

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MEVCUT BİR OKUL YAPISININ
PERFORMANS YAKLAŞIMIYLA GÜÇLENDİRİLMESİ**

İnşaat Müh. Fuat AKKAN

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Bilge DORAN

İSTANBUL, 2006

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	xiv
ÖNSÖZ	xvii
ÖZET	xviii
ABSTRACT	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Önceki Çalışmalar	3
1.2 Bu Çalışmayla Hedeflenen	4
2. PERFORMANS KAVRAMI	5
2.1 Giriş	5
2.2 Binalar İçin Performans Seviyeleri	6
2.2.1 Yapısal Performans Seviyeleri ve Aralıkları	7
2.2.2 Yapısal Olmayan Performans Seviyeleri	9
2.2.3 Bina Performans Seviyeleri	11
2.3 Deprem Etki Seviyeleri	12
2.4 Elastik Deprem Spektrumunun (İvme – Periyot) Oluşturulması	14
3. DOĞRUSAL OLMAYAN STATİK İTME ANALİZİ	17
3.1 Giriş	17
3.2 Doğrusal Olmayan Statik İtme Yöntemi	19
3.2.1 Kapasitenin Belirlenmesi	19
3.2.2 Performans Noktasının Bulunması	22
3.2.2.1 Yer Değiştirme Katsayıları Yöntemi (FEMA – 356)	22
4. Kabul Kriterleri	26
4.1 Global Kriterler	26
4.2 Yerel Kriterler (Eleman Kabul Kriterleri)	27
5. MEVCUT BİR OKUL YAPISINDA PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ ..	34
5.1 Giriş	34
5.1.1 Yapı Genel Bilgileri	34
5.1.2 Kullanılan Malzeme Modelleri	37
5.1.3 Tasarım Parametreleri	37

5.1.4	Kapasite Eğrileri ve En Büyük Yer Değiş-tirmelerin Hesabı	47
5.1.5	Performans Değerlendirmesi	51
6.	GÜÇLENDİRİLMİŞ OKUL YAPISINDA PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ	63
6.1	Giriş	63
6.2	TİP – 1	63
6.2.1	Yapı Genel Bilgileri.....	63
6.2.2	Kullanılan Malzeme Modelleri.....	64
6.2.3	Tasarım Parametreleri.....	65
6.2.4	Kapasite Eğrileri ve En Büyük Yer Değiş-tirmelerin Hesabı	67
6.2.5	Performans Değerlendirmesi	70
6.3	TİP – 2	83
6.3.1	Yapı Genel Bilgileri.....	83
6.3.2	Kullanılan Malzeme Modelleri.....	84
6.3.3	Tasarım Parametreleri.....	84
6.3.4	Kapasite Eğrileri ve En Büyük Yer Değiş-tirmelerin Hesabı	86
6.3.5	Performans Değerlendirmesi	90
6.4	TİP – 3	102
6.4.1	Yapı Genel Bilgileri.....	102
6.4.2	Kullanılan Malzeme Modelleri.....	103
6.4.3	Tasarım Parametreleri.....	103
6.4.4	Kapasite Eğrileri ve En Büyük Yer Değiş-tirmelerin Hesabı	105
6.4.5	Performans Değerlendirmesi	109
7.	SONUÇLAR	121
7.1	Mevcut Durum Sonuçları	122
7.2	Tip – 1 Güçlendirme Şekli Sonuçları	123
7.3	Tip – 2 Güçlendirme Şekli Sonuçları	124
7.4	Tip – 3 Güçlendirme Şekli Sonuçları	125
	KAYNAKLAR	126
	EKLER	127
	Ek 1 Mevcut Durum, Tip – 1, Tip – 2 ve Tip – 3 Hesap Modeli 3 Boyutlu Görünümleri.....	128
	Ek 2 Kesitlere Ait Moment Eğrilikler ve Akma Yüzeyleri	130
	ÖZGEÇMİŞ	143

SİMGE LİSTESİ

A_0	Etkin yer ivmesi katsayısı
A_g	Etkili alan
A_s	Çekme donatısı alanı
A_s'	Basınç donatısı alanı
$A(T)$	Spektral ivme katsayısı
b_w	Kiriş genişliği
B_1	Bir saniyelik spektral ivme için kullanılan etkili sönüm oranına bağlı katsayı
B_s	Kısa periyot spektral ivme için kullanılan etkili sönüm oranına bağlı katsayı
C_0	Çok serbestlik dereceli sistemin tepe noktası yer değiştirmesi ile eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemin spektral yer değiştirmesi arasındaki ilişkiyi kuran katsayı
C_1	Yapının doğrusal ve doğrusal olmayan davranışları sırasında ortaya çıkan yer değiştirmeler arasında ilişki kuran katsayıdır
C_2	Histerik çevrimdeki kuvvet artımsız yer değiştirme etkisini dikkate alan katsayı
C_3	P - Δ etkilerinden dolayı oluşan yer değiştirme artışlarını dikkate alan katsayı
C_{vx}	Düşey dağılım çarpanı
d	Kesit etkili yüksekliği
E	Beton elastisite modülü
E_s	Beton çeliğinin elastisite modülü
EI	Etkili eğilme rijitliği
f_y	Beton çeliği hesap akma gerilmesi
f_{ck}	Beton karakteristik basınç dayanımı
F_a	Kısa periyot spektral ivme parametrelerine bağlı katsayı
F_i	i. kata etkiyen eşdeğer deprem yükü
F_v	Bir saniye periyot spektral ivme parametrelerine bağlı katsayı
g	Yerçekimi ivmesi
g_i	i. katın sabit yüklerinden oluşan ağırlık
h_i	i. katın katın tabana göre yüksekliği
h_x	x numaralı katın tabana göre yüksekliği
I	Bina önem katsayısı
K_e	Etkili yatay rijitlik
K_i	Yapının başlangıç (elastik) rijitliği
l_w	Perde boyu

m_x	x numaralı kat kütlesi
M_x	X yönü %5 eksantrisiteden kaynaklanan moment
M_y	Y yönü %5 eksantrisiteden kaynaklanan moment
n	Hareketli yük katılım katsayısı
P	Tasarım aksenal kuvveti
P_i	i. kattaki toplam düşey yük
R	Dayanım azaltma katsayısı
$R_a(T)$	Deprem yükü azaltma katsayısı
S_a	Spektral ivme
S_1	Bir saniye periyotluk spektral ivme
S_s	Kısa periyotluk spektral ivme
$S(T)$	Spektrum katsayısı
$S_a(T_1)$	T_1 'e karşılık gelen spektral ivme
t_w	Perde genişliği
T	Periyot
T_{A-B}	Zeminin spektrum karakteristik periyotları
T_{X-Y}	X ve Y yönü için yapı periyotları
T_i	Doğrusal dinamik analizden elde edilen serbest titreşim periyodu
T_e	Etkili periyot
u_y	İkili doğrusal kapasite eğrisinde akma yer değiştirmesi
u_t	Hedef yer değiştirme (performans noktasındaki yer değiştirme)
V	Tasarım kesme kuvveti
V_i	i. kattaki toplam kesme kuvveti
V_y	İkili doğrusal kapasite eğrisinde akma kesme kuvveti
W	Bina toplam ağırlığı
w_i	i.katın toplam ağırlığı
α	Bilineer hale getirilmiş kapasite eğrisinin ikinci eğiminin birinci eğime oranı
β	Etkili sönüm oranı
Φ_1	Birinci serbest titreşim modu şekli
Φ^{TEPE}	Birinci mod vektörünün tepe noktası değeri
ρ	Çekme donatısı oranı
ρ'	Basınç donatısı oranı
ρ_b	Dengeli donatı oranı
q_i	i.kattaki hareketli yüklerden oluşan ağırlık
δ_t	Hedef yer değiştirme (performans noktasındaki yer değiştirme)

δ_{tahmin}	Hedef yer değiştirme için yapılan iterasyonlarda başlangıç alınan değer(ilk değer bulunan kapasite eğrisinin son noktasıdır
Γ_1	Birinci serbest titreşim moduna ait modal katılım arpanı

KISALTMA LİSTESİ

ABYYHY	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
ACI	American Concrete Institute (Amerikan Beton Enstitüsü)
ATC	Applied Technology Council (Uygulamalı Teknoloji Merkezi)
CG	Can güvenliği performans seviyesi
FEMA	Federal Emergency Management Agency (Federal Acil Durum Merkezi)
GÖ	Göçmenin önlenmesi performans seviyesi
HK	Hemen kullanım performans seviyesi
TGD	Temel güvenlik depremi

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Performans Seviyeleri ve Aralıkları (Hancıoğlu, 2004).....	7
Şekil 2.2 Genel Spektrum Eğrisi (FEMA – 356).....	15
Şekil 3.1 Analitik İşlemler Şeması (Afacan, 2004).....	18
Şekil 3.2 Moment Eğrilik Diyagramı(XTRACT) Şekil 3.3 Akma Yüzeyleri (PCACOL) 19	
Şekil 3.4 Yatay Yük Dağılımları	20
Şekil 3.5 Birinci Mod İçin Atalet Kuvvetleri Dağılımı (Hancıoğlu, 2004).....	21
Şekil 3.6 Kapasite Eğrisinin İkili Doğru İle İdealize Edilmiş Hali (Hancıoğlu, 2004).....	23
Şekil 4.1 İç Kuvvet – Şekil Değiştirme Eğrisi (Afacan ,2004)	27
Şekil 4.2 Perde Ötelemesi ve Plastik Mafsal Dönmesi (Afacan, 2004)	28
Şekil 5.1 İncelenen İlköğretim Okulu.....	34
Şekil 5.2 Yapının Güçlendirme Öncesi Taşıyıcı Sistem Planı	35
Şekil 5.3 Karot Testleri.....	35
Şekil 5.4 Tahribatlı Perde Kırım Testleri	36
Şekil 5.5 Tahribatlı Kiriş Kırım Testleri	36
Şekil 5.6 Kullanılan Malzeme Modelleri	37
Şekil 5.7 XTRACT 3.05 Kesit Adı ve Birim Sistemi Seçeneği.....	41
Şekil 5.8 XTRACT 3.05 Eleman Tipi ve Yatay Donatı Seçeneği	41
Şekil 5.9 XTRACT 3.05 Eleman Boyut ve Düşey Donatı Seçeneği.....	42
Şekil 5.10 XTRACT 3.05 Malzeme Özellikleri Tanımlanması	42
Şekil 5.11 XTRACT 3.05 Moment – Eğrilik Yükleme.....	43
Şekil 5.12 XTRACT 3.05 Moment – Eğrilik Diyagramı Raporu	44
Şekil 5.13 PCACOL Analiz Sonucu M2 ve M3 Eksenlerine Göre Görünüm	45
Şekil 5.14 PCACOL Analiz Sonucu P ve M3 Eksenlerine Göre Görünüm.....	45
Şekil 5.15 SAP2000 Moment – Dönme Menüsü	46
Şekil 5.16 SAP2000 Akma Yüzeyleri Menüsü	47
Şekil 5.17 Elastik Tasarım İvme Spektrumu (FEMA – 356)	48
Şekil 5.18 Mevcut Durum X – X Yönü Kapasite Eğrileri	49
Şekil 5.19 Mevcut Durum Y – Y Yönü Kapasite Eğrileri	50
Şekil 5.20 SAP2000 Eleman Performans Seviyeleri Renklendirmesi	51
Şekil 5.21 Eleman Davranış Eğrisi.....	52
Şekil 5.22 Mevcut Durum 1 Aksı X Yönü Eleman Performansları	52
Şekil 5.23 Mevcut Durum 2 Aksı X Yönü Eleman Performansları	52
Şekil 5.24 Mevcut Durum 3 Aksı X Yönü Eleman Performansları	53

Şekil 5.25 Mevcut Durum 4 Aksı X Yönü Eleman Performansları	53
Şekil 5.26 Mevcut Durum A Aksı X Yönü Eleman Performansları	53
Şekil 5.27 Mevcut Durum B Aksı X Yönü Eleman Performansları	54
Şekil 5.28 Mevcut Durum C Aksı X Yönü Eleman Performansları	54
Şekil 5.29 Mevcut Durum D Aksı X Yönü Eleman Performansları	54
Şekil 5.30 Mevcut Durum E Aksı X Yönü Eleman Performansları.....	55
Şekil 5.31 Mevcut Durum F Aksı X Yönü Eleman Performansları.....	55
Şekil 5.32 Mevcut Durum G Aksı X Yönü Eleman Performansları	55
Şekil 5.33 Mevcut Durum H Aksı X Yönü Eleman Performansları	56
Şekil 5.34 Mevcut Durum I Aksı X Yönü Eleman Performansları.....	56
Şekil 5.35 Mevcut Durum J Aksı X Yönü Eleman Performansları.....	56
Şekil 5.36 Mevcut Durum K Aksı X Yönü Eleman Performansları	57
Şekil 5.37 Mevcut Durum L Aksı X Yönü Eleman Performansları.....	57
Şekil 5.38 Mevcut Durum 1 Aksı Y Yönü Eleman Performansları	57
Şekil 5.39 Mevcut Durum 2 Aksı Y Yönü Eleman Performansları	58
Şekil 5.40 Mevcut Durum 3 Aksı Y Yönü Eleman Performansları	58
Şekil 5.41 Mevcut Durum 4 Aksı Y Yönü Eleman Performansları	58
Şekil 5.42 Mevcut Durum A Aksı Y Yönü Eleman Performansları	59
Şekil 5.43 Mevcut Durum B Aksı Y Yönü Eleman Performansları	59
Şekil 5.44 Mevcut Durum C Aksı Y Yönü Eleman Performansları	59
Şekil 5.45 Mevcut Durum D Aksı Y Yönü Eleman Performansları	60
Şekil 5.46 Mevcut Durum E Aksı Y Yönü Eleman Performansları.....	60
Şekil 5.47 Mevcut Durum F Aksı Y Yönü Eleman Performansları.....	60
Şekil 5.48 Mevcut Durum G Aksı Y Yönü Eleman Performansları	61
Şekil 5.49 Mevcut Durum H Aksı Y Yönü Eleman Performansları	61
Şekil 5.50 Mevcut Durum I Aksı Y Yönü Eleman Performansları.....	61
Şekil 5.51 Mevcut Durum J Aksı Y Yönü Eleman Performansları.....	62
Şekil 5.52 Mevcut Durum K Aksı Y Yönü Eleman Performansları	62
Şekil 5.53 Mevcut Durum L Aksı Y Yönü Eleman Performansları.....	62
Şekil 6.1 Yapının Güçlendirme Sonrası Taşıyıcı Sistem Planı	64
Şekil 6.2 Kullanılan Malzeme Modelleri	65
Şekil 6.3 Tip – 1 Güçlendirme X – X Yönü Kapasite Eğrileri.....	69
Şekil 6.4 Tip – 1 Güçlendirme Y – Y Yönü Kapasite Eğrileri.....	70
Şekil 6.5 SAP2000 Eleman Performans Seviyeleri Renklendirmesi	71
Şekil 6.6 Eleman Davranış Eğrisi.....	71

Şekil 6.7 Tip – 1 Güçlendirmesi 1 Aksı X Yönü Eleman Performansları	72
Şekil 6.8 Tip – 1 Güçlendirmesi 2 Aksı X Yönü Eleman Performansları	72
Şekil 6.9 Tip - 1 Güçlendirmesi 3 Aksı X Yönü Eleman Performansları	72
Şekil 6.10 Tip - 1 Güçlendirmesi 4 Aksı X Yönü Eleman Performansları	73
Şekil 6.11 Tip - 1 Güçlendirmesi A Aksı X Yönü Eleman Performansları	73
Şekil 6.12 Tip - 1 Güçlendirmesi B Aksı X Yönü Eleman Performansları.....	73
Şekil 6.13 Tip - 1 Güçlendirmesi C Aksı X Yönü Eleman Performansları.....	74
Şekil 6.14 Tip - 1 Güçlendirmesi D Aksı X Yönü Eleman Performansları	74
Şekil 6.15 Tip - 1 Güçlendirmesi E Aksı X Yönü Eleman Performansları.....	74
Şekil 6.16 Tip - 1 Güçlendirmesi F Aksı X Yönü Eleman Performansları.....	75
Şekil 6.17 Tip - 1 Güçlendirmesi G Aksı X Yönü Eleman Performansları	75
Şekil 6.18 Tip - 1 Güçlendirmesi H Aksı X Yönü Eleman Performansları	75
Şekil 6.19 Tip - 1 Güçlendirmesi I Aksı X Yönü Eleman Performansları.....	76
Şekil 6.20 Tip - 1 Güçlendirmesi J Aksı X Yönü Eleman Performansları.....	76
Şekil 6.21 Tip - 1 Güçlendirmesi K Aksı X Yönü Eleman Performansları	76
Şekil 6.22 Tip - 1 Güçlendirmesi L Aksı X Yönü Eleman Performansları.....	77
Şekil 6.23 Tip - 1 Güçlendirmesi 1 Aksı Y Yönü Eleman Performansları	77
Şekil 6.24 Tip - 1 Güçlendirmesi 2 Aksı Y Yönü Eleman Performansları	77
Şekil 6.25 Tip - 1 Güçlendirmesi 3 Aksı Y Yönü Eleman Performansları	78
Şekil 6.26 Tip - 1 Güçlendirmesi 4 Aksı Y Yönü Eleman Performansları	78
Şekil 6.27 Tip - 1 Güçlendirmesi A Aksı Y Yönü Eleman Performansları	78
Şekil 6.28 Tip - 1 Güçlendirmesi B Aksı Y Yönü Eleman Performansları.....	79
Şekil 6.29 Tip - 1 Güçlendirmesi C Aksı Y Yönü Eleman Performansları.....	79
Şekil 6.30 Tip - 1 Güçlendirmesi D Aksı Y Yönü Eleman Performansları	79
Şekil 6.31 Tip - 1 Güçlendirmesi E Aksı Y Yönü Eleman Performansları.....	80
Şekil 6.32 Tip - 1 Güçlendirmesi F Aksı Y Yönü Eleman Performansları.....	80
Şekil 6.33 Tip - 1 Güçlendirmesi G Aksı Y Yönü Eleman Performansları	80
Şekil 6.34 Tip - 1 Güçlendirmesi H Aksı Y Yönü Eleman Performansları	81
Şekil 6.35 Tip - 1 Güçlendirmesi I Aksı Y Yönü Eleman Performansları.....	81
Şekil 6.36 Tip - 1 Güçlendirmesi J Aksı Y Yönü Eleman Performansları.....	81
Şekil 6.37 Tip - 1 Güçlendirmesi K Aksı Y Yönü Eleman Performansları	82
Şekil 6.38 Tip - 1 Güçlendirmesi L Aksı Y Yönü Eleman Performansları.....	82
Şekil 6.39 Yapının Güçlendirme Sonrası Taşıyıcı Sistem Planı	83
Şekil 6.40 Kullanılan Malzeme Modelleri	84
Şekil 6.41 Tip – 2 Güçlendirme X – X Yönü Kapasite Eğrileri.....	88

Şekil 6.42 Tip – 2 Güçlendirme Y – Y Yönü Kapasite Eğrileri.....	89
Şekil 6.43 SAP2000 Eleman Performans Seviyeleri Renklendirmesi	90
Şekil 6.44 Eleman Davranış Eğrisi.....	90
Şekil 6.45 Tip - 2 Güçlendirmesi 1 Aksı X Yönü Eleman Performansları	91
Şekil 6.46 Tip - 2 Güçlendirmesi 2 Aksı X Yönü Eleman Performansları	91
Şekil 6.47 Tip - 2 Güçlendirmesi 3 Aksı X Yönü Eleman Performansları	91
Şekil 6.48 Tip - 2 Güçlendirmesi 4 Aksı X Yönü Eleman Performansları	92
Şekil 6.49 Tip - 2 Güçlendirmesi A Aksı X Yönü Eleman Performansları	92
Şekil 6.50 Tip - 2 Güçlendirmesi B Aksı X Yönü Eleman Performansları.....	92
Şekil 6.51 Tip - 2 Güçlendirmesi C Aksı X Yönü Eleman Performansları.....	93
Şekil 6.52 Tip - 2 Güçlendirmesi D Aksı X Yönü Eleman Performansları	93
Şekil 6.53 Tip - 2 Güçlendirmesi E Aksı X Yönü Eleman Performansları.....	93
Şekil 6.54 Tip - 2 Güçlendirmesi F Aksı X Yönü Eleman Performansları.....	94
Şekil 6.55 Tip - 2 Güçlendirmesi G Aksı X Yönü Eleman Performansları	94
Şekil 6.56 Tip - 2 Güçlendirmesi H Aksı X Yönü Eleman Performansları	94
Şekil 6.57 Tip - 2 Güçlendirmesi I Aksı X Yönü Eleman Performansları.....	95
Şekil 6.58 Tip - 2 Güçlendirmesi J Aksı X Yönü Eleman Performansları.....	95
Şekil 6.59 Tip - 2 Güçlendirmesi K Aksı X Yönü Eleman Performansları	95
Şekil 6.60 Tip - 2 Güçlendirmesi L Aksı X Yönü Eleman Performansları.....	96
Şekil 6.61 Tip - 2 Güçlendirmesi 1 Aksı Y Yönü Eleman Performansları	96
Şekil 6.62 Tip - 2 Güçlendirmesi 2 Aksı Y Yönü Eleman Performansları	96
Şekil 6.63 Tip - 2 Güçlendirmesi 3 Aksı Y Yönü Eleman Performansları	97
Şekil 6.64 Tip - 2 Güçlendirmesi 4 Aksı Y Yönü Eleman Performansları	97
Şekil 6.65 Tip - 2 Güçlendirmesi A Aksı Y Yönü Eleman Performansları	97
Şekil 6.66 Tip - 2 Güçlendirmesi B Aksı Y Yönü Eleman Performansları.....	98
Şekil 6.67 Tip - 2 Güçlendirmesi C Aksı Y Yönü Eleman Performansları.....	98
Şekil 6.68 Tip - 2 Güçlendirmesi D Aksı Y Yönü Eleman Performansları	98
Şekil 6.69 Tip - 2 Güçlendirmesi E Aksı Y Yönü Eleman Performansları.....	99
Şekil 6.70 Tip - 2 Güçlendirmesi F Aksı Y Yönü Eleman Performansları.....	99
Şekil 6.71 Tip - 2 Güçlendirmesi G Aksı Y Yönü Eleman Performansları	99
Şekil 6.72 Tip - 2 Güçlendirmesi H Aksı Y Yönü Eleman Performansları	100
Şekil 6.73 Tip - 2 Güçlendirmesi I Aksı Y Yönü Eleman Performansları.....	100
Şekil 6.74 Tip - 2 Güçlendirmesi J Aksı Y Yönü Eleman Performansları.....	100
Şekil 6.75 Tip - 2 Güçlendirmesi K Aksı Y Yönü Eleman Performansları	101
Şekil 6.76 Tip - 2 Güçlendirmesi L Aksı Y Yönü Eleman Performansları.....	101

Şekil 6.77 Yapının Güçlendirme Sonrası Taşıyıcı Sistem Planı	102
Şekil 6.78 Kullanılan Malzeme Modelleri	103
Şekil 6.79 Tip – 3 Güçlendirme X – X Yönü Kapasite Eğrileri.....	107
Şekil 6.80 Tip – 3 Güçlendirme Y – Y Yönü Kapasite Eğrileri.....	108
Şekil 6.81 SAP2000 Eleman Performans Seviyeleri Renklendirmesi	109
Şekil 6.82 Eleman Davranış Eğrisi.....	109
Şekil 6.83 Tip - 3 Güçlendirmesi 1 Aksı X Yönü Eleman Performansları	110
Şekil 6.84 Tip - 3 Güçlendirmesi 2 Aksı X Yönü Eleman Performansları	110
Şekil 6.85 Tip - 3 Güçlendirmesi 3 Aksı X Yönü Eleman Performansları	110
Şekil 6.86 Tip - 3 Güçlendirmesi 4 Aksı X Yönü Eleman Performansları	111
Şekil 6.87 Tip - 3 Güçlendirmesi A Aksı X Yönü Eleman Performansları	111
Şekil 6.88 Tip - 3 Güçlendirmesi B Aksı X Yönü Eleman Performansları.....	111
Şekil 6.89 Tip - 3 Güçlendirmesi C Aksı X Yönü Eleman Performansları.....	112
Şekil 6.90 Tip - 3 Güçlendirmesi D Aksı X Yönü Eleman Performansları	112
Şekil 6.91 Tip - 3 Güçlendirmesi E Aksı X Yönü Eleman Performansları.....	112
Şekil 6.92 Tip - 3 Güçlendirmesi F Aksı X Yönü Eleman Performansları.....	113
Şekil 6.93 Tip - 3 Güçlendirmesi G Aksı X Yönü Eleman Performansları	113
Şekil 6.94 Tip - 3 Güçlendirmesi H Aksı X Yönü Eleman Performansları	113
Şekil 6.95 Tip - 3 Güçlendirmesi I Aksı X Yönü Eleman Performansları.....	114
Şekil 6.96 Tip - 3 Güçlendirmesi J Aksı X Yönü Eleman Performansları.....	114
Şekil 6.97 Tip - 3 Güçlendirmesi K Aksı X Yönü Eleman Performansları	114
Şekil 6.98 Tip - 3 Güçlendirmesi L Aksı X Yönü Eleman Performansları.....	115
Şekil 6.99 Tip - 3 Güçlendirmesi 1 Aksı Y Yönü Eleman Performansları	115
Şekil 6.100 Tip - 3 Güçlendirmesi 2 Aksı Y Yönü Eleman Performansları	115
Şekil 6.101 Tip - 3 Güçlendirmesi 3 Aksı Y Yönü Eleman Performansları	116
Şekil 6.102 Tip - 3 Güçlendirmesi 4 Aksı Y Yönü Eleman Performansları	116
Şekil 6.103 Tip - 3 Güçlendirmesi A Aksı Y Yönü Eleman Performansları	116
Şekil 6.104 Tip - 3 Güçlendirmesi B Aksı Y Yönü Eleman Performansları.....	117
Şekil 6.105 Tip - 3 Güçlendirmesi C Aksı Y Yönü Eleman Performansları.....	117
Şekil 6.106 Tip - 3 Güçlendirmesi D Aksı Y Yönü Eleman Performansları	117
Şekil 6.107 Tip - 3 Güçlendirmesi E Aksı Y Yönü Eleman Performansları.....	118
Şekil 6.108 Tip - 3 Güçlendirmesi F Aksı Y Yönü Eleman Performansları.....	118
Şekil 6.109 Tip - 3 Güçlendirmesi G Aksı Y Yönü Eleman Performansları	118
Şekil 6.110 Tip - 3 Güçlendirmesi H Aksı Y Yönü Eleman Performansları	119
Şekil 6.111 Tip - 3 Güçlendirmesi I Aksı Y Yönü Eleman Performansları.....	119

Şekil 6.112 Tip - 3 Güçlendirmesi J Aksı Y Yönü Eleman Performansları.....	119
Şekil 6.113 Tip - 3 Güçlendirmesi K Aksı Y Yönü Eleman Performansları	120
Şekil 6.114 Tip - 3 Güçlendirmesi L Aksı Y Yönü Eleman Performansları.....	120
Şekil Ek1.1 Mevcut Durum SAP2000 Hesap Modeli 3 Boyutlu Görünüm.....	128
Şekil Ek1.2 Tip – 1 Güçlendirme Şekli SAP2000 Hesap Modeli 3 Boyutlu Görünüm.....	128
Şekil Ek1.3 Tip – 2 Güçlendirme Şekli SAP2000 Hesap Modeli 3 Boyutlu Görünüm.....	129
Şekil Ek1.4 Tip – 3 Güçlendirme Şekli SAP2000 Hesap Modeli 3 Boyutlu Görünüm.....	129

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Bina Yapısal ve Yapısal Olmayan Performans Seviyeleri (FEMA – 356)	6
Çizelge 2.2 Yapısal Performans Seviye ve Aralıkları (FEMA – 356)	9
Çizelge 2.3 Yapısal Olmayan Performans Seviyeleri (FEMA – 356).....	10
Çizelge 2.4 Deprem Parametreleri (Afacan, 2004)	13
Çizelge 2.5 Deprem Etki Seviyesine ve Bina Performans Seviyesine Bağlı Performans Amaçları (FEMA – 356).....	13
Çizelge 2.6 S_s Kısa Periyot Spektral Parametrelerine Bağlı Olarak F_a Değerleri	15
Çizelge 2.7 S_1 Bir Saniye Periyot Spektral Parametresine Bağlı Olarak F_v Değerleri.....	15
Çizelge 2.8 Sönüm Katsayıları β Sönüm Oranına Bağlı Olarak B_s ve B_1 (FEMA – 356)	16
Çizelge 3.1 C_0 Katsayısı İçin Yaklaşık Değerler (FEMA – 356)	24
Çizelge 3.2 C_2 Katsayısı Değerleri (FEMA – 356).....	25
Çizelge 4.1 Deformasyon Limitleri (ATC – 40)	26
Çizelge 4.2 Betonarme Kirişler İçin Şekil Değiştirme Kabul Kriterleri (FEMA – 356).....	30
Çizelge 4.3 Betonarme Kolonlar İçin Şekil Değiştirme Kabul Kriterleri (FEMA – 356).....	31
Çizelge 4.4 Eğilme Etkisindeki Betonarme Perdeler ve Perde Bağ Kirişleri İçin Şekil Değiştirme Kabul Kriterleri	32
Çizelge 4.5 Kesme Etkisindeki Betonarme Perdeler ve Perde Bağ Kirişleri İçin Şekil Değiştirme Kabul Kriterleri	33
Çizelge 5.1 Elle Hesaplanan Ağırlıklar	38
Çizelge 5.2 Kombinasyonlarda Kullanılacak Yük Katsayıları.....	38
Çizelge 5.3 Mevcut Durum Yapı Periyotları.....	39
Çizelge 5.4 Mevcut Durum ABYYHY' e Göre Yapı Katsayıları.....	40
Çizelge 5.5 Mevcut Durum Statik İtme Deprem Kuvvetleri.....	40
Çizelge 5.6 Mevcut Durum Hedef Deplasman Hesabı İçin Gerekli Parametreler	48
Çizelge 5.7 Mevcut Durum X – X Yönü Hedef Deplasman Hesabı İçin Gerekli Parametreler.....	49
Çizelge 5.8 Mevcut Durum X – X Yönü İterasyon Sonuçları.....	49
Çizelge 5.9 Mevcut Durum X – X Yönü İçin Statik İtme Analiziyle Elde Edilen Sonuçlar ...	50
Çizelge 5.10 Mevcut Durum Y – Y Yönü Hedef Deplasman Hesabı İçin Gerekli Parametreler.....	50
Çizelge 5.11 Mevcut Durum Y – Y Yönü İterasyon Sonuçları.....	50
Çizelge 5.12 Mevcut Durum Y – Y Yönü İçin Statik İtme Analiziyle Elde Edilen Sonuçlar .	51
Çizelge 6.1 Tip – 1 Güçlendirme Yapı Periyotları.....	66
Çizelge 6.2 Tip – 1 Güçlendirme ABYYHY' e Göre Yapı Katsayıları	66
Çizelge 6.3 Tip – 1 Güçlendirme Statik İtme Deprem Kuvvetleri.....	66

Çizelge 6.4 Tip – 1 Güçlendirme Hedef Deplasman Hesabı İçin Gerekli Parametreler	68
Çizelge 6.5 Tip – 1 Güçlendirme X – X Yönü Hedef Deplasman Hesabı İçin Gerekli Parametreler	68
Çizelge 6.6 Tip – 1 Güçlendirme X – X Yönü İterasyon Sonuçları.....	68
Çizelge 6.7 Tip – 1 Güçlendirme X – X Yönü İçin Statik İtme Analiziyle Elde Edilen Sonuçlar	69
Çizelge 6.8 Tip – 1 Güçlendirme Y – Y Yönü Hedef Deplasman Hesabı İçin Gerekli Parametreler	69
Çizelge 6.9 Tip – 1 Güçlendirme Y– Y Yönü İterasyon Sonuçları.....	69
Çizelge 6.10 Tip – 1 Güçlendirme Y – Y Yönü İçin Statik İtme Analiziyle Elde Edilen Sonuçlar	70
Çizelge 6.11 Tip – 2 Güçlendirme Yapı Periyotları.....	85
Çizelge 6.12 Tip – 2 Güçlendirme ABYYHY’ e Göre Yapı Katsayıları	85
Çizelge 6.13 Tip – 2 Güçlendirme Statik İtme Deprem Kuvvetleri.....	85
Çizelge 6.14 Tip – 2 Güçlendirme Hedef Deplasman Hesabı İçin Gerekli Parametreler	87
Çizelge 6.15 Tip – 2 Güçlendirme X – X Yönü Hedef Deplasman Hesabı İçin Gerekli Parametreler	87
Çizelge 6.16 Tip – 2 Güçlendirme X – X Yönü İterasyon Sonuçları.....	87
Çizelge 6.17 Tip – 2 Güçlendirme X – X Yönü İçin Statik İtme Analiziyle Elde Edilen Sonuçlar	88
Çizelge 6.18 Tip – 2 Güçlendirme Y – Y Yönü Hedef Deplasman Hesabı İçin Gerekli Parametreler	88
Çizelge 6.19 Tip – 2 Güçlendirme Y– Y Yönü İterasyon Sonuçları.....	88
Çizelge 6.20 Tip – 2 Güçlendirme Y – Y Yönü İçin Statik İtme Analiziyle Elde Edilen Sonuçlar	89
Çizelge 6.21 Tip – 3 Güçlendirme Yapı Periyotları.....	104
Çizelge 6.22 Tip – 3 Güçlendirme ABYYHY’ e Göre Yapı Katsayıları.....	104
Çizelge 6.23 Tip – 3 Güçlendirme Statik İtme Deprem Kuvvetleri.....	104
Çizelge 6.24 Tip – 3 Güçlendirme Hedef Deplasman Hesabı İçin Gerekli Parametreler.....	106
Çizelge 6.25 Tip – 3 Güçlendirme X – X Yönü Hedef Deplasman Hesabı İçin Gerekli Parametreler	106
Çizelge 6.26 Tip – 3 Güçlendirme X – X Yönü İterasyon Sonuçları.....	106
Çizelge 6.27 Tip – 3 Güçlendirme X – X Yönü İçin Statik İtme Analiziyle Elde Edilen Sonuçlar	107
Çizelge 6.28 Tip – 3 Güçlendirme Y – Y Yönü Hedef Deplasman Hesabı İçin Gerekli	

Parametreler	107
Çizelge 6.29 Tip – 3 Güçlendirme Y– Y Yönü İterasyon Sonuçları.....	107
Çizelge 6.30 Tip – 3 Güçlendirme Y – Y Yönü İçin Statik İtme Analiziyle Elde Edilen Sonuçlar	108
Çizelge 7.1 X – X Doğrultusu İçin Statik İtme Yöntemiyle ve Katsayılar Yöntemiyle Elde Edilen Sonuçlar	121
Çizelge 7.2 Y – Y Doğrultusu İçin Statik İtme Yöntemiyle ve Katsayılar Yöntemiyle Elde Edilen Sonuçlar	122
Çizelge Ek 2.1 Mevcut Kolon Moment – Eğrilik İlişkileri	130
Çizelge Ek 2.2 Mevcut Kiriş ve Perde Moment – Eğrilik İlişkileri	131
Çizelge Ek 2.3 Güçlendirme Elemanları Moment – Eğrilik İlişkileri.....	132
Çizelge Ek 2.4 1C30X60 Kolonu Akma Yüzeyleri	133
Çizelge Ek 2.5 2C30X60 Kolonu Akma Yüzeyleri	134
Çizelge Ek 2.6 3C30X60 Kolonu Akma Yüzeyleri	135
Çizelge Ek 2.7 1C40X60 Kolonu Akma Yüzeyleri	136
Çizelge Ek 2.8 X Doğrultusundaki Perde Akma Yüzeyleri	137
Çizelge Ek 2.9 Y Doğrultusundaki Perde Akma Yüzeyleri	138
Çizelge Ek 2.10 Mantolanan Kolon Akma Yüzeyleri(Tip – 1).....	139
Çizelge Ek 2.11 X Doğrultusundaki Mantolanan Perde Akma Yüzeyleri	140
Çizelge Ek 2.12 Y Doğrultusundaki Mantolanan Perde Akma Yüzeyleri.....	141
Çizelge Ek 2.13 X Doğrultusundaki Yeni Konulan Perde Akma Yüzeyleri.....	142

ÖNSÖZ

Ülkemizin neredeyse tüm bölgeleri deprem kuşağında bulunmaktadır. Kandilli Rasathanesi verilerine göre 1900 yılından bu yana 106 yıllık süreçte ciddi ölçüde hasar meydana getiren deprem (5.6 – 7.9) istatistiklerinde hasarlı ve yıkılan bina sayısı 558 bin 279 ve hayatını kaybeden insan sayısı 82 bin 112' dir. Bu kayıpların ülke ekonomisine zararına ve yitirilen iş gücü sayısına bakıldığında, depreme dayanıklı yapı tasarımının önemi bir kat daha ortaya çıkmaktadır.

Bu bilinçle, yapılan araştırmalarda mevcut yapıların deprem sırasındaki davranışlarının ve oluşacak hasarların gerçeğe yakın olarak tahmin edilebilmesi gerekmektedir. Son yıllarda dünya üzerinde yapılan çalışmalara paralel olarak ülkemizde de yapıların doğrusal olmayan davranışını da dikkate almak üzere performans dayalı tasarım yöntemleri üzerine çalışmalar artmıştır. Bu çalışmada ise doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden statik itme yöntemiyle mevcut bir yapıya performans değerlendirmesi yapılmış ve uygulanan güçlendirme seçeneklerinin yapının performansına etkisi incelenmiştir.

Çalışmam boyunca; yardımları ve gösterdikleri ilgi için değerli hocalarım Yrd. Doç. Dr Bilge DORAN ve Yrd. Doç. Dr Bülent AKBAŞ' a, çalışma arkadaşlarıma ve hayatım boyunca beni hiç yalnız bırakmayan aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Fuat AKKAN

Ağustos 2006

ÖZET

Deprem bilinci ve güçlendirmeye muhtaç yapıların önemi, ülkemizde sürekli unutulup büyük depremden sonra yeniden gündeme gelmektedir. Genellikle yeni yapılacak yapılar üzerine bulunan yönetmeliklerin mevcut yapıları inceleme konusunda yetersizliği sebebiyle “Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi” eklenmiştir. Mevcut yapıların deprem sırasındaki davranışlarının ve oluşacak hasarların tahmin edilebilmesi, gerekirse güçlendirmenin yapılması ve bu problemlere gerçek yaklaşım için kullanılacak çözüm yöntemi oldukça önemlidir.

Bu çalışma kapsamında, Bayındırlık Bakanlığı’ nın yaygın olarak kullandığı 1.deprem bölgesinde bulunan tip projeli bir ilköğretim okulunun, doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden statik itme yöntemiyle performans değerlendirmesi yapılmış ve uygulanan üç güçlendirme şeklinin yapının performansına etkisi incelenmiştir.

Statik itme yöntemi göz önüne alınan yapıya uygulanırken SAP 2000 – v9.1.5 kullanılmıştır. Taşıyıcı sistem elemanlarının yük-şekil değiştirme ilişkilerini tanımlamak üzere yapısal elemanlar için moment-eğrilik diyagramları XTRACT 3.05, kolon ve perdeler için ise akma yüzeyle PCACOL programlarıyla elde edilmiştir.

Çalışmanın birinci bölümünde performans dayalı tasarım yaklaşımına genel bir giriş yapılmıştır. İkinci bölümde, performans seviyeleri ve aralıkları FEMA – 356 esasına göre tarif edilmiş, üçüncü bölümde, FEMA – 356 yönetmeliğine göre statik itme analizi anlatılmıştır. Dördüncü bölümde FEMA – 356 ya göre yapı ve eleman kabul kriterleri anlatılmış, beşinci bölümde ise mevcut bir okul yapısının performans değerlendirmesi statik itme yöntemiyle yapılmıştır. Altıncı bölümde ise performans değerlendirmesi yapılan mevcut yapıda üç farklı güçlendirme şekli üzerine çalışılmış ve güçlendirilmiş yapıda performans değerlendirmesi yapılmıştır. Son bölümde ise mevcut ve güçlendirilmiş sistemlerin statik itme çözümlemesi sonuçları karşılaştırılmalı olarak irdelenmiş, tablo ve grafikler üzerinde sonuçlar yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Statik itme çözümlemesi, güçlendirme, performans dayalı tasarım

ABSTRACT

Importance of earthquake consciousness and seismic rehabilitation of existing buildings is always forgotten and come up after huge earthquakes. “Seismic Rehabilitation of Existing Buildings” is added to earthquake code due to the lack of research in existing structure of new building constructions codes. In this manner, prediction of damage and existing building’s behavior, required rehabilitations and solution method for objective approach is very important.

In this study, a primary school building, which is in first earthquake zone and widely used by Ministry of Public Works, has been evaluated with using pushover analysis method. Also the effect of three different retrofitting performances has been examined.

Structural analysis program SAP 2000 v9.1.5 is used for pushover analysis method. Force – displacement relationship for structural elements is calculated using XTRACT 3.05, columns and shear walls interaction surface data is calculated using PCACOL programs.

In first chapter of this study; a general explanation of the performance based design is given, second chapter; performance levels are explained based on FEMA – 356 code, in third chapter; FEMA – 356 method “displacement control method” based on static pushover analysis is given, in fourth chapter; acceptance criteria for structural elements and structure is given, fifth and six chapter; step by step pushover analysis methods are explained to an existing school building and retrofit applications. SAP 2000, XTRACT 3.05 and PCACOL program interfaces are described basically. In the last section, results are interpreted according to tables and graphs.

Keywords: Pushover analysis, performance based design, retrofitting

1. GİRİŞ

Deprem yönetmelikleri; özel şartlar dışında kalmış yapılar için, hafif şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can kaybı olmaması için gerekli kuralları içerir. Bu düşünce doğrultusunda yapılar bir defa tasarım depremi geçirecek şekilde projelendirilirler. Tasarım depreminden daha büyük bir depremle karşılaşıldığında veya yapının birden çok depremle karşılaşması durumunda taşıyıcı sistemin davranışı kullanılan doğrusal yöntemlerle net olarak belirlenememektedir.

Doğrusal yöntemlerin bazı durumlarda yetersiz kalması sebebiyle, gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edilen ve yapının elastik ötesi davranışlarını da dikkate alan Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri' ne ihtiyaç duyulmuş ve bu bağlamda yapı elemanlarının sismik performanslarını belirleyebilmek amacıyla Performansa Dayalı Tasarım ilkeleri doğmuştur.

Performansa Dayalı Tasarım, yapı elemanlarının deprem sonrasında nasıl bir davranış göstereceklerine ilişkin çok yaklaşık sonuçlar verdiği için güçlendirme çalışmalarının ne doğrultuda olacağı konusunda önemli veriler elde edilmesini sağlamaktadır.

Doğrusal olmayan yöntemler esas olarak; global yer değiştirme, kat yer değiştirmesi, doğrusal olmayan eleman şekil değiştirmeleri, elemanlar arası şekil değiştirmeler gibi önemli performans parametrelerini hesaplamaya dayanmaktadır.

Yapıdaki şekil değiştirmelerin kontrol altında tutularak yükleme yapılmasını esas olarak geliştirilen doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden olan Statik İtme Yöntemi en popüler yöntemlerden biridir. Bu yöntemde sabit düşey yükler altında her iki yönde yüklenen yatay yüklerle sistem hedeflenen deplasmana kadar yüklenmeye çalışılır. Adım adım yük ve yatay deplasmanların artmasıyla beraber elastik sınırların ötesinde plastik davranışlar ortaya çıkmaya başlar. Bu şekilde yapı hedeflenen yatay deplasmana erişinceye veya yapısal elemanların belirlenen göçme sınırına ulaşıncaya kadar analizi devam ettirilir. Bu noktada ulaşılan seviye binanın deprem sonrası performans seviyesidir.

Bunun sonucunda analiz sırasında en fazla zorlanan kesitler belirlenir, hangi taşıyıcı elemanların hangi doğrultularda yetersiz olabileceği anlaşılır, güçlendirme durumunda bu elemanların üzerinde durularak da güvenlik ve maliyet kriterleri optimum bir seviyede tutulabilir.

Yeni veya güçlendirilmiş bir yapı tasarımında esas olarak yeterli dayanım, rijitlik ve süneklik sağlanması istenir. Mevcut bir binada bu hedeflere ulaşmak için mevcut taşıyıcı sisteme yeni elemanlar eklenmesi veya mevcut elemanların güçlendirilmesi gerekebilir.

Gelişmiş hesap yöntemleri kullanılarak ve değişik olasılıklar gözetilerek yapılan analizler kadar, projelerin profesyonel denetim altında hayata geçirilmesi de önemlidir.

Bu çalışmada, Bayındırlık Bakanlığı' nın 10403 tip projesiyle 1992 yılında İstanbul'da yapılmış bir İlköğretim Okulu binasının, mevcut ve üç şekilde güçlendirilmiş yapısal sisteminin performansının, doğrusal olmayan davranışını dikkate alarak statik itme yöntemiyle değerlendirmiştir.

Bayındırlık Bakanlığı' nın 10403 tip projesinde yapıya ilişkin statik kalıp planları, kolon aplikasyon planları, kiriş, kolon ve perde donatı detayları bulunmaktadır. Yapı incelenirken saha çalışmalarında her katta perde, kolon ve kirişlerden ikişer adet örnek yapısal eleman tahribatlı saha deneyi için açılmış ve donatıları projeyle karşılaştırılmıştır. Aynı zamanda her katta düşey elemanlardan 2 şer adet karot numunesi alınmıştır.

1.1 Önceki Çalışmalar

Performansa dayalı tasarım yaklaşımında son yıllarda yapılan araştırma sayısı ülkemizde giderek artmaktadır. Bunlardan birkaç örnek vermek gerekirse;

Hancıoğlu (2004) çalışmasında, iki farklı yöntem (Geleneksel ve Alasawa yöntemi) kullanılarak güçlendirilmiş bir ilköğretim okulu binasına, güçlendirme öncesi ve sonrası taşıyıcı sistemleri esas alınarak doğrusal olmayan statik itme çözümlemesi uygulanmış ve ABYYHY’te verilen tasarım depremi altında taşıyıcı sistem elemanları için FEMA–356 esas alınarak performans değerlendirmesi yapılmıştır. Bu çalışmada taşıyıcı sistem elemanlarının yük-şekil değiştirme ilişkileri MATLAB yazılımı ile hazırlanan programlarla elde edilmiştir.

Kapusuz (2004) tarafından yapılan çalışmada üç farklı metotla analiz yapılmıştır. İlk analizde eleman özellikleri doğrusal olmayan linkler üzerinde tanımlanmış ardından iki boyutlu yapısal çerçeveler birbirine eklenerek analiz yapılmıştır. İkinci analizde yine iki boyutlu olarak ve taşıyıcı sistem elemanlarının yük-şekil değiştirme ilişkileri SAP 2000 programının varsayılan özellikleri kullanılmıştır. Son analizde ise ikinci analizle aynı fakat üç boyutlu olarak yapı çözülmüş ve aynı şekilde güçlendirme seçenekleri performansa dayalı olarak incelenmiştir.

Can (2005) tarafından yapılan çalışmada mevcut yapı, 1975 Deprem Yönetmeliği şartları göz önüne alınarak incelenmiş ve çalışmasında EPARC ve SAP 2000 programları kullanmıştır. Yine bu çalışmada programlar arası veri akışına yer verilmiştir. Analiz sonuçlarında güçlendirme yapılması gereği çıkan yapıya güçlendirme yapılmış ve yapının deprem güvenliği tahkik edilmiştir.

Erkek (2005) ise performansa dayalı tasarım konusunda doğrusal olmayan statik itme çözümlemesi üzerine çalışmıştır. Mevcut ve güçlendirilmiş durumu incelenen yapı ATC – 40 Kapasite Spektrumu Yöntemi’ yle incelenmiş ve yazılım olarak SAP 2000 kullanılmıştır. Taşıyıcı sistem yük-şekil değiştirme ilişkileri SAP 2000 programının varsayılan özellikleri kullanılmıştır.

1.2 Bu Çalışmayla Hedeflenen

Bu çalışmanın amacı; 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi sonrasında kısmi olarak bazı kolon ve kirişlerinde hasar oluşan, Bayındırlık Bakanlığı' nın 10403 tip projesiyle 1992 yılında İstanbul'da yapılmış bir İlköğretim Okulu binasının, mevcut ve üç farklı sistem ile güçlendirilmiş yapısal sisteminin performansının, doğrusal olmayan davranışını dikkate alarak statik itme çözümlemesi ile değerlendirilmesidir.

Çalışmada özellikle yapısal analizlerinin gerçekleştirildiği SAP 2000 programına veri aktarımı yapılırken hemen hemen her parametre detaylı olarak irdelenmiş ve hazır değerlerin (default) kullanımından kaçınılmıştır. Ayrıca üç farklı güçlendirme şekline ait performans değerlendirmesi yapılmış ve sonuç kısmında detaylı olarak anlatılmıştır.

2. PERFORMANS KAVRAMI

2.1 Giriş

Hesap kolaylığı açısından deprem hesapları; taşıyıcı çerçeveye, yanal yükler katlara etkilerek ve yapının elastik sınırlar dahilinde davrandığı kabul edilerek gerçekleştirilir ve deplasmanlar ile taban kesme kuvvetleri bulunur. Elastik ötesi davranışa ait yükler ise deprem yükü azaltma katsayıları ile belirlenmektedir ancak bu karmaşık davranışın tek bir katsayı kullanılarak belirlenmesi durumunda oluşacak kuvvetlerin ve deplasmanların tam olarak bulunması olanaksızdır.

Özellikle mevcut yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesi için Performans Kavramı bu noktada öne çıkmaktadır. Performans incelemesinde ilk adım deprem etki seviyesi ve performans seviyesinin birleştirilmesiyle oluşan Performans Amacı' dır.

Performans amaçları binanın sismik performansını, yani olası bir depremde göstereceği davranışı tanımlar. Deprem etkisi altındaki yapılarda önceden kabul edilen sınırlar dahilinde oluşabilecek maksimum hasar durumlarının belirlenmesi ve sınıflandırılması şeklinde de tanımlanabilir.

Yapı güçlendirilmeden veya yeni tasarlanırken bir hedef performans seviyesine karar verilir ve bu performans amacına uygun sismik talep ve kabul edilebilirlik kriterleri belirlenir.

Yöntemin başarısı için, yapısal özellikler ve zemin özellikleri gibi bilgi düzeylerine doğru ulaşılması önemlidir. Özellikle mevcut bina için güçlendirme amaçlı hesap yapılıyorsa bu özelliklerin gerçekçi bir şekilde belirlenmiş olmasıyla ekonomik bir çözümleme yapılabilir (Can, 2005).

Bu bölümde binanın yapısal ve yapısal olmayan sistemleri için belirlenmiş performans seviyeleri, bu seviyelerin kombinasyonları olan "Bina Performans Seviyeleri", deprem risk seviyeleri hakkında bilgi verilecektir.

2.2 Binalar İçin Performans Seviyeleri

Performans seviyeleri bir yapı için belirli bir deprem etkisi altında öngörülen hasar miktarlarının sınır durumlarıdır. Bu performans seviyelerini belirleyen durumlar, binalardaki fiziksel hasarlar, bu hasarlardan oluşabilecek can güvenliği tehdidi ve depremden sonra binanın kullanılabilirlik durumu olarak tanımlanır.

Performansa dayalı incelemede ilk adım bina için "Deprem Performans Amacı" tanımıdır. Bu ise, iki soruya cevap verilerek tanımlanır;

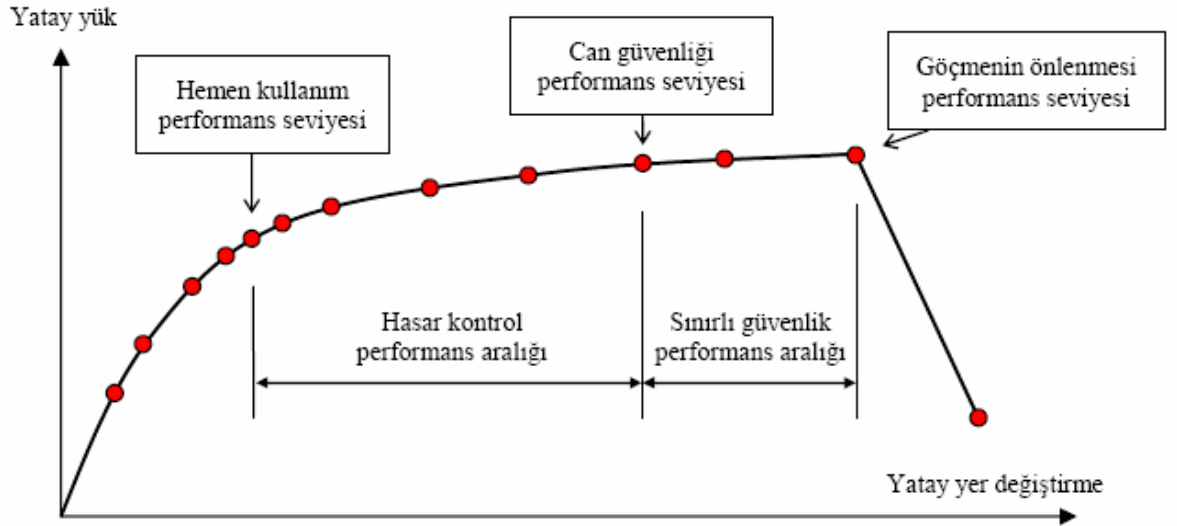
- Binada depremden sonra ne kadar hasara müsaade edilecek ve hangi seviyede güvenlik seviyesi kabul edilecektir?
- Bunların belirlenmesinde hangi deprem esas alınacaktır?

Deprem Performans Amacı, Performans Seviyesi ve Deprem Etki Seviyesi'nin birleştirilmesi ile oluşur. Performans seviyeleri binanın yapısal ve yapısal olmayan elemanları için ayrı ayrı tanımlanır. Beklenen deprem sonucunda istenilen performans derecesine göre tüm bu elemanlara ait ortak bir seviye alınarak binanın performans seviyesi elde edilir (Afacan, 2004).

Çizelge 2.1 Bina Yapısal ve Yapısal Olmayan Performans Seviyeleri (FEMA – 356)

Bina Performans Seviyeleri						
Yapısal Olmayan Performans Seviyeleri	Yapısal Performans Seviyeleri					
	SP-1 Hemen Kullanım	SP-2 Kontrollü Hasar Aralığı	SP-3 Can Güvenliği	SP-4 Sınırlı Güvenlik Aralığı	SP-5 Toptan Göçmenin önlenmesi (Yapısal Stabilite)	SP-6 Hasarın Göz Önüne Alınmadığı
NP-A İşlevsel	1-A Kullanıma Devam(B)	2-A	NR	NR	NR	NR
NP-B Hemen Kullanım	1-B Hemen Kullanım (HK)	2-B	3-B	NR	NR	NR
NP-C Can Güvenliği	1-C	2-C	3-C Can Güvenliği (CG)	4-C	5-C	6-C
NP-D	NR	2-D	3-D	4-D	5-D	6-D
NP-E Hasarın Göz Önüne Alınmadığı	NR	NR	3-E	4-E	5-E Yapısal Stabilite (GÖ)	Uygulanamaz

NR: Tavsiye Edilmez (Afacan, 2004)



Şekil 2.1 Performans Seviyeleri ve Aralıkları (Hancıoğlu, 2004)

2.2.1 Yapısal Performans Seviyeleri ve Aralıkları

Yapısal elemanlardaki performans seviyeleri az hasardan çok hasara doğru şu şekilde sıralanır(FEMA – 356):

(SP-1) Hemen Kullanım Performans Seviyesi (HK) :

Depremden sonra çok sınırlı hasar meydana gelmiştir. Binanın taşıyıcı sisteminin bütün taşıyıcılık özelliği, dayanım özellikleri ve kapasitesi hemen hemen devam etmektedir. Yapısal hasarlardan dolayı can güvenliği tehlikesi yoktur. Bina depremden sonra sınırsız olarak kullanıma açıktır.

(SP-2) Hasar Kontrolü Performans Aralığı:

Bu seviye net ve açık bir seviye değil, deprem sonrası hasar durumu için bir aralıktır. Hemen kullanım ile can güvenliği performans seviyeleri arasındaki bir aralığa, can güvenliğinin korunmasına ek olarak hasarın belirli ölçüde sınırlandırılmasına karşılık gelmektedir. Deprem yönetmeliklerinde yeni binalar için 50 yıllık bir sürede aşılma olasılığı %10 olan deprem etkisinde öngörülen performans seviyesi bu aralığa karşı gelmektedir. Tarihi ve mimari açıdan değerli yapıların korunması için bu performans aralığı kullanılır.

(SP-3) Can Güvenliği Performans Seviyesi (CG):

Yapının taşıyıcı sisteminde deprem sonrasında önemli derecede hasar olmasına karşılık yerel ve toptan göçme söz konusu değildir. Yapıda bu duruma ulaşmayı önleyecek ek bir kapasite

mevcuttur. Yaralanma olabilir ancak can güvenliği tehlikesi bulunmamaktadır. Bu performans seviyesindeki yapıların onarılıp tekrar kullanılması mümkündür, ancak bu onarım maliyeti her durumda ekonomik olmayabilir.

(SP-4) Sınırlı Güvenlik Performans Aralığı:

Bu seviye net ve açık bir seviye değil, can güvenliği ile yapısal stabilite performans seviyeleri arasındaki bir aralıktır. Bir binanın güçlendirilmesinde tam anlamıyla can güvenliğinin sağlanamaması durumunda göz önüne alınabilir. Bu aralıkta güçlendirme tüm yapısal elemanlar için gerekmeyecek ancak can güvenliği seviyesinden fazla, yapısal stabiliteden az bir güçlendirme yapılabilir.

(SP-5) Yapısal Stabilite Performans Seviyesi (GÖ) :

Bu seviye yapının taşıyıcı sisteminin güç tükenmesi sınırında bulunması durumuna karşılık gelir. Bu seviye maksimum yer hareketine karşı yapının toptan göçmeye maruz kalmayacağı son noktadır. Yatay kuvveti karşılayan sistemler önemli hasar görmüş, yanal rijitlik ve dayanımda önemli oranda azalmalar olmuş, buna rağmen düşey yük taşınmaya devam etmektedir. Deprem esnasında düşen parçalardan dolayı yapı içi ve dışında önemli yaralanmalar olabilir. Yapı, stabilitesini korumasına rağmen devam eden artçı depremler sebebiyle her an yıkılma tehlikesiyle karşı karşıyadır. Deprem sonrası tekrar kullanılması isteniyorsa çok ayrıntılı bir güçlendirme gerekir. Ancak bu güçlendirme teknik ve ekonomik olarak kabul edilebilir değildir. Yapısal stabilite performans seviyesinin ancak yeni binaların tasarımında maksimum deprem etkisi altında sağlanması tavsiye edilir. Bu seviyenin daha düşük bir deprem etkisinde sağlanması, daha yüksek bir deprem etkisinde güç tükenmesi durumuna karşı geleceği için uygun değildir.

(SP-6) Taşıyıcı Elemanların Hasarının Göz Önüne Alınmadığı Performans Seviyesi:

Bu seviyede tam anlamıyla bir seviye olmayıp, yapısal olmayan elemanların (duvarlar, asma tavan, yüzey kaplamaları, eşyalar, vb.) sismik değerlendirmesi ve güçlendirilmesi için bir performans seviyesi tanımlanır. Bina, deprem sırasında yıkılsa bile binanın korunması yanında, istenen elemanların da korunması gerektiği bu seviyeyle ifade edilir.

Çizelge 2.2 Yapısal Performans Seviye ve Aralıkları (FEMA – 356)

Performans Seviyesi	Performans Aralığı	Tanım
SP1		Hemen Kullanım Performans Seviyesi
	SP-2	Hasar Kontrolü Performans Aralığı
SP-3		Can Güvenliği Performans Seviyesi
	SP-4	Sınırlı Güvenlik Performans Aralığı
SP-5		Yapısal Stabilitate Performans Seviyesi
SP-6		Hasarın Göz Önüne Alınmadığı Performans Seviyesi

2.2.2 Yapısal Olmayan Performans Seviyeleri

NP-n gösterimi ile simgelenen yapısal olmayan performans seviyeleri, yapının taşıyıcı olmayan elemanlarında meydana gelen hasar seviyelerini açıklamak için kullanılır. Binanın dayanımına etkisi olmamakla beraber; olası yaralanma, devrilme ve kırılmalardan dolayı oluşacak maddi kaybın belirlenmesi, değerlendirme ve güçlendirme aşamasındaki teknik kriterleri belirlemek için kullanılırlar(FEMA – 356).

(NP-A) Kullanıma Devam Performans Seviyesi:

Deprem sonrasında yapısal olmayan elemanlarda, tesisat ve ekipmanda kullanımı engelleyecek bir hasar oluşmadığı veya ihmal edilebilecek kadar küçük hasarların olduğu durumdur. Tüm makine ve teçhizat çalışmaktadır.

(NP-B) Hemen Kullanım Performans Seviyesi:

Deprem sonrasında yapısal olmayan elemanlarda, tesisat ve ekipmanda ihmal edilemeyecek hasarların oluşması beklenebilir. Kullanımı engelleyen küçük hasar ve aksaklıklar kolayca giderilebilir. Bu seviyede sismik güvenlik durumu etkilenmemiştir.

(NP-C) Can Güvenliği Performans Seviyesi:

Deprem sonrasında taşıyıcı sistemde önemli sayılabilecek bir hasarın oluştuğu, ancak bina içi ve dışındaki ağır elemanlarda yaralanmalara sebep olabilecek kopmaların, devrilmelerin gerçekleşmediği durumdur. Muhtemel yaralanmalar olabilir ancak can güvenliğine etki edecek boyutlarda değildir. Yapının yerel veya toptan göçmesi söz konusu olmadığı gibi bu duruma ulaşmayı önleyecek ek bir kapasite kalmıştır. Hasar gören yapısal olmayan sistemler, makine, ekipman ve araç - gereçler onarılmadan veya yenilenmeden çalışmayabilir.

(NP-D) Azaltılmış Hasar Performans Seviyesi:

Deprem sonrasında yapıda toptan göçmenin olmadığı; dış yığma duvar, parapet, ağır asma tavan, cephe kaplaması gibi yapısal olmayan elemanlarda kısmi veya tam göçmenin olabildiği ve bu hasar kaynaklı çok sayıda insanın ciddi şekilde zarar görebildiği performans seviyesidir. Bu binalar deprem sonrası içlerinde ve yakınlarında ciddi bir tehlike oluşturmazlar.

(NP-E) Yapısal Olmayan Elemanların Hasarlarının Göz Önüne Alınmadığı Performans Seviyesi:

Bu seviye net bir seviye olmamakla beraber yapı sahibi ve mühendis için yapının genel durumu hakkında fikir vererek yapı hakkında bir tasarım olanağı sunar. Hesaplamalar yapılırken her ne kadar yapısal olmayan elemanların taşıyıcı sisteme herhangi bir katkısı ve etkisi olmadığı kabulü yapılsa da; gerçekte, deprem anında taşıyıcı çerçeveler içerisine yerleştirilmiş duvarların yanal yükün belli bir kısmını taşıdığı (yaklaşık % 15) düşünülmektedir. Bu sebeple can kayıplarının oluşmasında önemli bir etken olan yapısal olmayan bu elemanların inşası sırasında gerekli önem gösterilmelidir.

Çizelge 2.3 Yapısal Olmayan Performans Seviyeleri (FEMA – 356)

Performans Seviyesi	Tanım
NP-A	Kullanıma Devam Performans Seviyesi
NP-B	Hemen Kullanım Performans Seviyesi
NP-C	Can Güvenliği Performans Seviyesi
NP-D	Azaltılmış Hasar Performans Seviyesi
NP-E	Yapısal Olmayan Elemanların Hasarlarının Göz Önüne Alınmadığı Performans Seviyesi

2.2.3 Bina Performans Seviyeleri

Bina performans seviyeleri taşıyıcı sistemin durumunu gösteren "Yapısal Performans Seviyesi" ile taşıyıcı olmayan elemanların durumunu gösteren "Yapısal Olmayan Performans Seviyesi" tanımlarının birlikte düşünülmesi ve hasarları sınırlandırmak amacıyla bunların birleştirilmesi sonucunda oluşur(FEMA – 356). Yaygın olarak kullanılan 1-A, 1-B, 3-C, 5-E, 3-D, 3-B performans seviyeleri aşağıda açıklanmıştır.

1-A Kullanıma Devam Performans Seviyesi:

Yapısal hemen kullanım (SP-1) ve yapısal olmayan kullanıma devam (NP-A) performans seviyelerinin çakıştığı durumdur. Binanın yapısal olan ve yapısal olmayan elemanlarında oluşan hasar, kullanıma devamı etkilemeyecek seviyededir. Binanın yedek sistemlerinin devreye girmesiyle kullanıma devam edilebilir. Hasar sınırlandırılmıştır ve herhangi bir can güvenliği riski söz konusu değildir. Kullanıma devam edebilmek için onarım gerekmez.

1-B Hemen Kullanım Performans Seviyesi:

Yapısal hemen kullanım (SP-1) ve yapısal olmayan hemen kullanım (NP-B) performans seviyelerinin çakıştığı durumdur. Binada oldukça az hasar görülmekte, taşıyıcı elemanların dayanımı, rijitliği ve sünekliği korunmaktadır. En çok kullanılan bu seviye, önemli binalar için öngörülen seviye olup, binanın bütün hacimleri ve sistemleri kullanılabilir durumdadır. Binada bulunan eşyalarda küçük onarımlara ihtiyaç duyulabilen hasarlar oluşabilir.

3-C Can Güvenliği Performans Seviyesi:

Yapısal can güvenliği (SP-3) ve yapısal olmayan can güvenliği (NP-C) performans seviyelerinin çakıştığı durumdur. Taşıyıcı sistemde hasar mevcuttur ancak önemli bir kapasite kalmıştır ve taşıyıcı olmayan elemanlarda hasar düşme veya devrilme şeklindedir. Bu hasarlardan dolayı can güvenliği riski çok düşük bir olasılıktır. Deprem anında eşyalar yer değiştirebilir, deprem sonrası ise yangın tehlikesi ve kimyasal tehlike vardır. Bu seviye, günümüzde yönetmeliklerin yeni binalar için öngörmüş olduğu performans seviyesinden biraz daha düşük olarak tanımlanmıştır. Yönetmeliklerde taşıyıcı sistemin bu seviyede belirlenenen daha fazla deplasman yapabilmesi öngörülür.

5-E Yapısal Stabilite Performans Seviyesi:

Yapısal stabilite (SP-5) ve yapısal olmayan elemanların hasarının göz önüne alınmadığı (NP-E) performans seviyelerinin çakıştığı durumdur. Yapının düşey yük taşıyan sistemi ayakta durmaktadır ancak artçı depremler için ek bir kapasite kalmamıştır ve bu depremlerde yıkılma olasılığı yüksektir. Taşıyıcı olmayan elemanlar ve hatta taşıyıcı elemanlar kaynaklı hasardan dolayı can güvenliği riski mevcuttur. Yapısal olmayan elemanların hasarı ve kat rölatif yer değiştirmeleri kontrol edilemez. Onarım ve güçlendirme koşulları genelde ekonomik olmamaktadır.

3-D Bina Performans Seviyesi:

Yapısal can güvenliği (SP-3) ve yapısal olmayan azaltılmış hasar (NP-D) performans seviyelerinin çakıştığı durumdur. Yönetmeliklerde bulunan 50 yıl / %10 olasılıklı deprem tanımına gelen deprem kuvvetlerinin %75'ini alarak yapılan güçlendirmenin ortaya koyduğu performans seviyesidir.

3-B Performans Seviyesi:

Yapısal can güvenliği (SP-3) ve yapısal olmayan azaltılmış hasar (NP-B) performans seviyelerinin çakıştığı durumdur. Bu seviyede taşıyıcı elemanlardaki hasar bina kullanımına engel değildir. Bu performans seviyesi bütün bir bina yerine, binanın kontrol merkezi veya bilgisayar merkezi gibi önemli kısımları için kabul edilir.

2.3 Deprem Etki Seviyeleri

Performans amaçlarını belirleyebilmek için yer hareketi ile beklenen performans seviyesi birleştirilmelidir. Tasarım yapabilmek için analizlerde kullanılmak üzere farklı seviyelerde tanımlanan yer hareketinin belirlenmesi şarttır. Değişik büyüklükteki depremler için yapının değişik kriterleri sağlaması beklenir. Deprem etki seviyesi spektrum eğrisinin tanımlanması ile belirlenir. Bu tanım, deprem hareketlerinin yapı ömrü içerisindeki 50 yıllık zaman dilimindeki aşılma olasılığı veya benzer büyüklükteki depremler arasındaki ortalama zaman aralığı, yani dönüş periyodu ile belirlenmektedir. Aşılma olasılığı ile dönüş periyodu arasındaki bu ilişki Çizelge 2.4' de verilmiştir(Afacan,2004).

Çizelge 2.4 Deprem Parametreleri (Afacan, 2004)

Aşılma Olasılığı	Zaman Aralığı	Ortalama Dönüş Periyodu
50%	50 Yıl	72 Yıl
20%	50 Yıl	225 Yıl
10%	50 Yıl	474 Yıl
2%	50 Yıl	2475 Yıl

FEMA 356 'da iki farklı seviyede deprem hareketi tanımlanmıştır;

- TGD – 1, Temel Güvenlik Depremi 1:
50 yılda aşılma olasılığı %10 olan yer hareketi ve TGD – 2' nin üçte ikisinden küçük olan depremdir.
- TGD – 2, Temel Güvenlik Depremi 2:
50 yılda aşılma olasılığı %2 olan yer hareketi ve bölgede ya da fayda kaydedilmiş yer hareketlerinin ortalamasının 1.5 katından küçük olan depremdir.

Çizelge 2.5 Deprem Etki Seviyesine ve Bina Performans Seviyesine Bağlı Performans Amaçları (FEMA – 356)

Deprem Etki Seviyesi	Bina Performans Seviyeleri			
	Kullanıma Devam Performans Seviyesi 1 - A	Hemen Kullanım Performans Seviyesi 1 - B	Can Güvenliği Performans Seviyesi 3 - C	Yapısal Stabilitate Performans Seviyesi 5 - E
% 50 / 50 yıl Kullanma	a	b	c	d
% 20 / 50 yıl	e	f	g	h
TGD - 1 % 10 / 50 yıl Tasarım	i	j	k	l
TGD - 2 % 5 / 50 yıl Maksimum Deprem	m	n	o	p

Çizelge 2.5' de gösterilen performans amaçlarından a – f – k – p binalar, e – j – o önemli binalar i – n ise güvenliği özel binalar için önerilmektedir. Depremlerden sonra yapının kullanılabilirliği için yüksek bir performans amacı seçilebilir ancak bu durumda ekonomik olarak yüksek maliyetli bir güçlendirme olacağı açıktır. Yaygın olarak üç deprem etkisi göz önüne alınmaktadır.

- Servis Depremi olarak %50/50 yıl depremi etkileri göz önüne alınır ve tasarım depreminin yaklaşık yarısı olarak kabul edilebilir. Ortalama dönüş periyodu yaklaşık 75 yıl olan bu

depremin binanın ekonomik ömründe ortaya çıkması muhtemeldir.

- Tasarım Depremi' de 50 yıllık periyotlar içerisinde meydana gelme olasılığı %10 olan yer hareketidir. Ortalama dönüş periyodu yaklaşık 500 yıl olan bu depremin binanın ekonomik ömrü boyunca ortaya çıkma olasılığı düşüktür.
- Maksimum Deprem' de 50 yıllık periyotlar içerisinde meydana gelme olasılığı %2 olan depremlerdir. Ortalama 2500 yıllık dönüş periyodu ile bölgede jeolojik bilgiler göz önüne alınarak belirlenebilen en büyük deprem olarak kabul edilir. Bu deprem etkileri tasarım depreminin yaklaşık 1.25 – 1.5katı kadardır. Deprem yönetmeliklerinde tasarım depremi etkisi bina önem katsayısı ile artırılması sonucu böyle bir deprem tanımlanmaya çalışılır.

2.4 Elastik Deprem Spektrumunun (İvme – Periyot) Oluşturulması

Amerika' da yeni yapılacak yapılar için, Fema kurumunun hazırladığı haritadan TGD – 1 ve TGD – 2 depremlerinin spektrumunu oluşturmak için gerekli parametre değerleri alınabilmektedir. Bu haritalardan, binanın bulunduğu bölge ile ilgili spektral değerler olan ve spektrum eğrisinin oluşturulmasında kullanılacak, kısa periyot ivme parametresi S_s ve bir saniye periyot ivme parametresi S_1 değerleri bulunur. Bu iki depremin spektral değerleri arasında bazı bölgelerde 2/3 gibi yaklaşık bir oranın bulunduğu belirtilmiştir. Ülkemizde ve diğer bölgelerde ise bu değerleri elde etmek için detaylı geoteknik inceleme yapılması gerekmektedir.

Fema 356' ya göre spektrum oluşturabilmek için bazı parametrelerin hesaplanması gerekmektedir. Kısa periyot spektral ivme parametresi S_{xs} ve bir saniye spektral ivme parametresi S_{x1} ;

$$S_{xs} = F_a S_s \quad (2.1)$$

$$S_{x1} = F_v S_1 \quad (2.2)$$

şeklinde hesaplanacaktır. Burada;

F_a kısa periyot spektral ivme parametrelerine bağlı katsayı, F_v bir saniye periyot spektral ivme parametrelerine bağlı katsayı, S_1 bir saniye periyotluk spektral ivme ve S_s kısa periyotluk spektral ivme olarak tanımlanmıştır.

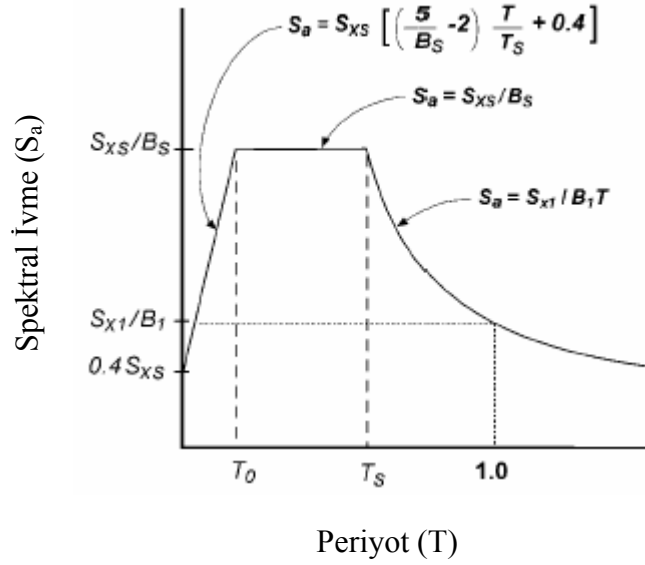
Zemin özelliklerini göz önüne alan F_a ve F_v değerleri Çizelge 2.6 ve Çizelge 2.7' de tanımlanmıştır (FEMA – 356).

Çizelge 2.6 S_s Kısa Periyot Spektral Parametrelerine Bağlı Olarak F_a Değerleri

Zemin Sınıfı	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s \geq 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1	1	1	1	1
C	1.2	1.2	1.1	1	1
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	*	*	*	*	*

Çizelge 2.7 S_1 Bir Saniye Periyot Spektral Parametresine Bağlı Olarak F_v Değerleri

Zemin Sınıfı	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 \geq 0.50$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1	1	1	1	1
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	*	*	*	*	*



Şekil 2.2 Genel Spektrum Eğrisi (FEMA – 356)

Yapının performans amacının belirlenmesinde etkili olan deprem davranış spektrumu Şekil 2.2' de gösterildiği gibi olup,

$$T_s = \frac{S_{x1} B_s}{S_{xs} B_1} \quad (2.3)$$

$$T_0 = 0.2 T_s \quad (2.4)$$

olmak üzere

$$S_a = S_{xs} \left[\left(\frac{5}{B_s} - 2 \right) \frac{T}{T_s} + 0.4 \right] \quad 0 < T < T_0 \quad (2.5)$$

$$S_a = \frac{S_{xs}}{B_s} \quad T_0 < T < T_s \quad (2.6)$$

$$S_a = \frac{S_{x1}}{B_1 T} \quad T_s < T \quad (2.7)$$

şeklinde hesaplanır. Bu bağıntılarda;

S_a spektral ivme, B_1 bir saniyelik spektral ivme için kullanılan etkili sönüm oranına bağlı katsayı, S_{xs} kısa periyot spektral ivme parametresi, S_{x1} bir saniye spektral ivme parametresi ve T periyot olarak tanımlanır.

Spektrum ifadesindeki B_s ve B_1 katsayıları tavsiye edilen %5 sönümden farklı sönümü göz önüne almak için olup Çizelge 2.8 de verilmiştir.

Çizelge 2.8 Sönüm Katsayıları β Sönüm Oranına Bağlı Olarak B_s ve B_1 (FEMA – 356)

Etkili Sönüm Oranı β	B_s	B_1
≤ 2	0.8	0.8
5	1	1
10	1.3	1.2
20	1.8	1.5
30	2.3	1.7
40	2.7	1.9
≥ 50	3	2.0

3. DOĞRUSAL OLMAYAN STATİK İTME ANALİZİ

3.1 Giriş

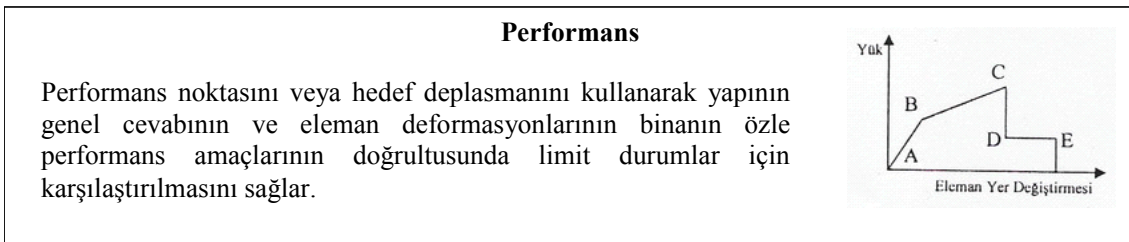
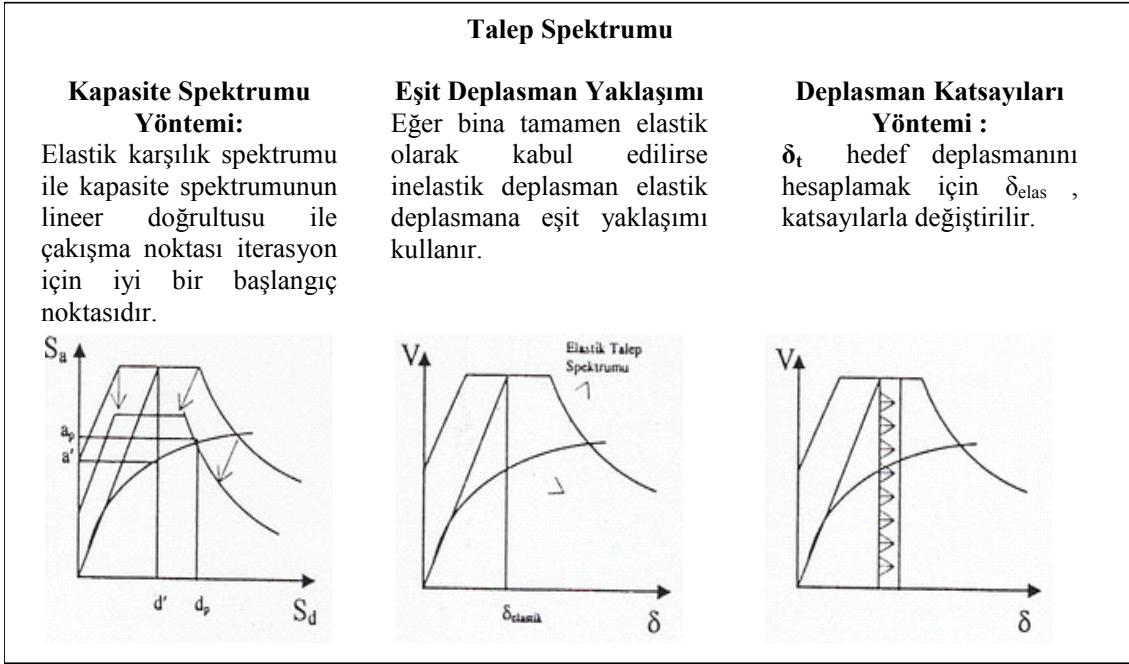
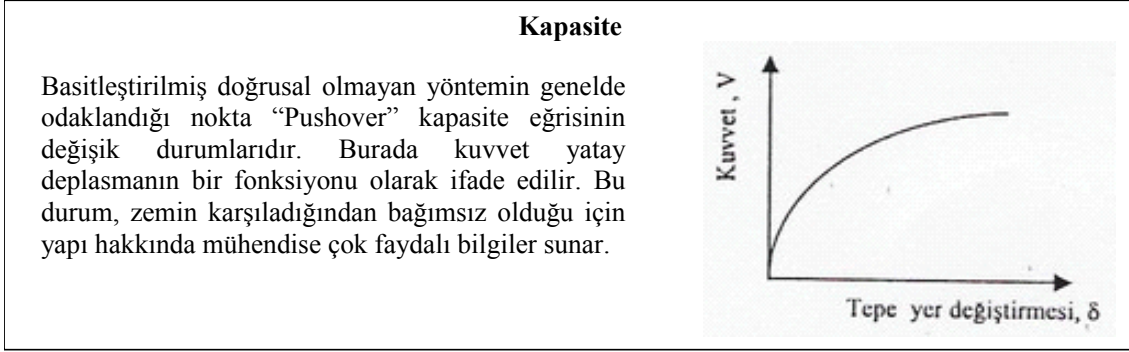
Bu kısımda, mevcut binaların performans seviyelerinin değerlendirilmesi ve deprem etkileri dikkate alınarak yapılacak güçlendirme çalışmalarının yeterli olup olmadığını belirlemek için gerekli olan analitik işlemler ve uygulama yöntemleri sırasıyla açıklanmıştır. Bunlar doğrusal olmayan analiz için basitleştirme yöntemlerini, kapasiteyi, yer değiştirmeyi ve performans seviyesini belirlemek için kullanılacak işlemlerdir.

Betonarme binaların analizi için doğrusal ve doğrusal olmayan olmak üzere kullanılan başlıca iki analiz yöntemi vardır. Doğrusal analiz yöntemlerinde malzemenin doğrusal sınırlar içindeki davranışları dikkate alınır. Doğrusal analiz, statik yatay kuvvet, dinamik yatay kuvvet ve talep - kapasite oranlarını kullanan işlemler içerir. Binaya doğrusal olarak bir statik itme hareketi verildiğinde karşılık olarak binanın tekrar eski haline dönüp salınımlar yapacağı varsayımı yapılarak gerçekleştirilen doğrusal analizde malzemenin doğrusal olmayan davranışları göz önüne alınmadığı için elemanlarda kalan ek kapasite kullanılamamaktadır.

Doğrusal yöntemler kullanılarak yapının elastiklik kapasitesinin ve ilk akmanın nerede olacağını tespit edilmesi mümkün olmasına rağmen yapıdaki mekanizma durumları ve akma sırasındaki kuvvet dağılımları da incelenememektedir.

Doğrusal olmayan analiz yöntemleri ise yapıların göçme anına kadar ki davranışlarını, kuvvet dağılımlarını ve mod şeklinin nasıl olacağına dair oldukça net sonuçlar vermektedir. Analiz sırasında doğrusal olmayan yöntemlerin kullanılması, tasarımı yapan mühendise bir deprem anında binanın davranışı ile ilgili mekanizma durumlarını gösterecek şekilde sonuçlar verebildiği için gerçekçi çözümler üretilmesine olanak tanır.

Doğrusal olmayan analizlerde kullanılan yöntemler genellikle "Time History" analizine dayanır. Yaygın olarak kullanılmayacak kadar karışık olan bu analizin yanı sıra kullanımı daha kolay olan basitleştirilmiş doğrusal olmayan analiz yöntemleri de mevcuttur. Şekil 3.1 ile doğrusal olmayan analiz yöntemleri ana hatlarıyla gösterilmiştir (Afacan, 2004).



Şekil 3.1 Analitik İşlemler Şeması (Afacan, 2004)

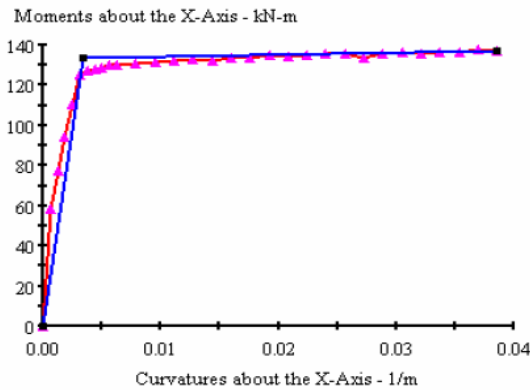
3.2 Doğrusal Olmayan Statik İtme Yöntemi

Statik itme yöntemi, bir yapının davranışının eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemin davranışıyla ilişkili olabileceği varsayıma dayanır. Yani yapının davranışı tek mod ile kontrol edilmekte ve bu mod şekli zaman tanım aralığı boyunca sabit kalmaktadır. Bu yaklaşım tam doğru olmamasına rağmen birçok araştırmacının yapmış olduğu çalışmalar göstermektedir ki tek modun hakim olduğu çok serbestlik dereceli sistemler tasarım depremi altında en büyük yer değiştirmelerin ve taşıyıcı elemanlardaki şekil değiştirmelerin tahmininde iyi sonuçlar verdiğini göstermektedir (Hancıoğlu, 2004).

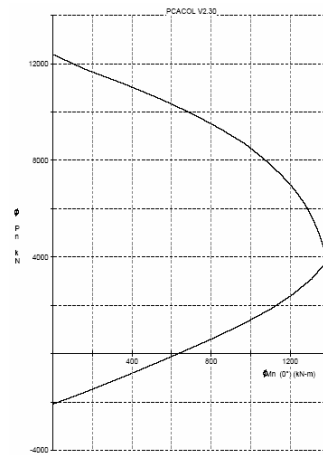
Performans tabanlı tasarım işlemleri talep ve kapasiteyi belirlemek gereklidir. Talep, deprem yer hareketini, kapasite ise yapının sismik talebe karşılık verebilme yeteneğidir. Performans kapasitenin talebe karşılık verebilme durumu ile belirlenir.

3.2.1 Kapasitenin Belirlenmesi

Taşıyıcı sistem elemanlarındaki elastik ötesi davranışı göz önüne alabilmek için, plastik mafsallık oluşması beklenen kesitlerin moment – eğrilik ilişkilerinin mekanikten bilinen prensiplere göre bu şekilde belirlenmesi gerekir. Basit eğilmeye maruz kalan kiriş kesitlerinde, elastik ötesi davranışı dikkate almak için sadece moment – eğrilik ilişkisinin belirlenmesi yeterlidir. Ancak bileşik eğilmeye maruz kalan düşey taşıyıcı eleman kesitlerinde, aksel kuvvetin etkisini göz önüne almak için, akma yüzeylerinin belirlenmesi ve davranışta dikkate alınması gerekmektedir. Bu tez çalışması kapsamında moment eğrilik ilişkileri XTRACT 3.05 programıyla, akma yüzeyleri (PMM) ise PCACOL programıyla hesaplanacaktır.



Şekil 3.2 Moment Eğrilik Diyagramı(XTRACT)



Şekil 3.3 Akma Yüzeyleri (PCACOL)

Adım adım statik itme çözümlenmesi (analizi) birden fazla doğrusal analizin yapıldığı bir iterasyon yöntemidir. Yöntemin esası sisteme şiddeti ve dağılımı belirlenmiş olan belirli bir deprem yükünün sabit artımlarla verilmesi ve her adımda bir önceki adımdaki değerlerin kullanılarak doğrusal olmayan çözümlenme yapılmasıdır. Yapı sistemi oluşturulan herhangi bir taşıyıcı elemanda akma seviyesine ulaşıldığında bu noktada rijitlik tekrarı hesaplanarak adım adım işlemler yapı göçme konumuna ulaşınca kadar tekrarlanır. Yöntemin ne şekilde uygulanacağı ve hesap adımları aşağıda sıralanmıştır:

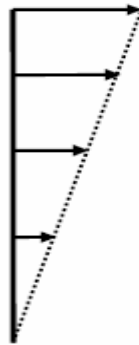
- 1) Yapının taşıyıcı sistemi bilgisayar ortamında modellenir.
- 2) Plastik mafsall oluşması beklenen elemanlara (Kirişler için Moment – Eğrilik, kolon ve perdeler için PMM mafsalları) mafsall özellikleri tanımlanır.
- 3) Yatay yükler tariflenir. Kullanılacak yatay yük için FEMA – 356’ da esas olarak beş farklı dağılım önerilmektedir.

FEMA-356’da tanımlanan düşey dağılım çarpanı aşağıdaki denklem yardımıyla bulunan yük dağılımları:

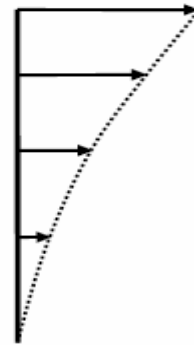
- Burada, serbest titreşim periyodu 0.5 saniyeden küçük olan yapılarda k değeri "1" alınır ki bununla beraber eşit kat kütlesi ve yüksekliği durumunda elde edilecek yük dağılımı üçgen şeklindedir (Şekil 3.4a)
- Serbest titreşim periyodu 2.5 saniyeden büyük olan yapılarda ise k değeri "2" alınır ki bu durumda parabolik dağılım elde edilir(Şekil3.4b).

$$C_{VX} = \frac{m_x h_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n m_i h_i^k} \quad (3.1)$$

Burada, m_x x numaralı kat kütlesi, h_x x numaralı katın tabana göre yüksekliği, n kat sayısı olarak tanımlanır.



a)Üçgen Dağılım

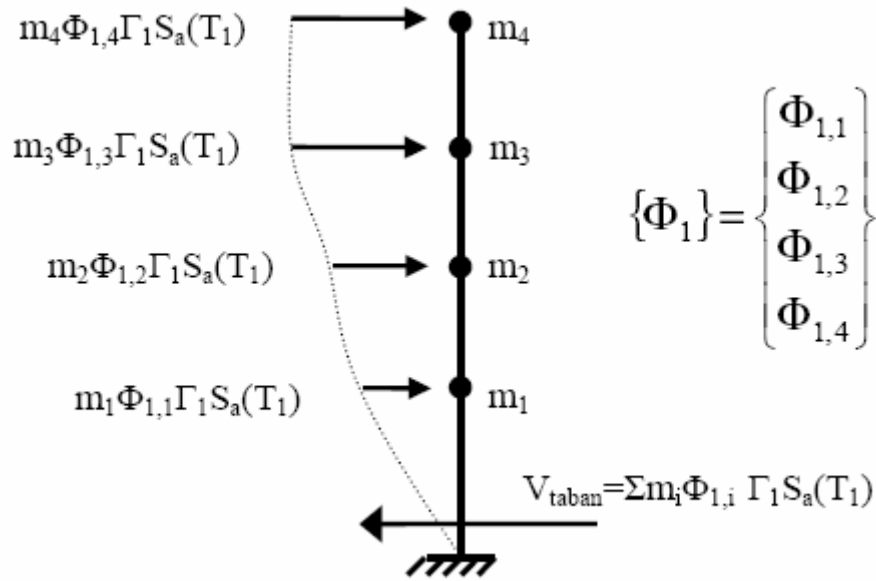


b)Parabolik Dağılım

Şekil 3.4 Yatay Yük Dağılımları

- Yapının etkin olan serbest titreşim modu şekline uygun bir yük dağılımı kullanılabilir
- Kat kütleleriyle orantılı üniform yük dağılımı kullanılabilir
- Statik itme analizinin her adımında meydana gelen deplasman profiline uygun yük dağılımı, yatay yük olarak statik itme analizinde kullanılabilir.

Yatay yük dağılımı olarak yapının etkin olan serbest titreşim modu şeklinin kullanılabilmesi için, söz konusu titreşim moduna ait etkin kütle, toplam kütlenin en az %75' i olmalıdır (FEMA-356). Deprem etkisi altında çok serbestlik dereceli bir sisteme, 1. mod için etkiyecek kuvvet Şekil 3.5' te gösterilmiştir; görüldüğü üzere, 1. mod için etkiyen kuvvetin dağılımını değiştiren parametre " $m_i\Phi_i$ " çarpanlarıdır.



Şekil 3.5 Birinci Mod İçin Atalet Kuvvetleri Dağılımı (Hancioğlu, 2004)

Burada;

$S_a(T_1)$ T_1 ' e karşılık gelen spektral ivme, Φ_1 birinci serbest titreşim modu vektörü, Γ_1 birinci serbest titreşim moduna ait modal katılım çarpanı olarak bilinir.

- 4) Yatay ve düşey yükün gerekli kombinasyonları için eleman iç kuvvetleri hesaplanır.
- 5) Taban kesme kuvvetleri ve tepe noktası deplasmanları kaydedilir. Bununla birlikte performans kontrolünde kullanılacağı için elemanlarda oluşan kuvvetleri ve dönmeleri de kaydetmekte fayda vardır.

- 6) Başka bir eleman veya eleman grubu mafsallaşınca kadar yatay yükün arttırılmasına devam edilir.
- 7) Taban kesme kuvvetinin artmasına ve tepe noktası deplasmanın yatay bir seyir izleme durumuna gelmesine rağmen yatay yükün arttırılmasına devam edilir.
- 8) Yapı yük taşıyamayacak seviyeye ulaşınca kadar 4. ,5. ve 6. adımlar tekrarlanır. Buna karar vermek için taşıyıcı elemanların çoğunda akma sınırına ulaşılması, P- Δ etkileri birbirinden çok fazla farklılık gösteren düzenli olmayan bir duruma geldiğinde yapı elemanları veya eleman grupları tamamıyla mekanizma durumuna gelmiş demektir. Bu durumda yapının düşey yük taşıma kapasitesini de kaybettiği anlamına gelir. İşte bu nokta kapasite eğrisinin son noktasıdır. Bu seviyeden sonra da yüklemeye devam etmek perdeli yapılar gibi özel yapılarda perde davranışı ve yapının göçmesi hakkında görsel bilgi vermesi açısından son derece faydalıdır.

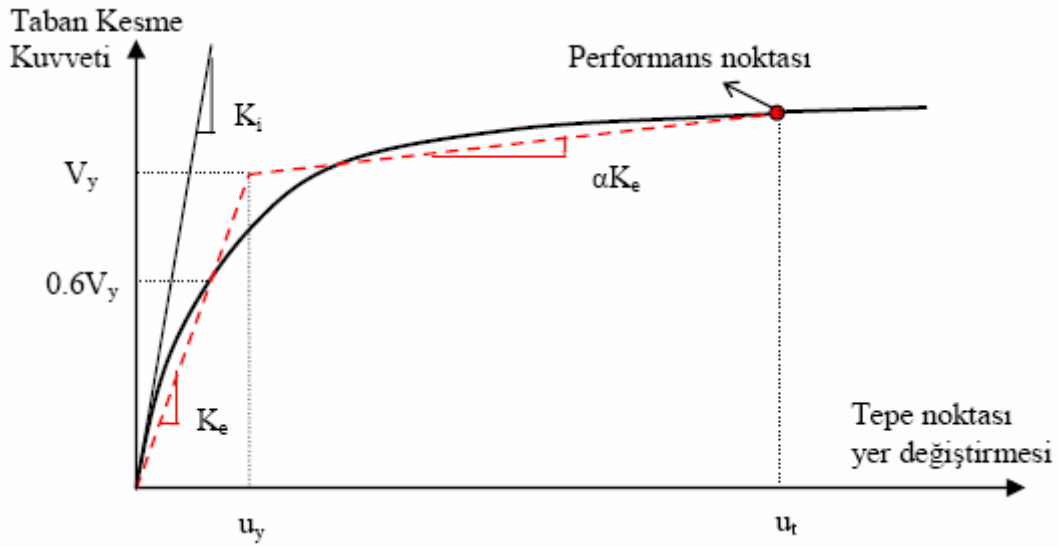
3.2.2 Performans Noktasının Bulunması

Yapının, incelemede dikkate alınan deprem altında hangi performans aralığında kaldığını belirlemek için, öncelikle performans noktasının (hedef yer değiştirme) belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için, FEMA – 356 ve ATC-40 belgelerinde iki farklı yöntem önerilmiştir; birincisi, FEMA tarafından önerilen “Yer Değiştirme Katsayıları Yöntemi”, ikincisi ise ATC tarafından önerilen “Kapasite Spektrumu Yöntemi” dir. Bu tez kapsamında FEMA – 356’ da tanımlanan Yer değiştirme Katsayıları Yöntemi’ ne yer verilecektir.

3.2.2.1 Yer Değiştirme Katsayıları Yöntemi (FEMA – 356)

Adım adım statik itme analizi yapılarak yapının kapasite eğrisi elde edilir. Yapının tasarım depremi altında yapacağı en büyük yer değiştirmeyi diğer bir deyimle performans noktasını hesaplayabilmek için sistemin etkili yatay rijitliğini hesaplamak gerekir ki bunun için kapasite eğrisi iki adet doğru ile idealize edilir. İki adet doğru ile idealize edilmiş, bilineer hale getirilmiş kapasite eğrisi Şekil 3.6’ da verilmiştir. Bu işlem, kapasite eğrisinin altında kalan alan ile ikili doğrusal eğrinin altında kalan alanın eşit olması prensibinden hareketle yapılabilir. Dikkat edilmesi gereken nokta, ikili doğrusal gösterim ile gerçek kapasite eğrisinin performans noktasında kesişmesi gereğidir. Bunu sağlamak için, iteratif bir uygulamaya gidilmesi gerekmektedir. Bunun için, ilk adımda kapasite eğrisi üzerindeki bir nokta, performans noktası olarak tahmin edilir. Buna bağlı olarak yeni bir performans noktası hesaplanır. Hesaplanan performans noktası, tahmin edilen noktaya, kabul edilebilir düzeyde yakınsayana kadar iterasyona devam edilir. Burada K_i başlangıçta yapı yatay rijitliğini, K_e ise idealize edilmiş kapasite eğrisinin ilk doğrusunun eğimi olan etkili yatay rijitliği temsil etmektedir.

Bu doğrunun kapasite eğrisini kestiği nokta akma dayanımının %60' ı kadar bir yük esas alınarak hesaplanır.



Şekil 3.6 Kapasite Eğrisinin İkili Doğru İle İdealize Edilmiş Hali (Hancıoğlu, 2004)

Etkili periyodun hesabı için :

$$T_e = T_i \sqrt{\frac{K_i}{K_e}} \quad (3.2)$$

Burada,

T_i doğrusal dinamik çözümlenmeden elde edilen serbest titreşim periyodu, T_e etkili periyot, K_i yapının başlangıç (elastik) yatay rijitliği, K_e etkili yatay rijitlik olarak tanımlanır.

Kat döşemesi rijit diyafram olarak çalışan binalarda hedef yer değiştirme (3.3) eşitliği ile

bulunabilir:

$$\delta_i = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e}{4\pi^2} g \quad (3.3)$$

C_0 : Çok serbestlik dereceli sistemin tepe noktası yer değiştirmesi ile eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemin spektral yer değiştirmesi arasındaki ilişkiyi kuran katsayıdır. FEMA-356 'da C_0 katsayısı için üç bağıntı önerilmiştir:

- Yapının kontrol noktası seviyesinde (genellikle tepe noktası) 1. moda ait modal katılım çarpanı olarak alınabilir.

$$C_0 = \Phi^{\text{tepe}} \Gamma_1 \quad (3.4)$$

Burada,

Γ_1 birinci serbest titreşim moduna ait modal katılım çarpanı ve Φ^{TEPE} birinci mod vektörünün tepe noktası değeri olarak tanımlanır.

- Kontrol noktası seviyesinde, yapının hedef yer değiştirmeyi yaptığı adımdaki deplasman profili kullanılarak hesaplanmış modal katılım çarpanı kullanılabilir.
- Çizelge 3.1' den yaklaşık değerler alınabilir.

Çizelge 3.1 C_0 Katsayısı İçin Yaklaşık Değerler (FEMA – 356)

Kat sayısı	Kayma çerçevesel binalar ⁽²⁾		Diğer binalar
	Üçgen, parabolik ve 1'inci moda uygun yük şekli ⁽¹⁾	Düzensiz yük şekli ⁽¹⁾	Herhangi bir yük şekli ⁽¹⁾
1	1.0	1.0	1.0
2	1.2	1.15	1.2
3	1.2	1.2	1.3
5	1.3	1.2	1.4
10±	1.3	1.2	1.5

İçin doğrusal enterpolasyon yapılabilir.

n en üst kata gittikçe, katlar arası bağıl ötelemesi azalan binalar.

1. Ara değerler
2. Zemin katta:

C_1 , yapının doğrusal ve doğrusal olmayan davranışları sırasında ortaya çıkan yer değiştirmeler arasında ilişki kuran katsayıdır.

$$T_e \geq T_s \text{ ise } C_1 = 1$$

$$T_e < T_s \text{ ise } C_1 = \left[1 + (R - 1) \frac{T_s}{T_e} \right] / R \quad (3.5)$$

Burada; T_s davranış spektrumunda sabit ivme kısmından sabit hız kısmına geçiş noktasındaki karakteristik periyot, R dayanım azaltma katsayısı, T_e iki doğru ile temsil edilen kapasite eğrisinden hesaplanan etkili periyot ve C_2 histerik çevrimdeki kuvvet artımsız yer değiştirme etkisini dikkate alan katsayı olarak tanımlanır. Değişik taşıyıcı sistem tipleri ve performans seviyeleri için FEMA-356'da verilmiş olan değerler (Çizelge 3.2) kullanılabilir.

Çizelge 3.2 C₂ Katsayısı Değerleri (FEMA – 356)

Yapısal performans seviyesi	T ≤ 0.1 ⁽¹⁾		T ≥ T _B ⁽¹⁾	
	Taşıyıcı sistem tipi 1 ⁽²⁾	Taşıyıcı sistem tipi 2 ⁽³⁾	Taşıyıcı sistem tipi 1 ⁽²⁾	Taşıyıcı sistem tipi 2 ⁽³⁾
Hemen kullanım	1.0	1.0	1.0	1.0
Can güvenliği	1.3	1.0	1.1	1.0
Göçmenin önlenmesi	1.5	1.0	1.2	1.0
<p>1. Ara değerler için doğrusal entrepolasyon yapılır.</p> <p>2. Herhangi bir katta, kat kesme kuvvetinin en az %30'u, tasarım depremi altında dayanım ve rijitlik azalması beklenen sıralanan elemanlar veya bunların herhangi bir kombinasyonu tarafından karşılanan yapılar; çerçeve sistemler, çaprazlı çerçeve sistemler, kısmen mesnetlenmiş çerçeveler, kafes sistemler, yığma duvarlar.</p> <p>3. Taşıyıcı sistem tipi 1'e girmeyen diğer sistemler.</p>				

C₃, P - Δ etkilerinden dolayı oluşan yer değiştirme artışlarını dikkate alan katsayıdır.

- İki doğru ile idealize edilmiş kapasite eğrisinin ikinci eğimi pozitif olan yapılarda C₃ = 1
- İki doğru ile idealize edilmiş kapasite eğrisinin ikinci eğimi negatif olan yapılarda ;

$$C_3 = 1 + \frac{|\alpha|(R-1)^{3/2}}{T_e} \quad (3.6)$$

Burada;

α bidoğrusal hale getirilmiş kapasite eğrisinin ikinci eğiminin birinci eğime oranı, S_a etkili periyoda karşılık gelen spektral ivme, g yer çekimi ivmesi, R dayanım azaltma katsayısı olarak tanımlanır ve aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$R = \frac{S_a}{V_y / W C_0} \quad (3.7)$$

Burada ;

V_y iki doğru ile idealize edilmiş kapasite eğrisinin akma noktasındaki taban kesme kuvveti, W toplam bina ağırlığıdır.

Denklem (3.3) ile hedef yer değiştirme ya da tasarım depremi altında meydana gelecek maksimum yer değiştirme bulunduktan sonra yapının bu yer değiştirmeye karşılık gelen iç kuvvetler ve şekil değiştirmeler kullanılarak performans kontrolü yapılabilir.

4. Kabul Kriterleri

FEMA – 356’ da tasarımı yapılan yapının performansının kontrolü için bazı sınır değerler verilmiştir. Bu değerler Global ve Yerel olmak üzere iki gruba ayrılır.

4.1 Global Kriterler

Binanın tümü için öngörülen kabul kriterleri olup, katlar arası görelî ötelemeler(yer değiştirmeler) global sınır kriterleridir. Performans noktasındaki yatay yer değiştirme global sınır değerleriyle kıyaslanmalıdır.

Çizelge 4.1’ de ATC – 40’ da belirtilen deformasyon limitleri verilmiştir.

Çizelge 4.1 Deformasyon Limitleri (ATC – 40)

Görelî kat yer değiştirmesi oranı	Performans seviyesi			
	Hemen kullanım	Hasar kontrol	Can güvenliği	Yapısal stabilitenin korunması
Toplam yer değiştirme oranı	0.01	0.01 – 0.02	0.02	$0.33 \frac{V_i}{P_i}$
Maksimum inelastik yer değiştirme oranı	0.005	0.005 – 0.015	Sınır yok	Sınır yok

Burada,

V_i i. katta hesaplanan toplam kesme kuvveti, P_i i. kattaki toplam düşey yük olarak tarif edilir.

Ayrıca iki farklı yer değiştirme tanımı verilmiştir;

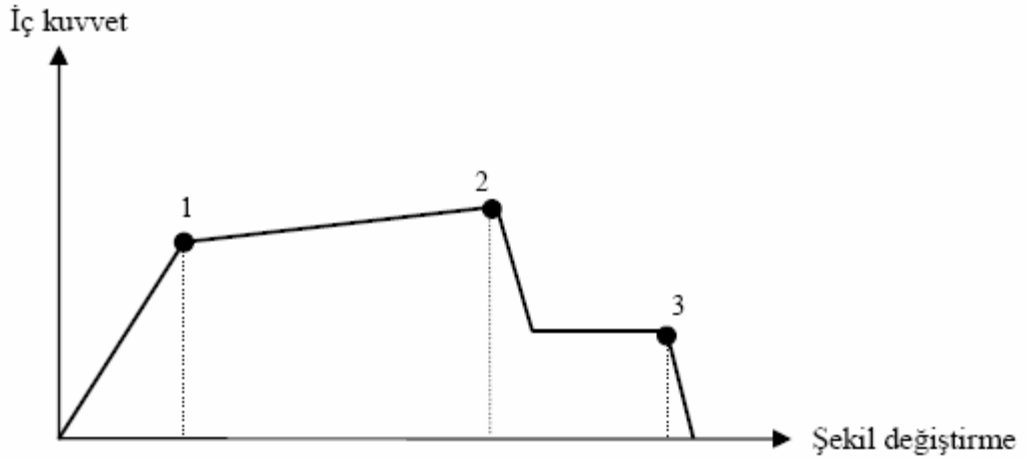
- Maksimum toplam kayma: Performans noktasındaki deplasman değerine karşı oluşan katlar arası göreceli ötelenme
- Maksimum elastik olmayan kayma: Sistemin akma noktasından sonra ulaşabildiği maksimum ötelenmedir.

4.2 Yerel Kriterler (Eleman Kabul Kriterleri)

Yerel kriterler yapısal elemanların performans noktasındaki davranışlarının kontrolü için gerekli sınırlardır. Her eleman performans noktasındaki kapasitesine ve kapasitenin, tüm sistemin kapasitesine oranına göre birincil veya ikincil eleman olarak adlandırılır. Hesaplanan eleman şekil değiştirme değerleri, performans seviyesine göre verilmiş sınır değerlerini aşmamalıdır.

Birincil elemanlar için;

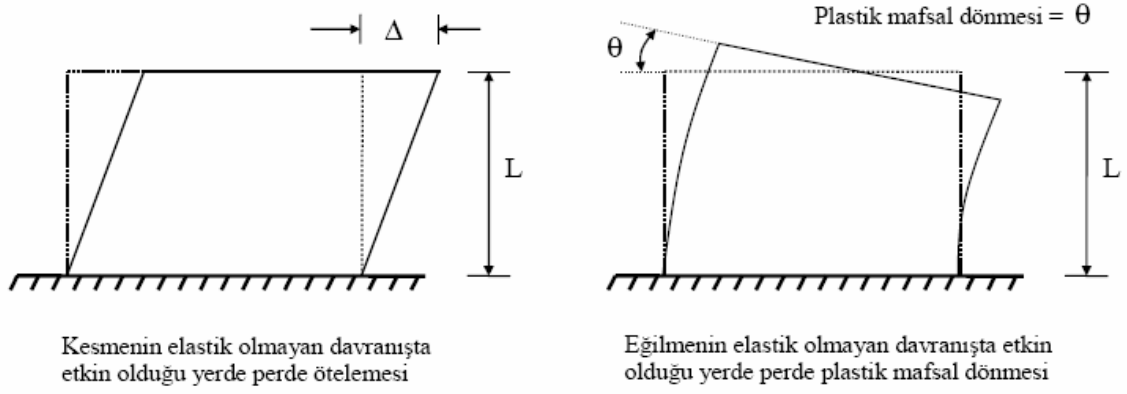
- Göçmenin önlenmesi (yapısal stabilitenin korunması) performans seviyesini temsil eden şekil değiştirme değeri, iç kuvvet – şekil değiştirme eğrisinde Şekil (4.1), 2noktasına karşılık gelen şekil değiştirme değerinden büyük olmamak kaydıyla, 3 noktasına karşılık gelen şekil değiştirme değerinin %75' ine karşılık gelmektedir.
- Can güvenliği performans seviyesini temsil eden şekil değiştirme değeri 2 noktasına karşılık gelen şekil değiştirmenin %75' idir.
- Hemen kullanım performans seviyesini temsil eden şekil değiştirme değeri mühendislik tecrübesi ve öngörüsüne dayanmaktadır.



Şekil 4.1 İç Kuvvet – Şekil Değiştirme Eğrisi (Afacan ,2004)

İkincil elemanlar için;

- Göçmenin önlenmesi performans seviyesini temsil eden şekil değiştirme değeri, iç kuvvet-şekil değiştirme eğrisinde (Şekil 4.1), 3 noktasına karşılık gelen şekil değiştirme değeridir.
- Can güvenliği performans seviyesini temsil eden şekil değiştirme değeri, Şekil 4.1' de 3 noktasına karşılık gelen şekil değiştirmenin %75' inden az olmamakla beraber, 2 noktasına karşılık gelen değeridir.
- Hemen kullanım performans seviyesini temsil eden şekil değiştirme değeri ise birincil elemanlarda olduğu gibi tamamen mühendislik tecrübesi ve öngörüsüne bağlıdır.



Şekil 4.2 Perde Ötelemesi ve Plastik Mafsal Dönmesi (Afacan, 2004)

Kabul kriterlerinin yapıya özgü hesap veya deney yoluyla belirlenememesi durumunda deneysel verilere dayanan;

- Eleman davranışında eğilme veya kesmenin hakim olması
- Basınç donatısı oranı
- Eksenel yük oranı
- Etriye aralığı
- Perdelerde başlık bölgesi bulunup bulunmaması

gibi durumlar için FEMA 356' da tablolaştırılmıştır.

Çizelge 4.2 kirişlerin kabul kriterleri ile ilgilidir. Bu tabloda kirişlerin basınç ve çekme donatı oranları, sargı donatısı olup olmaması, performans noktasında kiriş üzerindeki kesme kuvveti, beton karakteristik dayanımı ve kesit boyutlarına göre kabul kriterleri tablolaştırılmıştır. Deprem etkilerine karşı taşıyıcı elemanın katkısına göre birincil veya ikincil sınıflanmasına ve kesit özelliklerine karşılık gelen kabul kriteri tablodan alınıp bilgisayar modelinde plastik mafsal özelliklerine tanımlanır. Analiz sonucunda yapının performans noktasında bu kriterlere göre, kirişlerin performans seviyeleri görülebilir.

Çizelge 4.3 kolonların kabul kriterleri ile ilgilidir. Bu tabloda kolonların sargı donatısı olup olmaması ve performans noktasında kolon üzerindeki eksenel yük ve kesme kuvveti ile beton karakteristik dayanımı ve kesit boyutlarına göre kabul kriterleri tablolaştırılmıştır. Deprem etkilerine karşı taşıyıcı elemanın katkısına göre birincil veya ikincil sınıflanmasına ve kesit özelliklerine karşılık gelen kabul kriteri tablodan alınıp bilgisayar modelinde plastik mafsal özelliklerine tanımlanır. Analiz sonucunda yapının performans noktasında bu kriterlere göre, kolonların performans seviyeleri görülebilir.

Çizelge 4.4 perdelerin kabul kriterleri ile ilgilidir. Bu tabloda perdelerin basınç ve çekme donatı alanları, sargı donatısı olup olmaması, performans noktasında perde üzerindeki kesme kuvveti, beton ve çelik karakteristik dayanımı ve kesit boyutlarına göre kabul kriterleri tablolandırılmıştır. Deprem etkilerine karşı, taşıyıcı elemanın katkısına göre birincil veya ikincil sınıflanmasına ve kesit özelliklerine karşılık gelen kabul kriteri tablodan alınıp bilgisayar modelinde plastik mafsal özelliklerine tanımlanır. Analiz sonucunda yapının performans noktasında, bu kriterlere göre perdelerin performans seviyeleri görülebilir.

Çizelge 4.2 Betonarme Kirişler İçin Şekil Değişirme Kabul Kriterleri (FEMA – 356)

Koşullar		Kabul Kriteri ³					
		Plastik mafsal dönmesi (radyan)					
		Performans Seviyesi					
		HK	Taşıyıcı Eleman Tipi				
Birincil			İkincil				
CG	GÖ		CG	GÖ			
1.Eğilme Etkisindeki Kirişler⁽²⁾							
$\frac{\rho-\rho'}{\rho_b}$	Sargı Donatısı ²	$\frac{v}{b_w d \sqrt{f_c}}$					
≤ 0.0	Kuşatılmış	≤ 3	0.010	0.020	0.025	0.020	0.050
≤ 0.0	Kuşatılmış	≥ 6	0.005	0.010	0.020	0.020	0.040
≥ 0.5	Kuşatılmış	≤ 3	0.005	0.010	0.020	0.020	0.030
≥ 0.5	Kuşatılmış	≥ 6	0.005	0.005	0.015	0.015	0.020
≤ 0.0	Kuşatılmamış	≤ 3	0.005	0.010	0.020	0.020	0.030
≤ 0.0	Kuşatılmamış	≥ 6	0.0015	0.005	0.010	0.010	0.015
≥ 0.5	Kuşatılmamış	≤ 3	0.005	0.010	0.010	0.010	0.015
≥ 0.5	Kuşatılmamış	≥ 6	0.0015	0.005	0.005	0.005	0.010
2. Kesme Etkisindeki Kirişler¹							
Etriye Aralığı ≤ d/2			0.0015	0.002	0.003	0.010	0.020
Etriye Aralığı > d/2			0.0015	0.002	0.003	0.005	0.010
3.Açıklık boyunca yetersiz donatı kenetlenme boyuna sahip kirişler							
Etriye Aralığı ≤ d/2			0.0015	0.002	0.003	0.010	0.020
Etriye Aralığı > d/2			0.0015	0.002	0.003	0.005	0.010
4.Kiriş - Kolon birleşim bölgesinde yetersiz kenetlenmeye sahip kirişler							
			0.010	0.010	0.015	0.020	0.030
1. Koşullardan birden fazlasının sağlanması durumunda en olumsuz sayısal değeri veren koşul geçerli olacaktır							
2. Kiriş plastik mafsal bölgesinde kapalı etriyelerin aralığı d/3'ten küçükse ve -normal ve yüksek süneklığe sahip elemanlarda - etriyelerin kesme kuvveti taşıma gücü tasarım kesme kuvvetinin ¾'ünden büyükse o kiriş kuşatılmış olarak nitelendirilir. Aksi halde kiriş kuşatılmamış olarak değerlendirilir							
3. Çizelgede verilen sayısal değerler arasında doğrusal enterpolasyon yapılabilir.							

Çizelge 4.3 Betonarme Kolonlar İçin Şekil Değiştirme Kabul Kriterleri (FEMA – 356)

Koşullar			Kabul Kriteri ³				
			Plastik mafsalsal dönmesi (radyan)				
			Performans Seviyesi				
			HK	Taşıyıcı Eleman Tipi			
Birincil		İkincil					
CG	GÖ	CG		GÖ			
1. Eğilme Etkisindeki Kolonlar							
$\frac{P}{A_g f_c'}$	Sargı Donatısı ²	$\frac{V}{b_w d \sqrt{f_c'}}$					
≤ 0.1	Kuşatılmış	≤ 3	0.005	0.015	0.020	0.020	0.030
≤ 0.1	Kuşatılmış	≥ 6	0.005	0.012	0.016	0.016	0.024
≥ 0.4	Kuşatılmış	≤ 3	0.003	0.012	0.015	0.018	0.025
≥ 0.4	Kuşatılmış	≥ 6	0.003	0.010	0.012	0.013	0.02
≤ 0.1	Kuşatılmamış	≤ 3	0.005	0.005	0.006	0.01	0.015
≤ 0.1	Kuşatılmamış	≥ 6	0.005	0.004	0.005	0.008	0.012
≥ 0.4	Kuşatılmamış	≤ 3	0.002	0.002	0.003	0.006	0.010
≥ 0.4	Kuşatılmamış	≥ 6	0.002	0.002	0.002	0.005	0.008
2. Kesme Etkisindeki Kolonlar^{1,3}							
Tüm Koşullarda ⁵			—	—	—	0.003	0.004
3. Temiz yüksekliği boyunca yetersiz donatı kenetlenme boyuna sahip kolonlar^{1,3}							
Etriye Aralığı ≤ d/2			0.005	0.005	0.010	0.010	0.020
Etriye Aralığı > d/2			0	0	0	0.005	0.010
4. Eksenel kuvvetin 0.70Po değerini aştığı kolonlar^{1,3}							
Bütün yüksekliği boyunca uygun sargılanmış kolonlar			0	0.005	0.010	0.010	0.020
Diğer tüm koşullarda			0	0	0	0	0
1. Koşullardan birden fazlasının sağlanması durumunda en olumsuz sayısal değeri veren koşul geçerli olacaktır.							
2. Kolon plastik mafsalsal bölgesinde kapalı etriyelerin aralığı d/3'ten küçükse ve -normal ve yüksek süneklığe sahip elemanlarda- etriyelerin kesme kuvveti taşıma gücü tasarım kesme kuvvetinin ¾'ünden büyükse o kiriş kuşatılmış olarak nitelendirilir. Aksi halde kiriş kuşatılmamış olarak değerlendirilir.							
3. Enine donatı ile sargılanmamış kolonlar kuvvet kontrollü eleman kabul edilmelidir.							
4. Çizelgede verilen sayısal değerler arasında doğrusal enterpolasyon yapılabilir.							
5. Kesme etkisindeki kolonlarda kabul kriterleri için FEMA-356 kısım 6.5.2.4.2 ye bakınız.							

Çizelge 4.4 Eğilme Etkisindeki Betonarme Perdeler ve Perde Bağ Kirişleri İçin Şekil Değiştirme Kabul Kriterleri

Koşullar		Kabul Kriteri					
		Plastik mafsal dönmesi ¹ (radyan)					
		Performans Seviyesi					
		HK	Taşıyıcı Eleman Tipi				
Birincil			İkincil ⁴				
CG	GÖ		CG	GÖ			
1. Perdeler							
$\frac{(A_s - A_s')f_y + P}{t_w l_w f_c'}$	$\frac{V}{t_w l_w \sqrt{f_c'}}$	Perde Uç Donatısı ²					
≤ 0.1	≤ 3	Kuşatılmış	0.005	0.01	0.015	0.015	0.02
≤ 0.1	≥ 6	Kuşatılmış	0.004	0.008	0.01	0.01	0.015
≥ 0.25	≤ 3	Kuşatılmış	0.003	0.006	0.009	0.009	0.012
≥ 0.25	≥ 6	Kuşatılmış	0.0015	0.003	0.005	0.005	0.01
≤ 0.1	≤ 3	Kuşatılmamış	0.002	0.004	0.008	0.008	0.015
≤ 0.1	≥ 6	Kuşatılmamış	0.002	0.004	0.006	0.006	0.01
≥ 0.25	≤ 3	Kuşatılmamış	0.001	0.002	0.003	0.003	0.005
≥ 0.25	≥ 6	Kuşatılmamış	0.001	0.001	0.002	0.002	0.004
2. Perde Bağ Kirişleri							
Boyuna ve Enine Donatı ³	$\frac{\text{Shear}}{t_w l_w \sqrt{f_c'}}$						
İkisi de mevcut ve uygun enine-boyuna donatı durumu	≤ 3	0.010	0.020	0.025	0.025	0.050	
	≥ 6	0.005	0.010	0.020	0.020	0.040	
İkisi de mevcut ancak enin donatı durumu uygun değil	≤ 3	0.006	0.012	0.020	0.020	0.035	
	≥ 6	0.005	0.008	0.010	0.010	0.025	
Diyagonal donatı varsa	-	0.006	0.018	0.030	0.030	0.050	
1. Çizelgede verilen sayısal değerler arasında doğrusal enterpolasyon yapılabilir.							
2. Perde uç bölgeleri, ACI 318'e uygun olarak sarılmışsa "evet", değilse "hayır" anlamındadır.							
3. Tüm bağ kiriş boyunca yerleştirilmi kapalı etriyelerin aralığı d/3'ten küçükse ve etriyelerin kesme kuvveti taşıma gücü tasarım kesme kuvvetinin ¾'ünden büyükse uygun enine donatı durumu olarak nitelendirilir. Bağ kirişin boyuna aksına paralel, kesitin altına ve üstüne yerleştirilmiş donatı, geleneksel boyuna donatı olarak nitelendirilir.							

Çizelge 4.5 Kesme Etkisindeki Betonarme Perdeler ve Perde Bağ Kirişleri İçin Şekil Değiştirme Kabul Kriterleri

Koşullar	Kabul Kriteri					
	Toplam Öteleme(%) veya düğüm noktası dönmesi ¹					
	Performans Seviyesi					
	HK	Taşıyıcı Eleman Tipi				
Birincil		İkincil ⁴				
CG		GÖ	CG	GÖ		
1. Perdeler						
Tüm Koşullarda ²	0.4	0.6	0.75	0.75	0.15	
2. Perde Bağ Kirişleri						
Boyuna ve Enine Donatı ³	$\frac{\text{Shear}}{t_w l_w \sqrt{f'_c}}$					
İkisi de mevcut ve uygun enine-boyuna donatı durumu	≤ 3	0.006	0.015	0.020	0.020	0.030
	≥ 6	0.005	0.012	0.016	0.016	0.024
İkisi de mevcut ancak enin donatı durumu uygun değil	≤ 3	0.006	0.008	0.010	0.010	0.020
	≥ 6	0.004	0.006	0.007	0.007	0.012
1. Perdelerde öteleme, bağ kirişlerinde ise düğüm noktası dönmesi kullanılmalıdır.						
2. Elastik olmayan davranışı kesmeye bağlı olan perdelerde, eksenel iç kuvvet en fazla $0.15A_g f'_c$ olmalıdır; aksi halde, kuvvet kontrollü eleman kabul edilmelidir.						
3. Tüm bağ kiriş boyunca yerleştirilmiş kapalı etriyelerin aralığı $d/3$ 'ten küçükse ve etriyelerin kesme kuvveti taşıma gücü tasarım kesme kuvvetinin $3/4$ 'ünden büyükse uygun enine donatı durumu olarak nitelendirilir. Bağ kirişin boyuna aksına paralel, kesitin altına ve üstüne yerleştirilmiş donatı, geleneksel boyuna donatı olarak nitelendirilir.						

5. MEVCUT BİR OKUL YAPISINDA PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

5.1 Giriş

Bu bölümde yapıların performanslarının belirlenmesi için uygulanacak olan Statik İtme Yöntemi ile mevcut bir okul yapısının mevcut durumu Fema 356 Deplasman Katsayıları Yöntemi ile performans açısından değerlendirilmiştir. Yapının taşıyıcı sistem modeli SAP 2000 – v9.1.5 programında hazırlanmıştır. Malzeme değerleri, yapı taşıyıcı elemanlarından alınan karot numunelerinin özel bir malzeme laboratuvarında yapılan kırım testlerinden alınmıştır. Taşıyıcı sistem elemanlarının yük-şekil değiştirme ilişkilerini tanımlamak üzere kirişler için moment-eğrilik diyagramları XTRACT 3.05, kolon ve perdeler için ise akma yüzeyleri PCACOL programlarıyla elde edilmiştir.

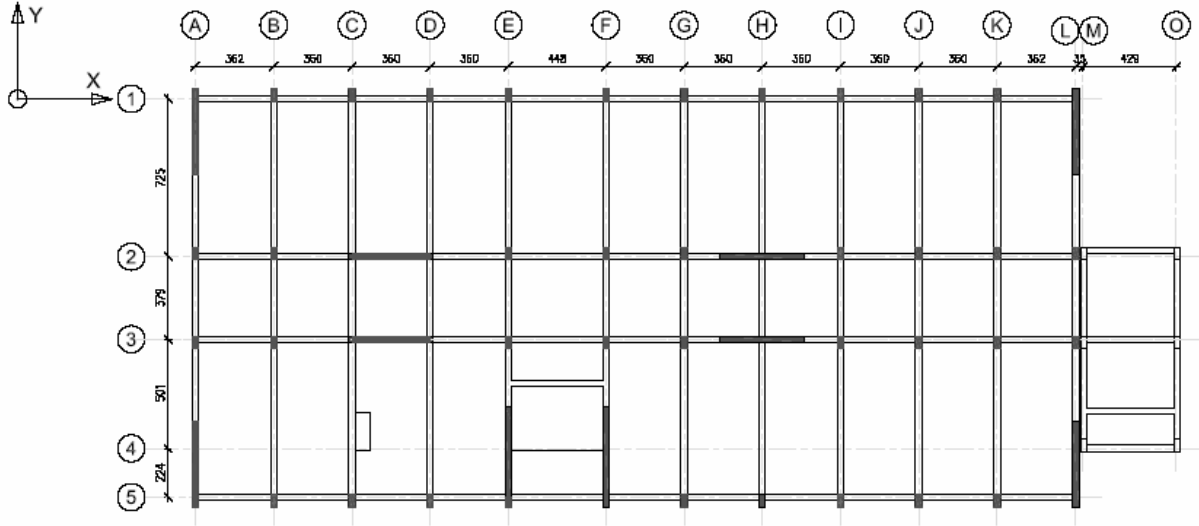


Şekil 5.1 İncelenen İlköğretim Okulu

5.1.1 Yapı Genel Bilgileri

İncelenen İlköğretim Okulu 1992 yılında inşa edilmiş bodrumsuz dört katlı bir yapıdır. Planda dikdörtgen şekle ve düzenli bir taşıyıcı sisteme sahiptir. Mevcut taşıyıcı sistemi perdeli çerçeve sistemdir.

Yapı bulunduğu bölge itibariyle 1. derece deprem bölgesinde yer almaktadır. Kat yükseklikleri 2.95 m, plan boyutları 19.20m x 45.49m olup kaplama kalınlığı dahil döşeme kalınlıkları 15 cm' dir. Tipik kolon boyutu 0.35m x 0.65m ve tipik kiriş boyutu 0.30m x 0.70m' dir.



Şekil 5.2 Yapının Güçlendirme Öncesi Taşıyıcı Sistem Planı

Denge Yapı Malzeme laboratuvarında gerçekleştirilen karot testleri sonucu binanın mevcut beton dayanımı $f_{ck}=9$ MPa olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.3 Karot Testleri

Binada yapılan kırım testlerinde yapısal elemanlardaki donatılarda korozyon oluşumu aynı zamanda yetersiz etriye aralıkları ve donatı bindirme boyları gözlenmiştir.



Şekil 5.4 Tahribatlı Perde Kırım Testleri

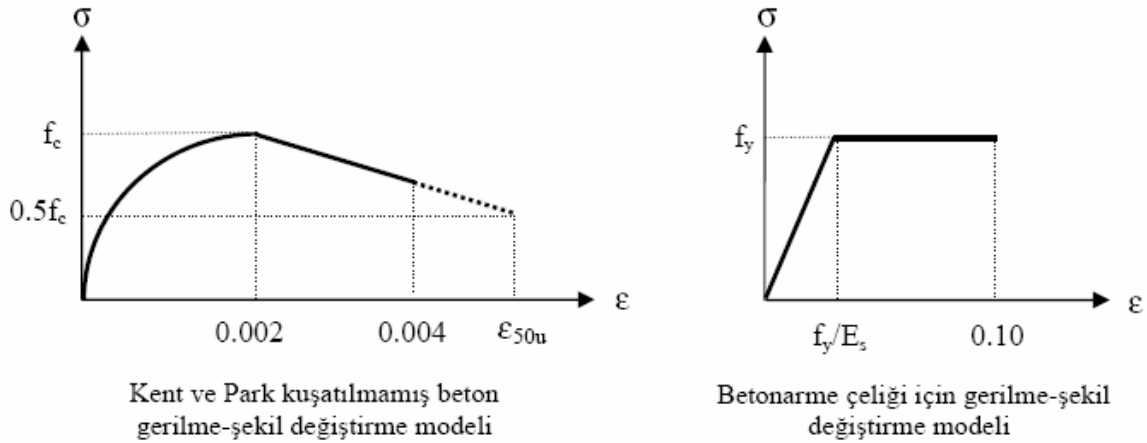


Şekil 5.5 Tahribatlı Kiriş Kırım Testleri

Yapıda kullanılan donatı S220 betonarme çeliğidir. 1999 Adapazarı Depremi sonucunda kolon – kiriş birleşim bölgelerinde ve kirişlerde diyagonal kesme çatlakları oluşmuştur ve muhtelif kolonlarda korozyon sebebiyle çatlaklar görülmüştür. Yapılan sondaj çalışmalarında zemin sınıfı Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğe göre Z3, FEMA – 356' ya göre C sınıfı olarak belirlenmiştir.

5.1.2 Kullanılan Malzeme Modelleri

Bu çalışmada beton davranış modeli olarak, Kent ve Park tarafından önerilen gerilme-şekil değiştirme modeli kullanılmıştır (Kent ve Park, 1971). Mevcut taşıyıcı sistemde, etriye aralıkları 20 cm ve daha üzeri aralıklarda olduğu için kuşatma etkisi dikkate alınmamıştır. Kuşatılmamış beton için, maksimum birim kısalma 0.004 kabul edilmiştir (Ersoy ve Özcebe, 2001). Betonarme çeliği için kullanılan gerilme-şekil değiştirme modeli ideal elastoplastiktir ve ilgili parametreler TS500'den alınmıştır. Kullanılan tüm gerilme – şekil değiştirme modelleri Şekil 5.6' de görülebilir.



Şekil 5.6 Kullanılan Malzeme Modelleri

5.1.3 Tasarım Parametreleri

Yapının taşıyıcı sistem modeli SAP2000 – v9.1.5 programında hazırlanmıştır. Hazırlanan hesap modelinin üç boyutlu görünümü Ek – 1' de bulunmaktadır. Modelde eleman ağırlıkları yüklenirken kirişler üzerine birim boya gelen yük olarak atanmış, hesaplanan yükler

kombinasyonlarda katsayı olarak programa girilmiştir.

Statik itme analizi yapılırken eğilme etkisindeki yapı elemanlarının akma öncesi doğrusal davranışları için çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri kullanılması FEMA – 356’ da belirtilmiştir. Buna göre;

- Kirişler için 0.5EI
- Kolonlar için 0.6EI
- Perdeler için ise güçlü olduğu yönde 0.5EI diğer yönde 0.8EI

katsayıları hesap modelinde “Property/Stiffness Modifiers for Analysis” olarak tanımlanmıştır.

Çizelge 5.1 Elle Hesaplanan Ağırlıklar

Kat Numarası	Kolon (kN)	Perde Duvar (kN)	Kiriş (kN)	Döşeme (kN)	Tuğla Duvar (kN)	Toplam Ağırlık (kN)
4	518	936	1642	4577	1253	8926
3	518	936	1642	4540	1253	8889
2	518	936	1642	4179	1253	8528
1	586	936	1642	3746	1358	8268

Toplam Ağırlık

34611 kN

Çizelge 5.2 Kombinasyonlarda Kullanılacak Yük Katsayıları

Yer	Zati Yük Katsayısı (kN / m ²)	Hareketli Yük Katsayısı (kN / m ²)	Kaplama Yükü Katsayısı (3 cm) (kN / m ²)	Kütle Katsayısı (kN / m ²)
Koridorlarda	3	5	1,76	6,76
Sınıflar	3,5	3,5	1,76	5,26
Çatı	3	1,75 (kar dahil)	1,76	4,76
Düşük Döşemeler(WC)	4	3,5	4,76	8,16
Merdivenler	5	5	1,76	6,76

Kat kütle ve yüksekliklerinin her katta hemen hemen aynı olması göz önünde bulundurularak, statik itme çözümlemesinde yatay yük dağılımı üçgen seçilmiştir. Buna göre statik itme kuvvetleri Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik katsayılarına göre hesaplanıp SAP2000 – v9.1.5 hesap modelinde sistemin rijitlik merkezine %5 eksantriklik de göz önüne alınarak yüklenmiştir. Gerçekleştirilen elastik çözüm sonrası elde edilen yapı periyotları Çizelge 5.3’ de verilmiştir.

Çizelge 5.3 Mevcut Durum Yapı Periyotları

	T _x (sn.)	T _y (sn.)
Mevcut Durum Yapı Periyotları (sn.)	0,357	0.321

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğe göre;

Spektral ivme katsayısı A(T) ;

$$A(T) = A_0 \cdot I \cdot S(T) \quad (5.1)$$

Spektrum katsayısı;

$$S(T) = 1 + 1.5T / T_A \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (5.2a)$$

$$S(T) = 2.5 \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (5.2b)$$

$$S(T) = 2.5(T_B / T)^{0.8} \quad (T > T_B) \quad (5.2c)$$

Deprem yükü azaltma katsayısı;

$$R_a(T) = 1.5 + (R - 1.5)T / T_A \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (5.3a)$$

$$R_a(T) = R \quad (T > T_A) \quad (5.3b)$$

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, yapının eşdeğer deprem yükü;

$$V_i = W \cdot A(T_1) / R_a(T_1) \geq 0.10 \cdot A_0 \cdot I \cdot W \quad (5.4)$$

$$w_i = g_i + n \cdot q_i \text{ okul binaları için } n=0.60 \quad (5.5)$$

ile hesaplanır.

Çizelge 5.4 ve 5.5’ de örnek yapı modeli için katsayılar, eşdeğer deprem yükü ve katlara göre dağılımları verilmiştir.

Çizelge 5.4 Mevcut Durum ABYYHY’ e Göre Yapı Katsayıları

Bina Önem Katsayısı	I		1.40
Etkin Yer İvmesi Katsayısı	A_0	1.Deprem Bölgesi	0.40
Spektrum Karakteristik Periyotları	Z3	T_A	0.15
		T_B	0.60
Spektrum Katsayısı	S(T)	$T_A < T < T_B$	2.5
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	$R_a(T)$	$T > T_A$	4

Çizelge 5.5 Mevcut Durum Statik İtme Deprem Kuvvetleri

Kat	Zati Yük (kN)	Hareketli Yük (kN)	W_i (kN)	H_i (m)	$W_i \times H_i$ (kNm)	$W_i \times H_i / \sum W_j \times H_j$	V_t (kN)	F_i (kN)	M_x	M_y
1	8926	2862	10643	3.2	34058.24	0.11	9940.55	1106	1051	2240
2	8889	2862	10606	6.4	67879.68	0.22	9940.55	2204	2094	4464
3	8528	2862	10245	9.6	98353.92	0.32	9940.55	3194	3034	6468
4	8267	0	8267	12.8	105817.6	0.35	9940.55	3436	3264	6959
		Σ	39762	Σ	306109.4					

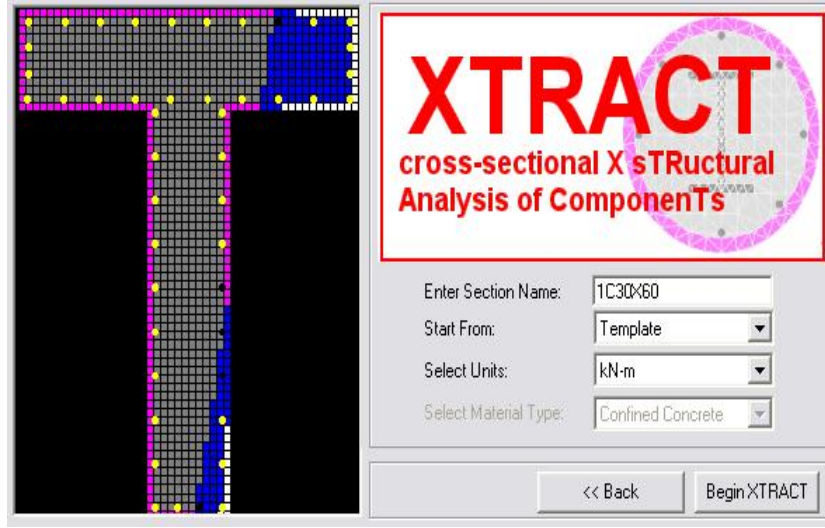
Çizelge 5.5’ de son iki kolonda yer alan M_x ve M_y momentleri, yapının X ve Y boyutlarının %5’ göz önüne alınan doğrultudaki deprem kuvvetiyle çarpılması sonucu bulunmuştur.

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 ise akma yüzeyleri tanımlanmıştır. Kolonlarda ve perdelerde, kesitin aktıktan sonraki rijitliği “0” yani yük-şekil değiştirme ilişkisi ideal elastoplastik alınmıştır. Plastik mafsalların taşıyıcı sistem elemanlarının uçlarında oluşacağı kabul edilmiş ve plastik mafsalları için kesit eğilme yüksekliği yarısı “h/2” değeri kullanılmıştır.

Kesitlerin moment - eğrilik diyagramlarını elde etmek için XTRACT 3.05 programı kullanılmıştır. Programın yardımcı (template) ara yüzüyle moment – eğrilik diyagramları kolaylıkla çizilebilmektedir.

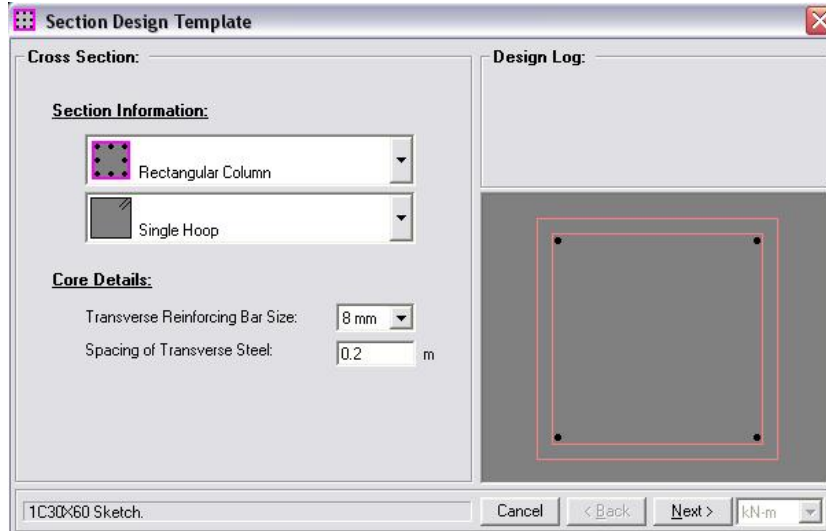
Şablon seçeneği ile moment – eğrilik diyagramını çizilmesine basit bir örnek vermek gerekirse;

- Proje ve eleman adı, birim sistemi ve şablonda mı yoksa kullanıcı seçeneğiyle diyagramların oluşturulacağı seçeneklerini tanımlanır(Şekil 5.7).



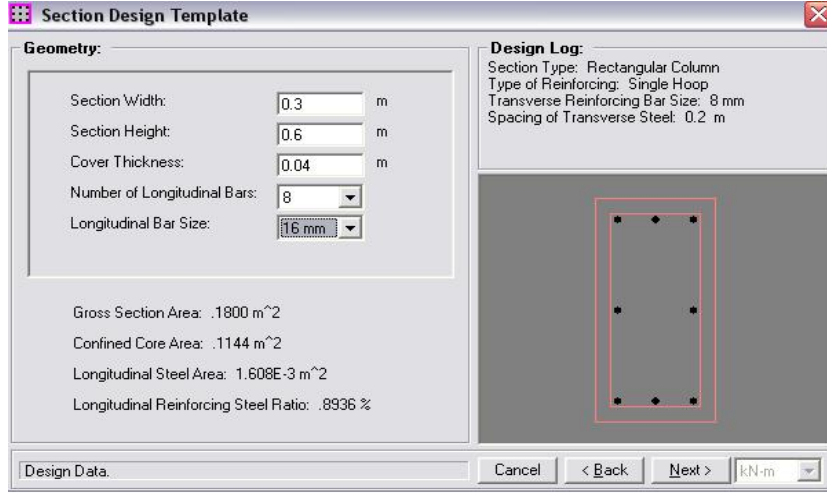
Şekil 5.7 XTRACT 3.05 Kesit Adı ve Birim Sistemi Seçeneği

- Eleman tipi, etriye çapı / aralığı ve düzeni seçilir (Şekil 5.8).



Şekil 5.8 XTRACT 3.05 Eleman Tipi ve Yatay Donatı Seçeneği

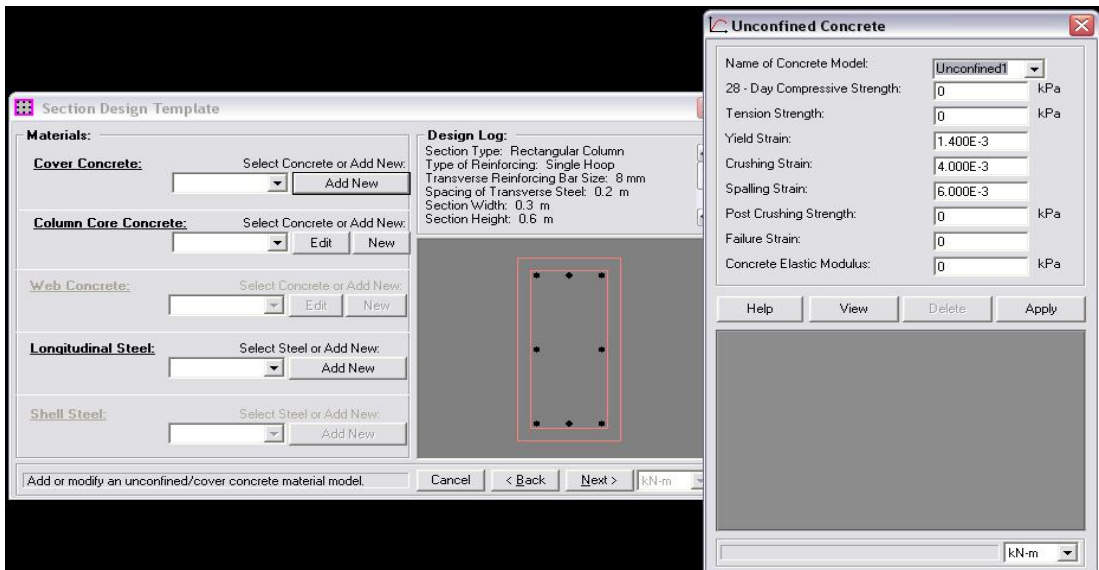
- Yapısal eleman boyut ve boyuna donatı özellikleri tanımlanır (Şekil 5.9).



Şekil 5.9 XTRACT 3.05 Eleman Boyut ve Düşey Donatı Seçeneği

- Malzeme özellikleri tanımlanır (Şekil 5.10).

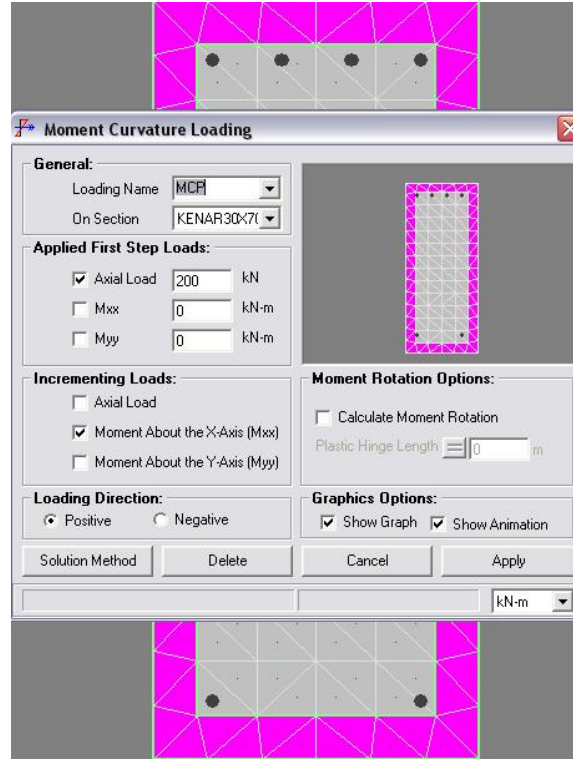
Programın çözüm yapabilmesi için üç çeşit malzeme özelliği tanımlanması gerekmektedir; Birincisi etriye dışında kalan sargısız beton için, ikincisi etriye içinde kalan sargı bölgesi için ve en son olarak da donatı çeliği için. Beton elemanlarda 28 günlük basınç dayanımı için karot numunelerinin kırım testlerinden elde edilen dayanım ve elastisite modüllerinin tanımlanması gerekmektedir. Programın ihtiyaç duyduğu diğer malzeme katsayıları için detaylı bilgiye, programdaki yardım ara yüzünden ulaşılmaktadır. Çelik özelliklerinde ise S220 çeliğine özdeş A615 Grade 40 çeliği, akma dayanımı gibi S220 çeliğine has özellikleri düzeltildikten sonra kullanılmıştır.



Şekil 5.10 XTRACT 3.05 Malzeme Özellikleri Tanımlanması

- Malzeme özellikleri tanımlanıp kesit oluşturulduktan sonra moment – eğrilik diyagramları oluşturmak için kullanılacak yükleme değerleri girilir (Şekil 5.11).

Kiriş donatıları bu tez kapsamında incelenen binada simetrik olmadığı için hem negatif hem de pozitif yönde kesitin akma dayanıma ulaşabileceği bir yük değeri ile yükleme yapılmıştır. SAP 2000 – v9.1.5 yapı analiz programında kesitlere atanan moment – eğrilik değerleri için eğrilik değil moment – dönme değerleri olarak girilmesi gerekmektedir. Bunun için de yönetmelikte belirtilen kesit yüksekliğinin yarısı ile eğrilik değerleri çarparak dönmeler elde edilmektedir. Yine programda kolon ve perde kesitleri için moment - dönme değerleri çeşitli eksenel yük seviyelerinde atanması gerekmektedir. Bunun için de kolon ve perde kesitlerinin eksenel yük kapasitelerinin 0, 0.1P, 0.2P katları alınarak çeşitli eksenel yük seviyeleri için oluşturulan moment – dönme değerleri oluşturulmuştur.



Şekil 5.11 XTRACT 3.05 Moment – Eğrilik Yükleme

Şekil 5.12’ de örnek elemana ait moment – eğrilik diyagramı verilmiştir.

XTRACT Analysis Report - Educational

Imbsen & Associates, Inc. (Educat

FA

16.07.2006

123

1235

Page __ of __

Section Name: KENAR30X70
 Loading Name: MCP
 Analysis Type: Moment Curvature

Section Details:

X Centroid: -.3924E-17 m
 Y Centroid: 2.305E-3 m
 Section Area: .2100 m²

Loading Details:

Constant Load - P: 200.0 kN
 Incrementing Loads: Max Only
 Number of Points: 30
 Analysis Strategy: Displacement Control

Analysis Results:

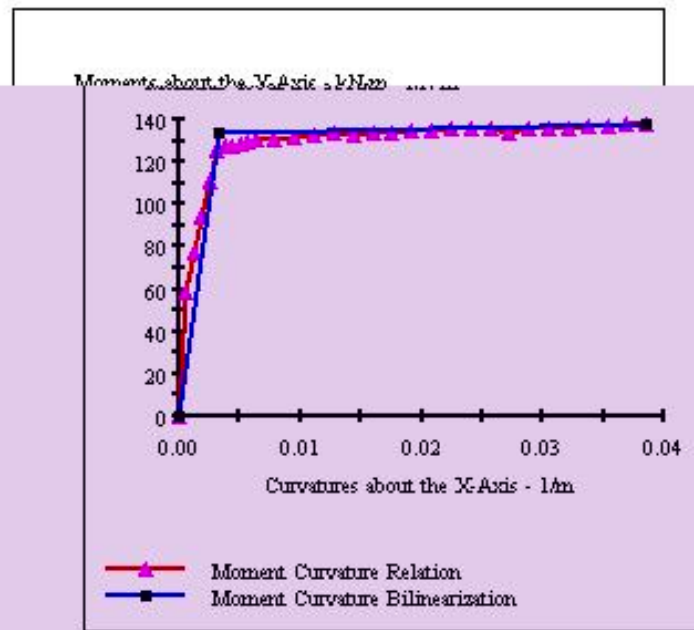
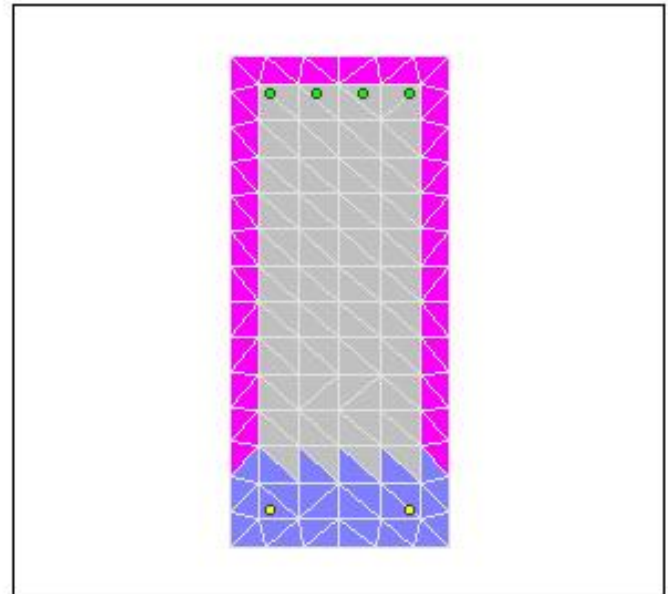
Failing Material: Unconfined1
 Failure Strain: 4.000E-3 Compression
 Curvature at Initial Load: .1043E-6 1/m
 Curvature at First Yield: 3.158E-3 1/m
 Ultimate Curvature: 38.58E-3 1/m
 Moment at First Yield: 125.3 kN-m
 Ultimate Moment: 137.5 kN-m
 Centroid Strain at Yield: 4.514E-3 Ten

Centroid Strain at Ultimate: 8.939E-3 Ten

N.A. at First Yield: .1429 m
 N.A. at Ultimate: .2322 m
 Energy per Length: 5.001 kN
 Effective Yield Curvature: 3.371E-3 1/m
 Effective Yield Moment: 133.8 kN-m
 Over Strength Factor: 1.027
 EI Effective: 3.97E+7 N-m²
 Yield EI Effective: 104.4E+3 N-m²
 Bilinear Hardening Slope: .2631 %
 Curvature Ductility: 11.44

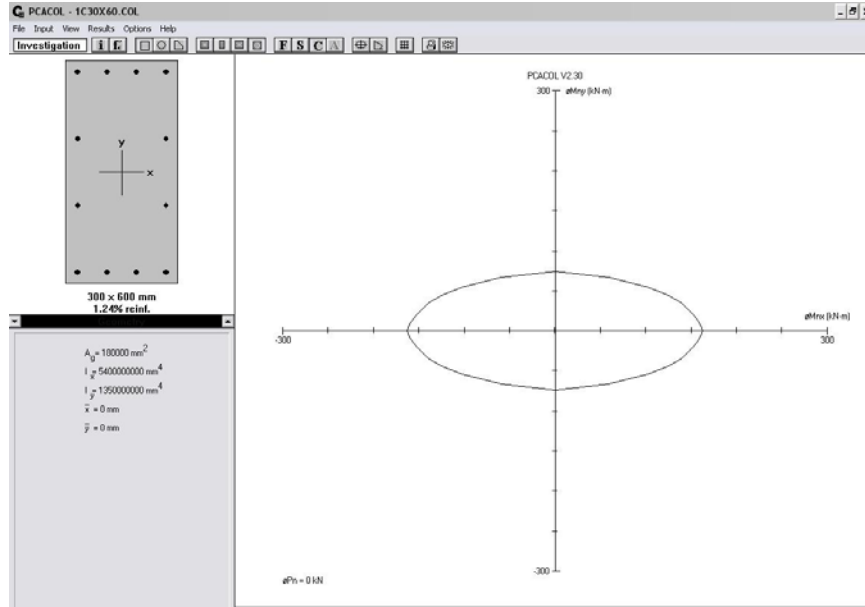
Comments:

User Comments

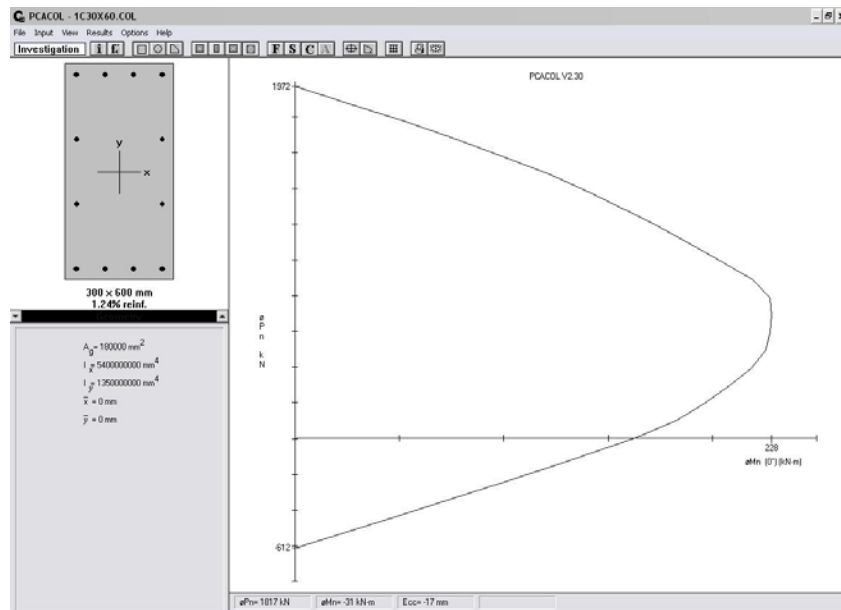


Şekil 5.12 XTRACT 3.05 Moment – Eğrilik Diyagramı Raporu

Çalışmada kolon ve perdelerin akma yüzeylerini oluşturmak için PCACOL programı kullanılmıştır. Programın ihtiyaç duyduğu kesit özellikleri; kesit boyutu, beton ve donatı malzeme özellikleri, donatı yerleşimi, hangi yöne göre çözüm yapılacağı ve analizde kullanılacak yönetmeliktir. Yönetmelik olarak ACI 318-89 kodu seçilmiş malzeme özelliklerinde elastisite modülü gibi malzeme özellikleri TS500 standardına göre düzenlenmiştir. Şekil 5.13 ve 5.14’ de PCACOL programıyla hazırlanan akma yüzeylerine ilişkin aksenal yük ve X – Y doğrultularına ait diyagramlar verilmiştir

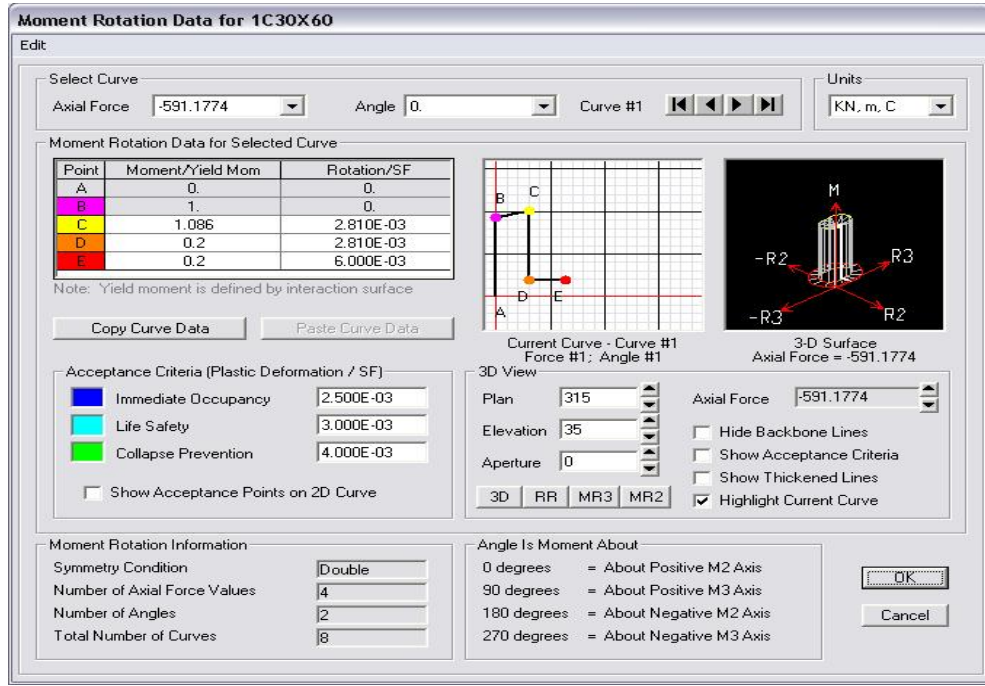


Şekil 5.13 PCACOL Analiz Sonucu M2 ve M3 Eksenlerine Göre Görünüm



Şekil 5.14 PCACOL Analiz Sonucu P ve M3 Eksenlerine Göre Görünüm

Tüm kesitler için XTRACT 3.05' de hazırlanan Moment – Dönme ve PCACOL programında çizilen Akma Yüzeyleri SAP2000 v9.1.5 programına user – defined olarak aşağıdaki gibi atanmıştır. Şekil 5.15' de SAP 2000 v9.1.5 yapı analiz programına ait kesite ait Moment – Dönme veri girişi görülmektedir. Çeşitli eksenel yük seviyeleri ve açılara göre moment – dönme değerleri “Moment Rotation Data for Selected Curve” menüsünden girilmektedir. Kesitin kabul kriterleri ise “Acceptance Criteria” bölümünden programa atanmaktadır.



Şekil 5.15 SAP2000 Moment – Dönme Menüsü

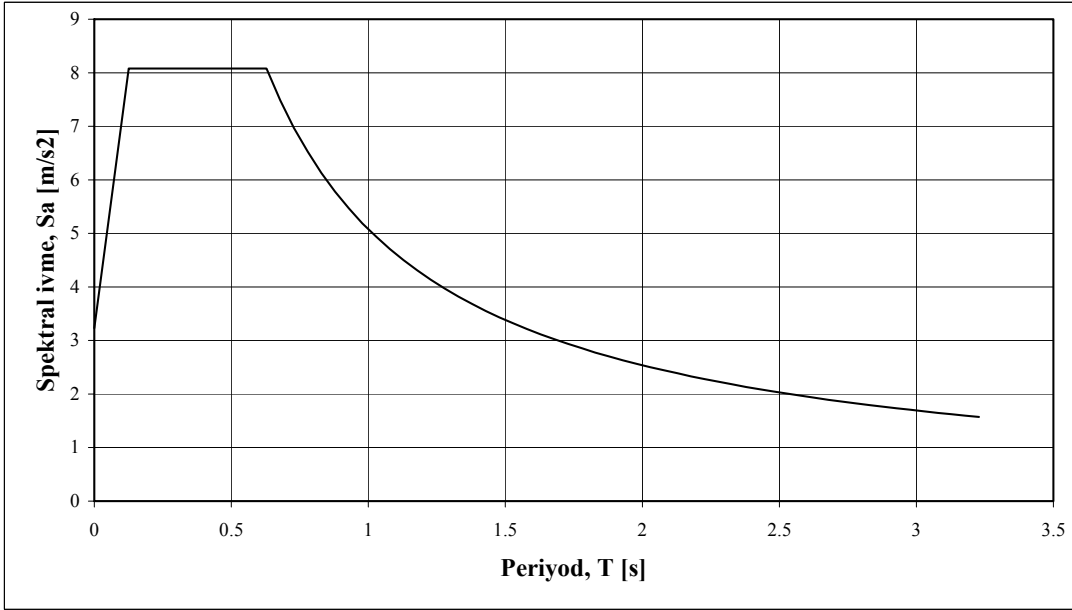
Şekil 5.16' da ise kolon ve perdelerin akma yüzeylerine ilişkin SAP 2000 – v9.1.5 program menüsü görülmektedir. Kesit donatılarının simetrik olup olmamasına göre tanımlanan eğri sayısı değişmektedir. PCACOL programından hazırlanan P – M2 – M3 değerleri, tanımlanan eğri sayısı kadar menüye girilmektedir. “Scale Factor” olarak girilen değerler, kesitin eğrideki maksimum eksenel yük ve maksimum X ve Y momentleridir. Kesitlere ait XTRACT 3.05' de hazırlanan moment – eğrilik değerleri ve PCACOL programında hazırlanan akma yüzeyleri Ek – 1' de bulunmaktadır.

doğrusal olmayan yer değiştirme (hedef deplasman) FEMA-356’da verilen katsayılar yöntemi ile hesaplanmıştır. Deplasman katsayıları yönteminde hedef deplasmanı bulmak için;

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e}{4\pi^2} g \quad (5.6)$$

eşitliği ile çözüm ve katsayılar 3.2.2.1’ de detaylı olarak açıklanmıştır. Yapı analizlerinde 50 yılda olma olasılığı %10 olan deprem hareketine ait S_{xs} ve S_{x1} alınarak oluşturulan spektrum kullanılmıştır. Spektral ivme değeri, binanın bulunduğu bölgede yapılan geoteknik araştırmalar sonucunda zemin sınıfı FEMA 356’ ya göre C sınıfı ve elde edilen kısa periyot spektral ivme parametresi S_{xs} ve bir saniye spektral ivme parametresi S_{x1} ile bulunmuştur. Bu değerler Çizelge 5.6’ da görülmektedir. Hedef deplasmanın bulunabilmesi için gerekli olan parametreler ise Çizelge 5.7’ de hesaplanmıştır.

$S_s = 0.75g$, $S_1 = 0.36g$, Zemin Sınıfı S_C , $F_a = 1.10$, $F_v = 1.44$, ve 5% Sönüm Oranı



Şekil 5.17 Elastik Tasarım İvme Spektrumu (FEMA – 356)

Çizelge 5.6 Mevcut Durum Hedef Deplasman Hesabı İçin Gerekli Parametreler

S_1	S_s	F_a	F_v	S_{xs}	S_{x1}	T_s	T_0
0.36	0.75	1.1	1.44	0.825	0.518	0.628	0.126

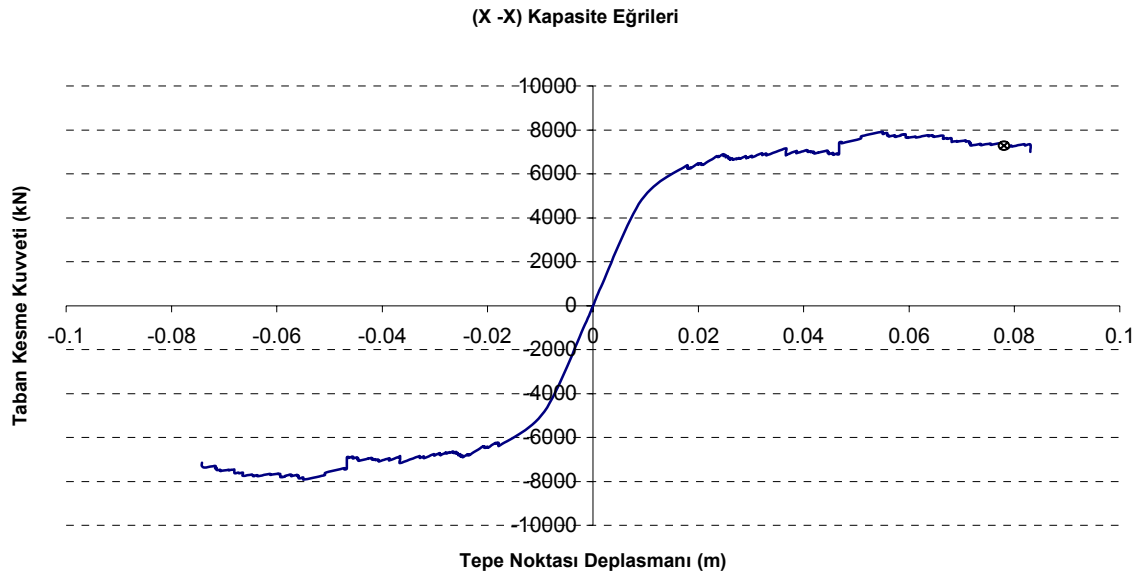
Mevcut durumdaki yapının statik itme çözümlemesiyle elde edilen kapasite eğrileri Şekil 5.18 ve Şekil 5.19'da verilmiştir. Bu kapasite eğrilerinin idealize edilmesiyle elde edilen parametreler (akma taban kesme kuvveti, akma yer değiştirmesi, eşdeğer periyot, en büyük yer değiştirme) Çizelge 5.8 ve Çizelge 5.11'de gösterilmiştir. Mevcut durumda yapı +X, +Y ve -Y doğrultularında hesaplanan hedef deplasmana ulaşmadan yapı mekanizma durumuna varmaktadır.

Çizelge 5.7 Mevcut Durum X – X Yönü Hedef Deplasman Hesabı İçin Gerekli Parametreler

Doğrultu	W(kN)	S _a	C ₀	R	C ₁	C ₂	C ₃
+X	39762	0.825	1.25	3.85	1.21	1.1	1
-X	39762	0.825	1.25	3.93	1.15	1.1	1

Çizelge 5.8 Mevcut Durum X – X Yönü İterasyon Sonuçları

Doğrultu	T _i (sn)	K _i	K _e	T _e (sn)	δ _y (m)	V _y (kN)	δ _{tahmin} (sn)	δ _t (m)
+X	0.476	563016	526183	0.492	0.01294	6811	0.0830	0.0822
-X	0.478	635788	534559	0.522	0.01249	6677	0.0742	0.0884



Şekil 5.18 Mevcut Durum X – X Yönü Kapasite Eğrileri

Çizelge 5.9 Mevcut Durum X – X Yönü İçin Statik İtme Analiziyle Elde Edilen Sonuçlar

Durum	Doğrultu	$\delta_t(m)$	R	$\mu(\delta_t/\delta_y)$	V_y/W	V_t/W
Mevcut Durum	+X	0.0822	3.85	6.35	0.171	0.185
Mevcut Durum	-X	0.0884	3.93	7.08	0.168	0.184

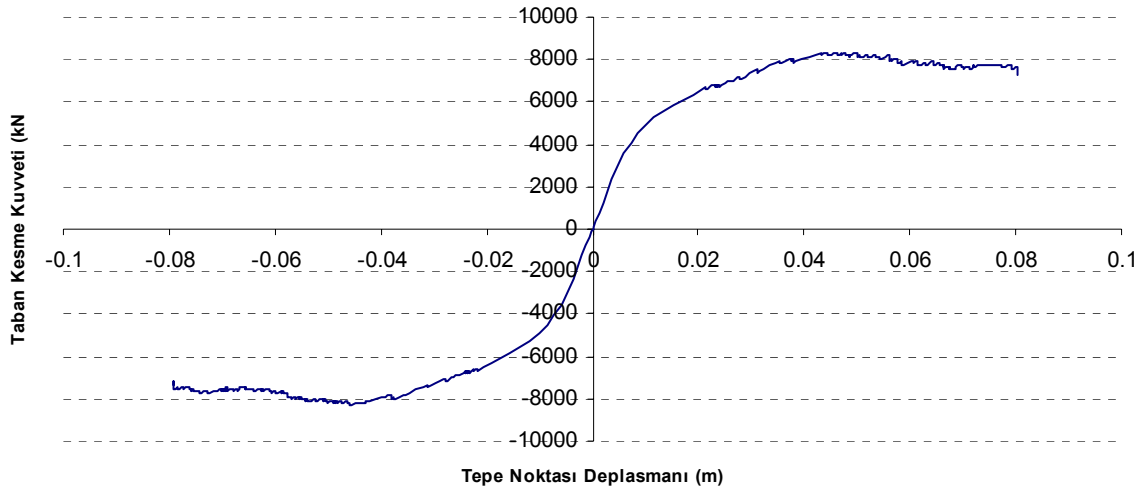
Çizelge 5.10 Mevcut Durum Y – Y Yönü Hedef Deplasman Hesabı İçin Gerekli Parametreler

Doğrultu	W(kN)	S_a	C_0	R	C_1	C_2	C_3
+Y	39762	0.825	1.25	3.65	1.25	1.1	1
-Y	39762	0.825	1.25	3.61	1.26	1.1	1

Çizelge 5.11 Mevcut Durum Y– Y Yönü İterasyon Sonuçları

Doğrultu	$T_i(sn)$	K_i	K_e	$T_e(sn)$	$\delta_y(sn)$	$V_y(kN)$	$\delta_{tahmin}(m)$	$\delta_t(m)$
+Y	0.48	499483	529390	0.466	0.01358	7189	0.0802	0.0768
-Y	0.48	499483	534580	0.464	0.01358	7260	0.0791	0.0763

(Y - Y) Kapasite Eğrileri





Şekil 5.19 Mevcut Durum Y – Y Yönü Kapasite Eğrileri

Çizelge 5.12 Mevcut Durum Y – Y Yönü İçin Statik İtme Analiziyle Elde Edilen Sonuçlar

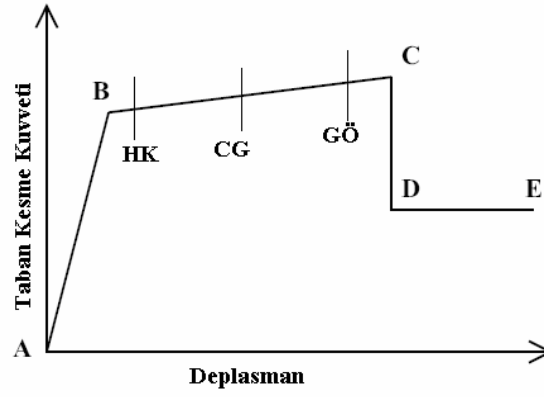
Durum	Doğrultu	$\delta_t(\text{sn})$	R	$\mu(\delta_t/\delta_y)$	V_y/W	V_t/W
Mevcut Durum	+Y	0.0768	3.65	5.66	0.181	0.192
Mevcut Durum	-Y	0.0763	3.61	5.62	0.183	0.189

5.1.5 Performans Değerlendirmesi

Hedef yer değiştirme altında taşıyıcı sistem elemanlarında oluşacak doğrusal olmayan şekil değiştirmeler FEMA-356’da verilen kriterlere göre değerlendirilmiştir. Mevcut taşıyıcı sistem elemanlarının her iki doğrultuda performans seviyeleri Şekil 5.22 – 5.53 ’de görülebilir. Hedeflenen performans seviyesi, tüm elemanlar için “*can güvenliği*” performans seviyesidir.

	Akma Durumu
	Son Kapasiteye Ulaşma Durumu
	Kırılma ve Kopmaların Başladığı Durum
	Göçme Durumu
	Hemen Kullanım Performans Seviyesi
	Can Güvenliği Performans Seviyesi
	Göçmenin Önlenmesi Performans Seviyesi

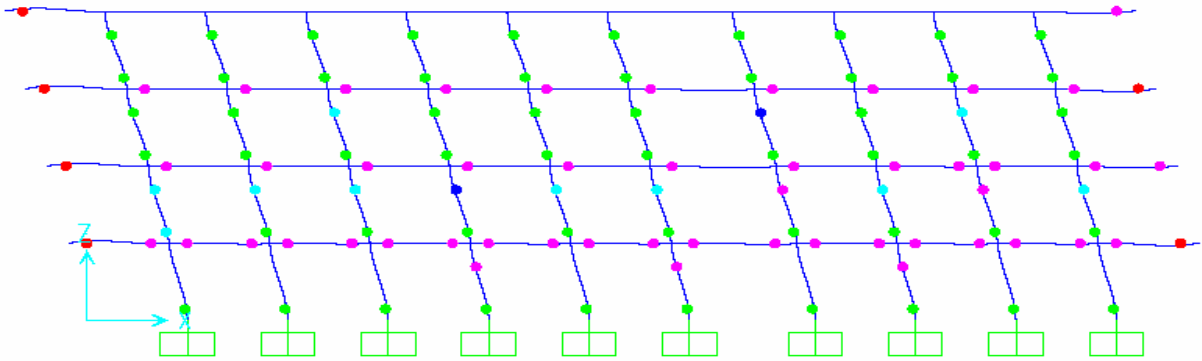
Şekil 5.20 SAP2000 Eleman Performans Seviyeleri Renklendirmesi



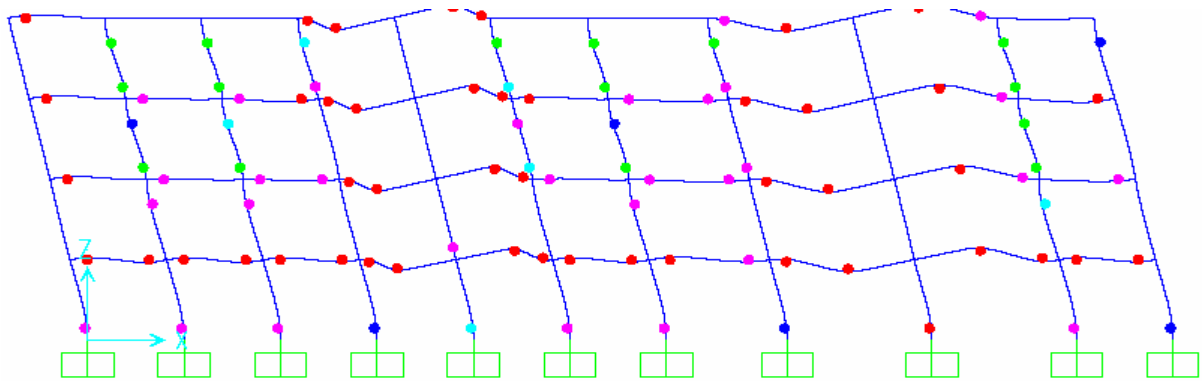
Şekil 5.21 Eleman Davranış Eğrisi

- AB :Doğrusal elastik
- BC :Pekleşme (doğrusal olmayan)
- CD :Gerilmelerin boşaldığı, kırılma ve kopmaların başladığı evre
- E :Göçme

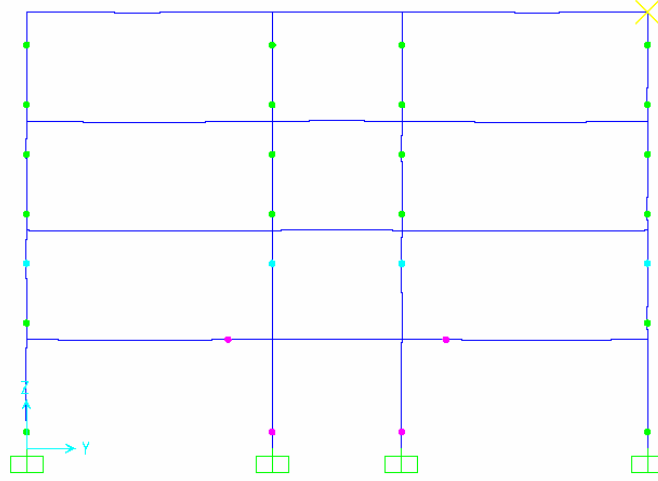
X - X yönü statik itme sonucu elde edilen eleman performans seviyeleri:



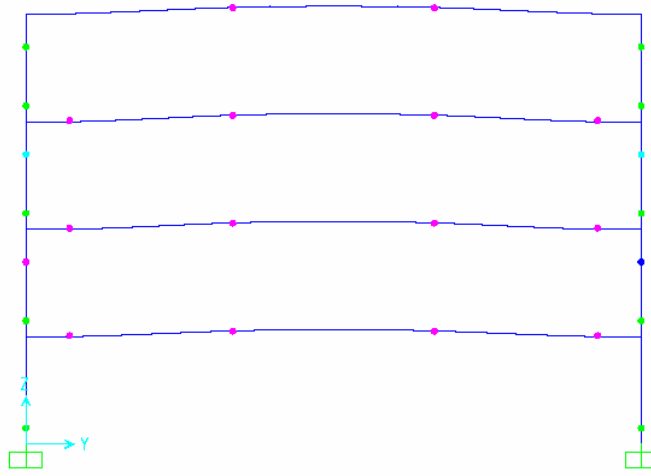
Şekil 5.22 Mevcut Durum 1 Aksı X Yönü Eleman Performansları



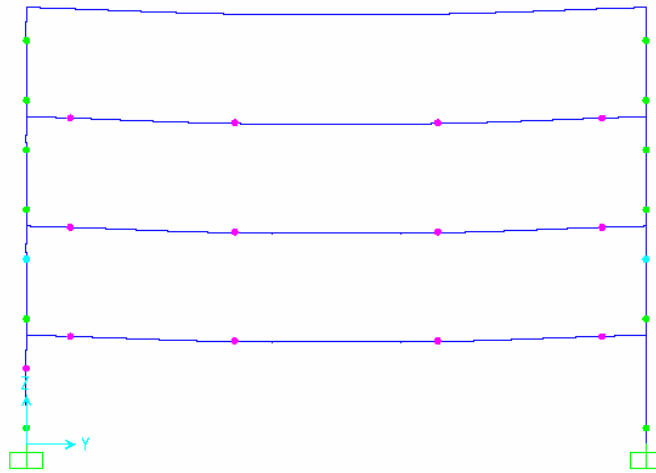
Şekil 5.23 Mevcut Durum 2 Aksı X Yönü Eleman Performansları



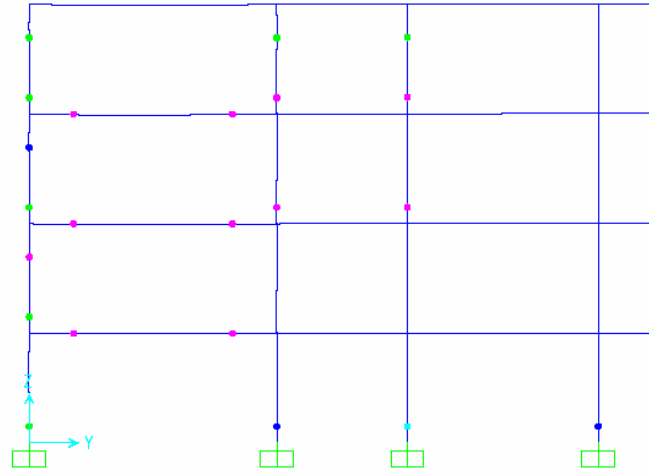
Şekil 5.27 Mevcut Durum B Aksı X Yönü Eleman Performansları



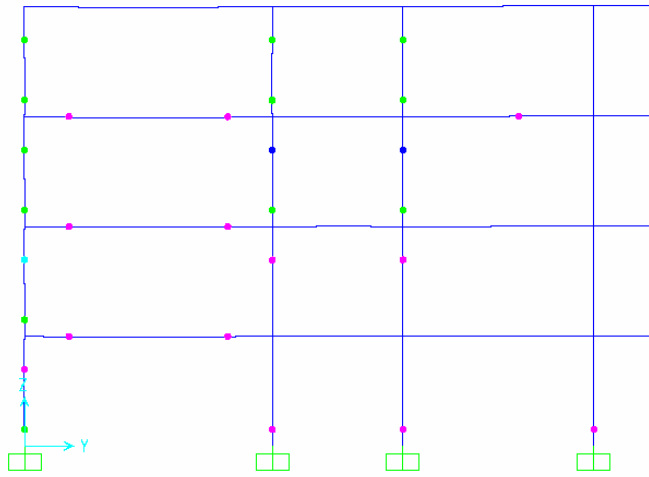
Şekil 5.28 Mevcut Durum C Aksı X Yönü Eleman Performansları



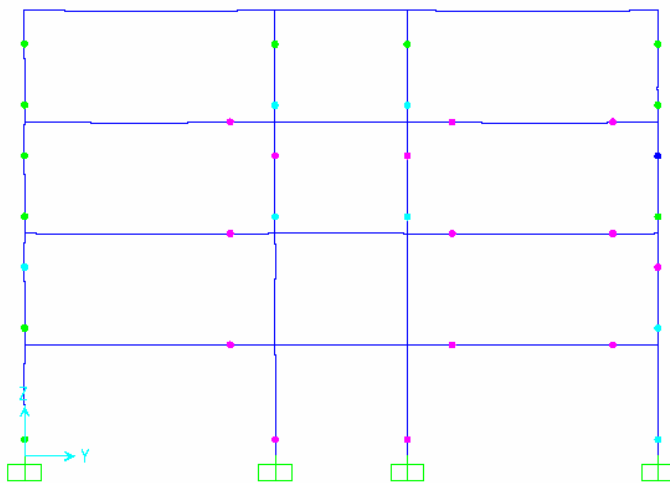
Şekil 5.29 Mevcut Durum D Aksı X Yönü Eleman Performansları



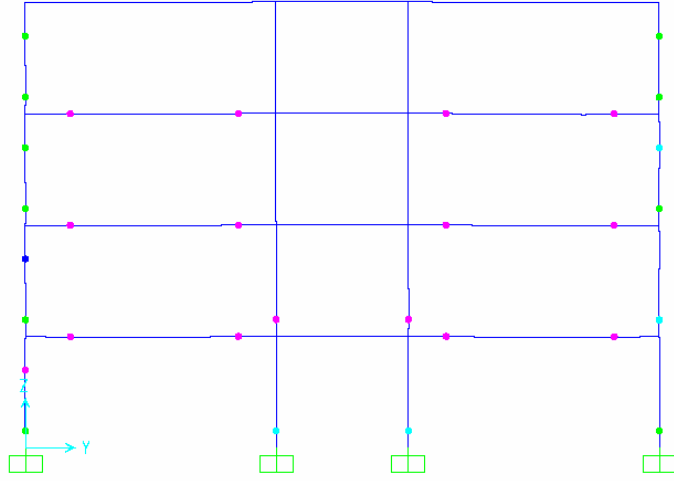
Şekil 5.30 Mevcut Durum E Aksı X Yönü Eleman Performansları



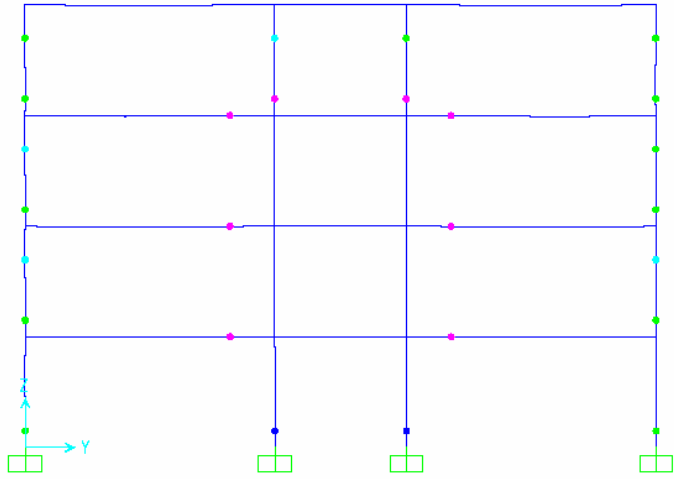
Şekil 5.31 Mevcut Durum F Aksı X Yönü Eleman Performansları



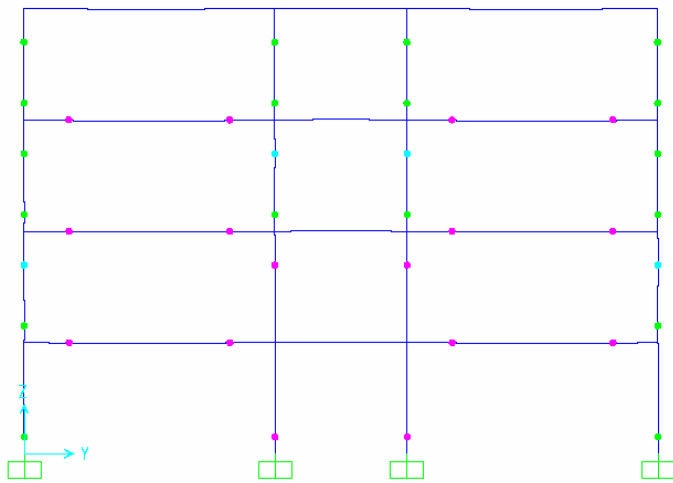
Şekil 5.32 Mevcut Durum G Aksı X Yönü Eleman Performansları



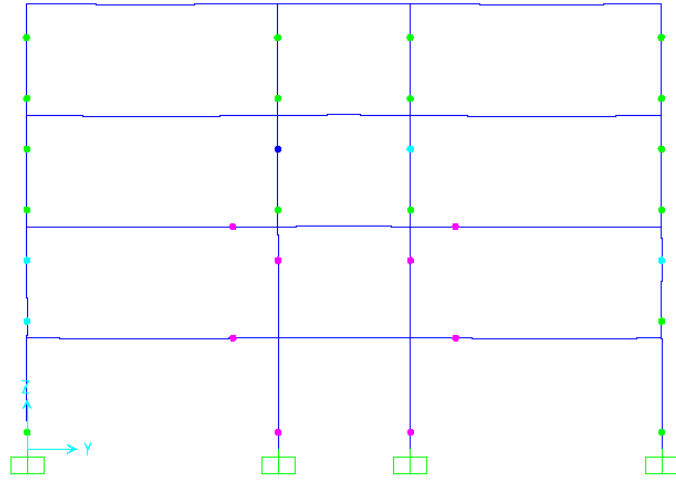
Şekil 5.33 Mevcut Durum H Aksı X Yönü Eleman Performansları



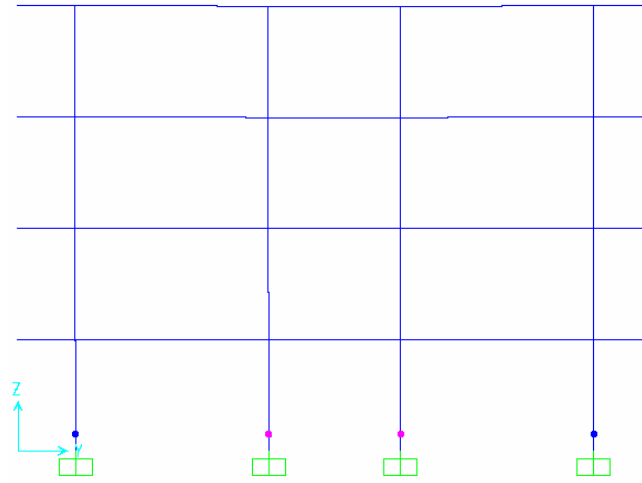
Şekil 5.34 Mevcut Durum I Aksı X Yönü Eleman Performansları



Şekil 5.35 Mevcut Durum J Aksı X Yönü Eleman Performansları

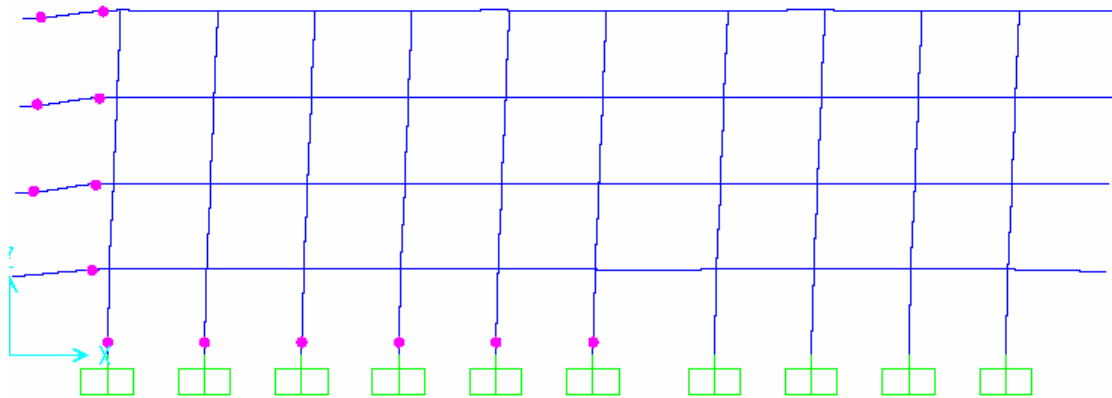


Şekil 5.36 Mevcut Durum K Aksı X Yönü Eleman Performansları

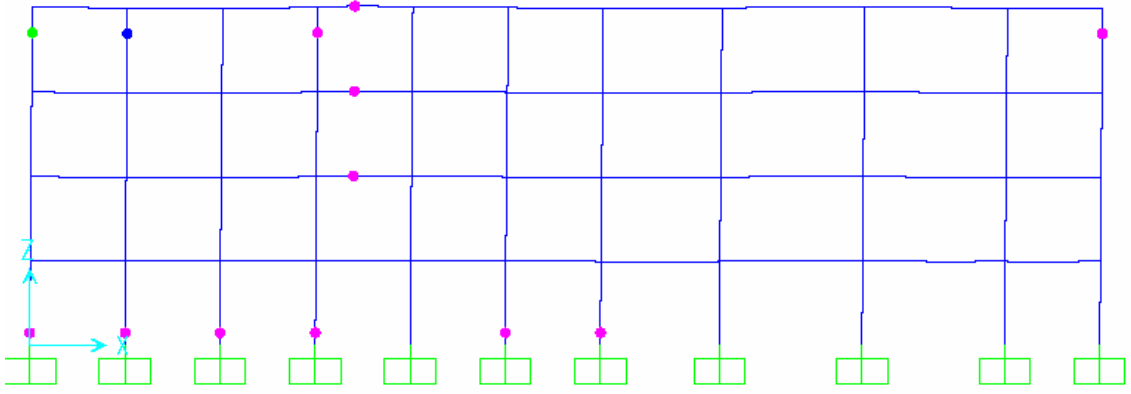


Şekil 5.37 Mevcut Durum L Aksı X Yönü Eleman Performansları

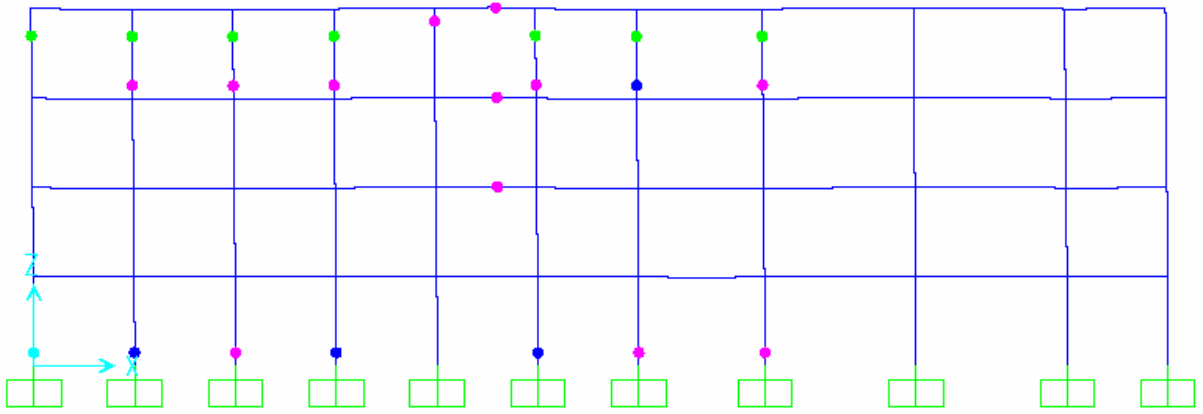
Y – Y yönü statik itme sonucu elde edilen eleman performans seviyeleri:



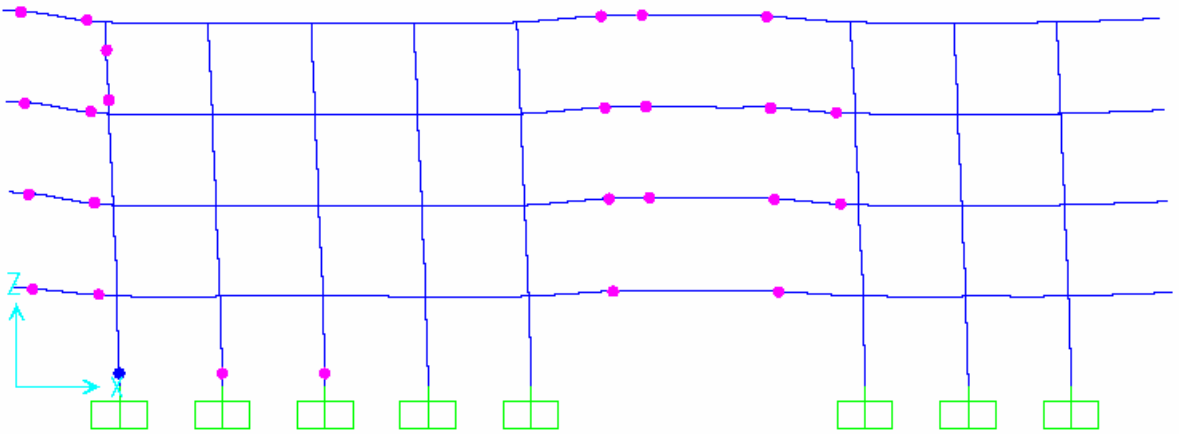
Şekil 5.38 Mevcut Durum 1 Aksı Y Yönü Eleman Performansları



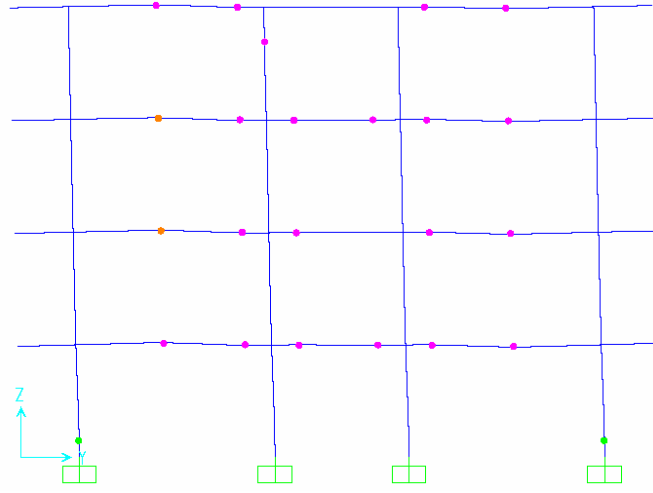
Şekil 5.39 Mevcut Durum 2 Aksı Y Yönü Eleman Performansları



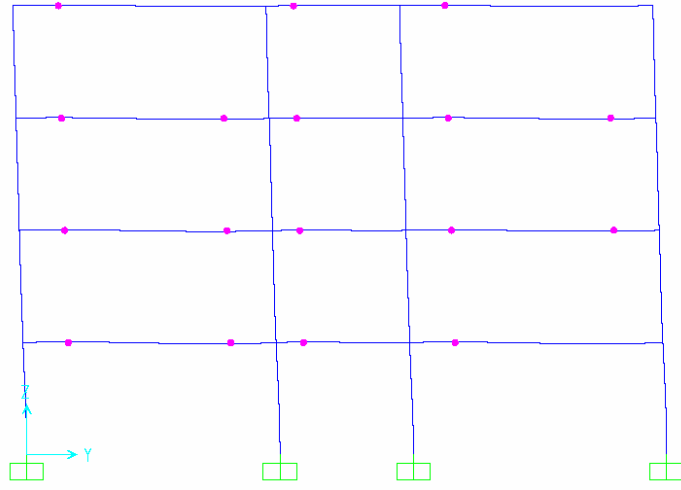
Şekil 5.40 Mevcut Durum 3 Aksı Y Yönü Eleman Performansları



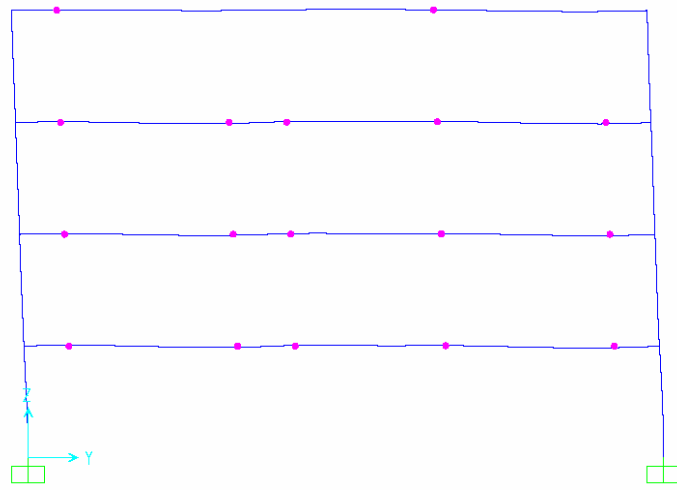
Şekil 5.41 Mevcut Durum 4 Aksı Y Yönü Eleman Performansları



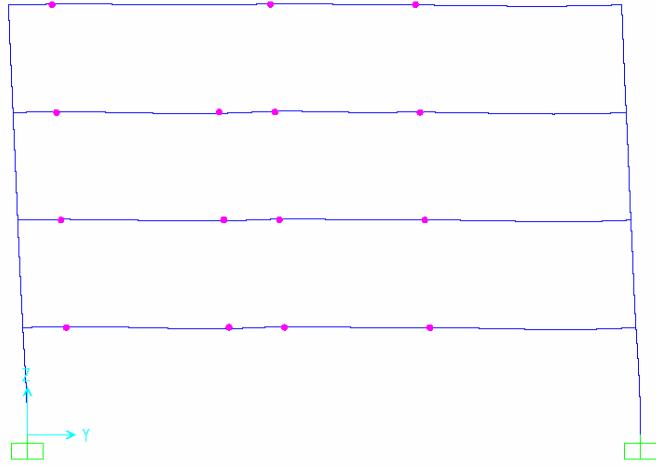
Şekil 5.42 Mevcut Durum A Aksı Y Yönü Eleman Performansları



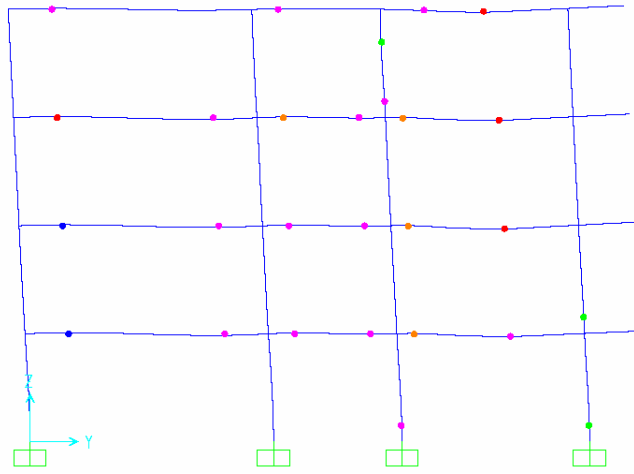
Şekil 5.43 Mevcut Durum B Aksı Y Yönü Eleman Performansları



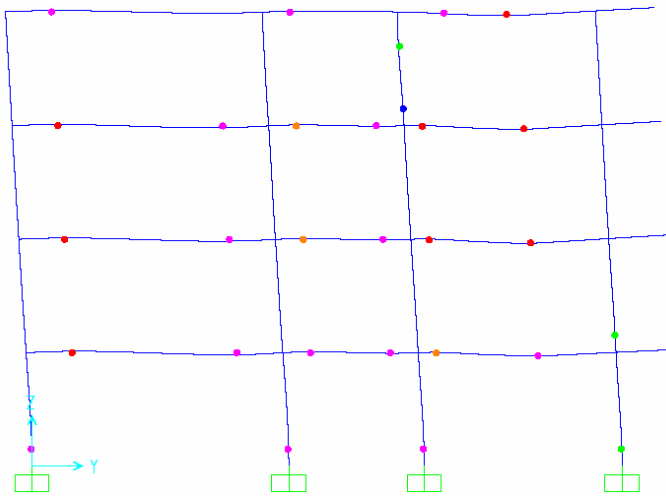
Şekil 5.44 Mevcut Durum C Aksı Y Yönü Eleman Performansları



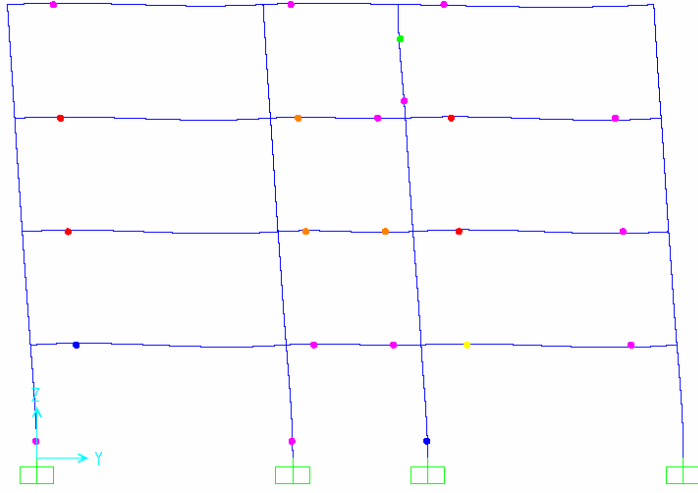
Şekil 5.45 Mevcut Durum D Aksı Y Yönü Eleman Performansları



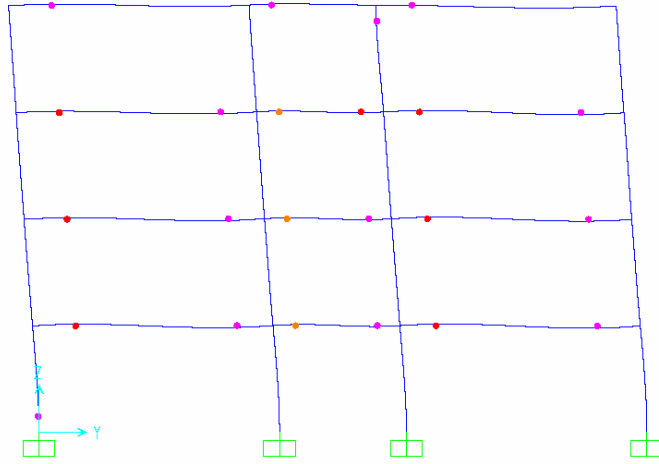
Şekil 5.46 Mevcut Durum E Aksı Y Yönü Eleman Performansları



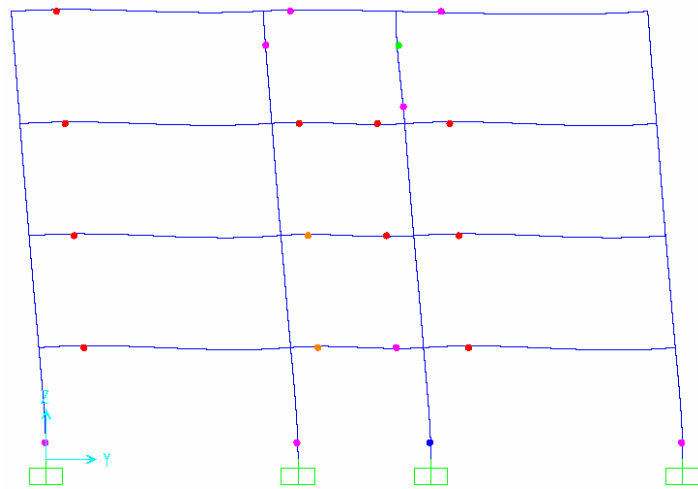
Şekil 5.47 Mevcut Durum F Aksı Y Yönü Eleman Performansları



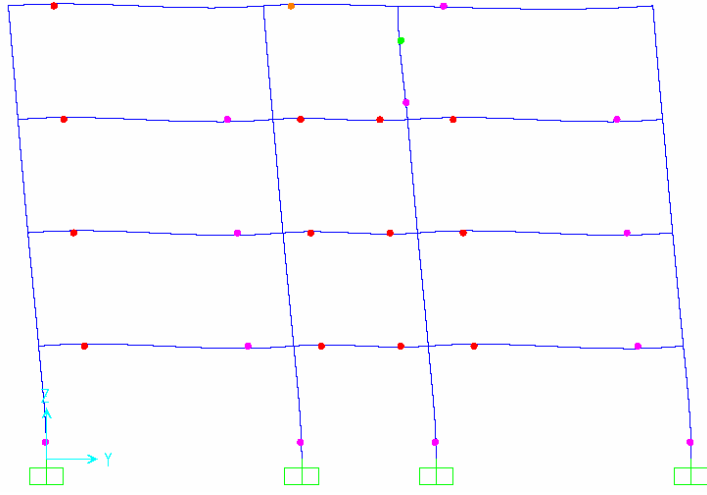
Şekil 5.48 Mevcut Durum G Aksı Y Yönü Eleman Performansları



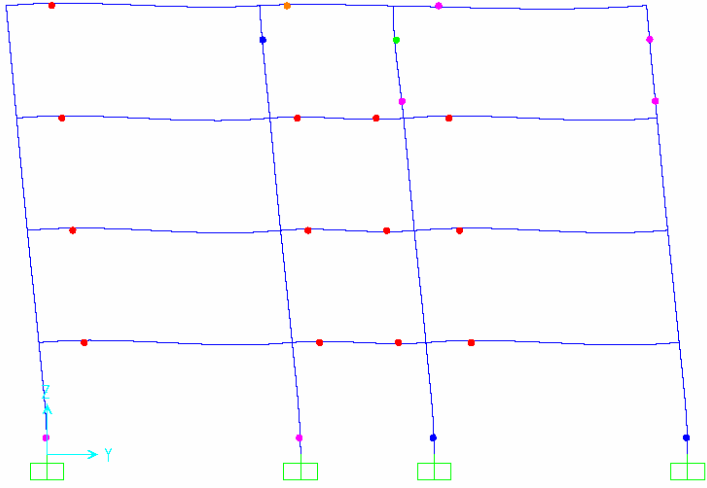
Şekil 5.49 Mevcut Durum H Aksı Y Yönü Eleman Performansları



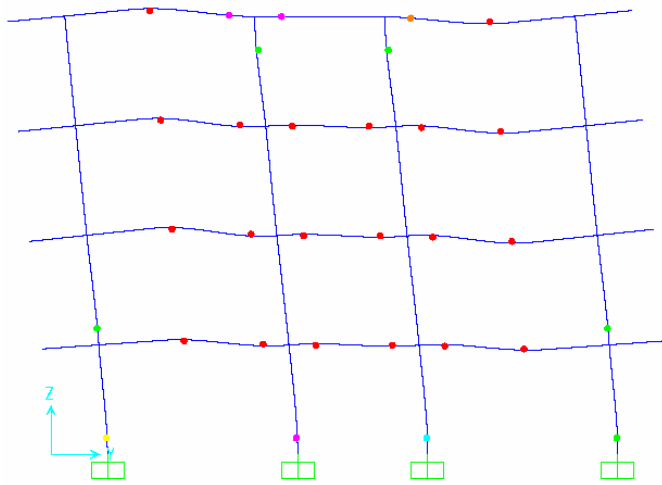
Şekil 5.50 Mevcut Durum I Aksı Y Yönü Eleman Performansları



Şekil 5.51 Mevcut Durum J Aksı Y Yönü Eleman Performansları



Şekil 5.52 Mevcut Durum K Aksı Y Yönü Eleman Performansları



Şekil 5.53 Mevcut Durum L Aksı Y Yönü Eleman Performansları

6. GÜÇLENDİRİLMİŞ OKUL YAPISINDA PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

6.1 Giriş

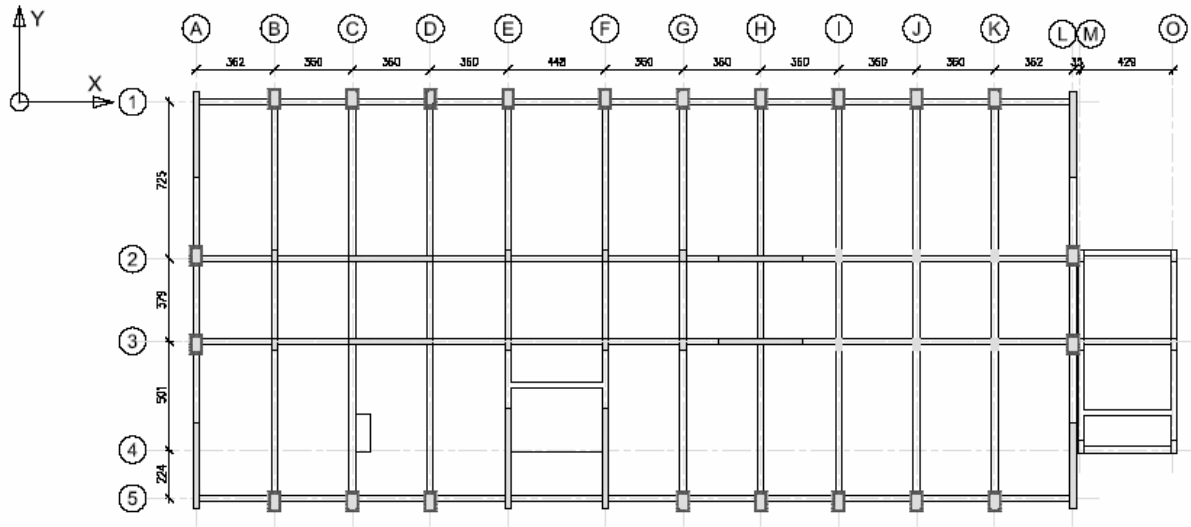
Bu bölümde yapıların performanslarının belirlenmesi için uygulanacak olan Statik İtme Yöntemi ile üç farklı tip güçlendirme şekli FEMA – 356 Deplasman Katsayıları Yöntemi ile performans açısından değerlendirilmiştir. İncelenen güçlendirme şekilleri detaylı olarak Bölüm 6.2, 6.3 ve 6.4’ te açıklanmıştır. Tip – 1 güçlendirme şeklinde yapının dış aks kolonları, 15’ er cm tüm katlarda aynı boyutta mantolanmıştır. Tip – 2 güçlendirme şeklinde güçlendirme çalışması ilk iki katta uygulanmış buna göre, mevcut perdeler 15’ er cm mantolanmış ve X doğrultusunda iki yeni perde ilave edilmiştir. Tip – 3 güçlendirme şeklinde ise mevcut perdeler tüm katlarda 15’ er cm mantolanmış ve X doğrultusuna eklenen iki yeni perde yine tüm katlarda uygulanmıştır.

6.2 TİP – 1

Tip – 1 güçlendirme çalışmasında, yapının dış aks kolonlarının mantolanması ile güçlendirme şekli üzerine çalışılmıştır. Yapıdaki mevcut elemanlara herhangi bir güçlendirme yapılmamıştır.

6.2.1 Yapı Genel Bilgileri

Güçlendirme projesi kapsamında mevcut yapı dış aks kolonları her iki yönde 15’er cm mantolanmıştır. Yapılan bu güçlendirme şekline göre elde edilen kalıp planı aşağıdaki Şekil 6.1’ de görülmektedir.

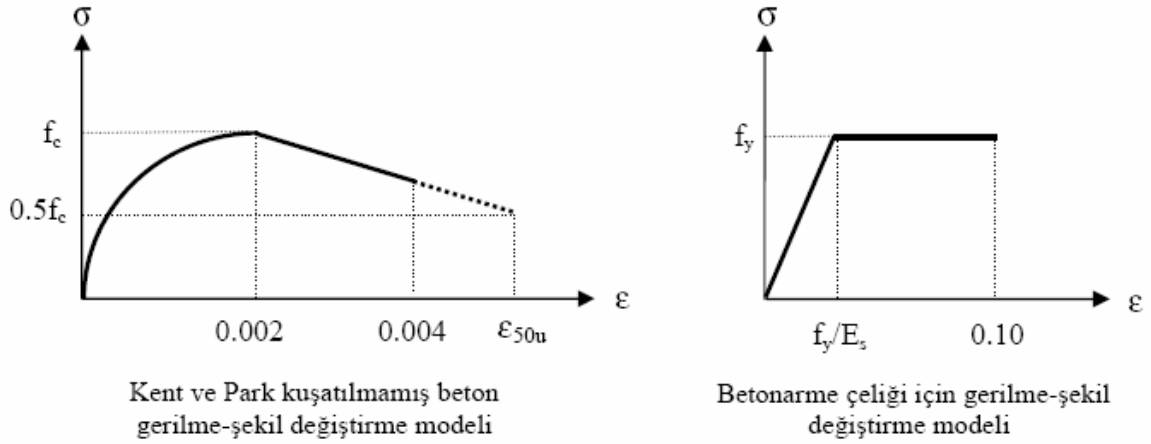


Şekil 6.1 Yapının Güçlendirme Sonrası Taşıyıcı Sistem Planı

Uygulamada kolon elemanların mantolama işlemi, mevcut kolonun boyuna donatılarına kadar kolon tıraşlanıp yapılan kesit hesabıyla TS – 500’ e göre yeni boyuna donatılar konularak gerçekleştirilmiştir. Enine donatılar için $\phi 12/100$ kullanılmıştır. Kolonlardaki mevcut beton göz önüne kapasite hesabında ve analiz kapsamında beton dayanımı C25 ve yapı çeliği içinse S420 eğilme donatısı ve S220 kayma donatısı alınmıştır.

6.2.2 Kullanılan Malzeme Modelleri

Bu çalışmada beton davranış modeli olarak, Kent ve Park tarafından önerilen gerilme-şekil değiştirme modelleri kullanılmıştır (Kent ve Park, 1971). Kuşatılmamış beton için, maksimum birim kısalma 0.004 kabul edilmiştir (Ersoy ve Özcebe, 2001). Betonarme çeliği için kullanılan gerilme-şekil değiştirme modeli ideal elastoplastiktir ve ilgili parametreler TS500’ den alınmıştır. Kullanılan tüm gerilme – şekil değiştirme modelleri Şekil 6.2’ de görülebilir.



Şekil 6.2 Kullanılan Malzeme Modelleri

6.2.3 Tasarım Parametreleri

Yapının taşıyıcı sistem modellemesi SAP2000 – v9.1.5 yapı analiz programı ile yapılmıştır. Hazırlanan hesap modelinin üç boyutlu görünümü Ek – 1’ de bulunmaktadır. Modelde eleman ağırlıkları yüklenirken kirişler üzerine birim boya gelen yük olarak atanmış, hesaplanan yükler kombinasyonlarda katsayı olarak programa girilmiştir.

Statik itme analizi yapılırken eğilme etkisindeki yapı elemanlarının akma öncesi doğrusal davranışları için çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri kullanılması FEMA – 356’ da belirtilmiştir. Buna göre;

- Kirişler için $0.5EI$
- Kolonlar için $0.6EI$
- Perdeler için ise güçlü olduğu yönde $0.5EI$ diğer yönde $0.8EI$

katsayıları SAP2000 – v9.1.5’ nde hazırlanan yapı modelinde tanımlanmıştır.

Kat kütle ve yüksekliklerinin her katta hemen hemen aynı olması göz önünde bulundurularak, statik itme çözümlemesinde yatay yük dağılımı üçgen seçilmiştir. Buna göre statik itme kuvvetleri Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik katsayılarına göre hesaplanarak SAP2000 – v9.1.5 hesap modelinde sistemin rijitlik merkezine %5 eksantriklik de göz önüne alınarak yüklenmiştir. Gerçekleştirilen elastik çözüm sonrası elde edilen yapı periyotları Çizelge 6.1’ de verilmiştir.

Çizelge 6.1 Tip – 1 Güçlendirme Yapı Periyotları

	T_x (sn.)	T_y (sn.)
Tip – 1 Güçlendirme Yapı Periyotları (sn.)	0.322	0.309

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğe göre deprem yüklerinin nasıl hesaplanacağı Bölüm 5.1.3’ te detaylı olarak anlatılmıştır. Buna göre güçlendirilmiş yapı için hesapta kullanılacak dinamik parametreler ve deprem yükleri belirlenmiş ve sırası ile Çizelge 6.2 ve 6.3’ de verilmiştir.

Çizelge 6.2 Tip – 1 Güçlendirme ABYYHY’ e Göre Yapı Katsayıları

Bina Önem Katsayısı	I		1.40
Etkin Yer İvmesi Katsayısı	A_0	1. Deprem Bölgesi	0.40
Spektrum Karakteristik Periyotları	Z3	T_A	0.15
		T_B	0.60
Spektrum Katsayısı	S(T)	$T_A < T < T_B$	2.5
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	$R_a(T)$	$T > T_A$	7

Çizelge 6.3 Tip – 1 Güçlendirme Statik İtme Deprem Kuvvetleri

Kat	Zati Yük (kN)	Hareketli Yük (kN)	W_i (kN)	H_i (m)	$W_i \times H_i$ (kNm)	$W_i \times H_i / \sum W_j \times H_j$	V_t (kN)	F_i (kN)	M_x	M_y
1	9576	2862	11293	3.2	36138	0.11	8473	935	888	1893
2	9359	2862	11076	6.4	70888	0.22	8473	1834	1742	3714
3	9359	2862	11076	9.6	106332	0.32	8473	2751	2613	5571
4	8917	0	8917	12.8	114138	0.35	8473	2953	2805	5980
		\sum	42363	\sum	327495					

Çizelge 6.3’ de son iki kolonda yer alan M_x ve M_y momentleri, yapının X ve Y boyutlarının %5’ göz önüne alınan doğrultudaki deprem kuvvetiyle çarpılması sonucu bulunmuştur.

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 ise akma yüzeyleri tanımlanmıştır. Kolonlarda ve perdelerde, kesitin aktıktan sonraki rijitliği “0” yani yük-şekil değiştirme ilişkisi ideal elastoplastik alınmıştır. Plastik mafsalların taşıyıcı sistem elemanlarının uçlarında oluşacağı kabul edilmiş ve plastik mafsal boyları için kesit eğilme yüksekliği yarısı “h/2” değeri kullanılmıştır.

Kesitlerin moment - eğrilik diyagramlarının ve akma yüzeylerinin elde edilmesi ve SAP2000 programına aktarılması Bölüm 5.1.3’ de detaylı olarak anlatılmıştır. Bu yüzden dolayı bu kısımda tekrar anlatılmamış sonuçları verilmiştir. Kesitlere ait XTRACT 3.05’ de hazırlanan moment – eğrilik değerleri ve PCACOL programında hazırlanan akma yüzeyleri Ek – 1’ de bulunmaktadır.

Sap2000 – v9.1.5 yapı analiz programında, statik itme analizi için kesitler için gerekli parametreler ve rijitlik merkezine statik itme yüklemeleri tamamlandıktan sonra analiz seçeneklerine karar vermek gerekmektedir. Bu tez çalışmasında yapı her iki yönde (X – Y) ve hem negatif hem de pozitif doğrultuda deprem yükü ile yüklenerek analiz yapılmıştır. X ve Y yönündeki analizden önce, düşey yükler altında (G + Q) analiz yapılması ve X ve Y yönlerine göre analiz yapılırken düşey yükleme sonucundan devam edilmesi gerekmektedir.

Düşey yükler altında yapılan analizde deplasman kontrolü için, çatı katında rijitlik merkezi noktası göz önüne alınıp U3 yönünde kontrollü ve başlangıç olarak sistemin “0” yükleme durumu ile analize başlanmaktadır.

Önce sistem düşey yükler altında çözümlenmektedir. Sap2000 – v9.1.5 yapı analiz programı, X ve Y yönündeki statik itme analizine başlayabilmek için düşey yükler altında yükleme ile elde edilen verilere ihtiyaç duymaktadır. Analizler deplasman kontrollü ve hangi yönde analiz yapılıyorsa o yöndeki deplasman kontrollü baz alınarak başlangıç olarak sistemin göçebileceği bir deplasman değeri ile yapılmaktadır.

6.2.4 Kapasite Eğrileri ve En Büyük Yer Değiştirmelerin Hesabı

SAP2000 v9.1.5 programıyla her iki yönde (X – X ve Y – Y) yapılan statik itme analizi sonucu yapının kapasite eğrileri elde edilmiş ve tasarım depremi altında oluşacak en büyük doğrusal olmayan yer değiştirme (hedef deplasman) FEMA-356’ da verilen katsayılar yöntemi

ile hesaplanmıştır. Deplasman katsayıları yönteminde hedef deplasmanı bulmak için;

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e}{4\pi^2} g \quad (6.1)$$

eşitliği ile çözüm ve katsayılar Bölüm 3.2.2.1' de detaylı olarak açıklanmıştır. Hedef deplasmanın bulunabilmesi için gerekli olan parametreler ise Çizelge 6.5' de hesaplanmıştır

Çizelge 6.4 Tip – 1 Güçlendirme Hedef Deplasman Hesabı İçin Gerekli Parametreler

S_1	S_s	F_a	F_v	S_{xs}	S_{x1}	T_s	T_0
0.36	0.75	1.1	1.44	0.825	0.518	0.628	0.126

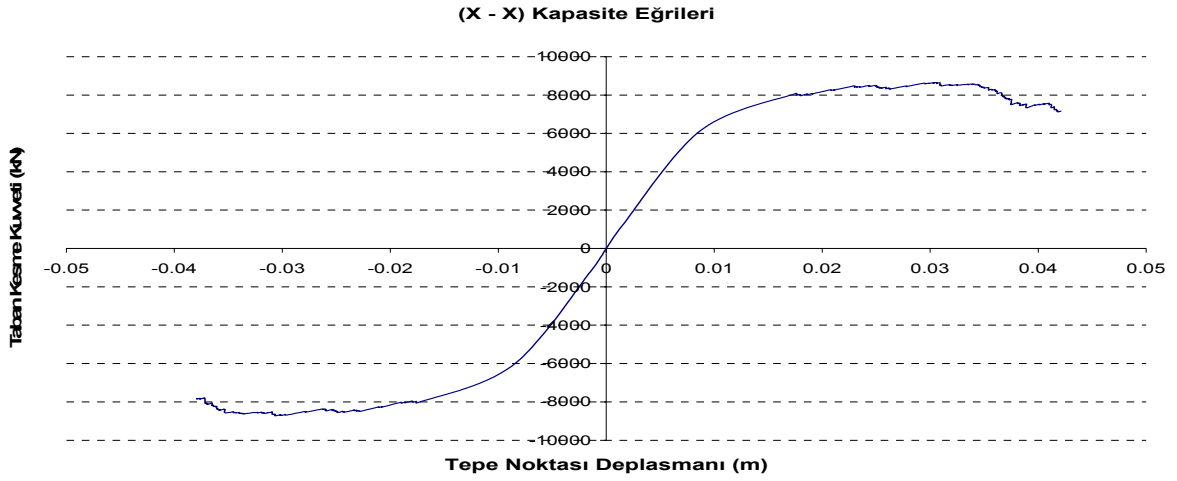
Tip – 1 güçlendirme şekli uygulanmış yapının statik itme çözümlemesiyle elde edilen kapasite eğrileri Şekil 6.3 ve Şekil 6.4'de verilmiştir. Bu kapasite eğrilerinin idealize edilmesiyle elde edilen parametreler (akma taban kesme kuvveti, akma yer değiştirme, eşdeğer periyot, en büyük yer değiştirme) Çizelge 6.6 ve Çizelge 6.9'da gösterilmiştir. Tip – 1 güçlendirme şeklinde yapı, tüm doğrultularda hesaplanan hedef deplasmana ulaşmadan yapı mekanizma durumuna varmaktadır.

Çizelge 6.5 Tip – 1 Güçlendirme X – X Yönü Hedef Deplasman Hesabı İçin Gerekli Parametreler

Doğrultu	W(kN)	S_a	C_0	R	C_1	C_2	C_3
+X	42363	0.825	1.25	3.42	1.24	1.10	1.39
-X	42363	0.825	1.25	3.34	1.24	1.10	1.22

Çizelge 6.6 Tip – 1 Güçlendirme X – X Yönü İterasyon Sonuçları

Doğrultu	T_i (sn)	K_i	K_e	T_e (sn)	δ_y (m)	V_y (kN)	δ_{tahmin} (m)	δ_t (m)
+X	0.437	810195	694983	0.472	0.0118	8173	0.0421	0.1072
-X	0.433	824490	709733	0.467	0.0118	8373	0.0379	0.0932



Şekil 6.3 Tip – 1 Güçlendirme X – X Yönü Kapasite Eğrileri

Çizelge 6.7 Tip – 1 Güçlendirme X – X Yönü İçin Statik İtme Analiziyle Elde Edilen Sonuçlar

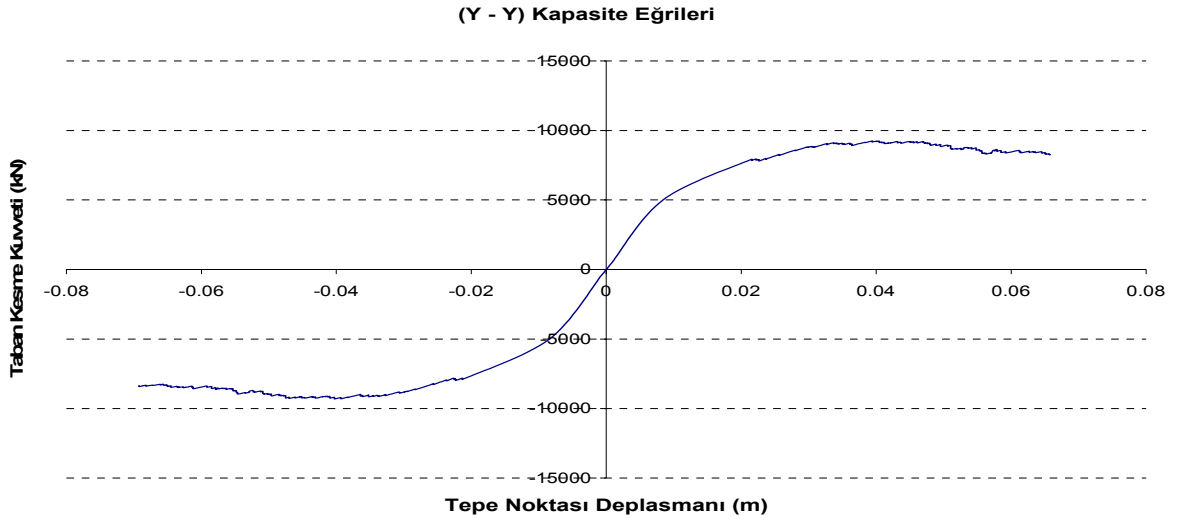
Durum	Doğrultu	$\delta_t(m)$	R	$\mu(\delta_t/\delta_y)$	V_y/W	V_t/W
Tip - 1	+X	0.1072	3.42	9.12	0.193	0.185
Tip - 1	-X	0.0932	3.34	7.90	0.198	0.169

Çizelge 6.8 Tip – 1 Güçlendirme Y – Y Yönü Hedef Deplasman Hesabı İçin Gerekli Parametreler

Doğrultu	W(kN)	S_a	C_0	R	C_1	C_2	C_3
+Y	42363	0.825	1.25	3.74	1.12	1.10	1.30
-Y	42363	0.825	1.25	3.36	1.23	1.10	1.22

Çizelge 6.9 Tip – 1 Güçlendirme Y – Y Yönü İterasyon Sonuçları

Doğrultu	$T_i(sn)$	K_i	K_e	$T_e(sn)$	$\delta_y(m)$	$V_y(kN)$	$\delta_{tahmin}(m)$	$\delta_t(m)$
+Y	0.467	589632	442197	0.539	0.1691	7448	0.0658	0.1195
-Y	0.471	578624	570705	0.474	0.1459	8327	0.0692	0.0951



Şekil 6.4 Tip – 1 Güçlendirme Y – Y Yönü Kapasite Eğrileri

Çizelge 6.10 Tip – 1 Güçlendirme Y – Y Yönü İçin Statik İtme Analiziyle Elde Edilen Sonuçlar

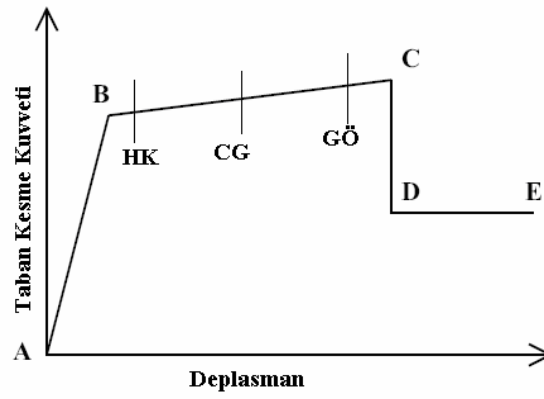
Durum	Doğrultu	$\delta_t(m)$	R	$\mu(\delta_t/\delta_y)$	V_y/W	V_t/W
Tip - 1	+Y	0.1195	3.74	0.71	0.176	0.195
Tip - 1	-Y	0.0951	3.36	0.65	0.197	0.197

6.2.5 Performans Değerlendirmesi

Hedef yer değiştirme altında taşıyıcı sistem elemanlarında oluşacak doğrusal olmayan şekil değiştirmeler FEMA-356'da verilen kriterlere göre değerlendirilmiştir. Tip – 1 güçlendirme sistemi elemanlarının her iki doğrultu için performans seviyeleri Şekil 6.7 – 6.38'de görülebilir. Hedeflenen performans seviyesi, tüm elemanlar için “*can güvenliği*” performans seviyesidir.

	Akma Durumu
	Son Kapasiteye Ulaşma Durumu
	Kırılma ve Kopmaların Başladığı Durum
	Göçme Durumu
	Hemen Kullanım Performans Seviyesi
	Can Güvenliği Performans Seviyesi
	Göçmenin Önlenmesi Performans Seviyesi

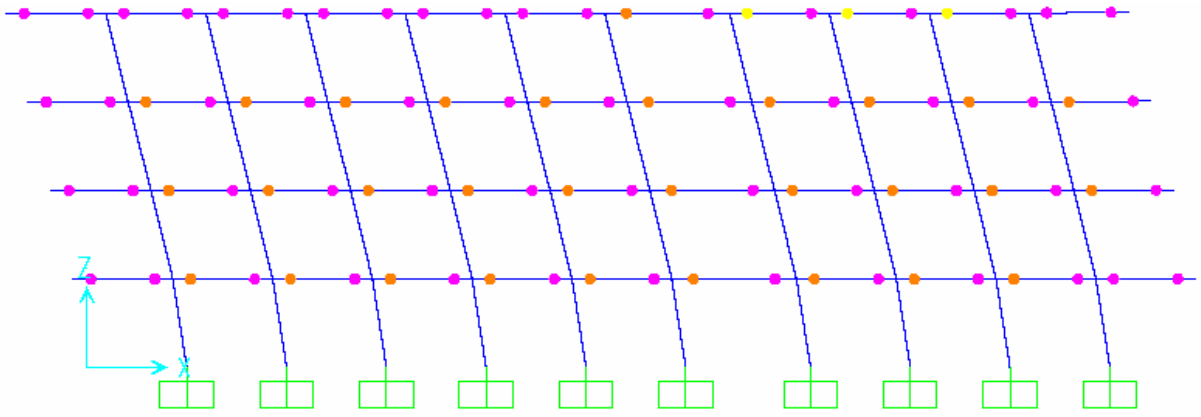
Şekil 6.5 SAP2000 Eleman Performans Seviyeleri Renklendirmesi



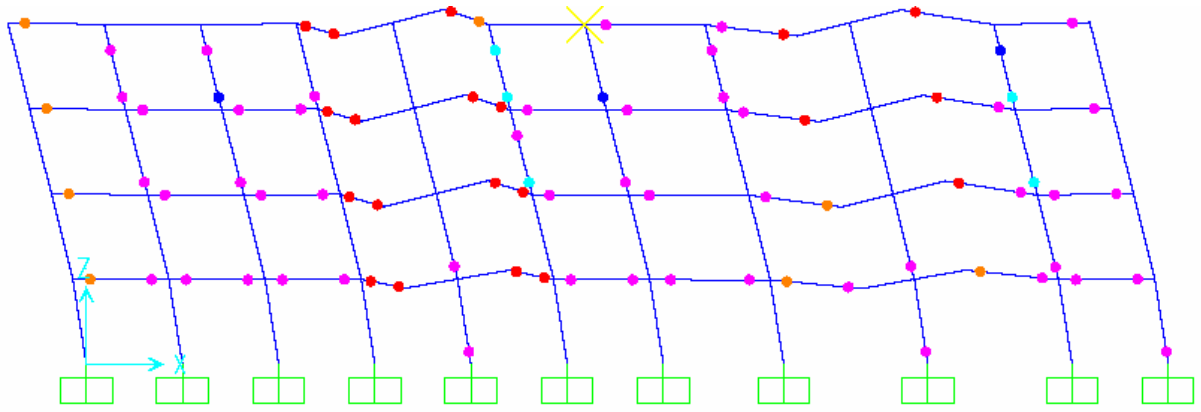
Şekil 6.6 Eleman Davranış Eğrisi

- AB :Doğrusal elastik
- BC :Pekleşme (doğrusal olmayan)
- CD :Gerilmelerin boşaldığı, kırılma ve kopmaların başladığı evre
- E :Göçme

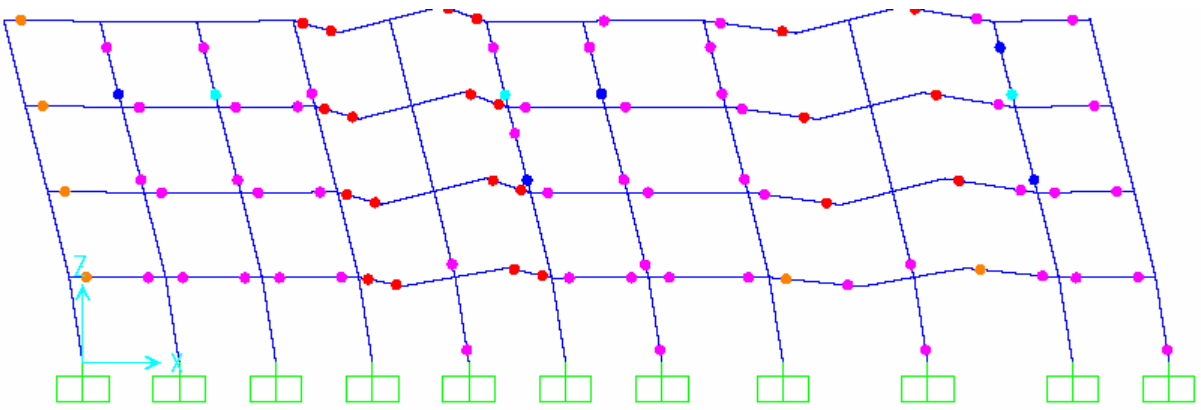
X – X yönü statik itme sonucu elde edilen eleman performans seviyeleri:



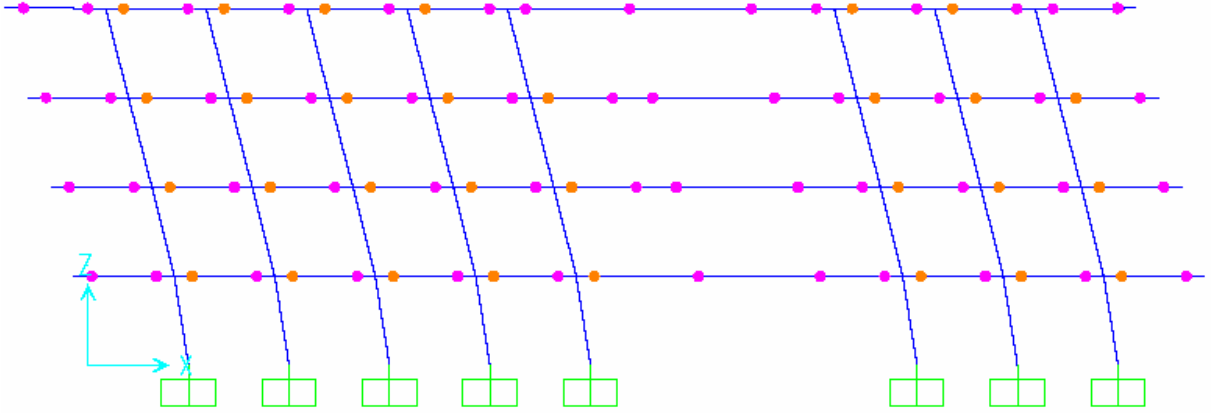
Şekil 6.7 Tip – 1 Güçlendirmesi 1 Aksı X Yönü Eleman Performansları



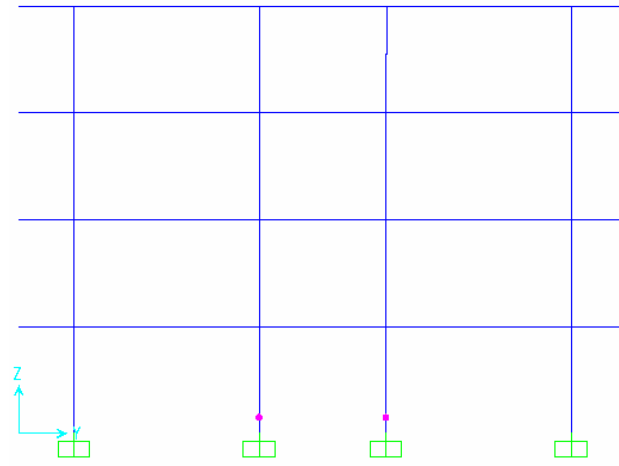
Şekil 6.8 Tip – 1 Güçlendirmesi 2 Aksı X Yönü Eleman Performansları



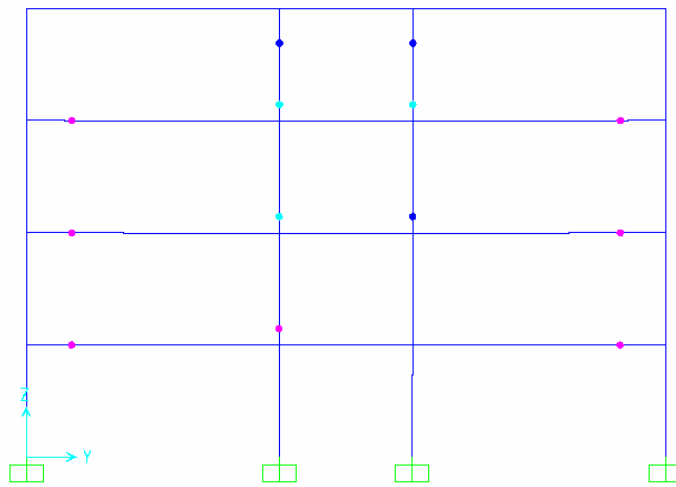
Şekil 6.9 Tip - 1 Güçlendirmesi 3 Aksı X Yönü Eleman Performansları



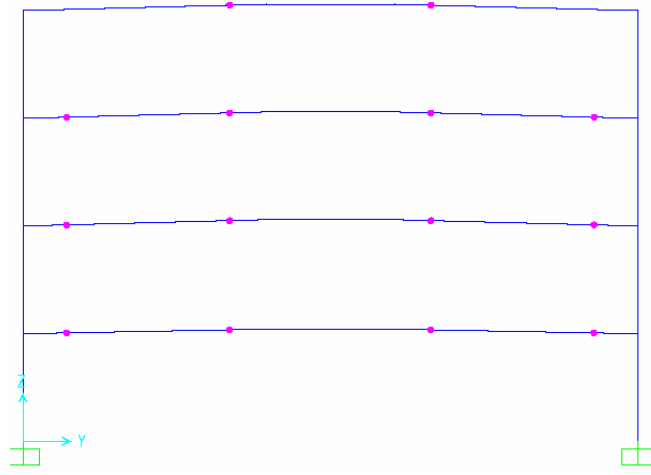
Şekil 6.10 Tip - 1 Güçlendirmesi 4 Aksı X Yönü Eleman Performansları



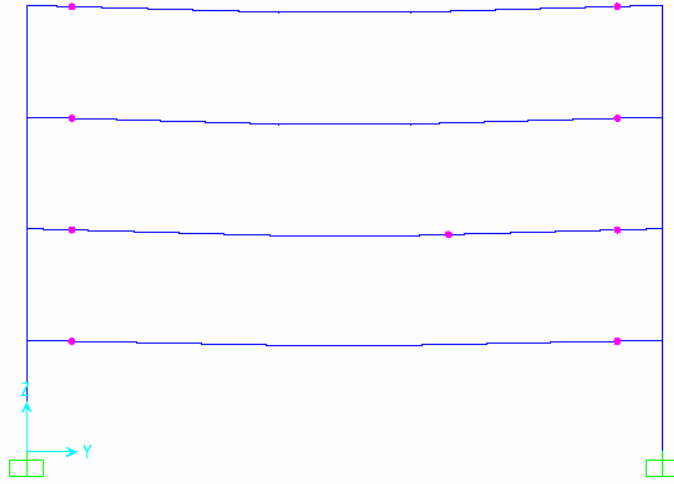
Şekil 6.11 Tip - 1 Güçlendirmesi A Aksı X Yönü Eleman Performansları



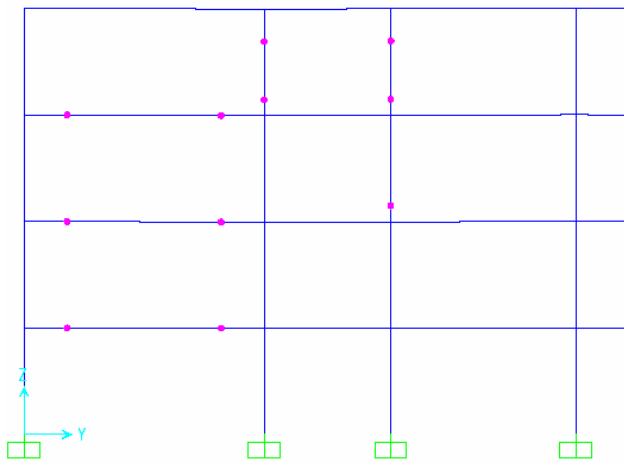
Şekil 6.12 Tip - 1 Güçlendirmesi B Aksı X Yönü Eleman Performansları



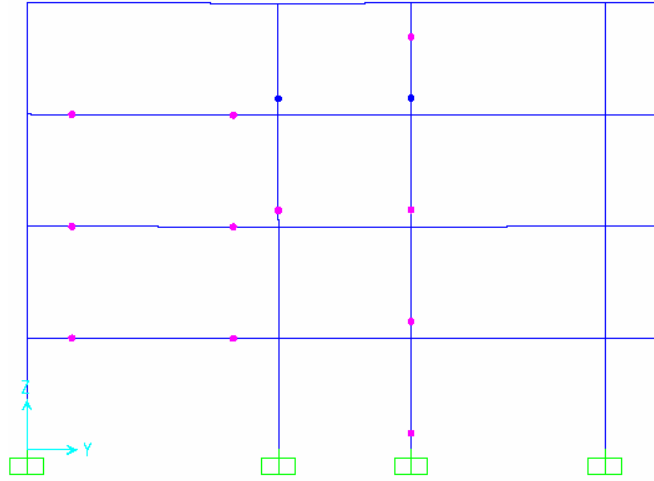
Şekil 6.13 Tip - 1 Güçlendirmesi C Aksı X Yönü Eleman Performansları



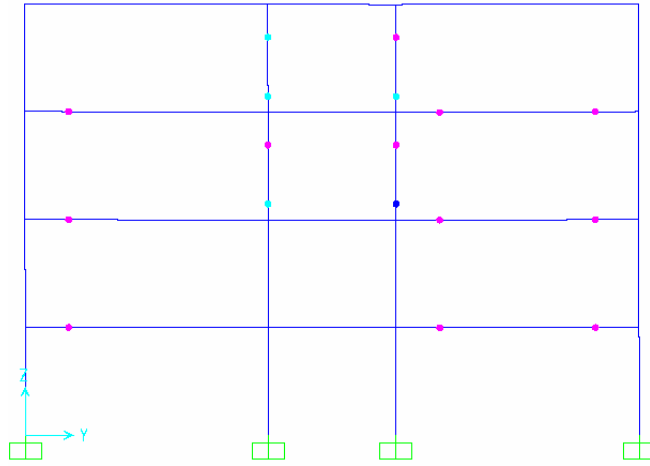
Şekil 6.14 Tip - 1 Güçlendirmesi D Aksı X Yönü Eleman Performansları



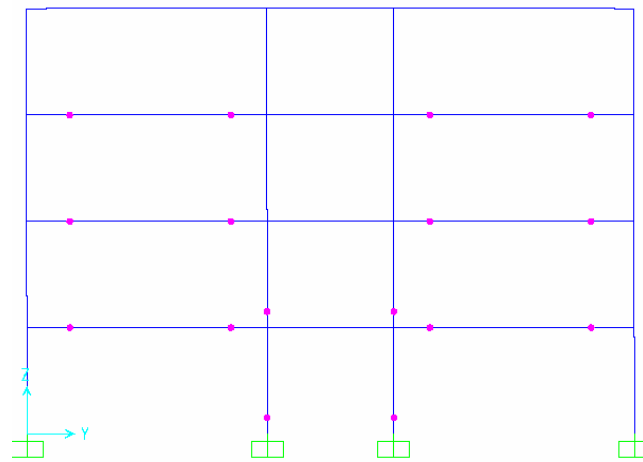
Şekil 6.15 Tip - 1 Güçlendirmesi E Aksı X Yönü Eleman Performansları



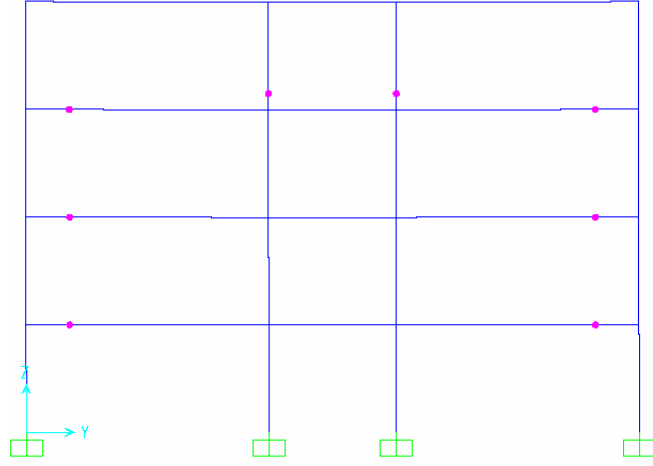
Şekil 6.16 Tip - 1 Güçlendirmesi F Aksı X Yönü Eleman Performansları



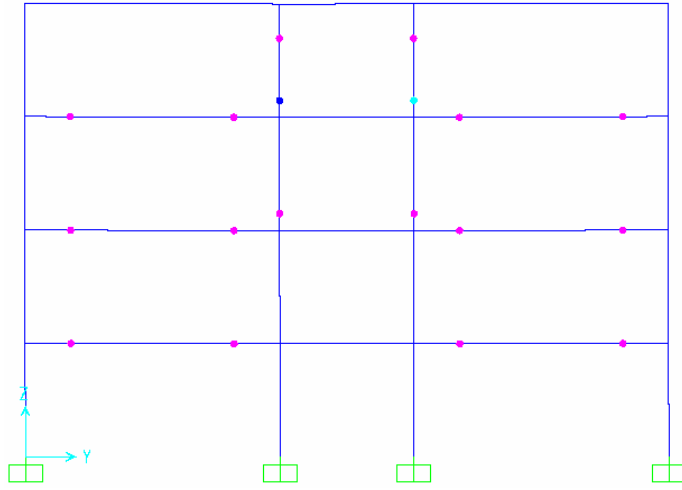
Şekil 6.17 Tip - 1 Güçlendirmesi G Aksı X Yönü Eleman Performansları



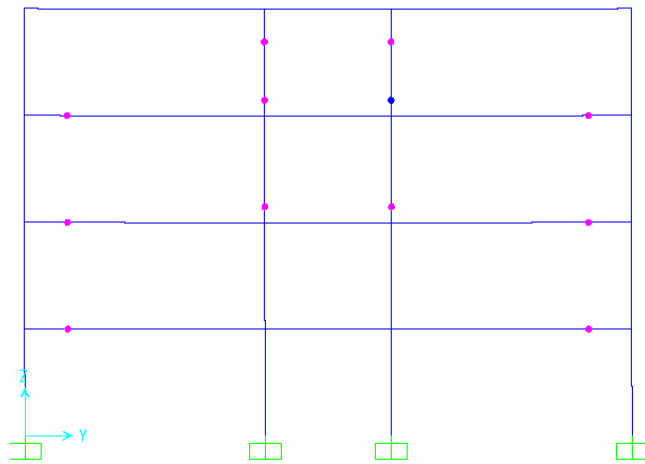
Şekil 6.18 Tip - 1 Güçlendirmesi H Aksı X Yönü Eleman Performansları



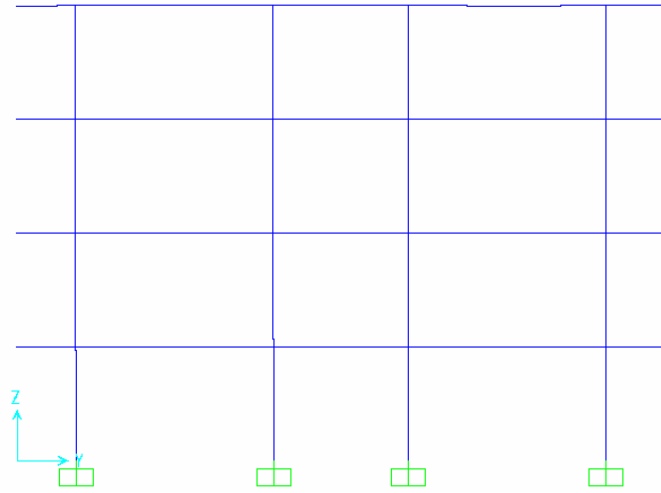
Şekil 6.19 Tip - 1 Güçlendirmesi I Aksı X Yönü Eleman Performansları



Şekil 6.20 Tip - 1 Güçlendirmesi J Aksı X Yönü Eleman Performansları

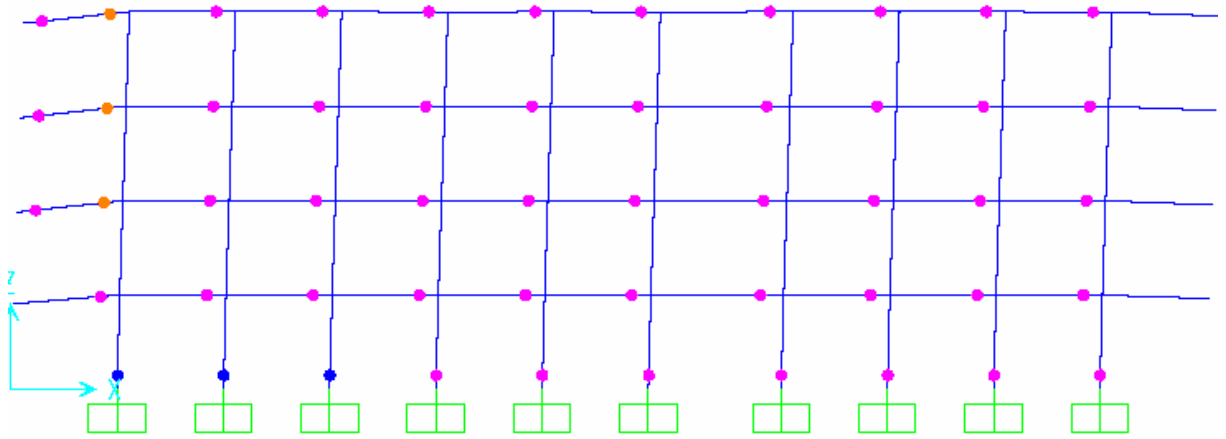


Şekil 6.21 Tip - 1 Güçlendirmesi K Aksı X Yönü Eleman Performansları

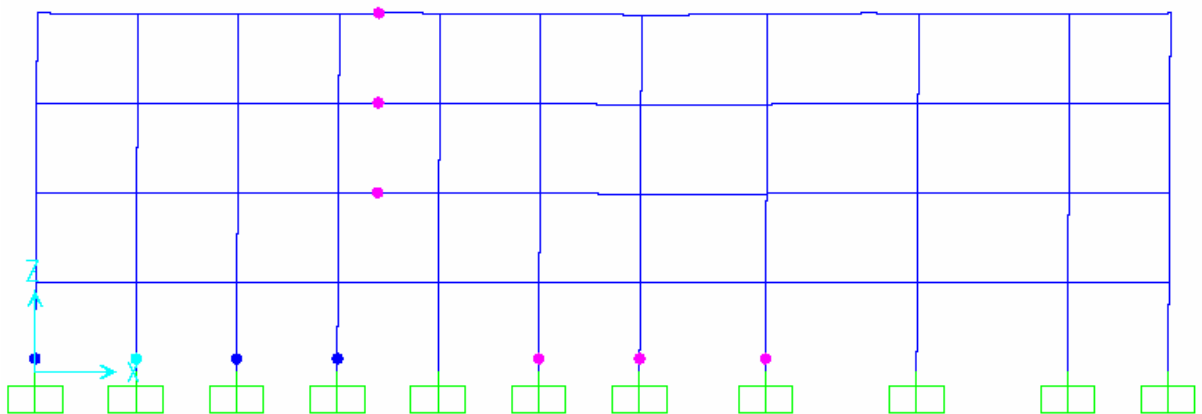


Şekil 6.22 Tip - 1 Güçlendirme L Aksı X Yönü Eleman Performansları

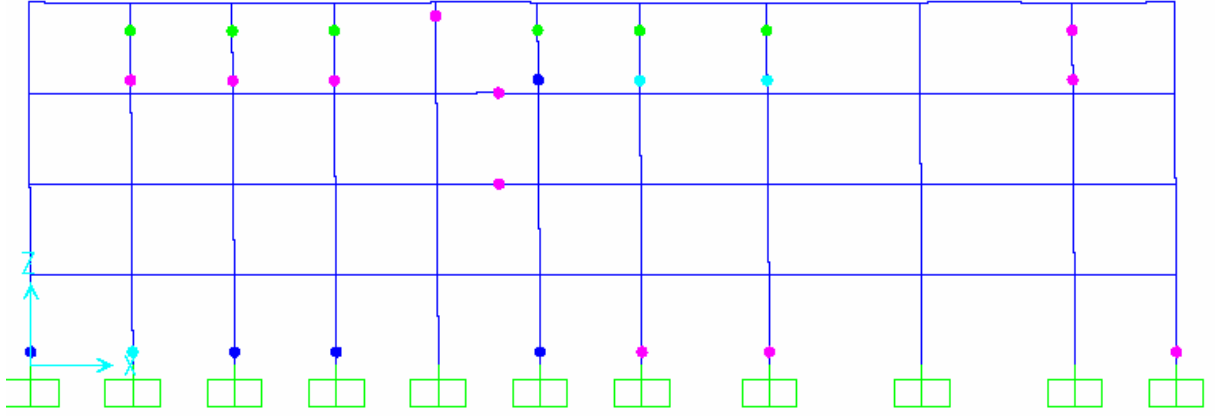
Y – Y yönü statik itme sonucu elde edilen eleman performans seviyeleri:



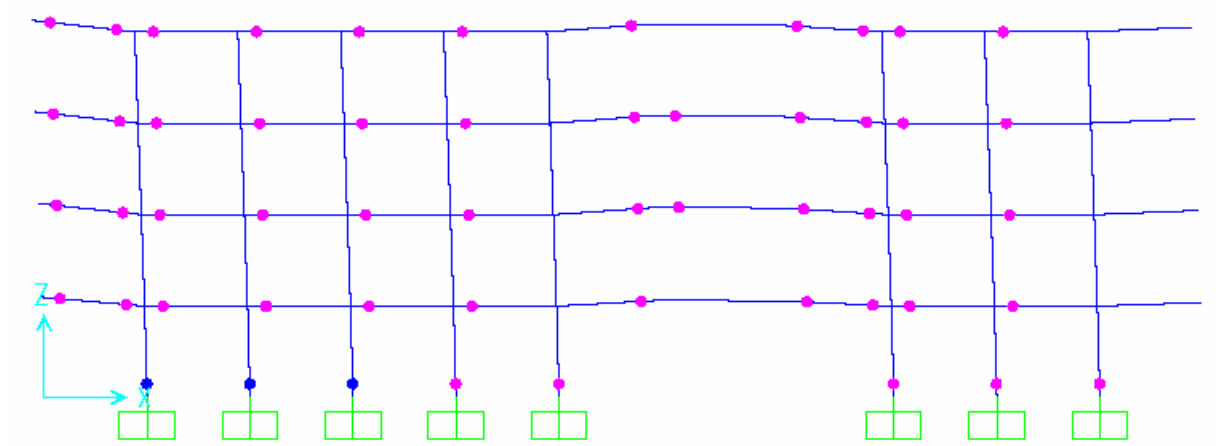
Şekil 6.23 Tip - 1 Güçlendirme 1 Aksı Y Yönü Eleman Performansları



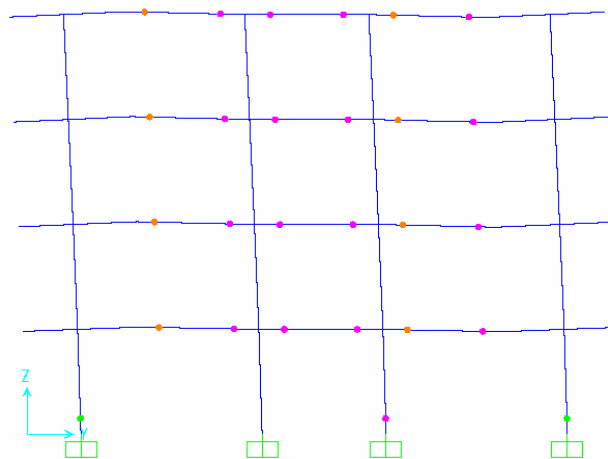
Şekil 6.24 Tip - 1 Güçlendirme 2 Aksı Y Yönü Eleman Performansları



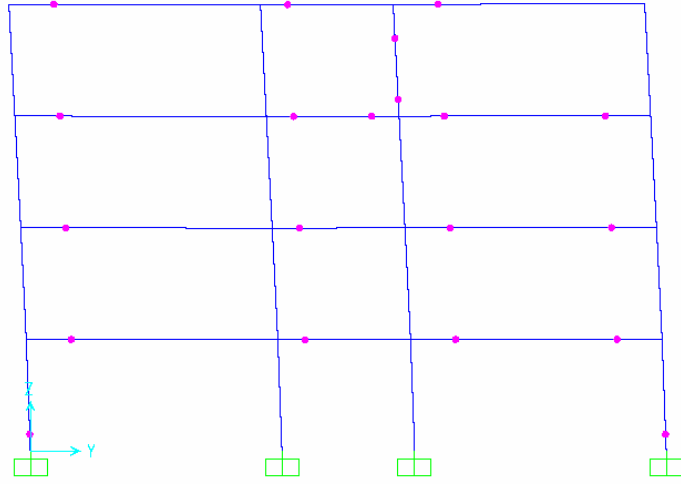
Şekil 6.25 Tip - 1 Güçlendirme 3 Aksı Y Yönü Eleman Performansları



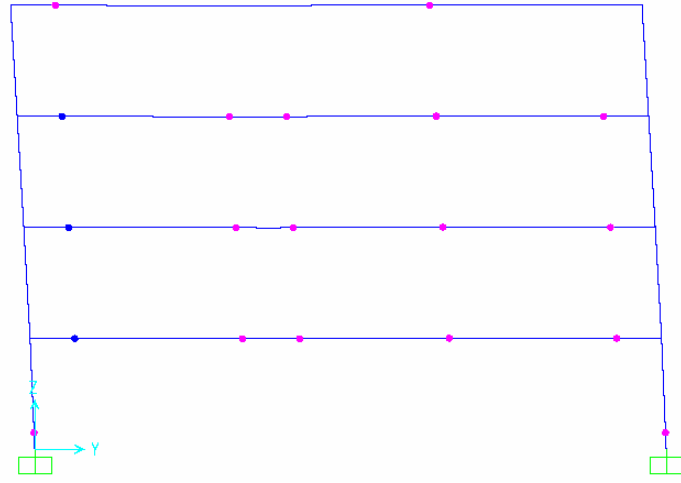
Şekil 6.26 Tip - 1 Güçlendirme 4 Aksı Y Yönü Eleman Performansları



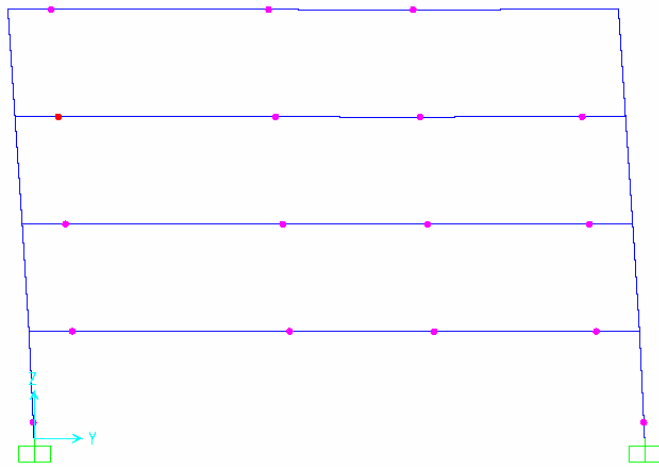
Şekil 6.27 Tip - 1 Güçlendirme A Aksı Y Yönü Eleman Performansları



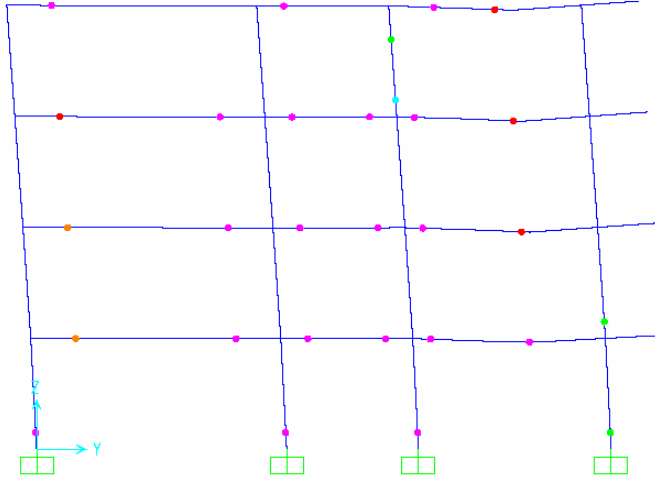
Şekil 6.28 Tip - 1 Güçlendirmesi B Aksı Y Yönü Eleman Performansları



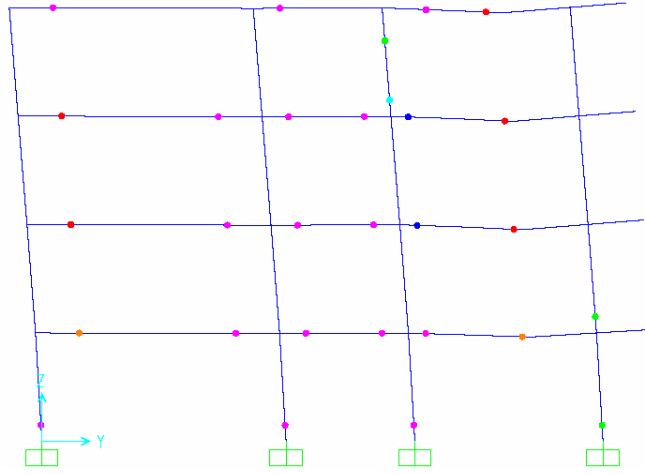
Şekil 6.29 Tip - 1 Güçlendirmesi C Aksı Y Yönü Eleman Performansları



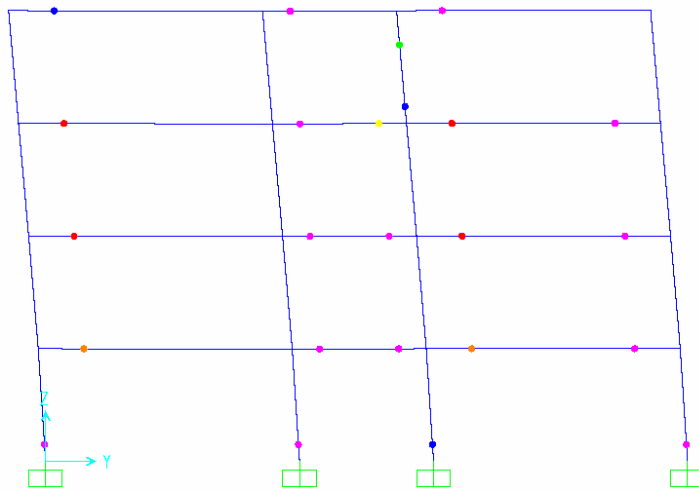
Şekil 6.30 Tip - 1 Güçlendirmesi D Aksı Y Yönü Eleman Performansları



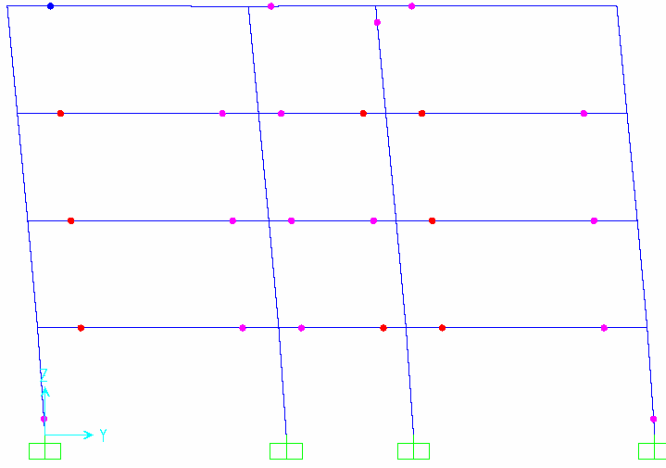
Şekil 6.31 Tip - 1 Güçlendirmesi E Aksı Y Yönü Eleman Performansları



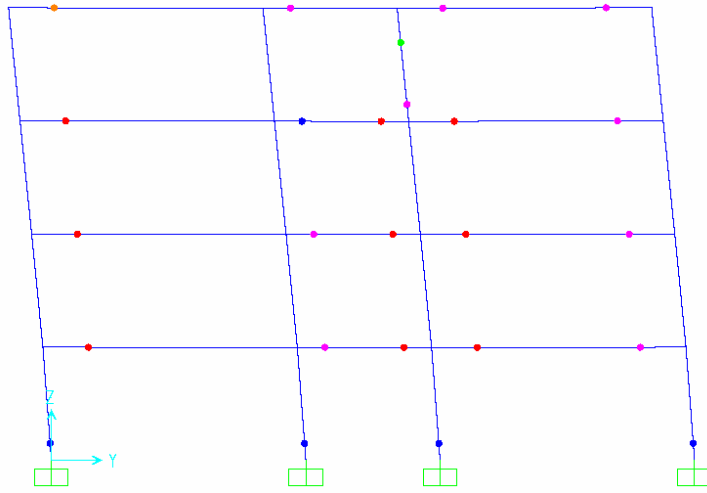
Şekil 6.32 Tip - 1 Güçlendirmesi F Aksı Y Yönü Eleman Performansları



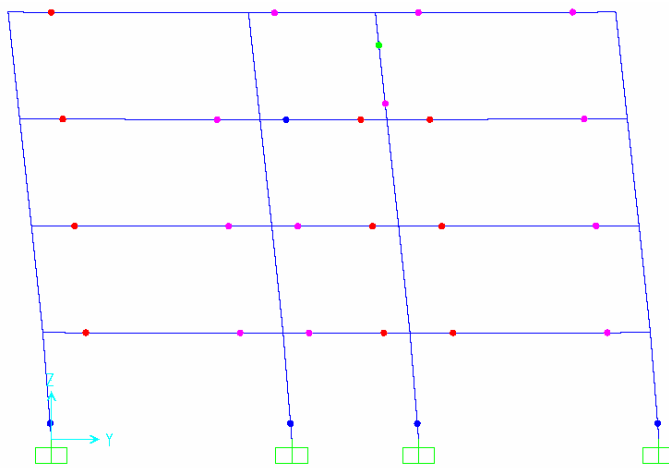
Şekil 6.33 Tip - 1 Güçlendirmesi G Aksı Y Yönü Eleman Performansları



Şekil 6.34 Tip - 1 Güçlendirmesi H Aksı Y Yönü Eleman Performansları



Şekil 6.35 Tip - 1 Güçlendirmesi I Aksı Y Yönü Eleman Performansları



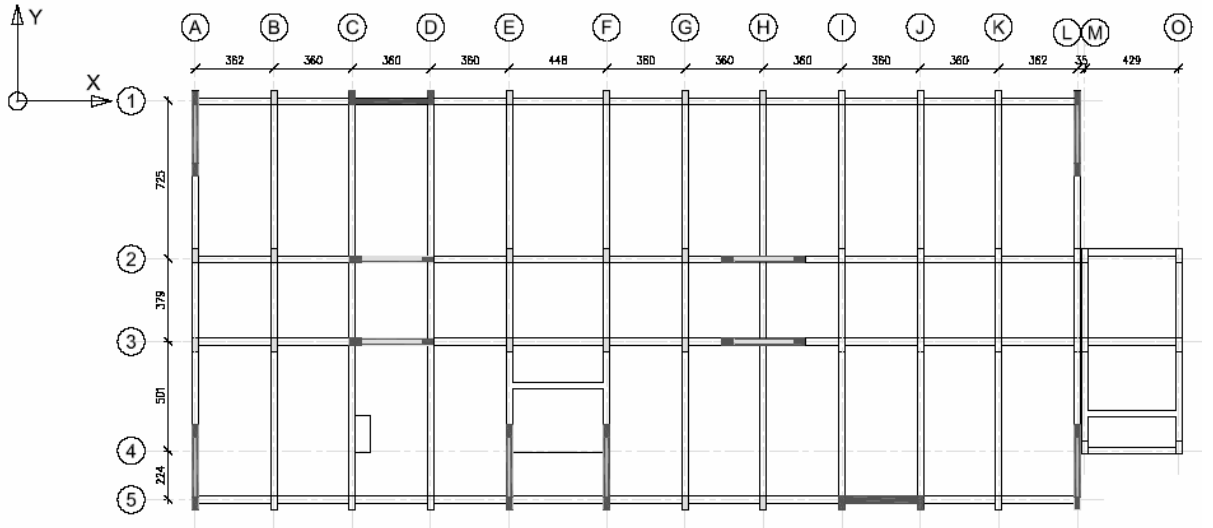
Şekil 6.36 Tip - 1 Güçlendirmesi J Aksı Y Yönü Eleman Performansları

6.3 TİP – 2

Tip – 2 güçlendirme çalışmasında, yapıdaki mevcut perdelerin ilk iki katta mantolanması ve X – X doğrultusuna yine ilk iki katta perde ilave edilmesi güçlendirme şekli üzerine çalışılmıştır.

6.3.1 Yapı Genel Bilgileri

Güçlendirme projesi kapsamında mevcut yapıdaki ilk iki katta bulunan X ve Y doğrultusundaki perdeler her iki yönde 15'er cm mantolanmış önceki bölümdeki performans analizi sonucunda X – X yönünde binanın deprem yüklerine karşı zayıf olduğu görülerek X – X doğrultusuna 2 adet betonarme perde ilave edilmiştir. Yapılan bu güçlendirme sonucunda elde edilen kalıp planı aşağıdaki Şekil 6.39' de görülmektedir.

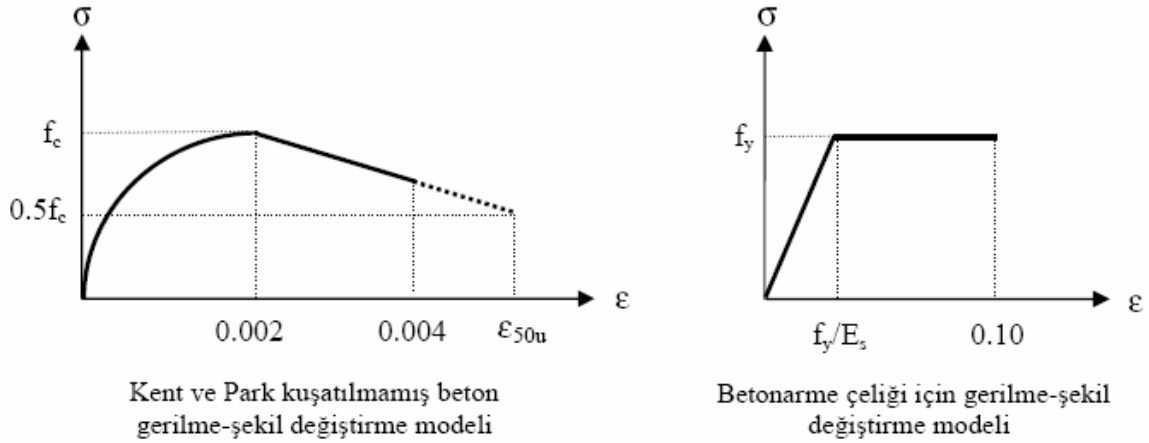


Şekil 6.39 Yapının Güçlendirme Sonrası Taşıyıcı Sistem Planı

Mantolanmış perdeler yapılırken mevcut perdenin başlık bölgesi tamamen kırılıp yeni kuşatılmış başlık bölgesi oluşturulmuş aynı zamanda perdenin dört kenarı 5'er cm tıraşlanıp yeni gövde donatıları konulmuştur. Bunun sonucunda kırılmamış kısımda kalan beton da göz önüne alınarak mantolanmış perdeler için kapasite hesabında ve analiz kapsamında beton dayanımı C25 ve yapı çeliği içinse S420 eğilme donatısı ve S220 kayma donatısı alınmıştır. Yeni konulan perdeler için beton dayanımı C30 ve yapı çeliği içinse S420 eğilme donatısı ve S220 kayma donatısı alınmıştır.

6.3.2 Kullanılan Malzeme Modelleri

Bu tez için beton davranış modeli olarak, Kent ve Park tarafından önerilen gerilme-şekil değiştirme modelleri kullanılmıştır (Kent ve Park, 1971). Kuşatılmamış beton için, maksimum birim kısalma 0.004 alınmıştır (Ersoy ve Özcebe, 2001). Betonarme çeliği için kullanılan gerilme-şekil değiştirme modeli ideal elastoplastiktir ve ilgili parametreler TS500'den alınmıştır. Kullanılan tüm gerilme – şekil değiştirme modelleri Şekil 6.40' de görülebilir.



Şekil 6.40 Kullanılan Malzeme Modelleri

6.3.3 Tasarım Parametreleri

Yapının modeli SAP2000 programında yapılmıştır. Hazırlanan hesap modelinin üç boyutlu görünümü Ek – 1' de bulunmaktadır. Modelde eleman ağırlıkları yüklenirken kirişler üzerine birim yük olarak atanmış, hesaplanan yükler kombinasyonlarda katsayı olarak programa girilmiştir.

Statik itme analizi yapılırken yapı elemanlarının eğilme rijitliklerinde azaltmalar yapılması FEMA – 356' da belirtilmiştir. Buna göre;

- Kirişler için 0.5EI
- Kolonlar için 0.6EI
- Perdeler için ise güçlü olduğu yönde 0.5EI diğer yönde 0.8EI

katsayıları SAP2000 modelinde tanımlanmıştır.

Kat kütle ve yüksekliklerinin her katta hemen hemen aynı olması göz önünde bulundurularak, statik itme çözümlemesinde yatay yük dağılımı üçgen seçilmiştir. Buna göre statik itme

kuvvetleri Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik katsayılarına göre hesaplanıp SAP2000 modelinde sistemin rijitlik merkezine %5 eksantriklik de göz önüne alınarak yüklenmiştir. Gerçekleştirilen elastik çözüm sonrası elde edilen yapı periyotları Çizelge 6.11’ de verilmiştir.

Çizelge 6.11 Tip – 2 Güçlendirme Yapı Periyotları

	T_x (sn.)	T_y (sn.)
Tip – 2 Güçlendirme Yapı Periyotları (sn.)	0.242	0.239

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğe göre deprem yüklerinin nasıl hesaplanacağı Bölüm 5.1.3’ te detaylı olarak anlatılmıştır. Buna göre güçlendirilmiş yapı için hesapta kullanılacak dinamik parametreler ve deprem yükleri belirlenmiş ve sırası ile Çizelge 6.12 ve 6.13’ de verilmiştir;

Çizelge 6.12 Tip – 2 Güçlendirme ABYYHY’ e Göre Yapı Katsayıları

Bina Önem Katsayısı	I		1.40
Etkin Yer İvmesi Katsayısı	A_0	1. Deprem Bölgesi	0.40
Spektrum Karakteristik Periyotları	Z3	T_A	0.15
		T_B	0.60
Spektrum Katsayısı	S(T)	$T_A < T < T_B$	2.5
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	$R_a(T)$	$T > T_A$	6

Çizelge 6.13 Tip – 2 Güçlendirme Statik İtme Deprem Kuvvetleri

Kat	Zati Yük (kN)	Hareketli Yük (kN)	W_i (kN)	H_i (m)	$W_i \times H_i$ (kNm)	$W_i \times H_i / \sum W_j \times H_j$	V_t (kN)	F_i (kN)	M_x	M_y
1	8283	2862	10000	3.2	32001	0.10	9717	931	884	1885
2	8726	2862	10443	6.4	66837	0.20	9717	1945	1847	3938
3	9638	2862	11355	9.6	109010	0.33	9717	3172	3013	6422
4	9855	0	9855	12.8	126144	0.38	9717	3670	3487	7432
		Σ	41654	Σ	333991					

Çizelge 6.13’ de son iki kolonda yer alan M_x ve M_y momentleri, yapının X ve Y boyutlarının %5’ göz önüne alınan doğrultudaki deprem kuvvetiyle çarpılması sonucu bulunmuştur.

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 ise akma yüzeyleri tanımlanmıştır. Kolonlarda ve perdelerde, kesitin aktıktan sonraki rijitliği “0” yani yük-şekil değiştirme ilişkisi ideal elastoplastik alınmıştır. Plastik mafsalların taşıyıcı sistem elemanlarının uçlarında oluşacağı kabul edilmiş ve plastik mafsalları için kesit eğilme yüksekliği yarısı “h/2” değeri kullanılmıştır.

Kesitlerin moment - eğrilik diyagramlarının ve akma yüzeylerinin elde edilmesi ve SAP2000 programına aktarılması Bölüm 5.1.3’ de detaylı olarak anlatılmıştır. Bu yüzden dolayı bu kısımda tekrar anlatılmamış sonuçları verilmiştir. Kesitlere ait XTRACT 3.05’ de hazırlanan moment – eğrilik değerleri ve PCACOL programında hazırlanan akma yüzeyleri Ek – 1’ de bulunmaktadır.

Sap2000 – v9.1.5 yapı analiz programında, statik itme analizi için kesitler için gerekli parametreler ve rijitlik merkezine statik itme yüklemeleri tamamlandıktan sonra analiz seçeneklerine karar vermek gerekmektedir. Bu tez çalışmasında yapı her iki yönde (X – Y) ve hem negatif hem de pozitif doğrultuda deprem yükü ile yüklenerek analiz yapılmıştır. X ve Y yönündeki analizden önce, düşey yükler altında (G + Q) analiz yapılması ve X ve Y yönlerine göre analiz yapılırken düşey yükleme sonucundan devam edilmesi gerekmektedir.

Düşey yükler altında yapılan analizde deplasman kontrolü için, çatı katında rijitlik merkezi noktası göz önüne alınıp U3 yönünde kontrollü ve başlangıç olarak sistemin “0” yükleme durumu ile analize başlanmaktadır.

Önce sistem düşey yükler altında çözümlenmektedir. Sap2000 – v9.1.5 yapı analiz programı, X ve Y yönündeki statik itme analizine başlayabilmek için düşey yükler altında yükleme ile elde edilen verilere ihtiyaç duymaktadır. Analizler deplasman kontrollü ve hangi yönde analiz yapılıyorsa o yöndeki deplasman kontrollü baz alınarak başlangıç olarak sistemin göçebileceği bir deplasman değeri ile yapılmaktadır.

6.3.4 Kapasite Eğrileri ve En Büyük Yer Değiştirmelerin Hesabı

SAP2000 v9.1.5 programıyla her iki yönde (X – X ve Y – Y) yapılan statik itme analizi sonucu yapının kapasite eğrileri elde edilmiş ve tasarım depremi altında oluşacak en büyük doğrusal olmayan yer değiştirme (hedef deplasman) FEMA-356’ da verilen katsayılar yöntemi

ile hesaplanmıştır. Deplasman katsayıları yönteminde hedef deplasmanı bulmak için;

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e}{4\pi^2} g \quad (6.1)$$

eşitliği ile çözüm ve katsayılar 3.2.2.1' de detaylı olarak açıklanmıştır. Hedef deplasmanın bulunabilmesi için gerekli olan parametreler ise Çizelge 6.15' de hesaplanmıştır

Tip – 2 güçlendirme şekli uygulanmış yapının statik itme çözümlemesiyle elde edilen kapasite eğrileri Şekil 6.41 ve Şekil 6.42'de verilmiştir. Bu kapasite eğrilerinin idealize edilmesiyle elde edilen parametreler (akma taban kesme kuvveti, akma yer değiştirmesi, eşdeğer periyot, en büyük yer değiştirme) Çizelge 6.16 ve Çizelge 6.19'da gösterilmiştir. Tip – 2 güçlendirme şeklinde yapı, tüm doğrultularda hesaplanan hedef deplasmana ulaşmadan yapı mekanizma durumuna varmaktadır

Çizelge 6.14 Tip – 2 Güçlendirme Hedef Deplasman Hesabı İçin Gerekli Parametreler

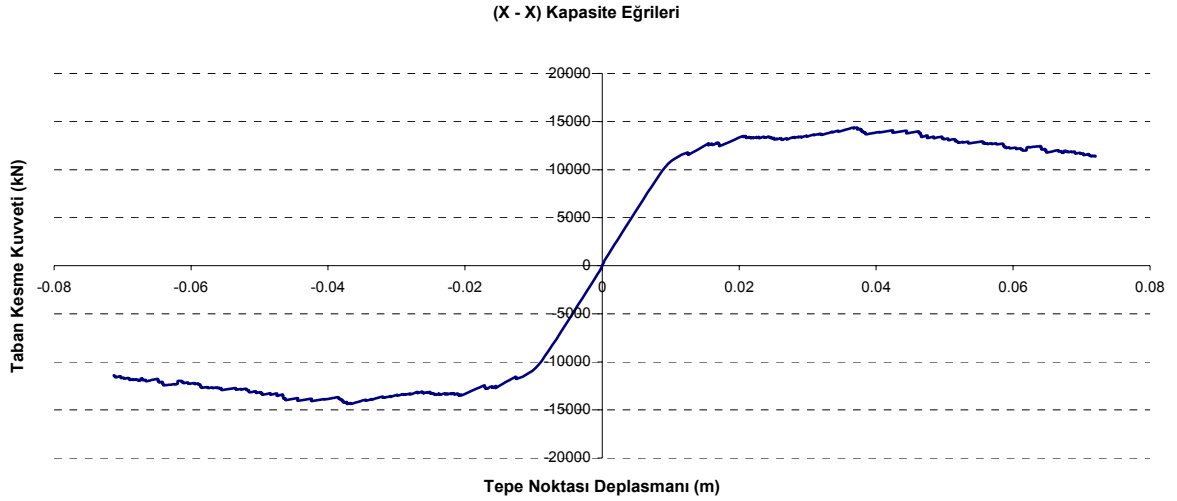
S_1	S_s	F_a	F_v	S_{xs}	S_{x1}	T_s	T_0
0.36	0.75	1.1	1.44	0.825	0.518	0.628	0.126

Çizelge 6.15 Tip – 2 Güçlendirme X – X Yönü Hedef Deplasman Hesabı İçin Gerekli Parametreler

Doğrultu	W(kN)	S_a	C_0	R	C_1	C_2	C_3
+X	41654	0.825	1.25	2.16	1.37	1.10	1.30
-X	41654	0.825	1.25	2.16	1.36	1.10	1.30

Çizelge 6.16 Tip – 2 Güçlendirme X – X Yönü İterasyon Sonuçları

Doğrultu	T_i (sn)	K_i	K_e	T_e (sn)	δ_y (m)	V_y (kN)	δ_{tahmin} (m)	δ_t (m)
+X	0.342	1324895	1126241	0.371	0.0113	12727	0.0713	0.0696
-X	0.342	1294895	1060353	0.378	0.0120	12724	0.0720	0.0711



Şekil 6.41 Tip – 2 Güçlendirme X – X Yönü Kapasite Eğrileri

Çizelge 6.17 Tip – 2 Güçlendirme X – X Yönü İçin Statik İtme Analiziyle Elde Edilen Sonuçlar

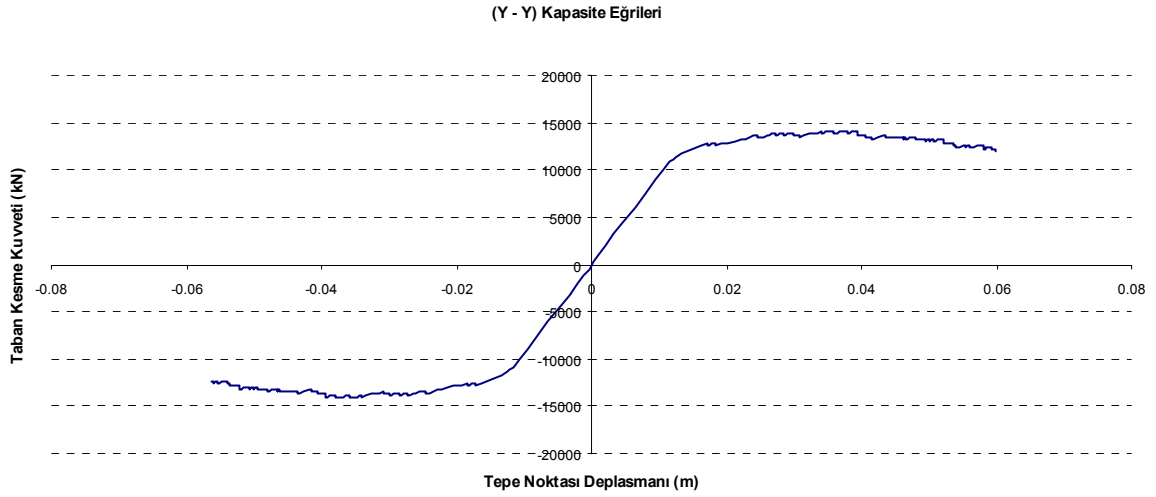
Durum	Doğrultu	$\delta_t(m)$	R	$\mu(\delta_t/\delta_y)$	V_y/W	V_t/W
Tip – 2 Güçlendirme	+X	0.0696	2.16	6.16	0.306	0.282
Tip – 2 Güçlendirme	-X	0.0711	2.16	5.93	0.305	0.278

Çizelge 6.18 Tip – 2 Güçlendirme Y – Y Yönü Hedef Deplasman Hesabı İçin Gerekli Parametreler

Doğrultu	W(kN)	S_a	C_0	R	C_1	C_2	C_3
+Y	41654	0.825	1.25	2.03	1.34	1.10	1.00
-Y	41654	0.825	1.25	1.94	1.31	1.10	1.00

Çizelge 6.19 Tip – 2 Güçlendirme Y– Y Yönü İterasyon Sonuçları

Doğrultu	$T_i(sn)$	K_i	K_e	$T_e(sn)$	$\delta_y(m)$	$V_y(kN)$	$\delta_{tahmin}(m)$	$\delta_t(m)$
+Y	0.372	957980	947197	0.374	0.01430	13545	0.0564	0.0531
-Y	0.372	979940	919248	0.384	0.01540	14156	0.0598	0.0544



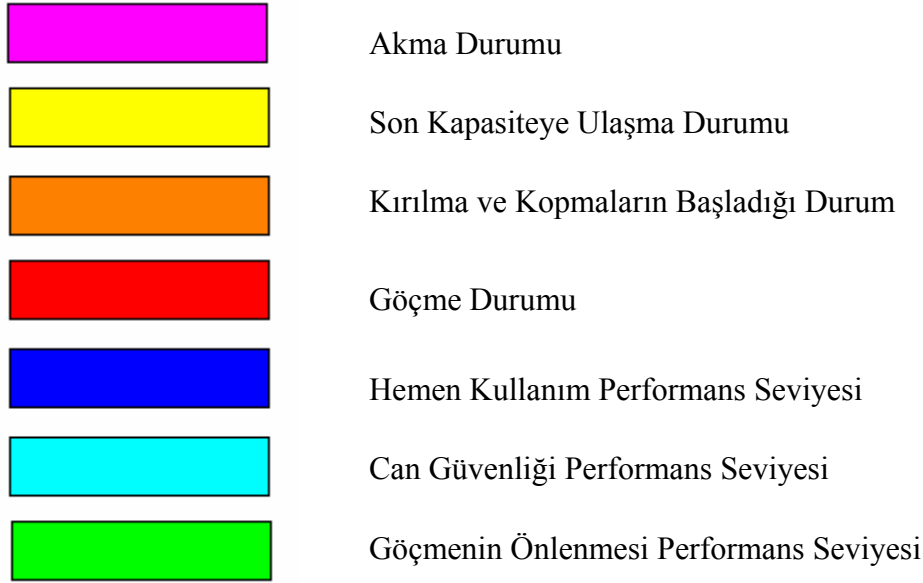
Şekil 6.42 Tip – 2 Güçlendirme Y – Y Yönü Kapasite Eğrileri

Çizelge 6.20 Tip – 2 Güçlendirme Y – Y Yönü İçin Statik İtme Analiziyle Elde Edilen Sonuçlar

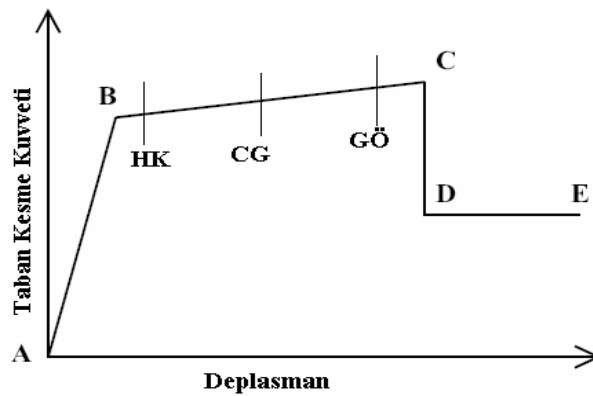
Durum	Doğrultu	$\delta_t(m)$	R	$\mu(\delta_t/\delta_y)$	V_y/W	V_t/W
Tip – 2 Güçlendirme	+Y	0.0531	2.03	3.71	0.325	0.307
Tip – 2 Güçlendirme	-Y	0.0544	1.94	3.53	0.340	0.299

6.3.5 Performans Değerlendirmesi

Hedef yer değiştirme altında taşıyıcı sistem elemanlarında oluşacak doğrusal olmayan şekil değiştirmeler FEMA-356’da verilen kriterlere göre değerlendirilmiştir. Tip – 2 güçlendirme sistemi elemanlarının her iki doğrultuda performans seviyeleri Şekil 6.45 – 6.76’ de görülebilir. Hedeflenen performans seviyesi, tüm elemanlar için “*can güvenliği*” performans seviyesidir.



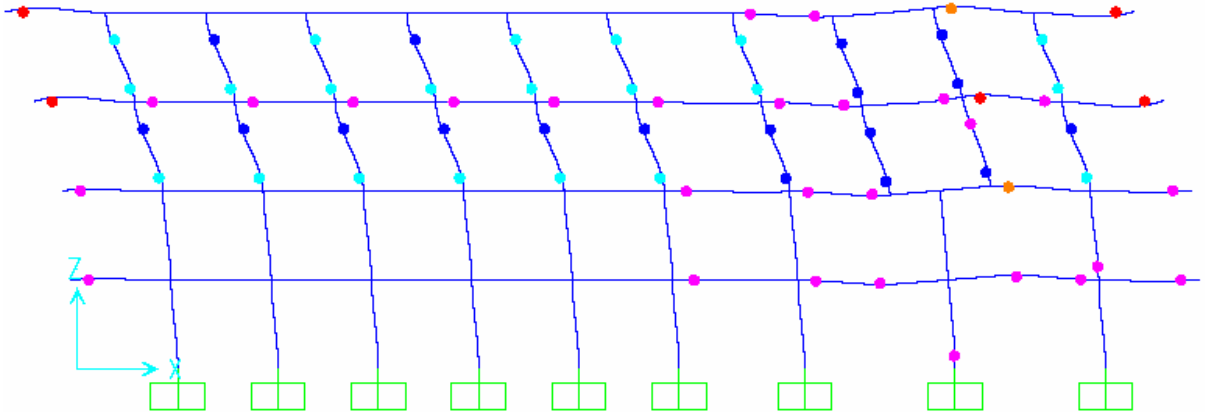
Şekil 6.43 SAP2000 Eleman Performans Seviyeleri Renklendirmesi



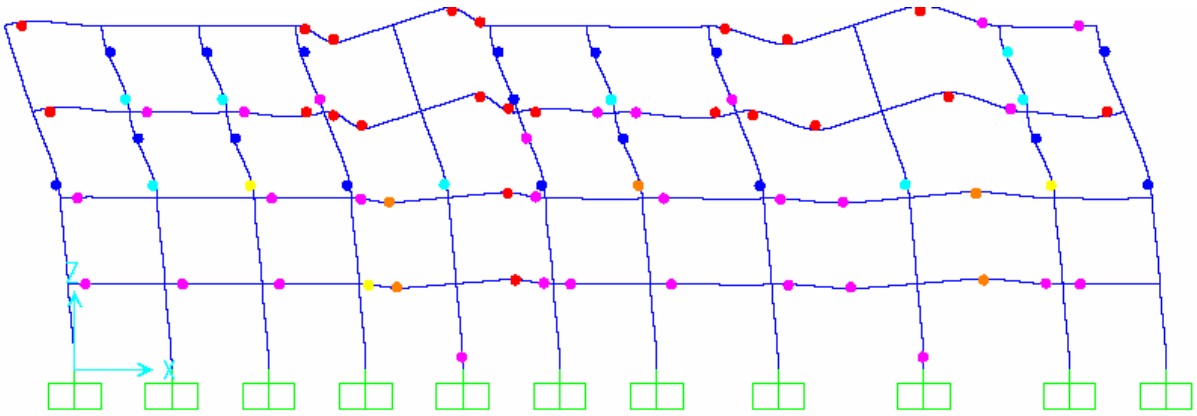
Şekil 6.44 Eleman Davranış Eğrisi

- AB :Doğrusal elastik
- BC :Pekleşme (doğrusal olmayan)
- CD :Gerilmelerin boşaldığı, kırılma ve kopmaların başladığı evre
- E :Göçme

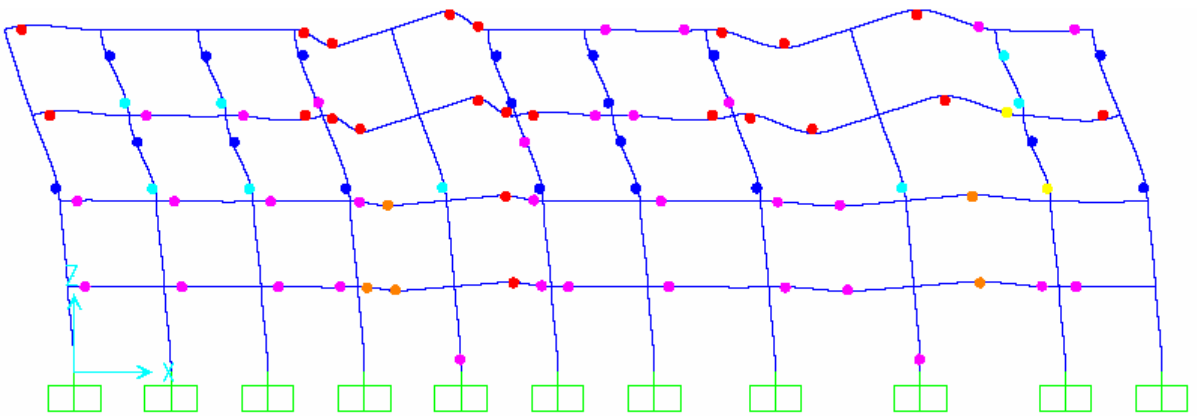
X-X yönü statik itme sonucu elde edilen eleman performans seviyeleri:



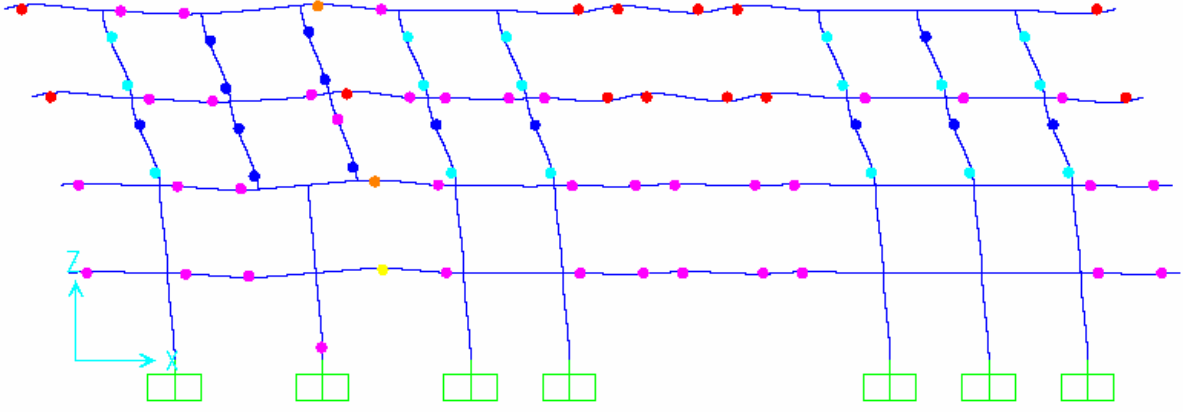
Şekil 6.45 Tip - 2 Güçlendirmesi 1 Aksı X Yönü Eleman Performansları



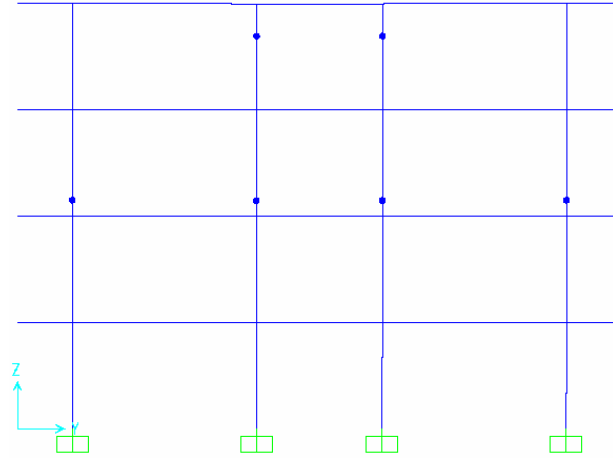
Şekil 6.46 Tip - 2 Güçlendirmesi 2 Aksı X Yönü Eleman Performansları



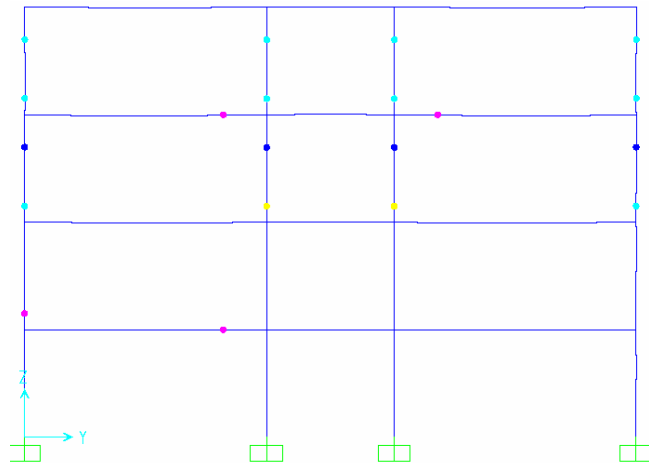
Şekil 6.47 Tip - 2 Güçlendirmesi 3 Aksı X Yönü Eleman Performansları



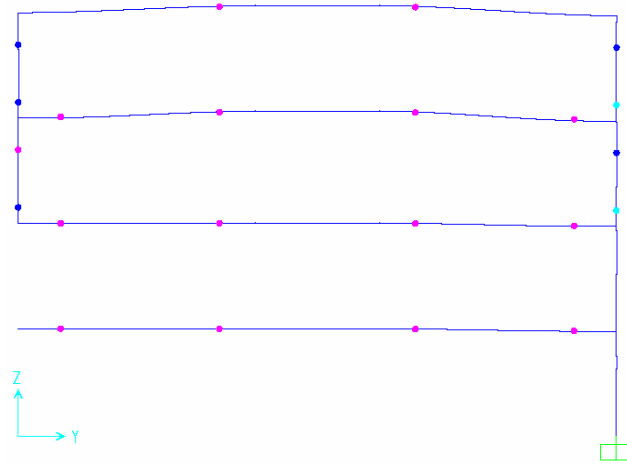
Şekil 6.48 Tip - 2 Güçlendirmesi 4 Aksı X Yönü Eleman Performansları



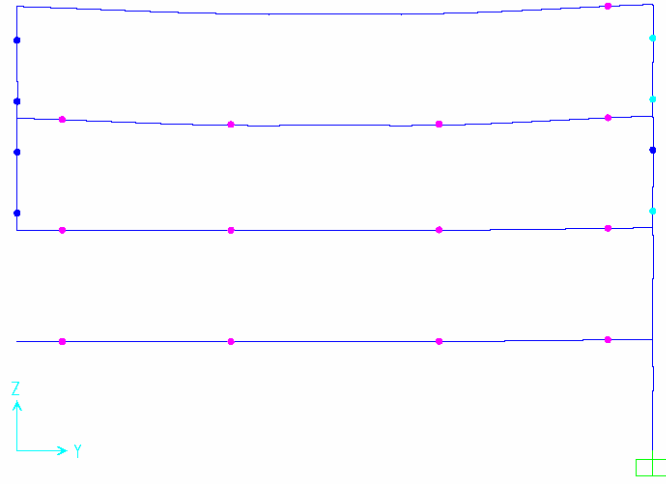
Şekil 6.49 Tip - 2 Güçlendirmesi A Aksı X Yönü Eleman Performansları



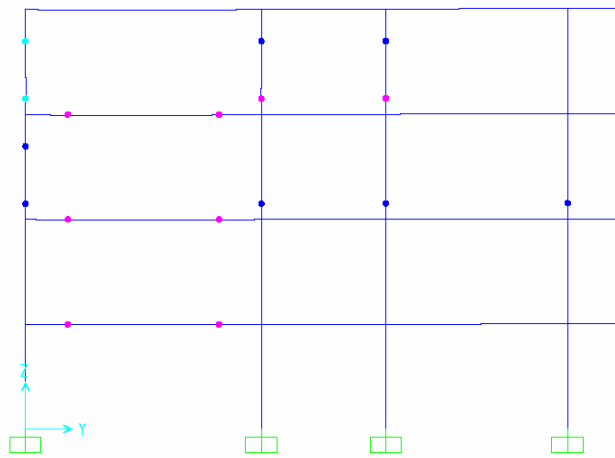
Şekil 6.50 Tip - 2 Güçlendirmesi B Aksı X Yönü Eleman Performansları



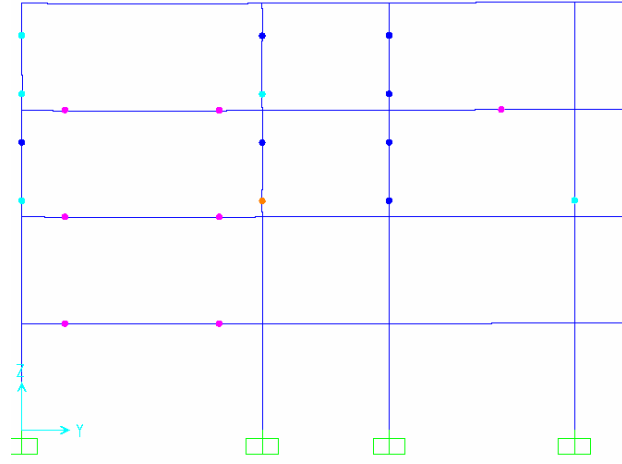
Şekil 6.51 Tip - 2 Güçlendirmesi C Aksı X Yönü Eleman Performansları



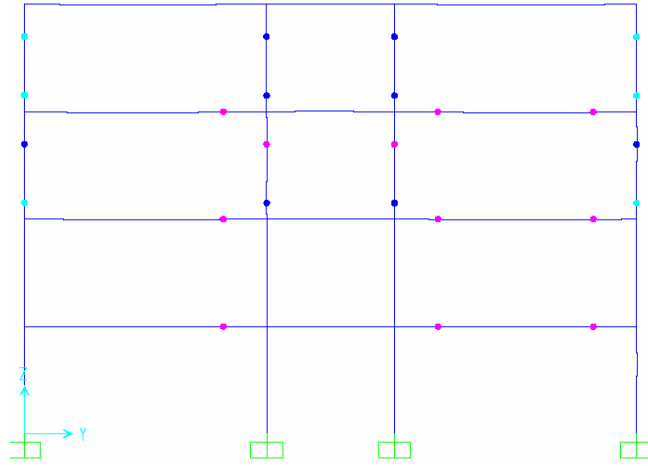
Şekil 6.52 Tip - 2 Güçlendirmesi D Aksı X Yönü Eleman Performansları



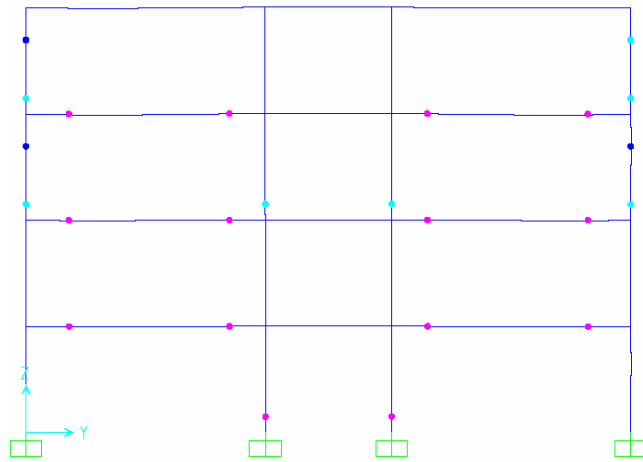
Şekil 6.53 Tip - 2 Güçlendirmesi E Aksı X Yönü Eleman Performansları



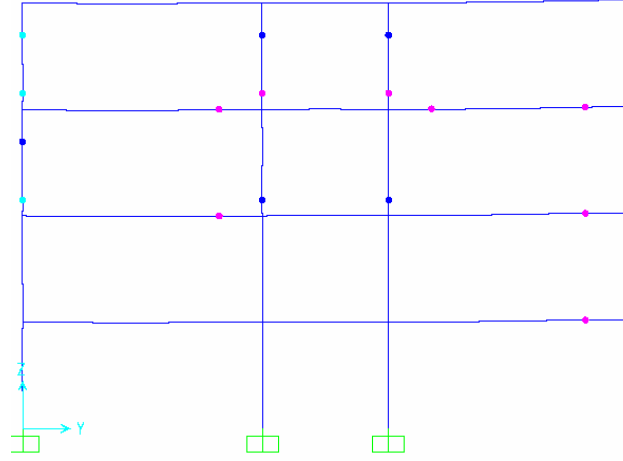
Şekil 6.54 Tip - 2 Güçlendirmesi F Aksı X Yönü Eleman Performansları



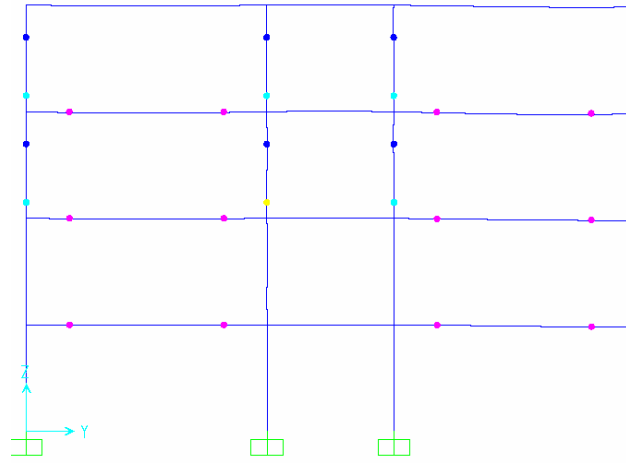
Şekil 6.55 Tip - 2 Güçlendirmesi G Aksı X Yönü Eleman Performansları



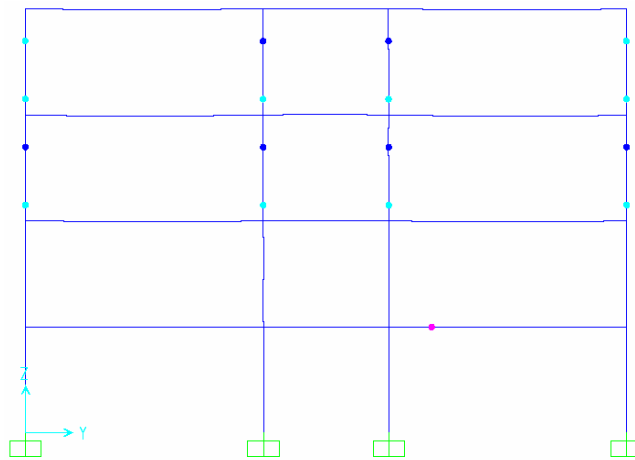
Şekil 6.56 Tip - 2 Güçlendirmesi H Aksı X Yönü Eleman Performansları



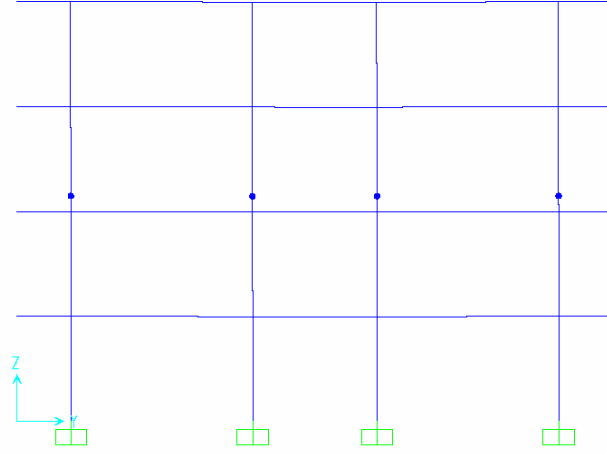
Şekil 6.57 Tip - 2 Güçlendirmesi I Aksı X Yönü Eleman Performansları



Şekil 6.58 Tip - 2 Güçlendirmesi J Aksı X Yönü Eleman Performansları

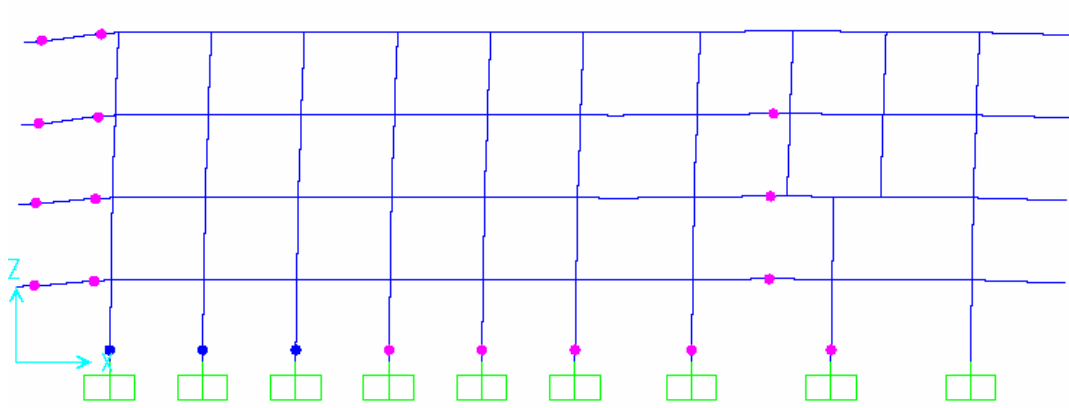


Şekil 6.59 Tip - 2 Güçlendirmesi K Aksı X Yönü Eleman Performansları

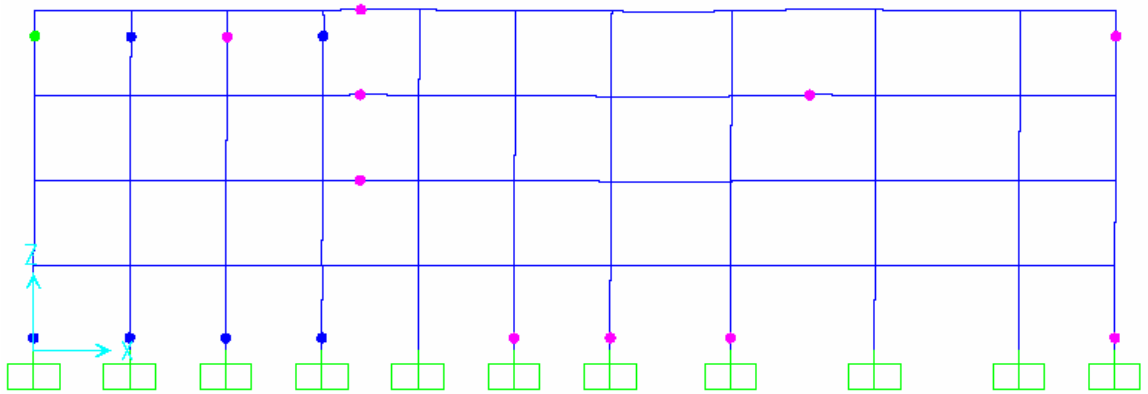


Şekil 6.60 Tip - 2 Güçlendirmesi L Aksı X Yönü Eleman Performansları

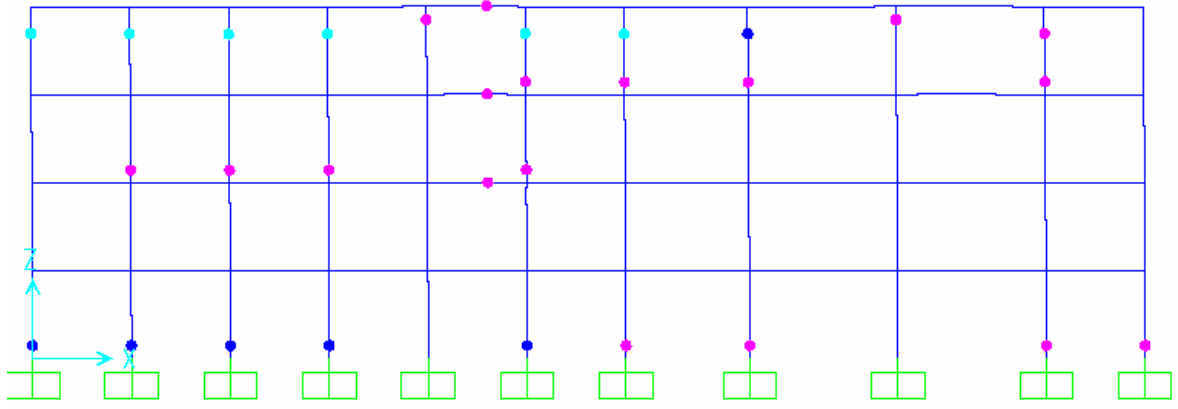
Y-Y yönü statik itme sonucu elde edilen eleman performans seviyeleri



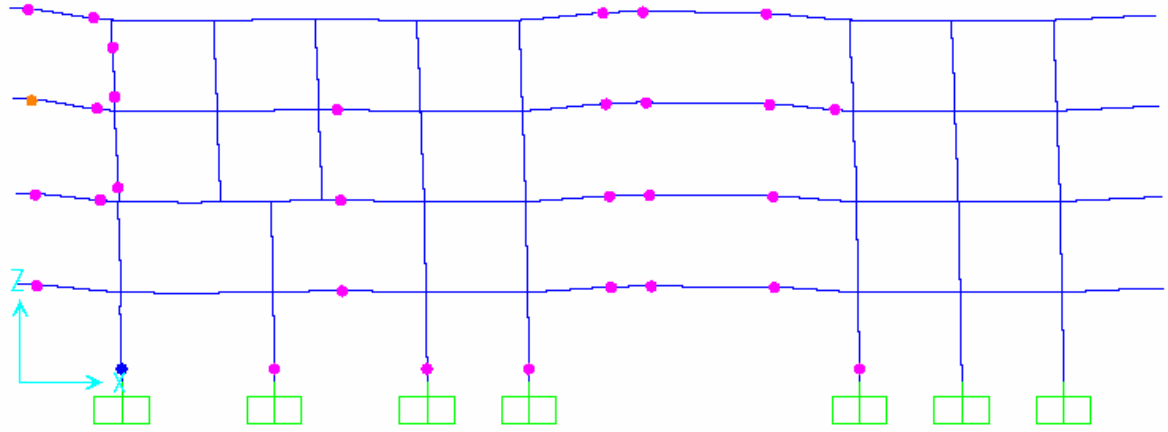
Şekil 6.61 Tip - 2 Güçlendirmesi 1 Aksı Y Yönü Eleman Performansları



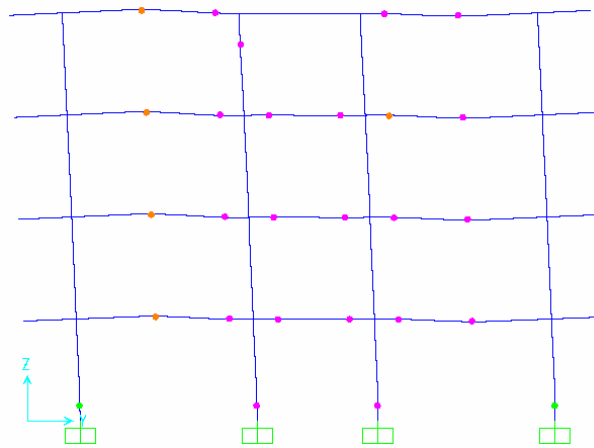
Şekil 6.62 Tip - 2 Güçlendirmesi 2 Aksı Y Yönü Eleman Performansları



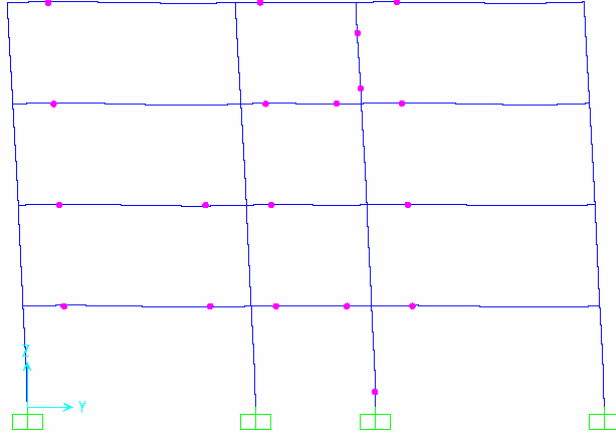
Şekil 6.63 Tip - 2 Güçlendirme 3 Aksı Y Yönü Eleman Performansları



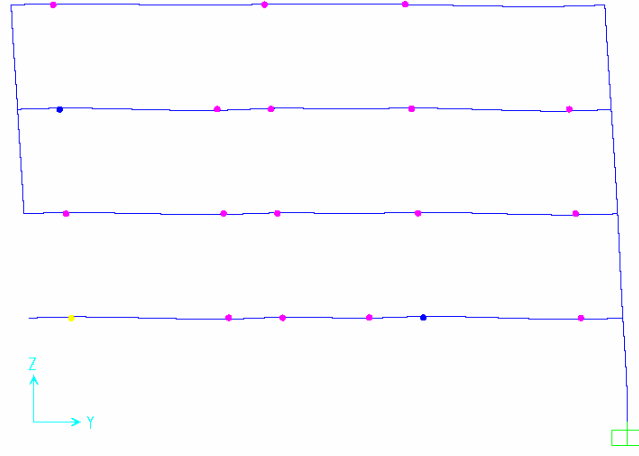
Şekil 6.64 Tip - 2 Güçlendirme 4 Aksı Y Yönü Eleman Performansları



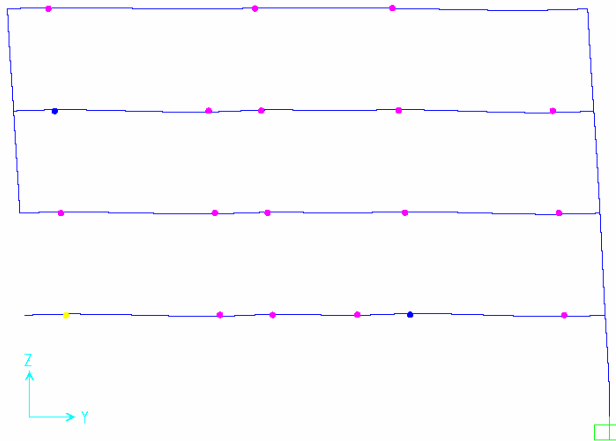
Şekil 6.65 Tip - 2 Güçlendirme A Aksı Y Yönü Eleman Performansları



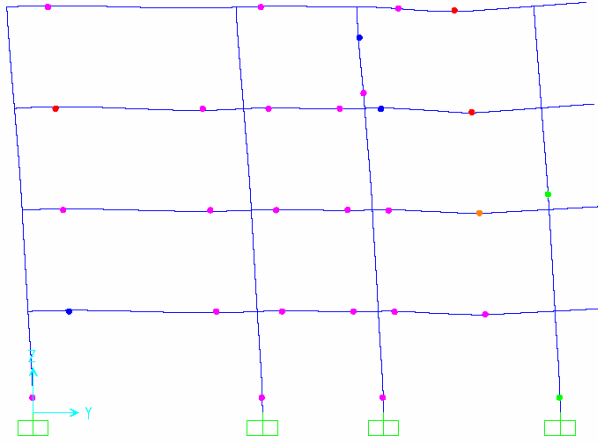
Şekil 6.66 Tip - 2 Güçlendirmesi B Aksı Y Yönü Eleman Performansları



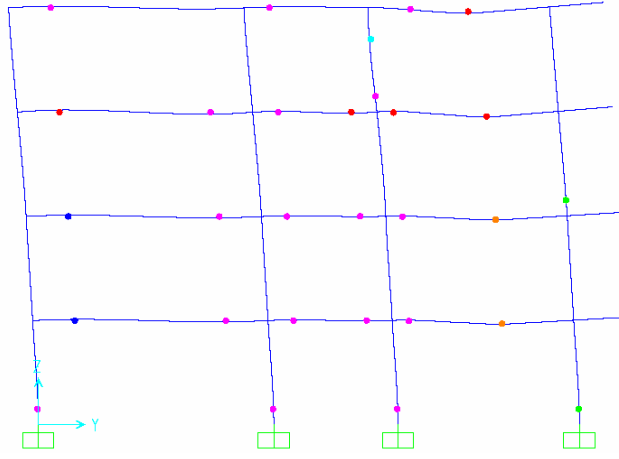
Şekil 6.67 Tip - 2 Güçlendirmesi C Aksı Y Yönü Eleman Performansları



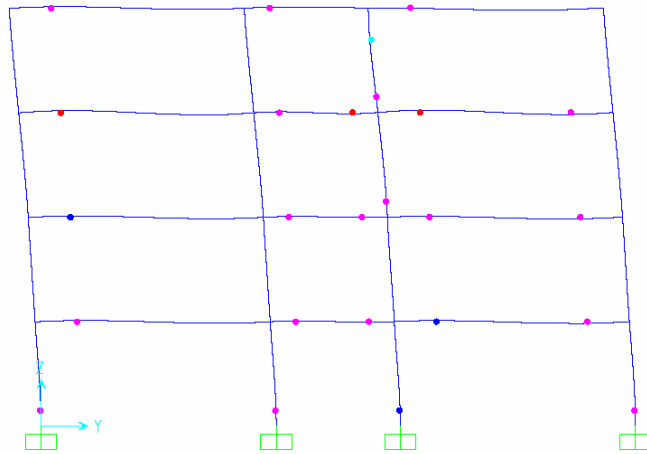
Şekil 6.68 Tip - 2 Güçlendirmesi D Aksı Y Yönü Eleman Performansları



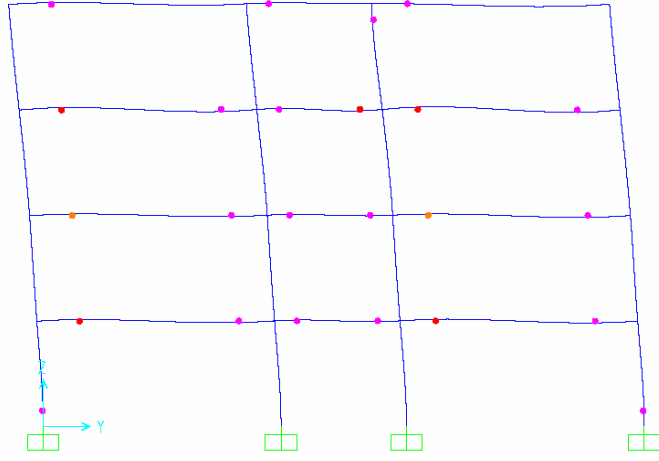
Şekil 6.69 Tip - 2 Güçlendirmesi E Aksı Y Yönü Eleman Performansları



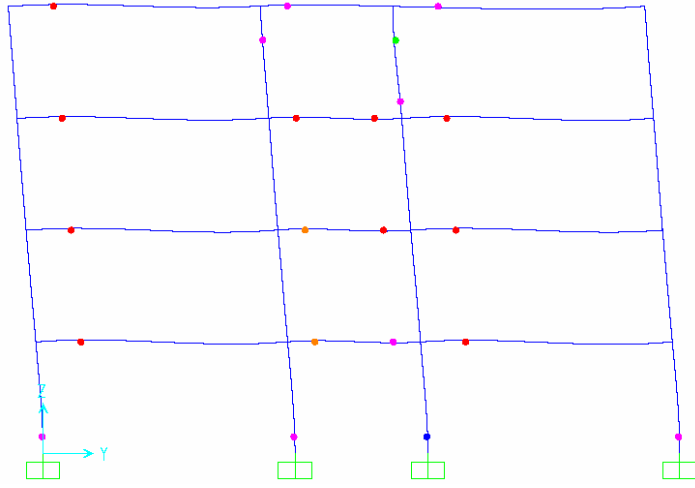
Şekil 6.70 Tip - 2 Güçlendirmesi F Aksı Y Yönü Eleman Performansları



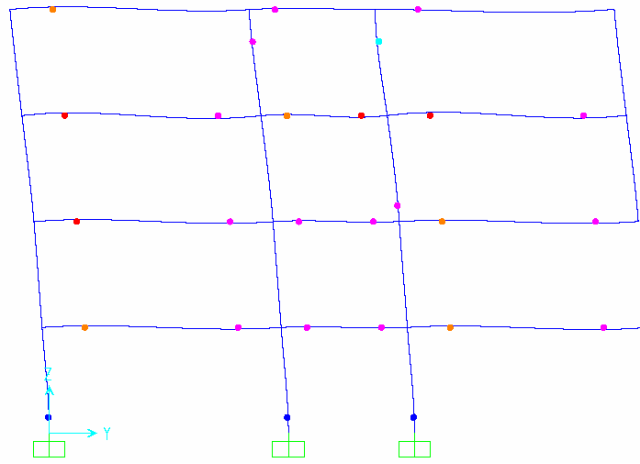
Şekil 6.71 Tip - 2 Güçlendirmesi G Aksı Y Yönü Eleman Performansları



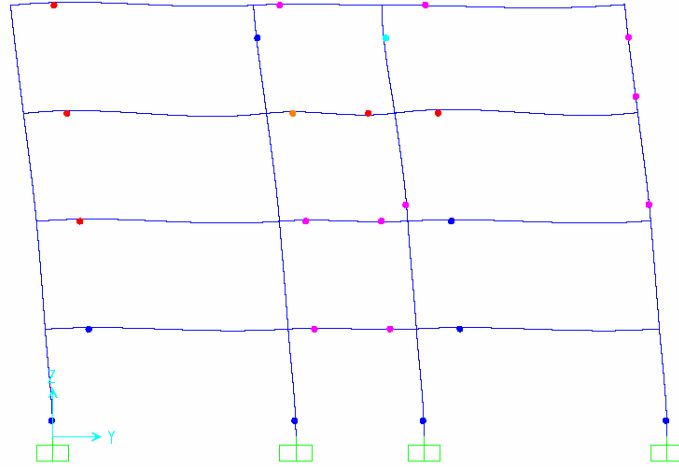
Şekil 6.72 Tip - 2 Güçlendirmesi H Aksı Y Yönü Eleman Performansları



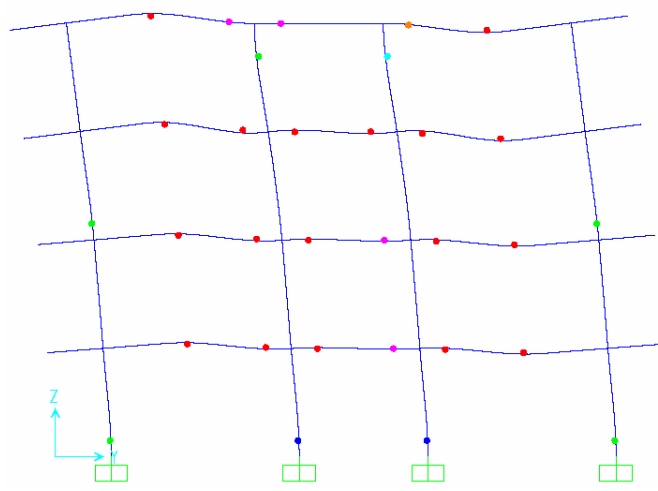
Şekil 6.73 Tip - 2 Güçlendirmesi I Aksı Y Yönü Eleman Performansları



Şekil 6.74 Tip - 2 Güçlendirmesi J Aksı Y Yönü Eleman Performansları



Şekil 6.75 Tip - 2 Güçlendirmesi K Aksı Y Yönü Eleman Performansları



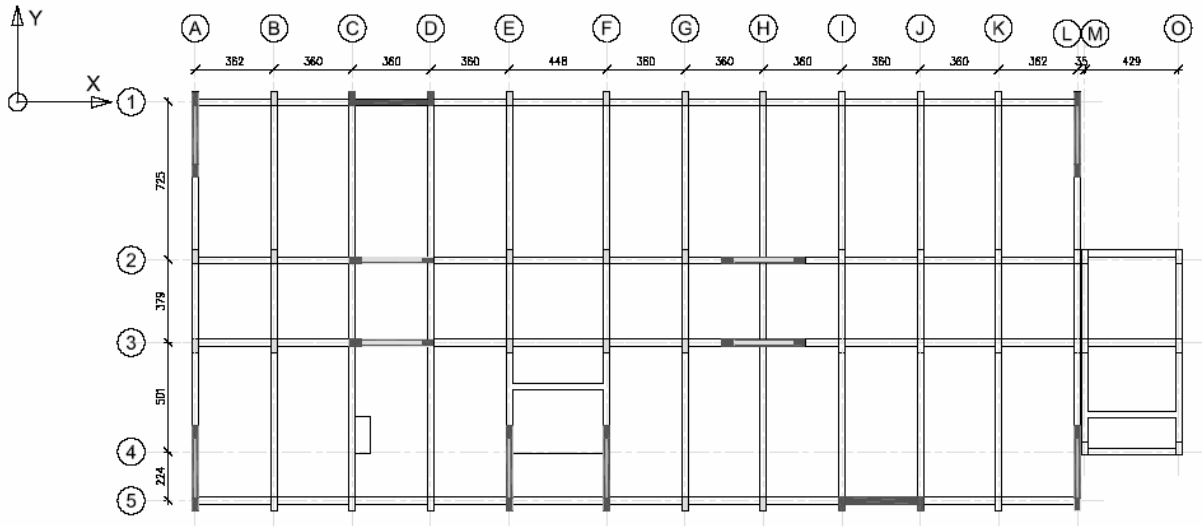
Şekil 6.76 Tip - 2 Güçlendirmesi L Aksı Y Yönü Eleman Performansları

6.4 TİP – 3

Bu bölümde yapıların performanslarının belirlenmesi için uygulanacak olan Statik İtme Analiz Yöntemi ile mevcut yapının tüm katlarının güçlendirilmiş durumu FEMA – 356 Deplasman Katsayıları Yöntemi ile performans açısından değerlendirilmiştir.

6.4.1 Yapı Genel Bilgileri

Güçlendirme projesi kapsamında mevcut yapıdaki X ve Y doğrultusundaki perdeler her iki yönde 15'er cm mantolanmış, X – X doğrultusuna 2 adet betonarme perde ilave edilmiştir. Yapılan bu güçlendirme sonucunda elde edilen kalıp planı aşağıdaki Şekil 6.77' de görülmektedir.

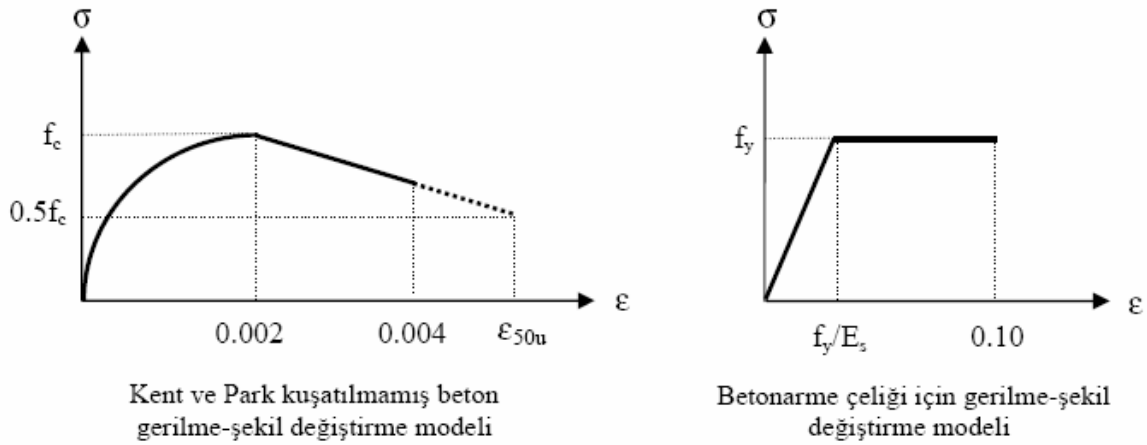


Şekil 6.77 Yapının Güçlendirme Sonrası Taşıyıcı Sistem Planı

Uygulamada perde elemanlarının mantolama işlemi, mevcut perdenin başlık bölgesi tamamen kırılıp yeni kuşatılmış başlık bölgesi oluşturularak ve aynı zamanda perdenin dört kenarı 5' er cm tıraşlanıp yeni gövde donatıları konularak gerçekleştirilmiştir. Bunun sonucunda kırılmamış kısımda kalan beton da göz önüne alınarak mantolanmış perdeler için kapasite hesabında ve analiz kapsamında beton dayanımı C25 ve yapı çeliği içinse S420 eğilme donatısı ve S220 kayma donatısı alınmıştır. Yeni konulan perdeler için beton dayanımı C30 ve yapı çeliği içinse S420 eğilme donatısı ve S220 kayma donatısı alınmıştır.

6.4.2 Kullanılan Malzeme Modelleri

Bu çalışmada beton davranış modeli olarak, Kent ve Park tarafından önerilen gerilme-şekil değiştirme modelleri kullanılmıştır (Kent ve Park, 1971). Kuşatılmamış beton için, maksimum birim kısalma 0.004 kabul edilmiştir (Ersoy ve Özcebe, 2001). Betonarme çeliği için kullanılan gerilme-şekil değiştirme modeli ideal elastoplastiktir ve ilgili parametreler TS500' den alınmıştır. Kullanılan tüm gerilme – şekil değiştirme modelleri Şekil 6.78' de görülebilir.



Şekil 6.78 Kullanılan Malzeme Modelleri

6.4.3 Tasarım Parametreleri

Yapının taşıyıcı sistem modellemesi SAP2000 – v9.1.5 yapı analiz programı ile yapılmıştır. Hazırlanan hesap modelinin üç boyutlu görünümü Ek – 1' de bulunmaktadır. Modelde eleman ağırlıkları yüklenirken kirişler üzerine birim boya gelen yük olarak atanmış, hesaplanan yükler kombinasyonlarda katsayı olarak programa girilmiştir.

Statik itme analizi yapılırken eğilme etkisindeki yapı elemanlarının akma öncesi doğrusal davranışları için çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri kullanılması FEMA – 356' da belirtilmiştir. Buna göre;

- Kirişler için 0.5EI
- Kolonlar için 0.6EI
- Perdeler için ise güçlü olduğu yönde 0.5EI diğer yönde 0.8EI

katsayıları SAP2000 – v9.1.5' nde hazırlanan hesap modelinde tanımlanmıştır.

Kat kütle ve yüksekliklerinin her katta hemen hemen aynı olması göz önünde bulundurularak,

statik itme çözümlemesinde yatay yük dağılımı üçgen seçilmiştir. Buna göre statik itme kuvvetleri Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik katsayılarına göre hesaplanarak SAP2000 – v9.1.5 hesap modelinde sistemin rijitlik merkezine %5 eksantriklik de göz önüne alınarak yüklenmiştir. Gerçekleştirilen elastik çözüm sonrası elde edilen yapı periyotları Çizelge 6.21’ de verilmiştir.

Çizelge 6.21 Tip – 3 Güçlendirme Yapı Periyotları

	T_x (sn.)	T_y (sn.)
Tip – 3 Güçlendirme Yapı Periyotları (sn.)	0.231	0.238

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğe göre deprem yüklerinin nasıl hesaplanacağı Bölüm 5.1.3’ te detaylı olarak anlatılmıştır. Buna göre güçlendirilmiş yapı için hesapta kullanılacak dinamik parametreler ve deprem yükleri belirlenmiş ve sırası ile Çizelge 6.22 ve 6.23’ de verilmiştir;

Çizelge 6.22 Tip – 3 Güçlendirme ABYYHY’ e Göre Yapı Katsayıları

Bina Önem Katsayısı		I	1.40
Etkin Yer İvmesi Katsayısı	A_0	1.Deprem Bölgesi	0.40
Spektrum Karakteristik Periyotları	Z3	T_A	0.15
		T_B	0.60
Spektrum Katsayısı	S(T)	$T_A < T < T_B$	2.5
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	$R_a(T)$	$T > T_A$	6

Çizelge 6.23 Tip – 3 Güçlendirme Statik İtme Deprem Kuvvetleri

Kat	Zati Yük (kN)	Hareketli Yük (kN)	W_i (kN)	H_i (m)	$W_i \times H_i$ (kNm)	$W_i \times H_i / \sum W_j \times H_j$	V_t (kN)	F_i (kN)	M_x	M_y
1	9856	2862	11573	3.2	37034.24	0.11	10145.33	1117	1061	2262
2	9638	2862	11355	6.4	72673.28	0.22	10145.33	2192	2082	4438
3	9638	2862	11355	9.6	109009.9	0.32	10145.33	3287	3123	6657
4	9196	0	9196	12.8	117708.8	0.35	10145.33	3550	3372	7188
			Σ 43480		Σ 336426.2					

Çizelge 6.23’ de son iki kolonda yer alan M_x ve M_y momentleri, yapının X ve Y boyutlarının %5’ göz önüne alınan doğrultudaki deprem kuvvetiyle çarpılması sonucu bulunmuştur.

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 ise akma yüzeyleri tanımlanmıştır. Kolonlarda ve perdelerde, kesitin aktıktan sonraki rijitliği “0” yani yük-şekil değiştirme ilişkisi ideal elastoplastik alınmıştır. Plastik mafsalların taşıyıcı sistem elemanlarının uçlarında oluşacağı kabul edilmiş ve plastik mafsalları için kesit eğilme yüksekliği yarısı “h/2” değeri kullanılmıştır.

Kesitlerin moment - eğrilik diyagramlarının ve akma yüzeylerinin elde edilmesi ve SAP2000 programına aktarılması Bölüm 5.1.3’ de detaylı olarak anlatılmıştır. Bu yüzden dolayı bu kısımda tekrar anlatılmamış sonuçları verilmiştir. Kesitlere ait XTRACT 3.05’ de hazırlanan moment – eğrilik değerleri ve PCACOL programında hazırlanan akma yüzeyleri Ek – 1’ de bulunmaktadır.

Sap2000 – v9.1.5 yapı analiz programında, statik itme analizi için kesitler için gerekli parametreler ve rijitlik merkezine statik itme yüklemeleri tamamlandıktan sonra analiz seçeneklerine karar vermek gerekmektedir. Bu tez çalışmasında yapı her iki yönde (X – Y) ve hem negatif hem de pozitif doğrultuda deprem yükü ile yüklenerek analiz yapılmıştır. X ve Y yönündeki analizden önce, düşey yükler altında (G + Q) analiz yapılması ve X ve Y yönlerine göre analiz yapılırken düşey yükleme sonucundan devam edilmesi gerekmektedir.

Düşey yükler altında yapılan analizde deplasman kontrolü için, çatı katında rijitlik merkezi noktası göz önüne alınıp U3 yönünde kontrollü ve başlangıç olarak sistemin “0” yükleme durumu ile analize başlanmaktadır.

Önce sistem düşey yükler altında çözümlenmektedir. Sap2000 – v9.1.5 yapı analiz programı, X ve Y yönündeki statik itme analizine başlayabilmek için düşey yükler altında yükleme ile elde edilen verilere ihtiyaç duymaktadır. Analizler deplasman kontrollü ve hangi yönde analiz yapılıyorsa o yöndeki deplasman kontrollü baz alınarak başlangıç olarak sistemin göçebileceği bir deplasman değeri ile yapılmaktadır.

6.4.4 Kapasite Eğrileri ve En Büyük Yer Değiştirmelerin Hesabı

SAP2000 v9.1.5 programıyla her iki yönde (X – X ve Y – Y) yapılan statik itme analizi sonucu yapının kapasite eğrileri elde edilmiş ve tasarım depremi altında oluşacak en büyük doğrusal olmayan yer değiştirme (hedef deplasman) FEMA-356’ da verilen katsayılar yöntemi

ile hesaplanmıştır. Deplasman katsayıları yönteminde hedef deplasmanı bulmak için;

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e}{4\pi^2} g \quad (6.1)$$

eşitliği ile çözüm ve katsayılar 3.2.2.1' de detaylı olarak açıklanmıştır. Hedef deplasmanın bulunabilmesi için gerekli olan parametreler ise Çizelge 6.25' de hesaplanmıştır

Tip – 3 güçlendirme şekli uygulanmış yapının statik itme çözümlemesiyle elde edilen kapasite eğrileri Şekil 6.79 ve Şekil 6.80'de verilmiştir. Bu kapasite eğrilerinin idealize edilmesiyle elde edilen parametreler (akma taban kesme kuvveti, akma yer değiştirmesi, eşdeğer periyot, en büyük yer değiştirme) Çizelge 6.26 ve Çizelge 6.29'da gösterilmiştir. Tip – 3 güçlendirme şeklinde yapının hem negatif hem de pozitif yüklemelerde her iki yönde performans noktası bulunmuştur.

Çizelge 6.24 Tip – 3 Güçlendirme Hedef Deplasman Hesabı İçin Gerekli Parametreler

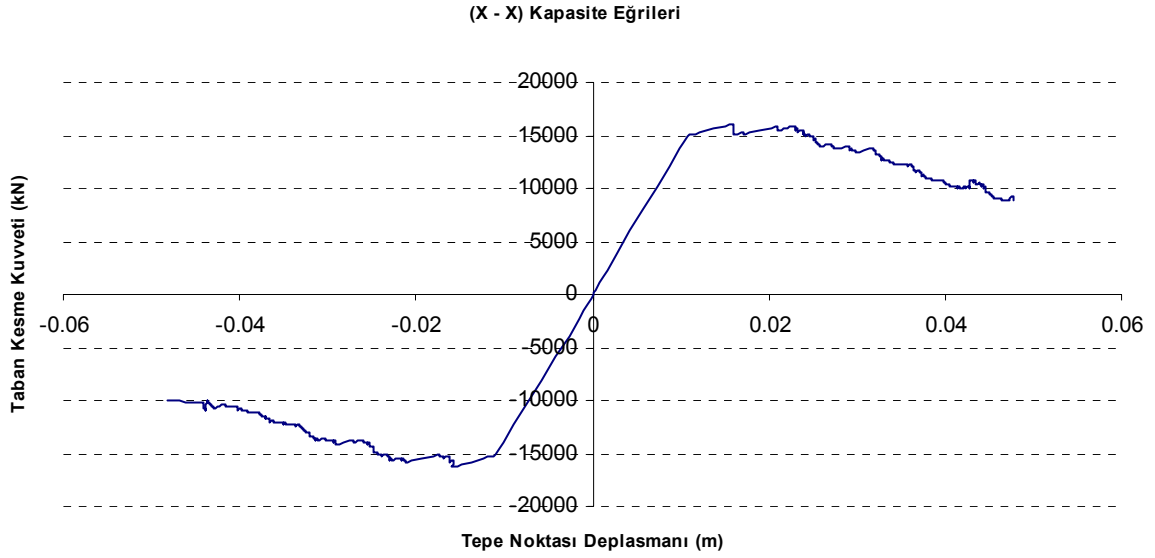
S_1	S_s	F_a	F_v	S_{xs}	S_{x1}	T_s	T_0
0.36	0.75	1.1	1.44	0.825	0.518	0.628	0.126

Çizelge 6.25 Tip – 3 Güçlendirme X – X Yönü Hedef Deplasman Hesabı İçin Gerekli Parametreler

Doğrultu	W(kN)	S_a	C_0	R	C_1	C_2	C_3
+X	43480	0.825	1.25	1.71	1.40	1.10	1.17
-X	43480	0.825	1.25	1.73	1.41	1.10	1.18

Çizelge 6.26 Tip – 3 Güçlendirme X – X Yönü İterasyon Sonuçları

Doğrultu	T_i (sn)	K_i	K_e	T_e (sn)	δ_y (m)	V_y (kN)	δ_{tahmin} (m)	δ_t (m)
+X	0.315	1437819	1392384	0.320	0.01208	16820	0.04784	0.0471
-X	0.317	1390986	1371021	0.319	0.01210	16584	0.04826	0.0477



Şekil 6.79 Tip – 3 Güçlendirme X – X Yönü Kapasite Eğrileri

Çizelge 6.27 Tip – 3 Güçlendirme X – X Yönü İçin Statik İtme Analiziyle Elde Edilen Sonuçlar

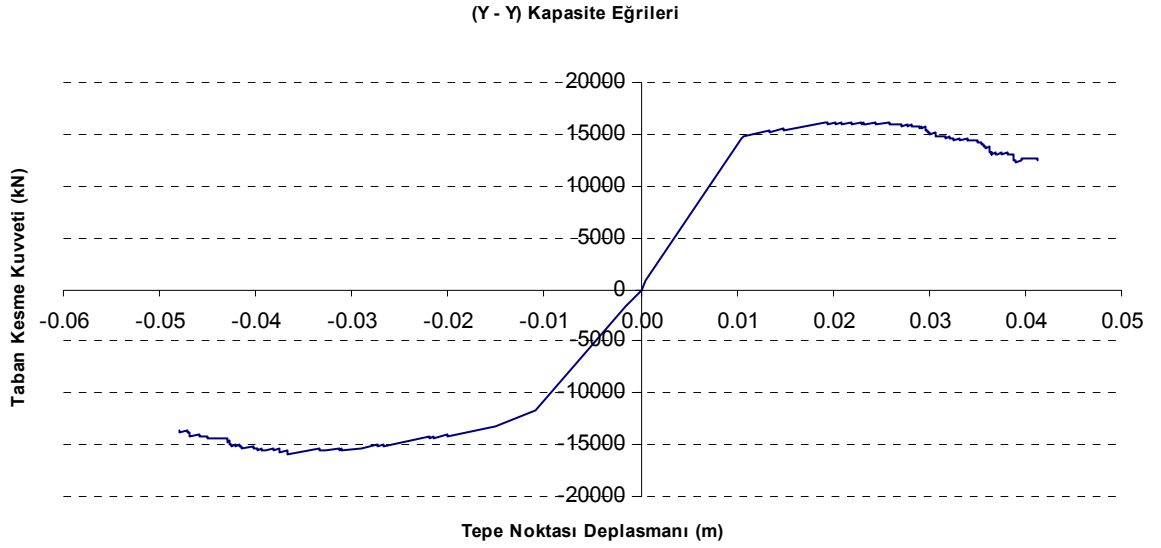
Durum	Doğrultu	$\delta_t(m)$	R	$\mu(\delta_t/\delta_y)$	V_y/W	V_t/W
Tip – 3 Güçlendirme	+X	0.0471	1.71	3.90	0.387	0.205
Tip – 3 Güçlendirme	-X	0.0477	1.73	3.94	0.381	0.230

Çizelge 6.28 Tip – 3 Güçlendirme Y – Y Yönü Hedef Deplasman Hesabı İçin Gerekli Parametreler

Doğrultu	W(kN)	S_a	C_0	R	C_1	C_2	C_3
+Y	43480	0.825	1.25	1.70	1.39	1.10	1.00
-Y	43480	0.825	1.25	2.00	1.45	1.10	1.00
	43480	0.825	1.25	2.09	1.47	1.10	1.00

Çizelge 6.29 Tip – 3 Güçlendirme Y– Y Yönü İterasyon Sonuçları

Doğrultu	Ti(sn)	K_i	K_e	$T_e(sn)$	$\delta_y(m)$	$V_y(kN)$	$\delta_{tahmin}(m)$	$\delta_t(m)$
+Y	0.341	1253440	1253440	0.323	0.01210	16889	0.0413	0.0409
-Y	0.344	1009723	1009723	0.332	0.01326	14334	0.0480	0.0449
	0.344	1009723	1009723	0.335	0.01275	13961	0.0449	0.0447



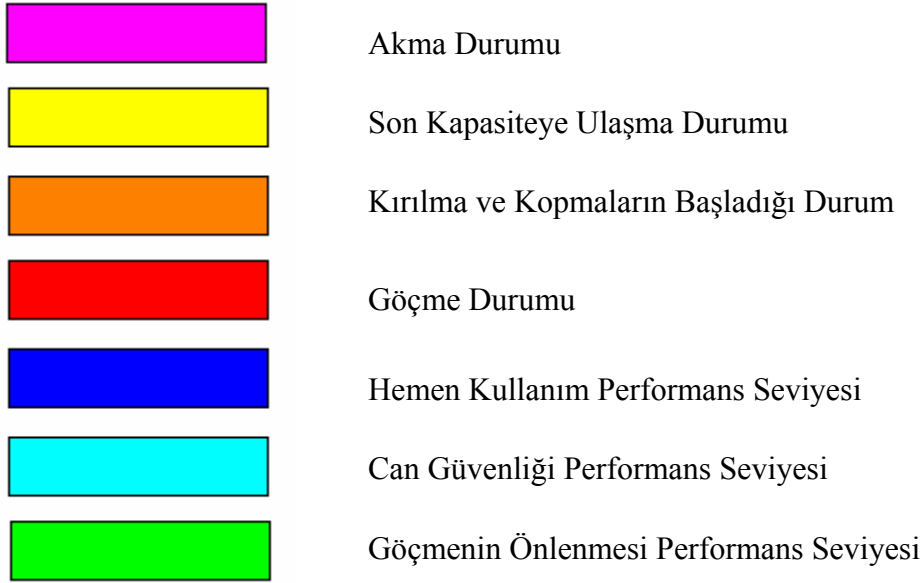
Şekil 6.80 Tip – 3 Güçlendirme Y – Y Yönü Kapasite Eğrileri

Çizelge 6.30 Tip – 3 Güçlendirme Y – Y Yönü İçin Statik İtme Analiziyle Elde Edilen Sonuçlar

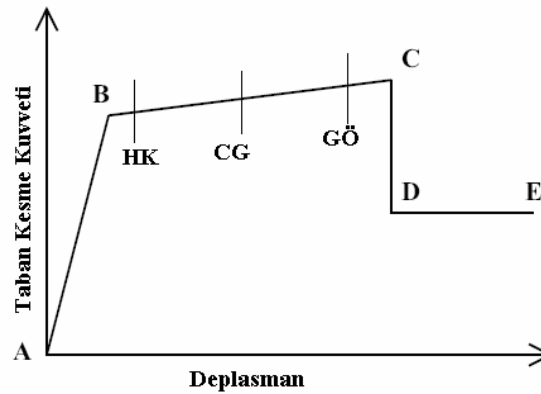
Durum	Doğrultu	$\delta_t(m)$	R	$\mu(\delta_t/\delta_y)$	V_y/W	V_t/W
Tip – 3 Güçlendirme	+Y	0.0409	1.7	3.38	0.388	0.291
Tip – 3 Güçlendirme	-Y	0.0447	2.09	3.39	0.330	0.330

6.4.5 Performans Değerlendirmesi

Hedef yer değiştirme altında taşıyıcı sistem elemanlarında oluşacak doğrusal olmayan şekil değiştirmeler FEMA-356’da verilen kriterlere göre değerlendirilmiştir. Tip – 3 güçlendirme sistemi elemanlarının her iki doğrultudaki performans seviyeleri Şekil 6.83 – 6.114’de görülebilir. Hedeflenen performans seviyesi, tüm elemanlar için “*can güvenliği*” performans seviyesidir.



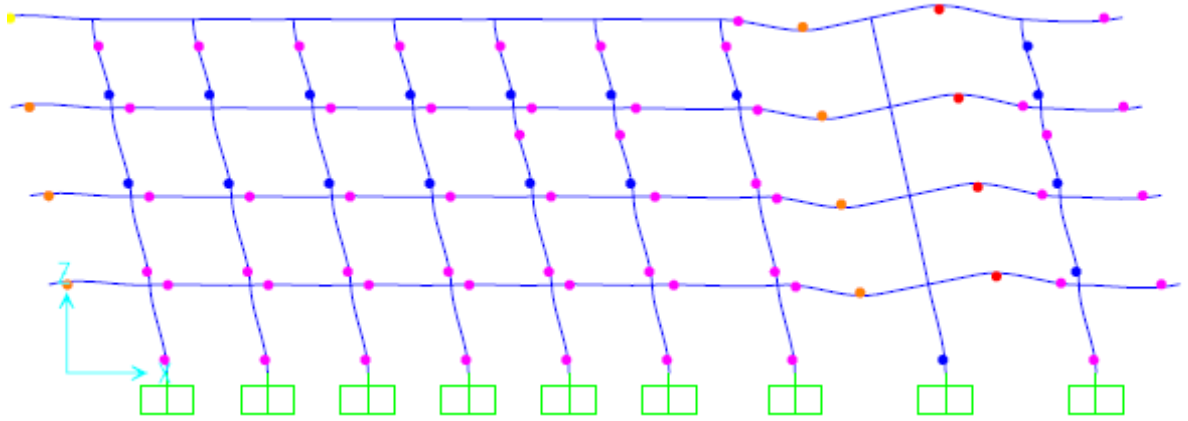
Şekil 6.81 SAP2000 Eleman Performans Seviyeleri Renklendirmesi



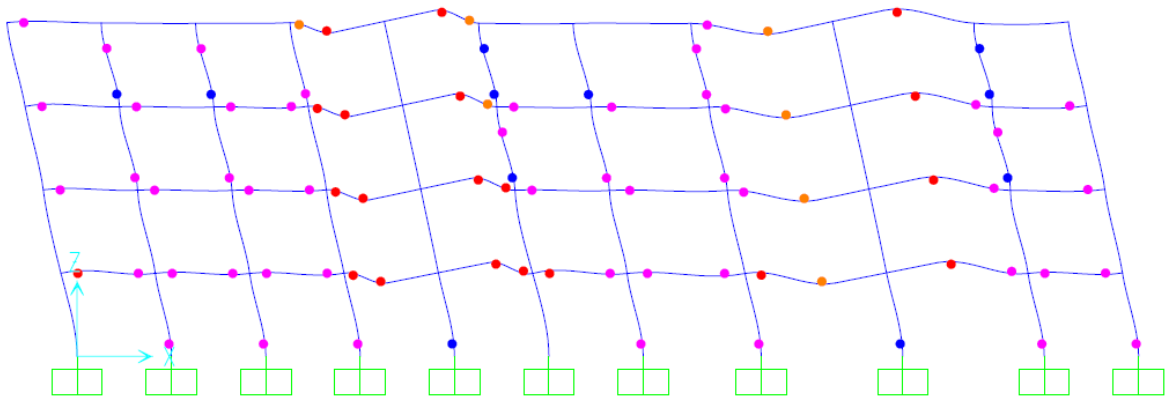
Şekil 6.82 Eleman Davranış Eğrisi

- AB :Doğrusal elastik
- BC :Pekleşme (doğrusal olmayan)
- CD :Gerilmelerin boşaldığı, kırılma ve kopmaların başladığı evre
- E :Göçme

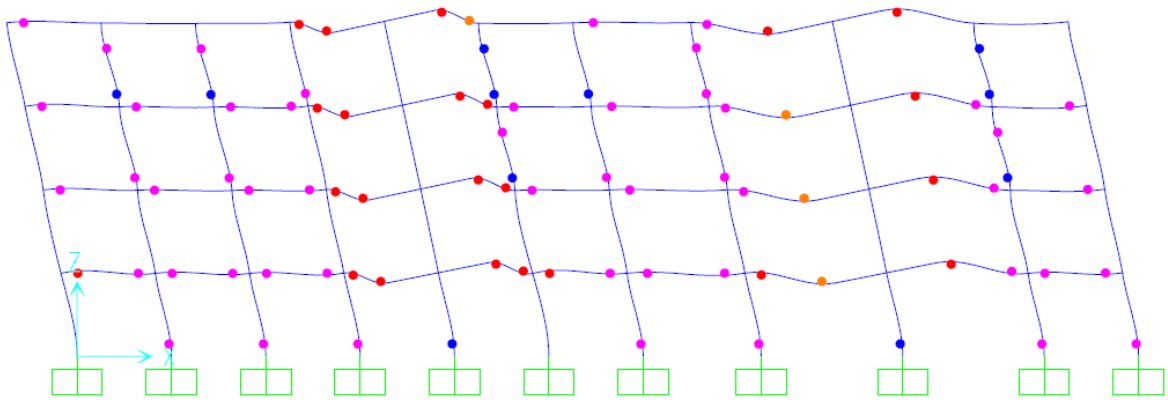
X-X yönü statik itme sonucu elde edilen eleman performans seviyeleri:



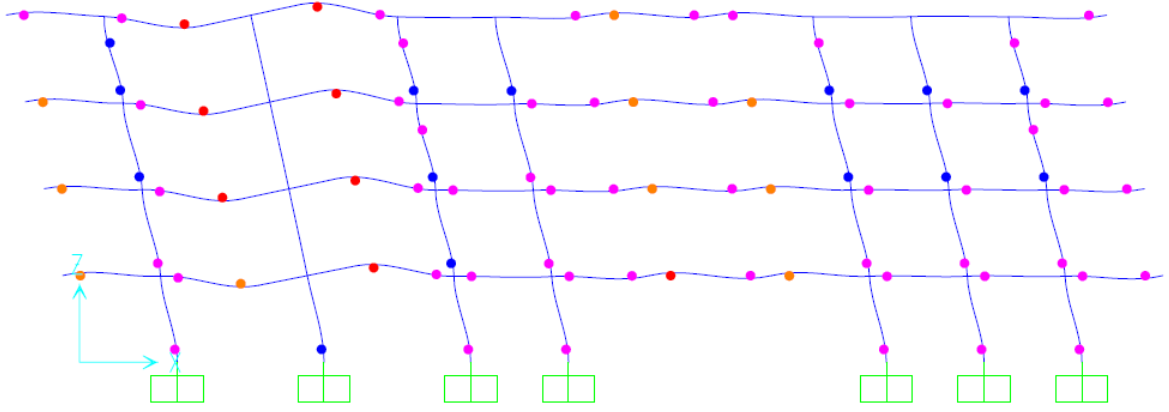
Şekil 6.83 Tip - 3 Güçlendirmesi 1 Aksı X Yönü Eleman Performansları



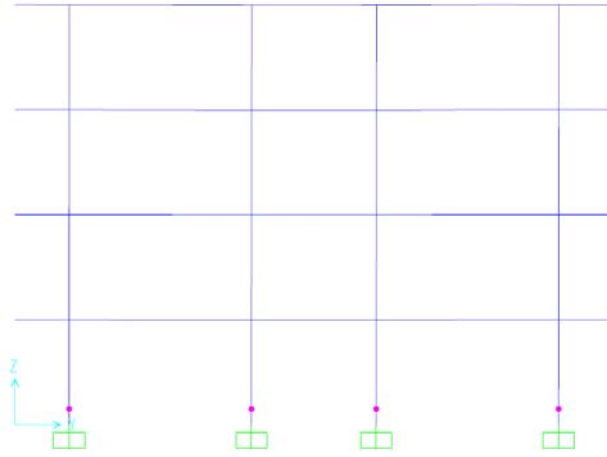
Şekil 6.84 Tip - 3 Güçlendirmesi 2 Aksı X Yönü Eleman Performansları



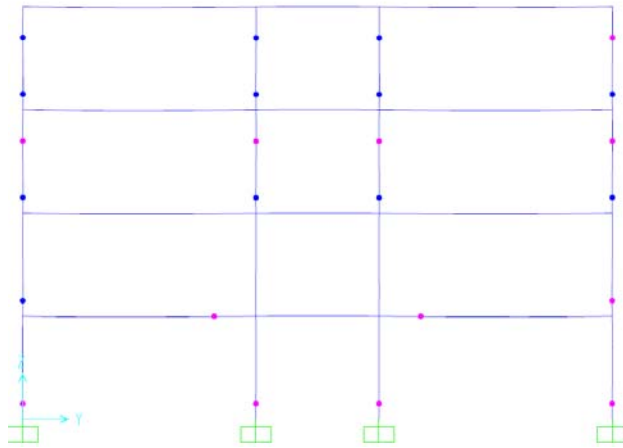
Şekil 6.85 Tip - 3 Güçlendirmesi 3 Aksı X Yönü Eleman Performansları



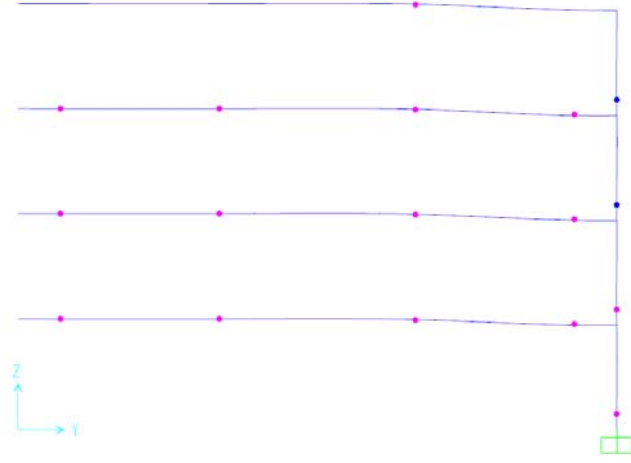
Şekil 6.86 Tip - 3 Güçlendirmesi 4 Aksı X Yönü Eleman Performansları



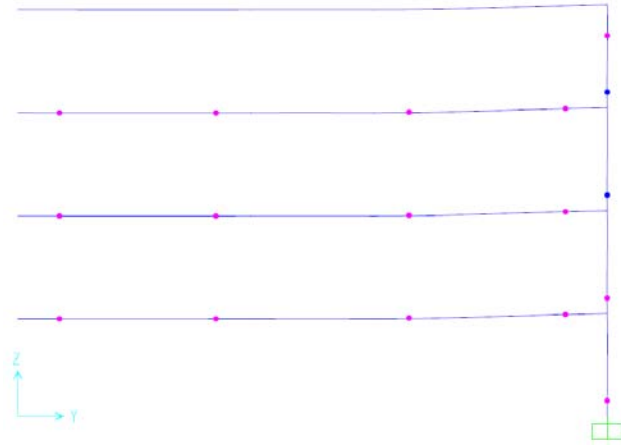
Şekil 6.87 Tip - 3 Güçlendirmesi A Aksı X Yönü Eleman Performansları



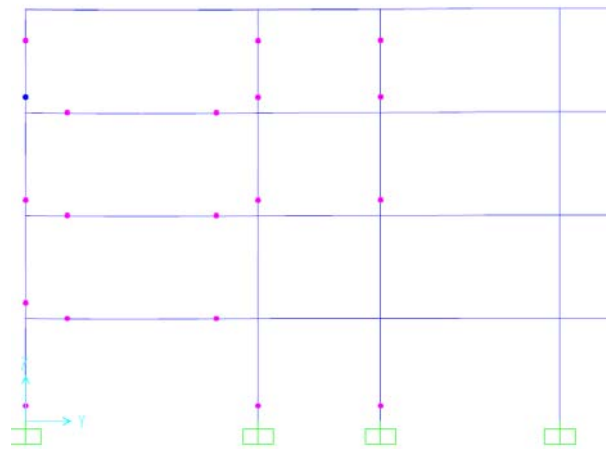
Şekil 6.88 Tip - 3 Güçlendirmesi B Aksı X Yönü Eleman Performansları



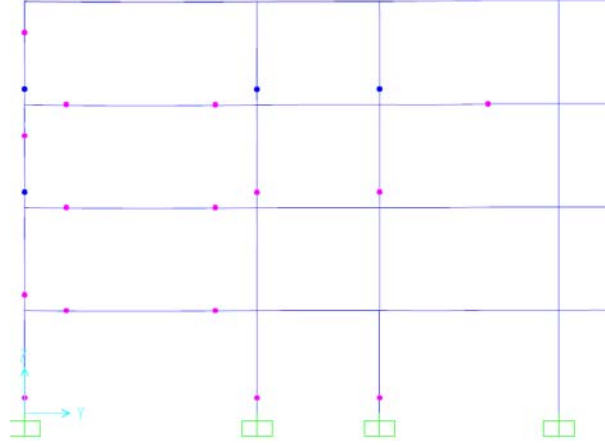
Şekil 6.89 Tip - 3 Güçlendirmesi C Aksı X Yönü Eleman Performansları



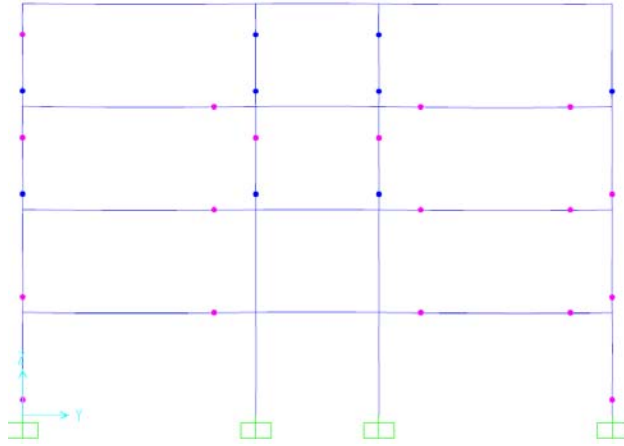
Şekil 6.90 Tip - 3 Güçlendirmesi D Aksı X Yönü Eleman Performansları



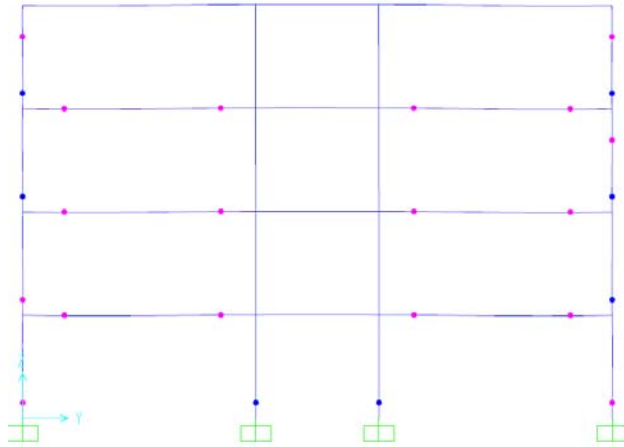
Şekil 6.91 Tip - 3 Güçlendirmesi E Aksı X Yönü Eleman Performansları



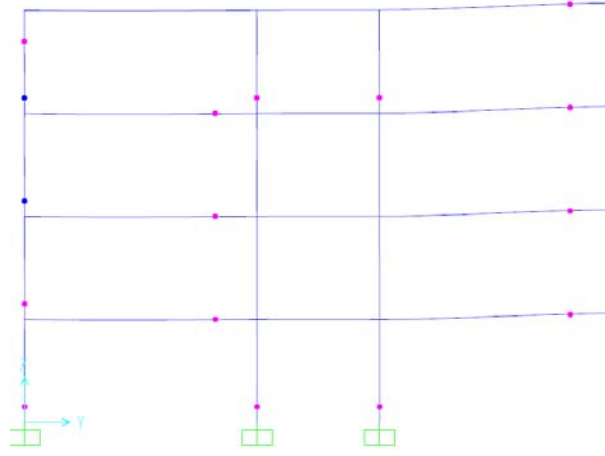
Şekil 6.92 Tip - 3 Güçlendirmesi F Aksı X Yönü Eleman Performansları



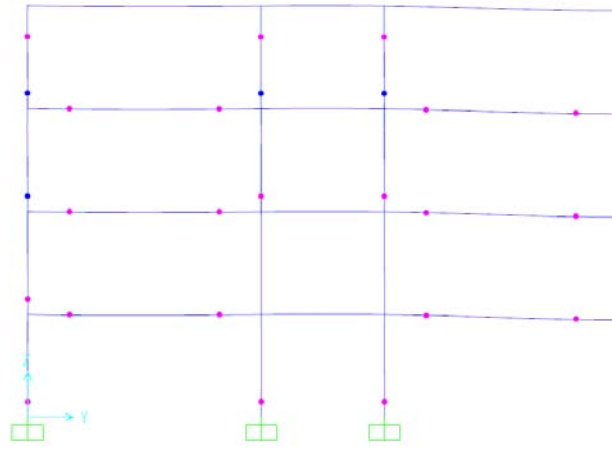
Şekil 6.93 Tip - 3 Güçlendirmesi G Aksı X Yönü Eleman Performansları



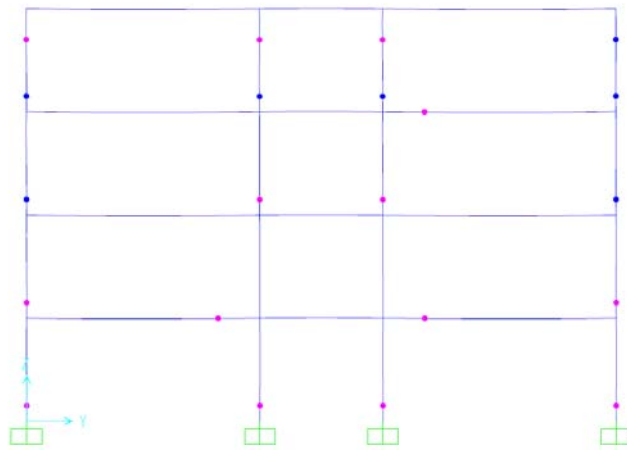
Şekil 6.94 Tip - 3 Güçlendirmesi H Aksı X Yönü Eleman Performansları



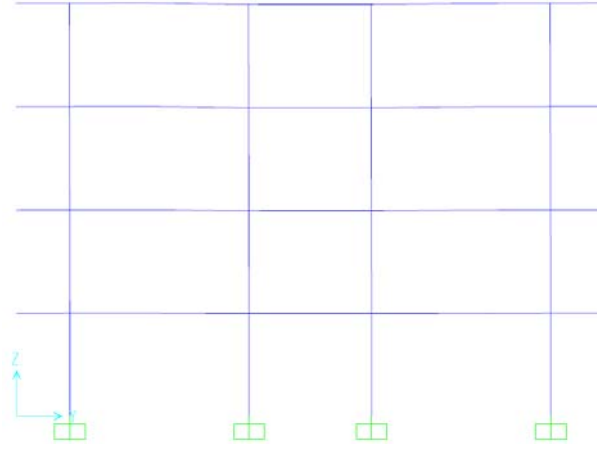
Şekil 6.95 Tip - 3 Güçlendirmesi I Aksı X Yönü Eleman Performansları



Şekil 6.96 Tip - 3 Güçlendirmesi J Aksı X Yönü Eleman Performansları

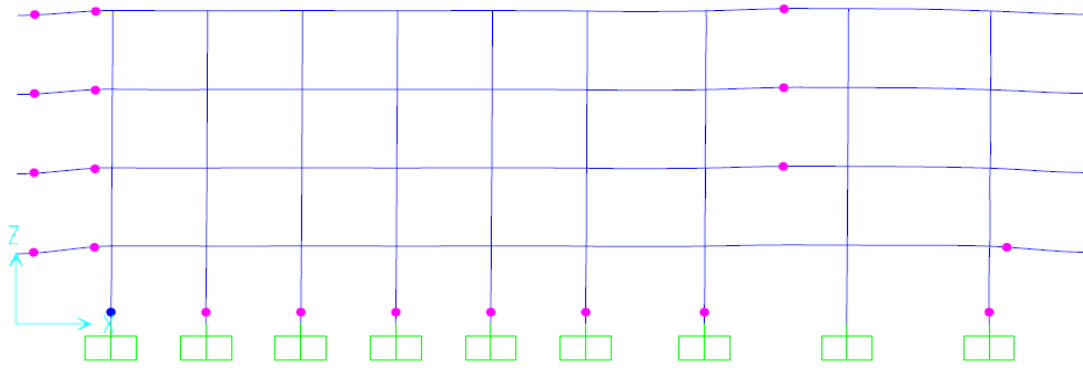


Şekil 6.97 Tip - 3 Güçlendirmesi K Aksı X Yönü Eleman Performansları

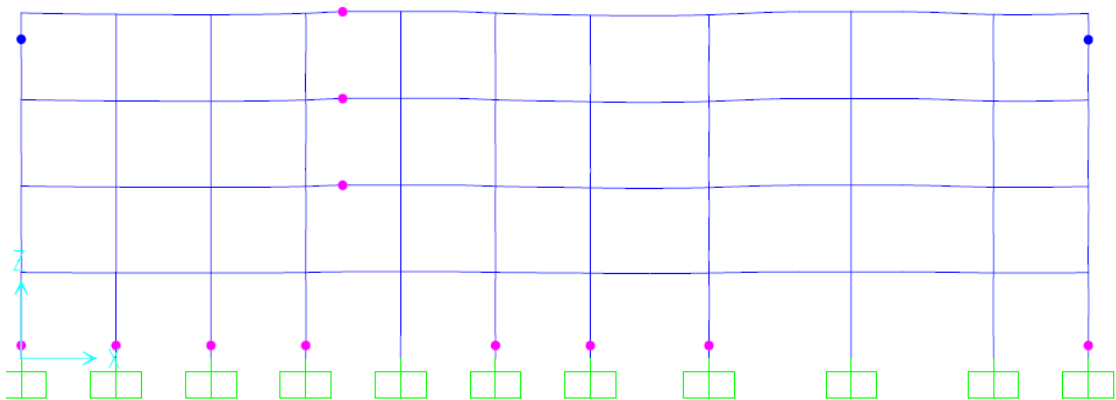


Şekil 6.98 Tip - 3 Güçlendirme L Aksı X Yönü Eleman Performansları

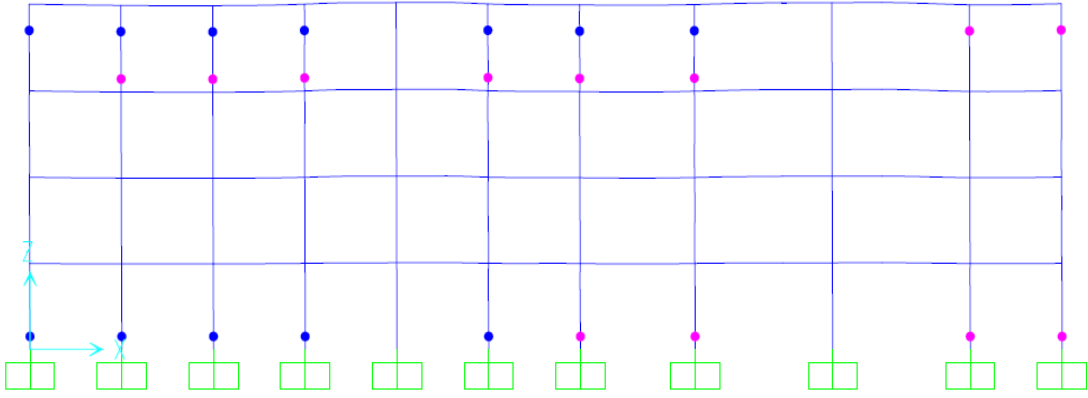
Y-Y yönü statik itme sonucu elde edilen eleman performans seviyeleri



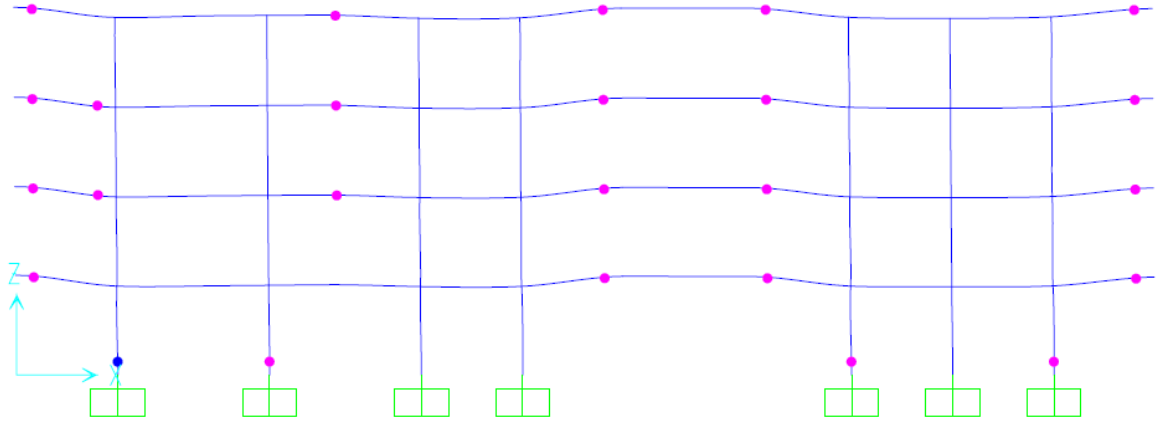
Şekil 6.99 Tip - 3 Güçlendirme 1 Aksı Y Yönü Eleman Performansları



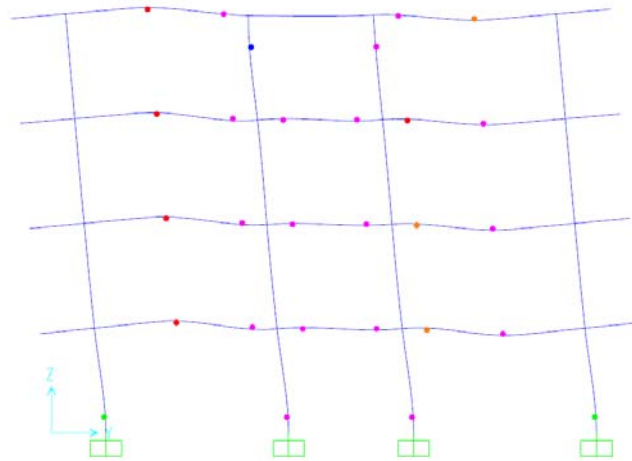
Şekil 6.100 Tip - 3 Güçlendirme 2 Aksı Y Yönü Eleman Performansları



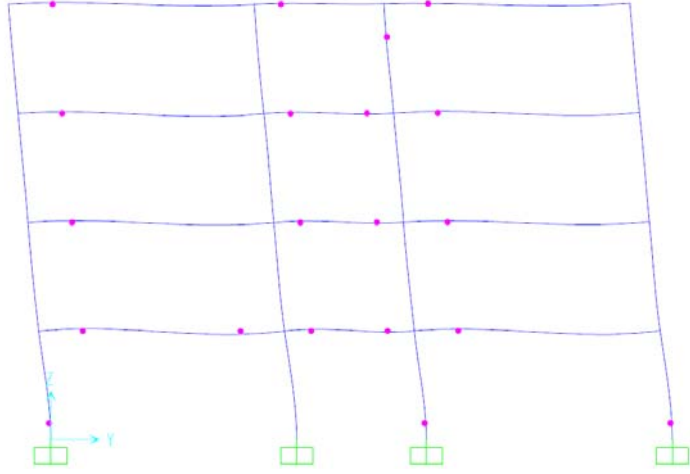
Şekil 6.101 Tip - 3 Güçlendirmesi 3 Aksı Y Yönü Eleman Performansları



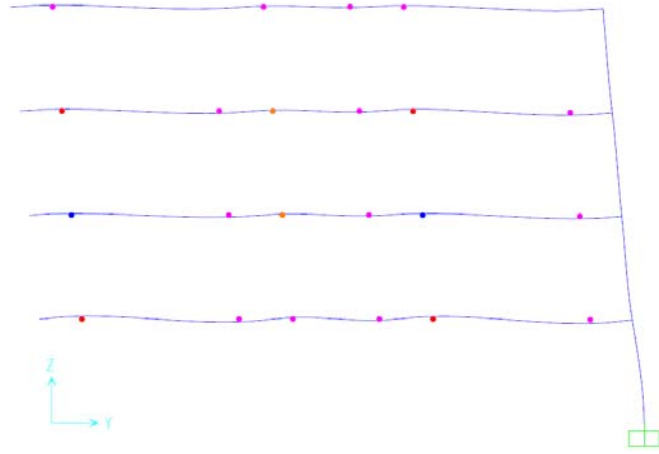
Şekil 6.102 Tip - 3 Güçlendirmesi 4 Aksı Y Yönü Eleman Performansları



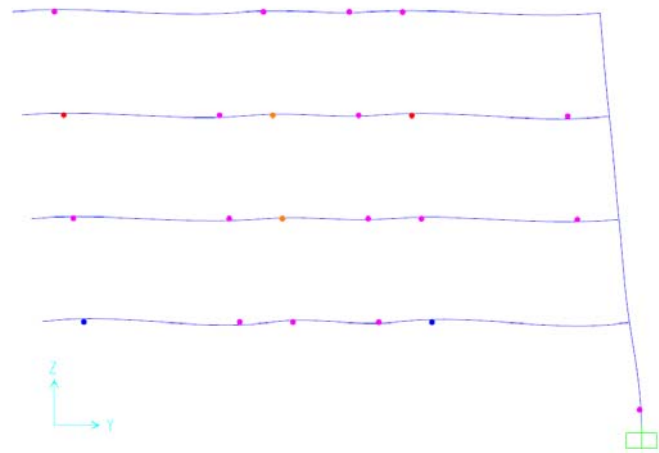
Şekil 6.103 Tip - 3 Güçlendirmesi A Aksı Y Yönü Eleman Performansları



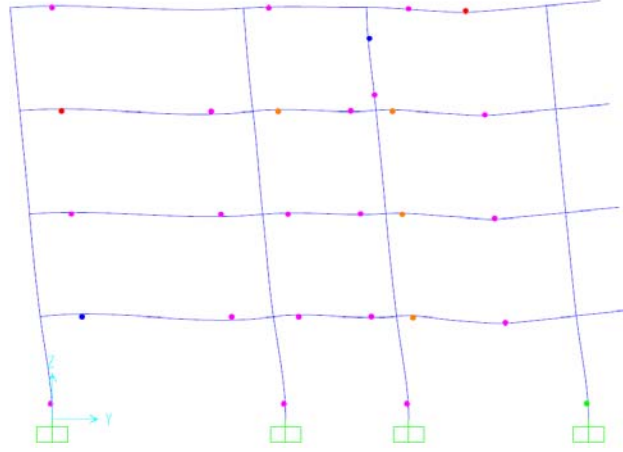
Şekil 6.104 Tip - 3 Güçlendirmesi B Aksı Y Yönü Eleman Performansları



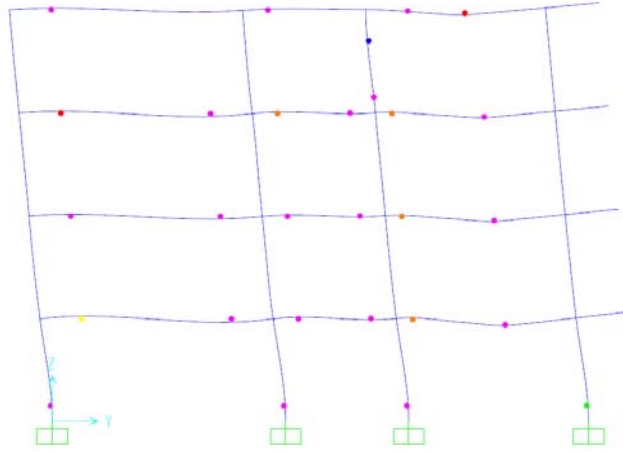
Şekil 6.105 Tip - 3 Güçlendirmesi C Aksı Y Yönü Eleman Performansları



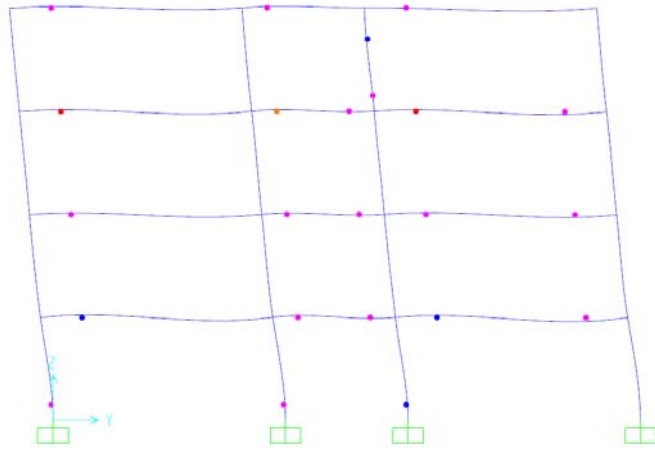
Şekil 6.106 Tip - 3 Güçlendirmesi D Aksı Y Yönü Eleman Performansları



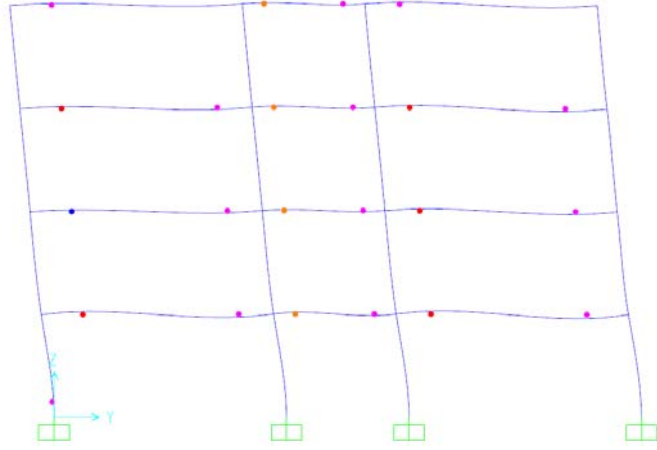
Şekil 6.107 Tip - 3 Güçlendirmesi E Aksı Y Yönü Eleman Performansları



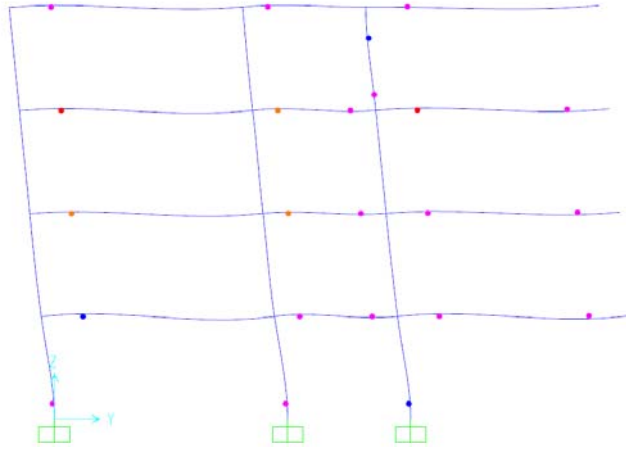
Şekil 6.108 Tip - 3 Güçlendirmesi F Aksı Y Yönü Eleman Performansları



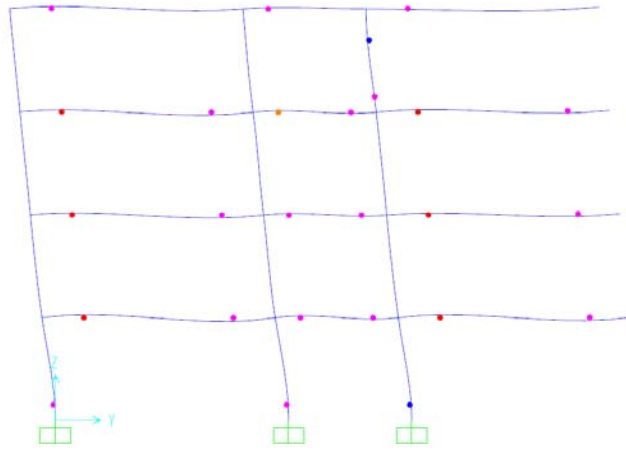
Şekil 6.109 Tip - 3 Güçlendirmesi G Aksı Y Yönü Eleman Performansları



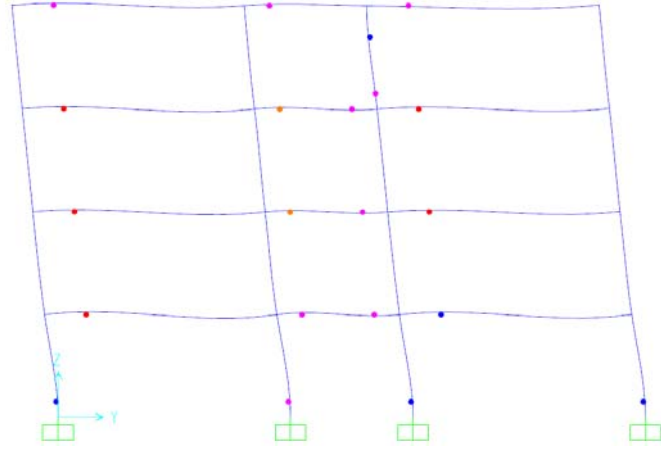
Şekil 6.110 Tip - 3 Güçlendirmesi H Aksı Y Yönü Eleman Performansları



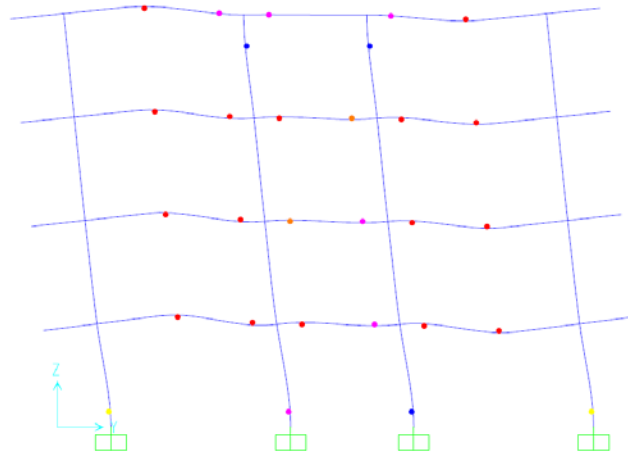
Şekil 6.111 Tip - 3 Güçlendirmesi I Aksı Y Yönü Eleman Performansları



Şekil 6.112 Tip - 3 Güçlendirmesi J Aksı Y Yönü Eleman Performansları



Şekil 6.113 Tip - 3 Güçlendirmesi K Aksı Y Yönü Eleman Performansları



Şekil 6.114 Tip - 3 Güçlendirmesi L Aksı Y Yönü Eleman Performansları

7. SONUÇLAR

Bu çalışmada, bir ilköğretim okulu binasına üç çeşit güçlendirme sistemi kullanılarak, güçlendirme öncesi ve sonrası taşıyıcı sistemleri esas alınarak doğrusal olmayan statik itme çözümlemesi uygulanmış ve taşıyıcı sistem elemanları için FEMA-356 esas alınarak performans değerlendirmesi yapılmıştır.

Bu bölümde mevcut ve güçlendirilmiş sistemlerin statik itme çözümlemesi sonuçları karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir. Çizelge 7.1 ve Çizelge 7.2’de de bazı yapısal davranış parametreleri verilmiştir.

Çizelge 7.1 X – X Doğrultusu İçin Statik İtme Yöntemiyle ve Katsayılar Yöntemiyle Elde Edilen Sonuçlar

		$\delta t(m)$	R	$\mu(\delta t/\delta y)$	V_y/W	V_t/W
Mevcut Durum	+X	0.0822	3.85	6.35	0.171	0.185
Mevcut Durum	-X	0.0884	3.93	7.08	0.168	0.184
Tip - 1	+X	0.1072	3.42	9.12	0.193	0.185
Tip - 1	-X	0.0932	3.34	7.90	0.198	0.169
Tip - 2	+X	0.0696	2.16	6.16	0.306	0.282
Tip - 2	-X	0.0711	2.16	5.93	0.305	0.278
Tip - 3	+X	0.0471	1.71	3.90	0.387	0.205
Tip - 3	-X	0.0477	1.73	3.94	0.381	0.230

Çizelge 7.2 Y – Y Doğrultusu İçin Statik İtme Yöntemiyle ve Katsayılar Yöntemiyle Elde Edilen Sonuçlar

		δt	R	$\mu(\delta t/\delta y)$	V_y/W	V_t/W
Mevcut Durum	+Y	0.0768	3.65	5.66	0.181	0.192
Mevcut Durum	-Y	0.0763	3.61	5.62	0.183	0.189
Tip - 1	+Y	0.1195	3.74	0.71	0.176	0.195
Tip - 1	-Y	0.0951	3.36	0.65	0.197	0.197
Tip - 2	+Y	0.0531	2.03	3.71	0.325	0.307
Tip - 2	-Y	0.0544	1.94	3.53	0.340	0.299
Tip - 3	+Y	0.0409	1.7	3.38	0.388	0.291
Tip - 3	-Y	0.0447	2.09	3.39	0.330	0.330

7.1 Mevcut Durum Sonuçları

Doğrusal olmayan statik itme yöntemi uygulanan mevcut sistemin performansı hedeflenen Can Güvenliği Performans Seviyesini sağlamamaktadır. Sistem uygulanan statik itme kuvvetleri altında hesaplanan hedef deplasman değerine ulaşmadan mekanizma durumuna ulaşmaktadır. Yapısal elemanların performansları ise:

Kirişler,

Tüm katlarda perdelerle bağlanan kirişler Göçmenin Önlenmesi Performans seviyesinin de altında kalmaktadır. İlk üç katta kirişlerin %30' u Göçmenin Önlenmesi Performans seviyesinin altında kalırken diğer kirişler Can Güvenliği Performans Seviyesini sağlamaktadır. Son kattaki problem ise perdeye bağlanan kirişlerdedir.

Kolonlar,

Birkaç kolon dışında yapı sistemindeki hemen hemen tüm kolonlar Göçmenin Önlenmesi Performans Seviyesi ve bu performans seviyesinin daha da altında kalmaktadır.

Perdeler,

Perdelerin performans seviyesi ise, ilk katta betonarme perdelerin %80' i Göçmenin Önlenmesi Performans Seviyesinin altında kalmaktadır. Diğer üç katta ise perdeler elastik bölgede kalmıştır.

7.2 Tip – 1 Güçlendirme Şekli Sonuçları

Tip – 1 güçlendirme seçeneğinde, dış aks kolonları 15' er cm mantolanmıştır ancak diğer taşıyıcı elemanlara herhangi bir güçlendirme yapılmamıştır. Sistemin yatay yük taşıma kapasitesi mevcut duruma göre, X – X doğrultusunda yaklaşık 1.20 kat, Y – Y doğrultusunda da yaklaşık 1.15 kat artmıştır. Güçlendirme kapsamında dış aks kolonlarının mantolanmasıyla, deprem yüklerini kolonlar ve perdeler birlikte taşıyarak birincil eleman sınıfına girmişlerdir. Bunun sonucunda, düşük beton dayanımı ve güçlendirme yapılmayan mevcut elemanların deprem yüklerine karşı yetersizliği sebebiyle, hedeflenen Can Güvenliği Performans Seviyesini sağlanamamaktadır. Yapı hedef deplasmana ulaşmadan mekanizma durumuna ulaşmaktadır. Yapısal elemanların performansları ise:

Kirişler,

Tüm katlarda perdeler ve güçlendirilmiş kolonlara bağlanan kirişler Göçmenin Önlenmesi Performans seviyesinin de altında kalmaktadır. İlk üç katta Y doğrultusundaki kirişlerin yarısı Göçmenin Önlenmesi Performans seviyesinin altında kalırken diğer kirişler Can Güvenliği Performans Seviyesini sağlamaktadır. Son kattaki problem ise perdeye bağlanan kirişlerdedir.

Kolonlar,

Son kattaki güçlendirilmemiş iç aks kolonları Göçmenin Önlenmesi Performans seviyesindeyken geriye kalan tüm kolonlar Can Güvenliği Performans Seviyesini sağlamaktadır.

Perdeler,

Perdelerin performans seviyesi ise, ilk katta betonarme perdelerin %67' si Göçmenin Önlenmesi Performans Seviyesinin altında kalmaktadır. Diğer üç katta ise perdeler Can Güvenliği Performans Seviyesini sağlamaktadır.

Tip – 1 güçlendirme şeklinde kolonlar için yeterli performans seviyesi neredeyse sağlandığı görülmektedir. Ancak perdeler ve kirişler için aynı durum söz konusu değildir. Bu yüzden deprem yükleri altında önemli oranda enerji yutma kapasitesine sahip olan perde elemanların da güçlendirilmesine karar verilmiş ve Tip – 2 güçlendirme şekli üzerinde çalışılmıştır.

7.3 Tip – 2 Güçlendirme Şekli Sonuçları

Tip – 2 güçlendirme seçeneğinde, güçlendirme kısmi olarak ilk iki kat için yapılmıştır. Buna göre yapıda X ve Y doğrultularında bulunan mevcut perdeler 15' er cm mantolanmıştır. Mantolama yapılırken perdelerin başlık bölgeleri kırılarak bu kısımlarda yeni başlık bölgesi oluşturulmuştur. Deprem yüklerine karşı yetersiz olan X doğrultusunda iki adet yeni perde ilavesi yapılmıştır. Yapılan perde mantolaması ve yeni perde ilavesiyle deprem yüklerine karşı perdeler birincil, kolonlar ve kirişler ise ikincil eleman sınıfına girmektedirler. Sistemin yatay yük taşıma kapasitesi mevcut duruma göre, X – X doğrultusunda yaklaşık 1.80 kat, Y – Y doğrultusunda da yaklaşık 1.85 kat artmıştır. Sistemin genelinde hedeflenen Can Güvenliği Performans Seviyesi için yakın sonuçlar bulunmuştur ancak ilk iki katı son iki kata göre daha rijit hale getirilen yapının düşey elemanları, rijitliliğin ani olarak değiştiği kolon ve perde kesitlerinde Can Güvenliği Performans Seviyesi için yetersiz bulunmuştur. Yapısal eleman performansları ise:

Kirişler,

Tüm katlarda perdelerle bağlanan kirişler Göçmenin Önlenmesi Performans seviyesinin de altında kalmaktadır. Güçlendirme çalışmasının bittiği üçüncü katta, rijitliğin aniden düşmesi sebebiyle kirişlerin yarısı Göçmenin Önlenmesi Performans seviyesinin altında kalırken diğer kirişler Can Güvenliği Performans Seviyesini sağlamaktadır. Genel olarak kirişler için problem perdeye bağlanan kirişlerdedir.

Kolonlar,

Üçüncü kattaki kolonların %10' u Göçmenin Önlenmesi Performans Seviyesinin altında kalırken tüm katlarda geriye kalan hemen hemen tüm kolonlar Can Güvenliği Performans Seviyesini sağlamaktadır.

Perdeler,

Perdelerin performans seviyesi ise, ilk katta betonarme perdelerin %67' si ve üçüncü kattaki perdelerin %40' ı Göçmenin Önlenmesi Performans Seviyesinin altında kalırken diğer üç katta ise perdeler Can Güvenliği Performans Seviyesini sağlamaktadır.

Tip – 2 güçlendirme şeklinde kolonlar için yeterli performans seviyesi neredeyse sağlandığı görülmektedir. Ancak perdeler ve kirişler için aynı durum söz konusu değildir. Güçlendirilme çalışmasının ilk iki katla sınırlı kalması ve yapı rijitliğinin aniden 3. katta düşmesi, bu kattaki

mevcut perdelerin performans seviyesinin düşmesine yol açmıştır. Bu yüzden dolayı güçlendirme çalışmasının tüm katlarda uygulanmasına karar verilmiş ve Tip – 3 güçlendirme şekli üzerinde çalışılmıştır.

7.4 Tip – 3 Güçlendirme Şekli Sonuçları

Tip – 3 güçlendirme seçeneğinde Tip – 2 de yapılan güçlendirme şekli tüm katlarda uygulanmıştır ve bunun sonucunda yapı Can Güvenliği Performans Seviyesini sağlamaktadır. Yapılan perde mantolaması ve yeni perde ilavesiyle deprem yüklerine karşı perdeler birincil, kolonlar ve kirişler ise ikincil eleman sınıfına girmektedirler. Sistemin yatay yük taşıma kapasitesi mevcut duruma göre, her iki doğrultuda da yaklaşık 2 kat artmıştır. Sistemin oldukça rijit bir hale gelmesiyle, her iki doğrultuda da hedeflenen performans seviyesine ulaşılmıştır. Yapısal eleman performansları ise:

Kirişler,

Tüm katlarda perdelerle bağlanan kirişler Göçmenin Önlenmesi Performans seviyesinin de altında kalmaktadır. Buna karşılık tüm katlarda diğer kirişler Can Güvenliği Performans Seviyesini sağlamaktadır.

Kolonlar,

Son kat kolonların %10' u Göçmenin Önlenmesi Performans Seviyesini sağlarken tüm katlarda geriye kalan kolonlar Can Güvenliği Performans Seviyesini sağlamaktadır.

Perdeler,

Perdelerin performans seviyesi ise, ilk katta betonarme perdelerin alt uç mafsallarından %40' 1 Göçmenin Önlenmesi Performans Seviyesini sağlarken diğer katlardaki tüm perdeler Can Güvenliği Performans Seviyesini sağlamaktadır.

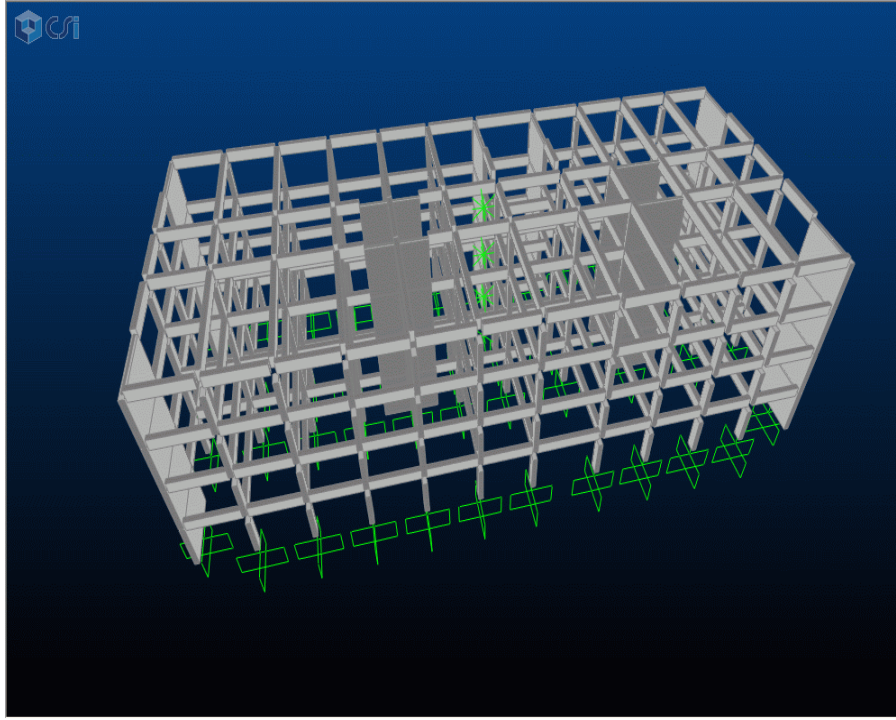
Tüm elemanlar için Can Güvenliği Performans Seviyesi sağlanamamasına rağmen Tip – 3 Güçlendirme Şekli'nde bulunan sonuçlar yeterli görülmüştür. Bu güçlendirme şeklinde kiriş ve kolonlar için neredeyse bütün elemanlarda istenilen performans seviyesi sağlanmıştır. Perdelerin alt mafsallarında sağlanamayan hedef performans Can Güvenliği Performans seviyesi binanın kaçış yollarına ve binanın geneline olumsuz etki etmeyecek bölgelerde olması sebebiyle Tip – 3 performans seviyesinin yeterli olduğuna karar verilmiştir.

KAYNAKLAR

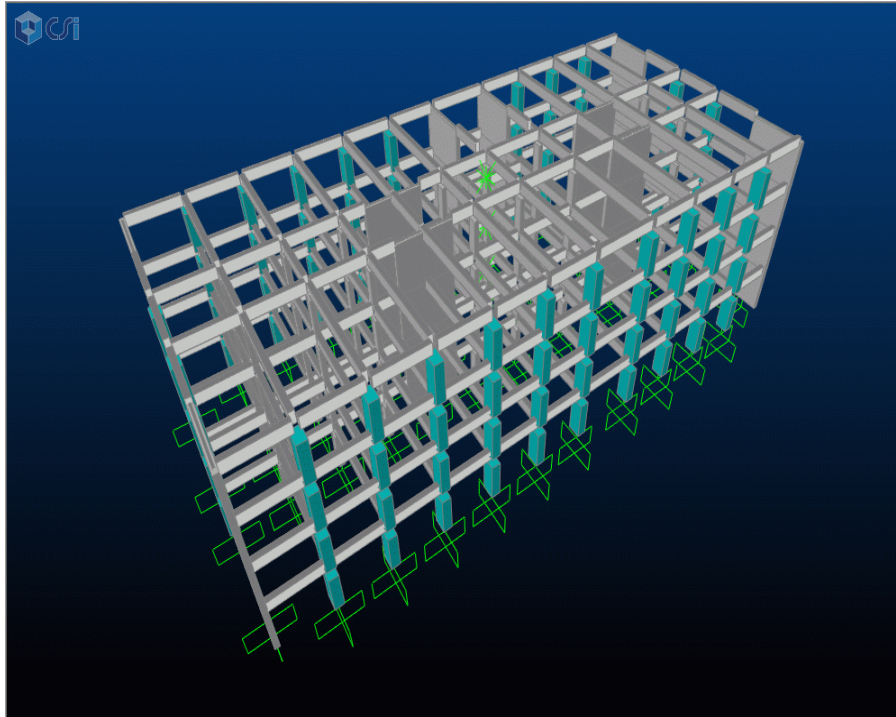
- Afacan, K., (2004), “Betonarme Yapılarda Performansa Dayalı Tasarım”,Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, (1998), Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- Akbaş, B., (2006), “Performansa Dayalı Tasarım”,Ders Notları, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- ATC-40, (1996), “Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings”, Applied Technology Council.
- Berktaş, İ., (1995), “Betonarme I”, TMMOB İnşaat Müh. Odası İstanbul Şubesi.
- Can, D., (2005), “Statik İtme Yöntemiyle Mevcut Bir Yapının Güvenliğinin Belirlenmesi”,Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Celeb,Z., Kumbasar, N. (2004), “Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı”, Beta Dağıtım, İstanbul.
- Erkek, D., (2005), “Performansa Dayalı Yapı Tasarımı Konusunda Statik – İtme Analizi”,Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- FEMA-356, (2000) “Prestandard and Commentary for The Seismic Rehabilitation of Buildings”, Federal Emergency Management Agency, Washington.
- Hancıoğlu, B., (2004), “Betonarme Yapıların Güçlendirilmesinde Performans Yaklaşımı”,Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kapusuz, T., (2004), “Comparison of Simplified Non Linear Analysis Methods for Performance Based Upgrade of Structures”, Master of Science, BU Science and Engineering Department.
- TS500, (2000), “Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

EKLER

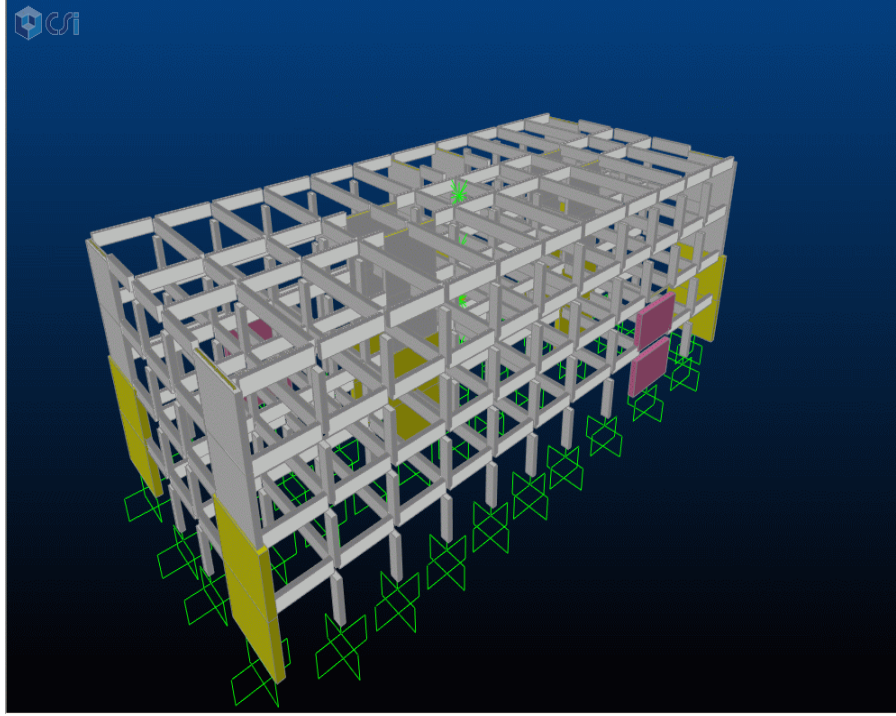
- Ek 1 Mevcut Durum, Tip – 1, Tip – 2 ve Tip – 3 Hesap Modeli 3 Boyutlu Görünümleri
- Ek 2 Kesitlere Ait Moment Eğrilikler ve Akma Yüzeyleri

Ek 1 Mevcut Durum, Tip – 1, Tip – 2 ve Tip – 3 Hesap Modeli 3 Boyutlu Görünümleri

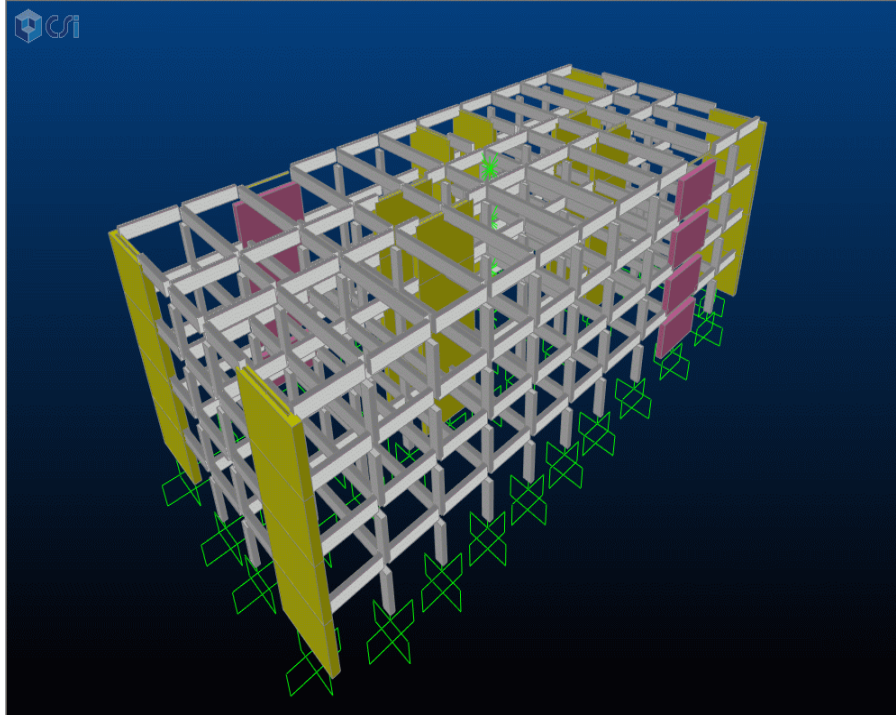
Şekil Ek1.1 Mevcut Durum SAP2000 Hesap Modeli 3 Boyutlu Görünüm



Şekil Ek1.2 Tip – 1 Güçlendirme Şekli SAP2000 Hesap Modeli 3 Boyutlu Görünüm



Şekil Ek1.3 Tip – 2 Güçlendirme Şekli SAP2000 Hesap Modeli 3 Boyutlu Görünüm



Şekil Ek1.4 Tip – 3 Güçlendirme Şekli SAP2000 Hesap Modeli 3 Boyutlu Görünüm

Ek 2 Kesitlere Ait Moment Eğrilikler ve Akma Yüzeyleri

Kesitlerin moment – eğrilik ilişkilerini XTRACT 3.05 programıyla hazırlanması Bölüm 5.1.3’ te detaylı olarak anlatılmıştır. Çizelge Ek 2.1, Ek 2.2 ve Ek 2.3’ de sırasıyla kolon, kiriş - perde ve güçlendirme elemanlarının XTRACT 3.05 programından okunan moment – eğrilik diyagramlarına ilişkin değerler görülmektedir.

Çizelge Ek 2.1 Mevcut Kolon Moment – Eğrilik İlişkileri

1C30X60

P (kN)	Açı	Akma Momenti	Son Limit Momenti	Akma Eğriliği	Son Limit Eğriliği	M/My	Son Limit Dönmesi
0	0	100	125	0.0028	0.0247	1.244	0.0066
	90	43	56	0.0065	0.0532	1.287	0.0140
197.2	0	137	168	0.0033	0.0326	1.225	0.0088
	90	60	72	0.0076	0.0463	1.198	0.0116
394.3	0	167	193	0.0037	0.0175	1.157	0.0041
	90	71	83	0.0085	0.0319	1.164	0.0070
591.2	0	194	211	0.0043	0.0136	1.086	0.0028
	90	84	92	0.0099	0.0291	1.087	0.0058

1C40X60

P (kN)	Açı	Akma Momenti	Son Limit Momenti	Akma Eğriliği	Son Limit Eğriliği	M/My	Son Limit Dönmesi
0	0	126	158	0.0028	0.0186	1.254	0.0047
	90	73	98	0.0045	0.0367	1.343	0.0097
258.8	0	175	216	0.0032	0.0284	1.231	0.0076
	90	102	129	0.0051	0.0338	1.263	0.0086
517.6	0	216	251	0.0037	0.0167	1.161	0.0039
	90	130	152	0.0061	0.0253	1.171	0.0057
776.4	0	253	274	0.0043	0.0130	1.081	0.0026
	90	151	166	0.0071	0.0180	1.104	0.0033

2C30X60

P (kN)	Açı	Akma Momenti	Son Limit Momenti	Akma Eğriliği	Son Limit Eğriliği	M/My	Son Limit Dönmesi
0	0	121	148	0.0029	0.0288	1.220	0.0078
	90	46	63	0.0066	0.0454	1.369	0.0116
207.9	0	159	193	0.0033	0.0277	1.216	0.0073
	90	62	78	0.0078	0.0308	1.257	0.0069
415.8	0	194	219	0.0039	0.0141	1.131	0.0031
	90	74	88	0.0087	0.0316	1.187	0.0069
623.7	0	214	234	0.0041	0.0131	1.096	0.0027
	90	78	95	0.0081	0.0275	1.224	0.0058

3C30X60

P (kN)	Açı	Akma Momenti	Son Limit Momenti	Akma Eğriliği	Son Limit Eğriliği	M/My	Son Limit Dönmesi
0	0	80	105	0.0027	0.0273	1.309	0.0074
	90	37	47	0.0063	0.0399	1.266	0.0101
187.106	0	117	145	0.0032	0.0350	1.242	0.0095
	90	54	63	0.0074	0.0461	1.174	0.0116
374.212	0	145	171	0.0036	0.0176	1.178	0.0042
	90	66	76	0.0084	0.0318	1.158	0.0070
561.318	0	153	188	0.0034	0.0137	1.227	0.0031
	90	77	84	0.0095	0.0319	1.086	0.0067

Çizelge Ek 2.2 Mevcut Kiriş ve Perde Moment – Eğrilik İlişkileri

KENAR30X70

P (kN)	Yön	Akma Momenti	Son Limit Momenti	Akma Eğriliği	Son Limit Eğriliği	Akma Dönmesi	Son Limit Dönmesi
200	Pozitif	125	133	0.0032	0.0128	0.001	0.0034
	Negatif	92	109	0.0030	0.0119	0.001	0.0031

ORTA30X70

P (kN)	Yön	Akma Momenti	Son Limit Momenti	Akma Eğriliği	Son Limit Eğriliği	Akma Dönmesi	Son Limit Dönmesi
230	Pozitif	177	188	0.0034	0.0105	0.001	0.0025
	Negatif	107	113	0.0030	0.0192	0.001	0.0057

X Yönü Perde

P (kN)	Açı	Akma Momenti	Son Limit Momenti	Akma Eğriliği	Son Limit Eğriliği	M/My	Son Limit Dönmesi
0	0	133	164	0.0056	0.0733	1.230	0.1321
	90	1608	2189	0.0003	0.0043	1.361	0.0076
1136	0	239	273	0.0067	0.0445	1.143	0.0738
	90	3152	3939	0.0004	0.0044	1.250	0.0077
2271	0	325	364	0.0077	0.0386	1.120	0.0602
	90	4409	5298	0.0005	0.0034	1.202	0.0057
3407	0	396	419	0.0088	0.0398	1.057	0.0606
	90	5408	6241	0.0006	0.0029	1.154	0.0045

Y Yönü Perde

P (kN)	Açı	Akma Momenti	Son Limit Momenti	Akma Eğriliği	Son Limit Eğriliği	M/My	Son Limit Dönmesi
0	0	1608	2189	0.0003	0.0043	1.361	0.0076
	90	133	164	0.0056	0.0733	1.230	0.1321
1136	0	3152	3939	0.0004	0.0044	1.250	0.0077
	90	239	273	0.0067	0.0445	1.143	0.0738
2271	0	4409	5298	0.0005	0.0034	1.202	0.0057
	90	325	364	0.0077	0.0386	1.120	0.0602
3407	0	5408	6241	0.0006	0.0029	1.154	0.0045
	90	396	419	0.0088	0.0398	1.057	0.0606

Çizelge Ek 2.3 Güçlendirme Elemanları Moment – Eğrilik İlişkileri

**X Yönü
Mantolanmış
Perde**

P (kN)	Açı	Akma Momenti	Son Limit Momenti	Akma Eğriliği	Son Limit Eğriliği	M/My	Son Limit Dönmesi
0	0	1034	1367	0.0069	0.0706	1.322	0.1431
	90	9336	13570	0.0006	0.0045	1.454	0.0089
7187	0	2050	2223	0.0085	0.0212	1.084	0.0286
	90	20410	24950	0.0007	0.0044	1.222	0.0084
14375	0	2785	2780	0.0099	0.0198	1.060	0.0223
	90	28990	32630	0.0009	0.0020	1.126	0.0026
21562	0	3110	3506	0.0083	0.0149	1.127	0.0149
	90	31670	36790	0.0008	0.0015	1.162	0.0017

**X Yönü Yeni
Perde**

P (kN)	Açı	Akma Momenti	Son Limit Momenti	Akma Eğriliği	Son Limit Eğriliği	M/My	Son Limit Dönmesi
0	0	1052	1409	0.0069	0.0713	1.339	0.1449
	90	9402	14210	0.0006	0.0055	1.511	0.0110
8469	0	2367	3151	0.0040	0.0316	1.331	0.0621
	90	22640	27790	0.0007	0.0049	1.227	0.0093
16938	0	3153	3967	0.0101	0.0130	1.258	0.0067
	90	32930	37170	0.0009	0.0020	1.129	0.0025

**Y Yönü
Mantolanmış
Perde**

P (kN)	Açı	Akma Momenti	Son Limit Momenti	Akma Eğriliği	Son Limit Eğriliği	M/My	Son Limit Dönmesi
0	0	9336	13570	0.0006	0.0045	1.454	0.0089
	90	1034	1367	0.0069	0.0706	1.322	0.1431
7187	0	20410	24950	0.0007	0.0044	1.222	0.0084
	90	2050	2223	0.0085	0.0212	1.084	0.0286
14375	0	28990	32630	0.0009	0.0020	1.126	0.0026
	90	2785	2780	0.0099	0.0198	1.060	0.0223
21562	0	31670	36790	0.0008	0.0015	1.162	0.0017
	90	3110	3506	0.0083	0.0149	1.127	0.0149

**Mantolanmış
Kolon 60x90**

P (kN)	Açı	Akma Momenti	Son Limit Momenti	Akma Eğriliği	Son Limit Eğriliği	M/My	Son Limit Dönmesi
0	0	515	834	0.0031	0.0764	1.619	0.0330
	90	334	497	0.0049	0.0744	1.487	0.0313
1907	0	1127	1336	0.0039	0.0193	1.185	0.0069
	90	743	862	0.0061	0.0309	1.160	0.0112
3814	0	1613	1766	0.0046	0.0093	1.095	0.0021
	90	1065	1155	0.0074	0.0147	1.085	0.0033

Çizelge Ek 2.4 1C30X60 Kolonu Akma Yüzeyleri

1C30X60

Angle	0		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	1971.59	0	0
3	1774.43	52.49	0
5	1577.27	100.02	0
7	1380.11	140.47	0
9	1182.95	174.79	0
11	985.79	204.97	0
13	788.63	227.55	0
15	591.48	227.69	0
17	394.32	218.61	0
19	197.16	196.1	0
21	0	162.87	0
23	-244.64	99.52	0
25	-489.28	33.93	0
26	-611.6	0	0

Angle	30		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	1971.59	0	0
3	1774.43	50.29	9.29
5	1577.27	96.76	14.86
7	1380.11	135.57	15.67
9	1182.95	166.6	17.23
11	985.79	192.9	18.57
13	788.63	213.73	18.89
15	591.48	222.08	17.33
17	394.32	211.34	17.08
19	197.16	189.6	17.47
21	0	152.72	19.58
23	-244.64	97.59	20.13
25	-489.28	33.12	13.52
26	-611.6	0	0

Angle	60		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	1971.59	0	0
3	1774.43	44.77	17.17
5	1577.27	81	30.05
7	1380.11	109.72	39.98
9	1182.95	131.93	46.72
11	985.79	150.33	51.17
13	788.63	162.08	52.83
15	591.48	164.58	54.62
17	394.32	160.69	53.12
19	197.16	148.61	49.63
21	0	125.24	43.76
23	-244.64	84.97	32.98
25	-489.28	32.44	14.64
26	-611.6	0	0

Angle	10		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	1971.59	0	0
3	1774.43	52.06	4.49
5	1577.27	99.75	4.77
7	1380.11	139.38	4.98
9	1182.95	173.45	5.22
11	985.79	202.21	5.76
13	788.63	225.77	5.56
15	591.48	226.43	5.75
17	394.32	218.31	4.72
19	197.16	195.34	5.33
21	0	162.08	4.25
23	-244.64	99.28	12.34
25	-489.28	33.09	11.17
26	-611.6	0	0

Angle	40		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	1971.59	0	0
3	1774.43	49.19	11.36
5	1577.27	93.01	20.14
7	1380.11	130.2	22.88
9	1182.95	160.92	24.46
11	985.79	186.04	26.25
13	788.63	204.96	26.68
15	591.48	212.83	26.17
17	394.32	203.48	25.87
19	197.16	180.3	26.83
21	0	147.23	26.7
23	-244.64	94.2	25.1
25	-489.28	32.9	14.18
26	-611.6	0	0

Angle	70		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	1971.59	0	0
3	1774.43	40.18	19.73
5	1577.27	66.45	36.82
7	1380.11	86.49	50.13
9	1182.95	99.49	60.89
11	985.79	107.91	69.47
13	788.63	113.53	73.9
15	591.48	119.61	74.49
17	394.32	119.92	70.9
19	197.16	115.16	64.57
21	0	102.22	54.48
23	-244.64	75.15	37.83
25	-489.28	32.07	14.78
26	-611.6	0	0

Angle	20		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	1971.59	0	0
3	1774.43	51.2	7.23
5	1577.27	99.18	9.67
7	1380.11	138.38	9.88
9	1182.95	170.86	10.81
11	985.79	198.03	11.89
13	788.63	220.2	12.02
15	591.48	224.65	11.39
17	394.32	215.53	10.49
19	197.16	193.7	10.56
21	0	158.39	11.28
23	-244.64	98.5	16.75
25	-489.28	33.3	12.7
26	-611.6	0	0

Angle	50		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	1971.59	0	0
3	1774.43	47.98	13.88
5	1577.27	87.66	24.91
7	1380.11	122.17	31.28
9	1182.95	151.68	33.73
11	985.79	174.82	35.98
13	788.63	188.89	37.59
15	591.48	195	38.08
17	394.32	188.45	37.53
19	197.16	167.55	37.66
21	0	139.31	34.27
23	-244.64	89.72	29.18
25	-489.28	32.6	14.51
26	-611.6	0	0

Angle	80		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	1971.59	0	0
3	1774.43	27.33	22.49
5	1577.27	42.46	43
7	1380.11	46.62	59.92
9	1182.95	51.08	73.13
11	985.79	56.14	83.68
13	788.63	59.41	90.92
15	591.48	60.44	93.61
17	394.32	59.25	90.12
19	197.16	61.1	79.95
21	0	59.22	66.32
23	-244.64	57.71	42.22
25	-489.28	30.31	15.06
26	-611.6	0	0

Angle	90		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	1971.59	0	0
3	1774.43	0	24.09
5	1577.27	0	46.5
7	1380.11	0	64.21
9	1182.95	0	78.95
11	985.79	0	91.45
13	788.63	0	100.99
15	591.48	0	100.88
17	394.32	0	97.89
19	197.16	0	87.85
21	0	0	73.8
23	-244.64	0	45.64
25	-489.28	0	16.44
26	-611.6	0	0

Çizelge Ek 2.5 2C30X60 Kolonu Akma Yüzeyleri

2C30X60

Angle 0				Angle 30				Angle 60			
Point	Load	X-Mom	Y-Mom	Point	Load	X-Mom	Y-Mom	Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	2079.06	0	0	1	2079.06	0	0	1	2079.06	0	0
3	1871.16	55.56	0	3	1871.16	53.15	8.39	3	1871.16	48.31	16.84
5	1663.25	107.56	0	5	1663.25	103.15	15.04	5	1663.25	88.28	29.99
7	1455.34	151.09	0	7	1455.34	146.23	15.92	7	1455.34	120.74	40.13
9	1247.44	189.41	0	9	1247.44	180.88	17.5	9	1247.44	146.1	47.25
11	1039.53	223.74	0	11	1039.53	211.46	18.85	11	1039.53	167.74	51.99
13	831.62	255.69	0	13	831.62	237.27	19.6	13	831.62	182.02	54.2
15	623.72	257.33	0	15	623.72	250.84	17.53	15	623.72	187.74	55.9
17	415.81	249.95	0	17	415.81	242.67	17.1	17	415.81	186.23	54.72
19	207.91	226.88	0	19	207.91	220.44	17.32	19	207.91	175	51.56
21	0	192.45	0	21	0	181.7	20.21	21	0	151.27	46.19
23	-288.86	117.3	0	23	-288.86	115.47	22.14	23	-288.86	101.68	36.54
25	-577.72	39.89	0	25	-577.72	38.91	15.06	25	-577.72	38.32	16.49
26	-722.15	0	0	26	-722.15	0	0	26	-722.15	0	0

Angle 10				Angle 40				Angle 70			
Point	Load	X-Mom	Y-Mom	Point	Load	X-Mom	Y-Mom	Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	2079.06	0	0	1	2079.06	0	0	1	2079.06	0	0
3	1871.16	54.14	4.03	3	1871.16	52.07	10.53	3	1871.16	43.8	19.86
5	1663.25	106.95	4.87	5	1663.25	100.21	20.01	5	1663.25	73.55	37.12
7	1455.34	150.37	4.91	7	1455.34	140.9	23.25	7	1455.34	96.23	50.69
9	1247.44	188.03	5.34	9	1247.44	175.29	24.9	9	1247.44	110.98	61.76
11	1039.53	221.12	5.77	11	1039.53	204.36	26.69	11	1039.53	121.91	70.83
13	831.62	250.41	6.27	13	831.62	228.11	27.49	13	831.62	131.23	75.84
15	623.72	256.17	5.66	15	623.72	240.95	26.33	15	623.72	137.64	76.95
17	415.81	249.13	5.05	17	415.81	234.83	25.8	17	415.81	139.98	73.81
19	207.91	226.21	5.28	19	207.91	210.27	27.2	19	207.91	135.45	67.97
21	0	191.68	4.2	21	0	175.59	27.83	21	0	122.97	59.85
23	-288.86	117.04	13.57	23	-288.86	111.88	27.25	23	-288.86	90.12	41.77
25	-577.72	39.35	12.58	25	-577.72	38.93	15.57	25	-577.72	37.65	17.23
26	-722.15	0	0	26	-722.15	0	0	26	-722.15	0	0

Angle 20				Angle 50				Angle 80			
Point	Load	X-Mom	Y-Mom	Point	Load	X-Mom	Y-Mom	Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	2079.06	0	0	1	2079.06	0	0	1	2079.06	0	0
3	1871.16	53.9	6.33	3	1871.16	51.31	13.2	3	1871.16	30.68	22.83
5	1663.25	105.64	9.88	5	1663.25	94.98	24.7	5	1663.25	45.89	44.14
7	1455.34	149.08	10.02	7	1455.34	132.99	31.55	7	1455.34	51.85	61.76
9	1247.44	185.58	10.97	9	1247.44	166.06	34.24	9	1247.44	58.36	75.28
11	1039.53	216.74	12.16	11	1039.53	193.04	36.55	11	1039.53	65.01	85.97
13	831.62	244.4	12.72	13	831.62	211.75	38.43	13	831.62	68.89	93.68
15	623.72	254.51	11.23	15	623.72	222.06	38.61	15	623.72	72.31	96.96
17	415.81	246.33	10.79	17	415.81	217.85	38.15	17	415.81	70.73	95.44
19	207.91	224.78	10.35	19	207.91	197.25	38.36	19	207.91	71.96	86.78
21	0	187.59	11.72	21	0	165.94	36.06	21	0	72.29	73.75
23	-288.86	116.36	18.53	23	-288.86	107.15	32	23	-288.86	64.5	48.53
25	-577.72	39.06	14.49	25	-577.72	38.9	16.06	25	-577.72	34.03	17.75
26	-722.15	0	0	26	-722.15	0	0	26	-722.15	0	0

Angle 90			
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	2079.06	0	0
3	1871.16	0	24.6
5	1663.25	0	48.43
7	1455.34	0	66.67
9	1247.44	0	81.3
11	1039.53	0	93.8
13	831.62	0	105.02
15	623.72	0	106.96
17	415.81	0	103.86
19	207.91	0	96.42
21	0	0	82.42
23	-288.86	0	53.49
25	-577.72	0	19.1
26	-722.15	0	0

Çizelge Ek 2.6 3C30X60 Kolonu Akma Yüzeyleri

3C30X60

Angle	0		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	1871.06	0	0
3	1683.96	49.23	0
5	1496.85	93.8	0
7	1309.74	130.13	0
9	1122.64	160.08	0
11	935.53	186.46	0
13	748.43	200.85	0
15	561.32	199.83	0
17	374.21	189.19	0
19	187.11	167.3	0
21	0	135.19	0
23	-203.28	82.89	0
25	-406.56	28.34	0
26	-508.2	0	0

Angle	30		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	1871.06	0	0
3	1683.96	47.39	9.85
5	1496.85	90.21	14.26
7	1309.74	125.16	15.09
9	1122.64	152.47	16.53
11	935.53	174.78	17.84
13	748.43	190.44	17.98
15	561.32	193.89	17.54
17	374.21	182.17	16.94
19	187.11	161.04	17.23
21	0	125.97	18.21
23	-203.28	80.94	17.19
25	-406.56	27.54	11.16
26	-508.2	0	0

Angle	60		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	1871.06	0	0
3	1683.96	40.73	16.67
5	1496.85	74.03	29.42
7	1309.74	99.61	38.92
9	1122.64	119.17	45.07
11	935.53	134.87	48.94
13	748.43	143.69	50.45
15	561.32	144.03	52.12
17	374.21	138.41	50.34
19	187.11	125.43	46.16
21	0	101.83	39.59
23	-203.28	69.34	28.64
25	-406.56	26.84	12.18
26	-508.2	0	0

Angle	10		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	1871.06	0	0
3	1683.96	49.26	4.4
5	1496.85	93.41	4.55
7	1309.74	129.36	4.74
9	1122.64	159.2	4.95
11	935.53	183.62	5.61
13	748.43	199.92	5.37
15	561.32	198.45	5.83
17	374.21	188.88	4.77
19	187.11	166.47	5.37
21	0	134.52	4.05
23	-203.28	82.69	9.96
25	-406.56	27.64	9.19
26	-508.2	0	0

Angle	40		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	1871.06	0	0
3	1683.96	46.25	11.79
5	1496.85	86.05	19.76
7	1309.74	119.91	22.03
9	1122.64	146.96	23.52
11	935.53	168	25.17
13	748.43	182.72	25.6
15	561.32	186.42	25.62
17	374.21	174.78	25.44
19	187.11	152.69	25.93
21	0	120.92	24.74
23	-203.28	77.75	21.72
25	-406.56	27.32	11.71
26	-508.2	0	0

Angle	70		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	1871.06	0	0
3	1683.96	35.95	18.89
5	1496.85	60.59	35.56
7	1309.74	78.24	48.29
9	1122.64	88.82	58.56
11	935.53	95.39	66.45
13	748.43	99.7	70.25
15	561.32	104.16	70.14
17	374.21	103.28	66.33
19	187.11	97.06	58.98
21	0	85.27	47.45
23	-203.28	62.17	32.16
25	-406.56	26.47	12.32
26	-508.2	0	0

Angle	20		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	1871.06	0	0
3	1683.96	47.93	7.68
5	1496.85	92.29	9.1
7	1309.74	128.1	9.45
9	1122.64	156.34	10.38
11	935.53	179.65	11.45
13	748.43	196.44	11.32
15	561.32	196.58	11.54
17	374.21	186.63	10.2
19	187.11	164.74	10.66
21	0	131.36	10.36
23	-203.28	81.89	14.06
25	-406.56	27.86	10.53
26	-508.2	0	0

Angle	50		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	1871.06	0	0
3	1683.96	44.58	14.05
5	1496.85	80.66	24.56
7	1309.74	111.86	30.35
9	1122.64	137.97	32.44
11	935.53	157.28	34.57
13	748.43	168.22	36.04
15	561.32	171.31	36.77
17	374.21	161.93	36.19
19	187.11	140.87	36.14
21	0	114.77	31.1
23	-203.28	73.72	25.24
25	-406.56	27.02	12.05
26	-508.2	0	0

Angle	80		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	1871.06	0	0
3	1683.96	24.93	21.31
5	1496.85	38.58	41.24
7	1309.74	41.7	57.36
9	1122.64	45.23	69.74
11	935.53	49.25	79.44
13	748.43	51.71	85.84
15	561.32	52.07	87.41
17	374.21	51.39	82.2
19	187.11	53.16	71.64
21	0	51.68	56.34
23	-203.28	47.61	35.89
25	-406.56	25.01	12.66
26	-508.2	0	0

Angle	90		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	1871.06	0	0
3	1683.96	0	23.18
5	1496.85	0	44.46
7	1309.74	0	61.22
9	1122.64	0	74.97
11	935.53	0	86.39
13	748.43	0	94.16
15	561.32	0	93.45
17	374.21	0	88.76
19	187.11	0	78.37
21	0	0	61.99
23	-203.28	0	38.3
25	-406.56	0	13.87
26	-508.2	0	0

Çizelge Ek 2.7 1C40X60 Kolonu Akma Yüzeyleri

1C40X60

Angle	0		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	2588.32	0	0
3	2329.49	68.94	0
5	2070.66	130.92	0
7	1811.83	183.11	0
9	1552.99	227.32	0
11	1294.16	265.96	0
13	1035.33	293.07	0
15	776.5	292.74	0
17	517.66	279.89	0
19	258.83	250.03	0
21	0	205.67	0
23	-309.54	125.64	0
25	-619.08	42.91	0
26	-773.85	0	0

Angle	30		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	2588.32	0	0
3	2329.49	64.55	19.8
5	2070.66	122.42	34.13
7	1811.83	171.16	37.87
9	1552.99	210.91	40.72
11	1294.16	243.33	43.83
13	1035.33	267.33	44.64
15	776.5	277.31	43.72
17	517.66	262.75	43.42
19	258.83	232.37	44.85
21	0	186.92	44.64
23	-309.54	119.88	41.58
25	-619.08	41.43	23.32
26	-773.85	0	0

Angle	60		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	2588.32	0	0
3	2329.49	53.68	33.62
5	2070.66	93.67	61.71
7	1811.83	124.07	83.04
9	1552.99	144.84	100.06
11	1294.16	159.98	113.62
13	1035.33	168.55	120.38
15	776.5	174.85	120.48
17	517.66	172.73	115.19
19	258.83	163.12	104.61
21	0	141.65	89.46
23	-309.54	99.81	62.15
25	-619.08	40.55	25.73
26	-773.85	0	0

Angle	10		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	2588.32	0	0
3	2329.49	67.84	10.19
5	2070.66	130.43	11.31
7	1811.83	181.7	11.54
9	1552.99	224.67	12.36
11	1294.16	260.46	14.1
13	1035.33	289.21	13.82
15	776.5	290.37	14.15
17	517.66	278.68	11.75
19	258.83	248.49	12.98
21	0	203.81	10.95
23	-309.54	125.12	23.73
25	-619.08	41.79	20.38
26	-773.85	0	0

Angle	40		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	2588.32	0	0
3	2329.49	62.91	24.38
5	2070.66	115.04	43.35
7	1811.83	160.77	53.7
9	1552.99	199.45	57.26
11	1294.16	229.17	61.25
13	1035.33	248.33	64.05
15	776.5	255.52	64.9
17	517.66	245.09	64.02
19	258.83	215.65	65.24
21	0	177.09	58.23
23	-309.54	113.6	49.61
25	-619.08	41.2	24.06
26	-773.85	0	0

Angle	70		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	2588.32	0	0
3	2329.49	44.39	38.08
5	2070.66	74.39	70.37
7	1811.83	89.73	98.21
9	1552.99	98.1	121.19
11	1294.16	107.87	137.3
13	1035.33	114.51	146.78
15	776.5	116.99	149.58
17	517.66	118.47	142.81
19	258.83	117.05	127.1
21	0	107.03	105.54
23	-309.54	83.52	69.85
25	-619.08	39.14	26.29
26	-773.85	0	0

Angle	20		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	2588.32	0	0
3	2329.49	65.95	15.47
5	2070.66	127.35	22.55
7	1811.83	178.54	23.54
9	1552.99	218.5	26.16
11	1294.16	252.87	28.48
13	1035.33	279.37	28.91
15	776.5	286.8	27.64
17	517.66	273.1	26.02
19	258.83	243.74	26.96
21	0	195.51	29.11
23	-309.54	123.71	32.54
25	-619.08	41.5	22.36
26	-773.85	0	0

Angle	50		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	2588.32	0	0
3	2329.49	58.1	29.26
5	2070.66	107.06	51.92
7	1811.83	146.63	68.29
9	1552.99	177.33	78.81
11	1294.16	203.2	85.08
13	1035.33	218.04	88.28
15	776.5	221.54	91.29
17	517.66	213.85	89.36
19	258.83	195.03	83.84
21	0	160.63	74.07
23	-309.54	107.67	56.71
25	-619.08	40.9	24.79
26	-773.85	0	0

Angle	80		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	2588.32	0	0
3	2329.49	30.3	40.99
5	2070.66	41.25	78.51
7	1811.83	45.09	110.22
9	1552.99	50.64	134.01
11	1294.16	55.62	152.49
13	1035.33	57.51	166.2
15	776.5	56.79	171.45
17	517.66	58.08	163.15
19	258.83	57.42	145.68
21	0	58.78	119.43
23	-309.54	57.92	75.65
25	-619.08	35.03	26.47
26	-773.85	0	0

Angle	90		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	2588.32	0	0
3	2329.49	0	42.85
5	2070.66	0	82.71
7	1811.83	0	114.68
9	1552.99	0	139.89
11	1294.16	0	161.22
13	1035.33	0	177.11
15	776.5	0	179.15
17	517.66	0	170.05
19	258.83	0	153.46
21	0	0	127.35
23	-309.54	0	80.11
25	-619.08	0	28.05
26	-773.85	0	0

Çizelge Ek 2.8 X Doğrultusundaki Perde Akma Yüzeyleri

X Yönü Perde

Angle	0		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	11356.5	0	0
3	10220.8	143.74	-0.03
5	9085.16	275.44	-0.03
7	7949.51	377.32	-0.04
9	6813.87	457.66	-0.04
11	5678.22	522.26	-0.04
13	4542.58	560.76	-0.03
15	3406.93	548.53	-0.03
17	2271.29	501.43	-0.04
19	1135.64	418.61	-0.03
21	0	298.03	-0.08
23	-949.3	183.96	-0.11
25	-1898.6	66.99	-0.02
26	-2373.3	0	0

Angle	30		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	11356.5	0	0
3	10220.8	38.89	1925.4
5	9085.16	41.35	3687
7	7949.51	43.32	5111.3
9	6813.87	46.34	6226.9
11	5678.22	49.06	7122.7
13	4542.58	42.06	7649.4
15	3406.93	40.74	7495.1
17	2271.29	40.88	6845.9
19	1135.64	46.31	5696.3
21	0	61.07	4103.5
23	-949.3	76.77	2558.2
25	-1898.6	45.57	886.52
26	-2373.3	0	0

Angle	60		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	11356.5	0	0
3	10220.8	13.41	1976.9
5	9085.16	13.79	3734.1
7	7949.51	14.58	5153.3
9	6813.87	15.69	6293.9
11	5678.22	16.75	7228.4
13	4542.58	13.63	7718.2
15	3406.93	13.53	7543.2
17	2271.29	13.56	6889.2
19	1135.64	14.62	5753.2
21	0	21.38	4154.7
23	-949.3	28.42	2623.2
25	-1898.6	28.24	905.57
26	-2373.3	0	0

Angle	10		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	11356.5	0	0
3	10220.8	79.62	1850.9
5	9085.16	125.13	3406.9
7	7949.51	137.51	4754.2
9	6813.87	144.33	5824.5
11	5678.22	151.76	6596.9
13	4542.58	149.33	6991.6
15	3406.93	142.78	6962
17	2271.29	146.07	6345.8
19	1135.64	155.34	5224.5
21	0	152.26	3794.9
23	-949.3	132.22	2401.2
25	-1898.6	55.51	854.51
26	-2373.3	0	0

Angle	40		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	11356.5	0	0
3	10220.8	27.65	1959.5
5	9085.16	28.61	3713.2
7	7949.51	29.93	5132.3
9	6813.87	32.13	6261.3
11	5678.22	34.09	7182.4
13	4542.58	28.37	7691.5
15	3406.93	28.08	7521.4
17	2271.29	28.03	6870.4
19	1135.64	31.23	5729.1
21	0	43.34	4132.8
23	-949.3	57.56	2588.7
25	-1898.6	40.22	896.14
26	-2373.3	0	0

Angle	70		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	11356.5	0	0
3	10220.8	8.47	1978.5
5	9085.16	8.59	3740.3
7	7949.51	9.2	5156.6
9	6813.87	9.91	6303.8
11	5678.22	10.58	7244.1
13	4542.58	8.61	7723.4
15	3406.93	8.56	7547.1
17	2271.29	8.52	6893.5
19	1135.64	9.05	5759.6
21	0	13.76	4158.7
23	-949.3	17.66	2631
25	-1898.6	20.07	918.59
26	-2373.3	0	0

Angle	20		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	11356.5	0	0
3	10220.8	53.39	1915.8
5	9085.16	65.12	3626.5
7	7949.51	68.1	5032.4
9	6813.87	72.61	6148.2
11	5678.22	76.61	7012.2
13	4542.58	69.13	7526.4
15	3406.93	64.63	7426.8
17	2271.29	66.55	6768
19	1135.64	75.72	5607.7
21	0	92.2	4029.2
23	-949.3	99.78	2510.2
25	-1898.6	50.83	874.38
26	-2373.3	0	0

Angle	50		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	11356.5	0	0
3	10220.8	19.5	1973.9
5	9085.16	20.13	3725.8
7	7949.51	21.23	5145.4
9	6813.87	22.72	6280.8
11	5678.22	24.17	7209.9
13	4542.58	19.71	7710
15	3406.93	19.75	7533.6
17	2271.29	19.75	6882
19	1135.64	21.54	5746.4
21	0	30.77	4147.1
23	-949.3	41.73	2608.3
25	-1898.6	34.23	898.27
26	-2373.3	0	0

Angle	80		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	11356.5	0	0
3	10220.8	4.11	1978.6
5	9085.16	4.11	3745.9
7	7949.51	4.55	5160.1
9	6813.87	4.78	6297.5
11	5678.22	5.19	7257.9
13	4542.58	4.15	7727.3
15	3406.93	4.12	7550.7
17	2271.29	4.14	6896.1
19	1135.64	4.02	5764.7
21	0	6.73	4161.9
23	-949.3	8.66	2638.1
25	-1898.6	12.82	909.14
26	-2373.3	0	0

Angle	90		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	11356.5	0	0
3	10220.8	0	1979.2
5	9085.16	0	3752.8
7	7949.51	0	5165
9	6813.87	0	6304.3
11	5678.22	0	7269.4
13	4542.58	0	7730.7
15	3406.93	0	7553
17	2271.29	0	6897.9
19	1135.64	0	5766.7
21	0	0	4163.8
23	-949.3	0	2641.2
25	-1898.6	0	906.51
26	-2373.3	0	0

Çizelge Ek 2.9 Y Doğrultusundaki Perde Akma Yüzeyleri

Y Yönü Perde

Angle	0			
Point	Load	X-Mom	Y-Mom	
1	11356.5	0	0	
3	10220.8	1981.6	0	
5	9085.16	3758.7	0	
7	7949.51	5165.1	0	
9	6813.87	6304.3	0	
11	5678.22	7269.4	0	
13	4542.58	7730.7	0	
15	3406.93	7553	0	
17	2271.29	6897.9	0	
19	1135.64	5766.7	0	
21	0	4163.8	0	
23	-949.3	2641.2	0	
25	-1898.6	906.51	0	
26	-2373.3	0	0	

Angle	30			
Point	Load	X-Mom	Y-Mom	
1	11356.5	0	0	
3	10220.8	1976.9	13.41	
5	9085.16	3734.1	13.79	
7	7949.51	5153.3	14.58	
9	6813.87	6293.9	15.69	
11	5678.22	7228.4	16.75	
13	4542.58	7718.2	13.63	
15	3406.93	7543.2	13.53	
17	2271.29	6889.2	13.56	
19	1135.64	5753.2	14.62	
21	0	4154.7	21.38	
23	-949.3	2623.2	28.42	
25	-1898.6	905.57	28.24	
26	-2373.3	0	0	

Angle	60			
Point	Load	X-Mom	Y-Mom	
1	11356.5	0	0	
3	10220.8	1925.4	38.89	
5	9085.16	3687	41.35	
7	7949.51	5111.3	43.32	
9	6813.87	6226.9	46.35	
11	5678.22	7122.7	49.06	
13	4542.58	7649.4	42.06	
15	3406.93	7495.1	40.74	
17	2271.29	6845.9	40.89	
19	1135.64	5696.3	46.31	
21	0	4103.5	61.07	
23	-949.3	2558.2	76.77	
25	-1898.6	886.52	45.57	
26	-2373.3	0	0	

Angle	10			
Point	Load	X-Mom	Y-Mom	
1	11356.5	0	0	
3	10220.8	1979.2	4.11	
5	9085.16	3747.9	4.11	
7	7949.51	5160.2	4.55	
9	6813.87	6297.5	4.78	
11	5678.22	7257.9	5.19	
13	4542.58	7727.3	4.15	
15	3406.93	7550.7	4.13	
17	2271.29	6896.1	4.14	
19	1135.64	5764.7	4.02	
21	0	4161.9	6.73	
23	-949.3	2638.1	8.66	
25	-1898.6	909.14	12.82	
26	-2373.3	0	0	

Angle	40			
Point	Load	X-Mom	Y-Mom	
1	11356.5	0	0	
3	10220.8	1973.9	19.5	
5	9085.16	3725.8	20.13	
7	7949.51	5145.4	21.23	
9	6813.87	6280.8	22.72	
11	5678.22	7209.9	24.17	
13	4542.58	7710	19.71	
15	3406.93	7533.6	19.75	
17	2271.29	6882	19.75	
19	1135.64	5746.4	21.54	
21	0	4147.1	30.77	
23	-949.3	2608.3	41.73	
25	-1898.6	898.27	34.23	
26	-2373.3	0	0	

Angle	70			
Point	Load	X-Mom	Y-Mom	
1	11356.5	0	0	
3	10220.8	1915.8	53.39	
5	9085.16	3626.5	65.12	
7	7949.51	5032.4	68.11	
9	6813.87	6148.2	72.61	
11	5678.22	7012.2	76.61	
13	4542.58	7526.4	69.13	
15	3406.93	7426.8	64.63	
17	2271.29	6768	66.55	
19	1135.64	5607.7	75.72	
21	0	4029.2	92.2	
23	-949.3	2510.2	99.78	
25	-1898.6	874.39	50.83	
26	-2373.3	0	0	

Angle	20			
Point	Load	X-Mom	Y-Mom	
1	11356.5	0	0	
3	10220.8	1978.5	8.47	
5	9085.16	3740.3	8.59	
7	7949.51	5156.6	9.2	
9	6813.87	6303.8	9.91	
11	5678.22	7244.1	10.59	
13	4542.58	7723.4	8.61	
15	3406.93	7547.1	8.56	
17	2271.29	6893.5	8.52	
19	1135.64	5759.6	9.05	
21	0	4158.7	13.76	
23	-949.3	2631	17.66	
25	-1898.6	918.59	20.07	
26	-2373.3	0	0	

Angle	50			
Point	Load	X-Mom	Y-Mom	
1	11356.5	0	0	
3	10220.8	1958.7	27.65	
5	9085.16	3711.4	28.61	
7	7949.51	5132.3	29.93	
9	6813.87	6261.3	32.13	
11	5678.22	7182.4	34.09	
13	4542.58	7691.5	28.37	
15	3406.93	7521.4	28.08	
17	2271.29	6870.4	28.03	
19	1135.64	5729.1	31.23	
21	0	4132.8	43.34	
23	-949.3	2588.7	57.56	
25	-1898.6	896.14	40.22	
26	-2373.3	0	0	

Angle	80			
Point	Load	X-Mom	Y-Mom	
1	11356.5	0	0	
3	10220.8	1850.9	79.62	
5	9085.16	3406.9	125.13	
7	7949.51	4754.2	137.51	
9	6813.87	5824.5	144.33	
11	5678.22	6596.9	151.76	
13	4542.58	6991.6	149.33	
15	3406.93	6962	142.78	
17	2271.29	6345.8	146.07	
19	1135.64	5224.5	155.34	
21	0	3794.9	152.26	
23	-949.3	2401.2	132.22	
25	-1898.6	854.51	55.51	
26	-2373.3	0	0	

Angle	90			
Point	Load	X-Mom	Y-Mom	
1	11356.5	0	0	
3	10220.8	0.03	143.74	
5	9085.16	0.03	275.44	
7	7949.51	0.03	377.32	
9	6813.87	0.04	457.66	
11	5678.22	0.04	522.26	
13	4542.58	0.03	560.76	
15	3406.93	0.03	548.53	
17	2271.29	0.04	501.43	
19	1135.64	0.03	418.61	
21	0	0.07	298.03	
23	-949.3	0.1	183.96	
25	-1898.6	0.02	66.99	
26	-2373.3	0	0	

Çizelge Ek 2.10 Mantolanan Kolon Akma Yüzeyleri(Tip – 1)

Angle 0				Angle 30				Angle 60			
Point	Load	X-Mom	Y-Mom	Point	Load	X-Mom	Y-Mom	Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	19071.5	0	0	1	19071.5	0	0	1	19071.5	0	0
3	17164.4	681.78	0	3	17164.4	577.78	253.04	3	17164.4	466.71	357.93
5	15257.2	1320.9	0	5	15257.2	1170.7	385.66	5	15257.2	865.84	665.15
7	13350.1	1787.2	0	7	13350.1	1636.3	394.51	7	13350.1	1117.3	887.38
9	11442.9	2098.6	0	9	11442.9	1937.7	400.91	9	11442.9	1245.4	1037.9
11	9535.77	2265.2	0	11	9535.77	2083.8	414.69	11	9535.77	1277.6	1126.8
13	7628.62	2317.5	0	13	7628.62	2093.7	426.38	13	7628.62	1300.4	1121.1
15	5721.46	2216.7	0	15	5721.46	1976.1	444.86	15	5721.46	1279	1053.1
17	3814.31	1928.1	0	17	3814.31	1717.6	446.1	17	3814.31	1162.9	937.04
19	1907.15	1460.9	0	19	1907.15	1283.5	435.9	19	1907.15	928.15	753.18
21	0	821.28	0	21	0	734.53	314.92	21	0	588	450.44
23	-791.68	501.96	0	23	-791.68	459.5	234.78	23	-791.68	396.46	291.5
25	-1583.4	172.97	0	25	-1583.4	163.29	101.22	25	-1583.4	159.3	104.8
26	-1979.2	0	0	26	-1979.2	0	0	26	-1979.2	0	0

Angle 10				Angle 40				Angle 70			
Point	Load	X-Mom	Y-Mom	Point	Load	X-Mom	Y-Mom	Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	19071.5	0	0	1	19071.5	0	0	1	19071.5	0	0
3	17164.4	658.47	116.84	3	17164.4	541.45	288.92	3	17164.4	412.15	397.9
5	15257.2	1303	119.2	5	15257.2	1078.7	493.4	5	15257.2	703.5	758.53
7	13350.1	1767.9	119.8	7	13350.1	1503.4	566.75	7	13350.1	798.78	1047.1
9	11442.9	2073.1	126.44	9	11442.9	1805.9	575.45	9	11442.9	811.38	1252.9
11	9535.77	2231.5	129.06	11	9535.77	1952.1	588.43	11	9535.77	828.73	1353.3
13	7628.62	2262.9	138.63	13	7628.62	1948.7	604.96	13	7628.62	848.11	1357.6
15	5721.46	2174.6	136.56	15	5721.46	1820.6	623.05	15	5721.46	872.27	1280.2
17	3814.31	1891.2	140.39	17	3814.31	1554	630.73	17	3814.31	866.86	1107.5
19	1907.15	1433.4	137.94	19	1907.15	1189.3	549.09	19	1907.15	747.96	856.18
21	0	803.18	141.42	21	0	692.9	369.02	21	0	499.49	483.19
23	-791.68	494.47	128.99	23	-791.68	445.32	255.19	23	-791.68	359.25	308.78
25	-1583.4	166.2	85.13	25	-1583.4	162.34	102.5	25	-1583.4	152.84	105.73
26	-1979.2	0	0	26	-1979.2	0	0	26	-1979.2	0	0

Angle 20				Angle 50				Angle 80			
Point	Load	X-Mom	Y-Mom	Point	Load	X-Mom	Y-Mom	Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	19071.5	0	0	1	19071.5	0	0	1	19071.5	0	0
3	17164.4	613.68	204.75	3	17164.4	509.74	324.55	3	17164.4	309.86	444.49
5	15257.2	1250.1	247.27	5	15257.2	980.03	581.46	5	15257.2	388.89	866.82
7	13350.1	1713.5	250.05	7	13350.1	1330	732.99	7	13350.1	390.09	1177.6
9	11442.9	2018.3	259.56	9	11442.9	1574.6	801.55	9	11442.9	400.97	1387.3
11	9535.77	2170.7	265.58	11	9535.77	1716.4	815.7	11	9535.77	415.98	1493.7
13	7628.62	2189.1	276.9	13	7628.62	1707.7	833.56	13	7628.62	426.19	1515.7
15	5721.46	2090.2	286.22	15	5721.46	1574	841.21	15	5721.46	438.65	1462.1
17	3814.31	1822	286.5	17	3814.31	1369.9	788.39	17	3814.31	427.55	1274.9
19	1907.15	1374.6	285.13	19	1907.15	1066.1	651.76	19	1907.15	441.62	943.53
21	0	767.33	251.91	21	0	648.89	417.83	21	0	353.51	518.81
23	-791.68	478.27	189.3	23	-791.68	425.54	272.62	23	-791.68	297.25	316
25	-1583.4	164.93	98.11	25	-1583.4	161.34	103.48	25	-1583.4	143.39	106.71
26	-1979.2	0	0	26	-1979.2	0	0	26	-1979.2	0	0

Angle 90			
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	19071.5	0	0
3	17164.4	0	489.39
5	15257.2	0	919.54
7	13350.1	0	1239.1
9	11442.9	0	1456.5
11	9535.77	0	1581.6
13	7628.62	0	1634.8
15	5721.46	0	1568.3
17	3814.31	0	1343.4
19	1907.15	0	1002.1
21	0	0	537.41
23	-791.68	0	328.18
25	-1583.4	0	115.08
26	-1979.2	0	0

Çizelge Ek 2.11 X Doğrultusundaki Mantolanan Perde Akma Yüzeyleri

X Yönü Mantolanmış Perde

Angle	0			
Point	Load	X-Mom	Y-Mom	
1	71874.6	0	0	
3	64687.1	1344.8	0	
5	57499.7	2571.2	0	
7	50312.2	3476.1	0	
9	43124.8	4050.2	0	
11	35937.3	4374.7	0	
13	28749.8	4486.1	0	
15	21562.4	4368.9	0	
17	14374.9	3725.7	0	
19	7187.46	2776.2	0	
21	0	1526.7	0	
23	-3120.6	952.54	0	
25	-6241.1	340.31	0	
26	-7801.4	0	0	

Angle	30			
Point	Load	X-Mom	Y-Mom	
1	71874.6	0	0	
3	64687.1	458.97	12249	
5	57499.7	488.85	24394	
7	50312.2	492.42	33214	
9	43124.8	507.91	38980	
11	35937.3	528.25	41970	
13	28749.8	550.48	42598	
15	21562.4	564.57	41103	
17	14374.9	544.76	36074	
19	7187.46	560.31	27155	
21	0	581.82	15260	
23	-3120.6	498.45	9491.4	
25	-6241.1	241.26	3307.1	
26	-7801.4	0	0	

Angle	60			
Point	Load	X-Mom	Y-Mom	
1	71874.6	0	0.01	
3	64687.1	159.33	13028	
5	57499.7	162.42	24946	
7	50312.2	163.79	33802	
9	43124.8	168.95	39737	
11	35937.3	177.18	42892	
13	28749.8	185.96	43820	
15	21562.4	184.98	42467	
17	14374.9	184.25	36869	
19	7187.46	194.9	27792	
21	0	219.28	15840	
23	-3120.6	217.91	9896.5	
25	-6241.1	157.95	3388	
26	-7801.4	0	0	

Angle	10			
Point	Load	X-Mom	Y-Mom	
1	71874.6	0	0	
3	64687.1	787.17	10322	
5	57499.7	1374.1	20428	
7	50312.2	1583.7	28376	
9	43124.8	1611.3	34181	
11	35937.3	1644.1	36961	
13	28749.8	1690.8	36978	
15	21562.4	1742.3	34615	
17	14374.9	1739.5	29741	
19	7187.46	1490.6	23192	
21	0	1054.8	13774	
23	-3120.6	759.11	8729.7	
25	-6241.1	285.8	3149.6	
26	-7801.4	0	0	

Angle	40			
Point	Load	X-Mom	Y-Mom	
1	71874.6	0	0	
3	64687.1	329.61	12714	
5	57499.7	335.91	24759	
7	50312.2	338.55	33507	
9	43124.8	348	39396	
11	35937.3	365.05	42442	
13	28749.8	382.03	43197	
15	21562.4	387.1	41808	
17	14374.9	378.33	36487	
19	7187.46	391.24	27505	
21	0	423.55	15556	
23	-3120.6	406.2	9656.5	
25	-6241.1	220.1	3342	
26	-7801.4	0	0	

Angle	70			
Point	Load	X-Mom	Y-Mom	
1	71874.6	0	0	
3	64687.1	100.51	13106	
5	57499.7	102.23	25175	
7	50312.2	102.27	33904	
9	43124.8	105.84	39843	
11	35937.3	111.12	43030	
13	28749.8	118	44017	
15	21562.4	116.32	42633	
17	14374.9	115.86	36976	
19	7187.46	123.01	27872	
21	0	140.92	15930	
23	-3120.6	136.63	9960.4	
25	-6241.1	119.99	3422.2	
26	-7801.4	0	0	

Angle	20			
Point	Load	X-Mom	Y-Mom	
1	71874.6	0	0	
3	64687.1	601.44	11677	
5	57499.7	774.65	23481	
7	50312.2	782.37	32301	
9	43124.8	797.62	38069	
11	35937.3	825.79	40950	
13	28749.8	857.24	41368	
15	21562.4	887.92	39632	
17	14374.9	860.94	34944	
19	7187.46	863.72	26297	
21	0	764.54	14813	
23	-3120.6	608.63	9245	
25	-6241.1	261.25	3252.9	
26	-7801.4	0	0	

Angle	50			
Point	Load	X-Mom	Y-Mom	
1	71874.6	0	0	
3	64687.1	231.95	12907	
5	57499.7	236.22	24931	
7	50312.2	239.21	33686	
9	43124.8	246.89	39610	
11	35937.3	257.48	42714	
13	28749.8	269.21	43566	
15	21562.4	271.73	42202	
17	14374.9	267.34	36720	
19	7187.46	278.88	27673	
21	0	309.45	15726	
23	-3120.6	309.38	9801.6	
25	-6241.1	188.04	3364.3	
26	-7801.4	0	0	

Angle	80			
Point	Load	X-Mom	Y-Mom	
1	71874.6	0	0	
3	64687.1	48.65	13163	
5	57499.7	49.6	25230	
7	50312.2	50.56	33942	
9	43124.8	52.65	39900	
11	35937.3	53.58	43132	
13	28749.8	56.85	44187	
15	21562.4	55.26	42751	
17	14374.9	56.35	37048	
19	7187.46	58.74	27932	
21	0	69.28	16003	
23	-3120.6	69.16	10011	
25	-6241.1	65.87	3448.6	
26	-7801.4	0	0	

Angle	90			
Point	Load	X-Mom	Y-Mom	
1	71874.6	0	0	
3	64687.1	0	13208	
5	57499.7	0	25281	
7	50312.2	0	34015	
9	43124.8	0	39975	
11	35937.3	0	43217	
13	28749.8	0	44330	
15	21562.4	0	42876	
17	14374.9	0	37106	
19	7187.46	0	27963	
21	0	0	16069	
23	-3120.6	0	10045	
25	-6241.1	0	3455.6	
26	-7801.4	0	0	

Çizelge Ek 2.12 Y Doğrultusundaki Mantolanan Perde Akma Yüzeyleri

Y Yönü Mantolanmış Perde

Angle	0		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	71874.6	0	0
3	64687.1	13208	0
5	57499.7	25280	0
7	50312.2	34015	0
9	43124.8	39975	0
11	35937.3	43217	0
13	28749.8	44331	0
15	21562.4	42876	0
17	14374.9	37106	0
19	7187.46	27963	0
21	0	16069	0
23	-3120.6	10045	0
25	-6241.1	3455.6	0
26	-7801.4	0	0

Angle	30		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	71874.6	0	0
3	64687.1	13029	159.33
5	57499.7	24975	162.43
7	50312.2	33813	163.8
9	43124.8	39737	168.95
11	35937.3	42892	177.18
13	28749.8	43820	185.96
15	21562.4	42467	184.98
17	14374.9	36869	184.25
19	7187.46	27792	194.9
21	0	15840	219.28
23	-3120.6	9896.5	217.91
25	-6241.1	3388	157.95
26	-7801.4	0	0

Angle	60		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	71874.6	0	0
3	64687.1	12249	458.98
5	57499.7	24394	488.85
7	50312.2	33214	492.42
9	43124.8	38980	507.91
11	35937.3	41970	528.26
13	28749.8	42598	550.48
15	21562.4	41103	564.57
17	14374.9	36074	544.77
19	7187.46	27155	560.31
21	0	15260	581.82
23	-3120.6	9491.4	498.45
25	-6241.1	3307.1	241.26
26	-7801.4	0	0

Angle	10		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	71874.6	0	0
3	64687.1	13162	48.65
5	57499.7	25230	49.6
7	50312.2	33942	50.56
9	43124.8	39900	52.65
11	35937.3	43132	53.58
13	28749.8	44187	56.85
15	21562.4	42751	55.26
17	14374.9	37048	56.35
19	7187.46	27932	58.74
21	0	16003	69.28
23	-3120.6	10011	69.16
25	-6241.1	3448.6	65.86
26	-7801.4	0	0

Angle	40		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	71874.6	0	0
3	64687.1	12907	231.94
5	57499.7	24931	236.22
7	50312.2	33686	239.21
9	43124.8	39610	246.89
11	35937.3	42714	257.48
13	28749.8	43566	269.2
15	21562.4	42202	271.73
17	14374.9	36720	267.34
19	7187.46	27673	278.87
21	0	15726	309.44
23	-3120.6	9801.6	309.38
25	-6241.1	3364.3	188.04
26	-7801.4	0	0

Angle	70		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	71874.6	0	0
3	64687.1	11677	601.44
5	57499.7	23481	774.66
7	50312.2	32301	782.38
9	43124.8	38069	797.62
11	35937.3	40951	825.79
13	28749.8	41368	857.25
15	21562.4	39632	887.92
17	14374.9	34944	860.94
19	7187.46	26297	863.72
21	0	14813	764.54
23	-3120.6	9245	608.63
25	-6241.1	3252.9	261.25
26	-7801.4	0	0

Angle	20		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	71874.6	0	0
3	64687.1	13106	100.51
5	57499.7	25175	102.23
7	50312.2	33904	102.27
9	43124.8	39843	105.84
11	35937.3	43030	111.12
13	28749.8	44017	118
15	21562.4	42633	116.32
17	14374.9	36976	115.86
19	7187.46	27872	123.01
21	0	15930	140.92
23	-3120.6	9960.4	136.63
25	-6241.1	3422.2	119.99
26	-7801.4	0	0

Angle	50		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	71874.6	0	0
3	64687.1	12714	329.61
5	57499.7	24759	335.91
7	50312.2	33507	338.55
9	43124.8	39396	347.99
11	35937.3	42442	365.04
13	28749.8	43197	382.03
15	21562.4	41808	387.1
17	14374.9	36487	378.33
19	7187.46	27505	391.23
21	0	15556	423.55
23	-3120.6	9656.5	406.2
25	-6241.1	3342	220.11
26	-7801.4	0	0

Angle	80		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	71874.6	0	0
3	64687.1	10329	787.63
5	57499.7	20431	1374.3
7	50312.2	28377	1583.7
9	43124.8	34181	1611.3
11	35937.3	36961	1644.1
13	28749.8	36979	1690.8
15	21562.4	34615	1742.3
17	14374.9	29741	1739.5
19	7187.46	23192	1490.6
21	0	13774	1054.8
23	-3120.6	8729.8	759.11
25	-6241.1	3149.7	285.8
26	-7801.4	0	0

Angle	90		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	71874.6	0	0
3	64687.1	0.14	1344.8
5	57499.7	0.15	2571.1
7	50312.2	0.15	3476.1
9	43124.8	0.17	4050.2
11	35937.3	0.17	4374.8
13	28749.8	0.18	4486.2
15	21562.4	0.17	4368.9
17	14374.9	0.18	3725.7
19	7187.46	0.19	2776.2
21	0	0.25	1526.7
23	-3120.6	0.3	952.54
25	-6241.1	0.13	340.31
26	-7801.4	0	0

Çizelge Ek 2.13 X Doğrultusundaki Yeni Konulan Perde Akma Yüzeyleri

X Yönü Yeni Perde

Angle	0		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	84689.2	0	0
3	76220.3	1607.9	0
5	67751.4	3026	0
7	59282.5	4065.6	0
9	50813.5	4719.3	0
11	42344.6	5055.3	0
13	33875.7	5122.7	0
15	25406.8	4980.5	0
17	16937.9	4187.6	0
19	8468.92	3043.7	0
21	0	1546.2	0
23	-3120.6	965.56	0
25	-6241.1	340.86	0
26	-7801.4	0	0

Angle	30		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	84689.2	0	0
3	76220.3	550.14	14990
5	67751.4	567.29	29044
7	59282.5	574.72	39228
9	50813.5	582.09	45738
11	42344.6	601.44	48784
13	33875.7	627.4	48931
15	25406.8	650.24	46613
17	16937.9	628.25	40535
19	8468.92	641.54	29717
21	0	639.31	15369
23	-3120.6	522.65	9537.4
25	-6241.1	244.48	3313.6
26	-7801.4	0	0

Angle	60		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	84689.2	0	0.01
3	76220.3	185.67	15595
5	67751.4	188.63	29721
7	59282.5	189.31	39977
9	50813.5	194.15	46505
11	42344.6	202.47	49718
13	33875.7	211.17	50198
15	25406.8	214.25	48171
17	16937.9	211.23	41466
19	8468.92	222.06	30477
21	0	248.65	16011
23	-3120.6	245.18	9938.7
25	-6241.1	163.54	3377.4
26	-7801.4	0	0

Angle	10		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	84689.2	0	0
3	76220.3	982.33	12777
5	67751.4	1637.4	24596
7	59282.5	1849.4	33812
9	50813.5	1868.8	40278
11	42344.6	1897	43218
13	33875.7	1939.4	42731
15	25406.8	1995	39233
17	16937.9	1994.6	33186
19	8468.92	1665.9	25229
21	0	1090.9	13959
23	-3120.6	772.02	8810.6
25	-6241.1	287.46	3160.6
26	-7801.4	0	0

Angle	40		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	84689.2	0	0
3	76220.3	383.96	15483
5	67751.4	389.94	29429
7	59282.5	394.27	39646
9	50813.5	400.77	46152
11	42344.6	417.25	49260
13	33875.7	434.02	49560
15	25406.8	447.88	47421
17	16937.9	434.27	41062
19	8468.92	446.92	30125
21	0	481.55	15671
23	-3120.6	434.91	9694.3
25	-6241.1	224.86	3344.4
26	-7801.4	0	0

Angle	70		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	84689.2	0	0
3	76220.3	116.99	15791
5	67751.4	118.97	29805
7	59282.5	118.04	40085
9	50813.5	121.46	46601
11	42344.6	127.21	49854
13	33875.7	132.87	50399
15	25406.8	135.48	48380
17	16937.9	133.29	41583
19	8468.92	140.31	30539
21	0	159.17	16114
23	-3120.6	155.52	10029
25	-6241.1	126.59	3413.5
26	-7801.4	0	0

Angle	20		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	84689.2	0	0
3	76220.3	736.36	14176
5	67751.4	899.79	28063
7	59282.5	908.03	38186
9	50813.5	917.15	44724
11	42344.6	945.12	47682
13	33875.7	978.38	47611
15	25406.8	1015.2	44921
17	16937.9	999.43	39118
19	8468.92	995.1	28716
21	0	812.07	14943
23	-3120.6	629.29	9300.4
25	-6241.1	263.9	3260.1
26	-7801.4	0	0

Angle	50		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	84689.2	0	0
3	76220.3	270.05	15688
5	67751.4	274.44	29621
7	59282.5	276.38	39866
9	50813.5	280.65	46380
11	42344.6	294.47	49536
13	33875.7	306.6	49938
15	25406.8	313.6	47894
17	16937.9	307.2	41302
19	8468.92	320.73	30339
21	0	351.41	15874
23	-3120.6	343.51	9836
25	-6241.1	192.78	3375.2
26	-7801.4	0	0

Angle	80		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	84689.2	0	0
3	76220.3	56.48	15841
5	67751.4	57.71	29854
7	59282.5	55.6	40149
9	50813.5	57.24	46677
11	42344.6	62.32	49950
13	33875.7	63.69	50568
15	25406.8	65.25	48555
17	16937.9	65.01	41663
19	8468.92	67.29	30602
21	0	75.35	16196
23	-3120.6	78.69	10064
25	-6241.1	74.26	3450
26	-7801.4	0	0

Angle	90		
Point	Load	X-Mom	Y-Mom
1	84689.2	0	0
3	76220.3	0	15890
5	67751.4	0	29914
7	59282.5	0	40263
9	50813.5	0	46718
11	42344.6	0	50038
13	33875.7	0	50710
15	25406.8	0	48698
17	16937.9	0	41728
19	8468.92	0	30635
21	0	0	16240
23	-3120.6	0	10113
25	-6241.1	0	3472.4
26	-7801.4	0	0

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 27.06.1979

Doğum yeri Uşak

Lise 1993-1997 U.Ş.A.K. Anadolu Öğretmen Lisesi

Lisans 1998-2002 Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fak.
İnşaat Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2002-2006 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Müh. Anabilim Dalı, Yapı Programı

Çalıştığı kurum(lar)

2003-2004

2004-2005

2005-Halen Devam

Binko Bina Koruma ve Yönetim Hizmetleri Ltd.Şti.

İstanbul Yapı Denetim

Orient Research Mühendislik ve Danışmanlık

Ltd.Şti.