

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETONARME BİR BİNANIN PERFORMANS YAKLAŞIMIYLA
İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ahmet Zahit ELMAS**

**Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği
Programı: Yapı Mühendisliği**

EYLÜL 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETONARME BİR BİNANIN PERFORMANS YAKLAŞIMIYLA
İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ahmet Zahit ELMAS
(501051009)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07 Eylül 2009
Tezin Savunulduğu Tarih : 29 Eylül 2009**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Kadir GÜLER (İ.T.Ü.)
Diğer Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Melike ALTAN (İ.T.Ü.)
Doç. Dr. Mustafa ZORBOZAN (Y.T.Ü.)**

EYLÜL 2009

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, mevcut bir okul binasının, doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan yöntemlere göre performansının belirlenmesi, elde edilen sayısal sonuçların karşılaştırılması ve güçlendirilmiş durumda yapı taşıyıcı sisteminin performans incelemeleri yer almaktadır.

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen, bana değerli vaktini ayıran tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Kadir GÜLER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam sırasında yardımlarını esirgemeyen Sayın İnş. Yük. Müh. Yasin ARSLAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışmayı, yaşamım boyunca gurur duyduğum, beni her yönde destekleyen ve yönlendiren, ilgi ve desteklerini esirgemeyen değerli aileme ithaf ediyorum.

Eylül 2009

Ahmet Zahit ELMAS

İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ŞEKİL LİSTESİ	xiii
SEMBOL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Konu	1
1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	2
2. PERFORMANSA DAYALI ANALİZDE KULLANILAN KAVAMLAR VE YAPILAN KABULLER.....	3
2.1 Betonarme Malzeme Modelleri	3
2.1.1 Beton için malzeme modeli	3
2.1.2 Çelik için malzeme modeli	4
2.2 Yapısal Sistemlerin Doğrusal Elastik Olmayan Teoriye Göre Analizinde Plastik Mafsallık (Plastik Kesit) Hipotezi	5
3. DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK BİNALAR HAKKINDA YÖNETMELİK 2007'YE GÖRE PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ	13
3.1 Giriş.....	13
3.2 Binalardan Bilgi Toplanması	13
3.2.1 Bilgi düzeyleri	13
3.2.2 Betonarme binalarda sınırlı bilgi düzeyi	14
3.2.3 Betonarme binalarda orta bilgi düzeyi	15
3.2.4 Betonarme binalarda kapsamlı bilgi düzeyi	16
3.3 Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	18
3.3.1 Kesit hasar sınırları	18
3.3.2 Kesit hasar bölgeleri	18
3.3.3 Kesit ve eleman hasarlarının tanımlanması	18
3.4 Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri ile Belirlenmesi	19
3.4.1 Eşdeğer deprem yükü yöntemi	19
3.4.2 Mod birleştirme yöntemi	20
3.4.3 Yapı elemanlarının hasar düzeylerinin belirlenmesi	20
3.4.4 Göreli kat ötelemelerinin kontrolü	25
3.5 Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri ile Belirlenmesi	25
3.5.1 Artımsal itme analizi ile performans değerlendirmesinde izlenecek yol.....	26
3.5.2 Doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi	27

3.5.3 Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi	30
3.5.4 Artımsal mod birleştirme yöntemi ile itme analizi	36
3.5.5 Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi	36
3.5.6 Betonarme elemanların kesit birim şekil değiştirme kapasiteleri ..	37
3.5.7 Bina deprem performansının belirlenmesi	38
3.5.8 Binalar için hedeflenen performans düzeyleri	40
3.5.8.1 Aşılma olasılığının hesaplanması	41
3.5.9 Deprem hesabına ilişkin genel ilke ve kurallar	42
4. MEVCUT BİR OKUL BİNASI TAŞIYICI SİSTEMİ İÇİN YAPILAN SAYISAL İNCELEMELER.....	45
4.1 Yapı Taşıyıcı Sistemi	46
4.1.1 Bina genel parametreleri	46
4.1.2 Düşey yük analizi	49
4.1.3 Kullanılan kesitler ve donatıları.....	50
4.1.4 Bina toplam ağırlığı.....	50
4.2 Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri İle Belirlenmesi	51
4.2.1 Bina bilgi düzeyi	51
4.2.2 Analiz modelinin oluşturulması	51
4.2.3 Artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabilirliği.....	51
4.2.4 Binaya gelen eşdeğer deprem yükünün belirlenmesi	52
4.2.4.1 Katlara gelen yatay kuvvetlerin hesabı	52
4.2.5 Yapı elemanlarında hasar düzeylerinin belirlenmesi.....	54
4.2.5.1 Kirişlerin hasar düzeylerinin belirlenmesi.....	54
4.2.5.2 Kolonların hasar düzeylerinin belirlenmesi	55
4.2.6 Bina performansının belirlenmesi.....	57
4.3 Depremde Bina Performansının Doğrusal Olmayan Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi İle Belirlenmesi	59
4.3.1 Artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabilirliği	59
4.4 SAP 2000 İle Artımsal İtme Analizi.....	60
4.4.1 Kesitlerin plastik özelliklerinin tanımlanması.....	60
4.4.1.1 Kirişler için plastik kesit özelliklerinin tanımlanması.....	60
4.4.1.2 Kolonlar için plastik kesit özelliklerinin tanımlanması.....	62
4.4.2 Artımsal itme analizi.....	64
4.4.3 Modal kapasite diyagramlarının elde edilmesi.....	65
4.5 RUAUMOKO Programı İle İtme Analizi.....	70
4.5.1 Malzeme ve kesit özelliklerinin tanımlanması.....	70
4.5.2 Program algoritması ve modelleme.....	72
4.5.3 RUAUMOKO programı ile analizlerin yapılması ve sonuçlar.....	73
5. GÜÇLENDİRİLMİŞ TAŞIYICI SİSTEMLER İLE İLİŞKİN OLARAK YAPILAN SAYISAL İNCELEMELER	77
5.1 Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri ile Belirlenmesi	79
5.1.1 Bina performansının belirlenmesi.....	80
5.2 Depremde Bina Performansının Doğrusal Olmayan Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi İle Belirlenmesi	83
5.2.1 Artımsal itme analizi.....	83
5.2.2 Modal kapasite diyagramlarının elde edilmesi.....	84
5.2.3 Modal yer değiştirme isteminin hesabı.....	87
5.2.4 Kirişler için birim şekil değiştirme istemlerinin hesabı.....	100

5.2.5 Kolonlar için birim şekildeğiştirme istemlerinin hesabı.....	101
5.2.6 Bina performansının belirlenmesi.....	102
6. SONUÇLAR	103
KAYNAKLAR	107
EKLER	109
ÖZGEÇMİŞ	145

KISALTMALAR

DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
MHB	: Minimum Hasar Bölgesi
BHB	: Belirgin Hasar Bölgesi
İHB	: İleri Hasar Bölgesi
GB	: Göçme Bölgesi
HK	: Hemen Kullanım
CG	: Can Güvenliği
GÖ	: Göçme Öncesi
SAP 2000	: Integrated Software for Structural Analysis and Design
TS-500	: Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları
XTRACT	: Cross-Sectional X Structural Analysis of Components

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1 :Binalar İçin Bilgi Düzeyi Katsayıları.....	14
Çizelge 3.2 :Betonarme Kirişler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r_s).....	24
Çizelge 3.3 :Betonarme Kolonlar İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r_s).....	24
Çizelge 3.4 :Betonarme Perdeler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r_s).....	24
Çizelge 3.5 :Görelî Kat Ötelemesi Sınırları.....	25
Çizelge 3.6 :Deprem Etkisi Parametreleri.....	41
Çizelge 3.7 :Farklı Deprem Düzeyinde Binalar İçin Öngörülen Minimum Performans Hedefleri.....	42
Çizelge 4.1 :Tasarım Depremi İçin Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı.....	54
Çizelge 4.2 :x Doğrultusu Eleman Hasar Durumları	57
Çizelge 4.3 :y Doğrultusu Eleman Hasar Durumları.....	58
Çizelge 4.4 :Etkin Kütle Ve Modal Katkı Çarpanının Belirlenmesi.....	66
Çizelge 4.5 :x Doğrultusunda Modal Kapasite Eğrisi Koordinatları Hesabı.....	66
Çizelge 5.1 :Tasarım Depremi İçin Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı.....	80
Çizelge 5.2 :Tasarım Depremi x Doğrultusu Eleman Hasar Durumları	80
Çizelge 5.3 :Tasarım Depremi y Doğrultusu Eleman Hasar Durumları	81
Çizelge 5.4 :Şiddetli Deprem x Doğrultusu Eleman Hasar Durumları	81
Çizelge 5.5 :Şiddetli Deprem y Doğrultusu Eleman Hasar Durumları	82
Çizelge 5.6 :Etkin Kütle ve Modal Katkı Çarpanının Belirlenmesi	85
Çizelge 5.7 :x Doğrultusunda Modal Kapasite Eğrisi Koordinatları Hesabı	85
Çizelge 5.8 :y Doğrultusunda Modal Kapasite Eğrisi Koordinatları Hesabı.....	86
Çizelge 5.9 :x Doğrultusu Eleman Hasar Durumları	102
Çizelge 5.10: y Doğrultusu Eleman Hasar Durumları	102

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Betonun Gerilme-Şekil Değiştirme İlişkisi.....	3
Şekil 2.2 : Çeliğin Gerilme-Şekil Değiştirme İlişkisi.....	4
Şekil 2.3 : Eğilme Momenti – Eğrilik Diyagramı.....	7
Şekil 2.4 : İdealleştirilmiş Bünye Bağıntısı.....	8
Şekil 2.5 : Doğrusal Olmayan Şekil Değiştirmeler.....	10
Şekil 2.6 : Plastik Mafsalsal Boyu.....	11
Şekil 3.1 : Betonarme Elemanlardaki Kesit Hasar Bölgeleri.....	19
Şekil 3.2 : Kiriş Etki/Kapasite Oranının Hesabı.....	21
Şekil 3.3 : Kolon Moment Kapasitesinin Hesabı.....	22
Şekil 3.4 : Doğrusallaştırılmış Akma Düzeyi.....	27
Şekil 3.5 : İç Kuvvet-Plastik Şekil Değiştirme Bağıntısında Pekleşme Etkisinin Gözönüne Alınmaması Durumu	28
Şekil 3.6 : İç Kuvvet-Plastik Şekil Değiştirme Bağıntısında Pekleşme Etkisinin Gözönüne Alınması Durumu.....	28
Şekil 3.7 : Akma Eğrisi ve Akma Vektörü.....	29
Şekil 3.8 : İtme Eğrisi.....	31
Şekil 3.9 : Modal Kapasite Diyagramı.....	32
Şekil 3.10: Periyot Koordinatlı Talep Spektrumunun Spektral Yerdeğiştirme Koordinatına Dönüştürülmesi.....	33
Şekil 3.11: $T_1^{(1)}$ Başlangıç Periyodunun T_B 'den Büyük Olması Durumu.....	34
Şekil 3.12: $T_1^{(1)}$ Başlangıç Periyodunun T_B 'den Küçük Olması Durumu.....	35
Şekil 3.13: $T_1^{(1)}$ Başlangıç Periyodunun T_B 'den Küçük Olması Durumu.....	36
Şekil 3.14: Betonarme Binaların Performans Düzeyleri.....	40
Şekil 4.1 : Birinci Kat Kalıp Planı..	47
Şekil 4.2 : Yapının Üç Boyutlu Bilgisayar Modeli.....	48
Şekil 4.3 : Döşeme Yük Analizi.....	49
Şekil 4.4 : Kolon, Kiriş Boyutları, Donatı Miktarı ve XTRACT Modelleri	50
Şekil 4.5 : Katlara Gelen Yatay Kuvvetler.....	53
Şekil 4.6 : x Doğrultusunda S01 Kolonun Moment Kapasitesi Hesabı	57
Şekil 4.7 : K37 Kirişi İçin Boyut, Donatı Bilgisi ve XTRACT Modeli	60
Şekil 4.8 : K37 Kirişi Moment Eğrilik İlişkisi.....	61
Şekil 4.9 : S01 Kolonu Boyut, Donatı Bilgisi ve XTRACT Modeli.....	63
Şekil 4.10: 90° Eksen Etrafında P-M Etkileşim Diyagramları	63
Şekil 4.11: 0° Eksen Etrafında P-M Etkileşim Diyagramları.....	64
Şekil 4.12: x Doğrultusunda İtme Eğrisi.....	65
Şekil 4.13: x Doğrultusunda Modal Kapasite Diyagramı.....	67
Şekil 4.14: x Doğrultusunda Tasarım Depremi İçin Talep ve Kapasite Eğrileri..	68
Şekil 4.15: x Doğrultusunda Şiddetli Deprem İçin Talep ve Kapasite Eğrileri....	68
Şekil 4.16: Beton Gerilme – Şekildeğiştirme İlişkisi.....	70
Şekil 4.17: Beton Gerilme – Şekildeğiştirme İlişkisi.....	71

Şekil 4.18: İki Doğrulu Donatı Modeli.....	71
Şekil 4.19: Kolon Etkileşim Diyagramı.....	72
Şekil 4.20: RUAUMOKO programı ile bina taşıyıcı sisteminin 2D modeli.....	73
Şekil 4.21: x Doğrultusunda İtme Eğrisi.....	73
Şekil 4.22: x Doğrultusunda Modal Kapasite Diyagramı.....	74
Şekil 4.23: x Doğrultusunda Tasarım Depremi İçin Talep ve Kapasite Eğrileri...	75
Şekil 5.1 : P01 630/30 Enkesit ve Donatı Yerleşimi.....	78
Şekil 5.2 : P05 205/30 Enkesit ve Donatı Yerleşimi.....	78
Şekil 5.3 : Birinci Kat Kalıp Planı.....	78
Şekil 5.4 : x Doğrultusunda İtme Eğrisi.....	83
Şekil 5.5 : y Doğrultusunda İtme Eğrisi.....	84
Şekil 5.6 : x Doğrultusunda Modal Kapasite Diyagramı.....	86
Şekil 5.7 : y Doğrultusunda Modal Kapasite Diyagramı.....	87
Şekil 5.8 : x Doğrultusunda Tasarım Depremi İçin Talep ve Kapasite Eğrileri...	89
Şekil 5.9 : x Doğrultusunda Şiddetli Deprem İçin Talep ve Kapasite Eğrileri....	89
Şekil 5.10: y Doğrultusunda Tasarım Depremi İçin Talep ve Kapasite Eğrileri...	91
Şekil 5.11: y Doğrultusunda Şiddetli Deprem İçin Talep ve Kapasite Eğrileri....	91
Şekil 5.12: A-A Aksı Tasarım Depremi İçin Analiz Sonucunda Oluşan Plastik Mafsalsal Durumu	92
Şekil 5.13: B-B Aksı Tasarım Depremi İçin Analiz Sonucunda Oluşan Plastik Mafsalsal Durumu.....	93
Şekil 5.14: 1-1 Aksı Tasarım Depremi İçin Analiz Sonucunda Oluşan Plastik Mafsalsal Durumu.....	94
Şekil 5.15: 2-2 Aksı Tasarım Depremi İçin Analiz Sonucunda Oluşan Plastik Mafsalsal Durumu.....	95
Şekil 5.16: 1-1 Aksı Şiddetli Deprem İçin Analiz Sonucunda Oluşan Plastik Mafsalsal Durumu.....	96
Şekil 5.17: 2-2 Aksı Şiddetli Deprem İçin Analiz Sonucunda Oluşan Plastik Mafsalsal Durumu.....	97
Şekil 5.18: B-B Aksı Şiddetli Deprem İçin Analiz Sonucunda Oluşan Plastik Mafsalsal Durumu.....	98
Şekil 5.19: C-C Aksı Şiddetli Deprem İçin Analiz Sonucunda Oluşan Plastik Mafsalsal Durumu.....	99
Şekil 5.20: S01 Kolonu x Doğrultusunda Tasarım Depremi İçin Hasar Durumu.	101

SEMBOL LİSTESİ

A_c	: Kolon veya perdenin brüt kesit alanı
A_s	: Boyuna donatı alanı
$\alpha_1^{(i)}$	: (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal ivme
a_1	: Birinci (hakim) moda ait modal ivme
a_{y1}	: Birinci moda ait eşdeğer akma ivmesi
b_w	: Kiriş gövde genişliği
C_{R1}	: Birinci moda ait spektral yerdeğiştirme oranı
d	: Kiriş faydalı yüksekliği
$d_1^{(i)}$	: (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal yerdeğiştirme
$d_1^{(p)}$	: Birinci moda ait modal yerdeğiştirme istemi
d_{y1}	: Birinci moda ait eşdeğer akma yerdeğiştirmesi
E_c	: Çerçeve betonunun elastisite modülü
EI_o	: Çatlamamış kesit eğilme rijitliği
f_{cm}	: Mevcut beton dayanımı
f_{ctm}	: Mevcut betonun çekme dayanımı
f_c	: Sargılı betonda beton basınç gerilmesi
f_{cc}	: Sargılı beton dayanımı
f_{co}	: Sargısız betonun basınç dayanımı
f_e	: Etkili sargılama basıncı
f_s	: Donatı çeliğindeki gerilme
f_{sy}	: Donatı çeliğinin akma dayanımı
f_{su}	: Donatı çeliğinin kopma dayanımı
f_{yw}	: Enine donatının akma dayanımı
h	: Çalışan doğrultudaki kesit boyutu
h_k	: Kolon boyu (mm)
h_i	: Kat yüksekliği
l_p	: Plastik mafsallı boyu
l_n	: Kirişin kolon yüzünden kolon yüzüne net açıklığı
l_w	: Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu
M_{x1}	: x deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış için tanımlanan birinci (hakim) moda ait etkin kütle
M_D	: Düşey yüklerden oluşan kiriş uç momentleri
M_E	: Artık moment kapasitesi
M_K	: Mevcut malzeme kapasite dayanımlarından hesaplanan moment kapasitesi
N_E	: Deprem yükleri altında oluşan kolon eksenel kuvveti
N	: Deprem ve düşey yükler altında kolonda oluşan eksenel kuvvet
N_D	: Düşey yükler altına kolonda oluşan eksenel kuvvet
R_a	: Deprem yükü azaltma katsayısı
R_{y1}	: Birinci moda ait dayanım azaltma katsayısı
r	: Etki/Kapasite oranı

r_s	: Hasar sınırını tanımlayan etki/kapasite oranı
$S^{(1)}_{ae1}$	: İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivme
$S^{(1)}_{de1}$	: İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme
S_{di1}	: Birinci moda ait doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme
s	: Etriye aralığı
T_B	: DBYBHY’de tanımlanan ivme spektrumundaki karakteristik periyot
$T_1^{(1)}$	: Başlangıçtaki (i=1) itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) titreşim moduna ait doğal titreşim periyodu
$u^{(i)}_{xN1}$	: Binanın tepesinde (n’inci katında) x deprem doğrultusunda (i)’inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait yerdeğiştirme
$u^{(p)}_{xN1}$	: Binanın tepesinde (n’inci katında) x deprem doğrultusunda tepe yerdeğiştirme istemi
V	: Deprem ve düşey yükler etkisi altında kiriş uçlarında oluşan kesme kuvveti
V_e	: Kolon ve kirişte enine donatı hesabına esas alınan kesme kuvveti
V_r	: Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımı
$V^{(i)}_{x1}$	: x deprem doğrultusunda (i)’inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda (hakim) ait taban kesme kuvveti
$\omega_1^{(1)}$	: Başlangıçtaki (i=1) itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) titreşim moduna ait doğal açısal frekans
ω_B	: İvme spektrumundaki karakteristik periyoda karşı gelen doğal açısal frekans
$(\delta_i)_{max}$	: İlgili kattaki en büyük görelî kat ötelemesi
ε_{cg}	: Sargılı bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirilmesi
ε_{cu}	: Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirilmesi
ε_s	: Donatı çeliği birim şekildeğiştirilmesi
ε_c	: Beton basınç birim şekildeğiştirilmesi
ε_{cu}	: Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekildeğiştirilmesi
ε_{sy}	: Donatı çeliğinin akma birim şekildeğiştirilmesi
ε_{su}	: Donatı çeliğinin kopma birim şekildeğiştirilmesi
ϕ_p	: Plastik eğrilik
ϕ_t	: Toplam eğrilik
ϕ_y	: Eşdeğer akma eğriliği
Φ_{xN1}	: Binanın tepesinde (n’inci katında) x deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliği
Γ_{x1}	: x deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanı
λ	: Eşdeğer deprem yükü azaltma katsayısı
θ_p	: Plastik dönme
ρ	: Çekme donatısı oranı
ρ_b	: Dengeli donatı oranı
ρ_s	: Kesitte mevcut bulunan ve sargı etkisi sağlayabilen (135° kancalı) enine donatının hacımsal oranı
ρ_{sh}	: Perdede ve duvarda yatay gövde donatılarının perde gövdesi brüt enkesit alanına oranı
ρ_{sm}	: Kesitte bulunması gereken enine donatının hacımsal oranı
ρ'	: Basınç donatısı oranı

BETONARME BİR BİNANIN PERFORMANS YAKLAŞIMIYLA İNCELENMESİ

ÖZET

Aktif bir deprem kuşağında bulunan ülkemizde meydana gelen depremler, çoğunlukla orta şiddette dahi büyük can ve mal kayıplarına neden olmaktadır. Tasarım kusurları yanında, yapıların inşa edilmesinde kullanılan düşük malzeme kalitesi ve donatı işçiliğinin zayıf olması önemli etkenlerdir. Mevcut yapıların deprem etkisinde taşıyıcı sistem güvenliklerinin belirlenmesinde, kuvvete dayalı yaklaşımların yapı performans seviyesi konusundaki sonuçları kabul edilebilir olmayabilir. Bu nedenle, güncelliği gün geçtikçe artan ve daha gerçekçi olan deplasmana dayalı tasarım yaklaşımı ile mevcut yapıların performans seviyesinin belirlenmesi konusunda tavsiye edilen yaklaşımlar geliştirilmiştir (ATC 40, FEMA 356 gibi). Bu doğrultuda, doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan davranışı esas alan yaklaşımlar ile mevcut binaların değerlendirilmesi için Türk Deprem Yönetmeliği 2007’de (TDY 2007) yeni bir bölüm eklenmiştir.

Bu çalışmada, İstanbul’da mevcut bir okul binası taşıyıcı sisteminin deprem performansı, TDY 2007’de eklenen yeni bölüm çerçevesinde incelenmiştir. Planda ve düşeyde düzensizlik içermeyen okul binası 4 katlı olup, betonarme kolon ve kirişlerin oluşturduğu düzenli çerçeve taşıyıcı sisteme sahiptir. Döşeme sistemi kirişli plaktır. Planda boyutları 18.20m×21.45m olan dikdörtgen şeklinde bir alana oturmaktadır. Malzeme sınıfı C16/S220 olarak tespit edilmiştir.

Okul binası taşıyıcı sisteminin deprem performansı TDY 2007’de verilen doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan davranış yöntemleri (itme analizi) ile incelenmiştir. Binanın taşıyıcı sistemi SAP2000 programında üç boyutlu olarak ve RUAUMOKO programı ile ise x doğrultusu için iki boyutlu olarak modellenmiştir. Moment-eğrilik değişimlerinin belirlenmesinde XTRACT programı kullanılmıştır. İki yazılımda da plastik mafsallar kullanıcı tanımlı olarak belirlenmiş ve statik itme analizleri yapılarak yapı performans seviyeleri belirlenmiştir. Okul binası taşıyıcı

sisteminin tasarım depremi etkisinde hemen kullanım performans seviyesini sağlamaması nedeniyle, mevcut taşıyıcı sistemin güçlendirilmesine karar verilmiştir. Güçlendirme amacıyla mevcut taşıyıcı sisteme iki doğrultuda perdeler eklenmiş ve güçlendirilmiş taşıyıcı sistem için de benzer sayısal çözümler yapılmıştır. İnceleme konusu okul binasının mevcut ve güçlendirilmiş taşıyıcı sisteminin doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan yöntem (itme analizi) kullanılarak yapılan çözümlmelerden elde edilen sonuçlar tablo ve şekillerde verilmiştir. Doğrusal elastik yöntem ve iki ayrı yazılım kullanılarak yapılan doğrusal elastik olmayan yöntemden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve sonuçlar tartışılmıştır.

SEISMIC PERFORMANCE EVALUATION OF A REINFORCED CONCRETE BUILDING

SUMMARY

Turkey is located in a seismically active zone and the country has suffered a significant number of loss of lives and property, even for medium intensity earthquakes. Besides the design deficiencies, the poor quality of workmanship and materials used in construction are important factors. In the seismic performance assessment of existing buildings, the results of force-based approaches do not represent the behavior realistically. To overcome the shortcomings of the force based method, the performance based procedures are developed (ATC 40, FEMA 356 etc.) for evaluation of the performance levels of existing buildings. Turkish Earthquake Resistant Design Code (TERDC 2007) has a new chapter on performance assessment of existing buildings using linear elastic and non-linear behavior methods.

In this paper, the seismic performance of an existing school building in Istanbul is studied according to TERDC 2007. The school building has four stories and its dimensions in x and y directions 18.20m and 21.45m, respectively. The structural system consists of regular RC frames and one and two way slabs are supported by the frame beams. The material classes for concrete and steel is C16 and S220, respectively.

In the performance analysis of the structural system of the school building is carried out by using the linear elastic and the non-linear (pushover analysis) methods given in TERDC 2007. The structural system of the building is analyzed by adopting 2D and 3D modeling for RUAUMOKO and SAP2000 softwares, respectively. In the numerical solutions, the user defined plastic hinge properties are used. The moment-curvature behaviors are obtained by using XTract program. The numerical solutions show that the performance level of the structural system under the design earthquake does not satisfy the immediate occupancy performance level as expected. It results that the building is required to be strengthened. For rehabilitation of the existing

structural system of the school building, the shear walls are added in x and y directions and similar performance procedure is adopted. The numerical results obtained by using two different softwares are given in tables and diagrams and discussed, comparatively.

1. GİRİŞ

1.1 Konu

Ülkemizin büyük bir kısmı aktif bir deprem kuşağında bulunmakta ve çok kısa aralıklarla büyük ölçekli depremlere maruz kalmaktadır. Meydana gelen bu depremlerde, gerek tasarım kusurları gerekse kullanılan düşük malzeme kalitesi ve işçilik nedeniyle büyük can ve mal kayıpları meydana gelmektedir. Ülkemizin mevcut yapı stoğuna bakıldığında, büyük bir bölümünün 1975 Deprem Yönetmeliği kurallarına ve eski teknolojik şartlara göre yapılmış olduğu ve önemli bir bölümünün de standart, yönetmelik ve imar mevzuatına aykırı olduğu bilinmektedir. 1999 Kocaeli Depremi'nde, depremin gece gerçekleşmiş olması ve okulların, resmi binaların kapalı olması da can kayıplarının daha fazla olmasını önlemiş, aynı zamanda da bu yapıların deprem güvenliklerinin önemini bir kez daha ortaya koymuştur. Bu durum, mevcut yapı stoğunun modern ve gerçeğe oldukça yakın yöntemlerle incelenip yeterli deprem güvenliğinin sağlanmasını zorunlu kılmıştır. Bu nedenle, güncel ve daha gerçekçi çözüm getiren deplasmana dayalı tasarım yaklaşımı ile mevcut yapıların performans seviyesinin belirlenmesi konusunda yaklaşımlar geliştirilmiştir (ATC40, FEMA 356). Bu doğrultuda mevcut binaların değerlendirilmesi amacıyla Türk Deprem Yönetmeliği 2007'de (TDY2007) doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan davranışı esas alan yeni bir bölüm (7. Bölüm) eklenmiştir. Bu güncel metodlar ışığında, eski yönetmeliklere göre tasarlanan ve inşa edilen mevcut binaların büyük bir bölümünün yeni yönetmeliklere göre güvenli olma ihtimali azalmıştır. Çoğunlukla 1975 Deprem Yönetmeliği şartlarına göre projelendirilmiş, inşa edilmiş ve önemli bir kısmında C18'den düşük beton dayanımına ve S220 sınıfı donatıya sahip olan bu binaların deprem performans seviyelerinin belirlenmesi ve yetersiz olanların güçlendirilerek gerekli performans seviyesine getirilmesi, meydana gelecek depremlerde can kayıplarının azaltılması bakımından son derece önemlidir.

1. 2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

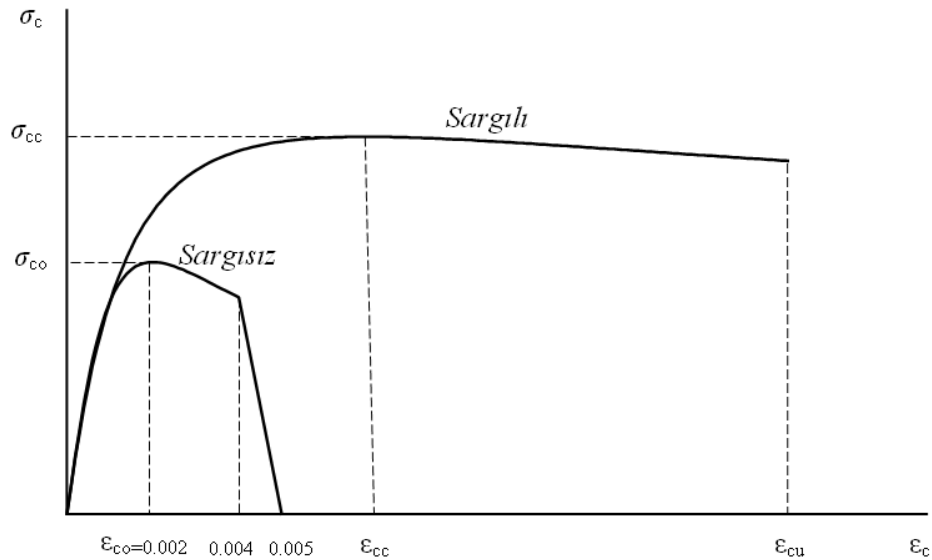
Bu çalışmada, İstanbul’da bulunan ve 1975 Deprem Yönetmeliğine göre inşa edilmiş 4 katlı betonarme bir okul binası, TDY2007’ye göre incelenmiştir. Taşıyıcı sistemi planda ve düşeyde düzensizlik içermeyen bina, kolon ve kirişlerin oluşturduğu düzenli çerçeveli taşıyıcı sisteme sahiptir. Yapının performansı doğrusal elastik yöntemle belirlenmiş daha sonra SAP2000’de 3 boyutlu, RUAUMOKO programında ise 2 boyutlu olarak modellenerek doğrusal elastik olmayan yöntemlerden artımsal itme analizi (pushover) ile belirlenmiştir. RUAUMOKO programında yapının x doğrultusundaki çerçeveleri birbirine rijit elemanlarla bağlanmak suretiyle uç uca eklenmiştir. Elemanların moment-eğrilik ilişkisi XTRACT yazılımı kullanılarak belirlenmiştir. Plastik mafsallar her iki yazılımda da kullanıcı tanımlı oluşturulmuş ve statik itme analizleri yapılarak yapının performans seviyesi belirlenmiştir. Her iki yöntemde de taşıyıcı sistem performansı seviyelerinin tasarım depremi etkisindeki hedef performansı sağlamamasından dolayı güçlendirme yapılmasına karar verilmiştir. Mevcut taşıyıcı sisteme y doğrultusunda 4 adet ve x doğrultusunda 8 adet perde eklenerek güçlendirme yapılmış ve güçlendirilmiş taşıyıcı sistem doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan yöntemlerle incelenmiştir.

2. PERFORMANSA DAYALI ANALİZDE KULLANILAN KAVAMLAR VE YAPILAN KABULLER

2.1 Betonarme Malzeme Modelleri

2.1.1 Beton için malzeme modeli

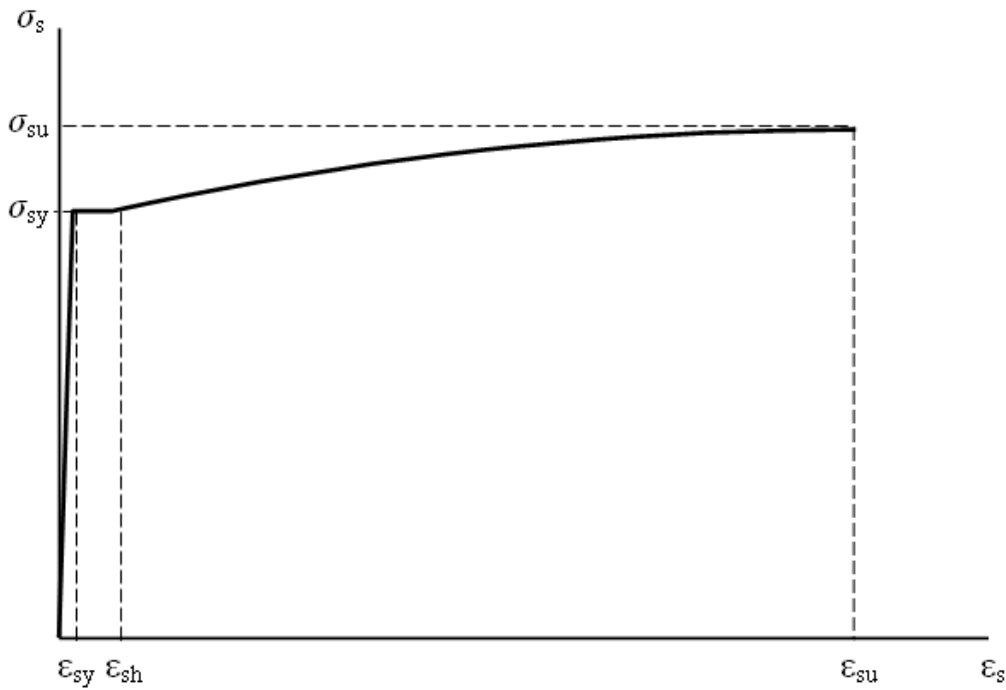
Deprem Yönetmeliği'nde "Sargısız" ve "Sargılı" olmak üzere iki ayrı beton modeli tanımlanmıştır. Sargılı betonun davranışı; enine donatının hacimsel oranı, aralığı, dağılımı, çap ve dayanımı, boyuna donatının oranı ve kesit içinde dağılımı, betonun basınç dayanımı ve cinsi, yükleme hızı ve biçimi, eğilme etkisindeki elemanlarda eksenel kuvvetin seviyesi gibi pek çok değişkenden etkilenmektedir [10]. Şekil 2.1'de Deprem Yönetmeliği'ndeki sargılı ve sargısız betonların gerilme şekil değiştirme grafiği verilmiştir. Burada ϵ_{co} , ϵ_{cc} , ϵ_{cu} , σ_{co} , σ_{cc} , sırasıyla sargısız betonun taşıyacağı en büyük basınç gerilmesi anındaki şekil değiştirme, sargılı betonun taşıyacağı en büyük basınç gerilmesi anındaki şekil değiştirme, sargılı betondaki en büyük basınç birim şekil değiştirmesi, sargısız betonun basınç dayanımı, sargılı betonun basınç dayanımı tanımlarına karşılık gelmektedir. Mander Beton Modeli için yukarıda bahsedilen gerilme ve şekil değiştirme değerleri Deprem Yönetmeliği 2007'de (TDY2007) [8] verilmiştir.



Şekil 2.1: Betonun Gerilme-Şekil Değiştirme İlişkisi

2.1.2 Çelik için malzeme modeli

Deprem Yönetmeliği'nde tanımlanan notasyon ile donatı çeliği için eksenel gerilme-şekildeğiştirme ilişkisi Şekil 2.2'de verilmiştir. Deprem Yönetmeliği donatı çeliğinin gerilme-şekil değıştirme ilişkisi üç parçaya bölmüştür. Bu parçalar; elastik bölge, plastik plato bölgesi ve pekleşme bölgesi olarak tanımlanabilir. Burada ϵ_{sy} , ϵ_{sh} , ϵ_{su} , σ_{sy} , σ_{su} , sırasıyla donatı çeliğinin akma birim şekildeğiştirmesi, donatı çeliğinin pekleşmeye başladığı andaki birim şekildeğiştirmesi, donatı çeliğinin kopma birim şekildeğiştirmesi, donatı çeliğinin akma dayanımı ve donatı çeliğinin kopma gerilmesi tanımlarına karşılık gelmektedir. Donatı Çeliği Modeli için yukarıda bahsedilen gerilme ve şekil değıştirme değeri Deprem Yönetmeliği'nde [8] verilmiştir .



Şekil 2.2: Çeliğin Gerilme-Şekil Değıştirme İlişkisi

2.2 Yapısal Sistemlerin Doğrusal Elastik Olmayan Teoriye Göre Analizinde Plastik Mafsal (Plastik Kesit) Hipotezi

Bir yapı sisteminin dış yükler altındaki davranışının doğrusal olmaması genel olarak iki nedenden kaynaklanmaktadır:

- 1) Malzemenin doğrusal-elastik olmaması nedeniyle, gerilme-şekildeğiştirme (σ - ϵ) bağıntılarının (bünye denklemleri) doğrusal olmaması.
- 2) Geometri değişimleri nedeniyle denge denklemlerinin (ve bazı hallerde geometrik süreklilik denklemlerinin) doğrusal olmaması.

Yerdeğiştirmelerin denge denklemlerindeki etkisinin terk edilemeyecek mertebeye ulaştığı sistemlerde, denge denklemleri şekil değiştirmiş eksen üzerinde yazılmaktadır.

Yerdeğiştirmelerin geometrik uygunluk koşullarındaki etkisinin terk edilemeyecek mertebeye ulaştığı sistemlerde ise, geometrik süreklilik denklemlerinin de şekil değiştirmiş eksen üzerinde yazılması gerekmektedir.

Malzemenin doğrusal elastik olmayan davranışının ve geometri değişimlerinin denge denklemlerine ve bazı hallerde geometrik süreklilik denklemlerine etkisinin dikkate alındığı bu teori İkinci Mertebe Elastoplastik Teori olarak adlandırılmaktadır.

Yapı sistemlerinin yatay kuvvet etkisindeki analizlerinde, genel olarak basitleştirilmiş statik yöntemler kullanılmaktadır. Yönetmeliklerde de yer alan bu yöntemlere göre yapılan analizler, yapıların deprem etkilerine karşı elastik sınırlar içinde davranacağı esasına dayanmaktadır. Doğrusal davranışı esas alan bu yöntemlerde, malzemeye ait gerilme-şekildeğiştirme (σ - ϵ) bağıntıları doğrusal-elastik alınmakta ve yerdekiştirmelerin sınırlı olduğu varsayılmaktadır.

Deprem etkilerine göre yapı sistemlerinin analizinde, malzemenin doğrusal-elastik sınır ötesindeki davranışını hesaba katmak üzere, yönetmeliklerde taşıyıcı sistem davranış katsayısı tanımlanmakta ve elastik deprem yükleri süneklige bağlı bir deprem yükü azaltma katsayısı ile küçültülmektedir. (Dolayısıyla doğrusal-elastik analiz yöntemleri davranış katsayısına bağlıdır ve hesaplanan katsayıya göre bir davranış beklenmektedir.) Gerçekte ise, deprem etkileri yapıyı bu katsayının olmadığı bir davranışa maruz bırakmaktadır.

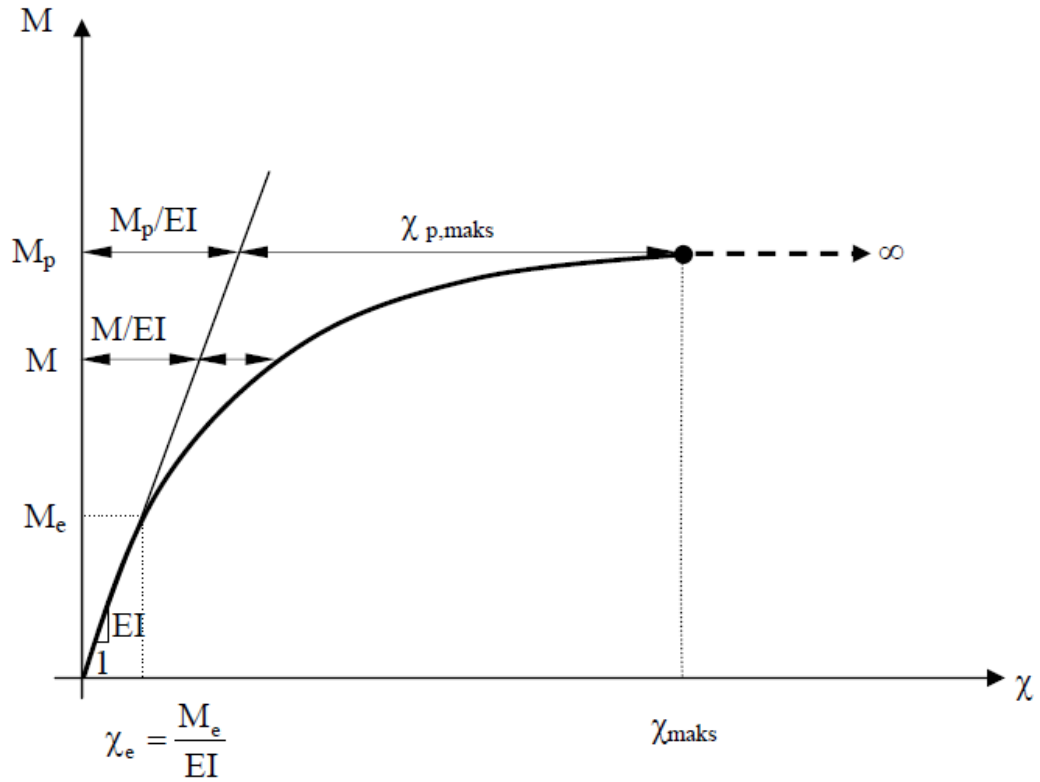
Elastik analiz yöntemleri, yapının elastik kapasitesinin iyi bir şekilde belirlenmesine ve ilk elastik ötesi davranışın nerede olabileceğini göstermesine karşı, yapının göçme mekanizmasını belirleyemez ve elastik ötesi davranışlar sonucu oluşan kuvvet dağılımlarını da dikkate almamaktadır. Ayrıca deprem etkilerinin elastik sınırlar içinde karşılanması kabulü ekonomik olmayan çözümlere neden olmaktadır. Yapının ömrü boyunca karşılaşması ihtimali düşük olan deprem yüklerinin, sürekli olarak yapı sistemi üzerinde yer alan düşey yükler gibi elastik sınırlar içinde hesaplanması çok doğru olmamaktadır. Bu durumda deprem etkileri altında yapının elastik ötesi kapasitesinin devreye sokulması ve bu kapasitenin hesaplanabilmesi için doğrusal olmayan analiz yapılması şarttır.

Yapı malzemelerinin doğrusal-elastik sınır ötesindeki taşıma kapasitelerini göz önüne almak, çok küçük olmayan yerdeğiştirmelerin denge denklemlerine ve gerekli olduğu hallerde geometrik uygunluk koşullarına etkilerini hesaba katmak suretiyle, yapı sistemlerinin dış etkiler altındaki davranışlarını daha yakından izlemek ve bunun sonucunda daha gerçekçi ve ekonomik çözümler üretmek mümkündür. Ayrıca doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden faydalanarak, deprem etkileri altında yapı sistemlerinin performansları belirlenebilmektedir.

Yapı sistemlerinin malzeme ve geometri değişimleri bakımından doğrusal olmayan analizinde (ikinci mertebe elastoplastik teorisine göre analizinde) hesap yöntemleri, doğrusal olmayan şekildeğiştirmelerin sistem üzerinde sürekli olması durumunun dikkate alındığı yöntemler ve doğrusal olmayan şekildeğiştirmelerin plastik mafsallarda (plastik kesit) adı verilen belirli kesitlerde toplandığı, bunun dışındaki bölgelerde sistemin doğrusal elastik davrandığı kabulünün yapıldığı plastik mafsallarda (plastik kesit) hipotezine dayanan yöntemler olarak ayrılmaktadır.

Betonarme kesitlerde moment etkisi altında dönme meydana gelmektedir. Yeterli sünekliğe sahip betonarme kesitlerin eğilme momenti-eğrilik ($M-\chi$) ilişkileri incelendiğinde, eğilme momenti-eğrilik bağıntılarının esas olarak iki farklı bölgeden oluştuğu gözlenmektedir. Birinci bölgede, eğilme momentinin düşük değerleri için, betonarme kesitlerin eğilme momenti-eğrilik bağıntılarının doğrusal-elastik olarak değiştiği kabul edilebilir. Bu bölgede, kesitteki beton ve donatı çeliği de doğrusal davranış bölgesinde kalmaktadır. Eğilme momentinin artan değerleri için, sırasıyla kesitte çatlama ve donatıda akma meydana gelmektedir. Kesitteki gerilmelerin artmasıyla birlikte, betonda ve donatıda doğrusal olmayan gerilme-şekildeğiştirme

ilişkilerinin kesitin davranışında hakim olmaya başlaması, kesitin eğilme momenti-eğrilik bağıntısının doğrusal davranışı terk etmesine neden olmaktadır. Eğilme momenti-eğrilik bağıntısının ikinci bölgesinde, eğri yataya yakın olmaktadır. Plastik davranışın hakim olduğu bu bölgede, kesite etkiyen eğilme momentinde çok küçük artımlar meydana gelirken kesit dönmeleri ve eğrilik hızlı bir şekilde artmakta ve eğriliğin sınır değerine erişmesi ile kesitte güç tükenmesi meydana gelmektedir [7].

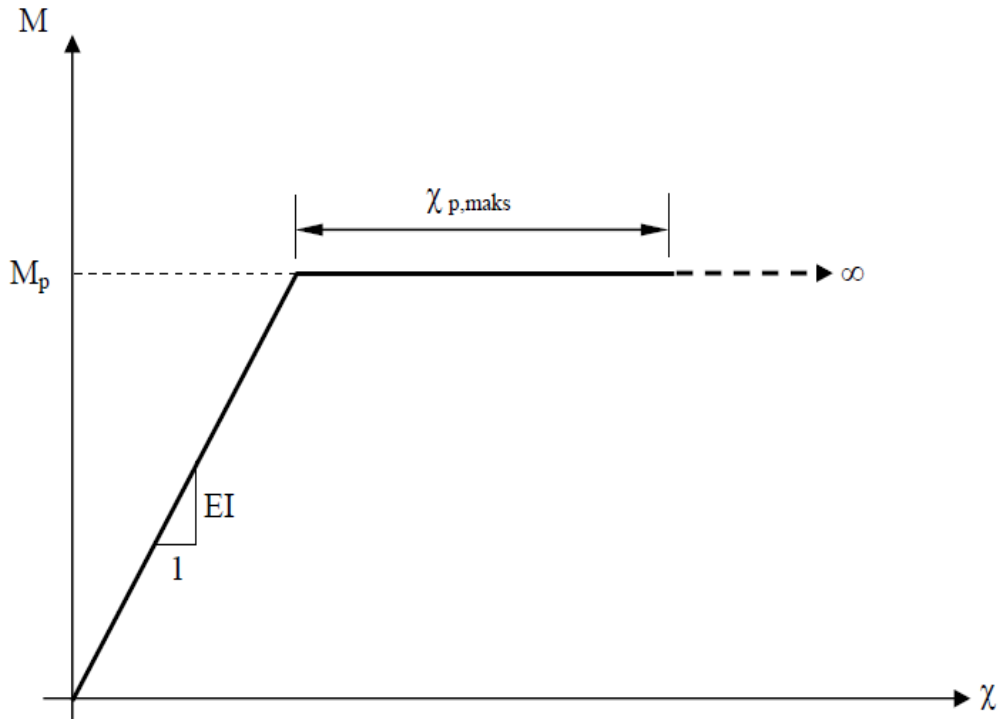


Şekil 2.3: Eğilme Momenti – Eğrilik Diyagramı

Plastik mafsallarda, eğilme momenti-eğrilik bağıntısını oluşturan bu iki bölge, biri yatay olmak üzere iki doğru parçası ile idealleştirilmektedir. Bu iki nokta kesin bir nokta ile birbirinden ayrılmamasına rağmen, çekme donatısının akmaya erişmesi ve betondaki birim kısalmanın ϵ_{co} sınır değerine ulaşması, bu iki doğrusal davranışı birbirinden ayıran nokta olarak kabul edilebilmektedir [14].

Toplam şekildeğişikliklerin doğrusal şekildeğişikliklere oranı olarak tanımlanan süneklik oranının büyük olduğu ve doğrusal olmayan şekildeğişikliklerin küçük bir bölgeye yayıldığı sistemlerde, doğrusal olmayan şekildeğişikliklerin plastik mafsallarda (plastik kesit) adı verilen belirli kesitlerde toplandığı, bunun dışındaki bölgelerde

sistemin doğrusal elastik davrandığı varsayılabilir. Plastik dönmelerin bu şekilde belirli bir bölgede toplanması plastik mafsalları (plastik kesit) olarak adlandırılmaktadır. Plastik mafsallarda kesit dönmeleri eğilme momentinin en büyük değerine (M_p) ulaşması ile ortaya çıkmaktadır. Plastik mafsalları adi mafsallardan ayıran en önemli özellik, plastik mafsalları bölgelerinde kesitin moment artışı olmaksızın dönmeye devam etmesidir.



Şekil 2.4: İdealleştirilmiş Bünye Bağlantısı

Plastik mafsalları hipotezinin uygulanmasında, gerçek eğilme momenti-eğrilik bağlantısı

$$M < M_p \text{ için } \chi = M/EI \quad (2.1)$$

$$M = M_p \text{ için } \chi \rightarrow \chi_{p,max} \quad (2.2)$$

şeklinde iki doğru parçası ile idealleştirilmektedir (Şekil 2.4).

Artan dış yükler altında, plastik mafsalları dönmelerinin artarak dönme kapasitelerine ulaşması durumunda meydana gelen büyük plastik şekildeğişiklikler nedeniyle kesit kullanılamaz hale gelmektedir. Sistemin bir veya daha çok kesitindeki plastik mafsalları dönmelerinin dönme kapasitelerine erişmesi, yapının kullanılamaz hale gelmesine,

fiili olarak göçme meydana gelmese de teknik açıdan yapının göçmesine neden olabilmektedir.

Gerçek eğilme momenti-eğrilik ilişkisi Şekil 2.3’de verilen bir düzlem çubuk elemanın belirli bir bölgesine ait eğilme momenti diyagramı, toplam eğilme şekildeğiştirmeleri ve doğrusal olmayan şekildeğiştirmeleri Şekil 2.5’de verilmektedir.

Şekil 2.5’de de görüldüğü gibi, plastik şekildeğiştirmeler, eleman üzerinde l_p uzunluğunda bir bölgede toplanmakta ve en büyük eğrilik $\chi_{p,max}$ değerine eşit olmaktadır.

Plastik mafsalsal hipotezinde, çubuk elemanı üzerinde l_p uzunluğundaki bir bölgede sürekli olarak yayılmış olan plastik şekildeğiştirmelerin

$$\theta_p = \chi_p l_p = (\chi - \chi_e) l_p \quad (2.3)$$

şeklinde, plastik mafsalsal olarak tanımlanan bir noktada toplandığı varsayılmaktadır. Verilen bağıntıda θ_p plastik mafsalsal dönmesini göstermektedir.

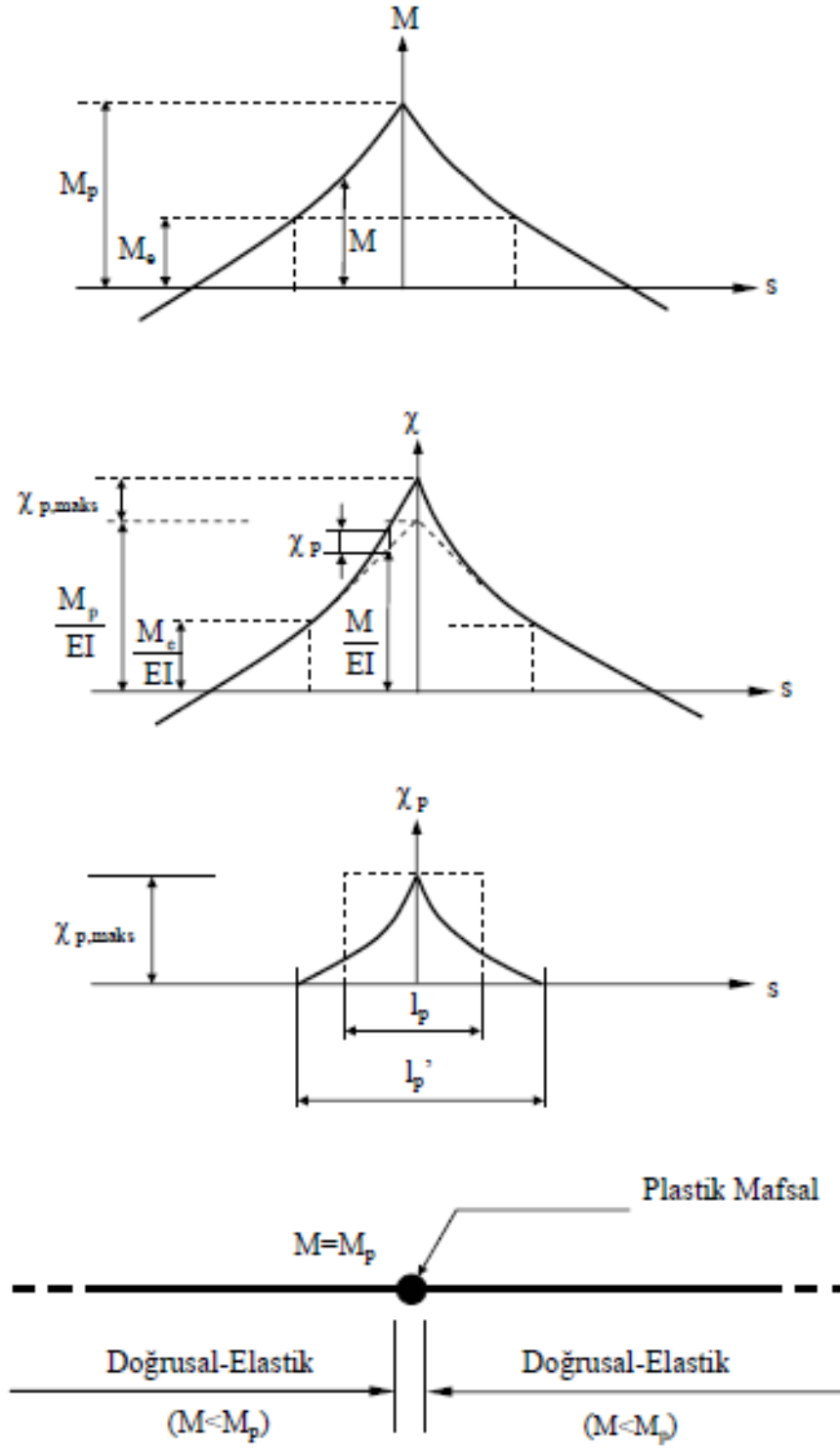
Plastik mafsalsalın dönme kapasitesi ise

$$\theta_{p,max} = \int_{l_p} \chi_p ds \quad (\chi \longrightarrow \chi_{p,max}) \quad (2.4)$$

şeklinde elde edilmektedir.

Maksimum plastik mafsalsal dönmelerine ait yukarıdaki bağıntıya alternatif olarak, dönme kapasiteleri aşağıda verilen yaklaşık bağıntı ile de elde edilebilmektedir.

$$\theta_p = l_p \chi_{p,max} \quad (2.5)$$

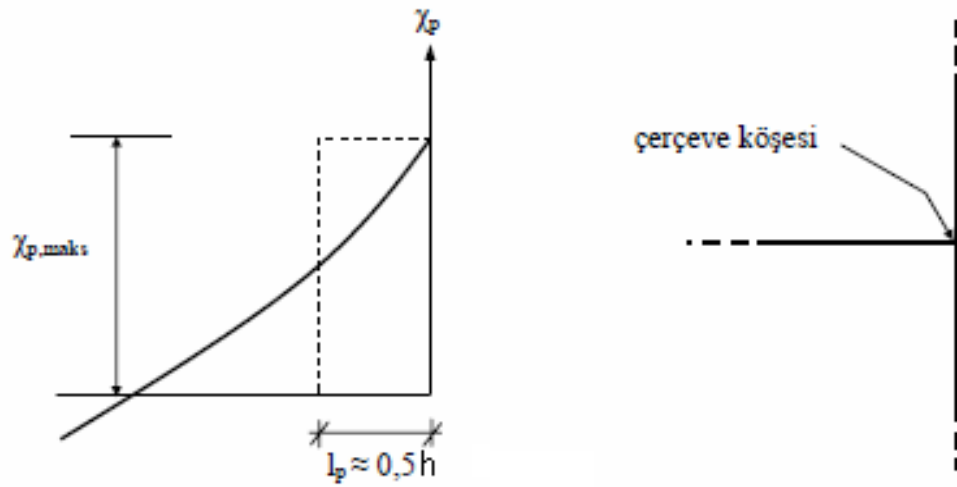


Şekil 2.5: Doğrusal Olmayan Şekildeğiştirmeler

Burada l_p plastik bölge uzunluğunu (plastik mafsalsal boyunu) göstermekte ve yaklaşık olarak

$$l_p \approx 0,5h \quad (2.6)$$

şeklinde hesaplanmaktadır (Şekil 2.6). Yukarıdaki ifadede, h enkesit yüksekliğine eşittir. Plastik mafsalsal bölgesi uzunluğu, moment-eğrilik diyagramına, eleman boyunca eğilme momentinin değişimine, kesit yüksekliğine ve kesitteki normal kuvvete bağlıdır.



Şekil 2.6: Plastik Mafsalsal Boyu

Betonarme yapı sistemlerinde, plastik mafsalların dönme kapasiteleri aşağıdaki etkenlere bağlı olarak değişmektedir:

- Betonun ve beton çeliğinin σ - ϵ diyagramlarını belirleyen ϵ_{cu} ve ϵ_{su} sınır birim boy değişimi değerleri
- Betonun ϵ_{cu} birim kışalmasını etkileyen sargı donatısının miktarı, şekli ve yerleşim düzeni
- Plastik bölge uzunluğunu etkileyen enkesit boyutları
- Eleman boyunca eğilme momentinin değişimi
- Kesitteki normal kuvvet değeri

Yukarıda ayrıntılı olarak açıklaması yapılan plastik mafsallık hipotezinin esaslarını şu şekilde vermek mümkündür:

- 1) Bir kesitte artan dış yüklerle birlikte, eğilme momenti de artarak M_p plastik moment değerine erişince, o kesitte plastik mafsallık oluşmaktadır. Artmaya devam eden dış yükler altında, plastik mafsallık gerçek bir mafsallık gibi serbestçe dönmekte ve kesitteki eğilme momenti $M=M_p$ olarak sabit kalmaktadır. Plastik mafsaldaki θ_p plastik dönme değeri artarak $\theta_{p,max}$ dönme kapasitesine erişince sistem kullanılamaz hale gelmekte, yani göçmektedir.
- 2) Plastik mafsallar arasındaki bölgelerde sistemin doğrusal elastik davrandığı kabul edilmektedir.
- 3) Kesitte eğilme momenti ile birlikte normal kuvvetin de etkimesi durumunda, M_p plastik momenti yerine, kesitteki N normal kuvvet değerine bağlı olarak akma koşulundan (karşılıklı etki diyagramı) elde edilen indirgenmiş plastik moment (M_p') değeri kullanılmaktadır.

3. DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK BİNALAR HAKKINDA YÖNETMELİK 2007'YE GÖRE PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

3.1 Giriş

Performansa dayalı tasarım ve değerlendirme özellikle son yıllarda yaşanan depremler sonrasında ülkemizde inşaat mühendisliğinde en güncel konular arasında yer almaktadır. Performansa dayalı tasarımın amacı yapının deprem performansını, güvenliğini, göçme şeklini (sünek, gevrek), yapı içerisindeki en kritik kesitleri ve hasar durumunu, oluşan plastik mafsalların şekil değiştirme yeteneğini belirlemek ve iç kuvvet dağılımını gözlemektir.

Ülkemizde ilk defa bu yönetmelikte “ mevcut binaların değerlendirilmesi ” konusu izah edilmekte ve bu değerlendirmeyle ilgili hesap yöntemleri sunulmaktadır. Bununla birlikte değerlendirme sonucu yetersiz görülen yapılar için güçlendirme yöntemleri de açıklanmaktadır.

3.2 Binalardan Bilgi Toplanması

Mevcut binaların değerlendirilmesi için yapı hakkında yeterli düzeyde bilgi toplanması gerekmektedir. Binalardan bilgi toplanmasında yapılacak işlemler, malzeme özelliklerinin, zemin özelliklerinin, taşıyıcı sistem bilgilerinin, bina geometrisinin ve varsa mevcut binada değişiklik ve/veya onarımların belirlenmesi kapsamındadır.

3.2.1 Bilgi düzeyleri

Binaların incelenmesinden elde edilen mevcut durum bilgilerinin kapsamına göre, her bina türü için bilgi düzeyi ve buna bağlı olarak bilgi düzeyi katsayıları tanımlanmakta ve bu bilgi düzeyleri taşıyıcı eleman kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır (Çizelge 2.1).

Çizelge 3.1: Binalar İçin Bilgi Düzeyi Katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

Sınırlı Bilgi Düzeyi: Binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değildir. Taşıyıcı sistem özellikleri binada yapılacak ölçümlerle belirlenir.

Orta Bilgi Düzeyi: Eğer binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değilse, sınırlı bilgi düzeyine göre daha fazla ölçüm yapılır. Eğer mevcut ise sınırlı bilgi düzeyinde belirtilen ölçümler yapılarak proje bilgileri doğrulanır.

Kapsamlı Bilgi Düzeyi: Binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcuttur. Proje bilgilerinin doğrulanması amacıyla yeterli düzeyde ölçümler yapılır.

3.2.2 Betonarme binalarda sınırlı bilgi düzeyi

Bina Geometrisi: Saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem plan rölövesi çıkarılacaktır. Mimari projeler mevcut ise, rölöve çalışmalarına yardımcı olarak kullanılır. Elde edilen bilgiler tüm betonarme elemanların ve dolgu duvarlarının her kattaki yerini, eksen açıklıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içermelidir ve binanın hesap modelinin oluşturulması için yeterli olmalıdır. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenecektir.

Eleman Detayları: Betonarme projeler veya uygulama çizimleri mevcut değildir. Betonarme elemanlardaki donatı miktarı ve detaylarının binanın yapıldığı tarihteki minimum donatı koşullarını sağladığı varsayılır. Bu varsayımın doğrulanması veya hangi oranda gerçekleştiğinin belirlenmesi için her katta en az birer adet olmak üzere perde ve kolonların %10'unun ve kirişlerin %5'inin pas payları sıyrılarak donatı ve donatı bindirme boyu tespiti yapılacaktır. Sıyırma işlemi kolonların ve kirişlerin uzunluğunun açıklık ortasındaki üçte birlik bölümde yapılmalı, ancak donatı bindirme boyunun tespiti amacıyla en az üç kolonda bindirme bölgelerinde yapılmalıdır. Sıyrılan yüzeyler daha sonra yüksek dayanımlı tamir harcı ile

kapatılacaktır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir. Donatı tespiti yapılan betonarme kolon ve kirişlerde bulunan mevcut donatının minimum donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı, kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir.

Malzeme Özellikleri: Her katta kolonlardan veya perdelerden TS-10465'de belirtilen koşullara uygun şekilde en az iki adet beton örneği (karot) alınarak deney yapılacak ve örneklerden elde edilen en düşük basınç dayanımı mevcut beton dayanımı olarak alınacaktır. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan görsel inceleme ile tespit edilecek, bu sınıftaki çeliğin karakteristik akma dayanımı mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

3.2.3 Betonarme binalarda orta bilgi düzeyi

Bina Geometrisi: Binanın betonarme projeleri mevcut ise, binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projesine uygunluğu kontrol edilir. Proje yoksa, saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem rölövesi çıkarılacaktır. Elde edilen bilgiler tüm betonarme elemanların ve dolgu duvarlarının her kattaki yerini, açıklıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içermelidir. Bina geometrisi bilgileri, bina kütesinin hassas biçimde tanımlanması için gerekli ayrıntıları içermelidir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenecektir. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir.

Eleman Detayları: Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut değil ise sınırlı bilgi düzeyi malzeme özelliklerindeki koşulları geçerlidir, ancak pas payları sıyrılarak donatı kontrolü yapılacak, perde, kolon ve kirişlerin sayısı her katta en az ikişer adet olmak üzere o kattaki toplam kolon sayısının %20'sinden ve kiriş sayısının %10'undan az olmayacaktır. Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut ise donatı kontrolü için sınırlı bilgi düzeyi malzeme özelliklerinde belirtilen işlemler, aynı miktardaki betonarme elemanda uygulanacaktır. Ayrıca pas payı

sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir. Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunması halinde, betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı 1'den büyük olamaz. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir.

Malzeme Özellikleri: Her kattaki kolonlardan veya perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olmamak üzere, her 400 m²'den bir adet beton örneği (karot) TS-10465'de belirtilen koşullara uygun şekilde alınarak deney yapılacaktır. Elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri mevcut beton dayanımı (f_{ck}) olarak alınacaktır. Beton dayanımının binadaki dağılımı, karot deney sonuçları ile uyarlanmış beton çekici okumaları veya benzeri hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilebilir. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan görsel inceleme ile tespit edilecek, bu sınıftaki çeliğin karakteristik dayanımı eleman kapasite hesaplarında mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

3.2.4 Betonarme binalarda kapsamlı bilgi düzeyi

Bina Geometrisi: Binanın betonarme projeleri mevcuttur. Binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projelere uygunluğu kontrol edilir. Projeler ölçümler ile önemli farklılıklar gösteriyor ise proje yok sayılacak ve bina orta bilgi düzeyine uygun olarak incelenecektir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Komşu binalarla ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenecektir. Bina geometrisi bilgileri, bina kütesinin hassas biçimde tanımlanması için gerekli ayrıntıları içermelidir. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir.

Eleman Detayları: Binanın betonarme detay projeleri mevcuttur. Donatının projeye uygunluğunun kontrolü için orta bilgi düzeyi eleman detaylarında belirtilen işlemler, aynı miktardaki betonarme elemanda uygulanacaktır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit

cihazları ile belirlenecektir. Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunması halinde, betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı 1'den büyük olamaz. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir.

Malzeme Özellikleri: Her kattaki kolonlardan veya perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olmamak üzere, her 200 m²'den bir adet beton örneği (karot) TS-10465'de belirtilen koşullara uygun şekilde alınarak deney yapılacaktır. Elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında, örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri mevcut beton dayanımı (f_{ck}) olarak alınacaktır. Beton dayanımının binadaki dağılımı, karot deney sonuçları ile uyarlanmış beton çekici okumaları veya benzeri hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilebilir. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan inceleme ile tespit edilecek, her sınıftaki çelik için (S220, S420, vb.) birer adet örnek alınarak deney yapılacaktır, çeliğin akma ve kopma dayanımları ve şekildeğiştirme özellikleri belirlenerek projeye uygunluğu saptanacaktır. Projesine uygun ise, eleman kapasite hesaplarında projede kullanılan çeliğin karakteristik akma dayanımı mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Uygun değil ise, en az üç adet örnek daha alınarak deney yapılacaktır, elde edilen en elverişsiz değer eleman kapasite hesaplarında mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

3.3 Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

3.3.1 Kesit hasar sınırları

Sünek taşıyıcı sistem elemanlarında, çeşitli kesit hasar sınırlarına göre izin verilen şekil değiştirme üst sınırları (kapasiteleri) aşağıda tanımlanmıştır [8]:

- Minimum Hasar Sınırı (MN): Kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını tanımlamaktadır. Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları;

$$(\epsilon_{cu})_{MN}=0.0035 \quad ; \quad (\epsilon_s)_{MN}=0.010$$

- Güvenlik Sınırı (GV): Kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını tanımlamaktadır. Etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları;

$$(\epsilon_{cg})_{GV}=0.0035+0.01(\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.0135 \quad (\epsilon_s)_{GV}=0.040$$

- Göçme Sınırı (GÇ): Kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır. Etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları;

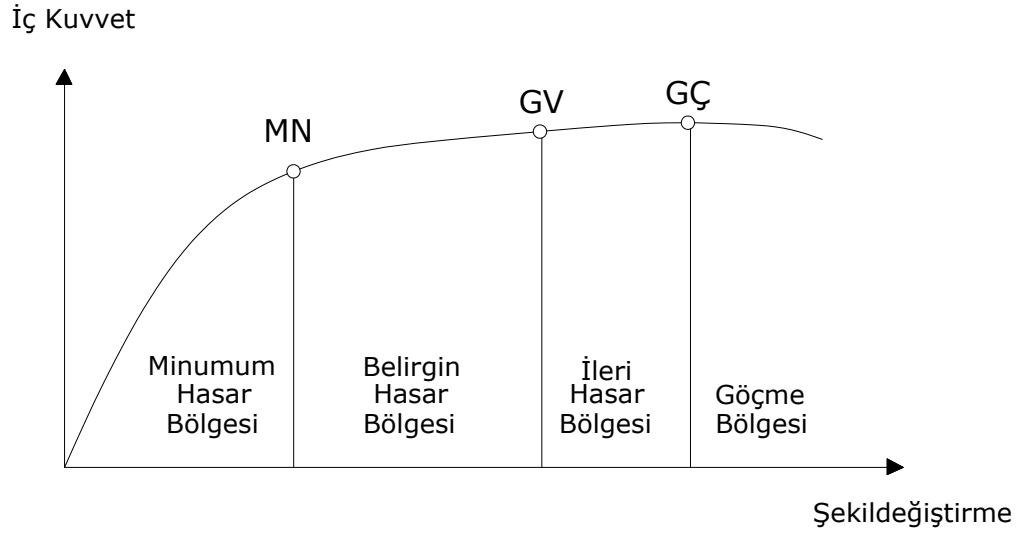
$$(\epsilon_{cg})_{GÇ}=0.004+0.014(\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.018 \quad (\epsilon_s)_{GÇ} = 0.060$$

3.3.2 Kesit hasar bölgeleri

Kritik kesitlerinin hasarı MN' ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, GÇ'yi aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi'nde yer almaktadır (Şekil 3.1).

3.3.3 Kesit ve eleman hasarlarının tanımlanması

İç kuvvetlerin ve/veya şekildeğiştirmelerin kesit hasar sınırlarına karşı gelmek üzere tanımlanan sayısal değerler ile karşılaştırılması sonucunda, kesitlerin hangi hasar bölgelerinde olduğuna karar verilecektir. Eleman hasarı, elemanın en fazla hasar gören kesitine göre belirlenecektir.



Şekil 3.1: Betonarme Elemanlardaki Kesit Hasar Bölgeleri

3.4 Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Yöntemleri İle Belirlenmesi

Binaların deprem performansının belirlenmesinde doğrusal hesap yöntemi ile belirlenmesinde eşdeğer deprem yükü ve mod birleştirme yöntemi olmak üzere iki tip yükleme biçimi kullanılmaktadır. Eleman hasar durumları yapı elemanlarının kapasitelerine ve kesitlerin sünekliliğine bağlı olarak belirlenir.

3.4.1 Eşdeğer deprem yükü yöntemi

Eşdeğer deprem yükünün uygulanabilmesi için yapının bodrum üzerindeki toplam yüksekliğinin 25 metreyi, toplam kat sayısının ise 8 katı aşmaması gerekir. Burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} \leq 1.4$ şartını sağlamalıdır. Yapıya etkiyen deprem denklem 2.5 ile tanımlanmıştır. Burada λ katsayısı bodrum hariç bir ve iki katlı binalarda 1.0, diğerlerinde 0.85 ve $R_a=1$ alınır.

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \lambda \geq 0.10A_0IW \quad (3.1)$$

3.4.2 Mod birleştirme yöntemi

Mod birleştirme yöntemiyle ilgili yönetmelikte herhangi bir kısıtlama bulunmamaktadır. Uygulanan deprem doğrultusu ve yönüyle uyumlu eleman iç kuvvetlerinin ve kapasitelerinin hesabında, bu doğrultuda hakim olan mod da elde edilen iç kuvvet doğrultuları esas alınacaktır. Mod birleştirme yönteminde kullanılan elastik spektral ivme Denklem 3.2’de tanımlanmıştır.

$$S_{aR}(T_n) = \frac{S_{ae}(T_n)}{R_a(T_n)} \quad (3.2)$$

Denkleminde $R_a=1$ alınmalıdır.

3.4.3 Yapı elemanlarının hasar düzeylerinin belirlenmesi

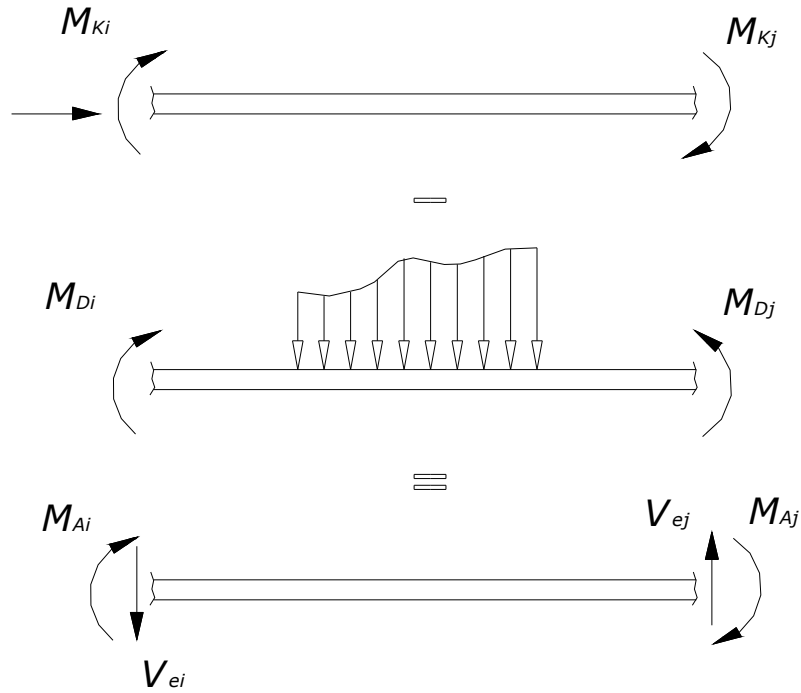
Doğrusal elastik hesap yöntemleri ile betonarme sünek elemanların hasar düzeylerinin belirlenmesinde kiriş, kolon ve perde elemanlarının ve güçlendirilmiş dolgu duvarı kesitlerinin *etki/kapasite oranları* (r) olarak ifade edilen sayısal değerler kullanılacaktır. Betonarme elemanlar, kırılma türü eğilme ise “*sünek*”, kesme ise “*gevrek*” olarak sınıflanırlar.

Kolon, kiriş ve perdelerin sünek eleman olarak sayılabilmeleri için bu elemanların kritik kesitlerinde eğilme kapasitesi ile uyumlu olarak hesaplanan kesme kuvveti V_e ’nin, tanımlanan bilgi düzeyi ile uyumlu *mevcut malzeme dayanımı* değerleri kullanılarak TS-500’e [19] göre hesaplanan kesme kapasitesi V_r ’yi aşmaması gereklidir. Kolon, kiriş ve perdelerde V_e ’nin hesabında pekleşmeli taşıma gücü momentleri yerine taşıma gücü momentleri kullanılacaktır. Düşey yükler ile birlikte $R_a=1$ alınarak depremden hesaplanan toplam kesme kuvvetinin V_e ’den küçük olması durumunda ise V_e yerine bu kesme kuvveti kullanılacaktır.

Yukarıda verilen sünek eleman koşullarını sağlamayan betonarme elemanlar, *gevrek olarak hasar gören elemanlar* olarak tanımlanacaktır.

Sünek kiriş, kolon ve perde kesitlerinin etki/kapasite oranı, deprem etkisi altında $R_a = 1$ alınarak hesaplanan kesit momentinin kesit artık moment kapasitesine bölünmesi ile elde edilir. Etki/kapasite oranının hesabında, uygulanan deprem kuvvetinin yönü dikkate alınacaktır.

Kesit artık moment kapasitesi, kesitin eğilme momenti kapasitesi ile düşey yükler altında kesitte hesaplanan moment etkisinin farkıdır. (Şekil 3.2)

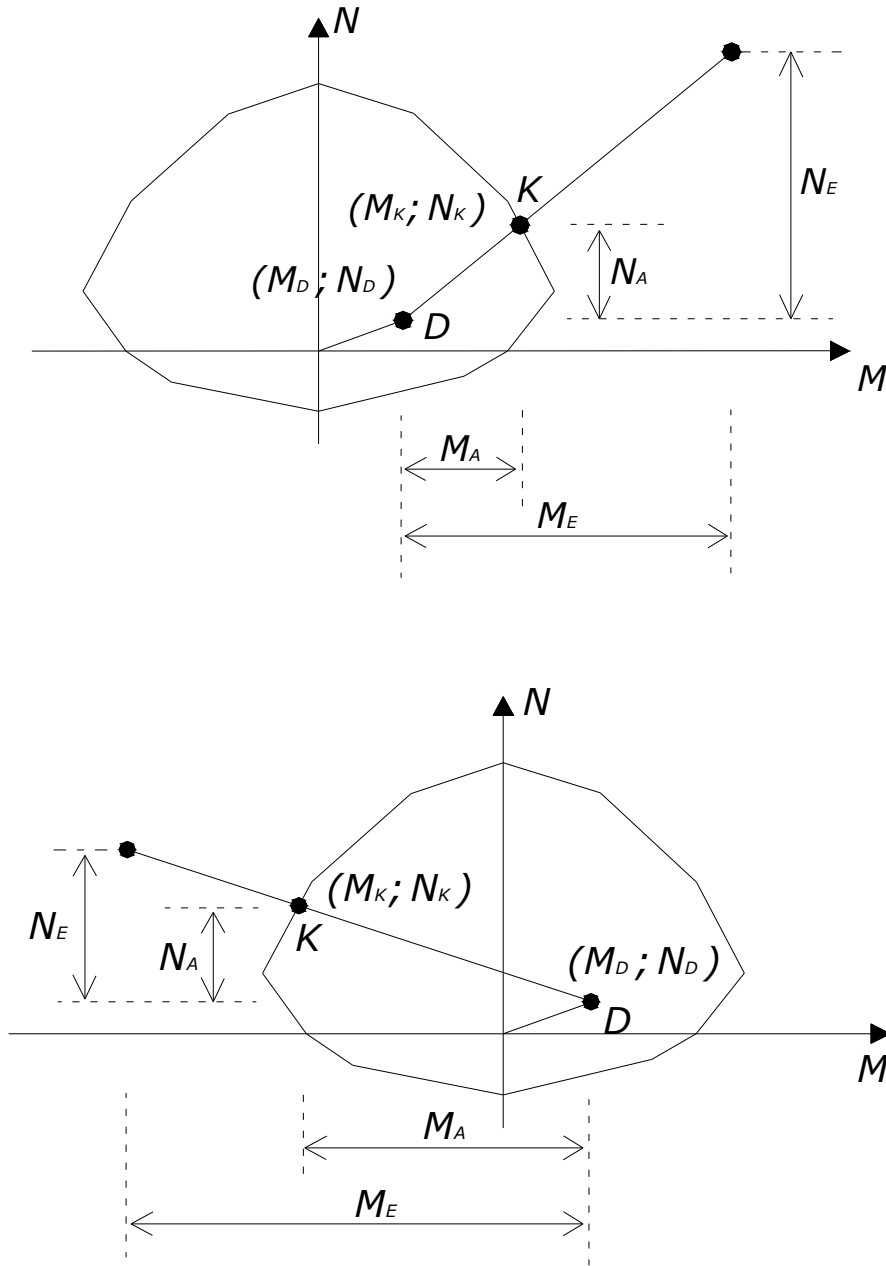


Şekil 3.2: Kiriş Etki/Kapasite Oranının Hesabı

$$M_A = M_K - M_D \quad (3.3)$$

$$r = \frac{M_E}{M_K} \quad (3.4)$$

Kolon ve perde kesitlerinin etki/kapasite oranlarının hesabında herhangi bir kolon veya perde kesitinin doğrusallaştırılan moment–eksenel kuvvet etkileşim diyagramı Şekil 2.1’de görülmektedir. Şekildeki D noktasının koordinatları, düşey yüklerden meydana gelen M_D – N_D çiftine karşı gelmektedir. D noktasından başlayan ve etkileşim diyagramının dışına çıkan ikinci doğru parçasının yatay ve düşey izdüşümleri ise, $R_a = 1$ için deprem hesabından elde edilen ve depremin yönü ile uyumlu olan M_E – N_E çiftine karşı gelmektedir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: Kolon Moment Kapasitesinin Hesabı

M_E 'nin işaretlerinin farklı olduğu iki durumda Şekil 3.3'de ayrı ayrı gösterilmiştir. İkinci doğru parçasının etkileşim diyagramını kestiği K noktasının koordinatları, kolon veya perde kesitinin M_K moment kapasitesi ve buna karşı gelen N_K eksenel kuvvetidir. Artık moment kapasitesi M_A ve buna karşı gelen eksenel kuvvet N_A Denklem 3.5 ve 3.6 ile tanımlanmıştır.

$$M_A = MK - M_D \quad (3.5)$$

$$N_A = N_K - N_D \quad (3.6)$$

Kolon veya perdenin etki/kapasite oranı ise şu şekilde tanımlanabilir:

$$r = \frac{M_E}{M_K} = \frac{N_E}{N_A} \leq r_s \quad (3.7)$$

Burada r_s , etki/kapasite oranlarının sınır değerlerini ifade etmektedir. Şekil 3.3 deki K kesişme noktasının koordinatları olan M_K veya N_K 'nin geometrik veya sayısal olarak elde edilmesi durumunda, düşey yük hesabından M_D veya N_D , deprem hesabından ise M_E veya N_E bilindiğine göre, Denklem 3.7'den yararlanılarak kesitin eğilme ve eksenel kuvvet altındaki etki/kapasite oranı doğrudan hesaplanabilir.

Sarılma bölgesindeki enine donatı koşulları bakımından DBYBHY'07 [8] bölüm 3.3.4'ü sağlayan betonarme kolonlar, 3.4.4'ü sağlayan betonarme kirişler ve uç bölgelerinde 3.6.5.2'yi sağlayan betonarme perdeler "sargılanmış", sağlamayanlar ise "sargılanmamış" eleman sayılır. "Sargılanmış" sayılan elemanlarda sargı donatılarının 3.2.8'e göre "özel deprem etriyeleri ve çirozları" olarak düzenlenmiş olması ve donatı aralıklarının yukarıda belirtilen maddelerde tanımlanan koşullara uyması zorunludur.

Hesaplanan etki/kapasite oranları (r), Çizelge 3.2'de Çizelge 3.3'de Çizelge 3.4'de verilen sınır değerler (r_s) ile karşılaştırılarak elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilecektir. Çizelgelerdeki ara değerler için doğrusal enterpolasyon uygulanacaktır.

Çizelge 3.2: Betonarme Kirişler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r_s)

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b}$	Sargılama	$\frac{V}{b_w d f_{ct}}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.0	Var	≤ 0.65	3	7	10
≤ 0.0	Var	≥ 1.30	2.5	5	8
≥ 0.5	Var	≤ 0.65	3	5	7
≥ 0.5	Var	≥ 1.30	2.5	4	5
≤ 0.0	Yok	≤ 0.65	2.5	4	6
≤ 0.0	Yok	≥ 1.30	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≤ 0.65	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	4

Çizelge 3.3: Betonarme Kolonlar İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r_s)

Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
$\frac{N}{A_c f_c}$	Sargılama	$\frac{V}{b_w d f_{ct}}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.1	Var	≤ 0.65	3	6	8
≤ 0.1	Var	≥ 1.30	2.5	5	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≤ 0.65	2	4	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≤ 0.1	Yok	≤ 0.65	2	3.5	5
≤ 0.1	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≤ 0.65	1.5	2	3
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≥ 1.30	1	1.5	2
≥ 0.7	-	-	1	1	1

Çizelge 3.4: Betonarme Perdeler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r_s)

Sünek Perdeler	Hasar Sınırı		
Sargılama	MN	GV	GÇ
Var	3	6	8
Yok	2	4	6

3.4.4 Göreli kat ötelemelerinin kontrolü

Doğrusal elastik yöntemlerle yapılan hesapta her bir deprem doğrultusunda, binanın herhangi bir katındaki kolon veya perdelerin göreli kat ötelemeleri, her bir hasar sınırı için Çizelge 3.5’de verilen değeri aşmayacaktır. Aksi durumda Deprem Yönetmeliği 7.5.2’de yapılan hasar değerlendirmeleri göz önüne alınmayacaktır. Çizelge 3.5’de δ_{ji} i’inci katta j’inci kolon veya perdenin alt ve üst uçları arasında yerdeğiştirme farkı olarak hesaplanan göreli kat ötelemesini, h_{ji} ise ilgili elemanın yüksekliğini göstermektedir.

Çizelge 3.5: Göreli Kat Ötelemesi Sınırları

Görelî Kat Ötelemesi Oranı	Hasar Sınırı		
	MN	GV	GÇ
δ_{ji} / h_{ji}	0.01	0.03	0.04

3.5 Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemleri İle Belirlenmesi

Deprem etkisi altında mevcut binaların yapısal performanslarının belirlenmesi ve güçlendirme analizleri için kullanılacak doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin amacı, verilen bir deprem için sünek davranışa ilişkin plastik şekildeğiştirme istemleri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet istemlerinin hesaplanmasıdır. Daha sonra bu istem büyüklükleri, bu bölümde tanımlanmış bulunan şekildeğiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirmesi yapılacaktır.

Doğrusal olmayan analiz yöntemleri, yapıların göçme anına kadar olan davranışına dair oldukça yaklaşık sonuçlar vermektedir. Ayrıca deprem etkisinde binanın davranışı ile ilgili mekanizma durumlarını gösterecek sonuçlar sunabildiği için gerçekçi çözümler üretilmesine olanak tanır.

DBYBHY’07 [8] kapsamında yer alan üç tip doğrusal olmayan analiz yöntemi vardır. Bunlar; Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi’dir. İlk iki yöntem, yönetmelikte doğrusal olmayan deprem performansının belirlenmesi ve güçlendirme hesapları için temel alınan Artımsal İtme Analizi’nde kullanılacak olan yöntemlerdir.

3.5.1 Artımsal itme analizi ile performans değerlendirmesinde izlenecek yol

Artımsal İtme Analizi kullanılarak yapılacak doğrusal elastik olmayan performans değerlendirmesinde izlenecek adımlar aşağıda özetlenmiştir.

a) Deprem hesabına ilişkin genel ilke ve kurallara ek olarak, taşıyıcı sistem elemanlarında doğrusal olmayan davranışın idealleştirilmesi ve analiz modelinin oluşturulması için yönetmelikte doğrusal olmayan davranışın idealleştirilmesinde tanımlanan kurallara uyulacaktır.

b) Artımsal itme analizinden önce, kütlelerle uyumlu düşey yüklerin göz önüne alındığı bir doğrusal olmayan statik analiz yapılacaktır. Bu analizin sonuçları, artımsal itme analizinin başlangıç koşulları olarak dikkate alınacaktır.

c) Artımsal itme analizinin Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile yapılması durumunda, koordinatları “modal yerdeğiştirme-modal ivme” olarak tanımlanan birinci (hakim) moda ait “modal kapasite diyagramı” elde edilecektir. Bu diyagram ile birlikte, DBYBHY’07 2.4’te tanımlanan elastik davranış spektrumu ve farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde DBYBHY’07 7.8’de yapılan değişiklikler göz önüne alınarak, birinci (hakim) moda ait modal yerdeğiştirme istemi belirlenecektir. Son aşamada, modal yerdeğiştirme istemine karşı gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme (plastik dönmeler) ve iç kuvvet istemleri hesaplanacaktır.

d) Artımsal itme analizinin Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılması durumunda, göz önüne alınan bütün modlara ait “modal kapasite diyagramları” ile birlikte modal yerdeğiştirme istemleri de elde edilecek, bunlara bağlı olarak taşıyıcı sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme (plastik dönmeler) ve iç kuvvet istemleri hesaplanacaktır.

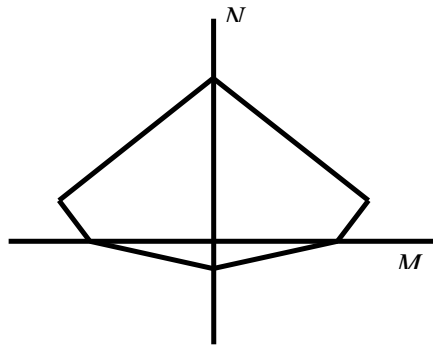
e) Plastikleşen (sünek) kesitlerde hesaplanmış bulunan plastik dönme istemlerinden plastik eğrilik istemleri ve DBYBHY’07 7.6.8’e göre toplam eğrilik istemleri elde edilecektir. Daha sonra bunlara bağlı olarak betonarme kesitlerde betonda ve donatı çeliğinde meydana gelen birim şekildeğiştirme istemleri hesaplanacaktır. Bu istem değerleri, kesit düzeyinde çeşitli hasar sınırları için DBYBHY’07 7.6.9’da tanımlanan betonarme elemanların kesit birim şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit düzeyinde sünek davranışa ilişkin performans değerlendirmesi yapılacaktır. Ayrıca, güçlendirilen dolgu duvarlarında görelî kat ötelemeleri

cinsinden hesaplanan şekildeğiştirme istemleri, DBYBHY'07 7.6.10'da tanımlanan güçlendirilen dolgu duvarlarının şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılacaktır. Analiz sonucunda elde edilen kesme kuvveti istemleri ise, DBYBHY'07 7.6.11'de tanımlanan betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının kesme kuvveti kapasiteleriyle karşılaştırılarak kesit düzeyinde gevrek davranışa ilişkin performans değerlendirmesi yapılacaktır.

3.5.2 Doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi

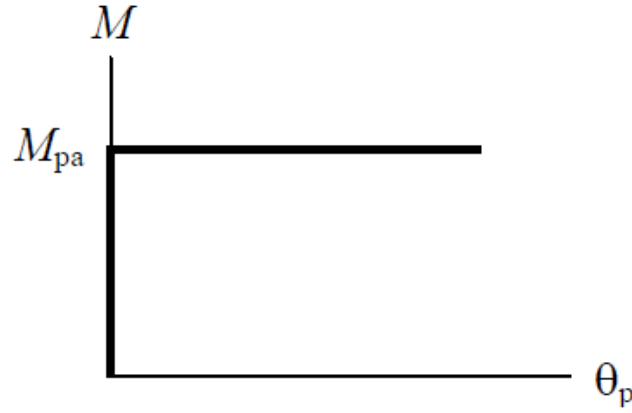
Deprem Yönetmeliği'nde doğrusal elastik olmayan analiz için yığılı plastik davranış modeli kullanılmaktadır. Basit eğilme durumunda plastik mafsallara karşılık gelen bu modelde, çubuk eleman olarak idealleştirilen kiriş, kolon ve perde gibi taşıyıcı sistem elemanlarındaki iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekil değiştirmelerin düzgün yayılı biçimde olduğu kabul edilmektedir. Basit eğilme durumunda plastik mafsalları boyu olarak adlandırılan plastik şekil değiştirme bölgesinin uzunluğu (l_p), çalışan doğrultudaki kesit boyutu (h)'nin yarısına eşit alınabilir ($l_p=0.5h$).

Sadece eksenel kuvvet altında plastik şekil değiştirme yapan elemanların plastik şekil değiştirme bölgelerinin uzunluğu, ilgili elemanın serbest boyuna eşit alınır. Plastik mafsallar, kolon ve kirişlerin uçlarına, perdelerde ise her katta kat tabanına yerleştirilir. Eğilme ve eksenel kuvvet altında plastikleşen betonarme kesitlerin akma yüzeylerinin tanımlanmasında beton ve donatının mevcut dayanımları esas alınmalıdır. Betonun maksimum basınç kısalması 0.003, donatı çeliğinin maksimum uzaması 0.01 alınabilir. Betonarme kesitlerin akma yüzeyleri uygun biçimde doğrusallaştırılarak, iki boyutlu davranış durumunda ise akma düzlemleri olarak modellenebilir (Şekil 3.4).



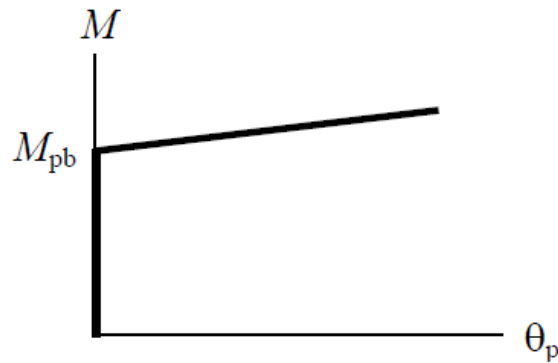
Şekil 3.4: Doğrusallaştırılmış Akma Düzeyi

Eğilme etkisindeki elemanların akma öncesi doğrusal davranışları için çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri kullanılmalıdır. Modellemede kullanılacak plastik kesitlerin iç kuvvet-plastik şekil değiştirme bağıntılarında pekleşme etkisi yaklaşık olarak terk edilebilir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5: İç Kuvvet-Plastik Şekil Değiştirme Bağıntısında Pekleşme Etkisinin Göz Önüne Alınmaması Durumu

Bu durumda plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında, iç kuvvetlerin akma yüzeyinin üzerinde kalması koşulu ile plastik şekil değiştirme vektörünün akma yüzeyine yaklaşık olarak dik olması koşulu göz önüne alınmalıdır. Pekleşme etkisinin göz önüne alındığı durumlarda iç kuvvetlerin ve plastik şekil değiştirme vektörünün sağlaması gereken koşullar, uygun bir pekleşme modeline göre tanımlanabilir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6: İç Kuvvet-Plastik Şekil Değiştirme Bağıntısında Pekleşme Etkisinin göz önüne Alınması Durumu

G noktasının akma eğrisi üzerinde bulunması halinde kesitin taşıma kapasitesi sona erer ve iç kuvvetler doğrultularında sonsuz plastik şekildeğiştirmeler meydana gelebilir. Değişen dış etkiler altında, kesitteki iç kuvvet durumunu ifade eden G noktası akma eğrisi üzerinde hareket eder veya bu eğrinin içine doğru yönelir; fakat akma eğrisinin dışına çıkamaz.

İdeal elastoplastik malzemeden yapılmış kesitlerde, akma vektörü akma yüzeyine diktir . Diklik özelliği nedeniyle, akma vektörünün χ ve ε bileşenleri

29

$$\varepsilon = \mu \frac{\partial K_1}{\partial N} \quad (3.9)$$

şeklinde, $K_1(M,N)$ fonksiyonuna bağlı olarak ifade edilebilirler. Burada μ , d akma vektörünün şiddetini belirleyen bir katsayıyı göstermektedir. Akma eğrisinin dış normalinin süreksizlik gösterdiği köşe noktalarında, akma vektörü iki dış normalin arasında herhangi bir doğrultuda olabilir.

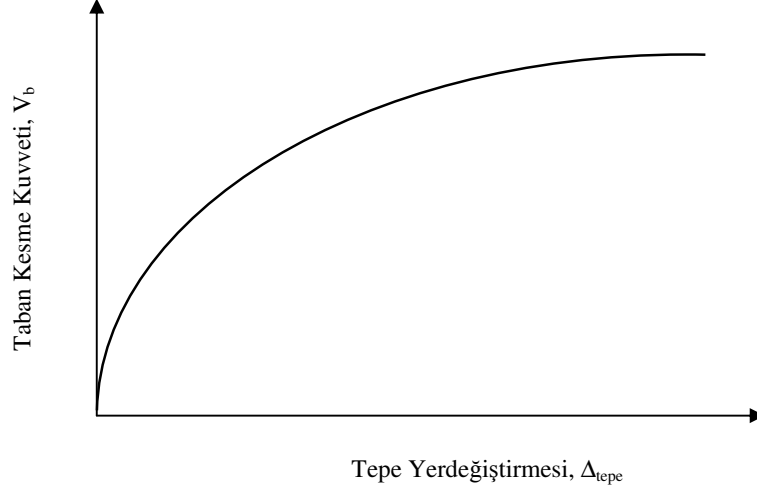
3.5.3 Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi

Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin amacı, birinci (deprem doğrultusunda hakim) titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde, deprem istem sınırına kadar monotonik olarak adım adım arttırılan eşdeğer deprem yüklerinin etkisi altında doğrusal olmayan itme analizi'nin yapılmasıdır. Düşey yük analizini izleyen itme analizinin her bir adımında taşıyıcı sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme ve iç kuvvet artımları ile bunlara ait birikimli (kümülatif) değerler ve son adımda deprem istemine karşı gelen maksimum değerler hesaplanacaktır.

Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin kullanılabilmesi için, binanın kat sayısının bodrum hariç 8'den fazla olmaması ve herhangi bir katta ek dışmerkezlilik göz önüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunu sağlaması gereklidir. Ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması zorunludur.

Artımsal itme analizi sırasında, eşdeğer deprem yükü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayımı yapılabilir. Bu durumda yük dağılımı, analizin başlangıç adımında doğrusal elastik davranış için hesaplanan birinci (deprem doğrultusundaki hakim) doğal titreşim mod şekli genliği ile ilgili kütlelerin çarpımından elde edilen değerle orantılı olacak şekilde tanımlanır. Bu sabit yük dağılımına göre yapılan itme analizi ile, koordinatları “tepe yerdeğiştirmesi – taban kesme kuvveti” olan itme eğrisi elde edilecektir (Şekil 3.8). Tepe yerdeğiştirmesi, binanın en üst katındaki kütle merkezinde, göz önüne alınan x deprem doğrultusunda her itme adımında hesaplanan yerdeğiştirmedir. Taban kesme

kuvveti ise, her adımda eşdeğer deprem yüklerinin x deprem doğrultusundaki toplamıdır. İtme eğrisine uygulanan koordinat dönüşümü ile, koordinatları “modal yerdeğiştirme – modal ivme” olan modal kapasite diyagramı aşağıdaki şekilde elde edilebilir:



Şekil 3.8: İtme Eğrisi

(i)’inci itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal ivme

$a_1^{(i)}$ aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$a_1^{(i)} = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \quad (3.10)$$

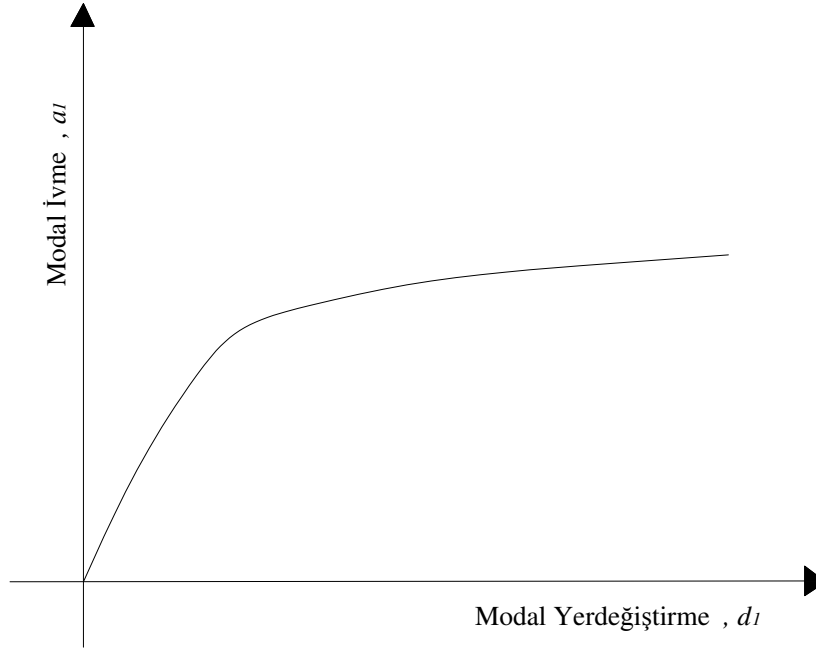
(i)’inci itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal yer değiştirme $d_1^{(i)}$ ’nin hesabı için ise, aşağıdaki bağıntıdan yararlanılabilir:

$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\Phi_{xN1} \Gamma_{x1}} \quad (3.11)$$

Birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal katkı çarpanı Γ_{x1} , deprem doğrultusunda taşıyıcı sistemin başlangıç adımındaki doğrusal elastik davranışı için tanımlanan L_{x1} ve M_1 ’den yararlanılarak aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (3.12)$$

İtme analizi sonucunda elde edilen modal kapasite diyagramı ile birlikte birinci moda karşılık ait maksimum modal yerdeğiştirme hesaplanır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9: Modal Kapasite Diyagramı

Tanım olarak modal yerdeğiştirme istemi $d_1^{(p)}$, doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme S_{di1} ’e eşittir.

$$d_1^{(p)} = S_{di1} \quad (3.13)$$

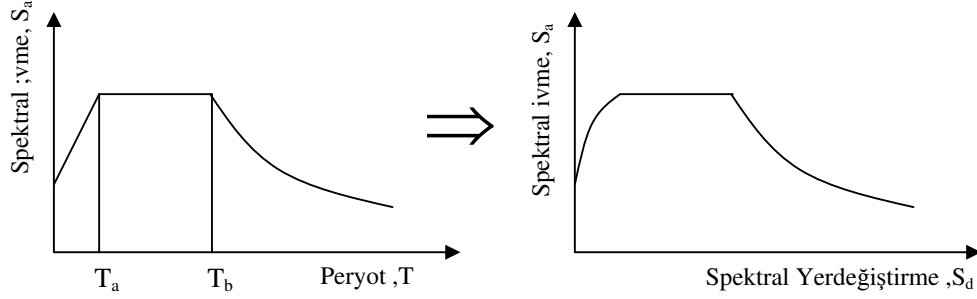
Doğrusal elastik olmayan spektral yerdeğiştirme S_{di1} , itme analizinin ilk adımında, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) moda ait $T_1^{(1)}$ başlangıç periyoduna karşı gelen doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme S_{de1} ’e bağlı olarak elde edilir.

$$S_{di1} = C_{R1} S_{de1} \quad (3.14)$$

Doğrusal elastik (lineer) spektral yerdeğiştirme S_{de1} , itme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivme S_{ae1} ’den hesaplanır.

$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(\omega_1^{(1)})^2} \quad (3.15)$$

$$S_{ae1} = S_{de1} (\omega_1^{(1)})^2 \quad (3.16)$$



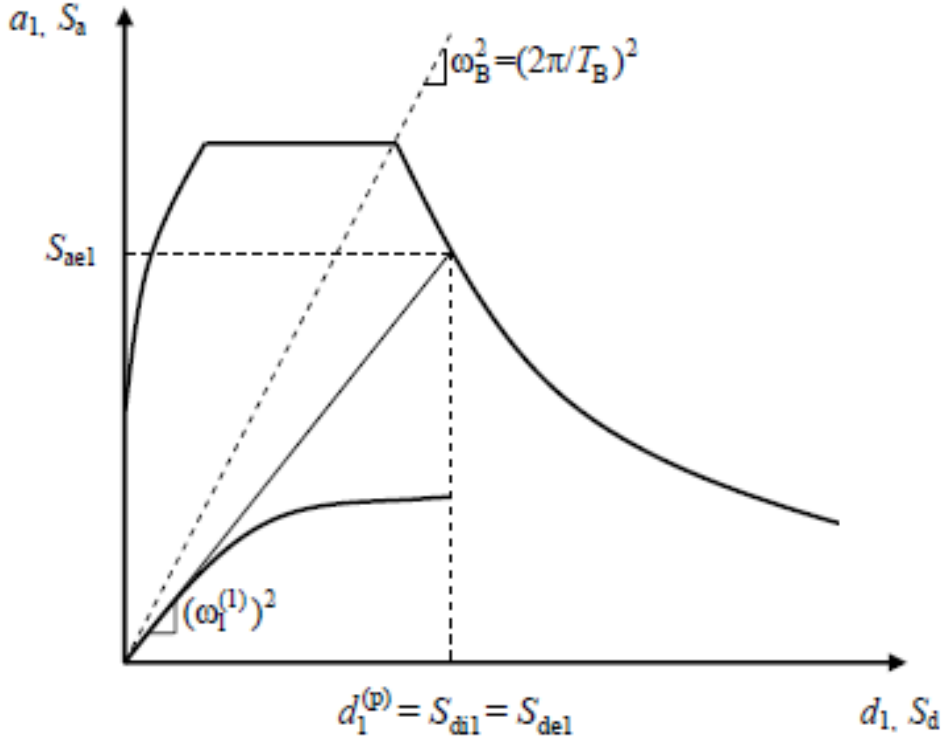
Şekil 3.10: Periyot Koordinatlı Talep Spektrumunun Spektral Yerdeğıştirme Koordinatına Dönüştürülmesi

$T_I^{(1)}$ başlangıç periyodunun ivme spektrumundaki karakteristik periyot T_B 'ye eşit veya daha uzun olması durumunda ($T_I^{(1)} \geq T_B$);

Bu duruma karşı gelen elastik yerdeğıştirmenin plastik yerdeğıştirmeye eşit olacağı kabulü yapılmıştır. Bu nedenle C_{R1} katsayısı 1'e eşittir.

$$C_{R1} = 1 \quad (3.17)$$

Hedef spektral deplasman değeri $d_I^{(p)}$ bulunduktan sonra, Denklem (3.14) yardımıyla hedef deplasman değeri elde edilir. Bu deplasman değeri üst sınır alınarak itme analizinin yenilenmesi sonucu eleman kesitlerinde oluşan hasar tipleri ve kat bazındaki dağılımları tespit edilir.(Şekil 3.11)



Şekil 3.11: $T_1^{(1)}$ Başlangıç Periyodunun T_B 'den Büyük Olması Durumu

$T_1^{(1)}$ başlangıç periyodunun ivme spektrumundaki karakteristik periyot T_B 'den daha kısa olması durumunda ($T_1^{(1)} < T_B$):

$T_1^{(1)}$ başlangıç periyodunun T_B 'den küçük olduğu durumda Şekil 3.12'de görülen a_{y1} esas alınarak C_{R1} aşağıda Denklem 4.11'de verildiği şekilde tanımlanır.

C_{R1} ardışık yaklaşım yapılarak bulunacaktır. Ardışık yaklaşımın ilk adımında $C_{R1}=1$ kabulü yapılır. Denklem 3.19'da T_1 istemin birinci periyodunu ve R_{y1} bu moda ait dayanım azaltma katsayısını göstermektedir. Şekil 3.12'de görüldüğü gibi hedef performans noktası bulunduktan sonra bu eğrinin Eşit Alanlar Kuralı ile doğrusallaştırılması ve buradan elde edilecek a_{y1} , R_{y1} , C_{R1} değerlerinin hesap edilmesi gerekir.

$$S_{di1} = C_{R1} S_{de1} \quad (3.17)$$

$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(\omega_1^{(1)})^2} \quad (3.18)$$

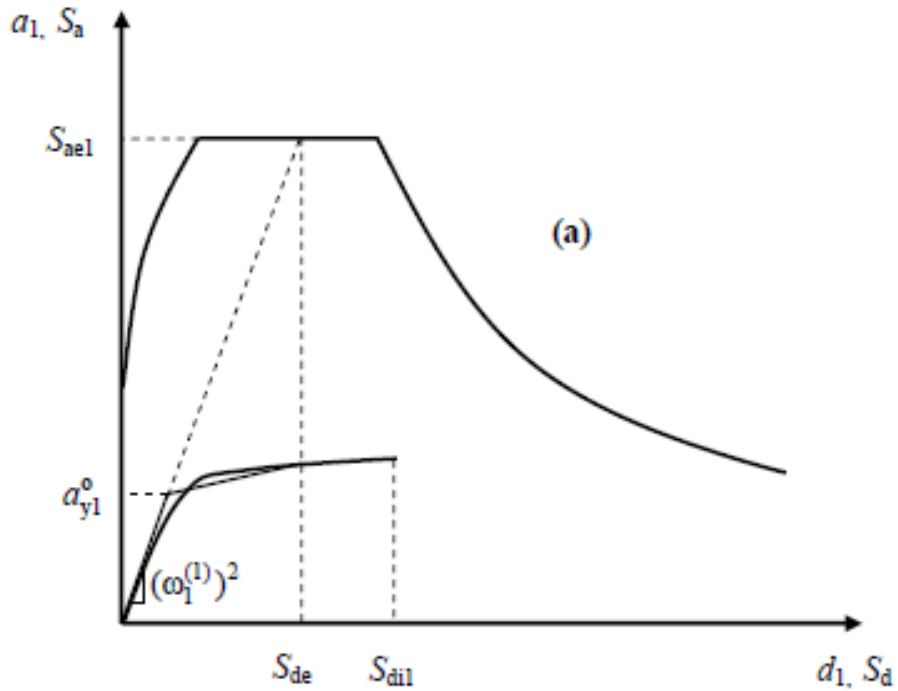
$$C_{R1} = \frac{1 + (R_{y1} - 1)T_B / T_1^{(1)}}{R_{y1}} \geq 1 \quad (3.19)$$

$$R_{y1} = \frac{S_{ae1}}{a_{y1}} \quad (3.20)$$

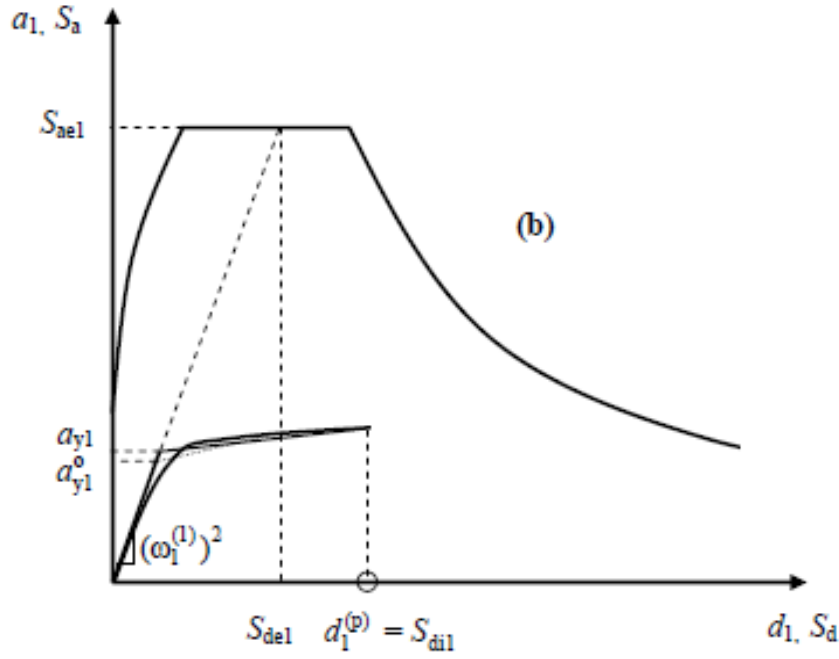
Son itme adımı $i = p$ için deprem doğrultusundaki tepe yerdeğiştirmesi istemi $u_{xN1}^{(p)}$ elde edilir:

$$u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (3.21)$$

Buna karşı gelen diğerk tüm istem büyüklükleri (yerdeğiştirme, şekildeğiştirme ve iç kuvvet istemleri) mevcut itme analizi dosyasından elde edilecek veya tepe yerdeğiştirmesi istemine ulaşıncaya kadar yapılacak yeni bir itme analizi ile hesaplanacaktır.



şekil 3.12: $T_1^{(1)}$ Başlangış Periyodunun T_B 'den Kúçük Olması Durumu



Şekil 3.13: $T_1^{(1)}$ Başlangıç Periyodunun T_B 'den Küçük Olması Durumu

3.5.4 Artımsal mod birleştirme yöntemi ile itme analizi

Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi'nin amacı, taşıyıcı sistemin davranışını temsil eden yeteri sayıda doğal titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde monotonik olarak adım adım arttırılan ve birbirleri ile uygun biçimde ölçeklendirilen modal yerdeğiştirmeler veya onlarla uyumlu modal deprem yükleri esas alınarak Mod Birleştirme Yöntemi'nin artımsal olarak uygulanmasıdır. Ardışık iki plastik kesit oluşumu arasındaki her bir itme adımında, taşıyıcı sistemde “adım adım doğrusal elastik” davranış esas alınır.

3.5.5 Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi

Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi'nin amacı, taşıyıcı sistemdeki doğrusal olmayan davranış göz önüne alınarak sistemin hareket denkleminin adım adım entegre edilmesidir. Analiz sırasında her bir zaman artımında sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme ve iç kuvvetler ile bu büyüklüklerin deprem istemine karşı gelen maksimum değerleri hesaplanır. Bu çalışmada, bu yönteme yer verilmemiştir.

3.5.6 Betonarme elemanların kesit birim şekildeğiştirme kapasiteleri

Artımsal itme analizi veya zaman tanım alanında hesap sonucunda çıkış bilgisi olarak herhangi bir kesitte elde edilen θ_p plastik dönme istemine bağlı olarak *plastik eğrilik istemi*, aşağıdaki bağıntı ile hesaplanacaktır:

$$\phi_p = \frac{\theta_p}{l_p} \quad (3.22)$$

Amaca uygun olarak seçilen bir beton modeli ile pekleşmeyi de göz önüne alan donatı çeliği modeli kullanılarak, kesitteki eksenel kuvvet istemi altında yapılan analizden elde edilen iki doğrulu moment-eğrilik ilişkisi ile tanımlanan ϕ_y *eşdeğer akma eğriliği*, Denklem (2.11) ile tanımlanan ϕ_p plastik eğrilige eklenerek, kesitteki ϕ_t *toplam eğrilik* elde edilecektir:

$$\phi_t = \phi_y + \phi_p \quad (3.23)$$

Betonarme sistemlerde betonun basınç birim şekildeğiştirmesi istemi ile donatı çeliğindeki birim şekildeğiştirme istemi, Denklem (3.23) ile tanımlanan toplam eğrilik istemine göre moment-eğrilik analizi ile hesaplanacaktır.

Plastik şekildeğiştirmelerin meydana geldiği betonarme sünek taşıyıcı sistem elemanlarında, çeşitli kesit hasar sınırlarına göre izin verilen şekildeğiştirme üst sınırları (kapasiteleri) aşağıda tanımlanmıştır:

(a) Kesit *Minimum Hasar Sınırı (MN)* için kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları:

$$(\epsilon_{cu})_{MN} = 0.004 \quad ; \quad (\epsilon_s)_{MN} = 0.010 \quad (3.24)$$

(b) Kesit *Güvenlik Sınırı (GV)* için sargılı bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları:

$$(\epsilon_{cg})_{GV} = 0.004 + 0.0095 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.0135 \quad ; \quad (\epsilon_s)_{GV} = 0.040 \quad (3.25)$$

(c) Kesit *Göçme Sınırı (GÇ)* için sargılı bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları:

$$(\epsilon_{cg})_{GC} = 0.004 + 0.013 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.018 \quad ; \quad (\epsilon_s)_{GC} = 0.060 \quad (3.26)$$

Eleman hasar sınırlarından bağımsız olarak, tüm betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının gevrek kırılma kontrollerinde kullanılacak kesme kuvveti dayanımları

TS-500'e göre belirlenecektir. Kesme kuvveti dayanımı hesabında, bilgi düzeylerine göre belirlenen *mevcut dayanım* değerleri kullanılacaktır.

Alt bölümlerde doğrusal olmayan üç yöntem için genel hesap adımları özetlenmiştir.

3.5.7 Bina deprem performansının belirlenmesi

Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilgilidir. Bina deprem performans düzeyi doğrusal elastik ve/veya doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin uygulanması ve eleman hasar bölgelerine karar verilmesi ile belirlenir. Binaların deprem performansı dört farklı hasar durumu esas alınarak tanımlanmıştır. Bu hasar durumları aşağıda tanımlanmaktadır.

Hemen Kullanım Performans Düzeyi (HK) : Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusu için eleman bazında yapılan hasar tespiti sonucunda, kirişlerin en fazla %10'u Belirgin Hasar Bölgesi'nde bulunabilir. Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi'nde kalmalıdır. Eğer gevrek olarak göçen elemanlar varsa, bunların sünek duruma getirilmesi şartı ile bu durumdaki binaların Hemen Kullanım Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir. Hemen kullanım durumu için binada sınırlı düzeyde elastik ötesi davranışa izin verilmektedir. Kolon ve perdelerin en düşük hasar seviyesinde kalması sınırlandırılırken, kirişlerde belirli bir oranda bir üst hasar seviyesine geçmesine izin verilmektedir.

Can Güvenliği Performans Düzeyi (CG) : Eğer gevrek olarak göçen elemanlar varsa, bu elemanların sünek duruma getirilmesi şartı ile aşağıdaki koşulları sağlayan binalar Can Güvenliği Performans Düzeyi'nde kabul edilir.

a) Herhangi bir katta göz önüne alınan deprem doğrultusu için, yapılan hasar tespiti sonucunda ikincil yani yatay yük taşıyıcı sistem elemanları dışındaki kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %30'u ve kolonların (b) maddesi uyarınca tanımlanmış kesimi kadarı İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.

b) İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında kalmalıdır. En üst katta İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetleri toplamına oranı en fazla %40 olabilir.

c) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, ilgili kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30 aşmaması gerekir. (Güçlü kolon-zayıf kiriş şartının sağlandığı kolonlar bu hesaba dâhil edilmez).

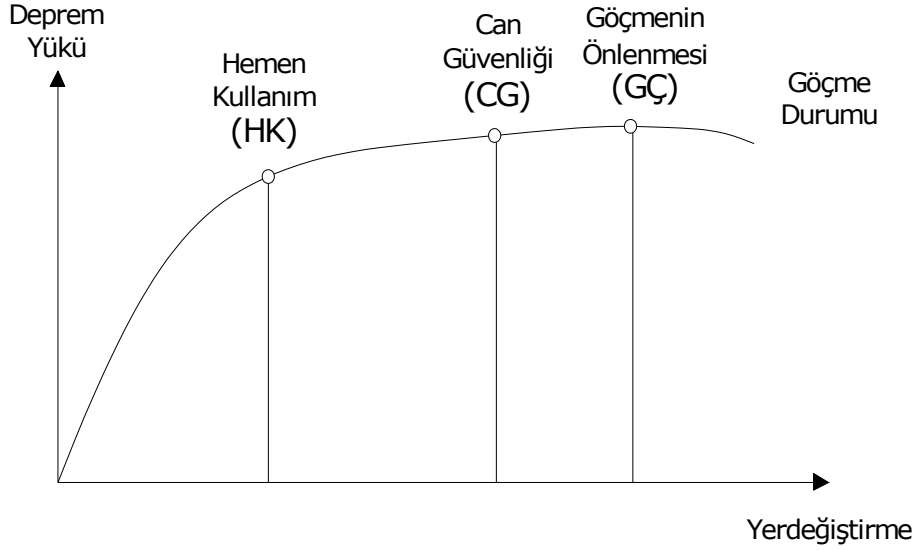
Kirişlerde oran olarak verilen hasar durumunun kolonlarda kesme kuvveti ile ilişkilendirilmesi, yapı içerisindeki farklı kolonların sistem taşıma kapasitesine etkisinin kıyaslanması sonucu verilmiştir. En üst katın sistem taşıyıcılığına etkisinin düşük olduğu da göz önünde bulundurulmuştur. Ayrıca kolonun her iki ucunun birden hasar bölgesine erişmesi sonucu olumsuz bir durum olarak kritize edilmiştir.

Göçme Öncesi Performans Düzeyi (GÖ) : Varsa gevrek olarak hasar gören tüm elemanların Göçme Bölgesi'nde olduğunun göz önüne alınması şartı ile aşağıda belirtilen koşulları sağlayan binaların Göçme Öncesi Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir.

a) Herhangi bir katta göz önüne alınan deprem doğrultusu için, yapılan hasar tespiti sonucunda ikincil yani yatay yük taşıyıcı sistem elemanları dışındaki kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %20'si *Göçme Bölgesi'ne* geçebilir.

b) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, ilgili kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30 aşmaması gerekir. (Güçlü kolon-zayıf kiriş şartının sağlandığı kolonlar bu hesaba dâhil edilmez). Bu durumda binada can güvenliği tehlikesi söz konusudur.

Göçme Durumu : Bina Göçme Öncesi Performans Düzeyi'ni sağlayamıyorsa Göçme Durumu'ndadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır. Bu durumda binanın göçmesi beklenmektedir.



Şekil 3.14: Betonarme Binaların Performans Düzeyleri

3.5.8 Binalar için hedeflenen performans düzeyleri

Binaların performans hedefleri için yönetmelikte üç farklı deprem durumu tanımlanmaktadır. (Çizelge 3.6)

Kullanım Depremi: 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremdir. Ortalama dönüş periyodu yaklaşık 72 yıl olan bu depremin, binanın ömrü boyunca en az bir kere ortaya çıkması kuvvetle olasıdır. Maksimum deprem etkisi, tasarım depreminin yarısı (0.2g) olarak kabul edilir.

Tasarım Depremi: 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremdir. Ortalama dönüş periyodu 475 yıl olan bu deprem bina önem katsayısı 1 olan yeni konut binaları için göz önüne alınan deprem etkisine karşı gelmektedir. Maksimum deprem ivmesi 0.4g olarak kabul edilir.

En Büyük Deprem: 50 yılda meydana gelme olasılığı %2 olan yer hareketidir. 2475 yıllık dönüş periyodu ile oluşabilecek en büyük deprem olarak kabul edilir. Maksimum depremin etkisi tasarım depreminin 1.5 katı (0.6g) büyüklüğündedir.

Çizelge 3.6: Deprem Etkisi Parametreleri

Deprem Türü	Maksimum Deprem Etkisi (g)	50 Yılda Aşılma Olasılığı	Ortalama Dönüş Periyodu
Kullanım Depremi	0.2	%50	72 Yıl
Tasarım Depremi	0.4	%10	475 Yıl
En Büyük Deprem	0.6	%2	2475 Yıl

Mevcut veya güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesinde esas alınacak deprem düzeyleri ve bu deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri aşağıdaki Çizelge’de verilmiştir. (Çizelge 3.7)

3.5.8.1 Aşılma olasılığının hesaplanması

Sismik risk analizi en genel anlamda zaman bağımlı ve zamandan bağımsız olmak üzere iki model üzerine kuruludur. Aşılma olasılığı basit bir olasılık problemine dönüştürülüp hesaplanabilir. Dönüşüm periyodu 475 yıl olan yer hareketinin 50 yılda meydana gelme olasılığı Denklem (3.27) ile şu şekilde elde edilebilir;

$$R_d = \left[1 - \left(1 - \frac{1}{474} \right)^{50} \right] \quad (3.27)$$

$$\frac{1}{474} \quad : 1 \text{ yılda olma olasılığı}$$

$$\left(1 - \frac{1}{474} \right) \quad : 1 \text{ yılda olmama olasılığı}$$

$$\left(1 - \frac{1}{474} \right)^{50} \quad : 50 \text{ yılda olmama olasılığı}$$

$$\left[1 - \left(1 - \frac{1}{474} \right)^{50} \right] \quad : 50 \text{ yılda olma olasılığı}$$

Çizelge 3.7: Farklı Deprem Düzeyinde Binalar İçin Öngörülen Minimum Performans Hedefleri

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

3.5.9 Deprem hesabına ilişkin genel ilke ve kurallar

Deprem hesabının amacı, mevcut veya güçlendirilmiş binaların deprem performansını belirlemektir. Bu amaçla doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri kullanılabilir. Ancak, teorik olarak farklı yaklaşımları esas alan bu yöntemlerle yapılacak performans değerlendirmelerinin birebir aynı sonucu vermesi beklenmemelidir. Aşağıda tanımlanan genel ilke ve kurallar her iki türdeki yöntemler için de geçerlidir .

1) Deprem etkisinin tanımında, DBYBHY’07 2.4’de verilen elastik (azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılacak, ancak farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde DBYBHY’07 7.8’e göre yapılan değişiklikler göz önüne alınacaktır.

Deprem hesabında DBYBHY'07 2.4.2'de tanımlanan Bina Önem Katsayısı uygulanmayacaktır.

2) Binaların deprem performansı, yapıya etkiyen düşey yüklerin ve deprem etkilerinin birleşik etkileri altında değerlendirilecektir. Hareketli düşey yükler, DBYBHY'07 7.4.7'ye göre deprem hesabında göz önüne alınan kütleler ile uyumlu olacak şekilde tanımlanacaktır.

3) Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilecektir.

4) Deprem hesabında kullanılacak zemin parametreleri DBYBHY'07 Bölüm 6'ya göre belirlenecektir.

5) Binanın taşıyıcı sistem modeli, deprem etkileri ile düşey yüklerin ortak etkileri altında yapı elemanlarında oluşacak iç kuvvet, yerdeğiştirme ve şekildeğiştirmeleri hesaplamak için yeterli doğrulukta hazırlanacaktır.

6) Deprem hesabında göz önüne alınacak kat ağırlıkları DBYBHY'07 2.7.1.2'ye göre hesaplanacak, kat kütleleri kat ağırlıkları ile uyumlu olarak tanımlanacaktır.

7) Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yerdeğiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri göz önüne alınacaktır. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanacak, ayrıca ek dışmerkezlilik uygulanmayacaktır.

8) Mevcut binaların taşıyıcı sistemlerindeki belirsizlikler, binadan derlenen verilerin kapsamına göre DBYBHY'07 7.2'de tanımlanan bilgi düzeyi katsayıları aracılığı ile hesap yöntemlerine yansıtılacaktır.

9) DBYBHY'07 3.3.8'e göre kısa kolon olarak tanımlanan kolonlar, taşıyıcı sistem modelinde gerçek serbest boyları ile tanımlanacaktır.

10) Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki betonarme kesitlerin etkileşim diyagramlarının tanımlanmasına ilişkin koşullar aşağıda verilmiştir:

a) Analizde beton ve donatı çeliğinin DBYBHY'07 7.2'de tanımlanan bilgi düzeyine göre belirlenen mevcut dayanımları esas alınacaktır.

b) Betonun maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi 0.003, donatı çeliğinin maksimum birim şekildeğiştirmesi ise 0.01 alınabilir.

c) Etkileşim diyagramları uygun biçimde doğrusallaştırılarak çok doğrulu veya çok düzlemli diyagramlar olarak modellenebilir.

11) Betonarme sistemlerin eleman boyutlarının tanımında birleşim bölgeleri sonsuz rijit uç bölgeleri olarak göz önüne alınabilir.

12) Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri $(EI)_e$ kullanılacaktır. Daha kesin bir hesap yapılmadıkça, etkin eğilme rijitlikleri için aşağıda verilen değerler kullanılacaktır:

(a) Kirişlerde: $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$

(b) Kolon ve perdelerde, $N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0.10$ olması durumunda: $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$

$N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0.40$ olması durumunda: $(EI)_e = 0.80 (EI)_o$

Eksenel basınç kuvveti N_D 'nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir. N_D , deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu yüklerin gözönüne alındığı ve çatlamamış kesitlere ait $(EI)_o$ eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük hesabı ile belirlenecektir. Deprem hesabı için başlangıç durumunu oluşturan düşey yük hesabı ise, yukarıda belirtildiği şekilde elde edilen etkin eğilme rijitliği $(EI)_e$ kullanılarak, deprem hesabında esas alınan kütlelerle uyumlu yüklere göre yeniden yapılacaktır. Deprem hesabında da aynı rijitlikler kullanılacaktır.

13) Betonarme tablalı kirişlerin pozitif ve negatif plastik momentlerinin hesabında tabla betonu ve içindeki donatı hesaba katılabilir.

14) Betonarme elemanlarda kenetlenme veya bindirme boyunun yetersiz olması durumunda, kesit kapasite momentinin hesabında ilgili donatının akma gerilmesi kenetlenme veya bindirme boyundaki eksikliği oranında azaltılabilir.

15) Zemindeki şekildeğiştirmelerin yapı davranışını etkileyebileceği durumlarda zemin özellikleri analiz modeline yansıtılacaktır.

16) DBYBHY'07 Bölüm 2'deki modelleme esasları geçerlidir.

4. MEVCUT BİR OKUL BİNASI TAŞIYICI SİSTEMİ İÇİN YAPILAN SAYISAL İNCELEMELER

Bu bölümde kullanım amacı okul olan 4 katlı bir binanın performans düzeyinin TDY 2007'ye göre farklı yöntemlerle belirlenmesi ve sonuçların karşılaştırılarak incelenmesine yer verilmiştir.

Yapı taşıyıcı sistemi, x doğrultusunda 10 eksen, y doğrultusunda ise 4 eksenden oluşmaktadır. Merdiven bölümü ayrıca dikkate alınmadan döşeme olarak idealleştirilmiştir. Yapının kat yükseklikleri her katta 3 metre olup, yapı çerçeve sistem olarak teşkil edilmiştir (Şekil 4.1, Şekil 4.2).

Bölümde, TDY 2007'ye göre belirtilen hesap yöntemlerinden doğrusal elastik yöntem ve doğrusal elastik olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak binanın x doğrultusu için çözüm yapılmış ve performans düzeyleri belirlenmiştir. Taşıyıcı sistemin yeterli performans düzeyini sağlamadığı ve güçlendirilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Yapısal sistem modellerinin incelenmesinde farklı yazılımlardan faydalanılmıştır. Bunlardan ilki SAP 2000 [17] programıdır. Bu program, pek çok akademik ve güncel çalışmalarda kullanılan çok amaçlı ve ülkemizde kullanımı oldukça yaygın olan bir analiz programıdır. Bu bölümde programın statik itme analizi için programın nasıl kullanılacağı kısaca özetlenmiştir. Kullanılan diğer program XTRACT 3.5 [22] programıdır. Programa taşıyıcı eleman kesitleri, enine ve boyuna donatı miktarları ve yerleşimi girilmiş, mevcut malzeme ve birim şekil değiştirme sınırları tanımlanmıştır. Kesitler mevcut eksenel yük ve moment etkisi dikkate alınarak artan kuvvet etkileri altında analiz edilmiştir. Analiz sonucu oluşan moment ve normal kuvvet kapasiteleri ile beton ve donatı çeliğinde farklı moment değerleri için meydana gelen birim şekil değiştirmeler alınmış ve hesaplamalarda kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan bir diğer program da statik itme analizlerinde kullanılan, Yeni Zelanda kaynaklı RUAUMOKO 2D [16] programıdır. Programa veri girişi çerçevelerin ucuca eklenmesi ile yapılmış, çerçeveler rijit elemanlarla birbirine bağlanmıştır.

4.1 Yapı Taşıyıcı Sistemi

4.1.1 Bina genel parametreleri

Bina Bilgileri

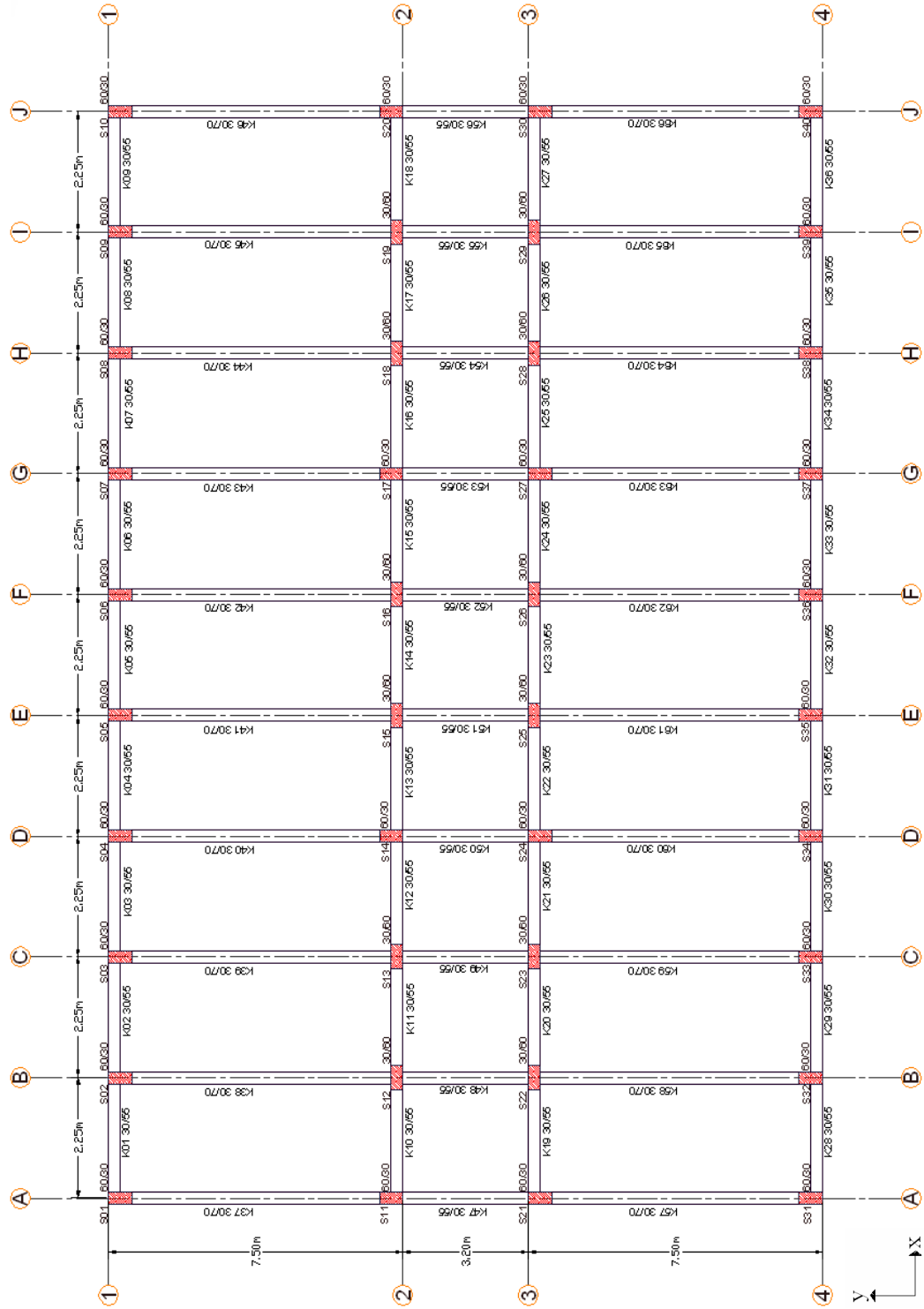
• Kat Adedi	4
• Bina Kat Yüksekliği	3 m
• Toplam Bina Yüksekliği	12 m
• Bina Oturma Alanı	390 m ²
• Kullanım Amacı	Okul

Malzeme Bilgileri

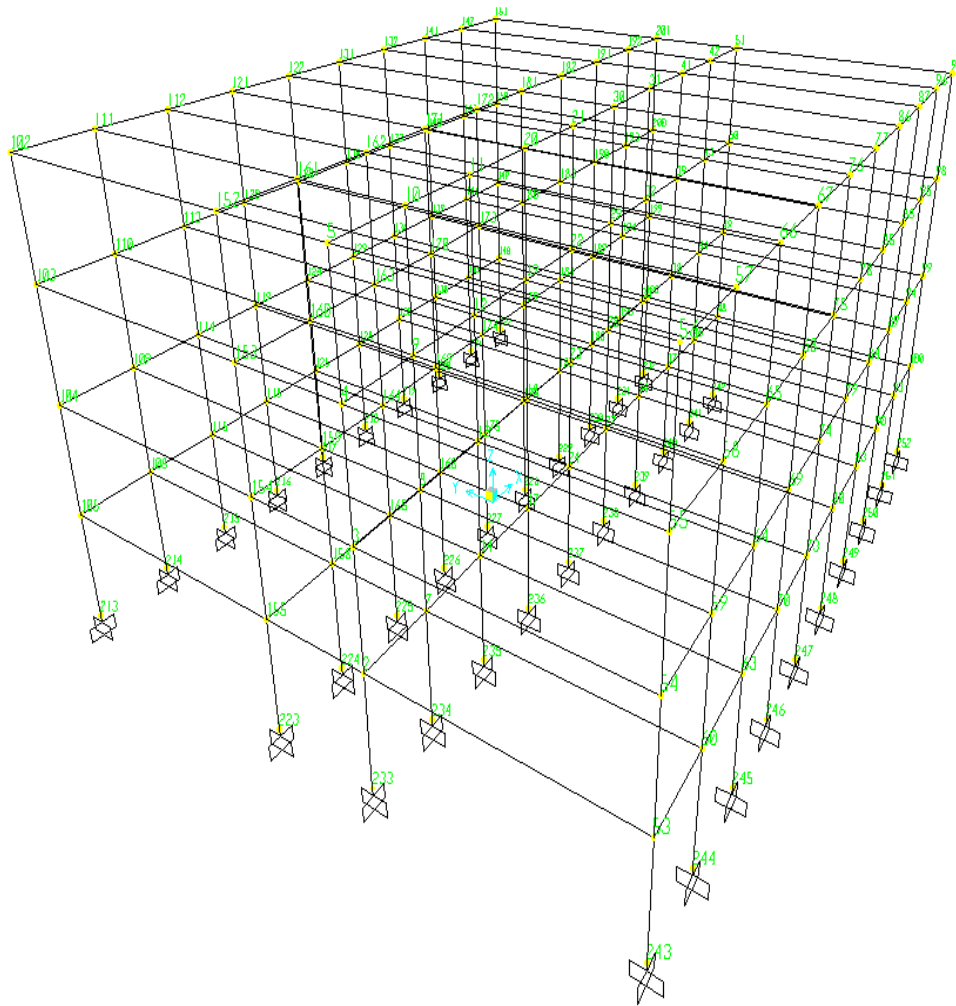
• Beton	C16 ($f_{ck}=16$ MPa)
• Donatı Çeliği	S220 ($f_{yk}=220$ MPa)
• Betonarme Elastisite Modülü	27000 MPa
• Donatı Çeliği Elastisite Modülü	200000 MPa
• Beton Malzeme Güvenlik Katsayısı	1
• Donatı Çeliği Malzeme Güvenlik Katsayısı	1

Proje Parametreleri

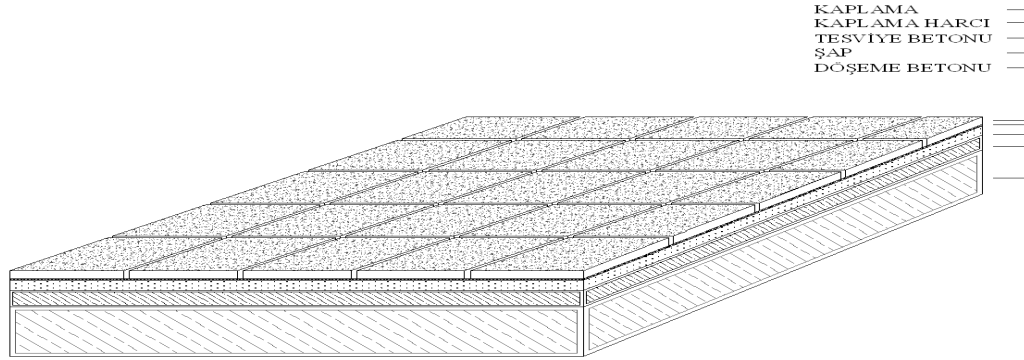
• Deprem Bölgesi	1
• Etkin Yer İvme Katsayısı	0.40
• Bina Kalıp Planları	Mevcut
• Betonarme Uygulama Çizimleri	Mevcut Değil
• Bilgi Düzeyi	Orta
• Bilgi Düzeyi Katsayısı	0.90
• Donatı Gerçekleşme Katsayısı	1



Şekil 4.1: Birinci Kat Kalıp Planı



4.1.2 Düşey yük analizi



Şekil 4.3: Döşeme Yük Analizi

Döşeme Yüğü Analizi

		γ (kN/m ³)		h (m)		Toplam
Döşeme Betonu	:	25	x	0.15	=	3.75 kN/m ²
Şap	:	20	x	0.02	=	0.4 kN/m ²
Tesviye Betonu	:	20	x	0.01	=	0.2 kN/m ²
Kaplama	:	22	x	0.02	=	0.44 kN/m ²
Toplam	:				=	4.80 kN/m ²

G (Döşeme sabit yükü) : 4.80 kN/m²

Q (Sınıf hareketli yükü) : 3.50 kN/m²

Q (Koridor hareketli yükü) : 5.00 kN/m²

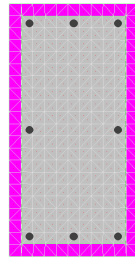
Duvar Yüğü Analizi

		γ (kN/m ³)		b (m)		h (m)		Toplam
19 cm Delikli Tuğla	:	13.5	x	0.20	x	2.40	=	6.48 kN/m ²
Sıva	:	20	x	0.04	x	2.40	=	1.92 kN/m ²
Toplam	:							8.40 kN/m ²

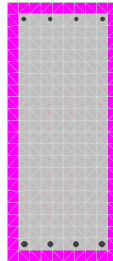
4.1.3 Kullanılan Kesitler ve Donatıları

Örnek alınan binanın kalıp planları mevcut, uygulama detay projeleri mevcut değildir. Bu durumda Deprem Yönetmeliği 7.2.6'ya göre bina bilgi düzeyi “orta” olarak belirlenmiş ve bilgi düzeyi katsayısı 0.90 alınmıştır. Kesitlerde Şekil 4.4’de verilen donatıların bulunduğu kabul edilmiş ve donatı gerçekleşme katsayısı da 1 alınmıştır. Taşıyıcı sistemde 30/55cm ve 30/70cm boyutlarında iki tip kiriş bulunmaktadır. Tüm kolonlar, 30x60cm boyutlarındadır.

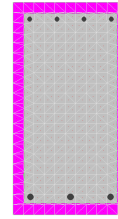
Şekil 4.4: Kolon, Kiriş Boyutları, Donatı Miktarı ve XTRACT Modelleri



30x60 Kolon
BS16, S220
8Ø16 mm



30/70 Kiriş
BS16, S220
4Ø12 mm(üst)
4Ø16 mm(alt)



30/55 Kiriş
BS16, S220
4Ø12 mm(üst)
3Ø16 mm(alt)

4.1.4 Bina Toplam Ağırlığı

Bina toplam ağırlığı W ;

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (4.1)$$

denklemleri ile tanımlanır. Kat ağırlıkları ise.

$$w_i = G_i + nQ_i \quad (4.2)$$

formülü yardımıyla hesaplanacaktır.

İncelenen binanın kullanım amacı okul olduğundan dolayı, hareketli yük katılım katsayısı (n) 0.60 olarak belirlenmiştir. Buna göre bina toplam ağırlığı W=19200kN ve doğal öteleme periyodu T₁=0.73s olarak hesaplanmıştır.

4.2 Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri İle Belirlenmesi

Bu bölümde mevcut okul binasının performans düzeyi, doğrusal elastik hesap yöntemlerinden “Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi” kullanılarak belirlenecektir. Binanın kullanım amacının okul olması dolayısı ile 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremde Hemen Kullanım, 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem etkisinde Can Güvenliği performans hedefini sağlaması öngörülmektedir. İlerleyen bölümlerde 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem için tasarım depremi, 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem için şiddetli deprem ifadeleri kullanılacaktır. Mevcut durumun incelenmesinde tasarım depremi kullanılmıştır.

4.2.1 Bina bilgi düzeyi

Binanın kalıp planları mevcut, uygulama detay projeleri mevcut değildir. Malzeme özellikleri ve zemin etüd raporu daha önce yapılmış deney ve laboratuvar sonuçlarından alınmış ve projeye tamamen uyduğu kabul edilmiştir. Bu durumda Deprem Yönetmeliği 7.2.6’ya göre bina bilgi düzeyi “orta” olarak belirlenmiş ve bilgi düzeyi katsayısı 0.90 alınmıştır. Kesitlerde minimum donatı bulunduğu kabul edilmiş ve donatı gerçekleşme katsayısı da 1 alınmıştır.

4.2.2 Analiz modelinin oluşturulması

Yatay yükler binaya ek dışmerkezlik göz önüne alınmaksızın etkilmiştir. Eşdeğer deprem yükü uygulanırken taban kesme kuvveti hesabında deprem yükü azaltma katsayısı $R_a=1$ ve bina önem katsayısı $I=1$ alınmıştır. Ayrıca söz konusu binanın taban kesme kuvvetinin hesabında, kat adedi 2’den fazla olduğu için Denklem 4.1’in sağ tarafı $\lambda= 0.85$ ile çarpılmıştır.

4.2.3 Artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabilirliği

Sistemde hesaplanan burulma katsayısı $\eta_{bi}=1.17$ olup, $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunu sağlamaktadır. Kat sayısı 8 kat (25m) sınır değerini aşmamaktadır. Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranının en az 0.70 olması zorunludur.

4.2.4 Binaya gelen eşdeğer deprem yükünün belirlenmesi

Binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü ;

$$V_t = \frac{W \cdot A(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 \cdot A_0 \cdot I \cdot W \quad (4.3)$$

denklemini ile tanımlanır. Bağlantıda yer alan $A(T_1)$ spektral ivme katsayısı, Denklem (4.4) ile bulunur.

$$A(T) = A_0 \cdot I \cdot S(T) \quad (4.4)$$

A_0 : etkin yer ivme katsayısı, deprem bölgesine bağlı olup hesabı yapılan bina için 0.40 olarak hesaba katılacaktır.

$S(T)$: Spektrum katsayısı, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T 'ye bağlı olarak Denklem (4.5a), (4.5b) ve (4.5c) ile hesaplanır.

$$S(T) = 1 + 1.5 \cdot T / T_A \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (4.5a)$$

$$S(T) = 2.5 \quad (T_A < T \leq T_B) \quad (4.5b)$$

$$S(T) = 2.5 \cdot (T_B / T)^{0.8} \quad (T > T_B) \quad (4.5c)$$

T_A ve T_B Spektrum karakteristik periyotları, yerel zemin sınıflarına bağlı olup Z2 zemin sınıfı için 0.15s ve 0.40s olarak hesaba katılacaktır. Buna göre,

$$S(T_1) = 2.5 \left(\frac{0.40}{0.73} \right)^{0.8} = 1.545$$

$$A(T) = A_0 \cdot I \cdot S(T) = 0.4 \cdot 1 \cdot 1.545 = 0.618$$

olarak hesaplanmıştır.

4.2.4.1 Katlara gelen yatay kuvvetinin hesabı

Eşdeğer deprem yükü hesabında deprem yükü azaltma katsayısı $R_a=1$ ve bina önem katsayısı $I=1$ alınmış, denklemin sağ tarafı $\lambda= 0.85$ ile çarpılmıştır. Sistem, doğrusal

denklem takımlarından oluştuğu için tasarım depremi etkisinde hesap yapılmıştır. Çizelge 4.1’de katlara gelen eşdeğer deprem yüklerinin hesabı gösterilmiştir.

Toplam eşdeğer yükü, bina katlarına etkileyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak Denklem 4.6 ile ifade edilir.

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (4.6)$$

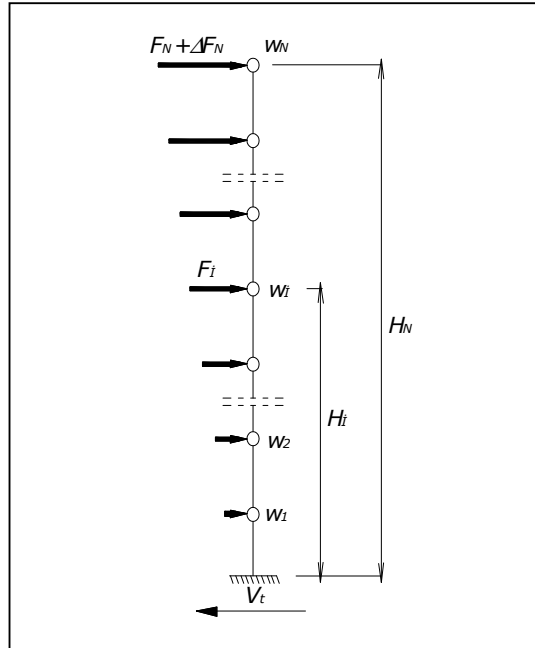
Binanın N’inci katına (tepesine) etkileyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N ’ in değeri Denklem 4.7 ile belirlenecektir.

$$\Delta F_N = 0.0075 N V_t \quad (4.7)$$

Toplam eşdeğer yükün ΔF_N dışında kalan kısmı N’inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına Denklem 4.8 ile dağıtılacaktır.

$$F_{it} = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (4.8)$$

Katlara etkileyen yatay kuvvetler ise Şekil 4.5’de verilmiştir.



Şekil 4.5: Katlara Gelen Yatay Kuvvetler

Buna göre tasarım depremi için toplam eşdeğer deprem yükü:

$$V_t = \frac{W \cdot A(T_1)}{R_a(T_1)} \times \lambda = \frac{19200 \times 0.618}{1} \times 0.85$$

$$V_t = 10085.76 \text{ kN}$$

$$\Delta F_N = 0.0075 \times 4 \times 10085.76 = 302.57 \text{ kN}$$

$$V_t - \Delta F_N = 10085.76 - 302.57 = 9783.19 \text{ kN}$$

olarak hesaplanır.

Çizelge 4.1: Tasarım Depremi İçin Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı

Kat	h_i (m)	H_i (m)	W_i (kN)	Oran	F_i (kN)	$F + \Delta F_N$ (kN)
4	3	12	4800.0	0.40	3913.27	4215.84
3	3	9	4800.0	0.30	2934.95	3237.52
2	3	6	4800.0	0.20	1956.64	2259.21
1	3	3	4800.0	0.10	978.32	1280.89
Toplam			19200.0	1	9783.19	10993.56

4.2.5 Yapı elemanlarında hasar düzeylerinin belirlenmesi

Çalışmanın bu kısmında betonarme sünek elemanların hasar düzeylerinin belirlenmesinde etki/kapasite oranları (r) olarak ifade edilen sayısal değerler kullanılacaktır. Kırılma türleri eğilme olan betonarme elemanlar sünek olarak sınıflandırılmıştır.

4.2.5.1 Kirişlerin hasar düzeylerinin belirlenmesi

Kirişlerde sağ ve sol uçlar için her ucun alt ve üstü olmak üzere hesap yapılmış her kiriş için dört farklı etki/ kapasite oranı belirlenmiş olup en elverişsiz olanı değerlendirmeye alınmıştır. Etki / kapasite oranlarının belirlenmesi sırasında öncelikle düşey yüklemelerden oluşan kiriş eğilme momentleri (M_D) SAP 2000 programından alınmıştır. Sonrasında kiriş taşıma gücü momentleri hesaplanmış

burada pekleşme etkisi göz önüne alınmamıştır. Bu adımdan sonra Denklem 4.9 kullanılarak artık moment kapasitesi hesaplanmıştır.

$$M_A = M_K - M_D \quad (4.9)$$

Deprem yükleri altında oluşan M_E momentleri SAP 2000 programından alınmış [14], etki / kapasite oranları Denklem 4.10 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$r = \frac{M_E}{M_A} \quad (4.10)$$

Buna göre, zemin kat K02 kirişinin hesabı örnek olarak aşağıda verilmiştir.

SAP2000 programından, $M_D=(-)$ 2.65 kNm olarak bulunmuş ve kiriş kapasitesi $M_K=77.89$ kNm ve artık moment kapasitesi $M_A=80.54$ kNm olarak hesaplanmıştır.

Deprem yükleri altında, $M_E=255.35$ kNm olarak bulunmuş ve etki/kapasite oranı

$$r = \frac{255.35}{80.54} = 3.17 \text{ olarak bulunmuştur.}$$

Kiriş hasar sınırları, her bir kiriş için sargılama bilgisi, $(\rho-\rho') / \rho_b$ ve $V_e / (b_w d f_{ctm})$ değerlerine göre belirlenmiş ve ara değerler için enterpolasyon yapılmıştır. x doğrultusu için, bu bölümde bahsi geçen değerler Ek A'da, kiriş etki/kapasite oranları ise Ek B'de sunulmuştur

4.2.5.2 Kolonların hasar düzeylerinin belirlenmesi

Kolonların eğilme momentleri M_D ve deprem yükleri altında oluşan M_E momentleri SAP 2000 programından alınmıştır. Kolon taşıma gücü momentleri, Deprem Yönetmeliği'nde belirtilen grafik yöntemine göre yapılmıştır. Düşey yüklerden oluşan N_D eksenel kuvvetleri ve deprem yüklemelerinden oluşan N_E eksenel kuvvetleri elde edilmiştir. Kapasite hesabı için kolon etkileşim diyagramının bulunduğu analitik düzleme M_E, N_E çifti ve M_D, N_D çifti işaretlenerek doğrusal olarak birleştirilmiştir. Oluşturulan bu doğrunun kolon etkileşim diyagramını kestiği nokta moment kapasitesi ve eksenel kuvvet kapasitesini vermektedir. Denklem 4.11 kullanılarak artık moment kapasitesi Denklem 4.12 kullanılarak ise artık eksenel kuvvet kapasitesi hesaplanmıştır.

$$M_A = M_K - M_D \quad (4.11)$$

$$N_A = N_K - N_D \quad (4.12)$$

Etki / kapasite oranları Denklem 4.13 yardımıyla hesaplanır.

$$r = \frac{M_E}{M_A} = \frac{N_E}{N_A} \quad (4.13)$$

x doğrultusu için, bu bölümde bahsi geçen değerler Ek C'de, kolon etki/kapasite oranları ise Ek D'de sunulmuştur. Kolon hasar sınırları, her kolon için sargılama durumu, $N_K/A_c f_{cm}$ ve $V_e/(b_w d f_{ctm})$ değerlerine göre belirlenmiş ara değerler için enterpolasyon yapılmıştır.

S01 kolonu için örnek teşkil etmesi bakımından kapasite momentinin grafiksel olarak hesabı Şekil 4.6'da gösterilmiş ve etki/kapasite oranı aşağıda verildiği gibi hesaplanmıştır.

Buna göre, düşey yüklemelerden oluşan moment ve normal kuvvet değerleri

$$M_D = 19.91 \text{ kNm} , N_D = -292.239 \text{ kN}$$

x Doğrultusunda deprem etkisinden dolayı oluşan moment ve normal kuvvet çifti,

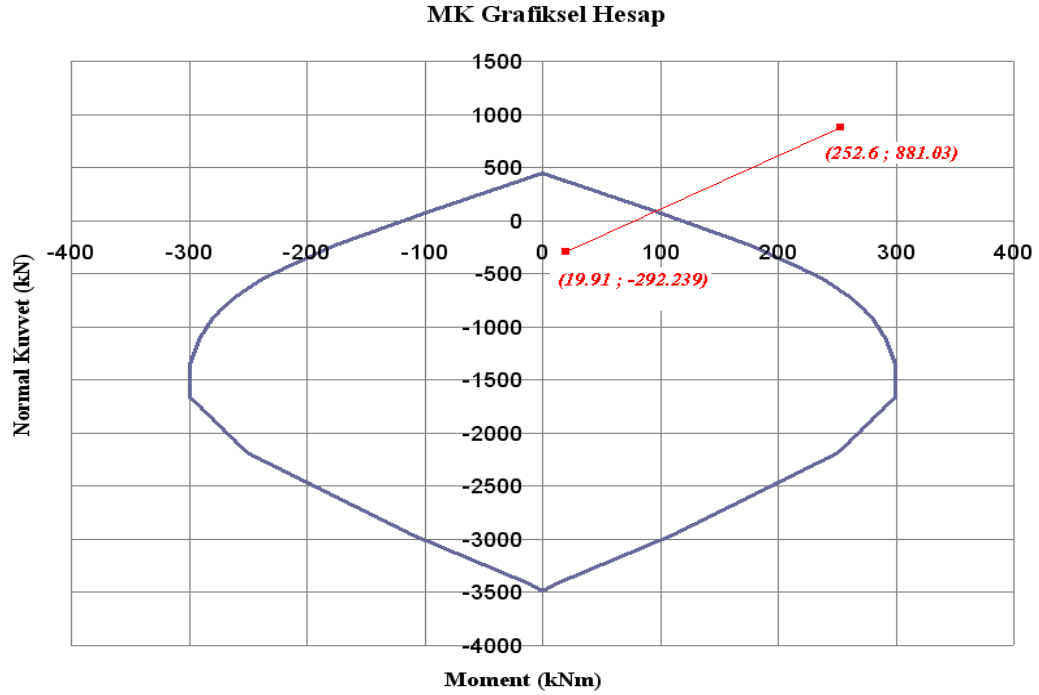
$$M_E = 252.60 \text{ kNm} , N_E = 881.03 \text{ kN}$$

Elde edilen moment normal kuvvet çiftleri kolon etkileşim diyagramı üzerinde işaretlendiğinde oluşan doğru parçasının akma eğrisi ile kesiştiği noktanın koordinatları M_K , N_K çiftini vermektedir. Buradan

$$M_K = 97,68 \text{ kNm}$$

$$M_A = 97,68 - 19.91 = 77.77 \text{ kNm}$$

$$r = 252.60 / 77.77 = 3.24 \text{ değeri hesaplanır.}$$



Şekil 4.6: x Doğrultusunda S01 Kolonun Moment Kapasitesi Hesabı

4.2.6 Bina performansının belirlenmesi

Analiz sonuçlarına göre kolon ve kirişler minimum, belirgin ve ileri hasar bölgelerine geçmişlerdir. Taşıyıcı sistemin hemen kullanım performans düzeyini sağlaması için yönetmelikte sadece kirişlerin %10'unun belirgin hasar bölgesine geçmiş olmasına izin verilmiştir. x ve y doğrultularında eleman hasar durumları, Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.2: x Doğrultusu Eleman Hasar Durumları

	Eleman	Minimum Hasar	Belirgin Hasar	İleri Hasar	Göçme
3. Kat	Kiriş	66 (%100)	0	0	0
	Kolon	6 (%15)	34 (%85)	0	0
2. Kat	Kiriş	48 (%73)	18 (%27)	0	0
	Kolon	0	40 (%100)	0	0
1. Kat	Kiriş	44 (%67)	16 (%24)	6 (%9)	0
	Kolon	0	40 (%100)	0	0
Zemin K.	Kiriş	30 (%45)	30 (%45)	6 (%9)	0
	Kolon	2 (%5)	26 (%65)	12 (%30)	0

Çizelge 4.3: y Doğrultusu Eleman Hasar Durumları

	Eleman	Minimum Hasar	Belirgin Hasar	İleri Hasar	Göçme
3. Kat	Kiriş	66 (%100)	0	0	0
	Kolon	18 (%45)	18 (%45)	4 (%10)	0
2. Kat	Kiriş	44 (%67)	22 (%33)	0	0
	Kolon	11 (%28)	27 (%68)	2 (%5)	0
1. Kat	Kiriş	42 (%64)	21 (%32)	3 (%5)	0
	Kolon	4 (%10)	34 (%85)	2 (%5)	0
Zemin K.	Kiriş	42 (%64)	20 (%30)	4 (%6)	0
	Kolon	7 (%18)	32 (%80)	1 (%3)	0

Taşıyıcı sistemin hemen kullanım performans düzeyini sağlaması için tüm kolonların hasar durumlarının minimum hasar bölgesinde olması gerekirken, bu durumu sağlayan çok az sayıda kolon bulunduğu, büyük bir kısmının belirgin hasar bölgesinde, bir kısmının da ileri hasar bölgesinde olduğu görülmektedir. Hedeflenen performans durumu için, kirişlerin sadece %10'unun belirgin hasar bölgesinde olması, diğerlerinin minimum hasar bölgesinde olması gerekmektedir. x ve y doğrultularında, bu koşul sadece en üst katta sağlanabilmiş, diğer tüm katlarda bu oran %10'un üzerinde kalmıştır. Buna göre yapının taşıyıcı sisteminin mutlaka güçlendirilmesi gerekmektedir.

4.3 Depremde Bina Performansının Doğrusal Olmayan Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle Belirlenmesi

Bu bölümde mevcut okul binasının performans düzeyi, doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinden “Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi” kullanılarak belirlenecektir. Binanın kullanım amacının okul olması dolayısı ile 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremde Hemen Kullanım, 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremde Can Güvenliği performans hedefini sağlaması öngörülmektedir.

İtme analizi kısmı SAP 2000 [17] yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Yığılı plastik davranışı temsil etmesi bakımından kolon ve kirişlerin her iki ucuna plastik mafsal atanmıştır. Plastik mafsal özellikleri XTRACT [22] yazılımı yardımı ile yönetmelikte tanımlanan malzeme modeli kullanılarak tespit edilmiştir. İşlem aşamaları örnek bir kiriş ve kolon seçilerek detaylı anlatılmış diğer elemanlar için çizelge halinde sunulmuştur.

Binanın projeleri mevcuttur. Malzeme özellikleri ve betonarme detayları daha önce yapılmış deney ve laboratuvar sonuçlarından alınmıştır ve projeye tamamen uyduğu kabul edilmiştir. Bu durumda Deprem Yönetmeliği 7.2.6’ya göre bina bilgi düzeyi “orta” olarak belirlenmiş ve bilgi düzeyi katsayısı 0.90 alınmıştır

Analize etkin eğilme rijitlikleri tanımlanması ile devam edilmiştir. Bu değer kirişlerde 0.40 katsayısı ile çarpılarak elde edilmiştir. Kolonlarda ise öncelikle sistem deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu olan düşey işletme yükleri altında hesaplanarak kolon normal kuvvetleri bulunmuştur. Bulunan değerler malzeme dayanımına ve enkesit alanına bölünerek elde edilen sonuç Deprem Yönetmeliği’nde madde 7.4.13 ile belirtilen sınır değerler ile karşılaştırılıp eğilme rijitliklerinin hesabı yapılmıştır.

4.3.1 Artımsal eşdeğer deprem yüğü yönteminin uygulanabilirliği

Sistemde hesaplanan burulma katsayısı $\eta_{bi}=1.17$ olup, $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunu sağlamaktadır. Kat sayısı 8 kat (25m) sınır değerini aşmamaktadır. Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlenin toplam bina kütesine oranının en az 0.70 olması zorunludur.

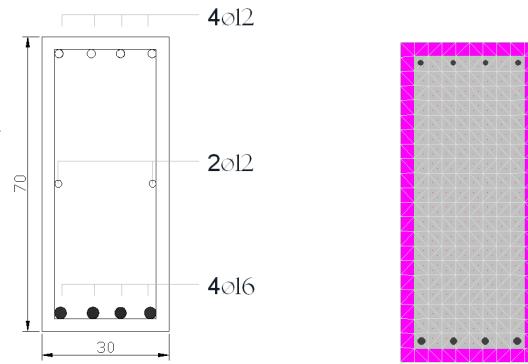
4.4 SAP 2000 ile Artımsal İtme Analizi

4.4.1 Kesitlerin plastik özelliklerinin tanımlanması

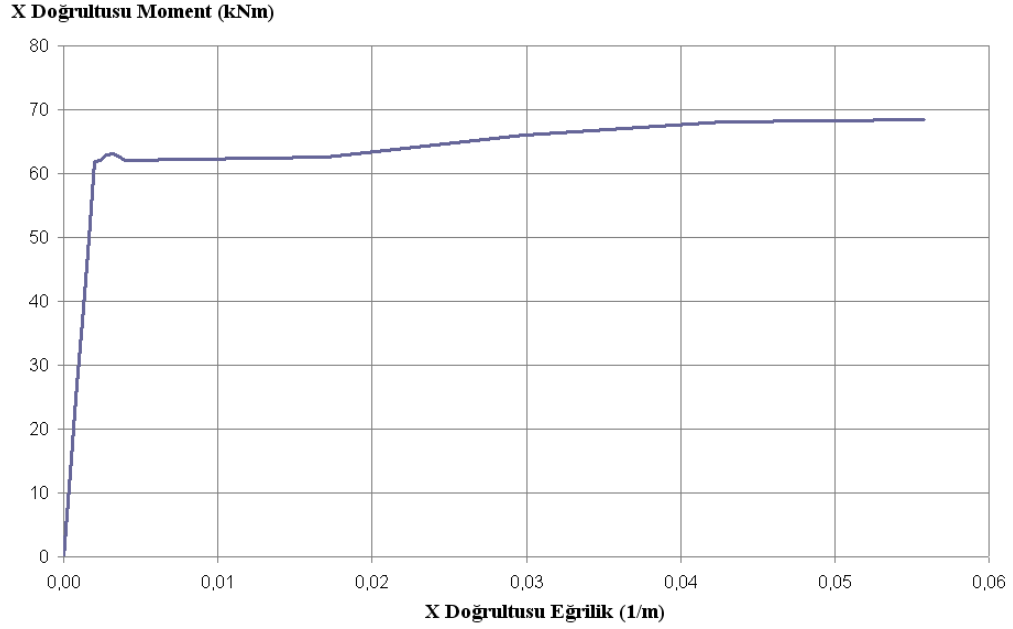
Kiriş ve kolonlar için eleman uçlarına tanımlanacak olan plastik kesitlerin akma yüzeylerinin modellenmesinde Deprem Yönetmeliği madde 7.6.4.4 (a) ve (b) ye göre mevcut malzeme dayanımları dikkate alınmıştır. Bu dayanım değerlerine güvenlik katsayıları uygulanmamış buna karşın bilgi düzeyi katsayıları ile çarpılmıştır. Hesaplamalarda betonun en büyük basınç birim şekildeğiştirmesi 0.003, donatı çeliğinin en büyük birim şekildeğiştirmesi ise 0.01 alınmıştır.

4.4.1.1 Kirişler için plastik kesit özelliklerinin tanımlanması

Kirişler için iç kuvvet-plastik şekildeğiştirme bağıntılarını tanımlamak amacıyla bir eksenli eğilme analizi yapıp kesitlere ait değerler hesaplanmıştır. TDY2007 7.6.4.5.(a)'ya dayanarak taşıma gücü momentinin hesabında pekleşme etkisi göz önüne alınmamıştır. Öncelikle kirişler mevcut donatı düzenlerine göre sınıflandırılmış ve tiplere ayrılmışlardır. Binada 2 farklı tipte donatı düzenine sahip kiriş olduğu belirlenmiş tip bazında veriler hesaplanmış ve o tipi temsil eden bütün elemanlara atanmıştır. Kirişin XTRACT yazılımında tanımlanan donatı düzeni Şekil 4.7'de görülmektedir. Malzeme tanımları ise Bölüm 2.1'de açıklandığı gibi programa girilmiştir. Kesit analizi sonucunda elde edilen plastik moment eğrilik ilişkisi Şekil 4.8'de gösterilmiştir. Yönetmelik gereğince kiriş yüksekliği 60 cm den büyük olduğu için gövde donatısı yerleştirilmiş ancak seçilen gövde donatı konstrüktif olup XTRACT [22] analiz modeline ve hesaplara yansıtılmamıştır .



Şekil 4.7: K37 Kirişi İçin Boyut, Donatı Bilgisi ve XTRACT Modeli



Şekil 4.8: K37 Kirişi Moment Eğrilik İlişkisi

Kirişin plastik moment değerleri aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

Pozitif eğilme momenti

(+) MPa = 69.82 kNm

Negatif eğilme momenti

(-) MPa = 118.20 kNm

Plastik mafsalları boyu ise kesit yüksekliğinin yarısı olarak hesaplanır.

$$l_p = \frac{70}{2} = 35 \text{ cm}$$

Akma anındaki eğrilik değeri 2.274×10^{-3} 1/m okunmuş ve plastik mafsalları boyu ile çarpılması sonucu elastik pozitif moment için dönme değeri bulunmuştur.

$$\theta_e = 2.274 \times 10^{-3} \times 0.35 = 0.795 \times 10^{-3}$$

Elde edilen taşıma gücü momentleri ve akma anındaki elastik dönme değerleri SAP 2000 programına veri olarak girilmiştir. Bu tanımlama ile itme analizi yapılabilir ancak analiz ekranında istenilen sonuçları elde etmek amacıyla beton ve donatı çeliği

için yönetmelikte tarif edilen birim şekil değiştirme sınır değerlerinin de tanımlanması gerekmektedir. Dolayısıyla adı geçen bu sınır değerler, her bir hasar durumu için akma anındaki elastik dönmenin katları olarak girilmiştir.

Bu kiriş için kesit minimum hasar sınırına karşılık gelen çelikteki $(\epsilon_s)_{MN} = 0.010$ birim şekildeğiştirmesi için kesitteki plastik dönme XTRACT programından 0.00569 rad olarak okunmuştur. Bu değer akma anındaki elastik dönme değerinin 7.1 katıdır ve SAP 2000'e Minimum Hasar Sınırı için bu değer girilmiştir.

Bu kiriş için kesit güvenlik sınırına karşılık gelen çelikteki $(\epsilon_s)_{GV} = 0.040$ birim şekildeğiştirmesi için kesitteki plastik dönme XTRACT programından 0.0228 rad olarak okunmuştur. Bu değer akma anındaki elastik dönme değerinin 28.65 katıdır ve SAP 2000'e Güvenlik Sınırı için bu değer girilmiştir.

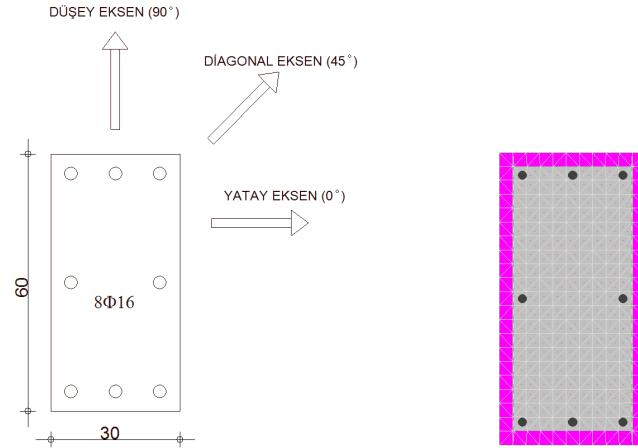
Ele alınan kiriş için kesit göçme sınırına karşılık gelen çelikteki $(\epsilon_s)_{GC} = 0.060$ birim şekildeğiştirmesi için kesitteki plastik dönme XTRACT programından 0.034 rad olarak okunmuştur. Bu değer akma anındaki elastik dönme değerinin 42.84 katıdır ve SAP 2000'e Göçme Sınırı için bu değer girilmiştir.

Bu sayede tüm tip kesitler bir defa tanımlandıktan sonra binanın her bir performans sınırı için kesit hasar değerleri programdan çıktı olarak alınabilmektedir.

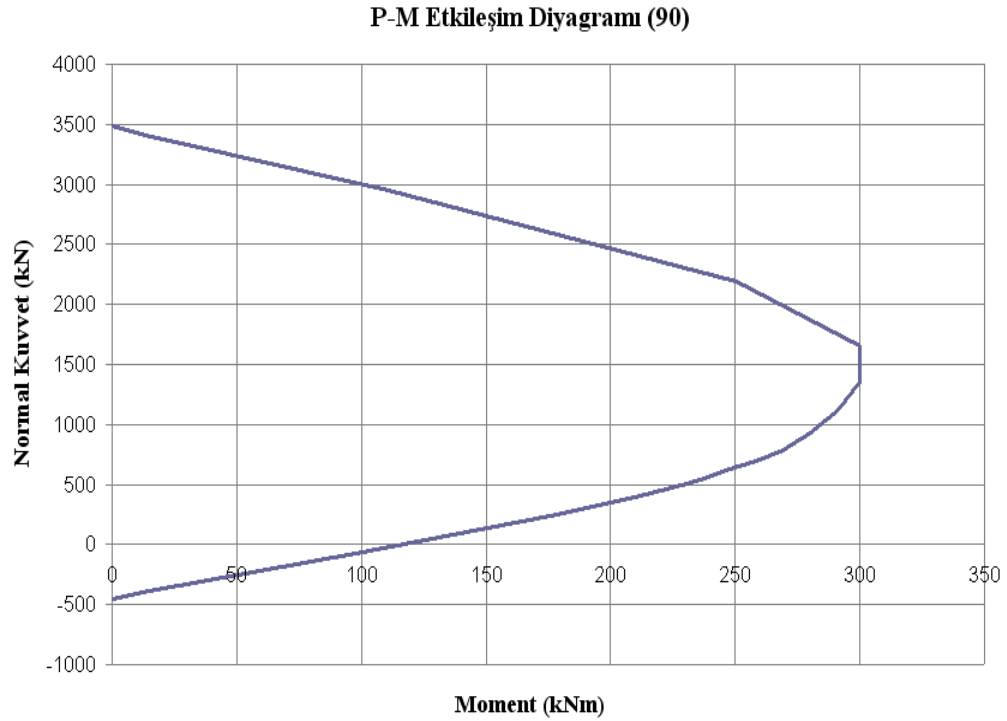
4.4.1.2 Kolonlar için plastik kesit özelliklerinin tanımlanması

Kolonlar için plastik mafsallık özelliklerinin atanması, normal kuvvetin değişmediği kabulü ile programa normal kuvvet değeri verilerek iki eksenli eğilme durumu veya normal kuvvetin de değiştiği kabul edilerek üç değişkenli durum ile yapılabilir. Bu çalışmada normal kuvvet değişken kabul edilerek kolonlara P-M2-M3 mafsallık atanmıştır. Kolonlar da kirişler gibi tip bazında incelenmiş olup her tip için akma eğrileri 0, 45 ve 90 derecelik açılarla oluşturulmuş üç farklı akma eğriliği tanımlanmıştır. Akma eğrileri oluşturulurken Bölüm 4.3.2'de tariflendiği üzere betonun en büyük basınç birim şekildeğiştirmesi 0.003, donatı çeliğinin en büyük birim şekildeğiştirmesi ise 0.01 alınmıştır. Burada S01 kolonu üzerinde işlem yapılan 0 ve 90 derecelik açı için akma eğrileri Şekil 4.10 ve Şekil 4.11'de gösterilmiş olup donatı düzeni ise Şekil 4.9'da görüldüğü gibidir.

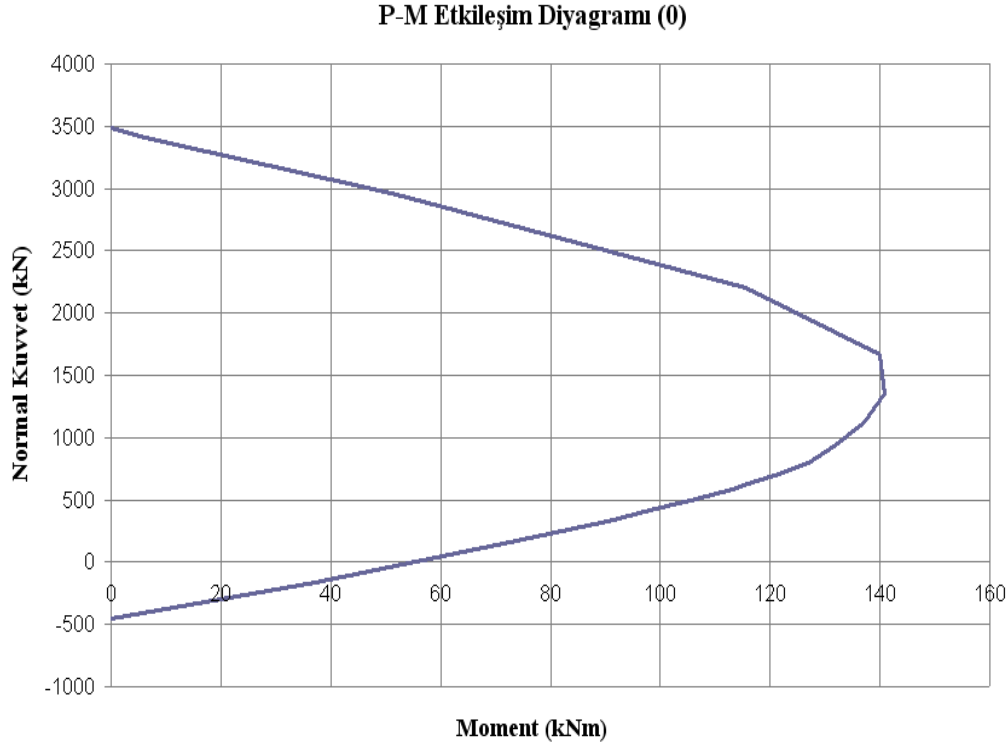
Kolon hasar durumları belirlenmesinde normal kuvvet yönünde de mafsall tanımlı yapıldığından her bir hasar durumu için normal kuvvet eğrilik diyagramları çizilip hangi hasar sınırında bulunduğu diyagram üzerinde tespit edilecektir.



Şekil 4.9: S01 Kolonu Boyut, Donatı Bilgisi ve XTRACT Modeli



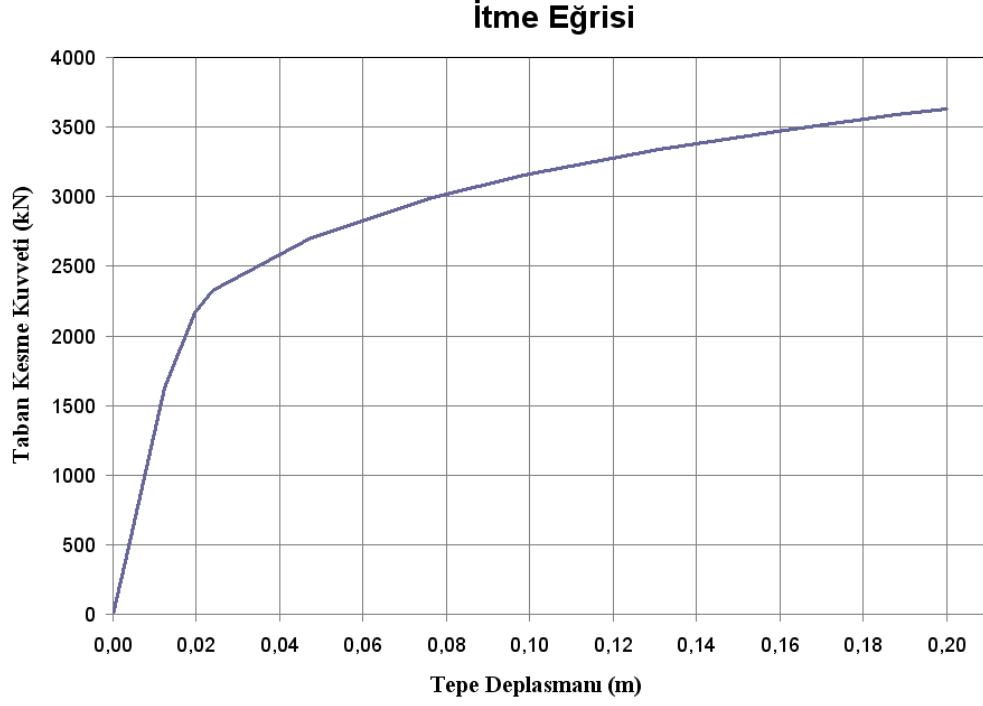
Şekil 4.10: 90° Ekseni Etrafında P-M Etkileşim Diyagramları



Şekil 4.11: 0° Eksen Etrafında P-M Etkileşim Diyagramları

4.4.2 Artımsal itme analizi

TDY 2007 7.6.3.(b)'ye göre artımsal itme analizinden önce, kütlelerle uyumlu düşey yüklerin göz önüne alındığı bir doğrusal olmayan statik analiz yapılmıştır. Bu analizin sonuçları, artımsal itme analizinin başlangıç koşulları olarak dikkate alınmıştır. Artımsal itme analizi sırasında, eşdeğer deprem yükü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayımı yapılmıştır (TDY 2007 7.6.5.3). Buna göre, her iki doğrultuda birinci doğal titreşim modu ile orantılı olarak katlara gelen yükler altında yapılan itme analizinden, eksenleri tepe yerdeğiştirmesi ve taban kesme kuvveti olan itme eğrileri elde edilmiştir. Bu şekilde elde edilen x doğrultusu itme eğrisi Şekil 4.12 ile sunulmuştur.



Şekil 4.12: x Doğrultusunda İtme Eğrisi

4.4.3 Modal kapasite diyagramlarının elde edilmesi

Eksenleri tepe yerdeğiştirmesi - taban kesme kuvveti olan itme eğrisini, eksenleri modal yerdeğiştirme - modal ivme olan modal kapasite diyagramına çevirirken etkin kütle ve modal katkı çarpanının belirlenmesinde aşağıdaki denklemler kullanılmıştır. Burada m kat kütlesi, Φ_{x1} birinci moddaki kat yerdeğiştirmesi vektör elemanları olup, M_{x1} ifadesi birinci modal kütleyi ve Γ_{x1} ifadesi x deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanını tanımlamaktadır.

$$M_{x1}^* = \Phi_{x1}^T m \Phi_{x1} \quad (4.14)$$

$$L_{x1}^* = \Phi_{x1}^T m 1 \quad (4.15)$$

$$\Gamma_{x1} = L_{x1r}^* / M_{x1r}^* \quad (4.16)$$

$$M_{x1} = L_{x1r}^{*2} / M_{x1r}^* \quad (4.17)$$

Yapılan hesaplamaların sonuçları Çizelge 4.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4: Etkin Kütle Ve Modal Katkı Çarpanının Belirlenmesi

Kat	W _i (kN)	m _i	Φ _{il}	m _i Φ _{il}	m _i Φ _{il2}	L _{x1}	M ₁	M _{x1}	Γ _{x1}
4	4800.00	489.30	1.00	489.30	489.30	1365.1	1091.8	1707.0	1.25
3	4800.00	489.30	0.87	425.69	370.35				
2	4800.00	489.30	0.62	303.36	188.09				
1	4800.00	489.30	0.30	146.79	44.04				

(i) ‘inci itme adımında (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal kütle $a_{1(i)}$ (4.18) bağıntısıyla hesaplanır.

$$a_1 = \frac{V_{x1}}{M_{x1}} \quad (4.18)$$

(i) ‘inci itme adımında (deprem doğrultusunda hakim) moda ait yer değiştirme $d_{1(i)}$ (4.19) bağıntısından yapılır.

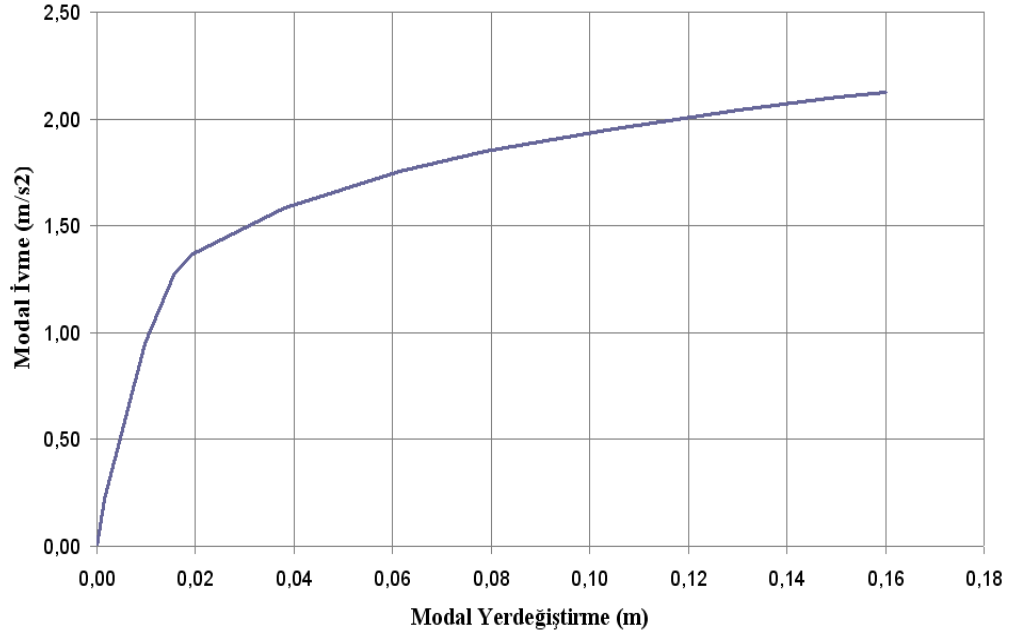
$$d_1 = \frac{u_x N_1}{\Phi_x N_1 \Gamma_{x1}} \quad (4.19)$$

x doğrultusu için modal kapasite diyagramının koordinatlarının hesabı Çizelge 4.5’de, x doğrultusu için modal kapasite diyagramı ise Şekil 4.13’de sunulmuştur.

Çizelge 4.5: x Doğrultusunda Modal Kapasite Eğrisi Koordinatları Hesabı

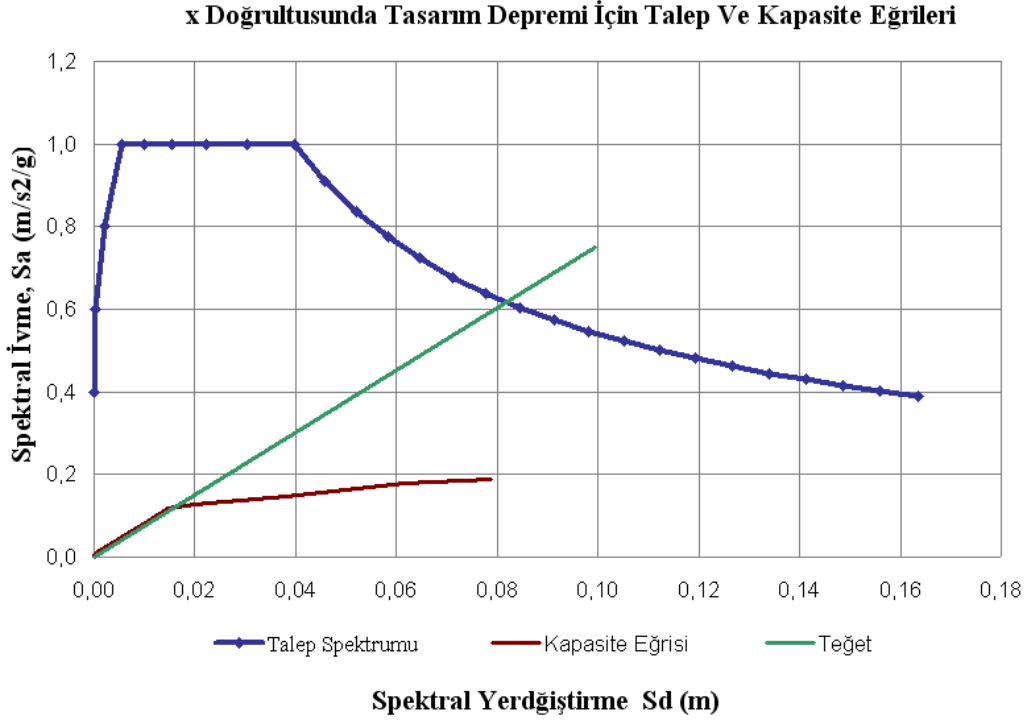
V _{ix}	U _{xi}	d _i	a ₁
0.000	0.0000	0.0000	0.0000
379.220	0.0029	0.0015	0.2222
1623.748	0.0122	0.0098	0.9512
2164.649	0.0195	0.0157	1.2681
2327.409	0.0238	0.0191	1.3634
2705.351	0.0476	0.0381	1.5849
2995.196	0.0768	0.0615	1.7547
3157.339	0.0985	0.0788	1.8496
3338.730	0.1311	0.1049	1.9559
3484.628	0.1629	0.1303	2.0414
3589.946	0.1878	0.1503	2.1031
3630.391	0.2000	0.1600	2.1268

x Doğrultusunda Modal Kapasite Diyagramı

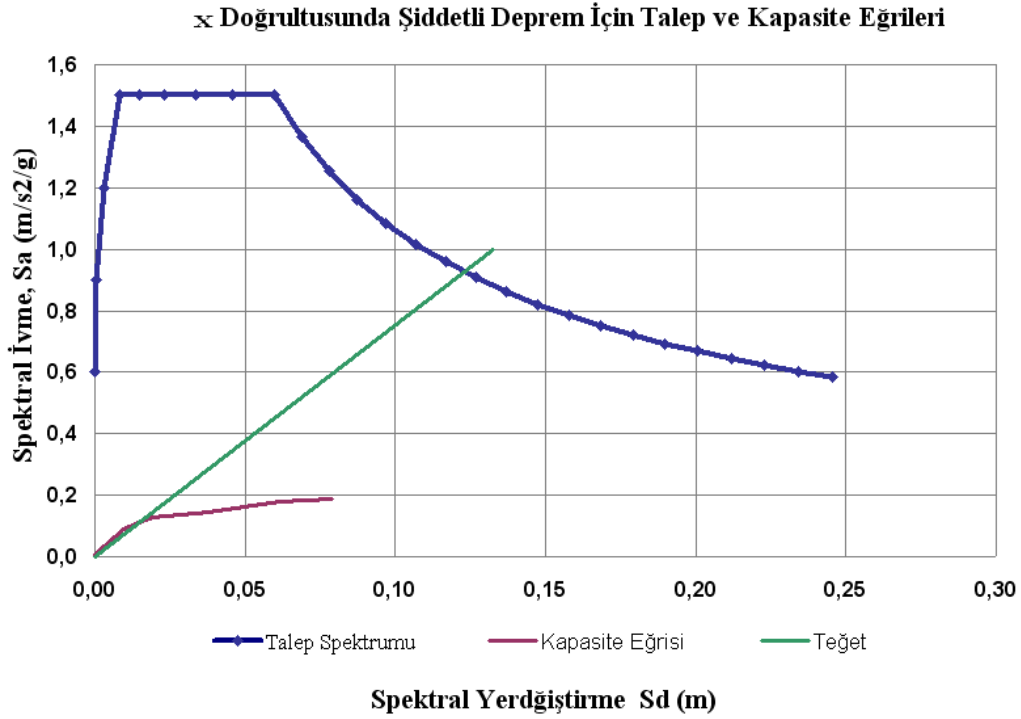


Şekil 4.13: x Doğrultusunda Modal Kapasite Diyagramı

x doğrultusu için statik itme eğrisi, eksenleri modal yerdeğiştirme – modal ivme olan modal kapasite diyagramına dönüştürüldükten sonra, tasarım depremi için spektrum eğrisi, talep (istem) spektrumuna dönüştürülmüş ve kapasite diyagramıyla ilişkisi incelenmiştir. Daha sonra şiddetli depremin ivme spektrumu, tasarım depremi ivme spektrumunun 1.5 katı kabul edilmiş ve aynı işlemler tekrar edilerek taşıyıcı sistemin şiddetli deprem altındaki performans durumu incelenmiştir. x doğrultusunda tasarım depremi ve şiddetli deprem için talep ve kapasite eğrileri Şekil 4.14 ve Şekil 4.15’de verilmiştir.



Şekil 4.14: x Doğrultusunda Tasarım Depremi İçin Talep ve Kapasite Eğrileri



Şekil 4.15: x Doğrultusunda Şiddetli Deprem İçin Talep ve Kapasite Eğrileri

Taşıyıcı sistemin modal yerdeğiştirme istemi belirlenerek itme analizi yerdeğiştirme istemi sınır kabul ederek tekrarlanır. İtme analizi altında oluşan birim şekil değiştirmeler yönetmelikte belirtilen sınırlarla karşılaştırılarak taşıyıcı sistemin mevcut performans durumu belirlenir. Okul olarak kullanılan bu yapıda tasarım depremi altında hemen kullanım performans seviyesi, şiddetli deprem altında ise can güvenliği performans seviyesi elde edilmelidir.

Mevcut taşıyıcı sistemin, her iki deprem durumu için de yerdeğiştirme istemine ulaşamadan göçmesi nedeniyle taşıyıcı sistemin performans noktası belirlenememiştir. Taşıyıcı sistemin mevcut haliyle performans hedeflerini sağlamaktan uzak olduğu görölmüştür. Doğrusal elastik hesap yönteminde de belirlendiği gibi artımsal itme analizi yöntemiyle de taşıyıcı sistemin güçlendirilmesi gerektiği belirlenmiştir.

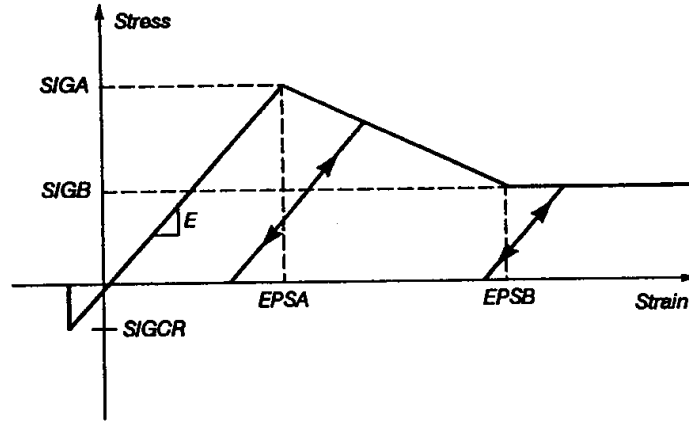
4.5 RUAUMOKO Programı ile İtme Analizi

Önceki bölümlerde doğrusal elastik yöntem ve SAP 2000 kullanılarak artımsal itme analizi yöntemi ile çözülen mevcut duruma ait taşıyıcı sistem analizi, bu bölümde de RUAUMOKO programı kullanılarak yapılacaktır. RUAUMOKO programı, Yeni Zelanda Canterbury Üniversitesi tarafından hazırlanan ve Fortran77 dilinde geliştirilmiş doğrusal elastik olmayan analiz programıdır.

RUAUMOKO programı ile taşıyıcı sisteme ait modal büyüklükler, özdeğer ve özvektörler hesaplanabilmekte ayrıca statik itme analizi, uyşumlu (adaptive) itme analizi ve zaman tanım alanında analiz yapılabilmektedir.

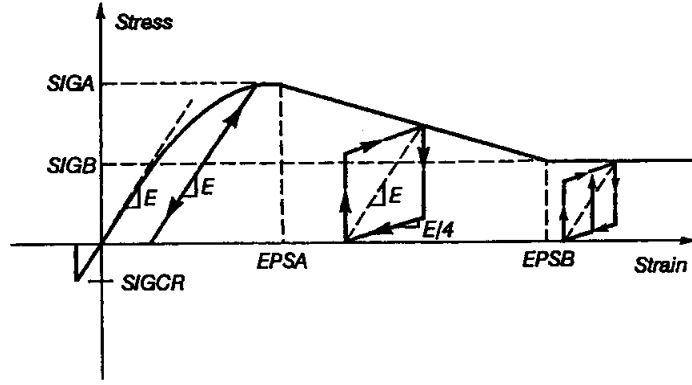
4.5.1. Malzeme ve kesit özelliklerinin tanımlanması

RUAUMOKO programında betonarme ve çelik elemanlar tanımlama imkanı bulunmaktadır. Değişik malzeme modellerine uygun malzeme tanımlanması, model koordinatlarının programa girilmesi ile yapılmaktadır. Beton için iki adet gerilme şekil değiştirme modeli Şekil 4.16 ve Şekil 4.17’de, çelik için de bir adet gerilme şekil değiştirme modeli Şekil 4.18’de sunulmuştur.



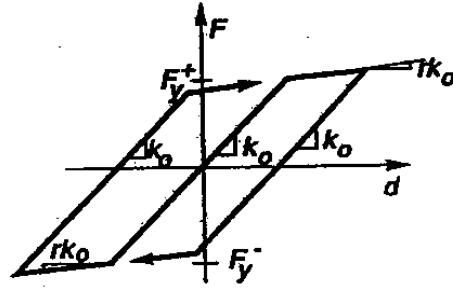
Taylor's Concrete Stress-Strain Relationships

Şekil 4.16: Beton Gerilme – Şekildeğiştirme İlişkisi (Taylor [20]).



'Kent and Park' Concrete Stress-Strain Relationship

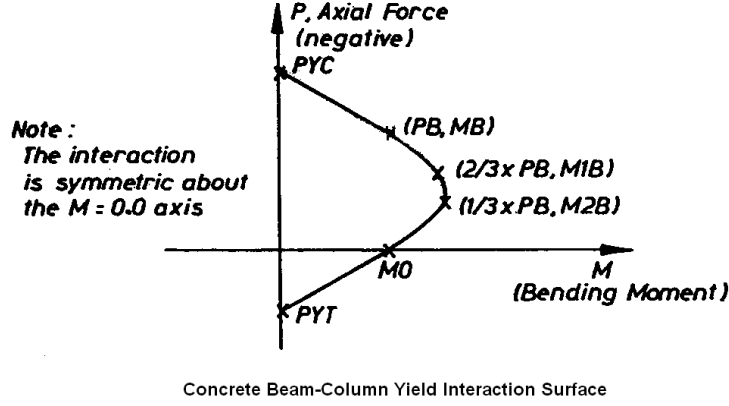
Şekil 4.17: Beton Gerilme – Şekildeğiştirme İlişkisi (Kent and Park [11]).



Bilinear Steel Hysteresis

Şekil 4.18: İki Doğrulu Çelik Modeli

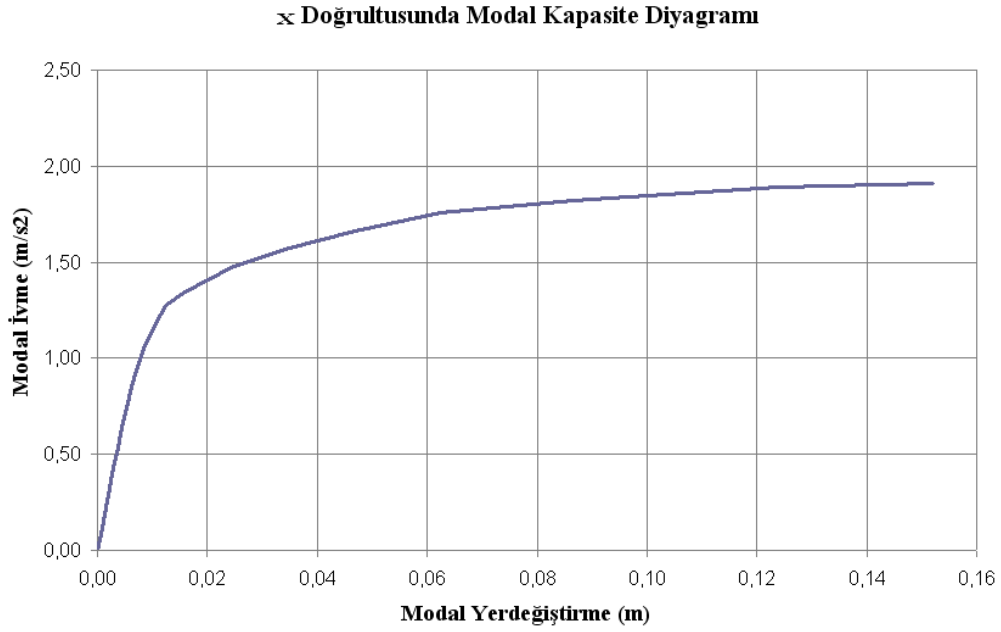
Kolon ve kirişlerin elastisite modülleri, atalet momentleri hesaplanır ve mafsal durumları da belirtilerek programa tanımlanır. Kiriş ve kolonların XTRACT programıyla hesaplanan moment eğrilik ve etkileşim diyagramları, RUAUMOKO programına belirli koordinat noktalarının girilmesi ile tanımlanmıştır. Kolon etkileşim diyagramı modelleme örneği Şekil 4.19'da verilmiştir.



Şekil 4.19: RUAUMOKO Kolon Etkileşim Diyagramı

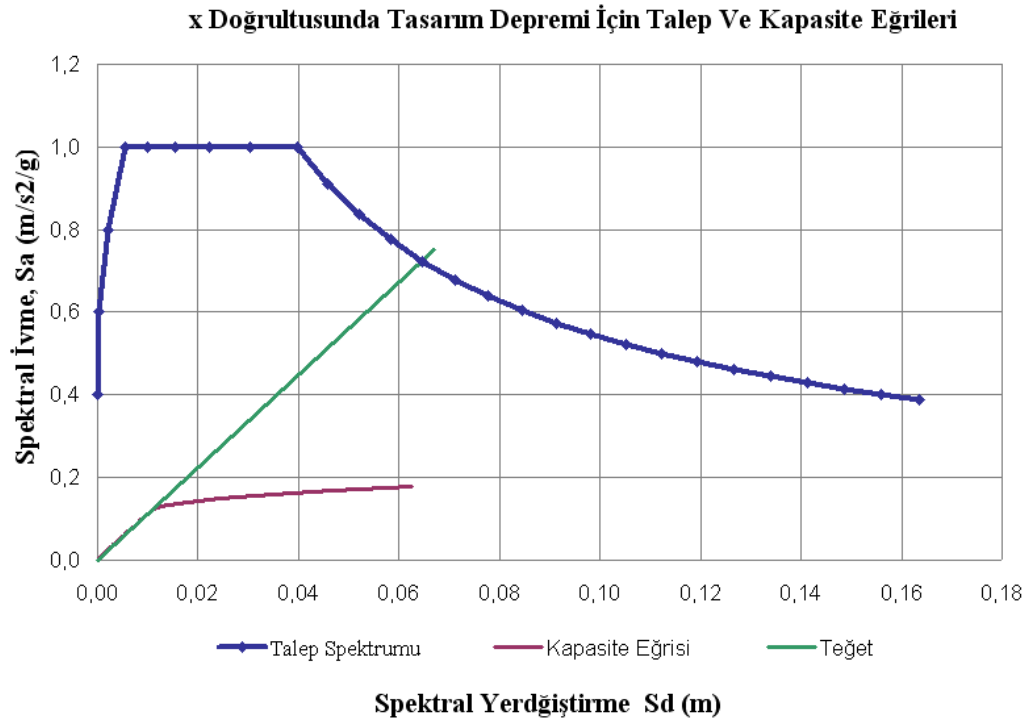
4.5.2 Program algoritması ve modelleme

- Taşıyıcı sisteme ait iki boyutlu hesap modeli oluşturulmuştur. Mevcut taşıyıcı sistem modellenirken x doğrultusu çerçeveleri uç uca eklenmiş, çerçeveler de tanımlanan rijit elemanlarla birbirine bağlanmıştır. Modellemede 316 çubuk elemanı ve 200 düğüm noktası kullanılmıştır. Düğüm noktalarının koordinatları girilmiş, elemanlar da sahip oldukları düğüm noktaları ve mesnet durumları girilerek modellenmiştir. Programa tanımlanan model Şekil 4.20’de verilmiştir.
- Taşıyıcı sistem elemanlarına ait malzeme özellikleri tanımlanır.
- Elemanlara ait enkesit özellikleri tanımlanır. Mevcut taşıyıcı sistem elemanlarında XTRACT programı ile hesaplanan kirişlerde moment eğrilik diyagramları, kolonlarda ise etkileşim diyagramları kullanılır.
- Taşıyıcı sistem kat ağırlıklarının düğüm noktalarına dağıtımı, her düğüm noktasına gelen yükün girilmesiyle yapılır.
- Taşıyıcı sisteme ait yatay yükler belirlenir ve tanımlanır.
- Yapılacak analiz türü (uyuşumlu itme analizi, zaman tanım alanı, statik itme analizi) belirlenir ve programa tanımlanır.
- Analiz yapılır ve sistemin veya elemanların analiz sonuçları görüntülenebilir, itme eğrileri koordinat değerleri alınabilir ve eğri çizdirilebilir.



Şekil 4.22: x Doğrultusunda Modal Kapasite Diyagramı

Daha önceki bölümlerde, mevcut okul binası taşıyıcı sistemi, doğrusal elastik hesap yöntemiyle incelenmiş, x doğrultusu için tasarım depremi altında elde edilen sonuçlarda sistemin hedeflenen performans düzeyini sağlamadığı görülmüştür. SAP 2000 yazılımı kullanılarak da taşıyıcı sistem statik itme analizi ile çözülmüş, itme eğrisi ve modal kapasite diyagramı elde edilerek talep spektrumuyla ilişkisi incelenmiş ve taşıyıcı sistemin hedeflenen performans düzeyini sağlamadığı görülmüştür. Bu bölümde de farklı bir yazılım kullanılarak statik itme analizi yapılmıştır. RUAUMOKO programında yapılan analiz sonucu elde edilen itme eğrisi, SAP 2000 programıyla elde edilen eğriye kabul edilebilir ölçüde benzer çıkmıştır. RUAUMOKO programında elde edilen kapasite eğrisi ile talep spektrumu ilişkisi Şekil 4.23’de verilmiştir. Burada da benzer şekilde taşıyıcı sistemin yerdeğiştirme istemine ulaşmadan göçmesi nedeniyle sistemin performans noktası belirlenememiştir. Yapının hedef performans seviyelerini sağlaması için güçlendirilmesi gerekmektedir.



Şekil 4.23: x Doğrultusunda Tasarım Depremi İçin Talep ve Kapasite Eğrileri

5. GÜÇLENDİRİLMİŞ TAŞIYICI SİSTEMLER İLİŞKİN OLARAK YAPILAN SAYISAL İNCELEMELER

Bu bölümde, incelenen okul binası taşıyıcı sistemi, TDY2007’de belirtilen performans hedeflerini sağlayabilecek şekilde güçlendirilmiş ve sonuçlar doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan yöntemlerle incelenmiştir.

Mevcut taşıyıcı sisteme güçlendirme amacıyla betonarme perde elemanlar eklenmiştir. Betonarme perdeler y doğrultusunda, A ve J eksenlerinde, 1-2 eksenleri arasına ve 3-4 eksenleri arasına olmak üzere toplam dört adet yerleştirilmiştir. x doğrultusunda ise, eksen aralarının kısa olması da gözönüne alınarak 2 ve 3 eksenlerinde, C-D eksenleri, E-F eksenleri ve G-H eksenleri arasına birer betonarme perde ve yine aynı doğrultuda, 1 ve 4 eksenlerinde E-F eksenleri arasına birer betonarme perde yerleştirilmiş olup bu doğrultuda 8 adet perde eklenmiştir. Güçlendirilmiş durumu gösteren birinci kata ait kalıp planı Şekil 5.3’te verilmiştir. Perde yerleşimlerinin seçiminde binanın gerek geometrik konumu ve taşıyıcı sistem simetrisi gerekse de mevcut mimari fonksiyonuna dikkat edilmiştir. Güçlendirme için birbirinden farklı seçenekler ve perde yerleri belirlenmiş, alternatiflerden bir tanesi seçilerek hesaplamalar yapılmıştır. Perde elemanlarda kullanılacak malzeme sınıflarının C30 ve S420 olması öngörülmüştür. Taşıyıcı sistem öteleme periyodu x doğrultusunda $T_x=0.32s$, y doğrultusunda ise $T_y=0.187s$ olarak hesaplanmıştır.

Perde elemanların modellenmesinde ve analizinde karşılaşılan güçlükler ve problemler nedeniyle RUAUMOKO programından yararlanılmamış, güçlendirilmiş durum hesaplarında SAP 2000 ve XTRACT programları kullanılmıştır.

Yeni eklenen perdelerin etkileşim diyagramları XTRACT programıyla elde edilmiş ve SAP 2000 programına tanımlanmıştır. Örnek perdelerin enkesitleri ve donatıları Şekil 5.1 ve Şekil 5.2’de verilmiştir. Yıgılı plastik mafsallı hipotezi doğrultusunda perde elemanlar çubuk olarak modellenmiş, plastik mafsallar elemanların uçlarına tanımlanmış, perdeler çubuk elemanları uçlarına tanımlanan rijit elemanlarla çerçeve sistemine bağlanmıştır.

5.1 Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri İle Belirlenmesi

Bu bölümde mevcut okul binasının güçlendirilmiş taşıyıcı sistem performans düzeyi, doğrusal elastik hesap yöntemlerinden “Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi” kullanılarak belirlenecektir. Binanın kullanım amacının okul olması dolayısı ile 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremde Hemen Kullanım, 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremde Can Güvenliği performans hedefini sağlaması öngörülmektedir. Güçlendirilmiş durum, her iki doğrultuda tasarım depremi ve şiddetli deprem etkisi altında incelenmiştir.

Eşdeğer deprem yükü hesabına ilişkin detaylar Bölüm 4.2.4’te sunulmuştur. Burada aynı bağıntılarla analize devam edilecektir. Hesaplarda farklı olarak deprem yükü azaltma katsayısı $R_a=1$ ve bina önem katsayısı $I=1$ alınmış, denklemin sağ tarafı $\lambda=0.85$ ile çarpılmıştır. Deprem yükünün 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem ve 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem için her iki deprem doğrultusunda ayrı ayrı hesaplanması gerekmektedir. Sistem doğrusal denklem takımlarından oluştuğu için tasarım depremi için hesap yapılmış şiddetli deprem için ise iç kuvvetler 1.5 katı kadar artırılarak hesaplanmıştır. Çizelge 5.1’de katlara gelen eşdeğer deprem yüklerinin hesabı gösterilmiştir.

Tasarım depremi için toplam eşdeğer deprem yükü:

$$V_t = \frac{20168 \times 1}{1} \times 0.85$$

$V_t = 17142.80 \text{ kN}$ olarak hesaplanır. Ek eşdeğer deprem yükü

$$\Delta F_N = 0.0075 \times 4 \times 17142.80 = 514.28 \text{ kN} \quad \text{olup buradan,}$$

$$V_t - \Delta F_N = 17142.80 - 514.28 = 16628.51 \text{ kN}$$

olarak elde edilir.

Çizelge 5.1: Tasarım Depremi İçin Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı

Kat	h_i (m)	H_i (m)	W_i (kN)	Oran	F_i (kN)	$F+\Delta F_N$ (kN)
4	3	12	5042	0.4	6651.40	7165.68
3	3	9	5042	0.3	4988.55	5502.83
2	3	6	5042	0.2	3325.70	3839.98
1	3	3	5042	0.1	1662.85	2177.13
Toplam			20168	1	16628.51	18685.62

5.1.1 Bina performansının belirlenmesi

Binanın kullanım amacının okul olması nedeniyle 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremde Hemen Kullanım, 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremde Can Güvenliği performans hedefini sağlaması öngörülmektedir.

Analiz sonuçlarına göre tasarım depreminde belirgin hasar bölgesinde kolon bulunmamaktadır. Kirişlerin %10'undan daha azı belirgin hasar bölgesine geçtiği için Hemen Kullanım performans düzeyini sağlamaktadır. Şiddetli depremde ise ileri hasar bölgesine geçen eleman sayısı %20 değerinden az olduğundan Can Güvenliği performans düzeyini sağlamaktadır (Çizelge 5.2, Çizelge 5.3, Çizelge 5.4, Çizelge 5.5).

Çizelge 5.2: Tasarım Depremi x Doğrultusu Eleman Hasar Durumları

	Eleman	Minimum Hasar	Belirgin Hasar	İleri Hasar	Göçme
3. Kat	Kiriş	54 (%100)	0	0	0
	Kolon	40 (%100)	0	0	0
	Perde	12 (%100)	0	0	0
2. Kat	Kiriş	50 (%94)	4 (%6)	0	0
	Kolon	40 (%100)	0	0	0
	Perde	12 (%100)	0	0	0
1. Kat	Kiriş	50 (%94)	4 (%6)	0	0
	Kolon	40 (%100)	0	0	0
	Perde	12 (%100)	0	0	0
Zemin K.	Kiriş	50 (%94)	4 (%6)	0	0
	Kolon	40 (%100)	0	0	0
	Perde	12 (%100)	0	0	0

Çizelge 5.3: Tasarım Depremi y Doğrultusu Eleman Hasar Durumları

	Eleman	Minimum Hasar	Belirgin Hasar	İleri Hasar	Göçme
3. Kat	Kiriş	54 (%100)	0	0	0
	Kolon	40 (%100)	0	0	0
	Perde	12 (%100)	0	0	0
2. Kat	Kiriş	54 (%100)	0	0	0
	Kolon	40 (%100)	0	0	0
	Perde	12 (%100)	0	0	0
1. Kat	Kiriş	54 (%100)	0	0	0
	Kolon	40 (%100)	0	0	0
	Perde	12 (%100)	0	0	0
Zemin K.	Kiriş	54 (%100)	0	0	0
	Kolon	40 (%100)	0	0	0
	Perde	12 (%100)	0	0	0

Çizelge 5.4: Şiddetli Deprem x Doğrultusu Eleman Hasar Durumları

	Eleman	Minimum Hasar	Belirgin Hasar	İleri Hasar	Göçme
3. Kat	Kiriş	44 (%81)	10 (%19)	0	0
	Kolon	40 (%100)	0	0	0
	Perde	12 (%100)	0	0	0
2. Kat	Kiriş	34 (%63)	16 (%30)	4 (%7)	0
	Kolon	40 (%100)	0	0	0
	Perde	12 (%100)	0	0	0
1. Kat	Kiriş	34 (%63)	16 (%30)	4 (%7)	0
	Kolon	32 (%80)	8 (%20)	0	0
	Perde	12 (%100)	0	0	0
Zemin K.	Kiriş	42 (%78)	12 (%22)	0	0
	Kolon	32 (%80)	8 (%20)	0	0
	Perde	12 (%100)	0	0	0

Çizelge 5.5: Şiddetli Deprem y Doğrultusu Eleman Hasar Durumları

	Eleman	Minimum Hasar	Belirgin Hasar	İleri Hasar	Göçme
3. Kat	Kiriş	54 (%100)	0	0	0
	Kolon	40 (%100)	0	0	0
	Perde	12 (%100)	0	0	0
2. Kat	Kiriş	54 (%100)	0	0	0
	Kolon	40 (%100)	0	0	0
	Perde	12 (%100)	0	0	0
1. Kat	Kiriş	54 (%100)	0	0	0
	Kolon	40 (%100)	0	0	0
	Perde	12 (%100)	0	0	0
Zemin K.	Kiriş	54 (%100)	0	0	0
	Kolon	40 (%100)	0	0	0
	Perde	12 (%100)	0	0	0

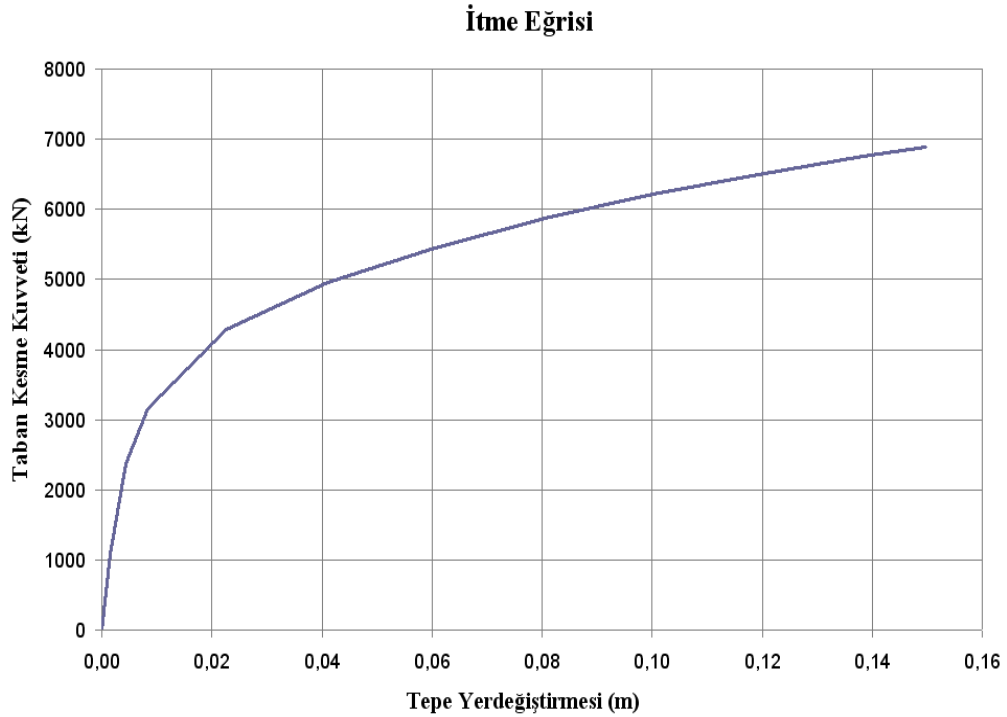
Taşıyıcı sistemin güçlendirilmiş durumuna ait hesaplamalarda, tasarım depremi etkisi altında, tüm kolonların hasar durumlarının her iki doğrultuda da minimum hasar bölgesinde kaldığı görülmektedir. x doğrultusunda, zemin kat, 1.kat ve 2.katta 4 adet kirişin belirgin hasar bölgesine geçtiği görülmüştür. y doğrultusunda tüm elemanlar minimum hasar bölgesindedir. Buna göre taşıyıcı sistem tasarım depremi etkisi altında hemen kullanım performans seviyesini sağlamaktadır.

Şiddetli deprem etkisinde ise, x doğrultusunda kolonların %20'si alt iki katta belirgin hasar bölgesine geçmiş, diğer kolonlar minimum hasar bölgesinde kalmıştır. Aynı doğrultuda belirgin hasar bölgesine kirişlerin yaklaşık %30'u geçmiş, %7'si de ileri hasar bölgesinde kalmıştır. y doğrultusunda tüm elemanlar minimum hasar bölgesindedir. Buna göre, taşıyıcı sistem şiddetli deprem etkisinde can güvenliği performans seviyesini sağlamaktadır.

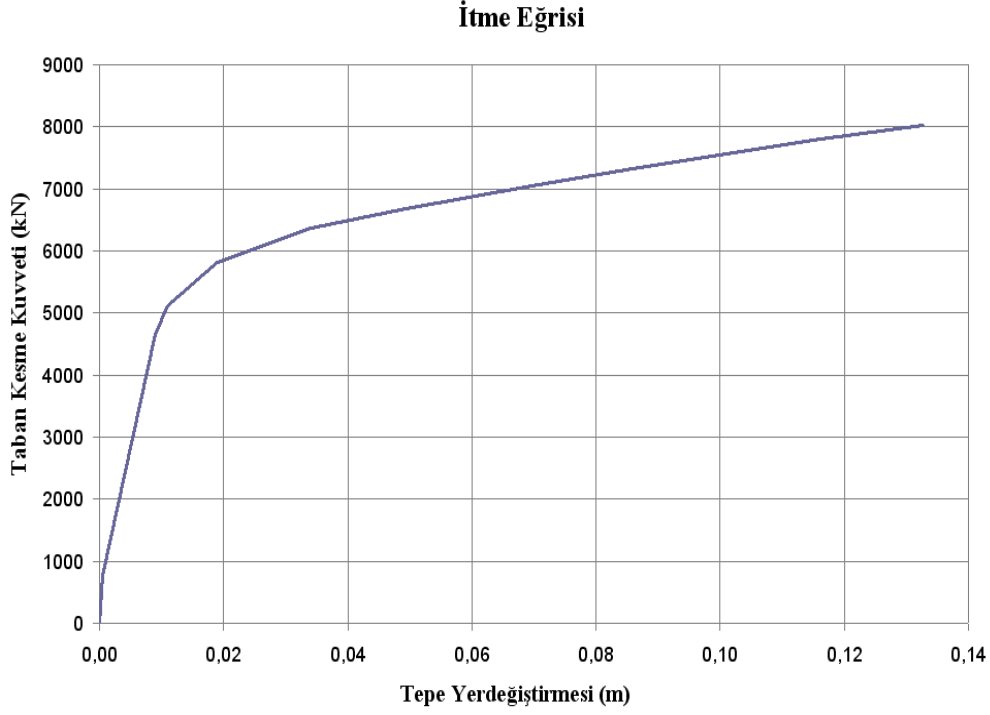
5.2 Depremde Bina Performansının Doğrusal Olmayan Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle Belirlenmesi

5.2.1 Artımsal itme analizi

TDY 2007 7.6.3.(b)'ye göre artımsal itme analizinden önce, kütlelerle uyumlu düşey yüklerin göz önüne alındığı bir doğrusal olmayan statik analiz yapılmıştır. Bu analizin sonuçları, artımsal itme analizinin başlangıç koşulları olarak dikkate alınmıştır. Artımsal itme analizi sırasında, eşdeğer deprem yükü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayımı yapılmıştır (TDY 2007 7.6.5.3). Buna göre, her iki doğrultuda birinci doğal titreşim modu ile orantılı olarak katlara gelen yükler altında yapılan itme analizinden eksenleri tepe yerdeğiştirmesi ve taban kesme kuvveti olan itme eğrileri elde edilmiştir. Bu şekilde elde edilen x doğrultusu itme eğrisi Şekil 5.4 ile y doğrultusunda itme eğrisi ise Şekil 5.5 ile sunulmuştur.



Şekil 5.4: x Doğrultusunda İtme Eğrisi



Şekil 5.5: y Doğrultusunda İtme Eğrisi

5.2.2 Modal kapasite diyagramlarının elde edilmesi

Eksenleri tepe yerdeğiştirmesi - taban kesme kuvveti olan itme eğrisini, eksenleri modal yerdeğiştirme - modal ivme olan modal kapasite diyagramına çevirirken kullanılan etkin kütle ve modal katkı çarpanının belirlenmesinde aşağıdaki denklemler kullanılır.

$$M_{x1}^* = \Phi_{x1}^T m \Phi_{x1} \quad (5.1)$$

$$L_{x1}^* = \Phi_{x1}^T m_1 \quad (5.2)$$

$$\Gamma_{x1} = L_{x1r}^* / M_{x1r}^* \quad (5.3)$$

$$M_{x1} = L_{x1r}^{*2} / M_{x1r}^* \quad (5.4)$$

Elde edilen sonuçlar Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6: Etkin Kütle ve Modal Katkı Çarpanının Belirlenmesi

Kat	W_i (kN)	m_i	Φ_{i1}	$m_i\Phi_{i1}$	$m_i\Phi_{i12}$	L_{x1}	M_1	M_{x1}	Γ_{x1}
4	5042.00	513.97	1.00	513.97	513.97	1228.4	928.5	1625.1	1.32
3	5042.00	513.97	0.75	385.47	289.11				
2	5042.00	513.97	0.46	236.42	108.76				
1	5042.00	513.97	0.18	92.51	16.65				

(i) ‘inci itme adımında (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal kütle $a_{1(i)}$ (5.5) bağıntısıyla hesaplanır.

$$a_1 = \frac{V_{x1}}{M_{x1}} \quad (5.5)$$

(i) ‘inci itme adımında (deprem doğrultusunda hakim) moda ait yer değiştirme $d_{1(i)}$ (5.6) bağıntısından elde edilir.

$$d_1 = \frac{u_x N_1}{\Phi_x N_1 \Gamma_{x1}} \quad (5.6)$$

x ve y doğrultusu için modal kapasite diyagramının koordinatlarının hesabı Çizelge 5.7’de ve Çizelge 5.8’de sunulmuştur.

x ve y doğrultusu için modal kapasite diyagramları ise sırasıyla Şekil 5.6 ve Şekil 5.7’de sunulmuştur.

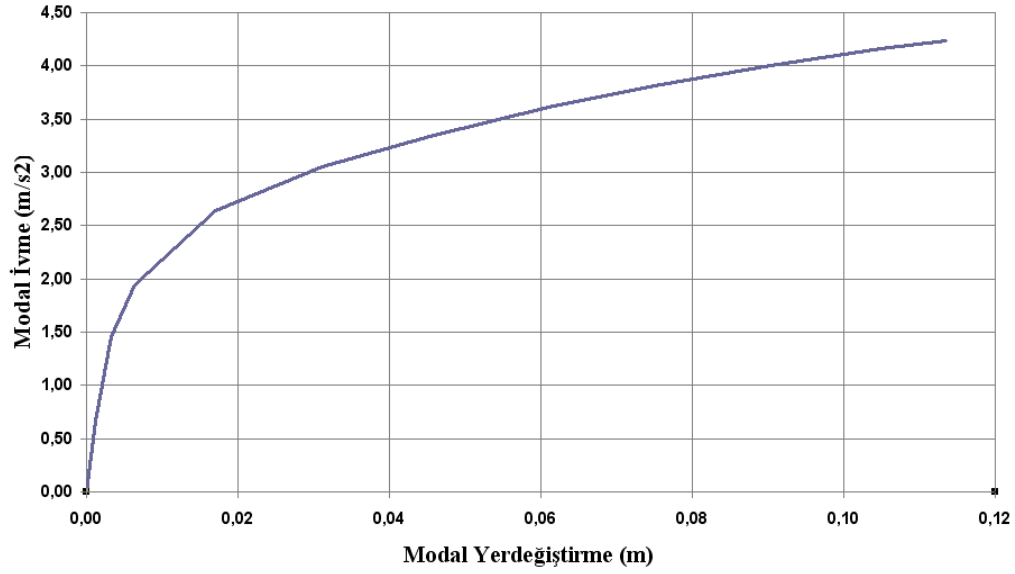
Çizelge 5.7: x Doğrultusunda Modal Kapasite Eğrisi Koordinatları Hesabı

V_{ix}	U_{xi}	d_i	a_1
0.000	0.0000	0.0000	0.0000
1079.314	0.0016	0.0012	0.6642
2372.722	0.0043	0.0033	1.4594
3156.100	0.0084	0.0064	1.9421
4283.360	0.0225	0.0171	2.6358
4961.311	0.0410	0.0311	3.0529
5432.713	0.0598	0.0453	3.3424
5875.346	0.0805	0.0610	3.6154
6220.400	0.1001	0.0758	3.8277
6502.697	0.1193	0.0904	4.0008
6762.976	0.1384	0.1049	4.1610
6888.803	0.1497	0.1135	4.2384

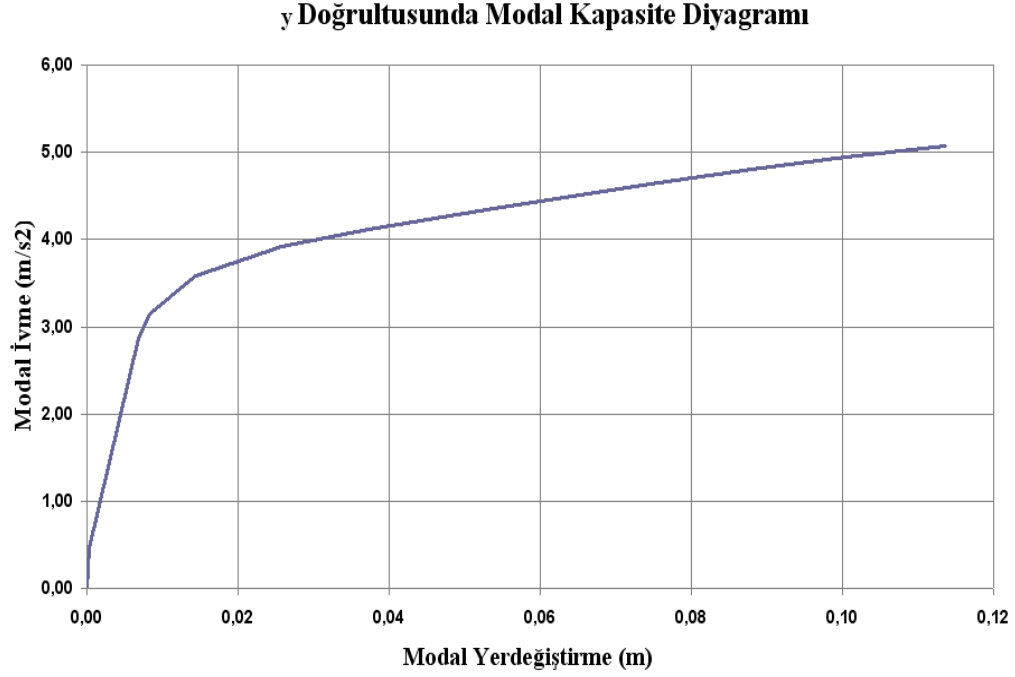
Çizelge 5.8: y Doğrultusunda Modal Kapasite Eğrisi Koordinatları Hesabı

V_{ix}	U_{xi}	d_i	a_1
0.000	0.0000	0.0000	0.0000
764.805	0.0004	0.0003	0.4706
4651.816	0.0090	0.0068	2.8625
5115.263	0.0109	0.0083	3.1477
5812.791	0.0189	0.0143	3.5769
6360.695	0.0340	0.0258	3.9140
6683.585	0.0493	0.0374	4.1127
7056.595	0.0697	0.0528	4.3423
7313.355	0.0847	0.0642	4.5002
7554.660	0.0999	0.0757	4.6487
7800.394	0.1162	0.0880	4.7999
8027.015	0.1327	0.1005	4.9394
8233.491	0.1500	0.1136	5.0665

x Doğrultusunda Modal Kapasite Diyagramı



Şekil 5.6: x Doğrultusunda Modal Kapasite Diyagramı



Şekil 5.7: y Doğrultusunda Modal Kapasite Diyagramı

5.2.3 Modal yerdeğiştirme isteminin hesabı

Tasarım depremi ve şiddetli deprem için x ve y doğrultusunda olmak üzere ayrı ayrı hesap yapılacak ve her bir durum ve yön için modal yerdeğiştirme istemi belirlenecektir.

Doğrusal elastik olmayan spektral yerdeğiştirme S_{di1} aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$S_{di1} = C_{R1} S_{de1} \quad (5.7)$$

Burada C_{R1} birinci moda ait spektral yerdeğiştirme oranı olup, başlangıç periyodu T_1 ve ivme spektrumundaki karakteristik periyot T_B arasındaki ilişkiye göre farklı şekillerde hesaplanır.

$T_1 > T_B$ olduğu durumlarda $C_{R1} = 1$ olup.

$T_1 < T_B$ olduğu durumlarda C_{R1} aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$C_R = \frac{1}{R_y} \left[1 + (R_y - 1) \frac{T_B}{T_1} \right] \quad (5.8)$$

$$R_y = \frac{S_{ae}}{a_y} \quad (5.9)$$

Doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme Denklem (5.10)'da verildiği gibidir.

$$S_{del} = \frac{S_{ael}}{(\omega_1^{(1)})^2} \quad (5.10)$$

Tepe yerdeğiştirmesi istemi (5.11) bağıntısıyla hesaplanacaktır.

$$u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (5.11)$$

$$d_1 = S_{d1} \quad (5.12)$$

x doğrultusunda tasarım depremi için:

$$T_1 = 0.32s < T_B = 0.40s \longrightarrow a_y = 0.23 \quad S_{ae} = 1$$

$$R_y = \frac{1}{0.23} = 4.23 \longrightarrow C_{R1} = \frac{1}{4.23} \left[1 + (4.23 - 1) \frac{0.4}{0.32} \right] = 1.19$$

$$\omega_{(1)}^2 = 385.53 \longrightarrow S_{del} = 0.027 \text{ m}$$

$$S_{d1} = C_{R1} \times S_{del} = 1.19 \times 0.027 = 0.032 \text{ m} \longrightarrow u_{xN1}^{(p)} = 0.043 \text{ m}$$

olarak hesaplanmış ve Şekil 5.8' de grafiksel olarak sunulmuştur.

x doğrultusunda şiddetli deprem için:

$$T_1 = 0.32s < T_B = 0.40s \longrightarrow a_y = 0.23 \quad S_{ae} = 1.5$$

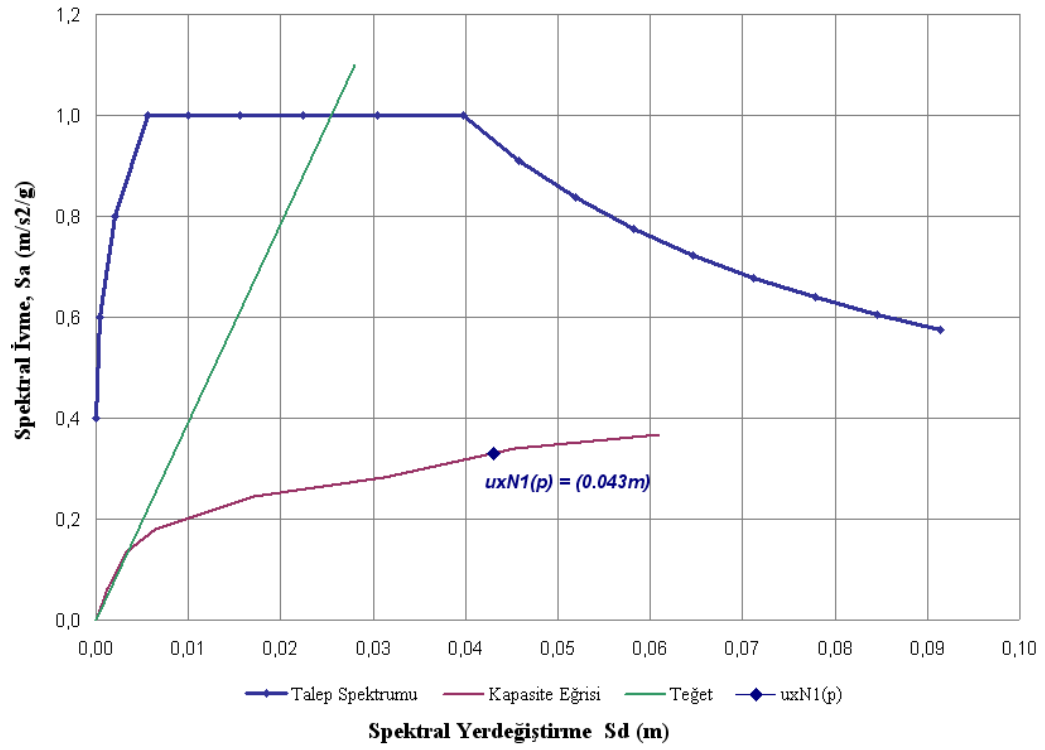
$$R_y = \frac{1.5}{0.23} = 6.52 \longrightarrow C_{R1} = \frac{1}{6.52} \left[1 + (6.52 - 1) \frac{0.4}{0.32} \right] = 1.21$$

$$\omega_{(1)}^2 = 385.53 \longrightarrow S_{del} = 0.038 \text{ m}$$

$$S_{d1} = C_{R1} \times S_{del} = 1.21 \times 0.038 = 0.046 \longrightarrow u_{xN1}^{(p)} = 0.061 \text{ m}$$

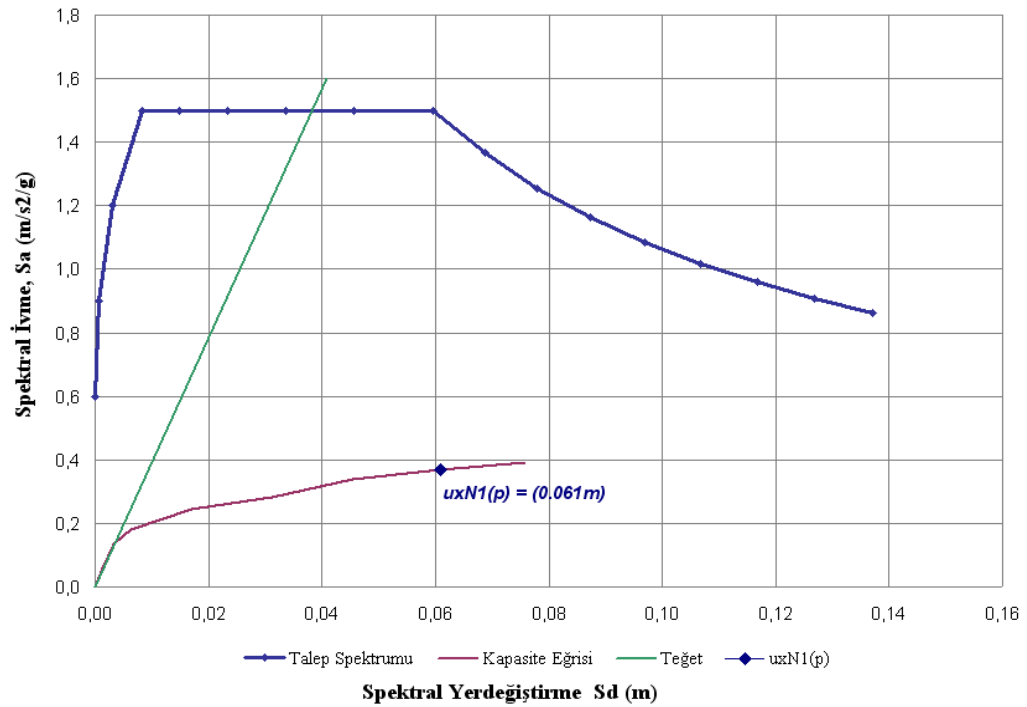
olarak hesaplanıp Şekil 5.9' da grafiksel olarak sunulmuştur.

x Doğrultusunda Tasarım Depremi İçin Talep Ve Kapasite Eğrileri



Şekil 5.8: x Doğrultusunda Tasarım Depremi İçin Talep ve Kapasite Eğrileri

x Doğrultusunda Şiddetli Deprem İçin Talep Ve Kapasite Eğrileri



Şekil 5.9: x Doğrultusunda Şiddetli Deprem İçin Talep ve Kapasite Eğrileri

y doğrultusunda tasarım depremi için:

$$T_1 = 0.187s < T_B = 0.40s \longrightarrow a_y = 0.38 \quad S_{ae} = 1$$

$$R_y = \frac{1.0}{0.38} = 2.63 \longrightarrow C_{R1} = \frac{1}{2.63} \left[1 + (2.63 - 1) \frac{0.4}{0.187} \right] = 1.70$$

$$\omega_{(1)}^2 = 385.53 \longrightarrow S_{de1} = 0.025 \text{ m}$$

$$S_{d1} = C_{R1} \times S_{de1} = 1.70 \times 0.025 = 0.042 \longrightarrow u_{xN1}^{(p)} = 0.051 \text{ m}$$

olarak hesaplanmış ve Şekil 5.10' da grafiksel olarak sunulmuştur.

y doğrultusunda şiddetli deprem için:

$$T_1 = 0.187s < T_B = 0.40s \longrightarrow a_y = 0.38 \quad S_{ae} = 1.5$$

$$R_y = \frac{1.5}{0.38} = 3.95 \longrightarrow C_{R1} = \frac{1}{3.95} \left[1 + (3.95 - 1) \frac{0.4}{0.187} \right] = 1.85$$

$$\omega_{(1)}^2 = 385.53 \longrightarrow S_{de1} = 0.037 \text{ m}$$

$$S_{d1} = C_{R1} \times S_{de1} = 1.85 \times 0.037 = 0.068 \longrightarrow u_{xN1}^{(p)} = 0.088 \text{ m}$$

olarak hesaplanmış ve Şekil 5.11' de grafiksel olarak sunulmuştur.

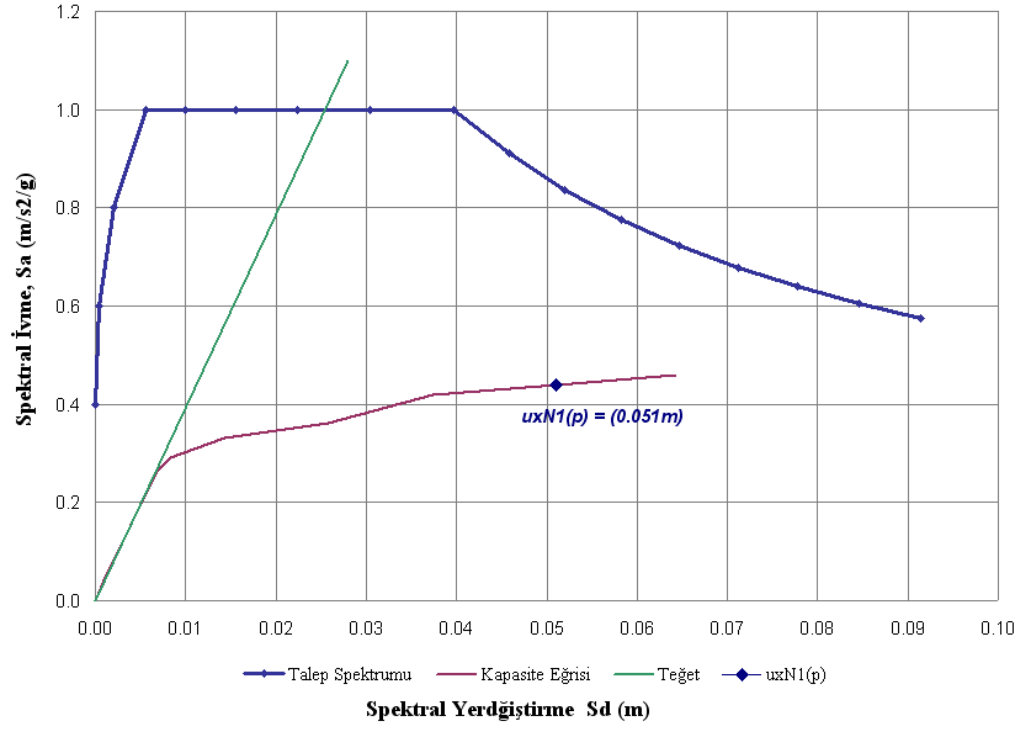
Hedef tepe deplasmanı itme sınırı kabul edilerek her durum için itme analizi tekrarlanmıştır. Oluşan plastik mafsallar aks bazında ekran görüntüsü olarak her iki yönde verilmiştir. Burada pembe renk ile gösterilen durum minimum hasar sınırını mavi renkle ifade edilen durum belirgin hasar sınırını ifade etmektedir.

Analiz sonucunda tasarım depremi için tüm kolon ve kirişlerin minimum hasar bölgesi içinde kaldığı tespit edilmiş olup kolonlarda güçlü kolon tahkiklerinin yerinde olduğu ve kirişlerden sonra mafsal oluşumu gözlenmiştir.

Şiddetli deprem için genel anlamda kirişlerin bir kısmının belirgin hasar bölgesinde kaldığı, üst kat kirişlerinde ise bu oranın daha da azaldığı gözlemlenmiştir. Kolonlar minimum hasar bölgesinde kalmaktadır.

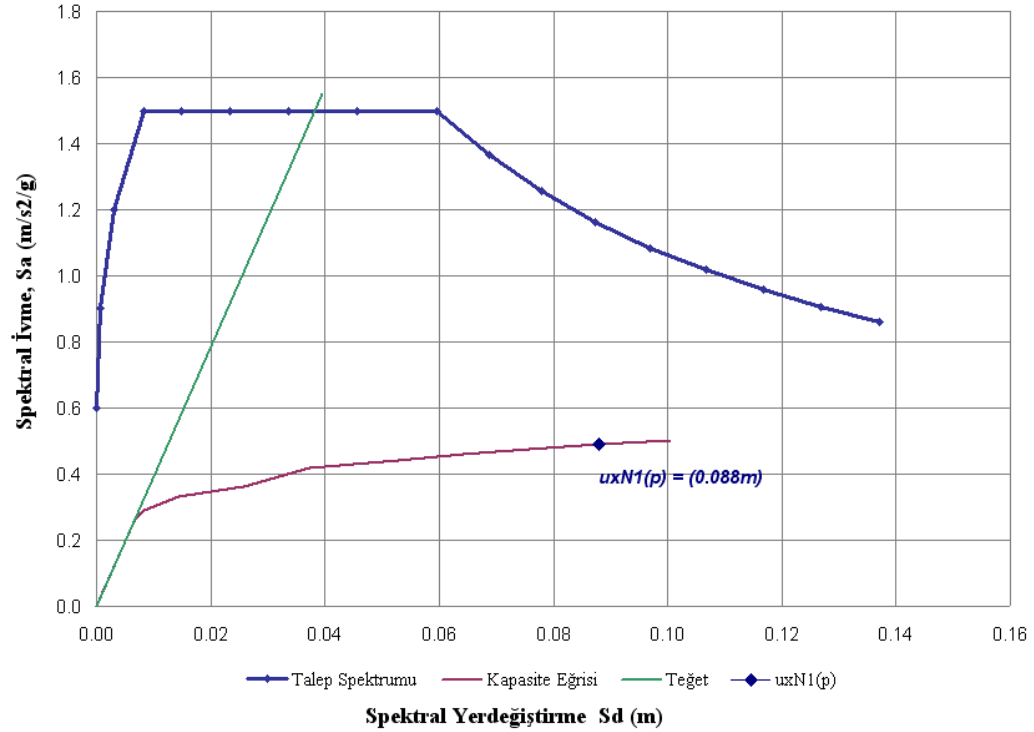
Ekran görüntüsü üç boyutlu verildiğinde karmaşık ve anlaşılmaz olduğundan plastik mafsal oluşumları Şekil 5.12, Şekil 5.13, Şekil 5.14, Şekil 5.15, Şekil 5.16, Şekil 5.17, Şekil 5.18 ve Şekil 5.19' da eksen bazında gösterilmeye çalışılmıştır.

y Doğrultusunda Tasarım Depremi İçin Talep Ve Kapasite Eğrileri

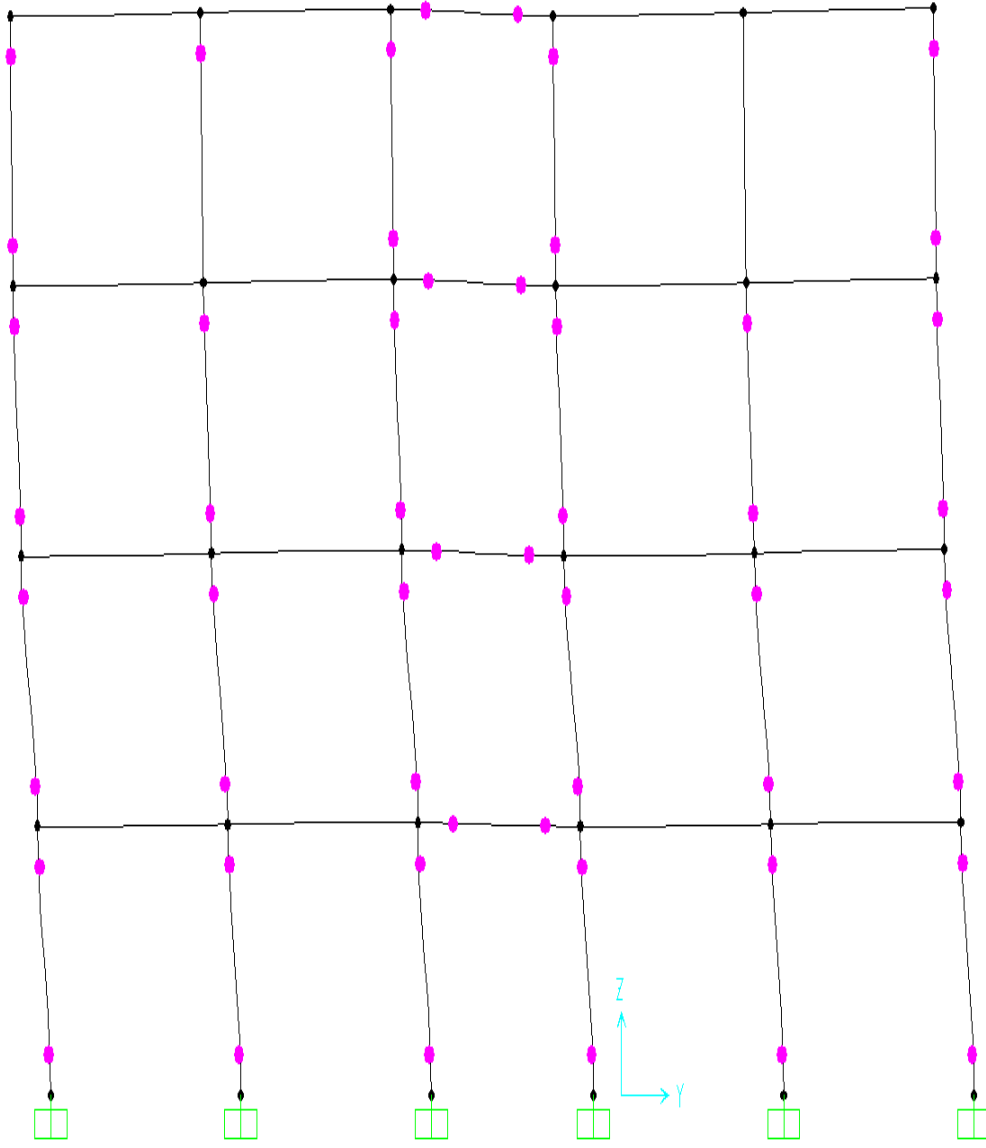


Şekil 5.10: y Doğrultusunda Tasarım Depremi İçin Talep ve Kapasite Eğrileri

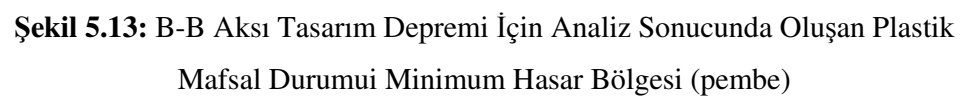
y Doğrultusunda Şiddetli Deprem İçin Talep Ve Kapasite Eğrileri

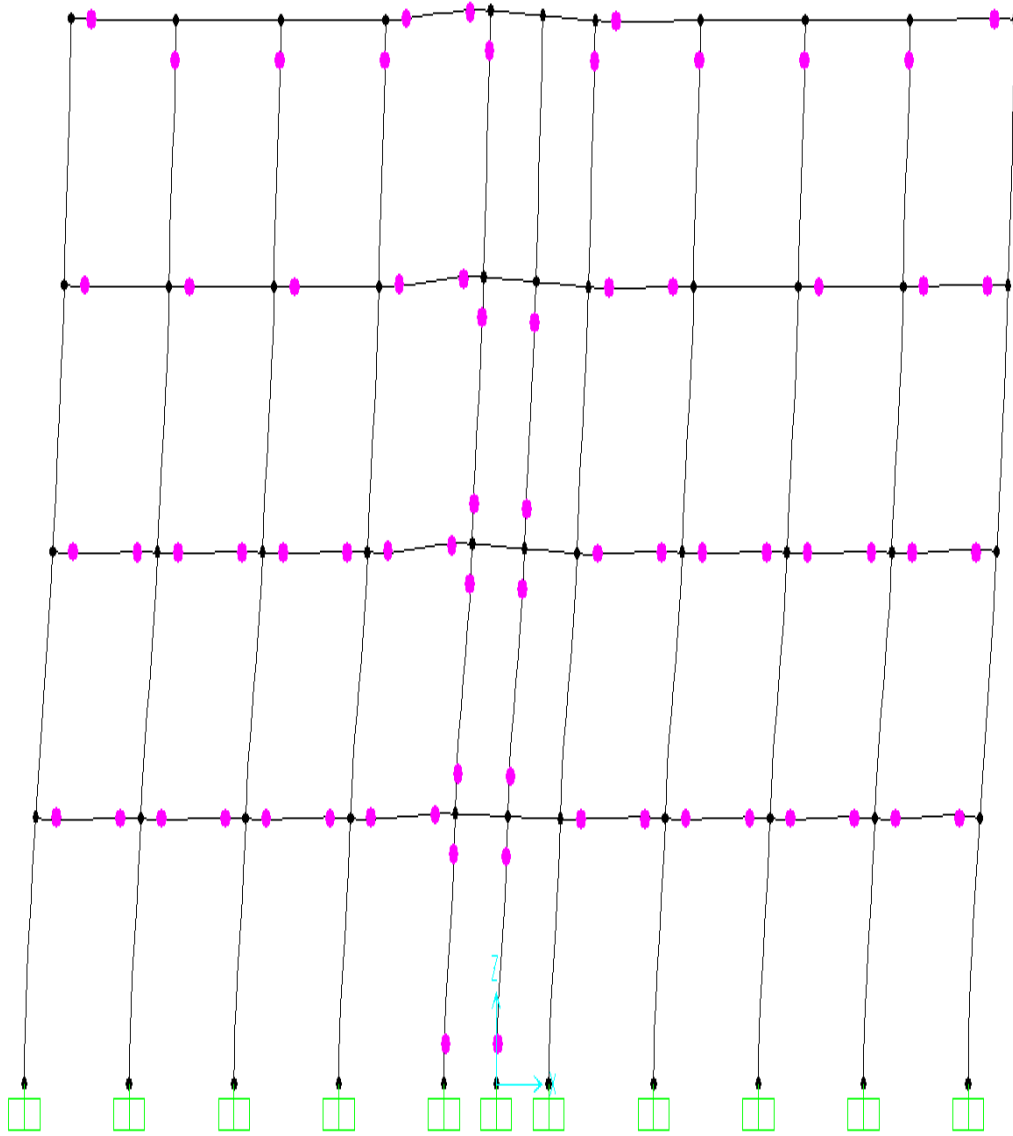


Şekil 5.11: y Doğrultusunda Şiddetli Deprem İçin Talep ve Kapasite Eğrileri

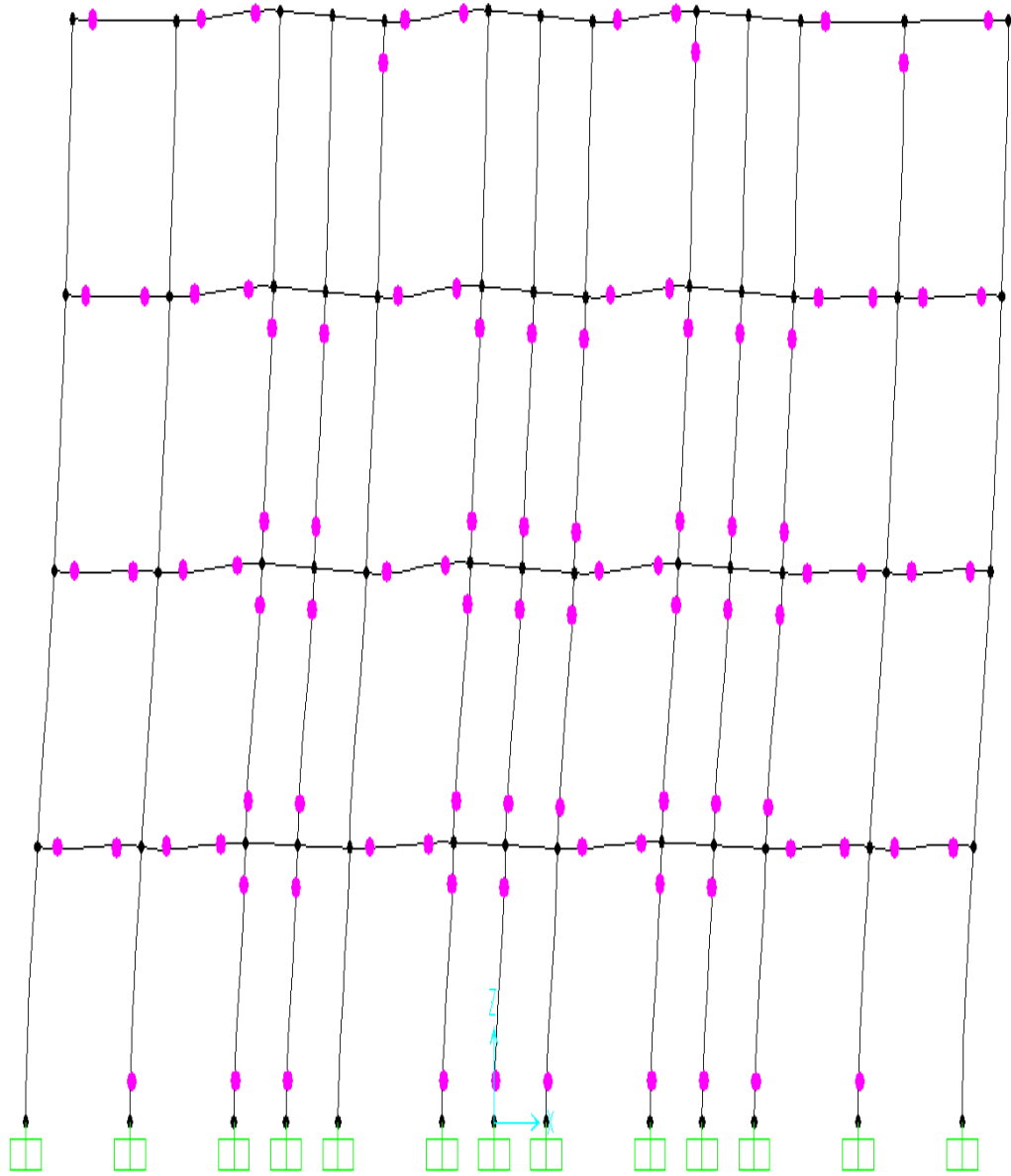


Şekil 5.12: A-A Aksı Tasarım Depremi İçin Analiz Sonucunda Oluşan Plastik Mafsal Durumu, Minimum Hasar Bölgesi (pembe)

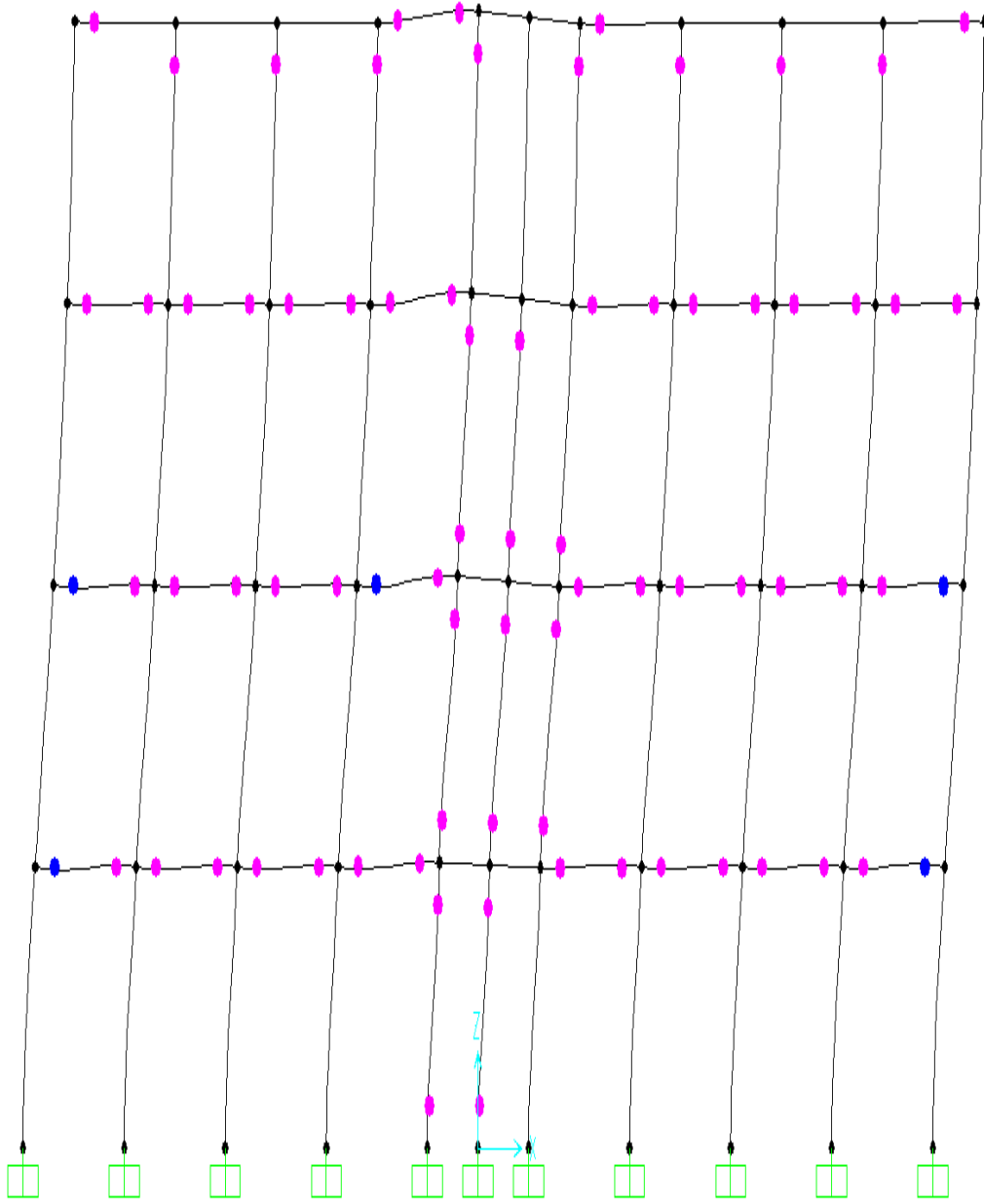




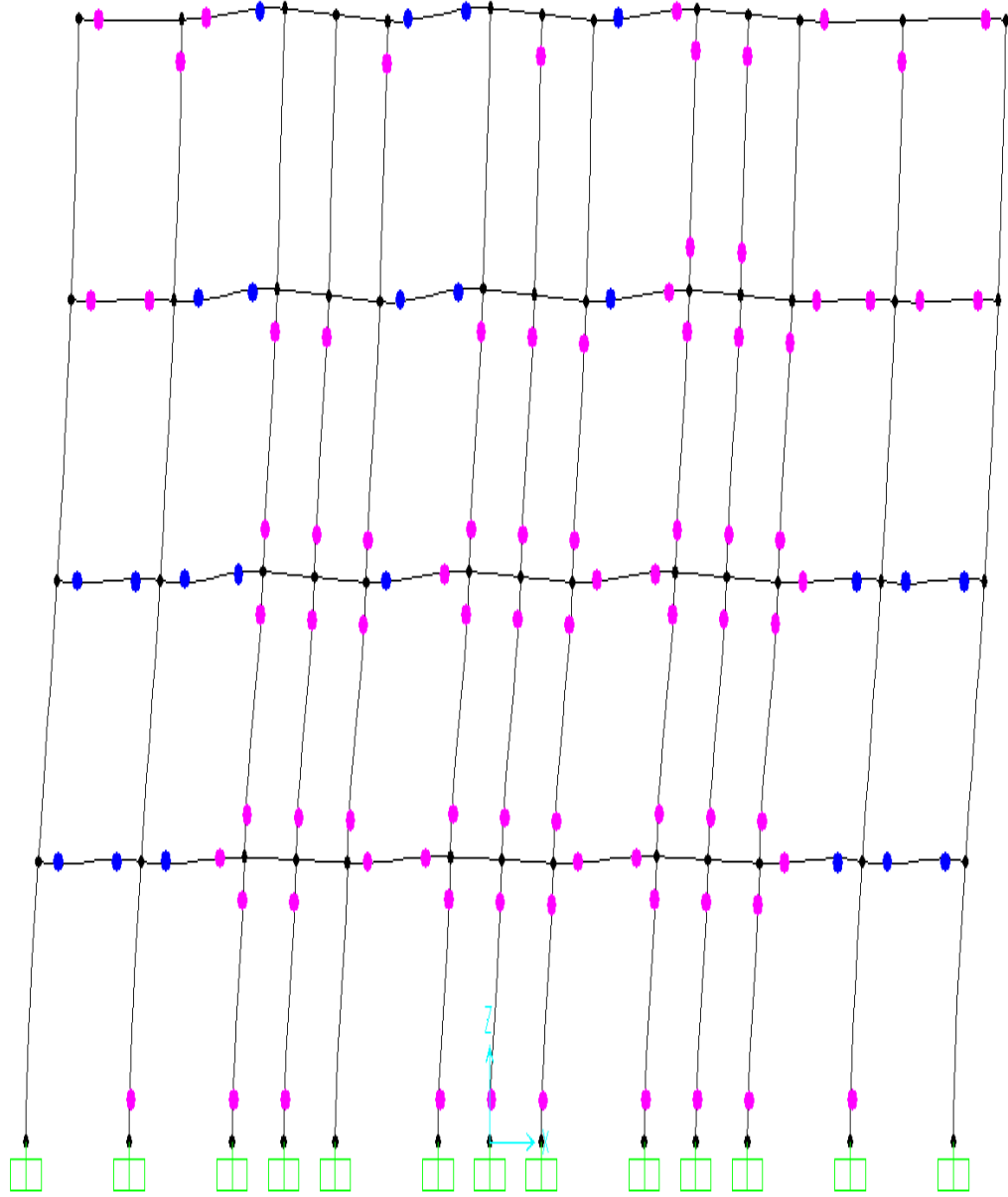
Şekil 5.14: 1-1 Aksı Tasarım Depremi İçin Analiz Sonucunda Oluşan Plastik Mafsal Durumu, Minimum Hasar Bölgesi (pembe)



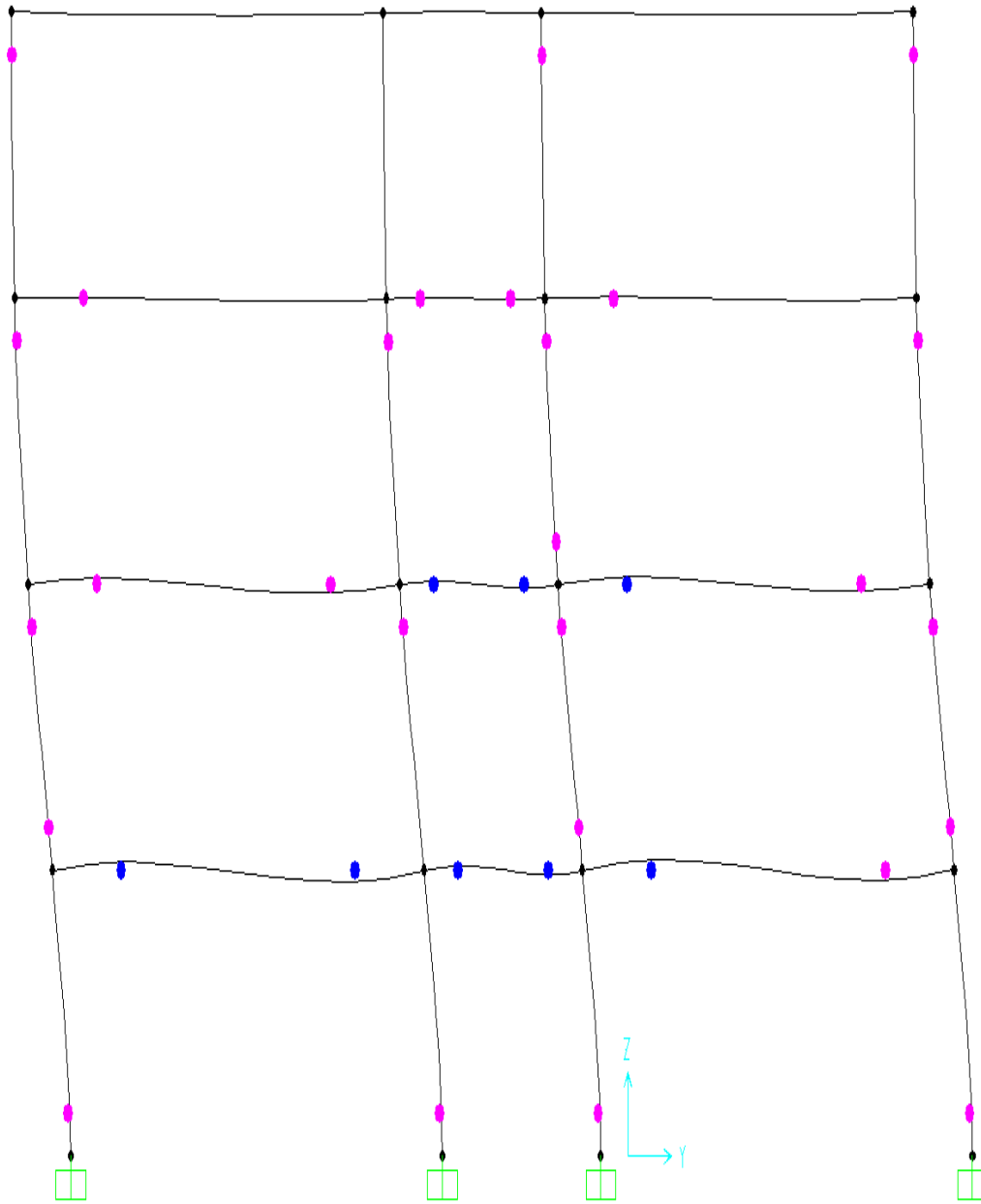
Şekil 5.15: 2–2 Aksı Tasarım Depremi İçin Analiz Sonucunda Oluşan Plastik Mafsal Durumu, Minimum Hasar Bölgesi (pembe)



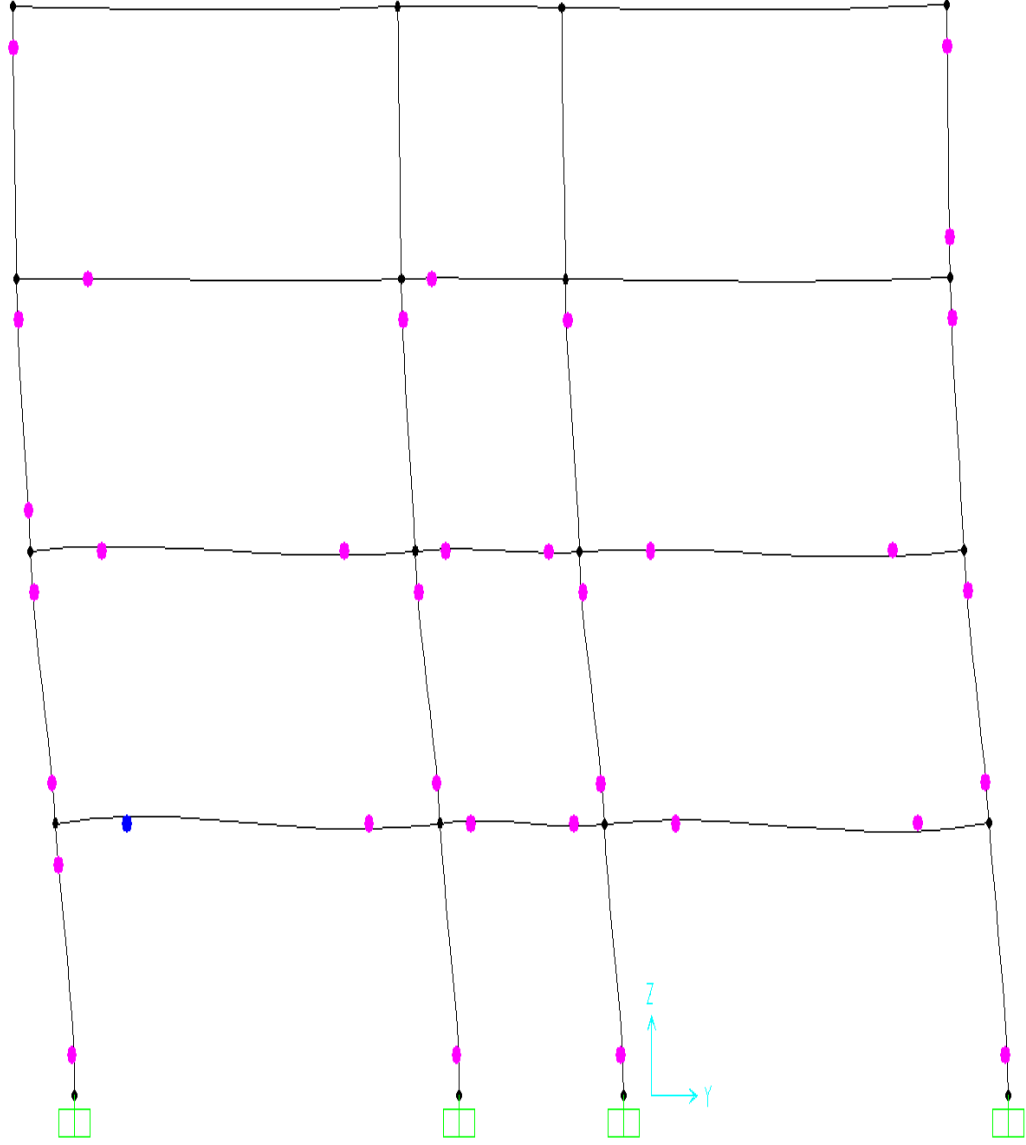
Şekil 5.16: 1-1 Aksı Şiddetli Deprem İçin Analiz Sonucunda Oluşan Plastik Mafsal Durumu, Minimum Hasar Bölgesi (pembe), Belirgin Hasar Bölgesi (mavi)



Şekil 5.17: 2-2 Aksı Şiddetli Deprem İçin Analiz Sonucunda Oluşan Plastik Mafsal Durumu, Minimum Hasar Bölgesi (pembe), Belirgin Hasar Bölgesi (mavi)



Şekil 5.18: B-B Aksı Şiddetli Deprem İçin Analiz Sonucunda Oluşan Plastik Mafsall Durumu, Minimum Hasar Bölgesi (pembe), Belirgin Hasar Bölgesi (mavi)



Şekil 5.19: C-C Aksı Şiddetli Deprem İçin Analiz Sonucunda Oluşan Plastik Mafsal Durumu, Minimum Hasar Bölgesi (pembe), Belirgin Hasar Bölgesi (mavi)

5.2.4 Kirişler için birim şekildeğiştirme istemlerinin hesabı

Plastik şekildeğiştirmelerin meydana geldiği betonarme sünek taşıyıcı sistem elemanlarında, çeşitli kesit hasar sınırlarına göre izin verilen şekildeğiştirme üst sınırları Bölüm 3.3.1’de verilmiştir.

Kesitlerin akma eğrilikleri ile toplam eğriliğe karşılık gelen sargılı beton ve betonarme çeliğinin birim şekildeğiştirmeleri XTRACT programı yardımı ile bulunmuştur. K01 kirişi örnek kabul edilerek yapılan hesaplar aşağıda sunulmuştur.

K01 Kirişi Sol Ucu

Plastik dönme $\theta_p = 0.004024$ rad ve kesit derinliği $h=0.55$ m

Plastik mafsallık boyu kesit derinliğinin yarısı olarak hesaplanabilir.

$$l_p \cong \frac{h}{2} = 0.275m$$

Eğrilik, birim dönme olarak tanımlandığından, plastik dönme değeri plastik mafsallık boyuna bölünerek plastik eğrilik değeri elde edilir.

$$\phi_p \cong \frac{\theta_p}{l_p} = 0.004024/0.275 = 0.0146 \text{ rad/m}$$

Akma eğriliği $\phi_y = 0.004442$ rad/m alınarak plastik eğrilik ile doğrusal olarak toplanır ve toplam eğrilik elde edilir.

$$\phi_t = \phi_p + \phi_y = 0.0146 + 0.004442 = 0.019042 \text{ rad/m}$$

XTRACT’ten beton ve çeliğe ait birim şekildeğiştirmeler okunur;

$$\varepsilon_s = 0.0068$$

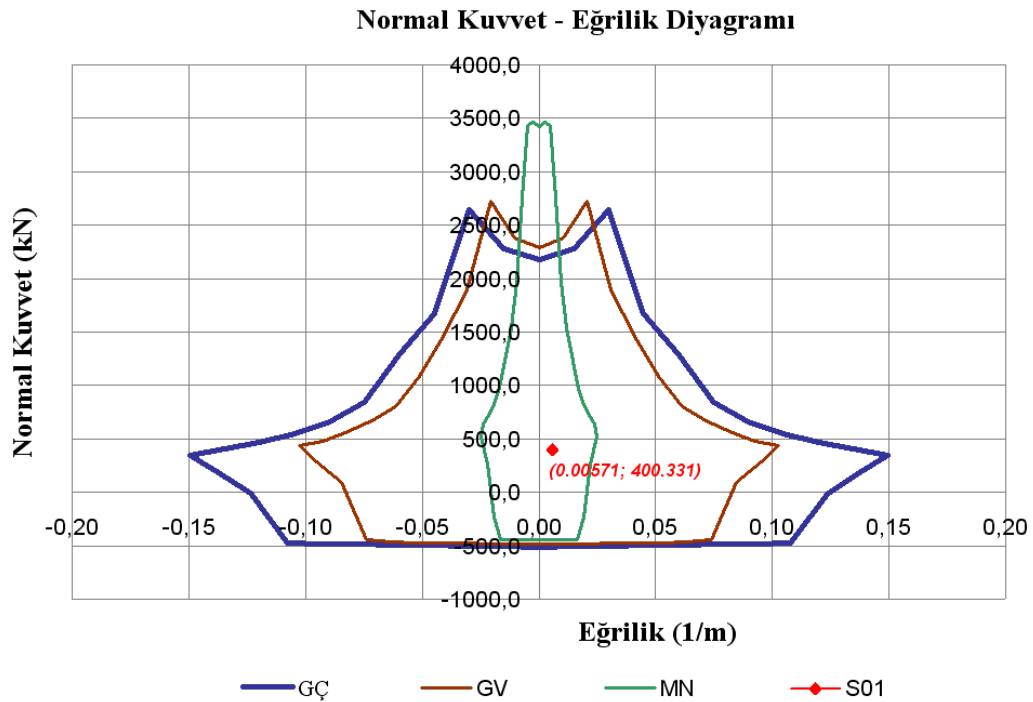
Bulunan bu birim şekildeğiştirmeler Deprem Yönetmeliği’nde belirtilen beton ve çeliğe ait sınır birim şekildeğiştirmeleri ile karşılaştırılarak kesit hasar durumları belirlenir.

$$(\varepsilon_s)_{MN} = 0.010 > \varepsilon_s = 0.0068 \text{ olduğundan,}$$

Kesit hasarının “Minimum Hasar Bölgesinde” meydana geldiği görülür.

5.2.5 Kolonlar için birim şekildeğiştirme istemlerinin hesabı

Kolonlara P-M2-M3 plastik mafsalları tanımlanmış dolayısı ile birim şekildeğiştirmelerin bulunmasında eğilme ve toplam dönme değerleri tek başına yeterli olmamakta bunların yanı sıra normal kuvvet değerine de ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durumda pratik bir çözüm olarak XTRACT yazılımı yardımı ile minimum, güvenlik ve göçme sınır durumları için şekildeğiştirme sınır değerleri sabit kalacak şekilde normal kuvvet toplam eğrilik diyagramları çizilir. Analiz programından alınan plastik dönme değeri plastik mafsal boyuna bölünerek plastik eğrilik bulunur. Bulunan değer akma eğriligi değeri ile toplanarak toplam eğrilik değerine geçilir. Bu değer normal kuvvet istemi ile beraber diyagram üzerinde gösterilir ve hangi hasar sınırı içerisinde kaldığı açıkça belirtilmiş olur. Örnek olması açısından S01 tipi kolon için elde edilen diyagram Şekil 5.20’ de gösterilmiştir. Kolonun, toplam eğrilik değeri ve normal kuvvet istemi diyagramda işaretlenmiş ve hasar durumunun, minimum hasar bölgesinde olduğu görülmüştür.



Şekil 5.20: S01 Kolonu x Doğrultusunda Tasarım Depremi İçin Hasar Durumu

5.2.6 Bina performansının belirlenmesi

Binanın kullanım amacının hastane olması dolayısı ile 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremde Hemen Kullanım, 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem etkisinde Can Güvenliği performans hedefini sağlaması öngörülmektedir.

Analiz sonuçlarına göre belirgin hasar bölgesinde kolon bulunmamaktadır. Tasarım depreminde Hemen Kullanım performans düzeyini sağlamaktadır. Şiddetli depremde ileri hasar bölgesine geçen eleman olmadığından Can Güvenliği performans düzeyini sağlamaktadır (Çizelge 5.9, Çizelge 5.10).

Çizelge 5.9: x Doğrultusu Eleman Hasar Durumları

x Doğrultusu								
Kat	Tasarım Depremi				Şiddetli Deprem			
	Kirişler %		Kolonlar %		Kirişler %		Kolonlar %	
	MHB	BHB	MHB	BHB	MHB	BHB	MHB	BHB
1.Kat	100	0	100	0	88	12	100	0
2.Kat	100	0	100	0	88	12	100	0
3.Kat	100	0	100	0	70	30	100	0
4.Kat	100	0	100	0	70	30	100	0

Çizelge 5.10: y Doğrultusu Eleman Hasar Durumları

y Doğrultusu								
Kat	Tasarım Depremi				Şiddetli Deprem			
	Kirişler %		Kolonlar %		Kirişler %		Kolonlar %	
	MHB	BHB	MHB	BHB	MHB	BHB	MHB	BHB
1.Kat	100	0	100	0	97	3	100	0
2.Kat	100	0	100	0	97	3	100	0
3.Kat	100	0	100	0	81	9	100	0
4.Kat	100	0	100	0	91	9	100	0

x ve y doğrultularında, tasarım depremi etkisinde tüm elemanlar minimum hasar bölgesinde bulunmaktadır. Şiddetli deprem etkisinde her iki doğrultuda da kolonlar minimum hasar bölgesindedir. Doğrusal elastik yöntemde ise aynı deprem etkisinde, x doğrultusunda alt katlarda kolonların %20'si belirgin hasar bölgesinde bulunmaktaydı. Kirişlerin bir kısmı belirgin hasar bölgesine geçerken ileri hasar bölgesinde eleman bulunmamaktadır. Sonuç olarak bu yöntemde de her iki deprem etkisi altında hedeflenen performans seviyeleri sağlanmış, sonuçlar doğrusal elastik yöntemde göre daha elverişli çıkmıştır.

6. SONUÇLAR

Tez kapsamında mevcut betonarme bir okul binasının deprem performansının doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemlerle belirlenmesi ve karşılaştırılması üzerinde çalışılmıştır. 4 katlı betonarme çerçeve sisteminden oluşan yapıda düzensizlik bulunmamaktadır. Yapının mevcut durum bilgi düzeyi orta olarak kabul edilmiş, kesitlere minimum donatı yerleştirilmiş ve malzeme sınıfları C16 ve S220 olarak belirlenmiştir.

Taşıyıcı sistem modellemesi SAP 2000 yazılımında yapılmış olup, performans incelemesi için doğrusal elastik hesap yöntemine de aynı model üzerinden devam edilmiştir. Doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminde ise Sap2000 programında eğilme rijitlikleri azaltılmış, aynı model üzerinde kesitlerin plastik mafsallık özellikleri tanımlanarak atanmış ve bu şekilde itme analizi gerçekleştirilmiştir. Kirişlere M3 kolonlara ise P-M2-M3 mafsallık tipi tanımlanmış, mafsallık özellikleri ile ilgili veriler XTRACT programı kullanılarak elde edilmiştir. Mevcut yapı ve malzeme değerleri kullanılarak aynı sistem bir de RUAUMOKO 2D programı kullanılarak çözülmüştür. Yapı sistemi, programa, aksların ucuna eklenmesi suretiyle tanımlanmıştır. Bina tepe deplasman istemi ve tasarım depremi için kesit hasar durumları gözlenmiştir.

Mevcut yapı analizlerinde mevcut yapı performansının, yönetmelikte verilen hedefleri karşılamadığı görüldüğünden, taşıyıcı sisteme yeni betonarme perdeler eklemek suretiyle bir güçlendirme önerisi sunulmuştur. Betonarme perde elemanlarda malzeme sınıflarının C30 ve S420 olması öngörülmüştür. Güçlendirilmiş duruma ait performans hesapları farklı yöntemler için de tekrarlanmıştır. Yapılan çalışmada hem doğrusal elastik hesap yöntemi hem de doğrusal elastik olmayan hesap yöntemi kullanılmıştır. Güçlendirilmiş durum analizleri için sadece SAP 2000 programı kullanılmış olup, her iki yöntemde de taşıyıcı sistemin, x ve y doğrultularında, tasarım depremi etkisinde hemen kullanım,

şiddetli deprem etkisinde de can güvenliği performans hedeflerini sağladığı görülmüştür.

Çalışma sonunda elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi verilebilir.

- Analiz sonuçları, her iki yöntemde de taşıyıcı sistemin mevcut haliyle yönetmelikte belirlenen performans hedeflerini sağlamaktan uzak olduğunu göstermiştir.
- Mevcut durumda x doğrultusunda $T_x=0.727s$ ve y doğrultusunda $T_y=0.70s$ olan öteleme periyotları, güçlendirilmiş durumda yapılan hesaplamalar sonucu x doğrultusunda $T_x=0.32s$, y doğrultusunda ise $T_y=0.187s$ olarak bulunmuştur. Periyotlardaki bu azalma, beklendiği gibi güçlendirilmiş yapının rijitliğinin arttığını göstermektedir.
- Yapının mevcut durum için tasarım depremi etkisinde ve x doğrultusunda SAP 2000 ve RUAUMOKO yazılımlarıyla elde edilen sonuçların ikisinde de taşıyıcı sistemin mevcut haliyle güçlendirilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır.
- RUAUMOKO yazılımıyla elde edilen sonuçlar, SAP 2000 yazılımıyla elde edilen sonuçlara göre daha elverişsiz çıkmıştır ancak SAP2000’de model 3D, RUAUMOKO’da ise 2D olarak tanımlanmış olduğundan tam olarak aynı sonuçların elde edilmesi beklenmemektedir.
- TDY2007’de doğrusal olmayan analiz yöntemleri ile taşıyıcı sistem performansının belirlenmesinde, elemanların birim şekildeğiştirmeleri gözönüne alınarak sınır değerlerle kıyaslanmakta, doğrusal elastik hesap yöntemlerinde ise eleman hasar durumları, belirlenen etki/kapasite oranlarıyla tespit edilmektedir.
- Her iki yöntem de hem mevcut durum için hem de güçlendirilmiş durum için yapılan analizlerde önemli ölçüde benzer sonuçlar vermiştir.
- Doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinde sonuçlar daha elverişli çıkmış, doğrusal elastik hesap yönteminde ise elemanların hasar durum değerleri biraz daha yüksek çıkmış ancak sonuç olarak taşıyıcı sistem performansını etkilememiştir.
- Doğrusal elastik olmayan hesap yönteminde plastik mafsallık özellikleri ve bu özelliklerin programlara tanıtılması oldukça önem taşımaktadır. Bu

çalışmada, kirişler için tek eksenli gerilme dikkate alınmıştır. Kolonlarda normal kuvvet ve her iki doğrultuda da eğilme momenti olduğu gözönüne alınarak P-M2-M3 mafsalı tanımlanmıştır. Mafsal tanımlanması için gerekli bilgiler XTRACT'ten alınmıştır.

- Taşıyıcı sistemde düzensizlik bulunmaması, bina yüksekliğinin 25m'den küçük olması ve birinci moda ait kütle katılım oranlarının 0.70'den büyük olmasından dolayı doğrusal elastik yöntem ve doğrusal elastik olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleri uygulanabilmiştir.
- Taşıyıcı sisteme yeterli sayıda eklenen betonarme perdelerle, tasarım depremi ve şiddetli deprem için binanın sırasıyla hemen kullanım ve can güvenliği performans hedeflerini sağladığı görülmüştür.
- Betonarme perdeler, uygulamada ortaya çıkabilecek mimari fonksiyon bozuklukları da düşünülerek, olabilecek en uygun yerleşim ve sayı düşünülerek yerleştirilmeye çalışılmıştır. Farklı yerleşim ve seçeneklerde güçlendirme yapılması da mümkündür.
- Yeni betonarme perdelerin eklenmesiyle, birinci doğal titreşim periyotlarının düşüdüğü, itme eğrisinde taban kesme kuvveti değerlerinin arttığı, kapasite eğrisinde, eğrinin eğiminin dikleşerek yerdeğiştirme isteminin azaldığı, dolayısıyla da eleman şekil değiştirme istemlerinin yönetmelikte öngörülen sınırlar dahilinde kaldığı görülmüştür.
- Perde uçlarındaki kolonlarda mantolama yapılması öngörülmemiştir. Böyle bir yol izlenmesinde mevcut beton dayanımının C16 olması ve ilave perde-kolon birleşiminde donatı kimyasal ankrajlarının yeterli olacağı varsayılmıştır.
- Temel sistemiyle ilgili bilgi edinilememiş olduğundan yapının temel sistemi çözülememiştir. Güçlendirilmiş durum için temel analizi yapılarak zemin emniyet gerilmeleriyle karşılaştırılmalı, gerekiyorsa güçlendirilmeli ve varsa olumsuzluklar giderilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] **Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik**, (1975). ABYYHY, Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı, Ankara.
- [2] **Arslan Y.**, (2009). Çok Katlı Betonarme Bir Binanın Deprem Performansının Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemler Kullanılarak Belirlenmesi ve Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [3] **ATC-40**, 1996. Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Applied Technology Council, California.
- [4] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.**, 2001. Yapı Dinamiği, Rehber Matbaacılık, İstanbul.
- [5] **Celep, Z.**, 2008. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [6] **Clough, R.W. ve Penzien, J.**, 1975. Dynamics of Structures, McGraw-Hill, New York.
- [7] **Çakıroğlu, A., Özer, E.**, 1980. Malzeme ve Geometri Bakımından Lineer Olmayan Sistemler, Cilt 1, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul
- [8] **Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, DBYYHY 2007**. Bayındırlık Bakanlığı, Ankara.
- [9] **FEMA-356**, (2000). Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, American Society Of Civil Engineers, Federal Emergency Management Agency.
- [10] **İlki, A.**, 1999. Sargılı Beton Gerilme-Şekil Değiştirme Modelleri Üzerine Bir Derleme, Türkiye Deprem Vakfı, İstanbul.
- [11] **Kent, D.C. and Park, R.**, (1971). Flexural Members with Confined Concrete. Journal of the Structural Division, ASCE. Vol.97, No. ST7, pp 1969-1990.
- [12] **Mander J.B., Priestly, M.J.N and Park, R.**, (1988). Theoretical stress-strain model for confined concrete. *Journal of Structural Division ASCE* 114:8, 1804-1826.
- [13] **McGuire, W., Gallagher, R. ve Ziemian, R.**, 2000. Matrix Structural Analysis, John Wiley & Sons, New York.
- [14] **Özer E.**, 2004. Yapı Sistemlerinin Lineer Olmayan Analizi Ders Notları, İstanbul.
- [15] **Priestley, M.J.N.**, 2003. Myths and Fallacies in Earthquake Engineering Revisited, IUSS Press, Pavia.

- [16] **RUAUMOKO 2D**, 2000. Ruaumoko Inelastic Dynamic Analysis, 15 March 2000, University of Canterbury, Christchurch, New Zeland.
- [17] **SAP 2000**, 2000. Structural Analysis Program, Computers and Structures Inc., Berkeley, California.
- [18] **TS-498**, 1987. Yapılar Hesaplarında Kullanılacak Yükler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [19] **TS500**, 2000. Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [20] **Taylor, R.G.**, (1977). The Nonlinear Seismic Response of Tall Shear Wall Structures. Ph.D. Thesis, Department of Civil Engineering, University of Canterbury, Christchurch, New Zeland.
- [21] **Wilson, E.L.**, 2002. Three-Dimensional Static and Dynamic Analysis of Structures , Computers and Structures, California.
- [22] **XTRACT**, 2001. Cross Sectional Analysis of Components, Imbsen Software System, Sacramento.

EKLER

EK A. : Tasarım Depremi Etkisinde Kiriş Momentleri

EK B. : Tasarım Depremi Etkisinde Kiriş Hasar Durumları

EK C. : Tasarım Depremi Etkisinde Kolon Momentleri

EK D. : Tasarım Depremi Etkisinde Kolon Hasar Durumları

Çizelge A.1: Tasarım Depremi Etkisinde Kiriş Momentleri

Kiriş Adı	Uç	M _E	M _K	M _D	V _(e)	V _r	Hasar Yeri
		kNm	kNm	kNm	kN	kN	
3. KAT							
K01	Sol	98.3943	77.8914	3.3354	60.5277	113	Alt
	Sağ	-49.3443	83.9736	0.981	80.442	113	Üst
K02	Sol	86.328	77.8914	1.5696	70.7301	113	Alt
	Sağ	-77.1066	82.9926	2.943	88.5843	113	Üst
K03	Sol	62.4897	77.8914	2.8449	50.4234	113	Alt
	Sağ	-59.841	82.9926	3.6297	70.3377	113	Üst
K04	Sol	62.4897	77.8914	3.6297	53.955	113	Alt
	Sağ	-70.0434	85.347	2.8449	73.8693	113	Üst
K05	Sol	68.4738	77.8914	2.8449	57.0942	113	Alt
	Sağ	-68.4738	82.9926	2.8449	76.518	113	Üst
K06	Sol	70.0434	77.8914	2.7468	55.4265	113	Alt
	Sağ	-62.4897	82.9926	3.6297	75.3408	113	Üst
K07	Sol	59.841	77.8914	3.6297	49.05	113	Alt
	Sağ	-62.4897	82.9926	2.8449	68.9643	113	Üst
K08	Sol	77.1066	77.8914	2.943	69.2586	113	Alt
	Sağ	-86.328	85.347	1.6677	87.4071	113	Üst
K09	Sol	49.3443	77.8914	0.981	63.6669	113	Alt
	Sağ	-98.3943	83.9736	3.3354	83.5812	113	Üst
K10	Sol	112.3245	77.8914	4.8069	103.2012	113	Alt
	Sağ	-158.0391	87.2109	1.0791	90.6444	113	Üst
K11	Sol	142.5393	77.8914	1.2753	103.3974	113	Alt
	Sağ	-125.568	85.0527	2.4525	104.3784	113	Üst
K12	Sol	196.3962	77.8914	2.4525	96.9228	113	Alt
	Sağ	-73.0845	85.4451	4.8069	96.9228	113	Üst
K13	Sol	76.1256	77.8914	4.8069	97.8057	113	Alt
	Sağ	-205.029	87.7014	2.4525	98.4924	113	Üst
K14	Sol	113.8941	77.8914	2.6487	105.1632	113	Alt
	Sağ	-113.8941	85.0527	2.6487	103.7898	113	Üst
K15	Sol	205.029	77.8914	2.4525	97.2171	113	Alt
	Sağ	-76.1256	85.4451	4.8069	96.6285	113	Üst
K16	Sol	73.0845	77.8914	4.8069	96.9228	113	Alt
	Sağ	-196.3962	85.4451	2.4525	96.9228	113	Üst
K17	Sol	125.568	77.8914	2.4525	105.7518	113	Alt
	Sağ	-142.5393	87.309	1.2753	104.6727	113	Üst
K18	Sol	158.0391	77.8914	1.0791	91.9197	113	Alt
	Sağ	-112.3245	87.2109	4.8069	104.4765	113	Üst
K19	Sol	105.948	77.8914	4.8069	103.2012	113	Alt
	Sağ	-149.4063	87.2109	1.0791	90.6444	113	Üst
K20	Sol	138.5172	77.8914	1.2753	103.3974	113	Alt
	Sağ	-120.1725	85.0527	2.4525	103.005	113	Üst

Çizelge A.1 devamı: Tasarım Depremi Etkisinde Kiriş Momentleri

Kiriş Adı	Uç	M _E	M _K	M _D	V _(e)	V _r	Hasar Yeri
		kNm	kNm	kNm	kN	kN	
3. KAT							
K21	Sol	190.6083	77.8914	2.4525	96.9228	113	Alt
	Sağ	-71.7111	85.4451	4.8069	96.9228	113	Üst
K22	Sol	71.3187	77.8914	4.8069	97.8057	113	Alt
	Sağ	-196.5924	87.7014	2.4525	98.4924	113	Üst
K23	Sol	110.1663	77.8914	2.6487	105.2613	113	Alt
	Sağ	-110.1663	85.0527	2.6487	105.2613	113	Üst
K24	Sol	196.5924	77.8914	2.4525	97.2171	113	Alt
	Sağ	-71.3187	85.4451	4.8069	96.6285	113	Üst
K25	Sol	71.7111	77.8914	4.8069	96.9228	113	Alt
	Sağ	-190.6083	85.4451	2.4525	96.9228	113	Üst
K26	Sol	120.1725	77.8914	2.4525	105.7518	113	Alt
	Sağ	-138.5172	87.309	1.2753	103.2993	113	Üst
K27	Sol	149.4063	77.8914	1.0791	91.8216	113	Alt
	Sağ	-105.948	87.2109	4.8069	104.4765	113	Üst
K28	Sol	80.3439	77.8914	3.3354	47.4804	113	Alt
	Sağ	-40.5153	83.9736	0.981	67.3947	113	Üst
K29	Sol	71.5149	77.8914	1.6677	56.7018	113	Alt
	Sağ	-63.1764	82.9926	2.943	76.1256	113	Üst
K30	Sol	51.7968	77.8914	2.8449	39.7305	113	Alt
	Sağ	-48.7557	82.9926	3.6297	59.6448	113	Üst
K31	Sol	49.7367	77.8914	3.6297	41.5944	113	Alt
	Sağ	-57.3885	85.347	2.7468	61.5087	113	Üst
K32	Sol	56.7018	77.8914	2.8449	45.6165	113	Alt
	Sağ	-56.7018	82.9926	2.8449	65.0403	113	Üst
K33	Sol	57.3885	77.8914	2.8449	42.9678	113	Alt
	Sağ	-49.7367	82.9926	3.6297	62.8821	113	Üst
K34	Sol	48.7557	77.8914	3.6297	38.3571	113	Alt
	Sağ	-51.7968	82.9926	2.8449	58.2714	113	Üst
K35	Sol	63.1764	77.8914	2.943	55.2303	113	Alt
	Sağ	-71.5149	85.347	1.5696	74.6541	113	Üst
K36	Sol	40.5153	77.8914	0.981	50.6196	113	Alt
	Sağ	-80.3439	83.9736	3.3354	70.5339	113	Üst
K37	Sol	21.4839	96.3342	30.0186	36.5913	131	Alt
	Sağ	-20.9934	145.7766	20.7972	45.7146	131	Üst
K38	Sol	2.5506	96.3342	36.4932	54.3474	274	Alt
	Sağ	-11.6739	162.0612	32.1768	61.0182	274	Üst

Çizelge A.1 devamı: Tasarım Depremi Etkisinde Kiriş Momentleri

Kiriş Adı	Uç	M _E	M _K	M _D	V _(e)	V _r	Hasar Yeri
		kNm	kNm	kNm	kN	kN	
K39	Sol	16.4808	96.3342	36.0027	50.1291	274	Alt
	Sağ	-25.1136	162.0612	32.1768	65.2365	274	Üst
K40	Sol	8.7309	96.3342	39.9267	56.3094	274	Alt
	Sağ	-10.3986	160.5897	27.0756	55.7208	274	Üst
K41	Sol	-6.7689	162.0612	36.0027	58.3695	274	Üst
	Sağ	5.5917	96.3342	32.0787	56.9961	274	Alt
K42	Sol	6.7689	96.3342	36.0027	54.5436	274	Alt
	Sağ	-5.5917	162.0612	32.0787	60.7239	274	Üst
K43	Sol	-8.7309	160.5897	40.0248	62.3916	274	Üst
	Sağ	10.3986	96.3342	27.0756	49.7367	274	Alt
K44	Sol	-16.4808	162.0612	36.0027	62.784	274	Üst
	Sağ	25.1136	96.3342	32.1768	52.5816	274	Alt
K45	Sol	-2.5506	162.0612	36.4932	58.6638	274	Üst
	Sağ	11.6739	96.3342	32.1768	56.7018	274	Alt
K46	Sol	-21.4839	145.7766	30.0186	50.031	131	Üst
	Sağ	20.9934	96.3342	20.7972	32.2749	131	Alt
K47	Sol	11.772	42.183	16.1865	6.6708	113	Alt
	Sağ	-21.8763	82.0116	16.1865	27.5661	113	Üst
K48	Sol	0.4905	42.183	27.7623	19.5219	113	Alt
	Sağ	-7.848	86.4261	27.7623	24.8193	113	Üst
K49	Sol	4.905	42.183	27.9585	21.0915	113	Alt
	Sağ	1.6677	42.183	27.9585	23.1516	113	Alt
K50	Sol	5.2974	42.183	22.6611	19.3257	113	Alt
	Sağ	-5.5917	86.4261	22.6611	25.8984	113	Üst
K51	Sol	-1.8639	86.4261	27.9585	21.2877	113	Üst
	Sağ	-4.3164	86.4261	27.9585	22.9554	113	Üst
K52	Sol	1.8639	42.183	27.9585	22.8573	113	Alt
	Sağ	4.3164	42.183	27.9585	21.4839	113	Alt
K53	Sol	-5.2974	86.4261	22.6611	26.0946	113	Üst
	Sağ	5.5917	42.183	22.6611	19.1295	113	Alt
K54	Sol	-4.905	86.4261	27.9585	23.0535	113	Üst
	Sağ	-1.6677	86.4261	27.9585	21.1896	113	Üst
K55	Sol	-0.4905	86.4261	27.7623	24.7212	113	Üst
	Sağ	7.848	42.183	27.7623	19.62	113	Alt
K56	Sol	-11.772	82.0116	16.1865	27.6642	113	Üst
	Sağ	21.8763	42.183	16.1865	6.5727	113	Alt

Çizelge A.1 devamı: Tasarım Depremi Etkisinde Kiriş Momentleri

Kiriş Adı	Uç	M _E	M _K	M _D	V _(e)	V _r	Hasar Yeri
		kNm	kNm	kNm	kN	kN	
K57	Sol	37.1799	96.3342	20.7972	29.1357	131	Alt
	Sağ	-27.0756	145.7766	30.0186	52.6797	131	Üst
K58	Sol	29.6262	96.3342	32.1768	51.6987	274	Alt
	Sağ	-17.658	162.0612	36.4932	63.6669	274	Üst
K59	Sol	5.5917	96.3342	32.1768	58.1733	274	Alt
	Sağ	0.5886	96.3342	36.0027	57.1923	274	Alt
K60	Sol	10.6929	96.3342	26.9775	50.5215	274	Alt
	Sağ	-8.3385	160.5897	40.0248	60.7239	274	Üst
K61	Sol	11.1834	96.3342	32.0787	55.8189	274	Alt
	Sağ	-9.0252	162.0612	36.0027	59.4486	274	Üst
K62	Sol	-11.1834	162.0612	32.0787	61.9011	274	Üst
	Sağ	9.0252	96.3342	36.0027	53.3664	274	Alt
K63	Sol	-10.6929	160.5897	26.9775	56.6037	274	Üst
	Sağ	8.3385	96.3342	40.0248	54.7398	274	Alt
K64	Sol	-5.5917	162.0612	32.1768	59.6448	274	Üst
	Sağ	-0.5886	162.0612	36.0027	55.7208	274	Üst
K65	Sol	-29.6262	162.0612	32.1768	66.0213	274	Üst
	Sağ	17.658	96.3342	36.4932	49.3443	274	Alt
K66	Sol	-37.1799	145.7766	20.7972	49.6386	131	Üst
	Sağ	27.0756	96.3342	30.0186	32.2749	131	Alt
2. KAT							
K01	Sol	263.5947	77.8914	4.4145	93.9798	113	Alt
	Sağ	-175.9914	83.9736	0.5886	81.5211	113	Üst
K02	Sol	181.0926	77.8914	1.6677	86.6223	113	Alt
	Sağ	-184.428	82.9926	2.943	88.29	113	Üst
K03	Sol	175.4028	77.8914	2.7468	86.0337	113	Alt
	Sağ	-167.4567	82.9926	3.7278	89.4672	113	Üst
K04	Sol	168.2415	77.8914	3.7278	90.252	113	Alt
	Sağ	-178.3458	85.347	2.6487	87.5052	113	Üst
K05	Sol	179.2287	77.8914	2.8449	88.5843	113	Alt
	Sağ	-179.2287	82.9926	2.8449	88.5843	113	Üst
K06	Sol	178.3458	77.8914	2.6487	86.328	113	Alt
	Sağ	-168.2415	82.9926	3.7278	89.1729	113	Üst
K07	Sol	167.4567	77.8914	3.7278	89.3691	113	Alt
	Sağ	-175.4028	82.9926	2.7468	86.0337	113	Üst
K08	Sol	184.428	77.8914	2.943	89.4672	113	Alt
	Sağ	-181.0926	85.347	1.7658	87.7014	113	Üst
K09	Sol	175.9914	77.8914	0.5886	82.6983	113	Alt
	Sağ	-263.5947	83.9736	4.4145	95.0589	113	Üst

Çizelge A.1 devamı: Tasarım Depremi Etkisinde Kiriş Momentleri

Kiriş Adı	Uç	M _E	M _K	M _D	V _(e)	V _r	Hasar Yeri
		kNm	kNm	kNm	kN	kN	
2. KAT							
K10	Sol	299.6955	77.8914	5.886	105.3594	113	Alt
	Sağ	-372.9762	87.2109	1.3734	88.5843	113	Üst
K11	Sol	424.5768	77.8914	2.0601	104.6727	113	Alt
	Sağ	-423.5958	85.0527	2.943	103.2012	113	Üst
K12	Sol	394.2639	77.8914	3.0411	98.1981	113	Alt
	Sağ	-195.9057	85.4451	3.6297	95.7456	113	Üst
K13	Sol	195.0228	77.8914	3.6297	96.6285	113	Alt
	Sağ	-395.5392	87.7014	3.1392	99.6696	113	Üst
K14	Sol	415.944	77.8914	3.1392	105.2613	113	Alt
	Sağ	-415.944	85.0527	3.1392	103.7898	113	Üst
K15	Sol	395.5392	77.8914	3.1392	98.4924	113	Alt
	Sağ	-195.0228	85.4451	3.6297	95.4513	113	Üst
K16	Sol	195.9057	77.8914	3.7278	95.7456	113	Alt
	Sağ	-394.2639	85.4451	3.1392	98.1	113	Üst
K17	Sol	423.5958	77.8914	2.943	104.4765	113	Alt
	Sağ	-424.5768	87.309	2.0601	105.948	113	Üst
K18	Sol	372.9762	77.8914	1.3734	89.7615	113	Alt
	Sağ	-299.6955	87.2109	5.886	106.5366	113	Üst
K19	Sol	285.8634	77.8914	5.886	105.3594	113	Alt
	Sağ	-357.3783	87.2109	1.3734	88.4862	113	Üst
K20	Sol	408.4884	77.8914	2.0601	104.5746	113	Alt
	Sağ	-407.0169	85.0527	2.943	101.7297	113	Üst
K21	Sol	380.1375	77.8914	3.0411	98.1	113	Alt
	Sağ	-188.2539	85.4451	3.7278	95.7456	113	Üst
K22	Sol	186.1938	77.8914	3.6297	96.6285	113	Alt
	Sağ	-380.2356	87.7014	3.1392	99.6696	113	Üst
K23	Sol	399.9537	77.8914	3.1392	105.1632	113	Alt
	Sağ	-399.9537	85.0527	3.1392	105.1632	113	Üst
K24	Sol	380.2356	77.8914	3.1392	98.3943	113	Alt
	Sağ	-186.1938	85.4451	3.6297	95.4513	113	Üst
K25	Sol	188.2539	77.8914	3.6297	95.7456	113	Alt
	Sağ	-380.1375	85.4451	3.0411	98.1	113	Üst
K26	Sol	407.0169	77.8914	2.943	104.4765	113	Alt
	Sağ	-408.4884	87.309	2.0601	104.4765	113	Üst
K27	Sol	357.3783	77.8914	1.3734	89.7615	113	Alt
	Sağ	-285.8634	87.2109	5.886	106.5366	113	Üst
K28	Sol	215.0352	77.8914	4.4145	93.9798	113	Alt
	Sağ	-143.9127	83.9736	0.5886	81.6192	113	Üst
K29	Sol	149.2101	77.8914	1.7658	86.6223	113	Alt
	Sağ	-151.4664	82.9926	2.943	88.29	113	Üst

Çizelge A.1 devamı: Tasarım Depremi Etkisinde Kiriş Momentleri

Kiriş Adı	Uç	M _E	M _K	M _D	V _(e)	V _r	Hasar Yeri
		kNm	kNm	kNm	kN	kN	
2. KAT							
K30	Sol	144.4032	77.8914	2.7468	86.0337	113	Alt
	Sağ	-136.5552	82.9926	3.7278	89.3691	113	Üst
K31	Sol	136.1628	77.8914	3.7278	90.252	113	Alt
	Sağ	-146.0709	85.347	2.6487	87.5052	113	Üst
K32	Sol	147.6405	77.8914	2.8449	88.5843	113	Alt
	Sağ	-147.6405	82.9926	2.8449	88.5843	113	Üst
K33	Sol	146.0709	77.8914	2.6487	86.328	113	Alt
	Sağ	-136.1628	82.9926	3.7278	89.0748	113	Üst
K34	Sol	136.5552	77.8914	3.7278	89.4672	113	Alt
	Sağ	-144.4032	82.9926	2.7468	86.0337	113	Üst
K35	Sol	151.4664	77.8914	2.943	89.4672	113	Alt
	Sağ	-149.2101	85.347	1.6677	87.7014	113	Üst
K36	Sol	143.9127	77.8914	0.5886	82.6983	131	Alt
	Sağ	-215.0352	83.9736	4.4145	95.0589	131	Üst
K37	Sol	56.6037	96.3342	33.1578	24.525	274	Alt
	Sağ	-52.8759	145.7766	31.1958	57.6828	274	Üst
K38	Sol	19.1295	96.3342	38.1609	45.2241	274	Alt
	Sağ	-37.7685	162.0612	48.8538	70.1415	274	Üst
K39	Sol	30.411	96.3342	37.7685	42.0849	274	Alt
	Sağ	-46.5975	162.0612	49.05	73.2807	274	Üst
K40	Sol	20.8953	96.3342	44.3412	50.2272	274	Alt
	Sağ	-24.525	160.5897	41.4963	61.803	274	Üst
K41	Sol	-6.1803	162.0612	37.7685	55.4265	274	Üst
	Sağ	4.905	96.3342	49.05	59.9391	274	Alt
K42	Sol	6.1803	96.3342	37.7685	52.0911	274	Alt
	Sağ	-4.905	162.0612	49.05	63.2745	274	Üst
K43	Sol	-20.8953	160.5897	44.3412	64.6479	274	Üst
	Sağ	24.525	96.3342	41.4963	47.3823	274	Alt
K44	Sol	-30.411	162.0612	37.7685	65.4327	274	Üst
	Sağ	46.5975	96.3342	49.05	49.9329	274	Alt
K45	Sol	-19.1295	162.0612	38.0628	62.4897	274	Üst
	Sağ	37.7685	96.3342	48.8538	52.8759	274	Alt
K46	Sol	-56.6037	145.7766	33.1578	59.3505	131	Üst
	Sağ	52.8759	96.3342	31.1958	22.9554	131	Alt
K47	Sol	35.2179	77.8914	11.772	9.2214	113	Alt
	Sağ	-49.2462	84.5622	11.772	43.4583	113	Üst

Çizelge A.1 devamı: Tasarım Depremi Etkisinde Kiriş Momentleri

Kiriş Adı	Uç	M _E	M _K	M _D	V _(e)	V _r	Hasar Yeri
		kNm	kNm	kNm	kN	kN	
2. KAT							
K48	Sol	6.0822	42.183	22.3668	16.0884	113	Alt
	Sağ	-13.0473	86.4261	22.3668	28.1547	113	Üst
K49	Sol	8.1423	42.183	22.4649	18.9333	113	Alt
	Sağ	-1.8639	86.4261	22.4649	25.3098	113	Üst
K50	Sol	13.8321	77.8914	16.7751	14.1264	113	Alt
	Sağ	-13.8321	88.9767	16.7751	31.0977	113	Üst
K51	Sol	-0.8829	86.4261	22.4649	20.7972	113	Üst
	Sağ	-5.1993	86.4261	22.4649	23.544	113	Üst
K52	Sol	0.8829	42.183	22.4649	23.4459	113	Alt
	Sağ	5.1993	42.183	22.4649	20.8953	113	Alt
K53	Sol	-13.8321	88.9767	16.7751	31.392	113	Üst
	Sağ	13.8321	77.8914	16.7751	13.8321	113	Alt
K54	Sol	-8.1423	86.4261	22.4649	25.2117	113	Üst
	Sağ	1.8639	42.183	22.4649	19.0314	113	Alt
K55	Sol	-6.0822	86.4261	22.3668	28.0566	113	Üst
	Sağ	13.0473	42.183	22.3668	16.2846	113	Alt
K56	Sol	-35.2179	84.5622	11.772	43.5564	113	Üst
	Sağ	49.2462	77.8914	11.772	9.4176	113	Alt
K57	Sol	78.9705	96.3342	31.1958	18.8352	131	Alt
	Sağ	-59.2524	145.7766	33.1578	63.0783	131	Üst
K58	Sol	57.9771	96.3342	48.8538	47.1861	274	Alt
	Sağ	-36.297	162.0612	38.1609	68.0814	274	Üst
K59	Sol	22.563	96.3342	49.05	56.7018	274	Alt
	Sağ	-10.0062	162.0612	37.7685	58.6638	274	Üst
K60	Sol	24.525	96.3342	41.4963	48.1671	274	Alt
	Sağ	-20.8953	160.5897	44.4393	63.0783	274	Üst
K61	Sol	18.0504	96.3342	49.05	56.7999	274	Alt
	Sağ	-13.4397	162.0612	37.7685	58.5657	274	Üst
K62	Sol	-18.0504	162.0612	49.05	66.4137	274	Üst
	Sağ	13.4397	96.3342	37.7685	48.9519	274	Alt
K63	Sol	-24.525	160.5897	41.4963	62.5878	274	Üst
	Sağ	20.8953	96.3342	44.4393	48.6576	274	Alt
K64	Sol	-22.563	162.0612	49.05	66.5118	274	Üst
	Sağ	10.0062	96.3342	37.7685	48.8538	274	Alt
K65	Sol	-57.9771	162.0612	48.8538	75.8313	274	Üst
	Sağ	36.297	96.3342	38.1609	39.5343	274	Alt
K66	Sol	-78.9705	145.7766	31.1958	62.6859	131	Üst
	Sağ	59.2524	96.3342	33.1578	19.2276	131	Alt

Çizelge A.1 devamı: Tasarım Depremi Etkisinde Kiriş Momentleri

Kiriş Adı	Uç	M _E	M _K	M _D	V _(e)	V _r	Hasar Yeri
		kNm	kNm	kNm	kN	kN	
1. KAT							
K01	Sol	380.7261	77.8914	3.924	92.5083	113	Alt
	Sağ	-265.851	83.9736	1.2753	82.9926	113	Üst
K02	Sol	240.2469	77.8914	2.0601	86.7204	113	Alt
	Sağ	-254.7657	82.9926	2.943	88.1919	113	Üst
K03	Sol	250.3512	77.8914	2.8449	86.328	113	Alt
	Sağ	-237.402	82.9926	3.5316	89.0748	113	Üst
K04	Sol	236.8134	77.8914	3.5316	89.9577	113	Alt
	Sağ	-249.4683	85.347	2.8449	87.7995	113	Üst
K05	Sol	254.7657	77.8914	2.943	88.5843	113	Alt
	Sağ	-254.7657	82.9926	2.943	88.5843	113	Üst
K06	Sol	249.4683	77.8914	2.8449	86.6223	113	Alt
	Sağ	-236.8134	82.9926	3.5316	88.8786	113	Üst
K07	Sol	237.402	77.8914	3.5316	89.0748	113	Alt
	Sağ	-250.3512	82.9926	2.8449	86.4261	113	Üst
K08	Sol	254.7657	77.8914	2.943	89.271	113	Alt
	Sağ	-240.2469	85.347	2.0601	87.8976	113	Üst
K09	Sol	265.851	77.8914	1.2753	84.1698	113	Alt
	Sağ	-380.7261	83.9736	3.924	93.5874	113	Üst
K10	Sol	430.9533	77.8914	5.3955	103.4955	113	Alt
	Sağ	-537.3918	87.2109	0.4905	90.4482	113	Üst
K11	Sol	656.289	77.8914	2.1582	104.2803	113	Alt
	Sağ	-666.099	85.0527	2.7468	103.4955	113	Üst
K12	Sol	534.0564	77.8914	2.8449	97.6095	113	Alt
	Sağ	-280.566	85.4451	4.0221	96.2361	113	Üst
K13	Sol	278.604	77.8914	4.0221	97.2171	113	Alt
	Sağ	-532.9773	87.7014	2.943	99.081	113	Üst
K14	Sol	665.0199	77.8914	2.943	105.1632	113	Alt
	Sağ	-665.0199	85.0527	2.943	103.7898	113	Üst
K15	Sol	532.9773	77.8914	2.943	97.9038	113	Alt
	Sağ	-278.604	85.4451	4.0221	96.0399	113	Üst
K16	Sol	280.566	77.8914	4.0221	96.2361	113	Alt
	Sağ	-534.0564	85.4451	2.8449	97.6095	113	Üst
K17	Sol	666.099	77.8914	2.7468	104.7708	113	Alt
	Sağ	-656.289	87.309	2.1582	105.6537	113	Üst
K18	Sol	537.3918	77.8914	0.4905	91.6254	113	Alt
	Sağ	-430.9533	87.2109	5.3955	104.6727	113	Üst
K19	Sol	412.3143	77.8914	5.3955	103.3974	113	Alt
	Sağ	-517.0851	87.2109	0.4905	90.4482	113	Üst

Çizelge A.1 devamı: Tasarım Depremi Etkisinde Kiriş Momentleri

Kiriş Adı	Uç	M _E	M _K	M _D	V _(e)	V _r	Hasar Yeri
		kNm	kNm	kNm	kN	kN	
1. KAT							
K20	Sol	629.9001	77.8914	2.1582	104.2803	113	Alt
	Sağ	-639.5139	85.0527	2.8449	102.024	113	Üst
K21	Sol	512.5725	77.8914	2.8449	97.6095	113	Alt
	Sağ	-267.5187	85.4451	4.0221	96.2361	113	Üst
K22	Sol	267.0282	77.8914	4.0221	97.2171	113	Alt
	Sağ	-512.5725	87.7014	2.943	99.081	113	Üst
K23	Sol	638.2386	77.8914	2.943	105.1632	113	Alt
	Sağ	-638.2386	85.0527	2.943	105.1632	113	Üst
K24	Sol	512.5725	77.8914	2.943	97.8057	113	Alt
	Sağ	-267.0282	85.4451	4.0221	96.0399	113	Üst
K25	Sol	267.5187	77.8914	4.0221	96.2361	113	Alt
	Sağ	-512.5725	85.4451	2.8449	97.6095	113	Üst
K26	Sol	639.5139	77.8914	2.8449	104.7708	113	Alt
	Sağ	-629.9001	87.309	2.1582	104.1822	113	Üst
K27	Sol	517.0851	77.8914	0.4905	91.6254	113	Alt
	Sağ	-412.3143	87.2109	5.3955	104.6727	113	Üst
K28	Sol	309.2112	77.8914	3.924	92.5083	113	Alt
	Sağ	-216.5067	83.9736	1.2753	82.9926	113	Üst
K29	Sol	197.181	77.8914	2.0601	86.7204	113	Alt
	Sağ	-208.7568	82.9926	2.943	88.0938	113	Üst
K30	Sol	204.7347	77.8914	2.8449	86.4261	113	Alt
	Sağ	-192.4722	82.9926	3.5316	89.0748	113	Üst
K31	Sol	191.3931	77.8914	3.5316	90.0558	113	Alt
	Sağ	-203.5575	85.347	2.8449	87.7995	113	Üst
K32	Sol	208.953	77.8914	2.943	88.5843	113	Alt
	Sağ	-208.953	82.9926	2.943	88.5843	113	Üst
K33	Sol	203.5575	77.8914	2.8449	86.6223	113	Alt
	Sağ	-191.3931	82.9926	3.5316	88.7805	113	Üst
K34	Sol	192.4722	77.8914	3.5316	89.1729	113	Alt
	Sağ	-204.7347	82.9926	2.8449	86.4261	113	Üst
K35	Sol	208.7568	77.8914	2.943	89.271	113	Alt
	Sağ	-197.181	85.347	2.0601	87.8976	113	Üst
K36	Sol	216.5067	77.8914	1.2753	84.1698	131	Alt
	Sağ	-309.2112	83.9736	3.924	93.5874	131	Üst
K37	Sol	87.7014	96.3342	33.0597	15.3036	274	Alt
	Sağ	-82.3059	153.1341	29.3319	67.0023	274	Üst
K38	Sol	35.2179	96.3342	38.7495	39.5343	274	Alt
	Sağ	-62.9802	179.8173	46.3032	75.8313	274	Üst
K39	Sol	39.4362	96.3342	38.4552	39.1419	274	Alt
	Sağ	-60.9201	179.8173	46.4994	76.2237	274	Üst

Çizelge A.1 devamı: Tasarım Depremi Etkisinde Kiriş Momentleri

Kiriş Adı	Uç	M _E	M _K	M _D	V _(e)	V _r	Hasar Yeri
		kNm	kNm	kNm	kN	kN	
1. KAT							
K40	Sol	30.9996	96.3342	44.8317	47.3823	274	Alt
	Sağ	-35.7084	178.4439	38.9457	64.6479	274	Üst
K41	Sol	-3.2373	162.0612	38.4552	54.936	274	Üst
	Sağ	0.5886	96.3342	46.4013	60.4296	274	Alt
K42	Sol	3.2373	96.3342	38.4552	53.7588	274	Alt
	Sağ	-0.5886	169.3206	46.4013	61.6068	274	Üst
K43	Sol	-30.9996	164.3175	44.8317	68.5719	274	Üst
	Sağ	35.7084	96.3342	38.9457	43.4583	274	Alt
K44	Sol	-39.4362	162.0612	38.4552	69.5529	274	Üst
	Sağ	60.9201	96.3342	46.4013	45.8127	274	Alt
K45	Sol	-35.2179	162.0612	38.6514	69.2586	274	Üst
	Sağ	62.9802	96.3342	46.3032	46.0089	274	Alt
K46	Sol	-87.7014	145.7766	33.0597	69.2586	131	Üst
	Sağ	82.3059	96.3342	29.3319	13.0473	131	Alt
K47	Sol	51.2082	77.8914	12.4587	20.601	113	Alt
	Sağ	-69.5529	84.5622	12.4587	54.7398	113	Üst
K48	Sol	10.0062	42.183	22.8573	13.9302	113	Alt
	Sağ	-16.1865	86.4261	22.8573	30.411	113	Üst
K49	Sol	10.3005	42.183	22.9554	17.3637	113	Alt
	Sağ	-4.8069	86.4261	22.9554	26.9775	113	Üst
K50	Sol	20.7972	42.183	17.3637	9.7119	113	Alt
	Sağ	-20.7972	86.4261	17.4618	35.5122	113	Üst
K51	Sol	0.0981	42.183	22.9554	20.3067	113	Alt
	Sağ	-5.4936	86.4261	22.9554	23.9364	113	Üst
K52	Sol	-0.0981	86.4261	22.9554	23.8383	113	Üst
	Sağ	5.4936	42.183	22.9554	20.5029	113	Alt
K53	Sol	-20.7972	86.4261	17.3637	35.7084	113	Üst
	Sağ	20.7972	42.183	17.4618	9.5157	113	Alt
K54	Sol	-10.3005	86.4261	22.9554	26.7813	113	Üst
	Sağ	4.8069	42.183	22.9554	17.5599	113	Alt
K55	Sol	-10.0062	86.4261	22.8573	30.3129	113	Üst
	Sağ	16.1865	42.183	22.8573	14.0283	113	Alt
K56	Sol	-51.2082	84.5622	12.4587	54.936	113	Üst
	Sağ	69.5529	77.8914	12.4587	20.6991	113	Alt
K57	Sol	106.8309	96.3342	29.3319	10.8891	131	Alt
	Sağ	-78.6762	145.7766	33.0597	70.9263	131	Üst

Çizelge A.1 devamı: Tasarım Depremi Etkisinde Kiriş Momentleri

Kiriş Adı	Uç	M _E	M _K	M _D	V _(e)	V _r	Hasar Yeri
		kNm	kNm	kNm	kN	kN	
1. KAT							
K58	Sol	77.4009	96.3342	46.3032	41.7906	274	Alt
	Sağ	-48.7557	162.0612	38.6514	73.4769	274	Üst
K59	Sol	39.9267	96.3342	46.4994	51.7968	274	Alt
	Sağ	-21.1896	162.0612	38.4552	63.5688	274	Üst
K60	Sol	35.7084	96.3342	38.8476	44.2431	274	Alt
	Sağ	-30.9015	164.3175	44.8317	67.0023	274	Üst
K61	Sol	20.2086	96.3342	46.4013	55.7208	274	Alt
	Sağ	-14.715	162.0612	38.4552	59.6448	274	Üst
K62	Sol	-20.2086	169.3206	46.4013	66.3156	274	Üst
	Sağ	14.715	96.3342	38.4552	49.05	274	Alt
K63	Sol	-35.7084	178.4439	38.8476	65.4327	274	Üst
	Sağ	30.9015	96.3342	44.8317	45.8127	274	Alt
K64	Sol	-39.9267	179.8173	46.4994	70.2396	274	Üst
	Sağ	21.1896	96.3342	38.4552	45.0279	274	Alt
K65	Sol	-77.4009	179.8173	46.3032	80.0496	274	Üst
	Sağ	48.7557	96.3342	38.7495	35.316	274	Alt
K66	Sol	-106.8309	153.1341	29.3319	69.8472	131	Üst
	Sağ	78.6762	96.3342	33.0597	12.0663	131	Alt
ZEMİN KAT							
K01	Sol	416.4345	77.8914	3.1392	90.252	113	Alt
	Sağ	-302.4423	83.9736	2.2563	85.1508	113	Üst
K02	Sol	255.3543	77.8914	2.6487	87.0147	113	Alt
	Sağ	-278.604	82.9926	3.0411	87.8976	113	Üst
K03	Sol	279.6831	77.8914	3.0411	87.0147	113	Alt
	Sağ	-262.5156	82.9926	3.2373	88.5843	113	Üst
K04	Sol	259.6707	77.8914	3.2373	89.5653	113	Alt
	Sağ	-273.8952	85.347	3.0411	88.1919	113	Üst
K05	Sol	283.9995	77.8914	3.0411	88.5843	113	Alt
	Sağ	-283.9995	82.9926	3.0411	88.5843	113	Üst
K06	Sol	273.8952	77.8914	3.0411	87.1128	113	Alt
	Sağ	-259.6707	82.9926	3.2373	88.3881	113	Üst
K07	Sol	262.5156	77.8914	3.2373	88.4862	113	Alt
	Sağ	-279.6831	82.9926	3.0411	87.0147	113	Üst
K08	Sol	278.604	77.8914	3.0411	88.9767	113	Alt
	Sağ	-255.3543	85.347	2.6487	88.1919	113	Üst
K09	Sol	302.4423	77.8914	2.2563	86.2299	113	Alt
	Sağ	-416.4345	83.9736	3.1392	91.5273	113	Üst
K10	Sol	481.8672	77.8914	4.7088	105.6537	113	Alt
	Sağ	-610.2801	94.6665	0.6867	98.0019	113	Üst

Çizelge A.1 devamı: Tasarım Depremi Etkisinde Kiriş Momentleri

Kiriş Adı	Uç	M _E	M _K	M _D	V _(e)	V _r	Hasar Yeri
		kNm	kNm	kNm	kN	kN	
ZEMİN KAT							
K11	Sol	796.0815	88.29	2.5506	104.8665	113	Alt
	Sağ	-818.3502	92.5083	2.6487	101.894	113	Üst
K12	Sol	588.2076	88.29	2.4525	101.6316	113	Alt
	Sağ	-315.1953	84.2679	4.6107	102.024	113	Üst
K13	Sol	310.3884	77.8914	4.6107	101.9259	113	Alt
	Sağ	-581.5368	94.0779	2.4525	101.7297	113	Üst
K14	Sol	826.8849	88.29	2.8449	104.777	113	Alt
	Sağ	-826.8849	93.5874	2.8449	112.3055	113	Üst
K15	Sol	581.5368	88.29	2.4525	101.7297	113	Alt
	Sağ	-310.3884	84.2679	4.6107	101.9259	113	Üst
K16	Sol	315.1953	77.8914	4.6107	102.024	113	Alt
	Sağ	-588.2076	92.9007	2.4525	101.6316	113	Üst
K17	Sol	818.3502	88.29	2.6487	112.5808	113	Alt
	Sağ	-796.0815	93.5874	2.5506	112.9732	113	Üst
K18	Sol	610.2801	88.29	0.6867	97.9038	113	Alt
	Sağ	-481.8672	86.0337	4.7088	105.6537	113	Üst
K19	Sol	462.4434	77.8914	4.7088	105.6537	113	Alt
	Sağ	-589.2867	94.6665	0.6867	98.0019	113	Üst
K20	Sol	764.199	88.29	2.5506	112.055	113	Alt
	Sağ	-786.762	92.5083	2.6487	112.5207	113	Üst
K21	Sol	563.7807	88.29	2.4525	101.6316	113	Alt
	Sağ	-299.5974	84.2679	4.6107	102.024	113	Üst
K22	Sol	298.6164	77.8914	4.6107	101.8278	113	Alt
	Sağ	-560.2491	94.0779	2.4525	101.7297	113	Üst
K23	Sol	793.9233	88.29	2.8449	101.777	113	Alt
	Sağ	-793.9233	93.5874	2.8449	101.777	113	Üst
K24	Sol	560.2491	88.29	2.4525	101.7297	113	Alt
	Sağ	-298.6164	84.2679	4.6107	101.9259	113	Üst
K25	Sol	299.5974	77.8914	4.6107	101.9259	113	Alt
	Sağ	-563.7807	92.9007	2.4525	101.6316	113	Üst
K26	Sol	786.762	88.29	2.6487	101.6316	113	Alt
	Sağ	-764.199	93.5874	2.5506	112.5013	113	Üst
K27	Sol	589.2867	88.29	0.6867	98.0019	113	Alt
	Sağ	-462.4434	86.0337	4.7088	105.6537	113	Üst
K28	Sol	339.9165	77.8914	3.1392	90.3501	113	Alt
	Sağ	-247.8006	83.9736	2.2563	85.1508	113	Üst
K29	Sol	210.4245	77.8914	2.6487	87.0147	113	Alt
	Sağ	-229.6521	82.9926	3.0411	87.7995	113	Üst

Çizelge A.1 devamı: Tasarım Depremi Etkisinde Kiriş Momentleri

Kiriş Adı	Uç	M _E	M _K	M _D	V _(e)	V _r	Hasar Yeri
		kNm	kNm	kNm	kN	kN	
ZEMİN KAT							
K30	Sol	229.3578	77.8914	3.0411	87.0147	113	Alt
	Sağ	-213.4656	82.9926	3.2373	88.4862	113	Üst
K31	Sol	211.1112	77.8914	3.2373	89.5653	113	Alt
	Sağ	-224.649	85.347	3.0411	88.1919	113	Üst
K32	Sol	233.9685	77.8914	3.0411	88.5843	113	Alt
	Sağ	-233.9685	82.9926	3.0411	88.5843	113	Üst
K33	Sol	224.649	77.8914	3.0411	87.1128	113	Alt
	Sağ	-211.1112	82.9926	3.2373	88.3881	113	Üst
K34	Sol	213.4656	77.8914	3.2373	88.5843	113	Alt
	Sağ	-229.3578	82.9926	3.0411	87.0147	113	Üst
K35	Sol	229.6521	77.8914	3.0411	88.9767	113	Alt
	Sağ	-210.4245	85.347	2.6487	88.1919	113	Üst
K36	Sol	247.8006	77.8914	2.2563	86.2299	131	Alt
	Sağ	-339.8184	83.9736	3.1392	91.4292	131	Üst
K37	Sol	103.2012	96.3342	33.354	11.3796	274	Alt
	Sağ	-94.2741	163.827	27.1737	70.9263	274	Üst
K38	Sol	45.5184	96.3342	38.8476	36.1008	274	Alt
	Sağ	-78.2838	185.2128	43.8507	79.2648	274	Üst
K39	Sol	41.0058	96.3342	38.6514	38.6514	274	Alt
	Sağ	-65.2365	185.2128	44.145	76.6161	274	Üst
K40	Sol	35.4141	96.3342	45.4203	46.4013	274	Alt
	Sağ	-41.1039	183.8394	36.4932	65.6289	274	Üst
K41	Sol	0.6867	96.3342	38.6514	54.0531	274	Alt
	Sağ	-4.0221	172.9503	44.0469	61.3125	274	Üst
K42	Sol	-0.6867	162.0612	38.6514	55.4265	274	Üst
	Sağ	4.0221	96.3342	44.0469	59.841	274	Alt
K43	Sol	-35.4141	171.5769	45.4203	70.7301	274	Üst
	Sağ	41.1039	96.3342	36.4932	41.3001	274	Alt
K44	Sol	-41.0058	162.0612	38.6514	70.8282	274	Üst
	Sağ	65.2365	96.3342	44.145	44.4393	274	Alt
K45	Sol	-45.5184	162.0612	38.8476	73.575	274	Üst
	Sağ	78.2838	96.3342	43.8507	41.7906	274	Alt
K46	Sol	-103.2012	145.7766	33.2559	74.0655	131	Üst
	Sağ	94.2741	96.3342	27.1737	8.2404	131	Alt
K47	Sol	56.2113	52.4835	13.1454	24.6231	113	Alt
	Sağ	-77.5971	86.328	13.1454	58.86	113	Üst
K48	Sol	10.5948	42.183	23.6421	14.1264	113	Alt
	Sağ	-15.0093	86.4261	23.6421	30.2148	113	Üst

Çizelge A.1 devamı: Tasarım Depremi Etkisinde Kiriş Momentleri

Kiriş Adı	Uç	M _E	M _K	M _D	V _(e)	V _r	Hasar Yeri
		kNm	kNm	kNm	kN	kN	
ZEMİN KAT							
K49	Sol	9.5157	42.183	23.6421	17.2656	113	Alt
	Sağ	-5.9841	86.4261	23.6421	27.0756	113	Üst
K50	Sol	23.9364	42.183	17.9523	7.848	113	Alt
	Sağ	-23.7402	90.7425	18.0504	37.3761	113	Üst
K51	Sol	0.7848	42.183	23.6421	20.4048	113	Alt
	Sağ	-4.5126	86.4261	23.6421	23.9364	113	Üst
K52	Sol	-0.7848	86.4261	23.6421	23.7402	113	Üst
	Sağ	4.5126	42.183	23.6421	20.5029	113	Alt
K53	Sol	-23.9364	90.7425	17.9523	37.5723	113	Üst
	Sağ	23.7402	42.183	18.0504	7.5537	113	Alt
K54	Sol	-9.5157	86.4261	23.6421	26.8794	113	Üst
	Sağ	5.9841	42.183	23.6421	17.3637	113	Alt
K55	Sol	-10.5948	86.4261	23.6421	30.1167	113	Üst
	Sağ	15.0093	42.183	23.6421	14.2245	113	Alt
K56	Sol	-56.2113	86.328	13.1454	58.9581	113	Üst
	Sağ	77.5971	52.4835	13.1454	24.8193	113	Alt
K57	Sol	116.6409	96.3342	27.1737	8.4366	131	Alt
	Sağ	-82.1097	145.7766	33.354	73.4769	131	Üst
K58	Sol	84.4641	96.3342	43.8507	39.8286	274	Alt
	Sağ	-51.8949	162.0612	38.8476	75.537	274	Üst
K59	Sol	51.6006	96.3342	44.145	48.3633	274	Alt
	Sağ	-28.8414	162.0612	38.6514	66.9042	274	Üst
K60	Sol	40.9077	96.3342	36.3951	42.0849	274	Alt
	Sağ	-35.6103	171.5769	45.5184	69.1605	274	Üst
K61	Sol	18.9333	96.3342	44.0469	55.7208	274	Alt
	Sağ	-13.1454	162.0612	38.6514	59.6448	274	Üst
K62	Sol	-18.9333	172.9503	44.0469	65.4327	274	Üst
	Sağ	13.1454	96.3342	38.6514	49.9329	274	Alt
K63	Sol	-40.9077	183.8394	36.3951	66.4137	274	Üst
	Sağ	35.6103	96.3342	45.5184	44.8317	274	Alt
K64	Sol	-51.6006	185.2128	44.145	72.6921	274	Üst
	Sağ	28.8414	96.3342	38.6514	42.5754	274	Alt
K65	Sol	-84.4641	185.2128	43.8507	81.2268	274	Üst
	Sağ	51.8949	96.3342	38.8476	34.1388	274	Alt
K66	Sol	-116.6409	163.827	27.1737	71.5149	131	Üst
	Sağ	82.1097	96.3342	33.354	10.3986	131	Alt

Çizelge B.1: Tasarım Depremi Etkisinde Kiriş Hasar Durumları

Kiriş Adı	D.Oran	V/b_wdf_{ctm}	E/K	Hasar
3. KAT				
K01	-0.01	0.27	1.21	Minimum
K02	-0.01	0.31	1.09	Minimum
K03	-0.01	0.22	0.77	Minimum
K04	-0.01	0.24	0.77	Minimum
K05	-0.03	0.25	0.85	Minimum
K06	-0.01	0.24	0.87	Minimum
K07	-0.01	0.22	0.73	Minimum
K08	-0.01	0.31	0.95	Minimum
K09	-0.03	0.28	0.63	Minimum
K10	-0.01	0.46	1.36	Minimum
K11	-0.01	0.46	1.8	Minimum
K12	-0.01	0.43	2.45	Minimum
K13	-0.01	0.43	0.92	Minimum
K14	-0.03	0.46	1.41	Minimum
K15	-0.01	0.43	2.55	Minimum
K16	-0.01	0.43	0.88	Minimum
K17	-0.01	0.47	1.56	Minimum
K18	-0.03	0.41	2	Minimum
K19	-0.01	0.46	1.28	Minimum
K20	-0.01	0.46	1.75	Minimum
K21	-0.01	0.43	2.37	Minimum
K22	-0.01	0.43	0.86	Minimum
K23	-0.03	0.46	1.37	Minimum
K24	-0.01	0.43	2.45	Minimum
K25	-0.01	0.43	0.87	Minimum
K26	-0.01	0.47	1.5	Minimum
K27	-0.03	0.41	1.89	Minimum
K28	-0.01	0.21	0.99	Minimum
K29	-0.01	0.25	0.9	Minimum
K30	-0.01	0.18	0.64	Minimum
K31	-0.01	0.18	0.61	Minimum
K32	-0.03	0.2	0.7	Minimum
K33	-0.01	0.19	0.71	Minimum
K34	-0.01	0.17	0.6	Minimum
K35	-0.01	0.24	0.78	Minimum
K36	-0.03	0.22	0.51	Minimum
K37	-0.13	0.13	0.17	Minimum
K38	-0.13	0.19	0.02	Minimum
K39	-0.13	0.17	0.12	Minimum
K40	-0.13	0.2	0.06	Minimum
K41	0.13	0.2	0.05	Minimum

Çizelge B.1 devamı: Tasarım Depremi Etkisinde Kiriş Hasar Durumları

Kiriş Adı	D.Oranı	V/b_wdf_{ctm}	E/K	Hasar
K42	-0.13	0.19	0.05	Minimum
K43	0.13	0.22	0.07	Minimum
K44	0.13	0.22	0.13	Minimum
K45	0.13	0.2	0.02	Minimum
K46	0.13	0.17	0.19	Minimum
K47	-0.21	0.03	0.2	Minimum
K48	-0.21	0.09	0.01	Minimum
K49	-0.21	0.09	0.07	Minimum
K50	-0.21	0.09	0.08	Minimum
K51	0.21	0.09	0.03	Minimum
K52	-0.21	0.1	0.03	Minimum
K53	0.21	0.12	0.08	Minimum
K54	0.21	0.1	0.08	Minimum
K55	0.21	0.11	0.01	Minimum
K56	0.21	0.12	0.18	Minimum
K57	-0.13	0.1	0.32	Minimum
K58	-0.13	0.18	0.23	Minimum
K59	-0.13	0.2	0.04	Minimum
K60	-0.13	0.18	0.09	Minimum
K61	-0.13	0.19	0.09	Minimum
K62	0.13	0.21	0.09	Minimum
K63	0.13	0.2	0.08	Minimum
K64	0.13	0.21	0.04	Minimum
K65	0.13	0.23	0.23	Minimum
K66	0.13	0.17	0.3	Minimum
2. KAT				
K01	-0.01	0.41	3.2	Belirgin
K02	-0.01	0.38	2.28	Minimum
K03	-0.01	0.38	2.18	Minimum
K04	-0.01	0.4	2.06	Minimum
K05	-0.03	0.39	2.22	Minimum
K06	-0.01	0.38	2.22	Minimum
K07	-0.01	0.39	2.05	Minimum
K08	-0.01	0.39	2.28	Minimum
K09	0.01	0.42	3.31	Belirgin
K10	-0.01	0.47	3.58	Belirgin
K11	-0.01	0.46	5.32	Belirgin
K12	-0.01	0.43	4.87	Belirgin
K13	0.03	0.44	4.68	Belirgin
K14	-0.03	0.46	5.14	Belirgin
K15	-0.01	0.43	4.88	Belirgin
K16	0.01	0.43	4.79	Belirgin

Çizelge B.1 devamı: Tasarım Depremi Etkisinde Kiriş Hasar Durumları

Kiriş Adı	D.Oran	V/b_wdf_{ctm}	E/K	Hasar
K17	-0.01	0.46	5.24	Belirgin
K18	-0.03	0.4	4.71	Belirgin
K19	-0.01	0.47	3.41	Belirgin
K20	-0.01	0.46	5.11	Belirgin
K21	-0.01	0.43	4.7	Belirgin
K22	0.03	0.44	4.5	Belirgin
K23	-0.03	0.46	4.94	Belirgin
K24	-0.01	0.43	4.69	Belirgin
K25	0.01	0.43	4.62	Belirgin
K26	-0.01	0.46	5.04	Belirgin
K27	-0.03	0.4	4.51	Belirgin
K28	-0.01	0.41	2.61	Minimum
K29	-0.01	0.38	1.88	Minimum
K30	-0.01	0.38	1.79	Minimum
K31	-0.01	0.4	1.67	Minimum
K32	-0.03	0.39	1.83	Minimum
K33	-0.01	0.38	1.81	Minimum
K34	-0.01	0.4	1.67	Minimum
K35	-0.01	0.39	1.87	Minimum
K36	-0.03	0.37	1.84	Minimum
K37	-0.13	0.09	0.44	Minimum
K38	-0.13	0.16	0.14	Minimum
K39	-0.13	0.15	0.23	Minimum
K40	-0.13	0.17	0.15	Minimum
K41	0.13	0.19	0.05	Minimum
K42	-0.13	0.18	0.05	Minimum
K43	0.13	0.22	0.18	Minimum
K44	0.13	0.23	0.24	Minimum
K45	0.13	0.22	0.15	Minimum
K46	0.13	0.21	0.5	Minimum
K47	-0.01	0.04	0.39	Minimum
K48	-0.21	0.07	0.09	Minimum
K49	-0.21	0.08	0.13	Minimum
K50	-0.01	0.06	0.15	Minimum
K51	0.21	0.09	0.01	Minimum
K52	-0.21	0.1	0.01	Minimum
K53	0.01	0.14	0.19	Minimum
K54	0.21	0.11	0.13	Minimum
K55	0.21	0.12	0.1	Minimum
K56	0.01	0.19	0.48	Minimum
K57	-0.13	0.07	0.62	Minimum
K58	-0.13	0.16	0.4	Minimum

Çizelge B.1 devamı: Tasarım Depremi Etkisinde Kiriş Hasar Durumları

Kiriş Adı	D.Oranı	V/b_wdf_{ctm}	E/K	Hasar
K59	-0.13	0.2	0.16	Minimum
K60	-0.13	0.17	0.18	Minimum
K61	-0.13	0.2	0.12	Minimum
K62	0.13	0.23	0.16	Minimum
K63	0.13	0.22	0.21	Minimum
K64	0.13	0.23	0.2	Minimum
K65	0.13	0.26	0.51	Minimum
K66	0.13	0.22	0.69	Minimum
1. KAT				
K01	-0.01	0.41	4.66	Belirgin
K02	-0.01	0.38	3.01	Belirgin
K03	-0.01	0.38	3.1	Belirgin
K04	0.03	0.39	3.02	Belirgin
K05	-0.03	0.39	3.15	Belirgin
K06	-0.01	0.38	3.09	Belirgin
K07	0.01	0.38	3.12	Belirgin
K08	-0.01	0.39	3.15	Belirgin
K09	-0.03	0.37	3.36	Belirgin
K10	-0.01	0.46	5.18	Belirgin
K11	-0.01	0.46	8.2	İleri
K12	-0.01	0.43	6.62	Belirgin
K13	-0.01	0.43	3.4	Belirgin
K14	-0.03	0.46	8.23	İleri
K15	-0.01	0.43	6.6	Belirgin
K16	-0.01	0.42	3.42	Belirgin
K17	-0.01	0.46	8.26	İleri
K18	-0.03	0.4	6.86	Belirgin
K19	-0.01	0.46	4.95	Belirgin
K20	-0.01	0.46	7.87	İleri
K21	-0.01	0.43	6.35	Belirgin
K22	-0.01	0.43	3.26	Belirgin
K23	-0.03	0.46	7.9	İleri
K24	-0.01	0.43	6.35	Belirgin
K25	-0.01	0.42	3.27	Belirgin
K26	-0.01	0.46	7.93	İleri
K27	-0.03	0.4	6.6	Belirgin
K28	-0.01	0.41	3.78	Belirgin
K29	-0.01	0.38	2.47	Minimum
K30	-0.01	0.38	2.54	Minimum
K31	-0.01	0.4	2.35	Minimum
K32	-0.03	0.39	2.59	Minimum
K33	-0.01	0.38	2.52	Minimum

Çizelge B.1 devamı: Tasarım Depremi Etkisinde Kiriş Hasar Durumları

Kiriş Adı	D.Oranı	V/b_wdf_{ctm}	E/K	Hasar
K34	-0.01	0.39	2.37	Minimum
K35	-0.01	0.39	2.58	Minimum
K36	0.01	0.41	3.86	Belirgin
K37	-0.13	0.05	0.68	Minimum
K38	-0.13	0.14	0.26	Minimum
K39	-0.13	0.14	0.29	Minimum
K40	-0.14	0.16	0.22	Minimum
K41	0.13	0.19	0.03	Minimum
K42	-0.13	0.19	0.02	Minimum
K43	0.14	0.24	0.26	Minimum
K44	0.13	0.24	0.32	Minimum
K45	0.13	0.24	0.29	Minimum
K46	0.13	0.24	0.78	Minimum
K47	-0.01	0.09	0.57	Minimum
K48	-0.21	0.06	0.15	Minimum
K49	-0.21	0.08	0.16	Minimum
K50	-0.21	0.04	0.35	Minimum
K51	-0.21	0.09	0.001	Minimum
K52	0.21	0.11	0.001	Minimum
K53	0.21	0.16	0.3	Minimum
K54	0.21	0.12	0.16	Minimum
K55	0.21	0.13	0.16	Minimum
K56	0.01	0.24	0.71	Minimum
K57	-0.15	0.04	0.85	Minimum
K58	-0.19	0.15	0.54	Minimum
K59	-0.19	0.18	0.28	Minimum
K60	-0.19	0.15	0.26	Minimum
K61	-0.15	0.19	0.14	Minimum
K62	0.15	0.23	0.16	Minimum
K63	0.19	0.23	0.26	Minimum
K64	0.19	0.24	0.3	Minimum
K65	0.19	0.28	0.58	Minimum
K66	0.15	0.24	0.86	Minimum
ZEMİN K				
K01	-0.01	0.4	5.14	Belirgin
K02	-0.01	0.38	3.17	Belirgin
K03	-0.01	0.38	3.46	Belirgin
K04	-0.01	0.4	3.2	Belirgin
K05	-0.03	0.39	3.51	Belirgin
K06	-0.01	0.38	3.39	Belirgin
K07	-0.01	0.39	3.24	Belirgin
K08	-0.01	0.39	3.44	Belirgin

Çizelge B.1 devamı: Tasarım Depremi Etkisinde Kiriş Hasar Durumları

Kiriş Adı	D.Oranı	V/b_wdf_{ctm}	E/K	Hasar
K09	-0.03	0.38	3.78	Belirgin
K10	-0.01	0.47	5.84	Belirgin
K11	0.01	0.5	8.77	İleri
K12	0.01	0.45	6.49	Belirgin
K13	-0.01	0.45	3.76	Belirgin
K14	0.01	0.51	9.08	İleri
K15	0.01	0.45	6.41	Belirgin
K16	-0.01	0.45	3.82	Belirgin
K17	0.01	0.51	9	İleri
K18	0.01	0.43	6.86	Belirgin
K19	-0.01	0.47	5.6	Belirgin
K20	0.01	0.5	8.42	İleri
K21	0.01	0.45	6.22	Belirgin
K22	-0.01	0.45	3.62	Belirgin
K23	0.01	0.51	8.72	İleri
K24	0.01	0.45	6.17	Belirgin
K25	-0.01	0.45	3.63	Belirgin
K26	0.01	0.51	8.65	İleri
K27	0.01	0.43	6.62	Belirgin
K28	-0.01	0.4	4.19	Belirgin
K29	-0.01	0.38	2.61	Minimum
K30	-0.01	0.38	2.84	Minimum
K31	-0.01	0.4	2.6	Minimum
K32	-0.03	0.39	2.89	Minimum
K33	-0.01	0.38	2.78	Minimum
K34	-0.01	0.39	2.63	Minimum
K35	-0.01	0.39	2.84	Minimum
K36	-0.03	0.38	3.09	Belirgin
K37	-0.13	0.04	0.8	Minimum
K38	-0.13	0.13	0.34	Minimum
K39	-0.13	0.13	0.3	Minimum
K40	-0.17	0.16	0.25	Minimum
K41	-0.13	0.19	0.01	Minimum
K42	0.13	0.19	0.01	Minimum
K43	0.17	0.25	0.28	Minimum
K44	0.13	0.25	0.33	Minimum
K45	0.13	0.26	0.37	Minimum
K46	0.13	0.26	0.92	Minimum
K47	-0.18	0.11	0.86	Minimum
K48	-0.21	0.06	0.16	Minimum
K49	-0.21	0.08	0.14	Minimum
K50	-0.24	0.03	0.4	Minimum

Çizelge B.1 devamı: Tasarım Depremi Etkisinde Kiriş Hasar Durumları

Kiriş Adı	D.Oram	V/b_wdf_{ctm}	E/K	Hasar
K51	-0.21	0.09	0.01	Minimum
K52	0.21	0.1	0.01	Minimum
K53	0.24	0.17	0.33	Minimum
K54	0.21	0.12	0.15	Minimum
K55	0.21	0.13	0.17	Minimum
K56	0.18	0.26	0.77	Minimum
K57	-0.19	0.03	0.94	Minimum
K58	-0.22	0.14	0.6	Minimum
K59	-0.22	0.17	0.37	Minimum
K60	-0.22	0.15	0.31	Minimum
K61	-0.17	0.19	0.14	Minimum
K62	0.17	0.23	0.15	Minimum
K63	0.22	0.23	0.28	Minimum
K64	0.22	0.25	0.37	Minimum
K65	0.22	0.28	0.6	Minimum
K66	0.19	0.25	0.85	Minimum

Çizelge C.1: Tasarım Depremi Etkisinde Kolon Momentleri

Kolon Adı	Uç	M_E	M_K	N_E	V_e	V_r
		kNm	kNm	kN	kN	kN
3. KAT						
S01	Üst	-26.0946	44.2431	65.3346	40.8096	276.8382
	Alt	33.6483	98.5905	65.3346	40.8096	276.8382
S02	Üst	-6.6708	9.2214	5.4936	37.5723	276.8382
	Alt	15.4998	89.271	5.4936	37.5723	276.8382
S03	Üst	-15.1074	14.8131	26.3889	42.8697	276.8382
	Alt	22.2687	95.4513	26.3889	42.8697	276.8382
S04	Üst	-7.848	18.0504	1.962	33.0597	276.8382
	Alt	11.5758	87.8976	1.962	33.0597	276.8382
S05	Üst	3.8259	8.6328	4.0221	27.9585	276.8382
	Alt	-3.5316	89.3691	4.0221	27.9585	276.8382
S06	Üst	-3.8259	8.6328	4.0221	32.8635	276.8382
	Alt	3.5316	89.3691	4.0221	32.8635	276.8382
S07	Üst	7.848	17.9523	1.962	20.1105	276.8382
	Alt	-11.5758	87.8976	1.962	20.1105	276.8382
S08	Üst	15.1074	15.0093	26.3889	17.9523	276.8382
	Alt	-22.2687	95.5494	26.3889	17.9523	276.8382
S09	Üst	6.6708	9.3195	5.4936	22.7592	276.8382
	Alt	-15.4998	89.271	5.4936	22.7592	276.8382
S10	Üst	26.0946	44.2431	65.3346	0.981	276.8382
	Alt	-33.6483	98.5905	65.3346	0.981	276.8382
S11	Üst	19.0314	123.1155	138.5172	1.6677	276.8382
	Alt	-29.6262	172.5579	138.5172	1.6677	276.8382
S12	Üst	355.8087	94.8627	10.4967	79.3629	209.5416
	Alt	-399.758	101.2392	10.4967	79.3629	209.5416
S13	Üst	366.5997	95.4513	5.9841	104.3784	209.5416
	Alt	-420.26	94.6665	5.9841	104.3784	209.5416
S14	Üst	14.2245	48.6576	5.7879	8.4366	276.8382
	Alt	-16.4808	97.8057	5.7879	8.4366	276.8382
S15	Üst	360.6156	96.3342	20.5029	100.9449	209.5416
	Alt	-412.02	96.8247	20.5029	100.9449	209.5416
S16	Üst	360.6156	96.3342	20.5029	95.3532	209.5416
	Alt	-412.02	95.5494	20.5029	95.3532	209.5416
S17	Üst	-14.2245	48.6576	5.7879	28.8414	276.8382
	Alt	16.4808	97.8057	5.7879	28.8414	276.8382
S18	Üst	366.5997	95.4513	5.9841	102.9069	209.5416
	Alt	-420.26	96.2361	5.9841	102.9069	209.5416
S19	Üst	355.8087	94.7646	10.4967	84.2679	209.5416
	Alt	-399.758	88.1919	10.4967	84.2679	209.5416
S20	Üst	-19.0314	85.347	138.5172	30.7053	276.8382
	Alt	29.6262	123.1155	138.5172	30.7053	276.8382

Çizelge C.1 devamı: Tasarım Depremi Etkisinde Kolon Momentleri

Kolon Adı	Üç	M_E	M_K	N_E	V_e	V_r
		kNm	kNm	kN	kN	kN
S21	Üst	-60.0372	84.4641	134.6913	56.6037	276.8382
	Alt	66.2175	122.1345	134.6913	56.6037	276.8382
S22	Üst	340.8975	94.7646	8.829	79.7553	209.5416
	Alt	-382.688	101.1411	8.829	79.7553	209.5416
S23	Üst	353.16	95.7456	9.5157	104.7708	209.5416
	Alt	-405.055	94.8627	9.5157	104.7708	209.5416
S24	Üst	-14.3226	47.9709	3.3354	29.0376	276.8382
	Alt	16.8732	97.2171	3.3354	29.0376	276.8382
S25	Üst	346.3911	96.138	17.4618	100.5525	209.5416
	Alt	-395.735	96.6285	17.4618	100.5525	209.5416
S26	Üst	346.3911	96.138	17.4618	95.6475	209.5416
	Alt	-395.735	95.3532	17.4618	95.6475	209.5416
S27	Üst	14.3226	47.9709	3.3354	8.2404	276.8382
	Alt	-16.8732	97.2171	3.3354	8.2404	276.8382
S28	Üst	353.16	95.7456	9.5157	102.5145	209.5416
	Alt	-405.055	96.5304	9.5157	102.5145	209.5416
S29	Üst	340.8975	94.6665	8.829	83.8755	209.5416
	Alt	-382.688	88.0938	8.829	83.8755	209.5416
S30	Üst	60.0372	122.1345	134.6913	27.5661	276.8382
	Alt	-66.2175	171.675	134.6913	27.5661	276.8382
S31	Üst	17.2656	45.3222	69.1605	4.4145	276.8382
	Alt	-32.1768	99.5715	69.1605	4.4145	276.8382
S32	Üst	20.0124	11.5758	13.8321	13.6359	276.8382
	Alt	-29.43	91.5273	13.8321	13.6359	276.8382
S33	Üst	4.5126	12.0663	15.8922	25.506	276.8382
	Alt	-10.2024	92.7045	15.8922	25.506	276.8382
S34	Üst	7.5537	19.2276	6.2784	20.4048	276.8382
	Alt	-10.9872	89.0748	6.2784	20.4048	276.8382
S35	Üst	7.4556	9.2214	6.0822	24.7212	276.8382
	Alt	-9.7119	89.9577	6.0822	24.7212	276.8382
S36	Üst	-7.4556	9.2214	6.0822	36.1989	276.8382
	Alt	9.7119	89.9577	6.0822	36.1989	276.8382
S37	Üst	-7.5537	19.1295	6.2784	32.7654	276.8382
	Alt	10.9872	89.0748	6.2784	32.7654	276.8382
S38	Üst	-4.5126	12.1644	15.8922	35.316	276.8382
	Alt	10.2024	92.8026	15.8922	35.316	276.8382
S39	Üst	-20.0124	11.5758	13.8321	46.5975	276.8382
	Alt	29.43	91.5273	13.8321	46.5975	276.8382
S40	Üst	-17.2656	44.9298	69.1605	37.3761	276.8382
	Alt	32.1768	99.1791	69.1605	37.3761	276.8382

Çizelge C.1 devamı: Tasarım Depremi Etkisinde Kolon Momentleri

Kolon Adı	Uç	M _E	M _K	N _E	V _e	V _r
		kNm	kNm	kN	kN	kN
2. KAT						
S01	Üst	-56.7999	115.3656	262.4175	54.1512	276.8382
	Alt	63.765	158.5296	262.4175	54.1512	276.8382
S02	Üst	-23.1516	56.0151	39.24	39.4362	276.8382
	Alt	30.9996	121.3497	39.24	39.4362	276.8382
S03	Üst	-26.6832	59.6448	49.05	41.0058	276.8382
	Alt	31.9806	124.9794	49.05	41.0058	276.8382
S04	Üst	-15.7941	55.917	3.4335	29.8224	276.8382
	Alt	18.7371	112.0302	3.4335	29.8224	276.8382
S05	Üst	0.1962	50.1291	11.5758	21.582	276.8382
	Alt	0.7848	115.5618	11.5758	21.582	276.8382
S06	Üst	-0.1962	50.1291	11.5758	21.2877	276.8382
	Alt	-0.7848	115.6599	11.5758	21.2877	276.8382
S07	Üst	15.7941	55.917	3.4335	6.7689	276.8382
	Alt	-18.7371	112.0302	3.4335	6.7689	276.8382
S08	Üst	26.6832	59.6448	49.05	1.8639	276.8382
	Alt	-31.9806	188.0577	49.05	1.8639	276.8382
S09	Üst	23.1516	56.0151	39.24	3.3354	276.8382
	Alt	-30.9996	121.3497	39.24	3.3354	276.8382
S10	Üst	56.7999	157.4505	262.4175	26.1927	276.8382
	Alt	-63.765	198.2601	262.4175	26.1927	276.8382
S11	Üst	44.145	199.6335	483.5349	22.4649	276.8382
	Alt	-52.5816	228.0825	483.5349	22.4649	276.8382
S12	Üst	677.6748	128.511	143.7165	76.2237	209.5416
	Alt	-711.225	132.2388	143.7165	76.2237	209.5416
S13	Üst	666.7857	131.8464	171.5769	81.9135	209.5416
	Alt	-706.909	131.454	171.5769	81.9135	209.5416
S14	Üst	25.3098	126.6471	4.5126	4.6107	276.8382
	Alt	-27.2718	164.5137	4.5126	4.6107	276.8382
S15	Üst	664.5294	130.1787	141.0678	83.1888	209.5416
	Alt	-703.769	129.0996	141.0678	83.1888	209.5416
S16	Üst	664.5294	130.1787	141.0678	82.0116	209.5416
	Alt	-703.769	129.9825	141.0678	82.0116	209.5416
S17	Üst	-25.3098	87.2109	4.5126	30.411	276.8382
	Alt	27.2718	126.6471	4.5126	30.411	276.8382
S18	Üst	666.7857	131.8464	171.5769	81.9135	209.5416
	Alt	-706.909	130.6692	171.5769	81.9135	209.5416
S19	Üst	677.6748	127.8243	143.7165	106.6347	209.5416
	Alt	-711.225	123.5079	143.7165	106.6347	209.5416
S20	Üst	-44.145	168.2415	483.5349	41.9868	276.8382
	Alt	52.5816	198.5544	483.5349	41.9868	276.8382

Çizelge C.1 devamı: Tasarım Depremi Etkisinde Kolon Momentleri

Kolon Adı	Üç	M_E	M_K	N_E	V_e	V_r
		kNm	kNm	kN	kN	kN
S21	Üst	-98.6886	167.5548	477.747	76.7142	276.8382
	Alt	102.2202	197.8677	477.747	76.7142	276.8382
S22	Üst	651.1878	127.8243	128.0205	78.0876	209.5416
	Alt	-683.07	131.5521	128.0205	78.0876	209.5416
S23	Üst	640.8873	132.1407	178.1496	81.9135	209.5416
	Alt	-679.441	132.5331	178.1496	81.9135	209.5416
S24	Üst	-25.2117	87.1128	3.7278	30.3129	276.8382
	Alt	27.1737	126.4509	3.7278	30.3129	276.8382
S25	Üst	638.8272	130.0806	138.1248	83.1888	209.5416
	Alt	-676.301	129.5901	138.1248	83.1888	209.5416
S26	Üst	638.8272	130.0806	138.1248	82.0116	209.5416
	Alt	-676.301	130.473	138.1248	82.0116	209.5416
S27	Üst	25.2117	126.4509	3.7278	4.6107	276.8382
	Alt	-27.1737	164.4156	3.7278	4.6107	276.8382
S28	Üst	640.8873	132.1407	178.1496	81.9135	209.5416
	Alt	-679.441	131.7483	178.1496	81.9135	209.5416
S29	Üst	651.1878	127.8243	128.0205	105.2613	209.5416
	Alt	-683.07	122.9193	128.0205	105.2613	209.5416
S30	Üst	98.6886	197.8677	477.747	57.1923	276.8382
	Alt	-102.22	226.2186	477.747	57.1923	276.8382
S31	Üst	33.1578	158.2353	266.2434	11.772	276.8382
	Alt	-44.2431	198.9468	266.2434	11.772	276.8382
S32	Üst	37.5723	111.834	0.2943	5.9841	276.8382
	Alt	-44.5374	174.7161	0.2943	5.9841	276.8382
S33	Üst	17.2656	52.7778	20.601	8.1423	276.8382
	Alt	-22.563	118.2105	20.601	8.1423	276.8382
S34	Üst	15.7941	58.4676	14.1264	6.867	276.8382
	Alt	-18.639	114.5808	14.1264	6.867	276.8382
S35	Üst	8.829	51.4044	17.1675	15.1074	276.8382
	Alt	-10.0062	116.9352	17.1675	15.1074	276.8382
S36	Üst	-8.829	51.5025	17.1675	27.7623	276.8382
	Alt	10.0062	116.9352	17.1675	27.7623	276.8382
S37	Üst	-15.7941	58.5657	14.1264	29.8224	276.8382
	Alt	18.639	114.6789	14.1264	29.8224	276.8382
S38	Üst	-17.2656	52.7778	20.601	34.6293	276.8382
	Alt	22.563	118.2105	20.601	34.6293	276.8382
S39	Üst	-37.5723	46.4994	0.2943	48.7557	276.8382
	Alt	44.5374	111.834	0.2943	48.7557	276.8382
S40	Üst	-33.1578	116.1504	266.2434	39.7305	276.8382
	Alt	44.2431	159.2163	266.2434	39.7305	276.8382

Çizelge C.1 devamı: Tasarım Depremi Etkisinde Kolon Momentleri

Kolon Adı	Uç	M_E	M_K	N_E	V_e	V_r
		kNm	kNm	kN	kN	kN
1. KAT						
S01	Üst	-79.3629	157.7448	550.8315	69.3567	276.8382
	Alt	80.1477	207.5796	550.8315	69.3567	276.8382
S02	Üst	-33.5502	86.328	128.0205	47.4804	276.8382
	Alt	36.8856	159.4125	128.0205	47.4804	276.8382
S03	Üst	-33.5502	75.2427	67.7871	47.7747	276.8382
	Alt	36.8856	149.4063	67.7871	47.7747	276.8382
S04	Üst	-20.9934	72.594	14.715	35.2179	276.8382
	Alt	22.4649	135.6723	14.715	35.2179	276.8382
S05	Üst	-2.7468	65.727	23.4459	26.0946	276.8382
	Alt	2.5506	139.7925	23.4459	26.0946	276.8382
S06	Üst	2.7468	65.8251	23.4459	22.563	276.8382
	Alt	-2.5506	139.8906	23.4459	22.563	276.8382
S07	Üst	20.9934	72.594	14.715	6.2784	276.8382
	Alt	-22.4649	135.6723	14.715	6.2784	276.8382
S08	Üst	33.5502	75.537	67.7871	0.8829	276.8382
	Alt	-36.8856	221.5098	67.7871	0.8829	276.8382
S09	Üst	33.5502	86.7204	128.0205	0.4905	276.8382
	Alt	-36.8856	230.7312	128.0205	0.4905	276.8382
S10	Üst	79.3629	208.6587	550.8315	36.9837	276.8382
	Alt	-80.1477	256.1391	550.8315	36.9837	276.8382
S11	Üst	60.4296	221.1174	982.3734	29.9205	276.8382
	Alt	-64.3536	255.4524	982.3734	29.9205	276.8382
S12	Üst	907.3269	160.6878	396.4221	85.7394	209.5416
	Alt	-920.276	164.2194	396.4221	85.7394	209.5416
S13	Üst	890.1594	165.9852	487.9494	86.5242	209.5416
	Alt	-911.84	165.789	487.9494	86.5242	209.5416
S14	Üst	36.0027	151.4664	0.4905	8.3385	276.8382
	Alt	-36.7875	198.5544	0.4905	8.3385	276.8382
S15	Üst	893.2005	165.2004	471.6648	87.8976	209.5416
	Alt	-913.017	165.2985	471.6648	87.8976	209.5416
S16	Üst	893.2005	165.2004	471.6648	87.2109	209.5416
	Alt	-913.017	165.0042	471.6648	87.2109	209.5416
S17	Üst	-36.0027	102.8088	0.4905	40.221	276.8382
	Alt	36.7875	151.4664	0.4905	40.221	276.8382
S18	Üst	890.1594	165.9852	487.9494	86.5242	209.5416
	Alt	-911.84	166.1814	487.9494	86.5242	209.5416
S19	Üst	907.3269	160.6878	396.4221	86.7204	209.5416
	Alt	-920.276	157.0581	396.4221	86.7204	209.5416
S20	Üst	-60.4296	185.1147	982.3734	53.3664	276.8382
	Alt	64.3536	221.1174	982.3734	53.3664	276.8382

Çizelge C.1 devamı: Tasarım Depremi Etkisinde Kolon Momentleri

Kolon Adı	Uç	M_E	M_K	N_E	V_e	V_r
		kNm	kNm	kN	kN	kN
S21	Üst	-127.628	184.5261	975.114	96.9228	276.8382
	Alt	128.0205	220.6269	975.114	96.9228	276.8382
S22	Üst	870.7356	159.2163	353.3562	85.7394	209.5416
	Alt	-882.9	162.7479	353.3562	85.7394	209.5416
S23	Üst	852.5871	168.0453	497.5632	86.5242	209.5416
	Alt	-873.777	167.8491	497.5632	86.5242	209.5416
S24	Üst	-35.6103	103.8879	5.886	40.0248	276.8382
	Alt	36.5913	152.5455	5.886	40.0248	276.8382
S25	Üst	856.7073	166.1814	453.7125	87.8976	209.5416
	Alt	-875.739	164.7099	453.7125	87.8976	209.5416
S26	Üst	856.7073	166.1814	453.7125	87.2109	209.5416
	Alt	-875.739	164.4156	453.7125	87.2109	209.5416
S27	Üst	35.6103	152.4474	5.886	8.1423	276.8382
	Alt	-36.5913	199.6335	5.886	8.1423	276.8382
S28	Üst	852.5871	168.0453	497.5632	86.5242	209.5416
	Alt	-873.875	168.2415	497.5632	86.5242	209.5416
S29	Üst	870.7356	159.2163	353.3562	86.7204	209.5416
	Alt	-882.9	155.5866	353.3562	86.7204	209.5416
S30	Üst	127.6281	220.6269	975.114	73.4769	276.8382
	Alt	-128.021	254.8638	975.114	73.4769	276.8382
S31	Üst	41.202	207.7758	552.2049	13.3416	276.8382
	Alt	-47.3823	255.2562	552.2049	13.3416	276.8382
S32	Üst	47.5785	142.1469	39.6324	9.1233	276.8382
	Alt	-51.6987	212.9751	39.6324	9.1233	276.8382
S33	Üst	25.6041	64.5498	15.5979	6.4746	276.8382
	Alt	-27.9585	138.7134	15.5979	6.4746	276.8382
S34	Üst	21.2877	74.4579	23.544	6.0822	276.8382
	Alt	-22.6611	137.6343	23.544	6.0822	276.8382
S35	Üst	9.1233	67.8852	33.6483	17.8542	276.8382
	Alt	-10.3986	141.9507	33.6483	17.8542	276.8382
S36	Üst	-9.1233	67.8852	33.6483	30.8034	276.8382
	Alt	10.3986	141.9507	33.6483	30.8034	276.8382
S37	Üst	-21.2877	74.556	23.544	35.4141	276.8382
	Alt	22.6611	137.6343	23.544	35.4141	276.8382
S38	Üst	-25.6041	64.5498	15.5979	42.183	276.8382
	Alt	27.9585	138.7134	15.5979	42.183	276.8382
S39	Üst	-47.5785	68.9643	39.6324	57.0942	276.8382
	Alt	51.6987	142.1469	39.6324	57.0942	276.8382
S40	Üst	-41.202	157.941	552.2049	45.8127	276.8382
	Alt	47.3823	207.7758	552.2049	45.8127	276.8382

Çizelge C.1 devamı: Tasarım Depremi Etkisinde Kolon Momentleri

Kolon Adı	Uç	M _E	M _K	N _E	V _e	V _r
		kNm	kNm	kN	kN	kN
ZEMİN K						
S01	Üst	-252.604	97.6767	881.031	67.9833	276.8382
	Alt	75.4389	223.9623	881.031	67.9833	276.8382
S02	Üst	-76.3218	165.1023	237.0096	53.1702	276.8382
	Alt	41.202	192.3741	237.0096	53.1702	276.8382
S03	Üst	-58.4676	142.0488	79.8534	45.7146	276.8382
	Alt	36.1989	169.6149	79.8534	45.7146	276.8382
S04	Üst	-35.2179	133.9065	31.0977	31.1958	276.8382
	Alt	22.563	157.2543	31.0977	31.1958	276.8382
S05	Üst	-10.5948	134.397	39.4362	19.2276	276.8382
	Alt	4.905	161.865	39.4362	19.2276	276.8382
S06	Üst	10.5948	134.397	39.4362	9.0252	276.8382
	Alt	-4.905	161.865	39.4362	9.0252	276.8382
S07	Üst	35.2179	157.2543	31.0977	7.2594	276.8382
	Alt	-22.563	157.2543	31.0977	7.2594	276.8382
S08	Üst	58.4676	169.3206	79.8534	17.4618	276.8382
	Alt	-36.1989	226.5129	79.8534	17.4618	276.8382
S09	Üst	76.3218	191.6874	237.0096	25.2117	276.8382
	Alt	-41.202	248.2911	237.0096	25.2117	276.8382
S10	Üst	101.8278	223.9623	870.147	50.2272	276.8382
	Alt	-75.4389	259.7688	870.147	50.2272	276.8382
S11	Üst	104.5746	137.4381	1546.743	49.8348	276.8382
	Alt	-66.0213	165.5928	1546.743	49.8348	276.8382
S12	Üst	1157.874	187.4691	754.8795	103.4955	209.5416
	Alt	-975.703	193.5513	754.8795	103.4955	209.5416
S13	Üst	1165.134	193.0608	923.7096	134.5932	209.5416
	Alt	-962.067	197.2791	923.7096	134.5932	209.5416
S14	Üst	44.3412	174.8142	8.3385	17.2656	276.8382
	Alt	-35.6103	213.0732	8.3385	17.2656	276.8382
S15	Üst	1167.881	193.3551	946.3707	119.0934	209.5416
	Alt	-966.187	198.5544	946.3707	119.0934	209.5416
S16	Üst	1167.881	193.3551	946.3707	133.9065	209.5416
	Alt	-966.187	197.5734	946.3707	133.9065	209.5416
S17	Üst	-44.3412	156.5676	8.3385	36.1008	276.8382
	Alt	35.6103	174.9123	8.3385	36.1008	276.8382
S18	Üst	1165.134	193.0608	923.7096	117.1314	209.5416
	Alt	-962.067	198.162	923.7096	117.1314	209.5416
S19	Üst	1157.874	187.4691	754.8795	138.9096	209.5416
	Alt	-975.703	189.7254	754.8795	138.9096	209.5416
S20	Üst	-104.477	116.9352	1546.743	63.765	276.8382
	Alt	66.0213	130.473	1546.743	63.765	276.8382

Çizelge C.1 devamı: Tasarım Depremi Etkisinde Kolon Momentleri

Kolon Adı	Uç	M_E	M_K	N_E	V_e	V_r
		kNm	kNm	kN	kN	kN
S21	Üst	-129.884	118.701	1538.993	89.7615	276.8382
	Alt	118.701	132.2388	1538.993	89.7615	276.8382
S22	Üst	1114.416	185.6052	673.3584	95.5494	209.5416
	Alt	-939.994	191.295	673.3584	95.5494	209.5416
S23	Üst	1120.694	195.7095	936.7569	134.1027	209.5416
	Alt	-925.181	199.8297	936.7569	134.1027	209.5416
S24	Üst	-44.145	156.2733	6.2784	35.9046	276.8382
	Alt	35.2179	174.5199	6.2784	35.9046	276.8382
S25	Üst	1123.932	194.8266	905.8554	116.0523	209.5416
	Alt	-930.282	199.7316	905.8554	116.0523	209.5416
S26	Üst	1123.932	194.8266	905.8554	135.378	209.5416
	Alt	-930.282	198.7506	905.8554	135.378	209.5416
S27	Üst	44.145	174.5199	6.2784	17.0694	276.8382
	Alt	-35.2179	212.7789	6.2784	17.0694	276.8382
S28	Üst	1120.694	195.7095	936.7569	118.1124	209.5416
	Alt	-925.181	200.7126	936.7569	118.1124	209.5416
S29	Üst	1114.514	185.6052	673.3584	139.6944	209.5416
	Alt	-939.994	187.4691	673.3584	139.6944	209.5416
S30	Üst	129.8844	139.1058	1538.993	75.9294	276.8382
	Alt	-118.701	167.2605	1538.993	75.9294	276.8382
S31	Üst	87.5052	223.7661	870.4413	35.6103	276.8382
	Alt	-45.8127	259.5726	870.4413	35.6103	276.8382
S32	Üst	81.1287	170.0073	90.9387	30.1167	276.8382
	Alt	-51.1101	226.611	90.9387	30.1167	276.8382
S33	Üst	55.917	155.1942	2.0601	14.8131	276.8382
	Alt	-30.9015	212.4846	2.0601	14.8131	276.8382
S34	Üst	35.316	157.4505	32.1768	7.4556	276.8382
	Alt	-22.9554	157.4505	32.1768	7.4556	276.8382
S35	Üst	12.3606	137.1438	54.2493	7.1613	276.8382
	Alt	-8.6328	164.6118	54.2493	7.1613	276.8382
S36	Üst	-12.3606	136.9476	54.2493	21.0915	276.8382
	Alt	8.6328	164.4156	54.2493	21.0915	276.8382
S37	Üst	-35.316	134.2989	32.1768	31.392	276.8382
	Alt	22.9554	157.5486	32.1768	31.392	276.8382
S38	Üst	-55.917	127.6281	2.0601	43.0659	276.8382
	Alt	30.9015	155.1942	2.0601	43.0659	276.8382
S39	Üst	-81.1287	142.7355	90.9387	58.0752	276.8382
	Alt	51.1101	170.0073	90.9387	58.0752	276.8382
S40	Üst	-87.5052	206.5005	870.3432	53.2683	276.8382
	Alt	45.8127	223.7661	870.3432	53.2683	276.8382

Çizelge D.1: Tasarım Depremi Etkisinde Kolon Hasar Durumları

Kolon Adı	$N_k/A_c f_{cm}$	$V/b_w df_{ctm}$	E/K	Gör.Depl.	Hasar
3. KAT					
S01	0.05	0.17	0.36	0.006	Minimum
S02	0.04	0.14	3.55	0.006	Belirgin
S03	0.04	0.15	3.55	0.006	Belirgin
S04	0.03	0.14	3.76	0.006	Belirgin
S05	0.04	0.14	3.56	0.006	Belirgin
S06	0.04	0.14	3.59	0.006	Belirgin
S07	0.03	0.14	3.76	0.006	Belirgin
S08	0.04	0.13	3.52	0.006	Belirgin
S09	0.04	0.14	3.7	0.006	Belirgin
S10	0.03	0.16	3.1	0.006	Belirgin
S11	0.09	0.01	0.13	0.006	Minimum
S12	0.05	0.32	3.65	0.006	Belirgin
S13	0.05	0.42	3.84	0.006	Belirgin
S14	0.05	0.15	4.08	0.006	Belirgin
S15	0.05	0.41	3.75	0.006	Belirgin
S16	0.05	0.39	3.74	0.006	Belirgin
S17	0.05	0.16	4.07	0.006	Belirgin
S18	0.05	0.42	3.84	0.006	Belirgin
S19	0.05	0.34	3.87	0.006	Belirgin
S20	0.09	0.12	0.18	0.006	Minimum
S21	0.09	0.23	0.58	0.005	Minimum
S22	0.05	0.32	3.5	0.005	Belirgin
S23	0.05	0.42	3.69	0.005	Belirgin
S24	0.05	0.15	3.93	0.005	Belirgin
S25	0.05	0.41	3.6	0.005	Belirgin
S26	0.05	0.39	3.6	0.005	Belirgin
S27	0.05	0.16	3.92	0.005	Belirgin
S28	0.05	0.41	3.68	0.005	Belirgin
S29	0.05	0.34	3.71	0.005	Belirgin
S30	0.09	0.11	0.43	0.005	Minimum
S31	0.05	0.02	0.24	0.005	Minimum
S32	0.04	0.06	0.39	0.005	Minimum
S33	0.04	0.15	3.06	0.005	Belirgin
S34	0.04	0.13	3.06	0.005	Belirgin
S35	0.04	0.14	3.02	0.005	Belirgin
S36	0.04	0.14	3.04	0.005	Belirgin
S37	0.04	0.14	3.05	0.005	Belirgin
S38	0.04	0.13	3.02	0.005	Belirgin
S39	0.04	0.15	3.07	0.005	Belirgin
S40	0.05	0.15	0.24	0.005	Minimum

Çizelge D.1 devamı: Tasarım Depremi Etkisinde Kolon Hasar Durumları

Kolon Adı	$N_k/A_c f_{cm}$	$V/b_w d f_{ctm}$	E/K	Gör.Depl.	Hasar
2. KAT					
S01	0.15	0.22	0.42	0.01	Belirgin
S02	0.09	0.16	0.26	0.01	Belirgin
S03	0.09	0.17	0.29	0.01	Belirgin
S04	0.07	0.12	0.19	0.01	Belirgin
S05	0.08	0.09	0.001	0.01	Belirgin
S06	0.08	0.09	0.001	0.01	Belirgin
S07	0.07	0.03	0.19	0.01	Belirgin
S08	0.09	0.01	0.29	0.01	Belirgin
S09	0.09	0.01	0.26	0.01	Belirgin
S10	0.15	0.11	0.32	0.01	Belirgin
S11	0.13	0.2	3.12	0.009	Belirgin
S12	0.1	0.31	5.19	0.009	Belirgin
S13	0.1	0.33	5.05	0.009	Belirgin
S14	0.09	0.26	4.9	0.009	Belirgin
S15	0.1	0.34	5.11	0.009	Belirgin
S16	0.1	0.33	5.1	0.009	Belirgin
S17	0.09	0.26	4.9	0.009	Belirgin
S18	0.1	0.33	5.06	0.009	Belirgin
S19	0.1	0.43	5.38	0.009	Belirgin
S20	0.13	0.25	3.32	0.009	Belirgin
S21	0.25	0.31	0.54	0.009	Minimum
S22	0.1	0.32	5.02	0.009	Belirgin
S23	0.1	0.33	4.85	0.009	Belirgin
S24	0.09	0.26	4.7	0.009	Belirgin
S25	0.1	0.34	4.92	0.009	Belirgin
S26	0.1	0.33	4.91	0.009	Belirgin
S27	0.09	0.26	4.7	0.009	Belirgin
S28	0.1	0.33	4.85	0.009	Belirgin
S29	0.1	0.43	5.18	0.009	Belirgin
S30	0.13	0.25	3.15	0.009	Belirgin
S31	0.15	0.05	0.18	0.008	Minimum
S32	0.07	0.25	3.94	0.008	Belirgin
S33	0.08	0.25	3.81	0.008	Belirgin
S34	0.07	0.24	4.01	0.008	Belirgin
S35	0.07	0.25	3.81	0.008	Belirgin
S36	0.07	0.25	3.82	0.008	Belirgin
S37	0.07	0.25	4.01	0.008	Belirgin
S38	0.08	0.24	3.79	0.008	Belirgin
S39	0.07	0.25	4.05	0.008	Belirgin
S40	0.09	0.21	3	0.008	Belirgin

Çizelge D.1 devamı: Tasarım Depremi Etkisinde Kolon Hasar Durumları

Kolon Adı	$N_k/A_c f_{cm}$	$V/b_w d f_{ctm}$	E/K	Gör.Depl.	Hasar
1. KAT					
S01	0.29	0.28	0.43	0.012	Belirgin
S02	0.16	0.19	0.27	0.012	Belirgin
S03	0.14	0.19	0.3	0.012	Belirgin
S04	0.11	0.14	0.2	0.012	Belirgin
S05	0.12	0.11	0.03	0.012	Belirgin
S06	0.12	0.09	0.03	0.012	Belirgin
S07	0.11	0.03	0.2	0.012	Belirgin
S08	0.14	0.001	0.3	0.012	Belirgin
S09	0.16	0.001	0.27	0.012	Belirgin
S10	0.29	0.15	0.34	0.012	Belirgin
S11	0.48	0.12	0.25	0.011	Belirgin
S12	0.16	0.35	5.59	0.011	Belirgin
S13	0.17	0.35	5.37	0.011	Belirgin
S14	0.14	0.03	0.2	0.011	Belirgin
S15	0.17	0.36	5.4	0.011	Belirgin
S16	0.17	0.35	5.41	0.011	Belirgin
S17	0.14	0.16	0.28	0.011	Belirgin
S18	0.17	0.35	5.36	0.011	Belirgin
S19	0.16	0.35	5.7	0.011	Belirgin
S20	0.48	0.22	0.3	0.011	Belirgin
S21	0.49	0.39	0.63	0.011	Belirgin
S22	0.16	0.35	5.42	0.011	Belirgin
S23	0.18	0.35	5.08	0.011	Belirgin
S24	0.14	0.16	0.28	0.011	Belirgin
S25	0.17	0.36	5.15	0.011	Belirgin
S26	0.17	0.35	5.16	0.011	Belirgin
S27	0.14	0.03	0.2	0.011	Belirgin
S28	0.18	0.35	5.07	0.011	Belirgin
S29	0.16	0.35	5.52	0.011	Belirgin
S30	0.49	0.3	0.53	0.011	Belirgin
S31	0.29	0.05	0.18	0.009	Minimum
S32	0.11	0.23	3.96	0.01	Belirgin
S33	0.11	0.23	3.89	0.01	Belirgin
S34	0.11	0.21	4.06	0.01	Belirgin
S35	0.11	0.21	3.87	0.01	Belirgin
S36	0.11	0.23	3.88	0.01	Belirgin
S37	0.11	0.23	4.06	0.01	Belirgin
S38	0.11	0.22	3.88	0.01	Belirgin
S39	0.11	0.00	4.01	0.01	Belirgin
S40	0.29	0.19	0.23	0.009	Minimum

Çizelge D.1 devamı: Tasarım Depremi Etkisinde Kolon Hasar Durumları

Kolon Adı	$N_k/A_c f_{cm}$	$V/b_w d f_{ctm}$	E/K	Gör.Depl.	Hasar
ZEMİN K					
S01	0.44	0.27	3.17	0.011	Belirgin
S02	0.24	0.21	0.43	0.011	Belirgin
S03	0.18	0.18	0.38	0.011	Belirgin
S04	0.15	0.13	0.24	0.011	Belirgin
S05	0.16	0.08	0.07	0.011	Belirgin
S06	0.16	0.04	0.07	0.011	Belirgin
S07	0.15	0.03	0.21	0.011	Belirgin
S08	0.18	0.07	0.32	0.011	Belirgin
S09	0.23	0.1	0.37	0.011	Belirgin
S10	0.44	0.2	0.44	0.011	Belirgin
S11	0.36	0.38	2.82	0.01	Belirgin
S12	0.22	0.42	6.16	0.01	İleri
S13	0.24	0.54	6.04	0.01	İleri
S14	0.19	0.29	4.4	0.01	Belirgin
S15	0.24	0.48	6.04	0.01	İleri
S16	0.24	0.54	6.04	0.01	İleri
S17	0.19	0.29	4.4	0.01	Belirgin
S18	0.24	0.47	6.03	0.01	İleri
S19	0.22	0.56	6.19	0.01	İleri
S20	0.36	0.21	2.84	0.01	Belirgin
S21	0.37	0.38	2.69	0.009	Belirgin
S22	0.22	0.39	5.99	0.009	Belirgin
S23	0.26	0.54	4.63	0.009	İleri
S24	0.19	0.29	4.23	0.009	Belirgin
S25	0.26	0.47	4.66	0.009	İleri
S26	0.26	0.55	4.67	0.009	İleri
S27	0.19	0.29	4.23	0.009	Belirgin
S28	0.26	0.48	4.62	0.009	İleri
S29	0.22	0.56	6.02	0.009	İleri
S30	0.36	0.22	2.73	0.009	Belirgin
S31	0.44	0.14	0.38	0.009	Minimum
S32	0.15	0.28	3.58	0.009	Belirgin
S33	0.15	0.26	3.67	0.009	Belirgin
S34	0.14	0.24	3.72	0.009	Belirgin
S35	0.15	0.24	3.61	0.009	Belirgin
S36	0.15	0.27	3.61	0.009	Belirgin
S37	0.14	0.26	3.72	0.009	Belirgin
S38	0.15	0.26	3.67	0.009	Belirgin
S39	0.15	0.22	3.59	0.009	Belirgin
S40	0.27	0.38	2.01	0.009	Belirgin

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Ahmet Zahit ELMAS

Doğum Yeri ve Tarihi: Adapazarı / 25.11.1983

Adres: Kemalpaşa Mah. Kampüs Yolu Üzeri Gökkuşığı Sitesi L Blok Sakarya

Lisans Üniversite: Sakarya Üniversitesi