İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Mehmet Kazım DİLEK

Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Programı : YAPI MÜHENDİSLİĞİ

ŞUBAT 2006

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Mehmet Kazım DİLEK
(501011122)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 19 Aralık 2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 06 Şubat 2006

Tez Danışmanı:	**Doç. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL**
Diğer Jüri Üyeleri	**Doç. Dr. Turgut ÖZTÜRK**
	Doç. Dr. İrfan COŞKUN (Y.T.Ü)

ŞUBAT 2006

ÖNSÖZ

"Çok Katlı Betonarme Bir Yapının Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi Ve Mod Birleştirme Yöntemine Göre Tasarımı" adlı çalışmayı içeren bu yüksek lisans tezini hazırlamam sırasında bilgi ve hoşgörü ile yardımlarını esirgemeyip yol gösteren değerli hocam Sayın Doç. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL'a ve bana her zaman maddi ve manevi her türlü desteği veren ailem ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Aralık 2005 Mehmet Kazım DİLEK

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR **vi**
TABLO LİSTESİ **vii**
ŞEKİL LİSTESİ **ix**
SEMBOL LİSTESİ **x**
ÖZET **xiii**
SUMMARY **xv**

1. GİRİŞ **1**

2. DEPREM YÜKÜ HESAP YÖNTEMLERİ **4**
2.1. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi 4
2.2. Mod Birleştirme Yöntemi 11
2.3. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri 15

3. TÜRKİYE DEPREM YÖNETMELİĞİ (A.B.Y.Y.H.Y) **16**
3.1. Düzensiz Yapılar 17
3.2. A.B.Y.Y.H.Y 1998 Esaslarına Göre Düzensizlikler 19
3.2.1. Planda Düzensizlik Durumları 20
3.2.1.1. A–1 Burulma Düzensizliği 20
3.2.2. Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları 20
3.2.2.1. B1-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat) 20
3.2.2.2. B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) 21
3.3. Zemin Koşullarının Belirlenmesi 21
3.3.1. Zemin Koşulları Yerel Sınıfları 21
3.4. Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonlar 23
3.4.1. Boyuna Donatı Koşulları 23
3.4.2. Enine Donatı Koşulları 24
3.4.3. Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulu 27
3.4.4. Kolonların Kesme Güvenliği 28
3.5. Süneklik Düzeyi Yüksek Kirişler 28
3.5.1. Boyuna Donatı Koşulları 29
3.5.2. Enine Donatı Koşulları 30
3.5.3. Kirişlerin Kesme Güvenliği 31
3.6. Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler 32
3.6.1. Perde Uç Bölgeleri ve Kritik Perde Yüksekliği 33

3.6.2. Gövde Donatısı Koşulları 33
3.6.3. Perde Uç Bölgelerinde Donatı Koşulları 34
3.6.4. Perdelerin Kesme Güvenliği 36
3.7. Süneklik Düzeyi Normal Kolonlar 36
3.7.1. Boyuna Donatı Koşulları 36
3.7.2. Enine Donatı Koşulları 36
3.7.4. Kolonların Kesme Güvenliği 37
3.8. Süneklik Düzeyi Normal Kirişler 37
3.8.1. Boyuna Donatı Koşulları 37
3.8.2. Enine Donatı Koşulları 38
3.8.3. Kirişlerin Kesme Güvenliği 38
3.9. Süneklik Düzeyi Normal Perdeler 38
3.10. Yapının Deprem Dayanımı için Sağlaması Gereken Koşullar 38

4. TASARIMDA İZLENEN YOL 41
4.1. Boyutlandırma 41
4.2. Düzensizlik Kontrolleri 43
4.2.1. A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü 43
4.2.2. B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği Kontrolü 44
4.2.3. Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü 44
4.2.4. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü 44
4.2.5. α_m Hesabı 44
4.3. Sonlu Elemanlar Yöntemi 45

5. BETONARME BİR YAPININ TASARIMI 47
5.1. Döşeme Kalınlıkları Kontrolü 49
5.2. Döşemelerdeki Sabit ve Hareketli Yük Kontrolleri 52
5.3. Döşeme Donatısı Hesabı 53
5.4. Döşeme Hesap Momentlerinin Bulunması 55
5.5. Kiriş ve Kolon Önboyutlandırması 62

6. DEPREM YÜKLERİNE GÖRE HESAP 69
6.1. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile Deprem Yüklerinin Bulunması 71
6.1.1. Yük Kombinasyonları 71
6.1.2. X Doğrultusundaki Deprem Yükleri 72
6.1.2.1. Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Bulunması 72
6.1.3. Y Doğrultusundaki Deprem Yükleri 75
6.1.3.1. Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Bulunması 75
6.2. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine Göre Düzensizlik Kontrolleri 78
6.2.1. Kat Deplasmanları ve A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü 78

6.2.2. B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik (Yumuşak Kat) Düzensizliği Kontrolü 81
6.2.3. Göreli Kat Ötelemeleri 84
6.2.4. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü 87
6.3. Mod Birleştirme Yöntemi ile Deprem Yüklerinin Bulunması 91
6.3.1. Yapının Harekete Katılan Kütle Dağılımlarının İncelenmesi 92
6.3.2. Yapının Periyotlarının İncelenmesi 93
6.3.3. Katlara Etkiyen Deprem Yüklerinin Karşılaştırması 94
6.3.4. Kat Deprem Deplasmanlarının Karşılaştırması 97
6.4. Mod Birleştirme Yöntemine Göre Düzensizlik Kontrolleri 100
6.4.1. A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü 100
6.2.2. B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği Kontrolü 103
6.2.3. Göreli Kat Ötelemeleri 106
6.2.4. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü 109
6.5. Sünekliği Normal Yapının Deprem Yüklerine Göre Hesabı 112
6.5.1. Binanın Sünekliğine Göre Eşdeğer Deprem Yükü Hesaplarının Karşılaştırması 112
6.5.2. Binanın Sünekliğine Göre Eşdeğer Deprem Yükü Hesaplarının Karşılaştırması 118

7. BETONARME HESAPLAR 124
7.1. Zemin Kat Kolonları Boyuna Donatı Hesapları 124
7.2. Zemin Kat Kolonlarının Kesme Güvenliği 128
7.3. Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulu 138
7.4. Kiriş Boyuna Donatı Hesabı 142
7.5. Kiriş Kesme Güvenliği Hesabı 143
7.6. Perde Duvarların Betonarme Hesabı 177

8. SONUÇLAR 185

EKLER 188

KAYNAKLAR 205

ÖZGEÇMİŞ 206

KISALTMALAR

A.B.Y.Y.H.Y	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
TS-500	: Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları
TS-498	: Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri
Z1,Z2,Z3,Z4	: Yerel Zemin Sınıfları

TABLO LİSTESİ

No		Sayfa
Tablo 2.1	Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Uygulanabileceği Binalar…….	4
Tablo 2.2	Hareketli Yük Katılım Katsayısı …….....	6
Tablo 2.3	Etkin Yer İvmesi Katsayısı..…….	6
Tablo 2.4	Bina Önem Katsayısı….....…….....	7
Tablo 2.5	Spektrum Karakteristik Periyotları..……..	8
Tablo 2.6	Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ……..…	10
Tablo 3.1	Zemin Grupları……...	22
Tablo 3.2	Yerel Zemin Sınıfları…….	22
Tablo 5.1	Binanın Genel Özellikleri……..	47
Tablo 5.2	Döşeme Momentleri Hesabı……...	55
Tablo 5.3	X Doğrultusunda Döşeme Donatı Hesabı……..	58
Tablo 5.4	Y Doğrultusunda Döşeme Donatı Hesabı……..	59
Tablo 5.5	Kiriş Yükleri ve Kirişlere Gelen Eşdeğer Yayılı Yükler……...	65
Tablo 5.6	Kolon Önboyutlandırması……..	66
Tablo 6.1	Yapının Titreşim Periyotları (T_x)……...	72
Tablo 6.2	X Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Katlara Dağılımı ve Kat Kesme Kuvvetleri……	74
Tablo 6.3	Yapının Titreşim Periyotları (T_y)……...	75
Tablo 6.4	Y Yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin Katlara Dağılımı ve Kat Kesme Kuvvetleri……	77
Tablo 6.5	Yapının Kat Deprem Deplasmanları……..	78
Tablo 6.6	X Yönünde A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü……	79
Tablo 6.7	Y Yönünde A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü……	80
Tablo 6.8	X Yönündeki B2 Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü…….	82
Tablo 6.9	Y Yönündeki B2 Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü…….	83
Tablo 6.10	X Yönündeki Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü…….	85
Tablo 6.11	Y Yönündeki Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü…….	86
Tablo 6.12	X Yönündeki İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü……	88
Tablo 6.13	Y Yönündeki İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü……	89
Tablo 6.14	Modlara Göre Kütle Dağılım Oranları……...	92
Tablo 6.15	Modalara Göre Periyot ve Frekanslar……	93
Tablo 6.16	X Yönündeki Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırması……...	95
Tablo 6.17	Y Yönündeki Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırması……...	96
Tablo 6.18	Kat Deprem Deplasmanları……	97
Tablo 6.19	X Yönüne Göre A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü…….	100
Tablo 6.20	Y Yönüne Göre A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü…….	101
Tablo 6.21	X Yönüne Göre B-2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği……	103
Tablo 6.22	Y Yönüne Göre B-2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği……	104

Tablo 6.23 X Yönüne Göre Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü……. 106
Tablo 6.24 Y Yönüne Göre Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü……. 107
Tablo 6.25 X Yönüne Göre İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü…… 109
Tablo 6.26 Y Yönüne Göre İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü…… 110
Tablo 6.27 X Yönüne Göre Kat Kuvvetleri ve Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırması……... 112
Tablo 6.28 Y Yönüne Göre Kat Kuvvetleri ve Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırması……... 113
Tablo 6.29 Kat Deplasmanlarının Karşılaştırması……... 115
Tablo 6.30 Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolleri…… 116
Tablo 6.31 Göreli Kat Ötelemeleri Karşılaştırması…….. 116
Tablo 6.32 X Yönüne Göre Kat Kuvvetleri ve Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırması……... 118
Tablo 6.33 Y Yönüne Göre Kat Kuvvetleri ve Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırması……... 119
Tablo 6.34 Kat Deplasmanlarının Karşılaştırması……... 121
Tablo 6.35 Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolleri…… 122
Tablo 6.36 Göreli Kat Ötelemeleri Karşılaştırması…….. 122
Tablo 7.1 Kiriş Donatı Tablosu…….. 188

ŞEKİL LİSTESİ

No		Sayfa
Şekil 2.1	Zaman – Spektrum Katsayısı Grafiği…….	8
Şekil 2.2	F_{fi}'nin elde edilmesi……...	9
Şekil 2.3	Kat ağırlıkları ve katlara gelen deprem yükleri…….	11
Şekil 2.4	Kaydırılmış ve gerçek kütle merkezleri…….	12
Şekil 2.5	Katlarda gerçek ve kaydırılmış kütle merkezleri……...	13
Şekil 3.1	Perdeli Yapıların Deprem Bakımından Plandaki Durumu……	18
Şekil 3.2	Burulma Düzensizliği……	20
Şekil 3.3	Kolonun Boyuna Donatı Koşulları……	24
Şekil 3.4	Kolonun Enine Donatı Koşulları……	26
Şekil 3.5	Kolon ve Kiriş Taşıma Gücü Momentleri……..	27
Şekil 3.6	Kirişlerin Boyuna Donatı Koşulları……...	30
Şekil 3.7	Kirişlerin Enine Donatı Koşulları……..	31
Şekil 3.8	Kirişlerin i ve j uçlarındaki Pekleşme Momentleri……	32
Şekil 3.9	Perdelerin Donatı Koşulları……...	35
Şekil 4.1	Tablalı Kiriş Kesit Boyutları……..	43
Şekil 5.1	Bodrum Katı Kalıp Planı……..	48
Şekil 5.2	Birinci Kat Döşemelerinde 1,4G+1,6Q Kombinasyonu altında Oluşan M11 Moment Dağılım Kontürleri…….	60
Şekil 5.3	Birinci Kat Döşemelerinde 1,4G+1,6Q Kombinasyonu altında Oluşan M22 Moment Dağılım Kontürleri…….	61
Şekil 5.4	SAP2000'den Alınan, Kiriş ve Kolonların 3D Görünümü……	64
Şekil 5.5	2 Aksındaki Kirişlerin Yüklemesi……..	65
Şekil 6.1	Binanın SAP2000 Programından Alınan 3D Görünümü……...	71
Şekil 6.2	X ve Y Yönlerine ait A1 Burulma Düzensizliği……	81
Şekil 6.3	X ve Y Yönlerine ait B2 Yumuşak Kat Düzensizliği……	84
Şekil 6.4	X ve Y Yönlerine ait Göreli Kat Ötelemeleri ……...	87
Şekil 6.5	X ve Y Yönlerine ait İkinci Mertebe Etkileri……...	90
Şekil 6.6	Binanın 1. Modunun 3D Görünümü……..	91
Şekil 6.7	10. Yüklemeye Göre X Yönünde Kat Deprem Deplasmanlarının Karşılaştırması……...	98
Şekil 6.8	12. Yüklemeye Göre Y Yönünde Kat Deprem Deplasmanlarının Karşılaştırması……...	99
Şekil 6.9	X ve Y yönünde Mod Birleştirme Yöntemine göre bulunan A1-Burulma Düzensizlikleri ile Eşdeğer Deprem Yüküne göre Bulunan A1-Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması……..	102
Şekil 6.10	X ve Y yönünde Mod Birleştirme Yöntemine göre bulunan B-2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizlikleri ile Eşdeğer Deprem Yüküne göre Bulunan B-2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliklerinin Karşılaştırılması……..	105

Şekil 6.11 X ve Y yönünde Mod Birleştirme Yöntemine göre bulunan Göreli Kat Ötelemeleri Değerleri ile Eşdeğer Deprem Yüküne göre Bulunan bulunan Göreli Kat Ötelemeleri Değerlerinin Karşılaştırılması……. 108
Şekil 6.12 X ve Y yönünde Mod Birleştirme Yöntemine göre bulunan İkinci Mertebe Etkileri ile Eşdeğer Deprem Yüküne göre Bulunan bulunan İkinci Mertebe Etkilerinin Karşılaştırılması……. 111
Şekil 6.13 X Yönünde Binanın Sünekliğine Göre Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırması……... 114
Şekil 6.14 Y Yönünde Binanın Sünekliğine Göre Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırması……... 114
Şekil 6.15 Kat Deplasmanlarının Karşılaştırması……... 115
Şekil 6.16 Göreli Kat Ötelemelerinin Karşılaştırması…… 117
Şekil 6.17 X Yönünde Binanın Sünekliğine Göre Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırması……... 120
Şekil 6.18 Y Yönünde Binanın Sünekliğine Göre Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırması……... 120
Şekil 6.19 Kat Deplasmanlarının Karşılaştırması……... 121
Şekil 6.20 Göreli Kat Ötelemelerinin Karşılaştırması…… 123

SEMBOL LİSTESİ

A : Brüt kat alanı
$A(T)$: Spektral ivme katsayısı
A_o : Etkin yer ivmesi katsayısı
A_c : Kolonun veya perde uç bölgesinin brüt enkesit alanı
A_{ch} : Boşluksuz perdenin, bağ kirişli perdede her bir perde parçasının brüt enkesit alanı
A_{ck} : Sargı Donatısının dışından dışına ölçü içinde kalan çekirdek beton alanı
A_g : Kesitin brüt alanı
A_{sh} : Söz konusu deprem doğrultusundaki enine donatı kesit alanı
b : Tablalı kesitte etkili tabla genişliği; kolon en kesit genişliği
b_j : Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, birleşim bölgesinde saplanan kirişin düşey orta ekseninden itibaren kolon kenarlarına olanlardan küçük olanın iki katı
b_k : Birbirine dik yatay doğrultuların her biri için, kolon veya perde uç bölgesi çekirdeğinin enkesit boyutu
b_w : Tablalı kesitte gövde genişliği
d : Kirişte faydalı yükseklik; yatay deplasman
d' : Pas payı mesafesi
d_c : Hesap edilen maksimum deplasman
D_i : Kolon kayma rijitliği
D_m : Ölçülen maksimum deplasman
E : Elastisite modülü
e_x, e_y : Dış kuvvetlerin merkezliği
F : Yatay kuvvet
F_c : Hesap edilen yapının doğal frekansı
f_{cd} : Beton tasarım basınç dayanımı
f_{ck} : Beton karakteristik basınç dayanımı
f_{ctd} : Beton tasarım çekme dayanımı
f_{ctk} : Beton karakteristik çekme dayanımı
f_{yd} : Donatı tasarım akma gerilmesi
f_{ywd} : Etriye donatısının tasarım akma gerilmesi
h : Kolonun göz önüne alınan deprem doğrultusundaki enkesit boyutu
H_{cr} : Kritik perde yüksekliği
H_i : Üniform rijitliğe sahip duvar elemanı rijitliği
h_k : Kiriş yüksekliği
H_w : Temel üstünde veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği
I : Kesit atalet momenti; yapı önem katsayısı
I_g : Kesitin çatlamamış atalet momenti
I_p : Perde duvarım atalet momenti
K : Yapı rijitliği

$\mathbf{K_r}$ **:** Temel rijitliği

$\mathbf{l_b}$ **:** TS-500'de çekme donatısı için verilen kenetlenme boyu

$\mathbf{l_n}$ **:** Serbest açıklık mesafesi

$\mathbf{l_{sn}}$ **:** Döşemenin kısa doğrultudaki net açıklığı

m **:** Boyutsuz moment; döşemede uzun kenarın kısa kenara oranı

$\mathbf{M_0}$ **:** Eşdeğer basit kiriş eğilme momenti

$\mathbf{M_1}$**,** $\mathbf{M_2}$ **:** Kolon uç momentleri

$\mathbf{M_a}$ **:** Kolonun serbest yüksekliğinin alt ucunda, kolon kesme kuvvetinin hesabında esas alınan moment

$\mathbf{M_d}$ **:** Hesap eğilme momenti

$\mathbf{m_i}$ **:** Binanın i. katının kütlesi

$\mathbf{M_{ki}}$ **:** Binanın herhangi bir i. katının toplam kiriş momenti

$\mathbf{M_{pi}}$ **:** Kirişin sol ucu i'deki kolon yüzünde çeliğin pekleşmesi gözönüne alınarak hesaplanan pozitif veya negatif pekleşmeli taşıma gücü momenti

$\mathbf{M_{pj}}$ **:** Kirişin sağ ucu j'deki kolon yüzünde çeliğin pekleşmesi gözönüne alınarak hesaplanan pozitif veya negatif pekleşmeli taşıma gücü momenti

$\mathbf{M_r}$ **:** Kirişin taşıma gücü momenti

$\mathbf{M_{ra}}$ **:** Kolonun veya perdenin serbest yüksekliğin alt ucunda hesaplanan taşıma gücü momenti

$\mathbf{M_{ri}}$ **:** Kirişin sol ucu i'deki kolon veya perde yüzünde hesaplanan pozitif veya negatif pekleşmeli taşıma gücü momenti

$\mathbf{M_{rj}}$ **:** Kirişin sağ ucu j'deki kolon veya perde yüzünde hesaplanan pozitif veya negatif pekleşmeli taşıma gücü momenti

$\mathbf{M_{rü}}$ **:** Kolonun veya perdenin serbest yüksekliğin üst ucunda hesaplanan taşıma gücü momenti

$\mathbf{M_ü}$ **:** Kolonun serbest yüksekliğin üst ucunda, kolon kesme kuvvetinin hesabıda esas alınan moment

n **:** Duvar elemanları sayısı; hareketli yük katılım sayısı; boyutsuz normal kuvvet

N **:** Eksenel normal kuvvet

P **:** Toplam Yük

p **:** Birim boy ve alana etkiyen toplam yük

q **:** Birim boy ve alana etkiyen hareketli yük

Q **:** Hareketli Yük

R **:** Taşıyıcı sistem davranış katsayısı

$\mathbf{R_a(T)}$ **:** Deprem Yükü azaltma katsayısı

s **:** Enine donatı aralığı

$\mathbf{T_A}$**,** $\mathbf{T_B}$ **:** Spektrum karakteristik periyotları

V **:** Kesme Kuvveti

Vc **:** Beton kesitin taşıdığı kesme kuvveti

$\mathbf{V_{cr}}$ **:** Eğik çatlamayı oluşturan kesme kuvveti

$\mathbf{V_d}$ **:** Tasarım kesme kuvveti

$\mathbf{V_{dy}}$ **:** Kirişin kolon yüzünde düşey yüklerden meydana gelen basit kiriş kesme kuvveti

$\mathbf{V_e}$ **:** Kolon ve kirişte enine donatı hesabında esas alınan kesme kuvveti

$\mathbf{V_{kol}}$ **:** Düğüm noktasının üstünde ve altındaki kolon kesme kuvvetlerinden küçük olanı

$\mathbf{V_r}$ **:** Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımı

$\mathbf{V_t}$: Taban kesme kuvveti

W : Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesap edilen ağırlığı

w : Mekanik donatı oranı

$\boldsymbol{\alpha_s}$: Döşemede toplam sürekli kenar uzunluğunun toplam kenar uzunluğuna oranı

$\Delta \mathbf{F_N}$: Binanın tepesine etkiyen eşdeğer deprem yükü

$\boldsymbol{\Delta_i}$: Binanın i. katındaki göreli kat ötelemesi

$\boldsymbol{(\Delta_i)_{max}}$: Binanın i. katındaki maksimum göreli kat ötelemesi

$\boldsymbol{(\Delta_i)_{min}}$: Binanın i. katındaki minimum göreli kat ötelemesi

$\boldsymbol{(\Delta_i)_{ort}}$: Binanın i. katındaki ortalama göreli kat ötelemesi

$\boldsymbol{\eta_{bi}}$: Binanın i. katındaki burulma düzensizliği katsayısı

$\boldsymbol{\eta_{ki}}$: Binanın i. katındaki yumuşak kat düzensizliği katsayısı

$\boldsymbol{\theta_i}$: Binaın i. katındaki ikinci mertebe gösterge değeri

μ : Boyutsuz donatı yüzdesi

ρ : Çekme donatısı oranı

$\boldsymbol{\rho_s}$: Hacimsel donatı oranı

$\boldsymbol{\rho_{sh}}$: Perdede yatay gövde donatılarının perde gövdesi brüt enkesit alanına oranı

$\boldsymbol{\rho_v}$: Gövde donatısı oranı

$\boldsymbol{\rho_w}$: Etriye donatısı oranı

$\boldsymbol{\sigma_s}$: Çekme Gerilmesi

$\boldsymbol{\sigma'_s}$: Basınç Gerilmesi

τ : Kayma Gerilmesi

Φ : Donatı çapı; yapı ile zemin arasındaki rölatij rijitlik

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

ÖZET

Yapıya etkiyen deprem yükünün hesaplanabilmesi için farklı yöntemler mevcuttur. Bu yöntemlerden sistemimize uygun olanını tespit ederek, deprem yükünün hesabını ve elemanlara dağılımını, o yöntemin gerektirdiği tarzda yapmamız gerekmektedir. Yapıya uygun olmayan bir yaklaşım yaparak deprem yükleri hesaplandığı takdirde elde edeceğimiz sonuçlar olması gerektiği gibi çıkmayacaktır. Bu nedenle, deprem yüklerinin hesaplanmasında kullanılan bu yöntemlerin uygulama sınırları yönetmeliğimizce kısıtlanmıştır.

Dinamik karakterli etkiler altındaki sistemlere ait hareket denklemlerinin çözümü için kullanılan Modların Süperpozisyonu Yöntemi ve Zaman Artımı Yöntemleri dinamik davranışa, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ise yarı dinamik davranışa dayanan çözüm yöntemleridir. Modların Süperpozisyonu Yönteminin esası; çok serbestlik dereceli sistemin davranışı, n serbestlik derecesine eşit sayıda birbirinden bağımsız n tane tek serbestlik dereceli sistemin davranışı olarak çözümlemeye dayanır, n sayıda tek serbestlik dereceli sistemlerin davranışının lineer kombinezonu ile çok serbestlik dereceli sistemlerin davranışı elde edilebilir. Yapılarda depremden meydana gelen etkileri hesaplamak için kullanılan diğer bir yöntem de Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemidir. Bu yöntemde, yapının birinci modu hariç diğer modların katkısı ihmal edilerek hesap yapılır. Dinamik etkiler yapının birinci özel periyoduna bağlı olarak fiktif statik yükler şeklinde alınır ve böylece dinamik problem statik probleme dönüştürülmüş olur. Depreme dayanıklı yapı tasarımının önemli iki adımından biri yapının iyi düzenlenmesi ve yeterli kalitede malzeme kullanılması, diğeri ise yapıda depremin oluşturulması beklenen kesit zorlarının yeterli yaklaşıklıkla belirlenerek, karşılanmasıdır.

Birinci bölümde, giriş başlığı altında genel bilgiler verilmiştir.

İkinci bölümde, deprem hesabında uygulanan yöntemler detaylı olarak incelenmiştir. Bu bölümde Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Modların Süperpozisyonu Yöntemi ile yapıya etki eden deprem kuvvetlerinin belirlenmiş ve hesap detayları üzerinde durulmuştur.

1975 yılından beri yürürlükte olan "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" (ABYYHY), günümüzdeki Deprem Mühendisliği gelişmelerinin yansıtılması ve uygulanması amacıyla değiştirilmiştir. Depremle ilgili gelişmeleri yerel şartlar göz önünde tutarak yansıtmak amacıyla yeni yönetmelik ABYYHY98 yürürlüğe girmiştir. Üçüncü bölümde, bu yönetmeliğin genel ilke ve kuralları tanıtılıp betonarme çerçeve yapılarla ilgili tasarım kuralları ve deprem hesap yöntemleri verilmiştir.

Çalışmanın sonraki bölümlerinde, perde ve çerçeve sistemden oluşan çok katlı betonarme bir binanın tasarımı yapılmıştır. Söz konusu bina, l.Deprem Bölgesinde olup, 1 bodrum kattan, 1 zemin kattan ve 10 normal kattan oluşmakta ve konut olarak kullanılması amaçanlanmaktadır. Bodrum kat yüksekligi 3,5 m, zemin ve normal katların yükseklikleri ise 3 m'dir. Malzeme olarak BS30 VE BÇIIIa (S420) kullanılmıştır.

TS498'de verilen yüklere göre zati ağırlık ve hareketli yükler hesaplanmış ve bu yüklerin etkisinde elemanların önboyutları TS500 'de belirtilen kurallara göre belirlenmiştir. Daha sonra binanın SAP2000 sonlu elemanlar analiz programı kullanılarak 3 boyutlu modellemesi yapılmıştır. Bina deprem yüklemesi, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemine göre çözülerek davranışı incelenmiştir.

SAP2000'den elde edilen sonuçlar kullanılarak, zemin kat kolon ve kirişleri ile perde duvarları için betonarme hesaplar yapılmıştır. Bu arada binanın ABYYHY'de belirtilen bina düzensizliklerinden olan Al - Burulma Düzensizliği ve B2 - Yumuşak Kat Düzensizliği açısından irdelenmiştir. Ayrıca yine ABYYHY'de belirtilen kontrollerden olan Göreli Kat Ötelemesi ve İkinci Mertebe Etkileri kontrolleri de yapılmıştır.

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

SUMMARY

There are different methods of calculating the force of earthquakes affecting on buildings. After determining the essential one of the methods for our system, the force of earthquakes and its distribution over elements must be calculated in the way the chosen method requires. On the occasion of the force of earthquakes being calculated with an unsuitable approach for the building, the results will not be in the way that they must be. Therefore, the application of the calculating methods the earthquake forces is given by our code.

The methods which are used to solve equations of motions of the dynamic systems are Mode-Superposition Method and Time Increment Method that are dynamic methods and the Equivalent Seismic Load Method which is semi-dynamic. The dynamic response of independent mass concentrated points can be obtained separately for each mode shapes and then with superposing them the total response of the point is determined. This procedure is called Mode-Superposition Method. The Equivalent Seismic Load Method uses only the first mode for the calculations. Dynamic effects of structure can be presented by using equivalent static load that depends on first mode only, therefore a dynamic problem is converted to an equivalent static problem.

In the first chapter of study, the introduction about the subject thesis is presented.

In the second chapter, the analysis methods are examined with details. In this chapter, the determination of the seismic loads by the Equivalent Static Method and Mode-Superposition Method, controls of plan irregularities for Turkish seismic code, the determination of the in-plane stress distributions in floor slabs are explained.

Turkish Seismic Code of 1975 has been changed to take into account of the developments in earthquake engineering. New Seismic Code has been published in 1998 instead of the old one, which became insufficient due to the new structural

design technologies. In the third chapter, a brief introduction of the principles and the rules of TSC'98 are explained.

In the following parts of the thesis, reinforced concrete tall story building consisting of 1 basement story, 1 ground floor and 10 official stories, which is located in 1st degree seismic zone, is analysed. This building is designed as dwelling. The basement story is 3.5 m, the ground floor and official stories are 3 m in height. As materials C30 and S420 are used.

Under the effects of self weight and live loads presented in Turkish Standards 498, preliminary dimensions are assigned to the structural elements according to the rules mentioned in Turkish Standards 500. After that, 3 dimensional modelling of the building is made using the SAP 2000 finite element analyses programme. For the purpose of considering the behavior of the building undergoing the lateral seismic effects, the loads found according to the Equivalent Seismic Load Method and Mode-Superposition Method presented in the Turkish Earthquake Code, are applied in the computer model.

By using the results from SAP 2000 analysis, the reinforced concrete sectional calculations about the ground floor columns, beams and the shear walls, are made. Once again, according to the results obtained from SAP 2000 analysis, the reinforced concrete sectional calculations about the mat foundation slabs and beams are made. After all these, the building is examined about the disorders, presented in Turkish Earthquake Code, which are Al - Twist Disorder and B2 - Between Adjacent Stories Stiffness Disorder. The checkings, relative floor displacement and second stage effects, presented in Turkish Earthquake Code are also made.

1. GİRİŞ

Ülkemizin aktif bir deprem kuşağı üzerinde bulunması nedeniyle deprem etkisi, yapıların tasarımını etkileyen en önemli faktörlerden biri olarak dikkate alınır. Ancak, bir bölgede olabilecek depremlerin özelliklerinin ve yapılar üzerindeki etkilerinin kesin olarak bilinmesi bugünün şartlarında henüz olanaksız görünmektedir.

Bu belirsizliklere rağmen depremlere karşı yeterli dayanıma sahip yapı yapmak mümkündür. Yerin depremselliği ve yapının fonksiyonunu göz önünde bulundurarak uygun bir taşıyıcı sistem seçimi, doğru bir hesap yöntemi ve özenli bir inşaat imalatı ile depreme dayanıklı bina yapılabilir.

Deprem hareketi, bölgeden bölgeye değişik özellikler gösterir. Bu nedenle her ülke, kendi jeolojik ve sismik özellikleri ile yerel koşullarının doğrultusunda, yapıların deprem etkisi altındaki tasarımında uyulması gereken kuralları içeren yönetmelikler hazırlar. Bu yönetmelikler de, depreme dayanıklı yapı ve depremlerde oluşan kuvvetler konusunda süregelen araştırma ve incelemelerin paralelinde zamana bağlı olarak değişmeleri ve gelişmeleri yansıtmak amacıyla değiştirilirler.

Gelişen teknoloji ve aradan geçen 22 yıl boyunca yaşanan depremlerden edinilen deneyimler Türkiye'nin de yeni bir deprem yönetmeliğine ihtiyacı olduğu sonucunu getirmiştir. Yeni Türkiye Deprem Yönetmeliği "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" [1] adıyla Eylül 1997'de yayınlanarak Ocak 1998'de, "ABYYHY75" yönetmeliğinin yerini almıştır.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında genellikle tüm dünyada uygulanan temel ilke ABYYHY'de de benimsenmiştir. Bu ilkeye göre yapı,

- Sık ve küçük şiddetteki depremleri elastik sınırlar içinde kalarak,
- Orta şiddetteki depremleri elastik sınırların ötesinde, fakat taşıyıcı sistemde kolayca onarılabilecek önemsiz hasarlarla,
- Çok seyrek şiddetli depremleri, büyük hasarla fakat taşıyıcı sistem tamamen göçmeden, can kaybı olmaksızın,

karşılayabilecek şekilde tasarlanmalıdır.

Dinamik karakterli etkilere maruz sistemlere ait hareket denklemlerinin çözülmesindeki amaç, bu sistemlerin söz konusu etki altındaki öteleme bileşenlerinin bulunup buna bağlı olarak iç kuvvet, şekil değiştirme ve gerilme bileşenlerinin hesaplanmasıdır.

Bu bölümde depremin yapılar üzerindeki etkisini tayin etmek için kullanılan yöntemler anlatılmıştır. Bu yöntemler üç ana başlık altında verilebilir:

1. Dinamik yöntemler,
2. Yarı dinamik yöntem,
3. Statik yöntemler.

Dinamik yöntemler grubuna da Mod Birleştirme Yöntemi ile Zaman Tanım Aralığında Hesap Yöntemi yer alır. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi, yarı dinamik sınıfına girer.

Yapıların deprem hesabı için dünya yönetmeliklerinin birçoğunda olduğu gibi "ABYYHY98" [1]'de de Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi, Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri önerilmiştir.

Bu tez çalışmasında, 12 katlı betonarme bir yapının taşıyıcı sistemi, yatay ve düşey yükler altında ABYYHY98 [1] kurallarına göre incelenmiş ve analizi yapılarak projelendirilmiş, statik ve betonarme hesapları ve ilgili çizimleri yapılmıştır.

Yapının taşıyıcı sistemi perde ve betonarme çerçevelerden meydana gelmektedir. Döşemeler çift doğrultuda çalışan kirişli plak döşemelerdir. Yatay yükler, perdeler ve çerçevelerle ortak olarak taşınmaktadır.

Yapı, bir bodrum kat, bir zemin kat ve on normal kattan oluşmaktadır. Bodrum katının yüksekliği 3,50 m, zemin kat ve normal katların yüksekliği ise 3,00 m dir.

Yapı, birinci derece deprem bölgesinde ve Z2 sınıfı zemin üzerinde yer almaktadır. Yapıda malzeme olarak BS30 kalitesinde beton ve BÇIIIa (S420) kalitesinde betonarme çeliği kullanılmıştır. Zemin emniyet gerilmesi 210 kN/m^2 alınmıştır.

Yapının taşıyıcı sisteminin çözümü üç boyutlu olarak SAP2000 ile yapılmıştır. Modelde kolon ve kirişler çubuk eleman, döşemeler ve perdeler ise kabuk eleman olarak tanımlanmıştır. Taşıyıcı elemanların ön boyutlandırması, "Yapı Elemanlarının Boyutlandırmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri" (TS498) [7] kurallarına göre yapılmıştır.

Taşıyıcı sistemin boyutlandırılmasında düşey ve yatay yüklerin uygun kombinasyonları ayrı ayrı düşünülmüştür. Yatay yüklere göre hesap "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" kurallarına göre yapılmıştır. Taşıyıcı elemanların betonarme hesaplarında "Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları"(TS500) [6] ile verilen kurallar uygulanmıştır.

2. DEPREM YÜKÜ HESAP YÖNTEMLERİ

Yapı sistemlerinin deprem yükü hesabı 3 şekilde yapılabilir.

1- Eşdeğer Deprem Yükü

2- Mod Birleştirme Yöntemi

3- Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

Bu bölümde deprem yüklerinin hesabında kullanılan yöntemler ayrıntılı olarak ele alınmış ve Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi, Mod Birleştirme ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri hakkında "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" [1] esaslarına dayanarak bilgi verilmiştir.

2.1 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi

Tablo 2.1 Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Uygulanabileceği Binalar

Deprem Bölgesi	Bina Türü	Toplam Yükseklik Sınırı
1,2	A-1 Türü burulma düzensizliği olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2,0$ koşulunu sağlayan binalar	$H_N \leq 25$ m.
1,2	A-1 Türü burulma düzensizliği olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2,0$ koşulunu sağlayan ve ayrıca B-2 türü düzensizliği olmayan binalar	$H_N \leq 60$ m.
3,4	Tüm Binalar	$H_N \leq 75$ m.

Tablo 2.1'de kullanılan H_N ifadesi bina toplam yüksekliğini ifade etmektedir.

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

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

Bu ifadede;

W : Binanın toplam ağırlığı

T_1 : Binanın birinci doğal periyodu

$R_a(T)$: Deprem yükü azaltma katsayısı

$A(T)$: Spektral ivme katsayısı

A_0 : Etkin yer ivmesi katsayısı

I : Bina önem katsayısı

şeklinde belirtilmiştir.

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

$$W = \sum_{i=1}^{N} w_i \tag{2.2}$$

w_i kat ağırlıkları ise Denklem 2.3 ile hesaplanacaktır.

$$w_i = g_i + n.q_i \tag{2.3}$$

Bu ifadelerde;

wi : Her bir kata ait ağırlık

gi : Sabit yükler

qi : Hareketli yükler

n : Hareketli yük azaltma katsayısı şeklinde ifade edilmiştir.

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

Tablo 2.2 Hareketli Yük Azaltma 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

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan ve tanım olarak %5 sönüm oranı için elastik Tasarım İvme Spektrumu'nun yerçekimi ivmesi g'ye bölünmesine karşı gelen Spektral İvme Katsayısı, A(T), Denklem 2.4'te tanımlanmıştır.

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

A_0 : Etkin yer ivme katsayısını

S(T) : Spektrum katsayısını

I : Bina önem katsayısını

ifade etmektedir.

Denklem 2.4'de yer alan etkin yer ivmesi katsayısı, A_0 , Tablo 2.3'de verilmiştir.

Tablo 2.3 Etkin Yer İvmesi Katsayısı

Deprem Bölgesi	**A_0**
1	0,40
2	0,30
3	0,20
4	0,10

Bina önem katsayısı, I , Tablo 2.4'de verilmiştir.

Tablo 2.4 Bina Önem Katsayısı

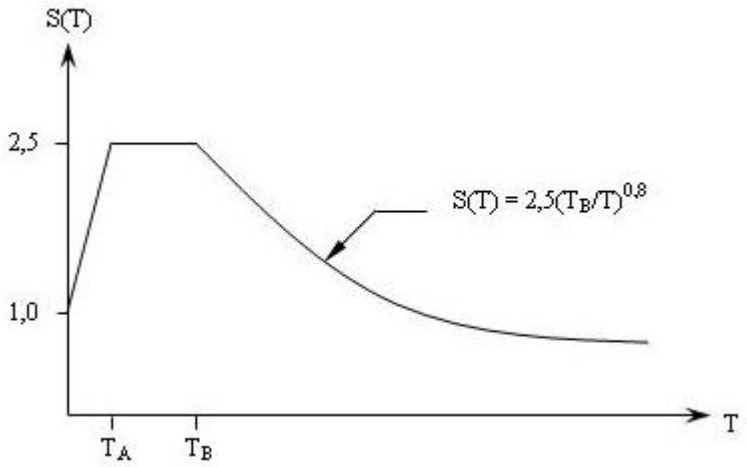
Binanın Kullanım Amacı veya Türü	***Bina Önem Katsayısı*(I)**
<u>1- Deprem sonrasında kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</u> a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gereken binalar (Hastaneler, dispanserle, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, 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
<u>2- İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar</u> a) Okullar, diğer eğitim ve bina tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. b) Müzeler	1,4
<u>3- İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</u> Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1,2
<u>4- Diğer Binalar</u> Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer tür binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.	1,0

Denklem 2.4'de yer alan Spektrum Katsayısı, S(T) , yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T'ye bağlı olarak Denklem 2.5, 2.6 ve 2.7 ile hesaplanacaktır. (Şekil 2.1)

$$S(T) = 1 + 1,5.T / T_A \qquad (0 \le T \le T_A) \qquad (2.5)$$

$$S(T) = 2,5 \qquad (T_A \le T \le T_B) \qquad (2.6)$$

$$S(T) = 2,5(T_B / T)^{0,8} \qquad (T > T_B) \qquad (2.7)$$



Şekil 2.1 Zaman – Spektrum katsayısı grafiği

Spektrum karakteristik periyotları, T_A ve T_B, Tablo 2.5'te verilmektedir.

Tablo 2.5 Spektrum Karakteristik Periyotları

Yerel Zemin Sınıfı	**T_A (sn)**	**T_B (sn)**
Z1	0,10	0,30
Z2	0,15	0,40
Z3	0,15	0,60
Z4	0,20	0,90

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin uygulandığı tüm binaların birinci doğal titreşim periyodu Denklem 2.8'e göre hesaplanabilir.

$$T_1 = 2\pi \left[\sum_{i=1}^{N} (m_i d_{fi}^{\,2}) / \sum_{i=1}^{N} F_{fi} d_{fi} \right]^{1/2} \qquad (2.8)$$

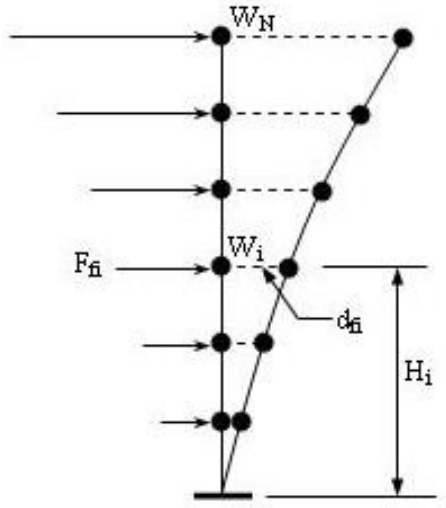
Bu Denklemde;

m_i : i'nci katın kütlesidir. w_i/g oranı ile bulunur.

F_{fi} : i'nci kata etkiyen fiktif yükleri gösterir ve Denklem 2.9 ile hesaplanır.

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

$$F_{fi} = \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^{N} w_j H_j} \qquad (2.9)$$



Şekil 2.2 F_{fi}'nin elde edilmesi

Depremde taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışını göz önüne almak üzere, spektral ivme katsayısına göre bulunacak elastik deprem yükleri, aşağıda tanımlanan Deprem Yükü Azaltma Katsayısına bölünecektir.

Deprem yükü azaltma katsayısı, $R_a(T)$, çeşitli taşıyıcı sistemler için Tablo 2.6 'da tanımlanan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, R'ye ve doğal titreşim periyodu T'ye bağlı olarak Denklem 2.10 ve 2.11 ile belirlenecektir.

$$R_a(T) = 1,5 + (R - 1,5)T / T_A \qquad (0 \le T \le T_A) \qquad (2.10)$$

$$R_a(T) = R \qquad (T > T_A) \qquad (2.11)$$

Hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak Denklem 2.12 ile ifade edilir. (Şekil 2.3)

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^{N} F_i \qquad (2.12)$$

Bu ifadede;

V_t : Toplam eşdeğer deprem yükü

ΔF_N : En üst kata etkiyen ek eşdeğer deprem yüküdür.

H_N > 25 m. için binanın tepesine etkiyen ek eşdeğer deprem yükü , ΔF_N 'in değeri birinci doğal titreşim periyoduna bağlı olarak, Denklem 2.13 ile belirlenecektir.

H_N < 25 m. olan binalar için $\Delta F_N = 0$ alınacaktır.

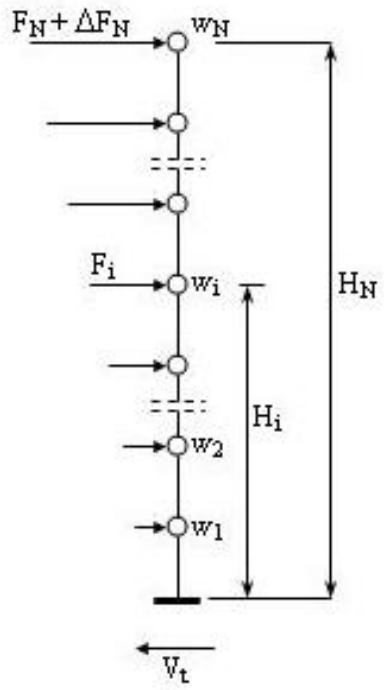
$$\Delta F_N = 0{,}07\, T_1 V_t \leq 0{,}02\, V_t \tag{2.13}$$

Tablo 2.6 Taşıyıcı sistem davranış katsayısı

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	**Süneklik Düzeyi Normal Sistemler**	**Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler**
1-YERİNDE DÖKME BETONARME BİNALAR		
A-1 Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	4	8
A-2 Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşıdığı binalar	4	7
A-3 Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar	4	6
A-4 Deprem yüklerinin, çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar	4	7
2-PREFABRİKE BETONARME BİNALAR		
B-1 Deprem yüklerinin tamamının, bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen çerçevelerle taşındığı binalar	3	6
B-2 Deprem yüklerinin tamamının; kolonları temelde ankastre, üstte mafsallı tek katlı çerçevelerle aşındığı binalar	-	5
B-3 Deprem yüklerinin tamamının prefabrike boşluksuz perdelerle taşındığı binalar	-	4
B-4 Deprem yüklerinin, bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen prefabrike çerçeveler ile yerinde dökme bloksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar	3	5
3-ÇELİK BİNALAR		
C-1 Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	5	8
C-2 Deprem yüklerinin tamamının; kolonları temelde ankastre, üstte mafsallı tek katlı çerçevelerle aşındığı binalar	4	6
C-3 Deprem yüklerinin tamamının çaprazlı perdeler veya yerinde dökme betonarme perdeler tarafından taşındığı binalar		
(a) Çaprazların merkezi olma durumu	3	-
(b) Çaprazların dış merkez olma durumu	-	7
(c) Betonarme perde durumu	4	6
C-4 Deprem yüklerinin çerçevelerle birlikte çaprazlı çelik perdeler veya erinde dökme betonarme perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar		
(a) Çaprazların merkezi olma durumu	4	-
(b) Çaprazların dış merkez olma durumu	-	8
(c) Betonarme perde durumu	4	7

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N dışında geri kalan kısmı, en üst katta dahil olmak üzere, bina katlarına Denklem 2.14 ile dağıtılacaktır.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^{N} (w_j H_j)} \tag{2.14}$$



Şekil 2.3 Kat ağırlıkları ve katlara gelen deprem yükleri

2.2 Mod Birleştirme Yöntemi

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

Herhangi bir r'nci titreşim modunda göz önüne alınacak ivme spektrumu ordinatı Denklem 2.15 ile belirlenecektir.

$$S_{pa}(T_r) = \frac{A(T_r)g}{R_a(T_r)} \tag{2.15}$$

Bu ifadede ;

$S_{pa}(T_r)$: r. titreşim modunda göz önüne alınacak ivme spektrum değeri

$A(T_r)$: r. titreşim moduna ait spektral ivme katsayısı

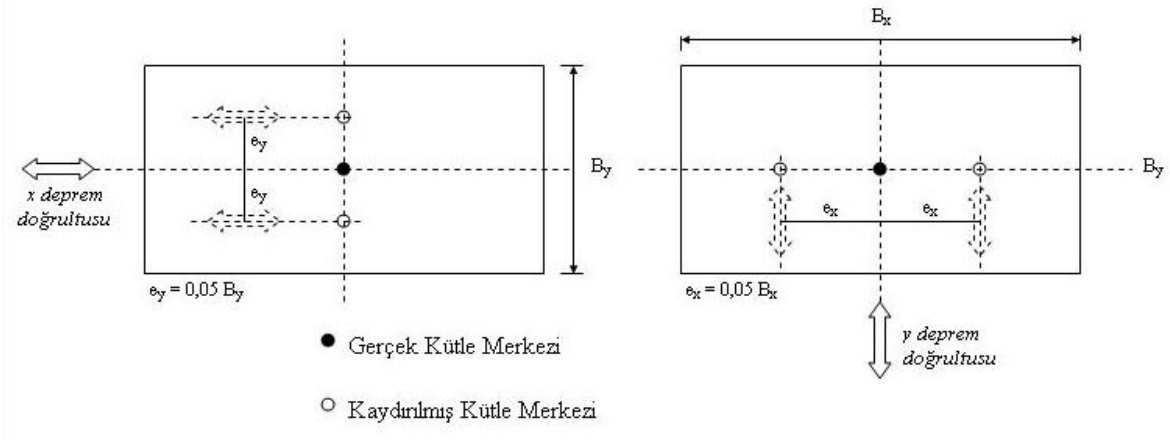
g : Yer çekimi ivmesi (9,81 m/sn^2)

$R_a(T_r)$: r. titreşim modunda deprem yük azaltma katsayısı

olarak tanımlanmıştır.

Elastik tasarım ivme spektrumunun özel olarak belirlenmesi durumunda, Denklem 2.15'te $A(T_r)g$ yerine, ilgili özel spektrum ordinatı göz önüne alınacaktır.

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her bir katta aşağıda tanımlanan kaydırılmış kütle merkezlerinin her birinde, birbirine dik doğrultularda iki yatay serbestlik derecesi ile düşey eksen etrafındaki dönme serbestlik derecesi göz önüne alınır. Kat kütleleri, her katın kütle merkezinde ve ayrıca ek dış merkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi amacıyla, kaydırılmış kütle merkezlerinde tanımlanacaktır. Kaydırılmış kütle merkezleri, gerçek kütle merkezleri göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalardır. (Şekil 2.4)



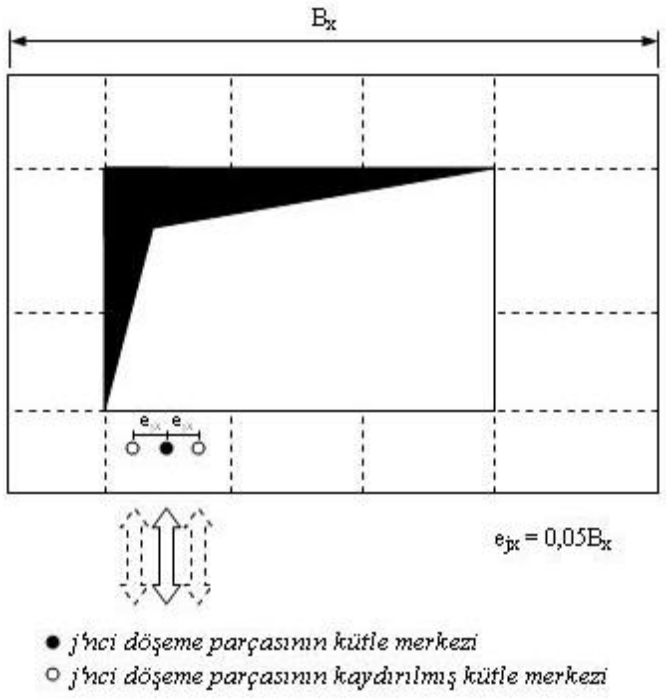
Şekil 2.4 Kaydırılmış ve gerçek kütle merkezleri

Ancak herhangi bir i'nci katın kütle eylemsizlik momenti, $m_{\theta i}$, kaydırılmamış kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafında hesaplanır. Kat kütlelerine karşı gelen kat ağırlıkları ise Denklem 2.16 ile hesaplanır.

$$m_i = w_i / g \qquad (2.16)$$

Döşeme süreksizliğinin bulunduğu ve döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalışmadığı binalarda, döşemelerin kendi düzlemleri içindeki şekil

değiştirmelerinin göz önüne alınmasını sağlayacak yeterlilikte dinamik serbestlik derecesi göz önüne alınmalıdır. Bu durumda, ek dış merkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için her katta çeşitli noktalarda dağılı bulunan tekil kütlelerin her biri, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılmalıdır. (Şekil 2.5)



Şekil 2.5 Katlarda gerçek ve kaydırılmış kütle merkezleri

Bu tür binalarda sadece ek dış merkezlik etkilerinden oluşan iç kuvvet ve yer değiştirme büyüklükleri eşdeğer statik yükleme yöntemi ile hesaplanabilir. Daha sonra bu büyüklükler, ek dış merkezlik etkisi göz önüne alınmaksızın her bir titreşim modu için hesaplanarak, mod katkılarının karelerinin karekökü ile birleştirilen büyüklüklere doğrudan eklenmelidir.

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı göz önüne alınan birbirine dik X ve Y yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının Denklem 2.16'da belitildiği gibi hiçbir zaman bina toplam kütlesinin %90'ndan daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir.

$$\sum_{j=1}^{Y} M_{xj} = \sum_{j=1}^{Y} \left\{ \frac{\left(\sum_{i=1}^{N} m_i . \phi_{xij} \right)^2}{M_j} \right\} \geq 0,90 \sum_{j=1}^{N} m_j \qquad (2.16a)$$

$$\sum_{j=1}^{Y} M_{yj} = \sum_{j=1}^{Y} \left\{ \frac{\left(\sum_{i=1}^{N} m_i . \phi_{yij} \right)^2}{M_j} \right\} \geq 0,90 \sum_{j=1}^{N} m_j \qquad (2.16b)$$

Buradaki M_{xj} ve M_{yj} değerleri iki eksen doğrultusundaki Etkili Modal Kütlelerdir. 2.16 Denklemlerinde kat kütlesi m_i, j. modda i. katın x ve y eksenlerinde ötelenmesi ϕ_{xij} ve ϕ_{yij} ve Genelleştirilmiş Kütle M_j ile gösterilmiştir. Genelleştirilmiş Kütle Denklem 2.17'deki şekilde hesaplanacaktır.

$$M_j = \sum_{i=1}^{N} m_i . \phi_{xij}^{\ 2} + \sum_{i=1}^{N} m_i . \phi_{yij}^{\ 2} + \sum_{i=1}^{N} m_i . \phi_{\phi ij}^{\ 2} \qquad (2.17)$$

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda etkin kütlesi, bina toplam kütlesinin %5'inden büyük olan bütün titreşim modları da göz önüne alınmalıdır. Bodrum katlarında rijitliği üst katlara oranla çok büyük olan betonarme çevre perdelerinin bulunduğu ve bodrum kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binaların hesabında, sadece bodrum katların üstündeki katlarda etkin olan titreşim modlarının göz önüne alınmasıyla yetinilebilir.

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

a) $T_s < T_r$ olmak üzere, dikkate alınan herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyotların daima $T_s / T_r < 0,80$ koşulunu sağlaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Karelerin Toplamının Karekökü Kuralı uygulanabilir. T_r ve T_s, yapının r. ve s. Doğal titreşim periyotlarını göstermektedir.

b) Yukarıda belirtilen koşulun sağlanamaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilebilmesi için Tam Karesel Birleştirme Kuralı uygulanacaktır. Bu kuralın uygulanmasında kullanılacak çapraz korelasyon katsayılarının hesabında modal sönüm oranları bütün titreşim modları için %5 olarak alınacaktır.

İncelenen deprem doğrultusunda, mod katkılarının uygun bir şekilde birleştirilmesi ile elde edilen bina toplam deprem yükü V_{tb}'nin, Eşdeğer Deprem Yükü 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 yer değiştirme büyüklükleri Denklem 2.18 ye göre büyütülecektir.

$$B_D = (\beta V_t / V_{tB}) B_B \tag{2.18}$$

B_D : B_B Büyüklüğüne ait büyütülmüş değerler,

B_B : Mod Birleştirme yönteminde mod katkılarının birleştirilmesi ile bulunan bir büyüklüktür.

A-1, B-2 veya B-3 türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması durumunda Denklem 2.18'de β = 1,00, bu tür düzensizliklerden hiç birinin bulunmaması durumunda ise β = 0,90 alınacaktır.

2.3 Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri

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

Zaman tanım alanında yapılacak deprem hesabında, aşağıdaki özellikleri taşıyan en az üç kaydedilmiş veya benzeştirilmiş ivme kaydı kullanılacak ve bunlara göre elde edilen büyüklüklerin en elverişsiz olanları tasarıma esas alınacaktır.

a) İvme kayıtlarındaki kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, ivmelerin zarfları $\pm$ 0,05g den az olmamak koşulu ile, yapının birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmayacaktır.

b) Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerleri, bütün periyotlar için, A(T) spektral ivme katsayısı değerlerinin g ile çarpımının %90'ndan az olmayacaktır. Ancak, zaman tanım alanında doğrusal elastik hesap yapılması durumunda, azaltılmış deprem yer hareketinin elde edilmesi için esas alınacak spektral ivme değerleri Denklem 2.15 ile hesaplanacaktır.

Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan hesap yapılması durumunda, taşıyıcı sistem elemanlarının tekrarlı yükler altındaki davranışını tanımlayan iç kuvvet – şekil değiştirme bağıntıları, geçerliliği teorik ya da deneysel olarak kanıtlanmış yöntemlerle elde edilecektir.

3. AFET BÖLGELERİNDE YAPILACAK YAPILAR HAKKINDA YÖNETMELİK

Deprem yönetmeliğinin esası, deprem yer hareketine maruz kalabilecek bina ve bina türü yapıların tamamının veya bölümlerinin depreme dayanıklı tasarımı ve yapımı için minimum koşullan tanımlamaya dayanır. Bu bölümde, "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 98" [1] de verilen temel esaslardan bahsedilecektir.

Bu yönetmelikte, depreme dayanıklı olarak projelendirilen bir bina tasarımından beklenen deprem davranışı, depreme dayanıklı bina tasarımının ana ilkesi olarak şu şekilde verilmiştir;

1. Hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi,
2. Orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın onarabilecek düzeyde kalması,
3. Şiddetli depremlerde ise can kaybını önlemek amacı ile binaların kısmen veya tamamen göçmesinin önlenmesidir.

Bu ilke, depreme dayanıklı tasarım felsefesinin ilkesi olup bu kriterlerden anlaşılacağı üzere tasarımda kabul edilen yapısal hasar riskleri söz konusudur. Zaten bir binanın depremi hasarsız atlatabilmesi için gerekli mühendislik tasarımını mevcut ekonomik koşullar altında yapabilmek mümkün değildir. Bu nedenle şiddetli deprem hareketi altında yapının hasar göreceği kabul edilmek durumunda. Ancak iyi bir sistem seçimi ve detaylandırma ile yapının deprem davranışını ve olabilecek hasarı kontrol edebilmek mümkün olabilir. [1]

3.1 Düzensiz Yapılar

Deprem sırasında yapıya gelen kuvvetler yapının kütle merkezine etkimektedir. Kütle merkezi birçok yapıda yapının geometrik merkezi olarak alınabilir. Rijitlik merkezi ise yapıdaki kolon ve perde duvar gibi taşıyıcı sistem elemanlarının ağırlık merkezidir. Bu iki merkez arasında olan farklılık, yapıya gelen deprem kuvvetlerinin yapıya rijitlik merkezinden geçen bir düşey eksen çevresinde burulmasına yol açar. Burulma momenti ne kadar büyük ve eleman rijitlik merkezinden ne kadar uzakta ise o kadar büyük bir burulma momenti ile zorlanır. Bu nedenle elemanların burulma etkisi altında kalmamaları için yapıların planda olabildiğince basit ve simetrik biçimlerde yapılmaları depreme dayanıklı olmaları için gereklidir.

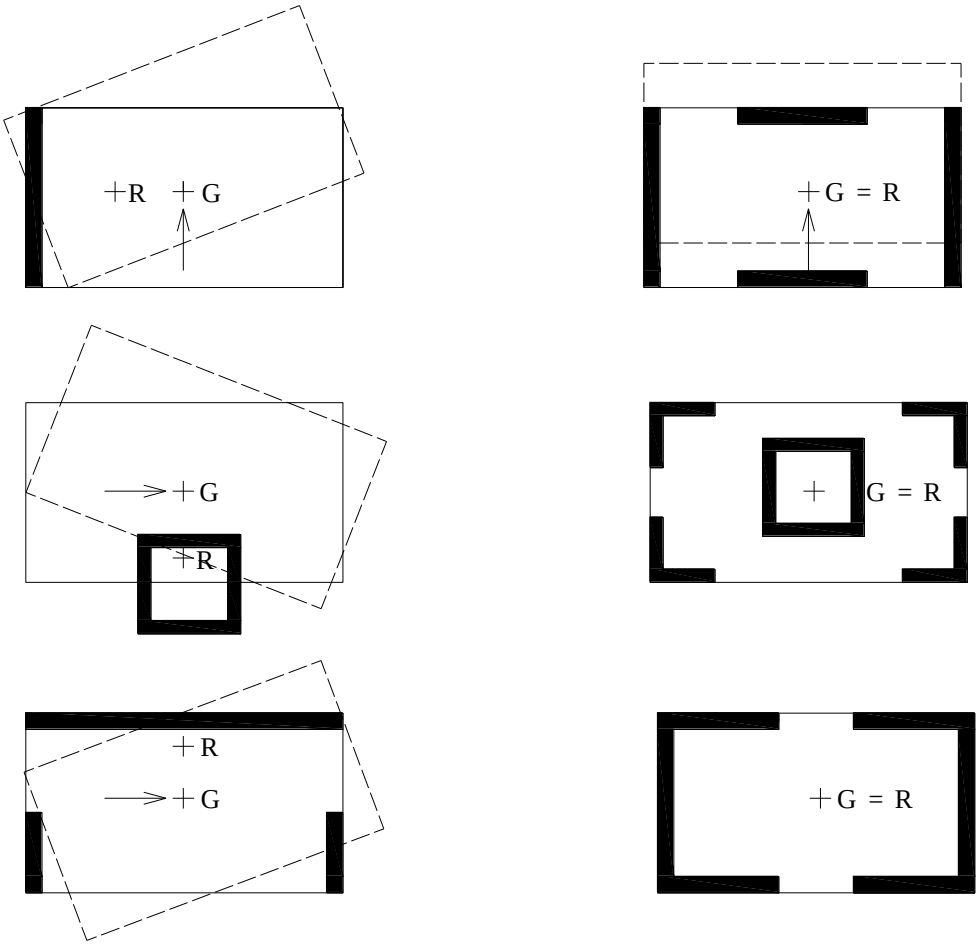
Yapı sistemine etkiyen deprem yüklerinin taşınmasında perdeler etkili olarak kullanılırlar. Bir yapıda çerçeve sistemi ile beraber kullanıldığı gibi, düşey taşıyıcıları sadece perdelerden oluşan sistemler de vardır. Çerçeve ile beraber olduğu durumda da, perdelerin rijitlikleri fazla olduğu için, deprem veya rüzgardan oluşan yatay yüklerin tamamına yakın miktarını karşılarlar. Taşıyıcı sistemlerin yükseklikleri arttıkça perdeler önemli bir eleman olarak ortaya çıkar. Yatay yükler altında kat yer değiştirmelerinin sınırlandırılması bakımından, bazı durumlarda perdelerin kullanılması zorunlu olur. Deprem bölgelerinde yapılan perdelerin hem yapının güvenliğini sağlayarak ve hem de yer değiştirmeleri sınırlandırılarak yapısal olmayan elemanlarda hasarlı önlemeleri bakımından etkili davrandıkları belirlenmiştir. Bu nedenle ve gelecekte daha yüksek yapıların yapılması eğilimi ile taşıyıcı sistemlerde perdelerin daha yoğun kullanılacağı tahmin edilir. [3]

Perdeler yapının temelinden başlayarak en üst kata kadar sürekli olarak yapılmak zorundadır. Çeşitli nedenlerden dolayı binanın zemin katında hiç yapılmaması ya da en üst kadar uzatılmayıp ara katlardan birinde kesilmesi çok sakıncalıdır. Zemin katta betonarme perde yapılmaması, betonarme çerçeveler arasına tuğla duvar konulmayıp, dolgu duvarların bir üst kattan yapılması büyük sakıncalar ortaya çıkarmaktadır. Bu tür zemin katında kolonlara oturan perde duvarlı yapılar “zemin katı esnek” olarak nitelenmektedir. Bu tür yapılarda zemin katlarda çok büyük momentler ve ötelemeler oluşmaktadır. Büyük yatay ötelemeler ve düşey yüklerin birlikte etkimesiyle zemin kat kolonlarında ikince mertebeden momentler oluşmakta ve yıkıma sebep olabilmektedir. Bu tip yapılardan kaçınılması gerekmektedir.

Perdeli yapıların üst katlarında gereksiz olduğu düşünülerek belli katlardan sonra perdenin devam ettirilmemesi de sakıncalı bir durumdur. Perde sürekli olmalıdır.

Sürekli olmaması perdenin kesildiği katta gerilme birikimine yol açar ve burada büyük hasarlar meydana gelebilir.

Perdelerin plandaki yerleri de önemlidir. Perdeler yapıda burulma etkisi oluşturmayacak şekilde düzenlenmelidir. Genellikle asansör boşlukları ve merdiven boşlukları çevrelerine yerleştirilmektedir. Perdelerin kolonlara oranla rijitliklerinin çok daha fazla olması, bunların yapının merkezinden uzakta bir noktada bulunmaları, mutlaka burulma yaratacak bir moment kolu oluşturacaktır. Şekil 3.1 de perdeli yapılarda çeşitli perde yerleşimleri gösterilmektedir.



Şekil 3.1 Perdeli Yapıların Deprem Bakımından Plandaki Durumu

Perdeler burulma rijitliğini artıracak şekilde tercihen yapı dış akslarına yerleştirilmelidir. Ancak böyle uygulamalar 5-6 kata kadar uygun olmakta, yüksek yapılarda devrilme momentleri yapının her iki kenarında toplanacağından perdelerin

temellerinin boyutlandırılmasında güçlükler çıkabilmektedir. Yüksek yapıların perdelerinin yapı planında iki doğrultuda dağıtılmış bir biçimde yerleştirilmesi daha uygundur. Perdelerin eksenel yükleri ne kadar çok olursa, eğilme donatısına olan gereksinim daha da azalacak, temellere daha küçük devrilme momentleri etkiyecektir. Böylelikle temel tasarımında fazla problem ortaya çıkmayacaktır. Az sayıda perdenin yapının bir yerinde toplanması temellere büyük etkilerin gelmesine yol açar.

3.2 A.B.Y.Y.H.Y 1998 Esaslarına Göre Düzensizlikler

Depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken düzensiz binaların tanımlanması ile ilgili olarak, planda ve düşey doğrultuda düzensizlik meydana getiren durumlar aşağıda tanımlanmıştır. [1]

a. Planda Düzensizlik Durumları, A

- Al, burulma düzensizliği
- A2, döşeme süreksizlikleri
- A3, planda çıkıntılar bulunması

b. Düşey doğrultuda düzensizlik durumları, B

- B1, komşu katlar arası dayanım düzensizliği
- B2, komşu katlar arası rijitlik düzensizliği
- B3, taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği

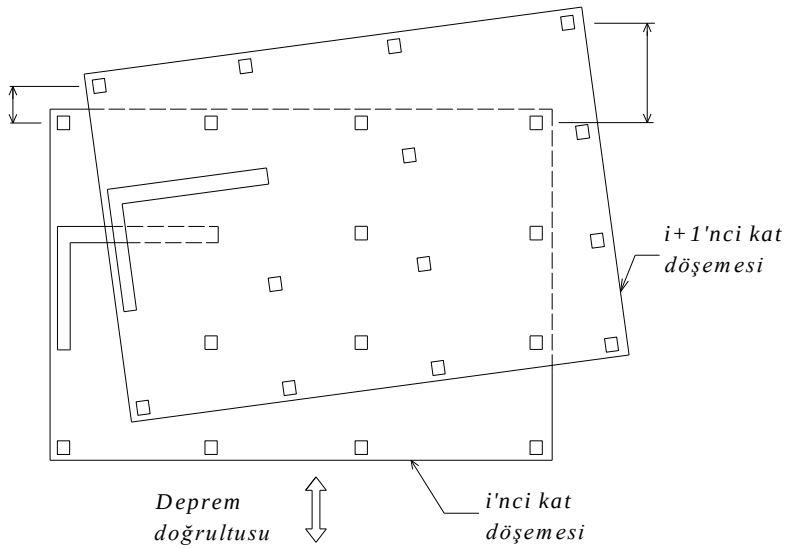
olmak üzere iki ana grup şeklinde tanımlanmıştır.

Bu düzensizliklerden Al, burulma düzensizliği ve B2, komşu katlar arası rijitlik düzensizliği deprem hesap yönteminin seçimini belirleyen faktörler olması sebebiyle bu kısımda tanımları verilmiştir.

3.2.1 Planda Düzensizlik Durumları

3.2.1.1 A-1 Burulma Düzensizliği

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük göreli kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama göreli ötelemeye oranını ifade eden Burulma düzensizliği katsayısı η_{bi}'nin 1,2'den büyük olması durumudur (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Burulma Düzensizliği

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} > 1,2 \tag{3.1}$$

$$(\Delta_i)_{ort} = 1/2\left[(\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}\right] \tag{3.2}$$

3.2.2 Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları

3.2.2.1 B-1 Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)

Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanının, bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı η_{ci}'nin 0,80'den küçük olması durumudur.

$$\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0,80 \tag{3.4}$$

Herhangi bir katta etkili kesme alanının şu şekilde tanımlanmıştır.

$$\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0,15 \sum A_k \quad (3.5)$$

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

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

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

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

3.2.2.2 B-2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'nci kattaki ortalama göreli kat ötelemesinin bir üst kattaki ortalama göreli kat ötelemesine oranı olarak tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki}'nin 1,5'tan fazla olması durumudur.

$$\eta_{ki} = (\Delta_i)_{ort} / (\Delta_{i+1})_{ort} > 1,5 \quad (3.6)$$

Göreli kat ötelemelerinin hesabı, $\pm$ %5 ek dışmerkezlik etkileri de göz önüne alınarak yapılacaktır.

3.3 Zemin Koşullarının Belirlenmesi

Deprem hareketinde zemin ve yapı birbirlerinin davranışlarım etkileyerek beraber hareket ederler. Bu nedenle, bu kısımda zemin koşullarının deprem hesabını etkileyen faktörleri verilmiştir.

3.3.1. Zemin Grupları ve Yerel Zemin Sınıfları

Zemin koşullarını deprem hesabına yansıtmak amacıyla A.B.Y.Y.H.Y [l]'de zemin grubu ve buna bağlı olarak yerel zemin sınıfı tanımlamaları yapılmıştır. Zeminler, zemin özellikleri dikkate alınarak A, B, C, D şeklinde gruplandırılmışlardır. Zemin grubu ve

en üst zemin tabakası kalınlığı hı'e bağlı olarak Yerel Zemin Sınıfları tanımlanmıştır. Yerel Zemin Sınıfının belirlenmesi için esas alınacak Zemin Grupları Tablo 3.1'de, Yerel Zemin Sınıflan da Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.1 Zemin Grupları

Zemin Gurubu	Zemin Grubu Tanımı
A	1. Masif volkanik ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayaçlar, sert çimentolu tortul kayaçlar 2. Çok sıkı kum, çakıl 3. Sert kil ve siltli kil
B	1. Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayaçlar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayaçlar 2. Sıkı kum, çakıl 3. Çok katı kil ve siltli kil
C	1. Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış çimentolu tortul kayaçlar 2. Orta sıkı kum, çakıl 3. Katı kil ve siltli kil
D	1. Yer altı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları 2. Gevşek kum 3. Yumuşak kil, siltli kil

Tablo 3.2 Yerel Zemin Sınıfları

Yerel Zemin Sımfı	Yerel Zemin Sınıfı Tanımı
Zl	1. (A) grubu zeminler
Z2	1. $h_1 > 15$m olan (B) grubu zeminler
Z3	1. $15\text{m} < h_1 \leq 50$m olan (C) grubu zeminler
Z4	1. $h_1 > 50$m olan (C) grubu zeminler

3.4 Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonlar

Dikdörtgen kesitli kolonların en küçük boyutu 250 mm'den ve enkesit alanı 75.000 mm^2 den daha az olmayacaktır. Kolonun brüt enkesit alanı, Denlem 3.7 ile hesaplanacakır.

$$A_c \leq \frac{N_{d\max}}{(0,50.f_{ck})} \tag{3.7}$$

3.4.1 Boyuna Donatı Koşulları;

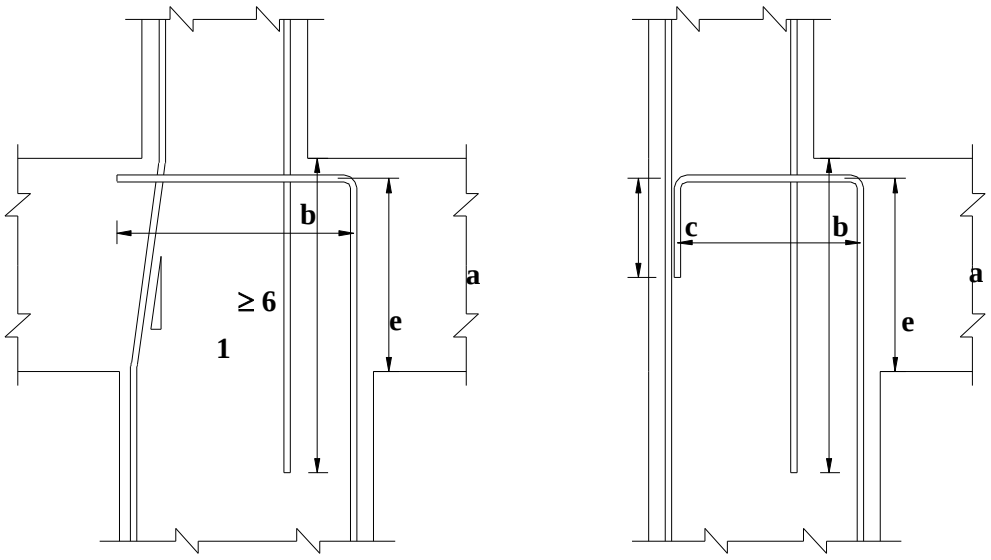
Kolonlarda boyuna donatı brüt alanı kesitin %1'inden az, %4'ünden fazla olmayacaktır. En az donatı, dikdörtgen kesitli kolonlarda 4∅16 veya 6∅14 dır. Bindirmeli ek yapılan kesitlerde boyuna donatı oranı % 6'yı geçmeyecektir. Kolon boyuna donatılarının bindirmeli ekleri, mümkün olabildiğince kolon orta bölgesinde yapılmalıdır. Bu durumda bindirmeli ek boyu, TS-500 [6]'de çekme donatısı için verilen kenetlenme boyu l_b'ye eşit olacaktır.

Boyuna donatıların bindirmeli eklerinin kolon alt ucunda yapılması durumunda ise,

a. Boyuna donatıların %50'sinin veya daha azının kolon alt ucunda eklenmesi durumunda bindirmeli ek boyu, l_b'nin en az 1.25 katı olacaktır.

b. Boyuna donatıların %50'den fazlasının kolon alt ucunda eklenmesi durumunda bindirmeli ek boyu, l_b'nin en az 1.5 katı olacaktır. Temelden çıkan kolon filizlerinde de bu koşula uyulacaktır.

Katlar arasında kolon kesitinin değişmesi durumunda, boyuna donatının kolon-kiriş birleşim bölgesi içinde düşeye göre eğimi 1/6'dan daha fazla olmayacaktır. Kesit değişiminin daha fazla olması durumunda veya en üst kat kolonlarında; alttaki kolonun boyuna donatısının karşı taraftaki kirişin içindeki kenetlenme boyu, TS-500 [6]'de çekme donatısı için verilen kenetlenme boyu l_b'nin 1.5 katından ve 40∅'den daha az olmayacaktır. Karşı tarafta kiriş bulunmadığı durumlarda kenetlenme, gerekirse kolonun karşı yüzünde aşağıya doğru kıvrım yapılarak sağlanacaktır. 90 derecelik yatay kancanın veya aşağıya kıvrılan düşey kancanın boyu en az 12∅ olacaktır. Yanyana boyuna donatılarda yapılan manşonlu veya kaynaklı eklerin arasındaki boyuna uzaklık 600 mm'den az olmayacaktır. (Şekil 3.3)



$(a+b) \geq 1,5 l_b$

$(a+b) \geq 40\phi$

$b \geq 12\phi$

$e \geq 1,5 l_b$

$e \geq 40\phi$

$(a+b+c) \geq 1,5 l_b$

$(a+b+c) \geq 40\phi$

$c \geq 12\phi$

Şekil 3.3 Kolonun Boyuna Donatı Koşulları

3.4.2 Enine Donatı Koşulları

Minimum enine donatı için, kolonların *kolon sarılma bölgeleri* ve *kolon orta bölgeleri* vardır. Tüm kolon boyunca, tanımlanan *özel deprem etriyeleri* ve *özel deprem çirozları* kullanılacaktır.

Kolon Sarılma Bölgesi, her bir kolonun alt ve üst uçlarında özel *sarılma bölgelerdir.* Sarılma bölgelerinin her birinin uzunluğu, döşeme üst kotundan yukarıya doğru veya kolona bağlanan en derin kirişin alt yüzünden başlayarak aşağıya doğru ölçülmek üzere, kolon kesitinin büyük boyutundan (dairesel kesitlerde kolon çapından), kolon serbest yüksekliğinin 1/6'sından ve 500 mm'den az olmayacaktır. Sarılma bölgelerinde kullanılacak enine donatıya ilişkin koşullar aşağıda verilmiştir. Bu donatılar temelin içinde de, en az kolonun dar kenar boyutunun iki katı kadar bir yükseklik boyunca devam ettirilecektir:

a. Sarılma bölgelerinde ∅8'den küçük çaplı enine donatı kullanılmayacaktır. Kolon boyunca etriye ve çiroz aralığı en küçük enkesit boyutunun 1/3'ünden ve 100 mm'den daha fazla, 50 mm'den daha az olmayacaktır. Etriye kollarının ve/veya çirozların arasındaki yatay uzaklık, a, etriye çapının 25 katından fazla olmayacaktır. Sürekli dairesel spirallerin adımı, göbek çapının 1/5'inden ve 80 mm'den fazla olmayacaktır.

b. Etriyeli kolonlarda, $N_d > 0,20.A_c.f_{ck}$ olması durumunda, sarılma bölgelerindeki minimum toplam enine donatı alanı, Denklem 3.8'de verilen

koşulların elverişsiz olanını sağlayacak şekilde hesaplanacaktır. Bu hesapta kolonun çekirdek boyutu b_k, her iki doğrultu için ayrı ayrı gözönüne alınacaktır (Şekil 3.4).

$$A_{sh} \geq 0,30.s.b_k \left[\left(\frac{A_c}{A_{ck}} \right) - 1 \right] . \left(\frac{f_{ck}}{f_{ywk}} \right) \qquad (3.8a)$$

$$A_{sh} \geq 0,075.s.b_k . \left(\frac{f_{ck}}{f_{ywk}} \right) \qquad (3.8b)$$

c. Spiral donatılı kolonlarda $N_d > 0,20.A_c.f_{ck}$ olması durumunda sarılma bölgelerindeki enine donatının minimum hacimsel oranı, Denklem 3.9'deki koşulların elverişsiz olanını sağlayacak şekilde hesaplanacaktır.

$$\rho_s \geq 0,45. \left[\left(\frac{A_c}{A_{ck}} \right) - 1 \right] . \left(\frac{f_{ck}}{f_{ywk}} \right) \qquad (3.9a)$$

$$\rho_s \geq 0,12. \left(\frac{f_{ck}}{f_{ywk}} \right) \qquad (3.9b)$$

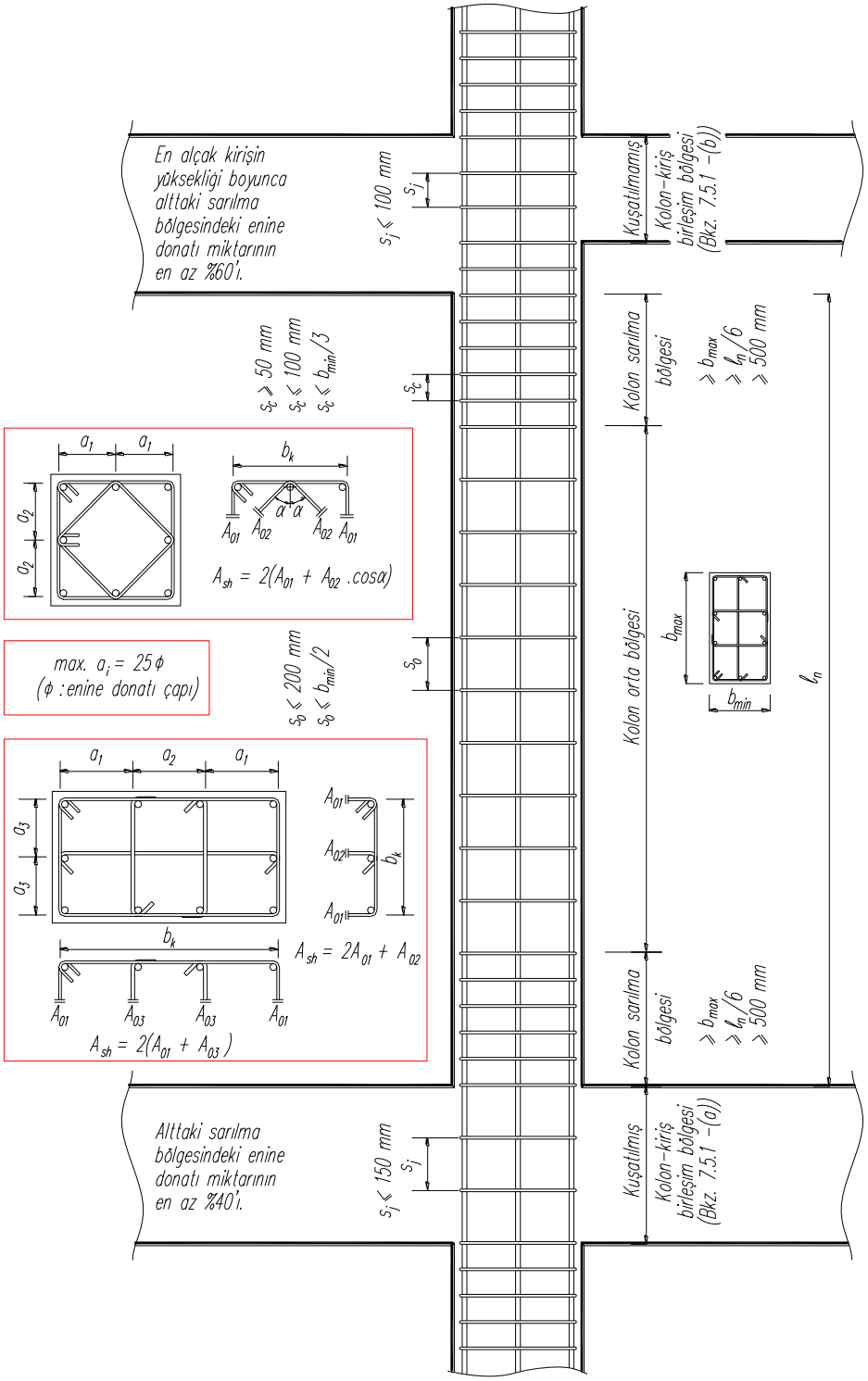
d. $N_d > 0,20.A_c.f_{ck}$ olması durumunda, kolon sarılma bölgelerinde Denklem 3.8 ve Denklem 3.9 ile verilen enine donatıların en az 2/3'ü, minimum enine donatı olarak kullanılacaktır.

Kolon orta bölgesi, kolonun alt ve üst uçlarında tanımlanan sarılma bölgeleri arasında kalan bölgedir. Kolon orta bölgesinde ∅8'den küçük çaplı enine donatı kullanılmayacaktır. Kolon boyunca etriye, çiroz veya spiral aralığı, en küçük enkesit boyutunun yarısından ve 200 mm'den daha fazla olmayacaktır. Etriye kollarının ve/veya çirozların arasındaki yatay uzaklık, a, etriye çapının 25 katından fazla olmayacaktır.

Kolon sarılma bölgesine konulan enine donatı, aşağıdaki durumlarda kolon orta bölgesinde de aynen devam ettirilecektir:

a. B1 düzensizliği durumunda, *Dayanım Düzensizliği Katsayısı*'nın 0.60 ila 0.80 arasında değiştiği katta yer alan bütün kolonlar,

b. B3 düzensizliği durumunda üst katlardaki perdelerin altta oturtulduğu kolonlar (Ayrıca bu durumda enine donatı, perde içine kenetlenme boyu kadar uzatılan kolon donatıları boyunca devam ettirilecektir).



Şekil 3.4 Kolonun Enine Donatı Koşulları

3.4.3 Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulu

Sadece çerçevelerden veya perde ve çerçevelerin birleşiminden oluşan taşıyıcı sistemlerde, her bir kolon - kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların taşıma gücü momentlerinin toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha büyük olacaktır:

$$\left(M_{ra} + M_{rü}\right) \geq 1,2.\left(M_{ri} + M_{rj}\right) \qquad (3.10)$$

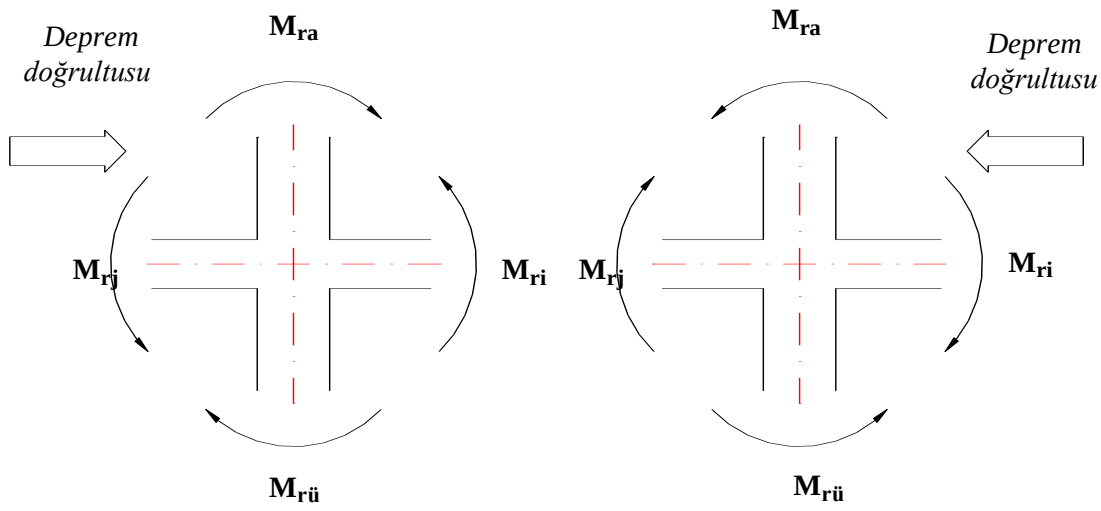
Denklem 3.10, her bir deprem doğrultusunda ve depremin her iki yönü için elverişsiz sonuç verecek şekilde ayrı ayrı uygulanacaktır. (Şekil 3.5) Kolon taşıma gücü momentlerinin hesabında, depremin yönü ile uyumlu olarak bu momentleri *en küçük yapan* N_d eksenel kuvvetleri gözönüne alınacaktır.

$\left(M_{ra} + M_{rü}\right) \geq 1,2.\left(M_{ri} + M_{rj}\right)$ denkleminin uygulanmasına ilişkin özel durumlar aşağıda belirtilmiştir:

a. Düğüm noktasına birleşen kolonların her ikisinde de $N_d \leq 0,10.A_c.f_{ck}$ olması durumunda, denklemin sağlanması zorunlu değildir.

b. Tek katlı binalarda ve çok katlı binaların en üst katındaki düğüm noktalarında denklemin sağlanıp sağlanmadığına bakılmayacaktır.

c. Kirişlerin saplandığı perdenin zayıf doğrultuda kolon gibi çalışması durumunda, denklemin sağlanıp sağlanmadığına bakılmayacaktır.



Şekil 3.5 Kolon ve Kiriş Taşıma Gücü Momentleri

3.4.4 Kolonların Kesme Güvenliği

Kolonlarda enine donatı hesabına esas alınacak kesme kuvveti, **V_e,** Denklem 3.11 ile hesaplanır.

$$V_e = \frac{\left(M_a + M_{ü}\right)}{l_n} \tag{3.11}$$

Hesaplanan kesme kuvveti, V_e, yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti V_d'den daha küçük olmayacak ve ayrıca Denklem 3.12'de verilen koşulları sağlayacaktır. Denklem 3.12b'deki koşulun sağlanamaması durumunda, kesit boyutları gereği kadar büyültülerek deprem hesabı tekrarlanacaktır.

$$V_e \le V_r \tag{3.12a}$$

$$V_e \le 0,22.A_w.f_{cd} \tag{3.12b}$$

Kolon enine donatısının V_e kesme kuvvetine göre hesabında, betonun kesme dayanımına katkısı, V_c , TS-500 [6]'e göre belirlenecektir. Ancak, tanımlanan kolon sarılma bölgelerindeki enine donatının hesabında, $V_e \ge 0,5V_d$ ve aynı zamanda $N_d \le 0,05.A_c.f_{ck}$ olması durumunda, betonun kesme dayanımına katkısı $V_c = 0$ alınacaktır.

3.5 Süneklik Düzeyi Yüksek Kirişler

Kiriş gövde genişliği en az 250 mm olacaktır. Gövde genişliği, kiriş yüksekliği ile kirişin birleştiği kolonun kirişe dik genişliğinin toplamını geçmeyecektir. Kiriş yüksekliği, döşeme kalınlığının 3 katından ve 300 mm'den daha az, kiriş gövde genişliğinin 3.5 katından daha fazla olmayacaktır. Kiriş yüksekliği, serbest açıklığın 1/4'ünden ve kiriş gövde genişliğinin 3,5 katından daha fazla olmayacaktır. Kiriş olarak boyutlandırılıp donatılacak taşıyıcı sistem elemanlarında, tasarım eksenel basınç kuvvetinin $N_d \le 0,10.A_c.f_{ck}$ koşulunu sağlaması zorunludur. Aksi durumda, bu elemanlar kolon olarak boyutlandırılıp donatılacaktır.

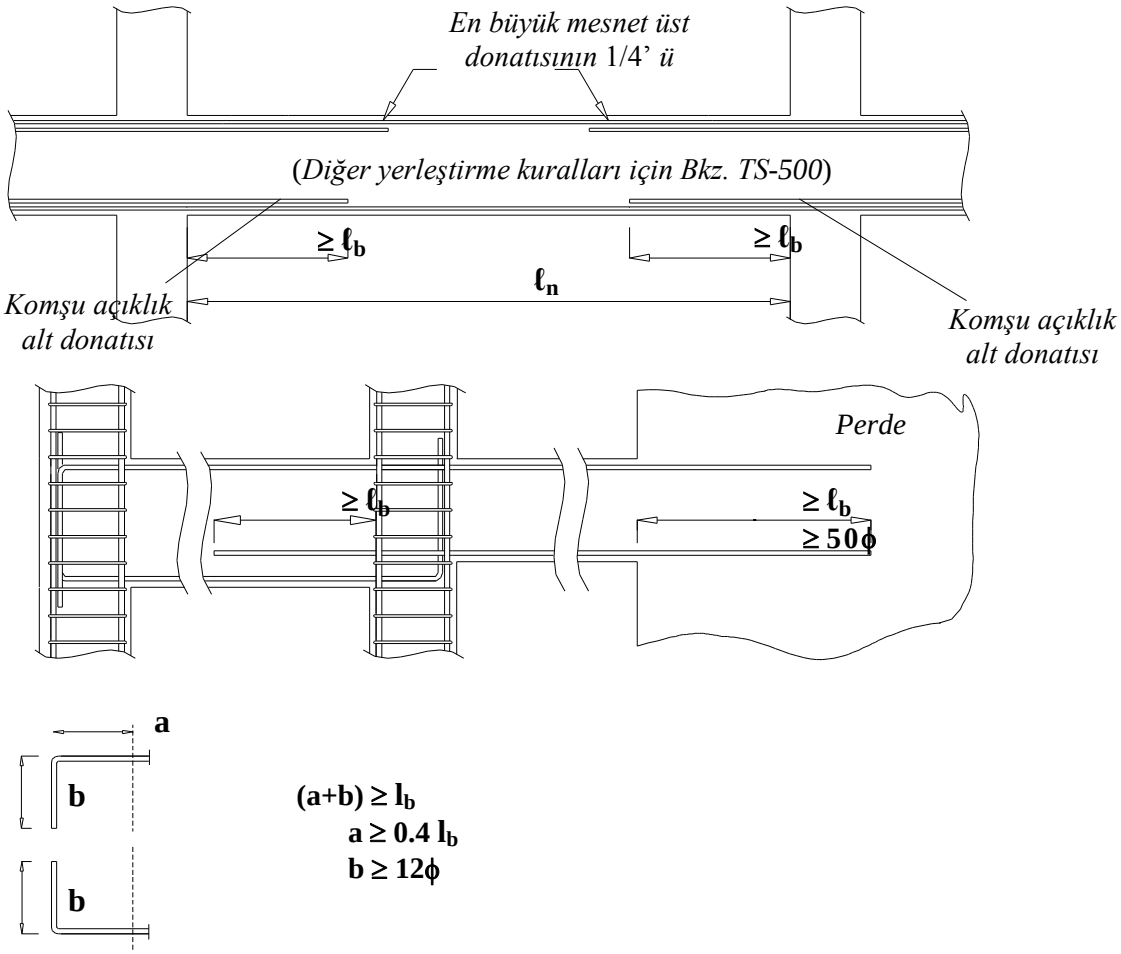
3.5.1 Boyuna Donatı Koşulları

Kiriş mesnetlerinde üstteki çekme donatısının minimum oranı için Denklem 3.13 ile verilen koşula uyulacaktır.

$$\rho_{ü} \geq \frac{f_{ctd}}{f_{yd}} \tag{3.13}$$

Boyuna donatıların çapı 12 mm'den az olmayacaktır. Kirişin alt ve üstünde en az iki donatı çubuğu, kiriş açıklığı boyunca sürekli olarak bulunacaktır. Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerindeki taşıyıcı sistemlerde, kiriş mesnedindeki alt donatı, aynı mesnetteki üst donatının %50'sinden daha az olamaz. Ancak, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde bu oran %30'a indirilebilir. Açıklık ve mesnetlerdeki çekme donatısı oranı TS-500 [6]'de verilen maksimum değerden ve %2'den fazla olmayacaktır.

Kirişin iki ucundaki mesnet üst donatılarının büyük olanının en az 1/4'ü tüm kiriş boyunca sürekli olarak devam ettirilecektir. Kolona birleşen kirişlerin kolonun öbür yüzünde devam etmediği durumlarda kirişlerdeki alt ve üst donatı, kolonun etriyelerle sarılmış çekirdeğinin karşı taraftaki yüzeyine kadar uzatılıp etriyelerin iç tarafından 90 derece bükülecektir. Bu durumda boyuna donatının kolon içinde kalan yatay kısmı ile 90 derece kıvrılan düşey kısmının toplam uzunluğu, TS-500 [6]'de öngörülen düz kenetlenme boyu $l_b \leq 40\varnothing$'den az olmayacaktır. 90 derecelik kancanın yatay kısmı $0.4l_b$'den, düşey kısmı ise $12\varnothing$'den az olmayacaktır. (Şekil 3.6)



Şekil 3.6 Kirişlerin Boyuna Donatı Koşulları

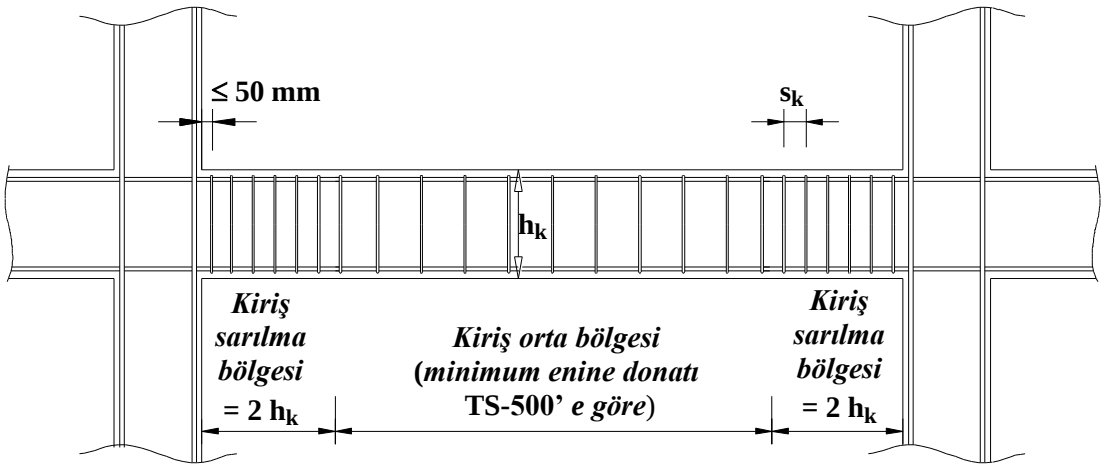
Her iki taraftan kirişlerin kolonlara birleşmesi durumunda kiriş alt donatıları, kolon yüzünden itibaren komşu açıklığa en az TS-500 [6]'de verilen kenetlenme boyu l_b kadar uzatılacaktır.

Perdelere kendi düzlemleri içinde bağlanan kirişlerde boyuna donatıların kenetlenmesi, kanca yapılmaksızın düz olarak sağlanabilir. Bu durumda donatının perde içindeki kenetlenme boyu l_b'den ve 50∅'den az olmayacaktır.

3.5.2 Enine Donatı Koşulları

Kiriş mesnetlerinde kolon yüzünden itibaren kiriş derinliğinin iki katı kadar uzunluktaki bölge, *Sarılma Bölgesi* olarak tanımlanacaktır. Bu bölge boyunca *özel deprem etriyeleri* kullanılacaktır. Sarılma bölgesinde, ilk etriyenin kolon yüzüne uzaklığı en çok 50 mm olacaktır. Sarılma bölgesinde, etriye aralıkları kiriş yüksekliğinin 1/4'ünü, en küçük boyuna donatı çapının 8 katını ve 150 mm'yi aşmayacaktır. (Şekil 3.7)

Sarılma bölgesi dışında, TS-500 [6]'de verilen minimum enine donatı koşullarına uyulacaktır.



$$s_k \le \frac{h_k}{4}$$

$$s_k \le 8\phi \quad (\phi = \text{en küçük boyuna donatı çapı})$$

$$s_k \le 150\ mm$$

Şekil 3.7 Kirişlerin Enine Donatı Koşulları

3.5.3 Kirişlerin Kesme Güvenliği

Kirişlerde enine donatı hesabına esas alınacak kesme kuvveti, V_e, Denklem 3.14 ile hesaplanır.

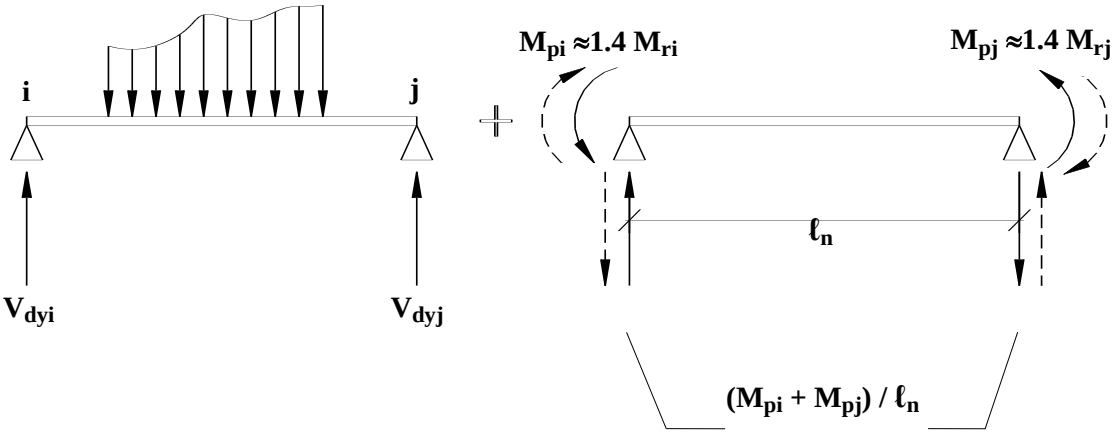
$$V_e = V_{dy} \pm \frac{\left(M_{pi} + M_{pj}\right)}{l_n} \tag{3.14}$$

Kiriş uçlarındaki pekleşmeli taşıma gücü momentleri, daha kesin hesap yapılmadığı durumlarda, $M_{pi} \cong 1.4\ M_{ri}$ ve $M_{pj} \cong 1.4\ M_{rj}$ olarak alınabilir. (Şekil 3.8)

Kesme kuvveti, V_e, Denklem 3.15'de verilen koşulları sağlayacaktır.

$$V_e \le V_r \tag{3.15a}$$

$$V_e \le 0,22.b_w.d.f_{cd} \tag{3.15b}$$



Şekil 3.8 Kirişlerin i ve j uçlarındaki Pekleşme Momentleri

3.6 Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler

Perdeler, planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az yedi olan düşey taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Perde kalınlığı, kat yüksekliğinin 1/15'inden ve 200 mm'den az olmayacaktır. Ancak H_w / l_w > 2.0 olan perdelerde, *kritik perde yüksekliği* boyunca perde kalınlığı, kat yüksekliğinin 1/12'sinden az olmayacaktır.

Deprem yüklerinin tümünün bina yüksekliği boyunca sadece perdeler tarafından taşındığı binalarda, Denklem 3.16'da verilen koşulların her ikisinin de sağlanması durumunda perde duvar kalınlığı, binadaki en yüksek katın yüksekliğinin 1/20'sinden ve 150 mm'den az olmayacaktır.

$$\frac{\sum A_g}{\sum A_p} \geq 0,002 \qquad (3.16a)$$

$$\frac{V_t}{\sum A_g} \leq 0,5.f_{ctd} \qquad (3.16b)$$

Bodrum katlarının çevresinde çok rijit betonarme perdelerin bulunduğu binalarda zemin kat düzeyinde, diğer binalarda ise temel üst kotu düzeyinde uygulanacaktır.

3.6.1 Perde Uç Bölgeleri ve Kritik Perde Yüksekliği

H_w / l_w > 2.0 olan perdelerin planda her iki ucunda *perde uç bölgeleri* oluşturulacaktır. Perde uç bölgeleri, perdenin kendi kalınlığı içinde oluşturulabileceği gibi, perdeye birleşen diğer bir perdenin veya perdenin ucunda genişletilmiş bir kesitin içinde de düzenlenebilir.

Temel üstünden itibaren *kritik perde yüksekliği*, $2l_w$ değerini aşmamak üzere, Denklem 3.17'de verilen koşulların elverişsiz olanını sağlayacak biçimde belirlenecektir.

$$H_{cr} \geq l_w \tag{3.17a}$$

$$H_{cr} \geq \frac{H_w}{6} \tag{3.17b}$$

Bodrum katlarında rijitliği üst katlara oranla çok büyük olan betonarme çevre perdelerinin bulunduğu ve bodrum kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, H_w ve H_{cr} büyüklükleri zemin kat döşemesinden itibaren yukarıya doğru gözönüne alınacaktır. Bu tür binalarda kritik perde yüksekliği, en az zemin katın altındaki ilk bodrum katının yüksekliği boyunca aşağıya doğru ayrıca uzatılacaktır.

Dikdörtgen kesitli perdelerde, yukarıda tanımlanan *kritik perde yüksekliği* boyunca uç bölgelerinin her birinin plandaki uzunluğu, perdenin plandaki toplam uzunluğunun %20'sinden ve perde kalınlığının iki katından daha az olmayacaktır. Kritik perde yüksekliğinin üstünde kalan perde kesimi boyunca ise, perde uç bölgelerinin her birinin plandaki uzunluğu, perdenin plandaki toplam uzunluğunun %10'undan ve perde kalınlığından az olmayacaktır.

Perde uç bölgelerinin, perdeye birleşen diğer bir perdenin veya perdenin ucunda genişletilmiş bir kesitin içinde düzenlenmesi durumunda; her bir perde uç bölgesinin enkesit alanı, en az dikdörtgen kesitli perdeler için tanımlanan alana eşit olacaktır.

3.6.2 Gövde Donatısı Koşulları

Perdenin her iki yüzündeki gövde donatılarının toplam enkesit alanı, düşey ve yatay donatıların her biri için, perde uç bölgelerinin arasında kalan *perde gövdesi* brüt enkesit alanının 0.0025'inden az olmayacaktır. $H_w / l_w \leq 2.0$ olması durumunda perde gövdesi, perdenin tüm kesiti olarak gözönüne alınacaktır. Perde gövdesinde boyuna ve enine donatı aralığı 250 mm'den fazla olmayacaktır.

Uç bölgeleri dışında, perde gövdelerinin her iki yüzündeki donatı ağları, beher metrekare perde yüzünde en az 4 adet *özel deprem çirozu* ile karşılıklı olarak bağlanacaktır. Ancak tanımlanan *kritik perde yüksekliği* boyunca, uç bölgeleri dışındaki beher metrekare perde yüzünde en az 10 adet özel deprem çirozu kullanılacaktır. Çirozların çapı, en az yatay donatının çapı kadar olacaktır.

Perdelerin yatay gövde donatıları etriyelerle sarılı perde uç bölgesinin sonunda 90 derece kıvrılarak karşı yüzde köşedeki düşey donatıya 135 derecelik kanca ile bağlanacaktır.

Yatay gövde donatılarının perde ucunda 90 derece kıvrım yapılmaksızın bitirilmesi durumunda, perdenin her iki ucuna gövde donatısı ile aynı çapta olan ⊃ biçiminde yatay donatılar yerleştirilecektir. Bu donatılar, perde uç bölgesinin iç sınırından itibaren perde gövdesine doğru en az kenetlenme boyu kadar uzatılacaklardır.

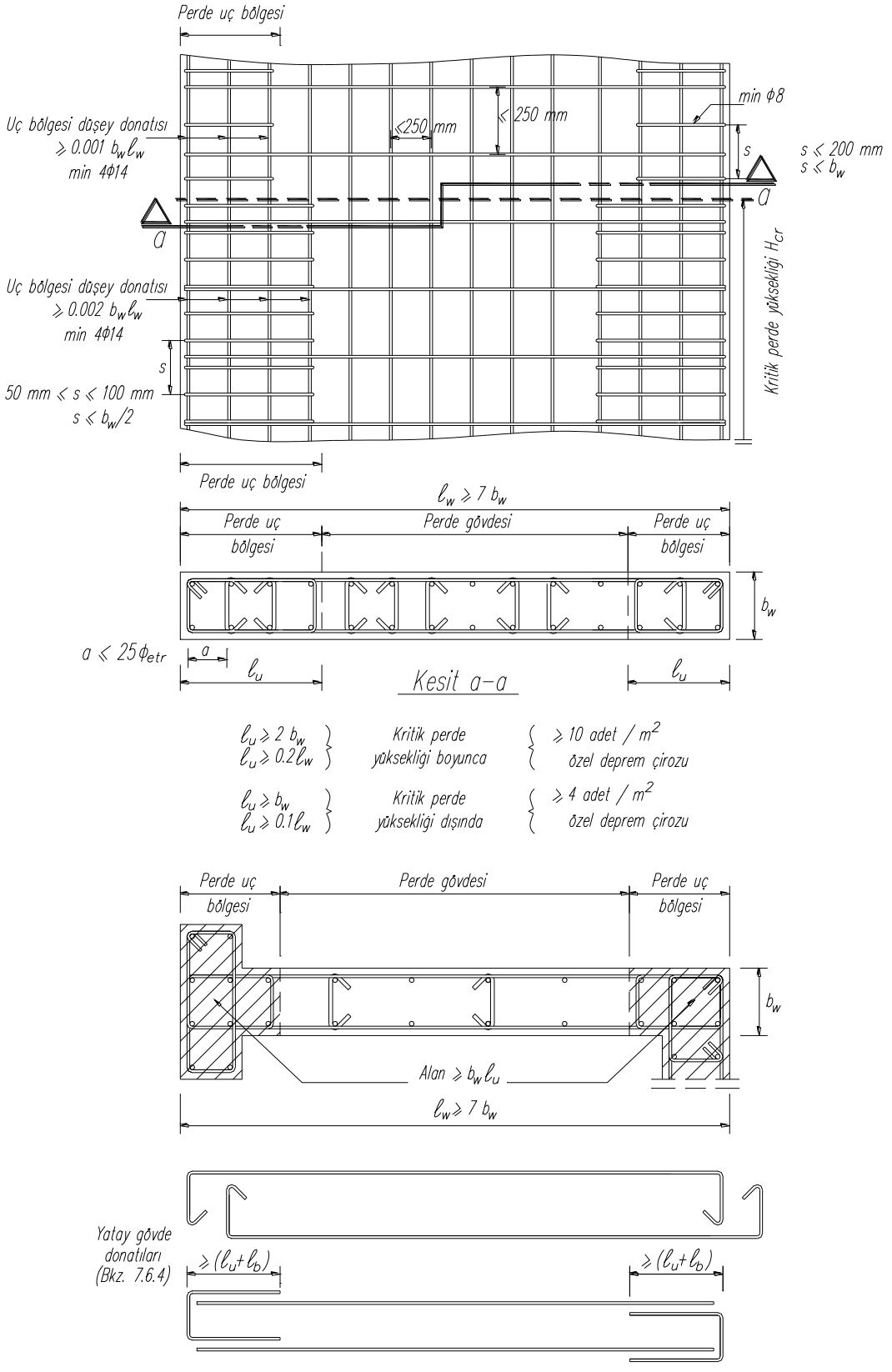
3.6.3 Perde Uç Bölgelerinde Donatı Koşulları

Perde uç bölgelerinin her birinde, düşey donatı toplam alanının perde brüt enkesit alanına oranı 0.001'den az olmayacaktır. Ancak, tanımlanan *kritik perde yüksekliği* boyunca bu oran 0.002'ye çıkarılacaktır. Perde uç bölgelerinin her birinde düşey donatı miktarı 4∅14'ten az olmayacaktır.

Perde uç bölgelerindeki düşey donatılar, aşağıdaki kurallara uyularak, kolonlarda olduğu gibi etriyeler ve/veya çirozlardan oluşan enine donatılarla sarılacaktır.

Uç bölgelerinde kullanılacak enine donatının çapı 8 mm'den az olmayacaktır. Etriye kollarının ve/veya çirozların arasındaki yatay uzaklık, a, etriye ve çiroz çapının 25 katından fazla olmayacaktır.

Kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgelerine, kolonların sarılma bölgeleri için, enine donatıların en az 2/3'ü konulacaktır. Düşey doğrultuda etriye ve/veya çiroz aralığı perde kalınlığının yarısından ve 100 mm'den daha fazla, 50 mm'den daha az olmayacaktır.



Şekil 3.9 Perdelerin Donatı Koşulları

3.6.4 Perdelerin Kesme Güvenliği

Perde veya perde parçalarındaki enine donatının hesabında V_d kesme kuvveti esas alınacaktır. Perde kesitlerinin kesme dayanımı V_r, Denklem 3.18 ile hesaplanır.

$$V_r = A_{ch}.\left(0,65.f_{ctd} + \rho_{sh}.f_{yd}\right) \tag{3.18}$$

V_d kesme kuvveti Denklem 3.19 tanımlanan koşulları sağlayacaktır:

$$V_d \le V_r \tag{3.19a}$$

$$V_d \le 0,22.A_{ch}.f_{cd} \tag{3.19b}$$

Aksi durumda, perde kesit boyutları bu koşullar sağlanmak üzere arttırılacaktır.

3.7 Süneklik Düzeyi Normal Kolonlar

Enkesit boyutlarına ilişkin olarak süneklik düzeyi yüksek kolonlar için belirtilen koşullar, süneklik düzeyi normal olan kolonlar için de geçerlidir.

3.7.1 Boyuna Donatı Koşulları

Boyuna donatıya ilişkin olarak süneklik düzeyi yüksek kolonlar için belirtilen koşullar, süneklik düzeyi normal olan kolonlar için de geçerlidir.

Boyuna donatının düzenlenmesine ilişkin olarak süneklik düzeyi yüksek kolonlar için belirtilen koşullar, süneklik düzeyi normal olan kolonlar için de geçerlidir. Ancak, boyuna donatıların bindirmeli eklerinin kolon alt ucunda yapılması durumundaki koşullar, süneklik düzeyi normal kolonlar için geçerli değildir. Boyuna donatı bindirmeli eklerinin kolon alt ucunda yapılması durumunda, ek boyunca minimum enine donatı kullanılacaktır.

3.7.2 Enine Donatı Koşulları

Kolonlarda kullanılacak minimum enine donatıya ilişkin koşullar;

Süneklik düzeyi yüksek kolonların *Kolon Sarılma Bölgeleri* için verilen koşullar, sünelik düzeyi normal kolonlarda *Kolon Sarılma Bölgeleri* için, geçerlidir.

Süneklik düzeyi yüksek kolonların *Kolon Orta Bölgesi* için verilen koşullar, sünelik düzeyi normal kolonlarda *Kolon Orta Bölgesi* için, geçerlidir.

Tüm kolon bölgelerinde, *özel deprem etriyeleri* ve *özel deprem çirozları* kullanılacaktır. Kolon sarılma bölgelerinin her birinin uzunluğu için süneklik düzeyi yüksek kolonlar için verilen tanım, süneklik düzeyi normal olan kolonlar için de geçerlidir. Süneklik düzeyi normal olan kolonlarda sarılma bölgesindeki enine donatı aralığı, kolon orta bölgesine konulan etriye aralığının yarısı kadar olacaktır. Kolon orta bölgesine ilişkin olarak süneklik düzeyi yüksek kolonlar için verilen tanım ve minimum enine donatı koşulları için verilen koşullar, süneklik düzeyi normal olan kolonlar için de geçerlidir.

3.7.3 Kolonların Kesme Güvenliği

Süneklik düzeyi normal kolonlarda, düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında elde edilen kesme kuvveti, $\mathbf{V_d}$, enine donatı hesabında esas alınacaktır. Kesme kuvvetinin üst sınırına ilişkin olarak süneklik düzeyi yüksek kolonlar için Denklem 3.12'de verilen koşullarda,

$$V_e \leq V_r$$

$$V_e \leq V_d = 0,22.A_w.f_{cd}$$

$\mathbf{V_e}$ yerine $\mathbf{V_d}$ alınmak üzere, süneklik düzeyi normal olan kolonlar için de geçerlidir. Kolon enine donatısının $\mathbf{V_d}$ kesme kuvvetine göre hesabında betonun kesme dayanımına katkısı, $\mathbf{V_c}$, düşey yükler ile birlikte deprem yüklerine göre hesaplanan en küçük $\mathbf{N_d}$ eksenel kuvveti gözönüne alınarak TS-500 [6]'ye göre belirlenecektir.

3.8 Süneklik Düzeyi Normal Kirişler

Enkesit boyutlarına ilişkin olarak süneklik düzeyi yüksek kirişler için belirtilen koşullar, süneklik düzeyi normal olan kirişler için de geçerlidir.

3.8.1 Boyuna Donatı Koşulları

Boyuna donatıya ilişkin olarak süneklik düzeyi yüksek kirişler için belirtilen koşullar, süneklik düzeyi normal olan kirişler için de geçerlidir. Boyuna donatının düzenlenmesine ilişkin olarak süneklik düzeyi yüksek kirişler için belirtilen koşullar, süneklik düzeyi normal olan kirişler için de geçerlidir.

3.8.2 Enine Donatı Koşulları

Kiriş mesnetlerinde kolon yüzünden itibaren kiriş derinliğinin iki katı kadar uzunluktaki bölge, s*arılma bölgesi* olarak tanımlanacak ve bu bölge boyunca *özel deprem etriyeleri* kullanılacaktır. Sarılma bölgesinde, ilk etriyenin kolon yüzüne uzaklığı en çok 50 mm olacaktır. Daha elverişsiz bir değer elde edilmedikçe, etriye aralıkları kiriş yüksekliğinin 1/4'ünü, en küçük boyuna donatı çapının 8 katını ve 200 mm'yi aşmayacaktır. Sarılma bölgesi dışında, TS-500 [6]'de verilen enine donatı koşullarına uyulacaktır.

3.8.3 Kirişlerin Kesme Güvenliği

Süneklik düzeyi normal kirişlerde, düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında elde edilen kesme kuvveti, $\mathbf{V_d}$, enine donatı hesabında esas alınacaktır. Kesme kuvvetinin üst sınırına ilişkin olarak süneklik düzeyi yüksek kirişler için Denklem 3.15'de verilen koşullar,

$$V_e \leq V_r$$

$$V_e \leq 0,22.b_w.d.f_{cd}$$

$\mathbf{V_e}$ yerine $\mathbf{V_d}$ alınmak üzere, süneklik düzeyi normal olan kirişler için de geçerlidir.Kiriş enine donatısının $\mathbf{V_d}$ kesme kuvvetine göre hesabında betonun kesme dayanımına katkısı, $\mathbf{V_c}$, TS-500 [6]'ye göre belirlenecektir. Hiçbir durumda pilyelerin kesme dayanımına katkıları gözönüne alınmayacaktır.

3.9 Süneklik Düzeyi Normal Perdeler

Süneklik düzeyi normal perdeler, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan iç kuvvetlere göre boyutlandırılarak donatılacaktır. Süneklik düzeyi yüksek perdeler için *tasarım eğilme momentleri* ve *bağ kirişler* için verilen kural ve koşullar ile *kritik perde yüksekliği*'ne ilişkin olarak verilen tanım ve koşullar hariç olmak üzere, verilen diğer tüm diğer kural ve koşullar, süneklik düzeyi normal olan perdeler için de geçerlidir.

3.10 Yapının Deprem Dayanımı için Sağlaması Gereken Koşullar

Depreme Dayanıklı yapı tasarımında tüm dünyada uygulanan ilke, yapının sık ve küçük şiddetteki depremleri elastik sınırlar içinde kalarak; orta şiddetteki depremleri elastik sınırların ötesinde, fakat taşıyıcı sistemde onarılabilecek hasarlarla; çok

seyrek şiddetli depremleri, büyük hasarla fakat taşıyıcı sistem tamamen göçmeden, can kaybı olmaksızın karşılayabilmesidir. Bu anlayışla boyutlandırılan yapılarda; deprem ivmesi, şiddetli bir depremde, yapıya etki edebilecek ivme azaltılarak kullanılır. Yapılan azaltma en önemli olarak yapının sünekliğine ve elemanlarının bir biri ile yardımlaşma özelliğine bağlıdır. Yani, yapının ender oluşan şiddetli bir deprem altında elastik kalamayacağı, çeşitli yerlerde donatının akması ile plastik mafsallar oluşması, depreme dayanıklı yapı tasarımında temel varsayımlardan biridir.

Depreme karşı güvenliğin sağlanmasında önce taşıyıcı sistemin tasarımın özenli bir şekilde yapılması önemlidir. İyi bir tasarımda taşıyıcı sistemin çözümlemede gözönüne alınan davranış şekliyle, deprem altındaki davranışı birbirine yakın olur. Planda simetriden ayrılma sonucu ortaya çıkan düşey eksende burulma oluşması ve her türlü taşıyıcı eleman süreksizliğinin meydana gelmesinden olabildiğince kaçınılmalıdır. Simetri ve düzgünlük sağlayarak, kütle, geometri, rijitlik ve dayanımda süreksizliklerden kaçınarak büyük ölçüde ekonomi sağlamak mümkündür. Yüklerin kısa yoldan zemine iletilmesi düşey yüklerde olduğu gibi burada da hedef alınmalıdır. Yapı elemanlarının dayanımlarını birbirlerine göre biraz farklı düzenleyerek kuvvetli bir depremde oluşacak göçme mekanizmasını kontrol etmek ve orta büyüklükteki bir depremde, deprem sonrası onarımları sınırlı tutmak mümkündür.

Depreme karşı güvenliğin sağlanmasında taşıyıcı sistemin tasarımının iyi yapılması çözümlemeden daha önemlidir. Kötü tasarlanmış bir taşıyıcı sistemi, çözümleme ile veya yapımda alınacak önlemlerle düzeltmek mümkün değildir. Bu nedenle, tasarımda bazı noktalara çok dikkat edilmesi gereklidir.

Geometri; Yapılan gözlemlerden yapı ne kadar basit düzenlenmişse, depreme dayanıklılığı o derece yüksek olduğu saptanmıştır. Basit ve düzenli yapıların yapımı kolaydır ve yapımda hata yapma olasılığı da azdır. Bu tür yapıların depremdeki davranışını tahmin etmek daha kolaydır. Karmaşık ve düzensiz yapıları modellemek ve ek olarak ortaya çıkan burulma etkisini gözönüne almak daha uzun işlemler gerektirir.

Süreklilik; Taşıyıcı sistemde plan ve düşeyde bulunan elemanları dayanımlarının düzgün ve sürekli olarak düzenlenmesi yapının deprem etkisi altında davranışını olumlu etkiler. Kolon ve kirişlerin planda düzgün dağıtılması, sistemin belirli bölgelerinin aşırı zorlanmasını önler. Bütün kolon ve perdeler temelden çatıya kadar sürekli olmalı ve elemanların birbirine dışmerkez mesnetlenmelerinden kaçınılmalıdır.

Rijitlik ve Dayanım; Elemanların sürekliliği yanında, rijitliklerinin de ani değişiklikler göstermeden devam etmesi sağlanmalıdır. Yapı elemanlarının rijitliğini

uygun seçerek, titreşim periyodunu belirli bir aralığa getirerek deprem etkilerini azaltmak mümkündür. Yapının rijitliğini arttırarak, depremde meydana gelecek şekil ve yer değiştirmeleri azaltmak da mümkündür. Bu nedenle, taşıyıcı sistemle ona bağlı bulunan taşıyıcı olmayan kısımlardaki hasar azaltılabilir. Bunun gibi yapının içindeki alet ve donanımın fonksiyonunu devam ettirebilmesi için, rijit yapı tercih edilir.

Süneklik; Yapının, taşıma gücünde önemli bir azalma olmadan enerji tüketebilme yeteneğidir. Seyrek meydana gelen şiddetli deprem etkisini, yapının elastik davranışının üzerinde şekil değiştirerek karşılaması öngörülür. Böyle bir durumda ise elastik olmayan davranış önem kazanır. Yapının elastik sınırı geçip, sünerek kesit zorlarında önemli artmalar olmadan şekil değiştirme yapması arzu edilir. Bu yolla depremin dinamik etkisi elastik ve geri dönüşümlü olmayan enerji türüne dönüşerek yutulmakta ve sönümlenmektedir.

Sonuç olarak, depreme dayanıklı yapı tasarımında dikkat edilmesi gereken genel kurallar şunlardır;

a. Yapının taşıyıcı sisteminin düzenlenmesinde her iki doğrultuda yatay yükleri karşılayacak çerçeveler meydana getirilmesi, bu etkilerin güvenli bir biçimde karşılanması yönünden önemlidir.

b. Taşıyıcı sistemin, yükleri en kısa yoldan zemine aktaracak şekilde düzenlemesi, böylece örneğin burulma gibi bazı ek etkilerin meydana gelmemesi için çaba harcanması yararlıdır.

c. Düşey taşıyıcı olan kolonlara ve temellere gerekli önemin verilmesi, özellikle temellerin zemin durumu gözönüne alınarak belirlenmesi, kolonların zemine kadar kesintisiz devam etmesi önemlidir.

d. Depremde en çok zorlanan kolon - kiriş birleşim bölgeleridir. Buralarda donatıların yerleştirilmesine, kenetlenmesinin sağlanmasına ve kolon etriyelerinin devam ettirilmesine özen gösterilmelidir.

e. Betonun yeterince sünekliğe sahip olabilmesi için öngörülen dayanımda olması gerekir.

f. Taşıyıcı sistemin planda simetrik olarak düzenlenmesi depremde ortaya çıkacak etkilerin gereksiz yere artmasını önler.

g. Perdelerin, planda dış kenarlara yakın yerleştirilmesi, yapının tüm plan kesitinin burulma rijitliğini arttırarak deprem etkilerini daha küçük düzeyde kalmasını sağlar. [2]

4. TASARIMDA İZLENEN YOL

Tez çalışmasında incelenen yapının çözümünde 2 ayrı yöntem uygulanmıştır. 1. çözümde kat kütleleri yapının kütle merkezinde belirlenen bir "Master Joint"'te toplanıp döşemelerde rijit diyafram kabulü yapılmış, 2. çözümde ise, kat kütleleri her bir kolon ucunda toplanmış ve rijit diyafram kabulü terk edilerek esnek diyafram çözümü yapılmıştır.

4.1 Boyutlandırma

Döşemelerin Boyutlandırılması

T.S. 500 [6]'ya göre [4] uzun kenar / kısa kenar oranı, 2'den küçük olan döşemeler çift doğrultuda çalışan döşemeler olarak adlandırılır. Çift doğrultuda çalışan döşemelerin kalınlığının belirlenmesi için Denklem 4.1 kullanılmıştır.

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

Bu ifadede;

h_f : döşeme kalınlığı

m : uzun kenarın kısa kenara oranı

a_s : döşeme sürekli kenar uzunlukları toplamının kenar uzunlukları toplamına oranı

l_{sn} : döşemenin kısa doğrultudaki net açıklığı

olarak ifade edilmektedir.

Kolon ve Kirişlerin Boyutlandırılması

T.S. 500 [6]'ya göre [4] kiriş toplam yüksekliği, 300 mm'den ve döşeme kalınlığının üç katından daha küçük olamaz. Kiriş gövde genişliği, 200 mm'den az, kiriş toplam yüksekliği ile kolon genişliği toplamından fazla olamaz. Kolonlarda ise, T.S. 500 [6]'ya göre kesit genişliği 250 mm'den az olamaz. T.S. 500 [6]'da verilen bu koşullara göre boyutlandırma yapılmıştır.

Ayrıca, kolon ön boyulandırmasın için kolon çevresindeki etkili alanlarında kolona etkiyen düşey toplam yük bulunmuştur. Daha sonra bu düşey yük için aşağıdaki formül kullanılarak ön boyutlandırma yapılmıştır.

$$A_c > \frac{N_d}{0,5.f_{ck}} = \frac{N_d}{0,75.f_{cd}} \qquad (4.2)$$

koşulu sağlanmalıdır.

N_d : Tasarım eksenel kuvveti

f_{cd} : Beton hesap basınç dayanımı

f_{ck} : Beton karakteristik basınç dayanımı

A_c : Kolon kesit alanı

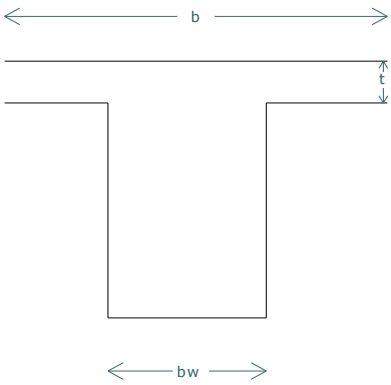
şeklinde ifade edilmektedir.

Kiriş Etkili Tabla Genişliklerinin Bulunması

Tablalı kirişlerin kesit hesabında, yapısal çözümleme ve şekil değiştirme hesapları için gerekli eylemsizlik momentlerinin bulunmasında göz önüne alınacak tabla genişliği Denklem 4.3'te belirtildiği gibi hesaplanmalıdır. [4] (Şekil 4.1)

Simetrik kesitlerde, (T- kesiti) $b = b_w + 0,2l_p$ (4.3a)

Simetrik olmayan kesitlerde, (L- kesiti vb.) $b = b_1 + 0,1l_p$ (4.3b)



Şekil 4.1 Tablalı Kiriş Kesit Boyutları

Ancak, gövde dışına taşan tabla genişliği, her bir yanda tabla kalınlığının altı katından ve komşu kiriş gövdesinin yüzüne olan uzaklığın yarısından fazla olamaz. Denklem 4.3'te kullanılan l_p, kirişin iki moment sıfır noktası arasındaki uzunluğudur. l_p değerleri Denklem 4.4'e göre hesaplanacaktır.

$$l_p = 1{,}0\ l \text{ (Tek açıklıklı, basit mesnetli kiriş)} \tag{4.4a}$$

$$l_p = 0{,}8\ l \text{ (Sürekli kiriş kenar açıklığı)} \tag{4.4b}$$

$$l_p = 0{,}6\ l \text{ (Sürekli kiriş iç açıklığı)} \tag{4.4c}$$

$$l_p = 1{,}5\ l \text{ (Konsol kiriş)} \tag{4.4d}$$

4.2 Düzensizlik Kontrolleri

Statik analiz yapıldıktan sonra kat deplasmanları hesapları yapılarak ABYYHY [1]'de tanımlanan çeşitli sınır değerler içerisinde kaldığı kontrol edilmiştir.

4.2.1 A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü

Yapılar birinci deprem bölgesinde bulunduğundan A1-Burulma düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir. Burulma düzensizliği kontrolü Denklem 3.1'e göre yapılmıştır.

Hesaplanan burulma düzensizliği katsayıları bazı katlarda $1{,}2<\eta_b<2{,}0$ arasında çıkarsa bu katlarda eksantrisite miktarları D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülür ve eşdeğer kat deprem yükleri bulunan bu yeni eksantrisite miktarları göz önüne

alınarak deprem analizi yeniden yapılarak, yeni deplasmanlar ile yeni iç kuvvetler elde edilir. Di, eksantrisite artım katsayısı Denklem 4.5 ile hesaplanır.

$$D_i = (\eta_{bi} / 1{,}2)^2 \tag{4.5}$$

4.2.2 B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik (Yumuşak Kat) Düzensizliği Kontrolü

Yapı, 1. derece deprem bölgesinde bulunduğundan ve $H_N > 25$ m olduğundan B2-Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü Yapılması gerekmektedir. Yumuşak kat düzensizliği kontrolü Denklem 3.5'de verildiği şekilde yapılmıştır.

4.2.3 Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü

Binanın tüm katlarında yapılan deprem analizi sonucu hesaplanacak göreli kat ötelemelerinin kat içindeki değerleri ABYYHY [1]'de sınırlandırılmıştır. Sınır değerler Denklem 4.6a ve 4.6b'de verilmiştir.

$$(\Delta_i)_{max} / h_i \leq 0{,}0035 \tag{4.6a}$$

$$(\Delta_i)_{max} / h_i \leq 0{,}02 / R \tag{4.6b}$$

Denklem 4.6a ve 4.6b'de verilen koşulun binanın herhangi bir katında sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrar yapılmak zorundadır.

4.2.4 İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışını esas alan ikinci mertebe etkileri Denklem 4.7'e göre hesaplanacaktır. Bu Denklemde θ_i, İkinci mertebe gösterge değerini ifade etmektedir.

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \sum_{j=1}^{N} w_j}{V_i h_i} \leq 0{,}12 \tag{4.7}$$

4.2.5 α_m Hesabı

Perde - Çerçeve bileşimi olan karma sistemlerde deprem yükünün %25'nin çerçeve tarafından taşınması gerekmektedir. İşte bu yüzden ABYYHY [1]'de perdeli sistemler için α_m katsayısının hesaplanarak süneklik düzeyine göre birtakım kontrollerin yapılması gerekmektedir.

$$a_m = \frac{\text{Perde Taban Momentleri Toplamı}}{\text{Toplam Devrilme Momenti}} \quad (4.8)$$

Süneklik düzeyi yüksek sistemlerde R=7 katsayısının kullanılabilmesi için, boşluksuz perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen eğilme momentlerinin toplamı, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam devrilme momentinin %75'inden fazla olmayacaktır. Bu koşulun sağlanamaması durumunda $0,75 < \alpha_m < 1$ aralığında kullanılacak R katsayısı, Denklem 4.9 ile belirlenip analiz tekrarlanır.

$$R = 10 - 4\alpha_m \quad (4.9)$$

4.3 Sonlu Elemanlar Yöntemi

Yapının analitik modeli, 3 boyutlu yapısal analiz programı SAP2000 V7 kullanılarak yapılmıştır. SAP2000 programı, Sonlu Elemanlar Yöntemi ile binayı çerçevelere ayırmadan 3 boyutlu olarak analiz eder. Bu bölümde, SAP2000 ile analizi yapılan binanın, Sonlu Elemanlar Yöntemi ile çözümlenmesi sebebi ile kısaca bu yöntemden bilgiler verilmiştir.

Sonlu Elemanlar Yöntemi'nin uygulanacağı sürekli ortam, fiktif sınırlarla sonlu sayıda bölgeye bölünür. Bu bölgelere eleman adı verilir. Elemanların şekilleri ve boyutları, çözüm bölgesinin sınır biçimine ve süreklilik özelliğine uygun olmalıdır. Bu sonlu elemanların birbirleriyle bağlantısının, yalnızca düğüm noktaları denilen köşe noktalarında oluştuğu varsayılır. Düğüm noktalarındaki deplasman ve iç kuvvet bileşenlerine de sırasıyla uç deplasmanları ve uç kuvvetleri denir.

Sonlu elemanların birim kuvvet, birim deplasman ve yükleme matrisleri, kolaylık sağlamak amacıyla, eleman içinde iç kuvvet veya deplasman alanları için yapılan bazı kabuller ile, yaklaşık olarak tayin edilir. Ancak bu alanların seçiminde elemanların iç bölgelerinden başka, çevreleri boyunca ayrıtlar üzerinde de denge ve geometrik uygunluk şartlarını sağlamak gerekir. Bundan başka, eleman boyutları sonsuz küçüğe giderken, iç kuvvet veya deplasman alanları için yapılan kabullere göre bulunan çözümün, klasik elastisite teorisi çözümüne gitmesi istenir.

Eleman boyutu küçültülerek eleman sayısı arttırıldığında yaklaşık çözüm gerçek değere ulaşır. Bunun işlem sayısını da arttırdığı unutulmamalıdır. Ayrıca elemanın boyutlarının birbirine ve diğer eleman boyutlarına yakın olması Denklem takımının stabilitesini artırır. Elemanların kenarlarında yayılı durumdaki iç kuvvetler ya da

deplasmanlar, düğüm noktalarında yoğunlaşmış kabul edilir. Bilinmeyen olarak düğüm noktalarındaki deplasmanlar ya da kuvvetler alınır.

Eleman içindeki deplasman bileşenlerinin uç deplasmanlarına bağlı ifadelerini elde edebilmek amacıyla, önce deplasman bileşenleri için koordinatlara bağlı fonksiyonlar seçilir. Bu fonksiyona interpolasyon fonksiyonu veya şekil fonksiyonu denir. Ve sadece tanımlandığı bölge için geçerli olur. Eleman tipine bağlı olarak seçilen şekil fonksiyonları elemandaki şekil değiştirmeleri düğüm noktası bilinmeyenlerine bağlar. Şekil fonksiyonları için polinomlardan faydalanılabilir. Bu amaçla seçilerek polinomun terim sayısının uç deplasman sayısına eşit olması gerekmektedir. Buradan da görülüyor ki, bir elemanda uç deplasman sayısı ne kadar yüksekse deplasmanlar için seçilecek interpolasyon fonksiyonunun derecesi de o kadar yüksektir. Yani çözümdeki kesme hataları o kadar küçük olacaktır. Buna karşılık, deplasman metodunda bilinmeyen sayısının artması sonucunda hesabın uzaması sakıncası ortaya çıkmaktadır. Bundan dolayı, eleman büyüklüklerinin ve her elemandaki uç deplasman sayısının dengeli bir şekilde seçilmesi gerekmektedir. Bu fonksiyon seçilirken yakınsaklığın sağlanması gereğine dikkat edilmelidir. Bundan başka deplasman fonksiyonlarının ayrıtlar boyunca komşu elamanların deplasmanlarını ve bunların türevlerini eşitlemeleri özelliği de önemlidir. Bir ayrıt boyunca geometrik uygunluk şartlarının sağlanıp sağlanmadığının belirlenmesinde, her düğüm noktasında, elemanlara ait uç deplasmanların birbirine eşit olması özelliğinden faydalanılır.

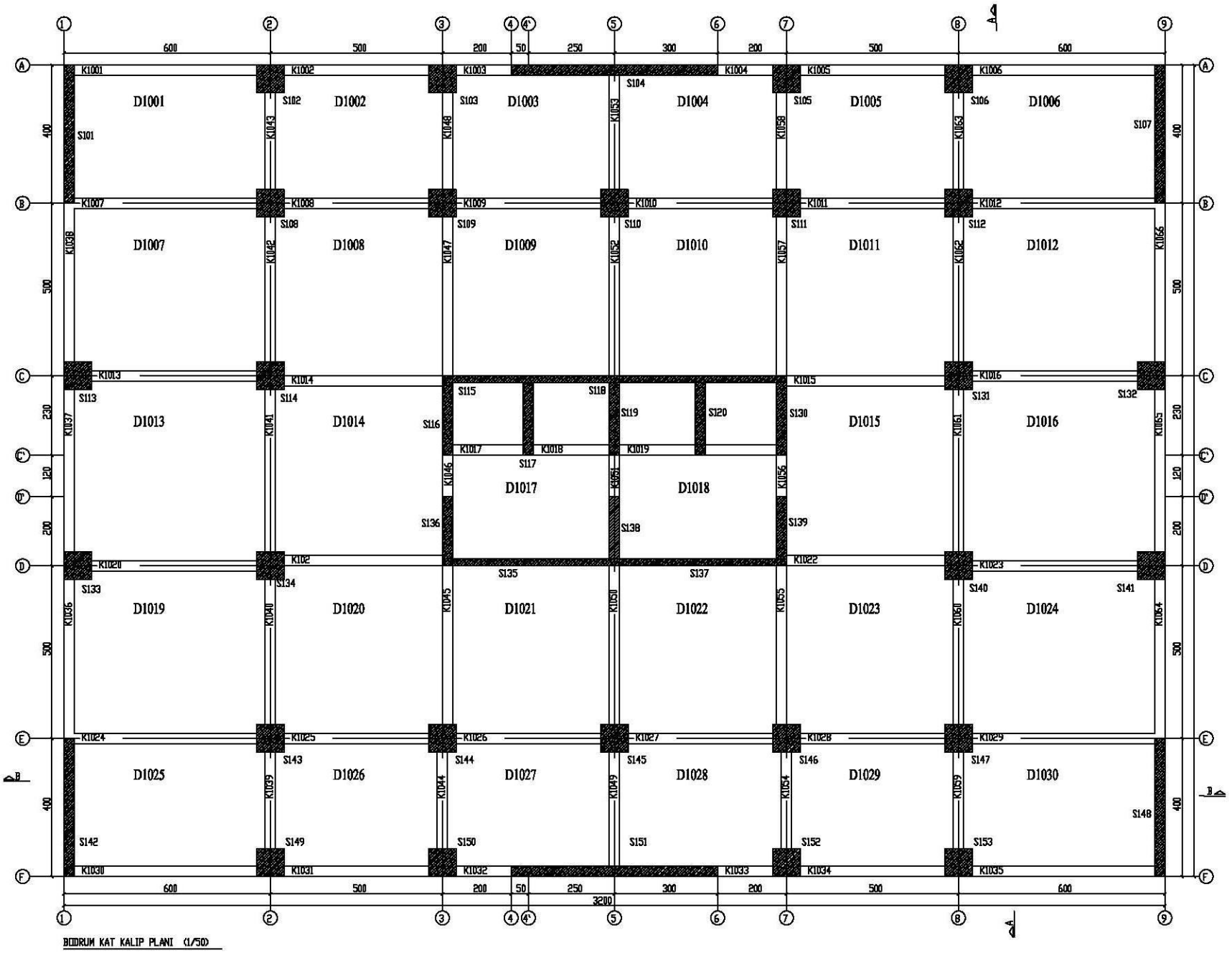
5. BETONARME BİR YAPININ TASARIMI

Yukarıdaki Tablo 5.1'de binaya ait genel özellikler ve bilgiler verilmiştir.

BİNA GENEL BİLGİLERİ

AÇIKLAMA	**BİLGİLER**			
Kat Adedi	Bodrum + Zemin + 10 Normal Kat			
Kullanım Amacı	Konut			
Yapı Önem Katsayısı (I)	1,00			
Zemin Durumu	Z2			
Spektrum Karakteristik Periyotları	T_A = 0,15 sn		T_B = 0,40 sn	
Zemin Emniyet Gerilmesi	σ_{em} = 210 kN/m^2			
Deprem Bölgesi	1'inci Derece Deprem Bölgesi			
Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_o)	0,40			
Malzeme	Beton Sınıfı : BS30, Çelik Sınıfı : BÇIIIa (S420)			
Beton Sınıfı : BS30	f_{ck} (Mpa)	f_{ctk} (Mpa)	f_{cd} (Mpa)	f_{ctd} (Mpa)
	30	1,9	20	1,25
Çelik Sınıfı : BÇIIIa 420	f_{yk} (Mpa)	f_{yd} (Mpa)		
	420	365		
Elastisite Modülü E (Mpa)	32000			
Kat Yükseklikleri (h)	Bodrum	Zemin	Normal Katlar (10 Kat)	
	3,5 m	3 m	3 m	
Binanın Toplam Kat Yüksekliği	36,5 m			

Tablo 5.1 Binanın Genel Özellikleri



Şekil 5.1 Bodrum Kat Plan

5.1 Döşeme Kalınlıklarının Kontrolü

Döşeme kalınlıkları;

$$h_f = \frac{l_{sn}}{\left(15 + \frac{20}{m}\right)} \cdot \left(1 - \frac{\alpha_s}{4}\right) \qquad (5.1)$$

Formülü ile belirlenmiştir.

h_f = Döşeme kalınlığı

l_{sn} =Sürekli kenar serbest açıklığı uzunluğu

α_s = Sürekli kenar uzunluğunun toplam döşeme kenarı uzunluğuna oranı

m =Büyük eksenel açıklığının küçük eksenel açıklığına oranı

D1001, D1002, D1003, D1007, D1008, D1009, D1013, D1014 döşemelerinin hesapları aşağıdaki şekildedir.

D1001

$m = \frac{5,55}{3,55} = 1,56 < 2$ Çift doğrultuda çalışan döşeme.

$$\alpha_s = \frac{(3,55 + 5,55)}{(3,55 + 5,55 + 3,55 + 5,55)} = 0,5$$

$h_f \geq \frac{3,55}{15 + \frac{20}{1,56}} \left(1 - \frac{0,5}{4}\right) = 0,12 > 0,08m$ sağlanıyor.

h_f = 0,14 m seçilmiştir.

D1002

$m = \frac{4,85}{3,55} = 1,37 < 2$ Çift doğrultuda çalışan döşeme

$\alpha_s = \frac{(3,55 + 3,55 + 4,85)}{(3,55 + 3,55 + 4,85 + 4,85)} = 0,71$

$h_f \geq \frac{3,55}{15 + \frac{20}{1,37}}\left(1 - \frac{0,71}{4}\right) = 0,10 > 0,08m$ sağlanıyor.

h_f = 0,14 m seçilmiştir.

D1003

$m = \frac{4,55}{3,55} = 1,28 < 2$ Çift doğrultuda çalışan döşeme.

$\alpha_s = \frac{(3,55 + 3,55 + 4,55)}{(3,55 + 3,55 + 4,55 + 4,55)} = 0,72$

$h_f \geq \frac{3,55}{15 + \frac{20}{1,28}}\left(1 - \frac{0,72}{4}\right) = 0,10 > 0,08m$ sağlanıyor.

h_f = 0,14 m seçilmiştir.

D1007

$m = \frac{5,7}{4,7} = 1,21 < 2$ Çift doğrultuda çalışan döşeme

$\alpha_s = \frac{(5,7 + 5,7 + 4,7)}{(5,7 + 5,7 + 4,7 + 4,7)} = 0,77$ α_s =(5.7+5.7+4.7)/(5.7+5.7+4.7+4.7)=0.77

$h_f \geq \frac{4,7}{15 + \frac{20}{1,21}}\left(1 - \frac{0,77}{4}\right) = 0,12 > 0,08m$ sağlanıyor.

h_f = 0,14 m seçilmiştir.

D1008

$m = \frac{4,85}{4,7} = 1,03 < 2$ Çift doğrultuda çalışan döşeme.

α_s =1

$h_f \geq \frac{4,7}{15 + \frac{20}{1,03}} \left(1 - \frac{1}{4}\right) = 0,10 > 0,08m$ sağlanıyor.

h_f = 0,14 m seçilmiştir.

D1009

$m = \frac{4,7}{4,55} = 1,03 < 2$ Çift doğrultuda çalışan döşeme.

α_s =1

$h_f \geq \frac{4,55}{15 + \frac{20}{1,03}} \left(1 - \frac{1}{4}\right) = 0,10 > 0,08m$ sağlanıyor.

h_f = 0,14 m seçilmiştir.

D1013

$m = \frac{5,55}{5,2} = 1,07 < 2$ Çift doğrultuda çalışan döşeme.

$\alpha_s = \frac{(5,55 + 5,55 + 5,2)}{(5,55 + 5,55 + 5,2 + 5,2)} = 0,76$

$h_f \geq \frac{4,7}{15 + \frac{20}{1,07}} \left(1 - \frac{0,76}{4}\right) = 0,13 > 0,08m$ sağlanıyor.

h_f = 0,14 m seçilmiştir.

D1014

$m = \frac{5,20}{4,85} = 1,07 < 2$ Çift doğrultuda çalışan döşeme

α_s =1

$h_f \geq \frac{4,7}{15 + \frac{20}{1,07}} \left(1 - \frac{1}{4}\right) = 0,11 > 0,08m$ sağlanıyor.

h_f = 0,14 m seçilmiştir.

5.2 Döşemelerdeki Sabit ve Hareketli Yük Kabulleri

Çatı Dışındaki Tüm Katlar

Sabit Yükler (G)

1-Öz ağırlık= 0.14*25=3.5 kN/m^2

2- Ahşap Parke= 0.02*8=0.16 kN/m^2

3- Harç= 0.01*20=0.2 kN/m^2

4- Şap= 0.03*20=0.6 kN/m^2

5-Sıva= 0.02*20=0.4 kN/m^2

Toplam=4.86 kN/m^2

Hareketli Yükler (Q)

2 kN/m^2 (konut)

Çatı Katı

Sabit Yükler (G)

1-Öz ağırlık= 0.14*25=3.5 kN/m^2

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

3- Isı İzolasyonu= 0.01*1.5=0.015 kN/m^2

4- Bitümlü Karton= 0.01*1.5=0.015 kN/m^2

5-Ahşap Çatı= 0.75 kN/m^2

6- Sıva= 0.02*20=0.4 kN/m^2

Toplam=4.87 kN/m^2

Hareketli Yükler (Q)

0.75 kN/m^2 (kar)

5.3 Döşeme Donatısı Hesabı

Döşemenin birim genişliğine düşen eğilme momenti Denklem 5.2'ye göre hesaplanmaktadır.

$$M_d = \alpha . P_d . (l_{sn})^2 \qquad (5.2)$$

Plağın mesnetlenme durumuna göre ve m=$l_{uzun}/l_{kısa}$ oranına bağlı olarak Tablo 5.3'de α katsayıları tablosu verilmiştir.

Döşeme Momentleri Tablosu aşağıdaki tabloda verilmiştir. (Tablo 5.2)

				X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
Döşeme	lx	ly	m	α1	α2	M1	M2	α1	α2	M1	M2
D 1001 	5,55	3,55	1,56	0,049	0,037	6,18	4,66	0,073	0,055	9,20	6,93
D1002 	4,85	3,55	1,37	0,042	0,031	5,30	3,91	0,065	0,049	8,19	6,18
D1003 	4,55	3,55	1,28	0,049	0,037	6,18	4,66	0,066	0,05	8,32	6,30
D1007 	5,55	4,7	1,18	0,042	0,031	9,28	6,85	0,057	0,043	12,60	9,50
D1008 	4,85	4,7	1,03	0,033	0,025	7,29	5,52	0,033	0,025	7,29	5,52
D1009 	4,55	4,7	1,03	0,033	0,025	6,83	5,18	0,033	0,025	6,83	5,18
D1013 	5,55	5,2	1,07	0,042	0,031	11,36	8,39	0,047	0,035	12,71	9,47
D1014 	4,85	5,2	1,07	0,040	0,030	9,41	7,06	0,033	0,025	7,77	5,88

Tablo 5.2 Döşeme Momentleri Hesabı

5.4 Döşeme Hesap Momentlerinin Bulunması:

D1001 / D1002 x doğrultusunda:

$$\frac{M_{min}}{M_{max}} = \frac{5,30}{6,18} = 0,86 > 0,8 \quad \Rightarrow \quad M_d=6,18 \text{ kNm}$$

D1002 / D1003 x doğrultusunda:

$$\frac{M_{min}}{M_{max}} = \frac{5,30}{6,18} = 0,86 > 0,8 \quad \Rightarrow \quad M_d=6.18 \text{ kNm}$$

D1007 / D1008 x doğrultusunda:

$$\frac{M_{min}}{M_{max}} = \frac{7,29}{9,28} = 0,785 < 0,8 \quad \Rightarrow \quad \text{Moment dengelemesi yapılmalıdır}$$

Moment Dengelemesinde, Denklem 5.3 ve Denklem 5.4 kullanılmıştır.

$$\Delta M = M_{max} - M_{min} \tag{5.3}$$

ΔM değerindeki moment, komşu plaklara rijitlikleri oranında dağıtılarak kesit büyük momente göre boyutlandırılır. Alışılagelen döşeme plak rijitlikleri açıklıkla ters orantılı alınıp dağıtım yapılarak hesaba esas olan momentler bulunabilir.

$$M_1 = M_{max} - \frac{2.}{3}.(\Delta M).\left(\frac{l_2}{l_1 + l_2}\right) \tag{5.4a}$$

$$M_2 = M_{min} + \frac{2}{3}.(\Delta M).\left(\frac{l_1}{l_1 + l_2}\right) \tag{5.4b}$$

$\Delta M = 9,28\text{-}7,29 = 1,99\ kNm$

$$\left.\begin{aligned} M_1 &= 9,28 - \frac{2.}{3}.(1,99).\left(\frac{4,85}{4,85+5,55}\right) = 8,66 kNm \\ M_2 &= 7,29 + \frac{2}{3}.(1,99).\left(\frac{5,55}{4,85+5,55}\right) = 7,99 kNm \end{aligned}\right\} \text{ büyük olan alınır. } M_d=8,66 \text{ Nm}$$

D1008 / D1009 x doğrultusunda:

$$\frac{M_{min}}{M_{max}} = \frac{6,83}{7,29} = 0,93 > 0,8 \quad \Rightarrow \quad M_d=7,29 \text{ kNm}$$

D1013 / D1014 x doğrultusunda:

$$\frac{M_{min}}{M_{max}} = \frac{9,41}{11,36} = 0,83 > 0,8 \quad \Rightarrow \quad M_d=11,36 \text{ kNm}$$

D1001 / D1007 y doğrultusunda:

$$\frac{M_{min}}{M_{max}} = \frac{9,20}{12,60} = 0,73 < 0,8 \quad \Rightarrow \quad \text{Moment dengelemesi yapılmalıdır}$$

$\Delta M = 12,60\text{-}9,20 = 3,4 kNm$

$$\left.\begin{aligned} M_1 &= 12,60 - \frac{2.}{3}.(3,40).\left(\frac{3,55}{4,70+3,55}\right) = 11,62 kNm \\ M_2 &= 9,20 + \frac{2}{3}.(3,40).\left(\frac{4,70}{4,70+3,55}\right) = 10,49 kNm \end{aligned}\right\} \text{ büyük olan alınır.}$$

$M_d=11,62$ kNm

D1007 / D1013 y doğrultusunda:

$$\frac{M_{min}}{M_{max}} = \frac{12,60}{12,71} = 0,99 > 0,8 \quad \Rightarrow \quad M_d=12,71 \text{ kNm}$$

D1002 / D1008 y doğrultusunda:

$$\frac{M_{min}}{M_{max}} = \frac{7,29}{8,19} = 0,89 > 0,8 \quad \Rightarrow \quad M_d=8,19 \text{ kNm}$$

D1008 / D1014 y doğrultusunda:

$$\frac{M_{min}}{M_{max}} = \frac{7,29}{7,77} = 0,93 > 0,8 \quad \Rightarrow \quad M_d=7,77 \text{ kNm}$$

D1003 / D1009 y doğrultusunda:

$$\frac{M_{min}}{M_{max}} = \frac{6,83}{8,32} = 0,82 > 0,8 \quad \Rightarrow \quad M_d=8,32 \text{ kNm}$$

Bulunan hesap momentlerine göre X ve Y doğrultularındaki döşeme donatılarının bulunması için Denklem 5.5 ve Denklem 5.6 kullanılmıştır.

$$K = \frac{b_w.d^2}{M} \tag{5.5}$$

$$A_s = \frac{k_s.M}{d} \tag{5.6}$$

Bulunan değerler, Tablo 5.3 ve Tablo 5.4'da verilmiştir.

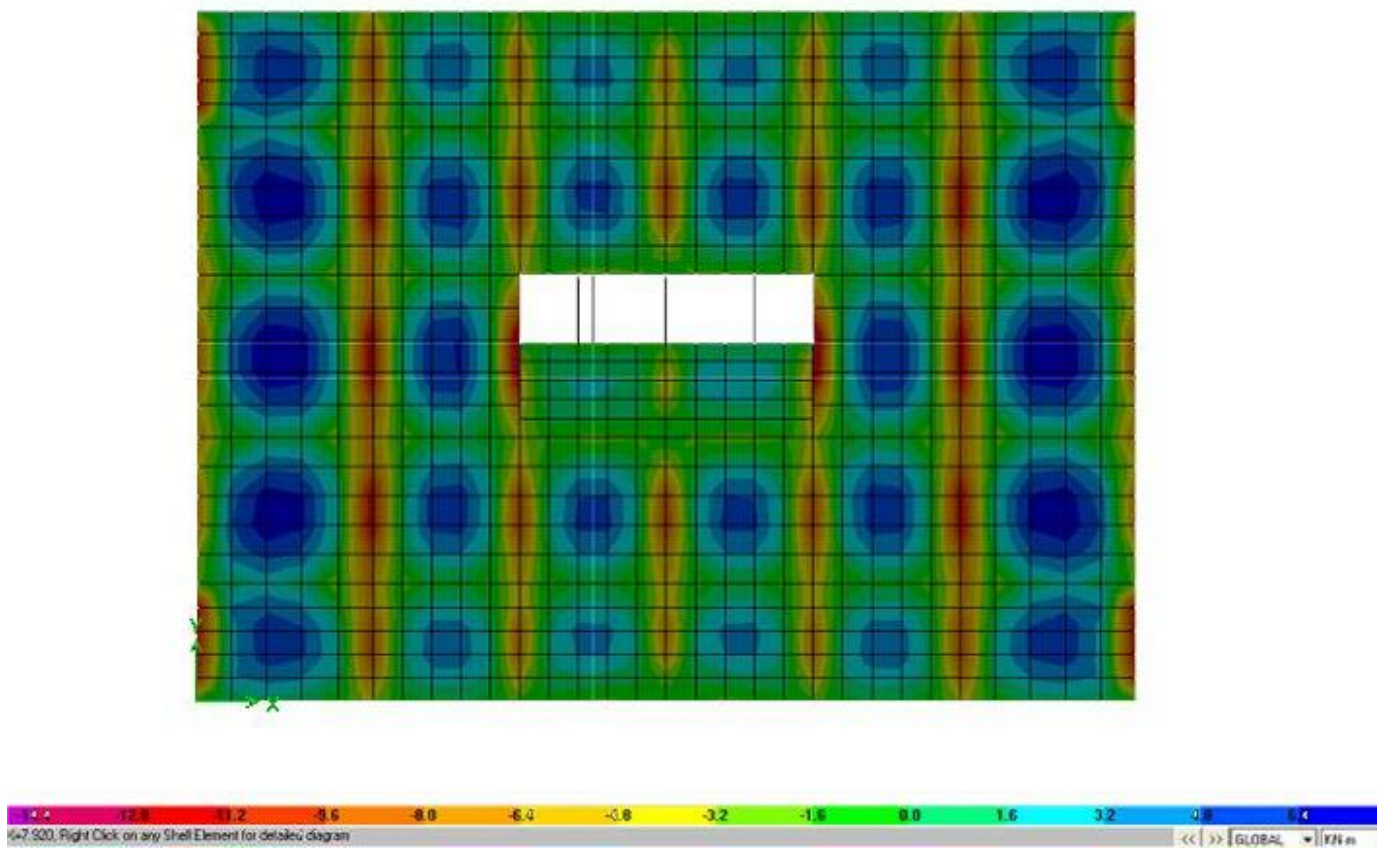
Ayrıca, 1.Kat SAP2000 ile modellenmiş ve 1,4G + 1,6Q yü kombinasyonuna ait M_{11} ve M_{22} moment dağılımları Şekil 5.2 ve 5.3'de verilmiştir.

Döşeme	M_d (kNm)	d (m)	K (10^{-5}) (mm^2/kN)	k_s	A_s (mm^2/m)	A_{smin} (mm^2/m)	Seçilen Donatı (cm^2/m)	Mevcut Donatı (cm^2/m)	Ek Donatı (cm^2/m)
D1001 Açıklık	4,66	0,115	284	2,80	113	251	ø8/40(251 cm^2)		
D1001/ D1002	6,18	0,125	253	2,81	139	251		ø8/40+ø8/40(251cm^2)	
D1002 Açıklık	3,91	0,115	338	2,80	95	251	ø8/40(251 cm^2)		
D1002/ D1003	6,18	0,125	253	2,81	139	251		ø8/40+ø8/33(251cm^2)	
D1003 Açıklık	4,66	0,115	284	2,80	113	251	ø8/40(251 cm^2)		
D1007 Açıklık	6,85	0,115	193	2,81	167	251	ø8/40(251 cm^2)		
D1007/ D1008	8,66	0,125	180	2,82	195	251		ø8/40+ø8/40(251cm^2)	
D1008 Açıklık	5,52	0,125	283	2,80	124	251	ø8/40(251 cm^2)		
D1008/ D1009	7,29	0,125	214	2,81	164	251		ø8/40+ø8/40(251cm^2)	
D1009 Açıklık	5,18	0,125	302	2,80	116	251	ø8/40(251 cm^2)		
D1013 Açıklık	8,39	0,115	158	2,82	206	251	ø8/40(251 cm^2)		
D1013/ D1014	11,66	0,125	134	2,84	265	251		ø8/40+ø8/40(251cm^2)	ø8/33(151cm^2)
D1014 Açıklık	7,06	0,125	221	2,81	159	251	ø8/40(251 cm^2)		

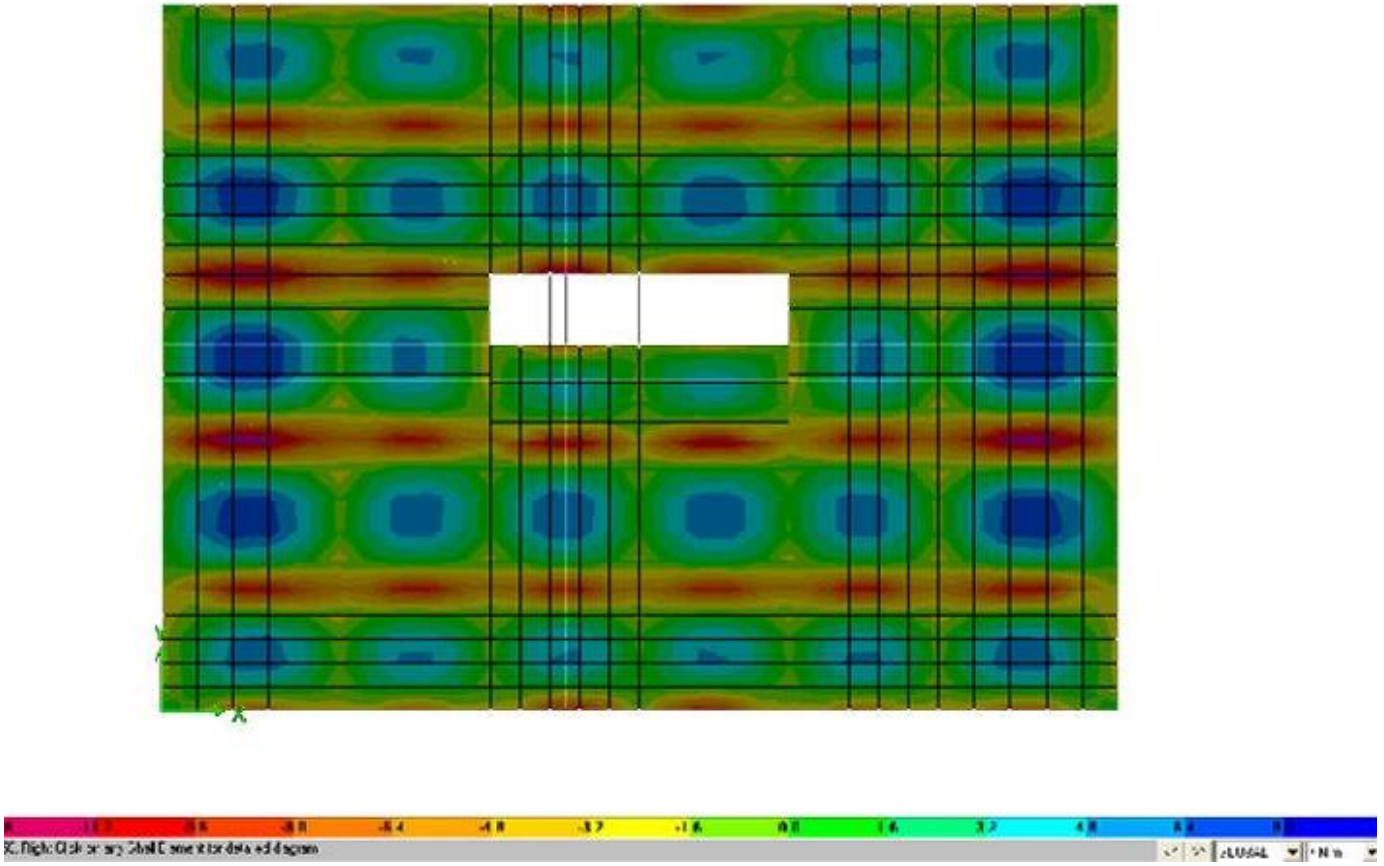
Tablo 5.3 X Doğrultusundaki Donatı Hesabı

Döşeme	M_d (kNm)	d (m)	K (10^{-5}) (mm^2/kN)	k_s	A_s (mm^2/m)	A_{smin} (mm^2/m)	Seçilen Donatı (cm^2/m)	Mevcut Donatı (cm^2/m)	Ek Donatı (cm^2/m)
D1001 Açıklık	6,93	0,125	225	2,81	156	251	ø8/40(251 cm^2)		
D1001/ D1007	11,62	0,125	134	2,84	264	251		ø8/40+ø8/40(251 cm^2)	ø8/33(151cm^2)
D1007 Açıklık	9,5	0,125	164	2,83	215	251	ø8/40(251 cm^2)		
D1007/ D1013	12,71	0,125	123	2,85	290	251		ø8/40+ø8/40(251 cm^2)	ø8/33(151cm^2)
D1013 Açıklık	9,47	0,125	165	2,81	213	251	ø8/40(251 cm^2)		
D1002 Açıklık	6,18	0,125	253	2,81	139	251	ø8/40(251 cm^2)		
D1002/ D1008	8,19	0,125	191	2,82	185	251		ø8/40+ø8/40(251 cm^2)	
D1008 Açıklık	5,52	0,115	240	2,8	134	251	ø8/40(251 cm^2)		
D1008/ D1014	7,77	0,125	201	2,82	175	251		ø8/40+ø8/40(251 cm^2)	
D1014 Açıklık	5,88	0,115	225	2,81	144	251	ø8/40(251 cm^2)		
D1003 Açıklık	6,3	0,125	248	2,83	143	251	ø8/40(251 cm^2)		
D1003/ D1009	8,32	0,125	188	2,82	188	251		ø8/40+ø8/40(251 cm^2)	
D1009 Açıklık	5,18	0,115	255	2,8	126	251	ø8/40(251 cm^2)		

Tablo 5.4 Y Doğrultusundaki Donatı Hesabı



Şekil 5.2 Birinci Kat döşemelerinde 1.4 G + 1.6 Q kombinasyonu altında oluşan M11 moment dağılım kontürleri (kN-m)



Şekil 5.3 Birinci Kat döşemelerinde 1.4 G + 1.6 Q kombinasyonu altında oluşan M22 moment dağılım kontürleri (kN-m)

5.5 Kiriş ve Kolon Ön Boyutlandırılması

Kiriş ön boyutları aşağıdaki kriterleri sağlayacak şeki1de seçi1miştir:

$h_{kiriş} > 3.h_{döş}$

$b_w > 200$ mm

$h_{kiriş} < (1/4).l_{sn}$

$h_{kiriş} < 3{,}5.b_w$

Bu kriterlere göre kiriş boyutları olarak b = 30 cm ve h = 60 cm seçi1miştir.

Kiriş birim boy ağırlığı = 0,30.(0,60-0,14).25 = 3.45 kN/m
Duvar birim boy ağırlığı = 2,40.2,50 = 6,00 kN/m (yarim tuğla)
= 2,40.4,20 = 10,08 kN/m (tam tuğla)

Yukarıdaki yük değerleri dikkate alınarak kirişlere duvarlardan gelen yükler bulunmuştur. Kirişlere döşemelerden gelen yükler trapez ve üçgen yayılı yükler şeklinde dağıtılmışlardır.

Üçgen Yayılı yükü düzgün yayılı yüke çevirmek için; $\frac{P.l_s}{3}$ (5.7)

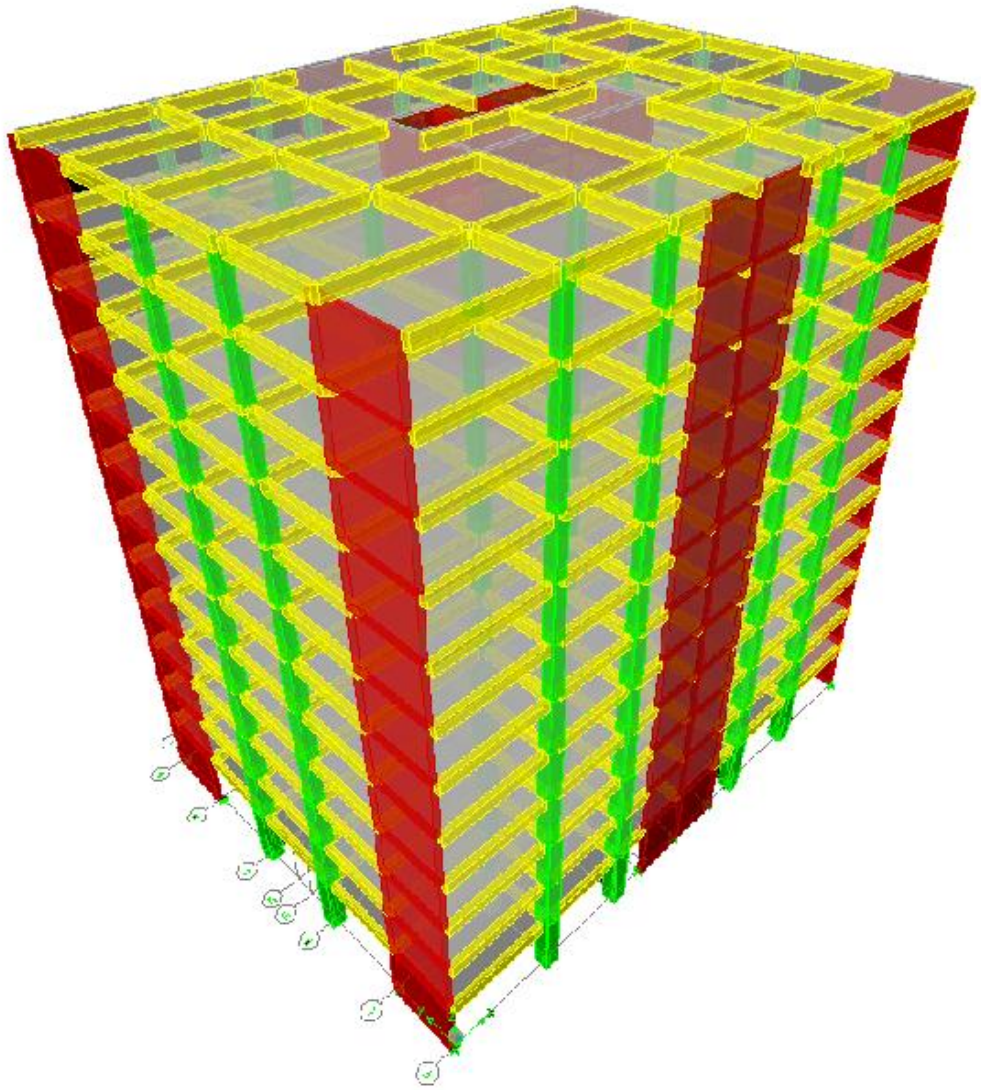
Trapez Yayılı yükü düzgün yayılı yüke çevirmek için; $\frac{P.l_s}{3}\left(\frac{3}{2}-\frac{1}{2m^2}\right)$ (5.8)

formülleri kullanılır. Zemin katta bulunan kirişlere etki eden yükler Tablo 5.5'de ve 2 aksındaki kiriş yüklemesi Şekil 5.5'de verilmiştir. Şekil 5.4'de, yapının kiriş ve kolonlarının üç boyutlu görünümü yer almaktadır.

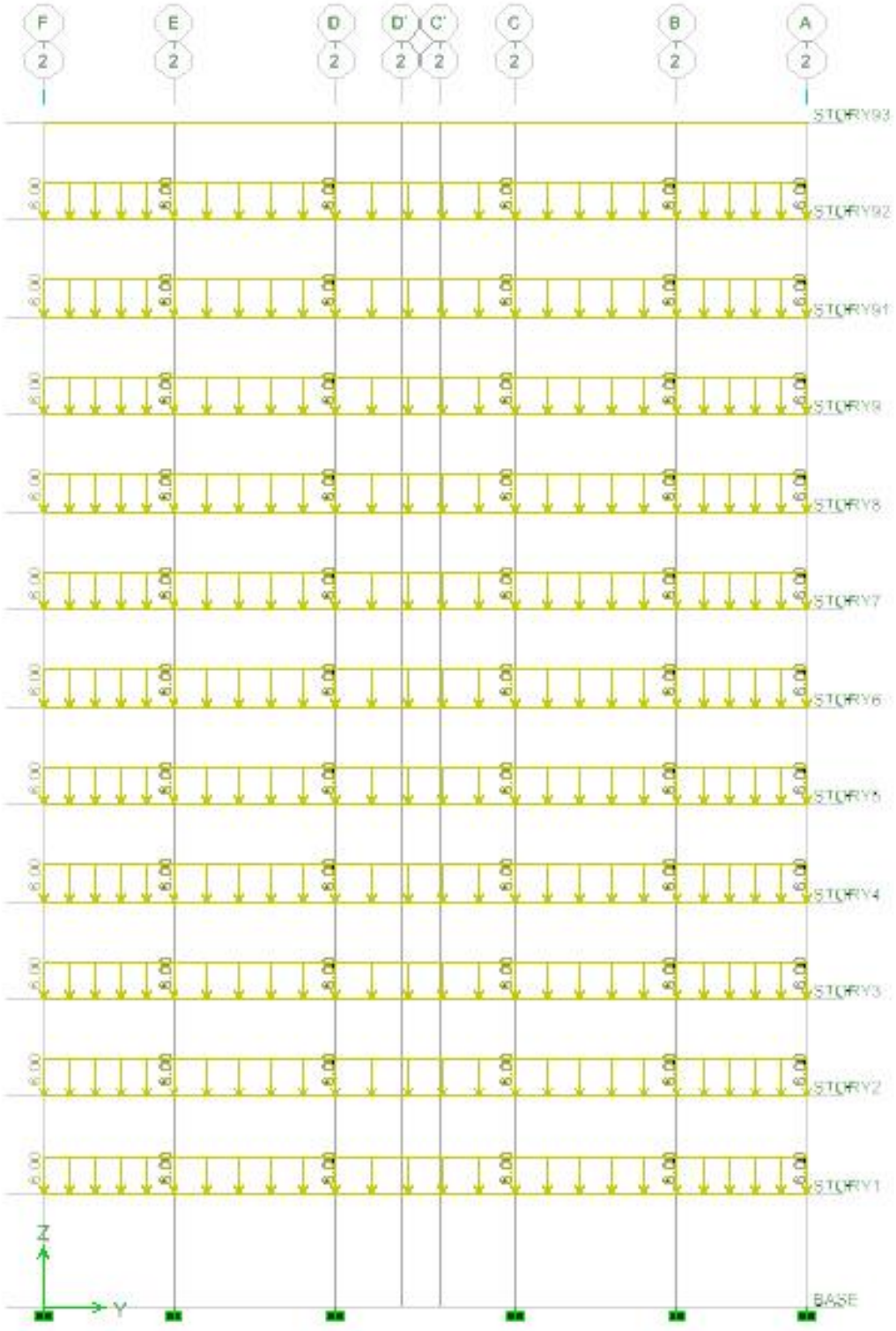
1 .4G + 1 .6Q kombinasyonundan kolonlara gelen eksenel yükler ve seçilen kolon boyutları Tablo 5.6'de verilmiştir. Seçilen boyutlar, ABYYHY98'de verilen minimum boyutlara dikkat edilerek boyutlandırılmış ve her üç katta bir değiştirilmiştir.

Kolonlara etkiye düşey yükler bulunduktan sonra Denklem 5.9 ile ön boyutlandırma yapılmıştır.

$$A_c > \frac{N_d}{0,5.f_{ck}} = \frac{N_d}{0,75.f_{cd}} \quad (5.9)$$



Şekil 5.4 SAP 2000'den alınan, Kiriş ve Kolonların Üç Boyutlu Görünümü



Şekil 5.5 2 Aksındaki Kiriş Yüklemesi

Kiriş	d (cm)	b (cm)	Duvar Birim Boy Ağırlığı (kN/m)	Kiriş Birim Boy Ağırlığı (kN/m)	Eşdeğer Düzgün Yayılı Yükler (kN/m)	ΣG (kN/m)	Eşdeğer Düzgün Yayılı Yükler (kN/m)	ΣQ (kN/m)
A Aksı								
K1001	60	30	10,08	3,45	8,28	21,81	3,41	3,41
K1002	60	30	10,08	3,45	7,65	21,18	3,15	3,15
K1003	60	30	10,08	3,45	1,62	15,15	0,67	0,67
B Aksı								
K1007	60	30	6,00	3,45	17,62	27,07	7,25	7,25
K1008	60	30	6,00	3,45	15,75	25,20	6,48	6,48
K1009	60	30	6,00	3,45	15,75	25,20	3,33	3,33
C Aksı								
K1013	60	30	6,00	3,45	18,96	28,41	7,80	7,80
K1014	60	30	6,00	3,45	16,90	26,35	6,96	6,96
C' Aksı								
K1017	60	30	6,00	3,45	2,57	12,02	1,06	1,06
K1018	60	30	6,00	3,45	2,69	12,14	1,11	1,11
1 Aksı								
K1037	60	30	10,08	3,45	9,62	23,15	3,96	3,96
K1038	60	30	10,08	3,45	9,34	22,87	3,84	3,84
2 Aksı								
K1041	60	30	6,00	3,45	18,42	27,87	7,58	7,58
K1042	60	30	6,00	3,45	17,44	26,89	7,18	7,18
K1043	60	30	6,00	3,45	14,13	23,58	5,81	5,81
3 Aksı								
K1046	60	30	6,00	3,45	15,01	24,46	6,18	6,18
K1047	60	30	6,00	3,45	16,20	25,65	6,67	6,67
K1048	60	30	6,00	3,45	15,29	24,74	6,29	6,29
5 Aksı								
K1051	60	30	6,00	3,45	5,13	14,58	2,11	2,11
K1052	60	30	6,00	3,45	16,20	25,65	6,67	6,67
K1053	60	30	6,00	3,45	15,29	24,74	6,29	6,29

Tablo 5.5 Kiriş Boyutları ve Kirişlere Gelen Eşdeğer Yayılı Yükler

Kat/Kolon No	Döşeme Lx/Ly	Kiriş Boyu	Kiriş Yükü	Duvar yarım/tam	Duvar yükü	Pkolon (kN)	Döşeme Zati Yük Ağırlığı (kN)	G (kN)	Q (kN)	P 1.4G+1.6Q (kN)	Üst Kattan P (kN)	Toplam P (kN)	A kolon (cm2)	Seçilen Kesit
10. Kat														
A2	5.5/2.0	7,50	33,75			10	53,57	97,32	8,25	149,45		149,45	130	50/50
A3	3.5/2.0	5,50	24,75			10	34,09	68,84	5,25	104,78		104,78	91	50/50
B2	5.5/4.5	10,00	45,00			10	120,53	175,53	18,56	275,45		275,45	239	50/50
B3	5.0/4.5	9,50	42,75			10	109,58	162,33	16,88	254,26		254,26	220	50/50
B5	5.0/4.5	9,50	42,75			10	109,58	162,33	16,88	254,26		254,26	220	50/50
C1	3.0/5.25	8,25	37,13			10	76,70	123,83	11,81	192,26		192,26	167	50/50
C2	5.5/5.25	10,75	48,38			10	140,62	199,00	21,66	313,24		313,24	271	50/50
9. Kat														
A2	5.5/2.0	7,50	33,8	2.0/5.5	67,44	10	53,46	164,65	22,00	265,71	149,45	415,16	360	50/50
A3	3.5/2.0	5,50	24,75	2.0/3.5	47,28	10	34,02	116,05	14,00	184,87	104,78	289,65	251	50/50
B2	5.5/4.5	10,00	45,00	10/0	60	10	120,29	235,29	49,50	408,60	275,45	684,04	593	50/50
B3	5.0/4.5	9,50	42,75	9.5/0	57	10	109,35	219,10	45,00	378,74	254,26	633,00	549	50/50
B5	5.0/4.5	9,50	42,75	9.5/0	57	10	109,35	219,10	45,00	378,74	254,26	633,00	549	50/50
C1	3.0/5.25	8,25	37,13	3/5.25	70,92	10	76,55	194,59	31,50	322,83	192,26	515,08	446	50/50
C2	5.5/5.25	10,75	48,38	10.75/0	64,5	10	140,33	263,21	57,75	460,89	313,24	774,14	671	50/50
8. Kat														
A2	5.5/2.0	7,50	33,8	2.0/5.5	67,44	10	53,46	164,65	22,00	265,71	415,16	680,87	590	50/50
A3	3.5/2.0	5,50	24,75	2.0/3.5	47,28	10	34,02	116,05	14,00	184,87	289,65	474,52	411	50/50
B2	5.5/4.5	10,00	45,00	10/0	60	10	120,29	235,29	49,50	408,60	684,04	1092,64	947	50/50
B3	5.0/4.5	9,50	42,75	9.5/0	57	10	109,35	219,10	45,00	378,74	633,00	1011,74	877	50/50
B5	5.0/4.5	9,50	42,75	9.5/0	57	10	109,35	219,10	45,00	378,74	633,00	1011,74	877	50/50
C1	3.0/5.25	8,25	37,13	3/5.25	70,92	10	76,55	194,59	31,50	322,83	515,08	837,91	726	50/50
C2	5.5/5.25	10,75	48,38	10.75/0	64,5	10	140,33	263,21	57,75	460,89	774,14	1235,03	1070	50/50
7. Kat														
A2	5.5/2.0	7,50	33,8	2.0/5.5	67,44	15	53,46	169,65	22,00	272,71	680,87	953,58	826	60/60
A3	3.5/2.0	5,50	24,75	2.0/3.5	47,28	15	34,02	121,05	14,00	191,87	474,52	666,39	578	60/60
B2	5.5/4.5	10,00	45,00	10/0	60	15	120,29	240,29	49,50	415,60	1092,64	1508,24	1307	60/60
B3	5.0/4.5	9,50	42,75	9.5/0	57	15	109,35	224,10	45,00	385,74	1011,74	1397,48	1211	60/60
B5	5.0/4.5	9,50	42,75	9.5/0	57	15	109,35	224,10	45,00	385,74	1011,74	1397,48	1211	60/60
C1	3.0/5.25	8,25	37,13	3/5.25	70,92	15	76,55	199,59	31,50	329,83	837,91	1167,74	1012	60/60
C2	5.5/5.25	10,75	48,38	10.75/0	64,5	15	140,33	268,21	57,75	467,89	1235,03	1702,92	1476	60/60

Tablo 5.6 Kolon Önboyutlandırması

6. Kat														
A2	5.5/2.0	7,50	33,8	2.0/5.5	67,44	15	53,46	169,65	22,00	272,71	953,58	1226,29	1063	60/60
A3	3.5/2.0	5,50	24,75	2.0/3.5	47,28	15	34,02	121,05	14,00	191,87	666,39	858,26	744	60/60
B2	5.5/4.5	10,00	45,00	10/0	60	15	120,29	240,29	49,50	415,60	1508,24	1923,84	1667	60/60
B3	5.0/4.5	9,50	42,75	9.5/0	57	15	109,35	224,10	45,00	385,74	1397,48	1783,22	1545	60/60
B5	5.0/4.5	9,50	42,75	9.5/0	57	15	109,35	224,10	45,00	385,74	1397,48	1783,22	1545	60/60
C1	3.0/5.25	8,25	37,13	3/5.25	70,92	15	76,55	199,59	31,50	329,83	1167,74	1497,56	1298	60/60
C2	5.5/5.25	10,75	48,38	10.75/0	64,5	15	140,33	268,21	57,75	467,89	1702,92	2170,81	1881	60/60
5. Kat														
A2	5.5/2.0	7,50	33,8	2.0/5.5	67,44	15	53,46	169,65	22,00	272,71	1226,29	1499,00	1299	60/60
A3	3.5/2.0	5,50	24,75	2.0/3.5	47,28	15	34,02	121,05	14,00	191,87	858,26	1050,13	910	60/60
B2	5.5/4.5	10,00	45,00	10/0	60	15	120,29	240,29	49,50	415,60	1923,84	2339,44	2028	60/60
B3	5.0/4.5	9,50	42,75	9.5/0	57	15	109,35	224,10	45,00	385,74	1783,22	2168,96	1880	60/60
B5	5.0/4.5	9,50	42,75	9.5/0	57	15	109,35	224,10	45,00	385,74	1783,22	2168,96	1880	60/60
C1	3.0/5.25	8,25	37,13	3/5.25	70,92	15	76,55	199,59	31,50	329,83	1497,56	1827,39	1584	60/60
C2	5.5/5.25	10,75	48,38	10.75/0	64,5	15	140,33	268,21	57,75	467,89	2170,81	2638,70	2287	60/60
4. Kat														
A2	5.5/2.0	7,50	33,8	2.0/5.5	67,44	20	53,46	174,65	22,00	279,71	1499,00	1778,71	1542	70/70
A3	3.5/2.0	5,50	24,75	2.0/3.5	47,28	20	34,02	126,05	14,00	198,87	1050,13	1249,00	1082	70/70
B2	5.5/4.5	10,00	45,00	10/0	60	20	120,29	245,29	49,50	422,60	2339,44	2762,04	2394	70/70
B3	5.0/4.5	9,50	42,75	9.5/0	57	20	109,35	229,10	45,00	392,74	2168,96	2561,70	2220	70/70
B5	5.0/4.5	9,50	42,75	9.5/0	57	20	109,35	229,10	45,00	392,74	2168,96	2561,70	2220	70/70
C1	3.0/5.25	8,25	37,13	3/5.25	70,92	20	76,55	204,59	31,50	336,83	1827,39	2164,21	1876	70/70
C2	5.5/5.25	10,75	48,38	10.75/0	64,5	20	140,33	273,21	57,75	474,89	2638,70	3113,59	2698	70/70
3. Kat														
A2	5.5/2.0	7,50	33,8	2.0/5.5	67,44	20	53,46	174,65	22,00	279,71	1778,71	2058,42	1784	70/70
A3	3.5/2.0	5,50	24,75	2.0/3.5	47,28	20	34,02	126,05	14,00	198,87	1249,00	1447,87	1255	70/70
B2	5.5/4.5	10,00	45,00	10/0	60	20	120,29	245,29	49,50	422,60	2762,04	3184,64	2760	70/70
B3	5.0/4.5	9,50	42,75	9.5/0	57	20	109,35	229,10	45,00	392,74	2561,70	2954,44	2561	70/70
B5	5.0/4.5	9,50	42,75	9.5/0	57	20	109,35	229,10	45,00	392,74	2561,70	2954,44	2561	70/70
C1	3.0/5.25	8,25	37,13	3/5.25	70,92	20	76,55	204,59	31,50	336,83	2164,21	2501,04	2168	70/70
C2	5.5/5.25	10,75	48,38	10.75/0	64,5	20	140,33	273,21	57,75	474,89	3113,59	3588,48	3110	70/70

2. Kat														
A2	5.5/2.0	7,50	33,8	2.0/5.5	67,44	20	53,46	174,65	22,00	279,71	2058,42	2338,13	2026	70/70
A3	3.5/2.0	5,50	24,75	2.0/3.5	47,28	20	34,02	126,05	14,00	198,87	1447,87	1646,74	1427	70/70
B2	5.5/4.5	10,00	45,00	10/0	60	20	120,29	245,29	49,50	422,60	3184,64	3607,24	3126	70/70
B3	5.0/4.5	9,50	42,75	9.5/0	57	20	109,35	229,10	45,00	392,74	2954,44	3347,18	2901	70/70
B5	5.0/4.5	9,50	42,75	9.5/0	57	20	109,35	229,10	45,00	392,74	2954,44	3347,18	2901	70/70
C1	3.0/5.25	8,25	37,13	3/5.25	70,92	20	76,55	204,59	31,50	336,83	2501,04	2837,87	2459	70/70
C2	5.5/5.25	10,75	48,38	10.75/0	64,5	20	140,33	273,21	57,75	474,89	3588,48	4063,37	3522	70/70
1. Kat														
A2	5.5/2.0	7,50	33,8	2.0/5.5	67,44	25	53,46	179,65	22,00	286,71	2338,13	2624,84	2275	80/80
A3	3.5/2.0	5,50	24,75	2.0/3.5	47,28	25	34,02	131,05	14,00	205,87	1646,74	1852,61	1606	80/80
B2	5.5/4.5	10,00	45,00	10/0	60	25	120,29	250,29	49,50	429,60	3607,24	4036,84	3499	80/80
B3	5.0/4.5	9,50	42,75	9.5/0	57	25	109,35	234,10	45,00	399,74	3347,18	3746,92	3247	80/80
B5	5.0/4.5	9,50	42,75	9.5/0	57	25	109,35	234,10	45,00	399,74	3347,18	3746,92	3247	80/80
C1	3.0/5.25	8,25	37,13	3/5.25	70,92	25	76,55	209,59	31,50	343,83	2837,87	3181,69	2757	80/80
C2	5.5/5.25	10,75	48,38	10.75/0	64,5	25	140,33	278,21	57,75	481,89	4063,37	4545,26	3939	80/80
Zemin Kat														
A2	5.5/2.0	7,50	33,8	2.0/5.5	67,44	25	53,46	179,65	22,00	286,71	2624,84	2911,55	2523	80/80
A3	3.5/2.0	5,50	24,75	2.0/3.5	47,28	25	34,02	131,05	14,00	205,87	1852,61	2058,48	1784	80/80
B2	5.5/4.5	10,00	45,00	10/0	60	25	120,29	250,29	49,50	429,60	4036,84	4466,44	3871	80/80
B3	5.0/4.5	9,50	42,75	9.5/0	57	25	109,35	234,10	45,00	399,74	3746,92	4146,66	3594	80/80
B5	5.0/4.5	9,50	42,75	9.5/0	57	25	109,35	234,10	45,00	399,74	3746,92	4146,66	3594	80/80
C1	3.0/5.25	8,25	37,13	3/5.25	70,92	25	76,55	209,59	31,50	343,83	3181,69	3525,52	3055	80/80
C2	5.5/5.25	10,75	48,38	10.75/0	64,5	25	140,33	278,21	57,75	481,89	4545,26	5027,15	4357	80/80
Bodrum Kat														
A2	5.5/2.0	7,50	33,8	2.0/5.5	67,44	25	53,46	179,65	22,00	286,71	2911,55	3198,26	2772	80/80
A3	3.5/2.0	5,50	24,75	2.0/3.5	47,28	25	34,02	131,05	14,00	205,87	2058,48	2264,35	1962	80/80
B2	5.5/4.5	10,00	45,00	10/0	60	25	120,29	250,29	49,50	429,60	4466,44	4896,03	4243	80/80
B3	5.0/4.5	9,50	42,75	9.5/0	57	25	109,35	234,10	45,00	399,74	4146,66	4546,40	3940	80/80
B5	5.0/4.5	9,50	42,75	9.5/0	57	25	109,35	234,10	45,00	399,74	4146,66	4546,40	3940	80/80
C1	3.0/5.25	8,25	37,13	3/5.25	70,92	25	76,55	209,59	31,50	343,83	3525,52	3869,34	3353	80/80
C2	5.5/5.25	10,75	48,38	10.75/0	64,5	25	140,33	278,21	57,75	481,89	5027,15	5509,04	4775	80/80

6. DEPREM YÜKLERİNE GÖRE HESAP

Yapının deprem hesabı, 2. bölümde anlatılan Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile ve Mod Birleştirme Yöntemi ile ayrı ayrı hesaplanmış ve her iki yönteme göre bulunan sonuçlar birbiri ile karşılaştırılmıştır.

Bina'nın analitik modeli, 3 boyutlu yapısal analiz programı SAP2000 kullanılarak yapılmıştır. Kolon ve kirişler bir boyutlu *çubuk eleman,* perdeler ve döşemeler ise 2 boyutlu *kabuk eleman* ile modellenmiştir. SAP2000 programı sonlu eleman metodu ile binayı çerçevelere ayırmadan 3 boyutlu olarak analiz eder.

Analiz sırasında yapıya yükler 17 kombinasyon şeklinde uygulanmıştır. Yapısal elemanların öz ağırlıkları program tarafından otomatik olarak hesaplanır, bunlar için yük uygulamasına gerek yoktur. Ancak duvar, şap, hareketli yük gibi diğer yükler ayrı olarak eklenmiştir.

SAP2000 programıyla 2 türlü analiz uygulanmıştır:

1. Eşdeğer Deprem Yükü Analizi

2. Modal Analiz

Eşdeğer deprem yükü analizi için yükler ABYYHY [1] tarafından verilen metotla hesaplanıp yapıya uygulanmıştır. Modal analiz için ABYYHY [1] tarafından yapının deprem bölgesi ve zemin durumuna göre verilen spektrum değerleri SAP2000 programına verilmiş ve kütle katılım miktarı %90'ın altına düşmeyecek sayıda mod birleştirilmiştir.

Deprem yüklerine göre hesap yapılırken binanın sünekliğinin yüksek (R = 7) olması ve sünekliğinin normal (R = 4) olması durumları incelenmiş ve bu her iki durum için Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi uygulanarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

6. 1 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile Deprem Yüklerinin Bulunması

6.1.1 Yük Kombinasyonları

Yapısal model kurulduktan ve yük değerleri ilave edildikten sonra, taşıyıcı sistem aşağıdaki toplam on yedi yükleme kombinasyonlarının her biri için ayrı ayrı analiz edildi.

1) $1.0\,G + 1.0\,Q \pm 1.0\,(E_x + \%5\ e)$

2) $1.0\,G + 1.0\,Q \pm 1.0\,(E_x - \%5\ e)$

3) $1.0\,G + 1.0\,Q \pm 1.0\,(E_y + \%5\ e)$

4) $1.0\,G + 1.0\,Q \pm 1.0\,(E_y - \%5\ e)$

5) $1.4\,G + 1.6\,Q$

6) $0.9\,G \pm 1.0\,(E_x + \%5\ e)$

7) $0.9\,G \pm 1.0\,(E_x - \%5\ e)$

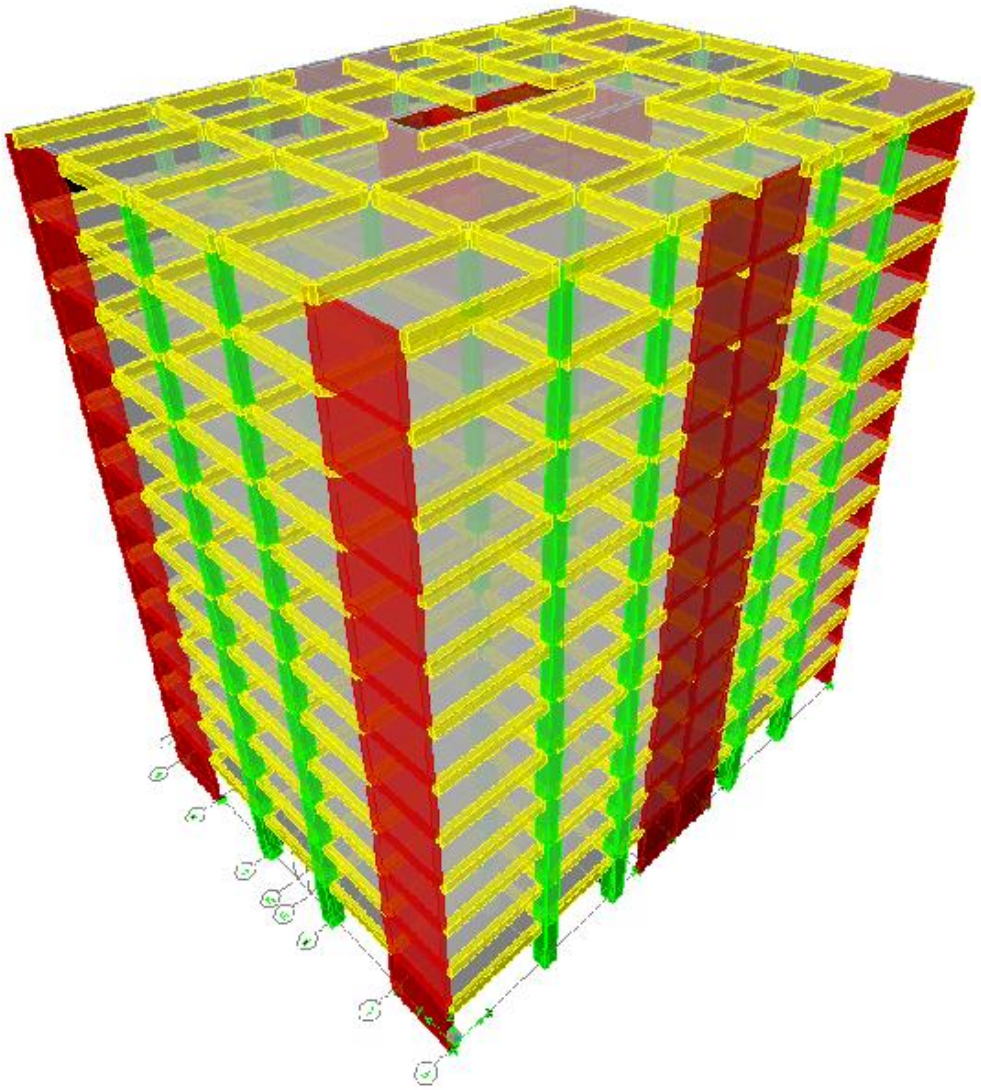
8) $0.9\,G \pm 1.0\,(E_y + \%5\ e)$

9) $0.9\,G \pm 1.0\,(E_y - \%5\ e)$

Burada, (G) zati yükleri, (Q) hareketli yükleri, (E) deprem yüklerini, (e) binadaki eksantrisiteyi göstermektedir. İlave eksantrisitenin yüzde 5 olduğu hali temsil edebilmek üzere, yatay kat yükü, deprem doğrultusuna dik yöndeki bina global boyunun yüzde 5'i kadar bir mesafe ile çarpılmış ve bu çarpımdan bulunan burulma momenti, kat ağırlık merkezine bir kere artı, bir kere de eksi yönde etkitilmiştir.

6.1.2 X Doğrultusundaki Deprem Yükleri

Binanın X doğrultusundaki periyodu, SAP2000 programı kullanılarak bulunmuştur. Bulunan periyot ile binanın x doğrultusundaki taban kesme kuvveti ve kat kesme kuvvetleri bulunarak, deprem hesabı yapılmıştır.



Şekil 6.1 Binanın SAP200 programından alınan üç bouytlu görünümü

Tablo 6.1 Yapının X yönünde Titreşim Periyotları

Mod	Titreşim Periyodu (T_x)
1	0,81155
2	0,22155
3	0,09934
4	0,05800
5	0,03929
6	0,02949
7	0,02361
8	0,01989
9	0,01740

Yapılan analiz sonucunda yapının X yönündeki 1. Titreşim Periyodu: T_{1X} = 0,812 sn olarak bulunmuştur.

6.1.2.1 Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

Yapıya etkiyen deprem kuvvetleri, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile hesaplanmıştır. Buna göre;

- Etkin Yer İvmesi Katsayısı : A_0 = 0,40 (Tablo 2.3)
- Bina önem katsayısı : I = 1,0 (Tablo 2.4)
- Davranış Katsayısı : R = 7 (Tablo 2.6)
- Spektrum Karakteristik Periyodu : Yerel Zemin Sınıfı Z2 için; T_A = 0,15sn , T_B = 0,40sn (Tablo 2.5)
- Malzeme : BS 30 / BÇ III
- Yapının Birinci Doğal Periyodu : T_x = 0,812 sn
- $T_x > T_B$, 0,812 > 0,40 olduğu için spektrum katsayısı S(T)'nin bulunması için aşağıdaki formül kullanılmıştır.

  Spektrum Katsayısı : $S(T) = 2{,}5.(T_B/T_x)^{0,8} = 2{,}5.(0{,}40/0{,}812)^{0,8} = 1{,}418$

- Spektral İvme Katsayısı : $A(T) = A_o.I.S(T) = 0,40.1.1,418 = 0,568$

- Eşdeğer Deprem Yükü = $V_t = \frac{W.A(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0,10.A_0.I.W \quad \Rightarrow$

$$V_t = \frac{105174,5.0,568}{7} = 8530,8kN \geq 0,1.0,4.1.105174,5 = 4206,8kN$$

8530,8 kN > 4206,8 kN, koşulu sağlanmaktadır.

- Ek Tasarım Deprem Yükü :

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

$\Delta F_N = 0,07.T_x.V_t = 0,07.0,812.8530,8 = 484,6$ kN $\Rightarrow$

$\Delta F_N = 0,07.T_1.V_t \leq 0,2.V_t$ koşulu sağlanmalıdır.

$\Delta F_N = 484,6kN \leq 0,2.8530,8 = 1706,1kN$ koşulu sağlanmıştır.

- Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün ΔF_N dışında kalan kısmı, N'inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına aşağıdaki denklem ile dağıtılmıştır.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N).\frac{w_i.H_i}{\sum_{i=1}^{N}(w_i.H_i)} \qquad (6.1)$$

Tablo 6.2 X yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin katlara dağılımı ve Kat Kesme Kuvvetleri

Kat	**h_i (m)**	**H_i (m)**	**Wg (kN)**	**Wq (kN)**	**w_i (kN)**	**$W_i = wi.H_i$ (kNm)**	**Kat Kuvvetleri F_i (kN)**	**Kat Kesme Kuvvetleri V_i (kN)**
12	3	36,5	5385,7	5362,2	6994,36	255294,14	1485,97	1485,97
11	3	33,5	7939,5	1433,5	8369,55	280379,93	1099,77	2585,74
10	3	30,5	8379,5	1433,5	8809,55	268691,28	1053,92	3639,67
9	3	27,5	8497,3	1433,5	8927,35	245502,13	962,97	4602,63
8	3	24,5	8450,1	1433,5	8880,15	217563,68	853,38	5456,01
7	3	21,5	8402,8	1433,5	8832,85	189906,28	744,89	6200,91
6	3	18,5	8555,3	1433,4	8985,32	166228,42	652,02	6852,93
5	3	15,5	8508	1433,4	8938,02	138539,31	543,41	7396,34
4	3	12,5	8460,8	1433,4	8890,82	111135,25	435,92	7832,26
3	3	9,5	8662	1433,3	9091,99	86373,91	338,80	8171,05
2	3	6,5	8612,3	1433,3	9042,29	58774,89	230,54	8401,59
1	3,5	3,5	8982,3	1433,3	9412,29	32943,02	129,22	8530,81
				Σ	**105174,54**	**2051332,20**		

6.1.3 Y Doğrultusundaki Deprem Yükleri

Binanın Y doğrultusunda etki eden deprem yüklemesine göre çözümü yapılmış ve bulunan değerler Tablo 6.3'de verilmiştir.

Tablo 6.3 Yapının Y yönünde Titreşim Periyotları

Mod	Titreşim Periyodu (T_y)
1	0,923248
2	0,274516
3	0,129932
4	0,075967
5	0,050375
6	0,036745
7	0,028548
8	0,023357
9	0,019934

Yapılan analiz sonucunda yapının Y yönündeki 1. Titreşim Periyodu: T_{1Y} = 0,923 sn olarak bulunmuştur.

6.1.3.1 Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

Yapıya etkiyen deprem kuvvetleri, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile hesaplanmıştır. Buna göre;

- Etkin Yer İvmesi Katsayısı : A_0 = 0,40 (Tablo 2.3)
- Bina önem katsayısı : I = 1,0 (Tablo 2.4)
- Davranış Katsayısı : R = 7 (Tablo 2.6)
- Spektrum Karakteristik Periyodu : Yerel Zemin Sınıfı Z2 için; T_A = 0,15sn , T_B = 0,40sn (Tablo 2.5)
- Malzeme : BS 30 / BÇ III
- Yapının Birinci Doğal Periyodu : T_x = 0,923 sn

- $T_x > T_B$, 0,923 > 0,40 olduğu için spektrum katsayısı S(T)'nin bulunması için aşağıdaki formül kullanılmıştır.

  Spektrum Katsayısı : $S(T) = 2,5.(T_B/T_x)^{0,8} = 2,5.(0,40/0,923)^{0,8} = 1,280$

- Spektral İvme Katsayısı : $A(T) = A_o.I.S(T) = 0,40.1.1,280 = 0,512$

- Eşdeğer Deprem Yükü = $V_t = \frac{W.A(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0,10.A_0.I.W \quad \Rightarrow$

  $$V_t = \frac{105174,5.0,512}{7} = 7694,6kN \geq 0,1.0,4.1.105174,5 = 4206,8kN$$

  7694,6 kN > 4206,8 kN, koşulu sağlanmaktadır.

- Ek Tasarım Deprem Yükü :

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

  $\Delta F_N = 0,07.T_Y.V_t = 0,07.0,923.7694,6 = 497,3kN \Rightarrow$

  $\Delta F_N = 0,07.T_Y.V_t \leq 0,2.V_t$ koşulu sağlanmalıdır.

  $\Delta F_N = 497,3kN \leq 0,2.7694,6 = 1538,9kN$ koşulu sağlanmıştır.

- Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün ΔF_N dışında kalan kısmı, N'inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına aşağıdaki denklem ile dağıtılmıştır.

  $$F_i = (V_t - \Delta F_N).\frac{w_i.H_i}{\sum_{i=1}^{N}(w_i.H_i)}$$

Tablo 6.4 Y yönündeki Eşdeğer Deprem Kuvvetlerinin katlara dağılımı ve Kat Kesme Kuvvetleri

Kat	**h_i (m)**	**H_i (m)**	**Wg (kN)**	**Wq (kN)**	**w_i (kN)**	**$W_i = wi.H_i$ (kNm)**	**Kat Kuvvetleri F_i (kN)**	**Kat Kesme Kuvvetleri V_i (kN)**
12	3	36,5	5385,7	5362,2	6994,36	255294,14	1393,03	1393,03
11	3	33,5	7939,5	1433,5	8369,55	280379,93	983,74	2376,77
10	3	30,5	8379,5	1433,5	8809,55	268691,28	942,73	3319,51
9	3	27,5	8497,3	1433,5	8927,35	245502,13	861,37	4180,88
8	3	24,5	8450,1	1433,5	8880,15	217563,68	763,35	4944,22
7	3	21,5	8402,8	1433,5	8832,85	189906,28	666,31	5610,53
6	3	18,5	8555,3	1433,4	8985,32	166228,42	583,23	6193,76
5	3	15,5	8508	1433,4	8938,02	138539,31	486,08	6679,84
4	3	12,5	8460,8	1433,4	8890,82	111135,25	389,93	7069,77
3	3	9,5	8662	1433,3	9091,99	86373,91	303,05	7372,83
2	3	6,5	8612,3	1433,3	9042,29	58774,89	206,22	7579,05
1	3,5	3,5	8982,3	1433,3	9412,29	32943,02	115,58	7694,63
				Σ	**105174,54**	**2051332,20**		

Tablo 6.5 Sünekliği Yüksek Yapının Kat Deplasmanları

Katlar	9. Yükleme Σx	10. Yükleme Σx	11. Yükleme Σy	12. Yükleme Σy
12	0,0265992	0,0265734	-0,030654	-0,03068
11	0,0244301	0,0244071	-0,028335	-0,028361
10	0,0221392	0,0221191	-0,025839	-0,025865
9	0,0197126	0,0196953	-0,023139	-0,023165
8	0,0171903	0,0171758	-0,02029	-0,020315
7	0,0145623	0,0145505	-0,017276	-0,017299
6	0,0118765	0,0118673	-0,014158	-0,014179
5	0,0092332	0,0092264	-0,011067	-0,011085
4	0,0066789	0,0066742	-0,008044	-0,008059
3	0,0043268	0,004324	-0,005226	-0,005237
2	0,0023345	0,0023332	-0,002816	-0,002823
1	0,0008366	0,0008362	-0,000985	-0,000988

6.2 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine Göre Düzensizlik Kontrolleri

6.2.1 Kat Deplasmanları ve A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü

Yapı birinci deprem bölgesinde bulunduğundan A1-Burulma düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir. Burulma Düzensizliği, yönetmelikte; birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük göreli kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama göreli ötelemeye oranını şeklinde tanımlanmıştır.

Burulma düzensizliği katsayıları,

$$(\Delta_i)_{max} = (d_i)_{Max} - (d_{i-1})_{Max} \quad (6.2)$$

$$(\Delta_i)_{min} = (d_i)_{Min} - (d_{i-1})_{Min} \quad (6.3)$$

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} > 1,2 \quad (6.4)$$

$$(\Delta_i)_{ort} = 1/2\left[(\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}\right] \quad (6.5)$$

denklemlerine göre hesaplanmıştır. Yapılan analiz sonucu elde edilen X ve Y yönündeki deplasman değerleri, maksimum, minimum, ortalama göreli kat ötelemeleri değerleri ve burulma düzensizliği katsayıları Tablo 6.6 ve Tablo 6.7'de verilmiştir.

Tablo 6.6 X yönünde A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat	**$(d_i)_{min}$ (m)**	**$(d_i)_{max}$ (m)**	**$(\Delta_i)_{min}$ (m)**	**$(\Delta_i)_{max}$ (m)**	**$(\Delta_i)_{ort}$ (m)**	**η_{bi}**
12	0,0242801	0,0289187	0,0019735	0,0023649	0,002169	1,090
11	0,0223066	0,0265538	0,0020857	0,0024960	0,002291	1,090
10	0,0202209	0,0240578	0,0022110	0,0026422	0,002427	1,089
9	0,0180099	0,0214156	0,0022993	0,0027453	0,002522	1,088
8	0,0157106	0,0186703	0,0023974	0,0028587	0,002628	1,088
7	0,0133132	0,0158116	0,0024516	0,0029201	0,002686	1,087
6	0,0108616	0,0128915	0,0024137	0,0028729	0,002643	1,087
5	0,0084479	0,0100186	0,0023338	0,0027749	0,002554	1,086
4	0,0061141	0,0072437	0,0021504	0,0025538	0,002352	1,086
3	0,0039637	0,0046899	0,0018224	0,0021621	0,001992	1,085
2	0,0021413	0,0025278	0,0013720	0,0016239	0,001498	1,084
1	0,0007693	0,0009039	0,0007693	0,0009039	0,000837	1,080

Tablo 6.6'da görüldüğü üzere yapının tüm katlarında X Yönünde A1 burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1,2$ çıkmıştır.

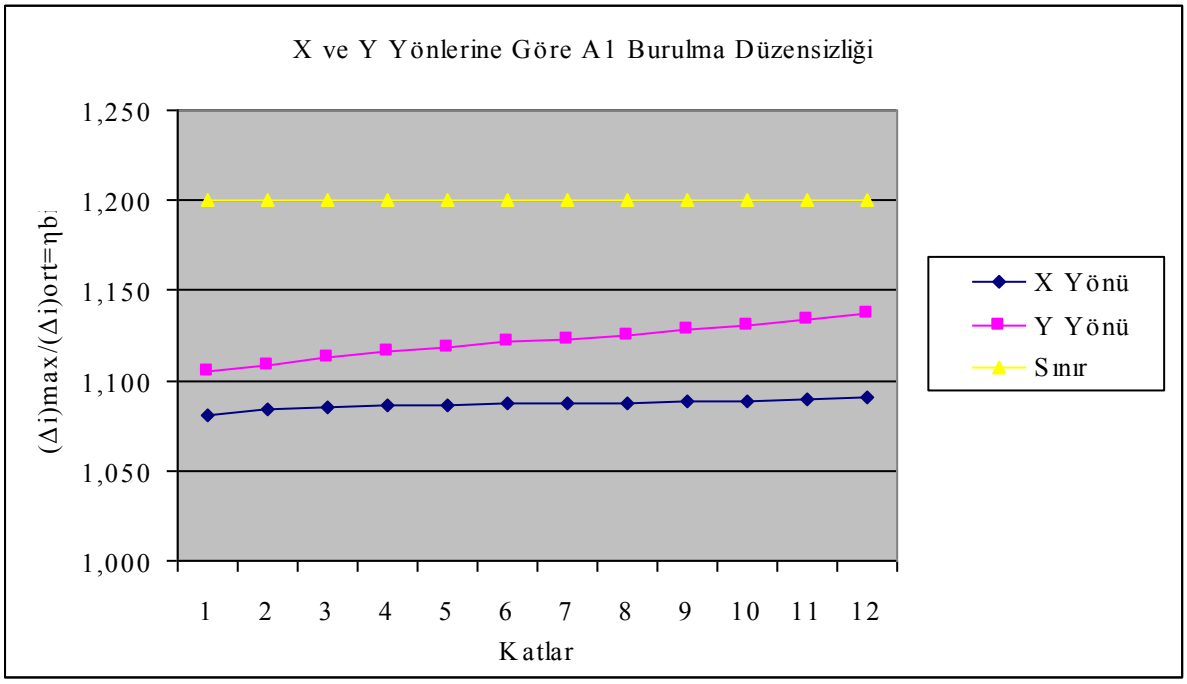
Tablo 6.7 Y yönünde A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat	$(d_i)_{min}$ **(m)**	$(d_i)_{max}$ **(m)**	$(\Delta_i)_{min}$ **(m)**	$(\Delta_i)_{max}$ **(m)**	$(\Delta_i)_{ort}$ **(m)**	η_{bi}
12	0,0268935	0,0344151	0,0020013	0,0026364	0,002319	1,137
11	0,0248922	0,0317787	0,0021624	0,0028303	0,002496	1,134
10	0,0227298	0,0289484	0,0023478	0,0030513	0,0027	1,130
9	0,0203820	0,0258971	0,0024848	0,0032132	0,002849	1,128
8	0,0178972	0,0226839	0,0026366	0,0033913	0,003014	1,125
7	0,0152606	0,0192926	0,0027354	0,0035014	0,003118	1,123
6	0,0125252	0,0157912	0,0027167	0,0034656	0,003091	1,121
5	0,0098085	0,0123256	0,0026641	0,0033806	0,003022	1,119
4	0,0071444	0,0089450	0,0024924	0,0031441	0,002818	1,116
3	0,0046520	0,0058009	0,0021385	0,0026820	0,00241	1,113
2	0,0025135	0,0031189	0,0016320	0,0020299	0,001831	1,109
1	0,0008815	0,0010890	0,0008815	0,0010890	0,000985	1,105

Tablo 6.7'de görüldüğü üzere yapının tüm katlarında Y Yönünde A1 burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1,2$ çıkmıştır.

X ve Y yönlerine ait A1 burulma düzensizliği Şekil 6.2'de karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

Şekil 6.2 X ve Y yönlerine ait A1 Burulma Düzensizliği



6.2.2 B-2 Komşu Katlar Arası Rijitlik(Yumuşak Kat) Düzensizliği Kontrolü

Yapı, 1. derece deprem bölgesinde bulunduğundan ve $H_N > 25$ m olduğundan B2-Yumuşak kat düzensizliği kontrolü yapılması gerekmektedir. komşu katlar arası rijitlik (yumuşak kat) düzensizliği, yönetmelikte; birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'nci kattaki ortalama göreli kat ötelemesinin bir üst kattaki ortalama göreli kat ötelemesine oranı olarak tanımlanmıştır.

Komşu katlar arası rijitlik (yumuşak kat) düzensizliği katsayıları,

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

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

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

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{ort} / (\Delta_{i+1})_{ort} < 1,5 \qquad (6.6)$$

denklemlerine göre hesaplanmıştır.

Yapılan analiz sonucu elde edilen X ve Y yönündeki deplasman değerleri, maksimum, minimum, ortalama göreli kat ötelemeleri değerleri ve komşu katlar arası rijitlik (yumuşak kat) düzensizliği katsayıları Tablo 6.8 ve Tablo 6.9'da verilmiştir.

Tablo 6.8 X yönündeki B2 Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü

Kat	**$(d_i)_{min}$ (m)**	**$(d_i)_{max}$ (m)**	**$(\Delta_i)_{min}$ (m)**	**$(\Delta_i)_{max}$ (m)**	**$(\Delta_i)_{ort}$ (m)**	**η_{bi}**
12	0,0242801	0,0289187	0,0019735	0,0023649	0,002169	
11	0,0223066	0,0265538	0,0020857	0,0024960	0,002291	1,056
10	0,0202209	0,0240578	0,0022110	0,0026422	0,002427	1,059
9	0,0180099	0,0214156	0,0022993	0,0027453	0,002522	1,039
8	0,0157106	0,0186703	0,0023974	0,0028587	0,002628	1,042
7	0,0133132	0,0158116	0,0024516	0,0029201	0,002686	1,022
6	0,0108616	0,0128915	0,0024137	0,0028729	0,002643	0,984
5	0,0084479	0,0100186	0,0023338	0,0027749	0,002554	0,966
4	0,0061141	0,0072437	0,0021504	0,0025538	0,002352	0,921
3	0,0039637	0,0046899	0,0018224	0,0021621	0,001992	0,847
2	0,0021413	0,0025278	0,0013720	0,0016239	0,001498	0,752
1	0,0007693	0,0009039	0,0007693	0,0009039	0,000837	0,558

Tablo 6.8'de görüldüğü üzere yapının X yönünde tüm katlarında B2 yumuşak kat düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1,5$ çıkmıştır.

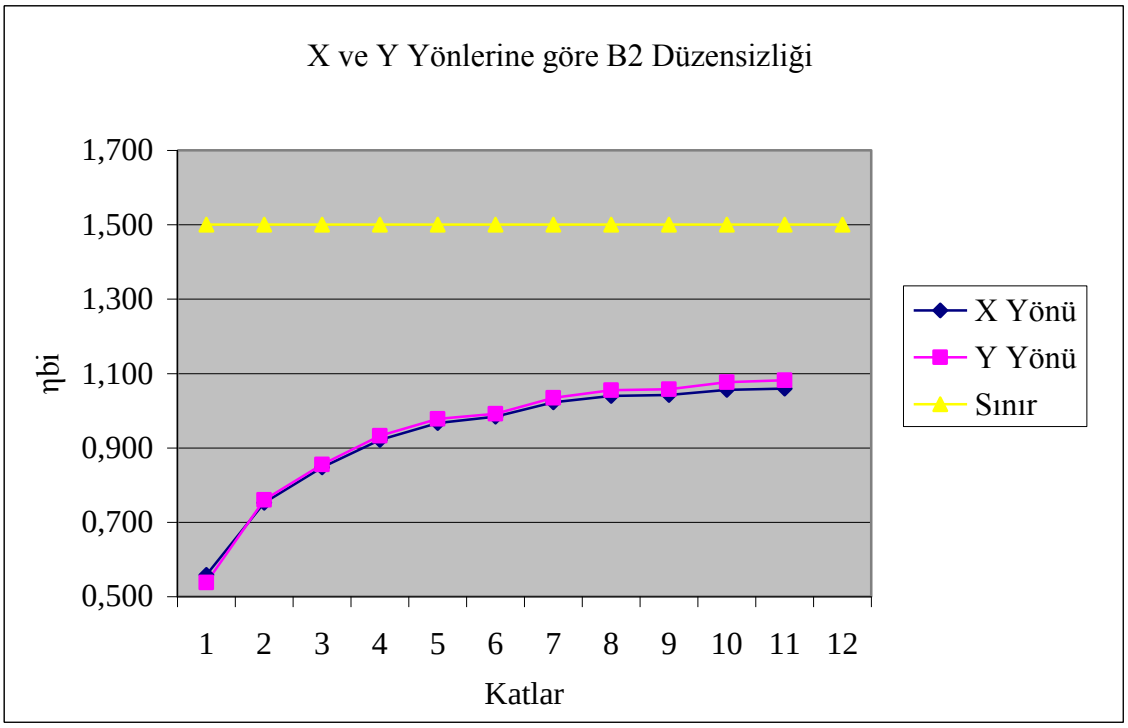
Tablo 6.9 Y yönündeki B2 Yumuşak kat düzensizliği kontrolü

Kat	**$(d_i)_{min}$ (m)**	**$(d_i)_{max}$ (m)**	**$(\Delta_i)_{min}$ (m)**	**$(\Delta_i)_{max}$ (m)**	**$(\Delta_i)_{ort}$ (m)**	**η_{bi}**
12	0,0268935	0,0344151	0,0020013	0,0026364	0,002319	
11	0,0248922	0,0317787	0,0021624	0,0028303	0,002496	1,077
10	0,0227298	0,0289484	0,0023478	0,0030513	0,0027	1,081
9	0,0203820	0,0258971	0,0024848	0,0032132	0,002849	1,055
8	0,0178972	0,0226839	0,0026366	0,0033913	0,003014	1,058
7	0,0152606	0,0192926	0,0027354	0,0035014	0,003118	1,035
6	0,0125252	0,0157912	0,0027167	0,0034656	0,003091	0,991
5	0,0098085	0,0123256	0,0026641	0,0033806	0,003022	0,978
4	0,0071444	0,0089450	0,0024924	0,0031441	0,002818	0,932
3	0,0046520	0,0058009	0,0021385	0,0026820	0,00241	0,855
2	0,0025135	0,0031189	0,0016320	0,0020299	0,001831	0,760
1	0,0008815	0,0010890	0,0008815	0,0010890	0,000985	0,538

Tablo 6.9'da görüldüğü üzere yapının Y yönünde tüm katlarında B2 yumuşak kat düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1,5$ çıkmıştır.

X ve Y yönlerine ait B2 yumuşak kat düzensizliği Şekil 6.3'de karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

Şekil 6.3 X ve Y yönlerine ait B2 Yumuşak Kat Düzensizliği



6.2.3 Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü

Yönetmeliğe göre, göreli kat ötelemesi, herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade etmektedir. Δ_i, aşağıdaki formül ile elde edilir.

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

d_i ve d_{i-1}, binanın i'inci ve (i -1)'inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında hesaptan elde edilen yatay yerdeğiştirmeleri göstermektedir.

$$\frac{(\Delta_i)_{max}}{h_i} \leq 0{,}0035 \qquad (6.7)$$

$$\frac{(\Delta_i)_{max}}{h_i} \leq \frac{0{,}02}{R} \qquad (6.8)$$

Verilen koşulun binanın herhangi bir katında sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği arttırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır. Ancak verilen koşul sağlansa bile, yapısal olmayan gevrek elemanların (cephe elemanları vb), elde edilen göreli kat ötelemeleri altında kullanılabilirliği hesapla doğrulanmalıdır.

Tablo 6.10 X yönünde Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü

Kat	**$(d_i)_{min}$ (m)**	**$(d_i)_{max}$ (m)**	**(h_i) (m)**	**$(\Delta_i)_{max}$ (m)**	**$(\Delta_i)_{max} / h_i$**
12	0,0242801	0,0289187	3,0	0,0023649	0,00079
11	0,0223066	0,0265538	3,0	0,0024960	0,00083
10	0,0202209	0,0240578	3,0	0,0026422	0,00088
9	0,0180099	0,0214156	3,0	0,0027453	0,00092
8	0,0157106	0,0186703	3,0	0,0028587	0,00095
7	0,0133132	0,0158116	3,0	0,0029201	0,00097
6	0,0108616	0,0128915	3,0	0,0028729	0,00096
5	0,0084479	0,0100186	3,0	0,0027749	0,00092
4	0,0061141	0,0072437	3,0	0,0025538	0,00085
3	0,0039637	0,0046899	3,0	0,0021621	0,00072
2	0,0021413	0,0025278	3,0	0,0016239	0,00054
1	0,0007693	0,0009039	3,5	0,0009039	0,00026

Yapılan analiz sonucunda, Tablo 6.10'da verilen X yönündeki göreli kat ötelemeleri değerlerinin belirtilen sınır değerlerinin altında olduğu görülmektedir.

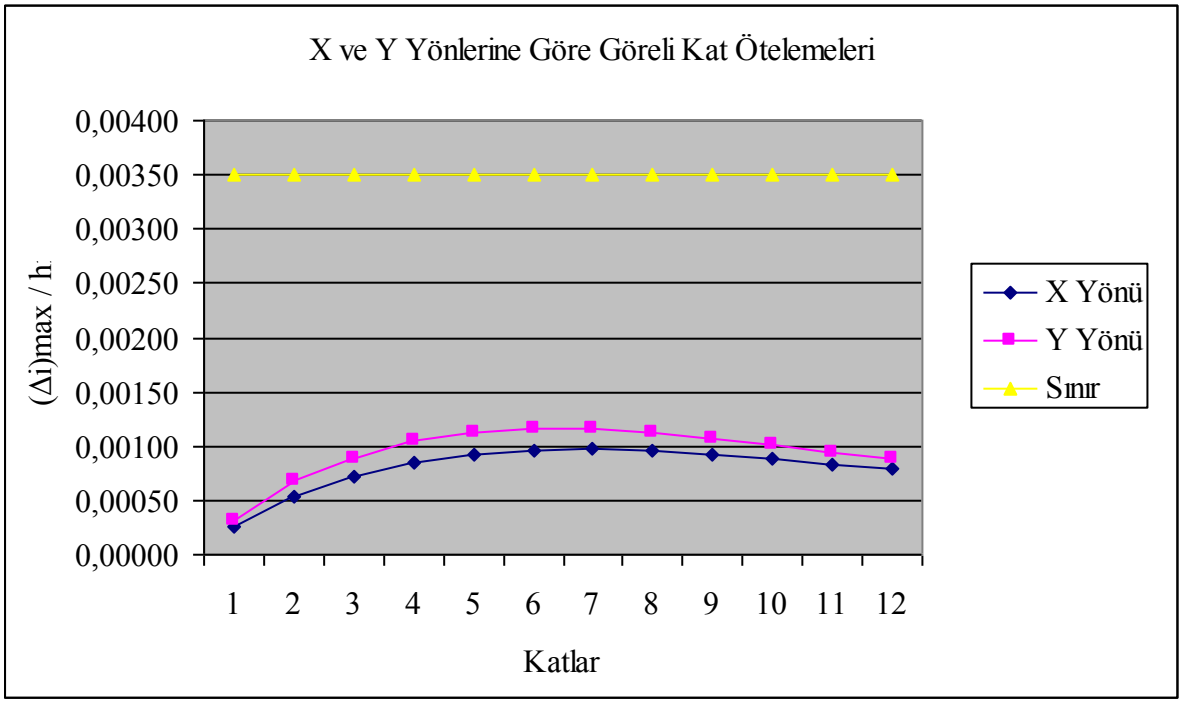
Tablo 6.11 Y yönünde Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü

Kat	**$(d_i)_{min}$ (m)**	**$(d_i)_{max}$ (m)**	**(h_i) (m)**	**$(\Delta_i)_{max}$ (m)**	**$(\Delta_i)_{max} / h_i$**
12	0,0268935	0,0344151	3,0	0,0026364	0,00088
11	0,0248922	0,0317787	3,0	0,0028303	0,00094
10	0,0227298	0,0289484	3,0	0,0030513	0,00102
9	0,0203820	0,0258971	3,0	0,0032132	0,00107
8	0,0178972	0,0226839	3,0	0,0033913	0,00113
7	0,0152606	0,0192926	3,0	0,0035014	0,00117
6	0,0125252	0,0157912	3,0	0,0034656	0,00116
5	0,0098085	0,0123256	3,0	0,0033806	0,00113
4	0,0071444	0,0089450	3,0	0,0031441	0,00105
3	0,0046520	0,0058009	3,0	0,0026820	0,00089
2	0,0025135	0,0031189	3,0	0,0020299	0,00068
1	0,0008815	0,0010890	3,5	0,0010890	0,00031

Yapılan analiz sonucunda, Tablo 6.11'de verilen Y yönündeki göreli kat ötelemeleri değerlerinin belirtilen sınır değerlerinin altında olduğu görülmektedir.

X ve Y yönlerine ait göreli kat ötelemeleri Şekil 6.4'de karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

Şekil 6.4 X ve Y yönlerine ait Göreli Kat Ötelemeleri



6.2.4 İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal elastik olmayan davranışını esas alan daha kesin bir hesap yapılmadıkça, ikinci mertebe etkileri aşağıda belirtildiği gibi gözönüne alınabilir.

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda her bir katta, ikinci mertebe gösterge değeri, θ_i 'nin aşağıda belirtilen koşulu sağlaması durumunda, ikinci mertebe etkileri yürürlükteki betonarme ve çelik yapı yönetmeliklerine göre değerlendirilecektir.

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \cdot \sum_{j=1}^{N} w_j}{V_i . h_i} \leq 0,12 \qquad (6.9)$$

Burada $(\Delta_i)_{ort}$, i'inci kattaki kolon ve perdelerde hesaplanan göreli kat ötelemelerinin kat içindeki ortalama değeridir.

Tablo 6.12 ve Tablo 6.13'de ikinci mertebe etkilerinin kontrolü yapılmıştır. İkinci mertebe gösterge değeri, θ_i, Denklem 6.9'a göre hesaplanmıştır.

Tablo 6.12 X yönünde İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Kat	**h_i (m)**	**W_i (kN)**	**$(\Delta_i)_{ort}$ (m)**	**Kat Kuvvetleri F_i (kN)**	**Kat Kesme Kuvvetleri V_i (kN)**	**θ_i**
12	3	6994,36	0,00380	1485,97	1485,97	0,00340
11	3	8369,55	0,00401	1099,77	2585,74	0,00247
10	3	8809,55	0,00425	1053,92	3639,67	0,00196
9	3	8927,35	0,00441	962,97	4602,63	0,00163
8	3	8880,15	0,00460	853,38	5456,01	0,00143
7	3	8832,85	0,00470	744,89	6200,91	0,00128
6	3	8985,32	0,00463	652,02	6852,93	0,00116
5	3	8938,02	0,00447	543,41	7396,34	0,00103
4	3	8890,82	0,00412	435,92	7832,26	0,00089
3	3	9091,99	0,00349	338,80	8171,05	0,00074
2	3	9042,29	0,00262	230,54	8401,59	0,00054
1	3,5	9412,29	0,00146	129,22	8530,81	0,00026
	Σ=	**105174,54**				< 0,12

Sonuç olarak, X yönünde ikinci mertebe etkilerinin verilen koşulu sağladığı görülmektedir.

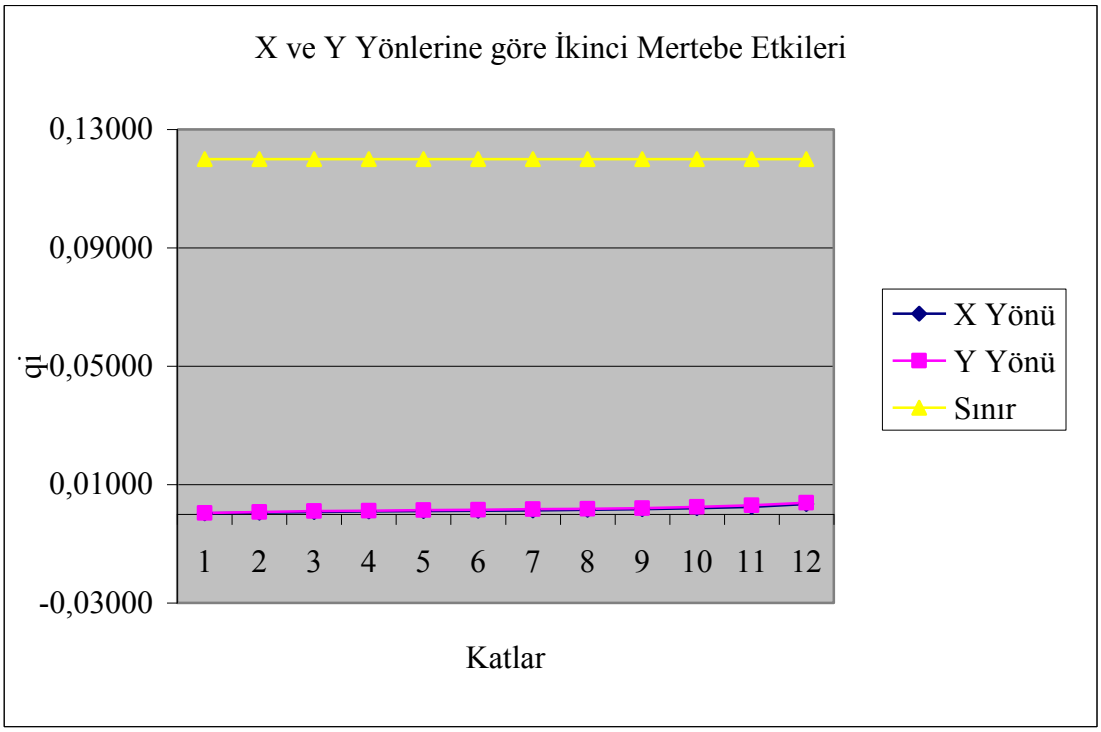
Tablo 6.13 Y yönünde İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Kat	**h_i (m)**	**W_i (kN)**	**$(\Delta_i)_{ort}$ (m)**	**Kat Kuvvetleri F_i (kN)**	**Kat Kesme Kuvvetleri V_i (kN)**	**θ_i**
12	3	6994,36	0,00406	1393,03	1393,03	0,00388
11	3	8369,55	0,00437	983,74	2376,77	0,00293
10	3	8809,55	0,00472	942,73	3319,51	0,00239
9	3	8927,35	0,00499	861,37	4180,88	0,00203
8	3	8880,15	0,00527	763,35	4944,22	0,00180
7	3	8832,85	0,00546	666,31	5610,53	0,00164
6	3	8985,32	0,00541	583,23	6193,76	0,00149
5	3	8938,02	0,00529	486,08	6679,84	0,00135
4	3	8890,82	0,00493	389,93	7069,77	0,00118
3	3	9091,99	0,00422	303,05	7372,83	0,00099
2	3	9042,29	0,00320	206,22	7579,05	0,00073
1	3,5	9412,29	0,00172	115,58	7694,63	0,00034
	Σ=	**105174,54**				< 0,12

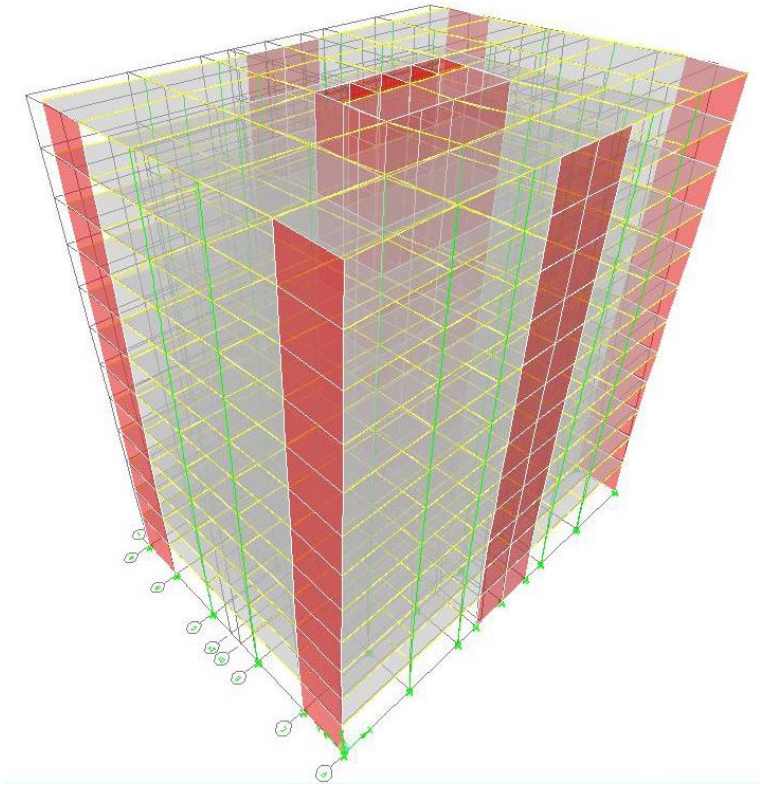
Sonuç olarak, Y yönünde de ikinci mertebe etkilerinin verilen koşulu sağladığı görülmektedir.

X ve Y yönlerine ait ikinci mertebe etkilerini Şekil 6.5'de karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

Şekil 6.5 X ve Y yönlerine ait İkinci Mertebe Etkileri



6. 3 Mod Birleştirme Yöntemi ile Deprem Yüklerinin Bulunması



Şekil 6.6 Binanın 1. Modunun Üç Boyutlu Görünümü

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde yapının birinci modu esas alınır ve katlara etkiyen deprem kuvvetlerinin kat kütlesi ve katın temelden yüksekliği ile orantılı olduğu kabul edilir. Titreşim periyodunun hesabında ve deprem yükünün dağıtılmasında binanın kütlesi hesaba katıldığı için bu yöntem yapının birinci serbestlik derecesini esas alan dinamik bir yöntem olarak da kabul edilebilir. Mod Birleştirme Yöntemi'nde toplam deprem kuvvetinin bulunmasında diğer titreşim periyotları ve mod şekilleri hesaba katılır ve bu toplam kuvvetin katlara dağıtılmasında ilgili mod şekilleri esas alınır. Bu yöntem çok serbestlik dereceli sistemlerin davranışını veren ifadelerin her mod şekli için ayrı ayrı değerlendirilmesi olarak da görülebilir. [2]

6.3.1 Yapının Harekete Katılan Kütle Dağılımlarının İncelenmesi

Tablo 6.14'de yapının uygulanan 9 mod için kütle katılımları verilmektedir. Tabloda her mod durmuna ait kütle katılımları ve toplamları ayrı ayrı verilmiştir.

Tablo 6.14 Modlara Göre Kütle Dağılım Oranları

Mod	Tekil Kütle Katılımları			Kümülatif Kütle Katılımları		
	M_{xr}	M_{yr}	$M_{\theta r}$	M_{xr}	M_{yr}	$M_{\theta r}$
1	0,000	71,513	0,010	0,000	71,513	0,010
2	70,634	0,000	0,049	70,634	71,513	0,059
3	0,051	0,008	70,357	70,685	71,521	70,416
4	0,000	14,520	0,000	70,685	86,041	70,416
5	15,614	0,000	0,005	86,299	86,041	70,421
6	0,004	0,000	15,537	86,303	86,041	85,958
7	0,000	6,053	0,000	86,303	92,094	85,958
8	6,505	0,000	0,000	92,808	92,094	85,958
9	0,000	0,000	6,523	92,808	92,094	92,481

Görüldüğü gibi yapının harekete katılan toplam kütle oranı X ve Y doğrultuları için 9. modda %92 olmaktadır. Ayrıca kütle katılımlarının X ve Y doğrultularındaki modlara göre değişimi de dikkat çekicidir. Örneğin 1. modda X doğrultusundaki harekete katılan kütle oranı %71,513 iken, 2. modda aynı oranda kütle Y doğrultusunda harekete katılmaktadır.

6.3.2 Yapının Periyotlarının İncelenmesi

Sistemin 9 mod için çözümlenmesiyle bulunan periyot değerleri Tablo 6.1'de verilmektedir.

Tablo 6.15 Modlara Göre Periyot ve Frekanslar

Mod	**Periyot**	**Frekans**	**Frekans**	**Özdeğer**
		(1/s)	**(rad/s)**	**$(rad/s)^2$**
1	0,9232	1,0832	6,8059	46,3200
2	0,8116	1,2321	7,7417	59,9343
3	0,7411	1,3493	8,4782	71,8797
4	0,2745	3,6430	22,8896	523,9321
5	0,2212	4,5208	28,4050	806,8438
6	0,2008	4,9801	31,2908	979,1119
7	0,1299	7,6982	48,3694	2339,5990
8	0,0993	10,0705	63,2748	4003,6973
9	0,0889	11,2486	70,6770	4995,2383

Yukarıdaki tablodan da görüldüğü gibi binanın ana titreşim modu periyodu 0,9232 s dir. Kütle katılım oranlarında olduğu gibi periyotların değişiminde de aynı benzerlik söz konusudur. Binanın birinci, ikinci ve üçüncü moduna ait periyot değerleri birbirine çok yakındır. Kütle katılım oranlarını gösteren Tablo 6.14'de hareketin birinci modda ağırlıklı olarak X doğrultusunda, ikinci modda Y doğrultusunda hareket etmekte ve üçüncü modda ise Z yönünde dönmektedir.

6.3.3 Katlara Etkiyen Deprem Yüklerinin Karşılaştırılması

Matematiksel bir bakış açısından Mod Birleştirme Yöntemi, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine göre daha kesin bir yöntem olarak görülür. Ancak, taşıyıcı sistemin elemanlarının atalet momentlerinde, davranışlarındaki belirsizlikler yanında hesapta depremi temsil eden spektrum eğrisindeki kabuller bu yöntemin de önemli bir yaklaşıklık içerdiğini gösterir. Elastik deprem yükünün azaltılması, kesit hesaplarının daha sonra doğrusal olmayan kabullere dayanan taşıma gücü yöntemine göre yapılması da bu yöntemin yaklaşımlar içerdiğine işaret eder. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin kabullerinin daha az sayıda olması pek çok durumda yönteme olan güveni arttırır. Bu nedenle yönetmelik Mod Birleştirme Yöntemi ile elde edilen çözümleme sonuçlarının Eşdeger Deprem Yükü Yöntemi'ninkilerle karşılaştırılmasını öngörmektedir.

Mod Birleştirme Yöntemi'nde mod katkılarının birleştirilmesi ile elde edilen bina toplam deprem yükü Vtb nin Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile elde edilen bina toplam deprem yükü β Vt den küçük olması (Vtb < β Vt) durumunda, Mod Birleştirme Yöntemi ile bulunan tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri $\beta \frac{V_t}{V_{tb}}$ katsayısı ile büyütülecektir. Binada Al, B2 ve B3 türü düzensizliklerden birinin bulunması durumunda β = 1,0 ve bu düzensizliklerin hiç birinin bulunmaması durumunda ise β = 0,9 alınacaktır. [2]

Yapının Modal Analiz Yolu ile bulunan Kat Kuvvetleri ve Taban Kesme Kuvvetleri X ve Y yönleri için Tablo 6.16 ve Tablo 6.17'de verilmektedir.

Tablo 6.16 X Yönündeki Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Kat	**h_i**	**Modal Analiz Kat Kuvvetleri F_i (kN)**	**Eşdeğer Deprem Yükü Kat Kuvvetleri F_i (kN)**	**Kat Kuvvetleri F_i (kN)**	**Kat Kesme Kuvvetleri V_i (kN)**
12	3	1217,37	1486,09	1411,00	1411,00
11	3	996,46	1099,87	1154,95	2565,95
10	3	796,85	1053,19	923,59	3489,54
9	3	658,04	963,06	762,70	4252,24
8	3	557,69	853,45	646,40	4898,64
7	3	489,30	744,96	567,13	5465,77
6	3	451,11	652,08	522,86	5988,63
5	3	409,84	543,46	475,03	6463,66
4	3	360,96	435,96	418,37	6882,03
3	3	308,12	338,83	357,12	7239,15
2	3	231,64	230,62	268,48	7507,63
1	3,5	146,75	129,23	170,10	7677,73
Σ		**6624,13**	**8530,81**	**7677,73**	

X Deprem Kontrolü : 8530,81.0,90=7677,73 kN > 6624,13 kN olduğundan,

Kat Kuvvetleri, 7677,73kN a göre dağıtılmıştır.

Tablo 6.17 Y Yönündeki Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Kat	**h_i**	**Modal Analiz Kat Kuvvetleri F_i (kN)**	**Eşdeğer Deprem Yükü Kat Kuvvetleri F_i (kN)**	**Kat Kuvvetleri F_i (kN)**	**Kat Kesme Kuvvetleri V_i (kN)**
12	3	1135,19	1393,10	1295,92	1295,92
11	3	908,32	983,84	1036,93	2332,85
10	3	728,12	942,09	831,21	3164,06
9	3	589,09	861,46	672,50	3836,56
8	3	492,56	763,42	562,30	4398,86
7	3	433,13	666,37	494,45	4893,31
6	3	407,88	583,29	465,63	5358,94
5	3	381,59	486,13	435,61	5794,55
4	3	343,30	389,97	391,91	6186,46
3	3	294,91	303,08	336,66	6523,12
2	3	218,86	206,29	249,84	6772,96
1	3,5	133,32	115,60	152,19	6925,15
Σ		**6066,27**	**7694,64**	**6925,15**	

Y Deprem Kontrolü : 7694,64.0,90=6925,15 kN > 6066,27 kN olduğundan,

Kat Kuvvetleri, 6925,15 kN a göre dağıtılmıştır.

6.3.4 Kat Deprem Deplasmanlarının Karşılaştırması

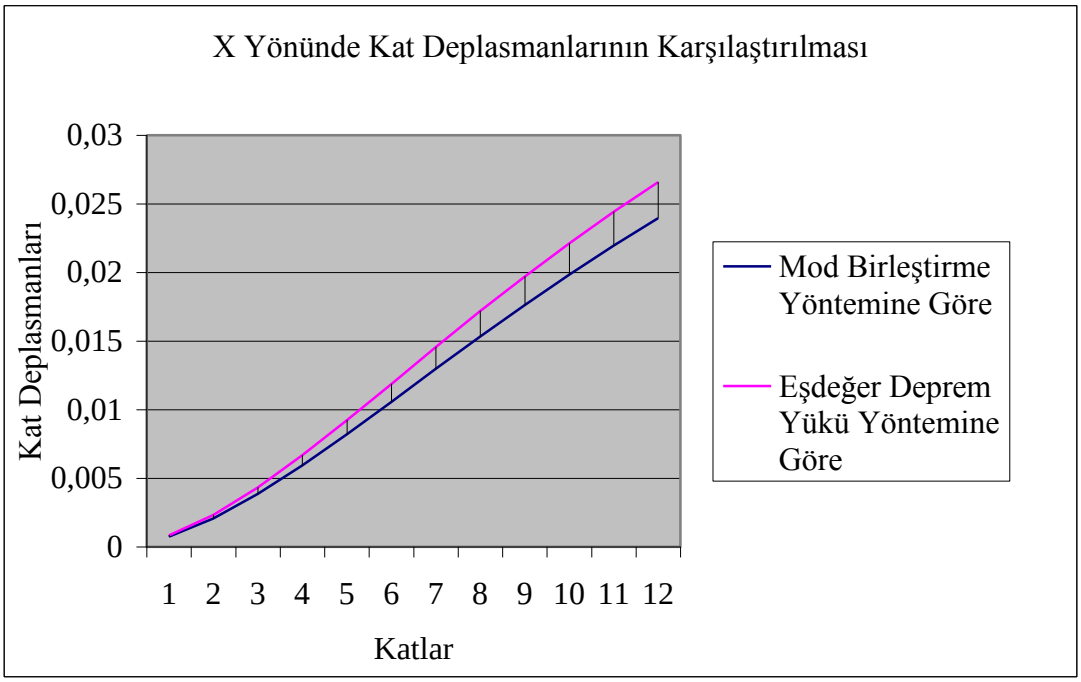
Modların Birleştirmesi Yöntemi ile bulunan deplasmanlar ile Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile bulunan deplasmanlar Tablo 6.18'de verilmiştir.

Katlar	X Yönü				Y Yönü			
	Mod Birleştirme Yöntemi		Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi		Mod Birleştirme Yöntemi		Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi	
	9. Yükleme	10. Yükleme	9. Yükleme	10. Yükleme	11. Yükleme	12. Yükleme	11. Yükleme	12. Yükleme
	Σx	Σx	Σx	Σx	Σy	Σy	Σy	Σy
12	0,023973	0,0239496	0,0265992	0,0265734	-0,027446	-0,02747	-0,030654	-0,03068
11	0,0219762	0,0219554	0,0244301	0,0244071	-0,025314	-0,025338	-0,028335	-0,028361
10	0,0198669	0,0198487	0,0221392	0,0221191	-0,023019	-0,023042	-0,025839	-0,025865
9	0,0176428	0,0176272	0,0197126	0,0196953	-0,020551	-0,020574	-0,023139	-0,023165
8	0,015348	0,0153349	0,0171903	0,0171758	-0,017972	-0,017994	-0,02029	-0,020315
7	0,012976	0,0129654	0,0145623	0,0145505	-0,015273	-0,015293	-0,017276	-0,017299
6	0,010569	0,0105608	0,0118765	0,0118673	-0,012506	-0,012524	-0,014158	-0,014179
5	0,0082124	0,0082063	0,0092332	0,0092264	-0,009779	-0,009795	-0,011067	-0,011085
4	0,0059416	0,0059375	0,0066789	0,0066742	-0,007118	-0,007131	-0,008044	-0,008059
3	0,0038525	0,00385	0,0043268	0,004324	-0,004634	-0,004644	-0,005226	-0,005237
2	0,0020817	0,0020804	0,0023345	0,0023332	-0,002503	-0,002509	-0,002816	-0,002823
1	0,0007476	0,0007473	0,0008366	0,0008362	-0,000878	-0,000881	-0,000985	-0,000988

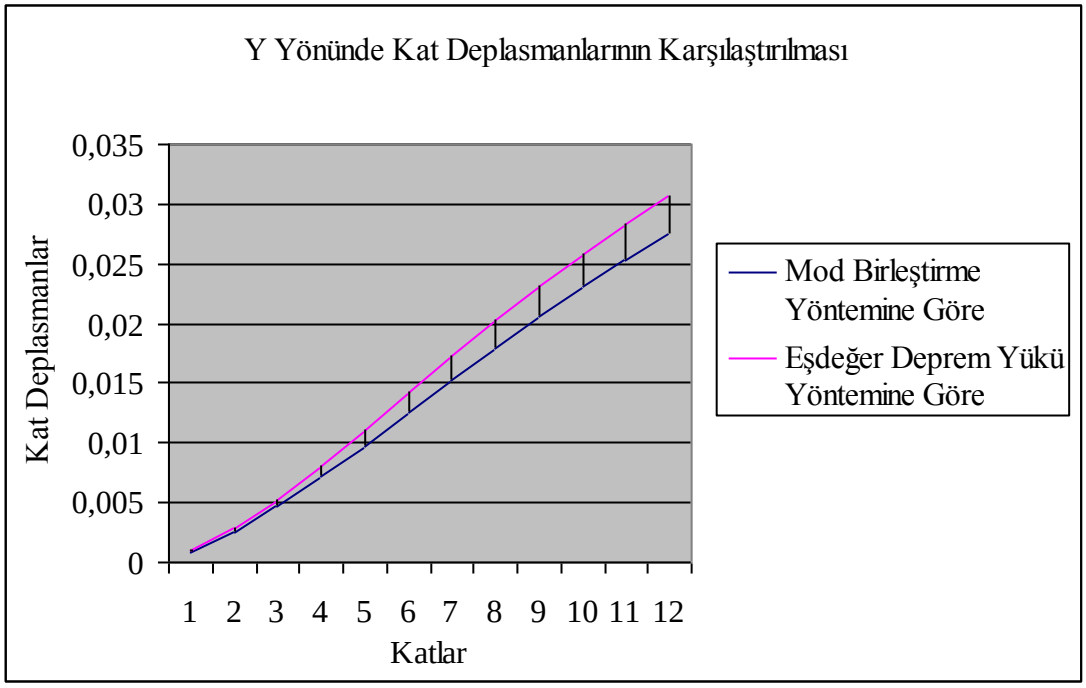
Tablo 6.18 Kat Deprem Deplasmanlarının Karşılaştırılması

Tabloda görüldüğü üzere iki yönteme göre incelenen kat deplasmanlarında, kat kuvvetlerinin birbirinin 0,90 katı olması sebebi ile değerler birbirlerine çok yakın çıkmıştır. 10. yüklemelerde her iki yönteme göre de bina X yönünde 9. yüklemeye göre dah fazla deformasyona uğradığını ve aynı şekilde Y yönüne baktığımızda binanın 12. yüklemede 11. yüklemeye göre daha fazla deformasyona uğradığını görüyoruz. X yönünde 10. yüklemenin ve Y yönünde 12. yüklemenin deplasman karşılaştırmalarını Şekil 6.7 ve Şekil 6.8'de görebiliriz.

Şekil 6.7 10. Yüklemeye göre X yönünde Kat Deprem Deplasmanlarının Karşılaştırılması



Şekil 6.8 12. Yüklemeye göre Y yönünde Kat Deprem Deplasmanlarının Karşılaştırılması



6.4 Mod Birleştirme Yöntemine Göre Düzensizlik Kontrolleri

6.4.1 A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü

X ve Y Yönlerine göre A1 Burulma Düzensizliği Kontrolleri Tablo 6.19 ve Tablo 6.20'de verilmiştir.

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} > 1,2$$

Tablo 6.19 X Yönüne Göre A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat	**$(d_i)_{min}$ (m)**	**$(d_i)_{max}$ (m)**	**$(\Delta_i)_{min}$ (m)**	**$(\Delta_i)_{max}$ (m)**	**$(\Delta_i)_{ort}$ (m)**	**η_{bi}**
12	0,0218776	0,0260687	0,0018164	0,0021773	0,001997	1,090
11	0,0200612	0,0238914	0,0019202	0,0022984	0,002109	1,090
10	0,0181410	0,0215930	0,0020262	0,0024220	0,002224	1,089
9	0,0161148	0,0191710	0,0020915	0,0024981	0,002295	1,089
8	0,0140233	0,0166729	0,0021633	0,0025807	0,002372	1,088
7	0,0118600	0,0140922	0,0021965	0,0026175	0,002407	1,087
6	0,0096635	0,0114747	0,0021513	0,0025620	0,002357	1,087
5	0,0075122	0,0089127	0,0020742	0,0024674	0,002271	1,087
4	0,0054380	0,0064453	0,0019095	0,0022687	0,002089	1,086
3	0,0035285	0,0041766	0,0016195	0,0019223	0,001771	1,085
2	0,0019090	0,0022543	0,0012216	0,0014464	0,001334	1,084
1	0,0006874	0,0008079	0,0006874	0,0008079	0,000748	1,081

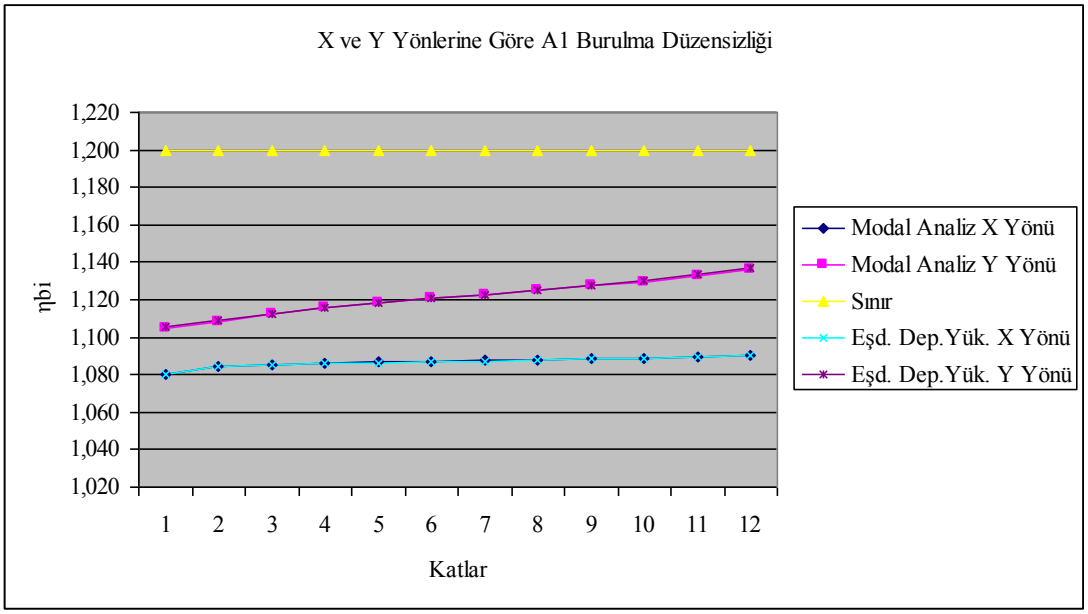
Tablo 6.20 Y Yönüne Göre A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat	**$(d_i)_{min}$ (m)**	**$(d_i)_{max}$ (m)**	**$(\Delta_i)_{min}$ (m)**	**$(\Delta_i)_{max}$ (m)**	**$(\Delta_i)_{ort}$ (m)**	**η_{bi}**
12	0,0240880	0,0308051	0,0018425	0,0024209	0,002132	1,136
11	0,0222455	0,0283842	0,0019910	0,0025994	0,002295	1,133
10	0,0202545	0,0257848	0,0021492	0,0027874	0,002468	1,129
9	0,0181053	0,0229974	0,0022507	0,0029069	0,002579	1,127
8	0,0158546	0,0200905	0,0023618	0,0030360	0,002699	1,125
7	0,0134928	0,0170545	0,0024274	0,0031069	0,002767	1,123
6	0,0110654	0,0139476	0,0023969	0,0030579	0,002727	1,121
5	0,0086685	0,0108897	0,0023456	0,0029766	0,002661	1,119
4	0,0063229	0,0079131	0,0021968	0,0027707	0,002484	1,116
3	0,0041261	0,0051424	0,0018909	0,0023706	0,002131	1,113
2	0,0022352	0,0027718	0,0014488	0,0018009	0,001625	1,108
1	0,0007864	0,0009709	0,0007864	0,0009709	0,000879	1,105

Tablolardan görüldüğü üzere yapının tüm katlarında X ve Y Yönünde A1 Burulma Düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1,2$ çıkmıştır.

Şekil 6.9'da X ve Y yönünde Mod Birleştirme Yöntemine göre bulunan A1-Burulma Düzensizlik Katsayıları ile Eşdeğer Deprem Yüküne göre bulunan A1-Burulma Düzensizlik Katsayılarının Karşılaştırılması verilmiştir.

Şekil 6.9 X ve Y yönünde Mod Birleştirme Yöntemine göre bulunan A1-Burulma Düzensizlik Katsayıları ile Eşdeğer Deprem Yüküne göre bulunan A1-Burulma Düzensizlik Katsayılarının Karşılaştırılması



6.4.2 B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik (Yumuşak Kat) Düzensizliği Kontrolü

X ve Y Yönlerine göre B-2 Komşu Katlar Arası Rijitlik (Yumuşak Kat) Düzensizliği Kontrolü Tablo 6.21 ve Tablo 6.22'de verilmiştir.

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{ort} / (\Delta_{i+1})_{ort} < 1,5$$

Tablo 6.21 X Yönüne Göre B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik (Yumuşak Kat) Düzensizliği

Kat	$(d_i)_{min}$ **(m)**	$(d_i)_{max}$ **(m)**	$(\Delta_i)_{min}$ **(m)**	$(\Delta_i)_{max}$ **(m)**	$(\Delta_i)_{ort}$ **(m)**	η_{bi}
12	0,0218776	0,0260687	0,0018164	0,0021773	0,001997	
11	0,0200612	0,0238914	0,0019202	0,0022984	0,002109	1,056
10	0,0181410	0,0215930	0,0020262	0,0024220	0,002224	1,054
9	0,0161148	0,0191710	0,0020915	0,0024981	0,002295	1,032
8	0,0140233	0,0166729	0,0021633	0,0025807	0,002372	1,034
7	0,0118600	0,0140922	0,0021965	0,0026175	0,002407	1,015
6	0,0096635	0,0114747	0,0021513	0,0025620	0,002357	0,979
5	0,0075122	0,0089127	0,0020742	0,0024674	0,002271	0,964
4	0,0054380	0,0064453	0,0019095	0,0022687	0,002089	0,920
3	0,0035285	0,0041766	0,0016195	0,0019223	0,001771	0,848
2	0,0019090	0,0022543	0,0012216	0,0014464	0,001334	0,753
1	0,0006874	0,0008079	0,0006874	0,0008079	0,000748	0,560

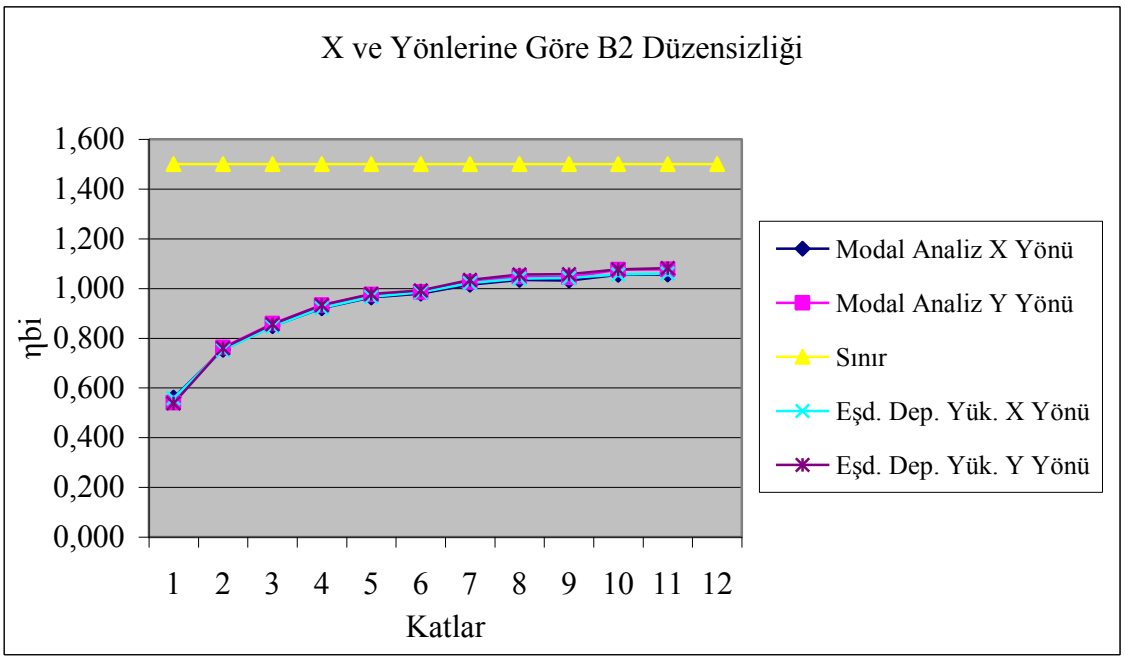
Tablo 6.22 Y Yönüne Göre B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik (Yumuşak Kat) Düzensizliği

Kat	**$(d_i)_{min}$ (m)**	**$(d_i)_{max}$ (m)**	**$(\Delta_i)_{min}$ (m)**	**$(\Delta_i)_{max}$ (m)**	**$(\Delta_i)_{ort}$ (m)**	**η_{bi}**
12	0,0240880	0,0308051	0,0018425	0,0024209	0,002132	
11	0,0222455	0,0283842	0,0019910	0,0025994	0,002295	1,077
10	0,0202545	0,0257848	0,0021492	0,0027874	0,002468	1,075
9	0,0181053	0,0229974	0,0022507	0,0029069	0,002579	1,045
8	0,0158546	0,0200905	0,0023618	0,0030360	0,002699	1,047
7	0,0134928	0,0170545	0,0024274	0,0031069	0,002767	1,025
6	0,0110654	0,0139476	0,0023969	0,0030579	0,002727	0,986
5	0,0086685	0,0108897	0,0023456	0,0029766	0,002661	0,976
4	0,0063229	0,0079131	0,0021968	0,0027707	0,002484	0,933
3	0,0041261	0,0051424	0,0018909	0,0023706	0,002131	0,858
2	0,0022352	0,0027718	0,0014488	0,0018009	0,001625	0,763
1	0,0007864	0,0009709	0,0007864	0,0009709	0,000879	0,541

Tablolardan görüldüğü üzere yapının tüm katlarında B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik (Yumuşak Kat) Düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1,5$ çıkmıştır.

Şekil 6.10'da X ve Y yönünde Mod Birleştirme Yöntemine göre bulunan B-2 Komşu Katlar Arası Rijitlik (Yumuşak Kat) Düzensizlikleri ile Eşdeğer Deprem Yüküne göre bulunan B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik (Yumuşak Kat) Düzensizliklerinin Karşılaştırılması verilmiştir.

Şekil 6.10 X ve Y yönünde Mod Birleştirme Yöntemine göre bulunan B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik (Yumuşak Kat) Düzensizlikleri ile Eşdeğer Deprem Yüküne göre bulunan B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik (Yumuşak Kat) Düzensizliklerinin Karşılaştırılması



6.4.3 Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü

X ve Y Yönlerine göre göreli kat ötelemeleri kontrolleri Tablo 6.23 ve Tablo 6.24'de verilmiştir.

$$\frac{(\Delta_i)_{max}}{h_i} \leq 0{,}0035$$

$$\frac{(\Delta_i)_{max}}{h_i} \leq \frac{0{,}02}{R}$$

Tablo 6.23 X Yönüne Göre Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü

Kat	$(d_i)_{min}$ **(m)**	$(d_i)_{max}$ **(m)**	(h_i) **(m)**	$(\Delta_i)_{max}$ **(m)**	$(\Delta_i)_{max} / h_i$
12	0,0218776	0,0260687	3,0	0,0021773	0,00073
11	0,0200612	0,0238914	3,0	0,0022984	0,00077
10	0,0181410	0,0215930	3,0	0,0024220	0,00081
9	0,0161148	0,0191710	3,0	0,0024981	0,00083
8	0,0140233	0,0166729	3,0	0,0025807	0,00086
7	0,0118600	0,0140922	3,0	0,0026175	0,00087
6	0,0096635	0,0114747	3,0	0,0025620	0,00085
5	0,0075122	0,0089127	3,0	0,0024674	0,00082
4	0,0054380	0,0064453	3,0	0,0022687	0,00076
3	0,0035285	0,0041766	3,0	0,0019223	0,00064
2	0,0019090	0,0022543	3,0	0,0014464	0,00048
1	0,0006874	0,0008079	3,5	0,0008079	0,00023

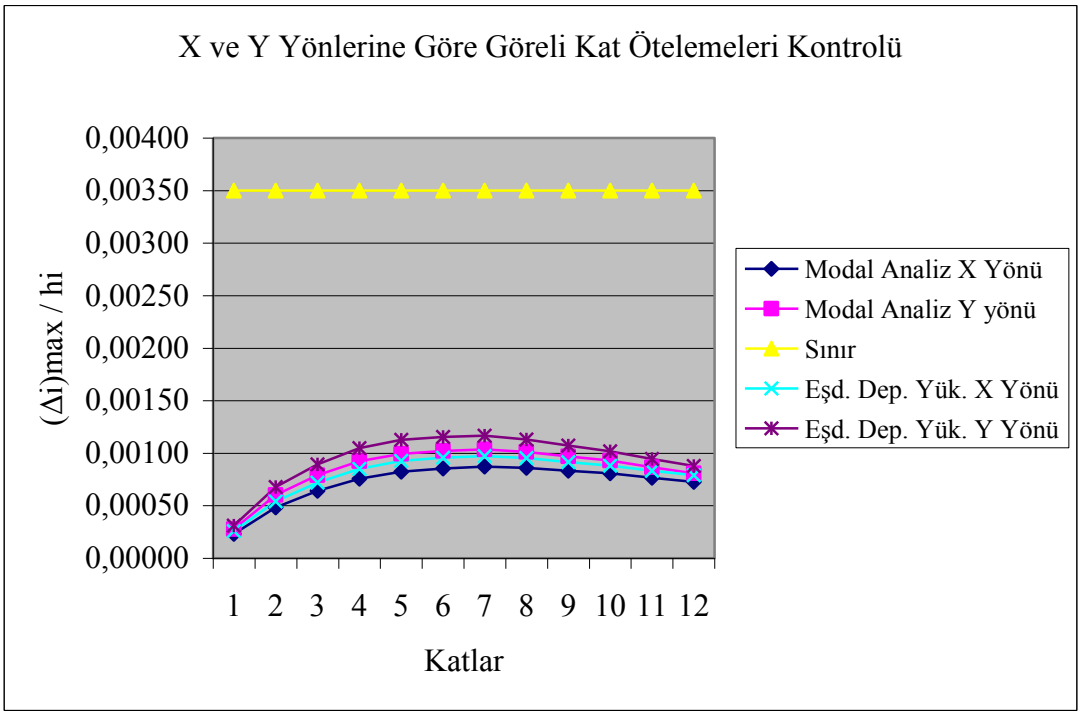
Tablo 6.24 Y Yönüne Göre Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü

Kat	**$(d_i)_{min}$ (m)**	**$(d_i)_{max}$ (m)**	**(h_i) (m)**	**$(\Delta_i)_{max}$ (m)**	**$(\Delta_i)_{max} / h_i$**
12	0,0240880	0,0308051	3,0	0,0024209	0,00081
11	0,0222455	0,0283842	3,0	0,0025994	0,00087
10	0,0202545	0,0257848	3,0	0,0027874	0,00093
9	0,0181053	0,0229974	3,0	0,0029069	0,00097
8	0,0158546	0,0200905	3,0	0,0030360	0,00101
7	0,0134928	0,0170545	3,0	0,0031069	0,00104
6	0,0110654	0,0139476	3,0	0,0030579	0,00102
5	0,0086685	0,0108897	3,0	0,0029766	0,00099
4	0,0063229	0,0079131	3,0	0,0027707	0,00092
3	0,0041261	0,0051424	3,0	0,0023706	0,00079
2	0,0022352	0,0027718	3,0	0,0018009	0,00060
1	0,0007864	0,0009709	3,5	0,0009709	0,00028

Tablolardan görüldüğü üzere yapının tüm katlarında X ve Y yönlerinde göreli kat ötelemeleri $(\Delta_i)_{max} / h_i < 0,0035$ ve $(\Delta_i)_{max} / h_i < 0,02/R = 0,0028$ olduğu görülmektedir.

Şekil 6.11'de X ve Y yönünde Mod Birleştirme Yöntemine göre bulunan göreli kat ötelemeleri değerleri ile Eşdeğer Deprem Yüküne göre bulunan göreli kat ötelemeleri değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir.

Şekil 6.11 X ve Y yönünde Mod Birleştirme Yöntemine göre bulunan Göreli Kat Ötelemeleri Değerleri ile Eşdeğer Deprem Yüküne göre bulunan Göreli Kat Ötelemeleri Değerlerinin Karşılaştırılması



6.4.4 İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

X ve Y Yönlerine göre ikinci mertebe etkilerinin kontrolleri Tablo 6.25 ve Tablo 6.26'da verilmiştir.

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \cdot \sum_{j=1}^{N} w_j}{V_i . h_i} \leq 0,12$$

Tablo 6.25 X Yönüne Göre İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Kat	**h_i (m)**	**W_i (kN)**	**$(\Delta_i)_{ort}$ (m)**	**Kat Kuvvetleri F_i (kN)**	**Kat Kesme Kuvvetleri V_i (kN)**	**θ_i**
12	3	6994,36	0,00200	1411,00	1411,00	0,00330
11	3	8369,55	0,00211	1154,95	2565,95	0,00229
10	3	8809,55	0,00222	923,59	3489,54	0,00187
9	3	8927,35	0,00229	762,70	4252,24	0,00161
8	3	8880,15	0,00237	646,40	4898,64	0,00143
7	3	8832,85	0,00241	567,13	5465,77	0,00130
6	3	8985,32	0,00236	522,86	5988,63	0,00118
5	3	8938,02	0,00227	475,03	6463,66	0,00105
4	3	8890,82	0,00209	418,37	6882,03	0,00090
3	3	9091,99	0,00177	357,12	7239,15	0,00074
2	3	9042,29	0,00133	268,48	7507,63	0,00054
1	3,5	9412,29	0,00075	170,10	7677,73	0,00026
	Σ=	**105174,54**				< 0,12

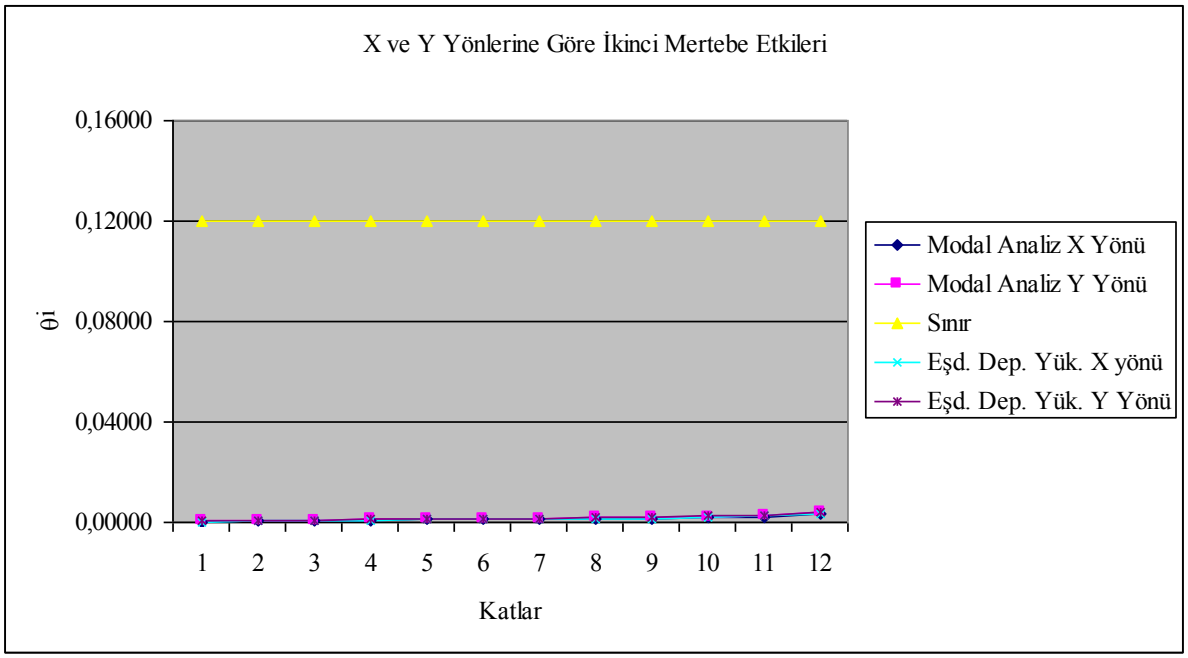
Tablo 6.26 Y Yönüne Göre İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Kat	**h_i (m)**	**W_i (kN)**	**$(\Delta_i)_{ort}$ (m)**	**Kat Kuvvetleri F_i (kN)**	**Kat Kesme Kuvvetleri V_i (kN)**	**θ_i**
12	3	6994,36	0,00213	1295,92	1295,92	0,00384
11	3	8369,55	0,00230	1036,93	2332,85	0,00274
10	3	8809,55	0,00247	831,21	3164,06	0,00229
9	3	8927,35	0,00258	672,50	3836,56	0,00200
8	3	8880,15	0,00270	562,30	4398,86	0,00182
7	3	8832,85	0,00277	494,45	4893,31	0,00166
6	3	8985,32	0,00273	465,63	5358,94	0,00152
5	3	8938,02	0,00266	435,61	5794,55	0,00137
4	3	8890,82	0,00248	391,91	6186,46	0,00119
3	3	9091,99	0,00213	336,66	6523,12	0,00099
2	3	9042,29	0,00162	249,84	6772,96	0,00072
1	3,5	9412,29	0,00088	152,19	6925,15	0,00034
	Σ=	**105174,54**				< 0,12

Tablolardan görüldüğü üzere yapının tüm katlarında X ve Y İkinci Mertebe Etkilerinde θ_i değerleri 0,12 değerinin altında kalmıştır.

Şekil 6.12'de X ve Y yönünde Mod Birleştirme Yöntemine göre bulunan ikinci mertebe etkileri ile Eşdeğer Deprem Yüküne göre bulunan ikinci mertebe etkilerinin karşılaştırılması verilmiştir.

Şekil 6.12 X ve Y yönünde Mod Birleştirme Yöntemine göre bulunan İkinci Mertebe Etkileri ile Eşdeğer Deprem Yüküne göre bulunan İkinci Mertebe Etkilerinin Karşılaştırılması



6.5 Sünekliği Normal Yapının Deprem Yüklerine Hesabı

Yapının deprem yüklerine göre hesabı yapılırken, binanın sünekliği de incelenmiştir. Yüksek sünekliğe sahip binada, Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R=7 alınarak binanın deprem hesabı yapılmıştır. Bu bölümde, binanın sünekliği normal kabul edilerek Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R=4 alınmış ve deprem yükü hesap yöntemlerine göre binanın analizi yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

6.5.1 Binanın Sünekliğine Göre Eşdeğer Deprem Yükü Hesabı Sonuçlarının Karşılaştırılması

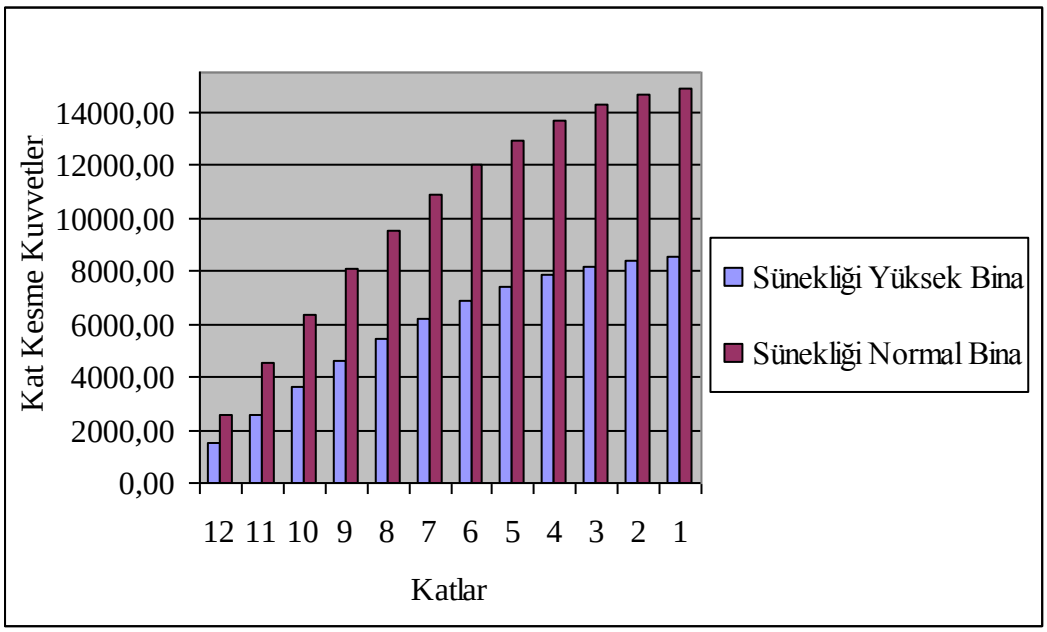
Tablo 6.27 X Yönüne Göre Kat Kuvvetleri ve Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırması

Katlar	Sünekliği Yüksek Yapı (R = 7)		Sünekliği Normal Yapı (R = 4)	
	Kat Kuvvetleri F_i (kN)	Kat Kesme Kuvvetleri , V_i (kN)	Kat Kuvvetleri F_i (kN)	Kat Kesme Kuvvetleri , V_i (kN)
12	1485,97	1485,97	2600,50	2600,50
11	1099,77	2585,74	1924,59	4525,09
10	1053,92	3639,67	1844,36	6369,45
9	962,97	4602,63	1685,18	8054,63
8	853,38	5456,01	1493,41	9548,04
7	744,89	6200,91	1303,56	10851,59
6	652,02	6852,93	1141,03	11992,62
5	543,41	7396,34	950,97	12943,59
4	435,92	7832,26	762,86	13706,45
3	338,80	8171,05	592,89	14299,34
2	230,54	8401,59	403,44	14702,78
1	129,22	8530,81	226,13	14928,91

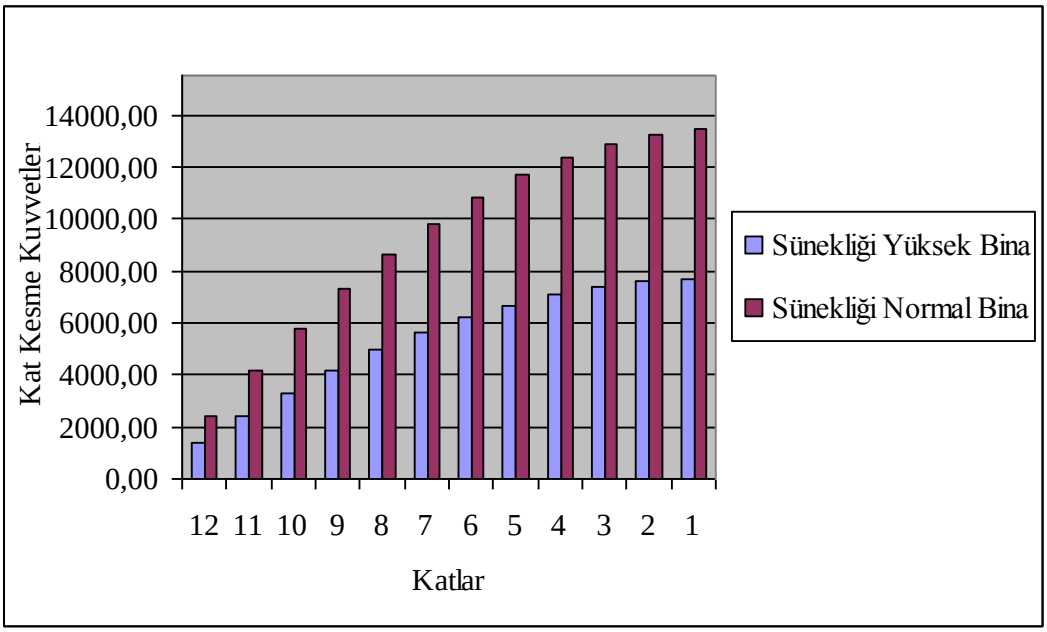
Tablo 6.28 Y Yönüne Göre Kat Kuvvetleri ve Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırması

Katlar	Sünekliği Yüksek Yapı (R = 7)		Sünekliği Normal Yapı (R = 4)	
	Kat Kuvvetleri F_i (kN)	**Kat Kesme Kuvvetleri , V_i (kN)**	**Kat Kuvvetleri F_i (kN)**	**Kat Kesme Kuvvetleri , V_i (kN)**
12	1393,03	1393,03	2437,81	2437,81
11	983,74	2376,77	1721,56	4159,38
10	942,73	3319,51	1649,79	5809,17
9	861,37	4180,88	1507,41	7316,58
8	763,35	4944,22	1335,86	8652,44
7	666,31	5610,53	1166,04	9818,49
6	583,23	6193,76	1020,66	10839,15
5	486,08	6679,84	850,65	11689,79
4	389,93	7069,77	682,38	12372,18
3	303,05	7372,83	530,35	12902,52
2	206,22	7579,05	360,88	13263,41
1	115,58	7694,63	202,274	13465,68

Şekil 6.13 X Yönünde Binanın Sünekliğine Göre Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması



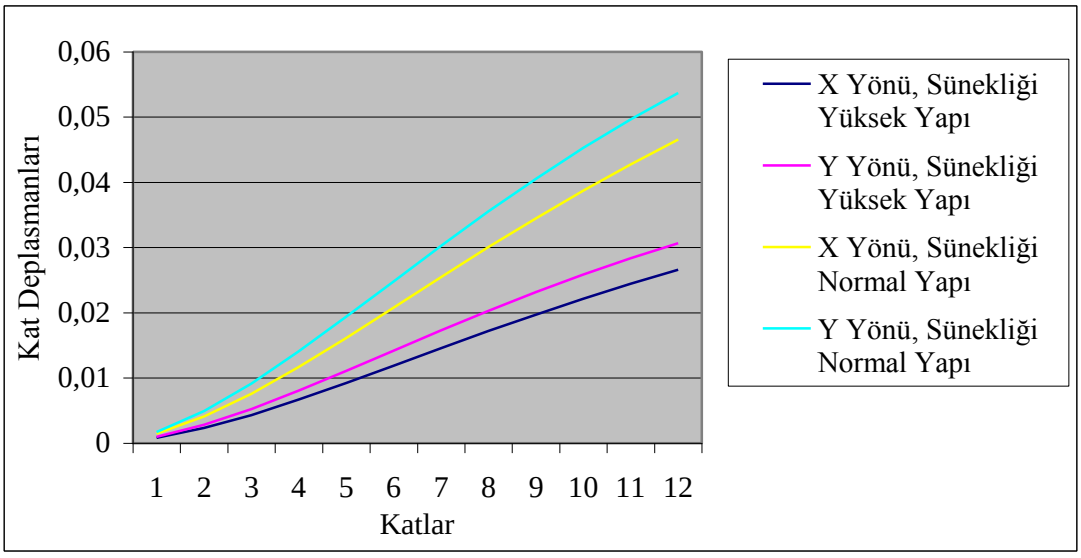
Şekil 6.14 Y Yönünde Binanın Sünekliğine Göre Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması



Tablo 6.29 Kat Deplasmanlarının Karşılaştırması

Katlar	Kat Deprem Deplasmanları			
	Sünekliği Yüksek Yapı (R = 7)		Sünekliği Normal Yapı (R = 4)	
	Σx	Σy	Σy	Σy
12	0,0265992	0,030680	0,0465487	0,053691
11	0,0244301	0,028361	0,0427526	0,049633
10	0,0221392	0,025865	0,0387436	0,045264
9	0,0197126	0,023165	0,0344971	0,040538
8	0,0171903	0,020315	0,0300831	0,035551
7	0,0145623	0,017299	0,025484	0,030274
6	0,0118765	0,014179	0,0207839	0,024813
5	0,0092332	0,011085	0,0161582	0,019399
4	0,0066789	0,008059	0,011688	0,014104
3	0,0043268	0,005237	0,0075719	0,009165
2	0,0023345	0,002823	0,0040855	0,004940
1	0,0008366	0,000988	0,0014641	0,001729

Şekil 6.15 Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması



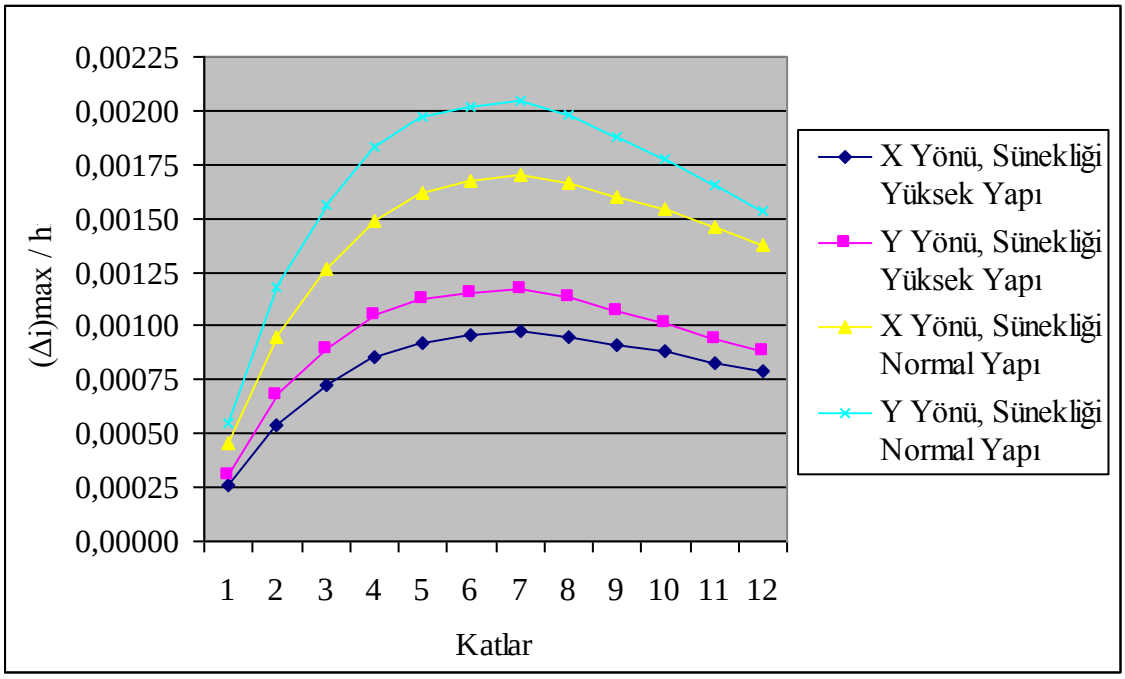
Tablo 6.30 Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolleri

Göreli Kat Ötelemesi Kontrolleri	
Sünekliği Yüksek Yapı, R=7	**Sünekliği Normal Yapı, R=4**
$\frac{(\Delta_i)_{max}}{h_i} \leq 0,0035$	$\frac{(\Delta_i)_{max}}{h_i} \leq 0,0035$
$\frac{(\Delta_i)_{max}}{h_i} \leq \frac{0,02}{R} = \frac{0,02}{7} = 0,00285$	$\frac{(\Delta_i)_{max}}{h_i} \leq \frac{0,02}{R} = \frac{0,02}{4} = 0,005$

Tablo 6.31 Göreli Kat Ötelemeleri Karşılaştırması

Göreli Kat Ötelemeleri				
Kat	**Sünekliği Yüksek Yapı, R=7**		**Sünekliği Normal Yapı, R=4**	
	X Yönü	**Y Yönü**	**X Yönü**	**Y Yönü**
	$(\Delta_i)_{max} / h_i$	$(\Delta_i)_{max} / h_i$	$(\Delta_i)_{max} / h_i$	$(\Delta_i)_{max} / h_i$
12	0,00079	0,00088	0,00138	0,00154
11	0,00083	0,00094	0,00146	0,00165
10	0,00088	0,00102	0,00154	0,00178
9	0,00092	0,00107	0,00160	0,00187
8	0,00095	0,00113	0,00167	0,00198
7	0,00097	0,00117	0,00170	0,00204
6	0,00096	0,00116	0,00168	0,00202
5	0,00092	0,00113	0,00162	0,00197
4	0,00085	0,00105	0,00149	0,00183
3	0,00072	0,00089	0,00126	0,00156
2	0,00054	0,00068	0,00095	0,00118
1	0,00026	0,00031	0,00045	0,00054

Şekil 6.16 Göreli Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması



Şekil 6.16'de görüldüğü gibi göreli kat ötelemeleri süneklik düzeyi yüksek ve normal yapıda sınır değerlerin altında kalmaktadır.

6.5.2 Binanın Sünekliğine Göre Mod Birleştirme Yöntemi Sonuçlarının Karşılaştırılması

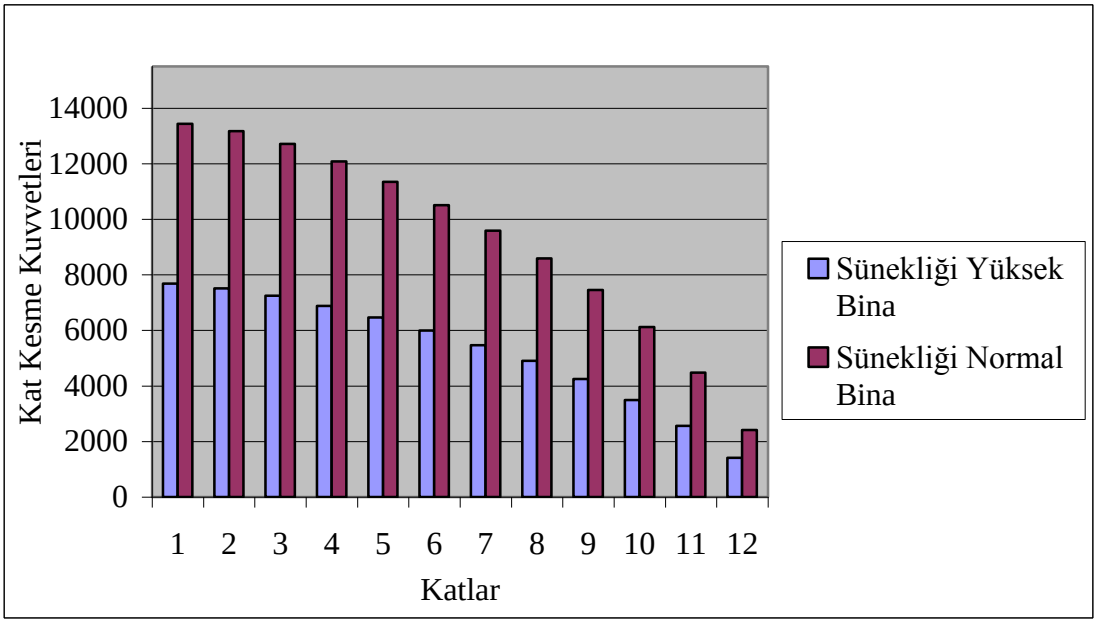
Tablo 6.32 X Yönüne Göre Kat Kuvvetleri ve Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırması

Katlar	Sünekliği Yüksek Yapı (R = 7)		Sünekliği Normal Yapı (R = 4)	
	Kat Kuvvetleri F_i (kN)	Kat Kesme Kuvvetleri , V_i (kN)	Kat Kuvvetleri F_i (kN)	Kat Kesme Kuvvetleri , V_i (kN)
12	1411,00	1411,00	2415,47	2415,47
11	1154,95	2565,95	2060,17	4475,64
10	923,59	3489,54	1639,46	6115,10
9	762,70	4252,24	1339,55	7454,65
8	646,40	4898,64	1132,50	8587,15
7	567,13	5465,77	995,54	9582,69
6	522,86	5988,63	920,57	10503,26
5	475,03	6463,66	838,91	11342,17
4	418,37	6882,03	740,65	12082,82
3	357,12	7239,15	629,30	12712,12
2	268,48	7507,63	459,79	13171,91
1	170,10	7677,73	264,11	13436,02

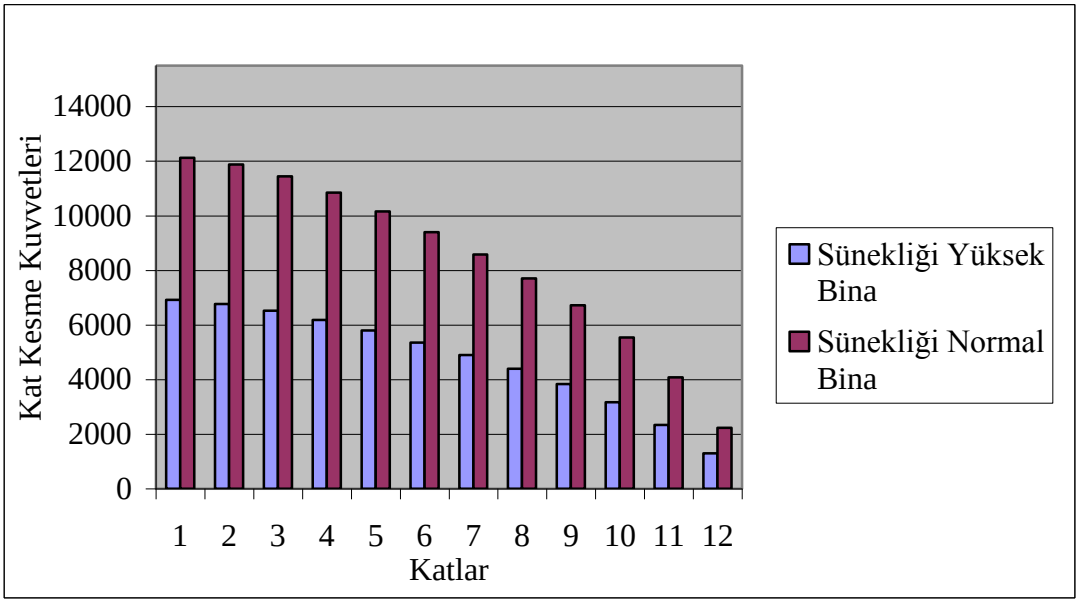
Tablo 6.33 Y Yönüne Göre Kat Kuvvetleri ve Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırması

Katlar	Sünekliği Yüksek Yapı (R = 7)		Sünekliği Normal Yapı (R = 4)	
	Kat Kuvvetleri F_i (kN)	**Kat Kesme Kuvvetleri , V_i (kN)**	**Kat Kuvvetleri F_i (kN)**	**Kat Kesme Kuvvetleri , V_i (kN)**
12	1295,92	1295,92	2229,65	2229,65
11	1036,93	2332,85	1847,94	4077,59
10	831,21	3164,06	1462,70	5540,29
9	672,50	3836,56	1178,45	6718,74
8	562,30	4398,86	987,62	7706,36
7	494,45	4893,31	870,08	8576,44
6	465,63	5358,94	818,10	9394,54
5	435,61	5794,55	764,47	10159,01
4	391,91	6186,46	689,57	10848,58
3	336,66	6523,12	593,78	11442,36
2	249,84	6772,96	434,35	11876,71
1	152,19	6925,15	242,34	12119,05

Şekil 6.17 X Yönünde Binanın Sünekliğine Göre Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması



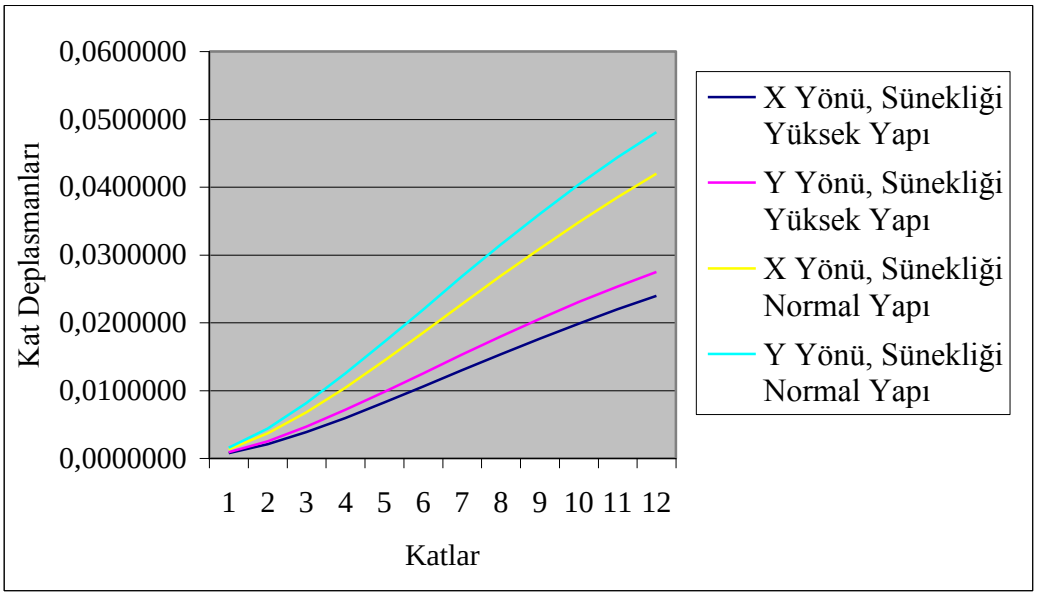
Şekil 6.18 Y Yönünde Binanın Sünekliğine Göre Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması



Tablo 6.34 Kat Deplasmanlarının Karşılaştırması

Katlar	Kat Deprem Deplasmanları			
	Sünekliği Yüksek Yapı (R = 7)		Sünekliği Normal Yapı (R = 4)	
	Σx	Σy	Σy	Σy
12	0,0239730	0,027470	0,0419980	0,048105
11	0,0219762	0,025338	0,0385082	0,044381
10	0,0198669	0,023042	0,0348190	0,040367
9	0,0176428	0,020574	0,0309261	0,036048
8	0,0153480	0,017994	0,0269074	0,031532
7	0,0129760	0,015293	0,0227519	0,026803
6	0,0105690	0,012524	0,0185336	0,021952
5	0,0082124	0,009795	0,0144023	0,017168
4	0,0059416	0,007131	0,0104205	0,012499
3	0,0038525	0,004644	0,0067563	0,008139
2	0,0020817	0,002509	0,0036500	0,004398
1	0,0007476	0,000881	0,0013103	0,001543

Şekil 6.19 Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması



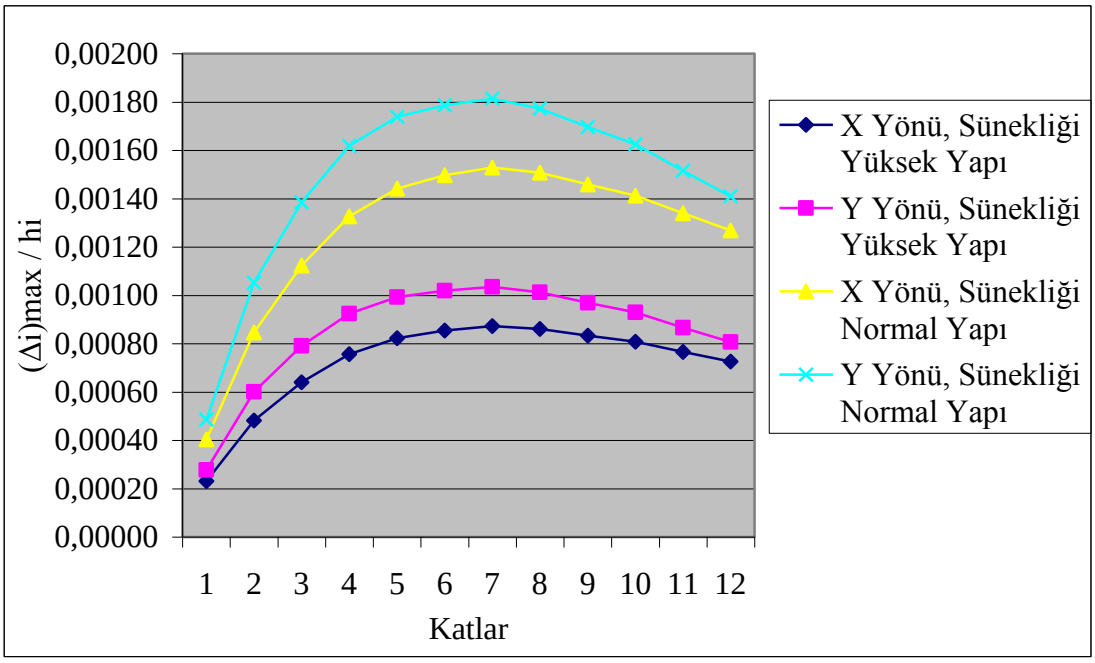
Tablo 6.35 Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolleri

Göreli Kat Ötelemesi Kontrolleri	
Sünekliği Yüksek Yapı, R=7	**Sünekliği Normal Yapı, R=4**
$\frac{(\Delta_i)_{max}}{h_i} \leq 0{,}0035$	$\frac{(\Delta_i)_{max}}{h_i} \leq 0{,}0035$
$\frac{(\Delta_i)_{max}}{h_i} \leq \frac{0{,}02}{R} = \frac{0{,}02}{7} = 0{,}00285$	$\frac{(\Delta_i)_{max}}{h_i} \leq \frac{0{,}02}{R} = \frac{0{,}02}{4} = 0{,}005$

Tablo 6.36 Göreli Kat Ötelemeleri Karşılaştırması

Göreli Kat Ötelemeleri				
Kat	**Sünekliği Yüksek Yapı, R=7**		**Sünekliği Normal Yapı, R=4**	
	X Yönü	**Y Yönü**	**X Yönü**	**Y Yönü**
	$(\Delta_i)_{max} / h_i$	$(\Delta_i)_{max} / h_i$	$(\Delta_i)_{max} / h_i$	$(\Delta_i)_{max} / h_i$
12	0,00073	0,00081	0,00127	0,00141
11	0,00077	0,00087	0,00134	0,00152
10	0,00081	0,00093	0,00141	0,00163
9	0,00083	0,00097	0,00146	0,00170
8	0,00086	0,00101	0,00151	0,00177
7	0,00087	0,00104	0,00153	0,00181
6	0,00085	0,00102	0,00150	0,00179
5	0,00082	0,00099	0,00144	0,00174
4	0,00076	0,00092	0,00133	0,00162
3	0,00064	0,00079	0,00112	0,00139
2	0,00048	0,00060	0,00085	0,00105
1	0,00023	0,00028	0,00040	0,00049

Şekil 6.20 Göreli Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması



Şekil 6.20'de görüldüğü gibi göreli kat ötelemeleri süneklik düzeyi yüksek ve normal yapıda sınır değerlerin altında kalmaktadır.

7. BETONARME HESAPLAR

7. 1 Zemin Kat Kolon Boyuna Donatı Hesapları

S102 Kolonu

N = 2306,8 kN

M_x = 402.9 kNm

M_y = 528.9 kNm

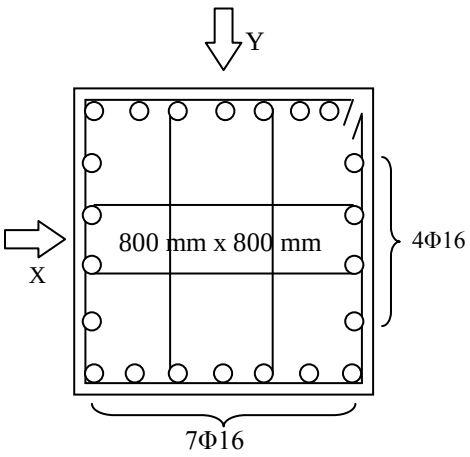
$$n = \frac{N}{(b.h.f_{cd})} = \frac{2306,8.10^3}{(800.800.20)} = 0,18$$

$$m_x = \frac{402,9.10^6}{(800^2.800.20)} = 0,04 \qquad m_y = \frac{528,9.10^6}{(800^2.800.20)} = 0,05$$

$m_x = m_2 = 0,04$ ve $m_y = m_1 = 0,05$ olduğu için w abaktan okunamıyor. Bu sebeple, As_{min} geçerlidir.

$$A_{smin} = 0,01.800.800 = 6400 \text{ mm}^2$$

22Φ20 uygundur. (6911 mm^2)



S103 Kolonu

N = 2176,8 kN $\Rightarrow$ $n = \frac{N}{(b.h.f_{cd})} = \frac{2176,8.10^3}{(800.800.20)} = 0,17$

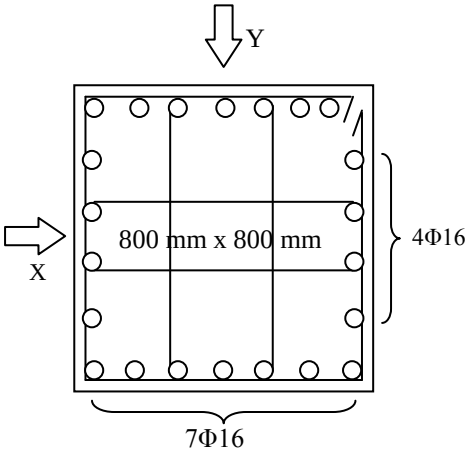
M_x = 467,2 kNm , M_y = 508,6 kNm

$m_x = \frac{467,2.10^6}{(800^2.800.20)} = 0,046$ $m_y = \frac{508,6.10^6}{(800^2.800.20)} = 0,050$

$m_x = m_1 = 0,05$ ve $m_y = m_1 = 0,05$ olduğu için w abaktan okunamıyor. Bu sebeple, As_{min} geçerlidir.

$A_{smin} = 0,01.800.800 = 6400\ mm^2$

22Φ20 uygundur. (6911 mm^2)



S108 Kolonu

N = 492,8 kN $\Rightarrow$ $n = \frac{N}{(b.h.f_{cd})} = \frac{492,8.10^3}{(800.800.20)} = 0,04$

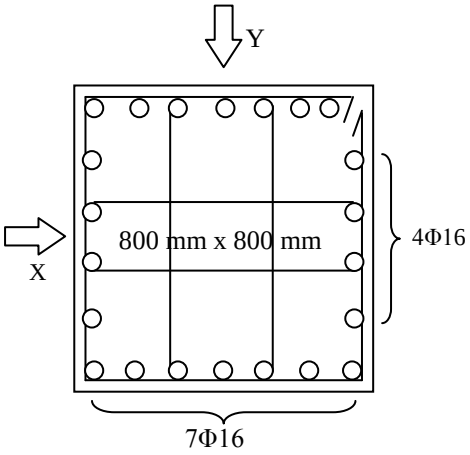
M_x = 467,5 kNm , M_y = 573,2 kNm

$m_x = \frac{467,5.10^6}{(800^2.800.20)} = 0,046$ $m_y = \frac{573,2.10^6}{(800^2.800.20)} = 0,056$

$m_x = m_2 = 0,046$ ve $m_y = m_1 = 0,056$ olduğu için w abaktan okunamıyor. Bu sebeple, As_{min} geçerlidir.

$A_{smin} = 0,01.800.800 = 6400\ mm^2$

22Φ16 uygundur. (6911 mm^2)



S109 Kolonu

N = 1020,1 kN $\Rightarrow$ $n = \frac{N}{(b.h.f_{cd})} = \frac{1020,1.10^3}{(800.800.20)} = 0,08$

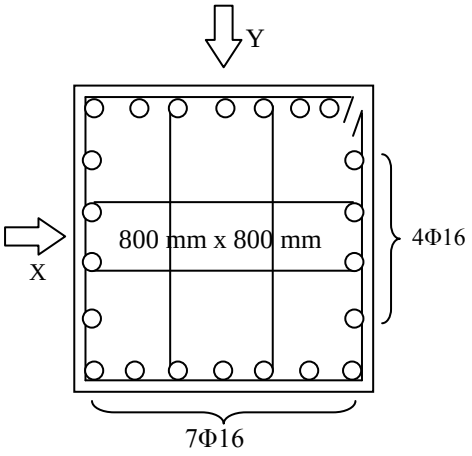
M_x = 477,2 kNm , M_y = 538,1 kNm

$m_x = \frac{477,2.10^6}{(800^2.800.20)} = 0,047$ $m_y = \frac{538,1.10^6}{(800^2.800.20)} = 0,053$

$m_x = m_2 = 0,047$ ve $m_y = m_1 = 0,053$ olduğu için w abaktan okunamıyor. Bu sebeple, As_{min} geçerlidir.

$A_{smin} = 0,01.800.800 = 6400\ mm^2$

22Φ20 uygundur. (6911 mm^2)



S110 Kolonu

N = 741,2 kN $\Rightarrow$ $n = \frac{N}{(b.h.f_{cd})} = \frac{741,2.10^3}{(800.800.20)} = 0,06$

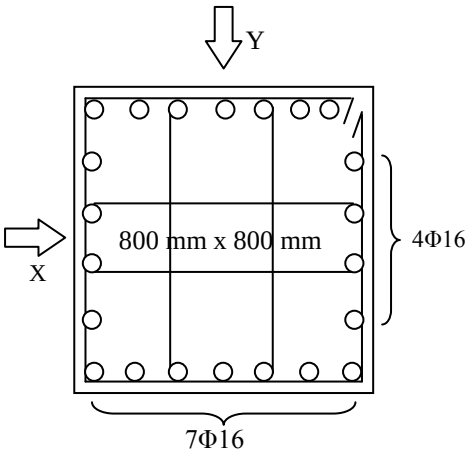
M_x = 478,3 kNm , M_y = 511,5 kNm

$m_x = \frac{478,3.10^6}{(800^2.800.20)} = 0,047$ $m_y = \frac{511,5.10^6}{(800^2.800.20)} = 0,050$

$m_x = m_2 = 0,047$ ve $m_y = m_1 = 0,050$ olduğu için w abaktan okunamıyor. Bu sebeple, As_{min} geçerlidir.

$A_{smin} = 0,01.800.800 = 6400\ mm^2$

32Φ16 uygundur. (6434 mm^2)



S113 Kolonu

N = 1255,2 kN $\Rightarrow$ $n = \frac{N}{(b.h.f_{cd})} = \frac{1255,2.10^3}{(800.800.20)} = 0,10$

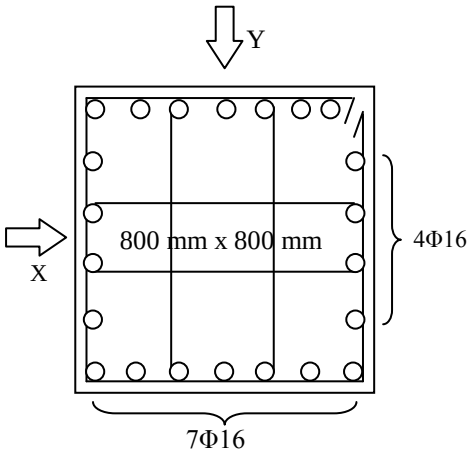
M_x = 424,4 kNm , M_y = 573,8 kNm

$m_x = \frac{424,4.10^6}{(800^2.800.20)} = 0,041$ $m_y = \frac{573,8.10^6}{(800^2.800.20)} = 0,056$

$m_x = m_2 = 0,041$ ve $m_y = m_1 = 0,056$ olduğu için w abaktan okunamıyor. Bu sebeple, As_{min} geçerlidir.

$A_{smin} = 0,01.800.800 = 6400\ mm^2$

32Φ16 uygundur. (6434 mm^2)



S114 Kolonu

N = 302,2 kN $\Rightarrow$ $n = \frac{N}{(b.h.f_{cd})} = \frac{302,2.10^3}{(800.800.20)} = 0,02$

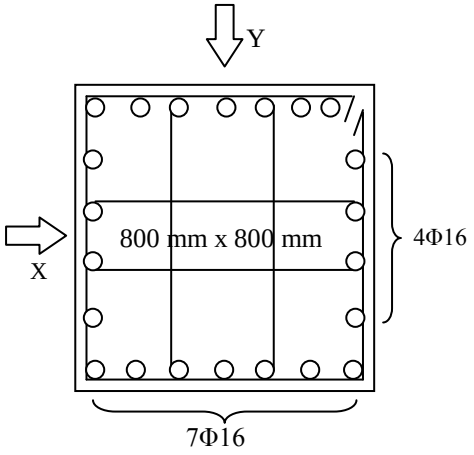
M_x = 454,7 kNm , M_y = 567,1 kNm

$m_x = \frac{454,7.10^6}{(800^2.800.20)} = 0,044$ $m_y = \frac{567,1.10^6}{(800^2.800.20)} = 0,055$

$m_x = m_2 = 0,044$ ve $m_y = m_1 = 0,055$ olduğu için w abaktan okunamıyor. Bu sebeple, As_{min} geçerlidir.

$A_{smin} = 0,01.800.800 = 6400\ mm^2$

32Φ16 uygundur. (6434 mm^2)



7. 2 Zemin Kat Kolonlarının Kesme Güvenliği

S102

M_a = 530,3 kNm

$M_{ü}$ = 55,8 kNm

$$V_e = \frac{(M_a + M_{ü})}{l_n} = \frac{530,3 + 55,8}{2,90} = 202,1\,\text{kN}$$

$$V_e \le 0,22.A_w.f_{cd} = 0,22.800.800.20.10^{-3} = 2816kN$$

$$202,1kN \le 2816kN$$

$$V_e \le V_r \quad \Rightarrow \quad V_r = V_w + V_c$$

$$V_c = 0,8.V_{cr}$$

$$V_{cr} = 0,65.f_{ctd}.b.d = 0,65.1,25.10^{-3}.800.740 = 481kN$$

$N_{g+q\pm e} > N_d$ durumunda $V_c = 0$ olacaktır.

$$N_{g+q\pm e} = 2306,8kN$$

$$N_d < 0,05.A_c.f_{ck} = 0,05.800.800.30.10^{-3} = 960kN$$

$N_{g+q\pm e} = 2306,8kN > N_d = 960kN$ olduğundan $V_c \neq 0$ olacaktır.

$V_c = 0,8.V_{cr} = 0,8.481 = 384,8$kN

Φ10 seçilirse,

$$V_w = \frac{n.A_0}{s}.f_{ywd}.d = \frac{2.78}{100}.0,365.740 = 421,36kN$$

$$V_r = V_w + V_c = 421,36 + 384,8 = 806,16kN$$

$$V_e = 202,1kN \le V_r = 806,16kN$$

Sarılma Bölgesi İçin Etriye Aralığı:

$$\left.\begin{array}{l} s_c \geq 50mm \\ s_c \leq \min(\frac{b_{\min}}{3};100mm) \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} s_c \geq 50mm \\ s_c \leq \frac{800}{3} = 267mm \end{array}\right\} \Rightarrow s_c = 100mm \text{ seçilir.}$$

Kolon Orta Bölgesi İçin Etriye Aralığı Tayini:

$$\left.\begin{array}{l} s_o \leq 200mm \\ s_o \leq \frac{b_{\min}}{2}; \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} s_o \leq 200mm \\ s_o \leq \frac{800}{2} = 400mm \end{array}\right\} \Rightarrow s_c = 200mm \text{ seçilir.}$$

Kolon Sarılma bölgesinde = Φ10/100 uygundur.

Kolon Orta bölgesinde = Φ10/200 uygundur.

S103

M_a = 513,0 kNm

$M_ü$ = 54,4 kNm

$$V_e = \frac{(M_a + M_ü)}{l_n} = \frac{513,0 + 54,4}{2,90} = 195,65 \text{ kN}$$

$$V_e \leq 0,22.A_w.f_{cd} = 0,22.800.800.20.10^{-3} = 2816kN$$

$$195,65kN \leq 2816kN$$

$$V_e \leq V_r \quad \Rightarrow \quad V_r = V_w + V_c$$

$$V_c = 0,8.V_{cr}$$

$$V_{cr} = 0,65.f_{ctd}.b.d = 0,65.1,25.10^{-3}.800.740 = 481kN$$

$N_{g+q\pm e} > N_d$ durumunda $V_c = 0$ olacaktır.

$N_{g+q\pm e} = 2176,8kN$

$N_d < 0,05.A_c.f_{ck} = 0,05.800.800.30.10^{-3} = 960kN$

$N_{g+q\pm e} = 2176,8kN > N_d = 960kN$ olduğundan $V_c \neq 0$ olacaktır.

$V_c = 0,8.V_{cr} = 0,8.481 = 384,8$kN

Φ10 seçilirse,

$$V_w = \frac{n.A_0}{s}.f_{ywd}.d = \frac{2.78}{100}.0,365.740 = 421,36kN$$

$$V_r = V_w + V_c = 421,36 + 384,8 = 806,16kN$$

$$V_e = 202,1kN \leq V_r = 806,16kN$$

Sarılma Bölgesi İçin Etriye Aralığı:

$$\left.\begin{array}{l} s_c \geq 50mm \\ s_c \leq \min(\frac{b_{\min}}{3};100mm) \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} s_c \geq 50mm \\ s_c \leq \frac{800}{3} = 267mm \end{array}\right\} \Rightarrow s_c = 100mm \text{ seçilir.}$$

Kolon Orta Bölgesi İçin Etriye Aralığı Tayini:

$$\left.\begin{array}{l} s_o \leq 200mm \\ s_o \leq \frac{b_{\min}}{2}; \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} s_o \leq 200mm \\ s_o \leq \frac{800}{2} = 400mm \end{array}\right\} \Rightarrow s_c = 200mm \text{ seçilir.}$$

Kolon Sarılma bölgesinde = Φ10/100 uygundur.

Kolon Orta bölgesinde = Φ10/200 uygundur.

S108

M_a = 578,7 kNm

$M_{ü}$ = 42,3 kNm

$$V_e = \frac{(M_a + M_{ü})}{l_n} = \frac{578,7 + 42,3}{2,90} = 214,14 \text{ kN}$$

$$V_e \le 0,22.A_w.f_{cd} = 0,22.800.800.20.10^{-3} = 2816kN$$

$$214,14kN \le 2816kN$$

$$V_e \le V_r \quad \Rightarrow \quad V_r = V_w + V_c$$

$$V_c = 0,8.V_{cr}$$

$$V_{cr} = 0,65.f_{ctd}.b.d = 0,65.1,25.10^{-3}.800.740 = 481kN$$

$N_{g+q\pm e} > N_d$ durumunda $V_c = 0$ olacaktır.

$$N_{g+q\pm e} = 2306,8kN$$

$$N_d < 0,05.A_c.f_{ck} = 0,05.800.800.30.10^{-3} = 960kN$$

$N_{g+q\pm e} = 492,8kN < N_d = 960kN$ olduğundan $V_c = 0$ olacaktır.

Φ10 seçilirse,

$$V_w = \frac{n.A_0}{s}.f_{ywd}.d = \frac{2.78}{100}.0,365.740 = 421,36kN$$

$$V_r = V_w + V_c = 421,36 + 0 = 421,36kN$$

$$V_e = 202,1kN \le V_r = 421,36kN$$

Sarılma Bölgesi İçin Etriye Aralığı:

$$\left.\begin{array}{l} s_c \geq 50mm \\ s_c \leq \min(\frac{b_{\min}}{3};100mm) \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} s_c \geq 50mm \\ s_c \leq \frac{800}{3} = 267mm \end{array}\right\} \Rightarrow s_c = 100mm \text{ seçilir.}$$

Kolon Orta Bölgesi İçin Etriye Aralığı Tayini:

$$\left.\begin{array}{l} s_o \leq 200mm \\ s_o \leq \frac{b_{\min}}{2}; \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} s_o \leq 200mm \\ s_o \leq \frac{800}{2} = 400mm \end{array}\right\} \Rightarrow s_c = 200mm \text{ seçilir.}$$

Kolon Sarılma bölgesinde = Φ10/100 uygundur.

Kolon Orta bölgesinde = Φ10/200 uygundur.

S109

M_a = 546,0 kNm

$M_ü$ = 33,6 kNm

$$V_e = \frac{(M_a + M_ü)}{l_n} = \frac{546,0 + 33,6}{2,90} = 199,86 \text{ kN}$$

$$V_e \leq 0,22.A_w.f_{cd} = 0,22.800.800.20.10^{-3} = 2816kN$$

$$199,86kN \leq 2816kN$$

$$V_e \leq V_r \quad \Rightarrow \quad V_r = V_w + V_c$$

$$V_c = 0,8.V_{cr}$$

$$V_{cr} = 0,65.f_{ctd}.b.d = 0,65.1,25.10^{-3}.800.740 = 481kN$$

$N_{g+q\pm e} > N_d$ durumunda $V_c = 0$ olacaktır.

$N_{g+q\pm e} = 1020,1kN$

$N_d < 0,05.A_c.f_{ck} = 0,05.800.800.30.10^{-3} = 960kN$

$N_{g+q\pm e} = 1020,1kN > N_d = 960kN$ olduğundan $V_c \neq 0$ olacaktır.

$V_c = 0,8.V_{cr} = 0,8.481 = 384,8$kN

Φ10 seçilirse,

$$V_w = \frac{n.A_0}{s}.f_{ywd}.d = \frac{2.78}{100}.0,365.740 = 421,36kN$$

$$V_r = V_w + V_c = 421,36 + 384,8 = 806,16kN$$

$$V_e = 199,86kN \leq V_r = 806,16kN$$

Sarılma Bölgesi İçin Etriye Aralığı:

$$\left.\begin{array}{l} s_c \geq 50mm \\ s_c \leq \min(\frac{b_{\min}}{3};100mm) \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} s_c \geq 50mm \\ s_c \leq \frac{800}{3} = 267mm \end{array}\right\} \Rightarrow s_c = 100mm \text{ seçilir.}$$

Kolon Orta Bölgesi İçin Etriye Aralığı Tayini:

$$\left.\begin{array}{l} s_o \leq 200mm \\ s_o \leq \frac{b_{\min}}{2}; \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} s_o \leq 200mm \\ s_o \leq \frac{800}{2} = 400mm \end{array}\right\} \Rightarrow s_c = 200mm \text{ seçilir.}$$

Kolon Sarılma bölgesinde = Φ10/100 uygundur.

Kolon Orta bölgesinde = Φ10/200 uygundur.

S110

M_a = 523,7 kNm

$M_{ü}$ = 30,6 kNm

$$V_e = \frac{(M_a + M_{ü})}{l_n} = \frac{523,7 + 30,6}{2,90} = 191,14 \text{ kN}$$

$$V_e \le 0,22.A_w.f_{cd} = 0,22.800.800.20.10^{-3} = 2816kN$$

$$191,14kN \le 2816kN$$

$$V_e \le V_r \quad \Rightarrow \quad V_r = V_w + V_c$$

$$V_c = 0,8.V_{cr}$$

$$V_{cr} = 0,65.f_{ctd}.b.d = 0,65.1,25.10^{-3}.800.740 = 481kN$$

$N_{g+q\pm e} > N_d$ durumunda $V_c = 0$ olacaktır.

$$N_{g+q\pm e} = 741,2kN$$

$$N_d < 0,05.A_c.f_{ck} = 0,05.800.800.30.10^{-3} = 960kN$$

$N_{g+q\pm e} = 741,2kN < N_d = 960kN$ olduğundan $V_c = 0$ olacaktır.

Φ10 seçilirse,

$$V_w = \frac{n.A_0}{s}.f_{ywd}.d = \frac{2.78}{100}.0,365.740 = 421,36kN$$

$$V_r = V_w + V_c = 421,36 + 0 = 421,36kN$$

$$V_e = 191,14kN \le V_r = 421,36kN$$

Sarılma Bölgesi İçin Etriye Aralığı:

$$\left.\begin{array}{l} s_c \geq 50mm \\ s_c \leq \min(\frac{b_{\min}}{3};100mm) \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} s_c \geq 50mm \\ s_c \leq \frac{800}{3} = 267mm \end{array}\right\} \Rightarrow s_c = 100mm \text{ seçilir.}$$

Kolon Orta Bölgesi İçin Etriye Aralığı Tayini:

$$\left.\begin{array}{l} s_o \leq 200mm \\ s_o \leq \frac{b_{\min}}{2}; \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} s_o \leq 200mm \\ s_o \leq \frac{800}{2} = 400mm \end{array}\right\} \Rightarrow s_c = 200mm \text{ seçilir.}$$

Kolon Sarılma bölgesinde = Φ10/100 uygundur.

Kolon Orta bölgesinde = Φ10/200 uygundur.

S113

M_a = 576,9 kNm

$M_ü$ = 3,0 kNm

$$V_e = \frac{(M_a + M_ü)}{l_n} = \frac{576,9 + 3,0}{2,90} = 199,97 \text{ kN}$$

$$V_e \leq 0,22.A_w.f_{cd} = 0,22.800.800.20.10^{-3} = 2816kN$$

$$199,97kN \leq 2816kN$$

$$V_e \leq V_r \quad \Rightarrow \quad V_r = V_w + V_c$$

$$V_c = 0,8.V_{cr}$$

$$V_{cr} = 0,65.f_{ctd}.b.d = 0,65.1,25.10^{-3}.800.740 = 481kN$$

$N_{g+q\pm e} > N_d$ durumunda $V_c = 0$ olacaktır.

$N_{g+q\pm e} = 130,8kN$

$N_d < 0,05.A_c.f_{ck} = 0,05.800.800.30.10^{-3} = 960kN$

$N_{g+q\pm e} = 130,8kN < N_d = 960kN$ olduğundan $V_c = 0$ olacaktır.

Φ10 seçilirse,

$$V_w = \frac{n.A_0}{s}.f_{ywd}.d = \frac{2.78}{100}.0,365.740 = 421,36kN$$

$$V_r = V_w + V_c = 421,36 + 0 = 421,36kN$$

$$V_e = 199,97kN \le V_r = 421,36kN$$

Sarılma Bölgesi İçin Etriye Aralığı:

$$\left.\begin{array}{l} s_c \ge 50mm \\ s_c \le \min(\frac{b_{\min}}{3};100mm) \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} s_c \ge 50mm \\ s_c \le \frac{800}{3} = 267mm \end{array}\right\} \Rightarrow s_c = 100mm \text{ seçilir.}$$

Kolon Orta Bölgesi İçin Etriye Aralığı Tayini:

$$\left.\begin{array}{l} s_o \le 200mm \\ s_o \le \frac{b_{\min}}{2}; \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} s_o \le 200mm \\ s_o \le \frac{800}{2} = 400mm \end{array}\right\} \Rightarrow s_c = 200mm \text{ seçilir.}$$

Kolon Sarılma bölgesinde = Φ10/100 uygundur.

Kolon Orta bölgesinde = Φ10/200 uygundur.

S114

M_a = 574,6 kNm

$M_{ü}$ = 21,6 kNm

$$V_e = \frac{(M_a + M_{ü})}{l_n} = \frac{574,6 + 21,6}{2,90} = 205,58 \text{ kN}$$

$$V_e \le 0,22.A_w.f_{cd} = 0,22.800.800.20.10^{-3} = 2816kN$$

$$205,58kN \le 2816kN$$

$$V_e \le V_r \quad \Rightarrow \quad V_r = V_w + V_c$$

$$V_c = 0,8.V_{cr}$$

$$V_{cr} = 0,65.f_{ctd}.b.d = 0,65.1,25.10^{-3}.800.740 = 481kN$$

$N_{g+q\pm e} > N_d$ durumunda $V_c = 0$ olacaktır.

$$N_{g+q\pm e} = 303,2kN$$

$$N_d < 0,05.A_c.f_{ck} = 0,05.800.800.30.10^{-3} = 960kN$$

$N_{g+q\pm e} = 303,2kN < N_d = 960kN$ olduğundan $V_c = 0$ olacaktır.

Φ10 seçilirse,

$$V_w = \frac{n.A_0}{s}.f_{ywd}.d = \frac{2.78}{100}.0,365.740 = 421,36kN$$

$$V_r = V_w + V_c = 421,36 + 0 = 421,36kN$$

$$V_e = 205,58kN \le V_r = 421,36kN$$

Sarılma Bölgesi İçin Etriye Aralığı:

$$\left.\begin{array}{l} s_c \geq 50mm \\ s_c \leq \min(\frac{b_{\min}}{3};100mm) \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} s_c \geq 50mm \\ s_c \leq \frac{800}{3} = 267mm \end{array}\right\} \Rightarrow s_c = 100mm \text{ seçilir.}$$

Kolon Orta Bölgesi İçin Etriye Aralığı Tayini:

$$\left.\begin{array}{l} s_o \leq 200mm \\ s_o \leq \frac{b_{\min}}{2}; \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} s_o \leq 200mm \\ s_o \leq \frac{800}{2} = 400mm \end{array}\right\} \Rightarrow s_c = 200mm \text{ seçilir.}$$

Kolon Sarılma bölgesinde = Φ10/100 uygundur.

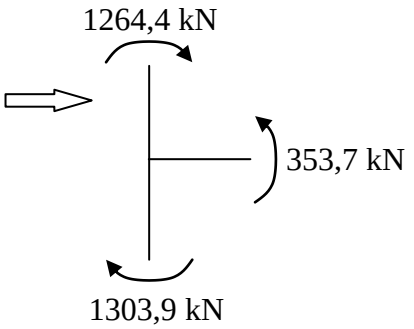
Kolon Orta bölgesinde = Φ10/200 uygundur.

7. 3 Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulu

Sadece çerçevelerden veya perde ve çerçevelerin birleşiminden oluşan taşıyıcı sistemlerde, her bir kolon - kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların taşıma gücü momentlerinin toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha büyük olacaktır:

$$\left(M_{ra} + M_{rü}\right) \geq 1,2.\left(M_{ri} + M_{rj}\right)$$

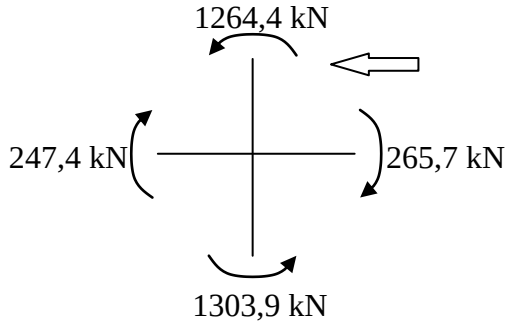
S102 Kolonu



$(1264,4+1303,9) \geq 1,2(353,7)$

$\frac{2568,3}{353,7} = 7,26 > 1,2$

Koşul sağlanmaktadır.

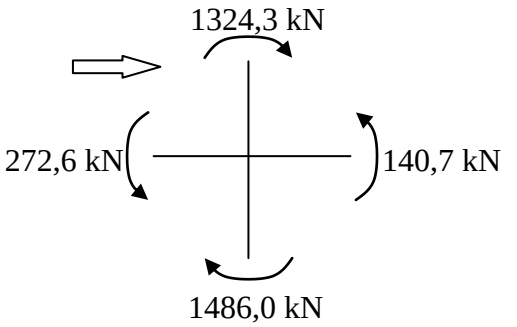


$(1264,4+1303,9) \geq 1,2(247,4+265,7)$

$\frac{2568,3}{513,1} = 5,00 > 1,2$

Koşul sağlanmaktadır.

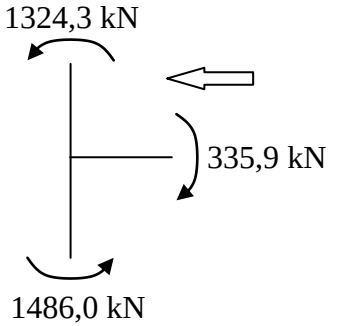
S103 Kolonu



$(1324,3+1486,0) \geq 1,2(272,6+140,7)$

$\frac{2810,3}{413,3} = 6,80 > 1,2$

Koşul sağlanmaktadır.

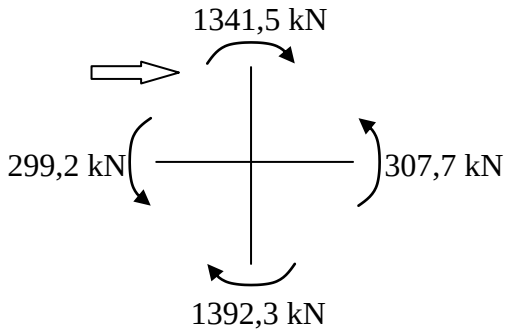


$(1324,3+1486,0) \geq 1,2(335,9)$

$\frac{2810,3}{335,9} = 8,37 > 1,2$

Koşul sağlanmaktadır.

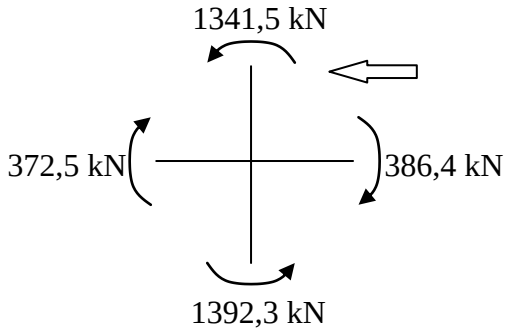
S108 Kolonu



$(1341,5+1392,3) \geq 1,2(299,2+370,7)$

$\frac{2733,8}{606,9} = 4,5 > 1,2$

Koşul sağlanmaktadır.

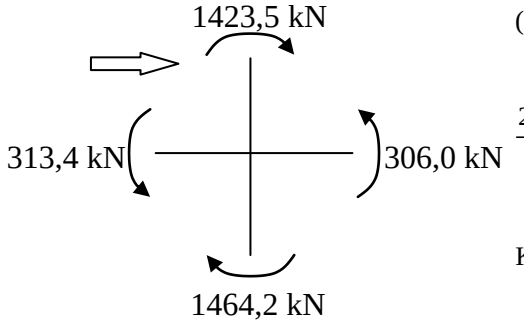


$(1341,5+1392,3) \geq 1,2(372,5+386,4)$

$\frac{2733,8}{758,9} = 3,6 > 1,2$

Koşul sağlanmaktadır.

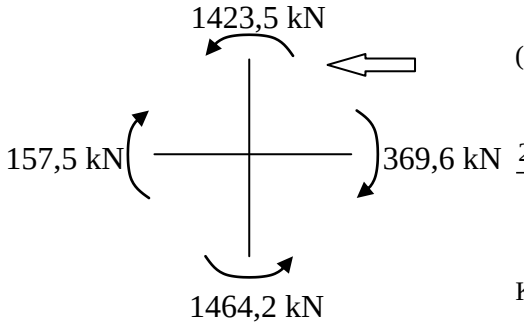
S109 Kolonu



$(1423,5+1464,2) \geq 1,2(313,4+306,0)$

$\frac{2887,7}{619,4} = 4,66 > 1,2$

Koşul sağlanmaktadır.

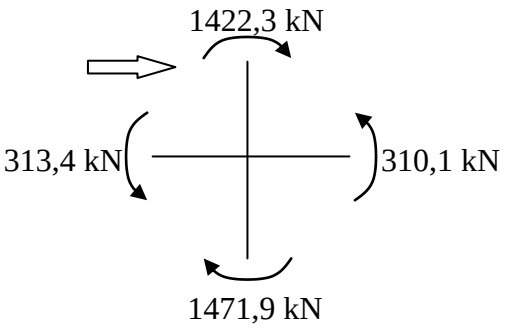


$(1423,5+1464,2) \geq 1,2(157,5+369,6)$

$\frac{2887,7}{527,1} = 5,48 > 1,2$

Koşul sağlanmaktadır.

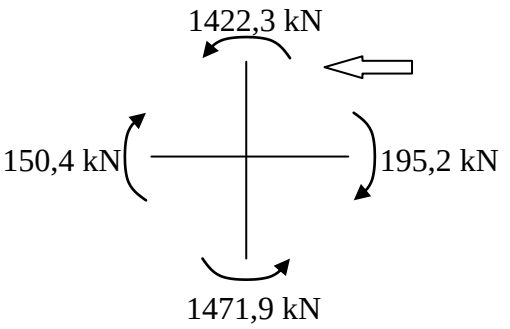
S110 Kolonu



$(1422,3+1471,9) \geq 1,2(313,4+310,1)$

$\frac{2894,2}{623,5} = 4,64 > 1,2$

Koşul sağlanmaktadır.

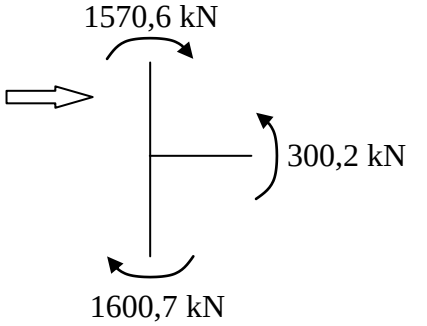


$(1422,3+1471,9) \geq 1,2(150,4+195,2)$

$\frac{2894,2}{345,6} = 8,37 > 1,2$

Koşul sağlanmaktadır.

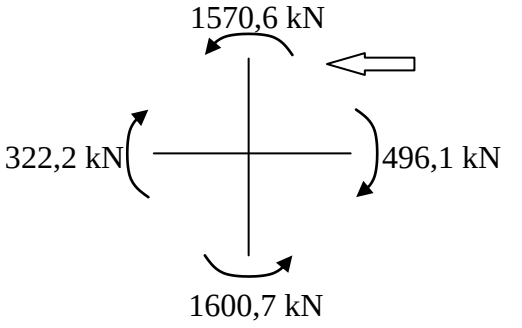
S113 Kolonu



$(1570,6+1600,7) \geq 1,2(300,2)$

$\frac{3171,3}{300,2} = 10,56 > 1,2$

Koşul sağlanmaktadır.

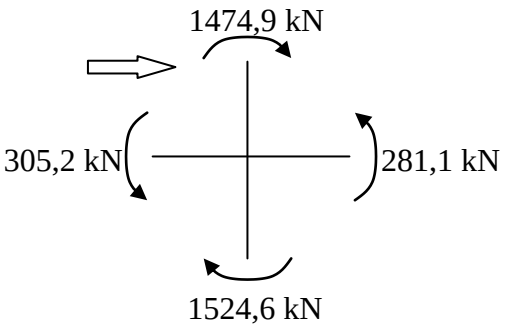


$(1570,6+1600,7) \geq 1,2(322,2+496,1)$

$\frac{3171,3}{818,3} = 3,87 > 1,2$

Koşul sağlanmaktadır.

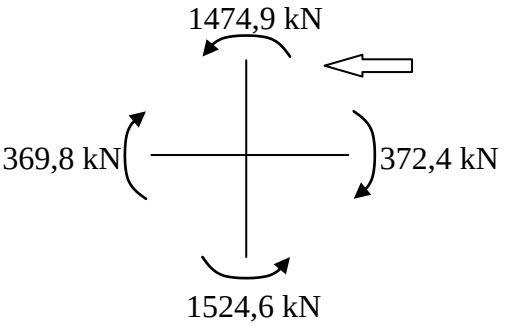
S114 Kolonu



$$(1474,9+1524,6) \geq 1,2(305,2+281,1)$$

$$\frac{2999,5}{586,3} = 5,11 > 1,2$$

Koşul sağlanmaktadır.



$$(1474,9+1524,6) \geq 1,2(369,8+372,4)$$

$$\frac{2999,5}{742,2} = 4,04 > 1,2$$

Koşul sağlanmaktadır.

7.4 Kiriş Boyuna Donatı Hesabı

Tablo 7.1 Kiriş Boyuna Donatı Tablosu EKLER bölümünde verilmiştir.

7.5 Kiriş Kesme Güvenliği Hesabı

K1001 Kirişi

$$V_{dy} = \frac{(6,00 - 0,15 - 0,3)}{2}.(21,81 + 3,41) = 69,99kN$$

$$l_n = 5,55m$$

$$\left.\begin{aligned} V_{e1} &= 69,99 + 1,4.\frac{(127,4 + 79,1)}{5,55} = 122,08kN \\ V_{e2} &= 69,99 + 1,4.\frac{(72,9 + 247,4)}{5,55} = 150,86kN \end{aligned}\right\} V_e = 150,86kN$$

$V_{cr} < V_e < V_d$

115,78kN < 150,86kN <627kN

$$V_e \le V_r \quad \Rightarrow \quad V_r = V_w + V_c$$

$$V_c = 0,8.V_{cr}$$

$$V_d = 0,22.b_w.f_{cd}.d = 0,22.250.20.10^{-3}.570 = 627kN$$

$$V_{cr} = 0,65.f_{ctd}.b.d = 0,65.1,25.10^{-3}.250.570 = 115,78kN$$

$V_e - V_{dy} \ge 0,5V_d$ durumunda $V_c = 0$ olacaktır.

150,86 – 69,99 = 80,86kN $\le$ 0,5.627 = 313,5 kN olduğundan $V_c \ne 0$ olacaktır.

$V_c = 0,8.V_{cr} = 0,8.115,78 = 92,62kN$

$$V_w = \frac{n.A_0}{s}.f_{ywd}.d = \frac{2.50}{100}.365.10^{-3}.570 = 208kN$$

$V_r = V_w + V_c = 208 + 92,62 = 300,62kN$

$V_e \le V_r$, $V_e \le V_d$

$\phi 8/100$ seçilir.

Sarılma Bölgesi İçin Etriye Aralığı:

$$\left.\begin{array}{l} s \le \dfrac{d}{4} \\ s \le 8\phi \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{c} s \le \dfrac{570}{4} = 142,5mm \\ s \le 8.14 = 112mm \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow s=100mm \text{ seçilir.}$$

Φ8/100 seçilir.

Kiriş Orta Bölgesi İçin Etriye Aralığı Tayini:

$s \le \dfrac{d}{2} = \dfrac{570}{2} = 285mm$,

$V_e > 3V_{cr}$ ise d/4 alınır.

$150,86kN < 3.115,78 = 347,34kN$ olduğundan $s = 200mm$ seçilebilir.

Sarılma bölgesinde = Φ8/100 seçilir.

Orta bölgede = Φ8/200 seçilir.

K1002 Kirişi

$$V_{dy} = \frac{(5,00 - 0,15)}{2}.(21,18 + 3,15) = 59,00kN$$

$$l_n = 4,85m$$

$$\left.\begin{aligned} V_{e1} &= 59,00 + 1,4.\frac{(265,7 + 170,8)}{4,85} = 185,00kN \\ V_{e2} &= 59,00 + 1,4.\frac{(175 + 272,6)}{4,85} = 188,204kN \end{aligned}\right\} V_e = 188,204kN$$

$V_{cr} < V_e < V_d$

115,78kN < 150,86kN <627kN

$$V_e \le V_r \quad \Rightarrow \quad V_r = V_w + V_c$$

$$V_c = 0,8.V_{cr}$$

$$V_d = 0,22.b_w.f_{cd}.d = 0,22.250.20.10^{-3}.570 = 627kN$$

$$V_{cr} = 0,65.f_{ctd}.b.d = 0,65.1,25.10^{-3}.250.570 = 115,78kN$$

$V_e - V_{dy} \ge 0,5V_d$ durumunda $V_c = 0$ olacaktır.

188,20 – 59,0 = 129,2kN $\le$ 0,5.627 = 313,5 kN olduğundan $V_c \ne 0$ olacaktır.

$V_c = 0,8.V_{cr} = 0,8.115,78 = 92,62kN$

$$V_w = \frac{n.A_0}{s}.f_{ywd}.d = \frac{2.50}{100}.0,365.570 = 208kN$$

$V_r = V_w + V_c = 208 + 92,62 = 300,62kN$

$V_e \le V_r$, $V_e \le V_d$

$\phi 8/100$ seçilir.

Sarılma Bölgesi İçin Etriye Aralığı:

$$\left.\begin{array}{l} s \le \dfrac{d}{4} \\ s \le 8\phi \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{c} s \le \dfrac{570}{4} = 142,5mm \\ s \le 8.14 = 112mm \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow s=100mm \text{ seçilir.}$$

Φ8/100 seçilir.

Kiriş Orta Bölgesi İçin Etriye Aralığı Tayini:

$s \le \dfrac{d}{2} = \dfrac{570}{2} = 285mm$,

$V_e > 3V_{cr}$ ise d/4 alınır.

$188,204kN < 3.115,78 = 347,34kN$ olduğundan $s = 200mm$ seçilebilir.

Sarılma bölgesinde = Φ8/100 seçilir.

Orta bölgede = Φ8/200 seçilir.

K1003 Kirişi

$$V_{dy} = \frac{(5,00 - 0,15 - 0,30)}{2}.(15,15 + 0,67) = 35,99kN$$

$$l_n = 4,55m$$

$$\left.\begin{aligned} V_{e1} &= 35,99 + 1,4.\frac{(140,7 + 97,3)}{4,55} = 109,22kN \\ V_{e2} &= 35,99 + 1,4.\frac{(128,5 + 207,1)}{4,55} = 139,25kN \end{aligned}\right\} V_e = 139,25kN$$

$V_{cr} < V_e < V_d$

115,78kN < 150,86kN <627kN

$$V_e \le V_r \qquad \Rightarrow \qquad V_r = V_w + V_c$$

$$V_c = 0,8.V_{cr}$$

$$V_d = 0,22.b_w.f_{cd}.d = 0,22.250.20.10^{-3}.570 = 627kN$$

$$V_{cr} = 0,65.f_{ctd}.b.d = 0,65.1,25.10^{-3}.250.570 = 115,78kN$$

$V_e - V_{dy} \ge 0,5V_d$ durumunda $V_c = 0$ olacaktır.

139,25 – 35,99 = 103,26kN $\le$ 0,5.627 = 313,5 kN olduğundan $V_c \ne 0$ olacaktır.

$V_c = 0,8.V_{cr} = 0,8.115,78 = 92,62$kN

$$V_w = \frac{n.A_0}{s}.f_{ywd}.d = \frac{2.50}{100}.0,365.570 = 208kN$$

$V_r = V_w + V_c = 208 + 92,62 = 300,62kN$

$V_e \le V_r$, $V_e \le V_d$

$\phi 8/100$ seçilir.

Sarılma Bölgesi İçin Etriye Aralığı:

$$\left.\begin{array}{l} s \le \dfrac{d}{4} \\ s \le 8\phi \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{c} s \le \dfrac{570}{4} = 142,5mm \\ s \le 8.14 = 112mm \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow s=100mm \text{ seçilir.}$$

Φ8/100 seçilir.

Kiriş Orta Bölgesi İçin Etriye Aralığı Tayini:

$s \le \dfrac{d}{2} = \dfrac{570}{2} = 285mm$,

$V_e > 3V_{cr}$ ise d/4 alınır.

$139,25kN < 3.115,78 = 347,34kN$ olduğundan $s = 200mm$ seçilebilir.

Sarılma bölgesinde = Φ8/100 seçilir.

Orta bölgede = Φ8/200 seçilir.

K1007 Kirişi

$$V_{dy} = \frac{(6,00 - 0,15 - 0,30)}{2}.(27,07 + 7,25) = 95,24kN$$

$$l_n = 5,55m$$

$$\left.\begin{aligned} V_{e1} &= 95,24 + 1,4.\frac{(159,5 + 87,0)}{5,55} = 157,93kN \\ V_{e2} &= 95,24 + 1,4.\frac{(80,9 + 88,5)}{5,55} = 137,97kN \end{aligned}\right\} V_e = 157,93kN$$

$V_{cr} < V_e < V_d$

115,78kN < 157,93kN <627kN

$$V_e \le V_r \quad \Rightarrow \quad V_r = V_w + V_c$$

$$V_c = 0,8.V_{cr}$$

$$V_d = 0,22.b_w.f_{cd}.d = 0,22.250.20.10^{-3}.570 = 627kN$$

$$V_{cr} = 0,65.f_{ctd}.b.d = 0,65.1,25.10^{-3}.250.570 = 115,78kN$$

$V_e - V_{dy} \ge 0,5V_d$ durumunda $V_c = 0$ olacaktır.

157,93 – 95,24 = 62,69kN $\le$ 0,5.627 = 313,5 kN olduğundan $V_c \ne 0$ olacaktır.

$V_c = 0,8.V_{cr} = 0,8.115,78 = 92,62$kN

$$V_w = \frac{n.A_0}{s}.f_{ywd}.d = \frac{2.50}{100}.0,365.570 = 208kN$$

$V_r = V_w + V_c = 208 + 92,62 = 300,62kN$

$V_e \le V_r$, $V_e \le V_d$

$\phi 8/100$ seçilir.

Sarılma Bölgesi İçin Etriye Aralığı:

$$\left.\begin{array}{l} s \le \dfrac{d}{4} \\ s \le 8\phi \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{c} s \le \dfrac{570}{4} = 142,5mm \\ s \le 8.14 = 112mm \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow s=100mm \text{ seçilir.}$$

Φ8/100 seçilir.

Kiriş Orta Bölgesi İçin Etriye Aralığı Tayini:

$s \le \dfrac{d}{2} = \dfrac{570}{2} = 285mm$,

$V_e > 3V_{cr}$ ise d/4 alınır.

$157,93kN < 3.115,78 = 347,34kN$ olduğundan $s = 200mm$ seçilebilir.

Sarılma bölgesinde = Φ8/100 seçilir.

Orta bölgede = Φ8/200 seçilir.

K1008 Kirişi

$$V_{dy} = \frac{(5,00 - 0,15)}{2}.(25,20 + 6,48) = 76,83kN$$

$$l_n = 4,85m$$

$$\left.\begin{aligned} V_{e1} &= 76,83 + 1,4.\frac{(307,7 + 181,5)}{4,85} = 218,04kN \\ V_{e2} &= 76,83 + 1,4.\frac{(188,4 + 313,4)}{4,85} = 221,68kN \end{aligned}\right\} V_e = 221,68kN$$

$V_{cr} < V_e < V_d$

115,78kN < 221,68kN <627kN

$$V_e \le V_r \qquad \Rightarrow \qquad V_r = V_w + V_c$$

$$V_c = 0,8.V_{cr}$$

$$V_d = 0,22.b_w.f_{cd}.d = 0,22.250.20.10^{-3}.570 = 627kN$$

$$V_{cr} = 0,65.f_{ctd}.b.d = 0,65.1,25.10^{-3}.250.570 = 115,78kN$$

$V_e - V_{dy} \ge 0,5V_d$ durumunda $V_c = 0$ olacaktır.

221,68 – 76,83 = 144,85kN $\le$ 0,5.627 = 313,5 kN olduğundan $V_c \ne 0$ olacaktır.

$V_c = 0,8.V_{cr} = 0,8.115,78 = 92,62$kN

$$V_w = \frac{n.A_0}{s}.f_{ywd}.d = \frac{2.50}{100}.0,365.570 = 208kN$$

$V_r = V_w + V_c = 208 + 92,62 = 300,62kN$

$V_e \le V_r$, $V_e \le V_d$

$\phi 8/100$ seçilir.

Sarılma Bölgesi İçin Etriye Aralığı:

$$\left.\begin{array}{l} s \le \dfrac{d}{4} \\ s \le 8\phi \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{c} s \le \dfrac{570}{4} = 142,5mm \\ s \le 8.14 = 112mm \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow s=100mm \text{ seçilir.}$$

Φ8/100 seçilir.

Kiriş Orta Bölgesi İçin Etriye Aralığı Tayini:

$s \le \dfrac{d}{2} = \dfrac{570}{2} = 285mm$,

$V_e > 3V_{cr}$ ise d/4 alınır.

$221,68kN < 3.115,78 = 347,34kN$ olduğundan $s = 200mm$ seçilebilir.

Sarılma bölgesinde = Φ8/100 seçilir.

Orta bölgede = Φ8/200 seçilir.

K1009 Kirişi

$$V_{dy} = \frac{(5,00 - 0,15 - 0,30)}{2}.(25,20 + 3,33) = 64,90kN$$

$$l_n = 4,55m$$

$$\left.\begin{aligned} V_{e1} &= 64,90 + 1,4.\frac{(306,0 + 189,7)}{4,55} = 217,42kN \\ V_{e2} &= 64,90 + 1,4.\frac{(195,2 + 313,4)}{4,55} = 221,39kN \end{aligned}\right\} V_e = 221,39kN$$

$V_{cr} < V_e < V_d$

115,78kN < 221,39kN <627kN

$$V_e \le V_r \qquad \Rightarrow \qquad V_r = V_w + V_c$$

$$V_c = 0,8.V_{cr}$$

$$V_d = 0,22.b_w.f_{cd}.d = 0,22.250.20.10^{-3}.570 = 627kN$$

$$V_{cr} = 0,65.f_{ctd}.b.d = 0,65.1,25.10^{-3}.250.570 = 115,78kN$$

$V_e - V_{dy} \ge 0,5V_d$ durumunda $V_c = 0$ olacaktır.

221,39 – 64,90 = 156,49kN $\le$ 0,5.627 = 313,5 kN olduğundan $V_c \ne 0$ olacaktır.

$V_c = 0,8.V_{cr} = 0,8.115,78 = 92,62$kN

$$V_w = \frac{n.A_0}{s}.f_{ywd}.d = \frac{2.50}{100}.0,365.570 = 208kN$$

$V_r = V_w + V_c = 208 + 92,62 = 300,62kN$

$V_e \le V_r$, $V_e \le V_d$

$\phi 8/100$ seçilir.

Sarılma Bölgesi İçin Etriye Aralığı:

$$\left.\begin{array}{l} s \le \dfrac{d}{4} \\ s \le 8\phi \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{c} s \le \dfrac{570}{4} = 142,5mm \\ s \le 8.14 = 112mm \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow s=100mm \text{ seçilir.}$$

Φ8/100 seçilir.

Kiriş Orta Bölgesi İçin Etriye Aralığı Tayini:

$s \le \dfrac{d}{2} = \dfrac{570}{2} = 285mm$,

$V_e > 3V_{cr}$ ise d/4 alınır.

$221,39kN < 3.115,78 = 347,34kN$ olduğundan $s = 200mm$ seçilebilir.

Sarılma bölgesinde = Φ8/100 seçilir.

Orta bölgede = Φ8/200 seçilir.

K1013 Kirişi

$$V_{dy} = \frac{(6,00 - 0,15 - 0,30)}{2}.(28,41 + 7,80) = 100,48kN$$

$$l_n = 5,55m$$

$$\left.\begin{aligned} V_{e1} &= 100,48 + 1,4.\frac{(320,2 + 143,8)}{5,55} = 217,52kN \\ V_{e2} &= 100,48 + 1,4.\frac{(143,3 + 305,2)}{5,55} = 213,62kN \end{aligned}\right\} V_e = 217,52kN$$

$V_{cr} < V_e < V_d$

115,78kN < 217,52kN <627kN

$$V_e \le V_r \qquad \Rightarrow \qquad V_r = V_w + V_c$$

$$V_c = 0,8.V_{cr}$$

$$V_d = 0,22.b_w.f_{cd}.d = 0,22.250.20.10^{-3}.570 = 627kN$$

$$V_{cr} = 0,65.f_{ctd}.b.d = 0,65.1,25.10^{-3}.250.570 = 115,78kN$$

$V_e - V_{dy} \ge 0,5V_d$ durumunda $V_c = 0$ olacaktır.

217,52 – 100,48 = 117,04kN $\le$ 0,5.627 = 313,5 kN olduğundan $V_c \ne 0$ olacaktır.

$V_c = 0,8.V_{cr} = 0,8.115,78 = 92,62$kN

$$V_w = \frac{n.A_0}{s}.f_{ywd}.d = \frac{2.50}{100}.0,365.570 = 208kN$$

$V_r = V_w + V_c = 208 + 92,62 = 300,62kN$

$V_e \le V_r$, $V_e \le V_d$

$\phi 8/100$ seçilir.

Sarılma Bölgesi İçin Etriye Aralığı:

$$\left.\begin{array}{l} s \le \dfrac{d}{4} \\ s \le 8\phi \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{c} s \le \dfrac{570}{4} = 142,5mm \\ s \le 8.14 = 112mm \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow \text{s=}100mm \text{ seçilir.}$$

Φ8/100 seçilir.

Kiriş Orta Bölgesi İçin Etriye Aralığı Tayini:

$s \le \dfrac{d}{2} = \dfrac{570}{2} = 285mm$,

$V_e > 3V_{cr}$ ise d/4 alınır.

$217,52kN < 3.115,78 = 347,34kN$ olduğundan $s = 200mm$ seçilebilir.

Sarılma bölgesinde = Φ8/100 seçilir.

Orta bölgede = Φ8/200 seçilir.

K1014 Kirişi

$$V_{dy} = \frac{(5,00 - 0,15)}{2}.(26,35 + 6,96) = 80,77kN$$

$$l_n = 4,85m$$

$$\left.\begin{aligned} V_{e1} &= 80,77 + 1,4.\frac{(281,1 + 139,5)}{4,85} = 202,18kN \\ V_{e2} &= 80,77 + 1,4.\frac{(146,2 + 517,6)}{4,85} = 272,38kN \end{aligned}\right\} V_e = 272,38kN$$

$V_{cr} < V_e < V_d$

115,78kN < 272,38kN <627kN

$$V_e \le V_r \qquad \Rightarrow \qquad V_r = V_w + V_c$$

$$V_c = 0,8.V_{cr}$$

$$V_d = 0,22.b_w.f_{cd}.d = 0,22.250.20.10^{-3}.570 = 627kN$$

$$V_{cr} = 0,65.f_{ctd}.b.d = 0,65.1,25.10^{-3}.250.570 = 115,78kN$$

$V_e - V_{dy} \ge 0,5V_d$ durumunda $V_c = 0$ olacaktır.

272,38 – 80,77 = 191,61kN $\le$ 0,5.627 = 313,5 kN olduğundan $V_c \ne 0$ olacaktır.

$V_c = 0,8.V_{cr} = 0,8.115,78 = 92,62kN$

$$V_w = \frac{n.A_0}{s}.f_{ywd}.d = \frac{2.50}{100}.0,365.570 = 208kN$$

$V_r = V_w + V_c = 208 + 92,62 = 300,62kN$

$V_e \le V_r$, $V_e \le V_d$

$\phi 8/100$ seçilir.

Sarılma Bölgesi İçin Etriye Aralığı:

$$\left.\begin{array}{l} s \le \dfrac{d}{4} \\ s \le 8\phi \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} s \le \dfrac{570}{4} = 142,5mm \\ s \le 8.14 = 112mm \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow \text{s=}100mm \text{ seçilir.}$$

Φ8/100 seçilir.

Kiriş Orta Bölgesi İçin Etriye Aralığı Tayini:

$s \le \dfrac{d}{2} = \dfrac{570}{2} = 285mm$,

$V_e > 3V_{cr}$ ise d/4 alınır.

$272,38kN < 3.115,78 = 347,34kN$ olduğundan $s = 200mm$ seçilebilir.

Sarılma bölgesinde = Φ8/100 seçilir.

Orta bölgede = Φ8/200 seçilir.

K1037 Kirişi

$$V_{dy} = \frac{(5,50 - 0,15 - 0,15)}{2}.(23,15 + 3,96) = 70,48kN$$

$$l_n = 5,20m$$

$$\left.\begin{aligned} V_{e1} &= 70,48 + 1,4.\frac{(321,3 + 199,5)}{5,20} = 210,69kN \\ V_{e2} &= 70,48 + 1,4.\frac{(200,0 + 322,2)}{5,20} = 211,07kN \end{aligned}\right\} V_e = 211,07kN$$

$V_{cr} < V_e < V_d$

115,78kN < 211,07kN <627kN

$$V_e \le V_r \qquad \Rightarrow \qquad V_r = V_w + V_c$$

$$V_c = 0,8.V_{cr}$$

$$V_d = 0,22.b_w.f_{cd}.d = 0,22.250.20.10^{-3}.570 = 627kN$$

$$V_{cr} = 0,65.f_{ctd}.b.d = 0,65.1,25.10^{-3}.250.570 = 115,78kN$$

$V_e - V_{dy} \ge 0,5V_d$ durumunda $V_c = 0$ olacaktır.

211,07 – 70,48 = 140,59kN $\le$ 0,5.627 = 313,5 kN olduğundan $V_c \ne 0$ olacaktır.

$V_c = 0,8.V_{cr} = 0,8.115,78 = 92,62$kN

$$V_w = \frac{n.A_0}{s}.f_{ywd}.d = \frac{2.50}{100}.0,365.570 = 208kN$$

$V_r = V_w + V_c = 208 + 92,62 = 300,62kN$

$V_e \le V_r$, $V_e \le V_d$

$\phi 8/100$ seçilir.

Sarılma Bölgesi İçin Etriye Aralığı:

$$\left.\begin{array}{l} s \le \dfrac{d}{4} \\ s \le 8\phi \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{c} s \le \dfrac{570}{4} = 142,5mm \\ s \le 8.14 = 112mm \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow s=100mm \text{ seçilir.}$$

Φ8/100 seçilir.

Kiriş Orta Bölgesi İçin Etriye Aralığı Tayini:

$s \le \dfrac{d}{2} = \dfrac{570}{2} = 285mm$,

$V_e > 3V_{cr}$ ise d/4 alınır.

$211,07kN < 3.115,78 = 347,34kN$ olduğundan $s = 200mm$ seçilebilir.

Sarılma bölgesinde = Φ8/100 seçilir.

Orta bölgede = Φ8/200 seçilir.

K1038 Kirişi

$$V_{dy} = \frac{(5,00 - 0,15 - 0,15)}{2}.(22,87 + 3,84) = 62,77kN$$

$$l_n = 4,70m$$

$$\left.\begin{aligned} V_{e1} &= 62,77 + 1,4.\frac{(496,1 + 206,1)}{4,70} = 271,93kN \\ V_{e2} &= 62,77 + 1,4.\frac{(241,2 + 313,3)}{4,70} = 227,94kN \end{aligned}\right\} V_e = 271,93kN$$

$V_{cr} < V_e < V_d$

115,78kN < 271,93kN <627kN

$$V_e \le V_r \qquad \Rightarrow \qquad V_r = V_w + V_c$$

$$V_c = 0,8.V_{cr}$$

$$V_d = 0,22.b_w.f_{cd}.d = 0,22.250.20.10^{-3}.570 = 627kN$$

$$V_{cr} = 0,65.f_{ctd}.b.d = 0,65.1,25.10^{-3}.250.570 = 115,78kN$$

$V_e - V_{dy} \ge 0,5V_d$ durumunda $V_c = 0$ olacaktır.

271,93 – 62,77 = 209,16kN $\le$ 0,5.627 = 313,5 kN olduğundan $V_c \ne 0$ olacaktır.

$V_c = 0,8.V_{cr} = 0,8.115,78 = 92,62$kN

$$V_w = \frac{n.A_0}{s}.f_{ywd}.d = \frac{2.50}{100}.0,365.570 = 208kN$$

$V_r = V_w + V_c = 208 + 92,62 = 300,62kN$

$V_e \le V_r$, $V_e \le V_d$

$\phi 8/100$ seçilir.

Sarılma Bölgesi İçin Etriye Aralığı:

$$\left.\begin{array}{l} s \le \dfrac{d}{4} \\ s \le 8\phi \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{c} s \le \dfrac{570}{4} = 142,5mm \\ s \le 8.14 = 112mm \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow \text{s=100}mm \text{ seçilir.}$$

Φ8/100 seçilir.

Kiriş Orta Bölgesi İçin Etriye Aralığı Tayini:

$s \le \dfrac{d}{2} = \dfrac{570}{2} = 285mm$,

$V_e > 3V_{cr}$ ise d/4 alınır.

$271,93kN < 3.115,78 = 347,34kN$ olduğundan $s = 200mm$ seçilebilir.

Sarılma bölgesinde = Φ8/100 seçilir.

Orta bölgede = Φ8/200 seçilir.

K1041 Kirişi

$$V_{dy} = \frac{(5,50 - 0,15 - 0,15)}{2}.(27,87 + 7,58) = 92,17kN$$

$$l_n = 5,20m$$

$$\left.\begin{aligned} V_{e1} &= 92,17 + 1,4.\frac{(368,7 + 217,2)}{5,20} = 249,91kN \\ V_{e2} &= 92,17 + 1,4.\frac{(217,7 + 369,8)}{5,20} = 250,34kN \end{aligned}\right\} V_e = 250,34kN$$

$V_{cr} < V_e < V_d$

115,78kN < 250,34kN <627kN

$$V_e \le V_r \qquad \Rightarrow \qquad V_r = V_w + V_c$$

$$V_c = 0,8.V_{cr}$$

$$V_d = 0,22.b_w.f_{cd}.d = 0,22.250.20.10^{-3}.570 = 627kN$$

$$V_{cr} = 0,65.f_{ctd}.b.d = 0,65.1,25.10^{-3}.250.570 = 115,78kN$$

$V_e - V_{dy} \ge 0,5V_d$ durumunda $V_c = 0$ olacaktır.

250,34 – 92,17 = 158,17kN $\le$ 0,5.627 = 313,5 kN olduğundan $V_c \ne 0$ olacaktır.

$V_c = 0,8.V_{cr} = 0,8.115,78 = 92,62$kN

$$V_w = \frac{n.A_0}{s}.f_{ywd}.d = \frac{2.50}{100}.0,365.570 = 208kN$$

$V_r = V_w + V_c = 208 + 92,62 = 300,62kN$

$V_e \le V_r$, $V_e \le V_d$

$\phi 8/100$ seçilir.

Sarılma Bölgesi İçin Etriye Aralığı:

$$\left.\begin{array}{l} s \le \dfrac{d}{4} \\ s \le 8\phi \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{c} s \le \dfrac{570}{4} = 142,5mm \\ s \le 8.14 = 112mm \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow s=100mm \text{ seçilir.}$$

Φ8/100 seçilir.

Kiriş Orta Bölgesi İçin Etriye Aralığı Tayini:

$s \le \dfrac{d}{2} = \dfrac{570}{2} = 285mm$,

$V_e > 3V_{cr}$ ise d/4 alınır.

$250,34kN < 3.115,78 = 347,34kN$ olduğundan $s = 200mm$ seçilebilir.

Sarılma bölgesinde = Φ8/100 seçilir.

Orta bölgede = Φ8/200 seçilir.

K1042 Kirişi

$$V_{dy} = \frac{(5,00 - 0,15 - 0,15)}{2}.(26,89 + 7,18) = 80,06kN$$

$$l_n = 4,70m$$

$$\left.\begin{aligned} V_{e1} &= 80,06 + 1,4.\frac{(372,4 + 249,0)}{4,70} = 265,16kN \\ V_{e2} &= 80,06 + 1,4.\frac{(246,9 + 372,5)}{4,70} = 264,56kN \end{aligned}\right\} V_e = 265,16kN$$

$V_{cr} < V_e < V_d$

115,78kN < 265,16kN <627kN

$$V_e \le V_r \quad \Rightarrow \quad V_r = V_w + V_c$$

$$V_c = 0,8.V_{cr}$$

$$V_d = 0,22.b_w.f_{cd}.d = 0,22.250.20.10^{-3}.570 = 627kN$$

$$V_{cr} = 0,65.f_{ctd}.b.d = 0,65.1,25.10^{-3}.250.570 = 115,78kN$$

$V_e - V_{dy} \ge 0,5V_d$ durumunda $V_c = 0$ olacaktır.

265,16 – 80,06 = 185,10kN $\le$ 0,5.627 = 313,5 kN olduğundan $V_c \ne 0$ olacaktır.

$V_c = 0,8.V_{cr} = 0,8.115,78 = 92,62kN$

$$V_w = \frac{n.A_0}{s}.f_{ywd}.d = \frac{2.50}{100}.0,365.570 = 208kN$$

$V_r = V_w + V_c = 208 + 92,62 = 300,62kN$

$V_e \le V_r$, $V_e \le V_d$

$\phi 8/100$ seçilir.

Sarılma Bölgesi İçin Etriye Aralığı:

$$\left.\begin{array}{l} s \le \dfrac{d}{4} \\ s \le 8\phi \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{c} s \le \dfrac{570}{4} = 142,5mm \\ s \le 8.14 = 112mm \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow s=100mm \text{ seçilir.}$$

Φ8/100 seçilir.

Kiriş Orta Bölgesi İçin Etriye Aralığı Tayini:

$s \le \dfrac{d}{2} = \dfrac{570}{2} = 285mm$,

$V_e > 3V_{cr}$ ise d/4 alınır.

$265,16kN < 3.115,78 = 347,34kN$ olduğundan $s = 200mm$ seçilebilir.

Sarılma bölgesinde = Φ8/100 seçilir.

Orta bölgede = Φ8/200 seçilir.

K1043 Kirişi

$$V_{dy} = \frac{(4,00 - 0,15 - 0,30)}{2}.(23,58 + 5,81) = 61,04kN$$

$$l_n = 3,55m$$

$$\left.\begin{aligned} V_{e1} &= 61,04 + 1,4.\frac{(386,4 + 313,2)}{4,85} = 262,99kN \\ V_{e2} &= 61,04 + 1,4.\frac{(309,8 + 353,7)}{4,85} = 252,56kN \end{aligned}\right\} V_e = 262,99kN$$

$V_{cr} < V_e < V_d$

115,78kN < 273,22kN <627kN

$$V_e \le V_r \qquad \Rightarrow \qquad V_r = V_w + V_c$$

$$V_c = 0,8.V_{cr}$$

$$V_d = 0,22.b_w.f_{cd}.d = 0,22.250.20.10^{-3}.570 = 627kN$$

$$V_{cr} = 0,65.f_{ctd}.b.d = 0,65.1,25.10^{-3}.250.570 = 115,78kN$$

$V_e - V_{dy} \ge 0,5V_d$ durumunda $V_c = 0$ olacaktır.

262,99 – 61,04 = 200,95kN $\le$ 0,5.627 = 313,5 kN olduğundan $V_c \ne 0$ olacaktır.

$V_c = 0,8.V_{cr} = 0,8.115,78 = 92,62$kN

$$V_w = \frac{n.A_0}{s}.f_{ywd}.d = \frac{2.50}{100}.0,365.570 = 208kN$$

$V_r = V_w + V_c = 208 + 92,62 = 300,62kN$

$V_e \le V_r$, $V_e \le V_d$

$\phi 8/100$ seçilir.

Sarılma Bölgesi İçin Etriye Aralığı:

$$\left.\begin{array}{l} s \le \dfrac{d}{4} \\ s \le 8\phi \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{c} s \le \dfrac{570}{4} = 142,5mm \\ s \le 8.14 = 112mm \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow s=100mm \text{ seçilir.}$$

Φ8/100 seçilir.

Kiriş Orta Bölgesi İçin Etriye Aralığı Tayini:

$s \le \dfrac{d}{2} = \dfrac{570}{2} = 285mm$,

$V_e > 3V_{cr}$ ise d/4 alınır.

$262,99kN < 3.115,78 = 347,34kN$ olduğundan $s = 200mm$ seçilebilir.

Sarılma bölgesinde = Φ8/100 seçilir.

Orta bölgede = Φ8/200 seçilir.

K1047 Kirişi

$$V_{dy} = \frac{(5,00 - 0,15 - 0,15)}{2}.(25,65 + 6,67) = 75,95kN$$

$$l_n = 4,70m$$

$$\left.\begin{aligned} V_{e1} &= 75,95 + 1,4.\frac{(288,1 + 82,9)}{4,70} = 186,46kN \\ V_{e2} &= 75,95 + 1,4.\frac{(134,0 + 157,5)}{4,70} = 162,78kN \end{aligned}\right\} V_e = 186,46kN$$

$V_{cr} < V_e < V_d$

115,78kN < 186,46kN <627kN

$$V_e \le V_r \qquad \Rightarrow \qquad V_r = V_w + V_c$$

$$V_c = 0,8.V_{cr}$$

$$V_d = 0,22.b_w.f_{cd}.d = 0,22.250.20.10^{-3}.570 = 627kN$$

$$V_{cr} = 0,65.f_{ctd}.b.d = 0,65.1,25.10^{-3}.250.570 = 115,78kN$$

$V_e - V_{dy} \ge 0,5V_d$ durumunda $V_c = 0$ olacaktır.

186,46 – 75,95 = 110,51kN $\le$ 0,5.627 = 313,5 kN olduğundan $V_c \ne 0$ olacaktır.

$V_c = 0,8.V_{cr} = 0,8.115,78 = 92,62$kN

$$V_w = \frac{n.A_0}{s}.f_{ywd}.d = \frac{2.50}{100}.0,365.570 = 208kN$$

$V_r = V_w + V_c = 208 + 92,62 = 300,62kN$

$V_e \le V_r$, $V_e \le V_d$

$\phi 8/100$ seçilir.

Sarılma Bölgesi İçin Etriye Aralığı:

$$\left.\begin{array}{l} s \le \dfrac{d}{4} \\ s \le 8\phi \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{c} s \le \dfrac{570}{4} = 142,5mm \\ s \le 8.14 = 112mm \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow \text{s=}100mm \text{ seçilir.}$$

Φ8/100 seçilir.

Kiriş Orta Bölgesi İçin Etriye Aralığı Tayini:

$s \le \dfrac{d}{2} = \dfrac{570}{2} = 285mm$,

$V_e > 3V_{cr}$ ise d/4 alınır.

$186,46kN < 3.115,78 = 347,34kN$ olduğundan $s = 200mm$ seçilebilir.

Sarılma bölgesinde = Φ8/100 seçilir.

Orta bölgede = Φ8/200 seçilir.

K1048 Kirişi

$$V_{dy} = \frac{(4,00 - 0,15 - 0,30)}{2}.(24,74 + 6,29) = 55,08kN$$

$$l_n = 3,55m$$

$$\left.\begin{aligned} V_{e1} &= 55,08 + 1,4.\frac{(369,6 + 299,5)}{3,55} = 318,95kN \\ V_{e2} &= 55,08 + 1,4.\frac{(288,4 + 335,9)}{3,55} = 301,28kN \end{aligned}\right\} V_e = 318,95kN$$

$V_{cr} < V_e < V_d$

115,78kN < 318,95kN <627kN

$$V_e \le V_r \qquad \Rightarrow \qquad V_r = V_w + V_c$$

$$V_c = 0,8.V_{cr}$$

$$V_d = 0,22.b_w.f_{cd}.d = 0,22.250.20.10^{-3}.570 = 627kN$$

$$V_{cr} = 0,65.f_{ctd}.b.d = 0,65.1,25.10^{-3}.250.570 = 115,78kN$$

$V_e - V_{dy} \ge 0,5V_d$ durumunda $V_c = 0$ olacaktır.

318,95 – 55,08 = 263,87kN $\le$ 0,5.627 = 313,5 kN olduğundan $V_c \ne 0$ olacaktır.

$V_c = 0,8.V_{cr} = 0,8.115,78 = 92,62$kN

$$V_w = \frac{n.A_0}{s}.f_{ywd}.d = \frac{2.50}{100}.0,365.570 = 208kN$$

$V_r = V_w + V_c = 208 + 92,62 = 300,62kN$

$V_e \le V_r$, $V_e \le V_d$

$\phi 8/100$ seçilir.

Sarılma Bölgesi İçin Etriye Aralığı:

$$\left.\begin{array}{l} s \le \dfrac{d}{4} \\ s \le 8\phi \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{c} s \le \dfrac{570}{4} = 142,5mm \\ s \le 8.14 = 112mm \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow \text{s=}100mm \text{ seçilir.}$$

Φ8/100 seçilir.

Kiriş Orta Bölgesi İçin Etriye Aralığı Tayini:

$s \le \dfrac{d}{2} = \dfrac{570}{2} = 285mm$,

$V_e > 3V_{cr}$ ise d/4 alınır.

$318,95kN < 3.115,78 = 347,34kN$ olduğundan $s = 200mm$ seçilebilir.

Sarılma bölgesinde = Φ8/100 seçilir.

Orta bölgede = Φ8/200 seçilir.

K1052 Kirişi

$$V_{dy} = \frac{(5,00 - 0,15 - 0,15)}{2}.(25,65 + 6,67) = 75,95kN$$

$$l_n = 4,70m$$

$$\left.\begin{aligned} V_{e1} &= 75,95 + 1,4.\frac{(281,1 + 79,1)}{4,70} = 183,24kN \\ V_{e2} &= 75,95 + 1,4.\frac{(126,0 + 150,4)}{4,70} = 158,28kN \end{aligned}\right\} V_e = 183,24kN$$

$V_{cr} < V_e < V_d$

115,78kN < 183,24kN <627kN

$$V_e \le V_r \quad \Rightarrow \quad V_r = V_w + V_c$$

$$V_c = 0,8.V_{cr}$$

$$V_d = 0,22.b_w.f_{cd}.d = 0,22.250.20.10^{-3}.570 = 627kN$$

$$V_{cr} = 0,65.f_{ctd}.b.d = 0,65.1,25.10^{-3}.250.570 = 115,78kN$$

$V_e - V_{dy} \ge 0,5V_d$ durumunda $V_c = 0$ olacaktır.

183,24 – 75,95 = 107,29kN $\le$ 0,5.627 = 313,5 kN olduğundan $V_c \ne 0$ olacaktır.

$V_c = 0,8.V_{cr} = 0,8.115,78 = 92,62$kN

$$V_w = \frac{n.A_0}{s}.f_{ywd}.d = \frac{2.50}{100}.0,365.570 = 208kN$$

$V_r = V_w + V_c = 208 + 92,62 = 300,62kN$

$V_e \le V_r$, $V_e \le V_d$

$\phi 8/100$ seçilir.

Sarılma Bölgesi İçin Etriye Aralığı:

$$\left.\begin{array}{l} s \le \dfrac{d}{4} \\ s \le 8\phi \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{c} s \le \dfrac{570}{4} = 142,5mm \\ s \le 8.14 = 112mm \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow \text{s=}100mm \text{ seçilir.}$$

Φ8/100 seçilir.

Kiriş Orta Bölgesi İçin Etriye Aralığı Tayini:

$s \le \dfrac{d}{2} = \dfrac{570}{2} = 285mm$,

$V_e > 3V_{cr}$ ise d/4 alınır.

$183,24kN < 3.115,78 = 347,34kN$ olduğundan $s = 200mm$ seçilebilir.

Sarılma bölgesinde = Φ8/100 seçilir.

Orta bölgede = Φ8/200 seçilir.

K1053 Kirişi

$$V_{dy} = \frac{(4,00 - 0,15 - 0,30)}{2}.(24,74 + 6,29) = 55,08kN$$

$$l_n = 3,55m$$

$$\left.\begin{aligned} V_{e1} &= 55,08 + 1,4.\frac{(195,2 + 240,6)}{3,55} = 226,94kN \\ V_{e2} &= 55,08 + 1,4.\frac{(147,8 + 294,7)}{3,55} = 229,59kN \end{aligned}\right\} V_e = 229,59kN$$

$V_{cr} < V_e < V_d$

115,78kN < 229,59kN <627kN

$$V_e \le V_r \qquad \Rightarrow \qquad V_r = V_w + V_c$$

$$V_c = 0,8.V_{cr}$$

$$V_d = 0,22.b_w.f_{cd}.d = 0,22.250.20.10^{-3}.570 = 627kN$$

$$V_{cr} = 0,65.f_{ctd}.b.d = 0,65.1,25.10^{-3}.250.570 = 115,78kN$$

$V_e - V_{dy} \ge 0,5V_d$ durumunda $V_c = 0$ olacaktır.

229,59 – 55,08 = 174,51kN $\le$ 0,5.627 = 313,5 kN olduğundan $V_c \ne 0$ olacaktır.

$V_c = 0,8.V_{cr} = 0,8.115,78 = 92,62$kN

$$V_w = \frac{n.A_0}{s}.f_{ywd}.d = \frac{2.50}{100}.0,365.570 = 208kN$$

$V_r = V_w + V_c = 208 + 92,62 = 300,62kN$

$V_e \le V_r$, $V_e \le V_d$

$\phi 8/100$ seçilir.

Sarılma Bölgesi İçin Etriye Aralığı:

$$\left.\begin{array}{l} s \le \dfrac{d}{4} \\ s \le 8\phi \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{c} s \le \dfrac{570}{4} = 142,5mm \\ s \le 8.14 = 112mm \\ s \le 150mm \end{array}\right\} \Rightarrow s=100mm \text{ seçilir.}$$

Φ8/100 seçilir.

Kiriş Orta Bölgesi İçin Etriye Aralığı Tayini:

$s \le \dfrac{d}{2} = \dfrac{570}{2} = 285mm$,

$V_e > 3V_{cr}$ ise d/4 alınır.

$229,59kN < 3.115,78 = 347,34kN$ olduğundan $s = 200mm$ seçilebilir.

Sarılma bölgesinde = Φ8/100 seçilir.

Orta bölgede = Φ8/200 seçilir.

7.6 Perde Duvarların Betonarme Hesabı

S101 Perdesi

N_d = 1606,1 kN

M_d = 16121,9 kNm

Kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgesi:

$$l_u \geq \left\{ \begin{array}{c} 2.b_w = 2.300 = 600mm \\ 0,2.l_w = 0,2.4000 = 800mm \end{array} \right\} l_u = 1000\text{mm alınır.}$$

Yatay gövde donatısı hesabı:

$$A_{sg} = 0,0025.2000.300 = 1500mm^2$$

42 Φ14/17 seçilir. (6462 mm^2)

Düşey Gövde Donatısı Hesabı:

$$\frac{A_{sh}}{s_2.b_w} \geq 0,0025 \qquad \Rightarrow A_{sh} \geq 0,0025.200.300 = 150 \text{ mm}^2$$

Seçilen Φ14/200

s_2 = 200 mm

Φ14 için A_0=153 mm^2

$$A_{sh} = 2.153 = 306 \text{ mm}^2 \geq 150\text{mm}^2$$

Perde Uç bölgesi Düşey Donatı Hesabı:

N_d= 1606,1 kN

M_d= 16121,9 kNm

$$\left. \begin{array}{l} n_d = \dfrac{1601,1}{0,3.4.20000} = 0,08 \\ m_d = \dfrac{16121,9}{0,3.4^2.20000} = 0,17 \end{array} \right\} w = 0,15 \text{ okunmaktadır.}$$

$$A_{s1} = A_{s2} = \frac{0{,}15.300.4000}{17{,}4} = 10344 \text{ mm}^2$$

Kritik perde yüksekliği boyunca,

$$A_{s_{uç}} \geq 0{,}002.b_w.l_w = 0{,}002.300.4000 = 2400 \text{ mm}^2$$

10344 > 2400 , 34Φ20 seçilir. (10676 mm^2).

Perde uç bölgesi enine donatı hesabı:

50 mm ≤ *s* ≤ 100 mm

$$s \leq \frac{b_w}{2} = \frac{300}{2} = 150 \text{ mm}$$

s = 100 mm seçilir.

$$A_{sh} \geq \frac{2}{3}.0{,}075.s.b_k.\left(\frac{f_{ck}}{f_{ywk}}\right) = \frac{2}{3}.0{,}075.100.250.\left(\frac{30}{420}\right) = 89 \text{ mm}^2$$

Φ8/100 seçilir. (A_{sh} = 2.50 =100mm^2 > 89mm^2)

Perdenin Kesme Güvenliği:

V_d = 2046,6 kN

$$V_d \leq V_r = A_{ch}.\left(0{,}65.f_{ctd} + \rho_{sh}.f_{yd}\right)$$

$$V_r = 300.4000.(0{,}65.1{,}25.10^{-3} + 8{,}6.10^{-3}.365.10^{-3}) = 4966{,}8kN$$

2046,6kN < 4966,8kN

$$V_d \leq 0{,}22.A_{ch}.f_{cd} = 0{,}22.300.4000.20.10^{-3} = 5280kN$$

2046,6kN < 5280kN

S104 Perdesi

N_d = 3285,8 kN

M_d = 37736,0 kNm

Kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgesi:

$$l_u \geq \left\{ \begin{array}{c} 2.b_w = 2.300 = 600mm \\ 0,2.l_w = 0,2.6000 = 1200mm \end{array} \right\} l_u = 1200\text{mm alınır.}$$

Yatay gövde donatısı hesabı:

$$A_{sg} = 0,0025.3600.300 = 2700mm^2$$

42 Φ14/17 seçilir. (6462 mm^2)

Düşey Gövde Donatısı Hesabı:

$$\frac{A_{sh}}{s_2.b_w} \geq 0,0025 \qquad \Rightarrow A_{sh} \geq 0,0025.200.300 = 150 \text{ mm}^2$$

Seçilen Φ14/200

s_2 = 200 mm

Φ14 için A_0=153 mm^2

$$A_{sh} = 2.153 = 306 \text{ mm}^2 \geq 150\text{mm}^2$$

Perde Uç bölgesi Düşey Donatı Hesabı:

N_d= 3285,8 kN

M_d= 37736,0 kNm

$$\left. \begin{array}{l} n_d = \dfrac{3285,8}{0,3.4.20000} = 0,14 \\ m_d = \dfrac{37736,0}{0,3.6^2.20000} = 0,18 \end{array} \right\} w = 0,15 \text{ okunmaktadır.}$$

$$A_{s1} = A_{s2} = \frac{0,15.300.6000}{17,4} = 15517 \text{ mm}^2$$

Kritik perde yüksekliği boyunca,

$$A_{s_{uç}} \geq 0,002.b_w.l_w = 0,002.300.6000 = 3600 \text{ mm}^2$$

15517 > 3600 , 48Φ20 seçilir. (16320 mm^2).

Perde uç bölgesi enine donatı hesabı:

50 mm ≤ *s* ≤ 100 mm

$$s \leq \frac{b_w}{2} = \frac{300}{2} = 150 \text{ mm}$$

s = 100 mm seçilir.

$$A_{sh} \geq \frac{2}{3}.0,075.s.b_k.\left(\frac{f_{ck}}{f_{ywk}}\right) = \frac{2}{3}.0,075.100.250.\left(\frac{30}{420}\right) = 89 \text{ mm}^2$$

Φ8/100 seçilir. (A_{sh} = 2.50 =100mm^2 > 89mm^2)

Perdenin Kesme Güvenliği:

V_d = 3732,4 kN

$$V_d \leq V_r = A_{ch}.\left(0,65.f_{ctd} + \rho_{sh}.f_{yd}\right)$$

$$V_r = 300.6000.(0,65.1,25.10^{-3} + 4,8.10^{-3}.365.10^{-3}) = 4953,6kN$$

3732,4kN < 4953,6kN

$$V_d \leq 0,22.A_{ch}.f_{cd} = 0,22.300.6000.20.10^{-3} = 7920kN$$

3732,4kN < 7920kN

S115 Perdesi

N_d = 2279,1 kN

M_d = 14711,1 kNm

Kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgesi:

$$l_u \geq \left\{ \begin{array}{c} 2.b_w = 2.200 = 400mm \\ 0,2.l_w = 0,2.5000 = 1000mm \end{array} \right\} l_u = 1000\text{mm alınır.}$$

Yatay gövde donatısı hesabı:

$$A_{sg} = 0,0025.3000.200 = 1500mm^2$$

46 Φ14/15 seçilir. (6462 mm^2)

Düşey Gövde Donatısı Hesabı:

$$\frac{A_{sh}}{s_2.b_w} \geq 0,0025 \qquad \Rightarrow A_{sh} \geq 0,0025.200.200 = 100 \text{ mm}^2$$

Seçilen Φ12/200

s_2 = 200 mm

Φ12 için A_0=113 mm^2

$$A_{sh} = 2.113 = 226 \text{ mm}^2 \geq 100\text{mm}^2$$

Perde Uç bölgesi Düşey Donatı Hesabı:

N_d= 2279,1 kN

M_d= 14711,1 kNm

$$\left. \begin{array}{l} n_d = \dfrac{2279,1}{0,3.5.20000} = 0,14 \\ m_d = \dfrac{14711,1}{0,3.5^2.20000} = 0,18 \end{array} \right\} w = 0,10 \text{ okunmaktadır.}$$

$$A_{s1} = A_{s2} = \frac{0,10.200.5000}{17,4} = 5747 \text{ mm}^2$$

Kritik perde yüksekliği boyunca,

$$A_{s_{uç}} \geq 0,002.b_w.l_w = 0,002.200.5000 = 2000 \text{ mm}^2$$

5747 > 2000 , 19Φ20 seçilir. (5966 mm^2).

Perde uç bölgesi enine donatı hesabı:

50 mm ≤ *s* ≤ 100 mm

$$s \leq \frac{b_w}{2} = \frac{300}{2} = 150 \text{ mm}$$

s = 100 mm seçilir.

$$A_{sh} \geq \frac{2}{3}.0,075.s.b_k.\left(\frac{f_{ck}}{f_{ywk}}\right) = \frac{2}{3}.0,075.100.150.\left(\frac{30}{420}\right) = 54 \text{ mm}^2$$

Φ8/100 seçilir. (A_{sh} = 2.50 =100mm^2 > 54mm^2)

Perdenin Kesme Güvenliği:

V_d = 1751,5 kN

$$V_d \leq V_r = A_{ch}.\left(0,65.f_{ctd} + \rho_{sh}.f_{yd}\right)$$

$$V_r = 200.5000.(0,65.1,25.10^{-3} + 5,2.10^{-3}.365.10^{-3}) = 2898kN$$

1751,5kN < 2898kN

$$V_d \leq 0,22.A_{ch}.f_{cd} = 0,22.200.5000.20.10^{-3} = 4400kN$$

3732,4kN < 4400kN

S116 Perdesi

N_d = 797,4 kN

M_d = 2355,9 kNm

Kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgesi:

$$l_u \geq \left\{ \begin{array}{c} 2.b_w = 2.300 = 600mm \\ 0,2.l_w = 0,2.2100 = 420mm \end{array} \right\} l_u = 600\text{mm alınır.}$$

Yatay gövde donatısı hesabı:

$$A_{sg} = 0,0025.900.300 = 675mm^2$$

34 Φ14/20 seçilir. (5231 mm^2)

Düşey Gövde Donatısı Hesabı:

$$\frac{A_{sh}}{s_2.b_w} \geq 0,0025 \qquad \Rightarrow A_{sh} \geq 0,0025.200.300 = 150 \text{ mm}^2$$

Seçilen Φ16/200

s_2 = 200 mm

Φ16 için A_0=200 mm^2

$$A_{sh} = 2.200 = 400 \text{ mm}^2 \geq 150\text{mm}^2$$

Perde Uç bölgesi Düşey Donatı Hesabı:

N_d= 797,4 kN

M_d= 2355,9 kNm

$$\left. \begin{array}{l} n_d = \dfrac{797,4}{0,3.2,1.20000} = 0,08 \\ m_d = \dfrac{2355,9}{0,3.2,1^2.20000} = 0,11 \end{array} \right\} w = 0,05 \text{ okunmaktadır.}$$

$$A_{s1} = A_{s2} = \frac{0,05.300.2100}{17,4} = 1810 \text{ mm}^2$$

Kritik perde yüksekliği boyunca,

$$A_{s_{uç}} \geq 0,002.b_w.l_w = 0,002.300.2100 = 1260 \text{ mm}^2$$

1810 > 1260 , 8Φ20 seçilir. (2512 mm^2).

Perde uç bölgesi enine donatı hesabı:

50 mm ≤ *s* ≤ 100 mm

$$s \leq \frac{b_w}{2} = \frac{300}{2} = 150 \text{ mm}$$

s = 100 mm seçilir.

$$A_{sh} \geq \frac{2}{3}.0,075.s.b_k.\left(\frac{f_{ck}}{f_{ywk}}\right) = \frac{2}{3}.0,075.100.250.\left(\frac{30}{420}\right) = 89 \text{ mm}^2$$

Φ8/100 seçilir. (A_{sh} = 2.50 =100mm^2 > 89mm^2)

Perdenin Kesme Güvenliği:

V_d = 311,6 kN

$$V_d \leq V_r = A_{ch}.\left(0,65.f_{ctd} + \rho_{sh}.f_{yd}\right)$$

$$V_r = 300.2100.(0,65.1,25.10^{-3} + 5,9.10^{-3}.365.10^{-3}) = 1986,7kN$$

311,6kN < 1986,7kN

$$V_d \leq 0,22.A_{ch}.f_{cd} = 0,22.300.2100.20.10^{-3} = 2772,0kN$$

311,6kN < 2772,0kN

8. SONUÇLAR

"Çok Katlı Betonarme Bir Yapının Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi Ve Mod Birleştirme Yöntemine Göre Tasarımı" adlı yüksek lisans tez çalışmasında, I. derece deprem bölgesinde, 12 katlı perde ve çerçeve sistemli betonarme bir yapı, ABYYHY98 [1]'e göre projelendirilmiştir.

Taşıyıcı sistemin tasarımında, perde ve kolonların her iki asal yönde eşit miktarda dağıtılmasına özen gösterilerek, planda basitlik ve simetrik ilkelerine göre bir plan oluşturulmuştur.

TS498'de verilen yüklere göre zati ağırlık ve hareketli yükler hesaplanmış ve bu yüklerin etkisinde elemanların önboyutları TS500 [6] 'de belirtilen kurallara göre belirlenmiştir.

ABYYHY98 [1]'de çerçeve yapılarla ilgili verilen tasarım kuralları dikkate alınarak seçilen yapının deprem hesabı, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemleri ile ayrı ayrı yapılarak yöntemlerin karşılaştırılması yapılmıştır.

Binanın Analizi, üç boyutlu yapı analizi programı SAP2000 kullanılarak yapılmıştır. Kolon ve kirişler bir boyutlu çubuk eleman, perdeler ve döşemeler ise 2 boyutlu kabuk eleman ile modellenmiştir. SAP2000 programı sonlu eleman metodu ile binayı çerçevelere ayırmadan 3 boyutlu olarak analiz eder.

Analiz sırasında yapıya yükler 17 kombinasyon şeklinde uygulanmıştır. Yapısal elemanların öz ağırlıkları program tarafından otomatik olarak hesaplanır, bunlar için yük uygulamasına gerek yoktur. Ancak duvar, şap, hareketli yük gibi diğer yükler ayrı olarak eklenmiştir.

Binanın 1. Deprem Bölgesinde ve Z2 zemin sınıfı koşullarında olması sebebi ile etkin yer ivmesi katsayısı $A_0 = 0,4$,spektrum karakteristik periyotları, $T_A = 0,15$ sn, $T_B = 0,40$ sn olarak alınmıştır. Yapının daha güvenli bir tarafta kalmasını sağlamak için süneklik düzeyi, R= 4 olarak alınmıştır.

Yapılan analizlerde, yapının X yönündeki titreşim periyodu, $T_x = 0,81$ sn ve Y yönündeki titreşim periyodu, $T_y = 0,92$ sn olduğu görülmüştür. Binamız yüksek

periyotlu olduğu için uygulanan taban kesme kuvveti spektrumdaki maksimum değere göre düşük bir seviyede kalmıştır.

Yapıya, deprem hesap yükü yöntemlerinden Eşdeğer Deprem Yükü Analizi ve Mod Birleştirme Analizi uygulanmıştır. X yönünde, Mod Birleştirme Analizine göre mod katkılarının uygun bir şekilde birleştirilmesi ile elde edilen toplam deprem yükü, V_{tb} = 6624 kN, Eşdeğer Deprem Yükü Analizine göre bulunan binanın toplam deprem yükü, V_t = 8530 kN olarak bulunmuştur. Y yönünde Mod Birleştirme Analizine göre toplam deprem yükü V_{tb} = 6066 kN, Eşdeğer Deprem Yükü Analizine göre toplam deprem yükü V_t = 7694 kN olarak bulunmuştur. Her iki yönde de V_{tb} değerlerinin V_t değerlerinden daha az olması sebebi ile Mod Birleştirme Yöntemi ile bulunan toplam deprem yükü, Eşdeğer Deprem Yükü ile bulunan toplam deprem yükünün β katından daha küçük olması sağlanmıştır. Binada herhangi bir düzensizlik olmaması sebebi ile β = 0,90 olarak alınmıştır. Bu işlem yapılmasaydı, 2 farklı metod ile bulunan kat kesme kuvvetleri arasında 1906 kN fark olacaktı.

Mod Birleştirme Yöntemine göre X yönündeki maksimum deplasman oranı 0,0008 , Y yönündeki maksimum deplasman oranı 0,0010 olarak bulunmuştur. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine göre ise X yönündeki maksimum deplasman oranı 0,0010 , Y yönündeki maksimum deplasman oranı 0,0012 olark bulunmuştur. Modal Analize göre bulunan sonuçların, daha küçük olduğu görülmüştür.

Yapının incelenen A1, B2, Göreli kat ötelemesi ve İkinci Mertebe Etkilerinde herhangi bir düzensizlik bulunmamıştır.

Mod Birleştirme Yönteminde, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının, hiçbir zaman bina toplam kütlesinin %90'ından daha az olmamalıdır. Yapılan analizde bu oranın, %92 civarında olduğu gözlenmiştir.

Her iki metoda göre incelenen Göreli kat öteleme deplasman oranları kontrol edilmiş ve incelemede oranların x ve y yönü için de 0,0028'in altında olduğu saptanmıştır.

Maksimum göreli kat deplasman oranları, her iki metotta iki yön içinde 7. katta çıkmıştır. Bu oranın düşük bir değerden başlayıp, ara katlarda maksimum değere ulaşarak üst katlarda tekrar düşük değerlere geldiği gözlenmiştir. Yapılan incelemelerde, bu davranışın bütün sistemlerde genel bir davranış olduğu gözlenmiştir.

Her iki metoda göre incelenen yapıda, Eşdeğer Deprem Yükü yönteminin sonuçlarının daha güvenli tarafta kaldığı için yapı elemanlarının tasarımı bu yönteme göre yapılmıştır.

Sünekliği yüksek yaı ile sünekliği normal yapıyı her iki yön için karşılaştırdığımızda sünekliği yüksek yapının kat kuvvetlerinin ve kat kesme kuvvetlerinin sünekliği normal yapıya göre %60 daha az olduğu görülmüştür. Ancak oluşan kat deplasmanlarının %50 azaldığı görülmüştür.

ABYYHY98 [1]'de, deprem yükü hesap yöntemlerinin belirlenmesinde yapı yükseliği koşullarının verilmesi yanında, yapının düzensizlikleri de önemlidir. Eşdeğer Deprem Yükü Analizinde yapı yüksekliğinin artması ve düzensizliklerin bulunması durumunda yönetmelik, Mod Birleştirme Yönteminin kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Aynı şekilde Mod Birleştirme Yönteminin kullanılması durumunda, Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin deprem taban kesme kuvvetinin bulunarak karşılaştırılmasını öngörmüştür.

Analiz metodlarından hangisinin tercih edilmesi gerektiğinin yönetmelikte detaylı olarak ifade edilmesi gerekmektedir. Mevcut durumda, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine göre incelenen yapının daha güvenli olduğu, Mod Birleştirme Yöntemine göre yapılan incelemede ise yapının daha ekonomik olduğu gözlenmektedir.

Kiris		üst Msol	alt Msol	Maç	üst Msağ	alt Msağ	Donatı
K1001	Mduz, (tm)	-1,43	0,02	(2,49m)	4,39	0,39	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	12,74	-7,29	6,21	-24,74	7,91	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	1ø12(sol üst ila,)+2ø16(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2ø16(sag alt ila,)
	As (cm²)	5,84	3,60	4,67	10,68	5,34	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,66			4,64		
K1002	Mduz, (tm)	-5,25	2,01	(2,47m)	5,39	-1,92	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	26,57	-17,50	2,72	-27,26	17,08	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	2ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2ø16(sag alt ila,)
	As (cm²)	11,23	7,78	4,67	11,55	7,62	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,25			3,33		
K1003	Mduz, (tm)	-2,74	1,82	(1,15m)	22,50	-12,31	3ø12(mon,)+6ø12(göv,)
	max M (tm)	14,07	-12,85	0,55	-20,71	9,73	3ø16(düz)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	0,00	0,00	1ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	As (cm²)	5,84	5,54	4,67	5,84	2,92	ø8/10(etriye)
	Asw (cm²)	1,17			1,33		
K1004	Mduz, (tm)	-22,23	12,51	(3,83m)	2,77	-1,79	3ø12(mon,)+6ø12(göv,)
	max M (tm)	20,49	-9,91	0,40	-14,28	12,69	3ø16(düz)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	0,00	0,00	200,00	200,00	200,00	1ø20(sol üst ila,)+2ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2ø16(sag alt ila,)
	As (cm²)	5,84	2,92	4,67	5,84	5,47	ø8/10(etriye)
	Asw (cm²)	1,29			1,21		

Tablo 7.1 Kiriş Donatı Tablosu

Kiris		üst Msol	alt Msol	Maç	üst Msağ	alt Msağ	Donatı
K1005	Mduz, (tm)	-5,34	1,95	(2,50m)	5,30	-1,97	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	26,96	-17,32	2,71	-26,90	17,26	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	2ø16(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2ø16(sag alt ila,)
	As (cm²)	11,40	7,72	4,67	11,39	7,68	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,29			3,29		
K1006	Mduz, (tm)	-4,36	-0,37	(3,36m)	1,44	-0,01	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	24,53	-8,09	6,23	-12,90	7,18	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	1ø12(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	As (cm²)	10,57	5,29	4,67	5,84	3,54	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	4,64			3,66		
K1007	Mduz, (tm)	-1,78	0,00	(2,60m)	5,47	0,53	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	15,95	-8,09	8,85	-29,92	8,70	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	1ø16(sol üst ila,)+2ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2ø20(sag alt ila,)
	As (cm²)	7,27	3,99	4,67	13,05	6,52	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,84			4,46		
K1008	Mduz, (tm)	-6,13	2,11	(2,50m)	6,32	-1,98	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	30,77	-18,84	3,86	-31,34	18,15	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	2ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2ø20(sag alt ila,)
	As (cm²)	13,15	8,35	4,67	13,38	8,06	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,29			4,82		

Kiris		üst Msol	alt Msol	Maç	üst Msağ	alt Msağ	Donatı
K1009	Mduz, (tm)	-6,05	2,27	(2,50m)	6,24	-2,14	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	30,60	-19,52	3,79	-31,34	18,97	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	2ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2ø20(sag alt ila,)
	As (cm²)	13,10	8,61	4,67	13,42	8,40	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,29			4,62		
K1010	Mduz, (tm)	-6,19	2,22	(2,47m)	6,14	-2,24	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	31,01	-19,43	3,79	-31,20	19,32	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	2ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2ø20(sag alt ila,)
	As (cm²)	13,26	8,60	4,67	13,40	8,53	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,25			4,42		
K1011	Mduz, (tm)	-6,26	2,02	(2,50m)	6,18	-2,07	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	31,01	-18,39	3,86	-31,14	18,60	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	2ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2ø20(sag alt ila,)
	As (cm²)	13,22	8,16	4,67	13,34	8,25	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,29			4,48		
K1012	Mduz, (tm)	-5,43	-0,51	(3,28m)	1,79	0,01	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	29,64	-8,89	8,87	-16,12	7,96	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	1ø16(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	As (cm²)	12,90	6,45	4,67	7,35	3,92	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	4,50			3,79		

Kiris		üst Msol	alt Msol	Maç	üst Msağ	alt Msağ	Donatı
K1013	Mduz, (tm)	-6,28	0,77	(2,80m)	5,99	-0,94	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	32,02	-14,33	5,99	-30,52	14,38	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	3ø20(sol üst ila,)+3ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1ø20(sol alt ila,)+1ø20(sag alt ila,)
	As (cm²)	13,80	6,90	4,67	13,09	6,67	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,76			4,54		
K1014	Mduz, (tm)	-5,27	0,79	(2,62m)	32,66	-5,11	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	28,11	-14,62	5,07	-51,76	13,95	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	3ø20(sol üst ila,)+2ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1ø20(sol alt ila,)+1ø12(sag alt ila,)
	As (cm²)	12,10	6,87	4,67	9,97	4,99	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,48			3,72		
K1015	Mduz, (tm)	-32,63	5,11	(4,91m)	5,27	-0,78	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	51,64	-13,98	5,08	-28,16	14,56	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	2ø20(sol üst ila,)+3ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1ø12(sol alt ila,)+1ø20(sag alt ila,)
	As (cm²)	9,93	4,96	4,67	12,13	6,84	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,77			3,42		
K1016	Mduz, (tm)	-5,94	0,97	(2,80m)	6,32	-0,74	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	30,18	-14,61	5,99	-32,32	14,10	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	3ø20(sol üst ila,)+3ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1ø20(sol alt ila,)+1ø20(sag alt ila,)
	As (cm²)	12,92	6,77	4,67	13,96	6,98	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,76			5,53		

Kiris		üst Msol	alt Msol	Maç	üst Msağ	alt Msağ	Donatı
K1017	Mduz, (tm)	-1,65	1,37	(1,19m)	1,72	-1,32	2ø12(mon,)+2ø16(göv,)
	max M (tm)	13,49	-12,73	0,50	-11,01	9,74	3ø16(düz)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	2ø16(sol üst ila,)+2ø16(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	As (cm²)	6,02	5,70	4,67	5,84	4,20	ø8/10(etriye)
	Asw (cm²)	1,62			1,59		
K1018	Mduz, (tm)	-1,50	1,15	(1,09m)	1,52	-1,13	2ø12(mon,)+2ø16(göv,)
	max M (tm)	11,41	-10,32	0,39	-11,92	10,06	3ø16(düz)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	1ø16(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	As (cm²)	5,84	4,58	4,67	5,84	4,45	ø8/10(etriye)
	Asw (cm²)	1,47			1,98		
K1019	Mduz, (tm)	-0,87	0,51	(2,91m)	1,02	-0,42	2ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	11,42	-8,99	1,49	-13,43	10,58	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	1ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1ø12(sag alt ila,)
	As (cm²)	5,84	4,20	4,67	6,32	5,05	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	4,32			2,80		
K1020	Mduz, (tm)	-6,28	0,77	(2,80m)	5,99	-0,94	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	32,04	-14,35	5,99	-30,56	14,40	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	3ø20(sol üst ila,)+3ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1ø20(sol alt ila,)+1ø20(sag alt ila,)
	As (cm²)	13,82	6,91	4,67	13,12	6,68	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,76			4,55		

Kiris		üst Msol	alt Msol	Maç	üst Msağ	alt Msağ	Donatı
K1021	Mduz, (tm)	-5,30	0,78	(2,62m)	32,56	-5,20	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	28,27	-14,56	5,05	-51,63	14,10	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	3ø20(sol üst ila,)+2ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1ø20(sol alt ila,)+1ø12(sag alt ila,)
	As (cm²)	12,18	6,84	4,67	9,96	4,98	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,48			3,72		
K1022	Mduz, (tm)	-32,51	5,21	(4,88m)	5,30	-0,77	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	51,49	-14,15	5,06	-28,29	14,48	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	2ø20(sol üst ila,)+3ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1ø12(sol alt ila,)+1ø20(sag alt ila,)
	As (cm²)	9,91	4,95	4,67	12,19	6,81	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,72			3,48		
K1023	Mduz, (tm)	-5,94	0,98	(2,80m)	6,33	-0,74	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	30,22	-14,63	5,99	-32,35	14,11	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	3ø20(sol üst ila,)+3ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1ø20(sol alt ila,)+1ø20(sag alt ila,)
	As (cm²)	12,94	6,78	4,67	13,97	6,99	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,76			5,54		
K1024	Mduz, (tm)	-1,78	0,00	(2,60m)	5,47	0,53	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	15,97	-8,11	8,85	-29,97	8,73	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	1ø16(sol üst ila,)+2ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2ø20(sag alt ila,)
	As (cm²)	7,28	4,00	4,67	13,07	6,54	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,84			4,46		

Kiris		üst Msol	alt Msol	Maç	üst Msağ	alt Msağ	Donatı
K1025	Mduz, (tm)	-6,14	2,11	(2,50m)	6,26	-2,03	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	30,80	-18,87	3,84	-31,22	18,29	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	2ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2ø20(sag alt ila,)
	As (cm²)	13,17	8,36	4,67	13,34	8,11	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,29			4,68		
K1026	Mduz, (tm)	-6,12	2,24	(2,50m)	6,25	-2,14	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	30,80	-19,45	3,80	-31,41	18,98	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	2ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2ø20(sag alt ila,)
	As (cm²)	13,18	8,59	4,67	13,46	8,40	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,29			4,65		
K1027	Mduz, (tm)	-6,20	2,22	(2,47m)	6,21	-2,21	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	31,07	-19,46	3,80	-31,39	19,25	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	2ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2ø20(sag alt ila,)
	As (cm²)	13,29	8,61	4,67	13,47	8,51	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,25			4,60		
K1028	Mduz, (tm)	-6,21	2,07	(2,50m)	6,19	-2,07	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	30,90	-18,53	3,84	-31,19	18,63	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	2ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2ø20(sag alt ila,)
	As (cm²)	13,18	8,21	4,67	13,37	8,26	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,29			4,49		

Kiris		üst Msol	alt Msol	Maç	üst Msağ	alt Msağ	Donatı
K1029	Mduz, (tm)	-5,44	-0,51	(3,28m)	1,79	0,01	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	29,67	-8,92	8,87	-16,14	7,98	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	1ø16(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	As (cm²)	12,91	6,46	4,67	7,36	3,93	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	4,50			3,79		
K1030	Mduz, (tm)	-1,43	0,02	(2,49m)	4,40	0,39	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	12,76	-7,30	6,21	-24,77	7,94	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	1ø12(sol üst ila,)+2ø16(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2ø16(sag alt ila,)
	As (cm²)	5,84	3,60	4,67	10,69	5,35	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,66			4,64		
K1031	Mduz, (tm)	-5,25	2,02	(2,47m)	5,34	-1,96	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	26,59	-17,55	2,70	-27,17	17,21	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	2ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2ø16(sag alt ila,)
	As (cm²)	11,24	7,81	4,67	11,52	7,66	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,25			3,33		
K1032	Mduz, (tm)	-2,78	1,80	(1,15m)	22,80	-12,19	3ø12(mon,)+6ø12(göv,)
	max M (tm)	14,16	-12,84	0,54	-21,04	9,59	3ø16(düz)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	0,00	0,00	1ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	As (cm²)	5,84	5,55	4,67	5,84	2,92	ø8/10(etriye)
	Asw (cm²)	1,17			1,33		

Kiris		üst Msol	alt Msol	Maç	üst Msağ	alt Msağ	Donatı
K1033	Mduz, (tm)	-22,51	12,40	(3,83m)	2,81	-1,77	3ø12(mon,)+6ø12(göv,)
	max M (tm)	20,80	-9,78	0,40	-14,38	12,68	3ø16(düz)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	0,00	0,00	200,00	200,00	200,00	1ø20(sol üst ila,)+2ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2ø16(sag alt ila,)
	As (cm²)	5,84	2,92	4,67	5,88	5,47	ø8/10(etriye)
	Asw (cm²)	1,29			1,21		
K1034	Mduz, (tm)	-5,29	2,00	(2,53m)	5,30	-1,98	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	26,86	-17,45	2,70	-26,92	17,31	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	2ø16(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2ø16(sag alt ila,)
	As (cm²)	11,37	7,77	4,67	11,40	7,70	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,33			3,25		
K1035	Mduz, (tm)	-4,37	-0,37	(3,36m)	1,44	-0,01	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	24,55	-8,12	6,23	-12,92	7,19	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	1ø12(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	As (cm²)	10,58	5,29	4,67	5,84	3,55	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	4,64			3,66		
K1036	Mduz, (tm)	-5,49	1,87	(2,62m)	27,26	-9,47	3ø14(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	31,24	-20,67	3,41	-49,69	24,05	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	2ø20(sol üst ila,)+2ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2ø20(sol alt ila,)+2ø16(sag alt ila,)
	As (cm²)	13,81	9,49	4,67	11,87	7,31	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,48			3,72		

Kiris		üst Msol	alt Msol	Maç	üst Msağ	alt Msağ	Donatı
K1037	Mduz, (tm)	-5,87	1,97	(2,75m)	5,88	-1,96	3ø14(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	32,13	-20,00	3,78	-32,22	19,95	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	2ø20(sol üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2ø20(sol alt ila,)
	As (cm²)	14,11	9,09	4,67	14,16	9,07	ø8/20/11(etriye)
	Asw (cm²)	3,68			4,14		
K1038	Mduz, (tm)	-27,22	9,50	(4,41m)	5,50	-1,87	3ø14(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	49,61	-24,12	3,40	-31,33	20,61	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	2ø20(sol üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2ø16(sol alt ila,)
	As (cm²)	11,84	7,32	4,67	13,86	9,46	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,77			3,43		
K1039	Mduz, (tm)	-8,56	6,62	(1,66m)	9,21	-6,22	3ø14(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	35,25	-31,39	1,46	-38,74	30,91	3ø16(düz)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	4ø20(sol üst ila,)+4ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3ø20(sol alt ila,)+3ø20(sag alt ila,)
	As (cm²)	14,37	12,59	4,67	16,09	12,54	ø8/11(etriye)
	Asw (cm²)	5,39			9,01		
K1040	Mduz, (tm)	-7,22	3,04	(2,47m)	7,25	-3,03	3ø14(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	37,09	-24,97	4,14	-37,36	24,62	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	3ø20(sol üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3ø20(sol alt ila,)
	As (cm²)	16,30	11,01	4,67	16,45	10,84	ø8/20/11(etriye)
	Asw (cm²)	5,29			7,31		

Kiris		üst Msol	alt Msol	Maç	üst Msağ	alt Msağ	Donatı
K1041	Mduz, (tm)	-6,82	2,11	(2,75m)	6,83	-2,10	3ø14(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	36,87	-21,77	5,36	-36,98	21,72	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	3ø20(sol üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3ø20(sol alt ila,)
	As (cm²)	16,42	9,83	4,67	16,48	9,81	ø8/20/11(etriye)
	Asw (cm²)	4,83			6,87		
K1042	Mduz, (tm)	-7,24	3,04	(2,55m)	7,24	-3,03	3ø14(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	37,24	-24,69	4,14	-37,25	24,90	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	4ø20(sol üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3ø20(sol alt ila,)
	As (cm²)	16,39	10,87	4,67	16,39	10,98	ø8/20/11(etriye)
	Asw (cm²)	5,52			7,02		
K1043	Mduz, (tm)	-9,19	6,24	(1,94m)	8,59	-6,60	3ø14(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	38,64	-30,98	1,45	-35,37	31,32	3ø16(düz)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	4ø20(sol üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3ø20(sol alt ila,)
	As (cm²)	16,05	12,57	4,67	14,43	12,56	ø8/11(etriye)
	Asw (cm²)	7,81			6,38		
K1044	Mduz, (tm)	-8,11	6,28	(1,60m)	8,88	-5,78	3ø14(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	33,45	-30,03	1,51	-37,09	28,75	3ø16(düz)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	3ø20(sol üst ila,)+4ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2ø20(sol alt ila,)+2ø20(sag alt ila,)
	As (cm²)	13,56	12,05	4,67	15,28	11,64	ø8/11(etriye)
	Asw (cm²)	4,50			8,68		

Kiris		üst Msol	alt Msol	Maç	üst Msağ	alt Msağ	Donatı
K1045	Mduz, (tm)	-1,16	0,21	(2,32m)	5,35	-0,37	3ø14(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	15,47	-8,48	5,76	-29,09	13,22	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	2ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1ø12(sol alt ila,)+1ø20(sag alt ila,)
	As (cm²)	7,34	4,08	4,67	12,63	6,37	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,47			3,72		
K1046	Mduz, (tm)	-0,34	0,01	(2,73m)	0,35	0,00	3ø14(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	7,38	-1,83	1,19	-7,38	1,88	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	As (cm²)	5,84	2,92	4,67	5,84	2,92	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	4,12			3,87		
K1047	Mduz, (tm)	-5,31	0,40	(2,78m)	1,17	-0,21	3ø14(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	28,81	-13,40	5,73	-15,75	8,29	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	3ø20(sol üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2ø20(sol alt ila,)
	As (cm²)	12,48	6,45	4,67	7,49	3,99	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,72			3,47		
K1048	Mduz, (tm)	-8,85	5,80	(2,00m)	8,15	-5,99	3ø14(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	36,96	-28,84	1,50	-33,59	29,95	3ø16(düz)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	4ø20(sol üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2ø20(sol alt ila,)
	As (cm²)	15,23	11,67	4,67	13,63	12,16	ø8/11(etriye)
	Asw (cm²)	7,42			5,45		

Kiris		üst Msol	alt Msol	Maç	üst Msağ	alt Msağ	Donatı
K1049	Mduz, (tm)	-5,94	3,38	(1,94m)	2,30	-1,22	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	29,34	-24,13	2,96	-19,59	14,73	3ø16(düz)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	3ø20(sol üst ila,)+2ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2ø20(sol alt ila,)+1ø12(sag alt ila,)
	As (cm²)	12,43	10,44	4,67	8,97	6,73	ø8/10(etriye)
	Asw (cm²)	2,42			3,66		
K1050	Mduz, (tm)	-1,11	0,20	(2,32m)	5,25	-0,27	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	14,76	-8,10	5,62	-28,37	12,43	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	1ø16(sol üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	As (cm²)	6,98	3,89	4,67	12,26	6,13	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,47			3,72		
K1051	Mduz, (tm)	-0,23	0,01	(2,70m)	0,23	0,00	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	4,98	-1,56	0,09	-4,88	1,69	2ø12(düz)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	1ø16(sol üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	As (cm²)	5,84	2,92	0,06	5,84	2,92	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	4,08			3,91		
K1052	Mduz, (tm)	-5,21	0,30	(2,78m)	1,12	-0,20	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	28,11	-12,60	5,58	-15,04	7,91	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	3ø20(sol üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2ø20(sol alt ila,)
	As (cm²)	12,14	6,10	4,67	7,13	3,80	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,72			3,47		

Kiris		üst Msol	alt Msol	Maç	üst Msağ	alt Msağ	Donatı
K1053	Mduz, (tm)	-2,30	1,23	(1,91m)	5,96	-3,37	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	19,52	-14,78	2,94	-29,47	24,06	3ø16(düz)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	2ø20(sol üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1ø12(sol alt ila,)
	As (cm²)	8,93	6,75	4,67	12,50	10,41	ø8/10(etriye)
	Asw (cm²)	2,75			2,87		
K1054	Mduz, (tm)	-8,11	6,25	(1,60m)	8,85	-5,77	3ø14(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	33,36	-29,89	1,52	-36,98	28,75	3ø16(düz)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	3ø20(sol üst ila,)+4ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2ø20(sol alt ila,)+2ø20(sag alt ila,)
	As (cm²)	13,52	11,99	4,67	15,24	11,64	ø8/11(etriye)
	Asw (cm²)	4,49			8,63		
K1055	Mduz, (tm)	-1,30	0,30	(2,40m)	5,67	-0,92	3ø14(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	20,23	-11,53	5,50	-30,35	15,79	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	1ø14(sol üst ila,)+3ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1ø16(sol alt ila,)+2ø16(sag alt ila,)
	As (cm²)	9,88	5,56	4,67	13,18	7,39	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,59			3,60		
K1056	Mduz, (tm)	-0,48	0,14	(2,73m)	0,48	-0,14	3ø14(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	10,69	-5,56	1,45	-10,68	5,62	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	1ø14(sol üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1ø14(sol alt ila,)
	As (cm²)	5,84	2,92	4,67	5,84	2,92	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	4,12			3,87		

Kiris		üst Msol	alt Msol	Maç	üst Msağ	alt Msağ	Donatı
K1057	Mduz, (tm)	-5,62	0,95	(2,70m)	1,32	-0,29	3ø14(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	30,07	-16,01	5,46	-20,51	11,30	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	3ø20(sol üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2ø20(sol alt ila,)
	As (cm²)	13,04	7,49	4,67	10,03	5,45	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,60			3,59		
K1058	Mduz, (tm)	-8,82	5,79	(1,98m)	8,14	-6,23	3ø14(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	36,85	-28,84	1,50	-33,51	29,81	3ø16(düz)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	4ø20(sol üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2ø20(sol alt ila,)
	As (cm²)	15,18	11,68	4,67	13,59	11,96	ø8/11(etriye)
	Asw (cm²)	7,28			5,52		
K1059	Mduz, (tm)	-8,49	6,53	(1,66m)	9,12	-6,14	3ø14(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	34,92	-31,01	1,46	-38,34	30,54	3ø16(düz)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	4ø20(sol üst ila,)+4ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3ø20(sol alt ila,)+3ø20(sag alt ila,)
	As (cm²)	14,22	12,43	4,67	15,90	12,39	ø8/11(etriye)
	Asw (cm²)	5,27			8,85		
K1060	Mduz, (tm)	-7,18	2,99	(2,47m)	7,20	-2,99	3ø14(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	36,84	-24,64	4,14	-37,02	24,35	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	3ø20(sol üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3ø20(sol alt ila,)
	As (cm²)	16,18	10,87	4,67	16,27	10,72	ø8/20/11(etriye)
	Asw (cm²)	5,19			7,17		

Kiris		üst Msol	alt Msol	Maç	üst Msağ	alt Msağ	Donatı
K1061	Mduz, (tm)	-6,78	2,06	(2,75m)	6,78	-2,05	3ø14(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	36,56	-21,44	5,38	-36,64	21,40	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	3ø20(sol üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3ø20(sol alt ila,)
	As (cm²)	16,25	9,69	4,67	16,29	9,67	ø8/20/11(etriye)
	Asw (cm²)	4,70			6,73		
K1062	Mduz, (tm)	-7,19	3,00	(2,53m)	7,20	-2,98	3ø14(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	36,91	-24,41	4,14	-36,99	24,57	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	4ø20(sol üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3ø20(sol alt ila,)
	As (cm²)	16,21	10,75	4,67	16,26	10,84	ø8/20/11(etriye)
	Asw (cm²)	5,32			7,00		
K1063	Mduz, (tm)	-9,10	6,16	(1,94m)	8,51	-6,52	3ø14(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	38,25	-30,61	1,45	-35,03	30,94	3ø16(düz)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	4ø20(sol üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3ø20(sol alt ila,)
	As (cm²)	15,86	12,42	4,67	14,27	12,41	ø8/11(etriye)
	Asw (cm²)	7,64			6,25		
K1064	Mduz, (tm)	-5,44	1,82	(2,62m)	27,01	-9,22	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	30,89	-20,30	3,41	-49,22	23,56	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	3ø20(sol üst ila,)+3ø20(sag üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2ø20(sol alt ila,)+2ø16(sag alt ila,)
	As (cm²)	13,63	9,32	4,67	11,74	7,18	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,48			3,72		

Kiris		üst Msol	alt Msol	Maç	üst Msağ	alt Msağ	Donatı
K1065	Mduz, (tm)	-5,82	1,91	(2,75m)	5,83	-1,91	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	31,76	-19,63	3,78	-31,84	19,58	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	3ø20(sol üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2ø20(sol alt ila,)
	As (cm²)	13,93	8,93	4,67	13,97	8,91	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,68			3,99		
K1066	Mduz, (tm)	-26,98	9,25	(4,41m)	5,45	-1,82	3ø12(mon,)+2ø12(göv,)
	max M (tm)	49,15	-23,61	3,40	-30,95	20,26	2ø16(düz)+1ø16(pilye)
d=60cm	fcd (kg/cm²)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	3ø20(sol üst ila,)
b=30cm	As' (cm²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2ø16(sol alt ila,)
	As (cm²)	11,72	7,19	4,67	13,67	9,30	ø8/20/10(etriye)
	Asw (cm²)	3,77			3,43		

KAYNAKLAR

[1] **Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (A.B.Y.Y.H.Y.),** 1998. *İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı,* Ankara.

[2] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.,** 2004. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Sema Matbaacılık, İstanbul.

[3] **Celep Z., ve Kumbasar, N.,** 2005. Betonarme Yapılar, Sema Matbaacılık, İstanbul.

[4] **Özmen, G., Orakdöğen, E. ve Darılmaz, K.,** Örneklerle SAP 2000, Birsen Yayınevi, İstanbul.

[5] **Çağatay, İ. ve Güzeldağ, S.,** 2002. Yeni Deprem Yönetmeliğinde SAP 2000N Uygulamaları, Birsen Yayınevi, Ankara.

[6] **TS-500,** 2000. Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, İstanbul.

[7] **TS-498,** 2000. Yapı Elemanlarının Boyutlandırmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet Kazım Dilek, 1979 yılında İstanbul'da doğdu. İlk öğrenimini Büyük Esma Sultan İlköğretim Okulu'nda, Orta öğrenimini Esentepe Ortaokulu'nda ve Lise öğrenimini Sakıp Sabancı Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2001 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümünden mezun olup, aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'na bağlı Yapı Analizi ve Boyutlandırması programında yüksek lisans öğrenimine başladı.

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet Kazım Dilek, 1979 yılında İstanbul'da doğdu. İlk öğrenimini Büyük Esma Sultan İlköğretim Okulu'nda, Orta öğrenimini Esentepe Ortaokulu'nda ve Lise öğrenimini Sakıp Sabancı Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2001 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümünden mezun olup, aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'na bağlı Yapı Analizi ve Boyutlandırması programında yüksek lisans öğrenimine başladı.