

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MEVCUT BETONARME BİNALARIN PERFORMANS
ANALİZLERİ**

İnş. Müh. İsmet KOPARAN

**FBE İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı Mühendisliği Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. H. Orhun KÖKSAL

İSTANBUL, 2006

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xiii
ÖNSÖZ	xv
ÖZET	xvi
ABSTRACT	xvii
1 GİRİŞ	1
2 PERFORMANSA DAYALI TASARIM KAVRAMI	3
2.1 Performans Hedefleri	3
2.2 Performansa Dayalı Tasarım İçin Analiz Yöntemleri	5
2.2.1 Doğrusal Olmayan Statik İtme Analizi	6
2.2.2 Kapasite Spektrumu Yöntemi (KSY)	8
2.2.2.1 Kapasite Eğrisinin Kapasite Spektrumuna Dönüştürülmesi	8
2.2.2.2 Kapasite Spektrumunun İki Doğrulu Hale Getirilmesi	10
2.2.2.3 Etkin Sönüm Tahmini ve %5 Sönümlü Elastik Talep Spektrumunun İndirgenmesi	11
2.2.3 Deplasman Katsayıları Yöntemi (DKY)	15
2.3 Binaların Deprem Performansının Belirlenmesi	20
2.3.1 Hemen Kullanım Durumu	21
2.3.2 Can Güvenliği Durumu	21
2.2.3 Göçmenin Önlenmesi Durumu	22
3 MEVCUT BETONARME YAPILARIN PERFORMANS DEĞERLENDİRMELERİNDE KULLANILAN HESAP YÖNTEMİ VE KABULLER	23
3.1 Modelleme	23
3.2 Yük-Şekil Değiştirme İlişkileri, Mafsal Özellikleri	24
3.2.1 Malzeme Modelleri	28
3.2.1.1 Mander Beton Modeli	28
3.2.1.1.1 Etkin Kuşatma Gerilmesi ve Kuşatma Etkinlik Katsayısı	37
3.2.1.1.2 Fretli ve Spiralli Kuşatma Donatılı Kesitler İçin Kuşatma Etkinlik Katsayısı	38
3.2.1.1.3 Dikdörtgen Kuşatma Donatılı Kesitler İçin Kuşatma Etkinlik Katsayısı	39
3.2.1.1.4 Kuşatılmış Beton Taşıma Gücü	41
3.2.1.1.5 Betondaki En Büyük Birim Kısalma	42
3.2.1.2 Donatı Çeliği Modeli	42
3.2.2 Moment - Eğrilik İlişkileri	43

3.2.2.1	Kesitin Eğriliği.....	44
3.2.2.2	Moment - Eğrilik İlişkinin Teorik Olarak Hesaplanması	46
3.2.1	Moment - Eğrilik Diyagramlarının İki Doğrulu Hale Getirilmesi	49
3.3	Analiz Sonuçları ve Performans Değerlendirme Yöntemi	51
3.3.1	Modal Kapasite Diyagramı.....	51
3.3.2	Modal Yer Değiştirme İsteminin Belirlenmesi	52
3.3.3	Hedef Yer Değiştirme ve Diğer İstem Büyüklüklerinin Belirlenmesi	54
3.3.4	Şekil Değiştirmeye Göre Performans Değerlendirmesi	54
3.3.5	Kesme Kuvvetine Göre Performans Değerlendirmesi	55
4	ESKİ YÖNETMELİKLERE GÖRE İNŞA EDİLEN BETONARME BİR YAPININ GÜÇLENDİRME ÖNCESİ VE SONRA DEPREM PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	57
4.1	Yapının Tanıtılması	57
4.1.1	Mevcut Yapı	57
4.1.2	Güçlendirilmiş Yapı.....	65
4.2	Düşey Yük Analizi, Dinamik Analiz Sonuçları ve Yatay Yük Analizi	74
4.3	Yük - Şekil Değiştirme İlişkileri ve Mafsallık Özellikleri.....	78
4.4	Analiz Sonuçları ve Performans Değerlendirmesi	80
4.4.1	Kapasite Eğrilerinin Elde Edilmesi	80
4.4.1.1	Mevcut Yapı	80
4.4.1.2	Güçlendirilmiş Yapı.....	88
4.4.2	Modal Yer Değiştirme İstemi ve Hedef Yer Değiştirmenin Belirlenmesi	96
4.4.2.1	Mevcut Yapı	96
4.4.2.2	Güçlendirilmiş Yapı.....	96
4.4.3	Şekil Değiştirmeye Göre Performans Değerlendirmesi	98
4.4.4	Kesme Kuvveti Kontrolleri.....	107
4.4.5	FEMA'ya Göre Performans Değerlendirmesi.....	117
5	ABYYHY 97'YE GÖRE İNŞA EDİLMİŞ BETONARME BİR YAPININ, DEPREM PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	122
5.1	Yapının Tanıtılması	122
5.2	Düşey Yük Analizi, Dinamik Analiz Sonuçları ve Yatay Yük Analizi	128
5.3	Yük - Şekil Değiştirme İlişkileri ve Mafsallık Özellikleri.....	131
5.4	Analiz Sonuçları ve Performans Değerlendirmesi	132
5.4.1	Kapasite Eğrilerinin Elde Edilmesi	132
5.4.2	Modal Yer Değiştirme İstemi ve Hedef Yer Değiştirmenin Belirlenmesi	141
5.4.3	Şekil Değiştirmeye Göre Performans Değerlendirmesi	143
5.4.4	Kesme Kuvveti Kontrolleri.....	153
5.4.5	FEMA'ya Göre Performans Değerlendirmesi.....	154
6	SONUÇLAR.....	160
6.1	Eski Yönetmeliklere Göre İnşa Edilen Yapı	160
6.1.1	Mevcut Yapı	160
6.1.2	Güçlendirilmiş Yapı.....	162
6.1.2.1	ABYYHY 2005'e Göre Performans Değerlendirmesi.....	164
6.1.2.2	FEMA'ya Göre Performans Değerlendirmesi.....	165
6.2	ABYYHY 97'ye Göre İnşa Edilen Yapı.....	166

6.2.1	ABYYHY 2005'e Göre Performans Değerlendirmesi.....	168
6.2.2	FEMA'ya Göre Performans Değerlendirmesi.....	168
6.3	ABYYHY 2005 ve FEMA'ya Göre Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması ...	169
6.4	Genel Değerlendirme ve Öneriler.....	169
KAYNAKLAR.....		172
EKLER		174
Ek 1 Yapısal Modelde Kullanılan Çubuk Eleman Numaraları		175
Ek 2 Kiriş ve Kolonlarda Plastik Dönme Dağılımları		184
Ek 3 FEMA Kabul Edilebilirlik Kriterleri.....		189
ÖZGEÇMİŞ.....		191

SİMGE LİSTESİ

a	Modal sözde ivme
$a_{p,1}$	Birinci moda ait eşdeğer son limit sözde ivmesi
$a_{y,1}$	Birinci moda ait eşdeğer akma sözde ivmesi
A	Alan
A_c	Kolon veya perdenin brüt kesit alanı
A_o	Etkin yer ivmesi katsayısı
A_{co}	Çekirdek beton alanı
A'_{co}	Net çekirdek beton alanı
A_{et}	Kuşatılmış beton alanı
A_g	Brüt kesit alanı
A_s	Donatı alanı
A_{sp}, A_{sw}	Kuşatma donatısı kesim alanı
$A_{sh(x,y)}$	x veya y yönünde kuşatma donatısı alanı
b_{co}, h_{co}	Dikdörtgen kesitli kolonlarda birbirine dik iki doğrultudaki en dış kuşatma donatısı merkezleri arasında kalan mesafeler
C	En dış kuşatma merkezleri arasındaki mesafe
C_c	Beton basınç kuvveti
C_0	Modal Şekil Faktörü
C_1	Plastik davranışın idealleştirildiği sistemlerde, doğrusal olmayan davranışı temsil edebilmek için uygulanan düzeltme katsayısı
C_2	Histerik çevrimdeki mukavemet ve rijitlik azalışlarını temsil etmek için kullanılan katsayı
C_3	İkinci mertebe etkilerini dikkate alan katsayı
d	Kesitin faydalı yüksekliği
d	Modal yer değiştirme
$d_{p,1}$	Birinci moda ait eşdeğer son limit yer değiştirme
$d_{y,1}$	Birinci moda ait eşdeğer akma yer değiştirmesi
E_c	Beton elastisite modülü
E_D	Sönümlenme ile yutulan enerji
E_s	Donatı çeliği elastisite modülü
E_{SEC}	Sekant elastisite modülü
E_{so}	Maksimum şekil değiştirme enerjisi
$E_{x,(y)}$	x veya y doğrultusunda deprem yüklemesi
f_c	Betonun basınç dayanımı
f_{cc}	Sargılı betonun basınç dayanımı
f_{ck}	Betonun kapasite dayanımı
f_{yh}	Sargı donatısı akma dayanımı
f_{ywk}	Sargı donatısı kapasite dayanımı
f_{sh}	Enine donatıda gerilme
f_{sy}	Donatı çeliği akma dayanımı
f_{su}	Donatı çeliği kopma dayanımı
G	Zati yük
h	Çalışan doğrultudaki kesit boyutu
h_i	Kat yüksekliği
H	Yapı yüksekliği
I	Yapı önem katsayısı
k	Malzeme sabiti
k_1	Kuşatma gerilmesi katsayısı

k_2	Azaltma katsayısı
k_c	Kesit eğrilik istemine bağlı katsayı
kd	Tarafsız eksen derinliği
k_e	Kuşatma etkinlik katsayısı
$[k_{ij}]$	Rijitlik matrisi
K_e	Etkili yatay rijitlik
K_i	Yapının başlangıç yatay rijitliği
K_s	Yapının akma sonrası rijitliği
L_p	Plastik mafsal boyu
L_x	Katılım çarpanı (x yönü)
$[m_{ij}]$	Kütle matrisi
$m_n(i)$	n. (i.) kata ait kütle
m_θ	Kütle eylemsizlik momenti
M	Moment
M_{bx}	Etkili modal kütle (x yönü)
P	Eksenel yük
PF_1	Birinci mod için modal katılım çarpanı
Q	Hareketli yük
r	Betonun elastisite ve sekant elastisite modüllerine bağlı bir fonksiyon
R	Eğrilik yarıçapı
R	Yapı davranış katsayısı
R_y	Dayanım azaltma katsayısı
s	Sargı adımı
S_a	Spektral ivme
$S_{ae,1}$	Birinci moda ait elastik spektral sözde ivme
$S_{ai,1}$	Birinci moda ait elastik olmayan (nonlinear) spektral sözde ivme
S_d	Spektral yer değiştirme
$S_{de,1}$	Birinci moda ait elastik spektral yer değiştirme
$S_{di,1}$	Birinci moda ait elastik olmayan (nonlinear) spektral yer değiştirme
S_i	Her bir donatı sırasında oluşan iç kuvvet
SR_A, SR_V	Spektral indirgeme katsayıları
T_A, T_B	Karakteristik periyotlar
T_e	Etkili periyot
T_i	i. mod doğal titreşim periyodu
u_{nx}	x yönü tepe yer değiştirmesi
U_{co}	Kuşatılmamış beton birim hacmindeki şekil değiştirme enerjisi
U_{cc}	Kuşatılmış beton birim hacmindeki şekil değiştirme enerjisi
U_{sc}	Basınç altındaki boyuna donatıyı akma durumunda tutacak enerji
U_{sf}	Kuşatma donatısı kopma enerjisi
U_{sh}	Kuşatma donatısı birim hacmindeki şekil değiştirme enerjisi
$[v_i]$	Yer değiştirme vektörü
v_g	Yer hareketi
V, V_{bx}	Taban kesme kuvveti (x yönü)
V_e	Kesme kuvveti kapasitesi
V_c	Kesme kuvveti kapasitesine betonun katkısı
V_s	Kesme kuvveti kapasitesine çeliğin katkısı
W	Yapı ağırlığı
w	Boyuna donatılar arası mesafe
x	Sargısız beton basınç dayanımına karşı gelen birim kısalmanın taşıma gücü birim kısalmasına oranı

y_m	Kuşatma donatı sıraları arasındaki düşey mesafenin yarısında y 'nin en büyük değeri
Z	Zemin sınıfı
I	Birim matris
α	Akma sonrası rijitliğin akma öncesi rijitliğe oranı
α	Toplam gerilme çarpanı
α_1	Birinci mod için modal kütle katsayısı
b_0	Histerik sönümün eşdeğer viskoz sönüm cinsinden ifadesi
b_{eff}	Efektif sönüm
b_{eq}	Eşdeğer viskoz sönüm
γ	Ağırlık merkezi çarpanı
Γ_x	Göz önüne alınan doğrultuda elastik birinci moda ait katkı çarpanı (x yönü)
Δ	Yer değiştirme
ε_l	Taşıma gücüne karşı gelen birim kısalma
ε_c	Sargısız beton basınç dayanımına karşı gelen birim kısalma
ε_{co}	Sargısız kesit en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi
ε_{cc}	Sargılanmış beton basınç dayanımına karşı gelen birim kısalma
ε_{cu}	Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi
ε_s	Donatı çeliğindeki birim şekil değiştirme
ε_{sf}	Kuşatma donatısının kopma birim şekil değiştirmesi
ε_{sy}	Donatı çeliğinde akma birim şekil değiştirmesi
ε_{sh}	Donatı çeliğinde pekleşme başlangıcı birim şekil değiştirmesi
ε_{su}	Donatı çeliğinde kopma birim şekil değiştirmesi
$\emptyset$	Donatı çapı
Φ	Elastik birinci mod şekli vektörü
$\Phi_{nx,1}, (\varphi_n)$	Binanın tepesinde x deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliği
κ	Histerik sönüm düzeltme katsayısı
κ	Eğrilik
κ_y	Akma eğriliği
κ_p	Plastik eğrilik
κ_t	Toplam eğrilik
λ	Etkin olarak kuşatılmış beton alanı A_{et} 'nin çekirdek beton alanı A_{co} 'a oranı
μ_k	Kesitin eğrilik sünekliği
ξ	Sönüm oranı
ρ_{co}	Boyuna donatı toplam alanının beton çekirdek alanına oranı
ρ_s	Kesitte mevcut bulunan ve sargı etkisi sağlayabilen (135° kancalı) enine donatının hacimsel oranı
ρ_{sm}	ABYYHY 97 - 7.3.4, 7.4.4 veya 7.6.5.2'ye göre kesitte bulunması gereken enine donatının hacimsel oranı
σ_1	Çok eksenli yük taşıma gücü
σ_2, σ_3	Uygulanan yanal basınç gerilmeleri
σ_3	Etkin kuşatma gerilmesi
δt	Hedef yer değiştirme
θ_y	Akma dönmesi
θ_p	Plastik dönme
θ_t	Toplam dönme
ω	Açısal frekans
ω_e	Eşdeğer açısal frekans

KISALTMALAR

TS500	Türk Standardı 500
ABYYHY	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
İDMP	İstanbul Deprem Master Planı
PDT	Performansa Dayalı Tasarım
ATC	Applied Technology Council
FEMA	Federal Emergency Management Agency
SEAOC	Structural Engineers Association of California
KSY	Kapasite Spektrumu Yöntemi
DKY	Deplasman Katsayıları Yöntemi
ADRS	Acceleration - Displacement Response Spectrum
HK	Hemen Kullanım Performans Seviyesi
CG	Can Güvenliği Performans Seviyesi
GÖ	Göçmenin Önlenmesi Performans Seviyesi

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Taban kesme kuvveti - çatı yer değiştirmesi gösterilişi (Kapasite eğrisi).....	6
Şekil 2.2	Statik itme analizinde kullanılan yükleme formları.....	6
Şekil 2.3	Kapasite eğrisinin oluşturulması ve kapasitenin belirlenmesi.....	8
Şekil 2.4	Kapasite eğrisinin kapasite spektrumuna dönüştürülmesi.....	9
Şekil 2.5	Talep spektrumunun standart formattan ADRS formatına dönüştürülmesi.....	10
Şekil 2.6	Kapasite spektrumunun iki doğrulu hale getirilmesi.....	10
Şekil 2.7	Kapasite Spektrumu Metodu'nda eşdeğer doğrusallaştırmanın grafik olarak ifade edilmesi.....	11
Şekil 2.8	E_d ' nin hesaplanması.....	12
Şekil 2.9	İndirgenmiş talep spektrumu.....	14
Şekil 2.10	KSY ile deplasman taleplerinin belirlenmesi.....	14
Şekil 2.11	DKY ile deplasman taleplerinin belirlenmesi.....	15
Şekil 2.12	Modal Şekil Faktörü: C_0	16
Şekil 2.13	İdealleştirilmiş histerik davranış.....	17
Şekil 2.14	R katsayısı tanımı.....	18
Şekil 2.15	C_1 katsayısının R katsayısı ile etkileşimli olarak periyoda göre değişimi.....	18
Şekil 2.16	Histerik davranışta mukavemet ve rijitlik azalımı.....	19
Şekil 2.17	C_2 katsayısının B, C, D tipi zeminler için, R katsayısı ile etkileşimli olarak periyoda göre değişimi.....	19
Şekil 2.18	C_3 katsayısının, akma sonrası rijitlikle etkileşimli olarak R'ye göre değişimi.....	20
Şekil 2.19	Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri.....	21
Şekil 3.1	Genelleştirilmiş eğilme momenti – dönme açısı ilişkisi.....	26
Şekil 3.2	Silindirik beton numuneler için üç eksenli basınç deneyi sonuçları.....	28
Şekil 3.3	Çok eksenli gerilme altında gerilme – birim şekil değiştirme eğrileri.....	30
Şekil 3.4	Mander beton modeli.....	31
Şekil 3.5	Yanal kuşatma gerilmesi.....	32
Şekil 3.6	Yanal donatı seviyesinde kuşatılmamış beton alanları.....	33
Şekil 3.7	Kuşatılmamış beton alanının elde edilişi için yapılan kabul.....	33
Şekil 3.8	Mander beton modelinde kuşatılmamış beton alanının elde edilişi için yapılan kabul.....	34
Şekil 3.9	Fretli donatılı kesitlerde etkin olarak kuşatılmış çekirdek alanı.....	35
Şekil 3.10	Etriyeli kuşatma donatılı kesitlerde etkin kuşatılmış beton çekirdek alanı.....	36
Şekil 3.11	Dikdörtgen kesitler için yanal kuşatma gerilmeleri ile kuşatılmış beton dayanım hesabı.....	41
Şekil 3.12	Donatı çeliği için gerilme şekil değiştirme bağıntısı.....	42
Şekil 3.13	Eğriliğin belirlenmesi.....	44
Şekil 3.14	Eğilmeye çalışan bir elemanda şekil değiştirme.....	45
Şekil 3.15	Çekme ve basınç göçme durumu için $M - \kappa$ ilişkileri.....	46
Şekil 3.16	$M - \kappa$ ilişkisinin teorik olarak elde edilmesi.....	47
Şekil 3.17	Xtract moment - eğrilik yük tanımlama ekranı.....	49
Şekil 3.18	Xtract moment - eğrilik çözüm yöntemi belirleme ekranı.....	50
Şekil 3.19	Xtract'ta iki doğrulu hale getirilmiş moment - eğrilik diyagramı.....	51

Şekil 3.20	Eğrisel ve iki doğrulu modal kapasite diyagramı.....	52
Şekil 3.21	Modal yer değiştirme isteminin belirlenmesi.....	53
Şekil 4.1	Mevcut yapı zemin kat tavanı kalıp planı.....	59
Şekil 4.2	Mevcut yapı 1.kat tavanı kalıp planı.....	60
Şekil 4.3	Mevcut yapı 2. kat tavanı kalıp planı.....	61
Şekil 4.4	Mevcut yapı 3. kat tavanı kalıp planı.....	62
Şekil 4.5	Mevcut yapı tipik kolon donatıları.....	63
Şekil 4.6	Mevcut yapı tipik kiriş donatıları.....	64
Şekil 4.7	Güçlendirilmiş yapı zemin kat tavanı kalıp planı.....	67
Şekil 4.8	Güçlendirilmiş yapı 1.kat tavanı kalıp planı.....	68
Şekil 4.9	Güçlendirilmiş yapı 2. kat tavanı kalıp planı.....	69
Şekil 4.10	Güçlendirilmiş yapı 3. kat tavanı kalıp planı.....	70
Şekil 4.11	M1 manto planı.....	71
Şekil 4.12	M2 manto planı.....	71
Şekil 4.13	M3 manto planı.....	71
Şekil 4.14	M4 manto planı.....	72
Şekil 4.15	M5 manto planı.....	72
Şekil 4.16	M6 manto planı.....	72
Şekil 4.17	M7 manto planı.....	73
Şekil 4.18	M8 manto planı.....	73
Şekil 4.19	Binanın çubuk elemanlardan oluşan matematik modeli.....	77
Şekil 4.20	Örnek kiriş moment - eğrilik diyagramı.....	78
Şekil 4.21	Örnek kolon (50x50) moment - eğrilik ve karşılıklı etki diyagramı.....	79
Şekil 4.22	Örnek manto (M8) moment - eğrilik ve karşılıklı etki diyagramı.....	79
Şekil 4.23	SAP 2000’de plastik mafsallık özelliklerinin tanımlanması.....	80
Şekil 4.24	G+Q+E _x yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı.....	82
Şekil 4.25	G+Q+E _x yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı.....	82
Şekil 4.26	G+Q+E _x (%5) yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı.....	83
Şekil 4.27	G+Q+E _x (%5) yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı.....	83
Şekil 4.28	G+Q-E _x (%5) yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı.....	84
Şekil 4.29	G+Q-E _x (%5) yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı.....	84
Şekil 4.30	G+Q+E _y yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı.....	85
Şekil 4.31	G+Q+E _y yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı.....	85
Şekil 4.32	G+Q+E _y (%5) yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı.....	86
Şekil 4.33	G+Q+E _y (%5) yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı.....	86
Şekil 4.34	G+Q-E _y (%5) yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı.....	87
Şekil 4.35	G+Q-E _y (%5) yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı.....	87
Şekil 4.36	G+Q+E _x yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı.....	90
Şekil 4.37	G+Q+E _x yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı.....	90
Şekil 4.38	G+Q+E _x (%5) yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı.....	91
Şekil 4.39	G+Q+E _x (%5) yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı.....	91
Şekil 4.40	G+Q-E _x (%5) yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı.....	92

Şekil 4.41	G+Q-E _x (%5) yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı.....	92
Şekil 4.42	G+Q+E _y yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı.....	93
Şekil 4.43	G+Q+E _y yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı.....	93
Şekil 4.44	G+Q+E _y (%5) yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı.....	94
Şekil 4.45	G+Q+E _y (%5) yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı.....	94
Şekil 4.46	G+Q-E _y (%5) yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı.....	95
Şekil 4.47	G+Q-E _y (%5) yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı.....	95
Şekil 4.48	G+Q+E _x yüklemesinde elastik spektral yer değiştirmenin belirlenmesi.....	96
Şekil 4.49	G+Q+E _x yüklemesinde elastik spektral yer değiştirmenin belirlenmesi.....	97
Şekil 5.1	Zemin kat tavanı kalıp planı.....	124
Şekil 5.2	1.ve 2. Normal kat tavanı kalıp planı.....	125
Şekil 5.3	3. Normal kat tavanı kalıp planı.....	126
Şekil 5.4	Kolon aplikasyon planı.....	127
Şekil 5.5	Binanın çubuk elemanlardan oluşan matematik modeli.....	130
Şekil 5.6	Örnek kolon moment - eğrilik ve karşılıklı etki diyagramları (S1 Kolonu)	131
Şekil 5.7	Örnek giriş moment - eğrilik diyagramı (K307 Kirişi).....	132
Şekil 5.8	G+Q+E _x yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı.....	134
Şekil 5.9	G+Q+E _x yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı.....	134
Şekil 5.10	G+Q+E _x (%5) yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı.....	135
Şekil 5.11	G+Q+E _x (%5) yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı.....	135
Şekil 5.12	G+Q-E _x (%5) yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı.....	136
Şekil 5.13	G+Q-E _x (%5) yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı.....	136
Şekil 5.14	G+Q+E _y yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı.....	137
Şekil 5.15	G+Q+E _y yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı.....	137
Şekil 5.16	G+Q-E _y yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı.....	138
Şekil 5.17	G+Q-E _y yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı.....	138
Şekil 5.18	G+Q+E _y (%5) yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı.....	139
Şekil 5.19	G+Q+E _y (%5) yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı.....	139
Şekil 5.20	G+Q-E _y (%5) yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı.....	140
Şekil 5.21	G+Q-E _y (%5) yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı.....	140
Şekil 5.22	G+Q+E _x yüklemesinde elastik spektral yer değiştirmenin belirlenmesi.....	141
Şekil 6.1	Mevcut yapı X yönü taban kesme kuvveti oranı karşılaştırması.....	161
Şekil 6.2	Mevcut yapı Y yönü taban kesme kuvveti oranı karşılaştırması.....	161
Şekil 6.3	Güçlendirilmiş yapı X yönü taban kesme kuvveti oranı karşılaştırması.....	162
Şekil 6.4	Güçlendirilmiş yapı Y yönü taban kesme kuvveti oranı karşılaştırması.....	163
Şekil 6.5	Mevcut ve güçlendirilmiş yapı X yönü taban kesme kuvveti oranı ve düktilite karşılaştırması.....	163
Şekil 6.6	Mevcut ve güçlendirilmiş yapı Y yönü taban kesme kuvveti oranı ve düktilite karşılaştırması.....	164

Şekil 6.7	X yönü taban kesme kuvveti oranı karşılaştırması.....	167
Şekil 6.8	Y yönü taban kesme kuvveti oranı karşılaştırması.....	167
Şekil Ek1.1	Zemin. kat giriş eleman numaraları.....	175
Şekil Ek1.2	1. kat giriş eleman numaraları.....	175
Şekil Ek1.3	2. kat giriş eleman numaraları.....	176
Şekil Ek1.4	3. kat giriş eleman numaraları.....	176
Şekil Ek1.5	A aksı kolon eleman numaraları.....	177
Şekil Ek1.6	B aksı kolon eleman numaraları.....	177
Şekil Ek1.7	C aksı kolon eleman numaraları.....	178
Şekil Ek1.8	D aksı kolon eleman numaraları.....	178
Şekil Ek1.9	E aksı kolon eleman numaraları.....	179
Şekil Ek1.10	Zemin kat giriş eleman numaraları.....	180
Şekil Ek1.11	1. kat giriş eleman numaraları.....	180
Şekil Ek1.12	2. kat giriş eleman numaraları.....	181
Şekil Ek1.13	3. kat giriş eleman numaraları.....	181
Şekil Ek1.14	A aksı kolon eleman numaraları.....	182
Şekil Ek1.15	B aksı kolon eleman numaraları.....	182
Şekil Ek1.16	C aksı kolon eleman numaraları.....	183
Şekil Ek1.17	D aksı kolon eleman numaraları.....	183
Şekil Ek 2.1	X yönü plastik dönme dağılımları	184
Şekil Ek 2.2	Y yönü plastik dönme dağılımları	185
Şekil Ek 2.3	X yönü giriş plastik dönme dağılımları.....	186
Şekil Ek 2.4	Y yönü giriş plastik dönme dağılımları	187

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1	Binalar için farklı deprem seviyeleri altında hedeflenen performans seviyeleri.....	5
Çizelge 3.1	Çelik sınıflarına göre kritik birim şekil değiştirme ve dayanımlar.....	43
Çizelge 3.2	Şekil değiştirme performans sınır değerleri.....	55
Çizelge 4.1	Mevcut yapı malzeme karakteristik özellikleri.....	65
Çizelge 4.2	Güçlendirilmiş yapı malzeme karakteristik özellikleri.....	66
Çizelge 4.3.a	Mevcut yapı kat kütleleri ve kütle eylemsizlik momentleri.....	75
Çizelge 4.3.b	Güçlendirilmiş yapı kat kütleleri ve kütle eylemsizlik momentleri.....	75
Çizelge 4.4.a	Mevcut yapı serbest titreşim periyotları.....	75
Çizelge 4.4.b	Güçlendirilmiş yapı serbest titreşim periyotları.....	75
Çizelge 4.5.a	Yatay yüklerin tayini (Mevcut yapı).....	76
Çizelge 4.5.b	Yatay yüklerin tayini (Güçlendirilmiş yapı).....	76
Çizelge 4.6.a	Deprem yükünün x doğrultusunda katlara dağılımı (Mevcut yapı).....	76
Çizelge 4.6.b	Deprem yükünün y doğrultusunda katlara dağılımı (Mevcut yapı).....	76
Çizelge 4.6.c	Deprem yükünün x doğrultusunda katlara dağılımı (Güçlendirilmiş yapı).....	77
Çizelge 4.6.d	Deprem yükünün y doğrultusunda katlara dağılımı (Güçlendirilmiş yapı).....	77
Çizelge 4.7	Modal yer değiştirme istemleri ve hedef yer değiştirmeler.....	98
Çizelge 4.8	Kesitlerin dönme ve eğrilik değerleri, plastik mafsalları (X Yönü)..	99
Çizelge 4.9	Kesitlerin dönme ve eğrilik değerleri, plastik mafsalları (Y Yönü)..	101
Çizelge 4.10	Kesit birim şekil değiştirmeleri ve performans seviyeleri (X Yönü).....	103
Çizelge 4.11	Kesit birim şekil değiştirmeleri ve performans seviyeleri (Y Yönü).....	105
Çizelge 4.12	Kesitlerin kesme kuvveti kapasiteleri.....	108
Çizelge 4.13	Kesitlerin kesme kuvveti tahkikleri (Zemin Kat).....	109
Çizelge 4.14	Kesitlerin kesme kuvveti tahkikleri (1. Kat).....	111
Çizelge 4.15	Kesitlerin kesme kuvveti tahkikleri (2. Kat).....	114
Çizelge 4.16	Kesitlerin kesme kuvveti tahkikleri (3. Kat).....	116
Çizelge 4.17	FEMA'ya göre elde edilen performans seviyeleri (X Yönü).....	118
Çizelge 4.18	FEMA'ya göre elde edilen performans seviyeleri (Y Yönü).....	120
Çizelge 5.1	Yapının malzeme karakteristik özellikleri.....	123
Çizelge 5.2	Kat kütleleri ve kütle eylemsizlik momentleri.....	129
Çizelge 5.3	Serbest titreşim periyotları.....	129
Çizelge 5.4	Yatay yüklerin tayini.....	129
Çizelge 5.5.a	Deprem yükünün x doğrultusunda katlara dağılımı.....	130
Çizelge 5.5.b	Deprem yükünün y doğrultusunda katlara dağılımı.....	130
Çizelge 5.6	Modal yer değiştirme istemleri ve hedef yer değiştirmeler.....	142
Çizelge 5.7	Kesitlerin dönme ve eğrilik değerleri, plastik mafsalları (X Yönü)..	143
Çizelge 5.8	Kesitlerin dönme ve eğrilik değerleri, plastik mafsalları (Y Yönü)..	146
Çizelge 5.9	Kesit birim şekil değiştirmeleri ve performans seviyeleri (X Yönü).....	148
Çizelge 5.10	Kesit birim şekil değiştirmeleri ve performans seviyeleri (Y Yönü).....	151
Çizelge 5.11	Kesitlerin kesme kuvveti kapasiteleri.....	153
Çizelge 5.12	Kesitlerin kesme kuvveti tahkikleri.....	154
Çizelge 5.13	FEMA'ya göre elde edilen performans seviyeleri (X Yönü).....	155
Çizelge 5.14	FEMA'ya göre elde edilen performans seviyeleri (Y Yönü).....	158
ÇizelgeEk3.1	FEMA'ya göre eğilme etkisindeki kirişler için mafsallardaki plastik dönme limitleri	189

ÇizelgeEk3.2	FEMA'ya göre kesme etkisindeki kirişler için mafsalsal kesitlerindeki plastik dönme limitleri	189
ÇizelgeEk3.3	FEMA'ya göre eğilme etkisindeki kolonlar için mafsalsal kesitlerindeki plastik dönme limitleri	189
ÇizelgeEk3.4	FEMA'ya göre eğilme etkisindeki perdeler için mafsalsal kesitlerindeki plastik dönme limitleri	190

ÖNSÖZ

Katkılarından ve bana ayırdığı kıymetli zamanlarından dolayı danışman hocam Sayın Doç. Dr. H.Orhun KÖKSAL'a, "*Performansa Dayalı Tasarım*" konusuna yönelmemde büyük etkisi olan ve vermiş olduğu kaynak desteği ile bu teze büyük katkı sağlayan hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Bülent AKBAŞ'a, yine çalışmalarımın her aşamasında değerli yardımlarını esirgemeyen büyüğüm Sayın İnş. Yük. Müh. Varol KARAYEL'e, verdikleri eğitimle yüksek lisans tezimi yapmamda büyük katkısı olan Yapı Anabilim Dalı öğretim üyelerine, XTRACT yazılımını kullanabilmem için eğitim lisansı veren Sayın James Bosco'ya ve bu süre boyunca her açıdan uygun bir çalışma ortamı sağlayan, maddi manevi desteklerini esirgemeyen anneme, babama, kardeşime ve nişanlıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Şubat 2006

İsmet KOPARAN

ÖZET

Bu tez çalışmasında, yapı mühendisliğinin en güncel konularından biri olan ve halen gelişmekte olan “Performansa Dayalı Tasarım” kavramı ve buna bağlı olarak doğrusal olmayan statik analiz yöntemleri üzerinde durulmuştur. Statik itme analizi (pushover) ve performans değerlendirme yöntemlerinden Kapasite Spektrumu Yöntemi ile Deplasman Katsayıları Yöntemi anlatılmaya çalışılmıştır. Deplasman Katsayıları Yöntemi kullanılarak, öncelikle eski yönetmeliklere göre inşa edilmiş dört katlı betonarme bir yapının mevcut ve güçlendirilmiş durumlarının performansları değerlendirilmiştir. Yine, yeni yönetmeliğe göre inşa edilmiş dört katlı betonarme bir binanın performansı Deplasman Katsayıları Yöntemi ile değerlendirilmiştir.

Sözü edilen binalarda, deprem güvenliği seviyesini belirleyen taşıma gücü ve süneklik kapasitelerini bulmaya yönelik çözümler yapılmış, ABYYHY 97’den elde edilen elastik taban kesme kuvveti oranları ile statik itme analizlerinden elde edilen oranlar irdelenmiştir (over-strength). Bu amaçla gerçekleştirilen, doğrusal olmayan statik analizlerden elde edilen sonuçlar, hali hazırda taslak olan ve “*Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi*” konusunu da kapsayan yeni deprem yönetmeliğinin (ABYYHY Taslak, 2005) öngördüğü performans kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Aynı zamanda elde edilen sonuçlar FEMA’nın öngördüğü kriterlere göre de değerlendirilerek ABYYHY 2005’ in verdiği sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, performans seviyesi belirlemede çok yakın sonuçlar ortaya koyan yöntemlerden, şekil değiştirmeye göre performans değerlendirmesi yapan ve daha belirgin limitleri olan ABYYHY 2005’nin, hasar seviyesi ve dağılımı tahmininde FEMA’ya göre daha net, detaylı ve gerçekçi sonuçlar verdiği görülmüştür. Yer değiştirmeye dayalı tasarım yöntemlerinin, gelecekte kuvvete dayalı tasarım metotları kadar etkin olacağı ve bunun gerekliliği vurgulanmıştır.

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to study the “*Performance - Based Design*” concept and *Nonlinear Static Analysis* procedures which are the most popular subjects of structural engineering by using the analysis results of two different buildings. First, detailed information is given about *Pushover Analysis*, *Capacity Spectrum Method* and *Displacement Coefficients Method*. An old, representative four storey R/C building with common features and deficiencies which had been designed according to the old codes and retrofited recently, has been selected for a detailed performance assessment and evaluation by using *Displacement Coefficients Method* for both existing and retrofited situations. Furthermore, the performance of a new R/C building that had been designed according to the existing code has been evaluated.

Analysis has been made to find out the strength and ductility of the selected typical buildings, which specifies the performance levels. The elastic base shear ratios obtained from existing Turkish code (ABYYHY 97), has been compared with the results of pushover analysis and over-strength ratios has been pointed. The results of *Nonlinear Static Analysis* have been evaluated according to the performance criteria of the both new Turkish code (ABYYHY 2005, Draft) that includes the “Evaluation and Retrofit of Existing Buildings” subject, and FEMA. ABYYHY 2005 that has more specific damage limits for performance levels has given more detailed and clear information about damage levels and distribution. In the light of performed analysis, the possibility of replacing the old force - controlled design methods by the new displacement-controlled design methods is underlined

1-GİRİŞ

Son yıllarda tüm dünyada yerleşim alanlarının büyümesiyle birlikte, özellikle kentsel alanlarda meydana gelen şiddetli depremler çok büyük can ve mal kaybına sebep olurken, ortaya çıkan hasarların ülke ekonomilerine etkileri de büyük olmuştur. Mevcut yönetmeliklere uygun projelendirilen ve inşa edilen yapıların bile can güvenliği hedefini sağlamalarına rağmen, taşıyıcı ve / veya taşıyıcı olmayan elemanlardaki hasar seviyelerinin yüksek olması geleneksel kuvvete dayalı tasarım yöntemlerinin yerini alacak yeni bir yaklaşım ihtiyacını açığa çıkarmış ve *Performansa Dayalı Tasarım* olarak adlandırılan yaklaşım ilgili çalışmalar hız kazanmıştır.

Yürürlükteki bütün çağdaş yönetmeliklerde olduğu gibi Türk Deprem Yönetmeliği (ABYYHY 97)'nde de depreme dayanıklı yapı tasarımının ana ilkesi olarak, çeşitli deprem seviyelerine göre çok genel bazı performans hedefleri öngörülmektedir. Bu yönetmeliklerin başlıca amacı, çok sık olmayan fakat şiddetli (aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan) depremlere karşı binanın göçmesini önlemek için gerekli mukavemet ve rijitliğin sağlanmasıdır. İkinci amaçları ise daha sık olması beklenen orta şiddetli depremle karşı mal kaybını ve yapının işlevine devam edebilmesini kontrol altına alabilmektir. Öngörülen hedefler, yönetmeliklerde yer alan süneklik, yer değiştirme sınırlandırmaları vb. koşullarla sağlanmaya çalışılmaktadır. Fakat yönetmeliklerdeki geleneksel deprem tasarımı yaklaşımı ile yapının sismik kapasitesinin hesaplanmasında bazı belirsizlikler (Yer hareketinin şiddeti, süresi, genliği ve frekans içeriği, yer hareketine maruz yapının şekil değiştirmelerinin ve gerilmeleri, yapının inşa edildiği haliyle ve kullanıldığı şekillerdeki gerçek mukavemetler, şekil değiştirmeler, enerji tüketme ve dağıtma kapasitesi konusundaki bilgiler vs.) bulunmakla beraber yapı ve yapı elemanlarının performansının öngörülen sınırlar içinde kalıp kalmadığının kontrolü de yapılamamaktadır. Bu yüzden doğrusal olmayan dinamik ve doğrusal olmayan statik yöntemlere ihtiyaç vardır.

Performansa dayalı tasarım için ilk adım, gerekli performans hedefinin seçimidir. Bu aşamada yapı sahibi ve mühendis karşılıklı istişare ile yapı için hedeflenecek performansı belirlerler. Bir performans hedefi, beklenen şiddetteki yer hareketi seviyesiyle beklenen performans seviyesinin karşılıklı etkileşiminden oluşur. Performans amacının belirlenmesinden sonra zeminin uygunluğu ve sismik tehlike analizleri yapıp, yapısal tasarıma başlanır. Yapısal ve yapısal olmayan sistemlerin seçilen performans hedefini karşılayacak şekilde boyutlandırılmasından sonra, tasarımın her aşamasında istenen performans hedeflerinin karşılanıp karşılanmadığını görmek

için, kabul edilebilirlik kriterleri kullanılmalıdır (Gerilmeler, göreli kat ötelemeleri, yapısal ivmeler, snkelik talebi vs.).

Yurdumuzdaki yapı stokunun büyük bir bölümünü eski deprem yönetmeliklerine göre yapılmış yapılar oluşturmaktadır. Bu yapıların büyük bir kısmı, projelendirme ve yapım aşamalarında ihtiyaç duyulan mühendislik hizmetinin yeterli bir şekilde sağlanamaması, kalitesiz işçilik / malzeme özellikleri ve zamanla oluşan yorulma, korozyon gibi sebeplerden dolayı yapıldıkları yıllarda yürürlükte olan yönetmeliklerin şartlarına bile tam olarak uymamaktadırlar. Bu durum, özellikle depremselliği bilinen Marmara Blėesi'nde olması beklenen bir deprem açısından, yapıların güvenlik seviyelerinin tespit edilmesi ve arttırılması yönünde çalışmalar yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu noktadan hareketle, yukarıda bahsedilen ve deprem güvenliği açısından yetersiz olarak değerlendirilebilecek yapılarla benzer malzeme ve yapım özelliklerine sahip bir bina, bu çalışma kapsamında incelenmek üzere seçilmiştir.

Bunun yanında, ABYYHY 97'e göre projelendirilip inşa edilmiş, çok rastlanılan mimari ve geometrik özelliklere sahip tipik yeni bir bina da tez kapsamında incelenmek üzere seçilmiştir. Buradaki amaç, mevcut yönetmeliğe göre inşa edilmiş bir binanın, tasarım depremi için yönetmeliğin öngördüğü sınır ve süneklik şartları çerçevesinde davranışını ve performansını araştırıp yorumlamaktır.

İncelenen binalarda deprem güvenliği seviyesini belirleyen taşıma gücü ve süneklik kapasitelerini bulmaya yönelik çözümlerler yapılmıştır. Bu amaçla, doğrusal olmayan statik analizler gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerden elde edilen sonuçlar, hali hazırda taslak olan ve "*Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi*" konusunu da kapsayan yeni deprem yönetmeliğinin (ABYYHY Taslak, 2005) ngrdğ performans kriterlerine göre değerlendirilmiştir.

2. PERFORMANSA DAYALI TASARIM KAVRAMI

Yakın zaman içerisinde yaşanan büyük depremler Northridge – California (1994), Kobe - Japonya (1995), Marmara - Türkiye (1999), Orta Batı Hindistan (2001), Güney Asya (2004) ve Pakistan (2005) olarak sıralanabilir. Bu depremler çok büyük can ve mal kaybına sebep olmuşlar ve her türden mühendislik yapısına zarar vermişlerdir. Ayrıca bu depremlerde mevcut yönetmeliklere uygun yapılan yapıların, can güvenliğini sağlamalarına karşın yapısal ve yapısal olmayan hasar seviyelerinin yüksek olması, önemli ekonomik kayıplara sebep olmuştur. Bu depremlerden sonra, yapıların deprem etkisindeki performanslarını arttırıcı çalışmalara ve yayınlara olan ihtiyaç ortaya çıkmıştır. Bu tür çalışmaları ve yöntemleri *Performansa Dayalı Tasarım* başlığı altında toplamak mümkündür.

Performansa Dayalı Tasarım ile ne anlatılmak istenildiğini ifade edebilmek için, birçok farklı yorum yapılmıştır. Bunlardan en uygunu, “Belirli performans hedeflerini elde edebilmek için kullanılan yapısal tasarım kriterlerini içeren yöntemdir” ifadesidir (Akbaş, B., 2004). *Performansa Dayalı Tasarım* yapıyı sismik risklere tabi tutarak elde edilen davranışı (performans) içerdiği için daha genel bir tasarım felsefesine sahiptir. *Performansa Dayalı Tasarım* aslında yeni bir yaklaşım değildir. Limit bir durumdaki performans hedefinin farklı bir ifade şeklidir. Tek serbestlik dereceli sisteme, hedeflenen yer değiştirme, tepki (response) parametresi olarak uygulanır ve bu durumda limit gerilmelerin aşılp aşılmadığı kontrol edilir.

2.1 Performans Hedefleri

Şiddetli depremler çok sık olmayan olaylardır ve bir yapı bütün ömrü boyunca böyle bir depreme maruz kalabilir veya kalmayabilir. Teknik olarak bir yapıyı, böyle bir depreme karşı hasar görmeyecek şekilde tasarlamak ve inşa etmek gerçekçi ve ekonomik olmaz. Bu sebeple, şiddetli depremler karşısında yapılar bir miktar hasar görecektir. Performansa dayalı mühendislik kavramı altında, değişik hasar seviyelerinin kabul edilebilirliği bu hasarın oluşma sıklığına ve kullanıcılara bağlı olarak belirlenebilir.

Tasarım performans hedefi, her tasarım depremi seviyesi için yapının ulaşması beklenen performansının ifadesidir. Performans seviyesi ise, yapıya etkiyen belirli bir tasarım depremi için istenen en büyük hasarın ifadesidir. Performans hedefi; gerilme, şekil değiştirme, yerdeğiştirme, ivme vb. herhangi bir yapısal tepki parametresi sınırlandırılarak belirlenebilir. Bununla birlikte,

performans seviyeleri hakkında çeşitli yayınlar (ATC-40, FEMA-273, SEAOC vs.) aynı görüşlerde olmalarına rağmen detaylarda farklılaşırlar ve farklı performans seviyesi belirlerler. Bunları şu dört başlık altında toplayabiliriz (Akbaş, B., 2004):

Tümüyle İşlevsel (Hasarsız): Bu performans seviyesi hiç hasarın oluşmadığı performans seviyesidir. Eğer bir yapı depreme bu performans seviyesiyle mukabele edebiliyorsa, depremin yapıyı kullananlara etkisi ihmal edilebilecek düzeydedir.

İşlevsel (Hemen Kullanım): Bu performans seviyesinde, yapısal olmayan elemanlarda orta dereceli ve yapısal elemanlarda hafif hasar meydana gelebilir. Hasar çok sınırlıdır ve yapıyı kullananlar için herhangi bir güvenlik endişesi söz konusu değildir.

Can Güvenliği: Yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda orta şiddette hasar meydana gelmiştir. Yapının yanal rijitliği ve yanal yüklere karşı mukavemeti önemli ölçüde azalmıştır. Binadan çıkış mümkündür fakat elektrik ve asansör sistemleri çalışmayabilir. Depremden hemen sonra bu binalarda oturmak mümkün olmayabilir. Yapı her ne kadar onarılabilir seviyede olsa da, ekonomik olarak onarım rasyonel olmayabilir.

Göçmeye Yakın (Göçmenin Önlenmesi): Bu performans seviyesinde, yapının yatay ve düşey yüklere karşı mukavemeti önemli ölçüde azalmıştır. Artçı depremler yapının kısmen veya tamamen göçmesine neden olabilir.

ABYYHY - Taslak 2005'te dört farklı kullanım türü olan yapılar için önerilen performans hedefleri Çizelge 2.1'de verilmiştir. Ancak, mevcut binalar için bu performans hedeflerine ulaşmak ekonomik olmayabilir.

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	Deprem Aşılma Olasılığı		
	50 yılda %50	50 yılda %10	50 yılda %2
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	-	HK	CG
İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	HK	-	CG
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	-	CG	GÖ
Tehlikeli Madde İçeren Binalar: Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	-	HK	GÖ
Diğer Binalar: Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, vb.)	-	CG	-

Çizelge 2.1 Binalar için farklı deprem seviyeleri altında hedeflenen performans seviyeleri
(ABYYHY Taslak, 2005)

2.2 Performansa Dayalı Tasarım İçin Analiz Yöntemleri

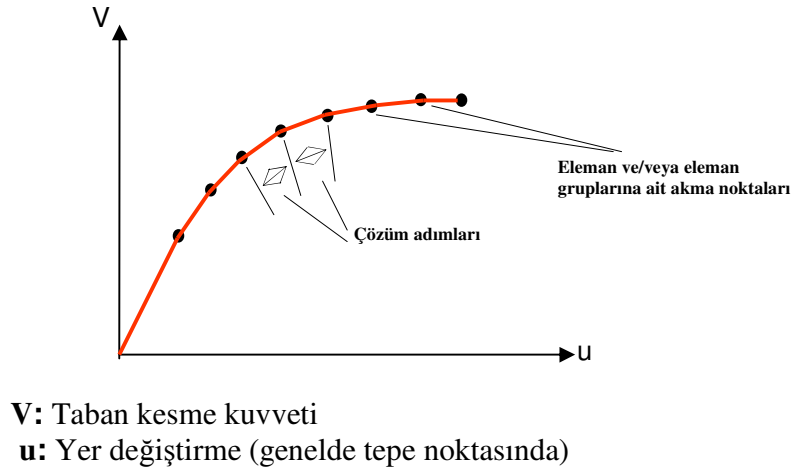
Son yıllarda performansa dayalı tasarım yöntemleri kullanılarak tasarlanan yapıların deprem performanslarının, klasik kuvvete dayalı yöntemlerle tasarlanan yapılara oranla daha olumlu olduğu konusunda fikir birliğine varılmıştır. Ayrıca yaygın bir şekilde kabul gören bir diğer fikir ise, bu tasarım yöntemlerini düzenleyen performans hedeflerine en iyi şekilde global ve eleman boyutunda şekil değiştirmelerin kontrolüyle ulaşılabileceğidir. ATC ve FEMA gibi modern kodlar, doğrusal olmayan statik yöntemlerin (statik itme analizi - pushover) performans tahmini ve tasarım için bir araç olarak kullanılmasını önermektedirler. Bununla birlikte, hala statik itme analizinin hangi formatta kullanılacağı hakkında fikir birliğine ihtiyaç vardır.

Bu bölümde ATC ve FEMA'nın önerdikleri ve en çok kullanılan iki yöntem olan Kapasite Spektrumu Yöntemi (KSY) ve Deplasman Katsayıları Yöntemi (DKY) en son gelişme ve değişiklikleri (FEMA 440, 2004) içerecek biçimde anlatılmıştır.

Bu tez çalışmasında binaların deprem performanslarının belirlenmesinde tercih edilen yöntem Deplasman Katsayıları Yöntemi'dir. Uygulamada DKY'nin tercih edilmesinin sebebi, daha önce yapılan çalışmalarda bu yöntemin diğer yöntem (KSY) göre daha uygun sonuçlar verdiği ve yine diğer yöntem kadar karmaşık olmadığı sonucudur (Falco ve Bento, 2001).

2.2.1 Doğrusal Olmayan Statik İtme Analizi

Performansı değerlendirilecek bir yapının öncelikle kapasitesinin bilinmesi gerekmektedir. Performansa dayalı mühendislikte kapasite, statik itme eğrisi veya kapasite eğrisi (pushover curve) adı verilen kuvvet-yer değiştirme eğrisi ile ifade edilir. Yaygın bir şekilde, kuvvet olarak taban kesme kuvveti, yer değiştirme olarak ise çatı yer değiştirmesi kullanılmaktadır.



Şekil 2.1 Taban kesme kuvveti- çatı yer değiştirmesi gösterilişi (Kapasite eğrisi)
(Polat vd. , 2003)

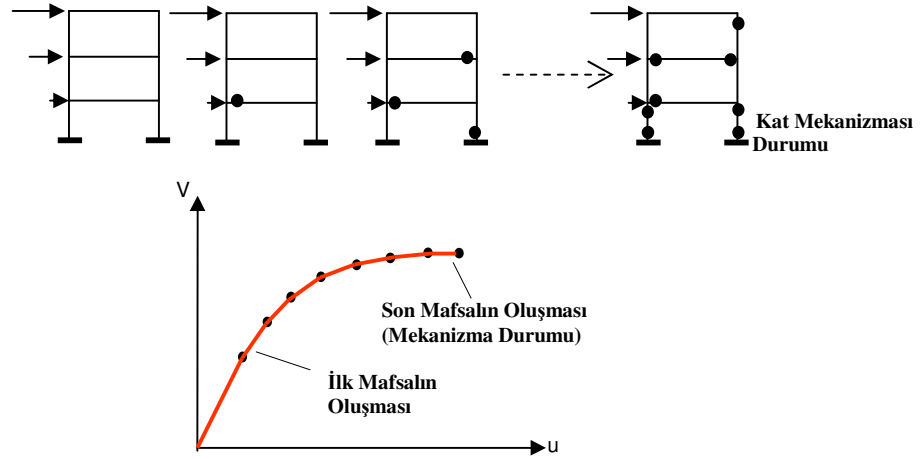
Kapasite eğrisi genellikle hakim modun titreşiminin yapı davranışında baskın olduğu kabulüne dayanılarak, birinci (hakim) modun tepkisini (response) temsil etmek üzere oluşturulur (ATC-40, 1996).



Şekil 2.2 Statik itme analizinde kullanılan yükleme formları

Yapının kapasitesi aşağıda belirtilen işlem sıralamasıyla elde edilir (ATC-40, 1996).

- Yapının bilgisayar modeli oluşturulur.
- Yapı ağırlık y¼klerini de i¼ermek ¼zere kat k¼tlelerinin toplandığı k¼tle merkezlerine kat yatay y¼kleri etkittirilir (Kat deprem y¼kleri veya uygulayıcı m¼hendis tarafından se¼ilmiř uygun bir y¼k dağılımı). Yatay y¼kler yavaş yavaş arttırılır.
- Yatay ve d¼řey y¼k i¼in gerekli kombinasyonlarla eleman kuvvetleri hesaplanır.
- Taban kesme kuvvetleri, çatı yer değiştirmeleri, d¼nme ve eleman kuvvetleri kaydedilir.
- Bir kesit mafsallaşırsa, kesitin mafsallaştıktan yani akma sınırından sonraki eğilme rijitliği betonarme elemanlarda ilk eğilme rijitliğinin %5 - %10'u gibi bir değer olarak alınır (Y¼k taşımayacağı kabul edilip rijitlikleri azaltılır ya da sıfır kabul edilir).
- İkinci bir elemanın veya eleman gurubunun mafsallaşmasına kadar yatay y¼k artırımına devam edilir. Her adımda mafsallaşan kesitlerin rijitliği akma sonrası rijitliğe eşitlenir ve ç¼z¼mlemeye devam edilir. Sistemde yeteri kadar mafsal oluşunca (Kat mekanizması oluşması vb.) ç¼z¼mlemeye son verilir.
- Yapının y¼k taşıma kapasitesi sonlanana kadar veya istenen durum yakalanana kadar bu işlemlere devam edilir. Buna karar vermek i¼in ana taşıyıcı elemanların çoğunda akma sınırına ulaşılması, ikinci mertebe etkilerinden yani $P - \Delta$ etkilerinden dolayı yapının labil hale gelmesi veya istenen performans seviyesine ulaşılması gibi durumlar incelenir.



Şekil 2.3 Kapasite eğrisinin oluşturulması ve kapasitenin belirlenmesi

2.2.2 Kapasite Spektrumu Yöntemi (KSY) (Betonarme Yapılar İçin)

Kapasite spektrum metodu, yapının talep ve kapasitesinin kesiştiği performans noktasını belirleyebilmek için uygulanan statik itme analizine dayanır. Bu yöntem yapının kapasitesini deprem sonrası ortaya çıkan taleplerle grafiksel bir yöntem vasıtasıyla karşılaştırır. Yapının kapasitesi elastik ötesi statik itme analizi ile belirlenen kuvvet - yer değiştirme eğrisi (kapasite eğrisi) ile temsil edilmektedir.

2.2.2.1 Kapasite Eğrisinin Kapasite Spektrumuna Dönüştürülmesi

İtme analizinden elde edilen taban kesme kuvvetleri ve tepe yer değiştirmeleri eşdeğer tek serbestlik dereceli bir sistemin spektral ivmelerine ve spektral yer değiştirmelerine dönüştürülür (bakınız: Bölüm 3.3.1). Bu spektral değerler kapasite spektrumunu tanımlar (Şekil2.1).

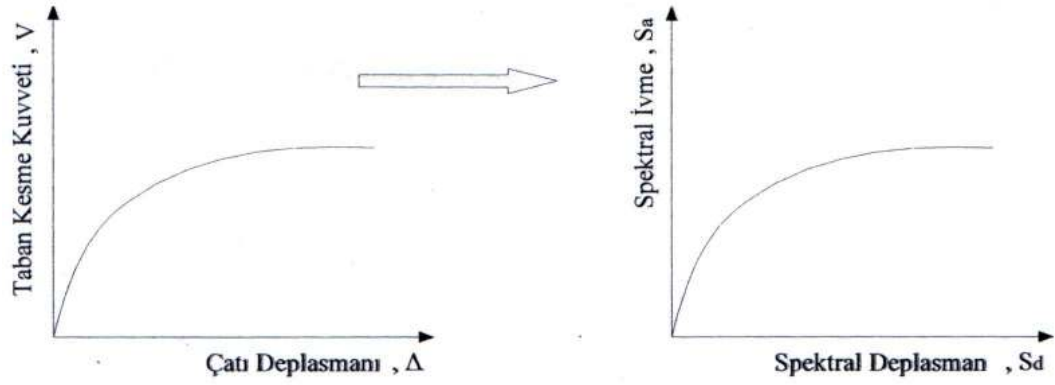
Dönüşüm için gerekli formüller (ATC 40, 1996);

$$PF_1 = \left[\sum_{n=1}^N m_n \phi_{n1} \right]^2 / \left[\sum_{n=1}^N m_n (\phi_{n1})^2 \right] \quad (2.1)$$

$$\alpha_1 = \left[\sum_{n=1}^N m_n \phi_{n1} \right]^2 / \left[\sum_{n=1}^N m_n \right] \left[\sum_{n=1}^N m_n (\phi_{n1})^2 \right] \quad (2.2)$$

$$S_d = \Delta_{\text{çatı}} / (\Phi_{\text{çatı},1} P F_1) \quad (2.3)$$

$$S_a = V / \alpha_1 W \quad (2.4)$$



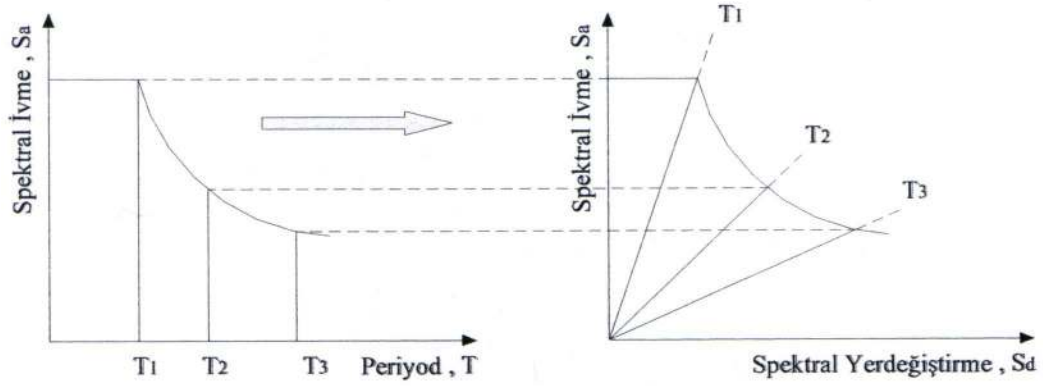
Şekil 2.4 Kapasite eğrisinin kapasite spektrumuna dönüştürülmesi

Talep spektrumu da standart ivme - periyot formatından ivme - deplasman (ADRS) formatına dönüştürülmelidir.

Dönüşüm için gerekli formüller şunlardır (ATC 40, 1996) ;

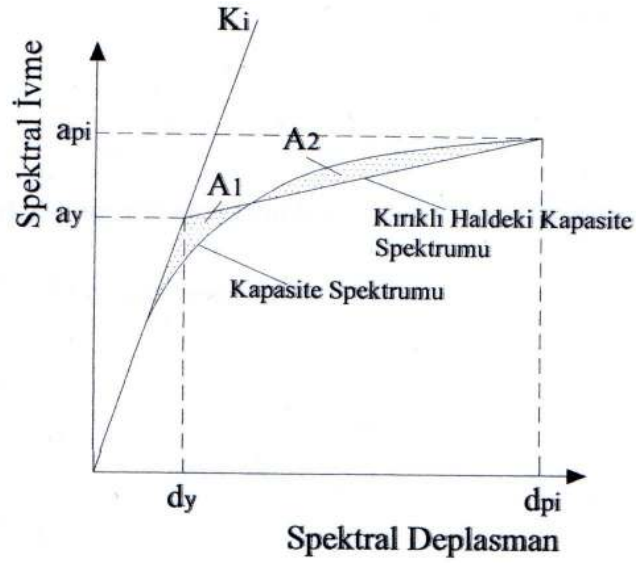
$$S_{di} = (T_i^2 / 4\pi^2) S_{ai} \quad (2.5)$$

$$T_i = 2\pi \sqrt{S_{di} / S_{ai}} \quad (2.6)$$



Şekil 2.5 Talep spektrumunun standart formattan ADRS formatına dönüştürülmesi

2.2.2.2 Kapasite Spektrumunun İki Doğrulu Hale Getirilmesi



Şekil 2.6 Kapasite spektrumunun iki doğrulu hale getirilmesi

İki doğrulu kapasite eğrisi efektif sönümün ve uygun indirgenmiş talep spektrumunun tahmin edilmesi için gereklidir. Öncelikle orijinden eğimi başlangıç rijitliğini veren doğru (teğet) çizilir. İkinci adımda (a_{pi}, d_{pi}) noktasından ilk adımda çizdiğimiz doğruyu kesecek ve A_1 alanı = A_2 alanı

değiştirme ile yük arasındaki veya benzer olan spektral yer değiştirme - spektral ivme arasındaki bağıntı elastik sınır aşıldığında çevrimsel bir değişim gösterir (Şekil2.7) (Celep, 2005).

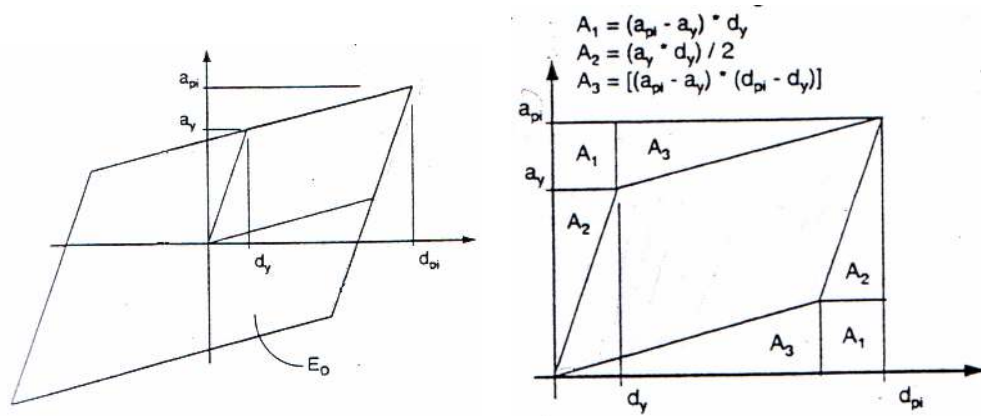
E_D = Sönümlenme ile yutulan enerji (Paralel kenarın alanı)

E_{so} = Maksimum şekil değiştirme enerjisi (Taraı üçgenin alanı)

β_0 =Histerik sönümün eşdeğer viskoz sönüm cinsinden ifadesi.

$$\beta_{eq} = \beta_0 + 0.05 \quad (2.7)$$

$$\beta_0 = (1/4\pi) * E_D / E_{so} \quad (2.8)$$



Şekil 2.8 E_D ' nin hesaplanması (ATC 40, 1996)

$$E_D = 4 * \text{Küçük paralel kenarın alanı} \quad (2.9)$$

$$= 4(a_{pi} * d_{pi} - 2A_1 - 2A_2 - 2A_3)$$

$$= 4[a_{pi} * d_{pi} - a_y * d_y - (d_{pi} - d_y)(a_{pi} - a_y) - 2d_y(a_{pi} - a_y)]$$

$$= 4(a_y * d_{pi} - d_y * a_{pi})$$

$$E_{so} = (a_{pi} * d_{pi}) / 2 = K_{ektin} - d_{pi}^2 / 2 \quad (2.10)$$

Geometrik bağıntılar kullanılarak β_0 ' a bağlı olarak efektif sönüm β_{eff} hesaplanır.

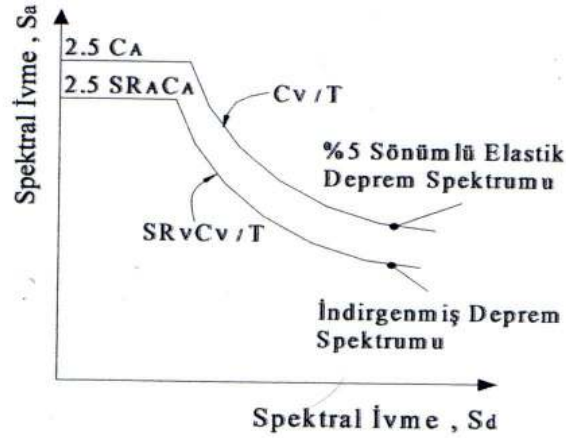
$$\beta_{eff} = \kappa \beta_0 + 5 = [63.7 \kappa (a_y * d_{pi} - d_y * a_{pi}) / (a_{pi} * d_{pi})] + 5 \quad (2.11)$$

Çevrimsel sönümün belirlenmesinde kullanılan paralel kenarın gerçek yapıda farklı olabileceği düşünülerek bir κ düzeltme katsayısı öngörülmüştür. Çevrimsel davranışın tam oluşmadığı yapıların kalitesi düşük yapılarda bu katsayı daha düşük olarak ortaya çıkar. Yeni yapılarda sönüm çevrimi etkin bir biçimde oluşacağı için büyük olacaktır. Bunun gibi deprem süresinin uzun olacağı durumlarda enerji tüketimi artar ve bu katsayı daha büyük olur (Celep, 2005).

Deprem talepleri, indirgenmiş bir tepki spektrumu vasıtasıyla tanımlanmaktadır. Hesaplanan eşdeğer ve efektif sönüm oranlarına bağlı olarak SR_A (2.12) ve SR_V (2.13) indirgeme katsayıları hesaplanır ve %5 sönümlü elastik spektrum bu katsayılarla indirgenerek, doğrusal olmayan davranışı temsil eden indirgenmiş deprem spektrumu elde edilir.

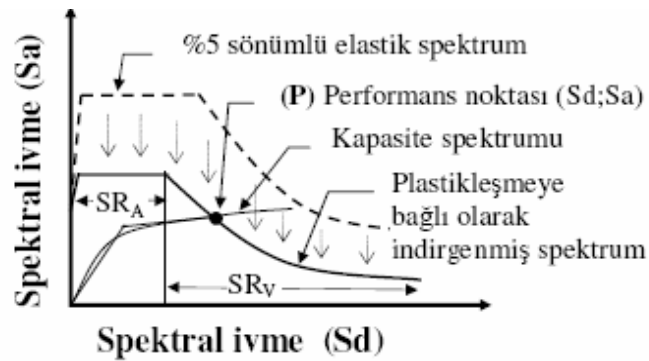
$$SR_A = [3.21 - 0.68 \ln (\beta_{eff})] / 2.12 \quad (2.12)$$

$$SR_V = [2.31 - 0.41 \ln (\beta_{eff})] / 1.65 \quad (2.13)$$



Şekil 2.9 İndirgenmiş talep spektrumu.

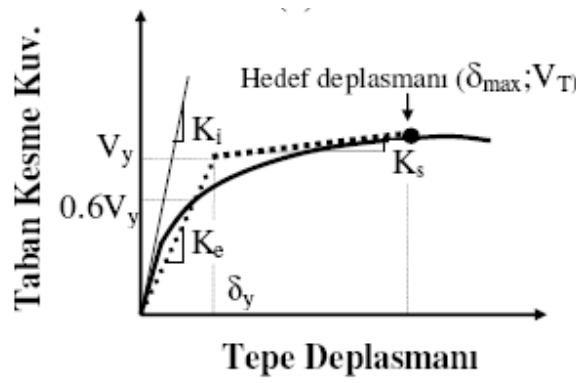
Spektral indirgeme katsayıları ve denk viskoz sönümlleme, elastik ötesi talep ve kapasite bir performans noktası oluşturacak şekilde kesişene kadar iteratif olarak hesaplanır. Tahmin edilen performans noktası (a_{pi} , d_{pi}), talep spektrumu ile kapasite spektrumunun kesişim noktasındaki yer değiştirme değeri olan d_i 'ye %5 yaklaşıksa ($0.95 d_{pi} < d_i < 1.05 d_{pi}$) bu nokta performans noktası olarak alınır. Bu koşul sağlanamaz ise sağlanana kadar yeni a_{pi} ve d_{pi} değerleri atanarak yöntem tekrarlanır. Son olarak da performans noktasının yapı üzerindeki etkileri, hedef yer değiştirmenin basitçe çok serbestlik dereceli sisteme dönüştürülmesiyle değerlendirilebilir (bakınız: Bölüm3.3.3). Yöntemin daha detaylı tarifi (ATC-40, 1996)'dan elde edilebilir.



Şekil 2.10 KSY ile deplasman taleplerinin belirlenmesi (İrtem vd.,2004)

2.2.3 Deplasman Katsayıları Yöntemi (DKY)(Çelik ve Betonarme Yapılar İçin)

Bu yöntemde, yer değiştirme talebi, istatistiksel analizlere dayanan bazı düzeltme çarpanları kullanılarak elastik yer değiştirme spektrumundan elde edilen elastik ötesi deplasman spektrumu ile belirlenmektedir. Bu yöntemde öncelikle kapasite eğrisi elde edilir (Bölüm 2.2.1). Bu eğri Şekil 2.11’ deki gibi iki doğru parçası ile idealleştirilerek, efektif periyot ve ilgili düzeltme katsayıları kullanılarak deplasman talebi hesaplanır. Bu yer değiştirme değerine kadar itilmiş yapının performans değerlendirilmesi Bölüm 3.3’ te anlatıldığı gibidir.



Şekil 2.11 DKY ile deplasman taleplerinin belirlenmesi (İrtem vd., 2004)

K_e = Etkili yatay rijitlik (Genellikle, yapının akma dayanımının yaklaşık olarak %60’ına denk gelen noktadan kapasite eğrisini kesen ve orijinden geçen doğrunun eğimi olarak ifade edilir.)

K_i = Yapının başlangıç yatay rijitliği

K_s = Yapının akma sonrası rijitliği

Bu yöntemde kullanılan işlem sıralaması aşağıdaki gibidir.

- İki doğrulu hale getirilmiş kapasite eğrisi çizilir.
- Etkili periyot, T_e hesaplanır.

$$T_e = T_i \sqrt{K_i / K_e} \quad (2.14)$$

T_i : Doğrusal dinamik analizden elde edilen yapı periyodu

T_e : Etkili periyot

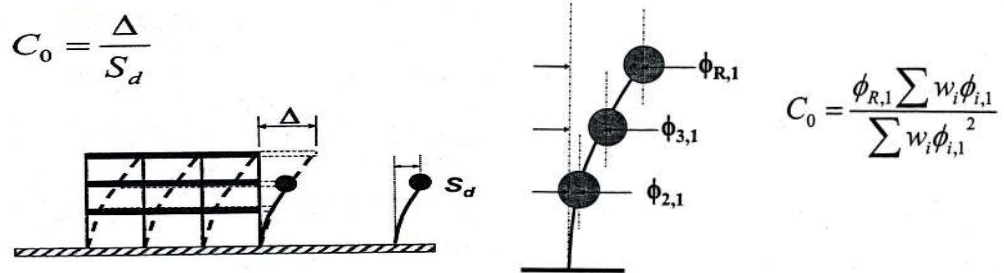
- Hedef yer değiştirme hesaplanır.

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a (T_e^2 / 4\pi^2) g \quad , \quad S_d = (T_e^2 / 4\pi^2) S_a \quad (2.15)$$

Burada;

C₀: Eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemin spektral yer değiştirmesi ile çok serbestlik dereceli sistemin tepe noktası yer değiştirmesi arası ilişkiyi kuran katsayıdır. *Modal Şekil Faktörü* olarak da ifade edilir.

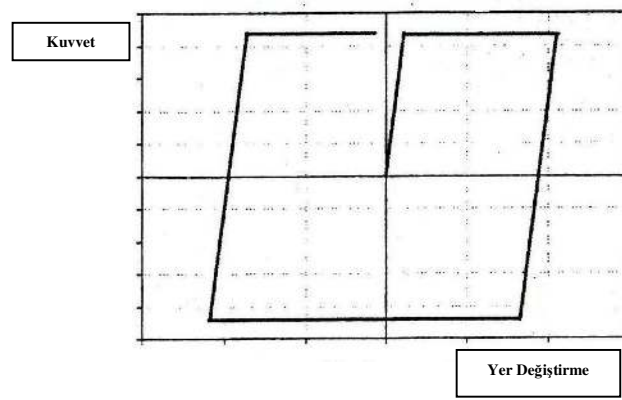
C_0 , 1.moda ait yer değiştirme vektörü kullanılarak ifade edilebileceği gibi hedef yer değiştirme noktasındaki yer değiştirme vektörü kullanılarak da ifade edilebilir.


$$C_0 = \frac{\Delta}{S_d}$$
$$C_0 = \frac{\phi_{R,1} \sum w_i \phi_{i,1}}{\sum w_i \phi_{i,1}^2}$$

Şekil 2.12 Modal Şekil Faktörü: C_0

Bu çalışmada, statik itme analizinden elde edilen kapasite eğrisi (3.57) ve (3.58) deki dönüşümler kullanılarak doğrudan modal tek serbestlik dereceli sistem davranışını temsil eden modal kapasite diyagramına dönüştürüldüğünden, C_0 katsayısı kullanılmamıştır (Bölüm 3.3).

C₁: Plastik davranışın idealleştirildiği (elastic – perfectly - plastic) sistemlerde, doğrusal olmayan davranış temsil edebilmek için uygulanan düzeltme katsayısıdır. Doğrusal olmayan yer değiştirmenin, doğrusal yer değiştirmeye oranı olarak ifade edilir.



Şekil 2.13 İdealleştirilmiş histerik davranış.

C_1 katsayısı aşağıdaki bağıntılarla belirlenebilir (FEMA 440, 2004);

$$C_1 = 1 + (R - 1)/3.6 \quad (T < 0.2s) \quad (2.16)$$

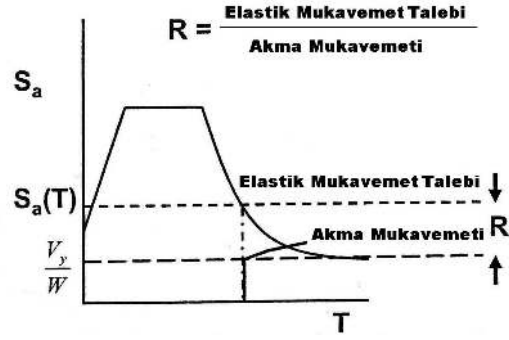
$$C_1 = 1 + (R - 1)/(aT^2) \quad (0.2s \leq T \leq 1.0s) \quad (2.17)$$

$$C_1 = 1 \quad (T > 1.0s) \quad (2.18)$$

$a = 130$ B sınıfı zemin için

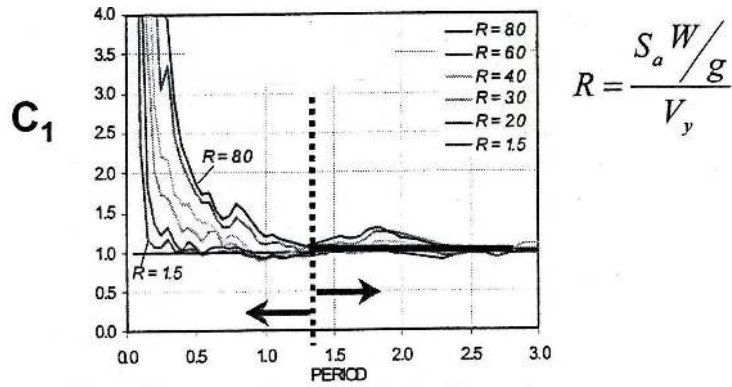
$a = 90$ C sınıfı zemin için

$a = 60$ D sınıfı zemin için



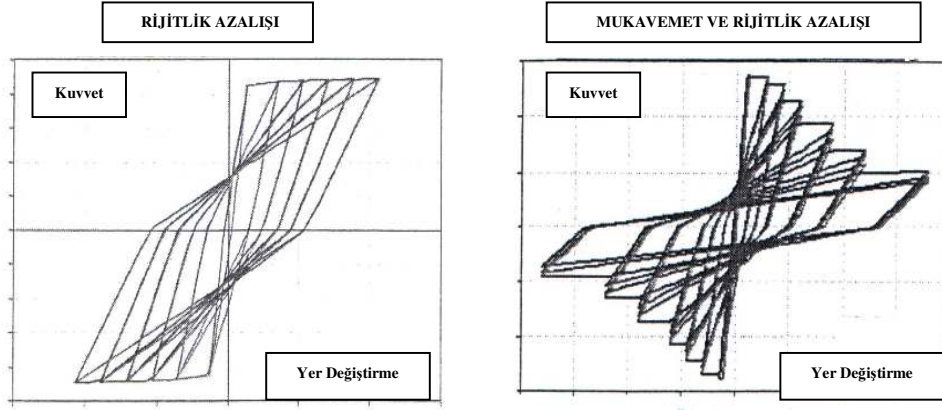
Şekil 2.14 R katsayısı tanımı

$$R = S_a(T) / a_y \quad (2.19)$$



Şekil 2.15 C_1 katsayısının R katsayısı ile etkileşimli olarak periyoda göre değişimi (FEMA 440, 2004)

C_2 : Histerik çevrimdeki mukavemet ve rijitlik azalışlarını temsil etmek için kullanılan katsayıdır. Doğrusal olmayan yer değiştirmenin, doğrusal yer değiştirmeye oranı olarak ifade edilir.



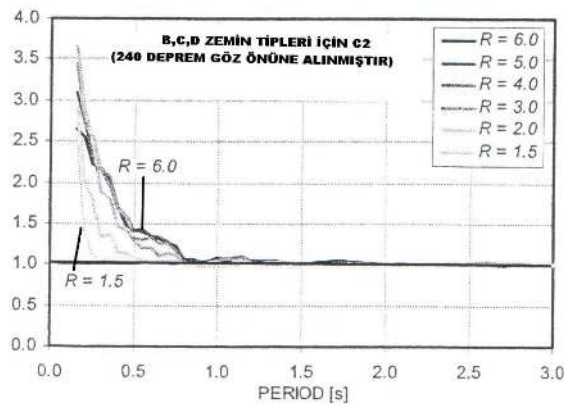
Şekil 2.16 Histerik davranışta mukavemet ve rijitlik azalımı (FEMA 440, 2004)

C_2 katsayısı aşağıdaki bağıntılarla belirlenebilir (FEMA 440, 2004);

$$C_2 = 1 + (R - 1)^2 / 32 \quad (T < 0.2s) \quad (2.20)$$

$$C_2 = 1 + (R - 1)^2 / (800T^2) \quad (0.2s \leq T \leq 0.7s) \quad (2.21)$$

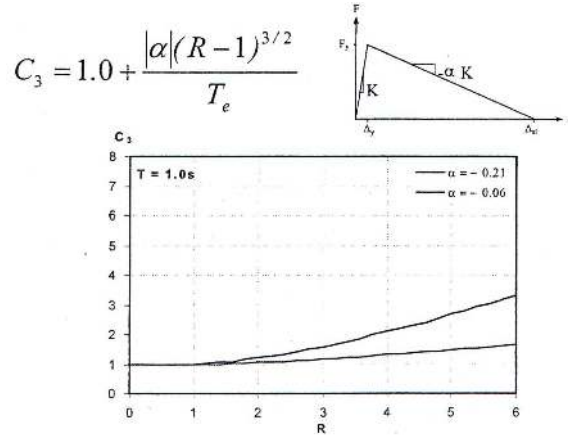
$$C_2 = 1 \quad (T > 0.7s) \quad (2.22)$$



Şekil 2.17 C_2 katsayısının B, C, D tipi zeminler için, R katsayısı ile etkileşimli olarak periyoda göre değişimi (FEMA 440, 2004)

C₃: İkinci mertebe etkilerin dikkate alındığı katsayıdır. Akma sonrası rijitliğin pozitif olduğu yapılarda 1 alınır, negatif olduğu yapılarda (2.23) yardımıyla hesaplanır.

$$C_3 = 1 + [|\alpha|(R - 1)^{2/3} / (T)] \quad (2.23)$$



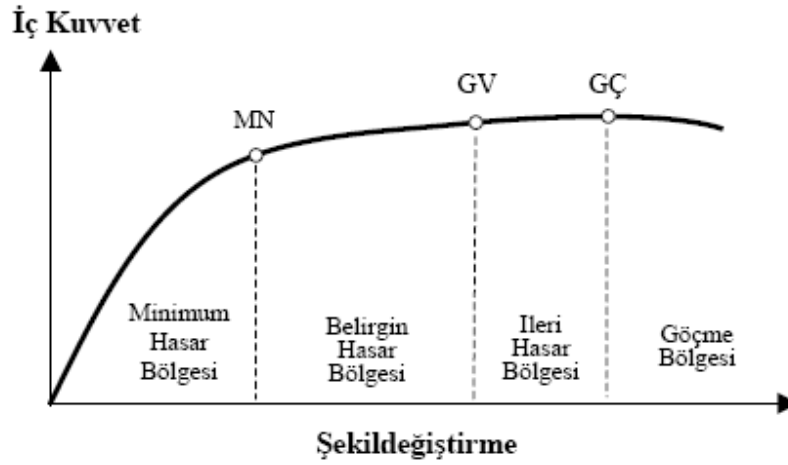
Şekil 2.18 C_3 katsayısının, akma sonrası rijitlikle etkileşimli olarak R 'ye göre değişimi (FEMA 440, 2004)

Bu çalışmada, ele alınan iki yapı için de kapasite eğrilerinin akma sonrası bölümünde negatif eğim oluşmamıştır. Dolayısıyla ikinci mertebe etkileri önemsizdir. Bu yüzden C_3 katsayısı doğrudan 1 olarak alınmıştır.

Bölüm 3.3'te bu yöntem bu çalışmada uygulandığı şekli ile tüm detayları içerecek biçimde anlatılmıştır.

2.3 Binaların Deprem Performansının Belirlenmesi

Yukarıda tanımlanan hesap yöntemlerinin uygulanması ve eleman hasar bölgelerine karar verilmesi ile bina deprem performans düzeyi belirlenir. Binaların deprem performansının belirlenmesi için uygulanacak kurallar aşağıda sırasıyla verilmiştir. Burada verilen kurallar betonarme, prefabrike beton ve çelik binalarda geçerlidir, ABYYHY Taslak (2005) metninden alınmıştır.



Şekil 2.19 Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri

2.3.1 Hemen Kullanım Durumu

Binanın düşey taşıyıcı elemanlarının tümü minimum hasar bölgesindedir. Ancak herhangi bir katta uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla yüzde 10'unun belirgin hasar bölgesinde olması durumunda da bina **Hemen Kullanım** durumunda kabul edilir. Güçlendirilmesine gerek yoktur.

2.3.2 Can Güvenliği Durumu

Binanın tüm elemanları minimum veya belirgin hasar bölgelerindedir. Ancak herhangi bir katta, uygulanan deprem doğrultusundaki kirişlerin en fazla yüzde 20'si ileri hasar bölgesinde ise ve ileri hasar bölgesindeki kolonların, kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı yüzde 20'nin altında ise bina **Can Güvenliği** durumunda kabul edilir. Can güvenliği durumunun kabul edilebilmesi için herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden akma sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının yüzde 30'u aşmaması gerekir. En üst katta ileri hasar bölgesindeki düşey elemanların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla yüzde 40 olabilir. Binanın güçlendirilmesine, güvenlik sınırını aşan elemanların sayısına ve yapı içindeki dağılımına göre karar verilir.

2.3.3 Göçmenin Önlenmesi Durumu

Binanın tüm elemanları ileri hasar veya daha alt hasar bölgelerindedir. Ancak bir katta uygulanan deprem doğrultusunda göçme bölgesindeki kirişlerin sayısı toplam sayının yüzde 20'sinden az ise ve / veya göçme bölgesindeki kolonların kesme kuvvetlerinin toplamı o katta bulunan kolonların toplam kesme kuvvetine oranı yüzde 20'nin altında ise ve bu elemanların durumu yapının kararlılığını bozmuyorsa bina **Göçmenin Önlenmesi** durumunda kabul edilebilir. Göçmenin önlenmesi durumunun kabul edilebilmesi için herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden minimum hasar sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kat kesme kuvvetine oranının yüzde 30'u aşmaması gerekir. En üst katta göçme bölgesindeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla yüzde 40 olabilir. Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır ve güçlendirilmelidir. Ancak güçlendirmenin ekonomik verimliliği değerlendirilmelidir.

3. MEVCUT BETONARME YAPILARIN PERFORMANS DEĞERLENDİRMELERİNDE KULLANILAN HESAP YÖNTEMİ VE KABULLER

3.1 Modelleme

Bu çalışma kapsamında ele alınan yapılar “SAP 2000 Nonlinear v8.” sonlu elemanlar programı kullanılarak üç boyutlu olarak modellenmiştir.

- Modellerde sadece lineer olmayan davranışa sahip çubuk elemanlar kullanılmıştır.
- Döşeme sistemleri rijit diyafram olarak temsil edilmiş ve perde elemanlar eşdeğer çubuk elemanları olarak modele dahil edilmiştir.
- Her katta iki yatay yer değiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri göz önüne alınmıştır. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanmıştır.
- Kat kütleleri ABYYHY97’ye göre hesaplanmış, hareketli yük azaltma katsayısı olarak 0,3 kullanılmıştır
- Kat kütleleri ve kütle eylemsizlik momentleri kütle merkezinde yığılı olarak girilmiştir.
- Kolon - kiriş birleşim bölgeleri rijitliği yüksek bölgeler olarak varsayılmıştır.
- Kolonların kirişlere eksantrik olarak birleştiği yerlerde tanımlanan ve kat düzleminde yer alan rijit elemanların üzerindeki noktaların, kolonu yansıtan elemanın kat düzleminde olan noktası ile aynı dönmeyi yapması için, bu noktalar ve kolona ait olan noktada, kat düzlemi dışına doğru olan dönme büyüklükleri aynı değeri alacak biçimde bir bilinmeyene bağlanmıştır (constraint).
- Kiriş elemanlar tablalı kesit olarak tanımlanmış ve tabla genişlikleri TS 500’ den alınmıştır.
- Elastik ötesi hesap yapılacağı için, betonarme elemanların gerçek (çatlamış) rijitlikleri kullanılmıştır. Çatlamış kesit rijitliği olarak elastik kesit rijitliğinin % 50’ si alınmıştır (İDMP, 2003).
- Hesaplarda plastik şekil değiştirmelerin plastik mafsalları adı verilen belirli bölgelerde toplandığı, bunun dışındaki bölgelerde malzeme davranışının lineer - elastik olduğu kabul edilmiştir.
- Yapılarda, plastik mafsalları oluşması beklenen kiriş, kolon ve perde elemanların kritik kesitlerinde, donatı miktarları ve yerleşim düzenleri tanımlanmıştır. Bu işlem,

- istediğimizde kesit kapasitelerinin ve iç kuvvet – deformasyon bağıntılarının, program tarafından otomatik olarak hazırlanabilmesine imkân vermektedir.
- Kiriş elemanlarda plastikleşmenin sadece eğilme momenti ile kolon ve perde elemanlarda ise iki eksendeki eğilme momenti ve normal kuvvetin etkileşimi ile meydana geldiği kabul edilmiştir. Bu bağlamda, kirişlerde programda M3 mafsali olarak adlandırılan mafsal biçimi, kolonlarda ise PMM olarak adlandırılan mafsal biçimi kullanılmıştır. Ayrıca, elemanlardaki kesme kuvveti kapasiteleri de bağımsız olarak kontrol edilmiştir.
- Plastik mafsal boyu, kolon – kiriş birleşim bölgesinin dışında ve kesitin eğilme doğrultusundaki boyutunun yarısı kadar alınmıştır ($L_p=h/2$) (İDMP, 2003; ABYYHY Taslak, 2005). Plastik mafsallar, plastik mafsal uzunluğunun tam ortasına yerleştirilmiştir.
- Düşey yük olarak, TS 500’de depremli durumlar için öngörülen yük kombinasyonları göz önünde bulundurularak (G+Q) değerleri kullanılmıştır. Depremi temsil eden yatay yük olarak eşdeğer deprem yükleri (E) kullanılmıştır (ABYYHY 97).
- Bütün itme analizi adımlarında taşıyıcı sisteme etki eden eşdeğer deprem yükü profili sabit olarak kullanılmıştır. Eşdeğer deprem yükleri, göz önüne alınan doğrultudaki birinci(hakim) “elastik” doğal titreşim modu genlikleri ile kat kütlelerinin çarpımından elde edilen fiktif yükler ile doğru orantılı olarak alınmıştır.
- Her bir yapı için %5’lik eksantrisite de göz önüne alınarak 4 yükleme kombinasyonu [$G+Q+E_x$, $G+Q+E_x$ (%5), $G+Q+E_y$, $G+Q+E_y$ (%5)] tanımlanmıştır.
- Yapının oturduğu zemin davranışı ve temel davranışı dolayısıyla yapıya yansıyabilecek etkiler bu çalışmanın kapsamı dışındadır.

3.2 Yük – Deformasyon İlişkileri, Mafsal Özellikleri

Betonarme yapıların ve yapısal elemanların davranışı onların deformasyon özelliklerine bağlı olarak değişir. Betonarme sistemlerin davranışını da, temel olarak, eğilme momentiyle eğrilik arasındaki ilişki belirler. Bu bakımdan, betonarme yapısal sistemlerin doğrusal olmayan yaklaşımlarla çözümlenebilmesi için moment - eğrilik ilişkilerinin bilinmesi gerekir.

Elastik sınırın ötesine geçen şekil değiştirme yapan bölgeler mafsal özelliği gösterir. Lineer olmayan davranış, taşıyıcı elemanlarda gerçekleşmesi muhtemel mafsal özelliklerinin tanımlanması ve bu mafsalların uygun yerlere atanmasıyla hesaba katılmaktadır. Mafsalların hangi elemanlarda ve nerede tanımlanacağı analizin işleyişi ve sonuçların değerlendirilmesi

açısından, model kurulurken karar verilmesi gereken bir konudur. Çerçevelerden oluşan üç boyutlu taşıyıcı sistemde, çerçeveyi oluşturan elemanlarda mafsalları tanımlamak gerekmektedir. Bunun yanında, tali olarak adlandırabileceğimiz ve yatay yükler altında çerçeve davranışına etkili bir şekilde katılmayan kirişlerde mafsalları tanımlamak, analizi daha karmaşık hale getireceğinden, bu elemanlarda mafsalları tanımlanmamıştır. Mafsallar kiriş ve kolon uç bölgelerinde tanımlanmış, kiriş açıklık ortalarında mafsallaşma olmadığı kabul edilmiştir.

Mafsalları özelliklerinin belirlenmesi, yük deformasyon ilişkileri yardımıyla yapılmaktadır. Tanımlanmış olan mafsalları türüne bağlı olarak, kuvvet - deplasman veya moment - dönme ilişkileri belirlenmelidir. Bu çalışmadaki analizlerde eğilme mafsalları için moment - dönme ilişkisi, düşey elemanlar için ise etkileşim diyagramına bağlı moment - dönme ilişkisi kullanılmıştır.

Mafsalları özelliklerini tanımlarken, kiriş ve kolon elemanların kapasitelerini belirlemek için yapılan kesit hesaplarında beton ve çeliğin karakteristik (kapasite) dayanımları kullanılmıştır. Bu hesaplarda maksimum beton basınç birim şekil değiştirmesi 0.003, donatı çeliğinin ulaşabileceği maksimum birim şekil değiştirme ise 0.01 alınmış, kesitte eşdeğer dikdörtgen basınç yayılımı kabulü yapılmıştır (İDMP, 2003; ABYYHY Taslak, 2005).

Eleman yük - deformasyon ilişkileri Şekil3.1 de gösterildiği gibi dört kısımdan oluşan doğrusal eğriler yardımıyla belirlenir. Lineer davranış A ve B bölgeleri arasında geçerli olup, B ile C arasında azalan rijitlik ile temsil edilen lineer eğri, lineer sınır ötesi eleman davranışını göstermektedir. Dayanımda ani düşüşü gösteren CD eğrisi ve ardından kalan sınırlı kapasiteyi temsil eden DE eğrisi betonarme elemanların doğrusal olmayan davranışını yansıtmaktadır. C noktasının düşey koordinatı eleman dayanım kapasitesini ve yatay koordinatı ise eleman dayanımında belirgin azalmanın başladığı deformasyonu temsil eder. B noktası elemanın akma değerlerine tekabül eder.

iç kuvvet D noktasına düşürüldükten sonra, yapılan geçici yüklemeler eleman üzerinden kaldırılarak, komşu elemanlara transfer edilir.

Yöntem 3 (Restart Using Secant Stiffness) : Diğer iki yöntemden oldukça farklı olan bu yöntemde, herhangi bir plastik mafsalsal C noktasına ulaştığı zaman, sistemde plastik şekil değiştirmelerin başladığı tüm mafsallarda, iç kuvvet - şekil değiştirme eğrisinde bulundukları nokta kullanılarak, C noktasına ulaşılan mafsalda ise D noktası kullanılarak, kiriş yöntemi ile mafsalsal kesitlerinde kullanılan, plastikleşen bölgeye ait eğilme rijitlikleri güncellenmekte ve analiz tekrar başlatılmaktadır. Tekrar başlayan analizde, mafsalsal kesitlerindeki eğilme rijitlikleri, iç kuvvet - şekil değiştirme eğrisini kesen kirişin eğimi ile hesaplanmakta, bulunacak iç kuvvet - şekil değiştirme çifti, kirişin eğriyi kestiği noktaya karşı geldiğinde, mafsalsal kesitlerindeki eğilme rijitlikleri eğrinin eğimi dikkate alınarak yeniden güncellenmektedir. İç kuvvet-şekil değiştirme diyagramlarını kesen kirişin başlangıç noktası, yük artımı yapılan analizin başlangıcında, mafsalsalın iç kuvvet - şekil değiştirme eğrisi üzerinde bulunduğu nokta olarak alınmaktadır. Bu nokta genellikle, düşey yükler altında yapılan doğrusal olmayan çözümlemeler sonucunda bulunan iç kuvvet - şekil değiştirme çiftine karşı gelmektedir.

Bu çalışma kapsamında, yukarıda açıklanan yöntemlerden birincisi (Unload Entire Structure) uygulanmıştır.

Program doğrusal olmayan statik çözümlemelerin yapılması için, yük artımlarına başvuran iki ayrı yöntem sunmuştur. Bunlardan birincisinde (Push to Load Level Defined by Pattern) yük kontrollü çözümleme, kullanılacak yüklerin normalize edilmiş halini, yüklere ulaşana kadar arttırmak suretiyle yapılmakta ve bu yöntem sistemin düşey yükler altında doğrusal olmayan çözümlemeleri için kullanılmaktadır. İkincisinde ise, program (Push to Displacement Magnitude of ...) yer değiştirme kontrollü olarak, kullanılacak yüklerin normalize edilmiş halini kullanarak yükü artırmakta ve yük artımı belirtilen yer değiştirmeye ulaşılana kadar devam etmektedir. Bu yöntem yatay yükler altında yapılan lineer olmayan çözümlemeler için kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, birinci aşamada sadece düşey yüklere ait analiz durumu (TS 500' e göre $G + Q + E$ kombinasyonu için $G + Q$ tanımlanır) tanımlanmıştır. Bu aşama yük kontrollü olarak uygulanmıştır. İkinci aşamada, sadece yatay deprem yüklerini (Eşdeğer deprem yükü analizinde bulunan yükler kullanılmıştır) içeren analiz durumu tanımlanır. Bu analiz, birinci aşamadaki düşey yük analizine ait sonuç gerilme ve rijitlik durumundan başlatılmıştır ve yer

değiştirme kontrollü olarak uygulanmıştır. Yapının itileceği yer değiştirme değeri olarak büyük bir değer seçilmiş, yapının stabilitesini kaybettiği yer değiştirme noktasının bulunması hedeflenmiştir.

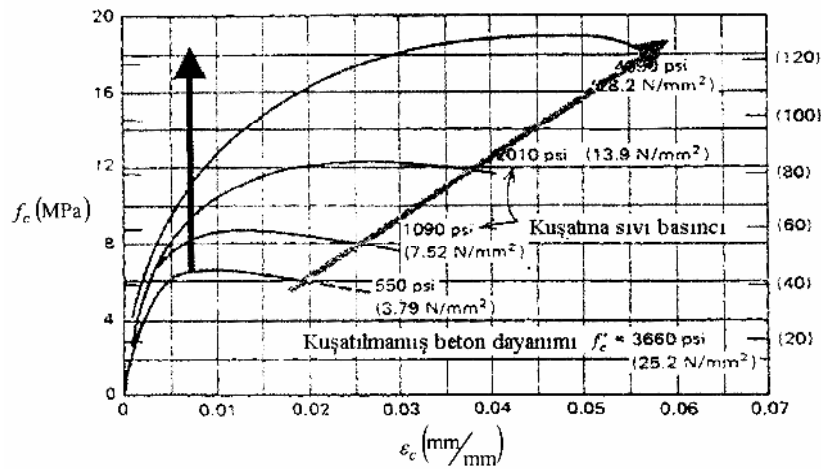
3.2.1 Malzeme Modelleri

Beton Modeli: Beton davranış modeli olarak sargısız / sargılı *Mander* modelleri esas alınmıştır (Mander vd., 1988). Pas payı bölgesinde ve enine donatı kancalarının 90 derece olarak kıvrılmamış olması durumunda kesitin tümü için sargısız beton modeli kullanılmıştır.

Donatı Çeliği Modeli: Hesaplarda Bölüm 3.2.1.2’de tanımlanan model kullanılmıştır.

3.2.1.1 Mander Beton Modeli

Yapıların itme analizlerinde ve performansa dayalı tasarımlarında yapı elemanlarının potansiyel plastik mafsallarının moment – eğrilik ilişkilerinin gerçeğe yakın olarak tanımlanması gerekmektedir. Bu ise kuşatılmış betonun gerilme - birim şekil değiştirme eğrisinin yatay donatının çeşitli yerleşim biçimlerinin de dikkate alınarak hassas bir şekilde dikkate alınmasıyla mümkündür. Mander beton modeli fretli, dikdörtgen kuşatma donatılı, dairesel veya dikdörtgen kesitli yapı elemanların monotonik veya çevrimsel yükler altındaki davranışlarını tanımlamak amacıyla geliştirilmiştir. Mander vd. (1988) modellerini, dairesel, dikdörtgen ve kare kolonların statik ve dinamik yük etkileri altındaki davranışlarının araştırıldığı 40 adet eksenel yük altındaki kolon deneyleri ile sınımlanmıştır.



Şekil 3.2 Silindirik beton numuneler için üç eksenli basınç deneyi sonuçları
(Whittaker A., 2000)

Kuşatılmış beton için geliştirilecek aksenal gerilme - birim şekil değiştirme bağıntısının, kuşatma elemanları tarafından yaratılan iki eksenli basınç etkisini de dikkate alması gerekmektedir. Bu amaçla Mander vd. (1988) diğer birçok araştırmacının da başvurduğu gibi Richard vd. (1928)'in İllionis Üniversitesi'nde yapılan üç eksenli beton deneylerinin sonuçlarını temel almıştır. Şekil 3.2'de sabit bir yanal sıvı basıncı uygulanan beton silindirlere ait gerilme – birim şekil değiştirme eğrileri gösterilmektedir. Araştırmacılar söz konusu deney sonuçlarını temel alarak çok eksenli yük taşıma gücünü σ_1 , betonu tek eksenli basınç mukavemetini f_c' ve uygulanan yanal basınç, σ_3 , değerlerini kullanarak

$$\sigma_1 = f_c' + k_1 \sigma_3 \quad (3.1)$$

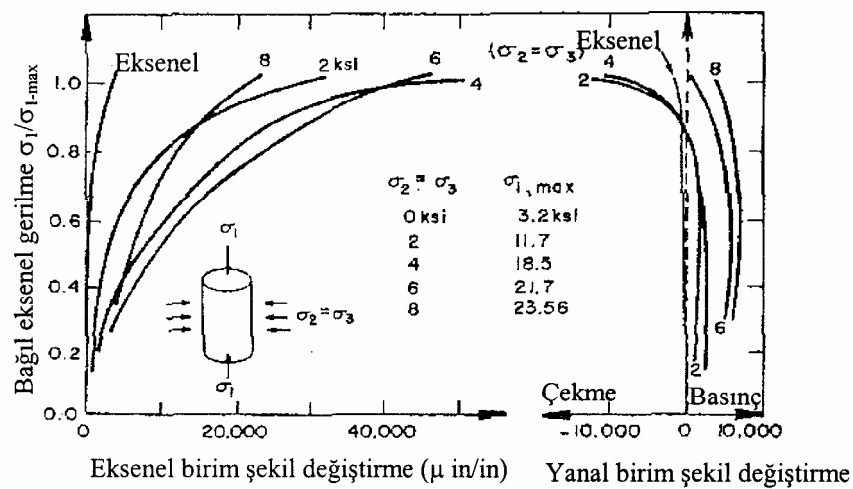
şeklinde ifade etmişlerdir. Benzer şekilde taşıma gücüne karşılık gelen birim şekil değiştirme değerini de;

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_c' [1 + k_2 (\sigma_3 / f_c')] \quad (3.2)$$

eşitliği ile dikkate almışlardır. Richard vd. (1928) $k_1 = 4,1$ ve $k_2 = 5$ k_1 olarak bulurken Balmer vd. (1949) k_1 değerinin 4,5 ile 7 arasında değiştiğini ifade etmiştir. Saatçioğlu ve Razvi (1992) ise k_1 için mevcut deney sonuçlarının regresyon analizlerini yaparak $k_1 = 6.7 \sigma_3^{-0.17}$ bağıntısını önermiştir.

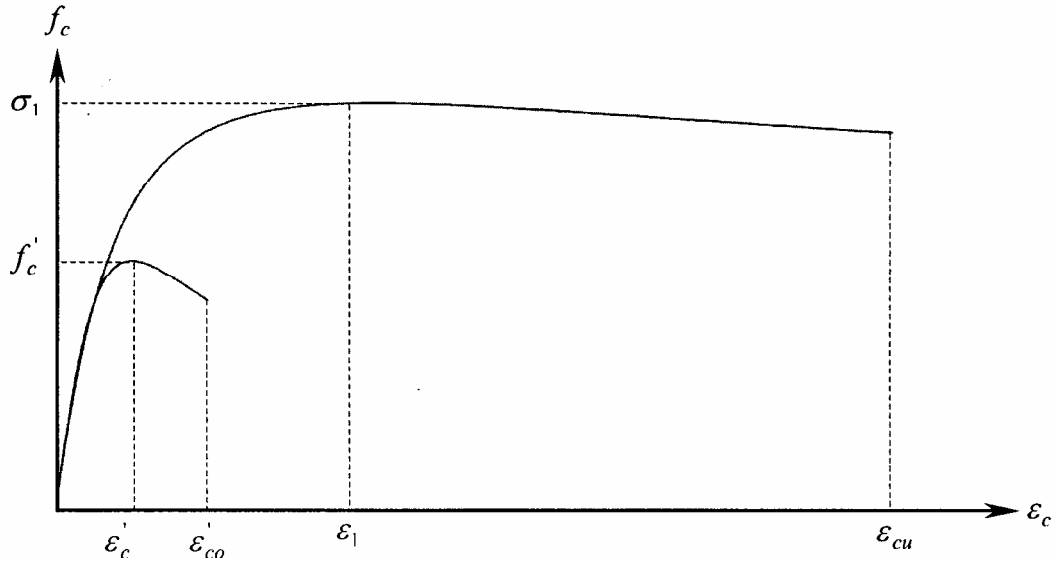
Richard vd.,(1928) fretli betonarme deney silindirlerinin deney sonuçlarını kullanarak k_1 için sabit bir 4,1 değerinin kullanılabileceğini belirtmişler ve ACI yönetmeliği de uzun yıllardan beri bu önerileri dikkate almaktadır (Mander vd., 1988).

Betonun çok eksenli yükleme altındaki gerilme - birim şekil değiştirme davranışı Şekil 3.3'te gösterilmiştir. Şekil 3.3'te görülen sonuçlar yapılan deneyler sonucunda elde edilmiştir. Silindirik beton numuneleri iki yönde eşit yanal basınca, $\sigma_2 = \sigma_3$, maruz bırakılmış ve aksenal yük beton numunenin kırılmasına kadar arttırılmıştır. Şekil 3.3 'ten de anlaşılabacağı gibi aksenal gerilme – birim şekil değiştirme ve aksenal birim – yanal birim şekil değiştirme eğrileri her bir yanal kuşatma basıncı için farklıdır. Bu deneyler sonunda yanal kuşatma basıncının betonun şekil değiştirme davranışı üzerindeki etkisinin çok önemli olduğu gözlenmiştir. Deneylerde artan yanal kuşatma basıncı ile numunenin kırılma anına tekabül



Şekil 3.3 Çok eksenli gerilme altında gerilme – birim şekil değiştirme eğrileri
(Chen ve Han, 1988)

Mander vd. (1988) fretli veya etriyeli yanal donatıya sahip kuşatılmış beton kesitler için gerilme – birim şekil değiştirme bağıntısı önermişlerdir. Şekil 3.4’ teki gerilme – birim şekil değiştirme modeli geliştirirken Popovics (1973) tarafından önerilen bağıntıyı temel almışlardır.



Şekil 3.4 Mander beton modeli

Monotonik olarak yüklenen betonda oluşacak gerilme aşağıdaki bağıntılar ile bulunabilir.

$$f_c = (\sigma_1 x r) / (r - 1 + x^r) \quad (3.3)$$

ve

$$x = \varepsilon_c / \varepsilon_1 \quad (3.4)$$

(3.4)'te ε_c betondaki birim şekil değiştirme, ε_1 ise daha önce Richard vd. (1928)'de önerildiği gibi kuşatılmamış beton dayanımı f'_c ve buna karşılık gelen birim şekil değiştirme ε_c' ne bağlı olarak Mander vd. (1988) çalışmasında

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_c' [1 + 5((\sigma_1 / f'_c) - 1)] \quad (3.5)$$

bağıntısı ile verilmiştir (ε_c değeri genellikle 0.002 alınır).

$$r = E_c / (E_c / E_{sec}) \quad (3.6)$$

(3.6)'daki

$$E_c = 5000\sqrt{f'_c} \text{ (MPa)} \quad (3.7)$$

betonun elastisite modülü ve

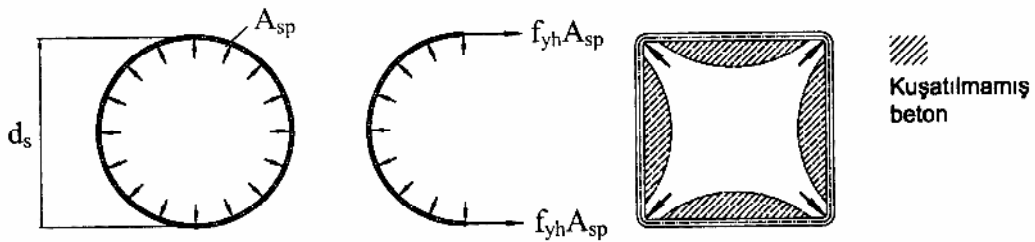
$$E_{\text{sec}} = \sigma_1 / \varepsilon_1 \quad (3.8)$$

olarak ifade edilen sekant elastisite modülüdür.

Şekil 3.5'te görüldüğü gibi fretler ve dairesel etriyeler, geometrik özelliğinden dolayı aksel basınç altında beton genişlerken çekme etkisinde kalırlar ve bu durumda çevreledikleri beton kesit üzerinde sürekli bir çizgisel kuşatma yükü oluştururlar. Betona etkiyen etkin yanal basınç σ_3 en büyük değerini, kuşatma donatısının akma mukavemeti f_{yh} 'ye ulaştığı zaman alır. Bu değer

$$\sigma_3 = (2f_{yh}A_{sp})/(d_s s) \quad (3.9)$$

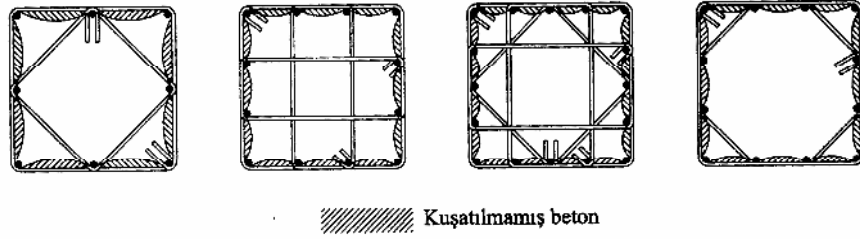
bağıntısı ile bulunur. Burada d_s çekirdek çapı, A_{sp} kuşatma donatısı kesim alanı, s sargı adımıdır.



Şekil 3.5 Yanal kuşatma gerilmesi (Whittaker A., 2000)

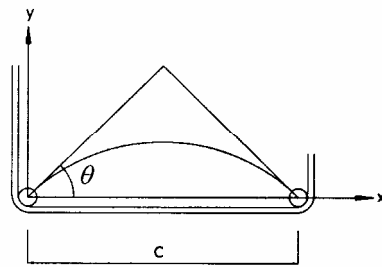
Şekil 3.5'te görüldüğü gibi genişleyen beton yanal donatıyı kenarlardan dışarı doğru açmaya zorlayacaktır. Fretler etriyelere göre daha sürekli ve etkin bir kuşatma etkisi meydana getirmektedir. Sargının dikdörtgen olduğu durumlarda eğilme şekli değiştirmesi hakimdir. Bu nedenle, köşelerde sargı etkisi belirgin iken bu etki, sargı donatısının ve çirozlar arası mesafenin ortasına yaklaştıkça azalmaktadır. Dikdörtgen sargı donatısının kullandığı

durumlarda betona uygulanan basınç düzgün yayılı değildir ve bundan dolayı, büyük şekil değiştirmelerde örtü betonu düştükten sonra çekirdek betonun bazı kısımları yük taşımakta daha az etkin olmaktadır. Etriyelerin etkinliği çirozların kullanılmasıyla arttırılabilir. Şekil 3.6'da çeşitli donatı düzenlemesine sahip kolon kesitlerinde kuşatılma etkisinin azaldığı beton alanları gösterilmiştir. Boyuna donatıların bulundukları bölgedeki betonu kuvvetlendirdikleri ve boyuna donatı sayısındaki artış ile beton kesitteki etkin olmayan alanların azalacağı Şekil 3.6'dan anlaşılabılır. Taralı alanın dışındaki kesitte gerilmelerin düzgün olarak dağıldığı kabul edilebilir.

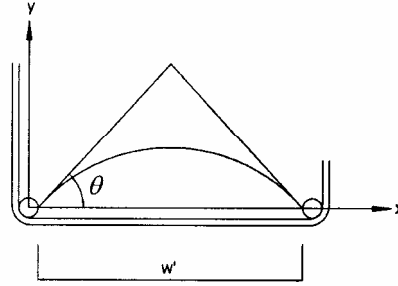


Şekil 3.6 Yanal donatı seviyesinde kuşatılmamış beton alanları
(Sheikh ve Uzumeri, 1983)

Şekil 3.7'de görüldüğü gibi etkin olarak çalışmayan beton kesit alanı tahmin edilebilir. Mander modelinde, Sheikh ve Uzumeri (1983) modelindeki yaklaşıma benzer olarak, Şekil 3.8'den de görüldüğü gibi, boyuna donatı çubuklarından çizilen teğetler ve eğriler ile etkin ve etkin olmayan kesit sınırları belirlenmiştir (Mander vd., 1988). Bu eğri bir üçgen ile başlangıç eğimi θ olan ikinci derece parabol arasında düşünülebilir. θ açısının 45° 'ye yakın olduğu gözlenmiştir (Sheikh ve Uzumeri, 1983).



Şekil 3.7 Kuşatılmamış beton alanının elde edilişi için yapılan kabul
(Sheikh ve Uzumeri, 1983)



Şekil 3.8 Mander beton modelinde kuşatılmamış beton alanının elde edilişi için yapılan kabul

Kuşatma donatısı seviyesinde etkin olarak kuşatılmış beton çekirdek alanı, taralı alan için yapılan kabule bağlı olarak (3.10)'daki α_3 katsayısını, üçgen kabulü ve parabol kabulü için sırası ile 4 veya 6'ya eşit alınarak hesaplanabilir (Sheikh ve Uzumeri, 1983).

$$A_{et} = A_{co} - \sum_{i=1}^n C_i^2 / \alpha_3 \quad (3.10)$$

Burada A_{co} en dış kuşatma donatısının kapadığı beton çekirdek alanı, n parabol veya üçgen sayısı ve C ise en dış kuşatma merkezleri arasındaki mesafedir (Şekil 3.7 ve Şekil 3.8). Eğer λ , etkin olarak kuşatılmış beton alanı A_{et} 'nin çekirdek beton alanı A_{co} 'a oranı olarak tanımlanır ise bu katsayı;

$$\lambda = 1 - \left(\sum_{i=1}^n C_i^2 \right) / (\alpha_3 A_{co}) \quad (3.11)$$

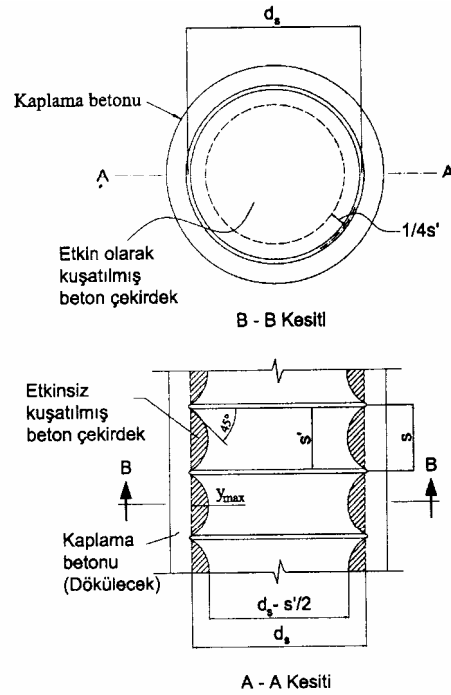
olarak yazılır (Sheikh ve Uzumeri, 1983).

Ayrıca kolon elemanı boyunca yanal kuşatma donatısı aralığının artması ile birlikte bu doğrultuda etkin kuşatma gerilmesinde azalma meydana gelir. Şekil 3.9'daki taralı alanlar düşey kolon kesiti boyunca etkin olarak kuşatılmamış beton alanlarını temsil etmektedir. Kolon eleman boyunca hem düşey hem de yatay doğrultuda etkin kuşatılmış ve kuşatılmamış

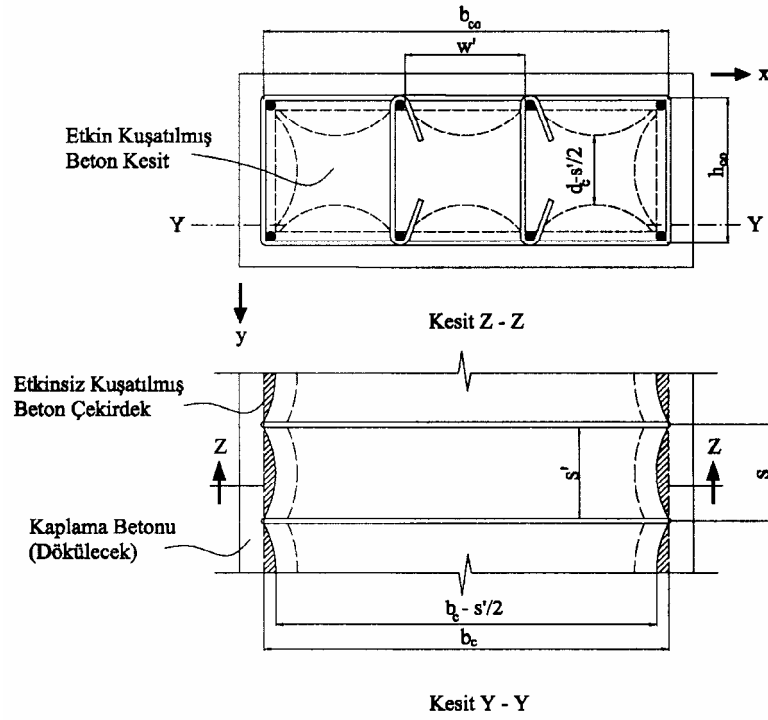
beton alanlarının ikinci derece eğri ile birbirlerinden ayrıldığı kabul edilmiştir. Bu kabul için, seçilen eğrinin şeklinin pek bir önemi yoktur. Bir kolonun taşıma gücünü iki kuşatma donatısı arasında kalan en küçük kuşatma alanı belirlemektedir. Kolon yüksekliği boyunca yerleştirilen yanal donatılar arası mesafenin artması daha küçük etkin beton kesit alanı anlamına gelir. Ancak, etkin olarak kuşatılmış beton kesit alanını kesin olarak hesaplamamanın çok zor olduğu açıktır. Buna rağmen bu alan aşağıdaki basit alan bağıntısı ile dikkate alınabilir.

$$A_{co} = b_{co} h_{co} \quad (3.12)$$

$$A_{et} = \lambda A_{co} \quad (3.13)$$



Şekil 3.9 Fretli donatılı kesitlerde etkin olarak kuşatılmış çekirdek alanı (Mander vd., 1988)



Şekil 3.10 Etriyeli kuşatma donatılı kesitlerde etkin kuşatılmış beton çekirdek alanı
(Mander vd., 1988)

Şekil 3.10'da b_{co} ve h_{co} değerlerinin, dikdörtgen kesitli kolonlarda birbirine dik iki doğrultudaki en dış kuşatma donatısı merkezleri arasında kalan mesafeler olarak dikkate alınacağı gösterilmiştir. Kuşatma donatısı seviyesindeki çekirdek alanı A_{co} ' da yapılacak azalma ihmal edilerek, iki kuşatma donatısı arasındaki etkin olarak kuşatılan alan;

$$(b_{co} - 2y_m)(h_{co} - 2y_m) \quad (3.14)$$

olarak ifade edilir ise sonuç olarak etkin kuşatılmış alan;

$$A_{et} = \lambda(b_{co} - 2y_m)(h_{co} - 2y_m) \quad (3.15)$$

olarak bulunur. y_m , kuşatma donatı sıraları arasındaki düşey mesafenin yarısında y 'nin en büyük değeri olarak $y_m = 0.25s \tan \theta$ 'dır (Şekil 3.8).

Böylece etkin kuşatılmış beton kesit alanı, çekirdek alanına bağlı olarak

$$A_{et} = \lambda(b_{co} - 0.5s \tan \theta)(h_{co} - 0.5s \tan \theta) \quad (3.16)$$

elde edilir.(3.11), (3.16)'de yerine yazılır ise;

$$A_{et} = \left[1 - \left(\sum_{i=1}^n C_i^2 \right) / (\alpha_3 A_{co}) \right] (b_{co} - 0.5s \tan \theta)(h_{co} - 0.5s \tan \theta) \quad (3.17)$$

olarak bulunur (Sheikh ve Uzumeri, 1983). Boyuna donatı yerleşiminin her iki yönde de eşit olarak dağıtıldığı, yanal kuşatma gerilmelerinin birbirine eşit olduğu bir kesitte (3.17);

$$A_{et} = \left[1 - \left(\sum_{i=1}^n C_i^2 \right) / (\alpha_3 A_{co}) \right] (b_{co} - 0.5s \tan \theta)^2 \quad (3.18)$$

haline gelir.

3.2.1.1.1 Etkin Kuşatma Gerilmesi ve Kuşatma Etkinlik Katsayısı

(Mander vd.,1988) etkin kuşatma gerilmesi σ'_3 nü hesaplamak için Sheikh ve Uzumeri (1983)'ün kullandıkları yaklaşıma benzer bir yol izlemişlerdir. Kuşatma donatısından beton kesite etki edecek en büyük yanal basınç gerilmesi, yanal tutma etkisinin tam anlamı ile oluşacağı beton çekirdek alanında meydana geleceği vurgulanmış ve Şekil 3.8'de görüleceği gibi bu amaç için izlenen yol ve yapılan kabuller gösterilmiştir.

İki kuşatma donatısının orta kısımlarına gidildikçe etkinsiz kuşatılmış beton alanları gittikçe artacak ve böylece orta seviyedeki etkin kuşatılmış beton alanı, A_{et} giderek küçülecektir. Bu gerçeğin yansıtılabilmesi için etkin kuşatma yanal gerilmesi;

$$\sigma'_3 = \sigma_3 k_e \quad (3.19)$$

olarak dikkate alınmıştır. Burada σ_3 kuşatılmış beton çekirdeğe etkiyen düzgün doğrusal olarak yayılı kuşatma gerilmesi, k_e

$$k_e = A_{et} / A'_{co} \quad (3.20)$$

olarak kuşatma etkinlik katsayısı, A_{et} etkin kuşatılmış beton kesit alanı, A'_{co}

$$A'_{co} = A_{co} (1 - \rho_{co}) \quad (3.21)$$

olarak net çekirdek beton alanı ve ρ_{co} boyuna donatı toplam alanının beton çekirdek alanına oranıdır.

3.2.1.1.2 Fretli ve Spiralli Kuşatma Donatılı Kesitler için Kuşatma Etkinlik Katsayısı

Mander vd. (1988) modellerinde kuşatma donatısının tutma etkisinin gelişimi Şekil 3.9'da görüleceği gibi, başlangıç eğimi 45° olan ikinci derece bir eğri olarak kabul etmişler ve iki kuşatma donatısının orta seviyesindeki etkin kuşatılmış beton kesit alanı A_{et} 'yi aşağıdaki gibi ifade etmişlerdir.

$$A_{et} = (\pi/4)(d_s - (s'/2))^2 \quad (3.22)$$

Burada s' kuşatma donatıları arasındaki temiz mesafe ve d_s kuşatma donatısının merkezine göre beton çekirdeğinin çapıdır. Ayrıca, net beton çekirdek alanı;

$$A'_{co} = (\pi/4)d_s^2 (1 - \rho_{co}) \quad (3.23)$$

ile elde edilebilir. Böylece (3.20)'de, (3.22) ve (3.23)'te belirtilen değişkenler yerine yazılır ise, fretli donatılı kesitler için kuşatma etkinlik sayısı k_e ;

$$k_e = [d_s - (s'/2d_s)]^2 / (1 - \rho_{co}) \quad (3.24)$$

olarak bulunur. Benzer olarak spiral donatılı kesitler için ise;

$$k_e = [1 - (s'/2d_s)] / (1 - \rho_{co}) \quad (3.25)$$

bağıntısı ile elde edilebilir.

Yanal kuşatma gerilmesi (3.9) ile daha önce ifade edilmişti. Eğer ρ_s kuşatma donatısı hacminin kuşatılmış beton çekirdek hacmine oranı olarak tanımlanır ise;

$$\rho_s = (A_{sp} \pi d_d) / (\pi d_s^2 s / 4) \quad (3.26)$$

ve (3.26), (3.9)'da yerine yazılır ise, yanal kuşatma gerilmesi;

$$\sigma_3 = 0.5 \rho_s f_{yh} \quad (3.27)$$

olarak elde edilir. Böylece kuşatılmış betona etkiyecek etkin kuşatma gerilmesi;

$$\sigma'_3 = 0.5 k_e \rho_s f_{yh} \quad (3.28)$$

olarak elde edilir. Bu bağıntıda k_e değişkeni (3.24) veya (3.25)'den alınmalıdır.

3.2.1.1.3 Dikdörtgen Kuşatma Donatılı Kesitler için Kuşatma Etkinlik Katsayısı

Şekil 3.10'dan görüleceği üzere kuşatma donatısı tutma etkisinin beton yüzey üzerindeki dağılımı, başlangıç eğimi 45° olan ikinci derece bir eğri ile ifade edilmiştir. Kuşatma donatısının tutma etkisi, düşeyde yanal donatılar arasında ve yatayda da boyuna donatılar arasında oluşmaktadır. Yanal kuşatma donatı seviyesindeki etkin olarak kuşatılmış alanı, ikinci derece eğriler ile ifade edilmiş olan etkinsiz kuşatılmış kesit alanlarının çıkartılması ile bulunur.

Etkinsiz kuşatılmış beton kesit alanlarının toplam değeri, betonarme kesitte bulunan n adet boyuna donatı sayısına göre;

$$A'_{et} = \sum_{i=1}^n (w_i^2 / 6) \quad (3.29)$$

olarak hesaplanır. Daha önceden de (3.17)'de ifade edilmiş olan iki kuşatma donatısının orta seviyesindeki etkin kuşatılmış beton kesit alanı, $\alpha_3 = 6$ (etkinsiz kuşatılmış kesit alanının ikinci derece eğri olması için) ve $\theta = 45^\circ$ (eğrinin başlangıç eğimi) olarak kabul edilmesi ile;

$$A_{et} = [b_{co}h_{co} - \sum_{i=1}^n (w_i^2 / 6)](b_{co} - 0.5s')(h_{co} - 0.5s') \quad (3.30)$$

olarak bulunur. Böylece (3.20) ile ifade edilmiş olan k_e kuşatma etkinlik katsayısı, dikdörtgensel yanal kuşatma donatılı kesitler için;

$$k_e = [1 - \sum_{i=1}^n (w_i^2 / 6b_{co}h_{co})](b_{co} - 0.5s')(h_{co} - 0.5s') / (1 - \rho_{co}) \quad (3.31)$$

olarak elde edilir. Dikdörtgen betonarme kesitlerde her iki yönde farklı miktarda kuşatma donatısı olabilir. Bu durumda her iki yöndeki etkin kuşatma gerilmesini ifade etmek için;

$$\rho_{sx} = A_{shx} / sh_{co} \quad (3.32)$$

ve

$$\rho_{sy} = A_{shy} / sb_{co} \quad (3.33)$$

olarak x ve y yönlerindeki kuşatma donatı miktarları tanımlanarak, bu yönlerdeki beton yüzeylerine etkiyecek kuşatma gerilmeleri sırasıyla x yönünde;

$$\sigma'_{3x} = (A_{shx} / sh_{co}) f_{yh} = \rho_{sx} f_{yh} \quad (3.34)$$

ve y yönünde

$$\sigma'_{3y} = (A_{shy} / sb_{co}) f_{yh} = \rho_{sy} f_{yh} \quad (3.35)$$

bağıntıları ile bulunur. Böylece (3.19)'dan her iki yöndeki etkin kuşatma gerilmeleri sırası ile;

$$\sigma'_{3x} = k_e \rho_{sx} f_{yh} \quad (3.36)$$

ve

$$\sigma'_{3y} = k_e \rho_{sy} f_{yh} \quad (3.37)$$

olarak elde edilmiş olur (Mander vd., 1988).

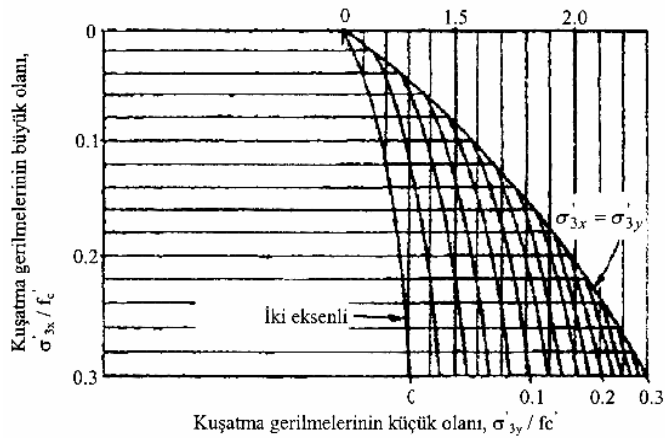
3.2.1.1.4 Kuşatılmış Beton Taşıma Gücü

Mander vd. (1988) kuşatılmış beton basınç dayanımı σ'_1 'i hesaplayabilmek için, üç eksenli deney verileri ile iyi uyum sağlaması nedeni ile, William ve Warnke (1975) tarafından tanımlanmış beş değişkenli, çoklu eksenli kırılma yüzeyi modeli kullanmışlardır.

Şekil 3.11'de iki yöndeki yanal kuşatma gerilmelerine bağlı çok eksenli kırılma kriterinin genel çözümü görülmektedir. Fretli veya spiral yanal donatılı kuşatılmış çekirdek beton bir kesitin eşit kuşatma gerilmeleri ile üç eksenli gerilmeye maruz kalması halinde kuşatılmış betonun dayanımı;

$$\sigma_1 = f'_c \left[-1.254 + 2.254 \sqrt{1 + (7.94 \sigma'_3 / f'_c) - 2(\sigma'_3 / f'_c)} \right] \quad (3.38)$$

olarak verilmiştir. Burada f'_c kuşatılmamış beton basınç dayanımı ve σ'_3 'ise (3.28) ile verilen etkin kuşatma gerilmesidir.



Şekil 3.11 Dikdörtgen kesitler için yanal kuşatma gerilmeleri ile kuşatılmış beton dayanım hesabı (Mander vd., 1988)

3.2.1.1.5 Betondaki En Büyük Birim Kısılma

Eğilmeye çalışan betonarme elemanlarda meydana gelecek plastik mafsallarının büyük dönme kapasitelerini hesaplayabilmek için, betonun en büyük birim kısalması ϵ_{cu} değerini tahmin etmek gerekir (Mander vd., 1988).

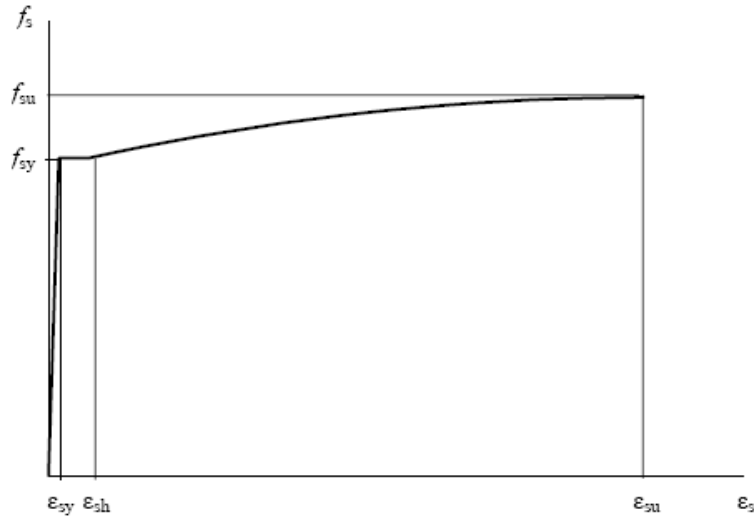
Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekil değiştirmesi ϵ_{cu} aşağıda verilmiştir.

$$\epsilon_{cu} = 0.004 + (1.4 \rho_s f_{yh} \epsilon_{su}) / f_{cc} \quad (3.39)$$

burada ρ_s kesitte mevcut bulunan ve sargı etkisi sağlayabilen (135° kancalı) enine donatının hacimsel oranını, f_{cc} sargılı beton dayanımını, f_{yh} enine donatının akma dayanımını, ϵ_{su} da donatı çeliğinin kopma anındaki birim şekil değiştirmesini ifade etmektedir.

3.2.1.2 Donatı Çeliği Modeli

Statik itme analizinde kullanılmak üzere, donatı çeliği için göz önüne alınacak gerilme - birim şekil değiştirme bağıntıları aşağıda tanımlanmıştır.



Şekil 3.12 Donatı çeliği için gerilme şekil değiştirme bağıntısı (ABYYHY Taslak, 2005)

Donatı çeliği elastisite modülü $E_s = 2 * 10^5 \text{ Mpa}$ 'dır

Kalite	$f_{sy} (Mpa)$	ε_{sy}	ε_{sh}	ε_{su}	$f_{su} (Mpa)$
S220	220	0.0011	0.011	0.16	275
S420	420	0.0021	0.008	0.1	550

Çizelge 3.1 Çelik sınıflarına göre kritik birim şekil değiştirme ve dayanımlar

$$f_s = E_s \varepsilon_s \quad (\varepsilon_s \leq \varepsilon_{sy}) \quad (3.40)$$

$$f_s = f_{sy} \quad (\varepsilon_{sy} < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{sh}) \quad (3.41)$$

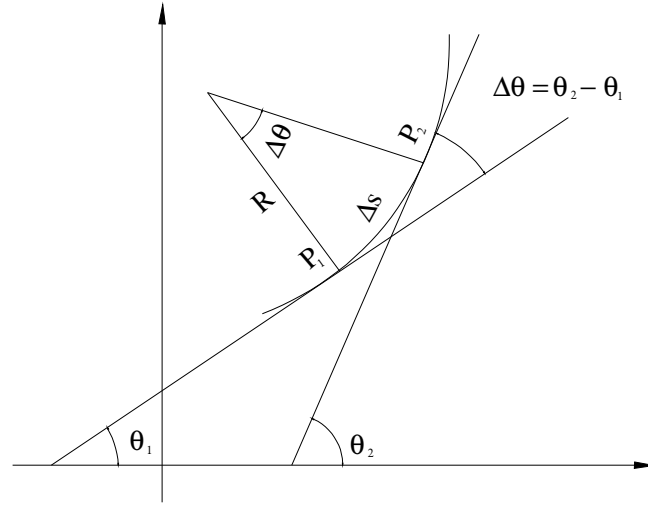
$$f_s = f_{su} - (f_{su} - f_{sy})(\varepsilon_{su} - \varepsilon_s)^2 / (\varepsilon_{su} - \varepsilon_{sh})^2 \quad (\varepsilon_{sh} < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{su}) \quad (3.42)$$

3.2.3 Moment - Eğrilik İlişkileri

Depreme maruz kalma ihtimali yüksek bölgelerdeki yapıların, deprem yükleri altında kalması durumunda sünek bir davranış gösterecek şekilde tasarlanması, depreme dayanıklı yapı tasarımı bakımından dikkate alınması gereken çok önemli bir unsurdur. Yapı elemanlarında gevrek kırılmalar oluşmamalı ve taşıyıcı elemanlar yük taşıma kapasitelerine ulaşana kadar büyük şekil değiştirmeler yapabilmelidir. Mevcut yönetmeliklerde depreme dayanıklı yapı tasarım felsefesi, yapı elemanlarının sergileyecekleri elastik ötesi davranışla, deprem sırasında açığa çıkan enerjinin sönmelenmesine dayanmaktadır. Bu sebeple yapısal elemanların; eğilme momenti, kesme kuvveti, ve normal kuvvetin yeniden dağılımına izin verecek şekilde tasarlanması gerekmektedir. Yapısal elemanlar taşıma güçlerine ulaştıklarında göçmemeli, plastik şekil değiştirmeler yaparak diğer elemanlarda taşıma güçlerine ulaşana kadar yapının daha fazla yük taşımasına imkan vermelidir.

Yapı elemanlarının kesme ve burulmaya bağlı ilişkileri de yapının yük taşıma kapasitesinde etkili olmaktadır. Ancak, bu bölümde yapı elemanlarının sadece moment - eğrilik ilişkileri açıklanacak, kesme ve burulmadan dolayı oluşabilecek göçmelere karşı kesitlerin güvenli olduğu kabul edilecektir.

3.2.3.1 Kesitin Eğriliği



Şekil 3.13 Eğriliğin belirlenmesi

Şekil 3.13'ten yararlanarak bir kesitin eğriliği aşağıdaki gibi belirlenebilir.

$$\kappa = 1/R = \lim_{\Delta s \rightarrow 0} (\Delta \theta / \Delta s) = d\theta / ds \quad (3.43)$$

$$\tan \theta = dy / dx \quad (3.44)$$

$$d / dx(\tan \theta) = d^2 y / dx^2 \quad (3.45)$$

$$(1 + \tan \theta) d\theta / dx = d^2 y / dx^2 \quad (3.46)$$

$$d^2 y / dx^2 = [1 + (dy / dx)^2] d\theta / dx \quad (3.47)$$

$$d\theta / dx = [d^2 y / dx^2] / [1 + (dy / dx)^2] \quad (3.48)$$

$$dx / ds = 1 / (ds / dx) = 1 / [(dy^2 + dx^2) / dx^2]^{1/2} = 1 / [1 + (dy / dx)^2]^{1/2} \quad (3.49)$$

$$\kappa = d\theta / ds = d\theta / dx \cdot dx / ds = (d^2 y / dx^2) / [1 + (dy / dx)^2]^{3/2} \quad (3.50)$$

$$\kappa = d\theta/dx \approx d^2y/dx^2 \quad (3.51)$$

Şekil 3.14'te betonarme bir elemanın başlangıçta düz olan bir kesitinin iki ucunda da eşit moment ve eksenel yük altındaki davranışı gösterilmiştir. Eğrilik yarıçapı R , tarafsız eksen derinliği kd , en üst beton basınç lifi birim şekil değiştirmesi ε_c ve çekmeye çalışan donatıda ki birim şekil değiştirme ε_s olmak üzere, Şekil 3.14'te verilen değişkenlere bağlı olarak elemanın dx gibi küçük bir uzunluğu dikkate alınır, bu elemanın iki ucu arasındaki dönme;

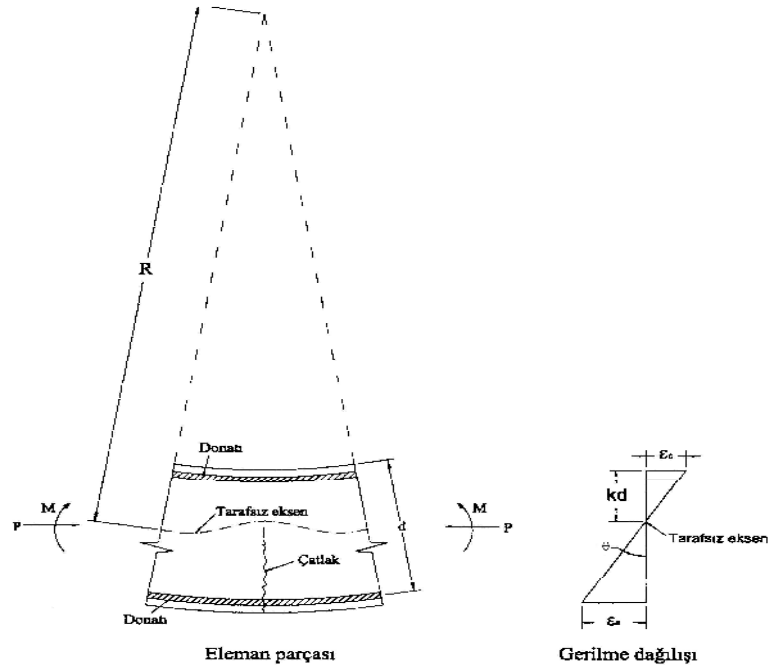
$$d_x/R = \varepsilon_c d_x / kd = \varepsilon_s d_x / d(1-k) \therefore 1/R = \varepsilon_c / kd = \varepsilon_s / d(1-k) \quad (3.52)$$

bağıntısı ile bulunabilir.

Böylece elemanın eğriliği ($1/R$)

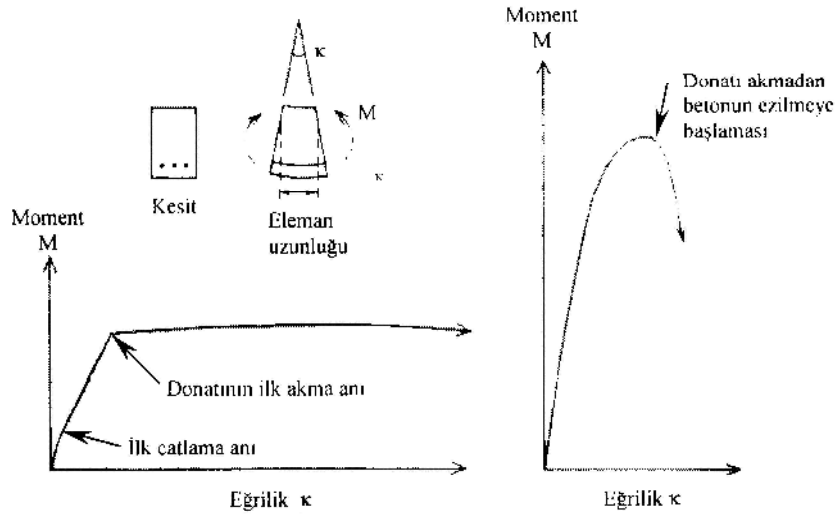
$$\kappa = \varepsilon_c / kd = \varepsilon_s / d(1-k) = (\varepsilon_c + \varepsilon_s) / d \quad (3.53)$$

ile ifade edilir.



Şekil 3.14 Eğilmeye çalışan bir elemanda şekil değiştirme (Park ve Paulay, 1975)

Gerçekte eğrilik, tarafsız eksen derinliğinin ve oluşan çatlaklar arasındaki birim şekil değiştirmelerin eleman boyunca sürekli farklılaşması nedeni ile değişmektedir. Eğer çatlak üzerindeki eleman uzunluğu küçük ise, ϵ_c ve ϵ_s çatlama kesitteki birim şekil değiştirme değerleri olmak üzere, eğrilik (3.53) ile hesaplanır (Park ve Paulay, 1975). Eğer bir elemanın kritik kesitindeki birim şekil değiştirmeler, eleman eğilme momenti taşıma kapasitesine kadar yüklenirken ölçülebilir ise (3.53) ile her moment değerine karşılık gelen eğrilikler hesaplanıp söz konusu elemanın $M - \kappa$ ilişkisi elde edilmiş olur. Şekil 3.15'te tek donatı sırasına sahip basit bir kiriş elemanın çekme ve basınç göçmesi durumu için $M - \kappa$ ilişkileri gösterilmiştir.



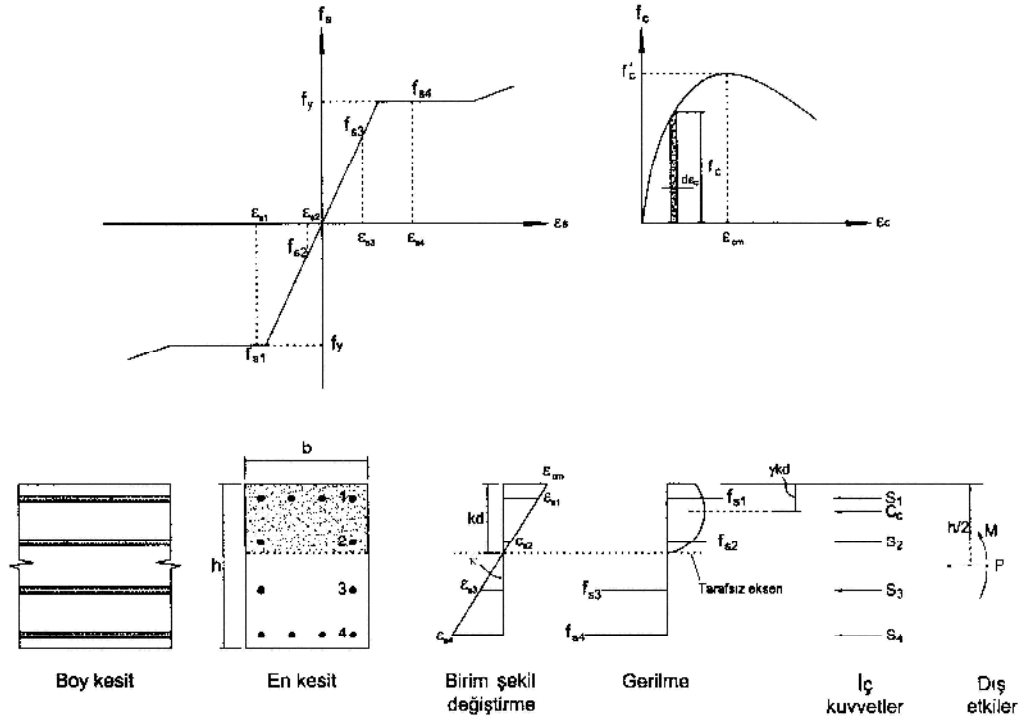
Şekil 3.15 Çekme ve basınç göçme durumu için $M - \kappa$ ilişkileri (Park ve Paulay, 1975)

3.2.3.2 Moment - Eğrilik İlişkisinin Teorik Olarak Hesaplanması

Eğilme ve eksenel yük altındaki betonarme kesitlerin teorik $M - \kappa$ ilişkileri, eğilmeden önce düzlem olan kesitin eğilmeden sonra da düzlem kaldığı ve donatı çeliği ile betona ait gerilme-birim şekil değiştirme ilişkilerinin bilindiği kabullerine dayanılarak hesaplanabilir. Belirli bir eğilmeye ve eksenel yüke karşılık gelen eğrilik değeri, beton ve donatıdaki birim şekil değiştirmelerin üçgen benzerliğinden yararlanılarak bulunması ile iç kuvvetlerin dengesinden hesaplanır.

Şekil 3.16'da donatı çeliği ve beton için bilinen gerilme - birim şekil değiştirme ilişkileri ve belirli bir eğilme ve eksenel yüke sahip bir betonarme kesit gösterilmiştir. Şekil 3.16'da

f_y boyuna donatı akma dayanımını, f_c beton dayanımıdır. Verilen bir en üst beton basınç lifindeki birim şekil değiştirme ϵ_{cm} ve kd tarafsız eksen derinliği için, her donatı sırasındaki $\epsilon_{s1}, \epsilon_{s2}, \epsilon_{s3}, \epsilon_{s4}, \dots, \epsilon_{si}$ birim şekil değiştirmeler, benzer üçgenlerden i . donatı sırasının d_i derinliğine bağlı olarak;



Şekil 3.16 M- κ ilişkisinin teorik olarak elde edilmesi (Park ve Paulay, 1975)

$$\epsilon_{si} = \epsilon_{cm} (kd - d_i) / kd \quad (3.54)$$

ifadesi ile hesaplanabilir. Böylece donatı çeliğinin gerilme - birim şekil değiştirme ilişkisine bağlı olarak $\epsilon_{s1}, \epsilon_{s2}, \epsilon_{s3}, \epsilon_{s4}, \dots, \epsilon_{si}$ birim şekil değiştirmelerine karşılık gelen $f_{s1}, f_{s2}, f_{s3}, f_{s4}, \dots, f_{si}$ gerilmeleri bulunmuş olur. Daha sonra donatılarda oluşacak $S_1, S_2, S_3, S_4, \dots, S_i$ kuvvetleri her bir donatı sırası toplam donatı alanı A_{si} 'ye bağlı olarak ;

$$S_i = f_{si} A_{si} \quad (3.55)$$

şeklinde hesaplanabilir.

Şekil 3.15'teki beton basınç bloğu üzerinde oluşacak gerilme dağılışı da, birim şekil değiştirme dağılım eğrisine bağlı olarak, betonun gerilme - birim şekil değiştirme ilişkisi yardımıyla bulunabilir. Verilen bir ε_{cm} değeri için C_c beton basınç kuvveti ve bu kuvvetin yeri, dikdörtgen kesitler için α ve γ belirleyici değişkenlerine bağlı olarak;

$$C_c = \alpha f'_c b k d \quad (3.56)$$

şeklinde en büyük beton basınç lifinden $\gamma k d$ kadar uzaktan etki ettiği hesaplanabilir. En büyük beton basınç lifindeki herhangi bir ε_{cm} değeri için toplam gerilme çarpanı α ;

$$\int_0^{\varepsilon_{cm}} f_c d\varepsilon_c = \alpha f'_c \varepsilon_{cm} \therefore \alpha = \left[\int_0^{\varepsilon_{cm}} f_c d\varepsilon_c \right] / f'_c \varepsilon_{cm} \quad (3.57)$$

ve ağırlık merkezi çarpanı γ ;

$$\int_0^{\varepsilon_{cm}} f_c \varepsilon_c d\varepsilon_c = (1 - \gamma) \varepsilon_{cm} \int_0^{\varepsilon_{cm}} f_c d\varepsilon_c \therefore \gamma = 1 - \left[\int_0^{\varepsilon_{cm}} f_c \varepsilon_c d\varepsilon_c \right] / \varepsilon_{cm} \int_0^{\varepsilon_{cm}} f_c d\varepsilon_c \quad (3.58)$$

bağıntıları ile hesaplanabilir.

Böylece kuvvet denge eşitlikleri

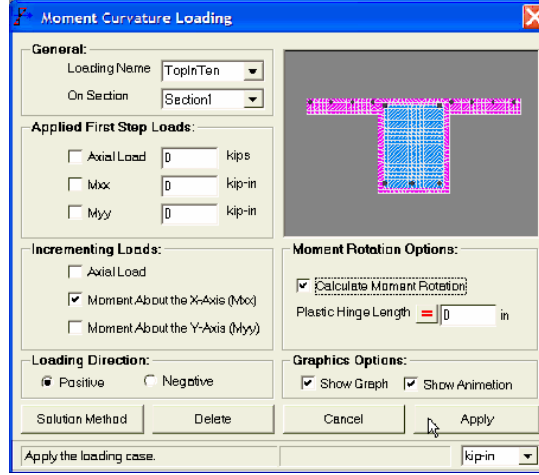
$$P = \alpha f'_c b k d + \sum_{i=1}^n f_{si} A_{si} \quad (3.59)$$

$$M = \alpha f'_c b k d \left[(h/2) - \gamma k d \right] + \sum_{i=1}^n f_{si} A_{si} \left[(h/2) - d_i \right] \quad (3.60)$$

olarak yazılabilir. Sonuç olarak verilen bir eksenel yük altında, her bir ε_{cm} değerine bağlı olarak tarafsız eksen derinliği $k d$ 'yi kuvvet dengesini sağlayacak şekilde ayarlayarak eğrilikler (3.53) ile hesaplanabilir.

3.2.3.3 Moment - Eğrilik Diyagramlarının İki Doğrulu Hale Getirilmesi

Bu çalışmada, yapısal elemanların moment - eğrilik ilişkilerinin belirlenmesinde XTRACT isimli bir bilgisayar yazılımından faydalanılmıştır. Sözü edilen yazılım, moment - eğrilik ilişkilerinin hesaplanmasında iki ayrı çözüm yöntemi kullanabilmektedir.



Şekil 3.17 Xtract moment - eğrilik yük tanımlama ekranı

Bunlardan ilki olan *Kuvvet Kontrollü Çözüm* yönteminde moment ve kuvvetler artırılarak, bunlara karşılık gelen eğrilik ve birim şekil değiştirmeler hesaplanır. Kuvvet kontrollü olarak analiz edilen asimetrik bir kesitin yükleme doğrultusu dışındaki herhangi bir doğrultusunda moment bulunmayacaktır. Böylece asimetrik kesitler için daha doğru bir beton kesit davranışı temsil edilebilir. Düzlem dışı şekil değiştirmelerin olabileceği asimetrik kesitler kuvvet kontrollü olarak analiz edilmelidir. *Kuvvet Kontrollü Çözüm* yönteminin dezavantajı; düşük eksenel yüklü ve kabuk betonunun büyük bir kısmı tek bir yükleme adımında ezilen betonarme kesitlerde yakınsama sağlayamayabilmesidir. Geniş ve tarafsız eksen derinliği daha fazla olan kesitlerde yakınsama olasılığı çok daha fazladır.

Diğer bir yöntem olan *Yer Değiştirme Kontrollü Çözüm* yönteminde ise arttırılan birim şekil değiştirmeler veya eğriliklerdir. Program yükleme açısını bulur ve eğrilikleri (veya birim şekil değiştirmeleri) aynı eksenle arttırarak karşılık gelen kuvvet ve momentleri elde eder. *Kuvvet Kontrollü Çözüm*'den daha stabil bir yöntemdir. Simetrik kesitlerde asal yükleme ve asal eğrilik düzlemi aynıyken asimetrik kesitlerde durum farklıdır. Asimetrik kesitlerde bu yöntem uygulandığında, kesitte yükleme düzleminin dışına doğru oluşacak şekil değiştirmeleri engellemek için düzlem dışı bir moment talebi doğacaktır.

Yer değiştirme Kontrollü Çözüm her zaman iyi bir yakınsanma sağlar. Fakat asimetrik kesitler için eğrilikler yükleme düzleminde iken ortaya çıkan moment aynı düzlemde değildir. Bu çalışmada *Yer Değiştirme Kontrollü Çözüm* kullanılarak analizler yapılmıştır. Analize başlamadan önce programa girilen genel değerler:

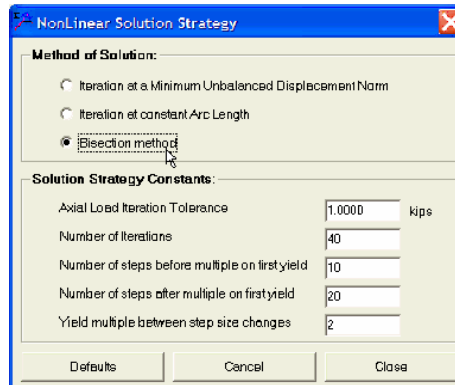
Eksenel Yükl Toleransı: Uygulanan kuvvet ve hesaplanan karşı koyma kuvveti arasındaki farktır. Programın varsayılan değeri olan 4.48 kN kullanılmıştır.

İterasyon Sayısı: Programın varsayılan değeri olan 40 kullanılmıştır. İterasyon sayısı arttıkça yakınsama oranı artar.

İlk Akma Durumundan Önceki Adım Sayısı: Moment - eğrilik diyagramının şeklini kontrol eden(aşağıdaki iki parametreyle birlikte) parametredir. Başlangıç ve akma eğriliği arasındaki adım sayısını belirtir. Programın varsayılan değeri olan 10 kullanılmıştır.

İlk Akma Durumundan Sonraki Adım Sayısı: Akma eğriliği ve nihai eğrilik arasındaki adım sayısını belirtir. Programın varsayılan değeri olan 20 kullanılmıştır.

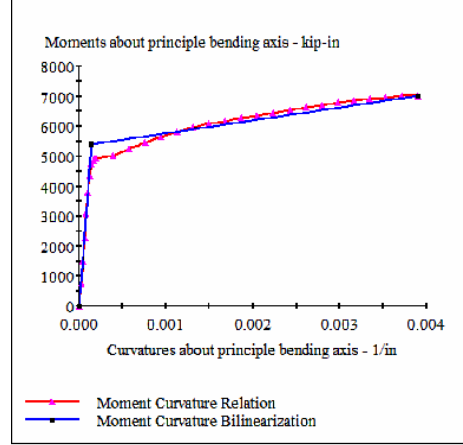
Adım Aralığı Değişimleri Arasındaki Akma Çarpanı: Akma öncesi ve akmadan sonraki adım sayılarını ayırmak için, akma eğriliğine uygulanan katsayıdır. Programın varsayılan değeri olan 2 kullanılmıştır.



Şekil 3.18 Xtract moment - eğrilik çözüm yöntemi belirleme ekranı

Moment - eğrilik analizi sonucunda, kesitin doğrusal olmayan davranışını temsil eden bir noktalar topluluğu elde edilir. Bazı durumlarda bu bilginin kullanılmazı zor olabilir. Bu yüzden bu noktalar topluluğunu kesit birincil ve ikincil rijitlik eğimlerini içeren iki doğrusal bir hale getirmek, kullanımda büyük kolaylık sağlamaktadır.

XTRACT iki doğrusu hale getirme işlemini “Eğriyi En Uygun İkincil Rijitlik İle İki Doğrusu Hale Getir” opsiyonu ile, hesaplanan eğrinin nihai eğrilik ve momenti ile iki doğrusu diyagramın nihai eğrilik ve momenti örtüşecek biçimde gerçekleştirmektedir. Daha sonra iki doğrusu diyagram ile hesaplanan eğri altında kalan alanlar örtüşecek şekilde, elastik (birincil) rijitlik doğrusuna birleştirilen doğrunun eğimi de ikincil rijitlik eğimine karşılık gelmektedir.



Şekil 3.19 Xtract'ta iki doğrusu hale getirilmiş moment - eğrilik diyagramı

3.3 Analiz Sonuçları ve Performans Değerlendirme Yöntemi

3.3.1 Modal Kapasite Diyagramı

Yukarıda belirtildiği üzere yapılan SAP 2000 analizi sonucunda, eksenleri göz önüne alınan (x) deprem doğrultusundaki “*taban kesme kuvveti V_{bx} – çatı yer değiştirmesi u_{nx}* ” olan klasik itme eğrisinin (pushover curve) koordinatları sayısal olarak elde edilmiştir. Programın ayrıca ürettiği “*kapasite spektrumu*” kullanılmamıştır. *Modal Kapasite Diyagramı*’nın koordinatları olan *modal yerdeğiştirme* (d) ile *modal sözde ivme* (a)’nın elde edilmesi için aşağıdaki dönüştürme işlemleri yapılmıştır (İDMP, 2003; ABYYHY Taslak, 2005).

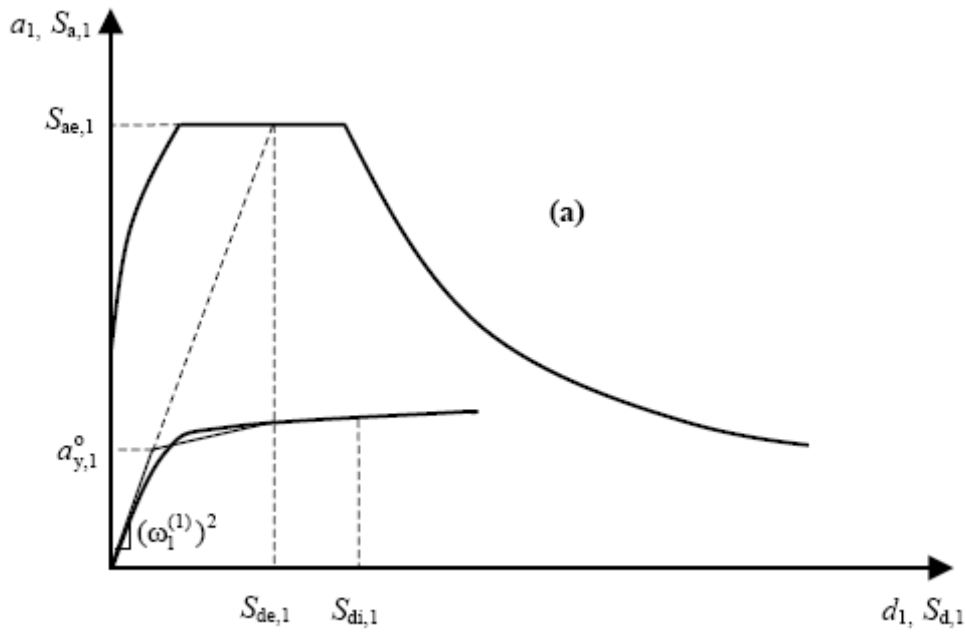
$$d = u_{nx} / (\Phi_{nx} \Gamma_x) \quad (3.61)$$

$$a = V_{bx} / (M_{bx}) = V_{bx} / (L_x \Gamma_x) \quad (3.62)$$

$$\Gamma_x = L_x / (\Phi^T M \Phi) \quad (3.63)$$

$$L_x = \Phi^T M 1_x \quad (3.64)$$

SAP 2000’de mod şekilleri daima $\Phi^T M \Phi = 1$ olacak şekilde normalize edildiğinden, $\Gamma_x = L_x$ ve $M_{bx} = \Gamma_x^2$ dir.



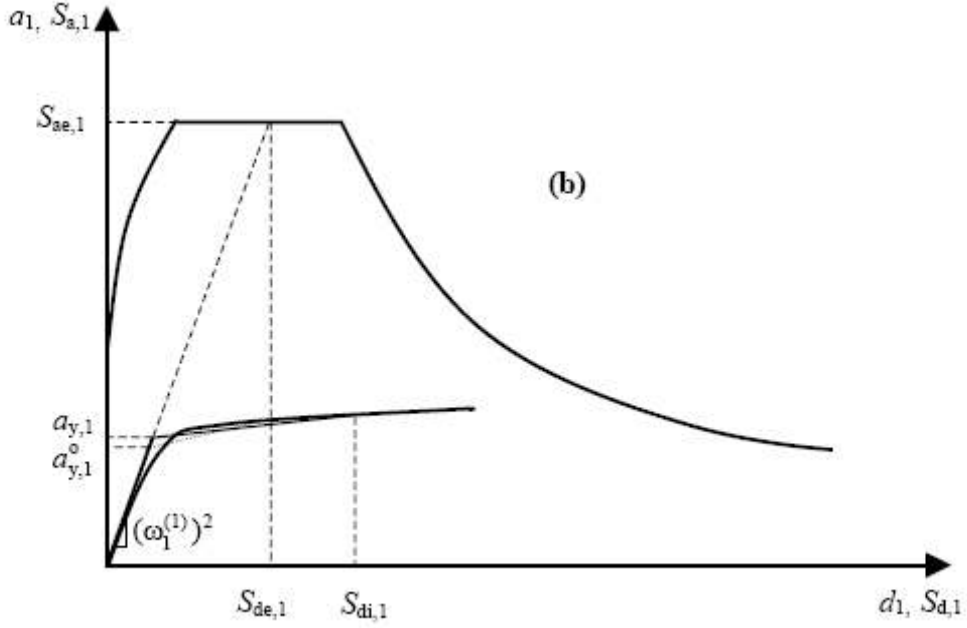
Şekil 3.20 Eğrisel ve iki doğrulu modal kapasite diyagramı (ABYYHY Taslak, 2005)

Şekil 3.19’da gösterilen modal kapasite diyagramı iki doğrulu bir diyagrama dönüştürülmüştür. Bu diyagramda başlangıç doğrusunun eğimi, modal tek serbestlik dereceli sistemin “eşdeğer açısal frekansı”nın karesine eşittir ($\omega_e^2 = a_y / d_y$). Bu frekansa karşılık gelen “eşdeğer doğal periyot” $T_e = 2\pi / \omega_e$ dir.

3.3.2 Modal Yer Değiştirme İsteminin Belirlenmesi

Modal yer değiştirme istemi, modal tek serbestlik dereceli sistemin en büyük yer değiştirmesine karşılık gelen *inelastik spektral yer değiştirme* $[S_{di}(T_e)]$ ’ye eşittir. Bu büyüklük, “eşdeğer doğal periyot” T_e ’ye karşılık gelen elastik spektral yer değiştirme

$[S_{de}(T_e)]$ 'nin aşağıda tanımlanan C_1 ve C_2 katsayıları ile çarpılması ile elde edilmiştir (FEMA-440, 2004; İDMP, 2003; ABYYHY Taslak, 2005):



Şekil 3.21 Modal yer değiştirme isteminin belirlenmesi (ABYYHY Taslak, 2005)

$$S_{di}(T_e) = C_1 C_2 S_{de}(T_e) \quad (3.65)$$

Elastik spektral yer değiştirme $[S_{de}(T_e)]$, her bina için yerel deprem ve zemin koşulları göz önüne alınarak deprem yönetmeliğinde ki tasarım ivme spektrumlarından hesaplanmıştır. C_1 katsayısı aşağıdaki bağıntıyla belirlenmiştir (FEMA-440, 2004; İDMP, 2003; ABYYHY Taslak, 2005):

$$C_1 = 1 + (R_y - 1)/3.6 \quad (T_e < 0.2s) \quad (3.66a)$$

$$C_1 = 1 + (R_y - 1)/(90T_e^2) \quad (0.2s \leq T_e \leq 1.0s) \quad (3.66b)$$

$$C_1 = 1 \quad (T_e > 1.0s) \quad (3.66c)$$

C_2 katsayısı ise aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır (FEMA-440, 2004; İDMP, 2003; ABYYHY Taslak, 2005):

$$C_2 = 1 + (R_y - 1)^2 / 32 \quad (T_e < 0.2s) \quad (3.67a)$$

$$C_2 = 1 + (R_y - 1)^2 / (800T_e^2) \quad (0.2s \leq T_e \leq 0.7s) \quad (3.67b)$$

$$C_2 = 1 \quad (T_e > 0.7s) \quad (3.67c)$$

Yukarıdaki bağıntılarda yer alan “dayanım azaltma katsayısı” R_y aşağıdaki şekilde tanımlanır (FEMA-440, 2004; İDMP, 2003; ABYYHY Taslak, 2005):

$$R_y = S_{ae}(T_e) / a_y \quad (3.68)$$

3.3.3 Hedef Yer Değiştirme ve Diğer İstem Büyüklüklerinin Belirlenmesi

Modal yer değiştirme isteminin (3.65)’e göre belirlenmesini takiben maksimum tepe yer değiştirmesi, diğer bir deyişle literatürde “*hedef yer değiştirme – target displacement*” olarak adlandırılan büyüklük (3.61)’daki ilk bağıntıdan hesaplanmıştır.

$$u_{nx,hedef} = u_{nx,maks} = \Phi_{nx} \Gamma_x S_{di}(T_e) \quad (3.69)$$

İstem hesabının son aşamasında tepe yer değiştirmesi (3.69) ile tanımlanan hedef yer değiştirmeye eşit oluncaya kadar taşıyıcı sistem SAP 2000 ile itilip istenen tüm büyüklüklere ait maksimum istem değerleri elde edilmiştir.

3.3.4 Şekil Değiştirmeye Göre Performans Değerlendirmesi

Plastik mafsallarda oluşan ve yukarıda açıklandığı şekilde elde edilen plastik dönme istemlerinden hareketle, betonarme kesitlerde beton basınç şekil değiştirmesi ve çelik çekme şekil değiştirmesine ait istemler hesaplanmış ve aşağıda tanımlanan sınır değerlerle karşılaştırılmıştır.

	Hemen Kullanım	Can Güvenliği	Göçme Sınırı
ϵ_c	0.004	$0.004+0.008 (\rho_s / \rho_{sm}) < 0.012$	$0.004+0.014 (\rho_s / \rho_{sm}) < 0.018$
ϵ_s	0.010	0.040	0.060

Çizelge 3.2 Şekil değiştirme performans sınır değerleri

(İDMP, 2003; ABYYHY Taslak, 2005)

Plastik şekil değiştirmelerin meydana geldiği her bir kesitte, yukarıda hesaplanan plastik dönme miktarları, kesitin plastik mafsal boyuna bölünerek kesitteki “*plastik mafsal eğrilik istemi* (κ_p)” yaklaşık olarak elde edilmiştir. Daha sonra plastik eğrilik istemi, “*akma eğriliği* (κ_y)” ile toplanarak “*toplam eğrilik istemi* (κ_t)” elde edilmiştir. Bu aşamada, moment – eğrilik hesabına geri dönülerek, toplam eğrilik istemine karşı gelen *beton basınç şekil değiştirmesi istemi* ile *çelik çekme şekil değiştirmesi istemi* elde edilmiştir.

3.3.5 Kesme Kuvvetine Göre Performans Değerlendirmesi

Performans noktalarında, gevrek kesme kırılmasına göre performans değerlendirme yapılmıştır. Kesme kuvveti istemi ile karşılaştırmada esas alınan kesme kuvveti kapasitesi V_e aşağıdaki gibi hesaplanmıştır (İDMP, 2003; ABYYHY Taslak, 2005).

$$V_e = V_c + V_s \quad (3.70)$$

Çeliğin katkısı (V_s) TS500’e göre belirlenmiş, betonun katkısı ise aşağıdaki bağıntıyla hesaplanmıştır (İDMP, 2003; ABYYHY Taslak, 2005).

$$V_s = (A_{sw} / s) f_{yw} d \quad (3.71)$$

$$V_c = 0.80 A_g k_c \sqrt{f_{ck}} \quad (3.72)$$

Eğrilik istemine bağlı olarak kullanılan k_c katsayısı aşağıdaki gibi tanımlanmıştır (İDMP, 2003; ABYYHY Taslak, 2005).

$$k_c = 0.29 \quad (\mu_K \leq 3) \quad (3.73)$$

$$k_c = 0.43 - 0.048 \mu_K \quad (3 < \mu_K < 7) \quad (3.74)$$

$$k_c = 0.15 - 0.073 \mu_K \quad (7 \leq \mu_K \leq 15) \quad (3.75)$$

$$k_c = 0.042 \quad (\mu_K > 15) \quad (3.76)$$

μ_K kesitin eğrilik sünekliği istemini göstermektedir.

$$\mu_K = \kappa_t / \kappa_y \quad (3.77)$$

olarak bulunur.

4. ESKİ YÖNETMELİKLERE GÖRE İNŞA EDİLEN BETONARME BİR YAPININ GÜÇLENDİRMEDE ÖNCE VE SONRA DEPREM PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1 Yapının Tanıtılması

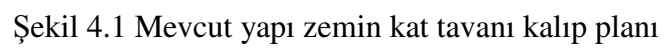
4.1.1 Mevcut Yapı

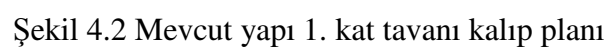
İstanbul'un Beşiktaş ilçesinde bulunan bina, 1 zemin + 3 normal kat olmak üzere toplam 4 katlı betonarme karkastır. Yapı zemin katta planda 11 m'ye 15.35 m'lik dikdörtgen şeklindeki bir alana oturmaktadır. Yapıda açık veya kapalı çıkma bulunmamaktadır. Yapısal tasarım projeleri bulunmayan yapının, taşıyıcı sistem rölevesinin çıkarılması amacıyla, yerinde ayrıntılı bir çalışma yapılmıştır. Yapısal modelin ve sonuçların irdelenmesi açısından göz önünde bulundurulması gereken unsurların başlıcaları şunlardır (İF Mühendislik Müşavirlik Ltd. Şti, 2004):

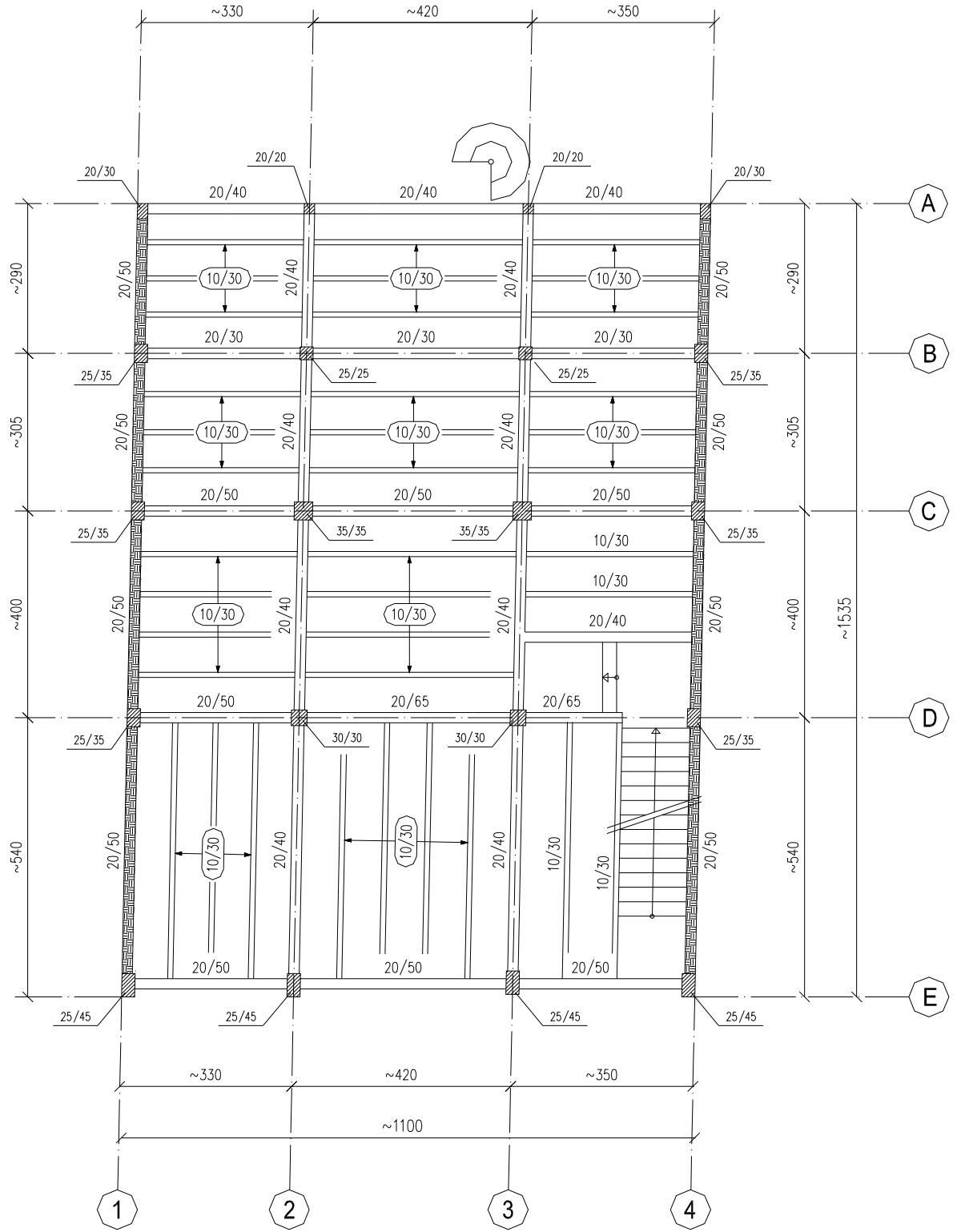
- Bina işyeri (banka) olarak kullanılmaktadır.
- 1999 depremlerine maruz kalan binanın taşıyıcı sistem elemanlarında herhangi bir yapısal hasara rastlanılmamıştır.
- Yapının bulunduğu bölgeye yakın bazı binalara ait zemin etütleri incelendiğinde, binanın üzerine oturduğu zeminin sağlam zemin olması çok muhtemel görülmektedir. Bu çalışmada zemin sınıfının Z2 olduğu kabul edilmiştir.
- Taşıyıcı sistem betonarme kolon - kiriş çerçevelerinden oluşmaktadır
- Döşemelerin rijit diyafram olarak davranmasına engel olabilecek büyük döşeme boşluklarına rastlanılmamıştır.
- Kolonların katlar boyunca düşey sürekliliği sağlanmıştır.
- Binanın her iki yan cephesinde (uzun cepheler) boşluksuz 2 sıra dolu harman tuğla duvar kullanıldığı tespit edilmiştir.
- Kolon ve kirişlerde sargı donatısı olarak Ø 6mm ve Ø 8mm çaplı çubukların 20 – 25 cm aralıklarla kullanıldığı, kiriş - kolon birleşim bölgelerinde ise sargı donatısı sıklaştırması yapılmadığı tespit edilmiştir. Kolon ve kiriş donatılarında çok az bir korozyona rastlanmıştır.
- Yapının kolon ve kirişlerinde boyuna ve enine donatı olarak S220 (BÇI - yumuşak yapı çeliği) kullanıldığı tespit edilmiştir.

- Binada 8 kolondan alınan karot numunelerinin beton basınç deneyleri sonuçlarından mevcut beton kalitesi C14 olarak tespit edilmiştir. Buna göre; yapılacak analiz ve hesaplarda mevcut betonun karakteristik basınç dayanımı olarak $f_{ck} = 14 \text{ N/mm}^2$ değeri kullanılmıştır.
- Yapının arka cephesinin hemen önündeki aksda yer alan iki adet orta kolonu zemin katta 50x50 cm boyutlarında iken 1 katta aniden 25x25 cm ebatlarına küçülmesi taşıyıcı sistem bakımından dikkat çeken bir husus oluşmuştur.
- Yapının taşıyıcı sistem bakımından dikkati çeken diğer bir özelliği de; zemin, 1. ve 2. katlardaki döşeme sistemleri, kolon ve ana çerçeve kirişleri arasında 80 - 90 cm aralıklar ile teşkil edilmiş 10 cm genişlikli kirişlerden ve bunların arasındaki 8 cm kalınlıklı betonarme plaklardan oluşurken (dişli döşeme), 3.kat tavanı (çatı katı tavanı) döşemesinin kolon ve ana çerçeve kirişleri arasında normal 12 cm kalınlıklı betonarme plaklardan oluşturulmuş olmasıdır. Bu durum son katın binaya daha sonraki bir aşamada ilave edilmiş olabileceği izlenimini doğurmuştur.

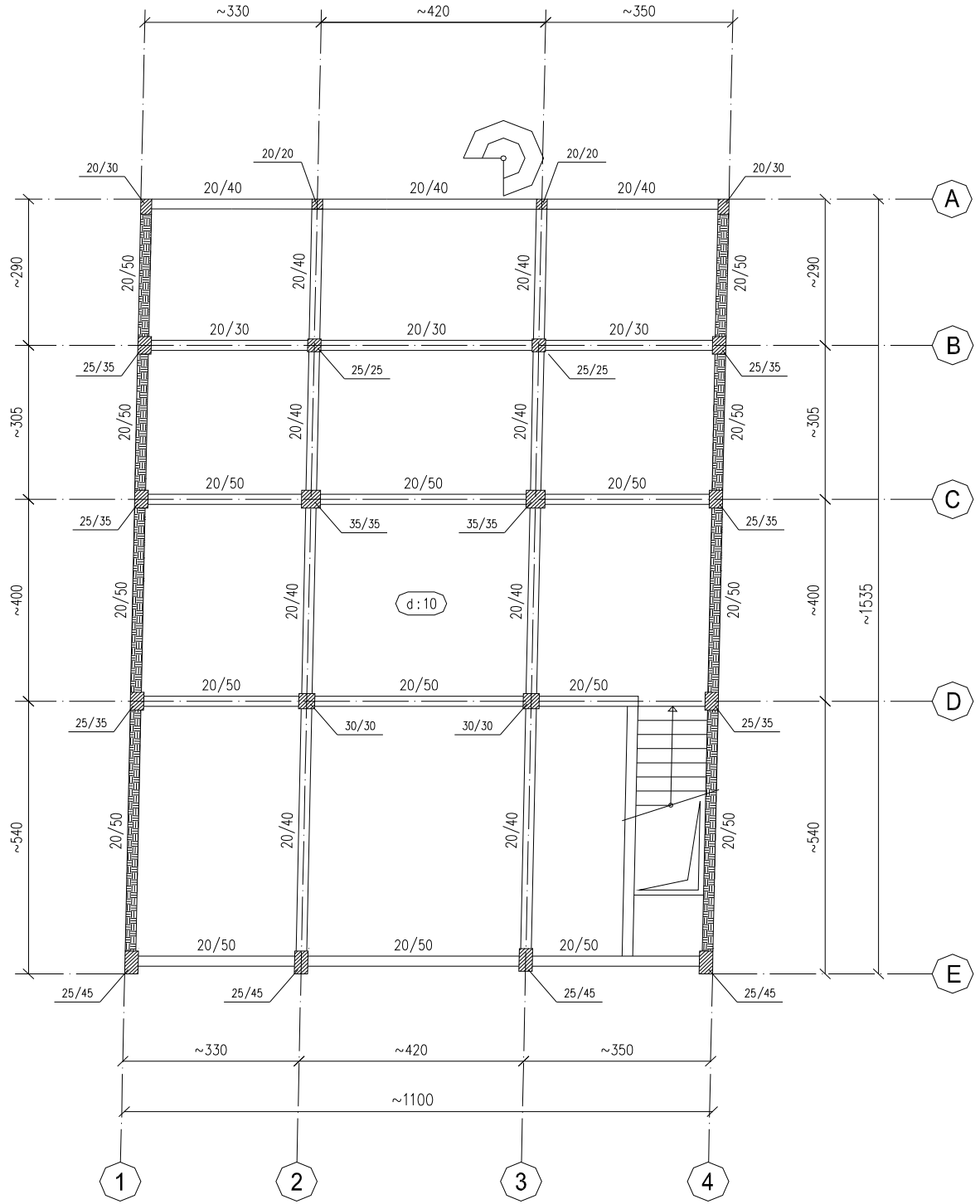
Bu bilgilere dayanarak, yapının sünek olmadığı ve deneysel olarak saptanmış olan basınç dayanımının, yerinde gerçekleşmiş bir değer olduğu göz önünde tutularak boyutlandırmaya esas alınabileceği anlaşılmaktadır. Yerinde yapılan röleve çalışmaları sonucunda elde edilen kat kalıp planları ve tipik kolon, kiriş donatıları Şekil 4.1 ile Şekil 4.6 arasında verilmiştir (İF Mühendislik Müşavirlik Ltd. Şti, 2004).



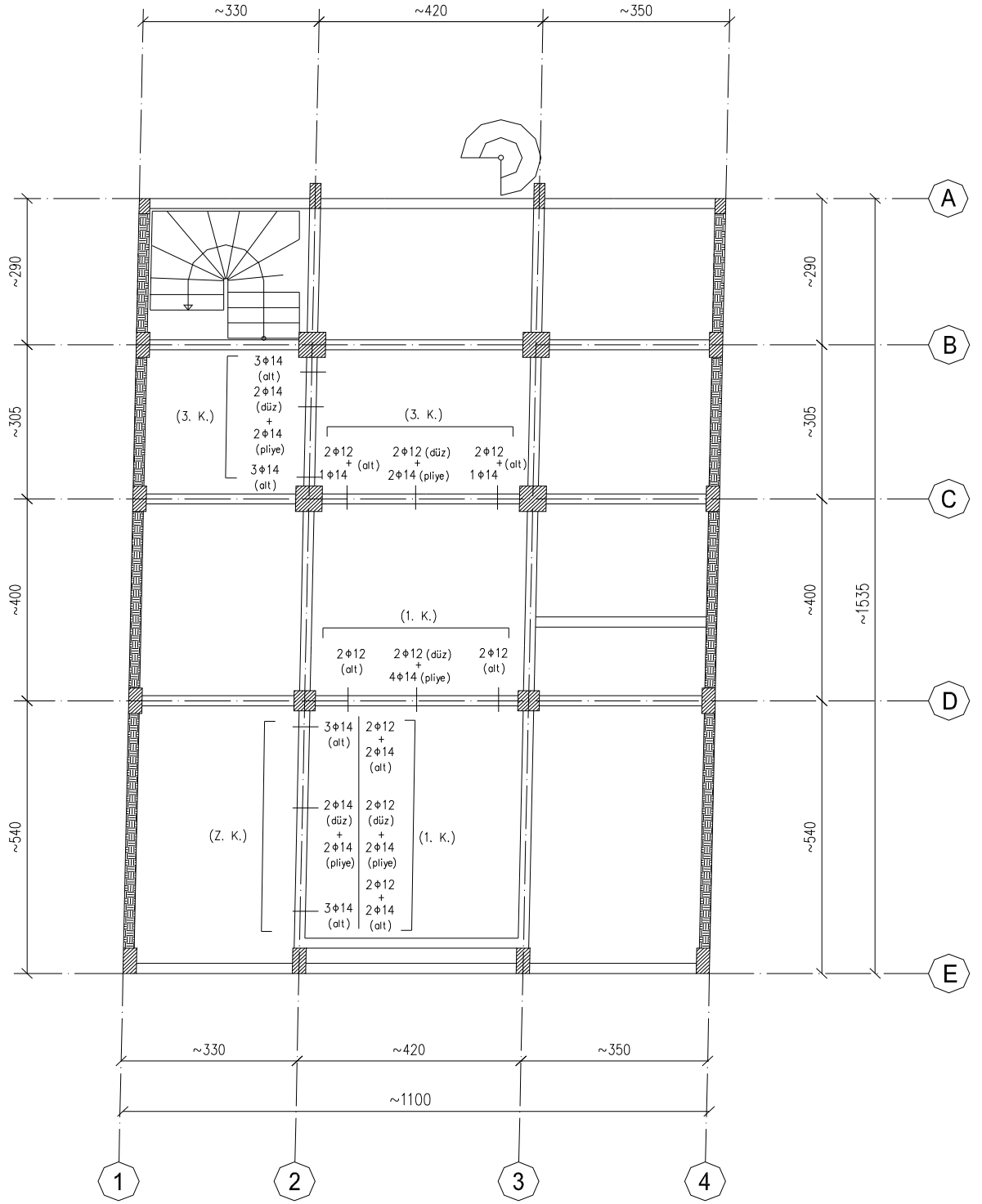




Şekil 4.3 Mevcut yapı 2. kat tavanı kalıp planı



Şekil 4.4 Mevcut yapı 3. kat tavanı kalıp planı



Şekil 4.6 Mevcut yapı tipik kiriş donatıları

f_{ck}	14 MPa
f_{cd}	14 MPa
f_{yk}	220 MPa
f_{yd}	220 MPa
f_{ctk}	1.31 MPa
f_{ctd}	1.31 MPa
E_c	26000 MPa

Çizelge 4.1 Mevcut yapı malzeme karakteristik özellikleri

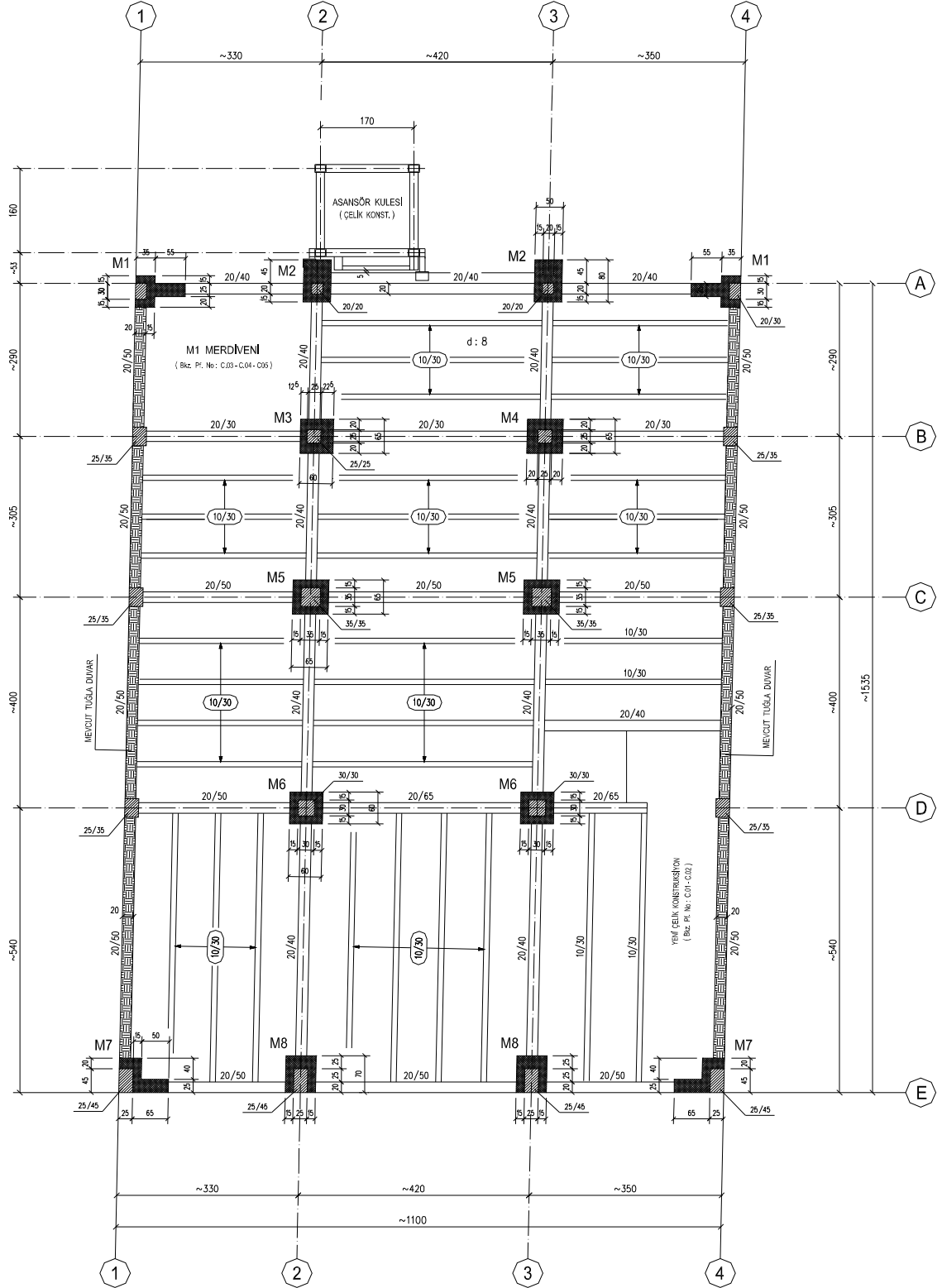
4.1.2 Güçlendirilmiş Yapı

İnşa edildiği yıllarda geçerli olan ABYYHY 75'e göre tasarlanmış olduğu düşünülen binanın, bu yönetmeliğin öngördüğü deprem güvenliğini, bazı elemanlarında oluşan sınırlı plastik şekil değiştirmeler ile sağladığı görülmüştür. Dolayısıyla; yapının, halen yürürlükte olan ABYYHY 97'in öngördüğü güvenliğini sağlamasını beklemek mümkün değildir. Bununla birlikte, bodrum katı olmayan ve 2. Derece deprem bölgesinde yer alan binanın, deprem bakımından kritik zemin kat kolonlarının temel ile birleşim kesitlerinde görülen rutubetin sebep olduğu korozyonlar, kolonlardaki sargı donatısı yetersizlikleri de değerlendirildiğinde; yapının güçlendirilmesi uygun görülmüştür. Yapı, elemanlarının mevcut kapasitelerinden de yararlanılarak, yatay yük taşıyıcı en önemli elemanlar olan kolonlardaki olumsuzlukları gidererek, sünekliklerini arttıracak biçimde ve aynı zamanda yapının mevcut yatay rijitliğini ve davranışını çok değiştirmeyecek tarzda ön ve arka cephesindeki 4'er adet kolonu ile 6 adet orta kolon mantolanarak güçlendirilmiştir. Güçlendirilmiş yapıya ait kat kalıp planları Şekil 4.7 ile Şekil 4.10 arasında verilmiştir (İF Mühendislik Müşavirlik Ltd. Şti, 2004).

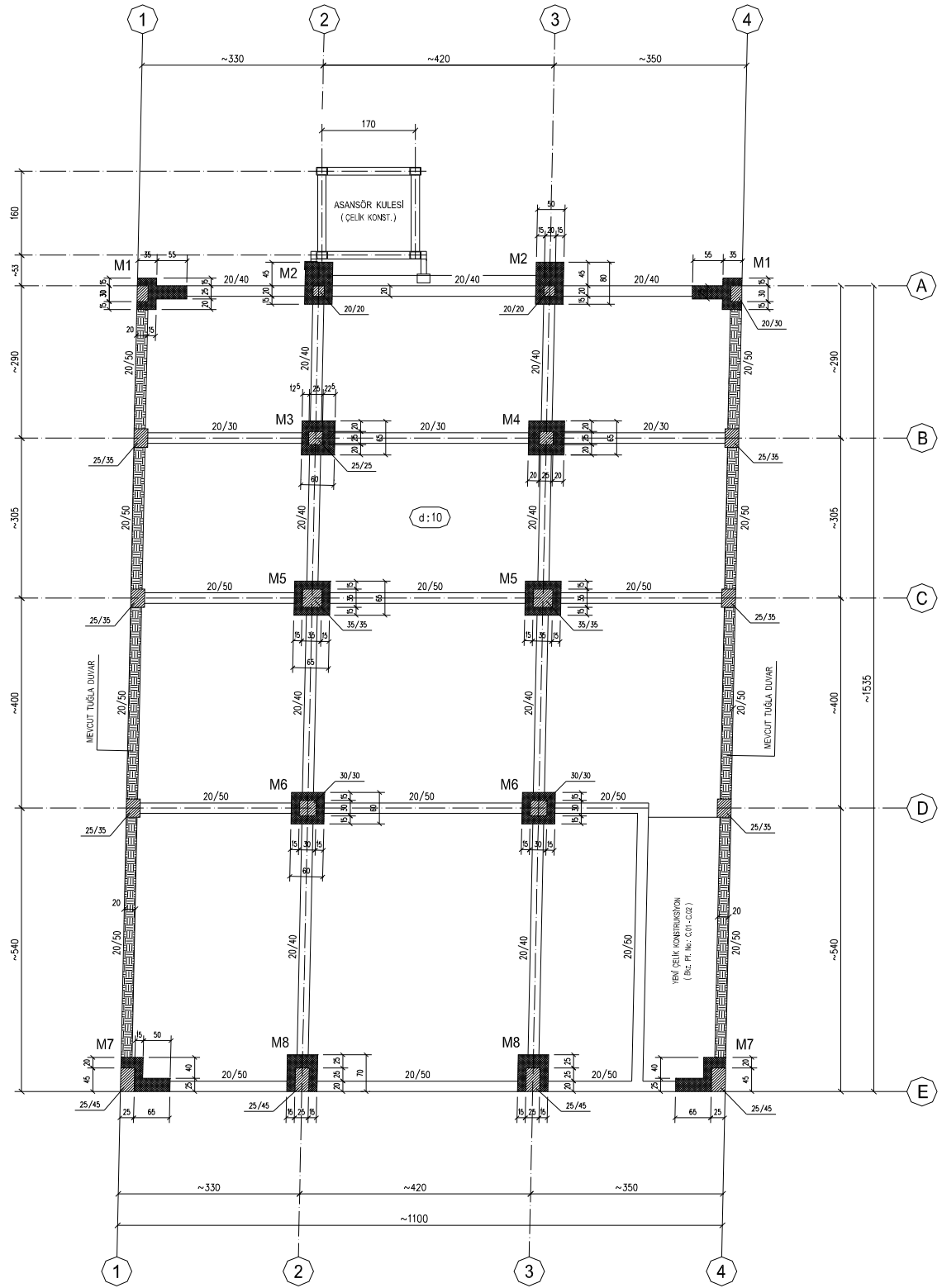
Yapının güçlendirilmesinde kullanılan yeni beton sınıfı C30 ve yeni çelik sınıfı S420a'dır. Mantolanmış kolonların kesme basınç gerilmelerinin ve dayanımlarının hesabında mantolanmış brüt kesit boyutları ile sargı betonunun tasarım dayanımı kullanılmıştır. Ancak elde edilen değerler 0.9 ile çarpılarak azaltılmıştır (ABYYHY Taslak, 2005).

f_{ck}	30 MPa
f_{cd}	30 MPa
f_{yk}	420 MPa
f_{yd}	420 MPa
f_{ctk}	1.92 MPa
f_{ctd}	1.92 MPa
E_c	32000 MPa

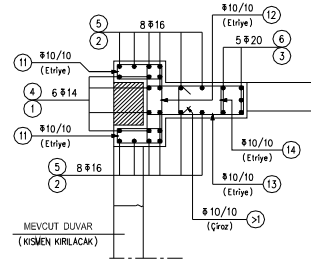
Çizelge 4.2 Güçlendirilmiş yapı elemanlarına ait malzeme karakteristik özellikleri



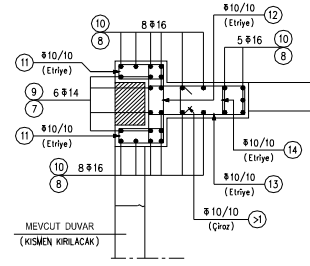
Şekil 4.9 Güçlendirilmiş yapı 2. kat tavanı kalıp planı



Şekil 4.10 Güçlendirilmiş yapı 3. kat tavanı kalıp planı

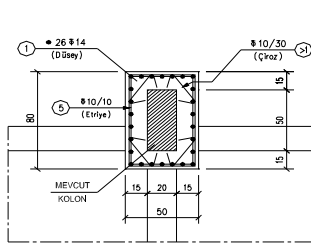


ZEMİN VE 1. KAT DONATI PLANI
1/20

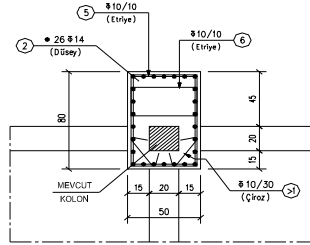


2. VE 3. KAT DONATI PLANI
1/20

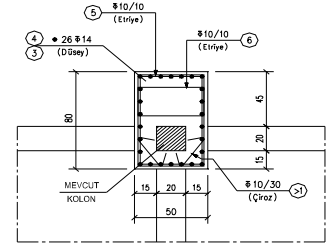
Şekil 4.11 M1 manto planı



ZEMİN KAT DONATI PLANI
1/20

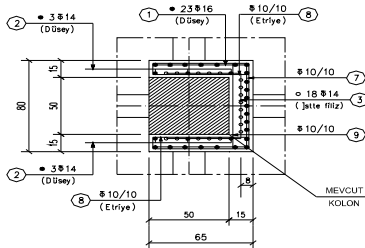


1. KAT DONATI PLANI
1/20

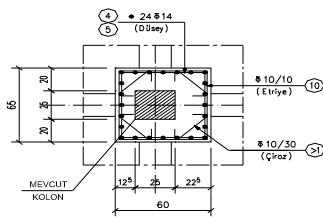


2. VE 3. KAT DONATI PLANI
1/20

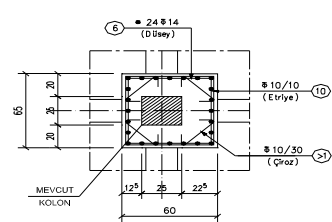
Şekil 4.12 M2 manto planı



ZEMİN KAT DONATI PLANI
1/20

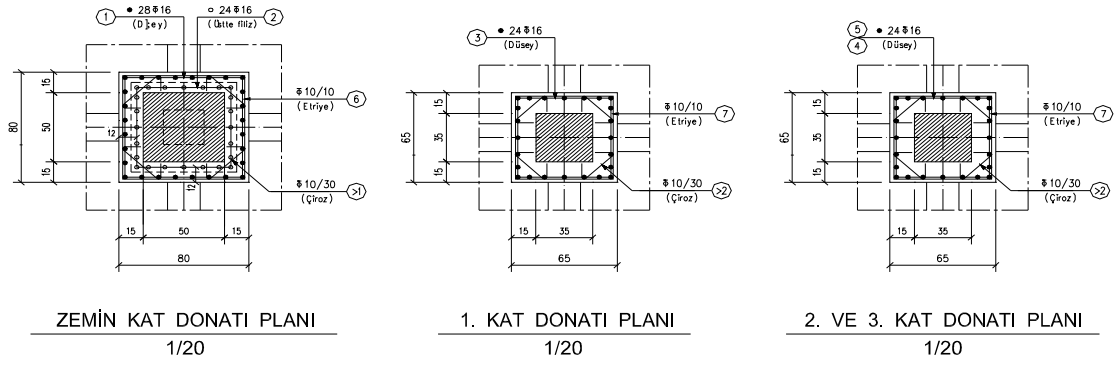


1. VE 2. KAT DONATI PLANI
1/20

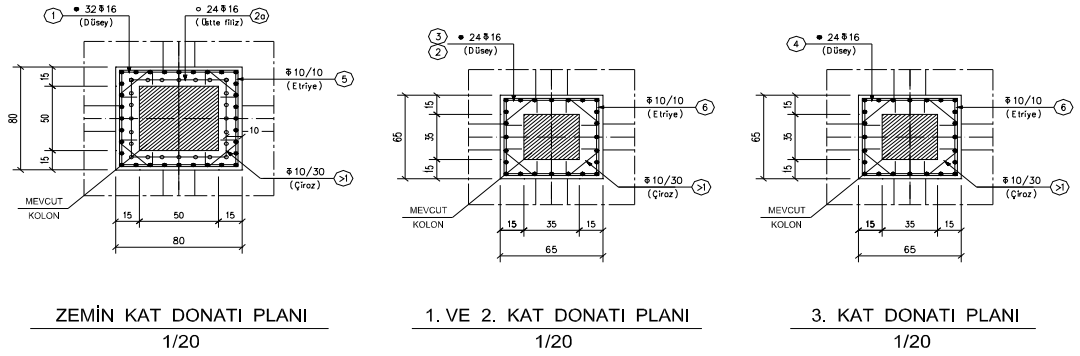


3. KAT DONATI PLANI
1/20

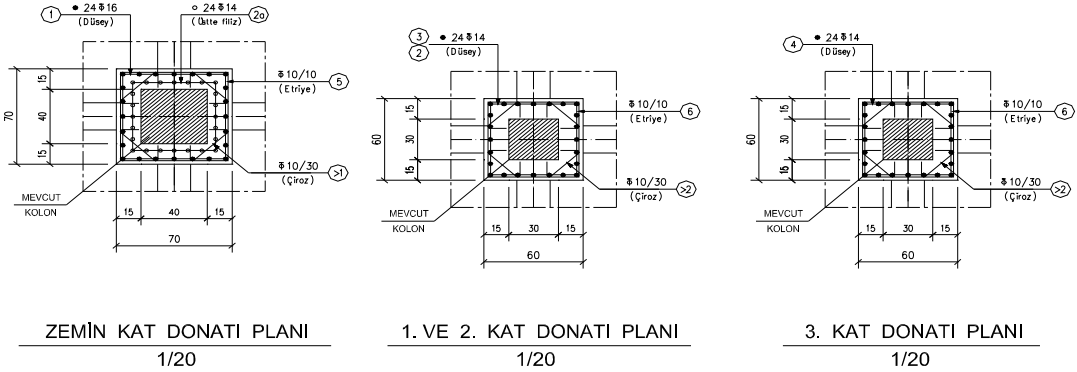
Şekil 4.13 M3 manto planı



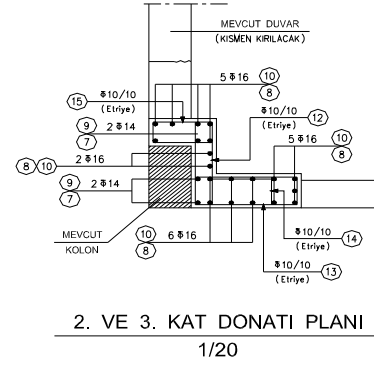
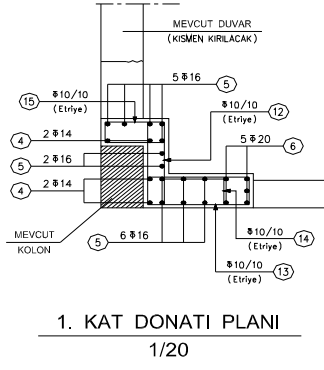
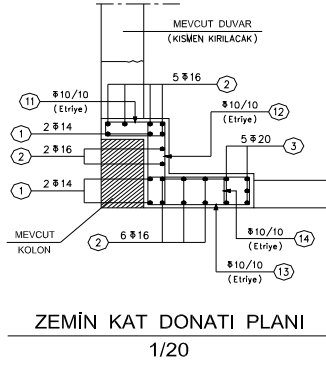
Şekil 4.14 M4 manto planı



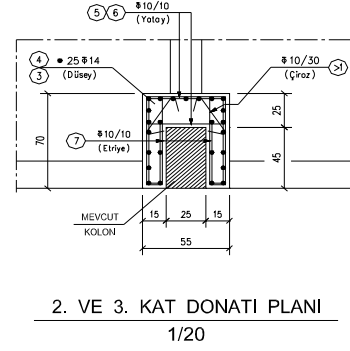
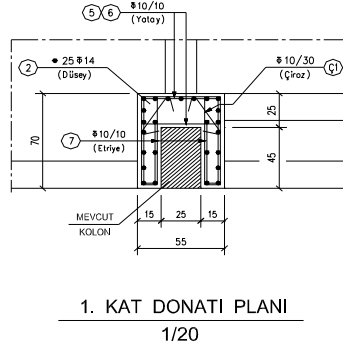
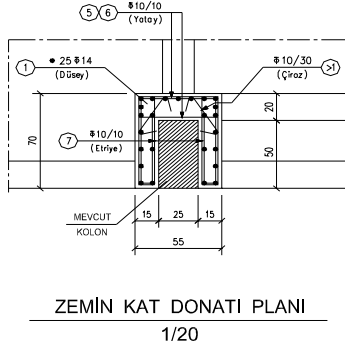
Şekil 4.15 M5 manto planı



Şekil 4.16 M6 manto planı



Şekil 4.17 M7 manto planı



Şekil 4.18 M8 manto planı

4.2 Düşey Yük Analizi, Dinamik Analiz Sonuçları ve Yatay Yük Analizi

Bu çalışmada esas olarak lineer olmayan davranış inceleneceği için, düşey yüklerin detaylı bir şekilde sisteme girilmesi yoluna gidilmiştir. Düşey yükler; döşemeden gelen zati ve hareketli yükler, döşeme boyutları dışında kalan kiriş zati yükleri, kolon zati yüklerine ilaveten dış duvar ve iç bölme duvar yüklerinin olduğu yerden etkilmesiyle hesaba katılmıştır. Mevcut ve güçlendirilmiş yapı analizlerinde kullanılan düşey yük değerleri aşağıdaki gibidir (İF Mühendislik Müşavirlik Ltd. Şti, 2004):

Normal Döşeme Yük Analizi (d=8 cm):

$$\begin{aligned}\text{Betonarme plak zati} &= 2.00 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Sıva + kaplama.} &= 1.50 \text{ kN/m}^2 \\ G &= 3.50 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Hareketli yük.} \quad Q &= 2.00 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Çatı Döşemesi Yük Analizi (d=12 cm):

$$\begin{aligned}\text{Betonarme plak zati} &= 3.00 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Sıva + kaplama.} &= 1.20 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Ahşap oturtma çatı + kiremit.} &= 1.20 \text{ kN/m}^2 \\ G &= 5.40 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Hareketli yük.} \quad Q &= 0.75 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Merdiven Döşemesi Yük Analizi:

$$\begin{aligned}\text{Betonarme plak zati} &= 3.75 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Sıva + kaplama.} &= 1.50 \text{ kN/m}^2 \\ G &= 5.25 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Hareketli yük.} \quad Q &= 3.50 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Duvar Yükleri:

$$\text{Yığma duvarlar} = 3.80 \text{ kN/m}^2$$

Ayrıca statik itme analizinde yapıya etkitilecek yatay yük formunun elde edilmesi amacıyla eşdeğer statik deprem yükü analizleri yapılmıştır. Buna göre; yapılan dinamik analizlerde kullanılan kat kütleleri ve küte eylemsizlik momentleri ile elde edilen periyot değerleri aşağıda mevcut ve güçlendirilmiş yapı için ayrı ayrı verilmiştir. Bu değerler kullanılarak katlara etkiyen eşdeğer deprem kuvvetleri hesaplanmıştır.

KAT	m_x (kNs ² /m)	m_y (kNs ² /m)	m_θ (kNs ² m)
3	175	175	5196
2	144	144	4294
1	149	149	4427
Z	164	164	4889

Çizelge 4.3.a Mevcut yapı kat kütleleri ve kütle eylemsizlik momentleri

KAT	m_x (kNs ² /m)	m_y (kNs ² /m)	m_θ (kNs ² m)
3	188	188	5609
2	163	163	4846
1	167	167	4956
Z	179	179	5313

Çizelge 4.3.b Güçlendirilmiş yapı kat kütleleri ve kütle eylemsizlik momentleri

Mod	Periyot (saniye)	Kütle Katılım Oranları	
		X Doğrultusu	Y Doğrultusu
1	0.9241	0.7915	0.0000
2	0.7549	0.7915	0.7670
3	0.7178	0.7926	0.7723
4	0.3111	0.8982	0.7723
5	0.2501	0.8982	0.8844
6	0.2412	0.9001	0.8857

Çizelge 4.4.a Mevcut yapı serbest titreşim periyotları

Mod	Periyot (saniye)	Kütle Katılım Oranları	
		X Doğrultusu	Y Doğrultusu
1	0.4382	0.0001	0.7704
2	0.4059	0.7695	0.7705
3	0.3182	0.7968	0.7706
4	0.1303	0.7968	0.9166
5	0.1228	0.9298	0.9166
6	0.0968	0.9308	0.9166

Çizelge 4.4.b Güçlendirilmiş yapı serbest titreşim periyotları

Bina Ağırlığı: 6203.60 (kN) (G+0.3Q)	
X Doğrultusunda 1. Doğal Titreşim Periyodu	0.9241 s
Y Doğrultusunda 1. Doğal Titreşim Periyodu	0.7549 s
AFET BÖLGELERİNDE YAPILACAK YAPILAR HAKKINDA YÖNETMELİK 1997	
Zemin Türü: Z2	I = 1
T _A = 0,15 s	R = 4
T _B = 0,40 s	A ₀ = 0,3
S (T _{1X}) = 1.28	V _X = 0,096 x W
S (T _{1Y}) = 1.50	V _Y = 0,113 x W

Çizelge 4.5.a Yatay yüklerin tayini (Mevcut yapı)

Bina Ağırlığı: 6833.74(kN) (G+0.3Q)	
X Doğrultusunda 1. Doğal Titreşim Periyodu	0.4059 s
Y Doğrultusunda 1. Doğal Titreşim Periyodu	0.4382 s
AFET BÖLGELERİNDE YAPILACAK YAPILAR HAKKINDA YÖNETMELİK 1997	
Zemin Türü: Z2	I = 1
T _A = 0,15 s	R = 5
T _B = 0,40 s	A ₀ = 0,3
S (T _{1X}) = 2.47	V _X = 0,148 x W
S (T _{1Y}) = 2.32	V _Y = 0,139 x W

Çizelge 4.5.b Yatay yüklerin tayini (Güçlendirilmiş yapı)

KAT	W (kN)	mi	H (m)	mi*hi	(mi*hi)/Σ(mi*hi)	F (kN)
Z	1612.86	164.41	3.10	509.67	0.11	63.29
1	1460.46	148.88	6.10	908.14	0.19	112.76
2	1416.47	144.39	9.00	1299.51	0.27	161.36
3	1713.81	174.70	11.90	2078.93	0.43	258.14
TOPLAM	6203.60			4796.25	1.00	595.55

Çizelge 4.6.a Deprem yükünün x doğrultusunda katlara dağılımı (Mevcut yapı)

KAT	W (kN)	mi	H (m)	mi*hi	(mi*hi)/Σ(mi*hi)	F (kN)
Z	1612.86	164.41	3.10	509.67	0.11	74.49
1	1460.46	148.88	6.10	908.14	0.19	132.73
2	1416.47	144.39	9.00	1299.51	0.27	189.93
3	1713.81	174.70	11.90	2078.93	0.43	303.85
TOPLAM	6203.60			4796.25	1.00	701.01

Çizelge 4.6.b Deprem yükünün y doğrultusunda katlara dağılımı (Mevcut yapı)

KAT	W (kN)	mi	H (m)	mi*hi	(mi*hi)/ $\sum$ (mi*hi)	F (kN)
Z	1751.97	178.59	3.10	553.63	0.10	106.06
1	1634.35	166.60	6.10	1016.26	0.19	194.69
2	1597.95	162.89	9.00	1466.01	0.28	280.85
3	1849.48	188.53	11.90	2243.51	0.42	429.80
TOPLAM	6833.74			5279.41	1.00	1011.39

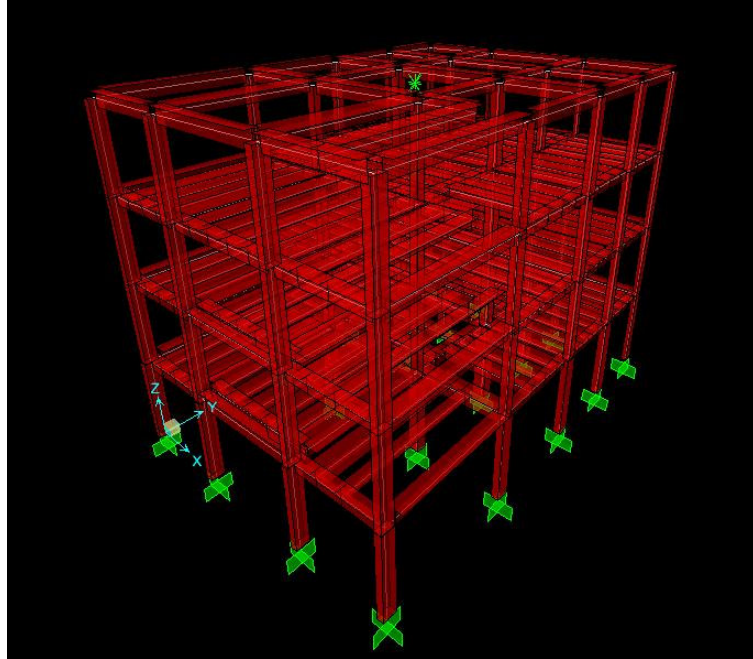
Çizelge 4.6.c Deprem yükünün x doğrultusunda katlara dağılımı

(Güçlendirilmiş yapı)

KAT	W (kN)	mi	H (m)	mi*hi	(mi*hi)/ $\sum$ (mi*hi)	F (kN)
Z	1751.97	178.59	3.10	553.63	0.10	99.61
1	1634.35	166.60	6.10	1016.26	0.19	182.85
2	1597.95	162.89	9.00	1466.01	0.28	263.77
3	1849.48	188.53	11.90	2243.51	0.42	403.66
TOPLAM	6833.74			5279.41	1.00	949.89

Çizelge 4.6.d Deprem yükünün y doğrultusunda katlara dağılımı

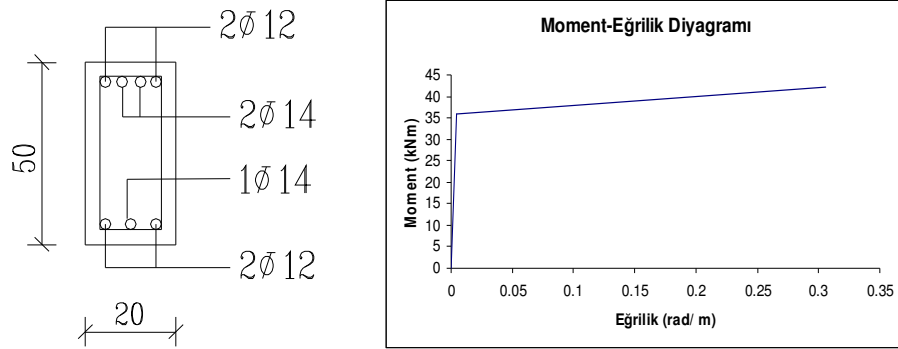
(Güçlendirilmiş yapı)



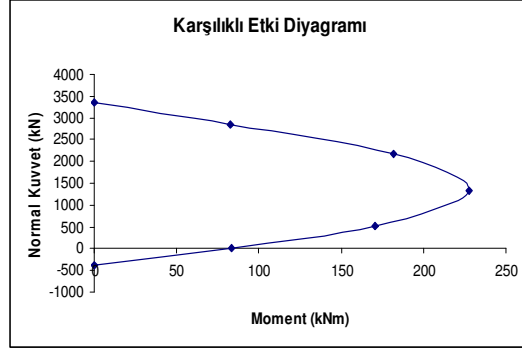
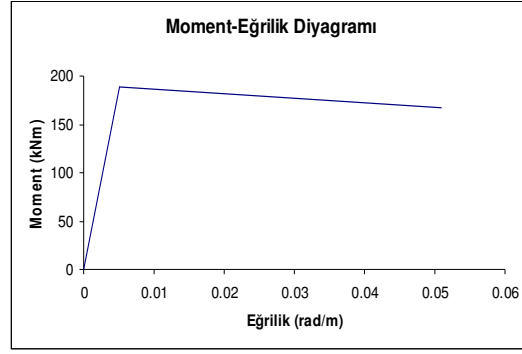
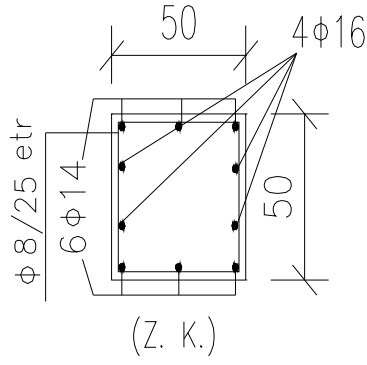
Şekil 4.19 Binanın çubuk elemanlardan oluşan matematik modeli

4.3 Yk - Şekil Değiştirme İlişkileri ve Mafsal zellikleri

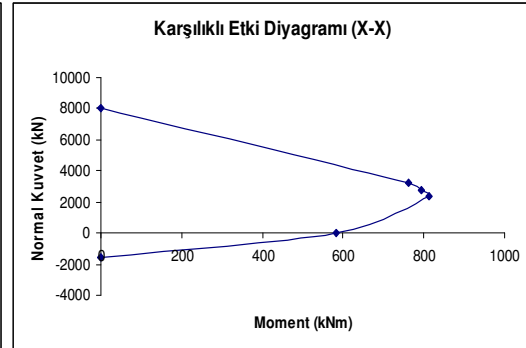
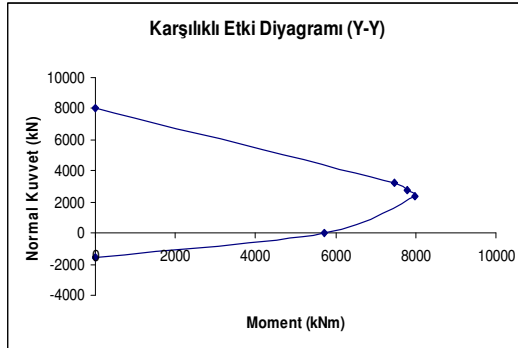
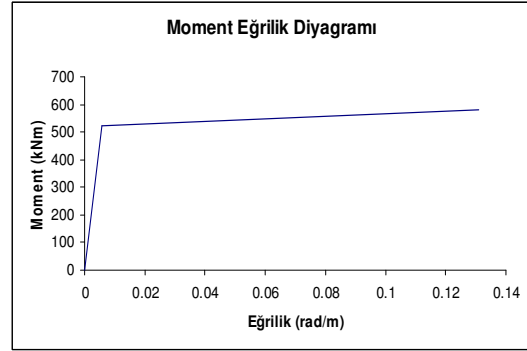
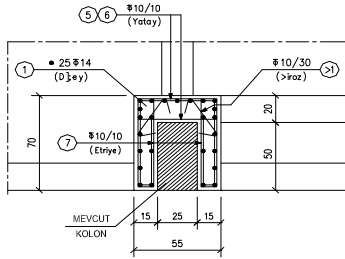
Taşıyıcı sistem elemanlarının yük - Şekil değiştirme ilişkilerini tanımlamak ve yapının doğrusal olmayan davranışını temsil etmek üzere, kirişler için moment - eğrilik diyagramları, kolonlar için normal kuvvetin de etkisini tanımlamak amacıyla karşılıklı etki diyagramları tanımlanmıştır. Karşılıklı etki diyagramları TAGU84 (İF Mühendislik Müşavirlik Ltd. şti, 1984) adlı bir yazılım vasıtasıyla elde edilmiştir. Tüm kesitlerin moment - eğrilik bağıntıları, daha önce bahsedilen beton ve elik malzeme davranış modellerine göre hesaplandıktan sonra, eğrilik değerleri kesitlerin plastik mafsal boylarıyla çarpılarak plastik dönme değerleri elde edilmiştir ($\theta_p = \kappa_p \times L_p$). Moment - eğrilik bağıntılarının hesaplanmasında XTRACT adlı programın eğitim versiyonu kullanılmıştır. Son limit plastik dönme değerinden, akma limit plastik dönme değeri çıkarılarak plastik mafsal dönme kapasiteleri bulunmuştur. Bulunan bu değerler SAP 2000 programında mafsal özelliklerini tanımlamada kullanılmıştır. Şekil 4.18, 4.19 ve 4.20’de kirişler için örnek moment - eğrilik diyagramı ile kolonlar ve mantolar için örnek karşılıklı etki diyagramları ve moment - eğrilik diyagramları verilmiştir.



Şekil 4.20 rnek kiriş moment - eğrilik diyagramı



Şekil 4.21 Örnek kolon (50x50) moment - eğrilik ve karşılıklı etki diyagramı



Şekil 4.22 Örnek manto (M8) moment - eğrilik ve karşılıklı etki diyagramı

Frame Hinge Property Data for 50X50 - PMM

Edit

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E-	-0.2	-0.018
D-	-0.2	-0.013
C-	-1.1	-0.013
B-	-1	0
A	0	0
B	1.	0.
C	1.1	0.013
D	0.2	0.013
E	0.2	0.018

☒ Hinge is Rigid Plastic
☒ Symmetric

Scaling for Moment and Rotation

☐ Use Yield Moment Positive Negative
Moment SF

☐ Use Yield Rotation Rotation SF 1.

Acceptance Criteria (Plastic Rotation/SF)

Immediate Occupancy Positive Negative
2.250E-03

Life Safety 6.000E-03

Collapse Prevention 0.013

Axial Load - Displacement Relationship

☒ Proportional to Moment - Rotation
☐ Elastic - Perfectly Plastic

Define/Show Interaction...

OK
Cancel

Şekil 4.23 SAP 2000’ de plastik mafsallık özelliklerinin tanımlanması

4.4 Analiz Sonuçları ve Performans Değerlendirmesi

4.4.1 Kapasite Eğrilerinin Elde Edilmesi

4.4.1.1 Mevcut Yapı

İtme analizlerinde öncelikle düşey yük ve deprem yüklerinin hesabında kullanılan hareketli yüklerin ortak etkisi altında düşey yük analizi yapılmış, daha sonra ise eşdeğer deprem yükü profili bütün itme analizi adımlarında sabit olacak şekilde yatay deprem yükleri altında yapı göçme noktasına itilmiştir. Elde edilen kapasite eğrileri Bölüm 3.3.1’de bahsedilen “*Modal Kapasite Diyagramı*” na dönüştürülmüş ve daha sonra başlangıç doğrusunun eğimi, modal tek serbestlik dereceli sistemin “*eşdeğer açısal frekansı*”nın karesine eşit olacak şekilde ($\omega_e^2 = a_y / d_y$) iki doğrulu hale getirilmişlerdir. Bu frekansa karşılık gelen “*eşdeğer doğal periyot*” $T_e = 2\pi / \omega_e$ dir.

G+Q+E_x yüklemesinden elde edilen kapasite eğrisinin “*Modal Kapasite Diyagramı*” haline getirilmesi örnek olarak aşağıda gösterilmiştir. Bütün yüklemelerden elde edilen diyagramlar sırasıyla Şekil 4.24 - Şekil 4.35 arasında verilmiştir.

Dinamik analizlerden;

$$\Phi_{1x} = 0.175 \quad \Phi_{1y} = 0.177$$

$$\Gamma_x = 22.37 \quad \Gamma_y = 22.02$$

$$M_{bx} = 500.4169 \quad M_{by} = 484.8804$$

itme analizi sonucu elde edilen kapasite eğrisinden akma limit durumu için;

$$V_{bx(y)(G+Q+Ex)} = 775kN \quad u_{1x(y)(G+Q+Ex)} = 0.041m$$

son limit durum için;

$$V_{bx(u)(G+Q+Ex)} = 947kN \quad u_{1x(u)(G+Q+Ex)} = 0.0648m$$

elde edilmiştir.

Daha sonra aşağıdaki dönüşümler yapılarak;

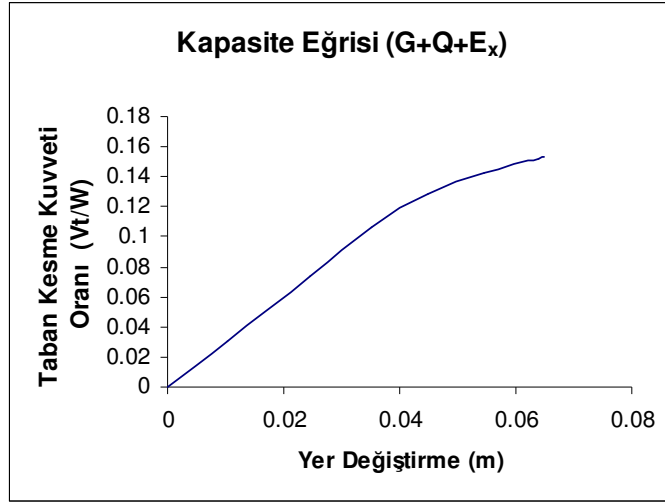
$$d_y = u_{nx} / (\Phi_{nx} \Gamma_x) \Rightarrow d_y = 0.041 / (22.37 * 0.175) = 0.01047$$

$$a_y = V_{bx} / (M_{bx}) = V_{bx} / (L_x \Gamma_x) \Rightarrow a_y = 775 / (500.4169 * 9.81) = 0.15787 \text{ g}$$

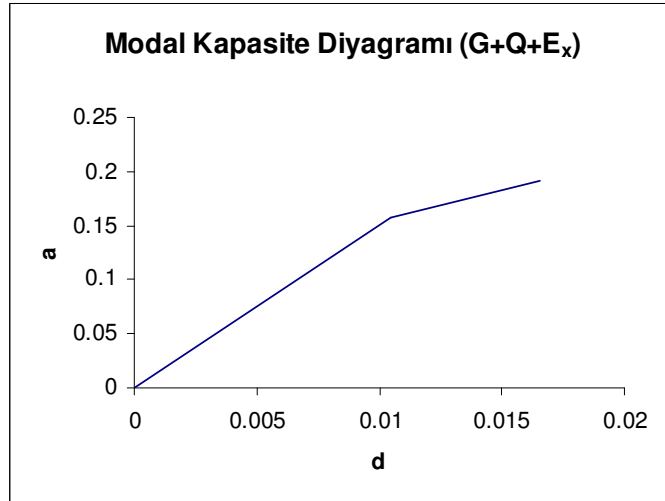
$$d_u = u_{nx} / (\Phi_{nx} \Gamma_x) \Rightarrow d_u = 0.0648 / (22.37 * 0.175) = 0.01655$$

$$a_u = V_{bx} / (M_{bx}) = V_{bx} / (L_x \Gamma_x) \Rightarrow a_u = 947 / (500.4169 * 9.81) = 0.1929 \text{ g}$$

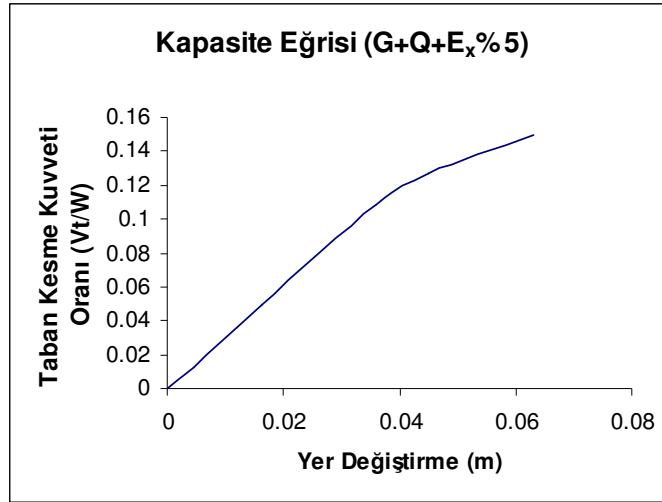
iki doğrulu modal kapasite diyagramının koordinatları elde edilmiştir.



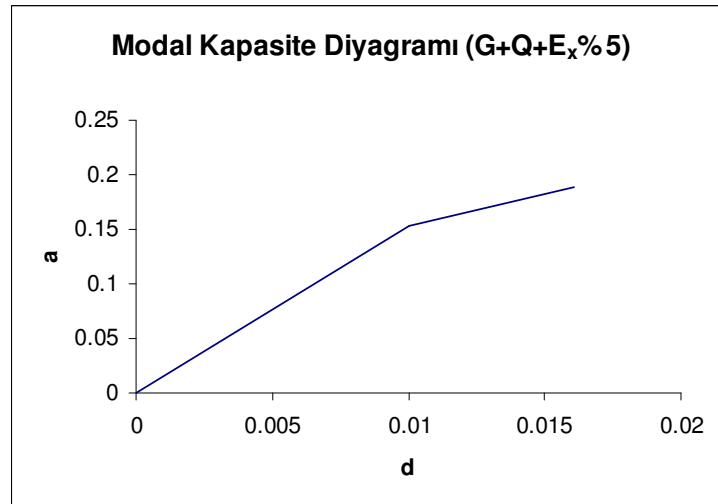
Şekil 4.24 G+Q+E_x yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı



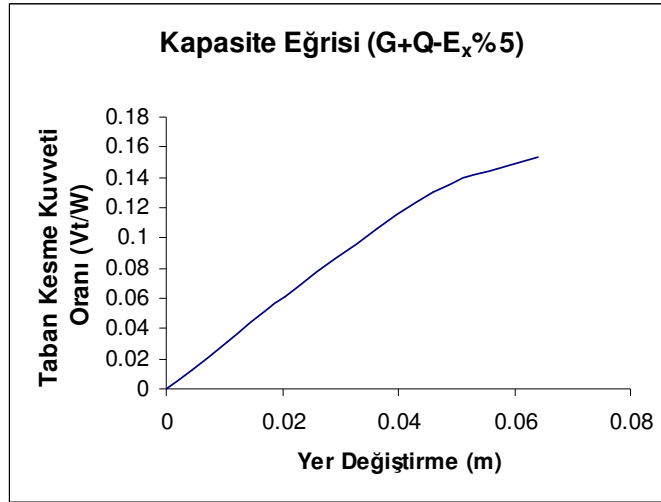
Şekil 4.25 G+Q+E_x yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı



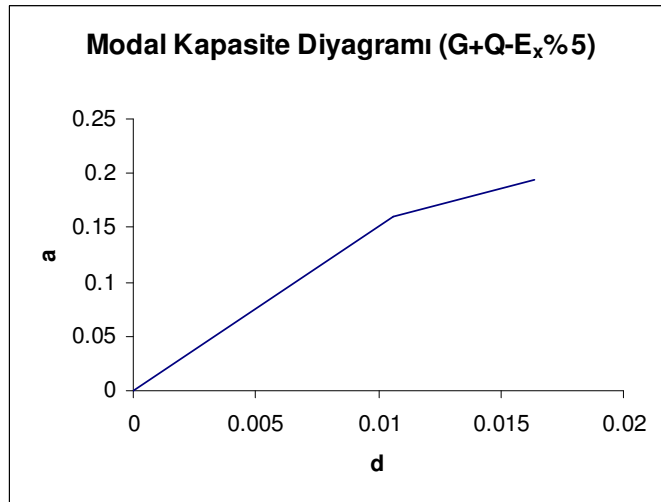
Şekil 4.26 G+Q+E_x (%5) yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı



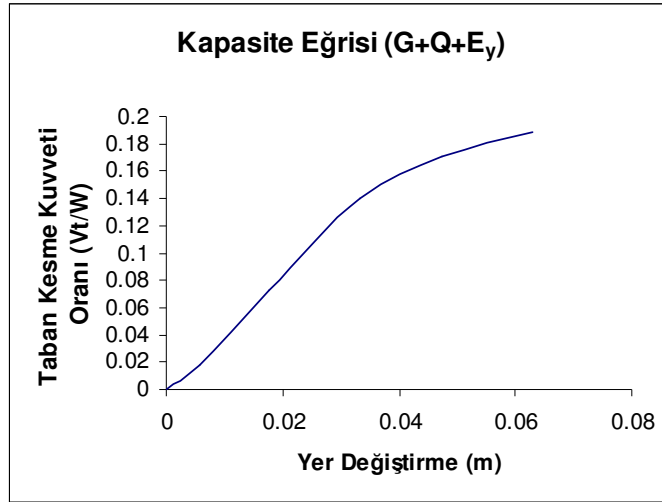
Şekil 4.27 G+Q+E_x (%5) yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı



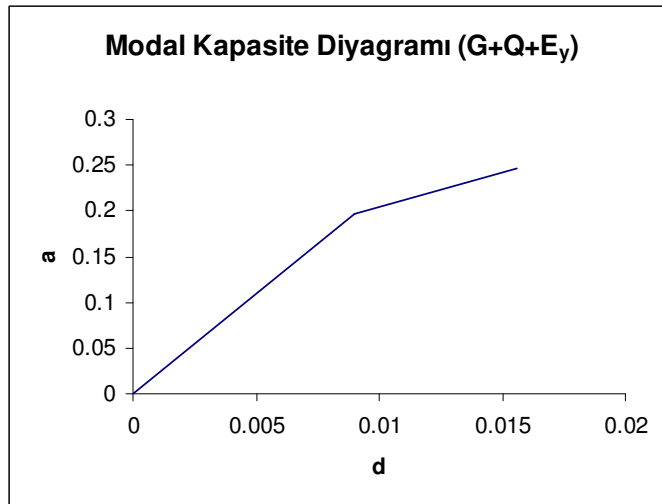
Şekil 4.28 G+Q-E_x (%5) yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı



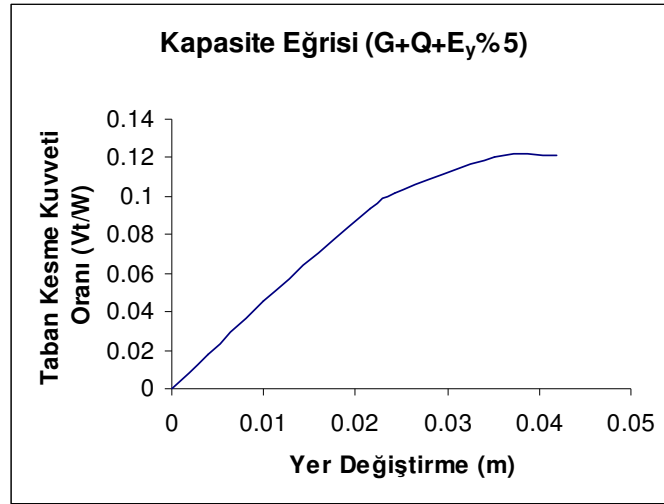
Şekil 4.29 G+Q-E_x (%5) yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı



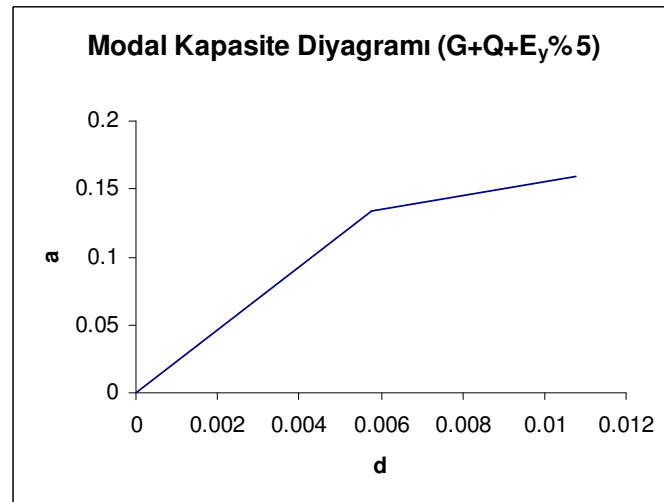
Şekil 4.30 G+Q+E_y yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı



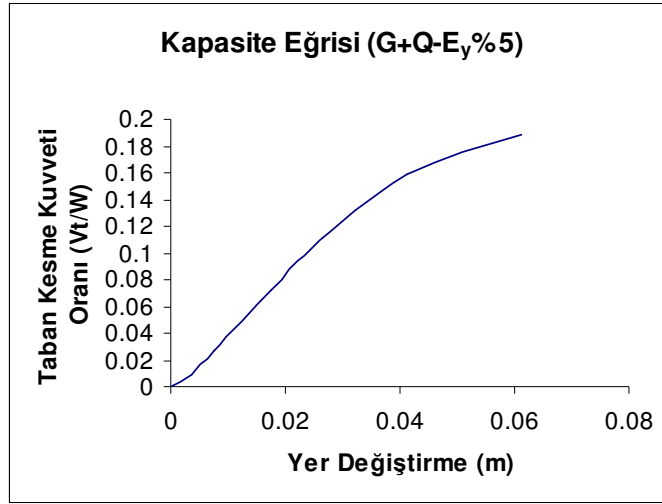
Şekil 4.31 G+Q+E_y yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı



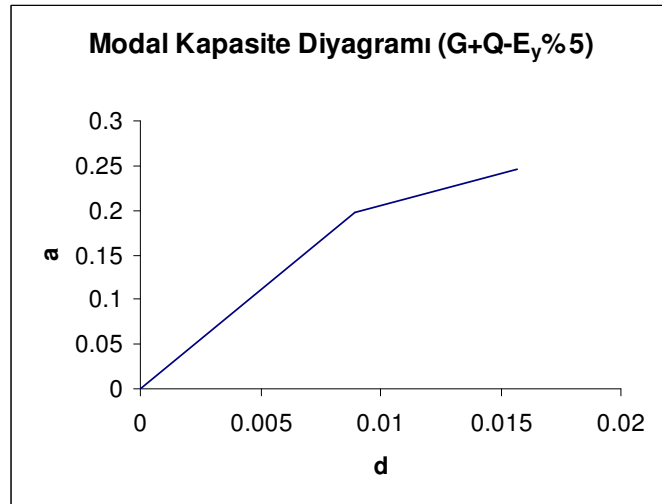
Şekil 4.32 G+Q+E_y (%5) yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı



Şekil 4.33 G+Q+E_y (%5) yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı



Şekil 4.34 G+Q-E_y (%5) yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı



Şekil 4.35 G+Q-E_y (%5) yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı

4.4.1.2 Güçlendirilmiş Yapı

G+Q+E_x yüklemesinden elde edilen kapasite eğrisinin “*Modal Kapasite Diyagramı*” haline getirilmesi örnek olarak aşağıda gösterilmiştir. Bütün yüklemelerden elde edilen diyagramlar sırasıyla Şekil 4.36 - Şekil 4.47 arasında verilmiştir.

Dinamik analizlerden;

$$\Phi_{1x} = 0.08364 \quad \Phi_{1y} = 0.08$$

$$\Gamma_x = 23.15 \quad \Gamma_y = 23.17$$

$$M_{bx} = 536.04 kNs^2 / m \quad M_{by} = 536.67 kNs^2 / m$$

itme analizi sonucu elde edilen kapasite eğrisinden akma limit durumu için;

$$V_{bx(y)(G+Q+Ex)} = 2128.7 kN \quad u_{1x(y)(G+Q+Ex)} = 0.0204 m$$

son limit durum için;

$$V_{bx(u)(G+Q+Ex)} = 3067.99 kN \quad u_{1x(u)(G+Q+Ex)} = 0.1147 m$$

elde edilmiştir.

Daha sonra aşağıdaki dönüşümler yapılarak;

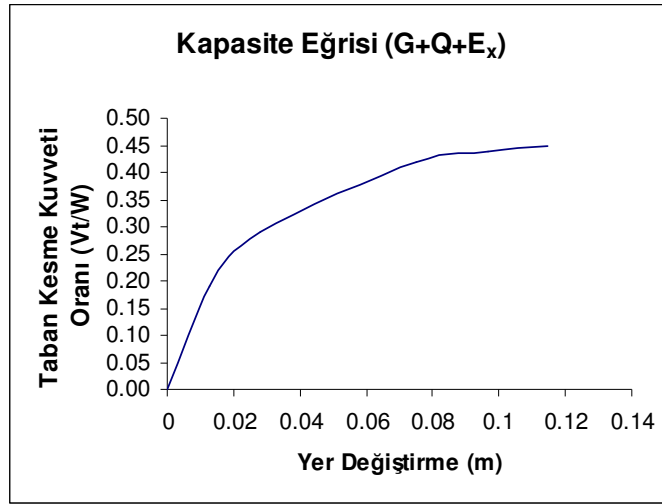
$$d_y = u_{nx} / (\Phi_{nx} \Gamma_x) \Rightarrow d_y = 0.0204 / (23.15 * 0.08364) = 0.010536$$

$$a_y = V_{bx} / (M_{bx}) = V_{bx} / (L_x \Gamma_x) \Rightarrow a_y = 2128.7 / (536.04 * 9.81) = 0.405 g$$

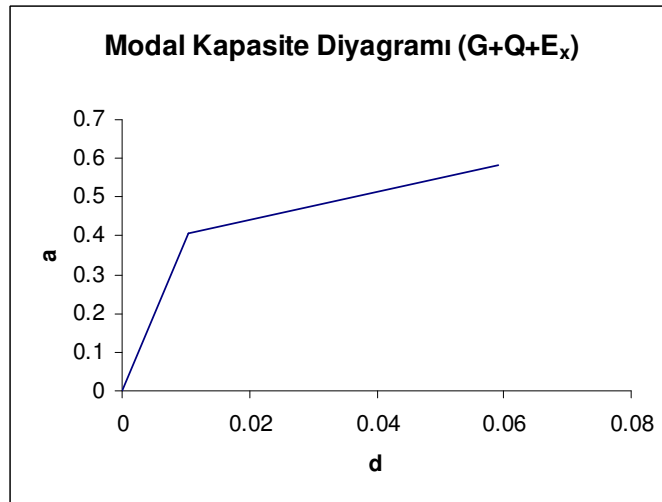
$$d_u = u_{nx} / (\Phi_{nx} \Gamma_x) \Rightarrow d_u = 0.05924 / (23.15 * 0.08364) = 0.019511$$

$$a_u = V_{bx} / (M_{bx}) = V_{bx} / (L_x \Gamma_x) \Rightarrow a_u = 3067.99 / (536.04 * 9.81) = 0.58343 \text{ g}$$

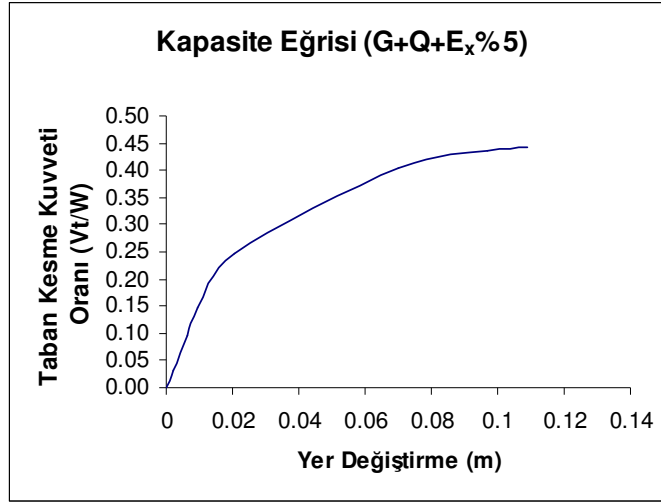
iki doğrulu modal kapasite diyagramının koordinatları elde edilmiştir.



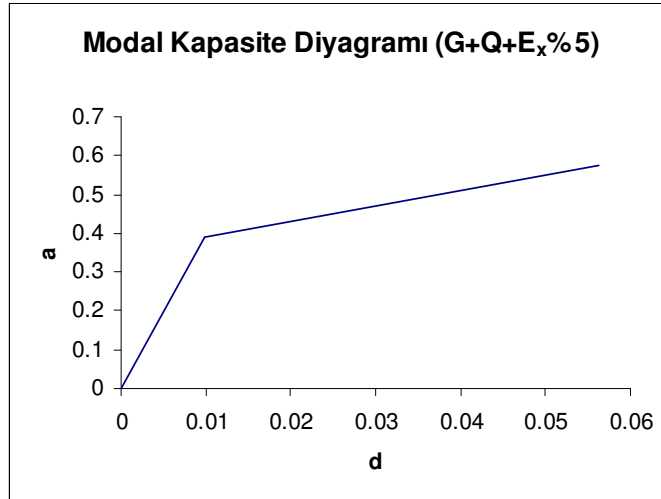
Şekil 4.36 G+Q+E_x yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı



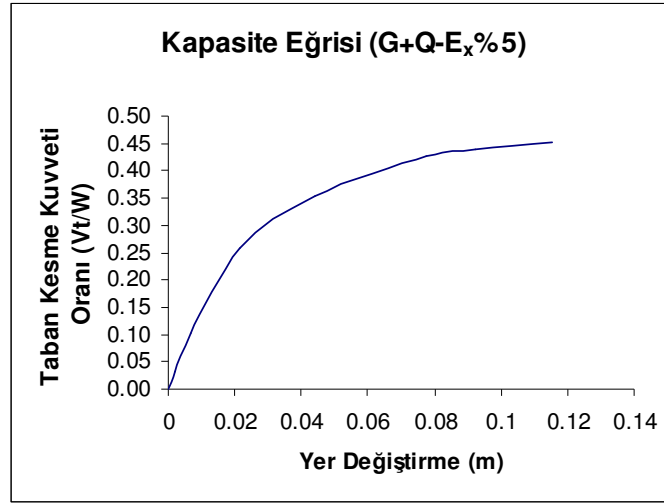
Şekil 4.37 G+Q+E_x yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı



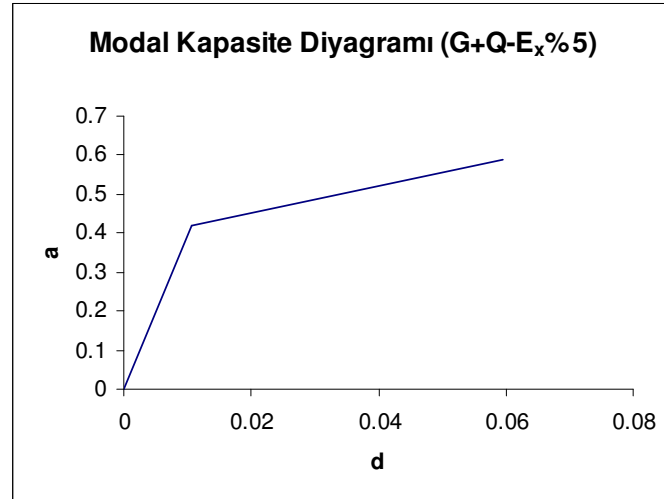
Şekil 4.38 G+Q+E_x (%5) yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı



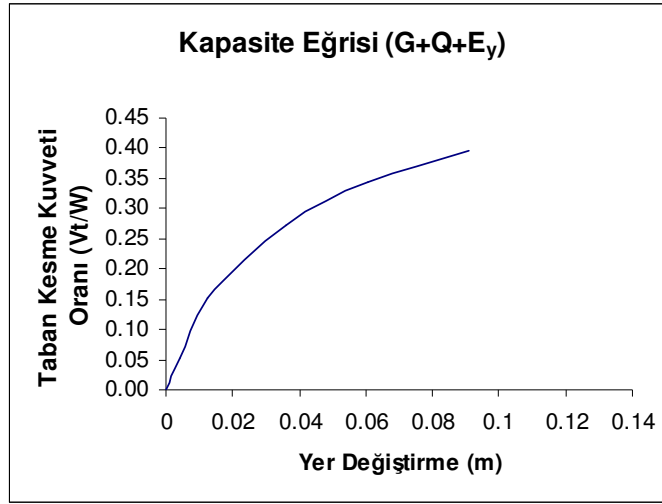
Şekil 4.39 G+Q+E_x (%5) yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı



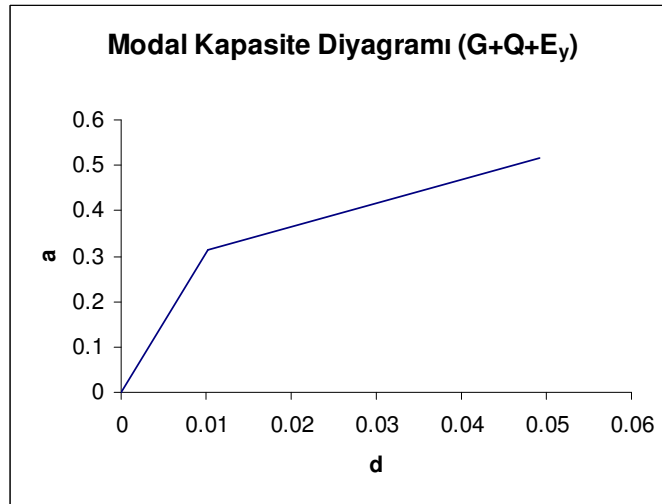
Şekil 4.40 G+Q-E_x (%5) yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı



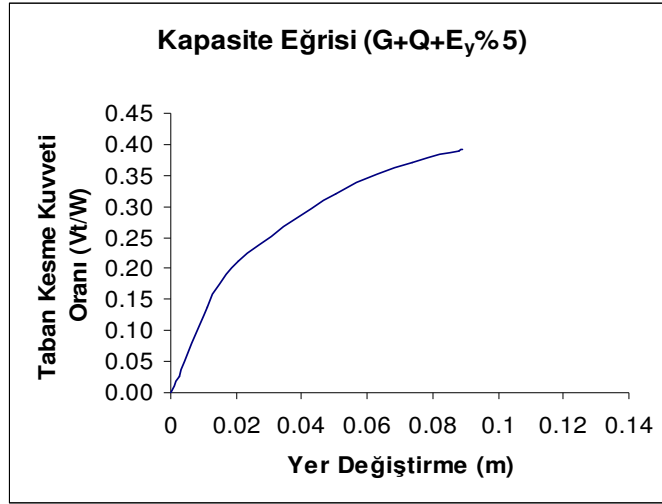
Şekil 4.41 G+Q-E_x (%5) yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı.



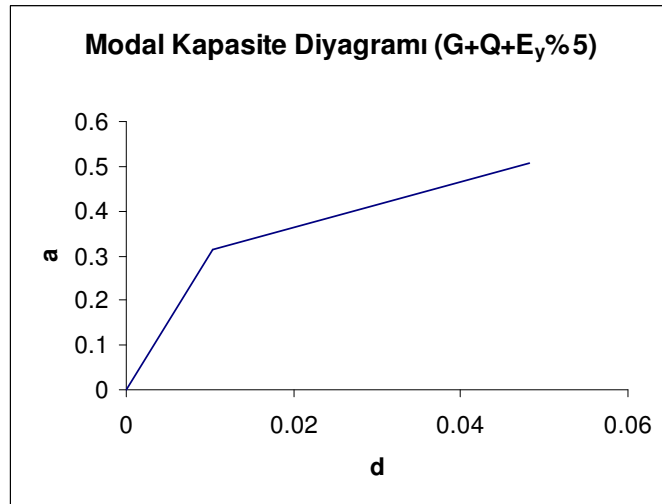
Şekil 4.42 G+Q+E_y yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı



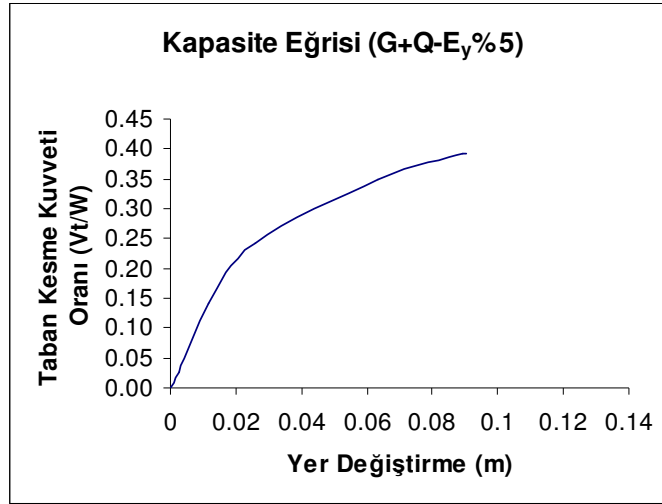
Şekil 4.43 G+Q+E_y yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı.



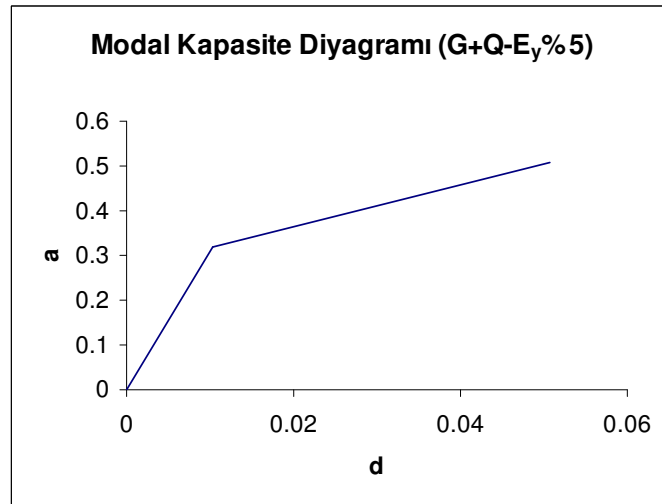
Şekil 4.44 G+Q+E_y (%5) yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı



Şekil 4.45 G+Q+E_y (%5) yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı



Şekil 4.46 G+Q-E_y (%5) yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı

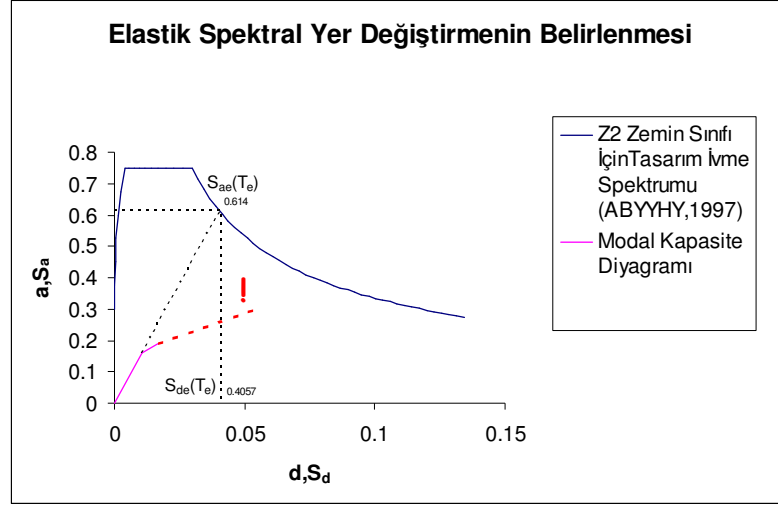


Şekil 4.47 G+Q-E_y (%5) yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı

4.4.2 Modal Yer Değiştirme İstemi ve Hedef Yer Değiştirmenin Belirlenmesi

4.4.2.1 Mevcut Yapı

G+Q+E_x yüklemesi için modal yer değiştirme istemi aşağıdaki gibi belirlenmeye çalışılmıştır.

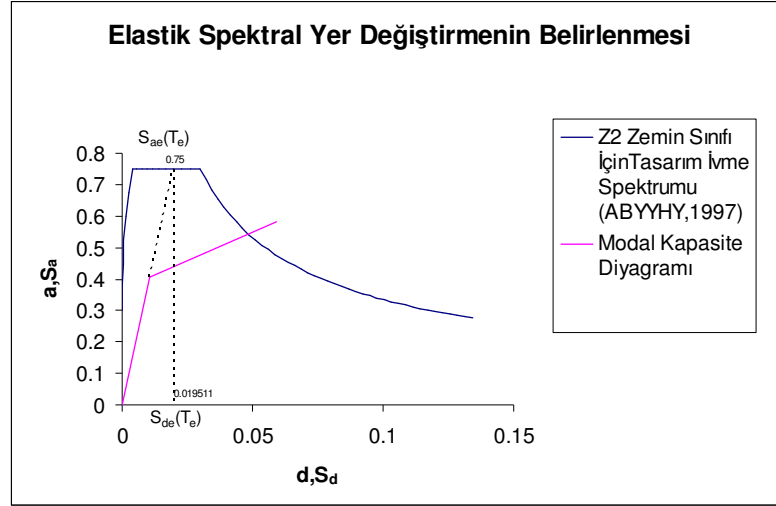


Şekil 4.48 G+Q+E_x yüklemesinde elastik spektral yer değiştirmenin belirlenmesi

Yapılan analizler sonucunda hiçbir bir yükleme kombinasyonu için herhangi bir performans noktası elde edilememiştir. Bunun anlamı, mevcut yapının bu haliyle tasarım depreminin talep ettiği yer değiştirmeyi yapmasının mümkün olmadığıdır. Sargı donatısı yetersizlikleri, düşük beton kalitesi, güçlü kiriş-zayıf kolon birleşimleri, binanın yer değiştirme kabiliyetini azaltan önemli etkenlerdir.

4.4.2.2 Güçlendirilmiş Yapı

G+Q+E_x yüklemesi için modal yer değiştirme istemi aşağıdaki gibi belirlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 4.49 G+Q+E_x yüklemesinde elastik spektral yer değiştirmenin belirlenmesi.

Şekil 4.47’de “*elastik spektral yer değiştirmenin $[S_{de}(T_e)]$* ” nasıl belirlendiği gösterilmiştir. Modal tek serbest tek dereceli sistemin doğrusal olmayan en büyük yer değiştirmesine karşı gelen “*inelastik spektral yer değiştirme $[S_{di}(T_e)]$* ” ise $[S_{de}(T_e)]$ ’nin C_1 ve C_2 katsayıları ile aşağıdaki gibi çarpılması ile elde edilmiştir.

$$T_{ex} = 0.4059s \Rightarrow C_1 = 1 + (R_y - 1)/(90T_e^2)$$

$$\Rightarrow C_2 = 1 + (R_y - 1)^2/(800T_e^2)$$

$$R_y = S_{ae}(T_e)/a_y \Rightarrow R_y = 0.75/0.405 = 1.85$$

$$C_1 = 1 + (1.85 - 1)/(90 * 0.4059^2) = 1.057324$$

$$C_2 = 1 + (1.85 - 1)^2/(800 * 0.4059^2) = 1.00548$$

$$S_{di}(T_e) = C_1 C_2 S_{de}(T_e) = 1.057324 * 1.00548 * 0.019511 = 0.02074$$

Doğrusal olmayan yer değiştirme isteminin elde edilmesinden sonra, maksimum çatı yer değiştirmesi (hedef yer değiştirme) aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$u_{nx,hedef} = u_{nx,maks} = \Phi_{nx} \Gamma_x S_{di}(T_e)$$

$$u_{1x,hedef} = u_{1x,max} = 0.08364 * 23.15 * 0.02074 = 0.040158m$$

Diğer yüklemeler için modal yer değiştirme istemi ve hedef yer değiştirme değerleri Çizelge 4.7’da verilmiştir.

		R_y	C_1	C_2	S_{de}	S_{di}	u_n
X	G+Q+E _x	1.85185	1.05732	1.00548	0.01951	0.02074	0.04016
	G+Q+E _x (%5)	1.91424	1.06617	1.00681	0.01876	0.02014	0.03899
	G+Q-E _x (%5)	1.79512	1.05694	1.00453	0.01919	0.02037	0.03944
Y	G+Q+E _y	2.39586	1.15827	1.01781	0.02456	0.02895	0.05366
	G+Q+E _y (%5)	2.38171	1.15482	1.02406	0.02441	0.02887	0.05351
	G+Q-E _y (%5)	2.35405	1.14822	1.02258	0.02331	0.02737	0.05074

Çizelge 4.7 Modal yer değiştirme istemleri ve hedef yer değiştirmeler

Tasarım depreminin talep ettiği maksimum yer değiştirmeler X doğrultusu için G+Q+E_x yüklemesinde elde edilen $u_{1x,hedef} = 0.04016m$, Y doğrultusu için G+Q-E_y yüklemesinden elde edilen $u_{1y,hedef} = 0.05366m$ değerleridir.

Son aşamada, tepe yer değiştirmesi hedef yer değiştirmeye eşit oluncaya kadar taşıyıcı sistem SAP 2000 ile itilmiş ve istenen bütün büyüklüklere ait maksimum istem değerleri elde edilmiştir.

4.4.3 Şekil Değiştirmeye Göre Performans Değerlendirmesi

SAP 2000 programı vasıtasıyla performans noktasına itilen güçlendirilmiş yapının elastik sınırı aşan elemanlarının, plastik dönme değerleri elde edilmiştir. XTRACT programı ile yapılan moment - eğrilik analizleri ile de akma eğrilikleri ve akma dönmeleri bulunmuştur. Sonuç olarak akma eğrilikleri ile plastik eğrilikler toplanarak toplam eğrilik istemleri elde edilmiştir (Çizelge 4.7, Çizelge 4.8).

ELEMAN	KESİT	L_p	θ_p	θ_y	θ_t	κ_p	κ_y	κ_t
26	K20X60	0.30	0.0042	0.0008	0.0051	0.0141	0.0028	0.0169
28	K20X60	0.30	-0.0036	-0.0009	-0.0045	-0.0120	-0.0029	-0.0149
29	K20X75	0.38	0.0033	0.0008	0.0041	0.0087	0.0021	0.0108
30	K20X60	0.30	0.0024	0.0008	0.0032	0.0080	0.0028	0.0108
32	K20X60	0.30	-0.0038	-0.0009	-0.0046	-0.0126	-0.0029	-0.0155
35	K20X75	0.38	0.0025	0.0008	0.0033	0.0067	0.0021	0.0088
56	K20X55	0.28	-0.0020	-0.0008	-0.0028	-0.0073	-0.0029	-0.0102
57	K20X70	0.35	0.0034	0.0008	0.0042	0.0098	0.0022	0.0120
62	K20X70	0.35	-0.0017	-0.0009	-0.0025	-0.0047	-0.0025	-0.0073
63	K20X70	0.35	0.0024	0.0008	0.0031	0.0068	0.0022	0.0090
101	K20X40	0.20	-0.0014	-0.0009	-0.0022	-0.0068	-0.0043	-0.0110
102	K20X40	0.20	0.0016	0.0010	0.0026	0.0082	0.0048	0.0130
103	K20X40	0.20	-0.0018	-0.0009	-0.0027	-0.0091	-0.0043	-0.0134
104	K20X40	0.20	0.0015	0.0010	0.0024	0.0075	0.0048	0.0122
132	K20X60	0.30	0.0021	0.0008	0.0030	0.0072	0.0028	0.0100
133	K20X60	0.30	-0.0024	-0.0009	-0.0032	-0.0079	-0.0029	-0.0107
134	K20X40	0.20	0.0014	0.0010	0.0024	0.0070	0.0048	0.0118
154	K20X40	0.20	0.0033	0.0010	0.0043	0.0167	0.0048	0.0215
154	K20X40	0.20	-0.0018	-0.0009	-0.0026	-0.0088	-0.0043	-0.0131
158	K20X40	0.20	0.0014	0.0010	0.0024	0.0072	0.0048	0.0119
158	K20X40	0.20	-0.0002	-0.0009	-0.0011	-0.0012	-0.0043	-0.0055
159	K20X40	0.20	0.0031	0.0010	0.0040	0.0153	0.0048	0.0200
159	K20X40	0.20	-0.0025	-0.0009	-0.0034	-0.0126	-0.0043	-0.0169
165	S25X35	0.13	0.0006	0.0016	0.0022	0.0046	0.0128	0.0174
169	S25X35	0.13	0.0010	0.0016	0.0026	0.0084	0.0128	0.0212
186	K20X50	0.25	0.0063	0.0009	0.0071	0.0250	0.0035	0.0286
188	K20X50	0.25	-0.0054	-0.0008	-0.0062	-0.0216	-0.0032	-0.0248
189	K20X50	0.25	0.0035	0.0009	0.0044	0.0140	0.0035	0.0175
189	K20X50	0.25	-0.0026	-0.0008	-0.0034	-0.0103	-0.0032	-0.0136
190	K20X50	0.25	0.0056	0.0009	0.0064	0.0223	0.0035	0.0258
192	K20X50	0.25	-0.0056	-0.0008	-0.0064	-0.0225	-0.0032	-0.0257
195	K20X50	0.25	0.0019	0.0009	0.0028	0.0075	0.0035	0.0110
199	K20X50	0.25	-0.0028	-0.0008	-0.0036	-0.0112	-0.0032	-0.0145
216	K20X55	0.28	-0.0034	-0.0008	-0.0042	-0.0123	-0.0029	-0.0152
217	K20X70	0.35	0.0050	0.0008	0.0057	0.0142	0.0022	0.0164
221	K20X70	0.35	-0.0030	-0.0009	-0.0039	-0.0086	-0.0025	-0.0112
256	K20X55	0.28	-0.0031	-0.0008	-0.0038	-0.0111	-0.0029	-0.0140
257	K20X55	0.28	0.0037	0.0008	0.0046	0.0135	0.0031	0.0166
257	K20X55	0.28	-0.0034	-0.0008	-0.0042	-0.0125	-0.0029	-0.0154
258	K20X55	0.28	0.0028	0.0008	0.0037	0.0102	0.0031	0.0133
284	K20X40	0.20	0.0008	0.0010	0.0017	0.0039	0.0048	0.0087
284	K20X40	0.20	-0.0010	-0.0009	-0.0018	-0.0050	-0.0043	-0.0092
285	K20X40	0.20	0.0034	0.0010	0.0043	0.0169	0.0048	0.0217
285	K20X40	0.20	-0.0022	-0.0009	-0.0030	-0.0110	-0.0043	-0.0152
286	K20X40	0.20	0.0027	0.0010	0.0037	0.0135	0.0048	0.0183
306	K20X40	0.20	0.0050	0.0010	0.0059	0.0249	0.0048	0.0296
306	K20X40	0.20	-0.0034	-0.0009	-0.0043	-0.0170	-0.0043	-0.0213
310	K20X40	0.20	0.0027	0.0010	0.0036	0.0134	0.0048	0.0181
310	K20X40	0.20	-0.0015	-0.0009	-0.0024	-0.0075	-0.0043	-0.0118
311	K20X40	0.20	0.0046	0.0010	0.0056	0.0232	0.0048	0.0280
311	K20X40	0.20	-0.0040	-0.0009	-0.0049	-0.0202	-0.0043	-0.0244
317	S25X35	0.13	0.0010	0.0016	0.0026	0.0079	0.0128	0.0207
321	S25X35	0.13	0.0016	0.0016	0.0032	0.0128	0.0128	0.0255
338	K20X50	0.25	0.0054	0.0009	0.0062	0.0215	0.0035	0.0250

ELEMAN	KESİT	L_p	θ_p	θ_y	θ_t	κ_p	κ_y	κ_t
340	K20X50	0.25	-0.0049	-0.0008	-0.0057	-0.0195	-0.0032	-0.0227
341	K20X50	0.25	0.0024	0.0009	0.0033	0.0096	0.0035	0.0131
345	K20X50	0.25	-0.0031	-0.0008	-0.0039	-0.0123	-0.0032	-0.0155
346	K20X50	0.25	0.0049	0.0009	0.0058	0.0196	0.0035	0.0231
348	K20X50	0.25	-0.0047	-0.0008	-0.0055	-0.0188	-0.0032	-0.0220
365	K20X50	0.25	-0.0028	-0.0008	-0.0036	-0.0113	-0.0032	-0.0145
366	K20X65	0.33	0.0044	0.0008	0.0051	0.0134	0.0023	0.0157
370	K20X65	0.33	-0.0023	-0.0009	-0.0032	-0.0071	-0.0027	-0.0098
403	K20X50	0.25	-0.0024	-0.0008	-0.0032	-0.0096	-0.0032	-0.0128
404	K20X50	0.25	0.0034	0.0009	0.0043	0.0137	0.0035	0.0172
404	K20X50	0.25	-0.0025	-0.0008	-0.0033	-0.0101	-0.0032	-0.0133
405	K20X50	0.25	0.0024	0.0009	0.0033	0.0097	0.0035	0.0132
431	K20X30	0.15	-0.0007	-0.0010	-0.0017	-0.0047	-0.0067	-0.0114
432	K20X30	0.15	0.0018	0.0009	0.0027	0.0117	0.0063	0.0180
432	K20X30	0.15	0.0000	-0.0010	-0.0010	-0.0001	-0.0067	-0.0068
433	K20X30	0.15	0.0009	0.0009	0.0018	0.0058	0.0063	0.0122
460	K20X40	0.20	0.0043	0.0010	0.0052	0.0215	0.0048	0.0262
460	K20X40	0.20	-0.0032	-0.0009	-0.0041	-0.0160	-0.0043	-0.0203
463	K20X40	0.20	0.0020	0.0010	0.0030	0.0101	0.0048	0.0149
463	K20X40	0.20	-0.0009	-0.0009	-0.0018	-0.0047	-0.0043	-0.0089
464	K20X40	0.20	0.0038	0.0010	0.0048	0.0191	0.0048	0.0238
464	K20X40	0.20	-0.0032	-0.0009	-0.0040	-0.0158	-0.0043	-0.0201
474	S25X35	0.13	0.0001	0.0016	0.0017	0.0010	0.0128	0.0138
490	K20X50	0.25	0.0035	0.0009	0.0044	0.0141	0.0035	0.0176
490	K20X50	0.25	-0.0022	-0.0008	-0.0030	-0.0087	-0.0032	-0.0119
491	K20X50	0.25	0.0009	0.0009	0.0018	0.0038	0.0035	0.0073
491	K20X50	0.25	-0.0007	-0.0008	-0.0015	-0.0027	-0.0032	-0.0059
492	K20X50	0.25	0.0026	0.0009	0.0035	0.0106	0.0035	0.0141
493	K20X50	0.25	-0.0025	-0.0008	-0.0033	-0.0101	-0.0032	-0.0133
499	K20X50	0.25	-0.0007	-0.0008	-0.0015	-0.0027	-0.0032	-0.0059
500	K20X50	0.25	0.0012	0.0009	0.0020	0.0047	0.0035	0.0082
500	K20X50	0.25	-0.0019	-0.0008	-0.0027	-0.0074	-0.0032	-0.0106
506	K20X50	0.25	-0.0008	-0.0008	-0.0017	-0.0034	-0.0032	-0.0066
507	K20X50	0.25	0.0015	0.0009	0.0024	0.0059	0.0035	0.0094
507	K20X50	0.25	-0.0014	-0.0008	-0.0022	-0.0055	-0.0032	-0.0087
508	K20X50	0.25	0.0005	0.0009	0.0014	0.0021	0.0035	0.0056
514	K20X30	0.15	-0.0003	-0.0010	-0.0013	-0.0017	-0.0067	-0.0085
521	K20X40	0.20	0.0028	0.0010	0.0038	0.0142	0.0048	0.0190
521	K20X40	0.20	-0.0015	-0.0009	-0.0024	-0.0077	-0.0043	-0.0120
524	K20X40	0.20	0.0001	0.0010	0.0010	0.0004	0.0048	0.0051
525	K20X40	0.20	0.0019	0.0010	0.0028	0.0093	0.0048	0.0140
525	K20X40	0.20	-0.0019	-0.0009	-0.0027	-0.0093	-0.0043	-0.0136

Çizelge 4.8 Kesitlerin dönme ve eğrilik değerleri, plastik mafsalları (X Yönü)

ELEMAN	KESİT	L_p	θ_p	θ_y	θ_t	κ_p	κ_y	κ_t
13	S25X50	0.25	0.0002	0.0013	0.0015	0.0010	0.0050	0.0060
16	S25X50	0.25	0.0005	0.0013	0.0017	0.0019	0.0050	0.0069
40	K20X50	0.25	0.0016	0.0009	0.0025	0.0064	0.0035	0.0099
46	K20X50	0.25	0.0016	0.0009	0.0025	0.0065	0.0035	0.0100
47	K20X55	0.28	0.0029	0.0008	0.0037	0.0105	0.0031	0.0135
47	K20X55	0.28	-0.0021	-0.0008	-0.0029	-0.0077	-0.0029	-0.0106
52	K20X55	0.28	0.0028	0.0008	0.0037	0.0103	0.0031	0.0134
52	K20X55	0.28	-0.0021	-0.0008	-0.0029	-0.0078	-0.0029	-0.0107
67	K20X60	0.30	0.0023	0.0008	0.0031	0.0076	0.0028	0.0104
69	K20X60	0.30	0.0022	0.0008	0.0031	0.0075	0.0028	0.0103
97	K20X60	0.30	-0.0030	-0.0009	-0.0039	-0.0101	-0.0029	-0.0129
100	K20X60	0.30	-0.0030	-0.0009	-0.0039	-0.0101	-0.0029	-0.0130
106	K20X60	0.30	0.0032	0.0008	0.0040	0.0107	0.0028	0.0135
107	K20X60	0.30	0.0032	0.0008	0.0041	0.0108	0.0028	0.0136
128	K20X60	0.30	-0.0034	-0.0009	-0.0042	-0.0113	-0.0029	-0.0141
129	K20X60	0.30	-0.0034	-0.0009	-0.0043	-0.0114	-0.0029	-0.0143
135	K20X40	0.20	0.0028	0.0010	0.0038	0.0141	0.0048	0.0188
136	K20X40	0.20	0.0028	0.0010	0.0038	0.0140	0.0048	0.0188
143	K20X50	0.25	-0.0020	-0.0008	-0.0028	-0.0080	-0.0032	-0.0112
151	K20X40	0.20	-0.0030	-0.0009	-0.0038	-0.0148	-0.0043	-0.0191
152	K20X40	0.20	-0.0034	-0.0009	-0.0043	-0.0171	-0.0043	-0.0213
153	K20X50	0.25	-0.0025	-0.0008	-0.0033	-0.0100	-0.0032	-0.0132
165	S25X35	0.18	0.0003	0.0015	0.0018	0.0016	0.0087	0.0103
168	S25X35	0.18	0.0004	0.0015	0.0019	0.0023	0.0087	0.0110
169	S25X35	0.18	0.0009	0.0015	0.0024	0.0050	0.0087	0.0137
172	S25X35	0.18	0.0008	0.0015	0.0023	0.0045	0.0087	0.0131
173	S25X35	0.18	0.0024	0.0015	0.0039	0.0137	0.0087	0.0224
176	S25X35	0.18	0.0026	0.0015	0.0041	0.0149	0.0087	0.0235
200	K20X50	0.25	0.0033	0.0009	0.0042	0.0132	0.0035	0.0167
206	K20X50	0.25	0.0034	0.0009	0.0043	0.0137	0.0035	0.0172
207	K20X55	0.28	0.0050	0.0008	0.0059	0.0183	0.0030	0.0213
207	K20X55	0.28	-0.0039	-0.0009	-0.0048	-0.0143	-0.0032	-0.0175
212	K20X55	0.28	0.0051	0.0008	0.0059	0.0184	0.0030	0.0214
212	K20X55	0.28	-0.0040	-0.0009	-0.0049	-0.0145	-0.0032	-0.0177
225	K20X40	0.20	0.0029	0.0010	0.0039	0.0147	0.0048	0.0195
226	K20X40	0.20	0.0029	0.0010	0.0039	0.0146	0.0048	0.0193
252	K20X40	0.20	-0.0054	-0.0009	-0.0063	-0.0271	-0.0043	-0.0314
255	K20X40	0.20	-0.0053	-0.0009	-0.0062	-0.0266	-0.0043	-0.0308
260	K20X40	0.20	0.0049	0.0010	0.0058	0.0243	0.0048	0.0291
261	K20X40	0.20	0.0049	0.0010	0.0059	0.0246	0.0048	0.0293
281	K20X40	0.20	-0.0053	-0.0009	-0.0061	-0.0264	-0.0043	-0.0306
282	K20X40	0.20	-0.0054	-0.0009	-0.0062	-0.0268	-0.0043	-0.0310
287	K20X40	0.20	0.0049	0.0010	0.0059	0.0247	0.0048	0.0294
288	K20X40	0.20	0.0051	0.0010	0.0060	0.0254	0.0048	0.0301
295	K20X50	0.25	-0.0038	-0.0008	-0.0046	-0.0153	-0.0032	-0.0185
303	K20X40	0.20	-0.0050	-0.0009	-0.0059	-0.0250	-0.0043	-0.0293
304	K20X40	0.20	-0.0053	-0.0009	-0.0062	-0.0267	-0.0043	-0.0309
305	K20X50	0.25	-0.0043	-0.0008	-0.0051	-0.0173	-0.0032	-0.0205
317	S25X35	0.18	0.0022	0.0015	0.0037	0.0124	0.0087	0.0211
320	S25X35	0.18	0.0019	0.0015	0.0035	0.0111	0.0087	0.0198
321	S25X35	0.18	0.0023	0.0015	0.0038	0.0133	0.0087	0.0219
324	S25X35	0.18	0.0022	0.0015	0.0038	0.0128	0.0087	0.0215
325	S25X35	0.18	0.0038	0.0015	0.0053	0.0215	0.0087	0.0301
325	S25X35	0.18	0.0010	0.0015	0.0025	0.0055	0.0087	0.0142
328	S25X35	0.18	0.0038	0.0015	0.0053	0.0218	0.0087	0.0305

ELEMAN	KESİT	L_p	θ_p	θ_y	θ_t	κ_p	κ_y	κ_t
328	S25X35	0.18	0.0010	0.0015	0.0025	0.0055	0.0087	0.0142
349	K20X50	0.25	0.0029	0.0009	0.0037	0.0115	0.0035	0.0150
353	K20X40	0.20	0.0042	0.0010	0.0051	0.0209	0.0048	0.0256
353	K20X40	0.20	-0.0022	-0.0009	-0.0031	-0.0111	-0.0043	-0.0153
358	K20X40	0.20	0.0042	0.0010	0.0052	0.0212	0.0048	0.0259
358	K20X40	0.20	-0.0023	-0.0009	-0.0031	-0.0115	-0.0043	-0.0157
361	K20X50	0.25	0.0032	0.0009	0.0041	0.0128	0.0035	0.0163
361	K20X50	0.25	-0.0002	-0.0008	-0.0010	-0.0007	-0.0032	-0.0040
374	K20X40	0.20	0.0027	0.0010	0.0036	0.0133	0.0048	0.0181
375	K20X40	0.20	0.0026	0.0010	0.0035	0.0129	0.0048	0.0177
399	K20X40	0.20	-0.0051	-0.0009	-0.0059	-0.0254	-0.0043	-0.0296
402	K20X40	0.20	-0.0049	-0.0009	-0.0058	-0.0245	-0.0043	-0.0288
407	K20X40	0.20	0.0044	0.0010	0.0054	0.0220	0.0048	0.0268
408	K20X40	0.20	0.0044	0.0010	0.0054	0.0222	0.0048	0.0270
428	K20X40	0.20	-0.0048	-0.0009	-0.0057	-0.0240	-0.0043	-0.0283
429	K20X40	0.20	-0.0049	-0.0009	-0.0057	-0.0243	-0.0043	-0.0285
435	K20X40	0.20	0.0046	0.0010	0.0056	0.0232	0.0048	0.0280
436	K20X40	0.20	0.0046	0.0010	0.0056	0.0230	0.0048	0.0278
455	K20X50	0.25	-0.0036	-0.0008	-0.0044	-0.0145	-0.0032	-0.0178
456	K20X40	0.20	-0.0048	-0.0009	-0.0057	-0.0242	-0.0043	-0.0285
457	K20X40	0.20	-0.0049	-0.0009	-0.0057	-0.0244	-0.0043	-0.0287
458	K20X50	0.25	-0.0036	-0.0008	-0.0044	-0.0143	-0.0032	-0.0175
470	S25X35	0.18	0.0021	0.0015	0.0036	0.0120	0.0087	0.0207
473	S25X35	0.18	0.0017	0.0015	0.0032	0.0097	0.0087	0.0184
474	S25X35	0.18	0.0020	0.0015	0.0035	0.0112	0.0087	0.0198
477	S25X35	0.18	0.0020	0.0015	0.0035	0.0114	0.0087	0.0201
478	S25X35	0.18	0.0031	0.0015	0.0046	0.0175	0.0087	0.0262
478	S25X35	0.18	0.0007	0.0015	0.0023	0.0042	0.0087	0.0129
481	S25X35	0.18	0.0031	0.0015	0.0046	0.0176	0.0087	0.0263
481	S25X35	0.18	0.0007	0.0015	0.0023	0.0042	0.0087	0.0129
494	K20X50	0.25	0.0017	0.0009	0.0026	0.0069	0.0035	0.0104
495	K20X40	0.20	0.0013	0.0010	0.0023	0.0067	0.0048	0.0114
495	K20X40	0.20	-0.0030	-0.0009	-0.0039	-0.0152	-0.0043	-0.0194
496	K20X40	0.20	0.0017	0.0010	0.0026	0.0083	0.0048	0.0130
496	K20X40	0.20	-0.0027	-0.0009	-0.0036	-0.0136	-0.0043	-0.0179
498	K20X50	0.25	0.0022	0.0009	0.0030	0.0086	0.0035	0.0121
503	K20X40	0.20	0.0020	0.0010	0.0029	0.0099	0.0048	0.0146
503	K20X40	0.20	-0.0027	-0.0009	-0.0035	-0.0134	-0.0043	-0.0177
504	K20X40	0.20	0.0020	0.0010	0.0029	0.0098	0.0048	0.0146
504	K20X40	0.20	-0.0027	-0.0009	-0.0036	-0.0137	-0.0043	-0.0179
510	K20X40	0.20	0.0033	0.0010	0.0043	0.0166	0.0048	0.0213
510	K20X40	0.20	-0.0029	-0.0009	-0.0038	-0.0146	-0.0043	-0.0189
511	K20X40	0.20	0.0033	0.0010	0.0043	0.0167	0.0048	0.0215
511	K20X40	0.20	-0.0030	-0.0009	-0.0039	-0.0151	-0.0043	-0.0194
516	K20X50	0.25	-0.0013	-0.0008	-0.0021	-0.0054	-0.0032	-0.0086
517	K20X40	0.20	0.0034	0.0010	0.0044	0.0172	0.0048	0.0219
517	K20X40	0.20	-0.0035	-0.0009	-0.0044	-0.0175	-0.0043	-0.0218
518	K20X40	0.20	0.0035	0.0010	0.0045	0.0176	0.0048	0.0223
518	K20X40	0.20	-0.0035	-0.0009	-0.0043	-0.0173	-0.0043	-0.0216
519	K20X50	0.25	-0.0013	-0.0008	-0.0021	-0.0051	-0.0032	-0.0084

Çizelge 4.9 Kesitlerin dönme ve eğrilik değerleri, plastik mafsalları boyaları (Y Yönü)

Yukarıda verilen toplam eğrilik istemlerinden dolayı oluşan beton ve çelik birim şekil değiştirmeleri ve bu şekil değiştirmelere karşılık gelen eleman performans seviyeleri Çizelge 4.10 ve 4.11’ de verilmiştir.

ELEMAN	KESİT	κ_t	ϵ_c	Performans Seviyesi	ϵ_s	Performans Seviyesi
26	K20X60	0.0169	0.00031	HK	0.00860	HK
28	K20X60	-0.0149	0.00040	HK	0.00745	HK
29	K20X75	0.0108	0.00011	HK	0.00722	HK
30	K20X60	0.0108	0.00029	HK	0.00540	HK
32	K20X60	-0.0155	0.00041	HK	0.00770	HK
35	K20X75	0.0088	0.00011	HK	0.00587	HK
56	K20X55	-0.0102	0.00036	HK	0.00450	HK
57	K20X70	0.0120	0.00011	HK	0.00742	HK
62	K20X70	-0.0073	0.00055	HK	0.00400	HK
63	K20X70	0.0090	0.00011	HK	0.00650	HK
101	K20X40	-0.0110	0.00051	HK	0.00320	HK
102	K20X40	0.0130	0.00041	HK	0.00400	HK
103	K20X40	-0.0134	0.00055	HK	0.00390	HK
104	K20X40	0.0122	0.00040	HK	0.00375	HK
132	K20X60	0.0100	0.00029	HK	0.00500	HK
133	K20X60	-0.0107	0.00036	HK	0.00530	HK
134	K20X40	0.0118	0.00039	HK	0.00360	HK
154	K20X40	0.0215	0.00051	HK	0.00680	HK
154	K20X40	-0.0131	0.00054	HK	0.00390	HK
158	K20X40	0.0119	0.00040	HK	0.00370	HK
158	K20X40	-0.0055	0.00039	HK	0.00140	HK
159	K20X40	0.0200	0.00050	HK	0.00650	HK
159	K20X40	-0.0169	0.00061	HK	0.00512	HK
165	S25X35	0.0174	0.00134	HK	0.00174	HK
169	S25X35	0.0212	0.00155	HK	0.00221	HK
186	K20X50	0.0286	0.00054	HK	0.01200	HK-CG Arası
188	K20X50	-0.0248	0.00075	HK	0.01000	HK
189	K20X50	0.0175	0.00041	HK	0.00723	HK
189	K20X50	-0.0136	0.00055	HK	0.00540	HK
190	K20X50	0.0258	0.00050	HK	0.01100	HK-CG Arası
192	K20X50	-0.0257	0.00077	HK	0.01055	HK-CG Arası
195	K20X50	0.0110	0.00034	HK	0.00450	HK
199	K20X50	-0.0145	0.00056	HK	0.00580	HK
216	K20X55	-0.0152	0.00039	HK	0.00685	HK
217	K20X70	0.0164	0.00011	HK	0.01030	HK-CG Arası
221	K20X70	-0.0112	0.00066	HK	0.00630	HK
256	K20X55	-0.0140	0.00039	HK	0.00630	HK
257	K20X55	0.0166	0.00031	HK	0.00760	HK

ELEMAN	KESİT	κ_t	ε_c	Performans Seviyesi	ε_s	Performans Seviyesi
257	K20X55	-0.0154	0.00040	HK	0.00695	HK
258	K20X55	0.0133	0.00030	HK	0.00600	HK
284	K20X40	0.0087	0.00036	HK	0.00240	HK
284	K20X40	-0.0092	0.00048	HK	0.00264	HK
285	K20X40	0.0217	0.00051	HK	0.00680	HK
285	K20X40	-0.0152	0.00058	HK	0.00458	HK
286	K20X40	0.0183	0.00047	HK	0.00570	HK
306	K20X40	0.0296	0.00060	HK	0.00950	HK
306	K20X40	-0.0213	0.00068	HK	0.00650	HK
310	K20X40	0.0181	0.00047	HK	0.00570	HK
310	K20X40	-0.0118	0.00053	HK	0.00350	HK
311	K20X40	0.0280	0.00058	HK	0.00890	HK
311	K20X40	-0.0244	0.00073	HK	0.00756	HK
317	S25X35	0.0207	0.00150	HK	0.00215	HK
321	S25X35	0.0255	0.00176	HK	0.00278	HK
338	K20X50	0.0250	0.00049	HK	0.01039	HK-CG Arası
340	K20X50	-0.0227	0.00071	HK	0.00920	HK
341	K20X50	0.0131	0.00036	HK	0.00537	HK
345	K20X50	-0.0155	0.00058	HK	0.00621	HK
346	K20X50	0.0231	0.00047	HK	0.00964	HK
348	K20X50	-0.0220	0.00070	HK	0.00890	HK
365	K20X50	-0.0145	0.00057	HK	0.00580	HK
366	K20X65	0.0157	0.00010	HK	0.00910	HK
370	K20X65	-0.0098	0.00073	HK	0.00680	HK
403	K20X50	-0.0128	0.00053	HK	0.00510	HK
404	K20X50	0.0172	0.00041	HK	0.00710	HK
404	K20X50	-0.0133	0.00055	HK	0.00520	HK
405	K20X50	0.0132	0.00036	HK	0.00537	HK
431	K20X30	-0.0114	0.00057	HK	0.00220	HK
432	K20X30	0.0180	0.00053	HK	0.00380	HK
432	K20X30	-0.0068	0.00044	HK	0.00110	HK
433	K20X30	0.0122	0.00044	HK	0.00240	HK
460	K20X40	0.0262	0.00056	HK	0.00840	HK
460	K20X40	-0.0203	0.00066	HK	0.00620	HK
463	K20X40	0.0149	0.00043	HK	0.00460	HK
463	K20X40	-0.0089	0.00047	HK	0.00260	HK
464	K20X40	0.0238	0.00054	HK	0.00760	HK
464	K20X40	-0.0201	0.00066	HK	0.00620	HK
474	S25X35	0.0138	0.00114	HK	0.00130	HK
490	K20X50	0.0176	0.00040	HK	0.00530	HK
490	K20X50	-0.0119	0.00051	HK	0.00470	HK
491	K20X50	0.0073	0.00030	HK	0.00290	HK
491	K20X50	-0.0059	0.00040	HK	0.00220	HK
492	K20X50	0.0141	0.00037	HK	0.00580	HK
493	K20X50	-0.0133	0.00055	HK	0.00520	HK
499	K20X50	-0.0059	0.00040	HK	0.00220	HK
500	K20X50	0.0082	0.00031	HK	0.00326	HK
500	K20X50	-0.0106	0.00050	HK	0.00420	HK
506	K20X50	-0.0066	0.00042	HK	0.00240	HK
507	K20X50	0.0094	0.00033	HK	0.00380	HK
507	K20X50	-0.0087	0.00046	HK	0.00340	HK
508	K20X50	0.0056	0.00028	HK	0.00220	HK

ELEMAN	KESİT	κ_t	ε_c	Performans Seviyesi	ε_s	Performans Seviyesi
514	K20X30	-0.0085	0.00051	HK	0.00160	HK
521	K20X40	0.0190	0.00048	HK	0.00570	HK
521	K20X40	-0.0120	0.00053	HK	0.00350	HK
524	K20X40	0.0051	0.00029	HK	0.00161	HK
525	K20X40	0.0140	0.00042	HK	0.00450	HK
525	K20X40	-0.0136	0.00056	HK	0.00410	HK

Çizelge 4.10 Kesit birim şekil değiştirmeleri ve performans seviyeleri (X Yönü)

ELEMAN	KESİT	κ_t	ε_c	Performans Seviyesi	ε_s	Performans Seviyesi
13	S25X50	0.0060	0.00098	HK	0.00171	HK
16	S25X50	0.0069	0.00099	HK	0.00175	HK
40	K20X50	0.0099	0.00032	HK	0.00400	HK
46	K20X50	0.0100	0.00033	HK	0.00400	HK
47	K20X55	0.0135	0.00030	HK	0.00620	HK
47	K20X55	-0.0106	0.00037	HK	0.00470	HK
52	K20X55	0.0134	0.00030	HK	0.00620	HK
52	K20X55	-0.0107	0.00037	HK	0.00470	HK
67	K20X60	0.0104	0.00028	HK	0.00530	HK
69	K20X60	0.0103	0.00028	HK	0.00530	HK
97	K20X60	-0.0129	0.00038	HK	0.00640	HK
100	K20X60	-0.0130	0.00038	HK	0.00640	HK
106	K20X60	0.0135	0.00030	HK	0.00680	HK
107	K20X60	0.0136	0.00030	HK	0.00680	HK
128	K20X60	-0.0141	0.00039	HK	0.00710	HK
129	K20X60	-0.0143	0.00039	HK	0.00710	HK
135	K20X40	0.0188	0.00048	HK	0.00590	HK
136	K20X40	0.0188	0.00048	HK	0.00590	HK
143	K20X50	-0.0112	0.00051	HK	0.00440	HK
151	K20X40	-0.0191	0.00064	HK	0.00580	HK
152	K20X40	-0.0213	0.00068	HK	0.00600	HK
153	K20X50	-0.0132	0.00054	HK	0.00520	HK
165	S25X35	0.0103	0.00140	HK	0.00150	HK
168	S25X35	0.0110	0.00150	HK	0.00160	HK
169	S25X35	0.0137	0.00180	HK	0.00220	HK
172	S25X35	0.0131	0.00170	HK	0.00210	HK
173	S25X35	0.0224	0.00260	HK	0.00380	HK
176	S25X35	0.0235	0.00270	HK	0.00408	HK
200	K20X50	0.0167	0.00040	HK	0.00690	HK
206	K20X50	0.0172	0.00041	HK	0.00710	HK
207	K20X55	0.0213	0.00028	HK	0.01030	HK-CG Arası
207	K20X55	-0.0175	0.00038	HK	0.00810	HK
212	K20X55	0.0214	0.00028	HK	0.01030	HK-CG Arası
212	K20X55	-0.0177	0.00038	HK	0.00810	HK
225	K20X40	0.0195	0.00048	HK	0.00610	HK
226	K20X40	0.0193	0.00048	HK	0.00610	HK
252	K20X40	-0.0314	0.00084	HK	0.00980	HK
255	K20X40	-0.0308	0.00083	HK	0.00560	HK

ELEMAN	KESİT	κ_t	ε_c	Performans Seviyesi	ε_s	Performans Seviyesi
260	K20X40	0.0291	0.00060	HK	0.00930	HK
261	K20X40	0.0293	0.00060	HK	0.00930	HK
281	K20X40	-0.0306	0.00083	HK	0.00960	HK
282	K20X40	-0.0310	0.00084	HK	0.00970	HK
287	K20X40	0.0294	0.00060	HK	0.00940	HK
288	K20X40	0.0301	0.00061	HK	0.00960	HK
295	K20X50	-0.0185	0.00049	HK	0.00740	HK
303	K20X40	-0.0293	0.00081	HK	0.00910	HK
304	K20X40	-0.0309	0.00083	HK	0.00960	HK
305	K20X50	-0.0205	0.00067	HK	0.00830	HK
317	S25X35	0.0211	0.00250	HK	0.00370	HK
320	S25X35	0.0198	0.00230	HK	0.00340	HK
321	S25X35	0.0219	0.00250	HK	0.00370	HK
324	S25X35	0.0215	0.00250	HK	0.00370	HK
325	S25X35	0.0301	0.00340	HK	0.00540	HK
325	S25X35	0.0142	0.00180	HK	0.00235	HK
328	S25X35	0.0305	0.00342	HK	0.00545	HK
328	S25X35	0.0142	0.00180	HK	0.00240	HK
349	K20X50	0.0150	0.00038	HK	0.00617	HK
353	K20X40	0.0256	0.00056	HK	0.00815	HK
353	K20X40	-0.0153	0.00059	HK	0.00470	HK
358	K20X40	0.0259	0.00056	HK	0.00815	HK
358	K20X40	-0.0157	0.00059	HK	0.00470	HK
361	K20X50	0.0163	0.00040	HK	0.00690	HK
361	K20X50	-0.0040	0.00033	HK	0.00140	HK
374	K20X40	0.0181	0.00047	HK	0.00570	HK
375	K20X40	0.0177	0.00046	HK	0.00550	HK
399	K20X40	-0.0296	0.00082	HK	0.00920	HK
402	K20X40	-0.0288	0.00080	HK	0.00900	HK
407	K20X40	0.0268	0.00057	HK	0.00850	HK
408	K20X40	0.0270	0.00057	HK	0.00850	HK
428	K20X40	-0.0283	0.00080	HK	0.00900	HK
429	K20X40	-0.0285	0.00080	HK	0.00900	HK
435	K20X40	0.0280	0.00059	HK	0.00890	HK
436	K20X40	0.0278	0.00059	HK	0.00890	HK
455	K20X50	-0.0178	0.00062	HK	0.00714	HK
456	K20X40	-0.0285	0.00080	HK	0.00900	HK
457	K20X40	-0.0287	0.00080	HK	0.00900	HK
458	K20X50	-0.0175	0.00062	HK	0.00710	HK
470	S25X35	0.0207	0.00240	HK	0.00360	HK
473	S25X35	0.0184	0.00220	HK	0.00310	HK
474	S25X35	0.0198	0.00230	HK	0.00340	HK
477	S25X35	0.0201	0.00235	HK	0.00340	HK
478	S25X35	0.0262	0.00290	HK	0.00450	HK
478	S25X35	0.0129	0.00170	HK	0.00203	HK
481	S25X35	0.0263	0.00290	HK	0.00450	HK
481	S25X35	0.0129	0.00170	HK	0.00203	HK
494	K20X50	0.0104	0.00034	HK	0.00420	HK
495	K20X40	0.0114	0.00039	HK	0.00350	HK
495	K20X40	-0.0194	0.00065	HK	0.00590	HK
496	K20X40	0.0130	0.00041	HK	0.00400	HK
496	K20X40	-0.0179	0.00062	HK	0.00540	HK

ELEMAN	KESİT	κ_t	ϵ_c	Performans Seviyesi	ϵ_s	Performans Seviyesi
498	K20X50	0.0121	0.00064	HK	0.00490	HK
503	K20X40	0.0146	0.00043	HK	0.00450	HK
503	K20X40	-0.0177	0.00062	HK	0.00540	HK
504	K20X40	0.0146	0.00043	HK	0.00450	HK
504	K20X40	-0.0179	0.00062	HK	0.00540	HK
510	K20X40	0.0213	0.00051	HK	0.00670	HK
510	K20X40	-0.0189	0.00064	HK	0.00580	HK
511	K20X40	0.0215	0.00051	HK	0.00670	HK
511	K20X40	-0.0194	0.00065	HK	0.00590	HK
516	K20X50	-0.0086	0.00032	HK	0.00340	HK
517	K20X40	0.0219	0.00051	HK	0.00680	HK
517	K20X40	-0.0218	0.00063	HK	0.00670	HK
518	K20X40	0.0223	0.00052	HK	0.00710	HK
518	K20X40	-0.0216	0.00069	HK	0.00670	HK
519	K20X50	-0.0084	0.00031	HK	0.00340	HK

Çizelge 4.11 Kesit birim şekil değiştirmeleri ve performans seviyeleri (Y Yönü)

4.4.4 Kesme Kuvveti Kontrolleri

Güçlendirilmiş yapı için performans noktasında kesme tahkikleri yapılmıştır. Kesme kuvveti istemi ile karşılaştırmada esas alınan kesme kuvveti kapasitesi S25x50 kolonu için örnek olarak hesaplanmış, diğer kesitlerin kesme kuvveti kapasiteleri Çizelge 4.11’de, kesme kuvveti tahkikleri ise Çizelge 4.12, 4.13, 4.14,4.15’te verilmiştir.

$$V_e = V_c + V_s$$

S25x50 için;

$$A_g = 250 \times 500 = 125000 \text{ mm}^2, \quad k_c = 0.042 \rightarrow \mu_K = 16.65 > 15 \quad (\mu_K = \kappa_t / \kappa_y),$$

$$f_{ck} = 14 \text{ N/mm}^2, \quad f_{ywk} = 220 \text{ N/mm}^2, \quad A_{sw} = 50 \times 2 = 100 \text{ mm}^2 (\phi 8), \quad d = 475 \text{ mm}$$

$$V_c = 0.80 A_g k_c \sqrt{f_{ck}} = 0.8 * 125000 * 0.042 * \sqrt{14} = 15715 \text{ N}$$

$$V_s = (A_{sw} / s) f_{ywk} d = (100 / 200) * 220 * 475 = 52250 \text{ N}$$

$$V_e = V_c + V_s = 15715 + 52250 = 67965N$$

$$V_{d_{maks}} = 20629N < V_e = 67965N \rightarrow \text{GÜVENLİ}$$

KESİT	A_g (mm^2)	d (mm)	f_{ck} (N/mm^2)	f_{yk} (N/mm^2)	A_{sw} (mm^2)	s (mm)	k_c	Vc(N)	Vs(N)	Ve(N)
M1	347500	860	30	420	157	100	0.092	140086	567084	636453
M2	400000	760	30	420	157	100	0.092	161250	501144	596154
M3	390000	610	30	420	157	100	0.092	157218	402234	503507
M3Z	520000	760	30	420	157	100	0.092	209624	501144	639692
M4	422500	610	30	420	157	100	0.092	170320	402234	515298
M4Z	640000	760	30	420	157	100	0.092	257999	501144	683229
M5	422500	610	30	420	157	100	0.092	170320	402234	515298
M5Z	640000	760	30	420	157	100	0.092	257999	501144	683229
M6	360000	560	30	420	157	100	0.092	197531	369264	510115
M6Z	490000	660	30	420	157	100	0.092	145125	435204	522296
M7	365000	860	30	420	157	100	0.092	147140	567084	642802
M8	385000	660	30	420	157	100	0.092	155203	435204	531366
S25X35	87500	325	14	220	100	200	0.072	18858	35750	54608
S25X50	125000	475	14	220	100	200	0.042	15715	52250	67965
K20X30	60000	275	14	220	100	200	0.042	7543	30250	37793
K20X40	80000	375	14	220	100	200	0.042	10058	41250	51308
K20X50	100000	475	14	220	100	200	0.042	12572	52250	64822
K20X55	110000	525	14	220	100	200	0.042	13829	57750	71579
K20X60	120000	575	14	220	100	200	0.042	15086	63250	78336
K20X65	130000	625	14	220	100	200	0.042	16344	68750	85094
K20X70	140000	675	14	220	100	200	0.042	17601	74250	91851
K20X75	150000	725	14	220	100	200	0.042	18858	79750	98608

Çizelge 4.12 Kesitlerin kesme kuvveti kapasiteleri

ELEMAN	KESİT	X YÖNÜ				Y YÖNÜ			
		Vd(N)		Ve(N)		Vd(N)		Ve(N)	
1	M7	138903	<	642802	GÜVENLİ	48203	<	642802	GÜVENLİ
2	M8	112025	<	531366	GÜVENLİ	65656	<	531366	GÜVENLİ
3	M8	176702	<	531366	GÜVENLİ	65251	<	531366	GÜVENLİ
4	M7	145835	<	642802	GÜVENLİ	47191	<	642802	GÜVENLİ
5	S25X50	18995	<	67965	GÜVENLİ	63749	<	67965	GÜVENLİ
6	M6Z	173413	<	522296	GÜVENLİ	175622	<	522296	GÜVENLİ
7	M6Z	204147	<	522296	GÜVENLİ	174716	<	522296	GÜVENLİ
8	S25X50	20629	<	67965	GÜVENLİ	63938	<	67965	GÜVENLİ
9	S25X50	17834	<	67965	GÜVENLİ	60270	<	67965	GÜVENLİ
10	M5Z	236794	<	683229	GÜVENLİ	256698	<	683229	GÜVENLİ
11	M5Z	233942	<	683229	GÜVENLİ	257563	<	683229	GÜVENLİ
12	S25X50	17902	<	67965	GÜVENLİ	60609	<	67965	GÜVENLİ
13	S25X50	14692	<	67965	GÜVENLİ	67206	<	67965	GÜVENLİ
14	M3Z	160687	<	639692	GÜVENLİ	196621	<	639692	GÜVENLİ
15	M4Z	255402	<	683229	GÜVENLİ	238790	<	683229	GÜVENLİ
16	S25X50	17288	<	67965	GÜVENLİ	65243	<	67965	GÜVENLİ
17	M1	98068	<	636453	GÜVENLİ	45194	<	636453	GÜVENLİ
19	M2	62707	<	596154	GÜVENLİ	70893	<	596154	GÜVENLİ
22	M2	67055	<	596154	GÜVENLİ	72001	<	596154	GÜVENLİ
24	M1	106529	<	636453	GÜVENLİ	46398	<	636453	GÜVENLİ
25	K20X60	100328	>	78336	!	19896	<	78336	GÜVENLİ
26	K20X60	113488	>	78336	!	8171	<	78336	GÜVENLİ
27	K20X60	126805	>	78336	!	9433	<	78336	GÜVENLİ
28	K20X60	139773	>	78336	!	21190	<	78336	GÜVENLİ
29	K20X75	92328	<	98608	GÜVENLİ	9124	<	98608	GÜVENLİ
30	K20X60	94038	>	78336	!	20431	<	78336	GÜVENLİ
31	K20X60	111129	>	78336	!	4580	<	78336	GÜVENLİ
32	K20X60	131200	>	78336	!	17581	<	78336	GÜVENLİ
35	K20X75	40250	<	98608	GÜVENLİ	28097	<	98608	GÜVENLİ
36	K20X75	54383	<	98608	GÜVENLİ	14492	<	98608	GÜVENLİ
37	K20X75	67712	<	98608	GÜVENLİ	1360	<	98608	GÜVENLİ
38	K20X75	80737	<	98608	GÜVENLİ	14194	<	98608	GÜVENLİ
39	K20X75	93902	<	98608	GÜVENLİ	27805	<	98608	GÜVENLİ
40	K20X50	35915	<	64822	GÜVENLİ	67442	>	64822	!
46	K20X50	39558	<	64822	GÜVENLİ	69090	>	64822	!
47	K20X55	12509	<	71579	GÜVENLİ	55853	<	71579	GÜVENLİ
52	K20X55	12626	<	71579	GÜVENLİ	56243	<	71579	GÜVENLİ
53	K20X55	49158	<	71579	GÜVENLİ	13872	<	71579	GÜVENLİ
54	K20X55	64589	<	71579	GÜVENLİ	6321	<	71579	GÜVENLİ
55	K20X55	79863	>	71579	!	24572	<	71579	GÜVENLİ
56	K20X55	93719	>	71579	!	43204	<	71579	GÜVENLİ
57	K20X70	46372	<	91851	GÜVENLİ	58494	<	91851	GÜVENLİ
58	K20X70	60497	<	91851	GÜVENLİ	38206	<	91851	GÜVENLİ
59	K20X70	74296	<	91851	GÜVENLİ	18571	<	91851	GÜVENLİ
60	K20X70	102685	>	91851	!	17896	<	91851	GÜVENLİ
61	K20X70	117564	>	91851	!	37184	<	91851	GÜVENLİ
62	K20X70	131715	>	91851	!	57493	<	91851	GÜVENLİ
63	K20X70	39178	<	91851	GÜVENLİ	47624	<	91851	GÜVENLİ
64	K20X70	38078	<	91851	GÜVENLİ	23623	<	91851	GÜVENLİ
65	K20X70	62257	<	91851	GÜVENLİ	9328	<	91851	GÜVENLİ
66	K20X50	34912	<	64822	GÜVENLİ	34912	<	64822	GÜVENLİ

ELEMAN	KESİT	X YÖNÜ				Y YÖNÜ			
		Vd(N)		Ve(N)		Vd(N)		Ve(N)	
67	K20X60	31286	<	78336	GÜVENLİ	53273	<	78336	GÜVENLİ
68	K20X40	27251	<	51308	GÜVENLİ	33856	<	51308	GÜVENLİ
69	K20X60	29933	<	78336	GÜVENLİ	54206	<	78336	GÜVENLİ
70	K20X50	35989	<	64822	GÜVENLİ	34006	<	64822	GÜVENLİ
72	K20X60	22120	<	78336	GÜVENLİ	60263	<	78336	GÜVENLİ
73	K20X60	17262	<	78336	GÜVENLİ	16021	<	78336	GÜVENLİ
74	K20X60	11143	<	78336	GÜVENLİ	18837	<	78336	GÜVENLİ
75	K20X50	23055	<	64822	GÜVENLİ	22520	<	64822	GÜVENLİ
76	K20X60	17884	<	78336	GÜVENLİ	48375	<	78336	GÜVENLİ
77	K20X60	15909	<	78336	GÜVENLİ	53722	<	78336	GÜVENLİ
78	K20X50	14790	<	64822	GÜVENLİ	14790	<	64822	GÜVENLİ
80	K20X40	7515	<	51308	GÜVENLİ	11767	<	51308	GÜVENLİ
81	K20X60	3297	<	78336	GÜVENLİ	63952	<	78336	GÜVENLİ
82	K20X50	8707	<	64822	GÜVENLİ	37833	<	64822	GÜVENLİ
83	K20X50	8013	<	64822	GÜVENLİ	38783	<	64822	GÜVENLİ
84	K20X60	5334	<	78336	GÜVENLİ	63598	<	78336	GÜVENLİ
86	K20X60	11669	<	78336	GÜVENLİ	73457	<	78336	GÜVENLİ
88	K20X40	11956	<	51308	GÜVENLİ	18754	<	51308	GÜVENLİ
89	K20X40	12619	<	51308	GÜVENLİ	14943	<	51308	GÜVENLİ
90	K20X50	19089	<	64822	GÜVENLİ	53422	<	64822	GÜVENLİ
91	K20X60	30143	<	78336	GÜVENLİ	94197	>	78336	!
92	K20X50	18166	<	64822	GÜVENLİ	53485	<	64822	GÜVENLİ
93	K20X60	22416	<	78336	GÜVENLİ	93531	>	78336	!
96	K20X40	5492	<	51308	GÜVENLİ	6027	<	51308	GÜVENLİ
97	K20X60	36338	<	78336	GÜVENLİ	105291	>	78336	!
98	K20X50	36477	<	64822	GÜVENLİ	65910	>	64822	!
99	K20X50	30542	<	64822	GÜVENLİ	65180	>	64822	!
100	K20X60	32580	<	78336	GÜVENLİ	103759	>	78336	!
101	K20X40	53999	>	51308	!	6782	<	51308	GÜVENLİ
102	K20X40	33438	<	51308	GÜVENLİ	18875	<	51308	GÜVENLİ
103	K20X40	59197	>	51308	!	14846	<	51308	GÜVENLİ
104	K20X40	40341	<	51308	GÜVENLİ	12451	<	51308	GÜVENLİ
105	K20X50	26434	<	64822	GÜVENLİ	27877	<	64822	GÜVENLİ
106	K20X60	26429	<	78336	GÜVENLİ	83183	>	78336	!
107	K20X60	21540	<	78336	GÜVENLİ	82262	>	78336	!
108	K20X50	29155	<	64822	GÜVENLİ	28174	<	64822	GÜVENLİ
110	K20X40	7103	<	51308	GÜVENLİ	7095	<	51308	GÜVENLİ
112	K20X50	14386	<	64822	GÜVENLİ	43966	<	64822	GÜVENLİ
113	K20X60	13071	<	78336	GÜVENLİ	92131	>	78336	!
114	K20X60	13242	<	78336	GÜVENLİ	91762	>	78336	!
115	K20X50	13757	<	64822	GÜVENLİ	44556	<	64822	GÜVENLİ
117	K20X40	8648	<	51308	GÜVENLİ	8648	<	51308	GÜVENLİ
118	K20X40	20753	<	51308	GÜVENLİ	12849	<	51308	GÜVENLİ
120	K20X50	9352	<	64822	GÜVENLİ	58452	<	64822	GÜVENLİ
121	K20X60	14579	<	78336	GÜVENLİ	111917	>	78336	!
122	K20X60	20892	<	78336	GÜVENLİ	111960	>	78336	!
123	K20X50	14104	<	64822	GÜVENLİ	59610	<	64822	GÜVENLİ
125	K20X40	5454	<	51308	GÜVENLİ	18746	<	51308	GÜVENLİ
127	K20X50	20869	<	64822	GÜVENLİ	69111	>	64822	!
128	K20X60	25171	<	78336	GÜVENLİ	122103	>	78336	!
129	K20X60	26118	<	78336	GÜVENLİ	122617	>	78336	!

ELEMEN	KESİT	X YÖNÜ				Y YÖNÜ			
		Vd(N)		Ve(N)		Vd(N)		Ve(N)	
130	K20X50	31072	<	64822	GÜVENLİ	71147	>	64822	!
131	K20X40	67980	>	51308	!	33804	<	51308	GÜVENLİ
132	K20X60	64486	<	78336	GÜVENLİ	24106	<	78336	GÜVENLİ
133	K20X60	84250	>	78336	!	17168	<	78336	GÜVENLİ
134	K20X40	40044	<	51308	GÜVENLİ	11542	<	51308	GÜVENLİ
135	K20X40	11818	<	51308	GÜVENLİ	45894	<	51308	GÜVENLİ
136	K20X40	27664	<	51308	GÜVENLİ	34640	<	51308	GÜVENLİ
137	K20X50	24059	<	64822	GÜVENLİ	66134	>	64822	!
140	K20X40	3718	<	51308	GÜVENLİ	54511	>	51308	!
141	K20X40	9874	<	51308	GÜVENLİ	50759	<	51308	GÜVENLİ
142	K20X50	11692	<	64822	GÜVENLİ	81611	>	64822	!
143	K20X50	17320	<	64822	GÜVENLİ	96237	>	64822	!
146	K20X40	4921	<	51308	GÜVENLİ	63033	>	51308	!
147	K20X40	11036	<	51308	GÜVENLİ	67392	>	51308	!
148	K20X50	19062	<	64822	GÜVENLİ	96671	>	64822	!
151	K20X40	12494	<	51308	GÜVENLİ	70877	>	51308	!
152	K20X40	25015	<	51308	GÜVENLİ	82597	>	51308	!
153	K20X50	35601	<	64822	GÜVENLİ	106974	>	64822	!
154	K20X40	67219	>	51308	!	3492	<	51308	GÜVENLİ
158	K20X40	43601	<	51308	GÜVENLİ	9688	<	51308	GÜVENLİ
159	K20X40	64102	>	51308	!	8576	<	51308	GÜVENLİ

Çizelge 4.13 Kesitlerin kesme kuvveti tahkikleri (Zemin Kat)

ELEMEN	KESİT	X YÖNÜ				Y YÖNÜ			
		Vd(N)		Ve(N)		Vd(N)		Ve(N)	
161	M7	120794	<	642802	GÜVENLİ	73498	<	642802	GÜVENLİ
162	M8	146777	<	531366	GÜVENLİ	103403	<	531366	GÜVENLİ
163	M8	203816	<	531366	GÜVENLİ	102207	<	531366	GÜVENLİ
164	M7	137299	<	642802	GÜVENLİ	71412	<	642802	GÜVENLİ
165	S25X35	27276	<	54608	GÜVENLİ	56531	>	54608	!
166	M6	126378	<	510115	GÜVENLİ	158527	<	510115	GÜVENLİ
167	M6	147973	<	510115	GÜVENLİ	159645	<	510115	GÜVENLİ
168	S25X35	17067	<	54608	GÜVENLİ	54867	>	54608	!
169	S25X35	25923	<	54608	GÜVENLİ	47857	<	54608	GÜVENLİ
170	M5	151646	<	515298	GÜVENLİ	150511	<	515298	GÜVENLİ
171	M5	151256	<	515298	GÜVENLİ	150606	<	515298	GÜVENLİ
172	S25X35	29046	<	54608	GÜVENLİ	49017	<	54608	GÜVENLİ
173	S25X35	21468	<	54608	GÜVENLİ	48184	<	54608	GÜVENLİ
174	M3	138415	<	503507	GÜVENLİ	136855	<	503507	GÜVENLİ
175	M4	143150	<	515298	GÜVENLİ	144058	<	515298	GÜVENLİ
176	S25X35	26358	<	54608	GÜVENLİ	48195	<	54608	GÜVENLİ
177	M1	107948	<	636453	GÜVENLİ	74473	<	636453	GÜVENLİ
179	M2	88308	<	596154	GÜVENLİ	102785	<	596154	GÜVENLİ
182	M2	98747	<	596154	GÜVENLİ	104437	<	596154	GÜVENLİ
184	M1	127623	<	636453	GÜVENLİ	77145	<	636453	GÜVENLİ
185	K20X50	68064	>	64822	!	20732	<	64822	GÜVENLİ
186	K20X50	80716	>	64822	!	9066	<	64822	GÜVENLİ
187	K20X50	93657	>	64822	!	8101	<	64822	GÜVENLİ

ELEMAN	KESİT	X YÖNÜ				Y YÖNÜ			
		Vd(N)		ELEMAN	KESİT	Vd(N)		ELEMAN	KESİT
188	K20X50	106461	>	64822	!	19644	<	64822	GÜVENLİ
189	K20X50	55769	<	64822	GÜVENLİ	8111	<	64822	GÜVENLİ
190	K20X50	65594	>	64822	!	17640	<	64822	GÜVENLİ
191	K20X50	83778	>	64822	!	2368	<	64822	GÜVENLİ
192	K20X50	107216	>	64822	!	19232	<	64822	GÜVENLİ
195	K20X50	27105	<	64822	GÜVENLİ	27105	<	64822	GÜVENLİ
196	K20X50	29796	<	64822	GÜVENLİ	13931	<	64822	GÜVENLİ
197	K20X50	42677	<	64822	GÜVENLİ	1199	<	64822	GÜVENLİ
198	K20X50	55372	<	64822	GÜVENLİ	13860	<	64822	GÜVENLİ
199	K20X50	68056	>	64822	!	27029	<	64822	GÜVENLİ
200	K20X50	37100	<	64822	GÜVENLİ	66653	>	64822	!
206	K20X50	36133	<	64822	GÜVENLİ	67861	>	64822	!
207	K20X55	12962	<	71579	GÜVENLİ	53637	<	71579	GÜVENLİ
212	K20X55	14165	<	71579	GÜVENLİ	54351	<	71579	GÜVENLİ
213	K20X55	51710	<	71579	GÜVENLİ	14414	<	71579	GÜVENLİ
214	K20X55	67494	<	71579	GÜVENLİ	7405	<	71579	GÜVENLİ
215	K20X55	82987	>	71579	!	26865	<	71579	GÜVENLİ
216	K20X55	97042	>	71579	!	48074	<	71579	GÜVENLİ
217	K20X70	54040	<	91851	GÜVENLİ	43085	<	91851	GÜVENLİ
218	K20X70	68903	<	91851	GÜVENLİ	19327	<	91851	GÜVENLİ
219	K20X70	84385	<	91851	GÜVENLİ	5120	<	91851	GÜVENLİ
220	K20X70	100053	>	91851	!	26879	<	91851	GÜVENLİ
221	K20X70	114808	>	91851	!	50649	<	91851	GÜVENLİ
222	K20X70	57314	<	91851	GÜVENLİ	68098	<	91851	GÜVENLİ
223	K20X70	36426	<	91851	GÜVENLİ	39830	<	91851	GÜVENLİ
224	K20X50	33841	<	64822	GÜVENLİ	33841	<	64822	GÜVENLİ
225	K20X40	35363	<	51308	GÜVENLİ	35363	<	51308	GÜVENLİ
226	K20X40	48630	<	51308	GÜVENLİ	32225	<	51308	GÜVENLİ
228	K20X50	58842	<	64822	GÜVENLİ	31900	<	64822	GÜVENLİ
231	K20X40	31679	<	51308	GÜVENLİ	21485	<	51308	GÜVENLİ
232	K20X50	21729	<	64822	GÜVENLİ	20998	<	64822	GÜVENLİ
233	K20X40	17133	<	51308	GÜVENLİ	21600	<	51308	GÜVENLİ
234	K20X40	18613	<	51308	GÜVENLİ	11288	<	51308	GÜVENLİ
235	K20X40	34366	<	51308	GÜVENLİ	6250	<	51308	GÜVENLİ
238	K20X40	1630	<	51308	GÜVENLİ	39562	<	51308	GÜVENLİ
239	K20X50	7675	<	64822	GÜVENLİ	36906	<	64822	GÜVENLİ
240	K20X50	7798	<	64822	GÜVENLİ	36473	<	64822	GÜVENLİ
241	K20X40	1938	<	51308	GÜVENLİ	38662	<	51308	GÜVENLİ
245	K20X40	21709	<	51308	GÜVENLİ	57833	>	51308	!
246	K20X50	24506	<	64822	GÜVENLİ	52710	<	64822	GÜVENLİ
247	K20X50	18365	<	64822	GÜVENLİ	51395	<	64822	GÜVENLİ
248	K20X40	19658	<	51308	GÜVENLİ	56773	>	51308	!
252	K20X40	42715	<	51308	GÜVENLİ	77137	>	51308	!
253	K20X50	41200	<	64822	GÜVENLİ	65265	>	64822	!
254	K20X50	30865	<	64822	GÜVENLİ	62963	<	64822	GÜVENLİ
255	K20X40	37496	<	51308	GÜVENLİ	75973	>	51308	!
256	K20X55	74909	>	71579	!	10334	<	71579	GÜVENLİ
257	K20X55	69201	<	71579	GÜVENLİ	10379	<	71579	GÜVENLİ
258	K20X55	63611	<	71579	GÜVENLİ	15782	<	71579	GÜVENLİ
259	K20X50	27037	<	64822	GÜVENLİ	27037	<	64822	GÜVENLİ
260	K20X40	25011	<	51308	GÜVENLİ	30163	<	51308	GÜVENLİ

ELEMEN	KESİT	X YÖNÜ				Y YÖNÜ			
		Vd(N)		ELEMEN	KESİT	Vd(N)		ELEMEN	KESİT
261	K20X40	27873	<	51308	GÜVENLİ	28925	<	51308	GÜVENLİ
262	K20X50	29851	<	64822	GÜVENLİ	26281	<	64822	GÜVENLİ
266	K20X50	14797	<	64822	GÜVENLİ	39785	<	64822	GÜVENLİ
267	K20X40	9820	<	51308	GÜVENLİ	45927	<	51308	GÜVENLİ
268	K20X40	8848	<	51308	GÜVENLİ	45372	<	51308	GÜVENLİ
269	K20X50	14027	<	64822	GÜVENLİ	41328	<	64822	GÜVENLİ
273	K20X50	8416	<	64822	GÜVENLİ	53830	<	64822	GÜVENLİ
274	K20X40	11133	<	51308	GÜVENLİ	63584	>	51308	!
275	K20X40	13871	<	51308	GÜVENLİ	63354	>	51308	!
276	K20X50	12115	<	64822	GÜVENLİ	55960	<	64822	GÜVENLİ
280	K20X50	20135	<	64822	GÜVENLİ	64264	<	64822	GÜVENLİ
281	K20X40	28324	<	51308	GÜVENLİ	82652	>	51308	!
282	K20X40	33085	<	51308	GÜVENLİ	82299	>	51308	!
283	K20X50	29266	<	64822	GÜVENLİ	67352	>	64822	!
284	K20X40	61773	>	51308	!	33267	<	51308	GÜVENLİ
285	K20X40	44355	<	51308	GÜVENLİ	9935	<	51308	GÜVENLİ
286	K20X40	43121	<	51308	GÜVENLİ	11624	<	51308	GÜVENLİ
287	K20X40	18484	<	51308	GÜVENLİ	37064	<	51308	GÜVENLİ
288	K20X40	25995	<	51308	GÜVENLİ	35253	<	51308	GÜVENLİ
289	K20X50	21582	<	64822	GÜVENLİ	62590	<	64822	GÜVENLİ
292	K20X40	9147	<	51308	GÜVENLİ	51732	>	51308	!
293	K20X40	7831	<	51308	GÜVENLİ	50584	<	51308	GÜVENLİ
294	K20X50	8356	<	64822	GÜVENLİ	78507	>	64822	!
295	K20X50	20170	<	64822	GÜVENLİ	92600	>	64822	!
298	K20X40	9759	<	51308	GÜVENLİ	65354	>	51308	!
299	K20X40	14694	<	51308	GÜVENLİ	66692	>	51308	!
300	K20X50	26248	<	64822	GÜVENLİ	93755	>	64822	!
303	K20X40	18574	<	51308	GÜVENLİ	74527	>	51308	!
304	K20X40	28177	<	51308	GÜVENLİ	81404	>	51308	!
305	K20X50	45110	<	64822	GÜVENLİ	104367	>	64822	!
306	K20X40	67266	>	51308	!	3705	<	51308	GÜVENLİ
310	K20X40	43908	<	51308	GÜVENLİ	9698	<	51308	GÜVENLİ
311	K20X40	64561	>	51308	!	8668	<	51308	GÜVENLİ

Çizelge 4.14 Kesitlerin kesme kuvveti tahkikleri (1. Kat)

ELEMEN	KESİT	X YÖNÜ				Y YÖNÜ			
		Vd(N)		ELEMEN	KESİT	Vd(N)		ELEMEN	KESİT
313	M7	110402	<	642802	GÜVENLİ	65030	<	642802	GÜVENLİ
314	M8	103825	<	531366	GÜVENLİ	87849	<	531366	GÜVENLİ
315	M8	97624	<	531366	GÜVENLİ	85097	<	531366	GÜVENLİ
316	M7	125515	<	642802	GÜVENLİ	62191	<	642802	GÜVENLİ
317	S25X35	27856	<	54608	GÜVENLİ	57213	>	54608	!
318	M6	104661	<	510115	GÜVENLİ	121833	<	510115	GÜVENLİ
319	M6	115901	<	510115	GÜVENLİ	123025	<	510115	GÜVENLİ
320	S25X35	7193	<	54608	GÜVENLİ	55068	>	54608	!
321	S25X35	27604	<	54608	GÜVENLİ	49738	<	54608	GÜVENLİ
322	M5	134826	<	515298	GÜVENLİ	86713	<	515298	GÜVENLİ
323	M5	135315	<	515298	GÜVENLİ	86228	<	515298	GÜVENLİ
324	S25X35	32223	<	54608	GÜVENLİ	51613	<	54608	GÜVENLİ
325	S25X35	22637	<	54608	GÜVENLİ	47865	<	54608	GÜVENLİ
326	M3	95444	<	503507	GÜVENLİ	85999	<	503507	GÜVENLİ
327	M4	100938	<	515298	GÜVENLİ	89193	<	515298	GÜVENLİ
328	S25X35	26218	<	54608	GÜVENLİ	48447	<	54608	GÜVENLİ
329	M1	85908	<	636453	GÜVENLİ	61935	<	636453	GÜVENLİ
331	M2	74312	<	596154	GÜVENLİ	89781	<	596154	GÜVENLİ
334	M2	79390	<	596154	GÜVENLİ	90392	<	596154	GÜVENLİ
336	M1	98374	<	636453	GÜVENLİ	63466	<	636453	GÜVENLİ
337	K20X50	67272	>	64822	!	21344	<	64822	GÜVENLİ
338	K20X50	80228	>	64822	!	9578	<	64822	GÜVENLİ
339	K20X50	93416	>	64822	!	8233	<	64822	GÜVENLİ
340	K20X50	106353	>	64822	!	19316	<	64822	GÜVENLİ
341	K20X50	28077	<	64822	GÜVENLİ	28077	<	64822	GÜVENLİ
342	K20X50	35857	<	64822	GÜVENLİ	14015	<	64822	GÜVENLİ
343	K20X50	49973	<	64822	GÜVENLİ	2936	<	64822	GÜVENLİ
344	K20X50	64125	<	64822	GÜVENLİ	16864	<	64822	GÜVENLİ
345	K20X50	77748	>	64822	!	30546	<	64822	GÜVENLİ
346	K20X50	68595	>	64822	!	14725	<	64822	GÜVENLİ
347	K20X50	85861	>	64822	!	5751	<	64822	GÜVENLİ
348	K20X50	98579	>	64822	!	14341	<	64822	GÜVENLİ
349	K20X50	37406	<	64822	GÜVENLİ	65677	>	64822	!
353	K20X40	13809	<	51308	GÜVENLİ	37945	<	51308	GÜVENLİ
358	K20X40	15177	<	51308	GÜVENLİ	38401	<	51308	GÜVENLİ
361	K20X50	29585	<	64822	GÜVENLİ	64783	<	64822	GÜVENLİ
362	K20X50	44585	<	64822	GÜVENLİ	14748	<	64822	GÜVENLİ
363	K20X50	59985	<	64822	GÜVENLİ	8246	<	64822	GÜVENLİ
364	K20X50	75154	>	64822	!	25726	<	64822	GÜVENLİ
365	K20X50	89028	>	64822	!	45864	<	64822	GÜVENLİ
366	K20X65	44237	<	85094	GÜVENLİ	42765	<	85094	GÜVENLİ
367	K20X65	60339	<	85094	GÜVENLİ	20604	<	85094	GÜVENLİ
368	K20X65	76717	<	85094	GÜVENLİ	2949	<	85094	GÜVENLİ
369	K20X65	93060	>	85094	!	23995	<	85094	GÜVENLİ
370	K20X65	108298	>	85094	!	46154	<	85094	GÜVENLİ
371	K20X65	48375	<	85094	GÜVENLİ	61285	<	85094	GÜVENLİ
372	K20X65	32648	<	85094	GÜVENLİ	38032	<	85094	GÜVENLİ
373	K20X50	33385	<	64822	GÜVENLİ	33385	<	64822	GÜVENLİ
374	K20X40	34997	<	51308	GÜVENLİ	34997	<	51308	GÜVENLİ
375	K20X40	37263	<	51308	GÜVENLİ	37007	<	51308	GÜVENLİ
376	K20X50	41205	<	64822	GÜVENLİ	33947	<	64822	GÜVENLİ

ELEMEN	KESİT	X YÖNÜ				Y YÖNÜ			
		Vd(N)		ELEMEN	KESİT	Vd(N)		ELEMEN	KESİT
379	K20X40	24020	<	51308	GÜVENLİ	24020	<	51308	GÜVENLİ
380	K20X50	20662	<	64822	GÜVENLİ	20662	<	64822	GÜVENLİ
381	K20X40	17270	<	51308	GÜVENLİ	21622	<	51308	GÜVENLİ
382	K20X40	12849	<	51308	GÜVENLİ	12849	<	51308	GÜVENLİ
385	K20X40	3770	<	51308	GÜVENLİ	39395	<	51308	GÜVENLİ
386	K20X50	5595	<	64822	GÜVENLİ	37616	<	64822	GÜVENLİ
387	K20X50	6950	<	64822	GÜVENLİ	34453	<	64822	GÜVENLİ
388	K20X40	2332	<	51308	GÜVENLİ	38651	<	51308	GÜVENLİ
392	K20X40	23203	<	51308	GÜVENLİ	57739	>	51308	!
393	K20X50	22568	<	64822	GÜVENLİ	53374	<	64822	GÜVENLİ
394	K20X50	18650	<	64822	GÜVENLİ	49402	<	64822	GÜVENLİ
395	K20X40	20081	<	51308	GÜVENLİ	56708	>	51308	!
399	K20X40	43602	<	51308	GÜVENLİ	77011	>	51308	!
400	K20X50	39211	<	64822	GÜVENLİ	65995	>	64822	!
401	K20X50	31015	<	64822	GÜVENLİ	61077	<	64822	GÜVENLİ
402	K20X40	37956	<	51308	GÜVENLİ	75768	>	51308	!
403	K20X50	68697	>	64822	!	10483	<	64822	GÜVENLİ
404	K20X50	57483	<	64822	GÜVENLİ	9720	<	64822	GÜVENLİ
405	K20X50	51157	<	64822	GÜVENLİ	15574	<	64822	GÜVENLİ
406	K20X50	26452	<	64822	GÜVENLİ	26452	<	64822	GÜVENLİ
407	K20X40	24718	<	51308	GÜVENLİ	30203	<	51308	GÜVENLİ
408	K20X40	27174	<	51308	GÜVENLİ	28991	<	51308	GÜVENLİ
409	K20X50	28010	<	64822	GÜVENLİ	26873	<	64822	GÜVENLİ
413	K20X50	16857	<	64822	GÜVENLİ	41858	<	64822	GÜVENLİ
414	K20X40	9358	<	51308	GÜVENLİ	45920	<	51308	GÜVENLİ
415	K20X40	8386	<	51308	GÜVENLİ	45459	<	51308	GÜVENLİ
416	K20X50	13944	<	64822	GÜVENLİ	43068	<	64822	GÜVENLİ
420	K20X50	8885	<	64822	GÜVENLİ	56195	<	64822	GÜVENLİ
421	K20X40	11086	<	51308	GÜVENLİ	63246	>	51308	!
422	K20X40	14110	<	51308	GÜVENLİ	63280	>	51308	!
423	K20X50	13996	<	64822	GÜVENLİ	57902	<	64822	GÜVENLİ
427	K20X50	20998	<	64822	GÜVENLİ	67330	>	64822	!
428	K20X40	28265	<	51308	GÜVENLİ	81541	>	51308	!
429	K20X40	32458	<	51308	GÜVENLİ	81833	>	51308	!
430	K20X50	31263	<	64822	GÜVENLİ	69756	>	64822	!
431	K20X30	38011	>	37793	!	8466	<	37793	GÜVENLİ
432	K20X30	32151	<	37793	GÜVENLİ	9070	<	37793	GÜVENLİ
433	K20X30	29764	<	37793	GÜVENLİ	9872	<	37793	GÜVENLİ
434	K20X50	13973	<	64822	GÜVENLİ	55529	<	64822	GÜVENLİ
435	K20X40	29236	<	51308	GÜVENLİ	36840	<	51308	GÜVENLİ
436	K20X40	23972	<	51308	GÜVENLİ	35884	<	51308	GÜVENLİ
437	K20X50	20407	<	64822	GÜVENLİ	54380	<	64822	GÜVENLİ
441	K20X50	8549	<	64822	GÜVENLİ	71746	>	64822	!
442	K20X40	11591	<	51308	GÜVENLİ	50799	<	51308	GÜVENLİ
443	K20X40	7000	<	51308	GÜVENLİ	50662	<	51308	GÜVENLİ
444	K20X50	9617	<	64822	GÜVENLİ	70657	>	64822	!
448	K20X50	20909	<	64822	GÜVENLİ	87032	>	64822	!
449	K20X40	11071	<	51308	GÜVENLİ	65706	>	51308	!
450	K20X40	14303	<	51308	GÜVENLİ	66219	>	51308	!
451	K20X50	28324	<	64822	GÜVENLİ	86135	>	64822	!
455	K20X50	28534	<	64822	GÜVENLİ	97415	>	64822	!

ELEMAN	KESİT	X YÖNÜ				Y YÖNÜ			
		Vd(N)		ELEMAN	KESİT	Vd(N)		ELEMAN	KESİT
456	K20X40	27432	<	51308	GÜVENLİ	79621	>	51308	!
457	K20X40	25922	<	51308	GÜVENLİ	80685	>	51308	!
458	K20X50	46334	<	64822	GÜVENLİ	96759	>	64822	!
460	K20X40	70451	>	51308	!	5626	<	51308	GÜVENLİ
463	K20X40	43924	<	51308	GÜVENLİ	9455	<	51308	GÜVENLİ
464	K20X40	64671	>	51308	!	7241	<	51308	GÜVENLİ

Çizelge 4.15 Kesitlerin kesme kuvveti tahkikleri (2. Kat)

ELEMAN	KESİT	X YÖNÜ				Y YÖNÜ			
		Vd(N)		ELEMAN	KESİT	Vd(N)		ELEMAN	KESİT
466	M7	41761	<	642802	GÜVENLİ	24410	<	642802	GÜVENLİ
467	M8	95987	<	531366	GÜVENLİ	28386	<	531366	GÜVENLİ
468	M8	97262	<	531366	GÜVENLİ	26416	<	531366	GÜVENLİ
469	M7	58635	<	642802	GÜVENLİ	26899	<	642802	GÜVENLİ
470	S25X35	25161	<	54608	GÜVENLİ	49599	<	54608	GÜVENLİ
471	M6	94470	<	510115	GÜVENLİ	92481	<	510115	GÜVENLİ
472	M6	29691	<	510115	GÜVENLİ	93163	<	510115	GÜVENLİ
473	S25X35	4364	<	54608	GÜVENLİ	47997	<	54608	GÜVENLİ
474	S25X35	25635	<	54608	GÜVENLİ	44609	<	54608	GÜVENLİ
475	M5	91516	<	515298	GÜVENLİ	72990	<	515298	GÜVENLİ
476	M5	94353	<	515298	GÜVENLİ	72593	<	515298	GÜVENLİ
477	S25X35	25304	<	54608	GÜVENLİ	46097	<	54608	GÜVENLİ
478	S25X35	17142	<	54608	GÜVENLİ	43791	<	54608	GÜVENLİ
479	M3	39245	<	503507	GÜVENLİ	72227	<	503507	GÜVENLİ
480	M4	37373	<	515298	GÜVENLİ	70575	<	515298	GÜVENLİ
481	S25X35	19760	<	54608	GÜVENLİ	44111	<	54608	GÜVENLİ
482	M1	33510	<	636453	GÜVENLİ	57853	<	636453	GÜVENLİ
484	M2	77892	<	596154	GÜVENLİ	24062	<	596154	GÜVENLİ
487	M2	80040	<	596154	GÜVENLİ	23653	<	596154	GÜVENLİ
489	M1	47104	<	636453	GÜVENLİ	57190	<	636453	GÜVENLİ
490	K20X50	96437	>	64822	!	12595	<	64822	GÜVENLİ
491	K20X50	64797	<	64822	GÜVENLİ	17568	<	64822	GÜVENLİ
492	K20X50	78539	>	64822	!	9568	<	64822	GÜVENLİ
493	K20X50	99353	>	64822	!	16955	<	64822	GÜVENLİ
494	K20X50	26940	<	64822	GÜVENLİ	51384	<	64822	GÜVENLİ
495	K20X40	39925	<	51308	GÜVENLİ	62032	>	51308	!
496	K20X40	34692	<	51308	GÜVENLİ	57174	>	51308	!
497	K20X50	18346	<	64822	GÜVENLİ	18923	<	64822	GÜVENLİ
498	K20X50	8633	<	64822	GÜVENLİ	36002	<	64822	GÜVENLİ
499	K20X50	66452	>	64822	!	23453	<	64822	GÜVENLİ
500	K20X50	73822	>	64822	!	27195	<	64822	GÜVENLİ
501	K20X50	49694	<	64822	GÜVENLİ	60067	<	64822	GÜVENLİ
502	K20X50	17055	<	64822	GÜVENLİ	26419	<	64822	GÜVENLİ
503	K20X40	25047	<	51308	GÜVENLİ	59277	>	51308	!
504	K20X40	24078	<	51308	GÜVENLİ	60037	>	51308	!
505	K20X50	20950	<	64822	GÜVENLİ	33567	<	64822	GÜVENLİ

		X YÖNÜ				Y YÖNÜ			
ELEMAN	KESİT	Vd(N)		ELEMAN	KESİT	Vd(N)		ELEMAN	KESİT
506	K20X50	65720	>	64822	!	22463	<	64822	GÜVENLİ
507	K20X50	73547	>	64822	!	25714	<	64822	GÜVENLİ
508	K20X50	52262	<	64822	GÜVENLİ	28005	<	64822	GÜVENLİ
509	K20X50	15736	<	64822	GÜVENLİ	36127	<	64822	GÜVENLİ
510	K20X40	14962	<	51308	GÜVENLİ	66256	>	51308	!
511	K20X40	14070	<	51308	GÜVENLİ	66097	>	51308	!
512	K20X50	13657	<	64822	GÜVENLİ	37016	<	64822	GÜVENLİ
513	K20X30	42738	>	37793	!	16951	<	37793	GÜVENLİ
514	K20X30	44990	>	37793	!	24424	<	37793	GÜVENLİ
515	K20X30	32900	<	37793	GÜVENLİ	22246	<	37793	GÜVENLİ
516	K20X50	15348	<	64822	GÜVENLİ	68108	>	64822	!
517	K20X40	12511	<	51308	GÜVENLİ	68725	>	51308	!
518	K20X40	14508	<	51308	GÜVENLİ	68831	>	51308	!
519	K20X50	16862	<	64822	GÜVENLİ	66882	>	64822	!
521	K20X40	74047	>	51308	!	11355	<	51308	GÜVENLİ
524	K20X40	51125	<	51308	GÜVENLİ	16590	<	51308	GÜVENLİ
525	K20X40	69993	>	51308	!	11430	<	51308	GÜVENLİ

Çizelge 4.16 Kesitlerin kesme kuvveti tahkikleri (3. Kat)

4.4.5 FEMA' ya Göre Performans Değerlendirmesi

Yapılan statik itme analizleri sonucu, her iki yönde elde edilen plastik dönme değerleri FEMA 356'da verilen kabul edilebilirlik kriterlerine (EK 3) göre de değerlendirilmiştir. Böylece yapının performansı 2 ayrı prosedüre göre değerlendirilmiş ve karşılaştırılmıştır.

ELEMAN NO	KESİT	ELEMAN TİPİ	Belirleyici Etki	θ_p	Performans Seviyesi (FEMA)
26	T452060	KİRİŞ	KESME	0.00423	GÖÇME DURUMU
28	T452060	KİRİŞ	KESME	-0.00361	GÖÇME DURUMU
29	T352075	KİRİŞ	EĞİLME	0.00327	HK
30	T452060	KİRİŞ	KESME	0.00241	CG-GÖ Arası
32	T452060	KİRİŞ	KESME	-0.00379	GÖÇME DURUMU
35	T452075	KİRİŞ	EĞİLME	0.00252	HK
56	T602055	KİRİŞ	KESME	-0.00202	CG
57	T702070	KİRİŞ	EĞİLME	0.00343	HK
62	T702070	KİRİŞ	KESME	-0.00166	HK-CG Arası
63	T602070	KİRİŞ	EĞİLME	0.00237	HK
101	T862040	KİRİŞ	KESME	-0.00135	HK
102	T552040	KİRİŞ	EĞİLME	0.00165	HK
103	T552040	KİRİŞ	KESME	-0.00182	HK-CG Arası
104	T862040	KİRİŞ	EĞİLME	0.00149	HK
132	T552060	KİRİŞ	EĞİLME	0.00215	HK
133	T552060	KİRİŞ	KESME	-0.00236	CG-GÖ Arası
134	T822040	KİRİŞ	EĞİLME	0.00140	HK
154	T2040	KİRİŞ	KESME	0.00334	GÖÇME DURUMU
154	T2040	KİRİŞ	KESME	-0.00177	HK-CG Arası
158	T502040	KİRİŞ	EĞİLME	0.00144	HK
158	T502040	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00025	HK
159	T502040	KİRİŞ	KESME	0.00306	GÖÇME DURUMU
159	T502040	KİRİŞ	KESME	-0.00253	CG-GÖ Arası
165	25X35	KOLON	EĞİLME	0.00057	HK
169	25X35	KOLON	EĞİLME	0.00105	HK
186	T452050	KİRİŞ	KESME	0.00626	GÖÇME DURUMU
188	T452050	KİRİŞ	KESME	-0.00539	GÖÇME DURUMU
189	T352050	KİRİŞ	EĞİLME	0.00350	HK
189	T352050	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00259	HK
190	T452050	KİRİŞ	KESME	0.00556	GÖÇME DURUMU
192	T452050	KİRİŞ	KESME	-0.00561	GÖÇME DURUMU
195	T452050	KİRİŞ	EĞİLME	0.00188	HK
199	T452050	KİRİŞ	KESME	-0.00281	CG-GÖ Arası
216	T602055	KİRİŞ	KESME	-0.00338	GÖÇME DURUMU
217	T702070	KİRİŞ	EĞİLME	0.00497	HK
221	T702070	KİRİŞ	KESME	-0.00302	GÖÇME DURUMU
256	T862055	KİRİŞ	KESME	-0.00306	GÖÇME DURUMU
257	T862055	KİRİŞ	EĞİLME	0.00372	HK
257	T862055	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00345	HK
258	T862055	KİRİŞ	EĞİLME	0.00282	HK
284	T502040	KİRİŞ	KESME	0.00078	HK
284	T502040	KİRİŞ	KESME	-0.00099	HK
285	T822040	KİRİŞ	EĞİLME	0.00339	HK
285	T822040	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00219	HK
286	T822040	KİRİŞ	EĞİLME	0.00271	HK
306	T2040	KİRİŞ	KESME	0.00497	GÖÇME DURUMU
306	T2040	KİRİŞ	KESME	-0.00340	GÖÇME DURUMU
310	T502040	KİRİŞ	EĞİLME	0.00267	HK
310	T502040	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00151	HK
311	T502040	KİRİŞ	KESME	0.00464	GÖÇME DURUMU
311	T502040	KİRİŞ	KESME	-0.00403	GÖÇME DURUMU

ELEMAN NO	KESİT	ELEMAN TİPİ	Belirleyici Etki	θ_p	Performans Seviyesi (FEMA)
321	25X35	KOLON	EĞİLME	0.00159	HK
338	T452050	KİRİŞ	KESME	0.00537	GÖÇME DURUMU
340	T452050	KİRİŞ	KESME	-0.00487	GÖÇME DURUMU
341	T452050	KİRİŞ	EĞİLME	0.00241	HK
345	T452050	KİRİŞ	KESME	-0.00308	GÖÇME DURUMU
346	T452050	KİRİŞ	KESME	0.00491	GÖÇME DURUMU
348	T452050	KİRİŞ	KESME	-0.00469	GÖÇME DURUMU
365	T602050	KİRİŞ	KESME	-0.00283	CG-GÖ Arası
366	T702065	KİRİŞ	EĞİLME	0.00436	HK
370	T702065	KİRİŞ	KESME	-0.00230	CG-GÖ Arası
403	T862050	KİRİŞ	KESME	-0.00240	CG-GÖ Arası
404	T862050	KİRİŞ	EĞİLME	0.00341	HK
404	T862050	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00253	HK
405	T862050	KİRİŞ	EĞİLME	0.00242	HK
431	T822030	KİRİŞ	KESME	-0.00070	HK
432	T822030	KİRİŞ	EĞİLME	0.00176	HK
432	T822030	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00001	HK
433	T822030	KİRİŞ	EĞİLME	0.00088	HK
460	T502040	KİRİŞ	KESME	0.00430	GÖÇME DURUMU
460	T502040	KİRİŞ	KESME	-0.00321	GÖÇME DURUMU
463	T502040	KİRİŞ	EĞİLME	0.00202	HK
463	T502040	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00093	HK
464	T502040	KİRİŞ	KESME	0.00381	GÖÇME DURUMU
464	T502040	KİRİŞ	KESME	-0.00316	GÖÇME DURUMU
474	25X35	KOLON	EĞİLME	0.00013	HK
490	T452050	KİRİŞ	KESME	0.00352	GÖÇME DURUMU
490	T452050	KİRİŞ	KESME	-0.00217	CG-GÖ Arası
491	T452050	KİRİŞ	EĞİLME	0.00095	HK
491	T452050	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00067	HK
492	T452050	KİRİŞ	KESME	0.00264	CG-GÖ Arası
493	T452050	KİRİŞ	KESME	-0.00252	CG-GÖ Arası
499	T752050	KİRİŞ	KESME	-0.00067	HK
500	T702050	KİRİŞ	KESME	0.00117	HK
500	T702050	KİRİŞ	KESME	-0.00186	HK-CG Arası
506	T752050	KİRİŞ	KESME	-0.00085	HK
507	T702050	KİRİŞ	KESME	0.00148	HK
507	T702050	KİRİŞ	KESME	-0.00138	HK
508	T752050	KİRİŞ	EĞİLME	0.00052	HK
514	T702030	KİRİŞ	KESME	-0.00026	HK
521	T502040	KİRİŞ	KESME	0.00284	CG-GÖ Arası
521	T502040	KİRİŞ	KESME	-0.00155	HK-CG Arası
524	T502040	KİRİŞ	EĞİLME	0.00008	HK
525	T502040	KİRİŞ	KESME	0.00186	HK-CG Arası
525	T502040	KİRİŞ	KESME	-0.00187	HK-CG Arası

Çizelge 4.17 FEMA' ya göre elde edilen performans seviyeleri (X Yönü)

ELEMAN NO	KESİT	ELEMAN TİPİ	Belirleyici Etki	θ_p	Performans Seviyesi (FEMA)
13	25X50	KOLON	EĞİLME	0.00025	HK
16	25X50	KOLON	EĞİLME	0.00047	HK
40	T552050	KİRİŞ	KESME	0.00160	HK-CG Arası
46	T552050	KİRİŞ	KESME	0.00163	HK-CG Arası
47	T902055	KİRİŞ	EĞİLME	0.00288	HK
47	T902055	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00212	HK
52	T1002055	KİRİŞ	EĞİLME	0.00285	HK
52	T1002055	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00215	HK
67	T452060	KİRİŞ	EĞİLME	0.00228	HK
69	T452060	KİRİŞ	EĞİLME	0.00224	HK
97	T452060	KİRİŞ	KESME	-0.00303	GÖÇME DURUMU
100	T452060	KİRİŞ	KESME	-0.00303	GÖÇME DURUMU
106	T452060	KİRİŞ	KESME	0.00320	GÖÇME DURUMU
107	T452060	KİRİŞ	KESME	0.00324	GÖÇME DURUMU
128	T452060	KİRİŞ	KESME	-0.00338	GÖÇME DURUMU
129	T452060	KİRİŞ	KESME	-0.00343	GÖÇME DURUMU
135	T402040	KİRİŞ	EĞİLME	0.00282	HK
136	T652040	KİRİŞ	EĞİLME	0.00280	HK
143	T2050	KİRİŞ	KESME	-0.00199	HK-CG Arası
151	T402040	KİRİŞ	KESME	-0.00296	CG-GÖ Arası
152	T652040	KİRİŞ	KESME	-0.00341	GÖÇME DURUMU
153	T402050	KİRİŞ	KESME	-0.00249	CG-GÖ Arası
165	25X35	KOLON	KESME	0.00028	HK
168	25X35	KOLON	KESME	0.00041	HK
169	25X35	KOLON	EĞİLME	0.00088	HK
172	25X35	KOLON	EĞİLME	0.00079	HK
173	25X35	KOLON	EĞİLME	0.00240	HK
176	25X35	KOLON	EĞİLME	0.00260	HK
200	T552050	KİRİŞ	KESME	0.00329	GÖÇME DURUMU
206	T552050	KİRİŞ	KESME	0.00344	GÖÇME DURUMU
207	T902055K	KİRİŞ	EĞİLME	0.00503	HK-CG Arası
207	T902055K	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00394	HK
212	T2055K1	KİRİŞ	EĞİLME	0.00506	HK-CG Arası
212	T2055K1	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00398	HK
225	T652040	KİRİŞ	EĞİLME	0.00294	HK
226	T652040	KİRİŞ	EĞİLME	0.00291	HK
252	T652040	KİRİŞ	KESME	-0.00542	GÖÇME DURUMU
255	T652040	KİRİŞ	KESME	-0.00531	GÖÇME DURUMU
260	T552040	KİRİŞ	EĞİLME	0.00487	HK
261	T552040	KİRİŞ	EĞİLME	0.00491	HK
281	T552040	KİRİŞ	KESME	-0.00528	GÖÇME DURUMU
282	T552040	KİRİŞ	KESME	-0.00535	GÖÇME DURUMU
287	T402040	KİRİŞ	EĞİLME	0.00493	HK
288	T652040	KİRİŞ	EĞİLME	0.00507	HK-CG Arası
295	T2050	KİRİŞ	KESME	-0.00381	GÖÇME DURUMU
303	T402040	KİRİŞ	KESME	-0.00500	GÖÇME DURUMU
304	T652040	KİRİŞ	KESME	-0.00533	GÖÇME DURUMU
305	T402050	KİRİŞ	KESME	-0.00432	GÖÇME DURUMU
317	25X35	KOLON	KESME	0.00217	HK
320	25X35	KOLON	KESME	0.00195	HK
321	25X35	KOLON	EĞİLME	0.00232	HK
324	25X35	KOLON	EĞİLME	0.00225	HK
325	25X35	KOLON	EĞİLME	0.00376	HK
325	25X35	KOLON	EĞİLME	0.00097	HK
328	25X35	KOLON	EĞİLME	0.00382	HK
328	25X35	KOLON	EĞİLME	0.00096	HK
349	T552050	KİRİŞ	KESME	0.00287	CG-GÖ Arası

ELEMAN NO	KESİT	ELEMAN TİPİ	Belirleyici Etki	θ_p	Performans Seviyesi (FEMA)
353	T902040	KİRİŞ	EĞİLME	0.00417	HK
353	T902040	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00221	HK
358	T1002040	KİRİŞ	EĞİLME	0.00423	HK
358	T1002040	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00229	HK
361	T552050	KİRİŞ	EĞİLME	0.00320	HK
361	T552050	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00019	HK
374	T652040	KİRİŞ	EĞİLME	0.00266	HK
375	T652040	KİRİŞ	EĞİLME	0.00258	HK
399	T652040	KİRİŞ	KESME	-0.00507	GÖÇME DURUMU
402	T652040	KİRİŞ	KESME	-0.00490	GÖÇME DURUMU
407	T552040	KİRİŞ	EĞİLME	0.00440	HK
408	T552040	KİRİŞ	EĞİLME	0.00444	HK
428	T552040	KİRİŞ	KESME	-0.00481	GÖÇME DURUMU
429	T552040	KİRİŞ	KESME	-0.00486	GÖÇME DURUMU
435	T652040	KİRİŞ	EĞİLME	0.00465	HK
436	T652040	KİRİŞ	EĞİLME	0.00461	HK
455	T402050	KİRİŞ	KESME	-0.00363	GÖÇME DURUMU
456	T652040	KİRİŞ	KESME	-0.00485	GÖÇME DURUMU
457	T652040	KİRİŞ	KESME	-0.00489	GÖÇME DURUMU
458	T402050	KİRİŞ	KESME	-0.00358	GÖÇME DURUMU
470	25X35	KOLON	EĞİLME	0.00210	HK
473	25X35	KOLON	EĞİLME	0.00170	HK
474	25X35	KOLON	EĞİLME	0.00195	HK
477	25X35	KOLON	EĞİLME	0.00200	HK
478	25X35	KOLON	EĞİLME	0.00307	HK
478	25X35	KOLON	EĞİLME	0.00074	HK
481	25X35	KOLON	EĞİLME	0.00308	HK
481	25X35	KOLON	EĞİLME	0.00074	HK
494	T552050	KİRİŞ	EĞİLME	0.00171	HK
495	T1002040	KİRİŞ	KESME	0.00133	HK
495	T1002040	KİRİŞ	KESME	-0.00303	GÖÇME DURUMU
496	T1002040	KİRİŞ	KESME	0.00166	HK-CG Arası
496	T1002040	KİRİŞ	KESME	-0.00272	CG-GÖ Arası
498	T552050	KİRİŞ	EĞİLME	0.00215	HK
503	T652040	KİRİŞ	KESME	0.00197	HK-CG Arası
503	T652040	KİRİŞ	KESME	-0.00268	CG-GÖ Arası
504	T652040	KİRİŞ	KESME	0.00196	HK-CG Arası
504	T652040	KİRİŞ	KESME	-0.00273	CG-GÖ Arası
510	T552040	KİRİŞ	KESME	0.00331	GÖÇME DURUMU
510	T552040	KİRİŞ	KESME	-0.00293	CG-GÖ Arası
511	T552040	KİRİŞ	KESME	0.00334	GÖÇME DURUMU
511	T552040	KİRİŞ	KESME	-0.00303	GÖÇME DURUMU
516	T402050	KİRİŞ	KESME	-0.00134	HK
517	T652040	KİRİŞ	KESME	0.00344	GÖÇME DURUMU
517	T652040	KİRİŞ	KESME	-0.00350	GÖÇME DURUMU
518	T652040	KİRİŞ	KESME	0.00351	GÖÇME DURUMU
518	T652040	KİRİŞ	KESME	-0.00347	GÖÇME DURUMU
519	T402050	KİRİŞ	KESME	-0.00128	HK

Çizelge 4.18 FEMA’ ya göre elde edilen performans seviyeleri (Y Yönü)

5. ABYYHY 97' YE GÖRE İNŞA EDİLMİŞ BİR BİNANIN DEPREM PERFORMASININ DEĞERLENDİRİLMESİ

5.1 Yapının Tanıtılması

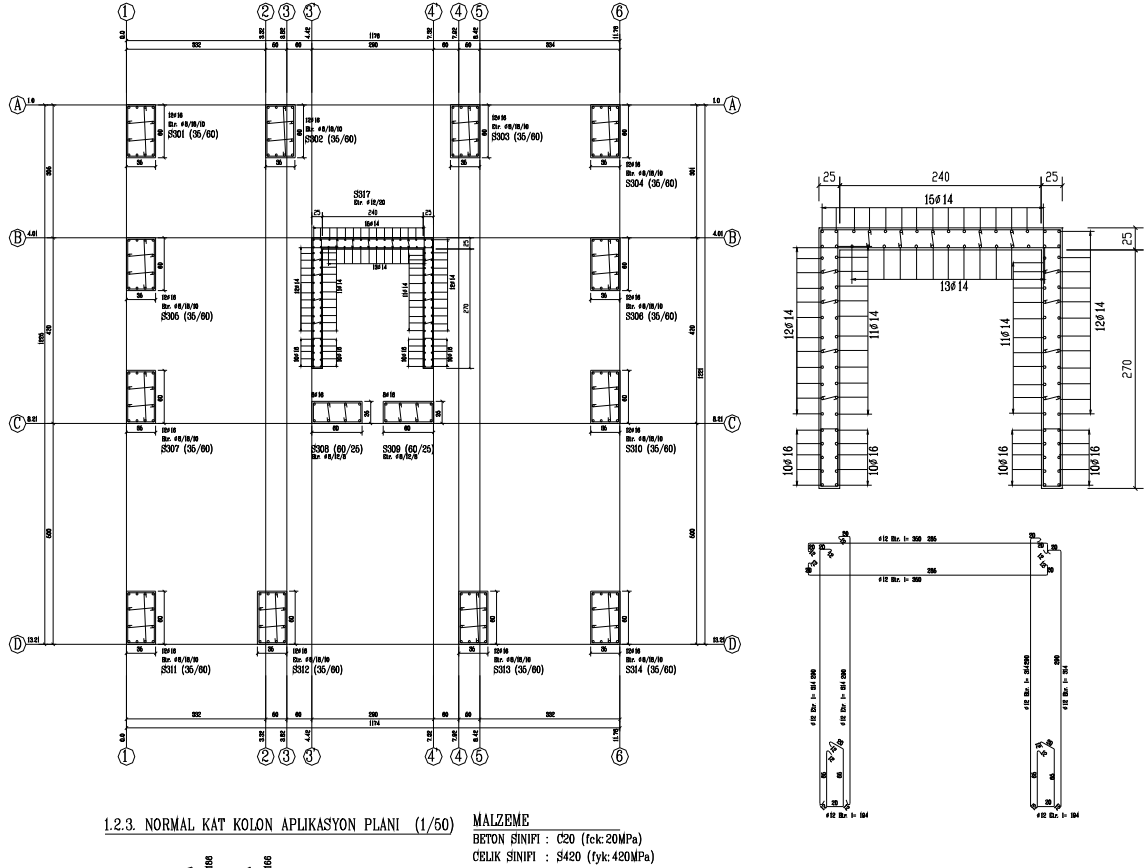
İstanbul'un Avcılar ilçesinde bulunan bina, 1 bodrum + 1 zemin + 3 normal kat olmak üzere toplam 5 katlı betonarme karkastır. Yapı zemin katta planda 11.76 m'ye 12.25 m'lik dikdörtgen şeklindeki bir alana oturmaktadır. Yapının sol ve sağ cepheleri komşu binalara bitişiktir. Ön cephede 1.2 m arka cephede 1 m boylarında kapalı çıkmalar bulunmaktadır. Binanın yapısal ve betonarme hesapları ile çizimleri ve mimari projeleri, ayrıca zemin etüt raporu elde edilmiştir. Matematik modelin oluşturulması ve sonuçların irdelenmesi açısından göz önünde bulundurulması gereken unsurların başlıcaları şunlardır:

- Bina konut olarak kullanılmaktadır.
- Yapının zemin etüt raporu incelendiğinde yerel zemin sınıfının Z3 olduğu anlaşılmıştır.
- Taşıyıcı sistem betonarme kolon - kiriş çerçevelerinden ve merkezde -U- şeklinde bir çekirdek perdeden oluşmaktadır.
- Döşeme sistemi 12 cm kalınlıklı plak döşemelerden oluşmaktadır.
- Döşemelerin rijit diyafram olarak davranmasına engel olabilecek büyük döşeme boşluklarına rastlanılmamıştır.
- Kolonların ve perdenin katlar boyunca düşey sürekliliği sağlanmıştır.
- Kolon ve perde kesitleri ile donatıları tüm katlar boyunca aynen devam ettirilmiş, herhangi bir küçültmeye gidilmediği belirlenmiştir.
- Yapının kolon, perde ve kirişlerinde boyuna ve enine donatı olarak S420a kullanıldığı tespit edilmiştir.
- Yapının beton kalitesinin projesinde C20 olduğu görülmüştür.
- Kolon, perde ve kirişlerde sargı donatılarının ABYYHY 97' deki şartlara uygun olarak düzenlendiği, sarılma bölgelerinde sıklaştırmaların yapıldığı anlaşılmıştır.

Bu bilgilere dayanarak ve binanın yakın tarihte, denetim altında inşa edilmiş olması sebebiyle yapının sünek olduğu, projesinde belirtilen malzeme kalitelerinin sağlanmış olduğu ve boyutlandırmaya esas alınabileceği anlaşılmaktadır. Yapının kat kalıp planları ile kolon aplikasyon planları Şekil 5.1, Şekil 5.2, Şekil 5.3 ve Şekil 5.4'de verilmiştir.

f_{ck}	20 MPa
f_{cd}	20 MPa
f_{yk}	420 MPa
f_{yd}	420 MPa
f_{ctk}	1.31 MPa
f_{ctd}	1.31 MPa
E_c	28000 MPa

Çizelge 5.1 Yapının malzeme karakteristik özellikleri.



Şekil 5.4 Kolon aplikasyon planı

5.2 Düşey Yük Analizi, Dinamik Analiz Sonuçları ve Yatay Yük Analizi

Analizlerde kullanılan düşey yük değerleri aşağıdaki gibidir.

Normal Döşeme Yük Analizi (d=12 cm) (parke kaplama)

$$\begin{aligned}\text{Betonarme plak zati} &= 3.00 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Sıva+Tesviye Beton + Kaplama} &= 1.30 \text{ kN/m}^2 \\ G &= 4.30 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Hareketli yük} &Q = 2.00 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Normal Döşeme Yük Analizi (d=12 cm) (fayans kaplama)

$$\begin{aligned}\text{Betonarme plak zati} &= 3.00 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Sıva+Tesviye Beton + Kaplama} &= 1.70 \text{ kN/m}^2 \\ G &= 4.70 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Hareketli yük} &Q = 2.00 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Düşük Döşeme Yük Analizi (d=12 cm) (fayans kaplama)

$$\begin{aligned}\text{Betonarme plak zati} &= 3.00 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Sıva+Tesviye Beton + Kaplama} &= 2.32 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Dolgu} &= 3.00 \text{ kN/m}^2 \\ G &= 8.32 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Hareketli yük} &Q = 2.00 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Çatı Döşemesi Yük Analizi

$$\begin{aligned}\text{Betonarme plak zati} &= 3.00 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Sıva} &= 0.44 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Ahşap oturtma çatı + kaplama + izolasyon} &= 1.20 \text{ kN/m}^2 \\ G &= 4.64 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Hareketli yük} &Q = 0.75 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Merdiven Döşemesi Yük Analizi

$$\begin{aligned}\text{Betonarme plak zati} &= 3.75 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Sıva + kaplama} &= 2.00 \text{ kN/m}^2 \\ G &= 5.75 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Hareketli yük} &Q = 3.50 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\text{Duvar Yükleri} = 3.80 \text{ kN/m}^2$$

Ayrıca statik itme analizinde yapıya etkitilecek yatay yük formunun elde edilmesi amacıyla eşdeğer statik deprem yükü analizleri yapılmıştır. Buna göre; yapılan dinamik analizlerde kullanılan kat kütleleri ve kütle eylemsizlik momentleri ile elde edilen periyot değerleri aşağıda verilmiştir. Bu değerler kullanılarak katlara etkiyen eşdeğer deprem kuvvetleri bulunmuştur.

KAT	m_x (kNs ² /m)	m_y (kNs ² /m)	m_θ (kNs ² m)
3	215	215	6623
2	232	232	6706
1	232	232	6706
Z	195	195	6355

Çizelge 5.2 Kat kütleleri ve kütle eylemsizlik momentleri

Mod	Periyot (saniye)	Kütle Katılım Oranları	
		X Doğrultusu	Y Doğrultusu
1	0.4189	0.8113	0.0000
2	0.3933	0.8113	0.7474
3	0.1214	0.9516	0.7474
4	0.0866	0.9516	0.9305
5	0.0638	0.9855	0.9305
6	0.0476	0.9980	0.9305

Çizelge 5.3 Serbest titreşim periyotları

Bina Ağırlığı: 8573.66 (kN) (G+0.3Q)	
X Doğrultusunda 1. Doğal Titreşim Periyodu	0.4189 s
Y Doğrultusunda 1. Doğal Titreşim Periyodu	0.3933 s
AFET BÖLGELERİNDE YAPILACAK YAPILAR HAKKINDA YÖNETMELİK 1997	
Zemin Türü: Z3	I = 1
$T_A = 0,15$ s	R = 7
$T_B = 0,60$ s	$A_0 = 0,4$
$S (T_{1X}) = 2.5$	$V_X = 0,143 \times W$
$S (T_{1Y}) = 2.5$	$V_Y = 0,143 \times W$

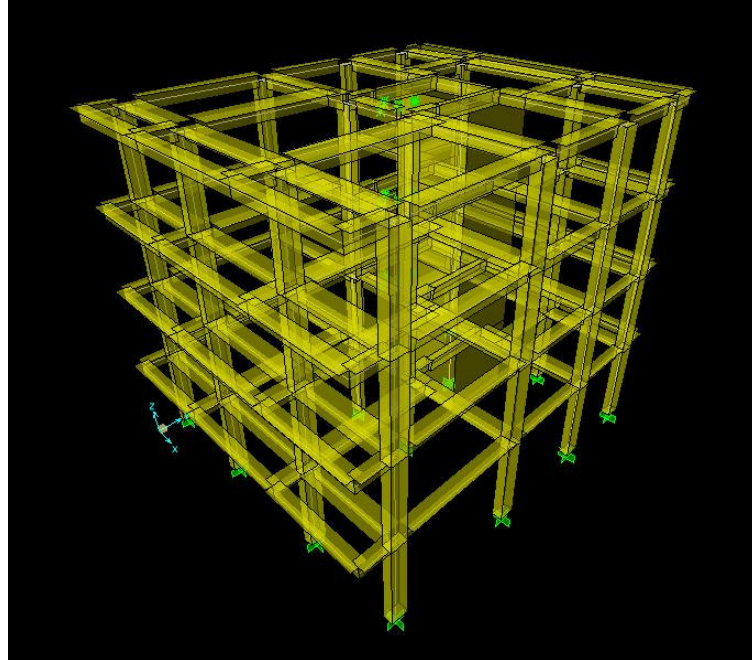
Çizelge 5.4 Yatay yüklerin tayini

KAT	W (kN)	mi	H (m)	mi*hi	(mi*hi)/ $\sum$ (mi*hi)	F (kN)
Z	1913.74	195.08	3.00	585.24	0.088	108.02
1	2277.41	232.15	6.00	1392.91	0.210	257.09
2	2277.41	232.15	9.00	2089.37	0.314	385.64
3	2105.09	214.59	12.00	2575.03	0.388	475.28
TOPLAM	8573.66			6642.56	1.00	1226.03

Çizelge 5.5.a Deprem yükünün x doğrultusunda katlara dağılımı

KAT	W (kN)	mi	H (m)	mi*hi	(mi*hi)/ $\sum$ (mi*hi)	F (kN)
Z	1913.74	195.08	3.00	585.24	0.088	108.02
1	2277.41	232.15	6.00	1392.91	0.210	257.09
2	2277.41	232.15	9.00	2089.37	0.314	385.64
3	2105.09	214.59	12.00	2575.03	0.388	475.28
TOPLAM	8573.66			6642.56	1.00	1226.03

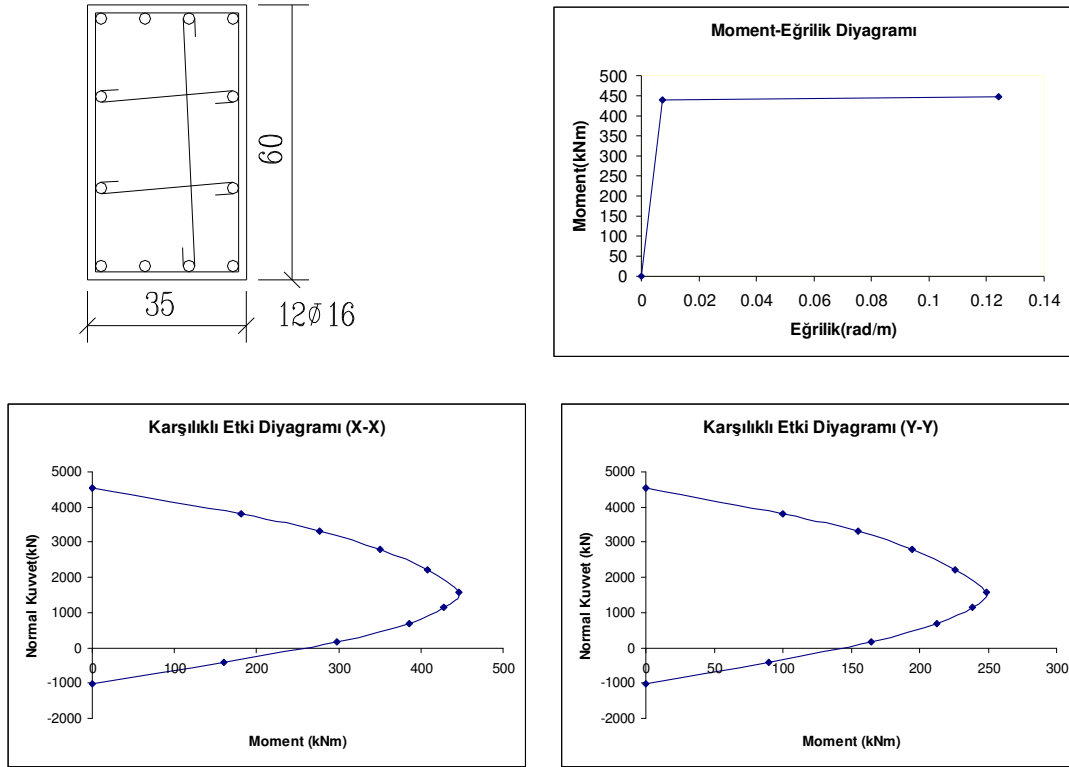
Çizelge 5.5.b Deprem yükünün y doğrultusunda katlara dağılımı



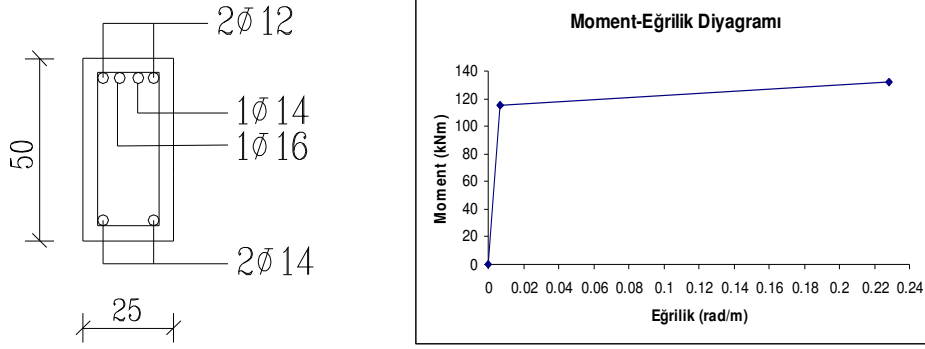
Şekil 5.5 Binanın çubuk elemanlardan oluşan matematik modeli

5.3 Yük - Şekil Değiştirme İlişkileri ve Mafsal zellikleri

Taşıyıcı sistem elemanlarının yük - Şekil değiştirme ilişkilerini tanımlamak ve yapının doğrusal olmayan davranışını temsil etmek üzere, kirişler için moment - eğrilik diyagramları, kolon ve perdeler için normal kuvvetin de etkisini tanımlamak amacıyla karşılıklı etki diyagramları tanımlanmıştır. Karşılıklı etki diyagramları TAGU84 (İF Mühendislik Müşavirlik Ltd. şti, 1984) adlı bir yazılım vasıtasıyla elde edilmiştir. Şekil 5.6 ve 5.7’de kirişler için örnek moment - eğrilik diyagramı ile kolonlar için örnek karşılıklı etki diyagramları ve moment - eğrilik diyagramları verilmiştir.



Şekil 5.6 rnek kolon moment - eğrilik ve karşılıklı etki diyagramları (S1 Kolonu)



Şekil 5.7 Örnek kiriş moment - eğrilik diyagramı (K307 Kirişi)

5.4 Analiz Sonuçları ve Performans Değerlendirmesi

5.4.1 Kapasite Eğrilerinin Elde Edilmesi

Bölüm 4.4.1’de de anlatıldığı gibi itme analizlerinde öncelikle düşey yük ve deprem yüklerinin hesabında kullanılan hareketli yüklerin ortak etkisi altında düşey yük analizi yapılmış, daha sonra ise eşdeğer deprem yükü profili bütün itme analizi adımlarında sabit olacak şekilde yatay deprem yükleri altında yapı göçme noktasına kadar itilmiştir. Elde edilen kapasite eğrileri Bölüm 3.3.1’de bahsedilen “*Modal Kapasite Diyagramı*” na dönüştürülmüş ve daha sonra başlangıç doğrusunun eğimi, modal tek serbestlik dereceli sistemin “*eşdeğer açısal frekansı*”nın karesine eşit olacak şekilde ($\omega_e^2 = a_y / d_y$) iki doğrulu hale getirilmişlerdir. Bu frekansa karşılık gelen “*eşdeğer doğal periyot*” $T_e = 2\pi / \omega_e$ dir.

G+Q+E_x yüklemesinden elde edilen kapasite eğrisinin “*Modal Kapasite Diyagramı*” haline getirilmesi örnek olarak aşağıda gösterilmiştir. Bütün yüklemelerden elde edilen diyagramlar sırasıyla Şekil 5.8 - Şekil 5.21 arasında verilmiştir.

Dinamik analizlerden;

$$\Phi_{1x} = 0.04941 \quad \Phi_{1y} = 0.05268$$

$$\Gamma_x = 26.65 \quad \Gamma_y = 25.58$$

$$M_{bx} = 710.2597 \quad M_{by} = 654.3206$$

itme analizi sonucu elde edilen kapasite eğrisinden akma limit durumu için;

$$V_{bx(y)(G+Q+Ex)} = 3060kN \quad u_{1x(y)(G+Q+Ex)} = 0.026m$$

son limit durum için;

$$V_{bx(u)(G+Q+Ex)} = 3531.91kN \quad u_{1x(u)(G+Q+Ex)} = 0.3287m$$

elde edilmiştir.

Daha sonra aşağıdaki dönüşümler yapılarak;

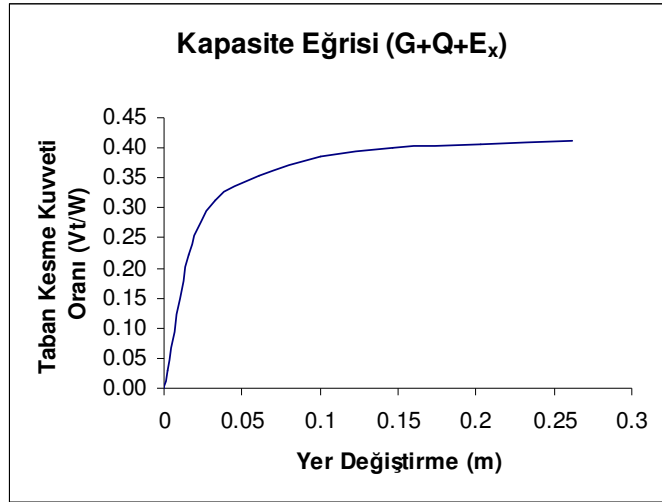
$$d_y = u_{nx} / (\Phi_{nx} \Gamma_x) \Rightarrow d_y = 0.026 / (26.65 * 0.04941) = 0.01974$$

$$a_y = V_{bx} / (M_{bx}) = V_{bx} / (L_x \Gamma_x) \Rightarrow a_y = 3060 / (710.2597 * 9.81) = 0.43917 \text{ g}$$

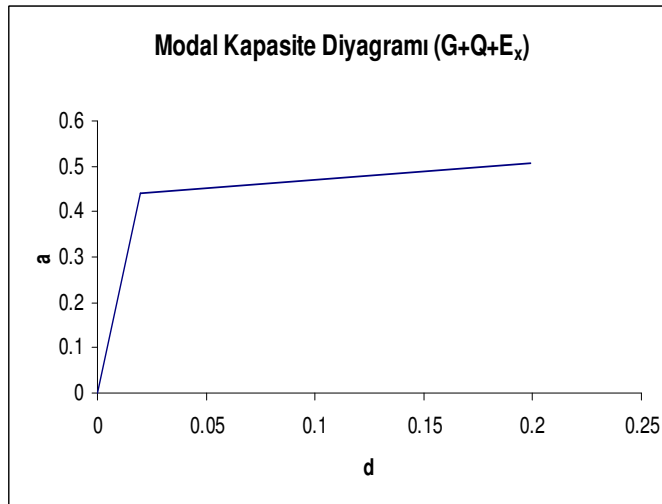
$$d_u = u_{nx} / (\Phi_{nx} \Gamma_x) \Rightarrow d_u = 0.3287 / (26.65 * 0.04941) = 0.19897$$

$$a_u = V_{bx} / (M_{bx}) = V_{bx} / (L_x \Gamma_x) \Rightarrow a_u = 3531.91 / (710.2597 * 9.81) = 0.5069 \text{ g}$$

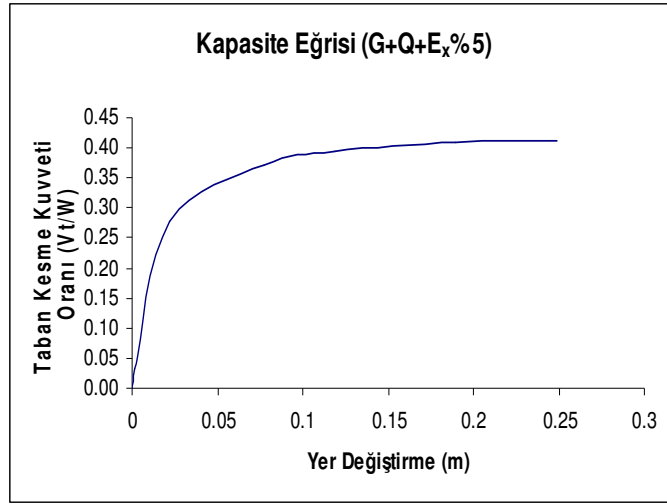
iki doğrulu modal kapasite diyagramının koordinatları elde edilmiştir.



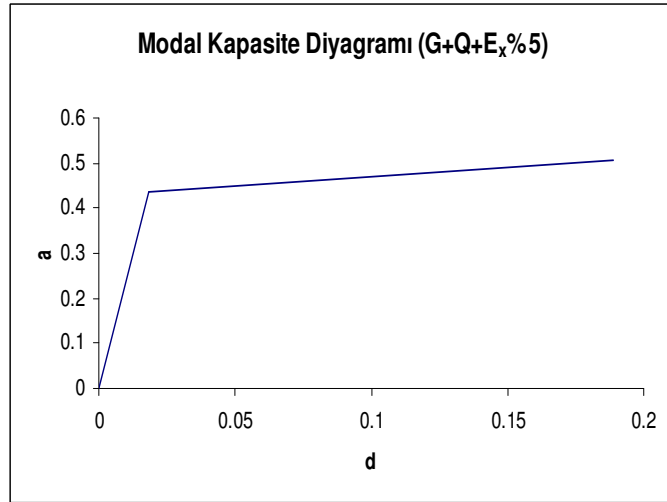
Şekil 5.8 G+Q+E_x yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı



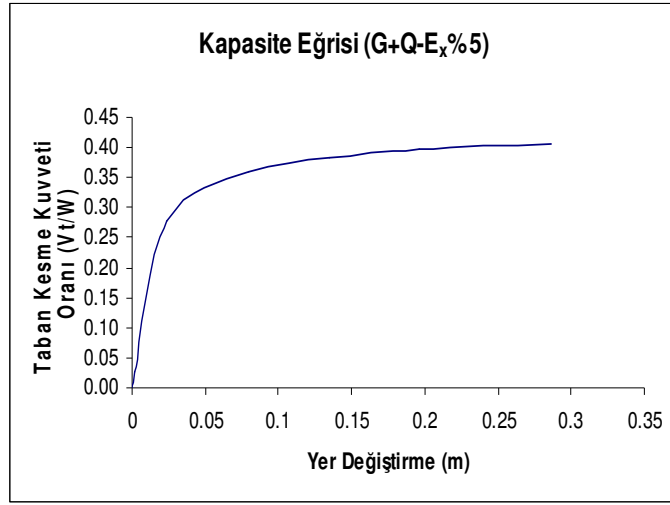
Şekil 5.9 G+Q+E_x yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı.



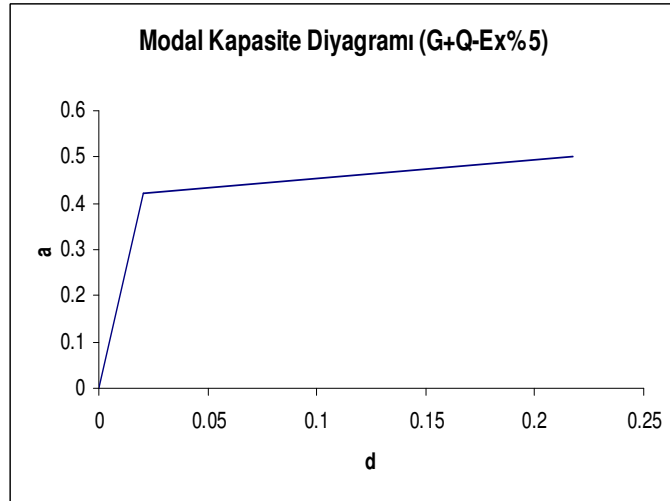
Şekil 5.10 G+Q+E_x (%5) yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı



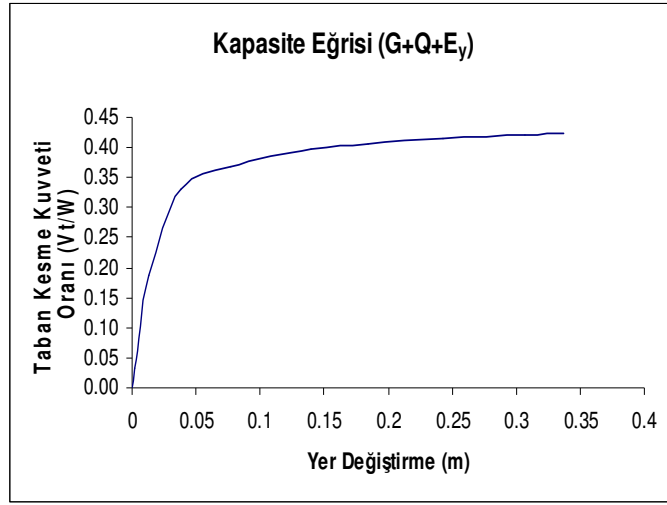
Şekil 5.11 G+Q+E_x (%5) yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı



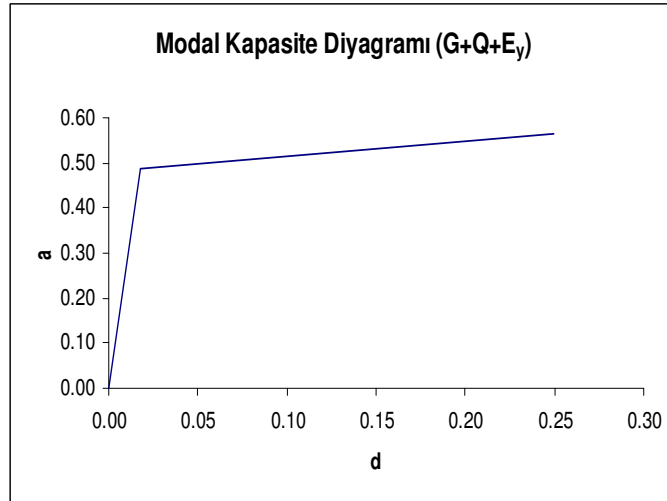
Şekil 5.12 G+Q-E_x (%5) yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı



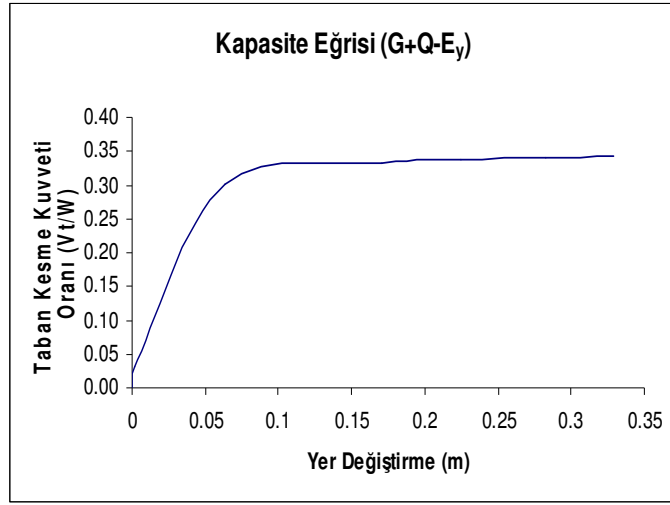
Şekil 5.13 G+Q-E_x (%5) yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı



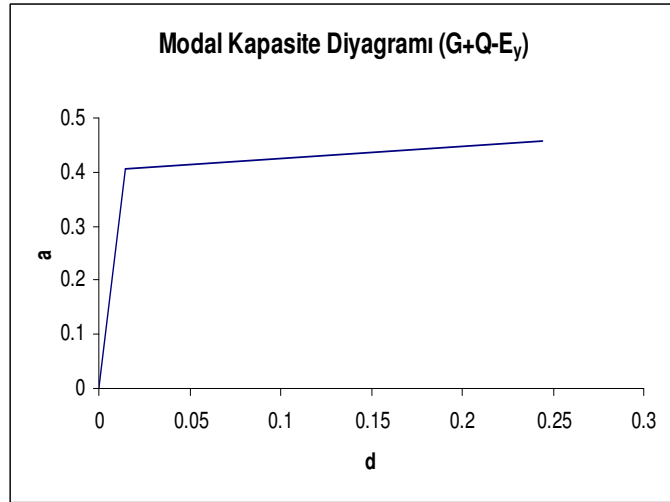
Şekil 5.14 G+Q+E_y yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı



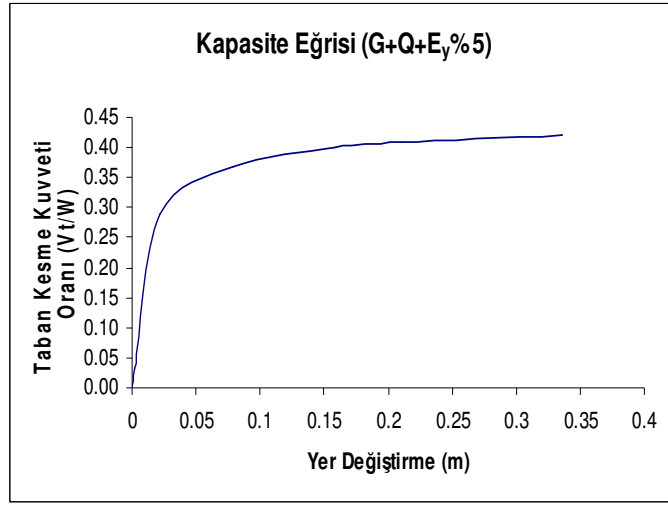
Şekil 5.15 G+Q+E_y yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı



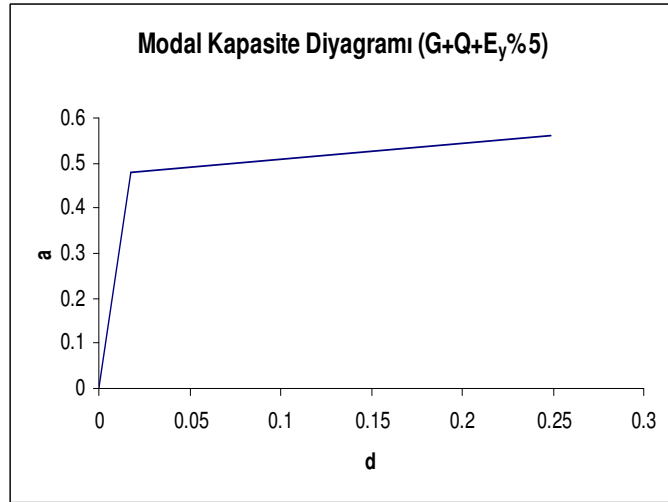
Şekil 5.16 G+Q-E_y yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı



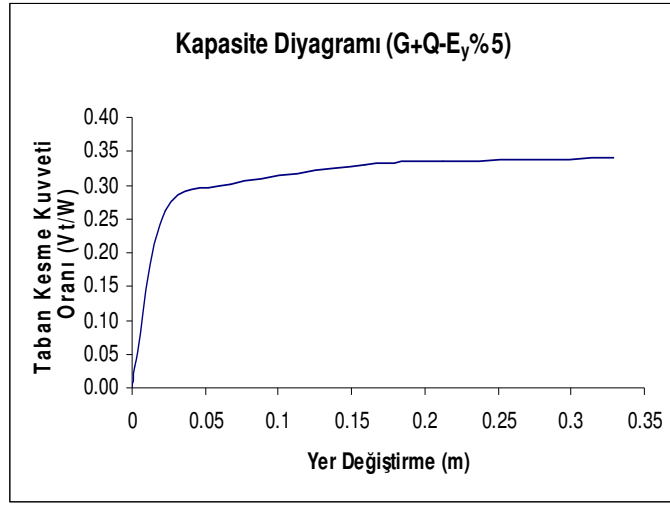
Şekil 5.17 G+Q-E_y yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı



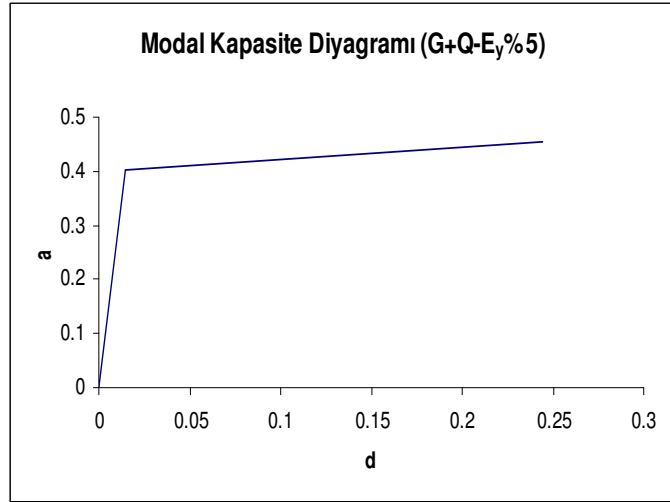
Şekil 5.18 G+Q+E_y (%5) yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı



Şekil 5.19 G+Q+E_y (%5) yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı.



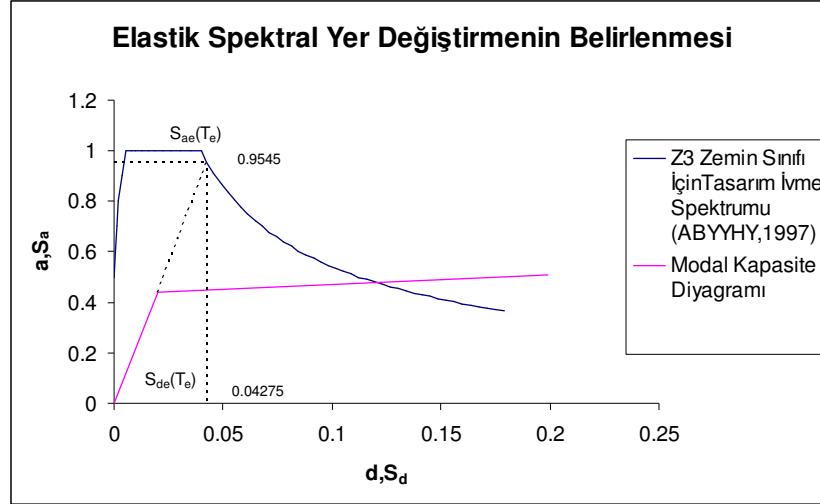
Şekil 5.20 G+Q-E_y (%5) yüklemesinden elde edilen kapasite diyagramı



Şekil 5.21 G+Q-E_y (%5) yüklemesine ait, iki doğrulu hale getirilmiş modal kapasite diyagramı

5.4.2 Modal Yer Değiştirme İstemi ve Hedef Yer Değiştirmenin Belirlenmesi

G+Q+E_x yüklemesi için modal yer değiştirme istemi aşağıdaki gibi belirlenmiştir.



Şekil 5.22 G+Q+E_x yüklemesinde elastik spektral yer değiştirmenin belirlenmesi.

Şekil 5.22’de “*elastik spektral yer değiştirmenin $[S_{de}(T_e)]$* ” bulunması gösterilmiştir. Modal tek serbestlik dereceli sistemin doğrusal olmayan en büyük yer değiştirmesine karşı gelen “*inelastik spektral yer değiştirme $[S_{di}(T_e)]$* ” ise $[S_{de}(T_e)]$ ’nin C_1 ve C_2 katsayıları ile aşağıdaki gibi çarpılması ile elde edilmiştir.

$$T_{e_x} = 0.4189s \Rightarrow C_1 = 1 + (R_y - 1)/(90T_e^2)$$

$$\Rightarrow C_2 = 1 + (R_y - 1)^2/(800T_e^2)$$

$$R_y = S_{ae}(T_e)/a_y \Rightarrow R_y = 0.9545/0.43917 = 2.174$$

$$C_1 = 1 + (2.174 - 1)/(90 * 0.4189^2) = 1.0743$$

$$C_2 = 1 + (2.174 - 1)^2/(800 * 0.4189^2) = 1.00981$$

$$S_{di}(T_e) = C_1 C_2 S_{de}(T_e) = 1.0743 * 1.00981 * 0.04275 = 0.046376$$

İnelastik yer değiştirme isteminin elde edilmesinden sonra, maksimum tepe yer değiştirmesi (hedef yer değiştirme) aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$u_{nx,hedef} = u_{nx,maks} = \Phi_{nx} \Gamma_x S_{di}(T_e)$$

$$u_{1x,hedef} = u_{1x,max} = 0.04941 * 26.65 * 0.046376 = 0.06107m$$

Diğer yüklemeler için modal yer değiştirme istemi ve hedef yer değiştirme değerleri Çizelge 5.6'da verilmiştir.

		R_y	C_1	C_2	S_{de}	S_{di}	u_n
X	G+Q+Ex	2.17351	1.07429	1.00981	0.0428	0.04638	0.06107
	G+Q+Ex(%5)	2.23990	1.07849	1.01095	0.0410	0.04470	0.05886
	G+Q-Ex(%5)	2.18477	1.07500	1.01000	0.0448	0.04859	0.06398
Y	G+Q+Ey	2.05733	1.07595	1.00903	0.0368	0.03990	0.05376
	G+Q-Ey	2.45934	1.10482	1.01721	0.0365	0.04102	0.05528
	G+Q+Ey(%5)	2.08405	1.07786	1.00950	0.0370	0.04026	0.05425
	G+Q-Ey(%5)	2.47642	1.10605	1.01761	0.0368	0.04136	0.05574

Çizelge 5.6 Modal yer değiştirme istemleri ve hedef yer değiştirmeler

Tasarım depreminin talep ettiği maksimum yer değiştirmeler X doğrultusu için G+Q+Ex(-%5) yüklemesinde elde edilen $u_{1x,hedef} = 0.06398m$, Y doğrultusu için G+Q-Ey(%5) yüklemesinden elde edilen $u_{1y,hedef} = 0.05574m$ değerleridir.

Son aşamada, tepe yer değiştirmesi hedef yer değiştirmeye eşit oluncaya kadar taşıyıcı sistem SAP 2000 ile itilmiş ve istenen bütün büyüklüklere ait maksimum istem değerleri elde edilmiştir.

5.4.3 Şekil Değiştirmeye Göre Performans Değerlendirmesi

SAP 2000 programı vasıtasıyla performans noktasına itilen yapının elastik sınırı aşan elemanları için plastik dönme değerleri elde edilmiştir. XTRACT programı ile yapılan moment - eğrilik analizleri ile de akma eğrilikleri ve akma dönmeleri bulunmuştur. Sonuç olarak akma eğrilikleri ile plastik eğrilikler toplanarak toplam eğrilik istemleri elde edilmiştir (Çizelge 5.7, Çizelge 5.8).

ELEMAN	KESİT*	L_p	θ_p	θ_y	θ_t	κ_p	κ_y	κ_t
1	S1	0.175	0.0019	0.0023	0.0043	0.0110	0.0133	0.0243
2	S1	0.175	0.0010	0.0023	0.0033	0.0056	0.0133	0.0189
3	S1	0.175	0.0010	0.0023	0.0033	0.0056	0.0133	0.0189
4	S1	0.175	0.0012	0.0023	0.0035	0.0067	0.0133	0.0200
6	S2	0.3	0.0010	0.0020	0.0030	0.0032	0.0068	0.0100
10	PERDE	1.45	0.0034	0.0015	0.0049	0.0023	0.0010	0.0033
12	S1	0.175	0.0007	0.0023	0.0030	0.0037	0.0133	0.0170
16	K215-K217	0.25	0.0045	0.0016	0.0061	0.0182	0.0063	0.0245
16	K215-K217	0.25	-0.0011	-0.0015	-0.0026	-0.0042	-0.0060	-0.0103
17	K216	0.25	-0.0009	-0.0015	-0.0024	-0.0037	-0.0060	-0.0097
18	K215-K217	0.25	-0.0052	-0.0015	-0.0067	-0.0208	-0.0060	-0.0268
23	K212	0.18	0.0088	0.0016	0.0104	0.0489	0.0091	0.0580
23	K212	0.18	-0.0054	-0.0017	-0.0071	-0.0298	-0.0097	-0.0395
24	K213	0.18	0.0055	0.0017	0.0072	0.0306	0.0093	0.0399
24	K213	0.18	-0.0043	-0.0018	-0.0061	-0.0239	-0.0099	-0.0337
25	K214	0.18	0.0071	0.0016	0.0087	0.0394	0.0091	0.0485
25	K214	0.18	-0.0074	-0.0017	-0.0091	-0.0410	-0.0097	-0.0507
26	K219-K234	0.25	0.0037	0.0016	0.0053	0.0147	0.0063	0.0211
26	K219-K234	0.25	-0.0021	-0.0018	-0.0039	-0.0084	-0.0070	-0.0155
27	K226-K230	0.25	0.0012	0.0016	0.0028	0.0047	0.0066	0.0113
29	K219-K234	0.25	0.0017	0.0016	0.0032	0.0066	0.0063	0.0130
29	K219-K234	0.25	-0.0016	-0.0018	-0.0034	-0.0065	-0.0070	-0.0135
30	K209	0.25	0.0056	0.0016	0.0072	0.0224	0.0064	0.0288
31	K209A	0.25	-0.0065	-0.0016	-0.0081	-0.0261	-0.0062	-0.0323
32	K210	0.25	0.0091	0.0016	0.0107	0.0363	0.0063	0.0427
32	K210	0.25	-0.0088	-0.0016	-0.0104	-0.0350	-0.0065	-0.0415
34	K211	0.25	0.0071	0.0016	0.0086	0.0282	0.0064	0.0346
34	K211	0.25	-0.0058	-0.0017	-0.0075	-0.0231	-0.0069	-0.0300
37	K220-K235	0.25	0.0036	0.0016	0.0052	0.0145	0.0064	0.0209
37	K220-K235	0.25	-0.0035	-0.0017	-0.0053	-0.0142	-0.0069	-0.0211
38	K220-K235	0.25	0.0033	0.0016	0.0049	0.0133	0.0064	0.0197
38	K220-K235	0.25	-0.0026	-0.0017	-0.0043	-0.0103	-0.0069	-0.0172
41	K207	0.25	0.0048	0.0016	0.0063	0.0190	0.0063	0.0253
42	K207A	0.25	-0.0077	-0.0016	-0.0093	-0.0306	-0.0064	-0.0370
45	K208A	0.25	0.0042	0.0016	0.0058	0.0169	0.0063	0.0231
46	K208	0.25	-0.0015	-0.0017	-0.0032	-0.0061	-0.0067	-0.0128
47	K221-K236	0.25	0.0037	0.0016	0.0053	0.0147	0.0065	0.0212
47	K221-K236	0.25	-0.0035	-0.0017	-0.0051	-0.0139	-0.0067	-0.0205
48	K223-K231	0.25	0.0047	0.0016	0.0062	0.0186	0.0063	0.0250
48	K223-K231	0.25	-0.0044	-0.0016	-0.0060	-0.0177	-0.0063	-0.0241
49	K223-K231	0.25	-0.0002	-0.0016	-0.0018	-0.0009	-0.0063	-0.0072
50	K221-K236	0.25	0.0030	0.0016	0.0046	0.0120	0.0065	0.0185
50	K221-K236	0.25	-0.0026	-0.0017	-0.0042	-0.0102	-0.0067	-0.0169

* 2.ve 3. kat giriş kesitleri, boyut ve donatı bakımından zemin ve 1. kattaki giriş kesitlerinin aynısı olduğundan aynı kesit isimleri kullanılmıştır. Kolon kesitleri ise kattan kata değişmemektedir.

ELEMAN	KESİT	L_p	θ_p	θ_y	θ_t	κ_p	κ_y	κ_t
51	K204-K206	0.18	0.0005	0.0016	0.0022	0.0029	0.0091	0.0120
53	K204-K206	0.18	0.0000	-0.0017	-0.0017	-0.0002	-0.0092	-0.0095
76	K215-K217	0.25	0.0049	0.0016	0.0065	0.0195	0.0063	0.0258
76	K215-K217	0.25	-0.0012	-0.0015	-0.0027	-0.0048	-0.0060	-0.0108
77	K216	0.25	-0.0011	-0.0015	-0.0026	-0.0042	-0.0060	-0.0103
78	K215-K217	0.25	0.0001	0.0016	0.0017	0.0004	0.0063	0.0067
78	K215-K217	0.25	-0.0056	-0.0015	-0.0071	-0.0223	-0.0060	-0.0283
83	K212	0.18	0.0093	0.0016	0.0110	0.0517	0.0091	0.0608
83	K212	0.18	-0.0059	-0.0017	-0.0077	-0.0329	-0.0097	-0.0426
84	K213	0.18	0.0061	0.0017	0.0078	0.0341	0.0093	0.0435
84	K213	0.18	-0.0046	-0.0018	-0.0064	-0.0257	-0.0099	-0.0356
85	K214	0.18	0.0074	0.0016	0.0091	0.0413	0.0091	0.0504
85	K214	0.18	-0.0078	-0.0017	-0.0095	-0.0433	-0.0097	-0.0530
86	K319-K334	0.25	0.0026	0.0016	0.0042	0.0104	0.0065	0.0168
86	K319-K334	0.25	-0.0011	-0.0018	-0.0029	-0.0043	-0.0071	-0.0114
87	K326-K330	0.25	0.0007	0.0016	0.0023	0.0030	0.0063	0.0093
89	K319-K334	0.25	0.0010	0.0016	0.0027	0.0042	0.0065	0.0107
89	K319-K334	0.25	-0.0008	-0.0018	-0.0026	-0.0033	-0.0071	-0.0104
90	K309	0.25	0.0063	0.0016	0.0079	0.0251	0.0064	0.0315
91	K309A	0.25	-0.0072	-0.0015	-0.0087	-0.0288	-0.0061	-0.0348
92	K310	0.25	0.0097	0.0016	0.0112	0.0387	0.0063	0.0450
92	K310	0.25	-0.0076	-0.0018	-0.0094	-0.0304	-0.0071	-0.0376
93	K311A	0.25	0.0038	0.0015	0.0053	0.0152	0.0061	0.0214
94	K311	0.25	0.0013	0.0017	0.0030	0.0054	0.0066	0.0120
94	K311	0.25	-0.0050	-0.0018	-0.0068	-0.0200	-0.0071	-0.0271
97	K320-K335	0.25	0.0032	0.0016	0.0048	0.0128	0.0064	0.0192
97	K320-K335	0.25	-0.0027	-0.0017	-0.0044	-0.0108	-0.0068	-0.0176
98	K320-K335	0.25	0.0020	0.0016	0.0036	0.0078	0.0064	0.0142
98	K320-K335	0.25	-0.0020	-0.0017	-0.0037	-0.0081	-0.0068	-0.0149
101	K307	0.25	0.0060	0.0016	0.0075	0.0238	0.0063	0.0301
102	K207A	0.25	-0.0082	-0.0016	-0.0098	-0.0329	-0.0064	-0.0393
105	K208A	0.25	0.0048	0.0016	0.0063	0.0191	0.0063	0.0254
106	K308	0.25	-0.0027	-0.0017	-0.0044	-0.0108	-0.0067	-0.0175
107	K221-K236	0.25	0.0031	0.0016	0.0047	0.0124	0.0065	0.0189
107	K221-K236	0.25	-0.0027	-0.0017	-0.0044	-0.0109	-0.0067	-0.0175
108	K223-K231	0.25	0.0047	0.0016	0.0063	0.0187	0.0063	0.0251
108	K223-K231	0.25	-0.0046	-0.0016	-0.0062	-0.0185	-0.0063	-0.0248
110	K221K236	0.25	0.0022	0.0016	0.0039	0.0090	0.0065	0.0155
110	K221-K236	0.25	-0.0018	-0.0017	-0.0034	-0.0071	-0.0067	-0.0137
111	K304	0.18	0.0019	0.0016	0.0035	0.0104	0.0091	0.0194
111	K304	0.18	-0.0002	-0.0017	-0.0019	-0.0010	-0.0093	-0.0103
113	K306	0.18	0.0009	0.0017	0.0025	0.0048	0.0092	0.0139
113	K306	0.18	-0.0013	-0.0017	-0.0030	-0.0075	-0.0092	-0.0167
136	K215-K217	0.25	0.0014	0.0016	0.0029	0.0054	0.0063	0.0118
138	K215-K217	0.25	-0.0025	-0.0015	-0.0040	-0.0099	-0.0060	-0.0160
143	K212	0.18	0.0060	0.0016	0.0076	0.0332	0.0091	0.0423
143	K212	0.18	-0.0031	-0.0017	-0.0049	-0.0173	-0.0097	-0.0270
144	K213	0.18	0.0036	0.0017	0.0053	0.0203	0.0093	0.0296
144	K213	0.18	-0.0022	-0.0018	-0.0040	-0.0124	-0.0099	-0.0223
145	K214	0.18	0.0048	0.0016	0.0065	0.0267	0.0091	0.0358
145	K214	0.18	-0.0049	-0.0017	-0.0067	-0.0275	-0.0097	-0.0372
150	K309	0.25	0.0048	0.0016	0.0064	0.0190	0.0064	0.0254
151	K309A	0.25	-0.0063	-0.0015	-0.0078	-0.0252	-0.0061	-0.0313
152	K310	0.25	0.0080	0.0016	0.0096	0.0319	0.0063	0.0382
152	K310	0.25	-0.0061	-0.0018	-0.0079	-0.0243	-0.0071	-0.0314
153	K311A	0.25	0.0043	0.0015	0.0058	0.0172	0.0061	0.0233
154	K311	0.25	-0.0039	-0.0018	-0.0057	-0.0155	-0.0071	-0.0226

ELEMAN	KESİT	L_p	θ_p	θ_y	θ_t	κ_p	κ_y	κ_t
155	K227-K228	0.25	0.0001	0.0016	0.0017	0.0005	0.0065	0.0069
157	K320-K335	0.25	0.0004	0.0016	0.0019	0.0014	0.0064	0.0078
161	K307	0.25	0.0061	0.0016	0.0077	0.0245	0.0063	0.0308
162	K207A	0.25	-0.0083	-0.0016	-0.0099	-0.0332	-0.0064	-0.0396
165	K208A	0.25	0.0046	0.0016	0.0061	0.0183	0.0063	0.0246
166	K308	0.25	-0.0035	-0.0017	-0.0052	-0.0140	-0.0067	-0.0207
167	K221-K236	0.25	0.0004	0.0016	0.0020	0.0014	0.0065	0.0079
168	K223-K231	0.25	0.0037	0.0016	0.0053	0.0147	0.0063	0.0210
168	K223-K231	0.25	-0.0040	-0.0016	-0.0056	-0.0160	-0.0063	-0.0223
171	K304	0.18	0.0027	0.0016	0.0044	0.0152	0.0091	0.0242
171	K304	0.18	-0.0012	-0.0017	-0.0028	-0.0064	-0.0093	-0.0157
172	K305	0.18	0.0010	0.0016	0.0027	0.0058	0.0091	0.0150
172	K305	0.18	-0.0005	-0.0016	-0.0021	-0.0025	-0.0092	-0.0117
173	K306	0.18	0.0018	0.0017	0.0035	0.0103	0.0092	0.0194
173	K306	0.18	-0.0025	-0.0017	-0.0041	-0.0138	-0.0092	-0.0230
203	K212	0.18	0.0017	0.0016	0.0033	0.0094	0.0091	0.0185
205	K214	0.18	0.0002	0.0016	0.0018	0.0011	0.0091	0.0102
207	K326-K330	0.25	0.0011	0.0016	0.0026	0.0043	0.0063	0.0106
208	K326-K330	0.25	0.0004	0.0016	0.0020	0.0016	0.0063	0.0079
210	K309	0.25	0.0015	0.0016	0.0031	0.0061	0.0064	0.0125
211	K309A	0.25	-0.0027	-0.0015	-0.0042	-0.0108	-0.0061	-0.0169
212	K310	0.25	0.0017	0.0016	0.0033	0.0069	0.0063	0.0132
213	K311A	0.25	0.0001	0.0015	0.0016	0.0005	0.0061	0.0066
221	K307	0.25	0.0046	0.0016	0.0062	0.0185	0.0063	0.0249
222	K207A	0.25	-0.0084	-0.0016	-0.0100	-0.0337	-0.0064	-0.0401
225	K208A	0.25	0.0040	0.0016	0.0056	0.0162	0.0063	0.0224
226	K308	0.25	-0.0002	-0.0017	-0.0018	-0.0006	-0.0067	-0.0074
228	K223K231	0.25	0.0025	0.0016	0.0041	0.0101	0.0063	0.0165
228	K223K231	0.25	-0.0035	-0.0016	-0.0051	-0.0139	-0.0063	-0.0203
231	K304	0.18	0.0018	0.0016	0.0034	0.0101	0.0091	0.0191
233	K306	0.18	0.0000	0.0017	0.0017	0.0001	0.0092	0.0093
233	K306	0.18	-0.0009	-0.0017	-0.0025	-0.0049	-0.0092	-0.0141

Çizelge 5.7 Kesitlerin dönme ve eğrilik değerleri, plastik mafsalları (X Yönü)

ELEMAN	KESİT	L_p	θ_p	θ_y	θ_t	κ_p	κ_y	κ_t
10	PERDE	1.4750	0.0038	0.0019	0.0057	0.0026	0.0013	0.0039
26	K219-K234	0.25	0.0045	0.0016	0.0061	0.0182	0.0063	0.0245
26	K219-K234	0.25	-0.0033	-0.0018	-0.0050	-0.0131	-0.0070	-0.0202
27	K226-K230	0.25	0.0036	0.0016	0.0052	0.0143	0.0066	0.0209
27	K226-K230	0.25	-0.0027	-0.0018	-0.0045	-0.0107	-0.0073	-0.0180
28	K226-K230	0.25	0.0030	0.0016	0.0047	0.0121	0.0066	0.0187
28	K226-K230	0.25	-0.0021	-0.0018	-0.0040	-0.0085	-0.0073	-0.0158
29	K219-K234	0.25	0.0029	0.0016	0.0045	0.0117	0.0063	0.0181
29	K219-K234	0.25	-0.0018	-0.0018	-0.0036	-0.0073	-0.0070	-0.0143
35	K227-K228	0.25	-0.0005	-0.0016	-0.0020	-0.0018	-0.0064	-0.0082
36	K227-K228	0.25	-0.0001	-0.0016	-0.0017	-0.0003	-0.0064	-0.0066
37	K220-K235	0.25	0.0045	0.0016	0.0061	0.0180	0.0064	0.0244
37	K220-K235	0.25	-0.0045	-0.0017	-0.0062	-0.0178	-0.0069	-0.0248
38	K220-K235	0.25	0.0031	0.0016	0.0047	0.0123	0.0064	0.0187
38	K220-K235	0.25	-0.0027	-0.0017	-0.0045	-0.0109	-0.0069	-0.0178
42	K207A	0.25	-0.0009	-0.0015	-0.0024	-0.0037	-0.0061	-0.0098
45	K208A	0.25	-0.0011	-0.0015	-0.0027	-0.0046	-0.0061	-0.0107
47	K221-K236	0.25	0.0050	0.0016	0.0067	0.0202	0.0065	0.0267
47	K221-K236	0.25	-0.0046	-0.0017	-0.0062	-0.0182	-0.0067	-0.0249
48	K223-K231	0.25	0.0054	0.0016	0.0070	0.0216	0.0063	0.0280
48	K223-K231	0.25	-0.0015	-0.0016	-0.0031	-0.0059	-0.0063	-0.0123
49	K223-K231	0.25	0.0048	0.0016	0.0064	0.0191	0.0063	0.0255
49	K223-K231	0.25	-0.0011	-0.0016	-0.0027	-0.0043	-0.0063	-0.0107
50	K221-K236	0.25	0.0033	0.0016	0.0049	0.0133	0.0065	0.0198
50	K221-K236	0.25	-0.0028	-0.0017	-0.0044	-0.0111	-0.0067	-0.0178
86	K319-K334	0.25	0.0055	0.0016	0.0071	0.0219	0.0065	0.0284
86	K319-K334	0.25	-0.0041	-0.0018	-0.0059	-0.0164	-0.0071	-0.0236
87	K326-K330	0.25	0.0053	0.0016	0.0069	0.0212	0.0063	0.0275
87	K326-K330	0.25	-0.0034	-0.0019	-0.0053	-0.0136	-0.0074	-0.0210
88	K326-K330	0.25	0.0048	0.0016	0.0064	0.0191	0.0063	0.0254
88	K326-K330	0.25	-0.0029	-0.0019	-0.0047	-0.0115	-0.0074	-0.0190
89	K319-K334	0.25	0.0040	0.0016	0.0056	0.0159	0.0065	0.0224
89	K319-K334	0.25	-0.0026	-0.0018	-0.0044	-0.0105	-0.0071	-0.0177
95	K227-K228	0.25	-0.0019	-0.0016	-0.0035	-0.0075	-0.0064	-0.0139
96	K227-K228	0.25	-0.0015	-0.0016	-0.0031	-0.0059	-0.0064	-0.0123
97	K320-K335	0.25	0.0066	0.0016	0.0082	0.0263	0.0064	0.0327
97	K320-K335	0.25	-0.0062	-0.0017	-0.0079	-0.0247	-0.0068	-0.0315
98	K320-K335	0.25	0.0048	0.0016	0.0064	0.0193	0.0064	0.0257
98	K320-K335	0.25	-0.0044	-0.0017	-0.0061	-0.0175	-0.0068	-0.0243
102	K207A	0.25	-0.0009	-0.0015	-0.0024	-0.0036	-0.0061	-0.0097
105	K208A	0.25	-0.0012	-0.0015	-0.0027	-0.0048	-0.0061	-0.0108
107	K221-K236	0.25	0.0067	0.0016	0.0083	0.0267	0.0065	0.0332
107	K221-K236	0.25	-0.0061	-0.0017	-0.0078	-0.0245	-0.0067	-0.0312
108	K223-K231	0.25	0.0070	0.0016	0.0086	0.0281	0.0063	0.0345
108	K223-K231	0.25	-0.0022	-0.0016	-0.0038	-0.0087	-0.0063	-0.0151
109	K223-K231	0.25	0.0065	0.0016	0.0081	0.0260	0.0063	0.0323
109	K223-K231	0.25	-0.0019	-0.0016	-0.0035	-0.0078	-0.0063	-0.0141
110	K221-K236	0.25	0.0049	0.0016	0.0065	0.0197	0.0065	0.0262
110	K221-K236	0.25	-0.0044	-0.0017	-0.0061	-0.0177	-0.0067	-0.0243
146	K319-K334	0.25	0.0056	0.0016	0.0072	0.0223	0.0065	0.0287
146	K319-K334	0.25	-0.0042	-0.0018	-0.0060	-0.0169	-0.0071	-0.0241
147	K326-K330	0.25	0.0055	0.0016	0.0071	0.0222	0.0063	0.0285
147	K326-K330	0.25	-0.0036	-0.0019	-0.0055	-0.0144	-0.0074	-0.0218
148	K326-K330	0.25	0.0052	0.0016	0.0067	0.0207	0.0063	0.0270
148	K326-K330	0.25	-0.0032	-0.0019	-0.0051	-0.0130	-0.0074	-0.0204
149	K319-K334	0.25	0.0044	0.0016	0.0061	0.0178	0.0065	0.0242
149	K319-K334	0.25	-0.0031	-0.0018	-0.0049	-0.0125	-0.0071	-0.0196

ELEMAN	KESİT	L_p	θ_p	θ_y	θ_t	κ_p	κ_y	κ_t
155	K227-K228	0.25	-0.0021	-0.0016	-0.0037	-0.0084	-0.0064	-0.0148
156	K227-K228	0.25	-0.0018	-0.0016	-0.0034	-0.0071	-0.0064	-0.0134
157	K320-K335	0.25	0.0067	0.0016	0.0083	0.0267	0.0064	0.0331
157	K320-K335	0.25	-0.0063	-0.0017	-0.0080	-0.0251	-0.0068	-0.0319
158	K320-K335	0.25	0.0054	0.0016	0.0070	0.0214	0.0064	0.0278
158	K320-K335	0.25	-0.0049	-0.0017	-0.0066	-0.0197	-0.0068	-0.0266
162	K207A	0.25	-0.0009	-0.0015	-0.0024	-0.0036	-0.0061	-0.0096
165	K208A	0.25	-0.0012	-0.0015	-0.0028	-0.0049	-0.0061	-0.0110
167	K221-K236	0.25	0.0065	0.0016	0.0081	0.0258	0.0065	0.0323
167	K221-K236	0.25	-0.0061	-0.0017	-0.0078	-0.0246	-0.0067	-0.0312
168	K223-K231	0.25	0.0070	0.0016	0.0086	0.0279	0.0063	0.0343
168	K223-K231	0.25	-0.0022	-0.0016	-0.0038	-0.0090	-0.0063	-0.0153
169	K223-K231	0.25	0.0067	0.0016	0.0082	0.0266	0.0063	0.0330
169	K223-K231	0.25	-0.0022	-0.0016	-0.0037	-0.0086	-0.0063	-0.0149
170	K221-K236	0.25	0.0052	0.0016	0.0068	0.0207	0.0065	0.0272
170	K221-K236	0.25	-0.0049	-0.0017	-0.0065	-0.0194	-0.0067	-0.0261
206	K319-K334	0.25	0.0042	0.0016	0.0058	0.0167	0.0065	0.0232
206	K319-K334	0.25	-0.0023	-0.0018	-0.0041	-0.0091	-0.0071	-0.0162
207	K326-K330	0.25	0.0041	0.0016	0.0057	0.0164	0.0063	0.0227
207	K326-K330	0.25	-0.0023	-0.0019	-0.0042	-0.0093	-0.0074	-0.0167
208	K326-K330	0.25	0.0038	0.0016	0.0054	0.0154	0.0063	0.0217
208	K326-K330	0.25	-0.0021	-0.0019	-0.0039	-0.0084	-0.0074	-0.0158
209	K319-K334	0.25	0.0034	0.0016	0.0050	0.0135	0.0065	0.0200
209	K319-K334	0.25	-0.0015	-0.0018	-0.0033	-0.0059	-0.0071	-0.0131
215	K227-K228	0.25	-0.0003	-0.0016	-0.0019	-0.0012	-0.0064	-0.0076
216	K227-K228	0.25	0.0000	-0.0016	-0.0016	-0.0001	-0.0064	-0.0065
217	K320-K335	0.25	0.0045	0.0016	0.0061	0.0182	0.0064	0.0246
217	K320-K335	0.25	-0.0040	-0.0017	-0.0057	-0.0160	-0.0068	-0.0228
218	K320-K335	0.25	0.0036	0.0016	0.0052	0.0143	0.0064	0.0207
218	K320-K335	0.25	-0.0030	-0.0017	-0.0047	-0.0120	-0.0068	-0.0188
222	K207A	0.25	-0.0011	-0.0015	-0.0026	-0.0044	-0.0061	-0.0104
225	K208A	0.25	-0.0014	-0.0015	-0.0029	-0.0057	-0.0061	-0.0117
227	K221-K236	0.25	0.0052	0.0016	0.0068	0.0209	0.0065	0.0274
227	K221-K236	0.25	-0.0040	-0.0017	-0.0057	-0.0161	-0.0067	-0.0227
228	K223-K231	0.25	0.0061	0.0016	0.0077	0.0244	0.0063	0.0308
228	K223-K231	0.25	-0.0017	-0.0016	-0.0032	-0.0066	-0.0063	-0.0130
229	K223-K231	0.25	0.0059	0.0016	0.0075	0.0237	0.0063	0.0301
229	K223-K231	0.25	-0.0017	-0.0016	-0.0033	-0.0070	-0.0063	-0.0133
230	K221-K236	0.25	0.0043	0.0016	0.0059	0.0171	0.0065	0.0236
230	K221-K236	0.25	-0.0031	-0.0017	-0.0048	-0.0124	-0.0067	-0.0190

Çizelge 5.8 Kesitlerin dönme ve eğrilik değerleri, plastik mafsalları (Y Yönü)

Yukarıda verilen toplam eğrilik istemlerinden dolayı oluşan beton ve çelik birim şekil değiştirmeleri ve bu şekil değiştirmelere karşılık gelen eleman performans seviyeleri Çizelge 5.9 ve 5.10' da verilmiştir.

ELEMAN	KESİT	κ_t	ε_c	Performans Seviyesi	ε_s	Performans Seviyesi
1	S1	0.0243	0.0032	HK	0.0095	HK
2	S1	0.0189	0.0025	HK	0.0072	HK
3	S1	0.0189	0.0025	HK	0.0072	HK
4	S1	0.0200	0.0027	HK	0.0081	HK
6	S2	0.0100	0.0030	HK	0.0024	HK
10	PERDE	0.0033	0.0005	HK	0.0086	HK
12	S1	0.0170	0.0022	HK	0.0063	HK
16	K215-K217	0.0245	0.0003	HK	0.0102	HK-CG Arası
16	K215-K217	-0.0103	0.0002	HK	0.0044	HK
17	K216	-0.0097	0.0002	HK	0.0040	HK
18	K215-K217	-0.0268	0.0002	HK	0.0114	HK-CG Arası
23	K212	0.0580	0.0009	HK	0.0170	HK-CG Arası
23	K212	-0.0395	0.0009	HK	0.0108	HK-CG Arası
24	K213	0.0399	0.0007	HK	0.0110	HK-CG Arası
24	K213	-0.0337	0.0010	HK	0.0090	HK
25	K214	0.0485	0.0007	HK	0.0130	HK-CG Arası
25	K214	-0.0507	0.0011	HK	0.0138	HK-CG Arası
26	K219-K234	0.0211	0.0003	HK	0.0090	HK
26	K219-K234	-0.0155	0.0008	HK	0.0060	HK
27	K226-K230	0.0113	0.0003	HK	0.0040	HK
29	K219-K234	0.0130	0.0004	HK	0.0060	HK
29	K219-K234	-0.0135	0.0006	HK	0.0050	HK
30	K209	0.0288	0.0004	HK	0.0120	HK-CG Arası
31	K209A	-0.0323	0.0002	HK	0.0130	HK-CG Arası
32	K210	0.0427	0.0003	HK	0.0180	HK-CG Arası
32	K210	-0.0415	0.0006	HK	0.0180	HK-CG Arası
34	K211	0.0346	0.0003	HK	0.0150	HK-CG Arası
34	K211	-0.0300	0.0010	HK	0.0120	HK-CG Arası
37	K220-K235	0.0209	0.0005	HK	0.0080	HK
37	K220-K235	-0.0211	0.0008	HK	0.0090	HK
38	K220-K235	0.0197	0.0003	HK	0.0085	HK
38	K220-K235	-0.0172	0.0006	HK	0.0070	HK
41	K207	0.0253	0.0003	HK	0.0110	HK-CG Arası
42	K207A	-0.0370	0.0005	HK	0.0150	HK-CG Arası
45	K208A	0.0231	0.0003	HK	0.0100	HK-CG Arası
46	K208	-0.0128	0.0006	HK	0.0050	HK
47	K221-K236	0.0212	0.0004	HK	0.0090	HK
47	K221-K236	-0.0205	0.0006	HK	0.0080	HK
48	K223-K231	0.0250	0.0003	HK	0.0110	HK-CG Arası
48	K223-K231	-0.0241	0.0002	HK	0.0100	HK-CG Arası
49	K223-K231	-0.0072	0.0006	HK	0.0030	HK
50	K221-K236	0.0185	0.0004	HK	0.0080	HK
50	K221-K236	-0.0169	0.0007	HK	0.0070	HK
51	K204-K206	0.0120	0.0003	HK	0.0032	HK
53	K204-K206	-0.0095	0.0004	HK	0.0026	HK
76	K215-K217	0.0258	0.0003	HK	0.0108	HK-CG Arası
76	K215-K217	-0.0108	0.0002	HK	0.0040	HK
77	K216	-0.0103	0.0002	HK	0.0040	HK
78	K215-K217	0.0067	0.0003	HK	0.0026	HK
78	K215-K217	-0.0283	0.0002	HK	0.0120	HK-CG Arası
83	K212	0.0608	0.0010	HK	0.0170	HK-CG Arası
83	K212	-0.0426	0.0010	HK	0.0120	HK-CG Arası
84	K213	0.0435	0.0007	HK	0.0120	HK-CG Arası
84	K213	-0.0356	0.0010	HK	0.0095	HK
85	K214	0.0504	0.0008	HK	0.0140	HK-CG Arası
85	K214	-0.0530	0.0012	HK	0.0150	HK-CG Arası

ELEMAN	KESİT	κ_t	ε_c	Performans Seviyesi	ε_s	Performans Seviyesi
86	K319-K334	0.0168	0.0004	HK	0.0070	HK
86	K319-K334	-0.0114	0.0008	HK	0.0041	HK
87	K326-K330	0.0093	0.0003	HK	0.0037	HK
89	K319-K334	0.0107	0.0004	HK	0.0040	HK
89	K319-K334	-0.0104	0.0006	HK	0.0037	HK
90	K309	0.0315	0.0004	HK	0.0132	HK-CG Arası
91	K309A	-0.0348	0.0002	HK	0.0150	HK-CG Arası
92	K310	0.0450	0.0003	HK	0.0190	HK-CG Arası
92	K310	-0.0376	0.0014	HK	0.0150	HK-CG Arası
93	K311A	0.0214	0.0002	HK	0.0080	HK
94	K311	0.0120	0.0003	HK	0.0040	HK
94	K311	-0.0271	0.0009	HK	0.0110	HK-CG Arası
97	K320-K335	0.0192	0.0004	HK	0.0080	HK
97	K320-K335	-0.0176	0.0007	HK	0.0070	HK
98	K320-K335	0.0142	0.0004	HK	0.0060	HK
98	K320-K335	-0.0149	0.0006	HK	0.0055	HK
101	K307	0.0301	0.0003	HK	0.0130	HK-CG Arası
102	K207A	-0.0393	0.0005	HK	0.0160	HK-CG Arası
105	K208A	0.0254	0.0003	HK	0.0102	HK-CG Arası
106	K308	-0.0175	0.0009	HK	0.0060	HK
107	K221-K236	0.0189	0.0003	HK	0.0080	HK
107	K221-K236	-0.0175	0.0004	HK	0.0080	HK
108	K223-K231	0.0251	0.0003	HK	0.0110	HK-CG Arası
108	K223-K231	-0.0248	0.0002	HK	0.0102	HK-CG Arası
110	K221K236	0.0155	0.0004	HK	0.0050	HK
110	K221-K236	-0.0137	0.0007	HK	0.0050	HK
111	K304	0.0194	0.0003	HK	0.0054	HK
111	K304	-0.0103	0.0003	HK	0.0027	HK
113	K306	0.0139	0.0003	HK	0.0040	HK
113	K306	-0.0167	0.0004	HK	0.0045	HK
136	K215-K217	0.0118	0.0003	HK	0.0043	HK
138	K215-K217	-0.0160	0.0002	HK	0.0070	HK
143	K212	0.0423	0.0007	HK	0.0120	HK-CG Arası
143	K212	-0.0270	0.0008	HK	0.0077	HK
144	K213	0.0296	0.0005	HK	0.0080	HK
144	K213	-0.0223	0.0008	HK	0.0060	HK
145	K214	0.0358	0.0006	HK	0.0101	HK-CG Arası
145	K214	-0.0372	0.0009	HK	0.0102	HK-CG Arası
150	K309	0.0254	0.0004	HK	0.0101	HK-CG Arası
151	K309A	-0.0313	0.0002	HK	0.0130	HK-CG Arası
152	K310	0.0382	0.0003	HK	0.0160	HK-CG Arası
152	K310	-0.0314	0.0012	HK	0.0110	HK-CG Arası
153	K311A	0.0233	0.0003	HK	0.0103	HK-CG Arası
154	K311	-0.0226	0.0008	HK	0.0090	HK
155	K227-K228	0.0069	0.0003	HK	0.0027	HK
157	K320-K335	0.0078	0.0004	HK	0.0027	HK
161	K307	0.0308	0.0003	HK	0.0130	HK-CG Arası
162	K207A	-0.0396	0.0005	HK	0.0160	HK-CG Arası
165	K208A	0.0246	0.0003	HK	0.0100	HK-CG Arası
166	K308	-0.0207	0.0010	HK	0.0080	HK
167	K221-K236	0.0079	0.0004	HK	0.0030	HK
168	K223-K231	0.0210	0.0003	HK	0.0080	HK
168	K223-K231	-0.0223	0.0002	HK	0.0090	HK
171	K304	0.0242	0.0003	HK	0.0070	HK
171	K304	-0.0157	0.0004	HK	0.0045	HK
172	K305	0.0150	0.0003	HK	0.0040	HK

ELEMAN	KESİT	κ_t	ϵ_c	Performans Seviyesi	ϵ_s	Performans Seviyesi
172	K305	-0.0117	0.0004	HK	0.0032	HK
173	K306	0.0194	0.0003	HK	0.0060	HK
173	K306	-0.0230	0.0005	HK	0.0060	HK
203	K212	0.0185	0.0005	HK	0.0060	HK
205	K214	0.0102	0.0004	HK	0.0026	HK
207	K326-K330	0.0106	0.0003	HK	0.0040	HK
208	K326-K330	0.0079	0.0003	HK	0.0030	HK
210	K309	0.0125	0.0004	HK	0.0050	HK
211	K309A	-0.0169	0.0002	HK	0.0070	HK
212	K310	0.0132	0.0003	HK	0.0050	HK
213	K311A	0.0066	0.0003	HK	0.0016	HK
221	K307	0.0249	0.0003	HK	0.0110	HK-CG Arası
222	K207A	-0.0401	0.0005	HK	0.0170	HK-CG Arası
225	K208A	0.0224	0.0003	HK	0.0090	HK
226	K308	-0.0074	0.0007	HK	0.0026	HK
228	K223K231	0.0165	0.0003	HK	0.0060	HK
228	K223K231	-0.0203	0.0002	HK	0.0090	HK
231	K304	0.0191	0.0003	HK	0.0027	HK
233	K306	0.0093	0.0003	HK	0.0026	HK
233	K306	-0.0141	0.0003	HK	0.0040	HK

Çizelge 5.9 Kesit birim şekil değiştirmeleri ve performans seviyeleri (X Yönü)

ELEMAN	KESİT	κ_t	ε_c	Performans Seviyesi	ε_s	Performans Seviyesi
10	PERDE	0.0039	0.0021	HK	0.0086	HK
26	K219-K234	0.0245	0.00029	HK	0.01019	HK-CG Arası
26	K219-K234	-0.0202	0.00128	HK	0.00776	HK
27	K226-K230	0.0209	0.00029	HK	0.00883	HK
27	K226-K230	-0.0180	0.00105	HK	0.00664	HK
28	K226-K230	0.0187	0.00029	HK	0.00770	HK
28	K226-K230	-0.0158	0.00100	HK	0.00576	HK
29	K219-K234	0.0181	0.00029	HK	0.00750	HK
29	K219-K234	-0.0143	0.00111	HK	0.00535	HK
35	K227-K228	-0.0082	0.00032	HK	0.00352	HK
36	K227-K228	-0.0066	0.00031	HK	0.00257	HK
37	K220-K235	0.0244	0.00046	HK	0.00997	HK
37	K220-K235	-0.0248	0.00084	HK	0.00972	HK
38	K220-K235	0.0187	0.00043	HK	0.00755	HK
38	K220-K235	-0.0178	0.00074	HK	0.00685	HK
42	K207A	-0.0098	0.00019	HK	0.00396	HK
45	K208A	-0.0107	0.00021	HK	0.00441	HK
47	K221-K236	0.0267	0.00045	HK	0.01095	HK-CG Arası
47	K221-K236	-0.0249	0.00067	HK	0.00997	HK
48	K223-K231	0.0280	0.00029	HK	0.01167	HK-CG Arası
48	K223-K231	-0.0123	0.00017	HK	0.00507	HK
49	K223-K231	0.0255	0.00028	HK	0.01061	HK-CG Arası
49	K223-K231	-0.0107	0.00021	HK	0.00441	HK
50	K221-K236	0.0198	0.00043	HK	0.00803	HK
50	K221-K236	-0.0178	0.00060	HK	0.00701	HK
86	K319-K334	0.0284	0.00045	HK	0.01168	HK-CG Arası
86	K319-K334	-0.0236	0.00111	HK	0.00920	HK
87	K326-K330	0.0275	0.00028	HK	0.01147	HK-CG Arası
87	K326-K330	-0.0210	0.00123	HK	0.00775	HK
88	K326-K330	0.0254	0.00027	HK	0.01057	HK-CG Arası
88	K326-K330	-0.0190	0.00117	HK	0.00695	HK
89	K319-K334	0.0224	0.00043	HK	0.00914	HK
89	K319-K334	-0.0177	0.00095	HK	0.00660	HK
95	K227-K228	-0.0139	0.00034	HK	0.00561	HK
96	K227-K228	-0.0123	0.00034	HK	0.00493	HK
97	K320-K335	0.0327	0.00047	HK	0.01350	HK-CG Arası
97	K320-K335	-0.0315	0.00090	HK	0.01253	HK-CG Arası
98	K320-K335	0.0257	0.00046	HK	0.01052	HK-CG Arası
98	K320-K335	-0.0243	0.00079	HK	0.00957	HK
102	K207A	-0.0097	0.00019	HK	0.00396	HK
105	K208A	-0.0108	0.00021	HK	0.00441	HK
107	K221-K236	0.0332	0.00048	HK	0.01371	HK-CG Arası
107	K221-K236	-0.0312	0.00074	HK	0.01259	HK-CG Arası
108	K223-K231	0.0345	0.00031	HK	0.01442	HK-CG Arası
108	K223-K231	-0.0151	0.00018	HK	0.00628	HK
109	K223-K231	0.0323	0.00030	HK	0.01318	HK-CG Arası
109	K223-K231	-0.0141	0.00018	HK	0.00585	HK
110	K221-K236	0.0262	0.00045	HK	0.01095	HK-CG Arası
110	K221-K236	-0.0243	0.00067	HK	0.00997	HK
146	K319-K334	0.0287	0.00045	HK	0.01168	HK-CG Arası
146	K319-K334	-0.0241	0.00111	HK	0.00927	HK
147	K326-K330	0.0285	0.00028	HK	0.01189	HK-CG Arası
147	K326-K330	-0.0218	0.00125	HK	0.00806	HK
148	K326-K330	0.0270	0.00028	HK	0.01125	HK-CG Arası

ELEMAN	KESİT	κ_t	ϵ_c	Performans Seviyesi	ϵ_s	Performans Seviyesi
148	K326-K330	-0.0204	0.00121	HK	0.00751	HK
149	K319-K334	0.0242	0.00044	HK	0.00990	HK
149	K319-K334	-0.0196	0.00099	HK	0.00736	HK
155	K227-K228	-0.0148	0.00035	HK	0.00600	HK
156	K227-K228	-0.0134	0.00034	HK	0.00560	HK
157	K320-K335	0.0331	0.00048	HK	0.01367	HK-CG Arası
157	K320-K335	-0.0319	0.00090	HK	0.01250	HK-CG Arası
158	K320-K335	0.0278	0.00046	HK	0.01142	HK-CG Arası
158	K320-K335	-0.0266	0.00082	HK	0.01052	HK-CG Arası
162	K207A	-0.0096	0.00019	HK	0.00396	HK
165	K208A	-0.0110	0.00021	HK	0.00441	HK
167	K221-K236	0.0323	0.00047	HK	0.01319	HK-CG Arası
167	K221-K236	-0.0312	0.00074	HK	0.01259	HK-CG Arası
168	K223-K231	0.0343	0.00031	HK	0.01442	HK-CG Arası
168	K223-K231	-0.0153	0.00018	HK	0.00628	HK
169	K223-K231	0.0330	0.00031	HK	0.01379	HK-CG Arası
169	K223-K231	-0.0149	0.00018	HK	0.00628	HK
170	K221-K236	0.0272	0.00045	HK	0.01116	HK-CG Arası
170	K221-K236	-0.0261	0.00068	HK	0.01047	HK-CG Arası
206	K319-K334	0.0232	0.00043	HK	0.00975	HK
206	K319-K334	-0.0162	0.00091	HK	0.00599	HK
207	K326-K330	0.0227	0.00027	HK	0.00943	HK
207	K326-K330	-0.0167	0.00111	HK	0.00603	HK
208	K326-K330	0.0217	0.00027	HK	0.00885	HK
208	K326-K330	-0.0158	0.00108	HK	0.00567	HK
209	K319-K334	0.0200	0.00042	HK	0.00812	HK
209	K319-K334	-0.0131	0.00084	HK	0.00462	HK
215	K227-K228	-0.0076	0.00032	HK	0.00303	HK
216	K227-K228	-0.0065	0.00031	HK	0.00257	HK
217	K320-K335	0.0246	0.00046	HK	0.01004	HK-CG Arası
217	K320-K335	-0.0228	0.00077	HK	0.00895	HK
218	K320-K335	0.0207	0.00044	HK	0.00839	HK
218	K320-K335	-0.0188	0.00072	HK	0.00730	HK
222	K207A	-0.0104	0.00021	HK	0.00441	HK
225	K208A	-0.0117	0.00020	HK	0.00460	HK
227	K221-K236	0.0274	0.00045	HK	0.01116	HK-CG Arası
227	K221-K236	-0.0227	0.00064	HK	0.00895	HK
228	K223-K231	0.0308	0.00030	HK	0.01310	HK-CG Arası
228	K223-K231	-0.0130	0.00017	HK	0.00537	HK
229	K223-K231	0.0301	0.00030	HK	0.01256	HK-CG Arası
229	K223-K231	-0.0133	0.00017	HK	0.00537	HK
230	K221-K236	0.0236	0.00044	HK	0.00964	HK
230	K221-K236	-0.0190	0.00060	HK	0.00750	HK

Çizelge 5.10 Kesit birim şekil değiştirmeleri ve performans seviyeleri (Y Yönü)

5.4.4 Kesme Kuvveti Kontrolleri

Yapıda performans noktası için kesme tahkikleri yapılmıştır. Kesme kuvveti istemi ile karşılaştırmada esas alınan kesme kuvveti kapasitesi, S1 (35x60) kolonu için örnek olarak hesaplanmış, diğer kesitlerin kesme kuvveti kapasiteleri Çizelge 5.11’de, kesme kuvveti tahkikleri ise Çizelge 5.12’ de verilmiştir.

$$V_e = V_c + V_s$$

S1 (35x60) için;

$$A_g = 350 \times 600 = 210000 \text{ mm}^2, \quad k_c = 0.042 \rightarrow \mu_K = 17.55 > 15 \quad (\mu_K = \kappa_t / \kappa_y),$$

$$f_{ck} = 20 \text{ N/mm}^2, \quad f_{yw} = 420 \text{ N/mm}^2, \quad A_{sw} = 50 \times 2 = 100 \text{ mm}^2 (\phi 8), \quad d = 560 \text{ mm}$$

$$V_c = 0.80 A_g k_c \sqrt{f_{ck}} = 0.8 * 210000 * 0.042 * \sqrt{20} = 31555 \text{ N}$$

$$V_s = (A_{sw} / s) f_{yw} d = (100 / 200) * 420 * 560 = 235200 \text{ N}$$

$$V_e = V_c + V_s = 31555 + 235200 = 240080 \text{ N}$$

$$V_{d_{maks}} = 146062 \text{ N} < V_e = 240080 \text{ N} \rightarrow \text{GÜVENLİ}$$

KESİT	A_g (mm^2)	d (mm)	f_{ck} (N/mm^2)	f_{yw} (N/mm^2)	A_{sw} (mm^2)	s (mm)	k_c	Vc(N)	Vs(N)	Ve(N)
S1	210000	560	20	420	100	100	0.042	31555	235200	240080
S2	150000	560	20	420	100	100	0.042	22540	235200	231966
PERDE	2.1E+6	2910	20	420	452	200	0.042	311797	2762172	2766572
K25X50	125000	460	20	420	100	100	0.042	18783	193200	190785
K35X35	122500	310	20	420	100	100	0.042	18407	130200	133747

Çizelge 5.11 Kesitlerin kesme kuvveti kapasiteleri

KESİT	$V_{d_{maks}}$ (N)		V_e (N)	
S1	146062	<	240080	GÜVENLİ
S2	155525	<	231966	GÜVENLİ
PERDE	2136430	<	2766572	GÜVENLİ
K25X50	181136	<	190785	GÜVENLİ
K35X35	72518	<	133747	GÜVENLİ

Çizelge 5.12 Kesitlerin kesme kuvveti tahkikleri

Çizelge 5.12’ den de anlaşılacağı gibi, yapıda mevcut bütün kesit tipleri için hesaplanan kapasiteler, performans noktası için ortaya çıkan en büyük kesme kuvveti istemleri ile karşılaştırılmış ve kesitlerin güvenli oldukları görülmüştür. Yapı hedef performans noktasına herhangi bir gevrek kesme kırılması olmadan ulaşabilmektedir.

5.4.5 FEMA’ ya Göre Performans Değerlendirmesi

Yapılan statik itme analizleri sonucu, her iki yönde elde edilen plastik dönme değerleri FEMA 356’da verilen kabul edilebilirlik kriterlerine (EK 3) göre de değerlendirilmiştir. Böylece yapının performansı 2 ayrı prosedüre göre değerlendirilmiş ve karşılaştırılmıştır.

ELEMAN NO	KESİT	ELEMAN TİPİ	Belirleyici Etki	θ_p	Performans Seviyesi (FEMA)
2	S1	KOLON	EĞİLME	0.00098	HK
3	S1	KOLON	EĞİLME	0.00097	HK
4	S1	KOLON	EĞİLME	0.00117	HK
6	S2	KOLON	EĞİLME	0.00096	HK
10	PERDE	PERDE	EĞİLME	0.00337	HK
12	S1	KOLON	EĞİLME	0.00065	HK
16	K215-K217	KİRİŞ	EĞİLME	0.00454	HK
16	K215-K217	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00106	HK
17	K216	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00092	HK
18	K215-K217	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00519	HK
23	K212	KİRİŞ	EĞİLME	0.00880	HK
23	K212	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00537	HK
24	K213	KİRİŞ	EĞİLME	0.00550	HK
24	K213	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00430	HK
25	K214	KİRİŞ	EĞİLME	0.00709	HK
25	K214	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00738	HK
26	K219-K234	KİRİŞ	EĞİLME	0.00369	HK
26	K219-K234	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00211	HK
27	K226-K230	KİRİŞ	EĞİLME	0.00118	HK
29	K219-K234	KİRİŞ	EĞİLME	0.00166	HK
29	K219-K234	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00163	HK
30	K209	KİRİŞ	EĞİLME	0.00560	HK
31	K209A	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00653	HK
32	K210	KİRİŞ	EĞİLME	0.00909	HK
32	K210	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00875	HK
34	K211	KİRİŞ	EĞİLME	0.00706	HK
34	K211	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00577	HK
37	K220-K235	KİRİŞ	EĞİLME	0.00362	HK
37	K220-K235	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00354	HK
38	K220-K235	KİRİŞ	EĞİLME	0.00333	HK
38	K220-K235	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00257	HK
41	K207	KİRİŞ	EĞİLME	0.00476	HK
42	K207A	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00765	HK
45	K208A	KİRİŞ	EĞİLME	0.00422	HK
46	K208	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00152	HK
47	K221-K236	KİRİŞ	EĞİLME	0.00367	HK
47	K221-K236	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00346	HK
48	K223-K231	KİRİŞ	EĞİLME	0.00466	HK
48	K223-K231	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00443	HK
49	K223-K231	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00023	HK
50	K221-K236	KİRİŞ	EĞİLME	0.00299	HK
50	K221-K236	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00255	HK
51	K204-K206	KİRİŞ	EĞİLME	0.00052	HK
53	K204-K206	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00004	HK
76	K215-K217	KİRİŞ	EĞİLME	0.00488	HK
76	K215-K217	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00119	HK
77	K216	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00106	HK
78	K215-K217	KİRİŞ	EĞİLME	0.00011	HK
78	K215-K217	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00557	HK
83	K212	KİRİŞ	EĞİLME	0.00931	HK

ELEMAN NO	KESİT	ELEMAN TİPİ	Belirleyici Etki	θ_p	Performans Seviyesi (FEMA)
83	K212	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00592	HK
84	K213	KİRİŞ	EĞİLME	0.00614	HK
84	K213	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00463	HK
85	K214	KİRİŞ	EĞİLME	0.00743	HK
85	K214	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00780	HK
86	K319-K334	KİRİŞ	EĞİLME	0.00259	HK
86	K319-K334	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00107	HK
87	K326-K330	KİRİŞ	EĞİLME	0.00075	HK
89	K319-K334	KİRİŞ	EĞİLME	0.00105	HK
89	K319-K334	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00082	HK
90	K309	KİRİŞ	EĞİLME	0.00627	HK
91	K309A	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00719	HK
92	K310	KİRİŞ	EĞİLME	0.00968	HK
92	K310	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00761	HK
93	K311A	KİRİŞ	EĞİLME	0.00381	HK
94	K311	KİRİŞ	EĞİLME	0.00134	HK
94	K311	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00500	HK
97	K320-K335	KİRİŞ	EĞİLME	0.00319	HK
97	K320-K335	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00271	HK
98	K320-K335	KİRİŞ	EĞİLME	0.00196	HK
98	K320-K335	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00202	HK
101	K307	KİRİŞ	EĞİLME	0.00596	HK
102	K207A	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00823	HK
105	K208A	KİRİŞ	EĞİLME	0.00477	HK
106	K308	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00270	HK
107	K221-K236	KİRİŞ	EĞİLME	0.00310	HK
107	K221-K236	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00272	HK
108	K223-K231	KİRİŞ	EĞİLME	0.00468	HK
108	K223-K231	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00463	HK
110	K221K236	KİRİŞ	EĞİLME	0.00224	HK
110	K221-K236	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00177	HK
111	K304	KİRİŞ	EĞİLME	0.00187	HK
111	K304	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00019	HK
113	K306	KİRİŞ	EĞİLME	0.00086	HK
113	K306	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00134	HK
136	K215-K217	KİRİŞ	EĞİLME	0.00136	HK
138	K215-K217	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00248	HK
143	K212	KİRİŞ	EĞİLME	0.00597	HK
143	K212	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00311	HK
144	K213	KİRİŞ	EĞİLME	0.00365	HK
144	K213	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00224	HK
145	K214	KİRİŞ	EĞİLME	0.00481	HK
145	K214	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00494	HK
150	K309	KİRİŞ	EĞİLME	0.00476	HK
151	K309A	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00631	HK
152	K310	KİRİŞ	EĞİLME	0.00799	HK
152	K310	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00608	HK
153	K311A	KİRİŞ	EĞİLME	0.00429	HK
154	K311	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00388	HK
155	K227-K228	KİRİŞ	EĞİLME	0.00011	HK
157	K320-K335	KİRİŞ	EĞİLME	0.00035	HK

ELEMAN NO	KESİT	ELEMAN TİPİ	Belirleyici Etki	θ_p	Performans Seviyesi (FEMA)
161	K307	KİRİŞ	EĞİLME	0.00612	HK
162	K207A	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00830	HK
165	K208A	KİRİŞ	EĞİLME	0.00457	HK
166	K308	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00349	HK
167	K221-K236	KİRİŞ	EĞİLME	0.00035	HK
168	K223-K231	KİRİŞ	EĞİLME	0.00367	HK
168	K223-K231	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00400	HK
171	K304	KİRİŞ	EĞİLME	0.00273	HK
171	K304	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00116	HK
172	K305	KİRİŞ	EĞİLME	0.00105	HK
172	K305	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00045	HK
173	K306	KİRİŞ	EĞİLME	0.00185	HK
173	K306	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00248	HK
203	K212	KİRİŞ	EĞİLME	0.00169	HK
205	K214	KİRİŞ	EĞİLME	0.00020	HK
207	K326-K330	KİRİŞ	EĞİLME	0.00107	HK
208	K326-K330	KİRİŞ	EĞİLME	0.00040	HK
210	K309	KİRİŞ	EĞİLME	0.00152	HK
211	K309A	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00271	HK
212	K310	KİRİŞ	EĞİLME	0.00173	HK
213	K311A	KİRİŞ	EĞİLME	0.00012	HK
221	K307	KİRİŞ	EĞİLME	0.00464	HK
222	K207A	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00841	HK
225	K208A	KİRİŞ	EĞİLME	0.00404	HK
226	K308	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00016	HK
228	K223K231	KİRİŞ	EĞİLME	0.00254	HK
228	K223K231	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00348	HK
231	K304	KİRİŞ	EĞİLME	0.00181	HK
233	K306	KİRİŞ	EĞİLME	0.00003	HK
233	K306	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00088	HK

Çizelge 5.13 FEMA' ya göre elde edilen performans seviyeleri (X Yönü)

ELEMAN NO	KESİT	ELEMAN TİPİ	Belirleyici Etki	θ_p	Performans Seviyesi (FEMA)
10	PERDE	PERDE	EĞİLME	0.00376	HK
26	K219-K234	KİRİŞ	EĞİLME	0.00454	HK
26	K219-K234	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00328	HK
27	K226-K230	KİRİŞ	EĞİLME	0.00358	HK
27	K226-K230	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00267	HK
28	K226-K230	KİRİŞ	EĞİLME	0.00303	HK
28	K226-K230	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00212	HK
29	K219-K234	KİRİŞ	EĞİLME	0.00294	HK
29	K219-K234	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00181	HK
35	K227-K228	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00045	HK
36	K227-K228	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00007	HK
37	K220-K235	KİRİŞ	EĞİLME	0.00449	HK
37	K220-K235	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00446	HK
38	K220-K235	KİRİŞ	EĞİLME	0.00307	HK
38	K220-K235	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00273	HK
42	K207A	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00092	HK
45	K208A	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00115	HK
47	K221-K236	KİRİŞ	EĞİLME	0.00504	HK
47	K221-K236	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00456	HK
48	K223-K231	KİRİŞ	EĞİLME	0.00541	HK
48	K223-K231	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00148	HK
49	K223-K231	KİRİŞ	EĞİLME	0.00478	HK
49	K223-K231	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00109	HK
50	K221-K236	KİRİŞ	EĞİLME	0.00332	HK
50	K221-K236	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00278	HK
86	K319-K334	KİRİŞ	EĞİLME	0.00548	HK
86	K319-K334	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00411	HK
87	K326-K330	KİRİŞ	EĞİLME	0.00530	HK
87	K326-K330	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00340	HK
88	K326-K330	KİRİŞ	EĞİLME	0.00478	HK
88	K326-K330	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00289	HK
89	K319-K334	KİRİŞ	EĞİLME	0.00398	HK
89	K319-K334	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00264	HK
95	K227-K228	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00188	HK
96	K227-K228	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00147	HK
97	K320-K335	KİRİŞ	EĞİLME	0.00658	HK
97	K320-K335	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00617	HK
98	K320-K335	KİRİŞ	EĞİLME	0.00482	HK
98	K320-K335	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00438	HK
102	K207A	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00090	HK
105	K208A	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00119	HK
107	K221-K236	KİRİŞ	EĞİLME	0.00666	HK
107	K221-K236	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00613	HK
108	K223-K231	KİRİŞ	EĞİLME	0.00704	HK
108	K223-K231	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00218	HK
109	K223-K231	KİRİŞ	EĞİLME	0.00649	HK
109	K223-K231	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00195	HK
110	K221-K236	KİRİŞ	EĞİLME	0.00491	HK
110	K221-K236	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00442	HK
146	K319-K334	KİRİŞ	EĞİLME	0.00556	HK

ELEMAN NO	KESİT	ELEMAN TİPİ	Belirleyici Etki	θ_p	Performans Seviyesi (FEMA)
147	K326-K330	KİRİŞ	EĞİLME	0.00555	HK
147	K326-K330	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00360	HK
148	K326-K330	KİRİŞ	EĞİLME	0.00518	HK
148	K326-K330	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00324	HK
149	K319-K334	KİRİŞ	EĞİLME	0.00444	HK
149	K319-K334	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00312	HK
155	K227-K228	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00211	HK
156	K227-K228	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00177	HK
157	K320-K335	KİRİŞ	EĞİLME	0.00669	HK
157	K320-K335	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00627	HK
158	K320-K335	KİRİŞ	EĞİLME	0.00536	HK
158	K320-K335	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00494	HK
162	K207A	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00089	HK
165	K208A	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00124	HK
167	K221-K236	KİRİŞ	EĞİLME	0.00645	HK
167	K221-K236	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00615	HK
168	K223-K231	KİRİŞ	EĞİLME	0.00698	HK
168	K223-K231	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00225	HK
169	K223-K231	KİRİŞ	EĞİLME	0.00665	HK
169	K223-K231	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00215	HK
170	K221-K236	KİRİŞ	EĞİLME	0.00517	HK
170	K221-K236	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00485	HK
206	K319-K334	KİRİŞ	EĞİLME	0.00419	HK
206	K319-K334	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00227	HK
207	K326-K330	KİRİŞ	EĞİLME	0.00410	HK
207	K326-K330	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00232	HK
208	K326-K330	KİRİŞ	EĞİLME	0.00385	HK
208	K326-K330	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00209	HK
209	K319-K334	KİRİŞ	EĞİLME	0.00337	HK
209	K319-K334	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00148	HK
215	K227-K228	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00030	HK
216	K227-K228	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00002	HK
217	K320-K335	KİRİŞ	EĞİLME	0.00454	HK
217	K320-K335	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00400	HK
218	K320-K335	KİRİŞ	EĞİLME	0.00358	HK
218	K320-K335	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00300	HK
222	K207A	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00109	HK
225	K208A	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00142	HK
227	K221-K236	KİRİŞ	EĞİLME	0.00522	HK
227	K221-K236	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00402	HK
228	K223-K231	KİRİŞ	EĞİLME	0.00611	HK
228	K223-K231	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00166	HK
229	K223-K231	KİRİŞ	EĞİLME	0.00594	HK
229	K223-K231	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00175	HK
230	K221-K236	KİRİŞ	EĞİLME	0.00428	HK
230	K221-K236	KİRİŞ	EĞİLME	-0.00309	HK

Çizelge 5.14 FEMA' ya göre elde edilen performans seviyeleri (Y Yönü)

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada, seçilen binanın doğrusal olmayan davranışı göz önüne alınarak, mevcut ve güçlendirilmiş durumlar için yapı performansı ile süneklik ve taban kesme kuvveti kapasiteleri araştırılmıştır. Esas olarak ABYYHY 2005'e göre değerlendirilen yapı performansı ayrıca FEMA kriterlerine göre de değerlendirilerek sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmektedir.

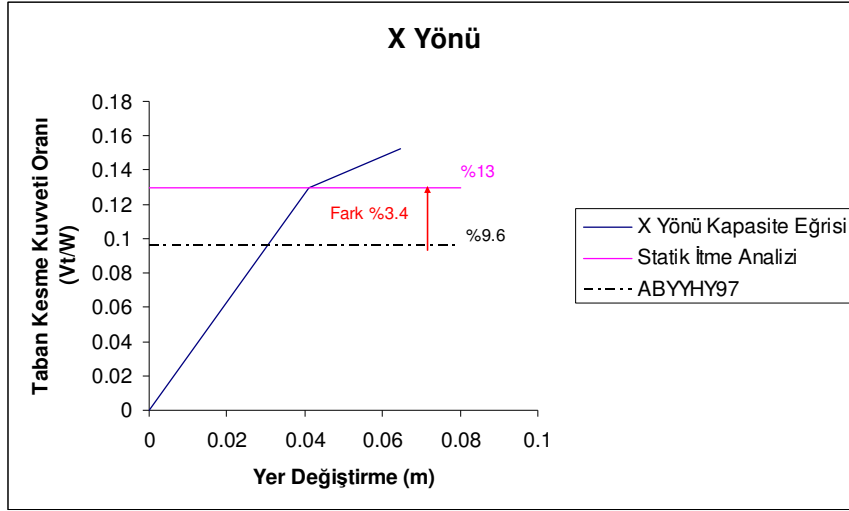
6.1 Eski Yönetmeliklere Göre İnşa Edilen Yapı

6.1.1 Mevcut Yapı

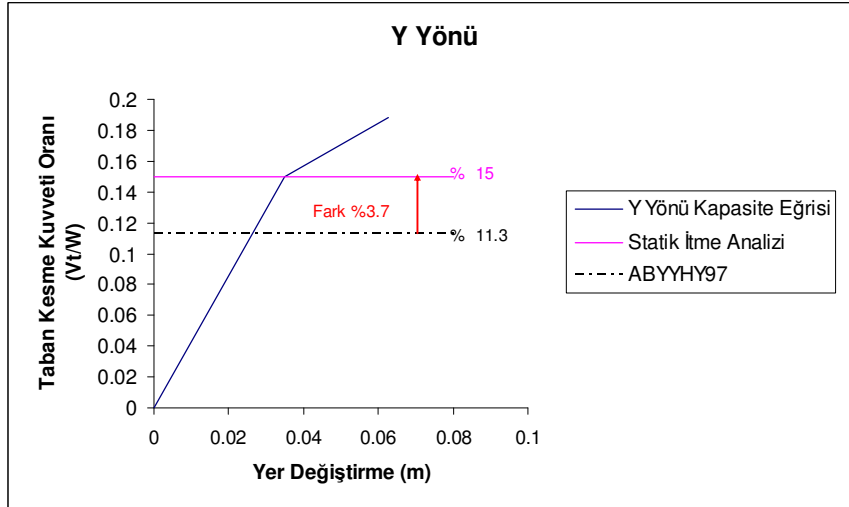
Yapılan detaylı analizler sonucunda hiçbir bir yükleme kombinasyonu için herhangi bir performans noktası elde edilememiştir. Bunun anlamı, mevcut yapının bu haliyle tasarım depreminin talep ettiği yer değiştirmeyi yapmasının mümkün olmadığıdır. Bu da yönetmeliğin öngördüğü “*Tasarım depremi için can güvenliği*” hedefini sağlamadığı anlamına gelmektedir. Bu durumda güçlendirme kararının doğruluğu ortaya çıkmıştır.

Sargı donatısı yetersizlikleri, düşük beton kalitesi, güçlü kiriş - zayıf kolon birleşimleri, binanın yer değiştirme kabiliyetini azaltan önemli etkenlerdir.

Bunun yanında ABYYHY 97' e göre lineer elastik olarak elde edilen taban kesme kuvveti oranları (V_t/W) X yönü için % 9.6 Y yönü için %11.3 iken, yapılan statik itme analizlerinde akma limit durumlarında taban kesme kuvveti oranları (V_t/W) X yönünde ortalama %13, Y yönünde ortalama %15 olarak bulunmuştur. Bunun anlamı; aslında yapının ABYYHY 97'nin tasarım depremi için öngördüğünden X yönü için %35, Y yönü için % 33 daha fazla taban kesme kuvvetini elastik olarak taşıma kapasitesinin olduğudur. Fakat yukarıda belirtilen sebeplerden dolayı yetersiz olan yer değiştirme kabiliyeti, yapıyı **Can Güvenliği** hedefinden uzaklaştırmaktadır.



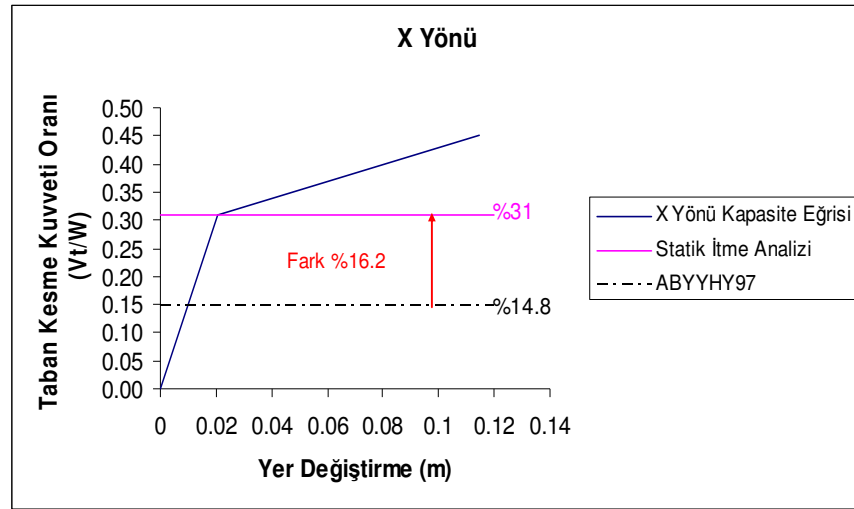
Şekil 6.1 Mevcut yapı X yönü taban kesme kuvveti oranı karşılaştırması



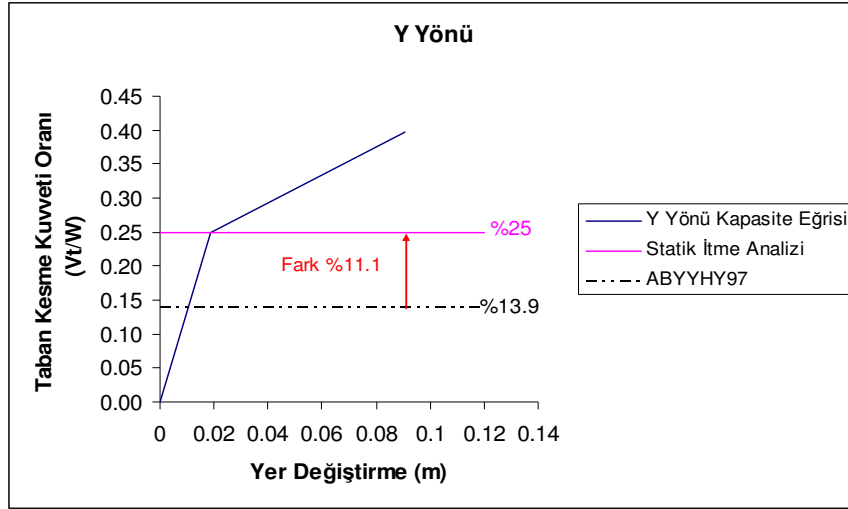
Şekil 6.2 Mevcut yapı Y yönü taban kesme kuvveti oranı karşılaştırması

6.1.2 Güçlendirilmiş Yapı

- X yönü için yapılan statik itme analizlerinden elde edilen ortalama düktilite (süneklik) 5.6'dır. Y yönü için ise elde edilen ortalama değer 4.7'dir. Bunun yanında tasarım depreminin talep ettiği düktilite X yönü için maksimum 1.9, Y yönü için maksimum 2.5'dir.
- ABYYHY 97' e göre lineer elastik olarak elde edilen taban kesme kuvveti oranları (V_t/W) X yönü için % 14.8 Y yönü için %13.9 iken, yapılan statik itme analizlerinde akma limit durumlarında taban kesme kuvveti oranları (V_t/W) X yönünde ortalama %31, Y yönünde ortalama %25 olarak bulunmuştur. Bunun anlamı; aslında yapının ABYYHY 97'nin tasarım depremi için öngördüğünden X yönü için 2.1 kat, Y yönü için 1.8 kat daha fazla taban kesme kuvvetini elastik olarak taşıma kapasitesinin olduğudur.

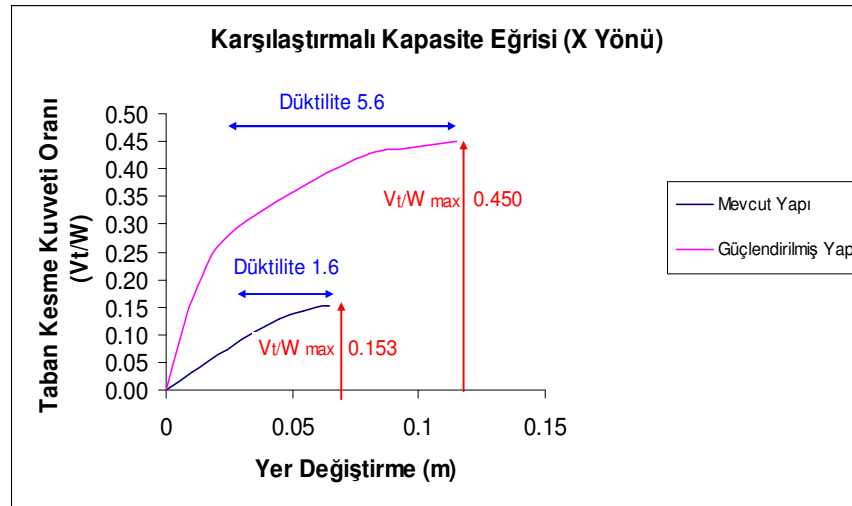


Şekil 6.3 Güçlendirilmiş yapı X yönü taban kesme kuvveti oranı karşılaştırması



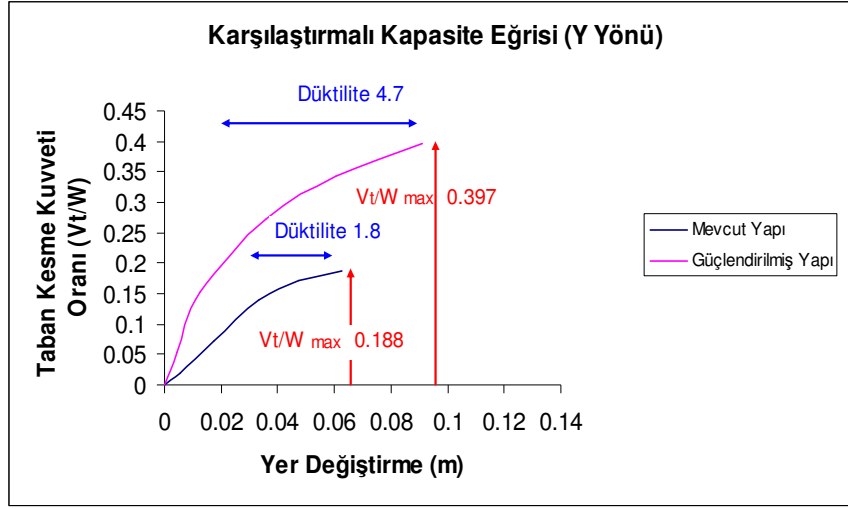
Şekil 6.4 Güçlendirilmiş yapı Y yönü taban kesme kuvveti oranı karşılaştırması

- Yapılan güçlendirme ile yapının taban kesme kuvveti kapasitesi X yönünde 2.9 kat Y yönünde 2.11 kat, duktilitesi de X yönünde 3.5 kat Y yönünde de 2.6 kat artırılmıştır. Böylece yapının mevcut durumundan çok daha fazla taban kesme kuvveti taşıyabilmesi ve yer değiştirme yapabilmesi sağlanmıştır. Özellikle yer değiştirme kabiliyetinin artırılması yapının depremde ortaya koyacağı performansı olumlu yönde etkileyecek en önemli unsurdur.



Şekil 6.5 Mevcut ve güçlendirilmiş yapı X yönü taban kesme kuvveti oranı ve

duktilite karşılaştırması



Şekil 6.6 Mevcut ve güçlendirilmiş yapı Y yönü taban kesme kuvveti oranı ve düktilite karşılaştırması

- Δ/H değeri ABYYHY 97’de 0.0035 veya $0.02/R$ ile sınırlandırılmıştır. Bu sınırların elverişsiz olanı 0.0035’tir. $\Delta/H=0.0035$ iken V/V_t değeri olarak x doğrultusunda 0.44, y doğrultusunda 0.46 değerleri elde edilmektedir.

6.1.2.1 ABYYHY 2005’e Göre Performans Değerlendirmesi

- Doğrusal olmayan davranışta eğilme etkisinin belirleyici olduğu varsayılarak yapılan çözümlemelerde, X yönünde bütün düşey elemanlar (kolonlar) minimum hasar bölgesindedir. Belirgin hasar bölgesindeki kirişlerin maksimum oranı (bir katta) %5’tir.
- Yine eğilme etkisinin belirleyici olduğu varsayılarak yapılan çözümlemelerde; Y yönünde bütün düşey elemanlar (kolonlar) minimum hasar bölgesindedir. Belirgin hasar bölgesindeki kirişlerin maksimum oranı (bir katta) %2’dir.
- Yapılan kesme kuvveti kontrollerinde performans noktası için, düşey elemanların (kolonlar) hiçbiri gevrek kesme kırılmasına maruz kalmamıştır. Gevrek kesme kırılmasına maruz kalan kirişlerin ise maksimum oranı (bir katta) X yönü için %21, Y yönü için %38’dir.

Elde edilen bu sonuçların ışığında, doğrusal olmayan davranışta eğilme etkisinin belirleyici olduğu varsayılarak yapılan çözümlemelerde, ABYYHY 2005'e göre tasarım depremi için **Hemen Kullanım** durumunda görünen güçlendirilmiş yapının, kesme kuvveti de göz önüne alındığında **Can Güvenliği** durumunun yapının performansı açısından en uygun seviye olduğu anlaşılmıştır. Başlangıçta herhangi performans noktası bile olmayan (Göçme durumunda) bir yapı, güçlendirilerek yönetmeliğin (ABYYHY 97) öngördüğü “ *Tasarım depremi için can güvenliği*” hedefine ulaşmıştır.

Türkiye'nin ve özellikle İstanbul'un mevcut yapı stokunun büyük bir bölümünü bu tarz eski deprem yönetmeliklerine göre yapılmış, yeterli mühendislik hizmeti görmemiş, kalitesiz işçilik ve malzeme özelliklerine sahip, zamanla korozyon ve yorulmaların olduğu yapılar oluşturmaktadır. Bu da bizi birçok yapının, herhangi bir depremde hasar almamış olsalar bile mevcut halleriyle **Can Güvenliği** kritik sınırının altında olduğu sonucuna götürmektedir.

6.1.2.2 FEMA'ya Göre Performans Değerlendirmesi

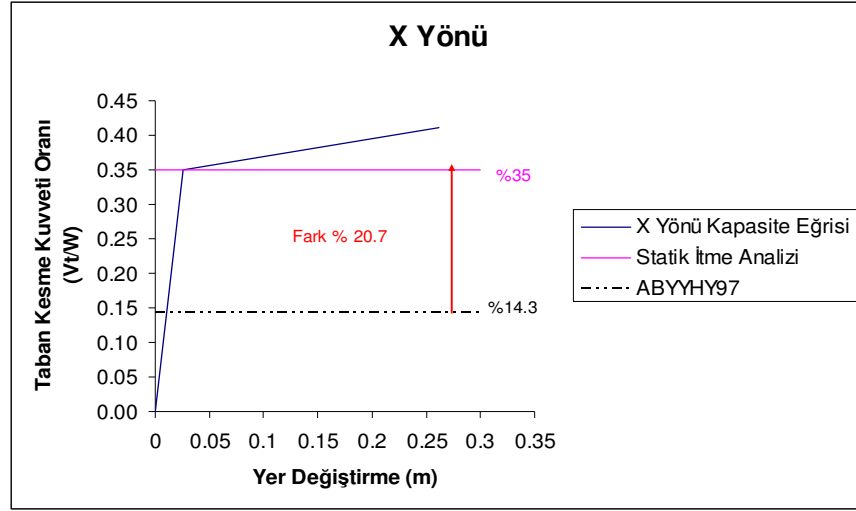
Yapılan statik itme analizleri sonucu, her iki yönde elde edilen plastik dönme değerleri FEMA 356'da verilen kabul edilebilirlik kriterlerine göre de değerlendirilmiştir. Plastik dönme değerleri, eğilme etkisinin belirleyici olduğu elemanlar ve kesme kuvvetinin belirleyici olduğu elemanlar için iki farklı tablo kullanılarak belirlenmiştir (EK 3). Ayrıca görelî kat ötelemeleri de değerlendirmelerde dikkate alınmıştır.

- Yapılan çözümlemelerde, X ve Y yönünde bütün düşey elemanlar (kolonlar) minimum hasar bölgesindedir.
- X yönünde 22 adet kirişin göçme durumunda olduğu, 8 kirişin göçmenin önlenmesi performans seviyesinde olduğu, 5 kirişin ise can güvenliği performans seviyesinde kaldığı görülmüştür. Diğer bütün kirişler minimum hasar bölgesindedir.
- Y yönünde 30 adet kirişin göçme durumunda olduğu, 6 kirişin göçmenin önlenmesi performans seviyesinde olduğu, 6 kirişin ise can güvenliği performans seviyesinde kaldığı görülmüştür. Diğer bütün kirişler minimum hasar bölgesindedir.

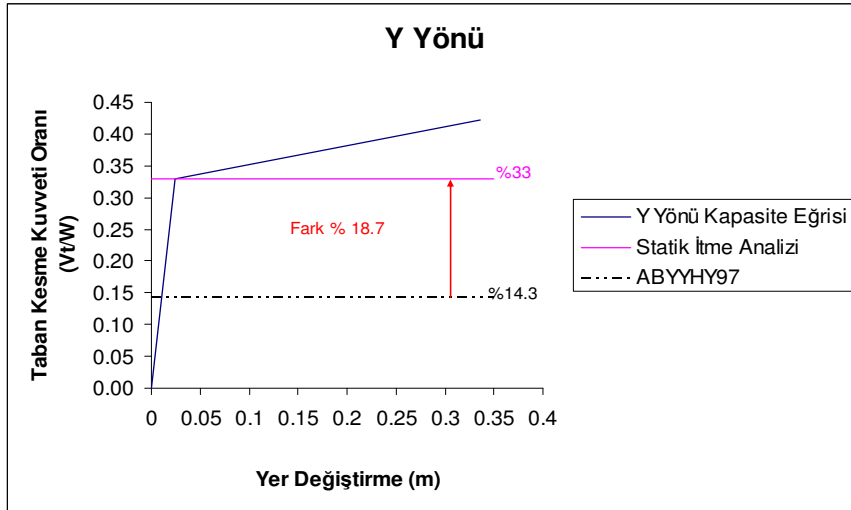
- Yapının performans noktası için elde edilen maksimum görelî kat ötelemesi değeri 0.013 olmuştur. FEMA'nın hemen kullanım için öngördüğü görelî kat ötelemesi değeri 0.01 iken, can güvenliğı için öngördüğü değeri 0.02'dir.
- Bütün bu bilgiler ışığında, FEMA'da öngörülen performans seviyesi kriterleri göz önüne alınarak yapılan değeriendirirne, bazı kirişlerde meydana gelen ağır hasarlar bunun yanında kolonların tümünün minimum hasar bölgesinde olması, yapının tasarım depremi için **Can Güvenliğı** performans seviyesini sağladığı sonucunu ortaya koymaktadır. Aynı zamanda elde edilen 0.013'lük görelî kat ötelemesinin de FEMA'nın hemen kullanım limiti olan 0.01 ile can güvenliğı limiti olan 0.02'nin arasında kalması **Can Güvenliğı** performans seviyesi sonucunu doğrulamaktadır.

6.2 ABYYHY 97'ye Göre İnşa Edilen Yapı

- X ve Y yönü için yapılan statik itme analizlerinden elde edilen ortalama düktilite (süneklik) 10'dur. Bunun yanında tasarım depreminin talep ettiğı düktilite X yönü için maksimum 2.4, Y yönü için maksimum 2.8 dir.
- ABYYHY 97' e göre lineer elastik olarak elde edilen taban kesme kuvveti oranları (V_t/W) X ve Y yönü için % 14.3 iken, yapılan statik itme analizlerinde akma limit durumlarında taban kesme kuvveti oranları (V_t/W) X yönünde ortalama %35, Y yönünde ortalama %33 olarak bulunmuştur. Bunun anlamı; aslında yapının ABYYHY 97'nin tasarım depremi için öngördüğünden X yönü için 2.45 kat, Y yönü için 2.31 kat daha fazla taban kesme kuvvetini elastik olarak taşıma kapasitesinin olduğudur.



Şekil 6.7 X yönü taban kesme kuvveti oranı karşılaştırması



Şekil 6.8 Y yönü taban kesme kuvveti oranı karşılaştırması

- Δ/H değeri ABYYHY 97'te 0.0035 veya $0.02/R$ ile sınırlandırılmıştır. Bu sınırların elverişsiz olanı $0.02/R=0.02/7=0.0028$ 'dir. $\Delta/H=0.0028$ iken V/V_t değeri olarak x doğrultusunda 0.47 , y doğrultusunda 0.51 değerleri elde edilmektedir.

6.2.1 ABYYHY 2005'e Göre Performans Değerlendirmesi

- X yönünde bütün düşey elemanlar (kolonlar) minimum hasar bölgesindedir. Belirgin hasar bölgesindeki kirişlerin maksimum oranı (bir katta) %32'dir.
- Y yönünde bütün düşey elemanlar (kolonlar) minimum hasar bölgesindedir. Belirgin hasar bölgesindeki kirişlerin maksimum oranı (bir katta) %22'dir.
- Performans noktaları için yapılan kesme kuvveti kontrolleri sonucunda, elemanların tümünün güvenli olduğu görülmüştür. Bunun sonucunda yapı, performans noktasına herhangi bir gevrek kesme kırılması olmadan güvenli bir şekilde ulaşabilmektedir.

Bütün bu bilgiler ışığında, yapının ABYYHY 2005'e göre tasarım depremi için **Can Güvenliği** durumunda olduğu anlaşılmıştır. Bu da ABYYHY 97'nin öngördüğü "*Tasarım depremi için can güvenliği*" hedefine ulaşıldığını göstermektedir.

6.2.2 FEMA'ya Göre Performans Değerlendirmesi

- Yapılan değerlendirmelerde, X ve Y yönünde bütün düşey elemanlar (kolonlar) minimum hasar bölgesindedir.
- Yapılan değerlendirmelerde, X ve Y yönünde bütün yatay elemanlar (kirişler) minimum hasar bölgesindedir.
- Yapının performans noktası için elde edilen maksimum göreceli kat öteleme değeri 0.018 olmuştur. FEMA'nın hemen kullanım için öngördüğü göreceli kat öteleme değeri 0.01 iken, can güvenliği için öngördüğü değer 0.02'dir.
- Bütün bu bilgiler ışığında, FEMA'da öngörülen performans seviyesi kriterleri göz önüne alınarak yapılan değerlendirmede, tüm elemanların minimum hasar sınırında olması yapının tasarım depremi için **Hemen Kullanım** performans seviyesini sağladığı sonucunu ortaya koymaktadır. Fakat elde edilen 0.018'lik göreceli kat ötelemesinin FEMA'nın hemen kullanım limiti olan 0.01 ile can güvenliği limiti olan 0.02'nin arasında kalması, yapının esas olarak **Can Güvenliği** performans seviyesinde olduğunu göstermektedir.

6.3 ABYYHY 2005 ve FEMA'ya Göre Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması

Esas olarak ABYYHY 2005'e göre değerlendirilen yapı performansı ayrıca FEMA kriterlerine göre de değerlendirilerek sonuçlar karşılaştırılmıştır. Temelde birbirine çok benzeyen prosedürleri içeren iki yönetmelik, yapılan analizler sonucu elde edilen hasar seviyelerinin ve bu hasar seviyelerine bağlı olarak bulunan performans seviyelerinin belirlenmesi noktasında farklılaşmaktadır. ABYYHY 2005 şekil değiştirmelere dayalı bir değerlendirme yapıp, net limitler ortaya koyarken (bakınız: Bölüm 3.3.4), FEMA açılal dönme değerlerine göre değerlendirme yapıp, performans seviyeleri için daha genel tanımlamalar yapmaktadır.

Eski yönetmeliklere göre inşa edilmiş yapı için her iki yöntemde **Can Güvenliği** performans seviyesini işaret etmiştir. Fakat elemanların hasar seviyelerinde çok fazla olmasa da farklılıklar göze çarpmaktadır (bakınız: Çizelge 4.10 - 4.11 - 4.17 - 4.18). Yine ABYYHY 97' ye göre inşa edilen yapı için de her iki yöntem **Can Güvenliği** performans seviyesini işaret etmiştir. Fakat FEMA'ya göre bütün elemanları belirgin hasar bölgesinde olan yapının, ABYYHY 2005'e göre X yönü için 37, Y yönü için 26 kirişinin can güvenliği durumunda (belirgin hasar bölgesi) olduğu görülmüştür (bakınız: Çizelge 5.9 - 5.10 - 5.13 - 5.14).

Sonuç olarak, performans seviyesi belirlemede çok yakın sonuçlar ortaya koyan yöntemlerden, şekil değiştirmeye göre performans değerlendirmesi yapan ve daha somut limitleri olan ABYYHY 2005, hasar seviyesi ve dağılımı tahmininde FEMA'ya göre daha net, detaylı ve gerçekçi sonuçlar vermektedir.

6.4 Genel Değerlendirme ve Öneriler

Gelecekte “*Performansa Dayalı Tasarım*” başlığı altında toplanan, yer değiştirme kontrollü tasarım yöntemlerinin kullanımının yaygınlaşacağı çok açıktır. Meydana gelen depremlerde büyük can kayıpları oluşması, mevcut yönetmeliklere uygun yapılan yapıların dahi yüksek hasar seviyelerine ulaşması, geçerli yönetmeliklerin kullandığı geleneksel kuvvete dayalı metotların yetersizliklerini ortaya koymuştur.

Günümüzde, özellikle ülkemizde deprem güvenliği denilince ilk akla gelen, mevcut bir binanın yürürlükteki deprem yönetmeliğini sağlayıp sağlamadığının araştırılmasıdır. Bu yaklaşımın temelden yanlış olduğu aşikardır. Daha fazla yatay yüklere cevap veren yeni yönetmelikler karşında, eski yönetmeliklere göre projelendirilmiş ve inşa edilmiş bir binanın yeterli çıkması, bazı özel durumlar dışında mümkün değildir. Yeni hazırlanmış bir yönetmelikten sonra, mevcut

bütün binaların bu yönetmeliğin öngördüğü gerekleri yerine getirip getirmediği sorgulanacak olursa, dünyanın depreme maruz hiçbir ülkesinde güçlendirme ihtiyacı göstermeyen bina bulunamaz. Bu da, rasyonel olmayan çözüm ve uygulamaları beraberinde getirir. Böyle tehlikeli genellemeleri önlemek amacıyla mevcut binaların tahkik edilmeleri, kalan ekonomik kullanım ömürleri içinde maruz kalabilecekleri yer hareketleri sırasında zorlanabilecekleri maksimum limitlerin hesaplanması, binaya müdahale edip etmeme stratejilerinin uygunlukları konusunda “*Performansa Dayalı Tasarım*” yaklaşımı önemli avantajlar sunmaktadır.

Sismik tasarımın çok seviyeli performans amaçlarına ve ilgili deprem hasar seviyelerine dayandırıldığı “*Performansa Dayalı Tasarım*” yaklaşımı, kontrol edilebilir bir riskle, tahmin edilebilir bir performans elde etme olanağını ortaya koyar. Kuvvete dayalı yöntemlerde öngörülen ve özenle belirlenemeyen davranış katsayıları veya indirgeme çarpanlarını ortadan kaldırır. Bununla birlikte, performansa dayalı mühendisliğin geliştirilmesi için aşağıdaki konularda bazı belirsizlikler bulunmaktadır ve araştırmalara gereksinim duyulmaktadır.

- Belirlenen dört performans seviyesinin (Hasarsız, HK, CG, GÖ) uygunluğunun tescili ve minimum performans amaçlarının tanımı için kullanılan parametrelerin belirlenmesi.
- Sismik tasarımın ve sismik performansın deprem tehlikesi altındaki bölgelerde yaşayan insanlar için sosyal, ekonomik ve politik etkilerinin gözetilerek, uygunluğunun tescili.
- Zemin uygunluk parametreleri için, her performans amacına bağlı olarak kabul edilebilirlik kriterlerinin uygunluğunun belirlenmesi (oturma miktarı, sıvılaşma riski vb.)
- Performansa dayalı mühendislik için, projenin başından sonuna kadar yol gösterecek kavramsal tasarım dokümanlarının geliştirilmesi.

Bu çalışmada da incelenen tipte, birinci modun katkısının yüksek olduğu yapılarda dikkatlice uygulanmış bir statik itme analizi iyi bir deprem talebi tahmini yapmamızı sağlar. Fakat diğer yandan, düzgün olmayan ve diğer modların etkilerinin önemli olduğu yapılarda bu tahminler çok gerçekçi olmayabilir. Bunun ötesinde, dikkat edilmesi gereken diğer bir nokta, yapının tepkisinin uygulanan yatay yük şekline hassas olduğudur. Düzensiz ve yüksek modların etkili olduğu yapılarda yatay yük dağılımını belirlemek oldukça zordur.

Doğrusal olmayan statik analizler (statik itme analizi, pushover) yardımıyla yapı performansını belirleme metodolojisi, doğrusal olmayan dinamik analizleri (zaman tanım alanında hesap, time -

history) kullanan diğ er metodolojilere g re daha az zamanda sonuca giden, daha anlaşılır ve uygulaması kolay bir yaklaşımdır. Bu y zden de geliştirilmesi i in yoğ n araştırılmalar yapılmakta ve mevcut belirsizliklerin ortadan kaldırılması i in  aba sarf edilmektedir.

KAYNAKLAR

- ABYYHY, (1997), Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.
- ABYYHY, (2005-TASLAK), Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.
- Akbaş, B., (2004), “Performansa Dayalı Tasarım Dersi Notları”, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Almaç, K., (2004), Betonarme Bir Binanın Mevcut Durumunun ve Doğrusal Olmayan Davranışının Değerlendirilmesi ,Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- ATC-40, (1996), Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Applied Technology Council, California.
- CE571-EQ Engineering, (Spring 2003), “Equivalent Lateral Load Procedures in Earthquake Resistant Design”, Purdue University, West Lafayette
- Celep, Z. ve Kumbasar, N., (2004), Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul.
- Chen, W.F. ve Han, D. J., (1988), Plasticity for Structural Engineers, Springer-Verlag, New York.
- FEMA-356, (2000), Prestandart and Commentary for The Seismic Rehabilitation of Buildings,American Society of Civil Engineers, Virginia,ABD.
- FEMA-440, (2004), İmprovement of Nonlinear Static Seismic Analıysis Procudures,Applied Technology Council ATC-55 Project, California, ABD.
- Falco S. ve Bento R.,(2001), “Analysis Procedures for Performance-Based Seismic Design”, 12th European Conference on Earthquake Engineering, Paper Reference 371.
- Ghobarah A., (2001), “Performance-Based Design in Earthquake Engineering:State of Development”, Engineering Structures, 23 (2001) 878-884.
- İF Mühendislik Müşavirlik Ltd. Şti,(2004), “Dışbank Beşiktaş-Çarşı Şube Binası Deprem Güvenliği Araştırmasına Ait Rapor”, İstanbul.
- İDMP, (2003), İstanbul Deprem Master Planı, Mevcut Betonarme Binaların Ayrıntılı İncelenmesine Dair Özel Teknik Şartname, İstanbul.
- İrtem E., Türker K., Hasgöl U. (2004), “Türk Deprem Yönetmeliğinin Performans Hedeflerinin Lineer Olmayan Statik Analiz Yöntemleri ile Değerlendirilmesi”, 17. Teknik Kongre ve Sergisi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 14–17 Nisan 2004 Bildiriler CD’si.
- Mander et. al,(1988), “Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete”, Journal of Structural Engineering (ASCE), 114, No:8.
- ODTÜ, (2003), “BOTAŞ Doğal Gaz İşletmeleri Bölge Müdürlüğü Merkez ve Taşra Teşkilatı Çok Katlı Binalarına Deprem Performans Testi Yapılması Sonuç Raporu”, Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, Ankara.
- Park, R. ve Paulay, T., (1975), Reinforced Concrete Structures, John Wiley & Sons, New York, N.Y.
- Polat, Z., Kırçıl, M. ve Hancıoğlu, B., (2003), “Mevcut Betonarme Binaların Deprem Güvenliklerinin İncelenmesi ve Performans Yaklaşımı”, Seminer, İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul.

Saatçioğlu, M. ve Razvi, S.R., (1992), “Strength and Ductility of Confined Concrete”, Journal of the Structural Engineering, ASCE, 116(11):3148-3161.

SAP2000 Nonlinear., Structural Analysis Program, Computers and Structures, Inc.

SAP2000 Nonlinear., Users Manual, Computers and Structures, Inc.

Sheikh, S.A. ve Uzumeri, S.M., (1982), “Analytical Model for Concrete Confinement in Tied Columns”, Journal of the Structural Division, Proc. of the American Society of Civil Engineers, 108 (ST12):2703-2722

TAGU84, Gelişi Güzel Geometriye Sahip Betonarme Kesitlerin Moment Taşıma Kapasitelerinin Tayini İçin Bir Bilgisayar Programı, İF Mühendislik Müşavirlik Ltd., Şti,İstanbul.

TS500, (Şubat 2000), Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Whittaker, A., (2000), CIE 525 Reinforced Concrete Structures Lecture Notes, University of California, Berkeley.

XTRACT, Cross Section Analysis Program, Imbsen and Associates, Inc.

EKLER

Ek 1 Yapısal Modelde Kullanılan Çubuk Eleman Numaraları

Ek 2 Kiriş ve Kolonlarda Plastik Dönme Dağılımları

Ek 3 FEMA Kabul Edilebilirlik Kriterleri

Eski Yönetmeliklere Göre İnşa Edilmiş Yapı

																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					</
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

Şekil Ek1.1 Zemin kat giriş eleman numaraları

185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

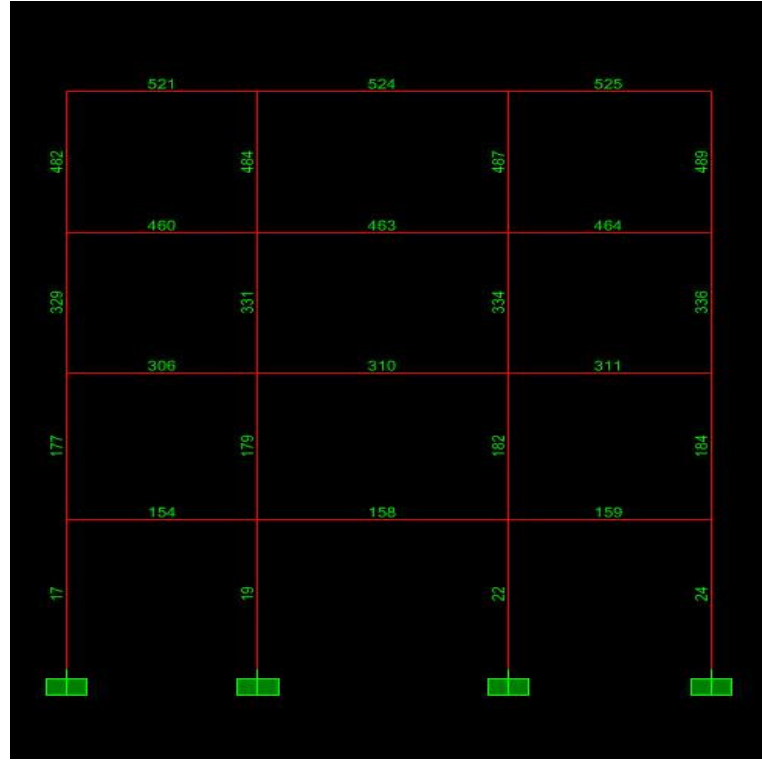
Şekil Ek1.2 1. kat giriş eleman numaraları

[illegible]

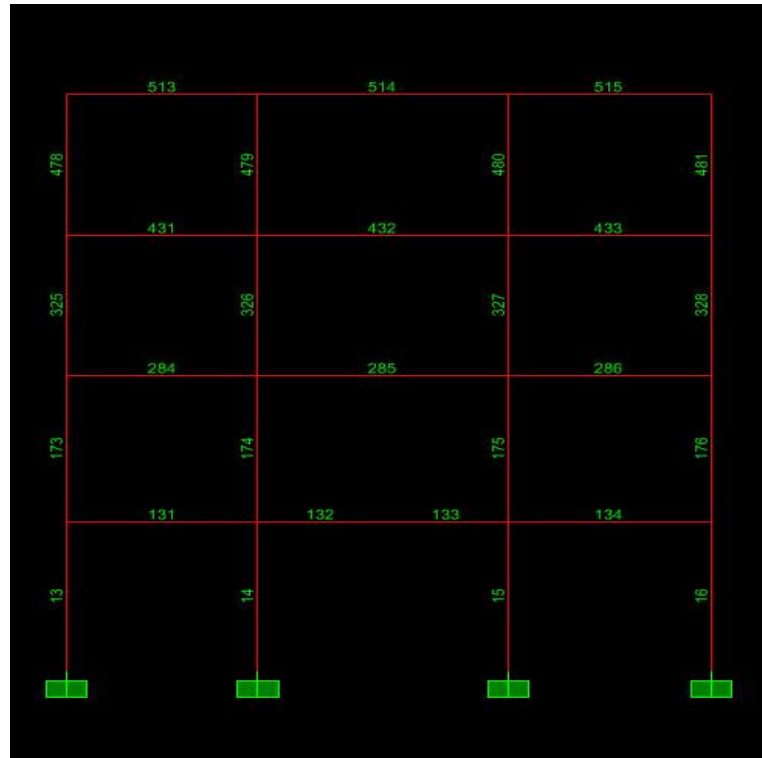
Şekil Ek1.3 2. kat giriş eleman numaraları

494	490	495	491	496	492	497	493
502	499	503	500	504	501		
509	506	510	507	511	508		
516	513	517	514	518	515		
	521		524		525		

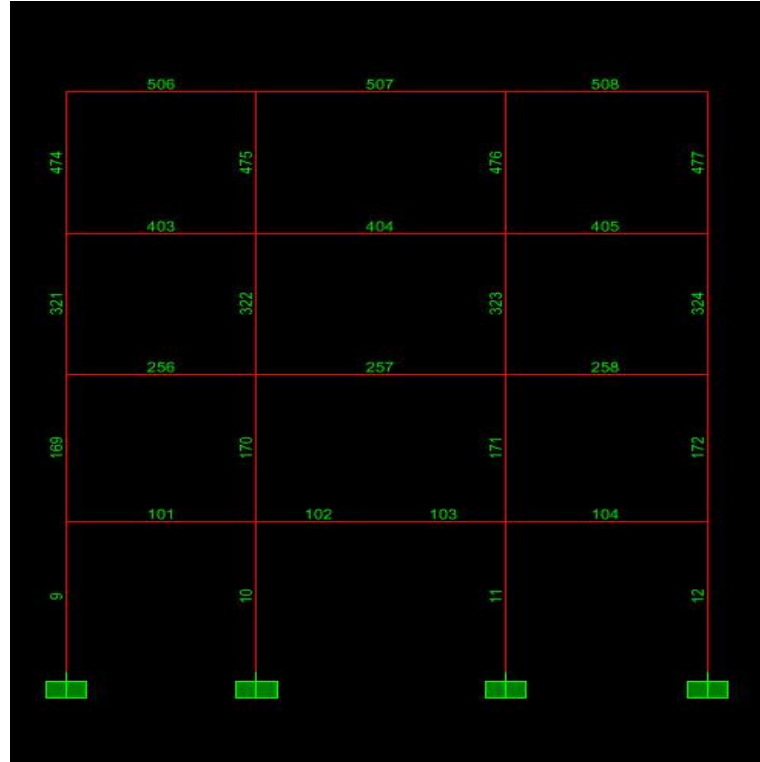
Şekil Ek1.4 3. kat giriş eleman numaraları



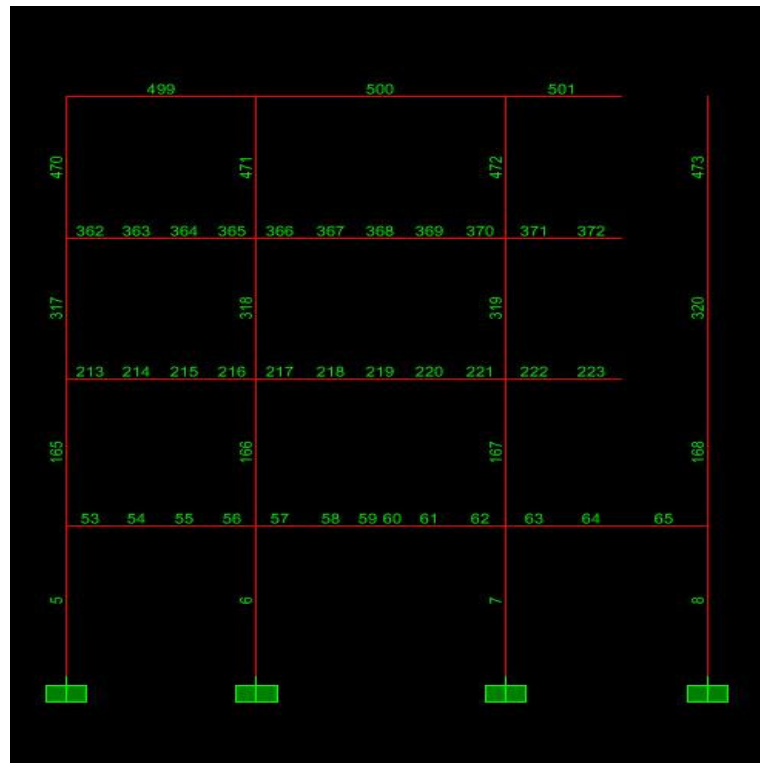
Şekil Ek1.5 A aksı kolon eleman numaraları



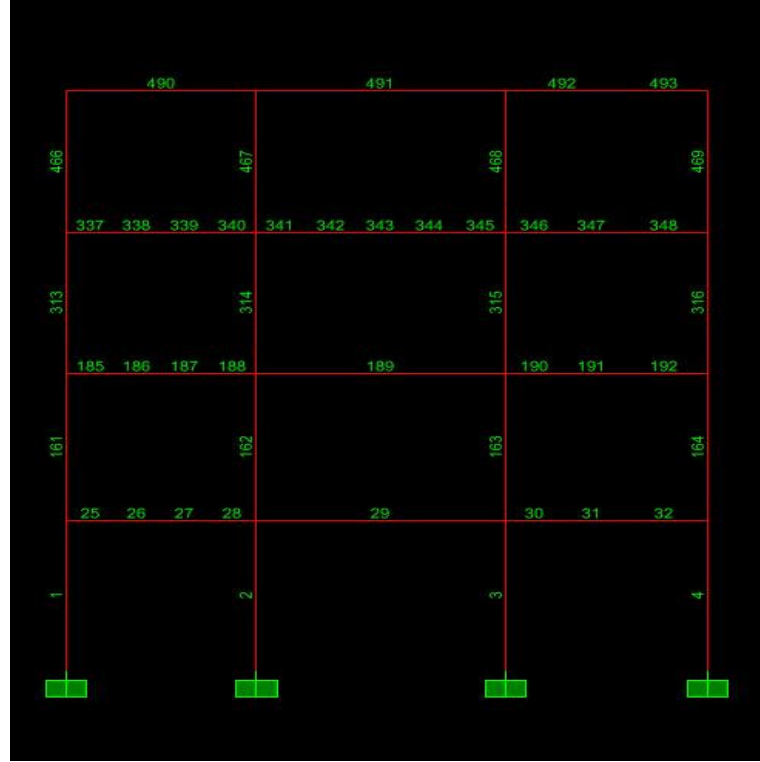
Şekil Ek1.6 B aksı kolon eleman numaraları



Şekil Ek1.7 C aksı kolon eleman numaraları

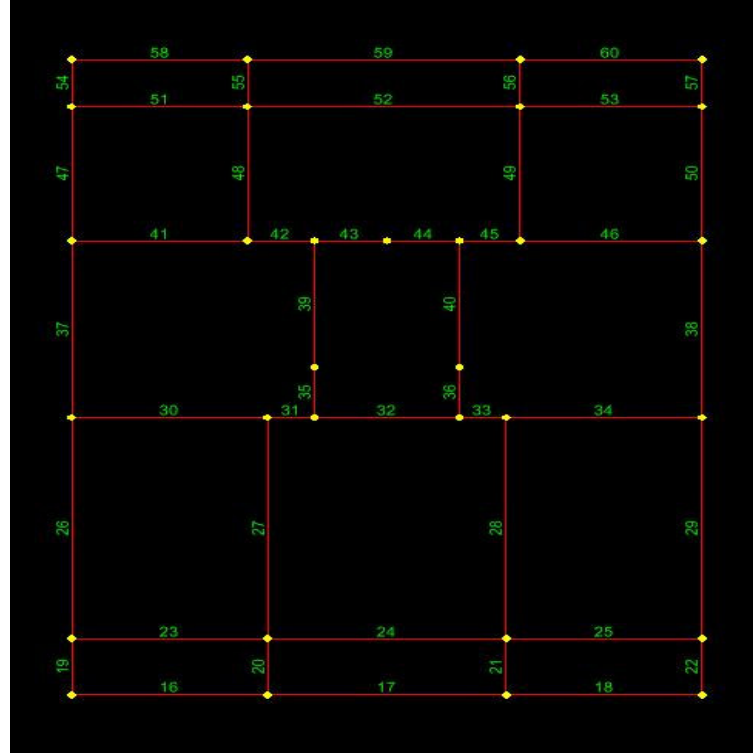


Şekil Ek1.8 D aksı kolon eleman numaraları

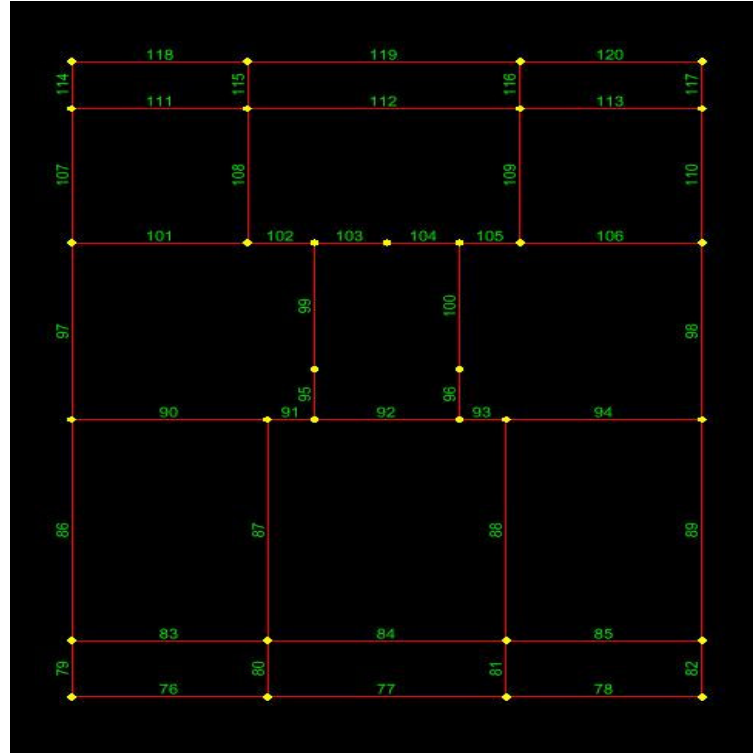


Şekil Ek1.9 E aksı kolon eleman numaraları

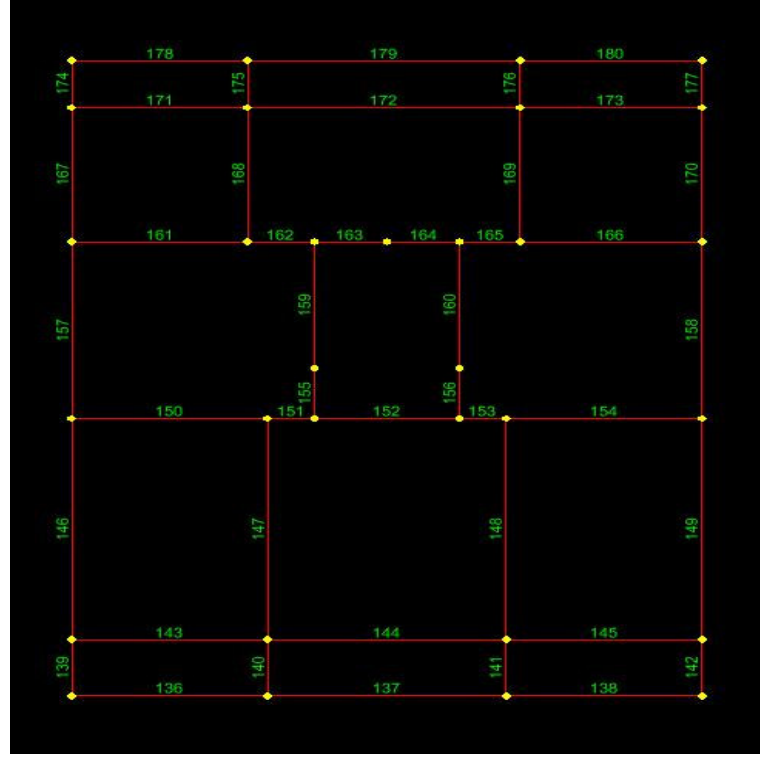
ABYYHY 97'Ye Göre İnşa Edilmiş Yapı



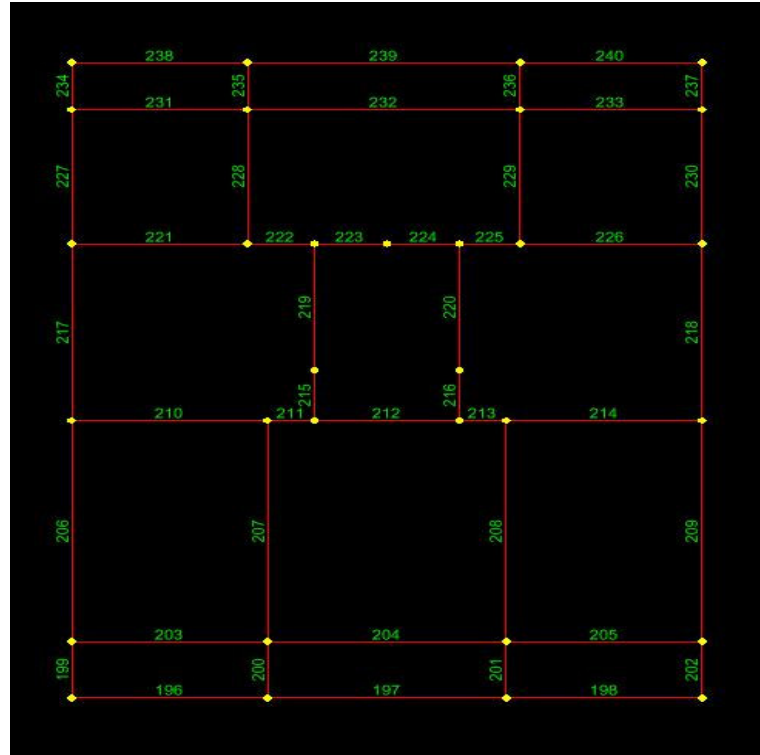
Şekil Ek1.10 Zemin kat kiriş eleman numaraları



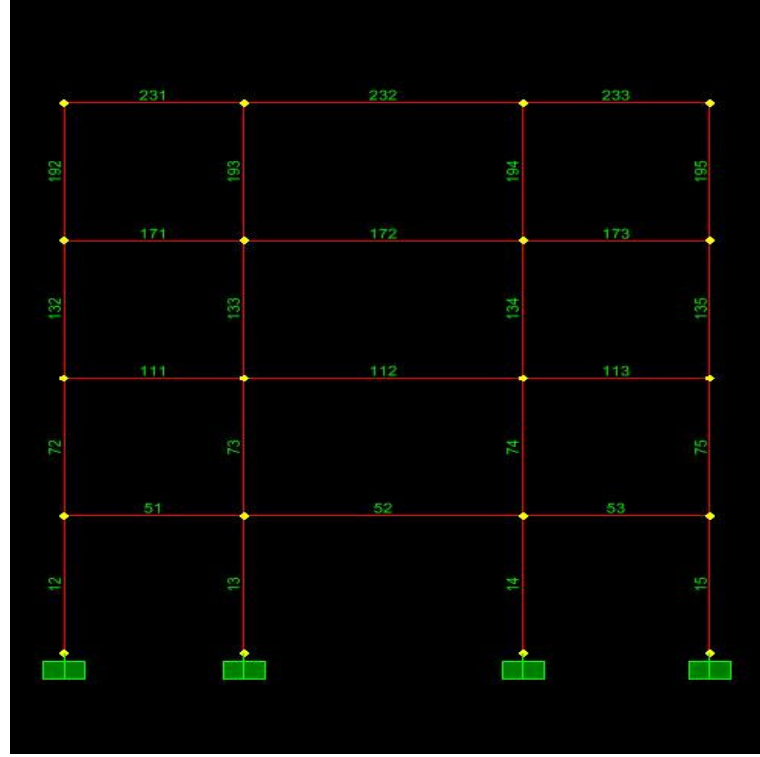
Şekil Ek1.11 1. kat kiriş eleman numaraları



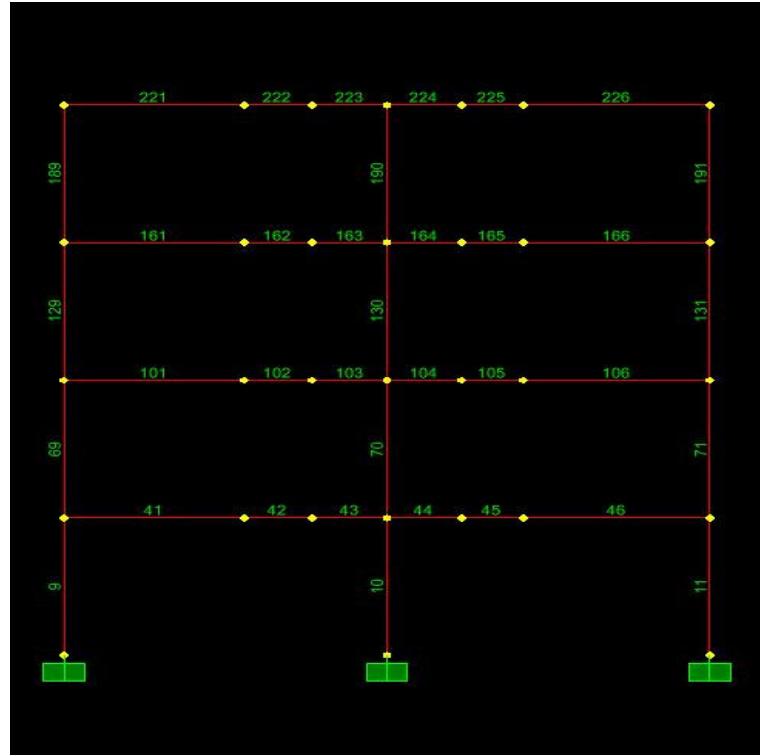
Şekil Ek1.12 2. kat kiriş eleman numaraları



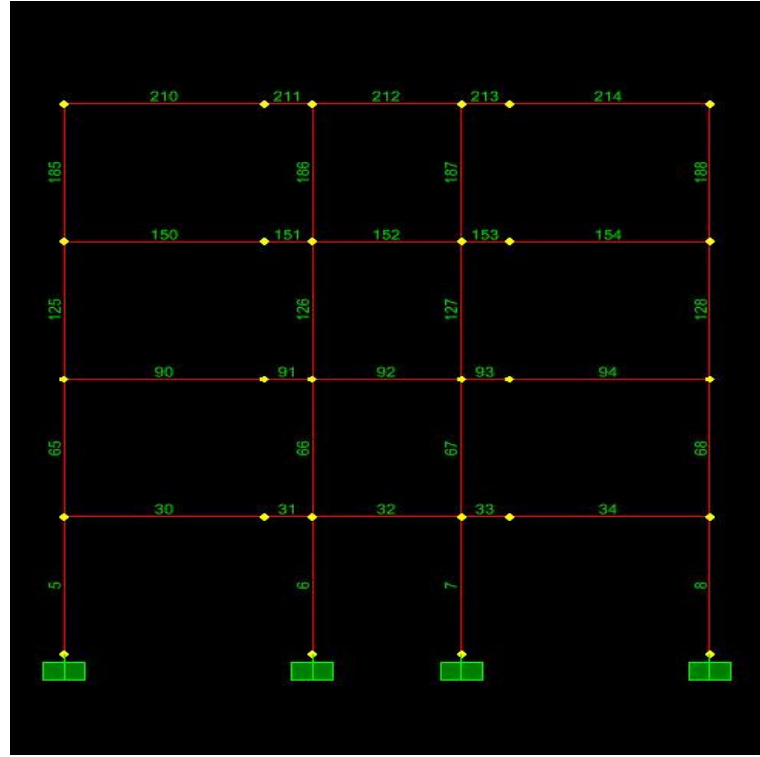
Şekil Ek1.13 3. kat kiriş eleman numaraları



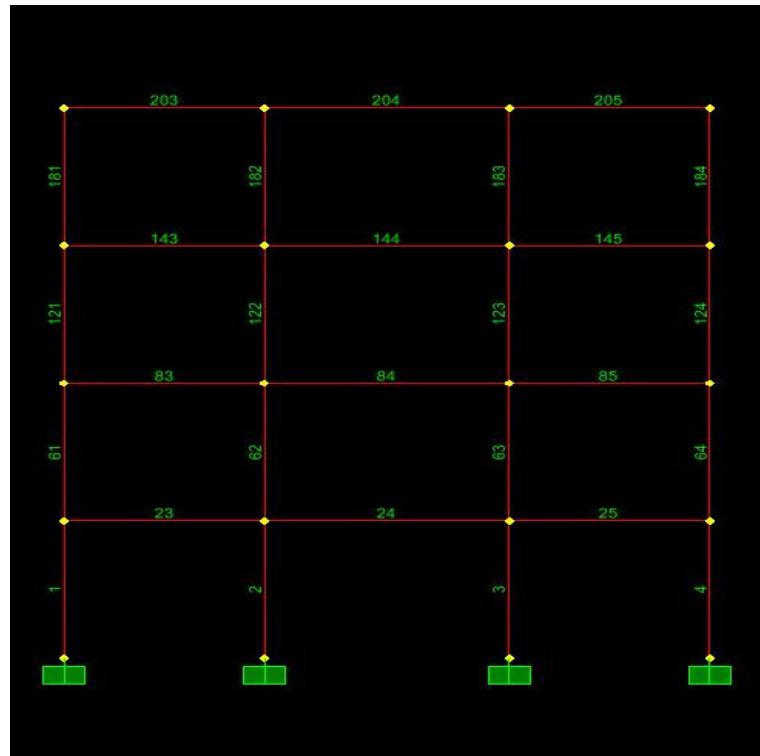
Şekil Ek1.14 A aksı kolon eleman numaraları



Şekil Ek1.15 B aksı kolon eleman numaraları



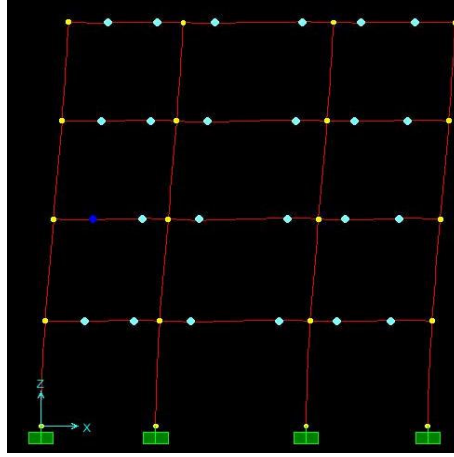
Şekil Ek1.16 C aksı kolon eleman numaraları



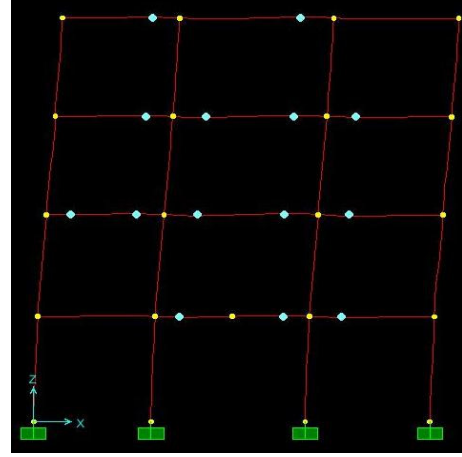
Şekil Ek1.17 D aksı kolon eleman numaraları

Ek 2 Kiriş ve Kolonlarda Plastik Dönme Dağılımları

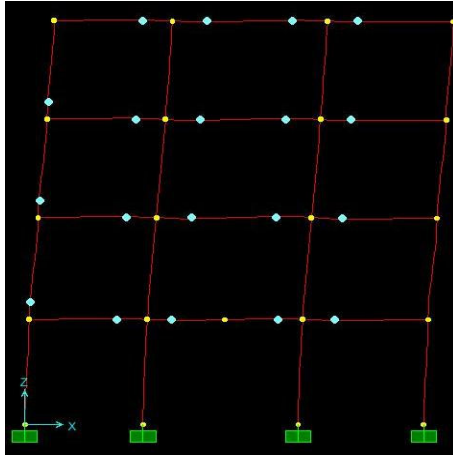
Eski Yönetmeliklere Göre İnşa Edilmiş Yapı (Güçlendirilmiş Durum)



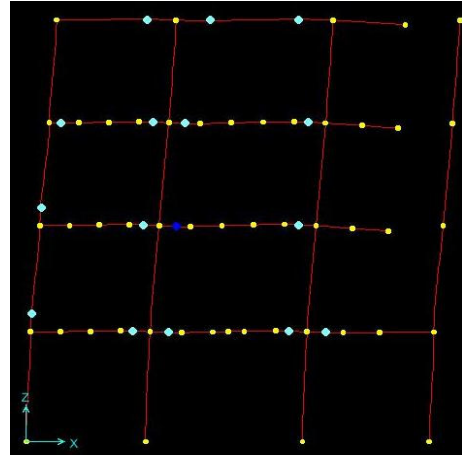
A aksı



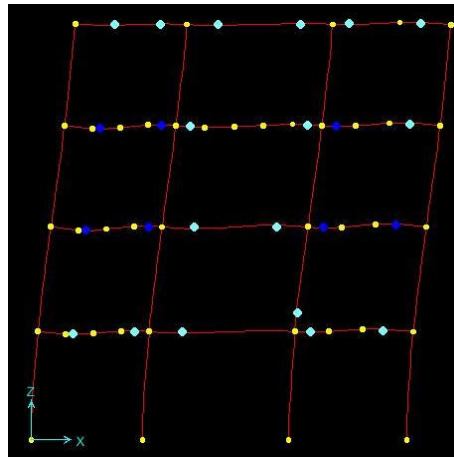
B aksı



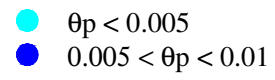
C aksı



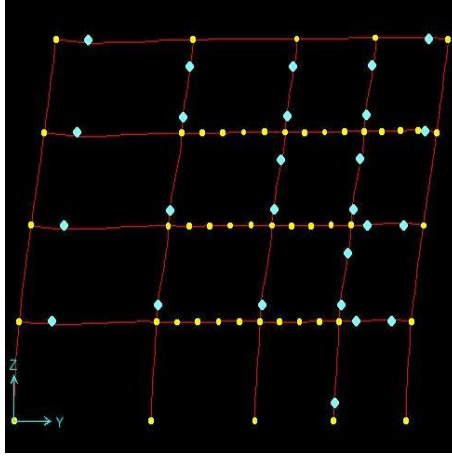
D aksı



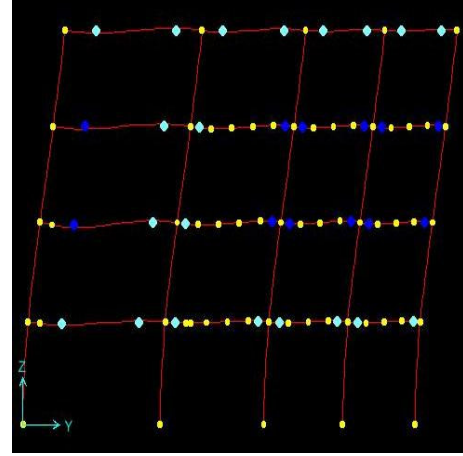
E aksı



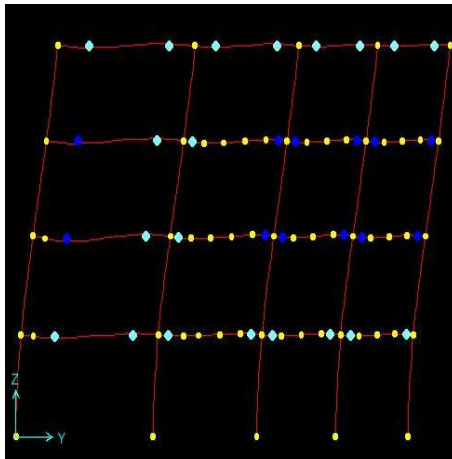
Şekil Ek 2.1 X yönü plastik mafsal dağılımları



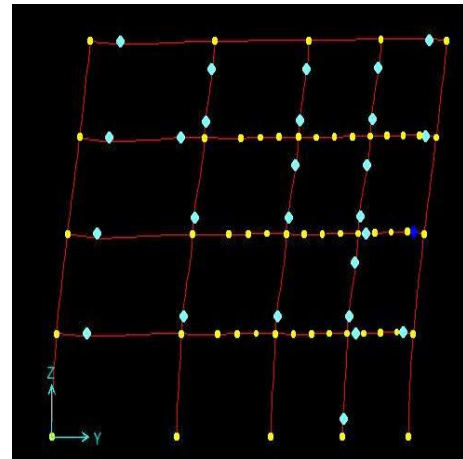
1 aksı



2 aksı



3 aksı

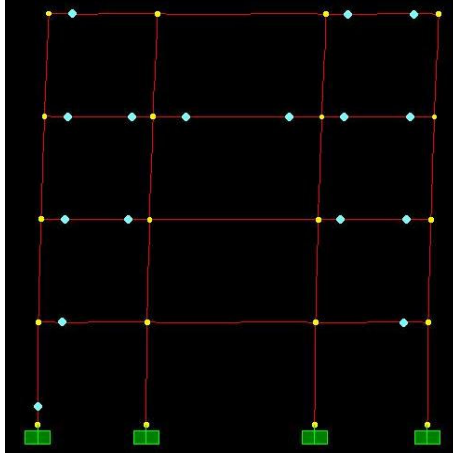


4 aksı

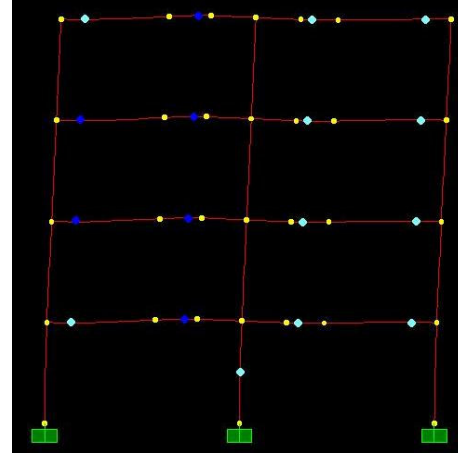
- $\theta_p < 0.005$
- $0.005 < \theta_p < 0.01$

Şekil Ek 2.2 Y yönü plastik mafsalları dağılımları

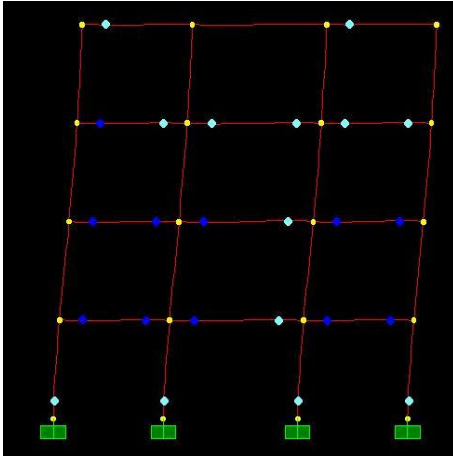
ABYYHY 97'Ye Göre İnşa Edilmiş Yapı



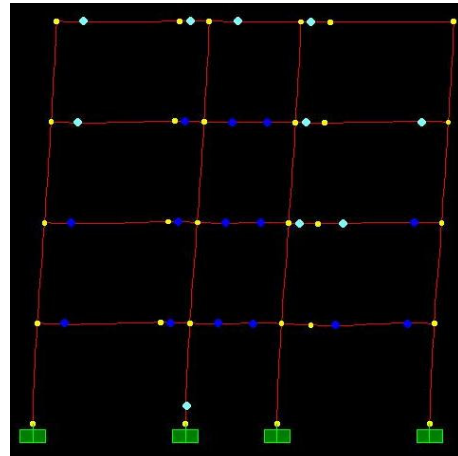
A aksı



B aksı



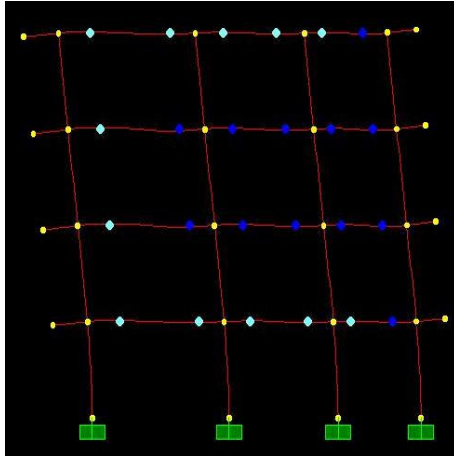
C aksı



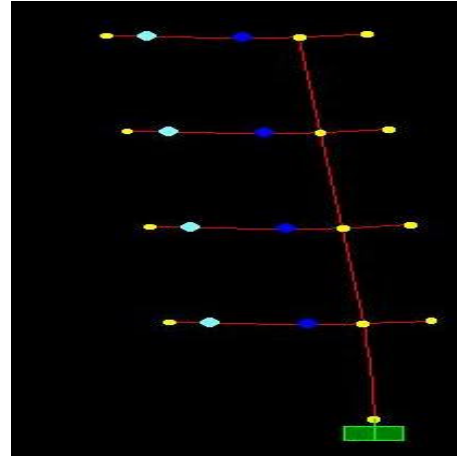
D aksı

- $\theta_p < 0.005$
- $0.005 < \theta_p < 0.01$

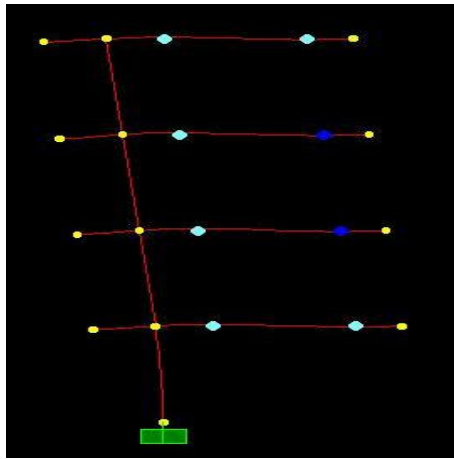
Şekil Ek 2.3 X yönü plastik dönme dağılımları



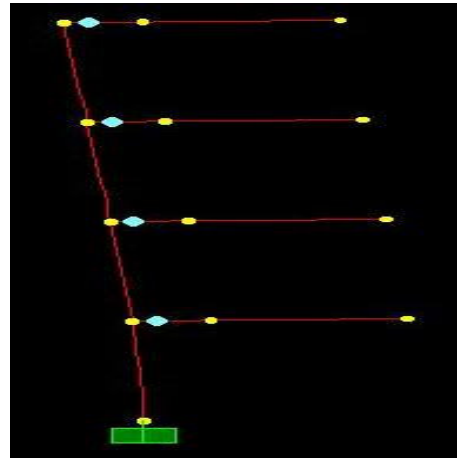
1 aks1



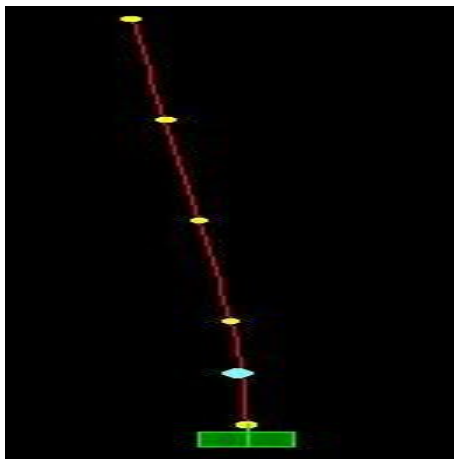
2 aks1



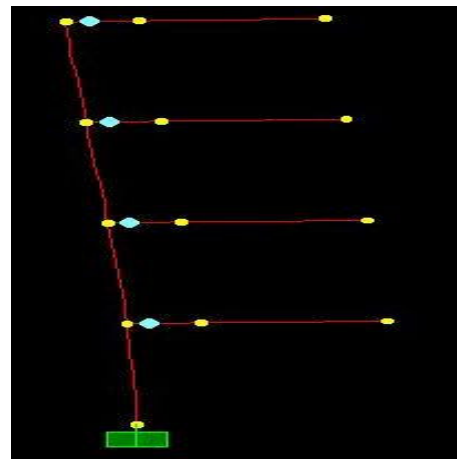
3 aks1



3' aks1

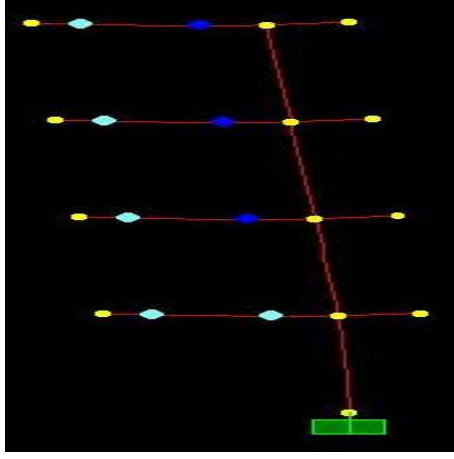


Perde

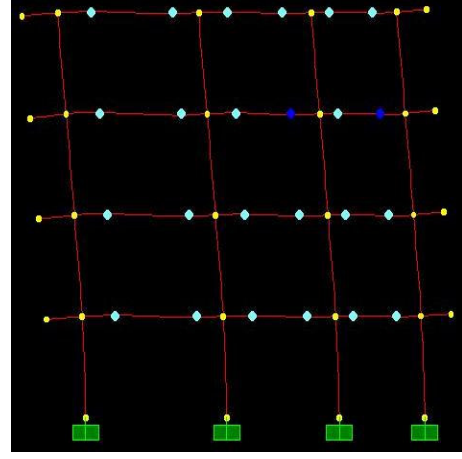


4' aks1

- $\theta_p < 0.005$
- $0.005 < \theta_p < 0.01$



5 aksı



6 aksı

- $\theta_p < 0.005$
- $0.005 < \theta_p < 0.01$

Şekil Ek 2.4 Y yönü plastik dönme dağılımları

Ek 3 FEMA Kabul Edilebilirlik Kriterleri

$(\rho - \rho') / \rho_{bal}$	Sargı Donatısı	$V / (b_w d (f'_c)^{0.5})$	$HK(\phi_p)$	$CG(\phi_p)$	$GÖ(\phi_p)$
≤ 0.0	C	≤ 3	0.010	0.020	0.025
≤ 0.0	C	≥ 6	0.005	0.010	0.020
≥ 0.5	C	≤ 3	0.005	0.010	0.020
≥ 0.5	C	≥ 6	0.005	0.005	0.015
≤ 0.0	NC	≤ 3	0.005	0.010	0.020
≤ 0.0	NC	≥ 6	0.015	0.005	0.010
≥ 0.5	NC	≤ 3	0.005	0.010	0.010
≥ 0.5	NC	≥ 6	0.015	0.005	0.005

Çizelge Ek 3.1 FEMA'ya göre eğilme etkisindeki kirişler için mafsallardaki plastik dönme limitleri

Sargı Donatısı Aralığı	$HK(\phi_p)$	$CG(\phi_p)$	$GÖ(\phi_p)$
$\leq d/2$	0.0015	0.0020	0.0030
$> d/2$	0.0015	0.0020	0.0030

Çizelge Ek 3.2 FEMA'ya göre kesme etkisindeki kirişler için mafsallardaki plastik dönme limitleri

$P / (A_g f'_c)$	Sargı Donatısı	$V / (b_w d (f'_c)^{0.5})$	$HK(\phi_p)$	$CG(\phi_p)$	$GÖ(\phi_p)$
≤ 0.1	C	≤ 3	0.005	0.015	0.020
≤ 0.1	C	≥ 6	0.005	0.012	0.016
≥ 0.4	C	≤ 3	0.003	0.012	0.015
≥ 0.4	C	≥ 6	0.003	0.010	0.012
≤ 0.1	NC	≤ 3	0.005	0.005	0.006
≤ 0.1	NC	≥ 6	0.005	0.004	0.005
≥ 0.4	NC	≤ 3	0.002	0.002	0.003
≥ 0.4	NC	≥ 6	0.002	0.002	0.002

Çizelge Ek 3.3 FEMA'ya göre eğilme etkisindeki kolonlar için mafsallardaki plastik dönme limitleri

$\frac{(A_s - A'_s)f_y + P}{t_w l_w f'_c}$	Sargı Donatısı	$\frac{Kesme}{t_w l_w \sqrt{f'_c}}$	HK(ϕ_p)	CG(ϕ_p)	GÖ(ϕ_p)
≤ 0.1	C	≤ 3	0.005	0.010	0.015
≤ 0.1	C	≥ 6	0.004	0.008	0.010
≥ 0.25	C	≤ 3	0.003	0.006	0.009
≥ 0.25	C	≥ 6	0.0015	0.003	0.005
≤ 0.1	NC	≤ 3	0.002	0.004	0.008
≤ 0.1	NC	≥ 6	0.002	0.004	0.006
≥ 0.25	NC	≤ 3	0.001	0.002	0.003
≥ 0.25	NC	≥ 6	0.001	0.001	0.002

Çizelge Ek 3.4 FEMA'ya göre eğilme etkisindeki perdeler için mafsallardaki plastik dönme limitleri

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	09.04.1980	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1991 - 1998	Vatan Anadolu Lisesi
Lisans	1998 - 2003	Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fak. İnşaat Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2003 - Devam ediyor	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Müh. Anabilim Dalı, Yapı Programı

Çalıştığı kurumlar

2003 - 2004	İmar Yapı Denetim Ltd Şti.
2004 - Devam ediyor	İf İnşaat Mühendislik Ltd Şti.