

768468

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GELENEKSEL BETONARME YAPILARIN DEPREM
TASARIMI İÇİN BİR MODEL

İnşaat Müh. Gülizar BİLGİN

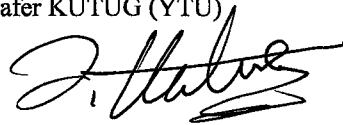
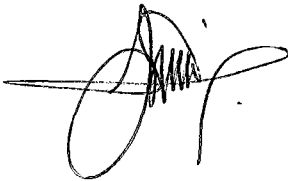
FBE İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Mekanik Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı

: Yrd. Doç. Dr. Zafer KÜTÜĞ (YTÜ)

Doç. Dr. Ünal Aldemir



İSTANBUL, 2005

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ÖNSÖZ.....	x
ÖZET.....	xi
ABSTRACT.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Yapılan Çalışmalar	1
1.2 Çalışmanın Amacı	6
2. DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMI	9
2.1 Depreme Karşı Güvenlik.....	9
2.1.1 Geometri.....	10
2.1.2 Süreklilik	11
2.1.3 Göçme Şekli	11
2.1.4 Rijitlik ve Dayanım	12
2.1.5 Süneklik.....	13
2.2 Deprem Yönetmeliği	14
2.3 Yapı Elemanları Davranışı	17
2.3.1 Betonarme Davranışı.....	17
2.3.2 Kiriş Davranışı.....	17
2.3.3 Kolon Davranışı.....	18
2.3.4 Perde Davranışı	19
2.4 Betonarme Taşıyıcı Sistemler.....	20
2.5 Deprem Bölgelerinde Çelik Yapılar.....	22
2.5.1 Çelik Çerçevesel Sistemler	24
2.5.1.1 Kiriş ve Kolonlar	24
2.5.1.2 Birleşimler	25
2.5.1.3 Kiriş- Kiriş Birleşimi.....	25
2.5.1.4 Kolon- Kiriş Birleşimleri.....	25
2.5.1.5 Kolon Ekleri	26
2.5.2 Çaprazlı Çerçeve Sistemler	27
2.5.2.1 Merkezi Çaprazlı Çerçeveler.....	27
2.5.2.2 Dış Merkezi Çaprazlı Çerçeveler	28
2.5.3 Rijit + Çaprazlı Çerçevesel Karma Sistemler.....	29
3. ETABS TANITIMI	32
3.1 Genel.....	32
3.2 Boyutlama Algoritması	33

3.2.1	Boyutlama Yük Kombinasyonları	33
3.2.2	Boyutlama ve Kesit Kontrol Noktaları	33
3.2.3	Elemanların Mesnetlenmemiş Boyları	34
3.2.4	Kiriş ve Kolonların Tanıtılması	35
3.2.5	Kirişlerin Boyutlaması	36
3.2.6	Kolonların Boyutlaması	36
3.3	ETABS Programını TS500 ve Deprem Yönetmeliğine Uyarlama	37
3.4	Genel Kullanım İlkeleri	39
3.4.1	Sistem modelinin oluşturulması	39
3.4.2	Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması	39
3.4.3	Kesit Özelliklerinin Tanımlanması	40
3.4.4	Yüklerin Tanımlanması	40
3.4.5	Çözüm (Analiz)	40
3.4.6	Boyutlandırma	40
3.5	Koordinat Sistemleri ve Grid Çizgileri	40
4.	MODELLEME	42
4.1	Bina Tanıtım Raporu	42
4.2	Kabuller	45
4.2.1	Sabit ve Hareketli Yük	45
4.2.2	Tasarım Deprem Karakteristikleri	45
4.2.3	Malzeme Karakteristikleri	45
4.3	ETABS Programına Data Girişi	46
4.3.1	Aks Sistemi	46
4.3.2	Kat Bilgileri	47
4.3.3	Malzeme Bilgilerinin Tanımlanması	47
4.3.4	Kullanılacak Kesitlerin Tarif Edilmesi	48
4.3.5	Yük Bilgilerinin Girilmesi	52
4.3.6	Yük Kombinasyonlarının Tarif Edilmesi	54
4.3.7	Dinamik Hesapta Kullanılacak Kat Ağırlıklarının Belirlenmesi	55
4.3.8	Çubuk Elemanların Model Üzerinde Oluşturulması	55
4.3.9	Döşeme ve Perde Duvar Elemanlarının Model Üzerinde Oluşturulması	57
4.3.10	Mesnet Şartları	57
4.3.11	Analiz Genel Özellikleri	58
4.4	Deprem Etkisi Altında Çözüm Yöntemleri	60
4.4.1	Zaman Tanım Alanında Hesap yöntemi	60
4.4.2	Mod Birleştirme Yöntemi	61
4.4.3	Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	61
5.	SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER	63
5.1	Dinamik Analiz Sonuçlarının İncelenmesi	63
5.2	Düzensizlik Durumları	66
5.2.1	Düzensiz Binalara İlişkin Koşullar	66
5.2.2	Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması	67
5.3	Kat Yerdeğiştirmelerinin Karşılaştırılması	68
5.4	Modlara Göre Kat Döşemelerinin Yatay Bileşenlerinin Karşılaştırılması	70
5.5	Kolon Kesit Tesirlerinin Karşılaştırılması	74
5.6	Perde Elemanı Kesit Tesirleri	91
5.7	Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması	93
5.8	Değerlendirme ve Öneriler	94

KAYNAKLAR.....	96
ÖZGEÇMİŞ.....	97



SİMGE LİSTESİ

A_w	Kolon enkesiti etkin gövde alanı
c	Sönüm katsayısı
d	Döşeme kalınlığı
d_i	Binanın i 'inci katında deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
EX	x yönü deprem yükü
EY	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 silindirik 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
l_{33}	3-3 eksen (ana eksen) doğrultusunda kararsızlık
l_{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
x	Yer değiştirme
\dot{x}	Hız
\ddot{x}	İvme
Δ_i	i 'inci kattaki görelî 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 toplamı

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 Müh. Orhan Pekin ve Prof. Dr. Kemal Özden'in hazırladığı taşıyıcı sistem modelleri	
Şekil 1.2 Orhan Pekin tarafından Taksim'de yapılan düşey kafes kirişler	3
Şekil 1.3 Chicago Title binası	4
Şekil 1.4 Boğaziçi Üniversitesi'nin 4 Mart 1977 Bükreş depremi için hazırladığı rapor	5
Şekil 2.1 Elasto – Plastik gerilme-şekil değiştirme bağıntısı	13
Şekil 2.2 Kolon etriye sarılımı	19
Şekil 2.3 Perde kırılma yönleri.....	20
Şekil 2.4 Taşıyıcı sistem modelleri	21
Şekil 2.5 Taşıyıcı sistemlerdeki mafsallaşma bölgeleri	22
Şekil 2.6 Merkezi çaprazlı sistem.....	30
Şekil 2.7 Dışmerkezi çaprazlı sistem	30
Şekil 2.8 Karma sistem.....	31
Şekil 3.1 Eğilme eksenleri ve mesnetlenmemiş boy	35
Şekil 3.2 Malzeme özellikleri menüsü	37
Şekil 3.3 Yük kombinasyonları menüsü.....	38
Şekil 3.4 Koordinat eksenleri ve lokal eksen görünüşü.....	41
Şekil 4.1 Kat planı	43
Şekil 4.2 A aksı görünüşü.....	44
Şekil 4.3 Aks sisteminin girilmesi.....	46
Şekil 4.4 Kat bilgilerinin oluşturulması	47
Şekil 4.5 Malzeme özellikleri menüsü	48
Şekil 4.6 Çubuk elemanlar kesit özellikleri menüsü	48
Şekil 4.7 Çubuk elemanları kolon veya kiriş olarak belirlenmesi.....	49
Şekil 4.8 Perde ve döşeme elemanların kesit özellikleri menüsü.....	50
Şekil 4.9 S2 kolonu kesit özellikleri menüsü	50
Şekil 4.10 L kolon kesit özellikleri menüsü	51
Şekil 4.11 Betonarme çapraz elemanının kesit özellikleri menüsü.....	51
Şekil 4.12 Yük tiplerinin tarif edilmesi	52
Şekil 4.13 UBC 1994 Deprem şartnamesi tanımları	53
Şekil 4.14 Yük kombinasyonları menüsü.....	54
Şekil 4.15 Dinamik hesaba esas kütle çarpanlarının tarifi	55
Şekil 4.16 Çubuk elemanların atanması	56
Şekil 4.17 Perde elemanların atanması.....	57
Şekil 4.18 Mesnet özellikleri menüsü	58
Şekil 4.19 Analiz özellikleri genel menüsü ve dinamik analiz özellikleri menüsü.....	58
Şekil 4.20 Etkin yer ivmesi-periyot değerleri menüsü	59
Şekil 4.21 Spektrum değerleri menüsü.....	60
Şekil 5.1 Modlara göre periyotların karşılaştırması	64
Şekil 5.2 Katlar arası yerdeğiştirmeler	67
Şekil 5.3 Kat yerdeğiştirmeleri karşılaştırma grafiği	69
Şekil 5.4 Mod 1'e göre kat döşemelerinin yatay bileşenleri	70
Şekil 5.5 Mod 2'ye göre kat döşemelerinin yatay bileşenleri	71
Şekil 5.6 Mod 3 için eksenel dönme grafiği.....	72
Şekil 5.7 Mod 4'e göre kat döşemelerinin yatay bileşen	73
Şekil 5.8 C3 kolunu çerçeve ve perdeli sistem eğilme momenti grafikleri.....	79
Şekil 5.9 C3 kolunu çaprazlı sistemler için eğilme momenti grafikleri.....	80
Şekil 5.10 C3 kolunu çerçeve ve perdeli sistem kesme kuvveti grafikleri.....	81
Şekil 5.11 C3 kolunu çaprazlı sistemler için kesme kuvveti grafikleri.....	82
Şekil 5.12 C13 kolunu çerçeve ve perdeli sistem eğilme momenti grafikleri.....	87

Şekil 5.13 C13 kolunu çaprazlı sistemler için eğilme momenti grafikleri.....	88
Şekil 5.14 C13 kolunu çerçeve ve perdeli sistem kesme kuvveti grafikleri.....	89
Şekil 5.15 C13 kolunu çaprazlı sistemler için kesme kuvveti grafikleri.....	90
Şekil 5.16 P5 perdesi kesme kuvveti grafikleri.....	92
Şekil 5.17 Taban kesme kuvvetleri grafiği.....	93



ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1 Yük kombinasyonları	38
Çizelge 4.1 Betonarme betonu	45
Çizelge 4.2 Donatı çeliği	46
Çizelge 4.3 Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar	62
Çizelge 5.1 Modlara göre üç sistemin periyotlarının karşılaştırılması.....	64
Çizelge 5.2 Düzensizlik durumları	66
Çizelge 5.3 Kat yerdeğiştirmeleri.....	68
Çizelge 5.4 Mod 1'e göre kat döşemelerinin yatay bileşenleri	70
Çizelge 5.5 Mod 2'ye göre kat döşemelerinin yatay bileşenleri	71
Çizelge 5.6 Mod 3 için kat döşemelerinin dönme bileşenleri	72
Çizelge 5.7 Mod 4'e göre kat döşemelerinin yatay bileşenleri	73
Çizelge 5.8 Çerçevesiz sistem C3 kolonu kesit tesirleri.....	75
Çizelge 5.9 Perdeli sistem C3 kolonu kesit tesirleri.....	76
Çizelge 5.10 Çaprazlı sistem (R=6) C3 kolonu kesit tesirleri.....	77
Çizelge 5.11 Çaprazlı sistem (R=7) C3 kolonu kesit tesirleri.....	78
Çizelge 5.12 Çerçevesiz sistem C13 kolonu kesit tesirleri.....	83
Çizelge 5.13 Perdeli sistem C13 kolonu kesit tesirleri.....	84
Çizelge 5.14 Çaprazlı sistem (R=6) C13 kolonu kesit tesirleri.....	85
Çizelge 5.15 Çaprazlı sistem (R=7) C13 kolonu kesit tesirleri.....	86
Çizelge 5.16 P5 perde elemanı kesit tesirleri	91
Çizelge 5.17 Taban kesme kuvvetleri	93

ÖNSÖZ

Ülkemiz dünyanın önemli deprem kuşaklarından birinin üzerinde yer almaktadır. Kuzey Anadolu Fayı ise dünyanın en hareketli faylarından birisidir. 1939 Erzincan depremi bu fayın doğu ucunda, 1999 Marmara depremi ise aynı fayın batı ucunda meydana gelmiştir. Binlerce can kaybına ve önemli maddi hasarlara neden olan bu depremler ‘depreme dayanıklı yapı kavramını günümüzün en konuşulan konusu haline getirmiştir.

Öğrenim insanın doğumuyla başlayıp ölümüne dek yol alan bir süreçtir. Bu süreçte başarı, insanın istemesinin yanında çevresinden göreceği desteğe de bağlıdır. Desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen değerli aileme sonsuz teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca her konuda yardımcı olan, yol gösteren meslektaşlarım Erendiz Ataş’a, Fatih Yeşilselve’ye, İlkay Ergüneş’e, Melih Bulgur’a, Ünsal Yılmaz’a, iş arkadaşlarıma ve son olarak çalışmanın mimarı, danışmanım, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Zafer Kütüğ’e sonsuz teşekkürü borç bilirim.



ÖZET

Geleneksel yapılar; kolon ve kirişten oluşan çerçeve sistem ve bu çerçeve sisteme düşey taşıyıcı olarak eklenen perde elemanlı sistem olarak tasarlanmaktadır. Bu yapılarda deprem gibi dinamik etkilerle ortaya çıkan yatay hareketler esnasında, çerçeve sistemin büyük yer değiştirmeler yaptığı ve bu esnada düşey taşıyıcı eleman olan kolonların birleşim noktalarında büyük momentlerin ve buna bağlı kesme kuvvetlerinin ortaya çıktığı bilinmektedir. Çerçeve 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 çerçeve yapıların kolon giriş düğüm noktaları arasına çapraz yapı elemanları konulmuştur. Böylelikle yapının hem çerçeve yapılarından daha az yer değiştirme 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 çözümlene programı kullanılmıştır.

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

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

ABSTRACT

Conventional structures are being designed as framed system formed by beams and columns and shear wall system added to this framed system as a vertical bearing. It is known that in these structures during the horizontal movement occurred by dynamic effects such as earthquake, framed structures make great displacements and great moments and shear forces occur at the joint points of columns that are vertical bearing elements at this time. Shear wall systems has been designed to prevent the shortcomings of the framed systems, in other words, to decrease the moments of columns joint points by adding vertical bearing which has great moment. But it was seen that these elements were also exposed to great shear forces and as a result of these forces great base moments occur on these elements' grounds.

This research work is to remove all these shortcomings. For this reason, X diagonal structure elements were added between the beams and columns joint points of framed structures. Thus both the structure's less translocating than the framed structures and decreasing the moments of joint points and also preventing the great shear forces of shear wall structures and base moments are aimed.

In that research, twelve story reinforced concrete structure was designed as 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 shaped diagonal braces were used.

The earthquake analysis of these three systems were compared to each other. ETABS analysis program was used for the system analysis.

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 çapraz 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.

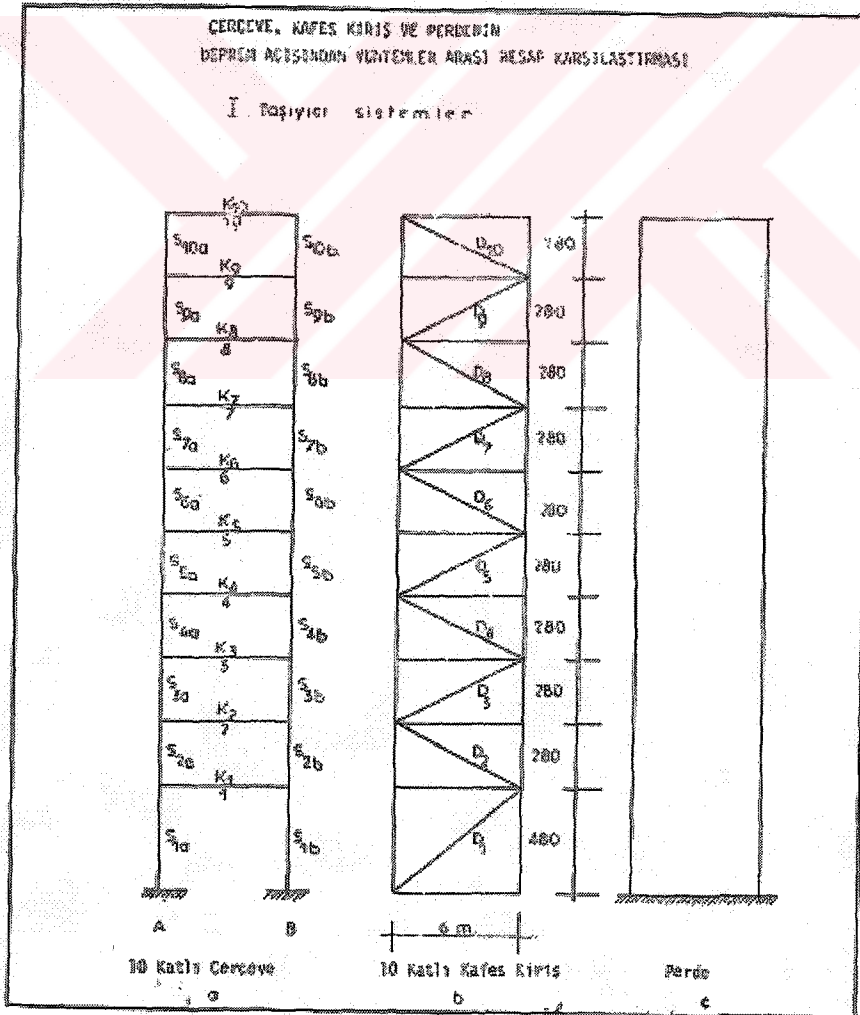
Bush (1991), betonarme çerçevelerde X tipli bir çelik takviye sistemi kullanarak, çerçevenin kesme dayanımında önemli bir artış elde etmiştir.

Maheri ve Sahebi (1996), basit bir deney düzeneğinde takviyesiz çerçevesiz, 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 modellemiştir. Elde edilen sonuçlara göre uygulanan yükler altında yapı elemanlarında oluşan moment ve kesme kuvvetleri ile yerdeğiştirmeler önemli ölçüde azalmaktadır.

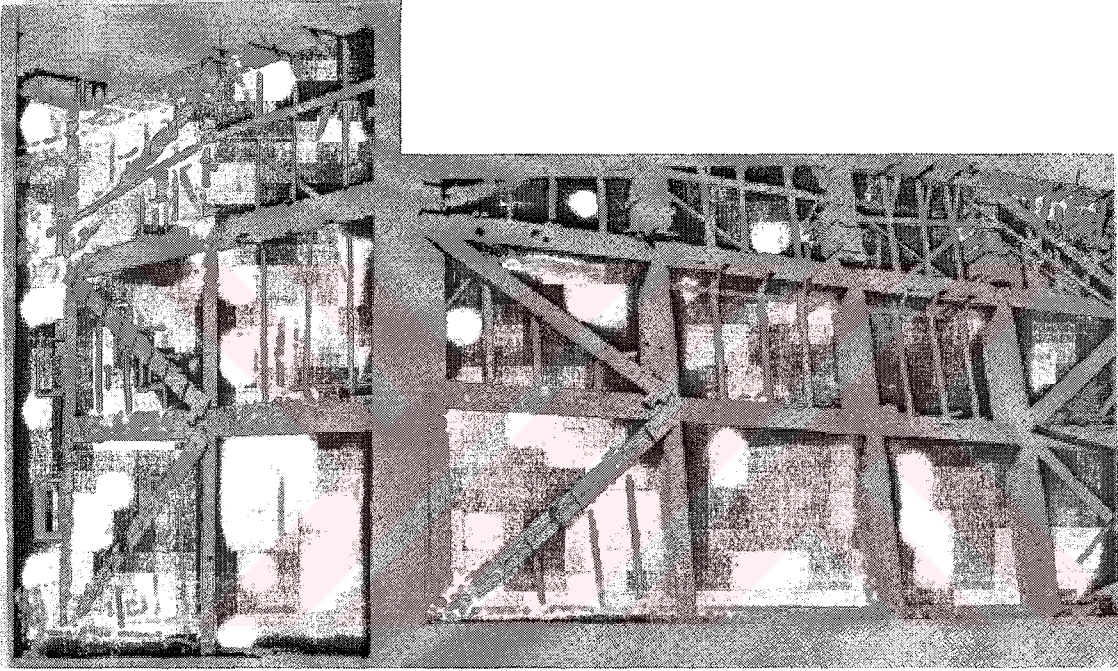
Amul (2003), çok katlı yapıların yanal yer değiştirmelerini sınırlandırmak üzere rijitleştirici eleman olarak kullanılan farklı dzenlenmiş 6 adet çapraz elemanlı ve 1 adet betonarme perdeli olan 10 katlı 3 açıklıklı betonarme çerçevenin deprem yukleri altında davranışlarının karşılaştırmasını, SAP2000 yapısal çözümlleme programı kullanarak yapmıştır. Elde edilen sonuçlar çapraz elemanların, betonarme perdeler gibi ereve sistemlerin rijitliğini artırdığını, yer değiştirmelerini ise azalttığını göstermektedir.

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



şekil 1.1 Müh. Orhan Pekin ve Prof. Dr. Kemal zden'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

BOGAZIÇI UNIVERSITY
Earthquake Engineering Research Institute

**ROMANIAN EARTHQUAKE
OF
MARCH 4, 1977**

Internal Report No. 77-122

of stiffness degradations. The engineers of the Romanian Building Research Institute reported that an unheeded expert report of the time 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 *Le 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. 22.)



Fig. 32
Foundations of totally collapsed
Le Continental complex.

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

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 inşası 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 oluştuğu 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 kolonlarda 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).

Betonarme perdeler, pencere boşluğu gibi mimari birtakım istekleri engeller, yapıyı ağırlaştırıp depremde gelen yatay kuvvetleri arttırır ve çok rijit olduğu için depremde ortaya çıkan kuvvetlerin büyük bir kısmını alır, yapının top yekün 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 modele uygulanıp, betonarme perdeli modelle ve kolon ve kiriş elemanlarından meydana gelen çerçeve modeli ile karşılaştırılmıştır, birbirlerine olan üstünlükleri irdelenmiştir.



2. DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMI

2.1 Depreme Karşı Güvenlik

Güvenlik yapının taşıyabileceği yükün taşınması beklenenden büyük olması şeklinde tanımlanabilir. Güvenliğin sağlanmasında çözümlenmenin 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, çözümlenme ve uygulamada yapılan büyük hataları açığa çıkarır.

Depreme karşı güvenliğin sağlanmasında taşıyıcı sistem tasarımının özenle yapılması önemlidir. İyi bir tasarımda taşıyıcı sistemin çözümlenmede 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 kirişlerde oluşmasını sağlamak uygundur (kuvvetli kolon – zayıf kiriş 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 çözümlenmeden 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 çözümlenme yapmak daha kolaydır. Karmaşık ve düzensiz yapıları modellemek ve çözümlenmek uzun zaman aldığı gibi hem proje hem de uygulama sırasında hata yapma ihtimali yüksektir.

Benzer nedenlerden dolayı yapının iki doğrultuda simetrik olması istenir. Böylece çözümlenmede bulunan davranış şekliyle deprem sırasındaki davranış birbirine yakın olur. Ayrıca simetri de her zaman yeterli olmayabilir. Yukarıda bahsedilen basitlik de önemlidir. Örneğin planda + şeklinde bir yapı simetrik olmasına rağmen, düzensiz olarak kabul edilir. 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 kısımlara 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 artırır. Ayrıca bu sırada ortaya çıkacak plastik mafsallarla dinamik enerjinin yutulmuş 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 artırılarak boyutlama yapılması bir çözüm olabilir. Deprem yönetmeliklerinin sınırlı az olan yapılarda daha büyük yatay yük katsayısı öngörmesi de bunun sonucudur.

2.1.4 Rijitlik ve Dayanım

Elemanların sürekliliği gibi, rijitliklerinde de ani değişiklere neden olunmamalıdır. Yapılarda rijitliğin ani değiştii 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 yerdeğiştirmelerin 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.

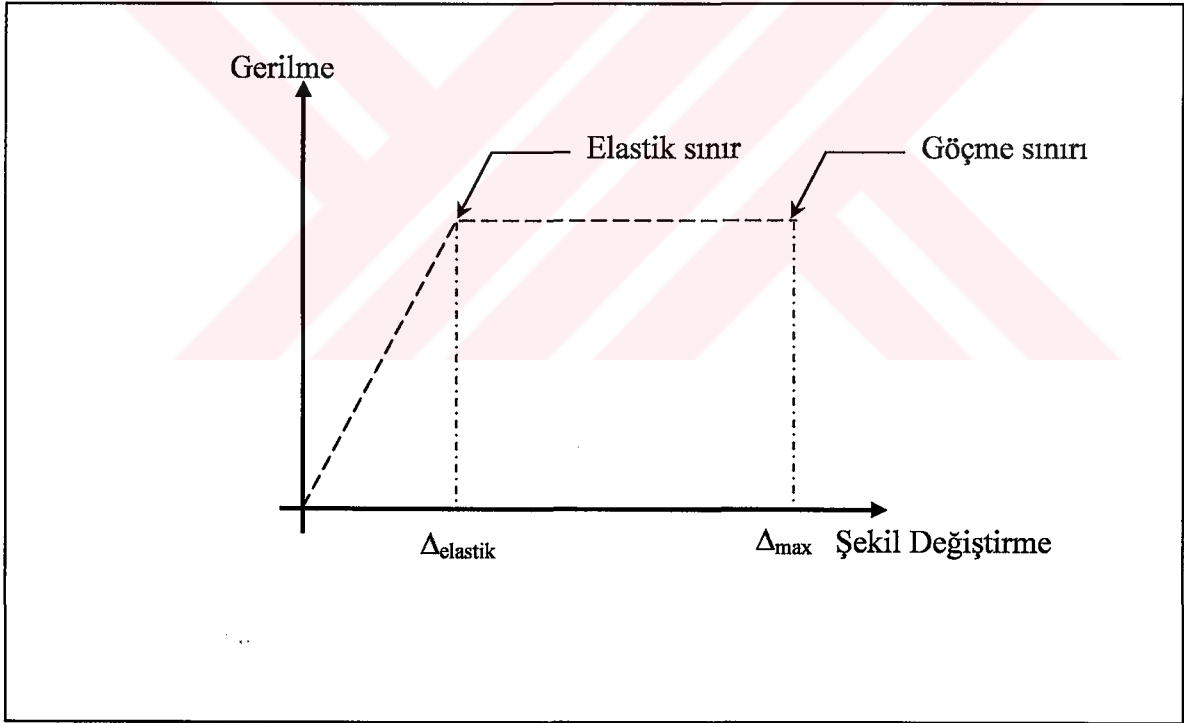
Deprem etkileri genellikle zemin katta en büyüktür. Zemin kat kendi yatay yükü yanında üst katlardaki yatay yükü de taşır. Aynı şekilde sabit ve hareketli düşey yüklerde artarak bu katta en büyük değerini alır. Bu yüzden zemin kattaki elemanların dayanımlarının daha yüksek olması gerekir. Ancak kullanım 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 toplam zemin kat alanına oranı olan bu yoğunluk, perde çerçevesi betonarme yapılarda % 2 civarındadır.

2.1.5 Süneklik

Taşıyıcı elemanların veya sistemin sünekliği 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, sünek kesit zorlarında önemli artmalar olmadan şekil değiştirme yapması arzu edilir. Bu yolla depremin dinamik etkisi ısı enerjisine dönüşerek şekil değiştirmeleri ve onun yanında sönümü artırır. Bu özelliğe sahip yapılar sünek olarak isimlendirilir. Süneklik Şekil 2.1 e bağlı olarak $\Delta_{max} / \Delta_{elastik}$ 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.

2.2 Deprem Yönetmeliği

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

Deprem yönetmeliği olarak isimlendirilen bu kurallar topluluğunun dünyadaki gelişmesinde San Francisco (1906), Messina Reggio (1903) ve Tokyo (1923) depremlerinin önemli etkisi olmuştur. Richter ölçeğinde 8.3 olan San Francisco depreminde 700 kaydedilmiş ve çoğu daha sonra meydana gelen yangından oluşan büyük mal kaybı olmuştur. Hasarın yaklaşık %5-20 sinin yer hareketinden ve %80-95 inin yangından olduğu tespit edilmiştir. Deprem sonucunda yapılan incelemelerden, özenli projelendirilmiş ve inşa edilmiş binaların depreme dayandığı, özellikle ahşap çerçeveli yapıların çok iyi davranış gösterdiği belirlenmiştir. Bu gözlemler 1925 Santa Barbara depreminden sonra 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, depremden 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 kaçınılacaktı.
- Binada yükseklik boyunca sürekli olan ve planda simetrik rijit duvarlar kullanılacaktı.
- Deprem kat sayısı 1/10 alınarak hesaplanacak, yatay yükün sistem tarafından karşılanması sağlanacaktı.

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. İlki Zelzele Mıntıkları 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 yönetmelikler 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 geçmeden 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 kapsamına çalışılmıştır. Buna uygun olarak en son Eylül 1997'de Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik yayınlanarak 1 Ocak 1998'de yürürlüğü 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 eş değer 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 çatlama 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 çatlama 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 varsayılabilecek bir moment altında hızla artar. Bu davranış ‘plastik mafsal’ olarak adlandırılır. Plastik mafsalın klasik mafsalın 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 üç mafsal oluştuktan sonra ulaşır. Göçme durumuna gelindiğinde oluşacak moment diyagramı doğrusal çözümlenmeden elde edilecek diyagramından çok farklı olabilir. Kirişin herhangi 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 sünekliği de önemli ölçüde artırır.

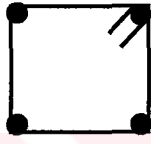
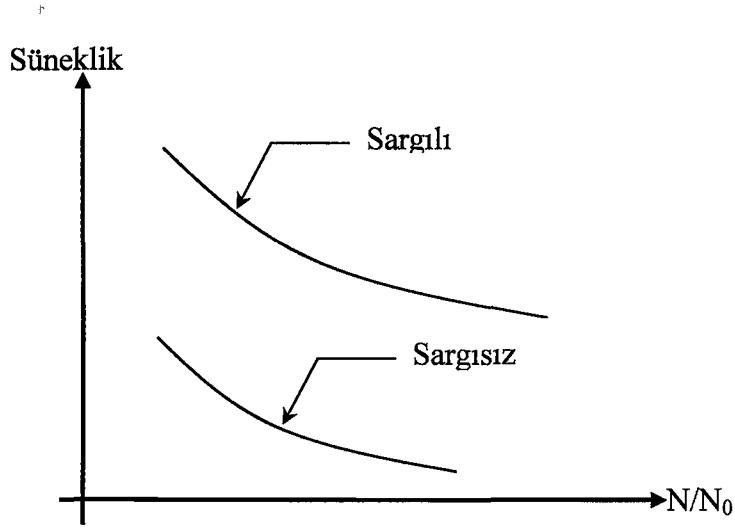
2.3.3 Kolon Davranışı

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, kolon sünekliğini arttırmanın bir yoluda N/N_0 oranını düşük tutmaktır. Bu da kesit boyutlarını arttırarak sağlanabilir. Kolon sünekliği etkili sargı donatısı ile de arttırılabilir.

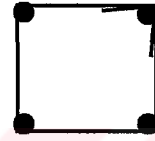
Kolonun taşıma gücüne basınç bölgesindeki betonun ezilmesi ile ulaşacağı daha önce söylenmişti. Betonun ezilmesi ile tüm basıncı almak zorunda kalan boyuna donatı bu konumda burkulur. Burkulma, sık yerleştirilmiş sargı donatısı ile geciktirilebilir.

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.



a) Doğru



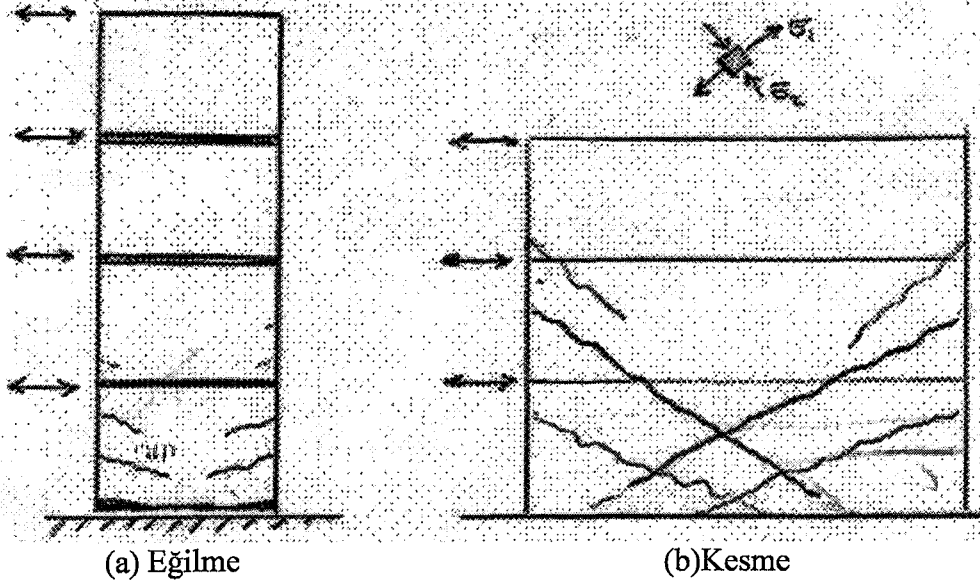
b) Yanlış

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 çatlakları 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 burkulur.



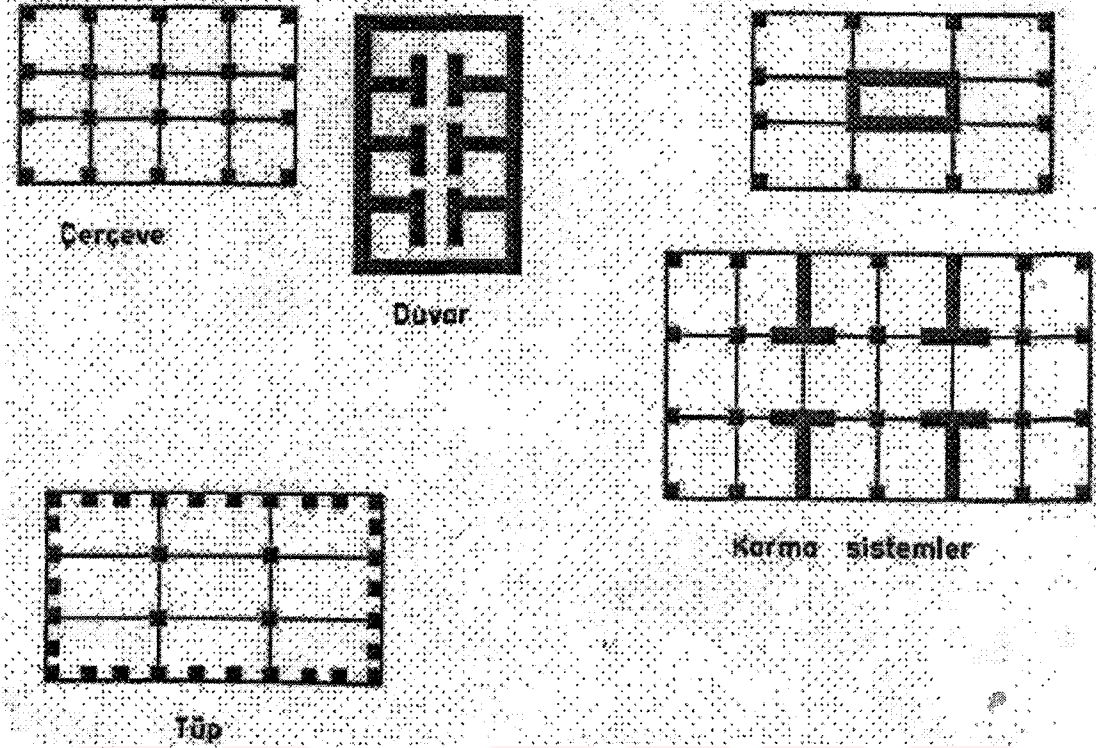
Şekil 2.3 Perde kırılma yönleri

2.4 Betonarme Taşıyıcı Sistemler

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.



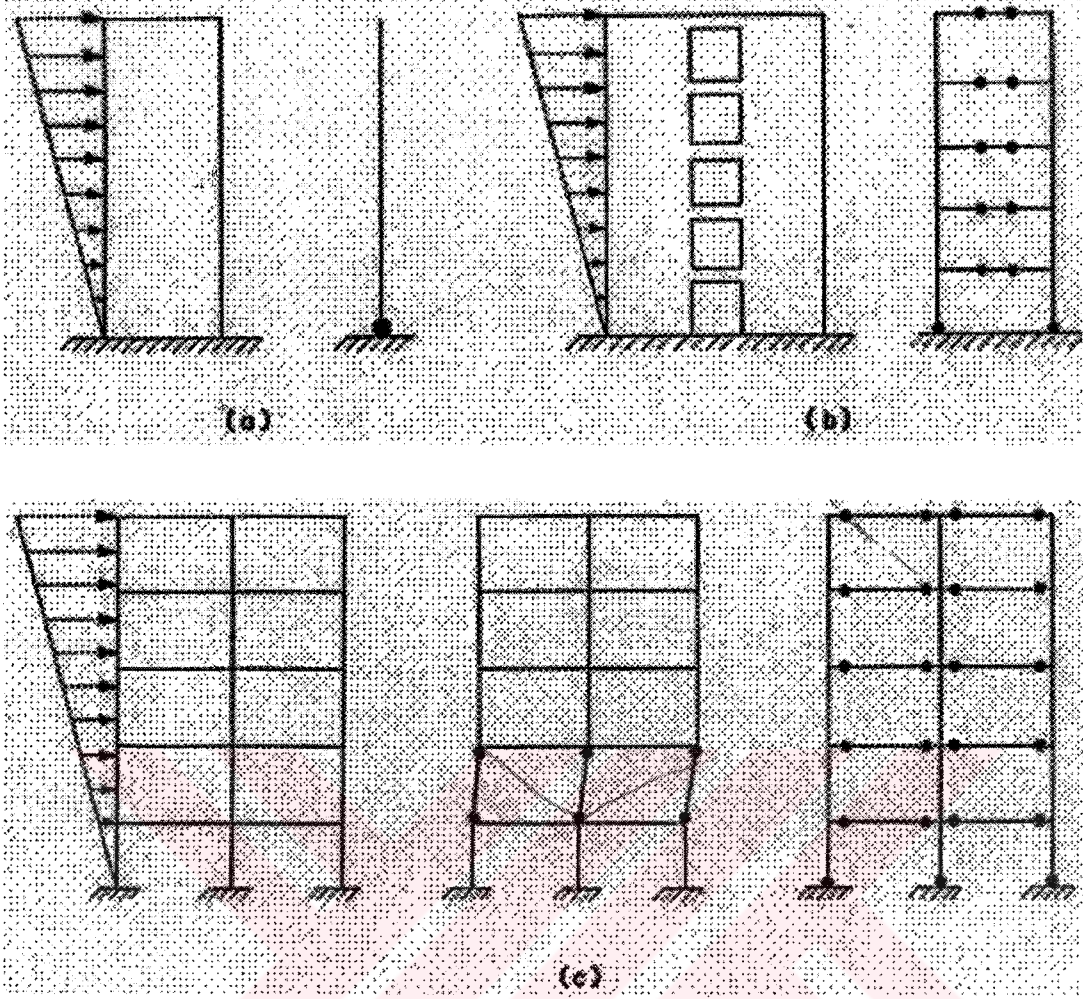
Şekil 2.4 Taşıyıcı sistem modelleri

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.

Çerçevesel taşıyıcı sistemler göçme konumuna, Şekil 2.5'de gösterildiği gibi değişik mekanizmalarla ulaşabilir. Kiriş kolondan 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

2.5 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 kullanılacak 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 duktilidir. 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 duktilidir. 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 kesişmesinden 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; çerçevesel ve çerçevelerin çaprazlı çevreler yada betonarme perdelerde birlikte çalıştığı karma sistemli olarak sınıflandırılır.

2.5.1 Çelik Çerçevesel Sistemler

Çelik çerçeve sisteminin iki rijit ve doğrusal elemanı olan kiriş ve kolonlar, birlikte çalışacak şekilde mafsalı ya da ankastre birleştirilir. Döşeme, duvar ve bölme gibi mekan oluşturan elemanlarının taşınmasına olanak sağlar. Çelik çerçevesel yapılar, düktilitesi 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. Yükler kafes gövdeli kirişlerin düğüm noktalarına etkitildiğinde, sistemi oluşturan çubuklar sadece çekme ve basınca çalışacağından ince en kesitlerle büyük açıklıklar geçilebilir.

Çelik yapı kolonları genellikle aksel basınca çalıştırılır. Ancak rijit bileşimli çerçeve kolonları yüklemeye doğacak eğilme gerilmelerini de karşılayacak şekilde tasarlanır. Bir çelik yapıda kolonlar üst üste gelmeli, etkiyen 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. Aksel 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 etkiyen basınç kuvveti arttıkça kolonun atalet yarıçapını ekonomik sınırlarda arttırmak için kolon ayrı düzenlenen profillerin bağ levhaları yada kafes örgü çubukları ile birleştirilmesiyle oluşturulabilir. Kolonun yer yer düzenlenen enine levhalarla oluşturulması çerçevesel 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 söntüleme 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 yapılsa kiriş uçlarında bir miktar dönme engellenir yada birleşim rijit yapılsa 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 etkileyen 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 aksenal 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 aksenal 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 Λ çaprazlarda, hem basınç hem de çekmeye çalışan elemanlar yatay sismik kuvvetleri karşılayacak şekilde tasarlanır. V yada Λ 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 aksel basınçla çalışan K çaprazlı sistem, düktilitesi zayıf, hasarı yıkılmadan sönmüleyemeyen bir sistemdir.

Çapraz elemanlarının davranışı bunların narinlik oranına bağlıdır. Narinlik oranı küçük olan çaprazlar büyük olanlardan daha fazla enerji yutar. Narinliğin artırılması 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

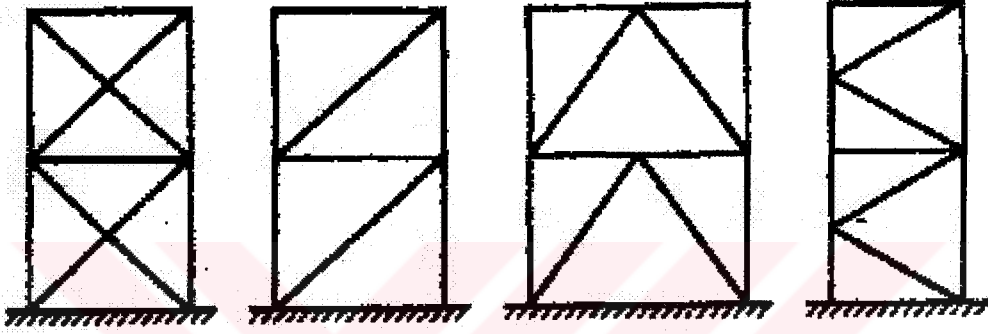
Çelik yapıda rijit çerçeve ve perde yada çaprazlı çerçevesel sistemler tüm yatay yüklere birlikte karşılayacak şekilde karma düzenlenebilir.

Yanal deprem yükleri karşısında bir çerçeve ve bir çaprazlı çerçeve sistemin kat yanal yerdeğiştirmeleri 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 toplam etkisi nedeniyle hızla artar.

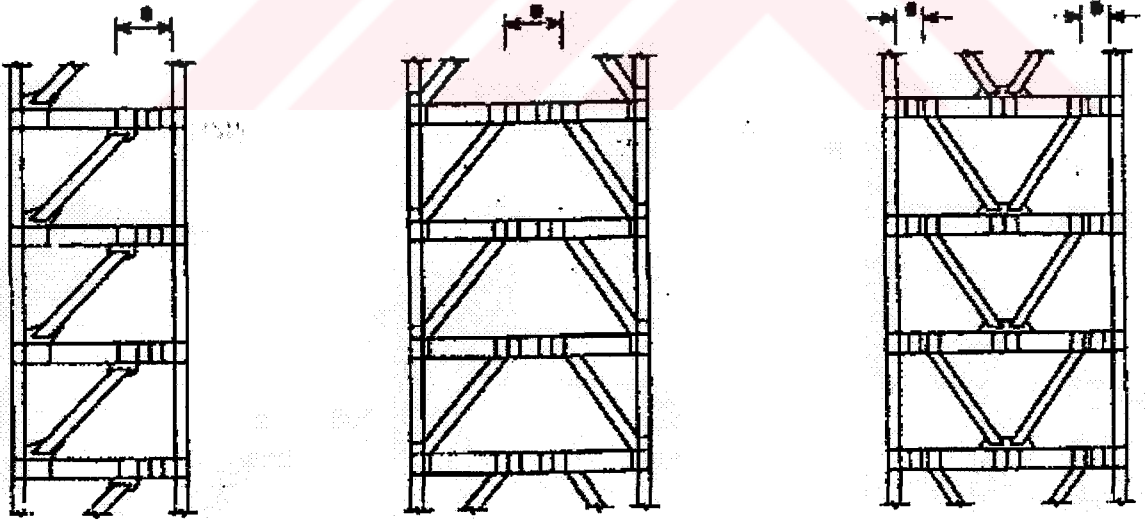
Rijit çerçevelerde katlar arası yer değiştirme her katta etkileyen kesme kuvvetine bağlıdır. Alt kısımda yer değiştirmeler büyük olsa da üst kısımda çaprazlı çerçevelere göre katlar arası yer değiştirmeler düzgün sayılabilir.

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.

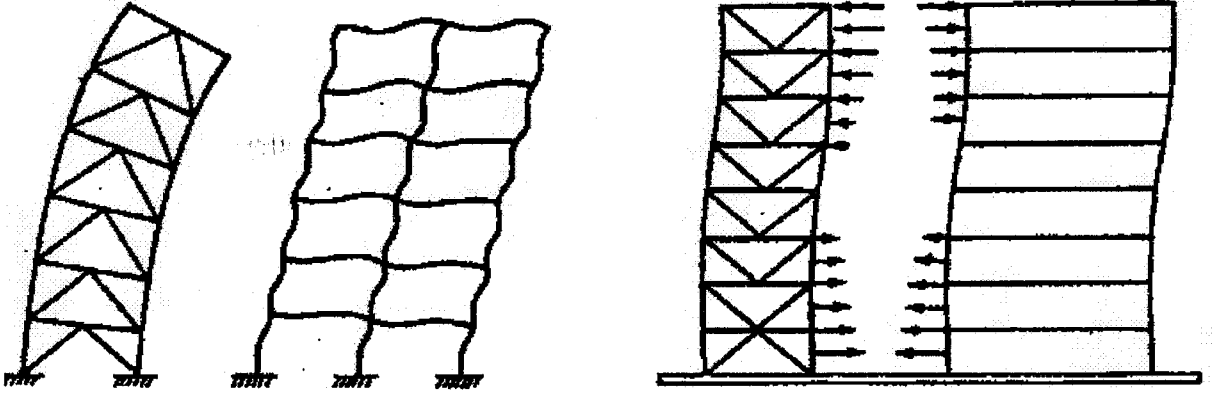
Rijit çerçeve ve perde yada çaprazlı çerçeve karma sistemler, rijit döşeme diyaframları ile bağlandığında ikisi arasında üniform olmayan bir kesme kuvveti oluşur. Bu etkileşim ile 40 kata kadar yüksek yapılar yapılabilir (Arun, 2002).



Şekil 2.6 Merkezi çaprazlı sistem



Şekil 2.7 Dışmerkezi çaprazlı sistem



Şekil 2.8 Karma 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 çözümleneksizin 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 özürdür. 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 toplanır 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 toplanacağını varsayar. Benzer şekilde hareketli yük olarak tanımlanan durumların da toplanacağı varsayılır. Fakat statik yük durumu olarak tanımlanmış, rüzgar, deprem ya da davranış spektrumunun birbiri ile toplanmayacağı 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

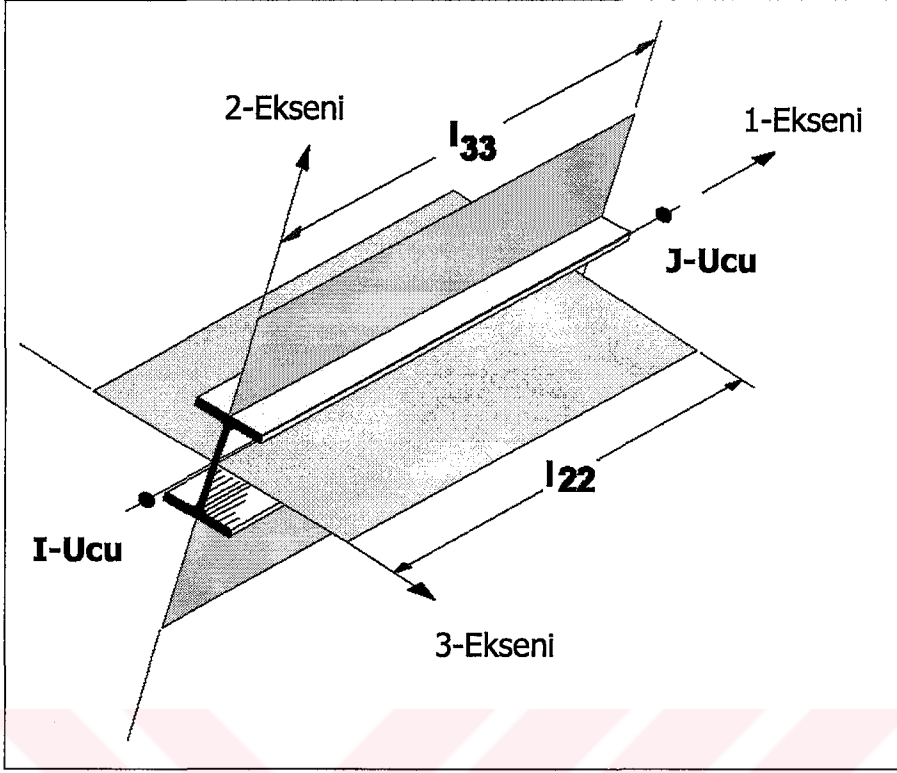
açıklığının eşit aralıklı parçaları ile oluşur. Ön veri olarak kolon ve çapraz elemanlarda en az üç kontrol noktası üretilir. Kirişlerde ise bu noktaların ara mesafesi en fazla 0.5 m olur. Elemandaki parça sayısı çözümlmeden önce kullanıcı tarafından belirtilir. Kullanıcı eleman boyunca boyutlama hesaplarını daha incelikli kılmak üzere daha çok sayıda parça tanımı 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 tanıma, 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 yayılışı ile diğer bazı basitleştirici kabullere dayanır. Bu gerilme ve şekil değiştirme yayılışı 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.

Material Property Data	
Material Name	CONC
Type of Material	<input checked="" type="radio"/> Isotropic <input type="radio"/> Orthotropic
Type of Design	Design: Concrete
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
Design Property Data	
Specified Conc Comp Strength, f_c	2333
Bending Reinf. Yield Stress, f_y	36500
Shear Reinf. Yield Stress, f_{y_s}	36500
<input type="checkbox"/> Lightweight Concrete	
Shear Strength Reduc. Factor	
OK Cancel	

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 değer eğilme donatısı hesap dayanımı f_{yd} olarak kullanılması uygundur.

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

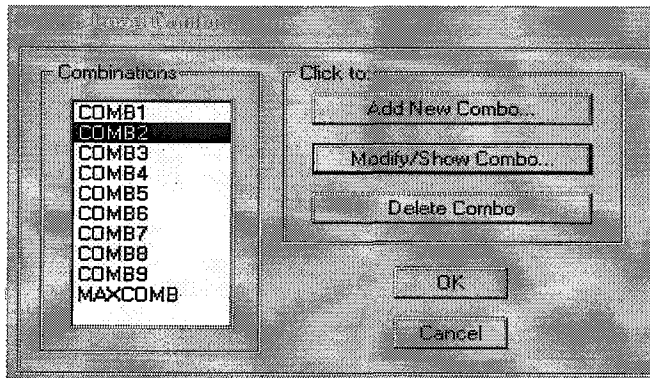
TS500 ile uyum sağlanması için bu değer kayma donatısı hesap dayanımı f_{ywd} olarak kullanılması uygundur.

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

Yük kombinasyonlarıyla ilgili uyarılama 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

Çizelge 3.1'deki değerler görüldüğü gibi Şekil 3.3'deki menüye girilmiştir.

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

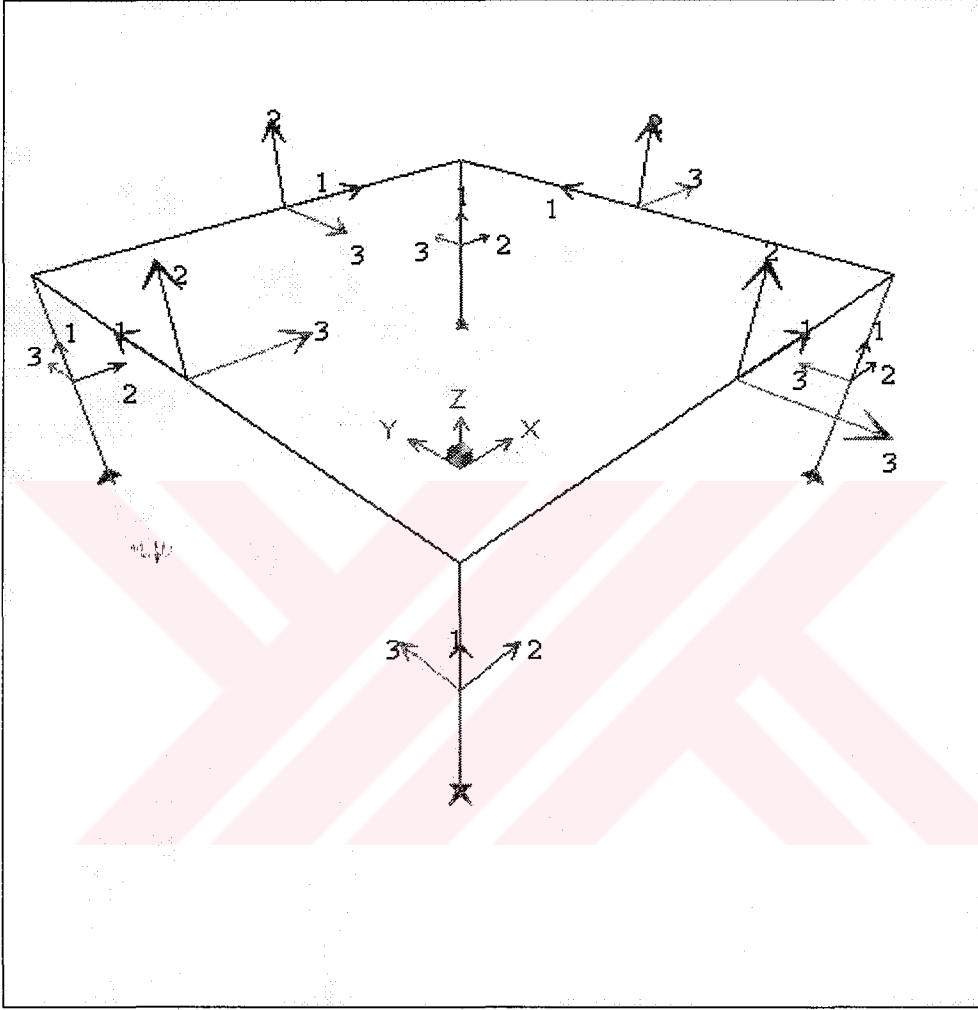
Çözüm işlemi tamamlandıktan sonra, seçilen bir yönetmeliğin kuralları uygulanarak, çelik veya betonarme elemanların boyutlandırmaları da yapılabilmektedir.

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 ta 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 yerel 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 toplam on iki kattan ibarettir. Döşeme kalınlığı $d = 17$ cm. olarak hesaplanıp programa girilmiştir. Yapı x yönünde 4.00 m. aralıklı yedi aks, y yönünde 6.00 m. aralıklı beş aks sisteminden oluşturulmuştur. Programla analiz yaptırılacak üç model için de bu aks planı ve döşeme kalınlığı geçerlidir.

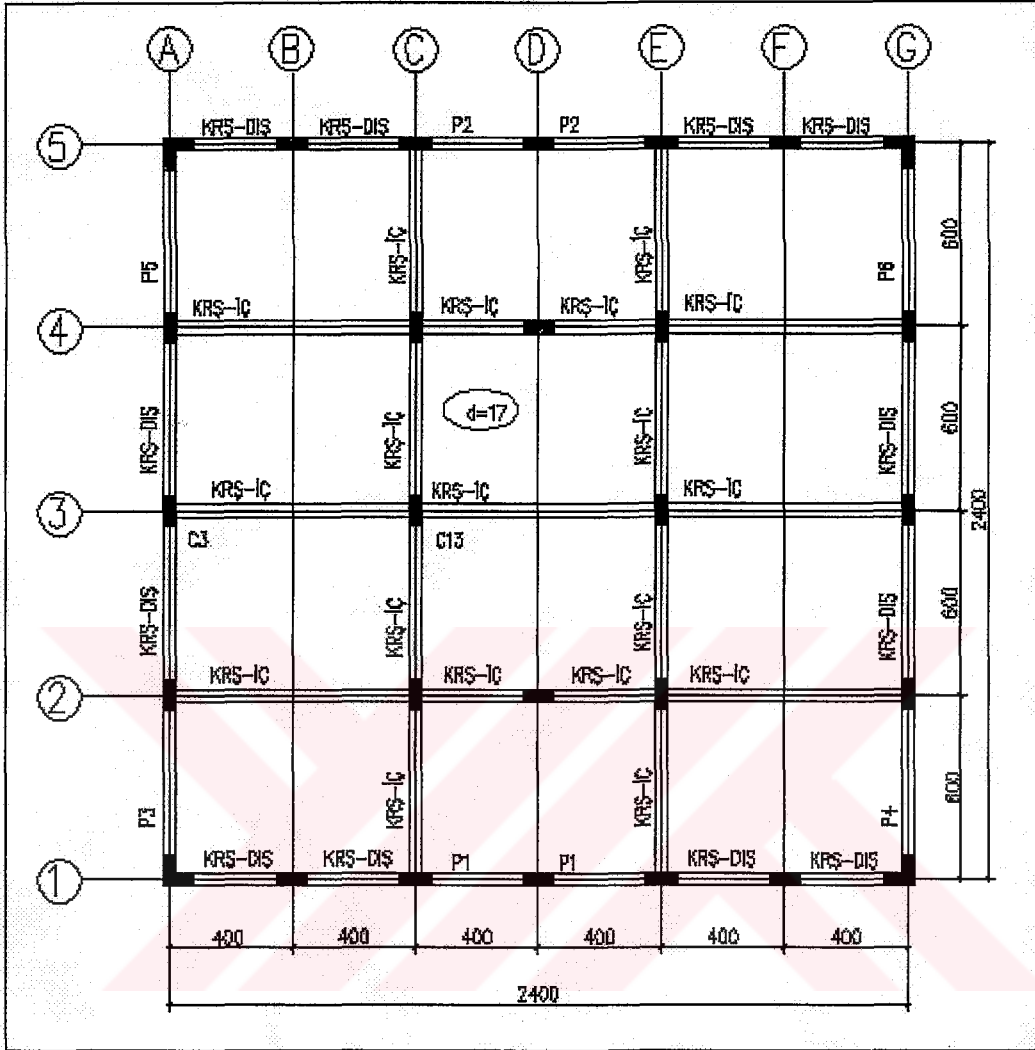
Modelin köşelerinde L şeklinde 40/100 ebatlarında, iç kısımlarda ise 40/100 ebatlarında dikdörtgen kesitli kolonlar kullanılmıştır.

Kirişler, tabla boyları hesaplanarak 40/90 ebatlarında programa girilmiştir. Böylelikle yük aktarımı, döşemeye yazılacak yükün sonlu elemanlar yöntemiyle dağıtılmasıyla çözümlenecektir.

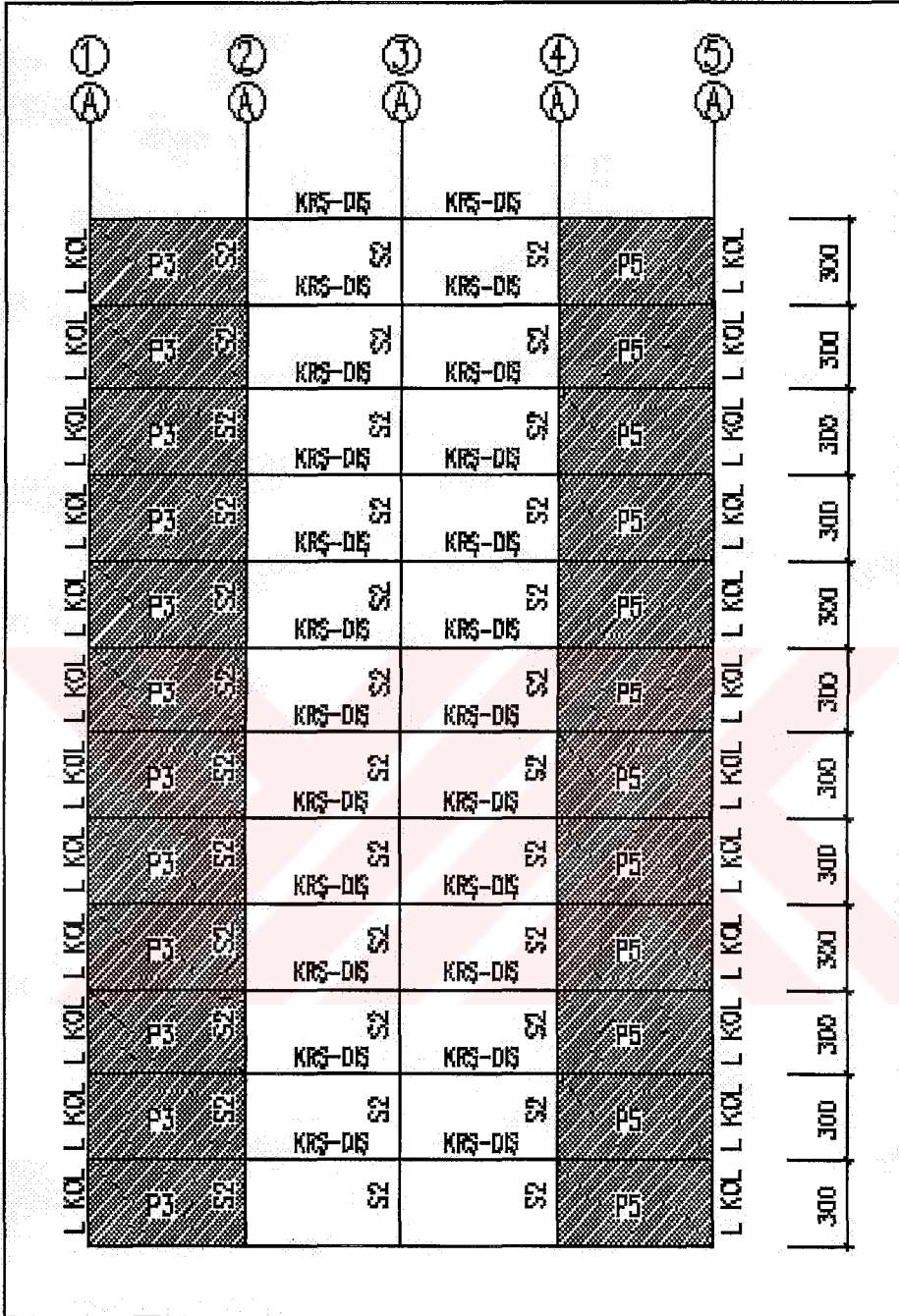
Ana modele eklenecek yapı elemanlarından perde 40 cm. kalınlıklı, betonarme çaprazlar ise 40/40 kesitli olacaktır.

Ölçüleri verilen yapı elemanlarının kesitleri tüm katlarda aynıdır.

Gerek yapının kat adedinin gerekse açıklıkların fazla olması sebebiyle yapıda kullanılan betonarme betonu BS30 ve betonarme çeliği BÇIII' tür.



Şekil 4.1 Kat planı



Şekil 4.2 A aksı görünüşü

4.2 Kabuller

4.2.1 Sabit ve Hareketli Yük

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

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

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

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

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 ve 7
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı perdeli	: 6
Spektrum karakteristik periyotları	: 0.15 , 0.40

4.2.3 Malzeme Karakteristikleri

Çizelge 4.1 Betonarme betonu

Beton Sınıfı	Basınç f_{ck} t/m ²	Çekme f_{ctk} t/m ²	Basınç f_{cd} t/m ²	Çekme f_{ctd} 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

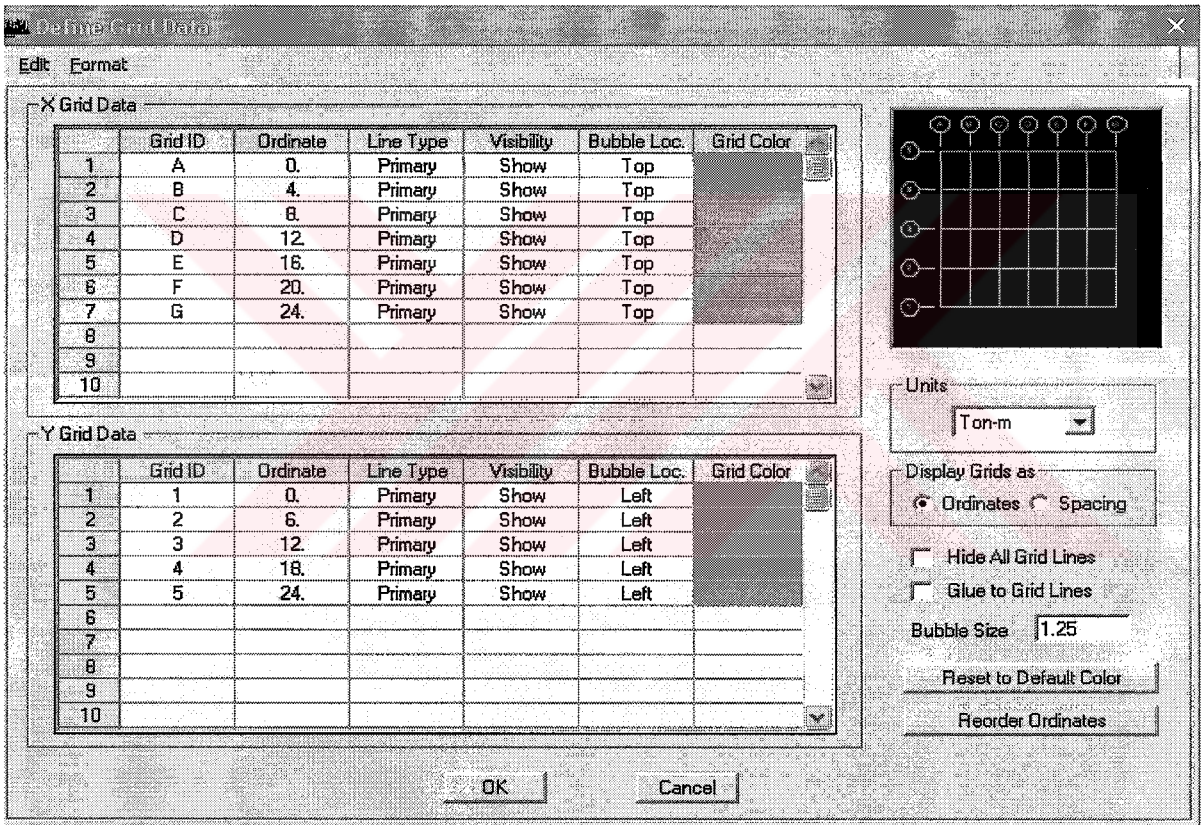
Çizelge 4.2 Donatı çeliği

Donatı Sınıfı	Akma f_{yk}/m^2	Akma f_{yd}/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. Şekil 4.3'te görüldüğü üzere aks sistemleri ve aralıkları her iki yön için interaktif olarak girilebilmektedir.



Şekil 4.3 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 4.3'te görüldüğü gibi x yönünde 4 m. açıklıklı yedi aks, y yönünde 6 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 yansıtacaktır.

Çalışmada kullanılan modeller Şekil 4.4'te görüldüğü gibi üçer metre kat yüksekliğine sahip ve birbirinin benzer on iki kattan oluşmaktadır.

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 4.4 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.

Şekil 4.5'te görüldüğü gibi modellerde kullanılacak malzeme olarak Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2'deki BS30 ve BÇIII'ün değerleri programa girilmiştir.

Material Property Data													
Material Name	CONC												
Type of Material	<input checked="" type="radio"/> Isotropic <input type="radio"/> Orthotropic												
Analysis Property Data	<table> <tr><td>Mass per unit Volume</td><td>0.25</td></tr> <tr><td>Weight per unit Volume</td><td>2.5</td></tr> <tr><td>Modulus of Elasticity</td><td>3200000</td></tr> <tr><td>Poisson's Ratio</td><td>0.2</td></tr> <tr><td>Coeff of Thermal Expansion</td><td>9.900E-06</td></tr> <tr><td>Shear Modulus</td><td>1333333</td></tr> </table>	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
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												
Design Property Data	<table> <tr><td>Specified Conc Comp Strength, f'c</td><td>2333</td></tr> <tr><td>Bending Reinf. Yield Stress, fy</td><td>36500</td></tr> <tr><td>Shear Reinf. Yield Stress, fys</td><td>36500</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Lightweight Concrete</td><td></td></tr> <tr><td>Shear Strength Reduc. Factor</td><td></td></tr> </table>	Specified Conc Comp Strength, f'c	2333	Bending Reinf. Yield Stress, fy	36500	Shear Reinf. Yield Stress, fys	36500	<input type="checkbox"/> Lightweight Concrete		Shear Strength Reduc. Factor			
Specified Conc Comp Strength, f'c	2333												
Bending Reinf. Yield Stress, fy	36500												
Shear Reinf. Yield Stress, fys	36500												
<input type="checkbox"/> Lightweight Concrete													
Shear Strength Reduc. Factor													
Display Color	Color												
Type of Design	Design: Concrete												
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/>													

Şekil 4.5 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.

Section									
Section Name	KRS-DIS								
Properties	<table> <tr><td>Section Properties..</td><td>Set Modifiers..</td><td>Material: CONC</td></tr> </table>	Section Properties..	Set Modifiers..	Material: CONC					
Section Properties..	Set Modifiers..	Material: CONC							
Dimensions	<table> <tr><td>Outside stem (t3)</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>Outside flange (t2)</td><td>0.78</td></tr> <tr><td>Flange thickness (tf)</td><td>0.17</td></tr> <tr><td>Stem thickness (tw)</td><td>0.4</td></tr> </table>	Outside stem (t3)	0.9	Outside flange (t2)	0.78	Flange thickness (tf)	0.17	Stem thickness (tw)	0.4
Outside stem (t3)	0.9								
Outside flange (t2)	0.78								
Flange thickness (tf)	0.17								
Stem thickness (tw)	0.4								
Concrete	<table> <tr><td>Reinforcement..</td><td>Display Color</td></tr> </table>	Reinforcement..	Display Color						
Reinforcement..	Display Color								
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/>									

Tee Section									
Section Name	KRS-IC								
Properties	<table> <tr><td>Section Properties..</td><td>Set Modifiers..</td><td>Material: CONC</td></tr> </table>	Section Properties..	Set Modifiers..	Material: CONC					
Section Properties..	Set Modifiers..	Material: CONC							
Dimensions	<table> <tr><td>Outside stem (t3)</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>Outside flange (t2)</td><td>1.42</td></tr> <tr><td>Flange thickness (tf)</td><td>0.17</td></tr> <tr><td>Stem thickness (tw)</td><td>0.4</td></tr> </table>	Outside stem (t3)	0.9	Outside flange (t2)	1.42	Flange thickness (tf)	0.17	Stem thickness (tw)	0.4
Outside stem (t3)	0.9								
Outside flange (t2)	1.42								
Flange thickness (tf)	0.17								
Stem thickness (tw)	0.4								
Concrete	<table> <tr><td>Reinforcement..</td><td>Display Color</td></tr> </table>	Reinforcement..	Display Color						
Reinforcement..	Display Color								
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/>									

Şekil 4.6 Çubuk elemanlar kesit özellikleri menüsü

Görüldüğü gibi Şekil 4.6’de modellerde kullanılan kiriş kesitleri gösterilmektedir. İki tip kiriş kesiti programa girilmiştir. Bunlar, modelin dış cephesindekiler KRŞ-DIŞ ve içtekiler KRŞ-İÇ olarak isimlendirilmişlerdir. Bu kirişlerin tabla boyları hesaplanarak kesitleri oluşturulmuştur.

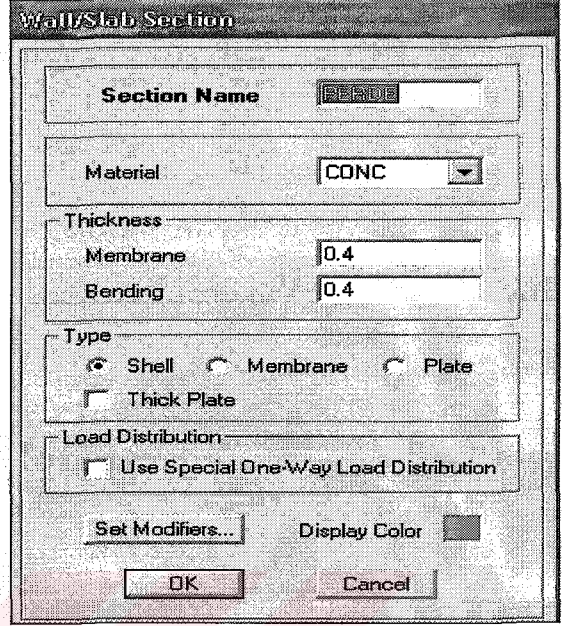
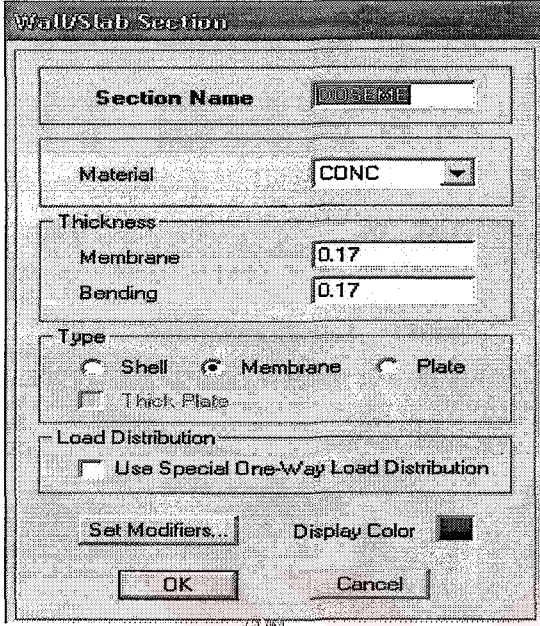
Bu girilen bilgiler ışığında program otomatik olarak kesit özelliklerini yani her iki yöne ait atalet momentlerini, mukavemet momentlerini, kesit alanlarını, kayma alanlarını, atalet yarıçaplarını ve burulma sabitini hesaplar.

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.

Şekil 4.7 Çubuk elemanları kolon veya kiriş olarak belirlenmesi

Buna benzer olarak modelde kullanılması düşünülen döşeme ve perde elemanların boyut bilgileri Şekil 4.8’de görüldüğü gibi tarif edilmektedir. Şekil 4.8’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.

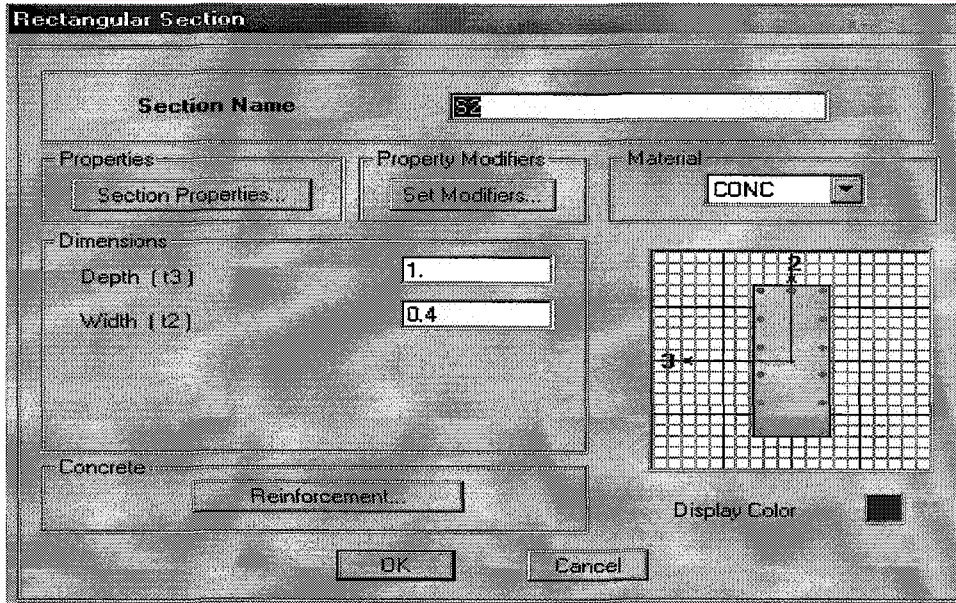
Döşeme ve perde elemanları, programın kendi kabullerine göre belirli sayıda sonlu elemana ayrılmaktadır. Eğer istenirse bu bölme işlemi kullanıcı tarafında da dışarıdan müdahale edilmek suretiyle yapılabilmektedir



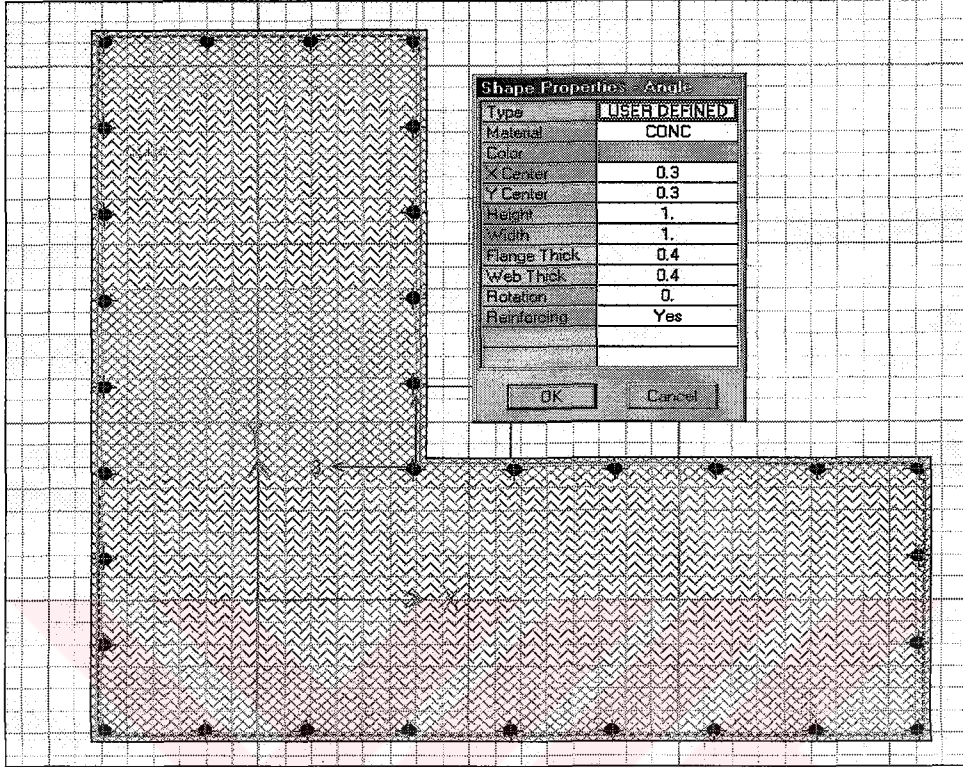
Şekil 4.8 Perde ve döşeme elemanların kesit özellikleri menüsü

Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da köşelerdeki L kolon ve diğer kolon tipinin kesitleri görülmektedir.

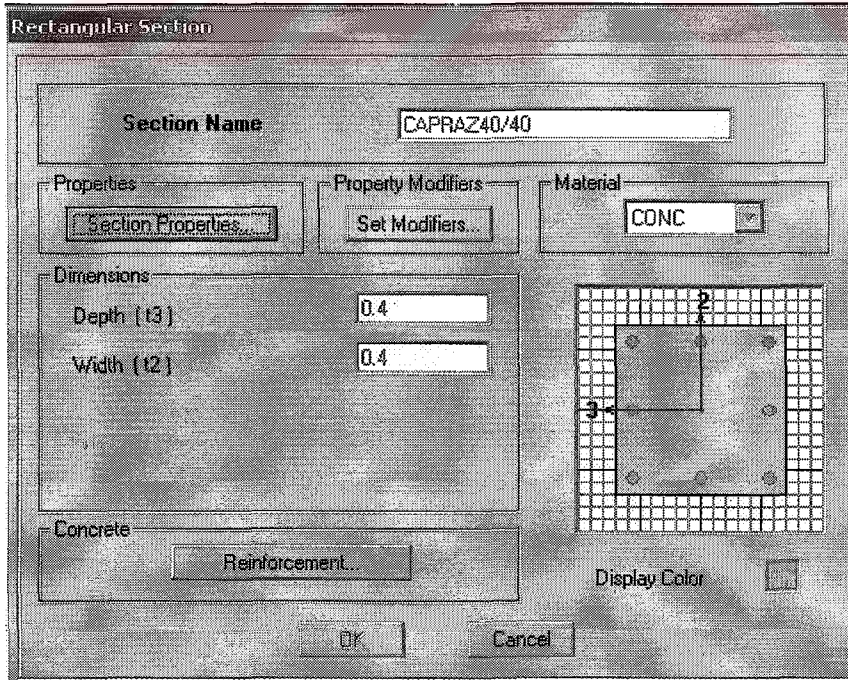
Bu şekilde yapı elemanı kesitleri oluşturulacağı gibi programda bulunan hazır şablonlardan da yapı elemanı kesit atamaları yapılabilir.



Şekil 4.9 S2 kolonu kesit özellikleri menüsü



Şekil 4.10 L kolon kesit özellikleri menüsü

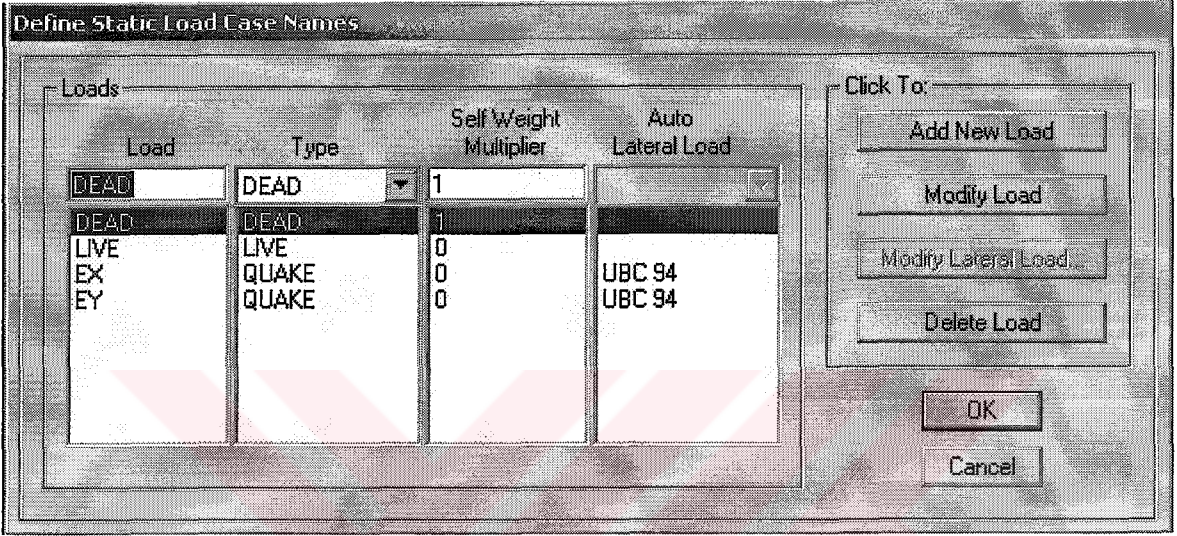


Şekil 4.11 Betonarme çapraz elemanın kesit özellikleri menüsü

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.



Şekil 4.12 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, seçilen yönetmeliğe bağlı olarak o yönetmeliğin içeriğine ait bilgilerin girilebileceği bir menü gelir. Modellerde seçilen deprem yüklemesine ait şartname UBC 94 olduğundan Şekil 4.13'te görülen menüyle karşılaşılır. Buna göre, deprem yüklemesinin yönü, varsa eksantrisite değeri, periyot hesaplama yöntemi, süneklik katsayısı, spektrum ivme katsayısı ve yapı önem katsayısı interaktif olarak girilir.

Periyot değerlerini yerli şartnameye uyarlamak için $T=1$ yazılarak elde edilen mod1 ve mod2 deki periyot değerleri yerli şartnameye çevrilip, T değerine yazılarak yeniden çözümlenir. Bu işlem x ve y yönleri için yapılır.

1994 UBC Seismic Loading

Direction and Eccentricity

X Dir Y Dir
 X Dir + Eccen Y Y Dir + Eccen X
 X Dir - Eccen Y Y Dir - Eccen X

Eccen
 Given Eccentricities

Seismic Coefficients

Seismic Zone Factor, Z
 Per Code
 User Defined

Site Coefficient, S
 Importance Factor, I

Time Period

Method A
 Program Calc
 User Defined T =

Story Range

Top Story
 Bottom Story

Factors

Numerical Coefficient, R_w

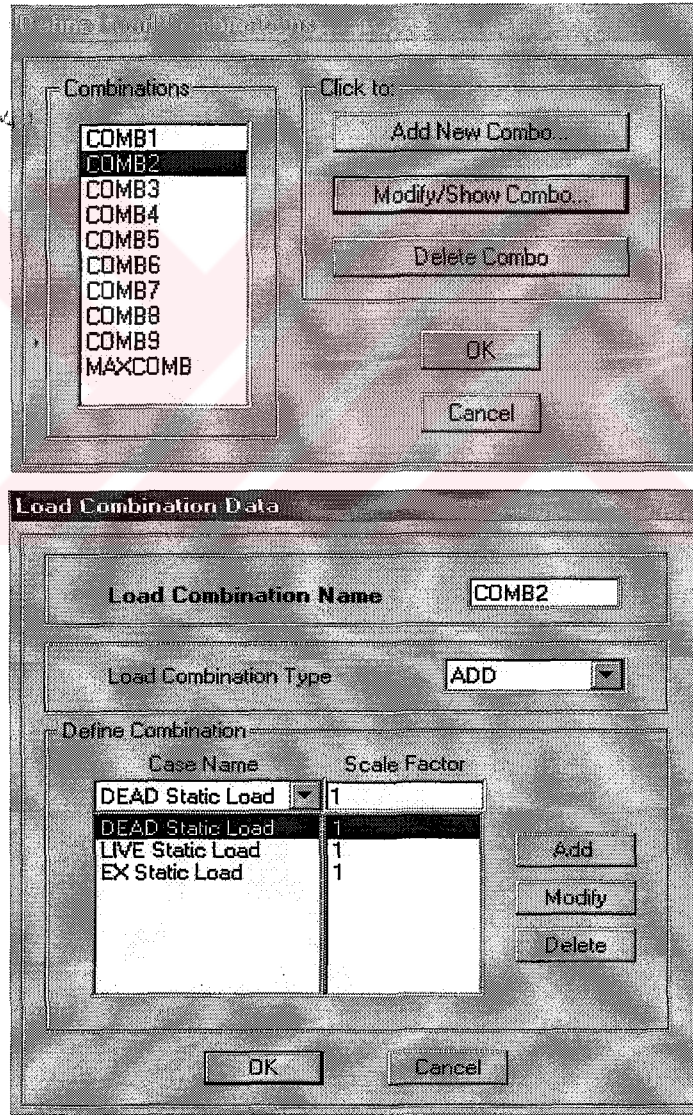
Şekil 4.13 UBC 1994 Deprem şartnamesi tanımları

Deprem yüklemesinin UBC 94 olarak seçilmesinin sebebi, ülkemizde kullanılan “Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik” e olan uyumluluğudur.

Taşıyıcı sistem davranış “R” katsayısı 8 olarak seçilmiştir. Çözüm sonucunda elde edilen kolon ve perde taban momentlerinin toplam devrilme momentine olan oranına bağlı olarak R katsayısı hesaplanır. (İmar ve İskân Bakanlığı, 1997). Ancak bu hesaplar UBC tarafından yaptırılmadığı için kullanıcı sonuçları aldıktan sonra kendisi karşılaştırmayı yapmalıdır ve yeni taşıyıcı sistem davranış katsayısını hesaplamalıdır. Ardından çözüm kısmında başa dönülerek bu hesaplanan yeni R taşıyıcı sistem davranış katsayısı girilerek çözüm tekrarlanmalıdır.

4.3.6 Yük Kombinasyonlarının Tarif Edilmesi

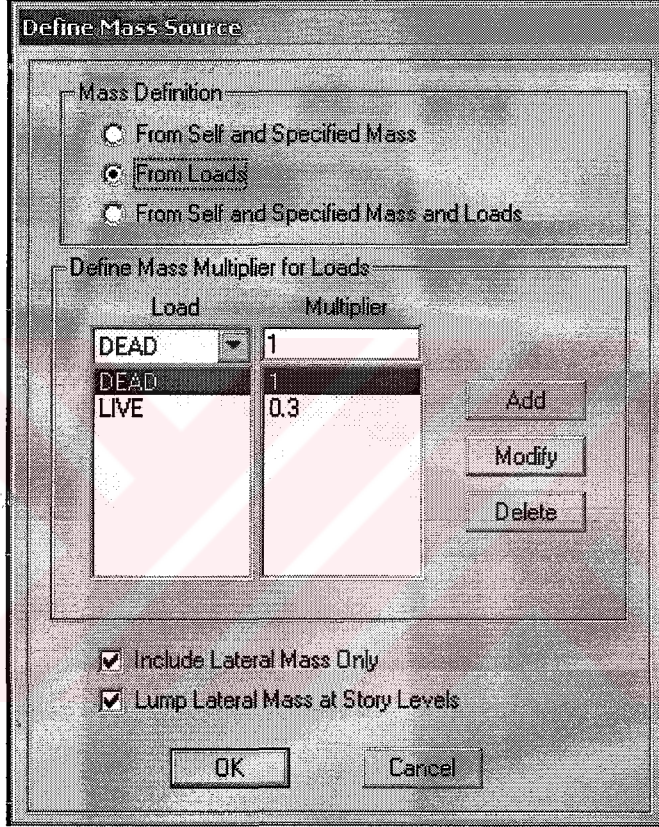
Bu bölümde Őartnamelerin istediği yük kombinasyonları belirtilir. Kombinasyonun ismi ve daha önceden belirlenmiş olan yük tipleri ve katsayıları bu bölümde üretilir. zm sonrasında bu kombinasyonlara ait kesit tesirleri çıktı dosyalarında yer alacaktır. Aslında program yazarları otomatik olarak alınacak yk kombinasyonlarını da hazırlamıŐlardır. 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 zm sonrası da bu menüye müdahale edilebilmektedir.



Şekil 4.14 Yük kombinasyonları menüsü

4.3.7 Dinamik Hesapta Kullanılacak Kat Ağırlıklarının Belirlenmesi

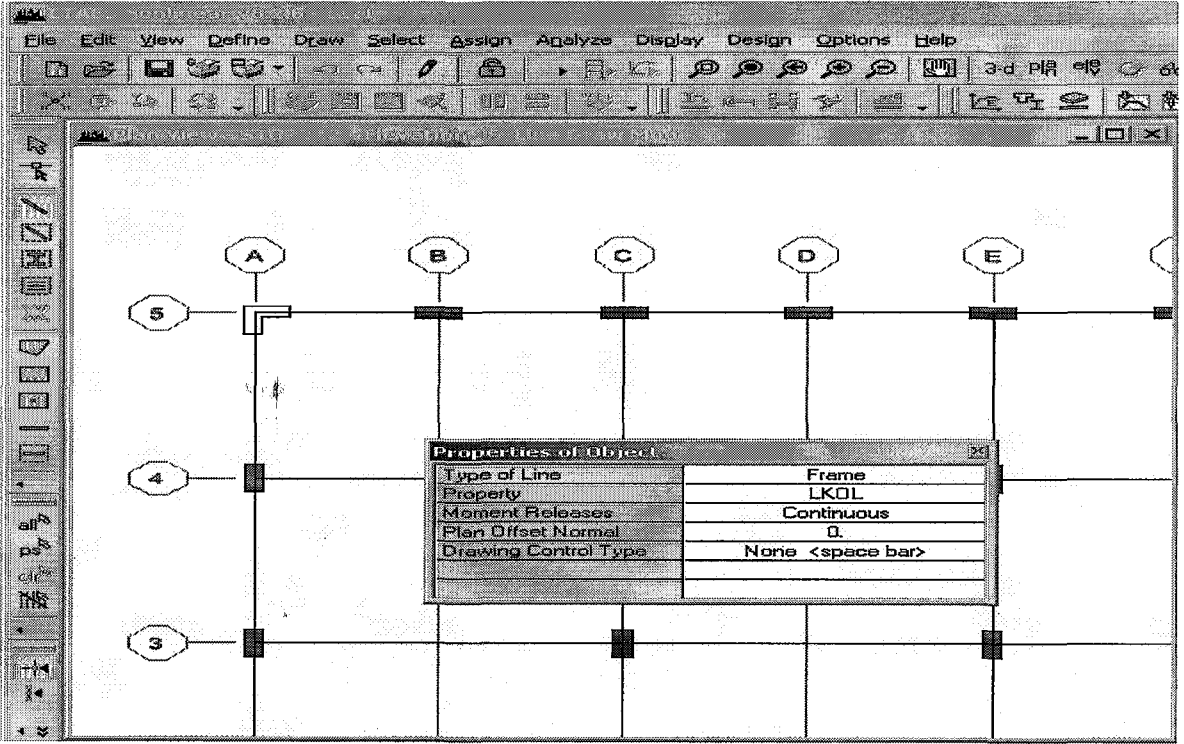
Deprem yüklerinin belirlenmesi için yapılacak dinamik hesapta katın ağırlığının belirlenmesi için sabit ve hareketli yüklerin ne oranda katılacağı bu bölümde tarif edilir. Hareketli yük için seçilecek katsayı, binanın kullanım amacına göre şartnamemizde belirtilmiştir. Bina kullanım amacına göre deprem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



Şekil 4.15 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 4.16 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.

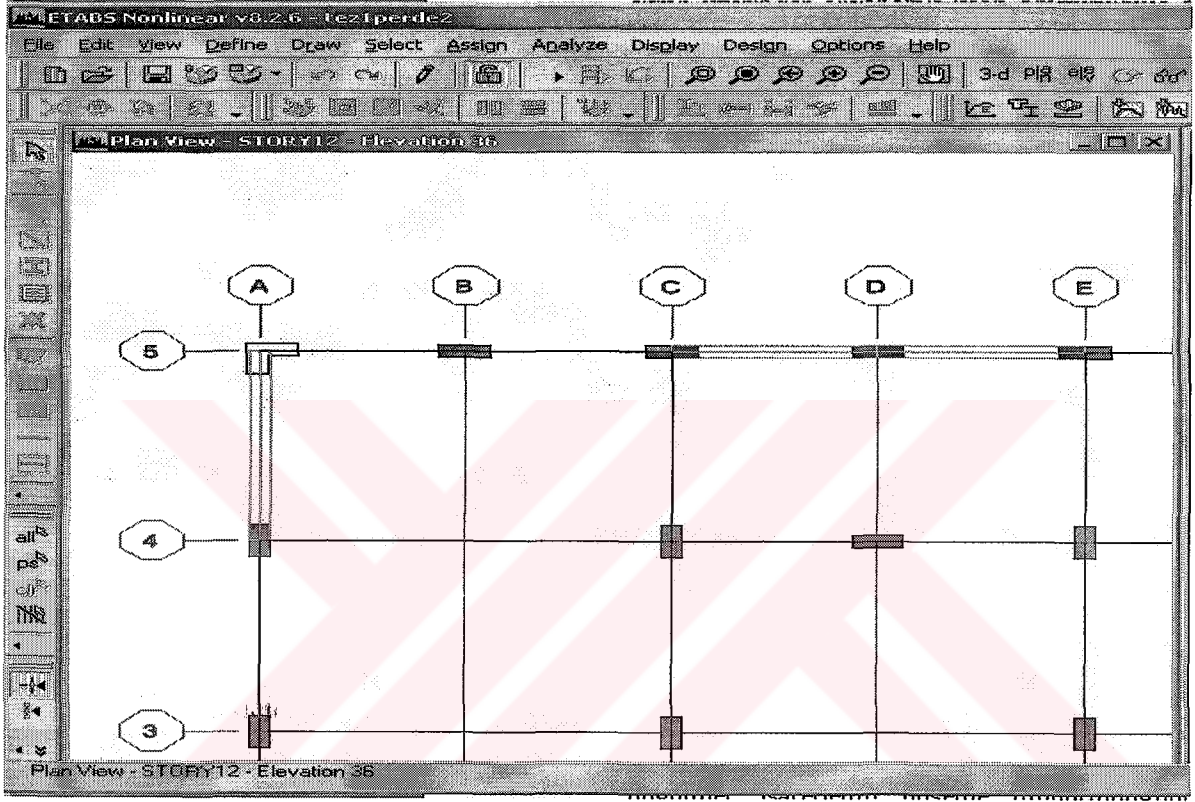
Girilen her kiriş ve kolon elemanına program tarafından çubuk tipine göre otomatik olarak ad verilmektedir. İstenirse bu isimlerin sıralamasına veya ön karakterlerine de müdahale edilebilir.

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 4.17 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 bölündüğünde 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

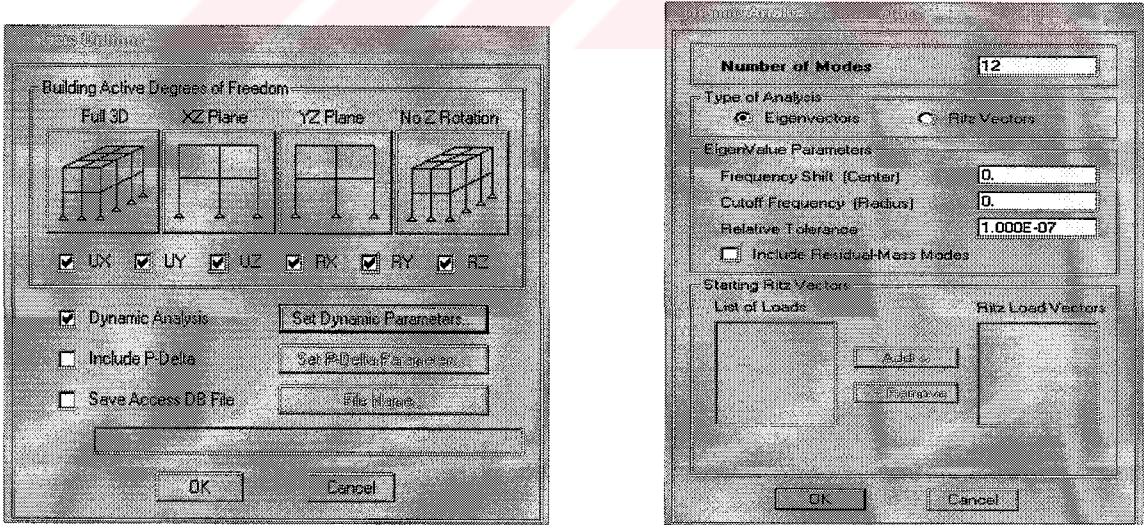
diğer parametrelerde verilmelidir. Modellerde yapı temele ankastre olarak bağlanmıştır. Ankastre özellikleri Şekil 4.18’de görülen menüdeki atamalarla sağlanmaktadır.



Şekil 4.18 Mesnet özellikleri menüsü

4.3.11 Analiz Genel Özellikleri

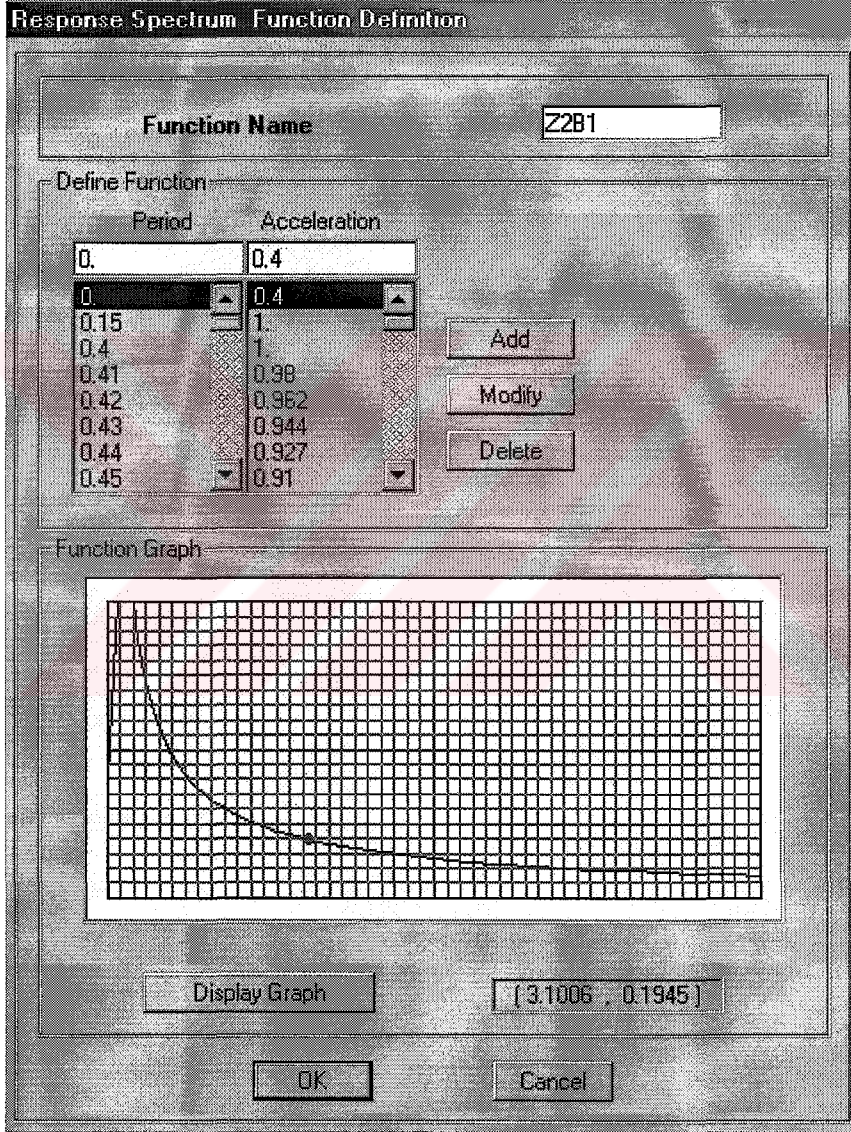
Çözümünden önceki son aşama budur. Bu aşamaya gelinceye dek tüm veri girişi tamamlanmış olmalıdır. Sistemle ilgili genel tanımlama bu bölümde yapılır. Sistemin herbir düğüm noktasına kaç tane ve hangi serbestliklerin alınacağı, dinamik analizin hangi yöntemle yapılacağı, kaç adet mod alınacağı bu aşamada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



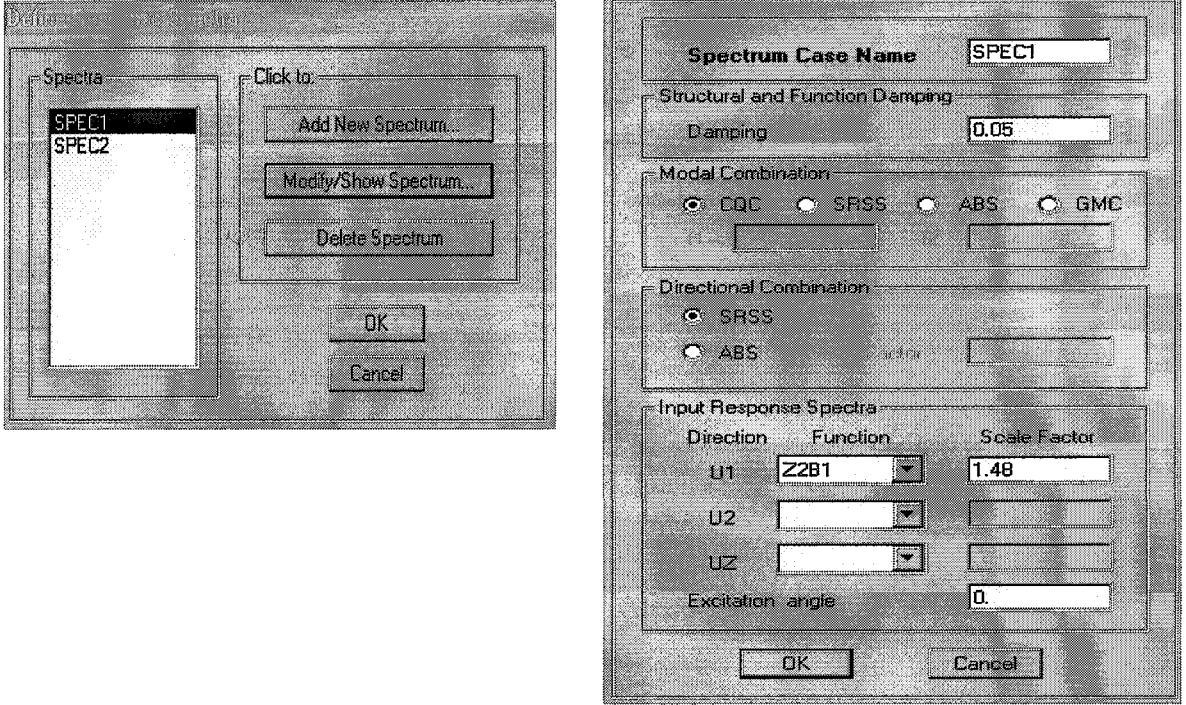
Şekil 4.19 Analiz özellikleri genel menüsü ve dinamik analiz özellikleri menüsü

Analizden önce zemin sınıfı ve deprem bölgesine göre Şekil 4.20’de 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 4.21'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 toplam taban kesme kuvvetleri oranlanarak skala artırılır ve bu değerle çözüm tekrarlanır.



Şekil 4.20 Etkin yer ivmesi-periyot değerleri menüsü



Şekil 4.21 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 Yükü 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 toplandığı 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 yansıttığındaki 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'nikilerle 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, sünekliğin kontrollü bir şekilde ve istenilen yerlerde oluşmasının sağlanması ve istenmeyen güç tükenmesi şekillerinin önlenmesi koşulu ile bu yöntem daha karmaşık çözümlere 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 diyafraz olarak çalıştığı kabul edilmiştir. Gerek modellerin toplam 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 4.3 Eşdeğer deprem yüğü yönteminin uygulanabileceği binalar

Deprem Bölgesi	Bina Türü	Toplam Yükseklik Sınırı
1, 2	rü 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

5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER

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

Yapılan bu tez çalışmasında öngörülen amaçlara ulaşılmıştır. Aşağıdaki paragraflarda elde edilen sonuçlara dayanılarak bu amacın gerçekleştiği anlatılacaktır.

5.1 Dinamik Analiz Sonuçlarının İncelenmesi

‘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 ($c \cdot \dot{x}$) ihmal edildiğinde ve denge halinde,

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

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,

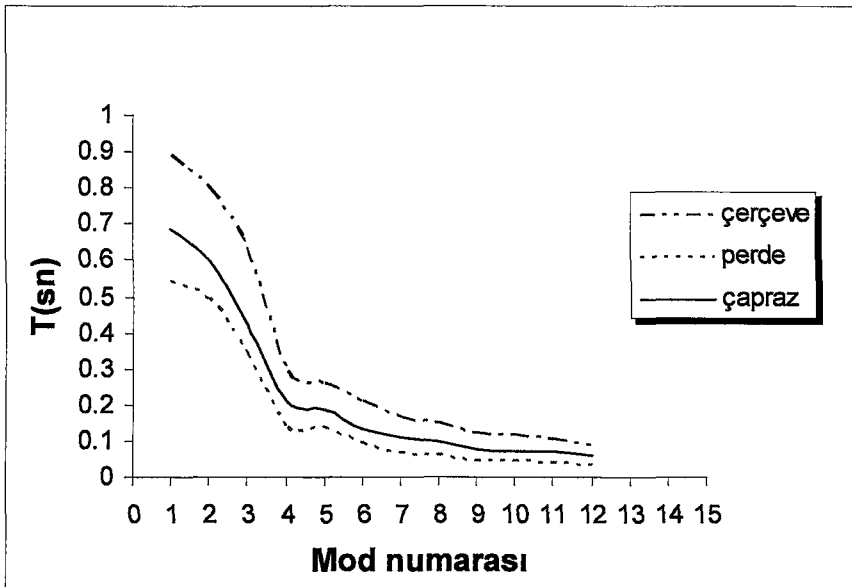
Rijitlik (k) arttığında periyot (T) azalır. Kütle (m) arttığında periyot (T) artar.

Her katta x, y ve z yönlerinde olmak üzere toplam üç adet serbestlik yani üç titreşim modu alınması gerekmektedir. Modelimizde on iki kat olduğundan toplam 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 5.1 Modlara göre üç sistemin periyotlarının karşılaştırılması

	Çerçeve	Perdeli	Çaprazlı
Mod No	Periyot (sn)	Periyot (sn)	Periyot (sn)
1	0,8908	0,5408	0,6854
2	0,8018	0,4897	0,6012
3	0,6364	0,3401	0,4273
4	0,2912	0,138	0,211
5	0,2621	0,1373	0,1867
6	0,2092	0,0923	0,1348
7	0,1675	0,0677	0,1132
8	0,1503	0,0634	0,1005
9	0,1221	0,0442	0,0771
10	0,1155	0,0435	0,0737
11	0,1048	0,0392	0,0693
12	0,0864	0,032	0,0584



Şekil 5.1 Modlara göre periyotların karşılaştırması

Sözü edilen on iki moda ait, üç sistem için hesaplanan periyotlar, Şekil' de verilmiştir. Modal periyotlar grafiğinden de anlaşılacağı üzere kolon kirişten oluşan modelin periyotlarının, en yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür. Perdeli sistemden oluşan modelin periyotları en küçük değerlere sahiptir. Betonarme çaprazlı modelden elde edilen periyot değerlerinin, diğer iki model değerleri arasında kaldığı ancak perdeli sisteme daha yakın olduğu görülmüştür.



5.2 Düzensizlik Durumları

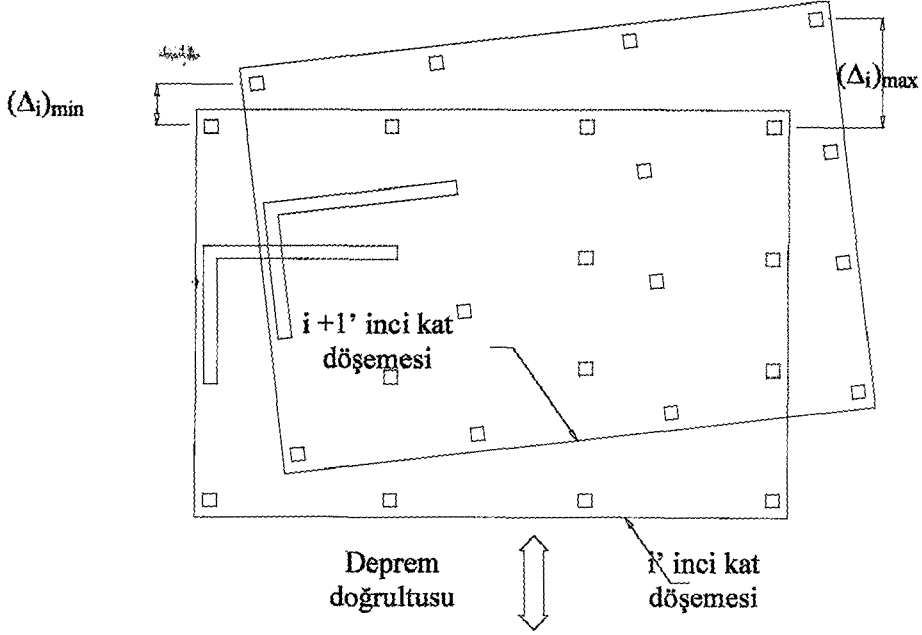
5.2.1 Düzensiz Binalara İlişkin Koşullar

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 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2 Düzensizlik durumları

A - PLANDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI
<p>A1 - Burulma Düzensizliği : Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir 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). [$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} > 1.2$]</p>
<p>A2 - Döşeme Süreksizlikleri : Herhangi bir kattaki döşemede; I - Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları Üstlamının 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</p>
<p>A3 - Planda Çıkıntılar Bulunması : Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultudaki Üstlam plan boyutlarının %20’sinden daha büyük olması durumu</p>
<p>A4 - Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması: Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının plandaki asal eksenlerinin, gözönüne alınan birbirine dik yatay deprem doğrultularına paralel olmaması durumu</p>
B - DÜŞEY DOĞRULTUDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI
<p>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. [$\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0.80$] Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı : $\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0.15 \sum A_k$</p>
<p>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 [$\eta_{ki} = (\Delta_i)_{ort} / (\Delta_{i+1})_{ort} > 1.5$]</p>
<p>B3 - Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği : Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara veya kirişlere oturtulması durumu.</p>

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



Şekil 5.2 Katlar arası yerdeğişmeler

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 :

$$\eta_{bi} > 1.2$$

5.2.2 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:

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.0035 \quad (5.8a)$$

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.02 / R \quad (5.8b)$$

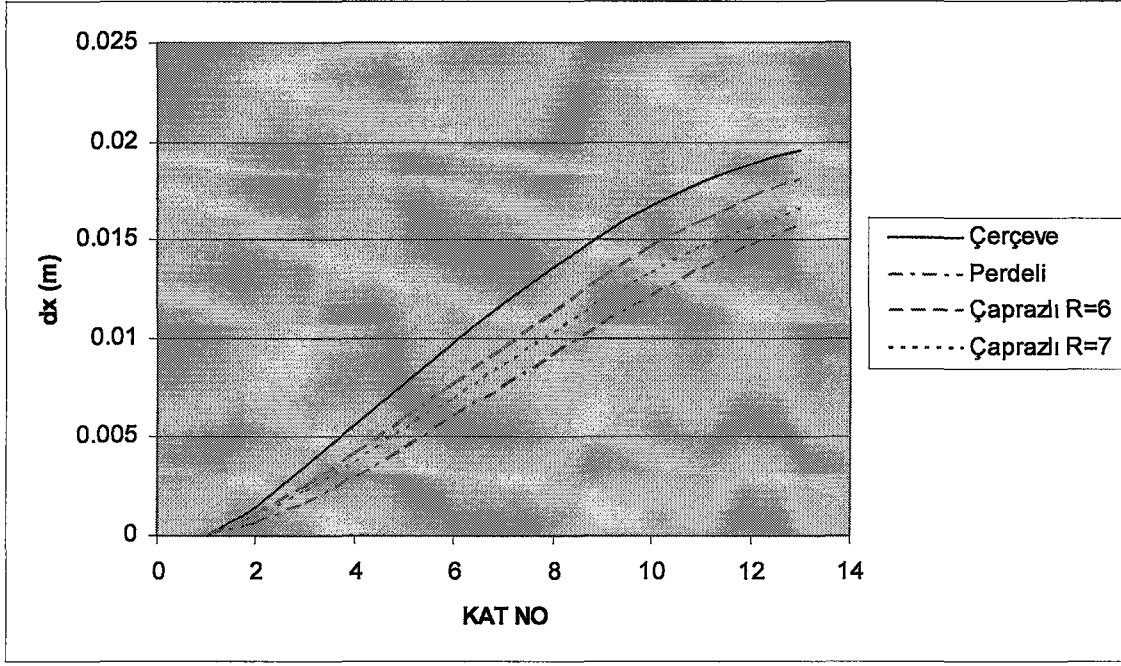
Denklem (5.8)'de verilen koşulun binanın herhangi bir katında sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır (ABYYHY, 1997).

5.3 Kat Yerdeğiştirmelerinin Karşılaştırılması

Programın analiz sonuçlarından elde edilen yer değiştirmeler, X yönlü deprem yüklemesi ile çerçeve, perdeli ve çaprazlı modellerde her kat için ayrı ayrı Çizelge 5.3'de verilmiştir. Bu değerler burulma ve rijitlik düzensizlikleri kontrollerinde kullanılmıştır. Ayrıca taşıyıcı olmayan elemanlardaki deprem hasarının önlenmesi amacıyla görel kat yerdeğiştirmelerinin sınırlı tutulması gerekir. Bu amaçla, taşıyıcı sistemin yatay öteleme rijitliğinin (5.8) koşulunu sağlama kontrolleri de yapılmıştır.

Çizelge 5.3 Kat yerdeğiştirmeleri

				(R=6)	(R=7)
				Çaprazlı	Çaprazlı
KAT	YÜK	Çerçeve dx(m)	Perdeli dx(m)	Çaprazlı dx(m)	Çaprazlı dx(m)
KAT1	EX	0,0014	0,0006	0,001	0,0009
KAT2	EX	0,0035	0,0016	0,0024	0,0022
KAT3	EX	0,0056	0,0029	0,0041	0,0037
KAT4	EX	0,0078	0,0044	0,0059	0,0054
KAT5	EX	0,0098	0,006	0,0077	0,007
KAT6	EX	0,0118	0,0076	0,0095	0,0087
KAT7	EX	0,0136	0,0092	0,0113	0,0103
KAT8	EX	0,0152	0,0107	0,013	0,0119
KAT9	EX	0,0167	0,0121	0,0146	0,0133
KAT10	EX	0,0179	0,0135	0,0159	0,0146
KAT11	EX	0,0189	0,0147	0,0171	0,0156
KAT12	EX	0,0196	0,0157	0,018	0,0165



Şekil 5.3 Kat yerdeğiştirmeleri karşılaştırma grafiği

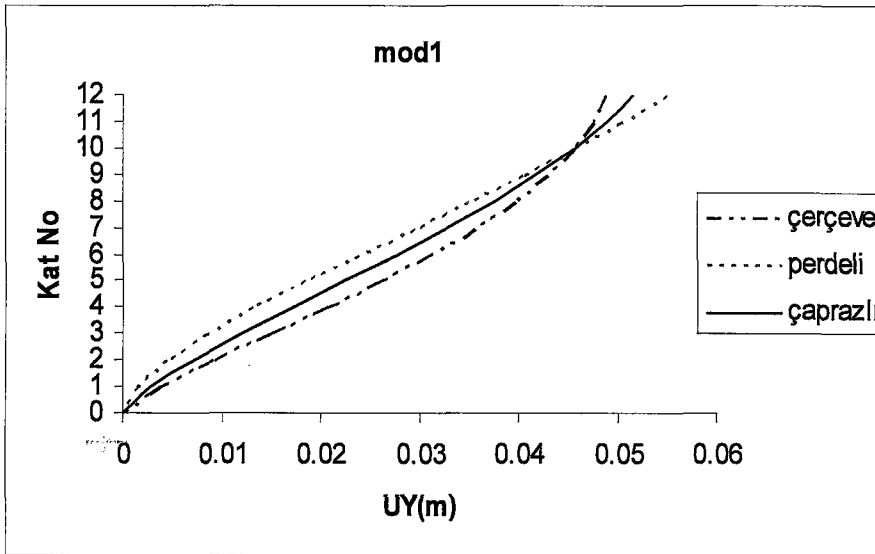
Yönetmelikte betonarme çapraz takviyeli çerçevelerin taşıyıcı sistem davranış katsayısı için herhangi bir öneri olmadığından hem R=6 hem de R=7 için hesaplamalar yapılmış, her ikisinden de elde edilen yatay yer değiştirmelerin çerçeve sistem ve perdeli sistem arasında kaldığı görülmüştür(Şekil 5.3).

5.4 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 5.4, Şekil 5.5, Şekil 5.6 ve Şekil 5.7 de görülmektedir.

Çizelge 5.4 Mod 1'e göre kat döşemelerinin yatay bileşenleri

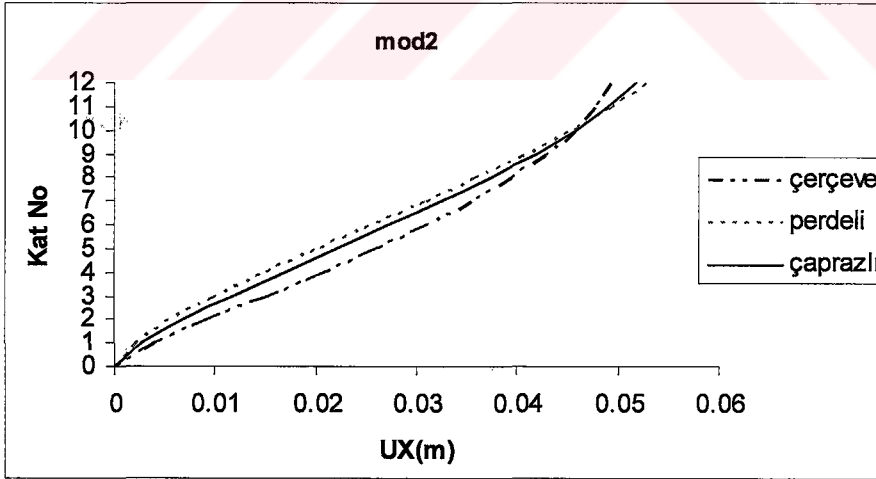
		Çerçeve	Çaprazlı	Perdeli
KAT	Mod	UY(m)	UY(m)	UY(m)
KAT1	1	-0,0036	-0,0029	0,0015
KAT2	1	-0,0091	-0,0072	0,0044
KAT3	1	-0,0149	-0,0121	0,0084
KAT4	1	-0,0206	-0,0173	0,0131
KAT5	1	-0,026	-0,0225	0,0183
KAT6	1	-0,031	-0,0277	0,0294
KAT7	1	-0,0355	-0,0328	0,0238
KAT8	1	-0,0395	-0,0375	0,035
KAT9	1	-0,0429	-0,0417	0,0404
KAT10	1	-0,0455	-0,0456	0,0455
KAT11	1	-0,0475	-0,0488	0,0504
KAT12	1	-0,0487	-0,0516	0,055



Şekil 5.4 Mod 1'e göre kat döşemelerinin yatay bileşenleri

Çizelge 5.5 Mod 2'ye göre kat döşemelerinin yatay bileşenleri

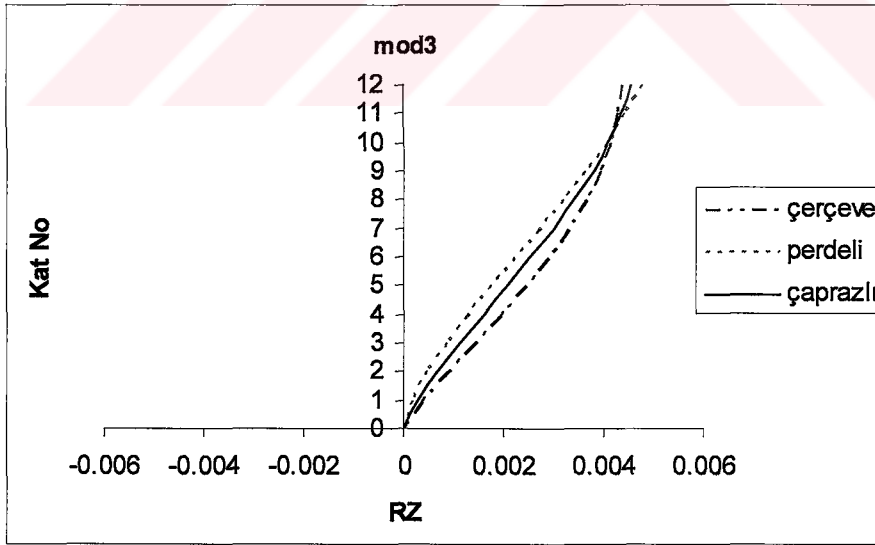
		Çerçeve	Çaprazlı	Perdeli
KAT	MOD	UX(m)	UX(m)	UX(m)
KAT1	2	0,0038	0,0028	-0,002
KAT2	2	0,0092	0,0069	-0,0054
KAT3	2	0,0149	0,0117	-0,0097
KAT4	2	0,0204	0,0168	-0,0146
KAT5	2	0,0257	0,022	-0,0199
KAT6	2	0,0307	0,0272	-0,0307
KAT7	2	0,0353	0,0325	-0,0253
KAT8	2	0,0393	0,0375	-0,0358
KAT9	2	0,0428	0,0419	-0,0406
KAT10	2	0,0456	0,0458	-0,0451
KAT11	2	0,0477	0,0491	-0,0492
KAT12	2	0,0492	0,0518	-0,0528



Şekil 5.5 Mod 2'ye göre kat döşemelerinin yatay bileşenleri

Çizelge 5.6 Mod 3 için kat döşemelerinin dönme bileşenleri

		Çerçeve	Çaprazlı	Perdeli
KAT	MOD	RZ	RZ	RZ
KAT12	3	-0,00437	-0,00455	-0,00475
KAT11	3	-0,00428	-0,00435	-0,0044
KAT10	3	-0,00413	-0,00409	-0,00402
KAT9	3	-0,00391	-0,00378	-0,00361
KAT8	3	-0,00362	-0,00341	-0,00316
KAT7	3	-0,00328	-0,00299	-0,00269
KAT6	3	-0,00287	-0,00253	-0,00221
KAT5	3	-0,00242	-0,00206	-0,00172
KAT4	3	-0,00193	-0,00159	-0,00125
KAT3	3	-0,00141	-0,00112	-0,00082
KAT2	3	-0,00087	-0,00067	-0,00044
KAT1	3	-0,00035	-0,00028	-0,00016

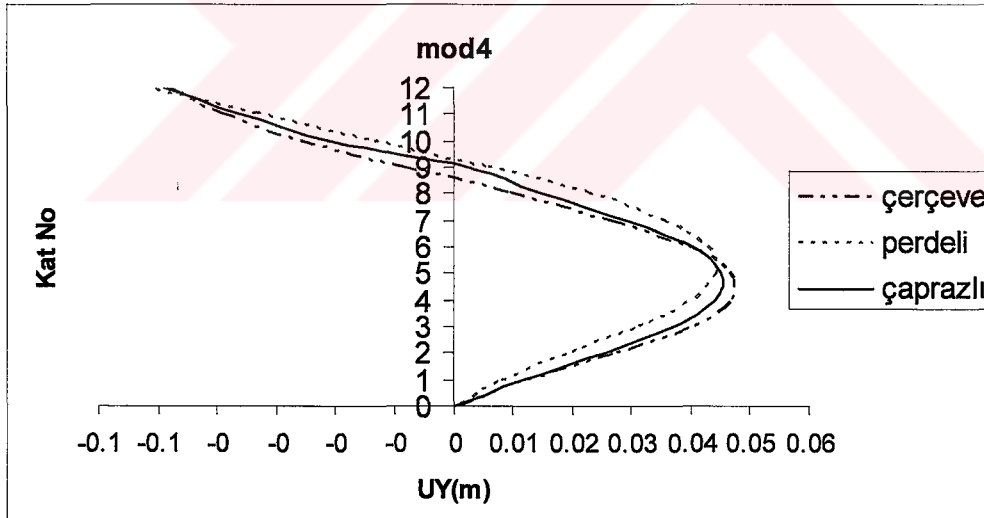


Şekil 5.6 Mod 3 için eksenel dönme grafiği

Çizelge 5.3, çizelge 5.5 ve çizelge 5.6'daki negatif değerlerin mutlak değerleri alınarak grafikler hazırlanmıştır. Böylelikle modellerin karşılaştırılma kolaylığı sağlanmıştır.

Çizelge 5.7 Mod 4'e göre kat döşemelerinin yatay bileşenleri

		Çerçeve	Çaprazlı	Perdeli
KAT	MOD	UY(m)	UY(m)	UY(m)
KAT1	4	0,0113	-0,0116	0,0077
KAT2	4	0,027	-0,0257	0,0191
KAT3	4	0,0396	-0,0371	0,0305
KAT4	4	0,0465	-0,044	0,0395
KAT5	4	0,0465	-0,0452	0,044
KAT6	4	0,0396	-0,0403	0,0427
KAT7	4	0,0267	-0,0297	0,0355
KAT8	4	0,0098	-0,0148	0,0228
KAT9	4	-0,0086	0,0026	0,006
KAT10	4	-0,0258	0,0204	-0,0133
KAT11	4	-0,0395	0,0365	-0,0333
KAT12	4	-0,048	0,049	-0,0521



Şekil 5.7 Mod 4'e göre kat döşemelerinin yatay bileşen

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

5.5 Kolon Kesit Tesirlerinin Karşılaştırılması

C3 kolonuna $G+Q+EX$ ve $G+Q+EY$ yüklemeleri altında; çerçeve taşıyıcı sistem, perdeli taşıyıcı sistem ve çaprazlı sistemlere etkileyen kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri Çizelge 5.8, Çizelge 5.9, Çizelge 5.10 ve Çizelge 5.11' de görülmektedir.

C13 kolonuna $G+Q+EX$ ve $G+Q+EY$ yüklemeleri altında; çerçeve taşıyıcı sistem, perdeli taşıyıcı sistem ve çaprazlı sistemlere etkileyen kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri Çizelge 5.12, Çizelge 5.13, Çizelge 5.14 ve Çizelge 5.15'de görülmektedir.

Çaprazlı taşıyıcı sistem için C3 ve C13 kolonlarına etkileyen kesit tesirleri, hem $R=6$ alınarak hem de $R=7$ alınarak hesaplanmıştır.



Çizelge 5.8 Çerçevesi sistem C3 kolonu kesit tesirleri

KAT	KOLON	YÜK	KONUM	V2	V3	M2	M3
KAT12	C3	G+Q+EX	ALT	0	10,5	14,769	0
KAT12	C3	G+Q+EX	ÜST	0	10,5	-7,277	0
KAT12	C3	G+Q+EY	ALT	9,32	12,84	17,957	10,960
KAT12	C3	G+Q+EY	ÜST	9,32	12,84	-9,016	-8,604
KAT11	C3	G+Q+EX	ALT	0	7,3	11,272	0
KAT11	C3	G+Q+EX	ÜST	0	7,3	-4,050	0
KAT11	C3	G+Q+EY	ALT	12,88	10,56	15,941	17,061
KAT11	C3	G+Q+EY	ÜST	12,88	10,56	-6,227	-9,995
KAT10	C3	G+Q+EX	ALT	0	6,36	9,685	0
KAT10	C3	G+Q+EX	ÜST	0	6,36	-3,674	0
KAT10	C3	G+Q+EY	ALT	17,11	10,64	15,889	23,527
KAT10	C3	G+Q+EY	ÜST	17,11	10,64	-6,447	-12,408
KAT9	C3	G+Q+EX	ALT	0	5,23	7,960	0
KAT9	C3	G+Q+EX	ÜST	0	5,23	-3,020	0
KAT9	C3	G+Q+EY	ALT	20,79	10,39	15,527	29,299
KAT9	C3	G+Q+EY	ÜST	20,79	10,39	-6,299	-14,352
KAT8	C3	G+Q+EX	ALT	0	4,17	6,325	0
KAT8	C3	G+Q+EX	ÜST	0	4,17	-2,431	0
KAT8	C3	G+Q+EY	ALT	24,05	10,12	15,097	34,453
KAT8	C3	G+Q+EY	ÜST	24,05	10,12	-6,153	-16,059
KAT7	C3	G+Q+EX	ALT	0	3,15	4,752	0
KAT7	C3	G+Q+EX	ÜST	0	3,15	-1,868	0
KAT7	C3	G+Q+EY	ALT	26,88	9,78	14,566	38,946
KAT7	C3	G+Q+EY	ÜST	26,88	9,78	-5,965	-17,494
KAT6	C3	G+Q+EX	ALT	0	2,18	3,241	0
KAT6	C3	G+Q+EX	ÜST	0	2,18	-1,333	0
KAT6	C3	G+Q+EY	ALT	29,24	9,36	13,928	42,759
KAT6	C3	G+Q+EY	ÜST	29,24	9,36	-5,736	-18,652
KAT5	C3	G+Q+EX	ALT	0	1,24	1,785	0
KAT5	C3	G+Q+EX	ÜST	0	1,24	-0,826	0
KAT5	C3	G+Q+EY	ALT	31,14	8,87	13,173	45,875
KAT5	C3	G+Q+EY	ÜST	31,14	8,87	-5,464	-19,518
KAT4	C3	G+Q+EX	ALT	0	0,35	0,385	0
KAT4	C3	G+Q+EX	ÜST	0	0,35	-0,344	0
KAT4	C3	G+Q+EY	ALT	32,55	8,31	12,298	48,319
KAT4	C3	G+Q+EY	ÜST	32,55	8,31	-5,143	-20,041
KAT3	C3	G+Q+EX	ALT	0	-0,55	-1,062	0
KAT3	C3	G+Q+EX	ÜST	0	-0,55	0,091	0
KAT3	C3	G+Q+EY	ALT	33,4	7,6	11,196	50,194
KAT3	C3	G+Q+EY	ÜST	33,4	7,6	-4,771	-19,943
KAT2	C3	G+Q+EX	ALT	0	-1,02	-1,797	0
KAT2	C3	G+Q+EX	ÜST	0	-1,02	0,337	0
KAT2	C3	G+Q+EY	ALT	33,73	7,14	10,667	53,267
KAT2	C3	G+Q+EY	ÜST	33,73	7,14	-4,318	-17,575
KAT1	C3	G+Q+EX	ALT	0	-3,6	-8,930	0
KAT1	C3	G+Q+EX	ÜST	0	-3,6	-1,371	0
KAT1	C3	G+Q+EY	ALT	31,02	3,53	3,443	62,386
KAT1	C3	G+Q+EY	ÜST	31,02	3,53	-3,977	-2,756

Çizelge 5.9 Perdeli sistem C3 kolonu kesit tesirleri

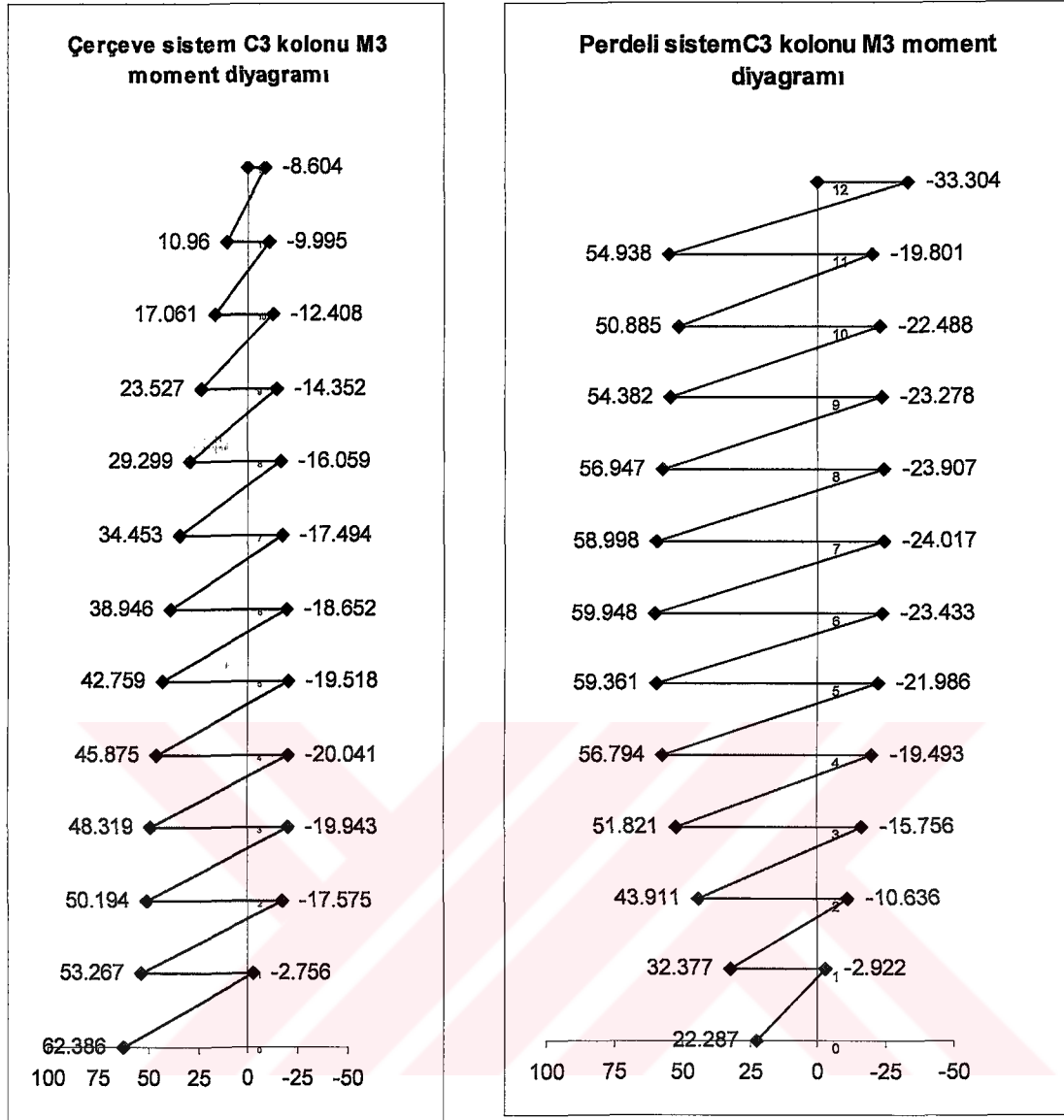
KAT	KOLON	YÜK	KONUM	V2	V3	M2	M3
KAT12	C3	G+Q+EX	ALT	0	11.43	15.985	0
KAT12	C3	G+Q+EX	ÜST	0	11.43	-8.019	0
KAT12	C3	G+Q+EY	ALT	42.02	15.61	21.839	54.938
KAT12	C3	G+Q+EY	ÜST	42.02	15.61	-10.937	-33.304
KAT11	C3	G+Q+EX	ALT	0	8.71	13.258	0
KAT11	C3	G+Q+EX	ÜST	0	8.71	-5.031	0
KAT11	C3	G+Q+EY	ALT	33.66	12.85	19.389	50.885
KAT11	C3	G+Q+EY	ÜST	33.66	12.85	-7.587	-19.801
KAT10	C3	G+Q+EX	ALT	0	8.27	12.403	0
KAT10	C3	G+Q+EX	ÜST	0	8.27	-4.958	0
KAT10	C3	G+Q+EY	ALT	36.6	12.88	19.221	54.382
KAT10	C3	G+Q+EY	ÜST	36.6	12.88	-7.831	-22.488
KAT9	C3	G+Q+EX	ALT	0	7.45	11.171	0
KAT9	C3	G+Q+EX	ÜST	0	7.45	-4.484	0
KAT9	C3	G+Q+EY	ALT	38.2	12.5	18.644	56.947
KAT9	C3	G+Q+EY	ÜST	38.2	12.5	-7.599	-23.278
KAT8	C3	G+Q+EX	ALT	0	6.65	9.910	0
KAT8	C3	G+Q+EX	ÜST	0	6.65	-4.052	0
KAT8	C3	G+Q+EY	ALT	39.48	12.06	17.957	58.998
KAT8	C3	G+Q+EY	ÜST	39.48	12.06	-7.364	-23.907
KAT7	C3	G+Q+EX	ALT	0	5.84	8.645	0
KAT7	C3	G+Q+EX	ÜST	0	5.84	-3.629	0
KAT7	C3	G+Q+EY	ALT	39.98	11.52	17.118	59.948
KAT7	C3	G+Q+EY	ÜST	39.98	11.52	-7.065	-24.017
KAT6	C3	G+Q+EX	ALT	0	5.09	7.439	0
KAT6	C3	G+Q+EX	ÜST	0	5.09	-3.246	0
KAT6	C3	G+Q+EY	ALT	39.43	10.87	16.127	59.361
KAT6	C3	G+Q+EY	ÜST	39.43	10.87	-6.706	-23.433
KAT5	C3	G+Q+EX	ALT	0	4.41	6.343	0
KAT5	C3	G+Q+EX	ÜST	0	4.41	-2.926	0
KAT5	C3	G+Q+EY	ALT	37.51	10.12	14.976	56.794
KAT5	C3	G+Q+EY	ÜST	37.51	10.12	-6.286	-21.986
KAT4	C3	G+Q+EX	ALT	0	3.87	5.433	0
KAT4	C3	G+Q+EX	ÜST	0	3.87	-2.693	0
KAT4	C3	G+Q+EY	ALT	33.96	9.27	13.668	51.821
KAT4	C3	G+Q+EY	ÜST	33.96	9.27	-5.800	-19.493
KAT3	C3	G+Q+EX	ALT	0	3.46	4.677	0
KAT3	C3	G+Q+EX	ÜST	0	3.46	-2.585	0
KAT3	C3	G+Q+EY	ALT	28.41	8.26	12.103	43.911
KAT3	C3	G+Q+EY	ÜST	28.41	8.26	-5.250	-15.756
KAT2	C3	G+Q+EX	ALT	0	3.62	5.015	0
KAT2	C3	G+Q+EX	ÜST	0	3.62	-2.596	0
KAT2	C3	G+Q+EY	ALT	20.48	7.46	11.062	32.377
KAT2	C3	G+Q+EY	ÜST	20.48	7.46	-4.606	-10.636
KAT1	C3	G+Q+EX	ALT	0	0.77	-1.554	0
KAT1	C3	G+Q+EX	ÜST	0	0.77	-3.164	0
KAT1	C3	G+Q+EY	ALT	12	3.61	3.515	22.287
KAT1	C3	G+Q+EY	ÜST	12	3.61	-4.060	-2.922

Çizelge 5.10 Çaprazlı sistem (R=6) C3 kolonu kesit tesirleri

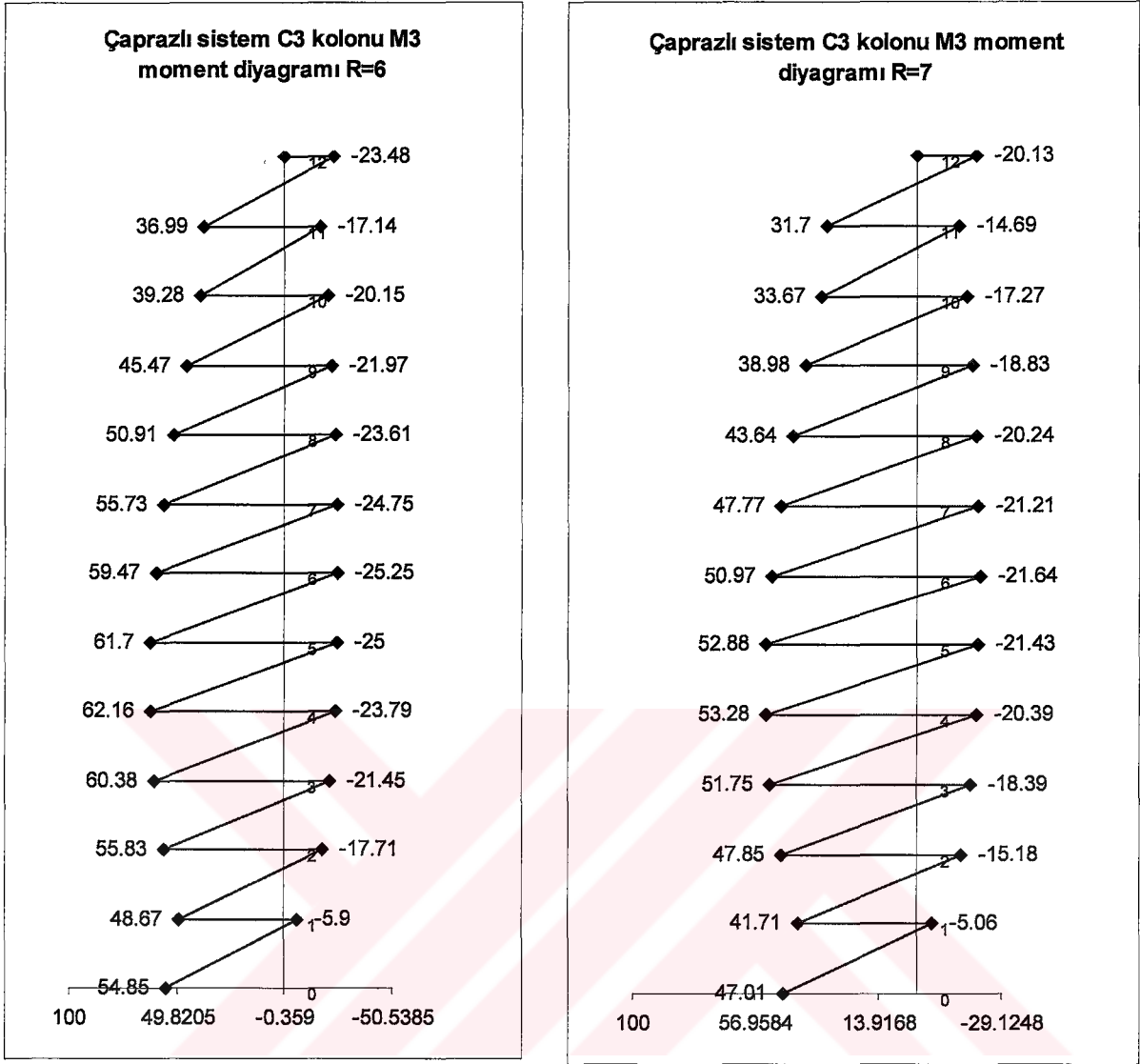
KAT	KOLON	YÜK	KONUM	V2	V3	M2	M3
KAT12	C3	G+Q+EX	ALT	0	10,88	15,272	0
KAT12	C3	G+Q+EX	ÜST	0	10,88	-7,572	0
KAT12	C3	G+Q+EY	ALT	28,8	13,99	19,569	36,988
KAT12	C3	G+Q+EY	ÜST	28,8	13,99	-9,811	-23,485
KAT11	C3	G+Q+EX	ALT	0	7,79	11,958	0
KAT11	C3	G+Q+EX	ÜST	0	7,79	-4,395	0
KAT11	C3	G+Q+EY	ALT	26,87	11,5	17,364	39,280
KAT11	C3	G+Q+EY	ÜST	26,87	11,5	-6,793	-17,139
KAT10	C3	G+Q+EX	ALT	0	7,02	10,614	0
KAT10	C3	G+Q+EX	ÜST	0	7,02	-4,119	0
KAT10	C3	G+Q+EY	ALT	31,25	11,56	17,268	45,473
KAT10	C3	G+Q+EY	ÜST	31,25	11,56	-7,016	-20,148
KAT9	C3	G+Q+EX	ALT	0	5,96	9,003	0
KAT9	C3	G+Q+EX	ÜST	0	5,96	-3,504	0
KAT9	C3	G+Q+EY	ALT	34,71	11,27	16,824	50,911
KAT9	C3	G+Q+EY	ÜST	34,71	11,27	-6,838	-21,973
KAT8	C3	G+Q+EX	ALT	0	4,93	7,416	0
KAT8	C3	G+Q+EX	ÜST	0	4,93	-2,938	0
KAT8	C3	G+Q+EY	ALT	37,78	10,93	16,294	55,729
KAT8	C3	G+Q+EY	ÜST	37,78	10,93	-6,658	-23,610
KAT7	C3	G+Q+EX	ALT	0	3,9	5,738	0
KAT7	C3	G+Q+EX	ÜST	0	3,9	-2,443	0
KAT7	C3	G+Q+EY	ALT	40,1	10,51	15,644	59,468
KAT7	C3	G+Q+EY	ÜST	40,1	10,51	-6,426	-24,748
KAT6	C3	G+Q+EX	ALT	0	3,66	5,313	0
KAT6	C3	G+Q+EX	ÜST	0	3,66	-2,374	0
KAT6	C3	G+Q+EY	ALT	41,4	10,01	14,868	61,698
KAT6	C3	G+Q+EY	ÜST	41,4	10,01	-6,148	-25,249
KAT5	C3	G+Q+EX	ALT	0	2,85	4,077	0
KAT5	C3	G+Q+EX	ÜST	0	2,85	-1,902	0
KAT5	C3	G+Q+EY	ALT	41,5	9,42	13,959	62,156
KAT5	C3	G+Q+EY	ÜST	41,5	9,42	-5,818	-25,002
KAT4	C3	G+Q+EX	ALT	0	2,22	3,050	0
KAT4	C3	G+Q+EX	ÜST	0	2,22	-1,616	0
KAT4	C3	G+Q+EY	ALT	40,08	8,74	12,916	60,381
KAT4	C3	G+Q+EY	ÜST	40,08	8,74	-5,433	-23,795
KAT3	C3	G+Q+EX	ALT	0	1,74	2,200	0
KAT3	C3	G+Q+EX	ÜST	0	1,74	-1,459	0
KAT3	C3	G+Q+EY	ALT	36,8	7,92	11,635	55,828
KAT3	C3	G+Q+EY	ÜST	36,8	7,92	-4,991	-21,451
KAT2	C3	G+Q+EX	ALT	0	1,85	2,453	0
KAT2	C3	G+Q+EX	ÜST	0	1,85	-1,438	0
KAT2	C3	G+Q+EY	ALT	31,61	7,32	10,915	48,665
KAT2	C3	G+Q+EY	ÜST	31,61	7,32	-4,465	-17,714
KAT1	C3	G+Q+EX	ALT	0	-1,3	-5,015	0
KAT1	C3	G+Q+EX	ÜST	0	-1,3	-2,278	0
KAT1	C3	G+Q+EY	ALT	28,93	3,59	3,503	54,847
KAT1	C3	G+Q+EY	ÜST	28,93	3,59	-4,046	-5,903

Çizelge 5.11 Çaprazlı sistem (R=7) C3 kolonu kesit tesirleri

KAT	KOLON	YÜK	KONUM	V2	V3	M2	M3
KAT12	C3	G+Q+EX	ALT	0	11,14	15,636	0
KAT12	C3	G+Q+EX	ÜST	0	11,14	-7,761	0
KAT12	C3	G+Q+EY	ALT	24,68	13,99	19,569	31,704
KAT12	C3	G+Q+EY	ÜST	24,68	13,99	-9,811	-20,130
KAT11	C3	G+Q+EX	ALT	0	8,1	12,416	0
KAT11	C3	G+Q+EX	ÜST	0	8,1	-4,598	0
KAT11	C3	G+Q+EY	ALT	23,03	11,5	17,364	33,669
KAT11	C3	G+Q+EY	ÜST	23,03	11,5	-6,793	-14,690
KAT10	C3	G+Q+EX	ALT	0	7,4	11,178	0
KAT10	C3	G+Q+EX	ÜST	0	7,4	-4,364	0
KAT10	C3	G+Q+EY	ALT	26,78	11,56	17,268	38,977
KAT10	C3	G+Q+EY	ÜST	26,78	11,56	-7,016	-17,270
KAT9	C3	G+Q+EX	ALT	0	6,41	9,665	0
KAT9	C3	G+Q+EX	ÜST	0	6,41	-3,786	0
KAT9	C3	G+Q+EY	ALT	29,75	11,27	16,824	43,638
KAT9	C3	G+Q+EY	ÜST	29,75	11,27	-6,838	-18,834
KAT8	C3	G+Q+EX	ALT	0	5,44	8,168	0
KAT8	C3	G+Q+EX	ÜST	0	5,44	-3,253	0
KAT8	C3	G+Q+EY	ALT	32,38	10,93	16,294	47,768
KAT8	C3	G+Q+EY	ÜST	32,38	10,93	-6,658	-20,238
KAT7	C3	G+Q+EX	ALT	0	4,46	6,577	0
KAT7	C3	G+Q+EX	ÜST	0	4,46	-2,780	0
KAT7	C3	G+Q+EY	ALT	34,37	10,51	15,644	50,973
KAT7	C3	G+Q+EY	ÜST	34,37	10,51	-6,426	-21,212
KAT6	C3	G+Q+EX	ALT	0	4,2	6,123	0
KAT6	C3	G+Q+EX	ÜST	0	4,2	-2,694	0
KAT6	C3	G+Q+EY	ALT	35,49	10,01	14,868	52,884
KAT6	C3	G+Q+EY	ÜST	35,49	10,01	-6,148	-21,642
KAT5	C3	G+Q+EX	ALT	0	3,4	4,914	0
KAT5	C3	G+Q+EX	ÜST	0	3,4	-2,234	0
KAT5	C3	G+Q+EY	ALT	35,57	9,42	13,959	53,277
KAT5	C3	G+Q+EY	ÜST	35,57	9,42	-5,818	-21,430
KAT4	C3	G+Q+EX	ALT	0	2,77	3,886	0
KAT4	C3	G+Q+EX	ÜST	0	2,77	-1,940	0
KAT4	C3	G+Q+EY	ALT	34,36	8,74	12,916	51,755
KAT4	C3	G+Q+EY	ÜST	34,36	8,74	-5,433	-20,396
KAT3	C3	G+Q+EX	ALT	0	2,27	2,999	0
KAT3	C3	G+Q+EX	ÜST	0	2,27	-1,758	0
KAT3	C3	G+Q+EY	ALT	31,54	7,92	11,635	47,853
KAT3	C3	G+Q+EY	ÜST	31,54	7,92	-4,991	-18,386
KAT2	C3	G+Q+EX	ALT	0	2,32	3,170	0
KAT2	C3	G+Q+EX	ÜST	0	2,32	-1,694	0
KAT2	C3	G+Q+EY	ALT	27,09	7,32	10,915	41,713
KAT2	C3	G+Q+EY	ÜST	27,09	7,32	-4,465	-15,183
KAT1	C3	G+Q+EX	ALT	0	-0,89	-4,293	0
KAT1	C3	G+Q+EX	ÜST	0	-0,89	-2,428	0
KAT1	C3	G+Q+EY	ALT	24,8	3,59	3,5 03	47,012
KAT1	C3	G+Q+EY	ÜST	24,8	3,59	-4,046	-5,060

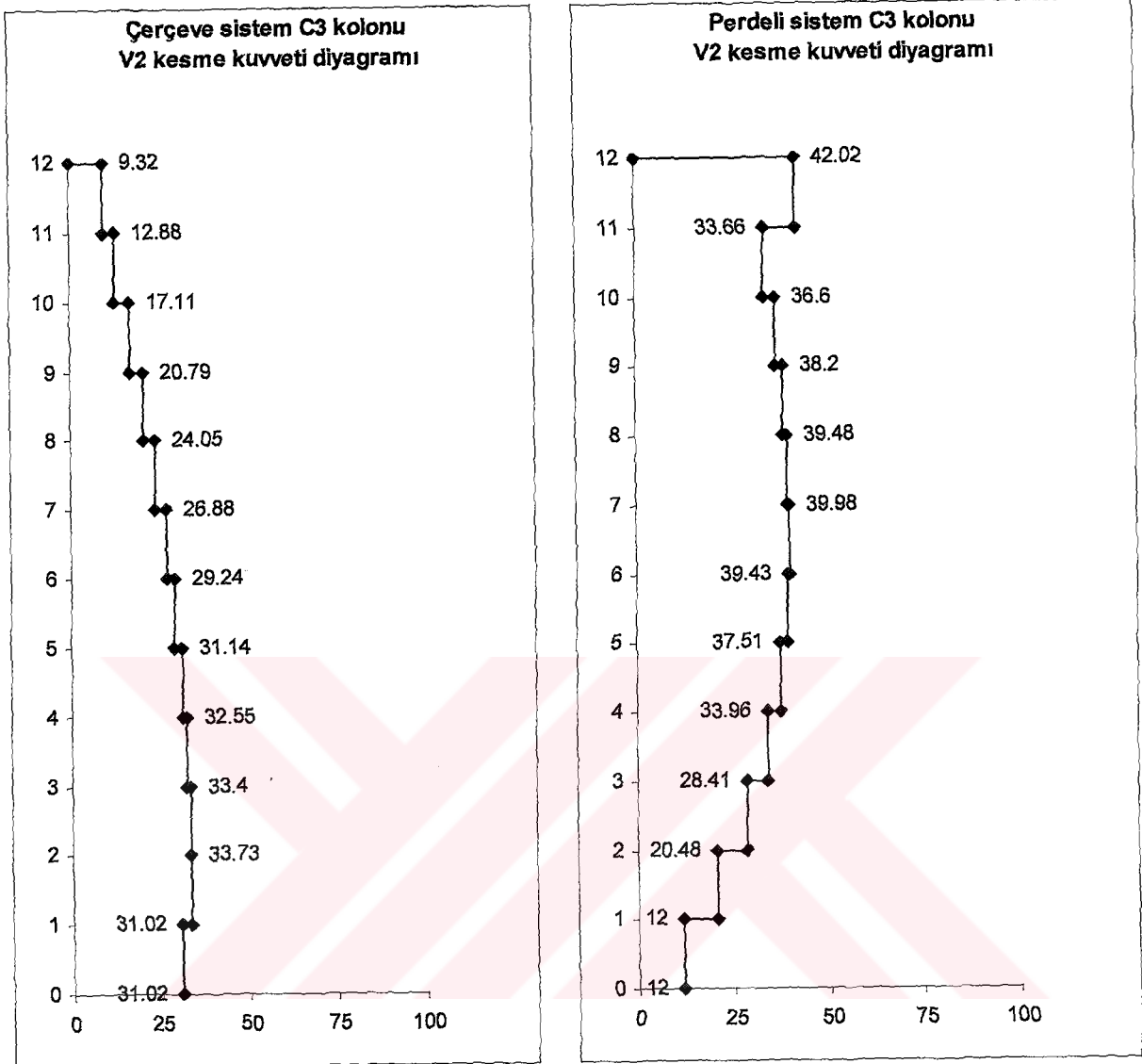


Şekil 5.8 C3 kolunu çerçeve ve perdeli sistem eğilme momenti grafikleri

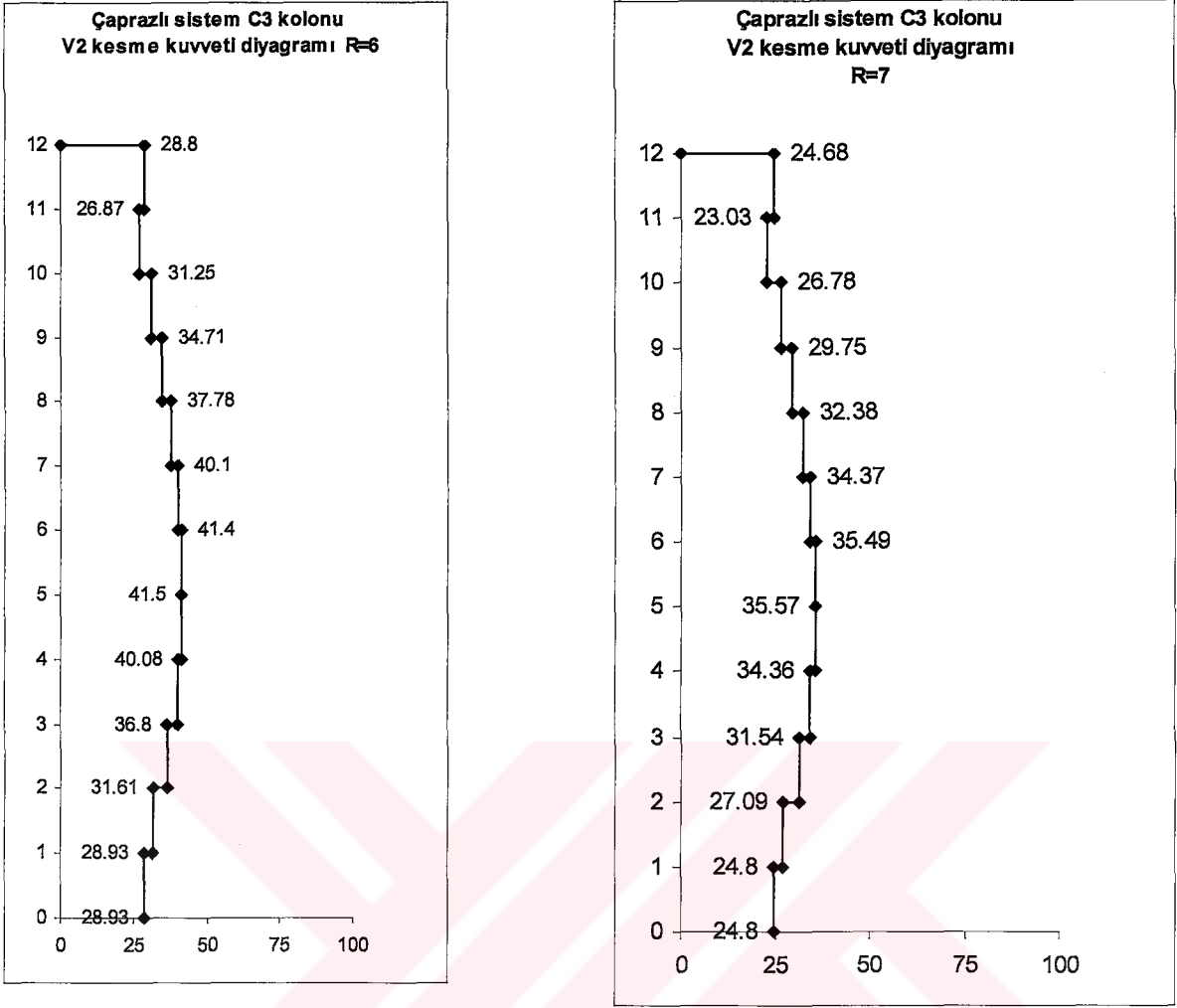


Şekil 5.9 C3 kolunu çaprazlı sistemler için eğilme momenti grafikleri

Şekil 5.8 ve Şekil 5.9'da G+Q+EY yüklemesi altında C3 kolunun sırasıyla çerçeve taşıyıcı sistem, perdeli taşıyıcı sistem ve çaprazlı taşıyıcı sistem modellerinde ortaya çıkan eğilme momenti diyagramları görülmektedir. Diyagramların incelenmesinden R=6 alınan çaprazlı taşıyıcı sistemin eğilme momenti değerlerinin genel olarak diğer iki modelin arasında kaldığı, bazı katlar arasında azda olsa perdeli sisteminkinden daha yüksek değer aldığı görülmektedir. R=7 alınan çaprazlı taşıyıcı sistemde ise tüm katlardaki eğilme momenti değerlerinin çerçeve sistem ve perdeli sistemin arasında kaldığı görülmektedir.



Şekil 5.10 C3 kolunu çerçeve ve perdeli sistem kesme kuvveti grafikleri



Şekil 5.11 C3 kolunu çaprazlı sistemler için kesme kuvveti grafikleri

Şekil 5.10 ve Şekil 5.11’de G+Q+EY yüklemesi altında C3 kolonunun sırasıyla çerçeve taşıyıcı sistem, perdeli taşıyıcı sistem ve çaprazlı taşıyıcı sistem modellerinde ortaya çıkan kesme kuvveti diyagramları görülmektedir. Diyagramların incelenmesinden R=6 alınan çaprazlı taşıyıcı sistemin kesme kuvveti değerlerinin genel olarak diğer iki modelin arasında kaldığı, üçüncü ve yedinci katlar arasında azda olsa perdeli sisteminkinden daha yüksek değer aldığı görülmektedir. R=7 alınan çaprazlı taşıyıcı sistemde ise tüm katlardaki kesme kuvveti değerlerinin çerçeve sistem ve perdeli sistemin arasında kaldığı görülmektedir.

Kenar kolon olan C3 kolonuna ait kat kesme kuvveti ve eğilme momenti değerlerinde dikkat çeken bir husus R=6 alınan çaprazlı modelde, bahsedilen ancak öngörülmemen; orta katlardaki değerlerin az da olsa büyük çıkmasından başka bu orta katların altındaki katlarda, çerçeve taşıyıcı sistem değerlerine daha yakın olan çaprazlı taşıyıcı sistemin kat kesme ve eğilme momenti değerleri; orta katların üstündeki katlarda perdeli taşıyıcı sisteminkine daha yakın değerler almaktadır.

Kenar C3 kolonundan elde edilen çıkarımların orta kolon olan C13 kolonunda da görüldüğü Şekil 5.12, Şekil 5.13, Şekil 5.14 ve Şekil 5.15 grafiklerinin incelenmesinden anlaşılmaktadır.

Çizelge 5.12 Çerçevesi sistem C13 kolonu kesit tesirleri

KAT	KOLON	YÜK	KONUM	V2	V3	M2	M3
KAT12	C13	G+Q+EX	ALT	0	-0,36	-0,237	0
KAT12	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-0,36	0,514	0
KAT12	C13	G+Q+EY	ALT	9,15	2,57	3,991	11,099
KAT12	C13	G+Q+EY	ÜST	9,15	2,57	-1,405	-8,117
KAT11	C13	G+Q+EX	ALT	0	-1,67	-2,468	0
KAT11	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-1,67	1,045	0
KAT11	C13	G+Q+EY	ALT	13,58	2,7	3,986	18,288
KAT11	C13	G+Q+EY	ÜST	13,58	2,7	-1,688	-10,231
KAT10	C13	G+Q+EX	ALT	0	-3,3	-4,880	0
KAT10	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-3,3	2,045	0
KAT10	C13	G+Q+EY	ALT	18,37	2,52	3,749	25,602
KAT10	C13	G+Q+EY	ÜST	18,37	2,52	-1,541	-12,974
KAT9	C13	G+Q+EX	ALT	0	-4,74	-7,077	0
KAT9	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-4,74	2,875	0
KAT9	C13	G+Q+EY	ALT	22,58	2,37	3,509	32,160
KAT9	C13	G+Q+EY	ÜST	22,58	2,37	-1,471	-15,263
KAT8	C13	G+Q+EX	ALT	0	-6,09	-9,132	0
KAT8	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-6,09	3,657	0
KAT8	C13	G+Q+EY	ALT	26,33	2,17	3,190	38,023
KAT8	C13	G+Q+EY	ÜST	26,33	2,17	-1,359	-17,275
KAT7	C13	G+Q+EX	ALT	0	-7,33	-11,026	0
KAT7	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-7,33	4,372	0
KAT7	C13	G+Q+EY	ALT	29,6	1,92	2,801	43,166
KAT7	C13	G+Q+EY	ÜST	29,6	1,92	-1,222	-18,987
KAT6	C13	G+Q+EX	ALT	0	-8,47	-12,760	0
KAT6	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-8,47	5,020	0
KAT6	C13	G+Q+EY	ALT	32,37	1,61	2,336	47,583
KAT6	C13	G+Q+EY	ÜST	32,37	1,61	-1,055	-20,399
KAT5	C13	G+Q+EX	ALT	0	-9,49	-14,330	0
KAT5	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-9,49	5,601	0
KAT5	C13	G+Q+EY	ALT	34,65	1,26	1,789	51,269
KAT5	C13	G+Q+EY	ÜST	34,65	1,26	-0,856	-21,503
KAT4	C13	G+Q+EX	ALT	0	-10,4	-15,737	0
KAT4	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-10,4	6,111	0
KAT4	C13	G+Q+EY	ALT	36,43	0,85	1,150	54,256
KAT4	C13	G+Q+EY	ÜST	36,43	0,85	-0,625	-22,250
KAT3	C13	G+Q+EX	ALT	0	-11,16	-16,907	0
KAT3	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-11,16	6,527	0
KAT3	C13	G+Q+EY	ALT	37,59	0,39	0,455	56,564
KAT3	C13	G+Q+EY	ÜST	37,59	0,39	-0,355	-22,370
KAT2	C13	G+Q+EX	ALT	0	-11,75	-18,034	0
KAT2	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-11,75	6,643	0
KAT2	C13	G+Q+EY	ALT	38,08	-0,26	-0,614	59,802
KAT2	C13	G+Q+EY	ÜST	38,08	-0,26	-0,06	-20,165
KAT1	C13	G+Q+EX	ALT	0	-9,1	-14,286	0
KAT1	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-9,1	4,816	0
KAT1	C13	G+Q+EY	ALT	33,21	-0,34	-0,33	64,222
KAT1	C13	G+Q+EY	ÜST	33,21	-0,34	0,382	-5,510

Çizelge 513 Perdeli sistem C13 kolonu kesit tesirleri

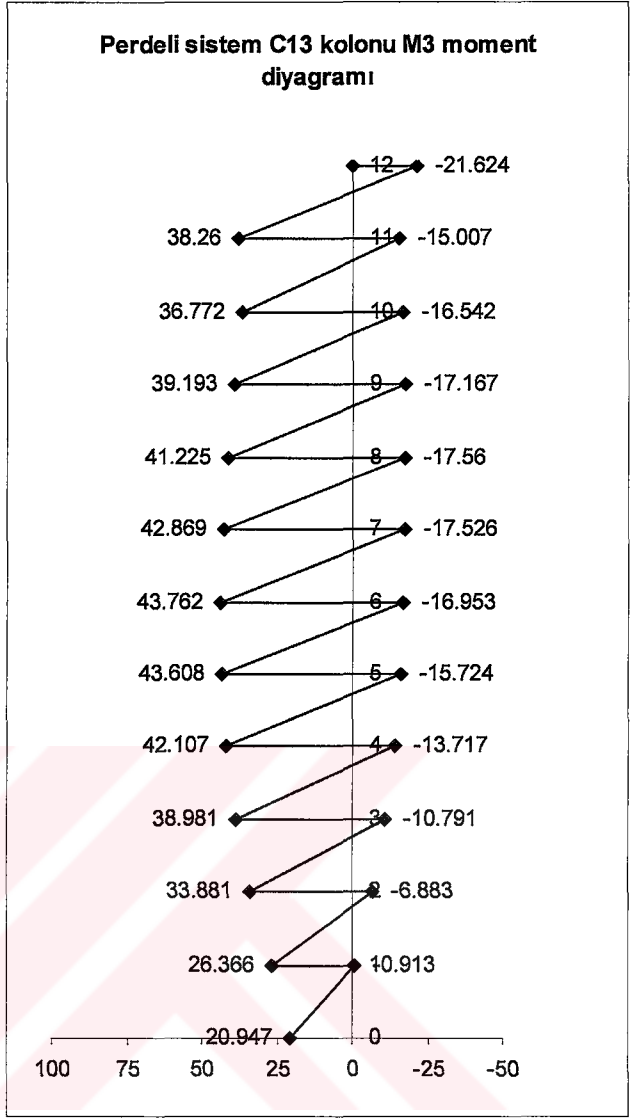
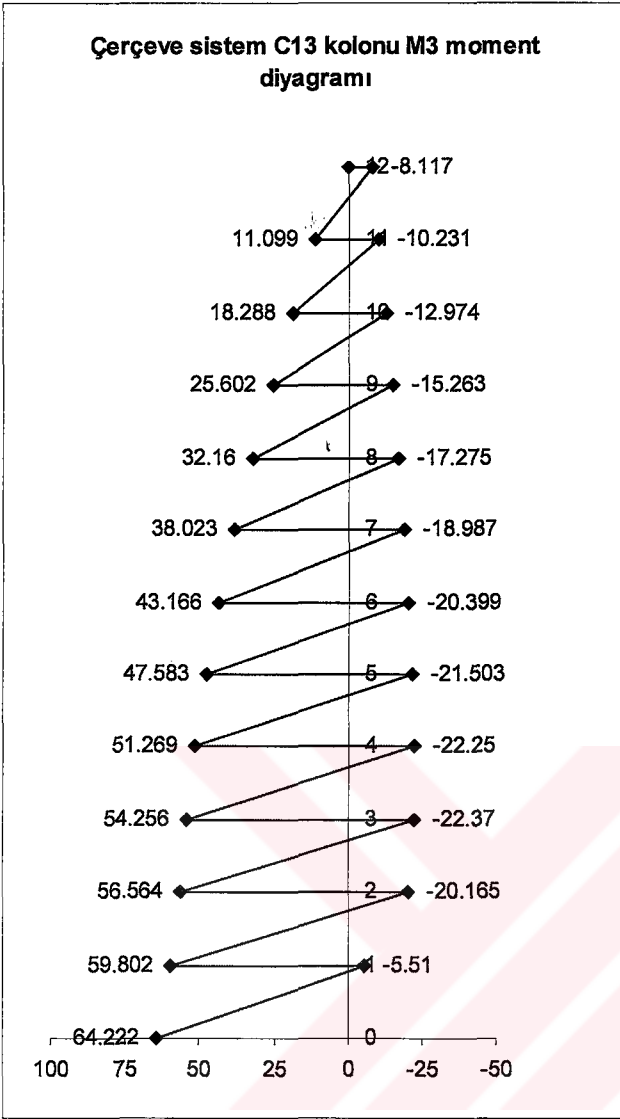
KAT	KOLON	YÜK	KONUM	V2	V3	M2	M3
KAT12	C13	G+Q+EX	ALT	0	-0,38	-0,343	0
KAT12	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-0,38	0,458	0
KAT12	C13	G+Q+EY	ALT	28,52	5,07	7,618	38,260
KAT12	C13	G+Q+EY	ÜST	28,52	5,07	-3,036	-21,624
KAT11	C13	G+Q+EX	ALT	0	-0,91	-1,408	0
KAT11	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-0,91	0,503	0
KAT11	C13	G+Q+EY	ALT	24,66	4,93	7,307	36,772
KAT11	C13	G+Q+EY	ÜST	24,66	4,93	-3,041	-15,007
KAT10	C13	G+Q+EX	ALT	0	-1,84	-2,769	0
KAT10	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-1,84	1,087	0
KAT10	C13	G+Q+EY	ALT	26,54	4,67	6,944	39,193
KAT10	C13	G+Q+EY	ÜST	26,54	4,67	-2,853	-16,542
KAT9	C13	G+Q+EX	ALT	0	-2,76	-4,185	0
KAT9	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-2,76	1,603	0
KAT9	C13	G+Q+EY	ALT	27,81	4,41	6,528	41,225
KAT9	C13	G+Q+EY	ÜST	27,81	4,41	-2,726	-17,167
KAT8	C13	G+Q+EX	ALT	0	-3,68	-5,598	0
KAT8	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-3,68	2,123	0
KAT8	C13	G+Q+EY	ALT	28,78	4,06	5,989	42,869
KAT8	C13	G+Q+EY	ÜST	28,78	4,06	-2,536	-17,560
KAT7	C13	G+Q+EX	ALT	0	-4,52	-6,898	0
KAT7	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-4,52	2,589	0
KAT7	C13	G+Q+EY	ALT	29,18	3,64	5,338	43,762
KAT7	C13	G+Q+EY	ÜST	29,18	3,64	-2,304	-17,526
KAT6	C13	G+Q+EX	ALT	0	-5,22	-7,998	0
KAT6	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-5,22	2,967	0
KAT6	C13	G+Q+EY	ALT	28,84	3,14	4,570	43,608
KAT6	C13	G+Q+EY	ÜST	28,84	3,14	-2,026	-16,953
KAT5	C13	G+Q+EX	ALT	0	-5,72	-8,801	0
KAT5	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-5,72	3,219	0
KAT5	C13	G+Q+EY	ALT	27,54	2,56	3,682	42,107
KAT5	C13	G+Q+EY	ÜST	27,54	2,56	-1,700	-15,724
KAT4	C13	G+Q+EX	ALT	0	-5,96	-9,215	0
KAT4	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-5,96	3,304	0
KAT4	C13	G+Q+EY	ALT	25,09	1,9	2,665	38,981
KAT4	C13	G+Q+EY	ÜST	25,09	1,9	-1,326	-13,717
KAT3	C13	G+Q+EX	ALT	0	-5,83	-9,063	0
KAT3	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-5,83	3,174	0
KAT3	C13	G+Q+EY	ALT	21,27	1,17	1,560	33,881
KAT3	C13	G+Q+EY	ÜST	21,27	1,17	-0,9	-10,791
KAT2	C13	G+Q+EX	ALT	0	-5,41	-8,582	0
KAT2	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-5,41	2,769	0
KAT2	C13	G+Q+EY	ALT	15,83	0,24	0,066	26,366
KAT2	C13	G+Q+EY	ÜST	15,83	0,24	-0,436	-6,883
KAT1	C13	G+Q+EX	ALT	0	-3,8	-6,003	0
KAT1	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-3,8	1,974	0
KAT1	C13	G+Q+EY	ALT	10,41	-0,16	-0,155	20,947
KAT1	C13	G+Q+EY	ÜST	10,41	-0,16	0,179	-0,913

Çizelge 5.14 Çaprazlı sistem (R=6) C13 kolonu kesit tesirleri

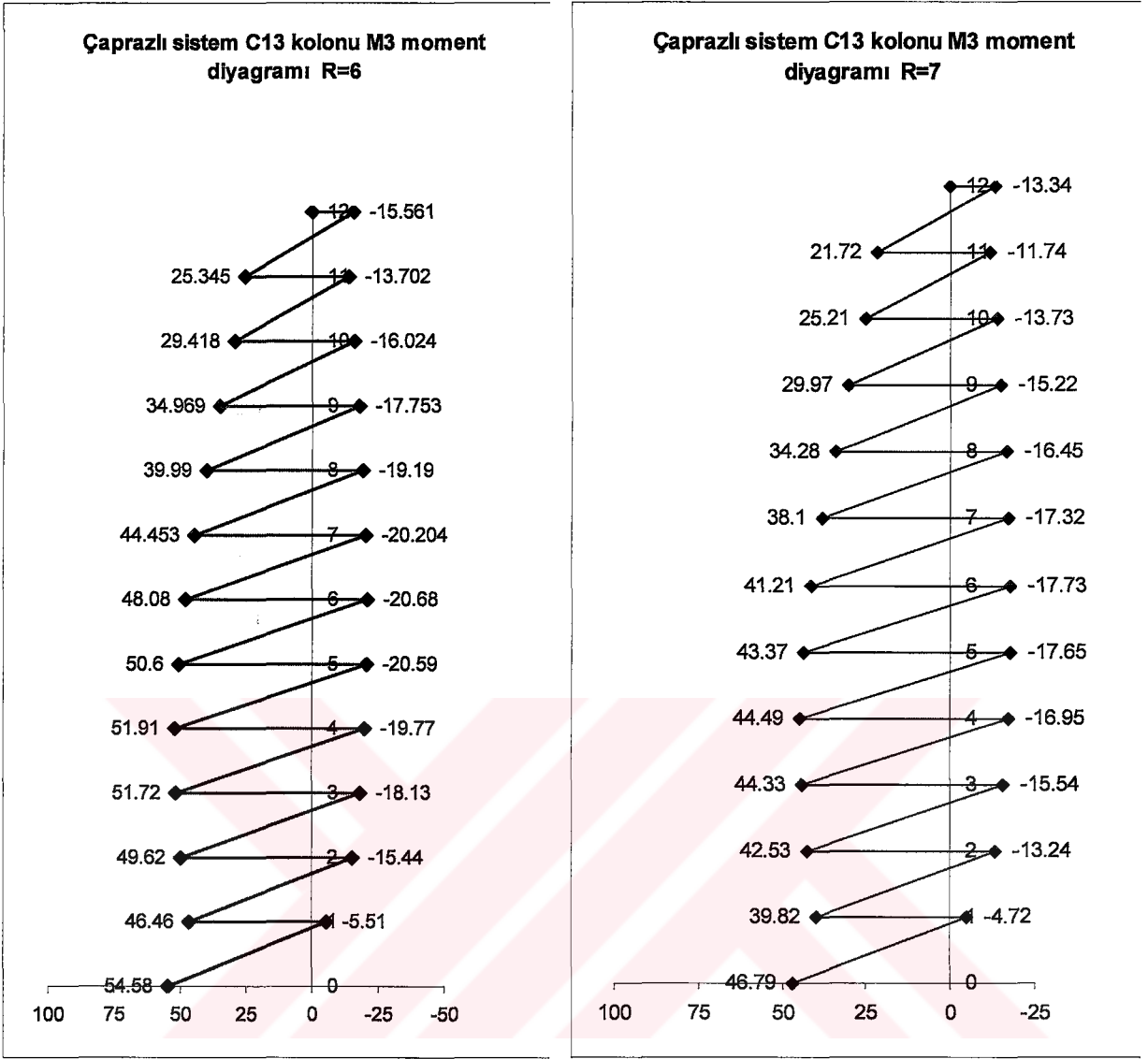
KAT	KOLON	YÜK	KONUM	V2	V3	M2	M3
KAT12	C13	G+Q+EX	ALT	0	-0,49	-0,446	0
KAT12	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-0,49	0,577	0
KAT12	C13	G+Q+EY	ALT	19,48	3,38	5,165	25,345
KAT12	C13	G+Q+EY	ÜST	19,48	3,38	-1,924	-15,561
KAT11	C13	G+Q+EX	ALT	0	-1,56	-2,325	0
KAT11	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-1,56	0,944	0
KAT11	C13	G+Q+EY	ALT	20,53	3,43	5,073	29,418
KAT11	C13	G+Q+EY	ÜST	20,53	3,43	-2,131	-13,702
KAT10	C13	G+Q+EX	ALT	0	-2,94	-4,384	0
KAT10	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-2,94	1,800	0
KAT10	C13	G+Q+EY	ALT	24,28	3,22	4,792	34,969
KAT10	C13	G+Q+EY	ÜST	24,28	3,22	-1,970	-16,024
KAT9	C13	G+Q+EX	ALT	0	-4,25	-6,376	0
KAT9	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-4,25	2,548	0
KAT9	C13	G+Q+EY	ALT	27,5	3,03	4,491	39,990
KAT9	C13	G+Q+EY	ÜST	27,5	3,03	-1,880	-17,753
KAT8	C13	G+Q+EX	ALT	0	-5,52	-8,312	0
KAT8	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-5,52	3,275	0
KAT8	C13	G+Q+EY	ALT	30,31	2,78	4,097	44,453
KAT8	C13	G+Q+EY	ÜST	30,31	2,78	-1,742	-19,194
KAT7	C13	G+Q+EX	ALT	0	-6,66	-10,086	0
KAT7	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-6,66	3,890	0
KAT7	C13	G+Q+EY	ALT	32,52	2,47	3,618	48,082
KAT7	C13	G+Q+EY	ÜST	32,52	2,47	-1,572	-20,204
KAT6	C13	G+Q+EX	ALT	0	-6,83	-10,391	0
KAT6	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-6,83	3,950	0
KAT6	C13	G+Q+EY	ALT	33,94	2,1	3,050	50,600
KAT6	C13	G+Q+EY	ÜST	33,94	2,1	-1,367	-20,682
KAT5	C13	G+Q+EX	ALT	0	-7,54	-11,473	0
KAT5	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-7,54	4,354	0
KAT5	C13	G+Q+EY	ALT	34,52	1,67	2,388	51,910
KAT5	C13	G+Q+EY	ÜST	34,52	1,67	-1,125	-20,588
KAT4	C13	G+Q+EX	ALT	0	-8	-12,213	0
KAT4	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-8	4,576	0
KAT4	C13	G+Q+EY	ALT	34,04	1,17	1,622	51,719
KAT4	C13	G+Q+EY	ÜST	34,04	1,17	-0,845	-19,775
KAT3	C13	G+Q+EX	ALT	0	-8,08	-12,389	0
KAT3	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-8,08	4,580	0
KAT3	C13	G+Q+EY	ALT	32,26	0,63	0,792	49,619
KAT3	C13	G+Q+EY	ÜST	32,26	0,63	-0,524	-18,134
KAT2	C13	G+Q+EX	ALT	0	-7,9	-12,292	0
KAT2	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-7,9	4,306	0
KAT2	C13	G+Q+EY	ALT	29,48	-0,12	-0,418	46,462
KAT2	C13	G+Q+EY	ÜST	29,48	-0,12	-0,173	-15,443
KAT1	C13	G+Q+EX	ALT	0	-6,29	-9,870	0
KAT1	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-6,29	3,331	0
KAT1	C13	G+Q+EY	ALT	28,62	-0,29	-0,282	54,584
KAT1	C13	G+Q+EY	ÜST	28,62	-0,29	0,326	-5,509

Çizelge 5,15 Çaprazlı sistem (R=7) C13 kolonu kesit tesirleri

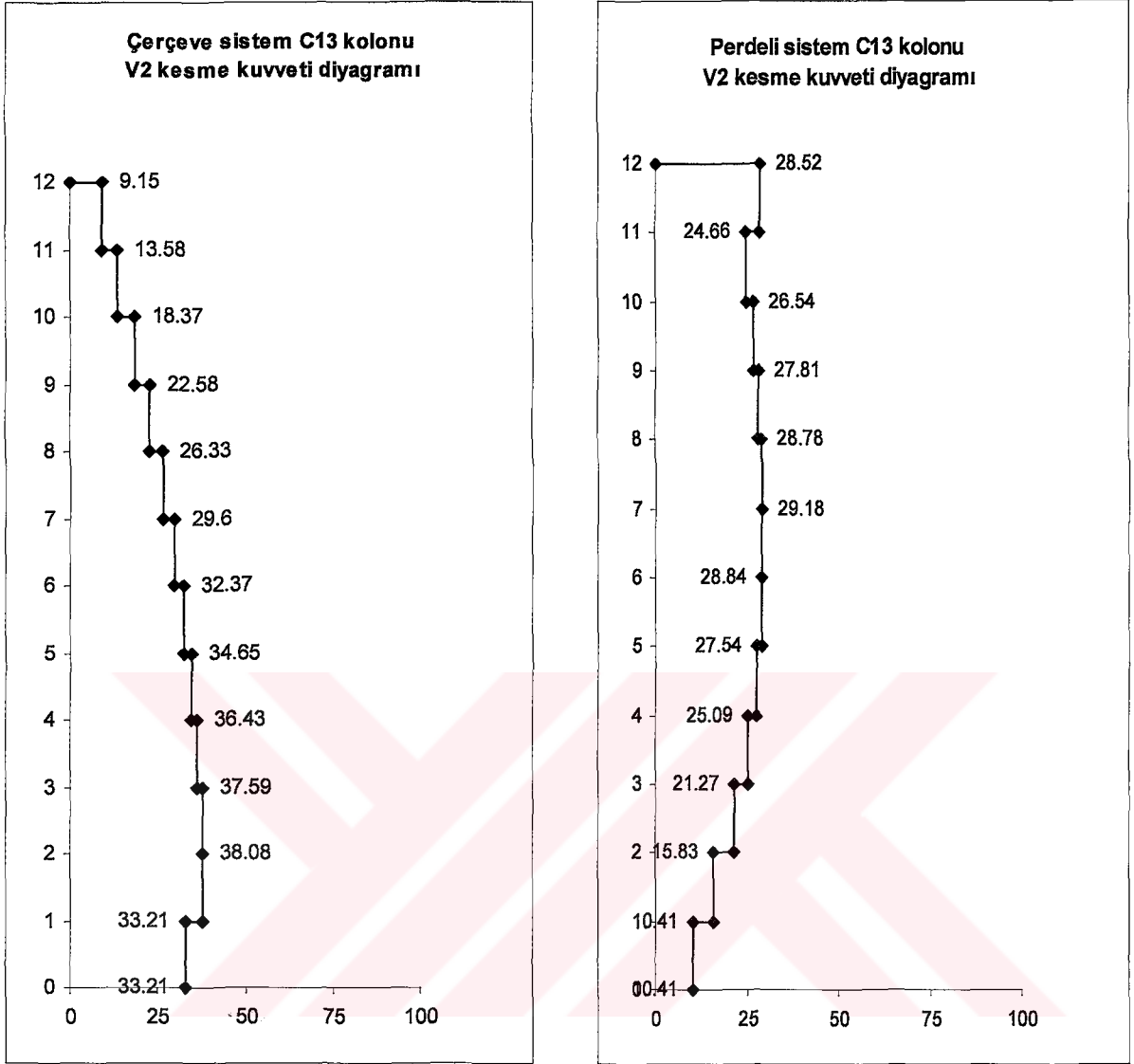
KAT	KOLON	YÜK	KONUM	V2	V3	M2	M3
KAT12	C13	G+Q+EX	ALT	0	-0,16	0,029	0
KAT12	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-0,16	0,365	0
KAT12	C13	G+Q+EY	ALT	16,7	3,38	5,165	21,724
KAT12	C13	G+Q+EY	ÜST	16,7	3,38	-1,924	-13,338
KAT11	C13	G+Q+EX	ALT	0	-1,13	-1,698	0
KAT11	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-1,13	0,684	0
KAT11	C13	G+Q+EY	ALT	17,6	3,43	5,073	25,215
KAT11	C13	G+Q+EY	ÜST	17,6	3,43	-2,131	-11,745
KAT10	C13	G+Q+EX	ALT	0	-2,42	-3,607	0
KAT10	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-2,42	1,481	0
KAT10	C13	G+Q+EY	ALT	20,81	3,22	4,792	29,974
KAT10	C13	G+Q+EY	ÜST	20,81	3,22	-1,970	-13,734
KAT9	C13	G+Q+EX	ALT	0	-3,63	-5,456	0
KAT9	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-3,63	2,173	0
KAT9	C13	G+Q+EY	ALT	23,57	3,03	4,491	34,277
KAT9	C13	G+Q+EY	ÜST	23,57	3,03	-1,880	-15,217
KAT8	C13	G+Q+EX	ALT	0	-4,81	-7,261	0
KAT8	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-4,81	2,850	0
KAT8	C13	G+Q+EY	ALT	25,98	2,78	4,097	38,103
KAT8	C13	G+Q+EY	ÜST	25,98	2,78	-1,742	-16,452
KAT7	C13	G+Q+EX	ALT	0	-5,88	-8,925	0
KAT7	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-5,88	3,427	0
KAT7	C13	G+Q+EY	ALT	27,87	2,47	3,618	41,213
KAT7	C13	G+Q+EY	ÜST	27,87	2,47	-1,572	-17,317
KAT6	C13	G+Q+EX	ALT	0	-6,07	-9,253	0
KAT6	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-6,07	3,499	0
KAT6	C13	G+Q+EY	ALT	29,09	2,1	3,050	43,371
KAT6	C13	G+Q+EY	ÜST	29,09	2,1	-1,367	-17,728
KAT5	C13	G+Q+EX	ALT	0	-6,76	-10,299	0
KAT5	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-6,76	3,890	0
KAT5	C13	G+Q+EY	ALT	29,59	1,67	2,388	44,494
KAT5	C13	G+Q+EY	ÜST	29,59	1,67	-1,125	-17,647
KAT4	C13	G+Q+EX	ALT	0	-7,22	-11,041	0
KAT4	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-7,22	4,117	0
KAT4	C13	G+Q+EY	ALT	29,18	1,17	1,622	44,330
KAT4	C13	G+Q+EY	ÜST	29,18	1,17	-0,845	-16,950
KAT3	C13	G+Q+EX	ALT	0	-7,34	-11,272	0
KAT3	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-7,34	4,147	0
KAT3	C13	G+Q+EY	ALT	27,65	0,63	0,792	42,530
KAT3	C13	G+Q+EY	ÜST	27,65	0,63	-0,524	-15,543
KAT2	C13	G+Q+EX	ALT	0	-7,24	-11,286	0
KAT2	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-7,24	3,926	0
KAT2	C13	G+Q+EY	ALT	25,27	-0,12	-0,418	39,825
KAT2	C13	G+Q+EY	ÜST	25,27	-0,12	-0,173	-13,237
KAT1	C13	G+Q+EX	ALT	0	-5,78	-9,058	0
KAT1	C13	G+Q+EX	ÜST	0	-5,78	3,077	0
KAT1	C13	G+Q+EY	ALT	24,53	-0,29	-0,282	46,786
KAT1	C13	G+Q+EY	ÜST	24,53	-0,29	0,326	-4,722



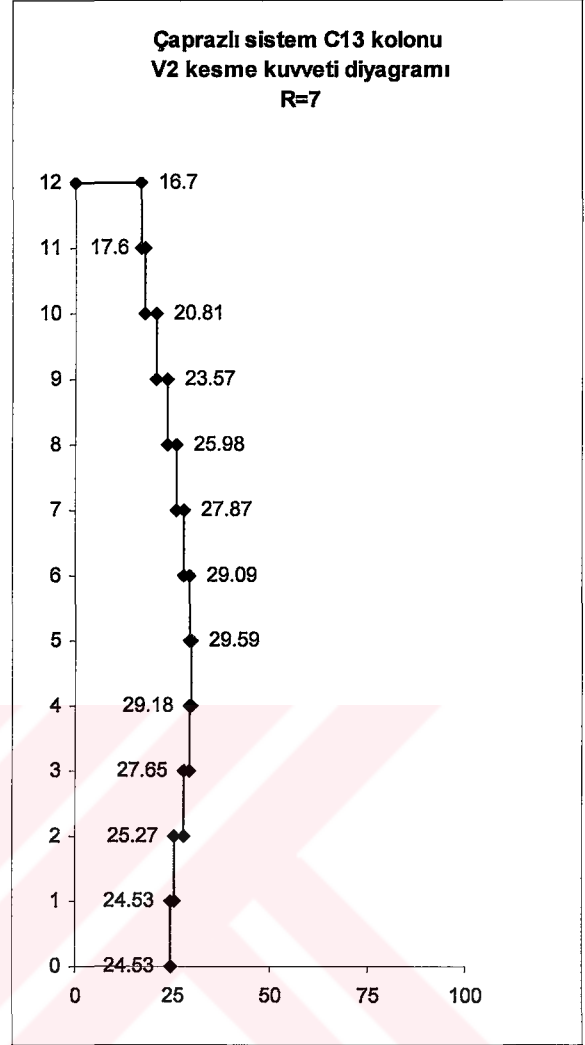
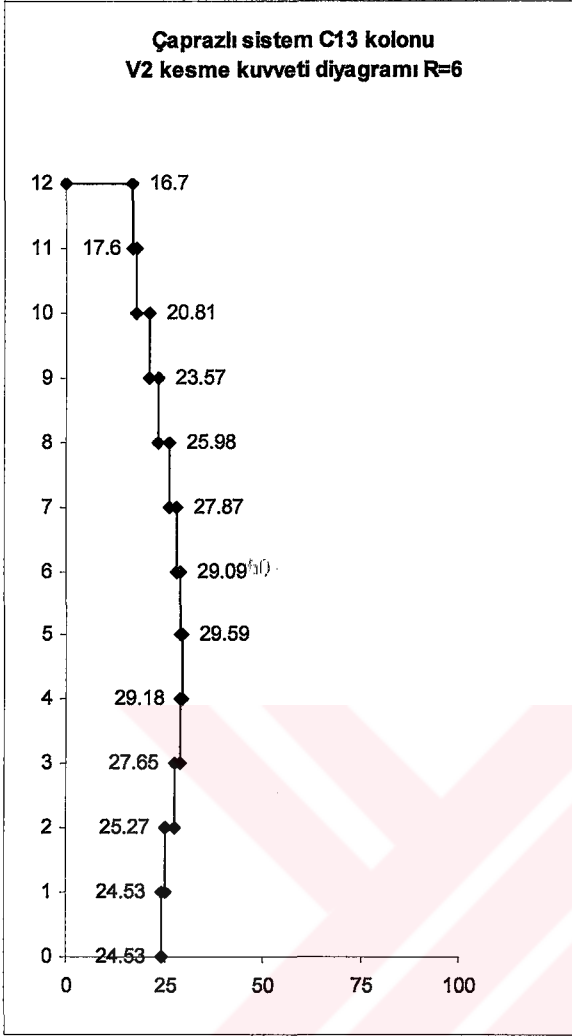
Şekil 5.12 C13 kolunu çerçeve ve perdeli sistem eğilme momenti grafikleri



Şekil 5.13 C13 kolonu çaprazlı sistemler için eğilme momenti grafikleri



Şekil 5.14 C13 kolunu çerçeve ve perdeli sistem kesme kuvveti grafikleri



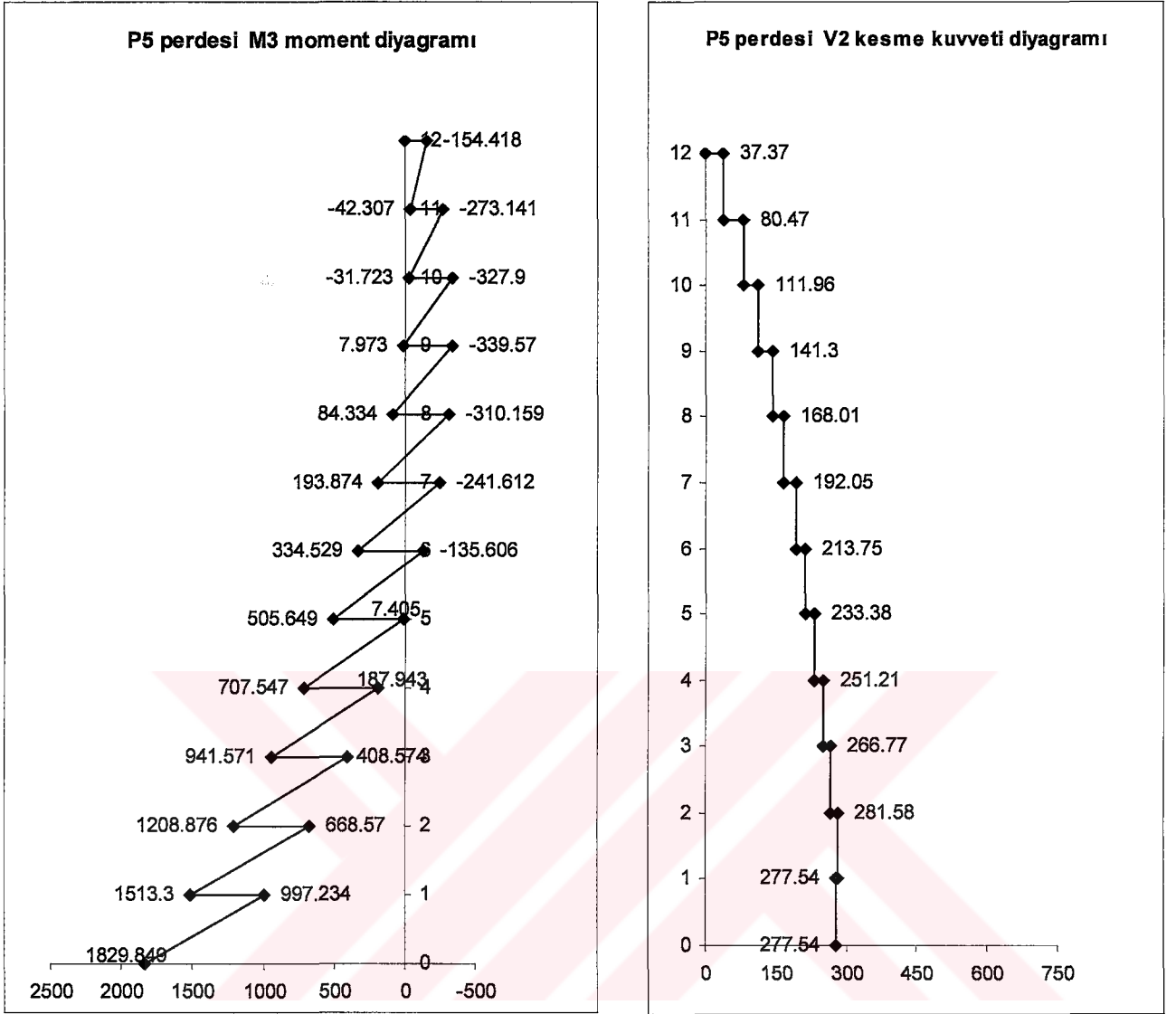
Şekil 5.15 C13 kolunu çaprazlı sistemler için kesme kuvveti grafikleri

5.6 Perde Elemanı Kesit Tesirleri

Perdeli taşıyıcı sisteme ait P5 perdesinin deprem yüklemesinden dolayı eğilme momenti ve kesme kuvveti diyagramı Şekil 5.16'da görülmektedir. Bilindiği ve beklendiği üzere yatay yüklemelerden dolayı perdelerin tabanında kesme kuvveti ve eğilme momenti yüksek çıkmakta, deprem etkisinin büyük bir kısmını da bu doğrultudaki perdeler almaktadır.

Çizelge 5.16 P5 perde elemanı kesit tesirleri

KAT	PERDE	YÜK	KONUM	V2	M3
KAT12	P5	G+Q+EY	ÜST	37,37	-154,418
KAT12	P5	G+Q+EY	ALT	37,37	-42,307
KAT11	P5	G+Q+EY	ÜST	80,47	-273,141
KAT11	P5	G+Q+EY	ALT	80,47	-31,723
KAT10	P5	G+Q+EY	ÜST	111,96	-327,903
KAT10	P5	G+Q+EY	ALT	111,96	7,973
KAT9	P5	G+Q+EY	ÜST	141,3	-339,570
KAT9	P5	G+Q+EY	ALT	141,3	84,334
KAT8	P5	G+Q+EY	ÜST	168,01	-310,159
KAT8	P5	G+Q+EY	ALT	168,01	193,874
KAT7	P5	G+Q+EY	ÜST	192,05	-241,612
KAT7	P5	G+Q+EY	ALT	192,05	334,529
KAT6	P5	G+Q+EY	ÜST	213,75	-135,606
KAT6	P5	G+Q+EY	ALT	213,75	505,649
KAT5	P5	G+Q+EY	ÜST	233,38	7,405
KAT5	P5	G+Q+EY	ALT	233,38	707,547
KAT4	P5	G+Q+EY	ÜST	251,21	187,943
KAT4	P5	G+Q+EY	ALT	251,21	941,571
KAT3	P5	G+Q+EY	ÜST	266,77	408,574
KAT3	P5	G+Q+EY	ALT	266,77	1,208,876
KAT2	P5	G+Q+EY	ÜST	281,58	668,570
KAT2	P5	G+Q+EY	ALT	281,58	1,513,300
KAT1	P5	G+Q+EY	ÜST	277,54	997,234
KAT1	P5	G+Q+EY	ALT	277,54	1,829,849



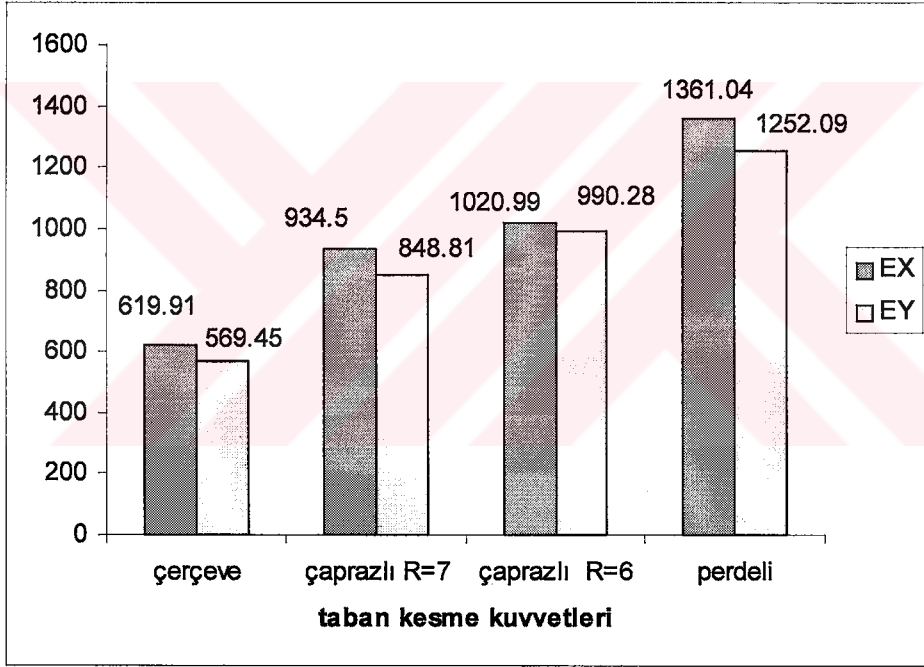
Şekil 5.16 P5 perdesi kesme kuvveti grafikleri

5.7 Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Modellerin analiz sonuçlarından elde edilen temel üstü toplam kesme kuvvetleri, EX ve EY yükleme durumuna göre Çizelge 5.17’de sunulmuştur. R=6 alınan çaprazlı sistem taban kesme kuvveti değerleri çerçeve ve perdeli sistemin arasında kalmıştır. R=7 alındığında çaprazlı sistem beklendiği gibi daha az taban kesme kuvvetine maruz kalmaktadır.

Çizelge 5.17 Taban kesme kuvvetleri

		Çerçeve	Çaprazlı R=6	Çaprazlı R=7	Perdeli
Kat	Yükleme	V	V	V	V
1	EX	-619,91	-1020,99	-934,50	-1361,04
1	EY	-569,45	-990,28	-848,81	-1252,09



Şekil 5.17 Taban kesme kuvvetleri grafiği

5.8 Değerlendirme ve Öneriler

Bu tez kapsamında taşıyıcı sistemi betonarme olan geleneksel yapıların deprem etkisi altında, ne çerçeve sistemler gibi yüksek yerdeğiştirme yapması ne de perdeli taşıyıcı sistemler gibi büyük kesme kuvveti ve eğilme momentine maruz kalması amaçlanmıştır. Önerilen çaprazlı yapı modelinin, hem yaşam kalitesini arttırıcı 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 çözümlenmeler yapılarak birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalardan elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Deprem yükleri etkisi altında çaprazlı taşıyıcı sistemin, çerçeve taşıyıcı sistem ve perdeli taşıyıcı sistem arasında kalan bir kat yerdeğiştirmesi yaptığı görülmüştür.
- Çaprazlı taşıyıcı sistemlerin yapı analiz hesabında herhangi bir R süneklik katsayısı önerilmediği için hem R=6, hem de R=7 için iki ayrı çözüm yapılmıştır. R=6 için yapılan çözümün R=8 alınarak çözülen çerçeve sisteme yakın yerdeğiştirmeler verdiği, buna karşın R=7 için yapılan analizin R=6 alınarak hesabı yapılan perdeli sisteme yakın yerdeğiştirmeler verdiği görülmüştür. Buna göre bu tür yapıların hesabında R=7 alınması gerektiği anlaşılmaktadır.
- Her üç 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. Bu analizde hem R=6 hem de R=7 için analiz yapılmış olup, R=6 olması durumunda kesit tesirlerinin düzensiz olduğu buna karşın R=7 alınması durumunda çok daha düzenli değerler alındığı görülmüştür. Buradan da bu tür taşıyıcı sistemlerin analiz hesabında R=7 alınması önerilmektedir.
- Taşıyıcı sistemlerin periyotları karşılaştırıldığında, çaprazlı taşıyıcı sistemin periyodunun çerçeve ve perdeli taşıyıcı sistemler arasında ve perdeli taşıyıcı sisteme daha yakın olduğu

görülmüştür. Bundan önceki iki madde de tavsiye edilen $R=7$ alınması önerisi açıkça kendisini göstermektedir.

Her üç model içinde taban kesme kuvvetlerinin incelenmesinden; $R=6$ ve $R=7$ için yapılan çaprazlı taşıyıcı sistemin analizinden $R=7$ alınması durumunda, çerçeve ve perdeli taşıyıcı sistem arasında kalması ve $R=6$ ya göre daha makul sonuçlar vermesi bakımından yine araştırma konusu çaprazlı yapılar için $R=7$ alınması daha uygun olacaktır.

Tüm bu sonuçlar aynı bir yapının çerçeve, perdeli 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.



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 Toplantısı 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.
- Matthevson, C. D., ve Davey, R. A., (1980), ‘Precast Concrete Braced Frames Incorporation Load- 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 Strucrtal Division, ASCE, December, 183-189.
- Sugano ve Fujimura, (1980), ‘Seismic strengthening of existing reinforced concrete buildings’, Proc. 7th World Conf. on Earthquake Engineering, Turkey.
- Yılmaz, Ü., (1999), Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Lisans Tezi, İ.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 01.10.1979

Doğum yeri Rize

Lise 1994-1997 Ataköy Cumhuriyet Lisesi

Lisans 1997-2001 Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fak.
İnşaat Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2002-2005 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Müh. Anabilim Dalı, Mekanik Programı

Çalıştığım kurum

2004-Devam ediyor Aks Proje Yapı Denetim A.Ş.

