İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DEPREM YÜKÜ ETKİSİNDEKİ BETONARME YAPILARDA ALTERNATİF BİR PERDE TASARIM MOMENTİ ÖNERİSİ ve ÇEŞİTLİ YAPI SİSTEMLERİ ÜZERİNDE PARAMETRİK İNCELEME

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.. Müh. Sarper SEVİNÇ

Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Programı : YAPI (DEPREM) MÜHENDİSLİĞİ

OCAK 2003

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DEPREM YÜKÜ ETKİSİNDEKİ BETONARME YAPILARDA ALTERNATİF BİR PERDE TASARIM MOMENTİ ÖNERİSİ ve ÇEŞİTLİ YAPI SİSTEMLERİ ÜZERİNDE PARAMETRİK İNCELEME

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Sarper SEVİNÇ
501001243

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24 Aralık 2002
Tezin Savunulduğu Tarih : 16 Ocak 2003

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Gülten GÜLAY
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Faruk KARADOĞAN (İ.T.Ü.)
Prof.Dr. Zekeriya POLAT (Y.T.Ü.)

OCAK 2003

ÖNSÖZ

Tez danışmanlığımı üstlenen ve çalışmanın her aşamasında bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren sayın hocam Doç. Dr. Gülten GÜLAY' a teşekkür ederim.

Çalışmam sırasında benden yardımlarını esirgemeyen ailem ve değerli arkadaşlarım Ferhat SOĞUNÇ ve Zeki Tayfun AKSÜT' e teşekkürü bir borç bilirim.

Aralık 2002 Sarper SEVİNÇ

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR . . . . . vı
TABLO LİSTESİ . . . . . vıı
ŞEKİL LİSTESİ x
SEMBOL LİSTESİ . . . . . xıı
ÖZET xv
SUMMARY . . . . . xvıı

1. GİRİŞ **1**
1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı 2
1.2 Perdelerle İlgili Çalışmalar 3

2. PERDELİ SİSTEMLER **6**
2.1. Yapı Sistemlerinin Tasarımında Gözönüne Alınan Kriterler 6
2.1.1 Rijitlik 6
2.1.2 Dayanım 7
2.1.3 Süneklik 8
2.2 Perde Elemanın Tanımı 9
2.3 Perdelerin Planda Yerleştirilmesi 11
2.4 Perde Tipleri 14
2.4.1 Boşluksuz perdeler 15
2.4.2 Boşluklu Perdeler 17
2.5 Perdelerin Hesap Modelleri İçin Kabuller 21
2.6 Perdelerin Göçme Şekilleri 23

3. PERDELERİN HESAP VE TASARIM İLKELERİ **26**
3.1 Perdelerin Boyutlanması İle İlgili Koşullar 26
3.2 Yeni Türkiye Deprem Yönetmeliğinde Süneklilik Düzeyi Yüksek Perdeler 27
3.2.1 Enkesit Koşulları 27
3.2.2 Perde Uç Bölgeleri ve Kritik Perde Yüksekliği 28
3.2.3 Gövde Donatısı Koşulları 30
3.2.3.1 Gövde Donatılarının Düzenlenmesi 30
3.2.4 Perde Uç Bölgelerinde Donatı Koşulları 30
3.3 Dikdörtgen Betonarme Kesitlerde Taşıma Gücü Formüllerinin Yaklaşık Mertebeleri 31

4. PERDE TASARIM EĞİLME MOMENTİNİN HESABI ve ALTERNATİF BİR PERDE TASARIM MOMENTİ ÖNERİSİ 33
4.1 Giriş 33
4.2 İ. Gencay Tarafından İncelenen Tasarım Eğilme Momenti Seçenekleri 35
4.3 Tez Çalışmasında İncelenen Öneri Perde Tasarım Eğilme Moment Dağılımı 36

4.4 Tasarım Eğilme Momenti Güvenlik Katsayıları (TGK) 37
4.5 Uygulanan Hesap Yöntemi 38
4.6 İncelenen Yapı Sistemleri 39

5. ÇEŞİTLİ YAPI SİSTEMLERİ ÜZERİNDE SAYISAL İNCELEMELER . 40
5.1 İncelenen Yapı Sistemleri. 40
5.1.1 Sistem 1a 42
5.1.2 Sistem 1b 45
5.1.3 Sistem 2a 47
5.1.4 Sistem 2b 49
5.1.5 Sistem 3a 51
5.1.6 Sistem 3b 53
5.1.7 Sistem 4a 55
5.1.8 Sistem 4b 57
5.2 Sistem 5 59
5.3 Örnek Yapı Sistemlerinin Hesap, Yönetmelik ve Öneri Tasarım Momentleri 62
5.4 Tasarım eğilme momenti güvenlik katsayıları (TGK) 66
5.4.1 Sistem 1a TGK değerleri 66
5.4.2 Sistem 1b TGK değerleri 68
5.4.3 Sistem 2a TGK değerleri 69
5.4.4 Sistem 2b TGK değerleri 71
5.4.5 Sistem 3a TGK değerleri 72
5.4.6 Sistem 3b TGK değerleri 74
5.4.7 Sistem 4a TGK değerleri 75
5.4.8 Sistem 4b TGK değerleri 77
5.4.9 Sistem 5 TGK değerleri 78
5.5 TGK Değerlerinin Ortalama ve Standart Sapma Değerleri 79
5.6 Sonuçların değerlendirilmesi 81

6. ÖRNEK YAPI SİSTEMLERİNİN PERDE DONATI HESAPLARI 82
6.1 Örnek Yapı Sistemleri İçin Yönetmelik ve Öneri Tasarım Eğilme Momentine Göre Perde Donatı Hesapları 82
6.1.1 Sistem 1a 83
6.1.2 Sistem 1b 86
6.1.3 Sistem 2a 89
6.1.4 Sistem 2b 92
6.1.5 Sistem 3a 95
6.1.6 Sistem 3b 98
6.1.7 Sistem 4a 101
6.1.8 Sistem 4b 104
6.2 Sistem5 İçin Yönetmelik ve Öneri Tasarım Eğilme Momentine Göre Perde Donatı Hesapları 107

6.3 Sonuçların değerlendirilmesi 111

7. SONUÇLAR 113

KAYNAKLAR 115

ÖZGEÇMİŞ 118

EK-1 ÖRNEK YAPI SİSTEMLERİNİN KAT PLANLARI **119**

KISALTMALAR

ABYYHY : Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
SS : TGK değerinin standart sapması
TGK : Tasarım eğilme momenti güvenlik katsayısı

TABLO LİSTESİ

		Sayfa No
Tablo 5.1	10 Katlı Yapının Kolon, Perde ve Kiriş Boyutları ……	41
Tablo 5.2	16 Katlı Yapının Kolon, Perde ve Kiriş Boyutları ……	41
Tablo 5.3	22 Katlı Yapının Kolon, Perde ve Kiriş Boyutları ……	41
Tablo 5.4	Sistemlerin Kat Kütleleri ve Kat Kütleleri Eylemsizlik Momentleri ……...	42
Tablo 5.5	Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi İle Hesaplanan Değerler	43
Tablo 5.6	Sistem1a 10 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri	43
Tablo 5.7	Sistem1a 16 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri	44
Tablo 5.8	Sistem1a 22 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri	44
Tablo 5.9	Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi İle Hesaplanan Değerler	45
Tablo 5.10	Sistem1b 10 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri	45
Tablo 5.11	Sistem1b 16 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri	46
Tablo 5.12	Sistem1b 22 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri	46
Tablo 5.13	Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi İle Hesaplanan Değerler	47
Tablo 5.14	Sistem2a 10 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri	47
Tablo 5.15	Sistem2a 16 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri	48
Tablo 5.16	Sistem2a 22 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri	48
Tablo 5.17	Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi İle Hesaplanan Değerler	49
Tablo 5.18	Sistem2b 10 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri	49
Tablo 5.19	Sistem2b 16 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri	50
Tablo 5.20	Sistem2b 22 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri	50
Tablo 5.21	Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi İle Hesaplanan Değerler	51
Tablo 5.22	Sistem3a 10 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri	51
Tablo 5.23	Sistem3a 16 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri	52
Tablo 5.24	Sistem3a 22 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri	52
Tablo 5.25	Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi İle Hesaplanan Değerler	53
Tablo 5.26	Sistem3b 10 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri	53
Tablo 5.27	Sistem3b 16 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri	54
Tablo 5.28	Sistem3b 22 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri	54
Tablo 5.29	Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi İle Hesaplanan Değerler	55
Tablo 5.30	Sistem4a 10 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri	55
Tablo 5.31	Sistem4a 16 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri	56
Tablo 5.32	Sistem4a 22 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri	56
Tablo 5.33	Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi İle Hesaplanan Değerler	57
Tablo 5.34	Sistem4b 10 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri	57
Tablo 5.35	Sistem4b 16 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri	58
Tablo 5.36	Sistem4b 22 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri	58
Tablo 5.37	Sistem5' in Perde Boyutları ……..	59

Tablo 5.38 Sistem5' de P1 Perdesindeki Moment ve Normal Kuvvet Değerleri ……..... 61
Tablo 5.39 Sistem5' de P2 Perdesindeki Moment ve Normal Kuvvet Değerleri …….**.....** 61
Tablo 5.40 Sistem5' de P3 Perdesindeki Moment ve Normal Kuvvet Değerleri ……..... 61
Tablo 5.41 Bütün Sistemler için TGK_{ort} ve Standart Sapma değerleri 80
Tablo 5.42 Sistem5 için TGK_{ort} ve Standart Sapma değerleri ……... 80
Tablo 6.1 Sistem1a 10 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı ……... 83
Tablo 6.2 Sistem1a 16 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı ……... 84
Tablo 6.3 Sistem1a 22 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı ……... 85
Tablo 6.4 Sistem1b 10 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı ……... 86
Tablo 6.5 Sistem1b 16 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı ……... 87
Tablo 6.6 Sistem1b 22 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı ……... 88
Tablo 6.7 Sistem2a 10 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı ……... 89
Tablo 6.8 Sistem2a 16 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı ……... 90
Tablo 6.9 Sistem2a 22 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı ……... 91
Tablo 6.10 Sistem2b 10 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı ……... 92
Tablo 6.11 Sistem2b 16 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı ……... 93
Tablo 6.12 Sistem2b 22 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı ……... 94
Tablo 6.13 Sistem3a 10 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı ……... 95
Tablo 6.14 Sistem3a 16 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı ……... 96
Tablo 6.15 Sistem3a 22 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı ……... 97
Tablo 6.16 Sistem3b 10 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı ……... 98
Tablo 6.17 Sistem3b 16 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı ……... 99
Tablo 6.18 Sistem3b 22 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı ……... 100
Tablo 6.19 Sistem4a 10 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı ……... 101
Tablo 6.20 Sistem4a 16 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı ……... 102
Tablo 6.21 Sistem4a 22 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı ……... 103

Tablo 6.22 Sistem4b 10 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı ……... 104
Tablo 6.23 Sistem4b 16 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı ……... 105
Tablo 6.24 Sistem4b 22 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı ……... 106
Tablo 6.25 P1 İçin Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı ……..... 109
Tablo 6.26 P2 İçin Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı ……..... 109
Tablo 6.27 P3 İçin Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı ……..... 110
Tablo 6.28 Sistem5 İçin Donatı Toplamları ve % Değişimleri 111
Tablo 6.29 Bütün Sistemlerin Donatı Toplamları ve % Değişimleri 112

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1 : Mazars, Kotronis ve Davenne' nin Önerdiği Eşdeğer Betonarme Modeli …… 4
Şekil 2.1 : Betonarme Elemanlarda Yük-Yerdeğiştirme İlişkisi …… 6
Şekil 2.2 : Perdelerde Karşılaşılan Kesit Şekilleri 10
Şekil 2.3 : Tünel Kalıp Sistemli Binalarda Perde Düzenlemeleri …….. 12
Şekil 2.4 : Perde Sistemlerin Burulma Stabilitesi İçin Örnekler 13
Şekil 2.5 : Betonarme Çekirdeklerle Sağlanan Yatay Kuvvet Dayanımı 13
Şekil 2.6 : Konsol Perdeler 15
Şekil 2.7 : Yükseklikle Değişen Konsol Perdeler 17
Şekil 2.8 : Deprem Dayanımı İçin İstenilmeyen Kat mekanizması …… 19
Şekil 2.9 : Perdelerde Eğilme Dayanımı Davranışlarının Karşılaştırılması ... 20
Şekil 2.10 : Perdelerde Geometrik Modelleme 22
Şekil 2.11 : Çatlamış ve Çatlamamış Kesitlerde Eğilme Etkisi ……... 23
Şekil 2.12 : Perdelerde Göçme Şekilleri 24
Şekil 2.13 : Kayma Dayanımıyla Kontrol Edilen Bir Perdenin Çevrimsel Davranışı …….. 25
Şekil 3.1 : U Kesitli Perde İçin Normal Kuvvet Eğilme Momenti Karşılıklı Etkileşim Diyagramı …… 27
Şekil 3.2 : Perde Donatı Koşulları …… 29
Şekil 4.1 : Hesap Eğilme Moment Diyagramı 33
Şekil 4.2 : Yönetmelik Tasarım Moment Diyagramı 34
Şekil 4.3 : İ. Gencay tarafından incelenen tasarım eğilme momenti seçenekleri 35
Şekil 4.4 : Öneri Tasarım Eğilme Moment Diyagramı 36
Şekil 5.1 : Sistem1a' nın Kat Planı ……..... 43
Şekil 5.2 : Sistem1b' nin Kat Planı ……..... 45
Şekil 5.3 : Sistem2a' nın Kat Planı ……..... 47
Şekil 5.4 : Sistem2b' nin Kat Planı ……..... 49
Şekil 5.5 : Sistem3a' nın Kat Planı ……..... 51
Şekil 5.6 : Sistem3b' nin Kat Planı ……..... 53
Şekil 5.7 : Sistem4a' nın Kat Planı ……..... 55
Şekil 5.8 : Sistem4b' nin Kat Planı ……..... 57
Şekil 5.9 : Sistem5' in Kat Planı ……..... 60
Şekil 5.10 : Sistem1a İçin Alternatif Tasarım Moment Diyagramları 62
Şekil 5.11 : Sistem1b İçin Alternatif Tasarım Moment Diyagramları 62
Şekil 5.12 : Sistem2a İçin Alternatif Tasarım Moment Diyagramları 63
Şekil 5.13 : Sistem2b İçin Alternatif Tasarım Moment Diyagramları 63
Şekil 5.14 : Sistem3a İçin Alternatif Tasarım Moment Diyagramları 64
Şekil 5.15 : Sistem3b İçin Alternatif Tasarım Moment Diyagramları 64
Şekil 5.16 : Sistem4a İçin Alternatif Tasarım Moment Diyagramları 65

Şekil 5.17 : Sistem4b İçin Alternatif Tasarım Moment Diyagramları 65
Şekil 5.18 : Sistem5 İçin Alternatif Tasarım Moment Diyagramları 66
Şekil 5.19 : Sistem1a 10 Katlı' da TGK Değerleri 66
Şekil 5.20 : Sistem1a 16 Katlı' da TGK Değerleri 67
Şekil 5.21 : Sistem1a 22 Katlı' da TGK Değerleri 67
Şekil 5.22 : Sistem1b 10 Katlı' da TGK Değerleri 68
Şekil 5.23 : Sistem1b 16 Katlı' da TGK Değerleri 68
Şekil 5.24 : Sistem1b 22 Katlı' da TGK Değerleri 69
Şekil 5.25 : Sistem2a 10 Katlı' da TGK Değerleri 69
Şekil 5.26 : Sistem2a 16 Katlı' da TGK Değerleri 70
Şekil 5.27 : Sistem2a 22 Katlı' da TGK Değerleri 70
Şekil 4.28 : Sistem2b 10 Katlı' da TGK Değerleri 71
Şekil 5.29 : Sistem2b 16 Katlı' da TGK Değerleri 71
Şekil 5.30 : Sistem2b 22 Katlı' da TGK Değerleri 72
Şekil 5.31 : Sistem3a 10 Katlı' da TGK Değerleri 72
Şekil 5.32 : Sistem3a 16 Katlı' da TGK Değerleri 73
Şekil 5.33 : Sistem3a 22 Katlı' da TGK Değerleri 73
Şekil 5.34 : Sistem3b 10 Katlı' da TGK Değerleri 74
Şekil 5.35 : Sistem3b 16 Katlı' da TGK Değerleri 74
Şekil 5.36 : Sistem3b 22 Katlı' da TGK Değerleri 75
Şekil 5.37 : Sistem4a 10 Katlı' da TGK Değerleri 75
Şekil 5.38 : Sistem4a 16 Katlı' da TGK Değerleri 76
Şekil 5.39 : Sistem4a 22 Katlı' da TGK Değerleri 76
Şekil 5.40 : Sistem4b 10 Katlı' da TGK Değerleri 77
Şekil 5.41 : Sistem4b 16 Katlı' da TGK Değerleri 77
Şekil 5.42 : Sistem4b 22 Katlı' da TGK Değerleri 78
Şekil 5.43 : Sistem5 P1 Perdesinde TGK Değerleri 78
Şekil 5.44 : Sistem5 P2 Perdesinde TGK Değerleri 79
Şekil 5.45 : Sistem5 P3 Perdesinde TGK Değerleri 79
Şekil 6.1 : Kritik Perde Yüksekliği Boyunca Minimum Toplam Düşey Donatı 82
Şekil 6.2 : Kritik Perde Yüksekliği Dışında Minimum Toplam Düşey Donatı 82
Şekil 6.3 : Sistem 1a 10 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı ... 83
Şekil 6.4 : Sistem 1a 16 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı ... 84
Şekil 6.5 : Sistem 1a 22 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı ... 85
Şekil 6.6 : Sistem 1b 10 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı ... 86
Şekil 6.7 : Sistem 1b 16 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı ... 87
Şekil 6.8 : Sistem 1b 22 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı ... 88
Şekil 6.9 : Sistem 2a 10 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı ... 89
Şekil 6.10 : Sistem 2a 16 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı ... 90
Şekil 6.11 : Sistem 2a 22 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı ... 91
Şekil 6.12 : Sistem 2b 10 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı ... 92
Şekil 6.13 : Sistem 2b 16 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı ... 93
Şekil 6.14 : Sistem 2b 22 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı ... 94
Şekil 6.15 : Sistem 3a 10 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı ... 95
Şekil 6.16 : Sistem 3a 16 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı ... 96
Şekil 6.17 : Sistem 3a 22 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı ... 97
Şekil 6.18 : Sistem 3b 10 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı ... 98
Şekil 6.19 : Sistem 3b 16 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı ... 99
Şekil 6.20 : Sistem 3b 22 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı ... 100
Şekil 6.21 : Sistem 4a 10 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı ... 101

Şekil 6.22 : Sistem 4a 16 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı ... 102
Şekil 6.23 : Sistem 4a 22 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı ... 103
Şekil 6.24 : Sistem 4b 10 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı ... 104
Şekil 6.25 : Sistem 4b 16 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı ... 105
Şekil 6.26 : Sistem 4b 22 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı ... 106
Şekil 6.27 : P1 Perdesi İçin Kritik Perde Yüksekliği Boyunca Minimum Toplam Düşey Donatı 107
Şekil 6.28 : P1 Perdesi İçin Kritik Perde Yüksekliği Dışında Minimum Toplam Düşey Donatı 107
Şekil 6.29 : P2 Perdesi İçin Kritik Perde Yüksekliği Boyunca Minimum Toplam Düşey Donatı 107
Şekil 6.30 : P2 Perdesi İçin Kritik Perde Yüksekliği Dışında Minimum Toplam Düşey Donatı 108
Şekil 6.31 : P3 Perdesi İçin Kritik Perde Yüksekliği Boyunca Minimum Toplam Düşey Donatı 108
Şekil 6.32 : P3 Perdesi İçin Kritik Perde Yüksekliği Dışında Minimum Toplam Düşey Donatı 108
Şekil 6.33 : Sistem5 P1' in Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı 109
Şekil 6.34 : Sistem5 P2' nin Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı 110
Şekil 6.35 : Sistem5 P3' ün Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı 111

SEMBOL LİSTESİ

A : Kuvvetli bağ kirişli bir yapıda, toplam eğilme dayanımına, eksenel kuvvet katkı paremetresi

$\sum A_g$: Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit alanlarının toplamı

$\sum A_p$: Binanın tüm katlarının plan alanlarının toplamı

A(T) : Spektral İvme Katsayısı

A_s : Perde kesitinde gerekli donatı miktarları

b : Kesit geniliği

E_c : Betonun elastisite modülü

E_s : Çeliğin elastisite modülü

f_{ck} : Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı

f_{ctd} : Betonun tasarım çekme dayanımı

f_{yk} : Boyuna donatının karakteristik akma dayanımı

g : Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s^2)

h : Kesit yüksekliği

H_{cr} : Kritik perde yüksekliği

H_w : Temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği

I : Bina Önem Katsayısı

I_e : Boşluklu perdelerin efektif atalet momenti

I_i : i. perdelerin atalet momenti

k : Katsayı ($m = m_x + km_y$)

k_1 : Donatı yerleşim durumu katsayısı

k_2 : Paspayı katsayısı

ℓ_w : Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu

M_{Hcr} : Kritik perde yüksekliğinin hemen üstünde hesaplanan eğilme moment değeri

M_{Hi} : i. kattaki hesap eğilme momenti

M_{Htb} : Perdenin tabanında hesaplanan eğilme moment değeri

M_{Htp} : Perdenin tepesinde hesaplanan eğilme moment değeri

M_{ot} : Perde tabanındaki toplam devrilme momenti

M_{Si} : i. kattaki tasarım eğilme momenti

M_{xd} : x ekseni etrafındaki hesap yüküne ait eğilme momenti

M_{Ycr} : Yönetmelikte tanımlanan kritik perde yüksekliğindeki tasarım eğilme moment değeri

M_{Ytb} : Yönetmelikte tanımlanan perdenin tabanındaki tasarım eğilme momenti

M_{Ytp} : Yönetmelikte tanımlanan perdenin tepesindeki tasarım eğilme moment değeri

M_{yd} : y ekseni etrafındaki hesap yüküne ait eğilme momenti

n : Hesap yüküne ait boyutsuz normal kuvvet

N_d : Hesap yüküne ait normal kuvvet

R : Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı

$\mathbf{R_a}(T)$: Deprem Yükü Azaltma Katsayısı
$\mathbf{S}(T)$: Spektrum Katsayısı
$\mathbf{T_1}$: Binanın birinci doğal titreşim periyodu [s]
$\mathbf{V_t}$: Binaya etkiyen toplam deprem yükü (taban kesme kuvveti)
α : (h – $2h^i$) / h veya (b – $2b^i$) / b oranları
α_M : Süneklik düzeyi yüksek perdelerin tabanında elde edilen eğilme momentleri toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam devrilme momentine oranı
β : Mod Birleştirme Yöntemi ile hesaplanan büyüklüklerin alt sınırlarının belirlenmesi için kullanılan katsayı
Δ : Toplam yerdeğiştirme
Δ_m : Maksimum toplam yerdeğiştirme
Δ_y : Elastik yerdeğiştirme
μ : Süneklik katsayısı
μ_m : Süneklik katsayısının maksimum değeri
ξ : Sönüm oranı

DEPREM YÜKÜ ETKİSİNDEKİ BETONARME YAPILARDA ALTERNATİF BİR PERDE TASARIM MOMENTİ ÖNERİSİ ve ÇEŞİTLİ YAPI SİSTEMLERİ ÜZERİNDE PARAMETRİK İNCELEME

ÖZET

Yüksek lisans tezi olarak sunulan bu çalışmada depreme dayanıklı betonarme yapı sistemleri için yeni Deprem Yönetmeliği' nde tanımlanan süneklilik düzeyi yüksek perde tasarım eğilme momentinin hesabıyla ilgili bir araştırma ve parametrik bir inceleme yapılmıştır.

Bilindiği gibi perdeler yatay rijitlikleri nedeniyle, deprem yükü etkisindeki betonarme yapı sistemlerinde etkili olarak kullanılan taşıyıcı sistem elemanlarıdır. 1998 yılında yürürlüğe giren Deprem Yönetmeliği'nde tanımlanan perde tasarım eğilme momenti dağılımının, hesap eğilme momenti değerleriyle karşılaştırıldığında, özellikle kritik yüksekliğin üstünde kalan perde üst bölgelerinde, hesap değerlerinden oldukça yüksek değerler verdiği görülmüştür. [1] ve [10] nolu kaynaklarda Gülay, Özmen ve Gencay, perde tasarım momenti olarak değişik alternatif tasarım momenti dağılımlarını 10, 16 ve 22 katlı iki ayrı geometrideki yapılar üzerinde araştırarak, hesap momentleri ve yönetmelik değerleriyle karşılaştırmalı olarak incelemiş ve altı ayrı alternatif moment dağılımı içinden "Seçenek 6" tasarım moment dağılımını önermişlerdir.

Bu çalışmada ise, perdeli yapı sistemleri için [1] ve [10] nolu kaynaklarda önerilen söz konusu "Seçenek 6" tasarım moment dağılımı, daha farklı ve çeşitli geometrilerdeki yapı sistemleri üzerinde uygulanarak, bu moment dağılımının güvenilirliğinin ve ekonomik olup olmadığının araştırılması amaçlanmıştır.

İlk bölümde tez çalışmasının amacı ve kapsamı verilmiştir. İkinci, üçüncü ve dördüncü bölümlerde ise çok katlı yapı sistemlerinde yaygın olarak kullanılan perdelerin davranışları, yerleştirilmeleri, çeşitleri, göçme şekilleri ile ilgili genel bilgiler verilerek, Türkiye Deprem Yönetmeliği' nde perdeler için verilen konstrüktif kurallar özetlenmiştir. Tez çalışmasında kullanılan 'Sayısal Deney Yöntemi' açıklanarak, önerilen perde eğilme moment değerlerinin, hesap eğilme momentlerine oranı olan TGK (Tasarım Eğilme Momenti Güvenlik Katsayısı) tanımı verilmiştir.

Beşinci bölümde öncelikle, sayısal incelemeler yapmak için seçilen perde çerçeveli sistemlerin özellikleri verilmiştir. Her sistem, hem düşey doğrultuda, hem de Y

doğrultusundaki deprem kuvvetleri etkisinde, 10, 16, 22 katlı olmak üzere ‘Mod Birleştirme Yöntemi’ kullanılarak analiz edilmiştir. Yönetmelik ve önerilen alternatif tasarım eğilme moment değerleri hesaplanarak, her sistem için karşılaştırılmalı olarak moment diyagramları çizilmiştir. Sayısal incelemeler sonunda bulunan; önerilen perde eğilme değerleri ile hesap eğilme momentlerinin oranı olan Tasarım Eğilme Momenti Güvenlik Katsayıları (TGK) hesaplanıp, alternatif tasarım eğilme momentinin güvenli olup olmadığı incelenmiştir.

Altıncı bölümde önerilen alternatif tasarım moment diyagramları ile yönetmelikte verilen tasarım moment diyagramı için betonarme hesaplar yapılarak donatı miktarları bulunmuştur. Daha sonra her bir sistemde incelenen perde elemanı için elde edilen donatı miktarı karşılaştırılmış ve incelenen değişik yapı sistemlerinde bulunan sonuçlar irdelenmiştir.

Son olarak Bölüm Yedi’ de, yönetmelik ve önerilen alternatif eğilme moment dağılımları karşılaştırıldığında, alternatif eğilme moment dağılımının, TGK, TGK_{ort} ve perde kesitleri için hesaplanan donatı miktarları bakımından güvenli olmakla birlikte daha ekonomik olduğu anlaşılmıştır. Bunların yanında sonuç olarak, alternatif eğilme momenti kullanımı ile boyuna donatılar için, özellikle ülkemizde yaygın olarak yapılan 10 katlı yapılar için %55,13’ e varan ekonominin sağlanacağı gösterilmiştir.

AN ALTERNATIVE DESIGN MOMENT DISTRIBUTION FOR SHEAR WALL MEMBERS OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES UNDER SEISMIC LOADS AND A PARAMETRIC INVESTIGATION ON VARIOUS STRUCTURAL SYSTEMS

SUMMARY

The object of this research study is to carry out a research-work and parametric investigation related to the computation of design bending moments for the shear walls with high ductility level defined in the new Turkish Earthquake Code that is put into effect in 1998.

As it is known, the shear-walls are building members utilized effectively for the seismic resistant reinforced concrete structures because of their high lateral resistance The shear-wall design moments given in the new code seem too conservative when they are compared with the calculated bending moments, especially at the top regions over the critical zones of the shear walls, Therefore, Gencay, Gülay and Özmen [1] and [10] carried out a research-work to obtain an altenative design moment distribution that yields both safe and more economical solution for the shear-walls. They proposed a new bending moment distribution for shear-wall members among the other 6 alternative bending moment distribution by investigating them at 10, 16 and 22 story reinforced concrete buildings and comparing them with the code-based design moments

The purpose of this study is to test and evaluate the suggested design moment distribution that is recommended in [1] and [10] on a larger variety of reinforced concrete multi-story structural systems in order to assess the reliability of the proposed moment distribution.

In Chapter One of the research study, the purpose of the study and the scope of the thesis as well as the earlier studies carried out on shear-walled systems are presented.

In the Second, the Third and the Forth Chapters, the general information about the behaviors, failure modes and the arrangements of the shear-walls used widely in the multistorey structural systems are presented and the constructive details of the shear

walls given in Turkish earthquake code are also summarized. The parametric numerical approach used in the thesis are given and the TGK coefficients (Safety Factors for Design Bending Moments) which are defined as the ratio of the proposed shear wall bending moments to the calculated bending moments are explained.

In Chapter Fifth, the general properties of the selected shear wall + frame structural systems are given in order to carry out numerical analiysis. Then, the cross sections of the load carrying members are determined under the effect of vertical and the earthquake load acting through the Y directions. The Modal Analysis Method is used for the seismic analysis of the 10, 16 and 22 storey eight different shear-walled and framed and one pure shear-walled sample structures with and without torsional irregularities. The code based and the proposed bending moment distributions are calculated at the shear-walls of each sample system and the moment values are compared. The Safety Factors for Design Bending Moments (TGK), which are defined as the ratio of the proposed shear wall bending moments to the calculated bending moments, are calculated and they are also investigated if they are at the safe side or not.

In the Six Chapter of the thesis, the reinforcements required for the shear-walls are computed for the pruposed alternative design moment diagrams and the code based design moment diagrams. Then, the amounts of reinforcements are compared for the shear wall members of the structures and the results are discussed.

Finally, in the last chapter, the final conclusions are presented and evaluated based on the investigated structural systems. The proposed moment distributions are compared with the one of the code based diagram and it has been shown that the proposed moment distributions yields better and more economical results than the ones based on the Turkish earthquake code in terms of the values of TGK, TGK_{ort} and the amount of reinforcement required for the shear walls. Besides, it has also been calculated that, with the use of the proposed alternative moment diagram, %55,13 economy will be obtained for the buildings with 10 stories that are commonly utilized in our country.

1. GİRİŞ

Yaygın bir şekilde kullanılan çerçeve türünden betonarme taşıyıcı sistemlerde, betonarme perdelerin önemi yıllardır bilinmekle beraber, yurdumuzda perde kullanımı son yıllarda yaşanan depremlerden sonra daha da önem kazanmıştır. Bilindiği gibi, perdeler rijitlikleri nedeniyle yatay etkilerin önemli bir kısmını karşıladıkları gibi, çerçeve taşıyıcı sistemin yatay yer değiştirmesini sınırlayarak deprem etkisinde taşıyıcı olan veya olmayan elemanlarda da hasarın sınırlı kalmasını sağlarlar. Ayrıca, katlar arası yer değiştirmelerin sınırlanması ile çerçeve sistemde ikinci mertebe etkilerin büyümesi önlenir. Yatay yükler altında kat yer değiştirmelerinin sınırlandırılması bakımından, bazı durumlarda perdelerin kullanılması zorunlu olur. Taşıyıcı sistemlerin yükseklikleri arttıkça perdeler önemli bir yapı elemanı olarak ortaya çıkar. Örneğin, bina türü yapılar için 20 kata kadar, perdeli bir sistem seçmek genelde uygun olurken, 30 katın üzerindeki bina tipi yapılarda, perdelerden oluşan sistemler gerek ekonomi açısından gerekse yanal yer değiştirmeleri kontrol etmek açısından bir zorunluluk haline gelir. Bu nedenle ve gelecekte daha yüksek yapıların yapılması eğilimi ile taşıyıcı sistemlerde perdeleri daha yoğun kullanılacağı tahmin edilebilir.

Boyutlamayı yapan mühendisin sağlamayı amaç edineceği temel kriterler, rijitlik, dayanım ve sürekliliktir. Perdeler bu niteliklerin en uygun şekilde elde edilmesini sağlarlar. Perdeli binalar her zaman için çerçevelerden oluşmuş binalardan daha rijit olduğu için küçük şiddetteki depremlerde aşırı şekil değiştirme olasılığı daha düşüktür. Bu sebeple taşıyıcı olmayan yapı elemanlarını yanal kuvvet taşıyıcı sistemlerden ayırmak genellikle gerekmeyecektir. Orta şiddetteki depremlerde yapısal hasarlardan kaçınmak için gerekli dayanım, enine ve boyuna donatının uygun bir şekilde detaylandırılmasıyla elde edilebilir. Böylece büyük depremlerde de sünek davranış elde etmek mümkün olur.

Perdeler ve çerçeveler yük taşıma durumunda birbirlerinden farklı davranırlar. Bu nedenle yatay yük paylaştırılarak, perde ve çerçevenin bağımsız şekilde çözülmesi uygun değildir. Perdenin şekil değiştirmesinde eğilme momenti etkili olur ve katlar arası en büyük yer değiştirme üst katlarda meydana gelirken, çerçevede ise yatay ötelemeler kat rijitliğine bağlı olarak kesme kuvvetinin en büyük olduğu alt katlarda meydana gelmekte ve üst katlara doğru azalmaktadır. Yer değiştirmenin bu şekilde farklı olması nedeniyle, genel olarak üst katlarda perdenin yatay yer değiştirmesi çerçeve tarafından engellenir. Bu nedenle alt katlarda iki sistem yatay yükün taşınmasında birbirlerine yardım ederken, üst katlarda perdeye etkiyen yük işaret değiştirir. Karma sistemlerde (perde + çerçeve) çerçeve perdenin, perde çerçevenin dezavantajını kapatmaktadır. Perde çerçeveli sistemler bilinçli kullanıldığında deprem için çok etkili bir sistem oluşturur.

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Yeni Türkiye deprem yönetmeliğinde, süneklilik düzeyi yüksek perdeler için tanımlanan tasarım eğilme momenti hesap eğilme momentine göre, özellikle kritik perde yüksekliğinin üzerinde kalan bölge için çok yüksek değerler vermektedir.

Perde momentlerini, hem daha ekonomik hem de güvenli tarafta kalmak üzere daha uygun bir tasarım momenti dağılımı bulmak için yapılmış olan tez çalışmasında, İ. Gencay perdeli sistemler için 6 ayrı moment dağılımını parametrik olarak inceleyerek, bunların içinden 6. alternatifin en uygun seçim olduğunu göstermiştir, [1].

Bu tez çalışmasının amacı ise perde çerçeve tipindeki betonarme yapı sistemleri ve perdelerle ilgili yönetmelikler ve hesap kuralları incelendikten sonra [1]' de 6. seçenek olarak seçilmiş perde tasarım moment dağılımını, daha çok sayıda yapı sistemine uygulayarak önerilen moment dağılımının güvenirliğini daha geniş bir yelpaze içinde araştırmak ve bu dağılım esas alınarak yönetmelikte verilen tasarım eğilme moment diyagramıyla karşılaştırmalı olarak incelemektir.

1.2 Perdelerle İlgili Çalışmalar

Perdelerle ilgili yapılan çalışmaların özeti aşağıda verilmiştir:

Yong Lu 2002 yılında [3] kuvvetli depremlerde perdelerin tabanlarında meydana gelen plastik mafsallar konusunda bir araştırma yapmıştır. 6 katlı 3 açıklıklı betonarme, perde çerçeveli örnek yapı sistemi ile süneklilik düzeyi normal sadece çerçevelerden oluşan örnek yapıyı, yapay depremler altında karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Bu incelemeler sonucunda, perdelerin dayanımının hafif ve orta şiddetli depremlerde, süneklilik düzeyi normal çerçevelere göre daha yüksek olduğunu, fakat elastik olmayan davranışta ise perdelerin daha hızlı hasar gördüğünü sunmuştur.

2001 yılında Paulay [5], özel performans kriterlerini sağlayan yerdeğiştirme ve süneklilik kapasitelerinin, kolaylıkla yapı analiz edilmeden önce belirlenebileceğini göstermek amacıyla boşluklu perdelerden oluşan bir yapı sistemi seçmiş ve incelemiştir. Bu yaklaşımda, yapı sistemlerinin depreme karşı dayanıklılığına katkıda bulunan malzemelerin dayanımlarının bağımsızca seçilebileceğni öne sürmüştür.

Tezcan ve Kaya 1997 [6], değişen boşluk oranı ve kat sayısına göre, perde duvarların etkili rijitliklerinin hesaplanmasında kullanılan pratik tasarım grafikleri hazırlamışlardır.

Sasani ve Kiureghian 2001 yılında [7], Bayesian parametre hesaplama tekniğini kullanarak, istatistiksel yerdeğiştirme kapasitesini geliştirmek için betonarme perde örnekleri seçmişlerdir. Bu örnekler, perdelerin çeşitli büyüklükteki depremlere karşı dayanımını ölçmek için kullanılmıştır. Kapasite modelini oluştururken deneysel verilerden yararlanılmış, örnek sistemleri çözmek için ise doğrusal olmayan dinamik analiz uygulanmıştır.

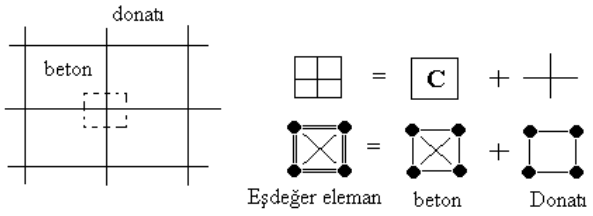
Gülay, Özmen ve Gencay 1999 yılında [10], perde tasarım momenti olarak değişik alternatif tasarım momenti dağılımlarını 10, 16 ve 22 katlı, iki ayrı geometrideki toplam 6 değişik yapı sistemi üzerinde araştırarak, hesap momentleri ve yönetmelik değerleriyle karşılaştırmalı olarak incelemiş ve altı ayrı alternatif moment dağılımı içinden “Seçenek 6” tasarım moment dağılımını önermişlerdir.

1992 yılında Saka [11], perde duvarlı yüksek betonarme yapıların optimum tasarımı için, optimumluk kriteri yöntemine dayalı bir algoritma sunmuştur. Deplasman, eksenel kuvvet akma yükü, eğilme momenti ve enkesit kısıtlamaları göz önüne alınarak, optimum kesit büyüklükleri araştırılmıştır. Örnek olarak 11 ve 20 katlı iki boyutlu perdeli sistemlerin optimum çözümleri verilmiştir.

1996 yılında Wallace [16], hesaplanmış gerilme dağılımlarına dayanarak, gerekli enine donatıların miktarı ve dağılımının belirlenmesi için, ayrıntılı ve basitleştirilmiş yaklaşımlar sunmuştur. Basitleştirilmiş yaklaşımlar, simetrik ve simetrik olmayan bir şekilde donatı yerleştirilmiş perdelerde geliştirilmiştir. Buna ek olarak, perde yüksekliği boyunca eğilme dayanımı dağılımının gerektirdiğini ve kayma kuvvetlerinin sınır değerlerini önermiştir.

Pala ve Özmen 1993 yılında [17], boşluklu perdelerin bilgisayarda modellenmesi konusunda çalışmışlar ve bu konuyla ilgili yaptıkları parametrik incelemenin sonuçlarını sunmuşlardır.

Mazars, Kotronis, Davenne 2002 yılında [18], dinamik yükler altında betonarme perde duvarların doğrusal olmayan davranışını incelemek için, yeni basitleştirilmiş modelleme yöntemi sunmuşlardır. Bu model sonlu elemanlar metodu kullanılarak oluşturulmuş ve "Eşdeğer Betonarme Modeli" adı verilmiştir. Betonun ve donatının özelliklerini modelde iyi bir şekilde yansıtabilmek amacıyla donatı için, dikdörtgen sonlu eleman, beton için ise köşegenleri olan dikdörtgen sonlu eleman seçilmiş ve bu ikisinin birleştirilmesiyle eşdeğer eleman oluşturulmuştur (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Mazars, Kotronis ve Davenne' nin önerdiği Eşdeğer Betonarme Modeli

Düşük donatı oranlarında sonuçların, eşdeğer sonlu elemanın köşegenleri arasındaki açıya duyarlı olduğu görülmüştür. Bu yeni yöntemi, Timoshenko' nun çok katmanlı 2 boyutlu kiriş elemanını kullanan kesme kirişi modeli ile karşılaştırmışlardır.

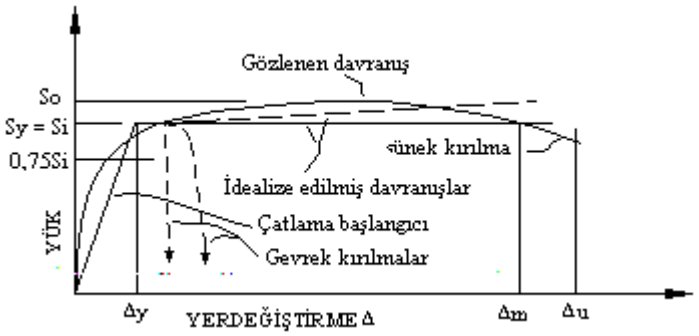
2001 yılında Kowalsky [19], UBC 1997' deki (Uniform Building Code) depremle ilgili maddeleri, perdeli yapıların performansa dayalı tasarım mühendisliğine ulaşmak amacıyla incelemiştir. Alternatif olarak, basit ve daha gerçekçi bir yerdeğiştirmeye dayalı tasarımın, performansa dayalı mühendisliğin amaçlarına, UBC 1997' de tanımlanan kuvvete dayalı tasarımdan daha uygun düştüğünü belirtmiştir.

2. PERDELİ SİSTEMLER

2.1 Yapı Sistemlerinin Tasarımında Gözönüne Alınan Kriterler

2.1.1 Rijitlik

Rijitliğin ölçüsü deformasyondur. Aynı yük altında daha az deformasyon gösteren eleman diğerine oranla daha rijittir [2]. Yatay kuvvet etkisi altındaki şekil değiştirmelerin miktarını, gerçekçi bir şekilde belirlemek ve bu şekil değiştirmeleri kontrol etmek amacıyla, yapı elemanının rijitlik hesabını yaparken yük-yerdeğiştirme eğrisinin elastik olmadığı göz önünde bulundurulmalıdır. Şekil değiştirme miktarı şekil değiştirmeye sebep olan kuvvetle ilişkilidir. Bu ilişki elemanın geometrik özelliklerinden ve malzemenin elastiklik modülünden faydalanılarak kolayca kurulabilir. Kullanılabilirlik kriteri yeterli güvenlik derecesinde sağlandığında, elemandaki çatlakların etkisi ayrıca betonun çekmede katkısı, malzemenin özelliklerini, elemanın geometrisini, kesit şeklini belirlerken birlikte düşünülmesi gerekir.



Şekil 2.1 Betonarme Elemanlarda Yük-Yerdeğiştirme İlişkisi

Monoton artan yerdeğiştirmeye maruz bırakılan betonarme elemanın davranışını tanımlayan, kuvvet-yerdeğiştirme arasındaki doğrusal olmayan ilişki Şekil 2.1' de gösterilmiştir. Alışılan boyutlama hesapları için, idealize edilmiş iki eğriden birisi kullanılabilir. Verilen eğriyi basitleştirmek için önce düz kısım seçilir. Daha sonra $0.75S_y$ deki nokta ile başlangıç birleştirilerek ikinci doğru bulunur. Tekrarlı yükler altında başlangıçtaki yük-yerdeğiştirme eğrisi idealize edilmiş doğruya yaklaşır. Bundan dolayı $0.75S_y$ değerine karşılık gelen rijitlik değeri kullanılmıştır. Kullanılabilirlik açısından yerel ihtiyaçları karşılamak için, elastik olmayan rijitlik değerleri kullanılarak, boyutlama safhasının ilk aşamalarında kat yerdeğiştirmeleri kontrol edilebilir.

2.1.2 Dayanım

Bir deprem etkisindeki yapı, genel durumda, üç sınır durumu gözönüne alınarak boyutlandırılır. Bunlar, kullanılabilirlik sınır durumu, hasarın sınırlandırılması sınır durumu, yapı göçmesinin sınır durumu. Birincisinde, sık oluşan depremler için yapıda kullanım durumunu etkileyecek çatlak ve sehimlerin ortaya çıkmaması istenir. Bunun için, bu büyüklükteki deprem etkisi altında, taşıyıcı sistem elastik davranacak şekilde boyutlandırılır. İkinci sınır durumunda, orta şiddetteki depremleri yapının takviye kabul edebilecek hasarla karşılaması esas alınır. Bu durumda, kesitlerin yeterli dayanıma sahip olması gerekir. Bu dayanım hesaplanırken malzemenin elastik olmayan davranışı gözönüne alınır. Ancak, taşıyıcı sistemin plastik davranış altında çözümlenmesi zahmetli olduğu için, deprem yükü azaltması kullanılarak elastik çözüm yapılır. Üçüncü sınır durumunda ise, yapının göçme durumu kontrol edilir. Buna göre statik hesapları esas olan orta şiddetteki depremden daha büyük deprem durumunda hasar kabul edilir, fakat göçmenin kontrolü esas alınır. İstenilen türden göçme durumu ortaya çıkması için, taşıyıcı sistem elemanlarının kapasiteleri kontrol edilerek, zayıf kesitin istenilen yerde oluşması istenir.

2.1.3 Süneklik

Büyük hasarları minimuma indirmek ve yatay kuvvetlere karşı orta dirençli binalarda hayati tehlikeyi önlemek için, büyük bir deprem yapıyı büyük şekil değiştirmelere zorladığında, yapının başlangıçta sahip olduğu dayanımın büyük bir bölümü koruma yeteneğine sahip olması beklenir. Bu sekil değişmeler elastik sınırın çok ötesinde olabilir. Yapıyı oluşturan, plastik şekil değiştirme yaparak direnç gösteren malzemenin yada elamanın yeteneği süneklik olarak adlandırılır. Süneklik, büyük şekil değiştirmeler yapabilme yeteneğini ve enerji yutabilma kapasitesini içine alır. Bunun için birinci derece deprem bölgelerinde yapılan yapılarda, boyutlama yapan mühendis için en önemli ve arzu edilen özellik, yapının sünek olmasıdır. Şekil 2.1' de yerdeğiştirmesi ile gösterilen süneklik sınırı, dayanımın azlmaya başladığı sınırla ilişkilidir. Ulaşılan bu sınır göçme sınırı olarak adlandırılmasına rağmen, yapı güç tükenmesine ulaşmaksızın önemli plastik şekil değiştirmeler hala mümkündür. Şekil 2.1' e bakıldığında sünek göçme ile gevrek (ani) göçme arsındaki fark açıkça görünebilir. Gevrek göçme durumunda tamamıyla dağılma görülür ve dayanım tamamen kaybolur. Bu durumda, ani göçme olduğu için yıkılmadan önce yıkılma belirtileri gösteremez. Bu tip göçme, şiddetli depremlerde çok can kaybına sebep olur.

Herhangi bir an için süneklik, toplam yer değiştirmenin elastik yerdeğiştirmeye oranı olarak tanımlanır. Bu Şekil 2.1' den faydalanılarak

$$\mu = \Delta / \Delta_y > 1 \qquad (2.1)$$

şeklinde ifade edlilebilir. Denklemdeki Δ ve Δ_y yerdeğiştirmeleri, şekil değiştirmeyi, eğrili yada dönmeyi ifade ederler. Göçme anında meydana gelen süneklik Şekil 2.1' den de faydalanılarak aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$\mu = \Delta_u / \Delta_y \qquad (2.2)$$

Bir çok binanın güvenilir olabilmesi için gerekli olan yapısal özellik sünekliktir. Bu sayede hasarlar kontrol altında tutulabilir, hayati tehlikeler en aza indirgenebilir. Gerekli

deprem dayanımının sağlanmasında, sarsıntı boyunca hesap edilen maksimum süneğin ($\mu_m = \Delta_m / \Delta_y$) potansiyel süneği (μ_u) aşmaması gerekir.

Eğer yapı elemanlarını oluşturan malzeme sünek ise ancak o zaman yapı elemanlarındaki süneklik geliştirilebilir. Çekmede dayanım çelikle sağlanırsa, istenilen sünekliği sağlamak oldukça kolaydır. Ancak, çelik basınca zorlandığında çeliğin erken burkulması sebebiyle büyük plastik şekil değiştirmelerin meydana çıkması engellenmelidir. Bu nedenle bazı önlemler almak gerekebilir.

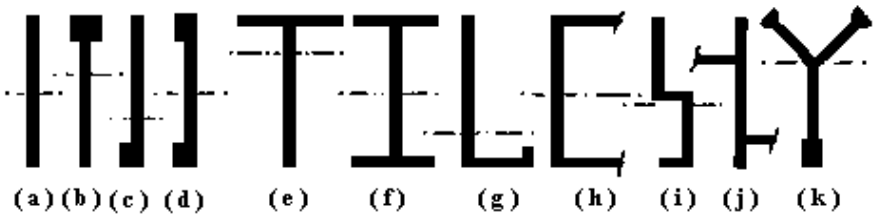
2.2 Perde Elemanın Tanımı

Perdeler, plandaki uzun kenarının kalınlığına oranı en az yedi olan düşey taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Yatay yüklerin taşınmasında perdeler etkili olarak kullanılırlar. Perdeler çerçevelerle beraber bulundukları gibi; örneğin, taşıyıcı sistemin tünel kalıp sistemi ile inşa edilmesi durumunda yalnız perde sistemi olarak da bulunabilirler. Perde çerçeveli sistemler, sünek moment taşıyıcı çerçevelerle, bunlara oranla daha rijit olan perdelerin avantajlarını birleştirirler. Yatay rijitlikteki artış, katlar arasında iyi bir yerdeğiştirme kontrolü sağlayarak, yapının tamamındaki hasarı azaltır [3]. Perdelerin sayısının fazla olduğu sistemlerde yatay yükün önemli kısmı ve özellikle tamamen perdelerden oluşan ve tünel kalıpla yapılan sistemlerde tamamı, perdeler tarafında taşınır. Böyle durumlarda kolonların taşıdığı kısım ihmal edilebilir ve perde kesitleri sadece büyük atalet momenti doğrultusunda hesaba katılabilir. Döşemeler düzlemlerinde çok rijit olmaları sebebiyle perdelerin birbirine göre relatif hareket etmelerini engeller. Ayrıca kirişli döşemelerde rijit bir döşeme sistemi oluşmasında kirişler etkili olurken, kirişsiz ve dişli döşemelerde rijit bir döşeme sistemi oluşmasında perdeler etkili olmaktadır. Ancak perde ile kirişsiz döşemenin birleşimini ve kuvvet iletimini uygun şekilde sağlamak amacıyla döşemede bırakılacak boşluklara dikkat edilmelidir.

Esas olarak, eğilmeye maruz olan perdelerin rijitlikleri kesitin çatlaması ve donatının akmaya erişmesi ile değişir. Donatının akma gerilmesi arttıkça, çekme bölgesi büyüyeceği için, çatlamış kesitin atalet momenti azalır. Bunun gibi kesitteki ortalama

basınç gerilmesinin artmasıyla, basınç bölgesi genişleyeceği için, kesitin atalet momenti de artar. Bu düşünceden hareketle kesit için bir eşdeğer atalet momenti tanımlanabilir ve perdeler arası yatay yük paylaşımı buna bağlı olarak hesaplanabilir. Bazı durumlarda, perdede açılan boşluklar nedeniyle boşluklu perdeler ortaya çıkar. Boşlukların perdenin zorlanan kesitlerinde bulunmaması ve perdenin bütünlüğünün bozulmaması önemlidir. Ayrıca, boşlukların perdenin kesme kuvveti kapasitesini düşürmesi nedeniyle, eğilme güç tükenmesinden önce sünek olmayan kesme kuvveti güç tükenmesine erişilmesi önlenmelidir.

Perde kesitleri dikdörtgen olduğu gibi; I, L, H Y, U, T gibi şekiller de ortaya çıkabilir. Bazı tipik perde kesit şekilleri Şekil 2.2' de gösterilmiştir. Bu perdelerin minumum kalınlıkları, betonun işlenebilirliğini, yerleştirilmesini sağlamak ve yangın riskini aza indirmek için yönetmelikler tarafından belirlenmiştir. Deprem kuvvetleri önemli olmaya başladığında, kayma dayanımını ve stabiliteyi sağlamak için, kalınlığı artırmak gerekebilir. Ancak, perde kesitinin iki ucunda gerilmeler büyük olacağı için, donatı perde uç bölgelerinde yoğunlaşır ve buralarda kalınlığın artması ile perde uç elemanları oluşturulur. Perde ucuna diğer doğrultuda başka bir perdenin birleşmesi durumunda, uç elemanı bu perde içinde oluşturulabilir.



Şekil 2.2 Perdelerde Karşılaşılan Kesit Şekilleri

Şekil 2.2b ve d' de görüldüğü gibi uç elemanlı perdeler, kirişlerin perdelere mesnetlenmelerini kolaylaştırdıkları gibi eğilme donatılarının yerleştirilmesinde de kolaylık sağlar. Ayrıca uç elemanlar perdenin yanal burkulma stabilitesini arttırırlar ve potansiyel plastik mafsal bölgelerindeki basınca maruz betonun daha iyi sarılmasını sağlarlar. Böylelikle, plastik mafsal bölgelerinde sıkışan betonun erken dağılması önlenmiş olur.

Perdelerin birbirleriyle dik açıyla birleşmeleri sonucunda kanatlı perde şekilleri oluşur. Bu tip perdelerin binanın iki ana doğrultusunda dayanım göstermesi gerekir. Böyle perdeler genellikle büyük potansiyel dayanım sağlar. Kanatlar basınçta olduğu zaman oldukça sünek davranırlarken, özellikle Şekil 2.2e ve g de gösterilen T ve L kesitli perdelerde, kanatlar çekmeye zorlandığında oldukça sınırlı sünekliğe sahiptirler.

Perdelerin boyutlandırılması ile ilgili ortaya çıkan problemlerin ayrımını kolaylaştırmak için perdelerin geometrik düzenlemeleriyle ilgili bir sınıflandırma yapmak uygun olacaktır.

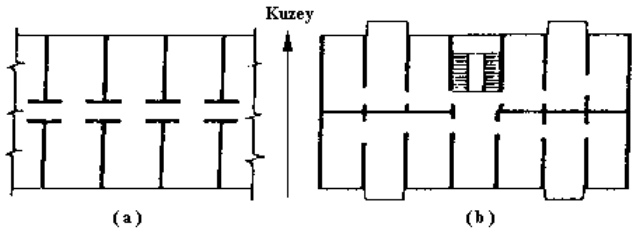
2.3 Perdelerin Planda Yerleştirilmesi

Perdeler yatay, düşey ve burulma yerdeğişmesi yapmaya zorlanır. Bir perdenin kat kesme kuvveti, eğilme momenti ve burulma dayanımı perdenin şekline ve plandaki yerine göre değişecektir. Bir binada perdelerin yerleri genellikle fonksiyonel ihtiyaçlara göre belirlenir. Bu durumda, bazen perdelerin yerleri taşıyıcı sistem açısından pek uygun olmayabilir. Binanın mimari düzeni ve döşemelerin büyüklüğü perde yerinin belirlenmesinde etkili olur.

Depreme karşı yeterli dayanımın sağlanması için perde yerlerinin belirlenmesinde mimar ve inşaat mühendisinin birlikte çalışması uygun olur. Perdeler, tek başlarına düşünüldüğünde, burkulma stabilitesine sahip, rijitlikleri simetrik ve temelde devrilmeye karşı yeterli güvenlikte olmalıdır. Perdeleri planda yerleştirirken, beklenen plastik şekil değiştirmelerin tüm bina planında düzgün bir şekilde dağılmasını sağlamak en akılcı çözüm olacaktır. Aksi durumda bazı perdeler aşırı zorlanırken, bazıları da kapasitelerinin altında zorlanacaktır. Perdeli bir yüksek yapıda yeterli rijitlik sağlanabilmesi için sistem çizgileri bir noktadan geçmeyen en az üç perde teşkil edilmelidir [4].

Tünel kalıp sistemi uygulanan yapılarda, döşemeleri bütün katlarda düzgün ve birbirlerine yakın bölümlere ayırmakla, bir çok perdeden sadece yatay kuvvet taşımada faydalanılmaz. Ayrıca, düşey kuvvetlerin taşınmasında da faydalanılır. Bu tip perde

düzenlemeleri Şekil 2.3' de gösterilmiştir. Şekil 2.3a' da, kuzey-güney doğrultuda bir çok perdenin bulunması sebebiyle, perde başına düşen yatay kuvvet küçük olacaktır. Bu durumda, büyük depremlerde dahi elastik davranışı sağlamak için yönetmeliklerin belirlediği minimum donatı genelde yeterli olabilir. Perdelerdeki hakim deprem etkilerini, bir doğrultudaki toplam perde alanının toplam kat alanına oranıyla uygun şekilde ifade etmek mümkündür.

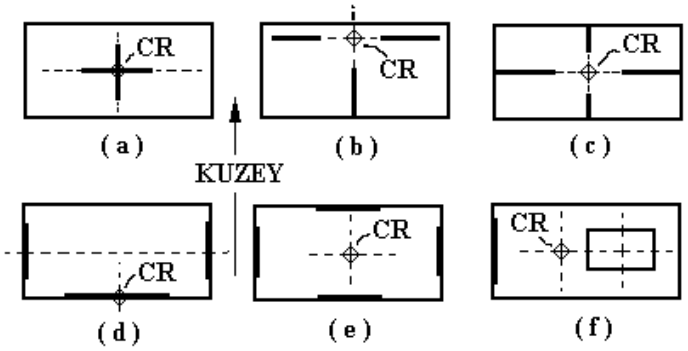


Şekil 2.3 Tünel Kalıp Sistemli Binalarda Perde Düzenlemeleri.

Taşıyıcı sistemin uygunluğu, perdelerin yeterli sayıda olmasından başka sistemin kütle merkezi ile rijitlik merkezinin yeteri derecede birbirine yakın olması ile de ilgilidir. Sistemin kütle merkezi ile rijitlik merkezini birbirlerine yakınlaştırmaya çalışırken perdelerin burulma stabilitesinin sağlanmasına da dikkat edilmelidir. Katın burulma dayanımı, düşey elemanlardaki kesme kuvvetinin moment koluyla çarpılmasının toplamı olduğuna göre, moment kolu en büyük olan çevre kolon ve perdeleri burulmada daha etkili olacaktır [2]. Şekil 2.4' de burulma stabilitesi düzensizliği açısından uygun ve uygun olmayan sistemlere örnekler verilmiştir. Perde sistemlerin burulma stabilitesini sağlamada, perdelerin yerleştirilmesi yanında perdelerin bireysel olarak eğilme ve burulma rijitlikleri de önemlidir. Şekil 2.3b' de gösterilen iç perdelerin rijitlikleri, kuzey-güney doğrultusunda deprem etkisi altında yeterli olduğu halde, doğu-batı doğrultusundaki deprem etkisine göre oldukça esnektir. Bu sebeble kuzey-güney doğrultusundaki deprem etkisine karşı katkıları ihmal edilebilir.

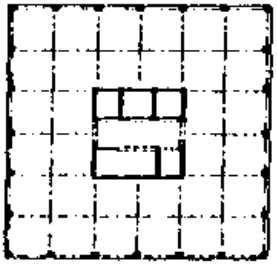
Birçok perde boşluklu, ince kesitli ve küçük burulma rijitliğine sahip olduğu için deprem hesabında perdelerin bireysel burulma dayanımları ihmal edilebilir. Ancak kutu kesitli perde söz konusu ise onun burulma dayanımını göz önüne almak uygun olur.

Şekil 2.4d, e ve f burulma açısından stabil sistemleri gösterir. Şekil 2.4d perde düzenlemesi halinde, doğu-batı doğrultusundaki deprem etkisi altında önemli derecede dışmerkezlikli olmasına rağmen, kısa perdelerin düzleminde sebep olduğu etkilerle burulma dayanımı sağlanmaktadır. Ancak dışmerkez sistemler, Şekil 2.4d ve f de gösterildiği gibi, depreme karşı dayanımı sağlamada tercih edilmemelidir.



Şekil 2.4 Perde Sistemlerin Burulma Stabilitesi İçin Örnekler

Asansör şaftları ve merdiven kovaları, betonarme çekirdeklerin oluşturulmasına izin verir. Çok katlı binalarda, yatay kuvvetlere karşı dayanımı sağlamak için, çoğu zaman bu çekirdeklerden faydalanılmıştır. Ancak, burulma dayanımını sağlamak için, ilave perdeler yada bina çevresinde çerçeveler oluşturulması gerekebilir. Böyle bir sisteme örnek olarak, Şekil 2.5 daki düzenlemede gösterilmiştir.



Şekil 2.5 Betonarme Çekirdeklerle Sağlanan Yatay Kuvvet Dayanımı.

Perde kesit şekilleri, bulundukları yere ve isteğe göre değişik şekillerde düzenlenebilir. Yatay kuvvetlerin karmaşık kesitli perdelere taşıtılması halinde, temel kriterleri kullanarak deprem hesabı yapmak, mümkün olmayacaktır. Bunun için özel hesaplar yapmak gerekir.

Yatay kuvvet taşıyıcı perdeler için uygun yer seçiminde dikkat edilmesi gereken, aşağıdaki üç kural verilebilir:

1. En büyük burulma rijitliğini sağlamak için, mümkün olduğu kadar perdeleri binanın çevresine yerleştirmeye çalışmak gerekir.

2. Mümkün olduğu kadar fazla düşey yük, perdeler tarafından temele iletilmelidir. Bu sayede perdelerde daha az eğilme donatısı kullanılacaktır. Perdelerde oluşan devrilme momentlerini daha kolay bir şekilde temele taşıtmak mümkün olacaktır.

3. Birinci derece deprem bölgelerinde yapılan çok katlı binalarda, toplam yatay kuvvet dayanımının bir yada iki perdeyle sağlanmaya çalışılması durumunda, bu perdelere gelen yatay kuvvetlerin büyük olması sebebiyle bu perdeler için yapılacak temellerde büyüyecek ve özel önlemler almak gerekecektir. Bu nedenle bundan kaçınılmasında fayda vardır.

2.4 Perde Tipleri

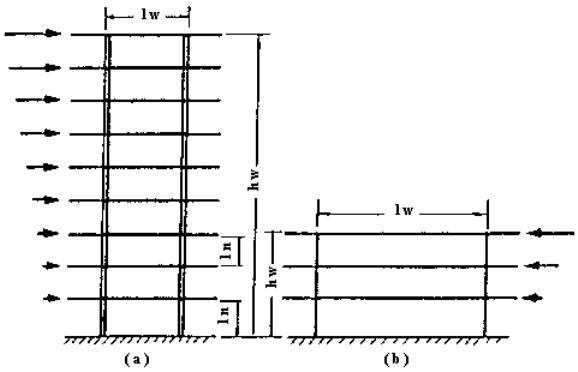
Normal yükseklikteki binalarda, özellikle apartman tipi yapılarda, perdenin en kesiti yükseklik ile değişmeyecektir. Şekil 2.2' de gösterildiği gibi basit prizmatik şekillerde perdeler olacaktır. Yatay kuvvetlere dayanım talebi, yüksek binaların üst katlarında azalacaktır. Bu sebeble perde boyutları, özellikle perde kalınlığı, uygun bir şekilde azaltılabilir.

Perdelerin boşluklu olması durumunda, bazı kararların verilmesi gerekir. Öncelikle, boşlukların boyutlama hesaplarında ihmal edilebilecek kadar küçük yada perdenin kayma ve eğilme dayanımını etkileyecek kadar büyük olduğunun tespit edilmesi gerekir.

Bu belirlemenin ardından, dayanım hesabına ve donatının detaylandırılmasına geçilebilir. Konsol perdelerle, boşluklu perdeleri ayrı ayrı incelemek uygun olacaktır.

2.4.1 Boşluksuz perdeler

Bir çok konsol perde, Şekil 2.6a' da gösterildiği gibi, betonarme kiriş ve kolonlardan oluşmuş çerçeveler gibi davranır. Konsol perdeler, diyafram etkisi yapan döşemelerin hizasında etkiyen, yatay kuvvetlere maruzdurlar. Kat döşemeleri, perdelerin yanal burkulmasına engel olurlar. Böylece perde kalınlıkları daha küçük tutulabilir. Şekil 2.2' de gösterilen kesit şekilleri kullanılabilir. Bu tip perdeler, uygun plastik dönme kapasitelerine sahip ise, temelle birleşim kesitinde plastik mafsalın oluşması kolaydır.



Şekil 2.6 Konsol Perdeler

Yüksekliği küçük olan binalarda, Şekil 2.6b' de gösterildiği tipte perdeler kullanılır. Bunlar yüksekliğin uzunluğuna oranının (h_w / l_w) küçük olduğu perdelerdir. Bu tip perdelerin eğilme dayanımı yatay kuvvetlere göre karşılaştırıldığında, hatta yönetmeliklerde belirtilen minimum düşey donatı kullanıldığında bile çok daha büyük olur. Küçük yükseklik sebebiyle, temelde eğilme dayanımına büyük kayma kuvvetleri ile erişir. Bu sebeble bu tip perdelerin plastik davranışı, genelde kesme kuvvetlerinin etkisi altındadır. Bu perdelerin plastik davranışını da sağlamak mümkündür. Ancak, enerjinin dağıtılması kayma etkisiyle azalabilir. Bu nedenle, kısa perdelerin boyutlaması yapılırken süneklik talebini azaltmak için, daha büyük yatay kuvvetlere göre boyutlama yapılması tavsiye edilir.

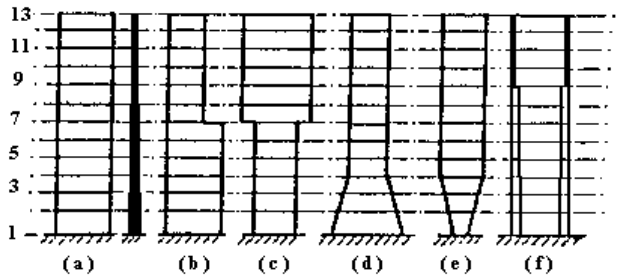
Yüksekliği küçük olan binaların perde hesabında, eğilme momenti yanında kesme kuvveti etkisini de gözönüne alabilmek için, normal bina perdeleri için belirlenmiş yatay boyutlama kuvvetlerinin Z_1 ile çarpılarak artırılması tavsiye edilir. Bir çok durumda bu ihtiyaç bir cezalandırma olmaz, çünkü bu perdeler büyük eğilme dayanımına sahiptirler. Buradaki Z_1 aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$1 < Z_1 = 2.5 - 0.5\ hw / l_w < 2 \qquad (2.3)$$

Yukarıdaki ifadelerden $h_w / l_w < 3$ olduğunda kesme kuvvetinin etkisinin önemli olduğu görülmektedir. Kısa perdelerin, yüksek kirişlere benzetilerek incelenmesi uygundur. Eğilme momenti ve kesme kuvveti birbirleri ile etkileşimde olduğu için, ayrı ayrı göz önüne alınması uygun değildir. Bu tür kısa perdelerde oluşan eğilme momenti küçük olduğu için, düşey eğilme donatısını kesit boyunca düzgün dağıtmak uygun olur. Perdenin, eğilme ve kayma dayanımları yüksek olduğu için, davranışı elastik bölgede olur. Genellikle %0.25' lik bir donatı yeterli olur. Kısa perdelere yük kat seviyelerinde birleştikleri kat döşemelerinden iletilir. Yükseklik kısa olduğu için, yük temele, oluşan eğik beton basınç çubuklarıyla iletilir. Eğik basınç çubuğunun dengesinin sağlanması için düşey ve yatay donatılara ihtiyaç duyulur. Düşey kuvvetin etkisi ihmal edilirse, düşey ve yatay donatının eşit olması gerektiği ortaya çıkar. Bu tür perdelerde de altta bulunan iş derzinin, kaymanın meydana gelebileceği hassas kesit olduğu söylenebilir.

Perde kesitin boyu, perde kanatlarının genişliği bina yüksekliği boyunca sabit iken, perdenin kalınlığı bazen kanatlarının kalınlığı da dahil olmak üzere üst katlarda azaltılabilir. Rijitlikteki azalmayı, birbirini etkileyen perdeler olması durumunda, hesaba dahil etmek gerekir. Kademeli yada sürekli olarak konsol perde boyunun değiştiği durumlarda, rijitlikte daha büyük değişiklikler görülür. Buna örnek olarak Şekil 2.7b ve e gösterilebilir. Şekil 2.7d' de görüldüğü gibi, gittikçe incelen perdeler, yapısal olarak yeterince etkilidir. Ancak potansiyel plastik mafsal bölgelerinin boylarını ve yerlerini tanımlamada dikkatli olmak gerekir. Böylelikle kritik bölgelerin detaylandırılması doğru bir şekilde yapılabilir. Şekil 2.7e' deki gittikçe kalınlaşan perde sisiteminin, yapısal açıdan etkili olmadığı açıktır. Bazen mimari açıdan bu form tercih edilebilir. Bu tip perdenin temelinde plastik mafsal gerektiğinde, plastik mafsalın boyu önemli derecede

sınırlanacaktır. Bu yüzden istenilen süneklilik talebi için aşırı eğrilikli bir süneklilik gerekecektir. Bu tip perdeler sünek çerçevelerle birlikte kullanılırsa, plastik mafsalı perde tabanında oluşturmak için, bir avantaj sağlanacaktır.



Şekil 2.7 Yükseklikle Değişen Konsol Perdeler.

Konsol perdelerin güç tükenme biçimleri değişik şekillerde ortaya çıkar. Bunlardan, perdenin en büyük moment kısmında elastik ötesi şekil değiştirmeler artarak kesitte güç tükenmesi oluşabilir. Sünek türden olan bu güç tükenmesinin dışındaki; eğik çekme gerilmelerinin etkisiyle güç tükenmesi, iş derzinde toptan kayma güç tükenmesi veya donatı bindirme eklerinin ve kenetlenme boylarının çözülmesinden oluşan güç tükenmesi gevrek olduğu için önlenmelidir. Bunun gibi temelde eğilme momentinin karşılanmaması nedeniyle oluşan devrilme göçmesi de, ani bir göçme türüdür. Perde kesitinin boyutlandırılmasında kesit kesme kuvveti ve iş derzinde kayma kapasiteleri ile, donatı kenetlenme çözülme kapasitesi yüksek tutularak, aşırı bir zorlanmada meydana gelecek kaçınılmaz bir güç tükenmesinin sünek olması sağlanmalıdır. Perdeli sistemlerin statik hesabında genellikle brüt kesitlerin rijitliğinden hareket edilirse de, katlar arası yerdeğiştirme hesabında kesitte eğilme momentinin etkili olması nedeniyle çatlama meydana gelebileceği gözönüne alınarak rijitliğin %40-50 oranında hesaba katılması uygundur. Üst katlarda eğilme momenti etkisi azalacağı için bu oran çoğaltılabilir.

2.4.2 Boşluklu perdeler

Kapı veya pencere yerleşitirmek için bir çok perdelerde düzenli olarak boşluklar bırakmak gerekli olabilir. Boşluklar düzenlendiğinde, gerçekçi bir yapısal tasarım için, yapının davranışının açıkça tahmin edilebilir olması önemlidir. Eğilme dayanımı

açısından, yapının tamamını tehlikeye atacak şekilde perde alanları azaltılmamalıdır. Benzer şekilde perdenin yatay ve düşey yöndeki kayma dayanımı, perdenin eğilme dayanımını tamamiyle sağlayabilecek şekilde olmalıdır.

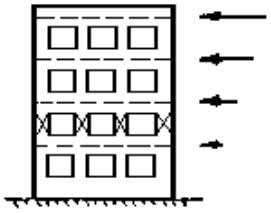
Bazen, merdivenlerin bulunduğu yerlerde düzenlenen pencere sıralaması, boşlukların iç köşelerinde kayma dayanımını büyük derecede zayıflatacak şekilde ortaya çıkabilir. Bu gibi birleşimlerde, yeterli sünekliği sağlamak ve depremde erken oluşan zararlardan kaçınmak güçtür. Bu sebeple bu tip düzenlemelerden kaçınmak uygun olacaktır. Çapraz olarak yerleştirilen pencere boşluklarının arasında daha büyük boşluklar bulunduğunda, köşegen çatlakların oluşmasından sonra daha etkili basınç ve çekme alanları oluşturulabilir. Uygun şekilde donatıldığında, örneğin köşegen donatı kullanıldığında, kayma sebebiyle boşlukların arasındaki bölgede oluşan tehlike önlenebilir. Böylelikle tabanda eğilme dayanımına erişilmesi sebebiyle sünek perde davranışı kolaylıkla sağlanabilir.

En alt katlarda boş alan elde etmek için perdelerin kolona dönüştürüldüğü binalar büyük tehlike arz ederler. Çünkü en kritik olan bölge kasıtlı olarak zayıflatılmıştır. Kesme kuvvetlerinin perdeden temele iletimi esnasında yumuşak kat mekanizması oluşacek ve kolonlar büyük yerdeğiştirmeler yapacaktır. Devrilme momenti sebebiyle, bir kolona çok büyük eksenel kuvvet gelecektir. Böyle bir sistemden kaçınılmalıdır.

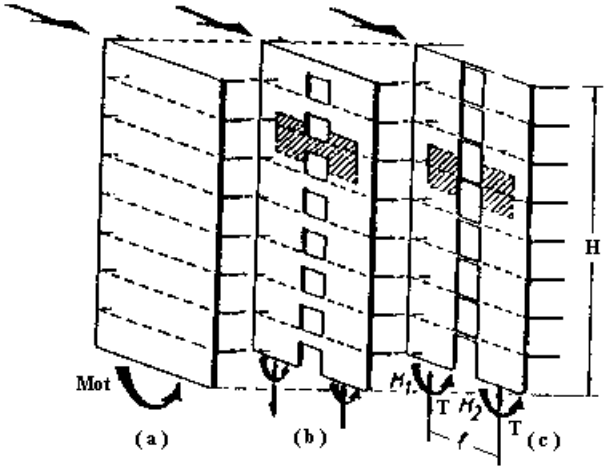
Perdedeki boşluklar düzenli ve uygun yerleştirildiğinde, çok iyi enerji dağıtabilen karekterde, sünek davranış göstermeye uygun, oldukça etkili yapı sistemleri oluşturulabilir. Birçok perde birbirleriyle kirişler vasıtasıyla birleştirilmiştir. Bu nedenle, bu tip perdeleri bağ kirişli perdeler olarak adlandırmak uygun olur. Bağ kirişleri uzun ve derin olabilir ama, gerçekte perdeden daha zayıf olmalıdırlar. Konsol gibi davranan perdeler, birbirlerini birleştiren kirişlerde aşırı zorlanmalar çıkaracaktır. Bağ kirişleri iyi detaylandırılırlarsa, binanın bütün yüksekliği boyunca enerjiyi dağıtma yeteneğine sahip olurlar. Aynı yada farklı rijitlikte iki perde, kirişlerle birleştirilerek düzenlenebileceği gibi ikiden fazla perdenin kirişlerle birleştirlimesiyle de bağ kirişli perdeler oluşturulabilir. Bağ kirişleri, bütün katlarda aynı derinlik ve genişliği sahip olabileceği gibi farklı derinlik ve genişliğe de sahip olabilirler. Servis çekirdeğinde, bağ kirişli

perdeler çatı seviyesinin üzerinde devam edilerek asansör için makine odası ve diğer servis alanları sağlanmış olur. Bu gibi hallerde, perdenin tepesinde sonsuz rijit diyaframla birleştiği kabul edilebilir.

Depreme dayanıklı yapı tasarımı açısından, perdelerde bırakılan boşluklar sebebiyle oluşan kirişler daima perdelerden daha zayıf olacak şekilde düzenlenmelidir. Çerçevelerde olduğu gibi boşluklu perde sistemlerde de zayıf kiriş, kuvvetli perde mekanizması oluşturulmalıdır. Çünkü belirli bir kattaki düşey perde bölümleri aşırı yüklenirken, derin kirişler plastik davranış göstermiyecektir. Bu sebeble, büyük depremlerde, bir kattaki düşey perde bölümlerinde, sünek olmayan ve iyi bir şekilde enerji dağıtımı sağlamayan kayma göçmesi ile karşılaşılacaktır. Kapasite boyutlama yaklaşımı sebebiyle, düşey perde elemanların kayma dayanımı eğilme dayanımından büyük olması halinde bile, yumuşak kat mekanizması meydana gelebilir. Bu gibi perdeli sistemlerden kaçınılmalıdır. Eğer yapılırsa da, çok daha büyük yatay boyutlama kuvvetleri kullanılmalıdır.



Şekil 2.8 Deprem Dayanımı İçin İstenilmeyen Kat mekanizması



Şekil 2.9 Perdelerde Eğilme Dayanımı Davranışlarının Karşılaştırılması.

Boyutlama yapan mühendis, özellikle kayma dayanımını düşündüğünde, bazen ikilem içinde kalır. Perdelerin davranışının, bağ kirişli perdeler, birleştirilmiş basit iki perde yada sıralı boşluklar bulunan bir perdenin davranışlarından hangisinin olduğuna karar vermekte zorlanabilir. Bu sorun basit perde ile bağ kirişli perdelerin dayanım durumları ve davranışları karşılaştırıldığında kolaylıkla çözülebilir. Şekil 2.9' de, farklı dayanıma sahip bağ kirişli perdelerle basit konsol perde karşılaştırılmıştır. Şekil 2.9a' daki basit konsol perde temelinde karşılanan M_{ot} toplam devrilme momenti ile, bağ kirişli perdedeki eksenel kuvvet ve moment arasında aşağıdaki basit denge denklemi yazılabilir [5].

$$M_{ot} = M_1 + M_2 + lT \qquad (2.4)$$

Üst katlardaki bütün bağ kirişlerin kayma kuvvetlerinin toplamı olan eksenel kuvvetin büyüklüğü, bağ kirişlerinin rijitlik ve dayanımına bağlıdır. Perdelerdeki eksenel kuvvetlerin elde edilmesinde, çok katlı çerçevelerden oluşan sistemlerdeki, kolonlara uygulanan temel prensipler kullanılabilir. Örneğin, Şekil 2.9b' de görüldüğü gibi kuvvetli bağ kirişli bir yapıda, toplam eğilme dayanımına eksenel kuvvetin katkısı aşağıdaki parametre ile ifade edilebilir.

$$A = lT / M_{ot} \qquad (2.5)$$

Böylelikle bu yapı Şekil 2.9a' daki basit konsol perdelerin davrandığı şekilde davranacaktır. Kuvvetli bağ kirişleri konsol perde davranışına sebeb olacaktır.

Genellikle apartman tipi yapılarda karşılaşılan bağ kirişlerinin zayıf olduğu durumda (Şekil 2.9c) moment dayanımının büyük bir bölümü, M_1 ve M_2 moment değerlerine bağlıdır. Bu durumda A değeri küçüktür. Deprem etkisiyle her bir perdede meydana gelen ilave eksenel yükün, küçük olması sebebiyle de her bir perde tek başına düşünülebilir.

Basit konsol perdelerin yapısal davranışı basit eğilme teorisi ile hesaplanabilir, fakat boşluklu perdelerin hesabı daha komplekstir. Sonlu elemanlar analizi kullanılmadığı sürece, boyutlamayı yapan mühendis her zaman, boşluklu perdeler için efektif rijitlik değerlerinin hesaplanması arayışı içindedir. İlk yaklaşım olarakta, boşluklu perdelerin efektif atalet momenti, I_e, denklem (2.6) daki gibi hesaplanır [6]. Buradaki I_1 ve I_2 sırasıyla birinci ve ikinci perdenin atalet momentidir.

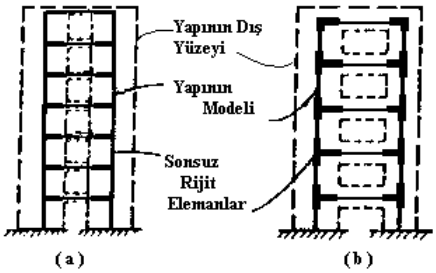
$$I_e \cong I_1 + I_2 \qquad (2.6)$$

2.5 Perdelerin Hesap Modelleri İçin Kabuller

Perdeler için kesit özelliklerini perdenin dikey ekseninde yoğunlaştırılmış olarak kabul etmek yeterli olur. Perde bürüt kesit alanının merkezinden geçen eksen alınabilir. Perdeler her bir katta döşemeyle birleştirildiğinde, döşemenin bir rijit diyafram etkisi yapacağını kabul etmek yeterli olur. Perde kayma şekil değiştirmeleri ve burulma etkileri ayrıca boşluklu perdenin rijitlik hesabında çarpılma dayanımı etkileri ihmal edildiğinde yatay kuvvet hesabı, eğilme şekil değiştirmelerini yalnızca şekil değiştirmelerin uyumu kontrol eden, bir dizi perdenin çözümüne dönüşecektir. Perdeler, kat yerdeğiştirmesi ve burulması sebebiyle oluşan şekil değiştirmelere maruz kaldığında, her bir perdenin etkisi uygun bir şekilde hesaba katılabilir. Elastik çözümleme ile statik denge sağlanmaktadır. Böylelikle plastik yapının perdeleri arasında iç etkilerin de yeterli derece de dağıtımı sağlanacaktır. Betonarme perdelerin üst noktalarındaki deplasmana, kayma ve elastik

deformasyonlar neden olmaktadır. Perdenin plastik mafsal bölgesinde kayma deformasyonlarının büyük olmasına karşın, üst katlarda elastik deformasyonlar çok daha büyüktür [7].

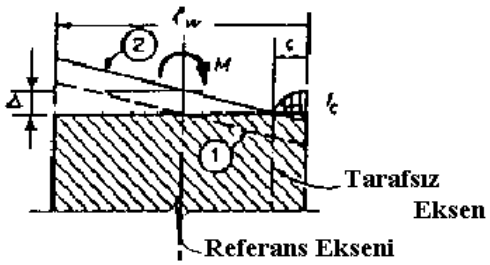
Aynı düzlemde iki veya daha fazla perde kirişlerle birleştirildiğine (Şekil 2.9), rijitliklerin hesabında, bağ kirişinin perdeye saplandığı uçlarında daha rijit olduğunun hesaba katılması gerekecektir. Bu yapılar genelde Şekil 2.10' da gösterildiği gibi modellenir. Daha sonra çerçeve çözümleri için yazılmış programlar kullanılabilir. Geometrik rijitlik modelinin doğru bir şekilde tanımlanması, doğruluk derecesini etkileyecektir. Bu, özellikle derin kirişli yapılar için doğrudur (Şekil 2.10). Bağ kirişli perdelerde, eksenel şekil değiştirmeler önemli olabilir ve bunlar kayma gerilmelerini iletimini etkiler. Eğilme çatlamasını başlangıcından sonra, derin elemanlarda eksenel şekli doğru bir şekilde modellemek zordur.



Şekil 2.10 Perdelerde Geometrik Modelleme.

Şekil 2.11' de çatlamış perde kesitinin çıkardığı zorluklar gösterilimiştir. Yapısal özellikler perdenin referans ekseninde toplandığı için eğilme etkisi altında brüt beton kesitin merkezi etrafındaki dönme önceden bilinebilir. Bu durum, Şekil 2.11' de 1 çizgisiyle gösterilmiştir. Eğilme çatlamasından sonra, çatlamış kesitin tarafsız ekseni etrafında aynı dönme, 2 çizgisi ile gösterimiştir, gözükecektir. Bu sebeple referans ekseninden ölçülmüş Δ uzması meydana gelecektir. Bu eksende meydana gelen şekil değiştirme, özellikle yapının dinamik davranışı saptandığında, doğruluğu etkileyecektir. Fakat plastik davranış açısından önemi oldukça küçüktür.

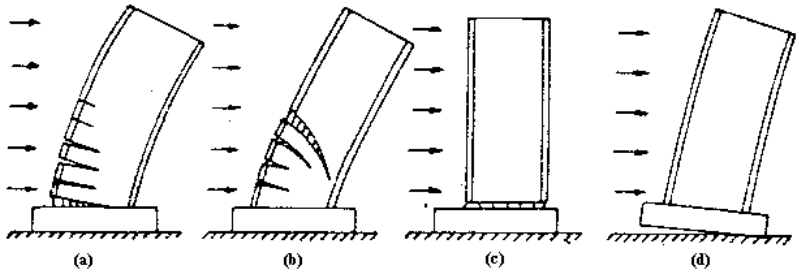
Şekil 2.11' deki model için, referans eksen olarak çatlamış kesitin tarafsız eksenini kullanarak daha doğru bir modele başvurulduğunda, ilave sorunların ortaya çıkacağı açıktır. Çünkü, bu eksenin yeri, momentdeki değişiklikler sebebiyle, çerçevenin yüksekliği ve yatay kuvvetin yönüyle de değişecektir. Bu zorluğun sonlu elemanlar çözümleme teknikleriyle üstesinden gelinebilir. Ancak, plastik davranışta içine alan depreme dayanıklı boyutlamada, hesaplamalarda elde edilen başarı nadir olarak doğrulanabilecektir. Şekil 2.11' de gösterilen c tarafsız eksen derinliğini, f_c ise beton basınç kuvvetini göstermektedir [8].



Şekil 2.11 Çatlamış ve Çatlamamış Kesitlerde Eğilme Etkisi.

2.6 Perdelerin Göçme Şekilleri

Sünek perdeleri boyutlamada, plastik mafsal bölgelerinde oluşan eğilme yerdeğiştirmesinin, kapasiteyi ve plastik şekil değiştirmeleri kontrol etmesi istenir. Bu sayede, tüm perde sisteminde enerji dağıtımının kontrol edilmesi sağlanmış olur. Bu temel ihtiyacın bir sonucu olarak, gevrek güç tükenmesine ve hatta sınırlı sünekliğin ortaya çıkmasına izin verilmemelidir. Bu durum kapasite boyutlama yöntemleri ile, güç tükenmesi için istenilen düzen kurularak ve potansiyel plastik mafsal bölgelerinin uygun şekilde detaylandırılmasıyla sağlanabilir [8].



Şekil 2.12 Perdelerde Göçme Şekilleri

Yatay kuvvetler etkisi altında enerji dağıtımının temel ilkesi, plastik mafsal bölgelerindeki eğilme donatısının akmasıdır. Bu durum normalde perdenin tabanında olur.

Aşağıdaki göçme ve kırılma şekilleri önlenmelidir:

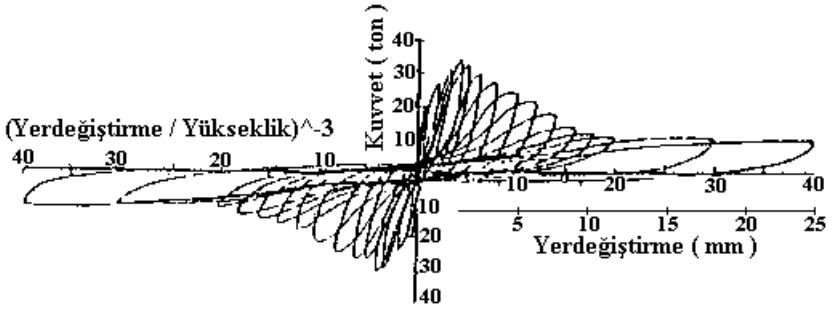
1. Eğilme göçmesi (Şekil 2.12 a).

2. Kesme kuvvetlerinin meydana getirdiği köşegenel basınç sebebiyle oluşan kırılma (Şekil 2.12 b).

3. Toptan göçme (Şekil 2.12 c).

4. Devrilme göçmesi (Şekil 2.12 d).

5. Kenetlenmenin kaybolması sebebiyle oluşan kayma ve aderans güç tükenmesi.



Şekil 2.13 Kayma Dayanımıyla Kontrol Edilen Bir Perdenin Çevrimsel Davranışı.

Şekil 2.13’ te tekrarlı yükler altındaki bir perdenin kaymanın hakim olduğu istenilmeyen davranışına bir örnek verilmiştir. Özellikle enerji sönümleme yeteneği ve dayanım azalma hali oldukça şiddetlidir.

Aksine dikkatlice detaylandırılmış, eğilme sünekliği için boyutlandırılmış ve kapasite boyutlama ilkeleriyle kayma göçmesine karşı korunmuş perdeler oldukça iyi davranış sergilerler. Yerdeğiştirme sünekliği yaklaşık olarak 4 olduğunda çok iyi bir davranış elde edildiği görülür. Model perdenin yüksekliğinin %3 kadar yanal yerdeğiştirme olduğunda, yalnızca ikinci tekrardan sonra yerdeğiştirme sünekliğinin 6 değerini aldığı görülür.

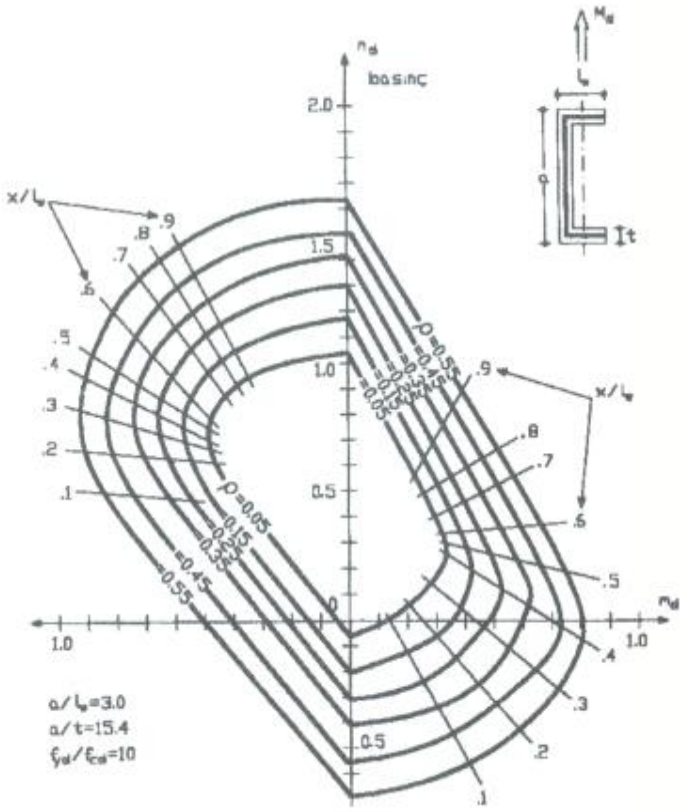
3. PERDELERİN HESAP VE TASARIM İLKELERİ

3.1 Perdelerin Boyutlandırılması İle İlgili Koşullar

Bir perde kesitin dayanımının, gerilmelerinin ve şekil değiştirmelerinin hesabı, geleneksel denge kavramlarına ve gerilme - şekil değiştirme uyumuna dayanır. Bu düzlem kesit hipotezi ile uyum içindedir. Perde kesit şekillerinin değişkenliği sebebiyle, dikdörtgen kolon kesitleri için kullanılan eksenel yük - moment etkileşim çizgileri genelde kullanılmaz. Alternatif olarak, kesit donatıları için deneme yanılma yöntemi ile yeterli yaklaşıkta elle hesap yapmak mümkündür. Bir miktar tecrübe ile yaklaşım arttırılabilir.

Kesitin referans ekseninden ölçülen dışmerkezliğin ve eksenel yükün ürünü olarak ifade edilen momentler, çatlamış kesitin yada komposit kesit yerine, bürüt beton kesit alanının merkezinden geçen eksene gore alınır. Kesit hesabı içinde aynı referans eksenini kullanmak yararlıdır. Çekmede yada basınçta plastiklik merkezinin perde kesitinin ekseni ile çakışmayacağı açıktır. Sonuç olarak, bütün perde kesitte düzgün yayılı gerilmeyi de içine alan kesitin maksimum çekme yada basınç dayanımı, perde referans eksenine göre eksantrik olarak etkiyen eksenel kuvvetler sebebiyle meydana gelecektir.

Benzer normal kuvvet - eğilme momenti karşılıklı etkileşimi farklı şekilde perde kesiti için düzenlenebilir. Şekil 3.1’ de U şeklinde ki kesit için bir örnek verilmiştir. Eğilme momenti ve normal kuvvetin çeşitli kombinasyonları için tarafsız eksenin yerini hesapta kaydetmek uygundur. Çünkü bunlar uygun dayanımı sağlamak için gerekli olan süneklik eğrisini doğrudan verir. Pi normal kuvvet Şekil 3.2’ de gösterilen değerlerden çok daha küçük sınırlar arasında değişeceği için, pratikte yalnızca gösterilen ilişkinin küçük bir bölümü kullanılacaktır. Küçük eksenel basınç yada çekmeye maruz perdeler için genelde doğrusal ilişki yeterli olacaktır.



Şekil 3.1 U Kesitli Perde İçin Normal Kuvvet – Eğilme Momenti Karşılıklı Etkileşim Diyagramı

3.2 Yeni Türkiye Deprem Yönetmeliğinde Süneklilik Düzeyi Yüksek Perdeler

3.2.1 Enkesit Koşulları

Perdeler, planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az yedi olan düşey taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Deprem yüklerinin tümünün bina yüksekliği boyunca sadece perdeler tarafından taşındığı binalarda, Denk.(3.1**)** ile verilen koşulların her ikisinin de sağlanması durumunda perde duvar kalınlığı, binadaki en yüksek katın yüksekliğinin 1 / 20’ sinden ve 150 mm’ den az olmayacaktır.

$$\sum A_g / \sum A_p \geq 0.002 \qquad (3.1a)$$

$$V_t / \sum A_g \leq 0.5\, f_{ctd} \qquad (3.1b)$$

Yukarıda belirtilen özel durum dışında perde kalınlığı, kat yüksekliğinin 1/15' inden ve 200 mm' den az olmayacaktır. Ancak $H_w / \ell_w > 2.0$ olan perdelerde, aşağıda 3.2'de tanımlanan kritik perde yüksekliği boyunca perde kalınlığı, kat yüksekliğinin 1 / 12' sinden az olmayacaktır.

3.2.2 Perde Uç Bölgeleri ve Kritik Perde Yüksekliği

$H_w / \ell_w > 2.0$ olan perdelerin planda her iki ucunda perde uç bölgeleri oluşturulacaktır (Şekil 3.1). Perde uç bölgeleri, perdenin kendi kalınlığı içinde oluşturulabileceği gibi, perdeye birleşen diğer bir perdenin veya perdenin ucunda genişletilmiş bir kesitin içinde de düzenlenebilir.

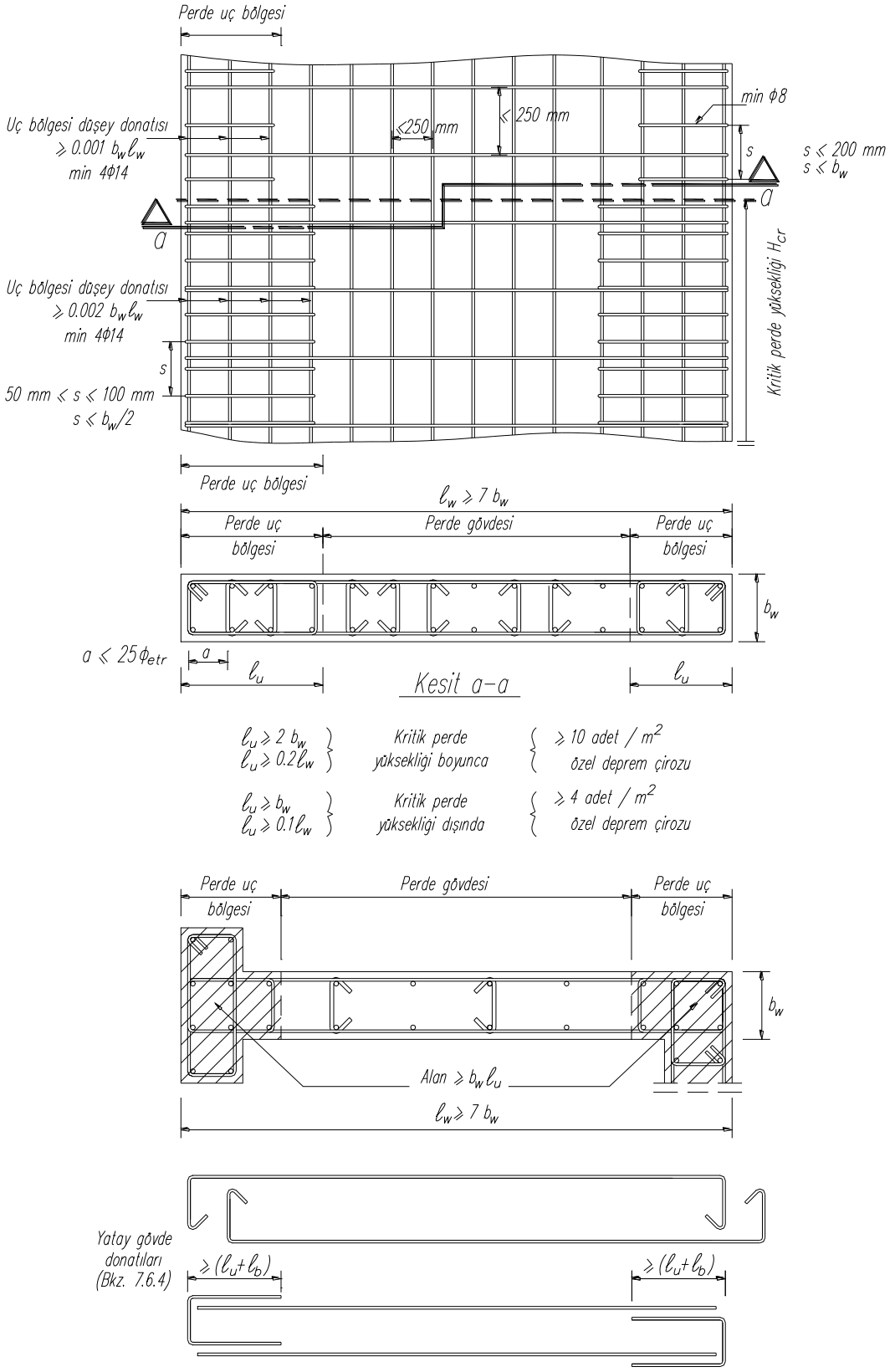
Temel üstünden itibaren kritik perde yüksekliği, $2\ell_w$ değerini aşmamak üzere, aşağıda verilen koşulların elverişsiz olanını sağlayacak biçimde belirlenecektir.

$$H_{cr} \geq \ell_w \qquad (3.2a)$$

$$H_{cr} \geq H_w / 6 \qquad (3.2b)$$

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 (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Perde Donatı Koşulları

3.2.3 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 / $\ell_w \leq 2.0$ olması durumunda perde gövdesi, perdenin tüm kesiti olarak gözönüne alınacaktır. Perde gövdesinde boyuna ve enine donatı aralığı 250 mm'den fazla olmayacaktır (Şekil 3.2).

Denk.(3.1) ile verilen koşulların her ikisinin de sağlandığı binalarda, düşey ve yatay toplam gövde donatısı oranlarının herbiri 0.0015'e indirilebilir. Ancak bu durumda donatı aralığı 300 mm'yi geçmeyecektir.

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 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.

3.2.3.1 Gövde Donatılarının Düzenlenmesi

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.

3.2.4 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, kritik perde yüksekliği boyunca bu oran 0.002'ye çıkarılacaktır. Perde uç bölgelerinin her birinde düşey donatı miktarı 4∅14'ten az olmayacaktır (Şekil 3.2).

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

3.3 Dikdörtgen Betonarme Kesitlerde Taşıma Gücü Formüllerinin Yaklaşık Mertebeleri

Bir ve iki eksenli eğilme momenti ve eksenel kuvvet etkisindeki dikdörtgen betonarme kesitlerin taşıma gücüne esasına göre hesabında kullanılmak üzere basit formüller [9]'de önerilmiştir. Bu formüllerin BÇ III çeliğine ait olan bir bölümü verilerek formüllerin uygulanması açıklanmıştır. Hesaplarda, aşağıda tanımları yapılan boyutsuz parametreler kullanılmıştır.

$$n = \frac{N_d}{bhf_{ck}} \quad , \quad m_x = \frac{M_{xd}}{bh^2 f_{ck}} \quad , \quad m_y = \frac{M_{yd}}{b^2 h f_{ck}} \tag{3.3}$$

Burada, M_{xd} ve M_{yd} sırasıyla x ve y eksenleri etrafındaki eğilme momentlerini, N_d eksenel basınç kuvvetini, b ve h ise kesitin sırasıyla x ve y eksenleri doğrultularındaki kenar uzunluklarını göstermektedir.

$n < 0{,}20$ hali;

$$m = m_x + k m_y \quad (m_y \leq m_x) \tag{3.4}$$

$$k = (2 - 6{,}65n)\, m_y + 2{,}65n + 0{,}20 \tag{3.5a}$$

$$\mu = 2{,}86m + 2{,}92n^2 - 1{,}48n \tag{3.6a}$$

$0{,}20 \leq n \leq 0{,}30$ hali;

$$m = m_x + k m_y \quad (m_y \leq m_x) \tag{3.4}$$

$$k = (-4{,}33 + 25n)\, m_y - 2{,}05n + 1{,}14 \tag{3.5b}$$

$$\mu = 2{,}92m - 0{,}192 \tag{3.6b}$$

$n > 0{,}30$ hali;

$$m = m_x + k m_y \quad (m_y \leq m_x) \tag{3.4}$$

$$k = (3{,}67 - 1{,}67n)\, m_y - 0{,}75n + 0{,}75 \tag{3.5c}$$

$$\mu = 2{,}92m + 0{,}62n^2 + 0{,}254n - 0{,}32 \tag{3.6c}$$

Donatı miktarının bulunması için, önce (3.3) ile hesaplanan n, m_x, m_y ve (3.5a), (3.5b) veya (3.5c) ile çıkarılan k, (3.4)' te yerine konularak m bulunur. Daha sonra, n ve m, (3.6a), (3.6b) veya (3.6c)' de yerlerine yazılarak tayin edilen μ, (3.7)' de yerine konur ve A_s toplam donatı miktarı elde edilir.

$$A_s = k_1 k_2 \mu b h \frac{f_{ck}}{f_{yk}} \tag{3.7}$$

Bu formülde kullanılan k_1 ve k_2 katsayıları, (3.8) ve (3.9)' da verilen formüllerle hesaplanır. Bu katsayılar, paspayı katsayısına (α) bağlıdır ve çeşitli donatı yerleşim durumlarına ait kesin sonuçların karşılaştırılmasından elde edilir.

$$k_1 = 1 + \left(\frac{m_y}{m_x}\right)^2 \tag{3.8}$$

$$k_2 = \frac{\frac{m}{n}\frac{0,8}{\alpha} + 0,2}{\frac{m}{n} + 0,2} \tag{3.9}$$

Yaplan incelemelere göre, sınır durumlarında bile $\alpha > 0,90$ olduğu görüldüğünden, emniyetli tarafta kalmak üzere $\alpha = 0,90$ alınabilmektedir. Bu değere karşı gelen k_2 katsayısı, 1 ile 0,89 arasında değiştiğinden ortalama olarak $k_2 \approx 0,95$ alınabilir. Dört kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı durumunda k_1 için, ortalama olarak 1,25 değeri alınırsa A_s toplam donatı miktarı için yaklaşık;

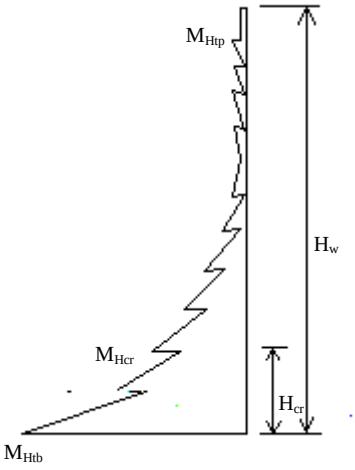
$$A_s = k_1 k_2 \mu b h \frac{f_{ck}}{f_{yk}} = 1,20 \mu b h \frac{f_{ck}}{f_{yk}} \tag{3.10}$$

formülü elde edilir.

4. PERDE TASARIM EĞİLME MOMENTİNİN HESABI ve ALTERNATİF BİR PERDE TASARIM MOMENTİ ÖNERİSİ

4.1 Giriş

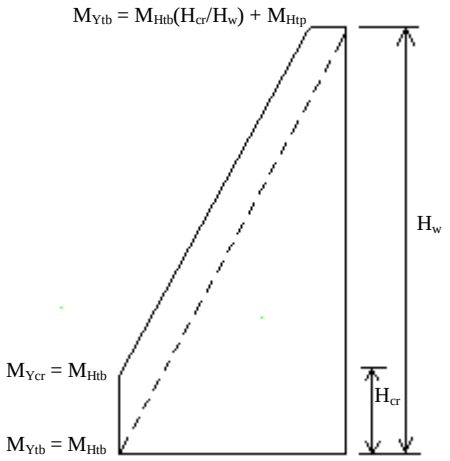
Yeni Türkiye Deprem Yönetmeliği'nde, Tasarım Eğilme Momentleri başlığı ile perde yüksekliğinin perde uzunluğuna oranı 2,0' den büyük olan süneklilik düzeyi yüksek perdeler için eğilme momenti diyagramı tanımlanmıştır. Bu diyagram, kritik perde yüksekliği boyunca perde tabanında hesaplanan eğilme momentine (Şekil 4.1) eşit alınıp, kritik perde yüksekliğinin üstündeki bölgede ise perde tabanında ve tepesinde hesaplanan eğilme momentlerini birleştiren doğruya paralel olan doğrusal moment diyagramıdır (Şekil 4.2).



Şekil 4.1 Hesap Eğilme Moment Diyagramı

Şekil 4.1 ve 4.2' de verilen M_{Htb} perdenin tabanında hesaplanan eğilme moment değerini, M_{Hcr} kritik perde yüksekliğinin hemen üstünde hesaplanan eğilme moment değerini, M_{Htp} perdenin tepesinde hesaplanan eğilme moment değerini, M_{Ytb} yönetmelikte tanımlanan perdenin tabanındaki tasarım eğilme moment, M_{Ycr} yönetmelikte tanımlanan kritik perde yüksekliğindeki tasarım eğilme moment

değerini, M_{Ytb} ise yönetmelikte tanımlanan perdenin tepesindeki tasarım eğilme moment değerini göstermektedir.



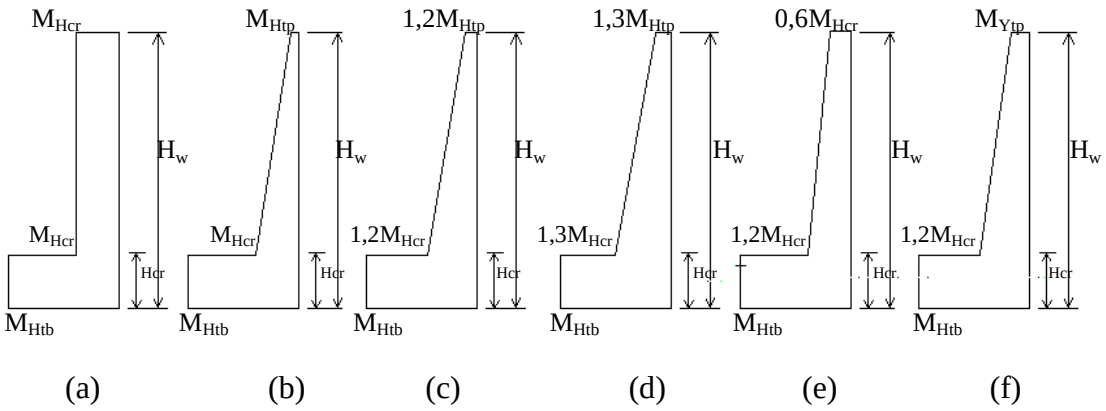
Şekil 4.2 Yönetmelik Tasarım Moment Diyagramı

Türkiye Deprem Yönetmeliği 1998' de tanımlanan bu tasarım moment diyagramı, T. Paulay önerilerine uygundur [8]. Perde yüksekliği boyunca, hesaplanan moment değerlerine göre donatı azaltılırsa, kuvvetli bir depremde plastik mafsallar eşit olasılıkla perdenin herhangi bir kesitinde oluşabilir. Bu tasarım açısından arzu edilmeyen bir durumdur. Çünkü, potansiyel plastik mafsallar özel ve çok pahalı detaylandırma gerektirecektir. Bu yüzden, plastik mafsalların sadece daha önceden belirlenen bölgelerde, yani perde tabanlarında oluşmasını sağlamak akılcı olacaktır. Çünkü perde tabanları en büyük taban momentine göre detaylandırılmış kuvvetli bölgelerdir.

Çeşitli sistemlerin plastik analizleri ve depremlerde hasar gören perdeli yapıların incelenmesi, tasarımda tedbir alınmaması halinde, plastik mafsalların üst katlarda da ortaya çıkabileceğini, bu tür ihtimalleri önlemek amacıyla, Şekil 4.2'de tanımlanan tasarım eğilme momentlerinin dikkate alınmasının yeterli olduğunu göstermektedir. Plastik mafsalın oluşma ihtimali bulunan kritik perde yüksekliği boyunca, perde taban momenti sabit alınarak çizilen, Şekil 4.2'deki tasarım momenti diyagramı, T. Paulay tarafından önerilmiştir [8].

4.2 İ. Gencay Tarafından İncelenen Tasarım Eğilme Momenti Seçenekleri

Deprem yönetmeliğinde tanımlanan bu tasarım eğilme momenti değerleri, hesap eğilme momenti değerleriyle karşılaştırıldığında, özellikle kritik bölgenin üstünde kalan perde üst bölgelerinde hesaplanandan çok yüksek değerler olduğu görülmüştür. Bu nedenle, [1] ve [10] nolu kaynaklarda Gülay, Özmen, Gencay, perde tasarım momenti olarak değişik alternatif tasarım momenti dağılımlarını 10, 16, 22 katlı iki ayrı geometrideki yapı sistemleri üzerinde araştırarak, hesap momentleri ve yönetmelik değerleriyle karşılaştırmalı olarak incelemiş ve altı ayrı alternatif moment dağılımı içinden "Seçenek 6" tasarım moment dağılımını önermişlerdir. Bu önerinin güvenliğini incelemek amacıyla, bütün yapı sistemleri için hesap momentleri ile önerilen tasarım moment dağılımları karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir.



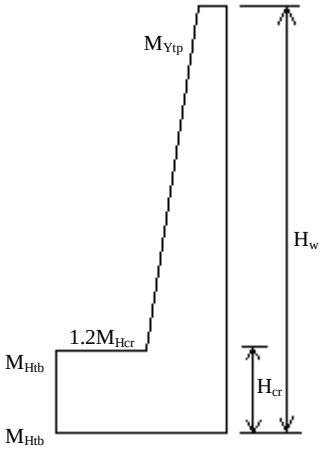
Şekil 4.3 İ. Gencay tarafından incelenen tasarım eğilme momenti seçenekleri

Şekil 4.3' te İ. Gencay tarafından incelenen tasarım eğilme momenti seçenekleri sunulmuştur. Bütün seçeneklerde kritik kat yüksekliğine kadar taban momenti sabit alınmıştır. Şekil 4.3a' da gösterilen Seçenek1' de, kritik kat yüksekliğinde hesaplanan eğilme moment değeri perdenin tepesine kadar sabit alınmıştır. Şekil 4.3b' de gösterilen Seçenek2' de, kritik kat yüksekliğinde hesaplanan eğilme moment değeri perdenin tepesinde hesaplanan eğilme moment değeri ile birleştirilmiştir. Şekil 4.3c' de gösterilen Seçenek3' de, kritik kat yüksekliğinde hesaplanan eğilme moment değerinin 1,2 katı ile perdenin tepesinde hesaplanan eğilme moment değerinin 1,2 katı birleştirilmiştir. Şekil 4.3d' de gösterilen Seçenek4' de, kritik kat yüksekliğinde hesaplanan eğilme moment değerinin 1,3 katı

ile perdenin tepesinde hesaplanan eğilme moment değerinin 1,3 katı birleştirilmiştir. Şekil 4.3e' de gösterilen Seçenek5' de, kritik kat yüksekliğinde hesaplanan eğilme moment değerinin 1,2 katı ile perdenin tepesinde, kritik kat yüksekliğinde hesaplanan eğilme moment değerinin 0,6 katı hesaplanarak birleştirilmiştir. Şekil 4.3f' de gösterilen Seçenek6' da ise, kritik kat yüksekliğinde hesaplanan eğilme moment değerinin 1,2 katı ile perdenin tepesinde, yönetmeliğe göre hesaplanan eğilme moment değeri birleştirilmiştir.

4.3 Tez Çalışmasında İncelenen Öneri Perde Tasarım Eğilme Moment Dağılımı

Bu tez çalışmasında, İ. Gencay tarafından incelenen tasarım eğilme momenti seçeneklerinden Şekil 4.3f' de verilen Seçenek6 uygulanmıştır. Seçenek6 tasarım eğilme moment diyagramında, kritik perde yüksekliğinin sona erdiği kesitin üstünde hesaplanan eğilme moment değerinin %20 artırılması ve perde tepesinde ise yönetmelikte verilen değerin alınması ile birleştirilen bir doğru olarak sunulmuştur (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Öneri Tasarım Eğilme Moment Diyagramı

6. seçenek olarak seçilmiş perde tasarım moment dağılımını, daha çok sayıda yapı sistemine uygulayarak önerilen moment dağılımının güvenirliğini daha geniş bir yelpaze içinde araştırmak için, Sap2000 Yapı Analiz Programı' nın hesapları sonucunda bulunan P1 perdesi moment değerleri kullanılarak Visual Basic' te geliştirilen program yardımıyla, yönetmelik ve öneri tasarım moment dağılım

değerleri hesaplanmış ve bunların üçünün bir diyagram içinde çizilmesi ile karşılaştırmalı olarak incelenme olanağı sağlanmıştır.

4.4 Tasarım Eğilme Momenti Güvenlik Katsayıları (TGK)

Çalışmada, hesap eğilme momentleri M_H, tasarım eğilme momenti seçenekleri M_S ile gösterilerek, perdelerin herhangi bir kesitinde tasarım eğilme momentinin, hesap eğilme momentine oranı (4.1) ifadesi ile tanımlandığı şekilde 'Tasarım Eğilme Momenti Güvenlik Katsayısı' kısaca TGK adını almıştır.

$$TGK_i = \frac{M_{Si}}{M_{Hi}} \tag{4.1}$$

Bu katsayıların birden büyük değerler alması ($M_S > M_H$ olması), tasarım eğilme momentinin güvenilir olduğunu, bire yakın olması ise tasarım eğilme momentinin hesap eğilme momentini iyi yansıttığını ve ekonomik oluşunun bir ölçütü olarak kabul edilebilir. Bu değerlerin birden küçük olması ise tasarım eğilme momentinin yeterli güvenlikte olmadığını gösterir.

Tüm perde kesitlerinde, hesaplanan TGK değerlerinin ağırlıklı ortalamaları,

$$TGK_{ort} = \frac{\sum M_{Hi} \dfrac{M_{Si}}{M_{Hi}}}{\sum M_{Hi}} = \frac{\sum M_{Si}}{\sum M_{Hi}} \tag{4.2}$$

ve standart sapmaları,

$$SS^2 = \frac{\sum M_{Hi} \left(TGK_i - TGK_{ort}\right)^2}{\sum M_{Hi}} \tag{4.3}$$

ile hesaplanır. Hesaplanan SS değerleri perdenin her kesitinde elde edilen güvenlik katsayılarının ortalama değerden sapma miktarını görebilme imkanını vermektedir.

4.5 Uygulanan Hesap Yöntemi

Tez çalışmasında, 25 tane perde çerçeve betonarme bina örnekleri seçilerek, [1]' de önerilen perde tasarım moment dağılımı esas alınarak betonarme hesaplar yapılmış ve sonuçlar yönetmelikteki perde tasarım momentine göre bulunan sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar parametrik bir 'Sayısal Deney' yöntemi kullanılarak yapılmıştır [11]. Seçilen tüm yapıların deprem hesabı 'Mod Birleştirme Yöntemi' kullanılarak yapılmıştır. Hesapların dinamik ve statik analizleri için SAP2000 Yapısal Analiz Programı [12,13] kullanılmıştır. Ayrıca, perdelerin betonarme hesapları, [9]' da verilen taşıma gücü formülleri bilgisayarda programlanarak yapılmıştır. Uygulanan hesap yöntemi sırasıyla aşağıda verilmiştir:

1. Tüm sistemler, SAP2000 Yapısal Analiz Programı kullanılarak 'Mod birleştirme Yöntemi' ile analiz edilmiştir.

2. Bütün sistemlerde P1 Perdeleri, Sistem5' te ise P1, P2 ve P3 Perdeleri için, analiz sonucu bulunan normal kuvvet ve moment değerleri ele alınmıştır.

3. Hesaplanan bu değerler kullanılarak, Visualbasic' te geliştirilen Perde1.0 programı yardımıyla, yönetmelik ve öneri tasarım eğilme momenti diyagramları ile hesaplanan eğilme momenti diyagramları karşılaştırmalı olarak çizilmiştir.

4. Bölüm 4.5' de verilen Tasarım Eğilme Momenti Güvenlik Katsayıları, yönetmelik ve öneri tasarım eğilme momenti değerleri için, Perde1.0 Programı ile ayrı ayrı hesaplanarak, karşılaştırılmalı diyagramları çizilmiştir.

5. Perdenin her kesitinde elde edilen güvenlik katsayılarının (TGK) ortalama değerden sapma miktarını görebilmek için, standart sapmaları ve ağırlıklı ortalamaları hesaplanmış ve tablolar halinde sunulmuştur.

6. Seçilen perdelerin, hesaplanan normal kuvvet ve moment değerlerine göre Perde1.0 programıyla donatı hesabı yapılmış, sonuçlar tablolar halinde

sunulmuş ve kolay karşılaştırma imkanı sağlamak amacıyla donatı diyagramları çizilmiştir.

4.6 İncelenen Yapı Sistemleri

Tez çalışmasında, 10, 16 ve 22 katlı ve bir doğrultuda 3, diğer doğrultuda 4, 5, 6 ve 7 akslı perde çerçeve betonarme bina örnekleri seçilerek, perdeler iç ve dış akslara yerleştirilip toplam 24 farklı sistem oluşurulmuştur. Bu sistemlerin, hem düşey yükler, hem de Y doğrultusundaki deprem yükü etkisine göre kesit hesapları yapılmıştır. Bütün sistemlerin deprem hesapları, 1. derece deprem bölgesi, yerel zemin sınıfı Z2 ve bina önem katsayısı I = 1 alınarak yapılmıştır. Sistemlerin süneklilik düzeyi karma sistem olarak alınmıştır.

Sistem5 ise, 10 katlı ve planda x ve y eksenlerine göre simetriktir. Bu sistemde, boyları değişen üç farklı perde türü kullanılmıştır. Bu sistemin de deprem hesabı, 1. derece deprem bölgesi, yerel zemin sınıfı Z2 ve bina önem katsayısı I = 1 alınarak yapılmıştır. Sistem5' inde süneklilik düzeyi karma sistem olarak alınmıştır.

5. ÇEŞİTLİ YAPI SİSTEMLERİ ÜZERİNDE SAYISAL İNCELEMELER

5.1 İncelenen Yapı Sistemleri

Çalışmada [1]'de önerilen perde tasarım momentinin uygulanabilirliğini incelemek amcıyla dört farklı yapı sistemi seçilmiştir. Her yapı sisteminde perdeler orta ve dış akslara yerleştirilmiş ve her yapı da 10, 16, 22 katlı olmak üzere üç ayrı yükseklik alınarak toplam 24 ayrı sistem oluşturulmuştur. Bu sistemlerin hem düşey doğrultuda, hemde Y doğrultusundaki deprem yükü etkisine göre kesit hesapları yapılmıştır.

Perdeleri planda iç akslarda yerleşmiş olan sistemlerde ABYYHY' de tanımlanan A1 (burulma düzensizliği) türü düzensizlik vardır. Perdelerin dış akslara alındığı sistemlerde bu türden bir düzensizlik yoktur. Dolayısıyla sadece %5 dışmerkezlik alınarak çözülmüştür.

Örnek Yapıların Sistem ve Malzeme Parametreleri:

Yapının kullanım amacı		: Konut
Malzeme		: BS20/BÇIII
Betonun karakteristik basınç dayanımı	[f_{ck}]	: 20 N/mm^2
Çeliğin karakteristik akma dayanımı	[f_{yk}]	: 420 N/mm^2
Betonun elastisite modülü	[E_c]	: 2.85x10^7 kN/m^2
Çeliğin elastisite modülü	[E_s]	: 2x10^8 kN/m^2
Hareketli yük	[q_i]	: 2 kN/m^2
Zemin kat yüksekliği		: 4 m
Normal kat yüksekliği		: 3 m
Deprem bölgesi		: 1. Derece
Bina önem katsayısı	[I]	: 1
Yerel zemin sınıfı		: Z2
Yerçekimi ivmesi	[g]	: 9,81 m/sn^2
Sönüm oranı	[ξ]	:%5

Hesaplarda gözönüne alınan kolon, perde ve kiriş boyutları Tablo 5.1, 5.2, 5.3' te verilmiştir.

Tablo 5.1 10 Katlı Yapının Kolon, Perde ve Kiriş Boyutları (cm)

Kat No	S1	S2	S3	S4	P1	Kirişler
10,9	30 x 30	30 x 30	30 x 30	150 x 25	35 x 375	25 x 50
8,7	30 x 30	30 x 40	40 x 40	150 x 25	35 x 375	25 x 50
6,5	30 x 40	30 x 45	45 x 45	150 x 25	35 x 375	25 x 50
4,3	30 x 45	30 x 55	45 x 60	150 x 25	35 x 375	25 x 50
2,1	30 x 55	30 x 70	45 x 70	150 x 25	35 x 375	25 x 50

Tablo 5.2 16 Katlı Yapının Kolon, Perde ve Kiriş Boyutları (cm)

Kat No	S1	S2	S3	S4	P1	Kirişler
16,15	30 x 30	30 x 30	30 x 30	250 x 25	35 x 375	25 x 50
14,13	30 x 30	30 x 40	40 x 40	250 x 25	35 x 375	25 x 50
12,11	30 x 40	30 x 45	45 x 45	250 x 25	35 x 375	25 x 50
10,9	30 x 50	30 x 60	45 x 60	250 x 25	35 x 375	25 x 50
8,7	30 x 70	30 x 80	45 x 70	250 x 25	35 x 375	25 x 50
6,5	30 x 80	30 x 100	45 x 80	250 x 25	35 x 375	25 x 50
4,3	30 x 90	30 x 110	45 x 90	250 x 25	35 x 375	25 x 50
2,1	30 x 100	30 x 120	45 x 100	250 x 25	35 x 375	25 x 50

Tablo 5.3 22 Katlı Yapının Kolon, Perde ve Kiriş Boyutları (cm)

Kat No	S1	S2	S3	S4	P1	Kirişler
22,21	30 x 30	30 x 30	30 x 30	250 x 25	35 x 375	25 x 50
20,19	30 x 30	30 x 40	40 x 40	250 x 25	35 x 375	25 x 50
18,17	30 x 40	30 x 45	45 x 45	250 x 25	35 x 375	25 x 50
16,15	30 x 50	30 x 55	45 x 60	250 x 25	35 x 375	25 x 50
14,13	30 x 70	30 x 80	45 x 70	250 x 25	35 x 375	25 x 50
12,11	30 x 80	30 x 100	45 x 80	250 x 25	35 x 375	25 x 50
10,9	30 x 90	30 x 110	45 x 90	250 x 25	35 x 375	25 x 50
8,7	30 x 100	30 x 120	45 x 100	250 x 25	35 x 375	25 x 50
6,5	30 x 110	30 x 130	45 x 110	250 x 25	35 x 375	25 x 50
4,3	30 x 120	30 x 140	45 x 120	250 x 25	35 x 375	25 x 50
2,1	30 x 130	30 x 150	45 x 130	250 x 25	35 x 375	25 x 50

Yapıların hepsinde, en üst katın sabit yükü 6,79 kN/m^2, diğer katların sabit yükü ise 10,00 kN/m^2 olarak göz önüne alınmıştır. Bütün sistemlerin kat planları, hesaplamaların, grafik ve şekillerin daha rahat takip edilebilmesi için Ek-1' de verilmiştir. Sistemlerin, üst katlarının ve diğer katlarının kat kütleleri (kNsn^2/m) ve kat kütleleri eylemsizlik momentleri (kNsn^{2}m) Tablo 5.4' te verilmiştir.

Tablo 5.4 Sistemlerin Kat Kütleleri ve Kat Kütleleri Eylemsizlik Momentleri

SİSTEMLER	$m_{üst}$ (kNsn^2/m)	$m_{diğer}$ (kNsn^2/m)	$m_{0üst}$ (kNsn^{2}m)	$m_{0diğer}$ (kNsn^{2}m)
Sistem1a	163,987	235,218	7182,972	10303,038
Sistem1b	163,987	235,218	7182,972	10303,038
Sistem2a	204,477	293,296	12833.062	18407,379
Sistem2b	204,477	293,296	12833.062	18407,379
Sistem3a	244,968	351,375	21039,179	30177,988
Sistem3b	244,968	351,375	21039,179	30177,988
Sistem4a	285,459	409,453	32307,417	46340,696
Sistem4b	285,459	409,453	32307,417	46340,696

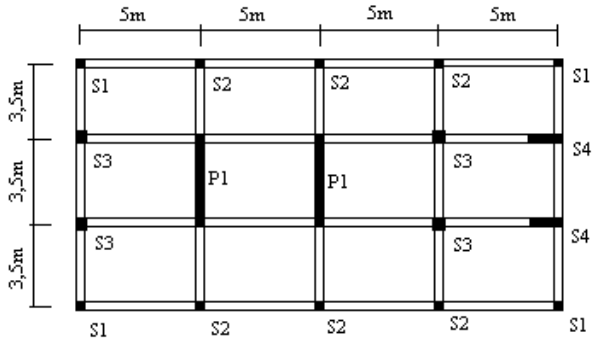
Yapı sistemlerinin analizi için düşey doğrultuda G + Q yüklemesi yapılmış, bu yükler üçgen ve trapez yüklere çevrilerek kirişlere yüklenmiş ve deprem yükleri ile süperpoze edilmiştir (G+Q±E).

Örnek sistemlerin hepsi taşıyıcı sistemi süneklilik düzeyi karma sistem olarak boyutlandırılmıştır. Yani süneklilik düzeyi normal kiriş ve kolonlar ile süneklilik düzeyi yüksek perdeler birarada kullanılmıştır. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı R, bütün sistemlerde ABYYHY' de tanımlanan perde toplam devrilme momenti katkı katsayısı (α_M) 2/3' den büyük olduğu için 6 alınmıştır.

Seçilen tüm yapıların deprem hesabı 'Mod Birleştirme Yöntemi' kullanılarak yapılmıştır. Hesapların dinamik ve statik analizleri için SAP2000 Yapısal Analiz Programı kullanılmıştır. Mod Birleştirme Yöntemi ile elde edilen P1 perdesinde meydana gelen en elverişsiz moment (kNm) ve normal kuvvet (kN) değerleri, her sistem için tanımlanan β katsayısıyla (Mod Birleştirme Yöntemi ile hesaplanan büyüklüklerin alt sınırlarının belirlenmesi için kullanılan katsayı) artırılarak tablolar halinde sunulmuştur.

5.1.1 Sistem 1a

Kat planı Şekil 5.1' de verilen, Y doğrultusunda 3, X doğrultusunda 4 açıklıklı, 10, 16, 22 katlı olmak üzere üç ayrı, perde çerçeve tipi yapı sistemi ele alınarak, depremin Y yönünden gelme durumu için perde tasarım momentleri incelenmiştir.



Şekil 5.1 Sistem1a' nın Kat Planı

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi (Eşdeğer Statik Hesap) ile yapılan hesaplar sonucunda bulunan yapının birinci periyodu T_1, spektrum katsayısı $S(T_1)$, spektral ivme katsayısı $A(T_1)$ ve taban kesme kuvveti V_t, 10, 16 ve 22 katlı yapılar için sırasıyla Tablo 5.5' te verilmiştir. Mod Birleştirme Yöntemi (Dinamik Hesap) ile yapılan hesaplar sonucunda elde edilen değerler artırılarak (β = 1 A1 türü düzensizlik), P1 perdesinde meydana gelen en elverişsiz moment (kNm) ve normal kuvvet (kN) değerleri 10, 16 ve 22 katlı binalar için sırasıyla Tablo 5.6, Tablo 5.7 ve Tablo 5.8' da verilmiştir.

Tablo 5.5 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi İle Hesaplanan Değerler

Kat Sayısı	T_1 (sn)	$S(T_1)$	$A(T_1)$	V_t (kN)
10	0,881	1,329	0,532	1984,012
16	1,419	0,907	0,363	2191,374
22	2,064	0,673	0,271	2261,312

Tablo 5.6 Sistem1a 10 Katlının Moment ve Normal Kuvvet Değerleri

Kat No	**Alt Mom. (kNm)**	**Üst Mom. (kNm)**	**N_d (kN)**
10	729,98	323,71	384,11
9	840,85	1111,25	884,10
8	1082,60	1177,59	1378,23
7	1318,61	1339,32	1866,98
6	1492,65	1325,02	2345,39
5	1895,07	1376,09	2813,82
4	2148,65	1482,36	3268,59
3	3103,71	1614,88	3713,18
2	4305,77	2496,85	4144,42
1	8649,66	3813,21	4567,87

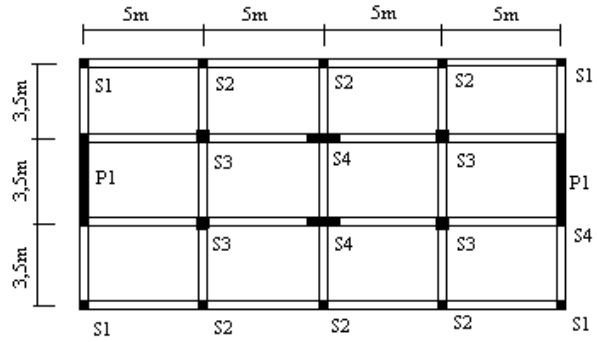
Tablo 5.7 Sistem1a 16 Katlının Moment ve Normal Kuvvet Değerleri

Kat No	Alt Mom. (kNm)	Üst Mom. (kNm)	N_d (kN)
16	676,39	268,83	384,49
15	726,27	1001,67	882,81
14	911,17	1060,93	1372,26
13	1067,44	1210,86	1853,68
12	1238,47	1204,94	2324,50
11	1482,49	1317,96	2784,90
10	1508,68	1362,56	3230,12
9	1671,28	1453,29	3665,50
8	1584,07	1465,14	4088,37
7	1697,92	1433,86	4504,79
6	1698,26	1380,87	4913,80
5	1996,40	1293,61	5320,40
4	2409,78	1387,76	5724,31
3	3318,40	1704,93	6128,05
2	4728,60	2643,34	6531,13
1	7992,95	4222,50	6936,59

Tablo 5.8 Sistem1a 22 Katlının Moment ve Normal Kuvvet Değerleri

Kat No	Alt Mom. (kNm)	Üst Mom. (kNm)	N_d (kN)
22	588,97	221,56	377,88
21	632,39	859,30	865,16
20	766,03	926,66	1342,91
19	876,06	1045,42	1811,99
18	1018,87	1031,24	2269,60
17	1178,94	1134,12	2716,02
16	1206,54	1133,62	3146,90
15	1352,72	1207,46	3566,03
14	1281,98	1203,02	3968,26
13	1367,79	1242,28	4362,48
12	1330,32	1237,02	4748,18
11	1402,70	1248,06	5130,21
10	1407,03	1229,32	5508,29
9	1513,56	1219,06	5884,74
8	1566,24	1202,86	6258,89
7	1741,26	1186,62	6633,32
6	1905,96	1208,01	7007,52
5	2280,75	1254,77	7384,19
4	2795,32	1521,81	7763,03
3	3670,80	2025,56	8146,87
2	4962,36	2991,08	8535,63
1	7534,58	4476,79	8932,45

5.1.2 Sistem 1b



Şekil 5.2 Sistem1b' nin Kat Planı

Kat planı Şekil 5.2' de verilen, Y doğrultusunda 3, X doğrultusunda 4 açıklıklı, 10, 16, 22 katlı, perde çerçeve tipi yapı sistemi, depremin Y yönünden gelme durumu için perde tasarım momentleri incelenmiştir. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile yapılan hesaplar sonucunda bulunan T_1, $S(T_1)$, $A(T_1)$ ve V_t değerleri Tablo 5.9' da verilmiştir. Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılan hesaplar sonucunda elde edilen değerler artırılarak ($\beta = 0,9$), P1 perdesinde meydana gelen en elverişsiz moment ve normal kuvvet değerleri 10, 16 ve 22 katlı binalar için sırasıyla Tablo 5.10, Tablo 5.11 ve Tablo 5.12' de verilmiştir.

Tablo 5.9 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi İle Hesaplanan Değerler

Kat Sayısı	T_1 (sn)	$S(T_1)$	$A(T_1)$	V_t (kN)
10	0,841	1,381	0,553	2062,334
16	1,396	0,921	0,368	2221,563
22	2,040	0,679	0,272	2269,656

Tablo 5.10 Sistem1b 10 Katlının Moment ve Normal Kuvvet Değerleri

Kat No	**Alt Mom. (kNm)**	**Üst Mom. (kNm)**	**N_d (kN)**
10	479,54	405,93	213,78
9	713,16	928,70	492,36
8	1019,44	1021,42	764,45
7	1379,85	1165,15	1031,80
6	1686,85	1261,36	1291,63
5	2199,18	1386,14	1544,28
4	2700,20	1676,47	1786,74
3	3758,05	2091,79	2020,40
2	5038,34	3153,15	2243,10
1	8237,42	4586,37	2455,66

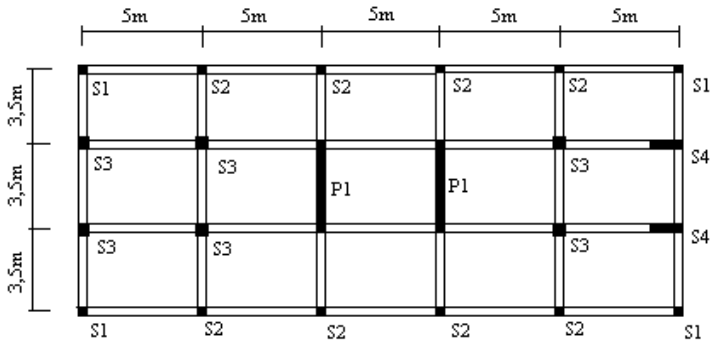
Tablo 5.11 Sistem1b 16 Katlının Moment ve Normal Kuvvet Değerleri

Kat No	Alt Mom. (kNm)	Üst Mom. (kNm)	N_d (kN)
16	497,67	372,35	201,09
15	593,15	942,16	460,51
14	781,09	1010,58	714,56
13	1044,79	1105,99	964,92
12	1377,01	1150,93	1208,79
11	1761,48	1373,48	1446,59
10	1896,51	1572,38	1675,60
9	2102,19	1741,97	1897,85
8	2029,49	1822,35	2111,01
7	2124,04	1775,63	2318,40
6	2152,30	1694,84	2519,40
5	2561,30	1573,02	2715,42
4	3155,23	1765,15	2905,67
3	4249,27	2296,23	3091,63
2	5736,07	3473,68	3272,88
1	8930,96	5176,35	3449,71

Tablo 5.12 Sistem1b 22 Katlının Moment ve Normal Kuvvet Değerleri

Kat No	Alt Mom. (kNm)	Üst Mom. (kNm)	N_d (kN)
22	427,80	277,53	207,93
21	495,03	765,48	476,18
20	563,88	850,55	740,20
19	562,56	915,46	1001,44
18	727,36	824,91	1256,40
17	990,32	885,21	1505,49
16	1147,45	909,34	1745,74
15	1407,66	1074,07	1979,19
14	1430,52	1188,94	2203,03
13	1561,01	1308,85	2420,93
12	1550,79	1376,21	2632,28
11	1619,79	1417,86	2838,50
10	1601,45	1411,32	3038,69
9	1680,09	1373,51	3234,43
8	1720,66	1304,69	3424,94
7	1937,18	1223,16	3611,83
6	2190,16	1230,76	3794,43
5	2693,75	1347,00	3974,36
4	3328,75	1783,22	4151,11
3	4288,63	2455,44	4326,27
2	5586,35	3544,80	4499,71
1	8140,35	5066,50	4671,68

5.1.3 Sistem 2a



Şekil 5.3 Sistem2a' nın Kat Planı

Kat planı Şekil 5.3' de verilen, Y doğrultusunda 3, X doğrultusunda 5 açıklıklı, 10, 16, 22 katlı, perde çerçeve tipi yapı sistemi, depremin Y yönünden gelme durumu için perde tasarım momentleri incelenmiştir. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile yapılan hesaplar sonucunda bulunan T_1, $S(T_1)$, $A(T_1)$ ve V_t değerleri Tablo 5.13' de verilmiştir. Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılan hesaplar sonucunda elde edilen değerler artırılarak (β = 1 A1 türü düzensizlik), P1 perdesinde meydana gelen en elverişsiz moment ve normal kuvvet değerleri 10, 16 ve 22 katlı binalar için sırasıyla Tablo 5.14, Tablo 5.15 ve Tablo 5.16' da verilmiştir.

Tablo 5.13 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi İle Hesaplanan Değerler

Kat Sayısı	T_1 (sn)	$S(T_1)$	$A(T_1)$	V_t (kN)
10	0,882	1,328	0,531	2470,175
16	1,442	0,896	0,358	2697,823
22	2,098	0,664	0,266	2763,470

Tablo 5.14 Sistem2a 10 Katlının Moment ve Normal Kuvvet Değerleri

Kat No	**Alt Mom. (kNm)**	**Üst Mom. (kNm)**	**N_d (kN)**
10	684,30	386,19	381,04
9	908,46	1122,46	879,70
8	1210,76	1274,61	1371,74
7	1512,38	1453,33	1858,32
6	1747,10	1501,66	2334,84
5	2191,75	1565,32	2801,60
4	2586,68	1704,71	3255,12
3	3685,16	1950,19	3698,75
2	5077,17	2999,73	4129,38
1	9276,30	4538,87	4552,84

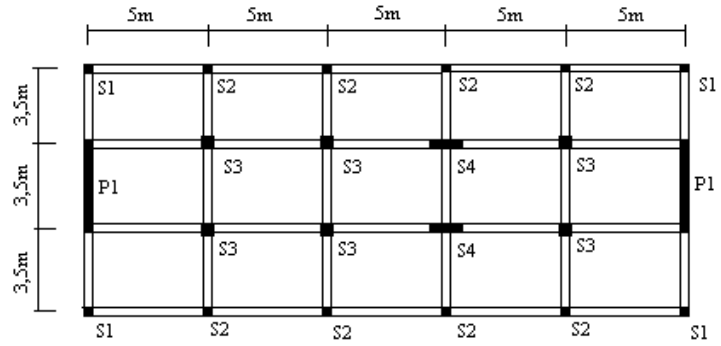
Tablo 5.15 Sistem2a 16 Katlının Moment ve Normal Kuvvet Değerleri

Kat No	Alt Mom. (kNm)	Üst Mom. (kNm)	N_d (kN)
16	657,49	301,96	343,09
15	744,42	1013,47	842,19
14	977,87	1087,42	1332,34
13	1187,18	1267,40	1814,98
12	1390,65	1325,33	2286,79
11	1634,47	1456,45	2748,11
10	1687,89	1526,88	3194,34
9	1841,07	1624,61	3630,63
8	1760,30	1638,52	4054,53
7	1869,55	1602,15	4471,88
6	1872,44	1534,92	4881,76
5	2203,00	1430,30	5289,10
4	2681,05	1534,58	5693,64
3	3684,54	1908,66	6097,91
2	5181,79	2952,95	6501,39
1	8560,33	4638,76	6907,33

Tablo 5.16 Sistem2a 22 Katlının Moment ve Normal Kuvvet Değerleri

Kat No	Alt Mom. (kNm)	Üst Mom. (kNm)	N_d (kN)
22	256,97	256,97	378,39
21	557,60	570,01	869,65
20	774,17	862,29	1350,29
19	952,97	1037,62	1822,24
18	1123,40	1099,36	2282,75
17	1288,76	1220,54	2732,00
16	1337,96	1252,53	3165,73
15	1474,20	1329,04	3587,59
14	1410,72	1331,84	3992,50
13	1489,86	1370,96	4389,28
12	1448,03	1364,61	4777,44
11	1515,98	1373,36	5161,77
10	1518,20	1351,31	5541,99
9	1624,97	1337,46	5920,38
8	1680,31	1314,67	6296,29
7	1865,79	1292,37	6672,24
6	2046,50	1307,51	7047,78
5	2455,98	1353,81	7425,56
4	3019,64	1642,25	7805,32
3	3964,43	2193,35	8189,89
2	5334,68	3236,42	8579,17
1	8052,67	4816,07	8976,49

5.1.4 Sistem 2b



Şekil 5.4 Sistem2b' nin Kat Planı

Kat planı Şekil 5.4' de verilen, Y doğrultusunda 3, X doğrultusunda 5 açıklıklı, 10, 16, 22 katlı, perde çerçeve tipi yapı sistemi, depremin Y yönünden gelme durumu için perde tasarım momentleri incelenmiştir. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile yapılan hesaplar sonucunda bulunan T_1, $S(T_1)$, $A(T_1)$ ve V_t değerleri Tablo 5.17' de verilmiştir. Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılan hesaplar sonucunda elde edilen değerler artırılarak ($\beta = 0,9$), P1 perdesinde meydana gelen en elverişsiz moment ve normal kuvvet değerleri 10, 16 ve 22 katlı binalar için sırasıyla Tablo 5.18, Tablo 5.19 ve Tablo 5.20' de verilmiştir.

Tablo 5.17 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi İle Hesaplanan Değerler

Kat Sayısı	T_1 (sn)	$S(T_1)$	$A(T_1)$	V_t (kN)
10	0,888	1,321	0,528	2457,151
16	1,454	0,890	0,356	2679,761
22	2,109	0,661	0,264	2746,826

Tablo 5.18 Sistem2b 10 Katlının Moment ve Normal Kuvvet Değerleri

Kat No	**Alt Mom. (kNm)**	**Üst Mom. (kNm)**	**N_d (kN)**
10	541,42	439,53	213,95
9	757,36	1040,60	492,70
8	1135,03	1098,78	764,88
7	1574,91	1299,60	1032,26
6	1903,52	1455,70	1292,08
5	2430,72	1611,10	1544,72
4	2895,69	1883,96	1787,15
3	4070,12	2240,66	2020,79
2	5500,70	3402,52	2243,47
1	9232,41	4997,30	2456,02

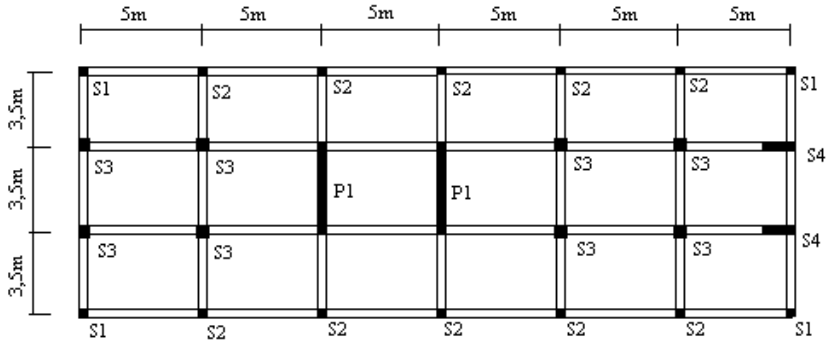
Tablo 5.19 Sistem 2b 16 Katlının Moment ve Normal Kuvvet Değerleri

Kat No	Alt Mom. (kNm)	Üst Mom. (kNm)	N_d (kN)
16	535,89	362,74	201,18
15	610,22	970,40	460,62
14	804,18	1019,70	714,62
13	1042,97	1136,47	964,86
12	1362,36	1161,45	1208,57
11	1750,20	1376,98	1446,19
10	1857,67	1559,58	1675,03
9	2063,30	1720,43	1897,12
8	1970,92	1789,24	2110,12
7	2071,16	1735,95	2317,38
6	2085,00	1647,91	2518,25
5	2504,66	1515,06	2714,17
4	3098,65	1706,90	2904,33
3	4216,91	2235,24	3090,23
2	5747,64	3434,73	3271,46
1	9067,83	5180,85	3448,26

Tablo 5.20 Sistem2b 22 Katlının Moment ve Normal Kuvvet Değerleri

Kat No	Alt Mom. (kNm)	Üst Mom. (kNm)	N_d (kN)
22	501,71	294,26	207,57
21	556,92	860,34	475,41
20	649,83	935,17	739,04
19	629,61	1028,32	999,92
18	803,40	915,15	1254,55
17	1093,54	983,70	1503,34
16	1248,25	996,09	1743,32
15	1535,43	1180,35	1976,53
14	1540,20	1298,58	2200,17
13	1681,68	1426,30	2417,90
12	1656,27	1491,17	2629,09
11	1730,00	1533,65	2835,17
10	1701,76	1519,98	3035,25
9	1787,22	1477,08	3230,90
8	1824,10	1395,48	3421,33
7	2061,99	1301,02	3608,15
6	2333,34	1300,78	3790,70
5	2888,67	1417,45	3970,60
4	3586,80	1893,44	4147,32
3	4654,50	2629,69	4322,45
2	6108,84	3837,12	4495,89
1	8966,00	5536,10	4667,85

5.1.5 Sistem 3a



Şekil 5.5 Sistem3a' nın Kat Planı

Kat planı Şekil 5.5' te verilen, Y doğrultusunda 3, X doğrultusunda 6 açıklıklı, 10, 16, 22 katlı, perde çerçeve tipi yapı sistemi, depremin Y yönünden gelme durumu için perde tasarım momentleri incelenmiştir. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile yapılan hesaplar sonucunda bulunan T_1, $S(T_1)$, $A(T_1)$ ve V_t değerleri Tablo 5.21' de verilmiştir. Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılan hesaplar sonucunda elde edilen değerler artırılarak (β = 1 A1 türü düzensizlik), P1 perdesinde meydana gelen en elverişsiz moment ve normal kuvvet değerleri 10, 16 ve 22 katlı binalar için sırasıyla Tablo 5.22, Tablo 5.23 ve Tablo 5.24' de verilmiştir.

Tablo 5.21 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi İle Hesaplanan Değerler

Kat Sayısı	T_1 (sn)	$S(T_1)$	$A(T_1)$	V_t (kN)
10	0,947	1,254	0,502	2796,648
16	1,507	0,868	0,347	3129,243
22	2,158	0,649	0,261	3253,365

Tablo 5.22 Sistem3a 10 Katlının Moment ve Normal Kuvvet Değerleri

Kat No	**Alt Mom. (kNm)**	**Üst Mom. (kNm)**	**N_d (kN)**
10	817,07	364,52	370,98
9	968,33	1239,16	862,94
8	1324,85	1243,79	1352,39
7	1637,07	1536,23	1838,64
6	1791,94	1588,91	2315,63
5	2233,48	1657,89	2783,35
4	2363,46	1788,03	3237,98
3	3366,43	1817,56	3682,60
2	4634,71	2720,47	4114,02
1	9431,92	4103,66	4537,88

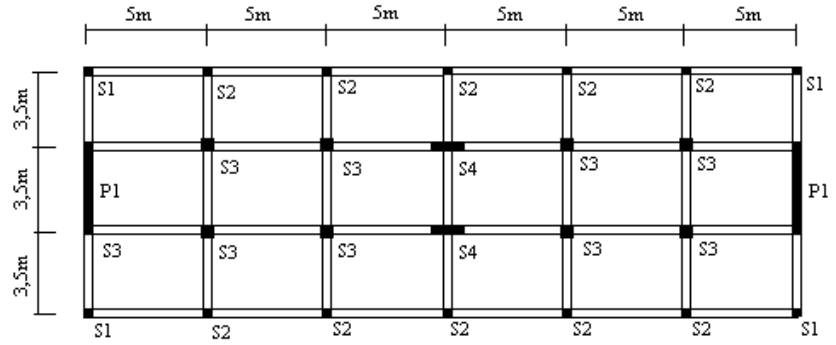
Tablo 5.23 Sistem3a 16 Katlının Moment ve Normal Kuvvet Değerleri

Kat No	Alt Mom. (kNm)	Üst Mom. (kNm)	N_d (kN)
16	774,47	303,48	331,60
15	782,06	1138,22	824,96
14	1075,46	1097,99	1315,72
13	1275,71	1358,83	1802,79
12	1441,57	1367,69	2280,01
11	1734,44	1498,11	2747,49
10	1682,33	1543,59	3199,77
9	1851,89	1616,00	3641,95
8	1709,92	1616,08	4071,13
7	1835,99	1563,86	4493,19
6	1798,79	1496,62	4907,15
5	2129,73	1385,29	5317,92
4	2561,99	1481,65	5725,26
3	3577,90	1803,43	6131,66
2	5136,82	2845,79	6536,64
1	8705,65	4587,27	6943,35

Tablo 5.24 Sistem3a 22 Katlının Moment ve Normal Kuvvet Değerleri

Kat No	Alt Mom. (kNm)	Üst Mom. (kNm)	N_d (kN)
22	269,23	269,23	368,49
21	549,53	596,58	856,49
20	853,91	825,23	1341,12
19	1059,95	1101,70	1821,48
18	1222,50	1146,54	2291,51
17	1424,72	1293,55	2751,17
16	1390,47	1305,63	3195,18
15	1540,63	1368,42	3627,19
14	1412,70	1355,63	4041,49
13	1495,75	1373,00	4447,04
12	1420,53	1349,90	4843,24
11	1496,19	1349,33	5234,93
10	1484,92	1320,36	5621,78
9	1603,03	1310,17	6006,08
8	1643,85	1294,00	6387,18
7	1827,51	1276,45	6767,62
6	1981,88	1291,38	7146,95
5	2381,69	1317,97	7527,86
4	2927,84	1587,41	7910,10
3	3881,63	2113,77	8296,53
2	5276,77	3159,87	8687,10
1	8005,31	4761,00	9085,11

5.1.6 Sistem 3b



Şekil 5.6 Sistem 3b' nin Kat Planı

Kat planı Şekil 5.6' da verilen, Y doğrultusunda 3, X doğrultusunda 6 açıklıklı, 10, 16, 22 katlı, perde çerçeve tipi yapı sistemi, depremin Y yönünden gelme durumu için perde tasarım momentleri incelenmiştir. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile yapılan hesaplar sonucunda bulunan T_1, $S(T_1)$, $A(T_1)$ ve V_t değerleri Tablo 5.25' de verilmiştir. Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılan hesaplar sonucunda elde edilen değerler artırılarak ($\beta = 0,9$), P1 perdesinde meydana gelen en elverişsiz moment ve normal kuvvet değerleri 10, 16 ve 22 katlı binalar için sırasıyla Tablo 5.26, Tablo 5.27 ve Tablo 5.28' de verilmiştir.

Tablo 5.25 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi İle Hesaplanan Değerler

Kat Sayısı	T_1 (sn)	$S(T_1)$	$A(T_1)$	V_t (kN)
10	0,916	1,288	0,515	2870,186
16	1,495	0,871	0,348	3141,871
22	2,155	0,651	0,261	3253,362

Tablo 5.26 Sistem3b 10 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri

Kat No	**Alt Mom. (kNm)**	**Üst Mom. (kNm)**	**N_d (kN)**
10	606,44	463,13	208,08
9	834,84	1131,10	482,66
8	1272,46	1163,35	753,25
7	1754,10	1434,13	1020,20
6	2074,68	1626,38	1280,24
5	2617,99	1790,41	1533,36
4	3008,34	2058,53	1776,52
3	4248,20	2334,14	2010,74
2	5757,40	3543,17	2233,94
1	9962,54	5219,25	2446,76

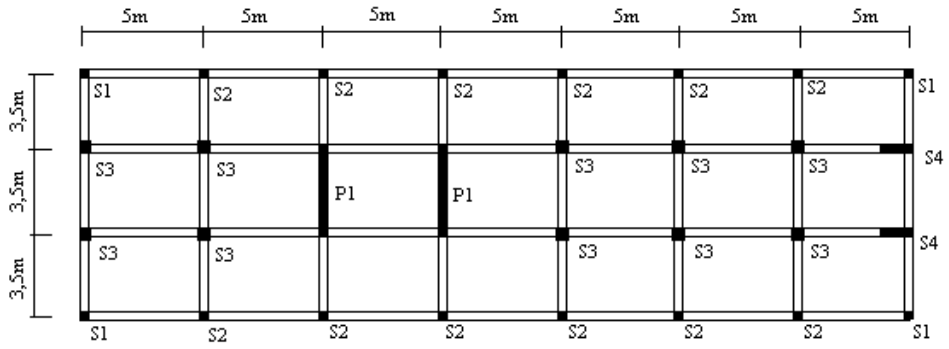
Tablo 5.27 Sistem3b 16 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri

Kat No	Alt Mom. (kNm)	Üst Mom. (kNm)	N_d (kN)
16	575,47	392,87	194,20
15	616,17	1045,46	449,87
14	856,38	1042,98	703,75
13	1135,34	1198,60	955,89
12	1477,53	1222,35	1202,17
11	1924,77	1466,02	1442,81
10	1988,62	1675,25	1674,74
9	2211,33	1829,71	1899,78
8	2074,69	1900,87	2115,53
7	2184,37	1828,45	2325,24
6	2167,81	1731,25	2528,29
5	2618,23	1573,50	2726,04
4	3231,53	1774,93	2917,73
3	4436,79	2316,83	3104,78
2	6093,82	3604,57	3286,83
1	9725,30	5488,27	3464,07

Tablo 5.28 Sistem3b 22 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri

Kat No	Alt Mom. (kNm)	Üst Mom. (kNm)	N_d (kN)
22	532,38	318,05	201,59
21	543,30	919,25	466,58
20	667,93	944,31	730,86
19	664,09	1064,03	994,29
18	866,66	924,28	1252,13
17	1221,77	1014,29	1504,54
16	1347,81	1044,98	1748,23
15	1666,04	1243,06	1985,06
14	1630,98	1379,13	2212,14
13	1781,37	1497,78	2433,06
12	1729,44	1562,11	2647,22
11	1807,78	1599,02	2855,99
10	1763,28	1580,68	3058,52
9	1855,47	1533,40	3256,34
8	1880,59	1446,16	3448,70
7	2132,33	1343,64	3637,17
6	2403,72	1342,27	3821,15
5	2988,14	1453,47	4002,22
4	3713,63	1951,48	4179,90
3	4843,50	2714,84	4355,74
2	6389,14	3988,58	4529,70
1	9409,91	5788,99	4701,95

5.1.7 Sistem 4a



Şekil 5.7 Sistem4a' nın Kat Planı

Kat planı Şekil 5.7' de verilen, Y doğrultusunda 3, X doğrultusunda 7 açıklıklı, 10, 16, 22 katlı, perde çerçeve tipi yapı sistemi, depremin Y yönünden gelme durumu için perde tasarım momentleri incelenmiştir. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile yapılan hesaplar sonucunda bulunan T_1, $S(T_1)$, $A(T_1)$ ve V_t değerleri Tablo 5.29' da verilmiştir. Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılan hesaplar sonucunda elde edilen değerler artırılarak (β = 1 A1 türü düzensizlik), P1 perdesinde meydana gelen en elverişsiz moment ve normal kuvvet değerleri 10, 16 ve 22 katlı binalar için sırasıyla Tablo 5.30, Tablo 5.31 ve Tablo 5.32' de verilmiştir.

Tablo 5.29 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi İle Hesaplanan Değerler

Kat Sayısı	T_1 (sn)	$S(T_1)$	$A(T_1)$	V_t (kN)
10	0,998	1,203	0,481	3122,583
16	1,545	0,848	0,339	3562,402
22	2,201	0,639	0,256	3718,484

Tablo 5.30 Sistem4a 10 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri

Kat No	**Alt Mom. (kNm)**	**Üst Mom. (kNm)**	**N_d (kN)**
10	898,77	356,34	371,53
9	1012,83	1316,87	863,39
8	1371,89	1209,17	1352,21
7	1695,31	1558,25	1837,67
6	1806,65	1615,69	2314,00
5	2264,30	1681,60	2781,18
4	2264,81	1827,65	3235,39
3	3200,26	1764,63	3679,70
2	4390,12	2582,95	4110,91
1	9307,73	3872,52	4534,66

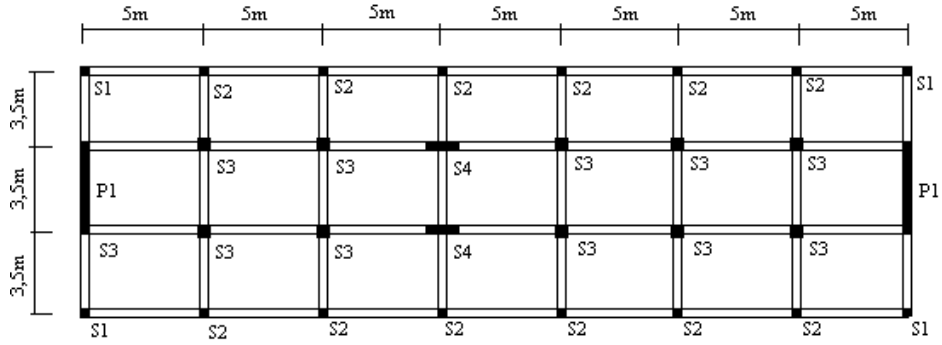
Tablo 5.31 Sistem4a 16 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri

Kat No	Alt Mom. (kNm)	Üst Mom. (kNm)	N_d (kN)
16	819,11	299,82	331,72
15	775,36	1182,45	824,38
14	1094,99	1049,62	1314,06
13	1282,95	1365,27	1800,02
12	1414,33	1343,45	2276,42
11	1738,81	1465,12	2743,29
10	1613,86	1503,22	3195,15
9	1787,70	1542,32	3637,04
8	1622,93	1533,56	4066,06
7	1764,57	1472,22	4488,02
6	1718,44	1415,50	4901,94
5	2047,90	1310,71	5312,71
4	2454,48	1416,42	5720,05
3	3442,86	1721,55	6126,48
2	4961,18	2735,77	6531,48
1	8413,91	4430,41	6938,21

Tablo 5.32 Sistem4a 22 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri

Kat No	Alt Mom. (kNm)	Üst Mom. (kNm)	N_d (kN)
22	276,90	276,90	368,66
21	545,19	613,67	856,15
20	894,88	777,58	1340,15
19	1119,75	1128,17	1820,05
18	1262,01	1168,64	2290,01
17	1488,34	1319,76	2749,86
16	1394,71	1324,92	3194,29
15	1551,92	1364,50	3626,87
14	1391,38	1346,25	4041,82
13	1474,22	1347,45	4448,08
12	1382,48	1314,42	4845,00
11	1463,52	1304,81	5237,42
10	1450,30	1273,98	5624,97
9	1576,52	1266,84	6009,95
8	1613,69	1258,82	6391,67
7	1796,61	1245,63	6772,68
6	1941,64	1265,04	7152,50
5	2334,80	1289,23	7533,84
4	2867,02	1556,50	7916,43
3	3803,50	2071,19	8303,14
2	5166,43	3098,78	8693,89
1	7802,08	4663,63	9092,00

5.1.8 Sistem 4b



Şekil 5.8 Sistem4b' nin Kat Planı

Kat planı Şekil 5.8' de verilen, Y doğrultusunda 3, X doğrultusunda 7 açıklıklı, 10, 16, 22 katlı, perde çerçeve tipi yapı sistemi, depremin Y yönünden gelme durumu için perde tasarım momentleri incelenmiştir. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile yapılan hesaplar sonucunda bulunan T_1, $S(T_1)$, $A(T_1)$ ve V_t değerleri Tablo 5.33' de verilmiştir. Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılan hesaplar sonucunda elde edilen değerler artırılarak ($\beta = 0,9$), P1 perdesinde meydana gelen en elverişsiz moment ve normal kuvvet değerleri 10, 16 ve 22 katlı binalar için sırasıyla Tablo 5.34, Tablo 5.35 ve Tablo 5.36' da verilmiştir.

Tablo 5.33 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi İle Hesaplanan Değerler

Kat Sayısı	T_1 (sn)	$S(T_1)$	$A(T_1)$	V_t (kN)
10	0,953	1,248	0,499	3239,437
16	1,527	0,856	0,342	3593,937
22	2,191	0,641	0,256	3718,499

Tablo 5.34 Sistem4b 10 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri

Kat No	**Alt Mom. (kNm)**	**Üst Mom. (kNm)**	**N_d (kN)**
10	707,43	547,72	208,40
9	1016,13	1318,86	483,19
8	1585,40	1336,21	753,87
7	2189,42	1735,73	1020,95
6	2536,46	2017,13	1281,07
5	3152,49	2215,98	1534,28
4	3490,45	2515,58	1777,48
3	4920,00	2725,63	2011,76
2	6661,13	4101,26	2234,98
1	11775,73	6029,95	2447,81

Tablo 5.35 Sistem4b 16 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri

Kat No	Alt Mom. (kNm)	Üst Mom. (kNm)	N_d (kN)
16	616,83	417,59	194,33
15	626,55	1116,38	449,59
14	908,65	1064,37	702,89
13	1223,65	1259,20	954,45
12	1583,57	1283,54	1200,31
11	2085,92	1551,84	1440,61
10	2105,81	1788,38	1672,32
9	2342,51	1931,56	1897,22
8	2165,58	2004,07	2112,88
7	2281,67	1913,79	2322,53
6	2237,48	1806,40	2525,56
5	2713,17	1625,49	2723,30
4	3344,11	1831,34	2915,00
3	4627,02	2384,27	3102,06
2	6399,96	3750,10	3284,13
1	10313,15	5759,60	3461,38

Tablo 5.36 Sistem4b 22 Katlının Moment ve Normal Kuvvet değerleri

Kat No	Alt Mom. (kNm)	Üst Mom. (kNm)	N_d (kN)
22	564,49	336,98	201,83
21	533,99	974,50	466,65
20	689,76	953,09	730,60
19	701,28	1101,21	993,75
18	924,94	938,88	1251,44
17	1338,26	1048,46	1503,81
16	1433,51	1100,15	1747,55
15	1778,74	1302,65	1984,51
14	1707,85	1454,07	2211,76
13	1865,95	1562,38	2432,87
12	1791,58	1625,87	2647,24
11	1873,66	1657,43	2856,25
10	1816,08	1634,66	3059,00
9	1913,75	1583,53	3257,04
8	1929,85	1490,73	3449,60
7	2193,41	1381,23	3638,27
6	2466,30	1377,92	3822,40
5	3076,21	1484,90	4003,62
4	3827,39	2001,85	4181,42
3	5012,81	2790,64	4357,36
2	6640,50	4123,73	4531,37
1	9809,35	6015,45	4703,66

5.2 Sistem 5

Çalışmada [1]'de önerilen perde tasarım momentinin uygulanabilirliğini incelemek amcıyla Şekil 5.9' daki 10 katlı yapı sistemi seçilmiştir. Bu sistemin hem düşey doğrultuda, hemde Y doğrultusundaki deprem yükü etkisine göre kesit hesapları yapılmıştır.

Bu sistemde, ABYYHY' de tanımlanan A1 (burulma düzensizliği) türü düzensizlik yoktur. Dolayısıyla sadece %5 dışmerkezlik alınarak çözülmüştür.

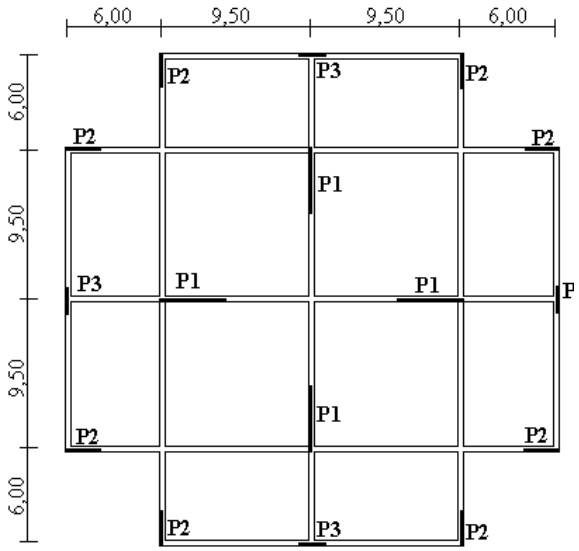
Örnek Yapının Sistem ve Malzeme Parametreleri:

Yapının kullanım amacı		: Konut
Malzeme		: BS25/BÇIII
Betonun karakteristik basınç dayanımı	[f_{ck}]	: 25 N/mm^2
Çeliğin karakteristik akma dayanımı	[f_{yk}]	: 420 N/mm^2
Betonun elastisite modülü	[E_c]	: 3,025x10^7 kN/m^2
Çeliğin elastisite modülü	[E_s]	: 2x10^8 kN/m^2
Hareketli yük	[q_i]	: 2 kN/m^2
Kat yüksekliği		: 3 m
Deprem bölgesi		: 1. Derece
Bina önem katsayısı	[I]	: 1
Yerel zemin sınıfı		: Z2
Yerçekimi ivmesi	[g]	: 9,81 m/sn^2
Sönüm oranı	[ξ]	: %5
Döşeme kalınlığı		: 15 cm

Şekil 5.9' da kat planı görülen sistem5' te, düşey taşıyıcı eleman olarak enkesitte boyutları değişen üç tip perde bulunmaktadır. Simetrik düzendeki yapının her katında toplam 16 adet perde vardır. Perdelerin b_w enkesit genişlikleri sabit, l_w enkesit boyları ise değişkendir. Tablo 5.37' de perde boyutları verilmiştir. Sistem kirişli olup ve kiriş boyutları 45x100 cm olarak sabit alınmıştır.

Tablo 5.37 Sistem5' in Perde Boyutları (cm).

Perdeler	**b_w (cm)**	**l_w (cm)**
P1	25	430
P2	25	220
P3	25	180



Şekil 5.9 Sistem5 için kat planı

Bütün katların sabit yükü 5 kN/m^2' dir. Her katta ise döşemelerden 3,75 kN/m^2 yük gelmektedir. Tüm katların kütlesi 1030,241 kNsn^2/m olarak hesaplanmıştır.

Yapı sistemlerinin analizi için düşey doğrultuda G + Q yüklemesi yapılmış, bu yükler üçgen ve trapez yüklere çevrilerek kirişlere yüklenmiş ve deprem yükleri ile süperpoze edilmiştir (G+Q±E).

Örnek sistemlerin hepsi taşıyıcı sistemi süneklilik düzeyi karma sistem olarak boyutlandırılmıştır. Yani süneklilik düzeyi normal kiriş ve kolonlar ile süneklilik düzeyi yüksek perdeler birarada kullanılmıştır. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı R, bütün sistemlerde ABYYHY' de tanımlanan perde toplam devrilme momenti katkı katsayısı (α_M) 2/3' den büyük olduğu için 6 alınmıştır.

Yapının deprem hesabı 'Mod Birleştirme Yöntemi' kullanılarak yapılmıştır. Hesapların dinamik ve statik analizleri için SAP2000 Yapısal Analiz Programı kullanılmıştır.

Yapılan hesap sonucunda, yapının birinci hakim periyodu T_1 = 0,853 sn olarak hesaplanmıştır. Spektrum katsayısı $S(T_1)$ = 1,364, spektral ivme katsayısı $A(T_1)$ = 0,546 olarak bulunmuştur. Binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti) V_t = 9197,097 kN olarak hesaplanmıştır.

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi (Eşdeğer Statik Hesap) ve Mod Birleştirme Yöntemi (Dinamik Hesap) ile yapılan hesaplar sonucunda, Mod Birleştirme Yöntemi ile elde edilen değerler artırılarak (β = 0,9), P1, P2, P3 perdelerinde meydana gelen en

elverişsiz moment (kNm) ve normal kuvvet (kN) değerleri Tablo 5.38, 5.39, 5.40' da verilmiştir.

Tablo 5.38 Sistem5' de P1 Perdesindeki Moment ve Normal Kuvvet Değerleri.

Kat No	Alt Mom. (kNm)	Üst Mom. (kNm)	N_d (kN)
10	983,37	1471,72	1391,26
9	1232,92	2735,38	2744,31
8	1322,37	3265,36	4086,02
7	1461,46	3471,46	5417,18
6	1723,07	3467,73	6749,16
5	2203,01	3240,42	8120,33
4	3119,94	2681,41	9547,25
3	4856,83	1647,39	11010,33
2	7991,84	1657,60	12495,94
1	12416,92	5690,04	13986,81

Tablo 5.39 Sistem5' de P2 Perdesindeki Moment ve Normal Kuvvet Değerleri.

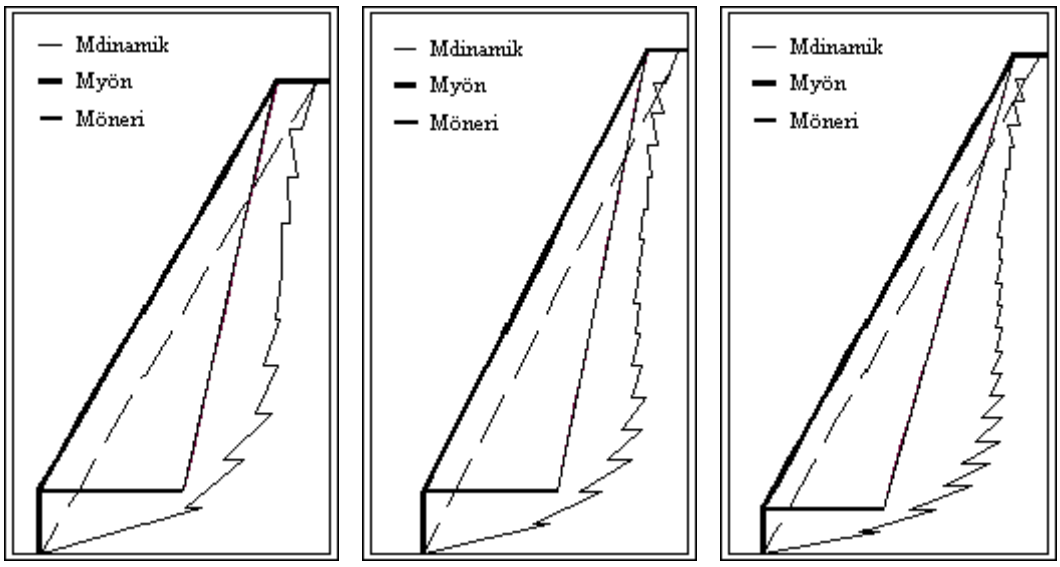
Kat No	Alt Mom. (kNm)	Üst Mom. (kNm)	N_d (kN)
10	133,07	346,61	440,97
9	175,38	594,20	915,47
8	265,03	709,22	1417,93
7	378,68	788,46	1947,80
6	503,02	837,58	2501,85
5	641,99	851,11	3075,68
4	813,52	807,24	3662,94
3	1055,46	660,36	4253,11
2	1464,95	332,37	4826,95
1	2657,04	496,26	5344,84

Tablo 5.40 Sistem5' de P3 Perdesindeki Moment ve Normal Kuvvet Değerleri

Kat No	Alt Mom. (kNm)	Üst Mom. (kNm)	N_d (kN)
10	277,36	629,99	412,39
9	386,70	683,73	826,72
8	527,05	814,96	1239,83
7	659,33	908,93	1651,04
6	778,66	975,99	2059,77
5	885,90	1009,95	2465,33
4	985,12	993,82	2866,97
3	1085,92	891,54	3263,84
2	1200,22	629,51	3654,79
1	1736,05	86,78	4039,03

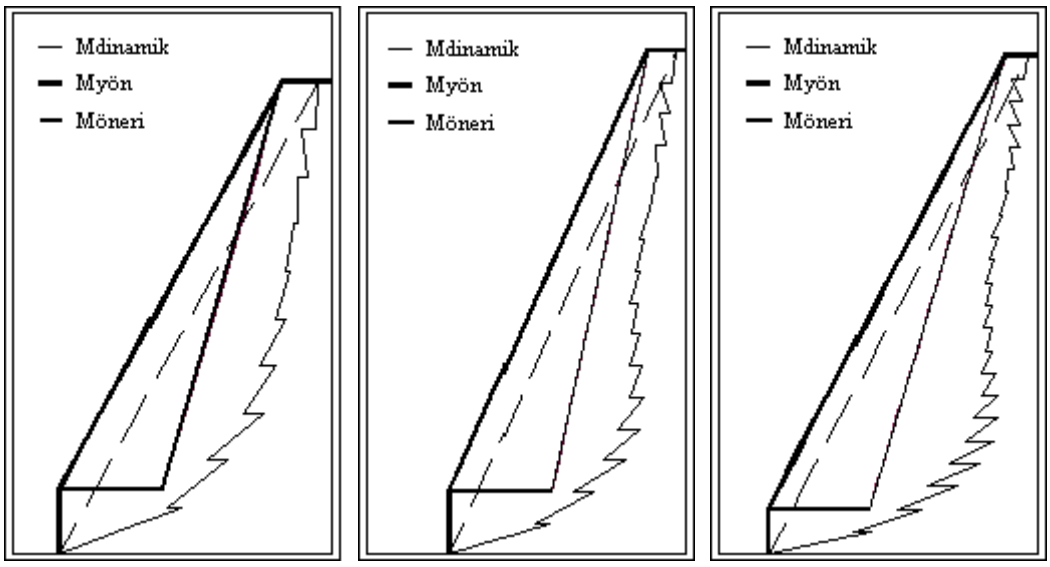
5.3 Örnek Yapı Sistemlerinin Hesap, Yönetmelik ve Öneri Tasarım Momentleri

Hesap, yönetmelik ve öneri tasarım eğilme moment diyagramları Sistem1a için Şekil 5.10' da, Sistem1b için Şekil 5.11' de, Sistem2a için Şekil 5.12' de, Sistem2b için Şekil 5.13' de, Sistem3a için Şekil 5.14' de, Sistem3b için Şekil 5.15' de, Sistem4a için Şekil 5.16' da, Sistem4b için Şekil 5.17' de, Sistem5 için ise Şekil 5.18' de verilmiştir.



10KATLI 16 KATLI 22KATLI

Şekil 5.10 Sistem1a İçin Hesap, Yönetmelik ve Önerilen Tasarım Moment Diyagramları (kNm)



10KATLI 16 KATLI 22KATLI

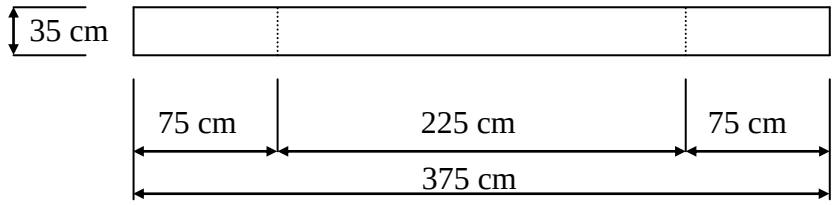
Şekil 5.11 Sistem1b İçin Hesap, Yönetmelik ve Önerilen Tasarım Moment Diyagramları (kNm)

6. ÖRNEK YAPI SİSTEMLERİNİN PERDE DONATI HESAPLARI

Bu kısımda, incelenen yapı sistemlerinde yönetmelikte verilen diyagram ile önerilen alternatif tasarım eğilme moment diyagramı için betonarme hesaplar yapılıp, gerekli donatı miktarları (A_s) arasında bir karşılaştırılma yapılacaktır. Tüm betonarme hesaplarda malzeme BS20, BÇIII alınarak [5] nolu kaynakta verilen taşıma gücü formülleri kullanılmıştır.

6.1 Örnek Yapı Sistemleri İçin Yönetmelik ve Öneri Tasarım Eğilme Momentine Göre Perde Donatı Hesapları

Her sistemde perde boyutları b_w = 35 cm ve l_w = 375 cm seçilmiştir. Buna göre Bölüm 3' te verilen minumum donatı koşulları, Şekil 6.1 ve 6.2' de görülmektedir.

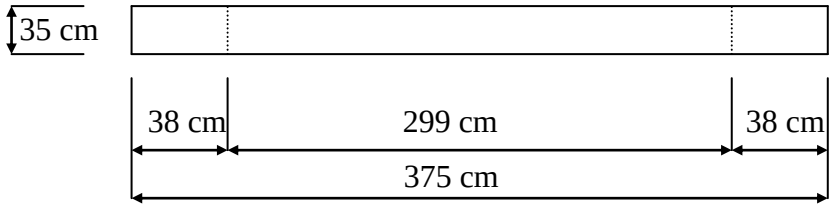


$A_{S\ uc,min}$ = 0,002$b_w l_w$ = 0,002x35x375 =26,25 cm^2

$A_{S\ gövv,min}$ = 0,0025bw(l_w-2l_u) = 0,0025x35x225 =19,69 cm^2

$\sum A_{Smin}$ = 19,69+2x26,25 = 72,19 cm^2

Şekil 6.1 Kritik Perde Yüksekliği Boyunca Minimum Toplam Düşey Donatı



$A_{S\ uc,min}$ = 0,001$b_w l_w$ = 0,001x35x375 =13,13 cm^2

$A_{S\ gövv,min}$ = 0,0025bw(l_w-2l_u) = 0,0025x35x299 =26,24cm^2

$\sum A_{Smin}$ = 26,24+ 2x13,13= 52,5 cm^2

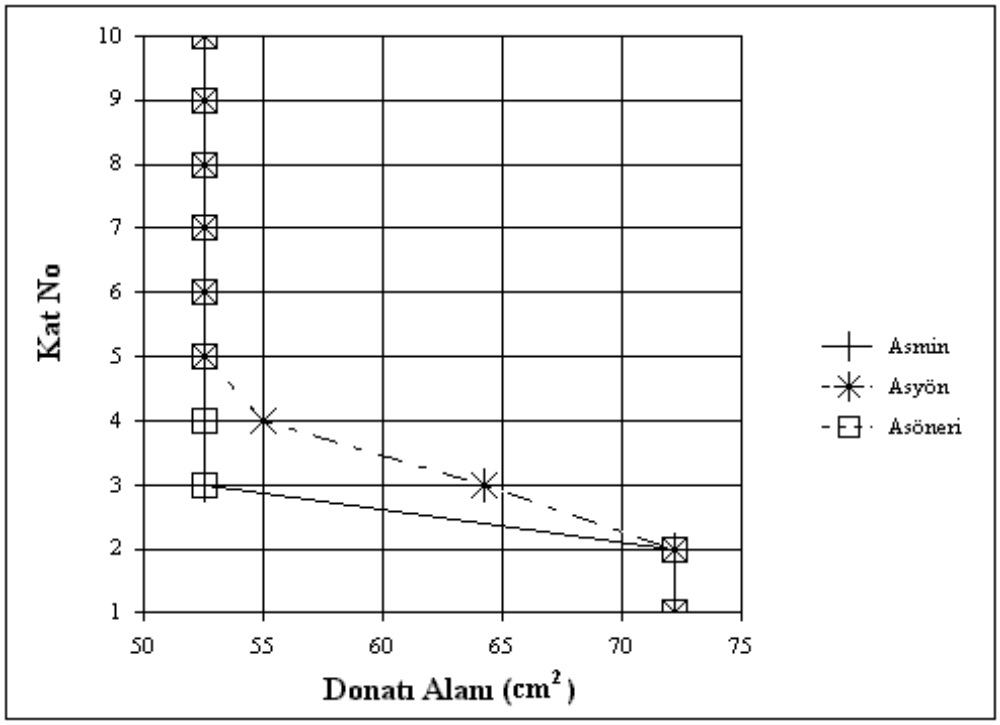
Şekil 6.2 Kritik Perde Yüksekliği Dışında Minimum Toplam Düşey Donatı

6.1.1 Sistem 1a

Sistem 1a için G+Q±E yüklemesinden elde edilen N_d (kN) değerleri ile yönetmelik tasarım momentleri (kNm) ve alternatif tasarım momentlerine (kNm) göre hesaplanan gerekli A_s (cm^2) donatı alanları, 10, 16, 22 katlı yapılar için sırasıyla Tablo 6.1, 6.2, 6.3' de verilmiştir. Donatı alanlarının kolay karşılaştırılabilmesi amacıyla donatı diyagramları çizilmiştir. Bu diyagramlar, 10, 16, 22 katlı yapılar için sırasıyla Şekil 6.3, 6.4, 6.5' de verilmiştir.

Tablo 6.1 Sistem1a 10 katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı

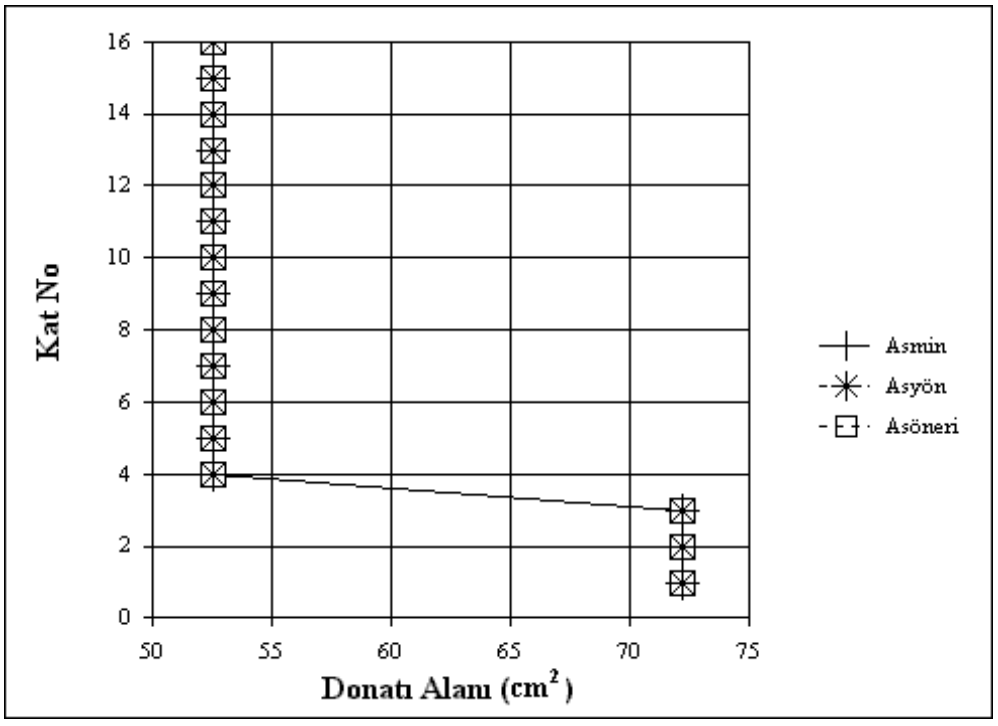
Kat No	N_d (kN)	$M_{yön}$ (kNm)	$M_{öneri}$(kNm)	$A_{syön}$ (cm^2)	$A_{söneri}$ (cm^2)	A_{smin} (cm^2)
10	384,11	2312,69	1810,21	34,62	23,67	52,50
9	884,10	3145,28	2140,33	33,64	11,74	52,50
8	1378,23	3977,88	2470,44	34,44	1,59	52,50
7	1866,98	4810,47	2800,56	36,95	-	52,50
6	2345,39	5643,07	3130,67	41,27	-	52,50
5	2813,82	6475,66	3460,79	47,29	-	52,50
4	3268,59	7308,26	3790,91	54,99	-	52,50
3	3713,18	8140,85	4121,02	64,20	-	52,50
2	4144,42	8649,66	8649,66	67,82	67,82	72,19
1	4567,87	8649,66	8649,66	61,64	61,64	72,19



Şekil 6.3 Sistem1a 10 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı

Tablo 6.2 Sistem1a 16 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı

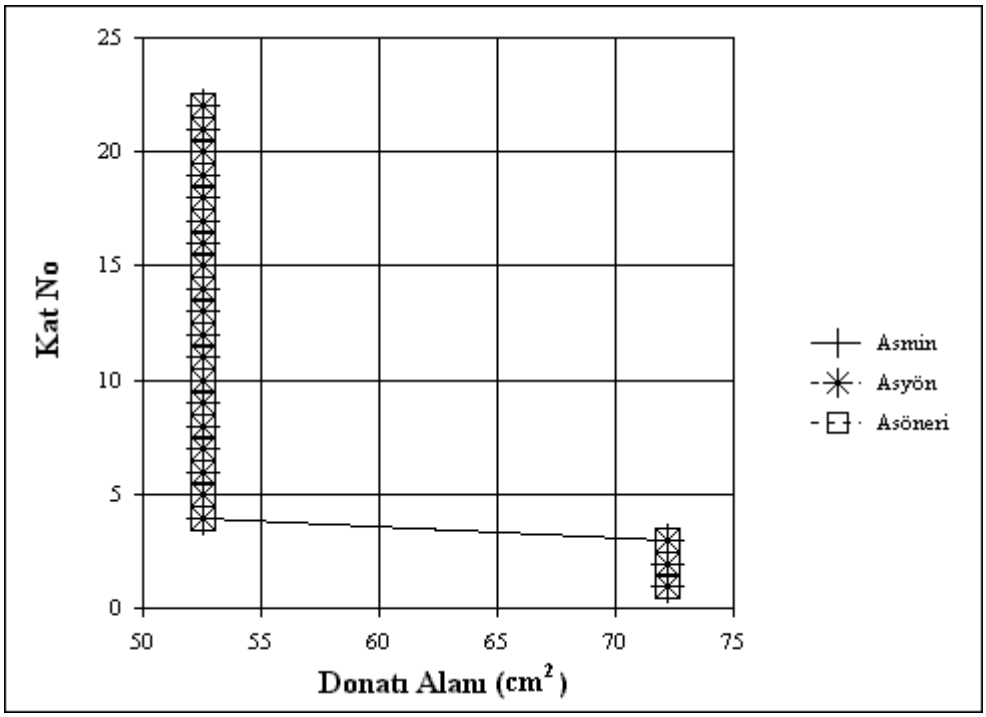
Kat No	N_d (kN)	$M_{yön}$ (kNm)	$M_{öneri}$(kNm)	$A_{syön}$ (cm^2)	$A_{söneri}$ (cm^2)	A_{smin} (cm^2)
16	384,49	1717,10	1430,61	21,63	15,39	52,50
15	882,81	2199,86	1626,88	13,08	0,60	52,50
14	1372,26	2682,62	1823,15	6,41	-	52,50
13	1853,68	3165,38	2019,41	1,51	-	52,50
12	2324,50	3648,13	2215,68	-	-	52,50
11	2784,90	4130,89	2411,95	-	-	52,50
10	3230,12	4613,65	2608,21	-	-	52,50
9	3665,50	5096,41	2804,48	-	-	52,50
8	4088,37	5579,16	3000,75	1,82	-	52,50
7	4504,79	6061,92	3197,01	6,10	-	52,50
6	4913,80	6544,68	3393,28	11,57	-	52,50
5	5320,40	7027,44	3589,55	12,34	-	52,50
4	5724,31	7510,19	3785,81	23,08	-	52,50
3	6128,05	7992,95	3982,08	33,82	-	72,19
2	6531,13	7992,95	7992,95	33,82	33,82	72,19
1	6936,59	7992,95	7992,95	33,82	33,82	72,19



Şekil 6.4 Sistem1a 16 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı

Tablo 6.3 Sistem1a 22 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı

Kat No	N_d (kN)	$M_{yön}$ (kNm)	$M_{öneri}$(kNm)	$A_{syön}$ (cm^2)	$A_{söneri}$ (cm^2)	A_{smin} (cm^2)
22	377,88	1218,79	1062,31	11,03	7,62	52,50
21	865,16	1551,20	1238,24	-	-	52,50
20	1342,91	1883,61	1414,17	-	-	52,50
19	1811,99	2216,02	1590,10	-	-	52,50
18	2269,60	2548,43	1766,03	-	-	52,50
17	2716,02	2880,84	1941,95	-	-	52,50
16	3146,90	3213,25	2117,88	-	-	52,50
15	3566,03	3545,66	2293,81	-	-	52,50
14	3968,26	3878,07	2469,74	-	-	52,50
13	4362,48	4210,48	2645,67	-	-	52,50
12	4748,18	4542,89	2821,60	-	-	52,50
11	5130,21	4875,30	2997,53	-	-	52,50
10	5508,29	5207,71	3173,46	-	-	52,50
9	5884,74	5540,12	3349,39	-	-	52,50
8	6258,89	5872,53	3525,32	-	-	52,50
7	6633,32	6204,94	3701,24	-	-	52,50
6	7007,52	6537,35	3877,17	1,44	-	52,50
5	7384,19	6869,76	4053,10	8,84	-	52,50
4	7763,03	7202,17	4229,03	16,23	-	52,50
3	8146,87	7534,58	4404,96	31,54	-	72,19
2	8535,63	7534,58	7534,58	38,74	38,74	72,19
1	8932,45	7534,58	7534,58	46,29	46,29	72,19



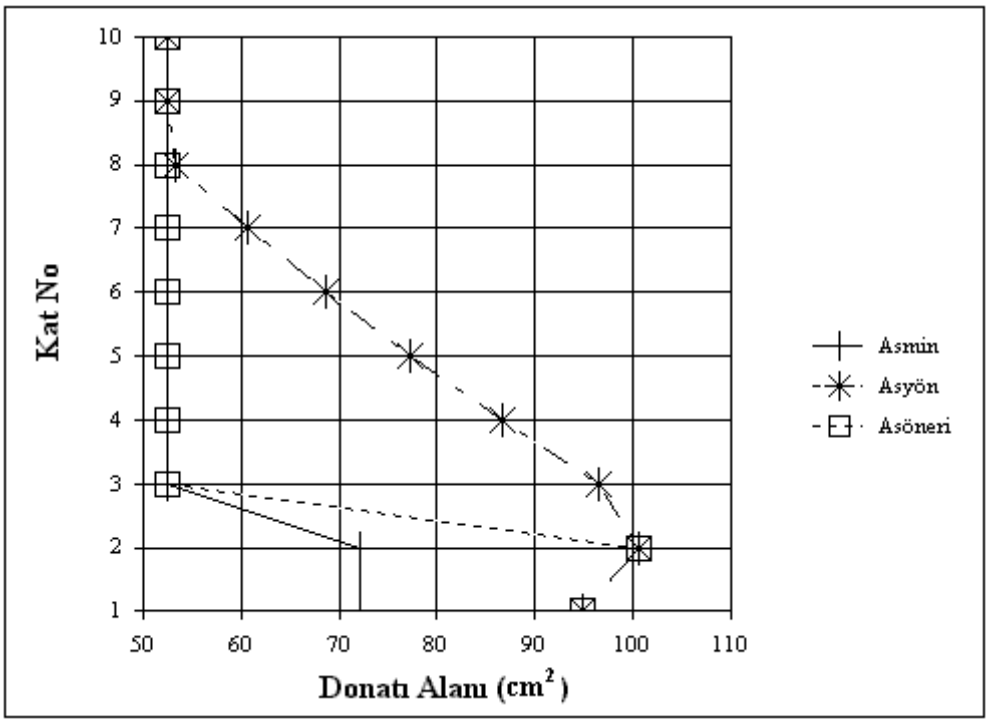
Şekil 6.5 Sistem1a 22 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı

6.1.2 Sistem 1b

Sistem 1b için G+Q±E yüklemesinden elde edilen N_d (kN) değerleri ile yönetmelik tasarım momentleri (kNm) ve alternatif tasarım momentlerine (kNm) göre hesaplanan gerekli A_s (cm^2) donatı alanları, 10, 16, 22 katlı yapılar için sırasıyla Tablo 6.4, 6.5, 6.6' da verilmiştir. Donatı alanlarının kolay karşılaştırılabilmesi amacıyla donatı diyagramları çizilmiştir. Bu diyagramlar, 10, 16, 22 katlı yapılar için sırasıyla Şekil 6.6, 6.7, 6.8' de verilmiştir.

Tablo 6.4 Sistem1b 10 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı

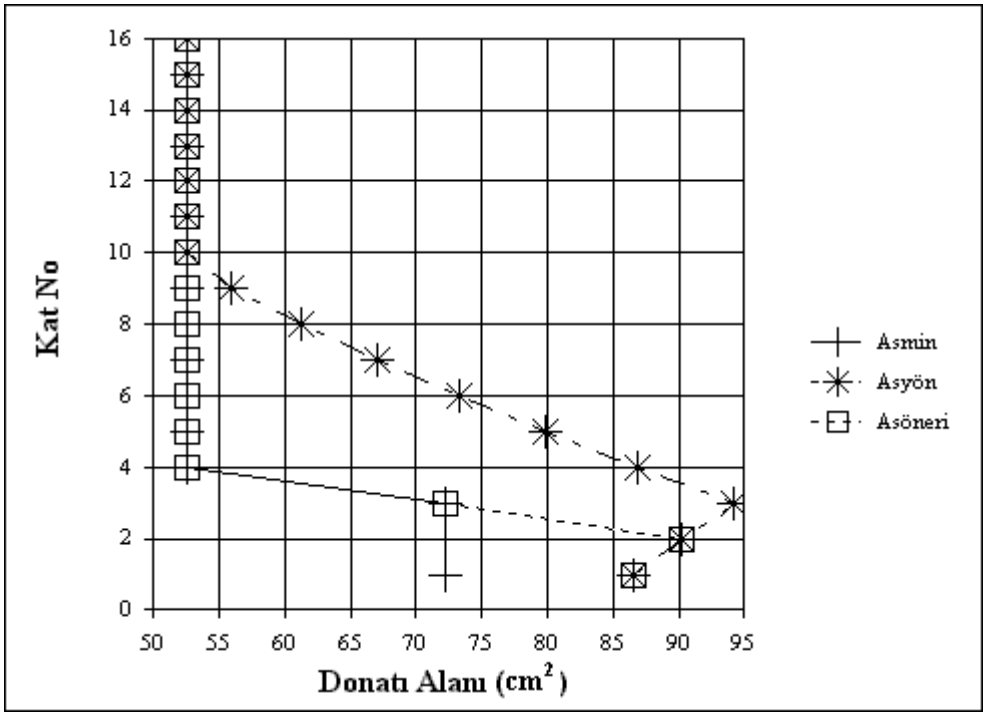
Kat No	N_d (kN)	$M_{yön}$ (kNm)	$M_{öneri}$(kNm)	$A_{syön}$ (cm^2)	$A_{söneri}$ (cm^2)	A_{smin} (cm^2)
10	213,78	2276,79	1920,13	40,72	32,95	52,50
9	492,36	3059,94	2346,63	46,63	31,08	52,50
8	764,45	3843,08	2773,13	53,27	29,96	52,50
7	1031,80	4626,23	3199,63	60,56	29,47	52,50
6	1291,63	5409,38	3626,12	68,56	29,70	52,50
5	1544,28	6192,53	4052,62	77,22	30,59	52,50
4	1786,74	6975,68	4479,12	86,60	32,19	52,50
3	2020,40	7758,83	4905,62	96,61	34,44	52,50
2	2243,10	8237,42	8237,42	100,64	100,64	72,19
1	2455,66	8237,42	8237,42	94,82	94,82	72,19



Şekil 6.6 Sistem1b 10 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı

Tablo 6.5 Sistem1b 16 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı

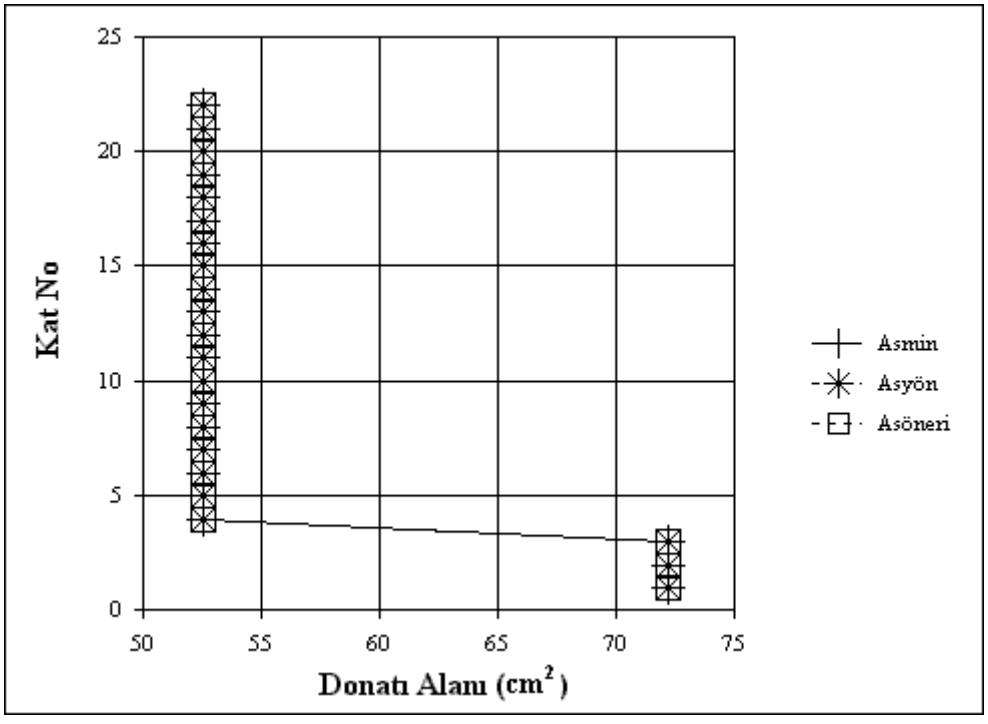
Kat No	N_d (kN)	$M_{yön}$ (kNm)	$M_{öneri}$(kNm)	$A_{syön}$ (cm^2)	$A_{söneri}$ (cm^2)	A_{smin} (cm^2)
16	201,09	1977,09	1703,39	34,71	28,74	52,50
15	460,51	2512,00	1964,60	35,94	24,01	52,50
14	714,56	3046,92	2225,81	37,80	19,91	52,50
13	964,92	3581,83	2487,02	40,21	16,35	52,50
12	1208,79	4116,74	2748,23	43,24	13,41	52,50
11	1446,59	4651,66	3009,44	46,84	11,06	52,50
10	1675,60	5186,57	3270,65	51,09	9,34	52,50
9	1897,85	5721,48	3531,86	55,87	8,16	52,50
8	2111,01	6256,39	3793,07	61,23	7,55	52,50
7	2318,40	6791,31	4054,28	67,03	7,39	52,50
6	2519,40	7326,22	4315,49	73,28	7,68	52,50
5	2715,42	7861,13	4576,70	79,91	8,34	52,50
4	2905,67	8396,05	4837,91	86,92	9,39	52,50
3	3091,63	8930,96	5099,12	94,26	10,76	72,19
2	3272,89	8930,96	8930,96	90,26	90,26	72,19
1	3449,71	8930,96	8930,96	86,56	86,56	72,19



Şekil 6.7 Sistem1b 16 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı

Tablo 6.6 Sistem1b 22 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı

Kat No	N_d (kN)	$M_{yön}$ (kNm)	$M_{öneri}$(kNm)	$A_{syön}$ (cm^2)	$A_{söneri}$ (cm^2)	A_{smin} (cm^2)
22	207,93	1349,73	1200,03	20,76	17,49	52,50
21	476,18	1707,13	1407,73	17,78	11,26	52,50
20	740,20	2064,54	1615,44	15,43	5,64	52,50
19	1001,44	2421,94	1823,14	13,62	0,57	52,50
18	1256,40	2779,34	2030,84	12,45	-	52,50
17	1505,49	3136,74	2238,54	11,89	-	52,50
16	1745,74	3494,14	2446,24	12,01	-	52,50
15	1979,19	3851,54	2653,94	12,69	-	52,50
14	2203,03	4208,94	2861,64	13,98	-	52,50
13	2420,93	4566,34	3069,34	15,76	-	52,50
12	2632,28	4923,74	3277,05	18,00	-	52,50
11	2838,50	5281,14	3484,75	20,66	-	52,50
10	3038,69	5638,54	3692,45	23,72	-	52,50
9	3234,43	5995,95	3900,15	27,13	-	52,50
8	3424,94	6353,35	4107,85	30,90	-	52,50
7	3611,83	6710,75	4315,55	34,96	-	52,50
6	3794,43	7068,15	4523,25	39,33	-	52,50
5	3974,36	7425,55	4730,95	43,95	-	52,50
4	4151,11	7782,95	4938,66	48,83	-	52,50
3	4326,27	8140,35	5146,36	53,93	-	72,19
2	4499,71	8140,35	8140,35	51,46	51,46	72,19
1	4671,68	8140,35	8140,35	49,20	49,20	72,19



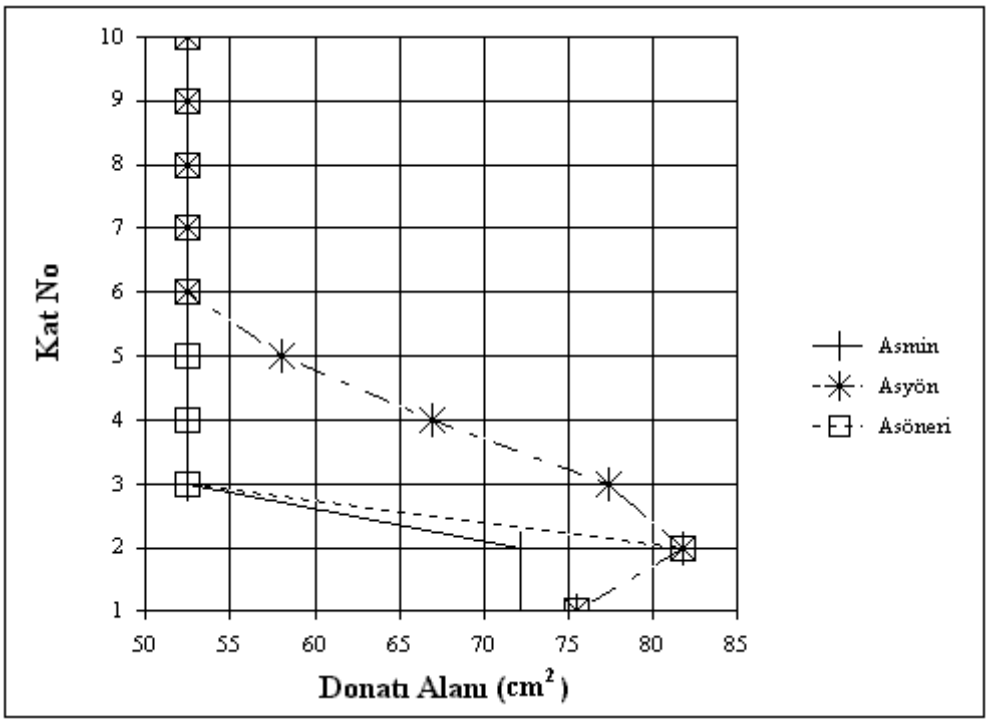
Şekil 6.8 Sistem1b 22 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı

6.1.3 Sistem 2a

Sistem 2a için G+Q±E yüklemesinden elde edilen N_d (kN) değerleri ile yönetmelik tasarım momentleri (kNm) ve alternatif tasarım momentlerine (kNm) göre hesaplanan gerekli A_s (cm^2) donatı alanları, 10, 16, 22 katlı yapılar için sırasıyla Tablo 6.7, 6.8, 6.9' da verilmiştir. Donatı alanlarının kolay karşılaştırılabilmesi amacıyla donatı diyagramları çizilmiştir. Bu diyagramlar, 10, 16, 22 katlı yapılar için sırasıyla Şekil 6.9, 6.10, 6.11' de verilmiştir.

Tablo 6.7 Sistem2a 10 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı

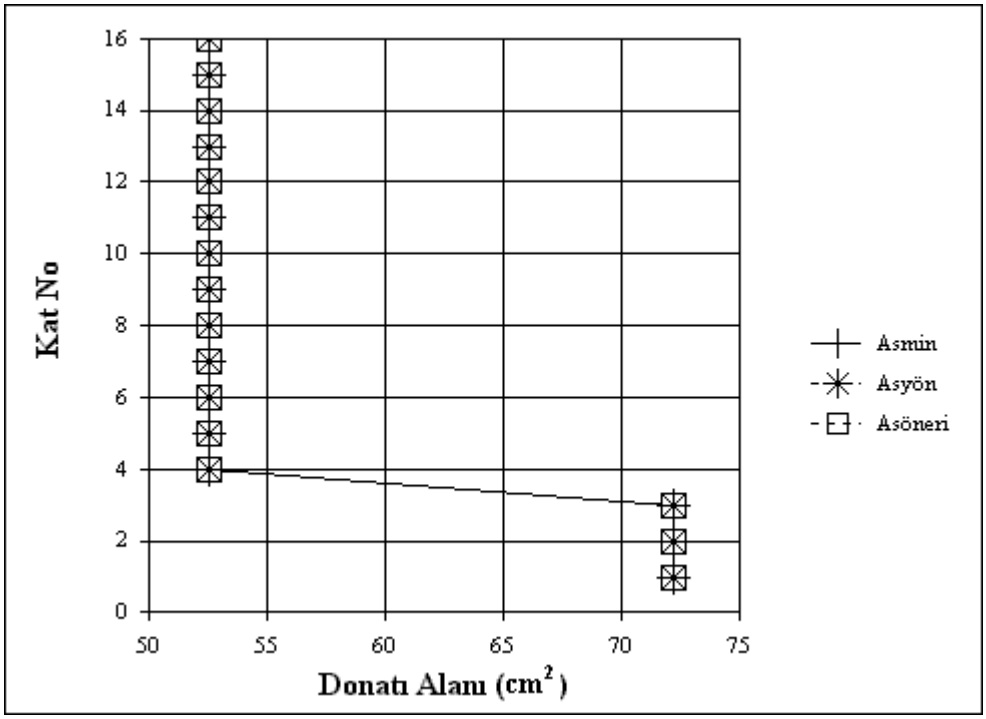
Kat No	N_d (kN)	$M_{yön}$ (kNm)	$M_{öneri}$(kNm)	$A_{syön}$ (cm^2)	$A_{söneri}$ (cm^2)	A_{smin} (cm^2)
10	381,04	2509,94	2027,64	39,04	28,53	52,50
9	879,70	3398,95	2434,34	39,33	18,31	52,50
8	1371,74	4287,96	2841,05	41,41	9,88	52,50
7	1858,32	5176,97	3247,76	45,20	3,17	52,50
6	2334,84	6065,98	3654,47	50,78	-	52,50
5	2801,60	6954,99	4061,17	58,03	-	52,50
4	3255,12	7844,01	4467,88	66,96	-	52,50
3	3698,75	8733,02	4874,59	77,37	-	52,50
2	4129,38	9276,30	9276,30	81,72	81,72	72,19
1	4552,84	9276,30	9276,30	75,49	75,49	72,19



Şekil 6.9 Sistem2a 10 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı

Tablo 6.8 Sistem2a 16 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı

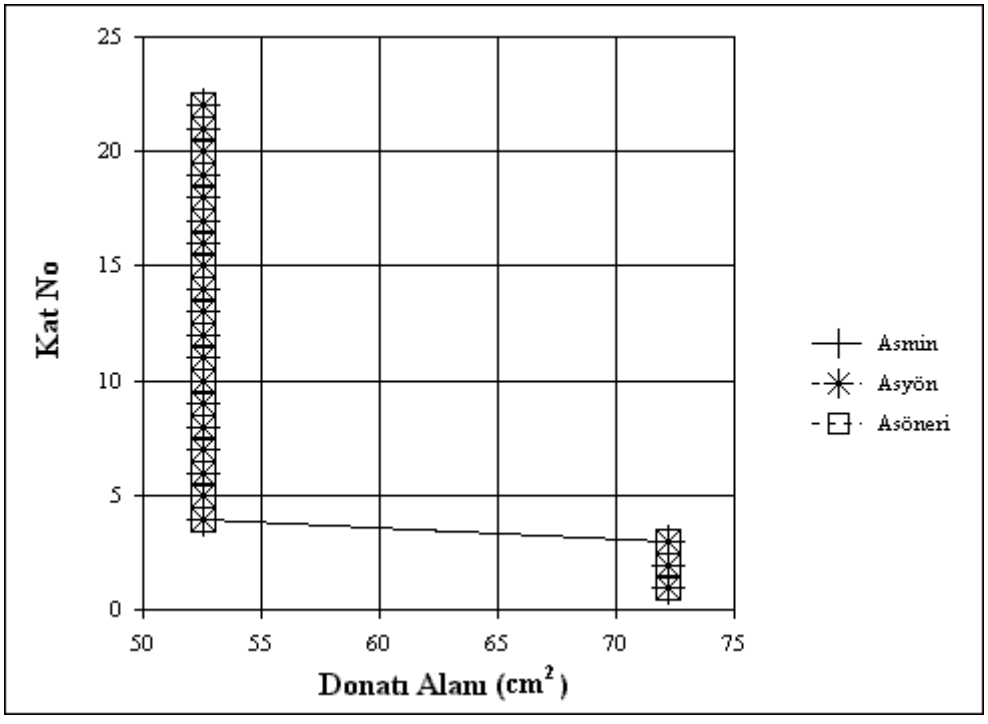
Kat No	N_d (kN)	$M_{yön}$ (kNm)	$M_{öneri}$(kNm)	$A_{syön}$ (cm^2)	$A_{söneri}$ (cm^2)	A_{smin} (cm^2)
16	343,09	1850,40	1554,77	26,19	19,75	52,50
15	842,19	2366,55	1775,28	18,21	5,33	52,50
14	1332,34	2882,70	1995,80	12,12	-	52,50
13	1814,98	3398,85	2216,31	7,78	-	52,50
12	2286,79	3915,00	2436,83	5,23	-	52,50
11	2748,11	4431,15	2657,34	4,35	-	52,50
10	3194,34	4947,29	2877,85	5,16	-	52,50
9	3630,63	5463,44	3098,37	7,42	-	52,50
8	4054,53	5979,59	3318,88	11,10	-	52,50
7	4471,88	6495,74	3539,39	16,01	-	52,50
6	4881,76	7011,89	3759,91	22,11	-	52,50
5	5289,10	7528,03	3980,42	23,48	-	52,50
4	5693,64	8044,18	4200,93	34,96	-	52,50
3	6097,91	8560,33	4421,45	46,45	-	72,19
2	6501,39	8560,33	8560,33	46,45	46,45	72,19
1	6907,33	8560,33	8560,33	46,45	46,45	72,19



Şekil 6.10 Sistem2a 16 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı

Tablo 6.9 Sistem2a 22 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı

Kat No	N_d (kN)	$M_{yön}$ (kNm)	$M_{öneri}$(kNm)	$A_{syön}$ (cm^2)	$A_{söneri}$ (cm^2)	A_{smin} (cm^2)
22	378,39	1320,02	1155,25	13,22	9,63	52,50
21	869,65	1674,37	1344,84	2,12	-	52,50
20	1350,29	2028,72	1534,42	-	-	52,50
19	1822,24	2383,07	1724,00	-	-	52,50
18	2282,75	2737,42	1913,58	-	-	52,50
17	2732,00	3091,77	2103,16	-	-	52,50
16	3165,73	3446,12	2292,75	-	-	52,50
15	3587,59	3800,47	2482,33	-	-	52,50
14	3992,50	4154,82	2671,91	-	-	52,50
13	4389,28	4509,17	2861,49	-	-	52,50
12	4777,44	4863,52	3051,08	-	-	52,50
11	5161,77	5217,87	3240,66	-	-	52,50
10	5541,99	5572,22	3430,24	-	-	52,50
9	5920,38	5926,57	3619,82	-	-	52,50
8	6296,29	6280,92	3809,41	-	-	52,50
7	6672,24	6635,27	3998,99	3,62	-	52,50
6	7047,78	6989,62	4188,57	11,50	-	52,50
5	7425,56	7343,97	4378,15	19,39	-	52,50
4	7805,32	7698,32	4567,73	27,27	-	52,50
3	8189,89	8052,67	4757,32	43,85	-	72,19
2	8579,17	8052,67	8052,67	51,08	51,08	72,19
1	8976,49	8052,67	8052,67	58,67	58,67	72,19



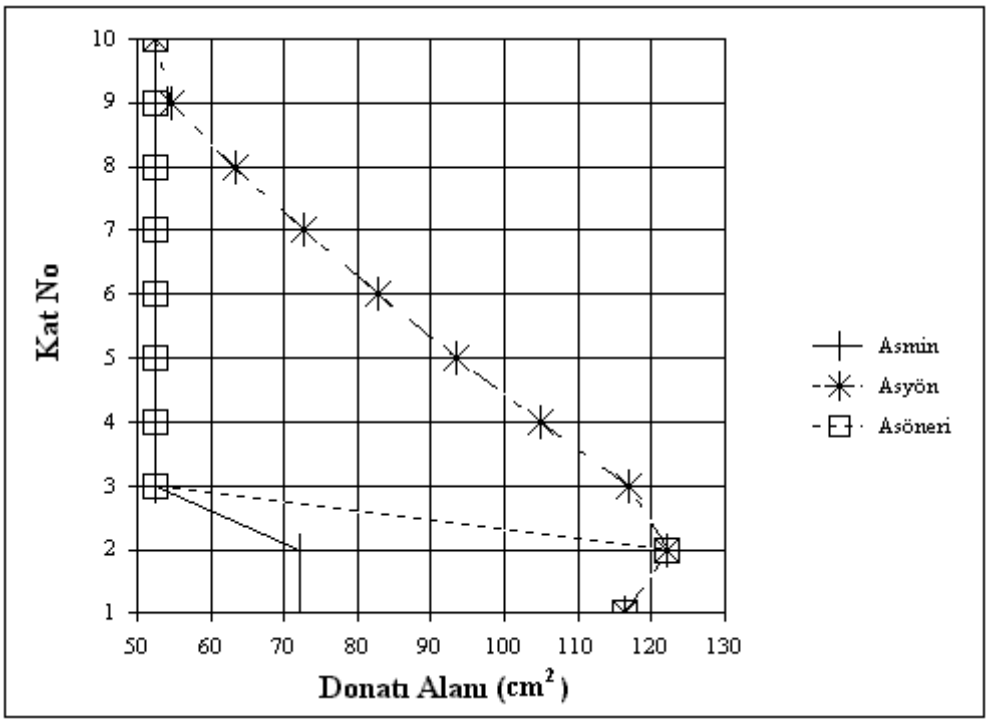
Şekil 6.11 Sistem2a 22 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı

6.1.4 Sistem 2b

Sistem 2b için G+Q±E yüklemesinden elde edilen N_d (kN) değerleri ile yönetmelik tasarım momentleri (kNm) ve alternatif tasarım momentlerine (kNm) göre hesaplanan gerekli A_s (cm^2) donatı alanları, 10, 16, 22 katlı yapılar için sırasıyla Tablo 6.10, 6.11, 6.12' de verilmiştir. Donatı alanlarının kolay karşılaştırılabilmesi amacıyla donatı diyagramları çizilmiştir. Bu diyagramlar, 10, 16, 22 katlı yapılar için sırasıyla Şekil 6.12, 6.13, 6.14' de verilmiştir.

Tablo 6.10 Sistem2b 10 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı

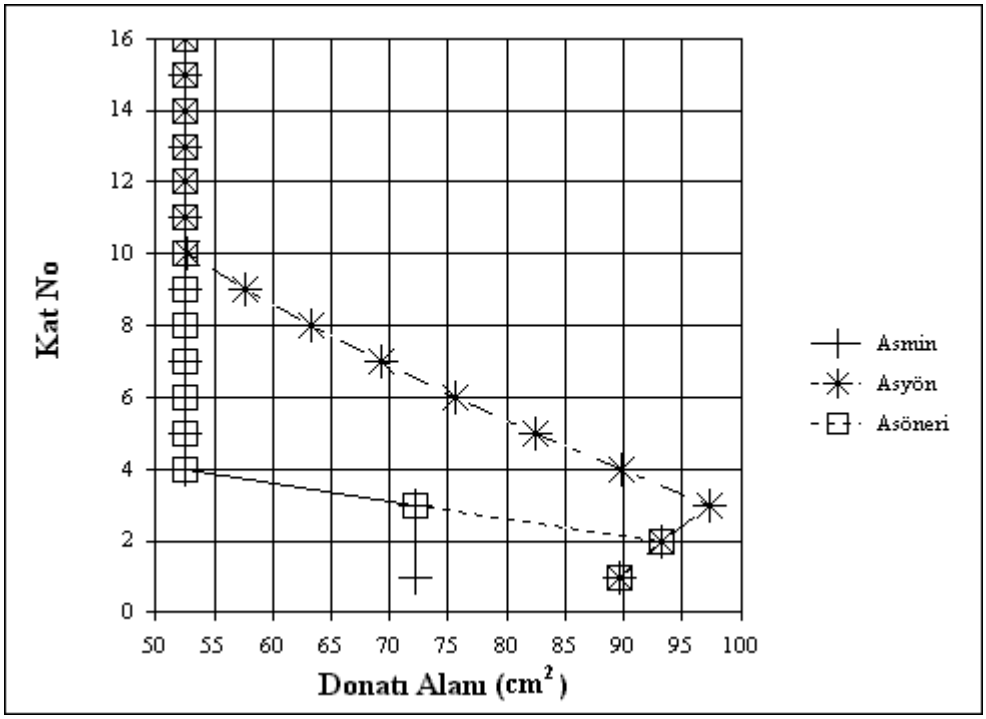
Kat No	N_d (kN)	$M_{yön}$ (kNm)	$M_{öneri}$(kNm)	$A_{syön}$ (cm^2)	$A_{söneri}$ (cm^2)	A_{smin} (cm^2)
10	213,95	2540,05	2120,74	46,45	37,31	52,50
9	492,70	3419,34	2580,72	54,45	36,17	52,50
8	764,88	4298,63	3040,70	63,19	35,77	52,50
7	1032,26	5177,92	3500,68	72,57	36,02	52,50
6	1292,08	6057,20	3960,66	82,66	36,97	52,50
5	1544,72	6936,49	4420,63	93,41	38,59	52,50
4	1787,15	7815,78	4880,61	104,89	40,93	52,50
3	2020,79	8695,07	5340,59	117,00	43,90	52,50
2	2243,47	9232,41	9232,41	122,31	122,31	72,19
1	2456,02	9232,41	9232,41	116,50	116,50	72,19



Şekil 6.12 Sistem2b 10 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı

Tablo 6.11 Sistem2b 16 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı

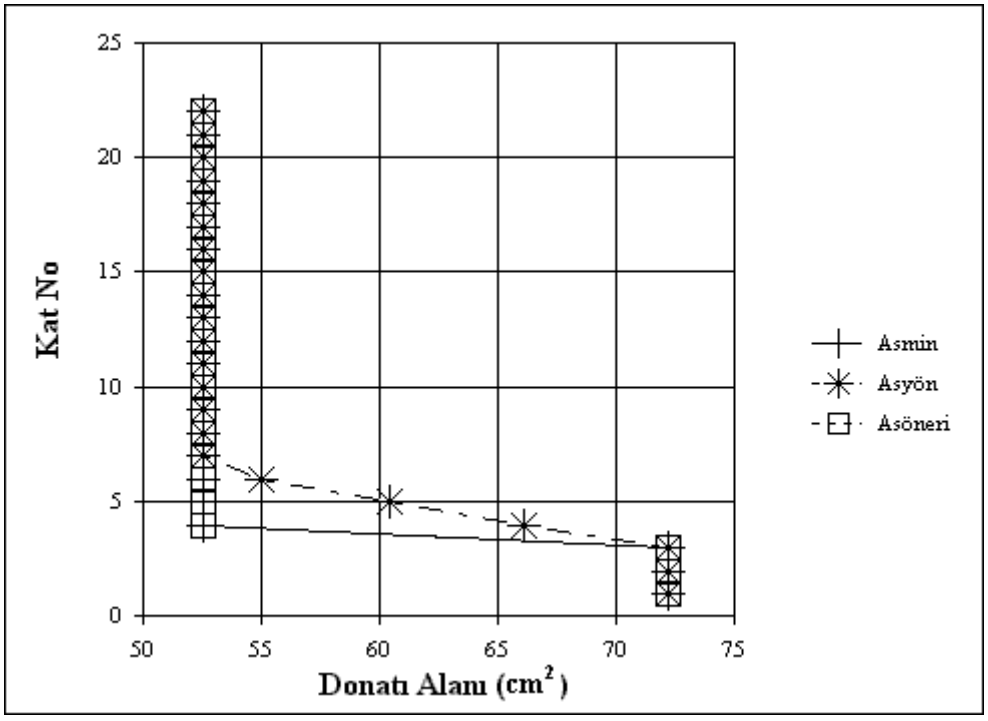
Kat No	N_d (kN)	$M_{yön}$ (kNm)	$M_{öneri}$(kNm)	$A_{syön}$ (cm^2)	$A_{söneri}$ (cm^2)	A_{smin} (cm^2)
16	201,18	1994,94	1708,69	35,09	28,85	52,50
15	460,62	2539,01	1966,51	36,52	24,05	52,50
14	714,62	3083,08	2224,32	38,59	19,87	52,50
13	964,86	3627,15	2482,14	41,20	16,25	52,50
12	1208,57	4171,22	2739,95	44,43	13,24	52,50
11	1446,19	4715,29	2997,77	48,24	10,82	52,50
10	1675,03	5259,35	3255,58	52,69	9,03	52,50
9	1897,12	5803,42	3513,40	57,68	7,78	52,50
8	2110,12	6347,49	3771,22	63,24	7,10	52,50
7	2317,38	6891,56	4029,03	69,25	6,87	52,50
6	2518,25	7435,63	4286,85	75,69	7,08	52,50
5	2714,17	7979,69	4544,66	82,52	7,67	52,50
4	2904,33	8523,76	4802,48	89,73	8,65	52,50
3	3090,23	9067,83	5060,29	97,27	9,94	72,19
2	3271,46	9067,83	9067,83	93,27	93,27	72,19
1	3448,26	9067,83	9067,83	89,57	89,57	72,19



Şekil 6.13 Sistem2b 16 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı

Tablo 6.12 Sistem2b 22 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı

Kat No	N_d (kN)	$M_{yön}$ (kNm)	$M_{öneri}$(kNm)	$A_{syön}$ (cm^2)	$A_{söneri}$ (cm^2)	A_{smin} (cm^2)
22	207,57	1476,77	1307,74	23,54	19,86	52,50
21	475,41	1870,94	1532,88	21,38	14,02	52,50
20	739,04	2265,11	1758,02	19,84	8,79	52,50
19	999,92	2659,28	1983,16	18,84	4,11	52,50
18	1254,55	3053,45	2208,30	18,49	0,07	52,50
17	1503,34	3447,62	2433,44	18,74	-	52,50
16	1743,32	3841,79	2658,58	19,66	-	52,50
15	1976,53	4235,96	2883,72	21,14	-	52,50
14	2200,17	4630,13	3108,86	23,24	-	52,50
13	2417,90	5024,30	3334,00	25,82	-	52,50
12	2629,09	5418,47	3559,14	28,87	-	52,50
11	2835,17	5812,64	3784,28	32,32	-	52,50
10	3035,25	6206,81	4009,42	36,18	-	52,50
9	3230,90	6600,98	4234,56	40,39	-	52,50
8	3421,33	6995,15	4459,70	44,96	-	52,50
7	3608,15	7389,32	4684,84	49,82	-	52,50
6	3790,70	7783,49	4909,98	54,98	-	52,50
5	3970,60	8177,66	5135,12	60,40	-	52,50
4	4147,32	8571,83	5360,26	66,08	-	52,50
3	4322,45	8966,00	5585,40	71,98	-	72,19
2	4495,89	8966,00	8966,00	69,50	69,50	72,19
1	4667,85	8966,00	8966,00	67,24	67,24	72,19



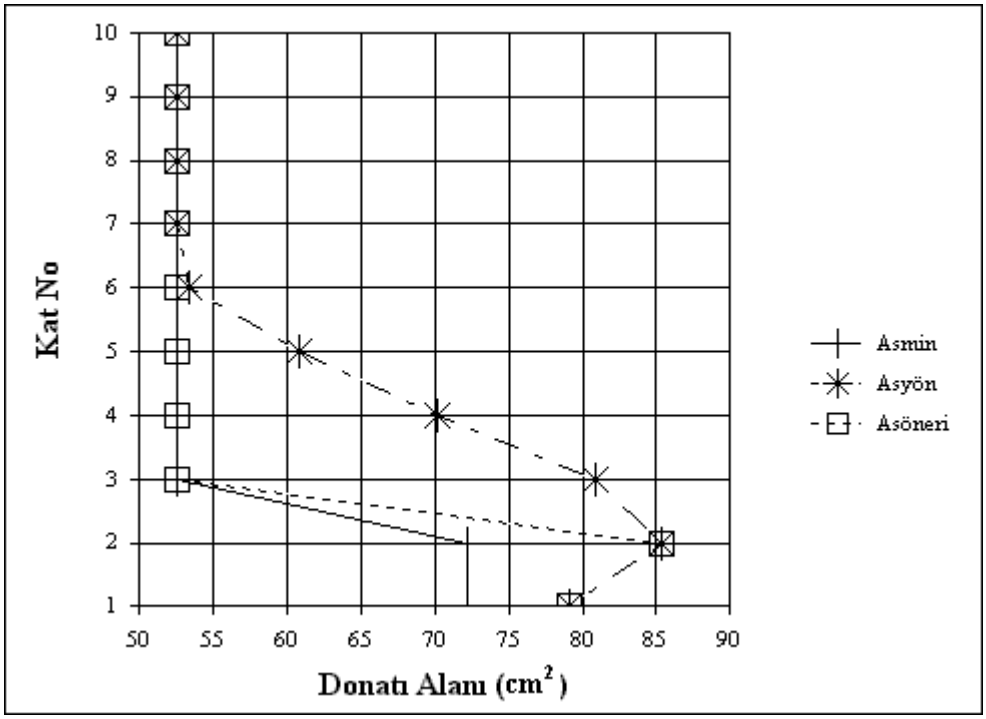
Şekil 6.14 Sistem2b 22 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı

6.1.5 Sistem 3a

Sistem 3a için G+Q±E yüklemesinden elde edilen N_d (kN) değerleri ile yönetmelik tasarım momentleri (kNm) ve alternatif tasarım momentlerine (kNm) göre hesaplanan gerekli A_s (cm^2) donatı alanları, 10, 16, 22 katlı yapılar için sırasıyla Tablo 6.13, 6.14, 6.15' de verilmiştir. Donatı alanlarının kolay karşılaştırılabilmesi amacıyla donatı diyagramları çizilmiştir. Bu diyagramlar, 10, 16, 22 katlı yapılar için sırasıyla Şekil 6.15, 6.16, 6.17' de verilmiştir.

Tablo 6.13 Sistem3a 10 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı

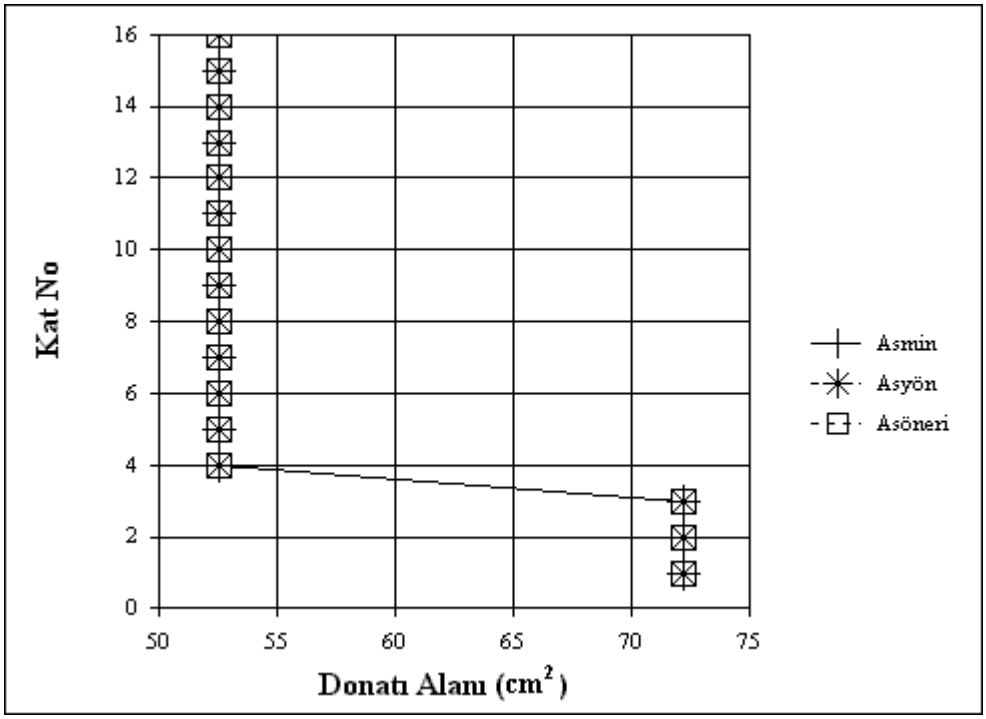
Kat No	N_d (kN)	$M_{yön}$ (kNm)	$M_{öneri}$(kNm)	$A_{syön}$ (cm^2)	$A_{söneri}$ (cm^2)	A_{smin} (cm^2)
10	370,98	2530,62	1977,43	39,89	27,84	52,50
9	862,94	3437,36	2330,98	40,78	16,67	52,50
8	1352,39	4344,10	2684,53	43,29	7,12	52,50
7	1838,64	5250,84	3038,08	47,41	-	52,50
6	2315,63	6157,58	3391,63	53,30	-	52,50
5	2783,35	7064,32	3745,18	60,86	-	52,50
4	3237,98	7971,06	4098,73	70,10	-	52,50
3	3682,60	8877,80	4452,28	80,83	-	52,50
2	4114,02	9431,92	9431,92	85,35	85,35	72,19
1	4537,88	9431,92	9431,92	79,09	79,09	72,19



Şekil 6.15 Sistem3a 10 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı

Tablo 6.14 Sistem3a 16 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı

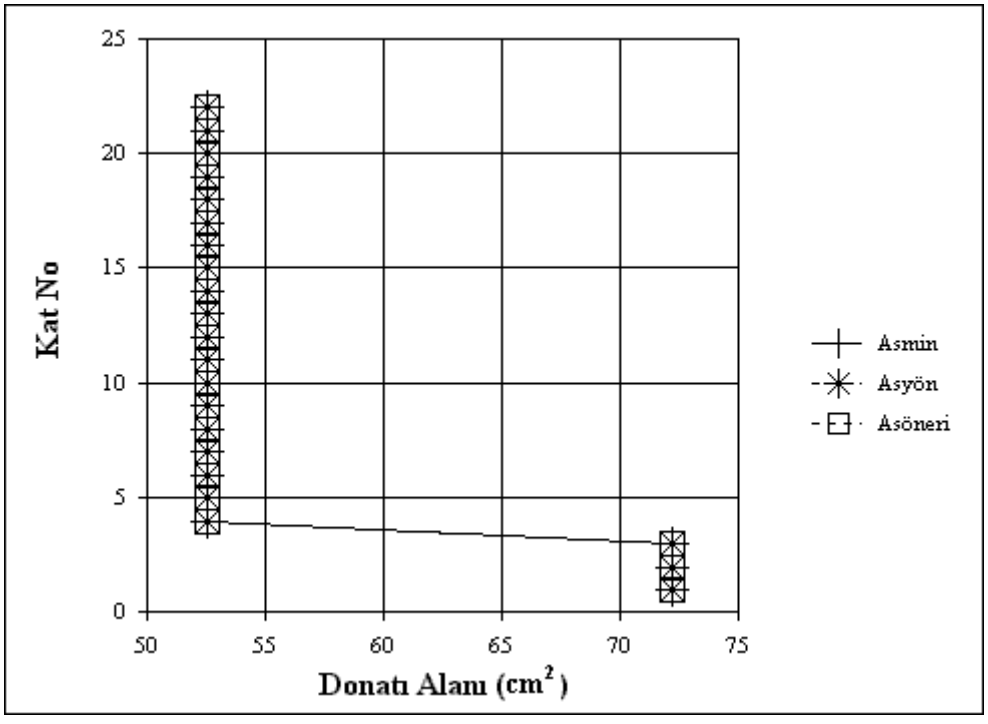
Kat No	N_d (kN)	$M_{yön}$ (kNm)	$M_{öneri}$(kNm)	$A_{syön}$ (cm^2)	$A_{söneri}$ (cm^2)	A_{smin} (cm^2)
16	331,60	1878,89	1563,73	27,27	20,40	52,50
15	824,96	2404,02	1773,71	19,66	5,93	52,50
14	1315,72	2929,16	1983,69	13,69	-	52,50
13	1802,79	3454,29	2193,67	9,37	-	52,50
12	2280,01	3979,43	2403,65	6,82	-	52,50
11	2747,49	4504,57	2613,64	5,97	-	52,50
10	3199,77	5029,70	2823,62	6,84	-	52,50
9	3641,95	5554,84	3033,60	9,20	-	52,50
8	4071,13	6079,97	3243,58	13,01	-	52,50
7	4493,19	6605,11	3453,56	18,10	-	52,50
6	4907,15	7130,24	3663,54	24,40	-	52,50
5	5317,92	7655,38	3873,52	26,31	-	52,50
4	5725,26	8180,51	4083,50	38,00	-	52,50
3	6131,66	8705,65	4293,48	49,68	-	72,19
2	6536,64	8705,65	8705,65	49,68	49,68	72,19
1	6943,35	8705,65	8705,65	49,68	49,68	72,19



Şekil 6.16 Sistem3a 16 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı

Tablo 6.15 Sistem3a 22 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı

Kat No	N_d (kN)	$M_{yön}$ (kNm)	$M_{öneri}$(kNm)	$A_{syön}$ (cm^2)	$A_{söneri}$ (cm^2)	A_{smin} (cm^2)
22	368,49	1324,15	1156,78	13,70	10,06	52,50
21	856,49	1675,79	1341,06	2,63	-	52,50
20	1341,12	2027,43	1525,33	-	-	52,50
19	1821,48	2379,07	1709,60	-	-	52,50
18	2291,51	2730,71	1893,87	-	-	52,50
17	2751,17	3082,35	2078,14	-	-	52,50
16	3195,18	3433,99	2262,42	-	-	52,50
15	3627,19	3785,63	2446,69	-	-	52,50
14	4041,49	4137,27	2630,96	-	-	52,50
13	4447,04	4488,91	2815,23	-	-	52,50
12	4843,24	4840,55	2999,51	-	-	52,50
11	5234,93	5192,19	3183,78	-	-	52,50
10	5621,78	5543,83	3368,05	-	-	52,50
9	6006,08	5895,47	3552,32	-	-	52,50
8	6387,18	6247,11	3736,60	-	-	52,50
7	6767,62	6598,75	3920,87	2,81	-	52,50
6	7146,95	6950,39	4105,14	10,63	-	52,50
5	7527,86	7302,03	4289,41	18,45	-	52,50
4	7910,10	7653,67	4473,68	29,90	-	52,50
3	8296,53	8005,31	4657,96	44,76	-	72,19
2	8687,10	8005,31	8005,31	52,07	52,07	72,19
1	9085,11	8005,31	8005,31	59,73	59,73	72,19



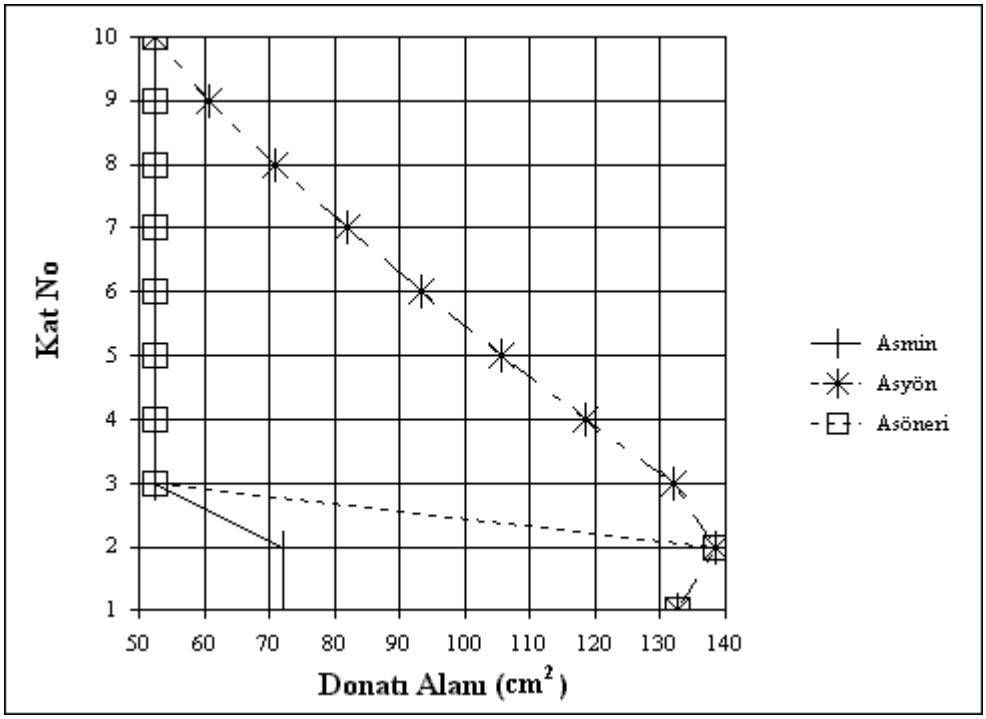
Şekil 6.17 Sistem3a 22 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı

6.1.6 Sistem 3b

Sistem 3b için G+Q±E yüklemesinden elde edilen N_d (kN) değerleri ile yönetmelik tasarım momentleri (kNm) ve alternatif tasarım momentlerine (kNm) göre hesaplanan gerekli A_s (cm^2) donatı alanları, 10, 16, 22 katlı yapılar için sırasıyla Tablo 6.16, 6.17, 6.18' de verilmiştir. Donatı alanlarının kolay karşılaştırılabilmesi amacıyla donatı diyagramları çizilmiştir. Bu diyagramlar, 10, 16, 22 katlı yapılar için sırasıyla Şekil 6.18, 6.19, 6.20' de verilmiştir.

Tablo 6.16 Sistem3b 10 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı

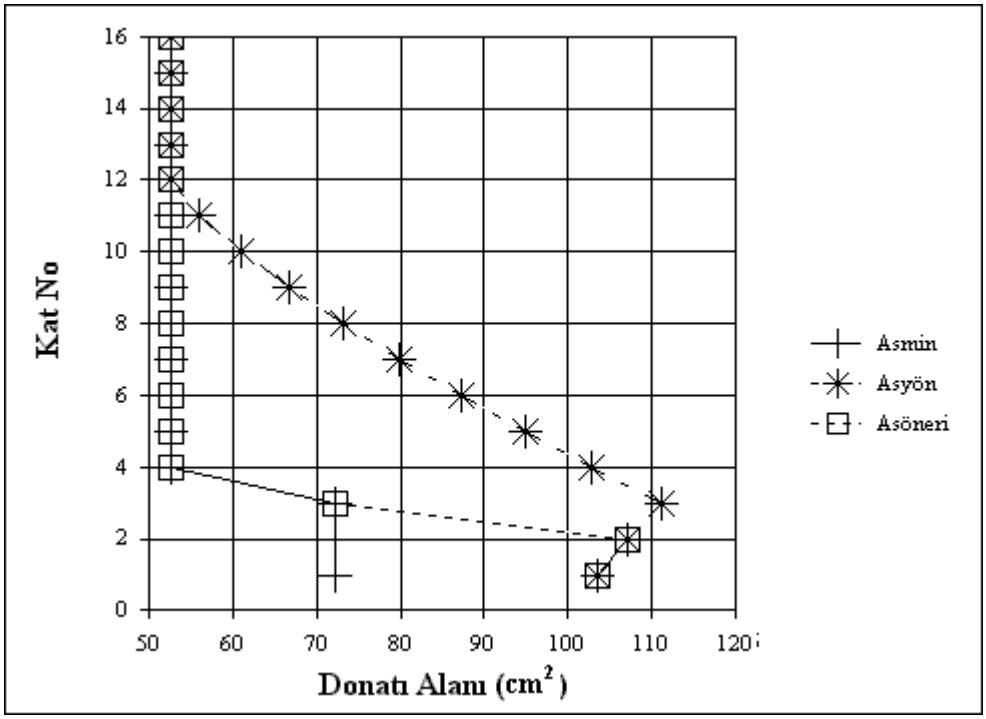
Kat No	N_d (kN)	$M_{yön}$ (kNm)	$M_{öneri}$(kNm)	$A_{syön}$ (cm^2)	$A_{söneri}$ (cm^2)	A_{smin} (cm^2)
10	208,08	2732,43	2257,82	50,88	40,54	52,50
9	482,66	3682,38	2733,14	60,57	39,89	52,50
8	753,25	4632,32	3208,47	70,89	39,87	52,50
7	1020,20	5582,26	3683,79	81,81	40,44	52,50
6	1280,24	6532,20	4159,12	93,41	41,70	52,50
5	1533,36	7482,14	4634,45	105,67	43,62	52,50
4	1776,52	8432,08	5109,77	118,65	46,25	52,50
3	2010,74	9382,02	5585,10	132,26	49,53	52,50
2	2233,94	9962,54	9962,54	138,49	138,49	72,19
1	2446,76	9962,54	9962,54	132,65	132,65	72,19



Şekil 6.18 Sistem3b 10 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı

Tablo 6.17 Sistem3b 16 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı

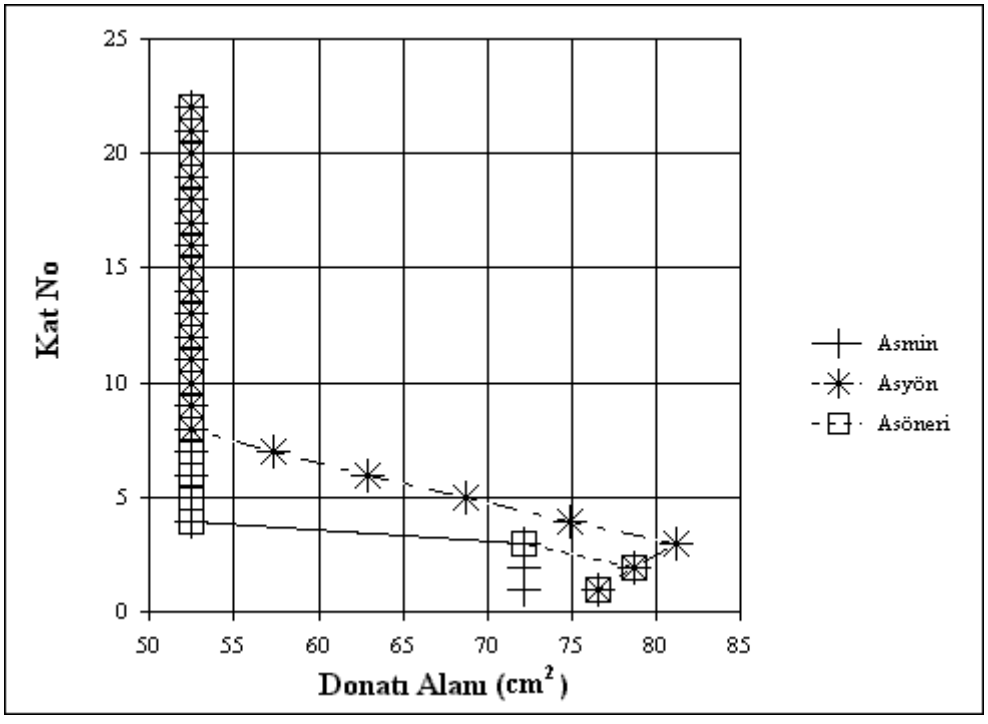
Kat No	N_d (kN)	$M_{yön}$ (kNm)	$M_{öneri}$(kNm)	$A_{syön}$ (cm^2)	$A_{söneri}$ (cm^2)	A_{smin} (cm^2)
16	194,20	2142,70	1828,33	38,60	31,75	52,50
15	449,87	2725,98	2097,24	41,02	27,32	52,50
14	703,75	3309,25	2366,15	43,93	23,38	52,50
13	955,89	3892,53	2635,06	47,30	19,90	52,50
12	1202,17	4475,81	2903,97	51,29	17,04	52,50
11	1442,81	5059,09	3172,88	55,85	14,74	52,50
10	1674,74	5642,36	3441,79	61,05	13,09	52,50
9	1899,78	6225,64	3710,70	66,80	12,00	52,50
8	2115,53	6808,92	3979,60	73,14	11,48	52,50
7	2325,24	7392,19	4248,51	79,94	11,44	52,50
6	2528,29	7975,47	4517,42	87,19	11,84	52,50
5	2726,04	8558,75	4786,33	94,85	12,64	52,50
4	2917,73	9142,02	5055,24	102,89	13,83	52,50
3	3104,78	9725,30	5324,15	111,27	15,36	72,19
2	3286,83	9725,30	9725,30	107,27	107,27	72,19
1	3464,07	9725,30	9725,30	103,58	103,58	72,19



Şekil 6.19 Sistem3b 16 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı

Tablo 6.18 Sistem3b 22 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı

Kat No	N_d (kN)	$M_{yön}$ (kNm)	$M_{öneri}$(kNm)	$A_{syön}$ (cm^2)	$A_{söneri}$ (cm^2)	A_{smin} (cm^2)
22	201,59	1557,85	1377,96	25,55	21,63	52,50
21	466,58	1971,12	1611,34	23,91	16,07	52,50
20	730,86	2384,38	1844,73	22,75	10,99	52,50
19	994,29	2797,65	2078,11	22,06	6,38	52,50
18	1252,13	3210,92	2311,49	22,00	2,40	52,50
17	1504,54	3624,18	2544,87	22,55	-	52,50
16	1748,23	4037,45	2778,25	23,77	-	52,50
15	1985,06	4450,71	3011,63	25,57	-	52,50
14	2212,14	4863,98	3245,01	28,00	-	52,50
13	2433,06	5277,25	3478,39	30,92	-	52,50
12	2647,22	5690,51	3711,77	34,33	-	52,50
11	2855,99	6103,78	3945,15	38,16	-	52,50
10	3058,52	6517,05	4178,53	42,41	-	52,50
9	3256,34	6930,31	4411,92	47,02	-	52,50
8	3448,70	7343,58	4645,30	51,99	-	52,50
7	3637,17	7756,85	4878,68	57,27	-	52,50
6	3821,15	8170,11	5112,06	62,86	-	52,50
5	4002,22	8583,38	5345,44	68,71	-	52,50
4	4179,90	8996,64	5578,82	74,82	0,34	52,50
3	4355,74	9409,91	5812,20	81,16	2,76	72,19
2	4529,70	9409,91	9409,91	78,72	78,72	72,19
1	4701,95	9409,91	9409,91	76,49	76,49	72,19



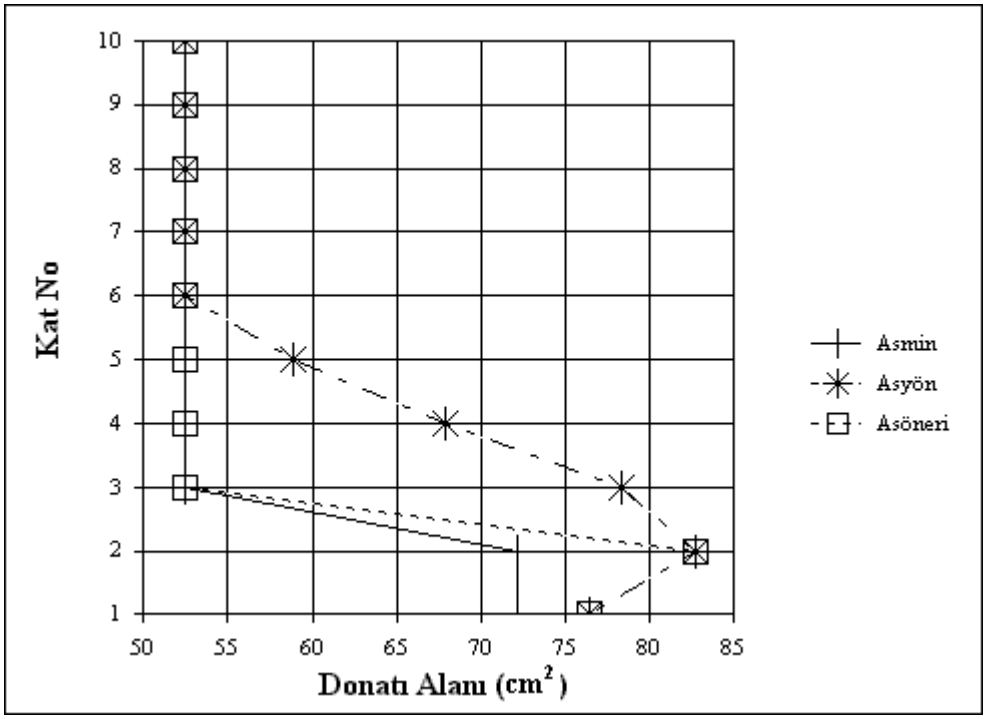
Şekil 6.20 Sistem3b 22 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı

6.1.7 Sistem 4a

Sistem 4a için G+Q±E yüklemesinden elde edilen N_d (kN) değerleri ile yönetmelik tasarım momentleri (kNm) ve alternatif tasarım momentlerine (kNm) göre hesaplanan gerekli A_s (cm^2) donatı alanları, 10, 16, 22 katlı yapılar için sırasıyla Tablo 6.19, 6.20, 6.21' de verilmiştir. Donatı alanlarının kolay karşılaştırılabilmesi amacıyla donatı diyagramları çizilmiştir. Bu diyagramlar, 10, 16, 22 katlı yapılar için sırasıyla Şekil 6.21, 6.22, 6.23' de verilmiştir.

Tablo 6.19 Sistem4a 10 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı

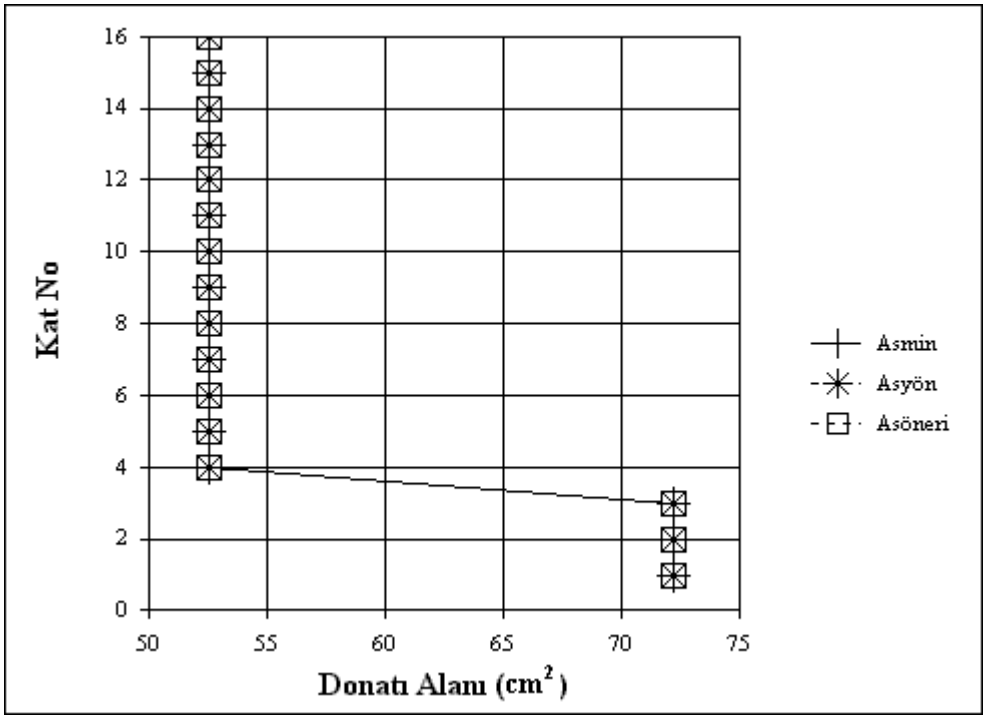
Kat No	N_d (kN)	$M_{yön}$ (kNm)	$M_{öneri}$(kNm)	$A_{syön}$ (cm^2)	$A_{söneri}$ (cm^2)	A_{smin} (cm^2)
10	371,53	2494,73	1927,68	39,09	26,73	52,50
9	863,39	3389,87	2255,77	39,73	15,01	52,50
8	1352,21	4285,01	2583,86	42,00	4,94	52,50
7	1837,67	5180,15	2911,94	45,90	-	52,50
6	2314,00	6075,28	3240,03	51,55	-	52,50
5	2781,18	6970,42	3568,12	58,87	-	52,50
4	3235,39	7865,56	3896,21	67,85	-	52,50
3	3679,70	8760,70	4224,30	78,33	-	52,50
2	4110,91	9307,73	9307,73	82,70	82,70	72,19
1	4534,66	9307,73	9307,73	76,42	76,42	72,19



Şekil 6.21 Sistem4a 10 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı

Tablo 6.20 Sistem4a 16 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı

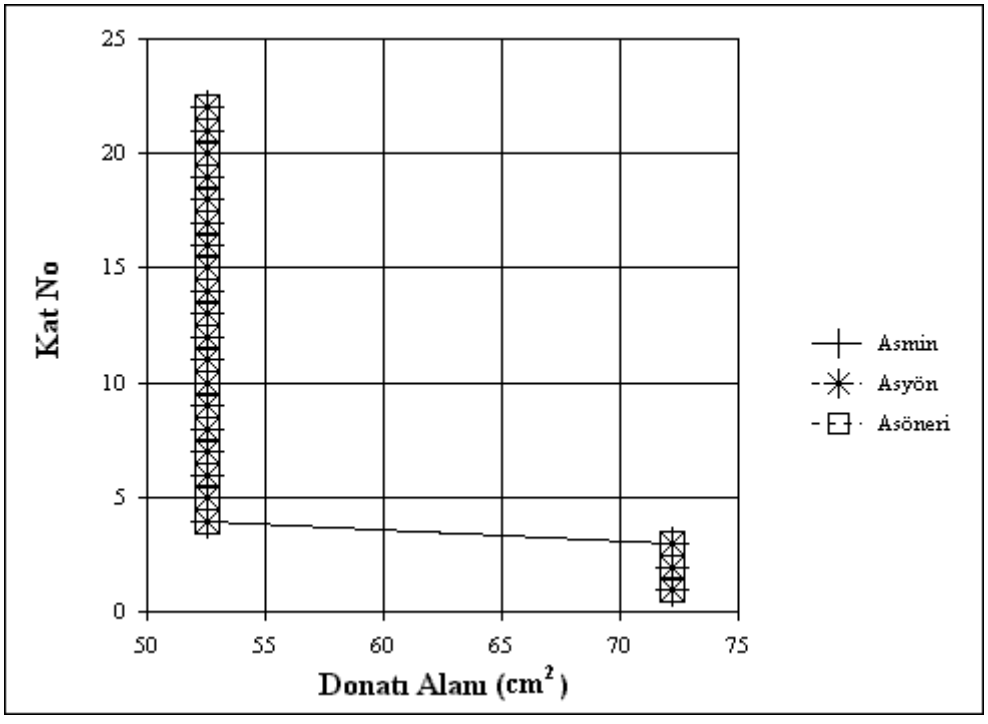
Kat No	N_d (kN)	$M_{yön}$ (kNm)	$M_{öneri}$(kNm)	$A_{syön}$ (cm^2)	$A_{söneri}$ (cm^2)	A_{smin} (cm^2)
16	331,72	1821,21	1515,32	26,01	19,34	52,50
15	824,38	2328,34	1716,56	18,04	4,71	52,50
14	1314,06	2835,47	1917,80	11,71	-	52,50
13	1800,02	3342,60	2119,04	7,02	-	52,50
12	2276,42	3849,73	2320,28	4,10	-	52,50
11	2743,29	4356,87	2521,52	2,85	-	52,50
10	3195,15	4864,00	2722,76	3,33	-	52,50
9	3637,04	5371,13	2924,00	5,29	-	52,50
8	4066,06	5878,26	3125,24	8,70	-	52,50
7	4488,02	6385,39	3326,48	13,38	-	52,50
6	4901,94	6892,52	3527,71	19,28	-	52,50
5	5312,71	7399,65	3728,95	20,62	-	52,50
4	5720,05	7906,78	3930,19	31,91	-	52,50
3	6126,48	8413,91	4131,43	43,19	-	72,19
2	6531,48	8413,91	8413,91	43,19	43,19	72,19
1	6938,21	8413,91	8413,91	43,19	43,19	72,19



Şekil 6.22 Sistem4a 16 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı

Tablo 6.21 Sistem4a 22 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı

Kat No	N_d (kN)	$M_{yön}$ (kNm)	$M_{öneri}$(kNm)	$A_{syön}$ (cm^2)	$A_{söneri}$ (cm^2)	A_{smin} (cm^2)
22	368,66	1303,06	1141,17	13,24	9,71	52,50
21	856,15	1645,12	1321,33	1,97	-	52,50
20	1340,15	1987,17	1501,49	-	-	52,50
19	1820,05	2329,22	1681,65	-	-	52,50
18	2290,01	2671,28	1861,81	-	-	52,50
17	2749,86	3013,33	2041,97	-	-	52,50
16	3194,29	3355,38	2222,13	-	-	52,50
15	3626,87	3697,44	2402,28	-	-	52,50
14	4041,82	4039,49	2582,44	-	-	52,50
13	4448,08	4381,54	2762,60	-	-	52,50
12	4845,00	4723,60	2942,76	-	-	52,50
11	5237,42	5065,65	3122,92	-	-	52,50
10	5624,97	5407,71	3303,08	-	-	52,50
9	6009,95	5749,76	3483,24	-	-	52,50
8	6391,67	6091,81	3663,40	-	-	52,50
7	6772,68	6433,87	3843,56	-	-	52,50
6	7152,50	6775,92	4023,72	6,75	-	52,50
5	7533,84	7117,97	4203,88	14,36	-	52,50
4	7916,43	7460,03	4384,04	25,71	-	52,50
3	8303,14	7802,08	4564,20	40,36	-	72,19
2	8693,89	7802,08	7802,08	47,68	47,68	72,19
1	9092,00	7802,08	7802,08	55,34	55,34	72,19



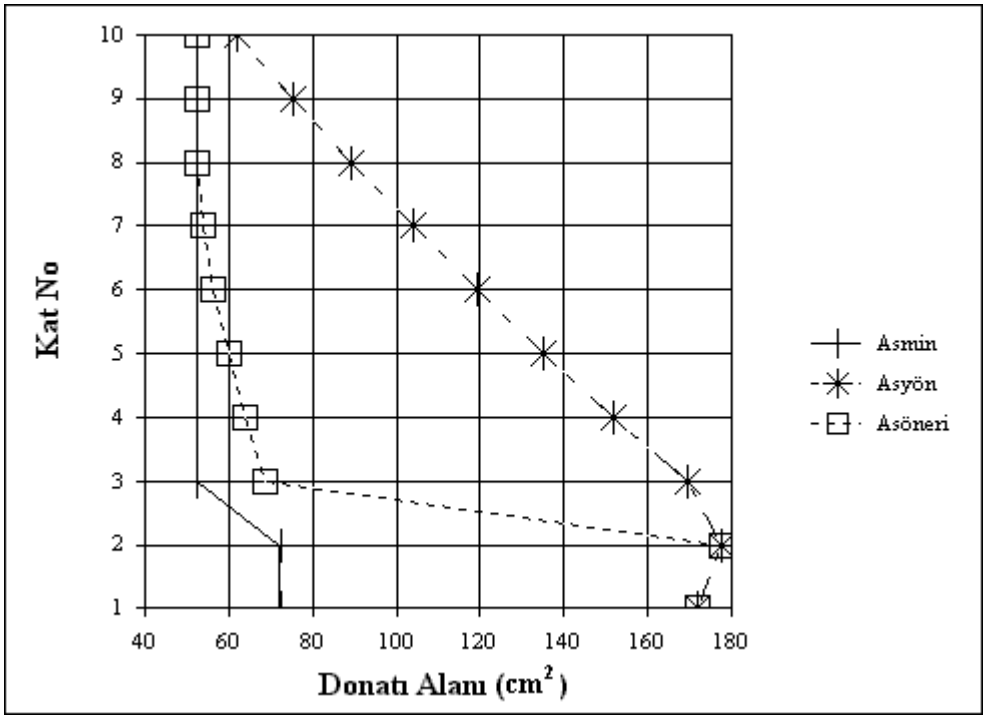
Şekil 6.23 Sistem4a 22 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı

6.1.8 Sistem 4b

Sistem 4b için G+Q±E yüklemesinden elde edilen N_d (kN) değerleri ile yönetmelik tasarım momentleri (kNm) ve alternatif tasarım momentlerine (kNm) göre hesaplanan gerekli A_s (cm^2) donatı alanları, 10, 16, 22 katlı yapılar için sırasıyla Tablo 6.22, 6.23, 6.24' de verilmiştir. Donatı alanlarının kolay karşılaştırılabilmesi amacıyla donatı diyagramları çizilmiştir. Bu diyagramlar, 10, 16, 22 katlı yapılar için sırasıyla Şekil 6.24, 6.25, 6.26' da verilmiştir.

Tablo 6.22 Sistem4b 10 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı

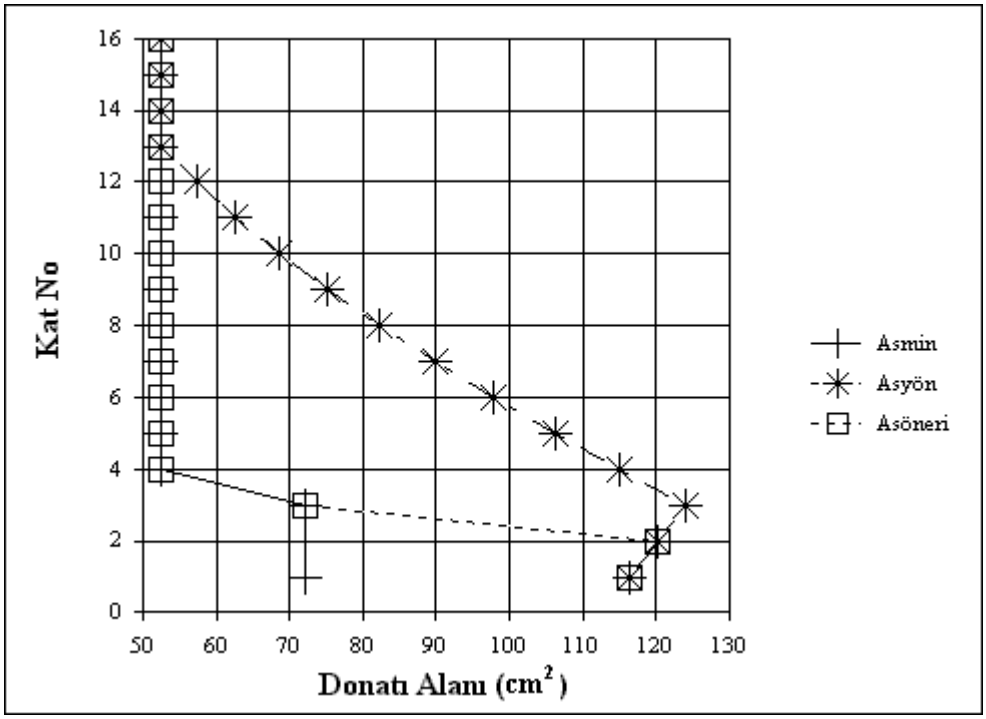
Kat No	N_d (kN)	$M_{yön}$ (kNm)	$M_{öneri}$(kNm)	$A_{syön}$ (cm^2)	$A_{söneri}$ (cm^2)	A_{smin} (cm^2)
10	208,40	3229,97	2652,00	61,71	49,11	52,50
9	483,19	4352,77	3196,82	75,16	49,97	52,50
8	753,87	5475,57	3741,65	89,24	51,46	52,50
7	1020,95	6598,37	4286,48	103,92	53,55	52,50
6	1281,07	7721,17	4831,31	119,29	56,32	52,50
5	1534,28	8843,97	5376,14	135,32	59,75	52,50
4	1777,48	9966,77	5920,97	152,06	63,90	52,50
3	2011,76	11089,57	6465,80	169,44	68,69	52,50
2	2234,98	11775,73	11775,73	177,97	177,97	72,19
1	2447,81	11775,73	11775,73	172,13	172,13	72,19



Şekil 6.24 Sistem4b 10 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı

Tablo 6.23 Sistem4b 16 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı

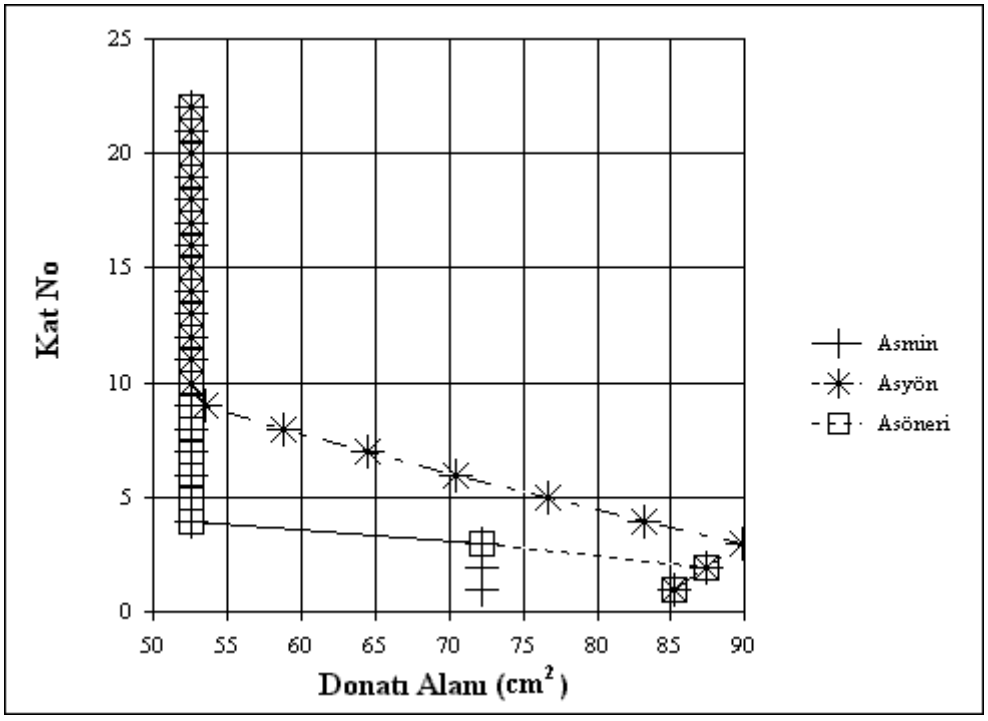
Kat No	N_d (kN)	$M_{yön}$ (kNm)	$M_{öneri}$(kNm)	$A_{syön}$ (cm^2)	$A_{söneri}$ (cm^2)	A_{smin} (cm^2)
16	194,33	2273,01	1932,96	41,43	34,02	52,50
15	449,59	2891,48	2211,38	44,64	29,82	52,50
14	702,89	3509,95	2489,80	48,33	26,10	52,50
13	954,45	4128,43	2768,22	52,50	22,86	52,50
12	1200,31	4746,90	3046,64	57,26	20,21	52,50
11	1440,61	5365,37	3325,06	62,59	18,13	52,50
10	1672,32	5983,84	3603,48	68,56	16,69	52,50
9	1897,22	6602,32	3881,90	75,08	15,80	52,50
8	2112,88	7220,79	4160,32	82,19	15,50	52,50
7	2322,53	7839,26	4438,74	89,76	15,66	52,50
6	2525,56	8457,73	4717,16	97,78	16,27	52,50
5	2723,30	9076,21	4995,58	106,19	17,27	52,50
4	2915,00	9694,68	5274,00	114,99	18,67	52,50
3	3102,06	10313,15	5552,42	124,14	20,40	72,19
2	3284,13	10313,15	10313,15	120,14	120,14	72,19
1	3461,38	10313,15	10313,15	116,44	116,44	72,19



Şekil 6.25 Sistem4b 16 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı

Tablo 6.24 Sistem4b 22 Katlının Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı

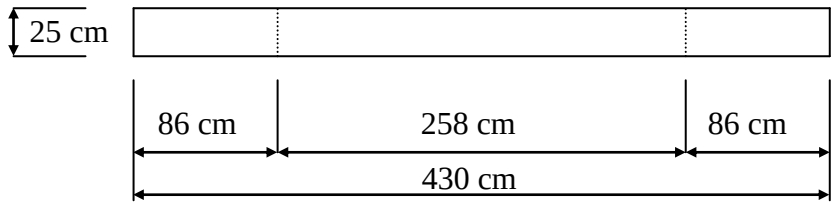
Kat No	N_d (kN)	$M_{yön}$ (kNm)	$M_{öneri}$(kNm)	$A_{syön}$ (cm^2)	$A_{söneri}$ (cm^2)	A_{smin} (cm^2)
22	201,83	1628,67	1438,97	27,08	22,95	52,50
21	466,65	2059,23	1679,83	25,83	17,56	52,50
20	730,60	2489,79	1920,70	25,06	12,66	52,50
19	993,75	2920,35	2161,56	24,75	8,22	52,50
18	1251,44	3350,92	2402,42	25,08	4,41	52,50
17	1503,81	3781,48	2643,29	26,00	1,20	52,50
16	1747,55	4212,04	2884,15	27,59	-	52,50
15	1984,51	4642,60	3125,01	29,76	-	52,50
14	2211,76	5073,17	3365,88	32,57	-	52,50
13	2432,87	5503,73	3606,74	35,86	-	52,50
12	2647,24	5934,29	3847,60	39,64	-	52,50
11	2856,25	6364,85	4088,47	43,84	-	52,50
10	3059,00	6795,41	4329,33	48,46	-	52,50
9	3257,04	7225,98	4570,19	53,45	-	52,50
8	3449,60	7656,54	4811,06	58,79	-	52,50
7	3638,27	8087,10	5051,92	64,45	-	52,50
6	3822,40	8517,66	5292,78	70,41	0,14	52,50
5	4003,62	8948,23	5533,65	76,63	2,23	52,50
4	4181,42	9378,79	5774,51	83,12	4,58	52,50
3	4357,36	9809,35	6015,37	89,84	7,17	72,19
2	4531,37	9809,35	9809,35	87,40	87,40	72,19
1	4703,66	9809,35	9809,35	85,17	85,17	72,19



Şekil 6.26 Sistem4b 22 Katlı' nın Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı

6.2 Sistem 5 İçin Yönetmelik ve Öneri Tasarım Eğilme Momentine Göre Perde Donatı Hesapları

Yapı sisteminde, perde boyutlarına göre Bölüm 3' te verilen minumum donatı koşulları, P1 perdesi için Şekil 6.27 ve Şekil 6.28' de, P2 perdesi için Şekil 6.29 ve Şekil 6.30' da, P3 perdesi için ise Şekil 6.31 ve Şekil 6.32' de görülmektedir.

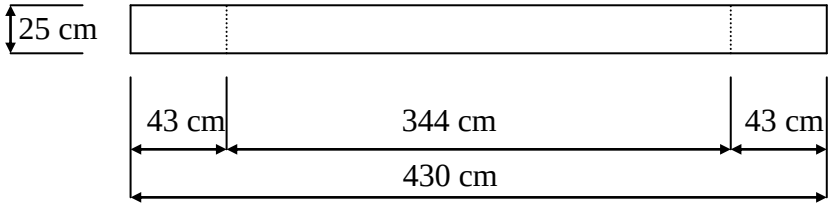


$A_{S\ uc,min}$ = 0,002$b_w l_w$ = 0,002x25x430=21,50 cm^2

$A_{S\ gövv,min}$ = 0,0025bw(l_w-2l_u) = 0,0025x25x258=16,12 cm^2

$\sum A_{Smin}$ = 16,12+2 x 21,50=59,12 cm^2

Şekil 6.27 P1 Perdesi İçin Kritik Perde Yüksekliği Boyunca Minimum Toplam Düşey Donatı

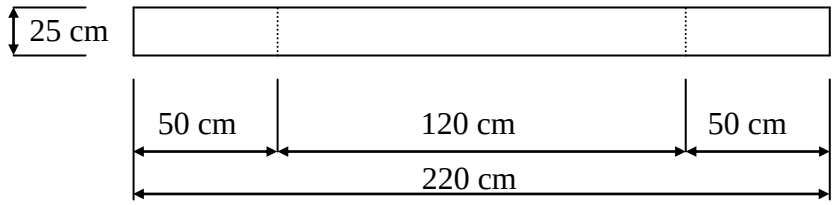


$A_{S\ uc,min}$ = 0,001$b_w l_w$ = 0,001x25x430 =10,75 cm^2

$A_{S\ gövv,min}$ = 0,0025bw(l_w-2l_u) = 0,0025x35x344=21,50 cm^2

$\sum A_{Smin}$ = 21,50+2x10,75=43,00 cm^2

Şekil 6.28 P1 Perdesi İçin Kritik Perde Yüksekliği Dışında Minimum Toplam Düşey Donatı

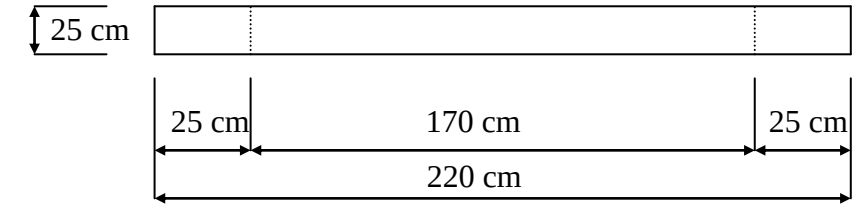


$A_{S\ uc,min}$ = 0,002$b_w l_w$ = 0,002x25x220 =11,00 cm^2

$A_{S\ gövv,min}$ = 0,0025bw(l_w-2l_u) = 0,0025x25x120=7,50 cm^2

$\sum A_{Smin}$ = 7,50+2x11,00=29,50 cm^2

Şekil 6.29 P2 Perdesi İçin Kritik Perde Yüksekliği Boyunca Minimum Toplam Düşey Donatı

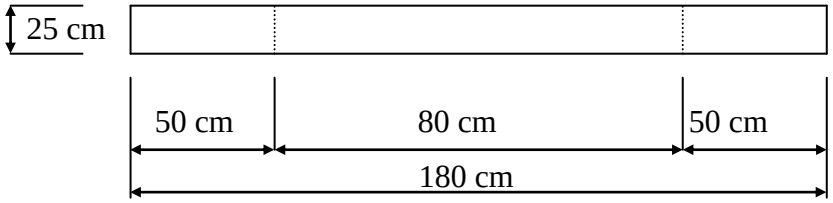


$A_{S\ uc,min}$ = 0,001$b_w l_w$ = 0,001x25x220 =5,50 cm^2

$A_{S\ gövmin}$ = 0,0025bw(l_w-2l_u) = 0,0025x25x170=10,62 cm^2

$\sum A_{Smin}$ = 10,62+2x5,50=21,62 cm^2

Şekil 6.30 P2 Perdesi İçin Kritik Perde Yüksekliği Dışında Minimum Toplam Düşey Donatı

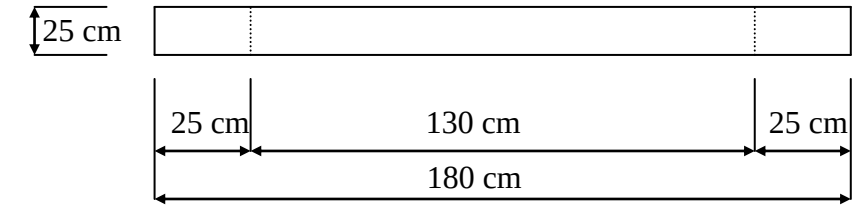


$A_{S\ uc,min}$ = 0,002$b_w l_w$ = 0,002x25x180 =9,00 cm^2

$A_{S\ gövmin}$ = 0,0025bw(l_w-2l_u) = 0,0025x25x80=5,00 cm^2

$\sum A_{Smin}$ = 5,00+2x9,00=23,00 cm^2

Şekil 6.31 P3 Perdesi İçin Kritik Perde Yüksekliği Boyunca Minimum Toplam Düşey Donatı



$A_{S\ uc,min}$ = 0,001$b_w l_w$ = 0,001x25x180 =4,50 cm^2

$A_{S\ gövmin}$ = 0,0025bw(l_w-2l_u) = 0,0025x25x130=8,12 cm^2

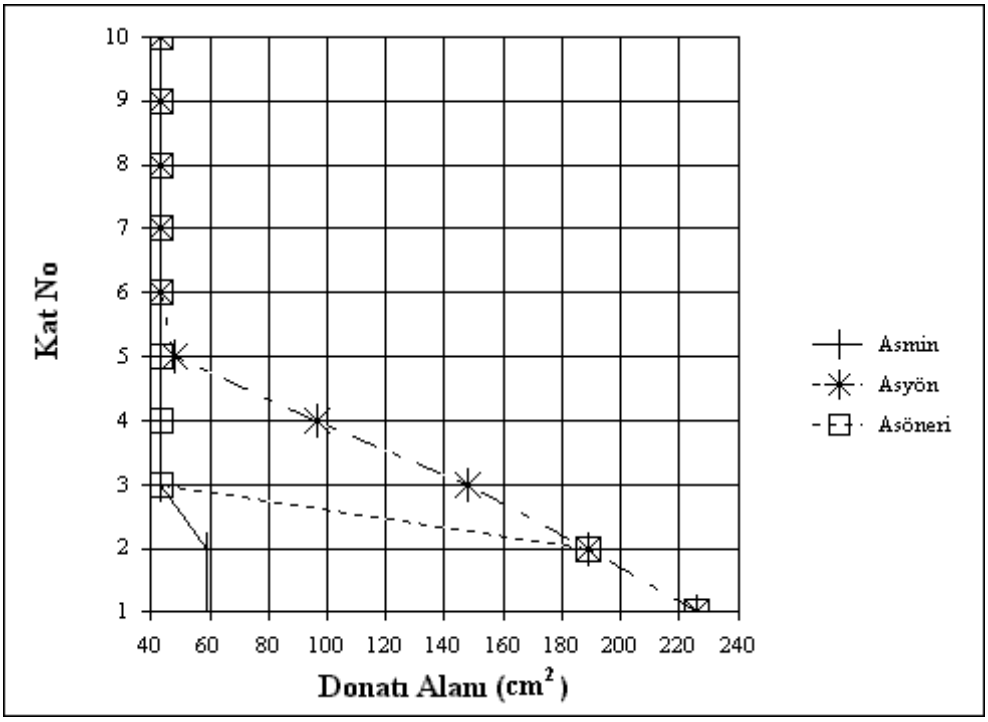
$\sum A_{Smin}$ = 8,12+2x4,50=17,12 cm^2

Şekil 6.32 P3 Perdesi İçin Kritik Perde Yüksekliği Dışında Minimum Toplam Düşey Donatı

Sistem 5 için G+Q±E yüklemesinden elde edilen N_d (kN) değerleri ile yönetmelik tasarım momentleri (kNm) ve alternatif tasarım momentlerine (kNm) göre hesaplanan gerekli A_s (cm^2) donatı alanları, P1, P2, P3 perdeleri için sırasıyla Tablo 6.25, 6.26, 6.27' de verilmiştir. Donatı alanlarının kolay karşılaştırılabilmesi amacıyla donatı diyagramları çizilmiştir. Bu diyagramlar, P1, P2, P3 perdeleri için sırasıyla Şekil 6.33, 6.34, 6.35' de verilmiştir.

Tablo 6.25 P1 İçin Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı

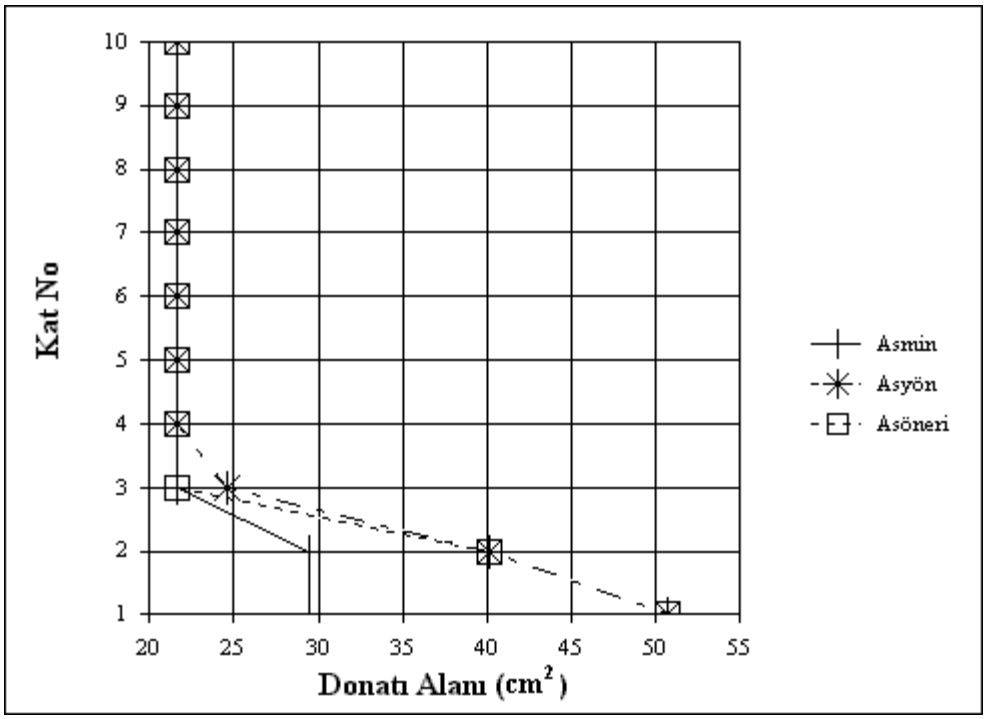
Kat No	N_d (kN)	$M_{yön}$ (kNm)	$M_{öneri}$(kNm)	$A_{syön}$ (cm^2)	$A_{söneri}$ (cm^2)	A_{smin} (cm^2)
10	1391,26	4390,44	3443,15	30,61	12,61	43,00
9	2744,31	5484,96	3590,38	11,57	-	43,00
8	4086,02	6579,48	3737,60	4,08	-	43,00
7	5417,18	7674,00	3884,83	1,46	-	43,00
6	6749,16	8768,52	4032,06	22,70	-	43,00
5	8120,33	9863,04	4179,29	48,04	-	43,00
4	9547,25	10957,56	4326,51	96,25	-	43,00
3	11010,33	12052,08	4473,74	147,93	0,89	43,00
2	12495,94	12416,92	12416,92	188,81	188,81	59,13
1	13986,81	12416,92	12416,92	225,65	225,65	59,13



Şekil 6.33 Sistem5 P1' in Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı

Tablo 6.26 P2 İçin Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı

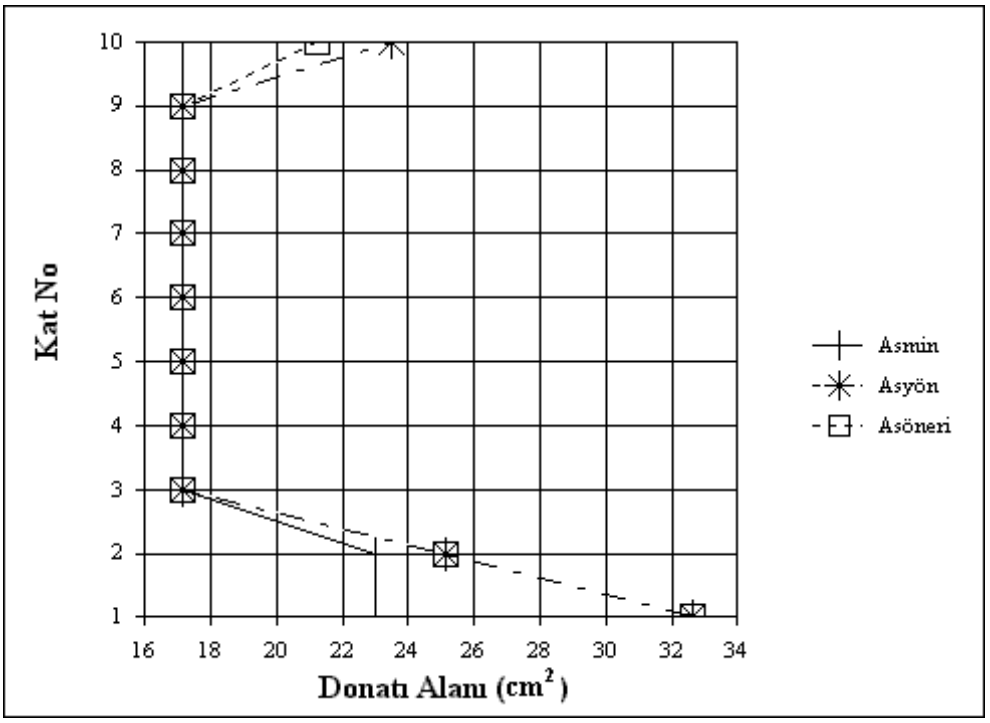
Kat No	N_d (kN)	$M_{yön}$ (kNm)	$M_{öneri}$(kNm)	$A_{syön}$ (cm^2)	$A_{söneri}$ (cm^2)	A_{smin} (cm^2)
10	440,97	916,52	736,83	16,58	9,90	21,63
9	915,47	1147,56	788,18	9,00	-	21,63
8	1417,93	1378,60	839,54	3,45	-	21,63
7	1947,80	1609,65	890,89	0,44	-	21,63
6	2501,85	1840,69	942,24	0,55	-	21,63
5	3075,68	2071,73	993,60	3,14	-	21,63
4	3662,94	2302,77	1044,95	11,90	-	21,63
3	4253,11	2533,82	1096,31	24,54	-	21,63
2	4826,95	2657,04	2657,04	40,09	40,09	29,50
1	5344,84	2657,04	2657,04	50,64	50,64	29,50



Şekil 6.34 Sistem5 P2' nin Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı

Tablo 6.27 P3 İçin Yönetmelik ve Alternatif Diyagramlara Göre Donatı Hesabı

Kat No	N_d (kN)	$M_{yön}$ (kNm)	$M_{öneri}$(kNm)	$A_{syön}$ (cm^2)	$A_{söneri}$ (cm^2)	A_{smin} (cm^2)
10	412,39	873,32	824,15	23,47	21,24	17,13
9	826,72	983,93	885,58	14,78	10,31	17,13
8	1239,83	1094,54	947,01	8,66	1,96	17,13
7	1651,04	1205,14	1008,43	5,11	-	17,13
6	2059,77	1315,75	1069,86	4,09	-	17,13
5	2465,33	1426,35	1131,29	4,40	-	17,13
4	2866,97	1536,96	1192,72	9,52	-	17,13
3	3263,84	1647,57	1254,15	14,65	-	17,13
2	3654,79	1736,05	1736,05	25,16	25,16	23,00
1	4039,03	1736,05	1736,05	32,61	32,61	23,00



Şekil 6.35 Sistem5 P3' ün Donatı Sonuç Karşılaştırma Diyagramı

6.3 Sonuçların Değerlendirilmesi

Tüm sistemlerin, yönetmelik ve öneri tasarım eğilme moment dağılımları için hesaplanan toplam gerekli donatı miktarları ve % değişimleri Tablo 6.29' da, Sistem5 için ise Tablo 6.28' de gösterilmiştir. Tablo 6.28 ve 6.29' dan anlaşıldığı üzere, sistemlerde önerilen tasarım eğilme moment dağılımı kullanıldığında, gerekli minimum donatının üzerinde donatı kullanılan sistemlerde % 55,13' e varan donatı tasarrufu sağlamıştır. Bu da öneri tasarım eğilme moment dağılımının güvenliği sağlamakla birlikte ekonomik de olduğunu göstermektedir.

Tablo 6.28 Sistem5 İçin Donatı Toplamları ve % Değişimleri

Sistemler	Perdeler	$\sum As_{yön}$ (cm^2)	$\sum As_{öneri}$ (cm^2)	% Değişim
Sistem 5	P1	921,68	758,46	% 17,71
	P2	266,68	263,77	% 1,09
	P3	201,15	198,92	% 1,11

Tablo 6.29 Bütün Sistemlerin Donatı Toplamları ve % Değişimleri

Sistemler	Kat Sayısı	$\sum As_{yön}$ (cm^2)	$\sum As_{öneri}$ (cm^2)	% Değişim
Sistem 1a	10	578,57	564,38	% 2,45
	16	899,07	899,07	% 0,00
	22	1214,07	1214,07	% 0,00
Sistem 1b	10	743,28	615,46	% 20,77
	16	1062,82	931,51	% 14,11
	22	1214,07	1214,07	% 0,00
Sistem 2a	10	622,07	577,21	% 7,71
	16	899,07	899,07	% 0,00
	22	1214,07	1214,07	% 0,00
Sistem 2b	10	879,48	658,81	% 33,49
	16	1085,91	937,53	% 15,83
	22	1238,03	1214,07	% 1,97
Sistem 3a	10	639,53	584,44	% 9,43
	16	899,07	899,07	% 0,00
	22	1214,07	1214,07	% 0,00
Sistem 3b	10	986,90	691,14	% 42,79
	16	1206,33	965,54	% 24,94
	22	1287,53	1224,90	% 5,11
Sistem 4a	10	626,67	579,12	% 8,21
	16	899,07	899,07	% 0,00
	22	1214,07	1214,07	% 0,00
Sistem 4b	10	1256,24	809,81	% 55,13
	16	1325,12	991,27	% 33,68
	22	1351,76	1242,26	% 8,81

6. SONUÇLAR

Perdeler yatay rijitlikleri nedeniyle, deprem yükü etkisindeki betonarme yapı sistemlerinde efektif olarak kullanılan taşıyıcı sistem elemanlarıdır. 1998 yılında yürürlüğe giren Deprem Yönetmeliği'nde tanımlanan perde tasarım eğilme momenti dağılımının, hesap eğilme momenti değerleriyle karşılaştırıldığında, özellikle kritik yüksekliğin üstünde kalan perde üst bölgelerinde, hesap değerlerinden oldukça yüksek değerler verdiği görülmüştür.

Yönetmelikte verilen tasarım eğilme moment diyagramının özellikle kritik perde yüksekliğinin sona erdiği kesitin üstündeki bölge için, [1] ve [10] nolu kaynaklarda Gülay, Özmen ve Gencay, perde tasarım momenti olarak değişik alternatif tasarım momenti dağılımlarını 10, 16 ve 22 katlı iki ayrı geometrideki yapılar üzerinde araştırarak, hesap momentleri ve yönetmelik değerleriyle karşılaştırmalı olarak incelemiş ve altı ayrı alternatif moment dağılımı içinden "Seçenek 6" tasarım moment dağılımını önermişlerdir. Önerilen söz konusu "Seçenek 6" tasarım moment dağılımı, daha farklı ve çeşitli geometrilerdeki yapı sistemleri üzerinde uygulanarak, bu moment dağılımının güvenilirliği ve ekonomik olup olmadığı araştırılmıştır.

Tez çalışmasında, 10, 16 ve 22 katlı ve bir doğrultuda 3, diğer doğrultuda 4, 5, 6 ve 7 akslı perde çerçeve betonarme bina örnekleri seçilerek, perdeler iç ve dış akslara yerleştirilip toplam 24 farklı sistem oluşurulmuştur. Bu sistemler hem düşey yükler, hem de Y doğrultusundaki deprem yükü etkisine göre kesit hesapları yapılmıştır. Bütün sistemlerin deprem hesapları, 1. derece deprem bölgesi, yerel zemin sınıfı Z2 ve bina önem katsayısı I = 1 alınarak yapılmıştır. Sistemlerin süneklilik düzeyi karma sistem olarak alınmıştır.

Sistem5 ise, 10 katlı ve planda x ve y eksenlerine göre simetriktir. Bu sistemde, boyları değişen üç farklı perde türü kullanılmıştır. Bu sistemin de deprem hesabı, 1. derece deprem bölgesi, yerel zemin sınıfı Z2 ve bina önem katsayısı I = 1 alınarak yapılmıştır. Sistem5' inde süneklilik düzeyi karma sistemdir.

Yöntem olarak parametrik ‘Sayısal Deney’ yöntemi kullanılmış, seçilen örnek yapıların deprem hesabı SAP2000 Yapı Analiz Programı kullanılarak ‘Mod Birleştirme’ yöntemiyle yapılmıştır.

‘Tasarım Eğilme Momenti Güvenlik Katsayısı’ (TGK) adı verilen değerler, perdelerin herhangi bir kesitinde tasarım eğilme momentinin, hesap eğilme momentine oranıdır. Sayısal incelemeler sonunda, test yapıların her katı için TGK değerleri hesaplanarak, yönetmelik değerleri ile karşılaştırılmış ve önerilen altenatif tasarım moment dağılımının güvenli olup olmadığı araştırılmıştır. TGK değerlerinin birden büyük olması önerilen alternatif tasarım eğilme momentinin güvenilir olduğunu, bire yakın olması önerilen alternatif tasarım eğilme momentinin hesap eğilme momentini iyi yansıttığını ve ekonomik olduğunu, birden küçük olması ise önerilen alternatif tasarım eğilme momentinin yeterli güvenlikte olmadığını göstermektedir.

Şekil 5.19’ dan 5.46’ ya kadar ki diyagramlardan alternatif tasarım eğilme momenti için hesaplanan TGK değerlerinin, hiçbir durumda 1’den küçük olmadığı (sadece Şekil 5.43’ te 2. kat hizasında yaklaşık 0,9’ dur, 1’ e yakın olduğundan dolayı dikkate alınmayabilir) ve yönetmelik tasarım eğilme momenti için hesaplanan TGK değerlerinden daha küçük değerler aldıkları gözlenmiştir. Bu da ‘Seçenek 6’ alternatif tasarım eğilme momenti dağılımının güvenilir olduğunu kanıtlamaktadır.

Toplam donatı alanlarının ve yüzde değişimlerinin verildiği Tablo 6.28 ve 6.29’ da görüldüğü gibi, özellikle ülkemizde yaygın olarak yapılan 10 katlı yapılar için %55,13’ e varan bir ekonomi sağlamak mümkün gözükmektedir.

Şekil 5.43’ te TGK değerinin 2. kat hizasında 1’ den küçük olması nedeniyle önerilen alternatif moment diyagramı, kritik kat yüksekliğinde hesaplanan değerin %20 artırılması yerine, %25 veya %30 artırılarak geliştirilebilir. Seçilen örneklerin sayısı daha da artırılarak, normal kuvvetin daha az etkin olduğu, yani eğilme momentinin daha etkin olduğu örnek yapı sistemleri incelenirse, boyuna donatıdaki bu yüzde değerleri daha da artabilir. Ayrıca simetrik olmayan ve mühendislik açısından sınırları zorlayan yapı sistemlerinde önerilen tasarım eğilme momenti dağılımı araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

[1] **Gencay, İ.,** 1999, Deprem Etkisindeki Çok Katlı Yapı Sistemlerinde Perde Tasarım Momentlerinin Hesabı ile İlgili Parametrik bir İnceleme, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

[2] **Aktüre, T.,** 1999, Deprem Güvenli Konut Sempozyumu, Mesa Yayınları, Ankara.

[3] **Lu, Y.,** 2002, The Seismic Behaviour of Mulistorey RC Wall – Frame System Versus Bare Ductile Frame System, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 31, No.1, pp. 79 – 97.

[4] **Aka, İ. ve Altan, M.,** 1992, Betonarme Taşıyıcı Sistemler, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.

[5] **Paulay, T.,** 2002, The Displacement Capacity of Reinforced Concrete Coupled of a Coupled Shear Wall, Engineering Structures, Vol. 24, No.9, pp. 1166 – 1175.

[6] **Tezcan, S. S., Kaya, Z. D.,** 1997, The Effective Rigidity of a Coupled Shear Wall, Boğaziçi University Presss, İstanbul.

[7] **Sasani, M., Kiureghian, A. D.,** 2001, Seismic Fragility of RC Structural Walls: Displacement Approach, Journal of Structural Engineering, Vol. 127, No.2, pp. 219 – 228.

[8] **Paulay, T. and Priestly, M. J. N.,** 1992, Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings, John Wiley New York.

[9] **Çakıroğlu A., Özer E.,** Ocak 1990, Dikdörtgen ve Daire Betonarme Kesitlerde Taşıma Gücü Formülleri ve Yaklaşık Mertebeleri, İMO Teknik Dergi, 25-48, Yazı2.

[10] **Gülay, F. G., Özmen, G., Gencay, İ.,** 2000, Deprem Yükü etkisindeki Çok Katlı Yapılarda Perde Tasarım Momentlerinin Hesabı İçin bir Öneri, İnşat Mühendisliğinde Gelişmeler, IV. Uluslararası Kongre, Vol 1, 495-504.

[11] **Saka M.P.,** 1992, Optimum Design of Multi Storey Structures with Shear Walls, Computers & Structures, 44, 925-936.

[12] **SAP2000 CSI,** 1998, Web Tutorial 1, Computers and Structures, Inc. Berkeley, California.

[13] **SAP2000, Computers and Engineering,** 1999, Betonarme Çerçeve Boyutlama Klavuzu.

[14] **Celep Z. ve Kumbasar N.,** 1998 Betonarme Yapılar, Sema Matbacılık, İstanbul.

[15] **Özer E.,** Yapı Sistemlerinin Hesabında Bilgisayar Kullanımı ve Hesap Modellerinin Oluşturulması İçin Bazı Öneriler, Seminer Notları, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi.

[16] **Wallace, J. W.,** 1996, Seismic Design of Reinforced Concrete Walls, Journal of Structural Engineering, Vol. 121, pp. 75 – 88.

[17] **Pala, S., Özmen, G.,** 1995, Effective Stiffness of Coupling Beams in Structural Walls, Computers&Strucrures, Vol. 54, No. 5, pp. 925 –931.

[18] **Mazars, J., Kotronis, P., Davenne, L.,** 2002, A New Modelling Strategy For The Behaviour of Shear Walls Under Dynamic Loading, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 31, No.4, pp. 937 – 954.

[19] **Kowalsky, M. J.,** 2001, RC Structural Walls Designed According to UBC and Displacement – Based Methods, Journal of Structural Engineering, Vol. 127, No.5, pp. 506 – 516.

[20] **Deprem Yönetmeliği 1997,** Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.

[21] **TS 500,** 2000, Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[22] **Eurocode 8,** 1993, Earthquake Resistant Design of Structures, 8 October.

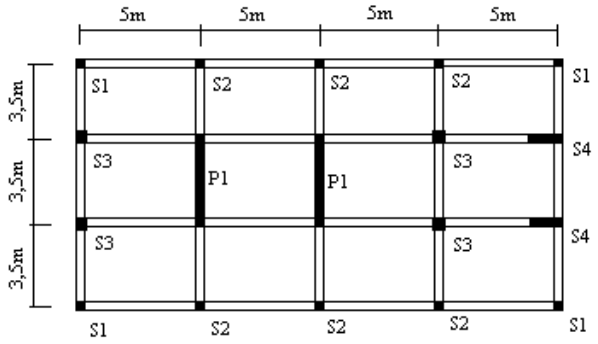
[23] **Celep, Z., Kumbasar, N.,** 2000, Deprem mühendisliğine giriş ve depreme dayanıklı yapı tasarımı, Sema Matbacılık, İstanbul.

[24] Tunç, M. M., 1998, Visual Basic 5.0 Temelleri ve Mühendislik Uygulamaları, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul.

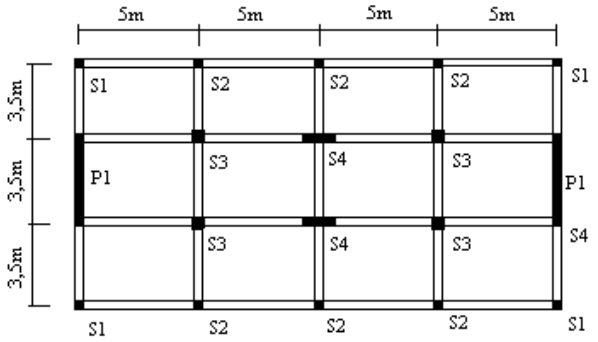
EK–1

ÖRNEK YAPI SİSTEMLERİNİN KAT PLANLARI

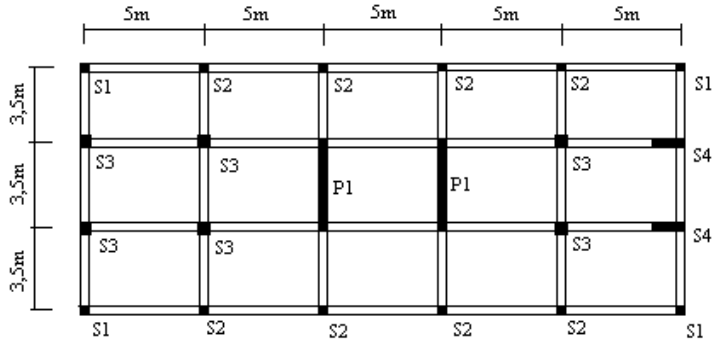
Sistem 1a : 10, 16 ve 22 Katlı.



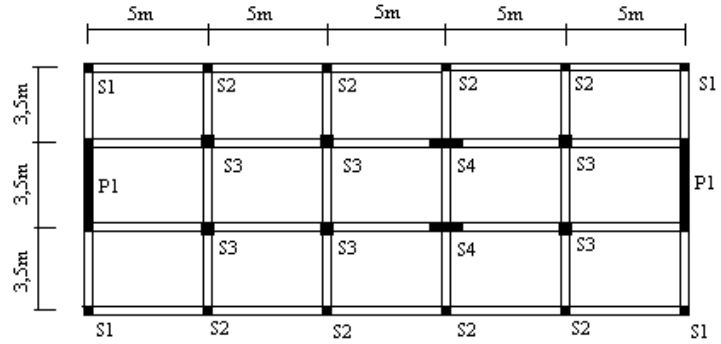
Sistem 1b : 10, 16 ve 22 Katlı.



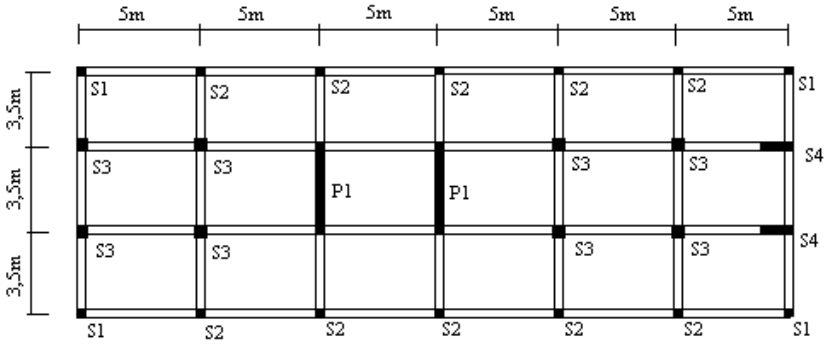
Sistem 2a : 10, 16 ve 22 Katlı.



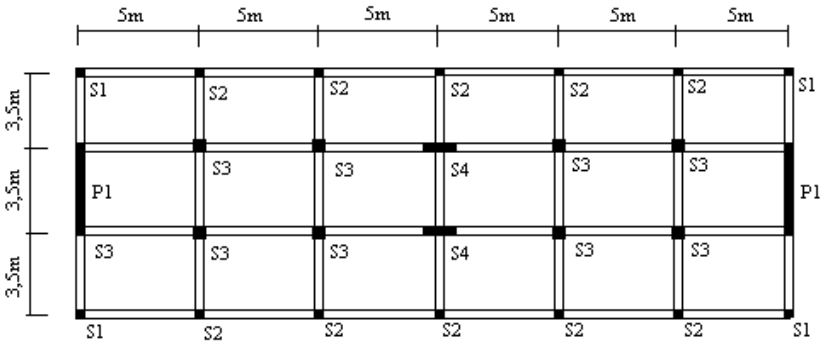
Sistem 2b : 10, 16 ve 22 Katlı.



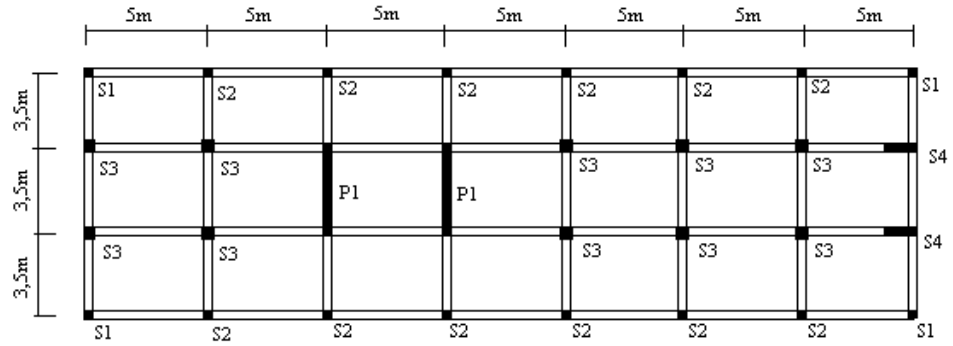
Sistem 3a : 10, 16 ve 22 Katlı.



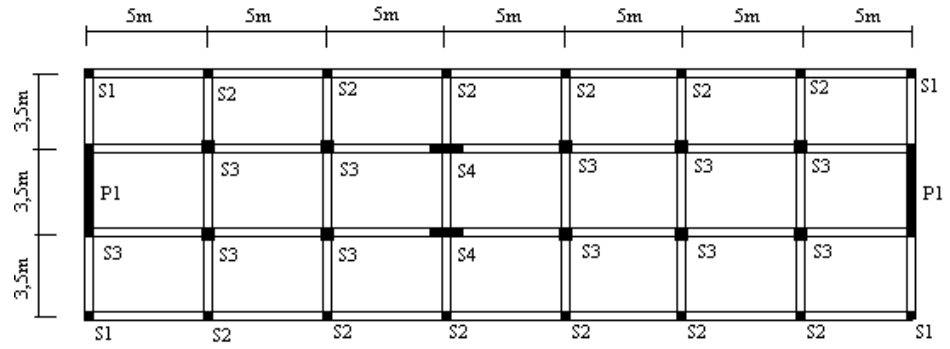
Sistem 3b : 10, 16 ve 22 Katlı.



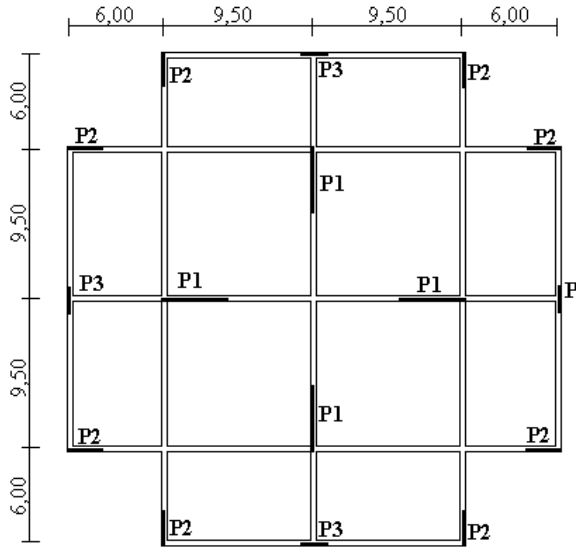
Sistem 4a : 10, 16 ve 22 Katlı.



Sistem 4b : 10, 16 ve 22 Katlı.



Sistem 5



ÖZGEÇMİŞ

Sarper Sevinç, 1989-1994 yılları arasında İstanbul Adnan Menderes Anadolu Lisesi' nde okuduktan sonra, 1995 yılında Tekirdağ Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 1996 yılında Ege Üniversitesi İnşaat Bölümünü kazandı. Lisans eğitimi süresince özel ilgi alanına girdiği için yapı sistemlerinin hesapında kullanılan paket programları arştırarak bitirme tezinide bu konuda yaptı. 2000 yılında mezun olan Sarper Sevinç, o tarihten beri yüksek lisans eğitimini İTÜ Yapı mühendisliği Deprem programında sürdürmektedir.