

166367

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETONARME DÜZENSİZ BİR BİNANIN DEPREM
GÜVENLİĞİNİN DOĞRUSAL OLMAYAN
YÖNTEMLE İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Orhan EKER
(501031032)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 25 Temmuz 2005
Tezin Savunulduğu Tarih : 28 Temmuz 2005**

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Zekai CELEP

Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Feridun ÇILI (İ.T.Ü.)

Doç.Dr. A.Necmettin GÜNDÜZ (İ.T.Ü.)

TEMMUZ 2005

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezi olarak sunulan bu çalışmada, alışlagelmiş mimari planların dışında bir geometriye sahip çok katlı bir yapının boyutlandırılması ve doğrusal olmayan analizi yapılmıştır. Buna göre ülkemiz yönetmeliklerine uygun tasarımı yapılan bu yapının deprem yükleri altında göstermiş olduğu performans incelenmiş, bu doğrultuda Deprem Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri yorumlanmıştır.

Kendisi ile çalışmaktan her zaman onur duyduğum hocam Prof. Dr. Zekai CELEP başta olmak üzere İTÜ İnşaat Fakültesi hocalarıma ve bugünlere gelmemde en büyük pay sahibi olan aileme, teşekkürü bir borç bilirim.

Temmuz, 2005

Orhan EKER

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖZET	xiii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1 Giriş	1
1.2 Konu	1
1.3 Hesaba Esas Yapıların Tanımı	3
1.4 Çalışmada Yapılan Kabuller	4
2. YAPI SİSTEMLERİNİN DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZİ	8
2.1 Doğrusal Olmayan Sistemler	8
2.1.1 Malzeme Bakımından Doğrusal Olmayan Sistemler	9
2.1.1.1 Plastik Mafsal Teorisi	9
2.1.1.2 Yük Artımı Yöntemi ile Plastik Mafsal Teorisine Göre Hesap	11
2.1.2 Geometri Değişimi Bakımından Doğrusal Olmayan Sistemler	11
2.1.3 Her İki Bakımdan Doğrusal Olmayan Sistemler	12
2.2 Doğrusal Olmayan Analiz Türleri	12
2.2.1 Kuvvet Kontrollü Analiz	12
2.2.2 Yer Değiştirme Kontrollü Analiz	12
3. YAPI SİSTEMLERİNİN PERFORMANSA DAYALI TASARIMI	14
3.1 Giriş	14
3.2 ATC 40 Yaklaşımı	15
3.2.1 Performans Amacı	15
3.2.2 Performans Seviyesi	15
3.2.2.1 Yapısal Performans Seviyeleri	15
3.2.2.2 Yapısal Olmayan Performans Seviyeleri	17
3.2.3 Bina Performans Seviyeleri	18
3.2.4 Deprem Etki Seviyeleri	19
3.2.5 Deprem Bölgesi Sismik Karakteristikleri	21
3.2.5.1 Elastik İvme-Periyot Spektrum Eğrisi	22
3.2.5.2 Elastik İvme-Yerdeğiştirme Spektrum Eğrisi	23
3.2.6 Kapasite Spektrum Yöntemi	24
3.2.7 Taşıyıcı Sistemin Değerlendirilmesi	28
3.2.8 Performans Noktasının Kabul Kriterleri	28
3.3 FEMA 356 Yaklaşımı	30
3.3.1 Yerdeğiştirme Katsayıları Yöntemi	30
3.4 Özet ve Değerlendirme	32

4. YAPININ BOYUTLANDIRILMASI	34
4.1 Düşey Yük Analizi	34
4.2 Ön Boyutlama Çalışması	35
4.3 Yatay Yüklere Göre Hesap	36
4.3.1 Mod Birleştirme Yöntemi ile Deprem Yüklü Hesabı	36
4.3.2 Eşdeğer Deprem Yüklü Hesabı	38
4.3.3 Yapı Davranış Katsayısının Kontrolü	39
4.3.4 Rölatif Kat Ötelemeleri Kontrolü	41
4.4 Betonarme Kesit Hesabı	42
4.4.1 Betonarme Kirişlerin Hesabı	42
4.4.2 Betonarme Kolonların Hesabı	44
4.4.3 Betonarme Perdelerin Hesabı	45
5. YAPININ DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZİ	50
5.1 İtme Analizi	50
5.2 Kapasite Spektrum Yöntemi ile Hesap	50
5.3 Yer Değiştirme Katsayısı Yöntemi ile Hesap	57
5.4 Artımsal İtme Analizi ile Hesap (Tasarı Deprem Yönetmeliği Yaklaşımı)	59
5.5 Kesme Kuvvetine Göre Performans Değerlendirilmesi	68
5.5.1 Kirişler	69
5.5.2 Kolonlar	69
5.5.3 Perdeler	69
5.6 Genel Değerlendirme	70
6. SONUÇLAR	72
KAYNAKLAR	75
EK A. (4. BÖLÜM)	77
EK B. (5. BÖLÜM)	91
ÖZGEÇMİŞ	107

KISALTMALAR

ATC	: Applied Technology Council
FEMA	: Federal Emergency Management Agency
ADRS	: Acceleration-Displacement Response Spectra (İvme-Yer Değiştirme Tepki Spektrumu)
CSM	: Capacity Spectrum Method (Kapasite Spektrum Yöntemi)
NP	: Nonstructural Performance (Yapısal Olmayan Performans)
SP	: Structural Performance (Yapısal Performans)
TGD	: Temel Güvenlik Depremi
HK	: Immediate Occupancy (Hemen Kullanım)
CG	: Life Safety (Can Güvenliği)
YS	: Collapse Prevention (Yapısal Stabilité)
G	: Düşey Sabit Yükler
Q	: Düşey Hareketli Yükler
SPECX	: x Doğrultusunda Mod Birleştirme Yöntemine Göre Bulunan Deprem Yükü
SPECY	: y Doğrultusunda Mod Birleştirme Yöntemine Göre Bulunan Deprem Yükü
EX	: x Doğrultusunda Eşdeğer Deprem Yükü
EY	: y Doğrultusunda Eşdeğer Deprem Yükü

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. : Yapı Sistemlerinin Davranışları	8
Tablo 3.1. : Yapısal Performans Seviye ve Aralıkları	16
Tablo 3.2. : Yapısal Olmayan Performans Seviyeleri	17
Tablo 3.3. : Bina Performans Seviyeleri	18
Tablo 3.4. : Binalar için Bazı Önemli Performans Seviyeleri	19
Tablo 3.5. : Deprem Etki Seviyeleri	21
Tablo 3.6. : Kaynağa Uzaklık Katsayısı	22
Tablo 3.7. : Deprem Bölge Katsayısı	22
Tablo 3.8. : Deprem Katsayısı, C_A	23
Tablo 3.9. : Deprem Katsayısı, C_v	23
Tablo 3.10. : Zemin Sınıflarının Tanımı	23
Tablo 3.11. : Katlar Arası Yerdeğiştirmenin Kat Yüksekliğine Oranı	29
Tablo 4.1. : Modal Analiz Sonuçları	36
Tablo 4.2. : Deprem Kuvvetleri	38
Tablo 4.3. : Yapı Davranış Katsayısı Kontrolü	39
Tablo 4.4. : Rölatif Kat Ötelemeleri	41
Tablo 4.5. : Kiriş Betonarme Hesapları	77
Tablo 4.6. : Kiriş Donatı Tablosu	43
Tablo 4.7. : Kiriş Eğilme Momenti Kapasiteleri	43
Tablo 4.8. : C1 Kolonu Kesit Tesirleri	44
Tablo 4.9. : Kolon Donatı Tablosu	45
Tablo 4.10. : Perde Geometrik Boyutları	45
Tablo 4.11. : Perde Kesit Tesirleri	46
Tablo 4.12. : Perde Kesme Kuvveti Güvenliği	47
Tablo 5.1. : Performans Noktası Değerleri	56
Tablo 5.2. : 20 Katlı Yapının x Doğrultusu Analiz Sonuçları	91
Tablo 5.3. : 20 Katlı Yapının y Doğrultusu Analiz Sonuçları	91
Tablo 5.4. : 15 Katlı Yapının x Doğrultusu Analiz Sonuçları	92
Tablo 5.5. : 15 Katlı Yapının y Doğrultusu Analiz Sonuçları	92
Tablo 5.6. : 10 Katlı Yapının x Doğrultusu Analiz Sonuçları	93
Tablo 5.7. : 10 Katlı Yapının y Doğrultusu Analiz Sonuçları	93
Tablo 5.8. : Performans Noktası Değerlerinin Karşılaştırılması	57
Tablo 5.9. : Rölatif Kat Ötelemeleri Değerlerinin Karşılaştırılması	57
Tablo 5.10. : Hedef Yerdeğiştirme Taleplerinin Belirlenmesi	59
Tablo 5.11. : Hedef Yerdeğiştirmenin Belirlenmesi	64
Tablo 5.12. : Kiriş Akma Eğriliklerinin Belirlenmesi	65
Tablo 5.13. : 20 Katlı Yapı 5. Kat Kiriş Performans Seviyeleri (x doğrultusu) ...	98
Tablo 5.14. : 20 Katlı Yapı 5. Kat Kiriş Performans Seviyeleri (y doğrultusu) ...	98
Tablo 5.15. : 20 Katlı Yapı 5. Kat Kolon Performans Seviyeleri (x doğrultusu) .	99

Tablo 5.16.	: 20 Katlı Yapı 5. Kat Kolon Performans Seviyeleri (y doğrultusu) .	100
Tablo 5.17.	: 20 Katlı Yapı 5. Kat Kirişleri Kesme Kuvveti Performans Değerlendirmesi	69
Tablo 5.18.	: 20 Katlı Yapı 5. Kat Kolonları Kesme Kuvveti Performans Değerlendirmesi	69
Tablo 5.19.	: 20 Katlı Yapı Perdeleri Kesme Kuvveti Performans Değerlendirmesi	70
Tablo 5.20.	: Hedef Yerdeğiştirmeler	70
Tablo 5.21.	: Rölatif Kat Ötelemeleri	70
Tablo 5.22.	: 20 Katlı Yapı Analiz Sonuçları (x doğrultusu kirişleri)	102
Tablo 5.23.	: 20 Katlı Yapı Analiz Sonuçları (y doğrultusu kirişleri)	102
Tablo 5.24.	: 15 Katlı Yapı Analiz Sonuçları (x doğrultusu kirişleri)	103
Tablo 5.25.	: 15 Katlı Yapı Analiz Sonuçları (y doğrultusu kirişleri)	103
Tablo 5.26.	: 10 Katlı Yapı Analiz Sonuçları (x doğrultusu kirişleri)	103
Tablo 5.27.	: 10 Katlı Yapı Analiz Sonuçları (y doğrultusu kirişleri)	104
Tablo 5.28.	: 20 Katlı Yapı Analiz Sonuçları (x doğrultusu kolonları)	104
Tablo 5.29.	: 20 Katlı Yapı Analiz Sonuçları (y doğrultusu kolonları)	104
Tablo 5.30.	: 15 Katlı Yapı Analiz Sonuçları (x doğrultusu kolonları)	105
Tablo 5.31.	: 15 Katlı Yapı Analiz Sonuçları (y doğrultusu kolonları)	105
Tablo 5.32.	: 10 Katlı Yapı Analiz Sonuçları (x doğrultusu kolonları)	106
Tablo 5.33.	: 10 Katlı Yapı Analiz Sonuçları (y doğrultusu kolonları)	106
Tablo 5.34.	: Yapı Periyot Bilgileri	71
Tablo 5.35.	: Taban Kesme Kuvveti Yapı Ağırlığı Karşılaştırılması	71

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. : Yapının +10.80m Kotu Kalıp Planı	3
Şekil 1.2. : Yapının +18.00m Kotu Kalıp Planı	4
Şekil 1.3. : S420 Donatısı için Gerilme-Şekildeğiştirme Diyagramı	5
Şekil 1.4. : C30 Betonu için Gerilme-Şekildeğiştirme Diyagramı	5
Şekil 1.5. : Plastik Mafsalsal Kabulü	6
Şekil 2.1. : Moment-Eğrilik Bağlantısı (Gerçek sistem)	10
Şekil 2.2. : Moment-Eğrilik Bağlantısı (Plastik Mafsalsal Teorisi)	10
Şekil 2.3. : Kuvvet ve Yer Değiştirme Kontrollü Analiz Yöntemlerinin Karşılaştırılması	13
Şekil 3.1. : Bina Performans Seviyeleri	21
Şekil 3.2. : (Sa – T) Spektrum Eğrisi	22
Şekil 3.3. : İvme Spektrumundan Talep Spektrumunun Elde Edilmesi	24
Şekil 3.4. : Spektral Azaltma için Sönüm Elde Edilmesi	27
Şekil 3.5. : Talep Spektrumunun Azaltılması	27
Şekil 3.6. : Taşıyıcı Sistemde Kapasite Spektrum Eğrisi	28
Şekil 3.7. : Gerçek ve İdealleştirilmiş Kapasite Eğrileri	31
Şekil 4.1. : Tipik Kiriş Donatı Detayı	77
Şekil 4.2. : +3.60m, +14.40m Kotları Arası Kalıp Planı	79
Şekil 4.3. : +18.00m, +43.20m Kotları Arası Kalıp Planı	79
Şekil 4.4. : +46.80m, +72.00m Kotları Arası Kalıp Planı	80
Şekil 4.5. : Kiriş Donatı Detayları	82
Şekil 4.6. : 70cm×70cm Kolon Donatı Düzeni	83
Şekil 4.7. : 70cm×70cm Kolon Moment-Eğrilik Diyagramı	83
Şekil 4.8. : 80cm×80cm Kolon Donatı Düzeni	84
Şekil 4.9. : 80cm×80cm Kolon Moment-Eğrilik Diyagramı	84
Şekil 4.10. : 90cm×90cm Kolon Donatı Düzeni	85
Şekil 4.11. : 90cm×90cm Kolon Moment-Eğrilik Diyagramı	85
Şekil 4.12. : 110cm×110cm Kolon Donatı Düzeni	86
Şekil 4.13. : 110cm×110cm Kolon Moment-Eğrilik Diyagramı	86
Şekil 4.14. : Kritik Perde Yüksekliği Boyunca Donatı Düzeni	48
Şekil 4.15. : Kritik Perde Yüksekliği Dışında Donatı Düzeni	49
Şekil 4.16. : 30cm×800cm Perde Donatı Düzeni	87
Şekil 4.17. : 30cm×800cm Perde Moment-Eğrilik Diyagramı	87
Şekil 4.18. : 25cm×800cm Perde Donatı Düzeni	88
Şekil 4.19. : 25cm×800cm Perde Moment-Eğrilik Diyagramı	88
Şekil 4.20. : 30cm×1000cm Perde Donatı Düzeni	89
Şekil 4.21. : 30cm×1000cm Perde Moment-Eğrilik Diyagramı	89

Şekil 4.22.	: 25cm×1000cm Perde Donatı Düzeni	90
Şekil 4.23.	: 25cm×1000cm Perde Moment-Eğrilik Diyagramı	90
Şekil 5.1.	: 20 Katlı Yapının Kapasite Eğrileri	51
Şekil 5.2.	: 15 Katlı Yapının Kapasite Eğrileri	52
Şekil 5.3.	: 10 Katlı Yapının Kapasite Eğrileri	52
Şekil 5.4.	: x Doğrultusu Kapasite Eğrileri	53
Şekil 5.5.	: y Doğrultusu Kapasite Eğrileri	53
Şekil 5.6.	: 20 Katlı Yapının x Doğrultusundaki İtme Analizi	54
Şekil 5.7.	: 20 Katlı Yapının y Doğrultusundaki İtme Analizi	54
Şekil 5.8.	: 15 Katlı Yapının x Doğrultusundaki İtme Analizi	55
Şekil 5.9.	: 15 Katlı Yapının y Doğrultusundaki İtme Analizi	55
Şekil 5.10.	: 10 Katlı Yapının y Doğrultusundaki İtme Analizi	55
Şekil 5.11.	: 10 Katlı Yapının y Doğrultusundaki İtme Analizi	56
Şekil 5.12.	: 20 Katlı Yapının İki Doğru Parçası ile İdealleştirilen x Doğrultusundaki Kapasite Eğrisi	94
Şekil 5.13.	: 20 Katlı Yapının İki Doğru Parçası ile İdealleştirilen y Doğrultusundaki Kapasite Eğrisi	94
Şekil 5.14.	: 15 Katlı Yapının İki Doğru Parçası ile İdealleştirilen x Doğrultusundaki Kapasite Eğrisi	94
Şekil 5.15.	: 15 Katlı Yapının İki Doğru Parçası ile İdealleştirilen y Doğrultusundaki Kapasite Eğrisi	95
Şekil 5.16.	: 10 Katlı Yapının İki Doğru Parçası ile İdealleştirilen x Doğrultusundaki Kapasite Eğrisi	95
Şekil 5.17.	: 10 Katlı Yapının İki Doğru Parçası ile İdealleştirilen y Doğrultusundaki Kapasite Eğrisi	95
Şekil 5.18.	: 20 Katlı Yapının x Doğrultusunda Modal Yerdeğiştirme Talebinin Belirlenmesi	96
Şekil 5.19.	: 20 Katlı Yapının y Doğrultusunda Modal Yerdeğiştirme Talebinin Belirlenmesi	96
Şekil 5.20.	: 15 Katlı Yapının x Doğrultusunda Modal Yerdeğiştirme Talebinin Belirlenmesi	96
Şekil 5.21.	: 15 Katlı Yapının y Doğrultusunda Modal Yerdeğiştirme Talebinin Belirlenmesi	97
Şekil 5.22.	: 10 Katlı Yapının x Doğrultusunda Modal Yerdeğiştirme Talebinin Belirlenmesi	97
Şekil 5.23.	: 10 Katlı Yapının x Doğrultusunda Modal Yerdeğiştirme Talebinin Belirlenmesi	97
Şekil 5.24.	: Eşit Yerdeğiştirme Kuralının Kullanılması	64
Şekil 5.25.	: Şekil Değiştirme Durumu ve Karşı Gelen Kesit Uç Kuvvetleri	65
Şekil 5.26.	: 20 Katlı Yapı 5. Kat Kalıp Planı	67
Şekil 5.27.	: 20 Katlı Yapı 5. Kat Performans Düzeyleri (x doğrultusu)	67
Şekil 5.28.	: 20 Katlı Yapı 5. Kat Performans Düzeyleri (y doğrultusu)	68

SEMBOL LİSTESİ

A_g	: Brüt en kesit alanı
a_y	: İdealleştirilmiş kapasite spektrum eğrisinin akma anındaki spektral ivme değeri
a_{pi}	: i. ardışık yaklaşım için seçilen spektral ivme değeri
B_s	: Kısa periyot spektral ivme değeri için etkili sönüm oranına bağlı olarak bulunan bir değer
B_1	: Bir saniye periyodu spektral ivmesi için etkili sönüm oranına bağlı olarak bulunan bir değer
C_A	: Sabit ivme bölgesinde sismik çarpan
C_V	: Sabit hız bölgesinde sismik çarpan
C_0	: Tek serbestlik dereceli sistemden elde edilen spektral yer değiştirmeyi, çok serbestlik dereceli sistemin hedef yer değiştirmesi ile ilişkilendiren bir katsayı
C_1	: Beklenen en büyük elastik ötesi yer değiştirmeyi, doğrusal elastik varsayımı ile hesaplanan yer değiştirme ile ilişkilendiren bir katsayı
C_2	: Deprem etkisi ile oluşan çevrimsel davranış şeklinin en büyük yer değiştirmeye olan etkisini temsil eden bir katsayı
C_3	: Dinamik P-Δ etkisiyle yer değiştirmelerdeki artışı göz önüne alan bir katsayı
d_y	: İdealleştirilmiş kapasite spektrum eğrisinin akma anındaki spektral yer değiştirme değeri
d_{pi}	: i. ardışık yaklaşım için seçilen spektral yer değiştirme değeri
d_p	: i. ardışık yaklaşım sonucu bulunan spektral yer değiştirme değeri
E	: Deprem etki türü katsayısı
E_s	: Çelik için elastisite modülü
EI	: Eğilme rijitliği
E_{s0}	: En büyük yer değiştirme enerjisi
E_D	: Çevrimsel sönüm ile yutulan enerji miktarı
F_a	: Kısa periyot spektral parametresine ve zemin sınıfına bağlı olarak bulunan bir değer
F_v	: Bir saniye periyodu spektral parametresine ve zemin sınıfına bağlı olarak bulunan bir değer
F_{ye}	: Malzeme akma gerilmesi (σ_a)
g	: Yerçekimi ivmesi
G	: Kayma modülü
H	: Kat yüksekliği
$I_{c,b}$	: Sırasıyla kolon ve kiriş kesitlerine ait atalet momentleri
K_i	: İlk rijitlik
K_{eff}	: Etkili rijitlik
K_s	: Pekleşme bölgesi rijitliği

K_e	: Hesap yapılan doğrultudaki elastik rijitlik
l_p	: Plastik mafsalsal uzunluğu
l'_p	: Plastikleşme bölgesi uzunluğu
M	: Eğilme momenti
M_e	: Elastik eğilme momenti
N	: Normal kuvvet
N_A	: Sabit ivme bölgesi kaynağa uzaklık katsayısı
N_V	: Sabit hız bölgesi kaynağa uzaklık katsayısı
P_{Limit}	: Limit yük parametresi
P_G	: Göçme yükü parametresi
P_i	: İşletme yükü, i. kata gelen toplam düşey yük
ΣP_i	: i. adım sonunda bulunan toplam yatay yük parametresi
PF_1	: Birinci doğal moda ait modal katılım çarpanı
R	: Gerekli olan elastik dayanımın akma dayanımına oranı
S_e	: Etkili T_e periyoduna karşı gelen spektral ivme
S_a	: İvme spektrumu
S_d	: Yer değiştirme spektrumu
S_1	: Bir saniye periyodu spektral parametresi
S_{X1}	: Bir saniye periyodu ivme parametresi
S_s	: Kısa periyot spektral parametresi
S_{XS}	: Kısa periyot ivme parametresi
T	: Yapının birinci doğal titreşim periyodu
$T_A=T_0, T_S$	: Spektrum karakteristik periyotları
T_e	: Etkin doğal periyot
T_i	: Hesap yapılan doğrultudaki elastik periyot
V	: Toplam yatay kuvvet, Taban kesme kuvveti
V_t	: Hedef yer değiştirme için taban kesme kuvveti
V_y	: İdealleştirilmiş kapasite eğrisinin akma dayanımı
V_i	: i. kata etkiyen kat kesme kuvveti
W	: Yapının toplam ağırlığı
w_i	: i. kata ait ağırlık
Z	: Deprem bölge katsayısı
α	: Kapasite eğrisinde negatif eğimli davranış için bir çarpan
α_1	: Birinci doğal moda ait modal kütle katsayısı
α_i	: i. kata ait yatay yük dağıtma çarpanı
β	: Sönüm oranı
β_0	: Çevrimsel (eşdeğer viskoz) sönüm oranı
β_{eq}	: Etkili sönüm oranı
Δ	: Kat ötelemesi, Kesitin toplam (elastik+plastik) uzama miktarı
Δ_y	: Kesitin akma anındaki uzaması
Δl	: Boy değişmesi
Δl_e	: Elastik boy değişmesi
Δl_p	: Plastik boy değişmesi
Δ_{roof}	: En üst katın yatay ötelemesi
δ	: Yer değiştirme (d)
δ_t	: Hedef yer değiştirme
κ	: Yapının davranışına bağlı düzeltme çarpanı
λ	: Narinlik oranı
χ	: Eğrilik

χ_e	: Elastik eğrilik
χ_p	: Plastik eğrilik
φ	: Dönme
φ_p	: Plastik mafsalsal dönmesi
$\text{maks}\varphi_p$	: En büyük plastik mafsalsal dönmesi
$\Phi_{1,\text{roof}}$	: En üst katta birinci modun genliği
θ	: Kesitin toplam (elastik+plastik) dönme miktarı ($\sum \theta_{(k)} \text{ iPM}$)
θ_y	: Kesitin akma anındaki dönmesi
μ	: Süneklilik oranı
ν	: Poisson oranı



BETONARME DÜZENSİZ BİR BİNANIN DEPREM GÜVENLİĞİNİN DOĞRUSAL OLMAYAN YÖNTEMLE İNCELENMESİ

ÖZET

Sunulan bu tez çalışmasında alışlagelmiş mimari planların dışında bir geometriye sahip 10 kat, 15 kat ve 20 kattan oluşan üç betonarme yapının TS 500 ve Deprem Yönetmeliği'ne uygun boyutlandırılması ve bu yapıların doğrusal olmayan analizi yapılmıştır.

Birinci bölüm konuya giriş ve yapılan genel kabulleri içermektedir. İkinci bölümde, yapı sistemlerinin doğrusal olmama nedenleri anlatılmış ve ilgili analiz yöntemleri açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde, ATC 40 Yaklaşımı ve FEMA 356 Yaklaşımı'nın ilgili bölümleri özetlenmiştir. Bu iki yaklaşım mevcut binaların doğrusal yöntemle ve doğrusal olmayan yöntemle performansa dayalı tasarımını anlatmaktadır. Çeşitli performans seviyeleri ve deprem kuvvetleri tanımlamıştır. Bu çalışmada, binaların doğrusal olmayan yöntemle analizi yapıldığı için sadece bu yöntem açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde, sözkonusu yapıların yönetmeliğe uygun boyutlandırılması yapılmıştır. "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" (Deprem Yönetmeliği) ve "Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları" (TS 500). Çeşitli yükleme durumlarına ait kesit tesirleri ve betonarme hesapları ETABS v8.47 programı yardımı ile yapılmıştır.

Beşinci bölümde, klasik betonarme tasarımı yapılan bu yapıların doğrusal olmayan davranışları, ATC 40 yaklaşımının önerdiği kapasite spektrum yöntemi, FEMA 356 yaklaşımın önerdiği yerdeğiştirme katsayıları yöntemi ve yakında uygulamaya sunulacak olan Tasarı Afet Yönetmeliği' nin önerdiği artımsal itme analizi esas alınarak yapılan elastik olmayan performans değerlendirmesi yöntemi ile araştırılmıştır. Doğrusal olmayan analiz yapının boyutlandırılmasında da kullanılan ETABS v8.47 programı aracılığı ile yapılmıştır.

Çalışmanın sonunda, üç betonarme binanın doğrusal olmayan analiz sonuçlarına göre klasik betonarme tasarım yöntemi ile doğrusal olmayan tasarım yöntemleri karşılaştırılmıştır.

NONLINEAR SEISMIC ANALYSIS OF AN IRREGULAR REINFORCED CONCRETE STRUCTURE

SUMMARY

In the present study, nonlinear seismic analysis of three reinforced concrete buildings having ten, fifteen and twelve stories are carried out to evaluate their nonlinear behavior and seismic safety by various methods and the results are presented comparatively.

The first chapter consists of an introduction to the problem and gives general assumptions used. In the second chapter assumptions related to nonlinear analysis of structures are explained detaily. The methods used for the nonlinear analysis are defined.

In the third chapter, ATC-40 and FEMA-356 Projects which give nonlinear approaches for the seismic analysis of buildings is summarized. These two documents gives performance based evaluation existing building by considering linear and non-linear method. They define various performance levels and seismic forces. Here the non-linear method is explained, because the application is carried out by using this method only.

In the fourth chapter, the traditional design of reinforced concrete buildings is done according to the Turkish Codes. "Specifications for Structures to be Built in Disaster Areas" (Turkish Earthquake Code) and "Requirements for Design and Construction of Reinforced Concrete Structures" (TS500). Structural analysis of the reinforced concrete system is done using structural program ETABS v8.47.

In the fifth chapter, the structural program ETABS v8.47 is used for the non-linear analysis of the buildings to investigate non-linear behaviour of the structures. The nonlinear pushover analysis carried out by capacity spectrum method proposed by ATC-40 Project, displacement coefficient method proposed by FEMA-356 Project and the pushover analysis method proposed by Draft Turkish Earthquake Code.

According to the non-linear seismic analysis of three reinforced buildings, comparative investigation between the traditional design method and nonlinear design methods is done at the end of study.

1. GİRİŞ

1.1 Giriş

Dinamik dış etkiler yapıların boyutlandırılmasında esas alınan yüklerden biridir. Zamanla hızlı değişen bu dış etkiler altında oluşan atalet kuvvetlerinin belirlenmesindeki zorluk mühendisleri çeşitli kabullere götürmüştür. Bu kabullerinden biri eşdeğer deprem yükü yöntemidir. Yapılan diğer kabuller ise modların süperpozisyonu yöntemi, zaman tanım alanında çözüm yöntemleri olarak sıralanabilir. Bulunan bu dış etkiler elastik ötesi davranışı temsil eden bir katsayısı ile azaltılır. Anlaşılabacağı üzere bu kabulde, elastik hesaplarda bulunan dinamik hesaba esas iç kuvvetler, yapıdaki elastik ötesi kapasite sebebiyle, belirli hasarlar kabul edilerek belirli bir katsayı ile azaltılmaktadır. Klasik betonarme tasarımına esas teşkil eden bu kabulün genişletilmesi ile performansa dayalı tasarım yöntemine ulaşılır.

Performansa dayalı tasarımın yönteminde yapının kapasitesinin bulunması gerekir. Kapasite bulunurken doğrusal olmayan çözümleme yöntemleri kullanılır. Hedef deprem istemi ile yapı kapasitesinin kesiştiği nokta performans noktası olarak adlandırılır. Bulunan noktaya ait sınır durumlar, hasar sınır durumları ile karşılaştırılır. Böylece boyutlamada öngörülen hedeflerin kontrolü yapılmış olur.

Elemanlardaki elastik ötesi kapasitesinin daha belirgin sınırlar içinde, öngörülen deprem istemini karşılamasını hedefleyen performansa dayalı tasarım bu tez çalışmasının konusunu oluşturmaktadır.

1.2 Konu

Bu çalışmada alışlagelmiş mimari planların dışında bir geometriye sahip 10 kat, 15 kat ve 20 kattan oluşan üç betonarme yapının TS 500 ve Deprem Yönetmeliği'ne uygun boyutlandırılması ve bu yapıların doğrusal olmayan analizi yapılmıştır. Buna göre, ülkemiz yönetmeliklerine uygun olarak boyutlandırılan bu yapıların, deprem

yükleri karşısında göstermiş olduğu performans incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda, yapıların boyutlandırılmasına ilişkin Deprem Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri yorumlanmıştır.

Sunulan bu çalışma kapsamında klasik betonarme yapı tasarımı işlemi ve klasik tasarımın genişletilmesi olarak düşünülebilen doğrusal olmayan analiz sonuçları karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Karşılaştırma yapılırken yapının performans noktasındaki durumu esas alınmıştır.

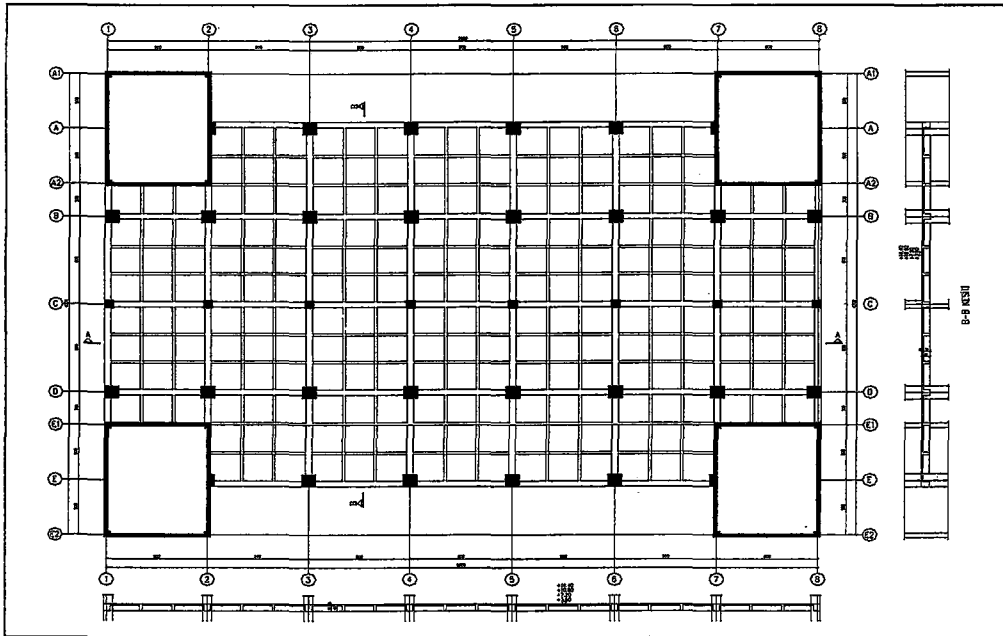
Çalışmanın içeriği aşağıdaki şekildedir.

1. Bölüm' de konu ve çalışmanın amacı özetlenmiştir.
2. Bölüm' de yapı sistemlerinin doğrusal olmayan analiz yöntemleri belirtilmiştir. Bu yöntemlerin hesap esasları ve yapılan kabullerine kısaca değinilmiştir.
3. Bölüm'de yapı sistemlerinin performansa dayalı tasarımı anlatılmıştır. Bu doğrultuda, ATC 40 Yaklaşımı ve FEMA 356 Yaklaşımı'nın ilgili bölümleri özetlenmiştir.
4. Bölüm'de sözkonusu üç yapının boyutlandırılması yapılmıştır. Düşey ve deprem yüklerinin oluşturduğu çeşitli yükleme durumlarına ait kesit tesirleri ve betonarme hesapları ETABS v8.47 (Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems) programı yardımı ile yapılmıştır. Bunun için, ön boyutlandırma işleminden sonra seçilen kesitler için yatay yüklere göre çözüm yapılmıştır. Çalışmaya esas yapıların düzensizlik durumları ayrıntılı olarak incelenmiştir. Daha sonra betonarme kesit hesapları yapılarak uygulama paftaları çizilmiştir.
5. Bölüm'de klasik betonarme tasarımı yapılan bu yapıların doğrusal olmayan davranışları araştırılmıştır. Doğrusal olmayan analizleri, ATC 40 yaklaşımının önerdiği kapasite spektrum yöntemi, FEMA 356 yaklaşımın önerdiği yerdeğiştirme katsayısı yöntemi ve bu sene içerisinde uygulamaya sunulacak olan Tasarı Deprem Yönetmeliği' nin önerdiği artımsal itme analizi esas alınarak yapılmıştır. Yapıların doğrusal olmayan analiz sonuçları hem kendi içinde hem de karşılaştırılmalı olarak yorumlanmıştır. Sonuçlar yorumlanırken, yönetmeliğe göre boyutlandırılan bu yapıların yatay yükler altındaki performansı ayrıntılı olarak irdelenmiştir.
6. Bölüm'de çalışmada ulaşılan sonuçlar toplu bir şekilde özetlenmiştir.

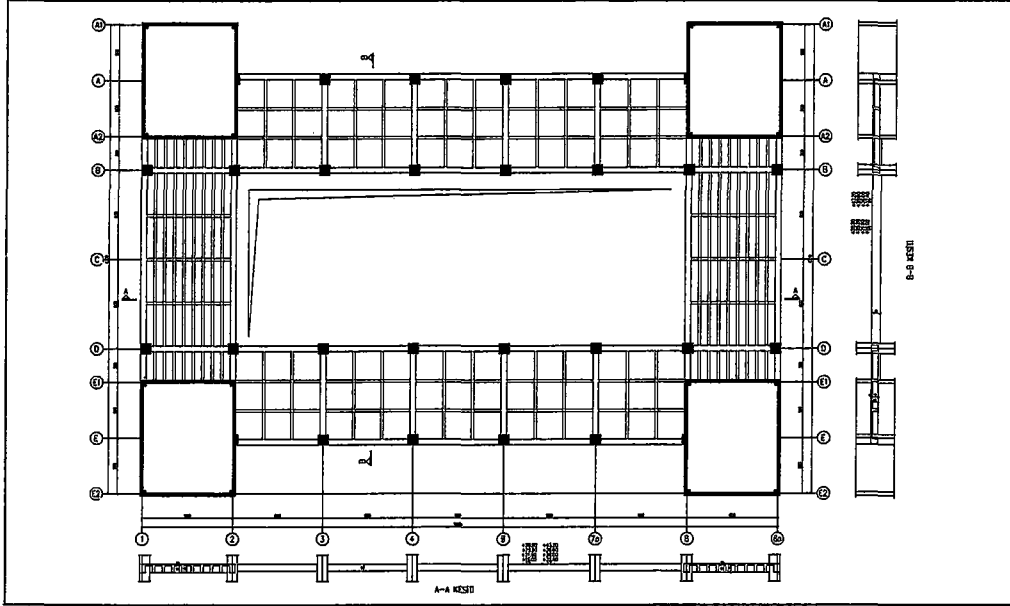
1.3 Hesaba Esas Yapıların Tanımı

İş merkezi olarak tasarlanan sözkonusu yapıların plandaki boyutları aynıdır. Planda 1872m^2 kat alanına sahiptirler. Toplam yapı yükseklikleri 72m, 54m ve 36m dir. Kat yüksekleri tüm yapılar için 3.6m dir. Kalıp planlarından da görüleceği üzere (Şekil 1.1 ve Şekil 1.2) ilk dört kattan sonra 2-7 ve B-D aksları arası 640 m^2 lik bir boşluk vardır. Taşıyıcı sistem olarak betonarme çerçeve ve perde sistem tercih edilmiştir. Yapının dört köşesinde $10\text{m} \times 8\text{m}$ lik dört adet çekirdek perde vardır. Merdiven, asansör ve tesisat boşlukları bu bölümlerde bulunmaktadır. Planda $8\text{m} \times 8\text{m}$ lik bölümlerde düşey yüklerin ana kirişlere aktarılabilmesi için her iki doğrultuda ikişer adet tali kiriş kullanılmıştır. 16m lik bölüm tek doğrultuda yük aktaran nervür kirişleri ile geçilmiştir. Yapı ile ilgili diğer parametreler aşağıda özetlenmiştir:

- Malzeme olarak, düşey taşıyıcı elemanlarda C35 kalitesinde betonarme betonu, diğer elemanlarda C30 kalitesinde betonarme betonu kullanılmıştır. Donatı olarak S420 kalitesinde donatı tercih edilmiştir.
- Yapı II. derece deprem bölgesindedir.
- Yapı Z2 sınıfı zemin üzerinde yer almaktadır.
- Bina önem katsayısı 1.2 dir.
- Hareketli yük katılım katsayısı 0.60 alınmıştır.



Şekil 1.1 Yapının +10.80m Kotu Kalıp Planı



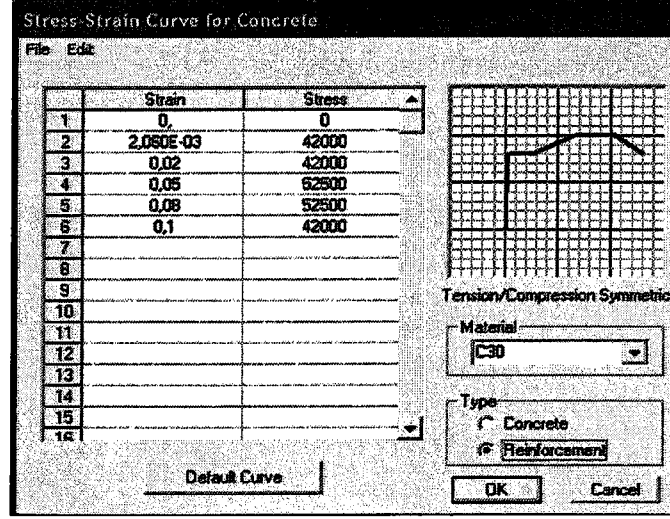
Şekil 1.2 Yapının +18.00m Kotu Kalıp Planı

1.4 Çalışmada Yapılan Kabuller

Yapının boyutlandırılmasında esas alınan kabuller ve parametreler,

- Tüm yapıda düşey sabit yük olarak 4.50 kN/m^2 , hareketli yük olarak 3.50 kN/m^2 esas alınmıştır. (Taşıyıcı sistem zati ağırlıkları program tarafından hesaplanmaktadır.)
- Taşıyıcı sistem davranış katsayısı olarak deprem yüklerinin çerçeveler ve perdelerle birlikte taşındığı binalar için önerilen 7 katsayısı seçilmiştir.
- Yatay yük olarak deprem yükleri alınmıştır.
- Bu yatay deprem yükleri mod birleştirme yöntemi ile bulunmuştur.
- Düşey ve yatay dış etkilerden meydana gelen iç kuvvet, şekil değiştirme ve yerdeğiştirmeler ETABS V 8.47 programı aracılığı ile elde edilmiştir.
- Taşıyıcı olmayan elemanlar taşıyıcı sistem modeline dahil edilmemiştir. Bu doğrultuda döşeme yüklerini ana taşıyıcı kirişlere aktaran tali kirişler de modele dahil edilmemiştir.
- Betonarme hesapları ACI 318-99 yönetmeliğine göre yapılmıştır [4]. Buna göre taşıma gücü hesap yönteminde,
 - Eğilmeden önce düzlem olan kesitler, eğilmeden sonrada düzlem kalır.

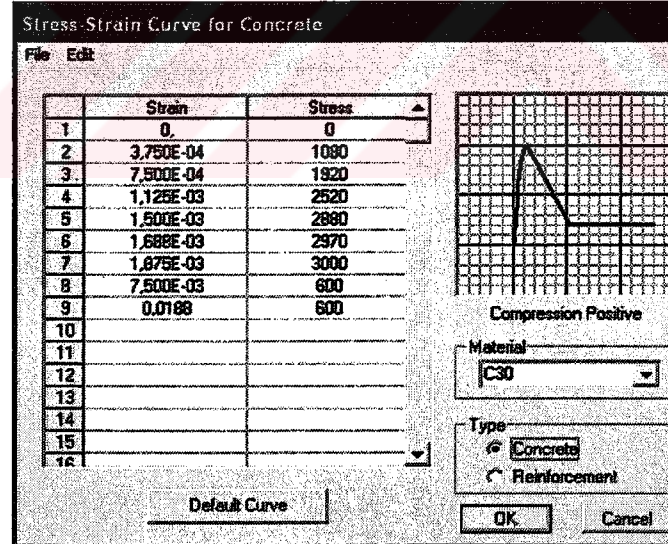
- Beton çatladıktan sonra, betonun çekme dayanımı ihmal edilir.
- Donatı için kabul edilen gerilme-şekil değiştirme diyagramı



Şekil 1.3 S420 Donatısı için Gerilme-Şekildeğiştirme Diyagramı

Şekilden de anlaşılacağı üzere, donatının aktıktan sonra $1.25 f_y$ kadar peklediği varsayıldı.

- Beton için kabul edilen gerilme-şekil değiştirme diyagramı



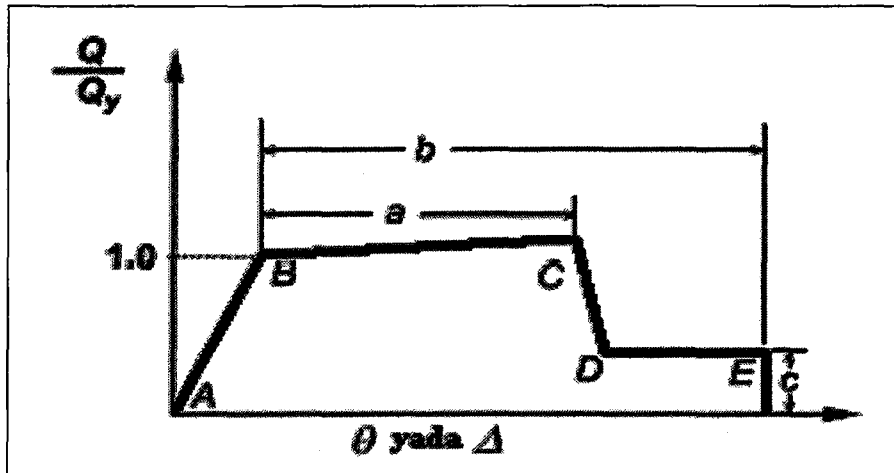
Şekil 1.4 C30 Betonu için Gerilme-Şekildeğiştirme Diyagramı

- Çekirdek perdeleri boşluksuz perdeler olarak kabul edilmiştir.
- Kat seviyelerinde rijit diyafram kabulü yapılmıştır. Buna göre, yapının deprem yükü analizi yapılırken deprem yükünün etkimeidiği, atalet kuvveti ve sönüm kuvveti oluşturmayan yerdeğiştirme bileşenleri indirgenmiştir.

- Benzer düşünceyle, eşdeğer deprem yükünde zamana bağlı kat kesme kuvvetleri kat seviyelerinde etkilmiştir.
- Kurulan üç boyutlu taşıyıcı sistem modelinde, kolon ve kirişler çubuk eleman olarak, perdeler kabuk eleman olarak, döşemeler levha eleman olarak modellenmiştir.
- Taşıyıcı sistem hesabında, kirişlerin dikdörtgen kesitli (tablasız) olduğu kabul edilmiştir.
- Boyutlamada aşağıdaki yük birleştirmeleri esas alınmıştır.
 - $GQ = G + Q$
 - $GGQQ = 1.4G + 1.6Q$
 - $GQSPECX = G + Q \mp SPECX$
 - $GQSPECY = G + Q \mp SPECY$
 - $GSPECX = 0.9G \mp SPECX$
 - $GSPECY = 0.9G \mp SPECY$

Yapının doğrusal olmayan analizinde esas alınan kabuller ve parametreler,

- Perdeler çubuk eleman olarak modellenmiştir.
- Plastik mafsalsal olarak Şekil 1.5 teki yük-şekildeğiştirme diyagramına eşdeğer davranış gösteren mafsalsal kullanılmıştır.



Şekil 1.5 Plastik Mafsalsal Kabulü

Şekil 1.5 ten anlaşılacağı üzere, yatay ve düşey eksenlerdeki değerler akma durumuna karşı gelen değerler ile normalleştirilmiştir. Sınır durum değerleri olarak ATC 40 Yaklaşımı tarafından önerilen değerler kullanılmıştır. Böylece, her bir adımda plastik mafsalları tanımlanan kesitlerdeki dönme değerlerine karşı gelen performans seviyeleri bulunabilmektedir.

- Yapısal olmayan elemanlardaki sönüm ihmal edilmiştir.
- Kiriş elemanlar için güçlü eksen etrafındaki eğilme rijitliği çatlamış kesit oluşturabilmek için $0.40 EI_o$ alınmıştır.
- Kolon ve perde elemanların her iki eksen etrafındaki eğilme rijitliği çatlamış kesit oluşturabilmek için belirli bir katsayı ile azaltılmıştır. Buna göre,
 $0.40 EI_o$ (eğer $N_d/A_s f_{ck} < 0.10$)
 $0.80 EI_o$ (eğer $N_d/A_s f_{ck} \geq 0.40$)
- Elemanların kesme kuvveti rijitliği azaltılmamıştır.
- Kesme kuvveti donatısının (etkiye ve çiroz) sünekliliğe katkısı dikkate alınmamıştır. Moment-eğrilik bağıntıları, betonarme kesitlerdeki boyuna donatı alanından hareketle hesap edilmiştir.
- Yapının ankastre olarak zemine mesnetlendiği varsayılmıştır. Dolayısı ile zemin-temel etkileşimi ve bu etkileşimin üst yapıya etkileri bu tez çalışması kapsamı dışında tutulmuştur.

Yapı ile ilgili çizimler ekte sunulmuştur.

S01 : +3.60m ile +14.40m Kotları Arası Kalıp Planı

S02 : +18.00m ile +43.20m Kotları Arası Kalıp Planı

S03 : +46.80m ile +72.00m Kotları Arası Kalıp Planı

S04 : ± 0.00m ile +14.40m Kotları Arası Kolon Aplikasyon Planı

S05 : +14.40m ile +43.20m Kotları Arası Kolon Aplikasyon Planı

S06 : +43.20m ile +72.00m Kotları Arası Kolon Aplikasyon Planı

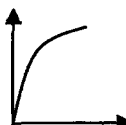
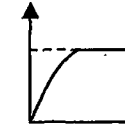
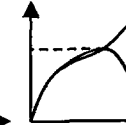
S07 : Kolon, Kiriş, Perde Kesit ve Detayları

2. YAPI SİSTEMLERİNİN DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZİ

2.1 Doğrusal Olmayan Sistemler

Sistemlerin lineer (doğrusal) olmaması iki sebepten kaynaklanır. Birincisi, malzemenin lineer elastik olmaması nedeniyle gerilme şekil değiştirme (bünye denklemleri) bağıntılarının lineer olmamasıdır. İkincisi, geometri değişimlerinin büyük olduğu kabul edilen sistemlerde denge ve geometrik uygunluk şartlarının lineer olmamasıdır [10]. Bir sistemin lineer olmaması için bu nedenlerden biri yeterlidir. Bazı sistemlerde her iki sebepten dolayı lineer olmama söz konusu olabilir. Bahsedilen durumlar ayrıntılı bir şekilde Tablo 2.1 de görülebilir.

Tablo 2.1 Yapı Sistemlerinin Davranışları

Çözümün Sağlaması Gereken Koşullar	Doğrusal Sistemler	Doğrusal Olmayan Sistemler				
		Malzeme Bakımından (1)	Geometri Değişimleri Bakımından (2)		Her İki Bakımdan (1+2)	
			İkinci Mertebe Teorisi	Sonlu Yerdeğiştirme Teorisi	İkinci Mertebe Teorisi	Sonlu Yerdeğiştirme Teorisi
Bünye Denklemleri (Gerilme-Şekil Değiştirme Bağıntıları)	Doğrusal Elastik	Doğrusal Elastik Değil	Doğrusal Elastik	Doğrusal Elastik	Doğrusal Elastik Değil	Doğrusal Elastik Değil
Denge Denklemlerinde Yer Değiştirmeler	Küçük	Küçük	Küçük Değil	Küçük Değil	Küçük Değil	Küçük Değil
Geometrik Uygunluk Koşullarında Yer Değiştirmeler	Küçük	Küçük	Küçük	Küçük Değil	Küçük	Küçük Değil
P-δ Bağıntıları						

Denge denklemlerinde, “yerdeşiştirmeler kk demek” denge denklemlerinin şekil değiştirmemiş sistem üzerinde yazılacağı, “kk değil demek” denge denklemlerinin şekil değiştirmiş sistem üzerinde yazılacağı anlamına gelir. Benzer şekilde geometrik süreklilik denklemlerinde “yerdeğiştirmeler kk demek” geometrik süreklilik denklemlerinin şekil değiştirmemiş sistem üzerinde yazılacağı, “kk değil demek” geometrik süreklilik denklemlerinin şekil değiştirmiş sistem üzerinde yazılacağı anlamına gelir. Tablodan da anlaşılacağı üzere, doğrusal olmayan davranış gösteren yapı sistemleri  türlüdür:

1. Malzeme bakımından lineer olmayan sistemler
2. Geometri değişimi bakımından lineer olmayan sistemler
3. Her iki bakımdan lineer olmayan sistemler

2.1.1 Malzeme Bakımından Doğrusal Olmayan Sistemler

Bu tür sistemlerde, malzemenin lineer elastik olmaması nedeni ile gerilme şekildeğiştirme bağıntılarının lineer olmaması durumu vardır. Hesap yöntemi olarak ardışık yaklaşım yöntemi uygulanır. Buna göre, ilk adımda lineer elastik hesap yapılır. Elde edilen sonuçlara bağlı olarak, lineerleştirme tekniklerinden biri ile ikinci adıma ait EI rijitlik ve χ dönme değerleri bulunur. Benzer adımlar ardışık olarak tekrarlanır. Ardışık iki adımda bulunan sonuçlar yeter derece yakın olduğu zaman hesaba son verilir.

Lineerleştirme teknikleri

- Başlangıç teğeti yöntemi
- Başlangıç kirişi yöntemi
- Teğet yöntemi
- Kiriş yöntemi

Bu yöntemlere ilişkin detaylı bilgiye ilgili kaynaklardan bakılabilir [10].

2.1.1.1 Plastik Mafsal Teorisi

Bu hipotezde yeter derecede süneklilik özelliği gösterebilen, oluşması muhtemel plastik mafsal bölgelerinin çok büyük olmadığı sistemlerde lineer olmayan şekil değiştirmelerin plastik mafsal adı verilen kesitlerde toplandığı, diğer bölümlerde ise lineer davranışın devam ettiği kabul edilir.

2.1.1.2 Yük Artımı Yöntemi ile Plastik Mafsal Teorisine Göre Hesap

Yükler aralarındaki oran sabit kalacak şekilde arttırılır. Her plastik mafsalın oluşumundan sonra o noktaya eğilme momentine uygun bir plastik mafsal koymak, ve M_p momentini dış yük olarak etkitmek suretiyle elde edilen sistem lineer elastik teoriye göre hesaplanır. Sistem belirli sayıda plastik mafsal oluşumundan sonra tümüyle veya bölgesel mekanizma durumuna gelir. Bu duruma karşı gelen yüke “limit yük” denir. Bazen limit yükten önce plastik mafsallardaki dönmelerin kapasitelerini aşması, sistemde büyük yerdeğiştirmelerin oluşması, veya betonarme sistemlerde büyük çatlakların meydana gelmesi suretiyle sistem göçebilir. Bu durumda $P_{göçme} < P_{limit}$ olabilir [12].

2.1.2 Geometri Değişimi Bakımından Doğrusal Olmayan Sistemler

Yer değiştirmelerin yeter derece küçük olmadığı sistemlerde denge denklemlerinin şekil değiştirmiş eksen üzerinde yazılması gerekmektedir. Geometri değişimlerinin denge denklemlerine etkisinin gözönüne alındığı bu teoriye “II. Mertebe Teorisi” denir. II. Mertebe teorisinde yerdeğiştirmelerin geometrik süreklilik denklemlerine etkisi terk edilmektedir. Bu etkilerin gözönüne alındığı hesap yöntemine “Sonlu Yerdeğiştirme Teorisi” denir.

Bu yöntemde de bir ardışık yaklaşım yapılmaktadır. Çünkü, şekil değiştirmiş eksen başta bilinmemektedir. Ardışık iki adımda kullanılan eksenler yeter derecede birbirine yakın olunca hesaba son verilir. Hesaplar iki şekilde yapılabilir:

- Yaklaşık Yöntem
- Fiktif Kesme Kuvvetleri ile Hesap

Her adımda şekil değiştirmiş eksen üzerinde denge denklemleri yazmak yerine yüksüz eksen esas alınabilir. Bu durumda her adımda “ $N \frac{\delta}{L} 2\lambda$ ” fiktif kesme

kuvvetleri dikkate alınır.

N = Normal kuvvet

δ = II. Mertebe moment oluşturan mesafe

L = Moment kolu

Buradaki λ terimi elastik eğrinin doğrusal olmamasından kaynaklanmaktadır. Genellikle $1.0 \leq \lambda \leq 2.0$ arasındadır.

2.1.3 Her İki Bakımdan Doğrusal Olmayan Sistemler

Bu tür sistemlerde, hem malzeme bakımından hem de yerdeğiştirme bakımından lineer olmama durumu vardır. Hesap yöntemi olarak ardışık yaklaşım yapılır. Her adımda, denge denklemleri yer değiştirmiş eksen üzerinde yazılır. Bununla beraber her adıma ait bünye bağıntıları olarak lineerleştirme tekniklerinden biri kullanılarak elde edilen değerler kullanılır.

2.2 Doğrusal Olmayan Analiz Türleri

Malzeme ve geometri değişimleri bakımından doğrusal olmayan sistemlerin artan dış yükler altındaki davranışının belirlenebilmesinde iki yöntem uygulanır:

- Kuvvet kontrollü analiz
- Yerdeğiştirme kontrollü analiz

2.2.1 Kuvvet Kontrollü Analiz

Hesabın başlangıcında yük parametresi seçilir ve ardışık yaklaşımın her adımında bu yük parametresi esas alınarak hesap yapılır. Bu durumda elde edilecek çözüm, sistemin başlangıçta seçilen yük parametresi için çözümdür [11].

2.2.2 Yerdeğiştirme Kontrollü Analiz

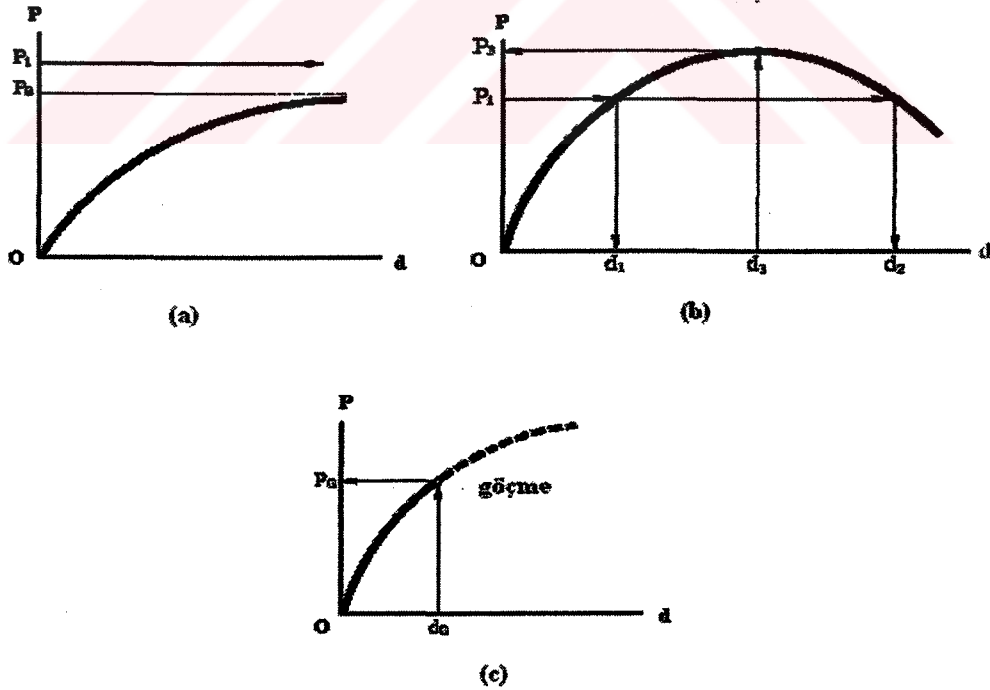
Hesabın başlangıcında, sisteme ait bir büyüklük seçilir. Bu büyüklük yer değiştirme, şekil değiştirme veya iç kuvvet olabilir. Ardışık yaklaşımın her adımında, seçilen değere karşı gelen yük parametresi hesabı amaçlanır. Bu durumda, ardışık yaklaşımın sonunda bulunan yük parametresi sistemde seçilen büyüklüğü meydana getiren değere eşit olacaktır. Elde edilen iç kuvvet, şekil değiştirme ve yer değiştirmeler ise sistemin bu yük parametresi için çözümünü vermektedir [11].

İki analiz türü karşılaştırıldığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılır:

- Tek serbestlik dereceli sistemlerde, seçilen herhangi bir büyüklük sistemin iç kuvvet, şekil değiştirme ve yerdeğiştirme durumunu tanımlamak için yeterli olduğundan, yerdeğiştirme kontrollü analiz sonuçları kesindir. Tek adımda sonuca ulaşılmış olur. Çok serbestlik dereceli sistemlerde ise, ardışık yaklaşımın birinci adımında elde edilen çözüm artan yükler altında sistemdeki

büyükliklerin aralarındaki oran sabit kalacak şekilde değişeceği varsayımı ile problemin yaklaşık çözümünü vermektedir.

- Şekil 2.3a dan görüleceği üzere, sistemin taşıma gücünü aşan yük parametreleri için, kuvvet kontrollü analiz sonuç vermemektedir. Buna karşın, yerdeğiştirme kontrollü analizde seçilen her yer değiştirme değeri için aranan çözüm bulunabilmektedir.
- Şekil 2.3b den de anlaşılacağı üzere, (P-d) eğrisi bir maksimum değerden geçen sistemlerde, seçilen tek yük parametresine için birden fazla yerdeğiştirme karşı geldiği halde, her yerdeğiştirme değeri için tek bir yük parametresi elde edilmektedir. Bu özellik dikkate alınacak olursa, yer değiştirme kontrollü analiz ile elde edilen çözümlerin, limit yükün bulunması için daha kullanışlı niteliğe sahip olduğu görülmektedir.
- Göçmenin kırılma, büyük yer değiştirmeler veya büyük plastik şekil değiştirmeler nedeniyle meydana gelmesi halinde, söz konusu kritik büyüklüğün seçilen sınır değeri için hesap yapmak suretiyle, yerdeğiştirme kontrollü analizde göçme yükü doğrudan doğruya elde edilebilmektedir. (Şekil 2.3c)



Şekil 2.3 Kuvvet ve Yer Değiştirme Kontrollü Analiz Yöntemlerinin Karşılaştırılması

3. YAPI SİSTEMLERİNİN PERFORMANSA DAYALI TASARIMI

3.1 Giriş

Yerdeğiştirme esaslı performansa dayalı tasarım ve değerlendirme yöntemleri özellikle son yıllarda sıkça kullanılmaya başlamıştır. Bu tasarımın çıkış noktasında, yapıların doğrusal olmayan davranışının gerçekçi olarak belirlenmesi ve klasik tasarımda öngörülen hedeflerin kontrol edilebilmesi düşüncesi vardır. Bu doğrultuda yerdeğiştirme esaslı doğrusal olmayan analiz yöntemleri adı altında çeşitli yaklaşımlar üretilmiştir. Bu yaklaşımlardan ATC 40 (Applied Technology tarafından yayınlanan “*Guidelines and Commentary for Seismic Rehabilitation of Buildings*”) ve FEMA 356 (Federal Emergency Management Agency tarafından yayınlanan “*NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings*”) projeleri en bilinenleridir. Bu çalışma kapsamında bu iki yaklaşımın ilgili bölümleri özetlenmiştir.

Genel olarak performansa dayalı tasarım kavramına baktığımızda bunun klasik yapı tasarımı ile örtüştüğünü görmekteyiz. Şöyleki, klasik yapı tasarımı kullandığımız kullanma sınır durumu ve taşıma gücü sınır durumu performans noktaları olarak değerlendirilebilir. Kullanma sınır durumunda, işletme yükleri altında tarif edilen emniyet gerilmeleri kullanılarak hesaplar yapılır. Taşıma gücü hesap yönteminde ise arttırılmış yükler altında, malzemenin şekil değiştirme durumları için yapılan kabullerden hareketle hesaplar yapılır. Hedeflenen performans seviyelerini de benzer şekilde görebiliriz. Yapıların, küçük depremleri hasarsız atlatması, orta büyüklükteki depremleri can güvenliğini sağlayacak şekilde atlatması, büyük depremlerde ise toptan göçmenin engellenmesi hedeflenir. Görüleceği üzere klasik boyutlandırmada kullanılan performans noktaları ve hedefleri ayrıntılı değildir. Bu noktadan hareketle, klasik tasarım kavramını birkaç adım öteye götürülmesi ile amaçların daha belirgin olduğu, yapının daha ayrıntılı analizinin yapılabileceği performansa dayalı tasarım ve değerlendirme kavramı ortaya çıkmıştır.

3.2 ATC 40 Yaklaşımı

Performansa dayalı tasarım konusunda hazırlanan ilk yaklaşımdır. Kapsamı betonarme binalar ile sınırlıdır. Mevcut yapıların incelenmesine yönelik hazırlanmıştır. Günümüzde yeni yapılacak yapıların incelenmesi içinde kullanılmaktadır. Yöntemin esası, deprem etkisi altında yapıda oluşması beklenen performans seviyesinin belirlenmesi ve bu seviyenin kontrol edilmesidir. Bu performans seviyesinin belirlenebilmesi için, dikkate alınacak deprem yükünün sınırlarının çizilmesi gerekir. Ayrıca performans seviyesi diye tarif edilen durumlarının matematiksel olarak ifade edilmesi gerekir. Bazı durumlar yoruma açık bırakılmıştır. Bu noktada mühendisin bilgi ve tecrübesi önem kazanmaktadır. Genel olarak, bu analizde iki kavram öne çıkmaktadır.

- Performans amacı
- Performans seviyesi

3.2.1 Performans Amacı

Yapıda depremden sonra nasıl bir hasar seviyesi ve bununla ilgili olarak nasıl bir performans seviyesi kabul edilecektir. Bunların belirlenmesinde hangi deprem esas alınacaktır. Bu iki sorunun cevabının birleştirilmesi ile “Bina Deprem Performans Amacı” tanımlanır [6].

3.2.2 Performans Seviyesi

Yapıda performans seviyesi, gözönüne alınan depremde oluşacak hasar ve buna bağlı olarak yapının kullanıma devam edebilmesine bağlı olarak tanımlanır. Buradaki hasar kavramı ile anlatılmak istenen, hem yapısal elemanlarda hem de yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarı kapsamaktadır.

3.2.2.1 Yapısal Performans Seviyeleri

Yapısal elemanlar, binanın taşıyıcı sistemini oluşturan kolon, kiriş, perde gibi birincil elemanlar ile ana taşıyıcı sistem dışındaki tali elemanlardan oluşmaktadır.

Bu elemanlarda, deprem sonrasında meydana gelebilecek hasar miktarına göre çeşitli performans durumları öngörülmektedir. Tablo 3.1 de bu performans seviye ve aralıklarına ilişkin tanımlar verilmiştir.

Tablo 3.1 Yapısal Performans Seviye ve Aralıkları

Performans Seviyesi	Performans Aralığı	Tanım
SP-1		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 Stabilite Performans Seviyesi
SP-6		Yapısal Performansın Gözönüne Alınmadığı Durum

SP-1 (Hemen Kullanım): Depremden sonra çok sınırlı hasar meydana gelmiştir. Binanın depremden önceki taşıyıcılık özellikleri ve kapasitesi hemen hemen aynen korunmaktadır. Yapısal hasarlardan kaynaklanan bir yaralanma söz konusu değildir. Bina deprem sonrasında sınırsız olarak kullanıma açıktır.

SP-2 (Hasar Kontrollü): Bu durum SP-1 ve SP-3 seviyeleri arasındaki bir aralığa karşı gelmektedir. Hasarın belirli ölçüde sınırlandırılması yanında can güvenliği de sağlanmaktadır. Deprem yönetmeliklerinde, 50 yıllık bir süre içerisinde aşılma olasılığı %10 olarak tanımlanan depremde öngörülen performans seviyesi bu aralığa düşer.

SP-3 (Can Güvenliği): Deprem sonrasında taşıyıcı sistemde önemli ölçüde hasar olmasına karşın, yerel veya toptan göçme söz konusu değildir. Binanın toptan göçmeye karşı kapasitesi hala bulunmaktadır.

SP-4 (Sınırlı Güvenlik): SP-3 ve SP-5 seviyeleri arasındaki duruma karşılık gelir. Bir binanın güçlendirilmesinde can güvenliğinin tam olarak sağlanması durumunda göz önüne alınabilir.

SP-5 (Toptan Göçmenin Önlenmesi): Bu seviye, taşıyıcı sistemin güç tükenmesi sınırında bulunmasına karşılık gelir. Deprem sonrası sistemde önemli hasar meydana gelmiş olup binanın taşıyıcı elemanlarında kapasitenin yitirilmesi söz konusudur. Can güvenliği sınırı aşılmış olduğu için artçı depremlerle birlikte, güç tükenmesi sınırındaki yapı toptan göçme tehlikesi ile karşı karşıyadır. Hasarın çok

fazla olması nedeniyle binanın mutlaka güçlendirilmesi gerekmektedir. Bu tez çalışmasında yapısal elemanlarda oluşacak performans seviyeleri incelenmiştir.

Tablo 3.2 Yapısal Olmayan Performans Seviyeleri

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 Performansın Göz önüne Alınmadığı Durum

3.2.2.2 Yapısal Olmayan Performans Seviyeleri

Yapısal olmayan elemanlarda , çeşitli performans seviyeleri Tablo 3.2 de tanımlanmıştır.

NP-A (Kullanıma Devam): Depremden sonra yapısal olmayan elemanlarda kullanımı engelleyecek bir durum söz konusu değildir.

NP-B (Hemen Kullanım): Yapısal olmayan elemanlarda önemli bir hasar durumu söz konusu değildir. Kullanımı engelleyen ancak kolayca giderilebilen küçük hasarlar beklenmektedir.

NP-C (Can Güvenliği): Deprem sonrasında yapıda önemli sayılabilecek hasar olmasına karşın binanın yerel veya toptan göçmesi söz konusu değildir. Can güvenliği açısından tehlike görülmemektedir. Binada taşıyıcı olmayan elemanlarda onarım gerekmemektedir.

NP-D (Azaltılmış Hasar): Bu seviyede yaygın bir yapısal olmayan hasar beklenmektedir. Ancak parapet, yığma duvar, cephe kaplaması veya ağır tavan gibi büyük parça düşmesi sonucu bir yaralanma söz konusu değildir. Bu tez çalışması kapsamında yapısal olmayan elemanlarda oluşacak performans seviyeleri incelenmemiştir.

3.2.3 Bina Performans Seviyeleri

Bina performans seviyeleri, binadaki taşıyıcı elemanlar ile taşıyıcı olmayan elemanların performans seviyelerinin bir birleşimi olarak tanımlanır. Binadaki performans seviyelerine ilişkin bilgiler Tablo 3.3 te özetlenmiştir.

Tablo 3.3 Bina Performans Seviyeleri

Yapısal Olmayan Performans Seviyeleri	Yapısal Performans Seviyeleri					
	SP-1 Hemen Kullanım	SP-2 Hasar Kontrolü	SP-3 Can Güvenliği	SP-4 Sınırlı Güvenlik	SP-5 Yapısal Stabilite	SP-6 Gözönüne Alınmadı
NP-A Kullanıma Devam	1-A Kullanıma Devam	2-A				
NP-B Hemen Kullanım	1-B Hemen Kullanım	2-B	3-B			
NP-C Can Güvenliği	1-C	2-C	3-C Can Güvenliği	4-C	5-C	6-C
NP-D Azaltılmış Hasar		2-D	3-D	4-D	5-D	6-D
NP-E Göz önüne Alınmadı			3-E	4-E	5-E Yapısal Stabilite	

1-A (Kullanıma Devam Performans Seviyesi): Binanın yapısal ve yapısal olmayan elemanlarındaki hasar miktarı, kullanımı engelleyecek seviyede değildir.

1-B (Hemen Kullanım Performans Seviyesi): Bu seviye, önemli yapılar için öngörülen bir seviyedir. Binanın hacimleri ve sistemleri kullanılabilir durumda. Bina içindeki eşyalarda hasar görülmesi muhtemeldir.

3-C (Can Güvenliği Performans Seviyesi): Yapısal olan ve olmayan elemanlarda hasar meydana gelebilir. Ancak bu hasar sonrasında yaralanma söz konusu olsa da can güvenliği tehlikesi yoktur. Bu seviye, günümüz yönetmeliklerinin yeni binalar için öngördüğü performans seviyesinden biraz daha düşük olarak tanımlanmıştır.

5-E (Yapısal Stabilit  Performans Seviyesi): Deprem sonrasında binanın yatay yük taşıma kapasitesi tamamen tükenmiştir. Sistem sadece düşey yük altında taşıyıcılığını sürdürebilir. Artçı depremler ile birlikte yapıda g   tükenmesi meydana gelebilir. Binada, taşıyıcı olan ve olmayan elemanlardan dolayı can güvenliği tehlikesi mevcuttur. Bina rölatif kat ötelemeleri öngörülen sınırların çok üstüne çıkmıştır.

3-D (Bina Performans Seviyesi): Taşıyıcı elemanlarda can güvenliği ve taşıyıcı olmayan elemanlarda azaltılmış hasar seviyelerinin birleşimidir. Yönetmeliklerde esas alınan ve 50 yıllık süre içerisinde aşılma olasılığı %10 olan deprem için verilen deprem kuvvetlerinin %75 ini alarak yapılan güçlendirme müdahalesinin böyle bir performans seviyesini sağlaması öngörülür.

3-B (Bina Performans Seviyesi): Bu seviyede, taşıyıcı sistemdeki hasar binanın kullanımına engel olmamaktadır.

Binalar için önemli sayılabilecek bazı performans seviyeleri Tablo 3.4 te özetlenmiştir.

Tablo 3.4 Binalar için Bazı  nemli Performans Seviyeleri

Bina Performans Seviyesi	Performans Seviyesi	Tanım
1-A	SP-1 NP-A	Kullanıma devam performans seviyesi : Yedek sistemlerin devreye girmesi ile kullanıma devam ediliyor, çok az hasar sözkonusudur.
1-B	SP-1 NP-B	Hemen kullanım performans seviyesi : İnceleme sonucu binanın kullanılabilir olduğuna karar veriliyor, küçük onarım gerekli olabilir.
3-C	SP-3 NP-C	Can güvenliği performans seviyesi : Taşıyıcı sistemin kapasitesi hala yeterli, taşıyıcı olmayan sistemde hasar kontrol altındadır.
5-E	SP-5 NP-E	Yapısal stabilit� : Bina ancak ayakta duruyor. Bunun dışındaki her türlü hasar kabul ediliyor.

3.2.4 Deprem Etki Seviyeleri

Deprem hareketini temsil edebilmek için üç adet deprem etki seviyesi tanımlanmıştır. Bunlar sırasıyla, kullanım depremi, tasarım depremi ve maksimum

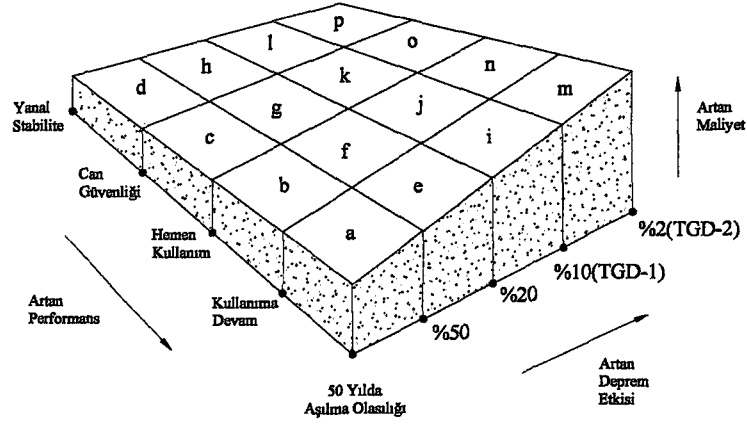
deprem olarak isimlendirilirler. Performansa dayalı tasarımda, bir binanın performans seviyesi belirlenirken, bu binanın hangi deprem etki seviyesinde bulunacağını tanımlanması gerekir. Ayrıca deprem etki seviyesinin belirlenmesi için spektrum eğrisinin tanımlanması gerekir. Deprem etki seviyesinin tanımında, 50 yıllık bir dönüş periyodu esas alınıp aşılma olasılıklarına bağlı olarak çeşitli büyüklükteki deprem etkileri tanımlanır. Bu tanımlara göre 50 yıllık dönüş periyoduna bağlı kalınarak sırasıyla aşılma olasılıkları %50, %20, %10 ve %2 olan deprem etki seviyeleri alınmaktadır. Buna göre, etki seviyeleri aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

Kullanım depremi olarak %50/50 yıl deprem etkileri göz önüne alınır ve bu deprem tasarım depreminin yarısı olarak kabul edilir. Ortalama dönüş periyodu 75 yıl olan bu depremin binanın ömrü boyunca bir veya iki kere ortaya çıkması olası gözükmektedir.

Tasarım depremi olarak %10/50 yıl deprem etkileri göz önüne alınır. Bu depremin etki seviyesi, yönetmeliklerde yeni binaların tasarımında kullanılmak üzere verilmiştir. Ortalama dönüş periyodu 500 yıl olan bu deprem etkisinin yapının ömrü boyunca ortaya çıkması pek olası değildir.

Maksimum deprem olarak 1000 yıllık dönüş periyodu olan deprem göz önüne alınır. Maksimum deprem etki seviyesinin tasarım depreminin 1.25 ile 1.50 katı arasında etkisi olduğu söylenebilir. Yönetmeliklerde yer alan bina önem katsayısı tanımı ile bu arttırım göz önüne alınmış olmaktadır.

Tablo 3.5 te, çeşitli deprem etki seviyeleri için yukarıda tarif edilen durumlar anlatılmak istenmiştir. Seçilen performans noktasının maliyetle olan ilişkisi Şekil 3.1 den görülebilmektedir. Şekilde a-f-k-p ile sembolize edilen performans amaçları ana binalara yönelik, e-j-o performans amaçları önemli binalar için ve i-n performans amaçları çok özel binalar için önerilmektedir.



Şekil 3.1 Bina Performans Seviyeleri

Tablo 3.5 Deprem Etki Seviyeleri

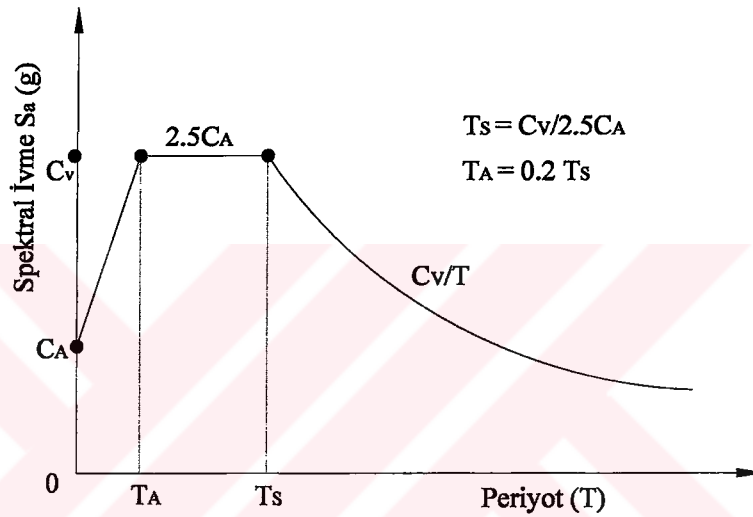
	Bina Performans Seviyesi			
Deprem Etki Seviyesi	Kullanıma devam performans seviyesi 1-A	Hemen kullanım performans seviyesi 1-B	Can güvenliği performans seviyesi 3-C	Yapısal stabilite performans seviyesi 5-E
%50/50yıl Kullanım Depremi	a	b	c	d
%20/50 yıl	e	f	g	h
TGD-1 %10/50yıl Tasarım Depremi	i	j	k	l
TGD-2 ~%2/50yıl Maksimum Deprem	m	n	o	p

3.2.5 Deprem Bölgesi Sismik Karakteristikleri

Hesaplarda göz önüne alınacak depremin temsil edilebilmesi gerekir. Temsil edilen bu depremin etki seviyesini göstermek amacıyla spektrum eğrileri tanımlanır. Diğer bir anlatımla, spektrum eğrisi deprem etkisini temsil eder. Bu eğrinin tanımında C_A ve C_V parametreleri kullanılır.

3.2.5.1 Elastik İvme-Periyot Spektrum Eğrisi

Şekil 3.2 de tipik bir elastik ivme-periyot spektrum diyagramı görülmektedir. Burada C_A zeminin etkili maksimum ivme katsayısını gösterir. C_V ise periyodu 1s olan %5 sönümlü sistemin spektrum değerini gösterir. Bu parametreler deprem katsayısına ZEN ve zemin sınıfına bağlıdır. ZEN ifadesi deprem bölge katsayısı Z , deprem etkisi türü katsayısı E , deprem kaynağına uzaklık N katsayısının çarpımına eşittir. Söz konusu katsayılar Tablo 3.6, Tablo 3.7, Tablo 3.8, Tablo 3.9 ve Tablo 3.10 da görülmektedir.



Şekil 3.2 (Sa - T) Spektrum Eğrisi

Tablo 3.6 Kaynağına Uzaklık Katsayısı

Deprem Kaynağı Türü	Deprem Kaynağına Uzaklık							
	≤ 2 km		5 km		10 km		≥ 15 km	
	NA	NV	NA	NV	NA	NV	NA	NV
A: Büyük Deprem Oluşturan Kaynak	1.5	2.0	1.2	1.6	1.0	1.2	1.0	1.0
B: Orta Deprem Oluşturan Kaynak	1.3	1.6	1.0	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0
C: Küçük Deprem Oluşturan Kaynak	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Tablo 3.7 Deprem Bölge Katsayısı

Bölge	1	2A	2B	3	4
Z	0.075	0.15	0.20	0.30	0.40

Tablo 3.8 Deprem Katsayısı, C_A

CA	Deprem Katsayısı : ZEN					
Zemin	=0.075	=0.15	=0.20	=0.30	=0.40	> 0.40
SA	0.08	0.15	0.20	0.30	0.40	1.0*ZEN
SB	0.08	0.15	0.20	0.30	0.40	1.0*ZEN
SC	0.09	0.18	0.24	0.33	0.40	1.0*ZEN
SD	0.12	0.22	0.28	0.36	0.44	1.1*ZEN
SE	0.19	0.3	0.34	0.36	0.36	0.90*ZEN
SF	Yerel Zemin İncelemesi Gerekli					

(E=0.5 kullanım depremi, E=1.0 tasarım depremi, E=1.25 veya 1.5 maksimum deprem)

Tablo 3.9 Deprem Katsayısı, C_V

CV	Deprem Katsayısı : ZEN					
Zemin Sınıfı	=0.075	=0.15	=0.20	=0.30	=0.40	> 0.40
SA	0.08	0.15	0.20	0.30	0.40	1.0*ZEN
SB	0.08	0.15	0.20	0.30	0.40	1.0*ZEN
SC	0.13	0.25	0.32	0.45	0.56	1.4*ZEN
SD	0.18	0.32	0.4	0.54	0.64	1.6*ZEN
SE	0.26	0.5	0.64	0.84	0.96	2.4*ZEN
SF	Yerel Zemin İncelemesi Gerekli					

(E=0.5 kullanma depremi, E=1.0 tasarım depremi, E=1.25 veya 1.5 maksimum deprem)

Tablo 3.10 Zemin Sınıflarının Tanımı

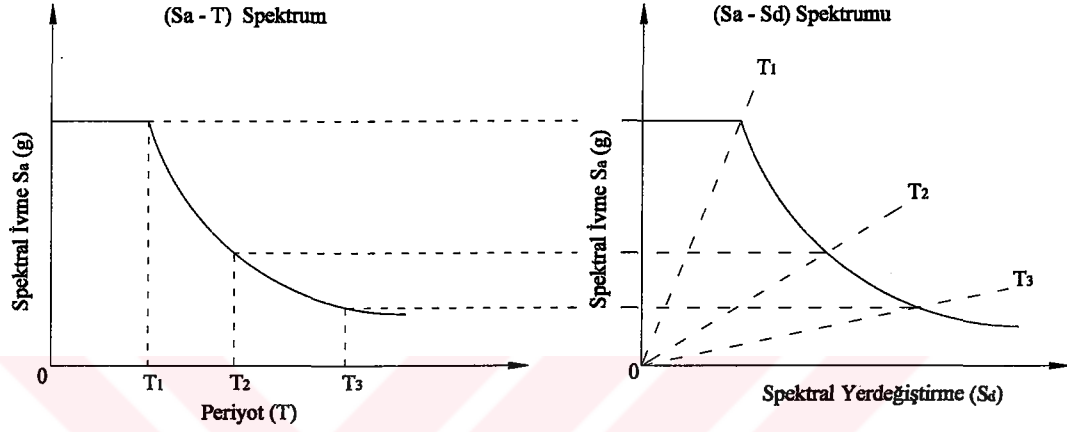
Zemin Sınıfı ve Tanımı	SA	SB	SC	SD	SE	SF
	Sert Kaya	Kaya	Sıkı zemin, yumuşak kaya	Sert Zemin	Yumuşak Zemin	Yerel Zemin İncelemesi gerekli

3.2.5.2 Elastik İvme-Yerdeğiştirme Spektrum Eğrisi

Genel halde, S_a(T) ivme spektrum eğrilerinin yatay ekseninde tek serbestlik dereceli sistemin periyodu, düşey ekseninde ise sistemde meydana geldiği kabul edilen mutlak ivmenin en büyük değeri bulunur. Bilindiği gibi, yerdeğiştirme spektrumu ile ivme spektrumu arasında

$$S_d(T) = \frac{1}{\omega^2} g S_a(T) \approx \frac{T^2}{4\pi^2} g S_a(T) \quad (3.1)$$

bağıntısı bulunmaktadır. Bu bağıntı aracılığı ile, ivme spektrum değerinden yaklaşık yerdeğiştirme spektrum değerine geçilebilir. Elde edilen yerdeğiştirme spektrum eğrisine *Talep Spektrum Eğrisi* ($S_a - S_d$) adı verilir. Böylece, yönetmeliklerde öngörülen deprem etkisi temsil edilmiş olur. Şekil 3.3 te ivme spektrumundan talep spektrumu elde edilmesi anlatılmak istenmiştir.



Şekil 3.3 İvme Spektrumundan Talep Spektrumunun Elde Edilmesi

3.2.6 Kapasite Spektrum Yöntemi

Yapıların analizinde kullanılan hesap yöntemleri

- Elastik yöntemler
- Basitleştirilmiş lineer olmayan yöntemler
 - Kapasite spektrum yöntemi
 - Yerdeğiştirme katsayıları yöntemi
 - İkincil (secant) yöntem
- Zaman tanım alanında hesap yöntemi

olarak sıralanabilir. Zaman tanım alanında hesap yöntemi pratik değildir. Hatta detaylı bir yöntemdir. Bu yöntem yerine basitleştirilmiş lineer olmayan hesap yöntemleri tercih edilmektedir. Bu doğrultuda, bu bölümde kapasite spektrum yöntemi anlatılacaktır. Yöntemin esası, sabit düşey yükler altında artan yatay yükler için, yapının öngörülen deplasman sınırına kadar itilmesidir. Kapasite, talep ve performans noktası yöntemin üç anahtar terimidir.

Kapasite deprem etkisine karşı yapının gösterdiği dayanımdır. Bir yapının kapasitesi, onu oluşturan elemanların her birinin şekil değiştirme kapasitelerine bağlı olarak belirlenir. Sözkonusu kapasiteyi belirleyebilmek için itme analizi uygulanmaktadır.

Talep yapının boyutlandırılmasında esas alınan deprem etkisi olarak tanımlanabilir. Bu etki, yapıda gelişigüzel yer değiştirmelerin meydana gelmesine sebep olur. Göz önüne alınan her bir deprem için, her bir zaman diliminde bu hareketin izini sürmek ve tasarımda kullanmak pratik değildir. Bu yüzden spektrum eğrileri kullanılmaktadır.

Performans kapasite ile talep eğrisinin kesişimi olarak tarif edilebilir. Deprem talebi altında yapının gösterdiği davranış performans noktasını oluşturmaktadır. Bu noktanın kontrolü ile, öngörülen hedeflerin tutarlılığı incelenmektedir.

Yapının kapasitesi, kapasite eğrisi adı verilen kuvvet-yerdeğiştirme diyagramı ile temsil edilir. Bu eğriyi elde etmek için, taban kesme kuvveti ile en üst kat yatay yer değiştirmesi arasındaki ilişki kaydedilir. Buna göre, hesapta izlenilen yol aşağıdaki adımlardan oluşur.

- Yapıyı oluşturan elemanların bünye denklemlerine bağlı alınarak taşıyıcı sistem modeli oluşturulur.
- Her bir eleman yapısal ve yapısal olmayan eleman olarak tanımlanır.
- Yatay kuvvetler, kat kütlesi ve kat yüksekliği ile orantılı olarak katlara dağıtılır.
- Herbir adımda, artan yatay yükler için kesit tesirleri belirlenir.
- Herbir adımda taban kesme kuvveti ve en üst kat yer değiştirmesi hesaplanır.
- Akma koşulunun sağlandığı ilk eleman çok küçük rijitliğe sahip olacak biçimde yeniden tanımlanır.
- Arttırılmış yeni yatay yük değeri yapıya uygulanarak diğer elemanlarda da akma koşulları sağlatılır.
- Artan yatay yükler ile birlikte taban kesme kuvveti ve en üst katın yatay yer değiştirmesi gözden geçirilir.
- Son iki adım yeter sayıda tekrar edilerek yapı göçme sınır durumuna getirilir. Sınır durum halleri, $P - \Delta$ etkisi nedeniyle sistemin stabilitesinin bozulması,

yer değiştirmelerin hedeflenen performans seviyesini aşması veya toptan göçme olarak tanımlanabilir [15].

Elastik İvme-Yerdeğiştirme Spektrumunun Sönüm ile azaltılması:

Yapının ve zeminin özelliğinden dolayı deprem hareketi altında yapılarda değişik türden sönümler ortaya çıkar:

- *Dış viskoz sönüm:* Yapının içinde bulunduğu ortamın meydana getirdiği sönümdür. Genellikle ihmal edilir.
- *İ viskoz sönüm:* Yapı malzemesinin i snmdr. Taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlardaki plastik yerdeğiştirmeler i viskoz sönüme sebep olur.
- *Coulomb rijid cisim sönümü:* Taşıyıcı sistemin mesnetlerinde ve birleşim bölgelerinde ortaya çıkar.
- *Çevrimsel sönüm:* Malzemenin doğrusal olmayan davranışında ve yükün yn değiştiren türden etkimesi durumunda meydana gelir.
- *Enerji yayılma sönümü:* Deprem hareketi zemin tabakalarında ilerlerken bu sönüm meydana gelir. Deprem enerjisinin yapıya gelip, yansıyıp geri dönmemek üzere ortamda yayılıp kaybolmasıdır.

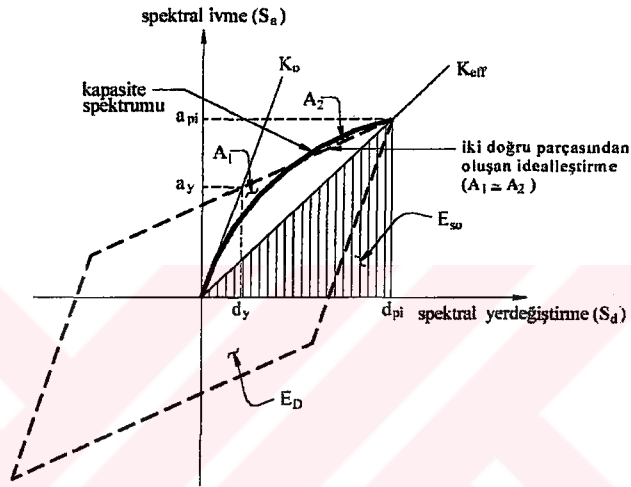
Yönetmeliklerde verilen ve bu yöntemde de öngörülen elastik ivme-yerdeğiştirme spektrum eğrisi %5 lik bir sönümü içerir, ancak depremin etkisinde yapıda çevrimsel sönümler de söz konusudur. Deprem etkisi altında yerdeğiştirme ile yük arasındaki bağıntı şekil 3.6 da görüldüğü gibi elastik sınır aşıldığında bir çevrimsel değişim gösterir. Bu eğrinin içinde kalan alan çevrimsel sönüm ile orantılıdır. Bu sönüm β_0 olarak eşdeğer viskoz sönüme yaklaşık olarak dönüştürülebilir. Sonuç olarak etkili toplam sönüm oranı β_{ef}

$$\beta_{ef} = \beta_0 + 0.05 \quad \beta_0 = \frac{1}{4\pi} \frac{E_D}{E_{so}} \quad (3.2)$$

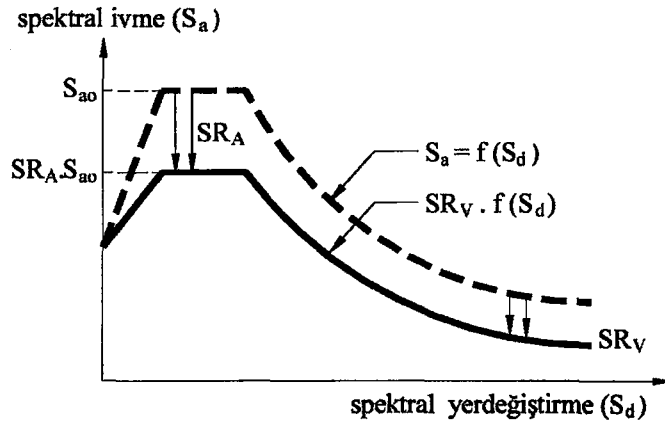
olarak bulunabilir. Burada E_D bir çevrimde sönümle tüketilen enerji olup, çevrim içinde kalan alana ve E_{so} aynı yük seviyesi altındaki maksimum şekil değiştirme enerjisine karşı gelir. Geometrik bağıntılar kullanılarak

$$\beta_{ef} = \beta_0 + 0.05 = 0.64 \kappa \frac{a_y d_{pi} - d_y a_{pi}}{a_{pi} d_{pi}} + 0.05 \quad (3.3)$$

yazılabilir. Burada d_y ve a_y doğrusal elastik davranışın sınırındaki ve d_{pi} ve a_{pi} hedeflenen performans seviyesindeki yerdeğiştirme ve ivme spektral değerlerini göstermektedir. Çevrimsel sönümün belirlenmesinde kullanılan paralel kenarın gerçek yapıda farklı olabileceği düşüncesiyle bir κ düzeltme katsayısı öngörülmüştür [6].



Şekil 3.4 Spektral Azaltma için Sönüm Elde Edilmesi

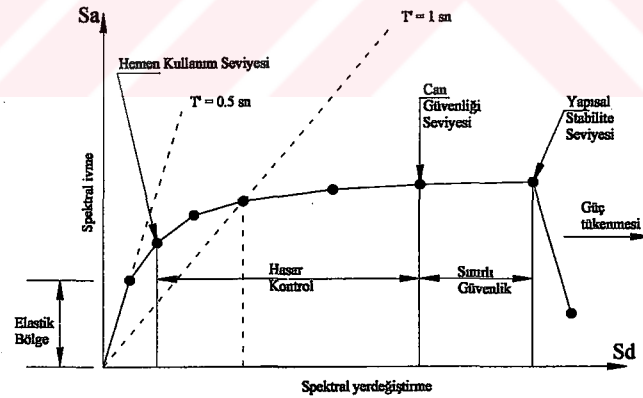


Şekil 3.5 Talep Spektrumunun Azaltılması

Doğrusal olmayan davranışın gözönüne alınması için tanımlanan bu eşdeğer sönüm değerlerine bağlı olarak talep spektrumunda SR_A ve SR_V katsayıları ile azaltma yapılır. Bu katsayılar yapıda deprem etkisine bağlı olarak çıkacak sönüme ve yapı davranış türüne bağlıdır. Bu konuda detaylı bilgi ilgili kaynağa bakılabilir [17].

3.2.7 Taşıyıcı Sistemin Değerlendirilmesi

Taşıyıcı sistemin deprem etkisi altındaki davranışını en üst kat yerdeğiştirmesinin yatay kuvvete bağlı olarak elde edilen kapasite spektrum eğrisinin temsil ettiği kabul edilir. Şekil 3.6 da böyle bir eğri gösterilmiştir. Söz konusu kapasite eğrisinde, başlangıçtan geçen doğrular elastik periyoda karşı gelir. İlerleyen yükleme durumlarında rijitlik azaldıkça periyot da artar. Elastik davranıştan sonra, hasar ile orantılı plastik davranış ortaya çıkar. Yükleme artması ile sistemdeki plastik şekil değiştirmeler sonucu sistem yumuşar ve rijitlik azalır. Eğrinin bu bölümünde kesitlerdeki betonda dökülmeler ve çatlamlar ile donatıda plastik şekil değiştirmeler meydana gelir. Yükleme ile elemanlarda hasar olarak belirlenen bu tür plastik şekil değiştirmeler artarak devam eder. Kesitlerin bir veya bir kaçında plastik mafsallık dönme kapasitelerine erişilmesi sistemi taşıma gücü sınır durumuna getirebilir. Eğer plastik mafsallık kesitlerinde yeterli dönme kapasitesi varsa, taşıyıcı sistem en sonunda yapısal stabilite sınırına gelir ve güç tükenmesi ortaya çıkar. Herhangi bir yükleme adımında meydana gelen hasar ve taşıyıcı sistemde geriye kalan ek taşıma kapasitesi göz önüne alınarak, hemen kullanım, can güvenliği ve yapısal stabilite performans seviyeleri tanımlanır. Bunun gibi, hasar kontrollü ve sınırlı güvenlik performans aralıkları oluşturulabilir [6].



Şekil 3.6 Taşıyıcı Sistemde Kapasite Spektrum Eğrisi

3.2.8 Performans Noktasının Kabul Kriterleri

Performans noktasının bulunmasından sonra, bu noktanın bina için öngörülen performans seviyesini sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmelidir. Öngörülen hedeflerin sağlanamaması durumunda performans seviyesinin değiştirilmesi veya

taşıyıcı elemanların dayanımlarının arttırılması gerekmektedir. Söz konusu sınır değerler iki ana grupta toplanmaktadır.

- Bina için öngörülen kabul kriterleri
- Elemanlar için öngörülen kabul kriterleri

Bina için öngörülen kabul kriterleri, binanın düşey yük taşıma kapasitesi, yatay yüklere karşı dayanım ve yatay yer değiştirme ile ilgili sınırlarını içermektedir.

Düşey Yük Taşıma Kapasitesi: Bina taşıyıcı sisteminin düşey yük taşıma kapasitesini, her bir performans seviyesinde sürdürebilmelidir. Bu noktada, betonarmede yeniden dağılım ilkesi göz önünde bulundurulmalıdır.

Yatay Yüklere Karşı Dayanım: Binanın performans noktasındaki toplam yatay yük taşıma kapasitesinin, ilerleyen yükleme adımlarında oluşan plastik mafsallarla beraber, %20 den daha fazla azalmaması gerekir. Böylece, deprem etkisindeki ardışık yükleme sonucu oluşan dayanım azalması sınırlandırılmış olur.

Yatay Yer Değiştirmeler: Performans seviyelerine bağlı olarak rölatif kat ötelemelerinin sınırlandırılması gerekir. Bu konuda ilgili sınır değerler Tablo 3.11 den görülebilir. Tabloda yer alan V_i ifadesi “i.” kata ait kat kesme kuvvetini, P_i ifadesi de “i.” kattaki toplam düşey yükü temsil etmektedir.

Tablo 3.11 Katlar Arası Yerdeğiştirmenin Kat Yüksekliğine Oranı

Katlar Arası Yerdeğiştirme / Kat Yüksekliği Sınırı	Performans Seviyesi			
	Hemen Kullanım	Hasar Kontrolü	Can Güvenliği	Yapısal Stabilite
Maksimum Toplam Oranı	0.01	0.01-0.02	0.02	$0.33V_i/P_i$
En Büyük Elastik Ötesi Yerdeğiştirme Oranı	0.005	0.005-0.015	sınır yok	sınır yok

Yapıların elemanları taşıyıcı olan ve olmayan elemanlar şeklinde ikiye ayrılır. Benzer şekilde taşıyıcı elemanlar da kendi aralarında birincil ve ikincil olarak sınıflandırılırlar. Kapasite eğrisi üzerinde elde edilen performans noktasında her eleman üzerindeki gerilmeler ve şekil değiştirmeler hesaplanarak, kabul edilen

performans noktasının koşullarını sağlayıp sağlamadıkları ve gerekli sınırlar altında kalıp kalmadıkları kontrol edilir. Elemanlar için uygulanan kabul kriterleri, elemanların türüne ve bunlardaki güç tükenmesini meydana getiren etkinin şekline bağlı olarak saptanır. Kiriş veya kolonlarda oluşan plastik mafsallı dönmelerinin, sınır değerleri dikkate alınarak kontrol edilmesi gerekir. Söz konusu sınır değerler için ilgili kaynağa bakılabilir [17].

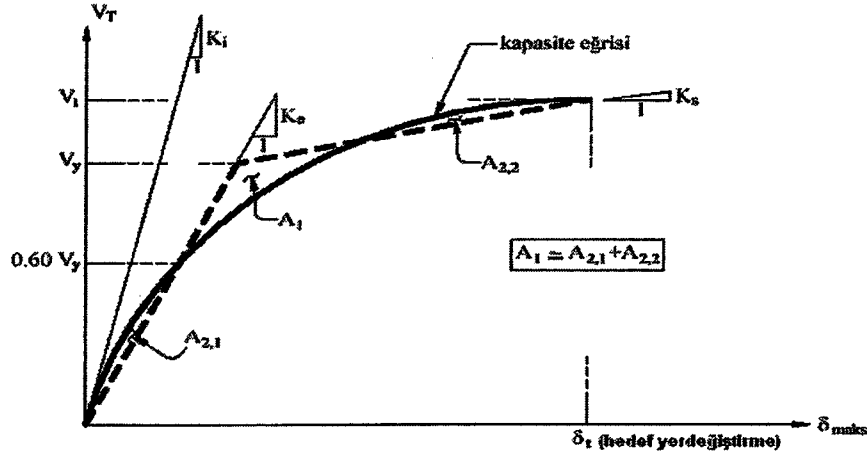
3.3 FEMA 356 Yaklaşımı

FEMA 356 yaklaşımı ATC 40 yaklaşımının genişletilmesi ile oluşturulmuştur denilebilir. Çünkü, ATC 40 sadece betonarme yapıları kapsamaktadır. Oysaki, FEMA 356 tüm yapı türlerinin doğrusal ve doğrusal olmayan çözümlemelerini içermektedir. Bu yaklaşım kapsamında analiz yöntemi olarak yerdeğiştirme katsayısı yöntemi anlatılmaktadır. Sunulan bu tez çalışmasında da söz konusu projenin ilgili bölümleri kısaca özetlenecektir. Genel olarak her iki proje, performans seviyesi, performans amacı ve deprem etki seviyeleri tanımları bakımından birbiri ile uyumludur. Sadece isimlendirme farklılıkları vardır. Yapısal stabilite performans seviyesi tanımı yerine toptan göçmenin önlenmesi performans seviyesi tanımı getirilmiştir.

3.3.1 Yer Değiştirme Katsayıları Yöntemi

Yöntemin esası, kapasite spektrum yöntemine benzer olarak, kapasite ve talebin birbirine bağlı olduğu esasına dayanmaktadır. Ancak bu yöntemde, yer değiştirme talebi grafik olarak değil sayısal bir biçimde belirlenmektedir. Yer değiştirme katsayısı yönteminde ilk olarak, yapıya ait taban kesme kuvvetinin en üst kat yerdeğiştirmesi bağlı olarak değişimini gösteren kapasite eğrisi oluşturulur. Kapasite eğrisinin çizilmesinde, yapının birinci doğal periyodu dikkate alınır. Sabit düşey yükler ve artan yatay yükler altında yapının doğrusal olmayan analizi yapılarak kapasite eğrisi elde edilir. Bu eğri, elastik rijitliği K_e , elastoplastik rijitliği K_s temsil eden iki doğru parçası ile idealleştirilir. İdealleştirme yapılırken, gerçek ve idealleştirilmiş kapasite eğrilerinin altında kalan alanların eşit olması esas alınır. Ayrıca K_e doğrusunun kapasite eğrisini kestiği noktanın ordinatının, K_e ve K_s

doğrularının kestiği noktanın ordinatının 0.60 katı olması esas alınır. İlgili resim Şekil 3.7 de görülebilir.



Şekil 3.7 Gerçek ve İdealleştirilmiş Kapasite Eğrileri

Statik itme analizi sonunda, elde edilen “taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirmesi” itme eğrisinin modal kapasite diyagramına dönüştürülmesi gerekir. Modal yer değiştirme talebi, modal tek serbestlik dereceli sistemin doğrusal olmayan en büyük yer değiştirmesine karşı gelen inelastik spektral yer değiştirme $S_{di}(T_e)$ ye eşittir. Bu büyüklük, eşdeğer doğal periyoda T_e karşı gelen elastik spektral yer değiştirmenin $S_{de}(T_e)$ aşağıda tanımlanan C_1 ve C_2 katsayıları ile çarpılması ile elde edilmektedir.

$$S_{di}(T_e) = C_1 C_2 S_{de}(T_e) \quad (3.4)$$

C_1 katsayısı

$$\begin{aligned} C_1 &= 1 + (R_y - 1)/3.6 & T_e < 0.2s \text{ için} \\ C_1 &= 1 + (R_y - 1)/(90T_e^2) & 0.2s \leq T_e \leq 1.0s \text{ için} \\ C_1 &= 1 & T_e > 1.0s \text{ için} \end{aligned}$$

C_2 katsayısı

$$\begin{aligned} C_2 &= 1 + (R_y - 1)^2/32 & T_e < 0.2s \text{ için} \\ C_2 &= 1 + (R_y - 1)^2/(800T_e^2) & 0.2s \leq T_e \leq 1.0s \text{ için} \\ C_2 &= 1 & T_e > 1.0s \text{ için} \end{aligned}$$

Bu bağıntılarda yer alan R_y (dayanım azaltma katsayısı) ise

$$R_y = S_{ac}(T_e)/a_y \quad (3.5)$$

şeklinde tanımlanır. Modal yerdeğiştirme isteminin belirlenmesinin ardından hedef yerdeğiştirmesi, elde edilir. Daha sonra, tepe yerdeğiştirmesi hedef yerdeğiştirmesine eşit oluncaya kadar taşıyıcı sistem itilir.

Kısaca özetlemek gerekirse, yer değiştirme katsayısı yönteminde, hedef yer değiştirmenin bulunması için bir ardışık yaklaşım yolunun izlenmesi gerekir. Başlangıçta seçilen ve sistemin etkin doğal periyodunun hesabına esas olan δ_1 yer değiştirmesi ile hesap sonunda bulunan değerlerin birbirine yeterince yakın olması durumunda hedef yer değiştirme bulunmuş olur ve ardışık yaklaşıma son verilir. Öngörülen deprem etkisi altındaki hedef yer değiştirme bulunduktan sonra performans hedefinin gerçekleştirilip gerçekleştirilmediği kontrol edilir. Bunun için sisteme ait büyüklüklerin değerleri kendilerine ait sınır değerler ile karşılaştırılır. Performansı belirlenecek olan yapı sisteminin doğrusal olmayan analizinin yapılabilmesi için modelleme parametrelerine uyulmalıdır. Her iki yaklaşım kapsamında da bu parametreler ilgili kaynaklarda verilmiştir [17,18].

3.4 Özet ve Değerlendirme

Performansa dayalı tasarım ve değerlendirme kavramı başlangıçta mevcut binaların incelenmesinde ve gerekli görüldüğü taktirde güçlendirilmesinde kullanılmakta iken, daha sonra yeni yapılacak binaların projelendirilmesinde gerçekçi çözümler elde etmek amacıyla kullanılmaya başlamıştır. Günümüzde, mevcut deprem yönetmeliklerinde verilen tek bir çözüme karşılık, performansa dayalı tasarımda, binanın fonksiyonuna ve göz önüne alınacak deprem etkilerine göre birden fazla çözüm sunulabilmektedir.

Deprem yönetmeliği kurallarına göre gerçekçi çözümler sunan, matematiksel çekiciliği olan ve ardışık yaklaşım gerektiren bu yöntemin zayıf tarafları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Kontrollerde kullanılan tüm sayısal sınır değerler sınırlı sayıdaki çözümlerden elde edilmiştir. Yeni yapılacak çözümlerden kazanılacak deneyimler ile birlikte bu değerlerde değişiklik yapılması ve daha gerçekçi değerlerin elde edilmesi beklenmektedir.

- Yöntem, birinci modun etkin olduğu düşünülerek geliştirilmiştir. Çözümde kapasite eğrisinin elde edilmesinde birinci mod değişimine uygun bir yükleme alınmaktadır. Ancak, plastik şekil değiştirmelerin oluşması ile birlikte rijitlik ve birinci mod olarak kabul edilen titreşim şekli değişir. Ayrıca, periyodu büyük olan binalarda, diğer modların katkısı nedeniyle yöntemin yaklaşıklığı azalır.
- Çözüm genel olarak düzlem çerçeve sistemler için geliştirilmiştir. Üç boyutlu taşıyıcı sistemlere yapılacak genelleştirme için yeni varsayımlara gerek vardır.
- Depremde oluşan plastik mafsallarda çevrimsel şekil değiştirmelerden dolayı önemli miktarlarda enerji tüketilir. Kapasite eğrisi tek bir yönde yapılan yükleme sonucu elde edildiği için, çevrimsel davranışın içinde kalan alanla ilgili olan bu enerji tüketimini yöntemin uygulanmasında belirlemek mümkün değildir. Bu enerji tüketimi sadece bir sönüm katsayısı ile hesaba katılmaktadır [6].



4. YAPININ BOYUTLANDIRILMASI

4.1 Düşey Yük Analizi

Tüm yapıda, 8m×8m açıklıklı bölümler için 10cm yüksekliğinde kirişli plak döşeme, 16m×8m açıklıklı bölümler için tek doğrultuda çalışan nervürlü döşeme sistemi kullanılmıştır. Buna göre, TS 498 Yönetmeliği uyarınca yapılan düşey yük analizi aşağıda verilmiştir:

Kirişli Plak Döşeme (h=10cm):

Döşeme zati	:	2.50 kN/m ²
Kaplama	:	0.75 kN/m ²
Şap + Harç	:	0.75 kN/m ²
Asma tavan	:	0.50 kN/m ²
Tali kirişler	:	1.15 kN/m ²
Duvar yükleri	:	1.25 kN/m ²
g=		7.00 kN/m ²
q=		3.50 kN/m ²

Nervürlü Döşeme (h=10cm):

Döşeme zati	:	2.50 kN/m ²
Kaplama	:	0.75 kN/m ²
Şap + Harç	:	0.75 kN/m ²
Asma tavan	:	0.50 kN/m ²
Nervür kirişleri	:	2.50 kN/m ²
Duvar yükleri	:	1.25 kN/m ²
g=		8.25 kN/m ²
q=		3.50 kN/m ²

4.2 Ön Boyutlama Çalışması

Sıcaklık ve büzülme etkilerini TS500 Yönetmeliği uyarınca gözönünde bulundurulacaktır. Yönetmelik özellikle yapı uç bölgelerinde rijit perde bulunan ve bulunmayan yapı ayırımı yapıp, derz mesafelerini yaklaşık olarak vermektedir. Sıcaklık değişimlerine karşı korunmuş ve uçlarında rijit perde eleman bulunmayan yapılar için derz mesafesi 60m ye kadar çıkabilmektedir. Dış etkilere açık yapılarda ise, derz mesafesinin 40m yi aşmaması tavsiye edilir. Bu tez çalışması kapsamındaki yapı her iki doğrultuda uçlarda rijit perde bulunduran bir yapıdır. Uzun doğrultuda rijit perdeler arası mesafe 40m dir. Dolayısıyla bu yapı için yönetmeliğimiz uyarınca sıcaklık değişmesi ve büzülme etkileri bakımından elverişsiz bir durum söz konusu değildir. Taşıyıcı elemanların önboyutlama çalışmalarından aşağıda kısaca bahsedilecektir:

Döşemeler: Döşemeler düzlemlerine dik doğrultuda yüklenen düzlem taşıyıcı elemanlardır. Aynı zamanda diyafram etkisi ile yapının stabilitesini de sağlarlar. Bu çalışma kapsamında iki tür döşeme sistemi kullanılmıştır: Kirişli döşeme ve dişli döşeme. 8m×8m olan bölümlerde 10cm yüksekliğinde kirişli döşeme tercih edilmiştir. Plak yüksekliğini azaltmak için her iki doğrultuda 20cm/60cm lik tali kirişler kullanılmıştır. Sehim ve titreşim bakımından yönetmeliğin öngördüğü sınırlar içinde kalınmıştır. 16m lik bölüm dişli döşeme ile geçilmiştir. Buna göre 20cm/75cm lik nervür kirişleri 65cm arayla olacaktır.

Kirişler: Kirişler döşemelerden aldıkları yükleri kolonlara aktaran çubuk taşıyıcı elemanlardır. Kiriş ön boyutlandırılması yapılırken sehim ve gerekli donatı alanından hareket edilmiştir. Kolonlarla çerçeve sistem oluşturan kirişler 50cm/60cm, bu kirişlere mesnetlenen tali kirişler 20cm/60cm, 16m lik bölümdeki kirişler 50cm/75cm olarak seçilmiştir. Kiriş yükseklikleri ile açıklıkları arasındaki tavsiye edilen 1/6 ~ 1/16 değerinin, 50cm/75cm lik kirişler dışında sağladığını görmekteyiz.

Kolonlar: Kolonların boyutları seçilirken ortalama aksenal basınç gerilmelerinin yönetmeliğin öngördüğü sınırları aşmamasına dikkat edilmiştir. Kolon etkili yük alanları ile orantılı dağıtılan arttırılmış yükler ve deprem yükleri altında oluşan normal kuvvetlere göre önboyutlama işlemi yapılmıştır. Deprem Yönetmeliği nin ilgili maddesi denklem 4.1 de verilmiştir.

$$A_c \geq N_{dmax} / (0.50 f_{ck}) \quad (4.1)$$

Perdeler: Yönetmeliğimize göre perdeler, planda uzun kenarlarının kısa kenarlarına oranı 7 den büyük olan düşey taşıyıcı elemanlardır. Bu tanıma göre, çalışmaya esas yapının dört köşesinde çekirdek perde olarak adlandırabileceğimiz perdeler bulunmaktadır. Yönetmeliğe göre kritik perde yüksekliği denklem 4.2 de verilmiştir.

$$\begin{aligned} H_{cr} &\geq l_w & H_{cr} &\geq 10m \\ H_{cr} &\geq H_w / 6 & H_{cr} &\geq 72 / 6 = 12m \end{aligned} \quad (4.2)$$

Buna göre, kritik perde yüksekliği olarak ilk dört kat seçilmiştir. Kritik perde yüksekliği içindeki perdelerin et kalınlığı kat yüksekliğinin 1/12 sinden kritik perde yüksekliği dışında kalan katlarda ise kat yüksekliğinin 1/15 inden az olamaz koşulundan hareketle perde kalınlıkları ilk dört katta 30cm, diğer katlarda 25cm seçilmiştir.

4.3 Yatay Yüklere Göre Hesap

Bina türü yapıların deprem hesabında kullanılabilecek yöntemler, Deprem Yönetmeliğimizde verilmiştir. Buna göre, *Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi*, *Mod Birleştirme Yöntemi* ve *Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi* bu etkinin hesap edilmesinde kullanılabilir. Eşdeğer deprem yükü yöntemi, 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde A1 türü burulma düzensizliği olmayan ve B2 türü komşu katlar arası rijitlik düzensizliği olmayan, toplam kat yüksekliği 60 m den az olan yapılarda uygulanabilmektedir. Söz konusu yapılar, A1 ve B2 türü düzensizlik içermemektedirler. 20 katlı olan yapının toplam yüksekliği 72 m dir. Yükseklik sınırı aşılmasına rağmen, mod birleştirme yöntemi ile mukayese edebilmek düşüncesiyle eşdeğer deprem yükü yöntemi de uygulanmıştır.

4.3.1 Mod Birleştirme Yöntemi ile Deprem Yüğü Hesabı

Yapının modal analizi Deprem Yönetmeliği nin ilgili maddesinde verilen mod katkılarının birleştirilmesi kuralına uygun olarak tam karesel birleştirme yöntemi ile yapılmıştır. Modal analiz sonuçları her bir yapı için Tablo 4.1 de verilmiştir.

Tablo 4.1 Modal Analiz Sonuçları

20 KATLI	Mod	Periyot	UX	UY	ToplamUX	ToplamUY
	1	1.483	60.87	0.00	60.87	0.00
	2	1.227	0.00	60.78	60.87	60.78
	3	0.856	0.00	0.00	60.87	60.78

	4	0.335	20.96	0.00	81.83	60.78
	5	0.278	0.00	21.47	81.83	82.25
	6	0.220	0.00	0.00	81.83	82.25
	7	0.152	8.52	0.00	90.35	82.25
	8	0.126	0.00	8.52	90.35	90.77
	9	0.103	0.00	0.00	90.35	90.77
	10	0.095	3.92	0.00	94.26	90.77
	11	0.080	0.00	3.88	94.26	94.65
	12	0.068	1.80	0.00	96.06	94.65
15 KATLI	Mod	Periyot	UX	UY	ToplamUX	ToplamUY
	1	0.929	61.70	0.00	61.70	0.00
	2	0.766	0.00	61.84	61.70	61.84
	3	0.569	0.00	0.00	61.70	61.84
	4	0.217	22.87	0.00	84.57	61.84
	5	0.181	0.00	23.19	84.57	85.03
	6	0.146	0.00	0.00	84.57	85.03
	7	0.104	8.01	0.00	92.59	85.03
	8	0.087	0.00	8.01	92.59	93.03
	9	0.071	0.00	0.00	92.59	93.03
	10	0.066	2.92	0.00	95.50	93.03
	11	0.056	0.00	2.84	95.50	95.88
	12	0.048	1.65	0.00	97.15	95.88
10 KATLI	Mod	Periyot	UX	UY	ToplamUX	ToplamUY
	1	0.474	65.21	0.00	65.21	0.00
	2	0.390	0.00	65.72	65.21	65.72
	3	0.309	0.00	0.00	65.21	65.72
	4	0.128	23.89	0.00	89.10	65.72
	5	0.107	0.00	23.96	89.10	89.68
	6	0.085	0.00	0.00	89.10	89.68
	7	0.063	5.54	0.00	94.64	89.68
	8	0.053	0.00	5.42	94.64	95.10
	9	0.043	0.00	0.00	94.64	95.10
	10	0.042	2.81	0.00	97.45	95.10
	11	0.036	0.00	2.67	97.45	97.77
	12	0.032	1.16	0.00	98.61	97.77

UX: Herhangi bir moda ait x doğrultusunda etkin kütle katılım oranı

UY: Herhangi bir moda ait y doğrultusunda etkin kütle katılım oranı

Modal analiz sonucu bulunan tepki spektrumu taban tesirleri Deprem Yönetmeliğinde verilen sınır değerine göre (Denklem 4.3), eşdeğer deprem yükü ile verilen toplam taban kesme kuvveti değerine β katsayısı ile artırılmıştır. Bundan sonraki tüm boyutlamaya esas kesit tesirlerinde bu artırılmış değerler kullanılmıştır.

$$B_D = (\beta V_t / V_{tB}) B_B \quad (4.3)$$

4.3.2 Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü V_t , Denklem 4.4 ile belirlenecektir:

$$V_t = W A(T_I) / R_d(T_I) \geq 0.10 A_o I W \quad (4.4)$$

Denklem 4.4 te yer alan ve binanın deprem sırasındaki toplam ağırlığı olarak gözönüne alınacak olan W , Denklem 4.5 ile belirlenecektir.

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

$$w_i = g_i + n q_i \quad (4.5b)$$

Her iki doğrultu için eşdeğer deprem yükü ve mod birleştirme yöntemine göre bulunan katlarla gelen deprem kuvvetleri Tablo 4.2 de verilmiştir.

Tablo 4.2 Deprem Kuvvetleri

20 KATLI	Doğrultu	Kat	W	Veş	Vspec	Doğrultu	Veş	Vspec
	x	20	16371	1270	2180	y	1470	2346
		19	18479	2631	3961		3046	4314
		18	18479	3921	5181		4540	5699
		17	18479	5139	5970		5950	6632
		16	18479	6285	6442		7277	7227
		15	18479	7360	6715		8522	7595
		14	18479	8363	6893		9683	7845
		13	18479	9294	7058		10762	8063
		12	18758	10167	7279		11773	8329
		11	19097	10982	7613		12716	8710
		10	19097	11722	8073		13573	9234
		9	19097	12389	8654		14345	9899
		8	19097	12981	9335		15031	10674
		7	19097	13499	10081		15631	11514
		6	19097	13944	10852		16145	12364
		5	19097	14314	11594		16574	13171
		4	25663	14712	12529		17035	14162
		3	26578	15021	13389		17393	15060
		2	26578	15227	14037		17631	15732
1		26578	15330	14414	17751		16128	
Σ	403561	ΣV/ΣW	0.038	ΣV/ΣW	0.044			
15 KATLI	Doğrultu	Kat	W	Veş	Vspec	Doğrultu	Veş	Vspec
	x	15	16371	1747	2369	y	1982	2502
		14	18479	3588	4254		4070	4561
		13	18479	5297	5528		6008	6014
		12	18479	6875	6362		7798	7040
		11	18479	8321	6914		9438	7791
		10	18479	9636	7347		10930	8407
		9	18479	10820	7788		12272	9009
		8	18479	11872	8323		13465	9654
		7	18479	12792	8976		14509	10368
		6	18479	13581	9727		15404	11130
		5	18479	14238	10510		16149	11901

10 KATLI	Doğrultu	Kat	W	Veş	Vspec	Doğrultu	Veş	Vspec
		10	16371	2878	2860		3234	3151
		9	18479	5802	5203		6520	5854
		8	18479	8402	6937		9440	7935
		7	18479	10676	8272		11995	9585
		6	18479	12625	9357		14186	10927
		5	18479	14250	10300		16011	12049
		4	24813	15995	11488		17972	13370
		3	25462	17338	12615		19481	14548
		2	25462	18233	13514		20487	15454
		1	25462	18681	14046		20990	15992
		Σ	209968	ΣV/ΣW	0.089		ΣV/ΣW	0.100
10 KATLI	Doğrultu	4	24962	14949	11563	Doğrultu	16955	12917
		3	25792	15499	12569		17580	13894
		2	25792	15866	13344		17996	14656
		1	25792	16050	13797		18204	15118
		Σ	303503	ΣV/ΣW	0.053		ΣV/ΣW	0.060

4.3.3 Yapı Davranış Katsayısı Kontrolü

Tasarımın ilk aşamasında taşıyıcı sistem davranış katsayısı olarak deprem yüklerinin çerçeveler ve boşluksuz perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar için önerilen (süneklik düzeyi yüksek sistem) 7 katsayısı seçilmiştir. Bu tür sistemlerde $R=7$ katsayısının kullanılabilmesi için, boşluksuz perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen eğilme momenti toplamı, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam devrilme momentinin %75 inden fazla olmamalıdır. Bu koşulun sağlanamaması durumunda $0.75 < \alpha_m \leq 1.0$ aralığında kullanılacak katsayısı, perdelerin aldığı momente bağlı olarak $R = 10 - 4\alpha_m$ bağıntısı ile belirlenmelidir.

Tablo 4.3 Yapı Davranış Katsayısı Kontrolü

10 KATLI	KAT	PERDE	YÜK	V2 (kN)	M3 (kNm)
	1	P9	EX	2173	14525
	1	P10	EX	2173	14525
	1	P11	EX	2188	14431
	1	P12	EX	2188	14431
	1	P13	EX	2188	14431
	1	P14	EX	2188	14431
	1	P15	EX	2173	14525
	1	P16	EX	2173	14525
			TOPLAM	17447	115822
10 KATLI	1	P1	EY	2480	18676
	1	P2	EY	2480	18676
	1	P3	EY	2480	18675
	1	P4	EY	2480	18675
	1	P5	EY	2480	18675
	1	P6	EY	2480	18675
	1	P7	EY	2480	18676
	1	P8	EY	2480	18676
			TOPLAM	19837	149402

V_2 = Perde kat kesme kuvveti

M_3 = Perde eğilme momenti

$\sum V_x$ = Toplam kat kesme kuvveti

$\sum M_x$ = Bina devrilme momenti

$$\sum V_x = 18680 \text{ kN}$$

$$\sum V_y = 20989 \text{ kN}$$

$$\sum M_x = 449567 \text{ kNm}$$

$$\sum M_y = 505131 \text{ kNm}$$

$$\alpha_m = \frac{115822}{449567} = 0.25$$

$$\alpha_m = \frac{149401}{505131} = 0.30$$

15 KATLI	KAT	PERDE	YÜK	V2 (kN)	M3 (kNm)
	1	P9	EX	1827	15709
	1	P10	EX	1827	15709
	1	P11	EX	1844	15603
	1	P12	EX	1844	15603
	1	P13	EX	1844	15603
	1	P14	EX	1844	15603
	1	P15	EX	1827	15709
	1	P16	EX	1827	15709
			TOPLAM	14685	125247
15 KATLI	1	P1	EY	2115	21232
	1	P2	EY	2115	21232
	1	P3	EY	2116	21230
	1	P4	EY	2116	21230
	1	P5	EY	2116	21230
	1	P6	EY	2116	21230
	1	P7	EY	2115	21232
	1	P8	EY	2115	21232
			TOPLAM	16924	169850

$$\sum V_x = 16049 \text{ kN}$$

$$\sum V_y = 18203 \text{ kN}$$

$$\sum M_x = 580075 \text{ kNm}$$

$$\sum M_x = 657930 \text{ kNm}$$

$$\alpha_m = \frac{125246}{580075} = 0.22$$

$$\alpha_m = \frac{169849}{657930} = 0.26$$

20 KATLI	KAT	PERDE	YÜK	V2 (kN)	M3 (kNm)
	1	P9	EX	1654	16893
	1	P10	EX	1654	16893
	1	P11	EX	1674	16772
	1	P12	EX	1674	16772
	1	P13	EX	1674	16772
	1	P14	EX	1674	16772
	1	P15	EX	1654	16893
	1	P16	EX	1654	16893
			TOPLAM	13313	134659
	1	P1	EY	1978	23753

	1	P2	EY	1978	23753
	1	P3	EY	1978	23751
	1	P4	EY	1978	23751
	1	P5	EY	1978	23751
	1	P6	EY	1978	23751
	1	P7	EY	1978	23753
	1	P8	EY	1978	23753
			TOPLAM	15825	190018

$$\sum V_x = 15330 \text{ kN}$$

$$\sum V_y = 17750 \text{ kN}$$

$$\sum M_x = 736376 \text{ kNm}$$

$$\sum M_y = 852646 \text{ kNm}$$

$$\alpha_m = \frac{134658}{736376} = 0.18$$

$$\alpha_m = \frac{190018}{852646} = 0.22$$

4.3.4 Rölatif Kat Ötelemeleri Kontrolü

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i'inci katındaki kolon veya perdelerde hesaplanan görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $(\Delta_i)_{\max}$ Denklem 4.6 da verilen koşulların elverişsiz olanını sağlamalıdır.

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.0035 ; (\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.02/R = 0.0028 \quad (4.6)$$

Deprem yüklemesi altında, her iki doğrultu için kat yerdeğîştirmeleri ve rölatif kat ötelemeleri değêrleri Tablo 4.4 te verilmiştir.

Tablo 4.4 Rölatif Kat Ötelemeleri

	Kat	Yükleme	dx (mm)	$(\Delta_i)_{\max} / h_i$	Yükleme	dy (mm)	$(\Delta_i)_{\max} / h_i$
20 KATLI	20	EX	46	0.00079	EY	37	0.00063
	19		44	0.00080		35	0.00064
	18		41	0.00081		32	0.00065
	17		38	0.00082		30	0.00065
	16		35	0.00082		28	0.00066
	15		32	0.00082		25	0.00066
	14		29	0.00082		23	0.00065
	13		26	0.00081		21	0.00064
	12		23	0.00080		18	0.00063
	11		20	0.00078		16	0.00061
	10		17	0.00075		14	0.00059
	9		15	0.00072		12	0.00056
	8		12	0.00067		10	0.00053
	7		10	0.00062		8	0.00049
	6		8	0.00056		6	0.00044
	5		6	0.00049		4	0.00038
	4		4	0.00040		3	0.00031
	3		2	0.00032		2	0.00025
	2		1	0.00023		1	0.00018
	1		0	0.00011		0	0.00009

	Kat		dx (mm)	$(\Delta_i)_{max} / h_i$		dy (mm)	$(\Delta_i)_{max} / h_i$
	15		25	0.00056		19	0.00043
	14		23	0.00057		18	0.00044
	13		21	0.00058		16	0.00045
	12		19	0.00059		15	0.00045
	11		17	0.00059		13	0.00045
	10		15	0.00058		11	0.00045
	9		13	0.00057		10	0.00044
	8		10	0.00055		8	0.00042
	7		9	0.00051		7	0.00040
	6		7	0.00047		5	0.00036
	5		5	0.00042		4	0.00033
	4		3	0.00035		3	0.00027
	3		2	0.00029		2	0.00022
	2		1	0.00021		1	0.00016
	1		0	0.00011		0	0.00009
	Kat	Yükleme	dx (mm)	$(\Delta_i)_{max} / h_i$	Yükleme	dy (mm)	$(\Delta_i)_{max} / h_i$
10 KATLI	10	EX	11	0.00033	EY	8	0.00025
	9		9	0.00035		7	0.00026
	8		8	0.00036		6	0.00027
	7		7	0.00036		5	0.00027
	6		6	0.00035		4	0.00027
	5		4	0.00033		3	0.00025
	4		3	0.00029		2	0.00022
	3		2	0.00025		2	0.00019
	2		1	0.00020		1	0.00015
	1		0	0.00012		0	0.00010

Tablo 4.4 ten anlaşılacağı üzere her üç yapı da rölatif kat ötelemeleri koşulunu sağlamaktadır.

4.4 Betonarme Kesit Hesabı

4.4.1 Betonarme Kirişlerin Hesabı

Kirişlerin betonarme hesapları TS500 ve Deprem Yönetmeliği'ne uygun olarak yapılmıştır. Buna göre, 20 katlı yapının +18.00m kotu, 3 aksındaki B1(50cm/60cm) kirişi ve 1 aksındaki B14, B10, B13 (50cm/75cm) kirişleri betonarme kesit hesapları örnek olarak verilecektir. Kirişlerin boyuna donatı hesapları ETABS v8.47 programı yardımı ile yapılmıştır. Örnek kirişler için hesaba esas en elverişsiz kesit tesirleri ve gerekli donatı alanları Tablo 4.5 te verilmiştir.

Yapının doğrusal olmayan analizinde kullanılmak üzere ilgili kirişlerin kalıp planındaki yerleri Şekil 4.2, 4.3 ve 4.4 de, donatı detayları ise Şekil 4.7 de topluca verilmiştir.

TS 500 ve Deprem Yönetmeliği ne uygun olarak boyutlandırılıp, donatıları seçilen kirişlerin donatı düzenleri Tablo 4.6 da verilmiştir.

Tablo 4.6 Kiriş Donatı Tablosu

	Boyuna Donatı						Enine Donatı
	A -A Kesiti		B-B Kesiti		C-C Kesiti		
	Üst	Alt	Üst	Alt	Üst	Alt	
B1	4Φ14+1Φ24+2Φ22	4Φ24	4Φ14	4Φ24	4Φ14+1Φ24+2Φ22	4Φ24	2×Φ10/10-20
B2	4Φ14+3Φ20	2Φ24+2Φ22	4Φ14	2Φ24+2Φ22	4Φ14+3Φ20	2Φ24+2Φ22	2×Φ10/10-20
B3	4Φ14+3Φ20	2Φ24+2Φ22	4Φ14	2Φ24+2Φ22	4Φ14+1Φ26+2Φ24	2Φ24+2Φ22	2×Φ10/10-20
B4	4Φ14+1Φ26+2Φ24	2Φ24+2Φ22	4Φ14	2Φ24+2Φ22	4Φ14+3Φ20	2Φ24+2Φ22	2×Φ10/10-20
B5	4Φ12+2Φ22	4Φ18	4Φ12	4Φ18	4Φ12+2Φ22	4Φ18	2×Φ10/10-20
B6	4Φ12+2Φ22	4Φ18	4Φ12	4Φ18	4Φ12+2Φ26	4Φ18	2×Φ10/10-20
B7	4Φ12+2Φ26	4Φ18	4Φ12	4Φ18	4Φ12+2Φ22	4Φ18	2×Φ10/10-20
B8	4Φ12+2Φ22	4Φ18	4Φ12	4Φ18	4Φ12+3Φ26	4Φ18	2×Φ10/10-20
B9	4Φ12+3Φ26	4Φ18	4Φ12	4Φ18	4Φ12+2Φ22	4Φ18	2×Φ10/10-20
B10	2Φ12+2Φ28	4Φ18	4Φ12	4Φ18	2Φ12+2Φ28	4Φ18	2×Φ10/10-20
B11	2Φ12+2Φ28	5Φ28	2Φ12+2Φ28	5Φ28	4Φ2+3Φ28	5Φ28	2×Φ10/10-20
B12	4Φ28+3Φ28	5Φ28	2Φ12+2Φ28	5Φ28	2Φ12+2Φ28	5Φ28	2×Φ10/10-20
B13	2Φ12+2Φ28	5Φ24	2Φ12+2Φ28	5Φ24	5Φ24+2Φ28	5Φ24	2×Φ10/10-20
B14	5Φ24+2Φ28	5Φ24	2Φ12+2Φ28	5Φ24	2Φ12+2Φ28	5Φ24	2×Φ10/10-20
B15	4Φ20+1Φ24+2Φ26	4Φ26	4Φ20+1Φ24	4Φ26+1Φ22	4Φ20+1Φ24+2Φ26	4Φ26	2×Φ10/10-20

Şekil 4.5 de verilen kirişlerin mevcut donatı alanları ile taşıyabileceği eğilme momenti kapasiteleri Tablo 4.7 de verilmiştir. Bu değerler elde edilirken karakteristik malzeme dayanım özellikleri (f_{ck}, f_{yk}) esas alınmıştır.

Tablo 4.7 Kiriş Eğilme Momenti Kapasiteleri

Kiriş	Kesit	Boyuna Donatı (cm ²)				Karşınabilecek Eğilme Momenti (kNm)							
		A -A Kesiti		C-C Kesiti		A -A Kesiti		A -A Kesiti		C-C Kesiti		C-C Kesiti	
		Üst	Alt	Üst	Alt	My (+)	Mp (+)	My (-)	Mp (-)	My (+)	Mp (+)	My (-)	Mp (-)
B1	50/60	18.28	18.08	18.28	18.08	365.9	448.8	372.5	455.2	365.9	448.8	372.5	455.2
B2	50/60	15.58	16.64	15.58	16.64	339.7	414.5	324.4	389.5	339.7	414.5	324.4	389.5
B3	50/60	15.58	16.64	20.51	16.64	339.7	414.5	324.4	389.5	342.3	413.6	409.7	509.6
B4	50/60	20.51	16.64	15.58	16.64	342.3	413.6	409.7	509.6	339.7	414.5	324.4	389.5
B5	50/60	12.12	10.16	12.12	10.16	215.7	256.0	258.9	305.4	215.7	256.0	258.9	305.4
B6	50/60	12.12	10.16	16.78	10.16	215.7	256.0	258.9	305.4	215.7	256.0	313.7	377.6

B7	50/60	16.78	10.16	12.12	10.16	215.7	256.0	313.7	377.6	215.7	256.0	258.9	305.4
B8	50/60	12.12	10.16	20.45	10.16	215.7	256.0	258.9	305.4	214.0	256.8	365.8	500.9
B9	50/60	20.45	10.16	12.12	10.16	214.0	256.8	365.8	500.9	215.7	256.0	258.9	305.4
B10	50/75	14.56	10.16	14.56	10.16	275.1	328.4	446.4	543.3	275.1	328.4	446.4	543.3
B11	50/75	14.56	30.80	43.12	30.80	716.0	947.7	459.1	543.3	768.9	976.8	891.6	1119.2
B12	50/75	43.12	30.80	14.56	30.80	768.9	976.8	891.6	1119.2	716.0	947.7	459.1	543.3
B13	50/75	14.56	22.60	34.92	22.60	567.6	729.4	400.8	476.1	586.9	732.4	797.6	1107.7
B14	50/75	34.92	22.60	14.56	22.60	586.9	732.4	797.6	1107.7	567.6	729.4	400.8	476.1
B15	50/75	27.70	21.24	27.70	21.24	549.8	687.6	691.3	852.5	549.8	687.6	691.3	852.5

(M_y :Taşıma Gücü Eğilme Momenti Kapasitesi, M_p :Güç Tükenme Durumuna Karşı Gelen Eğilme Momenti Kapasitesi)

4.4.2 Betonarme Kolonların Hesabı

Bu bölümde kolonların betonarme hesapları verilmektedir. Buna göre, 20 katlı yapının +14.40m kotu ile +18.00m kotu arasındaki 5.kat 90×90 kolonlarından 3 ve E aksının kesişimindeki C1 kolonu betonarme kesit hesapları örnek olarak verilecektir. Kolon boyuna donatı hesapları ETABS v8.47 programı yardımı ile yapılmıştır. Boyutlamaya esas en elverişsiz kesit tesirleri ve gerekli donatı alanları Tablo 4.8 de verilmiştir.

Tablo 4.8 C1 Kolonu Kesit Tesirleri

Kolon	Yükleme	Yer	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	M2 (kN)	M3 (kN)	A_s (cm ²)	A_s (cm ²)	A_s (cm ²)
								Min	Gerekli	
C1 (90×90)	GQ	0.00	-7162	-4.33	-74.04	-119.81	-6.64	81.00	81.00	12Φ24+8Φ20 (79.38)
	GQ	3.00	-7102	-4.33	-74.04	102.30	6.34	81.00	81.00	
	GGQQ	0.00	-10366	-6.31	-108.06	-174.87	-9.69	81.00	81.00	
	GGQQ	3.00	-10283	-6.31	-108.06	149.32	9.25	81.00	81.00	
	GQSX MAX	0.00	-7066	36.24	-74.01	-119.77	88.74	81.00	81.00	
	GQSX MAX	3.00	-7006	36.24	-74.01	102.34	36.05	81.00	81.00	
	GQSX MIN	0.00	-7258	-44.89	-74.06	-119.85	-102.02	81.00	81.00	
	GQSX MIN	3.00	-7198	-44.89	-74.06	102.26	-23.37	81.00	81.00	
	GQSY MAX	0.00	-6927	-4.01	-57.61	-69.08	-6.12	81.00	81.00	
	GQSY MAX	3.00	-6867	-4.01	-57.61	113.36	6.78	81.00	81.00	
	GQSY MIN	0.00	-7396	-4.65	-90.47	-170.54	-7.16	81.00	81.00	
	GQSY MIN	3.00	-7337	-4.65	-90.47	91.24	5.90	81.00	81.00	

TS 500 ve Deprem Yönetmeliği ne uygun olarak boyutlandırılıp, donatıları seçilen kolonların donatı düzenleri Tablo 4.9 da verilmiştir.

Tablo 4.9 Kolon Donatı Tablosu

Yapı	Kat	Kesit	Boyuna Donatı	Enine Donatı
		cm×cm	cm ²	cm ²
20 Katlı BA. Yapı	1-4 Katları Arası	110×110	12Φ28+12Φ22 =119.40	3×Φ10/10-20
		70×70	4Φ24+12Φ18 =48.56	3×Φ10/10-20
	5-12 Katları Arası	90×90	12Φ24+8Φ20 =79.38	3×Φ10/10-20
		70×70	4Φ24+12Φ18 =48.56	3×Φ10/10-20
15 Katlı BA. Yapı	1-4 Katları Arası	90×90	12Φ24+8Φ20 =79.38	3×Φ10/10-20
		70×70	4Φ24+12Φ18 =48.56	3×Φ10/10-20
	5-15 Katları Arası	70×70	4Φ24+12Φ18 =48.56	3×Φ10/10-20
		80×80	12Φ22+8Φ18 =65.92	3×Φ10/10-20
10 Katlı BA. Yapı	1-4 Katları Arası	70×70	4Φ24+12Φ18 =48.56	3×Φ10/10-20
	5-10 Katları Arası	70×70	4Φ24+12Φ18 =48.56	3×Φ10/10-20

Şekil 4.6–Şekil 4.13 te kolonların eğilme momenti kapasite değerleri verilmiştir. Bu değerler elde edilirken, daha ileriki bölümlerde yöntem elastik ötesi davranışı göz önüne aldığı için malzeme dayanım özellikleri güvenlik katsayıları ile azaltılmadan hesap yapılmıştır.

4.4.3 Betonarme Perdelerin Hesabı

Bu bölümde perdelerin betonarme hesapları kısaca özetlenip, ilgili perde çizimleri detaylı olarak verilecektir. Bu çerçevede P1 ve P15 perdeleri betonarme kesit hesapları örnek olarak verilecektir. Örnek perdeler için hesaba esas en elverişsiz kesit tesirleri ve gerekli donatı alanları Tablo 4.10 da verilmiştir. Ayrıca doğrusal olmayan yapı analizinde kullanmak üzere her bir perdenin moment-eğrilik diyagramları oluşturulacaktır. Söz konusu diyagramlar oluşturulurken karakteristik malzeme dayanımları esas alınmıştır.

P1-P13-P3-P15 kesişen perdeleri birlikte bir sistem oluşturmaktadırlar. Ancak, bu tez çalışması kapsamında her bir perdenin ayrı ayrı gözönüne alınması yaklaşımı tercih edilmiştir. Bu doğrultuda hesap edilecek perdelerin geometrik boyutları Tablo 4.10 da verilmiştir.

Tablo 4.10 Perde Geometrik Boyutları

Doğrultu	Kat	Perde	Boy (cm)	En (cm)	Doğrultu	Kat	Perde	Boy (cm)	En (cm)
y	1,2,3,4	P1	1000	30	x	1,2,3,4	P9	800	30
		P2	1000	30			P10	800	30
		P3	1000	30			P11	800	30
		P4	1000	30			P12	800	30
		P5	1000	30			P13	800	30
		P6	1000	30			P14	800	30
		P7	1000	30			P15	800	30
		P8	1000	30			P16	800	30

y	5,6,7,8,9,10 11,12,13,14,15 16,17,18,19,20	P1	1000	25	x	5,6,7,8,9,10 11,12,13,14,15 16,17,18,19,20	P9	800	25
		P2	1000	25			P10	800	25
		P3	1000	25			P11	800	25
		P4	1000	25			P12	800	25
		P5	1000	25			P13	800	25
		P6	1000	25			P14	800	25
		P7	1000	25			P15	800	25
		P8	1000	25			P16	800	25

Perde uç bölgelerinin, perdeye birleşen diğer bir perdenin veya perdenin ucunda genişletilmiş bir kesitin içinde düzenlenmesi durumunda; her bir perde uç bölgesinin enkesit alanı, en az dikdörtgen kesitli perdeler için deprem yönetmeliğinde tanımlanan uç bölgesi alanına eşit olacak şekilde düzenlenmiştir.

Tablo 4.11 Perde Kesit Tesirleri

Kat	Perde	Yükleme	Yer	P (kN)	V2 (kN)	M3 (kN)	A _s (cm ²)
5	P1	GQ	Üst	-11577	-285	984	*
5	P1	GQ	Alt	-11798	-285	-42	*
5	P1	GGQQ	Üst	-16687	-413	1426	*
5	P1	GGQQ	Alt	-16996	-413	-62	*
5	P1	GQSX MAX	Üst	-6358	-224	1214	*
5	P1	GQSX MAX	Alt	-6579	-224	-22	*
5	P1	GQSX MIN	Üst	-16796	-346	755	*
5	P1	GQSX MIN	Alt	-17017	-346	-62	*
5	P1	GQSY MAX	Üst	-10553	1252	7445	*
5	P1	GQSY MAX	Alt	-10773	1252	10130	*
5	P1	GQSY MIN	Üst	-12601	-1822	-5476	*
5	P1	GQSY MIN	Alt	-12822	-1822	-10214	*
1	P1	GQ	Üst	-13911	-40	557	*
1	P1	GQ	Alt	-14176	-40	414	*
1	P1	GGQQ	Üst	-20038	-58	809	*
1	P1	GGQQ	Alt	-20409	-58	602	*
1	P1	GQSX MAX	Üst	-5712	-31	661	*
1	P1	GQSX MAX	Alt	-5976	-31	487	*
1	P1	GQSX MIN	Üst	-22110	-48	453	*
1	P1	GQSX MIN	Alt	-22375	-48	342	*
1	P1	GQSY MAX	Üst	-12757	1763	11295	*
1	P1	GQSY MAX	Alt	-13022	1763	16604	*
1	P1	GQSY MIN	Üst	-15065	-1842	-10181	*
1	P1	GQSY MIN	Alt	-15330	-1842	-15775	*
5	P15	GQ	Üst	-9140	-81	201	*
5	P15	GQ	Alt	-9317	-81	-92	*
5	P15	GGQQ	Üst	-13175	-119	293	*
5	P15	GGQQ	Alt	-13422	-119	-134	*
5	P15	GQSX MAX	Üst	-8989	1205	4360	*
5	P15	GQSX MAX	Alt	-9165	1205	6918	*
5	P15	GQSX MIN	Üst	-9292	-1368	-3958	*
5	P15	GQSX MIN	Alt	-9469	-1368	-7102	*
5	P15	GQSY MAX	Üst	-4360	-81	202	*
5	P15	GQSY MAX	Alt	-4536	-81	-92	*
5	P15	GQSY MIN	Üst	-13921	-82	200	*
5	P15	GQSY MIN	Alt	-14097	-82	-92	*
1	P15	GQ	Üst	-11018	-11	119	*
1	P15	GQ	Alt	-11230	-11	81	*

1	P15	GGQQ	Üst	-15870	-15	173	*
1	P15	GGQQ	Alt	-18166	-15	118	*
1	P15	GQSX MAX	Üst	-10854	1555	7179	*
1	P15	GQSX MAX	Alt	-11065	1555	11940	*
1	P15	GQSX MIN	Üst	-11182	-1576	-6942	*
1	P15	GQSX MIN	Alt	-11394	-1576	-11778	*
1	P15	GQSY MAX	Üst	-3648	-10	119	*
1	P15	GQSY MAX	Alt	-3860	-10	81	*
1	P15	GQSY MIN	Üst	-18388	-11	118	*
1	P15	GQSY MIN	Alt	-18600	-11	81	*

(* min boyuna donatı yeterlidir.)

Tablo 4.12 Perde Kesme Kuvveti Güvenliği

	Perde	Kesit (cm/cm)	Kesme Donatısı	V_o (kN)	V_r (kN)	V_{az} (kN)
Kritik Perde Yüksekliği Boyunca	P1	30/1000	2xΦ10/15	1842	6465	15398
	P15	30/800	2xΦ10/15	1576	5172	12318
Kritik Perde Yüksekliği Dışında	P1	25/1000	2xΦ10/20	1826	5023	12832
	P15	25/800	2xΦ10/20	1368	4018	10265

Görüleceği üzere perde uç bölgeleri için minimum boyuna donatı yeterlidir. Buna göre seçilen perde donatıları

Kritik perde yüksekliği boyunca: P1 perdesi $\Rightarrow 8\Phi 22 + 10\Phi 20$

P15 perdesi $\Rightarrow 8\Phi 22 + 6\Phi 20$

Kritik perde yüksekliği dışında: P1 perdesi $\Rightarrow 10\Phi 20$

P15 perdesi $\Rightarrow 10\Phi 20$

Perdelerin Kesme Güvenliği:

Perde kesitlerinin kesme kuvveti dayanımı V_r , Denklem 4.7 ile hesaplanacaktır.

$$V_r = A_{ch} (0.65 f_{ctd} + \rho_{sh} f_{yd}) \quad (4.7)$$

V_d kesme kuvveti aşağıda tanımlanan koşulları sağlayacaktır.

$$V_d \leq V_r \quad (4.9a)$$

$$V_d \leq 0.22 A_{ch} f_{cd} \quad (4.9b)$$

Aksi durumda, perde kesit boyutları bu koşullar sağlanmak üzere artırılmalıdır. Tablo 4.12 den anlaşılacağı üzere perdeler kesme kuvveti tahkiki bakımından yönetmeliğin önerdiği şartları sağlamaktadırlar. Söz konusu perdelerin detaylı donatı düzeni çizimleri Şekil 4.14 ve Şekil 4.15 de verilmiştir.

5. YAPININ DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZİ

5.1 İtme Analizi

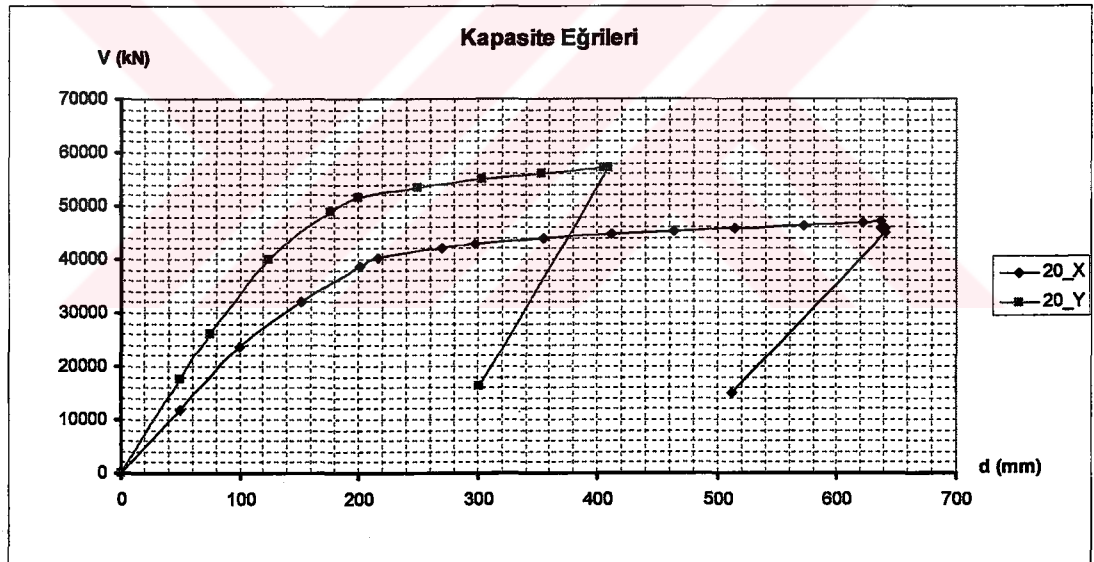
Deprem etkisi altında binaların yapısal performanslarının belirlenmesi için kullanılacak doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin amacı, verilen bir deprem için sünnek davranışa ilişkin plastik şekildeğiştirme istemleri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet istemlerinin hesaplanmasıdır. Hesap edilen bu istem büyüklükleri, kesit veya elemanda bulunan şekil değiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirilmesi yapılır. Bu doğrultuda taşıyıcı sistemlerin doğrusal olmayan itme analizleri her iki doğrultuda, birbirinden bağımsız olarak yapılmıştır. İtme analizi, kapasite spektrum yöntemi ve yerdeğiştirme katsayıları yöntemi yanında tasarı Deprem Yönetmeliği'nin önerdiği artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılmıştır. Bu analizler yapılırken ETABS v8.47 programından yararlanılmıştır. İtme analizinde eşdeğer deprem yükü esas alınmıştır. Yük dağılımı, her bir itme adımı öncesinde taşıyıcı sistemde oluşmuş bulunan tüm plastik mafsallar göz önüne alınarak başlangıçta hesaplanan deprem doğrultusundaki hakim titreşim mod şekli ile orantılı olarak tanımlanmıştır. Doğrusal olmayan davranış idealleştirilmesi için betonarme çerçevelerde kolon-kiriş birleşim bölgesinin rijit olduğu varsayılmıştır. Plastik mafsallık boyu, kolon ve kiriş elemanlar için çalışan doğrultudaki kesit boyutunun yarısına eşit olarak alınmıştır. Ayrıca bu elemanlar için elastik eğilme rijitliği olarak çatlamış kesit rijitlikleri tasarı deprem yönetmeliğine uygun olarak alınmıştır. İtme analizi G+Q yükü altında yapılmıştır. Öncelikle plastik şekil değiştirmelerden elde edilen hasar durumları elemanlar esas alınarak belirlenmiş, daha sonra binanın tümü için performans değerlendirmesi yapılmıştır.

5.2 Kapasite Spektrum Yöntemi ile Hesap

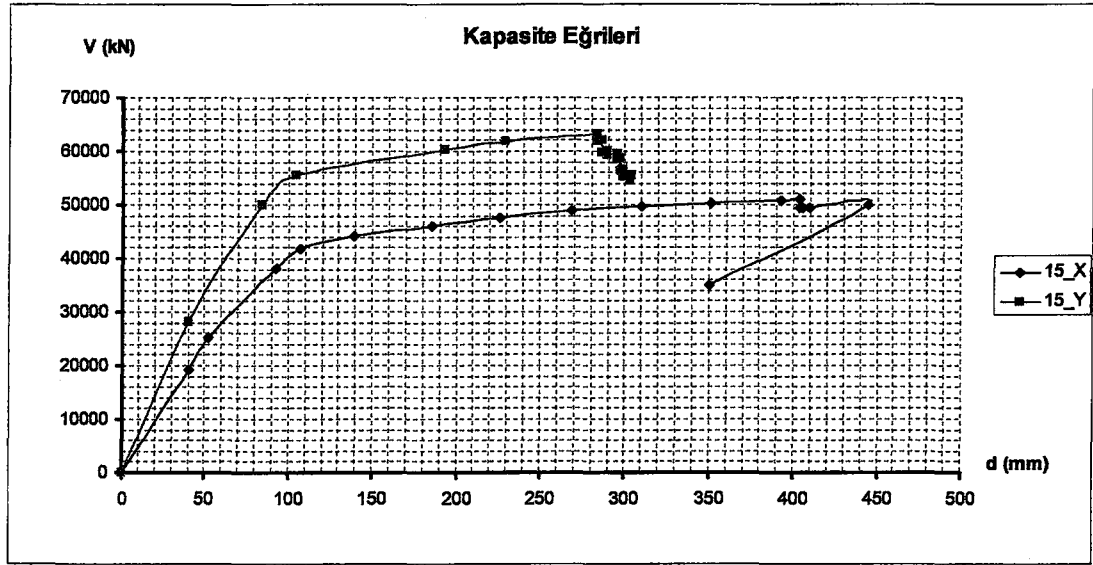
Bu yöntemde yapının performans noktasını belirleyebilmek için bir grafik yöntem izlenmektedir. Bu doğrultuda kapasite eğrisi ile indirgenmiş talep spektrumunun

kesişim noktası aranmaktadır. Kapasite ve talep eğrilerinin karşılaştırılabilmesi için eksen takımlarının aynı olması gerekmektedir. Bunun için ATC 40 yaklaşımı kapasite eğrisini spektrum eğrisine (spektral ivme-spektral yerdeğiştirme) dönüştürülmesini önermektedir. Sözkonusu kapasite eğrileri elde edilirken, yapıda arttırılmamış düşey yüklerin bulunduğu kabul edilerek, yatay yük (eşdeğer deprem yükü) adım adım arttırılmıştır. Bu yatay yükün hesap edilmesinde, her iki doğrultu için hakim eğilme modu esas alınmıştır. Dolayısıyla yerdeğiştirmenin bina yüksekliğince değişiminde de bu mod etkili olacağı için sadece en üst katın yerdeğiştirmesinin göz önüne alınması yeterli bulunmuştur.

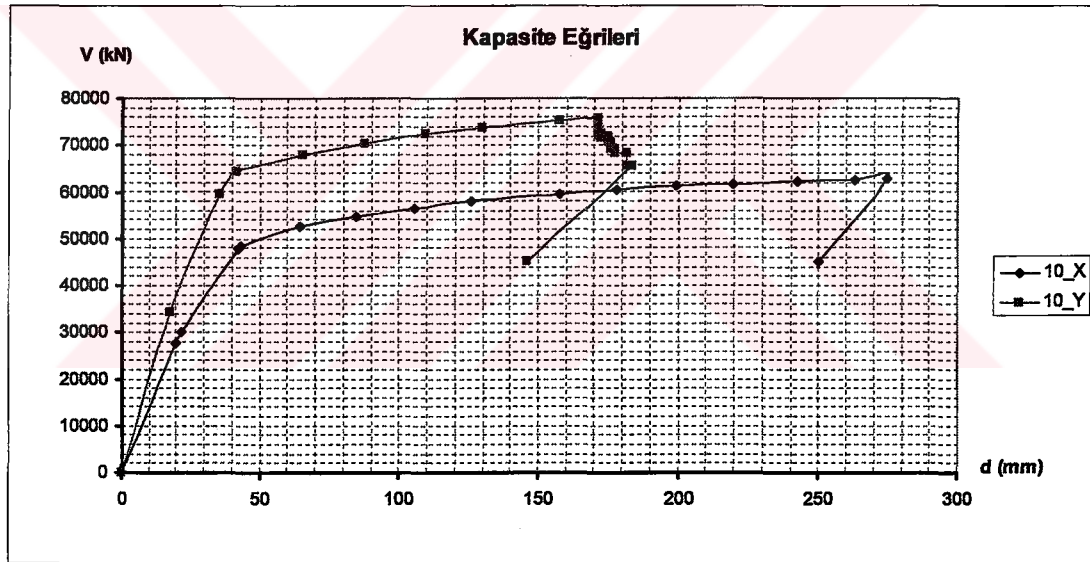
Yukarıda tanımlanan yöntem ve esaslarına uygun olarak yapılan çözümleme sonuçları aşağıda verilmiştir. Yapıların kapasite eğrileri Şekil 5.1-Şekil 5.3 de verilmiştir. 20 katlı yapının x doğrultusundaki kapasite eğrisini göstermek üzere 20_x gösterimi kullanılmıştır.



Şekil 5.1 20 Katlı Yapının Kapasite Eğrileri



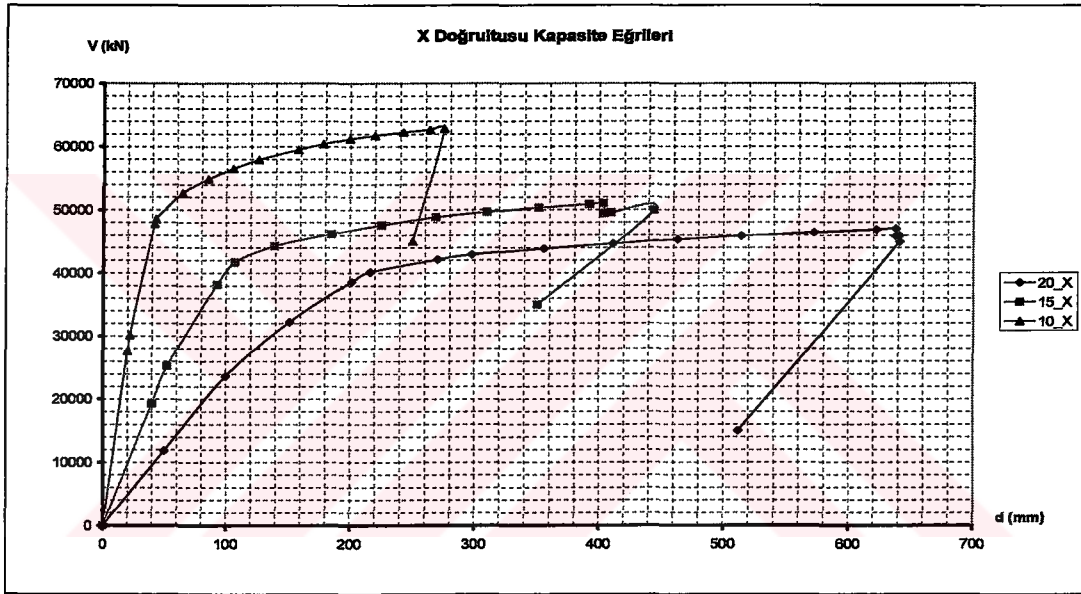
Şekil 5.2 15 Katlı Yapının Kapasite Eğrileri



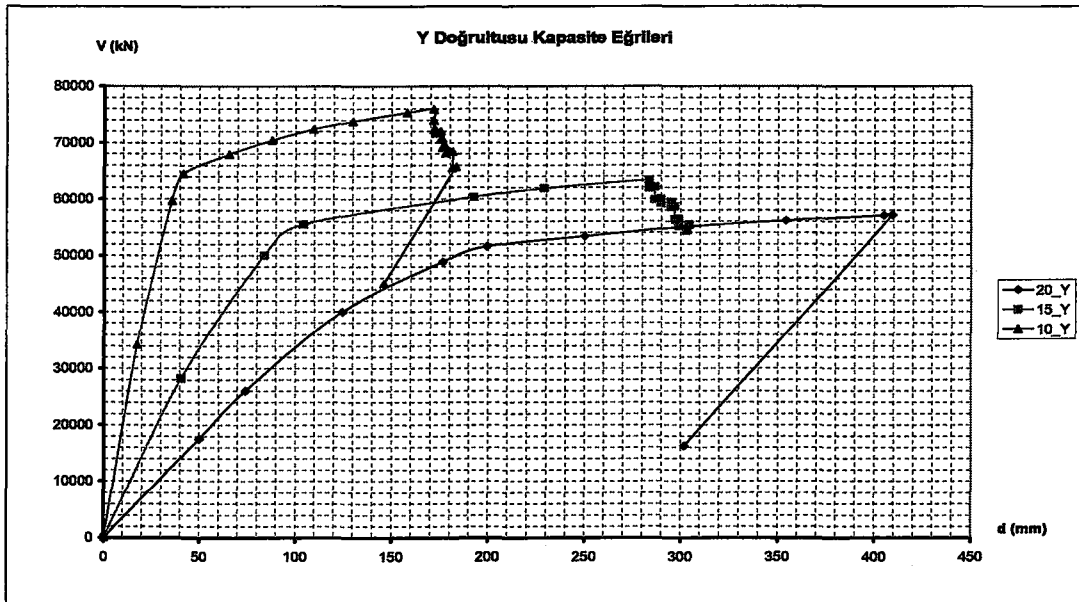
Şekil 5.3 10 Katlı Yapının Kapasite Eğrileri

Şekil 5.1, 5.2 ve 5.3 ten anlaşılabacağı üzere her üç yapı x doğrultusunda daha sünek davranış göstermektedir. Çerçeve perde etkileşiminin daha etkin olduğu y doğrultusunda yapıların daha rijit olduğu görülmektedir. Bu rijitliğe bağlı olarak yapılar y doğrultusunda daha fazla deprem kuvveti kapasitesine sahiptir. Oysaki bu doğrultuda çekirdek perdelerin etkili çalışabilmesi her katta dört adet bulunan 50cm/75cm kirişleri ile sağlanabilmektedir. Artan deprem yükleri ile beraber bu bağlantı kirişlerinde oluşan plastik dönmeler hızlı bir şekilde artmaktadır. Dolayısıyla yapı hızlı bir şekilde mekanizma durumuna ulaşmaktadır. x doğrultusunda yapının perde çerçeve sistem beraber çalışmasının etkili olması için

yeterli bağlantı sağlanamamıştır. Bu doğrultuda, çerçeve eksenleri ile perde eksenleri çakışması durumunda perde çerçeve sistem beraber çalışmasının daha etkili olabileceği görülmektedir. Buna rağmen, dört eksen boyunca yeralan çerçeve sistemlerin artan deprem yükleri altında göstermiş olduğu sünük davranış nedeniyle, yapı bu doğrultuda belirgin bir şekilde daha fazla yatay öteleme kapasitesine sahiptir. Diğer bir anlatımla, bu doğrultuda sistemin mekanizma durumuna ulaşabilmesi için gerekli plastik dönmelerin sayısı daha fazladır. Kat yüksekliğine bağlı doğrusal olmayan itme analizi hakkında fikir vermesi açısından her üç yapının her iki doğrultudaki kapasite eğrileri Şekil 5.4 ve Şekil 5.5 te verilmiştir.



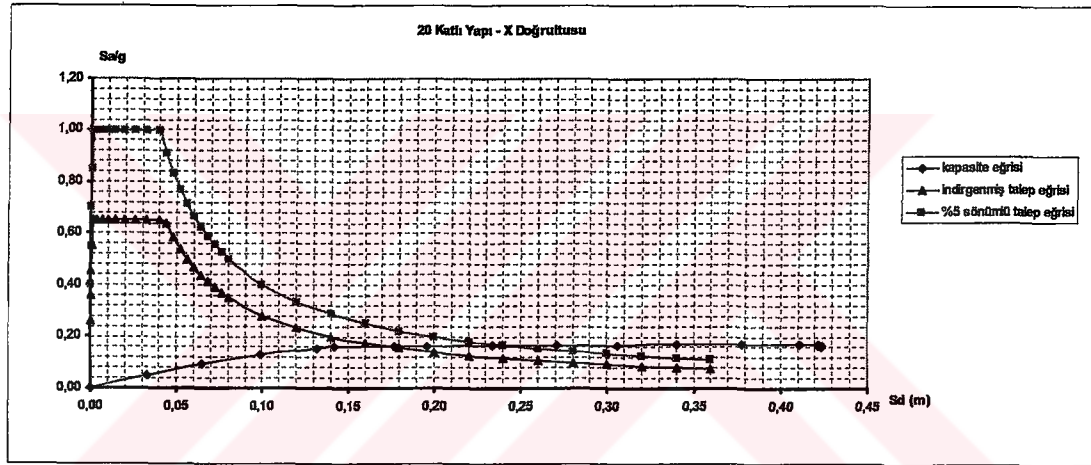
Şekil 5.4 x Doğrultusu Kapasite Eğrileri



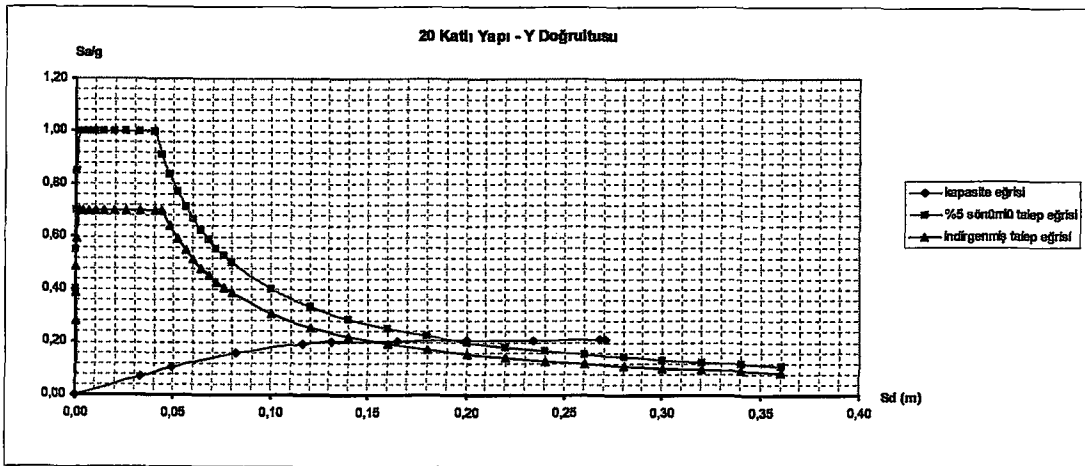
Şekil 5.5 y Doğrultusu Kapasite Eğrileri

Öncelikle, kapasite eğrilerinin her üç yapı içinde sünek davranışa karşı geldiği söylenebilir. Yalnız, 20 katlı yapının 15 katlı yapıya oranla ve 15 katlı yapının da 10 katlı yapıya göre daha sünek davranış gösterdiği görülmektedir. Eğrilerin başlangıçta doğrusal olan kısmı elastik bölgeye karşılık gelmektedir. Eğrilerin eğiminin yumuşaması artan yatay yükler altında betonda oluşabilecek çatlama, donatıda akma ve bazı kesitlerin taşıma gücüne ulaşması sonucu ortaya çıkan plastik şekil değiştirmeleri temsil eden plastik mafsall oluşumu ve dönmesi sonucudur.

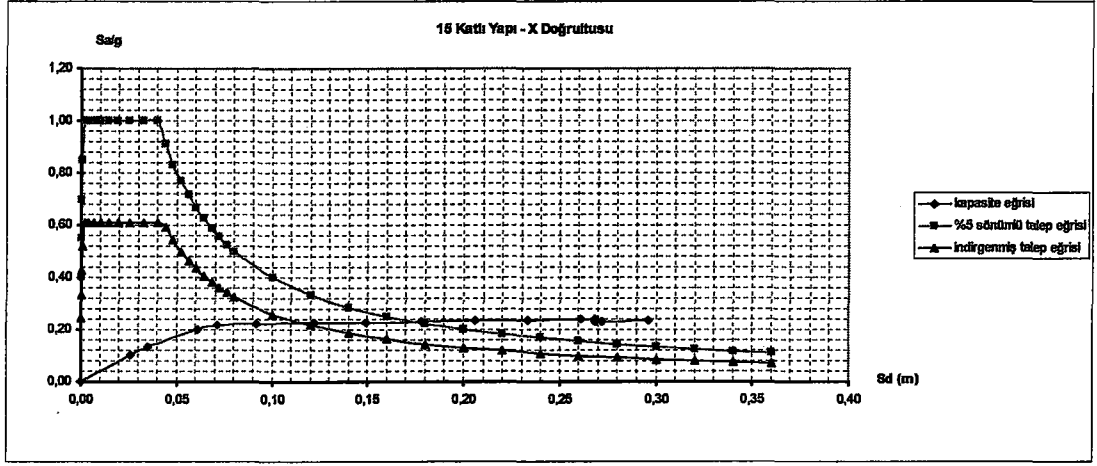
Kapasite spektrum yöntemine göre bulunan performans noktalarına ait ilgili katsayılar ve grafikler devam devam eden sayfalarda verilmiştir. Talep eğrisi oluşturulurken tasarım depremi göz önüne alınmıştır.



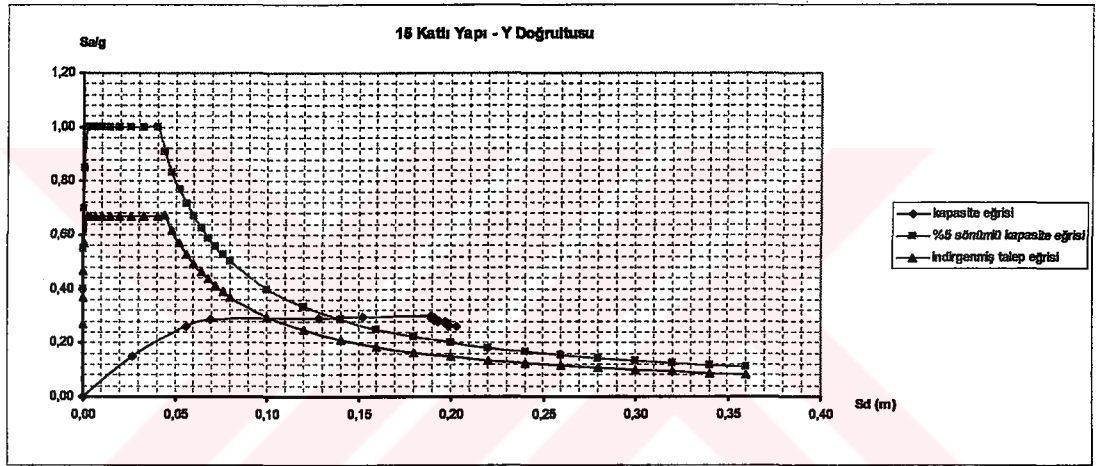
Şekil 5.6 20 Katlı Yapının x Doğrultusundaki İtme Analizi



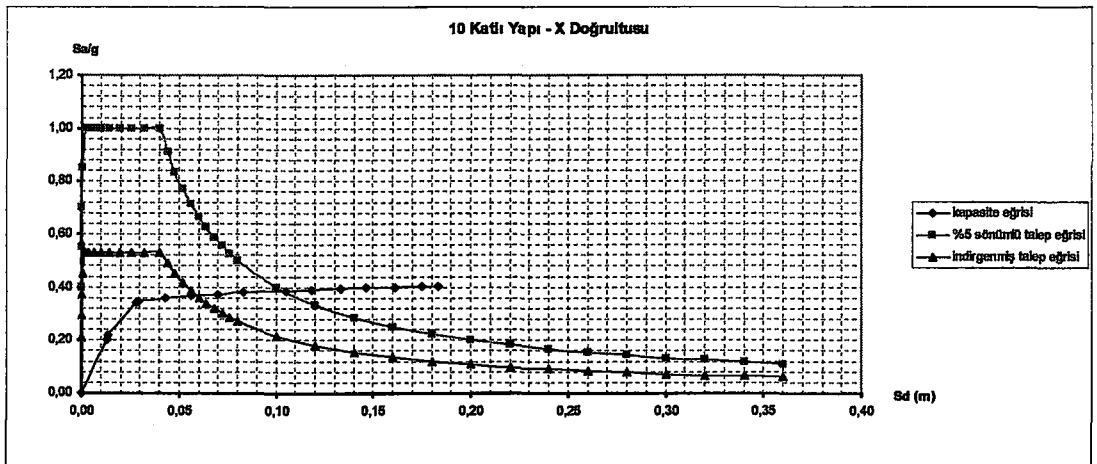
Şekil 5.7 20 Katlı Yapının y Doğrultusundaki İtme Analizi



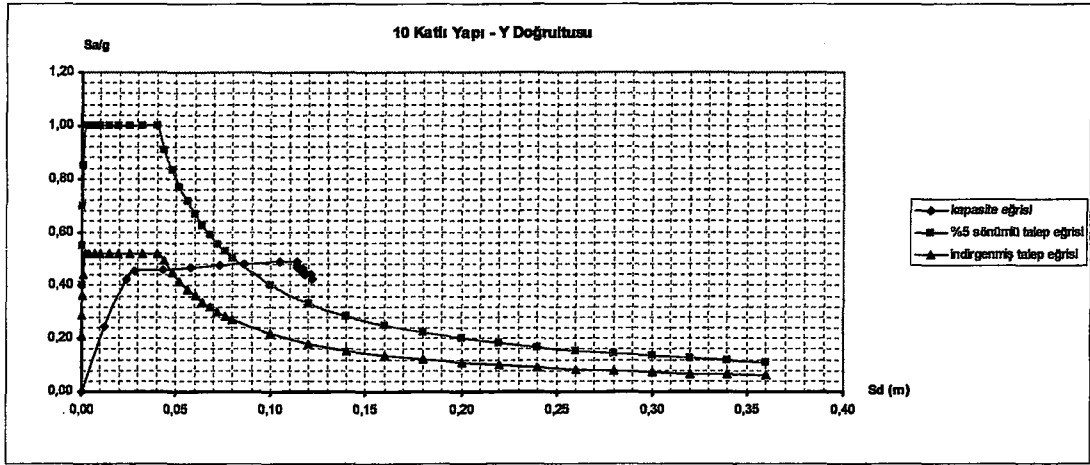
Şekil 5.8 15 Katlı Yapının x Doğrultusundaki İtme Analizi



Şekil 5.9 15 Katlı Yapının y Doğrultusundaki İtme Analizi



Şekil 5.10 10 Katlı Yapının x Doğrultusundaki İtme Analizi



Şekil 5.11 10 Katlı Yapının y Doğrultusundaki İtme Analizi

Performans noktasına karşı gelen sırasıyla taban kesme kuvveti (V), yapı tepe noktası yatay yer değiştirmesi (d), spektral ivme (S_a), spektral yerdeğiştirme (S_d), efektif periyot (T_{eff}), efektif sönüm (β_{eff}) ve elastik periyot (T_I) değerleri Tablo 5.1 de verilmiştir.

Tablo 5.1 Performans Noktası Değerleri

	20 KATLI		15 KATLI		10 KATLI		
	x Doğrultusu	y Doğrultusu	x Doğrultusu	y Doğrultusu	x Doğrultusu	y Doğrultusu	Birim
V	40390	49742	43760	56108	52921	66824	kN
d	0.223	0.184	0.133	0.115	0.067	0.058	m
S_a	0.161	0.196	0.221	0.286	0.360	0.456	Sa/g
S_d	0.147	0.121	0.088	0.076	0.044	0.038	m
T_{eff}	1.918	1.577	1.262	1.030	0.705	0.579	s
β_{eff}	0.126	0.124	0.169	0.14	0.217	0.195	
T_I	1.740	1.440	1.060	0.890	0.540	0.450	s

HK = Hemen Kullanım Performans Seviyesi

CG = Can Güvenliği Performans Seviyesi

YS = Yapısal Stabilité Performans Seviyesi

Her iki doğrultuda yapılan doğrusal olmayan itme analizi sırasında her bir adıma karşı gelen plastik mafsalları sayısı ve plastik mafsallarda oluşan dönme değerine bağlı olarak performans seviyesi, tepe noktası yerdeğiştirmesi ve taban kesme kuvveti değerleri Tablo 5.2-Tablo 5.7 de verilmiştir. Tabloda verilen toplam plastik mafsalları sayısı her iki doğrultudaki elemanların tamamına atanmış mafsalları sayısıdır.

Klasik tasarıma esas eşdeğer deprem kuvveti değerleri ile performans noktasına karşı gelen taban kesme kuvveti değerleri Tablo 5.8 de karşılaştırılmıştır. Performans

noktasına karşı gelen taban kesme kuvvetinin eşdeğer deprem kuvvetine oranı yaklaşık üç mertebesinde. Oysaki bu değerin taşıyıcı sistem davranış katsayısı olarak seçilen yedi değerine yakın çıkmasını beklenmiştir. Aradaki bu farkın sebeplerinden biri şu şekilde açıklanabilir: Kesitlerin moment eğrilik bağıntıları oluşturulurken boyuna donatıdan hareket edilmiştir. Kesme kuvveti donatısının moment eğrilik diyagramına katkısı ihmal edilmiştir. Eşdeğer deprem taban kesme kuvvetine karşı gelen rölatif kat ötelemeleri ile performans noktasına karşı gelen rölatif kat ötelemeleri değerleri Tablo 5.9 da karşılaştırılmıştır.

Tablo 5.8 Performans Noktası Değerlerinin Karşılaştırılması

Yapı	Doğrultu	Veş (kN)	Vper (kN)	Vmax (kN)	W (kN)	Veş/W	Vper/W	Vmax/W	Vper/Veş	Vmax/Veş
20 KATLI	x	15330	40390	47022	403561	0.038	0.100	0.117	2.635	3.067
	y	17751	49742	57148		0.044	0.123	0.142	2.802	3.219
15 KATLI	x	16050	43760	51028	303503	0.053	0.144	0.168	2.726	3.179
	y	18204	56108	59493		0.060	0.185	0.196	3.082	3.268
10 KATLI	x	18681	52921	62648	209968	0.089	0.252	0.298	2.833	3.354
	y	20990	66824	75920		0.100	0.318	0.362	3.184	3.617

Tablo 5.9 Rölatif Kat Ötelemeleri Değerlerinin Karşılaştırılması

Yapı	Doğrultu	Veş Taban Kesme Kuvvetine Karşı Gelen Rölatif Öteleme	Vper Taban Kesme Kuvvetine Karşı Gelen Rölatif Öteleme	Deprem Yönetmeliği Sınır Değeri
20 KATLI	x	0.00079	0.0038	0.0028
	y	0.00063	0.0031	0.0028
15 KATLI	x	0.00056	0.0031	0.0028
	y	0.00043	0.0026	0.0028
10 KATLI	x	0.00033	0.0023	0.0028
	y	0.00025	0.0019	0.0028

Tablo 5.9 incelendiği zaman fark edileceği üzere, performans noktasına karşı gelen ötelemenin 20 katlı yapıda afet yönetmeliğin öngördüğü sınırı aştığı, diğer yapılarda bu sınırın altında kaldığı görülmektedir. Oysaki doğrusal olmayan değerlendirme yöntemlerinde verilen sınır değeri 0.01 mertebesinde. Aradaki bu fark, yapının her iki doğrultusunda bulunan çok rijit çekirdek perdeleri varlığı ile açıklanabilir.

5.3 Yer Değiştirme Katsayıları Yöntemi ile Hesap

Bilindiği üzere yerdeğiştirme katsayısı yöntemi, kapasite spektrum yöntemine benzer olarak, kapasite ve talebin birbirine bağlı olduğu esasına dayanmaktadır. Sadece, yerdeğiştirme istemi grafik olarak değil, sayısal bir biçimde bulunmaktadır. Bu doğrultuda öncelikle kapasite eğrileri elde edilmiştir. Bunun için sabit düşey yükler

ve orantılı olarak artan yatay yükler altında, lineer olmayan teoriye göre hesap yapılmıştır. Daha sonra bu eğriler, birincisinin eğimi elastik rijitliği K_e , ikincisinin eğimi ise elastoplastik rijitliği K_s temsil eden iki doğru parçasından oluşacak şekilde idealleştirilmiştir. İdealleştirme yapılırken, gerçek ve idealleştirilmiş kapasite diyagramlarının altında kalan alanların eşit olması ve K_e eğimli doğrunun kapasite eğrisini kestiği noktanın ordinatının, K_e ve K_s eğimli doğruların kesiştiği noktanın ordinatının yaklaşık olarak 0.60 katı olması koşulları esas alınmaktadır. Ancak iki doğrunun kesim noktası başlangıçta bilinmediğinden, bir deneme-yanılma yöntemi uygulanması gerekmiştir. Sözkonusu kapasite eğrileri elde edilirken, kapasite spektrum yöntemindeki adımlar aynen izlenmiştir.

Modal yerdeğiştirme istemi, modal tek serbestlik dereceli sistemin doğrusal olmayan en büyük yerdeğiştirmesine karşı gelen elasto-plastik spektral yerdeğiştirme $S_{di}(T_e)$ ye eşittir. Bu büyüklük eşdeğer doğal periyoda karşı gelen elastik spektral yerdeğiştirme $S_{di}(T_e)$ nin aşağıda tanımlanan C_1 ve C_2 katsayıları ile çarpılması ile elde edilmiştir [18].

$$S_{di}(T_e) = C_1 C_2 S_{de}(T_e) \quad (5.1)$$

C_1 katsayısı

$$C_1 = 1 + (R_y - 1) / 3.6 \quad (T_e < 0.2 \text{ s}) \quad (5.2a)$$

$$C_1 = 1 + (R_y - 1) / (90 T_e^2) \quad (0.2 \text{ s} \leq T_e \leq 1.0 \text{ s}) \quad (5.2b)$$

$$C_1 = 1 \quad (T_e > 1.0 \text{ s}) \quad (5.2c)$$

C_2 katsayısı

$$C_2 = 1 + (R_y - 1)^2 / 32 \quad (T_e < 0.2 \text{ s}) \quad (5.3a)$$

$$C_2 = 1 + (R_y - 1)^2 / (800 T_e^2) \quad (0.2 \text{ s} \leq T_e \leq 0.7 \text{ s}) \quad (5.3b)$$

$$C_2 = 1 \quad (T_e > 0.7 \text{ s}) \quad (5.3c)$$

$$R_y = S_{ac}(T_e) / a_y \quad (5.4)$$

şeklinde tanımlanmıştır [18]. Modal yerdeğiştirme isteminin belirlenmesinin ardından maksimum tepe yerdeğiştirmesi (hedef yerdeğiştirme) hesaplanmıştır:

$$u_{nx,hedef} = u_{nx,maks} = \Phi_{nx} \Gamma_x S_{di}(T_e) \quad (5.5)$$

Daha sonra, tepe yerdeğiştirmesi yukarıda verilen hedef yerdeğiştirmeye eşit oluncaya kadar taşıyıcı sistem itilmiş ve bunun sonucunda, istenen bütün büyüklüklere ait maksimum talep değerleri elde edilmiştir. x ve y doğrultularında modal yerdeğiştirme taleplerinin belirlenmesine ait sayısal değerler Tablo 5.10 da verilmiştir.

Tablo 5.10 Hedef Yerdeğiştirme Taleplerinin Belirlenmesi

	20 KATLI		15 KATLI		10 KATLI		
	x Doğrultusu	y Doğrultusu	x Doğrultusu	y Doğrultusu	x Doğrultusu	y Doğrultusu	Birim
w_e	3.554	4.301	5.694	6.871	11.397	13.593	s^{-1}
T_e	1.767	1.46	1.103	0.914	0.551	0.462	s
C1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.002	1.003	
C2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
R_y	5.659	6.849	9.066	10.941	18.149	21.645	
a_y	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	
$S_{ae}(T_e)$	0.226	0.274	0.363	0.438	0.726	0.866	Sa/g
$S_{de}(T_e)$	0.177	0.146	0.110	0.091	0.055	0.046	m
$S_{dl}(T_e)$	0.177	0.146	0.110	0.091	0.055	0.046	m
$U_x\text{-hedef}$	0.272	0.222	0.168	0.138	0.083	0.070	m
M	41138	41138	30938	30938	21404	21404	kN/s ² m
Kütle Katılım	0.61	0.61	0.62	0.62	0.65	0.66	
M_b	25094	25094	19182	19182	13913	14127	kN/s ² m
Γ	158.41	158.41	138.50	138.50	117.95	118.86	
Φ	0.0097	0.0096	0.011	0.0109	0.0128	0.0127	m

Statik itme analizi ile çizilen taban kesme kuvveti-tepe noktası yatay yerdeğiştirmesi diyagramları ve bunların idealleştirilmesi ile elde edilen iki doğrulu kapasite eğrileri şekil 5.12-şekil 5.17 de verilmiştir.

5.4 Artımsal İtme Analizi ile Hesap (Tasarı Deprem Yönetmeliği Yaklaşımı)

Bilindiği üzere, kullanmakta olduğuz Deprem Yönetmeliği 1998 yılında hazırlanmıştır. Bu yönetmeliğe göre, afet bölgelerinde yapılacak, değiştiturecek, büyütülecek, onarılacak ya da güçlendirilecek tüm bina türü yapılar yönetmelik kurallarına uygun olarak yapılacaktır. Fakat, 1999 Marmara Bölgesi Depremleri mevcut yönetmeliğin bina değerlendirme ve güçlendirmesine ilişkin bölümünün yetersiz kaldığını göstermiştir. Bu depremlerde hasar gören yapıların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi için uygulamada birçok yöntem kullanılmıştır. Kullanılan bu değerlendirme yöntemlerini bir düzene koymak için mevcut yönetmelik gözden geçirilmiş, bu çerçevede 13. bölümün eklenmesi ile taslak deprem yönetmeliği hazırlanmıştır. Bu bölüm kapsamında sözkonusu yönetmeliğin 13. bölümünde anlatılan depremde bina performansının doğrusal olmayan elastik hesap yöntemleri ile belirlenmesi başlığı ile verilen bölüm incelenmiştir. 13. bölüm

deprem bölgelerinde bulunan tüm bina türü yapıların deprem etkileri altındaki davranışlarının değerlendirilmesinde uygulanacak hesap kurallarını, güçlendirilmesine karar verilen yapıların güçlendirme tasarımı ilkelerini içermektedir. Buna göre, seçilen deprem etkisi altında çeşitli performans seviyeleri tanımlanmıştır. Binaların değerlendirilmesinde kullanılacak mevcut durum bilgileri için bilgi düzeyi katsayıları kullanılacaktır. Eleman detayları ve boyutları, taşıyıcı sistem geometrisi, malzeme özelliklerine ilişkin değerler kullanılarak taşıyıcı elemanların kapasiteleri hesap edilecektir. Bu doğrultuda üç farklı bilgi düzeyi tanımlanmıştır: Sınırlı, orta ve kapsamlı bilgi düzeyi. Malzeme dayanım özellikleri olarak, projesine uygun imal edilenler için karakteristik değerler kullanılacaktır. Yapı elemanlarının hasar sınırlarının belirlenmesinde, yapı elemanları *sünek* ve *gevrek* olarak ikiye ayrılacaktır. Sünek ve gevrek eleman tanımları, elemanların kapasitelerine hangi kırılma türünde ulaştığı ile ilgilidir. Betonarme elemanlar için, kırılma türü eğilme ise *sünek*, kırılma türleri eksenel basınç veya kesme ise *gevrek* olarak sınıflanırlar. Eksenel yük oranı $N / A_c f_c > 0.7$ olan sargılanmamış kolonlarda *gevrek* olarak tanımlanırlar. Yapısal elemanlar, ayrıca enine donatı (kesme kuvveti donatısı) oranlarına bağlı olarak ikiye ayrılacaktır. Taslak Deprem Yönetmeliği ne göre, gerekli enine donatısı bulunduran elemanlar sargılı, bulundurmayan elemanlar sargısız olarak adlandırılacaktır. Sargılı ve sargısız beton için göz önüne alınacak gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları sargılama oranına bağlı olarak belirlenecektir. İlgili katsayılar için Taslak Deprem Yönetmeliği Ek 13B ye bakılabilir. Depremde bina performansının belirlenmesi için *Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi* ve *Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi* kullanılabilir. Toplam kat yüksekliği 25m yi aşmayan binalarda eşdeğer deprem yükü yöntemi, bunun dışındaki (diğer modların katkısının da göz önünde bulundurulması gereken) mod birleştirme yöntemi uygulanacaktır. Doğrusal elastik yöntemlerin kullanımına ilişkin getirilen ek kuralların değerlendirilmesi bu tez çalışması kapsamı dışındadır.

Taslak deprem yönetmeliği ile mevcut yönetmelik deprem karşılaştırıldığı zaman aşağıdaki farklılıklar dikkati çekmektedir:

- Mevcut yönetmelikte, eşdeğer deprem yükü hesap edilirken sistemin elastik ötesi kapasitesini de göz önüne alabilmek için deprem yükü azaltma katsayısı

kullanılır. Taslak yönetmeliğe göre, elastik hesap yöntemi ile toplam eşdeğer deprem yükünün (taban kesme kuvveti) hesaplanmasında $R_a=1$ alınacaktır. Tüm sistem yerine eleman bazında azaltma azaltma katsayıları kullanılacaktır.

- Mevcut yönetmelikte dikkate alınan bina önem katsayısı, taslak yönetmelikte sözkonusu değildir. Çünkü, binanın değerlendirme aşamasında farklı deprem etkilerine bağlı olarak çeşitli performans seviyeleri tanımlanmıştır.
- Mevcut yönetmelikte yapı kütlelerinin düzgün olmayan dağılışı göz önünde bulundurmak için kullandığımız ek dış merkezlik 0.05 yeni değerlendirme yönteminde sözkonusu değildir.
- Taslak yönetmelikte kırılma türü kesme kuvveti güç tükenmesi olan (gevrek kırılma) kısa kolonlara ilişkin değerlendirme özellikle vurgulanmıştır.
- Taslak yönetmelikte betonarme tablalı kirişlerin pozitif ve negatif plastik momentlerinin hesabında tabla betonu ve içindeki donatı hesaba katılacaktır. Çalışan tabla genişliği TS 500 e göre belirlenecektir.
- Taslak yönetmeliğin önerdiği doğrusal olmayan hesap yöntemi ile değerlendirmede çatlamış kesit rijitlikleri göz önüne alınacaktır.
- Taslak yönetmeliğe göre zemindeki şekil değiştirmelerin yapı davranışını etkileyebileceği durumlarda zeminin şekil değiştirme özellikleri yapı modeline dahil edilecektir.

Taslak deprem yönetmeliğinde, deprem etkisi altında binaların yapısal performanslarının belirlenmesi ve güçlendirme analizleri için kullanılacak doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin amacının, verilen bir deprem için sünük davranışa ilişkin plastik şekildeğiştirme istemleri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet taleplerinin hesaplanması, bu talep büyüklüklerinin tanımlanmış bulunan şekildeğiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirilmesinin yapılabilmesi olarak tanımlanmıştır. Doğrusal olmayan elastik analiz yöntemleri olarak, *Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi*, *Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi* ve *Zaman Tanım Alanında Artımsal Hesap Yöntemi* verilmiştir. Yalnız, adı geçen ilk iki yöntem doğrusal olmayan deprem performansının belirlenmesi için esas alınacak yöntemlerdir.

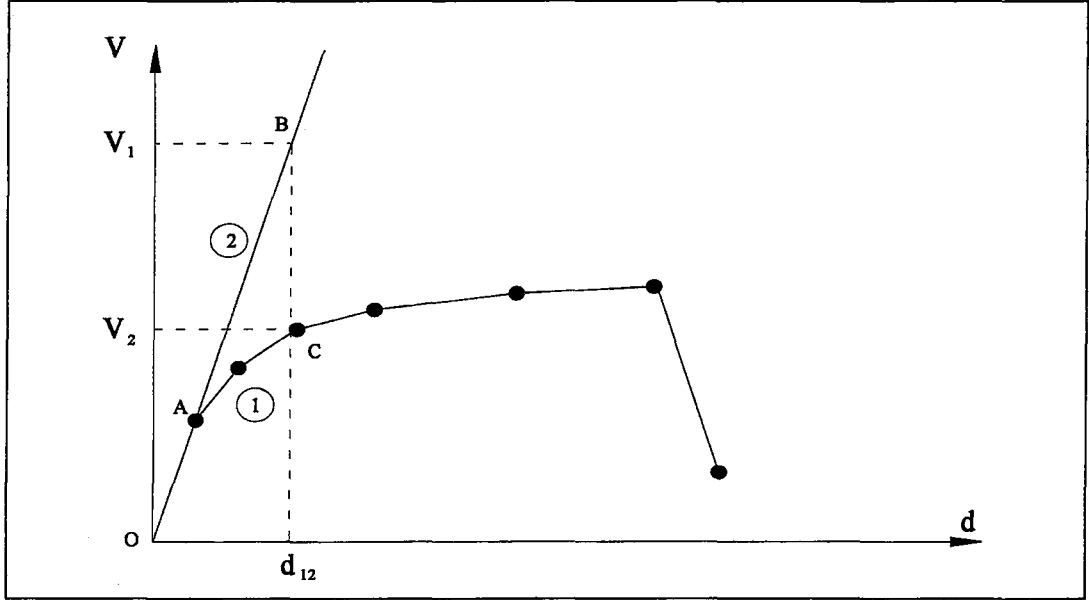
Bu çerçevede, artımsal itme analizi esas alınarak yapılacak olan doğrusal olmayan performans değerlendirmesinde izlenecek adımlar FEMA 356 yaklaşımı kapsamında verilen yer değiştirme katsayısı yöntemi ile büyük benzerlik göstermektedir. Sadece, performans değerlendirilmesine ilişkin bölümde, beton ve donatı çeliği için şekil değiştirme taleplerinin birim şekil değiştirme performans seviyesine bağlı sınır değerleri ile karşılaştırılması ile yapılacak olan bir değerlendirme sözkonusudur. Ayrıca, kesit ve elemanların performans durumlarından hareket ederek tüm bina için yapılacak olan değerlendirmeye ilişkin durumlar daha kesin matematiksel ifadelerle verilmiştir. Hesapta izlenecek adımlar sırası ile verilmiştir:

- Yapısal elemanları gözönüne alarak analiz modelinin oluşturulması ve doğrusal olmayan davranışın idealleştirilmesi. İtme analizi yapılarak $V_i - \Delta$ grafiğinin değişiminin çizilmesi.
- Çizilen bu değişimden koordinatları modal yerdeğiştirme-modal ivme olan modal kapasite diyagramının oluşturulması.
- %5 sönümlü elastik davranış spektrumundan yararlanarak modal yerdeğiştirme talebinin belirlenmesi.
- Her iki grafikten faydalanarak performans noktasının bulunması.
- Performans noktasına karşı gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme ve iç kuvvet taleplerinin hesap edilmesi.
- Plastik mafsal boyu kabul edilerek, plastikleşen kesitlerde hesaplanmış bulunan plastik mafsal dönme taleplerinden plastik eğrilik taleplerine geçilmesi. Buradan toplam eğrilik taleplerine geçilip, bunlara bağlı olarak betonarme kesitlerde betonda ve donatı çeliğinde meydana gelen birim şekil değiştirme taleplerinin hesaplanması.
- Kesit düzeyinde sünük davranışa ilişkin performans değerlendirmesi olarak, hesaplanan beton ve donatı çeliğinin birim şekildeğiştirme talepleri, kesit düzeyinde çeşitli hasar sınırları için tanımlanan ilgili birim şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılması. Ayrıca, analiz sonucunda elde edilen normal kuvvet, kesme kuvveti talepleri, kapasite normal kuvvet ve kesme kuvveti değerleri ile karşılaştırılarak kesit düzeyinde gevrek davranışa ilişkin performans değerlendirilmesinin yapılması.

Gözönüne alınan örnek için, yukarıda tanımlanan hesap adımlarına uygun olarak artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılan itme analizi sonucu elde edilen modal kapasite diyagramları ve %5 sönümlü elastik davranış spektrumu diyagramları Şekil 5.18-Şekil 5.23 te verilmiştir. Talep eğrisi oluşturulurken tasarım depremi göz önüne alınmıştır.

İtme analizi sonucunda elde edilen modal kapasite diyagramı yerdeğiştirme katsayısı yönteminde de belirtilen esaslara uygun olarak iki doğrulu bir diyagrama dönüştürme yapılmıştır. Ardışık yaklaşıma başlanılacak ilk noktaya eşit yerdeğiştirme kuralı uyarınca ulaşılabilmektedir. Bu noktada eşit yerdeğiştirme kuralını kısaca aşağıdaki gibi açıklanabilir.

Eşit yerdeğiştirme kuralı: Yapılan çalışmalar, normal orta ve yüksek katlı binaların tipik bir depremde zorlanması durumunda çözümlemenin elastik veya elastik ötesi davranışı esas alınarak yapılmasına bağlı olmaksızın aynı mertebede yatay değiştirmenin meydana geldiğini göstermiştir. Bir sistemi alıp güç tükenmesi durumuna kadar yükleyelim. Bu sırada yapının yatay yerdeğiştirmesinin taban kesme kuvvetine bağlı kuvvet-yerdeğiştirme diyagramını oluşturalım. Kurala göre, d yerdeğiştirmesine yapının güç tükenme durumuna kadar elastik kalması durumunda da ulaşılabileceği varsayılmaktadır. Bu kural uyarınca, 1 yolunu (OAC, elasto-plastik) izleyerek ulaşılan d yerdeğiştirmesine 2 yolunu (OAB, elastik) izleyerek te yeter derece doğrulukla ulaşılabilmektedir. Aynı deprem etkisi altında elastik ve elasto-plastik sistemde farklı taban kesme kuvvetleri oluşmasına karşılık, yakın yerdeğiştirme meydana gelmektedir.



Şekil 5.24 Eşit Yerdeğiştirme Kuralının Kullanılması

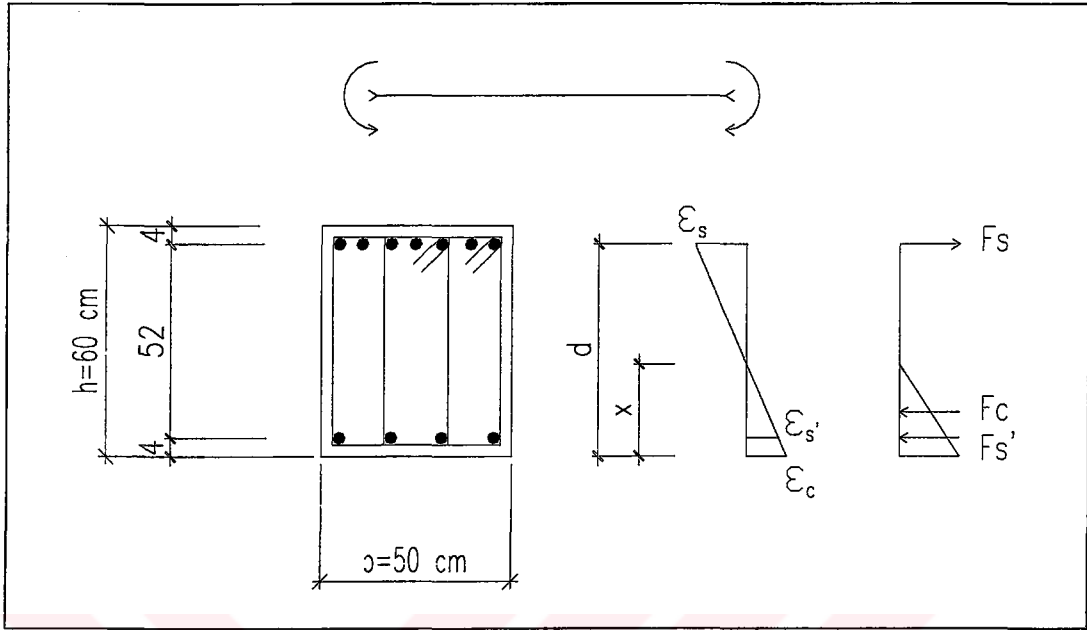
x ve y doğrultularında modal yerdeğiştirme isteminin belirlenmesine ait sayısal değerler Tablo 5.11 de verilmiştir.

Tablo 5.11 Hedef Yerdeğiştirmenin Belirlenmesi

	20 KATLI		15 KATLI		10 KATLI		
	x Doğrultusu	y Doğrultusu	x Doğrultusu	y Doğrultusu	x Doğrultusu	y Doğrultusu	Birim
T_B	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	s
T_1	1,74	1,44	1,06	0,89	0,54	0,45	s
$(w_B)^2$	246	246	246	246	246	246	
$(w_1^{(1)})^2$	13	19	35	50	135	195	
S_{de}	0,177	0,146	0,110	0,091	0,055	0,046	m
S_{dl}	0,177	0,146	0,110	0,091	0,055	0,046	m
$U_x\text{-hedef}$	0,272	0,222	0,168	0,138	0,083	0,070	m
M	41138	41138	30938	30938	21404	21404	kN/s ² m
Kütle Katılım	0,61	0,61	0,62	0,62	0,65	0,66	
M_b	25094	25094	19182	19182	13913	14127	kN/s ² m
Γ	158,41	158,41	138,50	138,50	117,95	118,86	
Φ	0,0097	0,0096	0,011	0,0109	0,0128	0,0127	m

Belirlenen modal yerdeğiştirme istemlerine karşı gelen, kolon ve kirişlere ait plastik mafsallarda dönme istemi ve bu dönme istemine karşı gelen performans seviyesi Tablo 5.13-Tablo 5.16 da verilmiştir. Bu tablolar, 20 katlı yapının 5. kat kolon ve kirişlerine ait her iki doğrultudaki doğrusal olmayan itme analizi sonuçlarını içermektedir. Performans seviyeleri belirlenirken plastik mafsallarda oluşan plastik dönme talebi esas alınmış, FEMA 356 yaklaşımı kapsamında verilen sınır değerlerle karşılaştırılmıştır.

Kirişlerin akma durumundaki birim şekil değiştirme durumları ve bu duruma ait akma eğrilikleri Tablo 5.12 de verilmiştir.



Şekil 5.25 Şekil Değiştirme Durumu ve Karşı Gelen Kesit Uç Kuvvetleri

Tablo 5.12 Kiriş Akma Eğriliklerinin Belirlenmesi

Kiriş	B1 KIRIŞI		B5 KIRIŞI		B6 KIRIŞI		B7 KIRIŞI		B8 KIRIŞI		
Kesit	A-A	C-C	A-A	C-C	A-A	C-C	A-A	C-C	A-A	C-C	Birim
b	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	m
h	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	m
d	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	m
d'	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	m
(A _s) _{list}	18.28	18.28	12.12	12.12	12.12	16.78	16.78	12.12	12.12	20.45	cm ²
(A _s) _{alt}	18.08	18.08	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	cm ²
ρ _{list}	0.0065	0.0065	0.0043	0.0043	0.0043	0.0060	0.0060	0.0043	0.0043	0.0073	
ρ _{alt}	0.0065	0.0065	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036	
n	6.56	6.56	6.56	6.56	6.56	6.56	6.56	6.56	6.56	6.56	
k _x	0.229	0.229	0.199	0.199	0.199	0.230	0.230	0.199	0.199	0.251	
x	0.128	0.128	0.111	0.111	0.111	0.129	0.129	0.111	0.111	0.141	m
ε _s	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	
ε _c	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0007	
σ _c	18693	18693	15565	15565	15565	18774	18774	15565	15565	21082	kN/m ²
ε _{s'}	0.0004	0.0004	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0003	0.0003	0.0005	
σ _{s'}	84482	84482	65419	65419	65419	84975	84975	65419	65419	99041	kN/m ²
F _c	600.43	600.43	432.90	432.90	432.90	605.04	605.04	432.90	432.90	741.96	kN
F _s	753.17	753.17	499.37	499.37	499.37	691.37	691.37	499.37	499.37	842.58	kN
F _{s'}	152.74	152.74	66.47	66.47	66.47	86.33	86.33	66.47	66.47	100.63	kN
φ _y	0.0046	0.0046	0.0045	0.0045	0.0045	0.0046	0.0046	0.0045	0.0045	0.0048	1/m
Kiriş	B9 KIRIŞI		B10 KIRIŞI		B13 KIRIŞI		B14 KIRIŞI		B15 KIRIŞI		
Kesit	A-A	C-C	A-A	C-C	A-A	C-C	A-A	C-C	A-A	C-C	Birim
b	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	m
h	0.60	0.60	0.60	0.60	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	m
d	0.56	0.56	0.56	0.56	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	m
d'	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	m

$(A_s)_{\text{ist}}$	20.45	12.12	14.56	14.56	14.56	34.92	34.92	14.56	27.7	27.7	cm ²
$(A_s)_{\text{alt}}$	10.16	10.16	10.16	10.16	22.6	22.6	22.6	22.6	21.24	21.24	cm ²
ρ_{ist}	0.0073	0.0043	0.0052	0.0052	0.0041	0.0098	0.0098	0.0041	0.0078	0.0078	
ρ_{alt}	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0060	0.0060	
n	6.56	6.56	6.56	6.56	6.56	6.56	6.56	6.56	6.56	6.56	
k_x	0.251	0.199	0.216	0.216	0.183	0.275	0.275	0.183	0.249	0.249	
x	0.141	0.111	0.121	0.121	0.130	0.195	0.195	0.130	0.177	0.177	m
ε_s	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	
ε_c	0.0007	0.0005	0.0006	0.0006	0.0004	0.0008	0.0008	0.0004	0.0007	0.0007	
σ_c	21082	15565	17291	17291	14046	23769	23769	14046	20781	20781	kN/m ²
ε_s'	0.0005	0.0003	0.0004	0.0004	0.0003	0.0006	0.0006	0.0003	0.0005	0.0005	
σ_s'	99041	65419	75940	75940	63770	123981	123981	63770	105477	105477	kN/m ²
F_c	741.96	432.90	522.75	522.75	455.78	1158.58	1158.58	455.78	917.26	917.26	kN
F_s	842.58	499.37	599.90	599.90	599.90	1438.77	1438.77	599.90	1141.30	1141.30	kN
F_s'	100.63	66.47	77.15	77.15	144.12	280.20	280.20	144.12	224.03	224.03	kN
ϕ_y	0.0048	0.0045	0.0046	0.0046	0.0034	0.0039	0.0039	0.0034	0.0037	0.0037	1/m

Tablo 5.12 de kullanılan indislerin anlamları sırası ile verilmiştir.

Φ_{plastik} = Plastik mafsalda oluşan plastik dönme talebi

κ_{plastik} = Plastik eğrilik talebi

κ_{akma} = Akma eğriliği

$\sum \kappa$ = Toplam eğrilik talebi

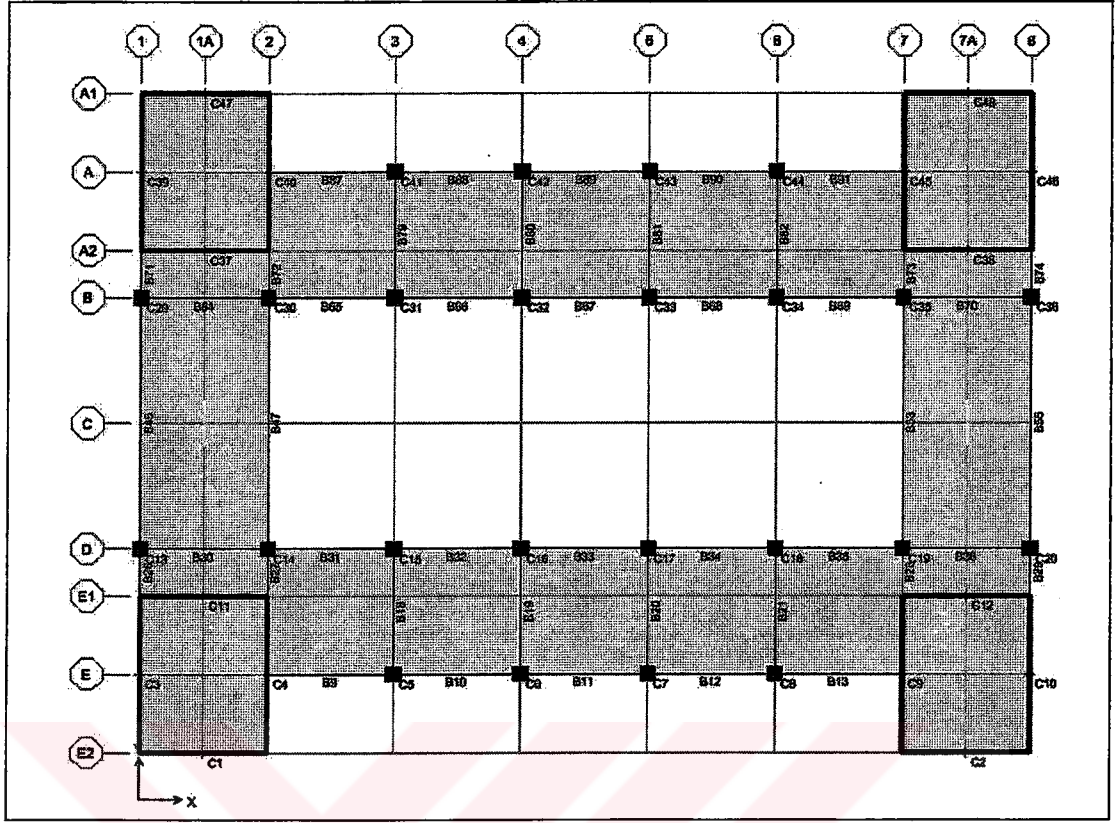
Performans = Plastik dönme talebine karşı gelen performans düzeyi

HK = Hemen kullanım performans düzeyi

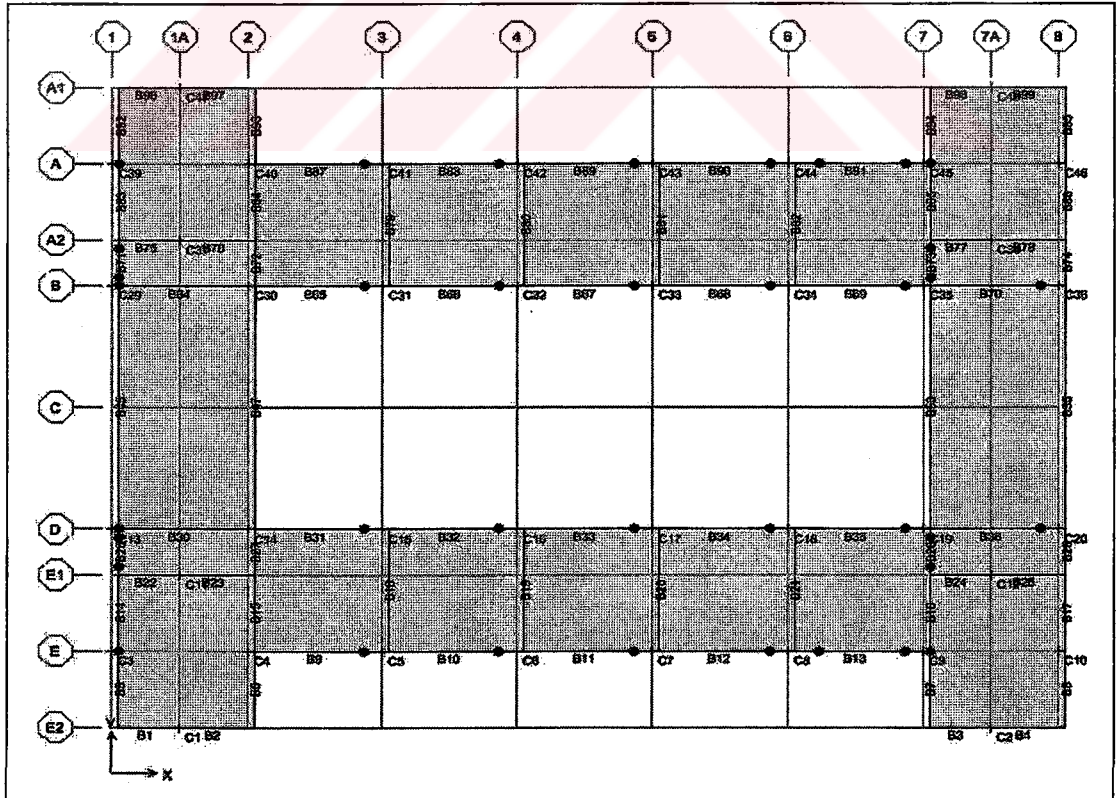
CG = Can güvenliği performans düzeyi

YS = Yapısal stabilite performans düzeyi

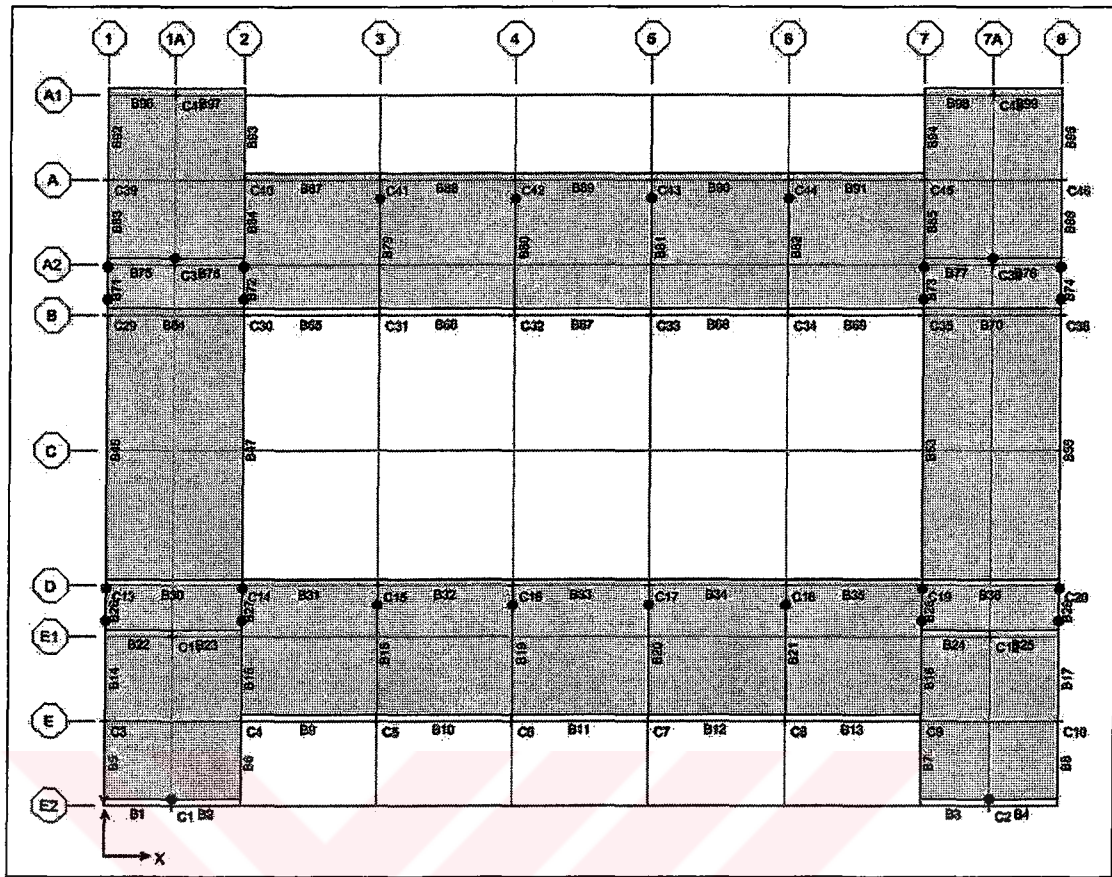
Tablo 5.12 ve Tablo 5.13 te yer alan kiriş mafsalları isimlendirmesi Şekil 5.26 da görülmektedir.



Şekil 5.26 20 Katlı Yapı 5. Kat Kalıp Planı



Şekil 5.27 20 Katlı Yapı 5. Kat Elemanları Plastik Mafsal Performans Düzeyleri
(x Doğrultusu)



$$V_s = \frac{A_{sw}}{s} f_{yw} d \quad (5.6)$$

Betonun katkısı,

$$V_c = 0.80 \times 0.65 f_{ctk} b_w d \quad (5.7)$$

İfadelerinden hesaplanmıştır. Normal kuvvetin kesme kuvveti kapasitesine katkısı ihmal edilmiştir.

Tablo 5.17 20 Katlı Yapı 5. Kat Kirişleri Kesme Kuvveti Performans

Değerlendirmesi

Kiriş	Etriye	Asw	f _{ctk}	f _{yk}	V _c	V _s	V _c + V _s	V _d
cm/cm		cm ²	kN/m ²	kN/m ²	kN	kN	kN	kN
50/60	2×Φ10/10-20	3,14	1875	420000	273	739	1012	259
50/75	2×Φ10/10-20	3,14	1875	420000	346	936	1282	743

5.5.1 Kirişler

5. kat kirişleri için kesme kontrolü yapılmıştır. Tablo 5.17 den anlaşılacağı üzere 5. kat tüm kirişlerinde can güvenliği performans seviyesi sağlanmıştır.

Tablo 5.18 20 Katlı Yapı 5. Kat Kolonları Kesme Kuvveti Performans

Değerlendirmesi

Kolon	Etriye	Asw	f _{ctk}	f _{yk}	V _c	V _s	V _c + V _s	V _d
cm/cm		cm ²	kN/m ²	kN/m ²	kN	kN	kN	kN
90x90	2×Φ10/10-20	3,14	2025	420000	806	1121	1927	350

5.5.2 Kolonlar

5. kat kolonları için kesme kontrolü yapılmıştır. Kolon elemanlarda kesme kuvveti donatısı her iki doğrultuda simetrik olarak bulunmaktadır. Tablo 5.18 den anlaşılacağı üzere 5. kat tüm kolonalarında can güvenliği performans seviyesi sağlanmıştır.

5.5.3 Perdeler

20 katlı yapının tüm perdeleri için kesme kontrolü yapılmıştır. Perde kesitlerinin kesme kuvveti dayanımı V_r , denklem 5.8 ile hesaplanacaktır.

$$V_r = A_{ch} (0.65 f_{ctk} + \rho_{sh} f_{yk}) \quad (5.8)$$

V_{max} kesme kuvveti denklem 5.9a ve 5.9b de tanımlanan koşulları sağlayacaktır.

$$V_{max} \leq V_r \quad (5.9a)$$

$$V_{max} \leq 0.22 A_{ch} f_{ck} \quad (5.9b)$$

Tablo 5.19 dan anlaşılacağı üzere, tüm perde elemanlarda can güvenliği sınırının sağlandığı görülmektedir.

Tablo 5.19 20 Katlı Yapı Perdeleri Kesme Kuvveti Performans Değerlendirmesi

	Kesit (cm/cm)	Kesme Donatısı	V_r (kN)	V_{max} (kN)	V_{ez} (kN)
Kritik Perde Yüksekliği Boyunca	30 x 1000	2x Φ 10/15	8346	7450	23097
	30 x 800	2x Φ 10/15	6676	5400	18477
Kritik Perde Yüksekliği Dışında	25 x 1000	2x Φ 10/20	6587	4980	19248
	25 x 800	2x Φ 10/20	5270	4630	15398

Tablo 5.20 Hedef Yerdeğiştirmeler

	20 KATLI		15 KATLI		10 KATLI		Birim
	x Doğrultusu	y Doğrultusu	x Doğrultusu	y Doğrultusu	x Doğrultusu	y Doğrultusu	
Ux-hedef	0.272	0.222	0.168	0.138	0.083	0.070	m

Tablo 5.21 Rölatif Kat Ötelemeleri

Yapı	Doğrultu	Hedef Yerdeğiştirmesine Karşı Gelen Rölatif Öteleme
20 KATLI	x	0,0038
	y	0,0031
15 KATLI	x	0,0031
	y	0,0026
10 KATLI	x	0,0023
	y	0,0019

5.6 Genel Değerlendirme

Bölüm 5 te yapılan analiz sonuçlarına toplu bir şekilde aşağıda verilmiştir.

1. İncelenen her üç yapı için her iki doğrultuda yerdeğiştirme katsayıları yöntemine göre elde edilen hedef yerdeğiştirmeleri Tablo 5.20 de verilmiştir.
2. Hedef yerdeğiştirmelere karşı gelen görel kat ötelemeleri Tablo 5.20 de verilmiştir.
3. Her iki doğrultuda yapılan doğrusal olmayan analiz sonuçlarına göre kirişlerde oluşan plastik mafsalları ve bunların performans düzeyi sonuçları Tablo 5.22-Tablo 5.27 de özetlenmiştir. Kiriş elemanları analiz sonuçlarından anlaşılacağı üzere, oluşan mafsallar hemen kullanım ve can güvenliği performans düzeyi seviyesindedir. x doğrultusunda oluşan plastik mafsalları y doğrultusunda oluşan plastik mafsalları

sayısından daha fazladır. Buna rağmen, y doğrultusunda oluşan can güvenliği performans düzeyi oran olarak daha fazladır. Ayrıca kat yüksekliği azaldıkça oluşan hasar seviyesi de artmaktadır. Kolonlarda oluşan plastik mafsalları ve bunların performans düzeyleri Tablo 5.28-Tablo 5.33 te özetlenmiştir. Kolonlarda oluşan plastik mafsallar ağırlıklı olarak hemen kullanım performans seviyesindedir. Bazı katlarda hiçbir kolonda plastik mafsalları oluşmadığı görülmektedir. x doğrultusunda oluşan mafsalları sayısı ve hasar performans düzeyi y doğrultusuna göre daha az oluşmaktadır.

4. Kiriş, kolon ve perde elemanlarda yapılan, kesme kuvveti performans değerlendirmesine göre can güvenliği sınırı sağlanmaktadır.

5. Yapıların her iki doğrultudaki elastik periyotları, çatlamış kesit rijitliği esas alınarak bulunan periyotları ve performans noktasına karşı gelen periyotları Tablo 5.34 te verilmiştir.

6. Performans noktasına karşı gelen taban kesme kuvveti değerlerinin eşdeğer yapı ağırlığına oranları Tablo 5.35 te verilmiştir.

Tablo 5.34 Yapı Periyot Bilgileri

Periyot (s)	20 KATLI		15 KATLI		10 KATLI	
	x Doğrultusu	y Doğrultusu	x Doğrultusu	y Doğrultusu	x Doğrultusu	y Doğrultusu
Telastik	1.48	1.23	0.93	0.77	0.47	0.39
Tçatlamış	1.74	1.44	1.06	0.89	0.54	0.45
Tperformans	1.92	1.58	1.26	1.03	0.71	0.58

Tablo 5.35 Taban Kesme Kuvveti Yapı Ağırlığı Karşılaştırılması

Yapı	Doğrultu	Vper (kN)	W (kN)	Vper/W
20 KATLI	x	40390	403561	0.100
	y	49742		0.123
15 KATLI	x	43760	303503	0.144
	y	56108		0.185
10 KATLI	x	52921	209968	0.252
	y	66824		0.318

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada alışlagelmiş mimari planların dışında bir geometriye sahip 10 kat, 15 kat ve 20 kattan oluşan üç betonarme yapının TS 500 ve Deprem Yönetmeliği'ne uygun boyutlandırılması ve bu yapıların doğrusal olmayan analizi yapılmıştır. Doğrusal olmayan analiz ATC 40 yaklaşımının önerdiği kapasite spektrum yöntemi, FEMA 356 yaklaşımın önerdiği yerdeğiştirme katsayısı yöntemi ve yeni olarak uygulamaya sunulacak olan Taslak Deprem Yönetmeliği'nin önerdiği artımsal itme analizi esas alınarak yapılan elastik olmayan performans değerlendirmesi yöntemi ile yapılmıştır. Sunulan bu çalışma kapsamında klasik betonarme yapı tasarımı işlemi ve klasik tasarımın genişletilmesi olarak düşünülebilen doğrusal olmayan analiz sonuçları karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Karşılaştırma yapılırken yapının performans noktasındaki durumu esas alınmıştır. Buna göre, ülkemiz mevcut yönetmeliklerine uygun olarak boyutlandırılan bu yapıların, deprem yükleri karşısında göstermiş olduğu performans değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda, yapıların boyutlandırılmasına ilişkin Deprem Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri yorumlanmıştır. Ayrıca sözkonusu üç doğrusal olmayan yöntem sonuçları mukayese edilmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

1. Mevcut deprem yönetmeliğinin özenle üzerinde durduğu güçlü kolon zayıf kiriş tasarım felsefesi üzerine göre boyutlandırılan yapıların, artan yükler altında bu kabule uygun davranış gösterdiği görülmüştür.
2. Bilindiği gibi, deprem yönetmeliğinin öngördüğü diğer bir tasarım ilkesi gevrek güç tükenme durumunun hiçbir zaman ortaya çıkmamasıdır. Bu çerçevede yapılan boyutlama işlemi bir kez daha göstermiştir ki, kesme kuvveti güç tükenmesinin aşılması olarak tanımlayabileceğimiz gevrek güç tükenme durumu hiçbir performans düzeyinde ortaya çıkmamıştır.
3. Diğer bir tasarım felsefesi olan yapı hangi hasar durumunda olursa olsun düşey yük taşıma kapasitesini muhafaza edebilme şartının, yapılan itme analizinde sağlandığı görülmüştür.

4. Mevcut deprem yönetmeliğine göre tasarımı yapılan bu yapıların tasarım depremi altında taslak deprem yönetmeliğinin öngördüğünün çok üzerinde bir performans gösterdiği görülmüştür.

5. Hedef yerdeğiştirme değerine kadar itilen yapılarda bazı kat kolonlarında plastik mafsallı oluşmadığı, oluşsa bile bunun hemen kullanım performans düzeyine karşı geldiği görülmüştür. Hatırlanacağı üzere, bu yapılarda kolon kesitlerinin boyutlamaya esas elverişsiz yük birleştirmeleri düşey yüklerdir. Dolayısı ile artan yatay yükler altında yatay kuvvet dağılımı çok rijit perdeler tarafından karşılanmıştır. Bu yüzden kolon elemanlarda yatay yük artışından dolayı oluşabilecek plastik mafsallı sayıları sınırlı kalmıştır.

6. Performans noktasına karşı gelen ötelemenin 20 katlı yapıda yönetmeliğin öngördüğü rölatif kat ötelemeleri sınır değerini (0.003) aştığı, diğer yapılarda bu sınırın altında kaldığı görülmektedir. Oysaki doğrusal olmayan değerlendirme yöntemlerinde verilen sınır değeri 0.01-0.02 mertebesinde. Aradaki bu fark, yapının her iki doğrultusunda bulunan çok rijit çekirdek perdeleri varlığı ile açıklanabilmektedir. Bu sonuçlara göre, tüm yapılar için yer değiştirme sünekliliği değerinin tavsiye edilenden az olduğu görülmüştür. Sünekliliğin gereği olan plastikleşme bölgelerinin meydana gelebilmesi için sistemin yüksek dereceden hiperstatik olması gerekmektedir. Oysaki sözkonusu yapılarda boşluk düzensizliği mevcuttur. Yapılardaki boşluk düzensizliği çerçevelerin sürekliliğini bozmaktadır. Bundan dolayı çerçeve sistemlerin beraber çalışması sınırlı olmuştur.

7. Analiz sonuçlarını yöntem bazında değerlendirecek olursak, bina performans noktası değerleri tasarı deprem yönetmeliği ile yerdeğiştirme katsayısı yönteminde üst üste örtüşmüştür. Kapasite spektrum yönteminde bina performans seviyesine daha erken ulaşılmıştır. Buna rağmen her üç yöntemin sonuçlarının kabul edilir mertebede aynı olduğu görülmüştür.

8. FEMA 356 yaklaşımında eleman hasar durumları tanımlanırken plastik mafsallı dönme değerlerinden hareket edilmiştir. Tasarı deprem yönetmeliği ise donatıdaki uzama ve betondaki kısılmaya bağlı sınır durumlar tanımlamıştır. Mevcut yazılımların plastik dönme değerlerine bağlı sonuçları yorumladığı gözönüne alınırsa bu yazılımların tasarı deprem yönetmeliğine uygun değerlendirme yapabilmesi için yenilenmesi gerekmektedir. Aksi halde tasarı yönetmeliğinin öngördüğü kısılma ve uzama miktarlarını hesap edebilmek pratik olmamaktadır.

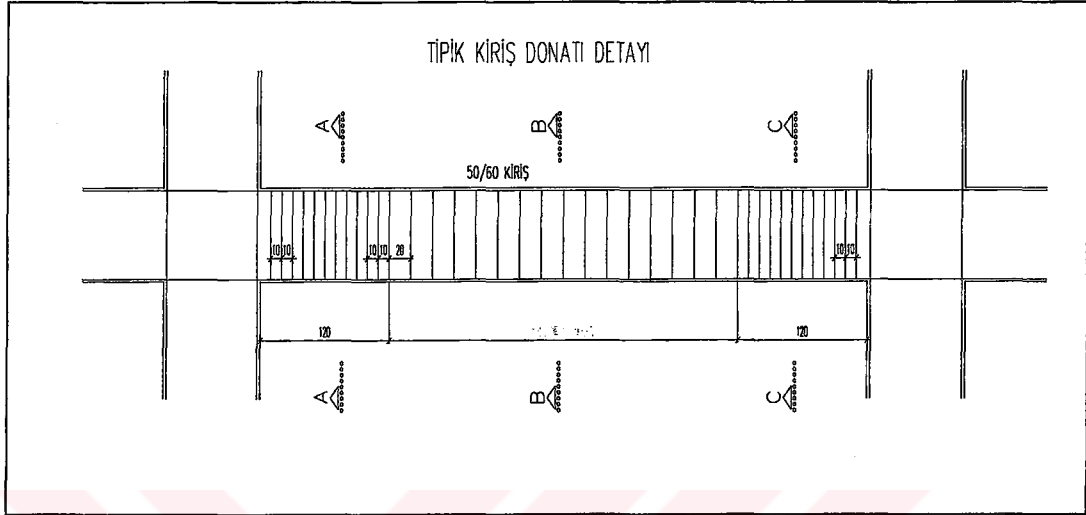
9. Çoğu kez, itme analizinin çok katlı binalara uygulanmasındaki sakıncalar dile getirilmiştir. Bu sakıncaların başlıca nedeni olarak itme analizinde esas alınan yatay yükün eşdeğer deprem yükü olması gösterilmiştir. Yani, her iki doğrultuda hakim birer eğilme modu gözönüne alınmaktadır. Bu sakıncayı gidermek için, tavsiye edilen yöntemde modların katkısının gözönünde bulundurulması istenmektedir. Fakat, bu birleştirme işleminin nasıl yapılacağı sözkonusu üç yöntemde de net bir şekilde matematiksel ifadelerle belirtilmemiştir.
10. Doğrusal olmayan analiz yönteminde kullanılmak üzere perdelerin matematik modele dahil edilebilmesi ancak çubuk eleman olarak tanımlama ile sağlanabilmiştir. Mevcut bilgisayar yazılımları şu an için perdeler plastik mafsalları tanımlama yapamamaktadır. Dolayısı ile, gerçeğe yakın davranışı daha doğru temsil edebilmek için bu problemin biran önce çözülmesi gerekmektedir.
11. Çıkış noktası mevcut binaların incelenmesi olarak gösterilen doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin yeni yapılacak binalar içinde uygun görülmesi, şu an uygulama kolaylığı bakımından pek pratik görünmemektedir. Kullanıcı tarafından farklı donatı ve alanlara sahip kesitlere plastik mafsalları tanımlaması bir hayli yorucu olmaktadır. Bunun yerine tasarı deprem yönetmeliğinin öngördüğü elastik analiz yöntemlerinin daha pratik olacağı ve kullanıcılar tarafından daha fazla tercih edileceği gözükmemektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik**, 1997. *İmar İskan Bakanlığı , Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı*
- [2] **TS500**, 2000. Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara*
- [3] **TS498**, 1984. Betonarme Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yükler, *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara*.
- [4] **ACI 318-99**, 2000. Building Code Requeriments for Structural Concrete, *American Concrete Institute , Michigan*.
- [5] **Celep, Z., Kumbasar, N.**, 2005. Betonarme Yapılar, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [6] **Celep, Z., Kumbasar, N.**, 2004. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [7] **Celep, Z., Kumbasar, N.**, 2001. Yapı Dinamiği, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [8] **Ersoy, U., Özcebe, G.**, 2001. Betonarme, Bizim Büro Basımevi, Ankara
- [9] **Çakıroğlu, A., Özden, E., Özmen, G.**, 1992. Yapı Sistemlerinin Hesabı için Matris Metotları ve Elektronik Hesap Makinesi Programları, Cilt I ve Cilt II, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- [10] **Özer, E.**, 2004. Yapı Sistemlerinin Lineer Olmayan Analizi Ders Notları, İstanbul.
- [11] **Saygun, A.I.**, 2003. İleri Yapı Statiği Ders Notları, İstanbul.
- [12] **Girgin, K.**, 1996. Betonarme Yapı Sistemlerinde İkinci Mertebe Limit Yükün ve Göçme Güvenliğinin Belirlenmesi İçin Bir Yük Artım Yöntemi, *Doktora Tezi, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*.
- [13] **İrtem, E., Türker, K., Hasgöl, U.**, 2003. Türk Deprem Yönetmeliğinin Performans Hedeflerinin Lineer Olmayan Statik Analiz Yöntemleri ile Değerlendirilmesi, *V. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İTÜ, İstanbul, 26-30 Mayıs*.
- [14] **Özer, C.**, 2005. IDMP Zeytinburnu Pilot Uygulama Projesi 1597778 Bina Kimlik No'lu Yapının Ayrıntılı İnceleme Raporu, İstanbul.

- [15] **Dönmez, B.**, 2004. Eksenel Doğrultuda Kayıcı Bulonlu Düğüm Noktaları İçeren Çelik Yapı Sistemlerinin Performanslarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [16] **ETABS Nonlinear Version 8.47**, 2004. Computers and Structures, Inc. Berkeley, California.
- [17] **ATC 40**, 1996. Seismic Evaluation and Retrofit of Reinforced Concrete Buildings, *Applied Technology Council*, California.
- [18] **FEMA 356**, 2000. Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, *Federal Emergency Management Agency*, Washington.
- [19] **Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik**, 2005. (Taslak Deprem Yönetmeliği) *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı , Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı*

EK A. (4. BÖLÜM)

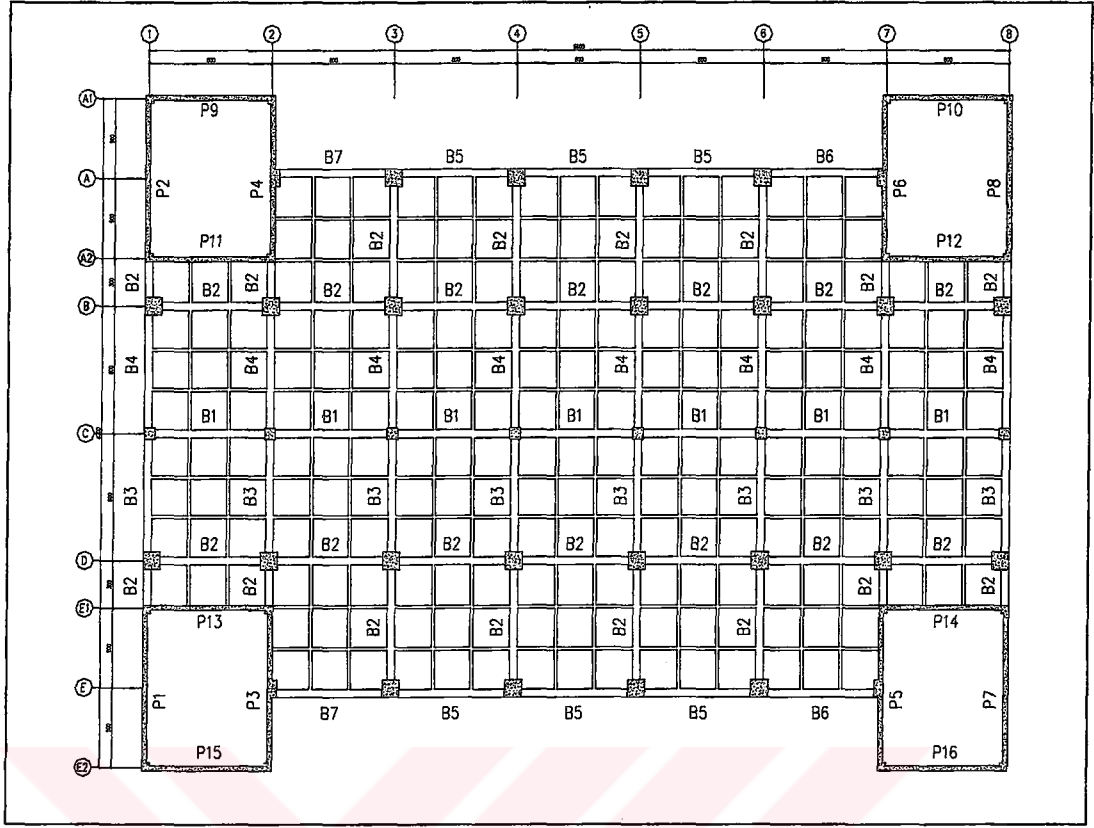


Şekil 4.1 Tipik Kiriş Donatı Detayı

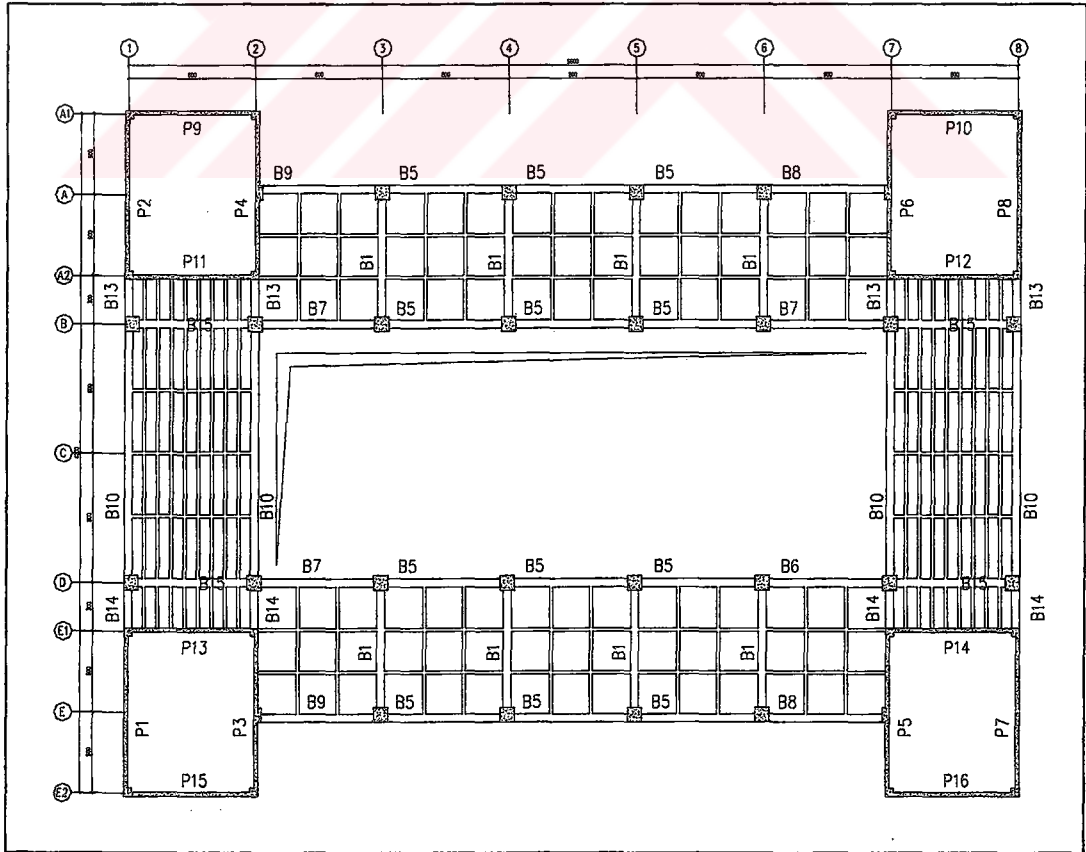
Tablo 4.5 Kiriş Betonarme Hesapları

Kiriş	Yükleme	Yer	V2 (kN)	M3 (kNm)	A_s (cm ²)	A_s (cm ²)	A_s (cm ²)	A_s (cm ²)	A_s (cm ²)	A_s (cm ²)
					Gerekli		Gerekli		Gerekli	
					Seçilen		Seçilen		Seçilen	
					A-A Kesiti		B-B Kesiti		C-C Kesiti	
					Üst	Alt	Üst	Alt	Üst	Alt
B14 (50/75)	GQ	0.00	-137.84	-192.02						
	GQ	1.28	-118.31	-26.73						
	GQ	2.55	-92.76	106.17						
	GGQQ	0.00	-199.14	-277.46	21.23	9.12	5.43	5.43	6.25	13.10
	GGQQ	1.28	-171.25	-38.43						
	GGQQ	2.55	-134.56	154.10	5Φ24 + 2Φ28	5Φ24	2Φ12 + 2Φ28	5Φ24	2Φ12 + 2Φ28	5Φ24
	GQSX MAX	0.00	-39.05	-38.54						
	GQSX MAX	1.28	-19.52	0.80						
	GQSX MAX	2.55	6.03	204.61	34.90	22.60	14.56	22.60	14.56	22.60
	GQSX MIN	0.00	-236.63	-345.50						
	GQSX MIN	1.28	-217.10	-54.26						
	GQSX MIN	2.55	-191.55	7.73						
	GQSY MAX	0.00	15.69	41.29						
	GQSY MAX	1.28	35.22	10.86						
	GQSY MAX	2.55	60.77	264.38						
	GQSY MIN	0.00	-291.37	-425.32						
	GQSY MIN	1.28	-271.84	-64.33						
	GQSY MIN	2.55	-246.29	-52.05						
	GQ	0.45	-60.16	-137.27						
	GQ	8.00	0.00	89.83						
	GQ	15.55	60.16	-137.27						
	GGQQ	0.45	-84.22	-192.08	11.89	3.93	2.35	6.45	11.89	3.93

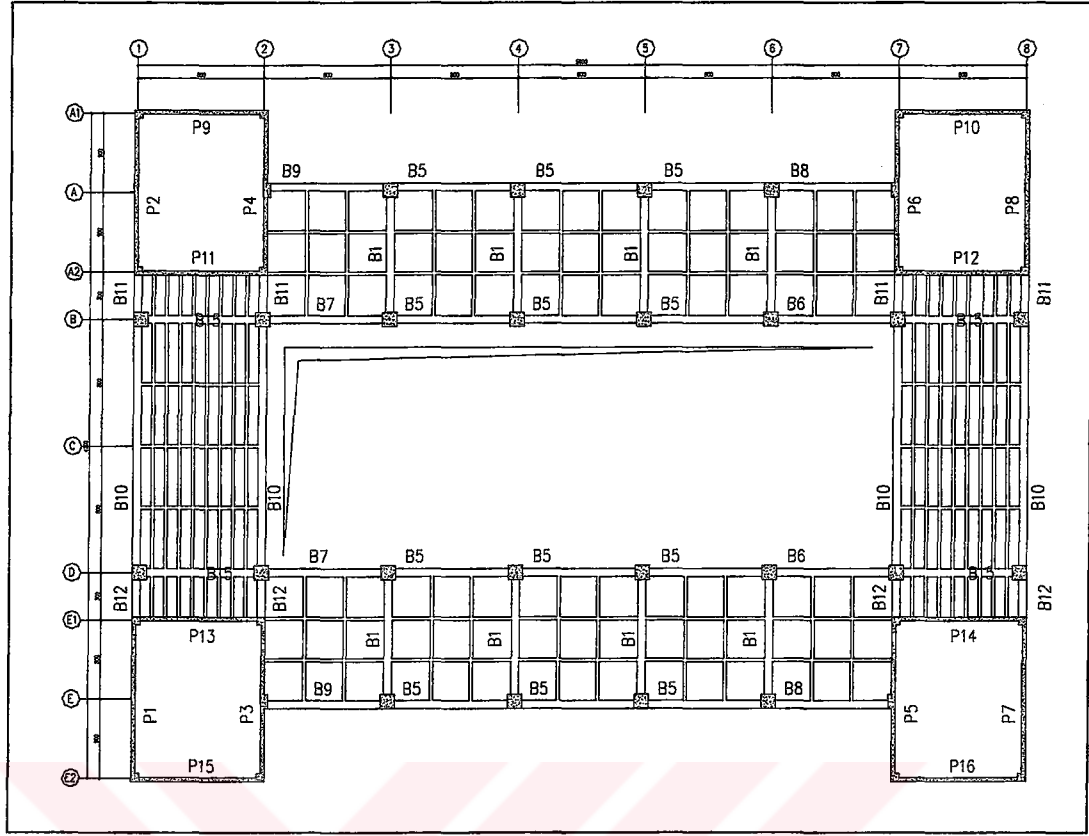
B10 (50/75)	GGQQ	8.00	0.00	125.86	2Φ12 + 2Φ28 14.56	4Φ18 10.16	4Φ12 4.52	4Φ18 10.16	2Φ12 + 2Φ28 14.56	4Φ18 10.16
	GGQQ	15.55	84.22	-192.08						
	GQSX MAX	0.45	-60.16	-135.08						
	GQSX MAX	8.00	0.00	92.02						
	GQSX MAX	15.55	60.16	-135.08						
	GQSX MIN	0.45	-60.16	-139.46						
	GQSX MIN	8.00	0.00	87.64						
	GQSX MIN	15.55	60.16	-139.46						
	GQSY MAX	0.45	-52.17	-76.99						
	GQSY MAX	8.00	7.98	89.83						
	GQSY MAX	15.55	68.14	-76.99						
	GQSY MIN	0.45	-68.14	-197.54						
	GQSY MIN	8.00	-7.98	89.83						
	GQSY MIN	15.55	52.17	-197.54						
	GQSY MIN	15.55	52.17	-197.54						
B13 (50/75)	GQ	0.45	92.76	106.17	2Φ12 + 2Φ28 15.46	5Φ24 22.60	2Φ12 + 2Φ28 14.56	5Φ24 22.60	5Φ24 + 2Φ28 34.90	5Φ24 22.60
	GQ	1.73	118.31	-26.73						
	GQ	3.00	137.84	-192.02						
	GGQQ	0.45	134.56	154.10						
	GGQQ	1.73	171.25	-38.43						
	GGQQ	3.00	199.14	-277.46						
	GQSX MAX	0.45	191.55	204.61						
	GQSX MAX	1.73	217.10	0.80						
	GQSX MAX	3.00	236.63	-38.54						
	GQSX MIN	0.45	-6.03	7.73						
	GQSX MIN	1.73	19.52	-54.26						
	GQSX MIN	3.00	39.05	-345.50						
	GQSY MAX	0.45	246.29	264.38						
	GQSY MAX	1.73	271.84	10.86						
	GQSY MAX	3.00	291.37	41.29						
	GQSY MIN	0.45	-60.77	-52.05						
	GQSY MIN	1.73	-35.22	-64.33						
	GQSY MIN	3.00	-15.69	-425.32						
B1 (50/60)	GQ	0.45	-182.44	-211.01	4Φ14 + 1Φ24 + 2Φ22 15.46	4Φ24 22.60	4Φ14 14.56	4Φ24 22.60	4Φ14 + 1Φ24 + 2Φ22 34.90	4Φ24 22.60
	GQ	4.00	1.99	186.07						
	GQ	7.55	186.41	-225.11						
	GGQQ	0.45	-266.14	-308.08						
	GGQQ	4.00	2.90	271.78						
	GGQQ	7.55	271.94	-328.67						
	GQSX MAX	0.45	-182.41	-210.89						
	GQSX MAX	4.00	2.02	186.08						
	GQSX MAX	7.55	186.44	-225.00						
	GQSX MIN	0.45	-182.47	-211.13						
	GQSX MIN	4.00	1.95	186.07						
	GQSX MIN	7.55	186.38	-225.23						
	GQSY MAX	0.45	-170.75	-169.48						
	GQSY MAX	4.00	13.67	186.12						
	GQSY MAX	7.55	198.10	-183.67						
	GQSY MIN	0.45	-194.13	-252.55						
	GQSY MIN	4.00	-9.70	186.03						
	GQSY MIN	7.55	174.72	-266.55						



Şekil 4.2 +3.60m, +14.40m Kotları Arası Kalıp Planı

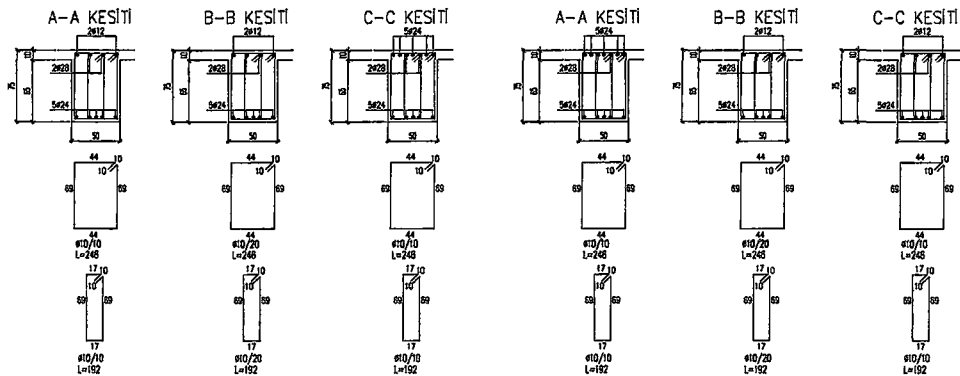


Şekil 4.3 +18.00m, +43.20m Kotları Arası Kalıp Planı

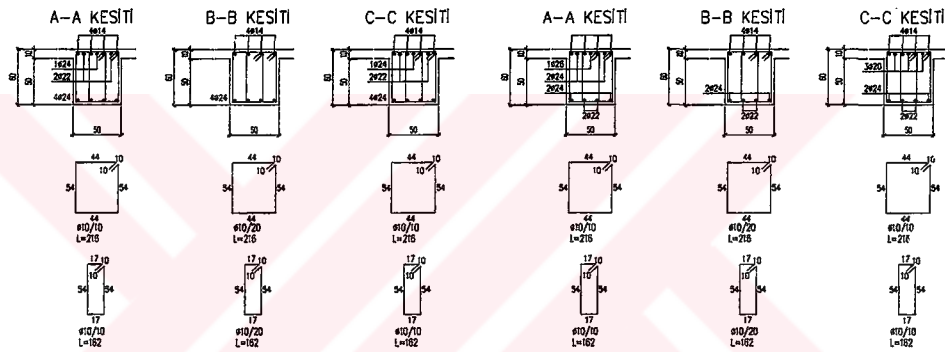


Şekil 4.4 +46.80m, +72.00m Kotları Arası Kalıp Planı

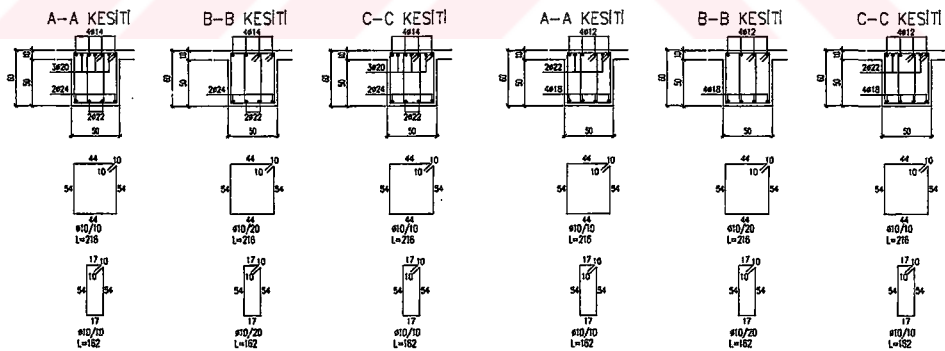
B14 KİRİŞİ



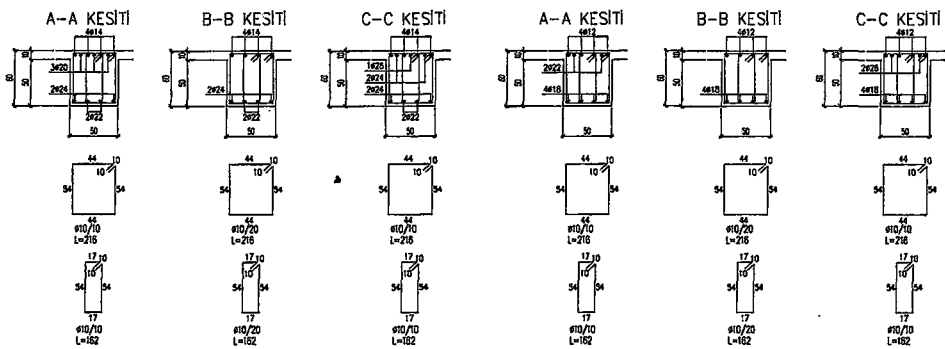
B4 KİRİŞİ



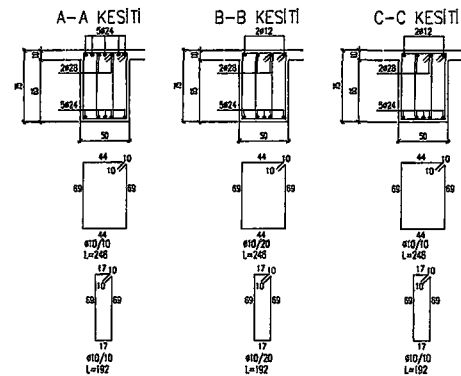
B5 KIRIŞI



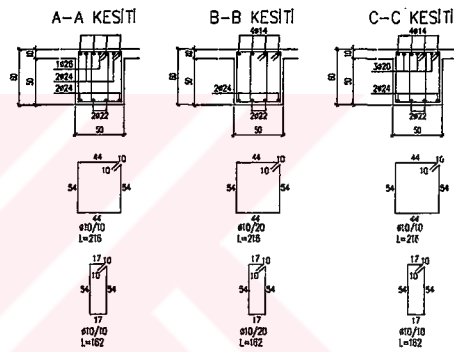
B6 KİRİŞİ



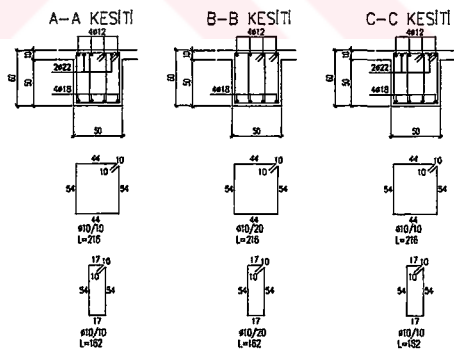
B14 KİRİŞİ



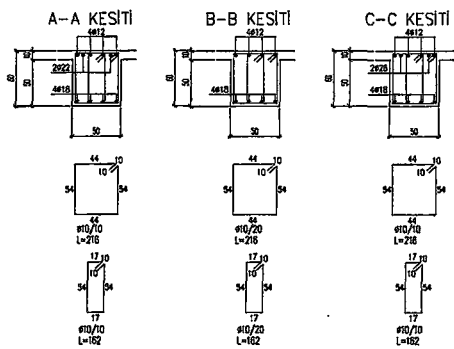
B4 KİRİŞİ

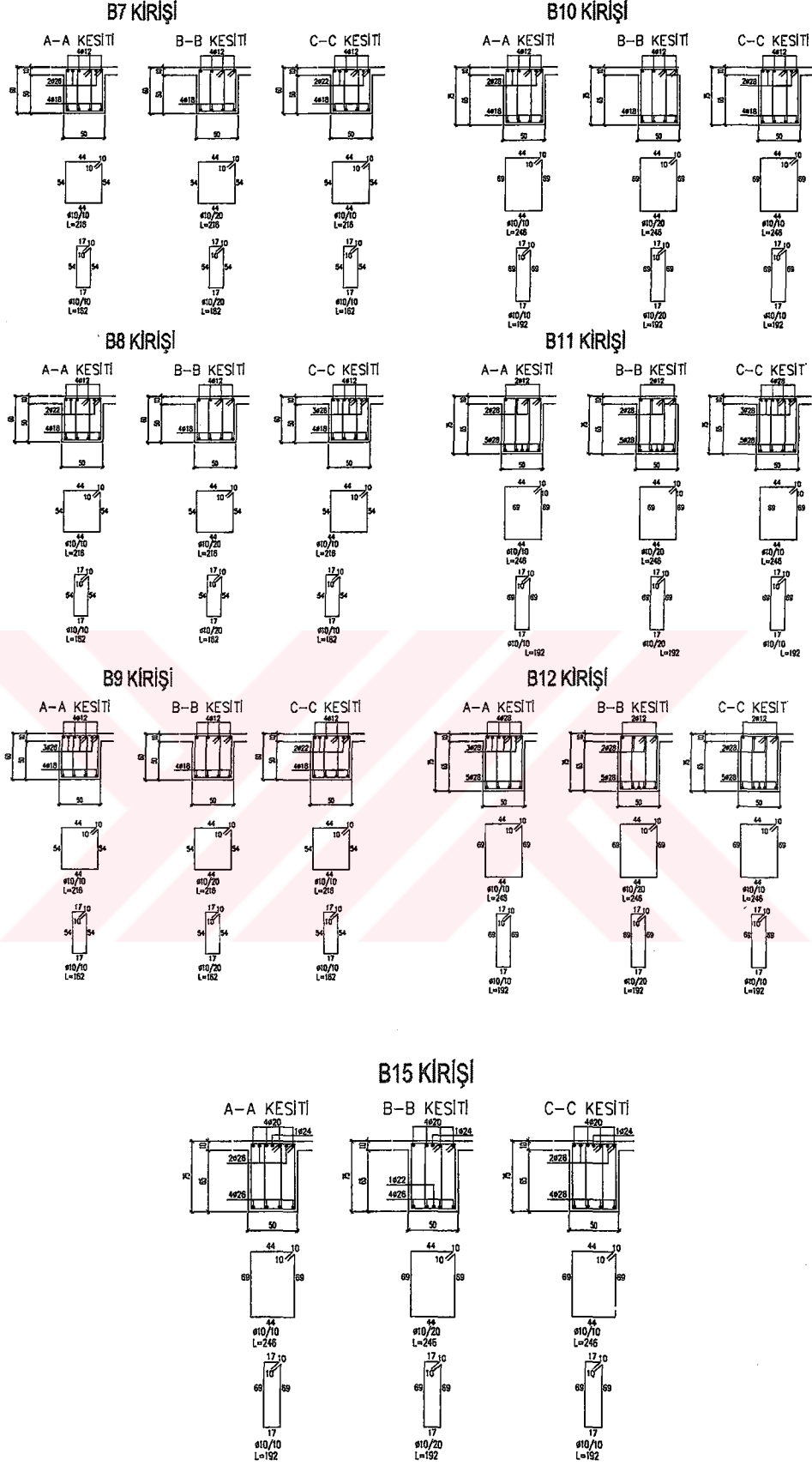


B5 KIRIŞI

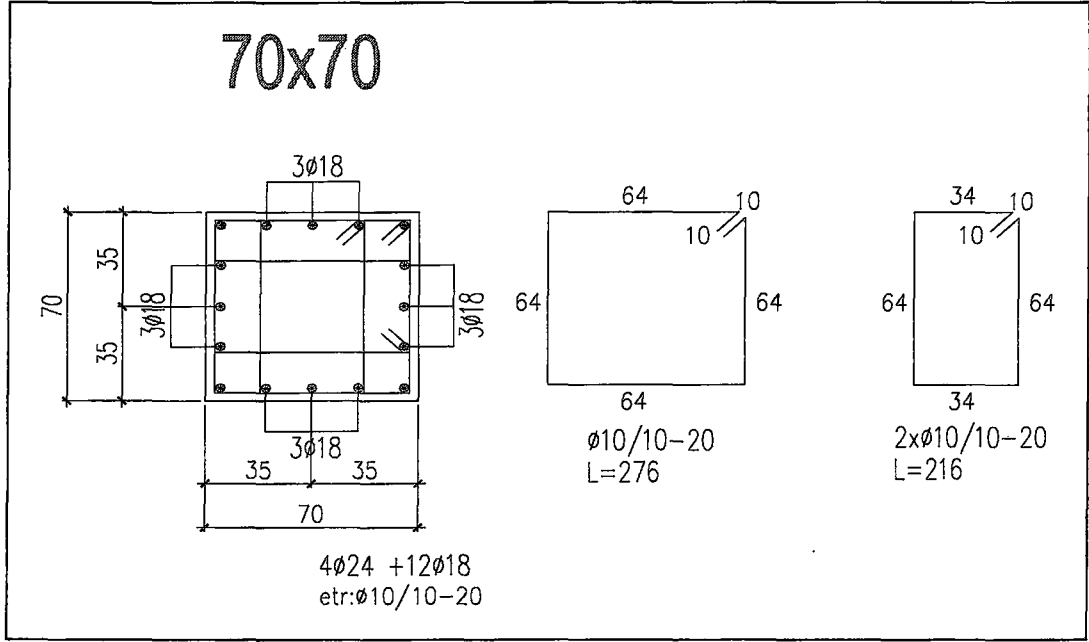


B6 KİRİŞİ

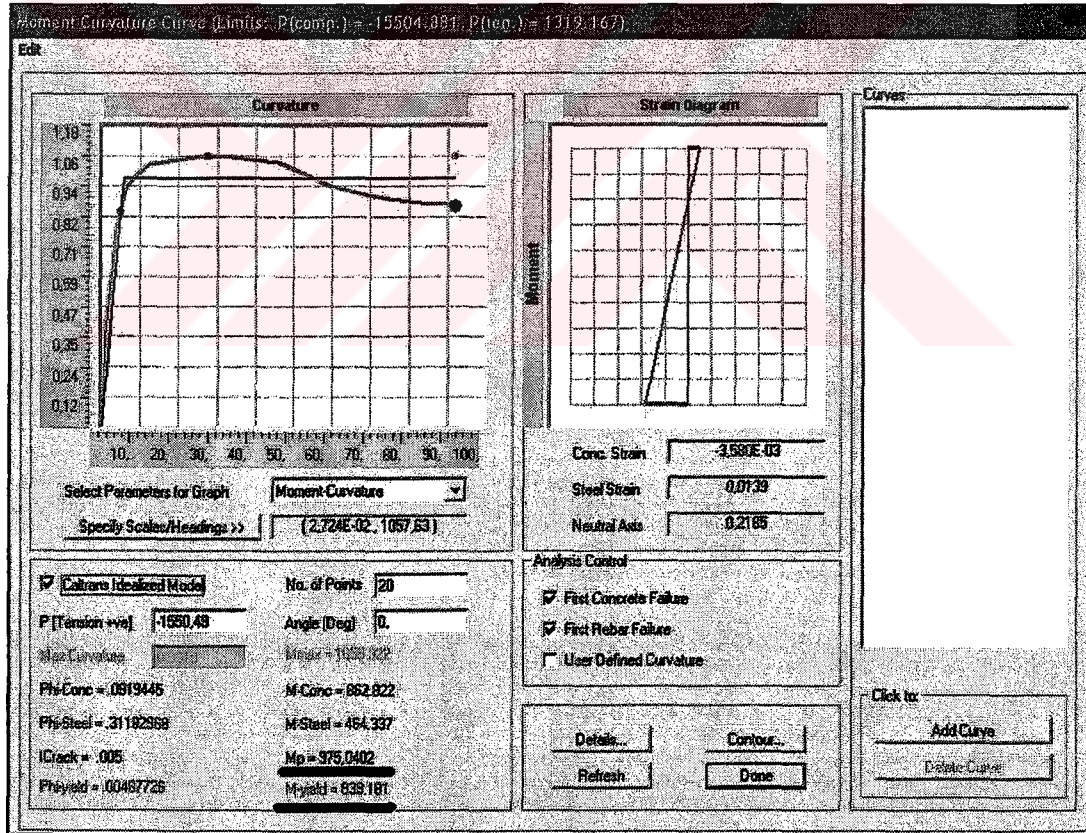




Şekil 4.5 Kiriş Donatı Detayları

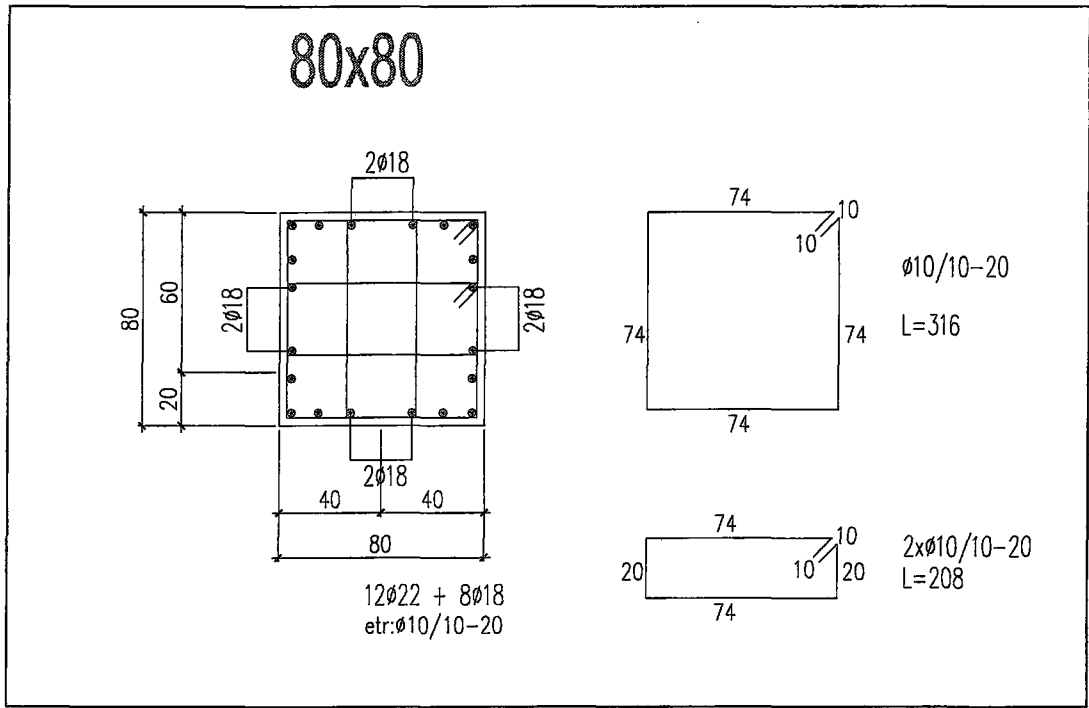


Şekil 4.6 70cm×70cm Kolon Donatı Düzeni

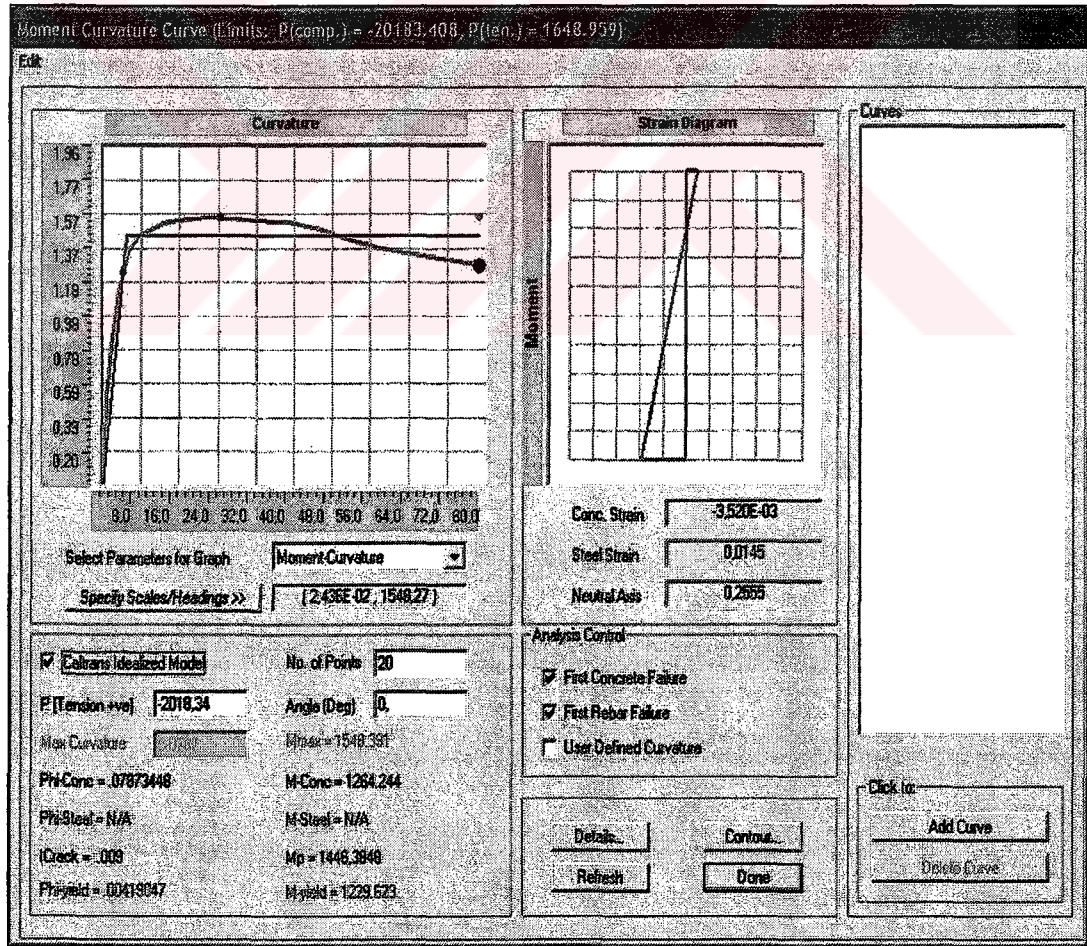


(M_{yield} : Taşıma Gücü Eğilme Momenti Kapasitesi, M_p : Güç tükenme Durumuna ait Eğilme Momenti Kapasitesi)

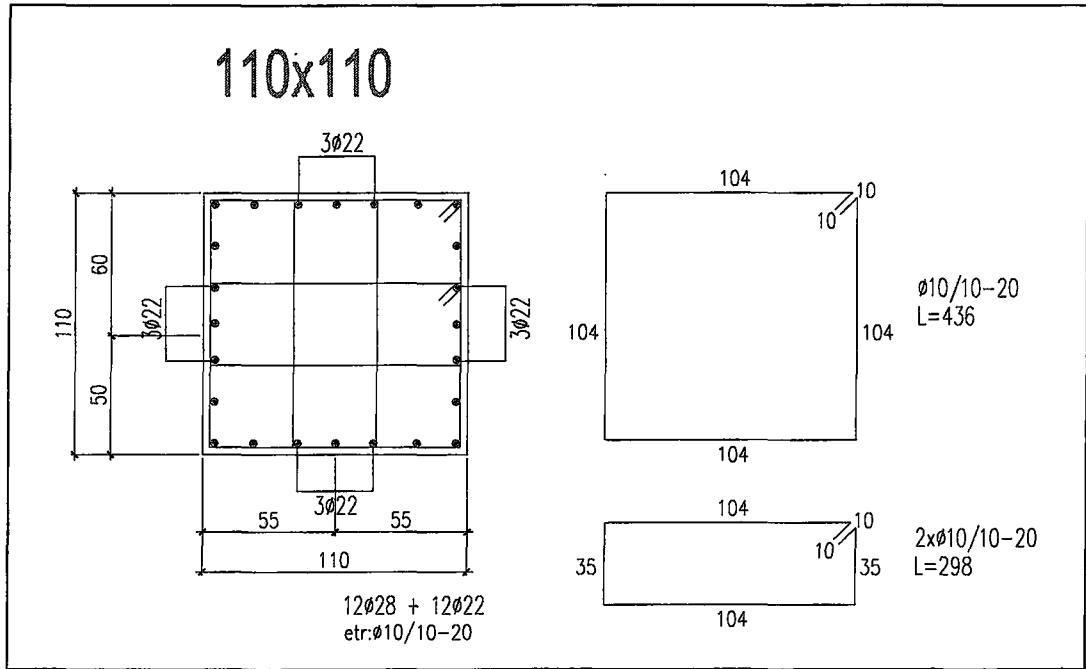
Şekil 4.7 70cm×70cm Kolon Moment-Eğrilik Diyagramı



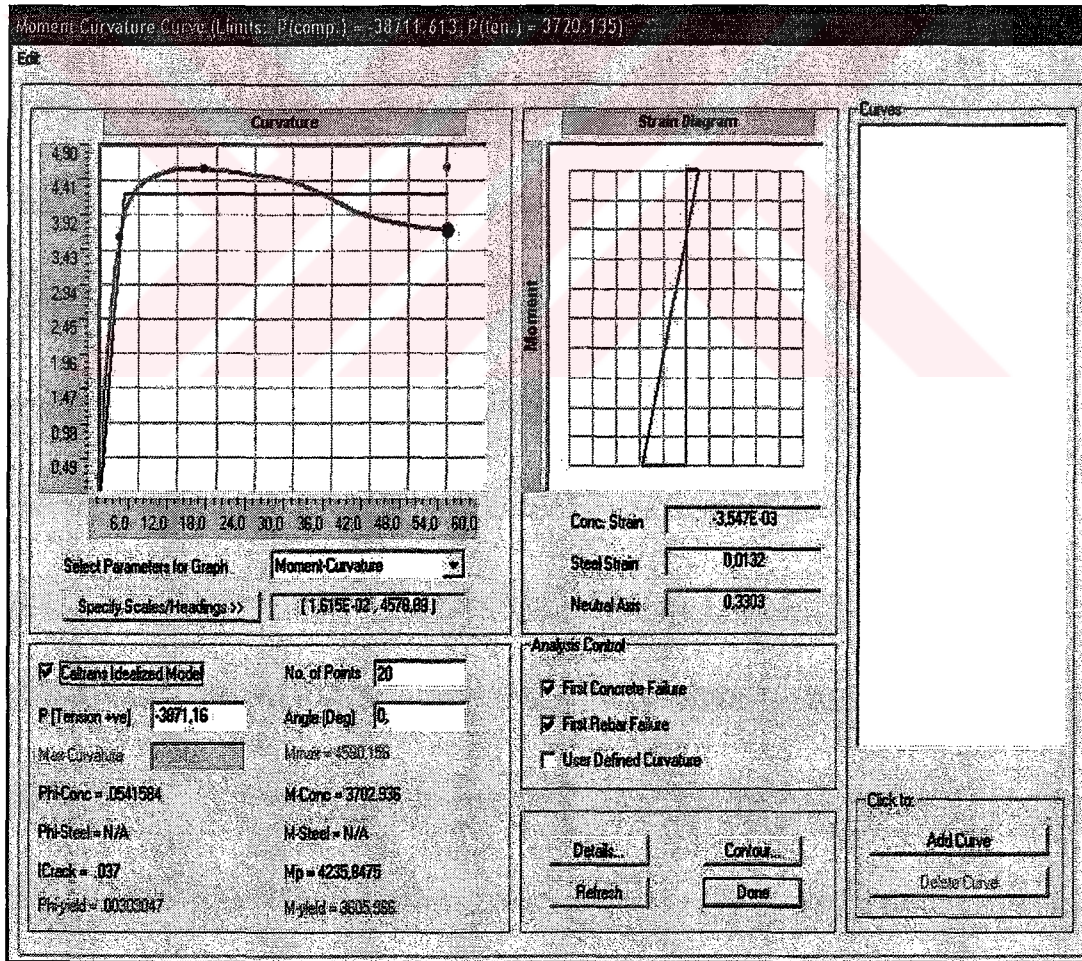
Şekil 4.8 80cm×80cm Kolon Donatı Düzeni



Şekil 4.9 80cm×80cm Kolon Moment-Eğrilik Diyagramı

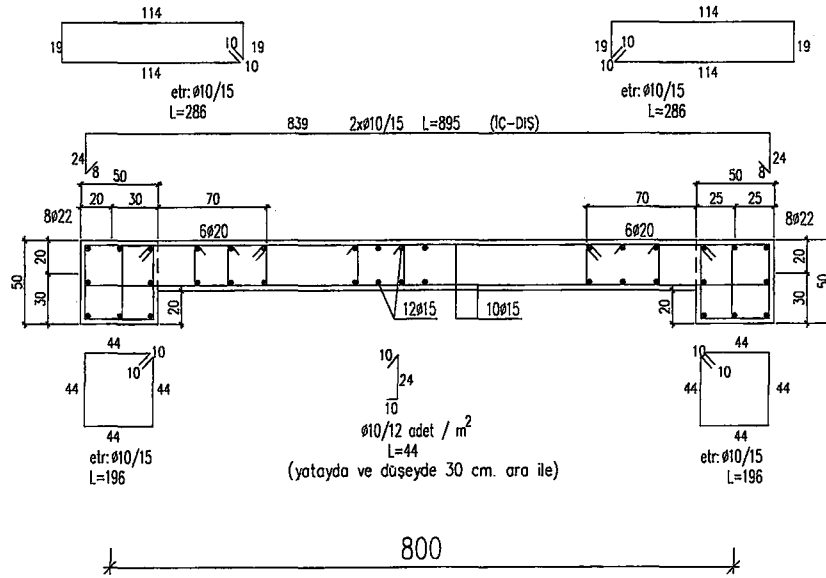


Şekil 4.12 110cm×110cm Kolon Donatı Düzeni

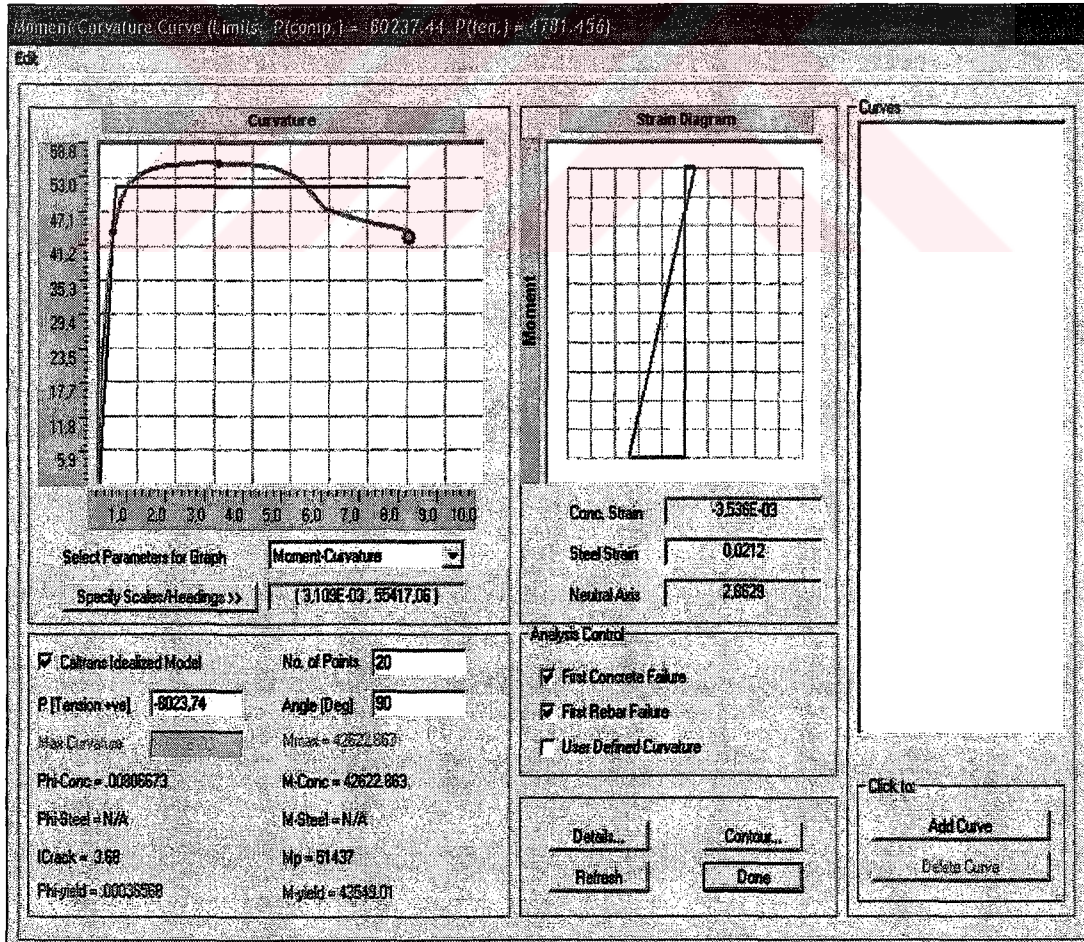


Şekil 4.13 110cm×110cm Kolon Moment-Eğrilik Diyagramı

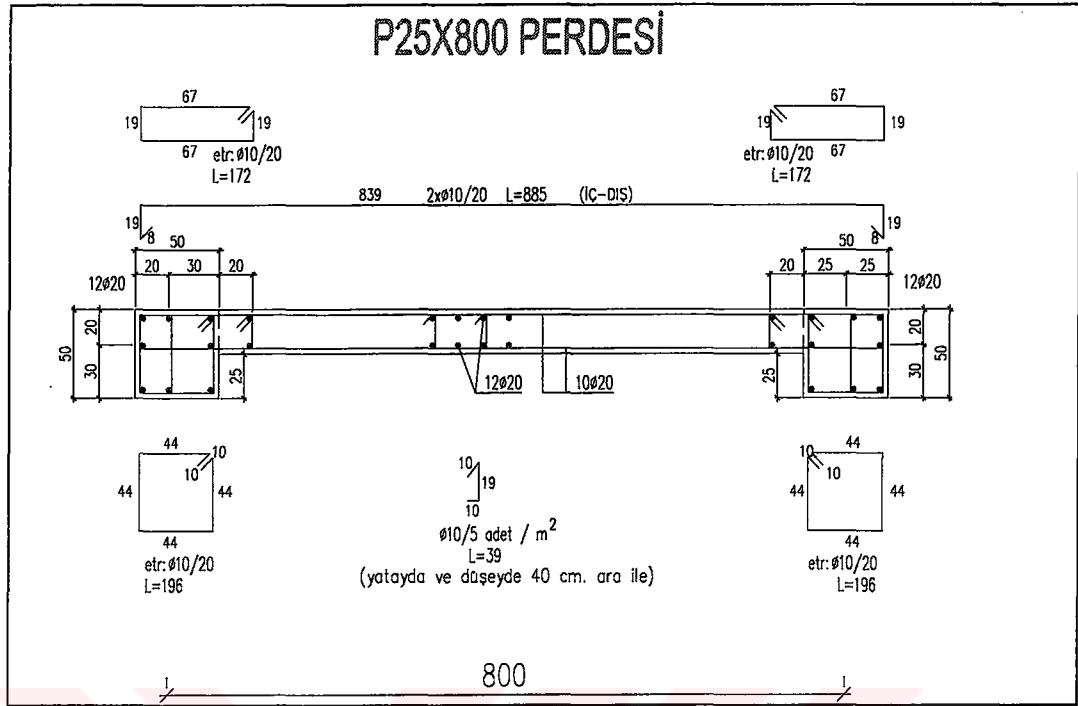
P30X800 PERDESİ



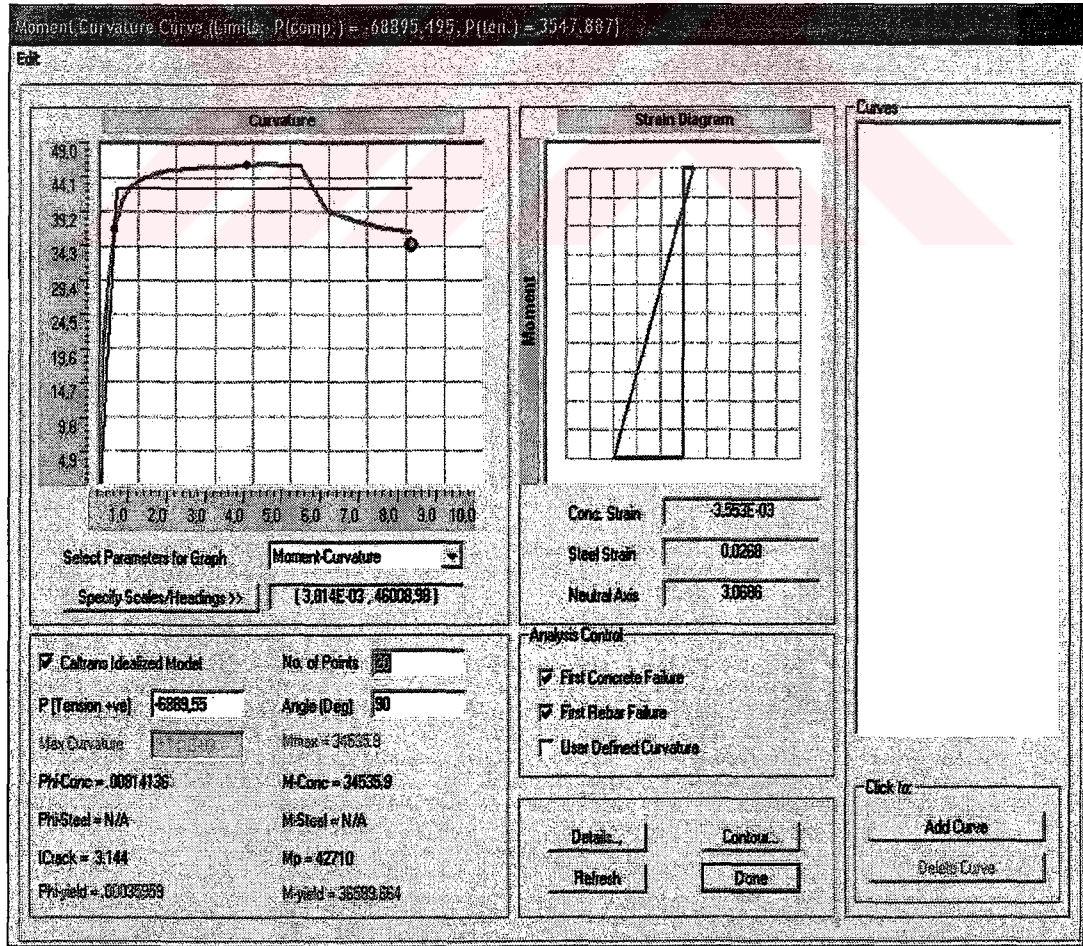
Şekil 4.16 30cm x 800cm Perde Donatı Düzeni



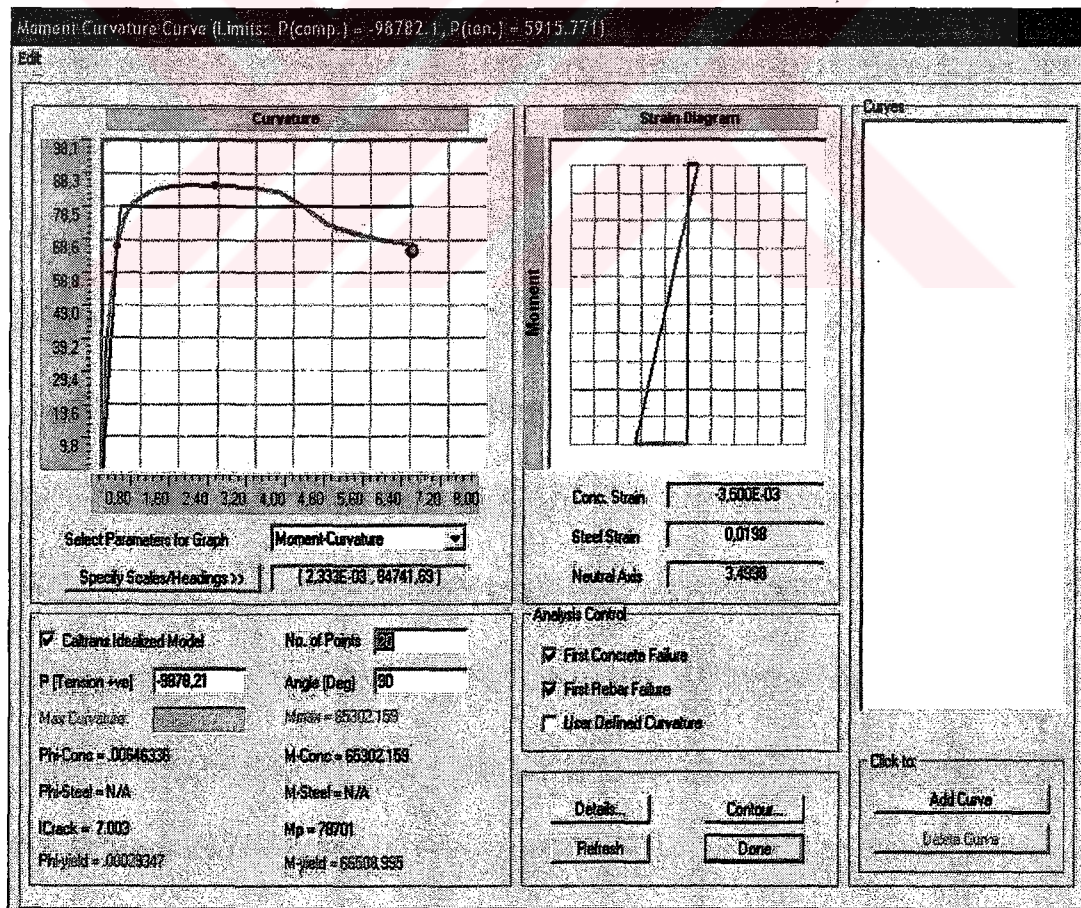
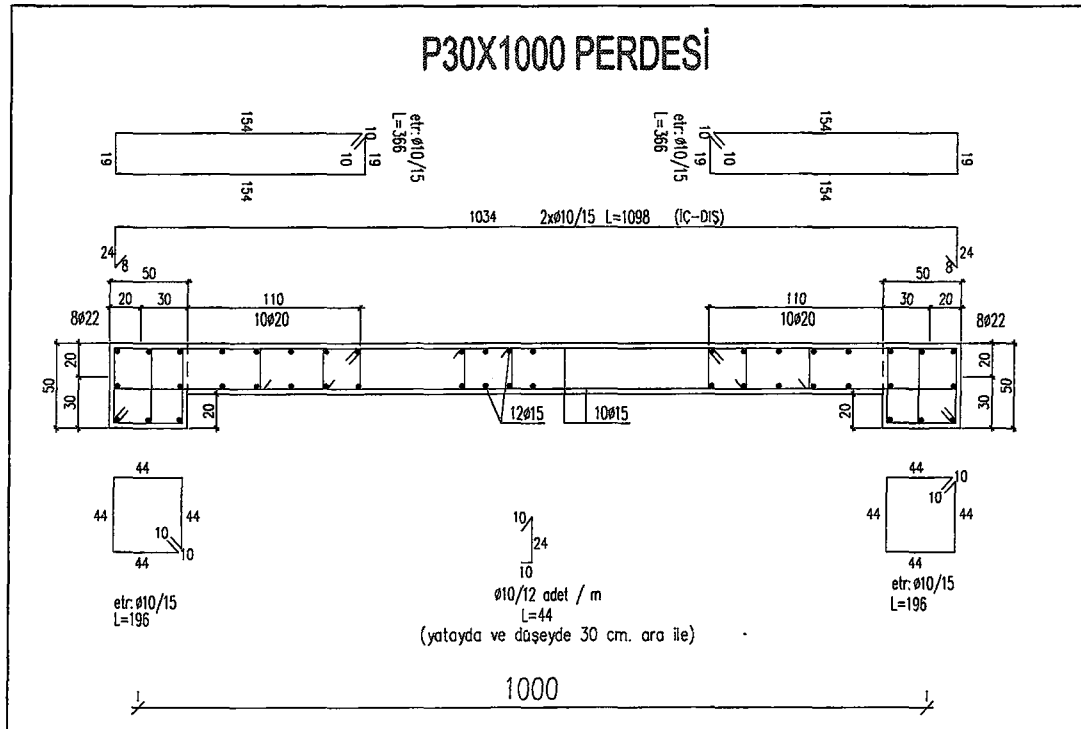
Şekil 4.17 30cm x 800cm Perde Moment-Eğrilik Diyagramı

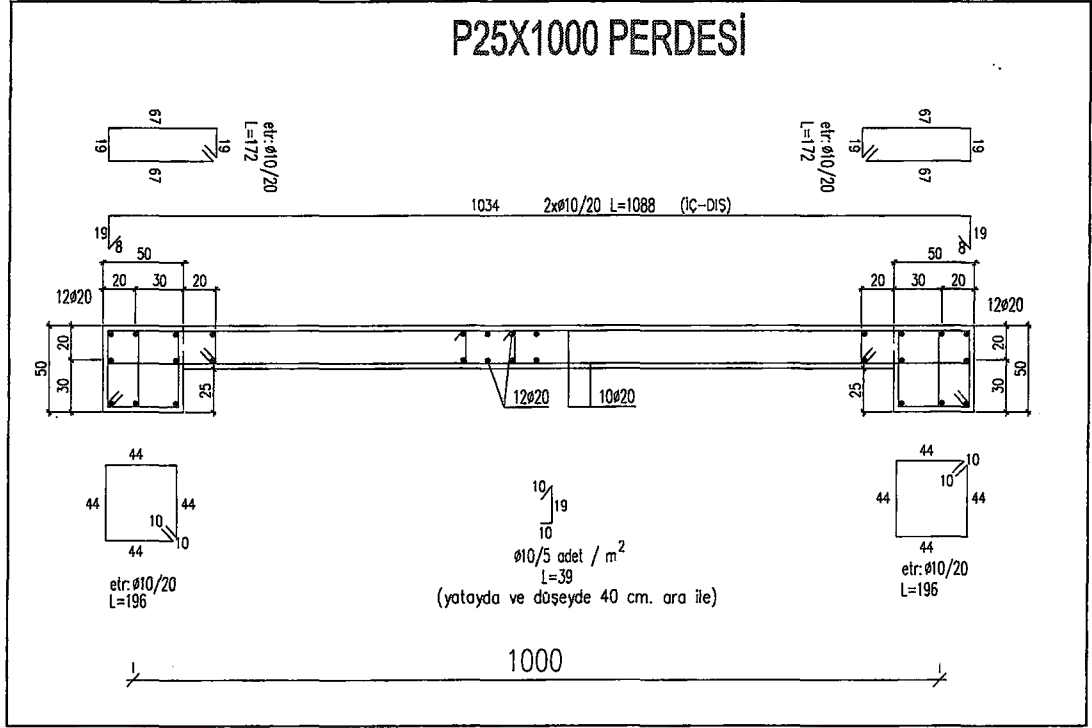


Şekil 4.18 25cm x 800cm Perde Donatı Düzeni

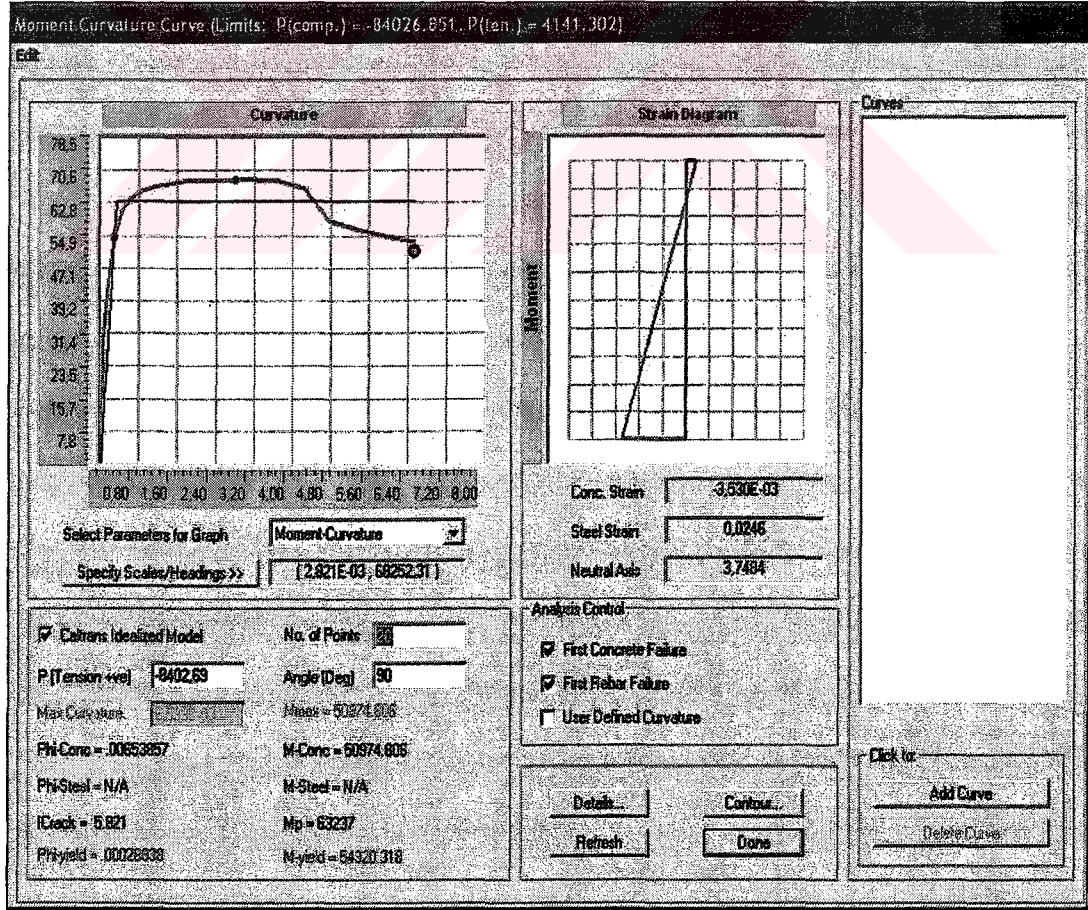


Şekil 4.19 25cm x 800cm Perde Moment-Eğrilik Diyagramı





Şekil 4.22 25cm×1000cm Perde Donatı Düzeni



Şekil 4.23 25cm×1000cm Perde Moment-Eğrilik Diyagramı

EK B. (5. BÖLÜM)

Tablo 5.2 20 Katlı Yapının x Doğrultusu Analiz Sonuçları

Adım	Yer Değiştirme d (mm)	Taban Kesme Kuvveti V (kN)	Plastik Mafsallı Performans Seviyeleri								Toplam
			A-B	B-HK	HK-CG	CG-YS	YS-C	C-D	D-E	>E	
0	0	0	3576	0	0	0	0	0	0	0	3576
1	50	11855	3572	4	0	0	0	0	0	0	3576
2	100	23665	3304	272	0	0	0	0	0	0	3576
3	151	32219	3128	448	0	0	0	0	0	0	3576
4	201	38593	3088	488	0	0	0	0	0	0	3576
5	216	40135	2975	599	2	0	0	0	0	0	3576
6	270	42118	2884	654	38	0	0	0	0	0	3576
7	298	42908	2785	527	264	0	0	0	0	0	3576
8	355	43835	2724	398	454	0	0	0	0	0	3576
9	411	44625	2556	504	472	44	0	0	0	0	3576
10	463	45288	2492	512	478	94	0	0	0	0	3576
11	514	45821	2448	484	460	184	0	0	0	0	3576
12	572	46389	2444	433	453	246	0	0	0	0	3576
13	622	46857	2442	431	381	320	0	2	0	0	3576
14	638	47006	2438	435	373	328	0	0	2	0	3576
15	638	45821	2438	435	349	348	0	4	2	0	3576
16	641	45879	2438	435	349	346	0	2	6	0	3576
17	641	44912	2438	429	355	338	0	1	15	0	3576

Tablo 5.3 20 Katlı Yapının y Doğrultusu Analiz Sonuçları

Adım	Yer Değiştirme d (mm)	Taban Kesme Kuvveti V (kN)	Plastik Mafsallı Performans Seviyeleri								Toplam
			A-B	B-HK	HK-CG	CG-YS	YS-C	C-D	D-E	>E	
0	0	0	3576	0	0	0	0	0	0	0	3576
1	50	17567	3572	4	0	0	0	0	0	0	3576
2	74	26053	3467	109	0	0	0	0	0	0	3576
3	124	40022	3220	354	2	0	0	0	0	0	3576
4	176	48862	3165	387	24	0	0	0	0	0	3576
5	199	51569	3048	412	116	0	0	0	0	0	3576
6	250	53392	2966	442	90	78	0	0	0	0	3576
7	304	55058	2903	492	68	113	0	0	0	0	3576
8	354	56180	2856	502	83	135	0	0	0	0	3576
9	405	57078	2850	483	108	131	0	4	0	0	3576
10	409	57148	2850	481	106	122	0	1	15	1	3576

Tablo 5.4 15 Katlı Yapının x Doğrultusu Analiz Sonuçları

Adım	Yer Değiştirme d (mm)	Taban Kesme Kuvveti V (kN)	Plastik Mafsal Performans Seviyeleri								Toplam
			A-B	B-HK	HK-CG	CG-YS	YS-C	C-D	D-E	>E	
0	0	0	2736	0	0	0	0	0	0	0	2736
1	40	19316	2730	6	0	0	0	0	0	0	2736
2	52	25269	2672	64	0	0	0	0	0	0	2736
3	93	38154	2536	200	0	0	0	0	0	0	2736
4	107	41712	2376	360	0	0	0	0	0	0	2736
5	139	44264	2250	480	6	0	0	0	0	0	2736
6	185	46183	2180	502	54	0	0	0	0	0	2736
7	225	47549	2118	458	156	4	0	0	0	0	2736
8	268	48831	2088	302	308	38	0	0	0	0	2736
9	310	49645	2042	265	355	74	0	0	0	0	2736
10	351	50333	1896	366	354	120	0	0	0	0	2736
11	392	50893	1887	361	360	126	0	2	0	0	2736
12	403	51028	1887	361	358	126	0	0	4	0	2736
13	403	49387	1887	361	358	126	0	0	4	0	2736
14	405	49461	1877	367	360	128	0	0	4	0	2736
15	409	49575	1847	367	380	136	0	2	4	0	2736
16	444	49943	1663	471	452	138	0	2	10	0	2736

Tablo 5.5 15 Katlı Yapının y Doğrultusu Analiz Sonuçları

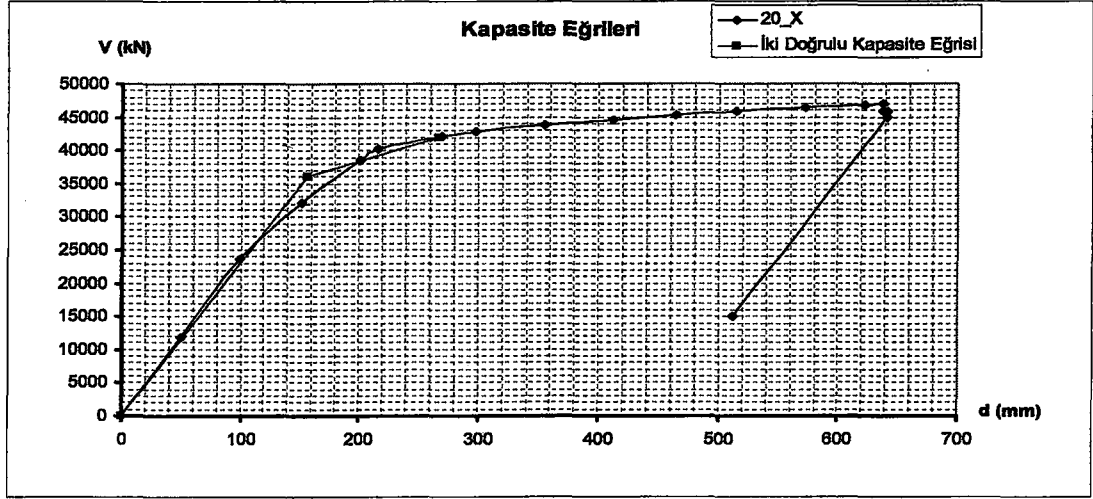
Adım	Yer Değiştirme d (mm)	Taban Kesme Kuvveti V (kN)	Plastik Mafsal Performans Seviyeleri								Toplam
			A-B	B-HK	HK-CG	CG-YS	YS-C	C-D	D-E	>E	
0	0	0	2732	4	0	0	0	0	0	0	2736
1	41	28227	2626	110	0	0	0	0	0	0	2736
2	84	50024	2562	174	0	0	0	0	0	0	2736
3	104	55508	2278	332	110	16	0	0	0	0	2736
4	193	60340	2224	360	88	64	0	0	0	0	2736
5	229	61856	2188	376	78	92	0	2	0	0	2736
6	284	63271	2182	382	78	92	0	0	2	0	2736
7	284	61902	2180	384	76	92	0	2	2	0	2736
8	287	62054	2178	386	76	90	0	0	6	0	2736
9	287	59812	2178	386	74	90	0	2	6	0	2736
10	290	59993	2178	386	74	90	0	0	8	0	2736
11	290	59215	2176	386	72	92	0	2	8	0	2736
12	295	59493	2176	386	72	92	0	0	10	0	2736
13	295	58552	2170	390	74	84	0	8	10	0	2736
14	297	58626	2168	390	70	88	0	0	20	0	2736
15	297	56339	2168	390	70	84	0	4	20	0	2736
16	299	56462	2166	390	72	84	0	0	24	0	2736
17	299	55192	2166	386	68	90	0	2	24	0	2736
18	304	55431	2160	392	68	90	0	0	26	0	2736

Tablo 5.6 10 Katlı Yapının x Doğrultusu Analiz Sonuçları

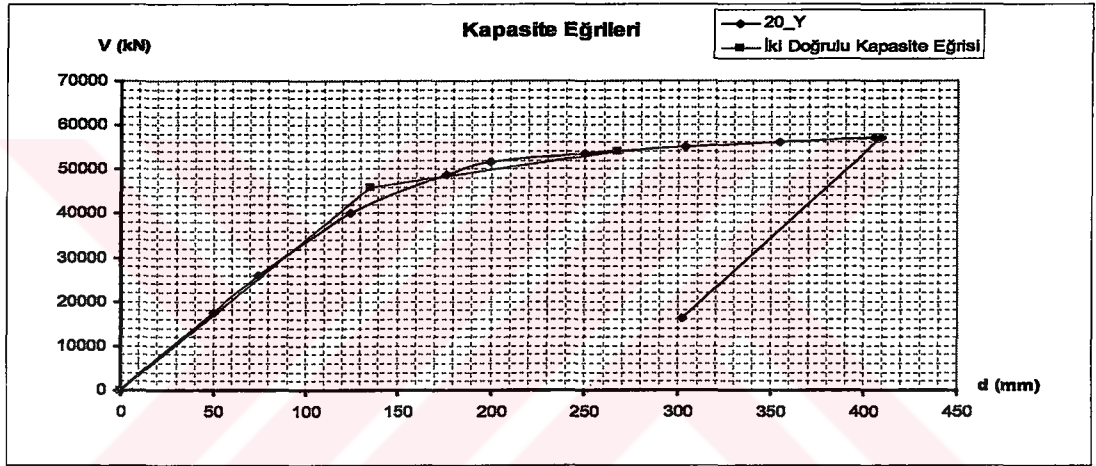
Adım	Yer Değiştirme d (mm)	Taban Kesme Kuvveti V (kN)	Plastik Mafsallı Performans Seviyeleri								Toplam
			A-B	B-HK	HK-CG	CG-YS	YS-C	C-D	D-E	>E	
0	0	0	1896	0	0	0	0	0	0	0	1896
1	20	27707	1888	8	0	0	0	0	0	0	1896
2	22	30162	1868	28	0	0	0	0	0	0	1896
3	42	47816	1864	32	0	0	0	0	0	0	1896
4	43	48526	1808	88	0	0	0	0	0	0	1896
5	65	52643	1666	230	0	0	0	0	0	0	1896
6	85	54871	1557	335	4	0	0	0	0	0	1896
7	105	56521	1510	338	48	0	0	0	0	0	1896
8	126	57938	1484	316	96	0	0	0	0	0	1896
9	158	59518	1476	308	96	16	0	0	0	0	1896
10	178	60396	1449	225	152	70	0	0	0	0	1896
11	199	61220	1430	174	214	78	0	0	0	0	1896
12	219	61748	1388	173	247	88	0	0	0	0	1896
13	242	62265	1308	222	268	98	0	0	0	0	1896
14	263	62648	1306	216	266	104	0	4	0	0	1896
15	275	62833	1150	282	266	192	0	4	2	0	1896

Tablo 5.7 10 Katlı Yapının y Doğrultusu Analiz Sonuçları

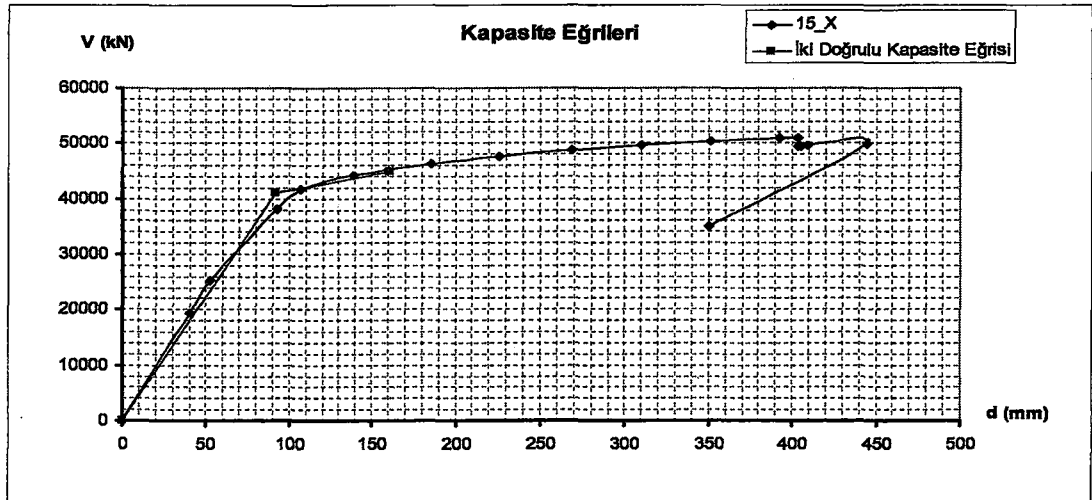
Adım	Yer Değiştirme d (mm)	Taban Kesme Kuvveti V (kN)	Plastik Mafsallı Performans Seviyeleri								Toplam
			A-B	B-HK	HK-CG	CG-YS	YS-C	C-D	D-E	>E	
0	0	0	1892	4	0	0	0	0	0	0	1896
1	18	34234	1858	38	0	0	0	0	0	0	1896
2	36	59648	1814	82	0	0	0	0	0	0	1896
3	42	64475	1766	130	0	0	0	0	0	0	1896
4	65	67939	1674	148	74	0	0	0	0	0	1896
5	88	70429	1590	226	70	10	0	0	0	0	1896
6	109	72363	1542	264	14	76	0	0	0	0	1896
7	130	73764	1528	276	14	78	0	0	0	0	1896
8	158	75286	1512	292	14	76	0	2	0	0	1896
9	171	75920	1512	292	14	74	0	2	2	0	1896
10	171	73964	1512	292	14	74	0	0	4	0	1896
11	171	72299	1512	292	14	72	0	2	4	0	1896
12	172	72383	1512	292	14	72	0	0	6	0	1896
13	172	71686	1512	286	20	70	0	2	6	0	1896
14	175	72007	1510	288	18	72	0	0	8	0	1896
15	175	70612	1508	290	18	70	0	2	8	0	1896
16	176	70698	1508	290	18	70	0	0	10	0	1896
17	176	69125	1508	290	18	68	0	2	10	0	1896
18	178	69276	1502	296	18	68	0	0	12	0	1896
19	178	68135	1500	296	20	60	0	8	12	0	1896
20	181	68420	1500	294	22	58	0	0	22	0	1896
21	181	65490	1500	290	26	56	0	2	22	0	1896
22	183	65698	1496	294	26	56	0	0	24	0	1896



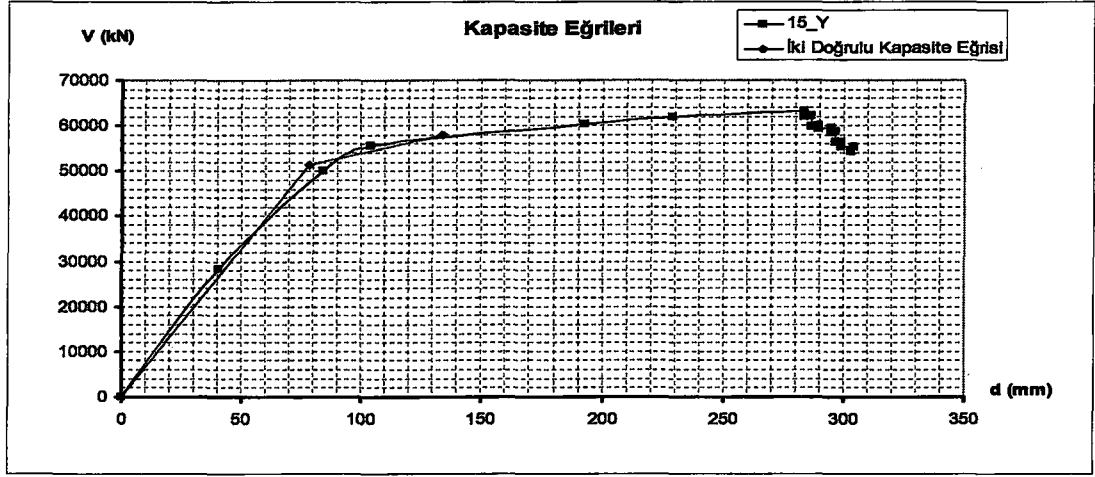
Şekil 5.12 20 Katlı Yapının İki Doğru Parçası ile İdealleştirilen x Doğrultusundaki Kapasite Eğrisi



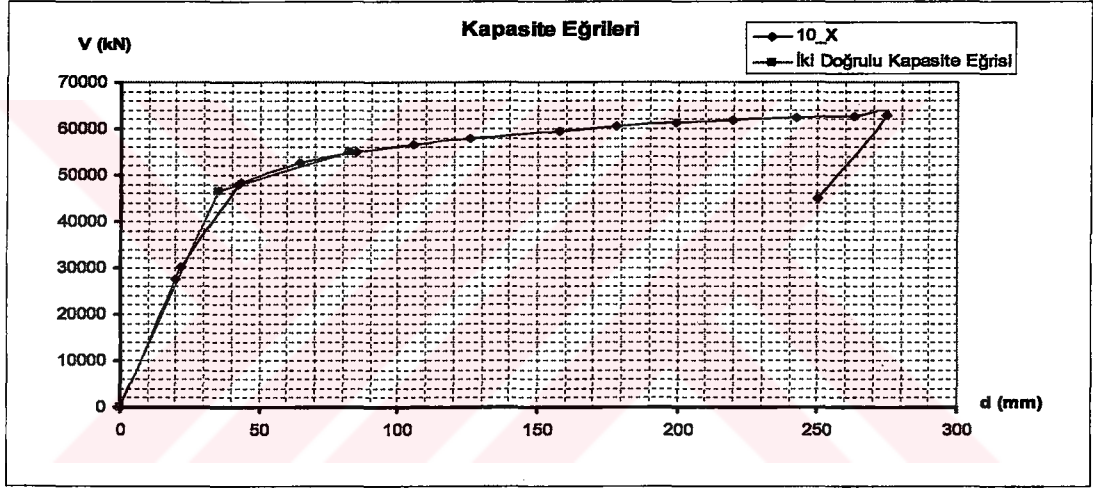
Şekil 5.13 20 Katlı Yapının İki Doğru Parçası ile İdealleştirilen y Doğrultusundaki Kapasite Eğrisi



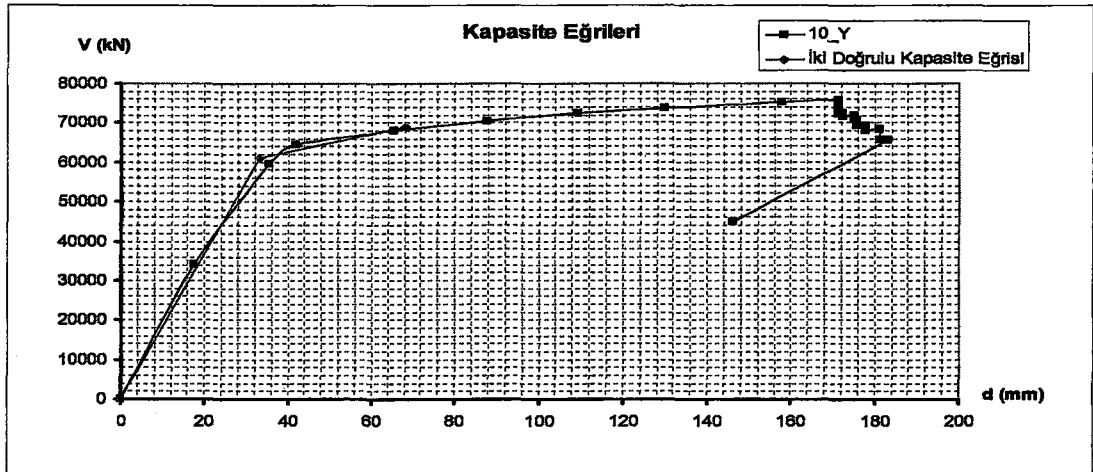
Şekil 5.14 15 Katlı Yapının İki Doğru Parçası ile İdealleştirilen x Doğrultusundaki Kapasite Eğrisi



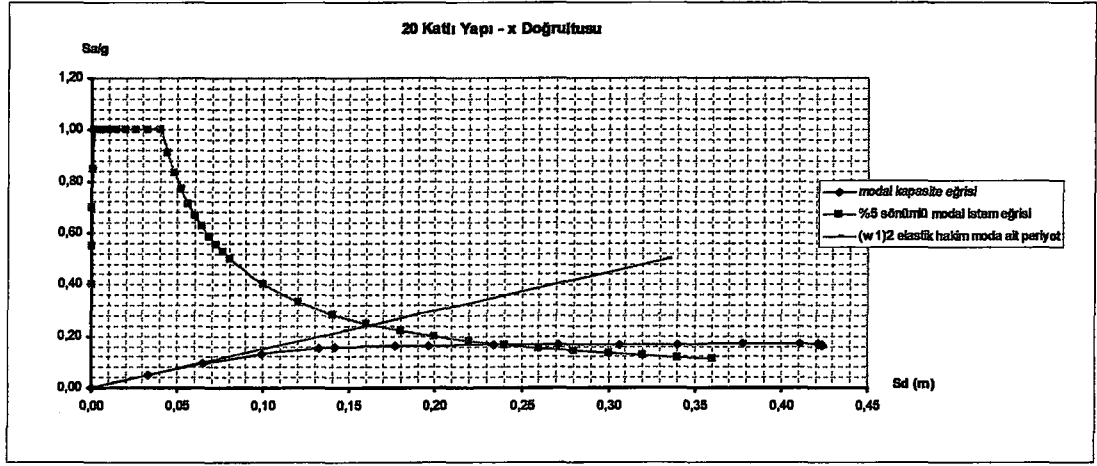
Şekil 5.15 15 Katlı Yapının İki Doğru Parçası ile İdealleştirilen y Doğrultusundaki Kapasite Eğrisi



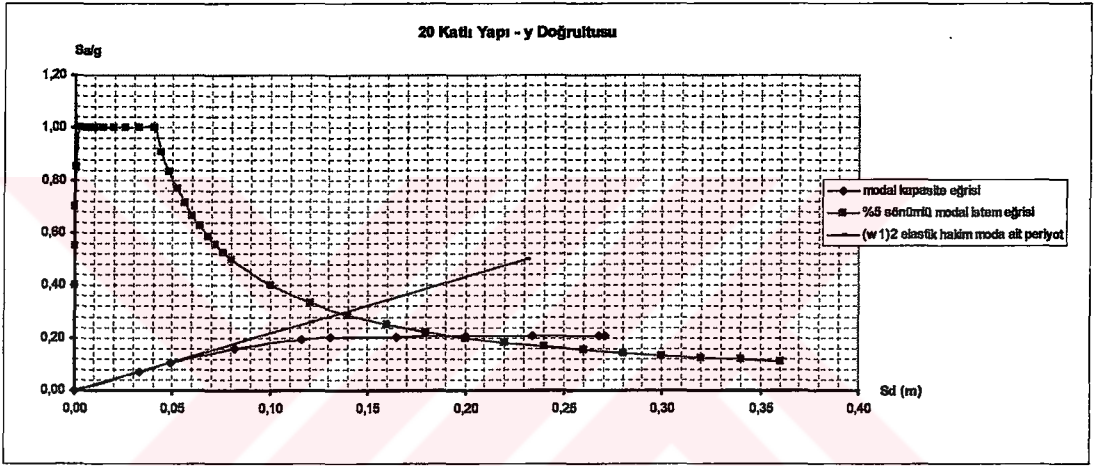
Şekil 5.16 10 Katlı Yapının İki Doğru Parçası ile İdealleştirilen x Doğrultusundaki Kapasite Eğrisi



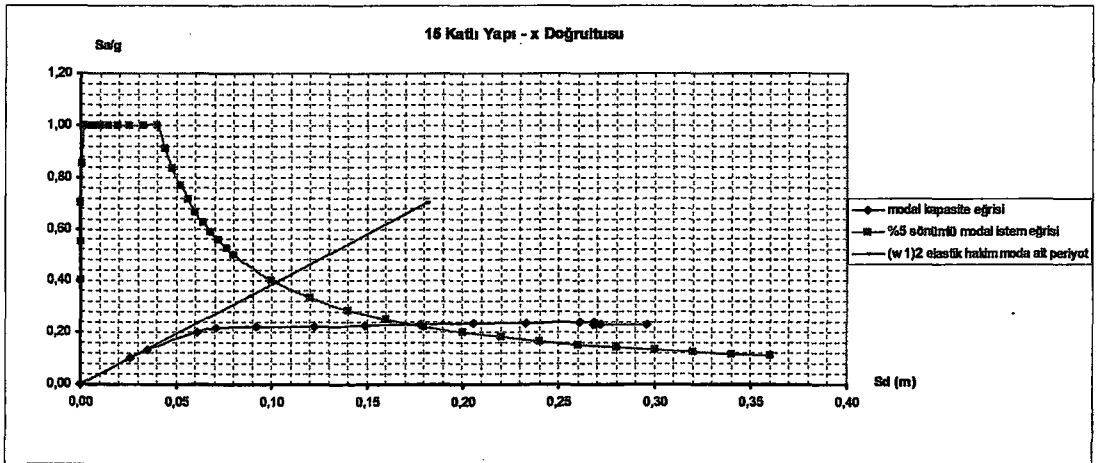
Şekil 5.17 10 Katlı Yapının İki Doğru Parçası ile İdealleştirilen y Doğrultusundaki Kapasite Eğrisi



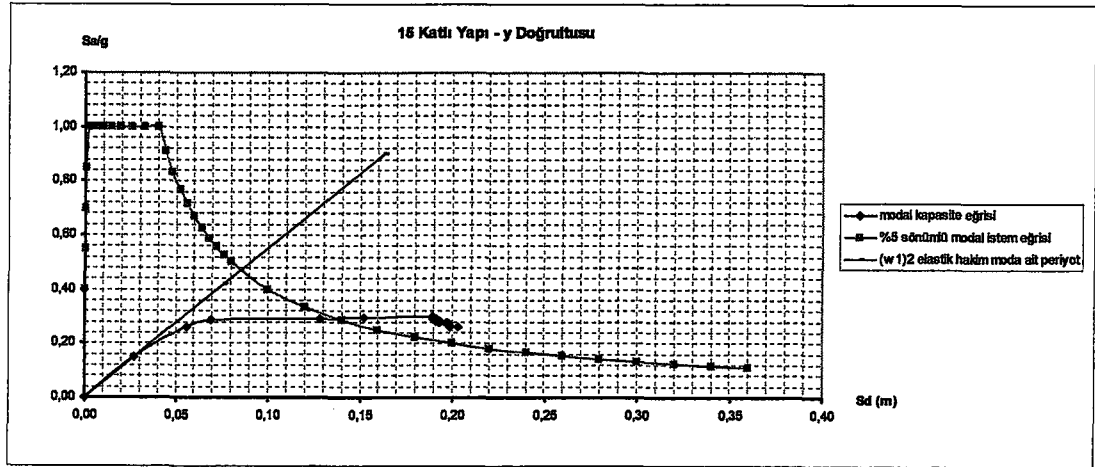
Şekil 5.18 20 Katlı Yapının x Doğrultusunda Modal Yerdeğiştirme Talebinin Belirlenmesi



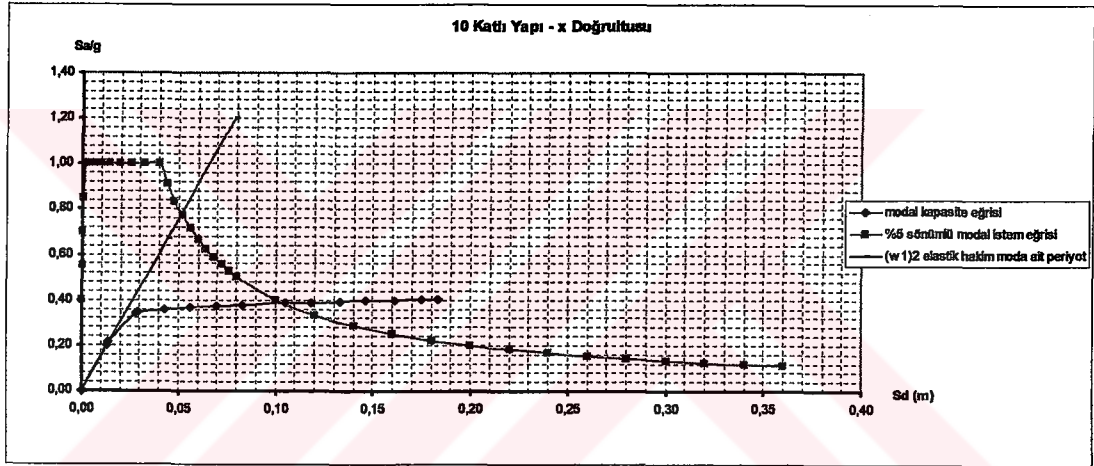
Şekil 5.19 20 Katlı Yapının y Doğrultusunda Modal Yerdeğiştirme Talebinin Belirlenmesi



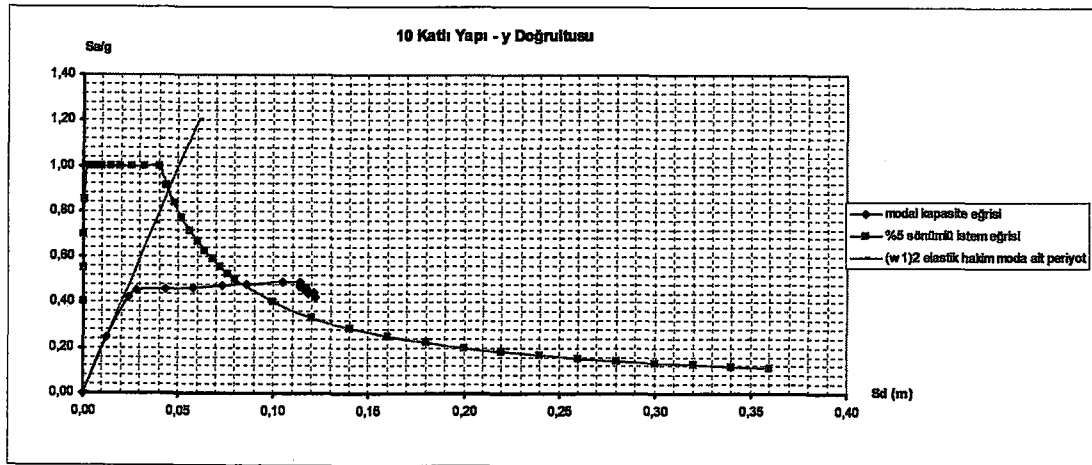
Şekil 5.20 15 Katlı Yapının x Doğrultusunda Modal Yerdeğiştirme Talebinin Belirlenmesi



Şekil 5.21 15 Katlı Yapının y Doğrultusunda Modal Yerdeğiştirme Talebinin Belirlenmesi



Şekil 5.22 10 Katlı Yapının x Doğrultusunda Modal Yerdeğiştirme Talebinin Belirlenmesi



Şekil 5.23 10 Katlı Yapının y Doğrultusunda Modal Yerdeğiştirme Talebinin Belirlenmesi

Tablo 5.13 20 Katlı Yapı 5. Kat Kiriş Performans Seviyeleri (x doğrultusu)

Kat	Kiriş	Boyut	Mafsals	$\Phi_{plastik}$	$K_{plastik}$	K_{akma}	ΣK	Performans
5	B9	50/60	B9H2	-0.0035	0.0116	0.0045	0.0161	HK
5	B5	50/60	B10H2	-0.0024	0.0079	0.0045	0.0124	HK
5	B5	50/60	B11H2	-0.0024	0.0079	0.0045	0.0124	HK
5	B5	50/60	B12H2	-0.0023	0.0078	0.0045	0.0123	HK
5	B8	50/60	B13H1	0.0010	0.0032	0.0045	0.0077	HK
5	B8	50/60	B13H2	-0.0017	0.0058	0.0048	0.0106	HK
5	B14	50/75	B26H1	-0.0029	0.0078	0.0039	0.0116	HK
5	B14	50/75	B26H2	0.0028	0.0074	0.0035	0.0109	HK
5	B14	50/75	B28H1	-0.0036	0.0095	0.0039	0.0134	HK
5	B14	50/75	B28H2	0.0037	0.0099	0.0035	0.0134	HK
5	B7	50/60	B31H2	-0.0027	0.0090	0.0045	0.0135	HK
5	B5	50/60	B32H2	-0.0024	0.0079	0.0045	0.0124	HK
5	B5	50/60	B33H2	-0.0024	0.0079	0.0045	0.0124	HK
5	B5	50/60	B34H2	-0.0024	0.0079	0.0045	0.0123	HK
5	B6	50/60	B35H2	-0.0012	0.0040	0.0046	0.0086	HK
5	B15	50/75	B36H2	-0.0003	0.0007	0.0038	0.0045	HK
5	B7	50/60	B65H2	-0.0027	0.0090	0.0045	0.0135	HK
5	B5	50/60	B66H2	-0.0024	0.0079	0.0045	0.0124	HK
5	B5	50/60	B67H2	-0.0024	0.0079	0.0045	0.0124	HK
5	B5	50/60	B68H2	-0.0024	0.0079	0.0045	0.0123	HK
5	B6	50/60	B69H2	-0.0012	0.0040	0.0046	0.0086	HK
5	B15	50/75	B70H1	0.0000	0.0000	0.0038	0.0038	HK
5	B15	50/75	B70H2	-0.0003	0.0007	0.0038	0.0045	HK
5	B13	50/75	B71H1	0.0028	0.0074	0.0035	0.0108	HK
5	B13	50/75	B71H2	-0.0029	0.0077	0.0039	0.0116	HK
5	B13	50/75	B73H1	0.0037	0.0099	0.0035	0.0134	HK
5	B13	50/75	B73H2	-0.0036	0.0095	0.0039	0.0134	HK
5	B9	50/60	B87H2	-0.0035	0.0116	0.0045	0.0161	HK
5	B5	50/60	B88H1	0.0000	0.0000	0.0045	0.0045	HK
5	B5	50/60	B88H2	-0.0024	0.0079	0.0045	0.0124	HK
5	B5	50/60	B89H1	0.0000	0.0000	0.0045	0.0045	HK
5	B5	50/60	B89H2	-0.0024	0.0079	0.0045	0.0124	HK
5	B5	50/60	B90H1	0.0000	0.0000	0.0045	0.0045	HK
5	B5	50/60	B90H2	-0.0023	0.0078	0.0045	0.0123	HK
5	B8	50/60	B91H1	0.0010	0.0032	0.0045	0.0077	HK
5	B8	50/60	B91H2	-0.0017	0.0058	0.0048	0.0106	HK

Tablo 5.14 20 Katlı Yapı 5. Kat Kiriş Performans Seviyeleri (y doğrultusu)

Kat	Kiriş	Boyut	Mafsals	$\Phi_{plastik}$	$K_{plastik}$	K_{akma}	ΣK	Performans
5	B1	50/60	B18H2	-0.0006	0.0021	0.0046	0.0067	HK
5	B1	50/60	B19H2	-0.0007	0.0024	0.0046	0.0071	HK
5	B1	50/60	B20H2	-0.0007	0.0024	0.0046	0.0071	HK
5	B1	50/60	B21H2	-0.0006	0.0021	0.0046	0.0067	HK
5	B14	50/75	B26H1	0.0017	0.0046	0.0039	0.0085	HK
5	B14	50/75	B26H2	-0.0023	0.0060	0.0035	0.0095	HK
5	B14	50/75	B27H1	0.0014	0.0038	0.0039	0.0077	HK
5	B14	50/75	B27H2	-0.0020	0.0053	0.0035	0.0087	HK
5	B14	50/75	B28H1	0.0014	0.0038	0.0039	0.0077	HK
5	B14	50/75	B28H2	-0.0020	0.0053	0.0035	0.0087	HK
5	B14	50/75	B29H1	0.0017	0.0046	0.0039	0.0084	HK
5	B14	50/75	B29H2	-0.0023	0.0060	0.0035	0.0095	HK
5	B13	50/75	B71H1	0.0067	0.0178	0.0035	0.0212	HK-CG
5	B13	50/75	B71H2	-0.0063	0.0169	0.0039	0.0208	HK-CG
5	B13	50/75	B72H1	0.0070	0.0187	0.0035	0.0222	HK-CG
5	B13	50/75	B72H2	-0.0068	0.0181	0.0039	0.0220	HK-CG

5	B13	50/75	B73H1	0.0070	0.0187	0.0035	0.0222	HK-CG
5	B13	50/75	B73H2	-0.0068	0.0181	0.0039	0.0220	HK-CG
5	B13	50/75	B74H1	0.0066	0.0176	0.0035	0.0211	HK
5	B13	50/75	B74H2	-0.0063	0.0169	0.0039	0.0208	HK
5	B1	50/60	B79H2	-0.0008	0.0027	0.0046	0.0074	HK
5	B1	50/60	B80H2	-0.0008	0.0027	0.0046	0.0074	HK
5	B1	50/60	B81H2	-0.0008	0.0027	0.0046	0.0074	HK
5	B1	50/60	B82H2	-0.0008	0.0027	0.0046	0.0074	HK

Tablo 5.15 20 Katlı Yapı 5. Kat Kolon Performans Seviyeleri (x doğrultusu)

Kat	Kolon	Boyut	Mafsals	N (kN)	$\Phi_{plastik}$	$K_{plastik}$	K_{akma}	Performans
5	C1	800×25	C1H31	-3516	0.00000	0.00000	0.00702	A-B
5	C1	800×25	C1H32	-3357	0.00000	0.00000	0.00702	A-B
5	C2	800×25	C2H31	-4213	0.00000	0.00000	0.00711	A-B
5	C2	800×25	C2H32	-4054	0.00000	0.00000	0.00711	A-B
5	C3	25×1000	C3H31	8733	0.00000	0.00000	0.00332	A-B
5	C3	25×1000	C3H32	8932	0.00000	0.00000	0.00332	A-B
5	C4	25×1000	C4H31	-42142	0.00000	0.00000	0.01174	A-B
5	C4	25×1000	C4H32	-41944	0.00000	0.00000	0.01174	A-B
5	C5	90×90	C5H1	-7484	0.00000	0.00000	0.00470	A-B
5	C5	90×90	C5H2	-7428	0.00000	0.00000	0.00470	A-B
5	C6	90×90	C6H1	-7374	0.00000	0.00000	0.00470	A-B
5	C6	90×90	C6H2	-7318	0.00000	0.00000	0.00470	A-B
5	C7	90×90	C7H1	-7367	0.00000	0.00000	0.00470	A-B
5	C7	90×90	C7H2	-7311	0.00000	0.00000	0.00470	A-B
5	C8	90×90	C8H1	-6768	0.00000	0.00000	0.00455	A-B
5	C8	90×90	C8H2	-6712	0.00000	0.00000	0.00455	A-B
5	C9	25×1000	C9H31	8576	0.00000	0.00000	0.00332	A-B
5	C9	25×1000	C9H32	8774	0.00000	0.00000	0.00332	A-B
5	C10	25×1000	C10H31	-43015	0.00000	0.00000	0.01174	A-B
5	C10	25×1000	C10H32	-42817	0.00000	0.00000	0.01174	A-B
5	C11	800×25	C11H31	-4028	0.00000	0.00000	0.00712	A-B
5	C11	800×25	C11H32	-3870	0.00000	0.00000	0.00712	A-B
5	C12	800×25	C12H31	-4707	0.00000	0.00000	0.00723	A-B
5	C12	800×25	C12H32	-4549	0.00000	0.00000	0.00723	A-B
5	C13	90×90	C13H1	2377	0.00000	0.00000	0.00176	A-B
5	C13	90×90	C13H2	2430	0.00043	0.00096	0.00176	HK
5	C14	90×90	C14H1	-13276	0.00000	0.00000	0.00712	A-B
5	C14	90×90	C14H2	-13223	0.00000	0.00000	0.00712	A-B
5	C15	90×90	C15H1	-7400	0.00000	0.00000	0.00470	A-B
5	C15	90×90	C15H2	-7344	0.00000	0.00000	0.00470	A-B
5	C16	90×90	C16H1	-7352	0.00000	0.00000	0.00470	A-B
5	C16	90×90	C16H2	-7296	0.00000	0.00000	0.00470	A-B
5	C17	90×90	C17H1	-7346	0.00000	0.00000	0.00470	A-B
5	C17	90×90	C17H2	-7290	0.00000	0.00000	0.00470	A-B
5	C18	90×90	C18H1	-6933	0.00000	0.00000	0.00454	A-B
5	C18	90×90	C18H2	-6877	0.00000	0.00000	0.00454	A-B
5	C19	90×90	C19H1	89	0.00000	0.00000	0.00309	A-B
5	C19	90×90	C19H2	142	0.00000	0.00000	0.00309	A-B
5	C20	90×90	C20H1	-13218	0.00000	0.00000	0.00672	A-B
5	C20	90×90	C20H2	-13165	0.00000	0.00000	0.00672	A-B
5	C29	90×90	C29H1	2377	0.00000	0.00000	0.00176	A-B
5	C29	90×90	C29H2	2430	0.00043	0.00096	0.00176	HK
5	C30	90×90	C30H1	-13276	0.00000	0.00000	0.00672	A-B
5	C30	90×90	C30H2	-13223	0.00000	0.00000	0.00672	A-B
5	C31	90×90	C31H1	-7400	0.00000	0.00000	0.00466	A-B
5	C31	90×90	C31H2	-7344	0.00000	0.00000	0.00466	A-B
5	C32	90×90	C32H1	-7351	0.00000	0.00000	0.00466	A-B

5	C32	90×90	C32H2	-7295	0.00000	0.00000	0.00466	A-B
5	C33	90×90	C33H1	-7347	0.00000	0.00000	0.00466	A-B
5	C33	90×90	C33H2	-7291	0.00000	0.00000	0.00466	A-B
5	C34	90×90	C34H1	-6934	0.00000	0.00000	0.00466	A-B
5	C34	90×90	C34H2	-6878	0.00000	0.00000	0.00466	A-B
5	C35	90×90	C35H1	84	0.00000	0.00000	0.00309	A-B
5	C35	90×90	C35H2	137	0.00000	0.00000	0.00309	A-B
5	C36	90×90	C36H1	-13225	0.00000	0.00000	0.00672	A-B
5	C36	90×90	C36H2	-13172	0.00000	0.00000	0.00672	A-B
5	C37	800×25	C37H31	-4036	0.00000	0.00000	0.00711	A-B
5	C37	800×25	C37H32	-3877	0.00000	0.00000	0.00711	A-B
5	C38	800×25	C38H31	-4719	0.00000	0.00000	0.00724	A-B
5	C38	800×25	C38H32	-4560	0.00000	0.00000	0.00724	A-B
5	C39	25×1000	C39H31	8735	0.00000	0.00000	0.00332	A-B
5	C39	25×1000	C39H32	8934	0.00000	0.00000	0.00332	A-B
5	C40	25×1000	C40H31	-42126	0.00000	0.00000	0.01174	A-B
5	C40	25×1000	C40H32	-41927	0.00000	0.00000	0.01174	A-B
5	C41	90×90	C41H1	-7483	0.00000	0.00000	0.00470	A-B
5	C41	90×90	C41H2	-7427	0.00000	0.00000	0.00470	A-B
5	C42	90×90	C42H1	-7374	0.00000	0.00000	0.00470	A-B
5	C42	90×90	C42H2	-7318	0.00000	0.00000	0.00470	A-B
5	C43	90×90	C43H1	-7367	0.00000	0.00000	0.00470	A-B
5	C43	90×90	C43H2	-7311	0.00000	0.00000	0.00470	A-B
5	C44	90×90	C44H1	-6768	0.00000	0.00000	0.00454	A-B
5	C44	90×90	C44H2	-6712	0.00000	0.00000	0.00454	A-B
5	C45	25×1000	C45H31	8573	0.00000	0.00000	0.00332	A-B
5	C45	25×1000	C45H32	8771	0.00000	0.00000	0.00332	A-B
5	C46	25×1000	C46H31	-43024	0.00000	0.00000	0.01174	A-B
5	C46	25×1000	C46H32	-42826	0.00000	0.00000	0.01174	A-B
5	C47	800×25	C47H31	-3528	0.00000	0.00000	0.00702	A-B
5	C47	800×25	C47H32	-3369	0.00000	0.00000	0.00702	A-B
5	C48	800×25	C48H31	-4206	0.00000	0.00000	0.00711	A-B
5	C48	800×25	C48H32	-4048	0.00000	0.00000	0.00711	A-B

Tablo 5.16 20 Katlı Yapı 5. Kat Kolon Performans Seviyeleri (y doğrultusu)

Kat	Kolon	Boyut	Mafsai	N (kN)	Φ plastik	K plastik	K akma	Performans
5	C1	800×25	C1H31	8288	0.00000	0.00000	0.00328	A-B
5	C1	800×25	C1H32	8447	0.00000	0.00000	0.00328	A-B
5	C2	800×25	C2H31	8277	0.00000	0.00000	0.00328	A-B
5	C2	800×25	C2H32	8436	0.00000	0.00000	0.00328	A-B
5	C3	25×1000	C3H31	71	0.00000	0.00000	0.00631	A-B
5	C3	25×1000	C3H32	270	0.00000	0.00000	0.00626	A-B
5	C4	25×1000	C4H31	16	0.00000	0.00000	0.00631	A-B
5	C4	25×1000	C4H32	215	0.00000	0.00000	0.00626	A-B
5	C5	90×90	C5H1	-6063	0.00000	0.00000	0.00439	A-B
5	C5	90×90	C5H2	-6007	0.00000	0.00000	0.00439	A-B
5	C6	90×90	C6H1	-6459	0.00000	0.00000	0.00439	A-B
5	C6	90×90	C6H2	-6403	0.00000	0.00000	0.00439	A-B
5	C7	90×90	C7H1	-6459	0.00000	0.00000	0.00439	A-B
5	C7	90×90	C7H2	-6403	0.00000	0.00000	0.00439	A-B
5	C8	90×90	C8H1	-6064	0.00000	0.00000	0.00439	A-B
5	C8	90×90	C8H2	-6008	0.00000	0.00000	0.00439	A-B
5	C9	25×1000	C9H31	21	0.00000	0.00000	0.00633	A-B
5	C9	25×1000	C9H32	220	0.00000	0.00000	0.00627	A-B
5	C10	25×1000	C10H31	113	0.00000	0.00000	0.00630	A-B
5	C10	25×1000	C10H32	312	0.00000	0.00000	0.00625	A-B
5	C11	800×25	C11H31	-29977	0.00000	0.00000	0.01089	A-B
5	C11	800×25	C11H32	-29819	0.00000	0.00000	0.01089	A-B

5	C12	800×25	C12H31	-29957	0.00000	0.00000	0.01089	A-B
5	C12	800×25	C12H32	-29799	0.00000	0.00000	0.01089	A-B
5	C13	90×90	C13H1	-15069	0.00000	0.00000	0.00712	A-B
5	C13	90×90	C13H2	-15016	0.00000	0.00000	0.00712	A-B
5	C14	90×90	C14H1	-16003	0.00000	0.00000	0.00712	A-B
5	C14	90×90	C14H2	-15950	0.00000	0.00000	0.00712	A-B
5	C15	90×90	C15H1	-8529	0.00000	0.00000	0.00493	A-B
5	C15	90×90	C15H2	-8473	0.00000	0.00000	0.00493	A-B
5	C16	90×90	C16H1	-8266	0.00000	0.00000	0.00493	A-B
5	C16	90×90	C16H2	-8210	0.00000	0.00000	0.00493	A-B
5	C17	90×90	C17H1	-8265	0.00000	0.00000	0.00493	A-B
5	C17	90×90	C17H2	-8209	0.00000	0.00000	0.00493	A-B
5	C18	90×90	C18H1	-8528	0.00000	0.00000	0.00493	A-B
5	C18	90×90	C18H2	-8472	0.00000	0.00000	0.00493	A-B
5	C19	90×90	C19H1	-15982	0.00000	0.00000	0.00368	A-B
5	C19	90×90	C19H2	-15929	0.00000	0.00000	0.00368	A-B
5	C20	90×90	C20H1	-15037	0.00000	0.00000	0.00368	A-B
5	C20	90×90	C20H2	-14984	0.00000	0.00000	0.00368	A-B
5	C29	90×90	C29H1	902	0.00000	0.00000	0.00284	A-B
5	C29	90×90	C29H2	955	0.00000	0.00000	0.00284	A-B
5	C30	90×90	C30H1	-672	0.00000	0.00000	0.00325	A-B
5	C30	90×90	C30H2	-619	0.00000	0.00000	0.00325	A-B
5	C31	90×90	C31H1	-6081	0.00000	0.00000	0.00439	A-B
5	C31	90×90	C31H2	-6025	0.00000	0.00000	0.00439	A-B
5	C32	90×90	C32H1	-6451	0.00000	0.00000	0.00439	A-B
5	C32	90×90	C32H2	-6395	0.00000	0.00000	0.00439	A-B
5	C33	90×90	C33H1	-6451	0.00000	0.00000	0.00439	A-B
5	C33	90×90	C33H2	-6395	0.00000	0.00000	0.00439	A-B
5	C34	90×90	C34H1	-6076	0.00000	0.00000	0.00439	A-B
5	C34	90×90	C34H2	-6020	0.00000	0.00000	0.00439	A-B
5	C35	90×90	C35H1	-669	0.00000	0.00000	0.00325	A-B
5	C35	90×90	C35H2	-616	0.00000	0.00000	0.00325	A-B
5	C36	90×90	C36H1	909	0.00000	0.00000	0.00284	A-B
5	C36	90×90	C36H2	962	0.00000	0.00000	0.00284	A-B
5	C37	800×25	C37H31	8358	0.00000	0.00000	0.00328	A-B
5	C37	800×25	C37H32	8517	0.00000	0.00000	0.00328	A-B
5	C38	800×25	C38H31	8340	0.00000	0.00000	0.00328	A-B
5	C38	800×25	C38H32	8499	0.00000	0.00000	0.00328	A-B
5	C39	25×1000	C39H31	-12064	0.00000	0.00000	0.00810	A-B
5	C39	25×1000	C39H32	-11865	0.00000	0.00000	0.00810	A-B
5	C40	25×1000	C40H31	-12142	0.00000	0.00000	0.00810	A-B
5	C40	25×1000	C40H32	-11943	0.00000	0.00000	0.00810	A-B
5	C41	90×90	C41H1	-8002	0.00000	0.00000	0.00483	A-B
5	C41	90×90	C41H2	-7946	0.00000	0.00000	0.00483	A-B
5	C42	90×90	C42H1	-8268	0.00000	0.00000	0.00483	A-B
5	C42	90×90	C42H2	-8212	0.00000	0.00000	0.00483	A-B
5	C43	90×90	C43H1	-8268	0.00000	0.00000	0.00483	A-B
5	C43	90×90	C43H2	-8212	0.00000	0.00000	0.00483	A-B
5	C44	90×90	C44H1	-8001	0.00000	0.00000	0.00483	A-B
5	C44	90×90	C44H2	-7945	0.00000	0.00000	0.00483	A-B
5	C45	25×1000	C45H31	-12104	0.00000	0.00000	0.00810	A-B
5	C45	25×1000	C45H32	-11905	0.00000	0.00000	0.00810	A-B
5	C46	25×1000	C46H31	-12068	0.00000	0.00000	0.00810	A-B
5	C46	25×1000	C46H32	-11870	0.00000	0.00000	0.00810	A-B
5	C47	800×25	C47H31	-40065	0.00000	0.00000	0.01274	A-B
5	C47	800×25	C47H32	-39906	0.00000	0.00000	0.01274	A-B
5	C48	800×25	C48H31	-40016	0.00000	0.00000	0.01274	A-B
5	C48	800×25	C48H32	-39857	0.00000	0.00000	0.01274	A-B

Tablo 5.22 20 Katlı Yapı Analiz Sonuçları (x doğrultusu kirişleri)

Yapı	Doğrultu	Kat	Kirişlerde Oluşan Plastik Mafsalsal Sayısı	Performans Düzeyi			Toplam Kiriş Sayısı
				HK	CG	YS	
20 katlı	x	20	24	24	-	-	24
		19	24	20	4	-	
		18	24	20	4	-	
		17	24	20	4	-	
		16	26	22	4	-	
		15	26	22	4	-	
		14	28	26	2	-	
		13	26	24	2	-	
		12	32	30	2	-	
		11	30	26	4	-	
		10	30	28	2	-	
		9	32	30	2	-	
		8	34	34	-	-	
		7	34	34	-	-	
		6	34	34	-	-	
		5	32	32	-	-	
		4	29	29	-	-	32
		3	35	35	-	-	
		2	28	28	-	-	
		1	20	20	-	-	
Toplam			572	538	34	-	
%			100	94	6	-	

Tablo 5.23 20 Katlı Yapı Analiz Sonuçları (y doğrultusu kirişleri)

Yapı	Doğrultu	Kat	Kirişlerde Oluşan Plastik Mafsalsal Sayısı	Performans Düzeyi			Toplam Kiriş Sayısı
				HK	CG	YS	
20 katlı	y	20	12	10	2	-	24
		19	18	16	2	-	
		18	16	14	2	-	
		17	16	14	2	-	
		16	14	12	2	-	
		15	14	12	2	-	
		14	16	14	2	-	
		13	18	10	8	-	
		12	28	20	8	-	
		11	28	20	8	-	
		10	28	20	8	-	
		9	28	20	8	-	
		8	28	20	8	-	
		7	24	16	8	-	
		6	24	16	8	-	
		5	24	16	8	-	
		4	30	22	8	-	32
		3	28	24	4	-	
		2	20	16	4	-	
		1	8	8	-	-	
Toplam			422	320	102	-	
%			100	76	24	-	

Tablo 5.24 15 Katlı Yapı Analiz Sonuçları (x doğrultusu kirişleri)

Yapı	Doğrultu	Kat	Kirişlerde Oluşan Plastik Mafsals Sayısı	Performans Düzeyi			Toplam Kiriş Sayısı
				HK	CG	YS	
15 katlı	x	15	24	24	-	-	24
		14	26	26	-	-	
		13	26	26	-	-	
		12	26	26	-	-	
		11	26	26	-	-	
		10	26	26	-	-	
		9	30	30	-	-	
		8	30	30	-	-	
		7	30	30	-	-	
		6	30	30	-	-	
		5	30	30	-	-	
		4	29	29	-	-	32
		3	35	35	-	-	
		2	22	22	-	-	
		1	20	20	-	-	
Toplam			410	410	-	-	
%			100	100	-	-	

Tablo 5.25 15 Katlı Yapı Analiz Sonuçları (y doğrultusu kirişleri)

Yapı	Doğrultu	Kat	Kirişlerde Oluşan Plastik Mafsals Sayısı	Performans Düzeyi			Toplam Kiriş Sayısı
				HK	CG	YS	
15 katlı	y	15	12	10	2	-	24
		14	16	12	4	-	
		13	16	12	4	-	
		12	16	12	4	-	
		11	16	12	4	-	
		10	18	12	6	-	
		9	22	14	6	2	
		8	24	16	6	2	
		7	24	16	6	2	
		6	24	16	6	2	
		5	24	16	8	-	
		4	32	24	4	4	32
		3	36	28	4	4	
		2	30	22	8	-	
		1	30	22	8	-	
Toplam			340	244	80	16	
%			100	72	24	5	

Tablo 5.26 10 Katlı Yapı Analiz Sonuçları (x doğrultusu kirişleri)

Yapı	Doğrultu	Kat	Kirişlerde Oluşan Plastik Mafsals Sayısı	Performans Düzeyi			Toplam Kiriş Sayısı
				HK	CG	YS	
10 katlı	x	10	22	22	-	-	24
		9	30	30	-	-	
		8	30	30	-	-	
		7	30	30	-	-	
		6	32	32	-	-	
		5	28	28	-	-	32
		4	29	27	2	-	
		3	35	33	2	-	
		2	35	35	-	-	
		1	35	35	-	-	

Toplam	306	302	4	-	
%	100	99	1	-	

Tablo 5.27 10 Katlı Yapı Analiz Sonuçları (y doğrultusu kirişleri)

Yapı	Doğrultu	Kat	Kirişlerde Oluşan Plastik Mafsai Sayısı	Performans Düzeyi			Toplam Kiriş Sayısı
				HK	CG	YS	
10 katlı	y	10	8	4	4	-	24
		9	16	8	8	-	
		8	14	6	8	-	
		7	18	10	8	-	
		6	22	14	8	-	
		5	20	12	8	-	
		4	22	14	8	-	32
		3	22	14	8	-	
		2	18	10	8	-	
		1	20	16	4	-	
Toplam			180	108	72	-	
%			100	60	40	-	

Tablo 5.28 20 Katlı Yapı Analiz Sonuçları (x doğrultusu kolonları)

Yapı	Doğrultu	Kat	Kolonlarda Oluşan Plastik Mafsai Sayısı	Performans Düzeyi			Toplam Kolon Sayısı
				HK	CG	YS	
20 katlı	x	20	2	2	-	-	40
		19	-	-	-	-	
		18	-	-	-	-	
		17	2	2	-	-	
		16	2	2	-	-	
		15	6	6	-	-	
		14	6	4	2	-	
		13	4	2	2	-	
		12	-	-	-	-	
		11	-	-	-	-	
		10	-	-	-	-	
		9	-	-	-	-	
		8	-	-	-	-	
		7	6	6	-	-	
		6	6	6	-	-	
		5	6	6	-	-	
		4	4	4	-	-	48
		3	4	4	-	-	
		2	12	12	-	-	
		1	14	14	-	-	
Toplam			74	70	4	-	
%			100	95	5	-	

Tablo 5.29 20 Katlı Yapı Analiz Sonuçları (y doğrultusu kolonları)

Yapı	Doğrultu	Kat	Kolonlarda Oluşan Plastik Mafsai Sayısı	Performans Düzeyi			Toplam Kolon Sayısı
				HK	CG	YS	
20 katlı	y	20	8	6	2	-	40
		19	4	4	-	-	
		18	6	4	2	-	
		17	6	4	2	-	
		16	7	5	2	-	
		15	8	4	4	-	

		14	8	2	6	-	
		13	8	6	2	-	
		12	-	-	-	-	
		11	-	-	-	-	
		10	-	-	-	-	
		9	-	-	-	-	
		8	2	2	-	-	
		7	2	2	-	-	
		6	4	4	-	-	
		5	4	4	-	-	
		4	5	5	-	-	
		3	4	4	-	-	
		2	12	12	-	-	
		1	16	16	-	-	
Toplam			104	84	20	-	
%			100	81	19	-	

Tablo 5.30 15 Katlı Yapı Analiz Sonuçları (x doğrultusu kolonları)

Yapı	Doğrultu	Kat	Kolonlarda Oluşan Plastik Mafsai Sayısı	Performans Düzeyi			Toplam Kolon Sayısı
				HK	CG	YS	
15 katlı	x	15	4	4	-	-	40
		14	-	-	-	-	
		13	-	-	-	-	
		12	2	2	-	-	
		11	4	4	-	-	
		10	4	4	-	-	
		9	2	2	-	-	
		8	4	4	-	-	
		7	4	2	2	-	
		6	6	4	2	-	
		5	8	6	2	-	
		4	6	6	-	-	48
		3	8	8	-	-	
		2	8	8	-	-	
		1	16	16	-	-	
Toplam			76	70	6	-	
%			100	92	8	-	

Tablo 5.31 15 Katlı Yapı Analiz Sonuçları (y doğrultusu kolonları)

Yapı	Doğrultu	Kat	Kolonlarda Oluşan Plastik Mafsai Sayısı	Performans Düzeyi			Toplam Kolon Sayısı
				HK	CG	YS	
15 katlı	y	15	8	4	4	-	40
		14	4	4	-	-	
		13	6	4	2	-	
		12	8	2	6	-	
		11	8	2	6	-	
		10	8	4	4	-	
		9	6	4	2	-	
		8	6	4	2	-	
		7	4	2	2	-	
		6	8	6	2	-	
		5	10	10	-	-	48
		4	6	6	-	-	
		3	6	6	-	-	
		2	12	12	-	-	
		1	18	18	-	-	

Toplam	118	88	30	-	
%	100	75	25	-	

Tablo 5.32 10 Katlı Yapı Analiz Sonuçları (x doğrultusu kolonları)

Yapı	Doğrultu	Kat	Kolonlarda Oluşan Plastik Mafsıl Sayısı	Performans Düzeyi			Toplam Kolon Sayısı
				HK	CG	YS	
10 katlı	x	10	-	-	-	-	40
		9	-	-	-	-	
		8	-	-	-	-	
		7	-	-	-	-	
		6	2	2	-	-	
		5	-	-	-	-	
		4	-	-	-	-	48
		3	8	8	-	-	
		2	8	8	-	-	
		1	18	18	-	-	
Toplam			36	36	-	-	
%			100	100	-	-	

Tablo 5.33 10 Katlı Yapı Analiz Sonuçları (y doğrultusu kolonları)

Yapı	Doğrultu	Kat	Kolonlarda Oluşan Plastik Mafsıl Sayısı	Performans Düzeyi			Toplam Kolon Sayısı
				HK	CG	YS	
10 katlı	y	10	6	4	2	-	40
		9	-	-	-	-	
		8	-	-	-	-	
		7	-	-	-	-	
		6	2	2	-	-	
		5	-	-	-	-	
		4	4	4	-	-	48
		3	8	8	-	-	
		2	6	6	-	-	
		1	16	16	-	-	
Toplam			42	40	2	-	
%			100	95	5	-	

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında İstanbul'da doğan Orhan EKER orta öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 1998 yılında İ.T.Ü İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümünü kazandı. İngilizce hazırlık programını tamamlayıp, 1999-2003 arası lisans eğitimini iyi derece ile bitirdi. Mezun olduğu dönem başladığı Yapı Mühendisliği Yüksek Lisans Programına halen devam etmektedir.

Yazar, 2003 yılında başladığı proje mühendisliği görevini özel bir firmada sürdürmektedir.

