

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETONARME ÇERÇEVELİ BİR YAPININ DEPREM PERFORMANSININ
DOĞRUSAL VE DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ METODLARI İLE
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yasin ARICI

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Deprem Mühendisliği

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Zekai Celep

EKİM 2010

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETONARME ÇERÇEVELİ BİR YAPININ DEPREM PERFORMANSININ
DOĞRUSAL VE DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ METODLARI İLE
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yasin ARICI

501081209

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13 Eylül 2010

Tezin Savunulduğu Tarih : 05 Ekim 2010

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Zekai Celep

Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Abdurrahman Güner

Doç. Dr. Turgut Öztürk

EKİM 2010

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, Deprem Yönetmeliğinde Bölüm 7’de yer alan kıstaslar eşliğinde mevcut bir yapıya üç farklı analiz metodu uygulanmış, teorik olarak sonuç verileri elde edilmiştir.

Bu çalışma öncesi ve sırasında bana bilgi ve tecrübelerini aktaran sayın Prof.Dr. Zekai Celep Hocama, Kocaeli Üniversitesi’ nde lisans öğrenimim esnasında yaptığım projelerde bana destek ve yardımcı olan ve lisans öğrenimi sonrasında beni, şuan okuduğum bölüm olan deprem mühendisliği bölümü için cesaretlendiren Sayın Doç.Dr.Kemal Beyen Hocama teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans öğrenimim sırasında geçirmiş olduğum 2 yıl çerçevesinde ders içinde ve dışında benden bilgilerini esirgemeyen Prof Dr. Kadir Güler Hocama minnetlerimi sunarım.

Tüm üniversite hayatım boyunca benimle beraber olan ve derslerimizde birbirimize yardımcı olduğumuz arkadaşlarıma desteklerinden ötürü teşekkürü bir borç bilirim.

Ekim 2010

Yasin Arıcı

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ÖZET.....	xiii
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
2. BETONARME YAPILARIN DEPREM ETKİSİNDE DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ	3
2.1 Genel Kavramlar ve Malzeme davranışları	3
2.1.1 Betonarme Sistem Davranışı	3
2.1.1.1 Beton Malzemesi Davranışı	3
2.1.1.2 Çelik Malzemesi Davranışı	4
2.1.2 Plastik Mafsallık Hipotezi.....	5
2.1.2.1 Plastik Mafsallık Hipotezinin Esasları	6
2.1.3 Süneklik	6
2.2 Deprem Yönetmeliğinde Deprem Hesabı ve Performans Yaklaşımı.....	8
2.2.1 Binalardan Bilgi Toplanması	8
2.2.2 Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	9
2.2.3 Binaların Deprem Performansı	9
2.2.3.2 Can Güvenliği Performans Düzeyi	10
2.2.3.3 Göçme Öncesi Performans Düzeyi	11
2.2.3.4 Göçme Durumu	11
2.2.4 Deprem Hareketi	12
2.2.5 Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar.....	12
2.2.6 Kapasite Tasarımı	13
2.2.7 Yapı Performansının Doğrusal Hesap Yöntemleri İle Belirlenmesi	15
2.2.7.1 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	15
2.2.7.2 Mod Birleştirme Yöntemi	16
2.2.7.3 Doğrusal Yöntemlerle Kapasite Hesabı	16
2.2.8 Yapı Performansının Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri İle Belirlenmesi	17
2.2.8.1 Doğrusal Olmayan Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi (Statik İtme Analizi)	19
2.2.8.2 Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi	23
2.2.8.3 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemi.....	23
2.2.8.4 Doğrusal Olmayan Analizde Hasar Seviyeleri.....	24
3.BETONARME ÇERÇEVELİ BİR YAPININ DEPREM PERFORMANSININ DOĞRUSAL VE DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ METOTLARI İLE BELİRLENMESİ.....	27
3.1 Mevcut Bina Bilgileri	27
3.1.1 Binanın sistem ve geometrik özellikleri	27
3.1.2 Yapının Bilgisayar Modelinin Oluşturulması	29

3.1.3 Modal Analiz ve Eleman Rijitliklerinin Tespiti.....	31
3.2 Yapının Doğrusal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle Deprem Performansının Belirlenmesi.....	32
3.2.1 İki Doğrultuda Deprem Hesabı.....	32
3.2.2 Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü	34
3.2.3 Elemanların Hasar Düzeylerinin Belirlenmesi	35
3.2.3.2 Kolonların Hasar Bölgelerinin Belirlenmesi.....	37
3.3 Yapının Doğrusal Olmayan Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle Deprem Performansının Değerlendirilmesi.....	43
3.3.1 Binanın Modal Kapasite Eğrisinin Elde Edilmesi	44
3.3.2 Modal Yerdeğiştirme İsteminin Hesabı ve Kapasite-Talep Eğrilerinin Kesleştirilmesi	48
3.3.2.1 X Yönü İçin Modal Kapasite Diyagramı-Talep Eğrisi	48
3.3.2.2 Y Doğrultusu İçin Modal Kapasite Diyagramı-Talep Eğrisi	49
3.3.3 Yapının Hasar Seviyesinin Bulunması	50
3.4.1 Deprem Kayıtlarının Seçilmesi.....	59
3.4.2 Yapı Hasar Seviyelerinin Belirlenmesi.....	62
4. SONUÇLAR	75
KAYNAKLAR.....	79
EKLER.....	81
EK A: Azaltılmış Kolon Rijitlik Değerleri.....	81
EK B Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle Eleman Performans Seviyeleri.....	87
EK B.1 Kiriş Performans Seviyeleri.....	87
EK B.2 Kolon Performans Seviyeleri.....	92
ÖZGEÇMİŞ.....	97

KISALTMALAR

DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
G	: Düşey Sabit Yükler
Q	: Düşey Hareketli Yükler
BHD	: Beton Hasar Durumu
ÇHD	: Çelik Hasar Durumu
EHD	: Eleman Hasar Durumu
MHB	: Minimum Hasar Bölgesi
BHB	: Belirgin Hasar Bölgesi
İHB	: İleri Hasar Bölgesi
GB	: Göçme Bölgesi
HK	: Hemen Kullanım
CG	: Can Güvenliği
GÖ	: Göçmenin Önlenmesi
SAP 2000	: Integrated Software for Structural Analysis and Design
TS-500	: Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları
XTRACT	: Cross-sectional X Structural Analysis of Components
TSD	: Tek Serbestlik Dereceli

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 2.1 Binalar İçin Bilgi Düzeyi Katsayıları	9
Çizelge 2.2 Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Uygulanabileceği Binalar.....	15
Çizelge 2.3 Kirişleri İçin Hasar Sınırları	17
Çizelge 2.4 Kolonlar İçin Hasar Sınırları	17
Çizelge 3.1 Bina Genel Bilgileri	29
Çizelge 3.2 Hesapta Kullanılan Yükler	29
Çizelge 3.3 Çatlamış Kesite Ait Periyot ve Etkin Kütle Oranları.....	31
Çizelge 3.4 Taban Kesme Kuvveti Hesabı	33
Çizelge 3.5 Taban Kesme Kuvvetinin Katlara Dağılımı	33
Çizelge 3.6 X Doğrultusu Göreli Kat Öteleme Kontrolü	34
Çizelge 3.7 Y Doğrultusu Göreli Kat Öteleme Kontrolü	34
Çizelge 3.8 Farklı Kesit Tipleri İçin Kiriş Pozitif ve Negatif Momentleri	35
Çizelge 3.9 X Doğrultusunda Kiriş Etki / Kapasite Değerleri.....	36
Çizelge 3.10 Y Doğrultusunda Kiriş Etki / Kapasite Değerleri.....	36
Çizelge 3.11 1.Kat Kolonlarında X Doğrultusu Hasar Seviyeleri	39
Çizelge 3.12 1.Kat Kolonlarında Y Doğrultusu Hasar Seviyeleri	40
Çizelge 3.13 X Doğrultusu Modal Kapasite Diyagramının Değerleri.....	46
Çizelge 3.14 Y Doğrultusu Modal Kapasite Diyagramının Değerleri.....	47
Çizelge 3.15 Kiriş X Doğrultusu Şekildeğiştirme İstemleri	54
Çizelge 3.16 Kiriş Y Doğrultusu Şekildeğiştirme İstemleri	54
Çizelge 3.17 X Doğrultusu Birinci Kat Kirişleri Performans Düzeyi	55
Çizelge 3.18 Y Doğrultusu Birinci Kat Kirişleri Performans Düzeyi	55
Çizelge 3.19 X Doğrultusu Birinci Kat Şekildeğiştirme Değerleri	56
Çizelge 3.20 Y Doğrultusu Birinci Kat Şekildeğiştirme Değerleri	57
Çizelge 3.21 X Doğrultusu Birinci Kat Kolon Performans Düzeyi.....	57
Çizelge 3.22 Y Doğrultusu Birinci Kat Kolon Performans Düzeyi.....	58
Çizelge 3.23 X Doğrultusu Birinci Kat Şekildeğiştirme Değerleri	67
Çizelge 3.24 Y Doğrultusu Birinci Kat Şekildeğiştirme Değerleri	68
Çizelge 3.25 X Doğrultusu Kiriş Hasar Seviyeleri	68
Çizelge 3.26 Y Doğrultusu Kiriş Hasar Seviyeleri	69
Çizelge 3.27 X Doğrultusu Kolon Şekildeğiştirme Değerleri	70
Çizelge 3.28 Y Doğrultusu Kolon Şekildeğiştirme Değerleri	70
Çizelge 3.29 X Doğrultusu Kolonlar İçin Performans Seviyesi	71
Çizelge 3.30 Y Doğrultusu Kolonlar İçin Performans Seviyesi	71
Çizelge A.1 1. Kat Azaltılmış Kolon Rijitlik Değerleri.....	82
Çizelge A.2 2. Kat Azaltılmış Kolon Rijitlik Değerleri.....	82
Çizelge A.3 3. Kat Azaltılmış Kolon Rijitlik Değerleri.....	83
Çizelge A.4 4. Kat Azaltılmış Kolon Rijitlik Değerleri.....	83
Çizelge A.5 5. Kat Azaltılmış Kolon Rijitlik Değerleri.....	84
Çizelge A.6 6. Kat Azaltılmış Kolon Rijitlik Değerleri.....	84
Çizelge A.7 7. Kat Azaltılmış Kolon Rijitlik Değerleri.....	85

Çizelge A.8 8. Kat Azaltılmış Kolon Rijitlik Değerleri.....	85
Çizelge B.1.1 X Yönü Deprem Doğrultusunda 2. Kat Kiriş Performans Seviyeleri..	88
Çizelge B.1.2 X Yönü Deprem Doğrultusunda 3. Kat Kiriş Performans Seviyeleri..	88
Çizelge B.1.3 X Yönü Deprem Doğrultusunda 4. Kat Kiriş Performans Seviyeleri..	88
Çizelge B.1.4 X Yönü Deprem Doğrultusunda 5. Kat Kiriş Performans Seviyeleri..	88
Çizelge B.1.5 X Yönü Deprem Doğrultusunda 6. Kat Kiriş Performans Seviyeleri..	89
Çizelge B.1.6 X Yönü Deprem Doğrultusunda 7. Kat Kiriş Performans Seviyeleri..	89
Çizelge B.1.7 X Yönü Deprem Doğrultusunda 8. Kat Kiriş Performans Seviyeleri..	89
Çizelge B.1.8 Y Yönü Deprem Doğrultusunda 2. Kat Kiriş Performans Seviyeleri..	89
Çizelge B.1.9 Y Yönü Deprem Doğrultusunda 3. Kat Kiriş Performans Seviyeleri..	90
Çizelge B.1.10 Y Yönü Deprem Doğrultusunda 4. Kat Kiriş Performans Seviyeleri.....	90
Çizelge B.1.11 Y Yönü Deprem Doğrultusunda 5. Kat Kiriş Performans Seviyeleri.....	90
Çizelge B.1.12 Y Yönü Deprem Doğrultusunda 6. Kat Kiriş Performans Seviyeleri.....	91
Çizelge B.1.13 Y Yönü Deprem Doğrultusunda 7. Kat Kiriş Performans Seviyeleri.....	91
Çizelge B.1.14 Y Yönü Deprem Doğrultusunda 8. Kat Kiriş Performans Seviyeleri.....	91
Çizelge B.2.1 X Yönü Deprem Doğrultusunda 2. Kat Kolon Performans Seviyeleri.....	92
Çizelge B.2.2 X Yönü Deprem Doğrultusunda 3. Kat Kolon Performans Seviyeleri.....	92
Çizelge B.2.3 X Yönü Deprem Doğrultusunda 4. Kat Kolon Performans Seviyeleri.....	93
Çizelge B.2.4 X Yönü Deprem Doğrultusunda 5. Kat Kolon Performans Seviyeleri.....	93
Çizelge B.2.5 X Yönü Deprem Doğrultusunda 6. Kat Kolon Performans Seviyeleri.....	93
Çizelge B.2.6 X Yönü Deprem Doğrultusunda 7. Kat Kolon Performans Seviyeleri.....	94
Çizelge B.2.7 X Yönü Deprem Doğrultusunda 8. Kat Kolon Performans Seviyeleri.....	94
Çizelge B.2.8 Y Yönü Deprem Doğrultusunda 2. Kat Kolon Performans Seviyeleri.....	94
Çizelge B.2.9 Y Yönü Deprem Doğrultusunda 3. Kat Kolon Performans Seviyeleri.....	95
Çizelge B.2.10 Y Yönü Deprem Doğrultusunda 4. Kat Kolon Performans Seviyeleri.....	95
Çizelge B.2.11 Y Yönü Deprem Doğrultusunda 5. Kat Kolon Performans Seviyeleri.....	95
Çizelge B.2.12 Y Yönü Deprem Doğrultusunda 6. Kat Kolon Performans Seviyeleri.....	96
Çizelge B.2.13 Y Yönü Deprem Doğrultusunda 7. Kat Kolon Performans Seviyeleri.....	96
Çizelge B.2.14 Y Yönü Deprem Doğrultusunda 8. Kat Kolon Performans Seviyeleri.....	96

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1 Betonun Gerilme-Şekildeğiştirme İlişkisi	4
Şekil 2.2 Çeliğin Gerilme-Şekildeğiştirme İlişkisi	5
Şekil 2.3 İdealleştirilmiş Eğilme Momenti-Eğrilik Bağıntısı	6
Şekil 2.4 Süneklik Çeşitleri.....	7
Şekil 2.5 Kesit Hasar Bölgeleri.....	10
Şekil 2.6 Kirişlerde Kapasite Hesabı	14
Şekil 2.7 Betonarme Bir Eleman İçin Kuvvet-Deformasyon İlişkisi	18
Şekil 2.8 Farklı Yapı Türlerinin Statik İtme Analizi İle Elde Edilen Kapasite Eğrileri	20
Şekil 2.9 Birinci Durum İçin Modal Kapasite Diyagramı	22
Şekil 2.10 İkinci Durum İçin Modal Kapasite Diyagramı	23
Şekil 3.1 Tipik Kolon Kesiti 50×50	28
Şekil 3.2 Örnek Bir Kirişin Mesnet Bölgesi Kesiti ve Donatı Yerleşimi	28
Şekil 3.3 Binanın 3 Boyutlu modeli.....	30
Şekil 3.4 Kalıp Planı	30
Şekil 3.5 Kolon Kesitinde Eğilme Momenti ve Normal Kuvvet Kapasite Değerlerinin Bulunması	33
Şekil 3.6 S101 Kolonu EX Deprem Doğrultusu Etkileşim Diyagramı	38
Şekil 3.7 S101 Kolonu EY Deprem Doğrultusu Etkileşim Diyagramı	38
Şekil 3.8 X Doğrultusu İtme Eğrisi.....	44
Şekil 3.9 Y Doğrultusu İtme Eğrisi.....	45
Şekil 3.10 X Doğrultusu İçin Modal Kapasite Diyagramı.....	46
Şekil 3.11 Y Doğrultusu İçin Modal Kapasite Diyagramı.....	47
Şekil 3.12 X Doğrultusu Modal Kapasite Diyagramı-Talep Eğrisi.....	49
Şekil 3.13 Y Doğrultusu Modal Kapasite Diyagramı-Talep Eğrisi	50
Şekil 3.14 X Doğrultusunda Deprem Etkisinde Oluşan Plastik Mafsallar	51
Şekil 3.15 Y Doğrultusunda Deprem Etkisinde Oluşan Plastik Mafsallar	52
Şekil 3.16 S101 Kolonu İçin Analiz Modeli.....	53
Şekil 3.17 K101 Kirişi İçin Moment Eğrilik Diyagramı	53
Şekil 3.18 Benzeştirilmiş Düzce Depremi Kuzey-Güney Deprem İvme Kaydı.....	60
Şekil 3.19 Düzce Depremi Doğu-Batı İstasyon_1 Kaydı	61
Şekil 3.20 Düzce Depremi Doğu-Batı İstasyon_2 Kaydı	61
Şekil 3.21 Benzeştirilmiş Deprem İvme Kayıtları	62
Şekil 3.22 İvme Kayıtlarının Ortalamasının Tasarım Spektrumuyla Uyumu.....	62
Şekil 3.23 X Doğrultusu İçin Mafsallaşmalar.....	64
Şekil 3.24 Y Doğrultusu İçin Mafsallaşmalar.....	64
Şekil 3.25 X Doğrultusu Taban Kesme Kuvveti-Zaman Grafiği.....	65
Şekil 3.26 Y Doğrultusu Taban Kesme Kuvveti-Zaman Grafiği.....	66
Şekil 3.27 X Doğrultusu İçin Taban Kesme Kuvveti-Tepe Yerdeğiştirme Eğrisi.....	66
Şekil 3.28 Y Doğrultusu İçin Taban Kesme Kuvveti-Tepe Yerdeğiştirme Eğrisi.....	67

Şekil 3.29 X Doğrultusunda Taban Kesme Kuvveti- Bina Tepe Noktasında Oluşan Yerdeğiştirme Diyagramı.....	72
Şekil 3.30 Y Doğrultusunda Taban Kesme Kuvveti- Bina Tepe Noktasında Oluşan Yerdeğiştirme Diyagramı.....	73

BETONARME ÇERÇEVELİ BİR YAPININ DEPREM PERFORMANSININ DOĞRUSAL VE DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ METODLARI İLE BELİRLENMESİ

ÖZET

Günümüzde mevcut yapıların değerlendirilmesinde kuvvet esaslı yöntemler önemli bir yer tutmaktadır. Bu yöntemlerde kesitin kuvvet türünde kapasite hesabı yapılır, yapı, eleman bazında değerlendirilir ve sistem performansı hakkında bilgi edinilir. Fakat artık yeni nesil çalışmalar ve bilgisayar programlarının gelişmesiyle daha gerçekçi sonuç alınabilen yöntemler kullanılmaktadır. İşte bu yöntemler şekil değiştirme esaslı olup malzemenin ideal davranışını (doğrusal olmayan) gösteren yöntemlerdir.

Bu çalışmada, mevcut bir yapı incelenmiş, bu yapıya üç farklı analiz yöntemi uygulanarak yapının deprem performans durumu belirlenmiştir. Çalışma, içerik olarak dört bölümden oluşmaktadır.

Çalışmanın ilk bölümde, konu ayrıntılı bir şekilde anlatılmış ve çalışmada kullanılan yöntemlere değinilmiştir.

İkinci bölümde, deprem analiz yöntemleri, kriterler ile beraber açıklanmış, Deprem Yönetmeliğin'den konu ile ilgili gerekli bilgiler verilmiş ve yorumlanmış, malzeme davranışları ve analiz için gerekli kabullerden bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde ise mevcut bina özellikleri anlatılmış, binaya öncelikle doğrusal eşdeğer deprem yükü yöntemi uygulanmış, sonrasında doğrusal olmayan itme analizi ve son olarak da zaman tanım alanında analiz uygulanmıştır. Her analiz sonrası yapı eleman hasar seviyeleri belirlenmiş ve bina performans durumu gösterilmiştir.

Son bölümde ise yapının uygulanan bu üç deprem analiz yöntemi sonrası davranışı yorumlanmıştır. Yapı performansı, bu üç farklı analiz yöntemi sonucunda yakınlık göstermiştir. Yapı, uygulanan üç yöntemde de can güvenliği performans seviyesini sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler : Deprem Performansı, Şekil değiştirme, Doğrusal Olmayan İtme Analizi, Doğrusal Olmayan Zaman Tanım Alanında Analiz.

DETERMINATION OF THE SEISMIC PERFORMANCE A REINFORCED FRAME STRUCTURE USING OF LINEAR AND NONLINEAR ANALYSIS METHODS

SUMMARY

Nowadays, force-controlled methods have an important place for assessment of existing structures. In these methods, force capacity calculation is done in sections, the structure is evaluated on the basis of structurel components and obtain information on the system performance. However, now owing to the development of a new generation studies and computer programmes, methods with more realistic and more accurate results for the seismic behaviour. Those methods are based of the strain represent the accurate behaviour of the structure (non-linear).

In this thesis performance of an existing building is examined by applying three different methods of analysis for seismic performance status was determined. Consists of four section as work content.

In the first section of the thesis, subject was explained in a detail and methods used in this study are discussed.

In the second section, seismic analysis methods are explained with criterias, from The Seismic Code information about the subject are given and annotated, materials behaviour and necessary acceptance for analysis are mentined.

In the third section, the properties of existing building are explained, first the linear equivalent seismic load method has been applied to building, and then nonlinear pushover analysis and finally nonlinear time history analysis applied. After each analysis, the level of damage to structural elements are shown and building performans status is shown.

In the last section, after applied these three seismic analysis methods behaviour of structure is annotated. The structure performance revealed nearest as a result of these three different methods of analysis. The structure satisfied life safety performance level with applied these three methods.

Key Words : Seismic Performance, Strain, Nonlinear Pushover, Nonlinear Time History Analysis

1. GİRİŞ

Yurdumuz, depremselliği ile dünyanın önde gelen ülkelerinden biridir. Belli sıklıkta yaşadığımız şiddetli depremler bizlere çok acı tecrübeler yaşatmıştır. Sonuçta binlerce hayat sona ermiş, birçok yapı kullanılamaz duruma gelerek binlerce kişi evsiz kalmıştır. Bu acı tecrübelerin yaşanmasının; kaçak ve kontrolsüz yapılaşma, kalitesiz malzeme kullanımı, yanlış projelendirme ve yapılaşma alanlarının yanlış seçilmesi gibi nedenlerden olduğu unutulmamalıdır.

Ülkemiz dünyanın aktif fay hatlarından biri olarak bilinen Kuzey Anadolu Fay hattının bulunduğu bölgede yer almaktadır. Bu hat, batıda Marmara bölgesi gibi sanayi ve konutlaşmanın yoğun olduğu bölgeye uzanır. Bu fay son 100 yılda 10'dan fazla sayıda 7 ve üzeri büyüklüğünde deprem oluşturmuştur. Bu depremlerden en çok iz bırakanı kuşkusuz 1999 Gölcük depremi olmuştur. Bu deprem sonucunda binlerce insan ölmüş yine bir o kadar insanda yaralanmış, yüzlerce özel, kamu ve sanayi yapısı yıkılmış yada ağır hasar görmüştür. İnsan kaybı ile beraber milyarlarca liralık bir maddi kaybın da söz konusu olduğu bu afet sonucunda daha bilinçli bir mühendislik, kontrol ve idari yönetim anlayışının egemen olması gerektiği bir kez daha anlaşılmıştır.

Mevcut yapı stoğumuzun çok büyük bölümü maalesef yeterli mühendislik hizmeti almayan yapılardan oluşmaktadır. Yapılan araştırmalar, olası bir depremde bir çok yapının yıkılacağını ya da hasar göreceğini bize göstermektedir. Bunu engellemek ya da etkiyi en az indirmek için iki yol vardır. Birincisi, hasarsız yada az hasarlı mevcut yapıların bu alanda tecrübeli mühendisler tarafından güçlendirilmesi, ikincisi, güçlendirilmesi ekonomik olmayan yapıların yıkılıp yeniden yapılmasını sağlamaktır. Bunları uygulamak için ise Deprem Yönetmeliği 7.Bölüm mühendisler için rehber olmaktadır.

Günümüzde mevcut yapıların kontrolü için kullanılan yöntemlere baktığımızda en çok karşımıza çıkan yöntem kuvvet esaslı doğrusal yöntemlerdir. Bu yöntemlerde, yapı elemanlarının kapasite aşımaları incelenmektedir. Deprem etkisi ise deprem azaltma katsayısı ile azaltılarak yapıya etki ettirilir. Bu yöntem, doğrusal olmayan

yöntemlere nazaran daha olumsuz sonuçlar vermekle beraber elemanların gerçek malzeme davranışlarını ancak idealleştirerek görmemizi sağlamasından dolayı tam anlamıyla doğru sonucu vermez. Buna karşılık Deprem Yönetmeliğimiz’de 7. Bölüm’de vurgulanan şekil değiştirme esaslı değerlendirme yöntemi mevcut yapılar için daha kesin ve doğru sonuçlar bize sunmaktadır.

Performansa göre değerlendirme yönteminde yapı davranışı, eleman performanslarının ve hasar seviyelerinin tespitiyle yorumlanabilir. Aynı zamanda yapı için belirlenen performans noktası ile yapının o noktadaki deplasman değerine de ulaşılabilir. Performansa göre analiz, kullanılrlık sınırı, yerdeğiştirme sınırı, can emniyet sınır ve göçme sınır gibi birden fazla parametreye dayalıdır.

Bu tez çalışmasında Deprem Yönetmeliğine göre tasarlanmış sekiz katlı bir konut yapısının yine aynı yönetmelikte yer alan üç farklı yöntemle performansı değerlendirilmiştir. Bu yöntemlerden biri kuvvet esaslı doğrusal eşdeğer deprem yükü yöntemidir. Diğer ikisi ise doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü (statik itme analizi) ile doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz yöntemleridir. Doğrusal yöntemde yapı elemanlarının lineer sınırlar içinde kaldığı kabul edilerek hasar durumları incelenmiştir. Diğer iki yöntemde ise yapı elemanlarının doğrusal ötesi davranışa geçtikleri ve plastik mafsalların oluşmasıyla meydana gelen hasar seviyeleri incelenmiştir. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi uygulanırken yerdeğiştirme kontrollü analiz yapılmış, hedef yerdeğiştirme istemi bulunarak yapı performans noktası belirlenmiştir. Zaman tanım alanında analizde ise yapıya yönetmeliğimizde yer alan tarım spektrumuyla uyumla benzeştirilmiş üç farklı deprem kaydı etki ettirilmiş, bunlardan en olumsuz sonuçları veren kayıta göre eleman hasar seviyeleri belirlenmiştir. Sonuç kısmında ise yapılan bu üç farklı analiz çıktıları irdelenmiş ve yorumlanmıştır.

2. BETONARME YAPILARIN DEPREM ETKİSİNDE DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

2.1 Genel Kavramlar ve Malzeme davranışları

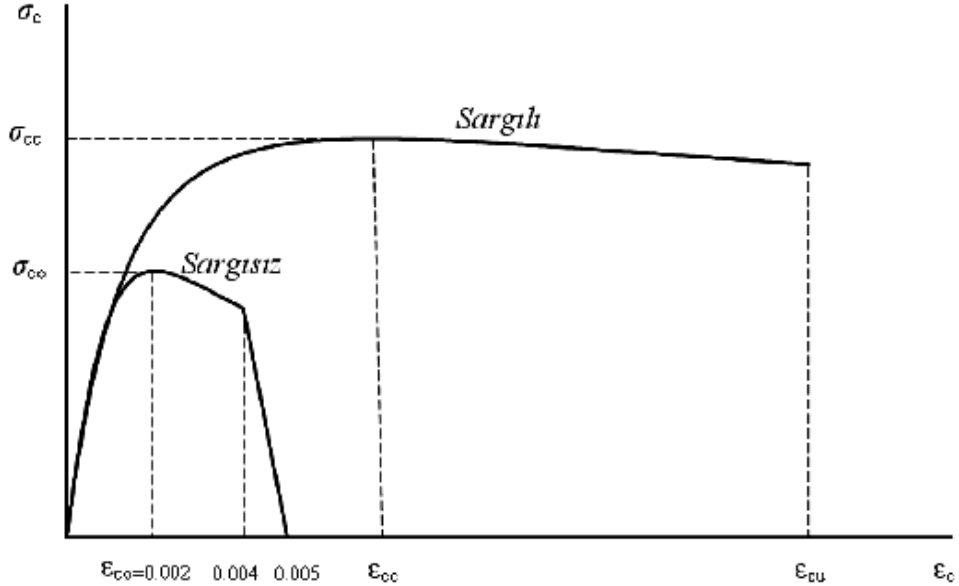
2.1.1 Betonarme Sistem Davranışı

Betonarme; agrega, su ve çimentonun birleşimiyle oluşan beton ile çelik çubukların bir arada kullanılmasıyla oluşturulan sistem bütünüdür. Dış etkilere karşı oldukça dayanıklı bir sistem olan betonarme sistemler günümüz yapıların oluşumunda çok önemli bir ögeyi oluşturur. Betonarme sistemde beton ile çelik çubukların çalışma mekanizması bir nevi kilit anahtar şeklindedir. Çelik oldukça sünek, sağlam ve çekme etkisindeki avantajıyla çok önemli bir malzemedir. Fakat çelik çubuklar bu olumlu etkiyi basınç etkisinde gösteremezler ve burkulmaya maruz kalırlar. Beton ise, basınç mukavemeti oldukça iyi olmakla beraber çekme etkisinde oldukça zayıftır. İşte birbirlerinin bu olumsuz etkilerini kapatarak muhteşem bir malzeme ve sistem bütünlüğü oluşturan betonarme sistemlerde beton, basınç, çelik ise çekme etkilerini karşılayarak betonarmenin ne kadar kullanışlı ve önemli olduğunu bize göstermektedir. Ayrıca beton, çeliğini olumsuz etkenlerden (korozyon, yangın, don vb...) koruyan iyi bir örtüdür ve bu birleşim uzun yıllar yapıyı ayakta tutabilecek kadar etkilidir.

2.1.1.1 Beton Malzemesi Davranışı

Beton malzemesi, basınç etkisinde oldukça iyi bir performans göstermektedir. Beton, yapısı gereği gevrek, yani yük altında ani güç tükenmesine maruz kalan bir malzemedir. Beton malzemesi çelik ile kullanıldığında ise sünek davranış gösterir ve yapılar için oldukça kullanışlı bir hale gelir. Deprem yönetmeliğinde “sargısız” ve “sargılı” olmak üzere iki ayrı beton modeli tanımlanmıştır. Sargılı betonun davranışı; enine donatının hacimsel oranı, aralığı, dağılımı, çap ve dayanımı, boyuna donatının oranı ve kesit içinde dağılımı, betonun basınç dayanımı ve cinsi, yükleme hızı ve biçimi, eğilme etkisindeki elemanlarda eksenel kuvvetin seviyesi gibi pek çok parametreye bağlıdır. Şekil 2.1’de Deprem Yönetmeliği’ndeki sargılı ve sargısız betonların gerilme şekil değiştirme grafiği verilmiştir. Burada ϵ_{co} , ϵ_{cc} , ϵ_{cu} , σ_{co} , σ_{cc} ,

sırasıyla sargısız betonun taşıyabileceği en büyük basınç gerilmesine karşı gelen şekil değiştirme, sargılı betonun taşıyabileceği en büyük basınç gerilmesine karşı gelen şekil değiştirme, sargılı betondaki en büyük basınç birim şekil değiştirme, sargısız betonun basınç dayanımı ve sargılı betonun basınç dayanımına karşılık gelmektedir.

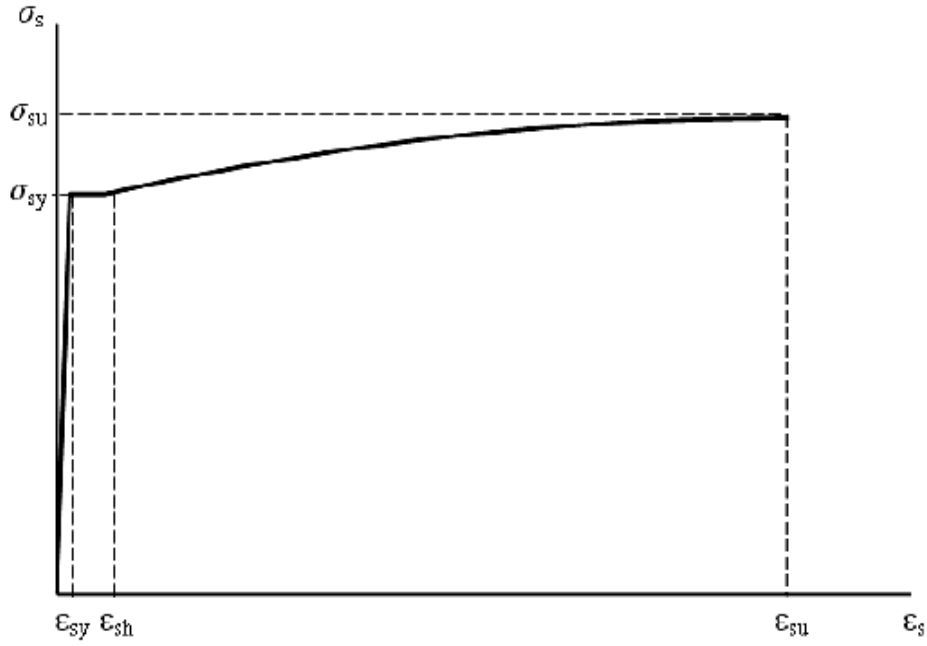


Şekil 2.1 Betonun Gerilme-Şekildeğiştirme İlişkisi

2.1.1.2 Çelik Malzemesi Davranışı

Çelik çekme mukavemeti oldukça iyi olan bir malzemedir. Sünek davranışa sahip olan çelik basınç etkisinde yalnız kullanıldığından burkulmaya maruz kalır. Bu yüzden beton ile kullanıldığında ancak etkili olur. Çelik, kuvvet etkisinde göstermiş olduğu davranışla gerilme şekil değiştirme eğrisinde üç bölgede incelenir. Bunlar aynı zamanda deprem yönetmeliğimizde de yer alan elastik bölge, plastik bölge ve pekleşme bölgesidir. Elastik bölge, çeliğin kalıcı şekil değiştirmeye maruz kalmadığı ve dış etkinin ortadan kaldırıldığında tekrar eski haline döneceği bölgedir. Plastik bölge ise, çeliğini kalıcı şekil değiştirmeye maruz kaldığı bölgedir. Pekleşme bölgesi ise, çeliğin büyük şekil değiştirmelerine maruz kaldığı ve kesit alanının inceliğiyle çelikte sertleşmenin başladığı ve kopma noktasına yaklaşılacak bölgedir. Deprem yönetmeliğinde bu parametreler ϵ_{sy} , ϵ_{sh} , ϵ_{su} , σ_{sy} , σ_{su} , sırasıyla donatı çeliğinin akma birim şekil değiştirmesi, donatı çeliğinin pekleşmeye başladığı noktadaki birim şekil değiştirmesi, donatı çeliğinin kopma birim şekil değiştirmesi, donatı çeliğinin akma dayanımı ve donatı çeliğinin kopma gerilmesi olarak yer almaktadır. Çeliğin

deprem yönetmeliğinde tanımlanan bu gerilme şekildeğiştirme ilişkisi Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Çeliğin Gerilme-Şekildeğiştirme İlişkisi

2.1.2 Plastik Mafsal Hipotezi

Yeterli düzeyde sünek davranış özelliği gösteren yapı sistemlerinde (çelik ve bazı betonarme yapılarda) plastik mafsal hipotezi uygulanarak hesaplar önemli ölçüde basitleştirilebilir.

Doğrusal olmayan şekildeğiştirmelerin küçük bir bölgeye yayıldığı sistemlerde, doğrusal olmayan eğilme şekildeğiştirmelerinin plastik mafsal adı verilen belirli kesitlerde toplandığı, bunun dışındaki bölgelerde sistemin doğrusal-elastik davrandığı varsayılabilir. Bu hipoteze plastik mafsal hipotezi adı verilir.

Artan dış yükler altında plastik mafsalın dönmesi artarak dönme kapasitesi adı verilen bir sınır değere eşit olunca, oluşan büyük plastik şekildeğiştirmeler nedeniyle kesit güç tükenmesi durumuna geçebilir. Yapı sisteminin bir veya daha çok kesitindeki plastik mafsal dönmelerinin dönme kapasitesine ulaşması ise, yapının tümünün kullanılamaz hale gelmesine, diğer bir deyişle göçmesine neden olmaktadır.

Plastikleşme, bir elemanda iki uç noktalar (A ve B) arasında yayılıdır. Bu iki noktanın birbirlerine göre dönmesi toplam eğriliğin kiriş boyunca integrasyonu ile Denklem 2.1’deki gibi hesaplanabilir.

$$\theta_{BA} = \int_A^B \phi_t dx = \int_A^B (\phi_{elastik} + \phi_{plastik}) dx = \int_A^B \phi_{elastik} dx + \int_A^B \phi_{plastik} dx \quad (2.1)$$

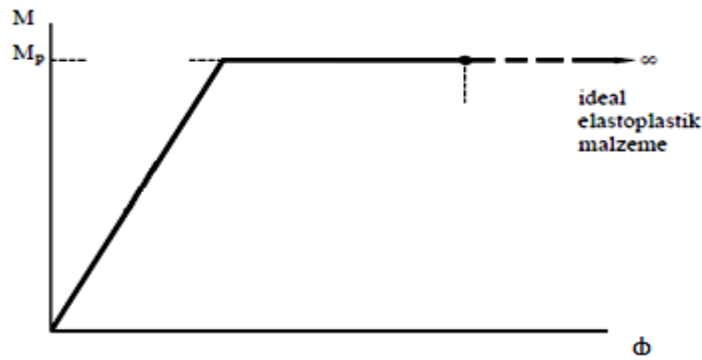
Çoğu durumda plastik eğrilik elastik eğriliğe göre büyük olduğu için yalnızca plastik eğrilik durumu göz önüne alınabilir. Plastikleşen bölgedeki eşdeğer plastik mafsalsal boyu, hesaplanan en büyük plastik eğrilik değerinin toplam dönmeye bölünmesiyle, Denklem 2.2’de verildiği gibi, elde edilebilir.

$$L_p = \frac{\theta_{BA}^{plastik}}{\phi_{p \max}} = \frac{1}{\phi_{p \max}} \int_A^B \phi_{plastik} dx \quad (2.2)$$

Deprem yönetmeliği, plastik mafsalsal boyu olarak adlandırılan plastik şekildeğiştirme bölgesinin uzunluğunu, çalışan doğrultudaki kesit boyutunun yarısına eşit olarak tanımlamıştır.

2.1.2.1 Plastik Mafsalsal Hipotezinin Esasları

1. Bir kesitte eğilme momenti, artarak M_p plastik moment değerine eşit olunca, o kesitte bir plastik mafsalsal oluşur. Daha sonra, kesitteki eğilme momenti $M = M_p$ olarak sabit kalır ve kesit serbestçe döner. Plastik mafsalsal ϕ_p plastik dönmesi artarak maksimum ϕ_p dönme kapasitesine erişince, oluşan hasar nedeniyle kesit kullanılamaz duruma gelebilir.
2. Plastik mafsallar arasında sistem doğrusal-elastik olarak davranır.
3. Kesite eğilme momenti ile birlikte normal kuvvetin de etkimesi halinde, M_p plastik momentini yerine, kesitteki N normal kuvvetine bağlı olarak akma koşulundan bulunan indirgenmiş plastik moment (M_p') değeri esas alınır.



Şekil 2.3 İdealleştirilmiş Eğilme Momenti-Eğrilik Bağlantısı

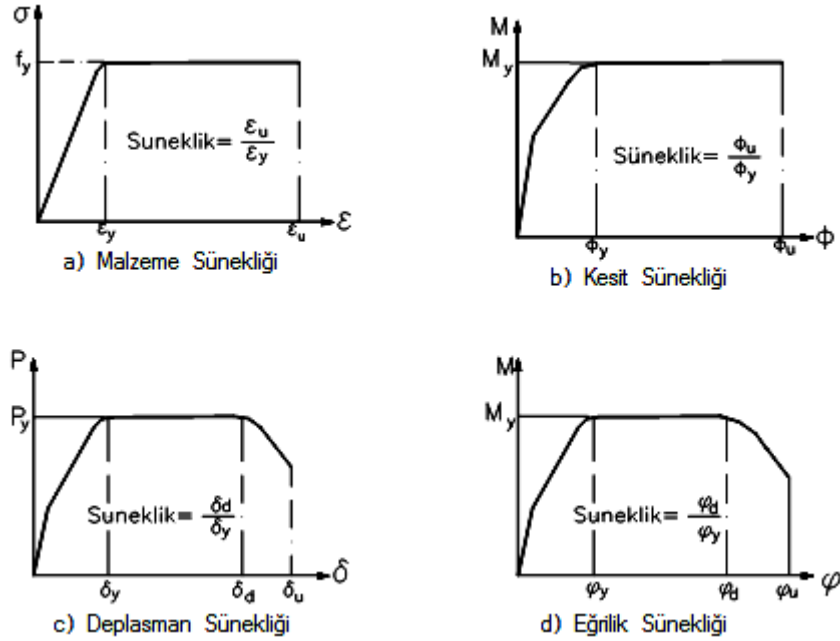
2.1.3 Süneklik

Yapı sistemlerinde süneklik, genel olarak, “yapının dayanımında önemli bir azalma ve kararsız denge hali oluşmaksızın, deprem sırasında yapıya transfer olan enerjinin büyük bir kısmını, elastik olmayan davranışla ve tersinir, dönüşümlü büyük

şekildeğiştirmelerle yutma yeteneği” olarak tanımlanmaktadır (Hasgür ve diğ.,1996).

Sünekliğin ölçüsü “süneklik oranı” dır. Dört çeşit süneklik vardır [18]. Bunlar:

- Malzeme sünekliği (Şekil 2.4.a)
- Kesit sünekliği (Şekil 2.4.b)
- Deplasman Sünekliği (Şekil 2.4.c)
- Eğrilik Sünekliği (Şekil 2.4.d)



Şekil 2.4 Süneklik Çeşitleri

Bu türler arasında bir ilişki vardır (Şekil 2.4). Enerji sünekliği yapı ve eleman sünekliğinin toplamıdır. Eleman sünekliği ise eğrilik ve malzeme sünekliğine bağlıdır. Sismik tasarımda süneklik limiti çok önemli bir değerdir. İki çeşit süneklik limiti tanımlanabilir. Bunlar süneklik kapasitesi ve talep edilen süneklik limitleridir. Betonarme binalarda süneklik oranı, şekildeğiştirme sünekliği cinsinden ifade edilirken; Denklem 2.3’de görüldüğü gibi binanın, genellikle son kat döşemesi hizasında göçme halinde karşılık gelen en büyük yanal ötelenmenin sistemin genel olarak akmaya başladığı andaki yanal ötelenmesine oranı ile tanımlanabilir.

$$\mu = \frac{\delta_u}{\delta_y} \quad (2.3)$$

Depreme dayanıklı yapı tasarımında, gerek eleman düzeyinde ve gerekse yapı sisteminin bütünü için talep edilen sünekliğin yapıya kazandırılması önemli bir tasarım yaklaşımıdır. Doğal olarak, sağlanacak süneklik kapasitesi yapının deprem

etkisi altında maksimum süneklik talebine eşit ya da ondan büyük olmalıdır. Burada talep, sünekliğin herhangi bir türünde maksimum olabilir. Öte yandan, süneklik talebinin aşırı dönme ve yerdeğiştirmeleri kısıtlamak açısından bir üst sınırı olmalıdır (Paulay,1993). Başlıca deprem yönetmeliklerinde verilen “yük azaltma katsayıları” yeterli sünekliğin sağlanacağı varsayımına dayanmaktadır. (Watson ve diğ.,1994). Bu varsayımın gerçekleşebilmesi için sistemde sünek olmayan (gevrek) güç tükenmesi türlerinin engellenmesi gerekir. Örneğin, gevrek güç tükenmesi türlerinden biri olan kesme etkisinden dolayı oluşan güç tükenmesinin önlenmesi için, eleman kesme dayanımı eğilme dayanımından yüksek olmalıdır. Sünek olmayan şekildeğiştirmelerle, arzu edilen sünek şekildeğiştirmelerin başlangıçları arasında da yeterli aralığın bulunması gereklidir.

2.2 Deprem Yönetmeliğinde Deprem Hesabı ve Performans Yaklaşımı

Deprem Yönetmeliği, yeni yapılacak yapıların tasarımı ve hesabı ile mevcut yapıların hesabı ve performans değerlendirilmesi için kıstaslar içermektedir. Bu bölüm, yönetmelikte yer alan performans değerlendirilmesinin yapılacağı deprem hesap yöntemleri ile mevcut yapıların değerlendirilmesinde mühendislere rehber olan Bölüm 7’nin özeti ve yorumu niteliğindedir.

2.2.1 Binalardan Bilgi Toplanması

Bu bölüm, deprem performansı incelenecek mevcut yapılar için hangi bilgilerin gerekli olduğunu, elde edilme yöntemlerini, alına bilgiler dahilinde yapı için belirlenen bilgi düzey katsayılarını açıklar. Binalardan bilgi toplanması kapsamında yapılacak işlemler:

- Yapısal sistemin tanımlanması
- Bina geometrisinin uygunluğunun kontrolü
- Temel sisteminin ve zemin özelliklerinin saptanması
- Varsa mevcut hasarın ve önceden yapılmış olan değişiklik ve/veya onarımların belirlenmesi
- Eleman boyutlarının ölçülmesi
- Malzeme özelliklerinin saptanması
- Sahada derlenen tüm bilgilerin binanın varsa projesine uygunluğunun kontrolüdür.

Yönetmelik, yapılardan toplanacak bilgileri üç farklı düzeyde değerlendirip, bunlar için her birine Çizelge 2.1’de gösterildiği gibi katsayı verir. Bu katsayılar, elemanların kapasiteleriyle çarpılıp sonuçlara yansıtılır.

Çizelge 2.1 Binalar İçin Bilgi Düzeyi Katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

2.2.2 Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

Yapı elemanlarında güç tükenmesi olayı iki türdür. Birincisi gevrek güç tükenmesidir. Bu, kesinlikle yapıda oluşması engellenmesi gereken bir güç tükenmesi türüdür. Gevrek kırılmada yapı, yeterli enerji yutamadan güç tükenmesi olayı yaşar ve yerel ya da tümünden yıkılmalar meydana gelebilir. Gevrek güç tükenmesi üç şekilde meydana gelir:

1. Kesme kuvveti etkisinden dolayı güç tükenmesi
2. Zımbalama etkisiyle güç tükenmesi
3. Aderans sıyrılması ile oluşan güç tükenmesi

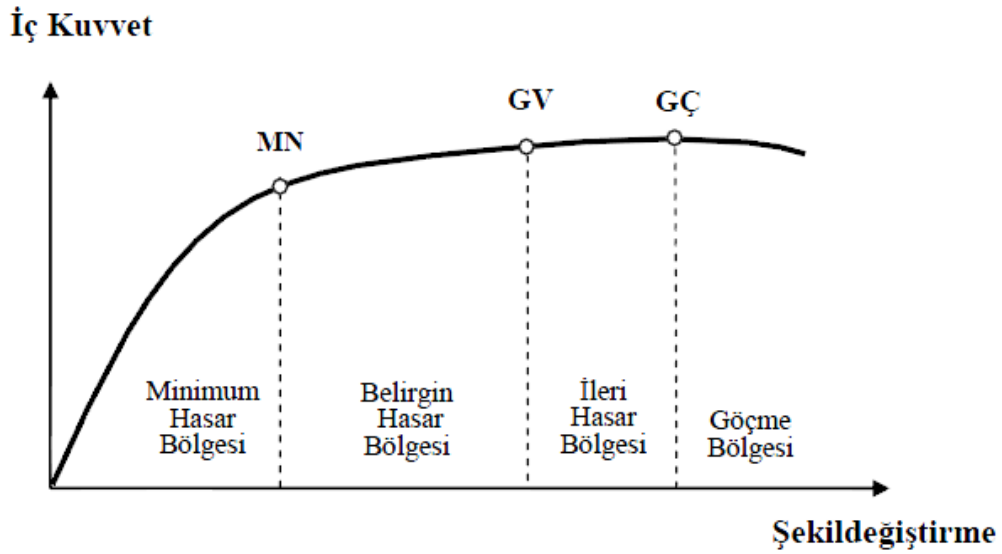
Diğer bir kırılma türü ise sünek kırılmadır. Bu yapılar için kabul edilebilir bir kırılma türüdür. Yapı burada, enerji yutarak kapasitesini aşarak güç tükenmesine maruz kalır. Deprem Yönetmeliği’nde 3 sınır durumu tanımlanmıştır. Bunlar Şekil 2.5’de gösterildiği gibi *Minimum Hasar Sınırı* (MN), *Güvenlik Sınırı* (GV), *Göçme Sınırı* (GÇ) dır. Bunlardan MN’ ye ulaşmayan elemanlar *Minimum Hasar Bölgesinde*, MN ile GV arasında kalanlar *Belirgin Hasar Bölgesinde*, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar *İleri Hasar Bölgesinde* ve GÇ’ yi aşan elemanlar ise *Göçme Bölgesinde* yer alırlar.

2.2.3 Binaların Deprem Performansı

Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında yapıda oluşması beklenen hasarın durumu ile ilgilidir ve dört farklı hasar durumu esas alınarak tanımlanmıştır.

2.2.3.1 Hemen Kullanım Performans Düzeyi

Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanlarda oluşan hasar minimum seviyededir. Eleman rijitlikleri ve dayanım özellikleri korunmaktadır. Yapıda kalıcı ötelenmeler meydana gelmemiştir. Yapısal olmayan elemanlarda ancak çatlamlar oluşabilir. Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10'u belirgin hasar bölgesine geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü minimum hasar bölgesindedir. Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirmeleri koşulu ile, binanın Hemen Kullanım Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir.



Şekil 2.1 Kesit Hasar Bölgeleri

2.2.3.2 Can Güvenliği Performans Düzeyi

Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanların bir kısmında hasar görülür. Ancak bu elemanlar yatay rijitliklerin ve dayanımlarının önemli bölümünü korumaktadırlar. Yapısal olmayan elemanlarda hasar bulunabilir ancak dolgu duvarlar yıkılmaz. Yapıda sınırlı miktarda kalıcı ötelenmeler oluşabilir; uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, kirişlerin en fazla %30'u ve kolonların bir kısmı ileri hasar bölgesine geçebilir. Ancak ileri hasar bölgesindeki kolonların, tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta ileri hasar bölgesindeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir. Diğer taşıyıcı elemanların tümü minimum hasar veya belirgin hasar bölgesindedir. Bu durumda, eğer varsa gevrek olarak hasar gören elemanların

güçlendirilmeleri koşuluyla, bina Can Güvenliği Performans Düzeyi'nde kabul edilir. Can güvenliği performans düzeyinin kabul edilebilmesi için ayrıca, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden minimum hasar sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir. Binanın güçlendirilmesine, güvenlik sınırını aşan elemanların sayısına ve yapı içindeki dağılımına göre karar verilir.

2.2.3.3 Göçme Öncesi Performans Düzeyi

Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanların önemli bir kısmında hasar görülür. Bu elemanların bazıları yatay rijitliklerin ve dayanımlarının önemli bölümünü yitirmişlerdir. Yapıda kalıcı ötelenmeler olmuştur. Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %20'si göçme bölgesine geçebilir. Diğer taşıyıcı elemanların tümü minimum hasar, belirgin hasar veya ileri hasar bölgesindedir. Bu durumda bina, eğer varsa gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmesi koşulu ile, Göçme Öncesi Performans Düzeyi'nde kabul edilir. Göçmenin önlenmesi durumunun kabul edilebilmesi için ayrıca, herhangi bir katta ve alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden minimum hasar sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kat kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir. Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır ve bina güçlendirilmelidir.

2.2.3.4 Göçme Durumu

Yapı uygulanan deprem etkisi altından göçme durumuna ulaşır. Düşey elemanların bir bölümü göçmüştür. Göçmeyenler düşey yükleri taşıyabilmektedir; ancak rijitlikleri ve dayanımları çok azalmıştır. Yapısal olmayan elemanların büyük çoğunluğu göçmüştür. Yapıda belirgin kalıcı ötelenmeler olmuştur. Yapı tamamen yıkılmıştır ya da yıkılmanın eşiğindedir ve daha sonra meydana gelebilecek hafif şiddette bir yer hareketi altında bile yıkılma olasılığı yüksektir. Bina göçme öncesi performans düzeyini sağlamıyorsa Göçme Durumu'ndadır. Binanın güçlendirme uygulanmadan, mevcut durumu ile kullanılması can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

2.2.4 Deprem Hareketi

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

- *Servis (kullanım) Depremi (D1)* : 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan yer hareketleridir. Yaklaşık dönüş periyodu 72 yıldır. Bu deprem etkisi, aşağıda tanımlanan tasarım depreminin yarısı kadardır.
- *Tasarım Depremi (D2)* : 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan yer hareketleridir. Yaklaşık dönüş periyodu 475 yıldır. Bu deprem 1998 ve 2007 Türk Deprem Yönetmeliklerinde esas alınmaktadır.
- *En Büyük Deprem (D3)* : 50 yılda aşılma olasılığı %2, yaklaşık dönüş periyodu 2475 yıl olan bir depremdir. Bu depremin etkisi tasarım depreminin yaklaşık olarak 1.5 katıdır.

2.2.5 Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar

Deprem Yönetmeliğinde doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin uygulanmasında, deprem hesabında aşağıdaki ilke ve kurallar dikkate alınır:

1. Deprem etkisinin tanımında, elastik (azaltılmamış) ivme spektrumunu kullanılır, fakat farklı aşılma olasılıkları için yönetmelikte belirtilen kriterlere göre değişiklikler yapılabilir. Bina önem katsayısı uygulanmaz ($I=1.0$ alınır).
2. Binalarda deprem performansı, yapıya etkiyen düşey yüklerin ve deprem kuvvetlerinin birleşik etkileri altında değerlendirilir. Bina ağırlığı hesaplanırken sabit yükler direk hesaba katılırken hareketli yükler yapı kullanım amacına göre azaltılarak hesaba katılır.
3. Deprem kuvveti binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilir.
4. Yapılacak binalarda zemin özellikleri için Deprem Yönetmeliği Bölüm 6'da yer alan kurallar geçerlidir.
5. Binanın taşıyıcı sistemi modeli, bina için elde edilecek iç kuvvet, yerdeğiştirme ve şekildeğiştirmeleri doğru bir şekilde verebilecek şekilde hazırlanmalıdır.

6. Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yerdeğiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri gözönüne alınır. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanır, ayrıca ek dış merkezlilik uygulanmaz.
7. Mevcut binada saptanan düzensizlikler bilgi düzeyi katsayıları ile hesaplara yansıtılmalıdır.
8. Kısa kolon olarak tanımlanan kolonlar, sistem modelinde gerçek serbest boyları ile tanımlanır.
9. Analizde beton için basınç birim kısalması 0.003, donatı çeliği için ise 0.01 alınır. Malzemelerin esas alınacak dayanımları mevcutta elde edilen ve bilgi düzeyi katsayıları ile belirlenir.
10. Mevcut binalarda eğilme etkisine maruz kalmış betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri $(EI)_e$ kullanılır. Kirişler için bu bu değer $(EI)_e = 0.4 (EI)_o$; kolon ve perdelerde ise $N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0.10$ ise $(EI)_e = 0.4 (EI)_o$ $N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0.40$ ise $(EI)_e = 0.4 (EI)_o$ olarak hesaplanır. Ara değerler için ise enterpolasyon uygulanır.
11. Tablalı kirişlerde pozitif ve negatif momentler bulunurken tabla betonu ve içindeki donatı hesaba katılmalıdır.
12. Zemindeki yerdeğiştirmelerin yapı davranışını etkileyebileceği durumlarda zemin özellikleri analiz modeline yansıtılmalıdır.
13. Betonarme elemanlarda kenetlenme boyu yetersiz ise mevcut donatılarda akma gerilmesi tespit edilen eksiklik oranında azaltılabilir.
14. Binanın iç kuvvet ve şekildeğiştirme değerlerini değiştirebilecek özelliklere sahip olan zeminler analiz modeline yansıtılmalıdır.

2.2.6 Kapasite Tasarımı

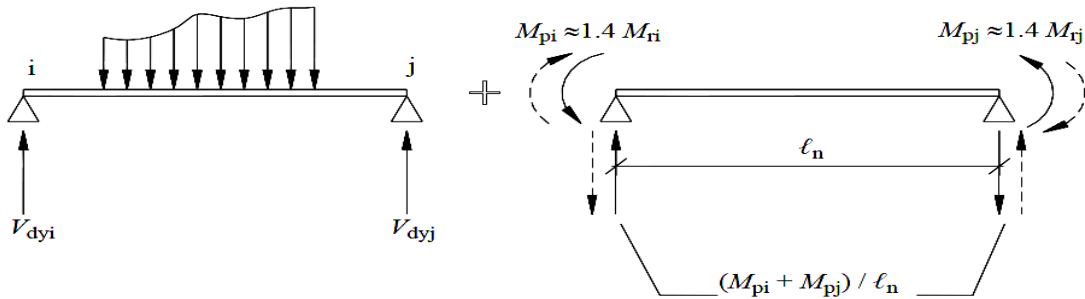
Kuvvetli yer hareketlerinde yapı sistemlerinde bazı elemanlar mevcut dayanım kapasitelerine ulaşp, elastik ötesi davranışa geçerek plastik duruma geçeceklerdir. Sonuçta bu elemanlarda kalıcı hasar meydana gelir. Kapasite tasarımında amaç, yapı elemanlarında meydana gelebilecek olası hasarları kontrollü bir şekilde yapının diğer elemanlarına yaymaktır.

Mevcut bir yapının elemanlarında meydana gelen hasarı incelemek için doğrusal olmayan hesap yöntemlerinden faydalanmak gereklidir. Çünkü yapı elemanlarını oluşturan beton ve donatı çeliğinin gerçek davranışları doğrusal değildir. Dolayısıyla

bu elemanlar için hasar kontrolü ve kapasite hesabında doğrusal olmayan yöntemler kullanılmalıdır. Fakat bu yöntemler kullanım açısından bazı zorlukları kendinde barındırır. Yani bu yöntemlerin kullanabilmek için yüksek donanımlı bilgisayarlara ve yeterli mühendislik bilgisine sahip olmak gerekir. Aynı zamanda bu konuda ileri düzey olan ve doğruluk anlamında güvenilir olan bilgisayar programlarına ihtiyaç duyulur.

Günümüzde doğrusal olmayan analizler, zorlukları ve kullanımları yeterli olgunluk seviyesine ulaşmamış olması nedeniyle akademik çalışmalar dışında pek kullanılmaz. Bunun yerine elastik hesap yöntemleri geçerlidir. Doğrusal elastik yöntemde yapıya etkileyen deprem kuvvetleri, yapının süneklik özellikleri doğrultusunda normalize edilir. Yalnız bu değer mevcut yapıların değerlendirilmesinde “1” alınır.

Kapasite tasarımında yapıdaki elemanların belirli bir düzen içerisinde eğilme kırılması şeklinde güç tükenmesine maruz kalması istenir. Bu kırılma türü sünek kırılma türüdür. Yapı elemanlarının sünek kırılmaları için kesme kuvveti kapasitelerinin deprem etkisinden gelen kesme kuvvetlerinden küçük olması gerekir. Betonarme yapı elemanlarında kesme kuvveti kapasiteleri, eğilme kapasitelerine göre hesaplanır. Bu durum kirişleri için Şekil 2.6’de gösterilmiştir. Burada V_{dyi} ve V_{dyj} kiriş uçlarında düşey yüklerden meydana gelen tasarım kesme kuvvetleridir. Şeklin sağ tarafında deprem etkisinden dolayı oluşan kesme etkisi hesaplanmaktadır. Burada M_{pi} ve M_{pj} deprem etkisi altında kiriş uçlarında meydana gelen pekleşmeli eğilme momenti kapasitelerini göstermektedir. Bir kiriş için mevcut kesme kuvveti kapasitesinin hesabı ise Denklem 2.4’de gösterilmiştir.



Şekil2.2 Kirişlerde Kapasite Hesabı

$$V_e = V_{dy} \pm \frac{(M_{pi} + M_{pj})}{l_n} \quad (2.4)$$

2.2.7 Yapı Performansının Doğrusal Hesap Yöntemleri İle Belirlenmesi

Deprem hesap yöntemleri arasında en yaygın kullanım alanına sahip bu yöntemler, malzeme için bazı kabuller sayesinde hesap kolaylığı sağlamaktadır. Bu yöntemlere göre kesitin, maruz kaldığı deprem yükü altında çatlamadığı ve rijitliğinin sabit kaldığı kabul edilir. Farklı yük kombinasyonları ile kesitlerdeki zorlamalar bulunabilir. Bu yöntemlerde elemanlar için elde edilen iç kuvvet ve şekildeğiştirmeler diğer analiz türlerine göre daha büyüktür. Dolayısıyla mevcut yapılar için bu yöntemin uygulanması güçlendirmelerde ekonomik açıdan uygun olmayabilir.

2.2.7.1 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi

Bu yöntem yeni tasarlanacak binalar ya da mevcut binaların performans değerlendirmesi için oldukça sık kullanılan doğrusal yöntemlerdendir. Bu yöntemde depremin yapıya üçgenel boyutlarda etkidiği kabul edilir. Deprem kuvveti binalar için; binanın yapılacağı yerin sismik özelliklerine, zemin yapısına, bina ağırlığına, taşıyıcı sistem tipine, yapının doğal titreşim periyoduna, yapı kütlelerinin dağılımına bağlı olarak Denklem 2.5'deki gibi hesaplanır.

$$V_t = \frac{W \cdot A(T_1)}{R_a(T_1)} \times \lambda \quad R_a = \text{mevcut binalar için 1 alınır.} \quad (2.5)$$

Burada " λ " katsayısı, etkin kütle için göz önüne almak için denkleme katılır ve değeri, bodrum hariç bir ve iki katlı binalarda 1, diğer binalarda ise 0.85 alınır. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabilmesi için 3 ana kriter vardır. Bunlar Çizelge 2.2'de belirtilen kurallardır.

Çizelge 2.1 Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Uygulanabileceği Binalar

Deprem Bölgesi	Bina Türü	Toplam Yükseklik Sınırı
1,2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağlayan binalar	$H_N \leq 25 \text{ m}$
1,2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağlayan ve ayrıca B2 türü düzensizliğin olmadığı binalar	$H_N \leq 40 \text{ m}$
3,4	Tüm binalar	$H_N \leq 40 \text{ m}$

Burada burulma düzensizliği katsayısı mevcut binalar için 1.4 alınmaktadır. Eşdeğer deprem yükü yöntemine getirilen bu kısıtlamaların nedeni bu yöntemde binaların sadece birinci hakim modlarının hesaba katılmasıdır. Bir başka deyişle bu yöntem yüksek binalar için geçerli değildir. Yüksek binalarda yapının hakim modu dışında diğer modlarının katkısı gözardı edilmeyecek kadar fazla olabilir. Fakat bu yöntem yüksek modların katkısını hesaba katmaz.

2.2.7.2 Mod Birleştirme Yöntemi

Bu yöntemde eşdeğer deprem yükü yönteminin aksine yeterli sayıda titreşim modu dikkate alınarak hesap yapılır. Burada hesaba katılacak yeterli titreşim modu sayısı, her bir mod için hesaplanan etkin kütle oranlarının toplamının hiçbir zaman bina kütlelerinin %90' ından daha az olmaması kuralına göre belirlenir. İç kuvvet ve şekildeğişiklikler hesaba katılan her bir moddaki katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilir.

2.2.7.3 Doğrusal Yöntemlerle Kapasite Hesabı

Doğrusal hesap yöntemleri ile hesap yapılırken elemanların kesme kuvveti ve eğilme moment kapasiteleri de hesaplanır. Bu kapasiteler binaya gelen deprem yüklerinin oluşturduğu moment ve kesme kuvvetleri ile karşılaştırılır. Sonuçta her eleman için etki/kapasite (r) oranları dediğimiz değerler hesaplanır. Bu değerler kesitler için Denklem 2.6 'daki gibi hesaplanır.

$$r = \frac{M_E}{M_A} = \frac{M_E}{M_K - M_D} \quad (2.6)$$

Burada M_A kesitin artık moment kapasitesi olup $M_A = M_K - M_D$ 'dır. Bina yapı elemanlarına etkiyen kesme kuvvetleri, TS500'de hesaplanan ve kolon için Denklem 2.7 ve kiriş için Denklem 2.8'de gösterilen kesme kuvveti kapasitelerinden küçük olmalıdır.

$$V_e = \frac{(M_a + M_{\bar{u}})}{l_n} \quad (2.7)$$

$$V_e = V_{dy} \pm \frac{(M_{pi} + M_{pj})}{l_n} \quad (2.8)$$

Kiriş ve kolonlar için hesaplanan etki/kapasite oranları Çizelge 2.3 ve 2.4'deki sınır değerleri ile karşılaştırılarak o elemana ait hasar seviyesi belirlenir. Ara değerler için enterpolasyon yapılarak sınır değeri belirlenir.

2.2.8 Yapı Performansının Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri İle Belirlenmesi

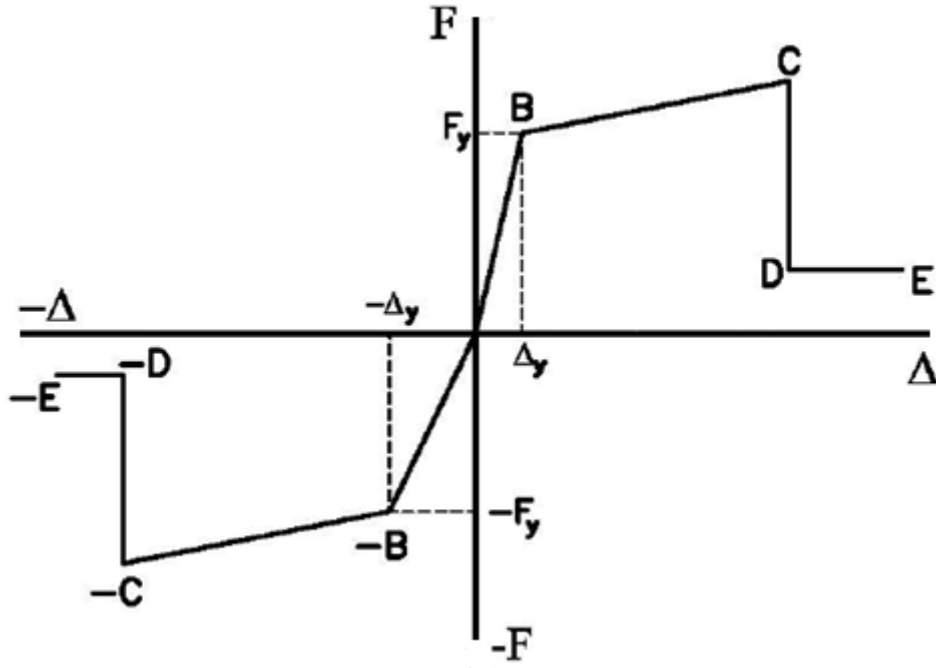
Doğrusal olmayan analizde elemanlarda, doğrusal analize nazaran dayanım kapasiteleri mevcuttur. Bu kapasite, depremden gelen kuvvet etkisinde zorlanarak elemanlarda rijitlik kayıpları meydana gelir. Rijitlikteki bu kayıp, kuvvet şekil değiştirme eğrisinde sabit kuvvet altında bile eğrinin uzamasına dolayısıyla şekil değiştirmenin artmasına neden olur. İşte bu ilişki analizlerde “plastik mafsallarla” modellenir. Şekil 2.7, bir eleman için bu ilişkiyi göstermektedir.

Çizelge 2.2 Kirişleri İçin Hasar Sınırları

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

Çizelge 2.3 Kolonlar İçin Hasar Sınırları

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



Şekil 2.3 Betonarme Bir Eleman İçin Kuvvet-Deformasyon İlişkisi

Şekil 2.7’de görüldüğü gibi bir elemanın doğrusal olmayan davranışını ifade etmek için eğri üzerinde sekiz noktanın koordinatlarının belirlenmesi gereklidir. Tek doğrultu için gerekli olan bu değerler kolonlar gibi iki doğrultuda çalışan elemanlar için onaltıya çıkar. Bir elemanı güç tükenmesi olayına eksenel yük, kesme kuvveti ya da moment etkisi ulaştırır. Fakat betonarme bir eleman için bunlardan yalnız moment etkisi ile oluşan eğilme davranışı sünek olduğundan deformasyon kapasitesinin hesaplanması yalnız eğilme mafsali için yapılır. Kirişler ise kolonlar gibi simetrik donatıya sahip olmadıklarından ötürü farklı pozitif ve negatif deformasyon değerleri için farklı davranışa sahiptirler. Bu nedenle de kiriş elemanı için de 16 adet değere ihtiyaç vardır.

Yığılı plastik davranış hipotezine göre elemanlara ait doğrusal ötesi davranış parametreleri bu davranışın eleman uçlarında yoğunlaşacağı varsayımına dayanarak hesaplanır. Bu hipoteze göre kiriş, kolon ve perde türü taşıyıcı sistem elemanlarında ki plastik şekil değiştirmelerin, iç kuvvetlerin kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca düzgün yayılı bir biçimde meydana geleceği varsayılır. Eğilme davranışının hakim olduğu bu bölge plastik mafsali boyu (L_p) olarak adlandırılır. Plastik davranışı temsil eden plastik mafsali bu bölgenin ortasında noktasal bir eleman olarak modellenenebilir.

2.2.8.1 Doğrusal Olmayan Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi (Statik İtme Analizi)

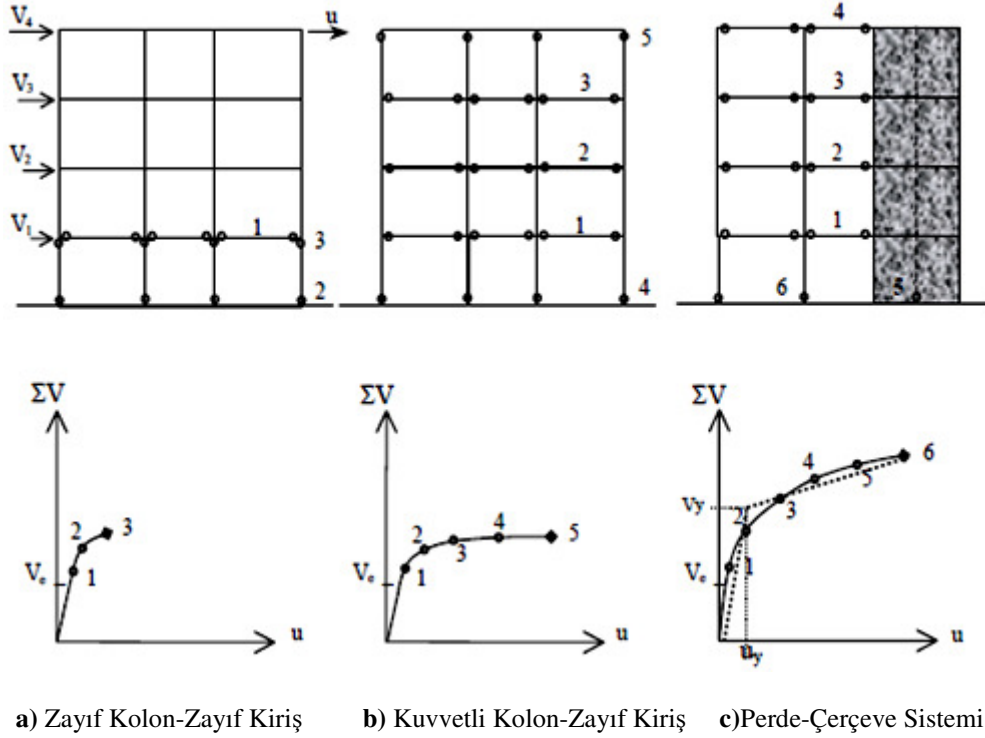
Performans esaslı tasarımda iki temel parametre deprem istemi ve kapasitedir. Deprem talebi, o yapıya gelen deprem kuvvetini, kapasite ise yapının bu deprem etkisi altındaki davranışını göstermektedir. Yapısal davranış itme eğrisi ile temsil edilir. Bu eğri, taban kesme kuvveti ile yapının tepe noktasındaki yerleşiklik arasındaki bağıntıyla gösterilir. İtme analizinin genel amacı, bir deprem etkisi altında sistemde oluşan maksimum plastik yer değiştirmeye ilişkin deprem isteminin belirlenmesi ve sonrasında bu istem değerlerinin, seçilen performans düzeyleri için tanımlanan şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılması ve böylece yapı performansının değerlendirilmesidir. Fakat itme eğrisi, sistemin doğrusal olmayan davranışını inceleme adına tek başına yeterli değildir. Daha detaylı bir bilgi için eğrinin koordinatları, sistemin birinci doğal titreşim modu ile temsil edilen tek serbestlik dereceli (TSD) eşdeğer sistemin yer değiştirmesine karşı gelen modal yer değiştirme ve aynı sistemin normalize edilmiş dayanıma karşı gelen modal sözde ivme koordinatlarına dönüştürülmesi gerekir. Böylece sismik tehlike altında en büyük yer değiştirmeyi ifade eden deprem istemlerinin elde edilmesi sağlanmaktadır.

İtme analizinde sadece birinci modun etkin olduğu ve burulma düzensizliğinin sınırlı olduğu binalar için yaklaşımı yüksek sonuçlar vermektedir. Yönetmeliğimiz’de bu kriterler aşağıdaki gibidir:

- Toplam kat adedi maksimum 8 olmalıdır.
- Burulma düzensizliği kat sayısı $\eta_{bi} \leq 1.4$ olmalıdır.
- Deprem doğrultusunda birinci moda ait kütle katılım oranı minimum %70 olmalıdır. (Birinci modun etkin olduğu yapılar)

Bir görüşe göre de altı kat ve üstü binalarda uygulandığı takdirde doğru sonuçlardan uzaklaşmaktadır (Sucuoğlu, 2007).

Yatay yük kapasite eğrisini, taşıyıcı sistem geometrisi, kesit ve malzeme özellikleri ve taşıyıcı sistemin elastik ötesi davranış modeli etkiler. Kapasite eğrisinde her adımda uygulanan kuvvetle çatı ötelenmesi değerlerinin değişimi ifade edilir. Şekil 2.8’de farklı taşıyıcı sistemlere ait yapılarda oluşan plastik mafsalları ve oluşma sıraları gösterilmektedir.



Şekil 2.4 Farklı Yapı Türlerinin Statik İtme Analizi İle Elde Edilen Kapasite Eğrileri

Şekil 2.8 (a)'ya göre yatay yük etkisinde sistemde önce önce birinci kat kirişleri mafsallaşır. Sonrasında birinci kat kolonları mafsallaşarak yapıda birinci katta mekanizma durumu yaşanır. Bu oldukça sık görülen yumuşak kat düzensizliği olan binalardaki güç tükenmesi durumudur. Yapıda ani rijitlik kaybı meydana gelir ve yeteri kadar enerji yutmadan yapı kararlılığını yitirir.

Şekil 2.8 (b)'de ise yapıda önce birinci kat kirişleri mafsallaşır. Sonrasında bu durumu sırasıyla üst katlardaki kirişler ve en son birinci kattaki kolonlar mafsallaşarak takip eder. Bu sistemde eğriden de anlaşılacağı gibi yapı maksimum derecede enerji yutarak yatay yükü karşılar. Mekanizma durumu sistemde tüm elemanların mafsallaşması sonrası meydana geleceğinden yapıdaki rijitlik kaybı düzenli bir şekilde azalır.

Şekil 2.8 (c)'de yapıda yine önce kirişler alt katlardan başlayarak mafsallaşırlar. Sonrasında ise yanal rijitliği çok yüksek olan perdeler rijitliği oranına göre kolonlara nazaran daha fazla yatay yük alacağından kolonlardan önce mafsallaşırlar. Son olarak ise kolonlar mafsallaşır ve sistem mekanizma durumuna geçer. Bu sistem (b)'deki sisteme göre daha çok enerji yutar ve kapasitesi daha büyüktür.

Statik itme analizinde hesaplamaları daha kolaylaştırmak ve bu yöntemi daha uygulanabilir hale getirmek için bazı kabuller yapılır. Bunlar:

- Plastik mafsalların kesit uçlarında toplandığı kabul edilir.
- Plastik mafsalsal boyu kesit yüksekliğinin yarısı olarak kabul edilir ($L_p = 0.5h$).
- Eğilme momenti yanında normal kuvvet de bulunan kolon kesitlerinde plastik mafsalsal kesitlerinin güç tükenmesi seviyesi mevcut malzeme dayanımları kullanılarak belirlenir ve bunların eğrisel değişiminin yeterli yaklaşıklıkta doğrularla ifade edilebileceği kabul edilir.
- Tablalı kesitlerde tabladaki beton ve donatının katkısı birlikte düşünülür.
- Betonarme elemanlarda daha gerçekçi bir davranış modeli oluşturmak için çatlamış kesit rijitlikleri kullanılır.

İtme analizinde koordinatları “ modal yerdeğiştirme - modal ivme” olan modal kapasite diyagramı aşağıdaki şekilde ifade edilir:

- a) (i)'nci itme adımında hakim moda ait modal ivme $a_1^{(i)}$ aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$a_1^{(i)} = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \quad (2.9)$$

Denklem 2.9'da $V_{x1}^{(i)}$ hakim moda ait (i)' nci itme adımı sonunda elde edilen taban kesme kuvvetini, M_{x1} ise o moddaki etkin kütle oranını temsil etmektedir.

- b) Hakim moddaki (i)'nci adıma ait modal yerdeğiştirme $d_1^{(i)}$ 'nin hesabı için ise Denklem 2.10'dan yararlanılır.

$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\phi_{xN1} \Gamma_{x1}} \quad (2.10)$$

Burada hakim moda ait kütle çarpanı olan Γ_{x1} , x yönündeki depremin başlangıç adımıdaki doğrusal elastik davranışı için tanımlanan L_{x1} ve birinci doğal titreşim moduna ait modal kütle M_1 'den yararlanılarak Denklem 2.11'deki gibi ifade edilir.

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (2.11)$$

- c) İtme analizi sonucunda elde edilen modal kapasite diyagramı ile elastik davranış spektrumu gözönüne alınarak modal yerdeğiştirme istemi hesaplanır. Denklem 2.12'de gösterilen bu ifadede d_1^p , modal yerdeğiştirme istemi, S_{di1} ise doğrusal olamayan spektral yerdeğiştirmeyi temsil eder.

$$d_1^p = S_{di1} \quad (2.12)$$

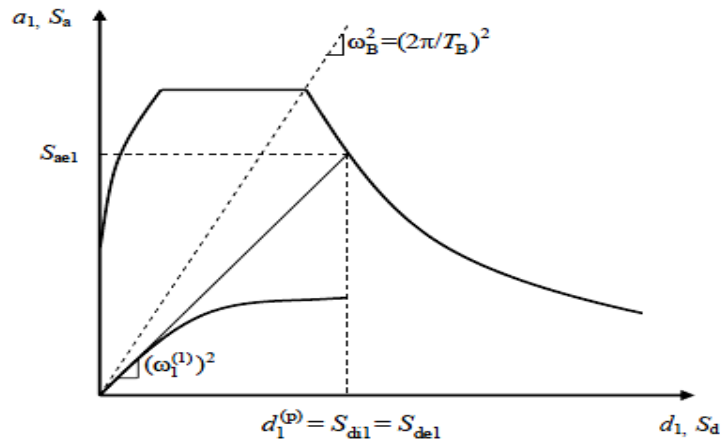
Doğrusal elastik olmayan spektral yerdeğiştirme S_{di1} , hakim moda ait periyoda karşı gelen doğrusal elastik spektral yerdeğiştirmeye bağlı olarak Denklem 2.13’de aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$S_{di1} = C_{R1} S_{de1} \quad (2.13)$$

- d) Doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme, S_{d1} , itme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivme “ S_{ae1} ” ile birlikte aşağıdaki gibi hesaplanır (Denklem 2.14):

$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(\omega_1^{(1)})^2} \quad (2.14)$$

Burada C_{R1} birinci oda ait spektral yer değıştirme oranıdır. Herhangi bir deprem doğrultusu için doğrusal elastik davranan binanın etkin rijitlik kullanılarak hesaplanan hakim periyodu zeminin T_B periyodundan Şekil 2.9’deki gibi büyük ise $C_{R1} = 1$ alınır. Eğer bu şart sağlanamaz ise Şekil 2.10’de görülen α_{y1} esas alınır ve C_{R1} Denklem 2.15’deki gibi tanımlanır.



Şekil 2.5 Birinci Durum İçin Modal Kapasite Diyagramı

$$C_{R1} = \frac{1 + (R_{y1} - 1) T_B / T_1^1}{R_{y1}} \geq 1 \quad (2.15)$$

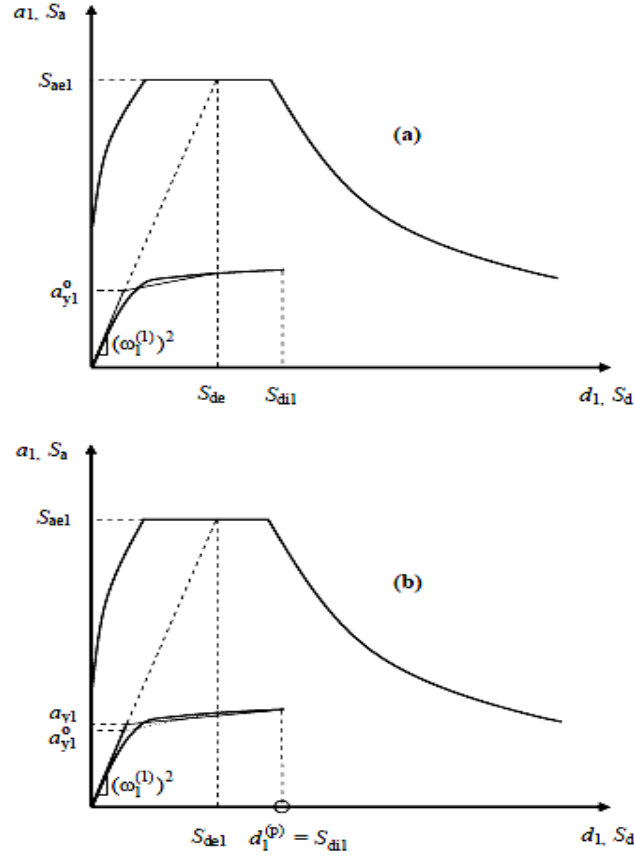
Denklem 2.15’deki birinci moda ait dayanım azaltma katsayısı, R_{y1} , Denklem 2.16’da ifade edilmektedir.

$$R_{y1} = \frac{S_{ae1}}{\alpha_{y1}} \quad (2.16)$$

- e) Son adımda tepe yerdeğiştirmesi istemi u_{xN1} Denklem 2.17’deki gibi hesap edilir:

$$u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (2.17)$$

Bununla beraber diğer tüm büyüklükler analiz sonrasında elde edilebilir.



Şekil 2.6 İkinci Durum İçin Modal Kapasite Diyagramı

2.2.8.2 Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi

Bu yöntemde amaç; taşıyıcı sistemin davranışını temsil eden yeterli sayıda doğal titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde adım adım arttırılan ve birbirleri ile uygun biçimde ölçeklendirilen modal yerdeğiştirmeler veya onlarla uyumlu modal deprem yükleri esas alınarak mod birleştirme yönteminin adım adım olarak uygulanmasıdır.

2.2.8.3 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemi

Bu yöntemde amaç, sistemin hareket denkleminin adım adım entegre edilmesidir. Analiz sırasında, sistem için her adımda iç kuvvet, yerdeğiştirmeler ve plastik şekildeğiştirmeler görülebilir.

Bu analiz yönteminde sistemin analizi için gerçek ivme kaydı kullanılacaksa, üç adet ivme kaydı ve bunların analiz sonrası maksimum değeri verenin kullanılması, eğer gerçek ivme kayıtları kullanılmayacaksa yedi adet benzeştirilmiş ve tasarım spektrumu ile uyumlu olan deprem ivme kaydı kullanılmalıdır. Bu durumda ise sonuçların ortalaması alınarak performans değerlendirilmesi yapılabilir.

2.2.8.4 Doğrusal Olmayan Analizde Hasar Seviyeleri

Doğrusal olmayan analizde yapı performansının değerlendirmesinde öncelikle elemanların şekildeğiştirme istemleri hesaplanır. Bu istemler, yönetmelikte verilen hasar seviyelerinin limit değerleri ile kıyaslanır ve eleman bazında sistemin hasar seviyesi belirlenir.

İtme analizinde veya zaman tanım alanında analizde hesap sonuç çıktısı olarak herhangi bir kesitte elde edilen θ_p plastik dönme istemine bağlı olarak *plastik eğrilik istemi*, Denklem 2.18'deki gibi hesaplanır:

$$\Phi_p = \frac{\theta_p}{L_p} \quad (2.18)$$

Amaca uygun olarak seçilen bir beton modeli ile pekleşmeyi de gözönüne alan donatı çeliği modeli kullanılarak, kesitteki aksel kuvvet istemi altında yapılan analizden elde edilen iki doğrultulu moment-eğrilik ilişkisi ile tanımlanan Φ_y , *eşdeğer akma eğriliği*, Denklem 2.18'de tanımlanan Φ_p plastik eğrilik istemine eklenerek, kesitteki Φ_t *toplam eğrilik istemi* elde edilecektir:

$$\Phi_t = \Phi_y + \Phi_p \quad (2.19)$$

Betonarme sistemlerde betonun basınç birim şekildeğiştirmesi istemi ile donatı çeliğindeki birim şekildeğiştirme istemi, Denklem 2.19 ile tanımlanan toplam eğrilik istemine göre moment-eğrilik analizine göre hesaplanacaktır.

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

- (a) Kesit *Minimum Hasar Sınırı* (MN) için kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları Denklem 2.20' de gösterilmiştir:

$$(\epsilon_{cu})_{MN} = 0.0035 \quad ; \quad (\epsilon_s)_{MN} = 0.010 \quad (2.20)$$

- (b) Kesit *Güvenlik Sınırı* (GÇ) için etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları Denklem 2.21' de gösterilmiştir:

$$(\epsilon_{cg})_{GV} = 0.0035 + 0.01 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.0135 \quad ; \quad (\epsilon_s)_{GV} = 0.040 \quad (2.21)$$

(c) Kesit Göçme Sınırı (GÇ) için etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları Denklem 2.22' de gösterilmiştir:

$$(\epsilon_{cg})_{GC} = 0.004 + 0.014 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.018 \quad ; \quad (\epsilon_s)_{GV} = 0.060 \quad (2.22)$$

Bu değerlerle kıyaslama sonucunda eleman hasar seviyeleri ile birlikte tüm sistem için de hasar seviyesi belirlenmiş olur. Bu değerler sünek kırılma esas alınarak konulmuş değerlerdir. Mevcut yapı için gevrek kırılma kontrolü yapmak için, TS500 ve Deprem Yönetmeliği'ndeki kesme kuvveti kapasite formülleri kullanılmalıdır.

3.BETONARME ÇERÇEVELİ BİR YAPININ DEPREM PERFORMANSININ DOĞRUSAL VE DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ METOTLARI İLE BELİRLENMESİ

Bu bölümde, 8 katlı bir konut yapısının öncelikle TS500 ve Deprem Yönetmeliğine göre tasarımı yapıldı. Ardından oluşturulan bu mevcut bina, yukarıda anlatılan Doğrusal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, Doğrusal Olmayan Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Doğrusal Olmayan Zaman Tanım Alanında analiz metotlarıyla analiz edilmiş, bina performansı her analiz sonucunda deprem yönetmeliğinin sunmuş olduğu kriterler ışığında incelenmiş ve hasar seviyeleri belirlenmiş ve son olarak da bu üç analiz sonucu birbirleri ile kıyaslanmıştır.

3.1 Mevcut Bina Bilgileri

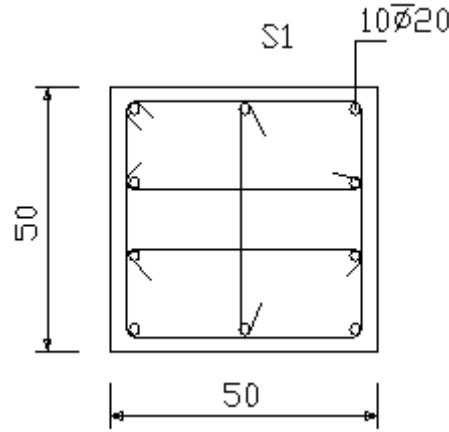
3.1.1 Binanın sistem ve geometrik özellikleri

Bina 8 katlı olup her kat boyutları x doğrultusunda 15 m, y doğrultusunda ise 20 m'den oluşmaktadır. Kat alanı toplam 200m²'dir. Her bir kat yüksekliği 3 m'dir. Toplamda bina 24 m yüksekliktedir. Yapı taşıyıcı sistemi kolon ve kirişlerden oluşmaktadır. Yapıda perde bulunmamaktadır. Binanın tüm kolonları 50×50, kirişleri ise 25×50 boyutlarındadır. Döşeme ise plak döşemedir ve 15 cm kalınlığındadır. Yapı, hem x hem de y doğrultusunda simetriktir. Yapının temelleri modellenmeyip programda kolonların mesnet noktaları ankastre olarak tanımlanmıştır.

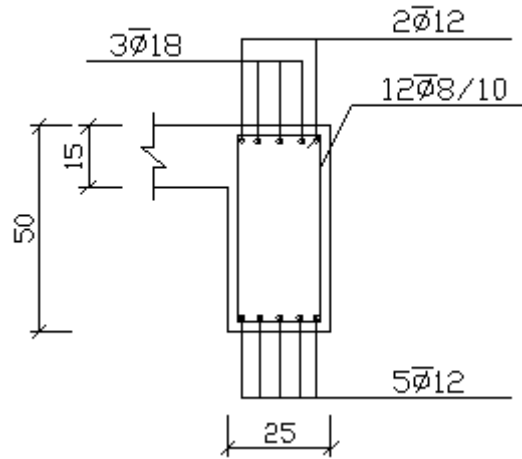
Yapı tasarımı yapılırken yönetmelikteki doğrusal eşdeğer deprem yüğü yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemle göre bina önem katsayısı ($I=1$) alınmıştır. Zemin sınıfı Z2 türüdür ve yönetmelikte Z2 sınıfına ait tasarım spektrum değerleri kullanılmıştır. Yapıda taşıyıcılığı sadece kolonlar oluşturduğundan taşıyıcı sistem davranış katsayısı R her iki yönde de 8 alınmıştır. Yani elde edilen elastik deprem kuvveti 8' e bölünerek deprem yüğü azaltılmıştır. Yapı 1. Derece deprem bölgesinde olduğu düşünülüp en büyük etkin yer ivmesine maruz bırakılmıştır.

Yapı analizi SAP 2000 V.11.0 programında yapılmıştır. Doğrusal elastik eşdeğer deprem yüğü analizinde kiriş kapasite momentleri elle hesap edilirken, kolonlar için hesap EXCEL V.2007 programında hazırlanmış P-M diyagramıyla yapılmış, hem

eksenel yük kapasitesi hem de moment kapasiteleri bulunmuştur. Doğrusal olmayan analizde ise kesit analizleri XTRACT v.3.0.8 programında yapılmış, beton için hem sargılı hem de sargısız şekildeğiştirmeler ile donatı çeliğinde meydana gelen şekildeğiştirmeler bulunmuş ve Excel tabloları ile eleman performans noktaları ifade edilmiştir. Yapının her katında aynı olan kolon kesiti Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Şekil 3.2’de ise örnek bir kirişin mesnet bölgesindeki kesiti ve donatı yerleşimi gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Tipik Kolon Kesiti 50x50



Şekil 3.2 Örnek Bir Kirişin Mesnet Bölgesi Kesiti ve Donatı Yerleşimi

Yapını genel anlamda diğer bilgileri Çizelge 3.1’de gösterilmiştir:

Çizelge 3.1 Bina Genel Bilgileri

Kat sayısı	8
Kat yüksekliği	3 m
Döşeme tipi	Plak kirişli döşeme
Döşeme kalınlığı	15 cm
Hareketli yük katılım katsayısı	$n = 0.3$
Bilgi düzeyi katsayısı	1
Bina kullanım amacı	Konut
Deprem bölgesi	1.Derece
Etkin yer ivme değeri	$A_0=0.4$
Zemin sınıfı	Z2
Zemin karakteristik periyotları	$T_A = 0.15s, T_B = 0.4s$
Beton sınıfı	C30
Çelik sınıfı	S420

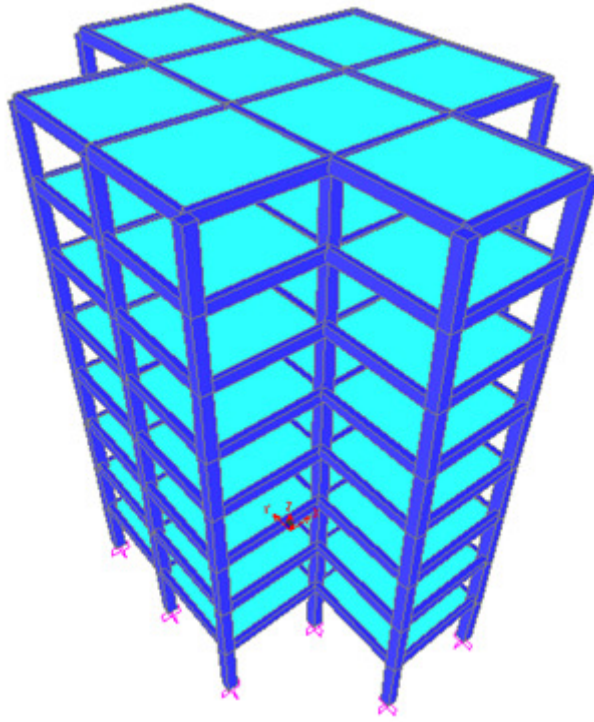
3.1.2 Yapının Bilgisayar Modelinin Oluşturulması

Yapının üç boyutlu modeli SAP 2000 programında oluşturulmuştur (Şekil 3.3). Modelde kolonlar ve kirişler uçları birbirine ankastre bir şekilde bağlı olarak çubuk eleman tipiyle modellenmiştir. Kirişler kendi kesitleri ile yani tablasız bir şekilde bağımsız modellenirken döşeme ayrı bir şekilde kabuk eleman olarak modellenmiştir. Yapının temeli modellenmeyip birinci kattaki kolonların alt uçlarına temelle olan bağlantısını temsil etmesi amacıyla ankastre mesnetler atanmıştır. Mevcut binanın kolon ve kirişlerindeki donatılar da programa tanıtılmıştır. Yapının kalıp planı Şekil 3.4’de gösterilmiştir.

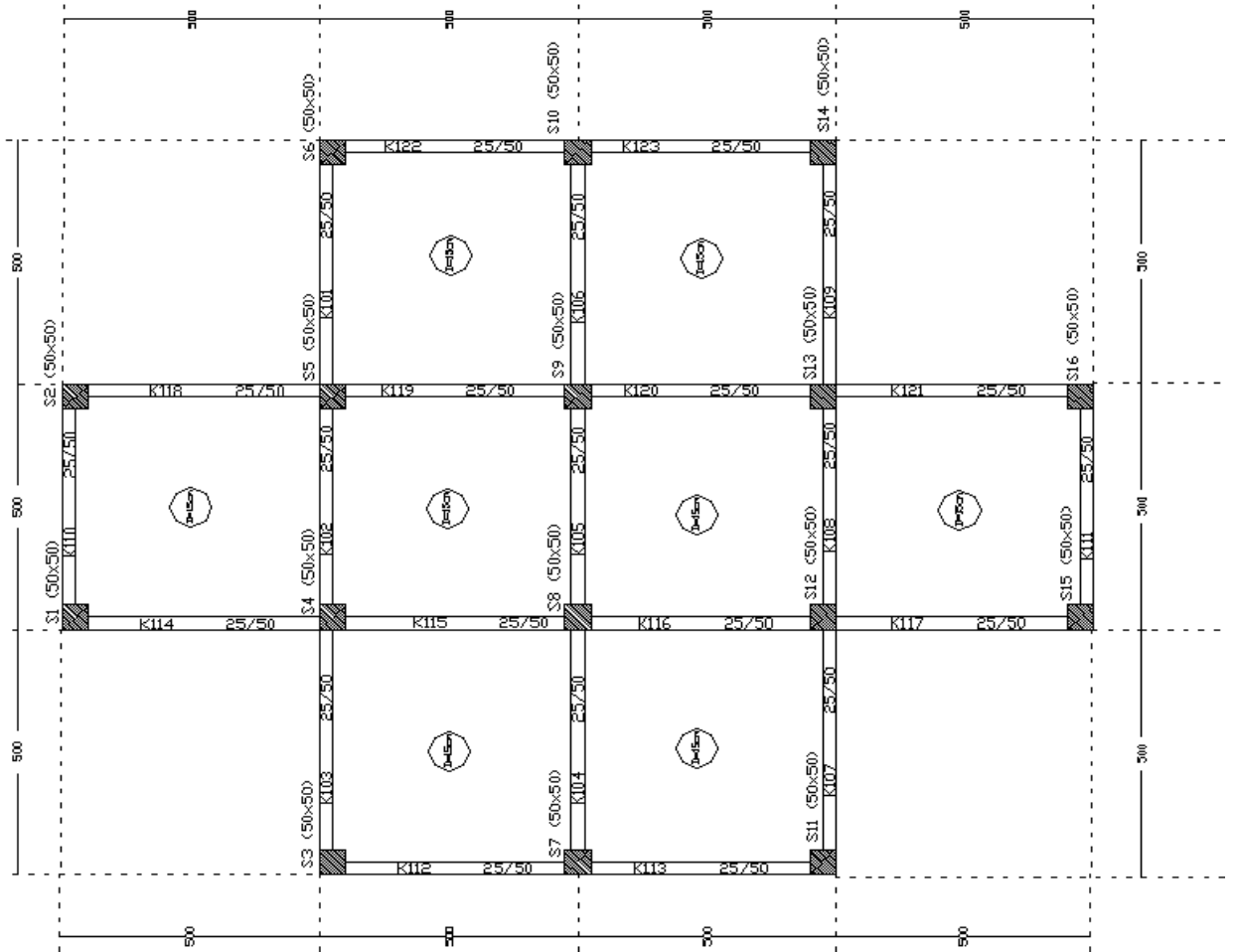
Yapı elemanlarının malzeme özellikleri ve üstündeki yükler Çizelge 3.2’de gösterilmektedir:

Çizelge 3.2 Hesapta Kullanılan Yükler

Beton Birim Hacim Ağırlığı	25 kN/m^3
Dış Duvar Yüğü (20cm + sıva)	3.8 kN/m^2
İç Duvar Yüğü (10cm + sıva)	2.5 kN/m^2
Sıva + Kaplama	1.5 kN/m^2
Hareketli Yüğü	2 kN/m^2



Şekil 3.3 Bina'nın 3 Boyutlu modeli



Şekil 3.4 Kalıp Planı

Döşeme yükleri programa atanırken yük etkisini iki yönlü kirişe aktarması sağlanmıştır. Aynı zamanda duvar yükleri kiriş üstlerine yayılı yük şeklinde etki ettirilmiştir.

3.1.3 Modal Analiz ve Eleman Rijitliklerinin Tespiti

Sisteme etkileyen tüm ölü ve hareketli yükler sonucunda bina modal analize tabi tutulur. Bu analizin amacı, yapı hakim periyodunu ve o moddaki etkin kütle katılım oranını bulmaktır. Bu analizde eleman rijitlikleri azaltılmadan alınmıştır. Bir sonraki adımda ise yapı $G + nQ$ kombinasyonu altında tekrar çözülüp kolonlar gelen eksenel kuvvetleri tespit edilir. Burada yapılmak istenen şey Deprem Yönetmeliğimizin belirtmiş olduğu ve mevcut yapılar için geçerli olan azaltılmış rijitlik değerlerini bulabilmektir.

Bölüm 2.2.5’de değinilen bu durumda çatlamış kesite ait tüm kirişlerde rijitlik değerinin, çatlamamış kesite ait olan değere oranı 0.4 alınır. Kolonlar için ise bu değerler hesaplanmış olup Ek A’ da tüm katlar için ayrı ayrı gösterilmiştir. Yapılan analiz sonrası azaltılmamış rijitliğe sahip elemanlarda sistem birinci periyodu $T_{1x}=1.1$ s iken azatılmış rijitliğe sahip elemanlarda sistem birinci periyodu $T_{1x}=1.6s$ ’ ye yükselmiştir. %45 Oranında periyottaki bu artma, çatlamış elemanların daha büyük yerdeğiştirme yapacağı kuramını doğrulamaktadır. Ayrıca yapının 8 katlı olması ve perdesiz olması periyodun bu derece yüksek çıkmasına neden olmuştur. Çatlamış kesite ait sistemin analiz sonrası periyod değerleri ve etkin kütle oranları Çizelge 3.3’ de gösterilmektedir.

Çizelge 3.3 Çatlamış Kesite Ait Periyot ve Etkin Kütle Oranları

Mod	Periyot(s)	Etkin Kütle Oranları	
		X doğrultusu	Y doğrultusu
1	1.60	%80	-
2	1.58	%80	%80
3	1.57	%80	%80
4	0.51	%90	%80
5	0.51	%90	%90

3.2 Yapının Doğrusal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi İle Deprem Performansının Belirlenmesi

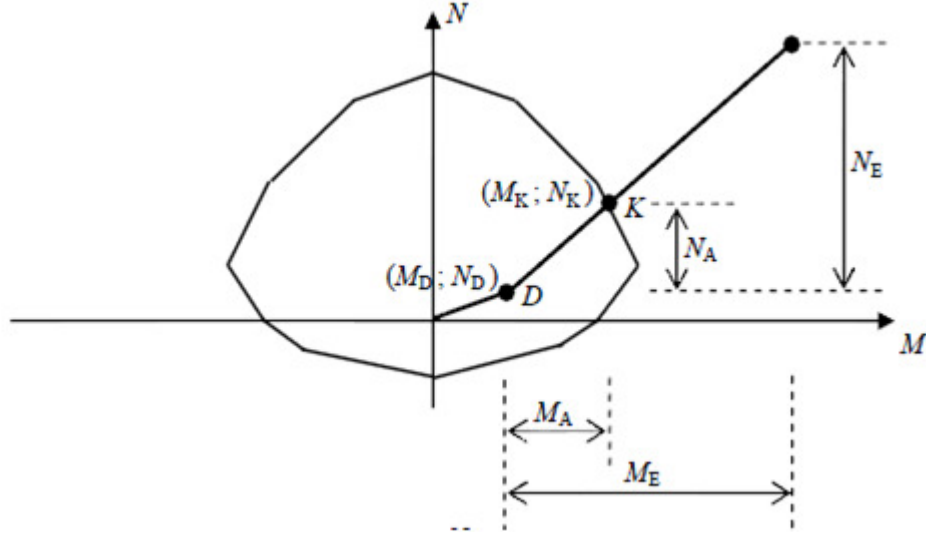
Deprem yönetmeliği, konut amaçlı yapılarda 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan tasarım depreminde bina için can güvenliği performans düzeyinin sağlanması gerektiğini ifade etmektedir. Bu, yönetmelikte yer alan mevcut tasarım ivme spektrumunun aynen uygulanmasını (ölçeklendirme yapmadan) gerektirir.

Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulama adımları şu şekilde özetlenebilir:

- Taşıyıcı sistem $G + nQ$ yükleri altında çözülerek M_D ve N_D kesit etkileri hesaplanır.
- $V_t = \lambda W A(T)_1$ denkleminde hem x hem de y doğrultusu için elde edilen taban kesme kuvvetleri katlara oranlanarak M_E ve N_E kesit etkileri hesaplanır.
- Şekil 3.5’de gösterildiği gibi taşıyıcı sistemin kiriş ve kolonlarında M_K ve N_K uç kesitlerinin pozitif ve negatif eğilme momenti kapasiteleri hesaplanır.
- Bütün kolon ve kirişlerin kesme kuvveti ve normal kuvvet kapasiteleri TS500 ifadeleri esas alınarak hesaplanır. Bu değerler mevcut değerler ile karşılaştırılarak eleman güç tükenme türünün sünek ya da gevrek olduğu anlaşılır (bu çalışmada bu hesap, en büyük kesit etkisine sahip birer adet kiriş ve kolonda yapılmıştır).
- Her eleman için ayrı ayrı hesaplanan $r = \text{etki/kapasite oranı}$ kiriş ve kolon için Çizelge 2.3 ve 2.4’de gösterilen sınır değerler ile kıyaslanır ve bunun sonucunda hasar bölgesi belirlenir.
- Eleman bazında belirlenen hasar seviyeleri ile, her kat için ve en son da tüm bina için performans durumu belirlenir.
- Yapıda görece kat ötelemesi kontrol edilir.
- Hasar seviyesi ve performans durum çıkartılan bina için bu durumun kabul edilip edilemeyeceği belirlenir ve gerekli tedbirler (güçlendirme yada yıkıp yeniden yapma) alınır.

3.2.1 İki Doğrultuda Deprem Hesabı

Bu kısımda yapının iki doğrultuda öncelikle taban kesme kuvveti hesap edilir. Bu hesap sonrasında deprem kuvvetleri katlara ağırlıkları oranında dağıtılarak sisteme etki ettirilir. Çizelge 3.4’de taban kesme kuvvetinin hesabı, Çizelge 3.5’de ise bu kesme kuvvetinin katlara dağılımı gösterilmektedir



Şekil 3.5 Kolon Kesitinde Eğilme Momenti ve Normal Kuvvet Kapasite Değerlerinin Bulunması

Çizelge 3.4 Taban Kesme Kuvveti Hesabı

Değerler	X Doğrultusu	Y Doğrultusu
T_1	1.60s	1.58s
T_b	0.40	0.40
$S(T_1)=2.5 \times (T_b / T_1)^{0.8}$	0.82	0.83
A_0	0.40	0.40
$A(T)=A_0 \times I \times S(T_1)$	0.33	0.33
W	21754kN	21754kN
λ	0.85	0.85
$V_t=W \times A(T) \times \lambda$	6094kN	6157kN

Çizelge 3.5 Taban Kesme Kuvvetinin Katlara Dağılımı

Kat	W(t)	h _i (m)	H _i (m)	W*H _i	$\Delta F_n=0.0075 \cdot N \cdot V_t$		V _t - ΔF_n (kN)		F _i (kN)	
					X doğr.	Y doğr.	X doğr.	Y doğr.	X doğr.	Y doğr.
8	271	3	24	65256	365	369	5729	5788	1273	1286
7	271	3	21	57099	365	369	5729	5788	1113	1125
6	271	3	18	48942	365	369	5729	5788	954	964
5	271	3	15	40785	365	369	5729	5788	795	803
4	271	3	12	32628	365	369	5729	5788	636	643
3	271	3	9	24471	365	369	5729	5788	477	482
2	271	3	6	16314	365	369	5729	5788	318	321
1	271	3	3	8157	365	369	5729	5788	159	160

3.2.2 Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü

Deprem yönetmeliği göreli kat öteleme oranı için “0.02” sınır değerini koymuştur. Bu sınırın aşılması durumu, yapının rijitliğinin yeteri düzeyde olmadığına göstergesidir. Bu durum elemanlarda gevrek kırılma olasılığını güçlendirir. Çizelge 3.6 x doğrultusu, Çizelge 3.7 ise y doğrultusu göreli kat öteleme oranlarını göstermektedir.

Çizelge 3.6 X Doğrultusu Göreli Kat Öteleme Kontrolü

X Doğrultusu				≤0.02
Kat	d_{i,maks}(m)	δ_{i,maks} = δ_{i+1} - δ_i	δ_{i,maks}(m) / h_i	
8	0.332	0.018	0.006	
7	0.314	0.029	0.010	
6	0.285	0.039	0.013	
5	0.246	0.049	0.016	
4	0.197	0.055	0.018	
3	0.142	0.056	0.019	
2	0.086	0.055	0.018	
1	0.031	0.031	0.010	

Çizelge 3.7 Y Doğrultusu Göreli Kat Öteleme Kontrolü

Y Doğrultusu				≤0.02
Kat	d_{i,maks}(m)	δ_{i,maks} = δ_{i+1} - δ_i	δ_{i,maks}(m) /	
8	0.332	0.017	0.006	
7	0.315	0.029	0.010	
6	0.286	0.039	0.013	
5	0.247	0.049	0.016	
4	0.198	0.055	0.018	
3	0.143	0.057	0.019	
2	0.086	0.055	0.018	
1	0.031	0.031	0.010	

3.2.3 Elemanların Hasar Düzeylerinin Belirlenmesi

Bu bölümde öncelikle en büyük iç kuvvet değere sahip bir kolon ve kiriş ile birlikte bir kolon-kiriş birleşim bölgesi kontrolü yapılacaktır. Kontroller sonrasında eleman güç tükenme türü belirlenip, her eleman için ayrıntılı kapasite hesapları yapılacaktır. Kirişlerde uç bölgelerine ait eğilme moment kapasitesi ile birlikte kolonlar için normal kuvvet kapasitesi ve eğilme momenti kapasitesi hesaplanacaktır.

3.2.3.1 Kirişlerin Hasar Bölgelerinin Belirlenmesi

Yapıda bulunan tüm kiriş boyutları 25×50 derin kirişlerdir. Öncelikle farklı kesit tipleri için kirişlerde bulunan alt ve üst mesnet donatıları ile bu donatıların oluşturduğu negatif ve pozitif moment değerleri Çizelge 3.8’de gösterilmiştir. Burada alt donatı pozitif, üst donatı ise negatif moment oluşturmaktadır. Kiriş uç eğilme moment kapasiteleri Denklem 3.1’de bulunur.

Programdan alınan V_{dy}, M_D ve M_E değerleri ile Denklem 3.1’den hesaplanan kapasite değerleri Denklem (2.6)’da yerlerine konularak r = etki/kapasite değerleri elde edilir.

$$M_r = A_s f_{ym}(d - 0.5a) \rightarrow a = \frac{A_s f_{ym}}{0.85 f_{cm} b_w} \quad (3.1)$$

Çizelge 3.8 Farklı Kesit Tipleri İçin Kiriş Pozitif ve Negatif Momentleri

Kesit Tipi	Üst Donatı	M_r (-) (kN)	Alt Donatı	M_r (+) (kN)
1	3Φ18 + 2Φ12	181	5Φ12	110
2	3Φ20 + 2Φ12	211	5Φ12	110
3	4Φ16 + 2Φ12	188	5Φ12	110

Çizelge 3.8’den elde edilen kapasite uç momentleriyle bulunan etki/kapasite değerleri Çizelge 2.3’ deki $r_{sınır}$ değerleri ile karşılaştırılır ve elemanlardaki hasar düzeyleri belirlenir. Performans analizi her iki yönde de ayrı ayrı yapılır. X doğrultusunda 11 kiriş Y doğrultusunda ise 12 kiriş çalışır. Kirişlerde sargılama yapılmıştır. Hasar seviyelerindeki sınır değerleri arasında kalan değerlerde, enterpolasyon yapılarak sınır değerler belirlenir. Çizelge 3.9’da birinci kat kirişleri için X doğrultusunda etki / kapasite değerleri gösterilmiştir. Analiz neticesinde yapı etki/kapasite oranlarına bakıldığında ilk katlardan üst katlara doğru gidildikçe değer azalmaktadır. Çizelge 3.10’da ise Y doğrultusunda etki/kapasite değerleri gösterilmiştir. Diğer katların çizelgeleri Ek B’de sunulmuştur.

Çizelge 3.9 X Doğrultusunda Kiriş Etki / Kapasite Değerleri

Etiket No	Md(kNm)	Mr(+)	Mr(-)	Me(kNm)	$r(+)=Me/(Mr-Md)$	$r(-)=Me/(Mr-Md)$	rsin(MN)	r/rsin (MN)
K101	-24.55	110.39	-181.53	161.52	1.20	1.03	3.00	0.40
K102	-25.67	110.13	-188.64	175.51	1.29	1.08	3.00	0.43
K103	-19.46	110.39	-188.64	159.09	1.23	0.94	3.00	0.41
K104	-25.67	110.13	-211.69	175.51	1.29	0.94	3.00	0.43
K105	-19.10	110.13	-211.69	179.98	1.39	0.93	3.00	0.46
K106	-19.22	110.13	-181.53	164.33	1.27	1.01	3.00	0.42
K107	-19.10	110.39	-188.64	179.98	1.39	1.06	3.00	0.46
K108	-25.67	110.13	-188.64	213.44	1.57	1.31	3.00	0.52
K109	-19.46	110.39	-181.53	193.23	1.49	1.19	3.00	0.50
K110	-25.67	144.32	-211.69	213.44	1.26	1.15	3.00	0.42
K111	-24.55	144.32	-211.69	237.72	1.41	1.27	3.00	0.47

Çizelge 3.10 Y Doğrultusunda Kiriş Etki / Kapasite Değerleri

Etiket No	Md(kNm)	Mr(+)	Mr(-)	Me(kNm)	$r(+)=Me/(Mr-Md)$	$r(-)=Me/(Mr-Md)$	rsin(MN)	r/rsin (MN)
K112	-24.43	110.39	-181.53	215.21	1.60	1.37	3.00	0.53
K113	-26.19	110.39	-188.64	215.21	1.58	1.32	3.00	0.53
K114	-25.64	110.39	-181.53	201.12	1.48	1.29	3.00	0.49
K115	-20.05	110.13	-181.53	178.37	1.37	1.10	3.00	0.46
K116	-20.05	110.13	-181.53	178.55	1.37	1.11	3.00	0.46
K117	-25.64	88.50	-181.53	201.20	1.76	1.29	3.00	0.59
K118	-25.64	110.39	-181.53	186.07	1.37	1.19	3.00	0.46
K119	-20.05	110.13	-181.53	165.61	1.27	1.03	3.00	0.42
K120	-20.05	110.13	-181.53	165.78	1.27	1.03	3.00	0.42
K121	-25.64	110.39	-181.53	186.14	1.37	1.19	3.00	0.46
K122	-26.19	110.39	-181.53	172.39	1.26	1.11	3.00	0.42
K123	-26.19	110.39	-188.64	172.39	1.26	1.06	3.00	0.42

Çizelge 3.9 ve 3.10, kiriş elemanlarında etki/kapasite oranlarının sınır değerleriyle karşılaştırılması ve bunun sonucunu verir. Depremden dolayı meydana gelen taban kesme kuvveti Y doğrultusunda daha fazla olduğundan dolayı, Çizelge 3.10'da da görüldüğü gibi Y doğrultusundaki etki/kapasite oranı, X doğrultusuna göre daha büyük değerler verir. Fakat gerek sistem eleman boyutlarının yeterli oluşu, gerekse de kullanılan malzeme sınıfının üst düzey olması yapının tüm kirişlerinin Minimum Hasar Bölgesi içinde kalmasına neden olmuştur.

Mevcut deprem yönetmeliği, depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkelerine göre yapılar için güç tükenmesi sırasında önceliği kirişlere vermektedir. Mevcut yapıların değerlendirmesinde de güç tükenmesi durumu için öncelik kirişlerde olmalıdır.

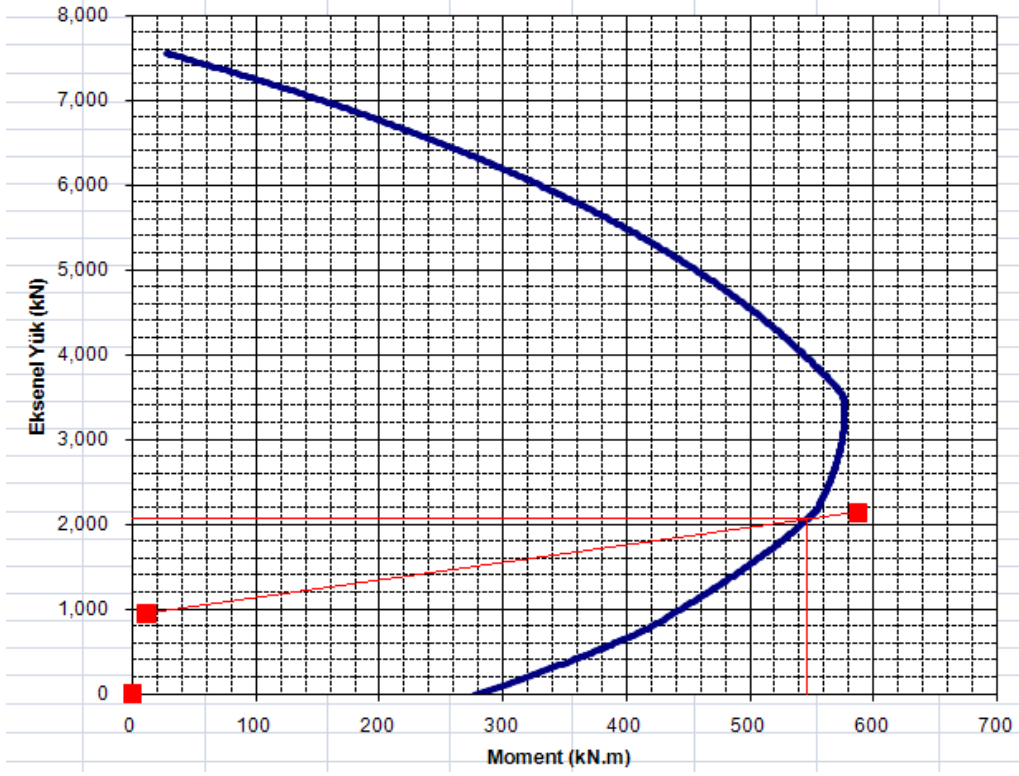
Yapının hasar oluşma sırasındaki bu düzen, yapının düzenli taşıyıcı sistem özelliğinin varlığından ibarettir.

3.2.3.2 Kolonların Hasar Bölgelerinin Belirlenmesi

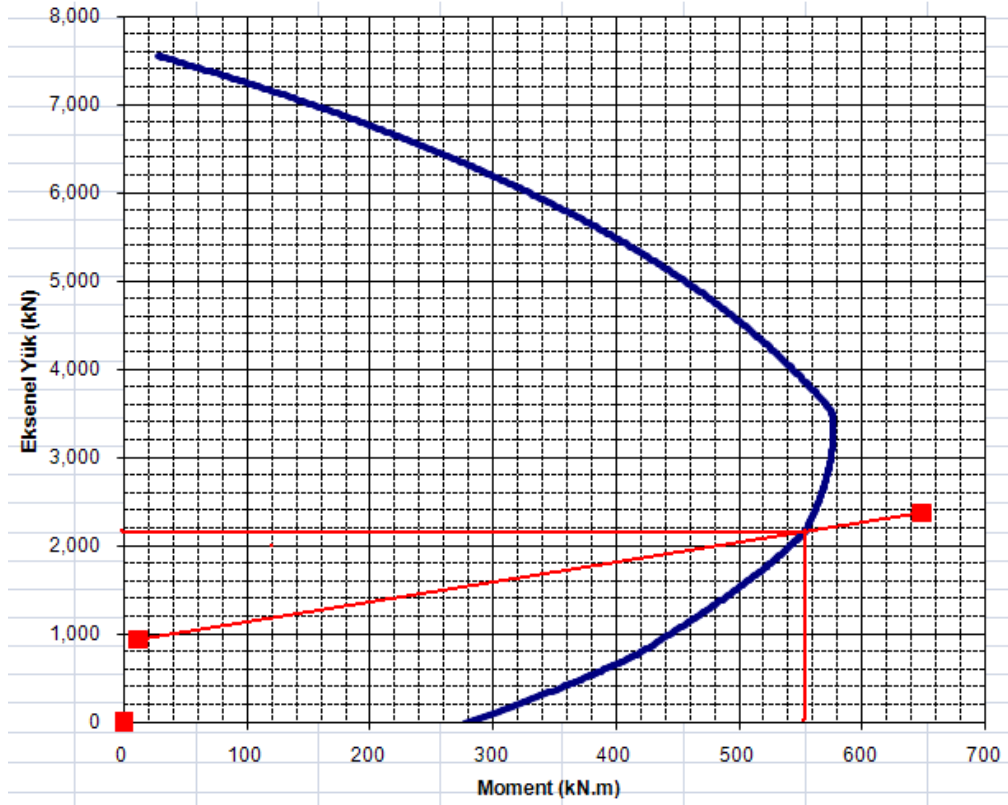
Daha önceden de belirtildiği gibi yapının taşıyıcı sistemi perdesiz ve sadece kolonlardan oluşmaktadır. Bu kolonlar 50×50 boyutlarındadır.

Eşdeğer deprem yükü yönteminde mevcut bina performans değerlendirmesi yapılırken öncelikle yapı elemanlarının kapasite değerleri çıkartılır. Bir  nceki bölümde kirişleri için kapasite değerleri olarak sadece eğilme kapasite değerleri alınarak hesaplar yapıldı. Yani hasar seviyesi hesaplanırken kirişlerde sadece eğilme momenti kapasitesine ihtiyaç duyulmaktadır. Fakat kolonlar için bu parametre sayısı ikiye çıkar. Kolonlarda eğilme momenti dışında eksenel kuvvet kapasitesi değeri de bulunur. Bu değer, eksenel kuvvet-moment etkileşim diyagramından elde edilir. şekil 3.5’de gösterilen bu diyagramın oluşturulması için, deprem etkisi altında her bir kolon elemanında meydana gelen eğilme momenti M_E ve eksenel kuvvet N_E ile düşey yüklerden dolayı meydana gelen eksenel kuvvet N_D eğilme momenti M_D programdan alınmalıdır.

Etkileşim diyagramının  iziminde Excel programında hazırlanmış P-M etkileşim diyagramı kullanılır. Öncelikle M_D ve N_D koordinatları tabloda ilgili yere girilir ve kapasite eğrisini kesecek doğrunun ilk noktası belirlenmiş olur. Sonrasında M_E ve N_E değerleri bu değerlerle toplanır ve ikinci nokta bulunur. En son bu iki noktanın birleştiği doğrunun etkileşim diyagramı ile çakıştığı yer bize M_K ve N_K değerlerini verir. Eğer M_{D+E} ve N_{D+E} koordinatları, etkileşim diyagramının içinde kalması durumunda etki/kapasite oranının hesaplanmasına gerek yoktur. Bu durum, kolonlara gelen dış yükün, kolon kapasitelerinin oldukça altında kaldığının gösterir. şekil 3.6’de X doğrultusu için, şekil 3.7’ da ise Y doğrultusu için S101 kolonunun etkileşim diyagramı çizilmiş, hem eksenel kuvvet hem de eğilme momenti kapasitesi bulunmuştur.



Şekil 3.6 S101 Kolonu EX Deprem Doğrultusu Etkileşim Diyagramı



Şekil 3.7 S101 Kolonu EY Deprem Doğrultusu Etkileşim Diyagramı

Tüm kolon elemanları için bu etkileşim diyagramı elde edilmiş ve eksenel kuvvet ile eğilme momenti kapasiteleri bulunur. Çizelge 2.4’de gösterilen sınır değerleri her eleman için bulunur. Kolon elemanlarında sargılama olduğu bilinmektedir. Aynı zamanda her eleman için tasarım kesme kuvveti V_e bulunur, çizelgedeki denklemde yerine konularak sınır değerin bulunması sağlanır. Ara değerlere denk gelen değerler için yine kirişlerde olduğu gibi doğrusal enterpolasyon yapıp her bir eleman için bu değerler etki/kapasite oranlarıyla karşılaştırılmıştır. Çizelge 3.11’de 1.kat kolonlarında X doğrultusu hasar seviyesi, Çizelge 3.12’de ise Y doğrultusu hasar seviyesi gösterilmiştir.

Sistemin perdesiz olması dolayısıyla bina yanal doğrultuda oldukça elastik davranış gösterir. Bu, binanın perdeli sisteme göre daha fazla ötelenme yapacağı anlamına gelir. Yapının fazla deplasman yapması özellikle kolon elemanlarından zorlamaları artırır. Çizelge 3.11’de X doğrultusunda hesaplanan r =etki/kapasite oranlarına bakıldığında ve bu değerlerin $r_{\text{sınır}}$ değerleri ile kıyaslandığından kirişlere nazaran sınır değerlere daha çok yaklaştığı görülmektedir. Aynı durum Y doğrultusu hasar seviyesini gösteren Çizelge 3.12’de de görülmektedir. Kısaca perdesiz sistemlerin yanal ötelenme rijitliğinin düşük olması kolonların uç noktalarında meydana gelen eğriliklerin artmasına ve dolayısıyla yerdeğiştirmelerin artmasına neden olur. Bu durumda elemanlar kapasitelerini daha çok zorlarlar ve sınır değerlere yaklaşırlar.

Çizelge 3.11 1.Kat Kolonlarında X Doğrultusu Hasar Seviyeleri

Kolon	Nd(kN)	Md(kNm)	Ne	Me	Mk	Ma	Nk	Na	(N) r	(M) r	rsin (MN)	r/rsin (MN)
S101	944.7	12.7	1182.1	574.3	552.0	539.3	2065.0	1120.3	1.06	1.06	2.42	0.44
S102	944.7	12.7	1182.1	574.3	552.0	539.3	2065.0	1120.3	1.06	1.06	2.42	0.44
S103	949.7	12.9	1430.9	636.2	556.0	543.1	2175.0	1225.3	1.17	1.17	2.37	0.49
S104	1842.5	0.2	655.5	1021.0	578.0	577.8	2212.0	369.5	1.77	1.77	2.35	0.75
S105	1842.5	0.2	655.5	1021.0	578.0	577.8	2212.0	369.5	1.77	1.77	2.35	0.75
S106	949.7	12.9	1430.9	636.2	556.0	543.1	2175.0	1225.3	1.17	1.17	2.37	0.49
S107	1402.1	15.4	2057.0	1138.1	579.0	563.6	2418.0	1015.9	2.02	2.02	2.26	0.90
S108	2001.3	0.0	47.5	1143.8	548.0	548.0	2024.0	22.7	2.09	2.09	2.43	0.86
S109	2001.3	0.0	47.5	1143.8	548.0	548.0	2024.0	22.7	2.09	2.09	2.43	0.86
S110	1402.1	15.4	2057.0	1138.1	579.0	563.6	2418.0	1015.9	2.02	2.02	2.26	0.90
S111	949.7	12.9	1303.8	761.6	532.0	519.1	1836.0	886.3	1.47	1.47	2.52	0.58
S112	1842.5	0.2	728.1	1242.0	571.0	570.8	2177.0	334.5	2.18	2.18	2.37	0.92
S113	1842.5	0.2	728.1	1242.0	571.0	570.8	2177.0	334.5	2.18	2.18	2.37	0.92
S114	949.7	12.9	1303.8	761.6	532.0	519.1	1836.0	886.3	1.47	1.47	2.52	0.58
S115	944.7	12.7	1581.7	829.2	541.0	528.3	1954.0	1009.3	1.57	1.57	2.46	0.64
S116	944.7	12.7	1581.7	829.2	541.0	528.3	1954.0	1009.3	1.57	1.57	2.46	0.64

Çizelge 3.12 1.Kat Kolonlarında Y Doğrultusu Hasar Seviyeleri

Kolon	Nd(kN)	Md(kNm)	Ne	Me	Mk	Ma	Nk	Na	(N)r	(M)r	r _{sin} (MN)	r/r _{sin} (MN)
S101	944.7	12.7	1507.7	675.7	573.0	560.3	2192.0	1247.3	1.21	1.21	2.36	0.51
S102	944.7	12.7	1203.8	722.3	568.0	555.3	1873.0	928.3	1.30	1.30	2.50	0.52
S103	949.7	12.9	1265.7	626.1	566.0	553.1	2074.0	1124.3	1.13	1.13	2.41	0.47
S104	1842.5	0.2	687.1	1082.3	578.0	577.8	2210.0	367.5	1.87	1.87	2.35	0.80
S105	1842.5	0.2	632.1	1159.4	578.0	577.8	2157.0	314.5	2.01	2.01	2.37	0.85
S106	949.7	12.9	1362.4	771.5	562.0	549.1	1926.0	976.3	1.40	1.40	2.48	0.56
S107	1402.1	15.4	0.0	1058.8	523.0	507.6	1402.1	0.0	2.09	2.09	2.71	0.77
S108	2001.3	0.0	0.2	1101.3	574.0	574.0	2001.4	0.1	1.92	1.92	2.44	0.79
S109	2001.3	0.0	0.2	1182.3	573.0	573.0	2001.4	0.1	2.06	2.06	2.44	0.84
S110	1402.1	15.4	0.0	1304.5	520.0	504.6	1402.1	0.0	2.59	2.59	2.71	0.96
S111	949.7	12.9	1265.7	626.1	572.0	559.1	2084.0	1134.3	1.12	1.12	2.41	0.46
S112	1842.5	0.2	687.2	1097.3	576.0	575.8	2202.0	359.5	1.91	1.91	2.35	0.81
S113	1842.5	0.2	632.2	1175.5	575.0	574.8	2153.0	310.5	2.04	2.04	2.38	0.86
S114	949.7	12.9	1362.5	771.5	562.0	549.1	1926.0	976.3	1.40	1.40	2.48	0.56
S115	944.7	12.7	1507.8	675.8	573.0	560.3	2192.0	1247.3	1.21	1.21	2.36	0.51
S116	944.7	12.7	1204.0	722.4	568.0	555.3	1873.0	928.3	1.30	1.30	2.50	0.52

Çizelge 3.11 ve 3.12'e göre kolon elemanlarında hiç biri Belirgin Hasar Bölgesine geçmemiştir. Tüm elemanlar Minimum Hasar Bölgesinde kalmıştır. Bu, kolon elemanlarının boyutlarının büyük olması, yüksek kalite beton sınıfı kullanımı, mevcut donatının yeterli olması gibi durumlardan kaynaklanır. Fakat kirişlerin hasar seviye değerlerine bakıldığında kolonlardan daha olumsuz sonuçları vermesi sistemin perdesiz bir şekilde tasarlanmasından kaynaklanır. Bu değerler ışığında sistemde eşdeğer deprem yükü yönteminde kolon elemanların kiriş elemanlardan daha çok zorlandığı fakat hiçbir elemanda hasar oluşmadığı yada hasarın minimum seviyede kaldığı görülür. Sistemde perde olması durumunda sistemin yanal rijitliği çok artacağından ötürü kolonlara gelecek yük çok az olacaktır. Bunun nedeni sistemde bulunan ve yatay yükleri üzerine alan kolon ve perde gibi elemanlar kendi rijitlik değerleri oranında kesme kuvveti alırlar. Bu durumda yanal ötelenme rijitliği çok yüksek olan perdeler kolonlara nazaran daha çok kuvvet alır ve daha çok zorlanırlar.

3.2.4 Elemanlarda Kesme Güvenliği Kontrolü

Yapı elemanlarında güç tükenmesi tipinin sünek olması, mevcut yapılar ve yeni yapılacak yapılarda depreme dayanıklı yapı tasarım esasları için hedeflenen bir durumdur. Bu ise elemanların eğilme momenti kapasitelerinin kesme kuvveti

kapasitelerinden daha önce aşılması ile mümkün olmaktadır. Sünek olarak güç tükenmesine maruz kalan elemanlar yeterli deprem etkisini sönümleyerek yapının ani göçmesine engel olurlar.

Deprem Yönetmeliği kiriş kolon ve kiriş-kolon birleşim bölgesi için kesme güvenliği kontrolü yapılmasını şartını koymuştur. Yönetmeliğe göre kolonlarda enine donatı hesabında esas alınacak V_e , Denklem 3.2 ile hesaplanacaktır. Bu değer, TS500’ de yer alan ve Denklem 3.3’ gösterilen kesme kuvveti kapasitesi V_r ’ den küçük olmalıdır.

$$V_e = (M_a + M_{\bar{u}}) / l_n \quad (3.2)$$

$$V_r = 0.80 \times V_{cr} + V_w \quad \longleftrightarrow \quad V_r = 0.80 \times 0.65 \times f_{cm} \times b_w \times d + A_{sw} \times f_{ywm} \times d/s \quad (3.3)$$

S204 Kolonu İçin Kesme Kontrolü;

$$V_e = (132 + 564)/3 = 232 \text{ kN}$$

$$V_r = 0.80 \times 0.65 \times 1.90 \times 500 \times 470 + 50 \times 2 \times 420 \times 470/150 = 363 \text{ kN}$$

$V_e \leq V_r$ olduğundan kolon güç tükenme türü sünektir.

Deprem yönetmeliğinde kesme kuvveti hesabında, düşey yüklerden meydana gelen kesme kuvveti V_{dy} ve kirişin iki ucundaki eğilme momenti kapasite değerleri M_{ri} ve M_{rj} , hesaba katılır. Denklem 3.4, kirişleri için bu hesabı göstermektedir.

$$V_e = V_{dy} + (M_{ri} + M_{rj}) / l_n \quad (3.4)$$

K111 Kirişi İçin Kesme Kontrolü;

$$V_r = 0.80 \times 0.65 \times 1.90 \times 250 \times 470 + 50 \times 2 \times 420 \times 470/150 = 247 \text{ kN}$$

$$V_e = 31 + (144 + 211) / 4 = 120 \text{ kN}$$

$120 \leq 247$ kiriş güç tükenme türü sünektir.

Süneklik düzeyi yüksek kolon ve kirişlerin oluşturduğu çerçeve sistemlerde kolon-kiriş birleşimleri iki sınıfa ayrılırlar.

- a) Kirişlerin kolona dört taraftan birleşmesi ve her bir kirişin genişliğinin birleştiği kolon genişliğinin 3/4’ünden daha az olmaması durumunda, kolon-kiriş birleşimi *kuşatılmış birleşim* olarak tanımlanır. Kuşatılmış birleşimlerde kesme kuvveti kapasitesi Denklem 3.5 ile hesap edilir.

$$V_r \leq 0.60 \times b_j \times h \times f_{cd} \quad (3.5)$$

- b) Yukarıda belirtilen kıstaslar dışında kalan birleşimler ise *kuşatılmamış birleşimler* olarak adlandırılır. Kuşatılmamış birleşimlerde kesme kuvveti kapasitesi Denklem 3.6 ile hesap edilir.

$$V_r \leq 0.45 \times b_j \times h \times f_{cd} \quad (3.6)$$

Örnek İki Kolon ve İki Kiriş Birleşim Bölgesi Kontrolü;

Yapıyı oluşturan tüm çerçevelerde birleşimler kuşatılmış birleşim kabulüne girmektedir. Uç kuvvetlerin en fazla olduğu bir birleşim esas alınarak kesme güvenliği kontrolü yapılmıştır. Denklem 3.7'den hesaplanan değer hiçbir zaman Denklem 3.5'de hesaplanan ve göz önüne alınan deprem doğrultusunda kolon-kiriş birleşim bölgelerindeki kesme kuvvetini veren değerden fazla olamaz. Denklemde V_{kol} değeri birleşim bölgesindeki iki kolonun uç kesme kuvveti değeridir ve denkleme minimum değere sahip olan kesme kuvveti değeri alınır.

$$V_e = 1.25 \times f_{yk} (A_{s1} + A_{s2}) - V_{kol} \quad (3.7)$$

$$V_{kol} = \min(230, 218)$$

$$V_e = 1.25 \times 420 \times (1030 + 741) - 218 = 929 \text{ kN}$$

$$V_r = 0.60 \times 500 \times 500 \times 30 = 4500 \text{ kN}$$

$929 \leq 4500$ Birleşim bölgesi kesme kuvveti yönünden güvenlidir.

Eşdeğer deprem yükü yöntemi sonucunda sistem elemanları tamamen sünek davranmakla beraber yapıda hiçbir elemanda gevrek güç tükenmesi meydana gelmeyeceği tespit edilmiştir. Deprem etkisinde yapı performansına baktığımızda ise elemanların büyük çoğunluğunda etkiyen kuvvetler kapasiteleri aşmıştır fakat bu değerler, yönetmelikte yer alan ve ileri düzey hasar bölgeleri için sınır oluşturan değerlerden oldukça aşağıdadır. Bu durum yapının eşdeğer deprem yükü yöntemine göre hem x hem de y doğrultusunda depremlerde minimum hasar bölgesi düzeyinde kaldığını gösterir. Deprem yönetmeliği, konut türü binalarda performans düzeyi olarak can güvenliği performans düzeyini sağlaması gerektiğini şart koşmuştur. Bu durumda yapı elemanlarının tümü minimum hasar bölgesi sınırları içinde kalarak bina yönetmeliğin istediği can güvenliği performans seviyesini sağlamaktadır.

3.3 Yapının Doğrusal Olmayan Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle Deprem Performansının Değerlendirilmesi

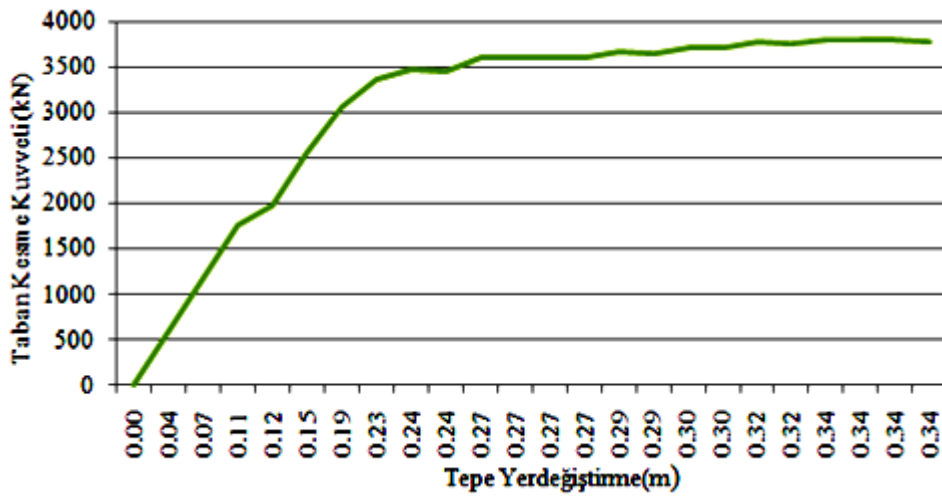
Doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yüğü yöntemi önceki bölümlerde değinildiği gibi malzemenin elastik ötesi şekildeğiştirme istemleri ile ilintili bir analiz şeklidir. Bu yöntemde, malzemenin elastik ötesi davranış yaparak kesit uçlarında plastik mafsall oluşması durumu meydana gelmektedir.

İtme analizi yöntemi hesap adımları itibariyle oldukça zor ve uzun bir analiz yöntemidir. Analiz adımları oldukça fazladır ve kesit analizleri için de bilgisayar programlarına ihtiyaç duyulur. Bu yöntemde izlenecek hesap adımları şu şekilde özetlenebilir:

- a) Öncelikle sistem $G + nQ$ yükleri altında analiz edilir. Bu analizin sonuçları itme analizinin başlangıç koşulu olarak alınır.
- b) Sisteme hakim periyodu ve tahmini yapabileceği bir yerdeğiştirme değeri girilir. Bu değer yapının o değere kadar itileceği anlamına gelmektedir.
- c) Analiz sonucunda iki yönde de yapının itme eğrisi (taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirmesi) elde edilir. Bulunan bu eğri modal kapasite eğrisine dönüştürülür.
- d) Tasarım depremi etkisinde spektral yerdeğiştirme-spektral ivme eğrisi elde edilir.
- e) Bulunan deprem talep ve sistem kapasite eğrileri kullanılarak binanın performans noktası bulunur.
- f) Performans noktasında bulunan modal yerdeğiştirme talebinden, taşıyıcı sisteme ait iç kuvvet, yerdeğiştirme ve şekildeğiştirme talebi belirlenir.
- g) Bulunan şekildeğiştirmeler, kesit hasar sınırlarına karşı gelen şekildeğiştirmeler ile kıyaslanıp elemanların hasar bölgeleri belirlenir.
- h) Elemanlardaki bu hasar bölgelerinin durumuna bakarak tüm sistem için deprem performansı belirlenir.
- i) Son olarak ise belirlenen yapı performansının, yönetmeliğin talep ettiği kriterler içinde olup olmadığı kontrol edilir.

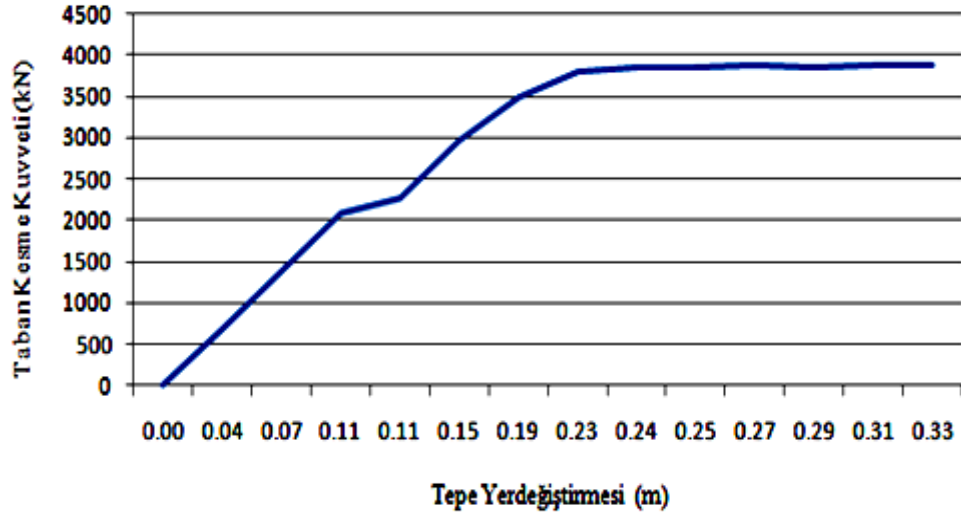
3.3.1 Binanın Modal Kapasite Eğrisinin Elde Edilmesi

İtme eğrisi, yapının analiz sonrasında her adımda hesaplanan taban kesme kuvveti ile, o kuvvet etkisi altında oluşan tepe yerdeğiştirmesi değerlerinin bir diyagramda gösterilmesidir. Burada analiz adım sayısı arttıkça bu eğri daha ayrıntılı olarak çizilebilir. İtme eğrisi, bir sonraki adımda elde edilecek modal kapasite diyagramına dönüştürölür. Şekil 3.8 X doğrultusu için itme eğrisini göstermektedir. X doğrultusunda analiz 23 adımda gerçekteşmiştir. Bu eğri her adımda hesaplanan kesme kuvveti ve tepe yerdeğiştirmesi koordinatlarının birleştirilmesi ile elde edilir. Şekil 3.9 ise Y doğrultusu için itme eğrisini göstermektedir. Y doğrultusunda analiz ise 13 adımda gerçekteşmiştir. SAP 2000 programından alınan ve bu diyagramın oluşmasını sağlayan taban kesme kuvveti ve tepe yerdeğiştirmesi değerleri programdan tablo halinde alınarak diyagram Excel programından çizilmiştir. Diyagramlara göre taban kesme kuvveti ve tepe yerdeğiştirmesi belirli bir adıma kadar hemen hemen doğrusal olarak artmaktadır. Sistemde elemanların plastikleşmeye başlamasıyla ise kesme kuvveti sabitlenirken sistem yerdeğiştirme değerleri artmış sistem performans noktasına ulaşmıştır.



Şekil 3.8 X Doğrultusu İtme Eğrisi

Statik itme eğrisi tamamen sistemin doğrusal olmayan davranışına bağlıdır. Eğride yatay kuvvet arttıkça yatay yerdeğiştirmeler büyümekte ve bunu takiben plastik şekildeğiştirmeler oluşmakta ve sistemde hasar meydana gelmektedir. Bu eğrinin her adımında sistem biraz daha fazla zorlanır ve kesitlerde plastik mafsall oluşum sırası gözlenerek yapının davranışının değerlendirilmesi sağlanır.



Şekil 7.9 Y Doğrultusu İtme Eğrisi

Statik itme eğrisini daha sonra talep eğrisi ile bir araya getirebilmek için bir eksen değişimi uygulanır. V_{x1} taban kesme kuvveti, α_1 modal ivmeye ve u_{N1} en üst katın yerdeğiştirmesi, d_1 modal yerdeğiştirmeye dönüştürülür. X doğrultusu için modal kapasite diyagramını oluşturan parametrelerin değerleri aşağıda verilmiştir:

$$\sum M = 21754 \times 10^3 / 9.81 = 2217 \times 10^3 \text{ kg} = 2217 \text{ ton (bina kütlesi)}$$

$$\gamma_{x1} = 0.80 \text{ (etkin kütle oranı)}$$

$$M_{x1} = 1773 \text{ ton (etkin kütle)}$$

$$\Gamma_{x1} = 3.68$$

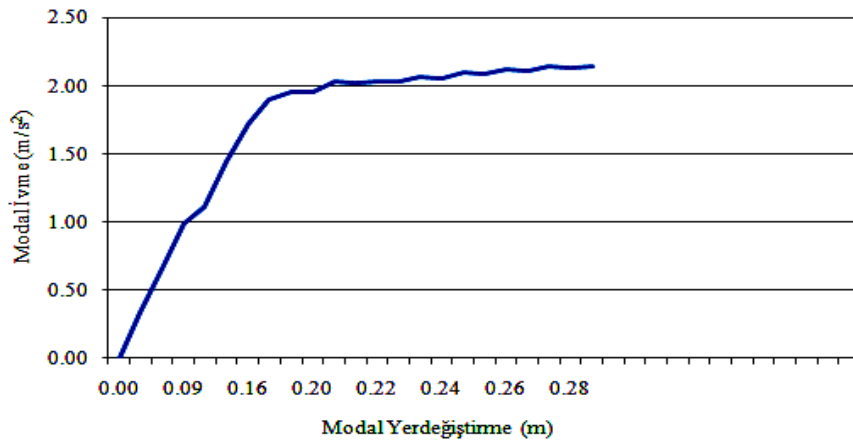
$$\Phi_{xN1} = 0.338$$

Bu değerler Çizelge 3.13’de yerlerine yazılarak eksenler ivme ve yerdeğiştirme değerlerine çevrilmiştir. Denklem 2.9 ve 2.10’da bu değerlerin dönüşüm denklemleri gösterilmiştir. Bu değerler analizin her adımı için bulunmuştur.

Tablodan alınan ivme değerleri y ordinatını, yerdeğiştirme değerleri ise x eksenini göstermektedir. Şekil 3.10, bu X doğrultusu için bu modal kapasite eğrisini göstermektedir.

Çizelge 3.13 X Doğrultusu Modal Kapasite Diyagramının Değerleri

UN1 [m]	V1 [kN]	M1	$\Phi N1$	$\Gamma 1$	a1(m/s ²)	d1(m)
0.00	0	1773.00	0.33	3.68	0.00	0.00
0.04	587	1773.00	0.33	3.68	0.33	0.03
0.07	1174	1773.00	0.33	3.68	0.66	0.06
0.11	1761	1773.00	0.33	3.68	0.99	0.09
0.12	1970	1773.00	0.33	3.68	1.11	0.10
0.15	2567	1773.00	0.33	3.68	1.45	0.13
0.19	3051	1773.00	0.33	3.68	1.72	0.16
0.23	3372	1773.00	0.33	3.68	1.90	0.19
0.24	3474	1773.00	0.33	3.68	1.96	0.20
0.24	3460	1773.00	0.33	3.68	1.95	0.20
0.27	3600	1773.00	0.33	3.68	2.03	0.22
0.27	3591	1773.00	0.33	3.68	2.03	0.22
0.27	3601	1773.00	0.33	3.68	2.03	0.22
0.27	3597	1773.00	0.33	3.68	2.03	0.22
0.29	3656	1773.00	0.33	3.68	2.06	0.24
0.29	3645	1773.00	0.33	3.68	2.06	0.24
0.30	3717	1773.00	0.33	3.68	2.10	0.25
0.30	3701	1773.00	0.33	3.68	2.09	0.25
0.32	3768	1773.00	0.33	3.68	2.13	0.26
0.32	3750	1773.00	0.33	3.68	2.11	0.26
0.34	3801	1773.00	0.33	3.68	2.14	0.28
0.34	3787	1773.00	0.33	3.68	2.14	0.28
0.34	3797	1773.00	0.33	3.68	2.14	0.28



Şekil 3.10 X Doğrultusu İçin Modal Kapasite Diyagramı

Y yönü için yine aynı parametre değerleri hesap edilir:

$$\Sigma M = 21754 \times 10^3 / 9.81 = 2217 \times 10^3 \text{ kg} = 2217 \text{ ton (bina kütlesi)}$$

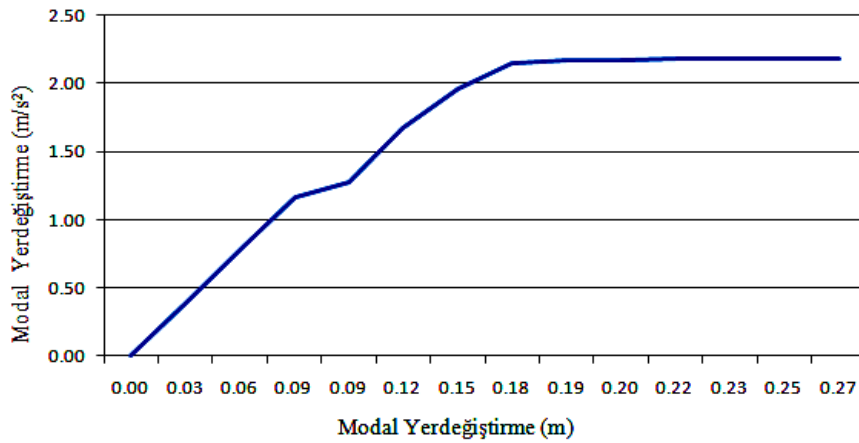
$$\gamma_{x1} = 0.80 \text{ (etkin kütle oranı)}$$

$$M_{x1} = 1773 \text{ ton (etkin kütle)}$$

$$\Gamma_{x1} = 5.37$$

$$\Phi_{xN1} = 0.236$$

Çizelge 3.14 Y doğrultusu için modal kapasite diyagramını oluşturan parametrelerin hesabını içermektedir. Hesap edilen ivme yerdeğiştirme değerleri Şekil 3.11’de diyagramda ilgili eksenlerde yerine konularak modal kapasite diyagramı elde edilir.



Şekil 3.11 Y Doğrultusu İçin Modal Kapasite Diyagramı

Çizelge 3.14 Y Doğrultusu Modal Kapasite Diyagramının Değerleri

UN1 [m]	V1 [kN]	M1	Φ_{N1}	Γ_1	a1	d1
0.00	0	1773.00	0.23	5.37	0.00	0.00
0.04	691	1773.00	0.23	5.37	0.39	0.03
0.07	1383	1773.00	0.23	5.37	0.78	0.06
0.11	2074	1773.00	0.23	5.37	1.17	0.09
0.11	2269	1773.00	0.23	5.37	1.28	0.09
0.15	2965	1773.00	0.23	5.37	1.67	0.12
0.19	3485	1773.00	0.23	5.37	1.97	0.15
0.23	3800	1773.00	0.23	5.37	2.14	0.18
0.24	3853	1773.00	0.23	5.37	2.17	0.19
0.25	3851	1773.00	0.23	5.37	2.17	0.20
0.27	3867	1773.00	0.23	5.37	2.18	0.22
0.29	3865	1773.00	0.23	5.37	2.18	0.23
0.31	3876	1773.00	0.23	5.37	2.19	0.25
0.33	3876	1773.00	0.23	5.37	2.19	0.27

3.3.2 Modal Yerdeğiştirme İsteminin Hesabı ve Kapasite-Talep Eğrilerinin Kesiştirilmesi

Elastik spektrum eğrisi ile doğrusal olmayan davranışı esas alan kapasite eğrisinin çakıştırılmasıyla depremin talebine sistemin verdiği cevap bulunur. Deprem Yönetmeliği'nde kapasite eğrisinin elastik talep eğrisini dönüştürülmesi önerilir. Bu kapasite eğrisinden başlangıç teğeti çizilerek yapılmalıdır. Bu teğetle elastik talep eğrisinin kesimi ile hem göz önüne alınan depremin talebi ve hem de sistemin ona verdiği yatay yerdeğiştirme elde edilir. Burada *Eşit Yerdeğiştirme Kuralı* denilen ve belirli bir değerden daha yüksek periyoda sahip elastoplastik sistemlerinin maksimum deplasmanının, aynı periyot ve sönüme sahip elastik sistemlere yaklaşık olarak eşit olması prensibi uygulanır. Bu yöntemle her iki doğrultuda yapının spektral yerdeğiştirmesi ile eğri üzerinde hedef tepe noktası yerdeğiştirme istemi bulunur.

3.3.2.1 X Yönü İçin Modal Kapasite Diyagramı-Talep Eğrisi

Talep eğrisinden önce yapının spektral yerdeğiştirme değerleri bulunur. Bu değer kullanılarak hedef tepe noktası yerdeğiştirme değeri bulunur ve diyagramda gösterilir. İlgili parametreler Denklem 2.13, 2.14 ve 2.17 kullanılarak bulunmuştur.

$$S_{ae1} = 3.23 \text{ m/s}^2$$

$$(\omega_1^{(1)})^2 = 15.39$$

$$S_{de1} = 3.23 / 15.39 = 0.209 \text{ m}$$

Deprem Yönetmeliği 7C.2.1'e göre $T_1^{(1)}$ başlangıç periyodunun, ivme spektrumundaki karakteristik periyot T_B 'ye eşit veya daha uzun olması durumunda spektral yerdeğiştirme oranı:

$$C_{R1} = 1 \text{ alınır}$$

Doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme:

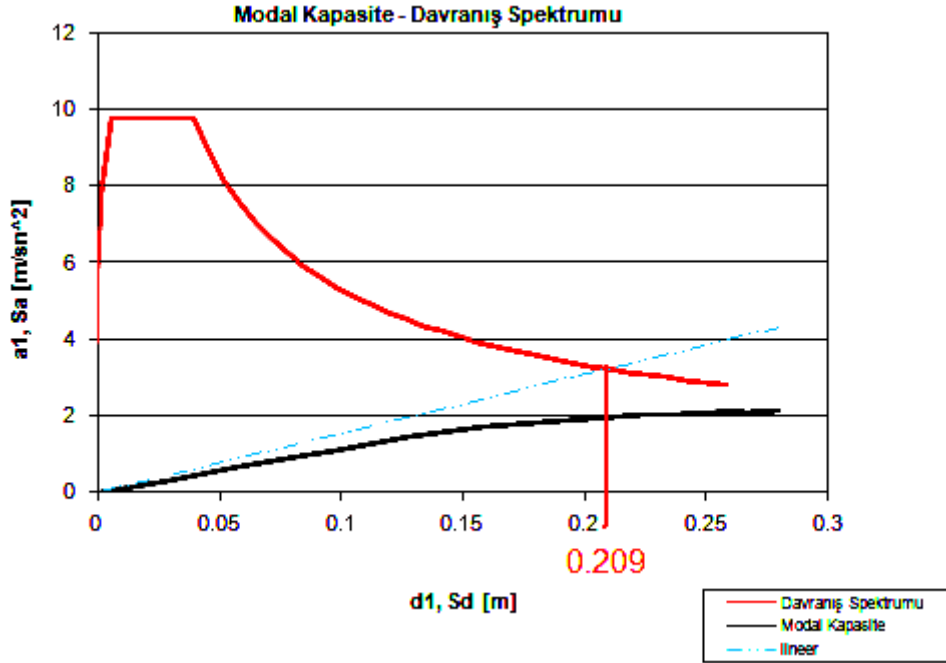
$$S_{di1} = 1 \times 0.209 = 0.209 \text{ m}$$

$$d_1^{(p)} = S_{di1} = 0.209 \text{ m}$$

Tepe yerdeğiştirme istemi:

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

$u_{xN1}^{(p)} = 0.338 \times 3.68 \times 0.209 = 0.259$ m Yapının hedef tepe noktası yerdeğiştirme değeri Bu değer yapının yapabileceği maksimum tepe yerdeğiştirmesini göstermektedir. Şekil 3.12’de X doğrultusu için modal kapasite diyagramı-talep eğrisi gösterilmektedir.



Şekil 3.12 X Doğrultusu Modal Kapasite Diyagramı-Talep Eğrisi

3.3.2.2 Y Doğrultusu İçin Modal Kapasite Diyagramı-Talep Eğrisi

Y doğrultusu için de yine aynı parametreler hesaplanır. X doğrultusunda kullanılan aynı denklemler kullanılarak spektral yerdeğiştirme ve hedef tepe noktası yerdeğiştirme değeri bulunur.

$$S_{ae1} = 3.26 \text{ m/s}^2$$

$$(\omega_1^{(1)})^2 = 15.76$$

$$S_{de1} = 3.26 / 15.76 = 0.206 \text{ m}$$

$$C_{R1} = 1 \text{ alınır. } (T_1^{(1)} > T_B)$$

Doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme:

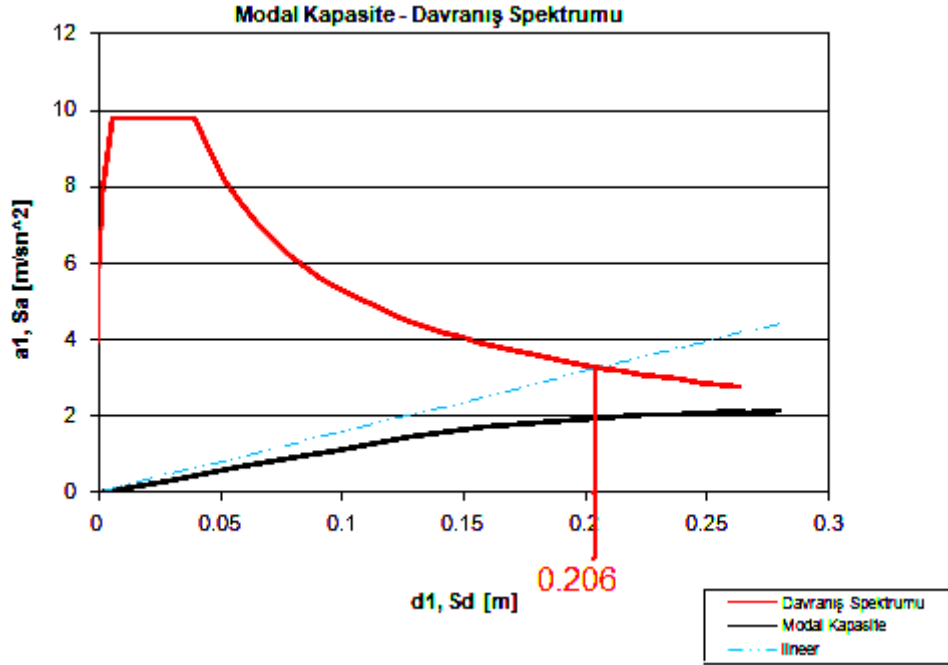
$$S_{di1} = 1 \times 0.209 = 0.206 \text{ m}$$

$$d_1^{(p)} = S_{di1} = 0.206 \text{ m}$$

Tepe yerdeğiştirme istemi:

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

$u_{xN1}^{(p)} = 0.236 \times 5.37 \times 0.206 = 0.261$ m Yapının hedef tepe noktası yerdeğiştirme değeri Şekil 3.13'de Y doğrultusu için modal kapasite diyagramı-talep eğrisi gösterilmektedir.



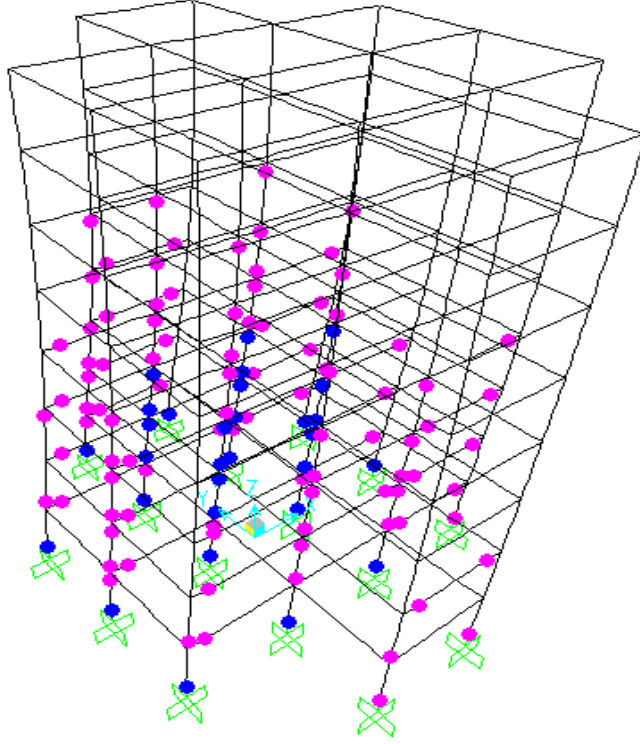
Şekil 3.13 Y Doğrultusu Modal Kapasite Diyagramı-Talep Eğrisi

3.3.3 Yapının Hasar Seviyesinin Bulunması

Yapının performans noktası belirlendikten sonra depremin talebine karşı sistemin elasto-plastik davranışla yapacağı yerdeğiştirme, plastik mafsalları yerleri, θ_p plastik mafsalları dönmeleri ve ϕ_p plastik eğrilikleri bulunur. Bu plastik eğriliklere kesitin plastikleşmeye ulaşmaya kadar yaptığı ϕ_y akma elastik eğriliği de eklenerek kesitin ϕ_t toplam eğriliği bulunur. Kesit şekil değiştirme durumu belirlenerek Deprem Yönetmeliğindeki hasar sınır değerleri ile karşılaştırılır ve elemanlar için hasar seviyeleri belirlenir.

SAP 2000 programında yapılan analiz neticesinde plastik dönme değerleri hesap çıktılarından elde edilir. Bu değerler plastik mafsalları boyu (L_p)' ye bölünerek plastik eğrilik değeri bulunur. Xtract programında ise kesitler analiz edilerek akma eğrilik değerleri bulunur. Akma eğriliği ile plastik eğriliğin toplanmasıyla toplam eğrilik değerine ulaşılır. Program eğrilik değerlerini beton için sargılı ve sargısız durum için ve donatı için vermektedir.

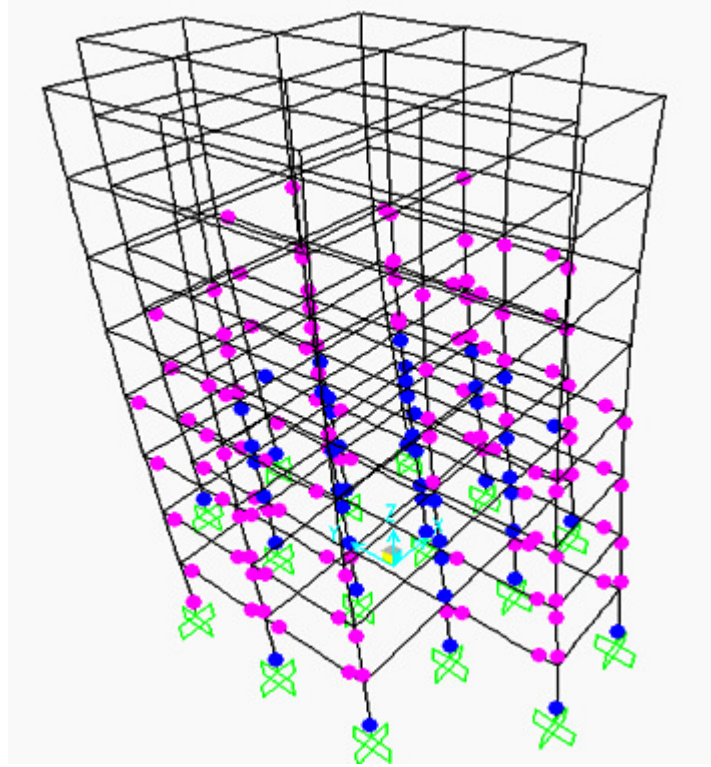
Analiz sonrasında kesitlerde meydana gelen plastik mafsallar X doğrultusu deprem için Şekil 3.14’de, Y doğrultusu deprem için ise Şekil 3.15’de gösterilmiştir.



Şekil 3.14 X Doğrultusunda Deprem Etkisinde Oluşan Plastik Mafsallar

Plastik mafsallar ilk adımlarda sadece alt kat kolon uçlarında oluşmaktadır. Yedinci adımdan itibaren kirişlerde mafsal oluşumu gözlenmiştir. Bu durum aslında istenmeyen bir durumdur. Çünkü depreme dayanıklı yapı tasarımı temel ilkeleri, yapıda güç tükenmesi durumuna önce kirişlerin ulaşmasını sonrasında kolonların mafsallaşmasını söylemektedir. Fakat bir önceki analiz metodu olan eşdeğer deprem yükü yöntemi sonuçlarına bakıldığında sistemde yine aynı durumla karşılaşılmıştır. Perdesiz bir yapıda kolon elemanlarında büyük zorlamalar meydana gelir.

Y doğrultusu deprem etkisinde X doğrultusunda olduğu gibi öncelikle mafsallaşan elemanlar ilk kat kolon elemanlarıdır. Bu elemanları ikinci kat kolon elemanları takip eder ve 6. adımdan sonra ise kirişler mafsallaşır. Kirişlerin geç mafsallaşmasına rağmen dönme değerleri bazı kirişlerde kolonlarınkinden fazladır. Dolayısıyla toplam eğrilik değerleri de fazla olmaktadır.



Şekil 3.15 Y Doğrultusunda Deprem Etkisinde Oluşan Plastik Mafsallar

Eleman hasar seviyelerini bulurken öncelikle Xtract programında kesitler modellenmiştir. Malzemenin doğrusal olmayan davranışını temsil etmek amacıyla malzeme özellikleri programa girilmiştir. Şekil 3.16 S101 kolon kesitinin Xtract programında örnek modelini göstermektedir. Bu kesitle beraber farklı donatıya sahip olan her kiriş ayrı ayrı programda analiz edilmiştir. Kiriş ve kolon elemanları sargılı kesit özelliği ile modellenmiştir. K101 kirişine ait moment-eğrilik diyagramı da Şekil 3.17’de gösterilmiştir. Kesitlerin eğilme analizinde kullanılan malzeme özellikleri aşağıda verilmiştir:

Beton ezilme birim kısalması $\epsilon_c = 0.004$,

Dağılma birim kısalması $\epsilon_c = 0.005$,

Maksimum gerilmeye karşılık gelen beton birim hacim kısalması 0.002 alınmış,

Sargısız beton dayanımı C30

Sargılı beton dayanımı $f_{cc} = 34.4$ MPa

Sargılı beton için maksimum basınç birim şekil değiştirmesi $\epsilon_{cu} = 0.02$,

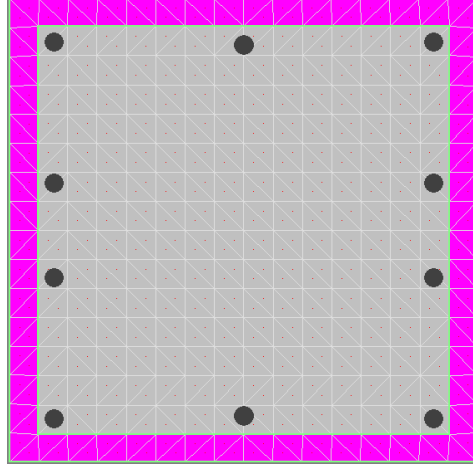
Çelikte akma birim uzaması $\epsilon_{sy} = 0.0021$,

Pekleşme başlangıcındaki çelik birim uzaması $\epsilon_{sy} = 0.008$,

Kopma birim uzaması $\epsilon_{su} = 0.1$,

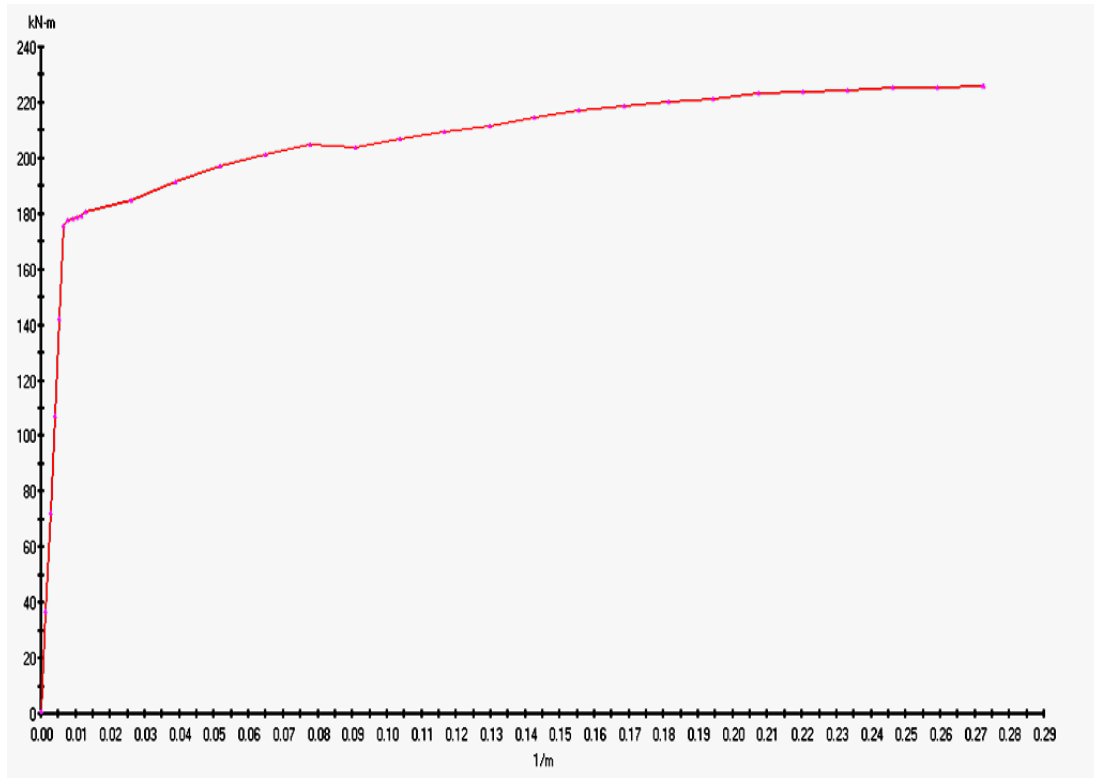
Çelik akma dayanımı $f_{sy} = 420$ MPa,

Çelik kopma dayanımı $f_{su} = 550$ MPa,



Şekil 3.16 S101 Kolonu İçin Analiz Modeli

Yapılan kesit analizleri neticesinde kiriş ve kolon elemanları için bulunan sargılı ve sargısız şekildeğiştirme istemleri ile donatı şekildeğiştirme istemleri Çizelge 3.15’de kiriş X doğrultusu için Çizelge 3.16’de ise kiriş Y doğrultusu için gösterilmiştir.



Şekil 3.17 K101 Kirişi İçin Moment Eğrilik Diyagramı

Çizelge 3.15 Kiriş X Doğrultusu Şekildeğiştirme İstemleri

Kiriş	Akma Eğriliği (1/m)	Etkin Akma Momenti (kNm)	Plastik Eğrilik (1/m)	Toplam Eğrilik (1/m)	Sarg.Şekil Değ.	Sargsz.Şekil Değ.	εs	Donatı Adedi(üst)
K101	0.0072	195	0.0061	0.0133	4.76E-04	5.15E-04	4.64E-03	4Φ16+2Φ12
K102	0.0072	195	0.0171	0.0243	1.01E-03	1.09E-03	9.85E-03	4Φ16+2Φ12
K103	0.0072	195	0.0007	0.0079	2.68E-04	2.91E-04	2.61E-03	4Φ16+2Φ12
K104	0.0081	221	0.0221	0.0302	1.10E-03	1.10E-04	1.07E-02	3Φ20+2Φ12
K105	0.0081	221	0	0.0081	2.08E-04	6.30E-05	2.03E-03	3Φ20+2Φ12
K106	0.0081	221	0	0.0081	2.08E-04	6.30E-05	2.03E-03	3Φ20+2Φ12
K107	0.0072	195	0.0197	0.0269	1.01E-03	1.09E-03	9.85E-03	4Φ16+2Φ12
K108	0.0072	195	0.0336	0.0408	1.54E-03	1.65E-03	1.50E-02	4Φ16+2Φ12
K109	0.0072	195	0.0006	0.0078	2.68E-04	2.91E-04	2.61E-03	4Φ16+2Φ12
K110	0.0081	221	0.0396	0.0477	1.81E-03	1.94E-03	1.76E-02	3Φ20+2Φ12
K111	0.0081	221	0.0394	0.0475	1.80E-03	1.93E-03	1.75E-02	3Φ20+2Φ12

Çizelge 3.16 Kiriş Y Doğrultusu Şekildeğiştirme İstemleri

Kiriş	Akma Eğriliği (1/m)	İlk Akma Momenti (kNm)	Plastic Eğrilik (1/m)	Toplam Eğrilik (1/m)	Sarg.Şekil Değ.	Sargsz.Şekil Değ.	εs	Donatı Adedi(üst)
K112	0.0072	195	0.0091	0.0163	5.82E-04	6.29E-04	5.68E-03	4Φ16+2Φ12
K113	0.0072	195	0.0137	0.0209	7.71E-04	8.30E-04	7.52E-03	4Φ16+2Φ12
K114	0.0058	157	0.0099	0.0157	5.78E-04	6.24E-04	5.64E-03	3Φ18+2Φ12
K115	0.0058	157	0.0001	0.0059	1.91E-04	2.10E-04	1.86E-03	3Φ18+2Φ12
K116	0.0058	157	0.0008	0.0066	2.12E-04	2.32E-04	2.06E-03	3Φ18+2Φ12
K117	0.0058	157	0.0118	0.0176	6.52E-04	7.03E-04	6.87E-03	3Φ18+2Φ12
K118	0.0058	157	0.0054	0.0112	3.97E-04	4.29E-04	3.86E-03	3Φ18+2Φ12
K119	0.0058	157	0.0002	0.0060	1.94E-04	2.11E-04	1.88E-03	3Φ18+2Φ12
K120	0.0058	157	0.0011	0.0069	2.22E-04	2.43E-04	2.16E-03	3Φ18+2Φ12
K121	0.0058	157	0.0100	0.0158	5.79E-04	6.25E-04	5.65E-03	3Φ18+2Φ12
K122	0.0072	195	0.0070	0.0142	4.94E-04	5.34E-04	4.82E-03	4Φ16+2Φ12
K123	0.0072	195	0.0082	0.0154	5.43E-04	5.86E-04	5.30E-03	4Φ16+2Φ12

Kirişlerde şekildeğiştirme istemleri kesitlerin iki ucunda da bulunmuş fakat olumsuz olan kesiti hesaba katılmıştır.

Örnek K114 kirişi için akma eğriliği program dışında Denklem 3.8 ve Denklem3.9 kullanılarak elle çözümü yapılmış, program hesabı ile karşılaştırılmıştır.

$$k_x = x / d = [(\rho + \rho')^2 + n^2 + 2 \times (\rho + \rho' \times d' / d) \times n]^{1/2} - (\rho + \rho') \times n \quad (3.8)$$

$$\phi_y = \varepsilon_y / (d - x) \quad (3.9)$$

$$A_s = 988 \text{ mm}^2 \quad A_s' = 565 \text{ mm}^2 \quad \rho = \%0.840 \quad \rho' = \%0.480 \quad n = E_s / E_c \quad 200/32=6.25$$

$$\varepsilon_y = f_{ym} / E_s = 420 / (200 \times 10^3) = 0.0021$$

$d=470 \text{ mm}$ $d'=30 \text{ mm}$

Denklem 3.8'den $k_x = 0.136$ ve $x=64 \text{ mm}$

Akma eğriliği $0.0021 / (470-64) = 0.0052$ (XTRACT sonucu ise 0.0058 bulunmuştur.)

Tüm elemanlarda bulunan şekildeğiştirme değerleri, Denklem 2.20, 2.21 ve 2.22' de bulun sınır değerleri ile kıyaslanır. Bu sınır değerlerinden sadece minimum hasar bölgesi sınır değeri dikkate alınır. Diğer limit değerleri için hesap yapılmaz. Bunun nedeni yapı elemanlarından sadece kirişlerin bazıları belirgin hasar bölgesi olan minimum hasar sınır ile güvenlik sınırı arasında kalmaktadır. Dolayısıyla diğer limit değerleri hesap edilmez. Çizelge 3.17'da X doğrultusu için birinci kat kirişlerinin performans seviyesi gösterilmektedir. Çizelge 3.18'de ise Y doğrultusu için birinci kat kirişlerinin performans seviyesi gösterilmektedir.

Çizelge 3.17 X Doğrultusu Birinci Kat Kirişleri Performans Düzeyi

Kiriş	ϵ_c	ϵ_c (MN)	ϵ_s	ϵ_s (MN)	ϵ_s (GV)	B.H.D.	Ç.H.D.	E.H.D.
K101	5.15E-04	3.50E-03	4.64E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K102	1.09E-03	3.50E-03	9.85E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K103	2.91E-04	3.50E-03	2.61E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K104	1.10E-04	3.50E-03	1.07E-02	0.01	0.04	MHB	BHB	BHB
K105	6.30E-05	3.50E-03	2.03E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K106	6.30E-05	3.50E-03	2.03E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K107	1.09E-03	3.50E-03	9.85E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K108	1.65E-03	3.50E-03	1.50E-02	0.01	0.04	MHB	BHB	BHB
K109	2.91E-04	3.50E-03	2.61E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K110	1.94E-03	3.50E-03	1.76E-02	0.01	0.04	MHB	BHB	BHB
K111	1.93E-03	3.50E-03	1.75E-02	0.01	0.04	MHB	BHB	BHB

Çizelge 3.18 Y Doğrultusu Birinci Kat Kirişleri Performans Düzeyi

Kiriş	ϵ_c	ϵ_c (MN)	ϵ_s	ϵ_s (MN)	ϵ_s (GV)	B.H.D.	Ç.H.D.	E.H.D.
K112	6.29E-04	3.50E-03	5.68E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K113	8.30E-04	3.50E-03	7.52E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K114	6.24E-04	3.50E-03	5.64E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K115	2.10E-04	3.50E-03	1.86E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K116	2.32E-04	3.50E-03	2.06E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K117	7.03E-04	3.50E-03	6.87E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K118	4.29E-04	3.50E-03	3.86E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K119	2.11E-04	3.50E-03	1.88E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K120	2.43E-04	3.50E-03	2.16E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K121	6.25E-04	3.50E-03	5.65E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K122	5.34E-04	3.50E-03	4.82E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K123	5.86E-04	3.50E-03	5.30E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB

Kiriş hasar durumlarına baktığımızda y doğrultusunda hiçbir kiriş elemanının belirgin hasar bölgesinde kalmadığı ve minimum hasar seviyesinde bulunduğu görülür. Kesitlerde sınırı zorlayan malzeme çelik malzemesidir. Çelik şekil değiştirme değerleri betonun değerlerinden daha olumsuz durumdadır. X doğrultusunda ise kesitlerde bazıları belirgin hasar bölgesine geçmektedir. Birinci katta 4 kiriş, ikinci katta 6, üçüncü katta ise 3 kiriş belirgin hasar bölgesine geçmiştir. Doğrusal olmayan davranışlarda hasar limitleri beton ve çelik için ayrı olduğundan bu iki malzemeden herhangi birinin şekil değiştirme istemi belirgin hasar bölgesine geçerse o kesit için hasar seviyesi belirgin hasar bölgesi olarak ifade edilir. Buradaki kirişlerde mevcut beton şekil değiştirme değerleri minimum hasar seviyesi limit değerinden oldukça küçüktür. Fakat sınır değerini aşan malzeme çelik malzemesidir. Çeliğin akmasıyla kesit plastikleşir ve belirgin hasar bölgesi durumuna geçer.

Kolonlar için de yine aynı şekilde öncelikle kesit şekil değiştirme değerleri her kat elemanları için çıkartılır. Sonrasında kirişlerde olduğu gibi hasar bölgelerinin limit değerleri kıyaslanarak performans düzeyleri çıkartılır. Çizelge 3.19 X doğrultusu için, birinci kat şekil değiştirme değerlerini göstermektedir.

Çizelge 3.19 X Doğrultusu Birinci Kat Şekil değiştirme Değerleri

Kolon	Akma Eğriliği (1/m)	Etkin Akma Momenti (kNm)	Plastik Eğrilik (1/m)	Toplam Eğrilik (1/m)	Sarg.Şekil Değ.	Sargsz.Şekil Değ.	εs
S101	0.0076	297	0.0067	0.0143	5.25E-04	5.78E-04	5.84E-03
S102	0.0076	297	0.0031	0.0107	3.91E-04	4.23E-04	3.84E-03
S103	0.0076	297	0.0097	0.0173	6.35E-04	7.11E-04	6.94E-03
S104	0.0076	297	0.0084	0.0160	5.84E-04	6.49E-04	5.92E-03
S105	0.0076	297	0.0076	0.0152	5.55E-04	6.14E-04	5.60E-03
S106	0.0076	297	0.0046	0.0122	4.49E-04	4.87E-04	4.43E-03
S107	0.0076	297	0.0124	0.0200	7.33E-04	8.29E-04	7.58E-03
S108	0.0076	297	0.0095	0.0171	6.28E-04	7.02E-04	6.41E-03
S109	0.0076	297	0.0098	0.0174	6.35E-04	7.11E-04	6.94E-03
S110	0.0076	297	0.0080	0.0156	5.73E-04	6.36E-04	5.80E-03
S111	0.0076	297	0.0134	0.0210	7.66E-04	8.69E-04	7.94E-03
S112	0.0076	297	0.0119	0.0195	7.15E-04	8.07E-04	7.37E-03
S113	0.0076	297	0.0108	0.0184	6.86E-04	7.72E-04	7.05E-03
S114	0.0076	297	0.0077	0.0153	5.59E-04	6.19E-04	5.64E-03
S115	0.0076	297	0.0170	0.0246	8.97E-04	1.02E-03	9.39E-03
S116	0.0076	297	0.0085	0.0161	5.92E-04	6.58E-04	6.00E-03

Çizelge 3.20 ise Y doğrultusunda birinci kat kirişleri için şekildeğiştirme değerlerini göstermektedir.

Çizelge 3.20 Y Doğrultusu Birinci Kat Şekildeğiştirme Değerleri

Kolon	akma eğriliği (1/m)	etkin akma moment (kNm)	plastik eğrilik (1/m)	toplam eğrilik (1/m)	sarg.şekil değ.	sargsz.şekil değ.	ϵ_s
S101	0.0078	286	0.015217	0.023017	8.73E-04	9.45E-04	8.58E-03
S102	0.0078	286	0.015513	0.023313	8.85E-04	9.57E-04	8.70E-03
S103	0.0078	286	0.012166	0.019966	7.49E-04	8.11E-04	7.37E-03
S104	0.0078	286	0.0117	0.0195	7.33E-04	7.95E-04	7.21E-03
S105	0.0078	286	0.012913	0.020713	7.53E-04	8.15E-04	7.42E-03
S106	0.0078	286	0.017959	0.025759	9.81E-04	1.06E-03	9.64E-03
S107	0.0078	286	0.010274	0.018074	6.73E-04	7.29E-04	6.62E-03
S108	0.0078	286	0.011817	0.019617	7.37E-04	7.99E-04	7.25E-03
S109	0.0078	286	0.013307	0.021107	7.93E-04	8.59E-04	7.80E-03
S110	0.0078	286	0.01463	0.02243	8.49E-04	9.19E-04	8.35E-03
S111	0.0078	286	0.006044	0.013844	5.06E-04	5.49E-04	4.98E-03
S112	0.0078	286	0.010953	0.018753	7.02E-04	7.60E-04	6.90E-03
S113	0.0078	286	0.012597	0.020397	7.39E-04	8.01E-04	9.50E-03
S114	0.0078	286	0.009721	0.017521	6.54E-04	7.10E-04	6.43E-03
S115	0.0078	286	0.007	0.0148	5.46E-04	5.90E-04	5.39E-03
S116	0.0078	286	0.008977	0.016777	6.22E-04	6.74E-04	6.12E-03

Çizelge 3.21 X doğrultusu için birinci kat kolonlarının analiz sonrası hasar seviyelerini göstermektedir. Çizelge 3.22 ise Y doğrultusu için yine birinci kat kolon performans noktası gösterilmektedir.

Çizelge 3.21 X Doğrultusu Birinci Kat Kolon Performans Düzeyi

Kolon	ϵ_c	ϵ_c (MN)	ϵ_s	ϵ_s (MN)	ϵ_s (GV)	B.H.D	Ç.H.D.	E.H.D.
S101	5.78E-04	3.50E-03	5.84E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S102	4.23E-04	3.50E-03	3.84E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S103	7.11E-04	3.50E-03	6.94E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S104	6.49E-04	3.50E-03	5.92E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S105	6.14E-04	3.50E-03	5.60E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S106	4.87E-04	3.50E-03	4.43E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S107	8.29E-04	3.50E-03	7.58E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S108	7.02E-04	3.50E-03	6.41E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S109	7.11E-04	3.50E-03	6.94E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S110	6.36E-04	3.50E-03	5.80E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S111	8.69E-04	3.50E-03	7.94E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S112	8.07E-04	3.50E-03	7.37E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S113	7.72E-04	3.50E-03	7.05E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S114	6.19E-04	3.50E-03	5.64E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S115	1.02E-03	3.50E-03	9.39E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S116	6.58E-04	3.50E-03	6.00E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB

Çizelge 3.22 Y Doğrultusu Birinci Kat Kolon Performans Düzeyi

Kolon	ϵ_c	ϵ_c (MN)	ϵ_s	ϵ_s (MN)	ϵ_s (GV)	B.H.D.	Ç.H.D.	E.H.D.
S101	9.45E-04	3.50E-03	8.58E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S102	9.57E-04	3.50E-03	8.70E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S103	8.11E-04	3.50E-03	7.37E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S104	7.95E-04	3.50E-03	7.21E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S105	8.15E-04	3.50E-03	7.42E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S106	1.06E-03	3.50E-03	9.64E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S107	7.29E-04	3.50E-03	6.62E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S108	7.99E-04	3.50E-03	7.25E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S109	8.59E-04	3.50E-03	7.80E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S110	9.19E-04	3.50E-03	8.35E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S111	5.49E-04	3.50E-03	4.98E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S112	7.60E-04	3.50E-03	6.90E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S113	8.01E-04	3.50E-03	9.50E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S114	7.10E-04	3.50E-03	6.43E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S115	5.90E-04	3.50E-03	5.39E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S116	6.74E-04	3.50E-03	6.12E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB

Analiz sonuçlarına bakıldığında kolonlarda her iki deprem yönü için belirgin hasar bölgesine geçen eleman yoktur. Yapı kolonlar itibariyle can güvenliği performans seviyesini sağlamaktadır. Y doğrultusu deprem etkisinde kiriş elemanlarının hepsi minimum hasar bölgesi içinde kalırken X doğrultusu deprem etkisinde birinci katta 4 kiriş, ikinci katta 6 ve üçüncü katta ise 3 kiriş belirgin hasar bölgesine geçmiştir. Fakat yine de bu durumda can güvenliği performans düzeyinde yapı elemanlarından kirişler için sunulan “deprem yönündeki kirişlerin en fazla %30’ unun ileri hasar bölgesine geçebileceği” durumu tüm kat kirişleri için sağlanmaktadır. Sadece bir katta bile bu durumun sağlanamaması yapının doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminde can güvenliği performans seviyesini sağlamadığı söylenebilir. Elemanların hasar seviyelerine bakıldığında betonun ezilmesinden değil çeliğin akmasından ötürü belirgin hasar bölgesi durumuna geçtikleri görülür. Bu durum yapı elemanlarında sünekliğin etkisini gösterir. Zira betonun ezilmesi gevrek güç tükenme türünü meydana getirecektir. Bu ise hem yeni yapılacak binalar için hem de mevcut binaların kontrolünde istenmeyen bir güç tükenme türüdür.

3.4 Yapının Doğrusal Olmayan Zaman Tanım Alanında Analiz Yöntemiyle Performansının Değerlendirilmesi

Doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz yöntemi, itme analizinden farklı olarak dinamik bir yöntemdir. Bu yöntem sistemin doğrusal olmayan davranışını dikkate alarak sistemin hareket denkleminin adım adım entegre edilmesiyle uygulanır. Diğer yöntemler gibi bu yöntemde de sistemin bütün elastik ve plastik şekildeğiştirmeleri, yerdeğiştirmeleri ve kesit iç etkileri zamana bağlı olarak bulunur. Daha sonra sistemde plastik mafsallarda dönmeleri, beton ve donatının birim uzama/kısalma talepleri belirlenir.

Bu yöntemde yapıya deprem etkisi ivme olarak etkittirilir. Yani deprem kayıtları kullanılır. Deprem yönetmeliği bu kayıtların kullanımı için iki farklı yol önermiştir. Birincisi, mevcut gerçek kayıtlar kullanılacaksa bu kayıtlardan en az üç tanesi hesaba katılmalı, hesap sonuçlarında yapı elemanlarında en olumsuz sonucu veren deprem ivme kaydı dikkate alınmalıdır. İkincisi ise kaynak ve dalga yayılım özellikleri fiziksel olarak benzeştirilmiş en az yedi adet yer hareketi kullanılmalı, bu yer hareketlerinin sonuçlarının ortalaması alınması gerekir. Hem mevcut deprem kaydının kullanılması hem de benzeştirilmiş deprem kaydının kullanılması durumunda öncelikle yapının bulunduğu yerin deprem özellikleri dikkate alınmalıdır. Kayıtların, deprem yönetmeliğindeki tasarım spektrumları ile uyumlu olması gerekmektedir. Bu, hesapların çıktılarını diğer analiz çıktılarıyla yorumlamak için önemlidir.

Bu çalışmada üç gerçek yer deprem ivme kaydı hesaba katılmıştır. Bunlar 12 Kasım 1999 Düzce depreminin Kuzey-Güney kaydı ile Doğu-Batı deprem kaydına ait iki farklı istasyondan alınmış deprem kayıtlarıdır. Bu deprem ivme kayıtları yönetmelikte yer alan tasarım spektrumuyla benzeştirilip sisteme etki ettirilmiştir.

3.4.1 Deprem Kayıtlarının Seçilmesi

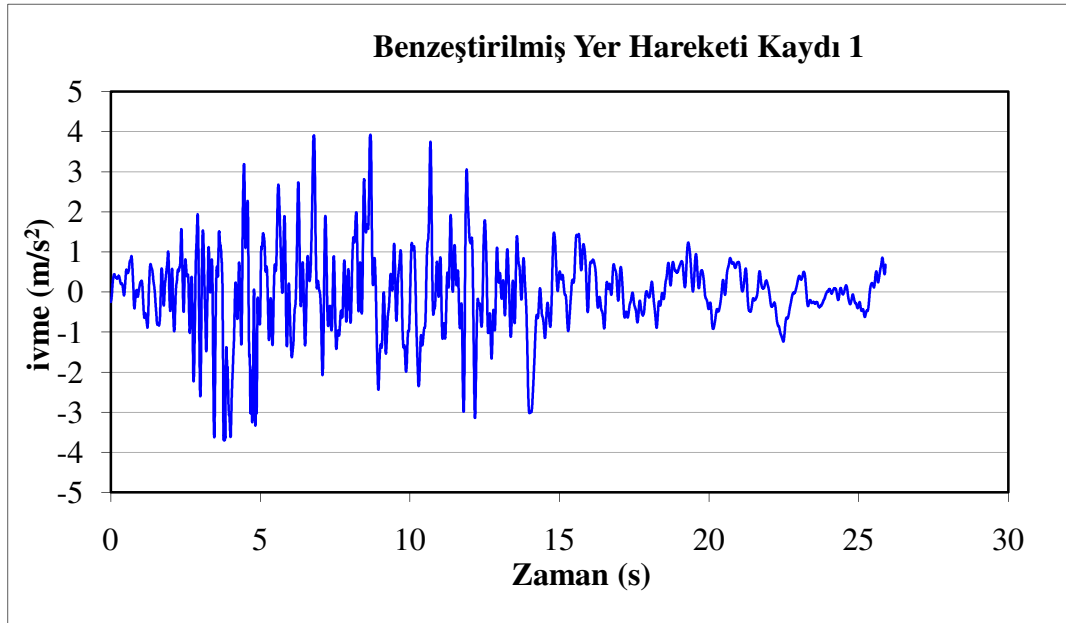
Deprem Yönetmeliği, deprem hesabında kullanılacak deprem kayıtlarında üç koşul aramaktadır. Bunlar:

1. Kuvvetli yer hareketinin süresi, binanın doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15s'den daha kısa olmayacaktır.

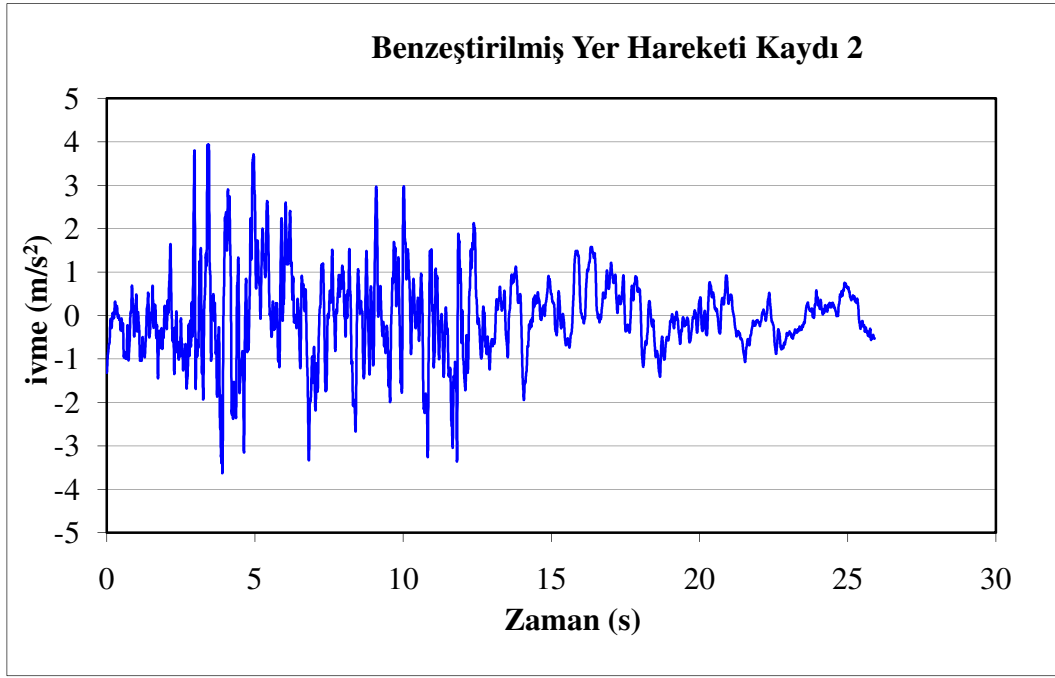
2. Deprem yer hareketinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması “ A_0g ” den küçük olmayacaktır.
3. Her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için bulunan spektral ivme değerlerinin ortalaması, gözönüne alınan deprem doğrultusundaki birinci periyod T_1 ’ e göre $0.2T_1$ ve $2T_1$ arasındaki periyodlar için $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivmelerinin %90’ından daha az olmayacaktır.

Yapının birinci periyodunun 1.60s olması ve kullanılan yer hareketlerinin süresinin en az 25s civarında olması birinci kriterin sağlandığı anlamına gelmektedir. Diğer kriterlerin kontrolünün yapılmasına gerek yoktur. Çünkü ivme kayıtları yönetmelikteki spektrum eğrisi ile benzeştirilmiş olduğundan bu kriterleri sağlamaktadır.

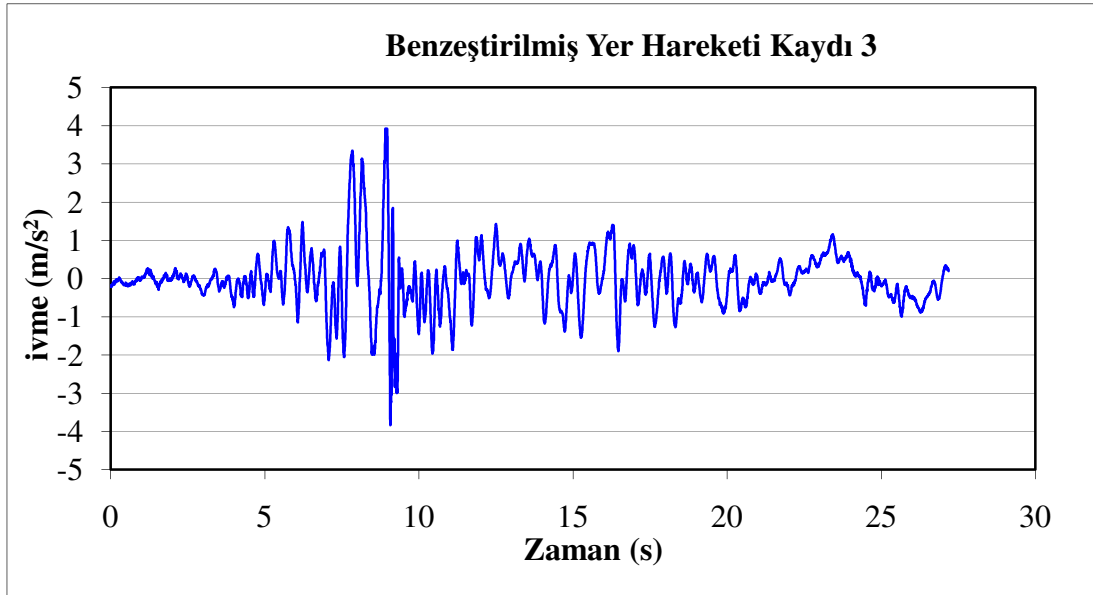
Şekil 3.18, 3.19 ve 3.20’ da kullanılan bu üç benzeştirilmiş deprem ivme kaydı gösterilmiştir.



Şekil 3.18 Benzeştirilmiş Düzce Depremi Kuzey-Güney Deprem İvme Kaydı



Şekil 3.19 Düzce Depremi Doğu-Batı İstasyon_1 Kaydı

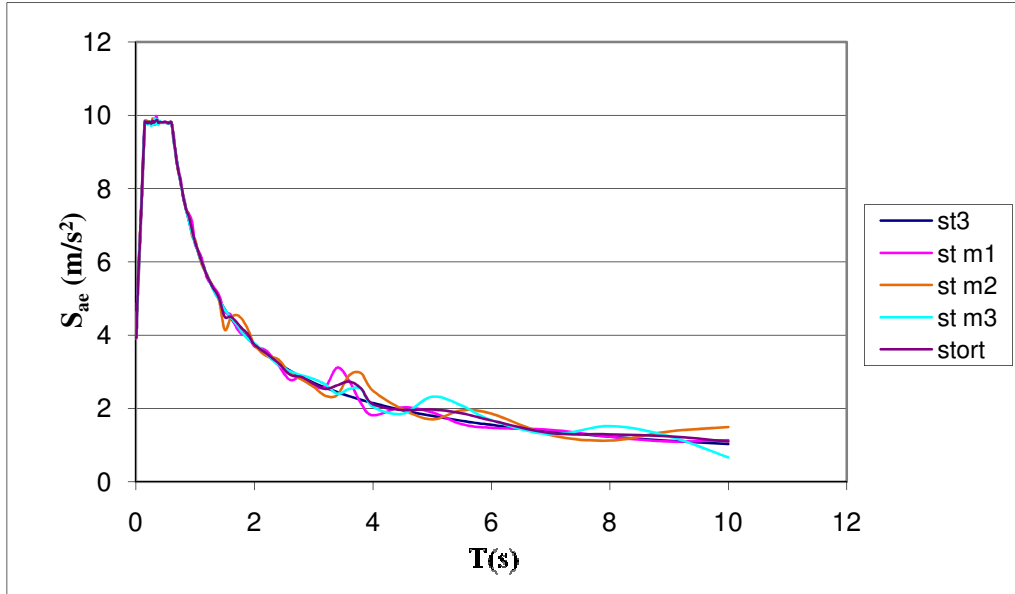


Şekil 3.20 Düzce Depremi Doğu-Batı İstasyon_2 Kaydı

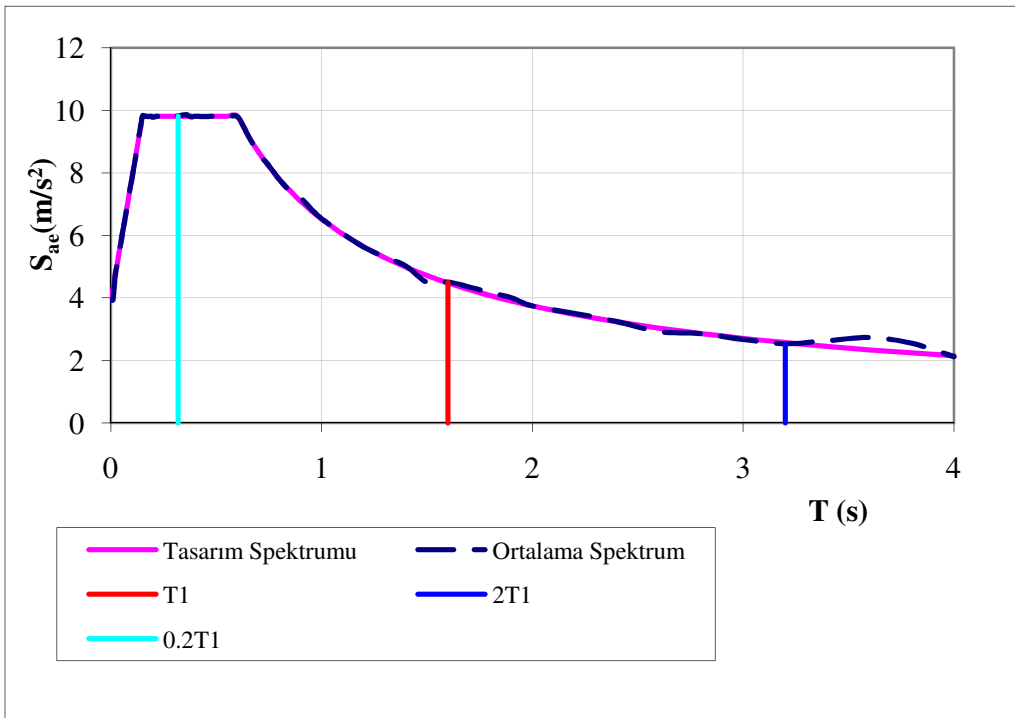
Bu üç deprem kaydının benzeştirilmesi ve tasarım spektrumuyla uyumla hale getirilmesi Sigrapp programıyla yapılmıştır. Benzeştirilmiş ivme kayıtları ve bunların ortalaması Excel programıyla yapılmış, kayıtların diyagramı hep birlikte tasarım spektrumunun üstüne gelecek şekilde çizilmiştir.

Şekil 3.21, bu üç kaydın ivme spektrum eğrilerini, bunların ortalamasını ve tasarım spektrumu ile uyumunu göstermektedir. Şekil 3.22 ise kayıtların ortalamasının

tasarım spektrumuyla beraber diyagramını ve kriterlerden üçüncüsünün sağlandığını gösterir.



Şekil 3.21 Benzeştirilmiş Deprem İvme Kayıtları



Şekil 3.22 İvme Kayıtlarının Ortalamasının Tasarım Spektrumuyla Uyumu

3.4.2 Yapı Hasar Seviyelerinin Belirlenmesi

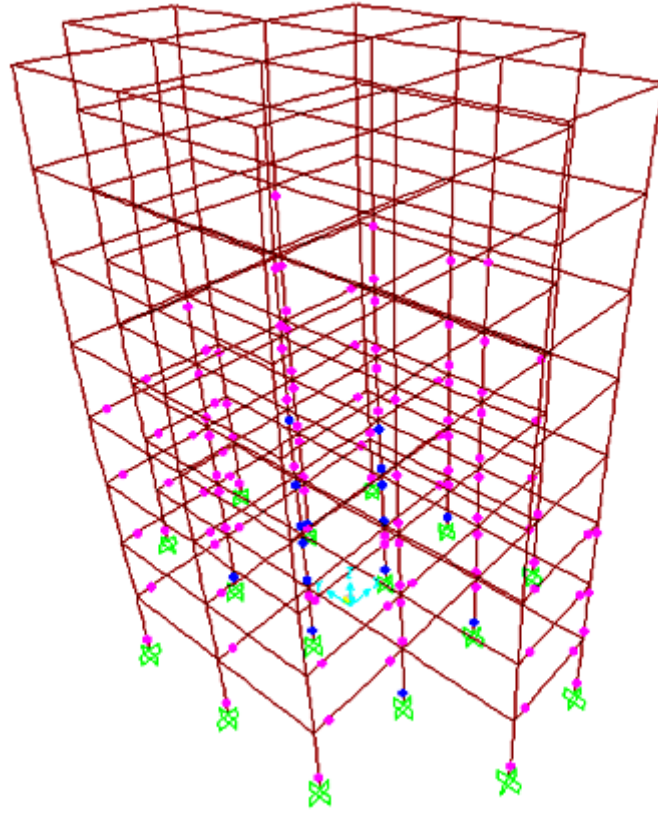
Doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizde eleman hasar seviyelerinin bulunması İtme analizindekiyle aynıdır. Yapı öncelikle düşey yükler altında analiz edilir ve bu analiz sonuçları dinamik analizin başlangıç koşullarını oluşturur. Sonraki

aşamada ise SAP 2000 programında yapılan analiz sonucunda elemanların plastik dönme değerleri alınıp bu değerler plastik mafsallara bölünerek plastik eğrilikler elde edilir. Xtract programında kesit analizleri yapılır ve her kesit için akma eğrilikleri çıkartılır. Akma eğriliği ile plastik eğrilik toplanarak toplam eğrilik bulunur. Elemanların bu eğrilik değerlerine karşı gelen sargılı betonun şekil değiştirmesi, sargısız betonun şekil değiştirmesi ve donatı çeliğinin şekil değiştirmesi değerleri bulunur. En sonda ise bu şekil değiştirme değerleri deprem yönetmeliğindeki hasar seviyelerini gösteren şekil değiştirme değerleriyle kıyaslanır ve yapının her elemanının hasar seviyesi elde edilir

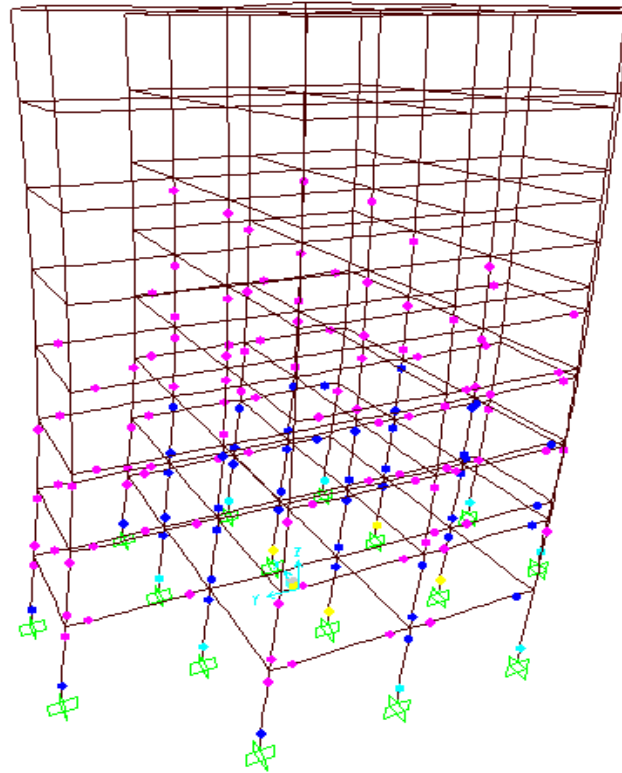
Analizler neticesinde üç deprem kaydından maksimum sonuçları veren kayıt Doğu-Batı İstasyon_1 kayıdır. Bu kaydın etkileri ve değerleri bu çalışmada sunulacaktır. Analiz sonrası yapıda bu deprem kaydı etkisinde oluşan mafsallar X doğrultusu için Şekil 3.23, Y doğrultusu için ise Şekil 3.24'de gösterilmiştir. Sistemdeki mafsallaşmalar bakıldığında itme analizinde olduğu gibi yine kolon altları ilk olarak mafsallaşmışlardır. Bu sistemin yanal rijitliğinde ani kayıplara neden olmaktadır. Kirişlerdeki mafsallaşmalar ikinci kat kolonlarıyla beraber oluşmaktadır. Zaman tanım alanında analizde mafsallaşan eleman sayısı itme analizine göre daha azdır.

Yapı elemanlarında mafsallaşan kesitlere ait şekil değiştirmeler kesitin iki ucunda da elde edilmiştir fakat hesap çıktılarında maksimum değere sahip kesit ucu dikkate alınmıştır. Hem kirişler için hem de kolonlar için yapılan hesaplar ve plastik eğriliklerin bulunması itme analizinde yapılan ile aynıdır.

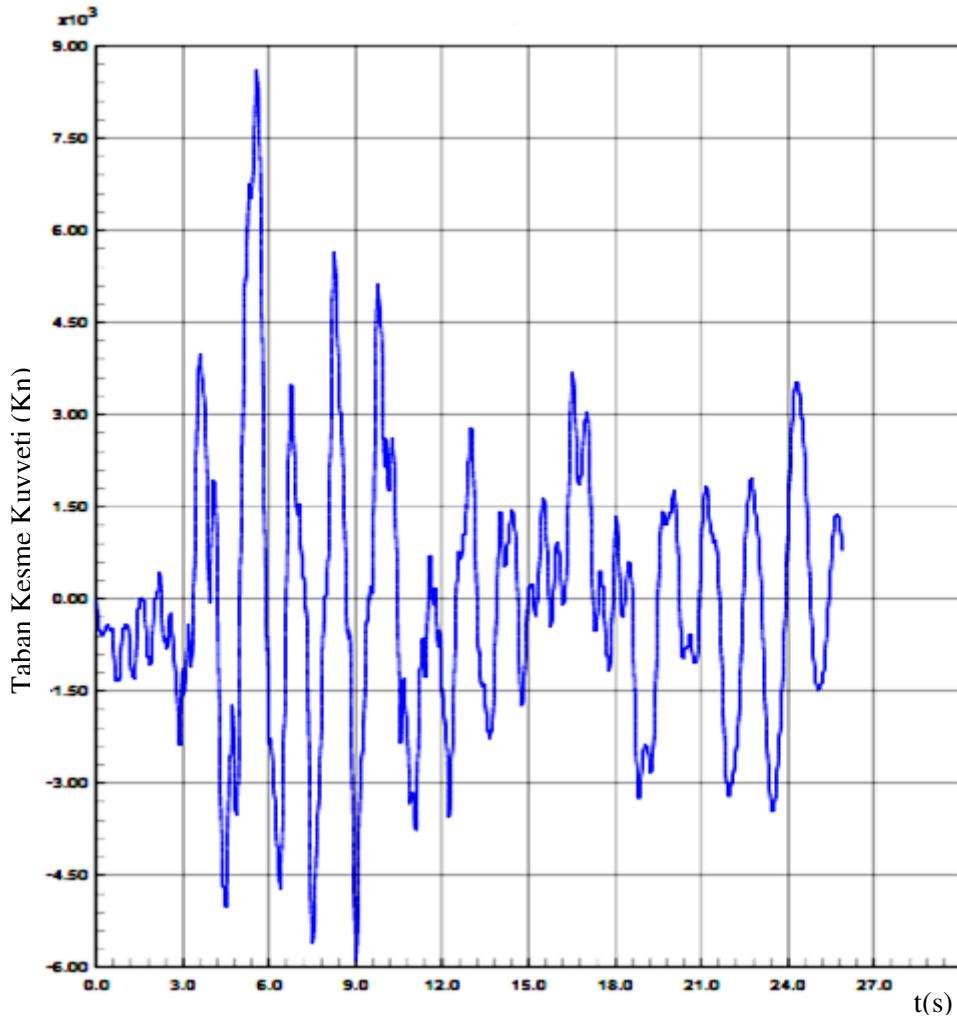
Yapının gözönüne alınan her iki doğrultudaki deprem için taban kesme kuvveti-zaman diyagramı çizilir. Yine Düzce Doğu-Batı İstasyon_1 Kaydı için diyagram çizilir. Ardından bu kayıta farklı ölçeklendirme yapılarak itme eğrisine benzer şekilde taban kesme kuvvetinin zaman bağlı eğrisi çizilir. Buradaki amaç bir anlamda itme analizi sonucu elde edilen itme eğrisi ile zaman tanım alanına analiz sonucu elde edilen eğrinin karşılaştırılmasıdır. Şekil 3.25 SAP 2000 programından elde edilen bu deprem ivme kaydı için X doğrultusunda, Şekil 3.26 ise Y doğrultusunda, taban kesme kuvveti-zaman diyagramını göstermektedir



Şekil 3.23 X Doğrultusu İçin Mafsallaşmalar



Şekil 3.24 Y Doğrultusu İçin Mafsallaşmalar

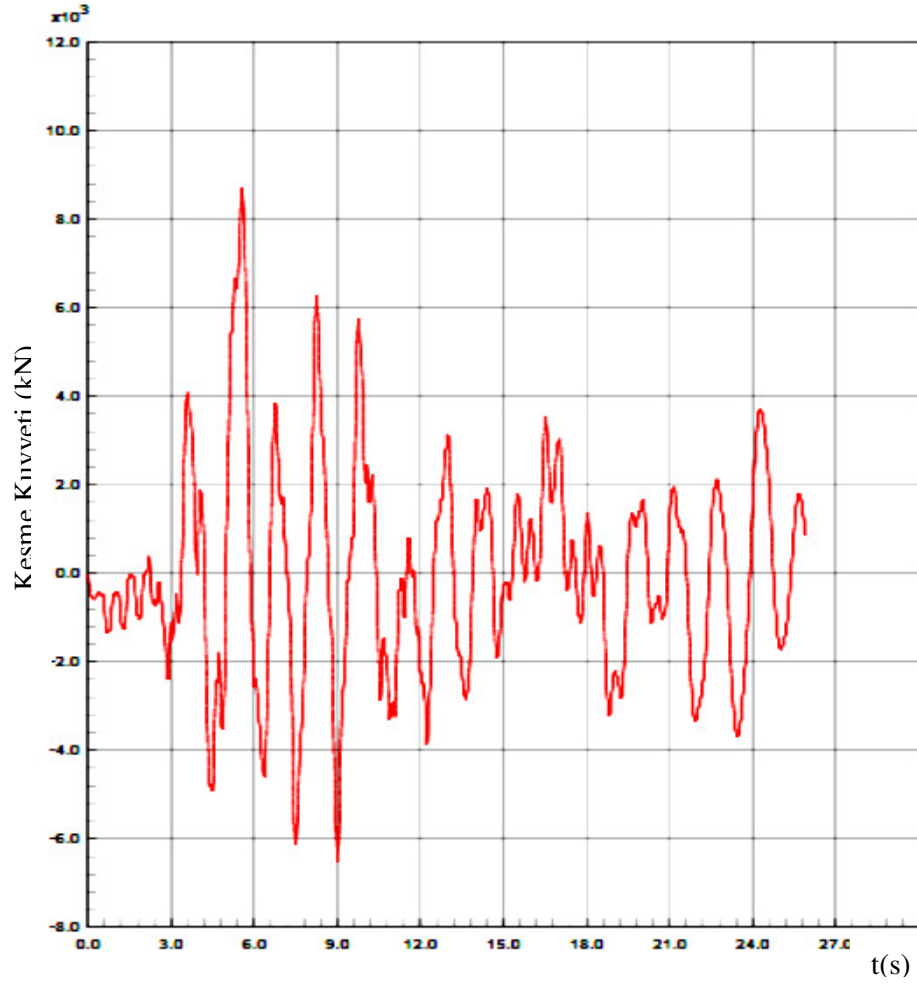


Şekil 3.25 X Doğrultusu Taban Kesme Kuvveti-Zaman Grafiği

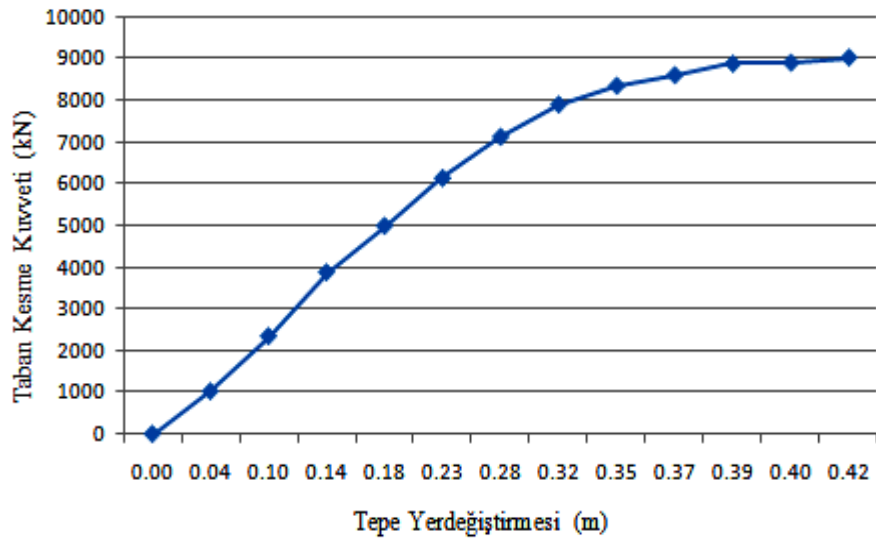
Bu diyagrama göre X doğrultusunda deprem etkisinde yapının maksimum taban kesme kuvveti değeri 8602kN olmaktadır.

Y doğrultusunda oluşan maksimum kesme kuvveti değeri 8706 kN’ dur. İki diyagrama bakıldığında Y doğrultusundaki kesme kuvveti diğer analizler sonucu elde edilen kesme kuvvetlerinde olduğu gibi X doğrultusuna göre daha fazladır. Bunun dışından doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizde oluşan taban kesme kuvveti diğer iki analiz sonucunda oluşan kesme kuvveti değerlerinden daha fazladır. Zaman tanım alanında analiz yöntemiyle İtme analiziyle karşılaştırma yapmak adına itme eğrisine benzer bir taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirme eğrisi çizilir. Bu eğrinin oluşturulması için öncelikle uygulanan deprem kaydının farklı ölçekli olarak yapıya uygulanması ve her analiz sonucunda tepe yerdeğiştirmesi istemlerinin elde edilmesi gerekir. Böylelikle taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirmesi eğrisi çizilir.

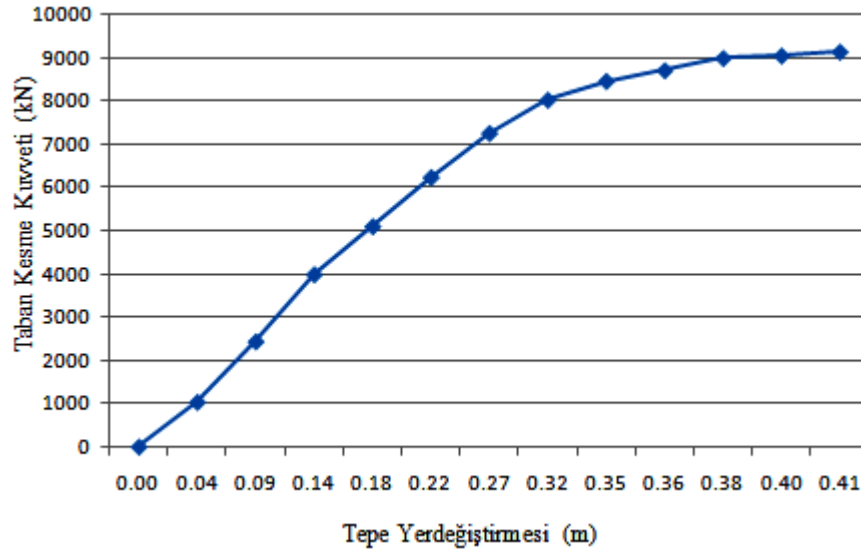
Şekil 3.27, X doğrultusu için, Şekil 3.28 ise Y doğrultusu için bu eğriyi göstermektedir.



Şekil 3.26 Y Doğrultusu Taban Kesme Kuvveti-Zaman Grafiği



Şekil 3.27 X Doğrultusu İçin Taban Kesme Kuvveti-Tepe Yerdeğiştirme Eğrisi



Şekil 3.28 Y Doğrultusu İçin Taban Kesme Kuvveti-Tepe Yerdeğiştirme Eğrisi

Elemanların her kesiti yine itme analizi sonrası yapıldığı gibi Xtract programında modellenir. SAP 2000 programından alınan plastik dönme değerleri plastik mafsal boyuna bölünerek plastik eğriliklere çevrilir. Bu eğrilikler Xtract programından eğrilik-şekildeğiştirme diyagramını oluşturan değerler baz alınarak şekildeğiştirmelere çevrilir. Bu değerler yine itme analizindeki gibi çizelgelerle gösterilecektir. Bunun için Çizelge 3.23’de X doğrultusu için Çizelge 3.24 ise Y doğrultusu için birinci kattaki kiriş şekildeğiştirme değerlerini göstermektedir.

Çizelge 3.23 X Doğrultusu Birinci Kat Şekildeğiştirme Değerleri

Kiriş	Akma Eğriliği (1/m)	Etkin Akma Moment (kNm)	Plastik Eğrilik (1/m)	Toplam Eğrilik (1/m)	Sarg.Şekil değ.	Sargsz.Şekil değ.	ϵ_s	Üst Mesnet Donatıları
K101	0.0072	195	0.0023	0.0095	3.26E-04	3.54E-04	3.17E-03	4Φ16+2Φ12
K102	0.0072	195	0.0042	0.0114	4.01E-04	4.35E-04	3.91E-03	4Φ16+2Φ12
K103	0.0072	195	0.0000	0.0072	2.46E-04	2.67E-04	2.39E-03	4Φ16+2Φ12
K104	0.0081	221	0.0036	0.0117	4.16E-04	4.50E-04	4.05E-03	3Φ20+2Φ12
K105	0.0081	221	0.0020	0.0101	3.53E-04	3.83E-04	3.44E-03	3Φ20+2Φ12
K106	0.0081	221	0.0000	0.0081	2.72E-04	2.96E-04	2.65E-03	3Φ20+2Φ12
K107	0.0072	195	0.0005	0.0077	2.65E-04	2.88E-04	2.58E-03	4Φ16+2Φ12
K108	0.0072	195	0.0042	0.0114	4.01E-04	4.35E-04	3.91E-03	4Φ16+2Φ12
K109	0.0072	195	0.0000	0.0072	2.46E-04	2.67E-04	2.39E-03	4Φ16+2Φ12
K110	0.0081	221	0.0036	0.0117	4.16E-04	4.50E-04	4.05E-03	3Φ20+2Φ12
K111	0.0081	221	0.0023	0.0104	3.66E-04	3.96E-04	3.56E-03	3Φ20+2Φ12

Çizelge 3.24 Y Doğrultusu Birinci Kat Şekildeğiştirme Değerleri

Kiriş	Akma Eğrilik (1/m)	İlk akma Momenti (kNm)	Plastik Eğrilik (1/m)	Toplam Eğrilik (1/m)	Sarg.Şe kil Değ.	Sargsz.Şe kil Değ.	ϵ_s	Üst Mesnet Donatıları
K112	0.0072	195	0.0150	0.0222	8.64E-04	9.25E-04	8.42E-03	4Φ16+2Φ12
K113	0.0072	195	0.0097	0.0169	6.43E-04	6.92E-04	6.28E-03	4Φ16+2Φ12
K114	0.0069	189	0.0149	0.0218	8.44E-04	9.05E-04	8.23E-03	3Φ18+2Φ12
K115	0.0069	189	0.0011	0.0080	2.78E-04	3.02E-04	2.71E-03	3Φ18+2Φ12
K116	0.0069	189	0.0000	0.0069	1.89E-04	2.06E-04	1.83E-03	3Φ18+2Φ12
K117	0.0069	189	0.0095	0.0164	6.21E-04	6.68E-04	6.06E-03	3Φ18+2Φ12
K118	0.0069	189	0.0021	0.0090	3.18E-04	3.45E-04	3.10E-03	3Φ18+2Φ12
K119	0.0069	189	0.0011	0.0080	2.78E-04	3.02E-04	2.71E-03	3Φ18+2Φ12
K120	0.0069	189	0.0000	0.0069	1.89E-04	2.06E-04	1.83E-03	3Φ18+2Φ12
K121	0.0069	189	0.0095	0.0164	6.21E-04	6.68E-04	6.06E-03	3Φ18+2Φ12
K122	0.0072	195	0.0150	0.0222	8.63E-04	9.24E-04	8.41E-03	4Φ16+2Φ12
K123	0.0072	195	0.0097	0.0169	6.42E-04	6.91E-04	6.27E-03	4Φ16+2Φ12

Şekildeğiştirme değerleri elde edildikten sonra bu değerler hasar hasar seviyelerinin bulunduğu şekil değiştirme değerleri ile kıyaslanır. Minimum hasar bölgesi için kiriş ve kolon elemanlarında sargısız şekildeğiştirme değerleri dikkate alınır. Yönetmelikte verilen sınır değerleri ile kıyaslanan elemanlar içi hasar seviyeleri belirlenir. Çizelge 3.25 X doğrultusu, Çizelge 3.26 ise Y doğrultusu kirişler için performans seviyelerini göstermektedir.

Çizelge 3.25 X Doğrultusu Kiriş Hasar Seviyeleri

Kiriş	ϵ_c	ϵ_c (MN)	ϵ_s	ϵ_s (MN)	ϵ_s (GV)	B.H.D.	Ç.H.D.	E.H.D.
K101	3.54E-04	3.50E-03	3.17E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K102	4.35E-04	3.50E-03	3.91E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K103	2.67E-04	3.50E-03	2.39E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K104	4.50E-04	3.50E-03	4.05E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K105	3.83E-04	3.50E-03	3.44E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K106	2.96E-04	3.50E-03	2.65E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K107	2.88E-04	3.50E-03	2.58E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K108	4.35E-04	3.50E-03	3.91E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K109	2.67E-04	3.50E-03	2.39E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K110	4.50E-04	3.50E-03	4.05E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K111	3.96E-04	3.50E-03	3.56E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB

Çizelge 3.26 Y Doğrultusu Kiriş Hasar Seviyeleri

Kiriş	ϵ_c	ϵ_c (MN)	ϵ_s	ϵ_s (MN)	ϵ_s (GV)	B.H.D.	Ç.H.D.	E.H.D.
K112	9.25E-04	3.50E-03	8.42E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K113	6.92E-04	3.50E-03	6.28E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K114	9.05E-04	3.50E-03	8.23E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K115	3.02E-04	3.50E-03	2.71E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K116	2.06E-04	3.50E-03	1.83E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K117	6.68E-04	3.50E-03	6.06E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K118	3.45E-04	3.50E-03	3.10E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K119	3.02E-04	3.50E-03	2.71E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K120	2.06E-04	3.50E-03	1.83E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K121	6.68E-04	3.50E-03	6.06E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K122	9.24E-04	3.50E-03	8.41E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
K123	6.91E-04	3.50E-03	6.27E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB

Her iki deprem yönü için kirişlerin hasar durumları minimum hasar bölgesi içindedir. Y doğrultusunda çalışan kirişler X doğrultusunda çalışan kirişlere oranla daha çok zorlanmıştır. Fakat itme analizine göre daha düşük değerler elde edilmiştir.

Kolonlara gelindiğinde yine aynı hesap adımları izlenir. Xtract programında modellenen kolonların akma eğrilikleri elde edilir. SAP 2000 programından alınan plastik dönmeler plastik eğriliklere çevrilir. Plastik eğriliklerle akma eğriliklerinin toplamı bizlere toplam eğriliği vermektedir. Bu eğrilik değerlerine karşılık gelen şekildeğiştirme değerleri eleman hasar seviyelerinin belirlenmesi için dikkate alınacak değerler olmaktadır. Çizelge 3.27 X doğrultusu için, Çizelge 3.28 ise Y doğrultusu için birinci kat kolon şekildeğiştirme değerlerini göstermektedir. Bu değerlerin bulunmasında eğrilik-şekildeğiştirme diyagramlarından faydalanılmıştır. Bu diyagramı oluşturan verilerin ara değerleri için enterpolasyon yapılmıştır.

Kolonlar için şekildeğiştirme değerlerine bakıldığında kirişlere oranla itme analizinde olduğu gibi daha büyüktür. Bu, yapının yanal rijitliğinin deprem etkisinde ani değişimler geçirerek yapıyı büyük yerdeğiştirmelere zorladığı ve bu yerdeğiştirmeler sonucunda da kolonlarda eğrilik değerlerinin ve dolayısıyla da şekildeğiştirme değerlerinin kirişlere oranla büyük olduğu görüşünü desteklemektedir. Bulunan bu şekildeğiştirme değerleri Çizelge 3.29'da X doğrultusu için Çizelge 3.30'da ise Y doğrultusu için kolonlarda performans seviyelerini

göstermektedir. Elemanların hasar seviye değerleri yine yönetmelikte verilen şekildeğiştirme sınır değer verileri ile bulunur.

Çizelge 3.27 X Doğrultusu Kolon Şekildeğiştirme Değerleri

Kolon	Akma Eğriliği (1/m)	Etkin Akma Momenti (kNm)	Plastik Eğrilik (1/m)	Toplam Eğrilik (1/m)	Sarg.Şekil Değ.	Sargsz.Şekil Değ.	ε_s
S101	0.0076	297	0.0067	0.0143	5.34E-04	5.77E-04	5.25E-03
S102	0.0076	297	0.0031	0.0107	3.91E-04	4.24E-04	3.84E-03
S103	0.0076	297	0.0097	0.0173	6.59E-04	7.11E-04	6.49E-03
S104	0.0076	297	0.0084	0.0160	6.04E-04	6.52E-04	5.94E-03
S105	0.0076	297	0.0076	0.0152	5.72E-04	6.17E-04	5.62E-03
S106	0.0076	297	0.0046	0.0122	4.53E-04	4.90E-04	4.46E-03
S107	0.0076	297	0.0124	0.0200	7.72E-04	8.31E-04	7.59E-03
S108	0.0076	297	0.0095	0.0171	6.51E-04	7.02E-04	6.40E-03
S109	0.0076	297	0.0098	0.0174	6.62E-04	7.15E-04	6.52E-03
S110	0.0076	297	0.0080	0.0156	5.90E-04	6.37E-04	5.80E-03
S111	0.0076	297	0.0134	0.0210	8.10E-04	8.71E-04	7.96E-03
S112	0.0076	297	0.0119	0.0195	7.51E-04	8.08E-04	7.38E-03
S113	0.0076	297	0.0108	0.0184	7.04E-04	7.59E-04	6.93E-03
S114	0.0076	297	0.0077	0.0153	5.77E-04	6.23E-04	5.67E-03
S115	0.0076	297	0.0170	0.0246	9.59E-04	9.94E-04	9.43E-03
S116	0.0076	297	0.0085	0.0161	6.11E-04	6.60E-04	6.02E-03

Çizelge 3.28 Y Doğrultusu Kolon Şekildeğiştirme Değerleri

Kolon	Akma Eğriliği (1/m)	Etkin Akma Momenti (kNm)	Plastik Eğrilik (1/m)	Toplam Eğrilik (1/m)	Sarg.Şekil Değ.	Sargsz.Şekil Değ.	ε_s
S101	0.0078	286	0.0158	0.0236	8.95E-04	9.38E-04	8.81E-03
S102	0.0078	286	0.0158	0.0236	8.95E-04	9.38E-04	8.81E-03
S103	0.0078	286	0.0157	0.0235	8.94E-04	9.37E-04	8.80E-03
S104	0.0078	286	0.0180	0.0258	9.85E-04	1.07E-03	9.68E-03
S105	0.0078	286	0.0180	0.0258	9.85E-04	1.07E-03	9.68E-03
S106	0.0078	286	0.0157	0.0235	8.94E-04	9.37E-04	8.80E-03
S107	0.0078	286	0.0178	0.0256	9.77E-04	1.06E-03	9.61E-03
S108	0.0078	286	0.0174	0.0252	9.61E-04	1.04E-03	9.45E-03
S109	0.0078	286	0.0174	0.0252	9.61E-04	1.04E-03	9.45E-03
S110	0.0078	286	0.0178	0.0256	9.77E-04	1.06E-03	9.61E-03
S111	0.0078	286	0.0149	0.0227	8.61E-04	9.04E-04	8.47E-03
S112	0.0078	286	0.0171	0.0249	9.50E-04	9.93E-04	9.34E-03
S113	0.0078	286	0.0171	0.0249	9.50E-04	9.93E-04	9.34E-03
S114	0.0078	286	0.0149	0.0227	8.61E-04	9.04E-04	8.47E-03
S115	0.0078	286	0.0149	0.0227	8.60E-04	9.03E-04	8.46E-03
S116	0.0078	286	0.0149	0.0227	8.60E-04	9.03E-04	8.46E-03

Çizelge 3.29 X Doğrultusu Kolonlar İçin Performans Seviyesi

Kolon	ϵ_c	ϵ_c (MN)	ϵ_s	ϵ_s (MN)	ϵ_s (GV)	B.H.D.	Ç.H.D.	E.H.D.
S101	5.77E-04	3.50E-03	5.25E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S102	4.24E-04	3.50E-03	3.84E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S103	7.11E-04	3.50E-03	6.49E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S104	6.52E-04	3.50E-03	5.94E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S105	6.17E-04	3.50E-03	5.62E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S106	4.90E-04	3.50E-03	4.46E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S107	8.31E-04	3.50E-03	7.59E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S108	7.02E-04	3.50E-03	6.40E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S109	7.15E-04	3.50E-03	6.52E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S110	6.37E-04	3.50E-03	5.80E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S111	8.71E-04	3.50E-03	7.96E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S112	8.08E-04	3.50E-03	7.38E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S113	7.59E-04	3.50E-03	6.93E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S114	6.23E-04	3.50E-03	5.67E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S115	9.94E-04	3.50E-03	9.43E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S116	6.60E-04	3.50E-03	6.02E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB

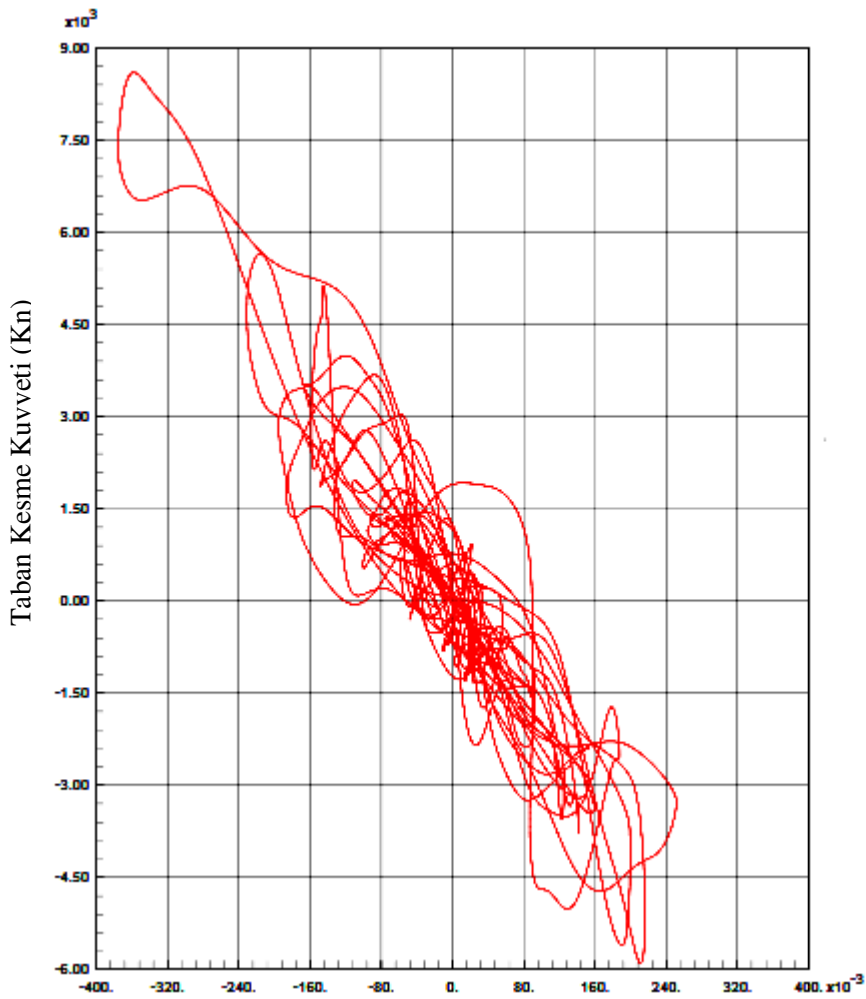
Çizelge 3.30 Y Doğrultusu Kolonlar İçin Performans Seviyesi

Kolon	ϵ_c	ϵ_c (MN)	ϵ_s	ϵ_s (MN)	ϵ_s (GV)	B.H.D.	Ç.H.D.	E.H.D.
S101	9.38E-04	3.50E-03	8.81E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S102	9.38E-04	3.50E-03	8.81E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S103	9.37E-04	3.50E-03	8.80E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S104	1.07E-03	3.50E-03	9.68E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S105	1.07E-03	3.50E-03	9.68E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S106	9.37E-04	3.50E-03	8.80E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S107	1.06E-03	3.50E-03	9.61E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S108	1.04E-03	3.50E-03	9.45E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S109	1.04E-03	3.50E-03	9.45E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S110	1.06E-03	3.50E-03	9.61E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S111	9.04E-04	3.50E-03	8.47E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S112	9.93E-04	3.50E-03	9.34E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S113	9.93E-04	3.50E-03	9.34E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S114	9.04E-04	3.50E-03	8.47E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S115	9.03E-04	3.50E-03	8.46E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB
S116	9.03E-04	3.50E-03	8.46E-03	0.01	0.04	MHB	MHB	MHB

Kolonlarda performans seviye durumlarına bakıldığında hiçbir elemanın ileri hasar bölgesine geçmediği fakat Y doğrultusundaki deprem için bazı kolonlarda donatı

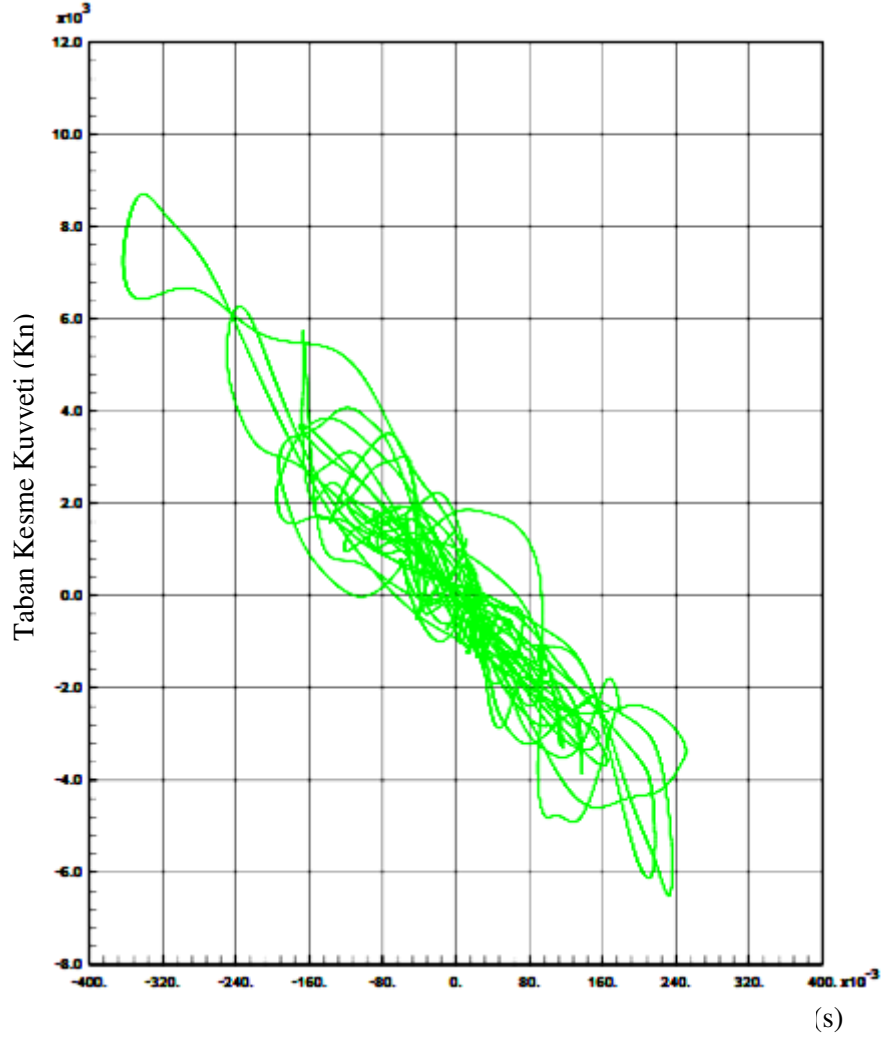
çeliğinin şekildeğiştirme değeri sınır değerleri zorlamaktadır. Bu durum beklenen bir durumdur. Y doğrultusundaki taban kesme kuvvetinin daha büyük olması bu durumu oluşturmaktadır.

Zaman tanım alanında analiz sonucunda binanın tepe noktasında meydana gelen yerdeğiştirme-taban kesme kuvveti diyagramı Şekil 3.29’da gösterilmektedir. Bu diyagramda bir önceki taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirme istemi diyagramına göre farklıdır. Burada deprem ivme kaydının ölçeği sabit tutulmuş, yapının taban kesme kuvveti ve bununla beraber artan yerdeğiştirme değeri histeretik bir eğri biçiminde gösterilmiştir.



Şekil 3.29 X Doğrultusunda Taban Kesme Kuvveti- Bina Tepe Noktasında Oluşan Yerdeğiştirme Diyagramı

Şekil 3.30'da ise Y doğrultusunda deprem etkisinde yine aynı noktada oluşan taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirme diyagramı gösterilmiştir. Bu diyagram da yine benzer şekilde histeretik bir egridir.



Şekil 3.30 Y Doğrultusunda Taban Kesme Kuvveti- Bina Tepe Noktasında Oluşan Yerdeğiştirme Diyagramı

4. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında mevcut betonarme bir yapı, üç farklı yöntemle analiz edilmiş ve analize ait sonuç çıktıları her analiz sonrası yorumlanmıştır. Öncelikle yapı doğrusal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle analiz edilmiştir. Bu analiz sonrasında her eleman için hasar seviye durumları belirlendi ve en son ise tüm bina için bu değerler yorumlanmıştır. İkinci olarak yapı doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yöntemiyle analiz edilmiştir. Bu analiz sonrası öncelikle yapının taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirme istemi(itme eğrisi) çizilmiştir. Sonrasında yapının maruz kaldığı her iki deprem doğrultusu için de modal kapasite eğrisi elde edilmiştir. Bu eğri yönetmelikteki kriterlere ve denklemlere göre yapının davranış spektrumuna dönüştürülmüş ve hedef tepe noktası yerdeğiştirme değeri bulunmuştur. Eleman hasar seviye değerleri için ise her yapılan kesit analizleri neticesinde elde edilen akma eğrilikleri ile programdan alınan plastik dönmelerin plastik mafsallara boyuna bölünmesiyle elde edilen plastik eğrilik değerleri toplanmıştır. Bu eğrilik değerleri şekildeğiştirme değerlerine dönüştürülerek mevcut elemanların hasar seviyesi tespiti için sınır değerleri ile kıyaslanmış ve hem eleman bazında hem de yapı için hasar seviyesi belirlenmiştir. Yapıya en son zaman tanım alanında analiz uygulanmıştır. Bu analiz için üç adet deprem yönetmeliğindeki tasarım spektrumuyla uyumlu deprem kaydı yapıya etki ettirilmiştir. Hasar seviyeleri ve bina performansı yine itme analizinde olduğu gibi yapılmıştır.

Bu çalışmada analizlerin hepsi SAP 2000 programı vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir. Kesitlerin akma eğrilikleri, toplam eğriliklerinin denk geldiği şekildeğiştirme değerleri Xtract kesit analiz programında analiz edilmiştir. Çizelgelerin oluşturulmasında ise Excel programından faydalanılmıştır.

Bu çalışmada kuvvet esaslı doğrusal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü ve zaman tanım alanında analiz yöntemleri kullanılmıştır. Bu analizler neticesinde yapı hakkında elde edilen veriler şu şekildedir:

1. Doğrusal eşdeğer deprem yükü yöntemi sonucunda yapı elemanlarının hepsi minimum hasar bölgesi içinde kalmıştır. Yapı can güvenliği performans seviyesini sağlamaktadır. Sonuç çıktıları daha detaylı incelendiğinde kiriş elemanlarının etki/kapasite oranları kolon elemanlarından daha küçüktür. Bu kolonların deprem etkisinde daha çok zorlandığı anlamına gelmektedir. Bu durumun nedeni ise perdesiz olarak tasarlanan yapının yanal rijitliğinin deprem etkisiyle beraber ani değişimlere maruz kalarak kolon uçlarındaki eğilme etkilerini arttırmasıdır. Böylece kolonların eğilmesiyle yatay yerdeğiştirme değerleri artar ve kesitler zorlanır. Yapıda elemanların bu derece güvende çıkmalarının nedeni kolon ve kiriş boyutlarının büyük oluşu ve yapının perdeli bir yapıya oranla daha hafif olmasıyla daha az deprem etkisine maruz kalması olarak gösterilir. Beton kalitesinin C30 olması da buna bir etkidir.
2. Doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi sonucunda ise yapıda kolonların ve kirişlerin hepsi minimum hasar bölgesi düzeyinde kalmıştır. Kirişlerde X yönünde birinci katta 4, ikinci katta 6, üçüncü katta ise 3 kiriş belirgin hasar bölgesine geçmiştir. Fakat buna rağmen yapı, can güvenliği performans düzeyini sağlamaktadır.
3. Son olarak zaman tanım alanında analiz yapılmış yapıdaki tüm elemanlar minimum hasar bölgesi seviyesinde kalmıştır. Bina can güvenliği performans düzeyini sağlamaktadır. Sadece y yönü kolonlarda hasar seviye değerleri limit değeri zorlamıştır.
4. Doğrusal eşdeğer deprem yükü sonuç yerdeğiştirme değerlerine göre yapıda göreceli kat ötelenmesi kontrolü yapılmış, yapı bu kontrol neticesinde sınır değere çok yaklaşmasına rağmen yanal rijitlik anlamında güvende çıkmıştır. Bu sınır değerinin zorlanması yapının perdesiz olmasından kaynaklanmaktadır.
5. İtme analizi, mevcut diğer çalışmalara göre yapı performansı açısından daha anlamlı sonuçlar verirken bu çalışmada tersi durum söz konusu olmuştur. Bunun nedeni yapının sekiz katlı oluşu ve bazı görüşlere göre (Sucuoğlu, 2007) 6 kattan yüksek binalarda bu analizin doğru sonuçlardan uzaklaşabileceğidir. Ayrıca bu analiz sırasında programın varsayılan mafsallık özelliklerinin kullanılması yapı davranışını etkilemiştir.

6. Zaman tanım alanında analizde elde edilen veriler eşdeğer deprem yükü yöntemiyle yakınlık göstermektedir. Fakat daha büyük bir taban kesme kuvveti oluşturmuştur. Bu benzerliğin bir anlamda benzeştirilmiş deprem kayıtlarının kullanmasıyla oluştuğu söylenebilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Aydınoğlu, M.N., Celep, Z., Özer, E. ve Sucuoğlu, H.**, 2009. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Açıklamalar ve Örnekler Kitabı, *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara.
- [2] **Bilgin, H., İnel, M. ve Özmen, H.B.**, 2007. Betonarme Elemanların Doğrusal Ötesi Davranışlarının Modellenmesi, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İTÜ, İstanbul.
- [3] **Bilgin, H., İnel, M. ve Özmen, H.B.**, 2007. Sargılı Beton Davranışının Betonarme Eleman ve Sistem Davranışına Etkileri.
- [4] **Celep, Z., Gençoğlu, M. ve Sezer, F.**, 2007. Betonarme Binaların Deprem Güvenliğinin Değerlendirilmesinde Deprem Yönetmeliği 2007 Kurallarına Örneklerle Kıyaslamalı Bir Bakış, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İTÜ İstanbul.
- [5] **Celep, Z.** 2008. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [6] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.**, 2001. Yapı Dinamiği, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [7] **Celep, Z. ve Uygun, G.**, 2007. Betonarme Bir Binanın Deprem Güvenliğinin Deprem Yönetmeliği (2007)'deki Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemlerle Karşılaştırılmalı Olarak İncelenmesi, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İTÜ, İstanbul.
- [8] **Clough, R.W. ve Penzien, J.**, 1975. Dynamics of Structures, Mc Graw-Hill, New York.
- [9] **Darılmaz, K.** 2005. Yapı Mühendisliğinde Sap 2000 Kullanımı, *İMO İzmir Mesleki Seminerleri*, İzmir.
- [10] **DBYBHY**, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara.
- [11] **Doğangün, A.** Betonarme Yapılarda Taşıyıcı Sistem Düzenlemeleri, *İMO Trabzon Şube Mesleki Eğitim Programı*, Trabzon.
- [12] **FEMA 273**, 1997. Guidelines and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, *Federal Emergency Management Agency*, Washington.
- [13] **Kutaniş, M.** Yapı ve Deprem Mühendisliğinde Performans Yaklaşımı 1-2, *İMO Sakarya Büteni*, Sakarya.
- [14] **Özer, E.** 2007. Kapasite Tasarım İlkesi ve Türk Deprem Yönetmeliği, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İTÜ İstanbul.
- [15] **Özer, E.** 2009. Lineer Olmayan Analiz Yöntemleri Dersi Notları.

- [16] **Sucuoğlu, H.** 2007. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarım Esasları, *İMO İstanbul Bülteni*, İstanbul.
- [17] **TS 500,** 2000. Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [18] **Yüksel, İ.** 2005. Sistem Akma Deplasmanında Yeni Bir Yaklaşımla Sünek Yapılarda Performans Değerlendirmeleri, *Kocaeli Deprem Sempozyumu, 23-25 Mart 2005*, Kocaeli.
- [19] **Wilson, E.L.** 2002. Three Dimensional Static and Dynamic Analysis of Structures, Computers and Structures, California.

EKLER

EK A: Azaltılmış Kolon Rijitlik Değerleri

Çizelge A.1 1. Kat Azaltılmış Kolon Rijitlik Değerleri

Kolon No	Nd(kN)	Ac(m2)	Fcm(kN/m2)	Nd/(Ac*Fcm)	(EI)e/(EI)o
S101	-954.77	0.25	30000	0.13	0.62
S102	-954.77	0.25	30000	0.13	0.62
S103	-964.4	0.25	30000	0.13	0.62
S104	-1825.26	0.25	30000	0.24	0.53
S105	-1825.26	0.25	30000	0.24	0.53
S106	-964.4	0.25	30000	0.13	0.62
S107	-1402.11	0.25	30000	0.19	0.57
S108	-1986.02	0.25	30000	0.26	0.51
S109	-1986.02	0.25	30000	0.26	0.51
S110	-1402.11	0.25	30000	0.19	0.57
S111	-964.4	0.25	30000	0.13	0.62
S112	-1825.26	0.25	30000	0.24	0.53
S113	-1825.26	0.25	30000	0.24	0.53
S114	-964.4	0.25	30000	0.13	0.62
S115	-954.77	0.25	30000	0.13	0.62
S116	-954.77	0.25	30000	0.13	0.62

Çizelge A.2 2. Kat Azaltılmış Kolon Rijitlik Değerleri

Kolon No	Nd(kN)	Ac(m2)	Fcm(kN/m2)	Nd/(Ac*Fcm)	(EI)e/(EI)o
S201	-838.37	0.25	30000	0.11	0.63
S202	-838.37	0.25	30000	0.11	0.63
S203	-848.38	0.25	30000	0.11	0.63
S204	-1591.74	0.25	30000	0.21	0.55
S205	-1591.74	0.25	30000	0.21	0.55
S206	-848.38	0.25	30000	0.11	0.63
S207	-1226.15	0.25	30000	0.16	0.59
S208	-1734.23	0.25	30000	0.23	0.54
S209	-1734.23	0.25	30000	0.23	0.54
S210	-1226.15	0.25	30000	0.16	0.59
S211	-848.38	0.25	30000	0.11	0.63
S212	-1591.74	0.25	30000	0.21	0.55
S213	-1591.74	0.25	30000	0.21	0.55
S214	-848.38	0.25	30000	0.11	0.63
S215	-838.37	0.25	30000	0.11	0.63
S216	-838.37	0.25	30000	0.11	0.63

Çizelge A.3 3. Kat Azaltılmış Kolon Rijitlik Değerleri

Kolon No	Nd(kN)	Ac(m2)	Fcm(kN/m2)	Nd/(Ac*Fcm)	(EI)e/(EI)o
S301	-720.5	0.25	30000	0.10	0.40
S302	-720.5	0.25	30000	0.10	0.40
S303	-730.07	0.25	30000	0.10	0.40
S304	-1360.88	0.25	30000	0.18	0.57
S305	-1360.88	0.25	30000	0.18	0.57
S306	-730.07	0.25	30000	0.10	0.40
S307	-1050.81	0.25	30000	0.14	0.61
S308	-1484.03	0.25	30000	0.20	0.56
S309	-1484.03	0.25	30000	0.20	0.56
S310	-1050.81	0.25	30000	0.14	0.61
S311	-730.07	0.25	30000	0.10	0.40
S312	-1360.88	0.25	30000	0.18	0.57
S313	-1360.88	0.25	30000	0.18	0.57
S314	-730.07	0.25	30000	0.10	0.40
S315	-720.5	0.25	30000	0.10	0.40
S316	-720.5	0.25	30000	0.10	0.40

Çizelge A.4 4. Kat Azaltılmış Kolon Rijitlik Değerleri

Kolon No	Nd(kN)	Ac(m2)	Fcm(kN/m2)	Nd/(Ac*Fcm)	(EI)e/(EI)o
S401	-601.64	0.25	30000	0.08	0.40
S402	-601.64	0.25	30000	0.08	0.40
S403	-610.26	0.25	30000	0.08	0.40
S404	-1131.8	0.25	30000	0.15	0.60
S405	-1131.8	0.25	30000	0.15	0.60
S406	-610.26	0.25	30000	0.08	0.40
S407	-875.45	0.25	30000	0.12	0.63
S408	-1235.27	0.25	30000	0.16	0.59
S409	-1235.27	0.25	30000	0.16	0.59
S410	-875.45	0.25	30000	0.12	0.63
S411	-610.26	0.25	30000	0.08	0.40
S412	-1131.8	0.25	30000	0.15	0.60
S413	-1131.8	0.25	30000	0.15	0.60
S414	-610.26	0.25	30000	0.08	0.40
S415	-601.64	0.25	30000	0.08	0.40
S416	-601.64	0.25	30000	0.08	0.40

Çizelge A.5 5. Kat Azaltılmış Kolon Rijitlik Değerleri

Kolon No	Nd(kN)	Ac(m2)	Fcm(kN/m2)	Nd/(Ac*Fcm)	(EI)e/(EI)o
S501	-481.95	0.25	30000	0.06	0.40
S502	-481.95	0.25	30000	0.06	0.40
S503	-489.16	0.25	30000	0.07	0.40
S504	-904.26	0.25	30000	0.12	0.62
S505	-904.26	0.25	30000	0.12	0.62
S506	-489.16	0.25	30000	0.07	0.40
S507	-700.25	0.25	30000	0.09	0.40
S508	-987.48	0.25	30000	0.13	0.61
S509	-987.48	0.25	30000	0.13	0.61
S510	-700.25	0.25	30000	0.09	0.40
S511	-489.16	0.25	30000	0.07	0.40
S512	-904.26	0.25	30000	0.12	0.62
S513	-904.26	0.25	30000	0.12	0.62
S514	-489.16	0.25	30000	0.07	0.40
S515	-481.95	0.25	30000	0.06	0.40
S516	-481.95	0.25	30000	0.06	0.40

Çizelge A.6 6. Kat Azaltılmış Kolon Rijitlik Değerleri

Kolon No	Nd(kN)	Ac(m2)	Fcm(kN/m2)	Nd/(Ac*Fcm)	(EI)e/(EI)o
S601	-361.57	0.25	30000	0.05	0.4
S602	-361.57	0.25	30000	0.05	0.4
S603	-367.02	0.25	30000	0.05	0.4
S604	-677.96	0.25	30000	0.09	0.4
S605	-677.96	0.25	30000	0.09	0.4
S606	-367.02	0.25	30000	0.05	0.4
S607	-525.23	0.25	30000	0.07	0.4
S608	-740.52	0.25	30000	0.10	0.4
S609	-740.52	0.25	30000	0.10	0.4
S610	-525.23	0.25	30000	0.07	0.4
S611	-367.02	0.25	30000	0.05	0.4
S612	-677.96	0.25	30000	0.09	0.4
S613	-677.96	0.25	30000	0.09	0.4
S614	-367.02	0.25	30000	0.05	0.4
S615	-361.57	0.25	30000	0.05	0.4
S616	-361.57	0.25	30000	0.05	0.4

Çizelge A.7 7. Kat Azaltılmış Kolon Rijitlik Değerleri

Kolon No	Nd(kN)	Ac(m2)	Fcm(kN/m2)	Nd/(Ac*Fcm)	(EI)e/(EI)o
S701	-240.78	0.25	30000	0.03	0.4
S702	-240.78	0.25	30000	0.03	0.4
S703	-244.26	0.25	30000	0.03	0.4
S704	-452.39	0.25	30000	0.06	0.4
S705	-452.39	0.25	30000	0.06	0.4
S706	-244.26	0.25	30000	0.03	0.4
S707	-350.2	0.25	30000	0.05	0.4
S708	-494.16	0.25	30000	0.07	0.4
S709	-494.16	0.25	30000	0.07	0.4
S710	-350.2	0.25	30000	0.05	0.4
S711	-244.26	0.25	30000	0.03	0.4
S712	-452.39	0.25	30000	0.06	0.4
S713	-452.39	0.25	30000	0.06	0.4
S714	-244.26	0.25	30000	0.03	0.4
S715	-240.78	0.25	30000	0.03	0.4
S716	-240.78	0.25	30000	0.03	0.4

Çizelge A.8 8. Kat Azaltılmış Kolon Rijitlik Değerleri

Kolon No	Nd(kN)	Ac(m2)	Fcm(kN/m2)	Nd/(Ac*Fcm)	(EI)e/(EI)o
S801	-119.18	0.25	30000	0.02	0.4
S802	-119.18	0.25	30000	0.02	0.4
S803	-120.21	0.25	30000	0.02	0.4
S804	-228.32	0.25	30000	0.03	0.4
S805	-228.32	0.25	30000	0.03	0.4
S806	-120.21	0.25	30000	0.02	0.4
S807	-175.43	0.25	30000	0.02	0.4
S808	-248.75	0.25	30000	0.03	0.4
S809	-248.75	0.25	30000	0.03	0.4
S810	-175.43	0.25	30000	0.02	0.4
S811	-120.21	0.25	30000	0.02	0.4
S812	-228.32	0.25	30000	0.03	0.4
S813	-228.32	0.25	30000	0.03	0.4
S814	-120.21	0.25	30000	0.02	0.4
S815	-119.18	0.25	30000	0.02	0.4
S816	-119.18	0.25	30000	0.02	0.4

EK B Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle Eleman Performans Seviyeleri

EK B.1 Kiriş Performans Seviyeleri

Çizelge B.1.1 X Yönü Deprem Doğrultusunda 2. Kat Kiriş Performans Seviyeleri

Etiket No	Md(kNm)	Mr(+)(kNm)	Mr(-)(kNm)	Me(kNm)	r(+)=Me/(Mr-Md)	r(-)=Me/(Mr-Md)	rsin(MN)	r/rsin (MN)
K201	-24.88	110.39	-181.53	184.87	1.37	1.18	3.00	0.46
K202	-27.97	110.13	-188.64	204.98	1.48	1.28	3.00	0.49
K203	-19.29	110.39	-188.64	190.87	1.47	1.13	3.00	0.49
K204	-27.97	110.13	-211.69	204.98	1.48	1.12	3.00	0.49
K205	-20.80	110.13	-211.69	204.83	1.56	1.07	3.00	0.52
K206	-19.10	110.13	-181.53	198.30	1.53	1.22	3.00	0.51
K207	-20.08	110.39	-188.64	204.83	1.57	1.22	3.00	0.52
K208	-27.97	110.13	-188.64	250.53	1.81	1.56	3.00	0.60
K209	-19.29	110.39	-181.53	232.47	1.79	1.43	3.00	0.60
K210	-27.97	144.32	-211.69	250.53	1.45	1.36	3.00	0.48
K211	-24.88	144.32	-211.69	275.15	1.63	1.47	3.00	0.54

Çizelge B.1.2 X Yönü Deprem Doğrultusunda 3. Kat Kiriş Performans Seviyeleri

Etiket No	Md(kNm)	Mr(+)(kNm)	Mr(-)(kNm)	Me(kNm)	r(+)=Me/(Mr-Md)	r(-)=Me/(Mr-Md)	rsin(MN)	r/rsin (MN)
K301	-24.80	110.39	-181.53	180.92	1.34	1.15	3.00	0.45
K302	-29.40	110.13	-188.64	198.26	1.42	1.25	3.00	0.47
K303	-19.23	110.39	-188.64	176.50	1.36	1.04	3.00	0.45
K304	-29.40	110.13	-211.69	188.09	1.35	1.03	3.00	0.45
K305	-21.07	110.13	-211.69	202.97	1.55	1.06	3.00	0.52
K306	-19.04	110.13	-181.53	200.05	1.55	1.23	3.00	0.52
K307	-21.07	110.39	-188.64	202.97	1.54	1.21	3.00	0.51
K308	-29.40	110.13	-188.64	242.47	1.74	1.52	3.00	0.58
K309	-19.23	110.39	-181.53	215.16	1.66	1.33	3.00	0.55
K310	-29.40	144.32	-211.69	242.47	1.40	1.33	3.00	0.47
K311	-24.80	144.32	-211.69	268.88	1.59	1.44	3.00	0.53

Çizelge B.1.3 Y Yönü Deprem Doğrultusunda 4. Kat Kiriş Performans Seviyeleri

Etiket No	Md(kNm)	Mr(+)(kNm)	Mr(-)(kNm)	Me(kNm)	r(+)=Me/(Mr-Md)	r(-)=Me/(Mr-Md)	rsin(MN)	r/rsin (MN)
K401	-24.81	110.39	-181.53	169.08	1.25	1.08	3.00	0.42
K402	-30.66	110.13	-188.64	181.29	1.29	1.15	3.00	0.43
K403	-19.13	110.39	-188.64	150.19	1.16	0.89	3.00	0.39
K404	-30.66	110.13	-211.69	181.29	1.29	1.00	3.00	0.43
K405	-21.80	110.13	-211.69	185.66	1.41	0.98	3.00	0.47
K406	-18.91	110.13	-181.53	177.24	1.37	1.09	3.00	0.46
K407	-21.80	110.39	-188.64	185.66	1.40	1.11	3.00	0.47
K408	-30.66	110.13	-188.64	220.89	1.57	1.40	3.00	0.52
K409	-19.13	110.39	-181.53	182.35	1.41	1.12	3.00	0.47
K410	-30.66	144.32	-211.69	220.89	1.26	1.22	3.00	0.42
K411	-24.81	144.32	-211.69	248.83	1.47	1.33	3.00	0.49

Çizelge B.1.4 X Yönü Deprem Doğrultusunda 5. Kat Kiriş Performans Seviyeleri

Etiket No	Md(kNm)	Mr(+)(kNm)	Mr(-)(kNm)	Me(kNm)	r(+)=Me/(Mr-Md)	r(-)=Me/(Mr-Md)	rsin(MN)	r/rsin (MN)
K501	-24.82	110.39	-181.53	143.47	1.06	0.92	3.00	0.35
K502	-31.69	110.13	-188.64	156.06	1.10	0.99	3.00	0.37
K503	-19.05	110.39	-188.64	131.29	1.01	0.77	3.00	0.34
K504	-31.69	110.13	-211.69	156.06	1.10	0.87	3.00	0.37
K505	-22.37	110.13	-211.69	152.72	1.15	0.81	3.00	0.38
K506	-18.74	110.13	-181.53	135.14	1.05	0.83	3.00	0.35
K507	-22.37	110.39	-188.64	152.72	1.15	0.92	3.00	0.38
K508	-31.69	110.13	-188.64	189.74	1.34	1.21	3.00	0.45
K509	-19.05	110.39	-181.53	158.79	1.23	0.98	3.00	0.41
K510	-31.69	144.32	-211.69	189.74	1.08	1.05	3.00	0.36
K511	-24.82	144.32	-211.69	209.99	1.24	1.12	3.00	0.41

Çizelge B.1.5 X Yönü Deprem Doğrultusunda 6. Kat Kiriş Performans Seviyeleri

Etiket No	Md(kNm)	Mr(+)(kNm)	Mr(-)(kNm)	Me(kNm)	r(+)=Me/(Mr-Md)	r(-)=Me/(Mr-Md)	rsin(MN)	r/rsin (MN)
K601	-24.73	110.39	-181.53	108.84	0.81	0.69	3.00	0.27
K602	-32.25	110.13	-188.64	119.91	0.84	0.77	3.00	0.28
K603	-19.01	110.39	-188.64	99.90	0.77	0.59	3.00	0.26
K604	-32.25	110.13	-211.69	119.91	0.84	0.67	3.00	0.28
K605	-22.73	110.13	-211.69	116.77	0.88	0.62	3.00	0.29
K606	-18.71	110.13	-181.53	107.47	0.83	0.66	3.00	0.28
K607	-22.73	110.39	-188.64	116.77	0.88	0.70	3.00	0.29
K608	-32.25	110.13	-188.64	146.07	1.03	0.93	3.00	0.34
K609	-19.01	110.39	-181.53	120.85	0.93	0.74	3.00	0.31
K610	-32.25	144.32	-211.69	146.07	0.83	0.81	3.00	0.28
K611	-24.73	144.32	-211.69	159.37	0.94	0.85	3.00	0.31

Çizelge B.1.6 X Yönü Deprem Doğrultusunda 7. Kat Kiriş Performans Seviyeleri

Etiket No	Md(kNm)	Mr(+)(kNm)	Mr(-)(kNm)	Me(kNm)	r(+)=Me/(Mr-Md)	r(-)=Me/(Mr-Md)	rsin(MN)	r/rsin (MN)
K701	-25.14	110.39	-181.53	68.74	0.51	0.44	3.00	0.17
K702	-33.67	110.13	-188.64	78.76	0.55	0.51	3.00	0.18
K703	-18.93	110.39	-188.64	66.19	0.51	0.39	3.00	0.17
K704	-33.67	110.13	-211.69	78.76	0.55	0.44	3.00	0.18
K705	-23.62	110.13	-211.69	75.46	0.56	0.40	3.00	0.19
K706	-18.66	110.13	-181.53	73.03	0.57	0.45	3.00	0.19
K707	-23.62	110.39	-188.64	75.46	0.56	0.46	3.00	0.19
K708	-33.67	110.13	-188.64	96.48	0.67	0.62	3.00	0.22
K709	-18.93	110.39	-181.53	80.23	0.62	0.49	3.00	0.21
K710	-33.67	144.32	-211.69	96.48	0.54	0.54	3.00	0.18
K711	-25.14	144.32	-211.69	101.15	0.60	0.54	3.00	0.20

Çizelge B.1.7 X Yönü Deprem Doğrultusunda 8. Kat Kiriş Performans Seviyeleri

Etiket No	Md(kNm)	Mr(+)(kNm)	Mr(-)(kNm)	Me(kNm)	r(+)=Me/(Mr-Md)	r(-)=Me/(Mr-Md)	rsin(MN)	r/rsin (MN)
K801	-23.27	110.39	-181.53	35.64	0.27	0.23	3.00	0.09
K802	-29.19	110.13	-188.64	42.03	0.30	0.26	3.00	0.10
K803	-18.94	110.39	-188.64	30.12	0.23	0.18	3.00	0.08
K804	-29.19	110.13	-211.69	42.03	0.30	0.23	3.00	0.10
K805	-20.38	110.13	-211.69	36.02	0.28	0.19	3.00	0.09
K806	-18.45	110.13	-181.53	34.73	0.27	0.21	3.00	0.09
K807	-20.38	110.39	-188.64	36.02	0.28	0.21	3.00	0.09
K808	-29.19	110.13	-188.64	52.11	0.37	0.33	3.00	0.12
K809	-18.94	110.39	-181.53	36.57	0.28	0.22	3.00	0.09
K810	-29.19	144.32	-211.69	52.11	0.30	0.29	3.00	0.10
K811	-23.27	144.32	-211.69	53.10	0.32	0.28	3.00	0.11

Çizelge B.1.8 Y Yönü Deprem Doğrultusunda 2. Kat Kiriş Performans Seviyeleri

Etiket No	Md(kNm)	Mr(+)(kNm)	Mr(-)(kNm)	Me(kNm)	r(+)=Me/(Mr-Md)	r(-)=Me/(Mr-Md)	rsin(MN)	r/rsin (MN)
K212	-25.94	110.39	-181.53	246.02	1.80	1.58	3.00	0.60
K213	-25.94	110.39	-188.64	246.03	1.80	1.51	3.00	0.60
K214	-27.93	110.39	-181.53	234.91	1.70	1.53	3.00	0.57
K215	-20.08	110.13	-181.53	214.10	1.64	1.33	3.00	0.55
K216	-20.08	110.13	-181.53	214.06	1.64	1.33	3.00	0.55
K217	-27.93	88.50	-181.53	234.90	2.02	1.53	3.00	0.67
K218	-27.93	110.39	-181.53	216.78	1.57	1.41	3.00	0.52
K219	-20.08	110.13	-181.53	198.38	1.52	1.23	3.00	0.51
K220	-20.08	110.13	-181.53	198.34	1.52	1.23	3.00	0.51
K221	-27.93	110.39	-181.53	216.77	1.57	1.41	3.00	0.52
K222	-25.94	110.39	-181.53	195.72	1.44	1.26	3.00	0.48
K223	-25.94	110.39	-188.64	195.72	1.44	1.20	3.00	0.48

Çizelge B.1.9 Y Yönü Deprem Doğrultusunda 3. Kat Kiriş Performans Seviyeleri

Etiket No	Md(kNm)	Mr(+)(kNm)	Mr(-)(kNm)	Me(kNm)	$r(+)=Me/(Mr-Md)$	$r(-)=Me/(Mr-Md)$	rsin(MN)	r/rsin (MN)
K312	-26.65	110.39	-181.53	241.30	1.76	1.56	3.00	0.59
K313	-26.65	110.39	-188.64	241.30	1.76	1.49	3.00	0.59
K314	-29.35	110.39	-181.53	226.64	1.62	1.49	3.00	0.54
K315	-20.22	110.13	-181.53	203.24	1.56	1.26	3.00	0.52
K316	-20.22	110.13	-181.53	203.24	1.56	1.26	3.00	0.52
K317	-29.35	88.50	-181.53	226.64	1.92	1.49	3.00	0.64
K318	-29.35	110.39	-181.53	208.93	1.50	1.37	3.00	0.50
K319	-20.22	110.13	-181.53	188.44	1.45	1.17	3.00	0.48
K320	-20.22	110.13	-181.53	188.44	1.45	1.17	3.00	0.48
K321	-29.35	110.39	-181.53	208.93	1.50	1.37	3.00	0.50
K322	-26.65	110.39	-181.53	191.95	1.40	1.24	3.00	0.47
K323	-26.65	110.39	-188.64	191.95	1.40	1.18	3.00	0.47

Çizelge B.1.10 Y Yönü Deprem Doğrultusunda 4. Kat Kiriş Performans Seviyeleri

Etiket No	Md(kNm)	Mr(+)(kNm)	Mr(-)(kNm)	Me(kNm)	$r(+)=Me/(Mr-Md)$	$r(-)=Me/(Mr-Md)$	rsin(MN)	r/rsin (MN)
K412	-27.34	110.39	-181.53	224.00	1.63	1.45	3.00	0.54
K413	-27.34	110.39	-188.64	224.00	1.63	1.39	3.00	0.54
K414	-30.57	110.39	-181.53	206.06	1.46	1.37	3.00	0.49
K415	-20.22	110.13	-181.53	177.14	1.36	1.10	3.00	0.45
K416	-20.22	110.13	-181.53	177.14	1.36	1.10	3.00	0.45
K417	-30.57	88.50	-181.53	206.06	1.73	1.37	3.00	0.58
K418	-30.57	110.39	-181.53	190.06	1.35	1.26	3.00	0.45
K419	-20.22	110.13	-181.53	164.47	1.26	1.02	3.00	0.42
K420	-20.22	110.13	-181.53	164.47	1.26	1.02	3.00	0.42
K421	-30.57	110.39	-181.53	190.06	1.35	1.26	3.00	0.45
K422	-27.34	110.39	-181.53	179.03	1.30	1.16	3.00	0.43
K423	-27.34	110.39	-188.64	179.03	1.30	1.11	3.00	0.43

Çizelge B.1.11 Y Yönü Deprem Doğrultusunda 5. Kat Kiriş Performans Seviyeleri

Etiket No	Md(kNm)	Mr(+)(kNm)	Mr(-)(kNm)	Me(kNm)	$r(+)=Me/(Mr-Md)$	$r(-)=Me/(Mr-Md)$	rsin(MN)	r/rsin (MN)
K512	-27.90	110.39	-181.53	190.38	1.38	1.24	3.00	0.46
K513	-27.90	110.39	-188.64	190.38	1.38	1.18	3.00	0.46
K514	-31.59	110.39	-181.53	176.62	1.24	1.18	3.00	0.41
K515	-20.28	110.13	-181.53	145.54	1.12	0.90	3.00	0.37
K516	-20.28	110.13	-181.53	145.54	1.12	0.90	3.00	0.37
K517	-31.59	88.50	-181.53	176.62	1.47	1.18	3.00	0.49
K518	-31.59	110.39	-181.53	162.84	1.15	1.09	3.00	0.38
K519	-20.28	110.13	-181.53	135.07	1.04	0.84	3.00	0.35
K520	-20.28	110.13	-181.53	135.07	1.04	0.84	3.00	0.35
K521	-31.59	110.39	-181.53	162.84	1.15	1.09	3.00	0.38
K522	-27.90	110.39	-181.53	152.53	1.10	0.99	3.00	0.37
K523	-27.90	110.39	-188.64	152.53	1.10	0.95	3.00	0.37

Çizelge B.1.12 Y Yönü Deprem Doğrultusunda 6. Kat Kiriş Performans Seviyeleri

Etiket No	Md(kNm)	Mr(+)(kNm)	Mr-)(kNm)	Me(kNm)	$r(+)=Me/(Mr-Md)$	$r(-)=Me/(Mr-Md)$	rsin(MN)	r/rsin (MN)
K612	-28.15	110.39	-181.53	145.32	1.05	0.95	3.00	0.35
K613	-28.15	110.39	-188.64	145.32	1.05	0.91	3.00	0.35
K614	-32.15	110.39	-181.53	135.39	0.95	0.91	3.00	0.32
K615	-20.35	110.13	-181.53	111.91	0.86	0.69	3.00	0.29
K616	-20.35	110.13	-181.53	111.91	0.86	0.69	3.00	0.29
K617	-32.15	88.50	-181.53	135.39	1.12	0.91	3.00	0.37
K618	-32.15	110.39	-181.53	124.52	0.87	0.83	3.00	0.29
K619	-20.35	110.13	-181.53	103.78	0.80	0.64	3.00	0.27
K620	-20.35	110.13	-181.53	103.78	0.80	0.64	3.00	0.27
K621	-32.15	110.39	-181.53	124.52	0.87	0.83	3.00	0.29
K622	-28.15	110.39	-181.53	116.25	0.84	0.76	3.00	0.28
K623	-28.15	110.39	-188.64	116.25	0.84	0.72	3.00	0.28

Çizelge B.1.13 Y Yönü Deprem Doğrultusunda 7. Kat Kiriş Performans Seviyeleri

Etiket No	Md(kNm)	Mr(+)(kNm)	Mr-)(kNm)	Me(kNm)	$r(+)=Me/(Mr-Md)$	$r(-)=Me/(Mr-Md)$	rsin(MN)	r/rsin (MN)
K712	-29.19	110.39	-181.53	93.94	0.67	0.62	3.00	0.22
K713	-29.19	110.39	-188.64	93.94	0.67	0.59	3.00	0.22
K714	-33.58	110.39	-181.53	88.49	0.61	0.60	3.00	0.20
K715	-20.33	110.13	-181.53	74.31	0.57	0.46	3.00	0.19
K716	-20.33	110.13	-181.53	74.31	0.57	0.46	3.00	0.19
K717	-33.58	88.50	-181.53	88.49	0.72	0.60	3.00	0.24
K718	-33.58	110.39	-181.53	80.91	0.56	0.55	3.00	0.19
K719	-20.33	110.13	-181.53	68.74	0.53	0.43	3.00	0.18
K720	-20.33	110.13	-181.53	68.74	0.53	0.43	3.00	0.18
K721	-33.58	110.39	-181.53	80.91	0.56	0.55	3.00	0.19
K722	-29.19	110.39	-181.53	74.71	0.54	0.49	3.00	0.18
K723	-29.19	110.39	-188.64	74.71	0.54	0.47	3.00	0.18

Çizelge B.1.14 Y Yönü Deprem Doğrultusunda 8. Kat Kiriş Performans Seviyeleri

Etiket No	Md(kNm)	Mr(+)(kNm)	Mr-)(kNm)	Me(kNm)	$r(+)=Me/(Mr-Md)$	$r(-)=Me/(Mr-Md)$	rsin(MN)	r/rsin (MN)
K812	-23.42	110.39	-181.53	49.16	0.37	0.31	3.00	0.12
K813	-25.50	110.39	-188.64	49.16	0.36	0.30	3.00	0.12
K814	-28.96	110.39	-181.53	46.78	0.34	0.31	3.00	0.11
K815	-20.13	110.13	-181.53	34.05	0.26	0.21	3.00	0.09
K816	-20.13	110.13	-181.53	34.05	0.26	0.21	3.00	0.09
K817	-28.96	88.50	-181.53	46.78	0.40	0.31	3.00	0.13
K818	-28.96	110.39	-181.53	42.18	0.30	0.28	3.00	0.10
K819	-20.13	110.13	-181.53	31.41	0.24	0.19	3.00	0.08
K820	-20.13	110.13	-181.53	31.41	0.24	0.19	3.00	0.08
K821	-28.96	110.39	-181.53	42.18	0.30	0.28	3.00	0.10
K822	-25.50	110.39	-181.53	38.64	0.28	0.25	3.00	0.09
K823	-25.50	110.39	-188.64	38.64	0.28	0.24	3.00	0.09

EK B.2 Kolon Performans Seviyeleri

Çizelge B.2.1 Yönu Deprem Doğrultusunda 2. Kat Kolon Performans Seviyeleri

Kolon	Nd(kN)	Md(kNm)	Ne(kN)	Me(kNm)	Mk(kNm)	Ma(kNm)	Nk(kN)	Na(kN)	(N)r(kN)	(M)r(kN)	rsın (MN)	r/rsın (MN)
S201	828.78	17.52	998.29	331.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S202	828.78	17.52	998.29	331.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S203	834.16	18.21	1213.70	367.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S204	1608.38	1.07	547.23	828.05	540.00	538.93	1964.00	355.62	1.54	1.54	2.46	0.63
S205	1608.38	1.07	547.23	828.05	540.00	538.93	1964.00	355.62	1.54	1.54	2.46	0.63
S206	834.16	18.21	1213.70	367.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S207	1226.71	16.09	1733.37	527.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S208	1748.02	1.15	28.55	1055.91	520.00	518.85	1762.00	13.98	2.04	2.04	2.55	0.80
S209	1748.02	1.15	28.55	1055.91	520.00	518.85	1762.00	13.98	2.04	2.04	2.55	0.80
S210	1226.71	16.09	1733.37	527.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S211	834.16	18.21	1106.14	439.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S212	1608.38	1.07	607.23	998.27	543.00	541.93	1939.00	330.62	1.84	1.84	2.47	0.74
S213	1608.38	1.07	607.23	998.27	543.00	541.93	1939.00	330.62	1.84	1.84	2.47	0.74
S214	834.16	18.21	1106.14	439.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S215	828.78	17.52	1335.95	488.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S216	828.78	17.52	1335.95	488.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00

Çizelge B.2.2 Yönu Deprem Doğrultusunda 3. Kat Kolon Performans Seviyeleri

Kolon	Nd(kN)	Md(kNm)	Ne(kN)	Me(kNm)	Mk(kNm)	Ma(kNm)	Nk(kN)	Na(kN)	(N)r(kN)	(M)r(kN)	rsın (MN)	r/rsın (MN)
S301	711.69	15.31	786.11	260.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S302	711.69	15.31	786.11	260.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S303	716.93	17.45	958.46	290.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S304	1376.26	2.30	413.98	786.22	511.00	508.70	1643.00	266.74	1.55	1.55	2.60	0.60
S305	1376.26	2.30	413.98	786.22	511.00	508.70	1643.00	266.74	1.55	1.55	2.60	0.60
S306	716.93	17.45	958.46	290.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S307	1051.64	17.34	1359.96	482.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S308	1496.34	2.23	22.75	916.61	498.00	495.77	1509.00	12.66	1.85	1.85	2.66	0.70
S309	1496.34	2.23	22.75	916.61	498.00	495.77	1509.00	12.66	1.85	1.85	2.66	0.70
S310	1051.64	17.34	1359.96	482.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S311	716.93	17.45	872.89	346.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S312	1376.26	2.30	458.52	949.47	515.00	512.70	1624.00	247.74	1.85	1.85	2.60	0.71
S313	1376.26	2.30	458.52	949.47	515.00	512.70	1624.00	247.74	1.85	1.85	2.60	0.71
S314	716.93	17.45	872.89	346.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S315	711.69	15.31	1050.51	383.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S316	711.69	15.31	1050.51	383.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00

Çizelge B.2.3 X Yönü Deprem Doğrultusunda 4. Kat Kolon Performans Seviyeleri

Kolon	Nd(kN)	Md(kNm)	Ne(kN)	Me(kNm)	Mk(kNm)	Ma(kNm)	Nk(kN)	Na(kN)	(N)r(kN)	(M)r(kN)	r _{sin} (MN)	r/r _{sin} (MN)
S401	593.93	15.61	581.21	269.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S402	593.93	15.61	581.21	269.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S403	598.69	18.41	711.02	297.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S404	1145.34	2.49	293.64	618.24	485.00	482.51	1375.00	229.67	1.28	1.28	2.72	0.47
S405	1145.34	2.49	293.64	618.24	485.00	482.51	1375.00	229.67	1.28	1.28	2.72	0.47
S406	598.69	18.41	711.02	297.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S407	876.39	18.24	993.94	479.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S408	1245.82	3.65	19.87	1004.47	433.00	429.35	1254.30	8.48	2.34	2.34	2.78	0.84
S409	1245.82	3.65	19.87	1004.47	433.00	429.35	1254.30	8.48	2.34	2.34	2.78	0.84
S410	876.39	18.24	993.94	479.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S411	598.69	18.41	647.75	354.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S412	1145.34	2.49	325.17	744.40	478.00	475.51	1352.00	206.67	1.57	1.57	2.73	0.58
S413	1145.34	2.49	325.17	744.40	478.00	475.51	1352.00	206.67	1.57	1.57	2.73	0.58
S414	598.69	18.41	647.75	354.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S415	593.93	15.61	774.69	395.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S416	593.93	15.61	774.69	395.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00

Çizelge B.2.4 X Yönü Deprem Doğrultusunda 5. Kat Kolon Performans Seviyeleri

Kolon	Nd(kN)	Md(kNm)	Ne(kN)	Me(kNm)	Mk(kNm)	Ma(kNm)	Nk(kN)	Na(kN)	(N)r(kN)	(M)r(kN)	r _{sin} (MN)	r/r _{sin} (MN)
S501	475.58	15.45	393.62	263.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S502	475.58	15.45	393.62	263.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S503	479.57	18.82	487.20	288.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S504	915.49	3.14	197.55	593.22	433.00	429.86	1059.00	143.51	1.38	1.38	2.86	0.48
S505	915.49	3.14	197.55	593.22	433.00	429.86	1059.00	143.51	1.38	1.38	2.86	0.48
S506	479.57	18.82	487.20	288.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S507	701.11	18.82	664.55	442.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S508	996.11	3.65	9.38	721.02	421.00	417.35	1001.52	5.41	1.73	1.73	2.89	0.60
S509	996.11	3.65	9.38	721.02	421.00	417.35	1001.52	5.41	1.73	1.73	2.89	0.60
S510	701.11	18.82	664.55	442.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S511	479.57	18.82	445.02	341.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S512	915.49	3.14	219.35	710.88	429.00	425.86	1047.00	131.51	1.67	1.67	2.87	0.58
S513	915.49	3.14	219.35	710.88	429.00	425.86	1047.00	131.51	1.67	1.67	2.87	0.58
S514	479.57	18.82	445.02	341.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S515	475.58	15.45	523.30	378.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S516	475.58	15.45	523.30	378.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00

Çizelge B.2.5 X Yönü Deprem Doğrultusunda 6. Kat Kolon Performans Seviyeleri

Kolon	Nd(kN)	Md(kNm)	Ne(kN)	Me(kNm)	Mk(kNm)	Ma(kNm)	Nk(kN)	Na(kN)	(N)r(kN)	(M)r(kN)	r _{sin} (MN)	r/r _{sin} (MN)
S601	356.72	16.23	234.11	226.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S602	356.72	16.23	234.11	226.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S603	359.69	20.14	296.42	250.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S604	686.53	3.49	115.92	489.82	381.00	377.51	776.00	89.48	1.30	1.30	3.00	0.43
S605	686.53	3.49	115.92	489.82	381.00	377.51	776.00	89.48	1.30	1.30	3.00	0.43
S606	359.69	20.14	296.42	250.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S607	525.84	19.98	395.63	373.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S608	747.17	4.21	6.58	627.86	375.00	370.79	751.06	3.89	1.69	1.69	3.00	0.56
S609	747.17	4.21	6.58	627.86	375.00	370.79	751.06	3.89	1.69	1.69	3.00	0.56
S610	525.84	19.98	395.63	373.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S611	359.69	20.14	271.42	297.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S612	686.53	3.49	128.36	587.44	379.00	375.51	769.00	82.48	1.56	1.56	3.00	0.52
S613	686.53	3.49	128.36	587.44	379.00	375.51	769.00	82.48	1.56	1.56	3.00	0.52
S614	359.69	20.14	271.42	297.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S615	356.72	16.23	310.99	326.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S616	356.72	16.23	310.99	326.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00

Çizelge B.2.6 Yönü Deprem Doğrultusunda 7. Kat Kolon Performans Seviyeleri

Kolon	Nd(kN)	Md(kNm)	Ne(kN)	Me(kNm)	Mk(kNm)	Ma(kNm)	Nk(kN)	Na(kN)	(N)r(kN)	(M)r(kNm)	rsin (MN)	r/rsin (MN)
S701	237.58	14.73	113.62	184.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S702	237.58	14.73	113.62	184.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S703	239.41	18.77	149.19	206.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S704	458.03	3.77	54.41	365.79	328.00	324.23	506.00	47.97	1.13	1.13	3.00	0.38
S705	458.03	3.77	54.41	365.79	328.00	324.23	506.00	47.97	1.13	1.13	3.00	0.38
S706	239.41	18.77	149.19	206.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S707	350.50	18.99	190.79	290.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S708	498.70	4.85	11.60	459.11	327.00	322.15	506.80	8.10	1.43	1.43	3.00	0.48
S709	498.70	4.85	11.60	459.11	327.00	322.15	506.80	8.10	1.43	1.43	3.00	0.48
S710	350.50	18.99	190.79	290.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S711	239.41	18.77	137.12	245.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S712	458.03	3.77	60.17	438.32	330.00	326.23	503.00	44.97	1.34	1.34	3.00	0.45
S713	458.03	3.77	60.17	438.32	330.00	326.23	503.00	44.97	1.34	1.34	3.00	0.45
S714	239.41	18.77	137.12	245.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S715	237.58	14.73	150.88	265.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S716	237.58	14.73	150.88	265.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00

Çizelge B.2.7 X Yönü Deprem Doğrultusunda 8. Kat Kolon Performans Seviyeleri

Kolon	Nd(kN)	Md(kNm)	Ne(kN)	Me(kNm)	Mk(kNm)	Ma(kNm)	Nk(kN)	Na(kN)	(N)r(kN)	(M)r(kNm)	rsin (MN)	r/rsin (MN)
S801	117.75	28.09	37.64	98.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S802	117.75	28.09	37.64	98.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S803	118.06	34.24	51.23	113.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S804	230.74	5.11	14.04	238.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S805	230.74	5.11	14.04	238.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S806	118.06	34.24	51.23	113.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S807	175.21	32.47	59.78	172.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S808	251.33	5.45	6.28	304.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S809	251.33	5.45	6.28	304.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S810	175.21	32.47	59.78	172.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S811	118.06	34.24	47.34	137.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S812	230.74	5.11	15.62	288.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S813	230.74	5.11	15.62	288.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S814	118.06	34.24	47.34	137.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S815	117.75	28.09	50.11	143.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S816	117.75	28.09	50.11	143.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00

Çizelge B.2.8 Y Yönü Deprem Doğrultusunda 2. Kat Kolon Performans Seviyeleri

Kolon	Nd(kN)	Md(kNm)	Ne(kN)	Me(kNm)	Mk(kNm)	Ma(kNm)	Nk(kN)	Na(kN)	(N)r(kN)	(M)r(kNm)	rsin (MN)	r/rsin (MN)
S201	828.78	17.52	1274.67	391.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S202	828.78	17.52	1018.10	414.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S203	834.16	18.21	1068.37	355.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S204	1608.38	1.07	578.88	873.64	564.00	562.93	1981.00	372.62	1.55	1.55	3.33	0.47
S205	1608.38	1.07	533.26	935.76	559.00	557.93	1925.00	316.62	1.68	1.68	3.33	0.51
S206	834.16	18.21	1150.08	441.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S207	1226.71	16.09	0.00	554.36	493.00	476.91	1226.72	0.01	1.16	1.16	3.33	0.35
S208	1748.02	1.15	0.04	1009.69	554.00	552.85	1748.04	0.02	1.80	1.80	3.33	0.54
S209	1748.02	1.15	0.04	1089.85	554.00	552.85	1748.04	0.02	1.83	1.83	3.33	0.55
S210	1226.71	16.09	0.01	685.24	494.00	477.91	1226.72	0.00	1.43	1.43	3.33	0.43
S211	834.16	18.21	1068.36	355.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S212	1608.38	1.07	578.86	871.69	563.00	561.93	1981.00	372.62	1.55	1.55	3.33	0.47
S213	1608.38	1.07	533.24	933.69	562.00	560.93	1929.00	320.62	1.66	1.66	3.33	0.50
S214	834.16	18.21	1150.08	441.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S215	828.78	17.52	1274.65	391.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S216	828.78	17.52	1018.09	414.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00

Çizelge B.2.9 Y Yönü Deprem Doğrultusunda 3. Kat Kolon Performans Seviyeleri

Kolon	Nd(kN)	Md(kNm)	Ne(kN)	Me(kNm)	Mk(kNm)	Ma(kNm)	Nk(kN)	Na(kN)	(N)r(kN)	(M)r(kNm)	rsın (MN)	r/rsın (MN)
S301	711.69	15.31	1000.89	309.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S302	711.69	15.31	800.00	326.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S303	716.93	17.45	842.96	279.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S304	1376.26	2.30	446.38	832.82	542.00	539.70	1666.00	289.74	1.54	1.54	2.59	0.60
S305	1376.26	2.30	412.55	891.84	541.00	538.70	1625.00	248.74	1.66	1.66	2.61	0.63
S306	716.93	17.45	907.98	346.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S307	1051.64	17.34	0.00	523.61	471.00	453.66	1051.65	0.00	1.04	1.04	2.87	0.36
S308	1496.34	2.23	0.00	875.01	532.00	529.77	1496.35	0.00	1.65	1.65	2.67	0.62
S309	1496.34	2.23	0.00	945.32	534.00	531.77	1496.35	0.00	1.67	1.67	2.67	0.63
S310	1051.64	17.34	0.00	645.99	471.00	453.66	1051.64	0.00	1.42	1.42	2.87	0.50
S311	716.93	17.45	842.96	279.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S312	1376.26	2.30	446.38	832.93	542.00	539.70	1666.00	289.74	1.54	1.54	2.59	0.60
S313	1376.26	2.30	412.55	891.96	542.00	539.70	1626.00	249.74	1.65	1.65	2.61	0.63
S314	716.93	17.45	907.98	346.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S315	711.69	15.31	1000.89	309.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S316	711.69	15.31	800.01	326.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00

Çizelge B.2.10 Y Yönü Deprem Doğrultusunda 4. Kat Kolon Performans Seviyeleri

Kolon	Nd(kN)	Md(kNm)	Ne(kN)	Me(kNm)	Mk(kNm)	Ma(kNm)	Nk(kN)	Na(kN)	(N)r(kN)	(M)r(kNm)	rsın (MN)	r/rsın (MN)
S401	593.93	15.61	739.28	314.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S402	593.93	15.61	592.29	332.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S403	598.69	18.41	622.87	291.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S404	1145.34	2.49	316.19	656.71	518.00	515.51	1394.00	248.67	1.27	1.27	2.71	0.47
S405	1145.34	2.49	292.22	703.19	517.00	514.51	1360.00	214.67	1.36	1.36	2.73	0.50
S406	598.69	18.41	670.95	360.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S407	876.39	18.24	0.00	516.88	444.00	425.76	876.39	0.00	1.21	1.21	2.94	0.41
S408	1245.82	3.65	0.00	945.14	492.00	488.35	1245.82	0.00	1.94	1.94	2.78	0.70
S409	1245.82	3.65	0.01	1020.83	445.00	441.35	1245.82	0.00	2.31	2.31	2.78	0.83
S410	876.39	18.24	0.00	637.12	440.00	421.76	876.39	0.00	1.51	1.51	2.94	0.51
S411	598.69	18.41	622.87	291.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S412	1145.34	2.49	316.18	656.69	518.00	515.51	1394.00	248.67	1.27	1.27	2.71	0.47
S413	1145.34	2.49	292.22	703.17	517.00	514.51	1360.00	214.67	1.36	1.36	2.73	0.50
S414	598.69	18.41	670.94	360.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S415	593.93	15.61	739.28	314.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S416	593.93	15.61	592.28	332.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00

Çizelge B.2.11 Y Yönü Deprem Doğrultusunda 5. Kat Kolon Performans Seviyeleri

Kolon	Nd(kN)	Md(kNm)	Ne(kN)	Me(kNm)	Mk(kNm)	Ma(kNm)	Nk(kN)	Na(kN)	(N)r(kN)	(M)r(kNm)	rsın (MN)	r/rsın (MN)
S501	475.58	15.45	505.07	305.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S502	475.58	15.45	406.54	322.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S503	479.57	18.82	421.35	281.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S504	915.49	3.14	207.47	622.85	476.00	472.86	1073.00	157.51	1.32	1.32	2.86	0.46
S505	915.49	3.14	190.90	665.97	474.00	470.86	1050.00	134.51	1.41	1.41	2.87	0.49
S506	479.57	18.82	453.39	345.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S507	701.11	18.82	0.00	478.52	414.00	395.18	701.11	0.00	1.21	1.21	3.00	0.40
S508	996.11	3.65	0.00	681.95	465.00	461.35	996.11	0.00	1.47	1.47	2.89	0.51
S509	996.11	3.65	0.00	735.30	466.00	462.35	996.11	0.00	1.59	1.59	2.89	0.55
S510	701.11	18.82	0.00	586.32	418.00	399.18	701.11	0.00	1.46	1.46	3.00	0.49
S511	479.57	18.82	421.35	281.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S512	915.49	3.14	207.46	622.86	476.00	472.86	1073.00	157.51	1.32	1.32	2.86	0.46
S513	915.49	3.14	190.90	665.97	474.00	470.86	1050.00	134.51	1.41	1.41	2.87	0.49
S514	479.57	18.82	453.39	345.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S515	475.58	15.45	505.07	305.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S516	475.58	15.45	406.54	322.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00

Çizelge B.2.12 Y Yönü Deprem Doğrultusunda 6. Kat Kolon Performans Seviyeleri

Kolon	Nd(kN)	Md(kNm)	Ne(kN)	Me(kNm)	Mk(kNm)	Ma(kNm)	Nk(kN)	Na(kN)	(N)r(kN)	(M)r(kNm)	r _{sn} (MN)	r/r _{sn} (MN)
S601	356.72	16.23	304.08	264.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S602	356.72	16.23	245.67	280.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S603	359.69	20.14	251.80	243.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S604	686.53	3.49	126.34	513.29	430.00	426.51	791.00	104.48	1.20	1.20	2.98	0.40
S605	686.53	3.49	116.88	549.32	426.00	422.51	776.00	89.48	1.30	1.30	3.00	0.43
S606	359.69	20.14	270.80	298.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S607	525.84	19.98	0.00	400.57	388.00	368.02	525.84	0.00	1.09	1.09	3.00	0.36
S608	747.17	4.21	0.00	593.49	422.00	417.79	747.18	0.00	1.42	1.42	3.00	0.47
S609	747.17	4.21	0.00	640.18	422.00	417.79	747.18	0.00	1.53	1.53	3.00	0.51
S610	525.84	19.98	0.00	491.78	390.00	370.02	525.84	0.00	1.32	1.32	3.00	0.44
S611	359.69	20.14	251.80	243.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S612	686.53	3.49	126.34	513.29	430.00	426.51	791.00	104.48	1.20	1.20	2.98	0.40
S613	686.53	3.49	116.88	549.32	426.00	422.51	776.00	89.48	1.30	1.30	3.00	0.43
S614	359.69	20.14	270.80	298.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S615	356.72	16.23	304.08	264.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S616	356.72	16.23	245.67	280.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00

Çizelge B.2.13 Y Yönü Deprem Doğrultusunda 7. Kat Kolon Performans Seviyeleri

Kolon	Nd(kN)	Md(kNm)	Ne(kN)	Me(kNm)	Mk(kNm)	Ma(kNm)	Nk(kN)	Na(kN)	(N)r(kN)	(M)r(kNm)	r _{sn} (MN)	r/r _{sn} (MN)
S701	237.58	14.73	150.78	217.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S702	237.58	14.73	122.47	231.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S703	239.41	18.77	122.89	200.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S704	458.03	3.77	61.81	383.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S705	458.03	3.77	57.43	410.89	382.00	378.23	511.00	52.97	1.08	1.08	3.00	0.36
S706	239.41	18.77	132.06	245.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S707	350.50	18.99	0.00	302.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S708	498.70	4.85	0.00	433.82	378.00	373.15	498.70	0.00	1.16	1.16	3.00	0.39
S709	498.70	4.85	0.00	467.73	378.00	373.15	498.70	0.00	1.25	1.25	3.00	0.42
S710	350.50	18.99	0.00	370.91	354.00	335.01	350.50	0.00	1.11	1.11	3.00	0.37
S711	239.41	18.77	122.89	200.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S712	458.03	3.77	61.81	383.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S713	458.03	3.77	57.43	410.89	382.00	378.23	511.00	52.97	1.08	1.08	3.00	0.36
S714	239.41	18.77	132.06	245.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S715	237.58	14.73	150.78	217.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S716	237.58	14.73	122.47	231.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00

Çizelge B.2.14 Y Yönü Deprem Doğrultusunda 8. Kat Kolon Performans Seviyeleri

Kolon	Nd(kN)	Md(kNm)	Ne(kN)	Me(kNm)	Mk(kNm)	Ma(kNm)	Nk(kN)	Na(kN)	(N)r(kN)	(M)r(kNm)	r _{sn} (MN)	r/r _{sn} (MN)
S801	117.75	28.09	50.89	118.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S802	117.75	28.09	41.41	127.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S803	118.06	34.24	40.21	106.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S804	230.74	5.11	17.39	248.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S805	230.74	5.11	16.19	267.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S806	118.06	34.24	43.16	132.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S807	175.21	32.47	0.00	190.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S808	251.33	5.45	0.00	281.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S809	251.33	5.45	0.00	305.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S810	175.21	32.47	0.00	236.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S811	118.06	34.24	40.21	106.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S812	230.74	5.11	17.39	248.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S813	230.74	5.11	16.19	267.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S814	118.06	34.24	43.16	132.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S815	117.75	28.09	50.89	118.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
S816	117.75	28.09	41.41	127.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00

ÖZGEÇMİŞ

Yasin Arıcı, 1985 İstanbul doğumludur. İlk ve orta öğreniminin ardından lise öğrenimini Maltepe Anadolu Lisesi'nde 2003 yılında mezun olarak bitirmiştir. Aynı sene Kocaeli Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü kazanmış, 2008 senesinde severek okuduğu bu üniversiteden mezun olmuştur. Mezun olduğu sene hedeflediği bölüm ve üniversite olan İstanbul Teknik Üniversitesi'nin Deprem Mühendisliği Yüksek Lisans Bölümü'ne kabul edilmiştir.