

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PERDE-ÇERÇEVELİ SİSTEMLERDE α_m KATSAYISININ
HESABI İLE İLGİLİ PARAMETRİK İNCELEME**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Ferhat DOĞAN
501950050011



100341

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 31 Mayıs 1999

Tezin Savunulduğu Tarih : 18 Haziran 1999

Tez Danışmanı : Doç.Dr. F. Gülten GÜLAY

Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Günay ÖZMEN

Prof.Dr. Zekeriya POLAT (Y.T.Ü.)

HAZİRAN 1999

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, deprem yükü etkisi altındaki, bağlantısız, bağlantılı ve boşluklu perdeli yapı sistemlerinde, perde taban momentleri toplamının, bina tabanında meydana gelen toplam devrilme momentine oranı olan α_m katsayısı ile ilgili inceleme yapılmıştır.

Çalışmalarında, bana yol gösteren ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam sayın Doç. Dr. Gülten GÜLAY ve hocam sayın Prof. Dr. Günay ÖZMEN'e teşekkür ederim.

Gerek tez sırasında, gerekse tez dışındaki tüm yardımlarından dolayı sayın Yrd. Doç. Dr. Engin ORAKDÖĞEN, sayın Dr. Konuralp GİRGİN, sayın Arş. Gör. İnş. Yük. Müh. Yavuz DURGUN, sayın Arş. Gör. İnş. Yük. Müh. Günhan AKSOYLU'ya ve bu tezde katkısı bulunlara teşekkür ederim.

Her zaman bana maddi ve manevi destekte bulunan aileme de ayrıca teşekkür etmek isterim.

Haziran 1999

İnş. Müh. Ferhat Doğan

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖZET	xi
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Konuya Giriş	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	2
2. DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMI VE YENİ TÜRKİYE DEPREM YÖNETMELİĞİ (ABYYHY)	4
2.1. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarım Felsefesi	4
2.2. Düzensiz Yapılar	5
2.3. Zemin Koşullarının Belirlenmesi	7
2.4. Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması	8
2.5. Süneklik	10
2.5.1. Elastik deprem yüklerinin azaltılması ve taşıyıcı sistem davranış katsayısı	12
2.5.2. Süneklik düzeyi bakımından sistemler	15
2.6. Kapasite Tasarımı	19
2.7. Yapı Sistemlerinin Deprem Hesabında Kullanılacak Yöntemler	20
2.7.1. Eşdeğer deprem yükü yöntemi	21
2.7.1.1. Toplam eşdeğer deprem yükünün belirlenmesi	21
2.7.1.2. Katlara etkiyen tasarım deprem yüklerinin belirlenmesi	22
2.7.1.3. Gözönüne alınacak yerdeğiştirme bileşenleri ve deprem yüklerinin etkiye noktaları	23
2.7.1.4. Binanın birinci doğal titreşim periyodunun belirlenmesi	23
2.7.1.5. Ampirik periyot formülü	24
2.7.2. Mod birleştirme yöntemi	25
2.7.2.1. İvme spektrumu	25
2.7.2.2. Gözönüne alınacak dinamik serbestlik dereceleri	25
2.7.2.3. Hesaba katılacak titreşim modunun sayısı	26
2.7.2.4. Mod katkılarının birleştirilmesi	26
2.7.2.5. Hesaplanan büyüklüklere ilişkin altsınır değerleri	27
2.7.2.6. Zaman tanım alanında hesap yöntemleri	28
3. PERDELER	29
3.1. Perdelerle İlgili Genel Bilgiler	29
3.2. Konuyla İlgili Çalışmalar	31
3.3. Perde Türleri ve Davranışları	33
3.3.1. Boşluksuz perde (Konsol perde)	33

3.3.2. Boşluklu perde	35
3.3.3. Perde-Çerçeve sistemler	38
3.4. Deprem Yönetmeliğinde (ABYYHY) Perdeler İçin Verilen Konstrüktif kurallar	39
3.4.1. Süneklik düzeyi yüksek perdeler	39
3.4.1.1. Enkesit koşulları	39
3.4.1.2. Perde uç bölgesi	40
3.4.1.3. Perdelerde donatı koşulları	42
3.4.1.4. Tasarım eğilme momentleri	43
3.4.1.5. Perdelerin kesme güvenliği	44
3.4.1.6. Bağ kirişli perdelerle ilişkin kural ve koşullar	44
3.4.2. Süneklik düzeyi normal perdeler	45
4. ÇEŞİTLİ YAPI SİSTEMLERİ ÜZERİNDE SAYISAL İNCELEMELER	46
4.1. Giriş	46
4.2. İncelenen Yapı Sistemlerinin Genel Özellikleri	46
4.2.1. Sistem ve malzeme parametreleri	46
4.3. Taşıyıcı Sistemin Boyutlandırılması	47
4.3.1. Etkili tabla genişliğinin belirlenmesi	47
4.3.2. Döşeme kalınlığının belirlenmesi	49
4.3.3. Yük analizi	50
4.3.4. Kolonların önboyutlandırılması	51
4.4. Hesap Yönteminin Açıklanması	55
5. DÜZENLİ YAPI SİSTEMLERİ (SİSTEM 1)	57
5.1. Sistem 1A : Bağlantısız Perdeli Sistem	57
5.1.1. Birinci doğal titreşim periyodunun belirlenmesi	57
5.1.2. Eşdeğer deprem yükünün belirlenmesi	59
5.1.3. Kat kesme kuvvetleri ve kat devrilme momentlerinin hesabı	61
5.1.4. Kolon ve perdelerde oluşan kesme kuvvetlerinin hesabı	62
5.1.5. Perde momentleri ve α_m katsayısının hesabı	72
5.1.6. Devrilme momentinin kolon ve perdelerle dağılışı	73
5.2. Sistem 1B : Bağlantılı Perdeli Sistem	73
5.2.1. Kolon ve perdelerde oluşan kesme kuvvetlerinin hesabı	74
5.2.2. Perde tabanında oluşan toplam eğilme momentinin hesabı	76
5.2.3. α_m Katsayısının hesabı	78
5.3. Sistem 1C : Boşluklu Perdeli Sistem	78
5.3.1. Kolon ve perdelerde oluşan kesme kuvvetlerinin hesabı	79
5.3.2. Perde tabanında oluşan toplam eğilme momentinin hesabı	81
5.3.3. α_m Katsayısının hesabı	83
5.4. Sonuçlar	83
6. BURULMA DÜZENSİZLİĞİ OLAN YAPI SİSTEMLERİ(SİSTEM 2)	85
6.1 Sistem 2A : Bağlantısız Perdeli Sistem	85
6.1.1. Birinci doğal titreşim periyodunun belirlenmesi	86
6.1.2. Eşdeğer deprem yükünün Belirlenmesi	86
6.1.3. Kat kesme kuvvetleri ve kat devrilme momentlerinin hesabı	88
6.1.4. Kolon ve perdelerde oluşan kesme kuvvetlerinin hesabı	89
6.1.5. Perde momentleri ve α_m katsayısının hesabı	91
6.1.6. Devrilme momentinin kolon ve perdelerle dağılışı	94

6.2. Sistem 2B : Bağlantılı Perdeli Sistem	94
6.2.1. Kolon ve perdelerde oluşan kesme kuvvetlerinin hesabı	95
6.2.2. Perde tabanında oluşan toplam eğilme momentinin hesabı	97
6.2.3. α_m katsayısının hesabı	101
6.3. Sistem 2C : Boşluklu Perdeli Sistem	101
6.3.1. Kolon ve perdelerde oluşan kesme kuvvetlerinin hesabı	102
6.3.2. Perde tabanında oluşan toplam eğilme momentinin hesabı	104
6.3.3. α_m katsayısının hesabı	107
6.4. Sonuçlar	107
7. SONUÇLARLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	109
7.1. Giriş	109
7.2. α_m Katsayısının R Davranış Katsayısına Etkisi	113
KAYNAKLAR	115
ÖZGEÇMİŞ	

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 2.1 : Zemin Grupları	7
Tablo 2.2 : Yerel Zemin Sınıfları	7
Tablo 2.3 : Etkin Yer İvmesi Katsayısı	8
Tablo 2.4 : Yapı Önem Katsayısı	9
Tablo 2.5 : Spektrum Karakteristik Periyotları	10
Tablo 2.6 : Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	14
Tablo 2.7 : Yapı Sistemleri Ve Süneklik Düzeyleri	18
Tablo 2.8 : Hareketli Yük Azaltma Katsayısı	22
Tablo 4.1 : Kolon Önboyutlandırılması	54
Tablo 4.2 : Kolon Önboyutları	54
Tablo 5.1 : Sistem 1A T_1 Periyodunun Hesabı	58
Tablo 5.2 : Sistem 1A Katlara Etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yükleri	61
Tablo 5.3 : Sistem 1A Kat Kesme Kuvvetleri ve Kat Devrilme Momentleri	61
Tablo 5.4 : Sistem 1A Kolon ve Perde Kesme Kuvvetleri	68
Tablo 5.5 : Sistem 1A Kolon Kesme Kuvvetleri ve Kolon Devrilme Momentlerinin Tayini	71
Tablo 5.6 : Sistem 1A Perde Momentleri	72
Tablo 5.7 : Sistem 1B Kat Kolon Kesme Kuvvetleri ve Kolon Devrilme Momentlerinin Tayini	75
Tablo 5.8 : Sistem 1B Perde Momentleri ve Bağlantı Kirişi Uçlarındaki Kesme Kuvvetlerinin Katkısı	76
Tablo 5.9 : Sistem 1C Kat Kolon Kesme Kuvvetleri ve Kolon Devrilme Momentlerinin Tayini	80
Tablo 5.10 : Sistem 1C Perde Momentleri ve Bağlantı Kirişi Uçlarındaki Kesme Kuvvetlerinin Katkısı	81
Tablo 5.11 : Sistem 1 Yapılarında Hesaplanan α_m Katsayıları	84
Tablo 6.1 : Sistem 2A T_1 Periyodunun Hesabı	86
Tablo 6.2 : Sistem 2A Katlara Etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yükleri	88
Tablo 6.3 : Sistem 2A Kat Kesme Kuvvetleri ve Kat Devrilme Momentleri	88
Tablo 6.4 : Sistem 2A Burulma Düzensizliği ve Artırılmış Ekdışmerkezlik Değerleri	89
Tablo 6.5 : Sistem 2A Kolon Kesme Kuvvetleri ve Kolon Devrilme Momentlerinin Tayini	89
Tablo 6.6 : Sistem 2A P1 Momentleri	92
Tablo 6.7 : Sistem 2A P2 Momentleri	93
Tablo 6.8 : Sistem 2B Burulma Düzensizliği ve Artırılmış Ekdışmerkezlik Değerleri	96
Tablo 6.9 : Sistem 2B Kat Kolon Kesme Kuvvetleri ve Kolon Devrilme Momentlerinin Tayini	96

Tablo 6.10 : Sistem 2B P1 Momentleri ve Bağlantı Kirişi Uçlarındaki Kesme Kuvvetlerinin Katkısı	98
Tablo 6.11 : Sistem 2B P2 Momentleri ve Bağlantı Kirişi Uçlarındaki Kesme Kuvvetlerinin Katkısı	99
Tablo 6.12 : Sistem 2C Burulma Düzensizliği ve Artırılmış Ekdışmerkezlik Değerleri	102
Tablo 6.13 : Sistem 2C Kat Koln Kesme Kuvvetleri ve Kolon Devrilme Momentlerin Tayini	103
Tablo 6.14 : Sistem 2C P1 Momentleri ve Bağlantı Kirişi Uçlarındaki Kesme Kuvvetlerinin Katkısı	104
Tablo 6.15 : Sistem 2C P2 Momentleri ve Bağlantı Kirişi Uçlarındaki Kesme Kuvvetlerinin Katkısı	105
Tablo 6.16 : Sistem 2 Yapılarında Hesaplanan α_m Katsayıları	108
Tablo 7.1 : İncelenen yapılarda α_m katsayısı	112

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1 : Burulma Düzensizliği	6
Şekil 2.2 : Spektrum Katsayısı S	10
Şekil 2.3 : Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı	13
Şekil 2.4 : Çerçeve Göçme Şekilleri	19
Şekil 2.5 : Betonarme Elemanda Yüğü Yerdeğiştirme Bağıntısı	11
Şekil 2.6 : 1997 Deprem Yönetmeliğine Göre Yapı Sistemleri	17
Şekil 2.7 : Hesap Yönteminin Seçilmesi	20
Şekil 2.8 : Deprem Yüğülerinin Etkime Noktaları	23
Şekil 2.9 : Kat Yerdeğiştirmeleri	24
Şekil 3.1 : Perdelerde Karşılaşılan Kesit Şekilleri	31
Şekil 3.2 : Konsol Perde	34
Şekil 3.3 : Perdelerin Göçme Biçimleri	35
Şekil 3.4 : Bağ Kirişli Perde Tipleri	36
Şekil 3.5 : Küçük Boşluklu Perdeler	37
Şekil 3.6 : Büyük Boşluklu Perdeler	38
Şekil 3.7 : Perde ve Çerçevenin Karşılıklı Etkileşimi	39
Şekil 3.8 : Kritik Perde Yüksekliği ve Perde Uç Bölgeleri	41
Şekil 3.9 : Perde Tasarım Moment Diyagramı	44
Şekil 4.1a : Bağlantısız Perde	46
Şekil 4.1b : Bağlantılı Perde	46
Şekil 4.1c : Boşluklu Perde	46
Şekil 4.2 : Sistem 1 ve Sistem 2 Genel Kat Planı Planı	47
Şekil 4.3 : Kiriş Kesiti	48
Şekil 4.4 : Plak Mesnetlenme Şekli	50
Şekil 4.5 : Kolon Yüğü Alanları	52
Şekil 4.6 : Üç Boyutlu Uzay Çerçeve Modeli	55
Şekil 5.1 : Sistem 1A Kat Planı	57
Şekil 5.2 : Eşdeğer Deprem Yüğüünün Bina Katlarına Dağıtılması	60
Şekil 5.3 : Sistem 1A Katlardaki Kesme Kuvvetleri	62
Şekil 5.4 : Sistem 1A Katlardaki Devrilme Momentleri	62
Şekil 5.5 : Sistem 1A Üç Boyutlu Uzay Çerçeve Modeli	63
Şekil 5.6 : Sistem 1A Katlarda Oluşan Kolon Kesme Kuvvetleri	71
Şekil 5.7 : Sistem 1A Katlarda Oluşan Kolon Eğilme Momentleri	71
Şekil 5.8 : Sistem 1A Perde Moment Diyagramı	72
Şekil 5.9 : Sistem 1A Devrilme Momentinin Sistem İçinde Dağılışı	73
Şekil 5.10 : Sistem 1B Kat Planı	74
Şekil 5.11 : Sistem 1B Katlarda Oluşan Kolon Kesme Kuvvetleri	75
Şekil 5.12 : Sistem 1B Katlarda Oluşan Kolon Eğilme Momentleri	75
Şekil 5.13 : Sistem 1B Perde Moment Diyagramı	77
Şekil 5.14 : Sistem 1B Devrilme Momentinin Sistem İçinde Dağılışı	77
Şekil 5.15 : Sistem 1C Kat Planı	79
Şekil 5.16 : Sistem 1C Katlarda Oluşan Kolon Kesme Kuvvetleri	80

Şekil 5.17 :	Sistem 1C Katlarda Oluşan Kolon Eğilme Momentleri	80
Şekil 5.18 :	Sistem 1C Perde Moment Diyagramı	81
Şekil 5.19 :	Sistem 1C Devrilme Momentinin Sistem İçinde Dağılışı	82
Şekil 6.1 :	Sistem 2A Kat Planı	85
Şekil 6.2 :	Sistem 2A Katlardaki Kesme Kuvvetleri	89
Şekil 6.3 :	Sistem 2A Katlardaki Devrilme Momentleri	89
Şekil 6.4 :	Sistem 2A Katlarda Oluşan Kolon Kesme Kuvvetleri	91
Şekil 6.5 :	Sistem 2A Katlarda Oluşan Kolon Eğilme Momentleri	91
Şekil 6.6 :	Sistem 2A P1 Moment Diyagramı	92
Şekil 6.7 :	Sistem 2A P2 Moment Diyagramı	93
Şekil 6.8 :	Sistem 2A Devrilme Momentinin Sistem İçinde Dağılışı	94
Şekil 6.9 :	Sistem 2B Kat Planı	95
Şekil 6.10 :	Sistem 2B Katlarda Oluşan Kolon Kesme Kuvvetleri	97
Şekil 6.11 :	Sistem 2B Katlarda Oluşan Kolon Eğilme Momentleri	97
Şekil 6.12 :	Sistem 2B P1 Moment Diyagramı	98
Şekil 6.13 :	Sistem 2B P2 Moment Diyagramı	99
Şekil 6.14 :	Sistem 2B Devrilme Momentinin Sistem İçinde Dağılışı	100
Şekil 6.15 :	Sistem 2C Kat Planı	101
Şekil 6.16 :	Sistem 2C Katlarda Oluşan Kolon Kesme Kuvvetleri	103
Şekil 6.17 :	Sistem 2C Katlarda Oluşan Kolon Eğilme Momentleri	103
Şekil 6.18 :	Sistem 2C P1 Moment Diyagramı	105
Şekil 6.19 :	Sistem 2C P2 Moment Diyagramı	106
Şekil 6.20 :	Sistem 2C Devrilme Momentinin Sistem İçinde Dağılışı	106
Şekil 7.1 :	Bağ Kirişli (Boşluklu) Perde	110
Şekil 7.2 :	Bağlantılı Perde	110
Şekil 7.3 :	Boşluklu ve Bağlantılı Perdelerde Eğilme Momenti Diyagramı	112

SEMBOL LİSTESİ

- A(T)** : Spektral ivme katsayısı
A_o : Etkin yer ivmesi katsayısı
A_t : Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında kullanılan eşdeğer alan
C_t : Eşdeğer deprem yükü yönteminde birinci doğal titreşim periyodunun yaklaşık olarak belirlenmesinde kullanılan katsayı
CQC : Komple kuadratik kombinezon tekniği
D_i : Eşdeğer deprem yükü yönteminde burulma düzensizliği olan yapılar için i'inci katta $\pm \%5$ ek dışmerkezliğe uygulanan büyütme katsayısı
D_n : Binanın i'inci katında F_n fiktif yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
D_i : Binanın i'inci katında deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
f_{cd} : Betonun tasarım basınç dayanımı
f_{ck} : Betonun karakteristik basınç dayanımı
f_{ctd} : Betonun tasarım çekme dayanımı
F_n : Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında i'inci kata etkiyen fiktif yük
F₁ : Eşdeğer deprem yükü yönteminde i'inci kata etkiyen eşdeğer deprem yükü
g_i : Binanın i'inci katındaki toplam sabit yük
H₁ : Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği
H_N : Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği
h_i : Binanın i'inci katının kat yüksekliği
I : Bina önem katsayısı
m_i : Binanın i'inci katının yüksekliği
N : Binanın temel üstünden itibaren toplam kat sayısı
n : Hareketli yük katılım katsayısı
q_i : Binanın i'inci katındaki toplam hareketli yük
R : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
R_a(T) : Deprem yükü azaltma katsayısı
R_{NC} : Deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi normal çerçeveler tarafından taşındığı durum için tanımlanan taşıyıcı sistem davranış katsayısı
R_{YP} : Deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek perdeler tarafından taşındığı durum için tanımlanan taşıyıcı sistem davranış katsayısı
S(T) : Spektrum katsayısı
T : Bina doğal titreşim periyodu
T₁ : Bina birinci doğal titreşim periyodu
T_{1A} : Binanın ampirik bağıntı ile hesaplanan birinci doğal titreşim periyodu
W : Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
Δ_i : Binanın i'inci katındaki göreceli kat ötelemesi
Δ_{imax} : Binanın i'inci katındaki maksimum göreceli kat ötelemesi
Δ_{iort} : Binanın i'inci katındaki ortalama göreceli kat ötelemesi
ΔF_N : Binanın N'inci katına etkiyen ek eşdeğer deprem yükü
η_{bl} : i'inci katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı

PERDE-ÇERÇEVELİ SİSTEMLERDE α_m KATSAYISININ HESABI İLE İLGİLİ PARAMETRİK İNCELEME

ÖZET

Yüksek lisans diploma tezi olarak hazırlanan bu çalışmada, perde taban momentleri toplamının, bina tabanında meydana gelen toplam devrilme momentine oranı olan α_m katsayısının hesabı ile ilgili çeşitli yapı sistemleri üzerinde parametrik bir inceleme yapılmıştır.

α_m katsayısının hesabı için gerekli olan perde taban momentlerinin hesabında, perde elemanlarına bağlanan kiriş uçlarında depremden meydana gelen kesme kuvvetlerinin katkısının da göz önüne alınması gerektiği ve bu katkının nasıl hesaplanacağı, bağlantısız, bağlantılı ve boşluklu perdeli, düzenli ve burulma düzensizliğine sahip on katlı betonarme yapı sistemleri üzerinde, örnekler çözülerek incelenmiştir.

Giriş bölümünde, 1998’de yürürlüğe giren yeni deprem yönetmeliği (ABYYHY)’ndeki R taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve α_m katsayısı ile ilgili ön bilgiler verildikten sonra çalışmanın amaç ve kapsamı verilmiştir.

İkinci bölümde, Yeni Türkiye Deprem Yönetmeliği ile ilgili getirilen bazı yenilikler açıklanarak, depreme dayanıklı yapı tasarımı hakkında genel bilgiler özetlenmiştir. Ayrıca deprem etkisi altındaki yapıların çözüm yöntemlerinden bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde, perdeler hakkında genel bilgiler verilmiş ve yönetmelikteki sünelik düzeyi yüksek ve normal perde tasarımı ile ilgili olan konstrüktif kurallar açıklanmıştır. Bu bölümde ayrıca perdeler ile ilgili yapılan çalışmaların literatür özeti verilmiştir.

Dördüncü bölümde, sayısal inceleme yapılacak yapı sistemlerinin genel özellikleri verilerek, taşıyıcı sistemlerin önboyutlandırılması yapılmış ve takip edilen hesap yöntemi açıklanmıştır. Yapı sistemlerinin statik analizi ‘Eşdeğer Deprem Yüğü’ yöntemine göre, üç boyutlu uzay çerçeve modeli oluşturularak, SAP90 yapı analiz paket programı ile yapılmıştır.

Hesaplarda, perdeler kolon olarak gözönüne alınmış, kirişlerin ise perde içinde kalan bölgeleri, sonsuz atalet momenti olan doğru eksenli çubuklar olarak idealize edilmiştir.

Beşinci bölümde, çeşitli türdeki bağlantısız, bağlantılı ve boşluklu perdeli düzenli yapı sistemlerinde α_m katsayısı ile ilgili sayısal incelemeler yapılarak bölüm sonunda elde edilen sonuçlar verilmiştir.

Altıncı bölümde ise α_m katsayısı üzerinde burulma düzensizliğinin katkısını görmek amacıyla beşinci bölümde verilen perde-çerçevesi sistemlerde, perde yerleri burulma düzensizliği yaratacak şekilde yeniden düzenlenip elde edilen sonuçlar irdelenmiştir.

Yedinci bölümde, sayısal incelemeler sonucunda elde edilen bilgiler irdelenmiştir. Buna göre perde çerçevesi sistemlerde α_m 'in hesabında sözkonusu katkının, bağlantı kirişi ve bağ kirişlerinin perde ekseninde oluşturdukları M_k eğilme momentleri toplamına eşit oldukları gösterilmiştir.

Ayrıca beşinci ve altıncı bölümlerde incelenen örneklerde elde edilen sonuçlara göre, burulma düzensizliğine sahip bağlantısız, bağlantılı ve boşluklu perdeli yapılarda, bağlantı kirişi ve bağ kirişi uçlarında depremden meydana gelen kesme kuvvetlerinden dolayı perdede oluşan ilave momentlerin, düzenli yapılarda perdede oluşan ilave momentlere nazaran daha büyük değerler aldığı gözlenmiştir.



A PARAMETRIC INVESTIGATION ABOUT THE COEFFICIENT α_m ON VARIOUS SHEAR WALL FRAMED SYSTEMS

SUMMARY

In this study, a parametric investigation is carried out about a coefficient α_m which is introduced in the New Turkish Seismic Code dealing with the design of the shear wall framed systems. The coefficient α_m is defined as the ratio of the sum of shear wall base moments to the sum of the overall overturning moments of the structure occurred at the base of the building.

For the computation of shear wall base moments which is necessary for the calculation of the coefficient α_m , the contribution of shear forces due to the earthquake effects at the end of the coupling or connected beams must be taken into consideration. In order to calculate this contribution, some numerical solutions on various types of reinforced concrete buildings are investigated. The parametric study is carried out on ten-story structures which have frames with pure shear walls, shear walls with connected beams and coupled shear walls types, with and without torsional irregularity.

Some general information about the structural behaviour constant (R) and coefficient α_m in the New Turkish Seismic code, accepted in 1998 was given in the First Chapter of the Master Thesis. Then, the aim and scope of the study was also presented in this chapter.

In the Second Chapter, by explaining the basic requirements for the seismic design concepts in the New Turkish Seismic Code, general informations about seismic design of reinforced concrete buildings is summarized. In addition to this, the seismic analysis methods of the structure under earthquake effects were also given, in the same chapter.

In the Third Chapter, general informations about shear walls are given. Besides, basic rules in the New Seismic Code for shear walls systems with normal or high ductility level were explained. The summary of the previous research work about shear wall structures are also presented in that chapter.

In the Fourth Chapter, at the research work after giving the general characteristics and the loads of the sample structural system which will be investigated numerically, the computations of slabs, beams and columns are presented for the pre-dimensioning of structural system. In addition to this, calculation approach followed in the thesis is also explained. The structural analysis of the system under the effect of equivalent earthquake forces was carried out by computer software package called SAP90. The structure is modelled as a three-dimensional space frame system which is composed of frames with various shear walls.

In computer calculations, the shear walls are modelled as columns and the parts of the beams in shear walls are idealized like a infinitely rigid elements.

In the Fifth Chapter, the numerical investigations are carried out and the solutions are presented related to the α_m coefficient for the frames with pure shear wall, shear wall with connected beams and coupled shear wall types of structures without torsional irregularity. At the end of the chapter the obtained results are also presented and discussed.

In the Sixth Chapter, in order to show the contribution of torsional irregularity over the coefficient α_m , the positions of shear walls of the pre-investigated structures in the Fifth Chapter were changed to create a torsional irregularity. Then, the same analysis procedure is repeated for the same structures with increased eccentricity value and the results obtained are presented and discussed.

According to the numerical results obtained from the examples solved in previous chapters, the considered contribution for α_m coefficient for the structures with torsional irregularity takes greater values than the same additional moment contribution occur in regular structures.

In the last chapter of the study, the results of the numerical solutions are presented in a comparative manner and overall information obtained for the computation of α_m coefficient was discussed.

On the basis of this information above, it was concluded that the mentioned contribution should be considered in the α_m computation, which is equal to the sum of the additional moments that occurred in the axes of shear walls by coupling beams or connected beams in the structural systems, and it strongly effects the value of behaviour constant, R , for the earthquake analysis of the systems.

1. GİRİŞ

1.1 Konuya Giriş

1998 yılında yürürlüğe giren yeni deprem yönetmeliğinde (ABYYHY) [1], yapıya etkimesi öngörülen, deprem yükünün hesabında kullanılan R taşıyıcı sistem davranış katsayısı, *yapı sistemleri ile süneklik düzeyi*'ne bağlı olarak bir tablo içinde gösterilmiş, ayrıca yönetmeliğin çeşitli maddelerinde bu katsayının hesabı ile ilgili bazı sınırlamalar ve formüller verilmiştir.

Tasarım aşamasında yapı sistemleri süneklik düzeyi bakımından *normal* ve *yüksek* olmak üzere 2 ayrı grupta gözönüne alınabilmektedir. Yönetmelikte genel olarak, süneklik düzeyinin yüksek olması öngörülmektedir, fakat yapılan çeşitli uygulamalardan da görüldüğü üzere süneklik düzeyi yüksek olan yapı tasarımının, kolon boyutlarını aşırı derecede büyümesini gerektirdiği anlaşılmaktadır [2]. Süneklik düzeyi normal olan yapılara ise her durumda izin verilmemektedir. Örneğin perdesiz ve süneklik düzeyi normal olan çerçeve tipi yapı sistemleri, 1. ve 2. deprem bölgelerinde yapılamamaktadır. Bu sistemler, 3. ve 4. derece deprem bölgelerinde ise yapı önem katsayısını ifade eden, $I < 1.4$ koşulu ile kullanılabilirler.

Ayrıca, H_N toplam yapı yüksekliği olmak üzere, kirişli sistemler için, $H_N \leq 25m$, dişli (kaset) veya kirişsiz döşemeli sistemler için, $H_N \leq 13m$ koşullarının sağlanması gerekmektedir. Perdeli ve süneklik düzeyi normal olan yapı sistemleri ise, $I < 1.4$ koşulu ile kullanılabilirler. Bu tür sistemlerde ayrıca, perde taban momentleri toplamının, bina tabanında meydana gelen toplam devrilme momentine oranı olan α_m katsayısının 0.75'ten büyük olması gerekir.

Öte yandan süneklik düzeyi bakımından karma olan sistemler belirli koşulların yerine getirilmesi halinde, her zaman yapılabilmektedir. Yukarıda da açıklandığı gibi taşıyıcı sistemi perde-çerçevelerden oluşan çok katlı yapılarda süneklik düzeyinin yüksek olarak tasarlanması kolon boyutlarının aşırı derecede büyümesine neden

olmaktadır [2]. Bu ise mimaride istenmeyen bir durumdur. Bunun yerine, [2] nolu kaynakta önerildiği gibi, kolon ve kirişlerin süneklik düzeyi normal olarak boyutlandırılması, ve sadece perdeleri süneklik düzeyi yüksek olarak boyutlandırılması ile süneklik düzeyi karma yapılar elde edilebilir. Böylece kapasite tasarımı koşullarının çoğundan kurtulmak mümkün olmaktadır.

Süneklik düzeyi karma olan yapı sistemleri perdeli yapıların her durumunda kullanılabilir. Bu tür sistemlerde $\alpha_m \geq 0.40$ koşulunun sağlanması gerekir. R taşıyıcı sistem davranış katsayısı için, $0.40 < \alpha_m < 2/3$ aralığında, her iki deprem doğrultusunda da taşıyıcı sistemin tümü için de aşağıda verilen,

$$R = R_{NÇ} + 1.5\alpha_m (R_{YP} - R_{NÇ}) \quad (2.5)$$

(2.5) bağıntısı uygulanacaktır. Burada $R_{NÇ}$, deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi normal çerçeveler tarafından taşındığı durum için tanımlanan taşıyıcı sistem davranış katsayısını, R_{YP} ise deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek perdeler tarafından taşındığı durum için tanımlanan taşıyıcı sistem davranış katsayısını ifade etmektedir.

$\alpha_m \geq 2/3$ olması durumunda ise, deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek perdeler tarafından taşındığı durum için verilen R katsayısı ($R = R_{YP}$), taşıyıcı sistemin tümü için kullanılabilir.

Görüldüğü üzere yeni deprem yönetmeliğin çeşitli maddelerinde, yapı sistemleri ve süneklik düzeyleri ile ilgili olarak verilen kısıtlama ve koşullar, H_N yapının temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği, I yapı önem katsayısı ile α_m adı verilen bir katsayıya bağlıdır [2].

1.2 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Yeni deprem yönetmeliğinin Eylül 1997 yılında yayınlanan ilk baskısında, boşluklu ve bağlantılı perdeler için α_m katsayısının hesabında, bağlantı ve bağ kirişi uçlarındaki kesme kuvvetleri nedeniyle tabanda oluşan normal kuvvetlerin katkısının da gözönüne alınabileceği, pek kolay anlaşılmayan ve uygulamada karışıklıklara yol

açabilecek bir biçimde: " Bağ kirişli perdelerde toplam devrilme momentinin hesabında, tabandaki düşey tepkiler de gözönüne alınabilir " şeklinde ifade edilmişti.

Daha sonra, 2 Temmuz 1998 tarih, 23.390 sayılı Resmi gazetede yapılan bir açıklamayla bu karışıklık önemli ölçüde giderilmiş ve bu maddeyi açıklamak üzere, "perde taban momentlerinin hesabında, perdeler düzlemi içinde saplanan kirişlerin uçlarında depremde meydana gelen kesme kuvvetlerinin katkısı da gözönüne alınabilir" ifadesi yönetmeliğe ilave edilmiştir [3].

Burada sunulan tez çalışmasında, deprem yükü etkisi altındaki bağlantısız, bağlantılı ve boşluklu perdeli çerçeve tipi yapı sistemlerinde, sözkonusu α_m katsayısının nasıl hesaplanacağı araştırılacaktır. α_m katsayısının hesabı için gerekli olan perde taban momentlerinin hesabında, perde elemanlarına bağlanan kiriş uçlarında depremde meydana gelen kesme kuvvetleri nedeni ile tabanda oluşan normal kuvvetlerin katkısının da göz önüne alınması gerektiği ve bu katkının nasıl hesaplanacağı gösterilecektir. Tez çalışması kapsamında söz konusu, katkının nasıl değiştiği, çeşitli tipteki düzenli ve planda burulma düzensizliği olan, bağlantısız, bağlantılı ve boşluklu perdeli çerçeve tipi, yapı sistemlerinde parametrik olarak incelenecektir.

2. DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMI VE YENİ TÜRKİYE DEPREM YÖNETMELİĞİ

2.1 Depreme Dayanıklı Yapı Tasarım Felsefesi

Aktif bir deprem kuşağı üzerinde yeralan ülkemizde, yeter güvenli ve ekonomik yapı tasarımının önemli bir bölümünü yapıların depreme dayanıklı olarak boyutlandırılması oluşturmaktadır.

Bir yapı sisteminin depreme dayanıklı olarak boyutlandırılmasında, aşağıda açıklanan üç koşulun birarada sağlanması gerekmektedir [4].

a) *Kullanılabilirlik* : Yapının ömrü boyunca çok sayıda tekrarlanan küçük şiddetteki depremler altında, yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda hasar meydana gelmemeli böylece yapının işlevini aksatmadan sürdürmesi sağlanmalıdır. Bu koşulun yerine getirilebilmesi için, sözkonusu depremler altında, elastik sınırın pek aşılmaması ve yerdeğiştirmelerin öngörülen sınır değerlerden daha küçük olması istenir.

b) *Hasarların onarılabilir olması* : Orta şiddetteki depremler altında, yapı sisteminde ve/veya yapısal olmayan elemanlarda, onarılması gereken hasarların meydana gelmesine izin verilebilir. Örneğin, betonarme yapılarda meydana gelebilen ve yapının ömrünü ve kullanımını etkilemeyen çatlaklar, beton dökülmeleri, yapısal olmayan elemanlarda oluşan çatlaklar bu hasarlar arasında sayılabilir

c) *Göçmenin ve can kaybının meydana gelmemesi* : Yapının ömrü boyunca ancak bir kere meydana gelebilen çok şiddetli depremler altında ise, yapı sisteminde ve yapısal olmayan elemanlarda büyük hasarların oluşmasına izin verilebilir. Bazı hallerde bu büyük hasarların onarılması da ekonomik bakımdan mümkün olmayabilir. Bununla beraber, depreme dayanıklı olarak boyutlandırılan ve inşa edilen bir yapı sisteminin çok şiddetli depremler altında dahi göçmemesi ve can kaybının olmaması gerekmektedir. Bu koşulun sağlanabilmesi için yapı sisteminin yeterli bir dayanıma sahip olması ve göçme yükünden önce, yeterli düzeyde elastik olmayan

şekildeğiştirme yapılabilmesi istenir. Böylece deprem enerjisinin bir bölümünün lineer olmayan şekildeğiştirmeler yoluyla söndürülmesi amaçlanmaktadır.

Bu koşulların sağlandığı, depreme dayanıklı bir yapı sisteminin, şu üç özelliği içermesi beklenmektedir [4].

a) *Rijitlik* : Düşey ve yatay işletme yükleri altında, yapıda oluşan iç kuvvetler ve yerdeğiştirmeler lineer-elastik bölgede kalmalı ve sınırlı olmalıdır. Böylece sık meydana gelen depremlerde kullanılabilirlik sınırının aşılmasını sağlamış olmaktadır.

b) *Dayanım* : Yapının göçme yükü yeterince büyük olmalı, bölgesel ve ani göçmelerin meydana gelmemesi sağlanmalıdır. Özellikle çok katlı yapılarda, yatay etkiler altında meydana gelebilen bölgesel ve ani göçmelerin en önemli nedeni kat mekanizmalarıdır. Kat mekanizmalarında, bir kattaki kolonların üst ve alt uçlarında yığılan plastik şekildeğiştirmeler nedeniyle, sözkonusu kat rijit cisim kareketi yapmakta ve sistem göçmektedir. Buna karşılık, plastik şekildeğiştirmelerin kolonlar yerine, kiriş uçlarında toplanması sağlanarak bölgesel kat mekanizmalarının oluşumu önlenir.

c) *Süneklik* : Göçmeden önce, yapı yeterli miktarda lineer olmayan şekildeğiştirme yapabilmelidir. Diğer bir deyişle, göçme sırasındaki toplam şekildeğiştirmelerin lineer şekildeğiştirmelere oranı olarak tanımlanan, *sistem süneklik oranı* büyük değerler almalıdır. Süneklik kavramı ile ilgili daha ayrıntılı bilgi bölüm (2.7)'de verilecektir.

2.2 Düzensiz Yapılar

Yeni deprem yönetmeliğinde [1], depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken düzensiz binaların tanımlanması ile ilgili olarak, planda ve düşey doğrultuda düzensizlik meydana getiren durumlar şöyle özetlenebilir.

A-Planda Düzensizlik Durumları

A1-Burulma Düzensizliği

A2-Döşeme Süreksizlikleri

A3-Planda Çıkıntılar Bulunması

B-Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları

B1-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği

B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği

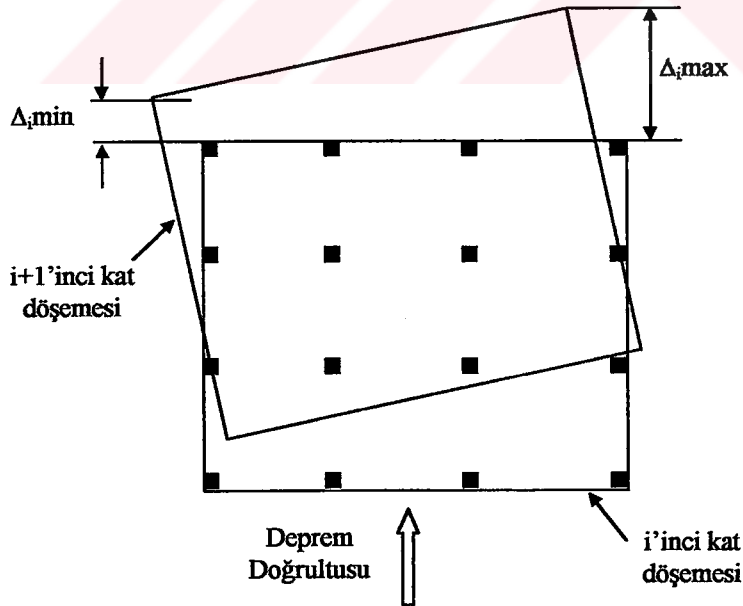
B3-Taşıyıcı Elemanların Düşey Elemanlarının Süreksizliği

Burada, burulma düzensizliğine sahip yapı tipleri üzerinde, α_m katsayısının hesabı da çalışmanın kapsamı içinde olduğundan kısaca burulma düzensizliğinden bahsedilecektir.

Burulma Düzensizliği

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, her hangi bir katta, en büyük görel kat ötelemesi olan $(\Delta_i)_{\max}$ 'ın, o katta aynı doğrultudaki ortalama görel öteleme olan $(\Delta_i)_{\text{ort}}$ 'ya oranını ifade eden burulma düzensizliği katsayısı η_{bi} 'nin 1.2 den büyük olması durumudur, (2.1).

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}} > 1.2 \quad (2.1)$$



Şekil 2.1 Burulma Düzensizliği

2.3 Zemin koşullarının belirlenmesi

Yerel zemin koşullarının belirlenmesi için esas alınacak zemin grupları ve yerel zemin sınıfları Tablo 2.1 ve Tablo 2.2’de gösterilmiştir.

Tablo 2.1 Zemin grupları

Zemin Grubu	Tanımlama
A	Ayrışmamış sağlam kayalar, çok sıkı çakıl ve kum: sert kil ve siltli kil
B	Ayrışmış ve çatlaklı kayalar, sıkı çakıl ve kum, çok katı kil ve siltli kil
C	Yumuşak, süreksiz düzlemli çok ayrışmış kayalar, orta sıkı çakıl ve kum, katı kil ve siltli kil
D	Yeraltı su seviyesi yüksek olan yumuşak alüvyon tabakaları, gevşek kum, yumuşak kil ve siltli kil

Tablo 2.2 Yerel zemin sınıfları

Yerel zemin sınıfı	Zemin grubu ve En üst zemin tabakası kalınlığı (H_1)
Z1	(A) Grubu zeminler $H_1 \leq 15$ m olan (B) Grubu zeminler
Z2	$H_1 > 15$ m olan (B) Grubu zeminler $H_1 \leq 15$ m olan (C) Grubu zeminler
Z3	$15 < H_1 \leq 50$ m olan (B) Grubu zeminler $H_1 \leq 10$ m olan (D) Grubu zeminler
Z4	$H_1 > 50$ m olan (C) Grubu zeminler $H_1 > 10$ m olan (D) Grubu zeminler

2.4 Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak ve tanım olarak %5 sönüm oranı için elastik tasarım ivme spektrumu'nun yerçekimi ivmesi g 'ye bölünmesine karşı gelen, T_1 birinci periyot'a ait spektral ivme katsayısı, $A(T_1)$

$$A(T_1) = A_0 I S(T_1) \quad (2.2)$$

bağıntısı ile verilmiştir. (2.2) ifadesinde yer alan terimler aşağıda açıklanmıştır.

Etkin yer ivmesi katsayısı : A_0

Deprem tehlikesinin bölgedeki durumunu göstermekte olup, deprem bölgesine bağlı olarak Tablo 2.3'de verilmiştir.

Tablo 2.3 Etkin yer ivmesi katsayısı

Deprem bölgesi	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Yapı önem katsayısı : I

Yapı önem katsayısı, yapının kullanım amacına bağlı olarak belirlenir. Tablo 2.4'den de görüldüğü gibi depremden hemen sonra kullanılması gereken yapılarda ve halkın çok yığıldığı yapılarda. depremin doğuracağı can kaybı ve zarar daha fazla olacağından bu katsayı daha büyüktür.

Tablo 2.4 Yapı önem katsayısı I

YAPI ÖNEM KATSAYISI	I
Depremden hemen sonra kullanımı zorunlu olan veya tehlikeli madde içeren binalar, (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye, istasyon ve terminaller, PTT ve diğer haberleşme binaları, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, ilkyardım ve afet planlama merkezleri, zehirli, patlayıcı ve parlayıcı özellikleri olan maddelerin depolandığı binalar)	1.5
İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar ve değerli eşyaların saklandığı yerler (Okullar, eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, cezaevleri, müzeler, askeri kışlalar)	1.4
İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar (Spor tesisleri, sinema ve tiyatrolar, konser salonları, toplantı salonları, ibadet yerleri)	1.2
İnsanların az yığıldığı binalar (Konutlar, işyerleri, oteller ve lokontalar, bina türü endüstri yapıları)	1.0

Spektrum katsayısı $S(T_1)$

Birinci periyoda ait spektrum katsayısı $S(T_1)$, yerel zemin koşullarına, binanın birinci doğal periyodu T_1 'e bağlı olarak, T_1 'in farklı aralıktaki değerleri için (2.3) bağıntıları ile hesaplanır.

$$S(T_1)=1+1.5 T_1/T_A \quad (0 \leq T_1 \leq T_A) \quad (2.3a)$$

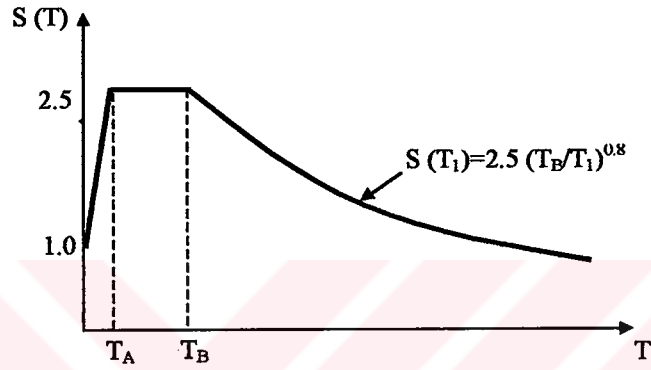
$$S(T_1)=2.5 \quad (T_A \leq T_1 \leq T_B) \quad (2.3b)$$

$$S(T_1)=2.5 (T_B/T_1)^{0.8} \quad (T_B \leq T_1) \quad (2.3c)$$

Burada T_A ve T_B saniye olarak zemin spektrum karakteristik periyotlarını göstermekte olup Tablo 2.5' de gösterilmiştir.

Tablo 2.5 Spektrum karakteristik periyotları (T_A , T_B)

Yerel zemin sınıfı	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90



Şekil 2.2 Spektrum katsayısı S

Şekil 2.2'de görüldüğü gibi, Spektrum katsayısında başlangıçta yükselen doğrusal bir kısmın ardından, en büyük değerini aldığı yatay bir bölüm bulunmaktadır. Daha sonra yapı periyodunun büyümesi ile katsayı küçülmektedir. Spektrum katsayısı yumuşak zeminlerde (Z4) daha geniş periyot bölgesinde en büyük değerini alırken, sert zeminlerde (Z1) bu bölge daha dar olarak ortaya çıkmaktadır. Bu durum zemin büyütmesinin yumuşak zeminlerde daha geniş bölgede etkili olduğunu işaret etmektedir.

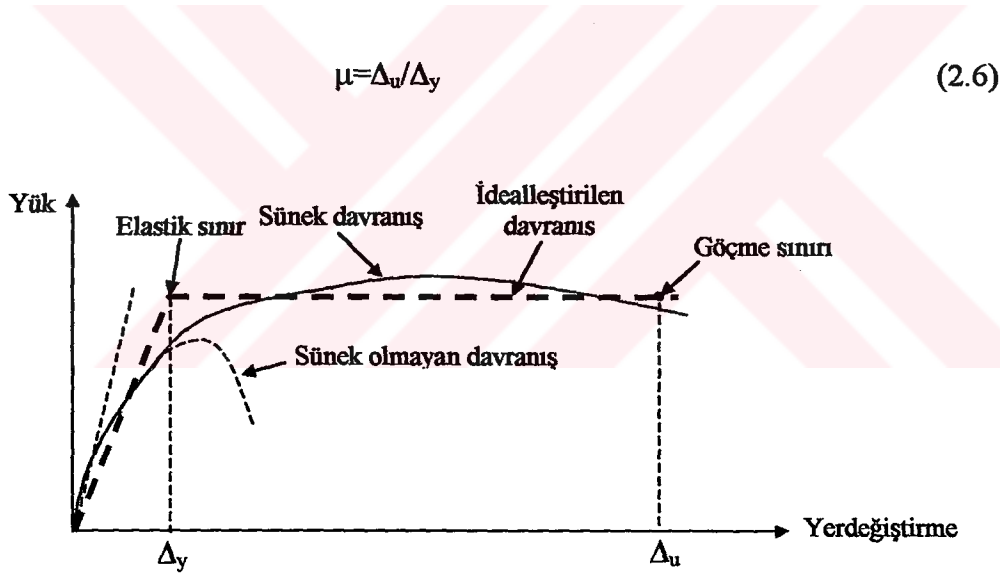
2.5 Süneklik

Yapıda büyük hasarların ve tümenden göçmenin önlenmesi, taşıyıcı sistemin yatay yük dayanımının büyük bir kısmını büyük elastik ötesi yerdeğiştirmelerde de devam ettirebilmesi ile mümkündür. Taşıyıcı sistemin elamanlarının veya kullanılan malzemenin elastik olmayan davranışta da dayanımının önemli bir kısmını sürdürme özelliği süneklik olarak isimlendirilir. Sünek kavramı aynı zamanda büyük şekil ve

yerdeğiştirme yapabilme, tekrarlı yüklemede enerji yutabilme veya s nd rebilme özelliğini de içerir.

şekil 2.3’de sünek olan ve sünek olmayan (gevrek) davranışa ait yük-yerdeğiştirme eğrileri gösterilmiştir. Eğrinin yataya yakın olarak devam etmesi durumunda göçme olmadan yapı bir süre daha yük taşımaya devam edecektir. Bu durumda sisteme giren enerjinin bir kısmı doğrusal olmayan davranış sebebiyle s nd r l rken, büyük şekildeğiştirmeler elemanlar arasında yardımlaşmaya imkan verecek ve yük dağılımı nedeniyle taşıma kapasiteleri olan diğer elemanların devreye girmesini sağlayacaktır. Tecrübeler sonucunda depremde en büyük hasar nedeni olarak sünekliğin sağlanamaması söylenebilir.

Matematiksel olarak süneklik, ulaşılabilecek toplam yerdeğiştirmenin elastik sınıra erişildiğindeki yerdeğiştirmeye oranı şeklinde tarif edilebilir.



şekil 2.3 Betonarme Elemanda Yük Yerdeğiştirme Bağıntısı

Taşıyıcı sistemin sünek davranış gösterebilmesi için kullanılan malzemeler sünek olmalıdır. Donatının kopma gerilmesinin öngörülen değeri sağlaması yanında kopma uzamasının da yönetmelikte verilen sınırın altına düşmemesi gerekir. Bunun yanında donatının basınç gerilmeleri altında da sünek davranış gösterebilmesi için burkulmaya karşı korunmuş olması önemlidir. Beton, esas olarak basınç gerilmeleri taşır ve en büyük kısalması sınırlı bir değere sahiptir. Betona yanal basınç

uygulanarak bu değeri arttırmak mümkündür. Bu amaçla kiriş ve kolonlarda kancaları betona kenetlenmiş sık etriye düzeni uygulanabilir [5].

2.5.1 Elastik Deprem Yüklerinin Azaltılması ve Taşıyıcı Sistem Davranış

Katsayısı : R

Deprem etkisinin bir dinamik etki olduğu düşünürse, toplam deprem kuvvetinin kütle ivme şeklinde yazılabileceği kabul edilebilir. Bunun sonucu olarak A_0 =maksimum deprem ivmesi/g olarak ifade edilebilir. Sonuç olarak taşıyıcı sisteme etkiyen toplam deprem yükü $W A(T_1)$ şeklinde yapı ağırlığının spektral ivme katsayısı ile çarpımı olarak elde edilir.

Bulunan bu deprem etkisini, yapının elastik davranarak taşımasını öngörmek ekonomik olmayan büyük boyutların ortaya çıkmasına neden olur. Gerçekte de, yapının kullanma ömrü boyunca meydana gelme olasılığı düşük olan bir etkinin de, sürekli taşınan yükler gibi gözönüne alınması anlamlı değildir. Deprem Yönetmelikleri'nde genel eğilim, meydana gelme olasılığı düşük olan deprem etkisinin taşıyıcı sistemin elastik ötesi kapasitesinin de gözönüne alınarak taşınmasıdır. Ancak, elastik sınır ötesi davranışı gözönüne alan çözümlemelerin zorluğu nedeniyle,

$W A(T_1)$ deprem yükü → doğrusal olmayan elastik davranış
Yerine

$W A(T_1) / R_a(T_1)$ azaltılmış deprem yükü → doğrusal elastik davranış

şeklinde bir eşleştirme yapılır. Bu suretle taşıyıcı sistemin hesabı için alışlagelen doğrusal elastik çözümlemesi kullanılır [6].

Burada, $R_a(T_1)$ deprem yükü azaltma katsayısı olup, bunun kullanılmasıyla taşıyıcı sistemde doğrusal olmayan elastik ötesi davranış nedeniyle artan kapasite gözönüne alınmaktadır. Ancak, taşıyıcı sistemde gevrek güç tükenmesi önlenmiş ve sünek davranışın ortaya çıkması sağlanmışsa, deprem yükü azaltma katsayısının kullanılması anlamlıdır. Bu katsayı, taşıyıcı sistemin özelliğine bağlıdır. Hiperstatiklik derecesi yüksek olan taşıyıcı sistemde, elemanlar arası yardımlaşma daha fazla ve doğrusal olmayan elastik ötesi davranış nedeniyle kapasite artması, dolayısıyla deprem yükü azaltma katsayısı daha büyüktür. Bunun gibi, deprem

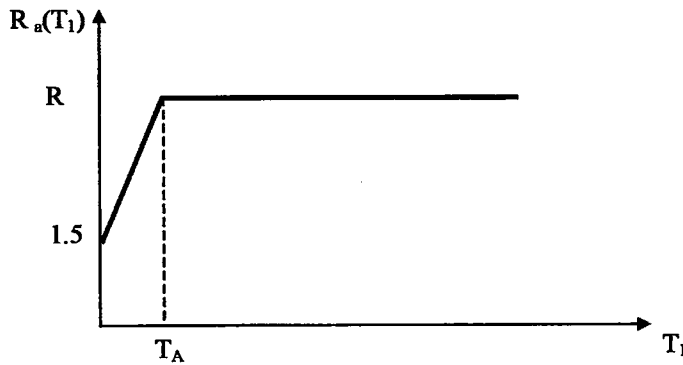
etkisinin daha çok zorladığı kolon-kiriş birleşim bölgesinde sık etriye kullanılarak betonun sünekliğinin artırıldığı sistemlerde de aynı nedenle deprem yükü azaltma katsayısı büyüktür.

Benzer şekilde çerçeve taşıyıcı sistemler perdeli sistemlere göre daha sünek olduğu için, deprem yükü azaltma katsayısı daha büyüktür. Bunun gibi, boşluklu perdeler boşluksuz olanlara göre daha sünek olduğu için $R_a(T_1)$ katsayısı boşluklu perdeli binalarda daha büyüktür. Yerinde dökme betonarme binaların hiperstatik derecesi, prefabrike yapılara göre daha yüksek olduğu için, tasarım ve uygulamada detaylara gerekli özen gösterilmişse, doğrusal olmayan davranış nedeniyle ortaya çıkacak kapasite daha fazla olacaktır. Bunlar yanında, yönetmeliklerde öngörülen donatı akma gerilmesi ve beton dayanımının yanında, öngörülen donatı kopma uzaması ve betonun en büyük kısılmasının sağlanması gibi, iki malzeme arasında aderansın gerçekleşmesinin sünekliğin önkoşulu olduğu unutulmamalıdır [6].

Yönetmelikte $R_a(T_1)$ deprem yükü azaltma katsayısı denklem (2.4) ile hesaplanır (Şekil 2.4)

$$R_a(T_1) = 1.5 + (R - 1.5) T_1 / T_A \quad (0 \leq T_1 \leq T_A) \quad (2.4a)$$

$$R_a(T_1) = R \quad (T_A \leq T_1) \quad (2.4b)$$



Şekil 2.4 Deprem yükü azaltma katsayısı R_a

1997 Türkiye deprem yönetmeliğinde, toplam eşdeğer deprem yükünün hesabında kullanılan R taşıyıcı sistem davranış katsayısı yapı sistemleri ile süneklik düzeyine bağlı olarak tanımlanmıştır.

Yerinde dökme betonarme yapılar ve prefabrike betonarme yapılar için verilen R taşıyıcı sistem davranış katsayıları Tablo 2.6’da özetlenmiş bulunmaktadır.

Tablo 2.6’da verilen R taşıyıcı sistem davranış katsayısı, T_1 yapı birinci periyoduna ve T_A zemin spektrum karakteristik periyoduna bağlı olarak bağıntı (2.4)’de verilmiştir. Titreşim periyodu çok küçük yapılar relatif olarak daha rijit ve gevrek oldukları için, R katsayısı daha düşük olup, buna karşılık, periyodun artmasıyla daha kolay şekil değiştiren sünek yapılarda R katsayısı daha büyüktür.

Tablo 2.6 Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	Süneklik düzeyi	
(1)YERİNDE DÖKME BETONARME BİNALAR	Normal	Yüksek
(1.1) Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	4	8
(1.2) Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar	4	7
(1.3) Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar	4	6
(1.4) Deprem yüklerinin, çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından taşındığı binalar	4	7
(2) PREFABRİKE BETONARME BİNALAR	Normal	Yüksek
(2.1) Deprem yüklerinin tamamının bağlantıları tersinir momentleri aktarabilir çerçevelerle taşındığı binalar	3	6
(2.2) Deprem yüklerinin tamamının kolonları temelde ankastre , üstte mafsallı, tek katlı çerçevelerle taşındığı binalar	-	5
(2.3) Deprem yüklerinin tamamının prefabrike boşluksuz perdelerle taşındığı binalar	-	4
(2.4) Deprem yüklerinin tamamının bağlantıları tersinir momentleri aktarabilir çerçeveler ile yerinde dökme boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar	3	5

Tablo 2.6’da görüldüğü gibi, betonarme taşıyıcı sistemler boyutlamada uyulan kurallara bağlı olarak süneklik düzeyi normal ve süneklik düzeyi yüksek şeklinde ikiye ayrılmıştır. Tablonun incelenmesinden, süneklik düzeyi yüksek olan yapılarda, doğrusal olmayan davranış önemli olduğu için, taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dolayısıyla deprem yükü azaltma katsayısının büyük olduğu görülmektedir.Yerinde

dökme betonarme binalar, prefabrike olanlara göre daha yüksek mertebeden hiperstatik olduğu için, taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dolayısıyla deprem yükü azaltma katsayısının büyük olduğu görülmektedir. Çerçevesi sistemlerin, perdeli olanlara göre, daha sünek olmasının ve boşluklu perdelerin davranışının bu iki arasında bulunmasının da tabloda verilen değerlere yansıdığı görülmektedir.

2.5.2 Süneklik Düzeyi Bakımından Sistemler.

Yukarıda belirtildiği gibi, yeni yönetmelikte, genel olarak süneklik düzeyinin yüksek olması öngörülmektedir. Süneklik düzeyi yüksek olan sistemlerde, oluşturulan yüksek süneklikten dolayı elastik deprem yüklerinin daha büyük bir katsayı ile azaltılması öngörülmüştür. Bir sistemin süneklik düzeyinin yüksek olabilmesi için özellikle aşağıdaki hususların sağlanması gerekir:

- Kiriş ve kolonlarda sık etriye düzeni kullanılarak, betonun hem dayanımı ve hem de sünekliği artırılmalıdır. Örneğin, depremden en çok zorlanması beklenen kolon-kiriş birleşim bölgelerine yakın kiriş ve kolon kesitlerinde etriye sıklaştırılmasının yapılması gibi.
- Betonarme elemanlarda sünek güç tükenmesinin, gevrek olandan daha önce ortaya çıkması sağlanmalıdır. Örneğin, kiriş ve kolon gibi elemanlarda ve birleşim bölgelerinde gevrek güç tükenmesi ortaya çıkaran kesme kuvveti kapasitesinin, sünek güç tükenmesi ortaya çıkaran eğilme momenti kapasitesinden daha yüksek tutulması gibi.

Ancak kapasite tasarımı ile ilgili madde ve koşullar gözönüne alınırsa, süneklik düzeyi yüksek olan yapı tasarımında, kolon boyutlarının aşırı derecede büyümesinin gerektiği anlaşılmaktadır [2]. Çeşitli nedenlerle kolon boyutlarının büyütülmesinin istenmediği veya mümkün olmadığı durumlarda, süneklik düzeyinin normal olması tercih edilebilir. Ancak, Tablo 2.7’de gösterildiği gibi süneklik düzeyi normal olan yapılar için pek çok kısıtlama mevcuttur, yani bu tür yapılar her durumda yapılamamaktadır.

Öte yandan süneklik düzeyi bakımından karma olan sistemler belirli koşulların yerine getirilmesi halinde, her zaman yapılabilir. Uygulamada çoğu hallerde, tasarım açısından en gerçekçi çözüm, yapının uygun yerlerine perdeler yerleştirilerek,

süneklik düzeyi karma yapılar elde etmektir. Bu durumda kolon ve kirişleri süneklik düzeyi normal olarak boyutlandırmak, sadece perdeleri süneklik düzeyi yüksek olarak boyutlandırmak ve kapasite tasarımı koşullarının çoğundan kurtulmak mümkün olmaktadır. Yeni yönetmelikteki perde kullanımını özendirici nitelikteki bu özellik, deprem sonrası gözlemlerde de kanıtlanmış, çok olumlu bir gelişmedir [2].

Bazı dünya yönetmeliklerinde de belirli koşullarda perde kullanımının zorunlu olduğu belirtilmektedir. Uygulamada yaklaşık olarak her iki doğrultuda

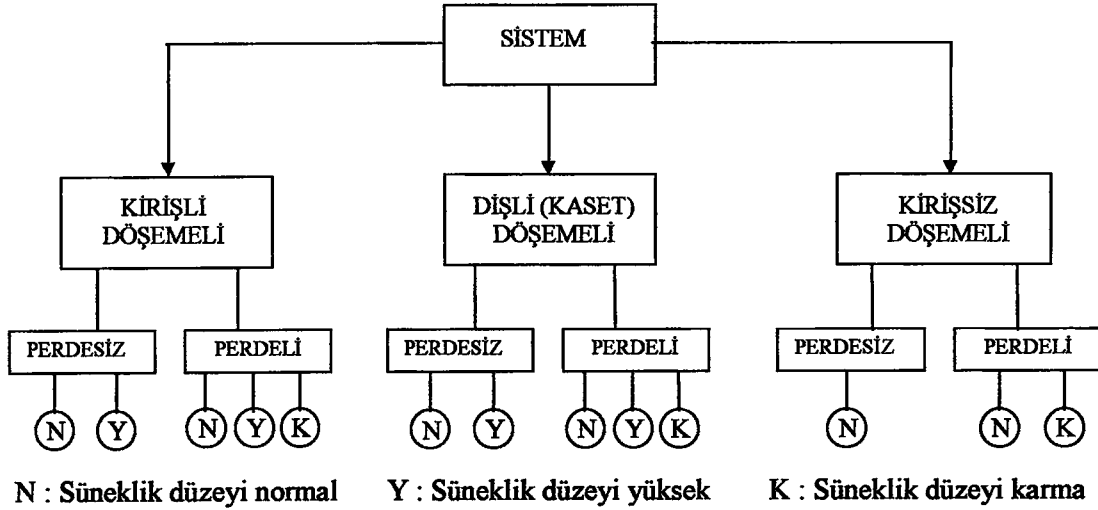
$$\alpha_p \geq \frac{N^2}{40000} + 0.005 \quad (2.7)$$

α_p oranında perde kullanmanın gerçekçi ve yeterli olduğu, sayısal örnekler üzerinde yapılan incelemelerle kanıtlanmıştır. Burada α_p her iki doğrultu için ayrı ayrı hesaplanmak koşulu ile, toplam perde alanının kat alanına oranını, N ise yapının kat sayısını göstermektedir. Örneğin 20 katlı bir yapıda, her iki doğrultuda, en az %1.5 oranında perde kullanılması gerekmektedir. Başka bazı çalışmalarda da benzer biçimde, gerçekçi ve kullanışlı öneriler bulunmaktadır, [2].

Çok katlı yapılarda belirli oranda perde kullanılması, hem karma sistem tasarımı için gerekli olan, perde taban momentleri toplamının, bina tabanında meydana gelen toplam devrilme momentine oranı olan $\alpha_m \geq 0.40$ koşulunun sağlanmasını, hem de yerdeğiştirme ile ilgili koşulların daha kolay yerine getirilmesini sağlar.

Süneklik Düzeylerine Göre Yapı Sistemlerinin Sınıflandırılması

Yeni deprem yönetmeliğine göre, yapı sistemleri, yönetmelikteki kısıtlama ve koşullar gözönünde tutulursa Şekil 2.6'da gösterildiği gibi sınıflandırılabilir [2].



Şekil 2.5 1997 Deprem Yönetmeliğine Göre Yapı Sistemleri

Şekilde görüldüğü gibi kirişli ve dişli (veya) kaset döşemeli sistemler perdesiz olarak yapıldıklarında, süneklik düzeyi normal veya yüksek olabilmektedir. Bu sistemlerde perde kullanıldığı zaman, süneklik düzeyi karma'da olabilmektedir. Kirişsiz döşemeli sistemler ise, hiçbir zaman süneklik düzeyi yüksek olarak yapılamamaktadır. Bu sistemlerde perde kullanılması halinde, süneklik düzeyi karma olabilmektedir.

Yönetmeliğin çeşitli maddelerinde, yapı sistemleri ve süneklik düzeyleri ile ilgili olarak verilen kısıtlama ve koşullar, H_N toplam yapı yüksekliği, I yapı önem katsayısı ile α_m adı verilen bir katsayıya bağlıdır.

Bu koşul ve kısıtlamalar aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

1. Kirişsiz döşemeli sistemler dışında, süneklik düzeyi yüksek olan yapı sistemleri her durumda kullanılabilir.
2. Perdesiz ve süneklik düzeyi normal olan yapı sistemleri, 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde yapılamamaktadır. Bu sistemler, 3. ve 4. derece deprem bölgelerinde $I < 1.4$ koşulu ile kullanılabilirler. Ayrıca, kirişli sistemler için $H_N \leq 25$ m, dişli (kaset) veya kirişsiz döşemeli sistemler için de $H_N \leq 13$ m koşulları vardır.
3. Perdeli ve süneklik düzeyi normal olan yapı sistemleri, $I < 1.4$ koşulu ile kullanılabilirler. Bu tür sistemlerde ayrıca $\alpha_m > 0.75$ koşulunun sağlanması gerekir.
4. Süneklik düzeyi karma olan yapı sistemleri perdeli yapıların her durumunda kullanılabilir. Bu tür sistemlerde $\alpha_m \geq 0.40$ koşulunun sağlanması gerekir.

Çeşitli yapı sistemleri ve süneklik düzeylerine karşı gelen koşullar ile davranış katsayıları, toplu olarak Tablo 2.7’de gösterilmiştir [2].

Tablo 2.7 Yapı sistemleri ve Süneklik Düzeyleri

Taşıyıcı Sistem	Perde	Süneklik Düzeyi	Davranış katsayısı	Koşullar	
Çerçeve	Yok	Yüksek	8	Her durumda yapılabilir.	
		Normal	4	$I < 1.4$	1.° ve 2.° de yapılamaz 3.° ve 4.° için $H_N \leq 25$ m
	Var	Yüksek	6-7 *	Her durumda yapılabilir.	
		Normal	4	$I < 1.4$	$\alpha_m > 0.75$
		Karma	5.2-6 **	$\alpha_m \geq 0.40$	
Perde	Var	Yüksek	6	Her durumda yapılabilir.	
		Normal	4	$I < 1.4$	
Boşluklu Perde	Var	Yüksek	7	Her durumda yapılabilir.	
		Normal	4	$I < 1.4$	
Dişli (Kaset) Döşeme	Yok	Yüksek	8	Her durumda yapılabilir.	
		Normal	4	$I < 1.4$	1.° ve 2.° de yapılamaz 3.° ve 4.° için $H_N \leq 13$ m
	Var	Yüksek	6-7 *	Her durumda yapılabilir.	
		Normal	4	$I < 1.4$	$\alpha_m > 0.75$
		Karma	5.2-6 **	$\alpha_m \geq 0.40$	
Kirişsiz döşeme	Yok	Yüksek	-	Hiçbir durumda yapılamaz.	
		Normal	4	$I < 1.4$	1.° ve 2.° de yapılamaz 3.° ve 4.° için $H_N \leq 13$ m
	Var	Yüksek	-	Hiçbir durumda yapılamaz.	
		Normal	4	$I < 1.4$	$\alpha_m > 0.75$
		Karma	5.2-6 **	$\alpha_m \geq 0.40$	

* $R = 10 - 4\alpha_m$ ($R_{\max} = 7$)

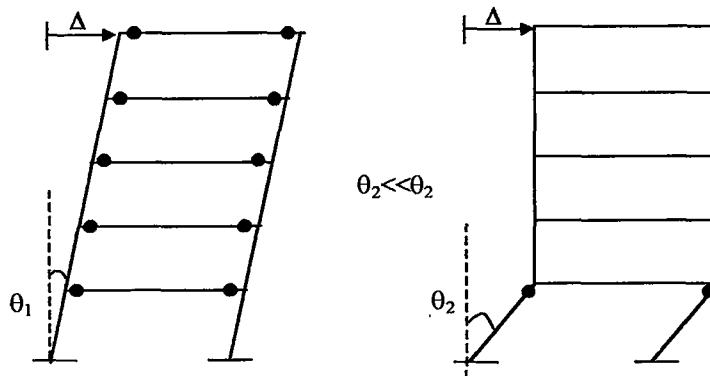
** $R = R_{NÇ} + 1.5\alpha_m (R_{YP} - R_{NÇ})$ ($R_{\max} = R_{YP}$)

2.6 Kapasite Tasarımı

Kapasite kavramı esas alınarak yapılan boyutlamada, yapının yatay yük taşıyan sisteminin, büyük depremlerde enerji sönümlenmesi esas alınır. Elemanların eğilme momenti taşıyan kritik bölgelerinde şekil değiştirmelerin yoğunlaşması (plastik mafsal) esas alınırken, dayanımda yapılan farklılıkla sünek olmayan kesme kuvveti göçmesi önlenir.

Kapasite tasarımı ile yapılacak boyutlamada, önce şiddetli bir depremde sünek davranışın ortaya çıkması ile hasarın yoğunlaşması beklenen plastik mafsal bölgeleri belirlenir. Bu bölgeler, beklenen taşıma gücü oluşacak şekilde boyutlandırılır ve donatısı belirlenir. Sünekliğin oluşması için gerekli önlemler alınır. Plastik mafsalın ortaya çıkması beklenen bölgeleri içeren elemanlarda gevrek göçme meydana getirebilecek (kesme kuvveti göçmesi, kenetlenme bozulması gibi) elastik olmayan şekildeğiştirmeler, plastik mafsal kapasitesini aşacak şekilde dayanım sağlanarak önlenir. Bunun gibi, gevrek göçmeye neden olacak bölgeler veya göçme durumunda kararlı bir enerji sönümlenmesi mümkün olmayan elemanlar güçlendirilerek, sünek plastik mafsal bölgelerinin daha önce oluşması sağlanır. Böylece kritik bölgelerin şiddetli bir depremde elastik kalması sağlanmış olur [5].

Örnek olarak kapasite kavramı Şekil 2.6'da gösterilen basit çerçeve sistemi için uygulanmak istenirse, göçme şekli, sistemin toplam yatay yerdeğiştirme sünekliğinin en küçük elastik ötesi dönmelerle ortaya çıkmasını sağlayacak şekilde seçilecektir. Aynı yatay yerdeğiştirmeyi meydana getiren iki göçme şekli kıyaslandığında, birincide küçük dönmelere ihtiyaç duyulduğu görülür. İkinci türden bir göçmenin ortaya çıkması yumuşak kat göçmesi olarak isimlendirilir. Depremlerdeki pek çok hasarın bu tür göçme nedeniyle meydana geldiği gözlenmiştir.



Şekil 2.6 Çerçeve Göçme Şekilleri

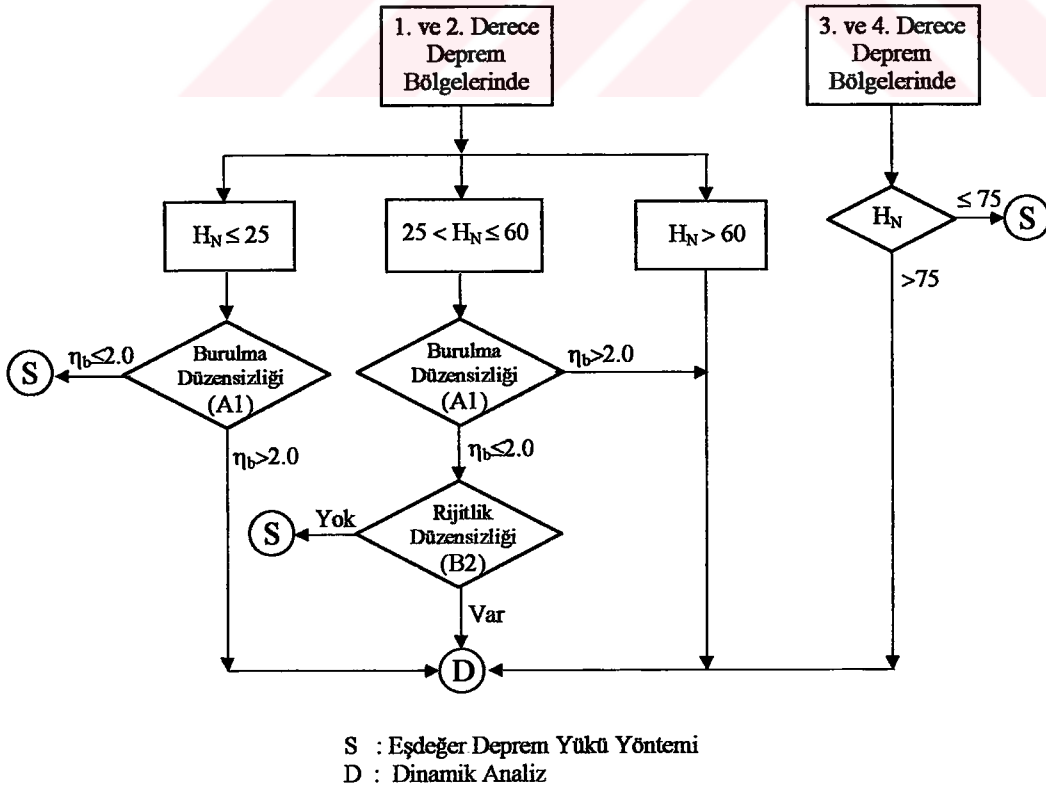
Plastik mafsall bölgelerinin kirişlerde oluşması için, bir düğüm noktasında aynı düzlem içinde birleşen kolon moment taşıma güçleri toplamının kiriş moment taşıma güçleri toplamından daha büyük olması gerekir. Bu koşul genel olarak

$$(M_{ra} + M_{rb}) \geq 1.2 (M_{ri} + M_{rj}) \quad (2.5)$$

olarak ifade edilebilir. Eşitsizliğin sol ve sağ taraflarındaki terimler sırayla kolon ve kiriş moment taşıma kapasitelerin ifade etmektedir. (2.5) ifadesi her bir düğüm noktasında sağlanarak deprem durumunda yapı sistemlerinde mafsallaşmanın kolonda değil, kirişte oluşması garantilenmiş olur.

2.7 Yapı Sistemlerinin Deprem Hesabında Kullanılacak Yöntemler

Yeni yönetmelikte, uygulamada karşılaşılan yapıların büyük çoğunluğu için, ‘Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi’nin kullanılmasına izin verilmektedir. Hesap yönteminin seçilmesi ile ilgili koşullar Şekil 2.7’deki akış diyagramı üzerinde gösterilmiştir [2].



Şekil 2.7 Hesap Yönteminin Seçilmesi

2.7.1 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

2.7.1.1 Toplam Eşdeğer Deprem Yüğüünün Belirlenmesi

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, tasarım yüğü olarak kullanılmak üzere, binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yüğü (taban kesme kuvveti), V_t ,

$$V_t = W A(T_1) / R_a(T_1) \quad (2.9)$$

bağıntısı ile belirlenecektir. (2.9) bağıntısı ile bulunan taban kesme kuvveti hiçbir zaman (2.10) bağıntısı ile bulunan değerden küçük olmayacaktır.

$$V_t \geq 0.10 A_o I W \quad (2.10)$$

Bu bağıntıda yer alan binanın toplam ağırlığı W , bağıntı (2.11) ile belirlenecektir.

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (2.11)$$

Burada,

w_i : i 'inci katın ağırlığını

N : kat adetini göstermektedir. Bağıntı (2.11)'de yer alan (w_i) kat ağırlığı ise (2.12) ile belirlenecektir.

$$w_i = g_i + n q_i \quad (2.12)$$

Burada,

g_i sabit yükleri, q_i hareketli yükleri temsil etmektedir. Heseba esas olan depremin meydana gelmesi ile bütün katlarda tam hareketli yükün bulunmasının bereberce ortaya çıkma olasılığının çok küçük olacağı düşünülerek n gibi bir hareketli yük katılım katsayısı öngörölmüştür.

Bağıntı (2.12)'de kullanılan n , hareketli yük azaltma katsayısını ifade etmekte olup, binanın kullanım amacına göre değişik değerler almaktadır. Aşağıda verilen Tablo 2.8'de n katsayılarının aldığı değerler yer almaktadır.

Tablo 2.8 Hareketli yük azaltma katsayısı (n)

Binanın kullanım amacı	N
Depo antre vb. yapılar	0.80
Okul, öğrenci yurdu, sinem,tiyatro vb. yapılar	0.60
Konut. İşyeri, hastane vb. yapılar	0.30

Kat ağırlıkları hesabında kar yüklerinin %30'u, g_i sabit yüklerinin içinde gözönüne alınacaktır. Endüstri binalarında, sabit ekipman ağırlıkları için $n=1$ alınacak, ancak vinç kaldırma yükleri, kat ağırlıklarının hesabında gözönüne alınmayacaktır.

2.7.1.2 Katlara Etkiyen Tasarım Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

Bağıntı (2.10)'da hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkiyen tasarım deprem yüklerinin toplamı olarak denklem (2.13) ile ifade edilir.

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (2.13)$$

$H_N > 25$ m için binanın N'inci katına etkiyen ek tasarım deprem yükü ΔF_N 'in (yüksek modların etkisini hesaba katmak amacı ile) değeri, binanın birinci doğal titreşim periyoduna (T_1) bağlı olarak denklem (2.14) ile belirlenecektir.

$$\Delta F_N = 0.07 T_1 V_t \quad (2.14)$$

Ayrıca ΔF_N 'in değeri aşağıdaki (2.15) bağıntısı ile sınırlandırılmıştır.

$$\Delta F_N \leq 0.2 V_t \quad (2.15)$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N dışında kalan geri kısmı N'inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına (2.16) bağıntısı ile dağıtılacaktır.

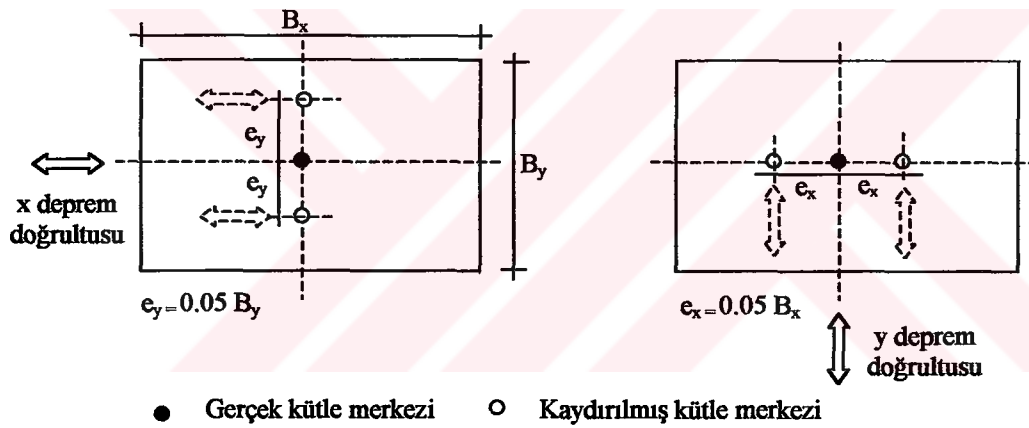
$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (2.16)$$

2.7.1.3 Gözönüne Alınacak Yerdeğiştirme Bileşenleri ve Deprem Yüklerinin Etkime Noktaları

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda her katta iki yatay yerdeğiştirme bileşeni ile düşey eksen etrafındaki dönme, bağımsız statik yerdeğiştirme bileşenleri olarak gözönüne alınacaktır.

Her katta bağıntı (2.16) ile belirlenen eşdeğer deprem yükleri kat kütle merkezine ve ayrıca ek dışmerkezlilik etkisinin hesaba katılabilmesi amacı ile kaydırılmış kütle merkezlerine tekil yatay yükler olarak uygulanacaktır.

Kaydırılmış kütle merkezleri, gerçek kütle merkezinin gözönüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalardır. (Şekil 2.8)



Şekil 2.8 Deprem Yüklerinin Etkime Noktaları

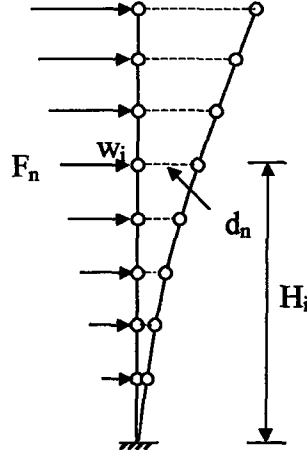
2.7.1.4 Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi

Gözönüne alınan deprem doğrultusundaki binanın birinci doğal titreşim periyodu, daha kesin bir hesap yapılmadıkça, kabul edilebilir bir yaklaşıklıkla, (2.17) bağıntısı ile hesaplanabilir.

$$T_1 = 2\pi \left(\frac{\sum (m_i d_n^2)}{\sum (f_n d_n)} \right)^{1/2} \quad (2.17)$$

Burada, m_i , i'inci katın kütlesini göstermektedir. F_n ise i'inci kata etkiyen fiktif yükü temsil etmekte olup, (2.16)'da $(V_i - \Delta F_n)$ yerine herhangi bir değer konularak elde

edilecektir. Her bir katta fiktif yükler gerçek (kaydırılmamış) kütle merkezine veya tekil kütlelere etki ettirilecektir. (2.17)'de d_n bu fiktif yüklerin etkisi altında aynı noktalarda deprem doğrultusunda hesaplanan yerdeğiştirmeleri göstermektedir. (Şekil 2.9)



Şekil 2.9 Kat yerdeğiştirmeleri

2.7.1.5 Ampirik Periyot Formülü

Birinci ve ikinci deprem bölgelerinde yüksekliği 25m'yi geçmeyen binaların, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde ise Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin uygulandığı tüm binaların birinci doğal titreşim periyodu bağıntı (2.18)'deki yaklaşık formül ile hesaplanabilir.

$$T_1 \approx T_{1A} = C_t H_N^{3/4} \quad (2.18)$$

bağıntı (2.18)'teki C_t değeri, deprem yüklerinin tamamının betonarme perdelerle taşındığı binalarda bağıntı (2.19)'te tanımlanmıştır.

$$C_t = 0.075 / A_t^{1/2} \leq 0.05 \quad (2.19)$$

Taşıyıcı sistemi sadece betonarme çerçevelerden veya dışmerkez çaprazlı çelik perdelerden oluşan binalarda $C_t = 0.07$, taşıyıcı sistemi sadece çelik çerçevelerden oluşan binalarda $C_t = 0.08$, diğer tüm binalarda $C_t = 0.05$ alınacaktır.

Bağıntı (2.19)'teki A_t değeri bağıntı (2.20)' de verilmiştir. Bu bağıntıda (l_w/H_N) oranının en büyük değeri 0.9 olarak gözönüne alınacaktır.

$$A_t = A_{wj} (0.2 + (l_w/H_N)^2) \quad (2.20)$$

Bağıntı (2.20)'te verilen A_{wj} değeri binanın temel üstündeki ilk katında j 'inci perdenin brüt kesit alanını göstermektedir. H_N ise binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliğini göstermektedir.

Denklem (2.18)'den bulunan periyodun $T_{1A} > 1.0$ s olması durumunda denklem (2.17)'den elde edilen T_1 'in deprem hesabında gözönüne alınacak en büyük değeri, T_{1A} 'nın 1.30 katından daha fazla olmayacaktır (2.21).

$$T_{1A} > 1.0 \rightarrow T_1 \leq 1.30 T_{1A} \quad (2.21)$$

2.7.2 Mod Birleştirme Yöntemi

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

2.7.2.1 İvme Spektrumu

Herhangi bir r 'inci titreşim modunda gözönüne alınacak ivme spektrumu ordinatı denklem (2.22) ile belirlenecektir.

$$S_{pa}(T_r) = A(T_r) g / R_a(T_r) \quad (2.22)$$

Elastik tasarım ivme spektrumunun özel olarak belirlenesi durumunda, denklem (2.22)'de $A(T_r)g$ yerine, ilgili özel spektrum ordinatı gözönüne alınacaktır.

2.7.2.2 Gözönüne Alınacak Dinamik Serbestlik Dereceleri

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her bir katta aşağıda tanımlanan kaydırılmış kütle merkezlerinin her birinde, birbirine dik doğrultularda iki yatay erbestlik derecesi ile düşey eksen etrafındaki dönme serbestlik derecesi gözönüne alınacaktır.

Kat kütleleri, her katın kütle merkezinde ve ayrıca ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi amacı ile kaydırılmış kütle merkezlerinde tanımlanacaktır. Kaydırılmış kütle merkezleri, gerçek kütle merkezinin gözönüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun $\pm 5\%$ ve $\pm 5\%$ 'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalarlardır. Ancak herhangi bir i'inci katın kütle eylemsizlik momenti, m_{0i} , kaydırılmış kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafında hesaplanacaktır. Kat kütlelerine karşı gelen kat ağırlıkları bağıntı (2.11)'e göre belirlenecektir.

Döşeme süreksizliğinin bulunduğu ve döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalışmadığı binalarda, döşemelerin kendi düzlemleri içindeki şekildeğiştirmelerinin gözönüne alınmasını sağlayacak yeterlikte dinamik serbestlik derecesi gözönüne alınacaktır. Ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için, her katta çeşitli noktalarda dağılı bulunan tekil kütlelerin her biri, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun $\pm 5\%$ 'i ve $\pm 5\%$ 'i kadar kaydırılacaktır.

Bu tür binalarda, sadece ek dışmerkezlik etkilerinden oluşan iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri, ek dışmerkezlik etkisi gözönüne alınmaksızın herbir titreşim modu hesaplanarak kısım (2.7.2.4)'e göre birleştirilen büyüklüklere doğrudan eklenecektir.

2.7.2.3 Heseba Katılacak Titreşim Modunun Sayısı

Hesaba katılması gerekli titreşim modu sayısı, Y, gözönüne alınan birbirine dik x ve y deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının, hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin 90% 'ından az olmaması kuralına göre belirlenecektir. Ayrıca gözönüne alınan deprem doğrultusunda etkin kütlesi, bina toplam kütlelerinin 5% 'inden büyük olan titreşim modları gözönüne alınacaktır.

2.7.2.4 Mod Katkılarının Birleştirilmesi

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

$T_s < T_r$ olmak üzere gözönüne alınan herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyotların daima $T_s/T_r < 0.80$ koşulunu sağlaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için *Karelerin Toplamının Kare Kökü* kuralı uygulanabilir.

$$M = \sqrt{\sum_i^m (M_i)^2} \quad (2.25)$$

Burada, m: gözönüne alınacak mod sayısını, M: tasarıma esas eğilme momentini, i: mod sayısını göstermek üzere (2.25) ifadesinde bu kural örnek olarak momentler için verilmiştir.

Yukarıda belirtilen koşulun sağlanmaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için *Tam Karesel Birleştirme (CQC)* kuralı uygulanacaktır.

2.7.2.5 Hesaplanan Büyüklüklere İlişkin Altsınır Değerleri

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, mod birleştirme yöntemine göre bulunan bina toplam deprem yükü V_{tb} 'nin, Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile hesaplanan bina toplam deprem yükü V_t 'ye oranının, düzenli binalar için $\beta=0.90$ 'dan küçük olması ($V_{tb} < 0.90V_t$), düzensiz binalar için ise $\beta=1.00$ 'den küçük olması ($V_{tb} < V_t$), durumunda, mod birleştirme yöntemine göre bulunan tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri bağıntı (2.26)'ya göre büyütülecektir.

$$B_D = (\beta V_t / V_{tb}) B_B \quad (2.26)$$

Burada B_B , mod birleştirme yöntemi ile bulunan herhangi bir büyüklük, B_D ise B_B büyüklüğüne ait tasarıma esas alınacak değeri göstermektedir.

Hesaplarda kullanılmak üzere (β_D) dinamik analiz büyütme katsayısı bağıntı (2.27)'deki gibi tanımlanmıştır.

$$\beta_D = \beta V_t / V_{tb} \quad (2.27)$$

2.7.2.6 Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri

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

Zaman tanım alanında yapılacak deprem hesabında, aşağıda özellikleri belirtilen en az üç benzeştirilmiş ivme kaydı kullanılacak ve elde edilen büyüklüklerin en elverişsiz olanları tasarıma esas alınacaktır.

İvme kayıtlarındaki kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, ivmelerin zarfları - 0.05g'den az olmama koşulu ile yapının birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 sn'den daha kısa olmayacaktır.

Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş her ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerleri, bütün periyotlar için bağıntı (2.1)'de tanımlanan $A(T)$ spektral ivme katsayısı değerlerinin g ile çarpımının %90'ından az olmayacaktır. Ancak zaman tanım alanında doğrusal elastik hesap yapılması durumunda, azaltılmış deprem yer hareketinin elde edilmesi için esas alınacak spektral ivme değerleri bağıntı (2.22) ile hesaplanacaktır.

Taşıyıcı sistemin zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan hesap yapılması durumunda taşıyıcı sistem elemanlarının tekrarlı yükler altındaki davranışını tanımlayan gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları, bu yönetmeliğin genel felsefesi çerçevesinde, geçerliliği teorik ya da deneysel olarak kanıtlanmış yöntemlerle elde edilecektir.

3. PERDELER

3.1 Perdelerle İlgili Genel Bilgiler

Perdeler planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az 7 olan düşey taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Rijitlikleri nedeniyle yatay etkilerin önemli bir bölümünü karşıladıkları gibi, çerçeve taşıyıcı sistemin yatay yerdeğiştirmesini sınırlandırarak, deprem etkisinde taşıyıcı olan veya olmayan elemanlarda hasarın sınırlı kalmasını sağlarlar. Ayrıca katlar arası yatay yerdeğiştirmelerin sınırlandırılması ile çerçeve sistemde ikinci mertebe etkilerin büyümesi önlenir. Yatay yükler altında kat yerdeğiştirmelerinin sınırlandırılması bakımından, bazı durumlarda perdelerin kullanılması zorunlu olur. Taşıyıcı sistemlerin yükseklikleri arttıkça perdeler önemli bir yapı elemanı olarak ortaya çıkar. Bu nedenle ve gelecekte daha yüksek yapıların yapılması eğilimi ile taşıyıcı sistemlerde perdelerin daha yoğun kullanılacağı tahmin edilebilir.

Perdeli yapı sistemlerinin deprem yüklerini güvenli bir şekilde karşılaması konusunda aşağıda verilen hususlara özen gösterilmesi gerekir [7]:

a) Perdeler yatay rijitliklerin büyük olması sebebiyle, yatay deprem yükünün önemli bir kısmını taşırlar ve bunun sonucu kesitlerinde büyük eğilme momentleri ortaya çıkar. Buna karşılık, normal bir bina kalıp planında kolon ve perdeler oldukça düzgün dağıtıldığı için düşey yüklerin karşılanmasında kesitlerinde büyük normal kuvvetler meydana gelmez. Bunun sonucu olarak kolon temellerinde normal kuvvet etkili olurken, perde temellerinde momentin etkili olduğu bir durum meydana gelir. Bu ise, perde temellerinde zemin ile temel arasında çekme bölgelerinin büyük olmasına sebep olur. Dikkat edilmediğinde, deprem etkisinde perde temelinin rijit bir şekilde dönme ile zorlanması ortaya çıkar ki, bu sünek olmayan bir güç tükenmesi şekli olduğu için, sakınılması gereken bir durumdur. Bunun için, kalıp planında perdeye yakın olan kolonlarla olan mesafeyi büyüterek, perde normal kuvvetinin büyütülmesi sözkonusu olabildiği gibi, perde temelinin komşu olan kolon temelleri

ile birleştirilmesi suretiyle kolon normal kuvvetlerinin faydalı etkisinden faydalanmak da bir çözüm olarak görülebilir. Bu suretle perde kesitindeki donatı ihtiyacı da azaltılmış olur.

b) Deprem kuvvetleri bir atalet kuvveti olduğu için, kütlenin bulunduğu döşeme ve kirişlerde meydana gelirler. Bunların güvenli bir biçimde karşılanması için, perdelerle iletilmesi gerekir. Bu iletim döşeme ve kirişlerin perde ile birleşen kesitlerinde ortaya çıkar. Bu kesitlerin özenli biçimde boyutlandırılması ve donatılması ile bu durum sağlanabilir. Bu tür güvensiz bir durumdan kaçınmak için perdenin döşeme ve kirişlerle birleşim kesitlerinde boşluklardan kaçınmak uygundur.

Perdelerin Yerleştirilmesinde Dikkate Alınması Gereken Hususlar

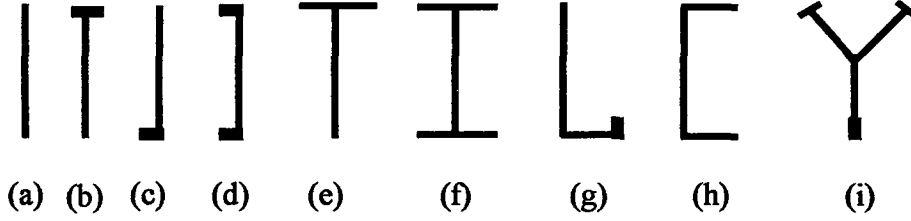
Yatay kuvvet taşıyıcı perdeler için uygun yer seçiminde dikkat edilmesi gereken kurallar, aşağıdaki gibi verilebilir [8] :

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

Perde Kesit Şekilleri

Perde şekilleri dikdörtgen olduğu gibi, I, L, H, Y, U, T gibi şekillerde de ortaya çıkabilir. Bazı tipik perde kesit şekilleri Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Bu perdelerin minimum kalınlıkları betonun işlenebilirliğini, yerleştirilmesini sağlamak ve yangın riskini aza indirmek için yönetmelikler tarafından belirlenmiştir. Deprem kuvvetleri önemli olmaya başladığında, kayma dayanımı ve stabiliteyi sağlamak için, kalınlığı arttırmak gerekir. Ancak, perde kesitinin iki ucunda gerilmeler büyük olacağı için, donatı perde uç bölgelerinde yoğunlaştırılır ve buralarda kalınlığın arttırılması ile

perde uç elemanları oluşturulur. Perde ucuna diğer doğrultuda başka bir perdenin birleşmesi durumunda, uç elemanı bu perde içinde oluşturulabilir [9].



Şekil 3.1 Perdelerde Karşılaşılan Kesit Şekilleri

Şekil 3.1 b ve d de görüldüğü gibi, uç elemanlı perdeler, kirişlerin perdelerle mesnetlenmelerini kolaylaştırdıkları gibi eğilme donatılarının yerleştirilmesinde de kolaylık sağlarlar. Ayrıca uç elemanlar, perdenin yanal burkulma stabilitesini artırırlar ve potansiyel plastik mafsallarda basınca maruz betonun daha iyi sarılmasını sağlarlar. Böylelikle, plastik mafsallarda 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 sağlarlar. Kanatlar basınçta olduğu zaman sünek davranırlarken, özellikle Şekil 3.1 e ve g de gösterilen T ve L kesitli perdelerde, kanatları çekmeye zorlandığında oldukça sınırlı sünekliğe sahiptirler.

3.2 Konuyla İlgili Çalışmalar

Perdeler ile ilgili yayınlanan bir çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların bir kısmı incelenerek içerikleri aşağıda özetlenmiştir.

Akkaya, Y., tarafından yapılan [8] nolu çalışmada, yatay kuvvetleri taşımada perdelerin önemi üzerinde durulmuştur. Perdeli sistemler, perdelerin boyutlanması ile ilgili ortaya çıkan problemlerin ayrımı kolaylaştırmak için çeşitli sınıflandırmalar yaparak incelenmiştir. Bununla birlikte perdelerin davranışında sadece yatay kuvvetlerin etkili olmadığı gösterilmiştir. Deprem kuvvetlerine karşı perdeleri

modellemek için önemli kriterler, yapılan kabüller ve ayrıca boyutlama yapan proje mühendisinin sağlamayı amaç edineceği üç kriter rijitlik, dayanım, süneklik incelenmiştir. [9] nolu çalışmada perdelerle ilgili genel bilgiler verilmiş, perdelerde modelleme için önemli kriterler ve yapılan kab llerden bahsedilerek, eşdeğer statik kuvvet  z mlemesi açıklanmıştır. Ayrıca perdelerin boyutlandırılması ile ilgili temel özellikler açıklanmıştır.

Perdelerle ilgili diğer bir çalışma,  zmen, G., ve Pala, S., tarafından yapılmıştır [10]. Bu çalışmada, perde, ereve ve boşluklu perdelerden oluşan çok katlı yapıların yatay yükler altında çözümü  in bir ardışık yaklaşım yöntemi geliştirilmiştir. Çalışmada ayrıca, methodun yaklaşım hızını göstermek uygulama şekillerini açığa kavuşturmak amacı ile yapılmış olan sayısal örnekler verilmiştir.

Öztürk, T., tarafından yapılan çalışmada ise [11], konut ve işyeri olarak kullanılan binalarda, deprem etkilerini almak  in mimari plana uygun olarak konulabilecek olan perdelerin boyutlarının tayini  in esas olmaları istenen kriterler önerilmektedir. 10 katlı binalar  in, bu kriterleri sağlayan perde boyları ve bazı özellikleri tablolar halinde verilmiştir. Değişik kat adetleri olması durumunda, perde boylarının bu tablolar yardımı ile nasıl bulunacağı belirtilmiştir.

Betonarme yapılarda bölgesel göçmeleri önleyerek, sünekliği arttırmanın güçleştiği, düşey yöndeki yapısal düzensizliklerin etkisizleştirmek istendiği durumlarda, taşıyıcı sistemin yatay rijitliğini arttırıcı önlemler alınması yararlı olmaktadır. Bu  nlemler arasında yeni tasarlanan yapılar  in yapıda perde kullanmak, mevcut yapılar  in de yapıya perde eklemek ya da bazı elemanları perdeleştirmek düşünülebilir. Perde boyutlarının yapı yüksekliğince değişiminin de dikkat edilmesi ve perdenin ortaya koyacağı yapısal değişikliğin tüm yönleriyle göz önünde bulundurulması gerektiği açıktır. Karadoğan, F., Karayel, V., ve Ana, H., tarafından yapılan çalışmada [12], yukarıdaki özellikler 1975 deprem yönetmeliği ve 1995 yönetmelik taslağı esas alınarak, değişik zemin ve süneklik durumları  in  rnek bir üç boyutlu yapı üzerinde tartışılmaktadır.

Perde ereve sistemlerin hesap yöntemlerinde bilinmeyen sayısı kat sayısı ile birlikte artmakta bunun sonucu olarak hesaplar g leşip uzamaktadır. Aköz, Y., Trupia, A., tarafından yapılan [13] nolu çalışmada, bilinmeyen sayısının kat sayısı ile birlikte artmayacağı, basit ve yaklaşık bir hesap yöntemi geliştirilerek açıklanmaya

çalışılmıştır. Çalışmada Perde çerçeve sistemlerin yatay yük altındaki hesabı, bazı kabüllerle, değişken katsayılı dördüncü mertebe diferansiyel denklemin çözümüne indirgenmiştir.

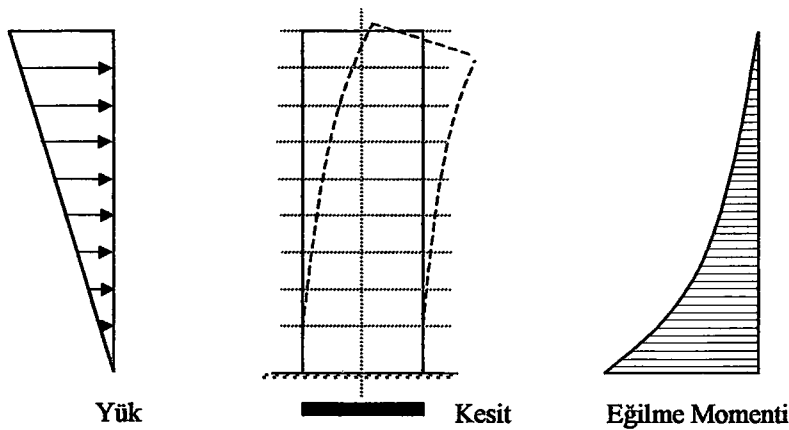
[14] nolu çalışmada ise, boşluklu perdelerin boşluk oranlarındaki değişimlere göre davranışları dolu perde, sonlu eleman ve çerçeve idealizasyonları kullanılarak irdelenmiştir.

İncelenen kaynaklarda, α_m katsayısı ile ilgili yapılan bir çalışma olmadığı gözlenmiştir. Dolayısıyla katsayının Türkiye Deprem Yönetmeliği'ne özgün olduğu tahmin edilmektedir.

3.3 Perde Türleri ve Davranışları

3.3.1 Boşluksuz Perde (Konsol Perde)

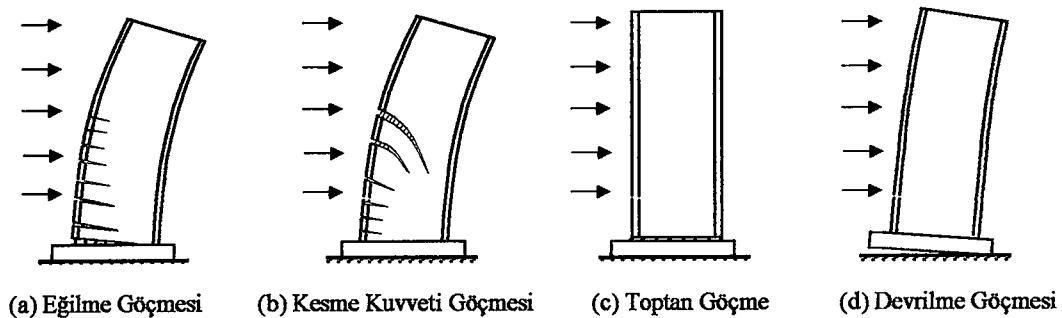
Yüksek bir yapıda bulunan perde, yatay yükler altında bir konsol kiriş gibi davranır. Perdeler, kat seviyelerinde kat döşemeleri ile bağlandığı için, ince kesitlerine rağmen yanal burkulma tehlikesi bu suretle azalır. Kat döşemelerinin yanal diyafram gibi etkimeleri nedeniyle, perdelerde burkulmaya neden olan kritik boyun, perde yüksekliği yerine kat yüksekliği olarak kabul edilmesi uygundur. Konsol perdeler, yatay yüklerken oluşan eğilme momenti yanında, düşey yüklerden gelen, eksenel normal kuvvet etkisi altındadır. Karşılıklı etki diyagramlarından hareketle, kesitin dayanımı bulunabilir. Kesitin taşıma gücü elde edilirken, gövde de bulunan düşey donatının da hesaba katılmasıyla ekonomik sonuç elde edilebilir [5].



Şekil 3.2 Konsol Perde

Konsol perdelerin en çok zorlandığı mesnet kesitinde, betonun en büyük kısılmasını büyütmek ve böylece kesitin sünekliğini arttırmak için, kolonlarda olduğu gibi, mesnetten yukarı bölgede perdenin plandaki boyutuna yakın yükseklik boyunca, enine donatıların sıklaştırılması uygundur. Bunun yanında perdelerde boyuna donatıların burkulmasını önlemek için , kolonlarda olduğu gibi, bütün yükseklik boyunca yatay donatılara ihtiyaç vardır. Perdelerin eleman olarak burkulmasını önlemek, uç bölgelerinde beton basınç bölgesini büyütmek ve kesitteki zorlamayı hafifletmek için, özellikle binaların bodrum katlarında, perde başlık bölgesi düzenlenmesi tasviye edilir. Bir perdenin dik doğrultuda başka bir perde ile birleşmesi durumunda, başlık bölgesi doğrudan oluşturulmuş olur. Başlık bölgesi, yatay yükün belirli bir yönü için, tamamen basınç etkisi altında olacağından, bu bölgenin kolonlara benzetilerek düzenlenmesi ve donatılması yerinde olur. Başlık bölgesinin bulunması, perdenin eğilme momenti kapasitesini önemli ölçüde artırır. Hatta, kesme kuvvetini eğilme momentinden daha kırıktık duruma getirebilir. Birbirine dik olarak bulunan perdelerde, basınç gerilmelerinin dağılışından hareket ederek, tablalı kesitlerde olduğu gibi, etkili başlık genişliği tanımlamak mümkündür.

Konsol perdelerin göçme biçimleri Şekil 3.3’de gösterilmiştir. Bunlardan ilki, perdenin en büyük moment kısmında, elastik ötesi şekil değıştirmeler artarak kesit göçmesinin oluşmasını göstermektedir. Sünek türden olan bu güç tükenmesinin dışındaki, eğik çekme gerilmelerinin etkisiyle göçme, iş derzinde toptan kayma göçmesi veya donatı bindirme eklerinin ve kenetlenme boylarının çözülmesinden oluşan göçme gevrek olduğundan önlenmelidir. Bunlar gibi, temelde eğilme momentinin karşılanmaması nedeniyle oluşan devrilme göçmesi de, ani olarak ortaya çıkan türdendir. Perde kesitinin boyutlandırılmasında kesit kesme kuvveti ve iş derzinde kayma kapasiteleri ile, donatı kenetlenme çözülme kapasitesi yüksek tutularak, aşırı zorlanmada kaçınılmaz göçmenin sünek olması sağlanmalıdır [5].

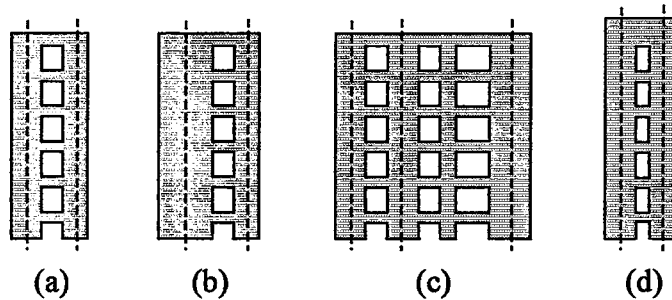


Şekil 3.3 Perdelerin Göçme Biçimleri

3.3.2 Boşluklu Perdeler

Çok katlı yapıların depreme dayanıklı olarak tasarımı sırasında boşluklu perdeler çok kullanılan yatay yük taşıyıcı elemanlardır. Bu sistemler, dolu perdelerde kapı, pencere gibi konstrüktif nedenlerle yapılan boşluklar neticesinde meydana geldiği gibi aynı düzlem içinde bulunan dolu perdelerin kat hizalarında birbiri ile veya başka çerçevelerle, uygun bağlantı kirişleri vasıtasıyla bağlanması ile oluşan yapı elemanları olarak düşünülebilir. Eğilme dayanımı açısından, yapının tamamını tehlikeye atacak şekilde perde alanları azaltılmamalıdır. Benzer şekilde perdenin yatay ve düşey yöndeki kayma dayanımı, perdenin eğilme dayanımını tamamıyla sağlayabilecek şekilde olmalıdır.

Perdedeki boşluklar düzenli ve uygun yerleştirildiğinde, çok iyi enerji dağıtabilen karekterde, sünek davranış göstermeye uygun, oldukça etkili yapı sistemleri oluşturulabilir. Şekil 3.5'te bu tip düzenlemelere örnekler gösterilmiştir. Bu örneklerde, bir çok perde birbirleriyle kirişler vasıtasıyla birleştirilmiştir. Bu nedenle, bu tip perdeleri bağ kirişli perdeler olarak adlandırmak uygun olur. Bağ kirişleri uzun ve derin olabilir ama, perde den daha zayıf olmalıdırlar. Konsol gibi davranan perdeler, birbirlerini birleştiren kirişlerde aşırı zorlanmalar ortaya çıkaracaktır. Bağ kirişleri iyi detaylandırılırsa, binanın bütün yüksekliği boyunca enerjiyi dağıtma yeteneğine sahip olurlar. Aynı yada farklı rijitlikte iki perde, kirişlerle birleştirilerek düzenlenebileceği gibi ikiden fazla perdenin kirişlerle birleştirilmesiyle de bağ kirişli perdeler oluşturulabilir. Bağ kirişleri, bütün katlarda aynı derinlik ve genişliğe sahip olabileceği gibi farklı derinlik ve genişliğede sahip olabilirler. Servis çekirdeğinde, bağ kirişli perdeler çatı seviyesinin üzerinde devam edilerek asansör için makina odası ve diğer servis alanları sağlanmış olur. Bu gibi hallerde, perdenin tepesinde sonsuz rijit diyaframla birleştiği kabul edilebilir. Bu durum Şekil 3.4'de gösterilmiştir [9].



Şekil 3.4 Bağ Kirişli Perde Tipleri

Perdeler, devrilme momentini, kesit momenti yanında, kesitte oluşan normal kuvvetin momenti ile de karşılarlar. Bu normal kuvvet perdeye birleşen bağ kirişlerinde kesme kuvveti oluşturur. Bağ kirişlerinin rijitlikleri büyüdükçe perdelerin beraber çalışması daha etkili ortaya çıkarken, bağ kirişlerindeki kesme kuvvetleri dolayısıyla perde kesitindeki normal kuvvet artar. Bu normal kuvvetlerin arasındaki mesafe büyük olduğu için, dış momentin bu yolla karşılanması daha uygun olabilir. Ancak bu durumda bağ kirişlerinin de önemli ölçüde zorlanacağı unutulmamalıdır. Yükün artmasıyla bağ kirişlerinde eğilme momenti etkisiyle çatlamlar oluşacağından, bağ kirişi rijitliği önemli ölçüde azalır.

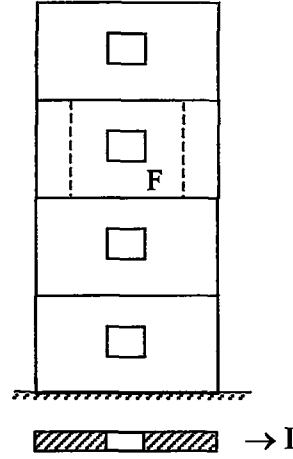
Bağ kirişlerinin esas amacı, kesme kuvvetinin perdeler arası geçişini sağlamaktır. Özellikle deprem etkisinde yön değiştiren kesit zorlarına maruz kalırlar. Ayrıca bina yüksekliğinin büyük olması durumunda, üst kat bağ kirişlerindeki etkiler artar ve bu etkilerin karşılanması problem olur. Kesitlerin arttırılması, meydana gelecek etkileri arttıracığı için, çoğu zaman uygun sonuç vermez. Büyük depremlerde, buralarda hasarı kabul ederek, bağ kirişi rijitliğinin küçültülmesi ve bu suretle meydana gelecek etkilerin azaltılması genellikle kabul edilebilir bir çözüm olarak ortaya çıkar. Bağ kiriş kesitlerinin çok büyütülerek, perde sisteminin zayıf halkasını perde kesiti olarak oluşturmak, tehlikeli bir güç tükenmesi modu ortaya çıkaracağı için uygun değildir [7].

Küçük Boşluklu Perdeler

Boşlukların küçük olması halinde, perdeler konsol kirişler gibi çalışırlar. Böyle kabul edilebilmesi için (3.1) bağıntısının sağlanması gereklidir, [15].

$$\gamma = \sqrt{\frac{F_{\text{boş}}}{F}} \leq 0.4 \quad (3.1)$$

Burada: $F_{\text{boş}}$ boşluk alanını, F ise boşluğun etrafındaki kolon ve kiriş eksenlerinin çevrelediği alanı ifade etmektedir.

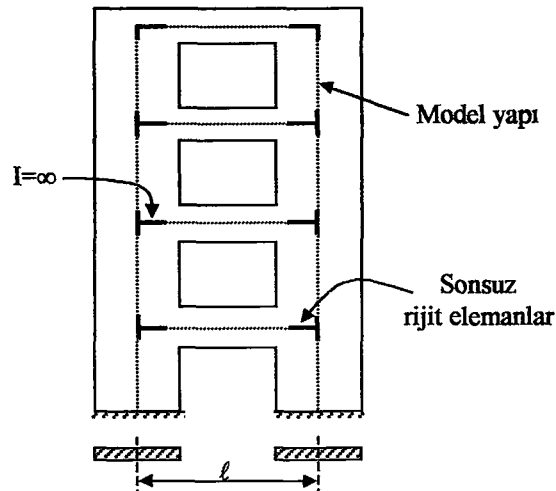


Şekil 3.5 Küçük Boşluklu Perdeler

Ancak bu halde hesapta, boşluklu kısmın eğilme rijitliği gözönünde tutulmalıdır. Kayma rijitliği olarak da, Muto'ya göre, dolu kısmın kayma rijitliğinin (1-1.25) katı alınmalıdır.

Büyük Boşluklu Perdeler

$\gamma > 0.4$ halinde, boşluklu perdeler çerçeve gibi hesaplanmalıdır. Yani bu durumda, perdeler kolon olarak gözönüne alınmakta, kirişler ise perde içinde kalan bölgelerin bir kısmı sonsuz atalet momenti olan doğru eksenli çubuklar olarak düşünülmektedirler. Ancak bu rijit bölgenin uzunluğu, kiriş yüksekliği, serbest kiriş açıklığı ve perde genişliği gibi çeşitli büyüklüklere bağlı olduğundan kesin belirlenmesi zordur ve bu konuda çeşitli araştırmalar yapılmaktadır. Şekil 3.6'da çerçeve idealizasyonu görülmektedir [15].

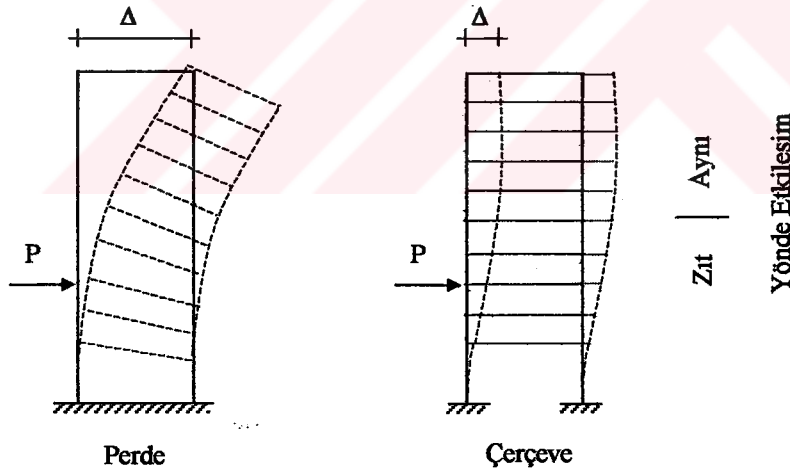


Şekil 3.6 Büyük Boşluklu Perdeler

3.3.3 Perde-Çerçeveli Sistemler

Yapı yüksekliği arttıkça yalnızca çerçevelerden oluşturulan taşıyıcı sistemler, yatay yükler altında hem iç kuvvetler ve hem de yerdeğiştirmeler bakımından istenen koşulları perdelerin yardımı olmadan sağlayamaz.

Perdeler ve çerçevelerin yatay yükler altındaki davranışları farklıdır. Bu nedenle yatay yük paylaştırılarak, perde ve çerçevenin bağımsız şekilde çözölmesi uygun değildir. Şekil 3.7’de aynı yükü taşıyan konsol bir perde ve çerçeve gösterilmiştir. Perdenin şekildeğiştirmesinde eğilme momenti etkili olur ve katlar arası en büyük yerdeğiştirme üst katlarda meydana gelirken, çerçevede ise yatay ötelemeler kesme kuvvetinin en büyük olduğu alt katlarda meydana gelmekte ve üst katlara doğru azalmaktadır. Yerdeğiştirmenin bu şekilde farklı olması nedeniyle, genel olarak üst katlarda perdenin yatay yerdeğiştirmesi çerçeve tarafından engellenir. Bu nedenle alt katlarda iki sistem yatay yükün taşınmasında birbirlerin yardım ederken, üst katlarda perdeye etkiyen yük işaret değıştirir. Bu durum, bina yüksekliğine, çerçeve ve perde rijitliklerine bağılı olarak farklı biçimde ortaya çıkabilir [5].



Şekil 3.7 Perde ve Çerçevenin Karşılıklı Etkileşimi

3.4 Deprem Yönetmeliğinde (ABYYHY) Perdeler İçin Verilen Konstrüktif Kurallar

3.4.1 Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler

3.4.1.1 Enkesit koşulları

Perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/15 'inden ve 20 cm'den az olmamalıdır. Ancak perdeler konsol kiriş gibi davrandığı için temele birleşen bölgeleri daha çok zorlanır.

Genişliği ℓ_w ve yüksekliği H_w olan bir perdede,

$$H_{cr} \leq 2 \ell_w, \quad (3.2a)$$

$$H_{cr} \geq \max(\ell_w; H_w/6) \quad (3.2b)$$

olarak tabandan ölçülen H_{cr} kritik perde yüksekliği perdenin en çok zorlanan bölgesini oluşturur. Bu nedenle $H_w/\ell_w \geq 2$ olan yüksek perdelerde kritik perde yüksekliği boyunca perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/12'sinden az olmamalıdır [1].

Bazı binalarda mimari istek nedeniyle veya seçilen taşıyıcı sistemin özelliği nedeniyle (tünel kalıp sistemiyle inşa edilen binalarda olduğu gibi) perde alanı büyükse, donatılarda azaltmaya gidilebilir. Bu tür deprem yüklerinin perdelerle taşındığı binalarda ,

$$V_t / \Sigma A_g \leq 0.5 f_{cd} \quad \Sigma A_g / \Sigma A_p \geq 0.002 \quad (3.3)$$

(3.3) koşullarının beraberce sağlanması durumunda, perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/20'sinden ve 150 mm'den az olmayacaktır.

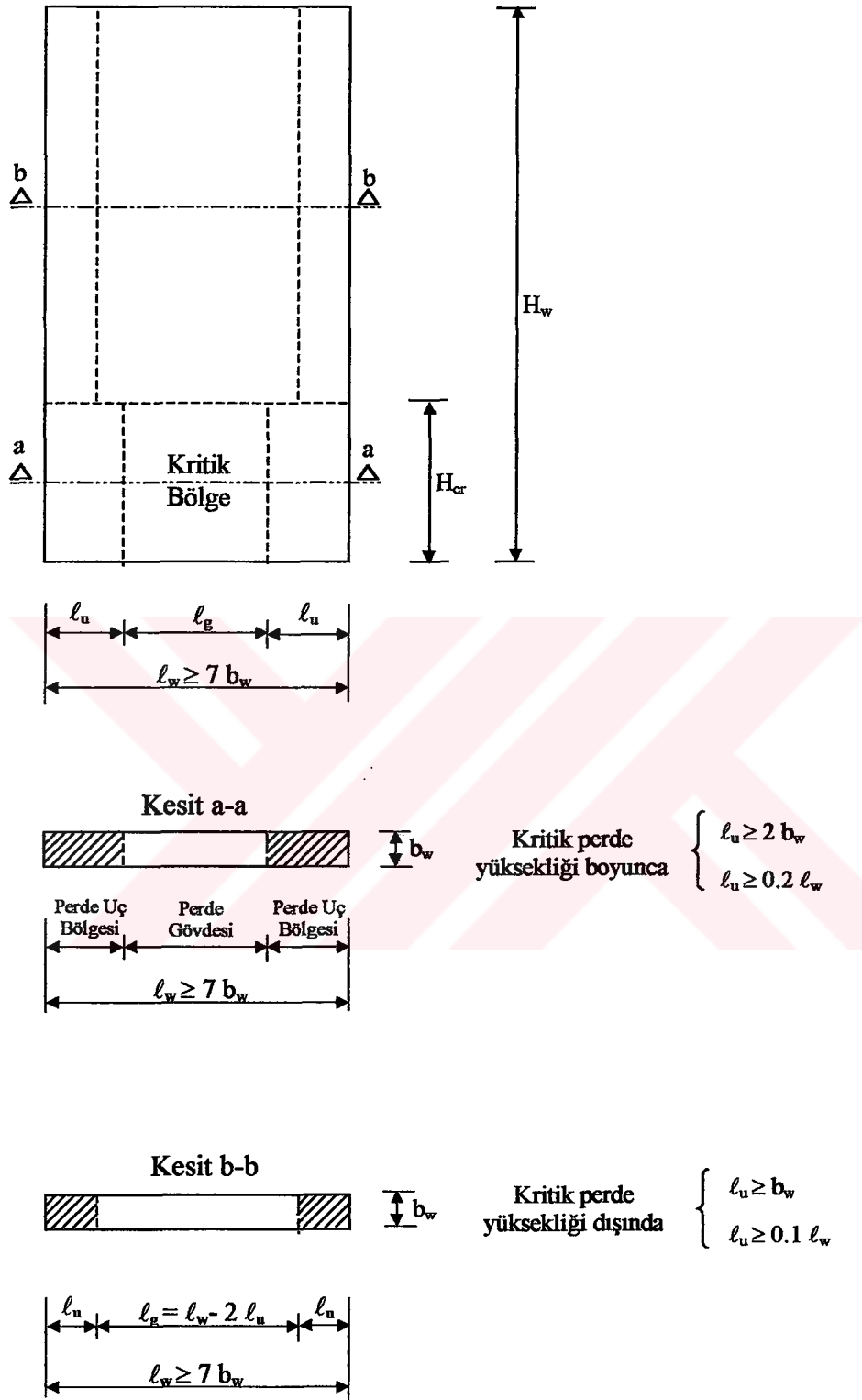
Burada; V_t bina toplam taban kesme kuvvetini, ΣA_g deprem doğrultusundaki perdelerin alanlarının toplamı, ΣA_p binanın tüm katlarının plan alanlarının toplamını göstermektedir [1].

3.4.1.2 Perde Uç Bölgesi

$H_w/\ell_w > 2$ olan perdelerin planda her iki ucunda perde uç bölgeleri oluşturulacaktır. Perde uç bölgeleri, perdenin kendi kalınlığı içinde oluşturulabileceği gibi, perdeye birleşen diğer bir perdenin veya perdenin ucunda genişletilmiş bir kesitin içinde de düzenlenebilir.

Dikdörtgen kesitli perdelerde kritik perde yüksekliği boyunca, uç bölgelerinin her birinin plandaki uzunluğu (ℓ_u), Şekil 3.8'de görüleceği gibi, perdenin plandaki toplam uzunluğunun %20'sinden ve perde kalınlığının iki katından daha az olmayacaktır. Kritik perde yüksekliğinin üstünde kalan perde kesimi boyunca ise, perdenin plandaki toplam uzunluğunun %10'undan ve perde kalınlığından az olmayacaktır.

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



Şekil 3.8 Kritik Perde Yüksekliği ve Perde Uç Bölgeleri

3.4.1.3 Perdelerde Donatı Koşulları

Gövde Donatısı Koşulları

Perdenin her iki yüzündeki gövde donatılarının toplam enkesit alanı, düşey ve yatay donatıların her biri için, perde gövdesi brüt enkesit alanının 0.0025'inden az olmayacaktır.

$H_w/\ell_w \leq 2$ olması durumunda perde uç bölgeleri oluşturulmadığından perde gövdesi, perdenin tüm kesiti olarak gözönüne alınacaktır. Perde gövdesinde boyuna ve enine donatı aralığı 250 mm'den fazla olmayacaktır. Ancak bağıntı (3.3) ile verilen koşulların her ikisinin de sağlandığı binalarda, düşey ve yatay toplam gövde donatısı oranlarının her biri 0.0015'e indirilebilir. Bu durumda donatı aralığı 300 mm'yi geçmemelidir.

Perde uç bölgeleri dışında, perde gövdelerinin her iki yüzündeki donatıların karşılıklı olarak bağlanması için yatay donatı ile aynı çapta perde yüzünde metrekaresine en az 4 adet özel deprem çirozu kullanılmalıdır.

Perde Uç Bölgelerinde Donatı Koşulları

Perde uç bölgelerinin her birinde, düşey donatı toplam alanının perde brüt enkesit alanına oranı ($\rho_{uç}$) 0.001'den az olmayacaktır. Ancak kritik perde yüksekliği boyunca bu oran 0.002'ye çıkarılacaktır. Perde uç bölgelerinin her birinde düşey donatı $4\Phi 14$ 'ten az olmayacaktır.

Perde uç bölgelerindeki düşey donatılar, aşağıdaki kurallara uyulacak, etriyeler ve/veya çirozlardan oluşan enine donatılarla sarılacaktır.

(a) Uç bölgelerinde kullanılacak enine donatının çapı 8 mm'den az olmayacaktır.

Etriye kollarının ve/veya çirozların arasındaki yatay uzaklık, a , etriye ve çiroz çapının 25 katından fazla olmayacaktır.

(b) Kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgelerine,

$$A_{sh} \geq 0.075 s_{bk} (f_{ck}/f_{ywk}) \quad (3.4)$$

bağıntı (3.4) ile belirlenen enine donatıların en az 2/3'ü konulacaktır.

Burada,

s , düşey doğrultuda enine donatı aralığını,

b_k , en dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklığı,

f_{ck} , betonun karakteristik silindirik basınç dayanımını,

f_{yk} , enine donatının karakteristik akma dayanımını,

ifade etmektedir.

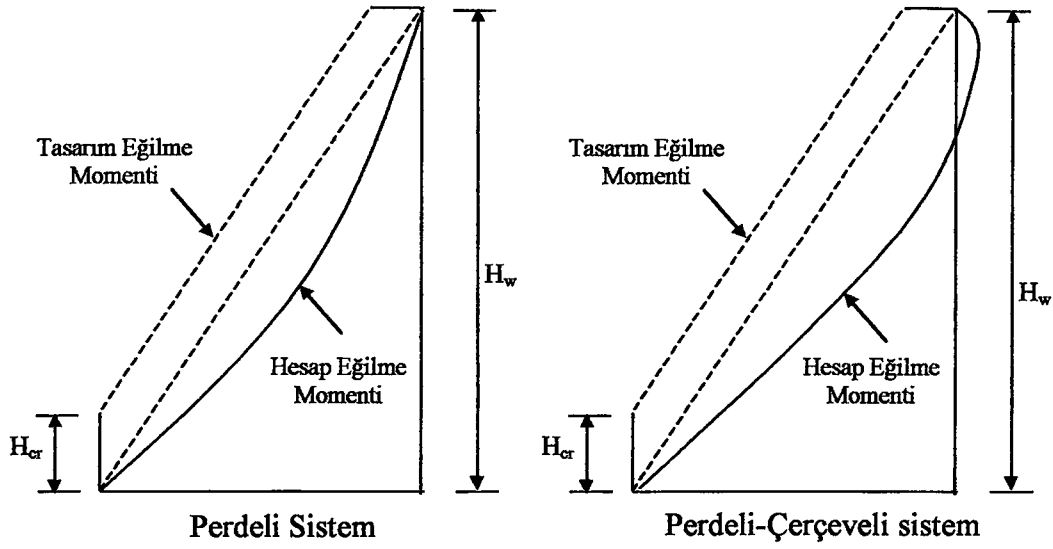
Düşey doğrultuda etriye ve/veya çiroz aralığı perde kalınlığının yarısından ve 100 mm'den daha az olmayacaktır.

(c) Kritik perde yüksekliğinin dışında kalan perde uç bölgelerinde düşey doğrultudaki etriye ve/veya çiroz aralığı, perde duvar kalınlığından ve 200 mm'den daha fazla olmayacaktır.

3.4.1.4 Tasarım Eğilme Momentleri

$H_w/\ell_w > 2$ koşulunu sağlayan perdelerde tasarıma esas eğilme momentleri, kritik perde yüksekliği boyunca perde tabanında hesaplanan eğilme momentine eşit alınıp, kritik perde yüksekliğinin üstündeki bölgede ise perde tabanında ve tepesinde hesaplanan eğilme momentlerini birleştiren doğruya paralel olan doğrusal moment diyagramı uygulanacaktır. (Şekil 3.9)

$H_w/\ell_w > 2$ olması durumunda, her bir katta perde kesitlerinin taşıma gücü momentlerinin toplamı, perdenin güçlü doğrultusunda perdeye birleşen kirişlerin taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha büyük olmalıdır. Aksi durumda perde boyutları ve/veya donatıları artırılarak deprem hesabı tekrarlanır.



Şekil 3.9 Perde Tasarım Moment Diyagramı

3.4.1.5 Perdelerin Kesme Güvenliği

Perdelerde kesitin kesme kuvveti kapasitesi nedeniyle ve kesme kuvveti etkisinde oluşan sünek olmayan güç tükenmesinin önlenmesi için, tasarım kesme kuvveti için üst sınır konulmuştur. (3.5)

$$V_d \leq 0.65 f_{ctd} A_g + f_{yd} A_{sh} \quad (3.5a)$$

$$V_d \leq 0.22 f_{ctd} A_g \quad (3.5b)$$

Burada,

A_g , perde brüt alanını,

$A_{sh} = \rho_{sh} A_g$, perde yatay donatılarının toplam alanını ,

f_{ctd} , betonun tasarım çekme dayanımını,

f_{yd} , boyuna donatının tasarım akma dayanımını,

ifade etmektedir.

3.4.1.6 Bağ Kirişli (Boşluklu) Perdelerle İlişkin Kural ve Koşullar

(a) Perdeler için yukarıda verilen tüm kural ve koşullar, bağ kirişli perdeleri oluşturan perde parçalarının her biri için de geçerlidir.

(b) Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, herhangi bir bağ kirişli perde sistemini oluşturan perde parçalarında, deprem yüklerinden oluşan taban momentlerinin toplamı, bağ kirişli perde sisteminde deprem yüklerinden oluşan toplam devrilme momentinin $2/3$ 'ünden fazla olmayacaktır. Bu koşulun sağlanamaması durumunda, bağ kirişli perdeyi oluşturan perde parçalarının her biri boşluksuz perde sayılacak ve R taşıyıcı sistem davranış katsayısı değiştirilecektir.

(c) Bağ kirişli perdeyi oluşturan perde parçalarının düşey donatı hesabında, çekmeye çalışan perde parçasındaki momentin en fazla $\%30$ 'unun, basınca çalışan perde parçasına aktarılmasına (yeniden dağılım) izin verilebilir.

3.4.2 Süneklik Düzeyi Normal Perdeler

Süneklik düzeyi normal perdeler, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan iç kuvvetlere göre boyutlandırılarak donatılacaktır. Süneklik düzeyi yüksek perdeler için 3.4.1.4, 3.4.1.6b,c'de verilen kural ve koşullar ile kritik perde yüksekliğine ilişkin olarak verilen tanım ve koşullar hariç olmak üzere 3.4.1'de verilen tüm kural ve koşullar, süneklik düzeyi normal olan perdeler için de geçerlidir.

4. ÇEŞİTLİ YAPI SİSTEMLERİ ÜZERİNDE SAYISAL İNCELEMELER

4.1 Giriş

Bu bölümde, Bölüm 5 ve Bölüm 6’da sayısal inceleme yapılacak olan, Yapı Sistemi 1 olarak adlandırılan, düzenli yapı sistemleri ve Yapı Sistemi 2 olarak adlandırılan, planda burulma düzensizliğine sahip, yapı sistemlerinin genel özelliklerinden bahsedilerek, taşıyıcı sistemlerin önboyutlandırılması verilecektir. Ayrıca bölüm sonunda sistemlerin statik analizinde kullanılan hesap yaklaşımı üzerinde açıklama yapılacaktır.

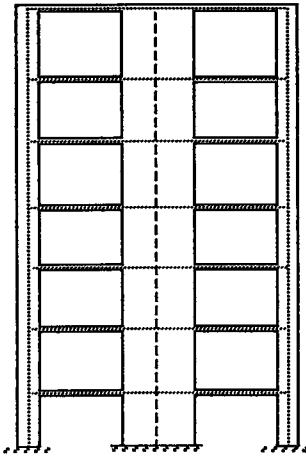
Yapı Sistemi 1 ve Yapı Sistemi 2 olarak adlandırılan 10 katlı, betonarme perde çerçeveli binalar aralarında,

Yapı Sistemi A- Bağlantısız Perdeli Yapı Sistemi

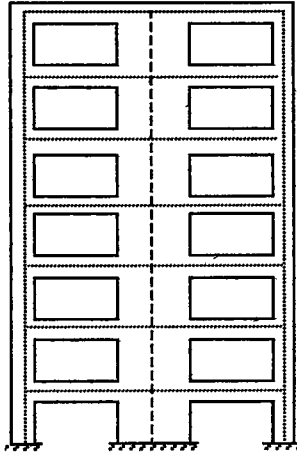
Yapı Sistemi B- Bağlantılı Perdeli Yapı Sistemi

Yapı Sistemi C- Boşluklu Perdeli Yapı Sistemi

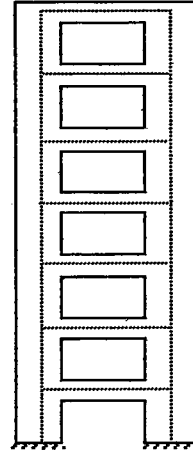
olmak üzere üç tane yapı sisteminden oluşmaktadır, (Şekil 4.1).



Şekil 4.1a Bağlantısız Perde



Şekil 4.1b Bağlantılı Perde

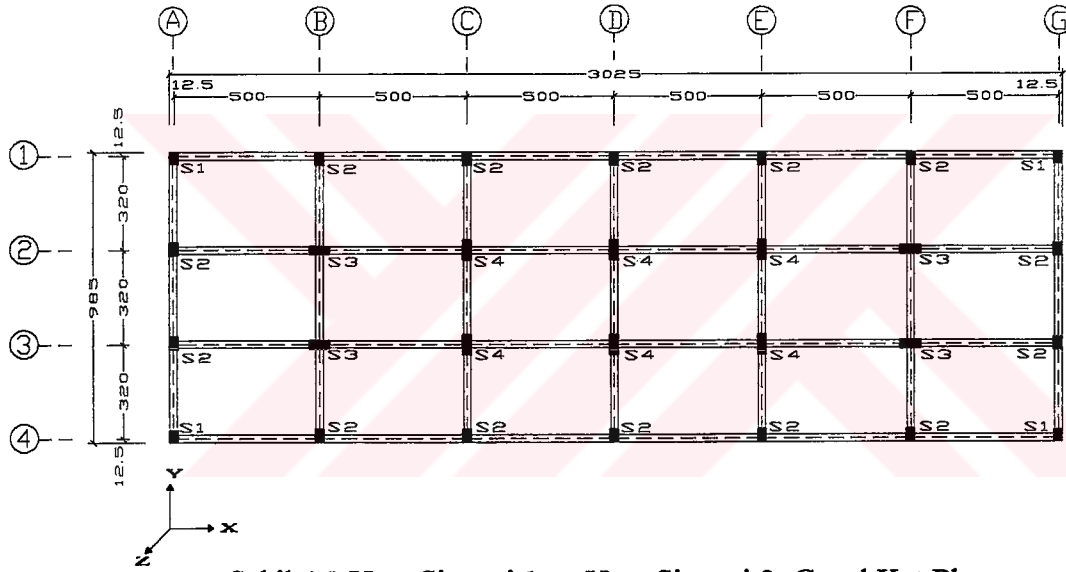


Şekil 4.1c Boşluklu Perde

4.2 İncelenen Yapı Sistemlerinin Genel Özellikleri

4.2.1 Sistem ve Malzeme Parametreleri

Çalışmada, *Yapı Sistemi 1* ve *Yapı Sistemi 2 Grupları* için temel olarak seçilen yapının kat planı Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Bina iki doğrultuda simetrik, X doğrultusunda altı, Y doğrultusunda üç açıklığı olan, 10 katlı, taban alanı 30.25x9.85 m ve kat yükseklikleri zemin katta 4 m, diğer katlarda 3 m olan betonarme bir yapıdır. Kirişler tüm yapıda 25x50 cm boyutlarında seçilmiştir. Tablo 4.2’de görüldüğü gibi kolon boyutları her iki katta bir değişmektedir. Sistemin aks aralıkları X doğrultusunda 5 m, Y doğrultusunda 3.20 m’ dir.



Şekil 4.2 Yapı Sistemi 1 ve Yapı Sistemi 2 Genel Kat Planı

Yapının Özellikleri

Bina Kullanım Amacı	: Konut
Bina Önem Katsayısı	: I=1
Malzeme	: BS20, BÇIII
Elastisite Modülü	: $E=2.85 \cdot 10^7 \text{ kN/m}^2$
Deprem Bölgesi	: 1
Etkin Yer İvmesi Katsayısı	: $A_0=0.40$
Hareketli Yük Azaltma Katsayısı	: $n=0.30$
Yerel Zemin Sınıfı	: Z2 ($T_A=0.15 \text{ s}$, $T_B=0.40 \text{ s}$)

Duvar Malzemesi	: Dış duvarlar bir tuğla duvar, 3 kN/m ² İç duvarlar yarım tuğla duvar, 2 kN/m ²
Seçilen Kiriş Boyutu	: 25/50
Döşeme Kalınlığı	: h _f =12 cm (Bölüm 4.3)

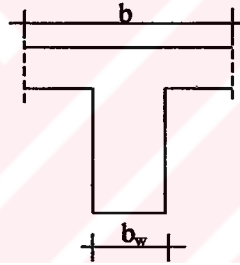
4.3 Taşıyıcı Sistemin Boyutlandırılması

4.3.1 Etkili Tabla Genişliklerinin Belirlenmesi

Tablalı kesitlerin boyutlandırılmasında yapı analizi ve yerdeğiştirmelerin hesabı için gerekli atalet momentlerinin bulunmasında kullanılacak tabla genişliği, denklem (4.1) ile hesaplanabilir, [16].

$$b = b_w + l_p / 5 \quad (\text{simetrik kesit}) \quad (4.1a)$$

$$b = b_w + l_p / 10 \quad (\text{simetrik olmayan kesit}) \quad (4.1b)$$



Şekil 4.3 Kiriş Kesiti

Burada; b etkili tabla genişliğini, l kiriş açıklığını, b_w kiriş genişliğini temsil etmektedir. Ayrıca l_p kirişte iki moment sıfır noktası arasındaki mesafe olup l hesap açıklığına bağlı olarak l_p=c l olarak elde edilebilir. Söz konusu c katsayısı için hesap yapılmadığı durumlarda aşağıdaki değerler kullanılabilir.

$$c = 0.80 \quad (\text{sürekli kirişlerde kenar açıklık})$$

$$c = 0.60 \quad (\text{sürekli kirişlerde orta açıklık})$$

Ayrıca komşu iki kirişin etkili tabla genişlikleri, üst üste düşmemeli yani plağın hiç bir kısmı iki defa farklı kirişin etkili tablası olarak kullanılmamalı ve kesit gövdesi dışına taşan tabla genişliği, kesitin her bir yanında tabla kalınlığının 6 katından fazla olmamalıdır, (Bağıntı 4.2).

$$b \leq b_w + 12h_f \quad (\text{simetrik kesit}) \quad (4.2a)$$

$$b \leq b_w + 6h_f \quad (\text{simetrik olmayan kesit}) \quad (4.2b)$$

- A-A ; G-G Akslarında

3.20 m açıklıklı kenar simetrik olmayan kirişler

$$b = 25 + 0.80 \times 320 / 10 \cong 51 \text{ cm}$$

3.20 m açıklıklı orta simetrik olmayan kirişler

$$b = 25 + 0.60 \times 320 / 10 \cong 44 \text{ cm}$$

- B-B ; C-C ; D-D ; E-E ; F-F Akslarında

3.20 m açıklıklı kenar simetrik kirişler

$$b = 25 + 0.80 \times 320 / 5 \cong 76 \text{ cm}$$

3.20 m açıklıklı orta simetrik kirişler

$$b = 25 + 0.60 \times 320 / 5 \cong 63 \text{ cm}$$

- 1-1 ; 4-4 Akslarında

5.00 m açıklıklı kenar simetrik olmayan kirişler

$$b = 25 + 0.80 \times 500 / 10 \cong 65 \text{ cm}$$

5.00 m açıklıklı orta simetrik olmayan kirişler

$$b = 25 + 0.60 \times 500 / 10 \cong 55 \text{ cm}$$

- 2-2 ; 3-3 Akslarında

5.00 m açıklıklı kenar simetrik kirişler

$$b = 25 + 0.80 \times 500 / 5 \cong 105 \text{ cm}$$

5.00 m açıklıklı orta simetrik kirişler

$$b = 25 + 0.60 \times 500 / 5 \cong 85 \text{ cm}$$

alınmıştır.

4.3.2 Döşeme Kalınlığının Belirlenmesi

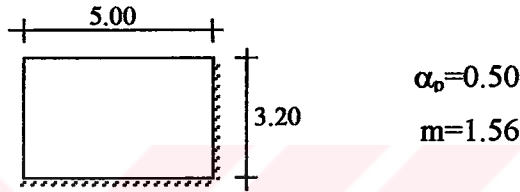
İki doğrultuda çalışan döşemelerde minimum kalınlık 80 mm (deprem bölgelerinde 100 mm), yalnız onarım ve temizlik gibi durumlarda üzerinde yürünen döşemelerde 60 mm (deprem bölgelerinde 80 mm) ve üzerinden taşıt geçen döşemelerde 120 mm olarak verilmiştir [16]. Kullanma durumunda döşeme sehimlerin uygun sınırı altında kaldığının gösterilmesi yerine , döşeme kalınlığının TS500’de verilen

$$h_f \geq \frac{l_{yn} (800 + \beta f_{yd})}{36000 + 5000 m (1 + \alpha_p)} \quad (4.3)$$

koşulunu sağlayacak şekilde seçilmesi tavsiye edilir.

Burada, α_p sürekli kenarların toplam uzunluğunun döşeme çevresine oranını, l_{yn} uzun kenar doğrultusunda serbest açıklık, $m=l_{uzun}/l_{kısa}$ kenar oranı, f_{yd} donatı hesap akma gerilmesini göstermektedir.

Döşeme boyutları aynı olduğundan (3.20m x 5.00m) en elverişsiz durum α_p 'nin en küçük değeri içindir. Şekil (4.4)'te en elverişsiz durum için plak mesnetlenme şekli gösterilmiştir.



Şekil 4.4 Plak mesnetlenme şekli

$$h_f \geq \frac{500 \times (800 + 0.07 \times 3650)}{36000 + 5000 (1.56 \times (1 + 0.50))} = 11.06 \text{ cm}$$

sonuç olarak $h_f=12$ cm döşeme kalınlığı seçilmiştir.

4.3.3 Yük Analizi

Bu aşamada tasarım yükleri belirlenmiştir. Kirişlerin kendi ağırlıkları ve duvar yükleri düzgün yayılı sabit yükler olarak, döşemeden gelen yükler ise, köşelerin açısı ortasından 45° çizilen doğrularla döşemenin uzun kenarına paralel, plak orta çizgisinin ayırdığı alana göre hesaplanıp, sabit ve hareketli yükler olarak alınmıştır.

Döşeme

$$\text{Betonarme plak} : 0.12 \times 25 = 3.00 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Sıva+kaplama} : = 1.70 \text{ kN/m}^2$$

$$\Sigma G = 4.70 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Hareketli yük} : \Sigma Q = 2.00 \text{ kN/m}^2$$

$$P_d = 1.4G + 1.6Q = 9.78 \text{ kN/m}^2$$

Birim boy ağırlıkları

Dış duvarlar : $3.00 \times (3.00 - 0.50) = 7.50$ kN/m

İç duvarlar : $2.00 \times (3.00 - 0.50) = 5.00$ kN/m

Not : Duvarlardaki boşluklar ihmal edilmiştir.

Kiriş

Birim boy ağırlığı : $0.25 \times 0.50 \times 25 = 3.13$ kN/m

4.3.4 Kolonların Önboyutlandırılması

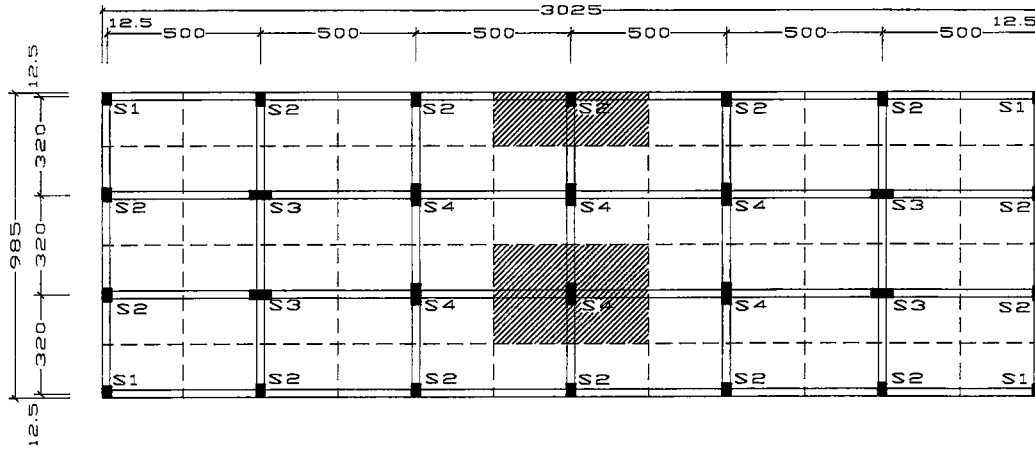
Kolonlar kiriş ve bazen de doğrudan döşemelere mesnetlik yaparak aldıkları yükleri temele ileten düşey yapı elemanlarıdır. Kirişlerle birlikte, yatay yük etkilerinin taşınmasında iyi bir taşıyıcı sistem olan çerçeveleri ortaya çıkarırlar. Kolonlar taşıyıcı sistemin ana elemanlarından sayılırlar. Bunlarda ortaya çıkacak bir hasar tüm taşıyıcı sistemi zayıflatır. Bu nedenle boyutlandırılmalarına özen gösterilmesi önemlidir.

Statik hesaba başlangıç olarak kolonlara önboyut verilmesinde (4.4) bağıntısından yararlanılmıştır.

$$A_c \geq \frac{N_{dmax}}{0.5 f_{ck}} \quad (4.4)$$

Ayrıca dikdörtgen kesitli kolonların en küçük boyutu 25 cm'den ve en kesit alanı 750 cm²'den daha az olmamalıdır [1].

A_c kesit alanı 1.30 katsayısı ile artırılarak önboyut verilecektir. Şekil 4.5'de önboyutlandırmaya esas olacak kolon eksenel yüklerinin bulunmasında kullanılan kolon yük alanları gösterilmektedir. Tablo 4.1'de kolonlara gelen eksenel yüke göre önboyutlar seçilmiş ve seçilen kolon boyutları Tablo 4.2'de toplu olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.5 Kolon Yük Alanları

Kolon eksenel yüklerinin bulunması :

• S1 Kolonu

Döşeme : $4.70 \times 1/4 \times (4.75 \times 2.95) = 16.46 \text{ kN}$

Kiriş : $3.13 \times 1/2 \times (5.00 + 3.20) = 12.81 \text{ kN}$

Duvar : $7.50 \times 1/2 \times (5.00 + 3.20) = 30.75 \text{ kN}$

Kolon : $\cong 10.00 \text{ kN}$

$\Sigma G = 70.02 \text{ kN}$

Hareketli yük

Döşeme : $2.00 \times 1/4 \times (4.75 \times 2.95) = 7.00 \text{ kN}$

$\Sigma Q = 7.00 \text{ kN}$

$Pd = 1.4G + 1.6Q = 109.23 \text{ kN}$

• S2 Kolonu

Döşeme : $4.70 \times 1/2 \times (4.75 \times 2.95) = 32.93 \text{ kN}$

Kiriş : $3.13 \times 1/2 \times (5.00 + 3.20/2) = 20.63 \text{ kN}$

Duvar : $(7.50 \times 5.00) + (5.00 \times 3.20/2) = 45.50 \text{ kN}$

Kolon : $\cong 10.00 \text{ kN}$

$\Sigma G = 109.06 \text{ kN}$

Hareketli yük

Döşeme : $2.00 \times 1/2 \times (4.75 \times 2.95) = 14.01 \text{ kN}$

$\Sigma Q = 14.01 \text{ kN}$

$Pd = 1.4G + 1.6Q = 175.10 \text{ kN}$

- S3-S4 Kolonu

Döşeme : $4.70 \times (4.75 \times 2.95) = 65.86 \text{ kN}$

Kiriş : $3.13 \times (5.00 + 3.20) = 25.63 \text{ kN}$

Duvar : $7.50 \times (5.00 + 3.20) = 61.50 \text{ kN}$

Kolon : $\cong 10.00 \text{ kN}$

$$\Sigma G = 162.99 \text{ kN}$$

- Hareketli yük

Döşeme : $2.00 \times (4.75 \times 2.95) = 28.03 \text{ kN}$

$$\Sigma Q = 28.03 \text{ kN}$$

$$P_d = 1.4G + 1.6Q = 273.03 \text{ kN}$$



Tablo 4.1 Kolon Önboyutlandırılması

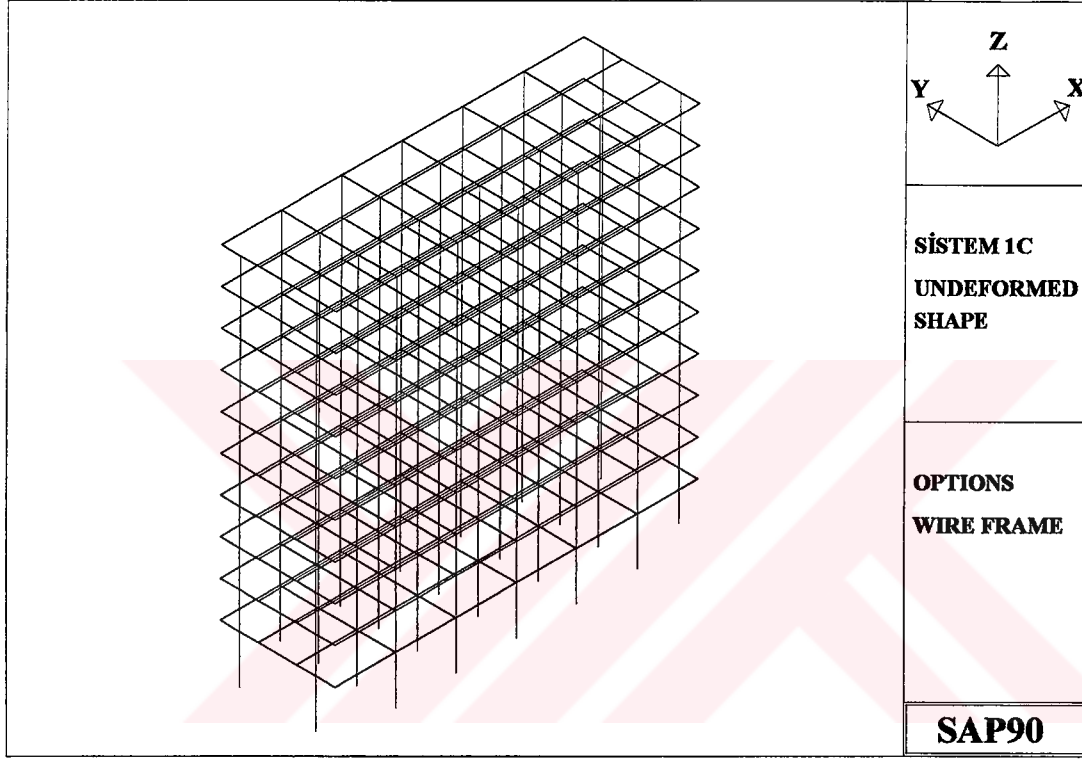
Kat	Kolon	G (kN)	Q (kN)	Pd (kN)	Üst Kattan	ΣP (kN)	Ac (cm ²)	1.3 Ac (cm ²)	Seçilen Boyut
10	S1	70.02	7.00	109.23	0.00	109.23	109.23	142.00	30 x 30
	S2	109.06	14.01	175.10	0.00	175.10	175.10	227.63	30 x 30
	S3	162.99	28.03	273.03	0.00	273.03	273.03	354.94	30 x 30
	S4	162.99	28.03	273.03	0.00	273.03	273.03	354.94	30 x 30
9	S1	70.02	7.00	109.23	109.23	218.46	218.46	284.00	30 x 30
	S2	109.06	14.01	175.10	175.10	350.20	350.20	455.26	30 x 30
	S3	162.99	28.03	273.03	273.03	546.06	546.06	709.88	30 x 30
	S4	162.99	28.03	273.03	273.03	546.06	546.06	709.88	30 x 30
8	S1	70.02	7.00	109.23	218.46	327.69	327.69	426.00	30 x 30
	S2	109.06	14.01	175.10	350.20	525.30	525.30	682.89	30 x 40
	S3	162.99	28.03	273.03	546.06	819.09	819.09	1064.82	40 x 40
	S4	162.99	28.03	273.03	546.06	819.09	819.09	1064.82	40 x 40
7	S1	70.02	7.00	109.23	327.69	436.92	436.92	568.00	30 x 30
	S2	109.06	14.01	175.10	525.30	700.40	700.40	910.52	30 x 40
	S3	162.99	28.03	273.03	819.09	1092.12	1092.12	1419.76	40 x 40
	S4	162.99	28.03	273.03	819.09	1092.12	1092.12	1419.76	40 x 40
6	S1	70.02	7.00	109.23	436.92	546.15	546.15	710.00	30 x 40
	S2	109.06	14.01	175.10	700.40	875.50	875.50	1138.15	30 x 45
	S3	162.99	28.03	273.03	1092.12	1365.15	1365.15	1774.70	45 x 45
	S4	162.99	28.03	273.03	1092.12	1365.15	1365.15	1774.70	45 x 45
5	S1	70.02	7.00	109.23	546.15	655.38	655.38	851.99	30 x 40
	S2	109.06	14.01	175.10	875.50	1050.60	1050.60	1365.78	30 x 45
	S3	162.99	28.03	273.03	1365.15	1638.18	1638.18	2129.63	45 x 45
	S4	162.99	28.03	273.03	1365.15	1638.18	1638.18	2129.63	45 x 45
4	S1	70.02	7.00	109.23	655.38	764.61	764.61	993.99	30 x 45
	S2	109.06	14.01	175.10	1050.60	1225.70	1225.70	1593.41	30 x 60
	S3	162.99	28.03	273.03	1638.18	1911.21	1911.21	2484.57	65 x 45
	S4	162.99	28.03	273.03	1638.18	1911.21	1911.21	2484.57	45 x 65
3	S1	70.02	7.00	109.23	764.61	873.84	873.84	1135.99	30 x 45
	S2	109.06	14.01	175.10	1225.70	1400.80	1400.80	1821.04	30 x 60
	S3	162.99	28.03	273.03	1911.21	2184.24	2184.24	2839.51	65 x 45
	S4	162.99	28.03	273.03	1911.21	2184.24	2184.24	2839.51	45 x 65
2	S1	70.02	7.00	109.23	873.84	983.07	983.07	1277.99	30 x 55
	S2	109.06	14.01	175.10	1400.80	1575.90	1575.90	2048.67	30 x 70
	S3	162.99	28.03	273.03	2184.24	2457.27	2457.27	3194.45	80 x 45
	S4	162.99	28.03	273.03	2184.24	2457.27	2457.27	3194.45	45 x 80
1	S1	70.02	7.00	109.23	983.07	1092.30	1092.30	1419.99	30 x 55
	S2	109.06	14.01	175.10	1575.90	1751.00	1751.00	2276.30	30 x 70
	S3	162.99	28.03	273.03	2457.27	2730.30	2730.30	3549.39	80 x 45
	S4	162.99	28.03	273.03	2457.27	2730.30	2730.30	3549.39	45 x 80

Tablo 4.2 Kolon Önboyutları

Kat No	S1	S2	S3	S4
10,9	30 x 30	30 x 30	30 x 30	30 x 30
8,7	30 x 30	30 x 40	40 x 40	40 x 40
6,5	30 x 40	30 x 45	45 x 45	45 x 45
4,3	30 x 45	30 x 60	65 x 45	45 x 65
2,1	30 x 55	30 x 70	80 x 45	45 x 80

4.4 Tezde Takip Edilen Hesap Yönteminin Açıklanması

Mevcut yapının deprem hesabı Deprem Yönetmeliği gereğince ‘Eşdeğer Deprem Yüklü Yöntemi’ne göre, Y doğrultusunda, üç boyutlu uzay çerçeve olarak Sap90 yapı analiz paket programı ile yapılmıştır [18]. Şekil 4.6’da Bölüm5’de incelenecek olan Sistem 1C’nin üç boyutlu uzay çerçeve modeli görülmektedir.



Şekil 4.6 Üç Boyutlu Uzay Çerçeve Modeli

Hesaplarda döşemelerin rijit diyafram olarak çalıştığı kabul edilerek analiz yapılmıştır. Genelde, bina tipi yapıların betonarme döşemelerinin düzlem içi rijitliği çok yüksektir. SAP 90’ın bu tip yatay rijit-döşeme diyafram sistemlerini modellemek için özel bir seçeneği vardır. Bir kat diyaframı asal X-Y düzlemine paralel bir yatay düzlem olarak modellenir. Yani herhangi bir kat diyaframındaki (herhangi bir seviyedeki) tüm noktalar X-Y rijit düzleminde deplasman yaptıkları için rölatif olarak yerdeğiştiremezler. Tipik olarak her kat diyaframı, diyafram düzleminde diyaframın ana bağımlılık noktası (master joint) denilen bir düğüm noktasıyla kurulur. Böylece diyaframda yer alan diğer tüm noktalar, ana bağımlılık noktasına

rijit bir şekilde bağlanırlar ve ötelenmeleri ana bağımlılık noktasının deplasmanına bağımlı ve eşit olur.

Her kattaki ana bağımlılık noktasının yerleşimi kullanıcının isteğine göre değişebilmektedir. Ana bağımlılık noktaları, düşey yönde deplasman ve X-Y eksenleri etrafındaki dönmelere karşı tutulu olarak tanımlanırlar.

Ayrıca %5 ek dışmerkezlik etkilerinin hesaba katılabilmesi amacıyla, deprem yükleri $\pm\%5$ kaydırılmış kütle merkezine etki ettirilmektedir.

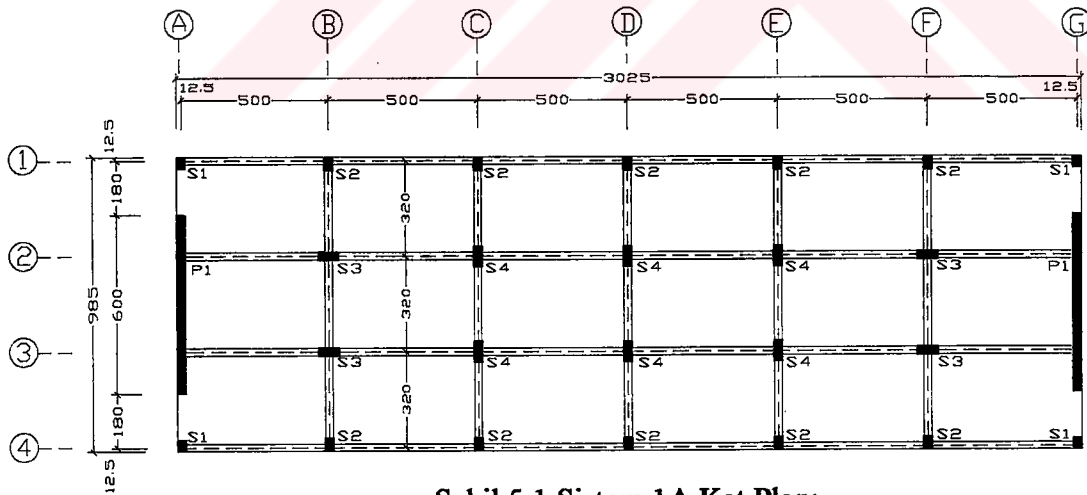


5. DÜZENLİ YAPI SİSTEMLERİ : SİSTEM 1

Bu bölümde örnek olarak, Yapı Sistemi 1 olarak adlandırılan, düzenli yapı sistemleri üzerinde, α_m katsayısının hesabı ile ilgili parametrik çalışma ve sonuçları açıklanmıştır.

5.1 Sistem 1A : Bağlantısız Perdeli Sistem

Sistem 1A olarak adlandırılan yapının özellikleri Bölüm 4.2’de verilen yapı sistemi ile aynıdır. Sadece A-A ve G-G akslarındaki S2 kolonları kaldırılarak bunların yerine aks ortasına 35/600 boyutunda perde yerleştirilmiştir. Perde S1 kenar kolonları ile bağlantısız olarak tasarlanarak, *bağlantısız perdeli yapı sistemi* oluşturulmuştur. Şekil 5.1’de Sistem 1A’nın kat planı görülmektedir.



Şekil 5.1 Sistem 1A Kat Planı

5.1.1 Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi

Yeni deprem yönetmeliğine göre, 1. ve 2. deprem bölgelerinde $H_N > 25m$ olan yapılarda, V_t Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü'nün (taban kesme kuvvetinin) bulunması için gerekli olan T_1 Doğal Titreşim Periyodunun bağıntı (5.1) ile bulunması gerekmektedir.

$$T_1 = 2\pi \left(\frac{\sum (m_i d_n^2)}{\sum (F_n d_n)} \right)^{1/2} \quad (5.1)$$

Burada F_n i'inci kata etkiyen fiktif yük olup değeri

$$F_n = (V_t - \Delta F_n) \frac{(w_i H_i)}{\sum_{j=1}^N (w_j H_j)} \quad (5.2)$$

(5.2) bağıntısında $(V_t - \Delta F_n)$ yerine herhangi bir değer konularak elde edilir. Burada, $(V_t - \Delta F_n) = 100$ alınarak F_n fiktif yükleri bulunmuştur. Bulunan fiktif yüklerin, gözönüne alınan deprem doğrultusunda gerçek (kaydırılmamış) kütle merkezine etki ettirilmesi ile, SAP90 Paket programında sistemin statik analizi yapılmış ve bu fiktif yüklerin etkisi altında aynı noktalarda deprem doğrultusunda oluşan d_n yerdeğiştirmeleri bulunarak (5.1) yardımıyla T_1 bulunmuştur. Tablo 5.1'de T_1 Doğal Titreşim Periyodunun hesabı görülmektedir.

Tablo 5.1 Sistem1A T_1 Periyodunun Hesabı

Kat No	H_i (m)	$V_t - \Delta F_n$ -	$w_i H_i$ (kNm)	F_n -	d_n -	$(m_i d_n^2)$	$(F_n d_n)$
10	31.00	100.00	107814.59	17.71	9.984E-04	3.534E-04	1.769E-02
9	28.00	100.00	97380.92	16.00	8.720E-04	2.696E-04	1.395E-02
8	25.00	100.00	86947.25	14.29	7.448E-04	1.967E-04	1.064E-02
7	22.00	100.00	76513.58	12.57	6.196E-04	1.361E-04	7.789E-03
6	19.00	100.00	66079.91	10.86	4.969E-04	8.754E-05	5.395E-03
5	16.00	100.00	55646.24	9.14	3.801E-04	5.122E-05	3.475E-03
4	13.00	100.00	45212.57	7.43	2.715E-04	2.613E-05	2.017E-03
3	10.00	100.00	34778.90	5.71	1.762E-04	1.101E-05	1.007E-03
2	7.00	100.00	24345.23	4.00	9.638E-05	3.293E-06	3.855E-04
1	4.00	100.00	13911.56	2.29	3.767E-05	5.031E-07	8.610E-05

$$w_i = 3477.89 \text{ kN} \quad \sum w_i H_i = 608630.75$$

$$\sum (m_i d_n^2) = 1.135E-03$$

$$m_i = 354.52 \text{ kNs}^2/\text{m}$$

$$\sum (F_n d_n) = 6.243E-02$$

$$T_1 = 2\pi \left(\frac{\sum (m_i d_n^2)}{\sum (F_n d_n)} \right)^{1/2} = 0.847 \text{ s}$$

Ayrıca Yönetmeliğe göre (5.1) ile hesap edilen değer bağıntı 5.3'den bulunacak değere göre sınırlandırılması gerekmektedir,

$$T_{1A} = C_t H_N^{3/4} > 1.0 \text{ s olması durumunda } T_1 < 1.30 T_{1A} \text{ olmalıdır.} \quad (5.3)$$

Taşıyıcı sistemi betonarme çerçevelerden veya oluşan binalarda $C_t=0.07$ alınmalıdır.

$$T_{1A} = 0.07 \times 31^{3/4} = 0.920 \text{ s} < 1 \text{ olduğundan, } T_1 = 0.847 \text{ s}$$

5.1.2 Eşdeğer Deprem Yükünün Belirlenmesi

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda binanın tümüne etkiyen *Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü* (Taban Kesme Kuvveti) V_t ,

$$V_t = W \frac{A(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_o I W \quad (5.4)$$

(5.4) bağıntısı ile hesaplanacaktır.

Bağıntı 5.4'de Yer Alan Değerlerin Hesabı

Binanın Deprem Sırasındaki Toplam Ağırlığı W

$$W = \sum w_i, w_i = g_i + nq_i$$

Bir kata gelen yükü, $w_i = (g_i + nq_i) \times \text{benzer kolon}$

$$g_i = (70.02 \times 4) + (109.06 \times 10) + (162.99 \times 10) + (162.99 / 2 \times 4) = 3326.56 \text{ kN}$$

$$q_i = (7.00 \times 4) + (14.01 \times 10) + (28.03 \times 10) + (28.03 / 2 \times 4) = 504.46 \text{ kN}$$

$$w_i = 3326.56 + 0.30 \times 504.46 = 3477.89 \text{ kN}$$

$$W = \sum w_i = w_i \text{ kat adeti} = 3477.89 \times 10 = 34778.9 \text{ kN}$$

Spektrum Katsayısı $S(T_1)$

Spektrum Karakteristik Periyotları : Z2 için $T_A = 0.15 \text{ s}$ $T_B = 0.40 \text{ s}$

$$T_1 = 0.847 \text{ s} \longrightarrow T_1 > T_B \text{ olduğundan } S(T_1) = 2.5(T_B/T_1)^{0.8}$$

$$S(T_1) = 2.5 \times (0.40/0.847)^{0.8} = 1.372$$

Spektral İvme Katsayısı $A(T_1)$

$$A(T_1) = A_o I S(T_1)$$

$$A(T_1) = 0.40 \times 1.00 \times 1.372 = 0.549$$

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T_1)$

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $R=5.5$ olmak üzere

$$T_1 > T_A \text{ olduğundan } R_a(T_1) = R = 5.5$$

Eşdeğer Deprem Yüğü

$$V_t = W \frac{A(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_o I W$$

$$V_t = W \frac{0.549}{5.5} = 34778.9 \times 0.100 = 3477.89 \text{ kN}$$

$$V_t > 0.10 A_o I W = 0.10 A_o I W = 0.10 \times 0.40 \times 1.00 \times 34778.9 = 1391.16 \text{ kN}$$

Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

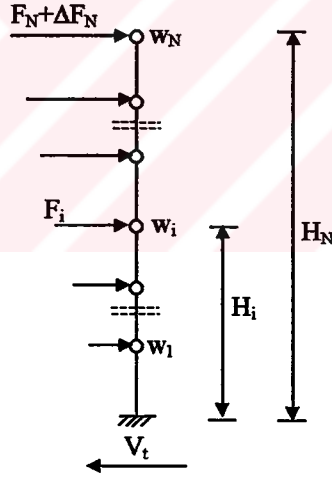
$$V_t = \Delta F_n + \sum F_i$$

$H_N = 31 \text{ m} > 25 \text{ m}$ olduğundan binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen Eşdeğer Deprem Yüğü ΔF_n 'in değeri T_1 'e bağlı olarak belirlenir.

$$\Delta F_n = 0.07 T_1 V_t < 0.20 V_t$$

$$\Delta F_n = 0.07 \times 0.847 \times 3477.89 = 206.20 \text{ kN} < 0.20 \times 3477.89 = 695.58 \text{ kN}$$

$$V_t = \Delta F_n + \sum F_i = 206.20 + 3477.89 = 3684.09 \text{ kN}$$



Şekil 5.2 Eşdeğer deprem yükünün bina katlarına dağıtılması

Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü ΔF_n dışında geri kalan kısmı N'inci kat dahil olmak üzere bina katlarına

$$F_i = (V_t - \Delta F_n) \frac{(w_i H_i)}{\sum_{j=1}^N (w_j H_j)} \quad (5.5)$$

(5.5) bağıntısı ile Tablo 5.2'de dağıtılmıştır.

Tablo 5.2 Sistem 1A Katlara Etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yükleri

Kat No	h_i (m)	H_i (m)	m_i (kNs ² /m)	w_i (kN)	$w_i H_i$ (kNm)	F_i (kN)
10	3.00	31.00	354.52	3477.89	107814.59	822.28
9	3.00	28.00	354.52	3477.89	97380.92	556.46
8	3.00	25.00	354.52	3477.89	86947.25	496.84
7	3.00	22.00	354.52	3477.89	76513.58	437.22
6	3.00	19.00	354.52	3477.89	66079.91	377.60
5	3.00	16.00	354.52	3477.89	55646.24	317.98
4	3.00	13.00	354.52	3477.89	45212.57	258.36
3	3.00	10.00	354.52	3477.89	34778.90	198.74
2	3.00	7.00	354.52	3477.89	24345.23	139.12
1	4.00	4.00	354.52	3477.89	13911.56	79.49

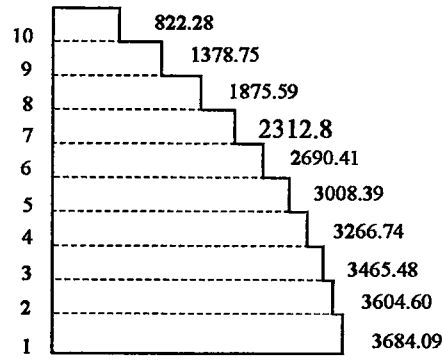
$\Sigma w_i H_i$	ΣF_i
608630.75	3684.09

5.1.3 Kat Kesme Kuvvetleri ve Kat Devrilme Momentlerinin Tayini

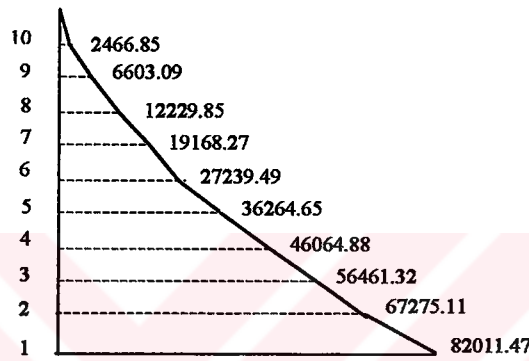
Yatay yükler altındaki binanın davranışı konsolunkine benzetilebilir. Etkiyen yatay kuvvet temele taban kesme kuvveti ve devirici moment olarak iletilir. Tablo 5.3'te deprem yüklerinden dolayı tüm katlarda oluşan kat kesme kuvvetleri ve bunlardan faydalanılarak bulunan (iki nokta arasındaki kesme kuvveti diyagramlarının alanı, bu iki nokta arasındaki eğilme momentlerinin farkına eşittir) kat devrilme momentleri gösterilmiştir. Şekil 5.3 ve Şekil 5.4'de ise bulunan bu değerler şematik olarak gösterilmiştir.

Tablo 5.3 Sistem 1A Kat Kesme Kuvvetleri ve Kat Devrilme Momentleri

Kat No	h_i (m)	H_i (m)	F_i (kN)	V_i (kN)	M_d (kNm)
10	3.00	31.00	822.28	822.28	2466.85
9	3.00	28.00	556.46	1378.75	6603.09
8	3.00	25.00	496.84	1875.59	12229.85
7	3.00	22.00	437.22	2312.81	19168.27
6	3.00	19.00	377.60	2690.41	27239.49
5	3.00	16.00	317.98	3008.39	36264.65
4	3.00	13.00	258.36	3266.74	46064.88
3	3.00	10.00	198.74	3465.48	56461.32
2	3.00	7.00	139.12	3604.60	67275.11
1	4.00	4.00	79.49	3684.09	82011.47



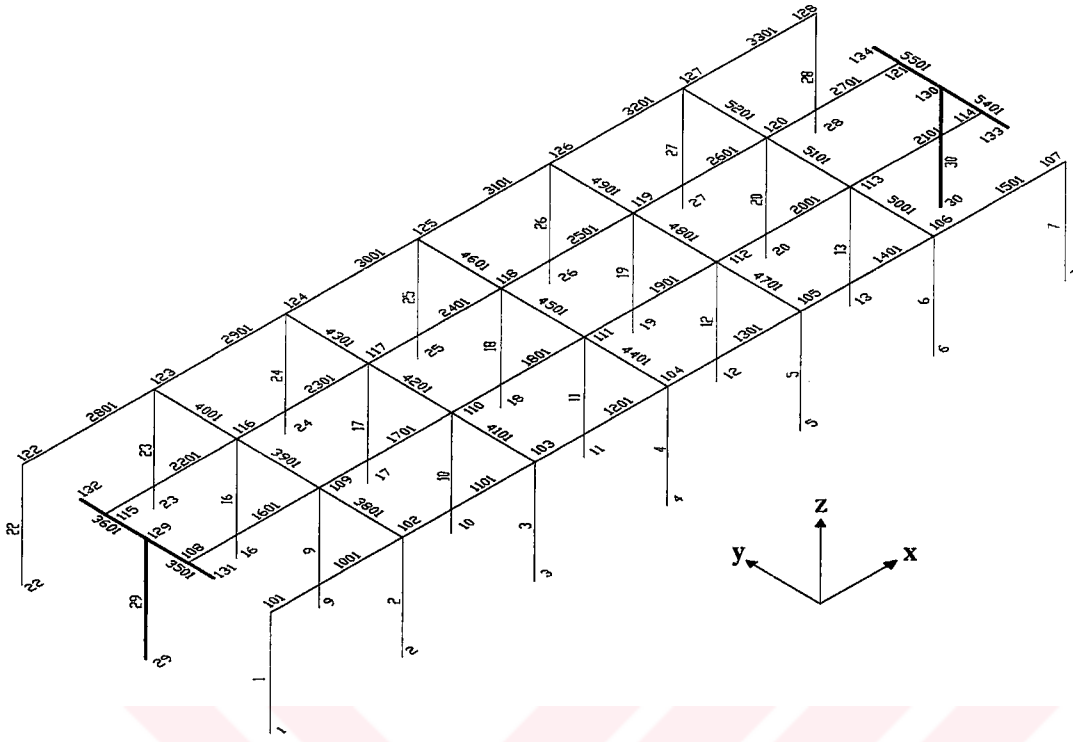
Şekil 5.3 Sistem 1A Katlardaki Kesme Kuvvetleri (V_i:kN)



Şekil 5.4 Sistem 1A Katlardaki Devirici Momentler (M_i:kNm)

5.1.4 Kolon ve Perdelerde Oluşan Kesme Kuvvetlerinin Hesabı

Yapının deprem yüklerine göre hesabı, üç boyutlu uzay çerçeve modeli oluşturularak, SAP90 bilgisayar programı ile yapılmıştır. Şekil 5.5'de çözümü yapılan yapı sisteminin 1.katına ait üç boyutlu uzaysal görünüşü görülmektedir.



Şekil 5.5 Sistem 1A Üç Boyutlu Uzay Çerçeve Modeli

Yapı Sistemi İçin Bilgisayar Modelin Kurulması

Sap90 programının çözüm yapabilmesi için ihtiyaç duyduğu veri bloğu aşağıdaki işlem sırasına göre girilmiştir. Başlık satırı ve yapısal analizle ilgili kontrol datasını ifade eden system, satırında yük durumu numarası verilmiştir. Joint bloğunda ise oluşturduğumuz üç boyutlu uzay çerçeve sistemin düğüm noktalarının koordinatları verilmiştir. Restraints bölümünde, yapının mesnetlerini ve sıfır olan serbestlik derecelerinin tanımlaması yapılmıştır. Yapısal analizin iskeletini oluşturan Frame bloğunda ise sırayla çubuk elemanlarının kontrol bilgisi, malzeme ve kesit özellikleri bilgisi ve çubuk elemanlarının yerleşim verisi girilmiştir. Son olarak loads bloğunda eşdeğer deprem yükleri sistemin kütle merkezine etki ettirilmiştir.

Bölüm 6'da, burulma düzensizliği olan yapı sistemleri üzerinde de sayısal incelemeler yapılacak olmasından dolayı, deprem yükleri kaydırılmamış kütle merkezine etki ettirilmiştir.

Sayfa 64 ve devamında, SAP90 paket programı ile yapılan statik analizin veri data bilgisi gösterilmiştir.

10 KATLI YAPININ EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİNE GÖRE DEPREM HESABI
SYSTEM

```

I=1      :      1:Eşdeğer deprem yükleri
:
JOINTS    :      Koordinatlar
1      X=0      Y=0      Z=0
7      X=30
101    X=0      Z=4      G=1,7,1
107    X=30
1001   X=0      Z=31
1007   X=30      Q=101,107,1001,1007,1,100
9      X=5      Y=3.2    Z=0
13     X=25     Z=4      G=9,13,1
108    X=0      Z=4
114    X=30
1008   X=0      Z=31
1014   X=30      Q=108,114,1008,1014,1,100
29     X=0      Y=4.8    Z=0
129    Z=4
1029   Z=31      G=129,1029,100
30     X=30      Z=0
130    X=30      Z=4
1030   Z=31      G=130,1030,100
16     X=5      Y=6.4    Z=0
20     X=25     Z=4      G=16,20,1
115    X=0      Z=4
121    X=30
1015   X=0      Z=31
1021   X=30      Q=115,121,1015,1021,1,100
22     X=0      Y=9.6    Z=0
28     X=30      G=22,28,1
122    X=0      Z=4
128    X=30
1022   X=0      Z=31
1028   X=30      Q=122,128,1022,1028,1,100
150    X=15     Y=4.8    Z=4      : Master Joint
1050   Z=31      G=150,1050,100      : Master Joints
131    X=0      Y=1.8    Z=4
1031   Z=31      G=131,1031,100
132    X=0      Y=7.8    Z=4
1032   Z=31      G=132,1032,100
133    X=30     Y=1.8    Z=4
1033   Z=31      G=133,1033,100
134    X=30     Y=7.8    Z=4
1034   Z=31      G=134,1034,100
:
RESTRAINTS
1,30,1      R=1,1,1,1,1,1 : Tabanda Ankastre
150,1050,100 R=0,0,1,1,1,0 : Master Joint
101,134,1    R=1,1,0,0,0,1 : Dependent Joints to Master Joint
201,234,1    R=1,1,0,0,0,1
301,334,1    R=1,1,0,0,0,1
401,434,1    R=1,1,0,0,0,1
501,534,1    R=1,1,0,0,0,1
601,634,1    R=1,1,0,0,0,1
701,734,1    R=1,1,0,0,0,1
801,834,1    R=1,1,0,0,0,1
901,934,1    R=1,1,0,0,0,1
1001,1034,1  R=1,1,0,0,0,1
:
FRAME
NM=20
C      Malzeme Kesit Özellikleri
C      Kolon ve Perdeler
1      SH=R      T=.30,.30 E=2.85E7 : Dikdortgen kolon (30x30) S1,S2,S3,S4

```

2 SH=R T=.40,.30 : Dikdortgen kolon (30x40) S1,S2
 3 SH=R T=.45,.30 : Dikdortgen kolon (30x45) S1,S2
 4 SH=R T=.55,.30 : Dikdortgen kolon (30x55) S1
 5 SH=R T=.60,.30 : Dikdortgen kolon (30x60) S2
 6 SH=R T=.70,.30 : Dikdortgen kolon (30x70) S2
 7 SH=R T=.40,.40 : Dikdortgen kolon (40x40) S3,S4
 8 SH=R T=.45,.45 : Dikdortgen kolon (45x45) S3,S4
 9 SH=R T=.65,.45 : Dikdortgen kolon (45x65) S4
 10 SH=R T=.80,.45 : Dikdortgen kolon (45x80) S4
 11 SH=R T=.45,.65 : Dikdortgen kolon (65x45) S3
 12 SH=R T=.45,.80 : Dikdortgen kolon (80x45) S3
 13 SH=R T=6,.35 : Dikdortgen kolon (35x600) P1
 C X eksenine paralel kirisler
 C 1-1;4-4 Akslari Kenar Simetrik Olmayan
 14 SH=T T=.5,.65,.12,.25
 C 1-1;4-4 Akslari Orta Simetrik Olmayan
 15 SH=T T=.5,.55,.12,.25
 C 2-2;3-3 Akslari Kenar Simetrik
 16 SH=T T=.5,1.05,.12,.25
 C 2-2;3-3 Akslari Orta Simetrik
 17 SH=T T=.5,.85,.12,.25
 C Y eksenine paralel kirisler
 C B-B;C-C;D-D;E-E;F-F Akslari Kenar Simetrik
 18 SH=T T=.5,.76,.12,.25
 C B-B;C-C;D-D;E-E;F-F Akslari Orta Simetrik
 19 SH=T T=.5,.63,.12,.25
 C Sonsuz rijit kiris
 20 A=100 I=200,25 J=50
 C ELEMENLAR
 C Kolonlar ve Perdeler
 C 3-3 eksen X-X eksenine paralel
 1,1,101 M=4 LP=3,0 MS=0,150 G=1,6,6,6 : S1 Kolonu
 101,101,201 MS=150,250 G=1,6,6,6
 201,201,301 M=3 MS=250,350 G=1,6,6,6
 301,301,401 MS=350,450 G=1,6,6,6
 401,401,501 M=2 MS=450,550 G=1,6,6,6
 501,501,601 MS=550,650 G=1,6,6,6
 601,601,701 M=1 MS=650,750 G=1,6,6,6
 701,701,801 MS=750,850 G=1,6,6,6
 801,801,901 MS=850,950 G=1,6,6,6
 901,901,1001 MS=950,1050 G=1,6,6,6
 22,22,122 M=4 MS=0,150 G=1,6,6,6
 122,122,222 MS=150,250 G=1,6,6,6
 222,222,322 M=3 MS=250,350 G=1,6,6,6
 322,322,422 MS=350,450 G=1,6,6,6
 422,422,522 M=2 MS=450,550 G=1,6,6,6
 522,522,622 MS=550,650 G=1,6,6,6
 622,622,722 M=1 MS=650,750 G=1,6,6,6
 722,722,822 MS=750,850 G=1,6,6,6
 822,822,922 MS=850,950 G=1,6,6,6
 922,922,1022 MS=950,1050 G=1,6,6,6
 2,2,102 M=6 LP=3,0 MS=0,150 G=4,1,1,1 : S2 Kolonu
 102,102,202 MS=150,250 G=4,1,1,1
 202,202,302 M=5 MS=250,350 G=4,1,1,1
 302,302,402 MS=350,450 G=4,1,1,1
 402,402,502 M=3 MS=450,550 G=4,1,1,1
 502,502,602 MS=550,650 G=4,1,1,1
 602,602,702 M=2 MS=650,750 G=4,1,1,1
 702,702,802 MS=750,850 G=4,1,1,1
 802,802,902 M=1 MS=850,950 G=4,1,1,1
 902,902,1002 MS=950,1050 G=4,1,1,1
 23,23,123 M=6 MS=0,150 G=4,1,1,1
 123,123,223 MS=150,250 G=4,1,1,1
 223,223,323 M=5 MS=250,350 G=4,1,1,1
 323,323,423 MS=350,450 G=4,1,1,1

423,423,523	M=3		MS=450,550	G=4,1,1,1	
523,523,623			MS=550,650	G=4,1,1,1	
623,623,723	M=2		MS=650,750	G=4,1,1,1	
723,723,823			MS=750,850	G=4,1,1,1	
823,823,923	M=1		MS=850,950	G=4,1,1,1	
923,923,1023			MS=950,1050	G=4,1,1,1	
9,9,109	M=12	LP=3,0	MS=0,150	G=1,4,4,4	: S3 Kolonu
109,109,209			MS=150,250	G=1,4,4,4	
209,209,309	M=11		MS=250,350	G=1,4,4,4	
309,309,409			MS=350,450	G=1,4,4,4	
409,409,509	M=8		MS=450,550	G=1,4,4,4	
509,509,609			MS=550,650	G=1,4,4,4	
609,609,709	M=7		MS=650,750	G=1,4,4,4	
709,709,809			MS=750,850	G=1,4,4,4	
809,809,909	M=1		MS=850,950	G=1,4,4,4	
909,909,1009			MS=950,1050	G=1,4,4,4	
16,16,116	M=12		MS=0,150	G=1,4,4,4	
116,116,216			MS=150,250	G=1,4,4,4	
216,216,316	M=11		MS=250,350	G=1,4,4,4	
316,316,416			MS=350,450	G=1,4,4,4	
416,416,516	M=8		MS=450,550	G=1,4,4,4	
516,516,616			MS=550,650	G=1,4,4,4	
616,616,716	M=7		MS=650,750	G=1,4,4,4	
716,716,816			MS=750,850	G=1,4,4,4	
816,816,916	M=1		MS=850,950	G=1,4,4,4	
916,916,1016			MS=950,1050	G=1,4,4,4	
10,10,110	M=10	LP=3,0	MS=0,150	G=2,1,1,1	: S4 Kolonu
110,110,210			MS=150,250	G=2,1,1,1	
210,210,310	M=9		MS=250,350	G=2,1,1,1	
310,310,410			MS=350,450	G=2,1,1,1	
410,410,510	M=8		MS=450,550	G=2,1,1,1	
510,510,610			MS=550,650	G=2,1,1,1	
610,610,710	M=7		MS=650,750	G=2,1,1,1	
710,710,810			MS=750,850	G=2,1,1,1	
810,810,910	M=1		MS=850,950	G=2,1,1,1	
910,910,1010			MS=950,1050	G=2,1,1,1	
17,17,117	M=10		MS=0,150	G=2,1,1,1	
117,117,217			MS=150,250	G=2,1,1,1	
217,217,317	M=9		MS=250,350	G=2,1,1,1	
317,317,417			MS=350,450	G=2,1,1,1	
417,417,517	M=8		MS=450,550	G=2,1,1,1	
517,517,617			MS=550,650	G=2,1,1,1	
617,617,717	M=7		MS=650,750	G=2,1,1,1	
717,717,817			MS=750,850	G=2,1,1,1	
817,817,917	M=1		MS=850,950	G=2,1,1,1	
917,917,1017			MS=950,1050	G=2,1,1,1	
29,29,129	M=13	LP=3,0	MS=0,150	G=1,1,1,1	: P1 Perdesi
129,129,229			MS=150,250	G=1,1,1,1	
229,229,329			MS=250,350	G=1,1,1,1	
329,329,429			MS=350,450	G=1,1,1,1	
429,429,529			MS=450,550	G=1,1,1,1	
529,529,629			MS=550,650	G=1,1,1,1	
629,629,729			MS=650,750	G=1,1,1,1	
729,729,829			MS=750,850	G=1,1,1,1	
829,829,929			MS=850,950	G=1,1,1,1	
929,929,1029			MS=950,1050	G=1,1,1,1	
C X eksenine paralel kirisler					
C 3-3 eksenine Y-Y eksenine paralel					
1001,101,102	M=14	LP=2,0	MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100	
1101,102,103	M=15		MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100	
1201,103,104			MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100	
1301,104,105			MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100	
1401,105,106			MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100	
1501,106,107	M=14		MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100	
1601,108,109	M=16		MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100	

1701,109,110	M=17	MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
1801,110,111		MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
1901,111,112		MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
2001,112,113		MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
2101,113,114	M=16	MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
2201,115,116		MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
2301,116,117	M=17	MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
2401,117,118		MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
2501,118,119		MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
2601,119,120		MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
2701,120,121	M=16	MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
2801,122,123	M=14	MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
2901,123,124	M=15	MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
3001,124,125		MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
3101,125,126		MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
3201,126,127		MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
3301,127,128	M=14	MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
C Y eksenine paralel kirisler			
C 3-3 eksen X-X eksenine paralel			
3801,102,109	M=18 LP=3,0	MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
3901,109,116	M=19	MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
4001,116,123	M=18	MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
4101,103,110		MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
4201,110,117	M=19	MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
4301,117,124	M=18	MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
4401,104,111		MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
4501,111,118	M=19	MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
4601,118,125	M=18	MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
4701,105,112		MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
4801,112,119	M=19	MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
4901,119,126	M=18	MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
5001,106,113		MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
5101,113,120	M=19	MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
5201,120,127	M=18	MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
C Rijit kirisler			
3501,131,129	M=20	MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
3601,129,132		MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
5401,133,130		MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100
5501,130,134		MS=150,150	G=9,1,100,100,100,100

:

LOADS

150	L=1	F=0,79.49
250	L=1	F=0,139.12
350	L=1	F=0,198.74
450	L=1	F=0,258.36
550	L=1	F=0,317.98
650	L=1	F=0,377.60
750	L=1	F=0,437.22
850	L=1	F=0,496.84
950	L=1	F=0,556.46
1050	L=1	F=0,822.28

:

: Y-Y Yönünde Eşdeğer Deprem Kuvvetleri

Eşdeğer statik yüklere göre yapılan deprem hesabı sonunda, tüm katlarda, her bir kolon ve perdede elde edilen kesme kuvvetleri değerleri Tablo 5.4a,b,c'de verilmiş ve bunların katlardaki toplamaları (ΣV_{iperde} ve ΣV_{ikolon}) ilgili tablonun altında gösterilmiştir.

Tablo 5.4a Sistem 1A Kolon ve Perde Kesme Kuvvetleri

1.Kat		2.Kat		3.Kat		4.Kat	
Kolon No	V (kN)	Kolon No	V (kN)	Kolon No	V (kN)	Kolon No	V (kN)
1	3.907	101	0.897	201	1.719	301	0.323
2	16.832	102	35.979	202	36.368	302	50.332
3	17.639	103	38.205	203	38.068	303	52.161
4	17.655	104	38.269	204	38.139	304	52.286
5	17.639	105	38.205	205	38.068	305	52.161
6	16.832	106	35.979	206	36.368	306	50.332
7	3.907	107	0.897	207	1.719	307	0.323
9	21.361	109	60.236	209	67.877	309	85.617
10	37.641	110	84.955	210	78.768	310	115.681
11	37.596	111	84.826	211	78.675	311	115.585
12	37.641	112	84.955	212	78.768	312	115.681
13	21.361	113	60.236	213	67.877	313	85.617
16	21.361	116	60.236	216	67.877	316	85.617
17	37.641	117	84.955	217	78.768	317	115.681
18	37.596	118	84.826	218	78.675	318	115.585
19	37.641	119	84.955	219	78.768	319	115.681
20	21.361	120	60.236	220	67.877	320	85.617
22	3.907	122	0.897	222	1.719	322	0.323
23	16.832	123	35.979	223	36.368	323	50.332
24	17.639	124	38.205	224	38.068	324	52.161
25	17.655	125	38.269	225	38.139	325	52.286
26	17.639	126	38.205	226	38.068	326	52.161
27	16.832	127	35.979	227	36.368	327	50.332
28	3.907	128	0.897	228	1.719	328	0.323
* 29	1592.033	* 129	1238.662	* 229	1170.326	* 329	857.272
* 30	1592.033	* 130	1238.662	* 230	1170.326	* 330	857.272

$$\Sigma V_{1.kat} = 3884.088$$

$$\Sigma V_{2.kat} = 3604.602$$

$$\Sigma V_{3.kat} = 3465.480$$

$$\Sigma V_{4.kat} = 3266.742$$

$$\Sigma V_{1.perde} = 3184.066$$

$$\Sigma V_{2.perde} = 2477.324$$

$$\Sigma V_{3.perde} = 2340.652$$

$$\Sigma V_{4.perde} = 1714.544$$

$$\Sigma V_{1.kolon} = 500.22$$

$$\Sigma V_{2.kolon} = 1127.278$$

$$\Sigma V_{3.kolon} = 1124.828$$

$$\Sigma V_{4.kolon} = 1552.198$$

* Perdeler

Tablo 5.4b Sistem 1A Kolon ve Perde Kesme Kuvvetleri

5.Kat		6.Kat		7.Kat		8.Kat	
Kolon No	V (kN)	Kolon No	V (kN)	Kolon No	V (kN)	Kolon No	V (kN)
401	1.127	501	0.811	601	0.770	701	0.638
402	34.462	502	41.858	602	33.273	702	37.151
403	34.194	503	40.802	603	32.499	703	36.203
404	34.275	504	40.915	604	32.604	704	36.339
405	34.194	505	40.802	605	32.499	705	36.203
406	34.462	506	41.858	606	33.273	706	37.151
407	1.127	507	0.811	607	0.770	707	0.638
409	74.108	509	85.875	609	63.121	709	72.430
410	66.363	510	84.451	610	61.474	710	70.465
411	66.382	511	84.514	611	61.520	711	70.526
412	66.363	512	84.451	612	61.474	712	70.465
413	74.108	513	85.875	613	63.121	713	72.430
416	74.108	516	85.875	616	63.121	716	72.430
417	66.363	517	84.451	617	61.474	717	70.465
418	66.382	518	84.514	618	61.520	718	70.526
419	66.363	519	84.451	619	61.474	719	70.465
420	74.108	520	85.875	620	63.121	720	72.430
422	1.127	522	0.811	622	0.770	722	0.638
423	34.462	523	41.858	623	33.273	723	37.151
424	34.194	524	40.802	624	32.499	724	36.203
425	34.275	525	40.915	625	32.604	725	36.339
426	34.194	526	40.802	626	32.499	726	36.203
427	34.462	527	41.858	627	33.273	727	37.151
428	1.127	528	0.811	628	0.770	728	0.638
* 429	983.026	* 529	712.178	* 629	680.002	* 729	397.151
* 430	983.026	* 530	712.178	* 630	680.002	* 730	397.151

$$\Sigma V_{5.kat} = 3008.382$$

$$\Sigma V_{6.kat} = 2690.402$$

$$\Sigma V_{7.kat} = 2312.800$$

$$\Sigma V_{8.kat} = 1875.580$$

$$\Sigma V_{5.perde} = 1966.052$$

$$\Sigma V_{6.perde} = 1424.356$$

$$\Sigma V_{7.perde} = 1360.004$$

$$\Sigma V_{8.perde} = 794.302$$

$$\Sigma V_{5.kolon} = 1042.330$$

$$\Sigma V_{6.kolon} = 1266.046$$

$$\Sigma V_{7.kolon} = 952.796$$

$$\Sigma V_{8.kolon} = 1081.278$$

Tablo 5.4c Sistem 1A Kolon ve Perde Kesme Kuvvetleri

9.Kat		10.Kat	
Kolon No	V (kN)	Kolon No	V (kN)
801	0.791	901	1.427
802	18.759	902	21.540
803	18.293	903	21.016
804	18.371	904	21.119
805	18.293	905	21.016
806	18.759	906	21.540
807	0.791	907	1.427
809	27.894	909	30.987
810	27.094	910	30.042
811	27.118	911	30.069
812	27.094	912	30.042
813	27.894	913	30.987
816	27.894	916	30.987
817	27.094	917	30.042
818	27.118	918	30.069
819	27.094	919	30.042
820	27.894	920	30.987
822	0.791	922	1.427
823	18.759	923	21.540
824	18.293	924	21.016
825	18.371	925	21.119
826	18.293	926	21.016
827	18.759	927	21.540
828	0.791	928	1.427
* 829	458.222	* 929	149.928
* 830	458.222	* 930	149.928

$$\Sigma V_{9.kat} = 1378.746$$

$$\Sigma V_{10.kat} = 822.280$$

$$\Sigma V_{9.perde} = 916.444$$

$$\Sigma V_{10.perde} = 299.856$$

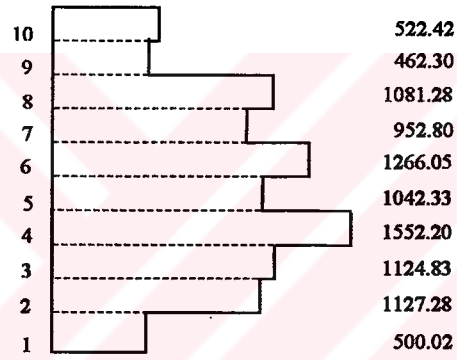
$$\Sigma V_{9.kolon} = 462.302$$

$$\Sigma V_{10.kolon} = 522.424$$

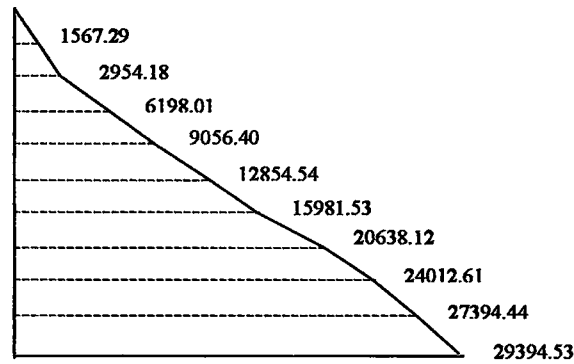
Hesap sonucu elde edilen kolonlara ait kesme kuvvetlerinin katlar bazındaki toplamlarından faydalanılarak her bir kattaki kolon devrilme momentleri hesap edilmiş ve bu değerler Tablo 5.5’de verilmiş, şematik olarak Şekil 5.6 ve Şekil 5.7’de gösterilmiştir.

Tablo 5.5 Sistem 1A Kolon Kesme Kuvvetleri
ve Kolon Devirici Momentlerin Tayini

Kat No	h_i (m)	H_i (m)	V_{ikolon} (kN)	M_{dkolon} (kNm)
10	3.00	31.00	522.42	1567.27
9	3.00	28.00	462.30	2954.18
8	3.00	25.00	1081.28	6198.01
7	3.00	22.00	952.80	9056.40
6	3.00	19.00	1266.05	12854.54
5	3.00	16.00	1042.33	15981.53
4	3.00	13.00	1552.20	20638.12
3	3.00	10.00	1124.83	24012.61
2	3.00	7.00	1127.28	27394.44
1	4.00	4.00	500.02	29394.53



Şekil 5.6 Sistem 1A Katlarda Oluşan Kolon Kesme Kuvvetleri (V_{kolon} :kN)



Şekil 5.7 Sistem 1A Katlarda Oluşan Kolon Eğilme Momentleri (M_{dkolon} :kNm)

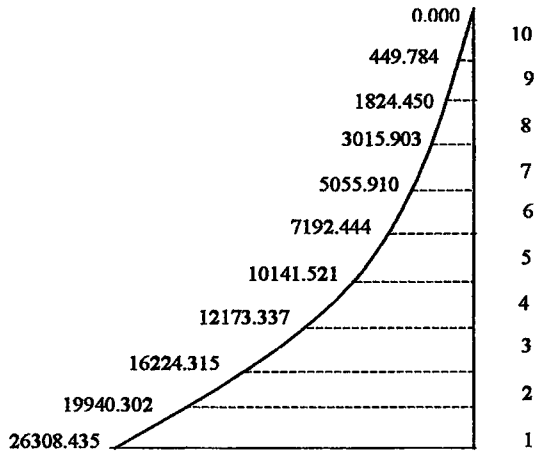
5.1.5 Perde Momentleri ve α_m Katsayısının Hesabı

Tablo 5.6’da statik analiz sonucu, tüm katlarda perde alt ve üst uçlarında elde edilen eğilme momentleri verilmiş ve bu momentlerin perde boyunca değişimi Şekil 5.8’de gösterilmiştir.

Tablo 5.6 Sistem 1A Perde Momentleri

Eleman No	Eleman Özellik	Eleman Yeri	Moment Yeri (m)	M_{perde} (kNm)
29	P1 Perdesi	A-A Aksı	0.00	-26308.435
			4.00	-19940.302
129	P1 Perdesi	A-A Aksı	0.00	-19940.302
			3.00	-16224.315
229	P1 Perdesi	A-A Aksı	0.00	-16224.315
			3.00	-12713.337
329	P1 Perdesi	A-A Aksı	0.00	-12713.337
			3.00	-10141.521
429	P1 Perdesi	A-A Aksı	0.00	-10141.521
			3.00	-7192.444
529	P1 Perdesi	A-A Aksı	0.00	-7192.444
			3.00	-5055.910
629	P1 Perdesi	A-A Aksı	0.00	-5055.910
			3.00	-3015.903
729	P1 Perdesi	A-A Aksı	0.00	-3015.903
			3.00	-1824.450
829	P1 Perdesi	A-A Aksı	0.00	-1824.450
			3.00	-449.784
929	P1 Perdesi	A-A Aksı	0.00	-449.784
			3.00	0.000

$$|M_p| = 26308.435$$



Şekil 5.8 Sistem 1A Perde Moment Diyagramı (kNm)

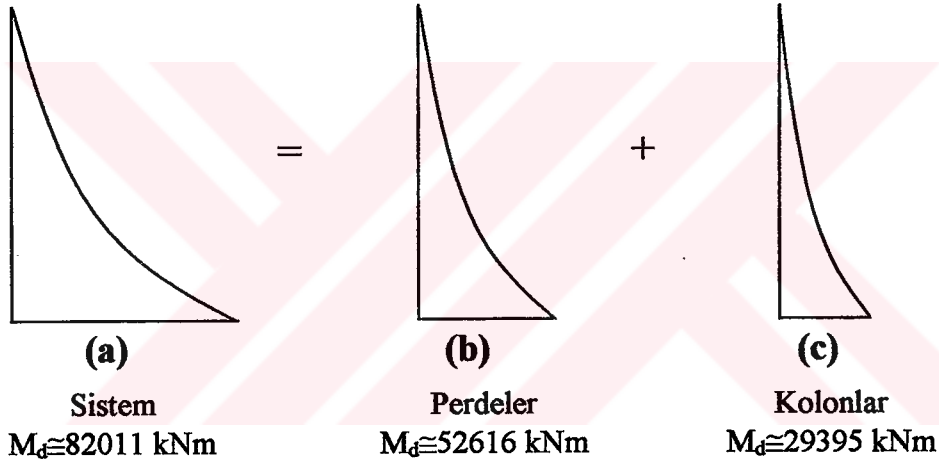
α_m katsayısı perde taban momentlerinin toplam devrilme momentine oranı olduğuna göre Sistem 1A'da α_m katsayısı,

$$\alpha_m = \frac{\Sigma M_p}{M_d} = \frac{2 \times 26308.435}{82011.47} = 0.642 \quad (5.6)$$

olarak hesaplanmıştır, (5.6). Hesapta, sistemde biri A-A diğeri ise G-G akslarında olmak üzere iki tane perde olduğundan perde taban momentleri iki ile çarpılmıştır.

5.1.6 Devrilme Momentinin Kolon ve Perdelere Dağılışı

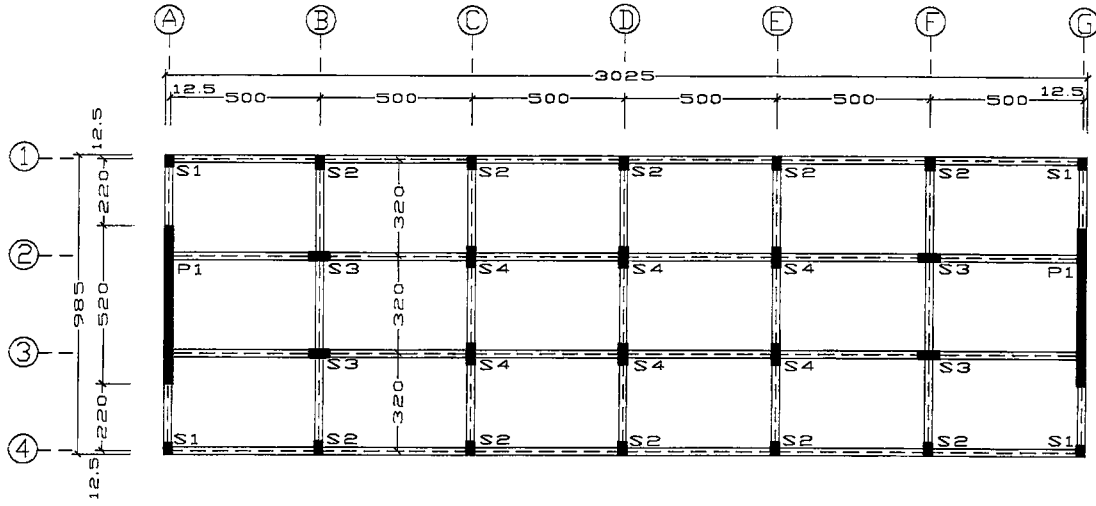
Şekil 5.9'da deprem yüklerinden dolayı sistemde oluşan toplam devrilme momentinin kolon ve perdelere dağılışı şematik olarak ifade edilmiştir.



Şekil 5.9 Sistem 1A Devrilme Momentinin Sistem İçinde Dağılışı

5.2 Sistem 1B : Bağlantılı Perdeli Sistem

Sistem 1B olarak nitelendirilen yapıda, A-A ve G-G aksları ortasında bulunan perdelerin S1 kolonlarına kat hizalarında (25/50) boyutunda yatay kirişler ile bağlantıları sağlanmış, böylece *bağlantılı perdeli yapı sistemi* elde edilmiştir. Şekil 5.10'de Sistem 1B kat planı gösterilmiştir.



Şekil 5.10 Sistem 1B Kat Planı

5.2.1 Kolon ve Perdelerde Oluşan Kesme Kuvvetlerinin Tayini

Sistem 1A'nın statik analizinde kullanılan eşdeğer deprem yüklerinin, Sistem 1B'ye de aynen etkidiği kabulü ile, sistemdeki perde boyu ve kalınlığını değiştirmek suretiyle Sistem 1A ve Sistem 1B yapı sistemlerinde, katlarda oluşan kolon eğilme momentlerinin (kolon devrilme momentlerinin) yaklaşık olarak eşitlenmesine çalışılmıştır. Bu durumda P1 perdesi 34.3x520 boyutunu almıştır, (Şekil 5.12).

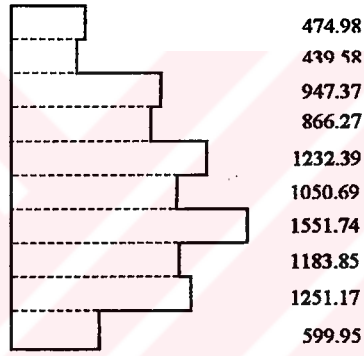
Sistem 1A Kolon Devrilme Taban Momenti $\cong 29395$ kNm

Sistem 1B Kolon Devrilme Taban Momenti $\cong 29394$ kNm

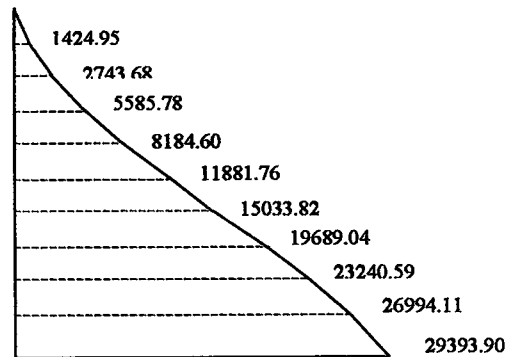
Yapı analizi sonucunda, kolonlara ait kesme kuvvetlerinin katlar bazındaki toplamlarından faydalanılarak hesap edilen, kat kolon eğilme momentleri Tablo 5.7'de verilmiş, ve bu değerler şematik olarak Şekil 5.11 ve Şekil 5.12'de gösterilmiştir.

**Tablo 5.7 Sistem 1B Kat Kolon Kesme Kuvvetleri
ve Kolon Devrilme Momentlerin Tayini**

Kat No	h_i (m)	H_i (m)	V_{ikolon} (kN)	M_{dkolon} (kNm)
10	3.00	31.00	474.98	1424.95
9	3.00	28.00	439.58	2743.68
8	3.00	25.00	947.37	5585.78
7	3.00	22.00	866.27	8184.60
6	3.00	19.00	1232.39	11881.76
5	3.00	16.00	1050.69	15033.82
4	3.00	13.00	1551.74	19689.04
3	3.00	10.00	1183.85	23240.59
2	3.00	7.00	1251.17	26994.11
1	4.00	4.00	599.95	29393.90



Şekil 5.11 Sistem 1B Katlarda Oluşan Kolon Kesme Kuvvetleri (V_{kolon} :kN)



Şekil 5.12 Sistem 1B Katlarda Oluşan Kolon Eğilme Momentleri (M_{dkolon} :kNm)

5.2.2 Perde Tabanında Oluşan Toplam Eğilme Momentinin Tayini

Tablo 5.8’de statik analiz sonucu, tüm katlarda perde alt ve üst uçlarında elde edilen eğilme momentleri gösterilmiştir. Ayrıca bu momentlerden yararlanılarak, perdeler düzlemi içinde saplanan kiriş uçlarında depremden meydana gelen kesme kuvvetlerinin katkısı olan M_k eğilme momentleri hesaplanmıştır.

i nolu düğüm noktasına ait M_{ki} moment değeri,

$$|M_{ki}| = |M_{palt}^{n+1} - M_{püst}^n| \quad (5.7)$$

ifadesi ile hesaplanmıştır. Burada, M_{palt}^{n+1} n+1 nolu perdede i nolu düğüm noktasında oluşan momenti, $M_{püst}^n$ n nolu perdede, i nolu düğüm noktasında oluşan momenti göstermektedir.

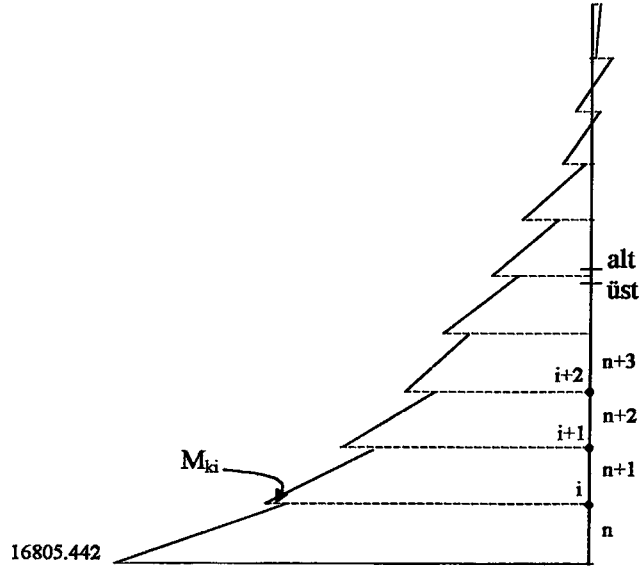
Tablo 5.8 Sistem 1B Perde Momentleri ve Bağlantı Kirişi Uçlarındaki Kesme Kuvvetlerinin Katkısı

Eleman No	Eleman Özellik	Eleman Yeri	Moment Yeri (m)	M_{perde} (kNm)	$ M_k $ (kNm)
29	P1 Perdesi	A-A Aksı	0.00	-16805.442	826.857
			4.00	-10637.165	
129	P1 Perdesi	A-A Aksı	0.00	-11464.022	1116.548
			3.00	-7933.879	
229	P1 Perdesi	A-A Aksı	0.00	-9050.427	1187.731
			3.00	-5627.987	
329	P1 Perdesi	A-A Aksı	0.00	-6815.718	1215.219
			3.00	-4243.220	
429	P1 Perdesi	A-A Aksı	0.00	-5458.439	1175.347
			3.00	-2521.896	
529	P1 Perdesi	A-A Aksı	0.00	-3697.243	1050.385
			3.00	-1510.221	
629	P1 Perdesi	A-A Aksı	0.00	-2560.606	854.702
			3.00	-390.815	
729	P1 Perdesi	A-A Aksı	0.00	-1245.517	784.654
			3.00	146.805	
829	P1 Perdesi	A-A Aksı	0.00	-637.849	721.775
			3.00	770.896	
929	P1 Perdesi	A-A Aksı	0.00	49.121	570.067
			3.00	570.067	

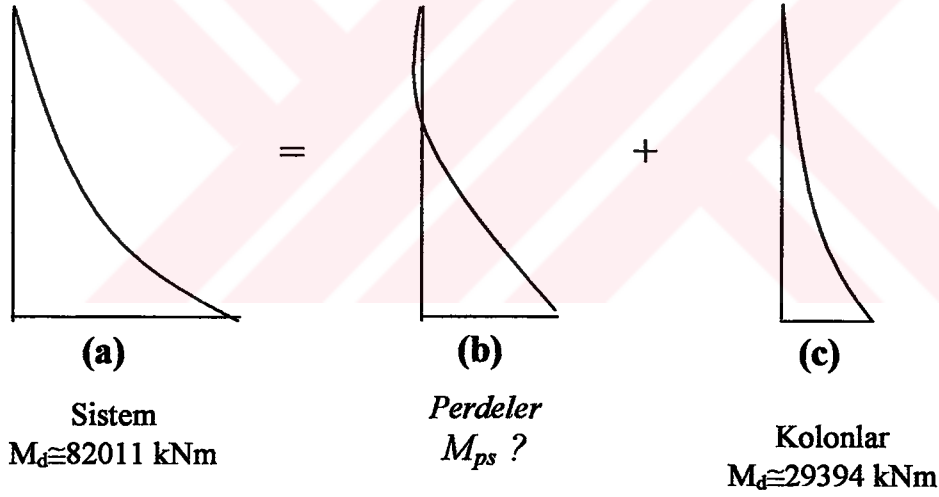
$$\Delta M_p = |\Sigma M_k| = 9503.285$$

$$|M_p| = 16805.442$$

Şekil 5.13’de sözkonusu perdeye ait eğilme moment diyagramı görülmektedir.



Şekil 5.13 Sistem 1B Perde Moment Diyagramı (kNm)



Şekil 5.14 Sistem 1B Devirici Momentin Sistem İçinde Dağılışı

Şekil 5.14’de deprem yüklerinden dolayı yapı Sistem 1B’de oluşan toplam devrilme momenti (a), ve Bölüm 5.2.1’de bulunan devirici momentin kolon payına düşen kısmı (c), görülmektedir.

Denge denkleminde dolayı :

$$82011 = M_{ps} + 29394 \rightarrow M_{ps} = 52617 \text{ kNm} \quad (5.8)$$

olarak bulunur.

(5.8) ifadesinden de görüldüğü gibi eşitliğin sağlanabilmesi için, yapı sisteminde deprem yüklerinden dolayı perde tabanında oluşan toplam eğilme momentinin (b), $M_{ps}=52617$ kNm olması gerektiği açıktır,

Bulunan bu değerin ise aşağıda verilen (5.9) ifadesinden de görüleceği gibi $\Sigma M_p + \Sigma \Sigma M_k (\Sigma \Delta M_p)$ olduğu hesaplanmıştır :

$$M_p + \Sigma M_k (\Delta M_p) = (16805.442 + 9503.285) \cong 26309 \text{ kNm} \quad (5.9a)$$

Yapı Tip 1B’de iki tane perde olduğu için,

$$\Sigma M_p + \Sigma \Sigma M_k (\Sigma \Delta M_p) = 2(16805.442 + 9503.285) \cong 52617 \text{ kNm} \quad (5.9b)$$

Böylece perde tabanında deprem yüklerinden dolayı oluşan toplam eğilme momentinin hesabında, depremden dolayı bağlantı kiriş uçlarında oluşan kesme kuvvetlerinin katkısı olan M_k eğilme momentlerinin de gözönüne alınması gerektiği açık olarak görülmektedir.

5.2.3 α_m Katsayısının Hesabı

α_m katsayısı perde tabanında oluşan toplam eğilme momentlerinin, yatay yüklerden dolayı oluşan devrilme momentine oranına eşit olup,

$$\alpha_m = \frac{\Sigma M_p + \Sigma \Sigma M_k}{M_d} = \frac{2(16805 + 9503)}{82011} \quad (5.10a)$$

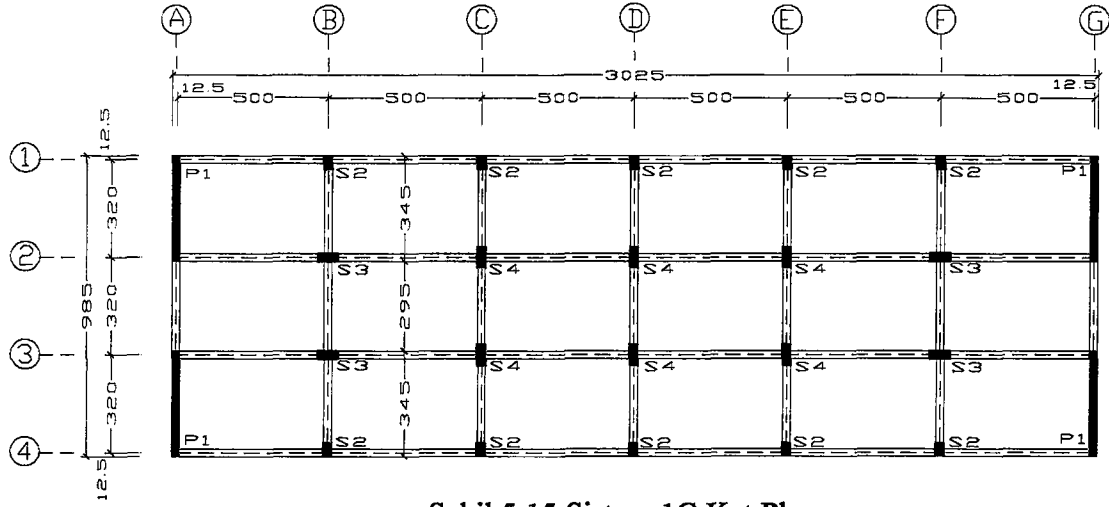
$$\alpha_m = 0.410 + 0.232 = 0.642 \quad (5.10b)$$

olarak hesaplanmıştır.

$\Sigma \Sigma M_k (\Sigma \Delta M_p)$ moment katkısının göz önüne alınmama durumunda ise α_m katsayısının değeri 0.410 olarak hesaplanmaktadır.

5.3 Sistem 1C : Boşluklu Perdeli Sistem

Sistem 1C olarak nitelenen bu yapının tüm özellikleri, yine Bölüm 4.2’de verilen yapı sistemi ile aynı olup, sadece, A-A ve G-G akslarındaki kolonlar kaldırılmış ve bu aksların kenar açıklıklarına perdeler yerleştirilerek *boşluklu perdeli yapı sistemi* elde edilmiştir. Şekil 5.15’de Sistem 1C planı gösterilmiştir.



Şekil 5.15 Sistem 1C Kat Planı

5.3.1 Kolon ve Perdelerde Oluşan Kesme Kuvvetlerinin Tayini

Sistem 1A'nın statik analizinde kullanılan eşdeğer deprem yüklerinin, Sistem 1C'ye de aynen etki ettiği kabulü ile, sistemdeki perde kalınlığını değiştirmek suretiyle Sistem 1A ve Sistem 1C yapı sistemlerinde katlarda oluşan kolon eğilme momentlerinin (kolon devrilme momentlerinin) yaklaşık olarak eşitlenmesine çalışılmıştır. Bu durumda P1 perdesi 31.2x345 boyutunu almıştır, (5.11), (Şekil 5.18).

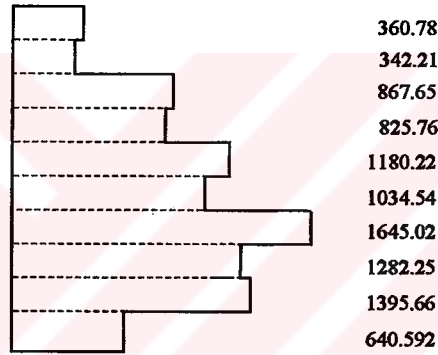
$$\text{Sistem 1A Kolon Devrilme Taban Momenti} \cong 29395 \text{ kNm} \quad (5.11a)$$

$$\text{Sistem 1C Kolon Devrilme Taban Momenti} \cong 29365 \text{ kNm} \quad (5.11b)$$

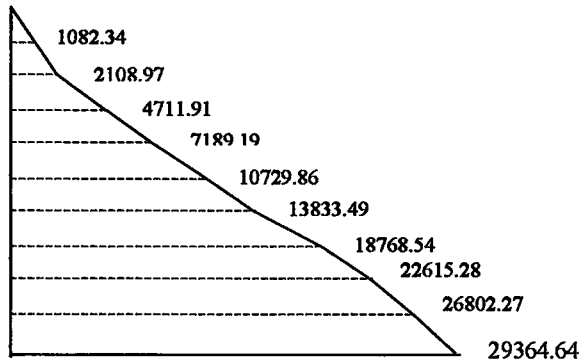
Yapı analizi sonucunda, kolonlara ait kesme kuvvetlerinin katlar bazındaki toplamlarından faydalanılarak hesap edilen, kat kolon devrilme momentleri Tablo 5.9'da verilmiş, ve bu değerler şematik olarak Şekil 5.16 ve Şekil 5.17'de gösterilmiştir.

Tablo 5.9 Sistem 1C Kat Kolon Kesme Kuvvetleri ve Kolon Devrilme Momentlerin Tayini

Kat No	h_i (m)	H_i (m)	V_{ikolon} (kN)	M_{dkolon} (kNm)
10	3.00	31.00	360.78	1082.34
9	3.00	28.00	342.21	2108.97
8	3.00	25.00	867.65	4711.91
7	3.00	22.00	825.76	7189.19
6	3.00	19.00	1180.22	10729.86
5	3.00	16.00	1034.54	13833.49
4	3.00	13.00	1645.02	18768.54
3	3.00	10.00	1282.25	22615.28
2	3.00	7.00	1395.66	26802.27
1	4.00	4.00	640.59	29364.64



Şekil 5.16 Sistem 1C Katlarda Oluşan Kolon Kesme Kuvvetleri (V_{kolon} :kN)



Şekil 5.17 Sistem 1C Katlarda Oluşan Kolon Eğilme Momentleri (M_{dkolon} :kNm)

5.3.2 Perde Tabanında Oluşan Toplam Eğilme Momentinin Tayini

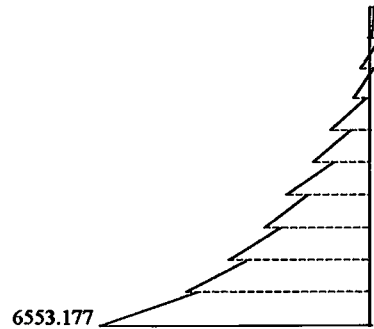
Tablo 5.10'de statik analiz sonucu, tüm katlarda perde alt ve üst uçlarında elde edilen eğilme momentleri gösterilmiştir. Ayrıca bu momentlerden yararlanılarak, perdeler düzlemi içinde saplanan kiriş uçlarında depremde meydana gelen kesme kuvvetlerinin katkısı olan M_k eğilme momentleri hesaplanmıştır. Şekil 5.18'de ise sözkonusu perdeye ait eğilme moment diyagramı görülmektedir.

Tablo 5.10 Sistem 1C Perde Momentleri ve Bağ Kirişi Uçlarındaki Kesme Kuvvetlerinin Katkısı

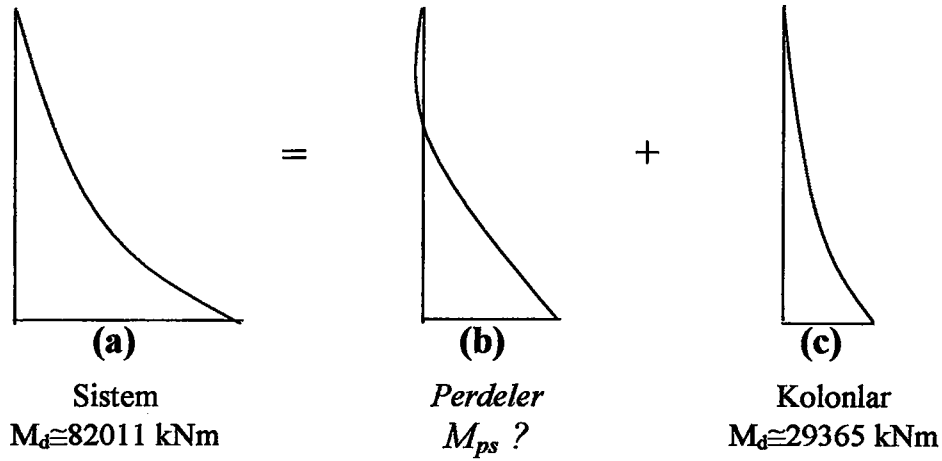
Eleman No	Eleman Özellik	Eleman Yeri	Moment Yeri (m)	M_{perde} (kNm)	$ M_k $ (kNm)
29	P1 Perdesi	A-A Aksı	0.00	-6553.177	0.000
			4.00	-3509.680	410.803
129	P1 Perdesi	A-A Aksı	0.00	-3920.483	586.537
			3.00	-2263.778	586.537
229	P1 Perdesi	A-A Aksı	0.00	-2850.315	691.030
			3.00	-1212.888	691.030
329	P1 Perdesi	A-A Aksı	0.00	-1903.918	748.612
			3.00	-687.624	748.612
429	P1 Perdesi	A-A Aksı	0.00	-1436.236	768.122
			3.00	44.140	768.122
529	P1 Perdesi	A-A Aksı	0.00	-723.982	756.541
			3.00	408.651	756.541
629	P1 Perdesi	A-A Aksı	0.00	-347.890	724.288
			3.00	767.387	724.288
729	P1 Perdesi	A-A Aksı	0.00	43.099	681.889
			3.00	799.048	681.889
829	P1 Perdesi	A-A Aksı	0.00	117.159	637.970
			3.00	894.556	637.970
929	P1 Perdesi	A-A Aksı	0.00	256.586	602.713
			3.00	602.713	602.713

$$\Delta M_p = |\Sigma M_k| = 6608.505$$

$$|M_p| = 6553.177$$



Şekil 5.18 Sistem 1C Perde Moment Diyagramı (kNm)



Şekil 5.19 Sistem 1C Devirici Momentin Sistem İçinde Dağılışı

Şekil 5.19’da deprem yüklerinden dolayı yapı Sistem 1C’de oluşan toplam devrilme momenti (a), ve bölüm 5.3.1’de bulunan devirici momentin kolon payına düşen kısmı görülmektedir (c).

Denge denkleminde dolayı :

$$82011 = M_{ps} + 29365 \rightarrow M_{ps} = 52646 \text{ kNm} \quad (5.12)$$

olarak bulunur.

(5.12) ifadesinden de görüldüğü gibi eşitliğin sağlanabilmesi için, yapı sisteminde deprem yüklerinden dolayı perde tabanında oluşan toplam eğilme momentinin (b), $M_{ps}=52646 \text{ kNm}$ olması gerektiği açıktır,

Bulunan bu değerin ise aşağıda verilen (5.13) ifadesinden de görüleceği gibi $\Sigma M_p + \Sigma \Sigma M_k (\Sigma \Delta M_p)$ olduğu hesaplanmıştır :

$$M_p + \Sigma M_k (\Delta M_p) = (6553.177 + 6608.505) \cong 13163.682 \text{ kNm} \quad (5.13a)$$

Yapı Tip 1B’de dört tane perde olduğu için,

$$\Sigma M_p + \Sigma \Sigma M_k (\Sigma \Delta M_p) = 4(6553.177 + 6608.505) \cong 52655 \text{ kNm} \quad (5.13b)$$

Böylece perde tabanında deprem yüklerinden dolayı oluşan eğilme momentinin hesabında, depremden dolayı bağ kirişi uçlarında oluşan kesme kuvvetlerinin katkısı olan M_k eğilme momentlerinin de gözönüne alınması gerektiği açıkça gösterilmiştir.

5.3.3 α_m Katsayısının Hesabı

α_m katsayısı perde tabanında oluşan toplam eğilme momentlerinin, yatay yüklerden dolayı oluşan devrilme momentine oranına eşit olup

$$\alpha_m = \frac{\Sigma M_p + \Sigma \Sigma M_k}{M_d} = \frac{4 (6553 + 6609)}{82011} \quad (5.14a)$$

$$\alpha_m = 0.320 + 0.322 = 0.642 \quad (5.14b)$$

olarak hesaplanmıştır, (5.14).

$\Sigma \Sigma M_k$ ($\Sigma \Delta M_p$) moment katkısının göz önüne alınmama durumunda ise α_m katsayısının değeri 0.320 olarak hesaplanmaktadır.

5.4 Sonuçlar

Sistem 1 olarak adlandırılan burulma düzensizliği olmayan yapı grupları üzerinde yapılan sayısal çözümler sonucunda, boşluklu ve bağlantılı perdelerde α_m katsayısının hesabında gerekli olan, perde taban momentlerinin hesabında, perdeler düzlemi içinde saplanan kirişlerde depremde meydana gelen kesme kuvvetlerinin katkısının da göz önüne alınması gerektiği ve bu katkının bağlantı kirişlerinin perde ekseninde oluşturdukları M_k eğilme momentleri toplamı oldukları gösterilmiştir.

Buna göre α_m katsayısı,

$$\alpha_m = \frac{\Sigma M_p + \Sigma \Sigma M_{ki}}{M_d} \quad (5.15)$$

(5.15) bağıntısında gösterildiği gibi hesaplanmalıdır.

Burada,

ΣM_p : Deprem yüklerinin perde tabanında oluşturduğu eğilme momentini,

$\Sigma \Sigma M_{ki} = \Delta M_p$: Bağlantı ve bağ kirişlerinin perde ekseninde oluşturdukları eğilme momentini (ek moment),

M_d : Yatay yüklerden dolayı yapıda oluşan devrilme momentini, ifade etmektedir.

Tablo 5.11’de Bölüm 5’te incelenen yapı sistemlerine ait (Sistem 1), α_m katsayısı ile ilgili elde edilen sonuçlar görülmektedir.

Tablo 5.11 Sistem 1 Yapılarında Hesaplanan α_m Katsayıları

Yapı Sistemi		α_m		
		(1) ($\sum \Sigma M_{ki} / M_d$)	(2) ($\Sigma M_p / M_d$)	(3) (1) + (2)
Düzenli Yapılar	Sistem 1A Bağlantısız Perdeli	--	--	0.642
	Sistem 1B Bağlantılı Perdeli	0.232	0.410	0.642
	Sistem 1C Boşluklu Perdeli	0.322	0.320	0.642

Sözkonusu tabloda ,

- (1) Bağlantı ve bağ kirişi uçlarında, depremden meydana gelen kesme kuvvetlerinin perdede oluşturduğu eğilme momentinin, α_m katsayısına katkısını,
- (2) Söz konusu katkının dikkate alınmadığı durumlar için α_m katsayısını,
- (2) (1) ve (2) durumlarının toplamını,

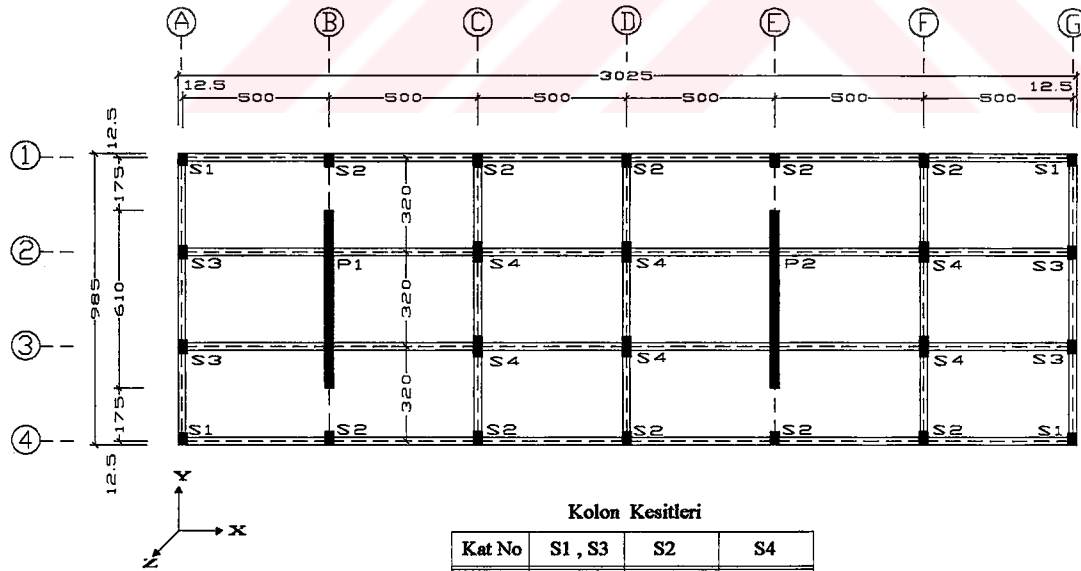
ifade etmektedir.

6. BURULMA DÜZENSİZLİĞİ OLAN YAPI SİSTEMLERİ : SİSTEM 2

Bu bölümde örnek olarak, Yapı Sistemi 2 olarak adlandırılan, planda burulma düzensizliğine sahip, 3 tip yapı sistemi üzerinde α_m katsayısının hesabı ile ilgili parametrik çalışma ve sonuçları açıklanmıştır.

6.1 Sistem 2A : Bağlantısız Perdeli Sistem

Yapıda burulma düzensizliği yaratmak amacıyla, Şekil 5.1’de verilen Sistem 1A’daki perdelerin yerleri, B-B ve E-E akslarına alınarak Şekil 6.1’de gösterilen bağlantısız perdeli sistem elde edilmiştir. A-A, F-F, G-G akslarına da şekilde görüldüğü gibi S3 ve S4 kolonları yerleştirilmiştir. Perde S2 kenar kolonu ile bağlantısız olarak tasarlanarak *bağlantısız perdeli yapı sistemi* oluşturulmuştur.



Şekil 6.1 Sistem 2A Kat Planı

6.1.1 Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi

Bölüm 5.1.1 esas alınarak yapılan hesaplar sonucunda yapının 1. doğal titreşim periyodu $T_1=0.847$ s bulunmuştur.

Tablo 6.1’de T_1 doğal titreşim periyodunun hesabı görülmektedir.

Tablo 6.1 Yapı Tip2A T_1 Periyodunun Hesabı

Kat No	H_i (m)	$V_i-\Delta F_N$ -	$w_i H_i$ (kNm)	F_n -	d_n -	$(m_i d_n^2)$	$(F_n d_n)$
10	31.00	100.00	107814.59	17.71	9.944E-04	3.506E-04	1.762E-02
9	28.00	100.00	97380.92	16.00	8.691E-04	2.678E-04	1.391E-02
8	25.00	100.00	86947.25	14.29	7.428E-04	1.956E-04	1.061E-02
7	22.00	100.00	76513.58	12.57	6.184E-04	1.356E-04	7.774E-03
6	19.00	100.00	66079.91	10.86	4.961E-04	8.725E-05	5.386E-03
5	16.00	100.00	55646.24	9.14	3.798E-04	5.114E-05	3.472E-03
4	13.00	100.00	45212.57	7.43	2.713E-04	2.609E-05	2.015E-03
3	10.00	100.00	34778.90	5.71	1.765E-04	1.104E-05	1.009E-03
2	7.00	100.00	24345.23	4.00	9.676E-05	3.319E-06	3.870E-04
1	4.00	100.00	13911.56	2.29	3.806E-05	5.136E-07	8.699E-05

$$w_i=3477.89 \text{ kN} \quad \Sigma w_i H_i = 608630.75$$

$$\Sigma(m_i d_n^2) = 1.129E-03$$

$$m_i = 354.52 \text{ kNs}^2/\text{m}$$

$$\Sigma(F_n d_n) = 6.226E-02$$

$$T_1 = 2 \pi \left(\frac{\Sigma(m_i d_n^2)}{\Sigma(F_n d_n)} \right)^{1/2} = 0.846 \text{ s}$$

6.1.2 Eşdeğer Deprem Yükünün Belirlenmesi

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti) V_t ,

$$V_t = W \frac{A(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_o I W \quad (6.1)$$

(6.1) bağıntısı ile hesaplanacaktır.

Binanın Deprem Sırasındaki Toplam Ağırlığı W

$$W = \Sigma w_i, \quad w_i = g_i + nq_i$$

Bir kata gelen yükü, $w_i = (g_i + nq_i) \times \text{benzer kolon}$

$$g_i=(70.02 \times 4)+(109.06 \times 10)+(162.99 \times 10)+(162.99/2 \times 4)=3326.56 \text{ kN}$$

$$q_i=(7.00 \times 4)+(14.01 \times 10)+(28.03 \times 10)+(28.03/2 \times 4)=504.46 \text{ kN}$$

$$w_i=3326.56+0.30 \times 504.46=3477.89 \text{ kN}$$

$$W = \Sigma w_i = w_i \text{ kat adeti} = 3477.89 \times 10 = 34778.9 \text{ kN}$$

Spektrum Katsayısı $S(T_1)$

Spektrum Karakteristik Periyotları : Z2 için $T_A=0.15 \text{ s}$ $T_B=0.40 \text{ s}$

$$T_1=0.846 \text{ s} \longrightarrow T_1 > T_B \text{ olduğundan } S(T_1)=2.5(T_B/T_1)^{0.8}$$

$$S(T_1)=2.5 \times (0.40/0.846)^{0.8}=1.373$$

Spektral İvme Katsayısı $A(T_1)$

$$A(T_1)=A_o \cdot I \cdot S(T_1)$$

$$A(T_1)=0.40 \times 1.00 \times 1.373=0.549$$

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T_1)$

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R=5.5$ olmak üzere

$$T_1 > T_A \text{ olduğundan } R_a(T_1)=R=5.5$$

Eşdeğer Deprem Yüğü

$$V_t = W \frac{A(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_o \cdot I \cdot W$$

$$V_t = W \frac{0.549}{5.5} = 34778.9 \times 0.100 = 3477.89 \text{ kN}$$

$$V_t > 0.10 A_o \cdot I \cdot W = 0.10 A_o \cdot I \cdot W = 0.10 \times 0.40 \times 1.00 \times 34778.9 = 1391.16 \text{ kN}$$

Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

$$V_t = \Delta F_n + \Sigma F_i$$

$H_N=31 \text{ m} > 25 \text{ m}$ olduğundan binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen Eşdeğer Deprem

Yüğü ΔF_n 'in değeri T_1 'e bağlı olarak belirlenir.

$$\Delta F_n = 0.07 T_1 V_t < 0.20 V_t$$

$$\Delta F_n = 0.07 \times 0.846 \times 3477.89 = 205.96 \text{ kN} < 0.20 \times 3477.89 = 695.58 \text{ kN}$$

$$V_t = \Delta F_n + \Sigma F_i = 205.96 + 3477.89 = 3683.85 \text{ kN}$$

Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü ΔF_n dışında geri kalan kısmı N'inci kat dahil olmak üzere bina katlarına

$$F_i = (V_i - \Delta F_n) \frac{(w_i H_i)}{\sum_{j=1}^N (w_j H_j)} \quad (6.2)$$

(6.2) bağıntısı ile Tablo 6.2’de dağıtılmıştır.

Tablo 6.2 Sistem 2A Katlara Etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yükleri

Kat No	h_i (m)	H_i (m)	m_i (kNs ² /m)	w_i (kN)	$w_i x H_i$ (kNm)	F_i (kN)
10	3.00	31.00	354.52	3477.89	107814.59	822.04
9	3.00	28.00	354.52	3477.89	97380.92	556.46
8	3.00	25.00	354.52	3477.89	86947.25	496.84
7	3.00	22.00	354.52	3477.89	76513.58	437.22
6	3.00	19.00	354.52	3477.89	66079.91	377.60
5	3.00	16.00	354.52	3477.89	55646.24	317.98
4	3.00	13.00	354.52	3477.89	45212.57	258.36
3	3.00	10.00	354.52	3477.89	34778.90	198.74
2	3.00	7.00	354.52	3477.89	24345.23	139.12
1	4.00	4.00	354.52	3477.89	13911.56	79.49

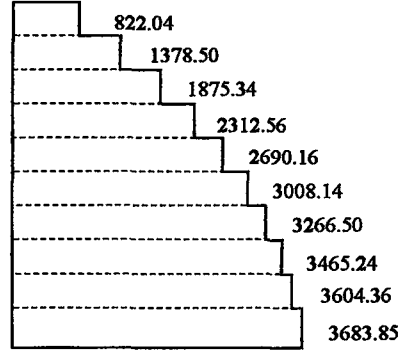
$\Sigma w_i x H_i$	ΣF_i
608630.75	3683.85

6.1.3 Kat Kesme Kuvvetleri ve Devrilme Momentlerin Tayini

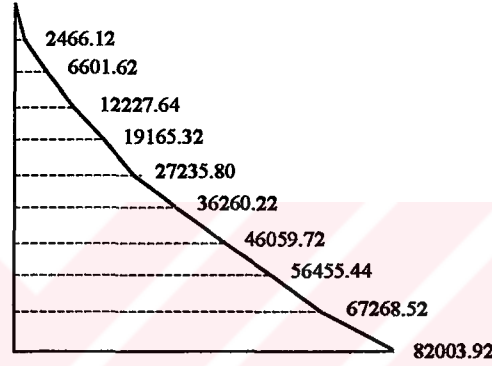
Tablo 6.3’da deprem yüklerinden dolayı tüm katlarda oluşan kat kesme kuvvetleri ve bunlardan faydalanılarak bulunan kat devirici momentleri gösterilmiştir. Şekil 6.2 ve Şekil 6.3’de ise bulunan bu değerler şematik olarak gösterilmiştir.

Tablo 6.3 Sistem 2A Kat Kesme Kuvvetleri ve Kat Devrilme Momentleri

Kat No	h_i (m)	H_i (m)	F_i (kN)	V_i (kN)	M_d (kNm)
10	3.00	31.00	822.04	822.04	2466.12
9	3.00	28.00	556.46	1378.50	6601.62
8	3.00	25.00	496.84	1875.34	12227.64
7	3.00	22.00	437.22	2312.56	19165.32
6	3.00	19.00	377.60	2690.16	27235.80
5	3.00	16.00	317.98	3008.14	36260.22
4	3.00	13.00	258.36	3266.50	46059.72
3	3.00	10.00	198.74	3465.24	56455.44
2	3.00	7.00	139.12	3604.36	67268.52
1	4.00	4.00	79.49	3683.85	82003.92



Şekil 6.2 Sistem 2A Katlardaki Kesme Kuvvetleri (V_i :kN)



Şekil 6.3 Sistem 2A Katlardaki Devirici Momentler (M_d :kNm)

6.1.4 Kolon ve Perdelerde Oluşan Kesme Kuvvetlerinin Tayini

İlk olarak, SAP90 Bilgisayar Programı yardımıyla, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılarak, +%5 ek dışmerkezlilik etkisi de gözönüne alınarak, sistemin hesabı yapılmıştır.

Yapılan hesap sonucu, sistemde herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden burulma düzensizliği katsayısı olan η_{bi} 'nin, yapının tüm katlarında yönetmelikte verilen 1.2 sınır değerinden büyük olduğu görülmüştür, (Tablo 6.4).

Tablo 6.4 Sistem 2A Burulma Düzensizliği η_{bi} ve e Artırılmış Ek Dışmerkezlilik Değerleri

Kat No	δ_{min}	δ_{max}	Δ_{min}	Δ_{max}	Δ_{ort}	$\eta_{bi}=\Delta_{max}/\Delta_{ort}$	e (%)
e=+ %5							
10	0.021759	0.055748	0.002927	0.006958	0.004943	1.408	6.88
9	0.018832	0.048790	0.002901	0.007046	0.004974	1.417	6.97
8	0.015931	0.041744	0.002857	0.006894	0.004876	1.414	6.94
7	0.013074	0.034850	0.002739	0.006806	0.004773	1.426	7.06
6	0.010335	0.028044	0.002577	0.006471	0.004524	1.430	7.10
5	0.007758	0.021573	0.002329	0.006084	0.004207	1.446	7.26
4	0.005429	0.015489	0.002030	0.005294	0.003662	1.446	7.26
3	0.003399	0.010195	0.001623	0.004521	0.003072	1.472	7.52
2	0.001776	0.005674	0.001146	0.003372	0.002259	1.493	7.74
1	0.000631	0.002302	0.000631	0.002302	0.001466	1.570	8.56

Bu durumda, yönetmelik uyarınca kata uygulanan +%5 ek dışmerkezlilik, hesabı yapılan deprem doğrultusu için,

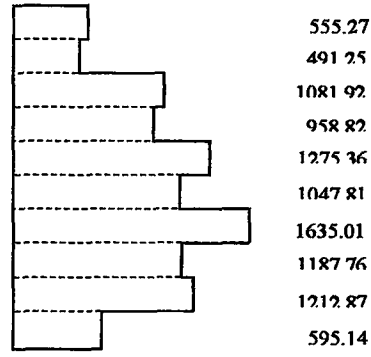
$$D_i=(\eta_{bi}/1.2)^2 \quad (6.3)$$

ifadesi ile verilen D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülmüş ve her katta bulunan e artırılmış ek dışmerkezlilikler dikkate alınarak deprem hesabı tekrarlanmıştır.

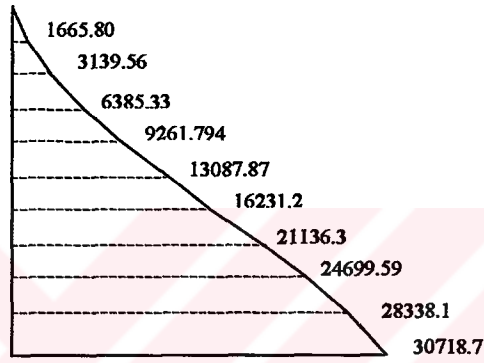
Tekrarlanan hesap sonucu, kolonlara ait kesme kuvvetlerinin katlar bazındaki toplamlarından faydalanılarak, her bir kattaki kolon devrilme momentleri hesap edilmiş ve bu değerler Tablo 6.5’de verilmiş, şematik olarakda Şekil 6.4 ve Şekil 6.5’de gösterilmiştir.

Tablo 6.5 Sistem 2A Kat Kolon Kesme Kuvvetleri ve Kolon Devrilme Momentlerinin Tayini

Kat No	h_i (m)	H_i (m)	V_{ikolon} (kN)	M_{dkolon} (kNm)
10	3.00	31.00	555.27	1665.80
9	3.00	28.00	491.25	3139.56
8	3.00	25.00	1081.92	6385.33
7	3.00	22.00	958.82	9261.79
6	3.00	19.00	1275.36	13087.87
5	3.00	16.00	1047.81	16231.29
4	3.00	13.00	1635.01	21136.31
3	3.00	10.00	1187.76	24699.59
2	3.00	7.00	1212.87	28338.19
1	4.00	4.00	595.14	30718.76



Şekil 6.4 Sistem 2A Katlarda Oluşan Kolon Kesme Kuvvetleri (V_{kolon}:kN)



Şekil 6.5 Sistem 2A Katlarda Oluşan Kolon Eğilme Momentleri (M_{dkolon}:kNm)

6.1.5 Perde Momentleri ve α_m Katsayısının Hesabı

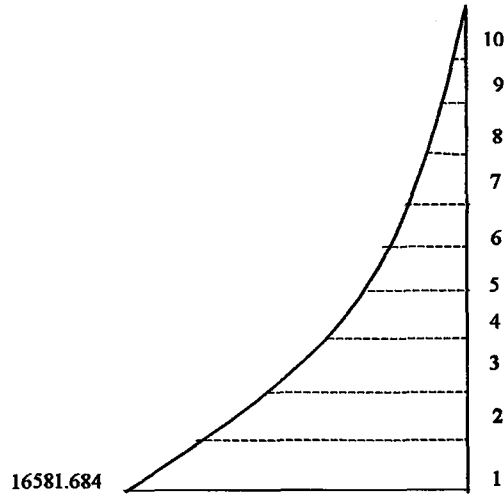
Tablo 6.6'da 10 katlı yapının her katında P1 perdesinde ve Tablo 6.7'de ise 10 katlı yapının her katında P2 perdesinde oluşan momentler verilmiş ve bu momentlerin perde boyunca değişimi Şekil 6.6 ve Şekil 6.7'de gösterilmiştir.

Tablo 6.6 Sistem 2A P1 Perde Momentleri

Eleman No	Eleman Özellik	Eleman Yeri	Moment Yeri (m)	M_{perde} (kNm)	$ M_k $ (kNm)
29	P1 Perdesi	B-B Aksı	0.00	-16581.684	0.000
			4.00	-13578.088	0.000
129	P1 Perdesi	B-B Aksı	0.00	-13578.088	0.000
			3.00	-11425.606	0.000
229	P1 Perdesi	B-B Aksı	0.00	-11425.606	0.000
			3.00	-9312.087	0.000
329	P1 Perdesi	B-B Aksı	0.00	-9312.087	0.000
			3.00	-7416.947	0.000
429	P1 Perdesi	B-B Aksı	0.00	-7416.947	0.000
			3.00	-5567.921	0.000
529	P1 Perdesi	B-B Aksı	0.00	-5567.921	0.000
			3.00	-3953.618	0.000
629	P1 Perdesi	B-B Aksı	0.00	-3953.618	0.000
			3.00	-2546.600	0.000
729	P1 Perdesi	B-B Aksı	0.00	-2546.600	0.000
			3.00	-1427.111	0.000
829	P1 Perdesi	B-B Aksı	0.00	-1427.111	0.000
			3.00	-543.956	0.000
929	P1 Perdesi	B-B Aksı	0.00	-543.956	0.000
			3.00	0.000	0.000

$$\Delta M_p = |\Sigma M_k| = 0.000$$

$$M_p = 16581.684$$



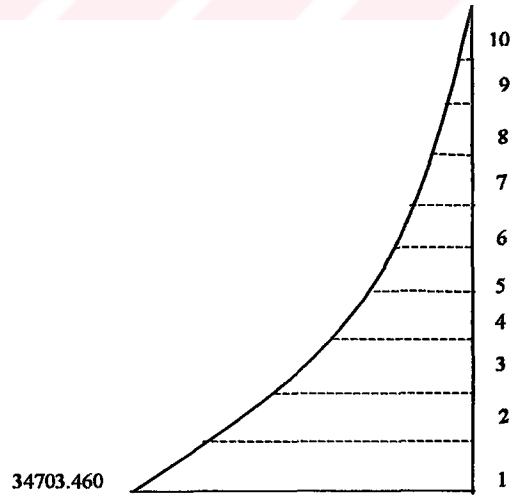
Şekil 6.6 Sistem 2A P1 Moment Diyagramı (kNm)

Tablo 6.7 Sistem 2A P2 Perde Momentleri

Eleman No	Eleman Özellik	Eleman Yeri	Moment Yeri (m)	M_{perde} (kNm)	$ M_k $ (kNm)
30	P2 Perdesi	E-E Aksı	0.00	-34703.460	0.000
			4.00	-25352.238	0.000
130	P2 Perdesi	E-E Aksı	0.00	-25352.238	0.000
			3.00	-20330.239	0.000
230	P2 Perdesi	E-E Aksı	0.00	-20330.239	0.000
			3.00	-15611.325	0.000
330	P2 Perdesi	E-E Aksı	0.00	-15611.325	0.000
			3.00	-12611.976	0.000
430	P2 Perdesi	E-E Aksı	0.00	-12611.976	0.000
			3.00	-8580.005	0.000
530	P2 Perdesi	E-E Aksı	0.00	-8580.005	0.000
			3.00	-5949.904	0.000
630	P2 Perdesi	E-E Aksı	0.00	-5949.904	0.000
			3.00	-3295.714	0.000
730	P2 Perdesi	E-E Aksı	0.00	-3295.714	0.000
			3.00	-2034.963	0.000
830	P2 Perdesi	E-E Aksı	0.00	-2034.963	0.000
			3.00	-256.365	0.000
930	P2 Perdesi	E-E Aksı	0.00	-256.365	0.000
			3.00	0.000	0.000

$$\Delta M_p = |\Sigma M_k| = 0.000$$

$$|M_p| = 34703.460$$



Şekil 6.7 Sistem 2A P2 Moment Diyagramı (kNm)

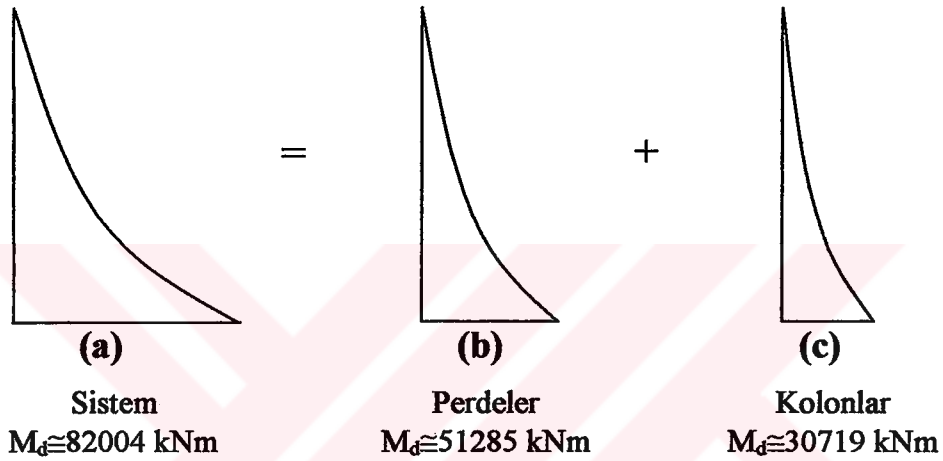
α_m katsayısı, perde taban momentlerinin toplam devrilme momentine oranı olduğuna göre Sistem 2A'da α_m katsayısı,

$$\alpha_m = \frac{\Sigma M_p}{M_d} = \frac{16582+34703}{82004} = 0.625 \quad (6.4)$$

olarak hesaplanmıştır.

6.1.6 Devrilme Momentinin Kolon ve Perdelere Dağılışı

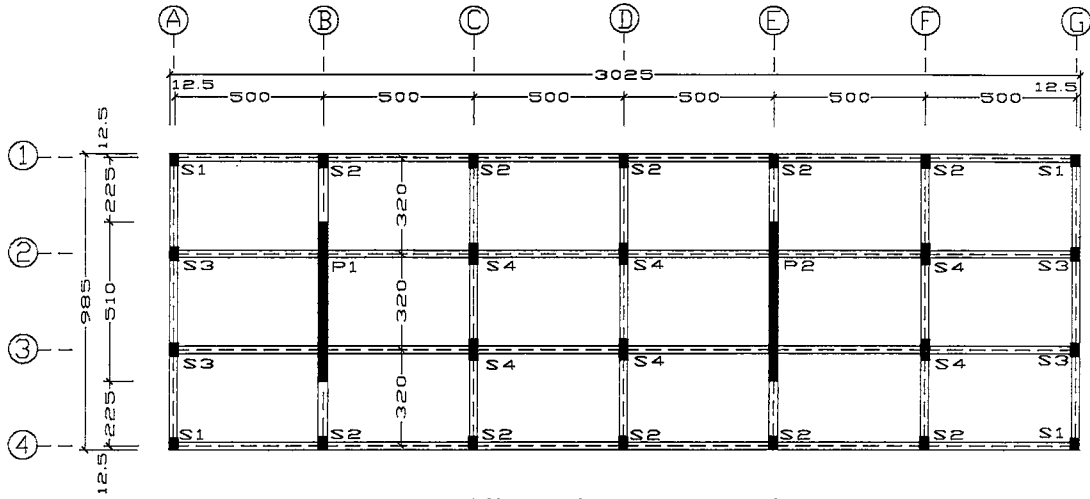
Şekil 6.8’de deprem yüklerinden dolayı sistemde oluşan toplam devrilme momentinin kolon ve perdelere düşen payları şematik olarak ifade edilmiştir.



Şekil 6.8 Sistem 2A Devrilme Momentinin Sistem İçinde Dağılışı

6.2 Sistem 2B : Bağlantılı Perdeli Sistem

Sistem 2B olarak adlandırılan yapıda, B-B ve E-E aksları ortasında bulunan P1 ve P2 perdelerinin S2 kolonlarına kirişler ile bağlantıları sağlanmış , böylece *bağlantılı perdeli yapı sistemi* elde edilmiştir. Şekil 6.9’da yapı Sistem 2B’nin planı görülmektedir.



Şekil 6.9 Sistem 2B Kat Planı

6.2.1 Kolon ve Perdelerde Oluşan Kesme Kuvvetlerinin Tayini

Sistem 2A'nın statik analizinde kullanılan Eşdeğer Deprem Yükleri'nin, Sistem 2B'ye de etkidiği kabulü ile, sistemdeki perde boyu ve kalınlığını değiştirmek suretiyle Sistem 2A ve Sistem 2B yapı sistemlerinde, katlarda oluşan kolon eğilme momentlerinin (kolon devrilme momentlerinin) yaklaşık olarak eşitlenmesine çalışılmıştır.

Aşağıda sözkonusu momentlerin yaklaşık olarak eşitlendiği adıma ait (perde boyutlarının 34.8x510 olması durumu) yapılan işlemler sırasıyla açıklanmıştır.

1) İlk olarak, SAP90 Bilgisayar Programı yardımıyla, +%5 ek dışmerkezlilik etkisi de gözönüne alınarak, sistemin, eşdeğer deprem yükü yöntemine göre hesabı yapılmış ve yapılan hesap sonucu, burulma düzensizliği katsayısı olan η_{bi} 'nin, yapının tüm katlarında yönetmelikte verilen 1.2 sınır değerinden büyük olduğu görülmüştür, (Tablo 6.8).

Tablo 6.8 Sistem 2B Burulma Düzensizliği η_{bi} ve e Artırılmış Ek Dışmerkezlilik Değerleri

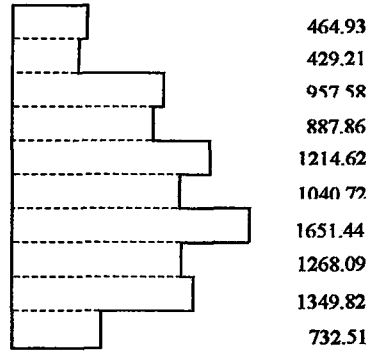
Kat No	δ_{min}	δ_{max}	Δ_{min}	Δ_{max}	Δ_{ort}	$\eta_{bi}=\Delta_{max}/\Delta_{ort}$	e (%)
e=+ %5							
10	0.015622	0.048206	0.001950	0.005561	0.003756	1.481	7.61
9	0.013672	0.042645	0.001956	0.005746	0.003851	1.492	7.73
8	0.011716	0.036899	0.001965	0.005705	0.003835	1.488	7.68
7	0.009751	0.031194	0.001920	0.005756	0.003838	1.500	7.81
6	0.007831	0.025438	0.001847	0.005567	0.003707	1.502	7.83
5	0.005984	0.019871	0.001707	0.005352	0.003530	1.516	7.98
4	0.004277	0.014519	0.001529	0.004726	0.003128	1.511	7.93
3	0.002748	0.009793	0.001264	0.004175	0.002720	1.535	8.18
2	0.001484	0.005618	0.000929	0.003236	0.002082	1.554	8.39
1	0.000555	0.002382	0.000555	0.002382	0.001469	1.622	9.13

2) Bu durumda, yönetmelik uyarınca sisteme uygulanan +%5 ek dışmerkezlilik değeri, hesabı yapılan deprem doğrultusu için, her bir katta denklem 6.3’de verilen D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülmüş ve bulunan ek dışmerkezlilikler dikkate alınarak, yapı sisteminin deprem hesabı tekrarlanmıştır.

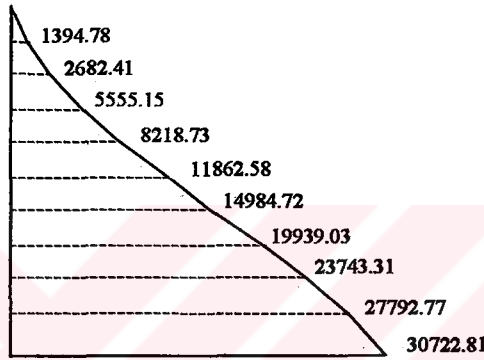
3) Tekrarlanan hesap sonucunda, kolonlara ait kesme kuvvetlerinin katlar bazındaki toplamlarından faydalanılarak, hesap edilen, kat kolon devrilme momentleri Tablo 6.9’de verilmiş, ve bu değerler şematik olarak Şekil 6.10 ve Şekil 6.11’de gösterilmiştir.

Tablo 6.9 Yatay Yüklerden Oluşan Kat Kolon Kesme Kuvvetleri ve Kolon Devrilme Momentlerin Tayini

Kat No	h_i m	H_i m	V_{ikolon} kN	M_{dkolon} kNm
10	3.00	31.00	464.93	1394.78
9	3.00	28.00	429.21	2682.41
8	3.00	25.00	957.58	5555.15
7	3.00	22.00	887.86	8218.73
6	3.00	19.00	1214.62	11862.58
5	3.00	16.00	1040.72	14984.72
4	3.00	13.00	1651.44	19939.03
3	3.00	10.00	1268.09	23743.31
2	3.00	7.00	1349.82	27792.77
1	4.00	4.00	732.51	30722.81



Şekil 6.10 Sistem 2B Katlarda Oluşan Kolon Kesme Kuvvetleri (V_{kolon} :kN)



Şekil 6.11 Sistem 2B Katlarda Oluşan Kolon Eğilme Momentleri (M_{dkolon} :kNm)

6.2.2 Perde Tabanında Oluşan Toplam Eğilme Momentinin Tayini

Tablo 6.10 ve Tablo 6.11’de statik analiz sonucu, tüm katlarda P1 ve P2 perdelerinin alt ve üst uçlarında elde edilen eğilme momentleri gösterilmiştir. Ayrıca bu momentlerden yararlanılarak, perdeler düzlemi içinde saplanan kiriş uçlarında depremden meydana gelen kesme kuvvetlerinin katkısı olan M_k eğilme momentleri hesaplanmıştır. Şekil 6.12 ve Şekil 6.13’de ise sözkonusu perdeler için eğilme moment diyagramları verilmiştir.

i nolu düğüm noktasına ait M_{ki} moment değeri,

$$|M_{ki}| = |M_{palt}^{n+1} - M_{püst}^n| \quad (5.7)$$

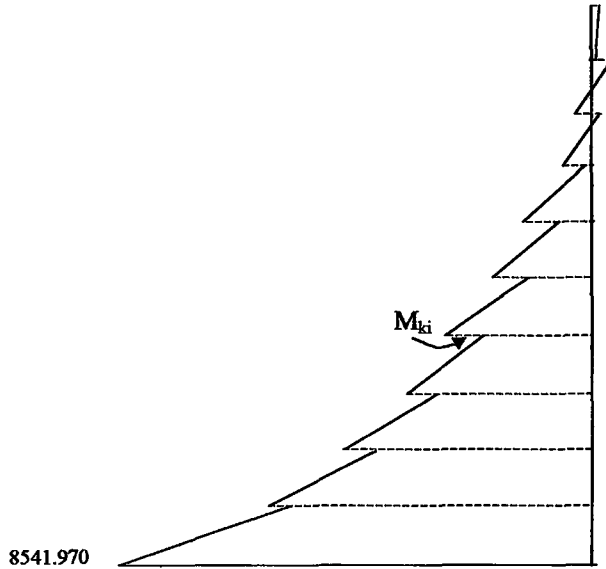
ifadesi ile hesaplanmıştır. Burada, M_{palt}^{n+1} $n+1$ nolu perdede i nolu düğüm noktasında oluşan momenti, $M_{püst}^n$ n nolu perdede, i nolu düğüm noktasında oluşan momenti göstermektedir.

Tablo 6.10 Sistem 2B P1 Momentleri ve Bağlantı Kirişi Uçlarındaki Kesme Kuvvetlerinin Katkısı

Eleman No	Eleman Özellik	Eleman Yeri	Moment Yeri (m)	M_{perde} (kNm)	$ M_k $ (kNm)
29	P1 Perdesi	B-B Aksı	0.00	-8541.970	0.000
			4.00	-5736.027	531.414
129	P1 Perdesi	B-B Aksı	0.00	-6267.441	
			3.00	-4311.116	751.575
229	P1 Perdesi	B-B Aksı	0.00	-5062.691	
			3.00	-3126.150	865.370
329	P1 Perdesi	B-B Aksı	0.00	-3991.520	
			3.00	-2267.454	887.315
429	P1 Perdesi	B-B Aksı	0.00	-3154.769	
			3.00	-1436.941	814.114
529	P1 Perdesi	B-B Aksı	0.00	-2251.055	
			3.00	-740.161	774.463
629	P1 Perdesi	B-B Aksı	0.00	-1514.624	
			3.00	-191.096	708.515
729	P1 Perdesi	B-B Aksı	0.00	-899.611	
			3.00	174.945	616.109
829	P1 Perdesi	B-B Aksı	0.00	-441.164	
			3.00	395.220	510.956
929	P1 Perdesi	B-B Aksı	0.00	-115.736	
			3.00	417.815	417.815

$$\Delta M_p = |\Sigma M_k| = 6877.646$$

$$|M_p| = 8541.970$$



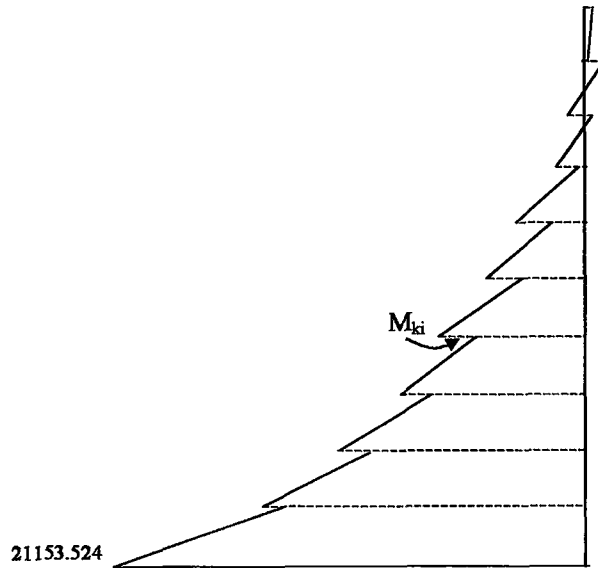
Şekil 6.12 Sistem 2B P1 Moment Diyagramı (kNm)

Tablo 6.11 Sistem 2B P2 Momentleri ve Bağlantı Kirişi Uçlarındaki Kesme Kuvvetlerinin Katkısı

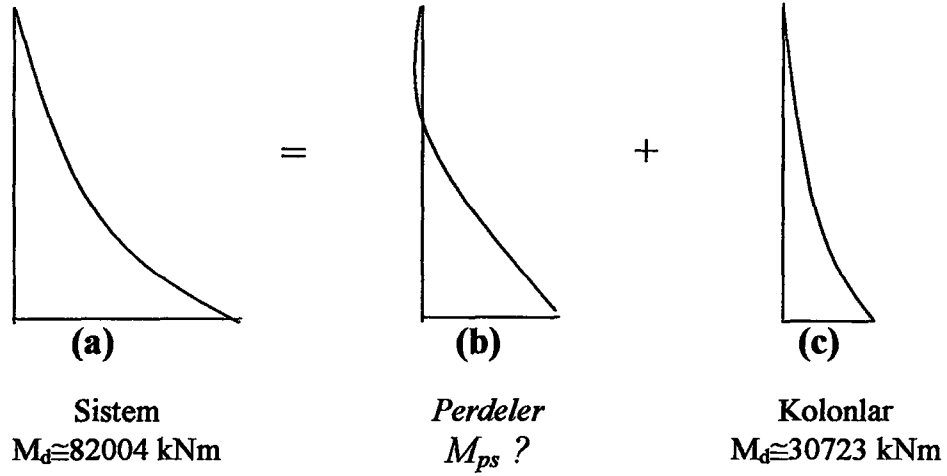
Eleman No	Eleman Özellik	Eleman Yeri	Moment Yeri (m)	M_{perde} (kNm)	$ M_k $ (kNm)
30	P2 Perdesi	E-E Aksı	0.00	-21153.524	0.000
			4.00	-12154.113	1302.530
130	P2 Perdesi	E-E Aksı	0.00	-13456.643	1735.839
			3.00	-8649.677	
230	P2 Perdesi	E-E Aksı	0.00	-10385.516	1914.064
			3.00	-5730.617	
330	P2 Perdesi	E-E Aksı	0.00	-7644.681	1916.184
			3.00	-4523.551	
430	P2 Perdesi	E-E Aksı	0.00	-6439.735	1731.445
			3.00	-2255.283	
530	P2 Perdesi	E-E Aksı	0.00	-3986.728	1611.527
			3.00	-1070.998	
630	P2 Perdesi	E-E Aksı	0.00	-2682.525	1442.381
			3.00	268.041	
730	P2 Perdesi	E-E Aksı	0.00	-1174.340	1232.902
			3.00	504.396	
830	P2 Perdesi	E-E Aksı	0.00	-728.506	1007.678
			3.00	1282.982	
930	P2 Perdesi	E-E Aksı	0.00	275.304	813.097
			3.00	813.097	

$$\Delta M_p = |\Sigma M_k| = 14707.647$$

$$|M_p| = 21153.524$$



Şekil 6.13 Sistem 2B Perde Moment Diyagramı (kNm)



Şekil 6.14 Sistem 2B Devrilme Momentinin Sistem İçinde Dağılışı

Şekil 6.14’de deprem yüklerinden dolayı yapı Tip2B’de oluşan toplam devrilme momenti (a), ve Bölüm 6.2.1’de bulunan devrilme momentinin kolon payına düşen kısmı görülmektedir (c).

Denge denkleminde dolayı :

$$82004 = M_{ps} + 30723 \rightarrow M_{ps} = 51281 \text{ kNm} \quad (6.5)$$

olarak bulunur.

(6.5) ifadesinden de görüldüğü gibi eşitliğin sağlanabilmesi için, yapı sisteminde deprem yüklerinden dolayı perde tabanında oluşan toplam eğilme momentinin (b), $M_{ps}=51281 \text{ kNm}$ olması gerektiği açıktır.

Bulunan bu değerin ise aşağıda verilen (6.6) ifadesinden de görüleceği gibi $\Sigma M_p + \Sigma \Sigma M_k (\Sigma \Delta M_p)$ olduğu hesaplanmıştır.

P1 Perdesi

$$M_p + \Sigma M_k (\Delta M_p) = (8541.970 + 6877.646) \approx 15420 \text{ kNm} \quad (6.6a)$$

P2 Perdesi

$$M_p + \Sigma M_k (\Delta M_p) = (21153.524 + 14707.647) \approx 35861 \text{ kNm} \quad (6.6b)$$

$$\Sigma M_p + \Sigma \Sigma M_k (\Sigma \Delta M_p) = 15420 + 35861 \approx 51281 \text{ kNm} \quad (6.6c)$$

Böylece: perde tabanında deprem yüklerinden dolayı oluşan eğilme momentinin hesabında, depremden dolayı bağlantı kiriş uçlarında oluşan kesme kuvvetlerinin

katkısı olan M_k eğilme momentlerinin de gözönüne alınması gerektiği açık olarak görülmektedir.

6.2.3 α_m Katsayısının Hesabı

α_m katsayısı perde tabanında oluşan toplam eğilme momentlerinin, yatay yüklerden dolayı oluşan devrilme momentine oranına eşit olup

$$\alpha_m = \frac{\Sigma M_p + \Sigma \Sigma M_k}{M_d} = \frac{29695 + 21585}{82004} \quad (6.7a)$$

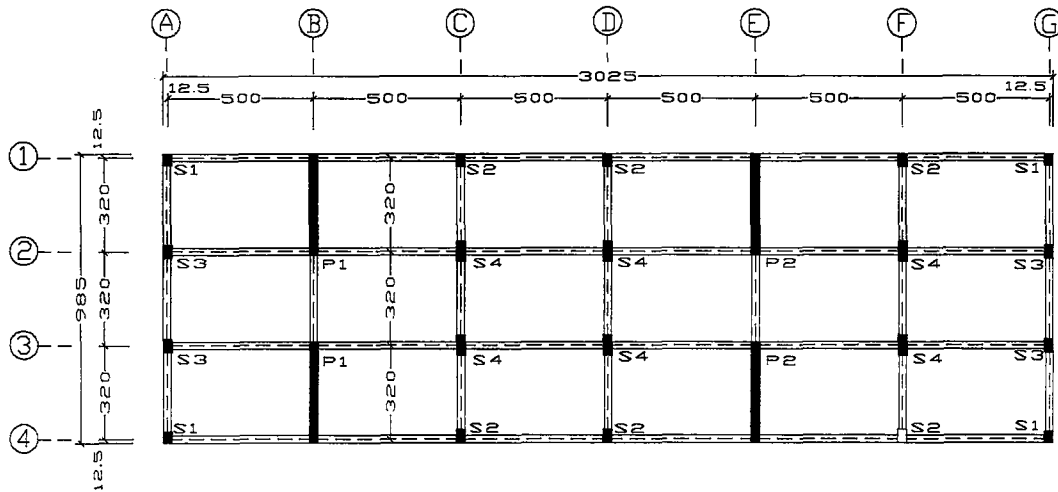
$$\alpha_m = 0.362 + 0.263 = 0.625 \quad (6.7b)$$

olarak hesaplanmıştır.

$\Sigma \Sigma M_k$ ($\Sigma \Delta M_p$) moment katkısının göz önüne alınmama durumunda ise α_m katsayısının değeri 0.362 olarak hesaplanabilmektedir.

6.3 Sistem 2C : Boşluklu Perdeli Sistem

Sistem 2C olarak adlandırılan bu yapının tüm özellikleri, yine Sistem 2 ile aynıdır. Sadece, B-B ve E-E akslarındaki kolonlar kaldırılmış ve bu aksların kenar açıklıklarına P1 ve P2 perdeleri yerleştirilerek *boşluklu perdeli yapı sistemi* elde edilmiştir. Şekil 6.15’de Sistem 2C’nin kat planı gösterilmiştir.



Şekil 6.15 Sistem 2C Kat Planı

6.3.1 Kolon ve Perdelerde Oluşan Kesme Kuvvetlerinin Tayini

Sistem 2A'nın statik analizinde kullanılan aynı eşdeğer deprem yüklerinin, Sistem 2C'ye de etkidiği kabulü ile, sistemdeki perde boyu ve kalınlığını değiştirmek suretiyle Sistem 2A ve Sistem 2C yapı sistemlerinde, katlarda oluşan kolon eğilme momentlerinin (kolon devrilme momentlerinin) yaklaşık olarak eşitlenmesine çalışılmıştır.

Aşağıda sözkonusu momentlerin yaklaşık olarak eşitlendiği adıma ait (perde boyutlarının 28.3x345 olması durumu) yapılan işlemler sırayla açıklanmıştır.

1) İlk olarak, SAP90 Bilgisayar Programı yardımıyla, +%5 ek dışmerkezlilik etkisi de gözönüne alınarak, sistemin, eşdeğer deprem yükü yöntemine göre hesabı yapılmış ve yapılan hesap sonucunda, burulma düzensizliği katsayısı olan η_{bi} 'nin yapının tüm katlarında yönetmelikte verilen 1.2 sınır değerinden büyük olduğu görülmüştür, (Tablo 6.12).

Tablo 6.12 Sistem 2C Burulma Düzensizliği η_{bi} ve e Artırılmış Ek Dışmerkezlilik Değerleri

Kat No	δ_{min}	δ_{max}	Δ_{min}	Δ_{max}	Δ_{ort}	$\eta_{bi}=\Delta_{max}/\Delta_{ort}$	e (%)
e=+%5							
10	0.020439	0.053813	0.002127	0.005373	0.003750	1.433	7.13
9	0.018312	0.048440	0.002217	0.005759	0.003988	1.444	7.24
8	0.016095	0.042681	0.002341	0.005965	0.004153	1.436	7.16
7	0.013754	0.036716	0.002412	0.006253	0.004333	1.443	7.23
6	0.011342	0.030463	0.002448	0.006279	0.004364	1.439	7.19
5	0.008894	0.024184	0.002384	0.006233	0.004309	1.447	7.27
4	0.006510	0.017951	0.002242	0.005686	0.003964	1.434	7.14
3	0.004268	0.012265	0.001933	0.005169	0.003551	1.456	7.36
2	0.002335	0.007096	0.001468	0.004116	0.002792	1.474	7.55
1	0.000867	0.002980	0.000867	0.002980	0.001924	1.549	8.33

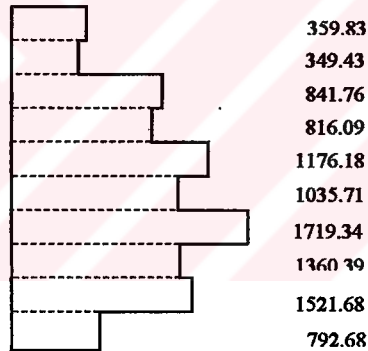
2) Bu durumda, yönetmelik uyarınca sisteme uygulanan +%5 ek dışmerkezlilik, hesabı yapılan deprem doğrultusu için her bir katta, 6.3'de verilen D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülmüş ve bulunan ek dışmerkezlilikler dikkate alınarak yapı sisteminin deprem hesabı tekrarlanmıştır.

3) Tekrarlanan hesap sonucu, kolonlara ait kesme kuvvetlerinin katlar bazındaki toplamlarından faydalanılarak hesap edilen, kat kolon devrilme momentleri Tablo

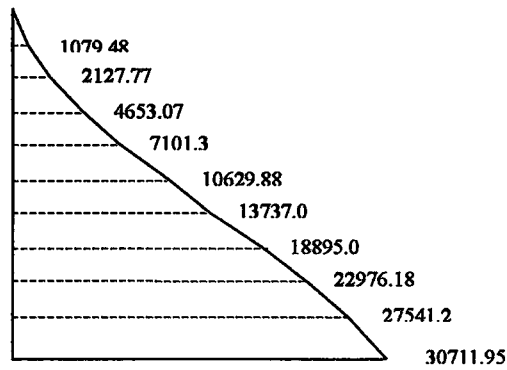
6.13’de verilmiş, ve bu değerler şematik olarak Şekil 6.16 ve Şekil 6.17’de gösterilmiştir.

Tablo 6.13 Yatay Yüklerden Oluşan Kat Kolon Kesme Kuvvetleri ve Kolon Devirici Momentlerin Tayini

Kat No	h_i m	H_i m	V_{ikolon} kN	M_{dkolon} kNm
10	3.00	31.00	359.83	1079.48
9	3.00	28.00	349.43	2127.77
8	3.00	25.00	841.76	4653.07
7	3.00	22.00	816.09	7101.35
6	3.00	19.00	1176.18	10629.88
5	3.00	16.00	1035.71	13737.00
4	3.00	13.00	1719.34	18895.02
3	3.00	10.00	1360.39	22976.18
2	3.00	7.00	1521.68	27541.22
1	4.00	4.00	792.68	30711.95



Şekil 6.16 Sistem 2C Katlarda Oluşan Kolon Kesme Kuvvetleri (V_{kolon} :kN)



Şekil 6.17 Sistem 2C Katlarda Oluşan Kolon Eğilme Momentleri (M_{dkolon} :kNm)

6.3.2 Perde Tabanında Oluşan Toplam Eğilme Momentinin Tayini

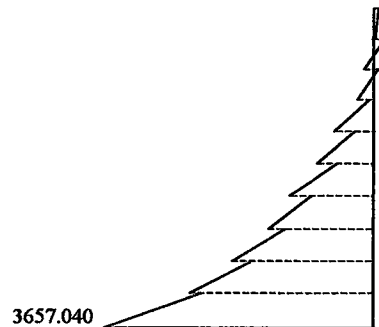
Tablo 6.14 ve Tablo 6.15’de statik analiz sonucu, tüm katlarda P1 ve P2 perdelerinin alt ve üst uçlarında elde edilen eğilme momentleri gösterilmiştir. Ayrıca bu momentlerden yararlanılarak, perdeler düzlemi içinde saplanan kiriş uçlarında depremden meydana gelen kesme kuvvetlerinin katkısı olan M_k eğilme momentleri hesaplanmıştır. Şekil 6.18 ve Şekil 6.19’da ise sözkonusu perdeler ait eğilme moment diyagramları görülmektedir.

Tablo 6.14 Sistem 2C P1 Momentleri ve Bağ Kirişi Uçlarındaki Kesme Kuvvetlerinin Katkısı

Eleman No	Eleman Özellik	Eleman Yeri	Moment Yeri (m)	M_{perde} (kNm)	$ M_k $ (kNm)
29	P1 Perdesi	B-B Aksı	0.00	-3657.040	0.000
			4.00	-2134.239	302.708
129	P1 Perdesi	B-B Aksı	0.00	-2436.947	441.639
			3.00	-1359.894	524.604
229	P1 Perdesi	B-B Aksı	0.00	-1801.533	567.323
			3.00	-735.501	578.783
329	P1 Perdesi	B-B Aksı	0.00	-1260.105	564.728
			3.00	-299.602	534.295
429	P1 Perdesi	B-B Aksı	0.00	-866.925	494.975
			3.00	85.634	455.868
529	P1 Perdesi	B-B Aksı	0.00	-493.149	423.506
			3.00	353.399	
629	P1 Perdesi	B-B Aksı	0.00	-211.329	
			3.00	528.469	
729	P1 Perdesi	B-B Aksı	0.00	-5.826	
			3.00	603.939	
829	P1 Perdesi	B-B Aksı	0.00	108.964	
			3.00	572.810	
929	P1 Perdesi	B-B Aksı	0.00	116.942	
			3.00	423.506	

$$\Delta M_p = |\Sigma M_k| = 4888.429$$

$$|M_p| = 3657.040$$



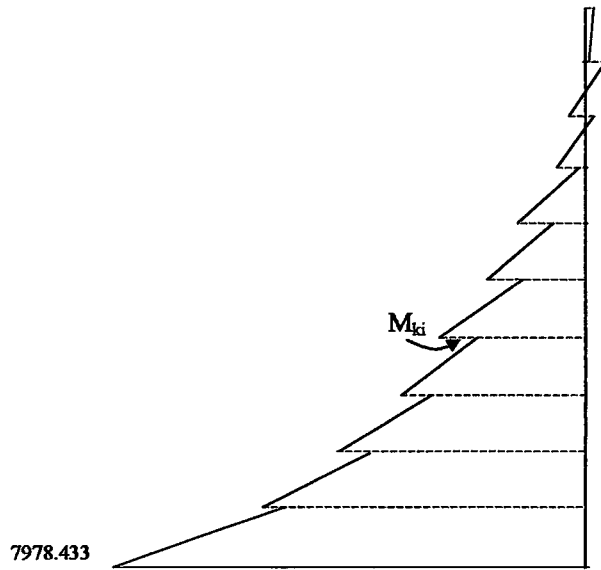
Şekil 6.18 Sistem 2C P1 Moment Diyagramı (kNm)

Tablo 6.15 Sistem 2C P2 Momentleri ve Bağ Kirişı Uçlarındaki Kesme Kuvvetlerinin Katkısı

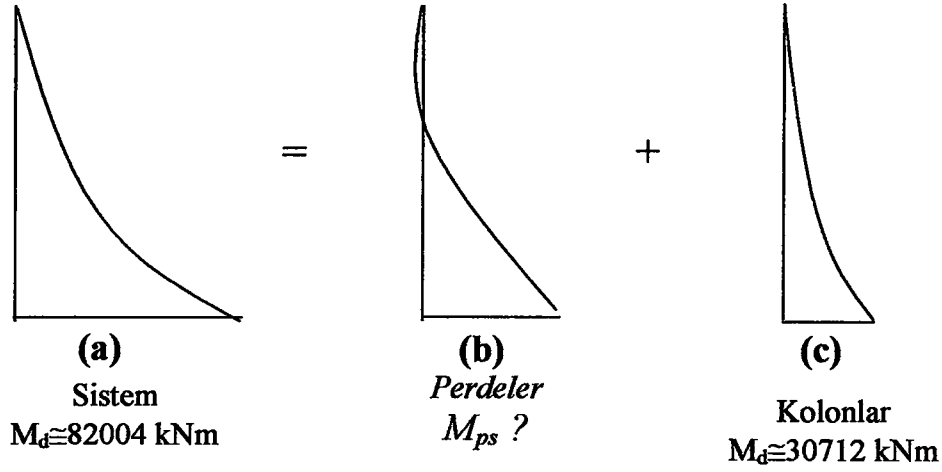
Eleman No	Eleman Özellik	Eleman Yeri	Moment Yeri (m)	M _{perde} (kNm)	M _k (kNm)
31	P2 Perdesi	E-E Aksı	0.00	-7978.433	0.000
			4.00	-3718.894	616.861
131	P2 Perdesi	E-E Aksı	0.00	-4335.755	853.859
			3.00	-2288.849	
231	P2 Perdesi	E-E Aksı	0.00	-3142.708	983.307
			3.00	-1051.460	
331	P2 Perdesi	E-E Aksı	0.00	-2034.767	1053.533
			3.00	-674.526	
431	P2 Perdesi	E-E Aksı	0.00	-1728.059	1073.866
			3.00	278.031	
531	P2 Perdesi	E-E Aksı	0.00	-795.835	1043.636
			3.00	628.591	
631	P2 Perdesi	E-E Aksı	0.00	-415.045	983.634
			3.00	1089.856	
731	P2 Perdesi	E-E Aksı	0.00	106.222	909.359
			3.00	1046.821	
831	P2 Perdesi	E-E Aksı	0.00	137.462	833.259
			3.00	1217.222	
931	P2 Perdesi	E-E Aksı	0.00	383.963	770.716
			3.00	770.716	

$$\Delta M_p = |\Sigma M_k| = 9122.030$$

$$|M_p| = 7978.433$$



Şekil 6.19 Sistem 2C Perde Moment Diyagramı (kNm)



Şekil 6.20 Sistem 2C Devirici Momentin Sistem İçinde Dağılışı

Şekil 6.20’de deprem yüklerinden dolayı yapı Tip1B’de oluşan toplam devrilme momenti (a), ve devrilme momentinin kolon payına düşen kısmı görülmektedir (c).

Denge denkleminde dolayı :

$$82004 = M_{ps} + 30712 \rightarrow M_{ps} = 51292 \text{ kNm} \quad (6.8)$$

olarak bulunur.

(6.8) ifadesinden de görüldüğü gibi eşitliğin sağlanabilmesi için, yapı sisteminde deprem yüklerinden dolayı perde tabanında oluşan toplam eğilme momentinin (b), $M_{ps}=51292 \text{ kNm}$ olması gerektiği açıktır.

Bulunan bu değerin ise aşağıda verilen(6.9) ifadesinden de görüleceği gibi $\Sigma M_p + \Sigma \Sigma M_k (\Sigma \Delta M_p)$ olduğu hesaplanmıştır.

P1 Perdesi

$$M_p + \Sigma M_k (\Delta M_p) = (3657.040 + 4888.429) \approx 8545 \text{ kNm} \quad (6.9a)$$

P2 Perdesi

$$M_p + \Sigma M_k (\Delta M_p) = (7978.433 + 9122.030) \approx 17100 \text{ kNm} \quad (6.9b)$$

$$\Sigma M_p + \Sigma \Sigma M_k (\Sigma \Delta M_p) = 2 (8545 + 17100) \approx 51290 \text{ kNm} \quad (6.9c)$$

Böylece perde tabanında deprem yüklerinden dolayı oluşan eğilme momentinin hesabında depremden dolayı bağ kirişi uçlarında oluşan kesme kuvvetlerinin katkısı

olan M_k eğilme momentlerinin de gözönüne alınması gerektiği açık olarak görülmektedir.

6.3.3 α_m Katsayısının Hesabı

α_m katsayısı perde tabanında oluşan toplam eğilme momentlerinin, yatay yüklerden dolayı oluşan devrilme momentine oranına eşit olup

$$\alpha_m = \frac{\Sigma M_p + \Sigma \Sigma M_k}{M_d} = \frac{2 (11635 + 14010)}{82004} \quad (6.10a)$$

$$\alpha_m = 0.284 + 0.341 = 0.625 \quad (6.10b)$$

olarak hesaplanmıştır. (6.10)

$\Sigma \Sigma M_k$ ($\Sigma \Delta M_p$) moment katkısının göz önüne alınmama durumunda ise α_m katsayısının değeri 0.284 olarak hesaplanacağı görülmektedir.

6.4 Sonuçlar

Sistem 2 olarak adlandırılan burulma düzensizliği olan yapı grupları üzerinde yapılan sayısal çözümler sonucunda da, boşluklu ve bağlantılı perdelerde α_m katsayısının hesabında gerekli olan, perde taban momentlerinin hesabında, perdelere düzlemi içinde saplanan kirişlerde depremden meydana gelen kesme kuvvetlerinin katkısının da göz önüne alınması gerektiği ve bu katkının bağlantı kirişlerinin perde ekseninde oluşturdukları M_k eğilme momentleri toplamı olduğu gösterilmiştir.

Tablo 6.16'da Bölüm 6'da incelenen A1 türü düzensizliği olan Sistem 2 yapı gruplarına ait α_m katsayısının hesabı ile ilgili elde edilen sonuçlar görülmektedir.

Tablo 6.16 Sistem 2 yapılarında hesaplanan α_m katsayıları

Yapı Sistemi		α_m		
		(1) ($\Sigma \Sigma M_{ki} / M_d$)	(2) ($\Sigma M_p / M_d$)	(3) (1) + (2)
Düzensiz Yapılar	Sistem 2A Bağlantısız Perdeli	--	--	0.625
	Sistem 2B Bağlantılı Perdeli	0.263	0.362	0.625
	Sistem 2C Boşluklu Perdeli	0.341	0.284	0.625

Söz konusu tablodan da görüleceği gibi, burulma düzensizliğine sahip Sistem 2 grubu yapılarda, Tablonun (1) kolonunda verilen bağlantı ve bağ kirişi uçlarında, depremden meydana gelen kesme kuvvetlerinin perdede oluşturduğu ilave momentlerin, α_m katsayısına olan katkısının, Sistem 1 grubu yapılarına göre daha fazla olduğu gözlenmiştir.

7. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

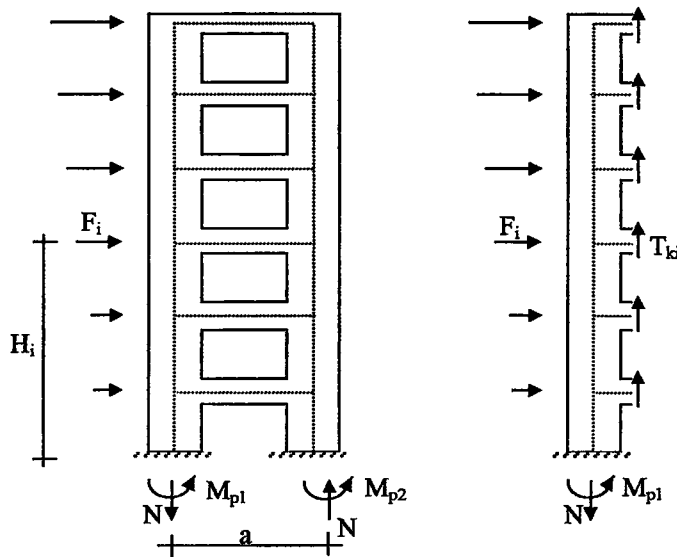
7.1 Giriş

Yapılan Tez çalışması sonucunda, boşluklu ve bağlantılı perdelerde α_m katsayısının hesabı için gerekli olan, perde taban momentlerinin hesabında, perde elemanlarına bağlanan kiriş uçlarında depremden meydana gelen kesme kuvvetlerinin katkısının da göz önüne alınması gerektiği ve bu katkının nasıl hesaplanacağı gösterilmiştir.

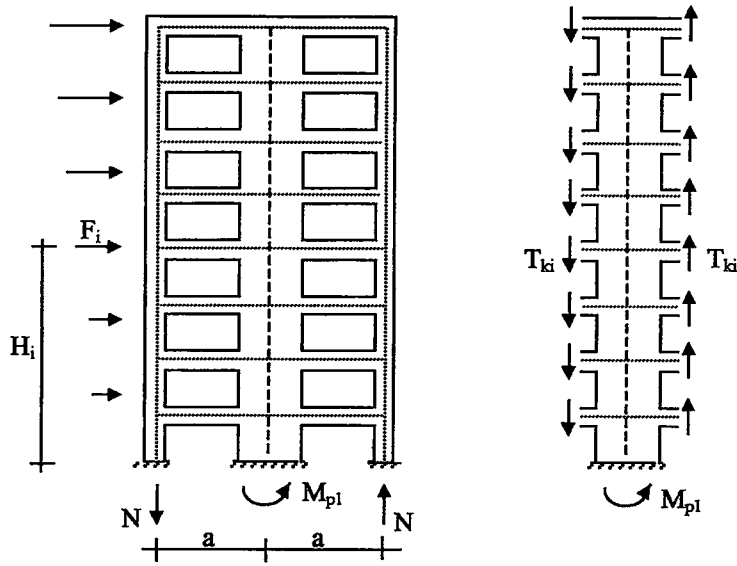
Ayrıca, çeşitli tipteki bağlantısız, bağlantılı ve boşluklu perdeli çerçeve yapılarda bu katkının nasıl değiştiği parametrik olarak incelenerek, bu yapılarda α_m katsayısının nasıl hesaplanacağı gösterilmiştir.

Çalışmada sözkonusu katkının, bağlantı kirişlerinin perde ekseninde oluşturdukları M_k eğilme momentleri oldukları hesaplanmıştır.

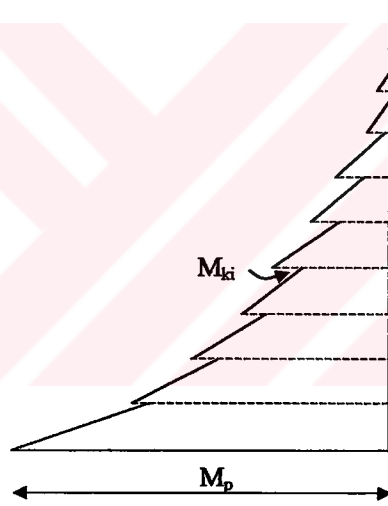
Şekil 7.1’de bağ kirişli (boşluklu) perde, Şekil 7.2’de bağlantılı perde, Şekil 7.3’de ise boşluklu ve bağlantılı perdeler için aynı karakterde olduğu bilinen, eğilme momenti diyagramları, şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 7.1 Bağ kirişli (Boşluklu) Perde



Şekil 7.2 Bağlantılı Perde



Şekil 7.3 Boşluklu ve Bağlantılı Perdelerde Eğilme Momenti Diyagramı

Kesme kuvvetlerinin katkısı, bağlantı kirişlerinin perde ekseninde oluşturdukları M_k eğilme momentleri toplamı ($\Sigma \Sigma M_k$) olduklarına göre, α_m katsayısı

$$\alpha_m = \frac{\Sigma M_p + \Sigma \Sigma M_k}{M_d} \quad (7.1)$$

denklemleri ile ifade edilebilir.

Denklem (7.1)'de yer alan ΣM_p , ΣM_{ki} ve M_d denklem (7.2), (7.3), (7.4) formülleri ile gösterilebilir.

$$\Sigma M_p = \begin{cases} M_{p1} + M_{p2} & \text{Boşluklu Perde} \\ M_{p1} & \text{Bağlantılı Perde} \end{cases} \quad (7.2)$$

$$\Sigma M_{ki} = \begin{cases} N a = a \Sigma T_{ki} = \Delta M_p & \text{Boşluklu Perde} \\ 2N a = 2a \Sigma T_{ki} = \Delta M_p & \text{Bağlantılı Perde} \end{cases} \quad (7.3)$$

$$M_d = \Sigma F_i H_i \quad (7.4)$$

Burada :

M_{p1}, M_{p2} : Deprem yüklerinin perde tabanında oluşturduğu eğilme momentini,

N : Bağ ve bağlantı kirişlerindeki kesme kuvveti nedeni ile oluşan normal kuvveti,

M_d : Yatay yüklerden dolayı yapıda oluşan devrilme momentini,

M_k : Bağlantı kirişlerinin perde ekseninde oluşturdukları eğilme momentini,

F_i : Eşdeğer deprem yükü yönteminde i 'inci kata etkiyen deprem yükünü,

H_i : Binanın i 'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliğini,

göstermektedir.

Tablo 7.1'de üzerinde çalışma yapılan yapı sistemlerinde α_m katsayısı ile ilgili elde edilen sonuçlar verilmiştir.

Tablo 7.1 İncelenen Yapılarda α_m katsayısı

Yapı Sistemi		α_m		
		(1) ($\Sigma \Sigma M_{ki} / M_d$)	(2) ($\Sigma M_p / M_d$)	(3) (1) + (2)
Düzenli Yapılar	Tip 1A Bağlantısız Perdeli	—	—	0.642
	Tip 1B Bağlantılı Perdeli	0.232 (%36)	0.410 (%64)	0.642 (%100)
	Tip 1C Boşluklu Perdeli	0.322 (%50)	0.320 (%50)	0.642 (%100)
Düzensiz Yapılar	Tip 2A Bağlantısız Perdeli	—	—	0.625
	Tip 2B Bağlantılı Perdeli	0.263 (%42)	0.362 (%58)	0.625 (%100)
	Tip 2C Boşluklu Perdeli	0.341 (%55)	0.284 (%45)	0.625 (%100)

- (1) Bağlantı ve bağ kirişi uçlarında, depremde meydana gelen kesme kuvvetlerinin, perde de oluşturduğu eğilme momentinin, α_m katsayısına katkısını,
- (2) Söz konusu katkının dikkate alınmadığı durumlar için α_m katsayısı,
- (3) (1) ve (2) durumlarının toplamı,

olarak ifade edilebilir.

Tablodan da görüleceği gibi, burulma düzensizliğine sahip Sistem 2 grubu yapılarda, tablonun (1) kolonunda verilen bağlantı ve bağ kirişi uçlarında, depremde meydana gelen kesme kuvvetlerinin perdede oluşturduğu ilave momentlerin , α_m katsayısına olan katkısının, Sistem 1 grubu yapılara göre daha fazla olduğu gözlenmiştir.

7.2 α_m Katsayısının R Davranış Katsayısına Etkisi

Süneklik Düzeyi Yüksek Boşluksuz Perdeli-Çerçeve Sistemlere İlişkin Koşullar

Bu tür sistemlerde yönetmelikte verilen $R=7$ katsayısının kullanılabilmesi için, boşluksuz perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen eğilme momentlerinin toplamın, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam devrilme momentinin %75'inden fazla olmamalıdır yani $\alpha_m \leq 0.75$ koşulunun gerçekleşmesi gerekir.

Söz konusu koşulun sağlanamaması durumunda yani $0.75 < \alpha_m \leq 1.00$ aralığında R Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı :

$$R = 10 - 4 \alpha_m \quad (7.5)$$

(7.5) bağıntısı ile hesaplanacaktır. Bu aralıkta R katsayısının, $6 \leq R < 7$ aralığında değerler alacağı görülmektedir.

α_m katsayısının hesabında, perde elemanlarına bağlanan giriş uçlarında depremde meydana gelen kesme kuvvetlerinin katkısının göz önüne alınmaması halinde, α_m katsayısının 0.75 değerinden büyük olma olasılığı çok az olacağından yani $\alpha_m \leq 0.75$ olacağı için deprem hesabında $R=7$ kullanılacaktır. Bu durumda

yapının doğrusal olmayan davranışının, daha büyük olduğu kabülü ile, deprem yükleri, olması gerekenden, daha az alınacaktır. Bu durum ise yapı elemanlarının olması gerekenden daha küçük kesit tesirleri altında boyutlandırılması anlamına gelmektedir.

Karma Taşıyıcı Sistemlere İlişkin Koşullar :

Uygulamada, tasarım açısından oldukça önemli bir esneklik sağladığı görülen bu tür betonarme yapılarda, R davranış katsayısı, α_m oranına yani perde taban momentlerinin toplamına bağlıdır.

a) Deprem hesabında çerçeveler ve perdeler birlikte gözönüne alınacak, ancak her bir deprem doğrultusunda mutlaka $\alpha_m \geq 0.40$ olacaktır.

b) Her iki deprem doğrultusunda da $\alpha_m \geq 2/3$ olması durumunda, deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek perde tarafından taşındığı durum için verilen R katsayısı $R=R_{YP}=6$, taşıyıcı sistemin tümü için kullanılabilir. .

c) R Taşıyıcı Sistem Davranış katsayısı için, $0.40 < \alpha_m < 2/3$ aralığında, her iki deprem doğrultusunda da taşıyıcı sistemin tümü için (2.8) bağıntısı uygulanacaktır :

$$R = R_{NÇ} + 1.5\alpha_m (R_{YP} - R_{NÇ}) \quad (2.8)$$

Bağıntı 2.8'te yer alan $R_{NÇ}$ deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi normal çerçeveler tarafından taşındığı durum için tanımlanan taşıyıcı sistem davranış katsayısını, R_{YP} ise deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek perdeler tarafından taşındığı durum için tanımlanan taşıyıcı sistem davranış katsayısını ifade etmektedir.

(2.8) bağıntısındaki değerler yerine konularak, $R=4+3\alpha_m$ olarak elde edilir. Söz konusu aralıkta R Davranış Katsayısının $5.2 \leq R < 6$ aralığında değerler alacağı görülmektedir.

α_m katsayısının hesabında, perde elemanlarına bağlanan kiriş uçlarında depremden meydana gelen kesme kuvvetlerinin katkısının göz önüne alınmaması halinde, α_m katsayısının $2/3$ değerini geçme olasılığı çok az olacağından R Taşıyıcı Tistem Davranış Katsayısı 5.2-6 arasında değerler alacak, yani $\alpha_m \geq 2/3$ için sözkonusu olan $R=R_{YP}=6$ katsayısı kullanılamayacaktır. Bu durumda ise yapının daha büyük deprem kuvvetleri altında çözümlenmesi gerektiği açık olarak görülmektedir.



KAYNAKLAR

- [1] ‘Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik’, 1998. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- [2] **Özmen, G.**, 1999. 1997 Türkiye Deprem Yönetmeliğine Göre Tasarım Uygulamaları, Türkiye Deprem Vakfı Teknik Rapor 018-32.
- [3] Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte değişiklik yapılmasına dair Yönetmelik, 1998. Resmi Gazete, Sayı: 23390.
- [4] **Aksoylu, G.**, 1997. Betonarme Yapılarda Daha Güçlü Kolon Tasarımının Lineer Olmayan Sistem Davranışına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi , İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [5] **Celep, Z.ve Kumbasar, N.**, 1996. Betonarme Yapılar, Sema Matbaası, İstanbul.
- [6] **Celep, Z., Aydoğan, M., Koçak, A. ve Kırçıl, M.**, 1998. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, T.M.M.O.B İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Meslek İçi Eğitim Seminerleri Dizisi, Haziran, İstanbul.
- [7] **Celep, Z. ve Akkaya, Y.**, 1996. İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Meslek İçi Eğitim Seminerleri dizisi, 29 Kasım, İstanbul.
- [8] **Akkaya, Y.**, 1997. Deprem Kuvvetlerine Karşı Betonarme Perdelerin Davranış ve Boyutlandırılması, Yüksek Lisans Tezi , İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [9] **Paulay, T. and Priestley, M.J.N.**, 1992. Seismic Design of Reinforced Concrete And Masonry Buildings, A Wiley Interscience Publication, Newyork.
- [10] **Özmen, G. ve Pala, S.**, 1987 .Çok Katlı Yapıların Yatay Yüklere Göre Hesabı İçin Bir Ardışık Yaklaşım Yöntemi Teknik Rapor:45, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- [11] **Öztürk, T.**, 1996. Binalarda Deprem Perde Boyutlarının Tayini, Tübitak Deprem Sempozyumu, 16 Şubat 1996, Ankara.
- [12] **Karadoğan, F., Karayel, V. ve Anaç, H.**, 1996. Betonarme Perde Kullanımının Uygulamaya Yönelik Önemi, Tübitak Deprem Sempozyumu, 16 Şubat 1996, Ankara.
- [13] **Aköz, Y. ve Trupia, A.**, 1978. Yatay Yüklerin Etkisindeki Perde Çerçeve Sistemlerin Hesabı İçin Bir Yöntem ve Deneysel Gerçekleme, Teknik Rapor:33, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul.

- [14] **Doğın, C.**, 1997. Yapı Sistemlerinin Hesap Yöntemlerinin Karşılaştırılması ve Boşluklu Perdelerin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi , İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [15] **Çakıroğlu, A.**, 1989. Yatay Yükleri Taşıyan Yapı Elemanları, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi.
- [16] TS 500 ‘Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları’, 1984. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [17] TS 498 ‘Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri’, 1997. Türk Standartları Enstitüsü.
- [18] **Habibullah, A. ve Wilson, E.**, 1995. SAP90 Yapı Analiz Programı.



ÖZGEÇMİŞ

Ferhat DOĞAN, 1973 yılında Sivas'ta doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul'da sırayla, Ahmet Rasim İlkokulu, Halit Armay Ortaokulu ve Küçükalyalı Kadir Has Lisesinde tamamladı.

1995 yılında Y.T.Ü İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü, bölüm sekizincisi olarak tamamladı. Aynı yıl İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'na bağlı, Yapı Mühendisliği Yapı Analizi ve Boyutlandırma programında yüksek lisans öğrenimine başladı. Halen özel bir firmada İnşaat Mühendisi olarak çalışmaktadır.

