

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GELENEKSEL BETONARME BİNALARIN
BETONARME ÇAPRAZLARLA
GÜÇLENDİRİLMESİNİN ENİYİLENMESİ

İnşaat Müh. İsmail ODUNCU

FBE İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Mekanik Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

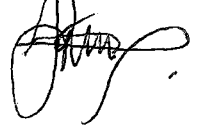
Tez Danışmanı

: Yrd. Doç. Dr. Zafer KÜTÜĞ



Doç. Dr. Asım Güneş

Doç. Dr. Ünal Aldemir



İSTANBUL, 2005

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	v
KISALTMA LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii-viii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	İx
ÖNSÖZ.....	x
ÖZET.....	xi
ABSTRACT.....	xii
1. GİRİŞ.....	2
1.1 Yapılan Çalışmalar.....	2
1.2 Çalışmanın Amacı.....	7
1.3 Deprem Hareketi.....	9
1.4 Deprem Oluşumu.....	9
1.5 Zemin Durumunun Deprem Hareketine Etkisi.....	10
1.6 Yapı Periyodu.....	10
1.7 Rezonans Senkronizasyon.....	11
2. DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMI.....	12
2.1 Depreme Karşı Güvenlik.....	15
2.1.1 Geometri.....	17
2.1.2 Süreklilik.....	18
2.1.3 Göçme Şekli.....	18
2.1.4 Rijitlik ve Dayanım.....	18
2.1.5 Süneklilik.....	19
2.1.5.1 Sünekliliği Artıran Hususlar.....	21
2.1.6 Aderans.....	22
2.1.7 Yapının Sünek Teşkilinde Maliyet Artışı.....	23
2.2 Deprem Yönetmeliği.....	23
2.3 Yapı Elemanları Davranışı.....	26
2.3.1 Betonarme Davranışı.....	26
2.3.2 Kiriş Davranışı.....	26
2.3.3 Kolon Davranışı.....	27
2.3.4 Perde Davranışı.....	28
2.4 Betonarme Taşıyıcı Sistemler.....	29
2.4.1 Çerçeveler.....	32
2.4.2 Perdeli Çerçeveler.....	33
2.5 Deprem Bölgelerinde Çelik Yapılar.....	35
2.5.1 Çelik Çerçevesi Sistemler.....	36
2.5.1.1 Kiriş ve Kolonlar.....	37
2.5.1.2 Birleşimler.....	38
2.5.1.3 Kiriş-Kiriş Birleşimi.....	38

2.5.1.4	Kolon-Kiriş Birleşimi.....	38
2.5.1.5	Kolon Ekleri.....	39
2.5.2	Çaprazlı Çerçeve Sistemler.....	39
2.5.2.1	Merkezi Çaprazlı Çerçeveler.....	40
2.5.2.2	Dış Merkezi Çaprazlı Çerçeveler.....	41
2.5.3	Rijit+Çaprazlı Çerçevesi Karma Sistemler.....	42
3.	ETABS TANITIMI.....	44
3.1	Genel.....	44
3.2	Boyutlama Algoritması.....	45
3.2.1	Boyutlama Yük Kombinasyonları.....	45
3.2.2	Boyutlama ve Kesit Kontrol Noktaları.....	45
3.2.3	Elemanların Mesnetlenmemiş Boyları.....	46
3.2.4	Kiriş ve Kolonların Tanıtılması.....	47
3.2.5	Kirişlerin Boyutlaması.....	48
3.2.6	Kolonların Boyutlaması.....	48
3.3	ETABS Programını TS500 ve Deprem Yönetmeliğine Uyarlama.....	49
3.4	Genel Kullanım İlkeleri.....	51
3.4.1	Sistem Modelinin Oluşturulması.....	51
3.4.2	Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması.....	51
3.4.3	Kesit Özelliklerinin Tanımlanması.....	52
3.4.4	Yüklerin Tanımlanması.....	52
3.4.5	Çözüm (Analiz).....	52
3.4.6	Boyutlandırma.....	52
3.5	Koordinat Sistemleri ve Grid Çizgileri.....	52
4.	MODELLEME.....	54
4.1	Bina Tanıtım Raporu.....	54
4.2	Kabuller.....	55
4.2.1	Sabit ve Hareketli Yük.....	55
4.2.2	Tasarım Deprem Karakteristikleri.....	56
4.2.3	Malzeme Karakteristikleri.....	59
4.3	ETABS Programına Data Girişi.....	59
4.3.1	Aks Sistemi.....	59
4.3.2	Kat Bilgileri.....	60
4.3.3	Malzeme Bilgilerinin Tanımlanması.....	61
4.3.4	Kullanılacak Kesitlerin Tarif Edilmesi.....	62
4.3.5	Yük Bilgilerinin Girilmesi.....	65
4.3.6	Yük Kombinasyonlarının Tarif Edilmesi.....	66
4.3.7	Dinamik Hesapta Kullanılacak Kat Ağırlıklarının Belirlenmesi.....	67
4.3.8	Çubuk Elemanların Model Üzerinde Oluşturulması.....	67
4.3.9	Döşeme ve Perde Duvar Elemanlarının Model Üzerinde Oluşturulması.....	69
4.3.10	Mesnet Şartları.....	70
4.3.11	Analiz Genel Özellikleri.....	70
4.4	Deprem Etkisi Altında Çözüm Yöntemleri.....	73
4.4.1	Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi.....	73
4.4.2	Mod Birleştirme Yöntemi.....	73
4.4.3	Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi.....	74

5.	SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER.....	76
5.1	Model 1	76
5.1.1	Çerçeve Sistem.....	76
5.1.2	Perdeli Sistem.....	77
5.1.3	Çaprazlı Sistem.....	78
5.2	Model 2.....	78
5.2.1	Çerçeve Sistem.....	78
5.2.2	Perdeli Sistem.....	79
5.2.3	Çaprazlı Sistem.....	80
5.3	Model' deki Sistemlerin Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması.....	80
5.3.1	Çerçeve Sistem.....	80
5.3.2	Perdeli Sistem.....	82
5.3.3	Çaprazlı Sistem.....	84
5.3.4	Model 1' deki Sistemlerin Dinamik Analiz Sonuçlarının İncelenmesi.....	86
5.3.5	Düzensizlik Durumları.....	88
5.3.5.1	Düzensiz Binalara İlişkin Koşullar.....	88
5.3.5.2	Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması.....	90
5.4	Model 1' deki Sistemlerin Kat Yerdeğiştirmeleri.....	90
5.5	Modlara Göre Kat Döşemelerinin Yatay Bileşenlerin Karşılaştırılması.....	92
5.6	Kolon Kesitlerinin Karşılaştırılması.....	96
5.7	A-B Aksları Arasındaki P3 Perdesi Kesit Tesirleri.....	101
5.8	Her İki Modeldeki Perdeli Sist. Tab. Kes. Kuvvetlerinin Karşılaştırılması..	103
5.9	Perdeli Sistem Periyotlarının Karşılaştırılması.....	105
5.10	Perdeli Sistemlerin Kat Yerdeğiştirmelerinin Karşılaştırılması.....	106
5.11	Perdeli Sistemlerin Kolon Tesirlerinin Karşılaştırılması.....	107
5.12	Perdeli Sistemlerdeki C3 Kolon Tesirlerinin Karşılaştırılması.....	110
5.13	Her İki Modeldeki Çaprazlı Sist. Taban Kesme Kuv.'lerinin Kar.	112
5.14	Çaprazlı Sistemlerin Modlara Göre Periyotlarının Karşılaştırılması.....	114
5.15	Çaprazlı Sistemlerin Kat Yerdeğiştirmelerinin Karşılaştırılması.....	115
5.16	Çaprazlı Sistemlerin Kolon Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması.....	116
5.17	Çaprazlı Sistemlerdeki E3 Kolon Moment Değerleri.....	118
5.18	Değerlendirme ve Öneriler.....	120
	KAYNAKLAR.....	121
	OZGEÇMİŞ.....	123

SİMGE LİSTESİ

A_s	Donatı alanı
E_x	x yönü deprem yükü
E_y	y yönü deprem yükü
f_c'	Beton karakteristik basınç dayanımı
f_{cd}	Betonun tasarım basınç dayanımı
f_{ctd}	Betonun tasarım çekme dayanımı
f_{ck}	Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı
f_{yd}	Boyuna donatının tasarım akma dayanımı
f_y	Eğilme donatısı karakteristik akma dayanımı
f_{ys}	Kayma donatısı karakteristik akma dayanımı
G	Sabit yük
h_i	Binanın i'inci katının kat yüksekliği
H_N	Binanın temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği
I_{33}	3-3 eksen (ana eksen) doğrultusunda kararsızlık
I_{22}	2-2 eksen (tali eksen) doğrultusunda kararsızlık
k	Rijitlik
m	Kütle
M	Moment
M_u	Kirişin taşıma gücü momenti
M_u^+	Maksimum pozitif yük çarpanları
M_u^-	Maksimum negatif yük çarpanları
N_o	Kolonun aksenal yük kapasitesi
n	Hareketli yük katılım katsayısı
R	Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
T	Periyot
Q	Hareketli yük
Δ_i	i'inci kattaki göreceli kat ötelemesi
Δ_{max}	Maksimum şekil değiştirme
$\Delta_{elastik}$	Elastik şekil değiştirme
η_{bi}	Burulma düzensizliği katsayısı
η_{ci}	Dayanım düzensizliği katsayısı
η_{ki}	Rijitlik düzensizliği katsayısı
$\sum A_e$	Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı
$\sum A_g$	Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan elemanların enkesit alanları

KISALTMA LİSTESİ

ABYYHY	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
ACI	A.B.D. Betonarme Yönetmeliği
BSI	İngiliz Betonarme Yönetmeliği
CEN	Avrupa Betonarme Yönetmeliği
CSA	Kanada Betonarme Yönetmeliği
NSZ	Yeni Zelanda Betonarme Yönetmeliği
UBC	A.B.D. Betonarme Yönetmeliği



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1	Orhan Pekin ve Prof. Dr. Kemal Özden' nin hazır. taşıyıcı sist. modelleri..	3
Şekil 1.2	Müh. Orhan Pekin tarafından yapılan düşey kafes kirişler.....	4
Şekil 1.3	Chicago Title binası.....	5
Şekil 1.4	Boğaziçi Üniv.'nin 4 Mart 1977 Bükreş depremi için hazırladığı rapor.....	6
Şekil 2.1	Elasto – Plastik gerilme-şekil değiştirme bağıntısı.....	20
Şekil 2.2	Kolon etriye sarılımı.....	28
Şekil 2.3	Perde kırılma yönleri.....	29
Şekil 2.4	Taşıyıcı sistem modelleri.....	31
Şekil 2.5	Taşıyıcı sistemlerdeki mafsallaşma bölgeleri.....	32
Şekil 2.6	Merkezi çaprazlı sistem.....	43
Şekil 2.7	Dışmerkezi çaprazlı sistem.....	43
Şekil 3.1	Eğilme eksenleri ve mesnetlenmemiş boy.....	47
Şekil 3.2	Malzeme özellikleri menüsü.....	49
Şekil 3.3	Yük kombinasyonları menüsü.....	50
Şekil 3.4	Koordinat eksen ve lokal eksen görünüşü.....	53
Şekil 4.1	Kat planı.....	55
Şekil 4.2	Aks sisteminin girilmesi.....	60
Şekil 4.3	Kat bilgilerinin oluşturulması.....	61
Şekil 4.4	Malzeme özellikleri menüsü.....	61
Şekil 4.5	Çubuk elemanlar kesit özellikleri menüsü.....	62
Şekil 4.6	Çubuk elemanları kolon veya kiriş olarak belirlenmesi.....	63
Şekil 4.7	Perde ve döşeme elemanların kesit özellikleri menüsü.....	63
Şekil 4.8	S2 kolonu kesit özellikleri menüsü.....	64
Şekil 4.9	Betonarme çapraz elemanının kesit özellikleri menüsü.....	64
Şekil 4.10	Yük tiplerinin tarif edilmesi.....	65
Şekil 4.11	UBC 1994 Deprem şartnamesi tanımları.....	65
Şekil 4.12	Yük kombinasyonları menüsü.....	66
Şekil 4.13	Dinamik hesaba esas kütle çarpanlarının tarifi.....	67
Şekil 4.14	Çubuk elemanların atanması.....	68
Şekil 4.15	Perde elemanların atanması.....	69
Şekil 4.16	Mesnet özellikleri menüsü.....	70
Şekil 4.17	Analiz özellikleri genel menüsü	71
Şekil 4.18	Dinamik analiz özellikleri menüsü.....	71
Şekil 4.19	Etkin yer ivmesi-periyot değerleri menüsü.....	71
Şekil 4.20	Spektrum değerleri menüsü.....	72
Şekil 5.1	Model 1' e ait çerçeve sistemin plan ve üç boyutlu çizimi.....	77
Şekil 5.2	Model 1' e ait perdeli sistemin plan ve üç boyutlu çizimi.....	77
Şekil 5.3	Model 1' e ait çaprazlı sisteme ait A-A kesiti ve üç boyutlu çizimi.....	78
Şekil 5.4	Model 2' ye ait perdeli sistemin plan ve üç boyutlu çizimi.....	79
Şekil 5.5	Model 2' ye ait çaprazlı sisteme ait 3-3 ve 4-4 kesitleri.....	80
Şekil 5.6	Model 1' deki sistemlerin taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.....	86
Şekil 5.7	Modlara göre periyot değerlerinin karşılaştırılması.....	88
Şekil 5.8	Katlar arası yerdeğistirmeler.....	89
Şekil 5.9	Kat yerdeğistirme grafiği.....	91
Şekil 5.10	Mod 1 için kat yerdeğistirme grafiği (model 1).....	92
Şekil 5.11	Mod 2 için kat yerdeğistirme grafiği (model 1).....	93
Şekil 5.12	Mod 3 için kat döşemelerinin dönme bileşenleri	94
Şekil 5.13	Mod 4 için kat yerdeğistirme grafiği (model 1).....	95

Şekil 5.14	Çerçeve, perdeli ve çaprazlı sist.in C3 kolonu kesme kuv. diyag.	97
Şekil 5.15	Perde ve çaprazlı sistemin C3 kolonu moment diyagramı.....	99
Şekil 5.16	Çerçeve sistemin C3 kolonu moment diyagramı.....	100
Şekil 5.17	P3 perdesi M3 moment ve V2 kesme kuvveti diyagramı.....	102
Şekil 5.18	Perdeli sistemlerin taban kesme kuvveti grafiği.....	105
Şekil 5.19	Perdeli sistemlerin modlara göre periyot değerleri grafiği.....	106
Şekil 5.20	Perdeli sistemlerin kat yer değiştirme grafiği.....	107
Şekil 5.21	Perdeli sistemlere ait V2 kesme kuvveti diyagramı.....	109
Şekil 5.22	Perdeli sistemlerin C3 kolonu M3 moment diyagramı.....	111
Şekil 5.23	Çaprazlı sistemlerin taban kesme kuvveti grafiği.....	114
Şekil 5.24	Çaprazlı sistemlerin modlara göre periyot değerleri grafiği.....	115
Şekil 5.25	Çaprazlı sistemlerin Ex' den oluşan kat yer değiştirme grafiği.....	116
Şekil 5.26	E3 kolonu V2 kesme kuvveti diyagramı.....	117
Şekil 5.27	Çaprazlı sistemlerin E3 kolonu moment diyagramı.....	119



ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1	Yük kombinasyonları.....	50
Çizelge 4.1	Etkin yer ivmesi katsayısı.....	56
Çizelge 4.2	Hareketli yük katılım katsayısı.....	57
Çizelge 4.3	Bina önem katsayısı.....	57
Çizelge 4.4	Spektrum karakteristik periyotları.....	58
Çizelge 4.5	Taşıyıcı sistem davranış katsayısı.....	58
Çizelge 4.6	Betonarme betonu.....	59
Çizelge 4.7	Donatı çeliği.....	59
Çizelge 5.1	Model 1 çerçeve sistemin düğüm noktası kütleleri.....	80-81
Çizelge 5.2	Model 1 perdeli sistemin düğüm noktası kütleleri.....	82-83
Çizelge 5.3	Model 1 çaprazlı sistemin düğüm noktası kütleleri.....	84-85
Çizelge 5.4	Model 1' deki sistemlerin taban kesme kuvvetleri.....	86
Çizelge 5.5	Model 1' deki sistemlerin modlara göre periyot değerleri.....	87
Çizelge 5.6	Düzensizlik durumları.....	88-89
Çizelge 5.7	Ex kat yerdeğiştirmeleri.....	91
Çizelge 5.8	Mod 1 için kat yerdeğiştirmeleri.....	92
Çizelge 5.9	Mod 2 için kat yerdeğiştirmeleri.....	93
Çizelge 5.10	Mod 3 döşemelerin dönme bileşenleri.....	94
Çizelge 5.11	Mod 4 için kat yerdeğiştirmeleri.....	95
Çizelge 5.12	C3 kolonu kesme kuvvet değerleri (model 1).....	95
Çizelge 5.13	C3 kolonu moment değerleri (model 1).....	98
Çizelge 5.14	P3 perdesi kesit tesirleri (model 1).....	101
Çizelge 5.15	Perde-kolon sistemin düğüm noktası kütleleri (model 2).....	103-104
Çizelge 5.16	Model 1-2 perdeli sistemlerin taban kesme kuvvetleri.....	104
Çizelge 5.17	Model 1-2 perdeli sistemlerin modlara göre periyotları.....	105
Çizelge 5.18	Model 1-2 perdeli sistemlerin Ex kat yerdeğiştirmeleri.....	106
Çizelge 5.19	Model 1-2 perdeli sistemlerin C3 kolonu V2 kesme kuvvetleri..	108
Çizelge 5.20	Model 1-2 perdeli sistemlerin C3 kolonu momentleri.....	110
Çizelge 5.21	Model 2 çaprazlı sistemin düğüm noktası kütleleri.....	112-113
Çizelge 5.22	Model 1-2 çaprazlı sistemlerin taban kesme kuvvetleri.....	113
Çizelge 5.23	Model 1-2 çaprazlı sistemlerin modlara göre periyotları.....	114
Çizelge 5.24	Model 1-2 çaprazlı sistemlerin kat yerdeğiştirmeleri.....	115
Çizelge 5.25	Model 1-2 çaprazlı sistemlerin E3 kolonu V2 kesme kuvvetleri.	116-117
Çizelge 5.26	Model 1-2 çaprazlı sistemlerin E3 kolonu moment değerleri.....	118

ÖNSÖZ

1997 yılında ilk adımımı attığım Yıldız Teknik Üniversitesi' ndeki öğrencilik hayatımın sonuna gelmiş bulunmaktayım. Öğrencisi olmaktan her zaman gurur duyduğum üniversitemin bana kazandırdığı bilgi ve becerilerin önemini yüksek lisans eğitimim süresince yaşayarak öğrendim.

Dört yıllık lisans eğitimi sonrasında hiç tereddütsüz olarak başladığım yüksek lisans eğitimim, hem dört yıl boyunca kazanmış olduğum bilgileri daha etkin bir biçimde kullanmayı hem de mühendisliğe bakış açımın derinleşmesinde büyük rol oynadı.

Bu yedi yıllık uzun yolun sonunda, benden hiçbir yardımı esirgemeyen, mühendislik hayatıma olan katkılarda payı büyük olan çok saygıdeğer hocam Yrd. Doç. Dr. Zafer Kütüğ başta olmak üzere tüm hocalarıma, her zaman maddi ve manevi olarak yanımda olan aileme, meslektaşlarım Gülizar Bilgin ve Erendiz Atas' a teşekkürü bir borç bilirim.

ÖZET

Geleneksel yapılar; kolon ve kirişten oluşan çerçeveli sistem ve bu çerçeveli sisteme düşey taşıyıcı olarak eklenen perde elemanlı sistem olarak tasarlanmaktadır. Bu yapılarda deprem gibi dinamik etkilerle ortaya çıkan yatay hareketler esnasında, çerçeveli sistemin büyük deplasmanlar yaptığı ve bu esnada düşey taşıyıcı eleman olan kolonların birleşim noktalarında büyük momentlerin ve buna bağlı kesme kuvvetlerinin ortaya çıktığı bilinmektedir. Çerçeveli sistemlerin mahsurlarını ortadan kaldırmak yani kolon düğüm noktalarına gelen momentleri azaltmak için büyük atalet momentine sahip düşey taşıyıcı perde elemanlar eklenerek perdeli sistemler tasarlanmıştır. Ancak bu elemanların da büyük kesme kuvvetlerine maruz kaldığı ve buna bağlı olarak temellerinde büyük taban momentlerinin ortaya çıktığı görülmüştür.

Bu çalışmanın amacı her iki sistemdeki bu tür mahsurları ortadan kaldırmaktır. Bunun için çerçeveli yapıların kolon kiriş düğüm noktaları arasına çapraz yapı elemanları konulmuştur. Böylelikle yapının hem çerçeveli yapılardan daha az yerdeğiştirme yapması ve düğüm noktalarındaki momentlerin azaltılması hem de perdeli yapılardaki büyük kesme kuvvetlerinin ve taban momentlerinin önüne geçilmesi amaçlanmıştır.

Bu araştırmada; on iki katlı bir betonarme yapı üç farklı şekilde tasarlanmıştır:

Birinci aşamada taşıyıcı sistem kolon ve kirişlerden meydana gelen çerçeve bir sistem olarak ele alınıp çözülmüştür. İkinci aşamada aynı yapı perde kolon olacak şekilde tasarlanmıştır. Son olarak yapıda; perde kolonlar yerine betonarme, kare kesitli, X biçiminde düzenlenmiş betonarme çaprazlar kullanılmıştır.

Üç farklı tasarımın deprem analizlerinden elde edilen sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Bu amaçla ETABS çözümleme programı kullanılmıştır.

Elde edilen sonuçlar incelemeye konu olan eğik elemanların, betonarme perdeler gibi çerçeve sistemlerin rijitliğini arttırdığı, deplasmanları ise azalttığı ve bunlara bir alternatif olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Betonarme, çerçeve, perde, deprem, çapraz

ABSTRACT

Conventional structures are designed as framed structure formed of beams and columns and shear walls added to this framed system as a vertical bearing. It is known that in these structures, as for the horizontal deflection caused by dynamic effects such as earthquake, framed structures make large displacements and moments; therefore, shear forces occur at the connections of columns that are vertical bearing elements. Shear walls are designed to prevent the drawbacks of the framed systems, in other words, to decrease the moments at columns connections by adding vertical bearing having large inertial moment. But it was observed that these elements were also exposed to large shear forces and as a result, large base moments appear at these elements.

The aim of this research is to remove all these drawbacks. For this reason, X diagonal elements were added between the connections of beams and columns of framed structures. By this way, less deflections of the structure than framed ones, decreasing the moments at connections and preventing the large shear forces and base moments at shear walls are aimed.

In that research, a twelve-storey reinforced concrete structure was designed in three different systems.

In first system, the structure is formed by using beams and columns. In the second system, the same structure is formed by using shear walls in particular places. Lastly, instead of shear walls, reinforced concrete X diagonal braces were used.

The results of seismic analysis of these three systems were compared to each other. ETABS analysis program was used to analyze the system.

The results show that those brace elements are increasing rigidity of framed systems like reinforced concrete shear walls, decreasing displacements and are available as an alternative to these shear walls.

Keywords: Reinforced concrete, frame, shear wall, earthquake, brace

1. GİRİŞ

1.1 Yapılan Çalışmalar

Mathewson ve Davey (1980), Dowrick (1981), Karadoğan vd. (1993), Kumbasar (2002), hasar görmüş çerçeve sistem yapıların güçlendirilmesinde, uygun seçilmiş çerçeve boşluklarının betonarme duvarlarla doldurularak sistemin rijitlik ve dayanımının artırılmasını incelemişler ve uygulamada kabul görmüş bir yöntem ortaya koymuşlardır.

Yapılarda en yaygın kullanılan taşıyıcı sistemlerden biri olan çerçeveler kat sayısının az olması halinde yatay ve düşey yükleri, yönetmeliklerin öngördüğü gibi, emniyetli bir şekilde aktarabilmektedir. Ancak, kat sayısı ile artan yatay yükler altında yanal yer değiştirmeleri sınırlandırmak üzere; Smith (1962), Dewolf ve Pellicione (1979), Bazen ve Meli (1980), Pubal (1988); tüm dünyada yaygın olan betonarme perdeler ya da çelik eğik elemanların kullanıldığı yöntemleri uygulamışlardır.

Sugano ve Fujimura (1980), betonarme çerçevelerde K ve X çelik takviyeleri ve aynı model üzerinde betonarme perde duvar kullanarak her bir sistemin yapısal dayanımını ve düktilitesini karşılaştırmıştır.

Higashi vd., (1981), betonarme çerçevelerde eşmerkezli ve dışmerkezli çelik takviyelerin kullanıldığı bir çalışma yapmıştır.

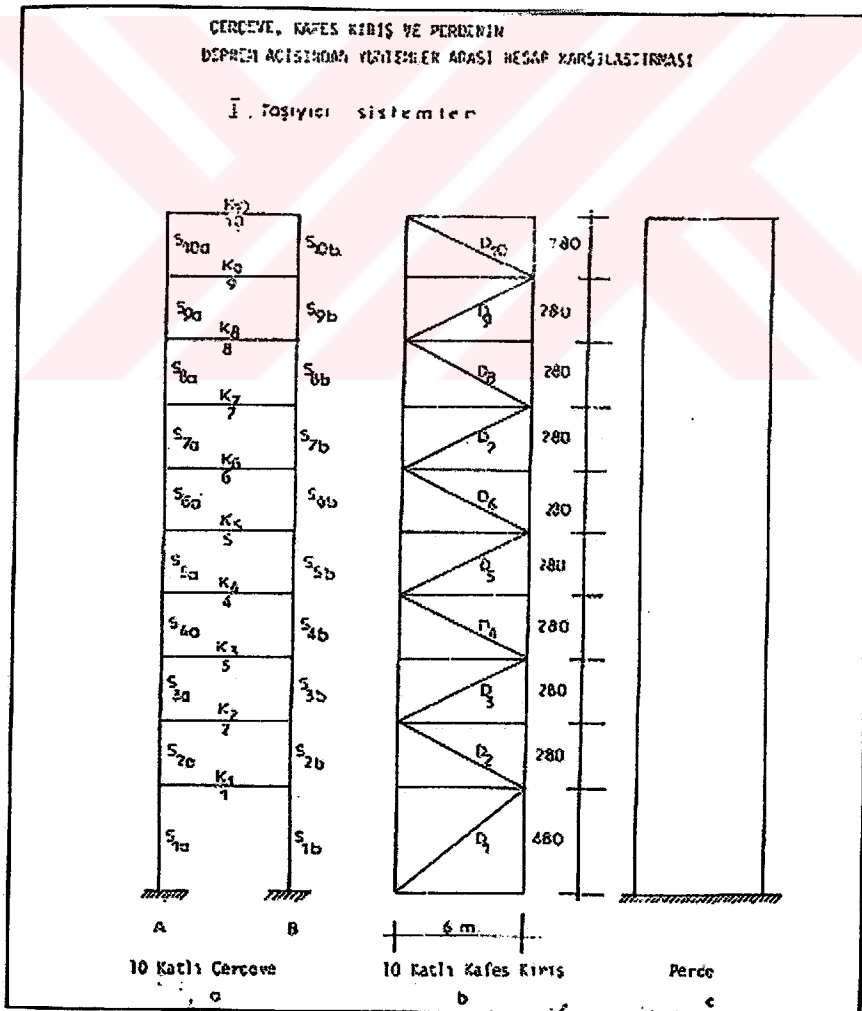
Bush (1991), betonarme çerçevelerde X tipli bir çelik takviye sistemi kullanarak, çerçevenin kesme dayanımında önemli bir artış elde etmiştir.

Maheri ve Sahebi (1996), basit bir deney düzeneğinde takviyesiz çerçeveli, basınca çalışan takviyeli, çekmeye çalışan takviyeli ve çapraz çelik takviyeli sistemleri kullanarak modeller arasında bir karşılaştırma yapmıştır. Elde edilen sonuçlarda, basınç veya çekmeye çalışan diyagonallerle kesme dayanımının 2,5 kat, çapraz çelik takviyelerle ise bu dayanımın 4 kat arttığı gözlenmiştir.

Kara vd., (2003), üç katlı bir betonarme yapıyı bir adet eksik donatılı çerçeve, iki adet ortası takviye edilmiş çerçeve (dolgu duvarlı + çaprazlı ve yalnız çaprazlı), iki adet iki kenar açıklıkları takviye edilmiş çerçeve, bir adet 1997 ABYYHY hükümlerine uygun çerçeve, bir adet ortası dolgu duvarlı çerçeve, bir adet iki yan açıklığı dolgu duvarlı çerçeve olmak üzere sekiz farklı şekilde SAP 2000 programıyla modellemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre uygulanan yükler altında yapı elemanlarında oluşan moment ve kesme kuvvetleri ile deplasmanlar önemli ölçüde azalmaktadır.

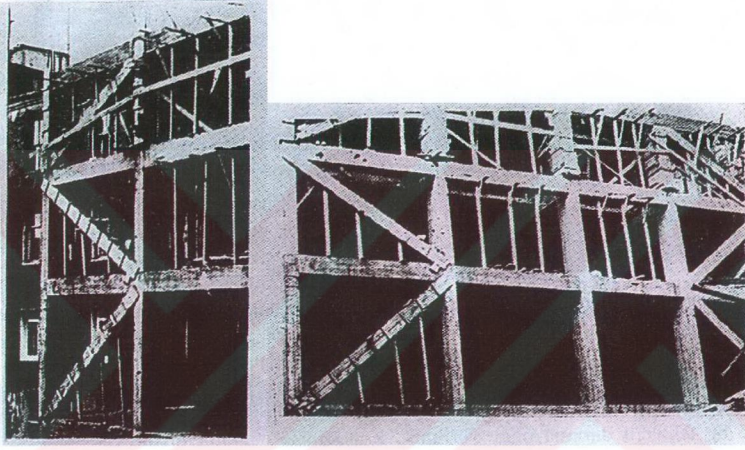
Amıl (2003), çok katlı yapıların yanal yer değiştirmelerini sınırlandırmak üzere rijitleştirici eleman olarak kullanılan farklı düzenlenmiş 6 adet eğik elemanlı ve 1 adet betonarme perdeli olan 10 katlı 3 açıklıklı betonarme çerçevenin deprem yükleri altında davranışlarının karşılaştırmasını, SAP2000 yapısal çözümleme programı kullanarak yapmıştır. Elde edilen sonuçlar eğik elemanların, betonarme perdeler gibi çerçeve sistemlerin rijitliğini artırdığını, yer değiştirmelerini ise azalttığını göstermektedir.

Prof. Dr. Kemal Özden yönetiminde Müh. Orhan Pekin tarafından yapılmış olan yüksek lisans tezinde on katlı tek açıklıklı bir çerçeve, aynı çerçeveye eklenmiş betonarme çapraz elemanların olduğu bir sistem ve aynı çerçeve yerine uzun kenarı çerçeve açıklığı kadar olan on katlı perdenin deprem analizleri arasında karşılaştırma yapmıştır. 1975 yılında Orhan Pekin patentini aldığı kafes kiriş sistemin hesaplarını ve moment çerçeve ile deprem perdelerine nazaran depreme daha dayanıklı olduğunu Prof. Dr. Kemal Özden ile hesaplamış ve yayınlamıştır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Müh. Orhan Pekin ve Prof. Dr. Kemal Özden'in hazırladığı taşıyıcı sistem modelleri

Türkiye’de Orhan Pekin; Kemal Özden ve Faruk Sırmalı ile patentini aldığı ve Türkiye’de inşaatını yaptığı diagonal kafes kiriş sistemi (Şekil 1.2), daha sonra Romanya da tatbik edildi. Romenlerin yaptığı bu bina 4 Mart 1977 Bükreş depreminde yıkılmamıştır. Boğaziçi Üniversitesi’nin 1977 Bükreş depremi için hazırladığı raporda, betonarme çapraz kullanılan yapının deprem sırasında ayakta kaldığı ve çevresindeki benzer binaların yıkıldığı belirtilmiştir (Şekil 1.4). A.B.D. de betonarme çapraz elemanlar kullanılarak tatbik edilen Chicago Title binası Şekil 1.3’te görülmektedir (Pekin, 2000).



Şekil 1.2 Orhan Pekin tarafından Taksim’de yapılan düşey kafes kirişler



Şekil 1.3 Chicago Title binası

BOĞAZICI UNIVERSITY
Earthquake Engineering Research Institute

**ROMANIAN EARTHQUAKE
OF
MARCH 4, 1977**

Internal Report No. 77-107

of stiffness degradations. The engineers of the Romanian Building Research Institute reported that an unskilled expert report of the times classified almost all of these structures as unsafe and dangerous. It is important to observe that these buildings have characteristics quite similar to those of buildings currently in use in many cities around the world. Photographs of typical examples of failures for buildings in this group are shown in Figs. 27 to 31. The site of the collapsed Bar Continental Building was cleared off the debris at the time of the investigation. (A similar building survived the earthquake because of the stiffening effect of the diagonal reinforced concrete bracing as seen in Fig. 32.)



Fig. 32
Foundations of totally collapsed
Bar Continental complex.

Şekil 1.4 Boğaziçi Üniversitesi'nin 4 Mart 1977 Bükreş depremi için hazırladığı rapor

Yrd. Doç. Dr. Zafer KÜTÜĞ yönetiminde, İnş. Müh. Gülizar BİLGİN tarafından 2005 yılında yapılmış olan yüksek lisans tezinde, oniki katlı bir çerçeve, aynı çerçeveye eklenmiş betonarme çapraz elemanların olduğu bir sistem ve aynı çerçeveye eklenmiş perdeli bir sistemin deprem analizleri arasında karşılaştırma yapmıştır.

İnş. Müh. Erendiz ATAŞ' da, yine Yrd. Doç. Dr. Zafer KÜTÜĞ yönetiminde, 2005 yılında yaptığı yüksek lisans tezinde, oniki katlı bir çerçevenin, bu çerçeveye eklenmiş çelik çaprazlı sistemin ve aynı çerçeveye eklenmiş perdeli sistemin deprem analizleri arasında karşılaştırma yapmıştır.

1.2 Çalışmanın Amacı

Türkiye aktif deprem kuşakları üzerinde yer almakta ve çeşitli büyüklüklerde depremlere sahne olmaktadır. Ülke ekonomisinin kalbi sayılan birçok fabrika ve işletmenin deprem kuşağı üzerinde ya da etki alanı içinde bulunması ve bu bölgelerdeki nüfusun yoğunluğu dikkate alındığında depreme dayanıklı yapıların tasarımı ve inşaatı büyük önem arz etmektedir.

Depreme dayanıklı yapı tasarımındaki temel varsayımlardan biri, yapının taşıyıcı elemanlarının, ender oluşan şiddetli bir deprem altında elastik sınırlar içerisinde kalamayacağı, çeşitli yerlerde donatının akması ile plastik mafsalların oluşacağıdır. Bu tür depremde önemli olan insan hayatının kurtarılması olduğundan, yapının ayakta kalması önemlidir. Yapısal hasarın oluşması doğaldır. Bu hasarın da onarılabilecek düzeyde kalması elbette tercih edilir. Yapının bu konumda ayakta kalabilmesi deprem esnasında ortaya çıkan enerjinin tüketilebilmesi ile mümkündür. Depreme dayanıklı yapı tasarımı yapılırken bu husus her zaman göz önüne alınmalıdır.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında sağlanması gereken üç koşul vardır.

- ✓ Dayanım
- ✓ Süneklik
- ✓ Sınırlı yanal ötelenme (rijitlik)

Bu koşullar aşağıda kısaca irdelenecektir.

Bilindiği gibi yönetmeliklerden elde edilen yatay yükler yapıya etkimesi beklenen yüklerden çok küçüktür. Yapının sünek davranacağı varsayımı ile gerçek yükler, davranış katsayısı olan R 'ye bölünerek büyük oranda azaltılmaktadır. Bu nedenle, yönetmelik yüklerini kullanarak yapılan hesap sonucu elemanlarda hesaplanan iç kuvvetlere bakarak elemanın elastik kalıp kalmadığını kestirmek son derece yanlıştır. Gerçekçi yaklaşım, hesaplanan iç kuvvetleri bir yana bırakarak, kritik noktalarda donatının aktığını ve bu noktalarda kesitin moment kapasitesine ulaştığını varsaymaktadır. Bu ilkeye göre kiriş ve kolon uçlarında plastik mafsal olduğu varsayılmıştır. Kolonlar kirişlere göre çok daha gevrek bir davranış gösterdiğinden mafsallaşmanın öncelikle kirişlerde olanı tercih edilmelidir. Yönetmeliklerde bu tercih “kuvvetli kolon – zayıf kiriş” ilkesiyle ifade edilir.

Daha önce çok şiddetli bir deprem altında yapı elemanlarının elastik sınırlar içinde kalmasının mümkün olmadığı belirtilmişti. Bu durumda yapının ayakta kalabilmesinin ancak yeterli enerjinin tüketilebilmesi ile mümkün olacağı da vurgulanmıştı. Enerjinin büyük bir yüzdesi oluşan plastik mafsallarda tüketilir. Bu durumda plastik mafsalların büyük dönme yeteneğine sahip olmaları önemlidir. Süneklik, taşıma gücünde önemli bir azalma olmadan enerji tüketebilme yeteneğidir. Yönetmeliğimizde, yapı elemanlarının sünek davranarak yeterli enerjiyi tüketebilecekleri varsayımı ile, kestirilen deprem kuvvetleri R katsayıları ile azaltılmaktadır. Bu nedenle Yönetmelikteki kuvvetler kullanılarak yapılan bir tasarımda süneklik mutlaka sağlanmalıdır. Sünekliğin sağlanabilmesi için aşağıdaki koşullara dikkat edilmelidir.

- ✓ Kiriş ve kolon uçları sık ve kapalı etriyelerle sarılmalıdır.
- ✓ Yönetmelikteki kenetlenme ve bindirme boylarına uyulmalıdır.
- ✓ Kiriş ve kolonlarda kapasite dizaynı yapılarak kesme kırılması önlenmelidir.
- ✓ Yönetmelikte öngörülen donatı sınırlarına ve detaylarına uyulmalıdır.

Sınırlı yanal ötelenmenin çok önemli olduğu özellikle son 10 yılda yapılan gözlemler ve deneylerle kanıtlanmıştır. Bu nedenle tasarımda, özellikle düşey taşıyıcıların boyutlarında cömert davranılması gerekmektedir. Başka bir deyişle yapının yanal rijitliğinin yüksek tutulması gerekir.

Deprem dinamik bir olaydır ve depremin yapıya etkisi zemin özellikleri yanında yapının dinamik özelliklerinden olan rijitlik, periyot ve sönüme bağlıdır. Yapının dinamik özelliklerini belirleyen rijitlik, bilindiği gibi malzemenin gerilme-deformasyon ilişkisi yanında, düşey taşıyıcı elemanların eylemsizlik momentlerine bağlıdır.

Yanal ötelenmenin azaltılmasındaki temel ilke, bazı çerçevelerin kuvvetlendirilip, rijitleştirilmesidir. Bu işlem, uygun çerçevelere konacak çaprazlarla veya betonarme perdelerle sağlanır.

Betonarme perde ile onarım/güçlendirme ülkemizde depremler sonrası en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Genelde hasar gören yapılarda hemen tüm kiriş ve kolanlarda malzeme yetersizliği, donatı eksikliği ve kesitlerin yetersiz olması ve yönetmelik koşullarını sağlamaması, bu sebeplerle binaların büyük bir çoğunluğunun yanal rijitliğinin düşük olması bu yöntemi çekici kılmaktadır(Celep ve Kumbasar, 2000).

Ancak betonarme perdeler, pencere boşluğu gibi mimari birtakım istekleri engeller, yapıyı ağırlaştırıp depremde gelen yatay kuvvetleri artırır ve çok rijit olduğu için depremde ortaya çıkan kuvvetlerin büyük bir kısmını alır, yapının Üstyekün dayanımını sağlayamaz ve diğer

perde olmayan kısımların tahribine sebep olabilir ve en önemlisi temellerde çok büyük kuvvet çiftleri ortaya çıkararak yapının temellerden tahribine sebep olabilir.

İşte bu sonuçlar doğrultusunda bu tez çalışmasında, betonarme perdelerle nazaran daha az rijit olan betonarme çaprazlar Çerçeve sisteme uygulanıp, betonarme Perdeli sistemle ve kolon ve kiriş elemanlarından meydana gelen Çerçeve sistemi ile karşılaştırılmıştır, birbirlerine olan üstünlükleri irdelenmiştir.

1.3 Deprem Hareketi

Önceden bir uyarı olmadan meydana gelmesi yönünden deprem, doğal afetler arasında kendine has bir özelliğe sahiptir. Deprem meydana gelmeden önce bazı ön işaretler görülebilsen de, günümüzde depremin önceden tahmin edilmesi konusunda güvenilir sonuçlar henüz mevcut değildir. Güvenilir bir uyarı sisteminin henüz mevcut olmaması, yapıların depreme karşı dayanıklı düzenlenerek, depremin etkilerinden korunmanın sağlanması gereğini ortaya çıkarmıştır.

Doğal afetlerin en önemlilerinden biri olan deprem, yer kabuğunun bir titreşimi olduğu için yapıların mesnetlerinde zamana bağlı bir yer değiştirme hareketi doğurarak dinamik bir etki oluşturur. Özellikle depremin sık ve şiddetli olduğu ülkeler için bu titreşim hareketinin incelenmesi 'Yapı Dinamiği' nin ana problemlerinden biridir. Depreme dayanıklı yapı tasarımının önemli iki adımından biri yapının iyi düzenlenmesi ve yeterli kalitede olması, diğeri ise, bu yapıda depremin oluşturması beklenen kesit zorlarının yeterli yaklaşıklıkla belirlenerek karşılanmasıdır. Deprem etkisi, yapıları alışılmış yüklerin üzerinde zorlayarak, yapının tasarımında ve uygulanmasında yapılmış hataları ortaya çıkarır.

Depremin meydana gelmesi dünyanın yapısı ile ilgilidir. Dünyamız yaklaşık olarak, 6400 km yarıçapında, küresel bir şekle sahip olup, ortalama yoğunluğu 5500 kg/m^3 civarındadır. Ancak merkeze doğru basıncın artması nedeniyle yoğunluk büyür. Depremler yer kabuğunun titreşimi olduğu için, bunların yayılması dünyanın içindeki yapısal durumla yakından ilgilidir.

1.4 Depremin Oluşumu

Depremlerin çok büyük bir bölümü, yer kabuğunda soğuma veya çeşitli etkilere meydana gelen şekil değiştirme enerjisinin ani olarak açığa çıkmasından meydana gelir. Böyle bir olay sırasında yer kabuğunu oluşturan plakalar kendisini sınırlayan çizgiler olan faylar boyunca ani olarak kayar. Bu tür tektonik depremde ortaya çıkan yer değiştirme dalgaları sönmülerek uzaklara yayılır. Deprem yer ve şiddetine göre yer kabuğunda yeni fayları da oluşturabilir.

Depremler, yer kabuğundaki faylanmanın bir sonucudur. Aktif faylar geçmişte şekil değiştirmeye uğrayan ve gelecekte de uğraması muhtemel olan fay çeşididir. Bunlar bölgenin jeolojik ve Üstografik incelenmesi ve hava fotoğraflarının değerlendirilmesi sonucu tespit edilebilir. Depremler genellikle aktif fay boyunca meydana geldiği için önemli yapıların projelendirilmesinde aktif faya uzaklık ve diğer sismolojik parametrelerin gözönünde bulundurulmaları gerekir.

Yüzeyde, deprem odağının hemen üstüne rastlayan nokta Merkezüstü (Episantr) olarak adlandırılır. Merkezüstü, depremin en kuvvetli hissedildiği bölgedir. Merkez üstünden uzaklaştıkça kısa periyotlu titreşimler, uzun periyotlulara göre daha çabuk sönümlenir. Odak merkezüstü uzaklığı (odak derinliği) depremin derinliğinin ölçüsüdür. Bu derinliğin yaklaşık 70 km' den az olduğu durumlarda sığ, 70 km – 300 km arasında orta derinlikte ve yaklaşık 300 km' den fazla ise derin depremler sözkonusudur. Yurdumuzdaki depremlerin odak derinliği genellikle 10 km – 30 km arasındadır. Depremlerin oluşum sıklığı derinlikle azalır. Yıkıcı depremler ise, daha çok sığ olanlardır.

1.5 Zemin Durumunun Deprem Hareketine Etkisi

Depremin yer altındaki bir kaynaktan yayılan titreşim hareketi olduğu bilindiğine göre, yeryüzündeki bir bölgede meydana getirdiği etkinin bağlı olduğu belli başlı parametreler;

- Depremin büyüklüğü,
- Gözönüne alınan bölgenin enerjinin açığa çıktığı kaynağa olan uzaklığı,
- Kaynaktan yayılan deprem dalgasının gözönüne alınan yere gelinceye kadar geçtiği ara bölgenin jeolojik durumu,
- Deprem enerjisinin kaynakta açığa çıkma türü,
- Ara bölgede bulunan faylarda veya serbest yüzeylerde deprem dalgasının kırılması ve yansımaları,
- Gözönüne alınan bölgedeki zemin durumu; olarak sınırlanabilir.

1.6 Yapı Periyodu

Yapı rijitliği ile kütlesi, yapı periyodunu karakterize eder. Periyot, yapının bir salınım devri için geçen süredir. Bir kütlenin zamana bağlı hareketi a ivmesi ile oluşur. $F=m.a$, dinamik kuvvet doğar. İvme yer titreşiminden oluşur, yapıların doğal periyoduna bağlı olarak değişir. Yapı periyodu yapıya gelen yükün büyümesi ile uzar. Yapı elastik limit dışında titreşim

yapar, yapı rijitliği azalır. Rijitlik azaldıkça yada kütle arttıkça, yapı periyodu da uzar. Yapı rijitliğinin değişmesi ile özellikle depremlerde olan değişmeler, yapının doğal titreşim periyodunu etkiler.

1.7 Rezonans Senkronizasyon

Yapı doğal periyodu, zemin titreşim periyoduna ne kadar yakın olursa, hasar o kadar fazla olur. Yapıya gelen kuvvet, yapının salınım hızını daha da artırır, şiddetlendirir ve neticede hasar artar. Deprem etkilerini azaltmak için, inşa edilecek yapıların periyodunu, zemin hakim periyodundan uzaklaştırmak gerekir. Zemin hakim periyodu sabit olup, yapı periyodunun değiştirilmesi mümkündür. Yapı periyodu, yapıya yeni perde ve rijitlik elemanları ilave edilerek değiştirilebilir. Yapının uzun veya daha kısa periyotlu olacağı saptanır. Hangi durumun seçileceği ekonomiyi, deformasyon etkilerini, stabiliteyi içeren daha sık kalın perde veya ince seyrek kolon elemanlı yapı tanzimi için bir çalışma yapılması gerekir. Titreşen bir sistem üzerine etkiyen ivme, sistemin doğal periyodunun, titreşimin periyodu ile çakışması sonucunda (senkronizasyon) aşırı derecede artar. Yapı sallanma periyodu, üzerinde bulunduğu zemin sallanma periyoduna yakınsa, yapıda hasar çok fazla olur. Buna rezonans denir. Yapıya gelen her kuvvet her seferinde yapının hızını arttıracak şekilde etkir. Bir salınacağı sallarken yapılan itme hareketine benzer. Basit olarak her seferinde yapının hızını arttıracak şekilde etkiler. Dolgu zemin periyodu (0.7) sn ise, 8-10 katlı bir apartman yapı periyodu (0.6-0.8) sn civarındadır. Tek katlı bir gecekondur periyodu (0.1) sn' dir. Apartman depreme dayanıklı yapılmış olsa da, tek katlı gecekondudan daha fazla hasar görür. Apartman, tabii titreşim periyodu ile dolgu zemin titreşim periyodunun birbirine yakın olması, Rezonans olayını gerçekleştirir. Uzun periyotlu yapıların, kısa periyotlu zeminler üzerinde daha emniyetli olacağı kabul edilir. Kısa periyotlu yapılar uzun periyotlu zeminler üzerinde daha emniyetlidir.

2. DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMI

Deprem etkisinin karşılanması ile ilgili yönetmelik kayıtları incelendiğinde bunların çok sayıda kabule dayandığı görülür. Bu durum, depremin kendisindeki belirsizlikten ve bu etki altında yapının davranışının belirlenmesindeki zorluktan kaynaklanır. Çözüm ne kadar ayrıntılı ise, gerekli kabuller o kadar fazla olacaktır. Bu nedenle çözüm sayısal sonuçlarının değerlendirilmesi yanında daha önce meydana gelen deprem hasarlarında kazanılan deneyimlere de uyulması önemlidir. Bu açıdan bakıldığında bir betonarme yapıda özen gösterilmesi gereken önemli noktalar aşağıdaki gibi verilebilir.

- a) Taşıyıcı sistemin düzenlenmesinde her iki doğrultudaki yatay yükleri karşılayacak çerçevelerin meydana getirilmesi, bu etkilerin güvenli bir şekilde karşılanması bakımından gereklidir. Taşıyıcı sistemin iki doğrultudaki eksenlerinin kesim noktalarında kolonların bulunması ve kirişlerin kolonlarla dış merkezlik olmadan birleştirilmesine özen gösterilmelidir. Bunun gibi kolon ve perdelerin süreksizliğe uğramadan temelden en üst kata kadar devam ettirilmesi, yatay yüklerin karşılanmasındaki belirsizliği önlemek bakımından daima tercih edilmelidir. Taşıyıcı sistemde ortaya aşırı zorlamaların ve etkilerin karşılanmasından önce, bu etkilerin meydana gelmemesi veya azaltılması için gerekli düzenlemelerin yapılması için çaba sarf edilmelidir.
- b) Depremde en çok zorlanan yerlerden birisi kiriş-kolon birleşim bölgeleridir. Burada donatının düzenine, kenetlenmenin sağlanmasına ve kolonda etriyelerin devam etmesine özen gösterilmelidir. Bu bölgede donatının sıklığı nedeniyle betonun yerleştirilmesinin zor olduğunu gözönüne alarak, gerekli tedbir alınmalıdır.
- c) Deprem zorlaması en fazla alt katlarda etkili olacağı için, buradaki kolon düzenine önem verilmeli, görünüş ve kullanım gerekleriyle ani rijitlik değişikliğine gidilmemelidir.
- d) Taşıyıcı sistemde, rijitlik ve dayanımın düzgün bir şekilde dağıtılmasıyla depremden meydana gelebilecek hasarların bazı bölgelere yoğunlaşmadan tüm yapıda düşük düzeyde dağılı olarak ortaya çıkacağı unutulmamalıdır.
- e) Taşıyıcı sistemin planda simetrik olarak düzenlenmesi, depremden ortaya çıkacak etkilerin gereksiz artmasını önler.
- f) Kolon ve perde kesitlerinin, taşıyıcı sistemin iki doğrultudaki rijitliğini birbirine yaklaştıracak şekilde belirlenmesi, her iki doğrultudaki deprem zorlamasının uyumlu olarak taşınmasını sağlar.
- g) Kolon ve kirişlerin birleşim bölgelerine yakın sarılma bölgeleri deprem etkisinde daha fazla zorlanacağı için, etriyelerin sıklaştırılması ile buradaki betonun hem dayanımının ve

hem de sünekliğin artması sağlanır. Böylece deprem etkilerinin sebep olacağı hasar da düşük düzeye indirilebilir.

h) Taşıyıcı sistemin depremde hasar görmesinin nedenleri önem sırasına göre;

1. Taşıyıcı sistemin iyi düzenlenmemiş olması,
2. Malzeme (özellikle beton) dayanımının düşük olması,
3. Konstrüktif ayrıntılara dikkat edilmemiş olması,
4. Statik ve betonarme hesapların yeterli olmaması olarak verilebilir. Burada konstrüktif esaslara uymamanın, sistemde doğru ve yeterli düzeyde çözümleme yapılmamasından daha önce gelen bir hasar nedeni olduğu görülmektedir. Bu nedenle özellikle bilgisayar programların desteği ile hazırlanan projeler sonuçlanmasından sonra, bazı kısa ve basit hesaplar yapılarak, kesit boyutları ve donatı miktarları kontrol edilmelidir. Bunun gibi, projenin donatı düzeni konstrüktif kurallar esas alınarak, tekrar gözden geçirilmeli ve yerleştirilmesinde zorluk şüphesi olan bölümlerde değişiklik yapılmalıdır.

- i) Temel bağ kirişlerinin, temelleri birbirine bağlayıp birbirlerine göre yerdeğiştirmeyi önleyecek şekilde düzenlenmesi ve donatının kenetlenmesinin temel bloku içinde yapılması gerekir.
- j) Yapılarda kütlesi büyük olan katların zemine yakın düzenlenmesi ile meydana gelecek atalet kuvvetlerini yapıyı daha az zorlaması sağlanacaktır.
- k) Kirişsiz döşemeli yapılarda, döşeme ve kolonların oluşturduğu çerçeveler, yatay yüklere karşı çoğunlukla yeterli rijitlik sağlayamadığı için, deprem perdeleri ile yapının rijitleştirilmesi uygundur.

Özetle, depreme dayanıklı yapıda bulunması gereken özellikleri şu maddeler halinde sıralayabiliriz:

I. Yapı hafif olmalıdır

Depremden dolayı yapıya gelen yükler yapı ağırlıkları ile ilgilidir. Deprem sarsıntısı etkisi kütle büyüdükçe artar. Deprem yükü yapı kütlesi ile direkt bağlantılıdır. Hafif yapı malzemeleri kullanılması uygundur. Yapının ağırlığını azaltmak için hafif, dayanımı yüksek bölme duvarları kullanılır. Ara bölme duvarlar yük taşımaz diye düşünülse de yapıya yatay bir rijitlik sağlarlar ve yanıl ötelenmeleri kısıtlarlar. Yapılarda zorunluluk olmadan büyük açıklıklı kirişlerden ve büyük boşluklardan sakınmalıdır. Bu boşluklar ve hacimlerden dolayı ağır kütleler oluşabilir. Ağır kütleler deprem titreşimi esnasında kiriş ve kolonlara aşırı yük gelmesine neden olabilir.

Ayrıca kütlelerin üniform dağılışı sağlanmalıdır. esine neden olabilir. Ayrıca kütlelerin üniform dağılışı sağlanmalıdır. Yapıların cephelerini giydirmek amacı ile yerleştirilen ağır paneller, birleşim yerinden kolaylıkla koparlar. Yapıya giydirilen cephe panelleri taşıyıcı sisteme iyice ankre edilmelidir.

II. Yapı rijit olmalıdır

Yapı deprem yükleri etkisinde hareket ederek esnek davranış göstererek salınımlar (titreşimler) yapmalıdır. Bu şekilde salınımlar, deprem enerjisinin yapıyı yıkmasını önler. Bir deprem enerjisi, hareket enerjisine dönüşür. Fakat yapı yatay deplasmanları belli sınırları aşmamalıdır. Hafif ve orta şiddette depremlerde yanal ötelenmeler büyük ve kalıcı olmamalıdır. Aşırı esnek yapıların sünekliğinin fazla olması gerekir. Bu halde yapı maliyeti artar. Yapının rijit yapılması ile ikinci mertebe momentlerinin kabul edilir mertebe olması sağlanır. Rijitliği az yapı elemanlarında hasarlar büyüktür. Yeterli rijitliği olmayan yapılarda, yanal yer değiştirmelerin büyük olmasından ikinci mertebe momentlerinden, yapının stabilitesi bozulur ve rijitliği az olan elemanlarda hasarlar büyük olur. Katlar arası yer değiştirmeler süneklikten daha önem kazanmakta görüşü öne çıkmıştır. Yapılar rijit yapılacak fakat düğüm noktalarında süneklik sağlanacaktır.

III. Yapı sünek olmalıdır

Düktıl yapılar, yıkılmadan önce çok büyük salınımlar yapan ve hasar görebilen ve kolay kolay yıkılmayan yapılardır. Enerji tüketimi, elastik sınırlar dışında oluşacak deformasyonlarla sağlanır. Yapının belli bölgesinde donatının akması ile oluşacak plastik mafsallarda aşırı dönmeler olmadığı takdirde gerekli görülen enerji tüketimi sağlanamaz. Enerji tüketimine, büyük deplasmanlar yapan yapının, artan sönüm özelliği ve zemin-yapı etkileşimi de katkıda bulunacaktır. Plastik deformasyonlarla sağlanan enerji tüketimi için yapının sünek olması gerekir. Sünekliğin ölçüsü düktilite katsayısıdır.

Düktilite katsayısı=(maksimum deformasyon) / (akma anındaki deformasyon)

IV. Gerekli dayanım sağlanmalıdır

Deprem dinamik bir olaydır ve depremin yapıya etkisi düşey yüklere benzemez. Dayanım, yapının depreme karşı sağlıklı bir davranış gösterebilmesi için zorunlu bir koşuldur. Yapı elemanlarında, depremden oluşan kesit tesirlerine karşı dayanım sağlanmalıdır. Betondan beklenen esas nitelik dayanım ve dayanıklılığın (durabilitenin)

yeterli düzeyde olmasıdır. Durabilite, betonun zaman içinde donatının dış tesirlere, korozyona karşı koruma yeteneğini, ömrünü belirleyen özelliktir. Dayanım ölçüsü 28 günlük karakteristik basınç dayanımıdır. Beton, basınç mukavemetinde önemli rol oynar. Depremden oluşan tesirlerin karşılanmasında çekme kuvvetlerinin alınmasında, yapı emniyetini sağlayan betonarme donatısıdır.

V. Yanal deplasmanlar sınırlandırılmalıdır

Depremlerde yapıların yıkılması, göçmesi, kat arası relatif deplasmanların büyük olmasından kaynaklanmaktadır. Deprem yükleri kiriş-kolonlar yerine deprem perdeleri ile karşılanırsa, perdelerin rijitliği nedeniyle katlar arası yanal deplasmanlar küçülür. Yapının stabil kalması, mal ve can kaybının en alt düzeyde olması için yanal ötelenmelerin sınırlı olması gerekir.

VI. Yapı malzemeleri ve işçilik

Kullanılan yapı malzemelerinin gerekli standartları sağlaması gerekir. Bunun için önceden malzemelerin test edilerek, standartlara uygun olup olmadığı belirlenmelidir. Aşağıda belirtilen iki faktör dolaylı da olsa malzeme ve işçilik kalitesinin yükselmesine etki etmiştir.

- ✓ Hazır Beton
- ✓ Modern Kalıp Sistemleri

VII. Yapının göçmesi kirişlerin plastik göçme mekanizması ile olmalıdır

Yapının deprem tesirlerinden göçmesi, yapıda kirişlerde oluşan plastik mafsallaşma ile oluşmalıdır. Çerçeve sistemlerde iki şekilde plastik göçme mekanizması oluşmaktadır.

- ✓ Kiriş Mekanizması: Kiriş mekanizmasında eğilme momentinden kiriş uçlarında plastik mafsallar oluşmaktadır.
- ✓ Kolon Mekanizması: Kolon mekanizmasında plastik mafsallaşma kolon uçlarında olur.

2.1 Depreme Karşı Güvenlik

Güvenlik yapının taşıyabileceği yükün taşınması beklenenden büyük olması şeklinde tanımlanabilir. Güvenliğin sağlanmasında çözümlemenin verdiği sonuçlara uygun olarak boyutlama yapılır ve yapının zorlanan kısımlarına özen gösterilir. Ayrıca yapının bütünlüğüne veya kararlılığına olumsuz yönde etki edecek göçme biçimlerinin ortaya çıkmaması için önlem alınır. Ancak depreme dayanıklı tasarım ve boyutlamada düşey yükler altındakinden

daha büyük belirsizliklerle karşılaşılır. Bu belirsizlikler, etkimesi beklenen yükler yanında yapı elemanlarının ve birleşim yerlerinin sünekliğini büyük ölçüde etkileyen davranışların belirlenmesinde ve taşıma güçlerinin bulunmasında ortaya çıkar. Bu nedenle bir yapının ömrü boyunca herhangi bir zaman ve şiddette meydana gelebilecek deprem yüklerine güvenlikle karşı koyabilmesi kesin olarak belirlenebilecek bir özellik değildir.

Bir binanın sabit yük, faydalı yük, sıcaklık etkisi gibi etkilere maruz kalma sıklığı ile karşılaştırıldığında depremin çok daha seyrek olduğu görülür. Pek çok yapı beklenen şiddette bir depreme aruz kalmadan faydalı ömrünü tamamlar. Bu durumda her yapının beklenen şiddetteki depremi hiç hasarsız ve düşey yükler için olduğu gibi elastik davranış sınırları içinde kalarak karşılamasını amaçlamak çok pahalı ve ülke ekonomisine büyük yük getiren bir çözümdür.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında tüm dünyada uygulanan ilke: Yapının sık ve orta şiddetteki depremleri elastik sınır içinde kalarak; orta şiddetteki depremleri elastik sınırların ötesinde fakat taşıyıcı sistemde kolayca onarılabilecek önemsiz hasarlarla; çok seyrek ve şiddetli depremleri, büyük hasarlarla fakat taşıyıcı sistem tamamen göçmeden ve can kaybı olmaksızın taşıyabilmesidir. Bu anlayışta boyutlandırılan yapılarda deprem ivmesi, şiddetli bir depremde yapıya etki edebilecek değerin oldukça altında bir değer olarak kullanılır. Depreme karşı güvenlik hakkındaki en değerli bilgiler, depremden hasar görmüş yapı elemanlarının incelenmesi ile elde edilir. Deprem, tasarım, çözümleme ve uygulamada yapılan büyük hataları açığa çıkarır.

Depreme karşı güvenliğin sağlanmasında taşıyıcı sistem tasarımının özenle yapılması önemlidir. İyi bir tasarımda taşıyıcı sistemin çözümlemede göz önüne alınan davranış şekliyle, deprem altındaki davranış şekli birbirine yakın olur. Simetriden ayrılma sonucu ortaya çıkan burulma ve her türlü süreksizlik meydana getirilmesi ile taşıyıcı elemanların kesit tesirlerini gereksiz yere artmasından kaçınılmalıdır. Bu tür tasarım mimari isteklere cevap vermeyebilir. Ancak 'Mimarisi ve taşıyıcı sistemi deprem açısından kötü tasarlanmış bir yapıyı iyi bir depreme dayanıklı yapıya dönüştürecek güç yoktur' sözü unutulmamalıdır. Yine unutulmamalıdır ki simetri ve düzgünlük sağlayarak, kütle, geometri, rijitlik ve dayanımda önemli süreksizliklerden kaçınarak yapı maliyetini büyük ölçüde düşürmek mümkündür. Yapı elemanlarının dayanımlarını birbirlerine göre biraz farklı düzenleyerek kuvvetli bir depremde oluşacak göçme mekanizmasını kontrol etmek ve orta büyüklükteki bir depremde, deprem sonrası onarımları sınırlı tutmak da mümkündür. Örneğin sistemin ani göçmesini önlemek için kolonların güçlü ve kirişlerin kolonlara göre daha zayıf düzenlenmesi

ve böylece ilk plastik mafsalların kırışlerde oluşmasını sağlamak uygundur (kuvvetli kolon – zayıf kırış ilkesi).

Yapı elemanlarının kendi dayanımları, taşıyıcı sistemin dayanımı için gerekli olduğu gibi, elemanların birleşim bölgelerinin standart ve yönetmeliklere de uygun düzenlenmesi önemlidir. Depreme karşı güvenliğin sağlanmasında, taşıyıcı sistem tasarımının iyi yapılması çözümlemeden daha önemlidir. Bu nedenle şu noktalara dikkat edilmesi uygundur.

2.1.1 Geometri

Yapı ne kadar basit düzenlenmişse depreme dayanıklılığı o kadar yüksek olmaktadır. Basit ve düzenli yapıların yapımı kolay olduğu gibi yapımda hata yapma olasılığı da azdır. Ayrıca bu tür yapıların deprem etkisi altındaki davranışını tahmin edip buna uygun bir çözümleme yapmak daha kolaydır. Karmaşık ve düzensiz yapıları modellemek ve çözümlemek uzun zaman aldığı gibi hem proje hem de uygulama sırasında hata yapma ihtimali yüksektir.

Benzer nedenlerden dolayı yapının iki doğrultuda simetrik olması istenir. Böylece çözümlemede bulunan davranış şekliyle deprem sırasındaki davranış birbirine yakın olur. Ayrıca simetri de her zaman yeterli olmayabilir. Yukarıda bahsedilen basitlik de önemlidir. Rijitlik merkezinin simetri merkeziyle çakışmaması durumu ek burulma meydana getireceğinden bundan da kaçınılmalıdır. Simetri yalnızca yapının planında değil, taşıyıcı sistemdeki ayrıntılarla da sağlanmalıdır. Ayrıca, deprem sırasında kolon veya perdelerde meydana gelen hasar, elemanların dayanım ve rijitliklerini değiştirir ve statik konumda simetrik olan yapı dinamik durumunda burulma etkisine maruz kalabilir. Bu durumda taşıyıcı sistemin her hangi bir elemanının (kolon, perde) depremde hasar alıp taşıyabileceği düşünülerek tasarım yapılmalıdır.

Planda uzun olan yapılar kısıtlara göre daha çok zemin özelliklerinin değişimine ve zemin çökmelerine maruzdurlar. Özellikle tekil temellere sahip uzun yapılar zemin etkilerine daha hassastırlar. Sürekli temellerle sistemin davranışı uygun hale getirilebilir. Düşey kesitte de yapının plandaki boyutlarının ani azalmasından kaçınılmazdır. Binanın narinliği arttıkça deprem sonucu meydana gelen devrilme momentleri büyür. Bunun sonucunda kolonlar zorlanır ve özellikle basınç alan kolonların ve bunların temellerinin boyutlandırılmasında zorluklar çıkar.

2.1.2 Süreklilik

Taşıyıcı sistem elemanlarının dayanımlarının düzgün ve sürekli olarak düzenlenmesi önemlidir. Kolon ve kirişlerin planda düzgün dağıtılması sistemin belirli bölgelerinin aşırı zorlanmasını önler. Bütün düşey elemanlar (kolon, perde) temelden çatıya kadar sürekli olmalıdır. Kolon ve ona mesnetlenen kirişler arasındaki dış merkezlik mümkün olduğunca önlenmeli ve bunların genişliklerini birbirine yakın olmasına çalışılmalıdır. Böylece kesit etkilerinin geçişini sağlayan iyi bir donatı düzeni sağlanabilir. Birleşim bölgelerine dikkat edilmesiyle meydana gelebilecek lokal hasarlar da önlenmiş olur. Taşıyıcı sistemde süreklilik elemanlarının birbirine yardım etmesini sağlarken, elastik davranışın ötesindeki taşıma kapasitelerini de arttırır. Ayrıca bu sırada ortaya çıkacak plastik mafsallarla dinamik enerjinin yutulan kısmı büyütülmüş olur.

2.1.3 Göçme Şekli

Deprem etkisine karşı boyutlamada kesitler önceden belirlenen etkilere karşı koyacak şekilde boyutlandırılırken, özellikle düşey taşıyıcıların dayanımlarını kaybederek tüm sistemin göçmesinden uzak kalınmak istenir. Bu nedenle kuvvetli bir deprem durumunda sistemin elastik ötesi davranışı göz önüne alınarak göçme durumunun incelenmesi gerekir. Genel olarak kolon yerine kirişlerde mafsallaşma oluşarak göçmenin ortaya çıkması tercih edilir.

Ancak kiriş kesitlerinin katlar arasında fazla değişmemesine rağmen kolon kesitlerinin üst katlara doğru küçültmesi bu özelliğin her zaman sağlanmasını engeller. Böyle durumlarda deprem yükleri arttırılarak boyutlama yapılması bir çözüm olabilir. Deprem yönetmeliklerinin sürekliliği az olan yapılarda daha büyük yatay yük katsayısı öngörmesi de bunun sonucudur.

2.1.4 Rijitlik ve Dayanım

Elemanların sürekliliği gibi, rijitliklerinde de ani değişikliklere neden olunmamalıdır. Yapılarda rijitliğin ani değiştiği bölgelerin deprem sırasında en tehlikeli bölgeler olduğu unutulmamalıdır.

Deprem etkilerini küçültmek için yapı elemanlarının rijitliğini uygun seçip titreşim periyodunu belli bir aralığa getirmek yoluna gidilebilir. Bunun için yapılması gereken spektrum eğrisinde bölgenin hakim periyodu ile yapınınkini uzak tutarak ‘rezonans’ olayını önlemektir.

Örneğin uzun zemin periyotlarının hakim olduğu bölgede, kısa periyotlu rijit, az katlı yapıların yapılması uygundur. Bu bölgelerde genellikle derin tabakalar halinde yumuşak

zemin bulunur ve yer hareketinin yüksek frekanslı bölümünü filtre ederek söndürür, geriye düşük frekanslı uzun periyotlu kısım kalır. Kayalık zeminlerde ise yer hareketinin yüksek frekanslı kısmı hakim olur. Buralarda yüksek periyotlu çok katlı yapılar uygundur. Bazı durumlarda yukarıdaki koşullar sağlanamaz. Ancak, temele yerleştirilen yer hareketi yalıtım düzenlerinin kullanılmasıyla yapının dinamik davranışı değiştirilerek deprem kuvveti azaltılabilir. Ancak bu tür uygulamalar şimdilik sadece deneme safhasındadır.

Yapının rijitliğini arttırarak depremde meydana gelecek şekil ve yer değiştirmeleri azaltmak mümkündür. Bu sayede taşıyıcı sistemdeki hasar azaltılabilir. Elastik yapılarda istenmeyen başka bir durum da yatay deplasmanların büyümesiyle normal kuvvetin ikinci mertebe etkilerinin artmasıdır. Orta büyüklükteki bir depremde bile bu tür çerçevelerde büyük yer değiştirmeler meydana gelir ve duvarlarda X çatlakları oluşur. Buna karşılık bölme duvarların bulunması, çerçeveye ek bir rijitlik kazandırarak yapının periyodunu küçültür. Bölme duvarlarında meydana gelen hasarla deprem enerjisi bir ölçüde söndürülür.

Çerçeve sistemin rijitliğini arttırmak için günümüzde betonarme perde duvarlar kullanılmaktadır. Bu perdeler sayesinde katlar arası yer değiştirmeler küçülmekte ve normal kuvvetin ikinci mertebe momenti de azalmaktadır.

Deprem etkileri genellikle zemin katta en büyüktür. Zemin kat kendi yatay yükü yanında üst katlardaki yatay yükü de taşır. Aynı şekilde sabit ve hareketli düşey yüklerde artarak bu katta en büyük değerini alır. Bu yüzden zemin kattaki elemanların dayanımlarının daha yüksek olması gerekir. Ancak kullanım şekli ve bazı mimari nedenlerden zemin katta hacimlerin geniş, taşıyıcı elemanların narin ve bölme duvarların az olması istenir. Zemin katlarda taşıyıcı elemanların yeterince bulunup bulunmadığını kontrol amacıyla Düşey Eleman Yoğunluğu tanımlanabilir. Düşey elemanların kesit alanlarının zemin kat alanına oranı olan bu yoğunluk, perde çerçeveli betonarme yapılarda % 2 civarındadır.

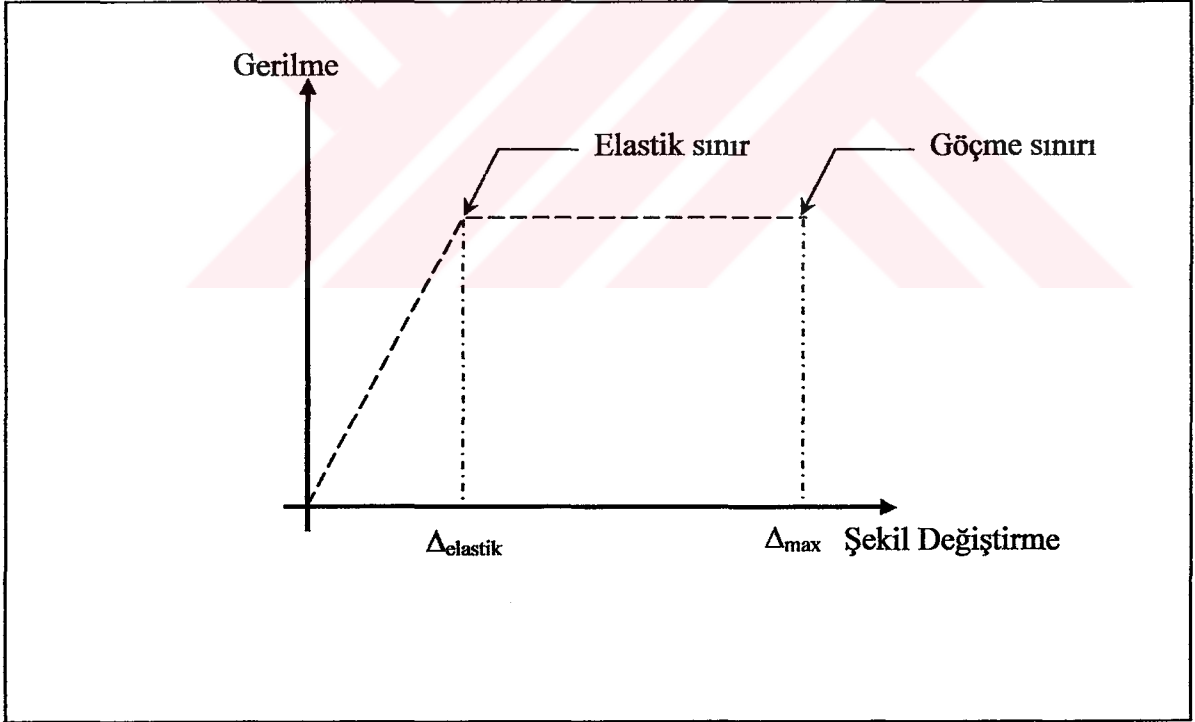
2.1.5 Süneklik

Yapıya gelecek deprem kuvvetlerini mümkün olan minimuma indirmek, büyük deprem kuvvetleri doğmasına meydan vermeden, gerekirse plastik mafsallar teşkili ile, alternatif yönlü yatay deprem deplasmanlarının yer alabilmesini sağlamaktır. Sünek inşaatta deprem enerjisi bu kesitlerde oluşan deplasmanlarla, kesitlerde kopma olmadan plastik mafsallar tarafından yutulur. Süneklik, yapının akma limiti ötesindeki deformasyonlara dayanabileceğinin bir ölçüsüdür. Yapıların ve yapı elemanlarının, enerji tüketme gücü, dolaylı olarak “süneklik katsayısı” ile tarif edilir. Düktilite katsayısı değeri büyükse bu değer,

elemanın akma noktasındaki deformasyonunu büyük ise, yapının tümü ile stabilitesini kaybetmeden büyük miktarda deformasyon yapabileceğini gösterir. Ağır hasar meydana gelmeden, deprem enerjisi yutulduğundan yapı depreme karşı koyar. Yapının yıkılma nedeni araştırılması için, en iyisi taşıyıcı sistemin plastik taşıma gücünü hesaplamak ve bunu yönetmelikte öngörülen taşıma gücü ile mukayese etmektir.

Taşıyıcı elemanların veya sistemin sünekliliği tersinir ve sistemi elastik sınırın ötesinde zorlayan etkiler altında enerji yutma sonucunu doğurduğundan, düşey yükler altındaki projelendirmelerde değil, sadece dinamik yükler etkisinde önem kazanır. Seyrek meydana gelecek şiddetli deprem etkisini, yapının elastik davranışının üzerinde şekil değiştirerek karşılaması ön görülür. Böyle bir durumda ise elastik olmayan davranış önem kazanır.

Yapının elastik sınırı geçip, sünerek kesit zorlarında önemli artmalar olmadan şekil değiştirme yapması arzu edilir. Bu yolla depremin dinamik etkisi ısı enerjisine dönüşerek şekil değiştirmeleri ve onun yanında sönümü arttırır. Bu özelliğe sahip yapılar sünek olarak isimlendirilir. Süneklilik Şekil 2.1 e bağlı olarak $\Delta_{\max} / \Delta_{\text{elastik}}$ olarak verilebilir.



Şekil 2.1 Elasto – Plastik gerilme-şekil değiştirme bağıntısı

Bir yapı sünekse, deprem sırasında zeminden yapıya iletilen enerjinin büyük bir kısmı elastik sınırın ötesindeki büyük genlikli titreşimler yapının dayanımını önemli ölçüde etkilemeden yutulur.

Süneklik sayesinde, yüklemenin aşırı artmasında akmaya ulaşan kesimlerde plastik şekil değiştirmelerle enerji alınırken, iç kuvvetlerin daha az zorlanan kesitlere dağılması sağlanır.

İyi düzenlenmiş sünek bir taşıyıcı sistemde deprem enerjisi, kontrollü hasarlarla göçmeden uzak kalınarak karşılanmış olur.

Sünekliğin gereği olan plastikleşme bölgesinin meydana gelebilmesi için sistemin yüksek mertebeden hiperstatik olması gerekir. Projelendirmenin de elastik davranışa dayanması gerekir. Yerinde dökme betonarme taşıyıcı sistemlerde bu, elemanların birbirine moment aktaracak şekilde bağlanması ile sağlanır. Taşıyıcı sistemin sünek olması için birleşim bölgelerindeki donatıda aderansın sağlanmış ve kenetlenmenin yeterli olması gerekir.

2.1.5.1 Sünekliği Arttıran Hususlar:

1. Yapı sisteminde, kesitler normal kuvvet yerine eğilme momenti tesirine göre kırılmalıdır. Eksenel yük almayan kirişlerde davranış nedeniyle yüksek enerji tüketilir. Mümkünse kirişlerdeki emniyet kolonlardakinden daha az olmalıdır.
2. Betonarme yapıda donatı, gereğinden fazla konulmamalıdır. Sünek yapıda donatı gereğinden az konulur. Hatta donatıyı gereğinden biraz az koyarak, plastik deformasyonların betondan önce, çelikte başlaması sağlanmalıdır.
3. Kiriş ve kolonlu düzgün çerçeveli sistemlerin sünekliği, perde duvarlı ve düzgün olmayan çerçeveli sistemlerin sünekliğinden daha fazladır. Kirişlerde kiriş uçlarında mafsallaşma ve zemin kat kolonlarında tabanda mafsallaşma olursa yapı labil duruma gelir. Bu istenmeyen bir durumdur.
4. Kolonlarda mafsallaşma ile çok az enerji tüketilir ve çok az sayıda kolon mafsallaşsa bile yapı labil hale gelir. Yapının labil hale gelmesi için zemin kat kolonlarının alt ve üst ucunda mafsallaşma olması gerekir.
5. Perdeli sistemlerde kırılmalar basınç ve kaymadan ileri geldiği halde, moment kapasiteli çerçevelerde kırılmalar, eğilme gerilmelerinden olur. Eğilmeden dolayı güç tükenmesi halinde, enerji sönümü gerçekleşecektir. Perdeli sistemlerde önce perdeleri birbirlerine bağlayan bağ kirişlerinin uçlarında mafsallaşma ve sonra perdede, zemin kat alt ucunda mafsallaşma olur.
6. Sargı donatısı, genişlemek isteyen kolon göbek betonuna yanal basınç uygulayacaktır. Sargı donatısı yanal deformasyonu engeller, sünekliliği artırır. Bunun için kolon boyuna donatısı etriyelerle yeterli sıklıkta bağlanmalı ortaya gelen donatı bile etriyelerle karşı

çubuklara bağlanmalıdır. Kolon üst ve alt başlarında ayrıca, kiriş yüksekliği boyunca etriyeler sıklaştırılmalıdır. Böylece kiriş-kolon birleşiminde beton iyice sarılmalı, birleşim noktasının moment aktarma görevini tam yapabilmesi sağlanmalıdır.

7. Betonarmede monolitik çalışma (tek düze) çalışma olması için, beton ve çeliğin birlikte çalışması için, beton ve donatı arasında oluşan aderans (kenetlenme) (bağ kuvveti) tam olmalıdır.

8. Kesitlerin enerji absorbe edebilme kapasitesini arttırmak için çekme donatısı miktarı sınırlanmalı, kopma uzaması küçük, yüksek mukavemetli çelik kullanılmamalı, donatı alanı sınırlı tutulmalıdır. Kritik kesitlerde basınç donatısına yer verilmemelidir. Çift donatılı dikdörtgen kesitler teşkil edilmemelidir. Plastikleşmenin, çekme donatısında başlamasına olanak verecek donatı yüzdeleri ve kesit boyutları seçilmelidir.

9. Aderans zayıflamasını önlemek için, donatı ek yerleri şaşırtmalı yapılmalı, kalın donatı kaynakla eklenmeli, kanca boyları usulüne uygun bırakılmalı, bindirme boyları için itinalı davranmalı, inşaat derzlerinin moment sıfır noktaları arasında yapılmasına dikkat edilmelidir.

2.1.6 Aderans (Kenetlenme)

- Moleküler ve kapiler bağ kuvvetlerinin beton ve donatı arasında sağlanan yapışma (adezyon).
- Beton ile donatı arasındaki sürtünme kuvveti, nervürlü donatıda betonla donatı arasında oluşan mekanik dış kuvvetler.
- Kenetlenme aderansı için beton içinde yeterli donatı boyunun bırakılması gerekir. Kenetlenme, düz kenetlenme, kancalı kenetlenme, kaynaklı enine çubukla kenetlenme şeklinde olabilir.

Sünekliği azaltan aderans zayıflaması ve kesme etkisidir. Bütün kesitlerde kayma bakımından hesaplanan mukavemet, eğilme bakımından hesaplanan mukavemetten daha düşük olmamalıdır. Bunun için kesitlere düz ve eğik kayma donatısı konularak, kayma mukavemeti eğilme mukavemetinden daha yukarı çıkarılmalıdır.

Eğilme ile zorlanan yapı elemanlarının düktilitesini azaltan iki tesir vardır:

- Aderans zayıflaması,
- Kesme eğilme elemanındaki güç tükenmesi.

Aderans yetersizliğinden veya kesme nedeniyle olduğu takdirde düktilite büyük çapta azalır. Güç tükenmesinin eğilme kapasitesinin yetersiz olması nedeniyle oluşması halinde, enerji sönümü artacaktır. Yukarıda bahsedilen bu iki etki, elemanın eğilme rijitliğinin de önemli ölçüde azalmasına neden olur. Aderansta zayıflamayı önlemek için kenetlenme boyunu sağlamak, sık etriye bulundurmak, kesme kırılmasını önlemek için, kritik bölgelerde sık ve yeterli etriye bulundurmak gereklidir. Özellikle çekme donatısının akarak mafsallaşacağı bölgeler çok sık etriye ile donatılmalıdır.

2.1.7 Yapının Sünek Teşkilinde Maliyet Artışı

Yapı sünekliğini sağlamak için, uygulanan kaidelerden kaba inşaat maliyetinde, klasik maliyette %10-15 bir artış olur. Yapıda kaba inşaat maliyet oranı %40 ise, düktilite şartlarını sağlamak için maliyette %4-6 artış olur. Bu %6 maliyet artışı ile deprem hasarları karşılığı başta ödenen bir deprem sigortası gibidir. Bu değerler çok az bir değer teşkil ederler. Bir yapı, o şekilde projelendirilip inşa edilmelidir ki, şiddetli bir depremde meydana gelecek onarım masrafları, olası hasarları önleyici yapılacak emniyet önlemlerinin, başlangıçta gerektireceği maliyet artışlarından az olmalıdır. Olası hasarın masraflarını, belli bir seviyenin altında tutmayı hedef alan, ek güvenlik önlemlerinin sebep olduğu maliyet artışlarına müsaade edilmelidir. Bir kerede %6 bir maliyet artışı ödeyip, %100' lük bir rizikoyu mesela %10' a indirmeyi sağlamak gerekir.

2.2 Deprem Yönetmeliği

Yapılarda deprem sonucu meydana gelen hasarlar bu konuda bazı kuralların belirlenmesi gereğini hissettirmiştir.

Deprem yönetmeliği olarak isimlendirilen bu kurallar Üstluluğunun dünyadaki gelişmesinde San Francisco (1906), Messina Reggio (1903) ve Tokyo (1923) depremlerinin önemli etkisi olmuştur. Hasarın yaklaşık %5-20 sinin yer hareketinden ve %80-95 inin yangından olduğu tespit edilmiştir. Deprem sonucun da yapılan incelemelerden, özenli projelendirilmiş ve inşa edilmiş binaların depreme dayandığı, özellikle ahşap çerçeveli yapıların çok iyi davranış gösterdiği belirlenmiştir. Bu gözlemler 1925 Santa Barbara düzenlenerek 1927 de Uniform Building Code'un ilk yayımında kullanılmıştır.

1908 de Richter ölçeğinde 7.5 olan Messina Reggio depremi İtalyada küçük bir bölgede 160.000 can kaybına neden olmuştur. Yörede, depremde önce ahşap çerçevelerinin içi harçla birleştirilmiş taşlarla doldurularak bina yapmak yaygındı. Bu tür yapılar iki kattan yüksek olmaması ve mevcut olanların iki kata indirilmesi öngörülmüş, ama bu durum

uygulanmamıştır. 1923’de Tokyo da (Japonya) Richter ölçeğine göre 8.2 olarak meydana gelen 140.000 can kaybı ve %90’nı yangından olan büyük mal kaybı meydana gelmiştir.

Bu depremde de özenli düzenlenmiş binaların az hasarla depremi atlattıkları belirlenmiştir. Betonarme binalarının %10’u ağır hasar görürken %80’i hasarsız depremi atlattığı durumdaydı. Elastik davranan binaların taşıyıcı olmayan kısımlarında büyük hasar meydana gelmiştir. Bu deprem sonucu yapılan çalışmalarla dört ana ilkeye varılmıştır:

- ✓ Binaların depremde rijit cisim gibi davranması için bağları arttırılacaktır. Bu suretle periyot küçülürken, deprem hareketinde rezonansa gelmesi önlenecektir.
- ✓ Planda dikdörtgen gibi, kapalı şekiller tercih edilerek; U,L,T veya + gibi şekillerden kaçınılacaktır.
- ✓ Binada yükseklik boyunca sürekli olan ve planda simetrik rijit duvarlar kullanılacaktır.
- ✓ Deprem kat sayısı 1/10 alınarak hesaplanacak, yatay yükün sistem tarafından karşılanması sağlanacaktır.

Bu sebeple başlayan deprem yönetmeliği ihtiyacı zamanla genişlemiş ve çeşitli deprem yönetmelikleri ortaya çıkmıştır.

Deprem etkisinde bulunan diğer ülkelerde olduğu gibi, ülkemizde de, depreme dayanıklı yapı projelendirilmesi ve yapım esasları bu konu ile ilgili yönetmelikler ile düzenlenmiştir. İlk Zelzele Mıntıkaları Muvakkat Yapı Talimatnamesi adıyla 1940’da yayınlanan yönetmelik 1942, 1947,1953, 1961, 1968, 1975 ve son olarak 1997 yıllarında değişikliğe uğramıştır. Her ülkenin ekonomisi, yapım teknolojisi, maruz bulunduğu deprem tehlikesi, deprem kayıtlarının yeterlilik düzeyi, bölgelere göre beklenen deprem şiddeti ve zemin durumu gibi etkenler birbirinden çok farklı olduğundan bir ülkenin yönetmeliğinin başka ülkede aynen uygulanması genellikle uygun değildir. Ülkemizde bu konuyu düzenleyen esaslar Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik’te verilmiştir. Zaman zaman yeniden düzenlenen ve Deprem Yönetmeliği olarak da anılan bu yönetmelik diğer ülke yönetmelikleri gibi bazı ana konular içerir. Bunlar;

- ✓ Ülkeyi bölgelere ayırarak bu bölgelerin deprem tehlikesini gösteren bir deprem haritası vermek
- ✓ Bu bölgelerde göreceli deprem şiddetine karşı gelen deprem ivmesi tanımlamak
- ✓ Yapıları önem ve sünekliğine göre sınıflandırmak
- ✓ Değişik yapılar için hesap esasları vermek
- ✓ Dayanım ve sünekliğin sağlanması için yapım kuralları düzenlemek.

Deprem yönetmeliğinin ana hedefi, depremde göçmeyen yapıların meydana getirilmesidir. Ekonomik yapı ortaya çıkarılması arzu edilirse, insan hayatının güvenliğinin sağlanması daha önce gelir. Bu nedenle bazı durumlarda proje mühendisinin tecrübesini kullanarak, deprem etkisini daha ayrıntılı incelemesi gerekebilir.

Hemen hemen tüm deprem yönetmeliklerinde yapılarda deprem etkisi eş değer yatay kuvvetlere dönüştürülerek incelenir. Genellikle depremden meydana gelen düşey yükler göz önüne alınmaz. Bu durum yapının zaten düşey yer çekimi yükleri altında belirli bir güvenliğe sahip olması şeklinde açıklanabilir. Yatay deprem yükleri ise düşey yüklere göre daha farklı özelliktedir. Normal durumda düşey ivme ile yer çekimi ivmesine eşit olduğu halde, yatay ivme mevcut değildir. Deprem yönetmeliklerinde belirli bir biçimde bir yatay yük olarak tanımlanan deprem etkisini, statik özellikte olan yüklerle aynı türden hesaba katmak yanıltıcı olabilir. Deprem yükünün statik yüklerden çok farklı olan iki özelliği vardır.

- ✓ Depremi temsil etmek üzere alınan yatay kuvvetin karşı geldiği ivme değerleri elastik davranan bir yapının, söz konusu olabilecek şiddetli bir depremde maruz kalacağı ivmelerin $1/2 - 1/10$ 'u kadardır. Bu küçük ivmeler, yapının plastik şekil değiştirmelerle, yani belirli düzeydeki hasarlarla göçmeden karşı koyacağı ivme düzeyine elastik davranan bir yapıda temsil ederler.
- ✓ Deprem etkisi, yön değiştiren dönüşümlü bir etkidir. Bu nedenle sadece bu doğrultuda etki eden yüklerden farklı olarak, bazı malzeme özelliklerinin değişmesine neden olabilir. Yapının söz konusu büyük ve iki yöndeki yer değiştirmelere dayanabilmesi ancak iyi detaylandırma ve yapım işçiliği ile mümkündür. Her ülkede olduğu gibi yurdumuzdaki yönetmelik de zaman zaman değiştirilerek deprem mühendisliği ve ilgili dallardaki yenilikleri kapsamasına çalışılmıştır. Buna uygun olarak en son Eylül 1997'de Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik yayınlanarak 1 Ocak 1998'de yürürlüğe girmiştir. Yapılar düşey yüklerin yanı sıra deprem etkisiyle oluşan yatay kuvvetleri karşılamalıdır. Deprem etkisi genel olarak dinamik karakterde ve değişik yönlerde etkili olmasına rağmen pek çok durumda eşdeğer statik yüklere indirgenerek göz önüne alınır. Deprem etkisini önemli olduğu yüksek yapılarda ise, davranış yapı dinamiğinin ilkeleri kullanarak daha ayrıntılı belirlenmelidir.
- ✓ Hesaplarda, E deprem yükleri ile G sabit ve Q hareketli yükleri;

$$U = 0,9 G + 1,0 E \text{ ve } U = 1,0 G + 1,0 Q + 1,0 E \quad (2.1)$$

şeklinde birleştirilir. Buradaki birinci tür kombinasyon düşey yükün, yatay yükü taşımada faydalı etkisi olduğu zaman söz konusu olur. Amerikan Standartı ACI ise

$$U = 0,9 G + 1,43 E \text{ ve } U = 0,75 (1,4 G + 1,7 Q + 1,87 E) \quad (2.2)$$

formüllerini önermiştir (Yılmaz, 1999).

2.3 Yapı Elemanları Davranışı

2.3.1 Betonarme Davranışı

Betonarme homojen olmayan ve davranışı doğrusal elastik olmayan bir yapı malzemesidir. Davranışın zamana ve yük geçmişine de bağlı olması sorunu daha da karmaşık bir duruma sokar ve ideal malzeme varsayımı ile geliştirilen hesap yöntemlerini geçersiz kılar.

2.3.2 Kiriş Davranışı

Eğilme altındaki kiriş davranışında donatının önemi büyüktür. Yönetmelikte donatı oranı sınırlanarak kirişin sünek davranması sağlanmıştır. ‘Denge altı’ olarak adlandırılan bu kirişin davranışına donatı hakimdir ve moment-birim eğrilik ilişkisi elasto plastiktir. Eğilme çatlaması düşük yükler altında oluşur ve kirişin eğilme rijitliğini yaklaşık % 30 oranında azaltır. Betonarmede çatlaklar asal çekme gerilmelerine dik yönde oluşur, bu nedenle kesmenin büyük olmadığı yörelerde eğilme çatlakları eksene diktir ve çatlak genişliği çekme bölgesinden basınç bölgesine doğru azalır. Donatı çatlamayı önleyemez. Yeterli ve iyi yerleştirilmiş donatı çatlak genişliğinin kabul edilebilir düzeyde kalmasını sağlar.

Herhangi bir kiriş eğilme altında taşıma gücüne basınç bölgesindeki betonun ezilmesi ile ulaşır. Yönetmeliğin öngördüğü denge altı kirişlerde beton ezilme konumuna ulaşmadan çok önce donatı akmıştır. Donatının daha önce akması, kirişin daha sünek davranmasını sağlar.

Donatı aktıktan sonra birim eğrilik, dolayısıyla sehim sabit varsayılacak bir moment altında hızla artar. Bu davranış ‘plastik mafsallı’ olarak adlandırılır. Plastik mafsallı klasik mafsaldan tek farkı, serbest dönmenin sabit bir moment altında olmasıdır (akma momenti ~ taşıma gücü). Plastik mafsallaşma, yani sabit moment altında birim dönmenin hızla artması moment uyumuna yol açar, diğer bir kesitte moment artarken mafsallaşan kesitte sabit kalır. Kiriş göçme konumuna uç mafsallı oluştuktan sonra ulaşır. Göçme durumuna gelindiğinde oluşacak moment diyagramı doğrusal çözümlemelerden elde edilecek diyagramından çok farklı olabilir. Kirişin her hangi bir kesitindeki taşıma gücü momenti basit olarak aşağıdaki denklemle gösterilebilir.

$$M_u = A_s \cdot f_y \cdot d \quad (2.3)$$

Kirişin herhangi bir kesiti için f_y ve d sabit olduğundan ve j' deki değişim çok az olduğundan, taşıma gücü momentinin A_s ile orantılı olduğu söylenebilir.

Betonarme bir kirişin eğilme yerine kesmeden kırılması gevrek bir kırılmaya yol açar. Eğilme yanında kesmenin önemli olduğu durumlarda asal çekme gerilmeleri eğik yönde oluşacağından, kesme çatlakları kiriş eksenine yaklaşık 45° bir açıda oluşur. Kiriş hesabı yapılırken kesme kırılmasının önlenmesi için, kesme kapasitesinin eğilmeden fazla olması gerekir. Bu da yeterli etriye bulundurmakla sağlanır. Kirişlere konacak iyi detaylandırılmış kapalı etriyeler kesme kapasitesini arttırdığı gibi, eğilmede akma sonrası sünekliliği de önemli ölçüde artırır.

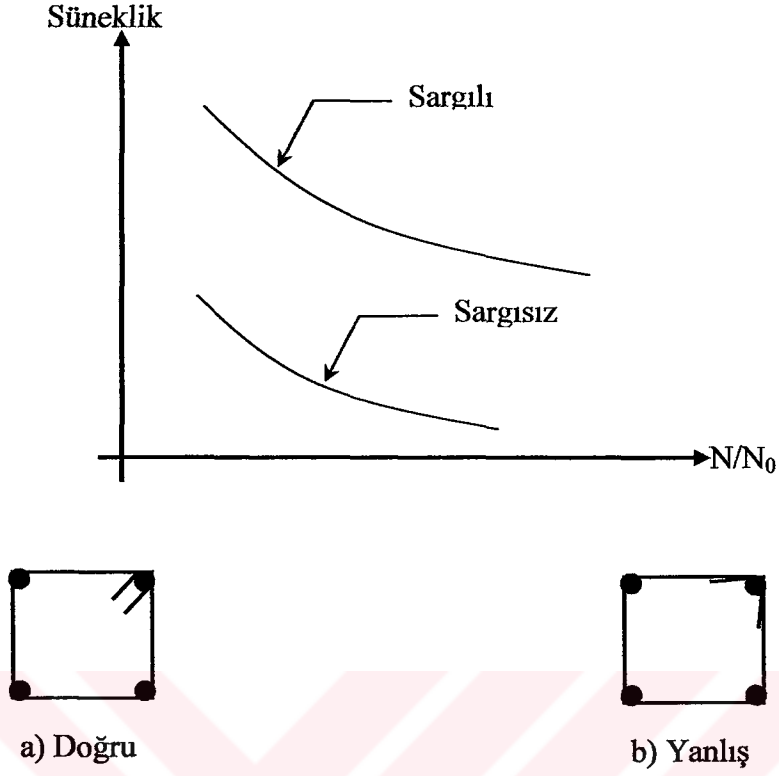
2.3.3 Kolon Davranışı

Eğilme ve eksenel basınç altındaki bir eleman kırılma konumuna iki biçimde ulaşabilir. Eğer eksenel yük düzeyi düşükse, kırılma biçimi denge altı kirişe benzer, başka bir deyişle önce çekme donatısı akar, sonra basınç bölgesindeki beton ezilir. Davranış oldukça sünektir ve bu süneklik eksenel yük düzeyi arttıkça azalır. Büyük eksenel yükler altında kırılma, çekme donatısı akmadan basınç bölgesindeki betonun ezilmesiyle oluşur. Bu tür kırılmada süneklik yoktur. Özetlemek gerekirse, kolonlarda süneklik eksenel yük düzeyine bağlıdır. Kolonun eksenel yük kapasitesi N_0 olarak tanımlanırsa, sünekliliğin N/N_0 oranını düşük tutmaktır. Bu da kesit boyutlarını arttırarak sağlanabilir. Kolon sünekliliği etkili sargı donatısı ile de arttırılabilir.

Kolonun taşıma gücüne basınç bölgesindeki betonun ezilmesi ile ulaşacağı daha önce söylenmişti. Betonun ezilmesi ile tüm basıncı almak zorunda kalan boyuna donatı bu konumda burkulur. Burkulma, sık yerleştirilmiş sargı donatısı ile geciktirilebilir.

Kolonlar özellikle yanal yükler altında (deprem, rüzgar, v.b.) büyük kesme kuvveti alabilirler. Bu tür kolonların kesmeden kırılması mutlaka önlenmelidir. Bu yeterli ve iyi düzenlenmiş kesme donatısı (etriye) ile sağlanır.

Kolon etriyesinin sargı olarak etriye uçlarının Şekil 2.2' de gösterildiği gibi göbeğe bükülerek kenetlenmesi gerekir. Etriye kenetlenmesi Şekil 2.2' deki yanlış uygulama gibi yapıldığı takdirde basınç altında uçlar açılarak etkili bir sargı sağlanmayacaktır.

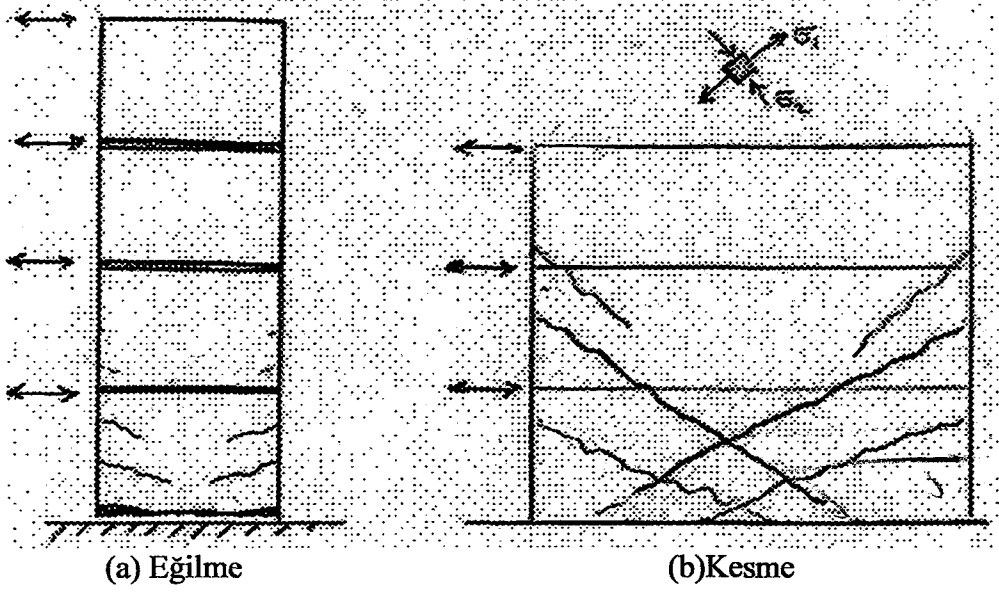


Şekil 2.2 Kolon etriye sarılımı

2.3.4 Perde Davranışı

Perde kırılma konumuna kesme veya eğilme nedeni ile ulaşabilir. Eğilme kırılmasına Şekil 2.3'de gösterildiği gibi oluşan eğilme çatlağı boyunca donatının akması ile ulaşılır. Kesmenin davranışa hakim olduğu durumlarda asal çekme gerilmelerine dik yönde oluşan eğik çatlaklar kırılmaya neden olur Şekil (2.3.b).

Asal basınç gerilmelerinin yüksek olduğu durumlarda perde gövdesinde eğik yönde ezilme olur ve donatı burkudur.



Şekil 2.3 Perde kırılma yönleri

2.4 Betonarme Taşıyıcı Sistemler

Genel Kurallar

Betonarme bir yapının taşıyıcı sistemi, sözkonusu yapının işlevine bağlı olarak değişik türde olabilir. Örneğin, malzeme depolamak için düzenlenen bir; sülö yada gazların uzaklaştırılması amacıyla yapılan bir baca, işlevleri gereği yüzeysel taşıyıcılarla oluşturulurken; konut, büro, fabrika vb. bina olarak adlandırılan yapıların taşıyıcı sistemleri çubuk sistemlerle düzenlenir.

Her taşıyıcı sistemde kendi ağırlığı başta olmak üzere, etkileyen yükleri karşılayarak bunları mesnetlendiği zemine güvenli bir şekilde iletmesi beklenir. Bir yapının, güvenli olma yanında, sağlaması gereken koşullarda, ekonomik kullanım amacına uygun, çevre ile uyumlu ve estetik olma koşulları da gözönünde tutulmalı, taşıyıcı sistemin bu koşulları önleyici olmamasına çalışılmalıdır.

Bina türünde yapıların taşıyıcı sistemleri üç grupta Üstlanabilir. Birinci grup düşey yüklerin doğrudan etkidiği, yatay yada yataya yakın plak ve kiriş gibi elemanların oluşturduğu kat döşemeleridir. İkinci grupta düşey veya düşeye yakın, perde, kolon gibi elemanlar sayılabilir. Üçüncü grupta yükleri zemine aktaran temeller yer alır. Birinci grup içinde sayılan ve kat döşemelerini oluşturan elemanların yalnız düşey yükleri değil, özellikle depremde oluşan yatay yükleri de perde veya kolonlara aktarma durumunda oldukları unutulmamalıdır. Bu açıdan döşeme plağının kalınlığı, bir dökümlü (monolitik) oluşu ve düşey elemanlarla bağlantısı ile ilgili yapısal kurallar gözönünde tutulmalıdır. İkinci grup olarak alınan perde ve kolonlar, kat döşemesi ile birlikte bir çerçeve sistemi oluştururlar. Kolonların ve perdelerin

yükleri altında davranışları oldukça farklıdır. Perdeler büyük atalet momentleri ile kolonlara göre daha rijit olduklarından yerdeğiştirmelerin sınırlandırılmasında daha etkili bir taşıyıcı elemandır. Buna karşılık etriyelerin sıklaştırılması ile beton yeterince kuşatılarak kolonlarda dönüşümlü yükler altında da elastiki sınırın ötesinde büyük yerdeğiştirmelere dönüşebilir. Bu ise kolonların daha sünek bir taşıyıcı eleman olarak üretebileceği bu nedenle de depreme dayanım açısından daha elverişli olduğu anlamına gelir.

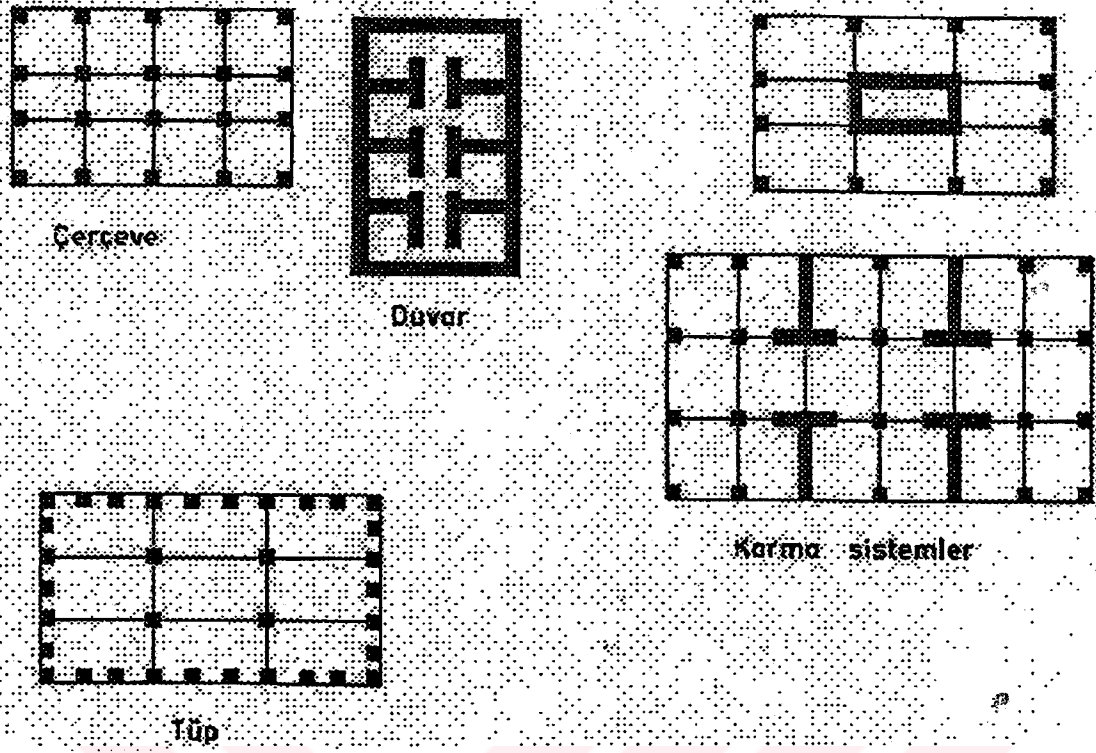
Taşıyıcı sistemde dayanım ve sünekliğin yanında, bu özelliklerin sistemde yayılı olarak bulunması ve sistemin bütünlüğünün sağlanmış olması da önemlidir. Örneğin, birleşim bölgelerinin oluşturulmasında, donatının kenetlenmesinde, kiriş-perde birleşimlerinde uyulacak kurallar bu çerçeveden sayılabilir.

Yukarıda belirtilen özellikler, yüksekliği fazla olmayan binalarda daha sünek bir sistem olduklarından kolonlardan oluşan çerçevelerin tercih edilmesi gerektiğini, buna karşılık yatay yükten meydana gelen yerdeğiştirmelerin sınırlandırılması önemli bir sorun olan yüksek binalarda, sağladıkları rijitlik dolayısıyla perdelerin kullanılması gerektiğini gösterir. Çoğunlukla yüksek binalarda da kolonlar ve perdeler birlikte kullanılır. Düşey taşıyıcıları yalnız perdelerden oluşan sistemler tünel kalıp kullanılarak üretim hızı ve kalıptan ekonomi sağlanması amacı ile seçilebilirler.

1997 Yönetmeliğinde, yerinde dökme betonarme yapıların taşıyıcı sistemi aşağıda gösterildiği gibi sınıflandırılmıştır.

- ✓ Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar.
- ✓ Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar.
- ✓ Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar.
- ✓ Deprem yüklerinin, çerçeveler ile boşluksuz ve/veya boşluklu perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar (karma sistemler).

Bunlara ek olarak, yüksek yapılarda yaygın olarak kullanılan ‘Tüp Sistemler’ de vardır. Yukarıda sözü edilen taşıyıcı sistemler Şekil 2.4’ de gösterilmiştir.



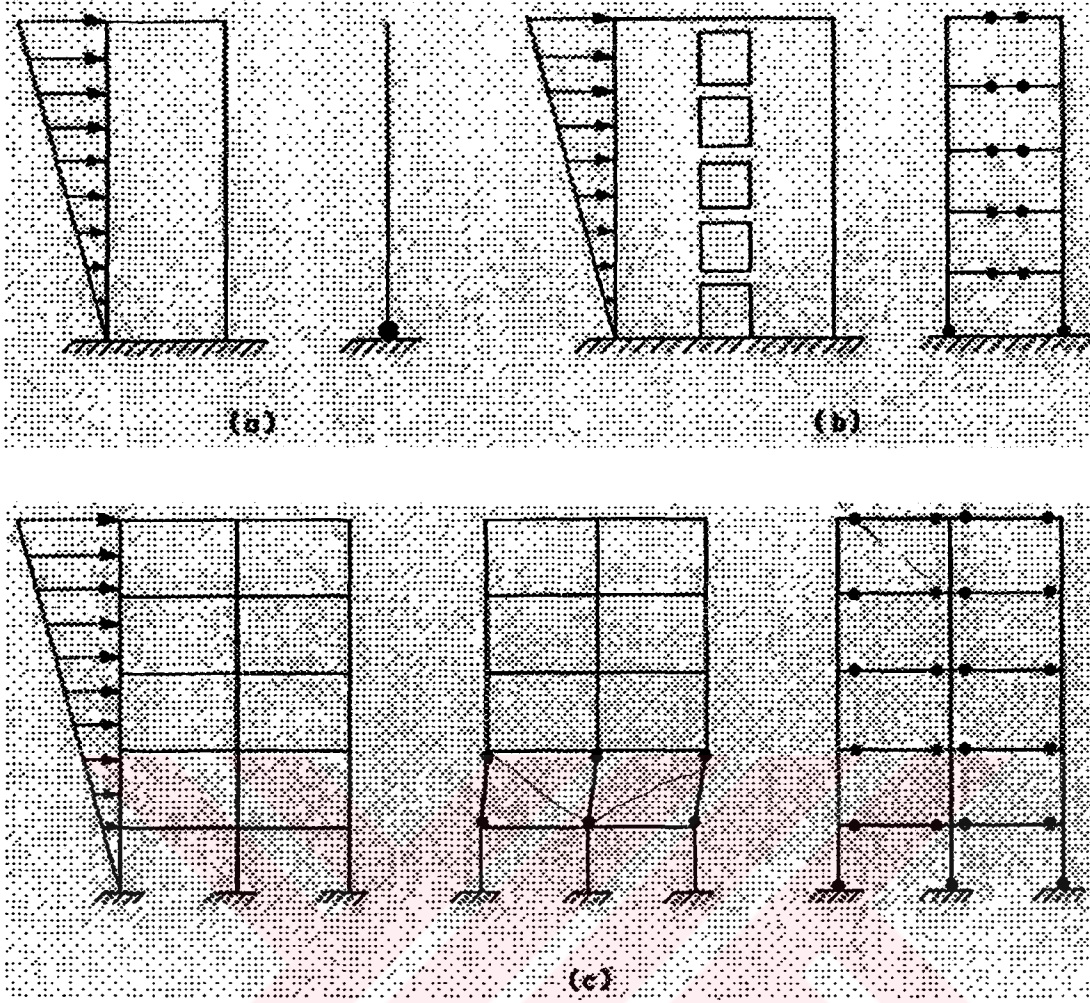
Şekil 2.4 Taşıyıcı sistem modelleri

1997 Yönetmeliğinde deprem yüklerini azaltan ‘Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R ’ her sistem için ayrı ayrı verilmiştir. Çerçeve için $R=8$ alınırken, tüm deprem yüklerinin boşluksuz perdelerle taşındığı durumlarda $R=6$ kullanılması öngörülmektedir. Perde boşluklu olduğunda, davranış katsayısı 6’dan 7’ye yükseltilmektedir.

Bu sistemler için neden değişik davranış katsayıları öngörüldüğü Şekil 2.5’den anlaşılabilir. Şekilde gösterildiği gibi, perde duvar göçme konumuna tabanda oluşan plastik mafsalla oluşur. Bu durumda tüm enerjinin tek bir mafsalda tüketilmesi gerekmektedir. 1997 Yönetmeliğinde perde duvarları teşvik amacıyla $R=6$ seçilmiştir. Gerçekte R ’nin daha küçük olması gerekirdi.

Delikli perde plastik mafsallar, bağ kirişlerinin uçlarında da oluştuğundan enerji tüketimi tek plastik mafsalda olmamaktadır. Bu nedenle $R=7$ ’dir.

Çerçeveli taşıyıcı sistemler göçme konumuna, Şekil 2.5’de gösterildiği gibi değişik mekanizmalarla ulaşabilir. Kiriş kolondan daha sünek olduğundan sağda gösterilen ‘kiriş mekanizması’ tercih edilmelidir. Enerji birçok noktada tüketildiğinden bu tür sistem için $R=8$ verilmiştir.



Şekil 2.5 Taşıyıcı sistemlerdeki mafsallaşma bölgeleri

2.4.1 Çerçeveler

Kolonların yukarıda tanımlanan döşeme sisteminin (kiriş veya döşemenin), süreklilik sağlanacak şekilde birdökömlü (monolitik) yapımı ile çerçeve adı verilen taşıyıcı sistem elde edilir. Fabrika binası, atölye, hangar gibi büyük açıklıklı binalarda yalnız yatay yüklerin taşınmasında değil, aynı zamanda düşey yüklerin taşınmasında da çerçeveler elverişli bir taşıyıcı bir sistem oluştururlar. Konut ve büro binası türünde çok katlı ve çok gözlü çerçevelerden oluşan yapılarda düşey yük etkisinde çerçeve moment diyagramı ile sürekli kiriş moment diyagramının farkı azdır. Çerçevenin asıl önemli rolü yatay yüklerin, sağlanan kiriş (döşeme)-kolon sürekliliği sayesinde taşınabilmesindendir. Bu bakımdan prefabrike çerçevelerde bu sürekliliğin sağlanıp sağlanmadığı, birleşimlerin niteliği büyük önem taşır. Bu tür çerçeveler, düşey yük taşımak üzere planlanıp, tüm yapının yatay yükleri perde veya benzeri elemanlara verilecek şekilde bir düzenleme de yapılabilir.

Bir yapının çerçeveleri, yatay yük etkisinde, gerçekte uzay bir taşıyıcı sistem olarak davranırlar. Ancak, bu uzay sistemin bu kesit zorları, yeterli doğrulukla, yaklaşık yöntemlerle bulunabilir. Bu yaklaşık yöntemleri herbir kolonun belirli koşulları sağlayan düzenli bir düzlem çerçeve içindeki davranışı esas alınarak elde edilmiştir. Bu nedenle, yapılan bu hesabın yaklaşıklığının, sistemin düzenli olması ölçüsünde iyi olacağı unutulmamalıdır. Çerçevelerin deprem yüküne karşı koyabilmeleri, süneklik, dayanım ve rijitlikleri ile belirir. Projelendirmede donatı ve yerdeğiştirme hesapları dayanım ve rijitliğin yeterliliği konusunda mühendise yeterli bir fikir verirken, en önemli özelliklerden biri olan süneklik ancak uyulması gereken etriye ve donatı düzeni ile ilgili kurallarla sağlanabilir.

2.4.2 Perdeli Çerçeveler

Perdeler tek başlarına düşünüldüğünde bir konsol kiriş oldukları halde, taşıyıcı sistem içinde bağ kirişleri veya bu işlevi yapan döşeme elemanı, varsa çerçeve kolonları ile etkileşimi nedeni ile moment diyagramları bir konsolunkinden farklıdır. Bu fark etkileşimi sağlayan elemanların önem derecesi ile değişir.

Perdelerin birbirlerine bağ kirişleri ile birleştirilmesi sonucu elde edilen yatay yük taşıyıcı elemanlara boşluklu perde dendiği bilinmektedir. Genellikle bir taşıyıcı sistem içindeki tüm perdelerdeki eğilme momentlerinin boşluklu perdeleri eğilme momentlerine benzer biçimde oluştuğu görülür.

Bir yapının taşıyıcı sisteminde perdelerin de bulunması durumunda gözden uzak tutulmaması gereken bir nokta perdelerin temelleridir. Eksenel kuvvetleri yanında taşıdıkları eğilme momenti oldukça büyük olan perdelerin taşıdıkları bu kesit zorlarını zemine güvenli bir biçimde aktaracak temeli düzenlemek kolay olmayabilir. Bu nedenle yapının taşıyıcı sistemi düzenlenirken perdelerin de yapı ağırlığının yeterli bir bölümünü taşımasının sağlanması gereklidir. Yapıda tekil veya sürekli temel genel olarak yeterli olsa da, bu nedenlerle perde temelini komşu kolonları ile birleştirerek yerel bir plak temel oluşturması gerekebilir.

Perdelerin plandaki yerlerinin belirlenmesinde binanın fonksiyonu ve mimari nedenler etkili olur. Ancak perde konabilecek yerler arasında planda çevreye yakın olanların, simetriği de sağlayacak biçimde seçilmesi, yapının burulma rijitliğini artırması bakımından uygundur. Taşıyıcı sistemin rijitliğini büyük ölçüde arttıran perdelerin yalnız bir doğrultuda yerleştirilmesi, iki doğrultuda çok farklı açılal frekans ve yerdeğiştirme nedeni ile, dengesiz bir davranış ortaya çıkaracağından sakıncalıdır.

Hangi tür olursa olsun, bir betonarme taşıyıcı sistemin düzenlenmesi sırasında özellikle dikkat edilmesi gereken noktaları şöyle sıralayabiliriz:

Her iki doğrultuda yatay yükleri karşılayacak çerçeveler meydana getirmesi, yatay yüklerin güvenli biçimde taşınabilmesi için gereklidir.

Taşıyıcı sistemin, yükleri en kısa yoldan zemine aktaracak şekilde düzenlenmesi, böylece örneğin burulma gibi bazı ek etkilerin meydana gelmemesi için çaba harcanmalıdır.

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

Depremlerde en çok zorlanan yerlerden birisi kiriş-kolon birleşim bölgeleridir. Buralarda donatının yerleştirilmesine, kenetlenmesinin sağlanmasına ve kolon etriyelerinin devam ettirilmesine özen gösterilmelidir.

Betonun yeterince sünekliğe sahip olabilmesi ve öngörülen dayanımda olması gerekir. Depremi alışılmışın üzerinde bir yükleme doğuracağı ve yapılan kusurların meydana çıkacağı unutulmamalıdır.

Deprem etkisi en fazla alt katlarda ortaya çıkacağı için, buradaki kolonların yapım ve düzenlenmesine önem verilmeli, görünüş ve kullanım gerekleri ile ani rijitlik değişikliğine gidilmemelidir.

Taşıyıcı sistemde rijitliğin ve bununla uyumlu taşıma kapasitesinin düzgün bir şekilde dağıtılmasının, deprem nedeni ile ortaya çıkan hasarların bazı bölgelerde yoğunlaşmadan tüm yapıda dağıtılmasını sağlayacağı gözden kaçırılmamalıdır.

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

Kolon ve perde kesitlerinin, taşıyıcı sistemin iki doğrultudaki rijitliğini birbirine yakınlaştıracak şekilde belirlenmesi her iki doğrultudaki deprem zorlanmasının uyumlu olarak taşınmasını sağlar.

Perdelerin, planda dış kenarlara yakın yerleştirilmesi, yapının plan kesitinin burulma rijitliğini artırarak, depremden doğacak kesit etkilerinin daha düşük düzeyde kalmasını sağlar.

Kolon ve kirişlerdeki birleşim noktalarına yakın bölgeler (sarılma bölgeleri) deprem etkisi altında fazla zorlanacağı için, etriyelerin sıkıştırılması ile betonda sarılmadan dolayı

dayanımın ve göçme şekil değiştirmesinin (sünekliğin) artması sağlanabilir. Böylece deprem etkilerinin neden olacağı hasar daha düşük bir düzeye indirilebilir.

Taşıyıcı sistemin depremde hasar görmesindeki nedenler önem sırasına göre şunlardır:

- ✓ Taşıyıcı sistemin iyi düzenlenmemiş olması,
- ✓ Malzeme dayanımlarının düşük olması,
- ✓ Konstrüktif ayrıntılara dikkat edilmemesi,
- ✓ Statik ve betonarme hesaplarının yeterli olmaması,

Buradan konstrüktif esaslara uymamanın ve betonarme çözümlemeden daha önce gelen bir hasar nedeni olduğu anlaşılmaktadır.

Temel bağ kirişlerinin, temelleri bağlayıp birbirlerine göre yerdeğiştirmelerini önleyecek şekilde düzenlenmesi ve donatılarının kenetlenmesinin temel bloku içinde yapılması gerekir.

Yapılarda kütlesi büyük olan katların zemine yakın düzenlenmesi taban kesme kuvvetini azaltacağı gibi, deprem sırasında meydana gelecek atalet kuvvetlerinin yapıyı daha az zorlaması da sağlanır.

Kirişsiz döşemeli yapılarda, döşeme ve kolonların oluşturduğu çerçeveler yatay yüklere karşı çoğunlukla yeterli rijitlik sağlayamadıkları için, deprem perdeleri ile yapının rijitleştirilmesi uygundur.

2.5 Deprem Bölgelerinde Çelik Yapılar

Yapıların taşıyıcı sistemleri, yükleri normal koşullar altında emniyetle zemine aktarmalıdır.

Depremde ise amaç, belirli şiddetteki bir depremin minimum hasar ve sıfır can kaybıyla atlatabilmesidir. Depremde hiç hasar görmeyecek yapıyı amaçlamak, deprem şiddetindeki belirsizlikler ve ekonomik nedenlerle olanaksızdır.

Çelik, kırılmadan deformasyon kabiliyeti ve yüksek dayanımı nedeniyle deprem bölgelerinde kullanılabilecek uygun bir yapı malzemesidir. Uygun tasarım ve birleşimlerle uygulandığında en büyük tasarım yükünün ötesinde yüklere karşı koyabilir.

Burada çok katlı çelik yapının yatay yük taşıyıcı sistemleri, çelik çerçeveler, kiriş, kolon, ve birleşimlerin tasarımı, çaprazlamalı çerçeve sistemleri konusunda bilgi verilmektedir.

Çelik, yapısında karbon ve birçok değişik maddeler içeren bir demir alaşımıdır. Fiziksel özellikleri açısından izotrop, düktil ve yüksek dayanımlı olduğu için deprem hareketlerine

karşı uygun bir yapı malzemesidir. Yapısında bulunan karbon oranındaki değişiklikler çeliğin dayanım, sertlik ve duktilitesini etkiler.

Çelik homojen ve izotrop bir malzemedir. Çekme ve basınç dayanımının eşit olması depremin tekrarlı yükleri için uygundur. Çelik duktilerdir. Yük taşıma kapasitesinde her hangi bir azalma olmadan şartnamelerde verilenden daha büyük yer hareketlerinde elastik olmayan bir deformasyonla enerji yutar ve yıkılma önlenir. Taşıyıcı sistem oluşturmada genellikle kullanılan düşük dayanımlı çelikler, yüksek dayanımlı çeliklerden daha duktilerdir. Malzeme duktilitesi, taşıyıcı sistem elemanı ve yapısal duktilite buna bağlı olduğu için önemlidir. Çeliğin dayanım / ağırlık oranı yüksektir. Dayanım / hacim oranı da diğer yapı sistemlerinden büyüktür. Bu özellikleri nedeniyle büyük açıklıkların geçilmesine ve yüksek katların yapılmasına olanak sağlarken yapı ölü yükünü ve dolayısıyla deprem kuvvetlerini azalır.

Yapısal çeliğin bu olumlu özelliklerine rağmen kiriş ve kolonların birlikte çalışacak şekilde oluşturulduğu çerçeve sistemin tasarımı doğru yapılmadığında, çelik yapı da depremin tekrarlı yükleri altında hasar görür ve yıkılır. Depremlerde çelik yapıda; bulonlarda ve kaynaklarda özellikle küt kaynakta kırılma, birleşim elemanlarındaki bölgesel kırılma, bulon kopması, döşeme gibi diğer yapı elemanları ile çelik elemanlarının birleşim yerlerinin kopması gibi pek çok hasarlara rastlanır. Birçok hasar, özellikle kütle merkezi ile rijitlik merkezinin planda aynı noktada kesişmemesinden yada sistemin burulma dayanımının düşük olduğu durumlarda ortaya çıkan yatay burulma gibi düzensiz tasarımdan ve yapıdaki kusurlardan kaynaklanır. Deprem yüklerini taşıyan bina taşıyıcı sistemi ve taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların her biri, deprem yüklerinin temelden zemine kadar sürekli bir şekilde ve güvenli olarak aktarılmasını sağlayacak yeterlikte yapılmalıdır. Tasarımda kirişlerin açıklık doğrultusu düşey elemanların ve yatay yük taşıyıcı sistemlerinin tipi ve düzenlenmesi, tüm taşıyıcı sistem elemanlarının birleşmeleri önemli kriterlerdir.

Çelik yapıların yatay yük taşıyıcı sistemleri, yatay yük dayanımındaki etkinliklerine göre; çerçeveli ve çerçevelerin çaprazlı çerçeveler yada betonarme perdelerde birlikte çalıştığı karma sistemli olarak sınıflandırılır.

2.5.1 Çelik Çerçeveli Sistemler

Çelik çerçeve sisteminin iki rijit ve doğrusal elemanı olan kiriş ve kolonlar, birlikte çalışacak şekilde mafsallı ya da ankastre birleştirilir. Döşeme, duvar ve bölme gibi mekan oluşturan elemanlarının taşınmasına olanak sağlar. Çelik çerçeveli yapılar, duktilitesi yüksek yapılardır.

Elastik davranışı azdır. Rijit çerçevelerin büyük enerji dağıtma özellikleri vardır, ancak sadece dayanım göz önüne alınarak boyutlandırıldıklarında oldukça esnektirler. Hafif ve orta şiddetli depremlere taşıyıcı elemanları hasar görmese bile taşıyıcı elemanları çaprazlı sistemlere göre büyük yatay ötelenmeler yaptığı için taşıyıcı olmayan bölümler hasar görür.

2.5.1.1 Kiriş ve Kolonlar

Çelik yapıda kirişler; üzerine etkileyen yüke, geçtikleri açıklıklara, yapı içinde tesisatın geçirilme şekline bağlı olarak dolu, boşluklu ya da kafes gövdeli olarak düzenlenir. Dolu gövdeli çelik kirişler, hadde mamulü profiller, levhalı yapma en kesitler yada profil ve levhalarla oluşturulmuş bileşik en kesitlerle düzenlenir. Büyük açıklıklarda kiriş gövdesini boşluklu düzenlemek kirişi hafifletir. Castella, Litska ve Vierendel kirişler boşluklu gövdeli kirişlerdir. Eğilmeye çalışan bu kirişlerdeki boşluklar, tesisat borularının geçirilmesine olanak verir. Kafes gövdeli kirişler, alt başlık, üst başlık ve örgü çubuklarının üçgen alanlar oluşturacak şekilde düzenlendiği; R-kiriş, düzlem kafes ve uzay kafes kirişlerdir. Yüklere kafes gövdeli kirişlerin düğüm noktalarına etkitildiğinde, sistemi oluşturan çubuklar sadece çekme ve basınca çalışacağından ince en kesitlerle büyük açıklıklar geçilebilir.

Çelik yapı kolonları genellikle eksenel basınca çalıştırılır. Ancak rijit bileşimli çerçeve kolonları yüklemekten doğacak eğilme gerilmelerini de karşılayacak şekilde tasarlanır. Bir çelik yapıda kolonlar üst üste gelmeli, etkileyen yatay ve düşey yükleri üzerine oturduğu diğer yapı elemanlarına aktarabilmeli ve konstrüksiyon yüksekliği ile açıklığı arasında dengeli bir bağlantı olmalıdır. Çelik yapı kolon en kesitleri tek yada çok parçalı olarak kolonun çerçeve kirişleri ve bağ kirişleri ile birleşimleri dikkate alınarak düzenlenir. Eksenel basınca çalıştırılan çok katlı çelik yapı kolonları olarak her iki eksen etrafında aynı narinlikli en kesitler tercih edilir. Tek parçalı kolonlar; hadde mamulü profiller, levhalı yapma en kesitler yada profil ve levhalarla oluşturulmuş bileşik en kesitlerle düzenlenir. Kolona etkileyen basınç kuvveti arttıkça kolonun atalet yarıçapını ekonomik sınırlarda arttırmak için kolon ayırık düzenlenen profillerin bağ levhaları yada kafes örgü çubukları ile birleştirilmesiyle oluşturulabilir. Kolonun yer yer düzenlenen enine levhalarla oluşturulması çerçevesi kolonlar, çaprazlamalar yada enine levhalar ve çaprazlamalarla oluşturulmasına kafes örgülü kolonlar denir.

Kiriş ve kolonların düktilitesi tümüyle yada kısmi basınç etkisi altındaki elemanlarının en/kalınlık oranına ve eksenel yük büyüklüğüne bağlıdır. Çelik kirişlerde eksenel yüklerin ihmal edilebilmesi için, kirişlerin tamamen döşeme içine gömülmesiyle yada üst başlığın döşemeye tutturulmasıyla, kompozit çalıştırılması uygun bir tasarım olur. Döşeme sistemleri de deprem

kuvvetlerinin taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarılmasını sağlayacak düzeyde rijitlik ve dayanıma sahip olmalıdır.

2.5.1.2 Birleşimler

Çelik elemanların birleşimi, küt kaynak, köşe kaynağı, yada bulonla yapılır. Tümüyle bulonlu birleşimler için gerekli levhalar büyük ve pahalı olduğu için tümüyle kaynaklı yada kaynak ve bulonun birlikte kullanıldığı birleşimler daha yaygın olarak kullanılır. Bulonların kaynağa oranla çerçevelere sönümleme sağlama özelliği vardır. Birleşimde detaylandırmanın, sistemin esnekliği, enerji yutma kapasitesi, dayanımı ve düktilitesi üzerinde önemi büyüktür.

Çelik yapıda birleşimler rijit yada mafsallı yapılır. Rijit birleşim, kesme kuvveti ve moment etkisindeki bir elemanın birleştiği elemana bu iki etkiyi de birleşim açısını bozmadan aktarabildiği birleşimlerdir. Mafsallı birleşimler ise sadece kesme kuvveti aktarır. Kirişin kolonlara sadece mafsallı birleştiği sistemlerin çaprazlanmadığı sürece rijitliği yoktur.

2.5.1.3 Kiriş- Kiriş Birleşimi

Kirişlerin birbirleriyle yada bağ kirişleri ile birleşimi mafsallı yada rijit yapılır. Eğilmeye çalışan bir kiriş en kesiti düzenlenirken kiriş gövdesinin kesme kuvvetlerini, kiriş başlıklarının da eğilme momentini karşıladığı kabul edilir. Bu nedenle kiriş- kiriş birleşimlerinin gövdeden yapılması sadece kesme kuvvetlerinin aktarıldığı mafsallı birleşimi sağlar. Rijit birleşimde kiriş başlıklarında da süreklilik sağlanmalıdır. Kiriş ekleri, kolon- kiriş birleşim yerine en az kiriş yüksekliği kadar uzakta yapılmalıdır.

2.5.1.4 Kolon- Kiriş Birleşimleri

Çelik kirişlerinin kolonlara birleşimleri rijit, yarı rijit ya da mafsallı yapılır. Kirişin kolona rijit birleşimi, kiriş başlık ve gövdesinin kolona birleştirilmesi ile sağlanır. Bir basit rijit çerçevede kolon-kiriş başlıkları sürekli yapılmalıdır. Kiriş ve kolonların başlık hizalarındaki gövde levhaları berkitme levhalarıyla güçlendirilmelidir. Çok katlı çerçevelerin kolon-kiriş birleşimlerinde kolon sürekli yapılmalıdır. Kirişin kolon kesitinin başlığına bağlanması durumunda kolon gövdesi giriş başlığı seviyesinde berkitme levhaları ile güçlendirilmelidir. Kolon kiriş birleşiminin depreme karşı tasarımı henüz araştırma safhasındadır. Yapılan araştırma sonuçlarına göre esnek olması istenen birleşim yerlerine berkitme levhalarının eklenmesi ile enerji yutulması azalırken yük düzeyi artar.

Çelik kirişlerin başka yapı elemanlarıyla birleştirilmesinde yapı çeliğinin ısıya duyarlı bir malzeme olması mesnetlenme biçiminin düzenlenmesinde önemlidir. Bu nedenle büyük

açıklık geçen, herhangi bir şekilde korunmayan çelik kirişlerin mesnetlerinden biri kiriş açıklığı doğrultusunda serbestçe hareket edebileceği şekilde kayıcı mafsallı düzenlenir. Kayıcı mesnet, kirişin geçtiği açıklığa ve taşıdığı yüke bağlı olarak; yüzeysel, çizgisel yada rulolu mesnet şeklinde yapılır.

Kolon kiriş birleşimlerinde tamamen rijit yada tamamen mafsallı birleşimlerin gerçekleştirilmesi idealdir. Ancak tek açıklıklı ve tek katlı çerçevelerde tam olarak uygulanabilir. Çok katlı çerçevelerde kirişlerin sürekli kolonlara birleştirilmesinde birleşim mafsallı da yapılırsa kiriş uçlarında bir miktar dönme engellenir yada birleşim rijit yapılırsa kiriş ile kolon arasındaki dönme tamamen engellenemez. Bu tür birleşime yarı rijit birleşim denir.

Çelik çerçeveleri rijit düzenleme, ek önlemler gerektirdiği için işçilik ve malzeme masrafları artar. Bu nedenle çerçevelerin kurulmasında olabildiğince mafsallı birleşimler tercih edilir, sadece gerekli yerlerde rijit birleşimler yapılır. Çelik yapılarda rijit çerçeveler düşey stabilite elemanı olarak kullanılır ve yapı içindeki yeri buna göre düzenlenir.

2.5.1.5 Kolon Ekleri

Çelik yapılarda kolonlar, profil üretim boyu ve kat yüksekliğine bağlı olarak iki yada üç katta eklenir. Üst katlarda kolon yükünün azalması nedeniyle yapılacak kesit küçültmelerinde de zorunluluk olmadıkça her katta ek yapılmaz. Aksi halde malzemeden elde edilen kazancın büyük bir kısmı ek için harcanır.

Kolon ekleri, birleşecek iki kolonun gövde ve başlıklarından küt kaynakla birleştirilmesi, gövde ve başlıklarda ek levhaların düzenlenmesi taban ve/veya üstünde alın levhaları kullanılması ile üç şekilde düzenlenir. Ekler bulonlu yada kaynaklı olarak yapılır. Eklerin küt kaynakla yapılması durumunda kaynak ağzı açılmalı ve derin penetrasyonlu kaynak kullanılmalıdır. Kolon ekleri genellikle burkulma gerilmelerinin az olduğu bölgede, ek levhalarının kirişe değmeyeceği ve rahat çalışabilecek yükseklikte yapılır. Ekler, kolon kiriş birleşim yerlerinden en az kat yüksekliğinin $1/4$ 'ü kadar uzakta yapılmalıdır. Kolon enkesit ağırlık merkezi ile levhalarının ağırlık merkezi aynı noktada düzenlendiğinde kolona etkiyen basınç kuvveti herhangi bir dış merkezlik olmaksızın aktarılır.

2.5.2 Çaprazlı Çerçeve Sistemler

Çelik yapıda düşey çaprazlı çerçeveler, yatay yüklere karşı etkili bir sistemdir. Çerçeveye çaprazların eklenmesi ile kolon ve kirişlerdeki eğilme önlenerek rijit çerçeve davranışı iyileştirilmiş olur. Böylece yatay kesme kuvveti kolonlar tarafından değil, çapraz örgü

elemanları tarafından alınır. Deprem dikkate alınmadan öncede çaprazlı çerçeveler endüstri yapılarında rüzgar yüklerine karşı stabiliteyi sağlamak için yaygın olarak kullanılmışlardır. Çaprazlı çerçeveli yapılar, düktilitesi olmayan; elastik davranışı rijit çerçeveli yapılara göre çok olan yapılardır. Hafif ve orta şiddetli depremlerde yapacakları ötelemeler az olduğu için taşıyıcı olmayan elemanlarda bir hasar oluşmaz. Çaprazların düzenlenmesinde çaprazlanacak gözün açıklık ve yüksekliği ile bu açıklıkta istenen boşluklar önemlidir.

2.5.2.1 Merkezi Çaprazlı Çerçeveler

Düğüm noktalarına merkezi olarak birleştirilen çaprazlı çerçevelerde; kolon, kiriş ve çapraz elemanının ağırlık merkezinden geçen eksenlerinin bir noktada kesiştiği varsayılır. Gerçekte eksenlerinin bu noktada kesişmesi, birleşim yerlerindeki olanaksızlıklar nedeniyle tam olarak yapılmasa da dış merkezlik ihmal edilebilir bir mertebededir. Burada yatay yükler elemanların eksenel çekme yada basınca çalışmasıyla karşılanır. Bu sistemlerde düktil elemanlar, özellikle çekmeye çalışan çaprazlardır. Çünkü basınç çaprazlarındaki enerji dağılımı, burkulma nedeniyle elemanları çabuk bozar. Merkezi çaprazlar; diyagonal, V yada K şeklinde yapılabilir (Şekil 2.6). Burada tüm çaprazlama elemanlarının uçları mafsallı kabul edilir ve sadece eksenel basınç yada çekme kuvvetine göre boyutlandırılır. Kolon kiriş birleşimleri ise mafsallı yada rijit yapılabilir. Merkezi çaprazlı sisteminin hesapları, her düğüm noktasında dengenin sağlandığı kafes hesapları gibidir. Diyagonal çaprazlarda, birbiri ardına gelen yatay kuvvetler sadece çekme çaprazlamaları ile karşılanır, basınç çaprazları ihmal edilir. X çaprazlarında da durum aynıdır. V yada A çaprazlarda, hem basınç hem de çekmeye çalışan elemanlar yatay sismik kuvvetleri karşılayacak şekilde tasarlanır. V yada A şeklindeki çaprazlar kiriş ortasında, kiriş sürekliliğini bozmadan birleştirilir. Bu tür çaprazlamada, çapraz elemanı bağlı olduğu kirişe bir düşey destek oluşturur. Burada yatay kirişler, ortalarından mesnetlenen diyagonal elemanın etkisi ihmal edilerek sadece düşey yüklere göre tasarlanır. Ancak çaprazların kirişe bağlandığı noktadaki düşey yükler çapraz tasarımında dikkate alınmalıdır.

Diyagonallerin kolon orta noktasında birleştirildiği K çaprazları düktil bir davranış gösteremez. Çünkü akma mekanizmasında kolonun da katılımını gerektirirler. Bu nedenle tavsiye edilmez. Sadece eksenel basınçla çalışan K çaprazlı sistem, düktilitesi zayıf, hasarı yıkılmadan sönmülemeyen bir sistemdir.

Çapraz elemanlarının davranışı bunların narinlik oranına bağlıdır. Narinlik oranı küçük olan çaprazlar büyük olanlardan daha fazla enerji yutar. Narinliğin arttırılması yutulan enerjiyi azaltır. K çaprazı gibi basınca çalıştırılan çapraz elemanlarında, narinliğin sınırlandırılması

önemlidir. Genellikle X ve diyagonal çaprazlamalarda elemanlar çekmeye çalıştırıldığı için böyle bir narinlik sınırlandırılmasına gerek olmaz. Çaprazların sadece çekmeye çalışmak üzere hesaplanması durumunda çapraz örgü çubuklarının narinlik oranı 250'yi, basınç kuvveti de alacak şekilde hesaplanan örgü çubuklarının narinlik oranı 100'ü aşmamalıdır.

Çaprazların davranışı ve basınç dayanımı enkesit şekline de bağlıdır. Genellikle hadde mamulü enkesitler, büyük yanal yer değiştirmelerde bölgesel burkulma gösterir. En güçlüden en zayıfa bu enkesitler: kutu ve boru profiller, geniş başlıklı I profiller, T profiller, çift U profiller ve çift korniyerler olarak sıralanabilir. Buradan da anlaşılacağı gibi her iki eksen etrafında simetrik enkesitler burkulma oluşturmaması bakımından daha uygundur.

Merkezi çaprazlı sistemi elastik davranışının düşük olması nedeniyle deprem bölgelerinde dikkatli olması gerekir.

2.5.2.2 Dış Merkezi Çaprazlı Çerçeveler

Dışmerkezi çaprazlı sistem, merkezi çaprazlı çerçevenin rijitlik ve dayanımıyla rijit çerçevelerin elastik olmayan davranışı ve enerji dağıtma özelliklerini birleştiren bir sistemdir. Bu sistemde çerçevelerin ve merkezi çaprazlı sistemlerin uygun yönleri birleştirilirken uygun olmayan yönleri önemsizleşir. Sistemin dış merkezi olarak adlandırılması, kirişin kolona, kirişin çapraz elemana birleşimlerinde özellikle dış merkezilik uygulanmasındandır. Bu sistemin etkili olması için çapraz elemanların kolon-kiriş birleşim noktasına yada iki çapraz elemanın bir kiriş üzerindeki ortak birleşim noktasına göre dış merkezilik, çaprazlı çerçeve kolonları arasındaki açıklığın $1/5$ 'i ile $1/10$ 'u arasında seçilmelidir.

Dış merkezi kiriş, çapraz elemanların büyük kuvvetler almasını sınırlayarak burkulmalarını önler. Bağlantı kirişi denilen dış merkeziliğinin oluşturulduğu kiriş parçası, diğer eğilme ve basınç elemanlarında herhangi bir hasar oluşmadan deforme olur. Ancak bağlantı kiriş parçasının oldukça kısa olması nedeniyle yer değiştirmeler az olur. Bağlantı parçasında büyük yatay kuvvetler altında oluşabilecek küçük hasar yapının göçmesini önler. Çünkü yapı düşey yük taşıma kapasitesini ve rijitliğini kaybetmez. Dış merkezi çaprazlı çerçevelerin elastik rijitliği her durumda merkezi çaprazlı çerçevelerle aynıdır.

Dış merkezi çaprazlı çerçeveler, çaprazlamada en az bir bağlantı kiriş parçası olması kaydıyla çeşitli şekillerde yapılabilir (Şekil 2.7). Amaç, deprem sırasında oluşabilecek büyük yükler altında çapraz elemanların burkulmamasıdır. Bağlantı kiriş parçasında plastik mafsallar yada kesme akması oluşması uzunluğunun bir fonksiyonudur. Yüksekliğinin iki katından büyük olan bağlantı parçalarında plastik mafsallar oluşurken kısa olan parçalar kesmede akma

eğilimindedir. Bunlar kısa yada uzun bağlantı parçaları olarak tanımlanır. Kısa bağlantı az dönme yaparken uzun bağlantıda, daha büyük dönme oluşur.

Düğüm noktalarına dış merkezli olarak birleştirilen çapraz elemanları uçlarının genellikle mafsallı birleştirildiği kabul edilir. Fakat kolon kiriş birleşimleri tam sürekliliği sağlayacak şekilde kaynaklı birleştirilir. Çapraz elemanların kolonlara bağlandığı çaprazlı çerçevelerde bağlantı, kolon kesitinin başlığına yapılmalıdır. Kolon gövdesine bağlantı yapılamaz. Basınç kuvveti de alacak şekilde hesaplanan çapraz elemanların narinlik oranı 100'den fazla olmamalıdır.

Bağlantı kiriş parçalarının gövdesi çaprazların birleştiği noktalarda çift taraflı berkitilmelidir. Ara berkitmeler, 600 mm.'den küçük kirişler için tek taraflı yapılabilir, fakat yüksek kiriş gövdeleri her iki taraftan da berkitilmelidir. Berkitme levhaları arası kiriş yüksekliğinden fazla yapılmamalıdır. Kirişin düzlemine dik doğrultuda bağlanmasında döşeme plağı yerine bağ kirişleri tercih edilmelidir.

2.5.3 Rijit + Çaprazlı Çerçevesel Karma Sistemler

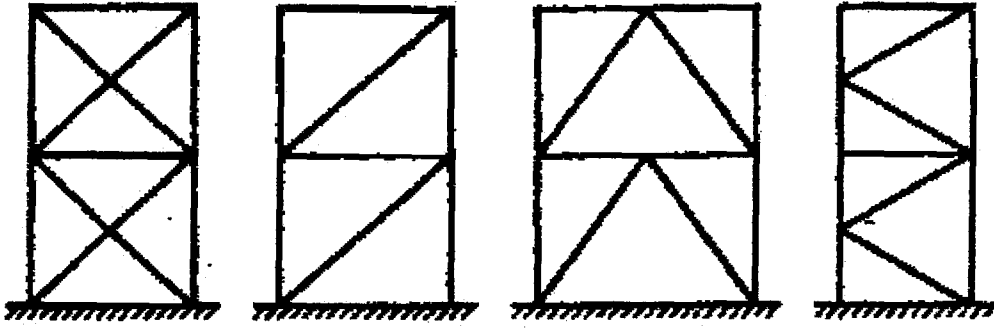
Çelik yapıda rijit çerçeve ve perde yada çaprazlı çerçevesel sistemler tüm yatay yüklere birlikte karşılayacak şekilde karma düzenlenebilir.

Yanal deprem yükleri karşısında bir çerçeve ve bir çaprazlı çerçeve sistemin kat yanal deplasmanları değişimi çok farklıdır (Şekil 2.8). Bu farklı yer değiştirme özellikleri nedeniyle iki sistem birbirine yardım eder. Çaprazlı çerçevelerin yer değiştirme özelliği konsol kiriş gibidir. Düşey kafes alt katlarda rijittir ve katlar arası yer değiştirmeler üst kısımların yarısından azdır. Üst katlardaki katlar arası yer değiştirmeler başlık ötelenmesinin etkisi nedeniyle hızla artar.

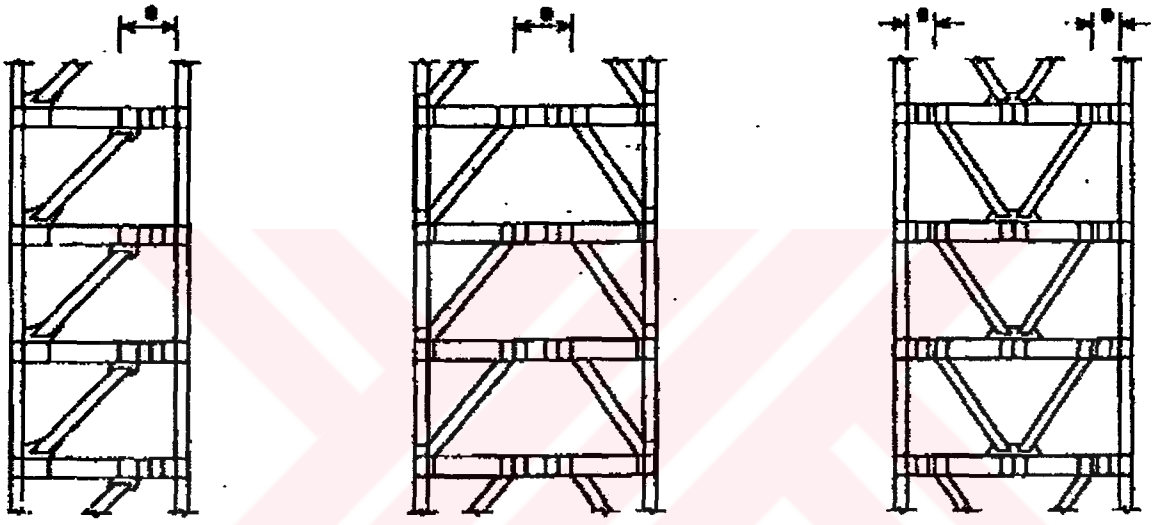
Rijit çerçevelerde katlar arası yer değiştirme her katta etkileyen kesme kuvvetine bağlıdır. Alt kısımda yer değiştirmeler büyük olsa da üst kısımda çaprazlı çerçevelere göre katlar arası yer değiştirmeler düzgün sayılabilir.

Bu iki sistemin farklı deformasyon özellikleri nedeniyle çerçeve sistem çaprazlı çerçeve sistemi üst katlarda frenleyerek yatay yer değiştirmesini azaltır, alt katlarda çaprazlı çerçeve sistemi kesme kuvvetinin çoğunu alarak çerçeve sistemi destekler.

Rijit çerçeve ve perde yada çaprazlı çerçevesel karma sistemler, rijit döşeme diyaframları ile bağlandığında ikisi arasında üniform olmayan bir kesme kuvveti oluşur. Bu etkileşim ile 40 kata kadar yüksek yapılar yapılabilir (Arun, 2002).



Şekil 2.6 Merkezi çaprazlı sistem



Şekil 2.7 Dışmerkezi çaprazlı sistem

3. ETABS TANITIMI

3.1 Genel

Etabs hem çelik, hem de betonarme yapıların boyutlaması için güçlü ve tümüyle bütünleştirilmiş program modülleri sunmaktadır. Program kullanıcıya, tümü aynı kullanıcı arabirimi içinde olmak üzere, yapısal modeller oluşturma, değiştirme, çözümleme ve boyutlama seçenekleri sağlar.

Program, kullanıcının gerilme durumlarını inceleyebildiği, kesit büyüklüklerinin yeniden düzenlenmesi gibi uygun değişiklikleri yapabildiği ve yapıyı yeniden çözümlemeksizin boyutlamayı iyileştirebildiği etkileşimli bir çevre sağlar. Bir eleman üzerine fare ile tek bir tıklama ayrıntılı boyutlama bilgisini ekrana getirir. Boyutlama amacı ile elemanlar gruplandırılabilir. Sonuçlar hem grafik ve hem de tablo düzeninde görüntülenebilir ve basılabilir.

Sonuçların sunulumu açık ve özdür. Çıktı bilgileri mühendise, elemanın gerilme sınırlarını aşması durumunda uygun önlemler alma olanağı verecek formdadır. Programın ürettiği boyutlama bilgileri de, sonuçları kolayca gerçeklemek için hazırlanıp saklanır.

Program betonarme ve çelik çerçeve elemanlarının otomatik hesabı ve boyutlaması için çok sayıda yönetmeliği destekleyebilen bir yapıya sahiptir. Şu anda programın desteklediği betonarme yönetmelikleri şunlardır,

- ✓ A.B.D. - ACI (1999)
- ✓ A.B.D. UBC (UBC 1997)
- ✓ Kanada (CSA 1994)
- ✓ İngiliz (BSI 1989)
- ✓ Avrupa (CEN 1992)
- ✓ Yeni Zelanda (NSZ 3101-95).

Bu programla analizin doğuracağı en büyük sıkıntı programın yerli şartnameleri desteklememesinden kaynaklanır. Elde edilen sonuçların ülkemiz şartnamelerine göre kullanıcı tarafından yorumlanması gerekmektedir. Bununla beraber elde edilen sonuçlar, Excel gibi programlarda ardışık işlemler uygulanarak, şartnameye olabildiğince uygun hale getirilebilmektedir.

3.2 Boyutlama Algoritması

3.2.1 Boyutlama Yük Kombinasyonları

Boyutlama yük kombinasyonları yapının boyutlama hesabı ya da kesit kontrolünde gerekli yükleme durumlarının çeşitli kombinasyonlarının belirlenmesi için kullanılır. Kullanılacak yük kombinasyonu katsayıları seçilen boyutlama yönetmeliğine göre değişir. Bu yük kombinasyonu katsayıları ilgili yükleme durumlarından elde edilen kuvvet ve momentlere uygulanarak Üstlanır ve yük kombinasyonu için çarpanlarla artırılmış kuvvet ve momentler bulunur.

Statik sabit yük, hareketli yük, rüzgar yükü, deprem yükü veya dinamik davranış spektrumu deprem yükü ile ilişkili normal yükleme koşullarında, programda her bir yönetmelik için hazır yük kombinasyonları vardır. Bunlar yönetmelik önerilerine dayanmaktadır.

Programda önceden hazır olan yük kombinasyonları, sabit yük olarak tanımlanmış bütün statik yük durumlarının Üstlanacağını varsayar. Benzer şekilde hareketli yük olarak tanımlanan durumların da Üstlanacağı varsayılır. Fakat statik yük durumu olarak tanımlanmış, rüzgar, deprem ya da davranış spektrumunun birbiri ile Üstlanmayacağı ve çoklu yanal yük kombinasyonları oluşturacakları varsayılır. Ayrıca deprem ve rüzgar yük durumları, yönleri ters alınarak (pozitif veya negatif) ayrı yük kombinasyonları oluştururlar. Bu durumlar doğru değilse kullanıcı doğru olan boyutlama kombinasyonunu oluşturmalıdır.

Bu hazır olan yük kombinasyonları, kullanıcı istediği takdirde ya da betonarme hesabı için kullanıcı tarafından tanımlanmış başka yük kombinasyonu yoksa, boyutlamada devreye girer. Hazır olan bu yük kombinasyonlarından herhangi biri hesaba girmişse, boyutlama yönetmeliği değiştirildiğinde veya statik ya da davranış spektrumu yüklerinde değişiklik yapıldığında program bütün önceden hazır olan yük kombinasyonlarında gerekli değişiklikleri otomatik olarak yapar.

3.2.2 Boyutlama ve Kesit Kontrol Noktaları

Program tasarım sürecinde kullanıcının belirlediği kesit grubu içinden boyutlama yapabilmek için her elemanın dayanımı için en hafif kesitleri seçer. Sağlanmış farklı kesit grupları, farklı eleman grupları için belirtilebilir. Aynı zamanda farklı elemanlar aynı kesit olarak dizayn edilmek için gruplanabilirler.

Her elemanda her yük kombinasyonu için kiriş, kolon veya çapraz elemanları boyunca belli sayıdaki yerde çelik kesit hesabı veya kesit kontrolü yapılır. Bu yerler elemanın serbest

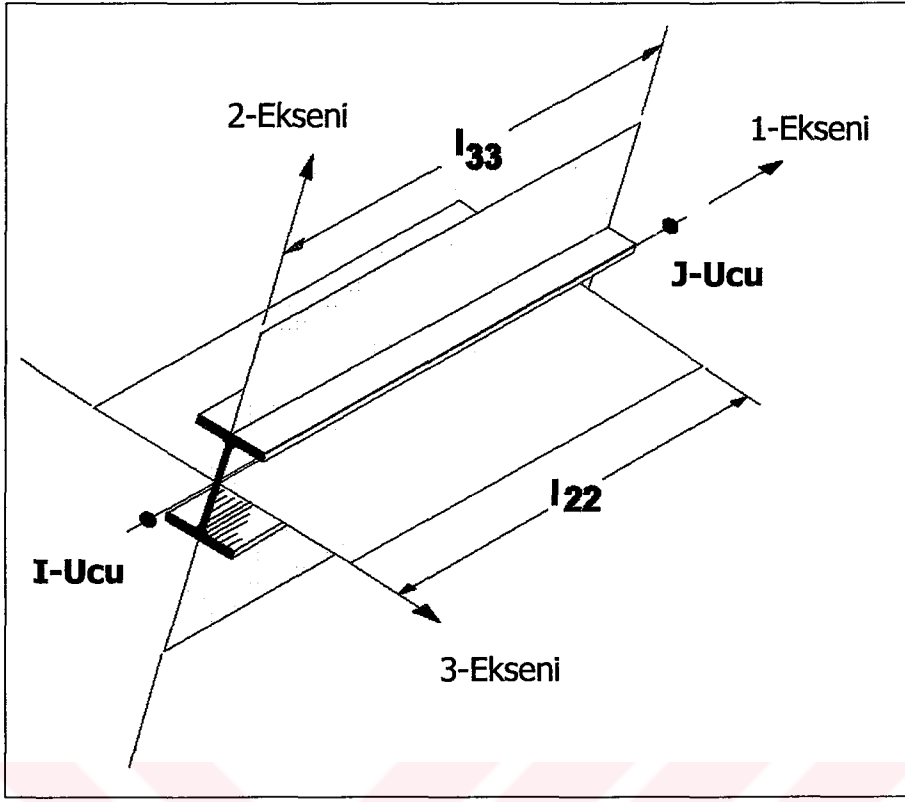
açıklığının eşit aralıklı parçaları ile oluşur. Ön veri olarak kolon ve çapraz elemanlarda en az üç kontrol noktası üretilir. Kirişlerde ise bu noktaların ara mesafesi en fazla 0.5 m olur. Elemandaki parça sayısı çözümlemeden önce kullanıcı tarafından belirtilir. Kullanıcı eleman boyunca boyutlama hesaplarını daha incelikli kılmak üzere daha çok sayıda parça tanımlı isteyebilir.

Eksenel eğilme etkileşim oranları da kayma gerilme oranları gibi her bir yükleme kombinasyonu için eleman uzunluğu boyunca her bir noktada hesaplanır. Gerçek eleman gerilme bileşenleri ve bunlara uyumlu müsaade edilebilir gerilmeler hesaplanır. Daha sonra gerilme oranları yönetmeliklere göre belirlenir. Kontroller için, yönetmelik eşitliklerine, yükleme kombinasyonlarına ve noktanın tanımına uygun olarak basınç veya çekme gerilme oranları elde edilir. Gerilme oranının 1'den büyük olması, bir limit durumun aşıldığını veya bir aşırı gerilmeyi gösterir.

3.2.3 Elemanların Mesnetlenmemiş Boyları

Kolon narinlik etkilerinin hesaba katılması için mesnetlenmemiş kolon boylarına gerek vardır. İki mesnetlenmemiş boy vardır, l_{33} ve l_{22} . Bunlar, karşı gelen doğrultularda elemanın mesnet noktaları arasındaki boyudur. l_{33} boyu 3-3 eksen (ana eksen) doğrultusunda kararsızlığa ve l_{22} boyu ise 2-2 eksen (tali eksen) doğrultusunda kararsızlığa karşı gelir.

Normal olarak elemanın mesnetlenmemiş boyu, eleman boyuna yani I-Ucu ve J-Ucu arasındaki uzaklığa eşittir (Şekil 3.1). Bununla beraber program aynı kolonda boyutlama için tek bir elemanmış gibi dikkate alınacak birçok eleman tanımlanmasına izin verir. Bu işlem büyük ve küçük eksen eğilmeleri için farklı olarak uygulanabilir.



Şekil 3.1 Eğilme eksenleri ve mesnetlenmemiş boy

Elemanın l_{33} ve l_{22} boylarının belirlenmesinde program, eleman bağlantıları, diyafram kısıtlamaları ve mesnet noktaları gibi yapının bu boyları etkileyen değişik durumlarını göz önüne alır. Program eleman mesnet noktalarını otomatik olarak belirleyerek karşılık gelen mesnetlenmemiş eleman boyunu değerlendirmeye alır.

Böylece bir kolonun mesnetlenmemiş boyu aynı elemanın gerçek boyundan uzun olarak hesaplanabilir. Eğer bir kiriş kolona tek tarafından saplanıyorsa bu kirişin kolona sadece bu yönden yanal mesnet teşkil ettiği varsayılır.

Bununla beraber, kullanıcı elemanların mesnetlenmemiş boylarını eleman-eleman esasına göre belirtme seçeneğine sahiptir.

3.2.4 Kiriş ve Kolonların Tanıtılması

ETABS'ta bütün kiriş ve kolonlar çerçeve elemanı olarak temsil edilmişlerdir. Fakat kiriş ve kolonların betonarme hesabı farklı işlemler gerektirir. Bu tanıtmada, betonarme bir elemanda, eleman için atanan çerçeve kesitinin kiriş ya da kolon tipi olduğu belirtilerek yapılır.

Eğer çerçeve sistemi içinde herhangi bir çapraz elemanı mevcutsa, bu eleman kendisine atanan kesitin cinsine bağlı olarak ya kiriş ya da kolon olarak tanımlanır.

3.2.5 Kirişlerin Boyutlaması

Betonarme kirişlerin boyutlamasında ETABS, kiriş eğilme momentleri, kesme kuvvetleri ve yönetmelik ile ilgili bölümde ayrıntılı olarak verilen yük kombinasyonları ve diğer kriterlere dayanarak gerekli eğilme ve kayma donatı alanlarını hesaplar ve verir. Donatı gereksinimleri kiriş serbest açıklığı boyunca kullanıcı tarafından belirlenmiş sayıdaki noktada hesaplanır.

Bütün kirişler sadece ana eğilme doğrultusundaki moment ve kesme kuvveti için boyutlanır. Eksenel kuvvet, tali doğrultuda eğilme ve burulma gibi oluşabilecek diğer etkiler, bağımsız olarak, kullanıcı tarafından araştırılmalıdır.

Belirli bir kirişin belirli bir kesitinde esas moment için eğilme donatısı hesaplanırken gerekli adımlar, çarpanlarla artırılmış maksimum momentin belirlenmesi ve gerekli eğilme donatısının hesabını içerir. Kiriş kesiti tüm yük kombinasyonlarından elde edilen maksimum pozitif M_u^+ ve maksimum negatif M_u^- yük çarpanları ile artırılmış momentlerinin zarfları için hesaplanır. Negatif kiriş momentleri üst donatıyı oluşturur. Bu durumlarda kiriş daima dikdörtgen kesit olarak hesaplanır. Pozitif kiriş momentleri alt donatıyı oluşturur. Bu durumlarda kiriş dikdörtgen ya da T kesit olarak hesaplanır. Eğilme donatısının hesabında kiriş önce tek donatılı olarak boyutlanır. Kiriş kesiti yetersizse, bu durumda gerekli basınç donatısı hesaplanır.

Belirli bir kirişin belirli bir kesitinde belirli bir yük kombinasyonu için ana doğrultudaki kesme kuvveti için kayma donatısı hesaplanırken gerekli adımlar, çarpanlarla artırılmış kesme kuvvetinin belirlenmesi, beton tarafından karşılanabilen kesme kuvvetinin belirlenmesi ve fark kuvveti karşılamak için gerekli donatının hesabını içerir.

Deprem hesabının ACI, UBC, Kanada ve Yeni Zelanda Yönetmelikleri'ne göre yapılması için ETABS programına özel hususlar yerleştirilmiştir.

3.2.6 Kolonların Boyutlaması

Kolonların boyutlamasında program gerekli boyuna donatıyı hesaplar, ya da eğer boyuna donatı verilmişse, kolon taşıma kapasitesine göre kolon gerilme durumunu belirleyen bir işaret olarak kolon gerilme durumunu kolon taşıma kapasitesine oranını verir. Yapının betonarme kolonlarının boyutlama işlemi aşağıdaki adımları içerir,

- ✓ Modelin bütün farklı betonarme kesitleri için eksenel yük - iki eksenli eğilme karşılıklı etki yüzeyleri oluşturulur.
- ✓ Her kolonun iki ucunda her bir yük kombinasyonundan elde edilen çarpanlarla artırılmış eğilme momentleri ve normal kuvvetler için kapasite kontrolü yapılır. Bu adım aynı

zamanda (eğer bir donatı tanımlanmamışsa) 1.0 kapasite oranı oluşturacak donatının da hesaplanmasında kullanılır.

✓ Kolon kayma donatısı hesaplanır.

Karşılıklı etki yüzeyinin oluşturulması kabul edilen şekil değiştirme ve gerilme yayılımı ile diğer bazı basitleştirici kabullere dayanır. Bu gerilme ve şekil değiştirme yayılımı kabulleri yönetmelikten yönetmeliğe değişir.

3.3 ETABS Programını TS500 ve Deprem Yönetmeliğine Uyarlama

Bu program paketi Türkiye'de konu ile ilgili yönetmeliklerden olan "TS500 Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, 2000" ve "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" kuralları çerçevesinde Prof. Dr. Nahit Kumbasar ve Prof. Dr. Zekai Celep tarafından gözden geçirilmiştir.

Bu çalışmada uygulanan uyarlamalar malzeme özellikleri ve yük kombinasyonları tanıtımında yapılmıştır. Donatı hesaplarıyla ilgili uyarlamalardan bahsedilmemiştir.

Malzeme özellikleriyle ilgili Şekil 3.2'deki menüde görüldüğü gibi Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2'deki TS500 değerleri programa uyarlanmıştır.

Şekil 3.2 Malzeme özellikleri menüsü

✓ f'_c Beton karakteristik basınç dayanımı, Ton/m²

TS500 ile uyum sağlanması için bu değer betonun hesap dayanımı f_{cd} olarak kullanılması uygundur.

✓ f_y Eğilme donatısı karakteristik akma dayanımı, Ton/m²

TS500 ile uyum sağlanması için bu değerin eğilme donatısı hesap dayanımı f_{yd} olarak kullanılması uygundur.

✓ f_{ys} Kayma donatısı karakteristik akma dayanımı, T/m²

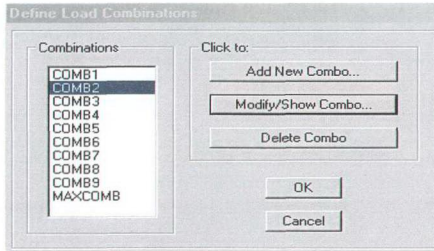
TS500 ile uyum sağlanması için bu değerin kayma donatısı hesap dayanımı f_{ywd} olarak kullanılması uygundur.

Boyutlama yük kombinasyonları, belirtilen yükleme durumlarının, yapının kesit hesaplarında kullanılacak çeşitli birleştirme şekilleridir.

Yük kombinasyonlarıyla ilgili uyarılma ise TS500 Standardı'na göre, yapıda sadece sabit yük (DL) ve hareketli yük (LL) varsa, boyutlama için sadece $1.4DL+1.6LL$ yük kombinasyonuna ihtiyaç vardır. Eğer bu yükler yanında deprem yükleri de varsa aşağıdaki yük kombinasyonlarının göz önüne alınması gerekir.

Çizelge 3.1 Yük kombinasyonları

1.	1.4 DL	+1.6 LL	
2.	DL	+ LL	+ EX
3.	DL	+ LL	+ EY
4.	DL	+ LL	- EX
5.	DL	+ LL	- EY
6.	0.9 DL		+ EX
7.	0.9 DL		- EX
8.	0.9 DL		+ EY
9.	0.9 DL		- EY



Şekil 3.3 Yük kombinasyonları menüsü

3.4 Genel Kullanım İlkeleri

ETABS yazılımı, yapı sistemi modellerinin geliştirilmesi, analiz ve boyutlandırılması için kullanılan genel amaçlı bir programdır. Program Windows ortamında çalışmakta ve tüm işlemler özel Grafik Kullanıcı Arayüzü (Graphical User Interface – GUI) yardımı ile ETABS ekranı üzerinde gerçekleştirilmektedir.

Herhangi bir yapı sisteminin ETABS yardımı ile analiz ve boyutlandırılmasında, genel olarak, aşağıdaki yol izlenmektedir:

3.4.1 Sistem modelinin oluşturulması

Bu ilk aşamada, ya doğrudan doğruya veya ETABS içinde bulunan Şablon (Template) sistemler kullanılarak

- ✓ Kiriş, kolon vb. çubuk elemanlar,
- ✓ Duvar, döşeme, kabuk gibi yapı bölümlerini temsil eden sonlu elemanlar,
- ✓ Düğüm noktalarında veya mesnetlerde elastik veya lineer olmayan birleşimler veya yaylar,
- ✓ Çeşitli tipte mesnetler

tanımlanarak sistem modeli oluşturulur. Bu sırada, çeşitli yapı elemanlarının birleştiği Düğüm Noktaları (Joints), program tarafından otomatik olarak, türetilmektedir. Oluşturulan öğelerin (çubuk, sonlu eleman, birleşim, yay ve düğüm noktası) tümüne Nesne (Object) adı verilmektedir.

Bazı durumlarda, ele alınan sistemin önce küçük bir bölümü oluşturulur. Daha sonra ETABS'ın Copy, Paste, Replicate, Mesh Shells gibi olanaklarından yararlanarak sistem tamamlanabilir.

Bazı özel durumlarda da, sistemin geometrisi AutoCAD veya EXCEL yazılımları ile geliştirilip ETABS içine aktarılabilir.

3.4.2 Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması

ETABS içinde standart olarak, tüm özellikleri ile tanımlanmış olan Beton (CONC) ve Çelik (STEEL) malzemeleri mevcuttur. İstenirse bu malzeme türlerine ait özelliklerin bazıları veya tümü değiştirileceği gibi, yeni malzeme türleri de tanımlanıp kullanılabilir. Seçilen veya tanımlanan malzeme türleri, kesit tanımlaması sırasında kullanılmaktadır.

3.4.3 Kesit Özelliklerinin Tanımlanması

Çeşitli kesit tipleri ayrı kütükler içinde verilmiş bulunmaktadır. Özellikle çelik yapılarda bu kesit tipleri, doğrudan doğruya veya bazı özellikleri değiştirilerek kullanılacağı gibi, istenen türde kesit tanımlamak için, pek çok seçenek vardır. Seçilen veya tanımlanan kesitler sistem elemanlarına atanmaktadır.

3.4.4 Yüklerin Tanımlanması

Tekil, düzgün yayılı, üçgen veya yamuk yüklerle sıcaklık değişimleri tanımlanıp düğüm noktalarına, çubuklara veya sonlu elemanlara atanabilmektedir. Ayrıca, kütle ve spektrum diyagramları tanımlandıktan sonra, Mod Birleştirme Yöntemi ile dinamik hesap ta yapılabilir. Çok sayıda (sabit, hareketli, rüzgar, deprem vb.) değişik yüklemeler tanımlanacağı gibi, bunlar çeşitli süperpozisyon katsayıları ile çarpılarak yükleme kombinasyonları da oluşturulabilmektedir.

3.4.5 Çözüm (Analiz)

Sistem modelinin malzeme, kesit özellikleri ve yüklemeleri ile birlikte tanımlanması bittikten sonra, çözüm yapılır. Çözüm sonuçları da ETABS ekranında görüntülenmektedir. Bu görüntü üzerinde istenen her türlü ayrıntı ayrıca görüntülenip incelenebilir. İstenirse, çözüm sonuçları bir kütüğe yazdırılıp orada incelenir veya bastırılabilir.

3.4.6 Boyutlandırma

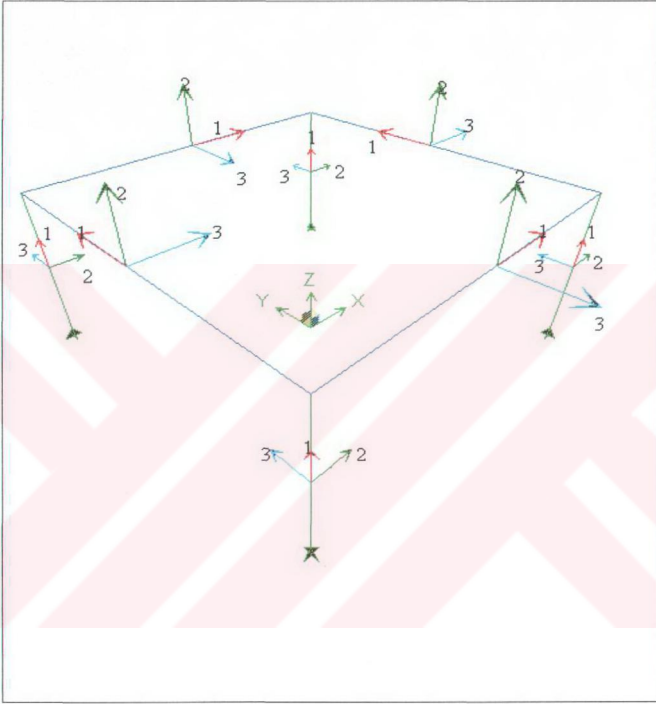
Çözüm işlemi tamamlandıktan sonra, seçilen bir yönetmeliğin kuralları uygulanarak, çelik veya betonarme elemanların boyutlandırmaları da yapılabilir.

3.5 Koordinat Sistemleri ve Grid Çizgileri

Sistem modelleri genel (global) bir koordinat sistemine göre oluşturulmaktadır. Koordinat sistemi X, Y, Z eksenlerinden oluşan kartezyen bir sistem olabileceği gibi r , θ , z eksenlerinden oluşan silindirik bir sistem olarak da seçilebilir. X, Y, Z eksenleri sağ el kuralına uygun olarak düzenlenmiştir. İstenirse, bir model içinde farklı koordinat sistemleri kullanılıp, model geliştirilirken bir sistemden ötekine geçerek kolaylık sağlanabilir.

Sistem modelini oluşturan her nesne (düğüm noktası, çubuk, sonlu eleman ...) kendi yerel (Local) eksenine sahiptir. Her nesne için farklı olmak üzere 1, 2 ve 3 olarak tanımlanan bu eksenler kesit özelliklerinin, yüklerin ve iç kuvvetlerin tanımlanmasında kullanılır. Aşağıdaki

şekilde basit bir örnek üzerinde X, Y, Z genel sistem eksenleri ile 1, 2, 3 yerel eksenleri gösterilmiştir.



Şekil 3.4 Koordinat eksenleri ve lokal eksen görünüşü

Şekilde görüldüğü gibi, tüm çubuk elemanların 1 eksenleri çubuk doğrultusundadır. Bunlar ekranda kırmızı renkli olarak görünürler. Güçlü eksen adı verilen 3 eksenleri ise ekranda mavi renkli olarak görünmektedirler. Kesit, yük atama ve iç kuvvetlerin görüntülenmesi bakımından önemli olan 3 eksenlerinin, bazı durumlarda döndürülmeleri gerekebilir.

Grid çizgileri (Grid Lines), koordinat eksenlerine paralel olan ve ekranda ince ve soluk olarak çizilen çizgilerdir. İstenildiği gibi kaydırılabilir, silinebilir veya çoğaltılabilir. Koordinat çizgileri değiştirildiğinde, eski grid çizgilerinin yerini yeni sisteminkiler alır.

4. MODELLEME

4.1 Bina Tanıtım Raporu

Çalışmanın amacı, modeller üzerinde programın özelliklerine, kullanım kolaylıklarına bağlı olan aynı kabuller uygulanarak, ana yapıya eklenen betonarme perde veya betonarme çapraz gibi yeni yapı elemanlarının, modele katkılarının dinamik ve statik analiz sonuçlarıyla karşılaştırılmasıdır. Bu çalışmada ETABS programı kullanılarak, “Bina Tanıtım Raporu”nda tarif edilen üç boyutlu modellerin statik ve dinamik analizi yapılmıştır.

Yapı on iki kattan ibarettir. Döşeme kalınlığı $d = 17$ cm. olarak hesaplanıp programa girilmiştir. Yapı x yönünde 4.00 m. aralıklı beş aks, y yönünde 4.00 m. aralıklı beş aks sisteminden oluşturulmuştur. Programla analiz yaptırılacak üç model için de bu aks planı ve döşeme kalınlığı geçerlidir.

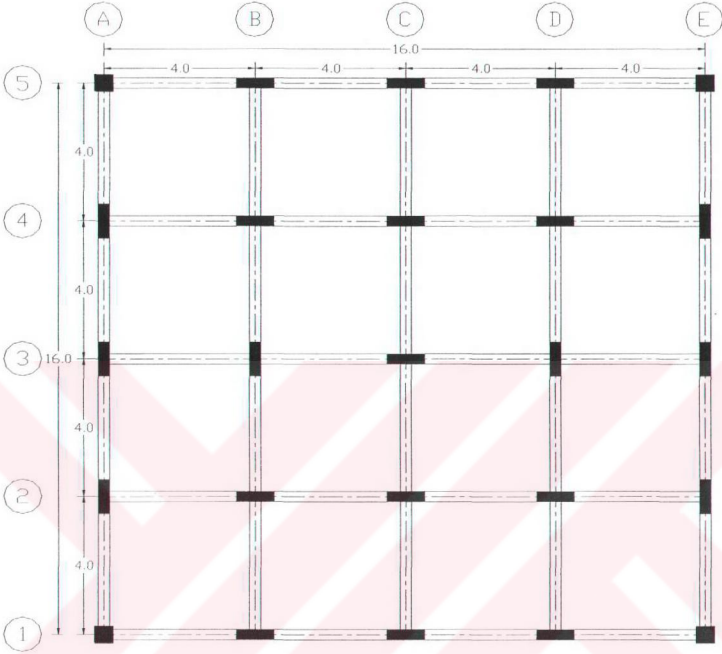
Ana model olan Çerçeve sistemin köşelerinde 50/50 ebatlarında kare, iç kısımlarda ise 30/100 ebatlarında dikdörtgen kesitli kolonlar kullanılmıştır.

Kirişler, tabla boyları hesaplanarak 30/90 ebatlarında programa girilmiştir. Böylelikle yük aktarımı, döşemeye yazılacak yükün sonlu elemanlar yöntemiyle dağıtılmasıyla çözümlenecektir.

Ana modele eklenecek yapı elemanlarından perde-kolon 30/200 ebatlarında, betonarme çaprazlar ise 30/30 kesitli olacaktır.

Ölçüleri verilen yapı elemanlarının kesitleri tüm katlarda aynıdır.

Yapının kat adedinin fazla olması sebebiyle yapıda kullanılan betonarme beton BS30 ve betonarme çeliği BÇIII’ tür.



Şekil 4.1 Kat planı

4.2 Kabuller

4.2.1 Sabit ve Hareketli Yük

Kaplama : $0.06 \times 2.200 = 0.132 \text{ t/m}^2$

Asma tavan : $0.02 \times 2.500 = 0.044 \text{ t/m}^2$

$$g = 0.176 \text{ t/m}^2 \text{ (sabit yük)}$$

$$q = 0.350 \text{ t/m}^2 \text{ (hareketli yük)}$$

Döşeme ağırlığı ETABS programı tarafından dahil edileceğinden sabit yük olarak eklenmemiştir.

4.2.2 Tasarım Deprem Karakteristikleri

Deprem bölgesi	: 1
Etkin yer ivmesi katsayısı	: 0.40
Bina önem katsayısı	: 1.00
Hareketli yük katılım payı	: 0.30
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı çerçeve	: 8
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı çaprazlı	: 6
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı perdeli	: 6
Spektrum karakteristik periyotları	: $T_A=0.15$, $T_B=0.40$

Yapının yatay yük hesabı tamamıyla Deprem Yönetmeliği kurallarına göre yapılmıştır. Yapının yatay yük analizi ile ilgili tüm yapı ve zemin parametreleri bu yönetmelik ışığı altında değerlendirilmiş ve yönetmeliğin uygun gördüğü değerler kullanılmıştır. Yapı üç boyutlu olarak modellenmiş olup yatay yük analizinde eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılmıştır. Elastik Deprem yükünün bulunmasında kullanılan Elastik Deprem Yükleri İçin Spektral Katsayısı $A(T)$ %5 sönüm oranı için tasarım ivme spektrumunun yerçekimi ivmesi g' ye bölünmesine karşı gelen

Spektral İvme Katsayısı,

$$A(T)=A_0 \cdot I \cdot S(T) \quad (4.1)$$

ile verilir. Etkin yer ivmesi katsayısı adını alan A_0 değerler Çizelge 4.1' de tanımlanmıştır.

Çizelge 4.1 Etkin yer ivmesi katsayısı (A_0)

DEPREM BÖLGESİ	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Yapılan Kabuller:

- Yapı 1. derece deprem bölgesi olup $A_0=0,40$ alınmıştır.
- Bina önem katsayısı olan (I) Çizelge 4.3' e göre $I=1,00$ alınmıştır.

- Yapının deprem hesabına esas olan kütlelerinin hesabında kullanılacak olan hareketli yük katılım katsayısı Çizelge 4.2 ' den ($n=0,30$) olarak alınmıştır.

Çizelge 4.2 Hareketli yük katılım katsayısı (n)

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

Çizelge 4.3 Bina önem katsayısı (I)

Binanın Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı (I)
1. <u>Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli içeren binalar</u> a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Zehirli, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
2. <u>İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar</u> a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. b) Müzeler	1.4
3. <u>İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</u> Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1.2
4. <u>Diğer binalar</u> Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1.0

Denklem (4.1)' de yer alan Spektrum Katsayısı, $S(T)$, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T^* ye bağlı olarak denklem (4.2) ile hesaplanacaktır.

$S(T)=1+1.5 \cdot T/T_A$	$(0 \leq T \leq T_A)$	(4.2a)
$S(T)=2.5$	$(T_A < T \leq T_B)$	(4.2b)
$S(T)=2.5(T_B / T)^{0.8}$	$T > T_B$	(4.2c)

(Denklem 4.2)

Denklem (4.2)' deki Spektrum Karakteristik Periyotları, T_A ve T_B , yerel zemin sınıflarına bağlı olarak Çizelge 4.4' te verilmiştir.

Çizelge 4.4 Spektrum karakteristik periyotları (T_A , T_B)

Deprem Yön. Göre 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

- Yapı Z2 sınıfı zemin üzerinde bulunmaktadır. $T_A=0.15$ ve $T_B=0.40$
- Depremde taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışını gözönüne almak üzere denklem (4.1)' de verilen spektral ivme katsayısına göre bulunacak deprem yükleri, aşağıda tanımlanan Deprem Yüğü Azaltma Katsayısına bölünecektir.

$$R_a(T)=1.5 + (R-1.5)T / T_A \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (4.3a)$$

$$R_a(T)=R \quad (T > T_A) \quad (4.3b)$$

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı R ile ilgili değerler Çizelge 4.5' de verilmiştir.

Çizelge 4.5 Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R)

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	Süneklik Düzeyi Normal Sistemler	Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler
(1) YERİNDE DÖKME BETONARME BİNALAR		
(1.1) Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar.....	4	8
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 birlikte taşındığı binalar.....	4	7
---	---	---

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı olarak;

Çerçevesi sistemde $R=8$,

Çaprazlı sistemde $R=6$,

Perdeli sistemde $R=6$ alınmıştır.

4.2.3 Malzeme Karakteristikleri

Çizelge 4.6 Betonarme betonu

Beton Sınıfı	Basınç $f_{ck}/\text{t/m}^2$	Çekme $f_{ctk}/\text{t/m}^2$	Basınç $f_{cd}/\text{t/m}^2$	Çekme $f_{ctd}/\text{t/m}^2$	Küp t/m^2	Elastisite t/m^2	Elastisite H t/m^2	Kayma H t/m^2
B30	3000	190	2000	125	3500	3,180,000	3,200,000	1,200,000

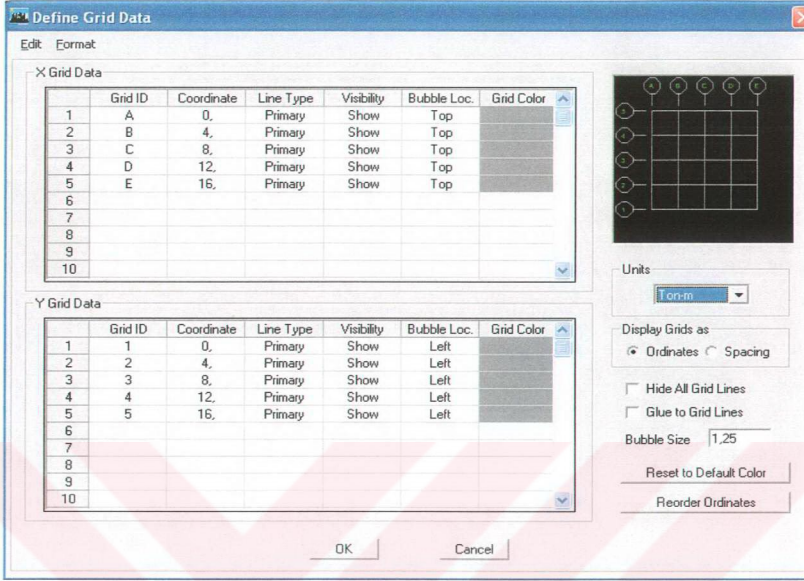
Çizelge 4.7 Donatı çeliği

Donatı Sınıfı	Akma $f_{yk}/\text{t/m}^2$	Akma $f_{yd}/\text{t/m}^2$
BÇ III	42000	36500

4.3 ETABS Programına Data Girişi

4.3.1 Aks Sistemi

Modellemede ilk olarak ana ve tali aks sisteminin tanımlanması gerekmektedir. Aks sistemleri ve aralıkları her iki yön için interaktif olarak girilebilmektedir.



Şekil 4.2 Aks sisteminin girilmesi

Program girilen bu aksların kesişim noktalarını birer düğüm noktası olarak kabul etmektedir. Daha sonradan tanımlanacak her eleman bu düğüm noktaları arasına yerleştirilecektir.

Bu işlem sonrasında oluşturulan her aks isim ve ölçüleri ile birlikte ekranda görülecektir.

Yukarıdaki menüde daha sonradan yapılacak olan her değişiklikle birlikte tanımlanmış olan elemanların boyları da program tarafından otomatik olarak güncellenecektir.

Çalışmada kullanılan modeller Şekil 4.2’de görüldüğü gibi x yönünde 4 m. açıklıklı beş aks, y yönünde 4 m. açıklıklı beş aks sisteminden oluşmaktadır.

4.3.2 Kat Bilgileri

Bu aşamada her katın yüksekliği, adı ve kotu tanımlanmaktadır. Yapının mevcut kat adedi de bu aşamada girilmektedir. Birbirinin aynısı veya sadece belli bazı bölgelerinde farklılıklar gösteren katlar bu bölümde “benzer kat” olarak tarif edilmektedir. Böyle bir katta yapılacak tüm değişiklikler bu özellik sayesinde benzer katlara da yansımaktadır.

Çalışmada kullanılan modeller üçer metre kat yüksekliğine sahip ve birbirine benzer on iki kattan oluşmaktadır.

Story Data

	Label	Height	Elevation	Master Story	Similar To	Splice Point	Splice Height
13	STORY12	3.	36.	Yes		No	0.
12	STORY11	3.	33.	No	STORY12	No	0.
11	STORY10	3.	30.	No	STORY12	No	0.
10	STORY9	3.	27.	No	STORY12	No	0.
9	STORY8	3.	24.	No	STORY12	No	0.
8	STORY7	3.	21.	No	STORY12	No	0.
7	STORY6	3.	18.	No	STORY12	No	0.
6	STORY5	3.	15.	No	STORY12	No	0.
5	STORY4	3.	12.	No	STORY12	No	0.
4	STORY3	3.	9.	No	STORY12	No	0.
3	STORY2	3.	6.	No	STORY12	No	0.
2	STORY1	3.	3.	No	STORY12	No	0.
1	BASE		0.				

Reset Selected Rows

Height: 3. [Reset]
 Master Story: No [Reset]
 Similar To: NONE [Reset]
 Splice Point: No [Reset]
 Splice Height: 0 [Reset]

Units: Change Units [Ton-m]

[OK] [Cancel]

Şekil 4.3 Kat bilgilerinin oluşturulması

4.3.3 Malzeme Bilgilerinin Tanımlanması

Bu aşamada, yapıda kullanılması düşünülen beton ve çelik malzemelere dair bilgiler girilmektedir. Bu özellikler, kullanılacak betonun sınıfı, Elastisite modülü, Poisson oranı, Kayma modülü, çelik akma dayanımı, etriye kayma gerilmesi ve bunun gibi bilgilerdir. Bu özellikler çözüm öncesi her aşamada değiştirilebilir. Eğer betonarme kesit hesapları veya çelik kesit tahkikleri programa yaptırılacaksa kullanılan malzemenin tasarım kriterleri de bu bölümde menüye işlenmelidir.

Modellerde kullanılacak malzeme olarak Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7'deki BS30 ve BÇIII'ün değerleri programa girilmiştir.

Material Name [CONC]

Type of Material
☒ Isotropic ☐ Orthotropic

Analysis Property Data

Mass per unit Volume: 0.25
 Weight per unit Volume: 2.5
 Modulus of Elasticity: 3200000
 Poisson's Ratio: 0.2
 Coeff of Thermal Expansion: 9.900E-06
 Shear Modulus: 1333333

Display Color
 Color: [Yellow]

Type of Design
 Design: [Concrete]

Design Property Data

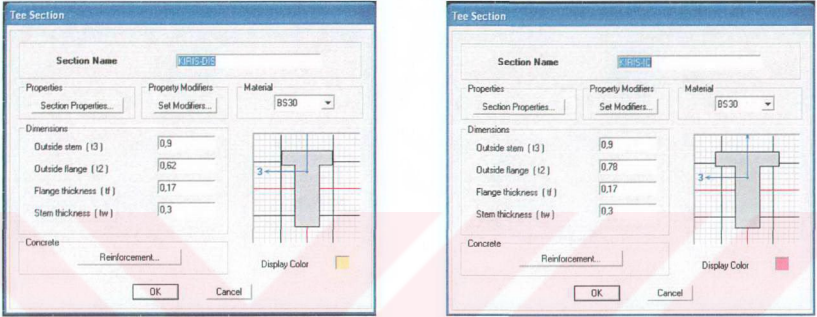
Specified Conc Comp Strength, f_c: 2333
 Bending Reinf. Yield Stress, f_y: 36500
 Shear Reinf. Yield Stress, f_{ys}: 36500
☐ Lightweight Concrete
 Shear Strength Reduc. Factor: []

[OK] [Cancel]

Şekil 4.4 Malzeme özellikleri menüsü

4.3.4 Kullanılacak Kesitlerin Tarif Edilmesi

Kullanılması düşünülen malzemelerin girilmesinin ardından modelde kullanılması düşünülen tüm kolon ve kiriş kesitleri de bu aşamada tarif edilmelidir. Kullanılacak kesitlerin tipine göre genişlikleri, derinlikleri, varsa tabla bilgileri ve kesitin tüm hesap çıktılarında hangi isimle anılacağı, aşağıda görülen menüde interaktif olarak girilmektedir. Ayrıca daha önce belirlenen malzemelerden kesitin hangi sınıfa girdiği tarif edilebilir.



Şekil 4.5 Çubuk elemanlar kesit özellikleri menüsü

Şekil 4.5’de modellerde kullanılan kiriş kesitleri gösterilmektedir. İki tip kiriş kesiti programa girilmiştir. Bunlar, modelin dış cephesindekiler KRŞ-DİŞ ve içtekiler KRŞ-İÇ olarak isimlendirilmişlerdir. Bu kirişlerin tabla boyları hesaplanarak kesitleri oluşturulmuştur.

Bu girilen bilgiler ışığında program otomatik olarak kesit özelliklerini yani her iki yöne ait atalet momentlerini, mukavemet momentlerini, kesit alanlarını, kayma alanlarını, atalet yarıçaplarını ve burulma sabitini hesaplar.

Kolon ve kirişlerin kesit tanımlamaları, çubuk kesit tarifleri olarak aynı menüde yer almaktadır. Ancak bu iki elemanın betonarme hesap yöntemleri farklı olacağından malzemenin beton seçilmesiyle yeni bir menü açılır ve buraya da elemanın kolon mu, kiriş mi olduğu, kullanılması düşünülen donatı adedi veya kullanılması düşünülen birim donatı alanı, paspayları girilerek betonarme hesaba dair bilgiler de tanımlanmış olur.

Reinforcement Data

Design Type
☒ Column ☐ Beam

Configuration of Reinforcement
☒ Rectangular ☐ Circular

Lateral Reinforcement
☒ Ties ☐ Spiral

Rectangular Reinforcement
 Cover to Rebar Center: 0.04
 Number of Bars in 3-dir: 3
 Number of Bars in 2-dir: 6
 Bar Size: 16Ø

Check/Design
☐ Reinforcement to be Checked
☒ Reinforcement to be Designed

OK Cancel

Reinforcement Data

Design Type
☐ Column ☒ Beam

Concrete Cover to Rebar Center
 Top: 0.035
 Bottom: 0.035

Reinforcement Overrides for Ductile Beams

	Left	Right
Top	0.	0.
Bottom	0.	0.

OK Cancel

Şekil 4.6 Çubuk elemanları kolon veya kiriş olarak belirlenmesi

Buna benzer olarak modelde kullanılması düşünülen döşeme ve perde elemanların boyut bilgileri Şekil 4.7’de görüldüğü gibi tarif edilmektedir. Şekil 4.7’deki menüye çıktılarda görmek istediğimiz kesit ismi, modelde kullanıldığı yere bağlı olarak tipi yani levha, kabuk veya plak özelliklerinden hangisine sahip olduğu ve elemanın kalınlığı girilmektedir.

Döşeme ve perde elemanları, programın kendi kabullerine göre belirli sayıda sonlu elemana ayrılmaktadır. Eğer istenirse bu bölme işlemi kullanıcı tarafından da dışarıdan müdahale edilmek suretiyle yapılabilmektedir

Section Name DÖŞEME

Material: CONC

Thickness
 Membrane: 0.17
 Bending: 0.17

Type
☐ Shell ☒ Membrane ☐ Plate
☐ Thick Plate

Load Distribution
☐ Use Special One-Way Load Distribution

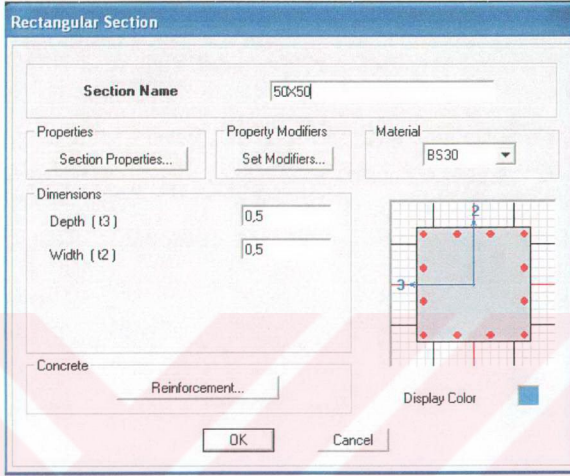
Set Modifiers... Display Color

OK Cancel

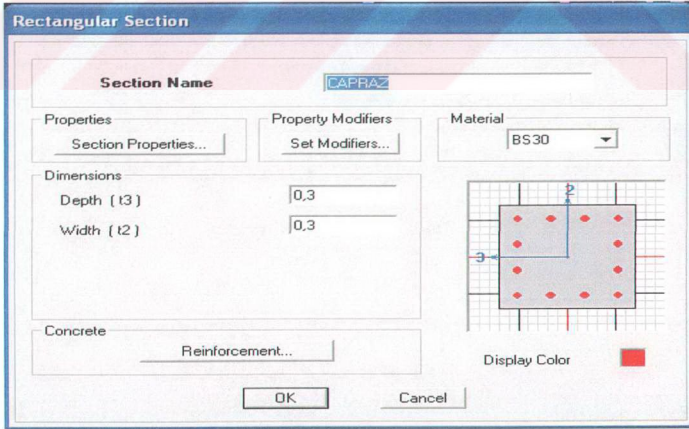
Şekil 4.7 Döşeme elemanların kesit özellikleri menüsü

Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’da köşelerdeki kare kolon ve diğer kolon tipinin kesitleri görülmektedir.

Bu şekilde yapı elemanı kesitleri oluşturulacağı gibi programda bulunan hazır şablonlardan da yapı elemanı kesit atamaları yapılabilir.



Şekil 4.8 S2 kolonu kesit özellikleri menüsü



Şekil 4.9 Betonarme çapraz elemanının kesit özellikleri menüsü

4.3.5 Yük Bilgilerinin Girilmesi

Bu bölümde statik ve dinamik analizde kullanılacak olan yük tipleri tanımlanır.

Yüke verilecek isim, cinsi yani sabit, hareketli ve deprem yüklemesinden hangisi olduğu, yük çarpanı ve deprem yüklemesine ait yönetmelik seçimi aşağıda görülen şekilde tarif edilmektedir.

Load	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load
DEAD	DEAD	1	
DEAD	DEAD	1	
LIVE	LIVE	0	
KAPLAMA	DEAD	0	
DEPREM	QUAKE	0	User Loads
DEPREMY	QUAKE	0	User Loads

Şekil 4.10 Yük tiplerinin tarif edilmesi

Yük çarpanı elemanın zati ağırlığının haricen girilip girilmediğini göstermektedir. Eğer sabit yük çarpanı 1 olarak girilmişse, her elemanın kendi ağırlığı otomatik olarak sabit yüke eklenmektedir. Bu durumda elemanın kendi ağırlığı modelde ayrıca verilmemelidir.

Deprem yüklemesinde, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte belirtilen ve uyulması gereken kurallar göz önünde bulundurularak, x ve y yönü için deprem kuvvetleri ayrı ayrı hesaplanıp, menü içinde ilgili yerlere interaktif olarak girilir.

Story	Diaphragm	FX	FY	MZ
STORY12	D12	45.28	0.	0.
STORY11	D11	45.17	0.	0.
STORY10	D10	41.07	0.	0.
STORY9	D9	36.96	0.	0.
STORY8	D8	32.85	0.	0.
STORY7	D7	28.75	0.	0.
STORY6	D6	24.64	0.	0.
STORY5	D5	20.53	0.	0.
STORY4	D4	16.43	0.	0.
STORY3	D3	12.32	0.	0.
STORY2	D2	8.21	0.	0.
STORY1	D1	4.11	0.	0.

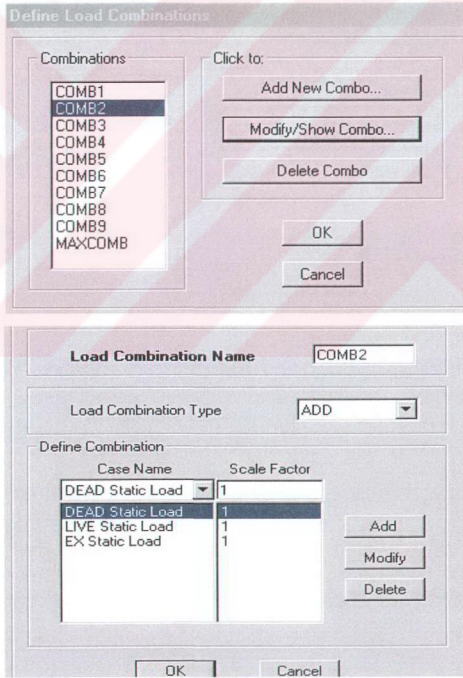
☐ User Specified Application Point
☒ Apply at Center of Mass
 Additional Ecc. Ratio (all Diaph.) 0.05

Şekil 4.11 X yönünde uygulanacak deprem kuvvetleri

Taşıyıcı sistem davranış “R” katsayısı Çerçeve sistemde 8 olarak seçilmiştir. Perdeli ve Çaprazlı sistemde ise “R” katsayısı 6 alınmıştır.

4.3.6 Yük Kombinasyonlarının Tarif Edilmesi

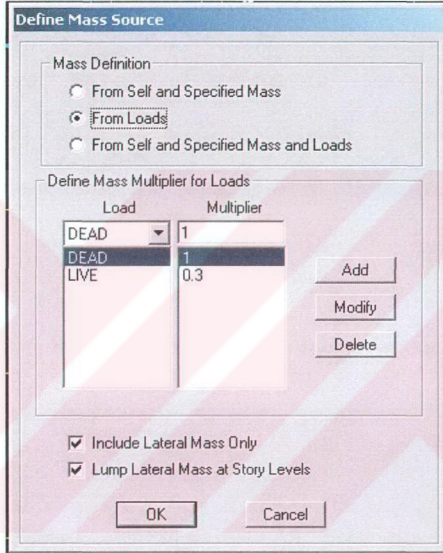
Bu bölümde şartnamelerin istediği yük kombinasyonları belirtilir. Kombinasyonun ismi ve daha önceden belirlenmiş olan yük tipleri ve katsayıları bu bölümde üretilebilir. Çözüm sonrasında bu kombinasyonlara ait kesit tesirleri çıktı dosyalarında yer alacaktır. Aslında program yazarları otomatik olarak alınacak yük kombinasyonlarını da hazırlamışlardır. Ancak yine programın yerli olmaması nedeniyle bu kombinasyonlar ülkemizde kullanılan TS500 Betonarme Şartnamesinde yer alan kombinasyonlardan yük katsayıları düzeyinde farklılık göstermektedir. Bu nedenle istenilen tüm kombinasyonlar özellikleriyle bu bölümde tarif edilmelidir. İstenirse çözüm sonrası da bu menüye müdahale edilebilmektedir.



Şekil 4.12 Yük kombinasyonları menüsü

4.3.7 Dinamik Hesapta Kullanılacak Kat Ağırlıklarının Belirlenmesi

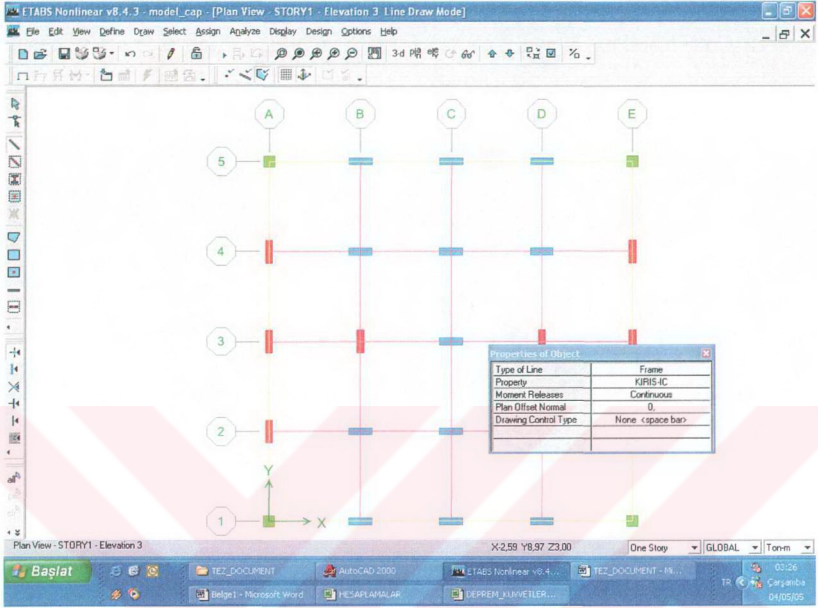
Deprem yüklerinin belirlenmesi için yapılacak dinamik hesapta katın ağırlığının belirlenmesi için sabit ve hareketli yüklerin ne oranda katılacağı bu bölümde tarif edilir. Hareketli yük için seçilecek katsayı, binanın kullanım amacına göre şartnamemizde belirtilmiştir. Bina kullanım amacına göre deprem şartnamemizde yer alan hareketli yük katılım katsayısı “n” bu bölümde tarif edilerek dinamik hesaba esas kat kütleleri programa hesaplatılmaktadır.



Şekil 4.13 Dinamik hesaba esas kütle çarpanlarının tarifi

4.3.8 Çubuk Elemanların Model Üzerinde Oluşturulması

Daha önceden boyut ve kesit özellikleri olan kirişler model üzerinde oluşturmak için öncelikle plan düzlemine geçilir. Çubuk eleman çizim menüsünden kullanılacak olan kesit seçilerek ekran üzerinden kirişin sol ve sağ düğüm noktaları tıklanarak kiriş elemanı çizilir. Benzer şekilde, kolonları çizmek için x-z veya y-z düzlemlerine geçilir ve aynı işlemler düşeyde tekrarlanır.



Şekil 4.14 Çubuk elemanların atanması

Eğer daha önceden birbirine benzetilecek katlar tarif edilmişse bu kat üzerinde yapılacak olan her işlem benzer katlara da otomatik olarak yansıtacaktır. Benzer katlarda herhangi birinde işlem yapmak yeterli olacaktır. Bunun yanı sıra tüm katlarda kolonların veya kirişlerin benzer olması veya bir kısmının benzer olması durumunda ise programın özelliklerinden “all stories” yani tüm katlara uygula bölümüne geçilerek bu işlemler tek katta yapılırsa tüm katlara da otomatik olarak uygulanacaktır. Bu uygulamadan emin olmak amacıyla da üç boyutlu model çizimi açılarak kontrol edilebilir. Eğer sistemde simetri söz konusu ise veri girişini kolaylaştırmak ve hızlandırmak amacıyla sistemin sadece yarısını tanımlayıp diğer yarısını aynalama özelliği ile oluşturmak mümkündür.

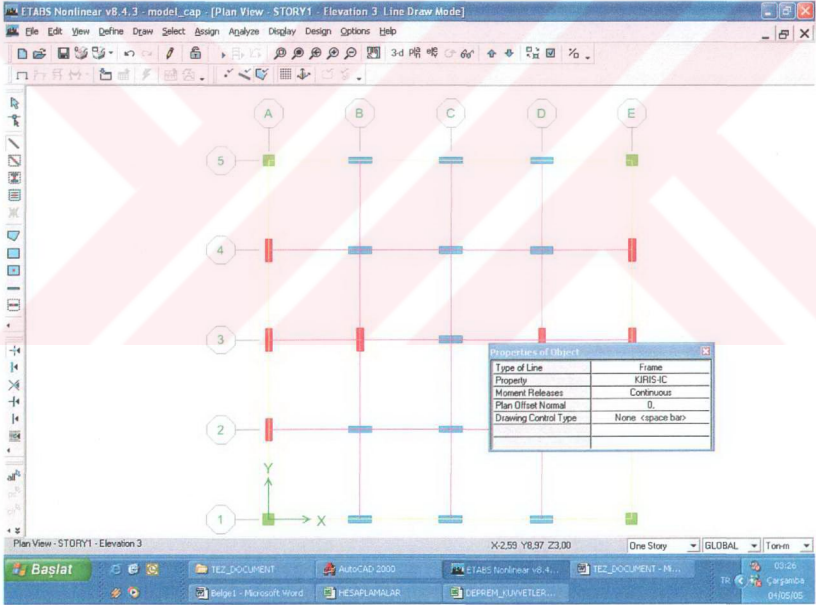
Girilen her kiriş ve kolon elemanına program tarafından çubuk tipine göre otomatik olarak ad verilmektedir. İstenirse bu isimlerin sıralamasına veya ön karakterlerine de müdahale edilebilir.

Herhangi bir çubuk elemana sol ve sağ uç düğüm noktaları dışında saplanan farklı bir eleman varsa bu birleşim noktasına program tarafından otomatik olarak yeni bir düğüm noktası atanır ve yük aktarımında bu düğüm noktası da dikkate alınır.

Etabs programı sonlu elemanlarla işlem yaptığından saplanan kirişleri bölmek gerekmektedir. Ancak bu bölme işlemini program otomatik yapmaktadır.

4.3.9 Döşeme ve Perde Duvar Elemanlarının Model Üzerinde Oluşturulması

Perde duvar ve döşeme tarifini yapmak için ilgili düzleme geçilir. Daha önceden tanımlanmış plak, levha ya da kabuk kesitlerinden ilgili olan seçilir ve elemanın köşe düğüm noktaları ekran üzerinden tıklanarak kesit oluşturulmuş olur. Oluşturulan perde elemanlara da çubuk elemanlarda olduğu gibi program tarafından otomatik olarak isim verilir. Yine bu isimlere müdahale etmek mümkündür.



Şekil 4.15 Perde elemanların atanması

Döşemeleri de tariflemek benzer şekildedir ancak plan düzleminde yapılması işi daha kolaylaştırılacaktır. Ayrıca döşeme elemanların tarifinden sonra yük aktarımının doğru yapılabilmesi için uygun sonlu elemanlara ayrılmalıdır. Bu uygunluk şartı döşemenin oturduğu

çubuk veya perde elemanlara bağlıdır. Dolayısıyla düğümlere bağlıdır. Bu yüzden ilgili düğümler işaretlenip döşeme böldürüldüğünde yük aktarımının da doğru yapılması sağlanacaktır.

4.3.10 Mesnet Şartları

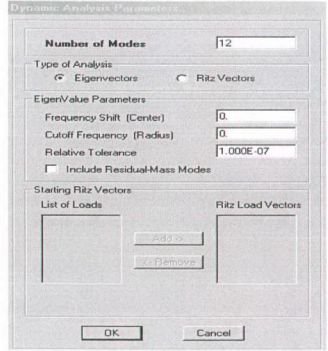
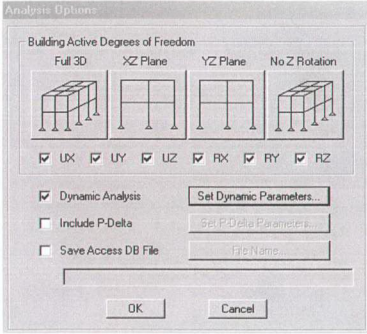
Bu aşamada yapının temele nasıl bağlı olduğu (ankastre ya da mafsallı) belirtilmelidir. Temel seviyesindeki düğüm serbestlikleri tanımlanır. İstenirse temelde üst yapıyla beraber çözülebilir. Bu durumda zeminle ilgili zemin yatak katsayısı, zemin emniyet gerilmesi gibi diğer parametrelerde verilmelidir. Modellerde yapı temele ankastre olarak bağlanmıştır. Ankastre özellikleri Şekil 4.16'da görülen menüdeki atamalarla sağlanmaktadır.



Şekil 4.16 Mesnet özellikleri menüsü

4.3.11 Analiz Genel Özellikleri

Çözümünden önceki son aşama budur. Bu aşamaya gelinceye dek tüm veri girişi tamamlanmış olmalıdır. Sistemle ilgili genel tanımlama bu bölümde yapılır. Sistemin herbir düğüm noktasına kaç tane ve hangi serbestliklerin alınacağı, dinamik analizin hangi yöntemle yapılacağı, kaç adet mod alınacağı bu aşamada tariflenir.



Şekil 4.17-18 Analiz özellikleri genel menüsü ve dinamik analiz özellikleri menüsü

Analizden önce zemin sınıfı ve deprem bölgesine göre Şekil 4.19'da görüldüğü gibi etkin yer ivmesi - periyot değerlerini içeren spektrum eğrisi tanımlanmalıdır. Zemin sınıfı olarak Z2, deprem bölgesi ise 1. derece deprem bölgesidir. Bölüm 4.4.2'de bahsedilen Mod Birleştirme Yöntemi'nin uygulanıp sistemin davranışını bulmak yani her bir serbest titreşim modunun deprem hareketine olan cevabının ayrı ayrı elde edilip sonra birleştirilmesi için Şekil 4.20'deki gibi x ve y yönlü davranış spektrumları tanımlanmıştır. Bu spektrumların skalası 1 alınarak analiz yaptırılır ve daha sonra zemin hareketiyle yapı davranışını dengelemek için her iki yönde zemin kattaki taban kesme kuvvetleri oranlanarak skala artırılır ve bu değerle çözüm tekrarlanır.

Response Spectrum Function Definition

Function Name: Z2B1

Define Function

Period	Acceleration
0.	0.4
0.15	0.4
0.4	1.
0.41	0.98
0.42	0.962
0.43	0.944
0.44	0.927
0.45	0.91

Add Modify Delete

Function Graph

Display Graph (3.1006 , 0.1945)

OK Cancel

Şekil 4.19 Etkin yer ivmesi-periyot değerleri menüsü

Define Response Spectra

Spectra: SPEC1, SPEC2

Click to:

Add New Spectrum...
Modify/Show Spectrum...
Delete Spectrum

OK Cancel

Response Spectrum Case Data

Spectrum Case Name: SPEC1

Structural and Function Damping: 0.05

Modal Combination: CQC SRSS ABS GMC

Directional Combination: SRSS ABS Scale Factor

Input Response Spectra

Direction	Function	Scale Factor
U1	Z2B1	1.48
U2		
UZ		

Excitation angle: 0.

OK Cancel

Şekil 4.20 Spektrum değerleri menüsü

4.4 Deprem Etkisi Altında Çözüm Yöntemleri

Binaların ve bina türü yapıların deprem hesabında kullanılacak yöntemler; Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi, Mod Birleştirme Yöntemi ve Eşdeğer Deprem Yüğü olarak üçe ayrılır.

4.4.1 Zaman Tanım Alanında Hesap yöntemi

En çok zaman alıcı olan bu çözümlemede, taşıyıcı sistem, zaman alanında boyutlama için kabul edilen bir benzetilmiş veya gerçek deprem hareketi esas alınarak, adım adım çözülür. Sistemin davranışı boyutlarına bağlı olduğu için, projelendirmenin ilk aşamasında kullanılacak bir yöntem değildir. Taşıyıcı sistemin davranışı elastik kabul edilebileceği gibi, daha gerçekçi sonuçlar elde etmek amacı ile elastik ötesi davranış da hesaba katılabilir. Yalnız bu durumda her yükleme durumu için ayrı rijitlik matrisi oluşturulması gerekir. Hesap yönteminin karmaşıklığı ve ayrıntılı olması sonuçların hakkı olmayan bir güvenle değerlendirilmesine sebep olabilir. Kabul edilen deprem hareketi ve taşıyıcı sistemin davranışı için yapılan mesnet kabulleri, kesit atalet momenti değerlerinin geçerliliği oranında elde edilen sonuçların güvenilir olduğu unutulmamalıdır. Bu çözümleme yöntemi, araştırma amacıyla kullanılması yanında, daha basit yöntemlerle yapılan çözümlerde bulunan sonuçların yorumlanmasında da kullanılabilir.

4.4.2 Mod Birleştirme Yöntemi

Bu elastik dinamik çözümleme yöntemi, sistemin davranışının, her bir serbest titreşim modunun deprem hareketine olan cevabının ayrı ayrı elde edilmesinde sonra birleştirilmesi ile bulunabileceği esasına dayanır. Binalarda kütlelerin katlarda üstlandığı kabul edilerek her kat için iki öteleme ve bir dönme hareketi esas alınır. Dönme hareketi nedeniyle katlarda kütle merkezi ile rijitlik merkezinin üst üste düşmemesinin etkisi de hesaba katılmış olur. Matematiksel olarak sağlam bir temele dayanmasına rağmen, gerçek taşıyıcı sistemi yansıtmasındaki eksiklikler nedeniyle kesin güveni zedeleyen bazı hususlara da sahiptir. Yöntemin hesap tekniği tamamen elastik davranışa dayanır. Ekonomik boyutlandırma genel olarak taşıyıcı sistemin sünek davranışının sağlanmasıyla ilgilidir. Sünek davranış esas alındığı oranda modları birleştirme tekniğinin uygulanabilirliği azalır. Betonun düşük gerilmelerde bile doğrusal davranıştan ayrılması, elastik davranış kabulünün geçerliliğini sınırlar. Depreme ait bilgilerin kabulünden sonra, tekniğin matematik çekiciliğine kapılarak sonuçlara aşırı güvenilmemelidir. Doğrusal elastik davranış kabul edilse bile deprem ile ilgili bilgilerin güvenilirliği mertebesinde sonuçların doğru olduğu unutulmamalıdır.

Yönetmeliklerde bu yöntemin önerildiği durumlarda bile, elde edilen sonuçların Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'ninkilerle karşılaştırılması daima öngörülür.

4.4.3 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

Yukarıda açıklanan hususlardan dolayı, bu yöntem taşıyıcı sistemi düzenli ve düzensizliği sınırlı olan binalar için, üç yöntemin en kullanışlı ve faydalısı olarak bilinir. Boyutlamada kapasite kavramının kullanılması, sünekliliğin kontrollü bir şekilde ve istenilen yerlerde oluşmasının sağlanması ve istenmeyen güç tükenmesi şekillerinin önlenmesi koşulu ile bu yöntem daha karmaşık çözümlemelere ihtiyaç duyulmaksızın yaygın bir şekilde uygulanabilir. Özellikle taşıyıcı sistemi düzenli olan yapılarda yapı davranışını iyi bir şekilde temsil eder. Taşıyıcı sistemde düzensizlik bulunması durumunda Mod Birleştirme Yöntemi öngörülürse de, elde edilen sonuçların Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile bulunanla karşılaştırılması istenir.

Açıklanan Mod Birleştirme Yöntemi ile Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi her türlü taşıyıcı sisteme uygulanabilir.

Kiriş, kolon ve perdelerden oluşan betonarme iskeletli yapılara etkiyen deprem yükleri genellikle yapıya döşemeleri seviyesinde etkiyen yatay yükler olarak kabul edilir. Bu döşemelerin de yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı kabul edilmiştir. Gerek modellerin yükseklik sınırları, gerek düzensizlik şartları, ETABS programında modellerin deprem hesabı için, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin kullanılarak dinamik analiz yapılmasını gerektirmektedir.

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin uygulanabileceği binalar Çizelge 4.3'te özetlenmiştir.

Çizelge 4.3'te görüldüğü gibi A1 ve B2 türü düzensizlikler, deprem hesabında kullanılacak yöntemin seçiminde etken olan düzensizliklerdir.

Çizelge 4.8 Eşdeğer deprem yüğü yönteminin uygulanabileceği binalar

Deprem Bölgesi	Bina Türü	Yükseklik Sınırı
1, 2	A1 türü burulma düzensizliği olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağlayan binalar	$H_N \leq 25$ m

1, 2	A1 türü burulma düzensizliği olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağlayan ve ayrıca B2 türü düzensizliği olmayan binalar	$H_N \leq 60$ m
3, 4	Tüm binalar	$H_N \leq 75$ m

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen Eşdeğer Deprem Yüğü (taban kesme kuvveti), V_t , aşağıdaki denklem ile belirlenecektir.

$$V_t = W \cdot A(T_1) / R_a(T_1) \geq 0.10 A_0 I W \quad (4.4)$$

Yukarıdaki denklemde yer alan ve binanın deprem sırasındaki ağırlığı olarak gözönüne alınacak olan W , aşağıdaki denklem ile belirlenecektir.

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (4.5)$$

denklemindeki w_i kat ağırlıkları ise; $w_i = g_i + nq_i$ hesaplanacaktır. (4.6)

5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER

Bu tezin amacı geleneksel, her zaman görmeye alışık olduğumuz betonarme yapıları, yapım esnasında veya sonrasında betonarme çaprazlar kullanarak depreme dayanıklı hale getirmek ve bu yapılarda deprem esnasında daha az kat deplasmanları ortaya çıkmasını sağlayıp insanların depremden daha az etkilenmelerine yardımcı olmaktır.

Hazırlanan bu tezde, iki ayrı model üzerinde çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda, öngörülen amaçlara ulaşılmıştır. Aşağıdaki paragraflarda bu modellere ait analizler ve sonuçları anlatılacaktır.

Analizi yapılan modelleri;

- A) Model 1 ve,
- B) Model 2 diye iki başlık altında toplayabiliriz.

A) Model 1' de üç tane sistem oluşturulmuştur;

- 1. Çerçeve sistem
- 2. Çaprazlı sistem
- 3. Perdeli sistem

Model 2' de birinci modelde ki çerçeve sistem üzerine, model 1' dekinden, plandaki yerleri ve boyutları farklı olan perde ve betonarme çapraz elemanlar eklenerek aşağıdaki sistemler oluşturulmuştur.

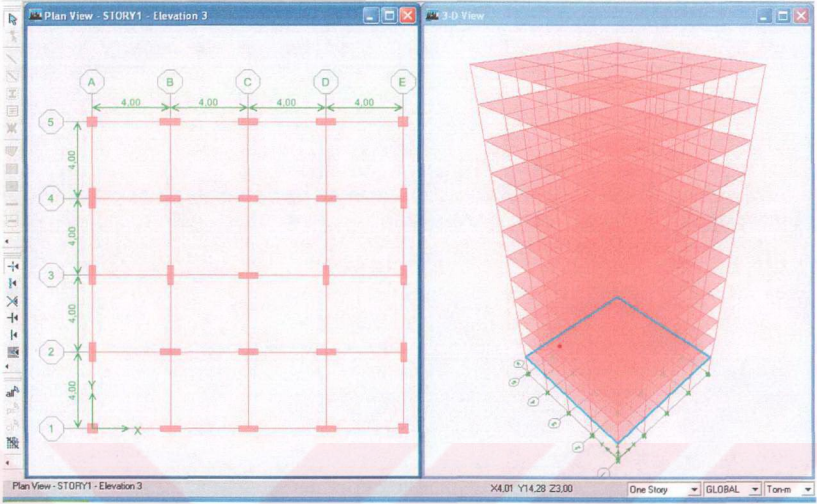
- 1. Çaprazlı sistem
- 2. Perdeli sistem

5.1 Model 1

Model 1' de aşağıdaki paragraflarda bilgileri verilen çerçeve, perdeli ve çaprazlı sistemlerin analizleri yapılarak, tablo ve grafiklerle kendi aralarında karşılaştırılmıştır.

5.1.1 Çerçeve Sistem

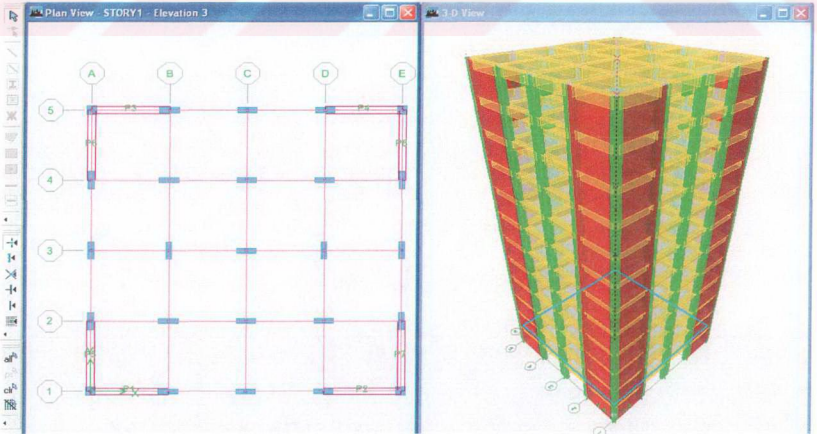
Çerçeve sistem, x ve y doğrultularında, 4' er metre açıklıklı, 5 aks sisteminden oluşmaktadır. Aşağıdaki şekilde çerçeve sisteme ait plan ve üç boyutlu çizim görülmektedir.



Şekil 5.1 Çerçeve sisteme ait plan ve üç boyutlu çizim

5.1.2 Perdeli Sistem

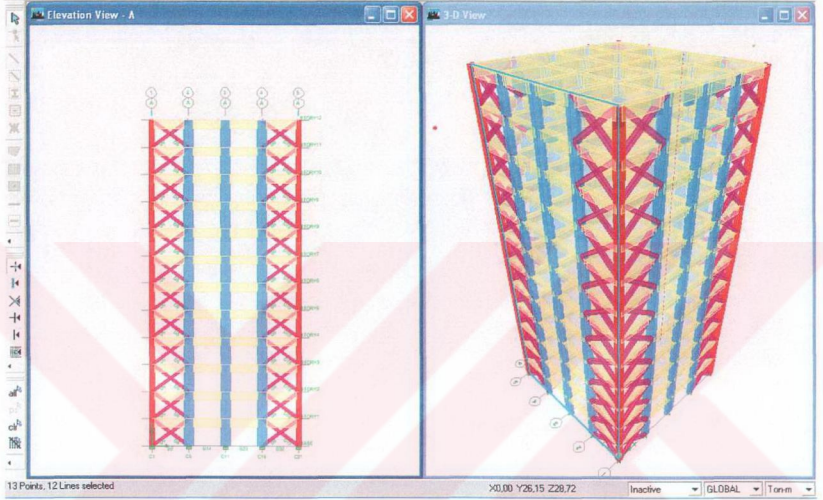
Perdeli sistem; Şekil 5.1' de çerçeve sistemde, planda ve üç boyutlu çizimde görülen yerlere, 30x30 (cmxcm) boyutlarında perde konulmak suretiyle oluşturulmuştur.



Şekil 5.2 Perdeli sisteme ait plan ve üç boyutlu çizim

5.1.3 Çaprazlı sistem

Çerçeve sistemde, kesitte ve üç boyutlu çizimde görülen A-B, D-E, 1-2, ve 4-5 aks aralıklarının dış kenarlarına, 30x30 (cmxcm) boyutunda, “X” biçiminde betonarme çaprazların konulmasıyla, çaprazlı sistem oluşturulmuştur.



Şekil 5.3 Çaprazlı sisteme ait A-A kesiti ve üç boyulu çizim

5.2 Model 2

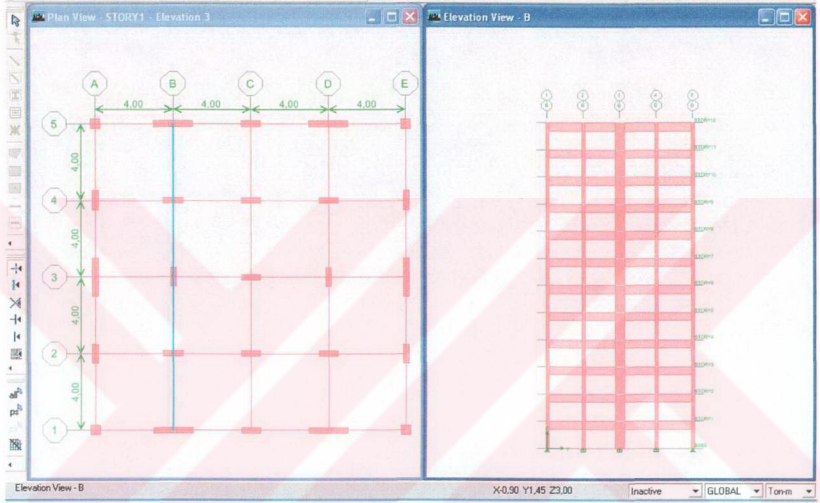
Bu modelde, perde-kolonlu ve çaprazlı sistemlerin analizi yapılmıştır. Bu analiz sonuçlarıyla, birinci modeldeki sistemlerin analiz sonuçları kendi aralarında karşılaştırılmıştır. Başka bir deyişle, perdeli sistemler kendi aralarında, çaprazlı sistemler de kendi aralarında karşılaştırılmıştır.

5.2.1 Çerçeve sistem

Model 1’ deki Çerçeve sistem, her iki çalışmada da kullanılmıştır.

5.2.2 Perdeli sistem

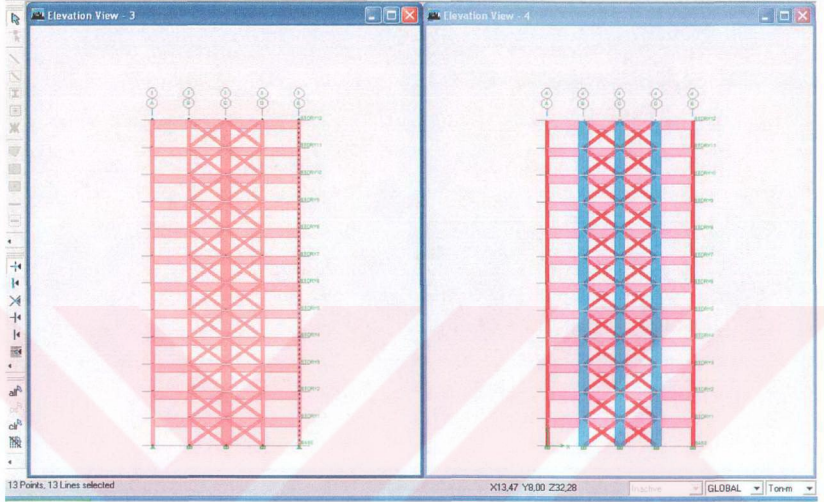
Çerçeve sistemdeki, boyutları 30x100 cmxcm olan B1, B5, D1, D5, A3 ve E3 kolonlarının boyutlarının 30x200 (cmxcm) yapılmasıyla, perdeli sistem oluşturulmuştur. Başka bir deyişle kolonların boyuna doğrultudaki uzunlukları artırılmak suretiyle, perde-kolon oluşturularak analiz yapılmıştır.



Şekil 5.4 Perdeli sisteme ait plan ve üç boyutlu çizim

5.2.3 Çaprazlı sistem

Son olarak, Çerçeve sistemde, 2B-2C, 2C-2D, 2D-3D, 3D-4D, 4D-4C, 4C-4B aksları arasına, betonarme çaprazlar (30x30 cmxcm) konularak Çaprazlı sistem oluşturulmuştur.



Şekil 5.5 Çaprazlı sisteme ait 3-3 ve 4-4 kesitleri

Şekil 5.1, şekil 5.2, şekil 5.3, şekil 5.4 ve şekil 5.5' de çizimleri verilen sistemlerin analizleri yapılarak, sonuçları birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

İlk olarak birinci modeldeki çerçeve, perdeli ve çaprazlı sistemlerin sonuçları kendi aralarında karşılaştırılmış, daha sonra da birinci ve ikinci modeldeki perdeli sistemler kendi aralarında, çaprazlı sistemler de kendi aralarında karşılaştırılmıştır.

5.3 Model 1' deki sistemlerin Taban Kesme Kuvvetleri' nin karşılaştırılması

5.3.1 Çerçeve sistem

Çizelge 5.1 Çerçeve sistemin düğüm noktası kütleleri

Kat	Nokta	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ	X	Y	Z
KAT12	374	31,602483	31,602483	0	0	0	1629,148	8	8	36
KAT11	375	34,393956	34,393956	0	0	0	1802,907	8	8	33
KAT10	376	34,393956	34,393956	0	0	0	1802,907	8	8	30

Çizelge 5.1 Çerçeve sistemin düğüm noktası kütleleri

KAT9	377	34,393956	34,393956	0	0	0	1802,907	8	8	27
KAT8	378	34,393956	34,393956	0	0	0	1802,907	8	8	24
KAT7	379	34,393956	34,393956	0	0	0	1802,907	8	8	21
KAT6	380	34,393956	34,393956	0	0	0	1802,907	8	8	18
KAT5	381	34,393956	34,393956	0	0	0	1802,907	8	8	15
KAT4	382	34,393956	34,393956	0	0	0	1802,907	8	8	12
KAT3	383	34,393956	34,393956	0	0	0	1802,907	8	8	9
KAT2	384	34,393956	34,393956	0	0	0	1802,907	8	8	6
KAT1	385	34,393956	34,393956	0	0	0	1802,907	8	8	3
BASE	1	0,095598	0,095598	0	0	0	0	0	0	0
Bodrum	2	0,114718	0,114718	0	0	0	0	4	0	0
Bodrum	3	0,114718	0,114718	0	0	0	0	8	0	0
Bodrum	4	0,114718	0,114718	0	0	0	0	12	0	0
Bodrum	5	0,095598	0,095598	0	0	0	0	16	0	0
Bodrum	6	0,114718	0,114718	0	0	0	0	0	4	0
Bodrum	7	0,114718	0,114718	0	0	0	0	4	4	0
Bodrum	8	0,114718	0,114718	0	0	0	0	8	4	0
Bodrum	9	0,114718	0,114718	0	0	0	0	12	4	0
Bodrum	10	0,114718	0,114718	0	0	0	0	16	4	0
Bodrum	11	0,114718	0,114718	0	0	0	0	0	8	0
Bodrum	12	0,114718	0,114718	0	0	0	0	4	8	0
Bodrum	13	0,114718	0,114718	0	0	0	0	8	8	0
Bodrum	26	0,114718	0,114718	0	0	0	0	12	8	0
Bodrum	27	0,114718	0,114718	0	0	0	0	16	8	0
Bodrum	28	0,114718	0,114718	0	0	0	0	0	12	0
Bodrum	29	0,114718	0,114718	0	0	0	0	4	12	0
Bodrum	30	0,114718	0,114718	0	0	0	0	8	12	0
Bodrum	31	0,114718	0,114718	0	0	0	0	12	12	0
Bodrum	32	0,114718	0,114718	0	0	0	0	16	12	0
Bodrum	33	0,095598	0,095598	0	0	0	0	0	16	0
Bodrum	34	0,114718	0,114718	0	0	0	0	4	16	0
Bodrum	35	0,114718	0,114718	0	0	0	0	8	16	0
Bodrum	36	0,114718	0,114718	0	0	0	0	12	16	0
Bodrum	37	0,095598	0,095598	0	0	0	0	16	16	0
KAT12	Tümü	31,602483	31,602483	0	0	0	1629,148			
KAT11	Tümü	34,393956	34,393956	0	0	0	1802,907			
KAT10	Tümü	34,393956	34,393956	0	0	0	1802,907			
KAT9	Tümü	34,393956	34,393956	0	0	0	1802,907			
KAT8	Tümü	34,393956	34,393956	0	0	0	1802,907			
KAT7	Tümü	34,393956	34,393956	0	0	0	1802,907			
KAT6	Tümü	34,393956	34,393956	0	0	0	1802,907			
KAT5	Tümü	34,393956	34,393956	0	0	0	1802,907			
KAT4	Tümü	34,393956	34,393956	0	0	0	1802,907			
KAT3	Tümü	34,393956	34,393956	0	0	0	1802,907			
KAT2	Tümü	34,393956	34,393956	0	0	0	1802,907			
KAT1	Tümü	34,393956	34,393956	0	0	0	1802,907			
BASE	Tümü	2,791473	2,791473	0	0	0	0			
Toplam	Tümü	412,72748	412,72748	0	0	0	21461			

Binanın toplam kütlesi ve ağırlığı;

$\Sigma M =$	412,727	(tsn2/m)
$\Sigma W =$	4048,86	ton

Eşdeğer deprem yükü hesabına esas olan;

$$T_x = 0,7112 \text{ sn}$$

$$T_y = 0,8106 \text{ sn}$$

$$S(T_x) = 1,58$$

$$S(T_y) = 1,42$$

Zemin sınıfı Z2

$$T_A = 0,15 \text{ sn}$$

$$T_B = 0,40 \text{ sn}$$

$$A_o = 0,40 \quad R_x = 8$$

$$I = 1,00 \quad R_y = 8$$

$\Sigma V_x =$	319,37	ton
$\Sigma V_y =$	287,64	ton

5.3.2 Perdeli sistem

Çizelge 5.2 Perdeli sistemin düğüm noktası kütleleri

Kat	Nokta	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ	X	Y	Z
KAT12	266	37,431207	37,431207	0	0	0	2185,799	8	8	36
KAT11	267	45,117318	45,117318	0	0	0	2868,601	8	8	33
KAT10	268	45,117318	45,117318	0	0	0	2868,601	8	8	30
KAT9	269	45,117318	45,117318	0	0	0	2868,601	8	8	27
KAT8	270	45,117318	45,117318	0	0	0	2868,601	8	8	24
KAT7	271	45,117318	45,117318	0	0	0	2868,601	8	8	21
KAT6	272	45,117318	45,117318	0	0	0	2868,601	8	8	18
KAT5	273	45,117318	45,117318	0	0	0	2868,601	8	8	15
KAT4	274	45,117318	45,117318	0	0	0	2868,601	8	8	12
KAT3	275	45,117318	45,117318	0	0	0	2868,601	8	8	9
KAT2	276	45,117318	45,117318	0	0	0	2868,601	8	8	6
KAT1	277	45,117318	45,117318	0	0	0	2868,601	8	8	3
Bodrum	1	0,707428	0,707428	0	0	0	0	0	0	0
Bodrum	2	0,420633	0,420633	0	0	0	0	4	0	0
Bodrum	3	0,114718	0,114718	0	0	0	0	8	0	0
Bodrum	4	0,420633	0,420633	0	0	0	0	12	0	0
Bodrum	5	0,707428	0,707428	0	0	0	0	16	0	0
Bodrum	6	0,420633	0,420633	0	0	0	0	0	4	0
Bodrum	7	0,114718	0,114718	0	0	0	0	4	4	0

Çizelge 5.2 Perdeli sistemin düğüm noktası kütleleri

Bodrum	8	0,114718	0,114718	0	0	0	0	8	4	0
Bodrum	9	0,114718	0,114718	0	0	0	0	12	4	0
Bodrum	10	0,420633	0,420633	0	0	0	0	16	4	0
Bodrum	11	0,114718	0,114718	0	0	0	0	0	8	0
Bodrum	12	0,114718	0,114718	0	0	0	0	4	8	0
Bodrum	13	0,114718	0,114718	0	0	0	0	8	8	0
Bodrum	14	0,114718	0,114718	0	0	0	0	12	8	0
Bodrum	15	0,114718	0,114718	0	0	0	0	16	8	0
Bodrum	16	0,420633	0,420633	0	0	0	0	0	12	0
Bodrum	17	0,114718	0,114718	0	0	0	0	4	12	0
Bodrum	18	0,114718	0,114718	0	0	0	0	8	12	0
Bodrum	19	0,114718	0,114718	0	0	0	0	12	12	0
Bodrum	20	0,420633	0,420633	0	0	0	0	16	12	0
Bodrum	21	0,707428	0,707428	0	0	0	0	0	16	0
Bodrum	22	0,420633	0,420633	0	0	0	0	4	16	0
Bodrum	23	0,114718	0,114718	0	0	0	0	8	16	0
Bodrum	24	0,420633	0,420633	0	0	0	0	12	16	0
Bodrum	25	0,707428	0,707428	0	0	0	0	16	16	0
KAT12	Tüm	37,431207	37,431207	0	0	0	2185,799			
KAT11	Tüm	45,117318	45,117318	0	0	0	2868,601			
KAT10	Tüm	45,117318	45,117318	0	0	0	2868,601			
KAT9	Tüm	45,117318	45,117318	0	0	0	2868,601			
KAT8	Tüm	45,117318	45,117318	0	0	0	2868,601			
KAT7	Tüm	45,117318	45,117318	0	0	0	2868,601			
KAT6	Tüm	45,117318	45,117318	0	0	0	2868,601			
KAT5	Tüm	45,117318	45,117318	0	0	0	2868,601			
KAT4	Tüm	45,117318	45,117318	0	0	0	2868,601			
KAT3	Tüm	45,117318	45,117318	0	0	0	2868,601			
KAT2	Tüm	45,117318	45,117318	0	0	0	2868,601			
KAT1	Tüm	45,117318	45,117318	0	0	0	2868,601			
Bodrum	Tüm	7,686111	7,686111	0	0	0	0			
Toplam	Tüm	541,40782	541,40782	0	0	0	33740			

Binanın toplam kütlesi;

$\Sigma M =$	541,408	(tsn2/m)
$\Sigma W =$	5311,21	ton

Eşdeğer deprem yükü hesabına esas olan;

$$T_x = 0,4544 \text{ sn}$$

$$T_y = 0,4738 \text{ sn}$$

$$S(T_x) = 2,26$$

$$S(T_y) = 2,18$$

Zemin sınıfı Z2

$$T_A = 0,15 \text{ sn}$$

$$T_B = 0,40 \text{ sn}$$

$$\begin{aligned} A_o &= 0,40 & R_x &= 6 \\ I &= 1,00 & R_y &= 6 \end{aligned}$$

$\Sigma V_x =$	799,35	ton
$\Sigma V_y =$	773,06	ton

5.3.3 Çaprazlı sistem

Çizelge 5.3 Çaprazlı sistemin düğüm noktası kütleleri

Kat	Nokta	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ	X	Y	Z
KAT12	254	33,245858	33,245858	0	0	0	1764,871	8	8,018	36
KAT11	255	36,955076	36,955076	0	0	0	2034,077	8	8,016	33
KAT10	256	36,955076	36,955076	0	0	0	2034,077	8	8,016	30
KAT9	257	36,955076	36,955076	0	0	0	2034,077	8	8,016	27
KAT8	258	36,955076	36,955076	0	0	0	2034,077	8	8,016	24
KAT7	259	36,955076	36,955076	0	0	0	2034,077	8	8,016	21
KAT6	260	36,955076	36,955076	0	0	0	2034,077	8	8,016	18
KAT5	261	36,955076	36,955076	0	0	0	2034,077	8	8,016	15
KAT4	262	36,955076	36,955076	0	0	0	2034,077	8	8,016	12
KAT3	263	36,955076	36,955076	0	0	0	2034,077	8	8,016	9
KAT2	264	36,955076	36,955076	0	0	0	2034,077	8	8,016	6
KAT1	265	36,955076	36,955076	0	0	0	2034,077	8	8,016	3
Bodrum	1	0,210316	0,210316	0	0	0	0	0	0	0
Bodrum	2	0,172077	0,172077	0	0	0	0	4	0	0
Bodrum	3	0,114718	0,114718	0	0	0	0	8	0	0
Bodrum	4	0,172077	0,172077	0	0	0	0	12	0	0
Bodrum	5	0,210316	0,210316	0	0	0	0	16	0	0
Bodrum	6	0,172077	0,172077	0	0	0	0	0	4	0
Bodrum	7	0,114718	0,114718	0	0	0	0	4	4	0
Bodrum	8	0,114718	0,114718	0	0	0	0	8	4	0
Bodrum	9	0,114718	0,114718	0	0	0	0	12	4	0
Bodrum	10	0,172077	0,172077	0	0	0	0	16	4	0
Bodrum	11	0,114718	0,114718	0	0	0	0	0	8	0
Bodrum	12	0,114718	0,114718	0	0	0	0	4	8	0
Bodrum	13	0,114718	0,114718	0	0	0	0	8	8	0
Bodrum	14	0,114718	0,114718	0	0	0	0	12	8	0
Bodrum	15	0,114718	0,114718	0	0	0	0	16	8	0
Bodrum	28	0,172077	0,172077	0	0	0	0	0	12	0
Bodrum	29	0,114718	0,114718	0	0	0	0	4	12	0
Bodrum	30	0,114718	0,114718	0	0	0	0	8	12	0
Bodrum	31	0,114718	0,114718	0	0	0	0	12	12	0
Bodrum	32	0,172077	0,172077	0	0	0	0	16	12	0
Bodrum	33	0,210316	0,210316	0	0	0	0	0	16	0
Bodrum	34	0,172077	0,172077	0	0	0	0	4	16	0
Bodrum	35	0,114718	0,114718	0	0	0	0	8	16	0
Bodrum	36	0,172077	0,172077	0	0	0	0	12	16	0
Bodrum	37	0,210316	0,210316	0	0	0	0	16	16	0

Çizelge 5.3 Çaprazlı sistemin düğüm noktası kütleleri

KAT12	Tümü	33,245858	33,245858	0	0	0	1764,871			
KAT11	Tümü	36,955076	36,955076	0	0	0	2034,077			
KAT10	Tümü	36,955076	36,955076	0	0	0	2034,077			
KAT9	Tümü	36,955076	36,955076	0	0	0	2034,077			
KAT8	Tümü	36,955076	36,955076	0	0	0	2034,077			
KAT7	Tümü	36,955076	36,955076	0	0	0	2034,077			
KAT6	Tümü	36,955076	36,955076	0	0	0	2034,077			
KAT5	Tümü	36,955076	36,955076	0	0	0	2034,077			
KAT4	Tümü	36,955076	36,955076	0	0	0	2034,077			
KAT3	Tümü	36,955076	36,955076	0	0	0	2034,077			
KAT2	Tümü	36,955076	36,955076	0	0	0	2034,077			
KAT1	Tümü	36,955076	36,955076	0	0	0	2034,077			
BASE	Tümü	3,709218	3,709218	0	0	0	0			
Toplam	Tümü	443,46091	443,46091	0	0	0	24140			

Binanın toplam kütlesi;

$\Sigma M =$	443,461	(tsn ² /m)
$\Sigma W =$	4350,35	ton

Eşdeğer deprem yükü hesabına esas olan;

$$T_x = 0,6108 \text{ sn}$$

$$T_y = 0,6506 \text{ sn}$$

$$S(T_x) = 1,78$$

$$S(T_y) = 1,69$$

Zemin sınıfı Z2

$$T_A = 0,15 \text{ sn}$$

$$T_B = 0,40 \text{ sn}$$

$$A_o = 0,40 \quad R_x = 6$$

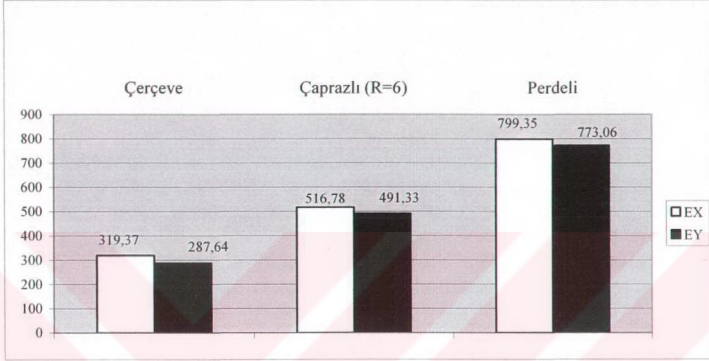
$$I = 1,00 \quad R_y = 6$$

$\Sigma V_x =$	516,78	ton
$\Sigma V_y =$	491,33	ton

Model 1' de analizini yaptığımız çerçeve, perdeli ve çaprazlı sistemlerin taban kesme kuvvetlerini, yukarıdaki sonuçlar doğrultusunda değerlendirecek olursak; perdeli sistemde oluşan taban kesme kuvvetinin daha büyük olduğunu görürüz. Çaprazlı sistemin taban kesme kuvvetinin de, çerçeve sistemde oluşan taban kesme kuvvetinden büyük, perdeli sistemden oluşan taban kesme kuvvetinden küçük olduğu görülür. Yani çaprazlı sistemin, çerçeve sistemle perdeli sistemin değerleri arasında değerler aldığı görülür.

Çizelge 5.4 Taban kesme kuvveti değerleri

Kat	Yüklemeye	Çerçeve	Çaprazlı (R=6)	Perdeli
		V	V	V
1	EX	319,37	516,78	799,35
1	EY	287,64	491,33	773,06



Şekil 5.6 Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

5.3.4 Model 1' deki sistemlerin Dinamik analiz sonuçlarının incelenmesi

'Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 1997'e göre birinci ve ikinci deprem bölgelerinde bina yüksekliği 25 m.'yi geçen her yapıda mod birleştirme yöntemiyle dinamik analiz yapılması zorunludur (TDY 1997 Tablo 6.6). Bu nedenle modelimizin deprem hesabı için mod süperpozisyonu yöntemiyle dinamik analiz üç sistem için de ayrı ayrı yapılmıştır.

Dinamik analiz zamana bağlı olarak değişen yükler altında taşıyıcı sistemdeki gerilme ve yer değiştirmelerin incelenmesinden ibarettir. D'Alambert'e göre zamana bağlı olarak meydana gelecek yer değiştirmelerin ivmeleri atalet kuvvetleri ortaya çıkarır.

$$F = m \cdot \ddot{x} + c \cdot \dot{x} + k \cdot x \quad (5.1)$$

Burada sönümlendirici çarpanı ($c \cdot x$) ihmal edildiğinde ve denge halinde,

$$[k - \omega^2 m] \cdot [x] = 0 \quad (5.2)$$

elde edilmektedir. Bu denklem vasıtasıyla,

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (5.3)$$

olarak bulunabilir. Aynı zamanda

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (5.4)$$

olduğu bilindiğine göre,

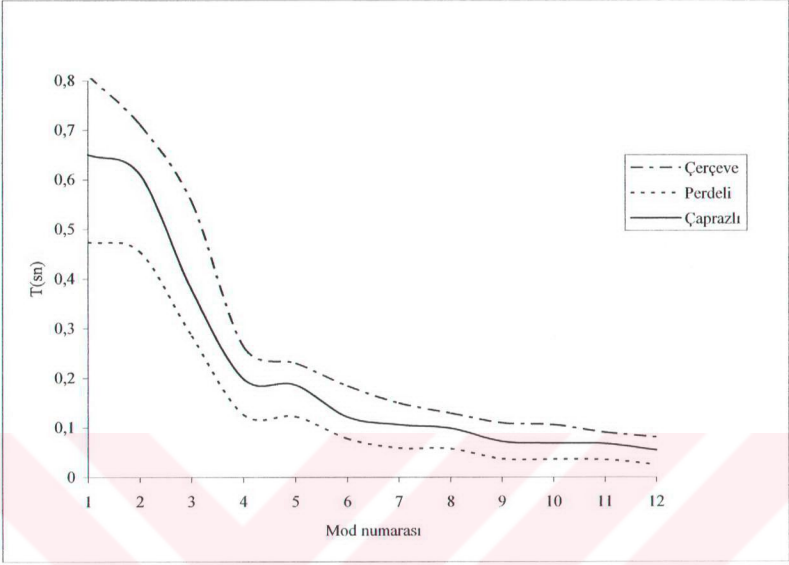
Rijitlik (k) arttığında periyot (T) azalır. Kütle (m) arttığında periyot (T) artar.

Tek serbestlik dereceli sistemler için yukarıda verilen denklemler çok serbestlik dereceli sistemlerde matris formunda ifade edilmektedir. Böylece çok serbestlik dereceli sistemlerde $[M]$ kütle matrisini, $[K]$ rijitlik matrisini ve $[X]$ mod vektörleri matrisini ifade etmektedir.

Her katta x, y ve z yönlerinde olmak üzere üç adet serbestlik yani üç titreşim modu alınması gerekmektedir. Modelimizde on iki kat olduğundan otuz altı titreşim modu olduğunda hesaba alınan efektif kütle oranı % 100 olacaktır. Ancak deprem şartnamesinde bu oranın % 90'dan büyük olması yeterli görülmektedir (ABYYHY 1997 Madde 6.8.3.). İlk on iki titreşim modu alınıp her sistem için hesap yapılmış ve etkin kütle oranı % 90'ı geçtiği görülmüştür.

Çizelge 5.5 Modlara göre periyot değerleri

Mode	R=6		
	Çerçeve Period	Perdeli Period	Çaprazlı Period
1	0,810563	0,473835	0,650572
2	0,711187	0,454357	0,61081
3	0,55564	0,285427	0,379092
4	0,264058	0,126291	0,198925
5	0,229901	0,122434	0,18615
6	0,184193	0,077504	0,121305
7	0,14995	0,058948	0,105965
8	0,129019	0,057622	0,098845
9	0,109385	0,037077	0,07199
10	0,105381	0,036056	0,068353
11	0,090334	0,035391	0,067182
12	0,080692	0,025367	0,054464



Şekil 5.7 Modlara göre periyot değerlerinin karşılaştırılması

Birinci çalışmamızda, analizini yaptığımız çerçeve, perdeli ve çaprazlı sistemlere ait şekil 5.7 ve çizelge 5.5’ de verilen değerler incelendiğinde, çaprazlı sisteme ait periyot değerlerinin, çerçeve sistem ile perde model arasında kaldığı görülmektedir.

5.3.5 Düzensizlik Durumları

5.3.5.1 Düzensiz Binalara İlişkin Koşullar

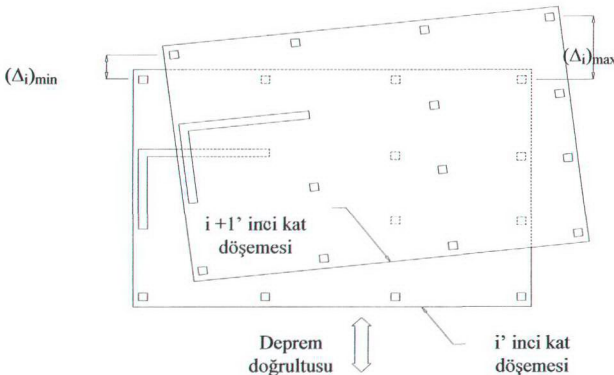
Depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken düzensiz binaların tanımlanması ile ilgili olarak, planda ve düşey doğrultuda düzensizlik meydana getiren durumlar Çizelge 5.6’da verilmiştir.

Çizelge 5.6 Düzensizlik durumları

A - PLANDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI
A1 - Burulma Düzensizliği : Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangibir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} ’nin 1.2’den büyük olması durumu (Şekil 5.2). $[\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} > 1.2]$

A2 - Döşeme Süreksizlikleri : Herhangi bir kattaki döşemede; I - Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları Üstlamanın kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu, II - Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu, III - Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu
A3 - Planda Cıkıntılar Bulunması : Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu
A4 - Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması: Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının plandaki asal eksenlerinin, gözönüne alınan birine dik yatay deprem doğrultularına paralel olmaması durumu
B - DÜŞEY DOĞRULTUDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI
B1 - Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat) : Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanı'nın, bir üst kattaki etkili kesme alanı'na oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı η_{ci}'nin 0.80'den küçük olması durumu. $[\eta_{ci} = (\sum A_c)_i / (\sum A_c)_{i+1} < 0.80]$ Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı : $\sum A_c = \sum A_w + \sum A_p + 0.15 \sum A_k$
B2 - Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) : Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesinin bir üst kattaki ortalama görelî kat ötelemesine oranı olarak tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki}'nin 1.5'tan fazla olması durumu $[\eta_{ki} = (\Delta_i)_{ort} / (\Delta_{i+1})_{ort} > 1.5]$
B3 - Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği : Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak girişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara veya girişlere oturtulması durumu.

Bu çalışmada da A1 ve B2 türü düzensizliklerin oluşmaması için, şartlarının sağlandığı uygun kesitler bulunana kadar denemeler yapıp, çözümlenecek model oluşturulmuştur.



Şekil 5.8 Katlar arası yerdeğiştirmeler

Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışmaları durumunda

$$(\Delta_i)_{ort} = 1/2 [(\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}] \quad (5.5)$$

Burulma düzensizliği katsayısı :

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} \quad (5.6)$$

Burulma düzensizliği durumu :

$$\eta_{bi} > 1.2$$

5.3.5.2 Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden göreli kat ötelemesi Δ_i ,

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (5.7)$$

olarak bulunabilir.

Denklem (5.7)'de d_i ve d_{i-1} , binanın i 'inci ve $(i-1)$ 'inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında hesaptan elde edilen yatay yer değiştirmeleri göstermektedir.

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i 'inci katındaki kolon veya perdelerde, Denklem (5.7) ile hesaplanan göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $(\Delta_i)_{max}$, aşağıda verilen koşulların elverişsiz olanını sağlayacaktır:

$$(\Delta_i)_{max} / h_i \leq 0.0035 \quad (5.6a)$$

$$(\Delta_i)_{max} / h_i \leq 0.02 / R \quad (5.6b)$$

Denklem (5.6)'da verilen koşulun binanın herhangi bir katında sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır (ABYYHY, 1997).

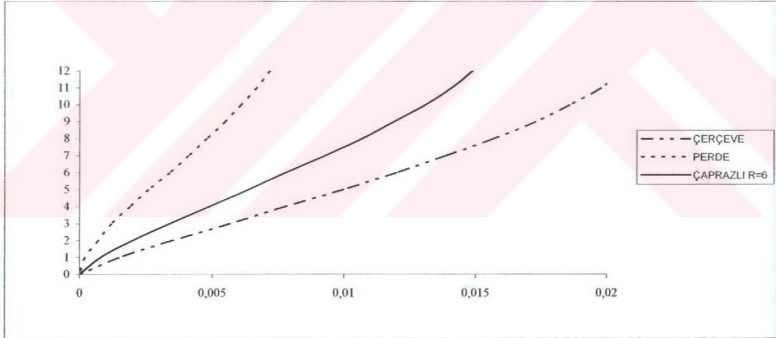
5.4 Model 1' deki sistemlerin kat yerdeğiştirmeleri

Programın analiz sonuçlarından elde edilen yerdeğiştirmeler, X yönlü deprem yüklemesi ile çerçeve, perdeli ve çaprazlı sistemlerde her kat için ayrı ayrı Çizelge 5.6'da verilmiştir. Bu değerler burulma ve rijitlik düzensizlikleri kontrollerinde kullanılmıştır. Ayrıca taşıyıcı olmayan elemanlardaki deprem hasarının önlenmesi amacıyla göreli kat yerdeğiştirmelerinin

sınırlı tutulması gerekir. Bu amaçla, taşıyıcı sistemin yatay öteleme rijitliğinin (5.6) koşulunu sağlama kontrolleri de yapılmıştır.

Çizelge 5.7 Kat yerdeğiştirmeleri

Kat	Diaphragm	Yükleme	ÇERÇEVE	PERDE	ÇAPRAZLI (R=6)
			UX	UX	UX
12	D12	EX	0,0206	0,0072	0,0149
11	D11	EX	0,0198	0,0067	0,0141
10	D10	EX	0,0186	0,0061	0,0131
9	D9	EX	0,0173	0,0055	0,0119
8	D8	EX	0,0157	0,0048	0,0107
7	D7	EX	0,0139	0,0041	0,0093
6	D6	EX	0,012	0,0034	0,0078
5	D5	EX	0,01	0,0026	0,0064
4	D4	EX	0,0078	0,0019	0,0049
3	D3	EX	0,0057	0,0012	0,0034
2	D2	EX	0,0035	0,0007	0,002
1	D1	EX	0,0015	0,0002	0,0008



Şekil 5.9 Kat yerdeğiştirme grafiği

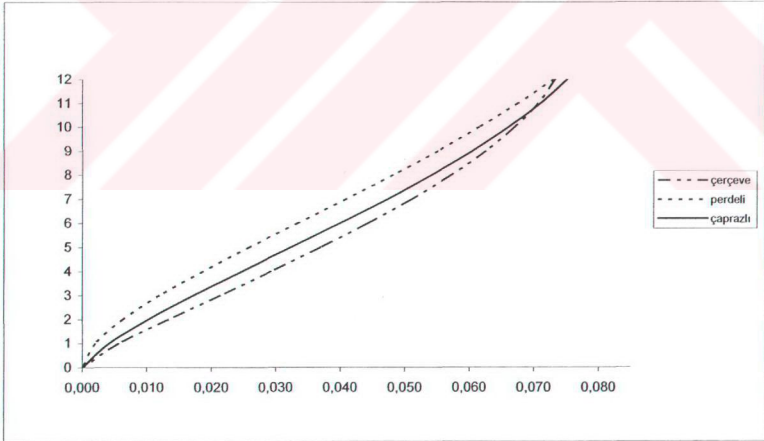
Birinci çalışmamızda, üç model için de elde edilen analiz sonuçları tablo ve grafik halinde gösterilmiştir. Bu tablo ve grafikler incelendiğinde, çapraz modeldeki kat yerdeğiştirme değerlerinin, şekil 5.9' dan de görüleceği üzere, çerçeve sistemin kat yerdeğiştirme değerleri ile Perdeli sistemin kat yerdeğiştirmeleri arasında kaldığı görülmektedir.

5.5 Modlara göre kat döşemelerinin yatay bileşenlerinin karşılaştırılması

Çerçeve taşıyıcı sistem, perdeli taşıyıcı sistem ve çaprazlı taşıyıcı sistem için birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü modlarına ait mod şekilleri sırasıyla Şekil 5.10, Şekil 5.11, Şekil 5.12 ve Şekil 5.13' de görülmektedir.

Çizelge 5.8 Mod 1 için kat yerdeğiştirmeleri

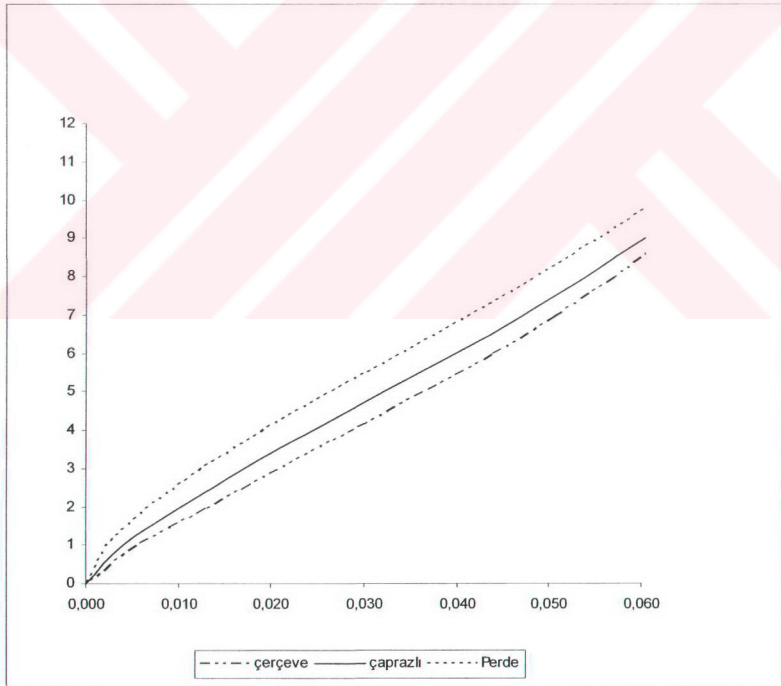
Kat	Diaphragm	Mode	ÇERÇEVE	PERDE	ÇAPRAZ
			UY	UY	UY
KAT1	D1	1	0,00570	-0,002	-0,00420
KAT2	D2	1	0,01340	-0,0063	-0,01030
KAT3	D3	1	0,02140	-0,012	-0,01730
KAT4	D4	1	0,02930	-0,0187	-0,02480
KAT5	D5	1	0,03700	-0,0259	-0,03240
KAT6	D6	1	0,04430	-0,0334	-0,04000
KAT7	D7	1	0,05110	-0,0409	-0,04740
KAT8	D8	1	0,05720	-0,0482	-0,05420
KAT9	D9	1	0,06260	-0,0551	-0,06050
KAT10	D10	1	0,06710	-0,0616	-0,06620
KAT11	D11	1	0,07070	-0,0676	-0,07110
KAT12	D12	1	0,07330	-0,0731	-0,07520



Şekil 5.10 Mod 1 için kat yerdeğiştirme grafiği

Çizelge 5.9 Mod 2 için kat yerdeğiştirmeleri

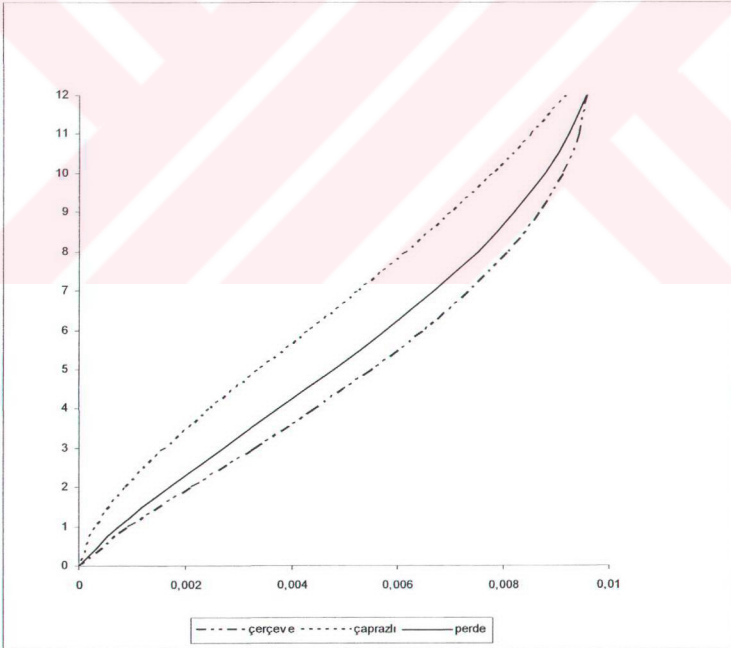
Kat	Diaphragm	Mode	ÇERÇEVE	PERDE	ÇAPRAZ
			UX	UX	UX
KAT1	D1	2	-0,0054	0,0021	-0,0041
KAT2	D2	2	-0,0129	0,0064	-0,0102
KAT3	D3	2	-0,0207	0,0122	-0,0171
KAT4	D4	2	-0,0286	0,0189	-0,0246
KAT5	D5	2	-0,0363	0,0262	-0,0322
KAT6	D6	2	-0,0437	0,0337	-0,0398
KAT7	D7	2	-0,0506	0,0411	-0,0472
KAT8	D8	2	-0,0569	0,0483	-0,0541
KAT9	D9	2	-0,0626	0,0552	-0,0605
KAT10	D10	2	-0,0674	0,0615	-0,0662
KAT11	D11	2	-0,0713	0,0674	-0,0713
KAT12	D12	2	-0,0743	0,0728	-0,0756



Şekil 5.11 Mod 2 için kat yerdeğiştirme grafiği

Çizelge 5.10 Mod 3 için kat döşemelerinin dönme bileşenleri

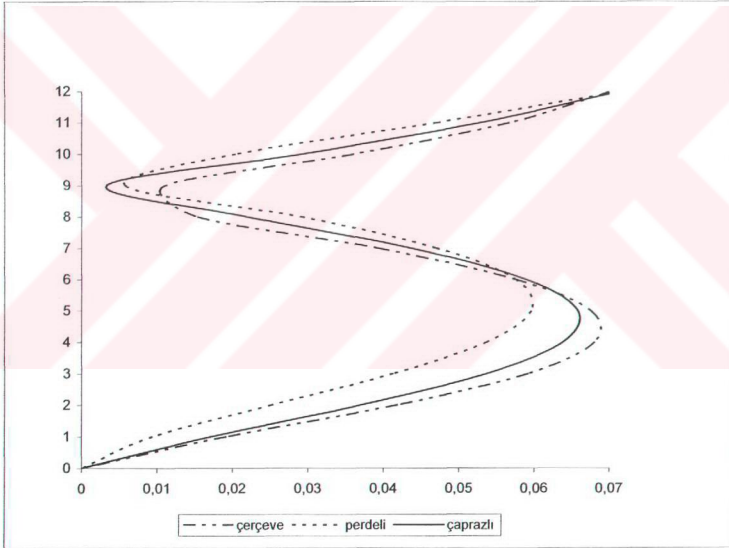
Kat	Diaphragm	Mode	ÇERÇEVE	PERDE	ÇAPRAZ
			RZ	RZ	RZ
KAT1	D1	3	0,00089	0,00029	-0,00074
KAT2	D2	3	0,00209	0,00085	-0,00169
KAT3	D3	3	0,00328	0,00158	-0,00271
KAT4	D4	3	0,00441	0,00243	-0,00375
KAT5	D5	3	0,00548	0,00334	-0,00479
KAT6	D6	3	0,00645	0,00428	-0,00577
KAT7	D7	3	0,00731	0,00522	-0,00668
KAT8	D8	3	0,00805	0,00612	-0,0075
KAT9	D9	3	0,00865	0,00698	-0,0082
KAT10	D10	3	0,00911	0,00777	-0,00879
KAT11	D11	3	0,00942	0,0085	-0,00925
KAT12	D12	3	0,00957	0,00917	-0,00958



Şekil 5.12 Mod 3 için kat döşemelerinin dönme bileşenleri grafiği

Çizelge 5.11 Mod 4 için kat yerdeğıştirmeleri

Kat	Diaphragm	Mode	ÇERÇEVE UY	PERDE UY	ÇAPRAZ UY
KAT1	D1	4	-0,0192	0,0094	-0,0172
KAT2	D2	4	-0,0419	0,0252	-0,0371
KAT3	D3	4	-0,0592	0,0413	-0,0537
KAT4	D4	4	-0,0681	0,0537	-0,0639
KAT5	D5	4	-0,0675	0,0596	-0,0658
KAT6	D6	4	-0,0574	0,0575	-0,0588
KAT7	D7	4	-0,0392	0,047	-0,0436
KAT8	D8	4	-0,0153	0,0291	-0,022
KAT9	D9	4	0,011	0,0058	0,0033
KAT10	D10	4	0,0361	-0,0204	0,0292
KAT11	D11	4	0,0567	-0,047	0,0528
KAT12	D12	4	0,0703	-0,0718	0,0715



Şekil 5.13 Mod 4 için kat yerdeğıştirmeleri grafiğı

Bunlardan birinci ve dördüncü mod, y doğrultusunda yatay yer değıştirmeye karşı gelirken; ikinci mod x doğrultusunda yatay yer değıştirmeye; üçüncü mod ise z eksenı etrafında dönme yani burulmaya karşı gelmektedir. Tüm modlarda görüldüğü gibi çaprazlı sistemler araya düşmektedir.

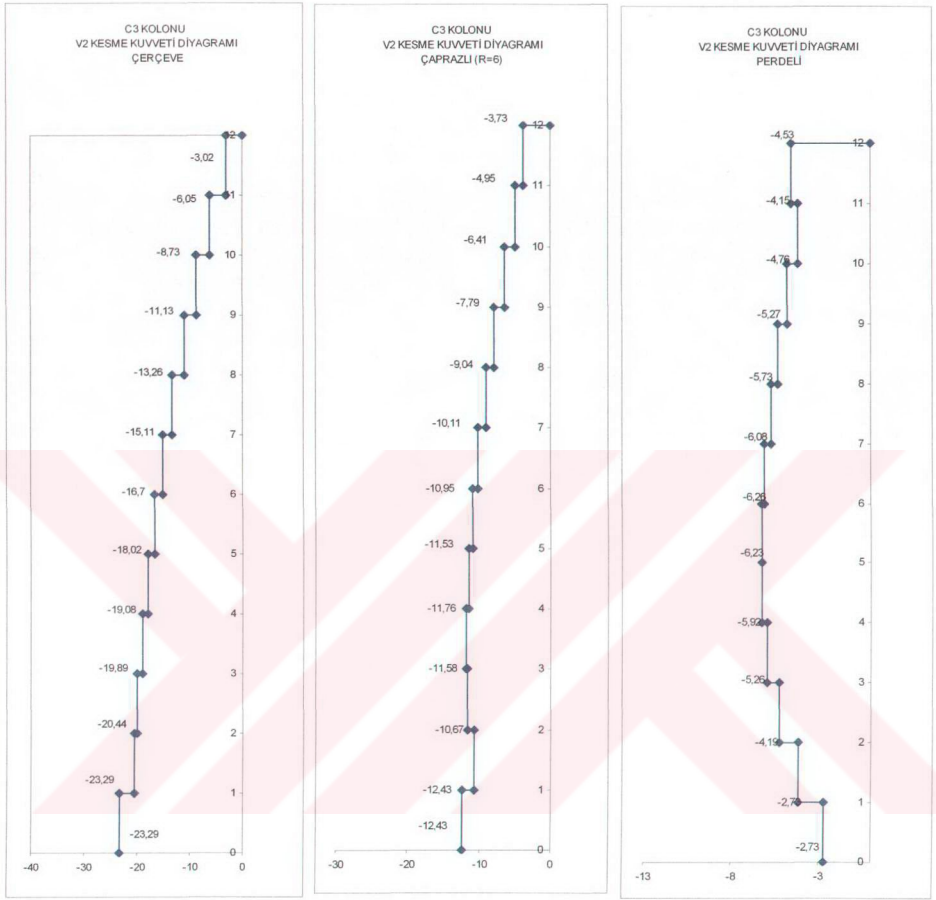
5.6 Kolon Kesit Tesirlerinin Karşılaştırılması

C3 kolonuna G+Q-EX yüklemesi altında; çerçeve taşıyıcı sistem, perdeli taşıyıcı sistem ve çaprazlı sistemlere etkileyen kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri Çizelge 5.11 ve Çizelge 5.12’ de görülmektedir.

Çaprazlı taşıyıcı sistem için C3 kolonuna etkileyen kesit tesirleri, R=6 alınarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.12 C3 Kolonu kesme kuvveti değerleri

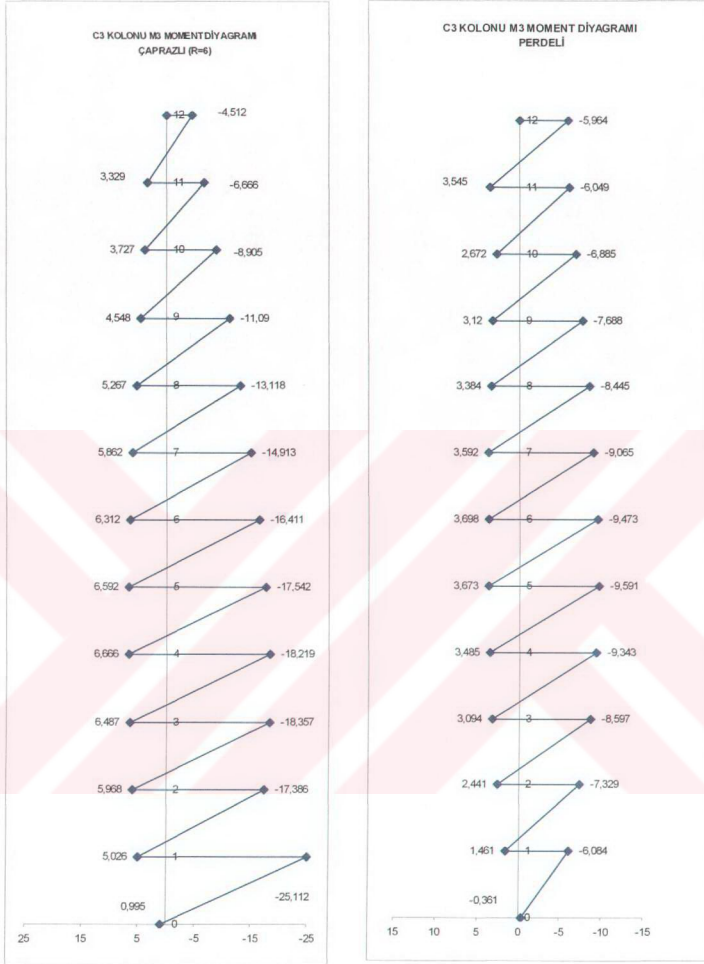
				ÇERÇEVE	PERDELİ	ÇAPRAZLI (R=6)
Kat	Kolon	Yükleme	Konum	V2	V2	V2
12	C3	COMB4	Alt	-3,02	-4,53	-3,73
12	C3	COMB4	Üst	-3,02	-4,53	-3,73
11	C3	COMB4	Alt	-6,05	-4,15	-4,95
11	C3	COMB4	Üst	-6,05	-4,15	-4,95
10	C3	COMB4	Alt	-8,73	-4,76	-6,41
10	C3	COMB4	Üst	-8,73	-4,76	-6,41
9	C3	COMB4	Alt	-11,13	-5,27	-7,79
9	C3	COMB4	Üst	-11,13	-5,27	-7,79
8	C3	COMB4	Alt	-13,26	-5,73	-9,04
8	C3	COMB4	Üst	-13,26	-5,73	-9,04
7	C3	COMB4	Alt	-15,11	-6,08	-10,11
7	C3	COMB4	Üst	-15,11	-6,08	-10,11
6	C3	COMB4	Alt	-16,7	-6,26	-10,95
6	C3	COMB4	Üst	-16,7	-6,26	-10,95
5	C3	COMB4	Alt	-18,02	-6,23	-11,53
5	C3	COMB4	Üst	-18,02	-6,23	-11,53
4	C3	COMB4	Alt	-19,08	-5,92	-11,76
4	C3	COMB4	Üst	-19,08	-5,92	-11,76
3	C3	COMB4	Alt	-19,89	-5,26	-11,58
3	C3	COMB4	Üst	-19,89	-5,26	-11,58
2	C3	COMB4	Alt	-20,44	-4,19	-10,67
2	C3	COMB4	Üst	-20,44	-4,19	-10,67
1	C3	COMB4	Alt	-23,29	-2,73	-12,43
1	C3	COMB4	Üst	-23,29	-2,73	-12,43



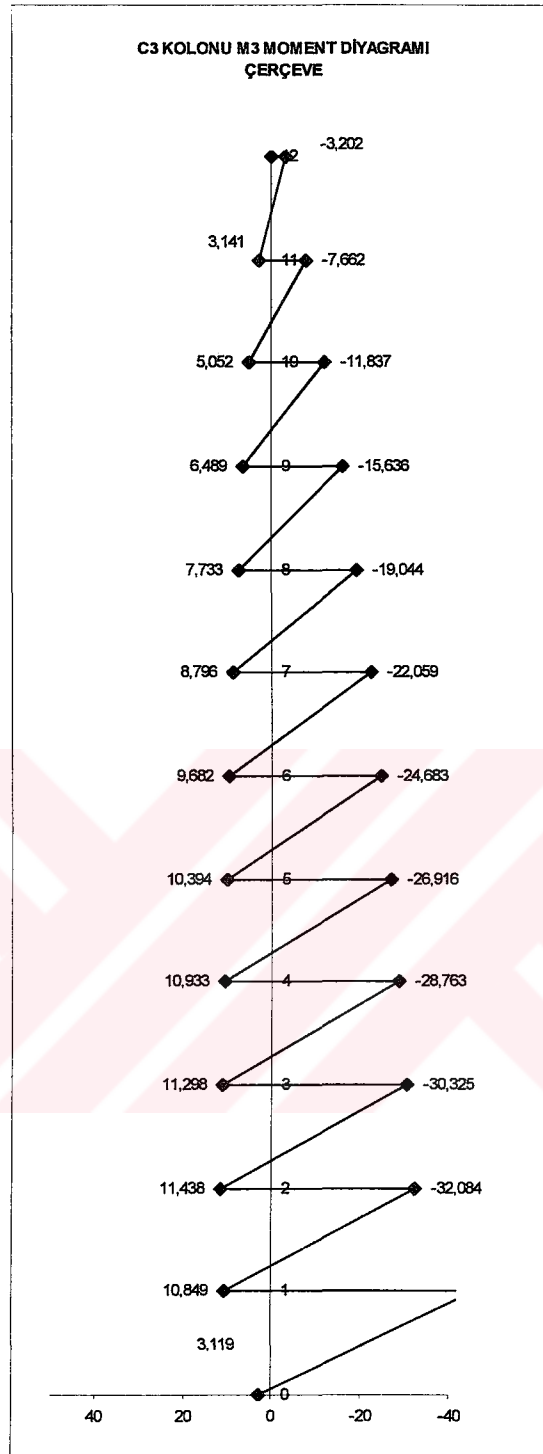
Şekil 5.14 Çerçeve, perdeli ve çaprazlı sistemlerin C3 Kolonu kesme kuvveti diyagramları

Çizelge 5.13 C3 Kolonu moment değerleri

Kat	Kolon	Yüklem	Konum	ÇERÇEVE	PERDELİ	ÇAPRAZLI (R=6)
				M3	M3	M3
12	C3	COMB4	Alt	-3,202	-5,964	-4,512
12	C3	COMB4	Üst	3,141	3,545	3,329
11	C3	COMB4	Alt	-7,662	-6,049	-6,666
11	C3	COMB4	Üst	5,052	2,672	3,727
10	C3	COMB4	Alt	-11,837	-6,885	-8,905
10	C3	COMB4	Üst	6,489	3,12	4,548
9	C3	COMB4	Alt	-15,636	-7,688	-11,09
9	C3	COMB4	Üst	7,733	3,384	5,267
8	C3	COMB4	Alt	-19,044	-8,445	-13,118
8	C3	COMB4	Üst	8,796	3,592	5,862
7	C3	COMB4	Alt	-22,059	-9,065	-14,913
7	C3	COMB4	Üst	9,682	3,698	6,312
6	C3	COMB4	Alt	-24,683	-9,473	-16,411
6	C3	COMB4	Üst	10,394	3,673	6,592
5	C3	COMB4	Alt	-26,916	-9,591	-17,542
5	C3	COMB4	Üst	10,933	3,485	6,666
4	C3	COMB4	Alt	-28,763	-9,343	-18,219
4	C3	COMB4	Üst	11,298	3,094	6,487
3	C3	COMB4	Alt	-30,325	-8,597	-18,357
3	C3	COMB4	Üst	11,438	2,441	5,968
2	C3	COMB4	Alt	-32,084	-7,329	-17,386
2	C3	COMB4	Üst	10,849	1,461	5,026
1	C3	COMB4	Alt	-45,799	-6,084	-25,112
1	C3	COMB4	Üst	3,119	-0,361	0,995



Şekil 5.15 Perdeli ve çaprazlı sistemlerin C3 kolonu moment diyagramları

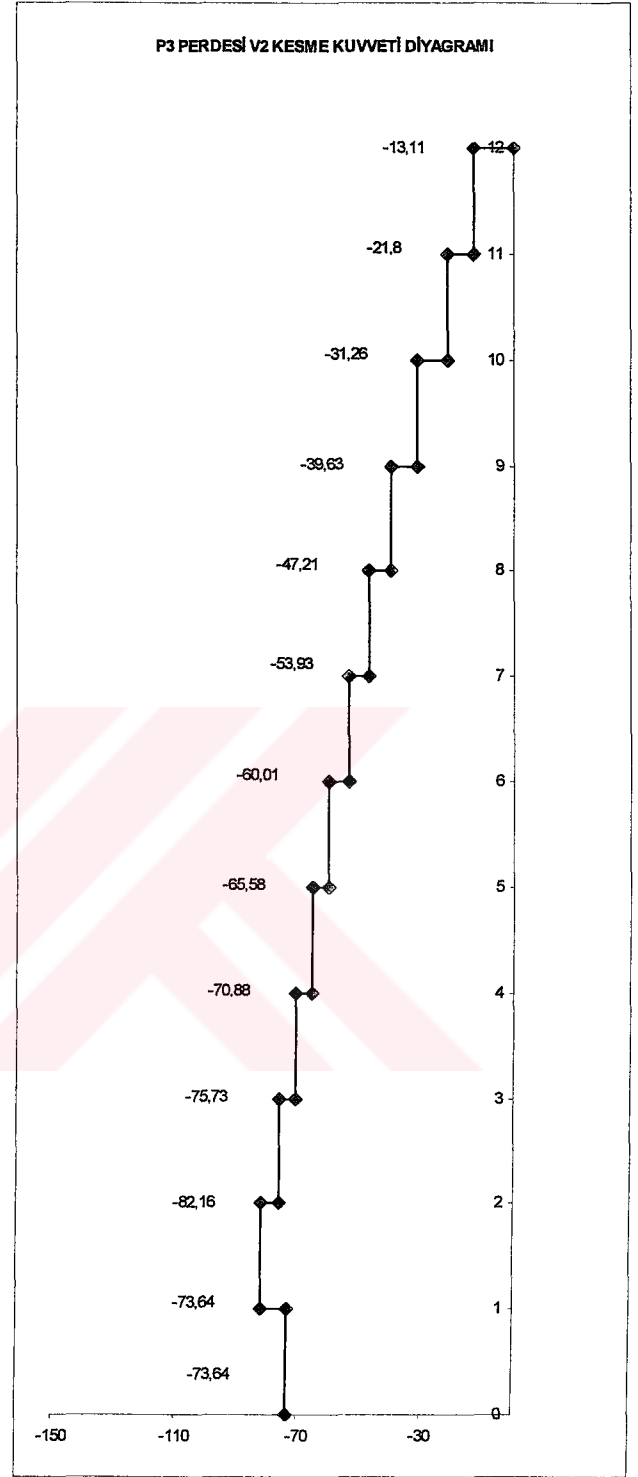
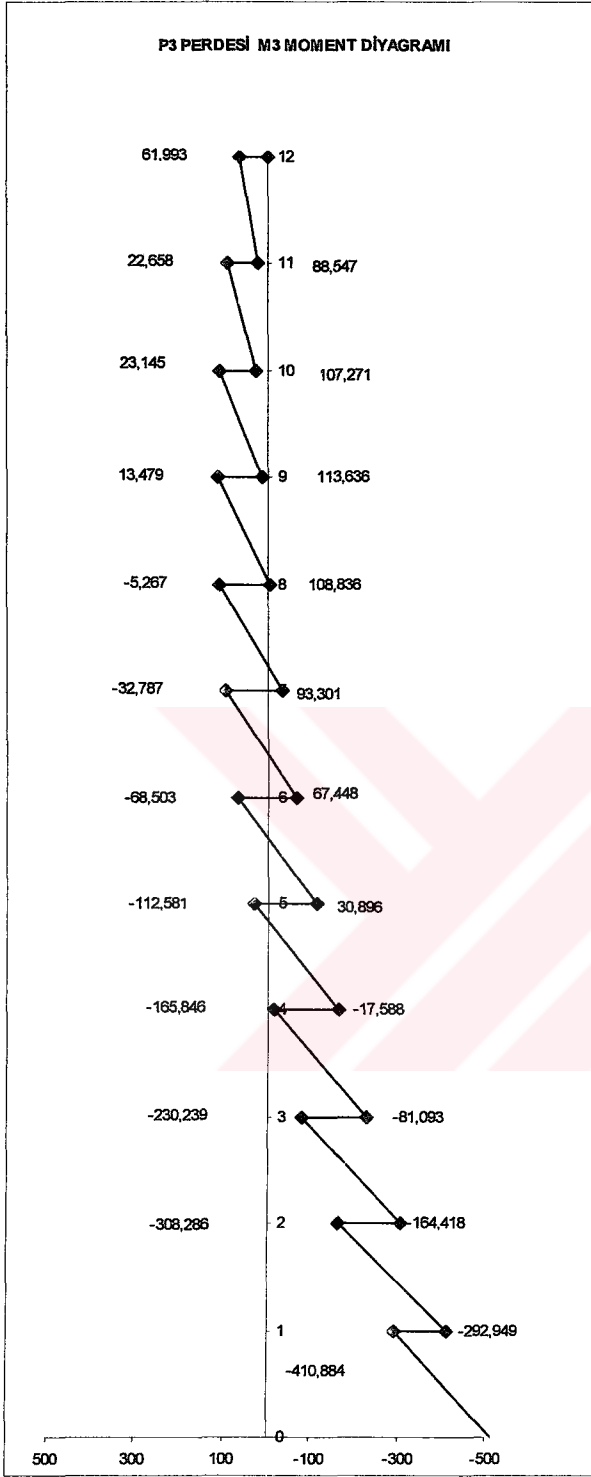


Şekil 5.16 Çerçeve sistemin C3 kolonu moment diyagramı

5.7 A-B Aksları arasındaki P3 Perdesi kesit tesirleri

Çizelge 5.14 P3 perdesi kesit tesirleri

Kat	Perde	Yükleme	Yer	P	V2	V3	T	M2	M3
12	P3	COMB4	Üst	-46,34	-13,11	25,21	20,362	-44,348	61,993
12	P3	COMB4	Alt	-62,46	-13,11	25,21	20,362	31,274	22,658
11	P3	COMB4	Üst	-116,64	-21,8	14,73	12,638	-20,473	88,547
11	P3	COMB4	Alt	-132,76	-21,8	14,73	12,638	23,711	23,145
10	P3	COMB4	Üst	-178,88	-31,26	16,67	15,63	-25,28	107,271
10	P3	COMB4	Alt	-195,01	-31,26	16,67	15,63	24,716	13,479
9	P3	COMB4	Üst	-235,27	-39,63	15,68	15,944	-23,377	113,636
9	P3	COMB4	Alt	-251,4	-39,63	15,68	15,944	23,659	-5,267
8	P3	COMB4	Üst	-286,32	-47,21	15,28	16,568	-22,968	108,836
8	P3	COMB4	Alt	-302,44	-47,21	15,28	16,568	22,873	-32,787
7	P3	COMB4	Üst	-332,12	-53,93	14,54	16,808	-21,942	93,301
7	P3	COMB4	Alt	-348,25	-53,93	14,54	16,808	21,666	-68,503
6	P3	COMB4	Üst	-372,33	-60,01	13,58	16,762	-20,676	67,448
6	P3	COMB4	Alt	-388,45	-60,01	13,58	16,762	20,075	-112,581
5	P3	COMB4	Üst	-406,13	-65,58	12,29	16,331	-18,94	30,896
5	P3	COMB4	Alt	-422,25	-65,58	12,29	16,331	17,938	-165,846
4	P3	COMB4	Üst	-432,33	-70,88	10,63	15,43	-16,664	-17,588
4	P3	COMB4	Alt	-448,45	-70,88	10,63	15,43	15,212	-230,239
3	P3	COMB4	Üst	-449,56	-75,73	8,39	13,802	-13,659	-81,093
3	P3	COMB4	Alt	-465,69	-75,73	8,39	13,802	11,505	-308,286
2	P3	COMB4	Üst	-456,73	-82,16	6,15	11,18	-10,278	-164,418
2	P3	COMB4	Alt	-472,85	-82,16	6,15	11,18	8,177	-410,884
1	P3	COMB4	Üst	-458,33	-73,64	1,8	5,198	-5,413	-292,949
1	P3	COMB4	Alt	-474,46	-73,64	1,8	5,198	-0,004	-513,864



Şekil 5.17 P3 perdesi M3 moment ve V2 kesme kuvveti diyagramları

5.8 Model 2' de Oluşturulan Perdeli Sistem ile Model 1' de Oluşturulan Perdeli Sistemin, Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Model 2' de Çerçeve sisteme, şekil 5.4' de kat planında görüldüğü üzere, B5, D5, B1, D1, A3 ve E3' deki 30x100 cm boyutlu kolonların, boyutlarının 30x200 cm yapılarak perde-kolon oluşturmak suretiyle, perdeli sistem oluşturulmuştur.

Çizelge 5.15 perde-kolon sistemin düğüm noktası kütleleri

Kat	Nokta	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ	X	Y	Z
KAT12	182	31,794598	31,794598	0	0	0	1639,523	8	8	36
KAT11	183	35,274379	35,274379	0	0	0	1864,676	8	8	33
KAT10	184	35,274379	35,274379	0	0	0	1864,676	8	8	30
KAT9	185	35,274379	35,274379	0	0	0	1864,676	8	8	27
KAT8	186	35,274379	35,274379	0	0	0	1864,676	8	8	24
KAT7	187	35,274379	35,274379	0	0	0	1864,676	8	8	21
KAT6	188	35,274379	35,274379	0	0	0	1864,676	8	8	18
KAT5	189	35,274379	35,274379	0	0	0	1864,676	8	8	15
KAT4	190	35,274379	35,274379	0	0	0	1864,676	8	8	12
KAT3	191	35,274379	35,274379	0	0	0	1864,676	8	8	9
KAT2	192	35,274379	35,274379	0	0	0	1864,676	8	8	6
KAT1	193	35,274379	35,274379	0	0	0	1864,676	8	8	3
Bodrum	1	0,095598	0,095598	0	0	0	0	0	0	0
Bodrum	2	0,229436	0,229436	0	0	0	0	4	0	0
Bodrum	3	0,114718	0,114718	0	0	0	0	8	0	0
Bodrum	4	0,229436	0,229436	0	0	0	0	12	0	0
Bodrum	5	0,095598	0,095598	0	0	0	0	16	0	0
Bodrum	6	0,114718	0,114718	0	0	0	0	0	4	0
Bodrum	7	0,114718	0,114718	0	0	0	0	4	4	0
Bodrum	8	0,114718	0,114718	0	0	0	0	8	4	0
Bodrum	9	0,114718	0,114718	0	0	0	0	12	4	0
Bodrum	10	0,114718	0,114718	0	0	0	0	16	4	0
Bodrum	11	0,229436	0,229436	0	0	0	0	0	8	0
Bodrum	12	0,114718	0,114718	0	0	0	0	4	8	0
Bodrum	14	0,114718	0,114718	0	0	0	0	8	8	0
Bodrum	26	0,114718	0,114718	0	0	0	0	12	8	0
Bodrum	27	0,229436	0,229436	0	0	0	0	16	8	0
Bodrum	28	0,114718	0,114718	0	0	0	0	0	12	0
Bodrum	29	0,114718	0,114718	0	0	0	0	4	12	0
Bodrum	30	0,114718	0,114718	0	0	0	0	8	12	0
Bodrum	31	0,114718	0,114718	0	0	0	0	12	12	0
Bodrum	32	0,114718	0,114718	0	0	0	0	16	12	0
Bodrum	33	0,095598	0,095598	0	0	0	0	0	16	0
Bodrum	34	0,229436	0,229436	0	0	0	0	4	16	0
Bodrum	35	0,114718	0,114718	0	0	0	0	8	16	0
Bodrum	36	0,229436	0,229436	0	0	0	0	12	16	0
Bodrum	37	0,095598	0,095598	0	0	0	0	16	16	0
KAT12	Tümü	31,794598	31,794598	0	0	0	1639,523			
KAT11	Tümü	35,274379	35,274379	0	0	0	1864,676			

Çizelge 5.15 perde-kolon sistemin düğüm noktası kütleleri

Kat	Nokta	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ	X	Y	Z
KAT10	Tümü	35,274379	35,274379	0	0	0	1864,676			
KAT9	Tümü	35,274379	35,274379	0	0	0	1864,676			
KAT8	Tümü	35,274379	35,274379	0	0	0	1864,676			
KAT7	Tümü	35,274379	35,274379	0	0	0	1864,676			
KAT6	Tümü	35,274379	35,274379	0	0	0	1864,676			
KAT5	Tümü	35,274379	35,274379	0	0	0	1864,676			
KAT4	Tümü	35,274379	35,274379	0	0	0	1864,676			
KAT3	Tümü	35,274379	35,274379	0	0	0	1864,676			
KAT2	Tümü	35,274379	35,274379	0	0	0	1864,676			
KAT1	Tümü	35,274379	35,274379	0	0	0	1864,676			
BODRUM	Tümü	3,479782	3,479782	0	0	0	0			
Toplam	Tümü	423,29255	423,29255	0	0	0	22151			

Binanın toplam kütlesi;

$\Sigma M =$	423,293	(tsn2/m)
$\Sigma W =$	4152,50	ton

Eşdeğer deprem yükü hesabına esas olan;

$$T_x = 0,6852 \text{ sn}$$

$$T_y = 0,7789 \text{ sn}$$

$$S(T_x) = 1,63$$

$$S(T_y) = 1,47$$

Zemin sınıfı Z2

$$T_A = 0,15 \text{ sn}$$

$$T_B = 0,40 \text{ sn}$$

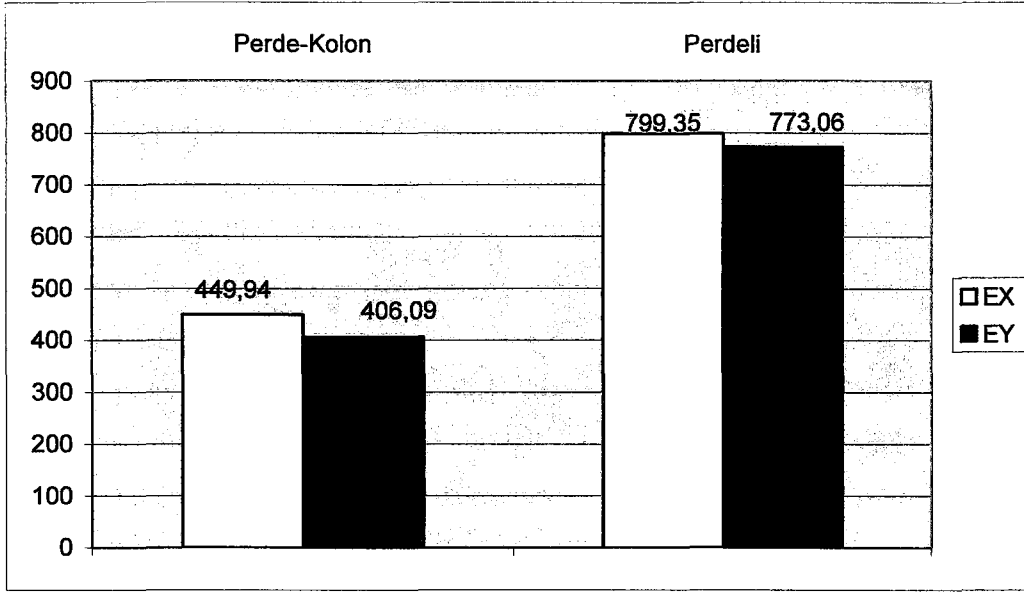
$$A_o = 0,40 \quad R_x = 6$$

$$I = 1,00 \quad R_y = 6$$

$\Sigma V_x =$	449,94	ton
$\Sigma V_y =$	406,09	ton

Çizelge 5.16 Perdeli sistemlerin taban kesme kuvveti değerleri

		Model 2	Model 1
		Perde-Kolon	Perdeli
Kat	Yükleme	V	V
1	EX	449,94	799,35
1	EY	406,09	773,06



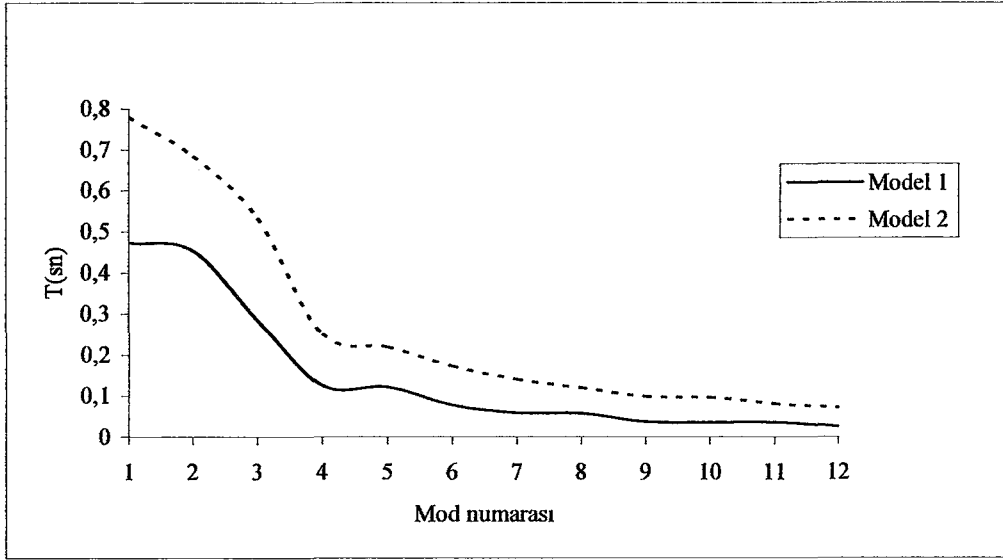
Şekil 5.18 Perdeli sistemlerin taban kesme kuvvetleri grafiği

5.9 Perdeli Sistemlerin Periyotlarının Karşılaştırılması

Model 2' deki perde-kolonlu sistemin periyotlarının modlara göre değerleri ile Model 1' deki perdeli sistemin modlara göre periyotlarının değerleri aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Çizelge 5.17 Perdeli sistemlerin modlara göre periyotları

	Model 1	Model 2
	Perdeli	Perde-Kolon
Mode	Period	Period
1	0,473835	0,77893
2	0,454357	0,685216
3	0,285427	0,533393
4	0,126291	0,252201
5	0,122434	0,219053
6	0,077504	0,172977
7	0,058948	0,140703
8	0,057622	0,119437
9	0,037077	0,098808
10	0,036056	0,096216
11	0,035391	0,080467
12	0,025367	0,071499



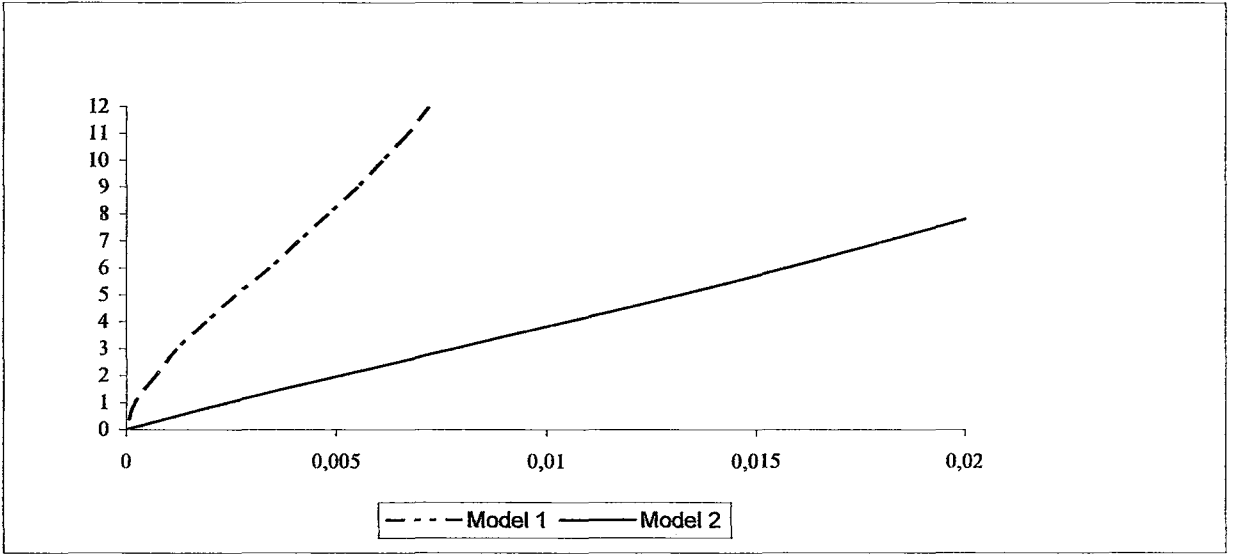
Şekil 5.19 Perdeli sistemlerin modlara göre periyot değerleri

Perde-kolonlu modelin modlara göre periyot değerlerinin daha büyük olduğu görülmektedir. Burada model 2' deki perdeli sistemin yani perde-kolon dizaynı yapılan sistemin çerçeve sistem gibi davrandığı söylenebilir.

5.10 Perdeli Sistemlerin Kat Yerdeğiştirmelerinin Karşılaştırılması

Çizelge 5.18 Ex' den oluşan kat yerdeğiştirmeleri

			MODEL 1	MODEL 2
			PERDELİ	PERDE-KOLON
Kat	Diaphragm	Yükleme	UX	UX
12	D12	EX	0,0072	0,0266
11	D11	EX	0,0067	0,0254
10	D10	EX	0,0061	0,024
9	D9	EX	0,0055	0,0223
8	D8	EX	0,0048	0,0204
7	D7	EX	0,0041	0,0181
6	D6	EX	0,0034	0,0157
5	D5	EX	0,0026	0,0132
4	D4	EX	0,0019	0,0105
3	D3	EX	0,0012	0,0078
2	D2	EX	0,0007	0,0051
1	D1	EX	0,0002	0,0024



Şekil 5.20 Perdeli sistemlerin kat yerdeğiştirme grafiği

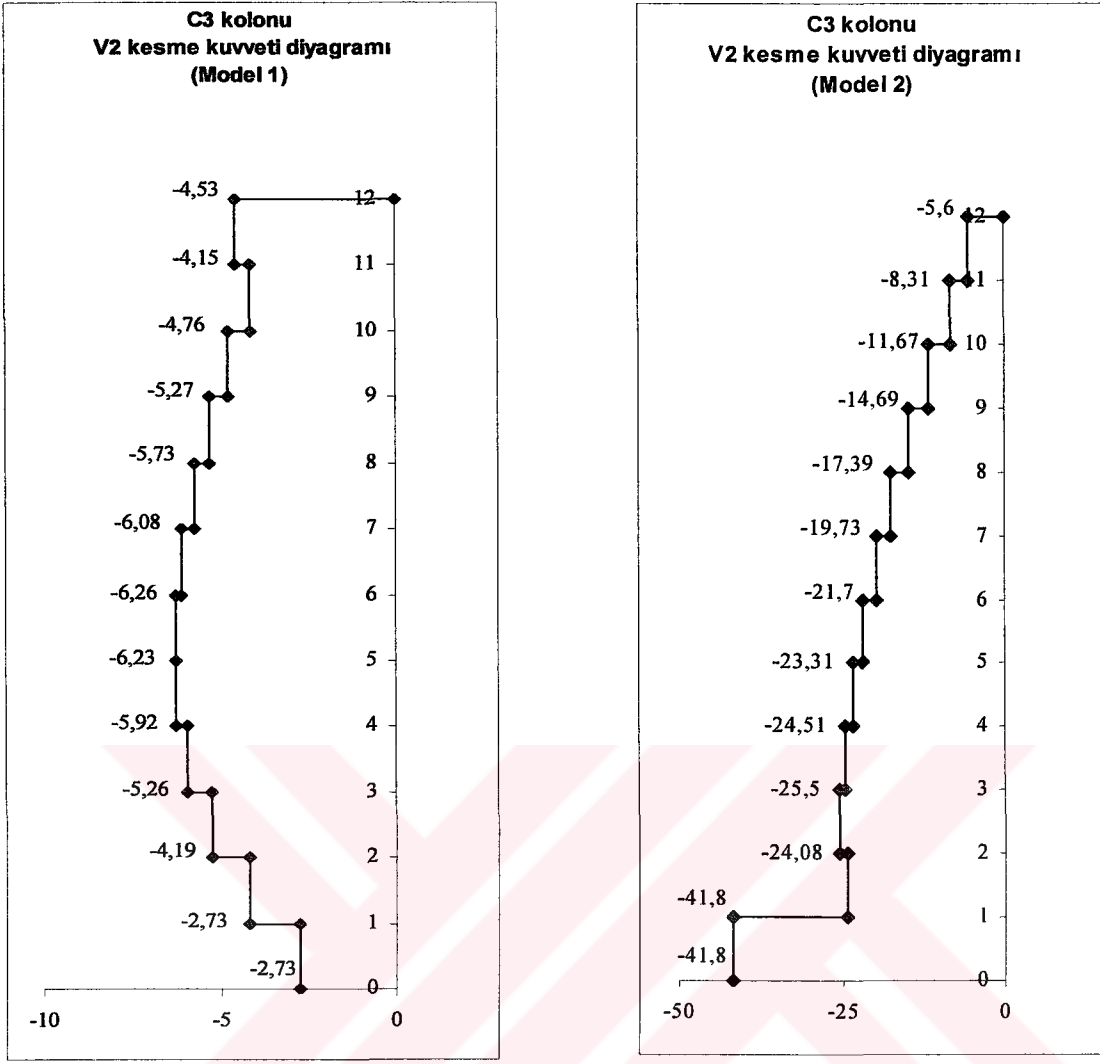
Model 1' deki perdeli sistemle, perde-kolon tasarımı yaptığımız, model 2' deki perdeli sistemin kat yerdeğiştirmeleri arasında çok büyük fark vardır. Model 2' deki perde-kolon tasarımı yaptığımız perdeli sistemin, kat yerdeğiştirmeleri Model 1' deki perdeli sistemden daha fazladır. Burada daha önce söylemiş olduğumuz gibi, model 2' deki perde-kolon tasarımı yaptığımız perdeli sistem, çerçeve sistem davranışı göstermiştir.

5.11 Perdeli Sistemlerde Kolon Tesirlerinin Karşılaştırılması

Model 1 ve 2' deki Perdeli sistemlerden, her iki modelde de perde veya perde-kolon olarak kullanılmayan, kolon kesit tesirlerindeki farklılıkları daha net gözlemleyebileceğimiz, C3 kolonunun, her iki model için, kombinasyon 4 yüklemesindeki kesme kuvveti değerleri çizelge 5.18' de verilmiştir.

Çizelge 5.19 Perdeli sistemlerin V2 kesme kuvvetleri

				MODEL 1	MODEL 2
				PERDELİ	PERDE-KOLON
Kat	Kolon	Yükleme	Konum	V2	V2
12	C3	COMB4	Alt	-4,53	-5,6
12	C3	COMB4	Üst	-4,53	-5,6
11	C3	COMB4	Alt	-4,15	-8,31
11	C3	COMB4	Üst	-4,15	-8,31
10	C3	COMB4	Alt	-4,76	-11,67
10	C3	COMB4	Üst	-4,76	-11,67
9	C3	COMB4	Alt	-5,27	-14,69
9	C3	COMB4	Üst	-5,27	-14,69
8	C3	COMB4	Alt	-5,73	-17,39
8	C3	COMB4	Üst	-5,73	-17,39
7	C3	COMB4	Alt	-6,08	-19,73
7	C3	COMB4	Üst	-6,08	-19,73
6	C3	COMB4	Alt	-6,26	-21,7
6	C3	COMB4	Üst	-6,26	-21,7
5	C3	COMB4	Alt	-6,23	-23,31
5	C3	COMB4	Üst	-6,23	-23,31
4	C3	COMB4	Alt	-5,92	-24,51
4	C3	COMB4	Üst	-5,92	-24,51
3	C3	COMB4	Alt	-5,26	-25,5
3	C3	COMB4	Üst	-5,26	-25,5
2	C3	COMB4	Alt	-4,19	-24,08
2	C3	COMB4	Üst	-4,19	-24,08
1	C3	COMB4	Alt	-2,73	-41,8
1	C3	COMB4	Üst	-2,73	-41,8

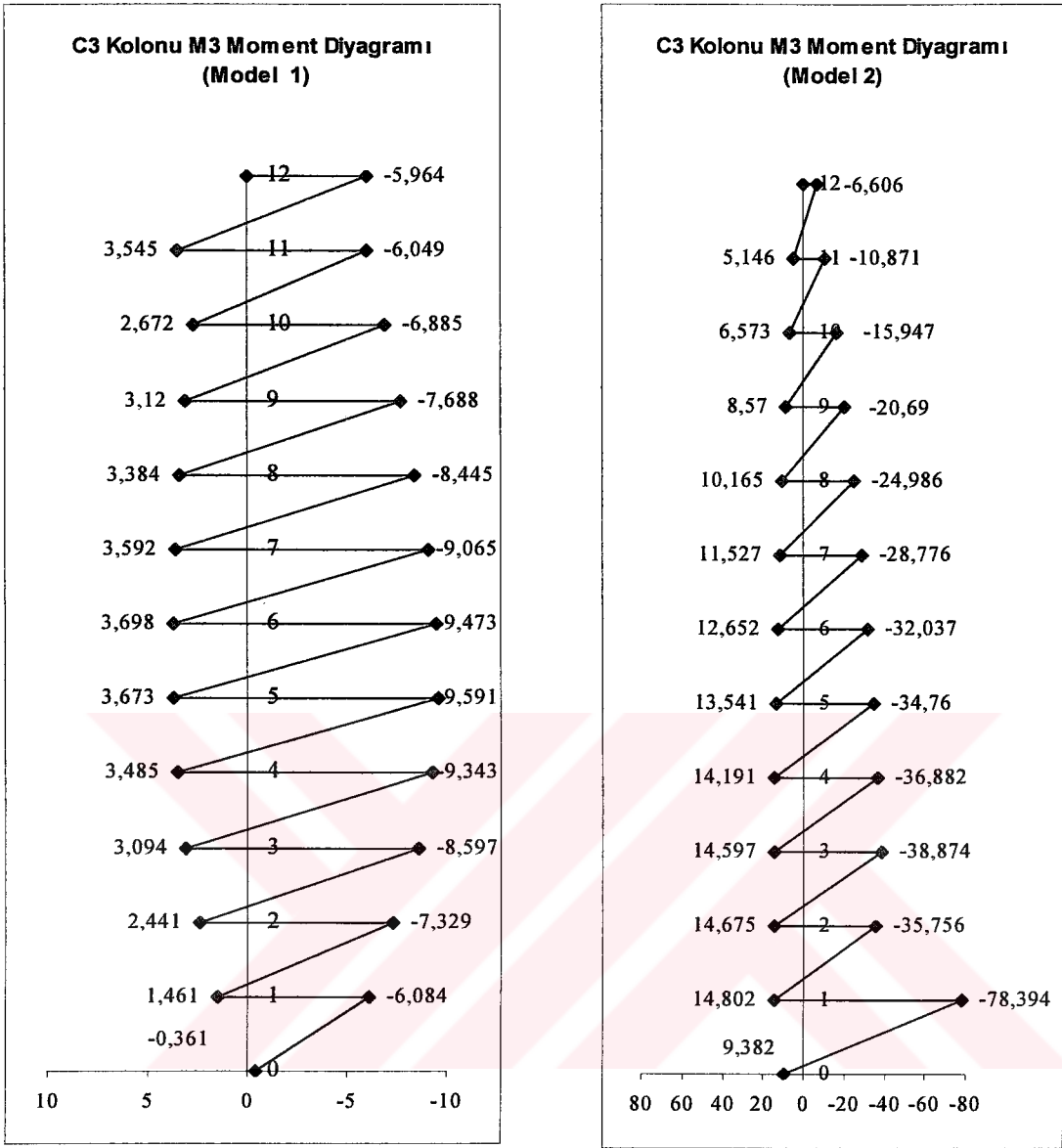


Şekil 5.21 Perdeli sistemlere ait V2 kesme kuvveti diyagramları

5.12 Model 1 ve 2 Perdeli Sistemlerin C3 Kolonu Moment Değerleri

Çizelge 5.20 Perdeli sistemlerin C3 kolonu moment değerleri

				MODEL 1	MODEL 2
				PERDELİ	PERDE-KOLON
Kat	Kolon	Yükleme	Konum	M3	M3
12	C3	COMB4	Alt	-5,964	-6,606
12	C3	COMB4	Üst	3,545	5,146
11	C3	COMB4	Alt	-6,049	-10,871
11	C3	COMB4	Üst	2,672	6,573
10	C3	COMB4	Alt	-6,885	-15,947
10	C3	COMB4	Üst	3,12	8,57
9	C3	COMB4	Alt	-7,688	-20,69
9	C3	COMB4	Üst	3,384	10,165
8	C3	COMB4	Alt	-8,445	-24,986
8	C3	COMB4	Üst	3,592	11,527
7	C3	COMB4	Alt	-9,065	-28,776
7	C3	COMB4	Üst	3,698	12,652
6	C3	COMB4	Alt	-9,473	-32,037
6	C3	COMB4	Üst	3,673	13,541
5	C3	COMB4	Alt	-9,591	-34,76
5	C3	COMB4	Üst	3,485	14,191
4	C3	COMB4	Alt	-9,343	-36,882
4	C3	COMB4	Üst	3,094	14,597
3	C3	COMB4	Alt	-8,597	-38,874
3	C3	COMB4	Üst	2,441	14,675
2	C3	COMB4	Alt	-7,329	-35,756
2	C3	COMB4	Üst	1,461	14,802
1	C3	COMB4	Alt	-6,084	-78,394
1	C3	COMB4	Üst	-0,361	9,382



Şekil 5.22 Perdeli sistemlerin C3 kolonu M3 moment diyagramı

5.13 Birinci Modeldeki Çaprazlı Sistemle, İkinci Modeldeki Çaprazlı Sistemin Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Çizelge 5.21 Çaprazlı sistemin düğüm noktası kütleleri (Model 2)

Kat	Nokta	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ	X	Y	Z
KAT12	-326	32,290792	32,290792	0	0	0	1641,996	8	8	36
KAT11	-327	35,770573	35,770573	0	0	0	1828,604	8	8	33
KAT10	-328	35,770573	35,770573	0	0	0	1828,604	8	8	30
KAT9	-329	35,770573	35,770573	0	0	0	1828,604	8	8	27
KAT8	-330	35,770573	35,770573	0	0	0	1828,604	8	8	24
KAT7	-331	35,770573	35,770573	0	0	0	1828,604	8	8	21
KAT6	-332	35,770573	35,770573	0	0	0	1828,604	8	8	18
KAT5	-333	35,770573	35,770573	0	0	0	1828,604	8	8	15
KAT4	-334	35,770573	35,770573	0	0	0	1828,604	8	8	12
KAT3	-335	35,770573	35,770573	0	0	0	1828,604	8	8	9
KAT2	-336	35,770573	35,770573	0	0	0	1828,604	8	8	6
KAT1	-337	35,770573	35,770573	0	0	0	1828,604	8	8	3
BASE	27	0,114718	0,114718	0	0	0	0	16	8	0
BASE	-25	0,095598	0,095598	0	0	0	0	0	16	0
BASE	-38	0,114718	0,114718	0	0	0	0	8	16	0
BASE	-63	0,095598	0,095598	0	0	0	0	16	16	0
BASE	-76	0,114718	0,114718	0	0	0	0	16	12	0
BASE	-101	0,114718	0,114718	0	0	0	0	16	4	0
BASE	-114	0,095598	0,095598	0	0	0	0	16	0	0
BASE	-139	0,114718	0,114718	0	0	0	0	8	0	0
BASE	-164	0,095598	0,095598	0	0	0	0	0	0	0
BASE	-177	0,114718	0,114718	0	0	0	0	0	4	0
BASE	-202	0,114718	0,114718	0	0	0	0	0	12	0
BASE	-215	0,172077	0,172077	0	0	0	0	4	12	0
BASE	-228	0,172077	0,172077	0	0	0	0	4	8	0
BASE	-241	0,172077	0,172077	0	0	0	0	4	4	0
BASE	-254	0,229436	0,229436	0	0	0	0	8	4	0
BASE	-267	0,172077	0,172077	0	0	0	0	12	4	0
BASE	-280	0,229436	0,229436	0	0	0	0	8	8	0
BASE	-293	0,172077	0,172077	0	0	0	0	12	8	0
BASE	-306	0,229436	0,229436	0	0	0	0	8	12	0
BASE	-319	0,172077	0,172077	0	0	0	0	12	12	0
BASE	-320	0,114718	0,114718	0	0	0	0	4	16	0
BASE	-321	0,114718	0,114718	0	0	0	0	12	16	0
BASE	-322	0,114718	0,114718	0	0	0	0	4	0	0
BASE	-323	0,114718	0,114718	0	0	0	0	12	0	0
BASE	-325	0,114718	0,114718	0	0	0	0	0	8	0
KAT12	Tümü	32,290792	32,290792	0	0	0	1641,996			
KAT11	Tümü	35,770573	35,770573	0	0	0	1828,604			
KAT10	Tümü	35,770573	35,770573	0	0	0	1828,604			
KAT9	Tümü	35,770573	35,770573	0	0	0	1828,604			
KAT8	Tümü	35,770573	35,770573	0	0	0	1828,604			
KAT7	Tümü	35,770573	35,770573	0	0	0	1828,604			

Çizelge 5.21 Çaprazlı sistemin düğüm noktası kütleleri (Model 2)

Kat	Nokta	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ	X	Y	Z
KAT6	Tümü	35,770573	35,770573	0	0	0	1828,604			
KAT5	Tümü	35,770573	35,770573	0	0	0	1828,604			
KAT4	Tümü	35,770573	35,770573	0	0	0	1828,604			
KAT3	Tümü	35,770573	35,770573	0	0	0	1828,604			
KAT2	Tümü	35,770573	35,770573	0	0	0	1828,604			
KAT1	Tümü	35,770573	35,770573	0	0	0	1828,604			
Bodrum	Tümü	3,479782	3,479782	0	0	0	0			
Toplam	Tümü	429,24688	429,24688	0	0	0	21757			

Binanın toplam kütlesi;

$\Sigma M =$	429,247	(tsn2/m)
$\Sigma W =$	4210,91	ton

Eşdeğer deprem yükü hesabına esas olan;

$$T_x = 0,5393 \text{ sn}$$

$$T_y = 0,8249 \text{ sn}$$

$$S(T_x) = 1,97$$

$$S(T_y) = 1,40$$

Zemin sınıfı Z2

$$T_A = 0,15 \text{ sn}$$

$$T_B = 0,40 \text{ sn}$$

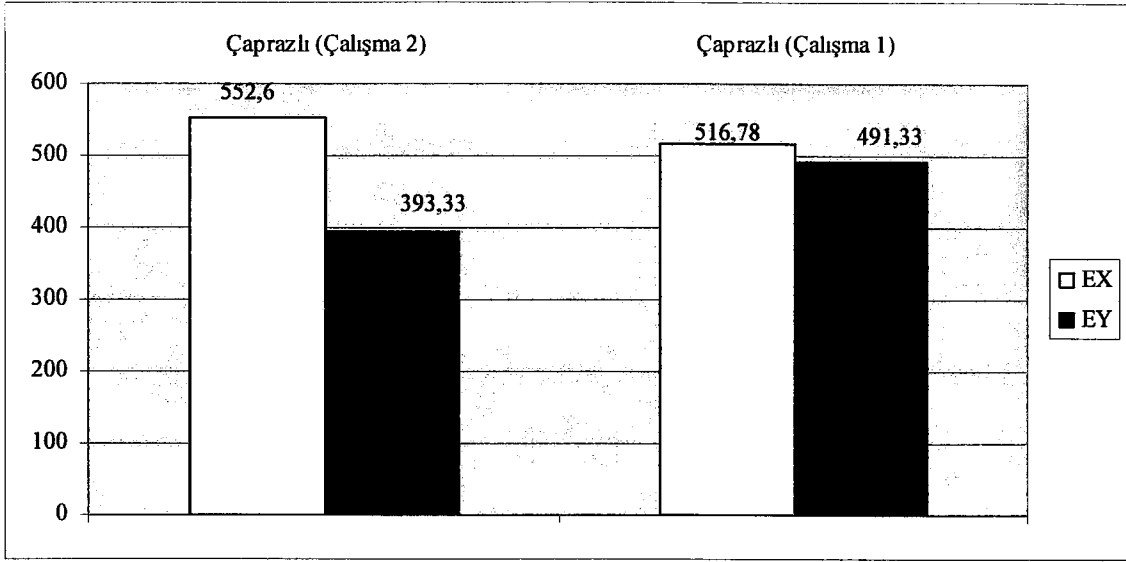
$$A_o = 0,40 \quad R_x = 6$$

$$I = 1,00 \quad R_y = 6$$

$\Sigma V_x =$	552,60	ton
$\Sigma V_y =$	393,33	ton

Çizelge 5.22 Çaprazlı sistemlerin taban kesme kuvveti değerleri

		Model 2	Model 1
		Çaprazlı (R=6)	Çaprazlı (R=6)
Kat	Yükleme	V	V
1	EX	552,60	516,78
1	EY	393,33	491,33



Şekil 5.23 Çaprazlı sistemlerin taban kesme kuvveti grafiği

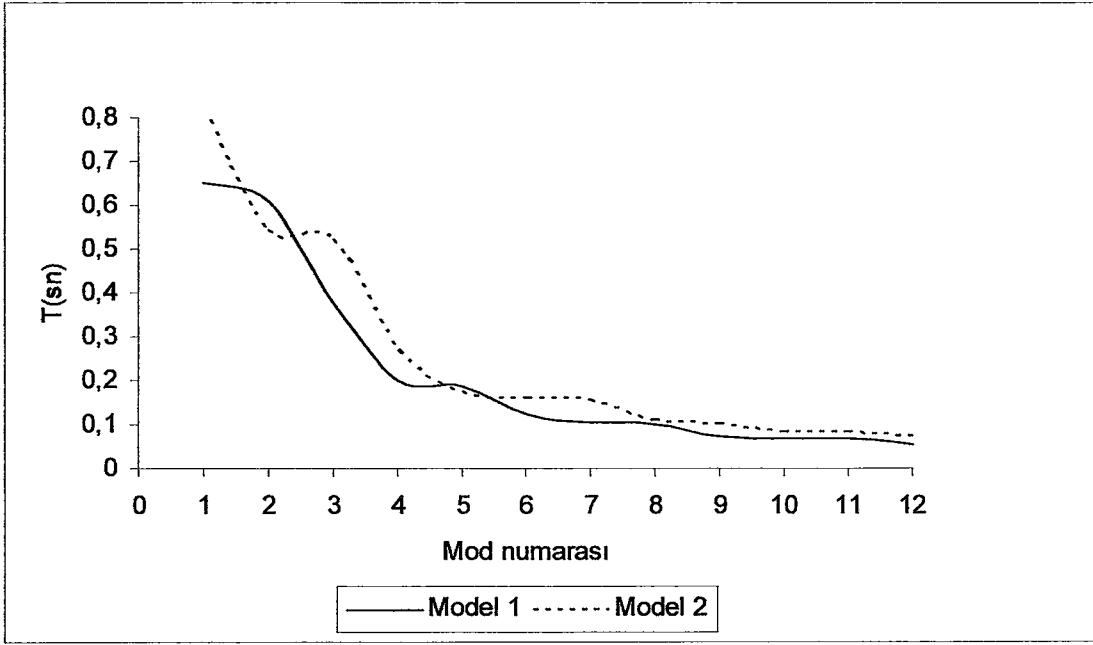
Şekil 5.23 ve çizelge 5.21’ den görüleceği üzere; model 2’ deki çaprazlı sistemin taban kesme kuvvetleri, birinci modeldeki çaprazlı sistemin taban kesme kuvvetinden büyük çıkmıştır.

5.14 Çaprazlı Sistemlerin Modlara Göre Periyot Değerlerinin Karşılaştırılması

Model 1 ve model 2’ deki Çaprazlı sistemlerin periyot değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 5.23 Çaprazlı sistemlerin modlara göre periyot değerleri

	Model 1	Model 2
	Çaprazlı	Çaprazlı
Mode	Period	Period
1	0,650572	0,824888
2	0,61081	0,539257
3	0,379092	0,520927
4	0,198925	0,269566
5	0,18615	0,171542
6	0,121305	0,160557
7	0,105965	0,15298
8	0,098845	0,107506
9	0,07199	0,100527
10	0,068353	0,083865
11	0,067182	0,082297
12	0,054464	0,070519



Şekil 5.24 Çaprazlı sistemlerin modlara göre periyot grafiği

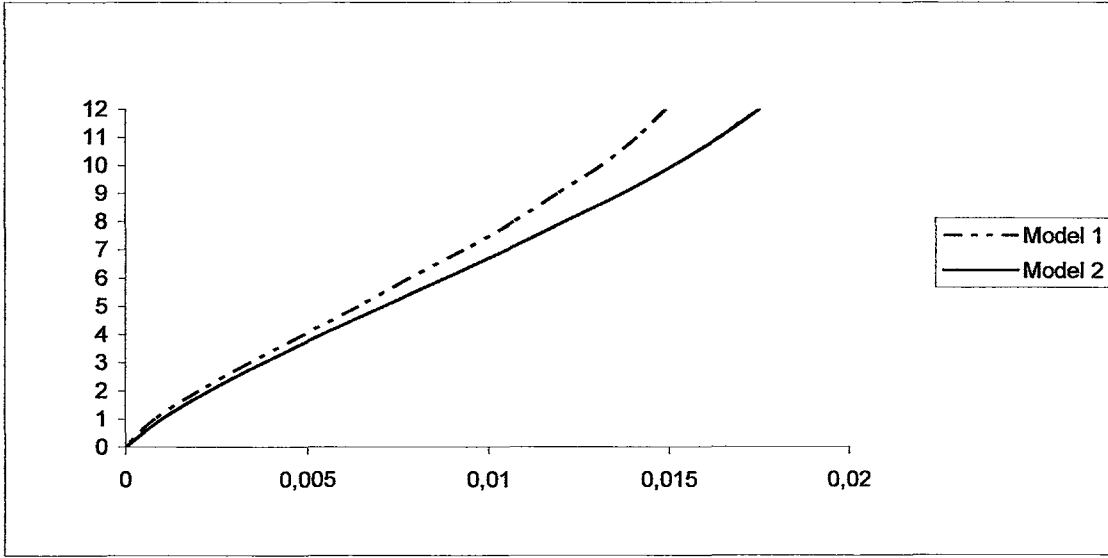
Modların çoğunda Model 1' e ait Çaprazlı sistemin periyodu, model 2' den daha kısadır. Sadece mod 2 ve mod 5' de Model 1' deki çaprazlı sistemin periyodu daha uzundur.

5.15 Çaprazlı sistemlerin kat yerdeğiştirmeleri

Model 1 ve 2' de oluşturulan Çaprazlı sistemlerin, Ex deprem yüklemesi altında, kat yerdeğiştirmeleri değerleri çizelge 5.23' de verilmiştir.

Çizelge 5.24 Çaprazlı sistemlerin Ex' den oluşan kat yerdeğiştirmeleri

			MODEL 1	MODEL 2
			ÇAPRAZLI	ÇAPRAZLI
Kat	Diaphragm	Yükleme	UX	UX
12	D12	EX	0,0149	0,0175
11	D11	EX	0,0141	0,0164
10	D10	EX	0,0131	0,0151
9	D9	EX	0,0119	0,0137
8	D8	EX	0,0107	0,0121
7	D7	EX	0,0093	0,0105
6	D6	EX	0,0078	0,0088
5	D5	EX	0,0064	0,0071
4	D4	EX	0,0049	0,0054
3	D3	EX	0,0034	0,0038
2	D2	EX	0,002	0,0023
1	D1	EX	0,0008	0,001



Şekil 5.25 Çaprazlı sistemlerin Ex' den oluşan kat yerdeğiştirme grafiği

Çizelge 5.23 ve şekil 5.25 incelendiğinde Model 1' deki çaprazlı sistemin kat yerdeğiştirmelerinin, model 2' deki çaprazlı sistemin kat yerdeğiştirmelerinden daha küçük olduğu görülür.

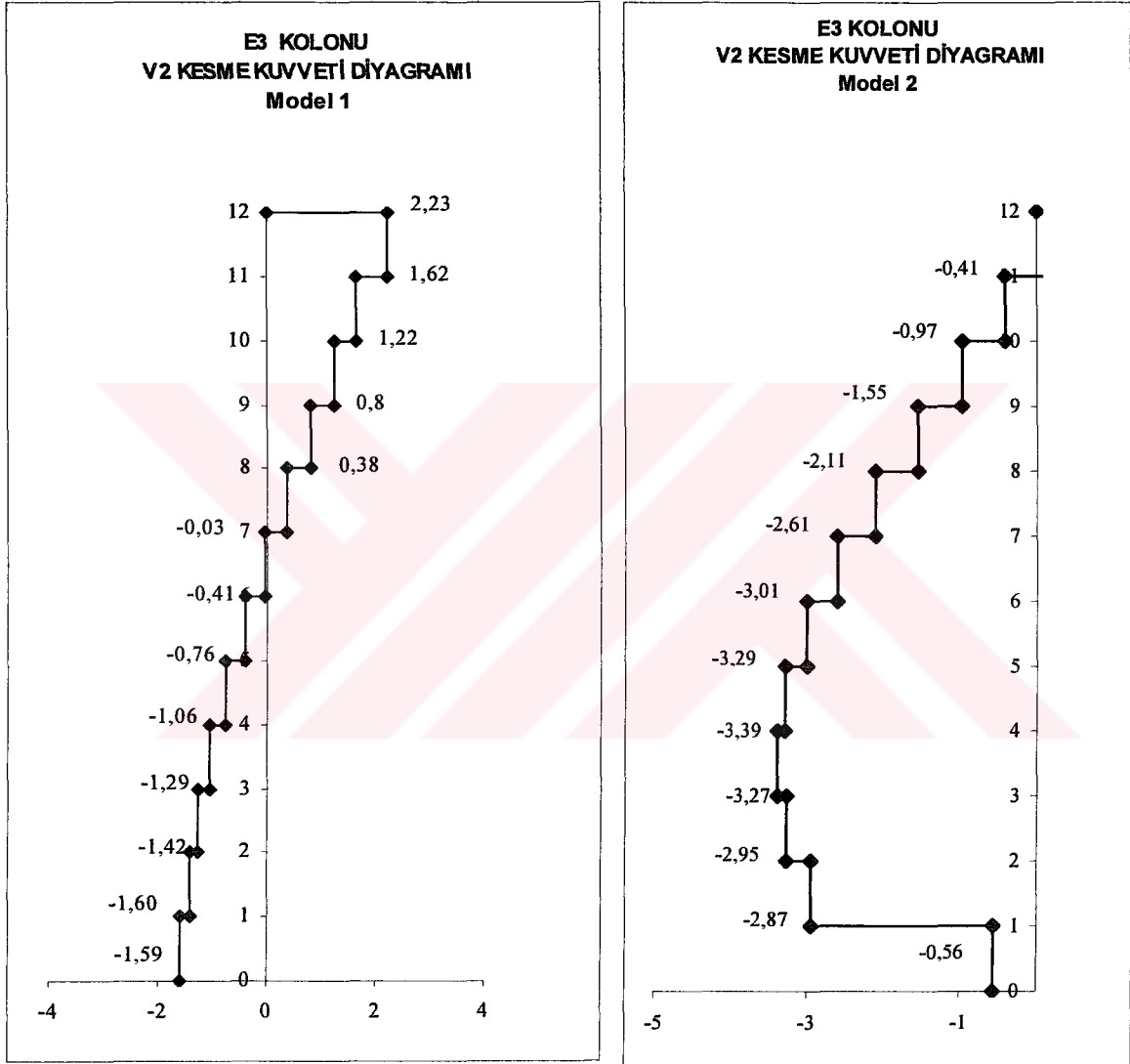
5.16 Çaprazlı sistemlerin kolon kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

Çizelge 5.25 E3 kolonu kesme kuvveti değerleri

				MODEL 1	MODEL 2
				ÇAPRAZLI	ÇAPRAZLI
Kat	Kolon	Yükleme	Konum	V2	V2
12	E3	COMB4	Alt	2,23	0,15
12	E3	COMB4	Üst	2,23	0,15
11	E3	COMB4	Alt	1,62	-0,41
11	E3	COMB4	Üst	1,62	-0,41
10	E3	COMB4	Alt	1,22	-0,97
10	E3	COMB4	Üst	1,22	-0,97
9	E3	COMB4	Alt	0,8	-1,55
9	E3	COMB4	Üst	0,8	-1,55
8	E3	COMB4	Alt	0,38	-2,11
8	E3	COMB4	Üst	0,38	-2,11
7	E3	COMB4	Alt	-0,03	-2,61
7	E3	COMB4	Üst	-0,03	-2,61
6	E3	COMB4	Alt	-0,41	-3,01
6	E3	COMB4	Üst	-0,41	-3,01
5	E3	COMB4	Alt	-0,76	-3,29
5	E3	COMB4	Üst	-0,76	-3,29
4	E3	COMB4	Alt	-1,06	-3,39
4	E3	COMB4	Üst	-1,06	-3,39
3	E3	COMB4	Alt	-1,29	-3,27

Çizelge 5.25 E3 kolonu kesme kuvveti değerleri

3	E3	COMB4	Üst	-1,29	-3,27
2	E3	COMB4	Alt	-1,42	-2,95
2	E3	COMB4	Üst	-1,42	-2,95
1	E3	COMB4	Alt	-1,59	-0,56
1	E3	COMB4	Üst	-1,59	-0,56

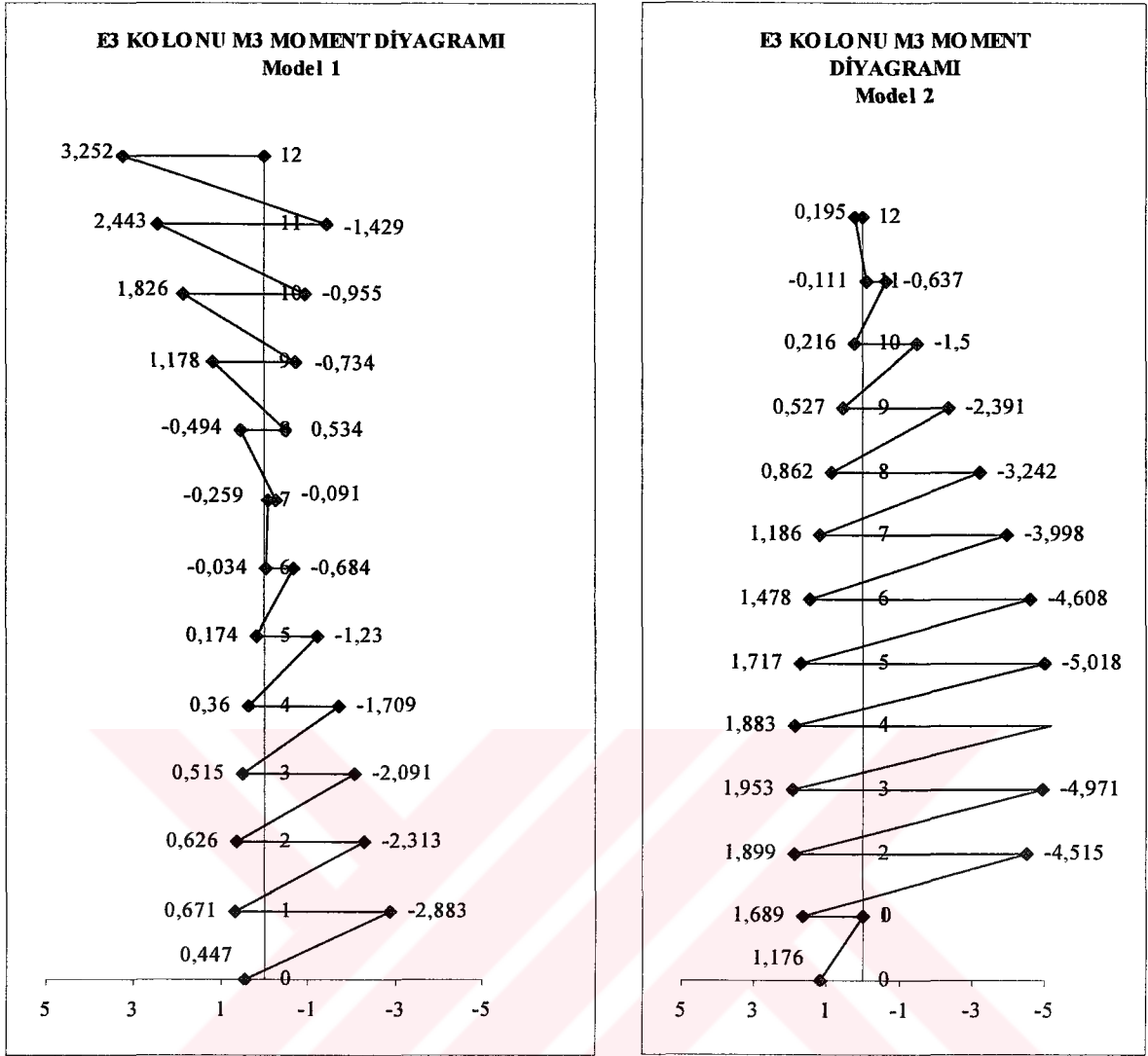


Şekil 5.26 E3 Kolonu V2 kesme kuvveti diyagramları

5.17 Çaprazlı sistemlerin E3 kolonu moment değerleri

Çizelge 5.26 Çaprazlı sistemlerin E3 kolonu moment değerleri

				MODEL 1	MODEL 2
				ÇAPRAZLI	ÇAPRAZLI
Kat	Kolon	Yükleme	Konum	M3	M3
12	E3	COMB4	Alt	3,252	0,195
12	E3	COMB4	Üst	-1,429	-0,111
11	E3	COMB4	Alt	2,443	-0,637
11	E3	COMB4	Üst	-0,955	0,216
10	E3	COMB4	Alt	1,826	-1,5
10	E3	COMB4	Üst	-0,734	0,527
9	E3	COMB4	Alt	1,178	-2,391
9	E3	COMB4	Üst	-0,494	0,862
8	E3	COMB4	Alt	0,534	-3,242
8	E3	COMB4	Üst	-0,259	1,186
7	E3	COMB4	Alt	-0,091	-3,998
7	E3	COMB4	Üst	-0,034	1,478
6	E3	COMB4	Alt	-0,684	-4,608
6	E3	COMB4	Üst	0,174	1,717
5	E3	COMB4	Alt	-1,23	-5,018
5	E3	COMB4	Üst	0,36	1,883
4	E3	COMB4	Alt	-1,709	-5,167
4	E3	COMB4	Üst	0,515	1,953
3	E3	COMB4	Alt	-2,091	-4,971
3	E3	COMB4	Üst	0,626	1,899
2	E3	COMB4	Alt	-2,313	-4,515
2	E3	COMB4	Üst	0,671	1,689
1	E3	COMB4	Alt	-2,883	0
1	E3	COMB4	Üst	0,447	1,176



Şekil 5.27 Çaprazlı sistemlerin E3 kolonu moment diyagramları

5.18 Değerlendirme ve Öneriler

Bu tez kapsamında taşıyıcı sistemi betonarme olan geleneksel yapıların deprem etkisi altında, ne çerçeve sistemler gibi yüksek deplasman yapması ne de perdeli taşıyıcı sistemler gibi büyük kesme kuvveti ve eğilme momentine maruz kalması amaçlanmıştır. Önerilen çaprazlı yapı modelinin, hem yaşam kalitesini artırıcı, böylelikle yapı içindeki insanların güvenliğini sağlayan, hem de mühendislik açısından taşıyıcı elemanların daha az zorlanacağı bir yapı olması düşünülmüştür. Bu düşünce yeni olmayıp daha önceleri Orhan PEKİN'in literatürde bahsedilen çalışmalarında, basit modeller üzerinde çalışmalar yapılmış ve bir patent alınmıştır. Son zamanlarda SAP 2000 ve ETABS gibi yapı analiz programlarının yaygın olarak kullanılması ile bu konuda çeşitli çalışmalar yapılmış olup, bunlar literatürde verilmiştir.

Bu tez çalışmasında ise gerçek bir yapı modeli, ETABS yapı analiz programı ile üç boyutlu olarak ele alınmış ve her üç model içinde çözümlemeler yapılarak birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalardan elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi maddeler halinde ifade edilebilir.

- ✓ Deprem yükleri etkisi altında çaprazlı taşıyıcı sistemin, çerçeve taşıyıcı sistemden daha az kat deplasmanı yaptığı görülmüştür.
- ✓ Çaprazlı taşıyıcı sistemlerin yapı analiz hesabında herhangi bir R süneklilik katsayısı önerilmediği için $R=6$ için çözüm yapılmıştır. $R=6$ için yapılan çözümün $R=8$ alınarak çözülen çerçeve sisteme yakın deplasmanlar verdiği anlaşılmaktadır.
- ✓ Her iki model içinde bağımsız olan yani perde ve çaprazların bulunduğu aks aralarında olmayan bir kenar ve orta kolon için yapılan kesme kuvveti ve momentin karşılaştırılmasından, çaprazlı taşıyıcı sistemin genel olarak çerçeve taşıyıcı sistem ile perdeli taşıyıcı sistem arasında iç kuvvetlere maruz kaldığı görülmüştür.
- ✓ Tüm bu sonuçlar aynı bir yapının çerçeve, perde kolonlu ve çaprazlı taşıyıcı sistemler olması durumları için yapılmış ve öngörülen sonuçlara ulaşılmıştır. Bu modellerde farklılığı göstermek bakımından betonarme perdenin teşkil edildiği aks aralıklarına çaprazlı sistem tesis edilmiştir. Sonraki çalışmalarda çaprazlı taşıyıcı sistemlerin yapı içinde nasıl düzenlemesi ve düzenlenmemesi gerektiği araştırılmalıdır.
- ✓ Perde-kolon olarak dizayn edilen sistemin yaptığı kat yerdeğiştirmelerinin, çerçeve sistemin kat yerdeğiştirmelerine çok yakın olduğu gözlemlenmiştir. Daha açık bir ifadeyle, perde-kolonlu sistem, çerçeve sistem davranışı göstermiştir.

KAYNAKLAR

ABYYHY., (1997), “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”, İMO.

Amıl, A. P., (2003), ‘Betonarme Eğik Elemanların Çerçeve Rijitliğine Etkileri ve Perdelerle Karşılaştırılması’, 5. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul.

Arun, G., (2002), ‘Deprem Bölgelerinde Çelik Yapı’, Deprem Bölgelerinde Yapı Üretimi Sempozyumu, 15-16 Şubat 2002, YTÜ, İstanbul.

Bazen, E., ve Meli, R., (1980), ‘Seismic Analysis of Structures with Masonry Walls’, 7 th WCEE, Vol. 4, İstanbul, 633-640.

Bush (1991), ‘Seismic Strengthening of a Reinforced Concrete Frame’, Ph.D. thesis, The University of Hustin, Texas.

Celep, Z. ve Kumbasar, N., (2000), ‘Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı’, Beta Dağıtım, İstanbul.

Dewolf, J., ve Pellicione, J. F., (1979), ‘Cross Bracing Design’, Journal of Structures Division, Vol. 105, No St. 7, July, 1379-1391.

Dowrick, D. J., (1987), ‘Earthquake Resistant Design’, John Wiley and Sons., Inc., New York.

Higashi, Endo, Kavamata, Ohnuma (1981), ‘Experimental Studies on Retrofitting of Reinforced Concrete Structural Members’, Proc. 2nd Seminar on Repair and Retrofit of Structures, Ann Arbor, Michigan, National Science Foundation,.

Kara, N., Kaltakçı, Y., Akın, K., (2003), ‘Betonarme Çerçevelerin Deprem Güvenliğinin Çapraz Çubuklar Yardımıyla Artırılması’ Yapı Mekaniği laboratuarları Üstlantısı II, Konya.

Karadoğan, F., vd. (1993), ‘Deprem Perdeleri İle Güçlendirilmiş Yapılar ve Temelleri’, 2. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı Bildiriler Kitabı, İstanbul, 1-9.

Maheri, M. R., Sahebi A., (1996), Engineering Structures, Vol. 19, No. 12, pp. 1018-1024, 1997 Elsevier Science Ltd.

Mathevson, C. D., ve Davey, R. A., (1980), ‘Precast Concrete Braced Frames Incorporation Yükleme- Limiting Energy Dissipation Devices in an Earthquake Resistant Building, Proc. WCEE, İstanbul.

Pekin, O., (2000), ‘Depreme Dirençli Betonarme İnşaat Sistemleri’, Form Matbaacılık, İstanbul.

Pubal, Z., (1988), ‘Theory and Calculation of Frames Structures With Stiffning Walls’, Publishing House of Chechoslovak Academy of Science, Prague.

Smith, B. S., (1962), ‘Lateral Stiffness of Infilled Frames’, Journal of Structral Division, ASCE, December, 183-189.

Sugano ve Fujimura, (1980), ‘Seismic strengthening of existing reinforced concrete buildings’, Proc. 7th World Conf. on Earthquake Engineering, Turkey.

Ataş, E., (2005), Betonarme Yapıların Çelik Çaprazlarla Güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.

Bilgin, G., (2005), Betonarme Yapıların Betonarme Çaprazlarla Güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.

Mertol, A., (2002), ‘Deprem Mühendisliği’ , Birsen Yayınevi, İstanbul



ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi	14.05.1977	
Doğum Yeri	Amasya	
Lise	1991-1995	Konya Atatürk Sağlık Meslek Lisesi
Lisans	1997-2001	Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2001-2005	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Mekanik Programı

Çalıştığı Kurum

2001-Halen Altınok Müş. Müh. San. Tic. Ltd. Şti.

