde katlara etkiyen deprem kuvvetlerinin programda tanımlandığı şekilde kat kütle merkezine girilmesi sonucunda, kuvvetlerin uygulandığı noktalarda gerilme yığılmaları olduğu görülmüştür.

Gerilme yığılmaları durumunun engellenmesi için deprem kuvvetlerinin 6 katlı binada kolon, 12 katlı binada kolon ve perde uç noktalarına, etrafındaki döşeme alanları ile orantılı olarak dağıtılması ile yeniden çözümler yapılmıştır.

6.1 Çerçeve Taşıyıcı Sisteme Sahip Binada Döşeme Gerilmeleri

Çerçeve taşıyıcı sistemli 6 katlı binada kat döşemelerinde oluşacak döşeme gerilme dağılımlarının kalınlığa göre değişimini görebilmek için döşeme kalınlığı 12 cm, 14 cm ve 16 cm olarak modellenerek rijit diyafram ve esnek diyafram yaklaşımı için çözümler yapılmıştır.

6.1.1 12 cm döşeme kalınlığı ile modellenmesi

12 cm döşeme kalınlığı ile rijit ve esnek diyafram kabulüyle modellenen binalarda, x ve y yönünde deprem kuvvetleri etkisinde kat döşemelerinde oluşan maksimum asal çekme gerilme değerleri Çizelge 6.1 ' de verilmiştir.

Çizelge 6.1 - Çerçeve sistemli binanın kat döşemelerinde oluşan maksimum gerilme değerleri (hf=12 cm).

KAT	RİJİT DİYAFRAM		ESNEK DİYAFRAM	
	X Yönünde Deprem (N/mm ²)	Y Yönünde Deprem (N/mm ²)	X Yönünde Deprem (N/mm ²)	Y Yönünde Deprem (N/mm ²)
4	0,691	0,844	0,714	0,861
3	1,583	1,567	1,646	1,567
2	2,558	3,000	2,637	3,004
1	3,254	4,164	3,291	4,153
Z	3,307	4,444	3,432	4,433

Elde edilen sonuçlara göre her iki modelleme sonucunda x ve y yönünde etki eden deprem yüklemeleri için en büyük gerilme değerlerinin zemin katta oluştuğu görülmektedir.

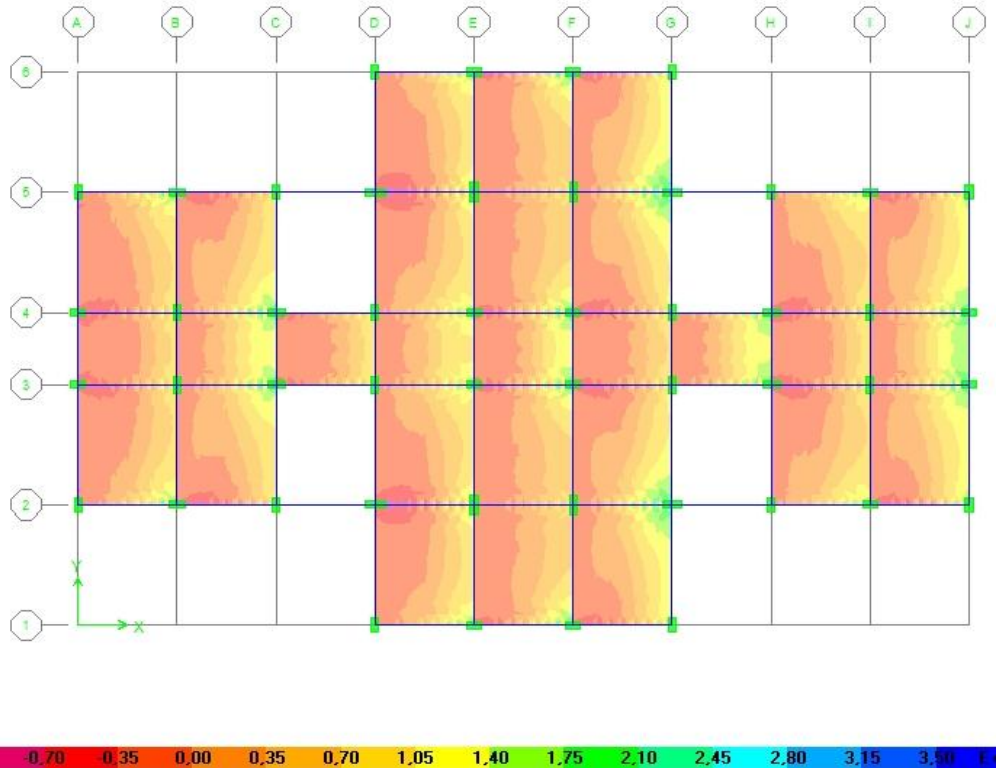
X yönündeki depremden zemin katta oluşan gerilme dağılım diyagramları, rijit diyafram yaklaşımı için Şekil 6.1 ve esnek diyafram yaklaşımı için Şekil 6.2' de verilmiştir.

Ayrıca zemin kat için kolon-döşeme birleşim noktalarındaki gerilme değerleri rijit diyafram ve esnek diyafram yaklaşımı için Çizelge 6.2' de verilmiştir.

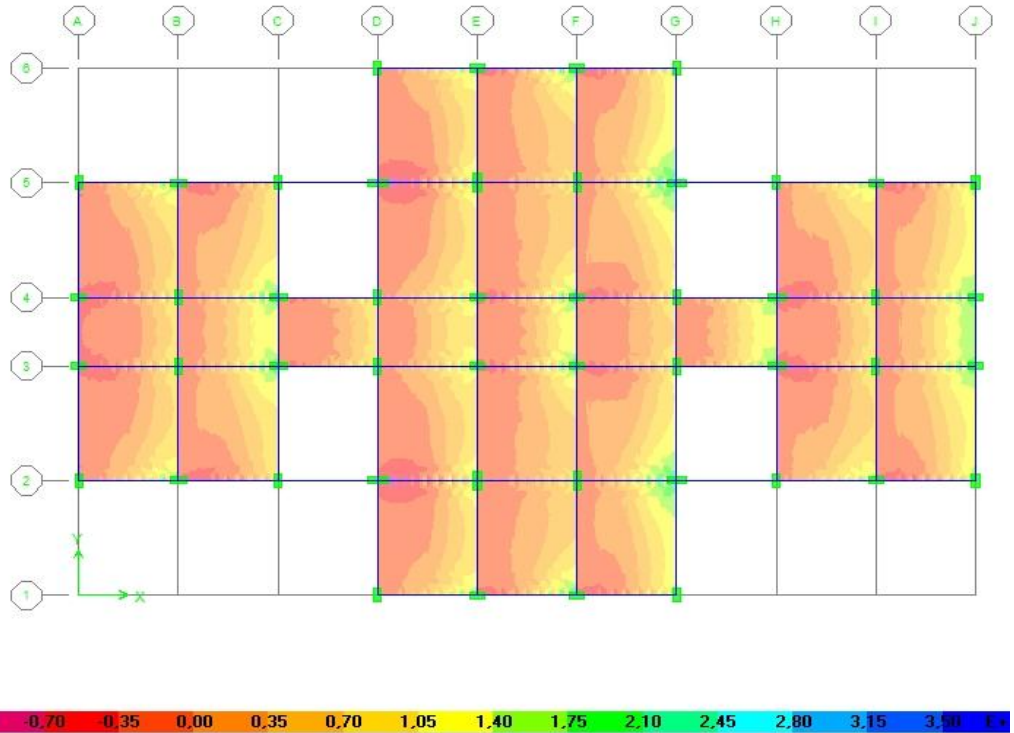
Her iki modelleme için kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerlerinin yüzde olarak değişimi Çizelge 6.3' te verilmiştir. Bu değişim esnek yapının rijite göre değişimi düşünülerek yüzde olarak Denklem 6.1 ile hesaplanmıştır.

$$\Delta = \frac{\sigma_{esnek} - \sigma_{rijit}}{\sigma_{rijit}} \cdot 100 \quad (6.1)$$

Her iki modelleme için elde edilen gerilme dağılımlarına ve kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerlerine bakıldığında, bazı noktalarda C30 için verilen maksimum çekme gerilme değeri olan 1.90 N/mm² ' nin aşıldığı görülmektedir. Esnek diyafram kabulüyle modellenen binadaki bu gerilme değerlerinin, rijit diyafram kabulüyle modellenen binadaki gerilme değerlerine göre x yönünde % 13 e kadar ve y yönünde % 8' e kadar daha fazla olduğu görülmüştür.



Şekil 6.1 - Rijit diyafram yaklaşımı ile zemin katta x yönündeki depremden oluşan döşeme gerilme dağılımı ($h_f=12\text{cm}$).



Şekil 6.2 - Esnek diyafram yaklaşımı zemin katta x yönündeki depremden oluşan döşeme gerilme dağılımı ($h_f=12\text{ cm}$).

Çizelge 6.2 - Rijit diyafram ve esnek diyafram yaklaşımı ile çerçeve tipi binada zemin katta kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerleri (hf =12cm).

Kolon	RİJİT DİYAFRAM		ESNEK DİYAFRAM	
	X Yönünde Deprem (N/mm ²)	Y Yönünde Deprem (N/mm ²)	X Yönünde Deprem (N/mm ²)	Y Yönünde Deprem(N/mm ²)
S1	1,90	2,15	2,10	2,20
S2	2,15	1,85	2,20	1,90
S3	1,20	2,20	1,30	2,20
S4	2,30	1,30	2,60	1,40
S5	1,28	3,50	1,40	3,75
S6	2,40	1,50	2,45	1,30
S7	1,75	2,30	1,80	2,20
S8	2,40	1,90	2,60	1,95
S9	3,22	1,50	3,30	1,60
S10	1,60	2,35	1,80	2,50
S11	1,30	4,34	1,40	4,35
S12	2,30	1,45	2,20	1,35

Çizelge 6.3 - Her iki modelleme için kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerlerinin yüzde olarak değişimi.

Kolon	X Yönünde Deprem (N/mm ²)	Y Yönünde Deprem (N/mm ²)
S1	10,53	2,33
S2	2,33	2,70
S3	8,33	0,00
S4	13,04	7,69
S5	9,37	7,14
S6	2,08	-13,33
S7	2,86	-4,35
S8	8,33	2,63
S9	2,48	6,67
S10	12,50	6,38
S11	7,69	0,23
S12	-4,35	-6,90

6.1.2 14 cm döşeme kalınlığı ile modellenmesi

14 cm döşeme kalınlığı ile rijit ve esnek diyafram kabulüyle modellenen binalarda, x ve y yönünde deprem kuvvetleri etkisinde kat döşemelerinde oluşan maksimum asal gerilme değerleri Çizelge 6.4 ' te verilmiştir.

Çizelge 6.4 - Çerçeve sistemli binanın kat döşemelerinde oluşan maksimum gerilme değerleri ($h_f=14$ cm).

KAT	RİJİT DİYAFRAM		ESNEK DİYAFRAM	
	X Yönünde Deprem (N/mm^2)	Y Yönünde Deprem (N/mm^2)	X Yönünde Deprem (N/mm^2)	Y Yönünde Deprem (N/mm^2)
4	0,830	1,014	0,855	1,030
3	1,868	1,891	1,944	1,887
2	3,021	3,498	3,120	3,499
1	3,846	4,851	3,909	4,837
Z	3,920	5,185	4,071	5,165

Elde edilen sonuçlara göre her iki modelleme sonucunda x ve y yönünde etki eden deprem yüklemesi için en büyük gerilme değerlerinin zemin katta oluştuğu görülmektedir.

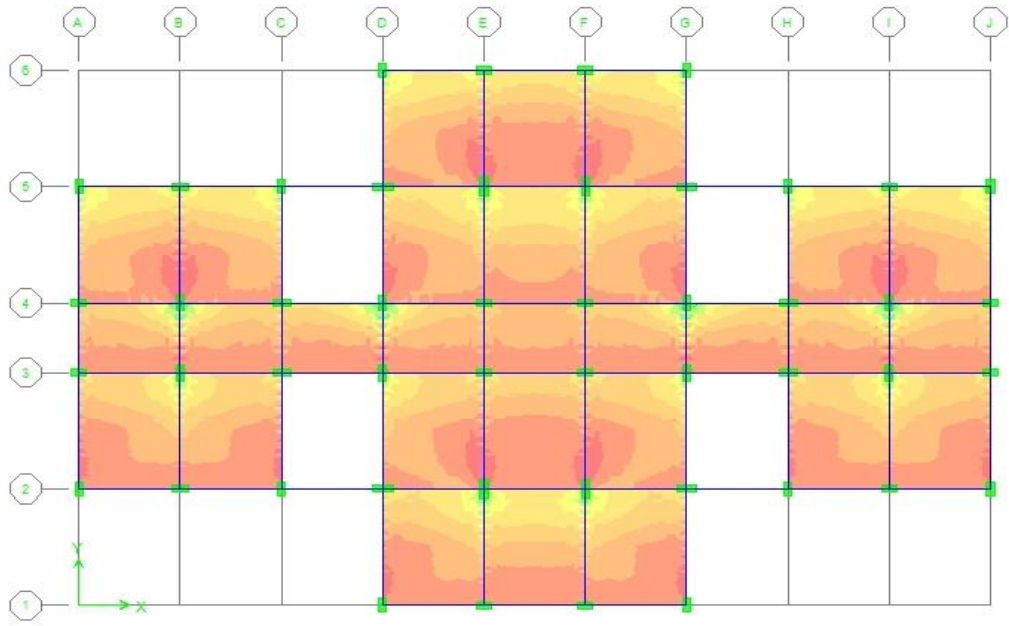
Y yönündeki depremden zemin katta oluşan gerilme dağılım diyagramları, rijit diyafram yaklaşımı için Şekil 6.3 ve esnek diyafram yaklaşımı için Şekil 6.4' te verilmiştir.

Ayrıca zemin kat için kolon-döşeme birleşim noktalarındaki gerilme değerleri, rijit ve esnek diyafram yaklaşımları için Çizelge 6.5' te verilmiştir.

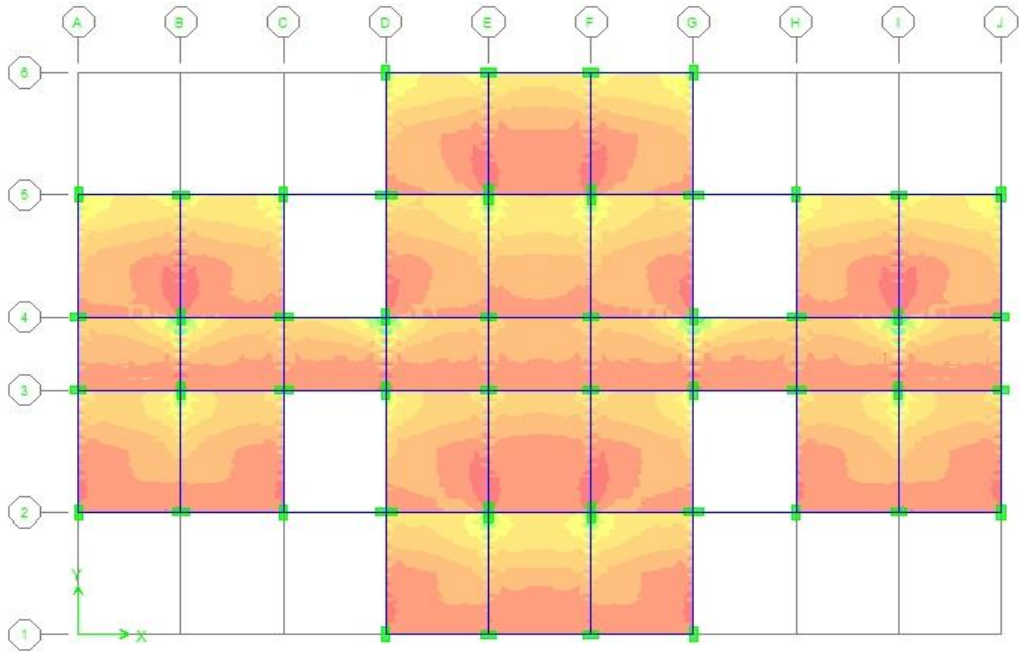
Her iki modelleme için kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerlerinin yüzde olarak değişimi Çizelge 6.6' da verilmiştir. Bu değişim esnek yapının rijite göre değişimi düşünülerek yüzde olarak Denklem 6.1 ile hesaplanmıştır.

Her iki modelleme için elde edilen gerilme dağılımlarına ve kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerlerine bakıldığında, bazı noktalarda C30 için verilen maksimum çekme gerilme olan $1.90 N/mm^2$ nin aşıldığı görülmektedir.

Esnek diyafram kabulüyle modellenen binada bu gerilme değerlerinin rijit diyafram kabulüyle modellenen binaya göre x yönünde % 17 ye ve y yönünde % 11 e kadar daha fazla olduğu görülmüştür.



Şekil 6.3 - Rijit diyafram yaklaşımı ile zemin katta y yönündeki depremden oluşan döşeme gerilme dağılımı ($h_f=14$ cm).



Şekil 6.4 - Esnek diyafram yaklaşımı ile zemin katta y yönündeki depremden oluşan döşeme gerilme dağılımı ($h_f=14$ cm).

Çizelge 6.5 - Rijit diyafram ve esnek diyafram yaklaşımı ile çerçeve tipi binada zemin katta kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerleri ($h_f = 14$ cm).

Kolon	RİJİT DİYAFRAM		ESNEK DİYAFRAM	
	X Yönünde Deprem (N/mm^2)	Y Yönünde Deprem (N/mm^2)	X Yönünde Deprem (N/mm^2)	Y Yönünde Deprem (N/mm^2)
S1	2,10	2,75	2,25	2,80
S2	2,30	1,95	2,60	2,10
S3	1,40	2,60	1,45	2,70
S4	2,90	1,60	2,90	1,60
S5	1,60	4,30	1,70	4,20
S6	2,75	1,80	2,70	1,50
S7	2,00	2,85	2,25	2,70
S8	2,80	1,90	3,10	2,10
S9	3,91	1,80	4,05	1,70
S10	1,80	2,85	2,10	3,00
S11	1,50	5,16	1,70	5,10
S12	2,60	1,50	2,60	1,50

Çizelge 6.6 - Her iki modelleme için kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerlerinin yüzde olarak değişimi.

Kolon	X Yönünde Deprem (N/mm^2)	Y Yönünde Deprem (N/mm^2)
S1	7,14	1,82
S2	13,04	7,69
S3	3,57	3,85
S4	0,00	0,00
S5	6,25	-2,33
S6	-1,82	-16,67
S7	12,50	-5,26
S8	10,71	10,53
S9	3,58	-5,56
S10	16,67	5,26
S11	13,33	-1,16
S12	0,00	0,00

6.1.3 16 cm döşeme kalınlığı ile modellenmesi

16 cm döşeme kalınlığı ile rijit ve esnek diyafram kabulüyle modellenen binalarda, x ve y yönündeki deprem kuvvetleri etkisinde kat döşemelerinde oluşan maksimum gerilme değerleri Çizelge 6.7 ' de verilmiştir.

Çizelge 6.7 - Çerçeve sistemli binaların kat döşemelerinde oluşan maksimum gerilme değerleri (hf=16 cm).

KAT	RİJİT DİYAFRAM		ESNEK DİYAFRAM	
	X Yönünde Deprem(N/mm ²)	Y Yönünde Deprem (N/mm ²)	X Yönünde Deprem (N/mm ²)	Y Yönünde Deprem(N/mm ²)
4	0,983	1,192	1,007	1,207
3	2,184	2,245	2,261	2,238
2	3,534	3,995	3,637	3,993
1	4,504	5,532	4,571	5,515
Z	4,604	5,922	4,760	5,892

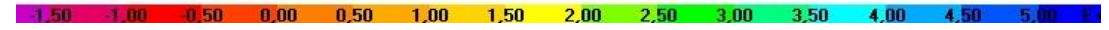
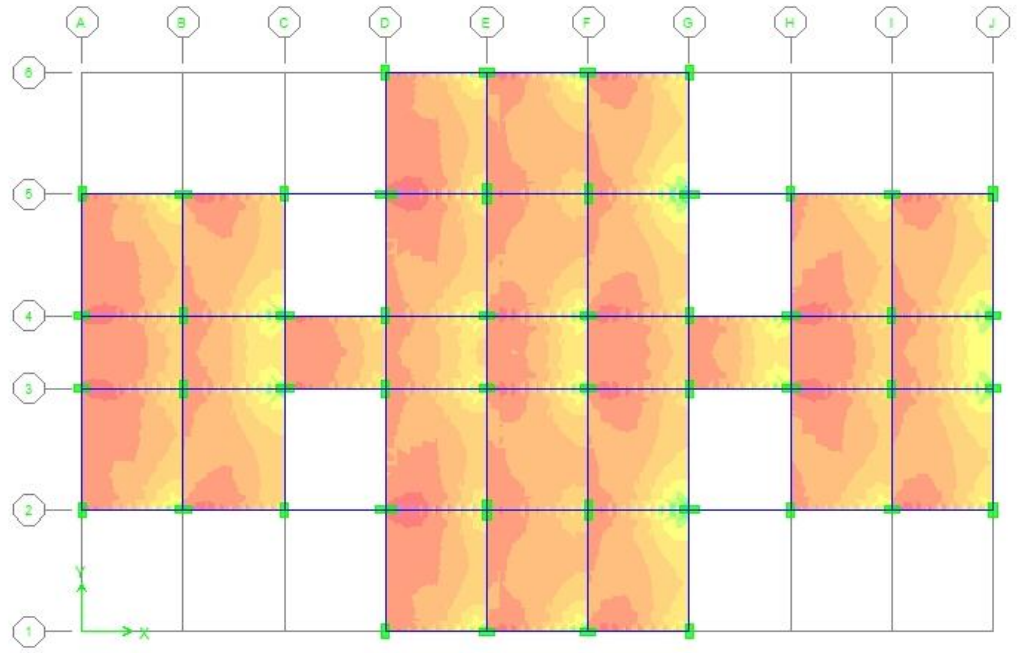
Elde edilen sonuçlara göre her iki modelleme sonucunda x ve y yönünde etki eden deprem yüklemesi için en büyük asal çekme gerilme değerlerinin zemin katta olduğu görülmektedir.

X yönündeki depremden zemin katta oluşan gerilme dağılım diyagramları, rijit diyafram yaklaşımı için Şekil 6.5 ve esnek diyafram yaklaşımı için Şekil 6.6' da verilmiştir.

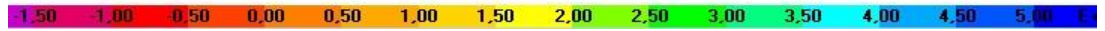
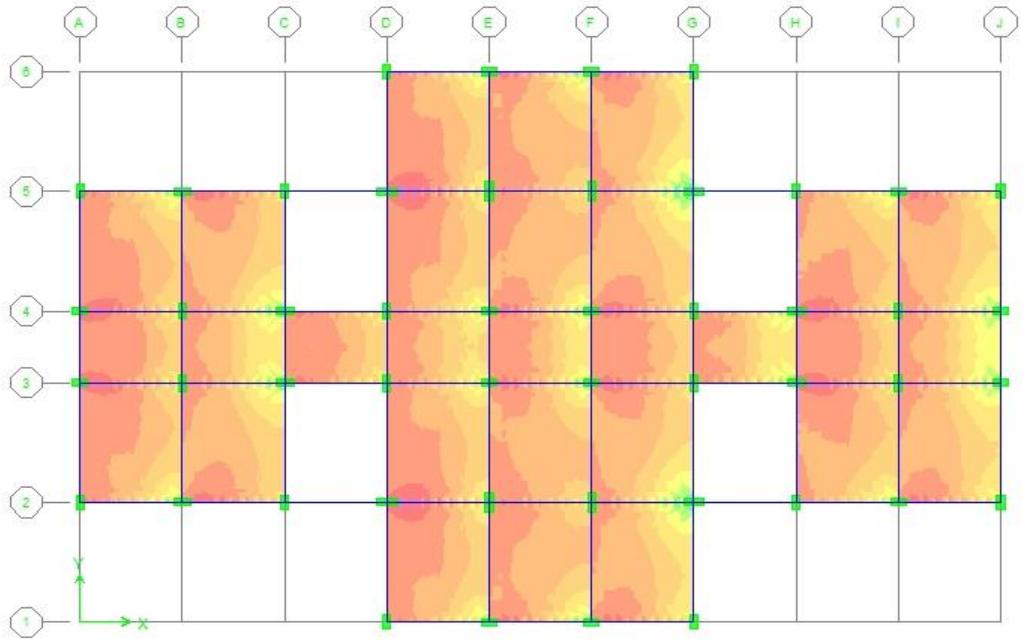
Ayrıca zemin kat için kolon-döşeme birleşim noktalarındaki gerilme değerleri rijit ve esnek diyafram yaklaşımı için Çizelge 6.8 'de verilmiştir.

Her iki modelleme için kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerlerinin yüzde olarak değişimi Çizelge 6.9' da verilmiştir. Bu değişim esnek yapının rijite göre değişimi düşünülerek yüzde olarak Denklem 6.1 ile hesaplanmıştır.

Her iki modelleme için elde edilen gerilme dağılımlarına ve kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerlerine bakıldığında, bazı noktalarda C30 için verilen maksimum çekme gerilme olan 1.90 N/mm² nin aşıldığı görülmektedir. Esnek diyafram kabulüyle modellenen binada bu gerilme değerlerinin rijit diyafram kabulüyle modellenen binaya göre x yönünde % 15 ve y yönünde % 5 mertebesine kadar daha fazla olduğu görülmüştür.



Şekil 6.5 - Rijit diyafram yaklaşımı ile zemin katta x yönündeki depremten oluşan döşeme gerilme dağılımı ($h_f=16$ cm).



Şekil 6.6 - Esnek diyafram yaklaşımı ile zemin katta x yönündeki depremten oluşan döşeme gerilme dağılımı ($h_f=16$ cm).

Çizelge 6.8 - Rijit diyafram ve esnek diyafram yaklaşımı ile çerçeve tipi binada zemin katta kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerleri ($h_f = 16\text{cm}$).

Kolon	RİJİT DİYAFRAM		ESNEK DİYAFRAM	
	X Yönünde Deprem (N/mm^2)	Y Yönünde Deprem (N/mm^2)	X Yönünde Deprem (N/mm^2)	Y Yönünde Deprem (N/mm^2)
S1	2,70	3,20	2,50	3,00
S2	3,00	2,15	2,85	2,20
S3	1,40	3,10	1,60	3,10
S4	3,50	1,70	3,30	1,75
S5	1,95	4,70	2,00	4,80
S6	3,20	2,00	3,15	1,60
S7	2,20	3,20	2,40	3,20
S8	3,20	2,20	3,60	2,30
S9	4,56	2,00	4,67	2,10
S10	2,20	3,25	2,25	3,40
S11	1,90	5,74	2,00	5,76
S12	3,15	1,80	3,00	1,70

Çizelge 6.9 - Her iki modelleme için kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerlerinin yüzde olarak değişimi.

Kolon	X Yönünde Deprem (N/mm^2)	Y Yönünde Deprem (N/mm^2)
S1	-7,41	-6,25
S2	-5,00	2,33
S3	14,29	0,00
S4	-5,71	2,94
S5	2,56	2,13
S6	-1,56	-20,00
S7	9,09	0,00
S8	12,50	4,55
S9	2,41	5,00
S10	2,27	4,62
S11	5,26	0,35
S12	-4,76	-5,56

6.1.4 Çerçeve taşıyıcı sistemde sonuçlar

Çerçeve taşıyıcı sistemde döşeme kalınlıkları arttırılarak sadece deprem yükü altında yapılan çözümlemeler sonucunda, tüm döşeme kalınlıkları için gerilme yığılmalarının planda çıkıntı düzensizliği olan kısımlarda, döşeme süreksizliği olan

bölgelerde ve deprem yönüne bağlı olarak o deprem yönünde çalışan kolonların etrafında daha çok oluştuğu görülmüştür.

- Rijit diyafram yaklaşımı ile modellenen binalarda 14 cm döşeme kalınlıklı modelin 12 cm döşeme kalınlıklı modele göre kolon - döşeme birleşim bölgelerinde oluşturduğu gerilme değerleri ortalaması x yönünde % 16,10 ve y yönünde % 17,08 daha fazladır. 16 cm döşeme kalınlık modelin 14 cm döşeme kalınlıklı modele göre kolon - döşeme birleşim bölgelerinde oluşturduğu gerilme değerleri ortalaması x yönünde % 19,07 ve y yönünde % 13,08 daha fazladır.
- Esnek diyafram yaklaşımı ile modellenen binalarda 14 cm döşeme kalınlıklı modelin 12 cm döşeme kalınlıklı modele göre kolon - döşeme birleşim bölgelerinde oluşturduğu gerilme değerleri ortalaması x yönünde % 16,94 ve y yönünde % 15,60 daha fazladır. 16 cm döşeme kalınlık modelin 14 cm döşeme kalınlıklı modele göre kolon - döşeme birleşim bölgelerinde oluşturduğu gerilme değerleri ortalaması x yönünde % 13,12 ve y yönünde % 12,35 daha fazladır.
- 12 cm kalınlıklı döşeme sistemi ile yapılan çözümlemeler sonucunda oluşan gerilmelerin her kattaki maksimum değerlerinin, rijit ve esnek diyafram yaklaşımları için benzer sonuçlar verdiği görülmüştür. Kat bazında bakıldığında esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre X yönünde etkiyen deprem sonucunda % 4 e kadar, Y yönünde etkiyen deprem sonucundaysa % 2 ye kadar daha büyük gerilme değerleri oluşturduğu görülmüştür. Döşeme - kolon birleşim noktalarındaysa, X yönünde etkiyen deprem sonucunda esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre % 13 e kadar daha büyük sonuçlar verdiği görülmüştür. Y yönünde etkiyen deprem sonucunda esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre % 8' e kadar daha büyük sonuçlar verdiği görülmüştür.
- 14 cm kalınlıklı döşeme sistemi ile yapılan çözümlemeler sonucunda oluşan gerilmelerin her kattaki maksimum değerlerinin, rijit ve esnek diyafram yaklaşımları için benzer sonuçlar verdiği görülmüştür. Kat bazında bakıldığında esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre X yönünde etkiyen deprem sonucunda % 4 e kadar, Y yönünde etkiyen deprem

sonucundaysa % 2 ye kadar daha büyük gerilme değerleri oluşturduğu görülmüştür. Döşeme - kolon birleşim noktalarındaysa, X yönünde etkiyen deprem sonucunda esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre % 17 ye kadar daha büyük sonuçlar verdiği görülmüştür. Y yönünde etkiyen deprem sonucunda esnek diyafram yaklaşımının % 11 e kadar daha büyük gerilme değerleri oluşturduğu görülmüştür.

- 16 cm kalınlıklı döşeme sistemi ile yapılan çözümlmeler sonucunda oluşan gerilme değerlerinin her kattaki maksimum değerlerinin, rijit ve esnek diyafram yaklaşımları için benzer sonuçlar verdiği görülmüştür. Kat bazında bakıldığında esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre X yönünde etkiyen deprem sonucunda % 4 e kadar, Y yönünde etkiyen deprem sonucundaysa % 2 ye kadar daha büyük gerilme değerleri oluşturduğu görülmüştür. Döşeme - kolon birleşim noktalarındaysa, X yönünde etkiyen deprem sonucunda esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre % 15' e kadar daha büyük sonuçlar verdiği görülmüştür. Y yönünde etkiyen deprem sonucunda esnek diyafram yaklaşımının % 5 e kadar daha büyük sonuçlar verdiği görülmüştür.
- Döşeme kalınlığı arttıkça kat döşemelerinde oluşan gerilmelerin her iki yaklaşım için de yaklaşık olarak % 15 mertebesinde arttığı gözlenmiştir. Gerilme değerlerine kat bazında bakıldığında üç farklı döşeme kalınlığı ile modellenen her iki yaklaşım arasında oluşan farkın aynı mertebede kaldığı görülmüştür. Kolon - döşeme birleşim noktalarındaki gerilme değerlerine bakıldığında, 14 cm döşeme kalınlığı için esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre oluşturduğu farkın en büyük olduğu görülmüştür.
- Her iki yaklaşım için oluşan gerilme değerlerine bakıldığında, esnek diyafram yaklaşımının % 15 mertebesinde daha büyük değerler oluşturduğu gözlenmiştir.

6.2 Perde + Çerçeve Taşıyıcı Sisteme Sahip Yapıda Döşeme Gerilmeleri

Perde + Çerçeve taşıyıcı sistemli 12 katlı binada kat döşemelerinde oluşacak döşeme gerilme dağılımlarının kalınlığa göre değişimini görebilmek için döşeme kalınlığı 12

cm, 14 cm ve 16 cm olarak modellenerek rijit ve esnek diyafram kabulü için çözümler yapılmıştır.

6.2.1 12 cm döşeme kalınlığı ile modellenmesi

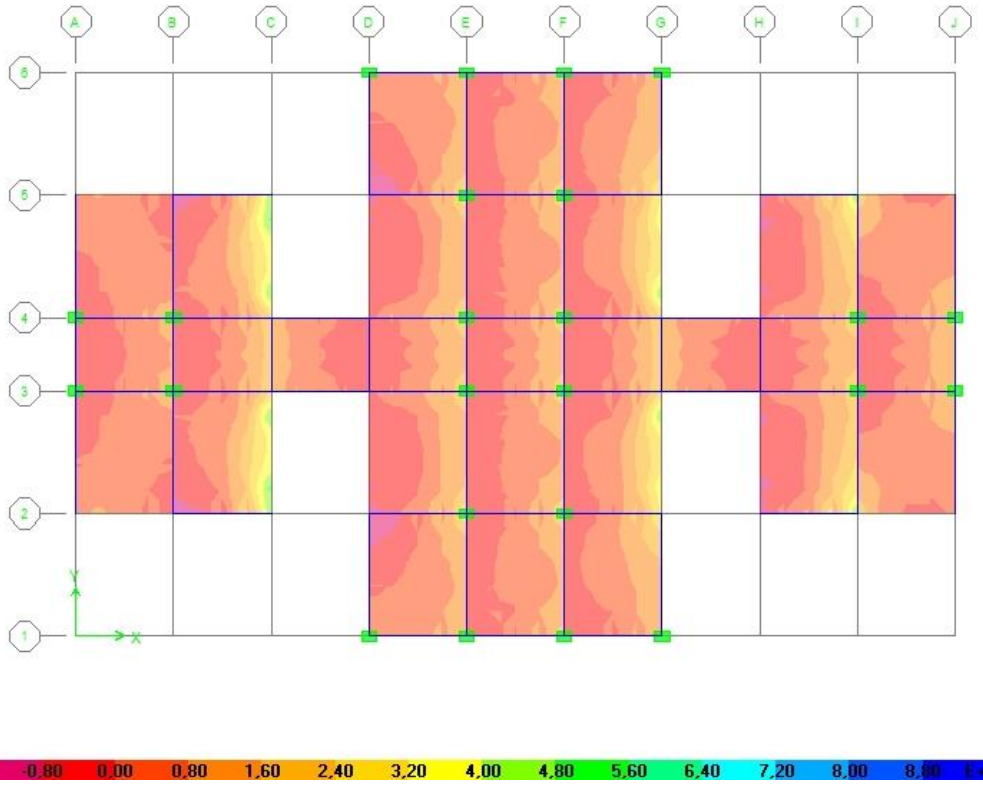
12 cm döşeme kalınlığı ile rijit ve esnek diyafram kabulüyle modellenen binalarda, x ve y yönünde deprem kuvvetleri etkisinde kat döşemelerinde oluşan maksimum gerilme değerleri Çizelge 6.10 'da verilmiştir.

Çizelge 6.10 - Perde + Çerçeve sistemli binaların kat döşemelerinde oluşan maksimum gerilme değerleri (hf=12cm).

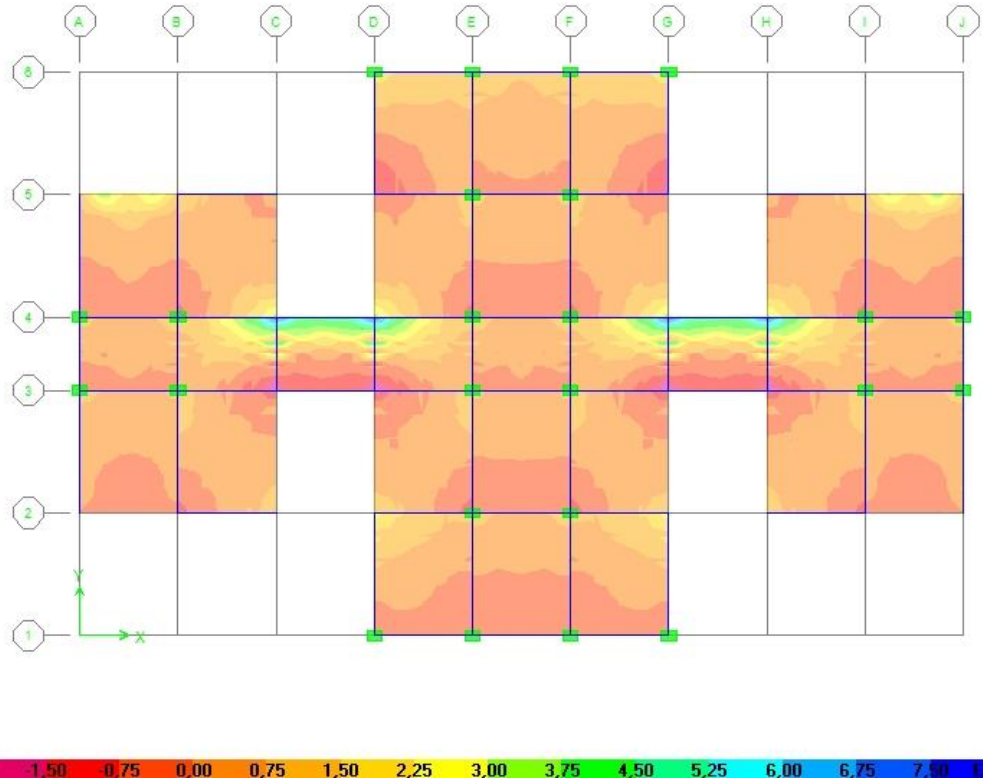
KAT	RİJİT DİYAFRAM		ESNEK DİYAFRAM	
	X Yönünde Deprem (N/mm ²)	Y Yönünde Deprem(N/mm ²)	X Yönünde Deprem (N/mm ²)	Y Yönünde Deprem(N/mm ²)
10	4,40	4,88	4,46	5,00
9	4,38	6,46	4,38	6,57
8	4,57	6,84	4,60	6,96
7	4,83	7,25	4,83	7,36
6	4,98	7,62	4,98	7,69
5	5,03	7,85	5,06	7,90
4	5,03	7,89	5,03	7,90
3	4,84	7,65	4,85	7,70
2	4,46	7,07	4,49	7,16
1	3,84	6,06	3,93	6,24
Z	2,85	4,52	3,22	4,75

Elde edilen sonuçlara göre her iki modelleme sonucunda x ve y yönünde etki eden deprem yüklemesi için perde - döşeme birleşim noktalarında en büyük asal çekme gerilme değerlerinin x yönündeki deprem etkisinde 5. katta ve y yönündeki deprem etkisinde 4. katta olduğu görülmektedir. Bu katlarda oluşan gerilme dağılım diyagramları rijit diyafram yaklaşımı için Şekil 6.7 ve esnek diyafram yaklaşımı için Şekil 6.8' de verilmiştir.

Ayrıca bu katlar için perde - döşeme ve kolon - döşeme birleşim noktalarındaki gerilme değerleri rijit ve esnek diyafram yaklaşımı için Çizelge 6.11 'de verilmiştir.



Şekil 6.7 - Rijit diyafram yaklaşımı ile 5. katta x yönündeki depremten oluşan döşeme gerilme dağılımı ($h_f=12$ cm).



Şekil 6.8- Esnek diyafram yaklaşımı ile 4. katta y yönündeki depremten oluşan döşeme gerilme dağılımı ($h_f=12$ cm).

Çizelge 6.11 - Rijit diyafram ve esnek diyafram yaklaşımı ile perde + çerçeve tipi binada belirtilen katlardaki perde - döşeme ve kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerleri ($h_f = 12 \text{ cm}$).

Kolon	RİJİT DİYAFRAM		ESNEK DİYAFRAM	
	X Yönünde Deprem (N/mm^2)	Y Yönünde Deprem (N/mm^2)	X Yönünde Deprem (N/mm^2)	Y Yönünde Deprem (N/mm^2)
P1	2,10	3,40	2,10	3,40
P2	-	-	-	-
P3	5,03	7,80	5,06	7,75
P4	4,75	7,89	4,80	7,90
S1	1,75	1,00	1,70	1,00
S2	2,30	1,40	2,50	1,40
S3	1,65	1,90	1,60	1,90
S4	1,80	1,30	1,70	1,40
S5	2,70	1,20	2,85	1,20
S6	2,40	1,30	2,50	1,40

Her iki modelleme için perde - döşeme ve kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerlerinin yüzde olarak değişimi Çizelge 6.12' de verilmiştir. Bu değişim esnek yapının rijite göre değişimi düşünülerek yüzde olarak Denklem 6.1 ile hesaplanmıştır.

Çizelge 6.12 - Her iki modelleme için perde - döşeme ve kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerlerinin yüzde olarak değişimi.

Kolon	X Yönünde Deprem (N/mm^2)	Y Yönünde Deprem (N/mm^2)
P1	0,00	0,00
P2	-	-
P3	0,52	-0,64
P4	1,05	0,13
S1	-2,86	0,00
S2	8,70	0,00
S3	-3,03	0,00
S4	-5,56	7,69
S5	5,56	0,00
S6	4,17	7,69

Her iki modelleme için elde edilen gerilme dağılımlarına ve perde - döşeme ile kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerlerine bakıldığında, bazı noktalarda C30 için verilen maksimum çekme gerilme olan 1.90 N/mm^2 nin aşıldığı görülmektedir. Esnek diyafram kabulüyle modellenen binada bu gerilme değerlerinin rijit diyafram kabulüyle modellenen binaya göre x yönünde % 9 ve y yönünde % 8 e kadar daha fazla olduğu görülmüştür.

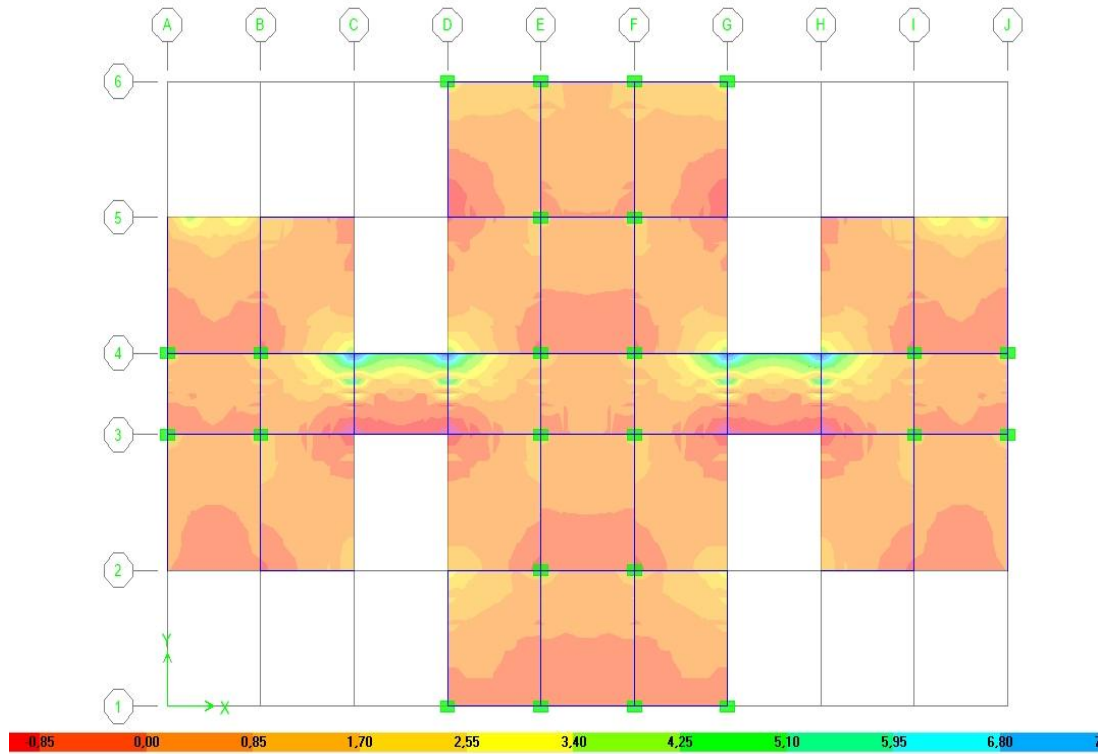
6.2.2 14 cm döşeme kalınlığı ile modellenmesi

14 cm döşeme kalınlığı ile rijit ve esnek diyafram kabulüyle modellenen binalarda, x ve y yönünde deprem kuvvetleri etkisinde kat döşemelerinde oluşan maksimum gerilme değerleri Çizelge 6.13 'te verilmiştir.

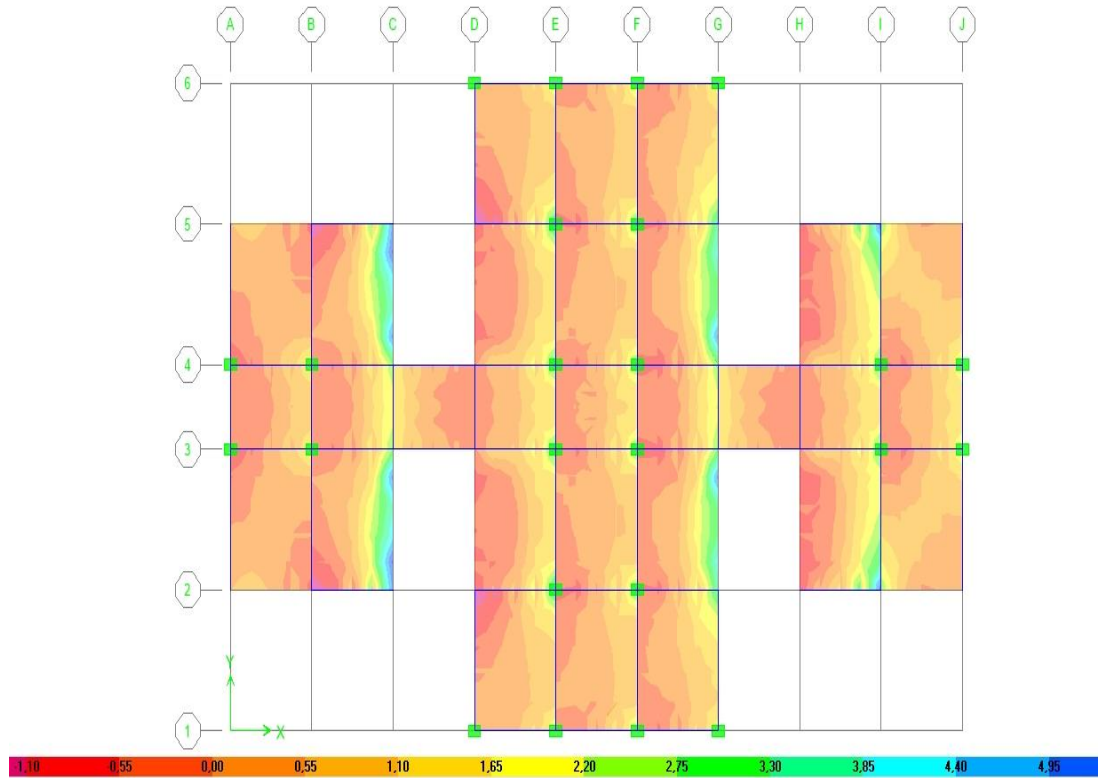
Çizelge 6.13 - Perde +çerçeve bina sistemlerinin kat döşemelerinde oluşan maksimum gerilme değerleri ($h_f=14\text{cm}$).

KAT	RİJİT DİYAFRAM		ESNEK DİYAFRAM	
	X Yönünde Deprem (N/mm^2)	Y Yönünde Deprem(N/mm^2)	X Yönünde Deprem (N/mm^2)	Y Yönünde Deprem(N/mm^2)
10	4,82	5,57	4,88	5,68
9	4,87	7,39	4,90	7,50
8	5,13	7,85	5,15	7,96
7	5,36	8,35	5,41	8,43
6	5,55	8,78	5,59	8,84
5	5,65	9,06	5,68	9,11
4	5,62	9,12	5,66	9,13
3	5,44	8,86	5,47	8,91
2	5,02	8,20	5,07	8,29
1	4,32	7,04	4,54	7,23
Z	3,22	5,27	3,66	5,49

Elde edilen sonuçlara göre her iki modelleme sonucunda x ve y yönünde etki eden deprem yüklemesi için perde - döşeme birleşim noktalarında en büyük asal çekme gerilme değerlerinin x yönündeki deprem etkisinde 5. katta ve y yönündeki deprem etkisinde 4. katta olduğu görülmektedir. Bu katlarda oluşan gerilme dağılım diyagramları rijit diyafram yaklaşımı için Şekil 6.9 ve esnek diyafram yaklaşımı için Şekil 6.10' da verilmiştir.



Şekil 6.9 - Rijit diyafram yaklaşımı ile 4. katta y yönündeki depremden oluşan döşeme gerilme dağılımı (hf=14 cm).



Şekil 6.10- Esnek diyafram yaklaşımı ile 5. katta x yönündeki depremden oluşan döşeme gerilme dağılımı (hf=14 cm).

Ayrıca bu katlar için perde - döşeme ve kolon - döşeme birleşim noktalarındaki gerilme değerleri rijit ve esnek diyafram yaklaşımı için Çizelge 6.14 'te verilmiştir.

Çizelge 6.14 - Rijit diyafram ve esnek diyafram yaklaşımı ile perde + çerçeve tipi binada belirtilen katlardaki perde - döşeme ve kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerleri. ($h_f = 14$ cm)

Kolon	RİJİT DİYAFRAM		ESNEK DİYAFRAM	
	X Yönünde Deprem (N/mm^2)	Y Yönünde Deprem (N/mm^2)	X Yönünde Deprem (N/mm^2)	Y Yönünde Deprem (N/mm^2)
P1	2,50	3,80	2,50	3,80
P2	-	-	-	-
P3	5,65	8,80	5,68	8,80
P4	5,20	9,12	5,35	9,13
S1	1,90	1,20	2,00	1,20
S2	2,60	1,50	2,80	1,70
S3	1,80	2,20	1,85	2,10
S4	1,90	1,60	2,10	1,60
S5	3,00	1,40	3,40	1,45
S6	2,80	1,60	3,00	1,70

Her iki modelleme için perde - döşeme ve kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerlerinin yüzde olarak değişimi Çizelge 6.15' te verilmiştir. Bu değişim esnek diyaramlı modelin rijite göre değişimi olarak yüzde olarak Denklem 6.1 ile hesaplanmıştır.

Çizelge 6.15 - Her iki modelleme için perde - döşeme ve kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerlerinin yüzde olarak değişimi.

Kolon	X Yönünde Deprem (N/mm^2)	Y Yönünde Deprem (N/mm^2)
P1	0,00	0,00
P2	-	-
P3	0,53	0,00
P4	2,88	0,11
S1	5,26	0,00
S2	7,69	13,33
S3	2,78	-4,55
S4	10,53	0,00
S5	13,33	3,57
S6	7,14	6,25

Her iki modelleme için elde edilen gerilme dağılımlarına ve perde - döşeme ile kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerlerine bakıldığında, bazı noktalarda C30 için verilen maksimum çekme gerilme olan 1.90 N/mm^2 nin aşıldığı görülmektedir. Esnek diyafram kabulüyle modellenen binada bu gerilme değerlerinin rijit diyafram kabulüyle modellenen yapıya göre x yönünde % 14 ' e ve y yönünde % 14 ' e kadar daha fazla olduğu görülmüştür.

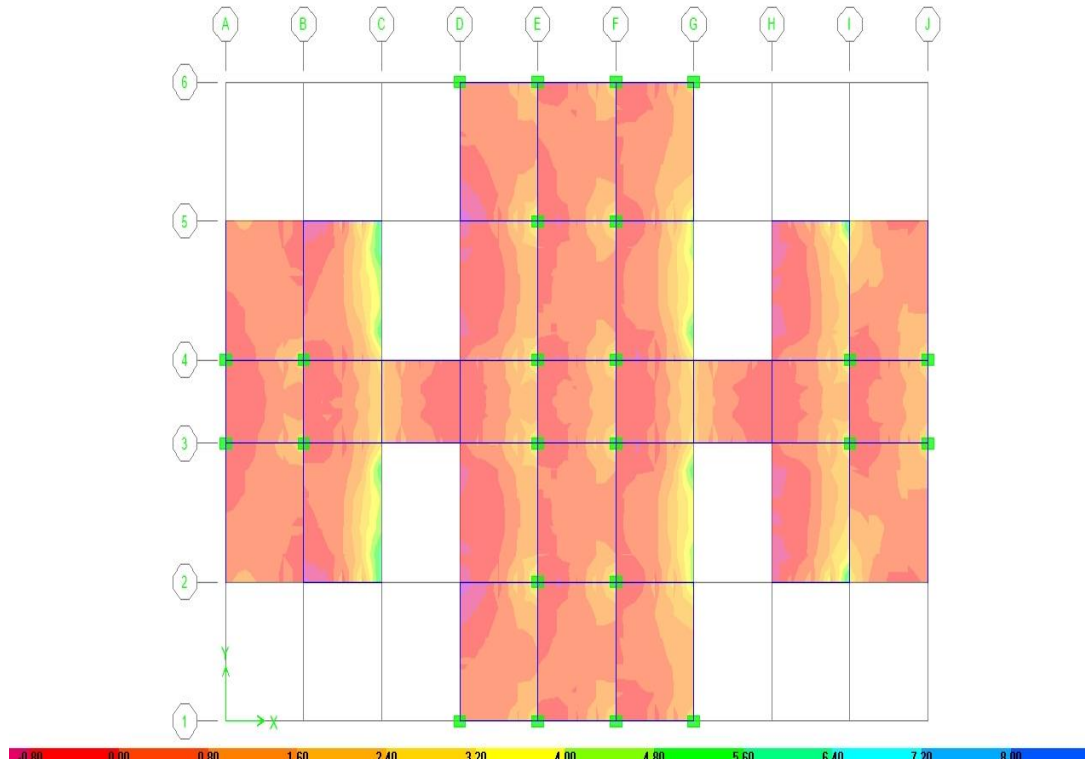
6.2.3 16 cm döşeme kalınlığı ile modellenmesi

16 cm döşeme kalınlığı ile rijit ve esnek diyafram kabulüyle modellenen binalarda, x ve y yönünde deprem kuvvetleri etkisinde kat döşemelerinde oluşan maksimum gerilme değerleri Çizelge 6.16 ' da verilmiştir.

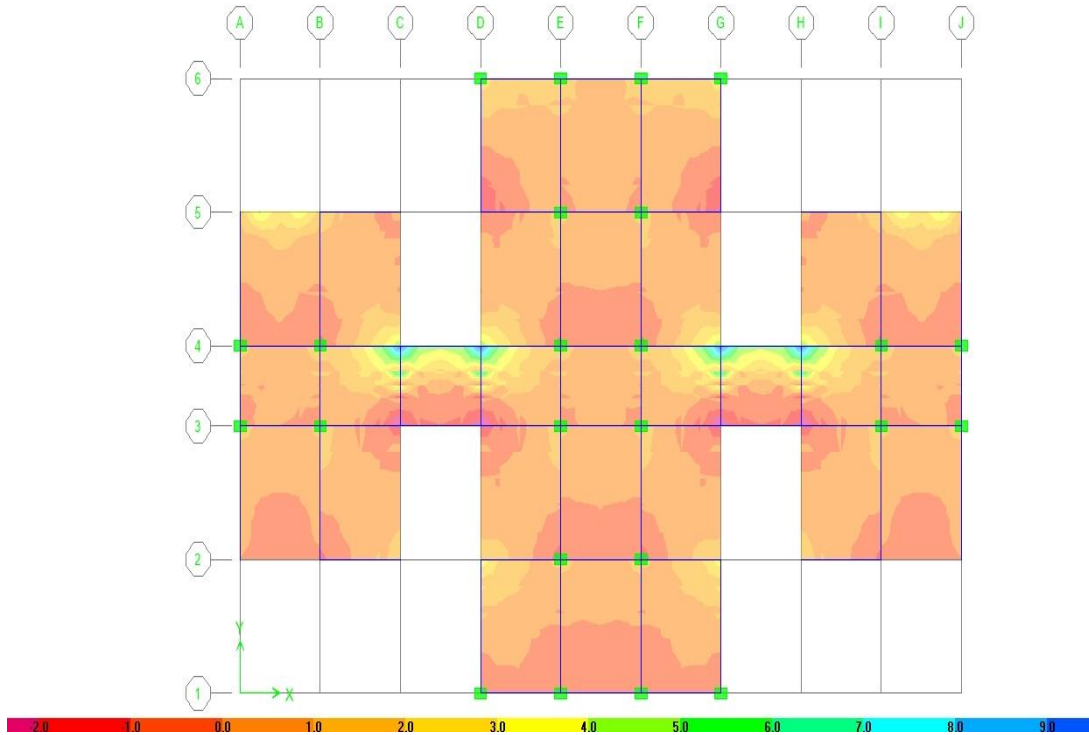
Çizelge 6.16 - Perde + çerçeve sistemli binalarda kat döşemelerinde oluşan maksimum gerilme değerleri (hf=16cm).

KAT	RİJİT DİYAFRAM		ESNEK DİYAFRAM	
	X Yönünde Deprem (N/mm^2)	Y Yönünde Deprem(N/mm^2)	X Yönünde Deprem (N/mm^2)	Y Yönünde Deprem(N/mm^2)
10	5,10	6,19	5,14	6,29
9	5,24	8,22	5,43	8,33
8	5,53	8,76	5,73	8,86
7	5,81	9,34	6,01	9,42
6	6,01	9,84	6,24	9,91
5	6,11	10,18	6,26	10,23
4	6,07	10,27	6,19	10,28
3	5,86	9,99	6,00	10,05
2	5,40	9,25	5,65	9,36
1	4,67	7,96	5,12	8,17
Z	3,47	5,98	4,08	6,21

Elde edilen sonuçlara göre her iki modelleme sonucunda x ve y yönünde etki eden deprem yüklemesi için perde - döşeme birleşim noktalarında en büyük asal çekme gerilme değerlerinin x yönündeki deprem etkisinde 5. katta ve y yönündeki deprem etkisinde 4. katta olduğu görülmektedir. Bu katlarda oluşan gerilme dağılım diyagramları rijit diyafram yaklaşımı için Şekil 6.11 ve esnek diyafram yaklaşımı için Şekil 6.12' de verilmiştir.



Şekil 6.11 - Rijit diyafram yaklaşımı ile 5. katta x yönündeki depremten oluşan döşeme gerilme dağılımı ($h_f=16$ cm).



Şekil 6.12- Esnek diyafram yaklaşımı ile 4. katta y yönündeki depremten oluşan döşeme gerilme dağılımı ($h_f=16$ cm).

Ayrıca bu katlar için perde - döşeme ve kolon - döşeme birleşim noktalarındaki gerilme değerleri rijit ve esnek diyafram yaklaşımı için Çizelge 6.17 'de verilmiştir.

Çizelge 6.17 - Rijit diyafram ve esnek diyafram yaklaşımı ile perde + çerçeve tipi binada belirtilen katlardaki perde - döşeme ve kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerleri ($h_f = 16$ cm).

Kolon	RİJİT DİYAFRAM		ESNEK DİYAFRAM	
	X Yönünde Deprem (N/mm^2)	Y Yönünde Deprem (N/mm^2)	X Yönünde Deprem (N/mm^2)	Y Yönünde Deprem (N/mm^2)
P1	3,00	4,10	3,00	4,00
P2	-	-	-	-
P3	6,11	9,95	6,26	9,80
P4	5,60	10,27	5,70	10,28
S1	2,20	1,35	2,20	1,30
S2	3,00	1,75	3,00	1,90
S3	2,00	2,40	2,10	2,50
S4	2,20	1,70	2,30	1,80
S5	3,60	1,60	3,70	1,50
S6	3,25	1,75	3,20	1,80

Her iki modelleme için perde - döşeme ve kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerlerinin yüzde olarak değişimi Çizelge 6.18' te verilmiştir. Bu değişim esnek diyafram yaklaşımının rijite göre değişimi düşünülerek yüzde olarak Denklem 6.1 ile hesaplanmıştır.

Çizelge 6.18 - Her iki modelleme için perde - döşeme ve kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerlerinin yüzde olarak değişimi.

Kolon	X Yönünde Deprem (N/mm^2)	Y Yönünde Deprem (N/mm^2)
P1	0,00	-2,44
P2	-	-
P3	2,45	-1,51
P4	1,79	0,10
S1	0,00	-3,70
S2	0,00	8,57
S3	5,00	4,17
S4	4,55	5,88
S5	2,78	-6,25
S6	-1,54	2,86

Her iki modelleme için elde edilen gerilme dağılımlarına ve perde - döşeme ile kolon-döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerlerine bakıldığında, bazı

noktalarda C30 için verilen maksimum çekme gerilmesi olan 1.90 N/mm^2 nin aşıldığı görülmektedir. Esnek diyafram kabulüyle modellenen binada bu gerilme değerlerinin rijit diyafram kabulüyle modellenen binaya göre yaklaşık olarak x yönünde % 5 ve y yönünde % 9' a kadar daha fazla olduğu görülmüştür.

6.2.4 Perde +Çerçeve taşıyıcı sistemde sonuçlar

Perde + Çerçeve taşıyıcı sistemde döşeme kalınlıklarının arttırılmasıyla sadece deprem yükü altında yapılan çözümlemeler sonucunda, tüm döşeme kalınlıkları için gerilme yığılmalarının, planda çıkıntı düzensizliği olan kısımlarda, döşeme süreksizliği olan bölgelerde ve deprem yönüne bağlı olarak o deprem yönünde çalışan taşıyıcı elemanların etrafında olduğu görülmüştür.

- Rijit diyafram yaklaşımı ile modellenen yapılarda 14 cm döşeme kalınlıklı modelin 12 cm döşeme kalınlıklı modele göre perde - döşeme ve kolon- döşeme birleşim bölgelerinde oluşturduğu gerilme değerleri ortalaması x yönünde % 11,64 ve y yönünde % 16,21 daha fazladır. 16 cm döşeme kalınlık modelin 14 cm döşeme kalınlıklı modele göre kolon- döşeme birleşim bölgelerinde oluşturduğu gerilme değerleri ortalaması x yönünde %14,44 ve y yönünde % 11,30 daha fazladır.
- Esnek diyafram yaklaşımı ile modellenen yapılarda 14 cm döşeme kalınlıklı modelin 12 cm döşeme kalınlıklı modele göre kolon- döşeme birleşim bölgelerinde oluşturduğu gerilme değerleri ortalaması x yönünde % 16,76 ve y yönünde % 16,60 daha fazladır. 16 cm döşeme kalınlık modelin 14 cm döşeme kalınlıklı modele göre kolon - döşeme birleşim bölgelerinde oluşturduğu gerilme değerleri ortalaması x yönünde % 10,27 ve y yönünde % 10,02 daha fazladır.
- 12 cm kalınlıklı döşeme sistemi ile yapılan çözümlemeler sonucunda katlarda oluşan döşeme gerilmelerine bakıldığında, esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre X yönünde etkiyen deprem için % 14 e kadar, Y yönünde etkiyen deprem için ise % 5 e kadar daha büyük gerilmelerin olduğu görülmüştür. Döşeme - taşıyıcı eleman birleşim noktalarında oluşan gerilme değerlerine bakıldığında, X yönünde etkiyen deprem için esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre % 9 a kadar , Y

yönünde etkiyen deprem için ise esnek diyafram yaklaşımının % 8 e kadar daha büyük gerilme değerleri verdiği görülmüştür.

- 14 cm kalınlıklı döşeme sistemi ile yapılan çözümlemeler sonucunda katlarda oluşan döşeme gerilmelerine bakıldığında, esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre X yönünde etkiyen deprem için % 14 e kadar, Y yönünde etkiyen deprem için ise % 5 e kadar daha büyük gerilmelerin olduğu görülmüştür. Döşeme - taşıyıcı eleman birleşim noktalarında oluşan gerilme değerlerine bakıldığında, X ve Y yönlerinde etkiyen depremler sonucunda esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre her iki yön için % 14' e kadar daha büyük gerilme değerleri verdiği görülmüştür.
- 16 cm kalınlıklı döşeme sistemi ile yapılan çözümlemeler sonucunda katlarda oluşan döşeme gerilmelerine bakıldığında, esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre X yönünde etkiyen deprem için % 18 e kadar, Y yönünde etkiyen deprem için ise % 4 e kadar daha büyük gerilmelerin olduğu görülmüştür. Döşeme - taşıyıcı eleman birleşim noktalarında oluşan gerilme değerlerine bakıldığında, X yönünde etkiyen deprem sonucunda esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre % 5 ' e, Y yönünde etkiyen deprem sonucunda esnek diyafram yaklaşımının % 9 ' a kadar daha büyük sonuçlar verdiği görülmüştür.
- Döşeme kalınlığı arttıkça gerilme değerlerinin arttığı gözlenmiştir. Her iki yaklaşım için de gerilme değerlerinin, kalınlığın artışına bağlı olarak yaklaşık %15 mertebesinde arttığı gözlenmiştir.
- Döşeme kalınlığının artışına bağlı olarak esnek diyafram yaklaşımı ile oluşan gerilmelerin rijit diyafram yaklaşımına göre oluşan gerilmelerden daha büyük değerler olduğu gözlenmiştir. Esnek diyafram yaklaşımı ile modellenen sistemlerde gerilme değerlerinin %10 mertebesine daha büyük olduğu gözlenmiştir.
- Döşeme kalınlığı arttıkça, gerilme değerlerine kat bazında bakıldığında üç farklı döşeme kalınlığı ile modellenen her iki yaklaşım arasında oluşan farkın aynı mertebede kaldığı görülmüştür. Kolon - döşeme birleşim noktalarındaki gerilme değerlerine bakıldığında, 14 cm döşeme kalınlığı için esnek

diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre oluşturduğu farkın en büyük olduğu görülmüştür.

7. SONUÇLAR

A3 - Planda Çıkıntı Düzensizliğine sahip bina sistemlerinin davranışlarının incelendiği bu tez çalışmasında, aynı kat planına sahip iki farklı taşıyıcı sistemle modellenen binaların yatay ve düşey yükler altında rijit diyafram ve esnek diyafram yaklaşımı ile çözümü yapılmış, bu çözümler sonucunda elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Çerçeve ve perde + çerçeve taşıyıcı sistemli olmak üzere iki farklı bina sistemi ele alınmış, binaların analizinde döşemelerin rijit diyafram ve esnek diyafram davranışı gösterdiği kabulü ile çözüm yapılmıştır. Ayrıca döşeme kalınlığı da parametre olarak seçilmiş ve döşeme kalınlığının davranışa etkisi incelenmiştir. Seçilen parametrelere bağlı olarak bina sistemlerinin düşey taşıyıcı elemanlarındaki iç kuvvet değişimleri, döşemelerde oluşan gerilme değerlerinin değişimi ve bu değişimin yapı elemanlarının tasarımında ne derecede etkili olduğu ortaya konmaya çalışılmıştır.

İncelenen bina sistemleri için rijit ve esnek diyafram kabulüyle yapılan analizler sonucunda binaların ilk üç titreşim periyotlarının birbirine oldukça yakın olduğu görülmüştür. Deprem analizi açısından her iki kabulle modellenen binaların birbirine yakın sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

Rijit ve esnek diyafram kabulüyle yapılan analizler sonucunda,

- Çerçeve taşıyıcı sistemli binada, esnek diyafram yaklaşımının periyot değerinin rijit diyafram yaklaşımına göre yaklaşık olarak % 0.5 mertebede arttığı gözlenmiştir. Düşey taşıyıcı elemanlarda oluşan iç kuvvetlerin değişiminde genel olarak % 1 ile % 3 arasındaki değerlerde bir fark olduğu görülmektedir. İç kuvvetlerde oluşan bu değişimin özellikle zemin kat ve en üst katta arttığı, farkın % 19' a kadar değiştiği görülmüştür. Zemin katta dış akslarda bulunan kolonlar için esnek diyafram yaklaşımının %19 a kadar daha büyük, iç akslarda bulunan kolonlar için ise rijit diyafram yaklaşımının %15 'e kadar daha büyük sonuçlar verdiği görülmüştür.
- Perde + çerçeve taşıyıcı sistemli binada, esnek diyafram yaklaşımının periyot değerinin rijit diyafram yaklaşımına göre yaklaşık olarak % 1 mertebesinde

arttığı görülmüştür. Her iki diyafram yaklaşımı için kolonlardaki iç kuvvet değişimine bakıldığında, genel olarak iç kuvvetlerde % 1 ile % 4 arasında değişen miktarlarda bir değişim olduğu görülmektedir. Bazı katlarda kolonlarda oluşan bu iç kuvvet değişimlerinin daha da büyük olduğu gözlenmektedir.

Zemin katta esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre dış akslarda bulunan kolonlarda % 41' e kadar daha fazla iç kuvvet oluşturduğu, iç akslarda bulunan kolonlarda % 47' ye kadar daha az iç kuvvet oluşturduğu gözlenmiştir.

Perdelerde oluşan farkın kolonlara göre daha belirgin olduğu görülmüştür. Kolonlardaki belirgin değişimin özellikle zemin ve en üst katta olduğu görülürken, perdelerde bu değişimin ara katlarda da olduğu görülmüştür. Esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre oluşturduğu en belirgin fark % 75,121'lik değişimdir. Rijit diyafram yaklaşımının esnek diyafram yaklaşımına göre oluşturduğu en belirgin fark ise % 81,449' luk değişimdir.

- Perde + çerçeve taşıyıcı sistemli binanın kolonlarında oluşan değişim sadece çerçeve taşıyıcı sistemli binaya yakın olsa da perde + çerçeve taşıyıcı sistemli yapıda kuvvetlerin büyük çoğunluğunu üzerine alan perdelerde bu değişimin tüm katlarda olduğu ve bu nedenle esnek diyafram modelinin perdeli binalarda belirgin farklar verdiği görülmüştür.
- Esnek diyafram yaklaşımının çerçeve taşıyıcı sistemli binalarda rijit diyafram yaklaşımı ile aynı mertebede sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Perde + çerçeve taşıyıcı sistemli binalarda esnek diyafram yaklaşımının dikkate alınması gerekmektedir.

Döşeme kalınlığı artırılarak yapılan analizler sonucunda ,

- Çerçeve taşıyıcı sistemli binalarda, rijit ve esnek diyaframlı modellerde döşeme kalınlığı artırıldığında düşey taşıyıcı elemanlara gelen kuvvetlerin de arttığı görülmüştür. Dört bina sistemi karşılaştırıldığında rijit diyaframlı modeller ile esnek diyaframlı modellerin kendi aralarında birbirlerine yakın değerler verdiği görülmüştür. Kolon iç kuvvet değişimlerine bakıldığında, 12 cm döşeme kalınlıklı modelde kolonlarda oluşan iç kuvvet değişimleri genel

olarak % 1- 3 arasındayken, 16 cm döşeme kalınlıklı modelde bu değişimler %1 -2 değerindedir. Kolonlarda oluşan maksimum değişimlere bakıldığında, 12 cm döşeme kalınlıklı modelde esnek diyafram yaklaşımı %18, rijit diyafram yaklaşımı %15 e kadar daha fazla sonuçlar verirken, 16 cm döşeme kalınlıklı modelde bu değerlerin esnek diyafram yaklaşımı için %15 e, rijit diyafram yaklaşımı içinse %13 e düştüğü görülmüştür. Kolonlarda oluşan iç kuvvetlerin katlara göre ortalama değişimlerine bakıldığında 12 cm döşeme kalınlıklı modelde her iki diyafram modeli arasında momentler için % 6.75' e kadar değişen değerlerde, kesme kuvveti için ise % 5.12'ye kadar değişen değerlerde bir fark varken, 16 cm döşeme kalınlıklı modelde bu farkın momentler için % 5.5' e kadar değişen değerlerde, kesme kuvveti için ise %4.2' ye kadar olduğu görülmüştür.

- Çerçeve taşıyıcı sistemli binalarda döşeme kalınlığı arttıkça taşıyıcı elemanlarda oluşan kuvvetlerin arttığı gözlenmiştir. Ancak döşeme kalınlığı arttıkça esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre taşıyıcı elemanlarda oluşturduğu kuvvetlerin değişiminin azaldığı gözlenmiştir.
- Perde + çerçeve taşıyıcı sistemli binalarda döşeme kalınlığının artırılmasının, düşey taşıyıcı elemanlara gelen kuvvetlerin artmasına neden olduğu görülmüştür. Kolonlarda oluşan iç kuvvet değişimlerine bakıldığında, 12 cm döşeme kalınlıklı modelde kolonlarda oluşan iç kuvvet değişimleri genel olarak % 1- 4 arasındayken, 16 cm döşeme kalınlıklı modelde de bu değişimlerin % 1 - 4 arasındaki değerlerde olduğu gözlenmiştir. Kolonlarda oluşan maksimum değişimlere bakıldığında, 12 cm döşeme kalınlık modelde esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre % 41' e kadar , rijit diyafram yaklaşımının esnek diyafram yaklaşımına göre % 47' ye kadar fazla sonuçlar verdiği gözlenirken, 16 cm döşeme kalınlıklı modelde bu değerler esnek diyafram yaklaşımı için % 38' e, rijit diyafram yaklaşımı içinse % 40' a kadar fazla sonuçlar vermiştir. Kolonlarda oluşan iç kuvvetlerin tüm katlar için ortalama değişimlerine bakıldığında, 12 cm döşeme kalınlıklı modelde momentler için % 7,13' e kadar değişen değerlerde, kesme kuvveti için ise % 5,27' ye kadar değişen değerlerde bir fark varken, 16 cm döşeme kalınlıklı modelde bu farkın momentler için % 6,50' ye kadar değişen değerlerde ve kesme kuvveti için ise % 4.51' e kadar

değişen değerlerde olduğu görülmüştür. Perdelerde oluşan değişimlere bakıldığında, 12 cm döşeme kalınlıklı modelde perde uçlarında oluşan iç kuvvetlerin katlardaki değişimlerinin ortalamasının momentlerde % 22' ye kadar, kesme kuvvetinde ise % 11' e kadar değişen değerlerde olduğu görülmüştür. 16 cm döşeme kalınlık modelde ise momentlerde % 19' a kadar, kesme kuvvetinde ise % 10' a kadar değişen değerlerde olduğu görülmüştür. 12 cm döşeme kalınlıklı modelde perdelerde esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre oluşturduğu en belirgin fark % 75,121 iken rijit diyafram yaklaşımının oluşturduğu en belirgin fark ise %81,449' luk değişim olmuştur. 16 cm döşeme kalınlıklı modelde ise esnek diyafram yaklaşımı için bu fark % 65,983 ve rijit diyafram yaklaşımında ise %77,474 olarak elde edilmiştir.

- Perde + çerçeve taşıyıcı sistemli binalarda döşeme kalınlığı arttıkça taşıyıcı elemanlarda oluşan kuvvetlerin arttığı gözlenmiştir. Ancak döşeme kalınlığının artmasına bağlı olarak her iki yaklaşım arasında oluşan değişimin azaldığı gözlenmiştir.

Yapılan analizler sonucunda döşeme gerilmeleri incelendiğinde,

- Çerçeve taşıyıcı sistemli bina için döşeme gerilme değişimlerine bakıldığında rijit ve esnek diyafram kabulü ile modellenen binaların hepsinde kolon döşeme birleşim bölgelerinde oluşan gerilmelerin C30 için gerilme sınır değeri olan çekme dayanımı 1.90 N/mm^2 yi aştığı görülmüştür. Ancak bu modellemelerde donatı olmadığı göz önünde bulundurulmalıdır. Maksimum gerilme değerleri deprem yönüyle alakalı olarak kolon uçlarında ve plan boyutlarının ani değişim gösterdiği bölgelerde oluşmuştur. Döşeme kalınlığı arttıkça, gerilme değerlerine kat bazında bakıldığında, üç farklı döşeme kalınlığı ile modellenen her iki yaklaşım arasında oluşan farkın aynı mertebede kaldığı görülmüştür. Rijit ve esnek diyafram davranışları kıyaslandığında genel olarak esnek diyafram yaklaşımıyla modellenen binada daha büyük gerilme değerlerinin olduğu ancak bazı noktalarda ise bu değerlerin rijit diyafram yaklaşımına göre daha küçük olduğu görülmüştür. Kolon - döşeme birleşim noktalarındaki gerilme değerlerine bakıldığında, 14 cm döşeme kalınlığı için esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre oluşturduğu farkın en büyük olduğu gözlenmiştir.

- Perde + çerçeve taşıyıcı sistemli bina için döşeme gerilme değişimlerine bakıldığında rijit ve esnek diyafram kabulü ile modellenen binaların hepsinde kolon döşeme birleşim bölgelerinde oluşan gerilmelerin C30 için gerilme sınır değeri olan çekme dayanımı 1.90 N/mm^2 yi aştığı görülmüştür. Ancak bu modellemelerde donatı olmadığı göz önünde bulundurulmalıdır. Maksimum gerilme değerlerinin perde - döşeme birleşim bölgelerinde olduğu görülmüştür. Rijit ve esnek diyafram davranışları kıyaslandığında genel olarak esnek diyafram yaklaşımıyla modellenen binada daha büyük gerilme değerlerinin olduğu ancak bazı noktalarda ise bu değerlerin rijit diyafra yaklaşımına göre daha küçük olduğu gözlenmiştir. Döşeme kalınlığı arttıkça esnek diyafram yaklaşımında rijit diyafram yaklaşımına göre daha büyük gerilme değerleri elde edilmiştir. Döşeme kalınlığı arttıkça, gerilme değerlerine kat bazında bakıldığında üç farklı döşeme kalınlığı ile modellenen her iki yaklaşım arasında oluşan farkın aynı mertebede kaldığı görülmüştür. Kolon - döşeme birleşim noktalarındaki gerilme değerlerine bakıldığında, 14 cm döşeme kalınlığı için esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre oluşturduğu farkın en büyük olduğu görülmüştür.
- Her iki taşıyıcı sistem için de döşeme kalınlığı arttıkça döşemelerde oluşan gerilmelerin arttığı gözlenmiştir. Kalınlığın artmasına bağlı olarak her iki yaklaşım için de döşeme gerilmelerinin %15 mertebesinde arttığı gözlenmiştir. Döşeme kalınlığının artmasına bağlı olarak esnek diyafram yaklaşımıyla modellenen binalarda daha büyük gerilme değerlerinin olduğu gözlenmiştir.

Bu tez çalışması kapsamında rijit diyafram ve esnek diyafram yaklaşımları ile modellenen çerçeve tipi sistemde yapılan çözümlemeler sonucunda her iki yaklaşım için elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, taşıyıcı elemanlarda esnek diyafram modelinin bazı noktalarda rijit diyafram modeline göre daha büyük değerler verdiği gözlenmiştir. Ancak bu değerlerin zemin kat için hesaplanan donatı miktarını etkilemediği görülmüştür. Döşeme kalınlığının artmasına bağlı olarak çerçeve tipi sistemde oluşan iç kuvvetler artmış buna rağmen esnek diyafram modelinin rijit diyafram modeline göre oluşturduğu fark da bir azalma oluşmuştur. Kat döşemelerinde oluşan döşeme gerilmelerinin ise kalınlığa bağlı olarak arttığı, yine kalınlığa bağlı olarak esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre

oluşturduğu farkın da arttığı gözlenmiştir. Ancak kolon - döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerlerinden esnek diyafram yaklaşımı için daha büyük değerler veren bazı noktaların döşeme kalınlığı arttıkça, rijit diyafram yaklaşımı için daha büyük gerilme değerleri oluşturduğu gözlenmiştir.

Tez çalışması kapsamında rijit diyafram ve esnek diyafram yaklaşımları ile modellenen perde + çerçeve tipi sistemde yapılan çözümlemeler sonucunda her iki yaklaşım için elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, taşıyıcı elemanlarda esnek diyafram modelinin bazı noktalarda rijit diyafram modeline göre daha büyük değerler verdiği gözlenmiştir. Ancak bu değerlerin zemin kat için hesaplanan donatı miktarını etkilemediği görülmüştür.

Döşeme kalınlığının artmasına bağlı olarak perde + çerçeve tipi sistemde oluşan iç kuvvetler artmış ancak buna rağmen esnek diyafram modelinin rijit diyafram modeline göre oluşturduğu fark da bir azalma oluşmuştur. Döşeme kalınlığının artmasına bağlı olarak sistemde oluşan iç kuvvetler artmış buna rağmen esnek diyafram modelinin rijit diyafram modeline göre oluşturduğu fark da bir azalma oluşmuştur. Kat döşemelerinde oluşan döşeme gerilmelerinin ise kalınlığa bağlı olarak arttığı, yine kalınlığa bağlı olarak esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre oluşturduğu farkın da arttığı gözlenmiştir. Ancak kolon- döşeme birleşim noktalarında oluşan gerilme değerlerinden esnek diyafram yaklaşımı için daha büyük değerler veren bazı noktaların döşeme kalınlığı arttıkça, rijit diyafram yaklaşımı için daha büyük gerilme değerleri oluşturduğu gözlenmiştir. Esnek diyafram yaklaşımının perde + çerçeve sistemli yapıda sadece çerçeve sistemli yapıya göre daha belirgin farklar oluşturduğu gözlenmiştir.

Döşemelerde oluşan gerilme yığılmalarının özellikle asansör ve merdiven boşlukları arasında kalan bölgelerde yoğunlaştığı gözlenmektedir. Bu bölgelerde oluşacak yığılmaları ve yığılmaların etkilerini en aza indirebilmek adına, bölgelerin döşeme kalınlığı sistemden farklı olarak artırılabilir ya da bu bölgeler yapılacak derzlerle diğer bölgelerden ayrılabilir.

Tez çalışmasında incelenen A3 düzensizliği oranının oluşturduğu sonuçlara bakıldığında, her iki yaklaşım için elde edilen sonuçların bina tasarımına etkisinin aynı mertebede olduğu görülmektedir. Ancak A3 düzensizliğinin daha büyük olduğu yapılarda esnek diyafram yaklaşımının rijit diyafram yaklaşımına göre daha farklı

sonuçlar vereceği düşünülerek esnek diyafram yaklaşımının da göz önüne alınması gerekebilir.

8. KAYNAKLAR

- [1] **Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü**, *Boğaziçi Üniversitesi*, <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/> [Ziyaret Tarihi : 21 Mayıs 2014]
- [2] **Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar, (DBYBHY)**, 2007. T. C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi.
- [3] **Ju, H. S., Lin, M. C.**, 1999, Comparison of Building Analyses Assuming Rigid or Flexible Floors, *Journal of Structural Engineering*, ASCE, 125-1, 25-31.
- [4] **Saffarini, H.S., Qudaimat, M.M.**, 1992, In Plane Floor Deformations In RC Structures, *Journal of Structural Engineering*, ASCE, 118-11, 3089-3101.
- [5] **Ayrancı, M. M.**, 2004, Döşeme Süreksizliği Olan B/A Yapı Sistemlerinin Farklı Bilgisayar Modelleri ile Analizi ve Karşılaştırılması, *Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*.
- [6] **Atabey, M.S.**, 1999, Planda Düzensiz Yapılarda Kat Döşemelerinin Deprem Etkileri Altındaki Davranışı, *Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*.
- [7] **Celep, Z. ve N. Kumbasar**, Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Sema Matbaacılık, İstanbul, (2004).
- [8] **TS500**, Şubat 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara*
- [9] **ETABS Version 9.7.2**, 1984- 2010, *Extended 3D Analysis of Building Systems*, Computers and Structures Inc., California

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Özgen ALGÜL

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul / 11.05.1989

Adres: Küçükçekmece / İSTANBUL

E-Posta: ozgenalgl@gmail.com

Lisans: İstanbul Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2011