

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİNA DEPREM PERFORMANSLARINI DEĞERLENDİREN
YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Demir Hüseyin YILDIZ**

Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Programı : YAPI MÜHENDİSLİĞİ

OCAK 2008

**BİNA DEPREM PERFORMANSLARINI DEĞERLENDİREN
YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Demir Hüseyin YILDIZ
(501051031)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24 Aralık 2007
Tezin Savunulduğu Tarih : 28 Ocak 2008

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Ercan YÜKSEL
Diğer Jüri Üyeleri Doç.Dr. Konuralp GİRGİN (İ.T.Ü.)
Yrd.Doç.Dr. Cem YALÇIN (B.Ü.)

OCAK 2008

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, mevcut betonarme binaların 2007 Türk Deprem Yönetmeliği'nde yer alan doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemlerle performansının belirlenmesine yönelik incelemeler ile iki tipik çerçevede elde edilen sayısal sonuçların karşılaştırılması yer almaktadır.

Tez çalışmam esnasında yardım, destek ve özverisini esirgemeyen değerli tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Ercan YÜKSEL'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Yaşamım süresince desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen, sevgileri ve ilgileri ile bana büyük moral olan aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam sırasındaki yardımlarından dolayı Yük. Müh. Ceyda NUR ve İnş. Yük. Müh. Gökay UYGUN'a teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında, “Bina Deprem Performansı” konusuna yönelmemde büyük etkisi olan ve üzerimde büyük emeği olan İnş. Yük. Müh. Varol KARAYEL'e gösterdiği ilgiden dolayı teşekkür ederim.

Moral desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen Selen TEKAT'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

ARALIK, 2007

Demir Hüseyin YILDIZ

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
SEMBOL LİSTESİ	xii
ÖZET	xiv
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Konu	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	2
2. 2007 TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE MEVCUT BİNALARIN DEPREM GÜVENLİKLERİNİN BELİRLENMESİ	4
2.1. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	4
2.1.1. Kesit hasar sınırları	4
2.1.2. Kesit hasar bölgeleri	5
2.2. Bina Deprem Performans Seviyeleri	5
2.2.1. Hemen kullanım performans düzeyi	5
2.2.2. Can güvenliği performans düzeyi	6
2.2.3. Göçme öncesi performans düzeyi	6
2.2.4. Göçme durumu	7
2.3. Deprem Performansı Belirlemede Esas Alınacak Deprem Hareketleri	7
2.4. Performans Hedefi ve Çok Seviyeli Performans Hedefleri	8
2.5. Depremde Bina Performansının Belirlenmesi	8
2.5.1. Doğrusal elastik hesap yöntemleri	9
2.5.1.1. Yöntemin esasları	9
2.5.1.2. Eşdeğer deprem yükü yöntemi	9
2.5.1.3. Mod birleştirme yöntemi	9
2.5.1.4. Etkin eğilme rijitlikleri	9
2.5.1.5. Yapı elemanındaki hasar sınırlarının sayısal değerlerinin belirlenmesi	10
2.5.1.6. Göreli kat ötelemelerinin kontrolü	12

2.5.1.7. Kolon ve perdelerde etki / kapasite oranları	13
2.5.2. Doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri	15
2.5.2.1. Tanım	15
2.5.2.2. Artımsal itme analizi ile performans değerlendirmesinde izlenecek hesap adımları	15
2.5.2.3. Doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi	16
2.5.2.4. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi	18
2.5.2.5. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi	23
2.5.2.6. Kesitteki birim şekildeğiştirme istemlerinin belirlenmesi	24
2.5.2.7. Betonarme elemanların kesit birim şekildeğiştirme kapasiteleri	24
2.6. Moment – Eğrilik İlişkisinin Belirlenmesi	25
2.7. Moment – Eksenel Kuvvet Etkileşim Diyagramlarının Oluşturulması	26
2.8. Park & Ang Hasar Modeli	26
2.9. Gerçek Deprem Kayıtlarının Tasarım Spektrumuna Uygun Olarak Benzeştirilmesi	27
3. İKİ KATLI BİR ÇERÇEVENİN DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ	31
3.1. Yapı Sistemi Hakkında Bilgi	31
3.2. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemiyle Performansın Belirlenmesi	33
3.3. Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemiyle Performansın Belirlenmesi	42
3.4. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemiyle Performansın Belirlenmesi	48
3.5. Üç Farklı Yöntemle Bulunan Sonuçların Karşılaştırılması	50
3.5.1. Kesit hasar bölgelerinin karşılaştırılması	50
3.5.2. Tepe yerdeğiştirmelerinin karşılaştırılması	51
3.5.3. Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması	52
4. MEVCUT YAPI STOĞUNU TEMSİL EDEN YAPININ DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ	53
4.1. Yapı Sisteminin Genel Özellikleri	53
4.2. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemiyle Performansının Belirlenmesi	58
4.3. Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemiyle Performansın Belirlenmesi	75
4.4. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemiyle Performansın Belirlenmesi	83

4.5. Üç Farklı Yöntemle Bulunan Sonuçların Karşılaştırılması	87
4.5.1. Kesit hasar bölgelerinin karşılaştırılması	87
4.5.2. Tepe yerdeğiştirmelerinin karşılaştırılması	91
4.5.3. Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması	93
5. DEĞERLENDİRMELER VE SONUÇLAR	94
KAYNAKLAR	98
EK-A	100
EK-B	105
EK-C	116
ÖZGEÇMİŞ	131

KISALTMALAR

ABYYHY' 75	: 1975 Türk Deprem Yönetmeliği
ATC	: Applied Technology Council
CG	: Can Güvenliği
FEMA	: Federal Emergency Management Agency
GÇ	: Göçme Sınırı
GÖ	: Göçmenin Önlenmesi
GV	: Güvenlik Sınırı
HK	: Hemen Kullanım
MN	: Minimum Hasar Sınırı
PEER	: Pacific Earthquake Engineerin Research
SAP	: Integrated Software for Structural Analysis and Design
TS-500	: Betonarme Yapıların Yapım ve Tasarım Kuralları

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 Farklı Deprem Düzeylerinde Binalar İçin Öngörülen Minimum Performans Hedefleri	8
Tablo 2.2 Betonarme Kirişler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r_s).....	11
Tablo 2.3 Betonarme Kolonlar İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r_s).....	12
Tablo 2.4 Betonarme Perdeler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r_s).....	12
Tablo 2.5 Göreli Kat Ötelemeleri Sınırları.....	12
Tablo 2.6 Şekildeğiştirme Üst Sınırları.....	25
Tablo 2.7 Yapılar İçin Hasar İndeksi Tanımı.....	26
Tablo 2.8 Deprem Kayıtları.....	27
Tablo 3.1 Göreli Kat Ötelemelerine Göre Hasar Değerlendirmesi.....	35
Tablo 3.2 Kirişlerde Donatı Oranı.....	36
Tablo 3.3 Kirişlerde Kesme Kuvveti Etkisi Oranı.....	37
Tablo 3.4 Kirişlerde Etki / Kapasite (r) Oranları	37
Tablo 3.5 Kolonlar İçin Kapasite Hesabı.....	40
Tablo 3.6 Kolonlarda Etki / Kapasite (r) Oranları.....	41
Tablo 3.7 Etkin Kütle Oranları.....	43
Tablo 3.8 Modal Yerdeğiştirme ve Modal İvme Değerleri.....	44
Tablo 3.9 SAP2000 Programından Alınan Plastik Dönme ve Eğrilikler.....	47
Tablo 3.10 IDARC2D Programından Alınan Plastik Dönme ve Eğrilikler.....	47
Tablo 3.11 Şekildeğiştirme İstemlerinin Elde Edilmesi ve Hasar Bölgeleri.....	49
Tablo 3.12 Kolonların Her Üç Yöntem İle Belirlenen Kesit Hasar Bölgelerinin Karşılaştırılması.....	50
Tablo 3.13 Kirişlerin Her Üç Yöntem İle Belirlenen Kesit Hasar Bölgelerinin Karşılaştırılması.....	50
Tablo 3.14 Katlar ve Tüm Yapı İçin Hasar İndeksleri.....	51
Tablo 4.1 Kolon Enkesit Boyutları ve Boyuna Donatıları.....	55
Tablo 4.2 Kiriş Enkesit Boyutları ve Boyuna Donatıları.....	56
Tablo 4.3 Kolonlar İçin Etkin Eğilme Rijitlikleri.....	59
Tablo 4.4 Taban Kesme Kuvvetinin Katlara Dağıtılması.....	60
Tablo 4.5 Kolonlarda Normal Kuvvet ve Moment Kapasiteleri.....	62
Tablo 4.6 Kirişlerde Moment Kapasiteleri.....	63
Tablo 4.7 Kolonların Sünekliği.....	64
Tablo 4.8 Kirişlerin Sünekliği.....	64
Tablo 4.9 Güçlü Kolon – Zayıf Kiriş Kontrolü (Deprem Soldan Sağa).....	65
Tablo 4.10 Güçlü Kolon – Zayıf Kiriş Kontrolü (Deprem Sağdan Sola).....	66
Tablo 4.11 Göreli Kat Ötelemelerine Göre Hasar Değerlendirmesi.....	66
Tablo 4.12 Kolonların Etki / Kapasite Oranları	67
Tablo 4.13 Kolonların Hasar Bölgeleri	68

Tablo 4.14	Kirişlerin Etki / Kapasite Oranları ve Hasar Bölgeleri	69
Tablo 4.15	Kirişlerin Hasar Bölgeleri	70
Tablo 4.16	Kolonlar Tarafından Taşınan Kesme Kuvvetleri	72
Tablo 4.17	Etkin Kütle ve Modal Katkı Çarpanının Belirlenmesi	76
Tablo 4.18	Kolon Kesitlerinde Toplam Eğrilik İstemlerinin Elde Edilmesi	78
Tablo 4.19	Kolonların Kesit Hasar Bölgeleri	79
Tablo 4.20	Kolonların Taşıdığı Kesme Kuvvetleri	80
Tablo 4.21	Kiriş Kesitlerinde Toplam Eğrilik İstemlerinin Elde Edilmesi	81
Tablo 4.22	Kirişlerin Kesit Hasar Bölgeleri	82
Tablo 4.23	Kolon Kesitlerinde Toplam Eğrilik İstemlerinin Elde Edilmesi	84
Tablo 4.24	Kolonların Kesit Hasar Bölgeleri	85
Tablo 4.25	Kiriş Kesitlerinde Toplam Eğrilik İstemlerinin Elde Edilmesi	86
Tablo 4.26	Kirişlerin Kesit Hasar Bölgeleri	87
Tablo 4.27	Kolonların Her Üç Yöntem İle Belirlenen Kesit Hasar Bölgelerinin Karşılaştırılması.....	88
Tablo 4.28	Kirişlerin Her Üç Yöntem İle Belirlenen Kesit Hasar Bölgelerinin Karşılaştırılması.....	89
Tablo 4.29	Tasarım Depremleri İçin Hasar İndeksleri.....	90
Tablo 4.30	Servis Depremleri İçin Hasar İndeksleri.....	90
Tablo 4.31	En Büyük Depremler İçin Hasar İndeksleri.....	91

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Hasar bölgeleri.....	5
Şekil 2.2 : Moment-eksenel kuvvet etkileşim diyagramı.....	14
Şekil 2.3 : Eğilme momenti – plastik dönme bağıntıları.....	18
Şekil 2.4 : Performans noktasının belirlenmesi ($T_1^{(1)} \geq T_B$).....	21
Şekil 2.5 : Performans noktasının belirlenmesi ($T_1^{(1)} < T_B$).....	21
Şekil 2.6 : Performans noktasının belirlenmesi ($T_1^{(1)} < T_B$).....	22
Şekil 2.7 : Kullanılan Malzeme Modelleri.....	25
Şekil 2.8 : Erzincan Depremi İvme Kaydı.....	27
Şekil 2.9 : İzmit Depremi İvme Kaydı.....	28
Şekil 2.10 : Düzce Depremi İvme Kaydı.....	28
Şekil 2.11 : Benzeştirilmiş Erzincan Depremi İvme Kaydı.....	29
Şekil 2.12 : Benzeştirilmiş İzmit Depremi İvme Kaydı.....	29
Şekil 2.13 : Benzeştirilmiş Düzce Depremi İvme Kaydı	30
Şekil 2.14 : Benzeştirilen Depremlerin Ortalama Spektrum Eğrisi.....	30
Şekil 3.1 : Taşıyıcı sistem modeli.....	32
Şekil 3.2 : Kiriş ve kolon kesitlerinin betonarme detayları.....	33
Şekil 3.3 : Malzeme Modelleri	33
Şekil 3.4 : Katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri.....	35
Şekil 3.5 : Kiriş İçin Pozitif (altta çekme üstte basınç) Moment-Eğrilik Diyagramı.....	36
Şekil 3.6 : Kiriş İçin Negatif (üstte çekme altta basınç) Moment-Eğrilik Diyagramı.....	37
Şekil 3.7 : S1 Kolonu İçin Etkileşim Diyagramı ve Kapasite Hesabı.....	38
Şekil 3.8 : S2 Kolonu İçin Etkileşim Diyagramı ve Kapasite Hesabı.....	39
Şekil 3.9 : S4 Kolonu İçin Etkileşim Diyagramı ve Kapasite Hesabı.....	39
Şekil 3.10 : S5 Kolonu İçin Etkileşim Diyagramı ve Kapasite Hesabı.....	40
Şekil 3.11 : 1.Kat Kolonu İçin Moment-Eğrilik Diyagramı.....	42
Şekil 3.12 : 2.Kat Kolonu İçin Moment-Eğrilik Diyagramı.....	43
Şekil 3.13 : Statik İtme Eğrisi.....	44
Şekil 3.14 : Modal Kapasite Diyagramı.....	45
Şekil 3.15 : Spektral İvme – Spektral Yerdeğiştirme Diyagramı.....	45
Şekil 3.16 : IDARC2D ve SAP2000 Programlarının Belirlediği Plastik Mafsallar	46
Şekil 3.17 : Zamana Bağlı Tepe Yerdeğiştirmeleri.....	49
Şekil 3.18 : Tepe Yerdeğiştirmeleri.....	51
Şekil 3.19 : Taban Kesme Kuvveti.....	52
Şekil 4.1 : İncelenen Yapı Sisteminin Planı ve Seçilen Çerçeve.....	53
Şekil 4.2 : Taşıyıcı Sistem Modelinin Kat Yükseklikleri.....	54
Şekil 4.3 : Taşıyıcı Sistem Modelinin Kiriş ve Kolon Numaraları.....	55
Şekil 4.4 : Malzeme Modelleri.....	57
Şekil 4.5 : Sisteme Etkiyen Tekil Yükler (kN).....	57

Şekil 4.6	: Sisteme Etkiyen Yayılı Yükler (kN).....	58
Şekil 4.7	: Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükleri	60
Şekil 4.8	: Sistemin M_E Diyagramı	61
Şekil 4.9	: Güçlü Kolon – Zayıf Kiriş	65
Şekil 4.10	: Kolonlar İçin $r/r_{s(MN)}$	71
Şekil 4.11	: Kolonlar İçin $r/r_{s(GV)}$	71
Şekil 4.12	: Kolonlar İçin $r/r_{s(GC)}$	72
Şekil 4.13	: Kirişler İçin $r/r_{s(MN)}$	73
Şekil 4.14	: Kirişler İçin $r/r_{s(GV)}$	73
Şekil 4.15	: Kirişler İçin $r/r_{s(GC)}$	74
Şekil 4.16	: İtme Eğrisi.....	75
Şekil 4.17	: Göçme Anında Oluşan Plastik Mafsallar.....	75
Şekil 4.18	: Modal Kapasite Diyagramı.....	76
Şekil 4.19	: Spektral İvme – Spektral Yerdeğiştirme Diyagramı.....	77
Şekil 4.20	: Tepe Deplasmanı İstemine Ulaşıldığında Yapıda Oluşan Plastik Mafsallar.....	77
Şekil 4.21	: Tepe Yerdeğiştirmeleri.....	92
Şekil 4.22	: İtme Eğrisi.....	92
Şekil 4.23	: Taban Kesme Kuvvetleri.....	93
Şekil C.1	: Erzincan Servis Depremi İçin Tepe Deplasmanı Zaman İlişkisi	117
Şekil C.2	: Erzincan Servis Depremi İçin Taban Kesme Kuvveti Zaman İlişkisi.....	117
Şekil C.3	: Erzincan Servis Depremi İçin Görelî Kat Ötelemeleri Oranı Zaman İlişkisi.....	118
Şekil C.4	: Erzincan Tasarım Depremi İçin Tepe Deplasmanı Zaman İlişkisi.....	118
Şekil C.5	: Erzincan Tasarım Depremi İçin Taban Kesme Kuvveti Zaman İlişkisi.....	119
Şekil C.6	: Erzincan Tasarım Depremi İçin Görelî Kat Ötelemeleri Oranı Zaman İlişkisi.....	119
Şekil C.7	: Erzincan En Büyük Depremi İçin Tepe Deplasmanı Zaman İlişkisi.....	120
Şekil C.8	: Erzincan En Büyük Depremi İçin Taban Kesme Kuvveti Zaman İlişkisi.....	120
Şekil C.9	: Erzincan En Büyük Depremi İçin Görelî Kat Ötelemeleri Oranı Zaman İlişkisi.....	121
Şekil C.10	: Düzce Servis Depremi İçin Tepe Deplasmanı Zaman İlişkisi....	121
Şekil C.11	: Düzce Servis Depremi İçin Taban Kesme Kuvveti Zaman İlişkisi.....	122
Şekil C.12	: Düzce Servis Depremi İçin Görelî Kat Ötelemeleri Oranı Zaman İlişkisi.....	122
Şekil C.13	: Düzce Tasarım Depremi İçin Tepe Deplasmanı Zaman İlişkisi..	123
Şekil C.14	: Düzce Tasarım Depremi İçin Taban Kesme Kuvveti Zaman İlişkisi.....	123
Şekil C.15	: Düzce Tasarım Depremi İçin Görelî Kat Ötelemeleri Oranı Zaman İlişkisi.....	124
Şekil C.16	: Düzce En Büyük Depremi İçin Tepe Deplasmanı Zaman İlişkisi.....	124
Şekil C.17	: Düzce En Büyük Depremi İçin Taban Kesme Kuvveti Zaman İlişkisi.....	125

Şekil C.18	: Düzce En Büyük Depremi İçin Görelî Kat Ötelemeleri Oranı Zaman İlişkisi.....	125
Şekil C.19	: İzmit Servis Depremi İçin Tepe Deplasmanı Zaman İlişkisi.....	126
Şekil C.20	: İzmit Servis Depremi İçin Taban Kesme Kuvveti Zaman İlişkisi.....	126
Şekil C.21	: İzmit Servis Depremi İçin Görelî Kat Ötelemeleri Oranı Zaman İlişkisi.....	127
Şekil C.22	: İzmit Tasarım Depremi İçin Tepe Deplasmanı Zaman İlişkisi...	127
Şekil C.23	: İzmit Tasarım Depremi İçin Taban Kesme Kuvveti Zaman İlişkisi.....	128
Şekil C.24	: İzmit Tasarım Depremi İçin Görelî Kat Ötelemeleri Oranı Zaman İlişkisi.....	128
Şekil C.25	: İzmit En Büyük Depremi İçin Tepe Deplasmanı Zaman İlişkisi	129
Şekil C.26	: İzmit En Büyük Depremi İçin Taban Kesme Kuvveti Zaman İlişkisi.....	129
Şekil C.27	: İzmit En Büyük Depremi İçin Görelî Kat Ötelemeleri Oranı Zaman İlişkisi.....	130

SEMBOL LİSTESİ

A_c	: Kolon veya perdenin brüt kesit alanı
$a_1^{(i)}$	: (i). itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal ivme
$A(T)$	: Spektral ivme katsayısı
A_0	: Etkin yer ivmesi katsayısı
a_{y1}	: Birinci moda ait eşdeğer akma ivmesi
C_{R1}	: Birinci moda ait doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme
$d_1^{(p)}$	: Birinci moda ait modal yerdeğiştirme istemi
$d_1^{(i)}$	: (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal yerdeğiştirme
$(EI)_o$	: Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği
$(EI)_e$	: Çatlamış kesite ait eğilme rijitliği
f_{cm}	: Mevcut beton dayanımı
f_{ctm}	: Mevcut betonun çekme dayanımı
H_w	: Temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği
h_{ji}	: i'inci katta j'inci kolon veya perdenin kat yüksekliği
l_w	: Perdenin veya bağ kirişli levha parçasının plandaki uzunluğu
L_p	: Plastik mafsallık boyu
M_{x1}	: x deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış için tanımlanan birinci moda ait etkin kütle
M_E	: Deprem yükleri altında oluşan moment
M_D	: Düşey yüklerden oluşan moment
M_A	: Artık moment kapasitesi
M_K	: Mevcut malzeme dayanımlarına göre hesaplanan moment kapasitesi
N_D	: Deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu düşey yükler altında kolon veya perdede oluşan aksel kuvvet
N_E	: Deprem yükleri altında oluşan aksel kuvvet
N_K	: Kesit moment kapasitesine karşı gelen aksel kuvvet
N_A	: Artık moment kapasitesine karşı gelen aksel kuvvet
$R_a(T)$	: Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
r	: Etki/kapasite oranı
r_s	: Etki/kapasite oranının sınır değeri
S_{di1}	: Birinci moda ait spektral yerdeğiştirme oranı
S_{de1}	: İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme
$S_{ae}(T)$	: Elastik spektral ivme
T_A, T_B	: Spektrum karakteristik periyotları

$u_{xN1}^{(i)}$	: Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait yerdeğiştirme
V_e	: Kolon, kiriş ve perdede esas alınan tasarım kesme kuvveti
V_r	: Kolon, kiriş ve perde kesitinin kesme dayanımı
V_t	: Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminde gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)
$V_{x1}^{(i)}$	: x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda (hakim moda) ait taban kesme kuvveti
W	: Binanın hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
ϵ_{cu}	: Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirme
ϵ_s	: Donatı çeliği birim şekildeğiştirme
ϵ_{cg}	: Etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirme
ΔF_N	: Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen eşdeğer deprem yükü
θ_p	: Plastik dönme istemi
ϕ_p	: Plastik eğrilik istemi
ϕ_y	: Eşdeğer akma eğriliği
ϕ_t	: Toplam eğrilik istemi
λ	: Eşdeğer deprem yükü azaltma katsayısı
Γ_{x1}	: x deprem doğrultusunda birinci moda ait modal katkı çarpanı

BİNA DEPREM PERFORMANSINI DEĞERLENDİREN YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZET

Türkiye aktif fayların yoğun olarak bulunduğu bir coğrafyada yer almaktadır. Yakın tarihimizde birçok büyük deprem yaşanmış ve ne yazık ki büyük miktarda can ve mal kaybı meydana gelmiştir. Bu durum depreme dayanıklı bina tasarımının ve mevcut binaların deprem güvenliklerinin belirlenerek gerekli görülenlerin güçlendirilmesinin önemini göstermektedir.

Mühendislik alanındaki araştırmaların artması, bilgisayar teknolojisinin gelişmesi ile depremin yapı üzerindeki etkilerinin, deprem anında yapının davranışının, taşıyıcı eleman kesitlerinin elastik ötesi davranışının daha gerçekçi belirlenmesini sağlamaktadır.

Binaların deprem performansının belirlenmesinde doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemler kullanılabilmektedir. Doğrusal sistem davranışını esas alan analiz yöntemlerinde, malzemenin gerilme-şekildeğiştirme ilişkisi doğrusal elastik olarak alınmaktadır. Doğrusal olmayan statik analiz yönteminde ise doğrusal olmayan davranış her elemana has bir performans katsayısı ile hesaba katılmakta ve yapı sisteminin yatay kuvvetler altındaki davranışını temsil eden yatay kuvvet-yatay yerdeğiştirme ilişkisinin malzeme ve geometri değişimi bakımından doğrusal olmadığını göz önünde tutulmaktadır.

Bu çalışmada, ilgili yönetmelik koşullarına göre boyutlandırılmış bir betonarme düzlem çerçeve ile mevcut az katlı betonarme yapı stoğunu belirli ölçüde temsil eden bir düzlem çerçevenin deprem performanslarının belirlenmesi için, *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007*'de tanımlanan doğrusal yöntemlerden Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, doğrusal olmayan yöntemlerinden Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi uygulanmış ve her üç yöntemle elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

COMPARISON OF THE EVALUATION METHODS TO DETERMINE OF SEISMIC PERFORMANCE OF BUILDINGS

SUMMARY

Turkey stands on the geography where active faults are intensively present. Having been lived by many major earthquakes in our near history, Turkey has experienced high level of damage and loss of life. This situation indicates the significance of earthquakes resisting building design and the need to seismic retrofit of existing vulnerable buildings.

The increase of researches in the field of engineering provides a more realistic determination of earthquake's effects on the building, behavior of structural systems under earthquake effects, and primary element sections' post elastic behavior with the help of developments in computer technology.

Both linear and non-linear methods can be used to determine the seismic performance of reinforced concrete buildings. In linear analysis methods, stress-strain relations of materials are held to be linear elastic. In non-linear static analysis methods however, in terms of non-linear behavior, non-linear characteristics are included with performance coefficients special for each element and horizontal displacement connection that represent structural systems behavior beneath horizontal forces is considered non-linear in the changes of materials and geometry.

In this study, linear equivalent seismic load, non-linear pushover and non-linear time history evaluation methods proposed by the 2007 Turkish Seismic Code are used to determine the earthquake performance of a two storey reinforced concrete frame which is proportioned by the code according to the related conditions and a six storey reinforced concrete frame which represent the existing low-rise reinforced concrete buildings in Turkey.

The results achieved by three methods for two different examples have been compared and interpreted.

1. GİRİŞ

1.1 Konu

Performansa dayalı tasarım ve değerlendirme, günümüz inşaat mühendisliğinin en yeni kavramları arasındadır. Yerdeğiştirme ve şekildeğiştirmeye bağlı performans kriterlerini esas alan yapısal değerlendirme ve tasarım kavramı, özellikle son yıllarda Amerika Birleşik Devletleri'nin deprem bölgelerindeki mevcut yapıların deprem güvenliklerinin daha gerçekçi olarak belirlenmesi ve yeterli güvenlikte olmayan yapıların güçlendirmeleri çalışmaları sırasında ortaya konulmuş ve geliştirilmiştir.

Amerika Birleşik Devletleri'nin California eyaletinde, 1989 Loma Prieta ve 1994 Northridge depremlerinin neden olduğu büyük hasar, deprem etkileri altında yeterli bir dayanımı öngören performans kriterlerine alternatif olarak, yerdeğiştirmeye bağlı daha gerçekçi performans kriterlerini esas alan yöntemlerin geliştirilmesi gereksinimini ortaya çıkarmıştır.

Bu gereksinimi karşılamaya yönelik olarak, Applied Technology Council (ATC) tarafından Guidelines and Commentary for Seismic Rehabilitation of Buildings - ATC 40 [1] ve Federal Emergency Management Agency (FEMA) tarafından NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings – FEMA 273 [2], FEMA 356 [3] raporları yayınlanmıştır. Daha sonra, bu çalışmaların sonuçlarının irdelenerek geliştirilmesi amacıyla ATC 55 [4] projesi yürütülmüş ve projenin bulgularını içeren FEMA 440 [5] taslak raporu hazırlanmıştır.

Ülkemizde yaşanan 1999 Adapazarı-Kocaeli ve Düzce depremilerinin ardından, deprem yönetmeliğine mevcut binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesi ve güçlendirilmesi ile ilgili bir bölüm eklenmesi ve buna paralel olarak yönetmeliğin diğer bölümlerinin de güncelleştirilmesi çalışmaları başlatılmış ve bu çalışmalar tamamlanarak 2007 Türk Deprem Yönetmeliği [6] yayınlanmıştır.

1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı, ilgili yönetmelik koşullarına göre boyutlanmış bir betonarme çerçeve ile, ülkemizdeki mevcut az katlı betonarme binaları temsil eden bir yapı sistemi üzerinde, mevcut binaların performansının belirlenmesi için 2007 Türk Deprem Yönetmeliği'nde tanımlanan doğrusal yöntemlerden *Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi*, doğrusal olmayan hesap yöntemlerinden *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi* ve *Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi*'nin uygulanması ve elde edilen sayısal sonuçların değerlendirilmesi suretiyle

- a) Yönetmelikte öngörülen eşdeğer deprem yüğü yöntemi, artımsal eşdeğer deprem yüğü yöntemi ve zaman tanım alanında hesap yöntemlerinin karşılaştırılması,
- b) Ülkemizdeki mevcut bina stoğunun özelliklerine sahip temsili bir yapının deprem performansı ve güvenliklerinin belirlenmesidir.

Bu çalışmada, yapı sistemlerinin malzeme ve geometri değişimi bakımından doğrusal olmayan analizini yapabilen IDARC2D [7] yazılımı kullanılmıştır.

Çalışmada izlenen yol aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır.

- a) 2007 Türk Deprem Yönetmeliği'nde tanımlanan performansa dayalı tasarım ve değerlendirme yöntemlerinin gözden geçirilmesi.
- b) [8] de verilen iki katlı çerçeve örneğinin 2007 Türk Deprem Yönetmeliği'nde yer alan doğrusal yöntemlerden *Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi*, doğrusal olmayan hesap yöntemlerinden *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi* ve *Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri* ile incelenmesi.
- c) Ülkemizdeki mevcut betonarme yapı stoğunun özelliklerine sahip temsili bir yapının 2007 Türk Deprem Yönetmeliği'nde yer alan doğrusal yöntemlerden *Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi*, doğrusal olmayan hesap yöntemlerinden *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi* ve *Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi* ile incelenmesi.

- d) Her iki yapı sisteminde, üç değerlendirme yöntemi ile elde edilen sonuçların karşılaştırılması.
- e) Genel sonuçlar.

2. 2007 TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE MEVCUT BİNALARIN DEPREM GÜVENLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

2.1 Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

Yapıların deprem etkileri altındaki performanslarının değerlendirilmesi genel olarak iki farklı yaklaşımla yapılabilmektedir.

Doğrusal elastik değerlendirme yöntemlerinin esasını oluşturan ve dayanım (kuvvet) bazlı değerlendirme adı verilen birinci tür değerlendirmede, yapı elemanlarının dayanım kapasiteleri elastik deprem yüklerinden oluşan ve doğrusal teoriye göre hesaplanan etkilerle karşılaştırılmakta ve yapı elemanının sünekliğini gözönüne alan, eleman bazındaki bir tür deprem yükü azaltma katsayıları çerçevesinde, binadan beklenen performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmektedir.

Doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemlerinin esasını oluşturan, yerdeğiştirme ve şekildeğiştirme bazlı değerlendirmenin esas alındığı ve genel olarak malzeme bakımından doğrusal olmayan sistem hesabına dayanan yöntemlerde ise, belirli bir deprem etkisi için binadaki yerdeğiştirme istemine ulaşıldığında, yapıdan beklenen performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmektedir.

Her iki yaklaşımda da, yapı elemanları için hasar sınırları ve hasar bölgeleri tanımlanmıştır. Hasar sınırlarının belirlenmesinde, yapı elemanları “sünek” ve “gevrek” olarak iki sınıfa ayrılmaktadır. Sünek ve gevrek eleman tanımları, elemanların kapasitelerine hangi kırılma türü ile ulaşıldıkları ile ilgilidir.

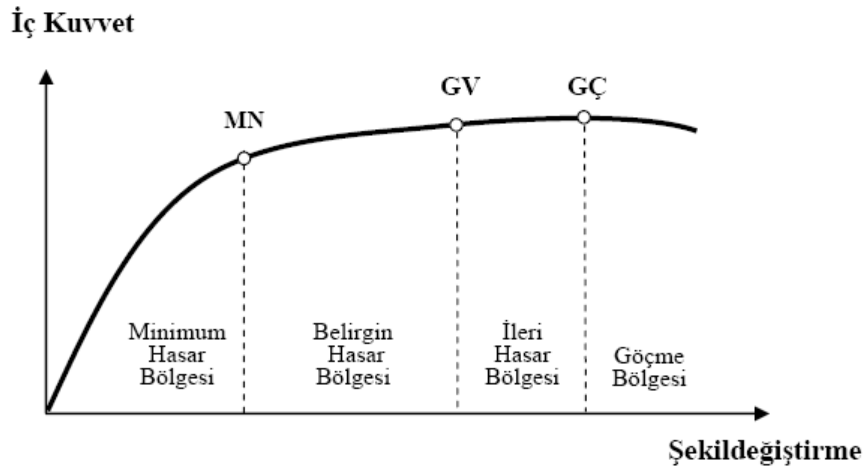
2.1.1 Kesit hasar sınırları

Sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durum tanımlanmıştır. Bunlar *Minimum Hasar Sınırı* (MN), *Güvenlik Sınırı* (GV) ve *Göçme Sınırı* (GÇ)’ dir. Minimum hasar sınırı kritik kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışı, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışını tanımlamaktadır. Eksenel basınç ve kesme

gibi etkiler altında kapasitesine ulaşan gevrek elemanlar için elastik ötesi davranışa izin verilmemektedir.

2.1.2 Kesit hasar bölgeleri

Kritik kesitleri MN sınırına ulaşmayan elemanlar minimum hasar bölgesinde, MN ile GV arasında kalan elemanlar belirgin hasar bölgesinde, GV ile GÇ sınırları arasında kalan elemanlar ileri hasar bölgesinde, GÇ sınırını aşan elemanlar ise göçme bölgesinde kabul edilirler, Şekil 2.1.



Şekil 2.1: Hasar Bölgeleri

2.2 Bina Deprem Performans Seviyeleri

Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkilidir ve dört farklı hasar durumu esas alınarak tanımlanmıştır.

2.2.1 Hemen kullanım performans düzeyi

Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanlarda oluşan hasar minimum düzeydedir ve elemanlar rijitlik ve dayanım özelliklerini korumaktadırlar. Yapıda kalıcı ötelenmeler oluşmamıştır. Az sayıda elemenda akma sınırı aşılmış olabilir. Yapısal olmayan elemanlarda çatlamlar görülebilir, ancak bunlar onarılabılır düzeylerdedir.

Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10'u *Belirgin Hasar Bölgesi*'ne geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü *Minimum Hasar Bölgesi*'ndedir. Eğer varsa, gevrek

olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, bu durumdaki binaların *Hemen Kullanım Performans Düzeyi*'nde olduğu kabul edilir.

2.2.2 Can güvenliği performans düzeyi

Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanların bir kısmında hasar görülür, ancak bu elemanlar yatay rijitliklerinin ve dayanımlarının önemli bölümünü korumaktadırlar. Düşey elemanlar düşey yüklerin taşınması için yeterlidir. Yapısal olmayan elemanlarda hasar bulunmamakla birlikte dolgu duvarlar yıkılmamıştır. Yapıda az miktarda kalıcı ötelenmeler oluşabilir; ancak bu kalıcı şekildeğişiklikler gözle farkedilebilir değildir.

Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, aşağıdaki koşulları sağlayan binaların *Can Güvenliği Performans Düzeyi*'nde olduğu kabul edilir:

(a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %30'u ve kolonların aşağıdaki (b) paragrafında tanımlanan kadar *İleri Hasar Bölgesi*'ne geçebilir.

(b) *İleri Hasar Bölgesi*'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta *İleri Hasar Bölgesi*'ndeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin 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, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir (Doğrusal elastik yöntemle hesapta, alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden güçlü kolon – zayıf kiriş şartının sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmezler).

2.2.3 Göçme öncesi performans düzeyi

Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanların önemli bir kısımda hasar görülür. Bu elemanların bazıları yatay rijitliklerinin ve dayanımlarının önemli bölümünü yitirmişlerdir. Düşey elemanlar düşey yükleri taşımada yeterlidir; ancak

bazıları eksenel kapasitelerine ulaşmıştır. Yapısal olmayan elemanlar hasarlıdır, dolgu duvarların bir bölümü yıkılmıştır. Yapıda kalıcı ötelenmeler oluşmuştur.

Gevrek olarak hasar gören tüm elemanların *Göçme Bölgesi*'nde olduğunun göz önüne alınması kaydı ile, aşağıdaki koşulları sağlayan binaların *Göçme Öncesi Performans Düzeyi*'nde olduğu kabul edilir:

(a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) 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, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir (Doğrusal elastik yöntemle hesapta, alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden güçlü kolon – zayıf kiriş şartının sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmezler).

(c) Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

2.2.4 Göçme durumu

Bina *Göçme Öncesi Performans Düzeyi*'ni sağlayamıyorsa *Göçme Durumu*'ndadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

2.3 Deprem Performansı Belirlemede Esas Alınacak Deprem Hareketleri

Performansa dayalı değerlendirme ve tasarımda gözönüne alınmak üzere, farklı düzeyde üç deprem hareketi tanımlanmıştır. Bu deprem hareketleri genel olarak, 50 yıllık bir süreç içindeki aşılma olasılıkları ve benzer depremlerin oluşumu arasındaki zaman aralığı (dönüş periyodu) ile ifade edilirler.

- 1- *Servis depremi*: 50 yılda aşılma olasılığı % 50 olan yer hareketidir. Yaklaşık dönüş periyodu 72 yıldır. Bu depremin etkisi, aşağıda tanımlanan tasarım depreminin yarısı kadardır.
- 2- *Tasarım depremi*: 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan yer hareketidir. Yaklaşık dönüş periyodu 475 yıldır. Bu deprem 1998 ve 2007 Türk Deprem Yönetmeliklerinde esas alınmaktadır.

- 3- *En büyük deprem*: 50 yılda aşılma olasılığı % 2, dönüş periyodu yaklaşık 2475 yıl olan depremdir. Bu depremin etkisi tasarım depreminin yaklaşık olarak 1.5 katıdır.

2.4 Performans Hedefi ve Çok Seviyeli Performans Hedefleri

Belirli bir deprem hareketi altında, bina için öngörülen yapısal performans, performans hedefi olarak tanımlanır. Bir bina için, birden fazla yer hareketi altında farklı performans hedefleri öngörülebilir. Buna çok seviyeli performans hedefi denir.

2007 Türk Deprem Yönetmeliği'ne göre, mevcut ve güçlendirilecek binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesinde esas alınacak çok seviyeli performans hedefleri Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1: Farklı Deprem Düzeylerinde Binalar İçin Öngörülen Minimum Performans Hedefleri

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

2.5 Depremde Bina Performansının Belirlenmesi

Performansa dayalı tasarım ve değerlendirmenin iki temel parametresi istem (talep) ve kapasitedir. İstem yapıya etkiyen deprem yer hareketini, kapasite ise yapının bu deprem etkisi altındaki davranışını temsil etmektedir.

Mevcut ve güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesi için uygulanan yöntemler doğrusal elastik hesap yöntemleri ve doğrusal olmayan elastik hesap yöntemleridir.

2.5.1 Doğrusal elastik hesap yöntemleri

2.5.1.1 Yöntemin esasları

Doğrusal elastik yöntemlerde yapı elemanlarının kapasiteleri elemanın taşıma kapasitelerine ve süneklik özelliklerine bağlı olarak belirlenir. Buna karşılık, deprem istemi için elastik deprem etkileri altında doğrusal teoriye göre hesap yapılır. Doğrusal elastik hesap yöntemlerinin başlıcaları *Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi* ve *Mod Birleştirme Yöntemi*'dir.

2.5.1.2 Eşdeğer deprem yükü yöntemi

Bodrum üzerindeki toplam yüksekliği 25 metreyi ve toplam kat sayısı 8' i aşmayan, ayrıca ek dışmerkezlik gözönüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1.4$ olan binalara uygulanır. Bu yöntemde, toplam eşdeğer deprem yükünün (taban kesme kuvveti) hesabında, deprem yükü azaltma katsayısı $R_a=1$ olarak alınır ve Denk.(2.1)'den de görüldüğü gibi tasarım hesabındaki taban kesme kuvveti hesabından farklı olarak denklemin sağ tarafı λ katsayısı ile çarpılır. λ katsayısı bodrum hariç bir ve iki katlı binalarda 1.0, diğerlerinde 0.85 değerini almaktadır.

$$V_t = \lambda \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \quad (2.1)$$

2.5.1.3 Mod birleştirme yöntemi

Bu yöntemin kullanılmasında da $R_a=1$ alınır, diğer bir deyişle, elastik deprem spektrumları azaltılmadan aynen kullanılır. Uygulanan deprem doğrultusu ve yönü ile uyumlu eleman iç kuvvetlerinin ve kapasitelerinin hesabında, bu doğrultuda hakim olan modda elde edilen iç kuvvet doğrultuları esas alınır.

2.5.1.4. Etkin eğilme rijitlikleri

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.

2.5.1.5 Yapı elemanındaki hasar sınırlarının sayısal değerlerinin belirlenmesi

Doğrusal elastik hesap yöntemleri ile betonarme yapı elemanlarının hasar sınırlarının tanımında, etki/kapasite oranları (r) cinsinden ifade edilen sayısal değerler kullanılmaktadır.

Kırılma türü eğilme olan elemanlar sünek, kesme olan elemanlar ise gevrek eleman olarak sınıflandırılır. Kolon, kiriş ve perdelerin sünek eleman olarak sayılabilmeleri için bu elemanların kritik kesitlerinde eğilme kapasitesi ile uyumlu olarak hesaplanan kesme kuvveti V_e 'nin, bilgi düzeyi ile uyumlu mevcut malzeme dayanımı değerleri kullanılarak TS-500 [9]'e göre hesaplanan kesme kuvveti kapasitesi V_r 'yi aşmaması gereklidir. Kolon, kiriş ve perdelerde V_e 'nin hesabında pekleşmeli taşıma gücü momentleri yerine taşıma gücü momentleri kullanılır. Düşey yükler ile birlikte, elastik deprem yükü azaltma katsayısı $R_a = 1$ alınarak depremden hesaplanan toplam kesme kuvvetinin V_e 'den küçük olması durumunda ise V_e yerine bu kesme kuvveti kullanılır. Ek koşul olarak perdelerin sünek eleman sayılabilmesi için ayrıca $H_w / l_w > 2.0$ koşulunu sağlaması gerekir. Bu koşulları sağlamayan betonarme elemanlar *gevrek olarak hasar gören elemanlar* olarak nitelendirilir.

Kırılma biçimi eğilme olan sünek kiriş, kolon ve perde kesitlerinin etki/kapasite oranları, sadece deprem etkisi altında elastik deprem yükü azaltma katsayısı $R_a = 1$ alınarak hesaplanan kesit momentinin kesit artık moment kapasitesine bölünmesi ile elde edilir. Kesit artık momenti kapasitesi, kesitin eğilme momenti kapasitesi ile düşey yükler altında kesitte hesaplanan moment etkisinin farkıdır. Etki/kapasite oranının hesaplanmasında, uygulanan deprem kuvvetinin yönü dikkate alınır. Kiriş mesnetlerinde düşey yükler altında hesaplanan moment etkisi, yeniden dağılım

ilkesine göre en fazla %15 oranında azaltılabilir. Sarılma bölgesindeki enine donatının düzeni ve miktarı bakımından yönetmeliğin ilgili bölümlerindeki koşulları sağlayan betonarme kolonlar, betonarme kirişler ve betonarme perdeler “sargılanmış”, sağlamayanlar ise “sargılanmamış” eleman sayılır. “Sargılanmış” sayılan elemanlarda sargı donatılarının “özel deprem etriyeleri ve çirozları” olarak düzenlenmiş olması ve donatı aralıklarının yönetmelikte belirtilen koşulları sağlaması gerekmektedir.

Hesaplanan kiriş, kolon ve perde kesitlerinin etki/kapasite (r) oranları, yönetmelikte verilen ilgili sınır değerler (r_s) ile karşılaştırılarak elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilir.

Kiriş, kolon ve perdelerde etki/kapasite oranlarının sınır değerleri Tablo 2.2, 2.3 ve 2.4’te verilmiştir.

Tablo 2.2: Betonarme Kirişler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki / Kapasite Oranları (r_s)

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}$	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

Tablo 2.3: Betonarme Kolonlar İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki / Kapasite Oranları (r_s)

Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
$\frac{N_K}{A_c f_{cm}}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}$	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

Tablo 2.4: Betonarme Perdeler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki / Kapasite Oranları (r_s)

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

2.5.1.6 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 Tablo 2.5'te verilen değeri aşmayacaktır. Aksi durumda 2.5.1.5'te yapılan hasar değerlendirmeleri gözönüne alınmayacaktır. Tablo 2.5'te δ_{ji} , i. 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.

Tablo 2.5: Göreli Kat Ötelemeleri Sınırları

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

2.5.1.7 Kolon ve perdelerde etki/kapasite oranları

Doğrusal elastik yöntemler ile yapılan hesapta, moment – aksenal kuvvet etkisi altındaki kolon ve perde kesitlerinde etki/kapasite oranı (r)’nin belirlenmesi için uygulanabilecek yöntemler aşağıdaki paragraflarda açıklanmıştır.

Herhangi bir kolon veya perde kesitinin moment–eksenel kuvvet etkileşim diyagramı Şekil 2.2’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 2.2’de M_E ’nin işaretlerinin farklı olduğu iki durum 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 aksenal kuvvetidir.

Artık moment kapasitesi M_A ve buna karşı gelen aksenal kuvvet N_A aşağıdaki şekilde tanımlanır:

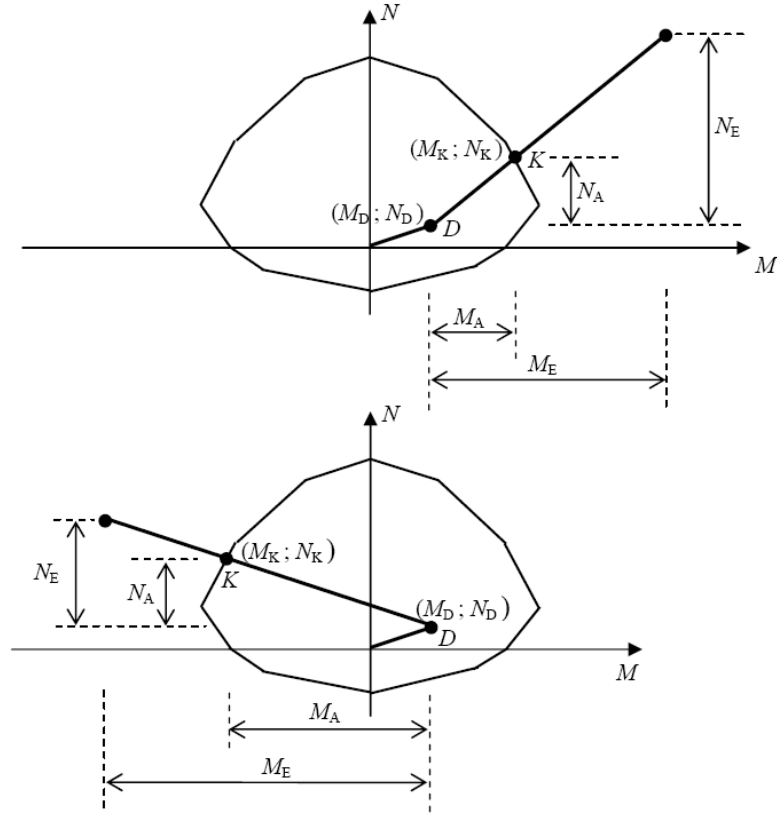
$$M_A = M_K - M_D \quad (2.2a)$$

$$N_A = N_K - N_D \quad (2.2b)$$

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

$$r = \frac{M_E}{M_A} = \frac{N_E}{N_A} \leq r_s \quad (2.3)$$

Şekil 2.2’deki K kesişme noktasının koordinatları olan M_K veya N_K ’nın 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, Denk.(2.2) ve Denk.(2.3)’den yararlanılarak kesitin eğilme ve aksenal kuvvet altındaki etki/kapasite oranı doğrudan hesaplanabilir. Kolon kesitinin moment kapasitesine karşı gelen aksenal kuvvet N_K , hasar sınırlarını tanımlayan Tablo 2.3’te gözönüne alınacak olan aksenal kuvvettir.



Şekil 2.2: Moment-Eksenel Kuvvet Etkileşim Diyagramı

Kolon veya perdenin etki/kapasite oranı, bir ardışık yaklaşım hesabı ile de belirlenebilir. Bu amaçla başlangıçta r için bir tahmin yapılır. N_E deprem hesabından bilindiğinden Denk.(2.3)'den N_A hesaplanır ve N_D bilindiğine göre Denk.(2.2b)'den N_K bulunur. Buna bağlı olarak M_K moment kapasitesi kesit hesabından elde edilir ve bundan M_D çıkarılarak Denk.(2.2a)'dan M_A hesaplanır. M_A ve M_E kullanılarak Denk.(2.3)'den r 'nin yeni değeri elde edilir ve başa dönülerek ardışık yaklaşımın bir sonraki adımına geçilir. Bir önceki adımda bulunana yeteri kadar yakın olarak edilen son ardışık yaklaşım adımındaki r değeri, kesitin eğilme ve eksenel kuvvet altındaki etki/kapasite oranı olarak tanımlanır. Son adımdaki M_A ve N_A değerleri Denk.(2.2)'deki yerlerine konularak M_K ve N_K hesaplanır. Elde edilen N_K , hasar sınırlarını tanımlayan Tablo 2.4'te gözönüne alınacak olan eksenel kuvvettir.

Yukarıda tek eksenli eğilme/eksenel kuvvet durumu için açıklanan etki/kapasite oranı hesabı, iki eksenli eğilme/eksenel kuvvet durumu için de benzer biçimde uygulanabilir.

Şekil 2.2'deki ikinci doğrunun ucunun etkileşim diyagramının içinde kalması durumunda 2.5.1.7 uygulanamaz. $r < 1$ olmasına karşı gelen bu durumda etki/kapasite oranının hesabına esasen gerek olmadığı açıktır.

2.5.2 Doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri

2.5.2.1 Tanım

Deprem etkileri altındaki mevcut binaların yapısal performanslarının belirlenmesi ve güçlendirme analizleri için kullanılacak doğrusal elastik olmayan hesap yönteminde, taşıyıcı sistemin doğrusal olmayan davranışı daha gerçekçi alınır. Şekildeğiştirme ve yerdeğiştirme esaslı değerlendirmelerin gözönüne alındığı bu yöntemde, belirli bir yatay deprem yükü dağılımı için binadaki yerdeğiştirme talebine ulaşıldığında binanın beklenen performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir.

2007 Türk Deprem Yönetmeliği kapsamında yer alan doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleri, *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi*, *Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi* ve *Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi*'dir. İlk iki yöntem, mevcut binaların deprem performanslarının belirlenmesinde ve güçlendirilmesinde artımsal itme analizinin esas alındığı yöntemlerdir.

2.5.2.2 Artımsal itme analizi ile performans değerlendirmesinde izlenecek hesap adımları

Artımsal İtme Analizi esas alınarak yapılacak doğrusal elastik olmayan performans değerlendirmesinde izlenen yolun adımları aşağıda özetlenmiştir.

(a) Genel ilke ve kurallara ek olarak, taşıyıcı sistem elemanlarında doğrusal olmayan davranışın idealleştirilmesine ve analiz modelinin oluşturulmasına yönelik kurallar esas alınır.

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

(c) Artımsal itme analizinin Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kapsamında yapılması durumunda, koordinatları “modal yerdeğiştirme-modal ivme” olarak tanımlanan birinci (hakim) moda ait “modal kapasite diyagramı” elde edilir. Bu

diyagram ile birlikte, elastik davranış spektrumu ve farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde yapılan değişiklikler gözönüne alınarak, birinci (hakim) moda ait modal yerdeğiştirme istemi belirlenir. Son aşamada, modal yerdeğiştirme istemine karşı gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme (plastik dönmeler) ve iç kuvvet istemleri hesaplanır.

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

(e) Plastikleşen (sünek) kesitlerde hesaplanmış bulunan plastik dönme istemlerinden plastik eğrilik istemleri ve son olarak toplam eğrilik istemleri elde edilir. Daha sonra bunlara bağlı olarak betonarme kesitlerde betonda ve donatı çeliğinde meydana gelen birim şekildeğiştirme istemleri hesaplanır. Bu istem değerleri, kesit düzeyinde çeşitli hasar sınırları için yönetmeliğin ilgili bölümünde tanımlanan birim şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit düzeyinde sünek davranışa ilişkin performans değerlendirmesi yapılır. Analiz sonucunda elde edilen kesme kuvveti istemleri ise, yönetmelikte tanımlanan kapasitelerle karşılaştırılarak kesit düzeyinde gevrek davranışa ilişkin performans değerlendirmesi yapılır.

2.5.2.3 Doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi

Malzeme bakımından doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi için, mühendislik uygulamalarındaki yaygınlığı ve pratikliği nedeni ile, doğrusal elastik olmayan analiz için yığılı plastik davranış modeli esas alınmıştır. Basit eğilme durumunda plastik mafsallı hipotezi'ne karşı gelen bu modelde, çubuk eleman olarak idealleştirilen kiriş, kolon ve perde türü taşıyıcı sistem elemanlarındaki iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekildeğiştirmelerin düzgün yayılı biçimde olduğu varsayılmaktadır. Plastik mafsallı boyu olarak adlandırılan plastik şekildeğiştirme bölgesi'nin uzunluğu (L_p), çalışan doğrultudaki kesit boyutu (h)'nin yarısına eşit alınır.

$$L_p = 0.5 h \quad (2.4)$$

Sadece eksenel kuvvet altında plastik şekildeğiştirme yapan elemanların plastik şekildeğiştirme bölgelerinin uzunluğu, ilgili elemanın serbest boyuna eşit alınır.

Yığılı plastik şekildeğiştirmeyi temsil eden *plastik kesit*'in, teorik olarak plastik şekildeğiştirme bölgesinin tam ortasına yerleştirilmesi gerekir. Ancak pratik uygulamalarda aşağıda belirtilen yaklaşık idealleştirmeler yapılabilir:

(a) Kolon ve kirişlerde plastik kesitler, kolon-kiriş birleşim bölgesinin hemen dışına, diğer deyişle kolon veya kirişlerin net açıklıklarının uçlarına konulabilir. Ancak, düşey yüklerin etkisinden ötürü kiriş açıklıklarında da plastik mafsalların oluşabileceği gözönüne alınmalıdır.

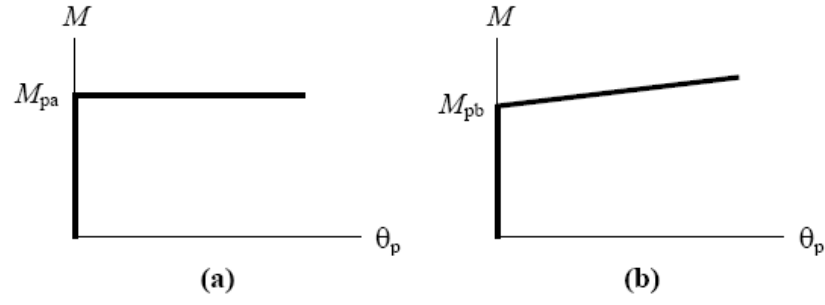
(b) Betonarme perdelerde, plastik kesitlerin her katta perde kesiminin alt ucuna konulmasına izin verilebilir. U, T, L veya kutu kesitli perdeler, bütün kolları birlikte çalışan tek perde olarak idealleştirilmelidir. Binaların bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunması durumunda, bu perdelerden üst katlara doğru devam eden perdelerin plastik kesitleri bodrum üstünden başlamak üzere konulmalıdır. Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki betonarme kesitlerin etkileşim diyagramlarının tanımlanması aşağıda verilen ilkelere göre yapılır:

(a) Analizde beton ve donatı çeliğinin bilgi düzeyine göre belirlenen mevcut dayanımları esas alınır.

(b) Betonun maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi 0.003, donatı çeliğinin maksimum birim şekildeğiştirmesi ise 0.01 alınabilir. Etkileşim diyagramları uygun biçimde doğrusallaştırılarak çok doğrulu veya çok düzlemli diyagramlar olarak modellenebilir. İtme analizi modelinde kullanılacak plastik kesitlerin iç kuvvet – elastik şekildeğiştirme bağıntıları ile ilgili olarak, aşağıdaki idealleştirmeler yapılabilir:

(a) İç kuvvet-plastik şekildeğiştirme bağıntılarında pekleşme etkisi (plastik dönme artışına bağlı olarak plastik momentin artışı) yaklaşık olarak terk edilebilir, Şekil 2.3a. Bu durumda, bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında, iç kuvvetlerin akma yüzeyinin üzerinde kalması koşulu ile plastik şekildeğiştirme vektörünün akma yüzeyine yaklaşık olarak dik olması koşulu gözönüne alınır.

(b) Pekleşme etkisinin gözönüne alınması durumunda (Şekil 2.3b), bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında iç kuvvetlerin ve plastik şekildeğiştirme vektörünün sağlaması gereken koşullar, ilgili literatürden alınan uygun bir pekleşme modeline göre tanımlanır.



Şekil 2.3: Eğilme Momenti – Plastik Dönme Bağıntıları

2.5.2.4 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 hesaplanır.

Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin kullanılabilmesi için, binanın kat sayısının bodrum hariç 8'den fazla olmaması ve herhangi bir katta ek dışmerkezlilik gözönüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının $\eta_i < 1.4$ 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. Kat döşemeleri rijit diyafram olarak idealleştirilen binalarda, birinci (hakim) doğal titreşim mod şeklinin genlikleri olarak her katın kütle merkezindeki birbirine dik iki yatay öteleme ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme göz önüne alınır.

Sabit yük dağılımına göre yapılan itme analizi ile, koordinatları “tepe yerdeğiştirmesi – taban kesme kuvveti” olan itme eğrisi elde edilir. Tepe yerdeğiştirmesi, binanın en üst katındaki kütle merkezinde, gözönüne 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:

(a) (i)’inci itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal ivme $a_1^{(i)}$ aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$a_1^{(i)} = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \quad (2.5)$$

denklemden $V_{x1}^{(i)}$ x deprem doğrultusunda (i)’inci itme adımı sonunda elde edilen birinci (hakim) moda ait taban kesme kuvvetini, M_{x1} x deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış için tanımlanan birinci (hakim) moda ait etkin kütleli göstermektedir.

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

$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\Phi_{xN1} \Gamma_{x1}} \quad (2.6)$$

Birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal katkı çarpanı Γ_{x1} , x deprem doğrultusunda taşıyıcı sistemin başlangıç adımıdaki doğrusal elastik davranışı için tanımlı ilgili bölümde yapılan L_{x1} ve 1. doğal titreşim moduna ait modal kütle M_1 ’den yararlanılarak:

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (2.7)$$

şeklinde elde edilir.

İtme analizi sonucunda elde edilen modal kapasite diyagramı ile elastik davranış spektrumu ve farklı aşılma olasılıklı deprem istemi için bu spektrum üzerinde yapılan değişiklikler gözönüne alınarak, birinci (hakim) moda ait maksimum modal yerdeğiştirme, diğer deyişle, modal yerdeğiştirme istemi hesaplanır. Tanım olarak

modal yerdeğiştirme istemi, $d_1^{(p)}$, doğrusal olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme S_{di1} 'e eşittir:

$$d_1^{(p)} = S_{di1} \quad (2.8)$$

Doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme, S_{di1} , itme analizinin ilk adımımda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) moda ait $T_1^{(1)}$ başlangıç periyoduna karşı gelen doğrusal elastik (lineer) spektral yerdeğiştirme S_{de1} 'e bağlı olarak Denk.(2.9) ile elde edilir:

$$S_{di1} = C_{R1} S_{de1} \quad (2.9)$$

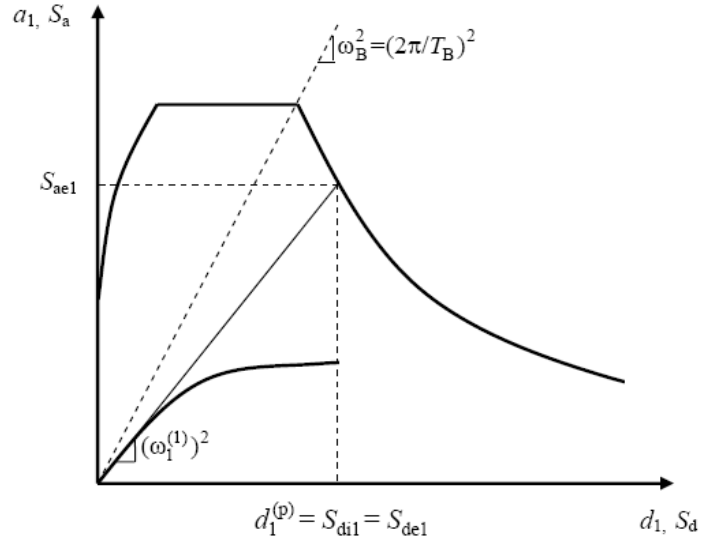
Doğrusal elastik (lineer) spektral yerdeğiştirme S_{de1} , itme analizinin ilk adımımda birinci moda ait elastik spektral ivme S_{ae1} 'den hesaplanır:

$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(\omega_1^{(1)})^2} \quad (2.10)$$

Spektral yerdeğiştirme oranı C_{R1} , başlangıç periyodu $T_1^{(1)}$ 'in değerine ($T_1^{(1)}=2\pi/\omega_1^{(1)}$) bağlı olarak belirlenir. $T_1^{(1)}$ başlangıç periyodunun, ivme spektrumundaki karakteristik periyod T_B 'ye eşit veya daha uzun olması durumunda ($T_1^{(1)} \geq T_B$ veya $(\omega_1^{(1)})^2 \leq \omega_B^2$), doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme S_{di1} , eşit yerdeğiştirme kuralı uyarınca doğal periyodu yine $T_1^{(1)}$ olan eşlenik doğrusal elastik sistem'e ait doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme S_{de1} 'e eşit alınır. Buna göre spektral yerdeğiştirme oranı:

$$C_{R1} = 1 \quad (2.11)$$

olarak tanımlanır (şekil 2.4).

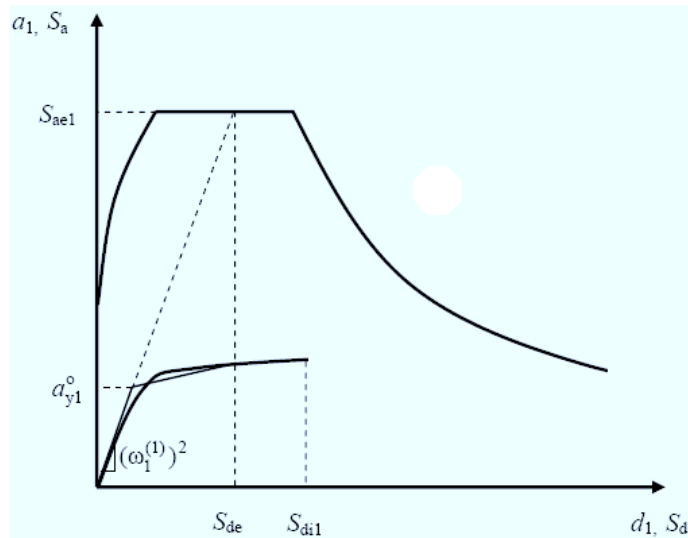


Şekil 2.4: Performans Noktasının Belirlenmesi ($T_1^{(1)} \geq T_B$)

Şekilde birinci (hakim) titreşim moduna ait ve koordinatları (d_1 , a_1) olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları “spektral yerdeğiştirme (S_d) – spektral ivme (S_a)” olan davranış spektrumu birarada çizilmiştir.

$T_1^{(1)}$ başlangıç periyodunun, ivme spektrumundaki karakteristik periyod T_B ’den daha kısa olması durumunda ($T_1^{(1)} < T_B$ veya $(\omega_1^{(1)})^2 > \omega_B^2$) ise, spektral yerdeğiştirme oranı C_{R1} , ardışık yaklaşımla hesaplanır. Hesap adımları şu şekildedir:

(a) İtme analizi sonucunda elde edilen modal kapasite diyagramı, Şekil 2.5’de görüldüğü gibi, yaklaşık olarak iki doğrusu (bi-lineer) bir diyagrama dönüştürülür. Bu diyagramın başlangıç doğrusunun eğimi, itme analizinin ilk adımındaki ($i=1$) doğrunun eğimi olan birinci moda ait özdeğere, $(\omega_1^{(1)})^2$, eşit alınır ($T_1^{(1)} = 2\pi / \omega_1^{(1)}$).



Şekil 2.5: Performans Noktasının Belirlenmesi ($T_1^{(1)} < T_B$)

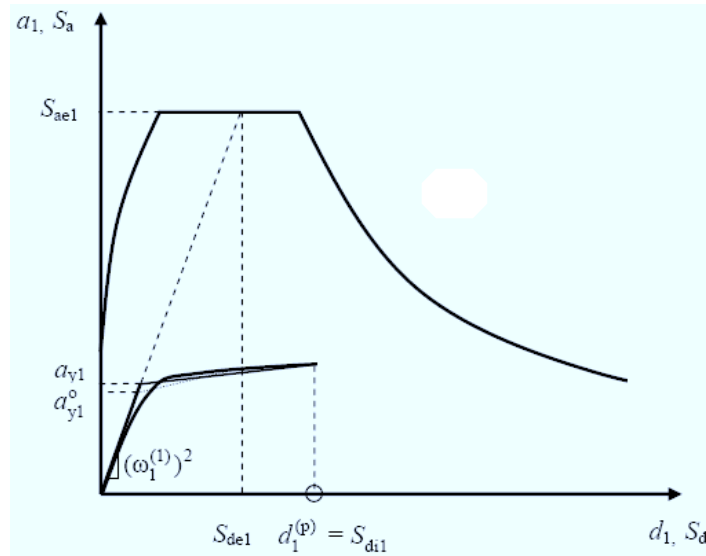
(b) Ardışık yaklaşımın ilk adımında $C_{R1} = 1$ varsayımı yapılarak, eşdeğer akma noktası'nın koordinatları eşit alanlar kuralı ile belirlenir. Şekil 2.5'de görülen a_{y1}^0 esas alınarak C_{R1} aşağıda şekilde tanımlanır:

$$C_{R1} = \frac{1 + (R_{y1} - 1)T_B / T_1^{(1)}}{R_{y1}} \geq 1 \quad (2.12)$$

Bu bağıntıda R_{y1} birinci moda ait dayanım azaltma katsayısını göstermektedir.

$$R_{y1} = \frac{S_{ae1}}{a_{y1}} \quad (2.13)$$

Denklem 2.12'den bulunan C_{R1} kullanılarak, Denklem 2.9'a göre hesaplanan S_{d1} esas alınarak eşdeğer akma noktası'nın koordinatları, Şekil 2.6'de gösterildiği üzere, eşit alanlar kuralı ile yeniden belirlenir ve bunlara göre a_{y1} , R_{y1} ve C_{R1} tekrar hesaplanır. Ardışık iki adımda elde edilen sonuçların kabul edilebilir ölçüde birbirlerine yaklaştıkları adımda ardışık yaklaşıma son verilir.



Şekil 2.6: Performans Noktasının Belirlenmesi ($T_1^{(1)} < T_B$)

Son itme adımı $i = p$ için Denk.(2.8)'e göre belirlenen modal yerdeğiştirme istemi $d_1^{(p)}$ 'nin Denk.(2.6)'da yerine konulması ile, x deprem doğrultusundaki tepe yerdeğiştirmesi istemi $u_{xN1}^{(p)}$ elde edilir.

$$u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (2.14)$$

Buna karşı gelen diğer tüm istem büyüklükleri (yerdeğiştirme, şekildeğiştirme ve iç kuvvet istemleri) mevcut itme analizi dosyasından elde edilir veya tepe yerdeğiştirmesi istemine ulaşıncaya kadar yapılan yeni bir itme analizi ile hesaplanır.

2.5.2.5 Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi

Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi'nin amacı, taşıyıcı sistemdeki doğrusal olmayan davranış gözönüne 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.

Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan analizde, taşıyıcı sistem elemanlarının tekrarlı yükler altındaki dinamik davranışını temsil eden iç kuvvet şekildeğiştirme bağıntıları, teorik ve deneysel geçerlilikleri kanıtlanmış olmak kaydı ile, ilgili literatürden yararlanılarak tanımlanır. Doğrusal veya doğrusal olmayan hesapta, üç yer hareketi kullanılması durumunda sonuçların maksimumu, en az yedi yer hareketi kullanılması durumunda ise sonuçların ortalaması tasarım ve değerlendirme için esas alınır.

Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan hesapta yapay yer hareketlerinin kullanılması durumunda, aşağıdaki özellikleri taşıyan en az üç deprem yer hareketi üretilir.

- (a) Kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, binanın birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmamalıdır.
- (b) Üretilen deprem yer hareketinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması A_0g 'den daha küçük olmamalıdır.
- (c) Yapay olarak üretilen her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerlerinin ortalaması, gözönüne alınan deprem doğrultusundaki birinci (hakim) periyod T_1 'e göre $0.2T_1$ ile $2T_1$ arasındaki periyodlar için, yönetmelikte tanımlanan $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivmelerinin %90'ından daha az olmamalıdır.

Zaman tanım alanında yapılacak deprem hesabı için kaydedilmiş depremler veya kaynak ve dalga yayılımı özellikleri fiziksel olarak benzeştirilmiş yer hareketleri kullanılabilir. Bu tür yer hareketleri üretilirken yerel zemin koşulları da uygun

biçimde gözönüne alınmalıdır. Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş yer hareketlerinin kullanılması durumunda en az üç deprem yer hareketi üretilir ve bunların yapay yer hareketlerinin kullanılması durumunda verilen tüm koşulları sağlaması gerekir.

2.5.2.6 Kesitteki birim şekildeğiştirme istemlerinin belirlenmesi

Yönetmelikte belirtilen artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi veya zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerine göre yapılan hesap sonucunda çıkış bilgisi olarak herhangi bir kesitte elde edilen θ_p plastik dönme istemine bağlı olarak plastik eğrilik istemi, aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır:

$$\phi_p = \frac{\theta_p}{L_p} \quad (2.15)$$

Amaca uygun olarak seçilen bir beton modeli ile pekleşmeyi de gözönüne 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, Denk.(2.15) ile tanımlanan Φ_p plastik eğrilik istemine eklenerek, kesitteki Φ_t toplam eğrilik istemi elde edilir:

$$\phi_t = \phi_y + \phi_p \quad (2.16)$$

Betonarme sistemlerde betonun basınç birim şekildeğiştirme istemi ile donatı çeliğindeki birim şekildeğiştirme istemi, Denk.(2.16) ile tanımlanan toplam eğrilik istemine göre moment-eğrilik analizi ile hesaplanır.

Beton ve donatı çeliğinin birim şekildeğiştirmeleri cinsinden elde edilen deprem istemleri, aşağıda tanımlanan şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit bazında hasar bölgesi belirlenir.

2.5.2.7 Betonarme elemanların kesit birim şekildeğiştirme kapasiteleri

Plastik şekildeğiştirmelerin meydana geldiği sünek betonarme taşıyıcı sistem elemanlarında, performans düzeylerine göre izin verilen şekildeğiştirme sınırları (kapasiteleri) Tablo 2.6'da tanımlanmıştır.

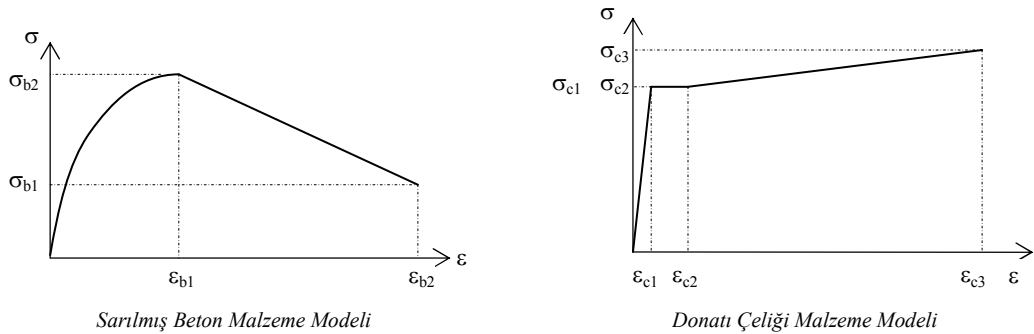
Tablo 2.6: Şekildeğiştirme Üst Sınırları

Şekil Değiştirme Sınırı	Hasar Sınırı	
	Betonda birim şekildeğiştirme	Donatıda birim şekildeğiştirme
Minimum hasar sınırı	$\varepsilon_{cu} = 0.0035$	0.010
Güvenlik sınırı	$\varepsilon_{cg} = \min [0.0035 + 0.010\rho_s/\rho_{sm}; 0.0135]$	0.040
Göçme sınırı	$\varepsilon_{cg} = \min [0.0040 + 0.014\rho_s/\rho_{sm}; 0.0180]$	0.060

2.6 Moment-Eğrilik İlişkisinin Belirlenmesi

Tek eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki betonarme kesitte moment-eğrilik ilişkisini belirleyen M-KAPA.EXE [11] isimli program kullanılmıştır. Bu programın kullanımı için, kesitin moment düzlemi içinde bir simetri eksenini bulundurması gereklidir.

Doğrusal olmayan hesapta moment-eğrilik ilişkisinin oluşturulması aşamasında, uygun malzeme modeli seçimi önemlidir. Betonda sarılma etkisi, donatıda ise pekleşmenin dikkate alınmasıyla; moment-eğrilik ilişkisinin özellikle akmadan sonraki bölgesinde gerçek davranışa daha fazla yaklaşmak mümkündür. Malzeme modelleri, Şekil 2.7’de gösterilen büyüklüklerin programa giriş bilgisi olarak verilmesiyle tanımlanmaktadır. Geometrisi tanımlanmış kesit program tarafından sonlu sayıda dilime bölünür. Seçilen bir şekildeğiştirme durumu için, beton dilimlerle donatıların merkezindeki şekildeğiştirmeler hesaplanıp, ilgili malzeme modeli ile gerilmeye geçilir.

**Şekil 2.7:** Kullanılan Malzeme Modelleri

2.7 Moment-Eksenel Kuvvet Etkileşim Diyagramlarının Oluşturulması

Tek eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki betonarme kesitler için etkileşim diyagramlarının çizilmesi için MN.EXE [11] isimli program kullanılmıştır. Bu programın çalışma prensibi M-KAPA.EXE programı ile aynıdır.

2.8 Park & Ang Hasar Modeli

IDARC2D programı, betonarme yapıların hasar değerlendirmesinde Park & Ang tarafından tanımlanmış olan hasar indeksi değerlerini içermektedir. Park & Ang hasar modeli indeksleri eleman, kat ve tüm yapı için verilebilmektedir. Yapı elemanları için Park & Ang hasar indeksi Denk.(2.17)'de tanımlanmaktadır:

$$DI_{P\&A} = \frac{\delta_m}{\delta_u} + \frac{\beta}{\delta_u P_y} \int dE_h \quad (2.17)$$

Burada, δ_m analizde eleman için elde edilen maksimum şekildeğiştirme miktarı; δ_u elemanın yapabileceği maksimum şekildeğiştirme miktarı; P_y elemanın akma mukavemeti; $\int dE_h$ eleman tarafından emilen histeretik enerji; β ise model için sabit bir parametredir.

Park & Ang hasar modeli, gözlemlenen birçok betonarme binanın yapısal hasarlarının durumuna göre derecelendirilmiştir. Tablo 2.7'de yapıda gözlemlenen hasarın derecesi ile derecelendirilmiş hasar indeksi değerleri görülmektedir.

Tablo 2.7: Yapılar İçin Hasar İndeksi Tanımı

Hasar Derecesi	Fiziksel Görünümü	Hasar İndeksi	Yapının Durumu
Göçme	Kısmi göçme veya toptan göçme	> 1.0	Göçmüş yapı
İleri	Betonda derin kırılmalar; gözle görülür donatı burkulması	0.4 - 1.0	Onarımı zor
Orta	Derin çatlaklar; zayıf elemanlarda betonun parçalanması	< 0.4	Onarılabilir
Az	Küçük çatlaklar; kolon betonunda kısmi ezilmeler		
Hafif	Seyrek çatlaklar		

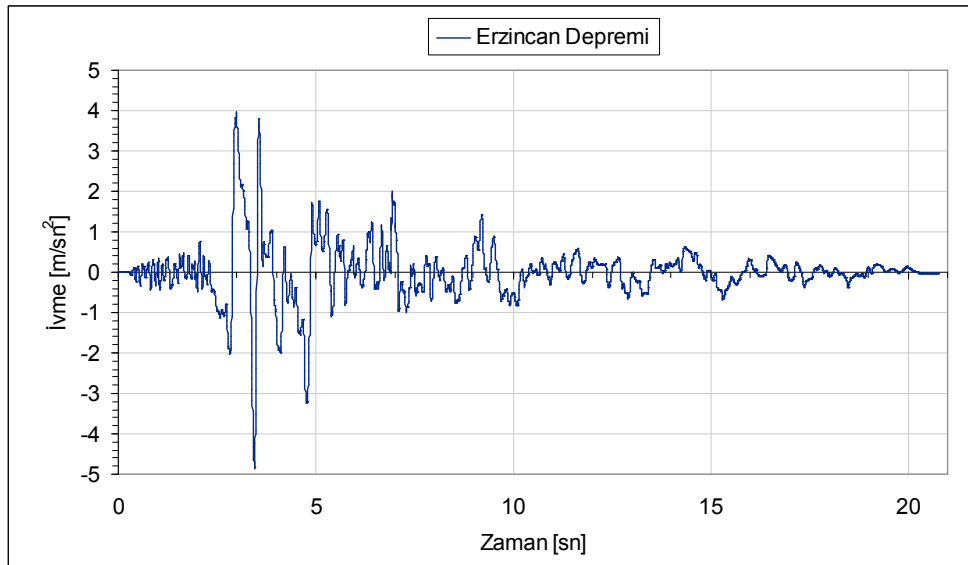
2.9 Gerçek Deprem Kayıtlarının Tasarım Spektrumuna Uygun Olarak Benzeştirilmesi

Zaman tanım alanında hesap yöntemine göre analizde, üç adet gerçek yer hareketi yerel zemin sınıfı koşullarına göre benzeştirilmiştir. Bu yer hareketi benzeştirme işlemleri için Oasys Sigraph [12] programı kullanılmıştır. Programa giriş bilgisi olarak gerçek bir ivme kaydı, hedef olarak seçilen zemin sınıfına ait ivme spektrumu ve sönüm oranı verilmiştir.

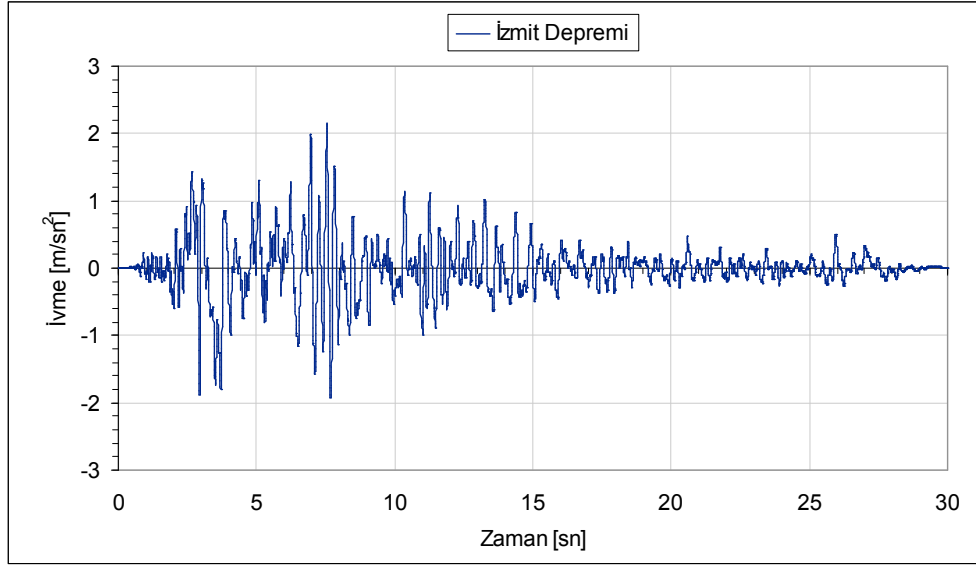
PEER [13] veri bankasından seçilmiş olan deprem kayıtları ile ilgili bilgiler Tablo 2.8’de, ivme-zaman grafikleri de Şekil 2.8, Şekil 2.9 ve Şekil 2.10’da verilmiştir.

Tablo 2.8: Deprem Kayıtları

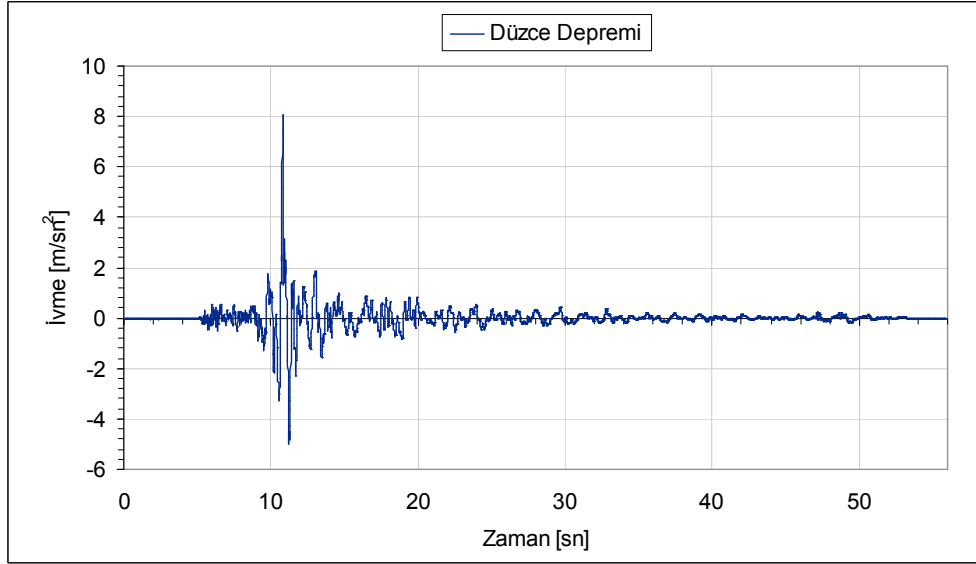
Deprem	Tarih	İstasyon / Doğrultu	M	PGA (g)
Erzincan	13.03.1992	Erzincan / DB	6.9	0.496
İzmit	17.08.1999	İzmit / 090	7.4	0.220
Düzce	12.11.1999	Bolu / 090	7.1	0.822



Şekil 2.8: Erzincan Depremi İvme Kaydı

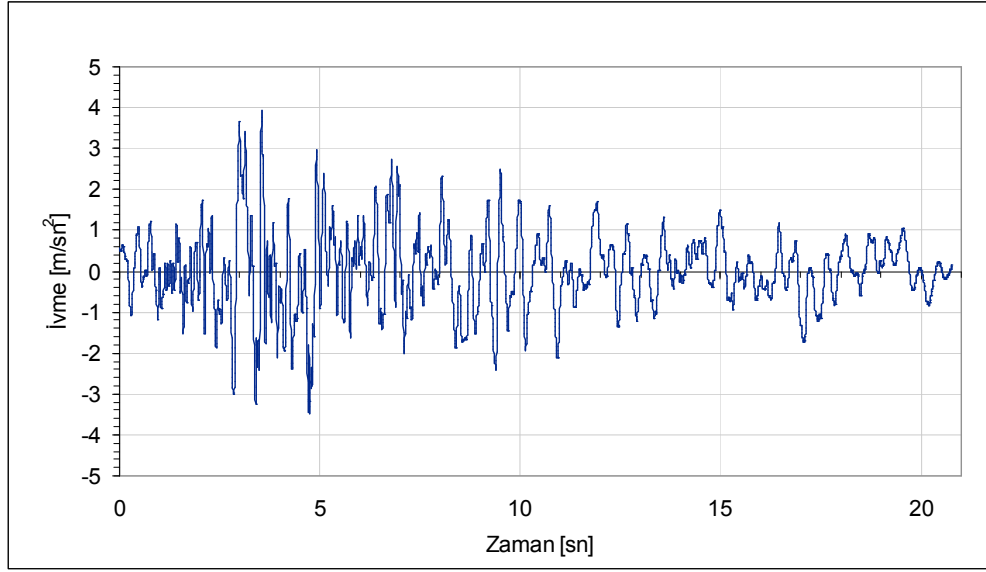


Şekil 2.9: İzmit Depremi İvme Kaydı

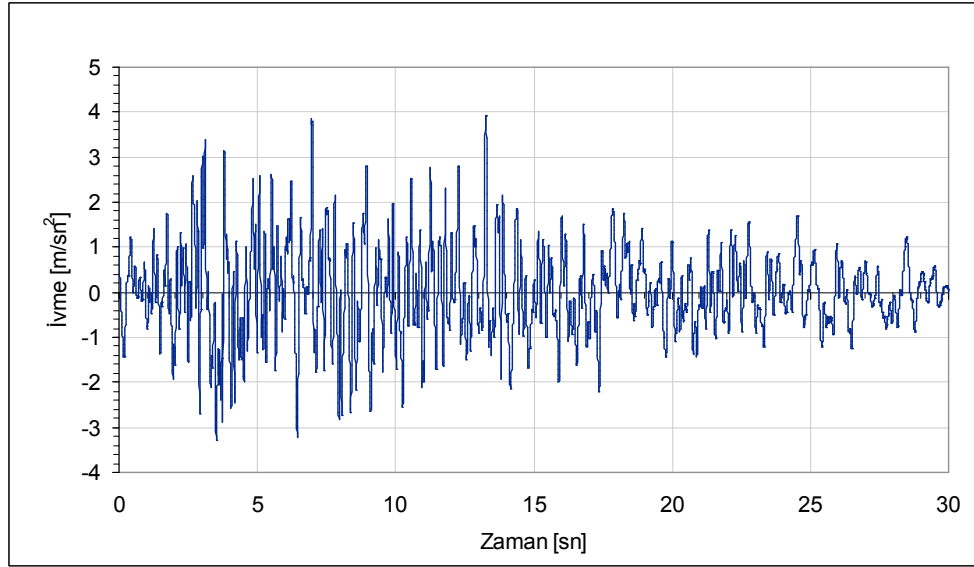


Şekil 2.10: Düzce Depremi İvme Kaydı

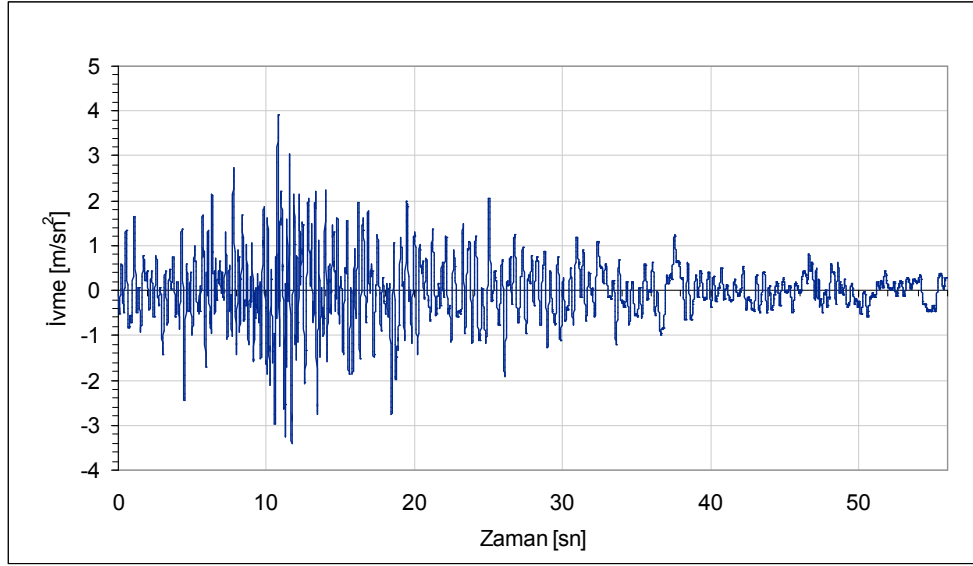
Oasis Sigraph programı yardımıyla elde edilen yeni deprem kayıtları Şekil 2.11, Şekil 2.12 ve Şekil 2.13'te verilmiştir.



Şekil 2.11: Benzeştirilmiş Erzincan Depremi İvme Kaydı



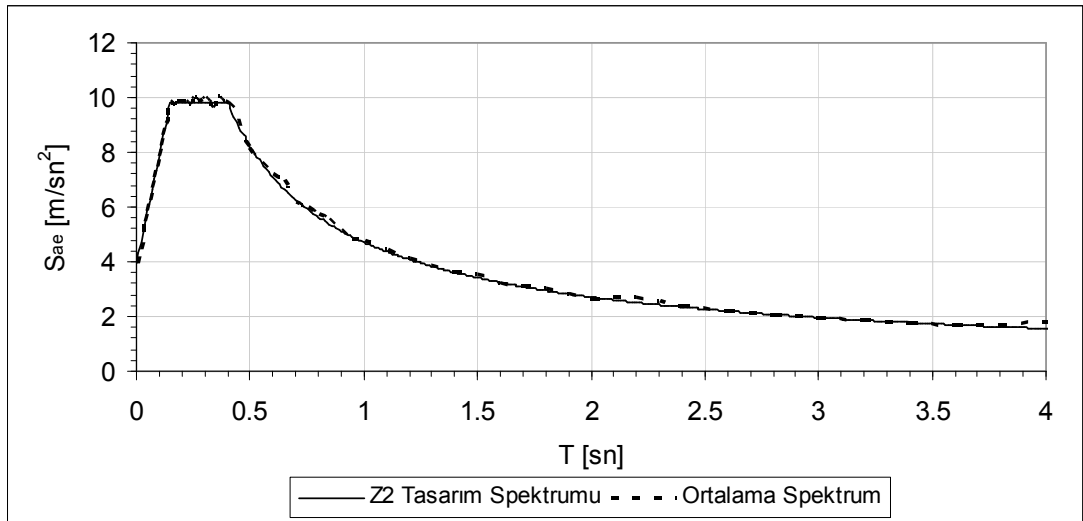
Şekil 2.12: Benzeştirilmiş İzmit Depremi İvme Kaydı



Şekil 2.13: Benzeştirilmiş Düzce Depremi İvme Kaydı

Üretilen depremlerin sıfır periyod için hesaplanan spektral ivme değerlerinin ortalaması seçilen Z2 zemin sınıfı ile uygunluğu göz önüne alınarak 0.4 g bulunmuştur.

Her bir ivme kaydı için bulunan spektral ivme değerlerinin ortalaması, incelenen taşıyıcı sistemlerin birinci (hakim) periyodu T_1 'e göre $0.2T_1$ ile $2T_1$ periyodları arasında, yönetmelikte tanımlanan $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivmelerinin %90'ından daha az olmadığı kontrol edilmiştir. Şekil 2.14'te Z2 zemin sınıfı için çizilen ivme spektrumu ve benzeştirilen deprem hareketlerinden elde edilen spektrumun ortalaması beraber çizilmiştir.



Şekil 2.14: Benzeştirilen Depremlerin Ortalama Spektrum Eğrisi

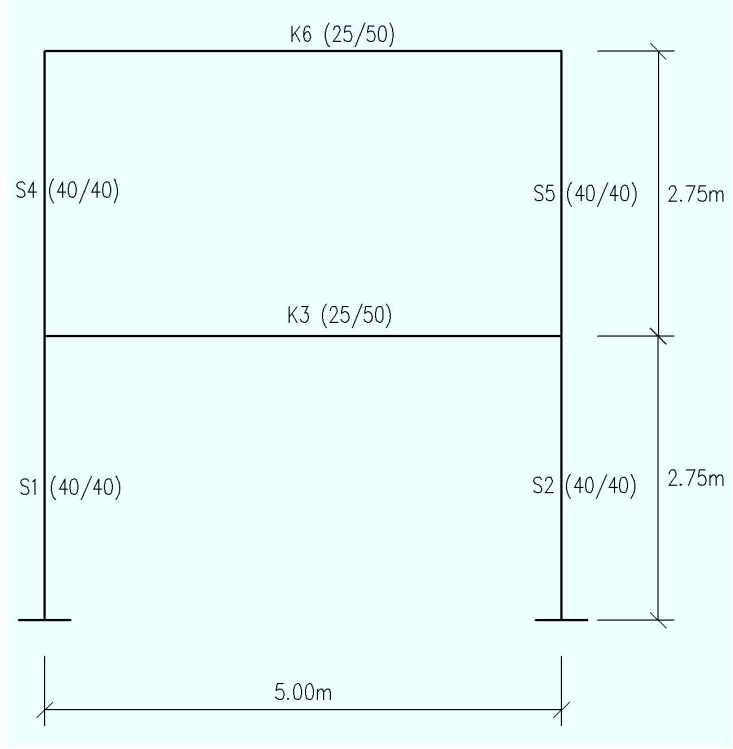
3. İKİ KATLI BİR ÇERÇEVENİN DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

3.1 Yapı Sistemi Hakkında Bilgi

Bu bölümde, kullanılan yöntemlerin ara hesap adımları ve yönetmelik kurallarını ayrıntılı ve basit olarak göstermek amacıyla güncel yönetmelik kurallarına göre tasarlanmış tek açıklıklı iki katlı bir çerçeve sistemin *Tasarım Depremi* etkileri altında doğrusal ve doğrusal olmayan davranışının ve taşıyıcı sistem performansının belirlenmesi amacıyla yapılan sayısal incelemeler bulunmaktadır. [8] nolu referanstan alınmış olan bu örnek yapı sisteminin *Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi*, *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi* ve *Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi* ile deprem performansı bulunmuş ve her üç yöntemle elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Yapı sisteminin analizinde; *Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi* ile değerlendirmede SAP2000 programı; *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi* ve *Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi* ile değerlendirmede ise hem IDARC2D hem SAP2000 programları kullanılmıştır. Bu örneğin amacı, IDARC2D'ı başka bir lineer analiz yapan program olan SAP2000 ile doğrulamak ve güncel yönetmelik koşullarına göre boyutlandırılmış yapının deprem güvenliğini belirlemektir.

Yapı sisteminin boyutları ve eleman isimleri Şekil 3.1'de verilmektedir.



Şekil 3.1: Taşıyıcı Sistem Modeli

Yapı sistemi hakkındaki bilgiler aşağıda sıralanmıştır.

Kolonlar : 0.40m x 0.40m $d' = 0.04m$

Kirişler : 0.25m x 0.50m $d' = 0.04m$

Döşemeler : 0.12m

Sabit yük : $1.5kN / m^2 + 0.12m \times 25kN / m^3 = 4.5kN / m^2$

Hareketli Yük : $3.5kN / m^2$

Deprem Bölgesi : I. ; $A_0 = 0.4$

Malzeme : C20 / S220

: $f_{cm} = 20Mpa$ $f_{ym} = 220Mpa$

: $f_{ctm} = 1.6Mpa$ $E_c = 28Gpa$

Zemin Sınıfı : Z3; $T_A = 0.15s$ $T_B = 0.60s$

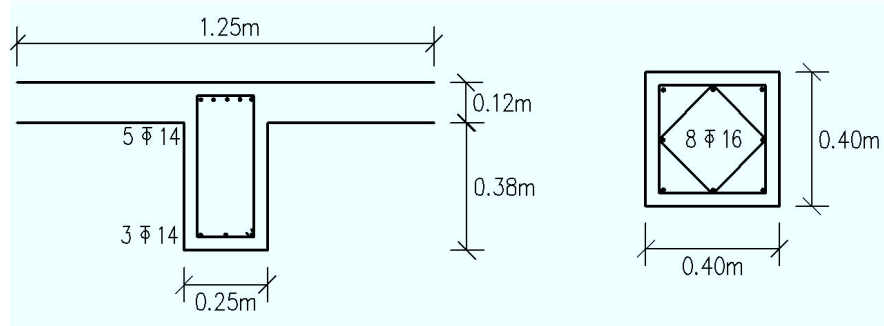
Kat ağırlıkları:

$$W_1 = W_2 = G_1 + nQ_1 = 47.25 + 0.3 \times 36.75 = 58.28 \text{ kN}$$

$$W = W_1 + W_2 = 116.56 \text{ kN}$$

$$W + \text{iki kiriş ağırlığı} = 116.56 + 2 \times 0.50 \times 0.25 \times 25 \times 5.00 = 147.86 \text{ kN}$$

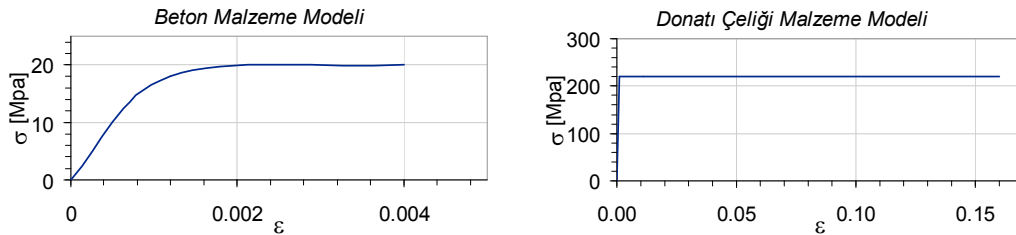
Yapı sistemindeki kiriş ve kolonların betonarme detayları Şekil 3.2’de görülmektedir.



Şekil 3.2: Kiriş ve Kolon Kesitlerinin Betonarme Detayları

Malzeme modelleri

Kullanılan betonun kalitesi C20 olup malzeme modelinde sargı etkisi gözönünde bulundurulmamıştır. Donatı çeliğinin kalitesi S220 olup pekleşme etkisi gözönüne alınmamıştır. Kullanılan malzeme modelleri Şekil 3.3’te verilmiştir.



Şekil 3.3: Malzeme Modelleri

3.2 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle Performansın Belirlenmesi

Etkin eğilme rijitliklerinin hesaplanması

Sistem, deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu olan düşey işletme yükleri altında hesaplanarak kolon normal kuvvetleri bulunmuştur. Bulunan kolon

normal kuvvetleri yardımıyla çatlamış kesit eğilme rijitlikleri aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

S1 ve S2 kolonları için

$$N_{G+0.3Q} / (A_c f_{cm}) = 29140 / (400 \times 400 \times 20) = 0.009 < 0.10$$

S4 ve S5 kolonları için

$$N_{G+0.3Q} / (A_c f_{cm}) = 58280 / (400 \times 400 \times 20) = 0.018 < 0.10$$

Tüm kiriş ve kolonlarda atalet momenti $0.40I_{brüt}$ olarak alınacaktır.

Toplam eşdeğer deprem yükünün bulunması ve katlara dağıtılması

Yapılan titreşim analizi sonucu, binanın çatlamış kesit özellikleri kullanılarak hesaplanan birinci doğal titreşim periyodu $T_1 = 0.226$ sn olarak bulunmuştur.

$$A(T) = A_0 I S(T)$$

$$S(T) = 2.5$$

$$A(T) = 0.40 \times 1.0 \times 2.5 = 1.00$$

$$V_t = \lambda W A(T) / R_a$$

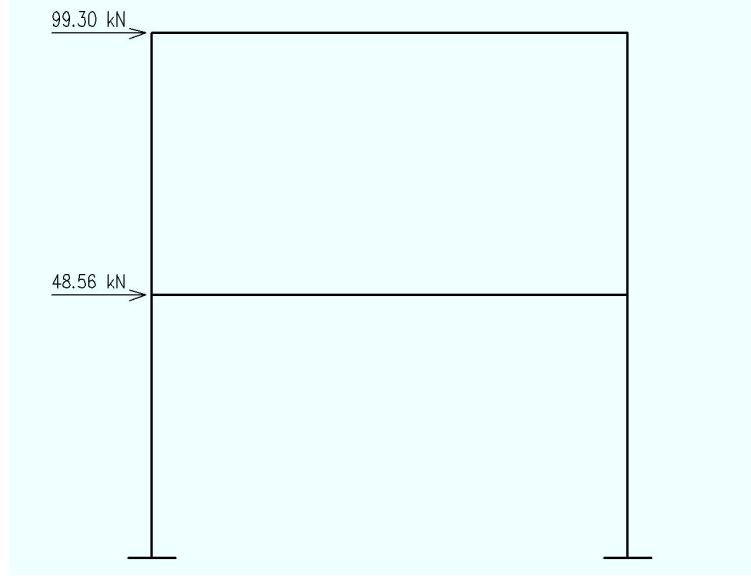
$$V_t = 1.00 \times 147.86 \times 1.00 / 1.0 = 147.86 \text{ kN}$$

$$\Delta F_N = 0.0075 N V_t = 0.0075 \times 2 \times 147.86 = 2.22 \text{ kN}$$

Kat kütleleri ve yükseklikleri eşit olduğu için, kat deprem kuvvetleri:

$$F_1 = (V_t - \Delta F_N) / 3 = 48.56 \text{ kN} \quad F_2 = 2 F_1 + \Delta F_N = 99.30 \text{ kN}$$

olarak bulunmuştur (Şekil 3.4).



Şekil 3.4: Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükleri

Görelî kat ötelemesi kontrolü

Etki / kapasite oranlarının hesaplanmasından önce görelî kat ötelemelerine göre hasar değerlendirmesi yapılmıştır. Her iki katın da *minimum hasar bölgesinde* kaldığı Tablo 3.1’de görülmektedir.

Tablo 3.1: Görelî Kat Ötelemelerine Göre Hasar Değerlendirmesi

Kat	δ (m)	h (m)	δ_{ji} / h_{ji}	Hasar Bölgesi
2	0.0169	2.75	0.003	Minimum
1	0.0085	2.75	0.003	Minimum

Kirişlerde donatı oranları

Kirişte dengeli donatı oranı :

$$k_x = \frac{x}{d} = \frac{0.003}{0.003 + 0.0011} = 0.732$$

$$\rho_b = 0.85k_1k_x \frac{f_{cm}}{f_{ym}} = 0.85 \times 0.85 \times 0.732 \times \frac{20}{220} = 0.04808$$

olarak bulunmuştur.

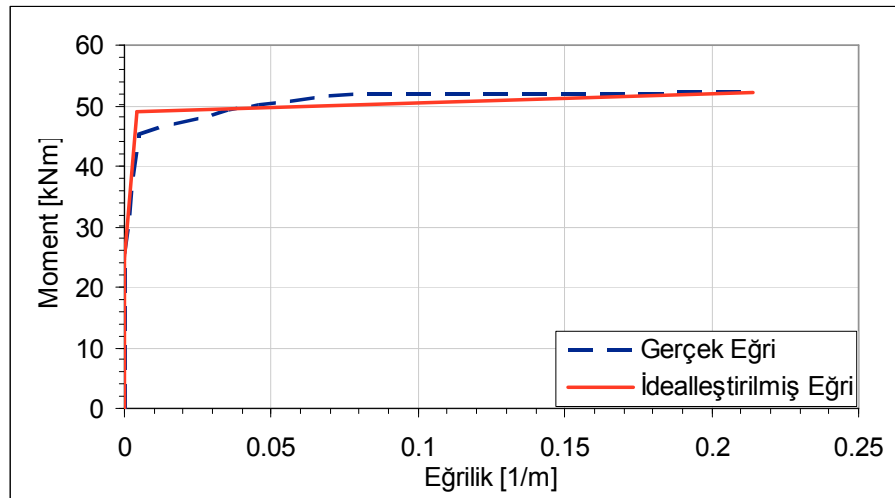
Kirişlerde donatı oranı ile ilgili hesaplar Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2: Kirişlerde Donatı Oranı

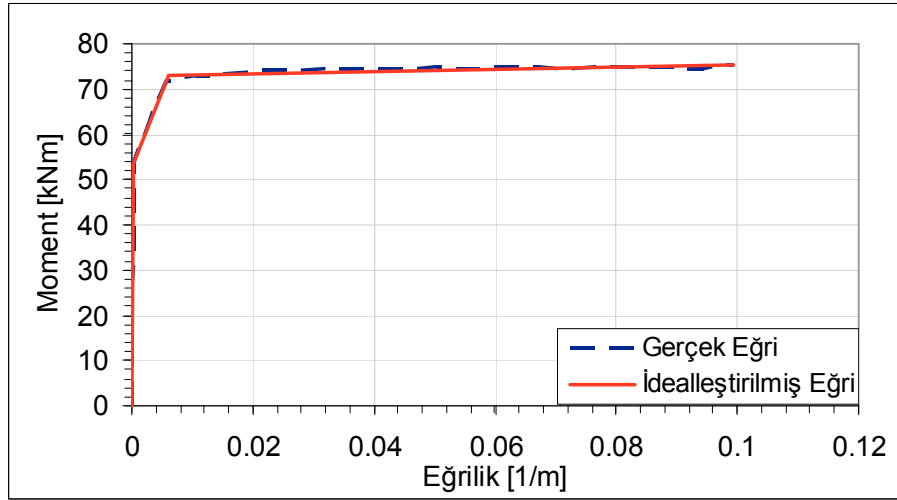
Kiriş	Yüklemeye	A_s	A_s'	ρ_b	$\rho = A_s / b_w d$	$\rho' = A_s' / b_w d$	$(\rho - \rho') / \rho_b$
		mm ²	mm ²	%	%	%	
K3	G+0.3Q+E	462	770	4.808	0.440	0.733	-0.061
	G+0.3Q-E	770	462	4.808	0.733	0.440	0.061
K6	G+0.3Q+E	462	770	4.808	0.440	0.733	-0.061
	G+0.3Q-E	770	462	4.808	0.733	0.440	0.061

Kirişlerin eğilme moment kapasitelerinin belirlenmesi

Kirişlerin eğilme momenti kapasitelerinin bulunması amacıyla kesitlerin moment-eğrilik ilişkilerini belirleyen M-KAPA.EXE kesit analizi programı kullanılmıştır. Kirişin altta çekme üstte basınç ve üstte çekme altta basınç durumları için iki ayrı analizi sonucu elde edilmiş olan moment-eğrilik diyagramı alanların eşitliği prensibine göre idealleştirilmiş ve akma momenti değeri kapasite momenti olarak seçilmiştir (Şekil 3.5 ve Şekil 3.6).



Şekil 3.5: Kiriş İçin Pozitif (altta çekme üstte basınç) Moment-Eğrilik Diyagramı



Şekil 3.6: Kiriş İçin Negatif (üstte çekme altta basınç) Moment-Eğrilik Diyagramı

Kirişlerde kesme kuvveti etkisi

Kirişlerde eğilme kapasitesiyle uyumlu olarak hesaplanan V_e 'nin hesabı Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3: Kirişlerde Kesme Kuvveti Etkisi

Kiriş	Yüklemeye	$V_{(G+0.3Q)sağ}$	$V_{(G+0.3Q)sol}$	$M_{p-sağ}$	M_{p-sol}	$(M_{p-sağ} + M_{p-sol}) / l_n$	$V_{e-sağ}$	V_{e-sol}
		kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
K3	G+0.3Q+E	29.14	29.14	48.9	48.9	27.52	56.66	56.66
	G+0.3Q-E	29.14	29.14	-77.7	-77.7			
K6	G+0.3Q+E	29.14	29.14	48.9	48.9	27.52	56.66	56.66
	G+0.3Q-E	29.14	29.14	-77.7	-77.7			

Kirişlerin etki / kapasite oranlarının belirlenmesi

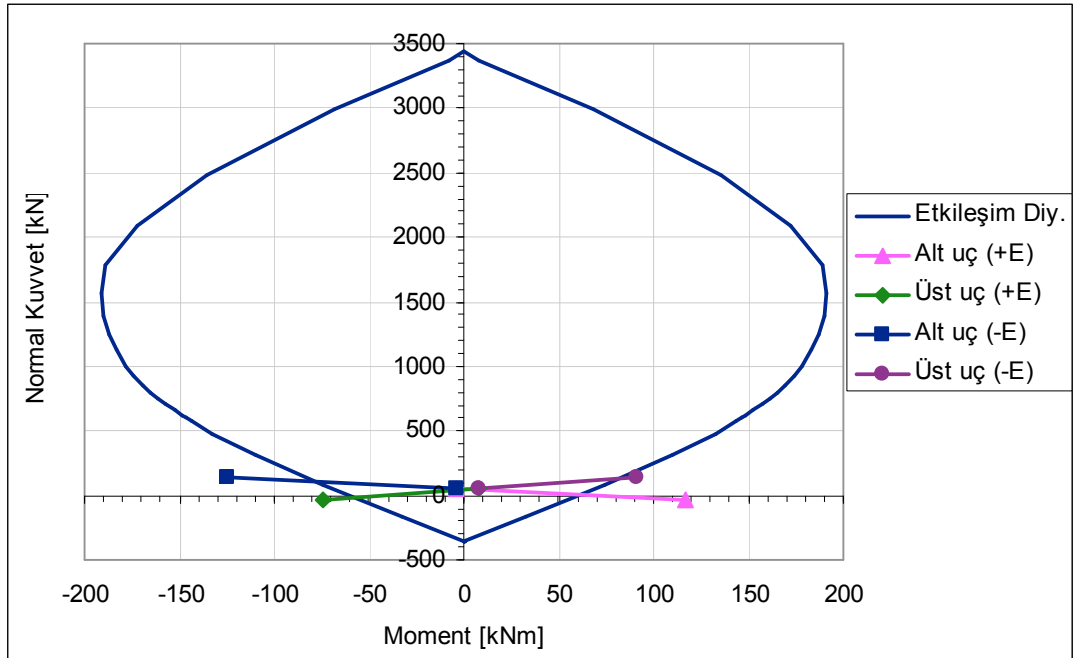
Kirişler için etki / kapasite oranları (r) hesaplanmış ve (r_s) sınır değerleriyle karşılaştırılarak hasar bölgelerine karar verilmiştir (Tablo 3.4).

Tablo 3.4: Kirişlerde Etki / Kapasite (r) Oranları

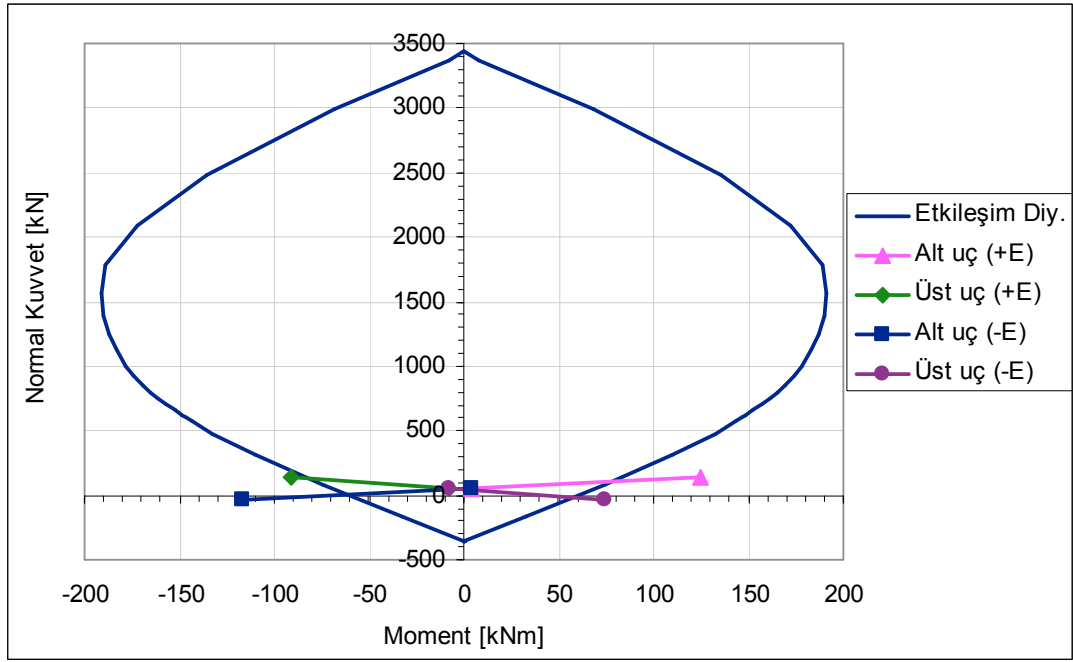
Kiriş	Yüklemeye	$(\rho - \rho') / \rho_b$	Sargılama	$V_e / (b_w d f_{ctm})$		Etki / Kapasite		Hasar Bölgesi	
				sağ	sol	sağ	sol	sağ	sol
K3	G+0.3Q+E	-0.0610	yok	0.337	0.250	1.95	1.95	Minimum	Minimum
	G+0.3Q-E	0.0610	yok	0.300	0.250	2.65	2.65	Belirgin	Belirgin
K6	G+0.3Q+E	-0.0610	yok	0.337	0.250	1.13	1.13	Minimum	Minimum
	G+0.3Q-E	0.0610	yok	0.356	0.356	1.32	1.32	Minimum	Minimum

Kolonların eğilme momenti kapasitelerinin belirlenmesi

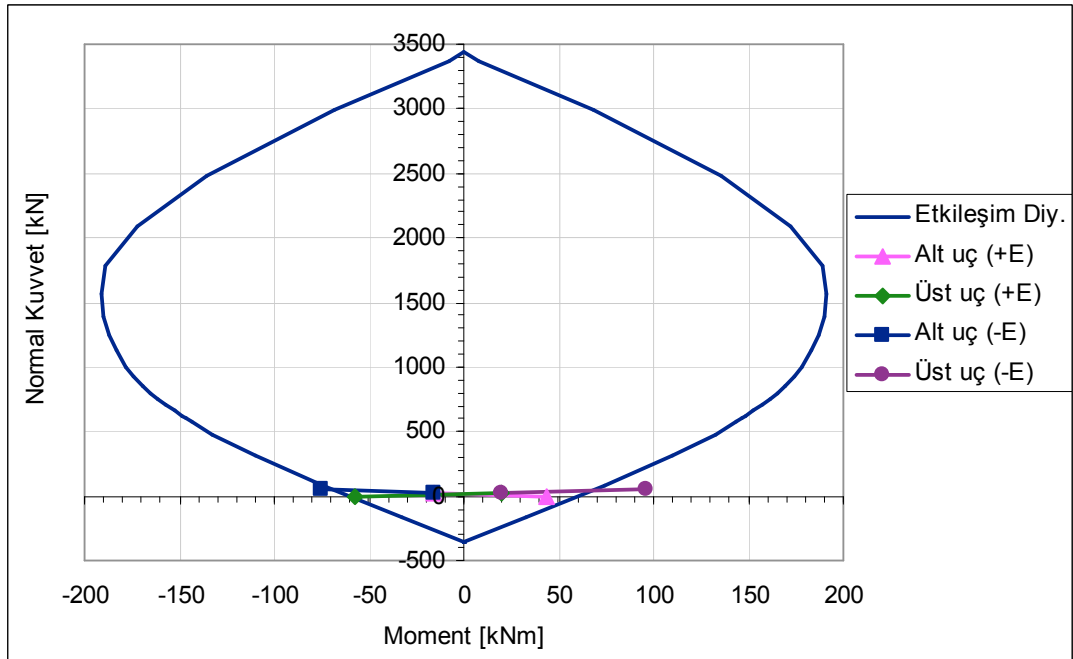
Kolonlarda etki / kapasite oranlarının belirlenmesi için öncelikle tüm kolonlar için MN.EXE programı yardımıyla moment-eksenel kuvvet etkileşim diyagramları çizilmiştir, Şekil 3.7 – Şekil 3.10 (MN.EXE programına girilen giriş bilgileri EK-A’da verilmiştir.) Daha sonra bu etkileşim diyagramları üzerinde düşey yüklerden meydana gelen M_D-N_D çiftine ve $R_a = 1$ için deprem hesabından elde edilen ve depremin yönü ile uyumlu olan M_E-N_E çiftlerine ait noktalar işaretlenmiş ve bu noktaları birleştiren doğrular çizilmiştir. Bu doğruların etkileşim diyagramını kestiği noktaların koordinatları olan M_k moment kapasitesi ve buna karşı gelen N_k eksenel kuvvetleri buradan okunmuştur.



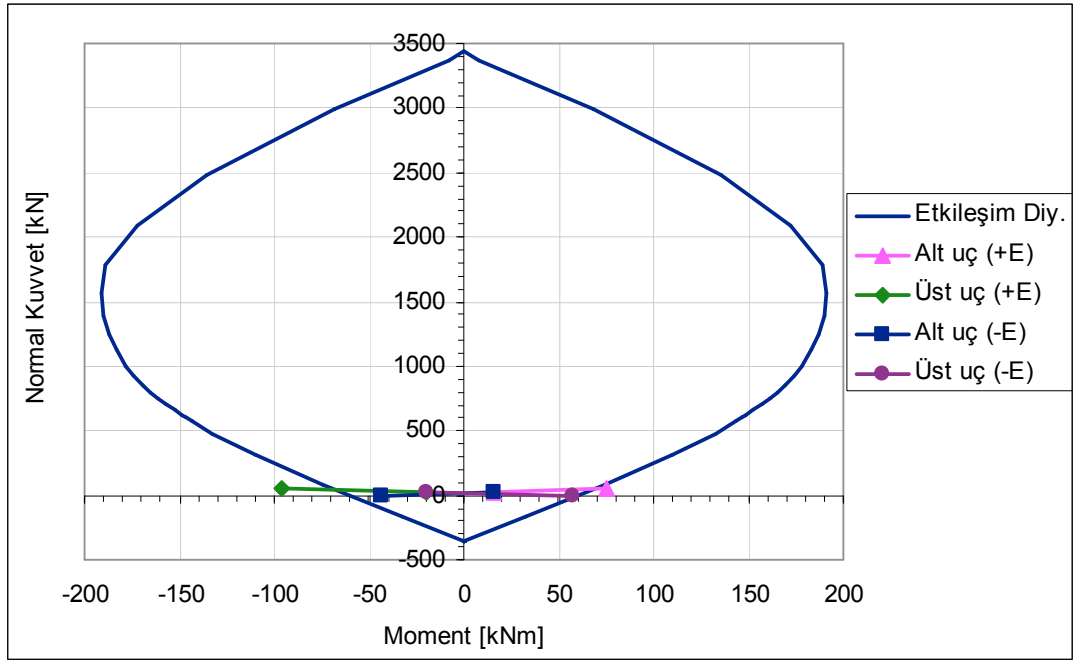
Şekil 3.7: S1 Kolonu İçin Etkileşim Diyagramı ve Kapasite Hesabı



Şekil 3.8: S2 Kolonu İçin Etkileşim Diyagramı ve Kapasite Hesabı



Şekil 3.9: S4 Kolonu İçin Etkileşim Diyagramı ve Kapasite Hesabı



Şekil 3.10: S5 Kolonu İçin Etkileşim Diyagramı ve Kapasite Hesabı

Kolonların alt ve üst kesitleri için depremin soldan sağa ve sağdan sola etkiltilmesi için elde edilen M_K ve N_K değerleri Tablo 3.5'te görülmektedir.

Tablo 3.5: Kolonlar İçin Kapasite Hesabı

Kolon	Yüklemesi	$N_{G+0.3Q}$	N_E	$M_{G+0.3Q-alt}$	$M_{G+0.3Q-üst}$	M_{E-alt}	$M_{E-üst}$	N_{K-alt}	$N_{K-üst}$	M_{K-alt}	$M_{K-üst}$
		kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kNm	kNm
S1	G+0.3Q+E	58.28	-87.65	-4.11	8.31	120.72	-82.58	9.00	-13.00	62.50	-59.00
	G+0.3Q-E	58.28	87.65	-4.11	8.31	-120.72	82.52	113.00	138.00	-79.50	83.50
S2	G+0.3Q+E	58.28	87.65	4.11	-8.31	120.72	-82.58	113.00	138.00	79.50	-83.00
	G+0.3Q-E	58.28	-87.65	4.11	-8.31	-120.72	82.52	10.00	-13.00	-62.50	59.00
S4	G+0.3Q+E	29.14	-30.75	-15.69	19.34	59.66	-76.88	-	-	-	-
	G+0.3Q-E	29.14	30.75	-15.69	19.34	-59.66	76.88	58.00	49.00	-70.50	69.00
S5	G+0.3Q+E	29.14	30.75	15.69	-19.34	59.66	-76.88	57.50	49.00	70.50	-69.50
	G+0.3Q-E	29.14	-30.75	15.69	-19.34	-59.66	76.88	-	-	-	-

Kolon ve kirişlerin kırılma tiplerinin belirlenmesi

Tüm sünek kolon ve kirişlerin kritik kesitlerinde, eğilme kapasitesi ile uyumlu kapasite kesme kuvveti V_e 'nin TS-500 esas alınarak hesaplanan kesme kapasitesi V_r 'yi aşmaması gereklidir.

TS-500 esas alınarak hesaplanan kesme kapasitesi (normal kuvvet etkisi ihmal edilerek):

$$V_r = 0.8V_{cr} + V_w = 0.8 \times 0.65 f_{ctm} b_w d + A_{sw} f_{yw} d / s$$

$$V_r = 0.8 \times 0.65 \times 1.6 \times 400 \times 360 + (50 \times 2 + 2 \times 50\sqrt{2})220 \times 360 / 200$$

$$V_r = 215.41kN$$

Kolonlarda eğilme momenti kapasitelerine karşı gelen kesme kuvveti:

$$V_e = \frac{M_{K-alt} + M_{K-üst}}{l_n} = \frac{79.5 + 83.5}{2.25} = 72.44kN < V_r = 215.41kN$$

$$V_e = \frac{M_{K-alt} + M_{K-üst}}{l_n} = \frac{70.5 + 69.5}{2.25} = 62.22kN < V_r = 215.41kN$$

$V_e < V_r$ olduğundan kolon kesitinin kırılma türünün sünek olduğu belirlenmiştir.

TS-500 esas alınarak hesaplanan kiriş kesiti kesme kapasitesi:

$$V_r = 0.8 \times 0.65 \times 1.6 \times 250 \times 460 + 50 \times 2 \times 220 \times 460 / 200$$

$$V_r = 146.28kN$$

Kirişlerde eğilme momenti kapasitelerine karşı gelen kesme kuvveti:

$$V_e = (M_{r-sol} + M_{r-sağ}) / l_n + V_{dy} = 56.66kN < V_r = 146.28kN$$

$V_e < V_r$ olduğundan kiriş kesitinin kırılma türünün sünek olduğu belirlenmiştir.

Kolonların etki / kapasite oranlarının belirlenmesi

Kolonlar için etki / kapasite (r) oranları hesaplanmış ve (r_s) sınır değerleriyle karşılaştırılarak hasar bölgelerine karar verilmiştir (Tablo 3.6).

Tablo 3.6: Kolonlarda Etki / Kapasite (r) Oranları

Kolon	Yüklemesi	$V_e / (b_w d f_{ctm})$	Sargılama	$N_K / A_c f_{cm}$		Etki / Kapasite		Hasar Bölgesi	
				alt	üst	alt	üst	alt	üst
S1	G+0.3Q+E	0.339	yok	0.003	-0.005	1.81	1.23	Minimum	Minimum
	G+0.3Q-E	0.383	yok	0.039	0.048	1.60	1.10	Minimum	Minimum
S2	G+0.3Q+E	0.383	yok	0.039	0.048	1.60	1.11	Minimum	Minimum
	G+0.3Q-E	0.339	yok	0.003	-0.005	1.81	1.23	Minimum	Minimum
S4	G+0.3Q+E	0.180	yok	0.000	0.000	-	-	Minimum	Minimum
	G+0.3Q-E	0.305	yok	0.020	0.017	1.09	1.55	Minimum	Minimum
S5	G+0.3Q+E	0.305	yok	0.020	0.017	1.09	1.53	Minimum	Minimum
	G+0.3Q-E	0.180	yok	0.000	0.000	-	-	Minimum	Minimum

Performans değerlendirmesi

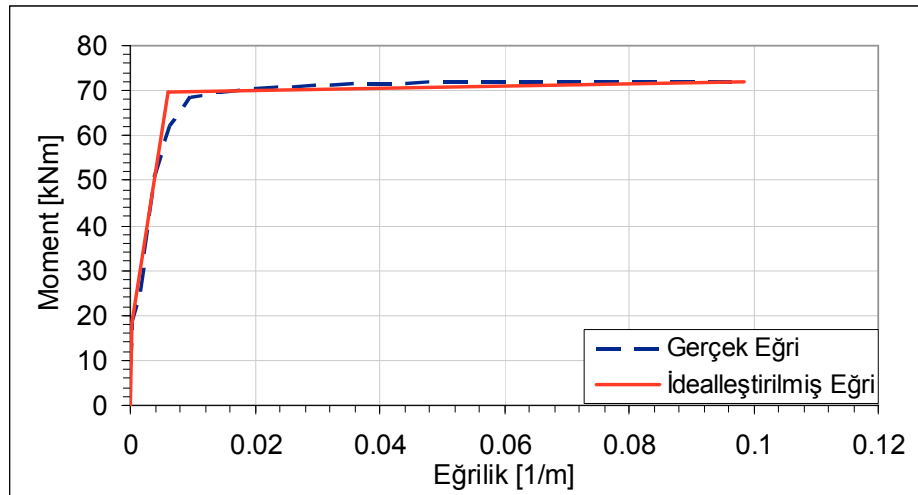
Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılan hesaplar sonucu, birinci ve ikinci kat kolonlarının tamamı minimum hasar bölgesindedir. Birinci kat kirişinin belirgin hasar bölgesinde bulunması nedeniyle, hemen kullanım performans düzeyini sağlamamaktadır.

Hemen kullanım performans düzeyi sağlanamadığından, yapı sistemi *can güvenliği performans düzeyindedir*.

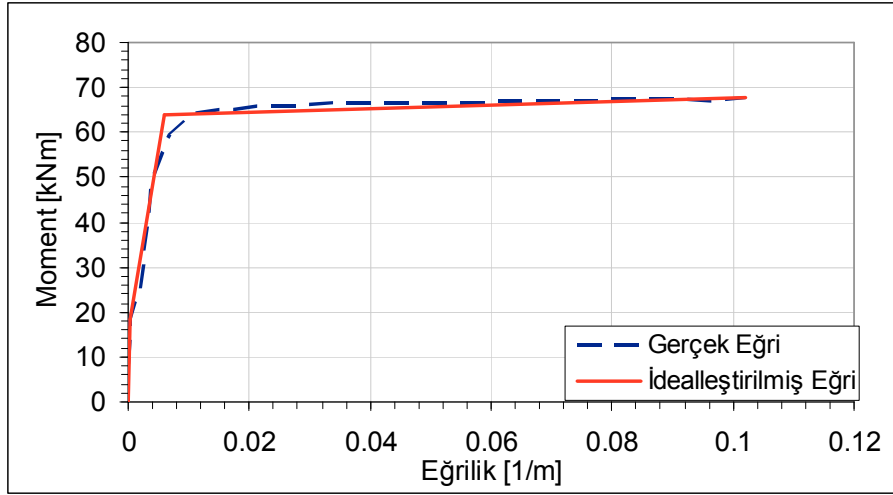
3.3 Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemiyle Performansın Belirlenmesi

Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle deprem performansı değerlendirmesinde, eşdeğer deprem yükü yöntemiyle değerlendirmesinde olduğu gibi çatlamış kesit eğilme rijitlikleri kullanılmıştır.

Tüm kirişler ve kolonlar için iç kuvvet-plastik şekildeğiştirme bağıntıları tanımlamak amacıyla M-KAPA.EXE programı ile kesitlere ait plastik moment değerleri hesaplanmıştır (giriş bilgileri EK-A'da verilmiştir). 1.kat ve 2.kat kolonları için elde edilen moment – eğrilik diyagramları Şekil 3.11 ve Şekil 3.12'de verilmiştir. (Kirişler için elde edilen moment – eğrilik diyagramları için bkz. Şekil 3.5 ve 3.6)



Şekil 3.11: 1.Kat Kolonu İçin Moment-Eğrilik Diyagramı



Şekil 3.12: 2.Kat Kolonu İçin Moment-Eğrilik Diyagramı

Moment-eğrilik analizinden elde edilen, akma momenti, akma eğriliği, maksimum moment, maksimum eğrilik gibi değerler doğrusal olmayan analizlerin yapılacağı programlara giriş bilgisi olarak verilmiştir.

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.

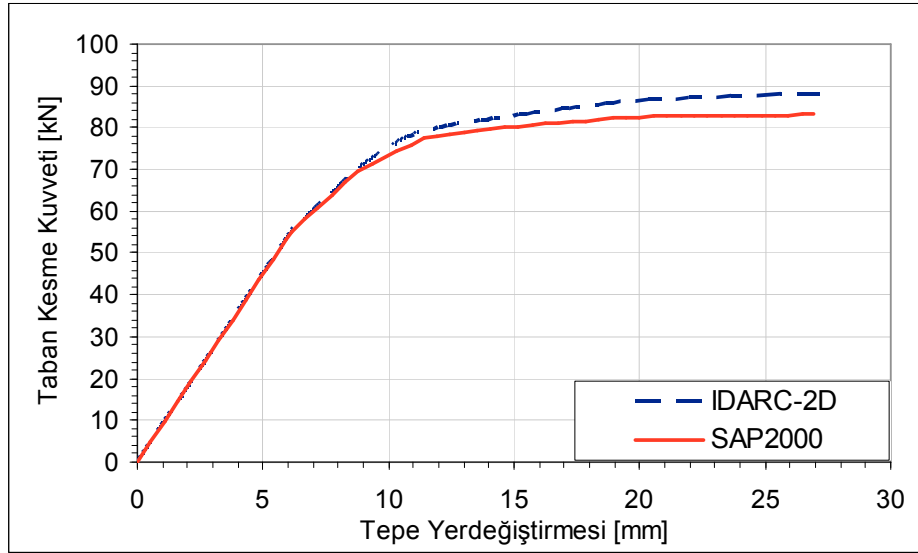
Tablo 3.7: Etkin Kütle Oranları

Mod	Periyod (sn)	Etkin Kütle Oranı	Toplam E.K.O
1	0.226	0.9029	0.9029
2	0.072	0.0971	1.0000

Birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranı 0.70'den büyük olduğundan artımsal eşdeğer yükü yöntemi uygulanabilir (Tablo 3.7).

Artımsal itme analizi sırasında, hesabın bütün adımlarında yatay yük dağılımı sabit kabul edilmiştir. Yatay yükün katlara göre dağılımında ise birinci mod biçimi esas alınmıştır. Hazırlanan data dosyalarında yayılı şekildeğiştirme durumu esas alınmıştır. Tüm modellerde sadece malzeme bakımından doğrusal olmayan davranış dikkate alınmıştır. IDARC2D programına girilen giriş bilgileri EK-A'da verilmiştir.

Birinci doğal titreşim modu ile orantılı olarak katlara gelen yükler altında yapılan itme analizinin her adımına ait taban kesme kuvveti – tepe yerdeğiştirmesi değerlerinden yararlanılarak statik itme eğrisi (kapasite eğrisi) çizilmiştir (Şekil 3.13).



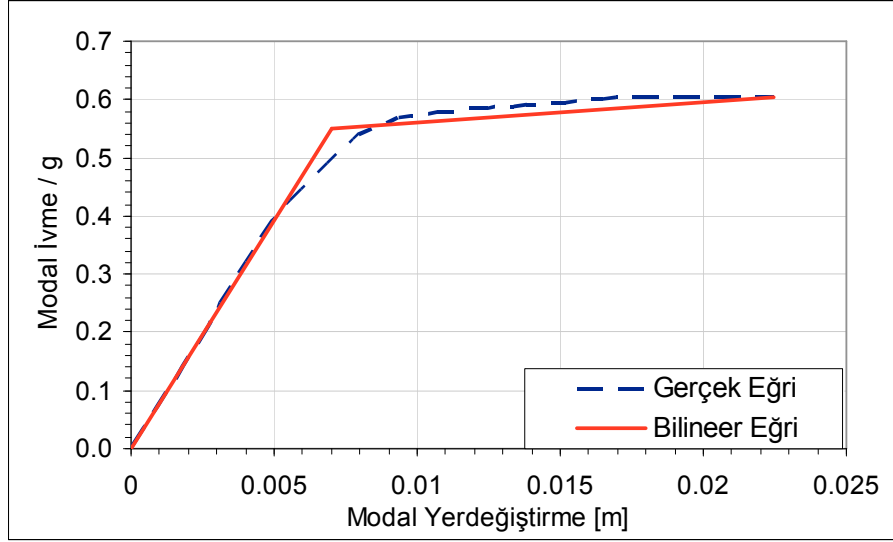
Şekil 3.13: Statik İtme Eğrisi

Elde edilen statik itme eğrisine koordinat dönüşümü uygulanarak, birinci moda ait modal yerdeğiştirme ve modal ivme değerlerinden oluşan modal kapasite diyagramı Denk.(2.5) ve Denk.(2.6)'ten yararlanarak elde edilir. Koordinat dönüşümü ile bulunan modal yerdeğiştirme ve modal ivme değerleri Tablo 3.8'de gösterilmiştir.

Tablo 3.8: Modal Yerdeğiştirme ve Modal İvme Değerleri

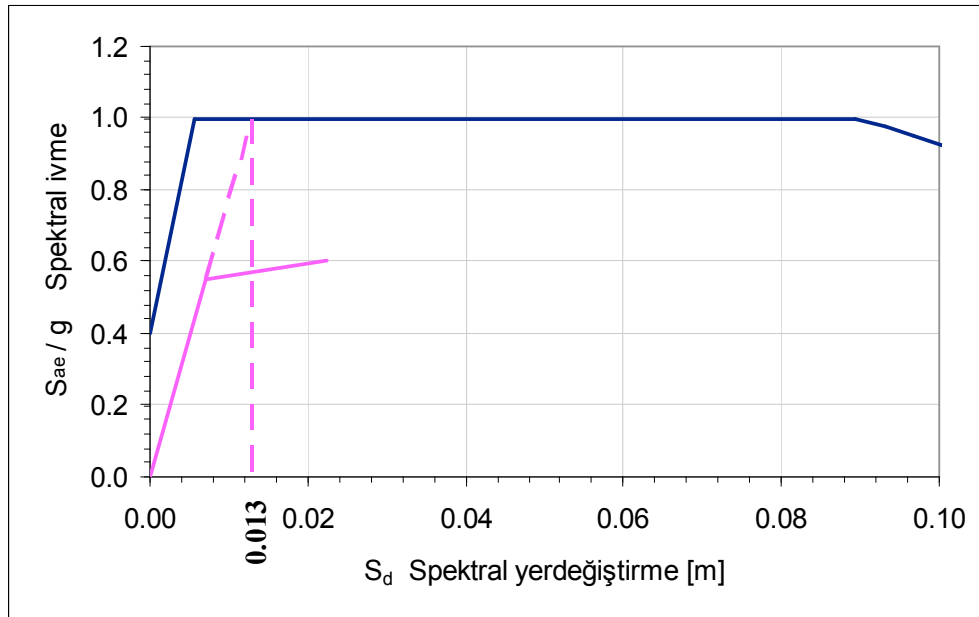
$u_{xN1}^{(i)} (m)$	$V_{x1}^{(i)} (m)$	M_{x1}	Φ_{xN1}	Γ_{x1}	$a_1^{(i)} (m/s^2)$	$d_1^{(i)} (m)$
0.0000	0.000	13.608	1.0	1.199	0.000	0.0000
0.0013	12.147	13.608	1.0	1.199	0.893	0.0011
0.0027	24.293	13.608	1.0	1.199	1.785	0.0022
0.0040	36.440	13.608	1.0	1.199	2.678	0.0034
0.0054	48.587	13.608	1.0	1.199	3.570	0.0045
0.0061	55.138	13.608	1.0	1.199	4.052	0.0051
0.0075	62.392	13.608	1.0	1.199	4.585	0.0062
0.0088	69.647	13.608	1.0	1.199	5.118	0.0073
0.0111	76.654	13.608	1.0	1.199	5.633	0.0093
0.0125	77.855	13.608	1.0	1.199	5.721	0.0104
0.0138	79.055	13.608	1.0	1.199	5.809	0.0115
0.0148	79.956	13.608	1.0	1.199	5.876	0.0124
0.0162	80.666	13.608	1.0	1.199	5.928	0.0135
0.0175	81.375	13.608	1.0	1.199	5.980	0.0146
0.0189	82.084	13.608	1.0	1.199	6.032	0.0157
0.0200	82.690	13.608	1.0	1.199	6.077	0.0167
0.0214	82.787	13.608	1.0	1.199	6.084	0.0178
0.0227	82.884	13.608	1.0	1.199	6.091	0.0189
0.0241	82.981	13.608	1.0	1.199	6.098	0.0201
0.0254	83.078	13.608	1.0	1.199	6.105	0.0212
0.0268	83.176	13.608	1.0	1.199	6.112	0.0223
0.0269	83.188	13.608	1.0	1.199	6.113	0.0225

Tablo 3.8'deki değerlerden yararlanılarak modal kapasite diyagramı çizilmiştir. Modal kapasite diyagramı alanların eşitliği prensibine göre bilineer (iki doğrulu) bir diyagrama dönüştürülmüştür (Şekil 3.14).



Şekil 3.14: Modal Kapasite Diyagramı

Modal kapasite diyagramı ile, koordinatları spektral ivme-spektral yerdeğiştirme olan ilgili zemin sınıfına ait davranış spektrumu birlikte çizilmiştir. Modal kapasite diyagramının başlangıç eğiminin elastik talep (spektrum) eğrisini kestiği nokta Şekil 3.15'ten de görüldüğü gibi $S_{del} = 0.013$ m olarak bulunmuştur.



Şekil 3.15: Spektral İvme – Spektral Yerdeğiştirme Diyagramı

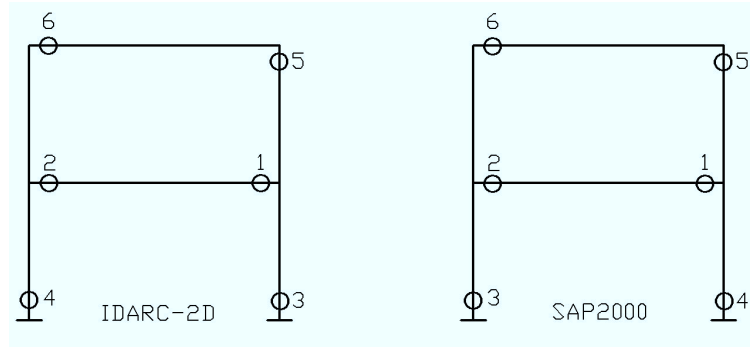
$C_{R1} = 1.74$ ve $d_l^{(p)} = S_{dil} = 1.74 * 0.013 = 0.02262$ m bulunur.

Modal yerdeğiştirme istemi tepe yerdeğiştirme istemine dönüştürölürse;

$$u_{xN1}^{(i)} = 0.02262 * 1.199 = 0.027\text{m bulunur.}$$

Bu bulunan tepe yerdeğiştirme istemi için itme analizi tekrarlanır ve buna karşı gelen yerdeğiştirme, şekildeğiştirme ve iç kuvvet istemleri belirlenir.

Artımsal itme analizinde, SAP2000 ve IDARC2D programları ile yapılan çözümlerde, tepe deplasmanı istemine ulaşıldığında oluşan plastik mafsallar ve oluşma sıraları şekil 3.16’da verilmiştir.



şekil 3.16: IDARC2D ve SAP2000 Programlarının Belirlediği Plastik Mafsallar

İki programın tepe deplasmanı istemine ulaşıldığında oluşan plastik mafsal yerlerinin aynı olduğu görölmektedir. Ancak birinci kat kolonlarının alt uçlarında plastik mafsal oluşma sıralarının farklı olduğu görölmektedir. Bunun nedeni programların kendi içlerinde yaptığı kabullere dayanmaktadır.

şekildeğiştirme istemlerinin hesabı

İtme analizi sonucunda kirişlerde ve kolonlarda oluşan plastik mafsallara ait plastik dönme istemleri ve bunlara karşılık gelen plastik eğrilik istemleri (2.15) denklemine göre hesaplanmıştır.

Kesitlerde eşdeğer akma eğriliği, kesit analizi sonucu elde edilen idealleştirilmiş moment-eğrilik ilişkisi yardımıyla bulunmuştur. Buradan toplam eğrilik (2.16) denklemi yardımıyla hesaplanmıştır.

M-KAPA.EXE programında ilgili kesite ait moment-eğrilik ilişkisine gidilerek toplam eğrilik istemine karşılık gelen beton ve donatı çeliğine ait birim şekildeğiştirmeler elde edilmiştir. Elde edilen birim şekildeğiştirmeler daha sonra kesit hasar sınırlarına karşı gelen beton ve donatı çeliği şekildeğiştirmeleri ile karşılaştırılarak kesitin bulunduğu hasar bölgesi belirlenmiştir. Tablo 3.9 ve

3.10'dan görüleceği üzere her iki programdan elde edilen plastik dönmeler (θ_p) birbirine çok yakındır ve bunun sonucu olarak da sistemin tüm kritik kesitlerinde *minimum hasar bölgesi* içinde kalmıştır.

Tablo 3.9: SAP2000 Programından Alınan Plastik Dönme ve Eğrilikler

Kolon / Kiriş Adı	Uç	Normal Kuvvet	θ_p	Φ_p	Φ_y	Φ_t	ϵ_c	ϵ_s	Hasar Bölgesi
		kN	Radyan	(1/m)	(1/m)	(1/m)			
K3	sol	0	0.00356	0.0142	0.0040	0.0182	0.0005	0.0080	Minimum
	sağ	0	0.00448	0.0179	0.0060	0.0239	0.0013	0.0097	Minimum
K6	sol	0	0.00134	0.0054	0.0040	0.0094	0.0003	0.0040	Minimum
	sağ	0	0.00000	0.0000	0.0060	0.0060	0.0006	0.0021	Minimum
S1	alt	-10.33	0.00353	0.0177	0.0060	0.0237	0.0012	0.0072	Minimum
	üst	-10.33	0.00000	0.0000	0.0060	0.0060	0.0005	0.0016	Minimum
S2	alt	-106.22	0.00327	0.0164	0.0060	0.0224	0.0014	0.0067	Minimum
	üst	-106.22	0.00000	0.0000	0.0060	0.0060	0.0007	0.0019	Minimum
S4	alt	-5.87	0.00000	0.0000	0.0060	0.0060	0.0005	0.0016	Minimum
	üst	-5.87	0.00000	0.0000	0.0060	0.0060	0.0005	0.0016	Minimum
S5	alt	-52.41	0.00000	0.0000	0.0060	0.0060	0.0006	0.0017	Minimum
	üst	-52.41	0.00218	0.0109	0.0060	0.0169	0.0011	0.0051	Minimum

Tablo 3.10: IDARC2D Programından Alınan Plastik Dönme ve Eğrilikler

Kolon / Kiriş Adı	Uç	Normal Kuvvet	θ_p	Φ_p	Φ_y	Φ_t	ϵ_c	ϵ_s	Hasar Bölgesi
		kN	Radyan	(1/m)	(1/m)	(1/m)			
K3	sol	0	0.00320	0.0128	0.0040	0.0168	0.0005	0.0074	Minimum
	sağ	0	0.00444	0.0178	0.0060	0.0238	0.0013	0.0097	Minimum
K6	sol	0	0.00072	0.0029	0.0040	0.0069	0.0003	0.0030	Minimum
	sağ	0	0.00036	0.0014	0.0060	0.0074	0.0007	0.0028	Minimum
S1	alt	-8.09	0.00291	0.0146	0.0060	0.0206	0.0012	0.0072	Minimum
	üst	-8.09	0.00016	0.0008	0.0060	0.0068	0.0006	0.0018	Minimum
S2	alt	-108.46	0.00304	0.0152	0.0060	0.0212	0.0014	0.0067	Minimum
	üst	-108.46	0.00024	0.0012	0.0060	0.0072	0.0007	0.0019	Minimum
S4	alt	-5.02	0.00020	0.0010	0.0060	0.0070	0.0005	0.0016	Minimum
	üst	-5.02	0.00037	0.0018	0.0060	0.0078	0.0005	0.0016	Minimum
S5	alt	-53.25	0.00022	0.0011	0.0060	0.0071	0.0006	0.0018	Minimum
	üst	-53.25	0.00176	0.0088	0.0060	0.0148	0.0011	0.0051	Minimum

Performans değerlendirmesi

Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılan hesaplar sonucu; tüm kolon ve kirişler *minimum hasar bölgesinde* bulunduğundan, yapı sistemi *hemen kullanım performans* düzeyindedir.

3.4 Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemiyle Performansın Belirlenmesi

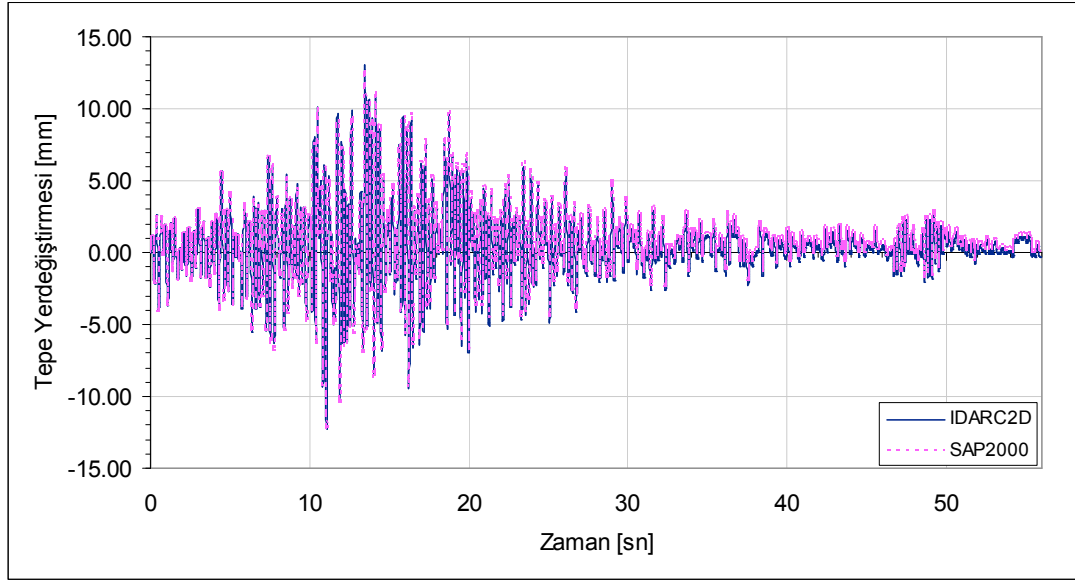
Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yönteminde yerel zemin sınıfı ve tasarım depremi koşullarına uygun olarak benzeştirilen üç adet yer hareketi kullanılmıştır. Bu yer hareketleri ile ilgili ayrıntılı bilgiler Bölüm 2.8’de verilmiştir.

Zaman tanım alanında yapılan analizden önce kütlelerle uyumlu düşey yüklerin ($G+0.3Q$) gözönüne alındığı bir doğrusal olmayan statik analiz yapılmıştır. Bu analizin sonuçları zaman tanım alanında yapılan analizin başlangıç koşulları olarak dikkate alınmıştır.

Düşey yükler altında yapılan doğrusal olmayan statik analizden sonra taşıyıcı sistemin, Bölüm 2.8’de ayrıntılı olarak tanımlanmış olan yer hareketleri altında zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizi yapılır. Zaman tanım alanında analizde kullanılacak olan IDARC2D ve SAP2000 programlarında, dinamik analizde Newmark-Beta sayısal integrasyon yöntemi esas alınmıştır. Analizlerde rijitlik orantılı sönüm kullanılmıştır ve %5’lik sönüm oranı esas alınmıştır. Tersinir tekrarlı yükler etkisinde betonarme kesitlerde PHM (Multilinear Hysteretic Model) kullanılmaktadır. (IDARC2D programına girilen giriş bilgileri EK-A’da verilmektedir.)

Zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda, üç farklı deprem hareketi için plastik mafsallı dönmeleri elde edilmiştir. Üç deprem hareketinden elde edilmiş olan plastik mafsallı değerlerinin en büyükleri gözönüne alınmıştır. Daha sonra artımsal itme analizinininkine benzer şekilde kesitler için toplam eğrilik istemleri elde edilmiştir.

IDARC2D ve SAP2000 programları ile yapılan dinamik analizler sonucu elde edilen, benzeştirilen Düzce Depremine ait zamana bağlı tepe yerdeğiştirmeleri Şekil 3.17’den de görüleceği üzere benzer çıkmıştır.



Şekil 3.17: Zamana Bağlı Tepe Yerdeğiştirmeleri

Zaman tanım alanında yapılan dinamik analiz sonucunda kolon ve kiriş kesitleri için toplam eğrilik istemleri belirlenmiş ve bu istemlerden beton ve donatı çeliği için birim şekildeğiştirme istemlerine geçilmiştir. Bu istem değerleri kesit düzeyinde hasar sınırları için tanımlanan birim şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit hasar bölgeleri belirlenmiştir (Tablo 3.11).

Tablo 3.11: Şekildeğiştirme İstemlerinin Elde Edilmesi ve Hasar Bölgeleri

Kolon / Kiriş No	Uç	Normal Kuvvet	θ_p	Φ_p	Φ_y	Φ_t	ϵ_c	ϵ_s	Hasar Bölgesi
		kN	Radyan	(1/m)	(1/m)	(1/m)			
K3	sol	0.00	0.00290	0.0116	0.0040	0.0156	0.0004	0.0067	Minimum
	sağ	0.00	0.00199	0.0080	0.0060	0.0140	0.0004	0.0059	Minimum
K6	sol	0.00	0.00109	0.0044	0.0040	0.0084	0.0003	0.0039	Minimum
	sağ	0.00	0.00109	0.0044	0.0060	0.0104	0.0003	0.0045	Minimum
S1	alt	-106.32	0.00153	0.0077	0.0060	0.0137	0.0011	0.0039	Minimum
	üst	-106.32	0.00002	0.0001	0.0060	0.0061	0.0007	0.0016	Minimum
S2	alt	-106.59	0.00142	0.0071	0.0060	0.0131	0.0011	0.0038	Minimum
	üst	-106.59	0.00004	0.0002	0.0060	0.0062	0.0007	0.0016	Minimum
S4	alt	-51.92	0.00000	0.0000	0.0060	0.0060	0.0006	0.0016	Minimum
	üst	-51.92	0.00000	0.0000	0.0060	0.0060	0.0006	0.0016	Minimum
S5	alt	-52.01	0.00000	0.0000	0.0060	0.0060	0.0006	0.0016	Minimum
	üst	-52.01	0.00000	0.0000	0.0060	0.0060	0.0006	0.0016	Minimum

Performans değerlendirmesi

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ile yapılan hesaplar sonucu; tüm kolon ve kirişler *minimum hasar bölgesinde* bulunduğundan, yapı sistemi *hemen kullanım performans* düzeyindedir.

3.5  Farklı Yöntemle Bulunan Sonuçların Karşılaştırılması

3.5.1 Kesit hasar bölgelerinin karşılaştırılması

Sistemin kiriş ve kolon uç noktaları için tanımlanmış  yöntem ile belirlenen kesit hasar bölgeleri ve hasar indeksleri Tablo 3.12 ve 3.13'te verilmiştir.

Tablo 3.12: Kolonların Her  Yöntem İle Belirlenen Kesit Hasar Bölgelerinin Karşılaştırılması

Kolon	Uç	Eşdeğer Deprem Yükü Y.	Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Y.	Zaman Tanım Alanında Hesap Y.	Hasar İndeksi (Artımsal Eş. D. Y. Y.)	Hasar İndeksi (Zaman Tanım A. H. Y.)
S1	alt	Minimum	Minimum	Minimum	0.15	0.10
	st	Minimum	Minimum	Minimum		
S2	alt	Minimum	Minimum	Minimum	0.15	0.10
	st	Minimum	Minimum	Minimum		
S4	alt	Minimum	Minimum	Minimum	0.04	0.07
	st	Minimum	Minimum	Minimum		
S5	alt	Minimum	Minimum	Minimum	0.13	0.06
	st	Minimum	Minimum	Minimum		

Tablo 3.13: Kirişlerin Her  Yöntem İle Belirlenen Kesit Hasar Bölgelerinin Karşılaştırılması

Kiriş	Uç	Eşdeğer Deprem Yükü Y.	Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Y.	Zaman Tanım Alanında Hesap Y.	Hasar İndeksi (Artımsal Eş. D. Y. Y.)	Hasar İndeksi (Zaman Tanım A. H. Y.)
K3	sol	Belirgin	Minimum	Minimum	0.08	0.06
	sağ	Belirgin	Minimum	Minimum		
K6	sol	Minimum	Minimum	Minimum	0.03	0.02
	sağ	Minimum	Minimum	Minimum		

Kat bazında ve tüm yapı için tanımlanmış olan Park & Ang hasar indeksi değerleri Tablo 3.14'te verilmiştir.

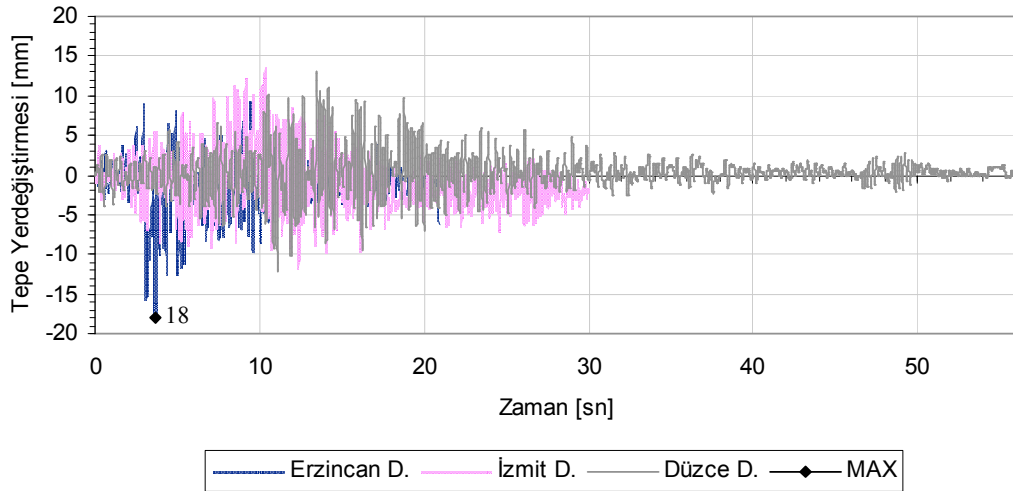
Tablo 3.14: Katlar ve Tüm Yapı İçin Hasar İndeksleri

Kat	Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi		Erzincan Depremi		İzmit Depremi		Düzce Depremi	
	Kiriş	Kolon	Kiriş	Kolon	Kiriş	Kolon	Kiriş	Kolon
2	0.008	0.085	0.006	0.050	0.003	0.051	0.003	0.049
1	0.037	0.081	0.040	0.033	0.033	0.023	0.032	0.025
Yapı İçin Genel	0.112		0.071		0.056		0.056	

Yapı geneli için elde edilmiş olan hasar indekslerinin, Tablo 2.7’de gösterilen Park & Ang hasar modeli tanımında verilmiş olan ileri hasar bölgesi sınırı olan 0.4 rakamının çok altında kaldığı görülmektedir.

3.5.2 Tepe yerdeğiştirmelerinin karşılaştırılması

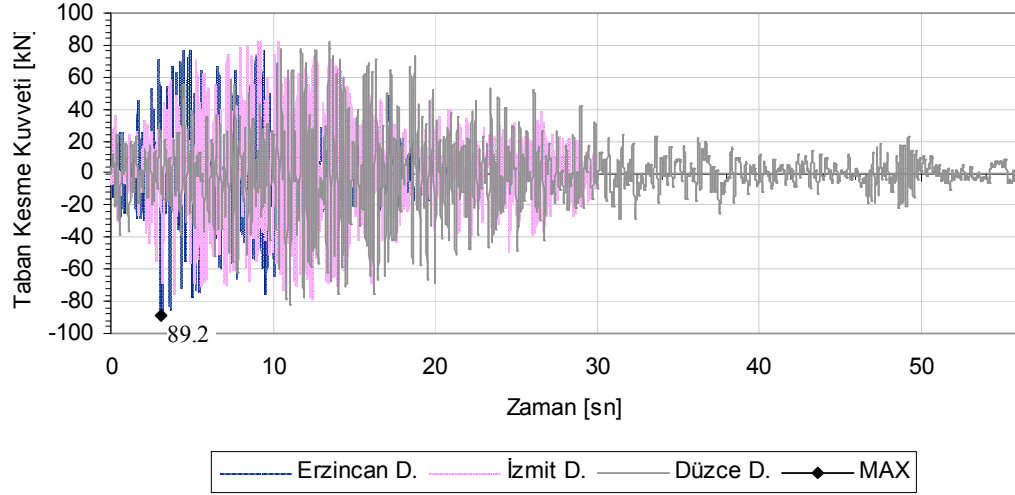
Zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz sonucunda üç deprem yer hareketinden elde edilen tepe yatay yerdeğiştirmeleri Şekil 3.18’de gösterilmiştir. Buna göre en büyük yatay yerdeğiştirme istemi 0.018 m’dir.

**Şekil 3.18:** Tepe Yerdeğiştirmeleri

Artımsal eşdeğer deprem yüğü yöntemine göre yapılan analizde tepe yatay yerdeğiştirme istemi 0.027 m’dir.

3.5.3 Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

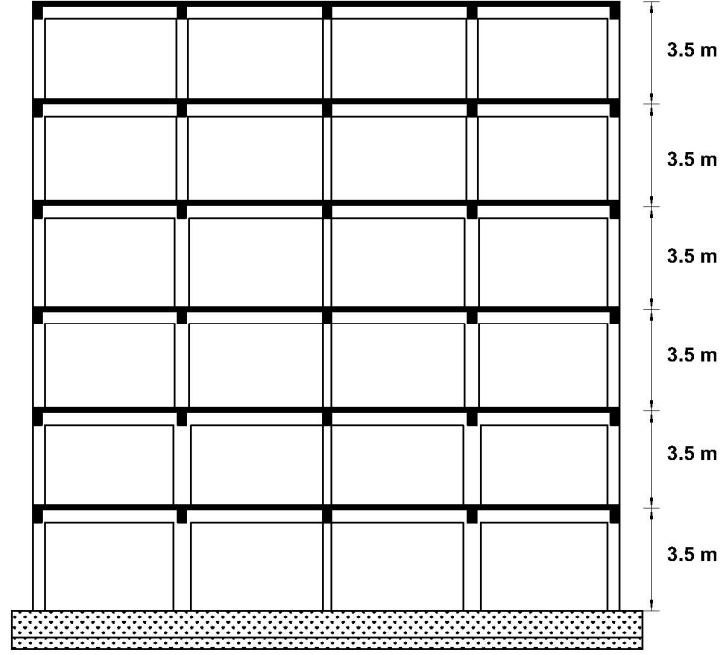
Zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz sonucunda üç deprem yer hareketinden elde edilen taban kesme kuvvetleri Şekil 3.19’da gösterilmiştir. Buna göre en büyük taban kesme kuvveti 89.2 kN’dur.



Şekil 3.19: Taban Kesme Kuvveti

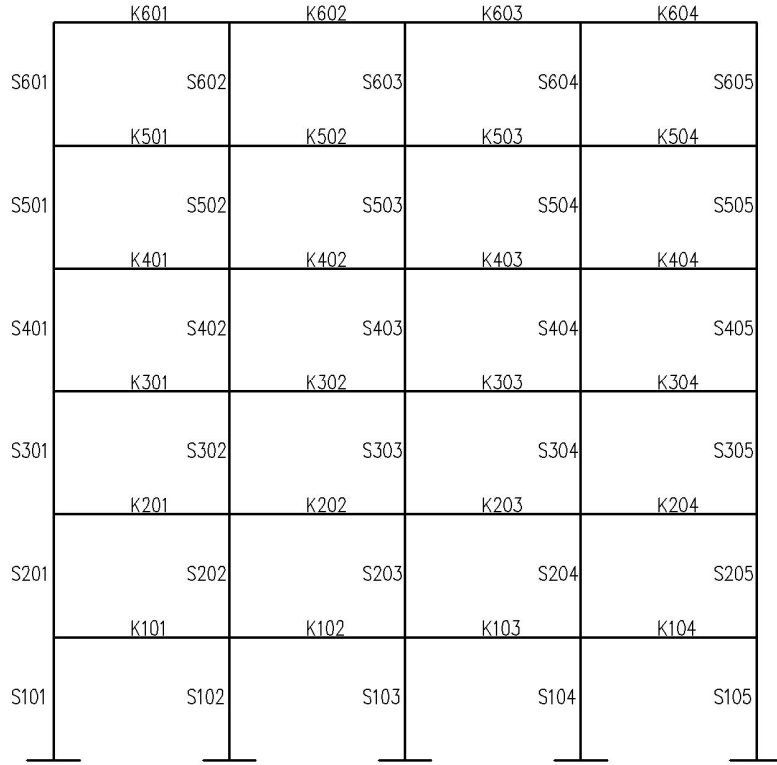
Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yapılan analizde hedef yerdeğiştirmeye karşı gelen taban kesme kuvveti 88.2 kN’dur.

Üç boyutlu yapının genel deprem güvenliği hakkında fikir sahibi olmak üzere yapıdan çıkarılmış bir düzlem çerçeve üzerinde çalışılmıştır. Bu çerçeve üzerine gelen düşey ve yatay yükler etkisinde çalışılmıştır.



Şekil 4.2: Taşıyıcı Sistem Modelinin Kat Yükseklikleri

6 katlı yapı sistemi için kiriş ve kolon isimleri Şekil 4.3’de görülmektedir. Yapının 6 katı boyunca yer alan kolonların enkesit boyutları ve donatı bilgileri Tablo 4.1’de verilmektedir. Kirişler tüm katlarda aynı enkesit boyutlarına sahiptir ve donatı bilgileri Tablo 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.3: Taşıyıcı Sistem Modelinin Kiriş ve Kolon Numaraları

Tablo 4.1: Kolon Enkesit Boyutları ve Boyuna Donatıları

Kat	Kolon	b/h (cm)	Donatı	Kat	Kolon	b/h (cm)	Donatı
6	S601	30/40	4Φ18 + 4Φ16	3	S301	30/40	4Φ18 + 4Φ16
	S602	30/40	8Φ16		S302	30/50	8Φ20
	S603	40/30	4Φ16 + 4Φ14		S303	50/30	8Φ20
	S604	30/40	8Φ16		S304	30/50	8Φ20
	S605	30/40	4Φ18 + 4Φ16		S305	30/40	4Φ18 + 4Φ16
5	S501	30/40	4Φ18 + 4Φ16	2	S201	30/40	4Φ18 + 4Φ16
	S502	30/40	8Φ16		S202	30/60	4Φ22 + 4Φ20
	S503	40/30	4Φ16 + 4Φ14		S203	60/30	8Φ20
	S504	30/40	8Φ16		S204	30/60	4Φ22 + 4Φ20
	S505	30/40	4Φ18 + 4Φ16		S205	30/40	4Φ18 + 4Φ16
4	S401	30/40	4Φ18 + 4Φ16	1	S101	30/40	4Φ18 + 4Φ16
	S402	30/50	8Φ20		S102	30/60	4Φ22 + 4Φ20
	S403	50/30	8Φ20		S103	60/30	8Φ20
	S404	30/50	8Φ20		S104	30/60	4Φ22 + 4Φ20
	S405	30/40	4Φ18 + 4Φ16		S105	30/40	4Φ18 + 4Φ16

Tüm kolonlarda pas payı 40 mm olarak alınmıştır ve etriyeler orta bölgelerde Φ10/200, uç bölgelerde ise Φ10/100'dür.

Tablo 4.2: Kiriş Enkesit Boyutları ve Boyuna Donatıları

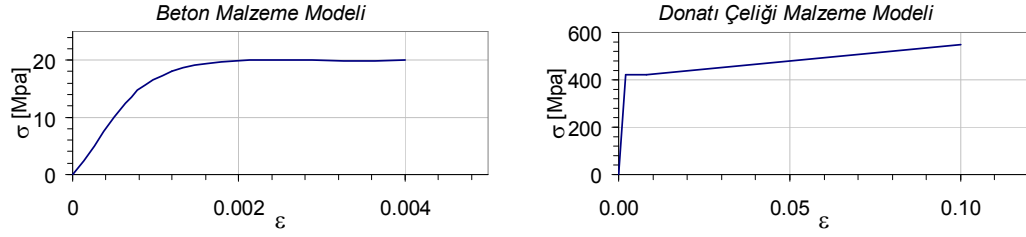
Kat	Kiriş	b/h (cm)	Alt Donatı	Üst Donatı	Sol Mesnet Üst Ek Donatısı	Sağ Mesnet Üst Ek Donatısı
6	K601	30/60	3Φ16	2Φ12	2Φ18	2Φ18
	K602	30/60	3Φ16	2Φ12	2Φ18	2Φ14
	K603	30/60	3Φ16	2Φ12	2Φ14	2Φ18
	K604	30/60	3Φ16	2Φ12	2Φ18	2Φ18
5	K501	30/60	3Φ16	2Φ12	2Φ18	2Φ18
	K502	30/60	3Φ16	2Φ12	2Φ18	2Φ14
	K503	30/60	3Φ16	2Φ12	2Φ14	2Φ18
	K504	30/60	3Φ16	2Φ12	2Φ18	2Φ18
4	K401	30/60	4Φ16	2Φ14	3Φ20	3Φ20
	K402	30/60	4Φ16	2Φ14	3Φ20	2Φ20
	K403	30/60	4Φ16	2Φ14	2Φ20	3Φ20
	K404	30/60	4Φ16	2Φ14	3Φ20	3Φ20
3	K301	30/60	4Φ16	2Φ14	3Φ20	3Φ20
	K302	30/60	4Φ16	2Φ14	3Φ20	2Φ20
	K303	30/60	4Φ16	2Φ14	2Φ20	3Φ20
	K304	30/60	4Φ16	2Φ14	3Φ20	3Φ20
2	K201	30/60	4Φ16	3Φ14	2Φ22	3Φ22
	K202	30/60	4Φ16	3Φ14	3Φ22	1Φ22
	K203	30/60	4Φ16	3Φ14	1Φ22	3Φ22
	K204	30/60	4Φ16	3Φ14	3Φ22	2Φ22
1	K101	30/60	4Φ16	3Φ14	2Φ22	3Φ22
	K102	30/60	4Φ16	3Φ14	3Φ22	1Φ22
	K103	30/60	4Φ16	3Φ14	1Φ22	3Φ22
	K104	30/60	4Φ16	3Φ14	3Φ22	2Φ22

Tüm kirişlerde pas payı 40 mm olarak alınmıştır ve etriyeler orta bölgelerde Φ10/200, uç bölgelerde ise Φ10/150'dir.

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılarak yapılan değerlendirmede SAP2000 programı; Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında lineer olmayan dinamik hesap yönteminde ise IDARC2D programı kullanılmıştır.

Malzeme modelleri

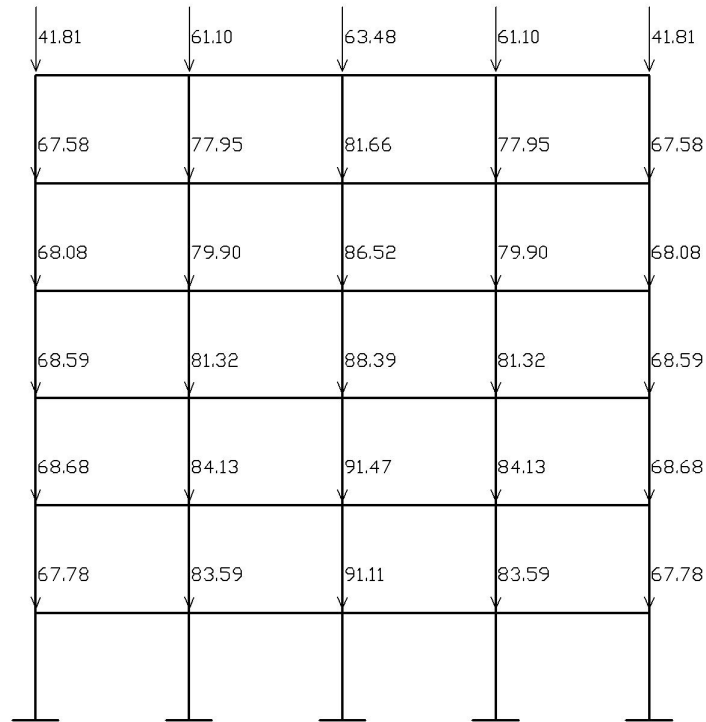
Kullanılan betonun kalitesi C20 olup malzeme modelinde sargı etkisi gözönünde bulundurulmamıştır. Donatı çeliğinin kalitesi S420 olup pekleşme etkisi gözönüne alınmıştır. Kullanılan malzeme modelleri Şekil 4.4'te verilmiştir.



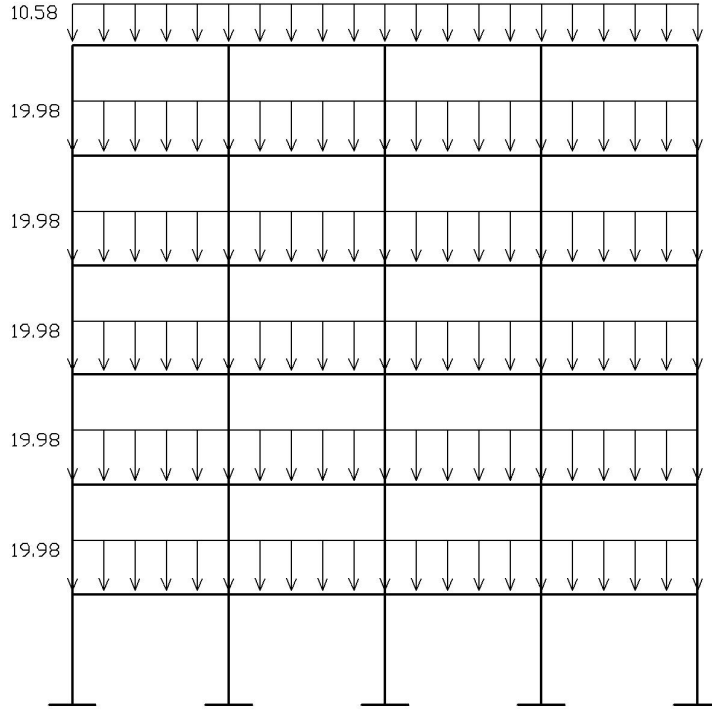
Şekil 4.4: Malzeme Modelleri

Sisteme etkiyen yükler

Yapı sistemine etkiyen düşey tekil ve yayılı yükler ($G+0.3Q$) Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.5: Sisteme Etkiyen Tekil Yükler (kN)



Şekil 4.6: Sisteme Etkiyen Yayılı Yükler (kN)

4.2 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemiyle Performansın Belirlenmesi

Etkin eğilme rijitliklerinin hesaplanması

Sistem, düşey işletme yükleri altında çözülerek eksenel basınç kuvveti N_D elde edilmiştir. Etkin eğilme rijitlikleri hesaplanmış ve bundan sonraki hesaplarda bu rijitlikler kullanmıştır.

Etkin eğilme rijitlikleri;

(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 yük oranının ara değerleri için iterasyon yapılmıştır. Kolonlar için hesaplanmış olan etkin eğilme rijitlikleri Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3: Kolonlar İçin Etkin Eğilme Rijitlikleri

Kolon	N _D (kN)	N _D / A _c *f _{cm}	(EI) _e	Kolon	N _D (kN)	N _D / A _c *f _{cm}	(EI) _e
S601	64.65	0.027	0.40 (EI) ₀	S301	401.60	0.167	0.49 (EI) ₀
S602	118.49	0.049	0.40 (EI) ₀	S302	677.41	0.226	0.57 (EI) ₀
S603	114.64	0.048	0.40 (EI) ₀	S303	664.81	0.222	0.56 (EI) ₀
S604	118.49	0.049	0.40 (EI) ₀	S304	677.41	0.226	0.57 (EI) ₀
S605	64.65	0.027	0.40 (EI) ₀	S305	401.60	0.167	0.49 (EI) ₀
S501	176.46	0.074	0.40 (EI) ₀	S201	514.38	0.214	0.55 (EI) ₀
S502	303.20	0.126	0.44 (EI) ₀	S202	867.94	0.241	0.59 (EI) ₀
S503	293.80	0.122	0.43 (EI) ₀	S203	854.76	0.237	0.58 (EI) ₀
S504	303.20	0.126	0.44 (EI) ₀	S204	867.94	0.241	0.59 (EI) ₀
S505	293.80	0.122	0.40 (EI) ₀	S205	514.38	0.214	0.55 (EI) ₀
S401	288.84	0.120	0.43 (EI) ₀	S101	625.61	0.261	0.61 (EI) ₀
S402	489.58	0.163	0.48 (EI) ₀	S102	1058.69	0.294	0.66 (EI) ₀
S403	478.27	0.159	0.48 (EI) ₀	S103	1044.16	0.290	0.65 (EI) ₀
S404	489.58	0.163	0.48 (EI) ₀	S104	1058.69	0.294	0.66 (EI) ₀
S405	288.84	0.120	0.43 (EI) ₀	S105	625.61	0.261	0.61 (EI) ₀

Toplam eşdeğer deprem yükünün bulunması ve katlara dağıtılması

Toplam ağırlığı 4412.84 kN olarak verilmiş olan yapının yapılan titreşim analizi sonucu, binanın çatlamış kesit özellikleri kullanılarak hesaplanan birinci doğal titreşim periyodu $T_1 = 1.254$ sn olarak bulunmuştur.

$$A(T) = A_0 I S(T)$$

$$S(T) = 2.5 (T_B / T)^{0.8} = 2.5 (0.4 / 1.254)^{0.8} = 1.002$$

$$A(T) = 0.40 \times 1.0 \times 1.002 = 0.4008$$

$$V_t = \lambda W A(T) / R_a$$

$$V_t = 0.85 \times 4412.84 \times 0.4008 / 1.0 = 1503.4 \text{ kN}$$

Binanın tepesine etkiyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N

$$\Delta F_N = 0.0075 N V_t$$

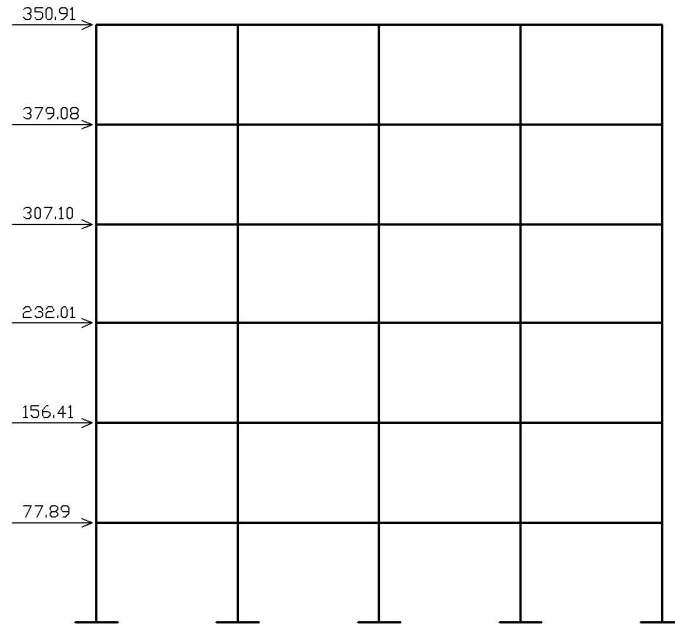
$$\Delta F_N = 0.0075 \times 6 \times 1503.4 = 67.65 \text{ kN}$$

Taban kesme kuvveti katlara dağıtılması ile ilgili hesap Tablo 4.4'te verilmiştir.

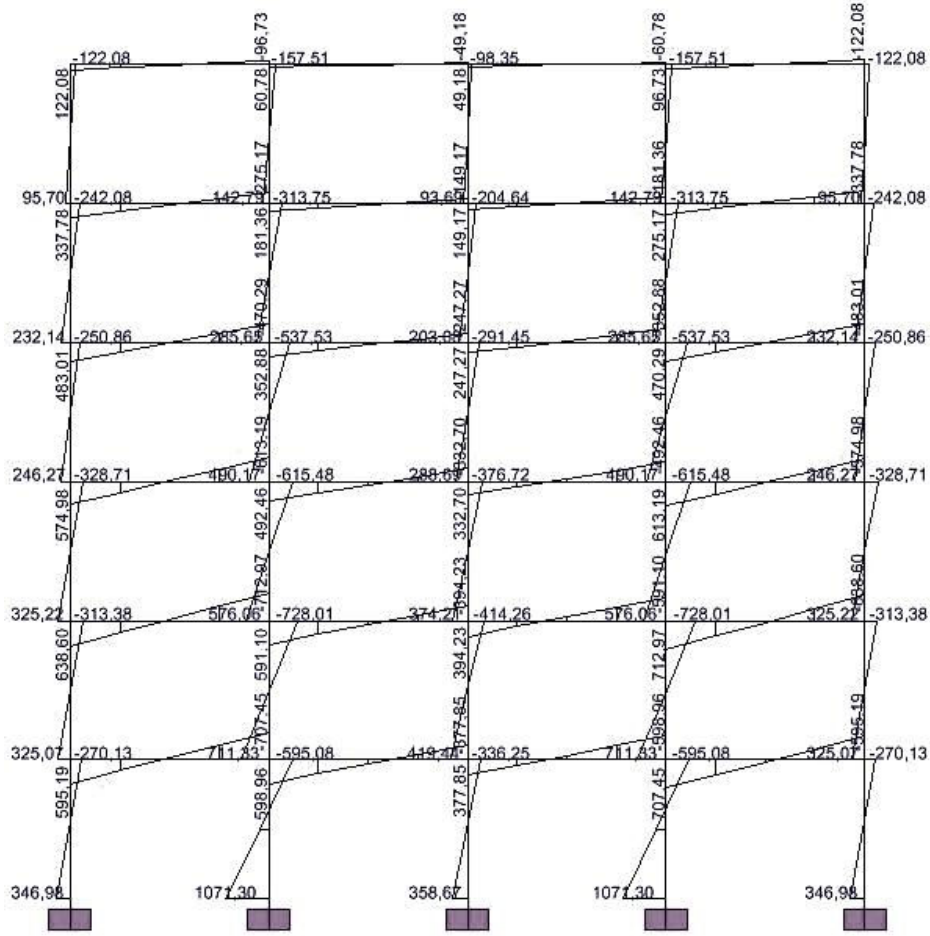
Tablo 4.4: Taban Kesme Kuvvetinin Katlara Dağıtılması

Kat	W (kN)	w_i	H_i (m)	$w_i * H_i$	$(w_i * H_i) / \sum (w_i * H_i)$	F (kN)
6	480.87	49.02	21.0	1029.39	0.1973	350.91
5	772.25	78.72	17.5	1377.61	0.2640	379.08
4	782.01	79.72	14.0	1116.02	0.2139	307.10
3	787.73	80.30	10.5	843.14	0.1616	232.01
2	796.60	81.20	7.0	568.42	0.1089	156.41
1	793.38	80.87	3.5	283.06	0.0543	77.89
Σ	4412.84			5217.63	1.0000	1503.40

Katlara hizalarına etkiyen eşdeğer statik deprem yükleri Şekil 4.7’de gösterilmiştir.

**Şekil 4.7:** Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükleri

Sistem, bu deprem yükleri altında hesaplanarak tüm kesitlerdeki eğilme momentleri elde edilmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8: Sistemin M_E Diyagramı

Kolonların eğilme momenti kapasitelerinin belirlenmesi

Tüm kolonlar için MN.EXE programı yardımıyla moment-eksenel kuvvet etkileşim diyagramları çizilmiştir. Kolonların alt ve üst kesitleri için depremin soldan sağa ve sağdan sola etkilmesi için elde edilen M_k ve N_k değerleri Tablo 4.5'te görülmektedir.

Tablo 4.5: Kolonlarda Normal Kuvvet ve Moment Kapasiteleri

Kolon No	Yükleme	N _{K-alt}	N _{K-üst}	M _{K-alt}	M _{K-üst}
		kN	kN	kNm	kNm
S601	G+0.3Q+E	-	-	-	-
	G+0.3Q-E	-	-	-	-
S602	G+0.3Q+E	-	138.00	-	-156.00
	G+0.3Q-E	-	100.00	-	152.00
S603	G+0.3Q+E	115.00	115.00	89.00	-89.00
	G+0.3Q-E	115.00	115.00	-89.00	89.00
S604	G+0.3Q+E	-	100.00	-	-152.00
	G+0.3Q-E	-	138.00	-	156.00
S605	G+0.3Q+E	-	-	-	-
	G+0.3Q-E	-	-	-	-
S501	G+0.3Q+E	66.00	70.00	147.00	-148.00
	G+0.3Q-E	290.00	285.00	-173.00	173.00
S502	G+0.3Q+E	353.00	348.00	178.00	-178.00
	G+0.3Q-E	256.00	260.00	-170.00	290.00
S503	G+0.3Q+E	294.00	294.00	105.00	-105.00
	G+0.3Q-E	294.00	294.00	-105.00	105.00
S504	G+0.3Q+E	256.00	260.00	170.00	-290.00
	G+0.3Q-E	353.00	348.00	-178.00	178.00
S505	G+0.3Q+E	290.00	285.00	173.00	-173.00
	G+0.3Q-E	66.00	70.00	-147.00	148.00
S401	G+0.3Q+E	57.00	60.00	146.00	-147.00
	G+0.3Q-E	557.00	551.00	-194.00	193.00
S402	G+0.3Q+E	584.00	575.00	315.00	-315.00
	G+0.3Q-E	398.00	407.00	-298.00	298.00
S403	G+0.3Q+E	478.00	478.00	170.00	-170.00
	G+0.3Q-E	478.00	478.00	-170.00	170.00
S404	G+0.3Q+E	398.00	407.00	298.00	-298.00
	G+0.3Q-E	584.00	575.00	-315.00	315.00
S405	G+0.3Q+E	557.00	551.00	194.00	-193.00
	G+0.3Q-E	57.00	60.00	-146.00	147.00

Kolon No	Yükleme	N _{K-alt}	N _{K-üst}	M _{K-alt}	M _{K-üst}
		kN	kN	kNm	kNm
S301	G+0.3Q+E	106.00	108.00	153.00	-153.00
	G+0.3Q-E	750.00	745.00	-202.00	202.00
S302	G+0.3Q+E	800.00	794.00	328.00	-327.00
	G+0.3Q-E	557.00	563.00	-314.00	314.00
S303	G+0.3Q+E	665.00	665.00	178.00	-178.00
	G+0.3Q-E	665.00	665.00	-178.00	178.00
S304	G+0.3Q+E	557.00	563.00	314.00	-314.00
	G+0.3Q-E	800.00	794.00	-328.00	327.00
S305	G+0.3Q+E	750.00	745.00	202.00	-202.00
	G+0.3Q-E	106.00	108.00	-153.00	153.00
S201	G+0.3Q+E	84.00	72.00	150.00	-148.00
	G+0.3Q-E	1038.00	1061.00	-211.00	211.00
S202	G+0.3Q+E	1063.00	1057.00	471.00	-471.00
	G+0.3Q-E	679.00	685.00	-442.00	443.00
S203	G+0.3Q+E	856.00	856.00	198.00	-198.00
	G+0.3Q-E	856.00	856.00	-198.00	198.00
S204	G+0.3Q+E	679.00	685.00	442.00	-443.00
	G+0.3Q-E	1063.00	1057.00	-471.00	471.00
S205	G+0.3Q+E	1038.00	1061.00	211.00	-211.00
	G+0.3Q-E	84.00	72.00	-150.00	148.00
S101	G+0.3Q+E	112.00	5.00	153.00	-141.00
	G+0.3Q-E	1296.00	1424.00	-209.00	201.00
S102	G+0.3Q+E	1219.00	1340.00	481.00	-487.00
	G+0.3Q-E	900.00	789.00	-465.00	453.00
S103	G+0.3Q+E	1046.00	1046.00	205.00	-205.00
	G+0.3Q-E	1046.00	1046.00	-205.00	205.00
S104	G+0.3Q+E	900.00	789.00	465.00	-453.00
	G+0.3Q-E	1219.00	1340.00	-481.00	487.00
S105	G+0.3Q+E	1296.00	1424.00	209.00	-201.00
	G+0.3Q-E	112.00	5.00	-153.00	141.00

Kirişlerin eğilme momenti kapasitelerinin belirlenmesi

Kirişlerin eğilme momenti kapasitesinin hesabında, M-KAPA.EXE programıyla tüm kirişler için moment-eğrilik ilişkileri belirlenmiştir. Elde edilen moment kapasiteleri depremin soldan sağa ve sağdan sola etkitilmesi durumları için ayrı ayrı hesaplanmış ve Tablo 4.6’da verilmiştir.

Tablo 4.6: Kirişlerde Moment Kapasiteleri

Kiriş No	Deprem Momentinin Yönü	M _{K-sol}	M _{K-sağ}	Kiriş No	Deprem Momentinin Yönü	M _{K-sol}	M _{K-sağ}
		kNm	kNm			kNm	kNm
K601	+	143.00	143.00	K301	+	188.00	188.00
	-	-164.00	-164.00		-	-268.00	-268.00
K602	+	143.00	143.00	K302	+	188.00	186.00
	-	-164.00	-123.00		-	-268.00	-205.00
K603	+	143.00	143.00	K303	+	186.00	188.00
	-	-123.00	-164.00		-	-205.00	-268.00
K604	+	143.00	143.00	K304	+	188.00	188.00
	-	-164.00	-164.00		-	-268.00	-268.00
K501	+	143.00	143.00	K201	+	189.00	188.00
	-	-164.00	-164.00		-	-263.00	-233.00
K502	+	143.00	143.00	K202	+	188.00	187.00
	-	-164.00	-123.00		-	-233.00	-187.00
K503	+	143.00	143.00	K203	+	187.00	188.00
	-	-123.00	-164.00		-	-187.00	-233.00
K504	+	143.00	143.00	K204	+	188.00	189.00
	-	-164.00	-164.00		-	-233.00	-263.00
K401	+	188.00	188.00	K101	+	189.00	188.00
	-	-268.00	-268.00		-	-263.00	-233.00
K402	+	188.00	186.00	K102	+	188.00	187.00
	-	-268.00	-205.00		-	-233.00	-187.00
K403	+	186.00	188.00	K103	+	187.00	188.00
	-	-205.00	-268.00		-	-187.00	-233.00
K404	+	188.00	188.00	K104	+	188.00	189.00
	-	-268.00	-268.00		-	-233.00	-263.00

Kolon ve kirişlerin kırılma tiplerinin belirlenmesi

Yapı elemanlarının hasar sınırların belirlenmesinde, yapı elemanları “sünek” ve “gevrek” olarak iki sınıfa ayrılacaklardır. Tüm sünek kolon ve kirişlerin kritik kesitlerinde, eğilme kapasitesi ile uyumlu kapasite kesme kuvveti V_e ’nin TS-500 esas alınarak hesaplanan kesme kapasitesi V_r ’yi aşmaması gereklidir. Tablo 4.7 ve Tablo 4.8’den de görüldüğü gibi tüm elemanlar sünek davranış göstermektedirler.

Tablo 4.7: Kolonların Sünekliği

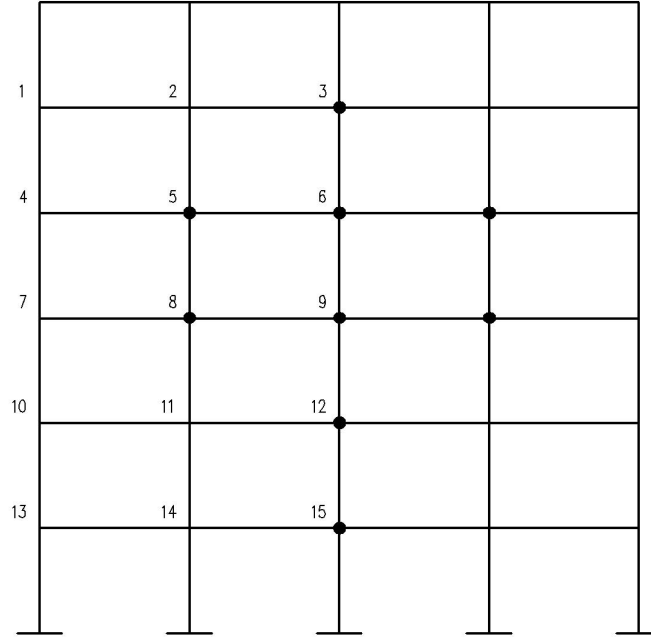
Kolon	V _e (kN)	V _r (kN)	Kolon	V _e (kN)	V _r (kN)
S601	84.00	342.45	S301	114.86	342.45
S602	81.14	342.45	S302	185.14	433.77
S603	49.14	274.01	S303	100.57	296.89
S604	81.14	342.45	S304	185.14	433.77
S605	84.00	342.45	S305	114.86	342.45
S501	96.00	342.45	S201	117.14	342.45
S502	94.86	342.45	S202	268.57	525.09
S503	60.00	274.01	S203	112.00	319.77
S504	94.86	342.45	S204	268.57	525.09
S505	96.00	342.45	S205	117.14	342.45
S401	108.57	342.45	S101	110.86	342.45
S402	177.71	433.77	S102	274.86	525.09
S403	94.86	296.89	S103	117.14	319.77
S404	177.71	433.77	S104	274.86	525.09
S405	108.57	342.45	S105	110.86	342.45

Tablo 4.8: Kirişlerin Sünekliği

Kiriş	V _{e-sol} (kN)	V _{e-sağ} (kN)	V _r (kN)	Kiriş	V _{e-sol} (kN)	V _{e-sağ} (kN)	V _r (kN)
K601	91.49	99.61	243.06	K301	159.68	171.92	243.06
K602	87.54	85.56	243.06	K302	153.59	152.01	243.06
K603	85.56	87.54	243.06	K303	152.01	153.59	243.06
K604	99.61	91.49	243.06	K304	171.92	159.68	243.06
K501	115.4	128.24	243.06	K201	174.04	185.56	243.06
K502	114.1	111.47	243.06	K202	163.93	162.87	243.06
K503	111.5	114.13	243.06	K203	162.87	163.93	243.06
K504	128.2	115.36	243.06	K204	185.56	174.04	243.06
K401	159.5	172.08	243.06	K101	173.61	185.99	243.06
K402	153.8	151.79	243.06	K102	163.96	162.84	243.06
K403	151.8	153.81	243.06	K103	162.84	163.96	243.06
K404	172.1	159.52	243.06	K104	185.99	173.61	243.06

Güçlü kolon – zayıf kiriş kontrolü

Şekil 4.9’da gösterilen düğüm noktaları numaraları için depremin soldan sağa ve sağdan sola etkimesi için güçlü kolon – zayıf kiriş kontrolü yapılmıştır. Tablo 4.9 ve Tablo 4.10’da hesabı özetlenmiş olan güçlü kolon – zayıf kiriş hesabını sağlamayan düğüm noktaları şekil üzerinde işaretlenmiştir.



Şekil 4.9: Güçlü Kolon – Zayıf Kiriş

Tablo 4.9: Güçlü Kolon – Zayıf Kiriş Kontrolü (Deprem Soldan Sağa)

Kat	Düğüm No	Kolonlar	M_{ra} (kNm)	$M_{r\bar{u}}$ (kNm)	Kirişler	M_{ri} (kNm)	M_{rj} (kNm)	Güçlü Kolon - Zayıf Kiriş
5	1	S601-S501	147.0	148.0	K501	143.0	-	√
	2	S602-S502	173.0	173.0	K501-K502	143.0	143.0	√
	3	S603-S503	89.0	105.0	K502-K503	143.0	143.0	X
4	4	S501-S401	147.0	147.0	K401	188.0	-	√
	5	S502-S402	178.0	315.0	K401-K402	188.0	188.0	√
	6	S503-S403	105.0	170.0	K402-K403	186.0	186.0	X
3	7	S401-S301	146.0	153.0	K301	188.0	-	√
	8	S402-S302	315.0	327.0	K301-K302	188.0	188.0	√
	9	S403-S303	170.0	178.0	K302-K303	186.0	186.0	X
2	10	S301-S201	153.0	148.0	K201	189.0	-	√
	11	S302-S202	328.0	471.0	K201-K202	188.0	188.0	√
	12	S303-S203	178.0	198.0	K202-K203	187.0	187.0	X
1	13	S201-S101	150.0	141.0	K101	189.0	-	√
	14	S202-S102	471.0	487.0	K101-K102	188.0	188.0	√
	15	S203-S103	198.0	205.0	K102-K103	187.0	187.0	X

Tablo 4.10: Güçlü Kolon – Zayıf Kiriş Kontrolü (Deprem Sağdan Sola)

Kat	Düğüm No	Kolonlar	M_{ra} (kNm)	$M_{rū}$ (kNm)	Kirişler	M_{ri} (kNm)	M_{rj} (kNm)	Güçlü Kolon - Zayıf Kiriş
5	1	S601-S501	173.0	173.0	K501	164.0	-	√
	2	S602-S502	290.0	290.0	K501-K502	164.0	164.0	√
	3	S603-S503	89.0	105.0	K502-K503	123.0	123.0	X
4	4	S501-S401	173.0	193.0	K401	268.0	-	√
	5	S502-S402	170.0	298.0	K401-K402	268.0	268.0	X
	6	S503-S403	105.0	170.0	K402-K403	205.0	205.0	X
3	7	S401-S301	194.0	202.0	K301	268.0	-	√
	8	S402-S302	298.0	314.0	K301-K302	268.0	268.0	X
	9	S403-S303	170.0	178.0	K302-K303	205.0	205.0	X
2	10	S301-S201	202.0	211.0	K201	263.0	-	√
	11	S302-S202	314.0	443.0	K201-K202	233.0	233.0	√
	12	S303-S203	178.0	198.0	K202-K203	187.0	187.0	X
1	13	S201-S101	211.0	241.0	K101	263.0	-	√
	14	S202-S102	442.0	453.0	K101-K102	233.0	233.0	√
	15	S203-S103	198.0	205.0	K102-K103	187.0	187.0	X

Görelî kat ötelemesi kontrolü

Görelî kat ötelemelerinin kontrolünde belirlenen hasar bölgeleri 2, 3, 4 ve 5. kat kolonları için *belirgin hasar bölgesindedir*, Tablo 4.11. Bu kat kolonlarının etki / kapasite değerlerine göre belirlenen hasar bölgeleri, görelî kat ötelemelerindeki değerleri aşamayacağından minimum hasar bölgesinde çıkacak kolonlar, belirgin hasar bölgesi olarak değiştirilecektir.

Tablo 4.11: Görelî Kat Ötelemelerine Göre Hasar Değerlendirmesi

Kat	δ (m)	h (m)	δ_{ji} / h_{ji}	Hasar Bölgesi
6	0.233	3.50	0.006	Minimum
5	0.211	3.50	0.012	Belirgin
4	0.169	3.50	0.013	Belirgin
3	0.125	3.50	0.014	Belirgin
2	0.075	3.50	0.013	Belirgin
1	0.031	3.50	0.009	Minimum

Kirişler ve kolonlar için etki / kapasite (r) değerlerinin elde edilmesi

Kolonlar için hesaplanan etki / kapasite değerleri Tablo 4.12’de gösterilmiştir.

Tablo 4.12: Kolonların Etki / Kapasite Oranları

Kolon	Yükleme	$V_e / (b_w d f_{cm})$	Sargılama	$N_K / A_c f_{cm}$		Etki / Kapasite (r)	
				alt	üst	alt	üst
S601	G+0.3Q+E	-	yok	-	-	-	-
	G+0.3Q-E	-	yok	-	-	-	-
S602	G+0.3Q+E	-	yok	-	0.058	-	1.04
	G+0.3Q-E	-	yok	-	0.042	-	1.04
S603	G+0.3Q+E	0.336	yok	0.048	0.048	1.07	1.13
	G+0.3Q-E	0.336	yok	0.048	0.048	1.07	1.13
S604	G+0.3Q+E	-	yok	-	0.042	-	1.04
	G+0.3Q-E	-	yok	-	0.058	-	1.04
S605	G+0.3Q+E	-	yok	-	-	-	-
	G+0.3Q-E	-	yok	-	-	-	-
S501	G+0.3Q+E	0.589	yok	0.028	0.029	1.51	1.56
	G+0.3Q-E	0.690	yok	0.121	0.119	1.46	1.53
S502	G+0.3Q+E	0.710	yok	0.147	0.145	1.59	1.75
	G+0.3Q-E	0.918	yok	0.107	0.108	1.64	1.06
S503	G+0.3Q+E	0.435	yok	0.123	0.123	1.92	1.94
	G+0.3Q-E	0.435	yok	0.123	0.123	1.92	1.94
S504	G+0.3Q+E	0.918	yok	0.107	0.108	1.64	1.06
	G+0.3Q-E	0.710	yok	0.147	0.145	1.59	1.75
S505	G+0.3Q+E	0.690	yok	0.121	0.119	1.46	1.53
	G+0.3Q-E	0.589	yok	0.028	0.029	1.51	1.56
S401	G+0.3Q+E	0.585	yok	0.024	0.025	1.54	1.56
	G+0.3Q-E	0.772	yok	0.232	0.230	1.33	1.36
S402	G+0.3Q+E	0.984	yok	0.195	0.192	1.56	1.73
	G+0.3Q-E	0.931	yok	0.133	0.136	1.62	1.79
S403	G+0.3Q+E	0.407	yok	0.120	0.120	1.74	1.75
	G+0.3Q-E	0.407	yok	0.120	0.120	1.74	1.75
S404	G+0.3Q+E	0.931	yok	0.133	0.136	1.62	1.79
	G+0.3Q-E	0.984	yok	0.195	0.192	1.56	1.73
S405	G+0.3Q+E	0.772	yok	0.232	0.230	1.33	1.36
	G+0.3Q-E	0.585	yok	0.024	0.025	1.54	1.56
S301	G+0.3Q+E	0.611	yok	0.044	0.045	2.00	2.02
	G+0.3Q-E	0.806	yok	0.313	0.310	1.71	1.73
S302	G+0.3Q+E	1.023	yok	0.267	0.265	1.78	1.90
	G+0.3Q-E	0.981	yok	0.186	0.188	1.84	1.94
S303	G+0.3Q+E	0.426	yok	0.166	0.166	2.05	2.07
	G+0.3Q-E	0.426	yok	0.166	0.166	2.05	2.07
S304	G+0.3Q+E	0.981	yok	0.186	0.188	1.84	1.94
	G+0.3Q-E	1.023	yok	0.267	0.265	1.78	1.90
S305	G+0.3Q+E	0.806	yok	0.313	0.310	1.71	1.73
	G+0.3Q-E	0.611	yok	0.044	0.045	2.00	2.02
S201	G+0.3Q+E	0.595	yok	0.035	0.030	2.00	1.95
	G+0.3Q-E	0.842	yok	0.433	0.442	1.66	1.59
S202	G+0.3Q+E	1.208	yok	0.295	0.294	1.50	1.54
	G+0.3Q-E	1.135	yok	0.189	0.190	1.57	1.61
S203	G+0.3Q+E	0.547	yok	0.238	0.238	2.19	2.16
	G+0.3Q-E	0.547	yok	0.238	0.238	2.19	2.16
S204	G+0.3Q+E	1.135	yok	0.189	0.190	1.57	1.61
	G+0.3Q-E	1.208	yok	0.295	0.294	1.50	1.54
S205	G+0.3Q+E	0.842	yok	0.433	0.442	1.66	1.59
	G+0.3Q-E	0.595	yok	0.035	0.030	2.00	1.95
S101	G+0.3Q+E	0.587	yok	0.047	0.002	2.19	1.81
	G+0.3Q-E	0.818	yok	0.540	0.593	1.68	1.41
S102	G+0.3Q+E	1.242	yok	0.339	0.372	2.21	1.26
	G+0.3Q-E	1.178	yok	0.250	0.219	2.27	1.34
S103	G+0.3Q+E	0.566	yok	0.291	0.291	1.73	1.62
	G+0.3Q-E	0.566	yok	0.291	0.291	1.73	1.62
S104	G+0.3Q+E	1.178	yok	0.250	0.219	2.27	1.34
	G+0.3Q-E	1.242	yok	0.339	0.372	2.21	1.26
S105	G+0.3Q+E	0.818	yok	0.540	0.593	1.68	1.41
	G+0.3Q-E	0.587	yok	0.047	0.002	2.19	1.81

Kolonlar için hesaplanan etki / kapasite (r) oranları, (r_s) sınır değerleriyle karşılaştırılarak hasar bölgelerine karar verilmiştir (Tablo 4.13).

Tablo 4.13: Kolonların Hasar Bölgeleri

Kolon No	Yükleme	Etki / Kapasite (r)		Hasar Bölgesi	
		alt	üst	alt	üst
S601	G+0.3Q+E	-	-	Minimum	Minimum
	G+0.3Q-E	-	-		
S602	G+0.3Q+E	-	1.04	Minimum	Minimum
	G+0.3Q-E	-	1.04		
S603	G+0.3Q+E	1.07	1.13	Minimum	Minimum
	G+0.3Q-E	1.07	1.13		
S604	G+0.3Q+E	-	1.04	Minimum	Minimum
	G+0.3Q-E	-	1.04		
S605	G+0.3Q+E	-	-	Minimum	Minimum
	G+0.3Q-E	-	-		
S501	G+0.3Q+E	1.51	1.56	Belirgin	Belirgin
	G+0.3Q-E	1.46	1.53		
S502	G+0.3Q+E	1.59	1.75	Belirgin	Belirgin
	G+0.3Q-E	1.64	1.06		
S503	G+0.3Q+E	1.92	1.94	Belirgin	Belirgin
	G+0.3Q-E	1.92	1.94		
S504	G+0.3Q+E	1.64	1.06	Belirgin	Belirgin
	G+0.3Q-E	1.59	1.75		
S505	G+0.3Q+E	1.46	1.53	Belirgin	Belirgin
	G+0.3Q-E	1.51	1.56		
S401	G+0.3Q+E	1.54	1.56	Belirgin	Belirgin
	G+0.3Q-E	1.33	1.36		
S402	G+0.3Q+E	1.56	1.73	Belirgin	Belirgin
	G+0.3Q-E	1.62	1.79		
S403	G+0.3Q+E	1.74	1.75	Belirgin	Belirgin
	G+0.3Q-E	1.74	1.75		
S404	G+0.3Q+E	1.62	1.79	Belirgin	Belirgin
	G+0.3Q-E	1.56	1.73		
S405	G+0.3Q+E	1.33	1.36	Belirgin	Belirgin
	G+0.3Q-E	1.54	1.56		
S301	G+0.3Q+E	2.00	2.02	Belirgin	Belirgin
	G+0.3Q-E	1.71	1.73		
S302	G+0.3Q+E	1.78	1.90	Belirgin	Belirgin
	G+0.3Q-E	1.84	1.94		
S303	G+0.3Q+E	2.05	2.07	Belirgin	Belirgin
	G+0.3Q-E	2.05	2.07		
S304	G+0.3Q+E	1.84	1.94	Belirgin	Belirgin
	G+0.3Q-E	1.78	1.90		
S305	G+0.3Q+E	1.71	1.73	Belirgin	Belirgin
	G+0.3Q-E	2.00	2.02		
S201	G+0.3Q+E	2.00	1.95	Belirgin	Belirgin
	G+0.3Q-E	1.66	1.59		
S202	G+0.3Q+E	1.50	1.54	Belirgin	Belirgin
	G+0.3Q-E	1.57	1.61		
S203	G+0.3Q+E	2.19	2.16	Belirgin	Belirgin
	G+0.3Q-E	2.19	2.16		
S204	G+0.3Q+E	1.57	1.61	Belirgin	Belirgin
	G+0.3Q-E	1.50	1.54		
S205	G+0.3Q+E	1.66	1.59	Belirgin	Belirgin
	G+0.3Q-E	2.00	1.95		
S101	G+0.3Q+E	2.19	1.81	Belirgin	Belirgin
	G+0.3Q-E	1.68	1.41		
S102	G+0.3Q+E	2.21	1.26	İleri	Belirgin
	G+0.3Q-E	2.27	1.34		
S103	G+0.3Q+E	1.73	1.62	Belirgin	Minimum
	G+0.3Q-E	1.73	1.62		
S104	G+0.3Q+E	2.27	1.34	İleri	Belirgin
	G+0.3Q-E	2.21	1.26		
S105	G+0.3Q+E	1.68	1.41	Belirgin	Belirgin
	G+0.3Q-E	2.19	1.81		

Kirişler için hesaplanan etki / kapasite (r) değerleri Tablo 4.14’te verilmiştir.

Tablo 4.14: Kirişlerin Etki / Kapasite Oranları

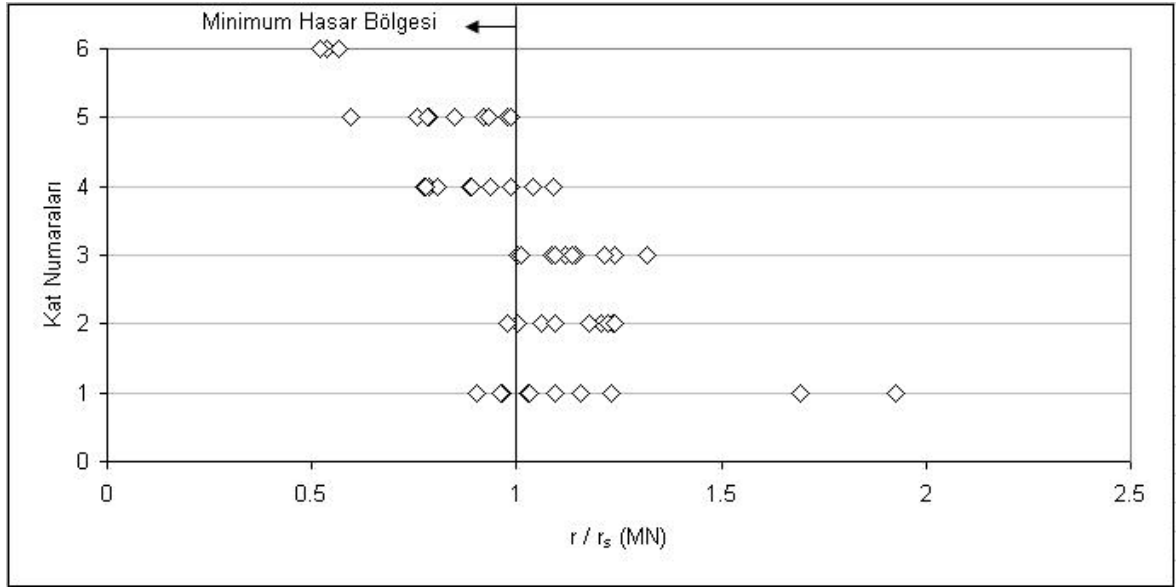
Kiriş No	Yükleme	$(\rho-\rho')/p_b$	Sarg.	Ve / (bw d fctm)		Etki / Kapasite	
				sol	sağ	sol	sağ
K601	G+0.3Q+E	-0.0003	yok	0.246	0.273	0.79	0.71
	G+0.3Q-E	0.0003	yok				
K602	G+0.3Q+E	0.0002	yok	0.186	0.179	0.45	0.49
	G+0.3Q-E	-0.0002	yok				
K603	G+0.3Q+E	0.0002	yok	0.179	0.186	0.49	0.45
	G+0.3Q-E	-0.0002	yok				
K604	G+0.3Q+E	-0.0003	yok	0.273	0.246	0.71	0.79
	G+0.3Q-E	0.0003	yok				
K501	G+0.3Q+E	-0.0003	yok	0.407	0.450	2.36	2.39
	G+0.3Q-E	0.0003	yok				
K502	G+0.3Q+E	0.0002	yok	0.433	0.424	1.57	1.79
	G+0.3Q-E	-0.0002	yok				
K503	G+0.3Q+E	0.0002	yok	0.424	0.433	1.79	1.57
	G+0.3Q-E	-0.0002	yok				
K504	G+0.3Q+E	-0.0003	yok	0.450	0.407	2.39	2.36
	G+0.3Q-E	0.0003	yok				
K401	G+0.3Q+E	-0.0012	yok	0.526	0.567	2.31	2.15
	G+0.3Q-E	0.0012	yok				
K402	G+0.3Q+E	-0.0003	yok	0.548	0.542	1.57	1.52
	G+0.3Q-E	0.0003	yok				
K403	G+0.3Q+E	-0.0003	yok	0.542	0.548	1.52	1.57
	G+0.3Q-E	0.0003	yok				
K404	G+0.3Q+E	-0.0012	yok	0.567	0.526	2.15	2.31
	G+0.3Q-E	0.0012	yok				
K301	G+0.3Q+E	-0.0012	yok	0.526	0.567	2.73	2.80
	G+0.3Q-E	0.0012	yok				
K302	G+0.3Q+E	-0.0003	yok	0.548	0.542	2.19	2.02
	G+0.3Q-E	0.0003	yok				
K303	G+0.3Q-E	-0.0003	yok	0.542	0.548	2.02	2.19
	G+0.3Q+E	0.0003	yok				
K304	G+0.3Q-E	-0.0012	Yok	0.567	0.526	2.80	2.73
	G+0.3Q+E	0.0012	Yok				
K201	G+0.3Q+E	-0.0011	Yok	0.524	0.562	3.02	3.88
	G+0.3Q-E	0.0011	Yok				
K202	G+0.3Q+E	-0.0001	Yok	0.520	0.516	3.11	2.71
	G+0.3Q-E	0.0001	Yok				
K203	G+0.3Q+E	-0.0001	Yok	0.516	0.520	2.71	3.11
	G+0.3Q-E	0.0001	Yok				
K204	G+0.3Q-E	-0.0011	Yok	0.562	0.524	3.88	3.02
	G+0.3Q+E	0.0011	Yok				
K101	G+0.3Q-E	-0.0011	Yok	0.522	0.563	2.83	3.88
	G+0.3Q+E	0.0011	Yok				
K102	G+0.3Q+E	-0.0001	Yok	0.520	0.516	3.17	2.62
	G+0.3Q-E	0.0001	Yok				
K103	G+0.3Q+E	-0.0001	Yok	0.516	0.520	2.62	3.17
	G+0.3Q-E	0.0001	Yok				
K104	G+0.3Q+E	-0.0011	Yok	0.563	0.522	3.88	2.83
	G+0.3Q-E	0.0011	Yok				

Kirişler için hesaplanan etki / kapasite (r) oranları, (r_s) sınır değerleriyle karşılaştırılarak hasar bölgelerine karar verilmiştir (Tablo 4.15).

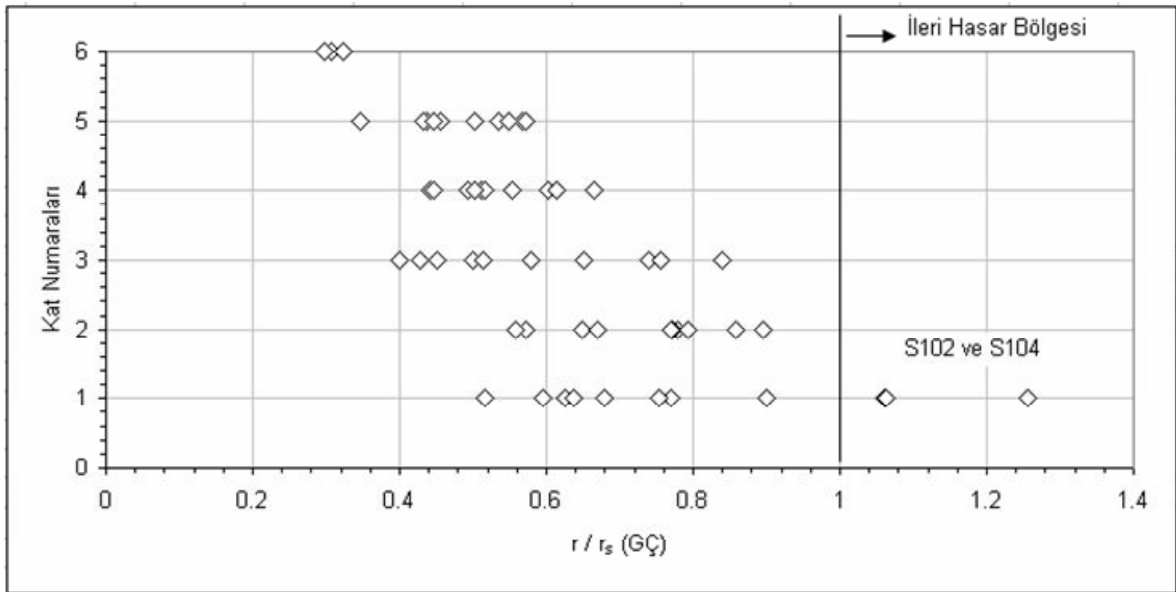
Tablo 4.15: Kirişlerin Hasar Bölgeleri

Kiriş No	Etki / Kapasite (r)		Hasar Bölgesi	
	sol	sağ	sol	sağ
K601	0.79	0.71	Minimum	Minimum
K602	0.45	0.49	Minimum	Minimum
K603	0.49	0.45	Minimum	Minimum
K604	0.71	0.79	Minimum	Minimum
K501	2.36	2.39	Minimum	Minimum
K502	1.57	1.79	Minimum	Minimum
K503	1.79	1.57	Minimum	Minimum
K504	2.39	2.36	Minimum	Minimum
K401	2.31	2.15	Minimum	Minimum
K402	1.57	1.52	Minimum	Minimum
K403	1.52	1.57	Minimum	Minimum
K404	2.15	2.31	Minimum	Minimum
K301	2.73	2.80	Belirgin	Belirgin
K302	2.19	2.02	Minimum	Minimum
K303	2.02	2.19	Minimum	Minimum
K304	2.80	2.73	Belirgin	Belirgin
K201	3.02	3.88	Belirgin	Belirgin
K202	3.11	2.71	Belirgin	Belirgin
K203	2.71	3.11	Belirgin	Belirgin
K204	3.88	3.02	Belirgin	Belirgin
K101	2.83	3.88	Belirgin	Belirgin
K102	3.17	2.62	Belirgin	Belirgin
K103	2.62	3.17	Belirgin	Belirgin
K104	3.88	2.83	Belirgin	Belirgin

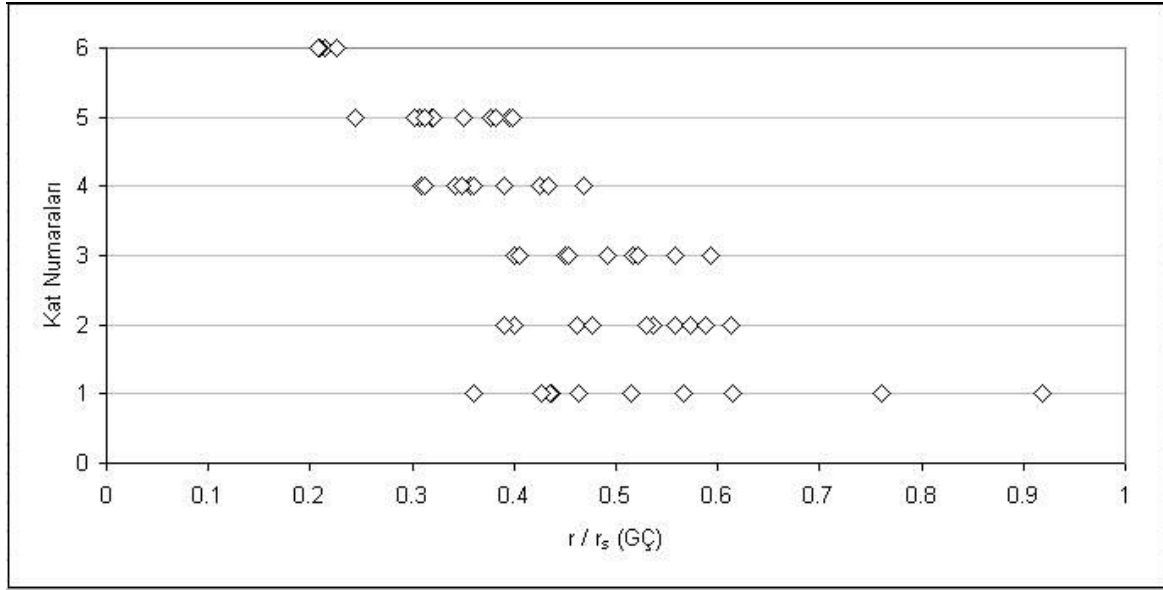
Kolonlar ve kirişler için elde edilen r değerleri, Tablo 2.2 ve 2.3'te verilmiş olan minimum hasar sınırı, güvenlik sınırı ve göçme sınırı için tanımlanmış r_s değerlerine bölünerek karşılaştırılmıştır. Kolonlar için $r/r_{s(MN)}$, $r/r_{s(GV)}$ ve $r/r_{s(GÇ)}$ değerleri katlardaki dağılımlarına göre grafik olarak sırasıyla Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'te verilmiştir.



Şekil 4.10: Kolonlar İçin $r / r_{s(MN)}$



Şekil 4.11: Kolonlar İçin $r / r_{s(GV)}$



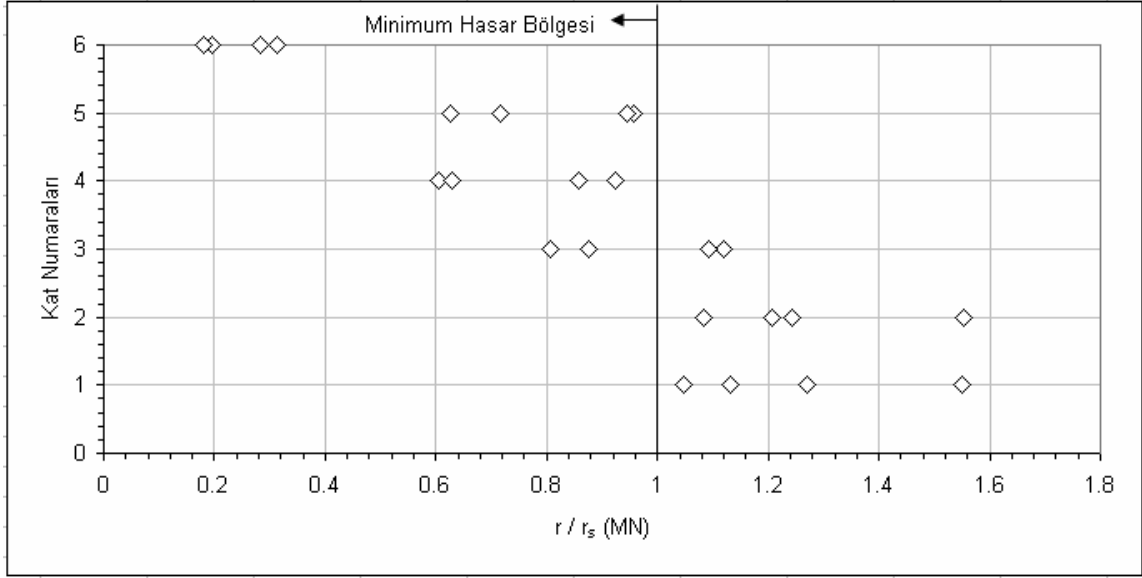
Şekil 4.12: Kolonlar İçin $r / r_s (GÇ)$

Göçme sınırını aşan kolon bulunmamaktadır. Güvenlik sınırını aşan S102 ve S104 kolonları ileri hasar bölgesinde bulunmaktadır. Tablo 4.16’da verilmiş olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerine bakıldığında, ileri hasar bölgesine geçmiş olan S102 ve S104 kolonlarının taşıdığı kesme kuvvetleri tüm 1.kat kolonlarının taşıdığı kesme kuvvetinin %63.3’üdür.

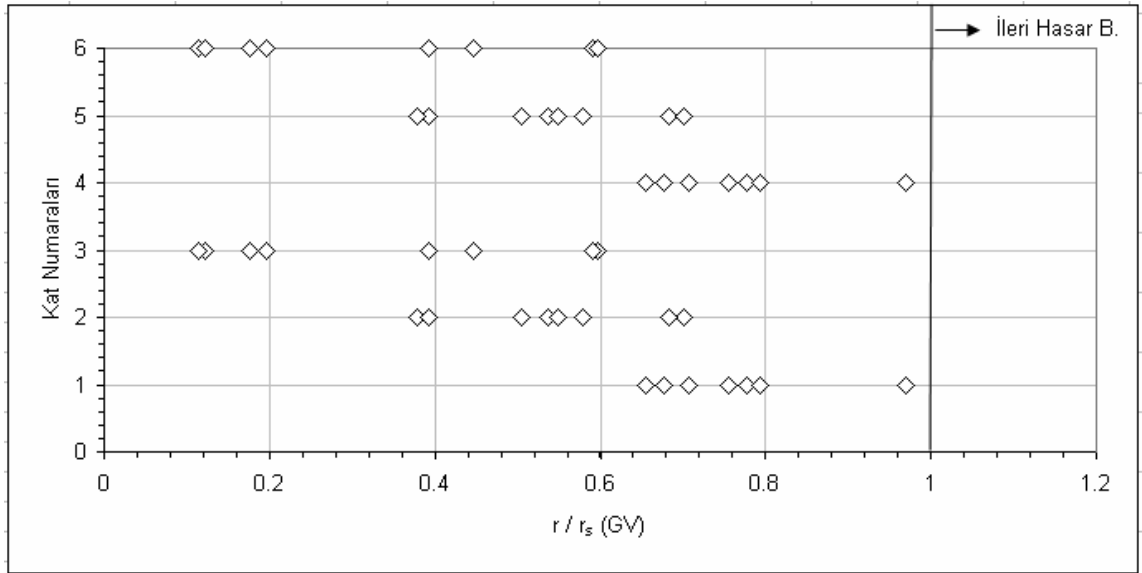
Tablo 4.16: Kolonlar Tarafından Taşınan Kesme Kuvvetleri

Kat	Kolon No	$V_{G+0.3Q+E}$	Kat	Kolon No	$V_{G+0.3Q+E}$
6	S601	65.22	3	S301	194.29
	S602	88.40		S302	343.03
	S603	55.96		S303	209.36
	S604	88.40		S304	343.03
	S605	65.22		S305	194.29
5	S501	144.78	2	S201	190.96
	S502	169.36		S202	408.53
	S503	115.64		S203	246.19
	S504	169.36		S204	408.53
	S505	144.78		S205	190.96
4	S401	146.44	1	S101	179.72
	S402	295.50		S102	478.87
	S403	169.77		S103	196.34
	S404	295.50		S104	478.87
	S405	146.44		S105	179.72

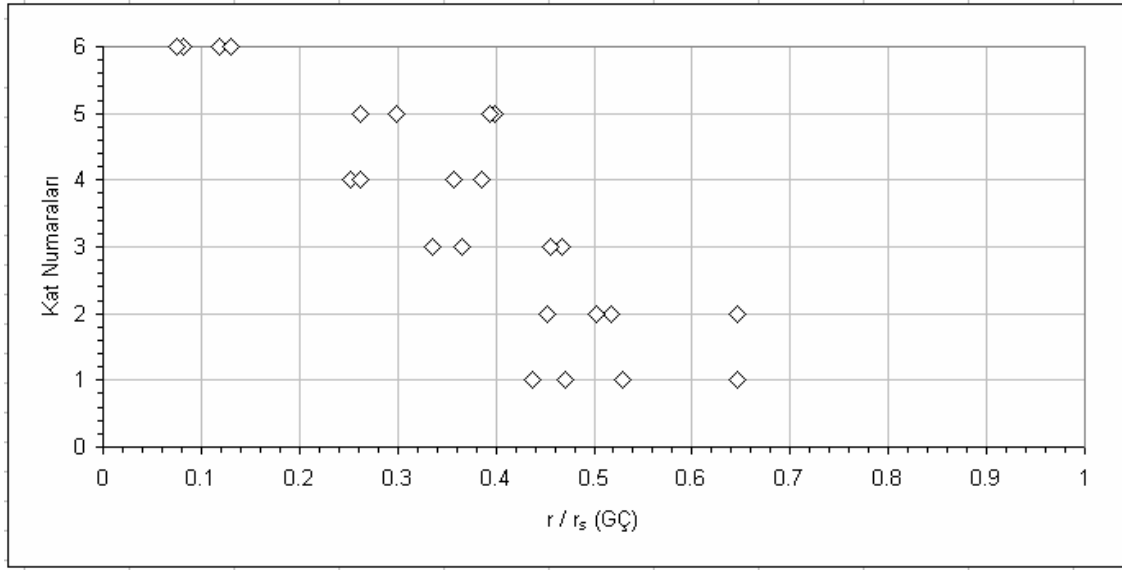
Kirişler için $r/r_{s(MN)}$, $r/r_{s(GV)}$ ve $r/r_{s(GÇ)}$ değerleri katlardaki dağılımlarına göre grafik olarak sırasıyla Şekil 4.13, Şekil 4.14 ve Şekil 4.15'te verilmiştir.



Şekil 4.13: Kirişler İçin $r/r_{s(MN)}$



Şekil 4.14: Kirişler İçin $r/r_{s(GV)}$



Şekil 4.15: Kirişler İçin r / r_s (GÇ)

Göçme sınırı ve güvenlik sınırı aşılmadığından tüm kirişler *minimum* ve *belirgin hasar bölgelerinde* bulunmaktadır.

Performans değerlendirmesi

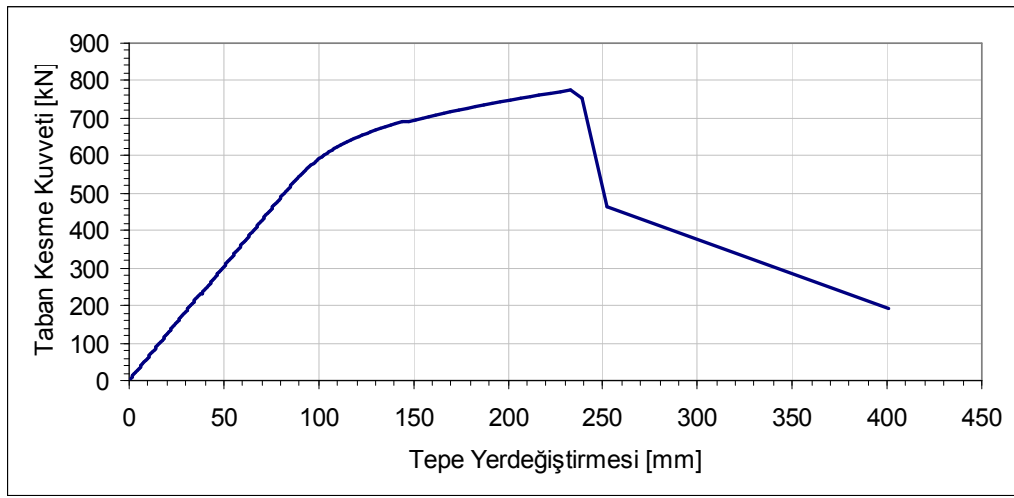
Binanın kullanım amacının konut olması nedeniyle öngörülen minimum performans düzeyi 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem için can güvenliği performans düzeyidir. Can güvenliği performans düzeyinde kirişler herhangi bir katta uygulanan deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda %30 ileri hasar bölgesine geçebilir. İleri hasar bölgesinde bulunan kiriş olmadığından kirişler bakımından bir sorun yoktur. İleri hasar bölgesine geçmiş olan S102 ve S104 kolonlarının taşıdığı kesme kuvvetleri tüm birinci kat kolonlarının taşıdığı kesme kuvvetinin %63.3'üdür. Bu değer %40'ı aştığından yapı *can güvenliği performans düzeyini* sağlamamaktadır.

Alt ve üst düğüm noktalarının her ikisinde birden güçlü kolon – zayıf kiriş koşulunu sağlamayıp alt ve üst kesitlerinin her ikisinde birden *minimum hasar sınırı* aşılmış olan S402, S403 ve S404 kolonlarının taşıdığı kesme kuvvetinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerine oranı %72'dir. Bu değer %30'u aştığından yapı *göçme durumunda*dır.

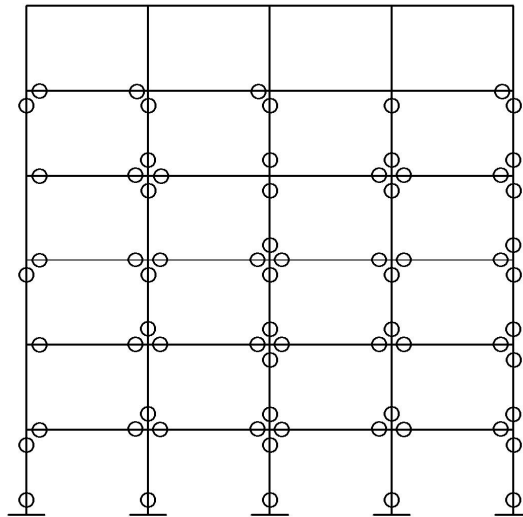
4.3 Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemiyle Performansın Belirlenmesi

İtme eğrisi ve modal kapasite eğrisinin elde edilmesi

Birinci doğal titreşim modu ile orantılı olarak katlara gelen yükler altında yapılan itme analizinden elde edilen itme eğrisi Şekil 4.16'da gösterilmiştir. Bu itme eğrisinin son adımında (göçme anında) oluşan plastik mafsallar Şekil 4.17'de gösterilmiştir.



Şekil 4.16: İtme Eğrisi



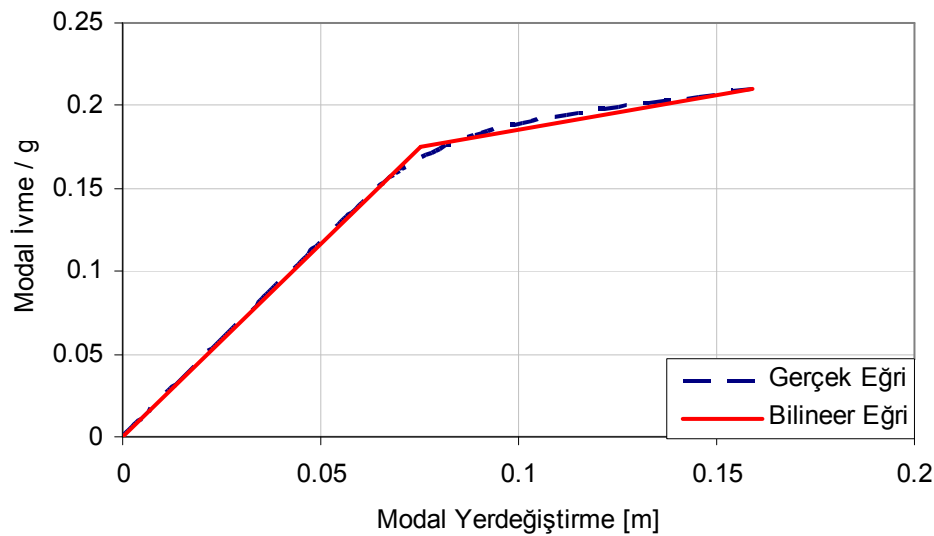
Şekil 4.17: Göçme Anında Oluşan Plastik Mafsallar

Elde edilen itme eğrisinden Tablo 4.17’de verilen modal katkı çarpanları yardımıyla koordinat dönüşümü uygulanarak, birinci moda ait modal yerdeğiştirme - modal ivme değerlerinden oluşan modal kapasite diyagramı elde edilmiştir.

Tablo 4.17: Etkin Kütle ve Modal Katkı Çarpanının Belirlenmesi

Kat	W_i (kN)	Mod	m_i	Φ_{il}	$m_i\Phi_{il}$	L_{x1}	$m_i\Phi_{il}^2$	M_1	M_{x1}	Γ_{x1}
6	480.87	1	49.02	1.000	49.020	266.33	49.020	197.95	358.34	1.35
5	772.25		78.72	0.925	72.816		67.355			
4	782.01		79.72	0.749	59.710		44.723			
3	787.73		80.30	0.567	45.530		25.816			
2	796.60		81.20	0.339	27.527		9.332			
1	793.38		80.87	0.145	11.726		1.700			

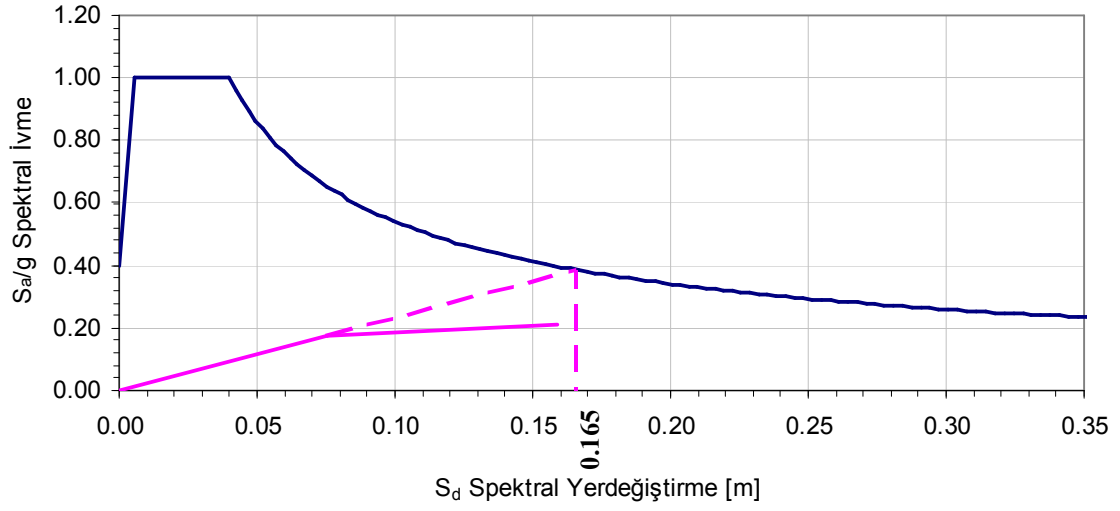
Modal kapasite diyagramı alanların eşitliği prensibine göre bilineer (iki doğrulu) bir diyagrama dönüştürülmüştür (Şekil 4.18).



Şekil 4.18 Modal Kapasite Diyagramı

Tepe yerdeğiştirme isteminin bulunması

$T_1^{(1)}$ başlangıç periyodu, ivme spektrumdaki karakteristik periyod T_B ’den daha büyük olduğu için, eşit yerdeğiştirme kuralı uyarınca; doğrusal elastik olmayan spektral yerdeğiştirme doğrusal elastik spektral yerdeğiştirmeye eşit olarak alınır. Bu diyagramın başlangıç eğiminin elastik talep (spektrum) eğrisini kestiği nokta Şekil 4.19’den da görüldüğü gibi $S_{del} = 0.165$ m olarak bulunmuştur.

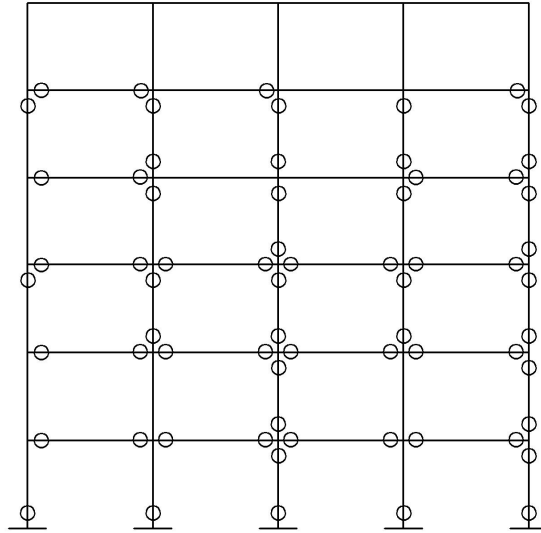


Şekil 4.19: Spektral İvme – Spektral Yerdeğiştirme Diyagramı

Tepe yerdeğiştirme istemi Denklem (2.14) yardımıyla

$$u_{xN1}^{(i)} = 0.165 * 1.35 = 0.223 \text{ m bulunur.}$$

Bulunan tepe yerdeğiştirme istemi için itme analizi tekrarlanmıştır ve bu isteme ulaşıldığında yapıda oluşan plastik mafsallar Şekil 4.20’de görülmektedir.



Şekil 4.20: Tepe Deplasmanı İstemine Ulaşıldığında Yapıda Oluşan Plastik Mafsallar

Şekildeğiştirme istemlerinin hesabı

İtme analizi sonucunda kolonlarda oluşan plastik mafsallara ait plastik dönme istemleri ve bunlara karşılık gelen toplam eğrilik istemleri hesaplanmış ve Tablo 4.18’de gösterilmiştir.

Tablo 4.18: Kolon Kesitlerinde Toplam Eğrilik İstemlerinin Elde Edilmesi

Kolon	Uç	θ_p	Φ_p	Φ_y	Φ_t
		Radyan	(1/m)	(1/m)	(1/m)
S601	alt	0.00035	0.0017	0.0100	0.0117
	üst	0.00023	0.0011	0.0100	0.0111
S602	alt	0.00006	0.0003	0.0100	0.0103
	üst	0.00004	0.0002	0.0100	0.0102
S603	alt	0.00000	0.0000	0.0130	0.0130
	üst	0.00000	0.0000	0.0130	0.0130
S604	alt	0.00006	0.0003	0.0100	0.0103
	üst	0.00004	0.0002	0.0100	0.0102
S605	alt	0.00035	0.0017	0.0100	0.0117
	üst	0.00023	0.0011	0.0100	0.0111
S501	alt	0.00029	0.0014	0.0100	0.0114
	üst	0.00042	0.0021	0.0100	0.0121
S502	alt	0.00179	0.0090	0.0100	0.0190
	üst	0.00301	0.0151	0.0100	0.0251
S503	alt	0.00348	0.0232	0.0130	0.0362
	üst	0.00342	0.0228	0.0130	0.0358
S504	alt	0.00150	0.0075	0.0100	0.0175
	üst	0.00315	0.0157	0.0100	0.0257
S505	alt	0.00068	0.0034	0.0100	0.0134
	üst	0.00066	0.0033	0.0100	0.0133
S401	alt	0.00031	0.0015	0.0095	0.0110
	üst	0.00032	0.0016	0.0095	0.0111
S402	alt	0.00009	0.0003	0.0070	0.0073
	üst	0.00144	0.0058	0.0070	0.0128
S403	alt	0.00304	0.0202	0.0125	0.0327
	üst	0.00307	0.0204	0.0125	0.0329
S404	alt	0.00001	0.0001	0.0070	0.0071
	üst	0.00117	0.0047	0.0070	0.0117
S405	alt	0.00038	0.0019	0.0095	0.0114
	üst	0.00120	0.0060	0.0095	0.0155
Kolon	Uç	θ_p	Φ_p	Φ_y	Φ_t
		Radyan	(1/m)	(1/m)	(1/m)
S301	alt	0.00024	0.0012	0.0095	0.0107
	üst	0.00063	0.0032	0.0095	0.0127
S302	alt	0.00000	0.0000	0.0070	0.0070
	üst	0.00168	0.0067	0.0070	0.0137
S303	alt	0.00523	0.0349	0.0125	0.0474
	üst	0.00721	0.0480	0.0125	0.0605
S304	alt	0.00005	0.0002	0.0070	0.0072
	üst	0.00174	0.0070	0.0070	0.0140
S305	alt	0.00352	0.0176	0.0095	0.0271
	üst	0.00480	0.0240	0.0095	0.0335
S201	alt	0.00029	0.0015	0.0085	0.0100
	üst	0.00027	0.0014	0.0085	0.0099
S202	alt	0.00003	0.0001	0.0055	0.0056
	üst	0.00003	0.0001	0.0055	0.0056
S203	alt	0.00457	0.0305	0.0110	0.0415
	üst	0.00501	0.0334	0.0110	0.0444
S204	alt	0.00002	0.0001	0.0055	0.0056
	üst	0.00002	0.0001	0.0055	0.0056
S205	alt	0.00343	0.0171	0.0085	0.0256
	üst	0.00241	0.0121	0.0085	0.0206
S101	alt	0.00340	0.0170	0.0085	0.0255
	üst	0.00015	0.0008	0.0085	0.0093
S102	alt	0.00496	0.0165	0.0055	0.0220
	üst	0.00023	0.0008	0.0055	0.0063
S103	alt	0.00445	0.0297	0.0110	0.0407
	üst	0.00171	0.0114	0.0110	0.0224
S104	alt	0.00496	0.0165	0.0055	0.0220
	üst	0.00018	0.0006	0.0055	0.0061
S105	alt	0.00476	0.0238	0.0085	0.0323
	üst	0.00065	0.0032	0.0085	0.0117

Elde edilmiş olan toplam eğrilik istemlerine karşılık gelen beton ve donatı çeliğine ait birim şekildeğiştirmeler elde edilmiştir. Elde edilen birim şekildeğiştirmeler kesit düzeyinde hasar sınırları için tanımlanan birim şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit hasar bölgeleri belirlenmiştir (Tablo 4.19).

Tablo 4.19: Kolonların Kesit Hasar Bölgeleri

Kolon	Uç	Normal Kuvvet	Φ_t	ϵ_c	ϵ_s	Hasar Bölgesi
		kN	(1/m)			
S601	alt	-40.28	0.0117	0.0013	0.0029	Minimum
	üst	-40.28	0.0111	0.0012	0.0028	Minimum
S602	alt	-127.87	0.0103	0.0012	0.0024	Minimum
	üst	-127.87	0.0102	0.0012	0.0024	Minimum
S603	alt	-114.35	0.0130	0.0012	0.0023	Minimum
	üst	-114.35	0.0130	0.0012	0.0023	Minimum
S604	alt	-109.11	0.0103	0.0012	0.0025	Minimum
	üst	-109.11	0.0102	0.0012	0.0025	Minimum
S605	alt	-89.29	0.0117	0.0013	0.0029	Minimum
	üst	-89.29	0.0111	0.0013	0.0028	Minimum
S501	alt	-91.98	0.0114	0.0013	0.0028	Minimum
	üst	-91.98	0.0121	0.0014	0.0030	Minimum
S502	alt	-332.65	0.0190	0.0023	0.0045	Minimum
	üst	-332.65	0.0251	0.0029	0.0062	Minimum
S503	alt	-297.25	0.0362	0.0029	0.0065	Minimum
	üst	-297.25	0.0358	0.0029	0.0064	Minimum
S504	alt	-267.74	0.0175	0.0021	0.0042	Minimum
	üst	-267.74	0.0257	0.0027	0.0070	Minimum
S505	alt	-263.60	0.0134	0.0017	0.0031	Minimum
	üst	-263.60	0.0133	0.0017	0.0031	Minimum
S401	alt	-109.66	0.0110	0.0013	0.0027	Minimum
	üst	-109.66	0.0111	0.0013	0.0027	Minimum
S402	alt	-540.88	0.0073	0.0015	0.0018	Minimum
	üst	-540.88	0.0128	0.0023	0.0037	Minimum
S403	alt	-480.68	0.0327	0.0032	0.0540	Minimum
	üst	-480.68	0.0329	0.0032	0.0540	Minimum
S404	alt	-422.93	0.0071	0.0014	0.0019	Minimum
	üst	-422.93	0.0117	0.0020	0.0034	Minimum
S405	alt	-481.15	0.0114	0.0019	0.0023	Minimum
	üst	-481.15	0.0155	0.0023	0.0033	Minimum
Kolon	Uç	Normal Kuvvet	Φ_t	ϵ_c	ϵ_s	Hasar Bölgesi
		kN	(1/m)			
S301	alt	-118.37	0.0107	0.0013	0.0026	Minimum
	üst	-118.37	0.0127	0.0015	0.0032	Minimum
S302	alt	-748.26	0.0070	0.0016	0.0016	Minimum
	üst	-748.26	0.0137	0.0026	0.0036	Minimum
S303	alt	-651.16	0.0474	0.0050	0.0073	Belirgin
	üst	-651.16	0.0605	0.0063	0.0095	Belirgin
S304	alt	-600.09	0.0072	0.0016	0.0018	Minimum
	üst	-600.09	0.0140	0.0025	0.0040	Minimum
S305	alt	-705.24	0.0271	0.0043	0.0055	Belirgin
	üst	-705.24	0.0335	0.0053	0.0068	Belirgin
S201	alt	-107.74	0.0100	0.0013	0.0025	Minimum
	üst	-107.74	0.0099	0.0013	0.0025	Minimum
S202	alt	-973.84	0.0056	0.0016	0.0015	Minimum
	üst	-973.84	0.0056	0.0016	0.0015	Minimum
S203	alt	-807.01	0.0415	0.0043	0.0065	Belirgin
	üst	-807.01	0.0444	0.0046	0.0069	Belirgin
S204	alt	-798.59	0.0056	0.0015	0.0016	Minimum
	üst	-798.59	0.0056	0.0015	0.0016	Minimum
S205	alt	-932.62	0.0256	0.0048	0.0044	Belirgin
	üst	-932.62	0.0206	0.0039	0.0035	Belirgin
S101	alt	-98.25	0.0255	0.0023	0.0069	Minimum
	üst	-98.25	0.0093	0.0012	0.0022	Minimum
S102	alt	-1196.69	0.0220	0.0056	0.0068	Belirgin
	üst	-1196.69	0.0063	0.0019	0.0016	Minimum
S103	alt	-963.22	0.0407	0.0046	0.0060	Belirgin
	üst	-963.22	0.0224	0.0027	0.0031	Minimum
S104	alt	-998.43	0.0220	0.0051	0.0072	Belirgin
	üst	-998.43	0.0061	0.0017	0.0017	Minimum
S105	alt	-1156.66	0.0323	0.0068	0.0049	Belirgin
	üst	-1156.66	0.0117	0.0027	0.0015	Minimum

İtme analizinin son adımına ait kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetleri Tablo 4.20’de gösterilmiştir.

Tablo 4.20: Kolonların Taşıdığı Kesme Kuvvetleri

Kat	Kolon No	Kesme Kuvveti (kN)	Kat	Kolon No	Kesme Kuvveti (kN)
6	S601	20.93	3	S301	86.64
	S602	55.29		S302	175.56
	S603	36.98		S303	118.28
	S604	55.04		S304	175.44
	S605	31.95		S305	92.89
5	S501	71.23	2	S201	66.48
	S502	87.08		S202	214.34
	S503	56.95		S203	131.90
	S504	86.41		S204	213.79
	S505	83.70		S205	90.19
4	S401	43.63	1	S101	89.74
	S402	152.02		S102	221.36
	S403	107.32		S103	124.49
	S404	148.45		S104	221.39
	S405	83.90		S105	88.73

İtme analizi sonucunda kirişlerde oluşan plastik mafsallara ait plastik dönme istemleri ve bunlara karşılık gelen toplam eğrilik istemleri hesaplanmış ve Tablo 4.21’de gösterilmiştir.

Tablo 4.21: Kiriş Kesitlerinde Toplam Eğrilik İstemlerinin Elde Edilmesi

Kiriş	Uç	θ_p	Φ_p	Φ_y	Φ_t
		Radyan	(1/m)	(1/m)	(1/m)
K601	sol	0.00038	0.0013	0.0050	0.0063
	sağ	0.00002	0.0001	0.0060	0.0061
K602	sol	0.00048	0.0016	0.0050	0.0066
	sağ	0.00011	0.0004	0.0060	0.0064
K603	sol	0.00006	0.0002	0.0050	0.0052
	sağ	0.00024	0.0008	0.0060	0.0068
K604	sol	0.00028	0.0009	0.0050	0.0059
	sağ	0.00041	0.0014	0.0060	0.0074
K501	sol	0.00348	0.0116	0.0050	0.0166
	sağ	0.00014	0.0005	0.0060	0.0065
K502	sol	0.00127	0.0042	0.0050	0.0092
	sağ	0.00034	0.0011	0.0060	0.0071
K503	sol	0.00009	0.0003	0.0050	0.0053
	sağ	0.00066	0.0022	0.0060	0.0082
K504	sol	0.00051	0.0017	0.0050	0.0067
	sağ	0.00326	0.0109	0.0060	0.0169
K401	sol	0.00476	0.0159	0.0055	0.0214
	sağ	0.00160	0.0053	0.0060	0.0113
K402	sol	0.00280	0.0093	0.0055	0.0148
	sağ	0.00117	0.0039	0.0060	0.0099
K403	sol	0.00109	0.0036	0.0055	0.0091
	sağ	0.00341	0.0114	0.0060	0.0174
K404	sol	0.00223	0.0074	0.0055	0.0129
	sağ	0.00264	0.0088	0.0060	0.0148

Kiriş	Uç	θ_p	Φ_p	Φ_y	Φ_t
		Radyan	(1/m)	(1/m)	(1/m)
K301	sol	0.00719	0.0240	0.0055	0.0295
	sağ	0.00904	0.0301	0.0060	0.0361
K302	sol	0.00876	0.0292	0.0055	0.0347
	sağ	0.00132	0.0044	0.0060	0.0104
K303	sol	0.00227	0.0076	0.0055	0.0131
	sağ	0.01038	0.0346	0.0060	0.0406
K304	sol	0.00772	0.0257	0.0055	0.0312
	sağ	0.00385	0.0128	0.0060	0.0188
K201	sol	0.00866	0.0289	0.0055	0.0344
	sağ	0.01461	0.0487	0.0060	0.0547
K202	sol	0.01231	0.0410	0.0055	0.0465
	sağ	0.00144	0.0048	0.0060	0.0108
K203	sol	0.00078	0.0026	0.0055	0.0081
	sağ	0.01541	0.0514	0.0060	0.0574
K204	sol	0.01137	0.0379	0.0055	0.0434
	sağ	0.00531	0.0177	0.0060	0.0237
K101	sol	0.00692	0.0231	0.0055	0.0286
	sağ	0.01310	0.0437	0.0060	0.0497
K102	sol	0.01112	0.0371	0.0055	0.0426
	sağ	0.00215	0.0072	0.0060	0.0132
K103	sol	0.00024	0.0008	0.0055	0.0063
	sağ	0.01365	0.0455	0.0060	0.0515
K104	sol	0.01030	0.0343	0.0055	0.0398
	sağ	0.00394	0.0131	0.0060	0.0191

Elde edilmiş olan toplam eğrilik istemlerine karşılık gelen beton ve donatı çeliğine ait birim şekildeğiştirmeler elde edilmiştir. Elde edilen birim şekildeğiştirmeler kesit düzeyinde hasar sınırları için tanımlanan birim şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit hasar bölgeleri belirlenmiştir (Tablo 4.22).

Tablo 4.22: Kirişlerin Kesit Hasar Bölgeleri

Kiriş	Uç	Φ_t (1/m)	ϵ_c	ϵ_s	Hasar Bölgesi
K601	sol	0.0063	0.0005	0.0030	Minimum
	sağ	0.0061	0.0008	0.0027	Minimum
K602	sol	0.0066	0.0005	0.0031	Minimum
	sağ	0.0064	0.0007	0.0028	Minimum
K603	sol	0.0052	0.0005	0.0026	Minimum
	sağ	0.0068	0.0008	0.0030	Minimum
K604	sol	0.0059	0.0005	0.0029	Minimum
	sağ	0.0074	0.0008	0.0033	Minimum
K501	sol	0.0166	0.0009	0.0083	Minimum
	sağ	0.0065	0.0008	0.0029	Minimum
K502	sol	0.0092	0.0006	0.0046	Minimum
	sağ	0.0071	0.0007	0.0031	Minimum
K503	sol	0.0053	0.0005	0.0026	Minimum
	sağ	0.0082	0.0009	0.0037	Minimum
K504	sol	0.0067	0.0005	0.0032	Minimum
	sağ	0.0169	0.0013	0.0082	Minimum
K401	sol	0.0214	0.0011	0.0110	Belirgin
	sağ	0.0113	0.0014	0.0051	Minimum
K402	sol	0.0148	0.0009	0.0074	Minimum
	sağ	0.0099	0.0011	0.0045	Minimum
K403	sol	0.0091	0.0007	0.0042	Minimum
	sağ	0.0174	0.0017	0.0080	Minimum
K404	sol	0.0129	0.0008	0.0063	Minimum
	sağ	0.0148	0.0160	0.0065	Minimum

Kiriş	Uç	Φ_t (1/m)	ϵ_c	ϵ_s	Hasar Bölgesi
K301	sol	0.0295	0.0014	0.0151	Belirgin
	sağ	0.0361	0.0028	0.0173	Belirgin
K302	sol	0.0347	0.0016	0.0179	Belirgin
	sağ	0.0104	0.0011	0.0047	Minimum
K303	sol	0.0131	0.0008	0.0065	Minimum
	sağ	0.0406	0.0031	0.0195	Belirgin
K304	sol	0.0312	0.0015	0.0160	Belirgin
	sağ	0.0188	0.0018	0.0087	Minimum
K201	sol	0.0344	0.0016	0.0175	Belirgin
	sağ	0.0547	0.0048	0.0258	Belirgin
K202	sol	0.0465	0.0020	0.0240	Belirgin
	sağ	0.0108	0.0011	0.0060	Minimum
K203	sol	0.0081	0.0007	0.0040	Minimum
	sağ	0.0574	0.0051	0.0270	Belirgin
K204	sol	0.0434	0.0019	0.0225	Belirgin
	sağ	0.0237	0.0021	0.0111	Belirgin
K101	sol	0.0286	0.0014	0.0146	Belirgin
	sağ	0.0497	0.0044	0.0236	Belirgin
K102	sol	0.0426	0.0019	0.0220	Belirgin
	sağ	0.0132	0.0012	0.0065	Minimum
K103	sol	0.0063	0.0006	0.0030	Minimum
	sağ	0.0515	0.0045	0.0243	Belirgin
K104	sol	0.0398	0.0018	0.0208	Belirgin
	sağ	0.0191	0.0018	0.0089	Minimum

Performans değerlendirme

Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılan hesaplar sonucu; tüm kiriş ve kolonlar *minimum* veya *belirgin hasar bölgelerinde* bulunmaktadır. Alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden *minimum hasar sınırının* aşıldığı kolonlar olan S303, S305 tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, bulundukları üçüncü kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranı %32’ dir. Benzer şekilde alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden *minimum hasar sınırının* aşıldığı kolonlar olan S203, S205 tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, bulundukları ikinci kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranı %31’dir. Bu değerler %30’u aştığından yapı *göçme durumundadır*.

4.4 Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemiyle Performansın Belirlenmesi

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yönteminde Bölüm 3.4'te yapılan kabuller bu bölüm için de geçerlidir. Bölüm 3.4'ten farklı olarak tasarım depreminden farklı olarak servis depremi ve en büyük deprem için yerel zemin sınıfı koşullarına uygun depremler kullanılmıştır. Erzincan, İzmit ve Düzce depremlerinden türetilmiş servis, tasarım ve en büyük depremlere ait tepe deplasmanı - zaman, taban kesme kuvveti - zaman ve göreceli kat ötelemeleri oranı – zaman ilişkileri EK-C'de verilmiştir.

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap sonucunda kolonlarda oluşan plastik mafsallara ait plastik dönme istemleri ve bunlara karşılık gelen toplam eğrilik istemleri hesaplanmış ve Tablo 4.23'te gösterilmiştir.

Tablo 4.23: Kolon Kesitlerinde Toplam Eğrilik İstemlerinin Elde Edilmesi

Kolon No	Uç	θ_p	Φ_p	Φ_y	Φ_t
		Radyan	(1/m)	(1/m)	(1/m)
S601	alt	0.00000	0.0000	0.0100	0.0100
	üst	0.00000	0.0000	0.0100	0.0100
S602	alt	0.00066	0.0033	0.0100	0.0133
	üst	0.00121	0.0061	0.0100	0.0161
S603	alt	0.00065	0.0043	0.0130	0.0173
	üst	0.00078	0.0052	0.0130	0.0182
S604	alt	0.00064	0.0032	0.0100	0.0132
	üst	0.00118	0.0059	0.0100	0.0159
S605	alt	0.00000	0.0000	0.0100	0.0100
	üst	0.00000	0.0000	0.0100	0.0100
S501	alt	0.00624	0.0312	0.0100	0.0412
	üst	0.00595	0.0298	0.0100	0.0398
S502	alt	0.00803	0.0402	0.0100	0.0502
	üst	0.00987	0.0494	0.0100	0.0594
S503	alt	0.01045	0.0697	0.0130	0.0827
	üst	0.01019	0.0679	0.0130	0.0809
S504	alt	0.00823	0.0412	0.0100	0.0512
	üst	0.00994	0.0497	0.0100	0.0597
S505	alt	0.00613	0.0307	0.0100	0.0407
	üst	0.00562	0.0281	0.0100	0.0381
S401	alt	0.00001	0.0001	0.0095	0.0096
	üst	0.00048	0.0024	0.0095	0.0119
S402	alt	0.00020	0.0008	0.0070	0.0078
	üst	0.00346	0.0138	0.0070	0.0208
S403	alt	0.00397	0.0265	0.0125	0.0390
	üst	0.00429	0.0286	0.0125	0.0411
S404	alt	0.00020	0.0008	0.0070	0.0078
	üst	0.00365	0.0146	0.0070	0.0216
S405	alt	0.00006	0.0003	0.0095	0.0098
	üst	0.00097	0.0049	0.0095	0.0144
Kolon No	Uç	θ_p	Φ_p	Φ_y	Φ_t
		Radyan	(1/m)	(1/m)	(1/m)
S301	alt	0.00010	0.0005	0.0095	0.0100
	üst	0.00120	0.0060	0.0095	0.0155
S302	alt	0.00085	0.0034	0.0070	0.0104
	üst	0.00222	0.0089	0.0070	0.0159
S303	alt	0.00565	0.0377	0.0125	0.0502
	üst	0.00670	0.0447	0.0125	0.0572
S304	alt	0.00082	0.0033	0.0070	0.0103
	üst	0.00209	0.0084	0.0070	0.0154
S305	alt	0.00218	0.0109	0.0095	0.0204
	üst	0.00358	0.0179	0.0095	0.0274
S201	alt	0.00002	0.0001	0.0085	0.0086
	üst	0.00007	0.0004	0.0085	0.0089
S202	alt	0.00013	0.0004	0.0055	0.0059
	üst	0.00002	0.0001	0.0055	0.0056
S203	alt	0.00440	0.0293	0.0110	0.0403
	üst	0.00499	0.0333	0.0110	0.0443
S204	alt	0.00014	0.0005	0.0055	0.0060
	üst	0.00002	0.0001	0.0055	0.0056
S205	alt	0.00162	0.0081	0.0085	0.0166
	üst	0.00139	0.0070	0.0085	0.0155
S101	alt	0.00422	0.0211	0.0085	0.0296
	üst	0.00018	0.0009	0.0085	0.0094
S102	alt	0.00580	0.0193	0.0055	0.0248
	üst	0.00043	0.0014	0.0055	0.0069
S103	alt	0.00481	0.0321	0.0110	0.0431
	üst	0.00287	0.0191	0.0110	0.0301
S104	alt	0.00573	0.0191	0.0055	0.0246
	üst	0.00043	0.0014	0.0055	0.0069
S105	alt	0.00447	0.0224	0.0085	0.0309
	üst	0.00082	0.0041	0.0085	0.0126

Elde edilmiş olan toplam eğrilik istemlerine karşılık gelen beton ve donatı çeliğine ait birim şekildeğiştirmeler elde edilmiştir. Elde edilen birim şekildeğiştirmeler kesit düzeyinde hasar sınırları için tanımlanan birim şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit hasar bölgeleri belirlenmiştir (Tablo 4.24).

Tablo 4.24: Kolonların Kesit Hasar Bölgeleri

Kolon No	Uç	Normal Kuvvet	Φ_t	ϵ_c	ϵ_s	Hasar Bölgesi
		kN	(1/m)			
S601	alt	-107.57	0.0100	0.0012	0.0023	Minimum
	üst	-107.57	0.0100	0.0012	0.0023	Minimum
S602	alt	-139.93	0.0133	0.0015	0.0034	Minimum
	üst	-139.93	0.0161	0.0017	0.0041	Minimum
S603	alt	-114.92	0.0173	0.0014	0.0031	Minimum
	üst	-114.92	0.0182	0.0014	0.0033	Minimum
S604	alt	-143.24	0.0132	0.0015	0.0034	Minimum
	üst	-143.24	0.0159	0.0017	0.0041	Minimum
S605	alt	-103.40	0.0100	0.0012	0.0023	Minimum
	üst	-103.40	0.0100	0.0012	0.0023	Minimum
S501	alt	-278.54	0.0412	0.0038	0.0109	Belirgin
	üst	-278.54	0.0398	0.0037	0.0106	Belirgin
S502	alt	256.28	0.0502	0.0044	0.0137	Belirgin
	üst	256.28	0.0594	0.0051	0.0162	Belirgin
S503	alt	-296.66	0.0827	0.0054	0.0162	Belirgin
	üst	-296.66	0.0809	0.0053	0.0158	Belirgin
S504	alt	-354.45	0.0512	0.0053	0.0131	Belirgin
	üst	-354.45	0.0597	0.0061	0.0153	Belirgin
S505	alt	-273.03	0.0407	0.0038	0.0109	Belirgin
	üst	-273.03	0.0381	0.0036	0.0102	Belirgin
S401	alt	-476.84	0.0096	0.0016	0.0019	Minimum
	üst	-476.84	0.0119	0.0019	0.0025	Minimum
S402	alt	-579.46	0.0078	0.0016	0.0019	Minimum
	üst	-579.46	0.0208	0.0034	0.0062	Minimum
S403	alt	-481.32	0.0390	0.0036	0.0065	Belirgin
	üst	-481.32	0.0411	0.0037	0.0069	Belirgin
S404	alt	-578.75	0.0078	0.0016	0.0019	Minimum
	üst	-578.75	0.0216	0.0036	0.0064	Belirgin
S405	alt	-461.70	0.0098	0.0016	0.0019	Minimum
	üst	-461.70	0.0144	0.0021	0.0030	Minimum
S301	alt	-676.41	0.0100	0.0019	0.0018	Minimum
	üst	-676.41	0.0155	0.0026	0.0030	Minimum
S302	alt	-792.91	0.0104	0.0022	0.0025	Minimum
	üst	-792.91	0.0159	0.0031	0.0043	Minimum
S303	alt	-668.19	0.0502	0.0053	0.0076	Belirgin
	üst	-668.19	0.0572	0.0060	0.0088	Belirgin
S304	alt	-786.07	0.0103	0.0022	0.0025	Minimum
	üst	-786.07	0.0154	0.0030	0.0041	Minimum
S305	alt	-679.12	0.0204	0.0032	0.0041	Minimum
	üst	-679.12	0.0274	0.0042	0.0056	Belirgin
S201	alt	-882.76	0.0086	0.0019	0.0012	Minimum
	üst	-882.76	0.0089	0.0019	0.0013	Minimum
S202	alt	-1016.19	0.0059	0.0017	0.0016	Minimum
	üst	-1016.19	0.0056	0.0016	0.0015	Minimum
S203	alt	-861.05	0.0403	0.0043	0.0062	Belirgin
	üst	-861.05	0.0443	0.0047	0.0067	Belirgin
S204	alt	-991.89	0.0060	0.0017	0.0016	Minimum
	üst	-991.89	0.0056	0.0016	0.0015	Minimum
S205	alt	-891.56	0.0166	0.0032	0.0029	Minimum
	üst	-891.56	0.0155	0.0030	0.0026	Minimum
S101	alt	-1087.76	0.0296	0.0060	0.0046	Belirgin
	üst	-1087.76	0.0094	0.0022	0.0012	Minimum
S102	alt	-1235.49	0.0248	0.0063	0.0076	Belirgin
	üst	-1235.49	0.0069	0.0021	0.0018	Minimum
S103	alt	-1053.83	0.0431	0.0051	0.0062	Belirgin
	üst	-1053.83	0.0301	0.0036	0.0042	Belirgin
S104	alt	-1206.10	0.0246	0.0062	0.0075	Belirgin
	üst	-1206.10	0.0069	0.0021	0.0018	Minimum
S105	alt	-1097.70	0.0309	0.0063	0.0049	Belirgin
	üst	-1097.70	0.0126	0.0028	0.0017	Minimum

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap sonucunda kirişlerde oluşan plastik mafsallara ait plastik dönme istemleri ve bunlara karşılık gelen toplam eğrilik istemleri hesaplanmış ve Tablo 4.25’de gösterilmiştir.

Tablo 4.25: Kiriş Kesitlerinde Toplam Eğrilik İstemlerinin Elde Edilmesi

Kiriş No	Uç	θ_p	Φ_p	Φ_y	Φ_t
		Radyan	(1/m)	(1/m)	(1/m)
K601	sol	0.00118	0.0039	0.0050	0.0089
	sağ	0.00034	0.0011	0.0060	0.0071
K602	sol	0.00055	0.0018	0.0050	0.0068
	sağ	0.00014	0.0005	0.0060	0.0065
K603	sol	0.00014	0.0005	0.0050	0.0055
	sağ	0.00049	0.0016	0.0060	0.0076
K604	sol	0.00036	0.0012	0.0050	0.0062
	sağ	0.00118	0.0039	0.0060	0.0099
K501	sol	0.00686	0.0229	0.0050	0.0279
	sağ	0.00088	0.0029	0.0060	0.0089
K502	sol	0.00151	0.0050	0.0050	0.0100
	sağ	0.00044	0.0015	0.0060	0.0075
K503	sol	0.00027	0.0009	0.0050	0.0059
	sağ	0.00117	0.0039	0.0060	0.0099
K504	sol	0.00090	0.0030	0.0050	0.0080
	sağ	0.00564	0.0188	0.0060	0.0248
K401	sol	0.00901	0.0300	0.0055	0.0355
	sağ	0.00562	0.0187	0.0060	0.0247
K402	sol	0.00655	0.0218	0.0055	0.0273
	sağ	0.00247	0.0082	0.0060	0.0142
K403	sol	0.00251	0.0084	0.0055	0.0139
	sağ	0.00687	0.0229	0.0060	0.0289
K404	sol	0.00532	0.0177	0.0055	0.0232
	sağ	0.00941	0.0314	0.0060	0.0374

Kiriş No	Uç	θ_p	Φ_p	Φ_y	Φ_t
		Radyan	(1/m)	(1/m)	(1/m)
K301	sol	0.01093	0.0364	0.0055	0.0419
	sağ	0.01500	0.0500	0.0060	0.0560
K302	sol	0.01334	0.0445	0.0055	0.0500
	sağ	0.00382	0.0127	0.0060	0.0187
K303	sol	0.00395	0.0132	0.0055	0.0187
	sağ	0.01641	0.0547	0.0060	0.0607
K304	sol	0.01235	0.0412	0.0055	0.0467
	sağ	0.01126	0.0375	0.0060	0.0435
K201	sol	0.00879	0.0293	0.0055	0.0348
	sağ	0.01380	0.0460	0.0060	0.0520
K202	sol	0.01010	0.0337	0.0055	0.0392
	sağ	0.00425	0.0142	0.0060	0.0202
K203	sol	0.00248	0.0083	0.0055	0.0138
	sağ	0.01491	0.0497	0.0060	0.0557
K204	sol	0.00920	0.0307	0.0055	0.0362
	sağ	0.00830	0.0277	0.0060	0.0337
K101	sol	0.00865	0.0288	0.0055	0.0343
	sağ	0.01186	0.0395	0.0060	0.0455
K102	sol	0.00994	0.0331	0.0055	0.0386
	sağ	0.00571	0.0190	0.0060	0.0250
K103	sol	0.00420	0.0140	0.0055	0.0195
	sağ	0.01243	0.0414	0.0060	0.0474
K104	sol	0.00903	0.0301	0.0055	0.0356
	sağ	0.00794	0.0265	0.0060	0.0325

Elde edilmiş olan toplam eğrilik istemlerine karşılık gelen beton ve donatı çeliğine ait birim şekildeğiştirmeler elde edilmiştir. Elde edilen birim şekildeğiştirmeler kesit düzeyinde hasar sınırları için tanımlanan birim şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit hasar bölgeleri belirlenmiştir (Tablo 4.26).

Tablo 4.26: Kirişlerin Kesit Hasar Bölgeleri

Kiriş No	Uç	Φ_t (1/m)	ϵ_c	ϵ_s	Hasar Bölgesi
K601	sol	0.0089	0.0006	0.0044	Minimum
	sağ	0.0071	0.0008	0.0031	Minimum
K602	sol	0.0068	0.0005	0.0033	Minimum
	sağ	0.0065	0.0007	0.0030	Minimum
K603	sol	0.0055	0.0005	0.0028	Minimum
	sağ	0.0076	0.0008	0.0033	Minimum
K604	sol	0.0062	0.0005	0.0030	Minimum
	sağ	0.0099	0.0010	0.0046	Minimum
K501	sol	0.0279	0.0012	0.0142	Belirgin
	sağ	0.0089	0.0009	0.0040	Minimum
K502	sol	0.0100	0.0007	0.0051	Minimum
	sağ	0.0075	0.0007	0.0035	Minimum
K503	sol	0.0059	0.0005	0.0029	Minimum
	sağ	0.0099	0.0010	0.0046	Minimum
K504	sol	0.0080	0.0006	0.0040	Minimum
	sağ	0.0248	0.0017	0.0120	Belirgin
K401	sol	0.0355	0.0016	0.0182	Belirgin
	sağ	0.0247	0.0022	0.0116	Belirgin
K402	sol	0.0273	0.0013	0.0140	Belirgin
	sağ	0.0142	0.0013	0.0067	Minimum
K403	sol	0.0139	0.0009	0.0066	Minimum
	sağ	0.0289	0.0024	0.0137	Belirgin
K404	sol	0.0232	0.0012	0.0118	Belirgin
	sağ	0.0374	0.0029	0.0181	Belirgin

Kiriş No	Uç	Φ_t (1/m)	ϵ_c	ϵ_s	Hasar Bölgesi
K301	sol	0.0419	0.0019	0.0215	Belirgin
	sağ	0.0560	0.0039	0.0274	Belirgin
K302	sol	0.0500	0.0022	0.0260	Belirgin
	sağ	0.0187	0.0150	0.0089	Minimum
K303	sol	0.0187	0.0010	0.0094	Minimum
	sağ	0.0607	0.0042	0.0298	Belirgin
K304	sol	0.0467	0.0021	0.0241	Belirgin
	sağ	0.0435	0.0032	0.0209	Belirgin
K201	sol	0.0348	0.0016	0.0180	Belirgin
	sağ	0.0520	0.0046	0.0225	Belirgin
K202	sol	0.0392	0.0018	0.0202	Belirgin
	sağ	0.0202	0.0015	0.0098	Minimum
K203	sol	0.0138	0.0009	0.0068	Minimum
	sağ	0.0557	0.0049	0.0263	Belirgin
K204	sol	0.0362	0.0016	0.0185	Belirgin
	sağ	0.0337	0.0027	0.0160	Belirgin
K101	sol	0.0343	0.0016	0.0175	Belirgin
	sağ	0.0455	0.0040	0.0216	Belirgin
K102	sol	0.0386	0.0017	0.0199	Belirgin
	sağ	0.0250	0.0017	0.0123	Belirgin
K103	sol	0.0195	0.0011	0.0099	Minimum
	sağ	0.0474	0.0041	0.0224	Belirgin
K104	sol	0.0356	0.0016	0.0183	Belirgin
	sağ	0.0325	0.0026	0.0155	Belirgin

Performans Değerlendirmesi

Zaman tanım alanında hesap yöntemi ile yapılan hesaplar sonucu; tüm kiriş ve kolonlar *minimum* veya *belirgin hasar bölgelerinde* bulunmaktadır. Beşinci kat kolonlarının tümünde, alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden *minimum hasar sınırının* aşıldığından yapı *göçme* durumundadır.

4.5 Üç Farklı Yöntemle Bulunan Sonuçların Karşılaştırılması

4.5.1 Kesit hasar bölgelerinin karşılaştırılması

Sistemin kiriş ve kolon uç noktaları için tanımlanmış üç yöntem ile belirlenen kesit hasar bölgeleri ve kesit hasar indeksleri Tablo 4.27 ve Tablo 4.28’de verilmiştir.

Tablo 4.27: Kolonların Her Üç Yöntem İle Belirlenen Kesit Hasar Bölgelerinin Karşılaştırılması

Kolon No	Üç	Eşdeğer Deprem Yüğü Y.	Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Y.	Zaman Tanım Alanında Hesap Y.	Hasar İndeksi (Art. Eş. D. Y. Y.)	Hasar İndeksi (Zaman Tanım A. H. Y.)	Kolon No	Üç	Eşdeğer Deprem Yüğü Y.	Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Y.	Zaman Tanım Alanında Hesap Y.	Hasar İndeksi (Art. Eş. D. Y. Y.)	Hasar İndeksi (Zaman Tanım A. H. Y.)
S601	alt	Minimum	Minimum	Minimum	0.05	0.11	S301	alt	Belirgin	Minimum	Minimum	0.13	0.16
	üst	Minimum	Minimum	Minimum	0.05	0.11		üst	Belirgin	Minimum	Minimum	0.13	0.16
S602	alt	Minimum	Minimum	Minimum	0.06	0.13	S302	alt	Belirgin	Minimum	Minimum	0.21	0.23
	üst	Minimum	Minimum	Minimum	0.06	0.13		üst	Belirgin	Minimum	Minimum	0.21	0.23
S603	alt	Minimum	Minimum	Minimum	0.05	0.11	S303	alt	Belirgin	Belirgin	Belirgin	0.30	0.30
	üst	Minimum	Minimum	Minimum	0.05	0.11		üst	Belirgin	Belirgin	Belirgin	0.30	0.30
S604	alt	Minimum	Minimum	Minimum	0.06	0.13	S304	alt	Belirgin	Minimum	Minimum	0.21	0.23
	üst	Minimum	Minimum	Minimum	0.06	0.13		üst	Belirgin	Minimum	Minimum	0.21	0.23
S605	alt	Minimum	Minimum	Minimum	0.06	0.11	S305	alt	Belirgin	Belirgin	Minimum	0.19	0.16
	üst	Minimum	Minimum	Minimum	0.06	0.11		üst	Belirgin	Belirgin	Belirgin	0.19	0.16
S501	alt	Belirgin	Minimum	Belirgin	0.09	0.25	S201	alt	Belirgin	Minimum	Minimum	0.10	0.15
	üst	Belirgin	Minimum	Belirgin	0.09	0.25		üst	Belirgin	Minimum	Minimum	0.10	0.15
S502	alt	Belirgin	Minimum	Belirgin	0.16	0.31	S202	alt	Belirgin	Minimum	Minimum	0.13	0.19
	üst	Belirgin	Minimum	Belirgin	0.16	0.31		üst	Belirgin	Minimum	Minimum	0.13	0.19
S503	alt	Belirgin	Minimum	Belirgin	0.15	0.26	S203	alt	Belirgin	Belirgin	Belirgin	0.26	0.25
	üst	Belirgin	Minimum	Belirgin	0.15	0.26		üst	Belirgin	Belirgin	Belirgin	0.26	0.25
S504	alt	Belirgin	Minimum	Belirgin	0.16	0.31	S204	alt	Belirgin	Minimum	Minimum	0.13	0.19
	üst	Belirgin	Minimum	Belirgin	0.16	0.31		üst	Belirgin	Minimum	Minimum	0.13	0.19
S505	alt	Belirgin	Minimum	Belirgin	0.11	0.24	S205	alt	Belirgin	Belirgin	Minimum	0.17	0.14
	üst	Belirgin	Minimum	Belirgin	0.11	0.24		üst	Belirgin	Belirgin	Minimum	0.17	0.14
S401	alt	Belirgin	Minimum	Minimum	0.09	0.16	S101	alt	Belirgin	Minimum	Belirgin	0.33	0.35
	üst	Belirgin	Minimum	Minimum	0.09	0.16		üst	Belirgin	Minimum	Minimum	0.33	0.35
S402	alt	Belirgin	Minimum	Minimum	0.27	0.33	S102	alt	İleri	Belirgin	Belirgin	0.53	0.55
	üst	Belirgin	Minimum	Minimum	0.27	0.33		üst	Belirgin	Minimum	Minimum	0.53	0.55
S403	alt	Belirgin	Minimum	Belirgin	0.22	0.25	S103	alt	Belirgin	Belirgin	Belirgin	0.23	0.24
	üst	Belirgin	Minimum	Belirgin	0.22	0.25		üst	Minimum	Minimum	Belirgin	0.23	0.24
S404	alt	Belirgin	Minimum	Minimum	0.24	0.33	S104	alt	İleri	Belirgin	Belirgin	0.53	0.55
	üst	Belirgin	Minimum	Belirgin	0.24	0.33		üst	Belirgin	Minimum	Minimum	0.53	0.55
S405	alt	Belirgin	Minimum	Minimum	0.11	0.13	S105	alt	Belirgin	Belirgin	Belirgin	0.17	0.22
	üst	Belirgin	Minimum	Minimum	0.11	0.13		üst	Belirgin	Minimum	Minimum	0.17	0.22

Tablo 4.28: Kirişlerin Her Üç Yöntem İle Belirlenen Kesit Hasar Bölgelerinin Karşılaştırılması

Kiriş No	Uç	Eşdeğer Deprem Yüğü Y.	Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Y.	Zaman Tanım Alanında Hesap Y.	Hasar İndeksi (Art. Eş. D. Y. Y.)	Hasar İndeksi (Zaman Tanım A. H. Y.)	Kiriş No	Uç	Eşdeğer Deprem Yüğü Y.	Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Y.	Zaman Tanım Alanında Hesap Y.	Hasar İndeksi (Art. Eş. D. Y. Y.)	Hasar İndeksi (Zaman Tanım A. H. Y.)
K601	sol	Minimum	Minimum	Minimum	0.01	0.05	K301	sol	Belirgin	Belirgin	Belirgin	0.42	0.57
	sağ	Minimum	Minimum	Minimum	0.01	0.04		sağ	Belirgin	Belirgin	Belirgin	0.31	0.48
K602	sol	Minimum	Minimum	Minimum	0.00	0.03	K302	sol	Minimum	Belirgin	Belirgin	0.31	0.48
	sağ	Minimum	Minimum	Minimum	0.00	0.02		sağ	Minimum	Minimum	Minimum	0.06	0.15
K603	sol	Minimum	Minimum	Minimum	0.00	0.02	K303	sol	Minimum	Minimum	Minimum	0.07	0.19
	sağ	Minimum	Minimum	Minimum	0.01	0.03		sağ	Minimum	Belirgin	Belirgin	0.24	0.38
K604	sol	Minimum	Minimum	Minimum	0.00	0.04	K304	sol	Belirgin	Belirgin	Belirgin	0.36	0.55
	sağ	Minimum	Minimum	Minimum	0.01	0.04		sağ	Belirgin	Minimum	Belirgin	0.20	0.41
K501	sol	Minimum	Minimum	Belirgin	0.11	0.20	K201	sol	Belirgin	Belirgin	Belirgin	0.61	0.58
	sağ	Minimum	Minimum	Minimum	0.07	0.10		sağ	Belirgin	Belirgin	Belirgin	0.40	0.57
K502	sol	Minimum	Minimum	Minimum	0.01	0.05	K202	sol	Belirgin	Belirgin	Belirgin	0.52	0.63
	sağ	Minimum	Minimum	Minimum	0.02	0.04		sağ	Belirgin	Minimum	Minimum	0.18	0.12
K503	sol	Minimum	Minimum	Minimum	0.00	0.03	K203	sol	Belirgin	Minimum	Minimum	0.23	0.22
	sağ	Minimum	Minimum	Minimum	0.03	0.05		sağ	Belirgin	Belirgin	Belirgin	0.34	0.52
K504	sol	Minimum	Minimum	Minimum	0.03	0.07	K204	sol	Belirgin	Belirgin	Belirgin	0.58	0.63
	sağ	Minimum	Minimum	Belirgin	0.13	0.23		sağ	Belirgin	Belirgin	Belirgin	0.27	0.38
K401	sol	Minimum	Belirgin	Belirgin	0.24	0.40	K101	sol	Belirgin	Belirgin	Belirgin	0.51	0.51
	sağ	Minimum	Minimum	Belirgin	0.14	0.28		sağ	Belirgin	Belirgin	Belirgin	0.36	0.60
K402	sol	Minimum	Minimum	Belirgin	0.06	0.17	K102	sol	Belirgin	Belirgin	Belirgin	0.47	0.66
	sağ	Minimum	Minimum	Minimum	0.04	0.06		sağ	Belirgin	Minimum	Belirgin	0.19	0.15
K403	sol	Minimum	Minimum	Minimum	0.02	0.05	K103	sol	Belirgin	Minimum	Minimum	0.23	0.23
	sağ	Minimum	Minimum	Belirgin	0.08	0.15		sağ	Belirgin	Belirgin	Belirgin	0.31	0.59
K404	sol	Minimum	Minimum	Belirgin	0.13	0.28	K104	sol	Belirgin	Belirgin	Belirgin	0.51	0.67
	sağ	Minimum	Minimum	Belirgin	0.14	0.37		sağ	Belirgin	Minimum	Belirgin	0.21	0.33

Kat bazında ve tüm yapı için tanımlanmış olan Park & Ang hasar indeksi değerleri Tablo 4.29’da verilmiştir.

Tablo 4.29: Tasarım Depremleri İçin Hasar İndeksleri

Kat	Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi		Erzincan Depremi		İzmit Depremi		Düzce Depremi	
	Kiriş	Kolon	Kiriş	Kolon	Kiriş	Kolon	Kiriş	Kolon
6	0.000	0.055	0.002	0.092	0.002	0.101	0.002	0.113
5	0.019	0.114	0.039	0.196	0.031	0.222	0.052	0.209
4	0.056	0.133	0.134	0.151	0.172	0.084	0.080	0.074
3	0.151	0.114	0.310	0.074	0.290	0.083	0.138	0.096
2	0.293	0.056	0.426	0.043	0.374	0.049	0.358	0.047
1	0.192	0.196	0.308	0.180	0.236	0.135	0.287	0.193
Yapı İçin Genel	0.304		0.415		0.337		0.353	

Yapı geneli için verilmiş olan hasar indekslerinden Erzincan Depremi için elde edilen 0.415 değerinin, Tablo 2.7’de gösterilen Park & Ang hasar modeli tanımında 0.4 sayısını aşmış olduğundan ileri hasar bölgesine geçmiş olduğu görülmektedir.

Bahsi geçen üç deprem servis depremi olarak türetildiğinde yapı sisteminin katlarında ve genelinde elde edilmiş olan hasar indeksi değerleri Tablo 4.30’da verilmiştir.

Tablo 4.30: Servis Depremleri İçin Hasar İndeksleri

Kat	Erzincan Servis Depremi		İzmit Servis Depremi		Düzce Servis Depremi	
	Kiriş	Kolon	Kiriş	Kolon	Kiriş	Kolon
6	0.002	0.076	0.002	0.059	0.002	0.067
5	0.022	0.133	0.022	0.106	0.024	0.090
4	0.111	0.037	0.099	0.042	0.026	0.063
3	0.119	0.039	0.077	0.059	0.067	0.059
2	0.107	0.030	0.110	0.040	0.111	0.036
1	0.099	0.073	0.061	0.078	0.090	0.090
Yapı İçin Genel	0.152		0.135		0.134	

Servis depremleri yapıya uygulandığında, yapı geneli için elde edilmiş olan hasar indekslerinin, Tablo 2.7’de gösterilen Park & Ang hasar modeli tanımında verilmiş olan ileri hasar bölgesi sınırı olan 0.4 rakamının çok altında kaldığı görülmektedir.

Bahsi geçen üç deprem en büyük deprem olarak türetildiğinde yapı sisteminin katlarında ve genelinde elde edilmiş olan hasar indeksi değerleri Tablo 4.31’de verilmiştir.

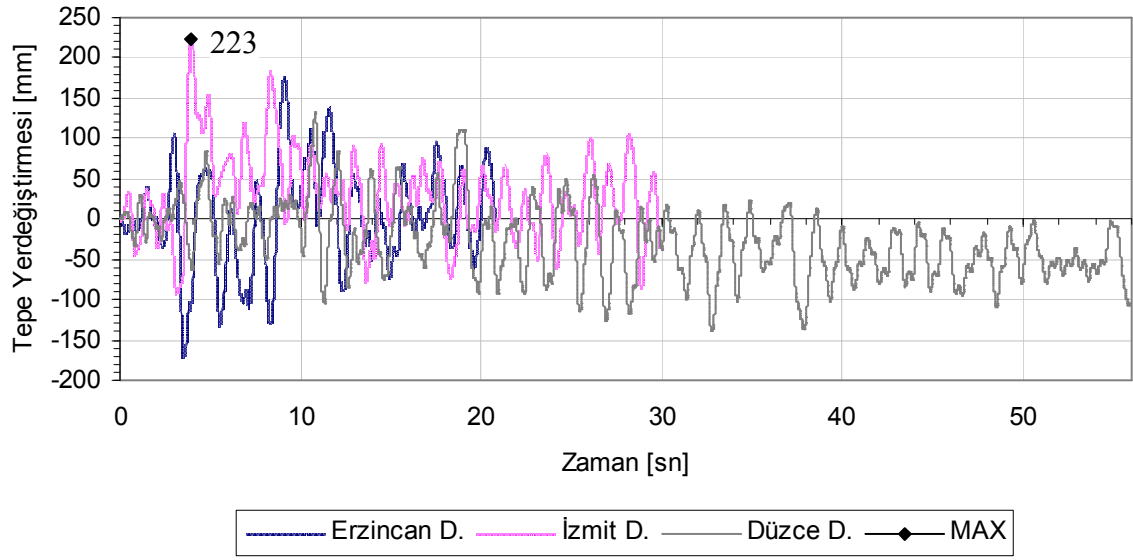
Tablo 4.31: En Büyük Depremler İçin Hasar İndeksleri

Kat	Erzincan En Büyük Depremi		İzmit En Büyük Depremi		Düzce En Büyük Depremi	
	Kiriş	Kolon	Kiriş	Kolon	Kiriş	Kolon
6	0.010	0.108	0.010	0.115	0.010	0.124
5	0.045	0.166	0.048	0.232	0.071	0.149
4	0.149	0.106	0.154	0.127	0.016	0.103
3	0.168	0.152	0.227	0.220	0.088	0.100
2	0.460	0.062	0.593	0.061	0.149	0.061
1	0.317	121.359	0.021	152.551	0.132	615.236
Yapı İçin Genel	47.224		137.347		191.306	

En büyük depremler yapıya uygulandığında, yapı geneli için elde edilmiş olan hasar indekslerinin, Tablo 2.7’de gösterilen Park & Ang hasar modeli tanımında verilmiş olan göçme sınırı olan 1.0 rakamını aştığı görülmektedir. Bu rakamların çok büyük olması göçmenin derecesini göstermemektedir. Ancak her üç depremde de en büyük hasarın en alt kat kolonlarında yoğunlaştığı görülmektedir.

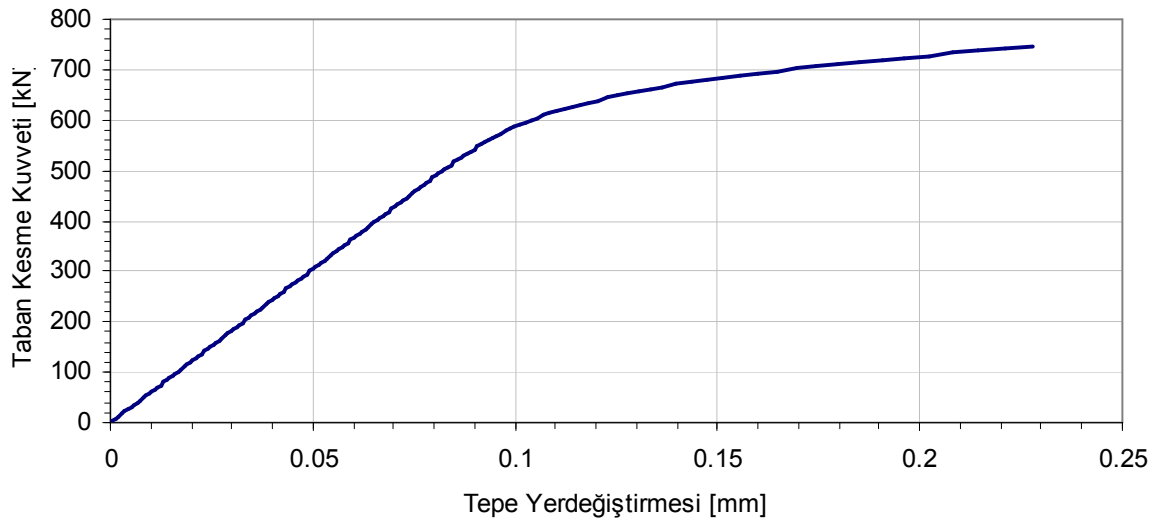
4.5.2 Tepe yatay yerdeğiştirmelerinin karşılaştırılması

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz sonucunda üç deprem yer hareketinden elde edilen tepe yatay yerdeğiştirmeleri Şekil 4.21’de gösterilmiştir. Buna göre en büyük yatay yerdeğiştirme istemi 0.223 m’dir.



Şekil 4.21: Tepe Yerdeğiştirmeleri

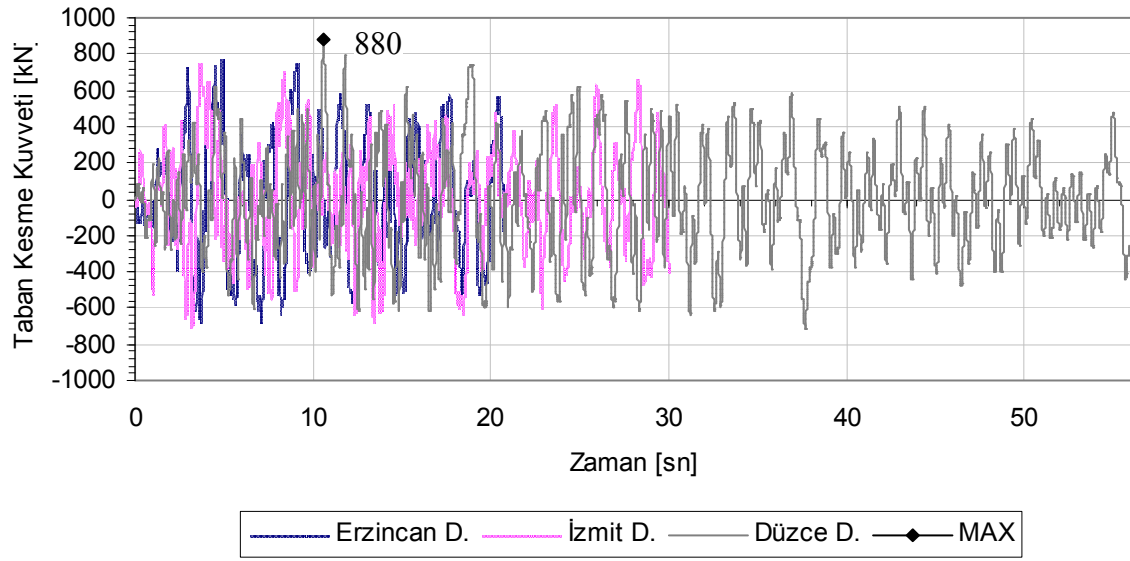
Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yapılan analizde tepe yatay yerdeğiştirme istemi 0.223 m'dir (Şekil 4.22).



Şekil 4.22: İtme Eğrisi

4.5.3 Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz sonucunda üç deprem yer hareketinden elde edilen taban kesme kuvvetleri Şekil 4.23'te gösterilmiştir. Buna göre en büyük taban kesme kuvveti 880 kN'dur.



Şekil 4.23: Taban Kesme Kuvvetleri

Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yapılan analizde hedef yerdeğiştirmeye karşı gelen taban kesme kuvveti 746 kN'dur.

5. DEĞERLENDİRMELER VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, 2007 Türk Deprem Yönetmeliği'nde mevcut veya güçlendirilmiş binaların deprem performanslarının belirlenmesi amacıyla önerilen *Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi*, *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi* ve *Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi*'nin karşılaştırılmasına yönelik olarak bir sayısal inceleme gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Birinci örnekte verilen iki katlı yapı sistemi güncel yönetmeliğe göre boyutlanmıştır. İkinci örnekte incelenen altı katlı yapı sistemi ise 1975 Deprem Yönetmeliği'ne göre boyutlandırılmıştır. İki farklı yönetmeliğe göre boyutlandırılan bu örneklerin 2007 Deprem Yönetmeliği'nde tanımlanan üç değerlendirme yöntemi ile deprem güvenlikleri irdelenmiştir.

1975 Deprem Yönetmeliği'ne göre boyutlandırılan 6 katlı yapı, mevcut yapı stoğunu belirli ölçüde temsil etmektedir.

Nümerik analizlerde, yapı sistemlerinin statik ve dinamik karakterli yükler etkisinde doğrusal ve doğrusal olmayan analizlerini yapabilen IDARC2D programı kullanılmıştır. İki katlı yapı sistemi, SAP2000 ve IDARC2D programları ile çözümlenerek her iki programın doğrusal olmayan statik ve dinamik analiz sonuçları karşılaştırılmıştır.

IDARC2D programında yer alan Park & Ang hasar modeli kullanılarak eleman, kat ve sistem düzeyinde elde edilen hasar indekslerinin yönetmelikte tanımlanan yöntemler ile karşılaştırılması yapılmıştır.

Bu ve benzeri sayısal çalışmaların sonuçlarına dayanarak, mevcut binaların deprem performansının belirlenmesi amacıyla 2007 Deprem Yönetmeliğinde tanımlanan doğrusal ve doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin birbirleri ile karşılaştırılarak irdelenmesi ve gerekli olan durumlarda bu yöntemlerde revizyon yapılması mümkün olabilecektir.

Sayısal incelemelerde varılan başlıca sonuçlar aşağıda sıralanmıştır:

- 1) 2007 Türk Deprem Yönetmeliği'nde yer alan *Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi*, *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi* ve *Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri* ile belirlenen kesit hasar bölgeleri önemli ölçüde benzerlik göstermektedir. Üç yöntemin farklılık gösterdiği kesitlerdeki değişim genel olarak bir hasar bölgesi kadardır.
- 2) Doğrusal olmayan yöntemlerle belirlenen kesit hasar bölgeleri, genelde doğrusal olan yönteme göre daha elverişli sonuçlar vermektedir. Bu durum, mevcut binaların deprem güvenliği ve performansının belirlenmesinde daha az tutucu sonuçlar verdiğine işaret etmektedir.
- 3) 2 katlı yapıda, yönetmelikte tanımlanan üç farklı değerlendirme yönteminden *Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemine* göre değerlendirmede yapı sistemi *can güvenliği performans düzeyinde* çıkarken, *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi* ve *Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi* ile değerlendirmede yapı *hemen kullanım performans düzeyinde* çıkmaktadır. Böylece, 2007 Deprem Yönetmeliği'nde konutlar için tasarım depreminde öngörülen *can güvenliği performans düzeyi* sağlanmaktadır.
- 4) 2 katlı yapıda artımsal eşdeğer deprem yüğü yöntemine göre yapılan analizde tepe yatay yerdeğiştirme istemi 0.027 m'dir. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz sonucunda üç deprem yer hareketinden elde edilen en büyük tepe yatay yerdeğiştirmesi de 0.018 m olarak bulunmuştur.
- 5) 2 katlı yapıda artımsal eşdeğer deprem yüğü yöntemine göre yapılan analizde hedef yerdeğiştirmeye karşı gelen taban kesme kuvveti 88.2 kN'dur. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz sonucunda üç deprem yer hareketinden elde edilen en büyük taban kesme kuvveti 89.2 kN olarak bulunmuştur.
- 6) 2 katlı yapıda artımsal eşdeğer deprem yüğü yöntemine göre yapılan analizde yapı geneli için elde edilen hasar indeksi değeri 0.112'dir. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz sonucunda yapı geneli için elde edilen hasar indeksi değerleri Erzincan Tasarım Depremi için 0.071, İzmit Tasarım Depremi için 0.056, Düzce Tasarım Depremi için 0.056'dır. Bu elde edilmiş olan hasar indeksi değerlerinin, Park & Ang hasar modeli tanımında

verilmiş olan ileri hasar bölgesi sınırı olan 0.4 rakamının çok altında kaldığı görülmüştür.

- 7) 6 katlı yapıda, yönetmelikte tanımlanan üç farklı değerlendirme sonucu yapı *göçme durumunda* çıkmaktadır.
- 8) 6 katlı yapı sisteminde üç farklı değerlendirme sonucu çıkan *göçme durumu*, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden *minimum hasar sınırı* aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşması nedeniyle gerçekleşmektedir. Ancak, üç farklı değerlendirme yönteminin göçme sebepleri farklı kat kolonları yüzünden oluşmuştur.
- 9) 6 katlı yapıda, üç farklı değerlendirme yöntemiyle belirlenen kiriş kesitlerinin hasar bölgeleri uyumluluğu % 66.7 çıkarken, kolon kesitlerinin hasar bölgeleri uyumluluğu %28.3 çıkmıştır. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemleriyle belirlenen kiriş hasar bölgelerinin uyumluluğu %77.1 çıkarken, kolon kesitlerinin hasar bölgeleri uyumluluğu %70.0 çıkmıştır. Buradan, doğrusal olmayan iki değerlendirme yönteminin kendi aralarında uyumlu olduğu görülebilmektedir.
- 10) 6 katlı yapıda artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yapılan analizde tepe yatay yerdeğiştirme istemi 0.223 m'dir. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz sonucunda üç deprem yer hareketinden elde edilen en büyük tepe yatay yerdeğiştirmesi de 0.223 m olarak aynı bulunmuştur.
- 11) 6 katlı yapıda artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yapılan analizde hedef yerdeğiştirmeye karşı gelen taban kesme kuvveti 746 kN'dur. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz sonucunda üç deprem yer hareketinden elde edilen en büyük taban kesme kuvveti 880 kN olarak bulunmuştur.
- 12) 6 katlı yapıda artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yapılan analizde yapı geneli için elde edilen hasar indeksi değeri 0.304'tür. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz sonucunda yapı geneli için elde edilen hasar indeksi değerleri Erzincan Tasarım Depremi için 0.415, İzmit Tasarım Depremi için 0.337, Düzce Tasarım Depremi için 0.353'tür.

Erzincan Depremi için elde edilen 0.415 değeri, Park & Ang hasar modeli tanımındaki 0.4 sayısını aşmış olduğundan ileri hasar bölgesine geçmiş olduğu görülmektedir. 2007 Deprem Yönetmeliği'nde tanımlanmış olan üç farklı değerlendirme yöntemi sonucu, yapı *göçme durumunda* çıkarken, Park & Ang hasar modeline göre yapı sistemi *göçme durumunda* değildir.

13) 6 katlı yapıda servis depremleri için yapılan zaman tanım alanında hesap sonucunda yapı geneli için elde edilen en büyük hasar indeksi değeri 0.152'dir. Bu değer, Park & Ang hasar modeli tanımında verilmiş olan ileri hasar bölgesi sınırı olan 0.4 rakamının çok altında kalmıştır.

14) 6 katlı yapıda en büyük depremler için yapılan zaman tanım alanında hesap sonucunda yapı geneli için elde edilen hasar indeksi değerleri, Park & Ang hasar modeli tanımında verilen *göçme sınırı* değeri olan 1.0'in üzerinde çıkmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] **ATC-40**, 1996. Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, *Applied Technology Council*, California.
- [2] **FEMA-273**, 1997. NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington.
- [3] **FEMA-356**, 2000. Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington.
- [4] **ATC-55**, 2004. Evaluation and Improvement of Inelastic Seismic Analysis Procedures, *Applied Technology Council*, California.
- [5] **FEMA-440**, 2005. Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures, Federal Emergency Management Agency, Washington.
- [6] **Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik**, 2007. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara
- [7] **IDARC-2D Version 6.0**, 2004. A Program for the Inelastic Damage Analysis of Reinforced Concrete Structures, Buffalo, New York
- [8] **Celep, Z.**, 2007. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme, Beta Yayıncılık, İstanbul
- [9] **TS-500**, 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [10] **SAP2000**, 2005. Structural Analysis Program, Computers and Structures Inc., Berkeley, California
- [11] **Yüksel, E.**, 1998. Bazı Düzensizlikler İçeren Üç Boyutlu Büyük Yapı Sistemlerinin Doğrusal Olmayan Çözümlemesi, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [12] **Oasys Siggraph**, 2006, A program for generation, manipulation and graphical display of tabular x-y data, Oasys Ltd.
- [13] **Pacific Earthquake Engineering Research (PEER) Center**, 2007. PEER Strong Motion Database, <http://peer.berkeley.edu/smcat/>

- [14] **Girgin, K.**, 1996. Betonarme Yapı Sistemlerinde İkinci Mertebe Limit Yükün ve Göçme Güvenliğinin Belirlenmesi İçin Bir Yük Artımı Yöntemi, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

EK-A

İKİ KATLI ÇERÇEVE ÖRNEĞİ İÇİN PROGRAM GİRDİLERİ

İKİ KATLI ÇERÇEVE İÇİN ARTIMSAL EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ IDARC2D PROGRAMI GİRDİLERİ

CASE STUDY # 1: Z.Celep Örnek 6.2
CONTROL DATA
2,1,1,1,0,0,0,0,1
ELEMENT TYPES
2,1,0,0,0,0,0,0,0
ELEMENT DATA
4,2,0,0,0,0,0,0
UNITS SYSTEM : kN - mm
2
FLOOR ELEVATIONS
2750,5500
DESCRIPTION OF IDENTICAL FRAMES
1
PLAN CONFIGURATION: NO OF COLUMN LINES
2
NODAL WEIGHTS
1,1,36.95,36.95
2,1,36.95,36.95
MATERIAL PROPERTIES SET
1
HYSTERETIC MODELING RULES
2
1, 1, 200.0, 0.01, 0.01, 1.0, 1
2, 1, 200.0, 0.01, 0.01, 1.0, 1
COLUMN DIMENSIONS
1
kolon
1
1, 58.3, 3000.0, 1500.0, 2750.0, 0.0, 0.0
-1, 2.3890e+10, 4480000.0, 18553.0, 69500.0, 6.000e-6, 9.852e-5, 0.35,
18553.0, 69500.0, 6.000e-6, 9.852e-5, 0.35
1
2, 29.1, 3000.0, 1500.0, 2750.0, 0.0, 0.0
-1, 2.3890e+10, 4480000.0, 18553.0, 64000.0, 6.000e-6, 1.020e-4, 0.35,
18553.0, 64000.0, 6.000e-6, 1.020e-4, 0.35
BEAM DIMENSIONS
1
kiris
1
1, 5000.0, 0.0, 0.0
-1, 5.5530e+10, 24729.0, 48900.0, 4.000e-6, 2.143e-4, 0.10,
53450.0, 73000.0, 6.000e-6, 9.938e-5, 0.10
COLUMN CONNECTIVITY
1,1,1,1,0,1
2,1,1,2,0,1
3,2,1,1,1,2
4,2,1,2,1,2
BEAM CONNECTIVITY
1,1,1,1,1,2
2,1,2,1,1,2
ANALYSIS OPTION
2
STATIC ANALYSIS OPTION
2,0,0,0
1,0
UNIFORMLY LOADED BEAM DATA
1,1,0.011655
2,2,0.011655
MONOTONIC PUSH-OVER ANALYSIS
1
FORCE CONTROL
4
DISPLACEMENT CONTROL

2
1,2
73.9, 147.8
1000, 0.489455
SNAPSHOT OUTPUT CONTROL
0
0,0,0,0,0
GLOBAL OUTPUT CONTROL
2 1 2 1
pushl2.out
pushl1.out
ELEMENT HYSTERSYS OUTPUT
4 2 0 0 0 0
column output
1 2 3 4
beam output
1 2
END OF INPUT FILE

İKİ KATLI ÇERÇEVE İÇİN ZAMAN TANIM ALANINDA HESAP YÖNTEMİ IDARC2D PROGRAMI GİRDİLERİ

CASE STUDY # 1: : Z.Celep Örnek 6.2
CONTROL DATA
2,1,1,1,0,0,0,0,1
ELEMENT TYPES
2,1,0,0,0,0,0,0,0
ELEMENT DATA
4,2,0,0,0,0,0,0,0
UNITS SYSTEM : kN - mm
2
FLOOR ELEVATIONS
2750,5500
DESCRIPTION OF IDENTICAL FRAMES
1
PLAN CONFIGURATION: NO OF COLUMN LINES
2
NODAL WEIGHTS
1,1,36.95,36.95
2,1,36.95,36.95
MATERIAL PROPERTIES SET
1
HYSTERETIC MODELING RULES
2
1, 1, 200.0, 0.01, 0.01, 1.0, 1
2, 1, 200.0, 0.01, 0.01, 1.0, 1
COLUMN DIMENSIONS
1
kolon
1
1, 58.3, 3000.0, 1500.0, 2750.0, 0.0, 0.0
-1, 2.3890e+10, 4480000.0, 18553.0, 69500.0, 6.000e-6, 9.852e-5, 0.35,
18553.0, 69500.0, 6.000e-6, 9.852e-5, 0.35
1
2, 29.1, 3000.0, 1500.0, 2750.0, 0.0, 0.0
-1, 2.3890e+10, 4480000.0, 18553.0, 64000.0, 6.000e-6, 1.020e-4, 0.35,
18553.0, 64000.0, 6.000e-6, 1.020e-4, 0.35
BEAM DIMENSIONS
1
kiris
1
1, 5000.0, 0.0, 0.0
-1, 5.5530e+10, 24729.0, 48900.0, 4.000e-6, 2.143e-4, 0.10,
53450.0, 73000.0, 6.000e-6, 9.938e-5, 0.10
COLUMN CONNECTIVITY
1,1,1,1,0,1
2,1,1,2,0,1
3,2,1,1,1,2
4,2,1,2,1,2

```

BEAM CONNECTIVITY
1,1,1,1,1,2
2,1,2,1,1,2
ANALYSIS OPTION
3
STATIC ANALYSIS OPTION
2,0,0,0
1,0
UNIFORMLY LOADED BEAM DATA
1,1,0.011655
2,2,0.011655
DYNAMIC ANALYSIS CONTROL PARAMETERS
0.4, 0.0, 0.001, 20.775, 5, 1
INPUT WAVE
0,4156,0.005
Recorded Table Motion
erzincan.txt
SNAPSHOT OUTPUT CONTROL
0
0,0,0,0,0
GLOBAL OUTPUT CONTROL
2 0.01 2 1
nth-story2.out
nth-story1.out
ELEMENT HYSTERSYS OUTPUT
4 2 0 0 0 0
column output
1 2 3 4
beam output
1 2
END OF INPUT FILE

```

İKİ KATLI ÇERÇEVE İÇİN M-KAPA PROGRAMI GİRDİLERİ

Kiriş (25/50) Negatif Moment

```

2
0.38 0.12
0.25 1.25
2000 0.0002 1 2 0.0
20000.0 20000.0 0.002 0.004 0.0
220000.0 220000.0 220000.0 0.0011 0.011 0.16
0.040 0.000462 1
0.460 0.000770 1
28000000.0 200000000.0 1600.0 0.10
2
1.0 1.0

```

Kiriş (25/50) Pozitif Moment

```

2
0.12 0.38
1.25 0.25
2000 0.0002 1 2 0.0
20000.0 20000.0 0.002 0.004 0.0
220000.0 220000.0 220000.0 0.0011 0.011 0.16
0.040 0.000770 1
0.460 0.000462 1
28000000.0 200000000.0 1600.0 0.10
2
1.0 1.0

```

Kolon (40/40) 2.kat

```

1
0.40
0.40
2000 0.0002 1 3 29.1
20000.0 20000.0 0.002 0.004 0.0

```

```

220000.0 220000.0 220000.0 0.0011 0.011 0.16
0.040 0.000603 1
0.200 0.000402 1
0.360 0.000603 1
28500000.0 200000000.0 1600.0 0.10
2
1.0 1.0
-----
-----

```

```

Kolon (40/40) 1.kat
1
0.40
0.40
2000 0.0002 1 3 58.3
20000.0 20000.0 0.002 0.004 0.0
220000.0 220000.0 220000.0 0.0011 0.011 0.16
0.040 0.000603 1
0.200 0.000402 1
0.360 0.000603 1
28500000.0 200000000.0 1600.0 0.10
2
1.0 1.0
-----
-----

```

İKİ KATLI ÇERÇEVE İÇİN MN PROGRAMI GİRDİLERİ

```

Kolon 40/40
1
0.40
0.40
1000 1 3
20000.0 20000.0 0.002 0.004 0.0
220000.0 220000.0 220000.0 0.0011 0.011 0.16
0.040 0.000603 1
0.150 0.000402 1
0.360 0.000603 1
0.01 300
-----

```

EK-B

6 KATLI YAPI İÇİN PROGRAM GİRDİLERİ

6 KATLI YAPI İÇİN ARTIMSAL EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ IDARC2D PROGRAMI GİRDİLERİ

CASE STUDY # 1: 6 KATLI 4 ACIKLIKLI DÜZLEM CERCEVE (K.GIRGIN DOKTORA TEZİ)

CONTROL DATA

6,1,1,1,0,0,0,0,1

ELEMENT TYPES

9,10,0,0,0,0,0,0,0

ELEMENT DATA

30,72,0,0,0,0,0,0,0

UNITS SYSTEM : kN - mm

2

FLOOR ELEVATIONS

3500,7000,10500,14000,17500,21000

DESCRIPTION OF IDENTICAL FRAMES

1

PLAN CONFIGURATION: NO OF COLUMN LINES

13

NODAL WEIGHTS

1,1,158.73,0.0,0.0,158.73,0.0,0.0,158.73,0.0,0.0,158.73,0.0,0.0,158.73

2,1,159.31,0.0,0.0,159.31,0.0,0.0,159.31,0.0,0.0,159.31,0.0,0.0,159.31

3,1,157.55,0.0,0.0,157.55,0.0,0.0,157.55,0.0,0.0,157.55,0.0,0.0,157.55

4,1,156.37,0.0,0.0,156.37,0.0,0.0,156.37,0.0,0.0,156.37,0.0,0.0,156.37

5,1,154.41,0.0,0.0,154.41,0.0,0.0,154.41,0.0,0.0,154.41,0.0,0.0,154.41

6,1,96.14,0.0,0.0,96.14,0.0,0.0,96.14,0.0,0.0,96.14,0.0,0.0,96.14

MATERIAL PROPERTIES SET

1

HYSTERETIC MODELING RULES

2

1, 1, 200.0, 0.01, 0.01, 1.0, 1

2, 1, 200.0, 0.01, 0.01, 1.0, 1

COLUMN DIMENSIONS

1

kolon

1

1, 120.6, 2510.0, 1224.0, 3500.0, 0.0, 0.0

-1, 1.8240E+10, 3420000.0, 14550.0, 132000.0, 1.000e-5, 11.020e-5, 4.136,
14550.0, 132000.0, 1.000e-5, 11.020e-5, 4.136

1

2, 210.8, 2450.0, 1220.0, 3500.0, 0.0, 0.0

-1, 1.9152E+10, 3420000.0, 14286.0, 130000.0, 1.000e-5, 9.828e-5, 4.044,
14286.0, 130000.0, 1.000e-5, 9.828e-5, 4.044

1

3, 204.2, 2407.0, 1159.0, 3500.0, 0.0, 0.0

-1, 1.0773E+10, 3420000.0, 10464.0, 85500.0, 1.300e-5, 12.698e-5, 3.150,
10464.0, 85500.0, 1.300e-5, 12.698e-5, 3.150

1

4, 583.5, 3190.0, 1541.0, 3500.0, 0.0, 0.0

-1, 4.6313E+10, 4275000.0, 23200.0, 270000.0, 7.500e-6, 4.798e-5, 8.679,
23200.0, 270000.0, 7.500e-6, 4.798e-5, 8.679

1

5, 571.5, 3131.0, 1473.0, 3500.0, 0.0, 0.0

-1, 1.6673E+10, 4275000.0, 13463.0, 147000.0, 1.250e-5, 8.056e-5, 9.470,
13463.0, 147000.0, 1.250e-5, 8.056e-5, 9.470

1

6, 963.3, 3749.0, 1843.0, 3500.0, 0.0, 0.0

-1, 9.5418E+10, 5130000.0, 33460.0, 415000.0, 5.500e-6, 3.546e-5, 6.402,
33460.0, 415000.0, 5.500e-6, 3.546e-5, 6.402

1

7, 949.5, 3740.0, 1753.0, 3500.0, 0.0, 0.0

-1, 2.3855E+10, 5130000.0, 15863.0, 173000.0, 1.100e-5, 7.140e-5, 7.322,
15863.0, 173000.0, 1.100e-5, 7.140e-5, 7.322

1

8, 345.2, 2510.0, 1224.0, 3500.0, 0.0, 0.0

-1, 2.0976E+10, 3420000.0, 14550.0, 157000.0, 9.500e-6, 7.662e-5, 5.201,
14550.0, 157000.0, 9.500e-6, 7.662e-5, 5.201

```

1
9, 570.0, 2510.0, 1224.0, 3500.0, 0.0, 0.0
  -1, 2.6448E+10, 3420000.0, 14550.0, 170000.0, 8.500e-6, 5.674e-5, 6.902,
    14550.0, 170000.0, 8.500e-6, 5.674e-5, 6.902
BEAM DIMENSIONS
1
kiris
1
1, 1666.7, 0.0, 0.0
  -1, 8.3300E+10, 36471.0, 143000.0, 5.000e-6, 2.150e-4, 0.623,
    49118.0, 164000.0, 6.000e-6, 15.152e-5, 1.005
1
2, 1666.6, 0.0, 0.0
  -1, 8.3300E+10, 36101.0, 131000.0, 5.000e-6, 7.844e-5, 1.388,
    47679.0, 55000.0, 3.500e-6, 2.240e-4, 0.206
1
3, 1666.7, 0.0, 0.0
  -1, 8.3300E+10, 36327.0, 143000.0, 5.000e-6, 2.186e-4, 0.608,
    48551.0, 123000.0, 6.000e-6, 17.660e-5, 0.627
1
4, 1666.7, 0.0, 0.0
  -1, 8.3300E+10, 37521.0, 188000.0, 5.500e-6, 19.608e-5, 0.858,
    50971.0, 268000.0, 6.000e-6, 11.444e-5, 2.130
1
5, 1666.6, 0.0, 0.0
  -1, 8.3300E+10, 36845.0, 185000.0, 5.500e-6, 16.076e-5, 1.031,
    48297.0, 73000.0, 5.000e-6, 2.084e-4, 0.317
1
6, 1666.7, 0.0, 0.0
  -1, 8.3300E+10, 37302.0, 186000.0, 5.500e-6, 18.492e-5, 0.932,
    50082.0, 205000.0, 6.000e-6, 13.962e-5, 1.400
1
7, 1666.7, 0.0, 0.0
  -1, 8.3300E+10, 37502.0, 189000.0, 5.500e-6, 19.608e-5, 0.837,
    50892.0, 263000.0, 6.000e-6, 11.644e-5, 2.042
1
8, 1666.6, 0.0, 0.0
  -1, 8.3300E+10, 36959.0, 187000.0, 5.500e-6, 19.324e-5, 0.884,
    48735.0, 108000.0, 6.500e-6, 18.912e-5, 0.504
1
9, 1666.7, 0.0, 0.0
  -1, 8.3300E+10, 37761.0, 188000.0, 5.500e-6, 19.608e-5, 0.881,
    51966.0, 333000.0, 6.000e-6, 9.164e-5, 3.201
1
10, 1666.7, 0.0, 0.0
  -1, 8.3300E+10, 37235.0, 187000.0, 5.500e-6, 19.464e-5, 0.888,
    49815.0, 187000.0, 6.000e-6, 14.181e-5, 1.181
COLUMN CONNECTIVITY
1,1,1,1,5,6
2,2,1,4,5,6
3,3,1,7,5,6
4,2,1,10,5,6
5,1,1,13,5,6
6,1,1,1,4,5
7,2,1,4,4,5
8,3,1,7,4,5
9,2,1,10,4,5
10,1,1,13,4,5
11,8,1,1,3,4
12,4,1,4,3,4
13,5,1,7,3,4
14,4,1,10,3,4
15,1,1,13,3,4
16,8,1,1,2,3
17,4,1,4,2,3
18,5,1,7,2,3
19,4,1,10,2,3
20,1,1,13,2,3
21,9,1,1,1,2
22,6,1,4,1,2
23,7,1,7,1,2
24,6,1,10,1,2

```

25,1,1,13,1,2
 26,9,1,1,0,1
 27,6,1,4,0,1
 28,7,1,7,0,1
 29,6,1,10,0,1
 30,1,1,13,0,1
 BEAM CONNECTIVITY
 1 1 6 1 1 2
 2 2 6 1 2 3
 3 1 6 1 3 4
 4 1 6 1 4 5
 5 2 6 1 5 6
 6 3 6 1 6 7
 7 3 6 1 7 8
 8 2 6 1 8 9
 9 1 6 1 9 10
 10 1 6 1 10 11
 11 2 6 1 11 12
 12 1 6 1 12 13
 13 1 5 1 1 2
 14 2 5 1 2 3
 15 1 5 1 3 4
 16 1 5 1 4 5
 17 2 5 1 5 6
 18 3 5 1 6 7
 19 3 5 1 7 8
 20 2 5 1 8 9
 21 1 5 1 9 10
 22 1 5 1 10 11
 23 2 5 1 11 12
 24 1 5 1 12 13
 25 4 4 1 1 2
 26 5 4 1 2 3
 27 4 4 1 3 4
 28 4 4 1 4 5
 29 5 4 1 5 6
 30 6 4 1 6 7
 31 6 4 1 7 8
 32 5 4 1 8 9
 33 4 4 1 9 10
 34 4 4 1 10 11
 35 5 4 1 11 12
 36 4 4 1 12 13
 37 4 3 1 1 2
 38 5 3 1 2 3
 39 4 3 1 3 4
 40 4 3 1 4 5
 41 5 3 1 5 6
 42 6 3 1 6 7
 43 6 3 1 7 8
 44 5 3 1 8 9
 45 4 3 1 9 10
 46 4 3 1 10 11
 47 5 3 1 11 12
 48 4 3 1 12 13
 49 7 2 1 1 2
 50 8 2 1 2 3
 51 9 2 1 3 4
 52 9 2 1 4 5
 53 8 2 1 5 6
 54 10 2 1 6 7
 55 10 2 1 7 8
 56 8 2 1 8 9
 57 9 2 1 9 10
 58 9 2 1 10 11
 59 8 2 1 11 12
 60 7 2 1 12 13
 61 7 1 1 1 2
 62 8 1 1 2 3
 63 9 1 1 3 4
 64 9 1 1 4 5
 65 8 1 1 5 6

```

66 10 1 1 6 7
67 10 1 1 7 8
68 8 1 1 8 9
69 9 1 1 9 10
70 9 1 1 10 11
71 8 1 1 11 12
72 7 1 1 12 13
ANALYSIS OPTION
2
STATIC ANALYSIS OPTION
72,0,0,30
1,0
UNIFORMLY LOADED BEAM DATA
1 1 0.01058
2 2 0.01058
3 3 0.01058
4 4 0.01058
5 5 0.01058
6 6 0.01058
7 7 0.01058
8 8 0.01058
9 9 0.01058
10 10 0.01058
11 11 0.01058
12 12 0.01058
13 13 0.01998
14 14 0.01998
15 15 0.01998
16 16 0.01998
17 17 0.01998
18 18 0.01998
19 19 0.01998
20 20 0.01998
21 21 0.01998
22 22 0.01998
23 23 0.01998
24 24 0.01998
25 25 0.01998
26 26 0.01998
27 27 0.01998
28 28 0.01998
29 29 0.01998
30 30 0.01998
31 31 0.01998
32 32 0.01998
33 33 0.01998
34 34 0.01998
35 35 0.01998
36 36 0.01998
37 37 0.01998
38 38 0.01998
39 39 0.01998
40 40 0.01998
41 41 0.01998
42 42 0.01998
43 43 0.01998
44 44 0.01998
45 45 0.01998
46 46 0.01998
47 47 0.01998
48 48 0.01998
49 49 0.01998
50 50 0.01998
51 51 0.01998
52 52 0.01998
53 53 0.01998
54 54 0.01998
55 55 0.01998
56 56 0.01998
57 57 0.01998
58 58 0.01998
59 59 0.01998

```

```

60 60 0.01998
61 61 0.01998
62 62 0.01998
63 63 0.01998
64 64 0.01998
65 65 0.01998
66 66 0.01998
67 67 0.01998
68 68 0.01998
69 69 0.01998
70 70 0.01998
71 71 0.01998
72 72 0.01998
CONCENTRATED VERTICAL LOADS DATA
1 1 6 1 41.81
2 1 6 4 61.1
3 1 6 7 63.48
4 1 6 10 61.1
5 1 6 13 41.81
6 1 5 1 67.58
7 1 5 4 77.95
8 1 5 7 81.66
9 1 5 10 77.95
10 1 5 13 67.58
11 1 4 1 68.08
12 1 4 4 79.9
13 1 4 7 86.52
14 1 4 10 79.9
15 1 4 13 68.08
16 1 3 1 68.59
17 1 3 4 81.32
18 1 3 7 88.39
19 1 3 10 81.32
20 1 3 13 68.59
21 1 2 1 68.68
22 1 2 4 84.13
23 1 2 7 91.47
24 1 2 10 84.13
25 1 2 13 68.68
26 1 1 1 67.78
27 1 1 4 83.59
28 1 1 7 91.11
29 1 1 10 83.59
30 1 1 13 67.78
MONOTONIC PUSH-OVER ANALYSIS
1
FORCE CONTROL
4
DISPLACEMENT CONTROL
6
1,2,3,4,5,6
171.76, 401.57, 671.66, 887.25, 1095.73, 1184.58
1000, 1.0635
SNAPSHOT OUTPUT CONTROL
0
0,0,0,0,0
GLOBAL OUTPUT CONTROL
6 1 6 5 4 3 2 1
pushl6.out
pushl5.out
pushl4.out
pushl3.out
pushl2.out
pushl1.out
ELEMENT HYSTERSYS OUTPUT
0 0 0 0 0 0
END OF INPUT FILE

```

6 KATLI YAPI İÇİN ZAMAN TANIM ALANINDA HESAP YÖNTEMİ IDARC2D PROGRAMI GİRDİLERİ

CASE STUDY # 1: 6 KATLI 4 ACIKLIKLI DÜZLEM CERCEVE (K.GIRGIN DOKTORA TEZİ)

CONTROL DATA

6,1,1,1,0,0,0,0,1

ELEMENT TYPES

9,10,0,0,0,0,0,0,0

ELEMENT DATA

30,72,0,0,0,0,0,0

UNITS SYSTEM : kN - mm

2

FLOOR ELEVATIONS

3500,7000,10500,14000,17500,21000

DESCRIPTION OF IDENTICAL FRAMES

1

PLAN CONFIGURATION: NO OF COLUMN LINES

13

NODAL WEIGHTS

1,1,158.73,0.0,0.0,158.73,0.0,0.0,158.73,0.0,0.0,158.73,0.0,0.0,158.73

2,1,159.31,0.0,0.0,159.31,0.0,0.0,159.31,0.0,0.0,159.31,0.0,0.0,159.31

3,1,157.55,0.0,0.0,157.55,0.0,0.0,157.55,0.0,0.0,157.55,0.0,0.0,157.55

4,1,156.37,0.0,0.0,156.37,0.0,0.0,156.37,0.0,0.0,156.37,0.0,0.0,156.37

5,1,154.41,0.0,0.0,154.41,0.0,0.0,154.41,0.0,0.0,154.41,0.0,0.0,154.41

6,1,96.14,0.0,0.0,96.14,0.0,0.0,96.14,0.0,0.0,96.14,0.0,0.0,96.14

MATERIAL PROPERTIES SET

1

HYSTERETIC MODELING RULES

2

1, 1, 200.0, 0.01, 0.01, 1.0, 1

2, 1, 200.0, 0.01, 0.01, 1.0, 1

COLUMN DIMENSIONS

1

kolon

1

1, 120.6, 2510.0, 1224.0, 3500.0, 0.0, 0.0

-1, 1.8240E+10, 3420000.0, 14550.0, 132000.0, 1.000e-5, 11.020e-5, 4.136,
14550.0, 132000.0, 1.000e-5, 11.020e-5, 4.136

1

2, 210.8, 2450.0, 1220.0, 3500.0, 0.0, 0.0

-1, 1.9152E+10, 3420000.0, 14286.0, 130000.0, 1.000e-5, 9.828e-5, 4.044,
14286.0, 130000.0, 1.000e-5, 9.828e-5, 4.044

1

3, 204.2, 2407.0, 1159.0, 3500.0, 0.0, 0.0

-1, 1.0773E+10, 3420000.0, 10464.0, 85500.0, 1.300e-5, 12.698e-5, 3.150,
10464.0, 85500.0, 1.300e-5, 12.698e-5, 3.150

1

4, 583.5, 3190.0, 1541.0, 3500.0, 0.0, 0.0

-1, 4.6313E+10, 4275000.0, 23200.0, 270000.0, 7.500e-6, 4.798e-5, 8.679,
23200.0, 270000.0, 7.500e-6, 4.798e-5, 8.679

1

5, 571.5, 3131.0, 1473.0, 3500.0, 0.0, 0.0

-1, 1.6673E+10, 4275000.0, 13463.0, 147000.0, 1.250e-5, 8.056e-5, 9.470,
13463.0, 147000.0, 1.250e-5, 8.056e-5, 9.470

1

6, 963.3, 3749.0, 1843.0, 3500.0, 0.0, 0.0

-1, 9.5418E+10, 5130000.0, 33460.0, 415000.0, 5.500e-6, 3.546e-5, 6.402,
33460.0, 415000.0, 5.500e-6, 3.546e-5, 6.402

1

7, 949.5, 3740.0, 1753.0, 3500.0, 0.0, 0.0

-1, 2.3855E+10, 5130000.0, 15863.0, 173000.0, 1.100e-5, 7.140e-5, 7.322,
15863.0, 173000.0, 1.100e-5, 7.140e-5, 7.322

1

8, 345.2, 2510.0, 1224.0, 3500.0, 0.0, 0.0

-1, 2.0976E+10, 3420000.0, 14550.0, 157000.0, 9.500e-6, 7.662e-5, 5.201,
14550.0, 157000.0, 9.500e-6, 7.662e-5, 5.201

1

9, 570.0, 2510.0, 1224.0, 3500.0, 0.0, 0.0

-1, 2.6448E+10, 3420000.0, 14550.0, 170000.0, 8.500e-6, 5.674e-5, 6.902,
14550.0, 170000.0, 8.500e-6, 5.674e-5, 6.902

BEAM DIMENSIONS

```

1
kiris
1
1, 1666.7, 0.0, 0.0
  -1, 8.3300E+10, 36471.0, 143000.0, 5.000e-6, 2.150e-4, 0.623,
    49118.0, 164000.0, 6.000e-6, 15.152e-5, 1.005
1
2, 1666.6, 0.0, 0.0
  -1, 8.3300E+10, 36101.0, 131000.0, 5.000e-6, 7.844e-5, 1.388,
    47679.0, 55000.0, 3.500e-6, 2.240e-4, 0.206
1
3, 1666.7, 0.0, 0.0
  -1, 8.3300E+10, 36327.0, 143000.0, 5.000e-6, 2.186e-4, 0.608,
    48551.0, 123000.0, 6.000e-6, 17.660e-5, 0.627
1
4, 1666.7, 0.0, 0.0
  -1, 8.3300E+10, 37521.0, 188000.0, 5.500e-6, 19.608e-5, 0.858,
    50971.0, 268000.0, 6.000e-6, 11.444e-5, 2.130
1
5, 1666.6, 0.0, 0.0
  -1, 8.3300E+10, 36845.0, 185000.0, 5.500e-6, 16.076e-5, 1.031,
    48297.0, 73000.0, 5.000e-6, 2.084e-4, 0.317
1
6, 1666.7, 0.0, 0.0
  -1, 8.3300E+10, 37302.0, 186000.0, 5.500e-6, 18.492e-5, 0.932,
    50082.0, 205000.0, 6.000e-6, 13.962e-5, 1.400
1
7, 1666.7, 0.0, 0.0
  -1, 8.3300E+10, 37502.0, 189000.0, 5.500e-6, 19.608e-5, 0.837,
    50892.0, 263000.0, 6.000e-6, 11.644e-5, 2.042
1
8, 1666.6, 0.0, 0.0
  -1, 8.3300E+10, 36959.0, 187000.0, 5.500e-6, 19.324e-5, 0.884,
    48735.0, 108000.0, 6.500e-6, 18.912e-5, 0.504
1
9, 1666.7, 0.0, 0.0
  -1, 8.3300E+10, 37761.0, 188000.0, 5.500e-6, 19.608e-5, 0.881,
    51966.0, 333000.0, 6.000e-6, 9.164e-5, 3.201
1
10, 1666.7, 0.0, 0.0
  -1, 8.3300E+10, 37235.0, 187000.0, 5.500e-6, 19.464e-5, 0.888,
    49815.0, 187000.0, 6.000e-6, 14.181e-5, 1.181
COLUMN CONNECTIVITY
1,1,1,1,5,6
2,2,1,4,5,6
3,3,1,7,5,6
4,2,1,10,5,6
5,1,1,13,5,6
6,1,1,1,4,5
7,2,1,4,4,5
8,3,1,7,4,5
9,2,1,10,4,5
10,1,1,13,4,5
11,8,1,1,3,4
12,4,1,4,3,4
13,5,1,7,3,4
14,4,1,10,3,4
15,1,1,13,3,4
16,8,1,1,2,3
17,4,1,4,2,3
18,5,1,7,2,3
19,4,1,10,2,3
20,1,1,13,2,3
21,9,1,1,1,2
22,6,1,4,1,2
23,7,1,7,1,2
24,6,1,10,1,2
25,1,1,13,1,2
26,9,1,1,0,1
27,6,1,4,0,1
28,7,1,7,0,1
29,6,1,10,0,1

```

30,1,1,13,0,1
BEAM CONNECTIVITY

1	1	6	1	1	2
2	2	6	1	2	3
3	1	6	1	3	4
4	1	6	1	4	5
5	2	6	1	5	6
6	3	6	1	6	7
7	3	6	1	7	8
8	2	6	1	8	9
9	1	6	1	9	10
10	1	6	1	10	11
11	2	6	1	11	12
12	1	6	1	12	13
13	1	5	1	1	2
14	2	5	1	2	3
15	1	5	1	3	4
16	1	5	1	4	5
17	2	5	1	5	6
18	3	5	1	6	7
19	3	5	1	7	8
20	2	5	1	8	9
21	1	5	1	9	10
22	1	5	1	10	11
23	2	5	1	11	12
24	1	5	1	12	13
25	4	4	1	1	2
26	5	4	1	2	3
27	4	4	1	3	4
28	4	4	1	4	5
29	5	4	1	5	6
30	6	4	1	6	7
31	6	4	1	7	8
32	5	4	1	8	9
33	4	4	1	9	10
34	4	4	1	10	11
35	5	4	1	11	12
36	4	4	1	12	13
37	4	3	1	1	2
38	5	3	1	2	3
39	4	3	1	3	4
40	4	3	1	4	5
41	5	3	1	5	6
42	6	3	1	6	7
43	6	3	1	7	8
44	5	3	1	8	9
45	4	3	1	9	10
46	4	3	1	10	11
47	5	3	1	11	12
48	4	3	1	12	13
49	7	2	1	1	2
50	8	2	1	2	3
51	9	2	1	3	4
52	9	2	1	4	5
53	8	2	1	5	6
54	10	2	1	6	7
55	10	2	1	7	8
56	8	2	1	8	9
57	9	2	1	9	10
58	9	2	1	10	11
59	8	2	1	11	12
60	7	2	1	12	13
61	7	1	1	1	2
62	8	1	1	2	3
63	9	1	1	3	4
64	9	1	1	4	5
65	8	1	1	5	6
66	10	1	1	6	7
67	10	1	1	7	8
68	8	1	1	8	9
69	9	1	1	9	10
70	9	1	1	10	11

```

71 8 1 1 11 12
72 7 1 1 12 13
ANALYSIS OPTION
3
STATIC ANALYSIS OPTION
72,0,0,30
1,0
UNIFORMLY LOADED BEAM DATA
1 1 0.01058
2 2 0.01058
3 3 0.01058
4 4 0.01058
5 5 0.01058
6 6 0.01058
7 7 0.01058
8 8 0.01058
9 9 0.01058
10 10 0.01058
11 11 0.01058
12 12 0.01058
13 13 0.01998
14 14 0.01998
15 15 0.01998
16 16 0.01998
17 17 0.01998
18 18 0.01998
19 19 0.01998
20 20 0.01998
21 21 0.01998
22 22 0.01998
23 23 0.01998
24 24 0.01998
25 25 0.01998
26 26 0.01998
27 27 0.01998
28 28 0.01998
29 29 0.01998
30 30 0.01998
31 31 0.01998
32 32 0.01998
33 33 0.01998
34 34 0.01998
35 35 0.01998
36 36 0.01998
37 37 0.01998
38 38 0.01998
39 39 0.01998
40 40 0.01998
41 41 0.01998
42 42 0.01998
43 43 0.01998
44 44 0.01998
45 45 0.01998
46 46 0.01998
47 47 0.01998
48 48 0.01998
49 49 0.01998
50 50 0.01998
51 51 0.01998
52 52 0.01998
53 53 0.01998
54 54 0.01998
55 55 0.01998
56 56 0.01998
57 57 0.01998
58 58 0.01998
59 59 0.01998
60 60 0.01998
61 61 0.01998
62 62 0.01998
63 63 0.01998
64 64 0.01998

```

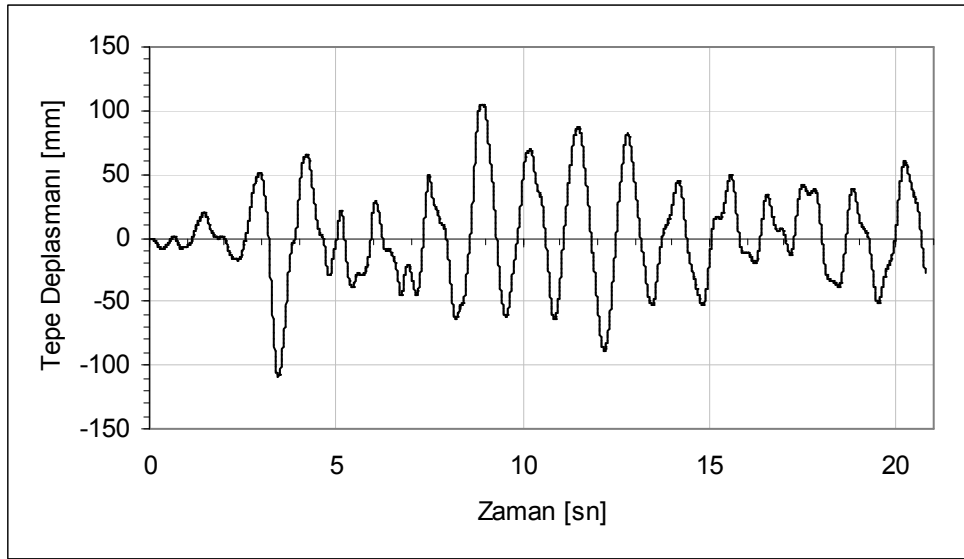
```

65 65 0.01998
66 66 0.01998
67 67 0.01998
68 68 0.01998
69 69 0.01998
70 70 0.01998
71 71 0.01998
72 72 0.01998
CONCENTRATED VERTICAL LOADS DATA
1 1 6 1 41.81
2 1 6 4 61.1
3 1 6 7 63.48
4 1 6 10 61.1
5 1 6 13 41.81
6 1 5 1 67.58
7 1 5 4 77.95
8 1 5 7 81.66
9 1 5 10 77.95
10 1 5 13 67.58
11 1 4 1 68.08
12 1 4 4 79.9
13 1 4 7 86.52
14 1 4 10 79.9
15 1 4 13 68.08
16 1 3 1 68.59
17 1 3 4 81.32
18 1 3 7 88.39
19 1 3 10 81.32
20 1 3 13 68.59
21 1 2 1 68.68
22 1 2 4 84.13
23 1 2 7 91.47
24 1 2 10 84.13
25 1 2 13 68.68
26 1 1 1 67.78
27 1 1 4 83.59
28 1 1 7 91.11
29 1 1 10 83.59
30 1 1 13 67.78
DYNAMIC ANALYSIS CONTROL PARAMETERS
0.4, 0.0, 0.001, 20.775, 5, 1
INPUT WAVE
0,4156,0.005
Recorded Table Motion
erzincan.txt
SNAPSHOT OUTPUT CONTROL
0
0,0,0,0,0
GLOBAL OUTPUT CONTROL
6 0.01 6 5 4 3 2 1
nth6.out
nth5.out
nth4.out
nth3.out
nth2.out
nth1.out
ELEMENT HYSTERSYS OUTPUT
10 0 0 0 0 0
column output
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
END OF INPUT FILE

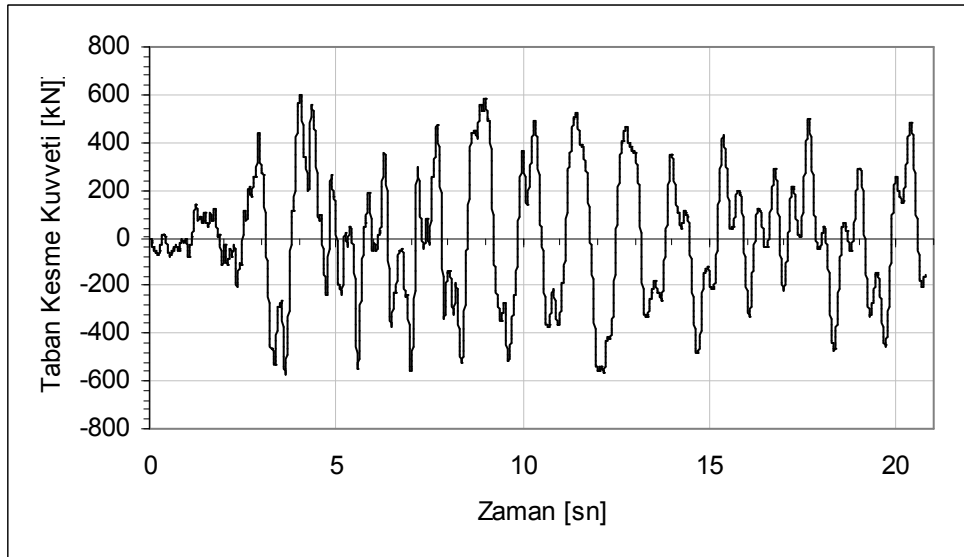
```

EK-C

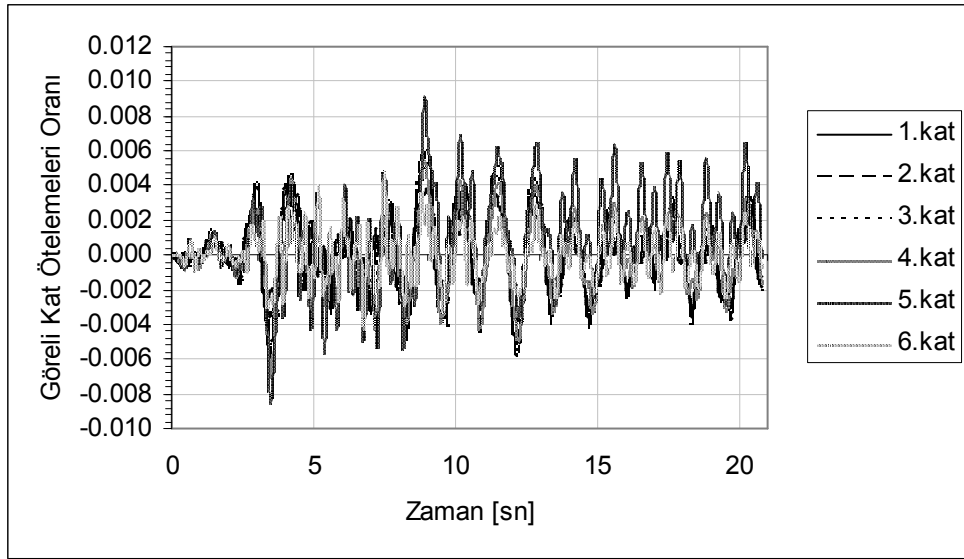
**6 KATLI YAPININ SERVİS, TASARIM VE EN BÜYÜK DEPREM İÇİN
ANALİZİNİN SONUÇLARI**



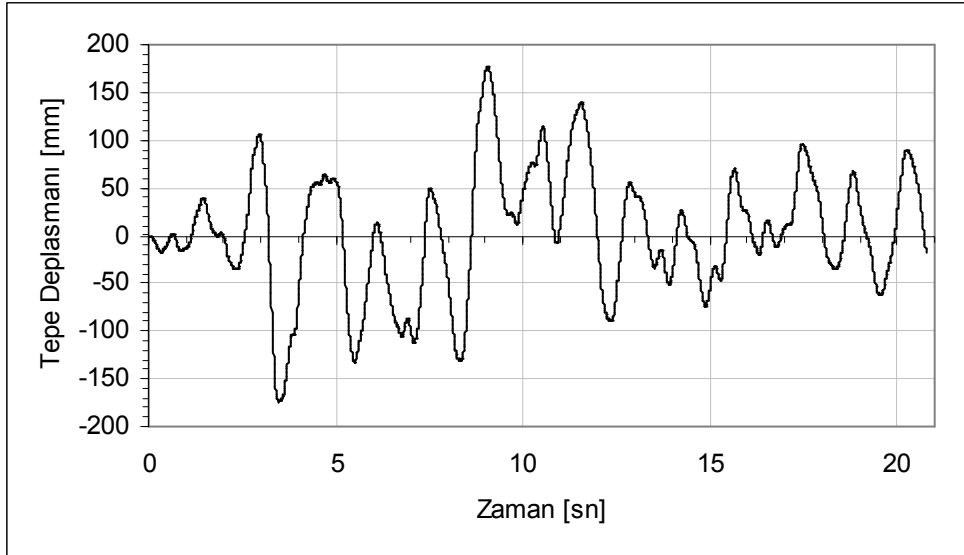
Şekil C.1: Erzincan Servis Depremi İçin Tepe Deplasmanı Zaman İlişkisi



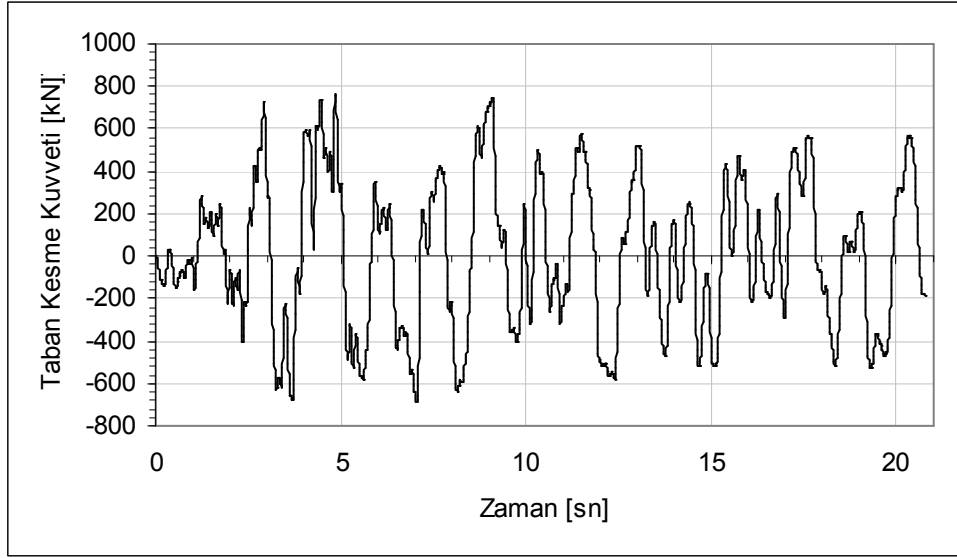
Şekil C.2: Erzincan Servis Depremi İçin Taban Kesme Kuvveti Zaman İlişkisi



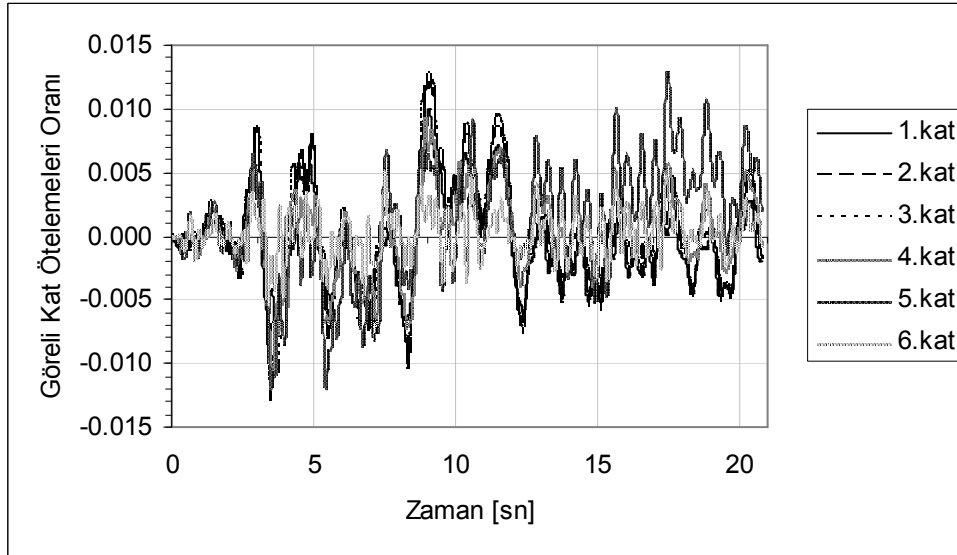
Şekil C.3: Erzincan Servis Depremi İçin Görel Kat Ötelemeleri Oranı Zaman İlişkisi



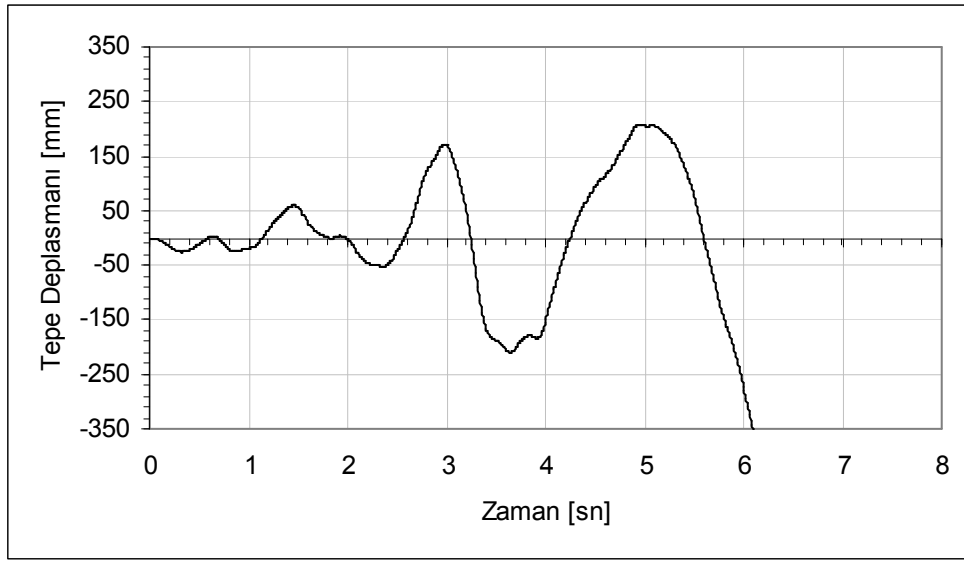
Şekil C.4: Erzincan Tasarım Depremi İçin Tepe Deplasmanı Zaman İlişkisi



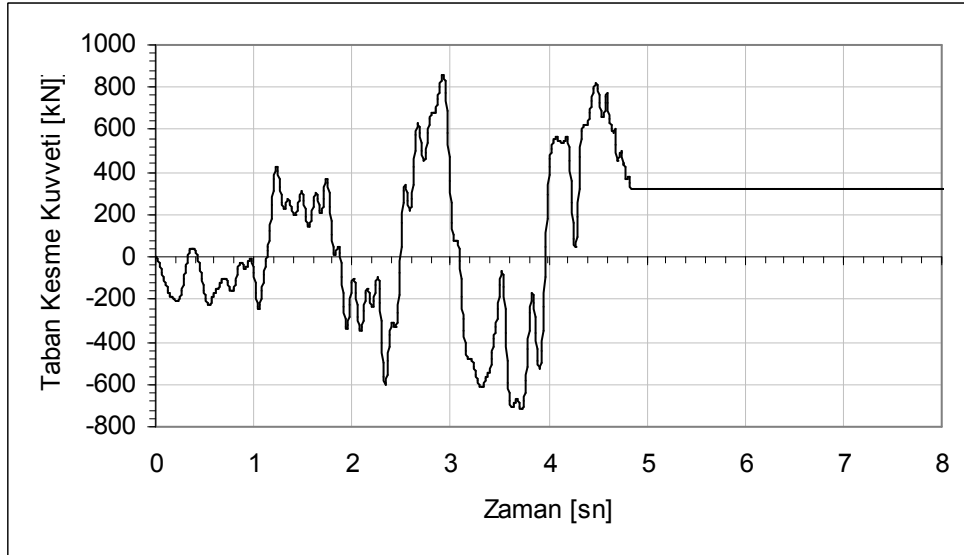
Şekil C.5: Erzincan Tasarım Depremi İçin Taban Kesme Kuvveti Zaman İlişkisi



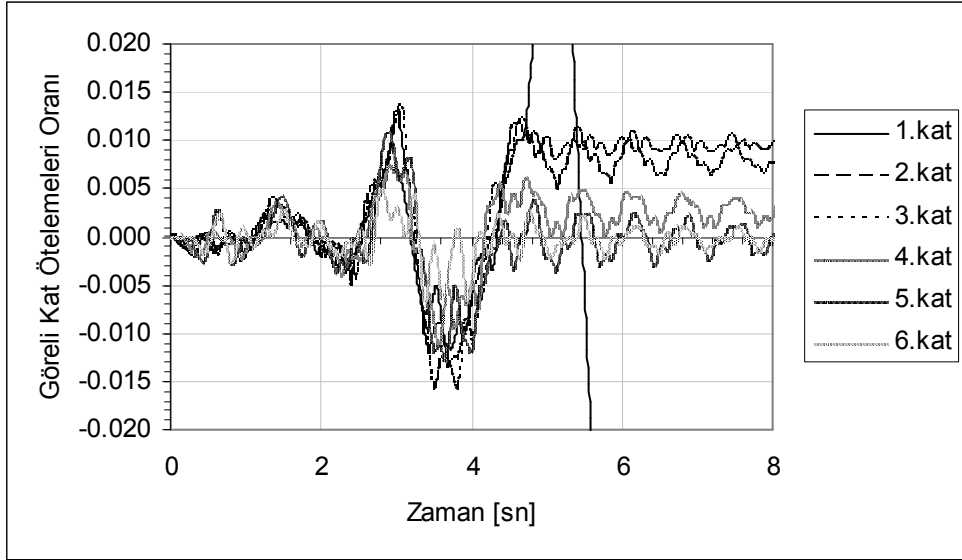
Şekil C.6: Erzincan Tasarım Depremi İçin Görelî Kat Ötelemeleri Oranı Zaman İlişkisi



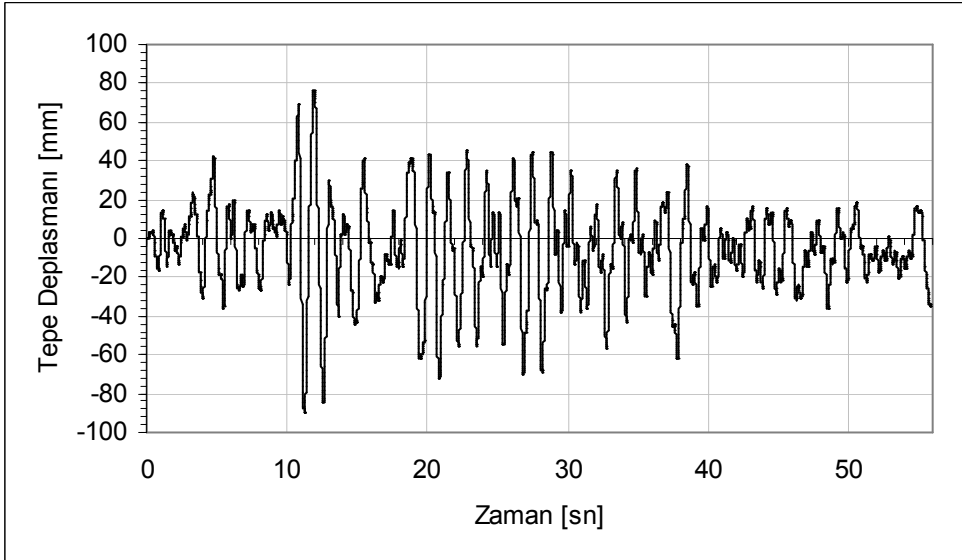
Şekil C.7: Erzincan En Büyük Depremi İçin Tepe Deplasmanı Zaman İlişkisi



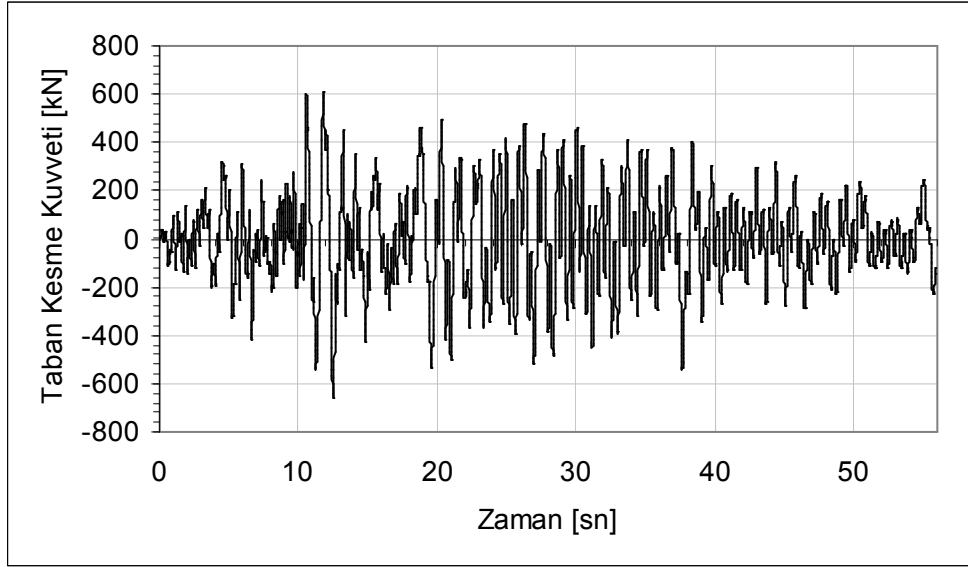
Şekil C.8: Erzincan En Büyük Depremi İçin Taban Kesme Kuvveti Zaman İlişkisi



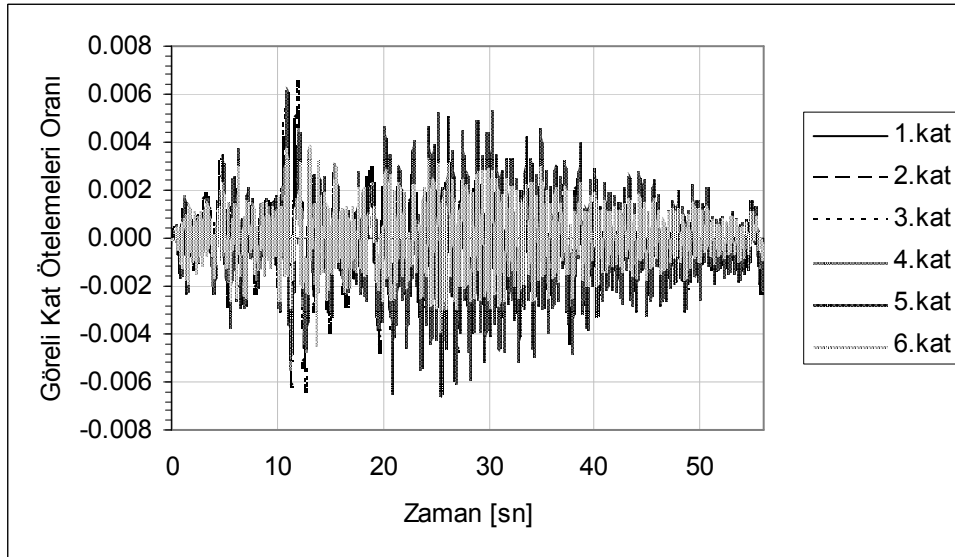
Şekil C.9: Erzincan En Büyük Depremi İçin Görelî Kat Ötelemeleri Oranı Zaman İlişkisi



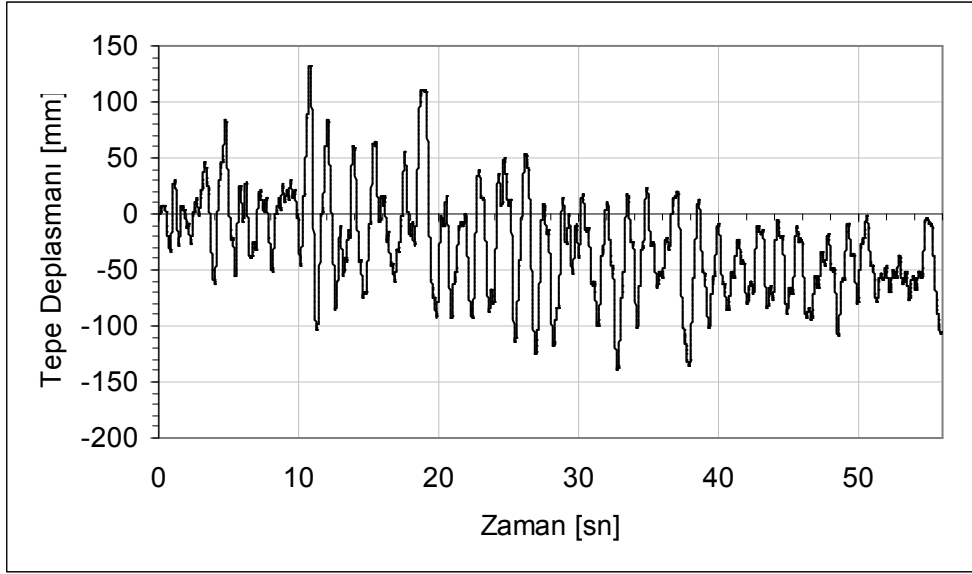
Şekil C.10: Düzce Servis Depremi İçin Tepe Deplasmanı Zaman İlişkisi



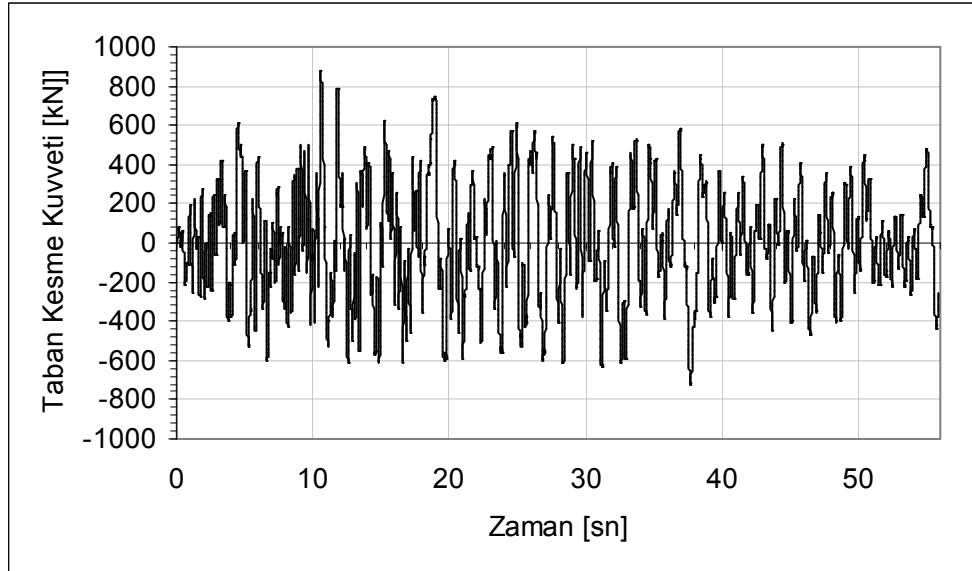
Şekil C.11: Düzce Servis Depremi İçin Taban Kesme Kuvveti Zaman İlişkisi



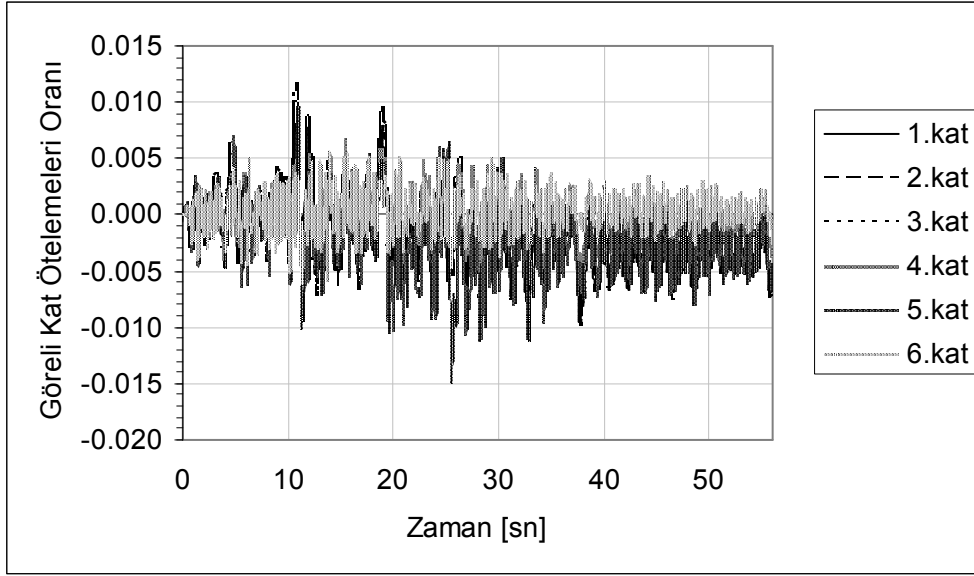
Şekil C.12: Düzce Servis Depremi İçin Görel Kat Ötelemeleri Oranı Zaman İlişkisi



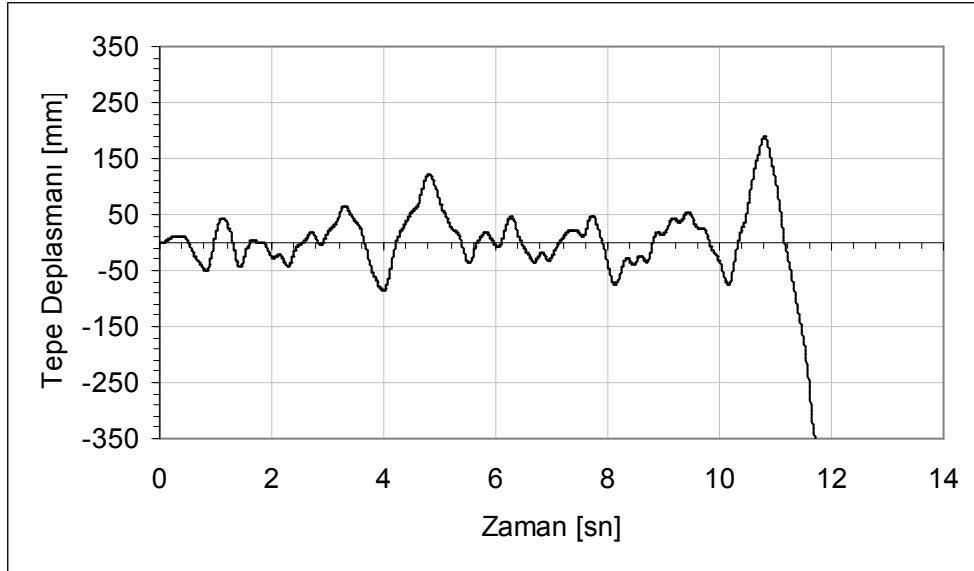
Şekil C.13: Düzce Tasarım Depremi İçin Tepe Deplasmanı Zaman İlişkisi



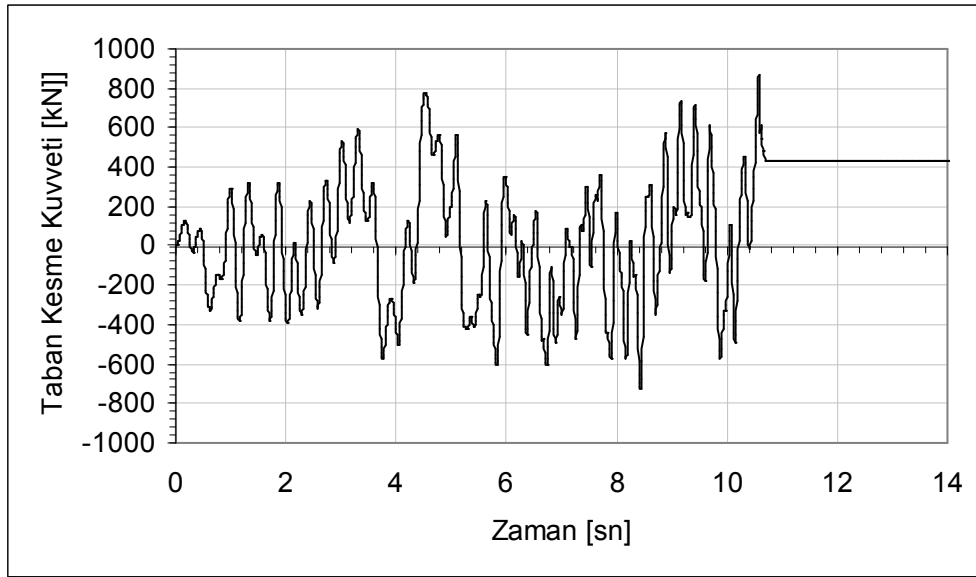
Şekil C.14: Düzce Tasarım Depremi İçin Taban Kesme Kuvveti Zaman İlişkisi



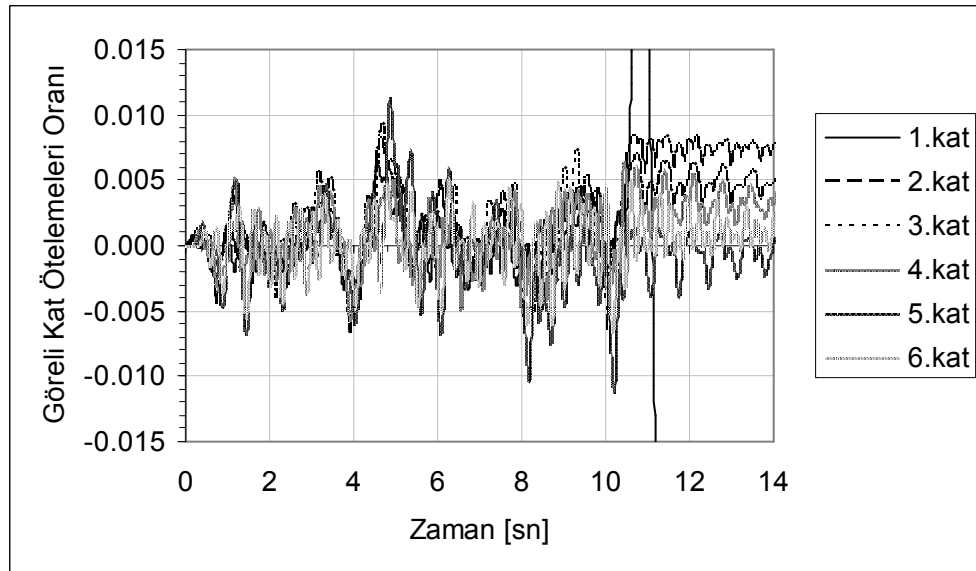
Şekil C.15: Düzce Tasarım Depremi İçin Görel Kat Ötelemeleri Oranı Zaman İlişkisi



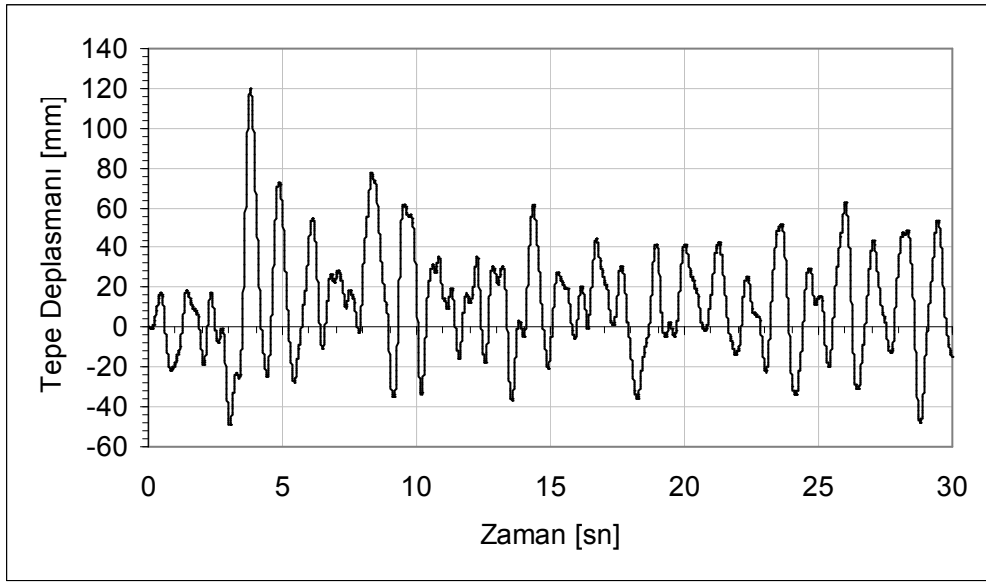
Şekil C.16: Düzce En Büyük Depremi İçin Tepe Deplasmanı Zaman İlişkisi



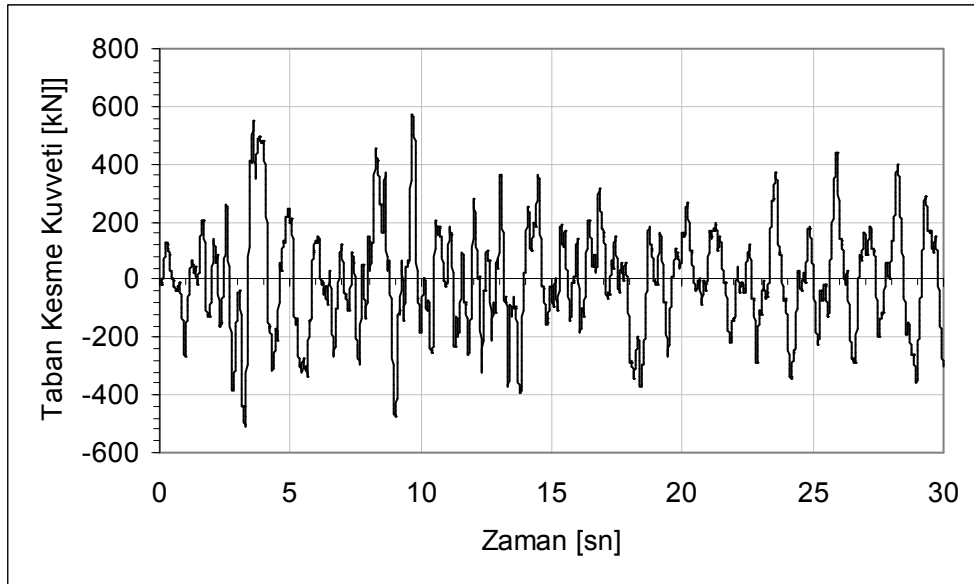
Şekil C.17: Düzce En Büyük Depremi İçin Taban Kesme Kuvveti Zaman İlişkisi



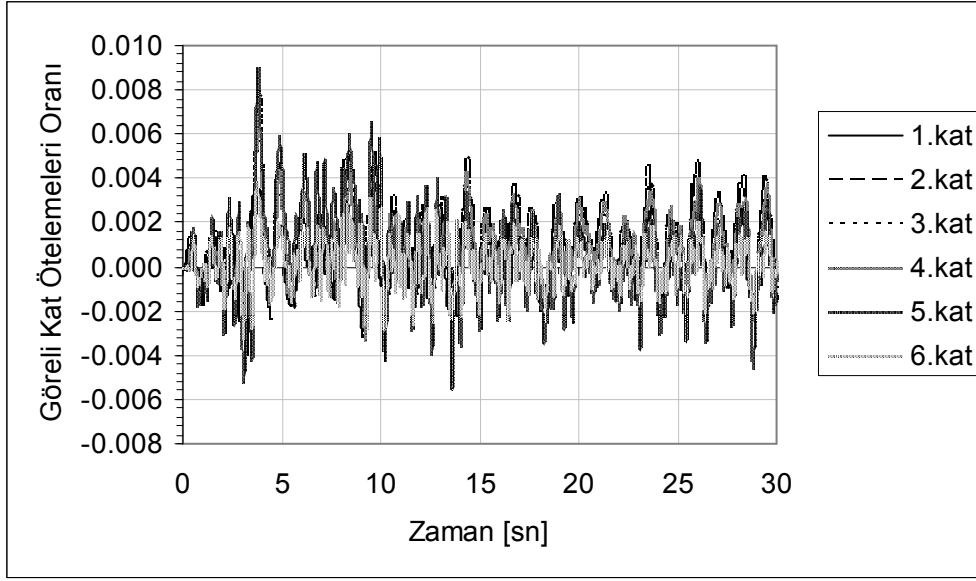
Şekil C.18: Düzce En Büyük Depremi İçin Görelî Kat Ötelemeleri Oranı Zaman İlişkisi



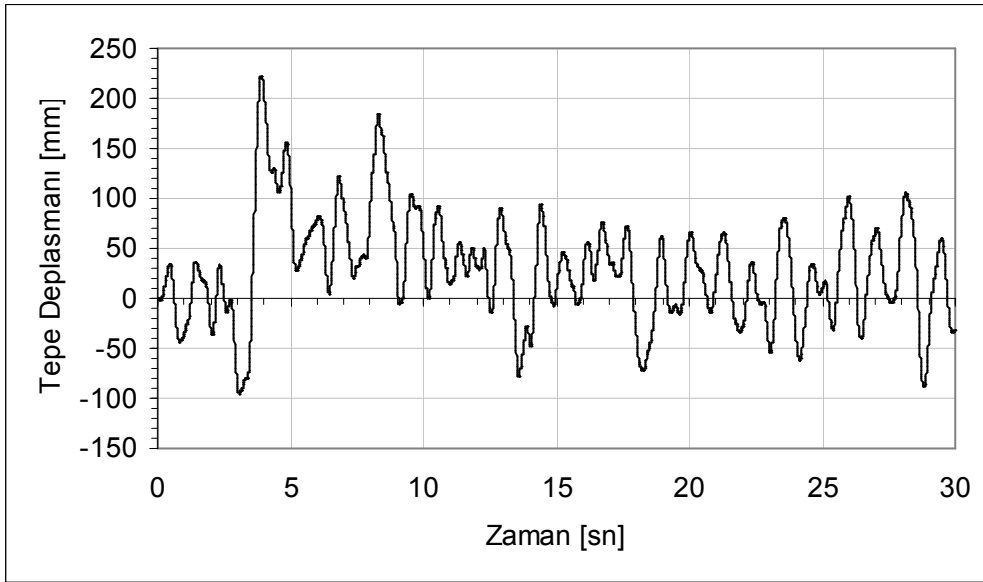
Şekil C.19: İzmit Servis Depremi İçin Tepe Deplasmanı Zaman İlişkisi



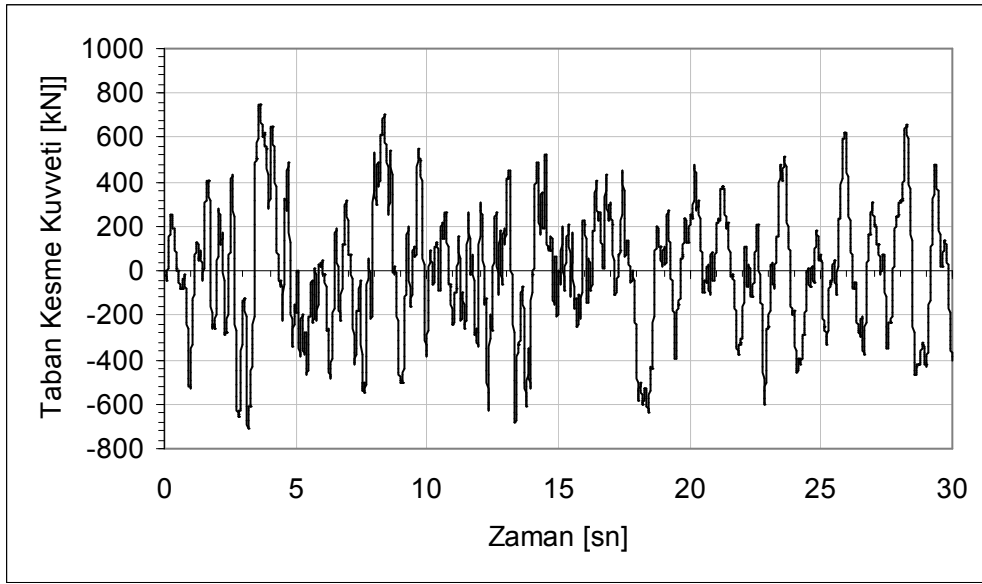
Şekil C.20: İzmit Servis Depremi İçin Taban Kesme Kuvveti Zaman İlişkisi



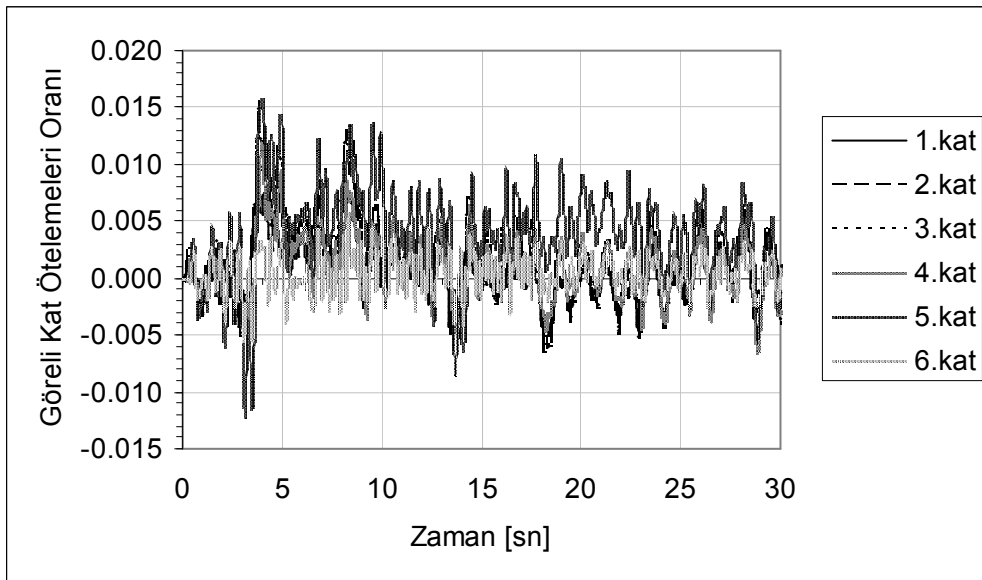
Şekil C.21: İzmit Servis Depremi İçin Görel Kat Ötelemeleri Oranı Zaman İlişkisi



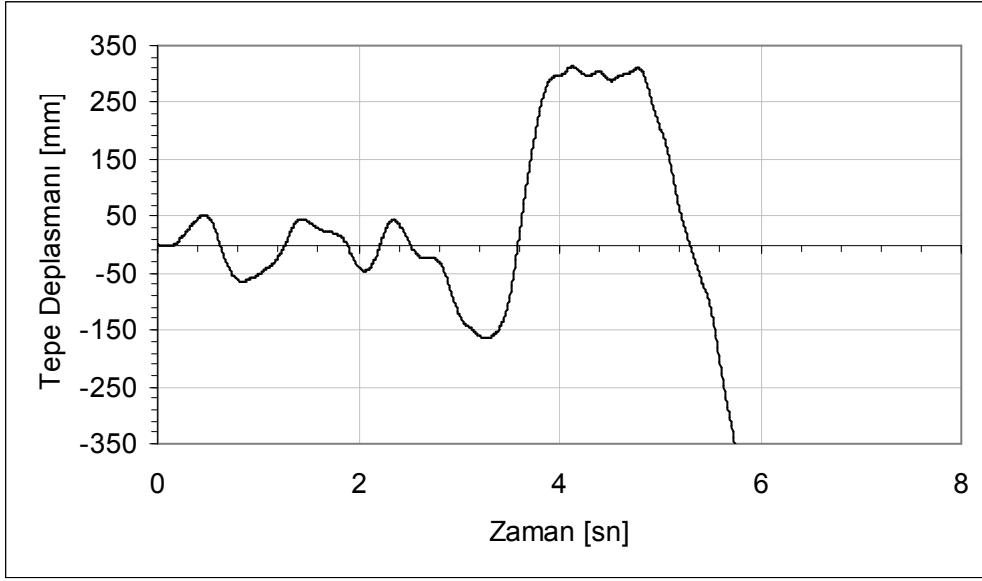
Şekil C.22: İzmit Tasarım Depremi İçin Tepe Deplasmanı Zaman İlişkisi



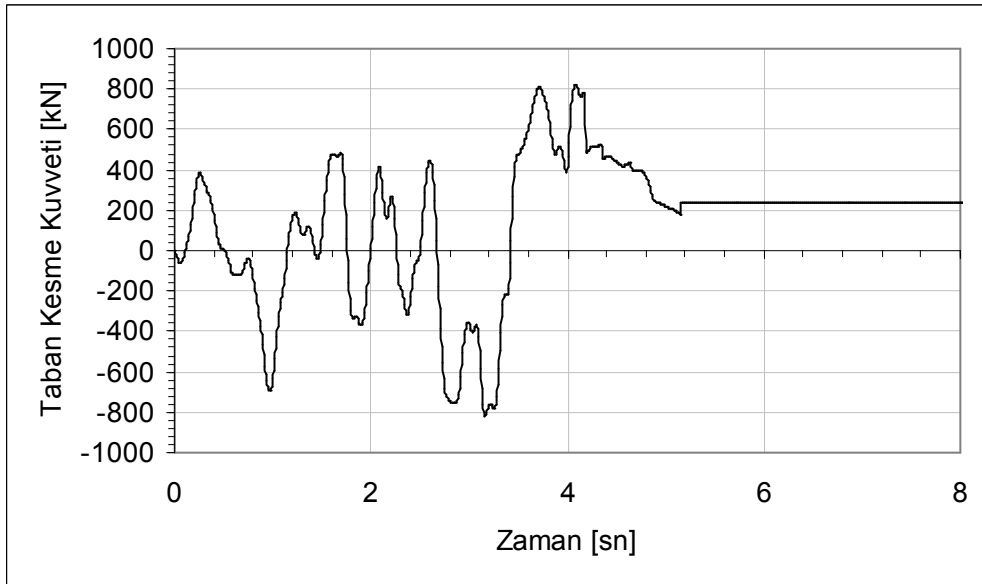
Şekil C.23: İzmit Tasarım Depremi İçin Taban Kesme Kuvveti Zaman İlişkisi



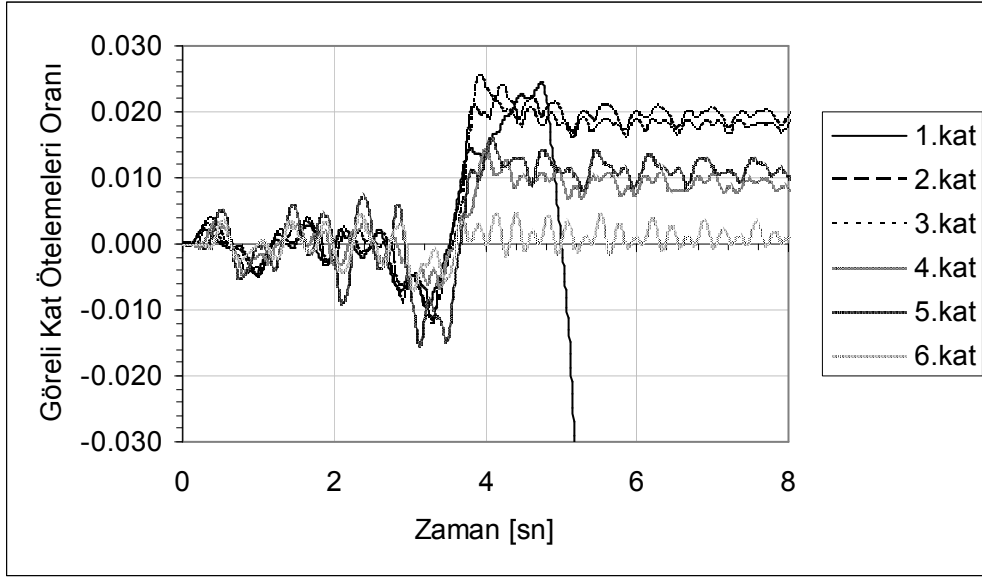
Şekil C.24: İzmit Tasarım Depremi İçin Görelî Kat Ötelemeleri Oranı Zaman İlişkisi



Şekil C.25: İzmit En Büyük Depremi İçin Tepe Deplasmanı Zaman İlişkisi



Şekil C.26: İzmit En Büyük Depremi İçin Taban Kesme Kuvveti Zaman İlişkisi



Şekil C.27: İzmit En Büyük Depremi İçin Görel Kat Ötelemeleri Oranı Zaman İlişkisi

ÖZGEÇMİŞ

Demir Hüseyin YILDIZ, 1981 yılında İstanbul'da doğmuştur. Ortaokul ve liseyi İstanbul Kartal Burak Bora Anadolu Lisesi'nde tamamlamıştır. 2005 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden mezun olarak aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Yapı Mühendisliği Programı'nda öğrenim görmeye başlamıştır.