

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ DEPREM MÜHENDİSLİĞİ VE AFET
YÖNETİMİ ENSTİTÜSÜ**

**33 KATLI BETONARME BİR BİNANIN DEPREM PERFORMANSININ
ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN HESAP
YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ahmet KARACA

Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı

Deprem Mühendisliği Programı

EYLÜL 2014

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ DEPREM MÜHENDİSLİĞİ VE AFET
YÖNETİMİ ENSTİTÜSÜ**

**33 KATLI BETONARME BİR BİNANIN DEPREM PERFORMANSININ
ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN HESAP
YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Ahmet KARACA
(501111201)**

Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı

Deprem Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. A. Necmettin GÜNDÜZ

EYLÜL 2014

İTÜ, Deprem Mühendisliği ve Afet Yönetimi Enstitüsü'nün 501111201 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Ahmet KARACA**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**33 KATLI BETONARME BİR BİNANIN DEPREM PERFORMANSININ ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN HESAP YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. A. Necmettin GÜNDÜZ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Beyza TAŞKIN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Murat Serdar KIRÇIL
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **17 Eylül 2014**
Savunma Tarihi : **24 Eylül 2014**

Aileme,

ÖNSÖZ

Tez çalışması boyuncaengin bilgi ve tecrübeleriyle destek olan değerli tez danışmanım Doç. Dr. A. Necmettin GÜNDÜZ'e, deprem kayıtları konusunda yardımcı olan Doç. Dr. Beyza TAŞKIN'a, modelleme aşamasında sorularımı yanıtlayan Doç. Dr. Kutlu DARILMAZ'a ve Yrd. Doç. Dr. Ufuk YAZGAN'a teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında sürekli fikir alışverişinde bulunduğum İnş. Müh. Abdurrahman MORAL'a, İnş. Müh Rıdvan DAĞ'a, bana mühendisliği sevdiren değerli lisans danışman hocam Prof. Dr. H. Hüseyin ÇATAL'a ve ayrıca hayatım boyunca her anlamda yanımda olan, hedeflerimi gerçekleştirme yolunda beni her zaman destekleyen ve benden maddi ve manevi desteklerini bir an olsun esirgemeyen aileme sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunarım.

Eylül 2014

Ahmet KARACA
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
SEMBOL LİSTESİ	xxi
ÖZET.....	xxiii
SUMMARY	xxv
1. GİRİŞ	1
1.1 Konu.....	1
1.2 Amaç Ve Kapsam.....	2
2. DOĞRUSAL OLMAYAN ÇÖZÜMLEME VE DAVRANIŞ	3
2.1 Giriş.....	3
2.2 Çözümün Sağlaması Gereken Koşullar.....	4
2.3 Yapı Sistemlerinin Doğrusal Olmama Nedenleri.....	4
2.4 Malzemelerin Şekildeğiştirme Özellikleri	5
2.5 İdeal Malzemeler.....	6
2.6 Çeşitli Yapı Malzemelerinde Gerilme-Şekildeğiştirme Bağlıntıları	7
2.6.1 Yapı ve beton çelikleri	8
2.6.2 Betonarme çubuğun eğilmesinde dış basınç lifindeki $\sigma-\varepsilon$ bağıntısı	9
2.7 Betonarme Çubuklarda İç Kuvvet-Şekildeğiştirme Bağlıntıları Ve Akma Koşulları	10
2.7.1 Eğilme momenti-birim dönme ($M-\chi$) bağıntısı	10
2.7.2 Akma eğrisi (karşılıklı etki diyagramı).....	12
2.8 Betonarme Kesitlerin Davranışının İdealleştirilmesi	13
2.8.1 Eğilme momenti eğrilik ($M-\chi$) bağıntısı.....	13
2.8.2 Normal kuvvet-birim boy değişmesi ($N-\varepsilon$) bağıntısı	14
2.8.3 Karşılıklı etki diyagramı (akma eğrisi)	15
2.9 Doğrusal Olmayan Şekildeğiştirmelerin Belirli Kesitlerde Toplanması Hali..	15
2.9.1 Plastik mafsallık hipotezi	15
2.10 Depreme Dayanıklı Bina Tasarımı.....	23
2.10.1 Süneklik	24
2.10.2 Kapasite Tasarımı	28
3. PERFORMANS KAVRAMI VE TDY 2007 YAKLAŞIMI.....	31
3.1 Giriş.....	31
3.2 Binalardan Bilgi Toplanması	31
3.2.1 Bina bilgi düzeyleri.....	31
3.2.2 Betonarme binalarda sınırlı bilgi düzeyi.....	32
3.2.3 Betonarme binalarda orta bilgi düzeyi.....	33
3.2.4 Betonarme binalarda kapsamlı bilgi düzeyi.....	34
3.2.5 Bilgi düzeyi katsayıları	35

3.3 Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları Ve Hasar Bölgeleri.....	36
3.3.1 Kesit hasar sınırları	36
3.3.2 Kesit hasar bölgeleri.....	36
3.3.3 Kesit ve eleman hasarlarının tanımlanması.....	36
3.4 Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke Ve Kurallar	37
3.5 Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler İle Belirlenmesi	39
3.5.1 Doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi.....	39
3.5.2 Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi	41
3.5.3 Birim şekildeğiştirme istemlerinin belirlenmesi	41
3.5.4 Betonarme malzeme modelleri (DBYBHY Ek 7B).....	42
3.5.4.1 Beton malzeme modelleri	42
3.5.4.2 Donatı çeliği için malzeme modeli	43
3.5.5 Betonarme elemanların kesit birim şekildeğiştirme kapasiteleri	44
3.6 Bina Deprem Performansının Belirlenmesi.....	45
3.6.1 Betonarme binaların deprem performansı.....	45
3.6.2 Hemen kullanım performans düzeyi (HK).....	45
3.6.3 Can güvenliği performans düzeyi (CG)	45
3.6.4 Göçme öncesi performans düzeyi (GÖ).....	46
3.6.5 Göçme durumu performans düzeyi	46
3.7 Binalar için Hedeflenen Performans Düzeyleri.....	47
4. 33 KATLI BETONARME BİR BİNANIN DEPREM PERFORMANSININ ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN HESAP YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ	49
4.1 Giriş	49
4.2 Bina Genel Bilgileri.....	49
4.3 Yapısal Modelin Oluşturulması.....	54
4.3.1 Mevcut yapının üç boyutlu ETABS modelinin oluşturulması	54
4.3.2 Mevcut yapının üç boyutlu SAP2000 modelinin oluşturulması	57
4.3.3 SAP2000 programında oluşturulan genel malzeme modelleri.....	59
4.3.4 Yapısal elemanların moment-eğrilik bağıntılarının oluşturulması ve akma yüzeylerinin elde edilmesi	61
4.3.4.1 Kirişlerin moment-eğrilik bağıntılarının belirlenmesi	61
4.3.4.2 Kolonların moment-eğrilik bağıntılarının ve akma yüzeylerinin belirlenmesi.....	64
4.3.5 Kolon ve kirişler için plastik mafsalların oluşturulması	69
4.3.5.1 Kirişlere plastik mafsalların tanımlanması ve atanması	69
4.3.5.2 Kolonlara plastik mafsalların tanımlanması ve atanması	72
4.3.6 Perdeler için doğrusal olmayan malzeme davranışı gösteren çok katmanlı kabuk elemanların tanımlanması	76
4.4 Mevcut Yapının Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesaplama Yöntemi ile Çözümlemesi	79
4.4.1 Giriş.....	79
4.4.2 Çözümlemede kullanılacak deprem ivme kayıtlarının belirlenmesi	79
4.4.3 SAP2000’de zaman tanım alanında çözümleme için veri girişi yapılması	86
4.5 Çözümleme Sonuçları	88
4.5.1 Deprem etkilerinin incelenmesi	89
4.5.2 Kirişlerin hasar durumlarının incelenmesi	90
4.5.3 Kolonların hasar durumlarının incelenmesi	95
4.5.4 Perdelerin hasar durumlarının incelenmesi	96

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	101
5.1 Sonuçların Değerlendirilmesi.....	101
5.2 Öneriler.....	104
KAYNAKLAR	107
EKLER.....	109
ÖZGEÇMİŞ.....	155

KISALTMALAR

BHB	: Belirgin Hasar Bölgesi
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007
CG	: Can Güvenliği Performans Düzeyi
E	: Deprem Yükleri
ETABS	: Integrated Analysis, Design and Drafting of Building Systems
G	: Düşey Sabit Yükler
GB	: Göçme Bölgesi
GÇ	: Kesit Göçme Sınırı
GÖ	: Göçme Öncesi Performans Düzeyi
GV	: Kesit Güvenlik Sınırı
HK	: Hemen Kullanım Performans Düzeyi
İHB	: İleri Hasar Bölgesi
MHB	: Minimum Hasar Bölgesi
MN	: Kesit Minimum Hasar Sınırı
Q	: Düşey Hareketli Yükler
SAP2000	: Integrated Software for Structural Analysis and Design

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Yapı sistemlerinin doğrusal olmama nedenleri.	5
Çizelge 3.1 : Binalar için bilgi düzeyi katsayıları.	35
Çizelge 3.2 : Donatı çeliği için gerilme-şekildeğiştirme değerleri.	44
Çizelge 3.3 : Deprem etkisi parametreleri.	47
Çizelge 3.4 : Farklı deprem yüzeyinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri.	48
Çizelge 4.1 : ETABS’de oluşturulan modele ait periyotlar ve kütle katılım oranları.	56
Çizelge 4.2 : SAP2000’de oluşturulan modele ait yapı elemanlarının etkin eğilme rijitlikleri.	58
Çizelge 4.3 : SAP2000’de oluşturulan modele ait periyotlar ve kütle katılım oranları.	58
Çizelge 4.4 : Kirişlere ait plastik mafsallık özellikleri.	65
Çizelge 4.5 : Kolonlara ait plastik mafsallık özellikleri.	66
Çizelge 4.6 : Beton ve donatı çeliği için birim şekildeğiştirme sınır değerleri.	72
Çizelge 4.7 : Seçilen deprem yer hareketleri ve özellikleri.	80
Çizelge 4.8 : Benzeştirilmiş deprem kayıtlarına ait bazı yer hareketi parametreleri.	81
Çizelge 4.9 : SEISMOMATCH’de düzce kaydına ait ivme spektrumu tablosu.	85
Çizelge 4.10 : Kullanılan yer hareketlerinin ivme spektrumlarının değerleri.	85
Çizelge 4.11 : Çözümlemede kullanılan deprem kayıtlarının özellikleri.	86
Çizelge 4.12 : X doğrultusu depremleri sonucu Belirgin Hasar Bölgesi’ne geçen ana kirişler.	92
Çizelge 4.13 : Birinci kat perde başlık bölgelerinde beton ve donatı çeliği birim şekildeğiştirmeleri ve hasar durumları.	98
Çizelge A.1 : Mevcut yapının kiriş donatıları.	112
Çizelge A.2 : Mevcut yapının nervür kiriş donatıları.	117
Çizelge A.3 : Mevcut yapının kolon donatıları.	118
Çizelge A.4 : Mevcut yapının perde donatıları.	120
Çizelge B.1 : Kolonların etkin eğilme rijitlikleri (ilk 4 kat).	123
Çizelge B.2 : Köşe perdelerin etkin eğilme rijitlikleri (ilk 18 kat).	126
Çizelge B.3 : Çekirdek perdelerin etkin eğilme rijitlikleri (tüm katlar).	128
Çizelge E.1 : X doğrultusu depremleri sonucu Belirgin Hasar Bölgesi’ne geçen kirişler.	147

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Dış kuvvetler etkisindeki katı cisim.	5
Şekil 2.2 : Şematik yük parametresi-şekildeğiştirme diyagramı.	6
Şekil 2.3 : İdeal malzemeler.	7
Şekil 2.4 : Yapı ve beton çeliklerinde σ - ε diyagramı.	8
Şekil 2.5 : Yapı ve beton çeliklerinin σ - ε diyagramlarının idealleştirilmesi.	9
Şekil 2.6 : Betonarme çubuğun eğilmesinde dış basınç lifindeki σ - ε diyagramı.	9
Şekil 2.7 : Betonarme kesitlerde M - χ diyagramı.	11
Şekil 2.8 : Betonarme kesitlerde karşılıklı etki diyagramı (akma eğrisi).	12
Şekil 2.9 : Betonarme kesitlerde idealleştirilmiş M - χ diyagramı (Tip:1).	13
Şekil 2.10 : Betonarme kesitlerde idealleştirilmiş M - χ diyagramı (Tip:2).	14
Şekil 2.11 : Betonarme kesitlerde idealleştirilmiş N - ε diyagramı.	14
Şekil 2.12 : Betonarme kesitlerde karşılıklı etki diyagramının idealleştirilmesi.	15
Şekil 2.13 : Eğilme momenti-eğrilik diyagramı.	16
Şekil 2.14 : Doğrusal olmayan şekildeğiştirmeler.	17
Şekil 2.15 : Kirişlerin mesnet bölgesinde plastik mafsalsal örneği.	18
Şekil 2.16 : Kirişlerin açıklık bölgesinde plastik mafsalsal örneği.	19
Şekil 2.17 : İdealleştirilmiş eğilme momenti-eğrilik bağıntısı.	20
Şekil 2.18 : Plastik mafsalsal boyu.	21
Şekil 2.19 : Ankastre konsolda oluşan plastik şekildeğiştirmeler.	22
Şekil 2.20 : Plastik mafsalsal oluşumu ve yerdeğiştirmeler.	23
Şekil 2.21 : Malzemenin (şekildeğiştirme) sünekliği μ_e	25
Şekil 2.22 : Kesitin (eğrilik) sünekliği μ_ϕ	25
Şekil 2.23 : Elemanın (dönme) sünekliği μ_θ	25
Şekil 2.24 : Sistem (deplasman) sünekliği μ_Δ	26
Şekil 2.25 : Kolonlarda eksenel kuvvetin sünekliğe etkisi.	26
Şekil 2.26 : Kolonlarda sargı donatısının sünekliğe etkisi.	27
Şekil 2.27 : Donatı oranının moment-eğrilığe etkisi.	27
Şekil 2.28 : Basınç donatısının moment-eğrilığe etkisi.	27
Şekil 2.29 : Sargı donatılı kolonlar.	28
Şekil 3.1 : Betonarme elemanlardaki kesit hasar bölgeleri.	36
Şekil 3.2 : İç kuvvet plastik şekildeğiştirme kabulleri.	41
Şekil 3.3 : Sargılı ve sargısız beton malzemeler için gerilme-şekildeğiştirme grafikleri.	43
Şekil 3.4 : Donatı çeliğinin gerilme-şekildeğiştirme grafiği.	43
Şekil 3.5 : Yapı performans düzeyleri.	45
Şekil 4.1 : Yapının AUTOCAD ortamındaki normal katlar tavan kalıp planı.	53
Şekil 4.2 : Yapının ETABS ortamındaki normal katlar kat planı.	55
Şekil 4.3 : Yapının üç boyutlu ETABS modeli.	56
Şekil 4.4 : Yapının üç boyutlu SAP2000 modeli.	59
Şekil 4.5 : C35 beton sınıfı için sargısız malzeme modeli.	60
Şekil 4.6 : S420a donatı çeliği için malzeme modeli.	60

Şekil 4.7 : Section Designer’da tanımlanan B50/80SD1 kirişi.....	62
Şekil 4.8 : B50/80SD1 kirişine ait mander sargısız beton modeli.	62
Şekil 4.9 : B50/80SD1 kirişine ait mander sargılı beton modeli.	63
Şekil 4.10 : B50/80SD1 kirişine ait donatı çeliği modeli.	63
Şekil 4.11 : Section Designer’da B50/80SD1 kirişinin moment-eğrilik bağıntısının elde edilmesi.	64
Şekil 4.12 : Section Designer’da tanımlanan C50/100SD1 kolonu.	67
Şekil 4.13 : C50/100SD1 kolonuna ait mander sargılı beton modeli.	67
Şekil 4.14 : Section Designer’da C50/100SD1 kolonunun moment-eğrilik bağıntısının elde edilmesi.	68
Şekil 4.15 : Section Designer’da C50/100SD1 kolonunun akma yüzeylerinin elde edilmesi.	68
Şekil 4.16 : SAP2000 Hinge Properties menüsü.	70
Şekil 4.17 : SAP2000 kiriş kesitleri için plastik mafsallık özelliklerinin tanımlanması.	70
Şekil 4.18 : SAP2000 kiriş kesitleri için M3 mafsallık veri girişi.	71
Şekil 4.19 : SAP2000 kolon kesitleri için plastik mafsallık özelliklerinin tanımlanması.	73
Şekil 4.20 : SAP2000 kolon kesitleri için P-M2-M3 mafsallık veri girişi-1..	73
Şekil 4.21 : SAP2000 kolon kesitleri için P-M2-M3 mafsallık veri girişi-2..	74
Şekil 4.22 : SAP2000 kolon kesitlerinin etkileşim yüzeyleri özelliği.	75
Şekil 4.23 : SAP2000’de kolon kesitlerinin etkileşim yüzeyleri veri girişi.....	75
Şekil 4.24 : SAP2000’de X doğrultusunda 50 cm kalınlığındaki çekirdek perdelerin başlık bölgeleri için tanımlanan sargılı beton modeli.	76
Şekil 4.25 : SAP2000’de tanımlanan kabuk elemanlar.	77
Şekil 4.26 : SAP2000’de perdeler için doğrusal olmayan çok katmanlı kabuk elemanların oluşturulması.	78
Şekil 4.27 : SAP2000’de perdeler için doğrusal olmayan çok katmanlı kabuk elemanların veri girişi.....	78
Şekil 4.28 : SAP2000’de perdeler için doğrusal olmayan çok katmanlı kabuk elemanların katmanlarının oluşturulması.	79
Şekil 4.29 : Düzce benzeştirilmiş ivme kaydı.....	81
Şekil 4.30 : Imperial benzeştirilmiş ivme kaydı.	82
Şekil 4.31 : Northridge benzeştirilmiş ivme kaydı.	82
Şekil 4.32 : Tasarım ivme spektrumu ve seçilen deprem kayıtlarının ivme spektrumları.....	82
Şekil 4.33 : Tasarım ivme spektrumu ve ortalama ivme spektrumu.	83
Şekil 4.34 : Hız spektrumları.	83
Şekil 4.35 : Yerdeğiştirme spektrumları.	84
Şekil 4.36 : Doğrusal olmayan analiz için yükleme durumları.....	87
Şekil 4.37 : Doğrusal olmayan statik analiz için veri girişi.	87
Şekil 4.38 : Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz için veri girişi.....	88
Şekil 4.39 : Düzce-X depremi sonucu seçilen tepe noktası yerdeğiştirmesi (m, s) ..	89
Şekil 4.40 : Düzce-X depremi sonucu oluşan taban kesme kuvveti (kN, s).....	90
Şekil 4.41 : Düzce-X depremi sonucu oluşan devrilme momenti (kN-m,s).....	90
Şekil 4.42 : Düzce-X depremi sonucu plastikleşen ve Minimum Hasar Bölgesi’nde olan bir kiriş.	92
Şekil 4.43 : Imperial-X depremi sonucu plastikleşen ve Belirgin Hasar Bölgesi’ne geçen bir kiriş.	93

Şekil 4.44 : Northridge-X depremi sonucu plastikleşen ve Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçen bir nervür kiriş.	93
Şekil 4.45 : Northridge-Y depremi sonucu seçilen bir 50/80SD2 kirişinin zamana bağlı kesme kuvveti grafiği (kN, s).	94
Şekil 4.46 : Northridge-Y depremi sonucu A-A kesitinde oluşan kolon plastik mafsalları.	96
Şekil 4.47 : Birinci kat perdelerinin başlık bölgelerine denk gelen düğüm noktaları.	97
Şekil 4.48 : Northridge-Y depremi sonucunda 165 numaralı düğüm noktasının birim şekildeğiştirme-zaman grafiği.	99
Şekil A.1 : Mevcut yapının donatı tablolarında geçen yapı elemanları.	111
Şekil C.1 : Düzce orjinal ve benzeştirilmiş deprem kayıtlarının ivme, hız ve yerdeğiştirme geçmişleri.	132
Şekil C.2 : Düzce orjinal ve benzeştirilmiş deprem kayıtlarının ivme spektrumlarının tasarım ivme spektrumu ile karşılaştırılması.	133
Şekil C.3 : Düzce orjinal ve benzeştirilmiş deprem kayıtlarının hız spektrumlarının tasarım hız spektrumu ile karşılaştırılması.	133
Şekil C.4 : Düzce orjinal ve benzeştirilmiş deprem kayıtlarının yerdeğiştirme spektrumlarının tasarım yerdeğiştirme spektrumu ile karşılaştırılması.	133
Şekil C.5 : Imperial orjinal ve benzeştirilmiş deprem kayıtlarının ivme, hız ve yerdeğiştirme geçmişleri.	134
Şekil C.6 : Imperial orjinal ve benzeştirilmiş deprem kayıtlarının ivme spektrumlarının tasarım ivme spektrumu ile karşılaştırılması.	135
Şekil C.7 : Imperial orjinal ve benzeştirilmiş deprem kayıtlarının hız spektrumlarının tasarım hız spektrumu ile karşılaştırılması.	135
Şekil C.8 : Imperial orjinal ve benzeştirilmiş deprem kayıtlarının yerdeğiştirme spektrumlarının tasarım yerdeğiştirme spektrumu ile karşılaştırılması.	135
Şekil C.9 : Northridge orjinal ve benzeştirilmiş deprem kayıtlarının ivme, hız ve yerdeğiştirme geçmişleri.	136
Şekil C.10 : Northridge orjinal ve benzeştirilmiş deprem kayıtlarının ivme spektrumlarının tasarım ivme spektrumu ile karşılaştırılması.	137
Şekil C.11 : Northridge orjinal ve benzeştirilmiş deprem kayıtlarının hız spektrumlarının tasarım hız spektrumu ile karşılaştırılması.	137
Şekil C.12 : Northridge orjinal ve benzeştirilmiş deprem kayıtlarının yerdeğiştirme spektrumlarının tasarım yerdeğiştirme spektrumu ile karşılaştırılması.	137
Şekil D.1 : Imperial-X depremi sonucu seçilen tepe noktası yerdeğiştirmesi.	139
Şekil D.2 : Imperial-X depremi sonucu oluşan taban kesme kuvveti.	139
Şekil D.3 : Imperial-X depremi sonucu oluşan devrilme momenti.	140
Şekil D.4 : Northridge-X depremi sonucu seçilen tepe noktası yerdeğiştirmesi.	140
Şekil D.5 : Northridge-X depremi sonucu oluşan taban kesme kuvveti.	141
Şekil D.6 : Northridge-X depremi sonucu oluşan devrilme momenti.	141
Şekil D.7 : Düzce-Y depremi sonucu seçilen tepe noktası yerdeğiştirmesi.	142
Şekil D.8 : Düzce-Y depremi sonucu oluşan taban kesme kuvveti.	142
Şekil D.9 : Düzce-Y depremi sonucu oluşan devrilme momenti.	143
Şekil D.10 : Imperial-Y depremi sonucu seçilen tepe noktası yerdeğiştirmesi.	143
Şekil D.11 : Imperial-Y depremi sonucu oluşan taban kesme kuvveti.	144
Şekil D.12 : Imperial-Y depremi sonucu oluşan devrilme momenti.	144

Şekil D.13 : Northridge-Y depremi sonucu seçilen tepe noktası yerdeğiştirmesi. ..	145
Şekil D.14 : Northridge-Y depremi sonucu oluşan taban kesme kuvveti.....	145
Şekil D.15 : Northridge-Y depremi sonucu oluşan devrilme momenti.	146

SEMBOL LİSTESİ

A_c	: Kolon veya perdenin brüt kesit alanı
f_c	: Sargılı betonda beton basınç gerilmesi
f_{cc}	: Sargılı beton dayanımı
f_{cm}	: Mevcut beton dayanımı
f_{co}	: Sargısız beton dayanımı
f_s	: Donatı çeliğindeki gerilme
f_{sy}	: Donatı çeliğinin akma dayanımı
f_{su}	: Donatı çeliğinin kopma dayanımı
$(EI)_e$	: Çatlamış kesit eğilme rijitliği
$(EI)_o$	: Çatlamamış kesit eğilme rijitliği
h	: Çalışan doğrultudaki kesit boyutu
L_p	: Plastik mafsallık boyu
N_D	: Düşey yükler altında kolonda veya perdede oluşan aksel kuvvet
T_{1x}	: Binanın X doğrultusundaki birinci periyodu
T_{1y}	: Binanın Y doğrultusundaki birinci periyodu
ϵ_{cu}	: Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekil değiştirmesi
ϵ_{sh}	: Donatı çeliğinin pekleşmeye başladığı andaki birim şekil değiştirmesi
ϵ_{sy}	: Donatı çeliğinin akma birim şekil değiştirmesi
ϵ_{su}	: Donatı çeliğinin kopma birim şekil değiştirmesi
Φ_p	: Plastik eğrilik istemi
Φ_t	: Toplam eğrilik istemi
Φ_y	: Eşdeğer akma eğriliği
θ_p	: Plastik dönme istemi

33 KATLI BETONARME BİR BİNANIN DEPREM PERFORMANSININ ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN HESAP YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

ÖZET

Ülkemizin aktif bir deprem bölgesi üzerinde yer alması ve son zamanlarda meydana gelen depremlerin ağır hasarlara ve can kayıplarına yol açması depreme dayanıklı yapı tasarımının gerekliliğini ve önemini göstermektedir. Bu sebeple günümüzde yapıların deprem davranışı ve hasar durumu hakkında daha detaylı bilgiler veren yaklaşımlar ve hesap yöntemleri Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) 2007’ de yer almıştır. Bu yönetmeliğin yedinci bölümünde deprem bölgelerinde bulunan mevcut ve güçlendirilecek tüm binaların ve bina türü yapıların deprem etkileri altındaki performanslarının değerlendirilmesinde uygulanacak hesap kuralları, güçlendirme kararlarında esas alınacak ilkeler ve güçlendirilmesine karar verilen binaların güçlendirme tasarımı ilkeleri yer almaktadır.

Bu çalışma kapsamında doğrusal elastik olmayan davranış temel alınarak DBYBHY 2007 esasları çerçevesinde zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan hesap yöntemi kullanılarak mevcut betonarme çok katlı bir yapı irdelenecektir.

Çalışmanın birinci bölümünde konu, amaç ve kapsam ikinci bölümünde çalışmanın temel kısımlarından birisi olan doğrusal olmayan davranış üzerinde durulmuştur. Bu bölümde doğrusal elastik olmayan malzeme modellerine değinilmiş ve plastik mafsallı hipotezi hakkında bilgiler verilmiştir. Ayrıca depreme dayanıklı bina tasarımı başlığı altında süneklik kavramı ve kapasite tasarımı geniş olarak ele alınmıştır.

Üçüncü bölümde performans kavramı ve DBYBHY 2007’nin yedinci bölümünde yer alan doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri kapsamında performans yaklaşımları belirtilmiştir.

Verilen teorik bilgilerden sonra dördüncü bölümde sayısal örnek olarak ve çalışmanın ana konusunu oluşturan mevcut 33 katlı betonarme bir binanın deprem performansının zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan hesap yöntemi ile belirlenmesine geçilmiştir. Bu bölümde mevcut yapının genel bilgileri verilmiş, yükler belirtilmiş, yapılan kabuller ve hesap modelleri gösterilmiştir. Kullanılan programlar çerçevesinde yapısal modelleme aşaması ve analiz süreci şekilleri yardımıyla açık olarak işlenmiştir. Bölümün sonunda çözümleme sonuçları yorumlanmış ve performans değerlendirmesi yapılmıştır.

Son olarak sonuçlar ve öneriler kısmında tez çalışması genel olarak ele alınmış ve özellikle dördüncü bölüme konu olan sayısal inceleme kapsamında yapılan yaklaşımlar, kabuller ve kullanılan yöntemler irdelenmiş, ortaya çıkan sonuçlar belirtilmiş ve gerekli öneriler yapılmıştır.

SEISMIC PERFORMANCE EVALUATION OF 33 STOREY RC BUILDING BY NONLINEAR TIME HISTORY ANALYSIS

SUMMARY

During the past two decades, many large-scale earthquakes have occurred consecutively around the world. These earthquakes resulted in hundreds of thousands of casualties and in significant economic damage. Based on the lessons learned from the earthquakes, seismic codes need to be upgraded. In the upgrading of the seismic codes, there are some topics as follows:

- earthquake-resistant design of new reinforced concrete (RC) structures
- evaluation of existing RC structures
- developing new strengthening techniques for existing RC structures with insufficient earthquake resistance.

For this purpose, performance based design and seismic evaluation techniques of existing RC structures have been developed rapidly.

In the present days, many linear or nonlinear analysis methods are available for the performance based design and seismic evaluation of the existing structures. Since material and geometric nonlinearity are not considered in the linear analysis methods, these methods are easy to employ in the seismic evaluation of the structures but their results are not so reliable. There are two types of nonlinear analysis methods which are known as nonlinear static and dynamic analysis. The more realistic results can be obtained by employing the nonlinear static analysis methods if they are compared with linear analyses ones. On the other hand, nonlinear dynamic analysis method is the advanced method since it can be possible to monitor the real behaviour of the structures during earthquakes.

The codes of earthquake is the most significant resource that can be used to build an earthquake-resistant building. According to their geographical location, their geological and seismic characteristics that apply within the territory and local ground conditions, countries prepare regulations that includes the rules which must be followed during building design. For this purpose, a new Turkish Earthquake Code (TEC) is published in 2007 (Deprem Bolgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-DBYBHY) with recent earthquake resistant building design principles. This regulation of the seventh chapter, in earthquake zones available and will be strengthened all the buildings and building structures under seismic effects in assessing the performance will be applied accounting rules, the strengthening in the decisions will be based on principles and strengthening decided buildings strengthen the design principles are included.

Developments in structural engineering, computer technology and the material science help engineers to be familiar to the earthquake motions and the effects of earthquake on buildings in a more realistic and accurate way. These developments

with the observation of the nonlinear behaviour of structural systems in an earthquake, enable engineers to accomplish more realistic designs.

The performance of structural systems under earthquake effects can be determined by linear and nonlinear evaluation methods. The linear evaluation methods are based on strength and the nonlinear evaluation methods are based on deformation and displacement. According to the linear evaluation theory, it is assumed that the material is linear-elastic and the deformations are small, so that the principle superposition can be applied to the analysis. In the nonlinear evaluation approach, however, the behaviour of material beyond the linear elastic limit is considered; therefore the relationships are not linear. Consequently, the superposition principle cannot be applied in nonlinear analysis.

In the scope of this thesis, seismic performance of a 33 storey existing reinforced concrete structure is evaluated by the nonlinear time history analysis method of Turkish Earthquake Code (TEC) 2007. The present master thesis is composed of five chapters.

The first chapter is designated for the brief explanation of the subject. The aim and the scope of the study is explained in this part.

In the second chapter of this study, nonlinear behavior and the analysis were given as the main portion of the study. In this context, nonlinear material models are expressed, the stress-strain relationships of various building materials have been analyzed, for the reinforced concrete section, moment-curvature curve properties and interaction surfaces were examined. Also a quite large information is given about the plastic hinge hypothesis. Again in this section, under the heading of earthquake-resistant building design, ductility and the capacity design concepts are widely discussed.

The third chapter gives information on the performance based design and assessment of structures. In this chapter, concept of performance and the nonlinear performance approach of the TEC 2007 were explained. Information about the general principles of the nonlinear evaluation methods and the assumptions on which these methods are based on and also performance levels and performance assessment methods are given in this section.

The fourth chapter is devoted for the numerical investigations. A three dimensional structural model of a 33 storey building is analyzed by a structural analysis program in nonlinear time history analysis method given by the TEC 2007. Then the performance level evaluation of the building structure with the nonlinear performance approach method of TEC 2007. In this section, firstly an information was given about the existing reinforced structure features which used in analysis model. Loads, seismic zone, material properties, type of structure and a lot of other properties of the building was described. Then for the nonlinear analysis, the plastic hinge properties of beams and columns were determined clearly. Shear walls were modeled with nonlinear layered shell elements for more accurate results. In this part furthermore, selection and scaling for real earthquake ground motion records are explained briefly. Also in this chapter, important data entry information used for nonlinear modeling of the structural components, load analysis and calculated plastic hinge properties and their assigns to the model for performance evaluation of the structural system were presented.

The fifth chapter is the final chapter and is devoted to the results, conclusions and recommendations of the study. Main findings, the examination of the results of this study were explained in this chapter.

The appendices was given the appendices chapter of this study. In this chapter, data information about the existing reinforced concrete building which used in study, cracked section properties which used in analysis model, some of the nonlinear time history analysis and the performance evaluation of the building results, and the comparing of the original and the matched earthquakes records and specturums were presented.

1. GİRİŞ

1.1 Konu

Deprem, dünyanın bir çok bölgesinde olduğu gibi ülkemizde de en çok can ve mal kaybına sebep olan doğal afetlerin başında gelir. Günümüz teknolojileriyle depremi önceden tahmin etmek de mümkün olmadığı için temel amaç yapıların depremi güvenli bir şekilde atlatabilmelerini sağlamak olmalıdır.

Yerdeğiştirmeye bağlı performans değerlendirmesi ve tasarım kavramı, ilk olarak Amerika Bileşik Devletlerinin deprem bölgelerindeki mevcut yapıların deprem güvenliklerinin daha gerçekçi olarak belirlenmesi ve yeterli güvenlikte olmayan yapıların güçlendirilmesi çalışmaları sırasında ortaya çıkmıştır.

Ülkemizde meydana gelen depremler sonucunda ortaya çıkan hasarları en aza indirmek için son olarak 2007’de Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY 2007) yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelikle birlikte performans kavramı da tarif edilmiş ve uygulamaya koyulmuştur. Yönetmelikte belirtilen performansa dayalı değerlendirme yöntemleri ile daha çok mevcut binaların deprem performanslarının belirlenmesi ve bu performansların yetersiz olması durumunda ise binanın güçlendirme yoluyla gerekli performans seviyesine ulaştırılması hedeflenmektedir.

DBYBHY 2007’de bina deprem performanslarının belirlenmesinde uygulanan yöntemler “Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri” ve “Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri” olmak üzere ikiye ayrılmıştır.

Doğrusal elastik hesap yöntemleri kuvvet esaslıdır ve yapının elastik ötesi davranışlarını tam olarak ele alamadıkları için yaklaşık yöntemlerdir. Bu yöntemler yönetmelikte “Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi”, “Mod Birleştirme Yöntemi” ve “Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi” olarak üçe ayrılırlar. Doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri ise yerdeğiştirme esaslıdır ve yapının elastik ötesi davranışlarını da göz önüne aldıklarından daha gerçekçi yöntemlerdir. Bu yöntemler “Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi”, “Artımsal Mod

Birleştirme Yöntemi” ve “Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi” olmak üzere üçe ayrılırlar.

1.2 Amaç Ve Kapsam

Bu tez çalışması kapsamında doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri içindeki en gerçekçi yöntem olan zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan hesap yöntemi ile mevcut 33 katlı 118.80 m yükseklikte bir yapının deprem performansı DBYBHY 2007 kriterlerine göre kontrol edilecektir.

2. DOĞRUSAL OLMAYAN ÇÖZÜMLEME VE DAVRANIŞ

2.1 Giriş

Bazı özel durumların dışında, yapı sistemleri işletme yükleri altında genellikle doğrusal davranış gösterirler. Bu genellemenin dışında kalan sistemler arasında narin yapılar, elastik zemine oturan sistemler ile bölgesel zayıflıklar ve stabilite yetersizlikleri içeren yapılar sayılabilir.

Doğrusal sistem davranışını esas alan analiz yöntemlerinde, malzemenin gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları doğrusal-elastik olarak alınmakta ve yerdeğiştirmelerin çok küçük olduğu varsayılmaktadır.

Buna karşılık, dış etkiler işletme yükü sınırını aşarak yapının taşıma gücüne yaklaştıkça, gerilmeler doğrusal-elastik sınırı aşmakta ve yerdeğiştirmeler çok küçük kabul edilemeyecek değerler almaktadır.

Günümüzde yapı mühendisliğinde genellikle uygulanmakta olan ve doğrusal teoriye göre sistem analizine dayanan tasarım yaklaşımlarında (güvenlik gerilmeleri esasına göre tasarım ve taşıma gücü yöntemine göre tasarım), yapı sisteminin doğrusal olmayan davranışı çeşitli şekillerde gözönüne alınmaya çalışılmaktadır. Örneğin, ikinci mertebe etkilerini hesaba katmak ve burkulmaya karşı güvenlik sağlamak amacıyla, moment büyütme yönteminden ve burkulma katsayılarından yararlanılmakta, doğrusal olmayan şekildeğiştirmeler nedeniyle iç kuvvet dağılımının değişmesi yeniden dağılım ilkesi yardımı ile gözönüne alınmaya çalışılmaktadır. Diğer taraftan, deprem etkilerine göre hesapta malzemenin doğrusal-elastik sınır ötesindeki davranışını ve sünekliğini hesaba katmak üzere, taşıyıcı sistem davranış katsayısı tanımlanmakta ve elastik deprem yükleri bu katsayıya bağlı olan bir deprem yükü azaltma katsayısı ile bölünerek küçültülmektedir.

Yapı malzemelerinin doğrusal-elastik sınır ötesindeki taşıma kapasitesini gözönüne almak, çok küçük olmayan yerdeğiştirmelerin denge denklemlerine ve gerekli olduğu hallerde geometrik uygunluk koşullarına etkilerini hesaba katmak suretiyle, yapı sistemlerinin dış etkiler altındaki davranışlarının daha yakından izlenebilmesi ve

bunun sonucunda daha gerçekçi ve ekonomik çözümler elde edilmesi mümkün olabilmektedir. Doğrusal olmayan sistem davranışını esas alan hesap yöntemlerinin geliştirilmesinde ve uygulanmasında genel olarak iki durum ile karşılaşmaktadır. Bunlardan birincisi, yapı sisteminin doğrusal olmamasına neden olan etkenlerin belirlenerek sistem davranışını gerçeğe yakın bir biçimde temsil eden hesap modelinin oluşturulması, diğeri ise bu hesap modelinin analizi sonucunda elde edilen doğrusal olmayan denklem sisteminin etkin bir şekilde çözülmesidir [2].

2.2 Çözümün Sağlaması Gereken Koşullar

Bir yapı sisteminin dış etkiler altında hesabı (analizi) ile elde edilen iç kuvvet, şekildeğiştirme ve yerdeğiştirmelerin çözüm olabilmeleri için aşağıdaki üç koşulu birarada sağlamaları gerekmektedir [2].

- *Bünye denklemleri* : Malzemenin cinsine ve özelliklerine bağlı olan gerilme-şekildeğiştirme bağıntılarına bünye denklemleri denilmektedir.
- *Denge koşulları* : Sistemi oluşturan elemanların ve bu elemanların birleştiği düğüm noktalarının denge denklemlerinden oluşmaktadır.
- *Geometrik uygunluk (süreklilik) koşulları* : Elemanların ve düğüm noktalarının süreklilik denklemleri ile mesnetlerdeki geometrik koşullardır.

2.3 Yapı Sistemlerinin Doğrusal Olmama Nedenleri

Bir yapı sisteminin dış etkiler altındaki davranışının doğrusal olmaması genel olarak iki nedenden kaynaklanmaktadır.

- Malzemenin doğrusal-elastik olmaması nedeniyle gerilme-şekildeğiştirme bağıntılarının (bünye denklemlerinin) doğrusal olmaması.
- Geometri değişimleri nedeniyle denge denklemlerinin (ve bazı hallerde geometrik süreklilik denklemlerinin) doğrusal olmaması.

Yapı sistemlerinin doğrusal olmamasına neden olan etkenler ve bu etkenleri gözönüne alan teoriler Çizelge 2.1’de topluca özetlenmiştir.

Denge denklemlerinde yerdeğiştirmelerin küçük olmadığı sistemlerde denge denklemleri şekildeğiştirmiş eksen üzerinde yazılmaktadır.

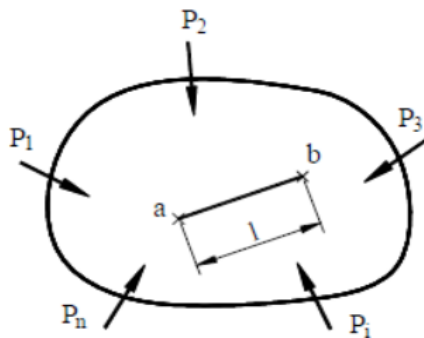
Geometrik uygunluk koşullarında yerdeğiştirmelerin küçük olmadığı sistemlerde ise, geometrik süreklilik denklemlerinin de şekildeğiştirmiş eksen üzerinde yazılması gerekmektedir [2].

Çizelge 2.1 : Yapı sistemlerinin doğrusal olmama nedenleri [2].

Çözümün Sağlaması Gereken Koşullar	Doğrusal Sistemler	Doğrusal Olmayan Sistemler				
		Malzeme Bakımından	Geometri Değişimleri Bakımından		Her İki Bakımdan	
			İkinci Mertebe Teorisi	Sonlu Deplasman Teorisi	İkinci Mertebe Teorisi	Sonlu Deplasman Teorisi
Bünye Denklemleri (Gerilme-Şekildeğiştirme Bağıntıları)	Doğrusal-elastik	Doğrusal-elastik Değil	Doğrusal-elastik	Doğrusal-elastik	Doğrusal-elastik Değil	Doğrusal-elastik Değil
Denge Denklemlerinde Yerdeğiştirmeler	küçük	küçük	küçük Değil	küçük Değil	küçük Değil	küçük Değil
Geometrik Uygunluk Koşullarında Yerdeğiştirmeler	küçük	küçük	küçük	küçük Değil	küçük	küçük Değil

2.4 Malzemelerin Şekildeğiştirme Özellikleri

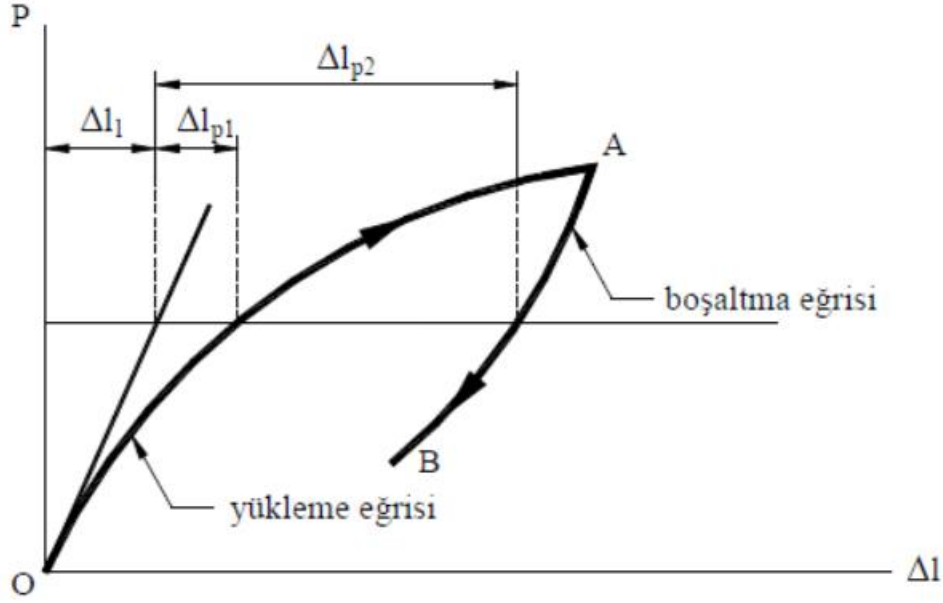
Şekilde 2.1’de görülen katı cisim, aralarındaki oran sabit kalacak şekilde artan P_i dış kuvvetlerinin etkisi altındadır. Bu dış kuvvetlerin büyüklüğünü tanımlayan P yük parametresi ordinata, bu kuvvetlerden dolayı katı cismin a ve b noktaları arasındaki l uzunluğunun Δl değışimi absise taşınarak çizilen P - Δl diyagramı Şekil 2.2’de şematik olarak gösterilmiştir.



$$P_i = p_i P$$

P : yük parametresi

Şekil 2.1 : Dış kuvvetler etkisindeki katı cisim [2].

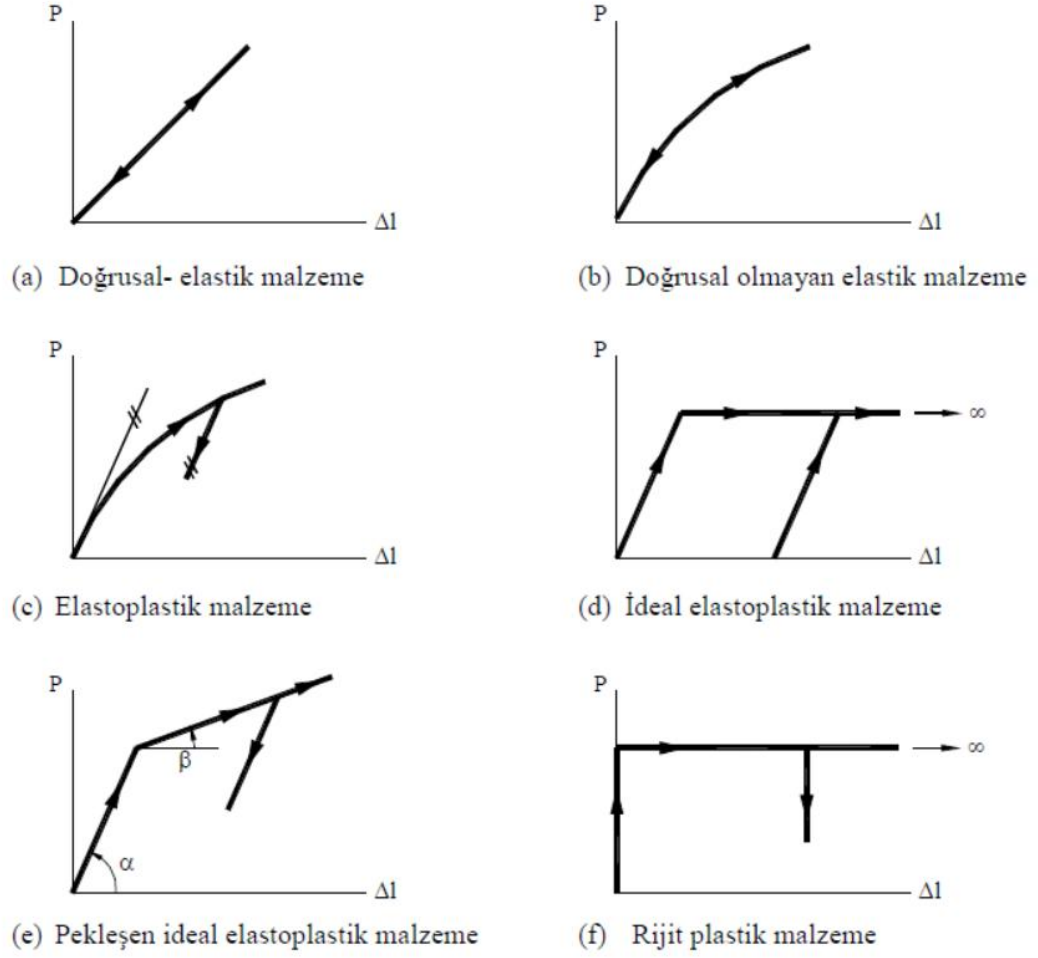


Şekil 2.2 : Şematik yük parametresi-şekildeğiştirme diyagramı [2].

Bu diyagramın, artan yük parametresi için elde edilen OA bölümüne yüklem eğrisi, kuvvetlerin kaldırılması durumuna karşı gelen AB bölümüne de boşaltma eğrisi denir. Eğrinin başlangıç teğeti ile ordinat eksenini arasındaki Δl_1 şekildeğiştirmeleri doğrusal şekildeğiştirmeler, başlangıç teğeti ile yüklem ve boşaltma eğrileri arasında kalan Δl_{p1} ve Δl_{p2} şekildeğiştirmeleri ise doğrusal olmayan şekildeğiştirmeler olarak tanımlanır [2].

2.5 İdeal Malzemeler

Yapı sistemlerinde kullanılan gerçek malzemelerin şekildeğiştirme özellikleri üzerinde bazı idealleştirmeler yaparak tanımlanan ideal malzemelerin başlıcaları Şekil 2.3'te gösterilmiştir.

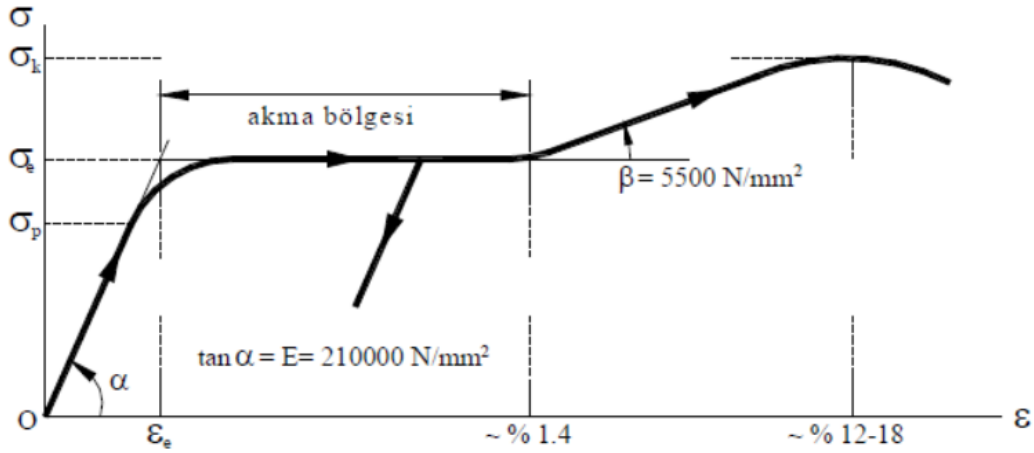


Şekil 2.3 : İdeal malzemeler [2].

2.6 Çeşitli Yapı Malzemelerinde Gerilme-Şekildeğiştirme Bağınıtları

Bu bölümde yapı çeliği, beton çeliği ve eğilme etkisindeki betonun dış basınç lifinin gerilme-şekildeğiştirme (σ - ϵ) diyagramları ve bu diyagramlara ait bazı sayısal değerler incelenecektir.

2.6.1 Yapı ve beton çelikleri



Şekil 2.4 : Yapı ve beton çeliklerinde σ - ε diyagramı [2].

Bu diyagramı tanımlayan σ_k kopma gerilmesi, σ_e akma gerilmesi, ε_e akma şekildeğiştirmesi ve σ_p orantı sınırının çelik sınıfına bağlı olarak aldığı değerler:

$$Fe\ 37\ yapı\ çeliği : \quad \sigma_k = 360 - 490\ N/mm^2 \quad \sigma_e = 235\ N/mm^2 \quad (\varepsilon_e \cong 0.0011)$$

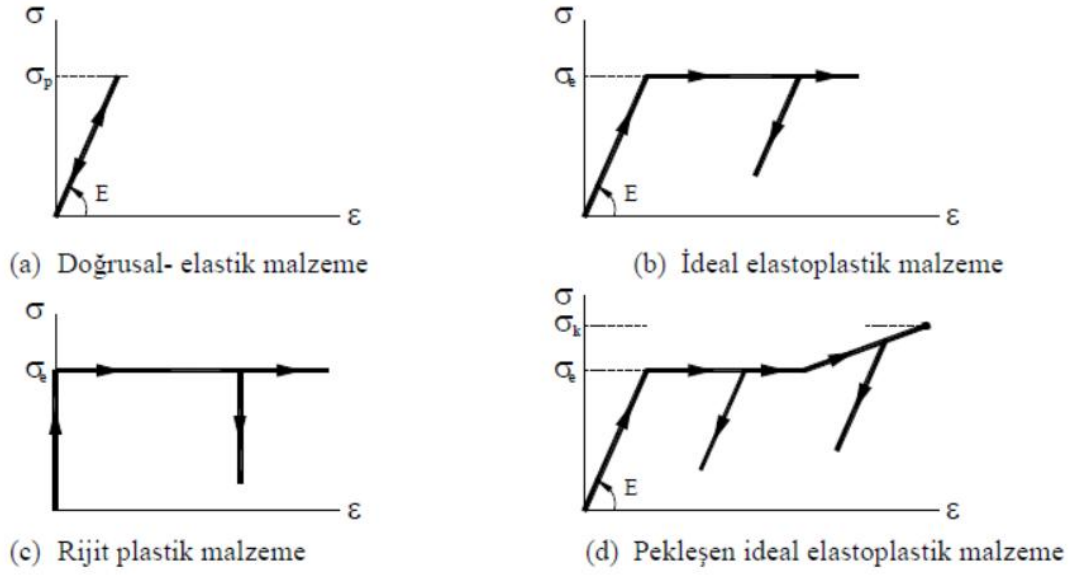
$$\sigma_p = 0.8\sigma_e = 188\ N/mm^2$$

$$Fe\ 52\ yapı\ çeliği : \quad \sigma_k = 510 - 610\ N/mm^2 \quad \sigma_e = 353\ N/mm^2 \quad (\varepsilon_e \cong 0.0017)$$

$$\sigma_p = 0.8\sigma_e \cong 280\ N/mm^2$$

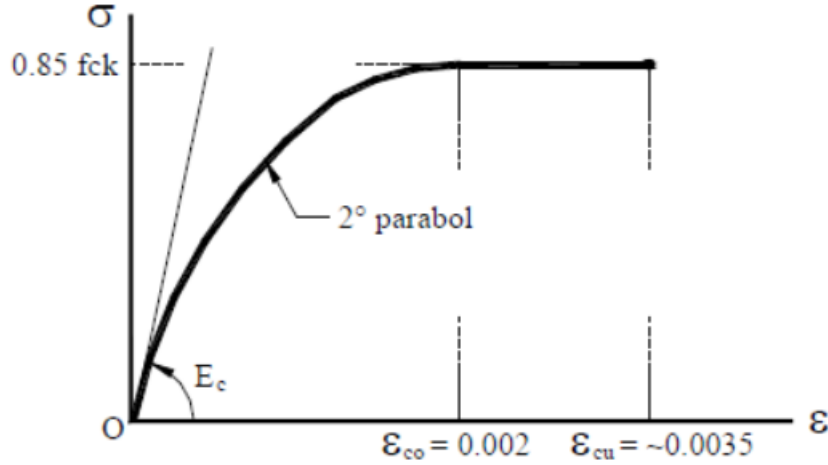
$$S\ 420\ beton\ çeliği : \quad \sigma_k = 500\ N/mm^2 \quad \sigma_e = 420\ N/mm^2 \quad (\varepsilon_e \cong 0.002)$$

Yapı ve beton çeliklerinin σ - ε diyagramlarının bir bölümü veya tümü aşağıdaki şekilde idealleştirilebilirler, Şekil 2.5.



Şekil 2.5 : Yapı ve beton çeliklerinin σ - ϵ diyagramlarının idealleştirilmesi [2].

2.6.2 Betonarme çubuğun eğilmesinde dış basınç lifindeki σ - ϵ bağıntısı



Şekil 2.6 : Betonarme çubuğun eğilmesinde dış basınç lifindeki σ - ϵ diyagramı [2].

Bu diyagramda f_{ck} karakteristik basınç dayanımını, E_c ise;

$$E_c = 14000 + 3250\sqrt{f_{ck}} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (2.1)$$

formülü ile hesaplanan beton elastisite modülünü göstermektedir. Kısa süreli yükler altında, betonun ezilerek kırılmasına neden olan ϵ_{cu} birim kısalması sargısız betonda ~ 0.0035 iken, sargı donatısı (etriye) miktarına bağlı olarak artmaktadır [2].

2.7 Betonarme Çubuklarda İç Kuvvet-Şekildeğiştirme Bağlılıları Ve Akma Koşulları

Varsayımlar ve esaslar :

Betonarme çubuk elemanların iç kuvvet-şekildeğiştirme bağıntılarının incelenmesinde şu temel varsayımlar ve esaslar gözönünde tutulmaktadır [2].

- Dik kesit şekildeğiştirdikten sonra da düzlem kalmaktadır.
- Beton ve donatı arasında tam aderans bulunmaktadır.
- Çatlamış betonun çekme dayanımı terkedilmektedir.
- Betonun σ - ϵ diyagramı için parabol+dikdörtgen modeli esas alınmıştır.
- Beton çeliğinin σ - ϵ diyagramı için ideal elastoplastik malzeme varsayımı yapılmaktadır.

2.7.1 Eğilme momenti-birim dönme (M - χ) bağıntısı

Sabit normal kuvvet ($N=N_0$) altında, artan eğilme momenti ile zorlanan betonarme bir kesitte M eğilme momenti ile χ birim dönmesi (eğriliği) arasındaki bağıntı üç bölgeden oluşmaktadır, Şekil 2.7. Bu bölgeleri sınırlayan L_0 , L_1 ve L_2 noktalarına karşı gelen durumlar aşağıda açıklanmıştır.

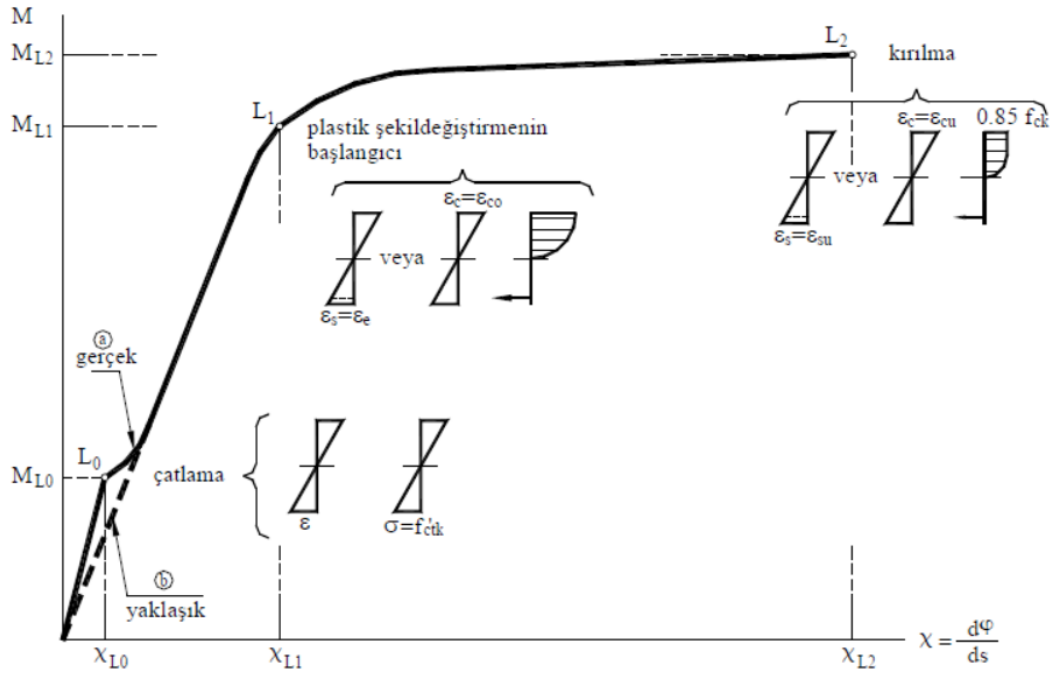
L_0 : Beton kesitin dış çekme lifinde çatlakların başladığı durumdur. Dış çekme lifindeki normal gerilme eğilmedeki betonun çekme dayanımına eşit olunca betonda çatlaklar meydana geldiği kabul edilmektedir. Eğilmedeki betonun çekme dayanımı ise;

$$f'_{ctk} = 0.70\sqrt{f_{ck}} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (2.2)$$

bağıntısı ile hesaplanabilir. L_0 çatlama noktasına karşı gelen M_{L0} momentinin hesabında beton kesitin homojen olduğu varsayılmakta ve betonun σ - ϵ bağıntısı doğrusal-elastik olarak alınmaktadır.

L_1 : Betonun dış basınç lifinde veya çekme donatısında plastik şekildeğiştirmelerin başlamasına karşı gelen durumdur. Plastik şekildeğiştirmelerin betonda $\epsilon_{co}=0.002$ birim kısalmasında, çelikte ise ϵ_e akma sınırında başladığı gözönünde tutulmaktadır. M_{L1} eğilme momentinin hesabında betonun çekme dayanımı hesaba katılmaz.

L_2 : Eğilme momenti artarak kesitin taşıma gücü adı verilen $M_{L2}=M_p$ değerine eşit olunca basınç bölgesindeki beton ezilerek kırılır veya çekme donatısı kopar. Basınç bölgesindeki betonun ezilerek kırılması birim kısalmanın ε_{cu} sınır değerine erişmesi suretiyle meydana gelir. Sargısız betonda kısa süreli yükler için $\varepsilon_{cu} \cong 0.0035$ olan bu sınır değer, sargı donatısının miktarına bağlı olarak artmaktadır. Betonarme kesitlerin boyutlandırılmasında, çekme donatısının kopması yerine, genellikle çelikteki birim uzamanın $\varepsilon_{su}=0.01$ değeri ile sınırlandırılması esas alınır [2].

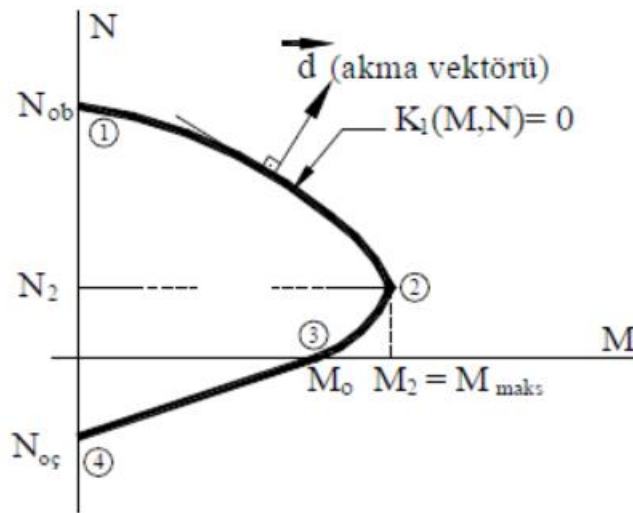


Şekil 2.7 : Betonarme kesitlerde $M-\chi$ diyagramı [2].

Betonun çekme dayanımının terkedildiği durumlarda, $M-\chi$ bağıntısının çatlamadan önceki bölümü yaklaşık olarak (b) eğrisi ile temsil edilmektedir. Betonarme kesitlerin taşıma gücüne göre boyutlandırılmasında, betonarme betonu ve beton çeliğinin karakteristik dayanımları malzeme güvenlik katsayılarına bölünerek küçültülür. Buna karşılık, betonarme sistemlerin dış yükler altındaki davranışlarının incelenmesinde malzeme güvenlik katsayılarının kullanılmasına ve çelikteki birim uzamanın $\varepsilon_{su}=0.01$ değeri ile sınırlandırılmasına gerek olmamaktadır [2].

2.7.2 Akma eğrisi (karşılıklı etki diyagramı)

Eğilme momenti ve normal kuvvet etkisindeki betonarme bir kesitte taşıma gücünü ifade eden karşılıklı etki diyagramı Şekil 2.8’de şematik olarak gösterilmiştir. İleride açıklanacağı gibi, doğrusal olmayan şekildeğiştirmelerin plastik kesit adı verilen belirli kesitlerde toplandığı varsayılan betonarme sistemlerde, iç kuvvet durumunun bu eğri üzerinde bulunması bir plastik kesitin oluştuğunu ve bu kesitte sonlu plastik şekildeğiştirmelerin meydana geldiğini (yani kesitin aktığını) ifade etmektedir. Bu nedenle, karşılıklı etki diyagramına akma eğrisi de denilmektedir. $K_1(M,N)=0$ bağıntısı ile tanımlanan akma eğrisi N normal kuvvetinin çeşitli değerleri için hesaplanan $M_{L2}=M_p$ eğilme momentleri yardımı ile elde edilebilir.



Şekil 2.8 : Betonarme kesitlerde karşılıklı etki diyagramı (akma eğrisi) [2].

Akma eğrisi dört karakteristik noktası ile tanımlanmaktadır. Akma eğrisinin idealleştirilmesinde yararlanılabilecek olan bu noktalar aksenal basınç, basit eğilme ve aksenal çekme hallerine karşı gelen (1), (3) ve (4) noktaları ile kesitin en büyük eğilme momenti taşıma gücüne sahip olduğu dengeli duruma karşı gelen (2) noktasıdır [2].

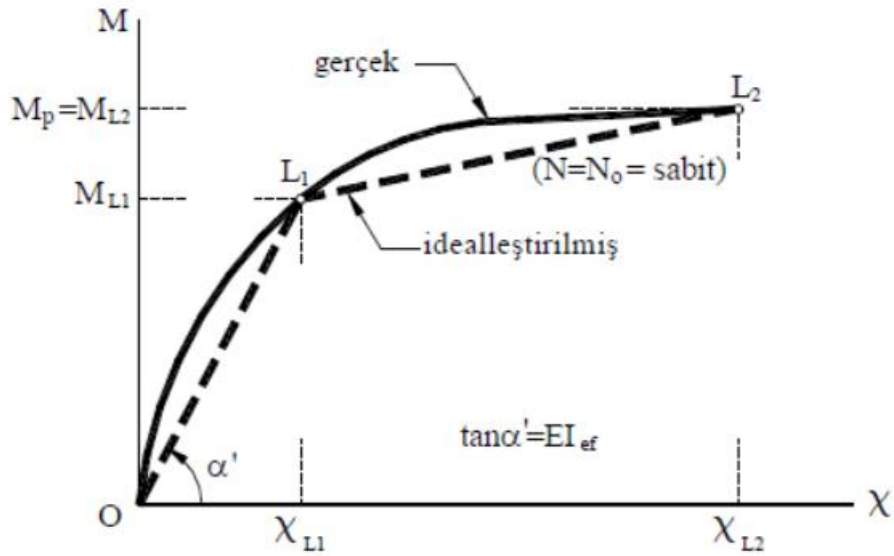
2.8 Betonarme Kesitlerin Davranışının İdealleştirilmesi

2.8.1 Eğilme momenti eğrilik ($M-\chi$) bağıntısı

Betonarme kesitlerde eğilme momenti-eğrilik bağıntısının idealleştirilmesi için önerilen iki model aşağıda açıklanmıştır.

Şekil 2.9'da gösterilen birinci tür idealleştirmede, $M-\chi$ bağıntısının $O-L_1-L_2$ noktalarını birleştiren iki doğru parçasından oluştuğu varsayımı yapılmaktadır. Doğrusal olmayan şekildeğişikliklerin sistem üzerinde sürekli olarak yayıldığı gözönüne alındığı hesap yöntemlerinde genellikle bu idealleştirmeden yararlanılmaktadır.

İkinci tür idealleştirmede, O başlangıç noktası ile, koordinatları χ_{L1} , M_{L1} olan L_1 noktasını ve L_2 noktasını birleştiren iki doğru parçası yaklaşık $M-\chi$ bağıntısını oluşturmaktadır, Şekil 2.10. Bu idealleştirme, doğrusal olmayan şekildeğişikliklerin plastik kesit (plastik mafsalları) adı verilen belirli noktalarda toplandığı (yığıldığı) varsayımına dayanan hesap yöntemlerinde esas alınmaktadır [2].

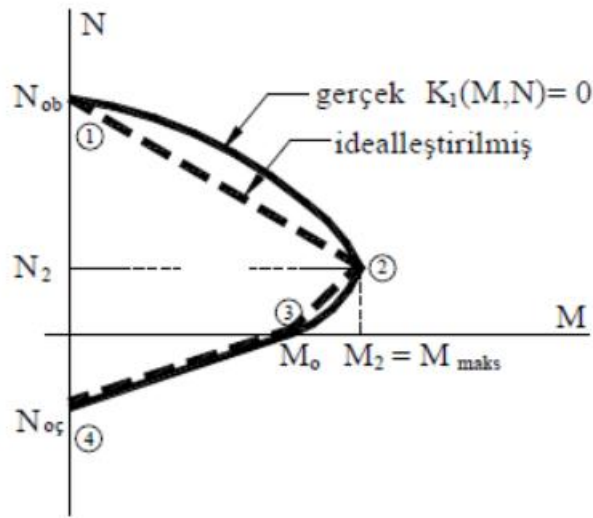


Şekil 2.9 : Betonarme kesitlerde idealleştirilmiş $M-\chi$ diyagramı (Tip:1) [2].

2.8.3 Karşılıklı etki diyagramı (akma eğrisi)

Eğilme momenti ve normal kuvvet etkisindeki bir betonarme kesitte, kesitin taşıma gücünü ifade eden karşılıklı etki diyagramının nasıl idealleştirilebileceği Şekil 2.12 üzerinde açıklanmıştır.

Şekilden görüldüğü gibi, pozitif eğilme momenti bölgesindeki idealleştirilmiş akma eğrisinin (1), (2), (3) ve (4) noktalarını birleştiren üç doğru parçasından meydana geldiği varsayılmaktadır.



Şekil 2.12 : Betonarme kesitlerde karşılıklı etki diyagramının idealleştirilmesi [2].

2.9 Doğrusal Olmayan Şekildeğiştirmelerin Belirli Kesitlerde Toplanması Hali

Malzeme bakımından doğrusal olmayan yapı sistemlerinde, doğrusal olmayan şekildeğiştirmelerin plastik mafsallarda (plastik kesit) adı verilen belirli kesitlerde toplandığı varsayımı yapılabilir.

2.9.1 Plastik mafsallarda hipotezi

Yeterli düzeyde sünek davranış gösteren yapı sistemlerinde (çelik yapılarda ve bazı koşullar altında betonarme yapılarda) plastik mafsallarda hipotezi yapılarak sistem hesapları önemli ölçüde kısıltılabilmektedir.

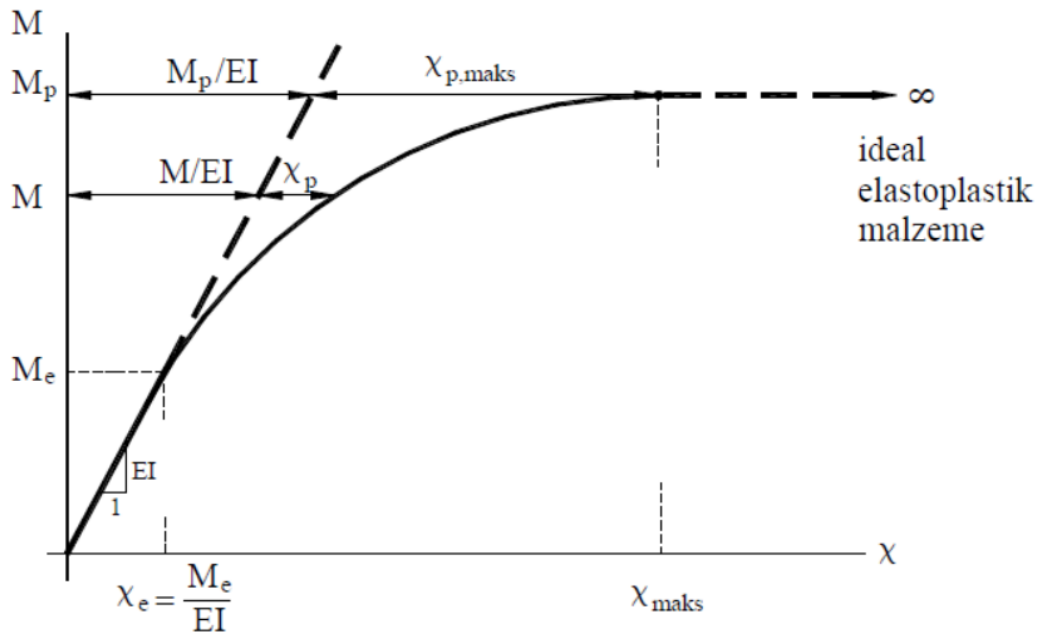
Toplam şekildeğiştirmelerin doğrusal şekildeğiştirmelere oranı olarak tanımlanan süneklik oranının büyük olduğu ve doğrusal olmayan şekildeğiştirmelerin küçük bir bölgeye yayıldığı sistemlerde, doğrusal olmayan eğilme şekildeğiştirmelerinin plastik mafsallarda adı verilen belirli kesitlerde toplandığı, bunun dışındaki bölgelerde

sistemin doğrusal-elastik davrandığı varsayılabilir. Bu hipoteze plastik mafsallık hipotezi adı verilir.

Plastik mafsallık hipotezinin esasları

- Bir kesitteki eğilme momenti artarak M_p plastik moment değerine eşit olunca, o kesitte bir plastik mafsallık oluşur. Daha sonra, kesitteki eğilme momenti $M=M_p$ olarak sabit kalır ve kesit serbestçe döner. Plastik mafsaldaki ϕ_p plastik dönmesi artarak $\max \phi_p$ dönme kapasitesine erişince, oluşan hasar nedeniyle kesit kullanılamaz duruma gelebilir.
- Plastik mafsallar arasında sistem doğrusal-elastik olarak davranır.
- 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.

Gerçek eğilme momenti-eğrilik bağıntısı Şekil 2.13'te verilen bir düzlem çubuk elemanın belirli bir bölgesine ait eğilme momenti diyagramı, toplam eğilme şekildeğiştirmeleri ve doğrusal olmayan şekildeğiştirmeler Şekil 2.14'te görülmektedir.

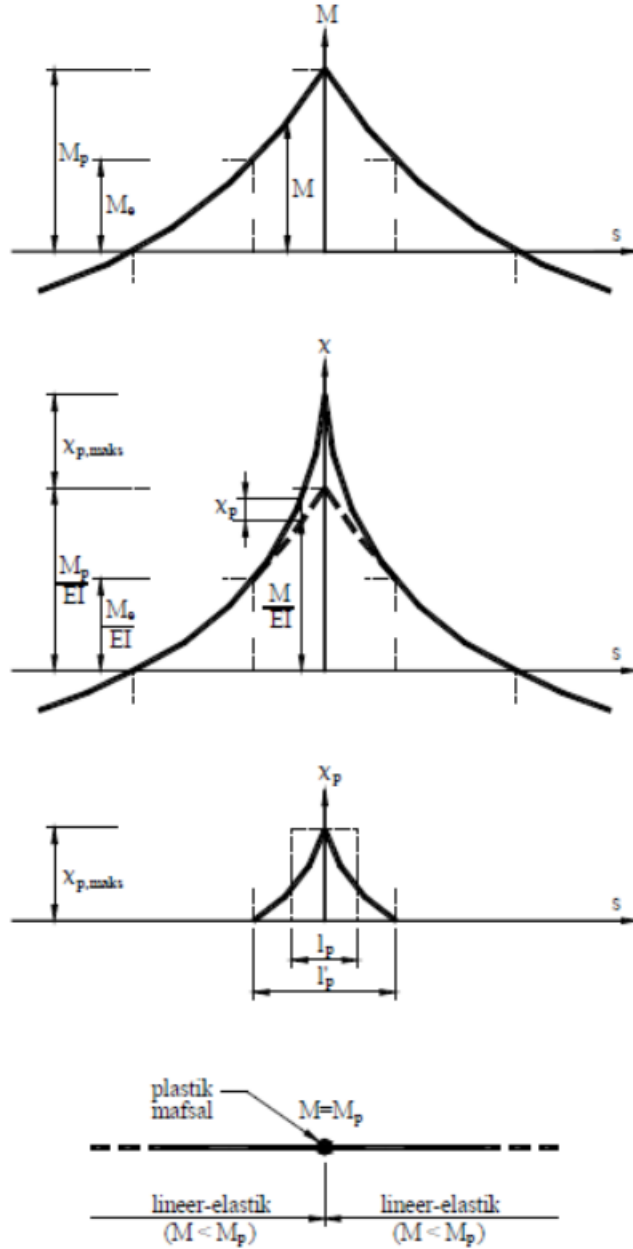


Şekil 2.13 : Eğilme momenti-eğrilik diyagramı [2].

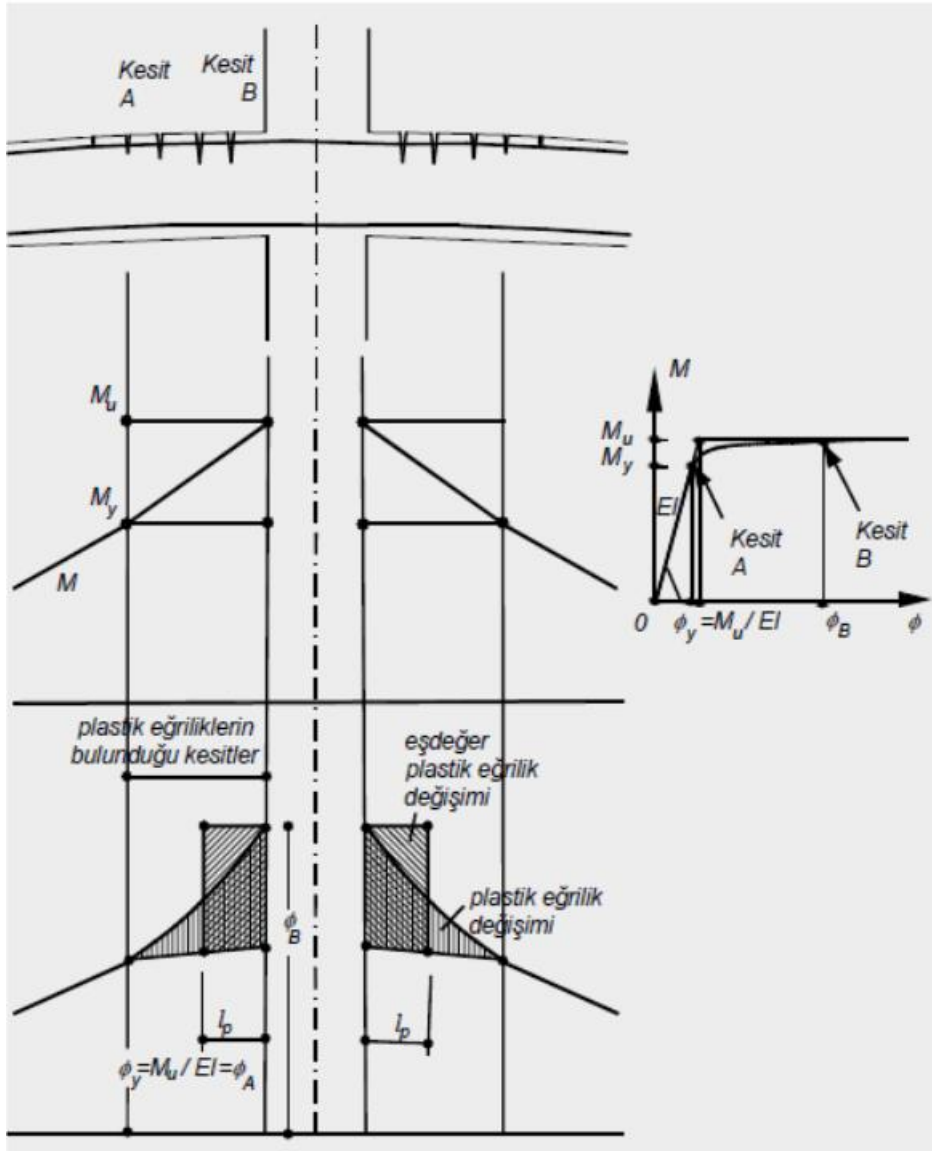
Plastik mafsal hipotezinde, çubuk elemanı üzerinde l_p uzunluğundaki bir bölgeye yayılan doğrusal olmayan (plastik) şekildeğiştirmelerin

$$\phi_p = \int_{l_p} \chi_p ds \quad (2.3)$$

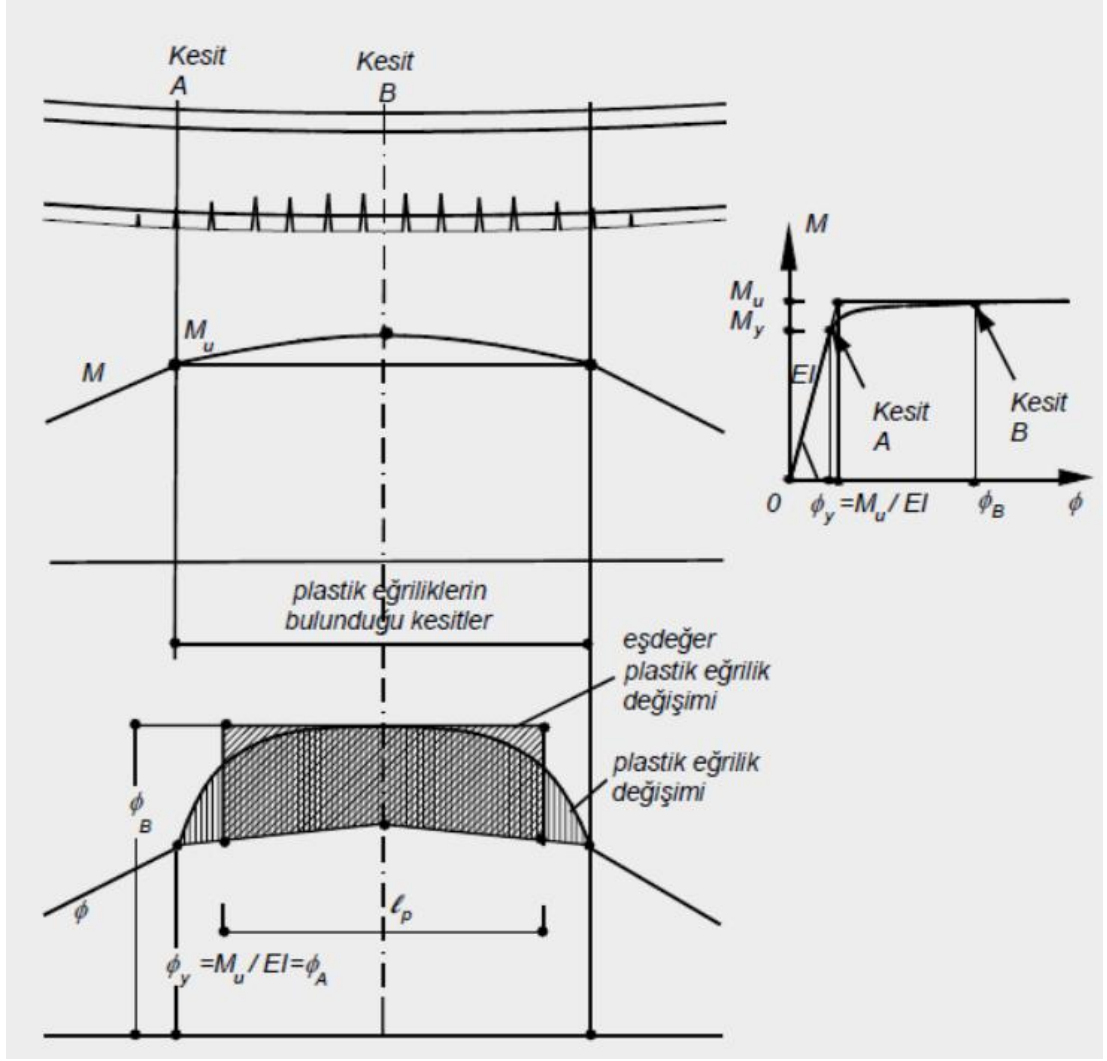
şeklinde, plastik mafsal olarak tanımlanan bir noktada toplandığı varsayılmaktadır. Burada, ϕ_p plastik mafsalın dönmesi olarak tanımlanır.



Şekil 2.14 : Doğrusal olmayan şekildeğiştirmeler [2].



Şekil 2.15 : Kirişlerin mesnet bölgesinde plastik mafsallık örneği [5].



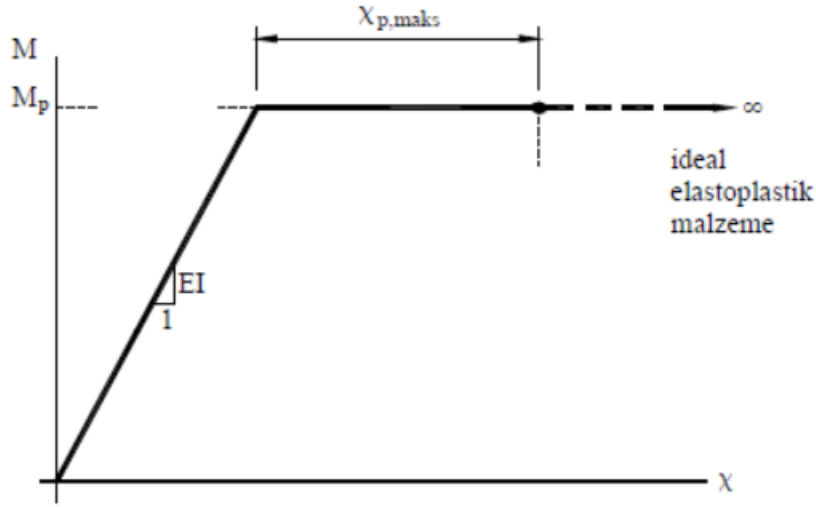
Şekil 2.16 : Kirişlerin açıklık bölgesinde plastik mafsallık örneği [5].

Plastik mafsallık hipotezinin uygulanması, gerçek eğilme momenti-eğrilik bağıntısının

$$M \leq M_p \quad \text{için} \quad \chi = \frac{M}{EI} \quad (2.4)$$

$$M = M_p \quad \text{için} \quad \chi \rightarrow \chi_{p,maks} \quad (2.5)$$

şeklinde iki doğru parçasından oluşacak şekilde idealleştirilmesine karşı gelmektedir, Şekil 2.17.



Şekil 2.17 : İdealleştirilmiş eğilme momenti-eğrilik bağıntısı [2].

Artan dış yükler altında plastik mafsalin dönmesi artarak dönme kapasitesi adı verilen bir sınır değere eşit olunca, oluşan büyük plastik şekildeğişiklikler nedeniyle kesit kullanılamaz hale gelebilir. Yapı sisteminin bir veya daha çok kesitindeki plastik mafsal dönmelerinin dönme kapasitesine ulaşması ise, yapının tümünün kullanılamaz hale gelmesine (işletme dışı olmasına), diğer bir deyişle göçmesine neden olmaktadır.

Dönme kapasitesi;

$$\max \phi_p = \int_{l_p} \chi_p ds \quad (\chi \rightarrow \chi_{p,maks}) \quad (2.6)$$

şeklinde, eğilme momenti diyagramının şekline ve $M-\chi$ bağıntısına bağlı olarak belirlenir.

Dönme kapasitesinin yaklaşık olarak hesabı;

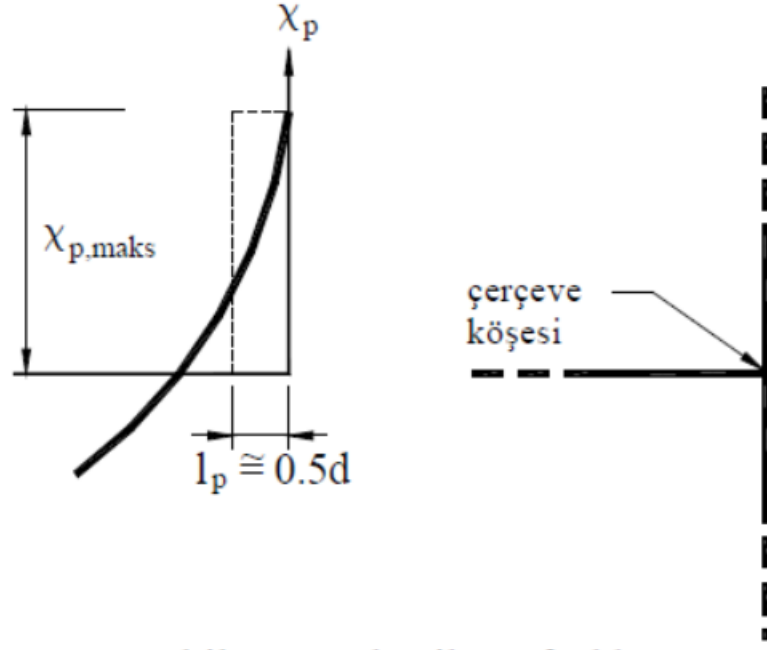
Dönme kapasitesi;

$$\max \phi_p = l_p \chi_{p,maks} \quad (2.7)$$

bağıntısı ile hesaplanabilir. Burada l_p , eşdeğer plastik bölge uzunluğunu (plastik mafsallık boyu) göstermektedir ve yaklaşık olarak;

$$l_p \cong 0.5d \quad (d : \text{en kesit yüksekliği}) \quad (2.8)$$

formülü ile ifade edilir, Şekil 2.18.



Şekil 2.18 : Plastik mafsalsal boyu [2].

Betonarme yapı sistemlerinde dönme kapasitesinin değeri çeşitli etkenlere bağlıdır.

Bunların başlıcaları;

- betonarme betonu ve beton çeliğinin σ - ϵ diyagramlarını belirleyen ϵ_{cu} ve ϵ_{su} sınır birim boy değişimleri,
- betonarme betonunun ϵ_{cu} sınır birim boy değişmesini etkileyen, sargı donatısı miktarı, şekli ve yerleşim düzeni,
- plastik mafsalsal boyunu etkileyen enkesit boyutları,
- eğilme momenti diyagramının şeklidir.

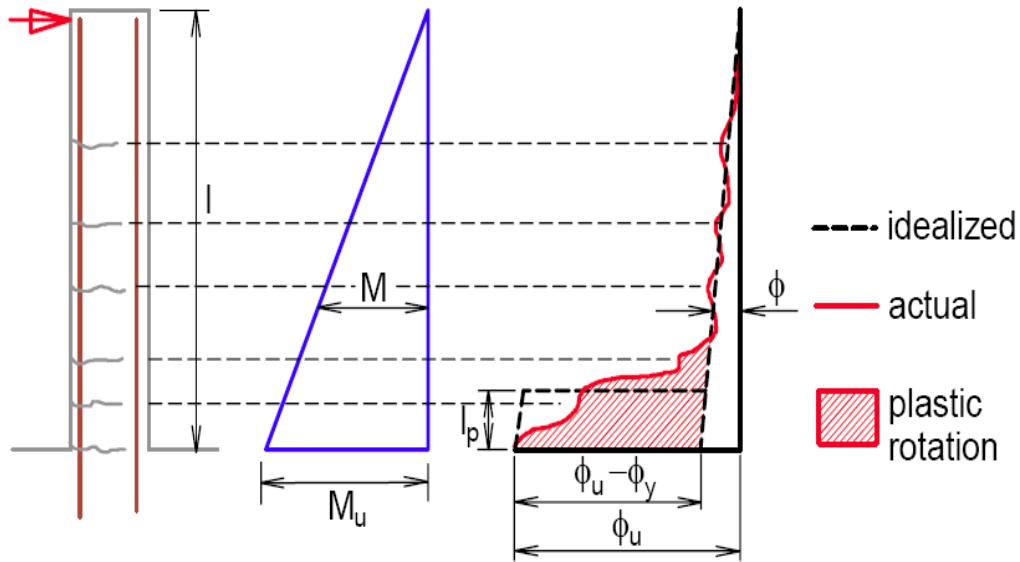
Çelik yapı sistemlerinde ise, dönme kapasitesi genellikle büyük değerler alabilmektedir. Diğer taraftan, performansa dayanan tasarım ve değerlendirme yöntemlerinde, dönme kapasitesinin belirlenmesinde yapıdan beklenen performans düzeyi de etken olmaktadır [2].

Genel olarak plastik mafsalsal (doğrusal olmayan şekildeğiştirmelerin yapı elemanlarının belirli kesitlerinde toplandığı diğer kesitlerin doğrusal şekildeğiştirmeler yaptığı) kabulüyle ulaşılmak istenen amaçların en başında çözümleme sırasında kolaylık sağlamak gelmektedir. Bu kolaylık sistemlerin çözümlemesinde bilgisayar kullanımının zorunlu hale geldiği günümüzde yayılı

plastik davranış (şekildeğiştirmelerin yapı elemanları boyunca yayılı halde bulunması) modellerine göre çözümleme sırasında zamandan tasarruf etmeye denk gelmektedir.

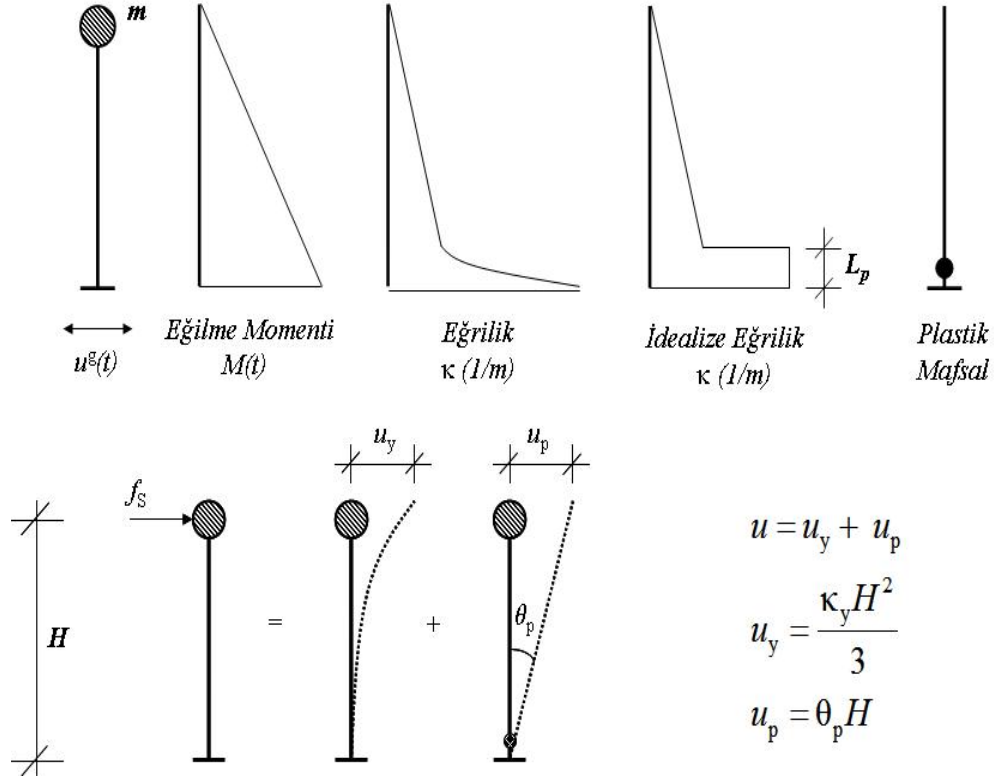
Plastik mafsal kabulü sonucunda yapı malzemelerinin doğrusal olmayan davranışları sırasıyla malzemeden kesitlere, kesitlerden yapı elemanlarına, yapı elemanlarından da sisteme geçtiği varsayılarak tüm sistemin doğrusal olmayan davranışı öngörülme çalışılır.

Aşağıda Şekil 2.19’da ankastre bir konsol kolonun tepe noktasından yatay bir kuvvet uygulandığında mesnet bölgesinde oluşan plastik şekildeğiştirmeler gösterilmiştir.



Şekil 2.19 : Ankastre konsolda oluşan plastik şekildeğiştirmeler [11].

Yine Şekil 2.20’de sisteme etkiyen bir yer ivmesi sonucu sistemde oluşan moment, eğrilik ve dönmeler ile elastik ve plastik yerdeğiştirmeler gösterilmiştir.



Şekil 2.20 : Plastik mafsall oluşumu ve yerdeğiştirmeler [11].

2.10 Depreme Dayanıklı Bina Tasarımı

Modern deprem yönetmeliklerinde depreme dayanıklı bina tasarımı, farklı büyüklüklerdeki olası deprem yer hareketleri altında, bina taşıyıcı sisteminin öngörülen belirli performans düzeylerini sağlayabilmesi olarak tanımlanmaktadır. Diğer başlıca deprem yönetmeliklerinde olduğu gibi, Türk Deprem Yönetmeliği’nde de, yeni yapılacak binaların depreme dayanıklı olarak tasarımının ana ilkesi, hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan elemanların herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlardaki hasarın sınırlı ve onarılabılır düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlanması olarak tanımlanmıştır. Bu tanımdaki şiddetli deprem, bina önem katsayısı $I=1$ olan binalar için, 50 yıllık bir süre içinde aşılma olasılığı %10 olan depremdir. Bu tanıma paralel olarak, mevcut binaların değerlendirilmesi ve

güçlendirilmesinde gözönüne alınmak üzere, farklı aşılma olasılıklı depremler ve bu deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri de yönetmelikte ayrıca verilmiştir.

Deprem etkilerine karşı dayanıklı olması istenen binalarda, taşıyıcı sistemin bütününde, taşıyıcı sistemi oluşturan elemanlarda ve birleşim bölgelerinde deprem yüklerinin temel zeminine kadar sürekli bir şekilde, güvenli olarak aktarılmasını sağlayacak yeterlikte *dayanım*, *süneklik* ve *rijitlik* bulunmalıdır.

Dayanımın sağlanması için taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların tasarım yüklerini güvenli taşıyabilecek biçimde boyutlandırılması ve detaylandırılması gerekmektedir.

Süneklik, dayanımı kabetmeden büyük şekildeğiştirme yapabilme özelliğine verilen addır. Deprem etkisinde sünek davranış gösteren bir yapı; elemanların ve birleşimlerin doğrusal olmayan davranışları sonucu büyük miktarda enerji yutabilmektedir. Malzeme sünekliği, kesit sünekliği, eleman sünekliği ve sistem sünekliği olarak farklı süneklik türleri bulunmaktadır.

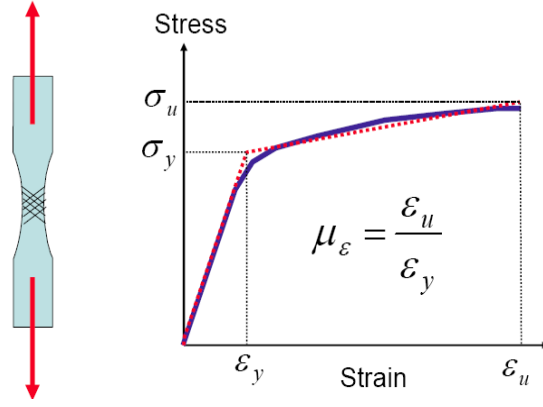
Taşıyıcı sistemin yeterli rijitliğe sahip olması tasarım yükleri etkisinde oluşacak yerdeğiştirmelerin sınırlandırılması ile sağlanmaktadır. Yerdeğiştirme sınırının oluşabilecek hasarın göstergesi olabileceği düşünülerek genellikle görelî kat yerdeğiştirmesinin kat yüksekliğine oranına bağlı olarak tanımlanmaktadır. Görelî yerdeğiştirmelerin büyük olması, ikinci mertebe etkilerin büyümesine ve sistemin kararlılığının (stabilitesinin) azalmasına neden olmaktadır [6].

2.10.1 Süneklik

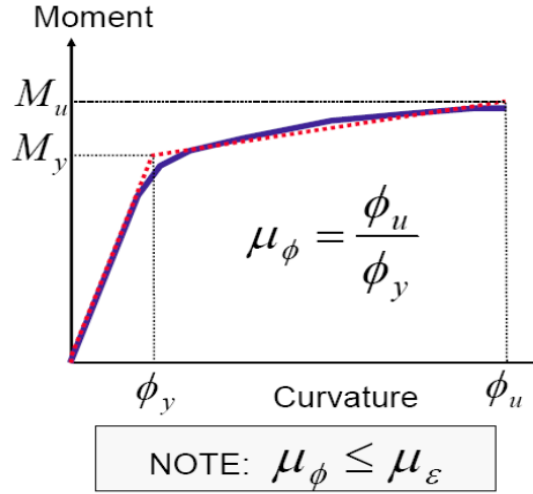
Süneklik, bir kesitin, bir elemanın veya bir taşıyıcı sistemin, dış yükte önemli bir değişme olmaksızın, elastik sınırın ötesinde şekildeğiştirme, dolayısıyla yerdeğiştirme yapma yeteneği olarak tanımlanabilir. Sayısal tanımı, güç tükenme durumu ile elastik sınır şekildeğiştirme (veya yerdeğiştirme) nin oranı olarak yapılır [3].

Sünekliğin, malzeme sünekliği, kesit sünekliği, eleman sünekliği ve sistem sünekliği olarak farklı türleri vardır. Aşağıdaki şekillerde süneklik türleri için kabul edilebilecek diyagramlar gösterilmiştir. Bu şekillerde yukarıda belirtildiği gibi güç tükenme durumunun elastik sınır durumuna oranı olan sayısal süneklik ifadesi belirtilmiştir. Ayrıca süneklik türleri arasında sayısal bir değerlendirme yaparsak bu sıralama genelde büyükten küçüğe doğru malzeme sünekliği, kesit sünekliği, eleman sünekliği

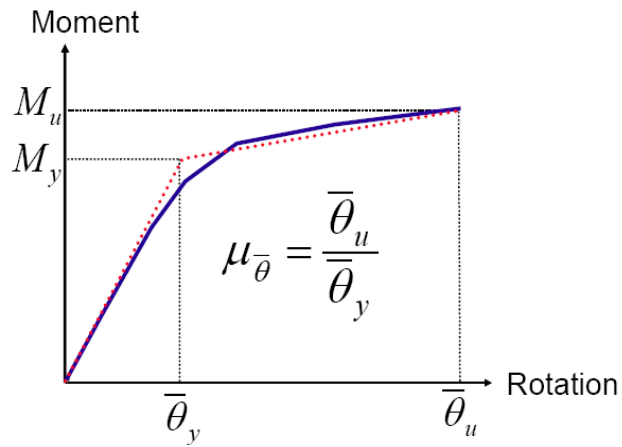
ve sistem sünekliği şeklinde olur. Bu çerçevede aşağıdaki şekillerde süneklik türleri gösterilmiştir.



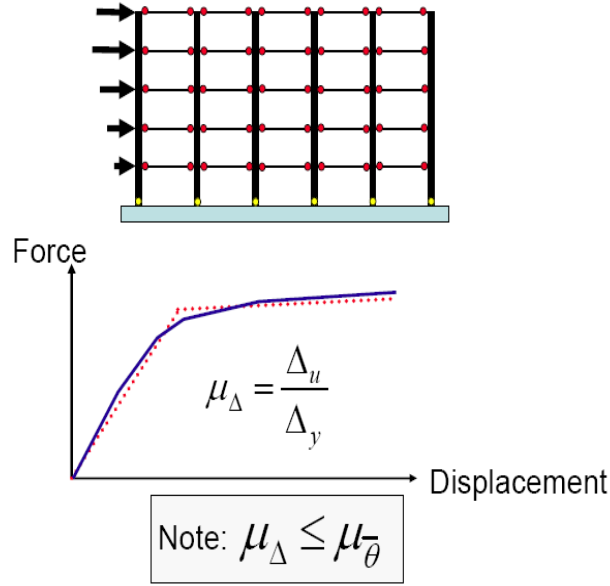
Şekil 2.21 : Malzemenin (şekildeğiştirme) sünekliği μ_ε [11].



Şekil 2.22 : Kesitin (eğrilik) sünekliği μ_ϕ [11].

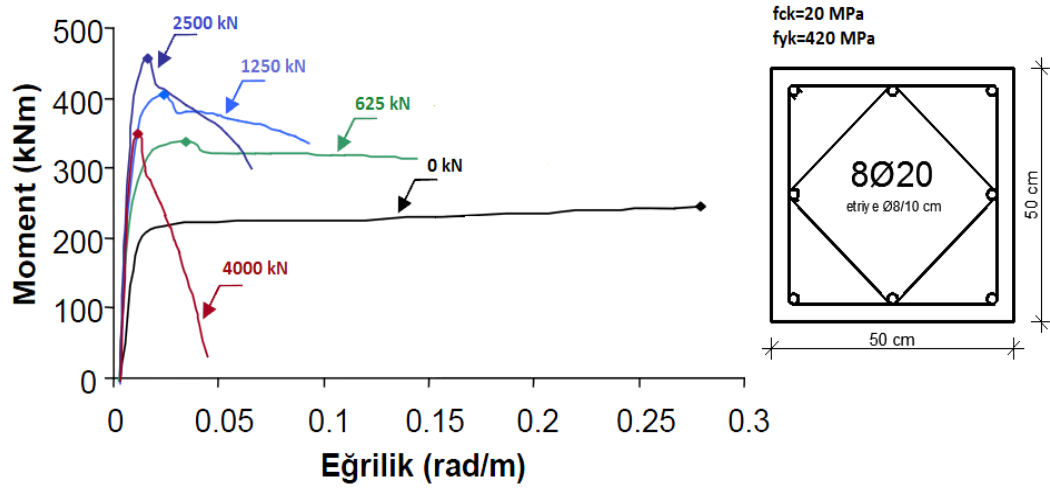


Şekil 2.23 : Elemanın (dönme) sünekliği μ_θ [11].

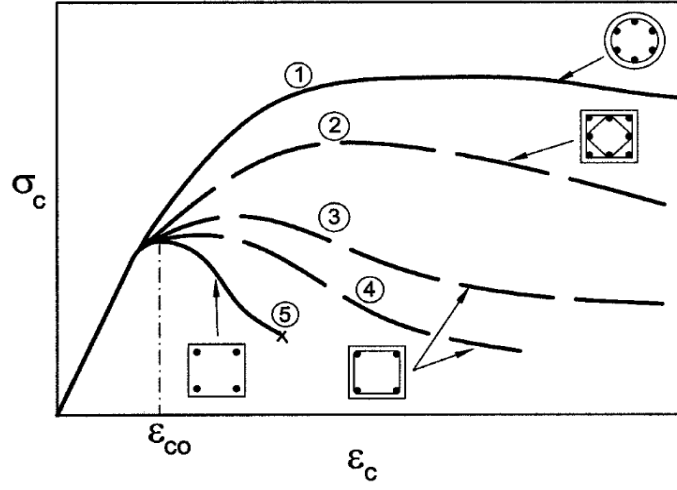


Şekil 2.24 : Sistem (deplasman) sünekliği μ_{Δ} [11].

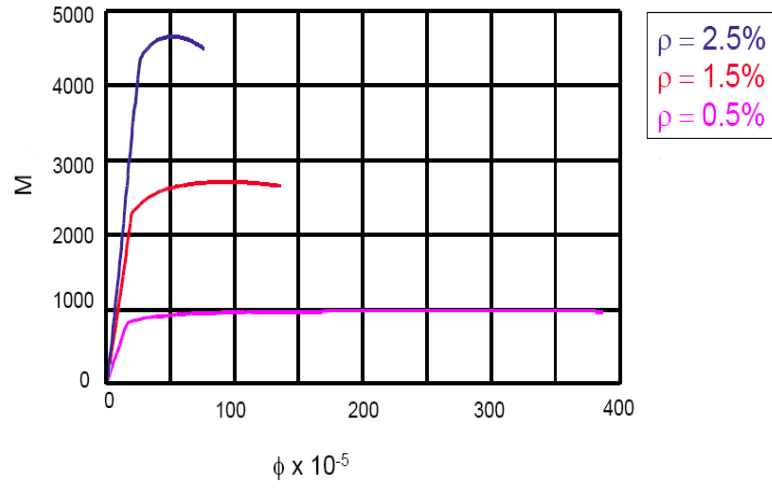
Yapılan süneklik tanımlarının ve gösterilen süneklik çeşitlerinin ardından aşağıdaki şekillerde de betonarme kesitlerde sünekliğe etki eden faktörler gösterilmiştir.



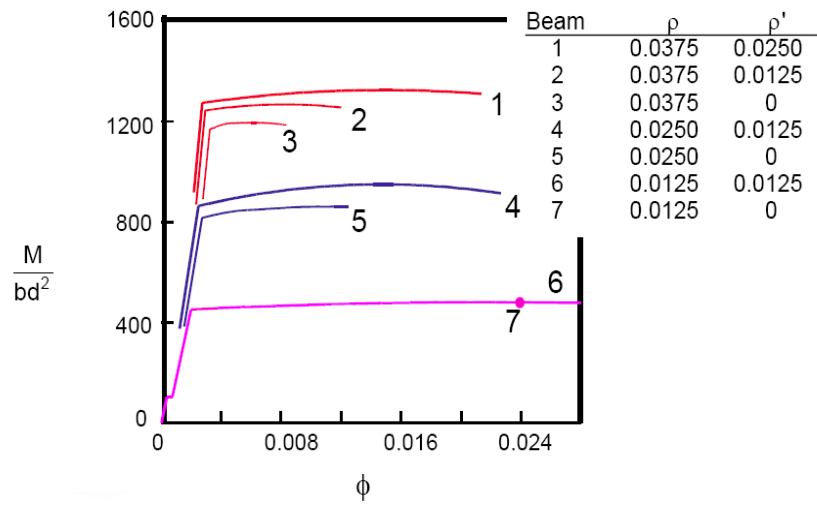
Şekil 2.25 : Kolonlarda eksenel kuvvetin sünekliğe etkisi [11].



Şekil 2.26 : Kolonlarda sargı donatısının sünekliliğe etkisi [11].



Şekil 2.27 : Donatı oranının moment-eğriliğe etkisi [11].



Şekil 2.28 : Basınç donatısının moment-eğriliğe etkisi [11].



Şekil 2.29 : Sargı donatılı kolonlar [11].

2.10.2 Kapasite Tasarımı

Bina taşıyıcı sisteminin depreme dayanıklı olarak tasarımında, genel olarak, aşağıdaki iki farklı yaklaşımdan biri izlenebilir [4].

- Yapı taşıyıcı sistemi tasarım depremi altında doğrusal-elastik olarak davranacak şekilde boyutlandırılır. Diğer bir deyişle, tasarım depreminden oluşan iç kuvvetlerin kesitlerin elastik taşıma kapasitelerini aşmasına ve sistemde plastik şekildeğiştirmelerin meydana gelmesine izin verilmez. Böylece sistemin şekildeğiştirmeleri doğrusal-elastik sınırlar içinde kalır; yani yapı taşıyıcı sisteminde hasar oluşmaz. Görüldüğü gibi, bu tasarım yaklaşımında sistemin öngörülen deprem etkileri altındaki doğrusal-elastik davranışı ve performansı başlangıçta kolaylıkla tahmin edilebilmektedir. Ancak bu tasarım yaklaşımı genel olarak ekonomik değildir ve sadece önem derecesi yüksek olan binalara uygulanmaktadır.
- Diğer bir yaklaşımda, tasarım depremi altında yapı taşıyıcı sisteminin doğrusal-elastik sınır ötesindeki davranışı gözönüne alınır. Ancak bu davranışın, sistemde en uygun mekanizma durumunu oluşturması öngörülür ve sadece belirli elemanlarda doğrusal-elastik sınır ötesindeki şekildeğiştirmelere izin verilir. Yapı sistemi öngörülen davranış modeline

uygun olacak şekilde boyutlandırılır. Görüldüğü gibi, bu tasarım yaklaşımı yeter derecede güvenli ve ekonomik sonuç verebilir. Ancak, bu yaklaşımın etkin olabilmesi için, boyutlandırmanın *kapasite tasarımı ilkeleri* çerçevesinde gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Kapasite tasarımı ilkesinin depreme dayanıklı bina tasarımında uygulanması ilk olarak, Prof. Paulay'ın liderliğinde, Yeni Zelanda deprem yönetmeliğinde betonarme yapı sistemleri için gerçekleştirilmiştir (Paulay 1970). Daha sonra bu kavram diğer modern yönetmeliklerde, betonarme ve çelik yapı sistemlerini de kapsayacak şekilde yer almıştır [4].

Kapasite tasarımı, deprem etkisindeki sünek yapılarda kullanılır. Tasarımda taşıyıcı sistemin bazı elemanları büyük şekildeğıştirmelerle enerji tüketecek ve elastik ötesi şekildeğıştırme yapacak şekilde tasarlanır. Bu kritik kesitlere plastik mafsallık denir.

Kapasite tasarımı adımları [5]:

- Büyük depremde oluşacak mekanizma durumu seçilir.
- Plastik mafsalda minimum elastik ötesi dönme ile gerekli yerdeğıştırme sünekliğinin elde edilmesi amaçlanır.
- Plastik mafsallık bölgeleri tanımlanır. Bu kesitlerde süneklik sağlanır. Donatı kenetlenmesi ve dönme kapasitesi sağlanır. Bunun için en uygun yöntem sık ve kenetlenmesi tam sargı donatısı uygulamasıdır.
- Donatı düzeni plastik mafsallık bölgelerinde ve diğer bölgelerde farklı olarak düzenlenir.
- Plastik mafsallık içeren elemanlarda istenmeyen elastik ötesi şekildeğıştırme biçimleri bunların dayanımları yüksek tutularak önlenir.
- Gevrek elemanların veya enerji tüketmeyen elemanların dayanımları, plastik mafsallık kapasitelerinin talebinden yüksek tutulur. Bunlar elastik kalacak şekilde tasarlanır.
- Kapasite tasarımında, taşıyıcı sistemin davranışı tasarımcı tarafından belirlenir. Taşıyıcı sistemin istenen mekanizma durumu sağlanırken, istenmeyen mekanizma durumu önlenir.

- Kolon ve kirişte kesme kuvveti dayanımı, plastik mafsallın talebinden yüksek tutulur.
- Kiriş-kolon birleşim bölgesi enerji tüketimi bakımından zayıf bir bölgedir. Kesme kuvvetinden oluşabilecek elastik ötesi şekildeğiştirme ve donatıda aderans çözülmesi önlenmelidir. Dayanım plastik mafsallın talebinden daha büyük tutulmalıdır.

Kapasite tasarımı için DBYBHY 2007’de;

- Kolonların kirişlerden güçlü olması,
- Kiriş ve kolonların kesme kuvveti kapasitesinin eğilme kapasitesinden yüksek olması,
- Kiriş ve kolonların deprem etkisinde en çok zorlanan kesitlerinde sargı donatısı öngörülerek betonda sınırlı da olsa süneklik sağlanması,
- Perdelerin en çok zorlanan kesitleri olan mesnet bölgelerinde (kritik perde yüksekliği) ve perde uç bölgelerinde sargı donatısının öngörülmesi,
- Perde tasarım momentinin, perde kritik yüksekliğinde (potansiyel plastik mafsall bölgesi) sabit değışim ve yükseklik boyunca momentin değışiminin doğrusal biçimde kabul edilmesi,
- Tabandaki perde kesme kuvvetinin tasarımda kesitin eğilme momenti kapasitesine uygun olarak arttırılması

gibi koşullar sünek güç tükenmesinin oluşturulması veya başka bir ifade ile kapasite tasarımının uygulaması olarak görülebilir [3].

Son zamanlarda ise kapasite tasarımına ek olarak şekildeğiştirmeye dayalı performansa göre tasarım ilkesi de yönetmeliklerde yerini almaya başladı. Performans kavramı, mevcut yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesinde ve güçlendirilmesinde kullanılsa da performansa dayalı tasarım adı altında yeni binaların tasarımında da önemli bir yer tutmaktadır.

3. PERFORMANS KAVRAMI VE TDY 2007 YAKLAŞIMI

3.1 Giriş

Yerdeğiştirmeye bağlı performans kriterlerini esas alan yapısal değerlendirme ve tasarım, ilk olarak ABD’de deprem bölgelerindeki yapıların deprem güvenliklerinin daha gerçekçi olarak belirlenmesi ve yeterli güvenlikte olmayan yapıların güçlendirilmeleri çalışmaları sırasında ortaya konulmuş ve daha sonra 2007 yılında DBYBHY 2007 ile ülkemizde uygulanmaya başlanmıştır.

Aşağıda Türk Deprem Yönetmeliği’nin yedinci bölümünde yer alan bazı temel kavramlar ve hesap yöntemleri incelenecektir.

3.2 Binalardan Bilgi Toplanması

Mevcut binaların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin belirlenmesinde ve deprem dayanımlarının değerlendirilmesinde kullanılacak eleman detayları ve boyutları, taşıyıcı sistem geometrisine ve malzeme özelliklerine ilişkin bilgiler, binaların projelerinden ve raporlarından, binada yapılacak gözlem ve ölçümlerden, binadan alınacak malzeme örneklerine uygulanacak deneylerden elde edilecektir. Binalardan bilgi toplanması kapsamında yapılacak işlemler, yapısal sistemin tanımlanması, bina geometrisinin, temel sisteminin ve zemin özelliklerinin saptanması, varsa mevcut hasarın ve evvelce yapılmış olan değişiklik ve/veya onarımların belirlenmesi, eleman boyutlarının ölçülmesi, malzeme özelliklerinin saptanması, sahada derlenen tüm bu bilgilerin binanın varsa projesine uygunluğunun kontrolüdür [1].

3.2.1 Bina bilgi düzeyleri

Binaların incelenmesinden elde edilecek mevcut durum bilgilerinin kapsamına göre, her bina türü için bilgi düzeyi ve buna bağlı olarak bilgi düzeyi katsayıları tanımlanmaktadır. Bilgi düzeyleri sırasıyla sınırlı, orta ve kapsamlı olarak

sınıflandırılır. Elde edilen bilgi düzeyleri taşıyıcı eleman kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılır [1].

Sınırlı Bilgi Düzeyi'nde binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değildir. Taşıyıcı sistem özellikleri binada yapılacak ölçümlerle belirlenir.

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

Kapsamlı Bilgi Düzeyi'nde binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcuttur. Proje bilgilerinin doğrulanması amacıyla yeterli düzeyde ölçümler yapılır.

3.2.2 Betonarme binalarda sınırlı bilgi düzeyi

Bina Geometrisi: Saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem plan rölevesi çıkarılacaktır. Mimari projeler mevcut ise, röleve çalışmalarına yardımcı olarak kullanılır. Elde edilen bilgiler tüm betonarme elemanların ve dolgu duvarlarının her kattaki yerini, eksen açıklıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içermelidir ve binanın hesap modelinin oluşturulması için yeterli olmalıdır. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenecektir [1].

Eleman Detayları: Betonarme projeler veya uygulama çizimleri mevcut değildir. Betonarme elemanlardaki donatı miktarı ve detaylarının binanın yapıldığı tarihteki minimum donatı koşullarını sağladığı varsayılır. Bu varsayımın doğrulanması veya hangi oranda gerçekleştiğinin belirlenmesi için her katta en az birer adet olmak üzere perde ve kolonların %10'unun ve kirişlerin %5'inin pas payları sıyrılarak donatı ve donatı bindirme boyu tespiti yapılacaktır. Sıyırma işlemi kolonların ve kirişlerin uzunluğunun açıklık ortasındaki üçte birlik bölümde yapılmalı, ancak donatı bindirme boyunun tespiti amacıyla en az üç kolonda bindirme bölgelerinde yapılmalıdır. Sıyrılan yüzeyler daha sonra yüksek dayanımlı tamir harcı ile kapatılacaktır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir. Donatı tespiti yapılan betonarme kolon ve kirişlerde bulunan mevcut donatının minimum donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı

belirlenecektir. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir [1].

Malzeme Özellikleri: Her katta kolonlardan veya perdelerden TS-10465’de belirtilen koşullara uygun şekilde en az iki adet beton örneği (karot) alınarak deney yapılacak ve örneklerden elde edilen en düşük basınç dayanımı mevcut beton dayanımı olarak alınacaktır. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan görsel inceleme ile tespit edilecek, bu sınıftaki çeliğin karakteristik akma dayanımı mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır [1].

3.2.3 Betonarme binalarda orta bilgi düzeyi

Bina Geometrisi: Binanın betonarme projeleri mevcut ise, binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projesine uygunluğu kontrol edilir. Proje yoksa saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem rölevesi çıkarılacaktır. Elde edilen bilgiler tüm betonarme elemanların ve dolgu duvarlarının her kattaki yerini, açıklıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içermelidir. Bina geometrisi bilgileri, bina kütesinin hassas biçimde tanımlanması için gerekli ayrıntıları içermelidir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenecektir. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir [1].

Eleman Detayları: Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut değil ise sınırlı bilgi düzeyi malzeme özelliklerindeki koşullar geçerlidir, ancak pas payları sıyrılarak donatı kontrolü yapılacak perde, kolon ve kirişlerin sayısı her katta en az ikişer adet olmak üzere o kattaki toplam kolon sayısının %20’sinden ve kiriş sayısının %10’undan az olmayacaktır. Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut ise donatı kontrolü için sınırlı bilgi düzeyi malzeme özelliklerinde belirtilen işlemler, aynı miktardaki betonarme elemanda uygulanacaktır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların %20’sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir. Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunması halinde, betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı

belirlenecektir. Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı 1'den büyük olamaz. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir [1].

Malzeme Özellikleri: Her kattaki kolonlardan veya perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olmamak üzere, her 400 m²'den bir adet beton örneği (karot) TS-10465'de belirtilen koşullara uygun şekilde alınarak deney yapılacaktır. Elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri mevcut beton dayanımı olarak alınacaktır. Beton dayanımının binadaki dağılımı, karot deney sonuçları ile uyarlanmış beton çekici okumaları veya benzeri hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilebilir. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan görsel inceleme ile tespit edilecek, bu sınıftaki çeliğin karakteristik dayanımı eleman kapasite hesaplarında mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır[1].

3.2.4 Betonarme binalarda kapsamlı bilgi düzeyi

Bina Geometrisi: Binanın betonarme projeleri mevcuttur. Binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projelere uygunluğu kontrol edilir. Projeler ölçümler ile önemli farklılıklar gösteriyor ise proje yok sayılacak ve bina orta bilgi düzeyine uygun olarak incelenecektir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Komşu binalarla ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenecektir. Bina geometrisi bilgileri, bina kütesinin hassas biçimde tanımlanması için gerekli ayrıntıları içermelidir. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir [1].

Eleman Detayları: Binanın betonarme detay projeleri mevcuttur. Donatının projeye uygunluğunun kontrolü için orta bilgi düzeyi eleman detaylarında belirtilen işlemler, aynı miktardaki betonarme elemanda uygulanacaktır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir. Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunması halinde, betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı 1'den

büyük olamaz. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir [1].

Malzeme Özellikleri: Her kattaki kolonlardan veya perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olmamak üzere, her 200 m²'den bir adet beton örneği (karot) TS-10465'de belirtilen koşullara uygun şekilde alınarak deney yapılacaktır. Elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında, örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri mevcut beton dayanımı olarak alınacaktır. Beton dayanımının binadaki dağılımı, karot deney sonuçları ile uyarlanmış beton çekici okumaları veya benzeri hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilebilir. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan inceleme ile tespit edilecek, her sınıftaki çelik için (S220, S420, vb.) birer adet örnek alınarak deney yapılacak, çeliğin akma ve kopma dayanımları ve şekildeğiştirme özellikleri belirlenerek projeye uygunluğu saptanacaktır. Projesine uygun ise, eleman kapasite hesaplarında projede kullanılan çeliğin karakteristik akma dayanımı mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Uygun değil ise, en az üç adet örnek daha alınarak deney yapılacak, elde edilen en elverişsiz değer eleman kapasite hesaplarında mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır [1].

3.2.5 Bilgi düzeyi katsayıları

İncelenen binalardan edinilen bilgi düzeylerine göre, eleman kapasitelerine uygulanacak Bilgi Düzeyi Katsayıları kullanılmaktadır [1]. Çizelge 3.1'de binalar için yönetmelikte belirlenen bilgi düzeyi katsayıları verilmiştir.

Çizelge 3.1 : Binalar için bilgi düzeyi katsayıları [1].

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

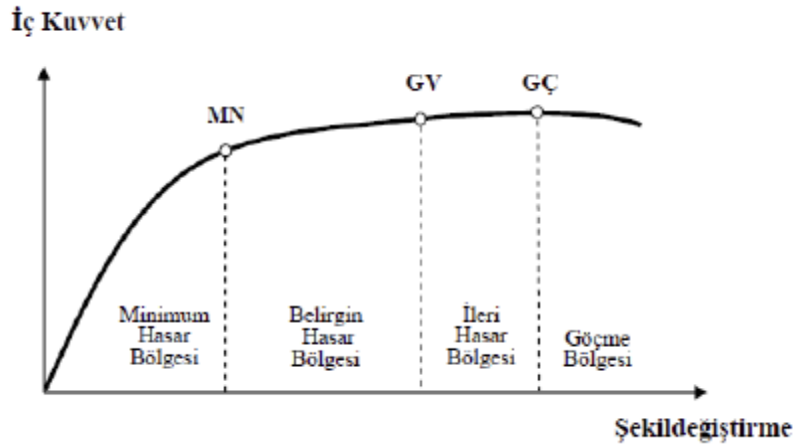
3.3 Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları Ve Hasar Bölgeleri

3.3.1 Kesit hasar sınırları

Sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durum tanımlanmıştır. Bunlar Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ)'dir. Minimum Hasar Sınırı ilgili kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, Güvenlik Sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, Göçme Sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar gören elemanlarda bu sınıflandırma geçerli değildir [1].

3.3.2 Kesit hasar bölgeleri

Kritik kesitleri MN'ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, GÇ'yi aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi'nde yer alırlar [1]. (Şekil 3.1)



Şekil 3.1 : Betonarme elemanlardaki kesit hasar bölgeleri [1].

3.3.3 Kesit ve eleman hasarlarının tanımlanması

İç kuvvetlerin ve/veya şekil değiştirmelerin kesit hasar sınırlarına karşı gelmek üzere tanımlanan sayısal değerler ile karşılaştırılması sonucunda, kesitlerin hangi hasar bölgelerinde olduğuna karar verilecektir. Eleman hasarı, elemanın en fazla hasar gören kesitine göre belirlenecektir [1].

3.4 Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke Ve Kurallar

Deprem hesabının amacı, mevcut veya güçlendirilmiş binaların deprem performansını belirlemektir [1].

- Deprem hesabında, Bina Önem Katsayısı uygulanmayacaktır ($I=1.0$).
- Binaların deprem performansı, yapıya etkiyen düşey yüklerin ve deprem etkilerinin birleşik etkileri altında değerlendirilecektir. Hareketli düşey yükler, deprem hesabında gözönüne alınan kütleler ile uyumlu olacak şekilde tanımlanacaktır.
- Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilecektir.
- Deprem hesabında kullanılacak zemin parametreleri DBYBHY Bölüm 6'ya göre belirlenecektir.
- Binanın taşıyıcı sistem modeli, deprem etkileri ile düşey yüklerin ortak etkileri altında yapı elemanlarında oluşacak iç kuvvet, yerdeğiştirme ve şekildeğiştirmeleri hesaplamak için yeterli doğrulukta hazırlanacaktır.
- Deprem hesabında göz önüne alınacak kat ağırlıkları DBYBHY 2.7.1.2'ye göre hesaplanacak, kat kütleleri kat ağırlıkları ile uyumlu olarak tanımlanacaktır.
- Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yerdeğiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri gözönüne alınacaktır. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanacak, ayrıca ek dışmerkezlik uygulanmayacaktır.
- Mevcut binaların taşıyıcı sistemlerindeki belirsizlikler, binadan derlenen verilerin kapsamına göre DBYBHY 7.2'de tanımlanan bilgi düzeyi katsayıları aracılığı ile hesap yöntemlerine yansıtılacaktır.
- DBYBHY 3.3.8'e göre kısa kolon olarak tanımlanan kolonlar, taşıyıcı sistem modelinde gerçek serbest boyları ile tanımlanacaktır.
- Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki betonarme kesitlerin etkileşim diyagramlarının tanımlanmasına ilişkin koşullar aşağıda verilmiştir:

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

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

(c) Etkileşim diyagramları uygun biçimde doğrusallaştırılarak çok doğrudu veya çok düzlemlili diyagramlar olarak modellenenebilir.

- Betonarme sistemlerin eleman boyutlarının tanımında birleşim bölgeleri sonsuz rijit uç bölgeleri olarak gözönüne alınabilir.
- Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri $(EI)_e$ kullanılacaktır. Daha kesin bir hesap yapılmadıķa, etkin eğilme rijitlikleri için aşağıda verilen değerler kullanılacaktır:

(a) Kirişlerde: $(EI)_e = 0.40(EI)_0$

(b) Kolon ve perdelerde:

$N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0.10$ olması durumunda: $(EI)_e = 0.40(EI)_0$

$N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0.40$ olması durumunda: $(EI)_e = 0.80(EI)_0$

Eksenel basınç kuvveti N_D ’nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir. N_D , deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu yüklerin gözönüne alındığı ve çatlamamış kesitlere ait $(EI)_0$ eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük hesabı ile belirlenecektir. Deprem hesabı için başlangıç durumunu oluşturan düşey yük hesabı ise, yukarıda belirtildiğı şekilde elde edilen etkin eğilme rijitliğı $(EI)_e$ kullanılarak, deprem hesabında esas alınan kütlelerle uyumlu yüklere göre yeniden yapılacaktır. Deprem hesabında da aynı rijitlikler kullanılacaktır.

- Betonarme tablalı kirişlerin pozitif ve negatif plastik momentlerinin hesabında tabla betonu ve içindeki donatı hesaba katılabilir.
- Betonarme elemanlarda kenetlenme veya bindirme boyunun yetersiz olması durumunda, kesit kapasite momentinin hesabında ilgili donatının akma gerilmesi kenetlenme veya bindirme boyundaki eksikliğı oranında azaltılabilir.

- Zemindeki şekildeğiştirmelerin yapı davranışını etkileyebileceği durumlarda zemin özellikleri analiz modeline yansıtılacaktır.
- DBYBHY Bölüm 2’de modelleme ile ilgili olarak verilen diğer esaslar geçerlidir.

3.5 Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler İle Belirlenmesi

Deprem etkisi altında mevcut binaların yapısal performanslarının belirlenmesi ve güçlendirme analizleri için kullanılacak doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin amacı, verilen bir deprem için sünek davranışa ilişkin plastik şekildeğiştirme istemleri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet istemlerinin hesaplanmasıdır. Daha sonra bu istem büyüklükleri, bu bölümde tanımlanmış bulunan şekildeğiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirmesi yapılacaktır [1].

3.5.1 Doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi

- Malzeme bakımından doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi için, literatürde geçerliliği kanıtlanmış modeller kullanılabilir. Ancak, mühendislik uygulamalarındaki yaygınlığı ve pratikliği nedeni ile aşağıdaki kısımlarda doğrusal elastik olmayan analiz için yığılı plastik davranış modeli esas alınmıştır. Basit eğilme durumunda *plastik mafsallık hipotezi*’ne karşı gelen bu modelde, çubuk eleman olarak idealleştirilen kiriş, kolon ve perde türü taşıyıcı sistem elemanlarındaki iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekildeğiştirmelerin düzgün yayılı biçimde oluştuğu varsayılmaktadır. Plastik mafsallık boyu olarak adlandırılan plastik şekildeğiştirme bölgesinin uzunluğu (L_p), çalışan doğrultudaki kesit boyutu (h)’nin yarısına eşit alınacaktır ($L_p=0.5h$) $H_w/\ell_w \leq 2.0$ olan perdelerde, eğilme etkisi altında plastik şekildeğiştirmeler gözönüne alınmayacaktır.
- Sadece eksenel kuvvet altında plastik şekildeğiştirme yapan elemanların plastik şekildeğiştirme bölgelerinin uzunluğu, ilgili elemanın serbest boyuna eşit alınacaktır.

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

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

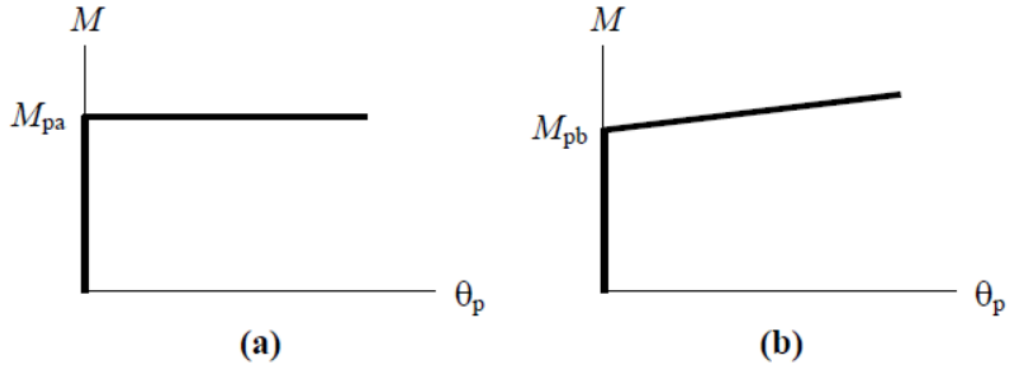
b) Betonarme perdelerde, plastik kesitlerin her katta perde kesiminin alt ucuna konulmasına izin verilebilir. U, T, L veya kutu kesitli perdeler, bütün kolları birlikte çalışan tek perde olarak idealleştirilmelidir. Binaların bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunması durumunda, bu perdelerden üst katlara doğru devam eden perdelerin plastik kesitleri bodrum üstünden başlamak üzere konulmalıdır.

- Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisinde plastikleşen betonarme kesitlerin akma yüzeyleri olarak DBYBHY 7.4.11'de tanımlanan koşullara göre belirlenen etkileşim diyagramları kullanılacaktır. Akma yüzeyleri, DBYBHY 7.4.11(c)'ye göre uygun biçimde doğrusallaştırılarak iki boyutlu davranış durumunda akma çizgileri, üç boyutlu davranış durumunda ise akma düzlemleri olarak modellenenebilir.
- İtme analizi modelinde kullanılacak plastik kesitlerin iç kuvvet-plastik şekildeğiştirme bağıntıları ile ilgili olarak aşağıdaki paragraflar dikkate alınacaktır:

a) İç kuvvet-plastik şekildeğiştirme bağıntılarında pekleşme etkisi (plastik dönme artışına bağlı olarak plastik momentin artışı) yaklaşık olarak terk edilebilir (Şekil 3.2a). Bu durumda, bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında, iç kuvvetlerin akma yüzeyinin üzerinde kalması koşulu ile plastik şekildeğiştirme vektörünün akma yüzeyine yaklaşık olarak dik olması koşulu gözönüne alınacaktır.

b) Pekleşme etkisinin gözönüne alınması durumunda (Şekil 3.2b), bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi

izleyen itme adımlarında iç kuvvetlerin ve plastik şekildeğiştirme vektörünün sağlaması gereken koşullar, ilgili literatürden alınan uygun bir pekleşme modeline göre tanımlanacaktır.



Şekil 3.2 : İç kuvvet plastik şekildeğiştirme kabulleri [1].

3.5.2 Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi

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

Zaman tanım alanında yapılacak analizde kullanılacak *yapay*, *kaydedilmiş* veya *benzeştirilmiş* yer hareketleri DBYBHY 2.9.1 ve 2.9.2'ye göre belirlenecek ve analizde 2.9.3 gözönüne alınacaktır.

3.5.3 Birim şekildeğiştirme istemlerinin belirlenmesi

- Zaman tanım alanında yapılan hesap sonucunda çıkış bilgisi olarak herhangi bir kesitte elde edilen θ_p plastik dönme istemine bağlı olarak *plastik eğrilik istemi*, aşağıdaki bağıntı ile hesaplanacaktır:

$$\phi_p = \frac{\theta_p}{L_p} \quad (3.1)$$

- Amaca uygun olarak seçilen bir beton modeli ile pekleşmeyi de gözönüne alan donatı çeliği modeli kullanılarak, kesitteki eksenel kuvvet istemi altında yapılan analizden elde edilen iki doğrusal moment-eğrilik ilişkisi ile

tanımlanan ϕ_y eşdeğer akma eğriliği, ϕ_p plastik eğrilik istemine eklenerek, kesitteki ϕ_t toplam eğrilik istemi elde edilecektir:

$$\phi_t = \phi_y + \phi_p \quad (3.2)$$

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

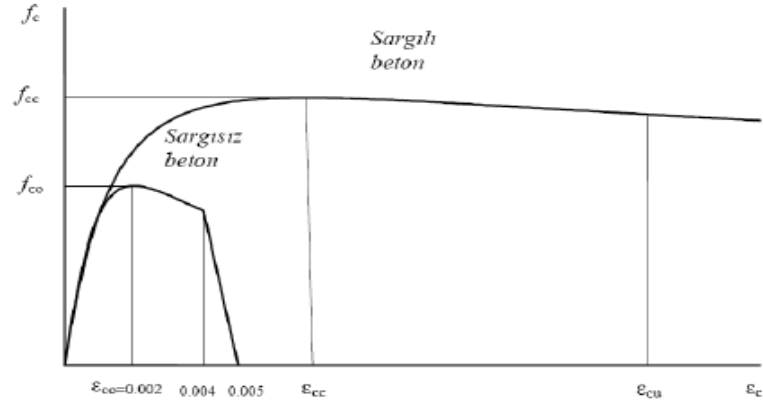
- Sargılı veya sargısız beton ve donatı çeliği modelleri için, başkaca bir seçim yapılmadığı durumlarda, Bilgilendirme DBYBHY Eki 7B'den yararlanılabilir.

3.5.4 Betonarme malzeme modelleri (DBYBHY Ek 7B)

Betonarme malzeme temel olarak çimento, agrega, su ve bazı kimyasal maddelerden oluşan beton ve donatı çeliğinden oluşur. Betonarme malzemede beton kısmın basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı düşüktür. Donatı çeliğinin ise çekme dayanımı yüksektir. DBYBHY 2007 7. Bölüm'de Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler ile performans değerlendirmesi yapılabilmesi için beton ve donatı çeliği için malzeme modelleri verilmiştir.

3.5.4.1 Beton malzeme modelleri

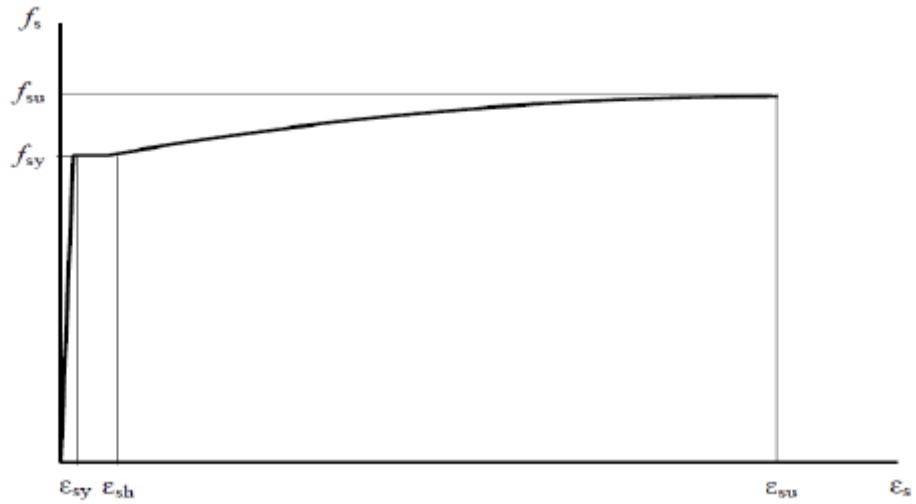
DBYBHY 2007 7. Bölüm'de Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler ile yapılacak olan çözümlemelerde kullanılmak üzere performans değerlendirmesi için “Sargısız” ve “Sargılı” olmak üzere iki ayrı beton modeli verilmiştir. Sargılı betonun davranışı; enine donatının aralığı, dağılımı, hacimsel oranı, çap ve çekme dayanımı, boyuna donatının kesit içinde dağılımı ve hacimsel oranı, betonun basınç dayanımı ve cinsi, eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda aksel kuvvetin seviyesi gibi birçok değişkene bağlıdır. Şekil 3.3'de DBYBHY 2007 sargılı ve sargısız beton malzemelerine ait gerilme şekildeğiştirme modellerinin grafiğı verilmiştir.



Şekil 3.3 : Sargılı ve sargısız beton malzemeler için gerilme-şekildeğiştirme grafikleri [1].

3.5.4.2 Donatı çeliği için malzeme modeli

DBYBHY 2007 Ek 7.B'ye göre donatı çeliği için şekildeğiştirme ve gerilme değerleri Şekil 3.4'te ve Çizelge 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.4 : Donatı çeliğinin gerilme-şekildeğiştirme grafiği [1].

Şekil 3.4'te verilen grafiğe göre DBYBHY 2007'de gerilme-şekildeğiştirme ilişkisi, elastik bölge, plastik plato bölgesi ve pekleşme bölgesi olmak üzere üç parçaya bölünmüştür. Donatı çeliğin gerilme-şekildeğiştirme ilişkisi üç parçadan oluşur.

Birinci parça doğrusal davranışın bulunduğu elastik bölüm, ikinci bölüm akma sahanlığının bulunduğu plastik plato bölgesi ve üçüncü bölüm ise pekleşme bölgesidir.

Çizelge 3.2 : Donatı çeliği için gerilme-şekildeğiştirme değerleri [1].

Kalite	f_{sy} (Mpa)	ϵ_{sy}	ϵ_{sh}	ϵ_{su}	f_{su} (Mpa)
S220	220	0.0011	0.011	0.16	275
S420	420	0.0021	0.008	0.10	550

3.5.5 Betonarme elemanların kesit birim şekildeğiştirme kapasiteleri

Beton ve donatı çeliğinin birim şekildeğiştirmeleri cinsinden DBYBHY 7.6.8'e göre elde edilen deprem istemleri, aşağıda tanımlanan birim şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit düzeyinde taşıyıcı sistem performansı belirlenecektir. Plastik şekildeğiştirmelerin meydana geldiği betonarme sünek taşıyıcı sistem elemanlarında, çeşitli kesit hasar sınırlarına göre izin verilen şekildeğiştirme üst sınırları (kapasiteleri) aşağıda tanımlanmıştır:

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

$$(\epsilon_{cu})_{MN} = 0.0035 \quad ; \quad (\epsilon_s)_{MN} = 0.010 \quad (3.3)$$

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

$$(\epsilon_{cg})_{GV} = 0.0035 + 0.01(\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.0135 \quad ; \quad (\epsilon_s)_{GV} = 0.040 \quad (3.4)$$

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

$$(\epsilon_{cg})_{GC} = 0.004 + 0.014(\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.018 \quad ; \quad (\epsilon_s)_{GC} = 0.060 \quad (3.5)$$

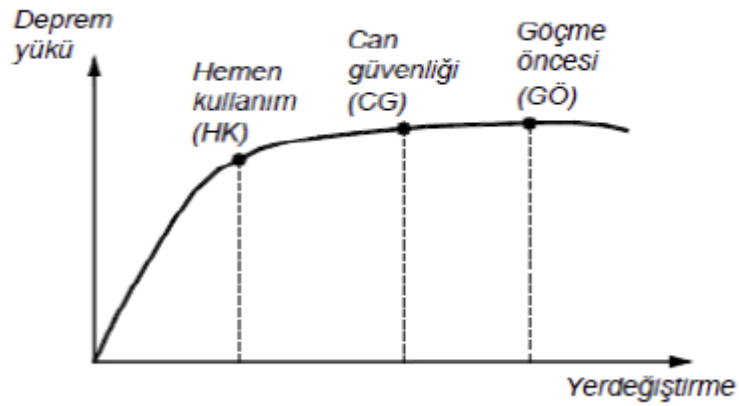
Gözönüne alınan enine donatıların DBYBHY 3.2.8'e göre “*özel deprem etriyeleri ve çirozları*” olarak düzenlenmiş olması zorunludur.

Yukarıdaki bağıntılarda ϵ_{cg} etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki, ϵ_{cu} ise kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesini göstermektedir. ϵ_s donatı çeliğindeki birim şekildeğiştirme, ρ_s kesitte mevcut bulunan ve sargı etkisi sağlayabilen (135° kancalı) enine donatının hacımsal oranı, ρ_{sm} ise kesitte bulunması gereken enine donatının hacımsal oranıdır.

3.6 Bina Deprem Performansının Belirlenmesi

3.6.1 Betonarme binaların deprem performansı

Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkilidir ve dört farklı performans seviyesi esas alınarak tanımlanmıştır. DBYBHY 2007 Bölüm 7.5 ve 7.6’da tanımlanan hesap yöntemlerinin uygulanması ve eleman hasar bölgelerine karar verilmesi ile bina deprem performans düzeyi belirlenir. (Şekil 3.5)



Şekil 3.5 : Yapı performans düzeyleri [3].

3.6.2 Hemen kullanım performans düzeyi (HK)

Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10’u Belirgin Hasar Bölgesi’ne geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü Minimum Hasar Bölgesi’ndedir. Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile bu durumdaki binaların Hemen Kullanım Performans Düzeyi’nde olduğu kabul edilir [1]. DBYBHY 2007 Bölüm 7.7.2’ye göre Hemen Kullanım Performans Seviyesi’nde binada küçük elasto-plastik şekildeğiştirmelerin oluşmasına izin verilmektedir [3].

3.6.3 Can güvenliği performans düzeyi (CG)

DBYBHY 2007 Bölüm 7.7.3’e göre eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Can Güvenliği Performans Düzeyi’nde olduğu kabul edilir [1]:

a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak

üzere, kirişlerin en fazla %30'u ve kolonların aşağıdaki (b) paragrafında tanımlanan kadarı İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.

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

c) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.

3.6.4 Göçme öncesi performans düzeyi (GÖ)

DBYBHY 2007 Bölüm 7.7.4'e göre, Gevrek olarak hasar gören tüm elemanların Göçme Bölgesi'nde olduğunun göz önüne alınması kaydı ile aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Göçme Öncesi Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir [1]:

a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir.

b) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.

c) Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

DBYBHY 2007 Bölüm 7.7.4'de tanımlanan Göçme Öncesi Performans Seviyesi'ne göre yapı bütünlüğünü korumaktadır, fakat can güvenliği bakımından yapı kullanılmamaktadır.

3.6.5 Göçme durumu performans düzeyi

Bina Göçme Öncesi Performans Düzeyi'ni sağlayamıyorsa Göçme Durumu'ndadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır [1].

3.7 Binalar için Hedeflenen Performans Düzeyleri

DBYBHY 2007 mevcut binaların deprem güvenlik ve performanslarının değerlendirilmesi için üç farklı deprem etkisi tanımlanmıştır. Çizelge 3.3'te deprem etkisi parametreleri gösterilmiştir.

Çizelge 3.3 : Deprem etkisi parametreleri.

Deprem Türü	Deprem Etkisi Katsayısı	50 Yılda Aşılma Olasılığı (%)	Ortalama Dönüş Periyodu (yıl)
Kullanım Depremi	0.50	50	72
Tasarım Depremi	1.00	10	474
En Büyük Deprem	1.50	2	2475

Servis (Kullanım) Depremi: 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremdir. Yaklaşık dönüş periyodu 72 yıldır. Bu deprem etkisi aşağıda tanımlanan tasarım depreminin yarısı kadardır [2].

Tasarım Depremi: 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremdir. Yaklaşık dönüş periyodu 475 yıl olan bu deprem DBYBHY 2007'de bina önem katsayısı 1 olan yeni konut binaları için göz önüne alınan deprem etkisine tekabül etmektedir [2].

En Büyük Deprem: 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremdir. Yaklaşık dönüş periyodu 2475 olan bu deprem DBYBHY 2007'de en büyük deprem olarak kabul edilir ve bu depremin etkisi tasarım depreminin yaklaşık olarak 1.5 katıdır [2].

Mevcut veya güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesinde esas alınacak deprem düzeyleri ve bu deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri Çizelge 3.4'te verilmiştir [1].

Çizelge 3.4 : Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri [1].

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

4. 33 KATLI BETONARME BİR BİNANIN DEPREM PERFORMANSININ ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN HESAP YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

4.1 Giriş

Bu bölümde Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Çözümleme Yöntemi kullanılarak Maslak'ta 2002 yılında mevcut 1998 Türk Deprem Yönetmeliği'ne göre tasarımı yapılmış olan 33 katlı betonarme bir kulenin DBYBHY 2007'ye göre deprem performans düzeyi belirlenecektir. Binadan beklenen performans düzeyi kullanım amacının konut-ofis olması dolayısı ile 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremde can güvenliği performans hedefidir. Bu çalışma kapsamında binaya her iki doğrultuda, yönetmelikte ön koşulları belirtilen 3 farklı yer hareketinin benzeştirilmiş ivme kayıtları uygulanmıştır.

4.2 Bina Genel Bilgileri

- Mevcut bina özelliklerinde, tez kapsamında modelleme ve inceleme kolaylığı amacıyla bazı değişiklikler yapılmıştır. Mevcut bina, statik projelerinde 5 bodrum kat, 1 zemin kat, 31 normal kat ve 1 teras-çatı kattan oluşmaktadır. Kat yüksekliği tüm katlarda 3.6 m olmasına rağmen son 3 katın kat yüksekliklerinde de artışlar vardır. Ayrıca +10.60 kotuna kadar (üst katlardan farklı olarak) kulenin giriş kısmı ve üst katları diye nitelendirebileceğimiz artı bir mahal vardır, diğer katlar ise aynı kalıp planına sahiptir. Tez kapsamında temel kotu, rijit bodrum perdeleriyle çevrili olan bodrum katlarının bittiği kottan itibaren alınmıştır ve bu kotta ankastre mesnet varsayımı yapılmıştır. Ayrıca +10.60 kotuna kadar olan fazla mahal kısımları da iptal edilmiş olup tüm katların aynı kalıp planına sahip olduğu varsayılp (elaman boyutlarındaki farklılıklar dikkate alınmıştır) böylelikle son üç katın kat yükseklikleri de 3.6 metreye çekilmiştir. Son olarak tez kapsamındaki binamız 33 katlı, temelden ankastre, tüm katların benzer ve kat yüksekliğinin 3.6 m olduğu bir bina halini almıştır.

- Binanın tüm statik projeleri mevcuttur. Yapısal eleman boyutları ve bu elemanlardaki mevcut tüm donatılar binaya ait statik projelerden birebir alınmıştır. Bina kapsamlı bilgi düzeyinde kabul edilerek, yapısal elemanların özelliklerinin değerlendirilmesinde kapsamlı bilgi düzeyine ait katsayı değeri olan 1 kullanılmıştır.
- Yapı taşıyıcı sistemi X yönünde 1.95, 3.30, 2.05, 1.55, 3.60, 2.40, 3.60, 1.55, 2.05, 3.30, 1.95 m açıklıklı Y yönünde ise 1.95, 3.30, 3.60, 3.60, 2.40, 3.60, 3.60, 3.30, 1.95 m açıklıklı aks sistemi üzerine kurulmuştur. Yatay taşıyıcılar tüm katlarda bu aks sistemi içerisinde düşey taşıyıcıları birbirine bağlayan 50/80, 40/80, 25/80 ve 20/70 cm boyutlarında kirişler ve kaset döşeme sistemi ile teşkil edilmiştir, Şekil 4.1.
- Yapının döşeme sistemi tüm kartlarda 1.20m*1.20m boyutlarında kaset döşeme sisteminden (nervür kiriş boyutları $b=15$ cm ve $h=40$ cm, döşeme kalınlığı $d=12$ cm) meydana gelmektedir. Çekirdek perde bölgesinde ise kalınlığı $d=20$ cm olan kirişli plak döşeme sistemi mevcuttur, Şekil 4.1.
- Düşey taşıyıcılar belirtilen aks sistemine uygun olarak 50/100 ve 40/100 cm ebatlı kolonlar ile kalınlığı 50 ve 40 cm olan ana perdelerden ve çekirdek perde bölgesini ayırmak için kullanılan 20 cm kalınlığındaki perdelerden oluşmaktadır, Şekil 4.1.
- Yapı 1. derece deprem bölgesinde bulunmaktadır.
- Yapının üzerinde bulunduğu zemin, Z1 zemin sınıfına girmektedir.
- Binanın yapımında kullanılan beton sınıfı C35 ve donatı çeliği türü S420'dir.
- Normal kat yükleri

Dış çevre kirişler için dış cephe kaplama yükü 2 kN/m^2 alınmıştır. Döşemelerde 10 cm kalınlığında kaplama ve ek olarak asma tavan yükü toplamı $G_{\text{kaplama}} = 2.7 \text{ kN/m}^2$ alınmıştır. Döşeme hareketli yükleri kaset döşeme bölgelerinde 3.5 kN/m^2 , çekirdek perdesi kısmındaki plak döşemelerde 5.0 kN/m^2 alınmıştır. Merdiven plak döşemeleri için kalıcı ve hareketli yayılı yükler de 5.0 kN/m^2 alınmıştır. Aşağıda SAP2000 programında modelleme aşamasında kirişlere girilen yükler yer almaktadır.

Dış çevre kirişleri (50/80, 40/80))

G_1 : dış cephe kaplama yükü

$$2 \text{ kN/m}^2 \cdot 3.6 \text{ m} = 7.20 \text{ kN/m}$$

G_2 : kaset döşemeden gelen yük

$$0.825 \text{ m} \cdot (0.12 \text{ m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 + 0.10 \cdot 22 \text{ kN/m}^3 + 0.5 \text{ kN/m}^2) = 4.70 \text{ kN/m}$$

$$G_{\text{toplam}} = 7.20 + 4.70 = 11.90 \text{ kN/m}$$

$$Q = 0.825 \text{ m} \cdot (3.5 \text{ kN/m}^2) = 2.89 \text{ kN/m} \text{ (kaset döşemeden gelen yük)}$$

Kaset kirişleri (15/40)

$$G = 3.42 \text{ kN/m}$$

$$Q = 2.10 \text{ kN/m}$$

Çekirdek bölgesi koridor kirişleri (25/80)

$$G = 9.24 \text{ kN/m}$$

$$Q = 6.00 \text{ kN/m}$$

Çekirdek bölgesi koridor kirişleri (50/80, 40/80)

$$G = 3.42 \text{ kN/m}$$

$$Q = 2.10 \text{ kN/m}$$

Çekirdek bölgesi (20/70) kirişlerde herhangi bir yük alınmamıştır.

- Çatı katı yükleri

Dış çevre kirişler için herhangi bir dış cephe kaplama yükü alınmamıştır. Döşemelerdeki kaplama, izolasyon ve asma tavan yükleri toplamı $G_{\text{kaplama}} = 4.0 \text{ kN/m}^2$ alınmıştır. Döşeme hareketli yükleri tüm çatıda kar yükü dahil $Q = 2.0 \text{ kN/m}^2$ alınmıştır. Asansör kapama döşemelerinde hareketli yükler $Q = 10.0 \text{ kN/m}^2$ kabul edilmiştir. Aşağıda SAP2000 modelleme aşamasında kirişlere girilen yükler yer almaktadır.

Dış çevre kirişleri (40/80)

G : kaset döşemeden gelen yük

$$G = 0.825 \text{ m} \cdot (0.12 \text{ m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 + 4.0 \text{ kN/m}^2) = 5.78 \text{ kN/m}$$

$$Q = 0.825 \text{ m} * (2.0 \text{ kN/m}^2) = 1.65 \text{ kN/m (kaset döşemeden gelen yük)}$$

Kaset kirişleri (15/40)

$$G = 4.20 \text{ kN/m}$$

$$Q = 1.20 \text{ kN/m}$$

Çekirdek bölgesi kirişleri (25/80)

$$G = 10.80 \text{ kN/m}$$

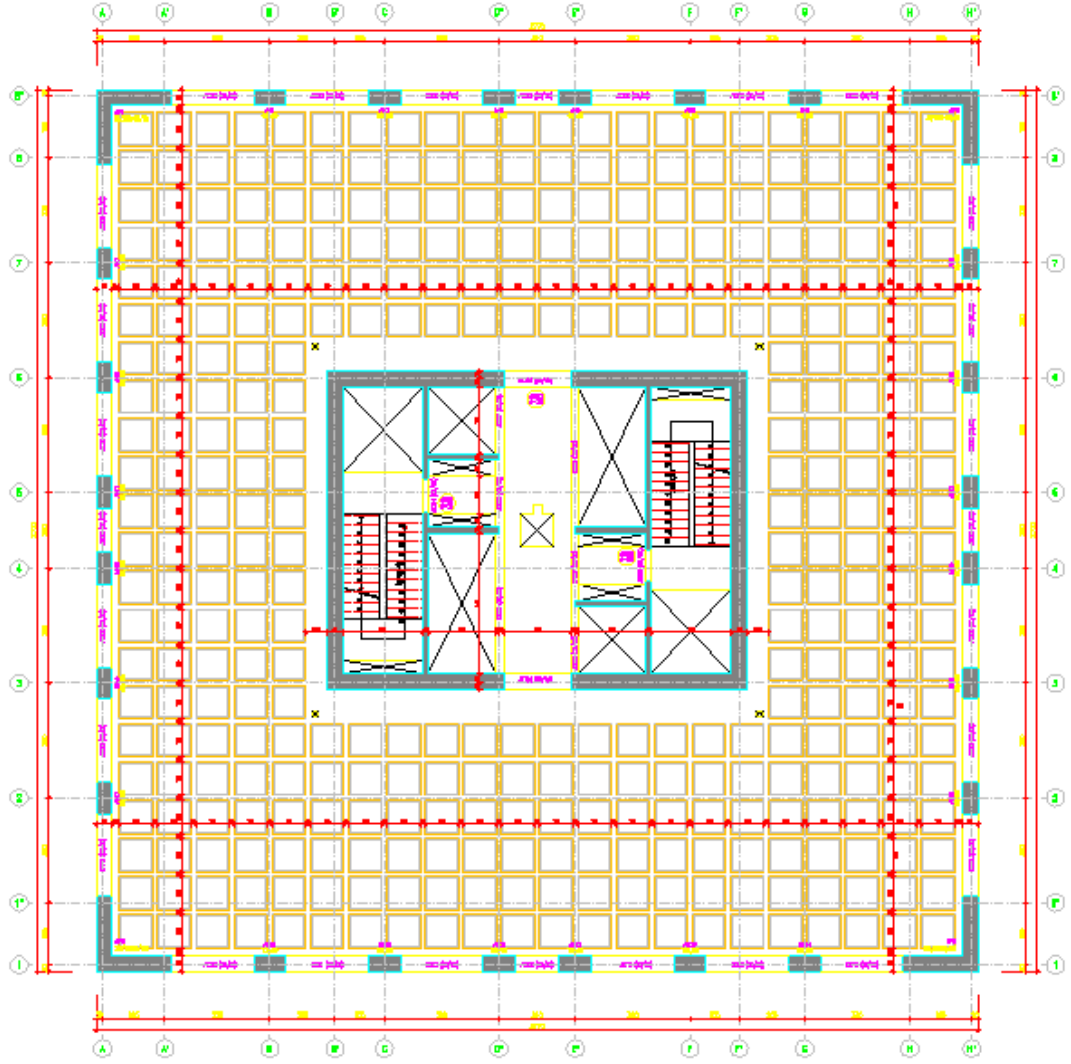
$$Q = 12.00 \text{ kN/m}$$

Çekirdek bölgesi kirişleri (40/80)

$$G = 4.20 \text{ kN/m}$$

$$Q = 1.20 \text{ kN/m}$$

Çekirdek bölgesi (20/70) kirişlerde herhangi bir yük alınmamıştır.



Şekil 4.1 : Yapının AUTOCAD ortamındaki normal katlar tavan kalıp planı.

Bina Özellikleri :

- Kat Adedi : 33
- Bina Toplam Yüksekliği : 118.80 m.
- Kat Yükseklikleri : Tüm katlar 3.60 m
- Kullanım Amacı : Konut-Ofis
- Bina Taşıyıcı Sistemi : Betonarme Perde + Çerçeve Sistem

Malzeme Özellikleri :

- Beton Sınıfı : C35
- Donatı Çeliği Sınıfı : S420a

Bina Parametreleri :

- Zemin Sınıfı : Z1 ($T_A = 0.10$ ve $T_B = 0.30$)
- Deprem Bölgesi : 1 ($A_0 = 0.40$)
- Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n) : 0.30
- Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) : 6
- Bina Bilgi Düzeyi: Kapsamlı Bilgi Düzeyi (katsayı : 1)

Öngörülen Performans Hedefi:

- 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremde (tasarım depreminde) “Can Güvenliği” performans seviyesini sağlamak.

4.3 Yapısal Modelin Oluşturulması

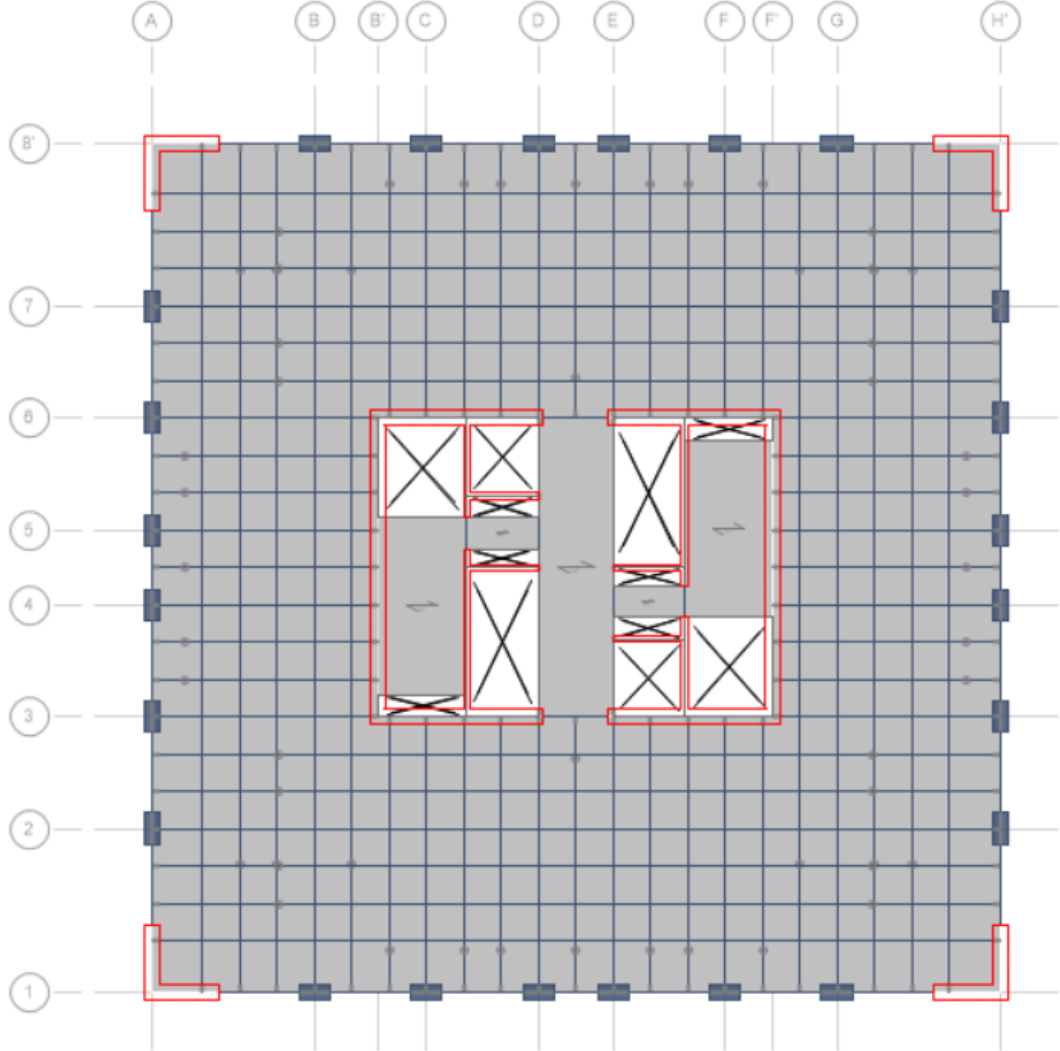
Binanın doğrusal elastik çözümlemesinde ETABS 2013 V.1.5 programı, doğrusal elastik olmayan çözümlemesinde SAP2000 V.16.1.1 programı kullanılmıştır.

4.3.1 Mevcut yapının üç boyutlu ETABS modelinin oluşturulması

Yapı mevcut kalıp planlarına uygun olarak ETABS 2013 V.1.5 programında üç boyutlu olarak modellenmiştir. Döşeme elemanları ETABS’de sadece yük aktarımını sağlamak amacıyla “membrane” elemanı olarak modellenmiştir. Serbestlik derecesini düşürmek ve döşemelerin blok halinde hareketini sağlamak için tüm kat seviyelerine rijit diyaframlar atanmıştır. Merdivenler ve asansör kapamaları modelde yükleriyle birlikte dikkate alınmışlardır. Perde elemanları kabuk eleman olarak modellenmiş ve perde elemanlar program tarafından maksimum genişlikleri ve yükseklikleri 1 m olacak şekilde sonlu elemanlara bölünmüşlerdir. Yapının kolon-kiriş ve perde-kiriş birleşim bölgelerinin rijitliği için (end length offsets-rigid factor) programın default değeri olan 0 kullanılmıştır. Döşeme sistemi için kullanılan nervür kirişler T kesitli olarak modellenmiş, diğer bütün kirişler için ise dikdörtgen kesit varsayımı yapılmıştır. Son olarak yapının SAP2000 ortamında kolon ve perde etkin eğilme rijilikleri için kullanılacak olan N_d değerleri ETABS’den alınmıştır. Yapının iki boyutlu kat planı Şekil 4.2’de ve üç boyutlu ETABS modeli Şekil 4.3’te gösterilmiştir.

Yapının lineer hesabı için kullanılacak kombinasyonlar aşağıdadır.

$G + Q$	$G + Q \pm EX \pm 0.3EY$	$0.9G \pm EX \pm 0.3EY$
$1.4G + 1.6Q$	$G + Q \pm EY \pm 0.3 EX$	$0.9G \pm EY \pm 0.3 EX$

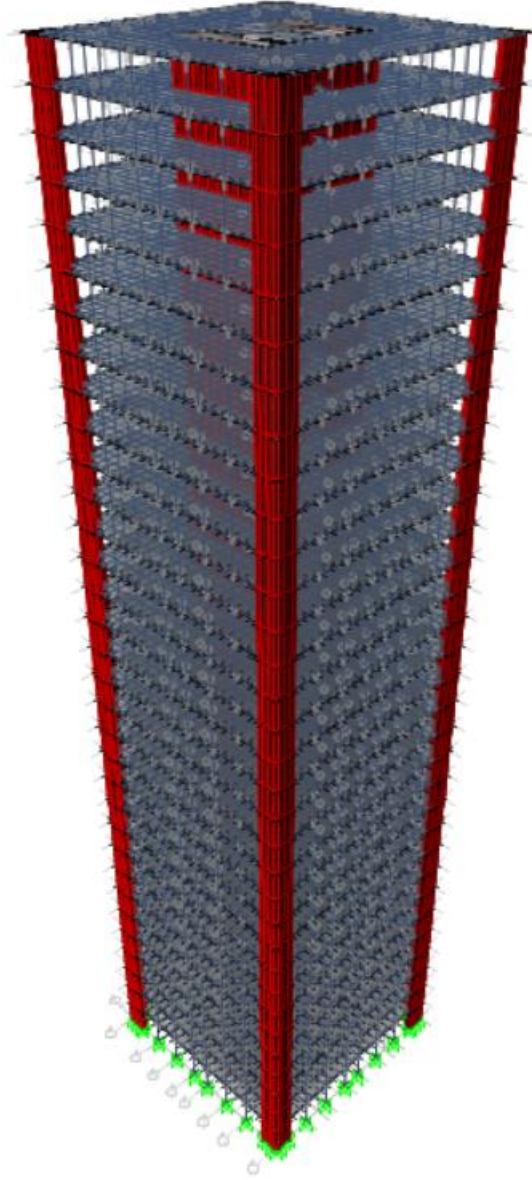


Şekil 4.2 : Yapının ETABS ortamındaki normal katlar kat planı.

ETABS’de doğrusal malzeme ve çatlamamış (brüt) eğilme rijitlikleri kullanılarak yapılan üç boyutlu yapısal modele ait periyot ve kütle katılım değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 : ETABS’de oluşturulan modele ait periyotlar ve kütle katılım oranları.

	Periyot(s)	Kütle katılım oranları (%)
T_{1x}	2.492	63.3
T_{1y}	2.495	60.3



Şekil 4.3 : Yapının üç boyutlu ETABS modeli.

4.3.2 Mevcut yapının üç boyutlu SAP2000 modelinin oluşturulması

Yapı mevcut kalıp planına uyularak SAP2000 programında yeniden modellenmiştir. Döşemeler serbestlik derecesini arttıracak için kaldırılmış fakat kaset döşeme nervür kirişleri modelde dikkate alınmıştır. Yapıda kaset döşeme nervür kirişleri T kesitli kiriş olarak diğer tüm kirişler ise dikdörtgen kesitli kiriş olarak modellenmiştir. Yapının kolon-kiriş ve perde-kiriş birleşim bölgelerinin rijitliği (end length offsets-rigid factor) için programın default değeri olan 0 kullanılmıştır. Ayrıca ETABS modelinde olduğu gibi kirişlerin üst kotu ile döşeme üst kotunun (kat kotunun) aynı olmasını sağlamak için tüm kirişlere insertion point (8-top center) özelliği atanmıştır. Modeldeki birbiriyle kesişen tüm nervür kirişler kesişme noktalarından otomatik olarak programa böldürülmüştür. SAP2000 modelinde perdeye perde doğrultusunda saplanan kirişlerin momentleri oldukça düşük çıktığı için bu kirişlerin uçlarına rijit saplama kirişleri ilave edilmiştir. Yapının ilk 8 katında (mevcut yapının kritik perde yüksekliği 8 kattır) bulunan tüm perdeler doğrusal olmayan malzeme özelliği gösteren katmanlı kabuk elemanlarla modellenmiş, üst katlarda ise doğrusal malzeme özellikli kabuk elemanlar kullanılmıştır. Bütün perde elemanlar yatayda ve düşeyde maksimum boyutları 1 m olacak şekilde program tarafından atama yoluyla sonlu elemanlara ayrılmıştır. Yapının mevcut radye temel sistemi kaldırılmış ve temel kotuna ankastre mesnetler tanımlanmıştır. Çözümlemede kolon kiriş ve perdeler için çatlamış kesit olarak da nitelendirebileceğimiz etkin eğilme rijitlikleri dikkate alınmıştır ve bu değerler Çizelge 4.2’de belirtilmiştir. Çatlamış kesit değerleri kolon ve perdelerin kesit ve donatı düzenine göre belirli kat gruplarına ortalama olarak atanmıştır. Örneğin 1. ve 4. katlar arasındaki tüm kolanların etkin eğilme rijitliği değerleri 0.58 ile 0.67 arasında değişmektedir ve her kolona tek tek atama yapmak yerine grup olarak bu değerlerin ortalaması atanmıştır. Bu kat grupları aşağıdan yukarıya doğru olmak üzere 4 kat, 4 kat, 4 kat, 6 kat, 5 kat, 5 kat ve 5 kattır. Çizelgeki 8. kattan 9. kata geçerken meydana gelen artış kesit boyutlarındaki daralmadan meydana gelmektedir. Etkin eğilme rijitlikleri daha kapsamlı olarak eklerde verilmiştir. Yapının üç boyutlu SAP2000 modeli Şekil 4.4’de görülmektedir.

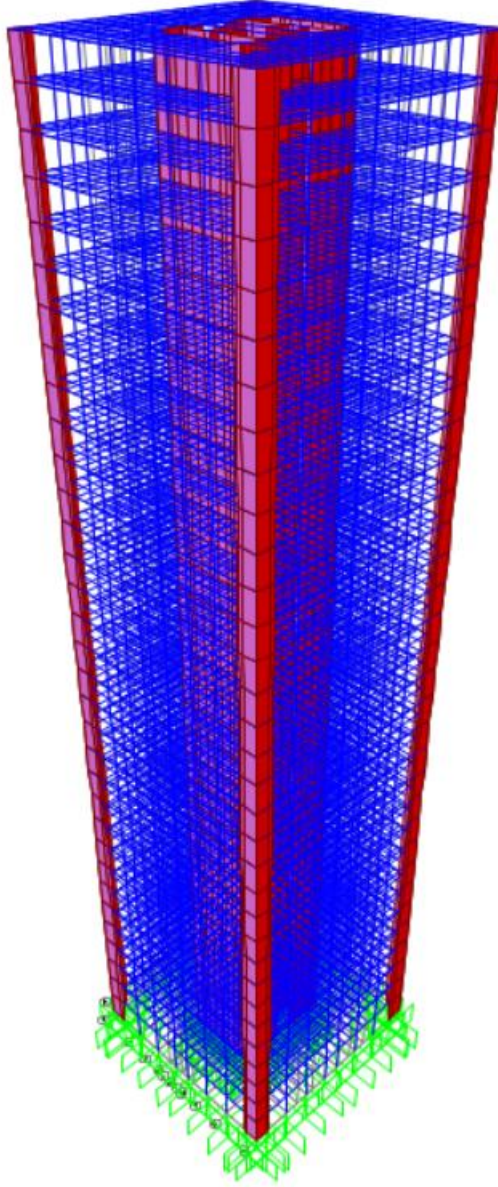
Çizelge 4.2 : SAP2000’de oluşturulan modele ait yapı elemanlarının etkin eğilme rijitlikleri.

	Etkin Eğilme Rijitliği Katsayıları		
Katlar	Kolonlar	Köşe Perdeler	Çekirdek Perdeler
1 ve 4. katlar arası	0.62	0.58	0.52
5 ve 8. katlar arası	0.57	0.54	0.48
9 ve 12. katlar arası	0.58	0.56	0.49
13 ve 18. katlar arası	0.51	0.50	0.44
19 ve 23. katlar arası	0.44	0.43	0.40
24 ve 28. katlar arası	0.40	0.40	0.40
29 ve 33. katlar arası	0.40	0.40	0.40

SAP2000’de çatlamış kesitlere ait etkin eğilme rijitlikleri, perdeler perde doğrultusunda saplanan kirişler için rijit saplama kirişleri ve doğrusal olmayan malzeme özellikli katmanlı kabuk elemanlar kullanıldığında yapıya ait periyot ve kütle katılım değerleri Çizelge 4.3’teki gibi olmaktadır. (Bu çalışmada çatlamış kesitler ve doğrusal olmayan davranış gösteren katmanlı kabuk elemanlar modelin periyodunu arttırırken, rijit saplama kirişleri periyodu düşürmüştür.)

Çizelge 4.3 : SAP2000’de oluşturulan modele ait periyotlar ve kütle katılım oranları.

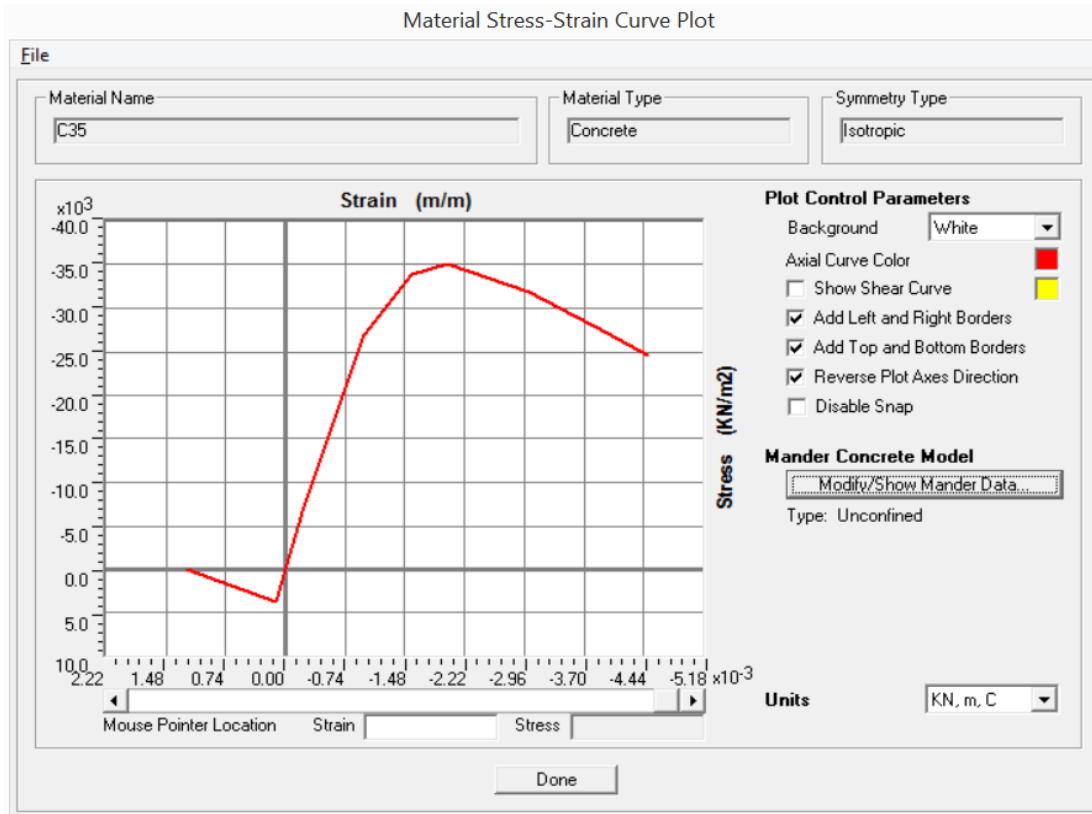
	Periyot (s)	Kütle katılım oranları (%)
T_{1x}	2.572	65.3
T_{1y}	2.619	62.2



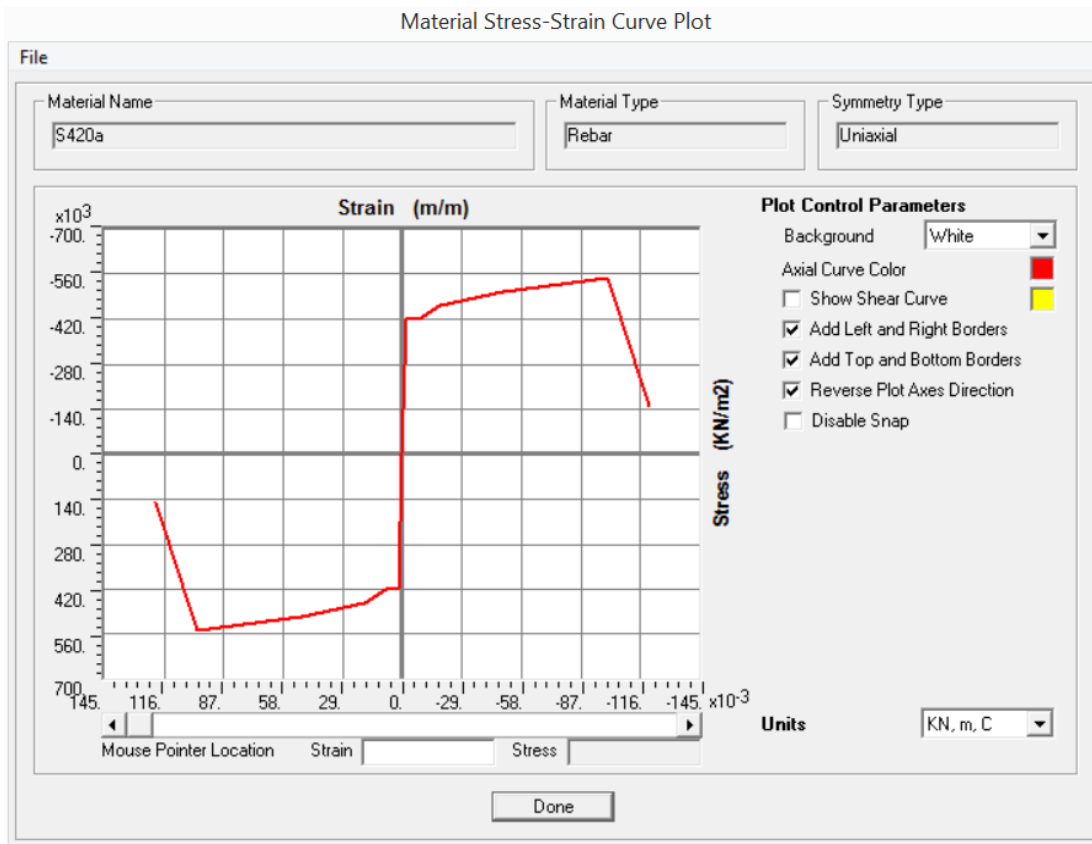
Şekil 4.4 : Yapının üç boyutlu SAP2000 modeli.

4.3.3 SAP2000 programında oluşturulan genel malzeme modelleri

Binada yapısal elemanlar için kullanılan beton sınıfı C35, donatı çeliği kalitesi S420a olarak alınmıştır. Malzemelerin sınır değerleri DBYBHY 2007 Ek 7B'ye uygun olarak belirlenmiştir. Şekil 4.5'te sargısız beton malzeme modeline ait gerilme-şekildeğiştirme grafiği, Şekil 4.6'da ise donatı çeliği malzeme modeline ait gerilme-şekildeğiştirme grafiği gösterilmiştir. Sargılı beton malzeme modelleri ilerleyen bölümlerde belirtilecektir.



Şekil 4.5 : C35 beton sınıfı için sargısız malzeme modeli.



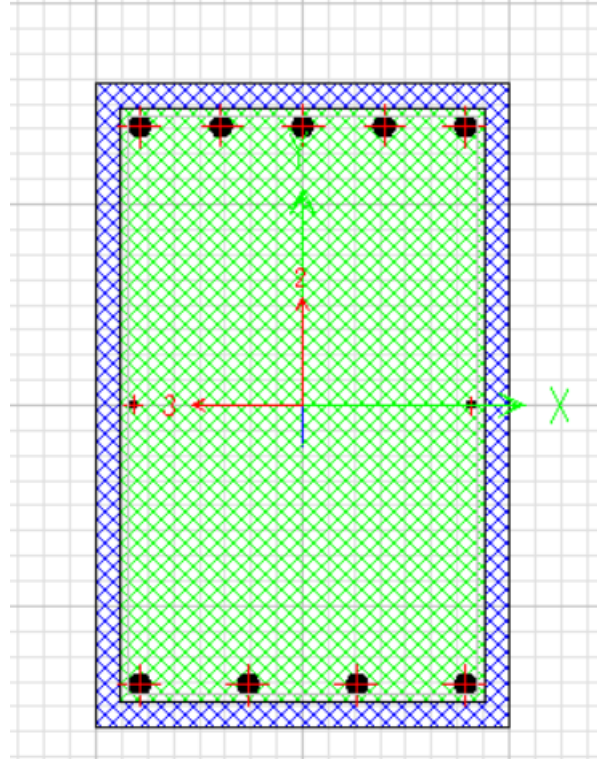
Şekil 4.6 : S420a donatı çeliği için malzeme modeli.

4.3.4 Yapısal elemanların moment-eğrilik bağıntılarının oluşturulması ve akma yüzeylerinin elde edilmesi

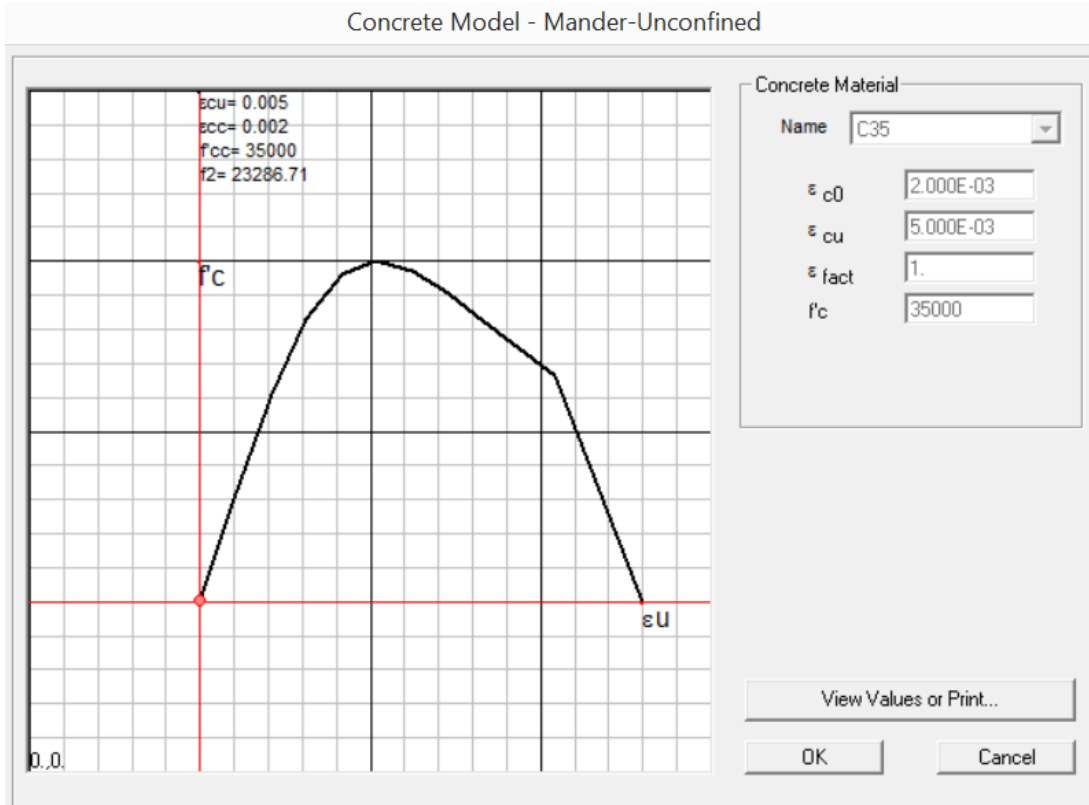
Kiriş ve kolonların doğrusal olmayan malzeme modellerinin oluşturulmasında, moment-eğrilik bağıntılarının çıkarılmasında, normal kuvvet-moment etkileşim diyagramlarının (akma yüzeylerinin) tanımlanmasında ve hasar bölgelerini belirleyen beton ve donatı çeliği sınır şekildeğiştirmelerinin belirlenmesinde SAP2000 V.16.1.1 programının “SECTION DESIGNER” arayüzü kullanılmıştır. Kolonlar eksenel kuvvet etkisi altında oldukları için moment-eğrilik bağıntıları ile birlikte akma yüzeylerinin de hesaplanması gerekir, kirişlerde ise eksenel kuvvet bulunmadığı için sadece moment-eğrilik bağıntılarının hesaplanması yeterlidir. Mevcut boyut ve donatı yerleşimine göre kolon ve kirişler Section Designer’da tasarlanarak moment-eğrilik bağıntıları ve akma yüzeyleri belirlenir. Bu tasarlama sırasında kesitler için kabuk betonu, çekirdek betonu ve donatı çeliği olmak üzere üç farklı malzeme modeli tanımlanmıştır. Kolon ve kirişlerin sargılı malzeme modellerinde sargı donatıları ve miktarları birebir dikkate alınmıştır.

4.3.4.1 Kirişlerin moment-eğrilik bağıntılarının belirlenmesi

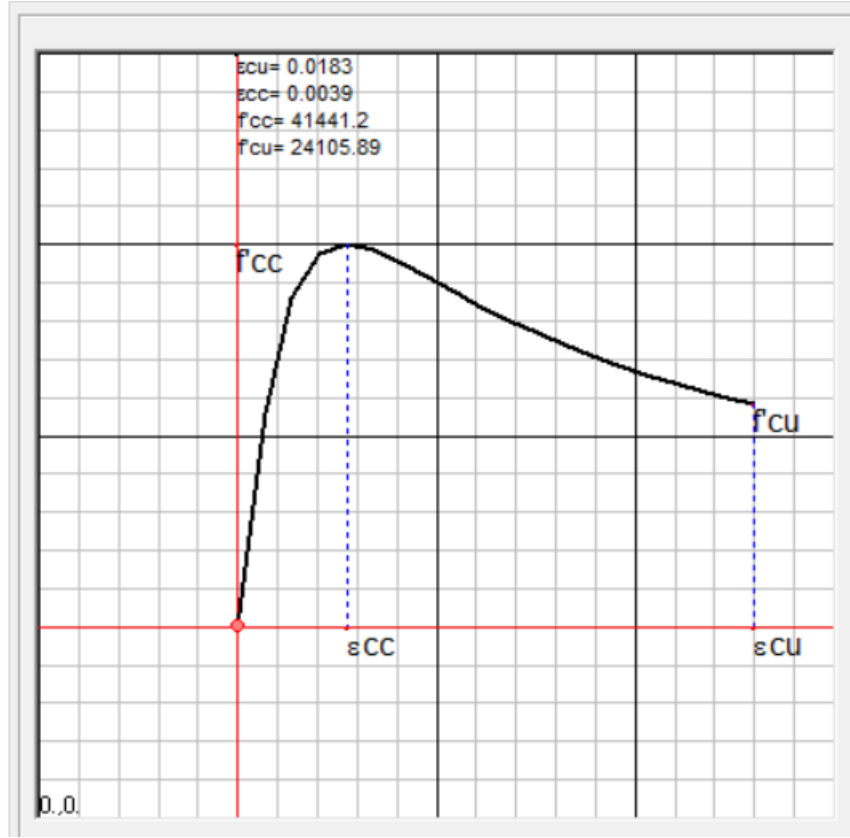
Şekil 4.7’de Section Designer’da tanımlanan bir kiriş kesiti verilmiştir. Bu kiriş kesitinin sırası ile mavi ile tanımlı kısmı mander sargısız beton (kabuk betonu) modeline, yeşil ile tanımlı kısmı mander sargılı beton (çekirdek betonu) modeline ve kesitte görülen tüm donatılar da pekleşmeli donatı çeliği malzeme modeline sahiptir. Kesite ait malzeme modelleri Şekil 4.8, Şekil 4.9 ve Şekil 4.10’da gösterilmiştir. Bu malzeme modellerinden sargısız beton malzeme modeli ile donatı çeliği malzeme modeli tüm eleman kesitleri için aynıdır, sargılı beton malzeme modeli ise her kesitin içinde bulundurduğu sargı özelliklerine göre değişmektedir. Kiriş kesitine ait moment-eğrilik grafiği Section Designer’da otomatik olarak elde edilmiş ve Şekil 4.11’de gösterilmiştir. Bunun için Section Designer’ın “Show Moment Curvature-Curve” özelliği kullanılmıştır. Kiriş kesitlerinin moment-eğrilik bağıntıları hesaplanırken kesitlerin simetrik donatılı olup olmadıkları dikkate alınmış simetrik donatılı olmayan kesitler için altta çekme ve üstte çekme olmak üzere iki adet moment-eğrilik bağıntısı da hesaplanmıştır. Kirişlere ait hesaplanan plastik mafsallık özellikleri Çizelge 4.4’te görülmektedir.



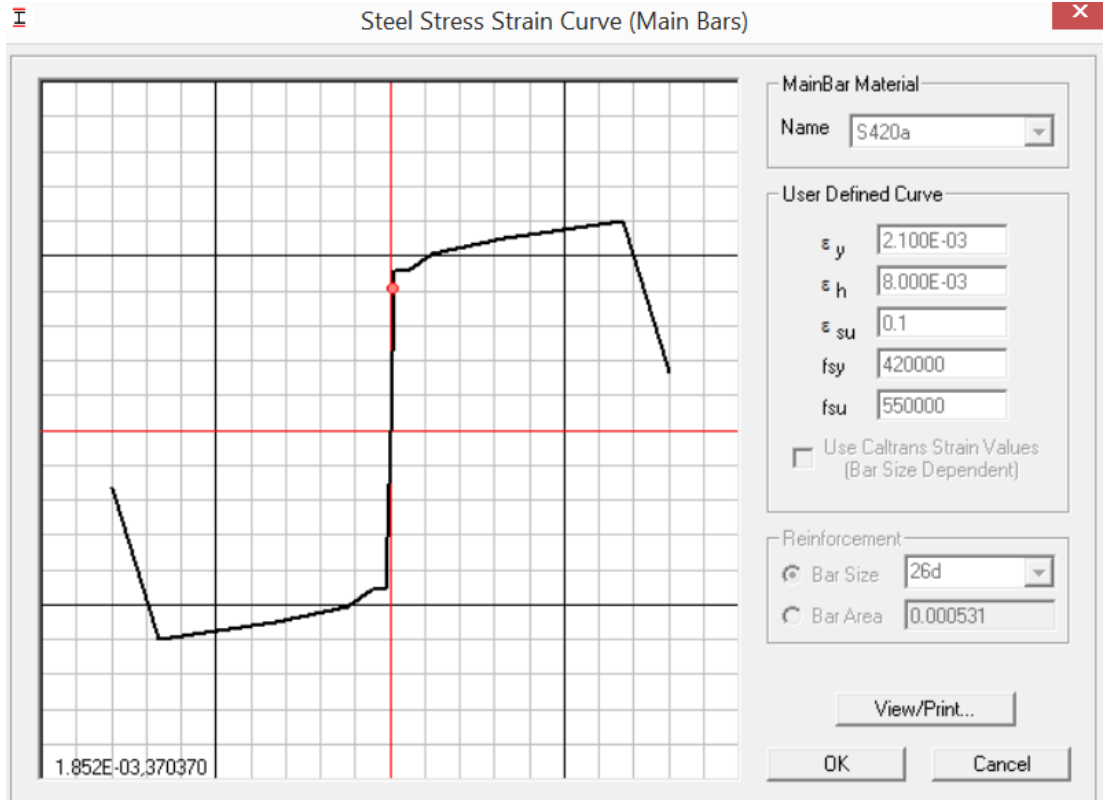
Şekil 4.7 : Section Designer’da tanımlanan B50/80SD1 kirişi.



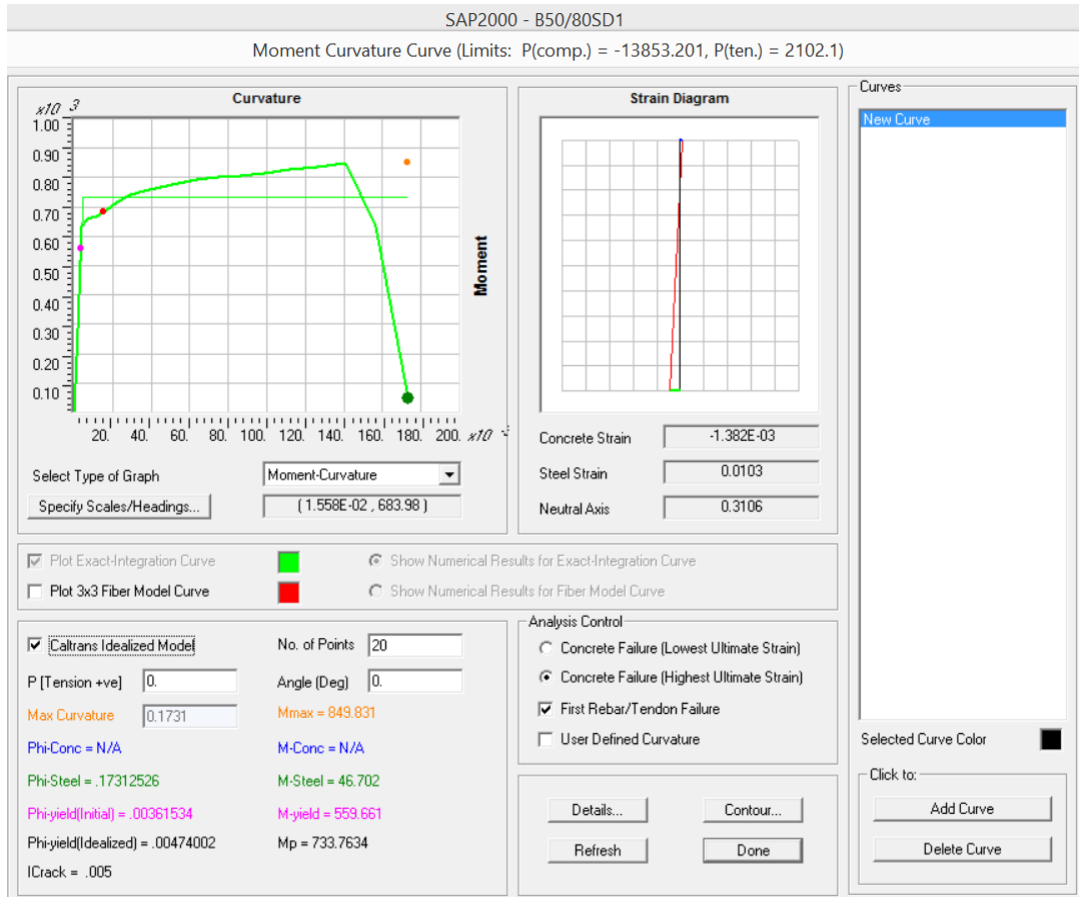
Şekil 4.8 : B50/80SD1 kirişine ait mander sargısız beton modeli.



Şekil 4.9 : B50/80SD1 kirişine ait mander sargılı beton modeli.



Şekil 4.10 : B50/80SD1 kirişine ait donatı çeliği modeli.



Şekil 4.11 : Section Designer’da B50/80SD1 kirişinin moment-eğrilik bağıntısının elde edilmesi.

4.3.4.2 Kolonların moment-eğrilik bağıntılarının ve akma yüzeylerinin belirlenmesi

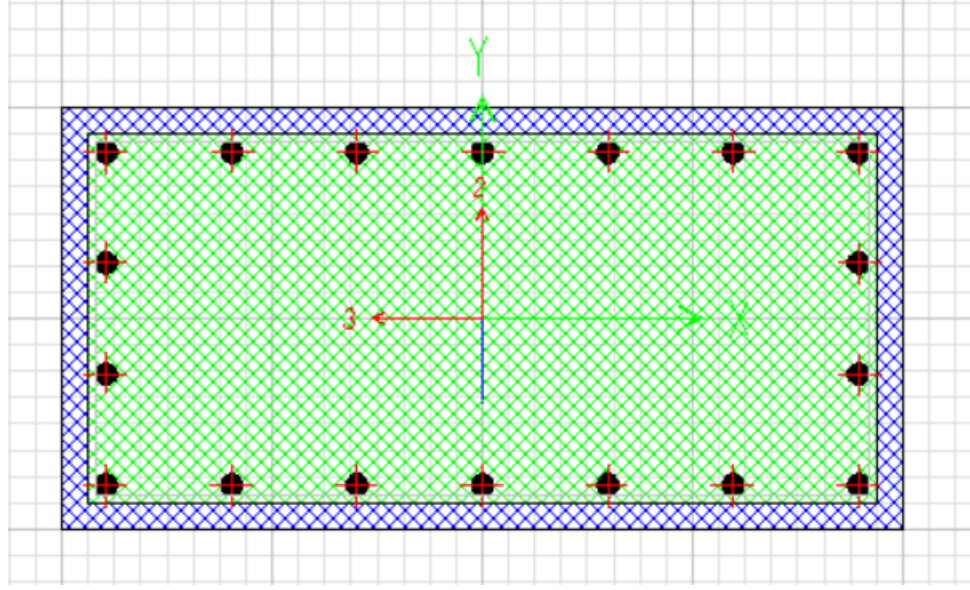
Şekil 4.12’de Section Designer’da tanımlanan bir kolon kesiti verilmiştir. Bu kolon kesitine ait sargısız beton modeli ve donatı çeliği modeli Şekil 4.9 ve Şekil 4.10’daki gibi olup sargılı beton modeli ise Şekil 4.13’te gösterilmiştir. Kolonların moment-eğrilik bağıntıları sabit eksenel yükler altında tanımlandıkları için bu çalışmada kolonların bu bağıntıları oluşturulurken kolon kesit taşıma gücü kapasitesinin %45’i ve %15’i olmak üzere P1 ve P2 adı altında iki eksenel kuvvet seçilmiştir. Seçilen eksenel kuvvetler altında hesaplanan moment-eğrilik bağıntılarından bir tanesi örnek olarak Şekil 4.14’te verilmiştir. Aynı kolona ait hesaplanan akma yüzeyleri de Şekil 4.15’te görülmektedir. Tüm kolonlara ait plastik mafsallık özellikleri ise Çizelge 4.5’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4 : Kirişlere ait plastik mafsal özellikleri.

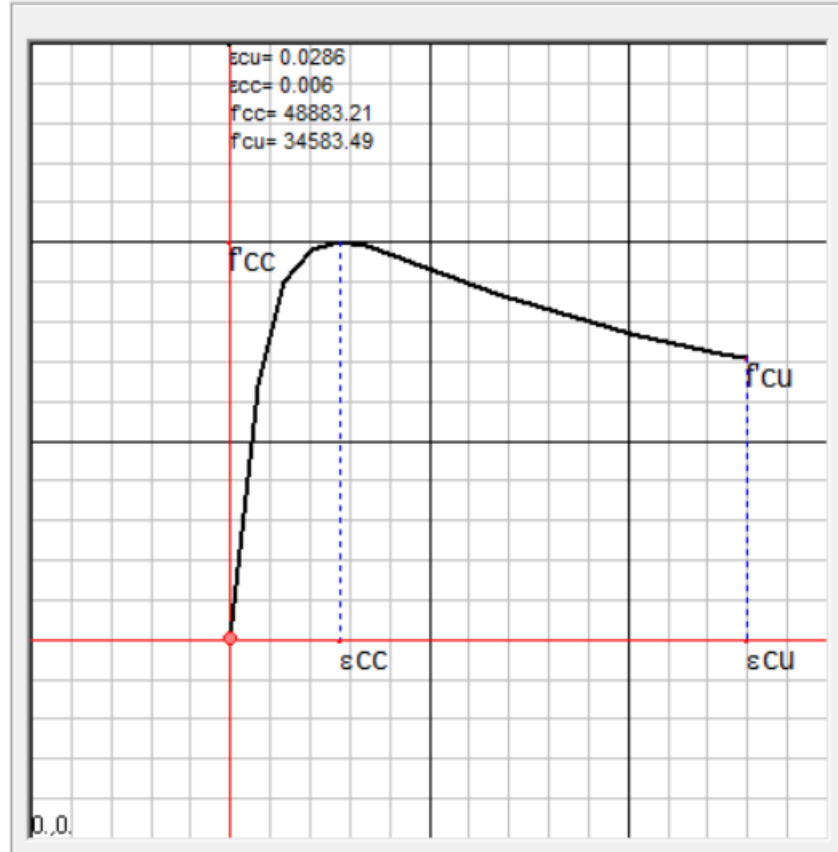
SD Kiriş Kesit İsmi	Çekme Bölgesi	Akma Eğriligi (1/m)	Akma (plastik) Momenti (kN-m)	En Büyük Eğrilik (1/m)	En Büyük Plastik Eğrilik (1/m)	Plastik Mafsal Boyu (m)	En Büyük Plastik Dönme (rad)	Toplam Eğrilikler (1/m) ve Plastik Dönme Hasar Sınırları (rad)					
								MN		GV		GÇ	
								Φ_t	θ_p	Φ_t	θ_p	Φ_t	θ_p
B50/80SD1	AÇ (+)	0.004740	733.76	0.1731	0.1684	0.40	0.0673	0.01558	0.0043	0.05844	0.0215	0.08831	0.0334
	ÜÇ (-)	0.004798	904.99	0.1735	0.1687	0.40	0.0675	0.01558	0.0043	0.05974	0.0220	0.08961	0.0339
B50/80SD2	AÇ (+)	0.004761	734.17	0.1732	0.1684	0.40	0.0674	0.01558	0.0043	0.05909	0.0217	0.08831	0.0334
	ÜÇ (-)	0.004761	734.17	0.1732	0.1684	0.40	0.0674	0.01558	0.0043	0.05909	0.0217	0.08831	0.0334
B50/80SD3	AÇ (+)	0.004902	946.19	0.1737	0.1688	0.40	0.0675	0.01558	0.0043	0.05974	0.0219	0.08896	0.0336
	ÜÇ (-)	0.004902	946.19	0.1737	0.1688	0.40	0.0675	0.01558	0.0043	0.05974	0.0219	0.08896	0.0336
B40/80SD1	AÇ (+)	0.004784	730.80	0.1734	0.1686	0.40	0.0674	0.01558	0.0043	0.05909	0.0217	0.08831	0.0334
	ÜÇ (-)	0.004842	901.36	0.1738	0.1690	0.40	0.0676	0.01623	0.0046	0.06039	0.0222	0.09026	0.0342
B40/80SD2	AÇ (+)	0.004813	731.81	0.1735	0.1687	0.40	0.0675	0.01558	0.0043	0.05909	0.0217	0.08896	0.0337
	ÜÇ (-)	0.004813	731.81	0.1735	0.1687	0.40	0.0675	0.01558	0.0043	0.05909	0.0217	0.08896	0.0337
B40/80SD3	AÇ (+)	0.004913	935.50	0.1739	0.1690	0.40	0.0676	0.01623	0.0045	0.05974	0.0219	0.08961	0.0339
	ÜÇ (-)	0.004913	935.50	0.1739	0.1690	0.40	0.0676	0.01623	0.0045	0.05974	0.0219	0.08961	0.0339
B40/80SD4	AÇ (+)	0.004940	768.59	0.1738	0.1689	0.40	0.0675	0.01623	0.0045	0.05974	0.0219	0.08896	0.0336
	ÜÇ (-)	0.004940	768.59	0.1738	0.1689	0.40	0.0675	0.01623	0.0045	0.05974	0.0219	0.08896	0.0336
B25/80SD1	AÇ (+)	0.005202	284.61	0.1730	0.1678	0.40	0.0671	0.01558	0.0042	0.05844	0.0213	0.08766	0.0330
	ÜÇ (-)	0.005232	357.86	0.1729	0.1677	0.40	0.0671	0.01558	0.0041	0.05909	0.0215	0.09026	0.0340
B25/80SD2	AÇ (+)	0.005259	283.26	0.1746	0.1693	0.40	0.0677	0.01558	0.0041	0.05909	0.0215	0.09091	0.0343
	ÜÇ (-)	0.005460	182.92	0.1719	0.1664	0.40	0.0666	0.01494	0.0038	0.05714	0.0207	0.08571	0.0321
B20/70SD1	AÇ (+)	0.006416	373.95	0.1686	0.1622	0.35	0.0568	0.01883	0.0043	0.07078	0.0225	0.10840	0.0357
	ÜÇ (-)	0.006416	373.95	0.1686	0.1622	0.35	0.0568	0.01883	0.0043	0.07078	0.0225	0.10840	0.0357
B20/70SD2	AÇ (+)	0.006166	280.06	0.2031	0.1969	0.35	0.0689	0.01867	0.0044	0.06981	0.0223	0.10630	0.0350
	ÜÇ (-)	0.006166	280.06	0.2031	0.1969	0.35	0.0689	0.01867	0.0044	0.06981	0.0223	0.10630	0.0350
B20/70SD3	AÇ (+)	0.006171	242.16	0.2026	0.1964	0.35	0.0688	0.01867	0.0044	0.06899	0.0220	0.10550	0.0348
	ÜÇ (-)	0.006171	242.16	0.2026	0.1964	0.35	0.0688	0.01867	0.0044	0.06899	0.0220	0.10550	0.0348
B15/40T12SD1	AÇ (+)	0.009353	104.48	0.3611	0.3517	0.20	0.0703	0.02987	0.0041	0.11820	0.0218	0.17790	0.0337
	ÜÇ (-)	0.011847	130.25	0.2817	0.2699	0.20	0.0540	0.03409	0.0044	0.14030	0.0257	0.17630	0.0329
B15/40T12SD2	AÇ (+)	0.009435	105.04	0.3636	0.3542	0.20	0.0708	0.03117	0.0043	0.11820	0.0218	0.18050	0.0342
	ÜÇ (-)	0.010395	165.17	0.1737	0.1633	0.20	0.0327	0.03831	0.0056	0.07468	0.0129	0.08506	0.0149
B15/40T12SD3	AÇ (+)	0.009322	104.51	0.3587	0.3494	0.20	0.0699	0.02987	0.0041	0.11690	0.0215	0.17660	0.0335
	ÜÇ (-)	0.010239	108.49	0.3762	0.3660	0.20	0.0732	0.03377	0.0047	0.12600	0.0232	0.19350	0.0367
B15/40T12SD4	AÇ (+)	0.009405	105.12	0.3610	0.3516	0.20	0.0703	0.02987	0.0041	0.11820	0.0218	0.17790	0.0337
	ÜÇ (-)	0.011074	148.94	0.1870	0.1759	0.20	0.0352	0.03571	0.0049	0.10320	0.0184	0.11950	0.0217
B15/40T12SD5	AÇ (+)	0.009387	105.43	0.3576	0.3482	0.20	0.0696	0.02987	0.0041	0.11690	0.0215	0.17530	0.0332
	ÜÇ (-)	0.010083	101.04	0.3607	0.3506	0.20	0.0701	0.03377	0.0047	0.12470	0.0229	0.18570	0.0351

Çizelge 4.5 : Kolonlara ait plastik mafsal özellikleri.

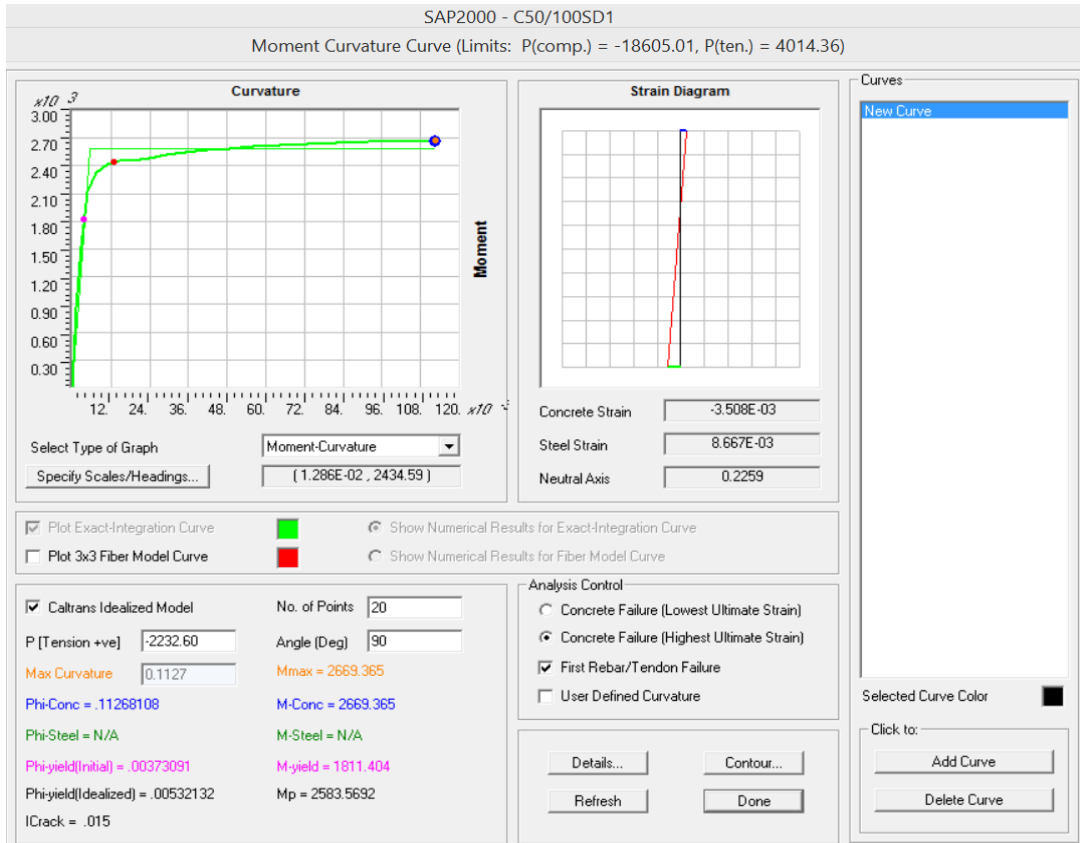
SD Kolon Kesit İsmi	Eksenel Yükler (kN)	Açılar (derece)	Akma Eğriliği (1/m)	Akma (plastik) Momenti (kN-m)	En Büyük Eğrilik (1/m)	En Büyük Plastik Eğrilik (1/m)	Plastik Mafsal Boyu (m)	En Büyük Plastik Dönme (rad)	Toplam Eğrilikler (1/m) ve Plastik Dönme Hasar Sınırları (rad)					
									MN		GV		GÇ	
									Φ_t	θ_p	Φ_t	θ_p	Φ_t	θ_p
C50/100SD1	P1 (%45) = -6697.80	0	0.011931	1642.29	0.1342	0.1223	0.25	0.0306	0.01364	0.0004	0.06429	0.0131	0.08766	0.0189
		90	0.005718	3289.86	0.0654	0.0597	0.50	0.0298	0.00701	0.0006	0.03247	0.0134	0.04312	0.0187
	P2 (%15) = -2232.60	0	0.010490	1277.19	0.2325	0.2220	0.25	0.0555	0.02760	0.0043	0.11040	0.0250	0.14850	0.0345
		90	0.005321	2583.57	0.1127	0.1074	0.50	0.0537	0.01286	0.0038	0.05649	0.0256	0.07442	0.0345
C40/100SD1	P1 (%45) = -5626.80	0	0.014454	1098.00	0.1918	0.1773	0.20	0.0355	0.01623	0.0004	0.07597	0.0123	0.10190	0.0175
		90	0.005803	2852.19	0.0729	0.0671	0.50	0.0335	0.00675	0.0005	0.03013	0.0122	0.03974	0.0170
	P2 (%15) = -1875.60	0	0.013951	902.85	0.3100	0.2960	0.20	0.0592	0.03117	0.0034	0.12080	0.0214	0.16230	0.0297
		90	0.005558	2384.96	0.1192	0.1136	0.50	0.0568	0.01169	0.0031	0.04987	0.0222	0.06584	0.0301
C40/100SD2	P1 (%45) = -5244.75	0	0.014239	942.82	0.2054	0.1912	0.20	0.0382	0.01705	0.0006	0.07955	0.0131	0.10800	0.0188
		90	0.005553	2473.78	0.0789	0.0733	0.50	0.0367	0.00701	0.0007	0.03221	0.0133	0.04286	0.0187
	P2 (%15) = -1748.25	0	0.013228	727.63	0.3489	0.3357	0.20	0.0671	0.03377	0.0041	0.13510	0.0244	0.18180	0.0337
		90	0.005201	1928.97	0.1432	0.1380	0.50	0.0690	0.01315	0.0040	0.05601	0.0254	0.07646	0.0356
C40/100SD3	P1 (%45) = -5078.25	0	0.014408	890.13	0.2121	0.1977	0.20	0.0395	0.01786	0.0007	0.08198	0.0135	0.11040	0.0192
		90	0.005483	2297.22	0.0823	0.0768	0.50	0.0384	0.00714	0.0008	0.03344	0.0140	0.04448	0.0195
	P2 (%15) = -1692.75	0	0.012569	646.43	0.3726	0.3600	0.20	0.0720	0.03506	0.0045	0.14290	0.0261	0.19090	0.0357
		90	0.004909	1692.33	0.1617	0.1568	0.50	0.0784	0.01364	0.0044	0.05519	0.0251	0.08117	0.0381
C100/50SD1	P1 (%45) = -6697.80	0	0.005718	3289.86	0.0654	0.0597	0.50	0.0298	0.00701	0.0006	0.03247	0.0134	0.04312	0.0187
		90	0.011931	1642.29	0.1342	0.1223	0.25	0.0306	0.01364	0.0004	0.06429	0.0131	0.08766	0.0189
	P2 (%15) = -2232.60	0	0.005321	2583.57	0.1127	0.1074	0.50	0.0537	0.01286	0.0038	0.05649	0.0256	0.07442	0.0345
		90	0.010490	1277.19	0.2325	0.2220	0.25	0.0555	0.02760	0.0043	0.11040	0.0250	0.14850	0.0345
C100/40SD1	P1 (%45) = -5626.80	0	0.005803	2852.19	0.0729	0.0671	0.50	0.0335	0.00675	0.0005	0.03013	0.0122	0.03974	0.0170
		90	0.014454	1098.00	0.1918	0.1773	0.20	0.0355	0.01623	0.0004	0.07597	0.0123	0.10190	0.0175
	P2 (%15) = -1875.60	0	0.005558	2384.96	0.1192	0.1136	0.50	0.0568	0.01169	0.0031	0.04987	0.0222	0.06584	0.0301
		90	0.013951	902.85	0.3100	0.2960	0.20	0.0592	0.03117	0.0034	0.12080	0.0214	0.16230	0.0297
C100/40SD2	P1 (%45) = -5244.75	0	0.005553	2473.78	0.0789	0.0733	0.50	0.0367	0.00701	0.0007	0.03221	0.0133	0.04286	0.0187
		90	0.014239	942.82	0.2054	0.1912	0.20	0.0382	0.01705	0.0006	0.07955	0.0131	0.10800	0.0188
	P2 (%15) = -1748.25	0	0.005201	1928.97	0.1432	0.1380	0.50	0.0690	0.01315	0.0040	0.05601	0.0254	0.07646	0.0356
		90	0.013228	727.63	0.3489	0.3357	0.20	0.0671	0.03377	0.0041	0.13510	0.0244	0.18180	0.0337
C100/40SD3	P1 (%45) = -5078.25	0	0.005483	2297.22	0.0823	0.0768	0.50	0.0384	0.00714	0.0008	0.03344	0.0140	0.04448	0.0195
		90	0.014408	890.13	0.2121	0.1977	0.20	0.0395	0.01786	0.0007	0.08198	0.0135	0.11040	0.0192
	P2 (%15) = -1692.75	0	0.004909	1692.33	0.1617	0.1568	0.50	0.0784	0.01364	0.0044	0.05519	0.0251	0.08117	0.0381
		90	0.012569	646.43	0.3726	0.3600	0.20	0.0720	0.03506	0.0045	0.14290	0.0261	0.19090	0.0357



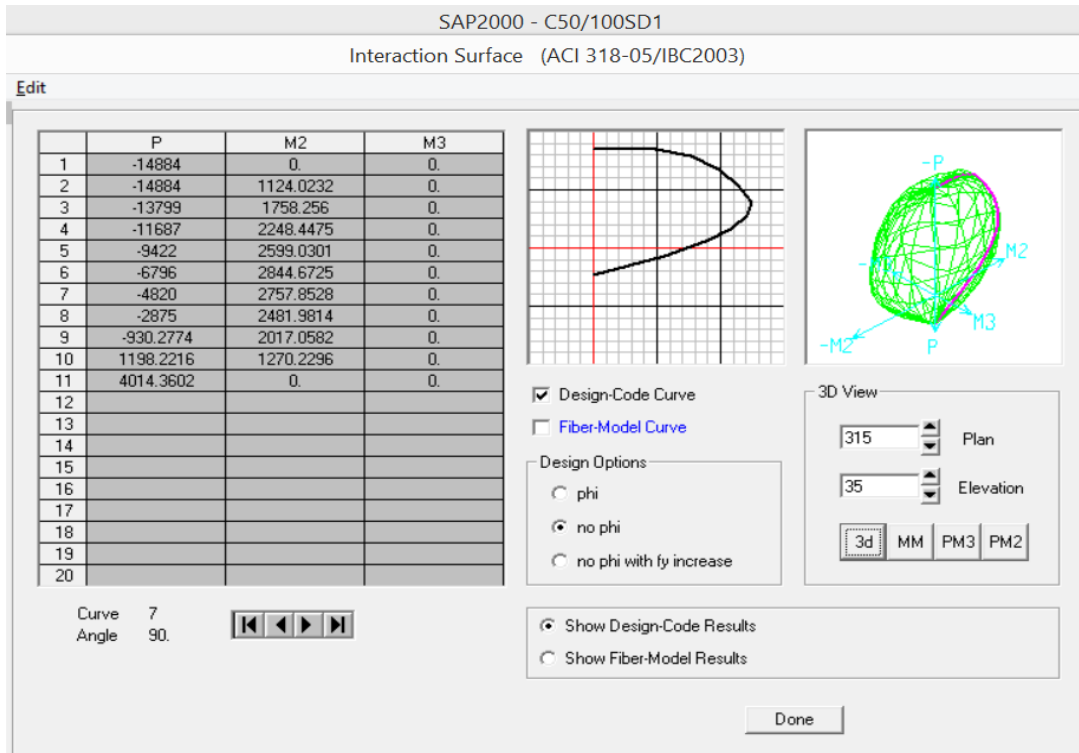
Şekil 4.12 : Section Designer’da tanımlanan C50/100SD1 kolonu.



Şekil 4.13 : C50/100SD1 kolonuna ait mander sargılı beton modeli.



Şekil 4.14 : Section Designer’da C50/100SD1 kolonunun moment-eğrilik bağıntısının elde edilmesi.



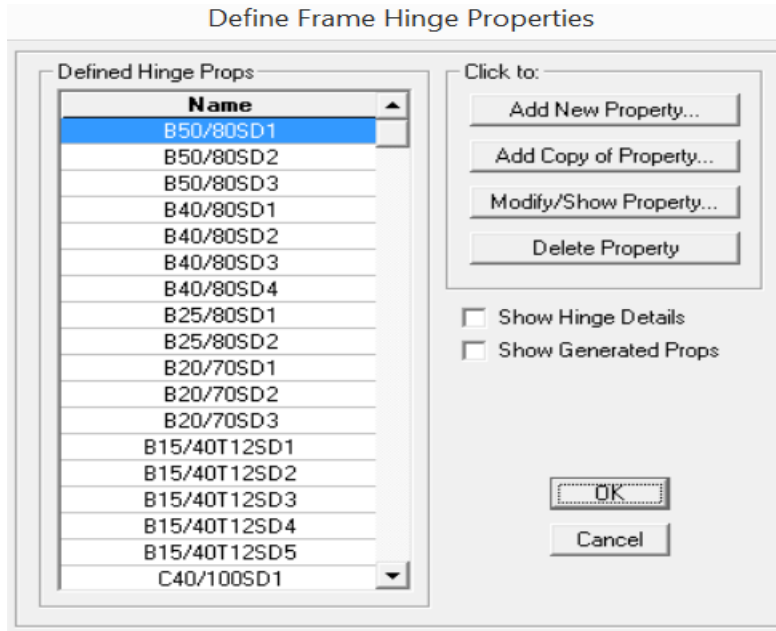
Şekil 4.15 : Section Designer’da C50/100SD1 kolonunun akma yüzeylerinin elde edilmesi.

4.3.5 Kolon ve kirişler için plastik mafsalların oluşturulması

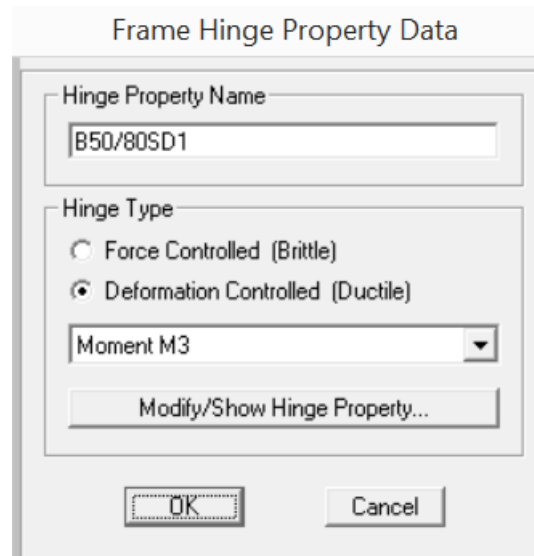
SAP2000 çubuk elemanlar için plastik mafsal tanımlamalarında FEMA-356 (Federal Emergency Management Agency) ve ATC-40 (Applied Technology Council) tarafından hazırlanan plastik mafsal yaklaşımlarını elemanlara otomatik olarak atayabilmektedir. Ancak bu atamalarda plastik özellikler yaklaşık olarak hesaplandığından ve çalışma kapsamında daha kesin sonuçlar almak maksadıyla tüm kesitlerin plastik mafsal özellikleri, Section Designer arayüzünde hesaplanıp programa kullanıcı tanımlı olarak girilmiştir. Bu aşamada kolon ve kirişlerin plastik mafsal özellikleri Hinge Properties menüsünde tanımlanarak oluşturulmuştur . Bu tanımlamalar yapılırken kirişlerin eksenel kuvvet almadığı ve sadece basit eğilmeye çalıştığı varsayılarak M3 plastik mafsal özelliği seçilmiştir. Kolonlarda ise eksenel kuvvet ve birleşik eğilme söz konusu olduğu için P-M2-M3 plastik mafsal özelliği kullanılmıştır. Eleman plastik şekildeğiştirmelerinin sadece eleman uçlarında (ek olarak eleman orta noktalarına da plastik mafsallar yerleştirilebilir) olduğu varsayılarak plastik mafsallar buralara yerleştirilmiştir. Yerleştirme yapılırken çubuk elemanlarının boylarının 0.01'i ve 0.99'u seçilmiştir. Plastik mafsal tanımlamalarında mafsal isimleri Section Designer kesit ismiyle aynı olacak şekilde verilmiştir.

4.3.5.1 Kirişlere plastik mafsalların tanımlanması ve atanması

Kirişler için plastik mafsallar tanımlanırken Hinge Properties menüsü kullanılır ve buraya daha önce hesaplanan moment-eğrilik değerleri girilerek M3 plastik mafsalı oluşturulur, Şekil 4.16, Şekil 4.17, Şekil 4.18.



Şekil 4.16 : SAP2000 Hinge Properties menüsü.



Şekil 4.17 : SAP2000 kiriş kesitleri için plastik mafsallık özelliklerinin tanımlanması.

Frame Hinge Property Data for B50/80SD1 - Moment M3

Edit

Displacement Control Parameters

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E-	-0.2	-0.075
D-	-0.2	-0.0675
C-	-1.	-0.0675
B-	-1.	0.
A	0.	0.
B	1.	0.
C	1.	0.0673
D	0.2	0.0673
E	0.2	0.075

☐ Symmetric

Type

☒ Moment - Rotation

☐ Moment - Curvature

Hinge Length

☐ Relative Length

Hysteresis Type And Parameters

Hysteresis Type

No Parameters Are Required For This Hysteresis Type

Load Carrying Capacity Beyond Point E

☒ Drops To Zero

☐ Is Extrapolated

Scaling for Moment and Rotation

☐ Use Yield Moment

Moment SF

☐ Use Yield Rotation (Steel Objects Only)

Rotation SF

Acceptance Criteria (Plastic Rotation/SF)

	Positive	Negative
Immediate Occupancy	4.300E-03	-4.300E-03
Life Safety	0.0215	-0.022
Collapse Prevention	0.0334	-0.0339

☒ Show Acceptance Criteria on Plot

Şekil 4.18 : SAP2000 kiriş kesitleri için M3 mafsalı veri girişi.

Yukarıda şekilde plastik mafsallık özellikleri oluşturulurken kesitin simetrik olmadığı (alt donatı ile üst donatının farklı olduğu) durum gözönüne alınmıştır. Bu durumda verilen kesit için akma momentlerinde yaklaşık 170 kN-m gibi bir fark olmasına rağmen plastik dönmeler hemen hemen aynıdır. Bunun sebebi alt donatı (4Φ26) ile üst donatı (5 Φ26) alanlarının birbirine yakın olmasıdır. Yukarıda plastik mafsallık tanımlanırken A, B, C, D, E gibi beş farklı nokta karşımıza çıkmaktadır. Bu noktalardan A noktası sıfırı temsil eder ve veri girişi yapılamaz. B noktası akma sınırını temsil eder ve bu noktaya kadar kesitte herhangi bir plastik şekil değiştirme meydana gelmez çünkü B noktasının plastik dönme değeri 0'dır. C noktası ise kesitin güç tükenme noktasıdır ve istenirse bu noktadan sonra (D ve E noktaları için) kapasite belli miktarda azaltılarak bir miktar daha yük taşınabilir. Burada plastik mafsallık özellikleri dönmeye bağlı ya da eğrilığe bağlı olarak girilebilir, bu çalışma kapsamında dönmeye bağlı veri girişi seçilmiştir. Momentler tanımlanırken programın ölçekleme özelliği kullanılarak C, D ve E noktaları için B noktasının (akma momentinin) moment değeri referans alınmıştır. Aynı şekilde dönme değerleri için ise akma momentinin (B noktasının) plastik dönme değeri 0 kabul edilerek ölçek

değeri 1 alınıp C, D ve E noktalarının plastik dönme değerleri direkt olarak girilmiştir. Bu bölümde istenirse “Acceptance Criteria” adı altında verilen performans seviyeleri için sınır plastik şekildeğiştirmeleri girilerek analiz sonrası performans değerlendirmesi yapılabilir. Bu çalışma kapsamında bu veriler de girilmiştir. Türk Deprem Yönetmeliği (2007) Bölüm 7’de tanımlanan kesit birim şekildeğiştirme sınırlarına karşılık gelen eğrilik değerleri programın Section Designer modülünde yapılan moment-eğrilik analizi çerçevesinde toplam eğrilik (Φ) değerleri olarak ele alınmış ve bu eğrilik değerlerinden akma eğriliği (Φ_y) değerleri çıkarılarak plastik eğrilik (Φ_p) değerleri bulunmuştur. Bulunan plastik eğrilik değerleri kesitin çalıştığı doğrultudaki plastik mafsallık boyu (l_p) ile çarpılarak plastik dönme (θ_p) değerleri haline getirilmiştir, (Çizelge 4.4). Bu plastik dönme değerleri de “Acceptance Criteria” olarak programa tanıtılmıştır. Burada geçen “Immediate Occupancy”, “Life Safety” ve “Collapse Prevention” kriterleri sırasıyla TDY Bölüm 7’de tanımlanan “Minimum Hasar Sınırı”, “Güvenlik Sınırı” ve “Göçme Sınırı” olarak ele alınmıştır. Bu hasar sınırları da Çizelge 4.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6 : Beton ve donatı çeliği için birim şekildeğiştirme sınır değerleri.

Şekildeğiştirme Sınırı	Hasar Sınırı	
	Kesitin En Dış Lifindeki Beton Basınç Birim Şekildeğiştirmesi	Donatı Çeliği Birim Şekildeğiştirmesi
Minimum Hasar Sınırı	$(\epsilon_{cu})_{MN} = 0.0035$	$(\epsilon_{su})_{MN} = 0.010$
Güvenlik Sınırı	$(\epsilon_{cu})_{GV} = 0.0035 + 0.01(\epsilon_s/\epsilon_{sm}) \leq 0.0135$	$(\epsilon_{su})_{GV} = 0.040$
Göçme Sınırı	$(\epsilon_{cu})_{GC} = 0.0035 + 0.01(\epsilon_s/\epsilon_{sm}) \leq 0.0180$	$(\epsilon_{su})_{GC} = 0.060$

4.3.5.2 Kolonlara plastik mafsalların tanımlanması ve atanması

Kolonlar için de plastik mafsallar Hinge Properties menüsünden tanımlanır. Burada kolonlar için daha önce hesaplanan moment-eğrilik değerleri ve akma yüzeyleri kullanılarak P-M2-M3 plastik mafsalları oluşturulur, Şekil 4.19, Şekil 4.20, Şekil 4.21, Şekil 4.22, Şekil 4.23.

Frame Hinge Property Data

Hinge Property Name
C50/100SD1

Hinge Type
☐ Force Controlled (Brittle)
☒ Deformation Controlled (Ductile)
 Interacting P-M2-M3

Modify/Show Hinge Property...

OK Cancel

Şekil 4.19 : SAP2000 kolon kesitleri için plastik mafsallık özelliklerinin tanımlanması.

Frame Hinge Property Data for C50/100SD1 - Interacting P-M2-M3

Hinge Specification Type
☒ Moment - Rotation
☐ Moment - Curvature
 Hinge Length
☐ Relative Length

Scale Factor for Rotation (SF)
☐ SF is Yield Rotation per FEMA 356 Eqn. 5-2 (Steel Objects Only)
☒ User SF

Load Carrying Capacity Beyond Point E
☒ Drops To Zero ☐ Is Extrapolated

Symmetry Condition
☐ Moment Rotation Dependence is Circular
☒ Moment Rotation Dependence is Doubly Symmetric about M2 and M3
☐ Moment Rotation Dependence has No Symmetry

Requirements for Specified Symmetry Condition
 1. Specify curves at angles of 0° and 90°.
 2. If desired, specify additional intermediate curves where: 0° < curve angle < 90°.

Axial Forces for Moment Rotation Curves
 Number of Axial Forces
 Modify/Show Axial Force Values...

Curve Angles for Moment Rotation Curves
 Number of Angles
 Modify/Show Angles...

Modify/Show Moment Rotation Curve Data...
 Modify/Show P-M2-M3 Interaction Surface Data...

OK Cancel

Şekil 4.20 : SAP2000 kolon kesitleri için P-M2-M3 mafsallık veri girişi-1.

Şekil 4.20’de kolonlar için plastik mafsallık özellikleri tanımlanırken daha önce belirtilen iki adet eksenel kuvvet (P1 ve P2) ve kesitlerin simetri özelliğinden dolayı iki adet açı (0° ve 90°) kullanılmıştır. Kirişlerin plastik mafsallık tanımlamaları

sırasında anlatılan ölçek katsayısı ise burada 1 alınmıştır. Şekil 4.21’de ise tanımlanan eksenel kuvvetler ve açılar için daha önce hesaplanan moment-plastik dönme ilişkileri girilmektedir. Her eksenel kuvvet için 0° ve 90° olmak üzere iki adet yani toplamda bir kolon için dört adet moment-dönme ilişkisi tanımlanmıştır. Yine kirişler için belirlendiği şekilde performans değerlendirmesi için kolonlar için de plastik dönme hasar sınırları (Çizelge 4.5) belirlenip (Acceptance Criteria) programa aktarılmıştır.

Kolonlar için tanımlanacak olan etkileşim yüzeyleri kullanıcı tanımlı olarak girilmiştir. Etkileşim yüzeyleri kolonların simetri özelliğinden dolayı 0° ve 90° arasında tanımlanmıştır. Bu tanımlama 0° , 30° , 60° ve 90° açılara sahip dört adet eğri ile yapılmıştır. Her eğrinin 11 adet P, M2, M3 noktası bulunmaktadır. Bu eğrilerin oluşturulması sırasında programın veri girişine uyulmuş ve tüm eğrilerin konveks özellik göstermesi sağlanmıştır.

Moment Rotation Data for C50/100SD1 - Interacting P-M2-M3

Edit

Select Curve
 Axial Force: -2232.6 Angle: 90. Curve #4 Units: KN, m, C

Moment Rotation Data for Selected Curve

Point	Moment/Yield Mom	Rotation/SF
A	0.	0.
B	1.	0.
C	1.	0.0537
D	0.2	0.0537
E	0.2	0.06

Note: Yield moment is defined by interaction surface

Copy Curve Data Paste Curve Data

Acceptance Criteria (Plastic Deformation / SF)

- Immediate Occupancy: 3.800E-03
- Life Safety: 0.0256
- Collapse Prevention: 0.0345

☒ Show Acceptance Points on Current Curve

3D View

Current Curve - Curve #4
 Force #2; Angle #2

3D Surface
 Axial Force = -2232.6

Plan: 315 Elevation: 35 Aperture: 0

Axial Force: -2232.6

☐ Hide Backbone Lines
☐ Show Acceptance Criteria
☐ Show Thickened Lines
☒ Highlight Current Curve

Moment Rotation Information

Symmetry Condition: Double
 Number of Axial Force Values: 2
 Number of Angles: 2
 Total Number of Curves: 4

Angle Is Moment About

0 degrees = About Positive M2 Axis
 90 degrees = About Positive M3 Axis
 180 degrees = About Negative M2 Axis
 270 degrees = About Negative M3 Axis

OK Cancel

Şekil 4.21 : SAP2000 kolon kesitleri için P-M2-M3 mafsalı veri girişi-2.

Hinge Interaction Surface for C50/100SD1 - Interacting P-M2-M3

Interaction Surface Options

☐ Default from Material Property of Associated Line Object
☐ Steel, AISC-LRFD Equations H1-1a and H1-1b with $\phi = 1$
☐ Steel, FEMA 356 Equation 5-4
☐ Concrete, ACI 318-02 with $\phi = 1$
☒ User Definition

Define/Show User Interaction Surface...

Axial Load - Displacement Relationship

☐ Proportional to Moment - Rotation
☒ Elastic - Perfectly Plastic

OK Cancel

Şekil 4.22 : SAP2000 kolon kesitlerinin etkileşim yüzeyleri özelliği.

P-M2-M3 Interaction Surface Definition for C50/100SD1

Edit

User Interaction Surface Options

☐ Circular Symmetry
☒ Doubly Symmetric about M2 and M3
☐ No Symmetry

Number of Curves: 4

Number of Points on Each Curve: 11

Scale Factors (Same for All Curves)

P: 1. M2: 1. M3: 1.

☐ Include Scale Factors in Plots KN, m, C

First and Last Points (Same for All Curves)

Point	P	M2	M3
1	-14884.	0	0
11	4014.3602	0	0

Interaction Surface Requirements - Doubly Symmetric

- A minimum of 3 P-M2-M3 curves are specified.
- P (tension positive) increases monotonically.
- M2 = M3 = 0 at the first and last points.
- First curve has all M3 = 0 and all M2 $\geq$ 0.
- Then one or more curves has all M2 > 0 and all M3 > 0.
- Last curve has all M2 = 0 and all M3 > 0.
- As the curve number increases, a specific point number should have an increasing M3 and a decreasing M2.
- Each curve must be convex and the interaction surface as a whole must be convex (no dimples in surface).

Interaction Curve Data

Current Curve: 1

Point	P	M2	M3
1	-14884.	0.	0.
2	-14883.	1124.0232	0.
3	-13799.	1758.256	0.
4	-11687.	2248.4475	0.
5	-9422.	2599.0301	0.
6	-6796.	2844.6725	0.
7	-4820.	2757.8528	0.
8	-2875.	2481.9814	0.
9	-930.2774	2017.0582	0.
10	1198.2216	1270.2296	0.
11	4014.3602	0.	0.

Insert Curve Delete Curve Check Surface

3D Plot

Plan: 315 Elevation: 25 Aperture: 0

☒ Show All Lines
☐ Hide P Direction Lines
☐ Hide M2-M3 Lines
☒ Highlight Current Curve

3D MM PM3 PM2

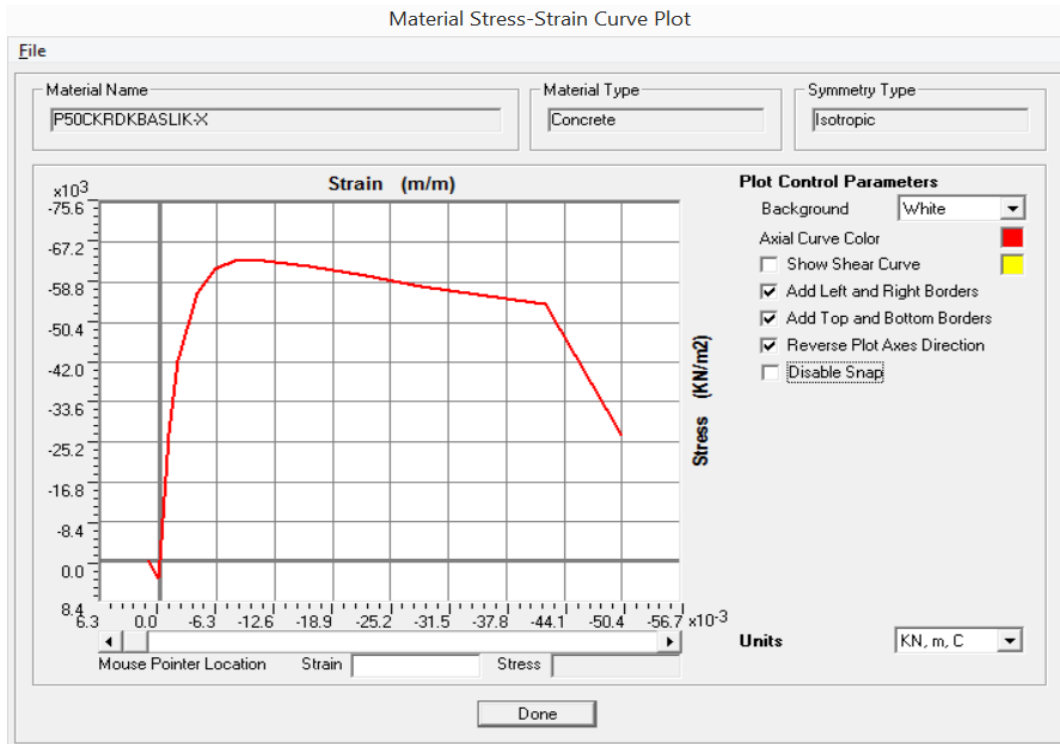
OK Cancel

Şekil 4.23 : SAP2000'de kolon kesitlerinin etkileşim yüzeyleri veri girişi.

4.3.6 Perdeler için doğrusal olmayan malzeme davranışı gösteren çok katmanlı kabuk elemanların tanımlanması

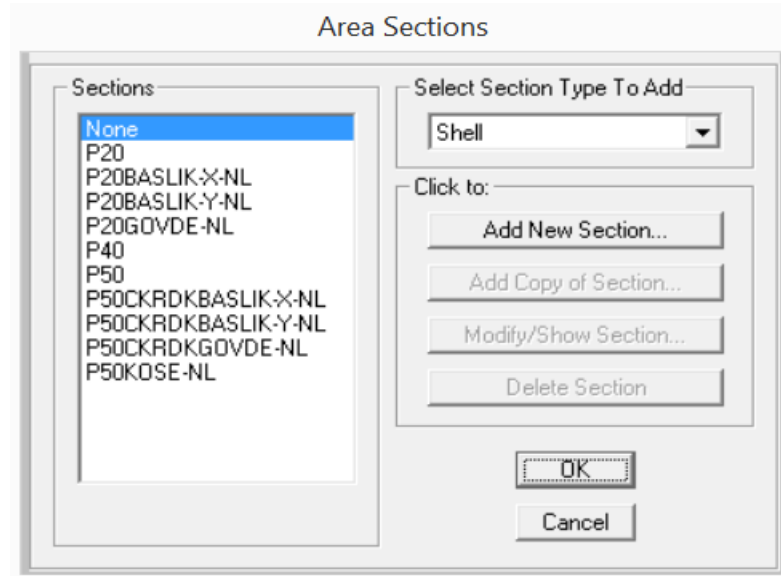
Bu çalışma kapsamında ilk 8 kattaki (kritik perde yüksekliği) perde elemanların hepsi doğrusal olmayan davranış gösteren katmanlı kabuk elemanlar ile diğer üst katlardaki perdeler ise doğrusal davranış gösteren kabuk elemanlar ile modellenmiştir.

Perdelerin çok katmanlı kabuk elemanlar ile modellenmesinden önce perdelerin başlık ve gövde kısımlarında kullanılacak malzeme modelleri tanımlanmalıdır. Çalışmada köşe perdelerin başlık ve gövde bölgeleri için (başlık ve gövde bölgesi boyuna ve enine donatı miktarının yakın olması sebebiyle) ortalama bir donatı alınarak doğrusal olmayan davranış gösteren tek bir malzeme modeli tanımlanmıştır. Çekirdek perdeleri için ise 50 cm ve 20 cm kalınlığındaki perdeler ayrı ayrı dikkate alınmış olup her iki perde için X ve Y doğrultularında başlık ve gövde bölgeleri olmak üzere sargılı ve sargısız malzeme modelleri tanımlanmıştır. Örnek olarak P50CKRDKBASLIK-X adı altında X doğrultusunda 50 cm kalınlığındaki çekirdek perdelerin başlık bölgeleri için tanımlanan doğrusal olmayan beton modeli Şekil 4.24'te gösterilmektedir.



Şekil 4.24 : SAP2000’de X doğrultusunda 50 cm kalınlığındaki çekirdek perdelerin başlık bölgeleri için tanımlanan sargılı beton modeli.

Çalışma kapsamında tanımlanan kabuk elemanlar Şekil 4.25'te gösterilmiştir. Çok katmalı kabuk eleman olarak modellenen perdeler için modelleme yapılırken kesit tipi olarak “Shell-Layered/Nonlinear” seçilir, Şekil 4.26. Daha sonra “Modify/Show Layer Defination” butonuna basılarak çıkan ekranda katmanları hızlı bir şekilde varsayılan olarak tanımlamak için “Quick Start” butonu kullanılır. Çıkan ekranda katmanlar için beton malzeme modeli, donatı çeliği malzeme modeli, perde kalınlığı, paspayları ve yerel eksenler için donatı çap ve aralıkları girilerek katmanlı perde modeli oluşturulur, Şekil 4.27. Oluşan katmanlardan sadece beton ve düşey donatı için doğrusal olmayan davranış gösteren katmanlar bırakılmış diğerleri analiz süresini kısaltmak için silinmiştir, Şekil 4.28.



Şekil 4.25 : SAP2000’de tanımlanan kabuk elemanlar.

Shell Section Data

Section Name **Display Color**

Section Notes

Type

☐ Shell - Thin
☐ Shell - Thick
☐ Plate - Thin
☐ Plate Thick
☐ Membrane
☒ Shell - Layered/Nonlinear

Thickness

Membrane

Bending

Material

Material Name

Material Angle

Time Dependent Properties...

Concrete Shell Section Design Parameters

Stiffness Modifiers

Temp Dependent Properties

Şekil 4.26 : SAP2000’de perdeler için doğrusal olmayan çok katmanlı kabuk elemanların oluşturulması.

Concrete Shell Section Quick Start Parameters

Section Name **Rebar Layers** ☐ One Layer ☒ Two Layers **Units**

Material Data And Concrete Thickness

Concrete Material

Rebar Material

Concrete Thickness

In-Plane Element Component Behavior

☐ S11 Nonlinear
☒ S22 Nonlinear
☐ S12 Nonlinear

Out-of-Plane Element Component Behavior

☐ Same as In-Plane
☒ Linear

Rebar Size, Spacing and Clear Cover

☐ Size and Spacing Is the Same For All Rebar

Direction	Size	Spacing	Cover
Top Bars - Direction 1	+ 14d	@ 0.1	Cover 0.03
Top Bars - Direction 2	26d	@ 0.15	Cover 0.03
Bottom Bars - Direction 1	14d	@ 0.1	Cover 0.03
Bottom Bars - Direction 2	26d	@ 0.15	Cover 0.03

Shell Section Elevation View

Top

Bottom

Shell Section Plan View

Top ☒ Bot ☐

Şekil 4.27 : SAP2000’de perdeler için doğrusal olmayan çok katmanlı kabuk elemanların veri girişi.

Shell Section Layer Definition

Layer Definition Data

Layer Name	Distance	Thickness	Type	Num Int. Points	Material	Material Angle	Material S11	Material S22	Behavior S12
ConcM	0.	0.5	Membrane	1	P50CKRDKBAS	0.	Linear	Nonlinear	Linear
ConcM	0.	0.5	Membrane	1	P50CKRDKBASLIK>	0.	Linear	Nonlinear	Linear
TopBar2M	0.207	0.00354	Membrane	1	S420a	90.	Nonlinear	Inactive	Linear
BotBar2M	-0.207	0.00354	Membrane	1	S420a	90.	Nonlinear	Inactive	Linear
ConcP	0.	0.5	Plate	2	P50CKRDKBASLIK>	0.	Linear	Linear	Linear

P50CKRDKBASLIK-X

Quick Start ↑ ↓ Add Insert Modify Delete

☐ Highlight Selected Layer

Transparency Control ◀ ▶

Distance

Section Name

Order Layers By Distance

Calculated Layer Information

Number of Layers	4
Total Section Thickness	0.5
Sum of Layer Overlaps	0.5142
Sum of Gaps Between Layers	0.

Şekil 4.28 : SAP2000’de perdeler için doğrusal olmayan çok katmanlı kabuk elemanların katmanlarının oluşturulması.

4.4 Mevcut Yapının Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesaplama Yöntemi ile Çözümlemesi

4.4.1 Giriş

Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi ile çözümlemeye, taşıyıcı sistemin doğrusal olmayan davranışı dikkate alınarak hareket denklemi adım adım entegre edilir. Bu hesap yönteminde zaman tanım alanında çözümleme için kabul edilen bir gerçek, benzetilmiş veya yapay deprem hareketi esas alınıp, her bir zaman artımında taşıyıcı sistemde meydana gelen plastik şekildeğiştirme, yerdeğiştirme ve iç kuvvetler ile bu büyüklüklerin deprem istemine karşı gelen maksimum değerleri hesaplanarak çözümleme yapılır.

4.4.2 Çözümlemeye kullanılacak deprem ivme kayıtlarının belirlenmesi

Bina ve bina türü yapıların zaman tanım alanında doğrusal elastik ya da doğrusal elastik olmayan deprem hesabı için, yapay yollarla üretilen, daha önce kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri kullanılabilir. Yapay yer hareketlerinin

kullanılması durumunda, aşağıdaki özellikleri taşıyan en az üç deprem yer hareketi üretilacaktır [1].

a) Kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, binanın birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmayacaktır.

b) Üretilen deprem yer hareketinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması A_0g 'den daha küçük olmayacaktır.

c) Yapay olarak üretilen her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için bulunan spektral ivme değerlerinin ortalaması, göz önüne alınan deprem doğrultusundaki birinci (hakim) periyod T_1 'e göre $0.2T_1$ ile $2T_1$ arasındaki periyodlar için, DBYBHY 2007 Bölüm 2.4'te tanımlanan $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivmelerinin %90'ından daha az olmayacaktır.

Zaman tanım alanında yapılacak deprem hesabı için kaydedilmiş depremler veya kaynak ve dalga yayılımı özellikleri fiziksel olarak benzeştirilmiş yer hareketleri kullanılabilir. Bu tür yer hareketleri üretilirken yerel zemin koşulları da uygun biçimde gözönüne alınmalıdır. Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş yer hareketlerinin kullanılması durumunda en az üç deprem yer hareketi üretilcek ve bunlar yukarıda verilen tüm koşulları sağlayacaktır [1].

Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan hesap yapılması durumunda, taşıyıcı sistem elemanlarının tekrarlı yükler altındaki dinamik davranışını temsil eden iç kuvvet şekildeğiştirme bağıntıları, teorik ve deneysel geçerlilikleri kanıtlanmış olmak kaydı ile, ilgili literatürden yararlanılarak tanımlanacaktır. Doğrusal veya doğrusal olmayan hesapta, üç yer hareketi kullanılması durumunda sonuçların maksimumu, en az yedi yer hareketi kullanılması durumunda ise sonuçların ortalaması tasarım için esas alınacaktır [1].

Bu tez çalışmasında DBYBHY 2007 Bölüm 2.9.1'de istenen koşullara göre üretilen üç adet benzeştirilmiş deprem yer hareketi seçilmiştir. Seçilen deprem yer hareketleri ve bazı özellikleri Çizelge 4.7'de görülmektedir.

Çizelge 4.7 : Seçilen deprem yer hareketleri ve özellikleri.

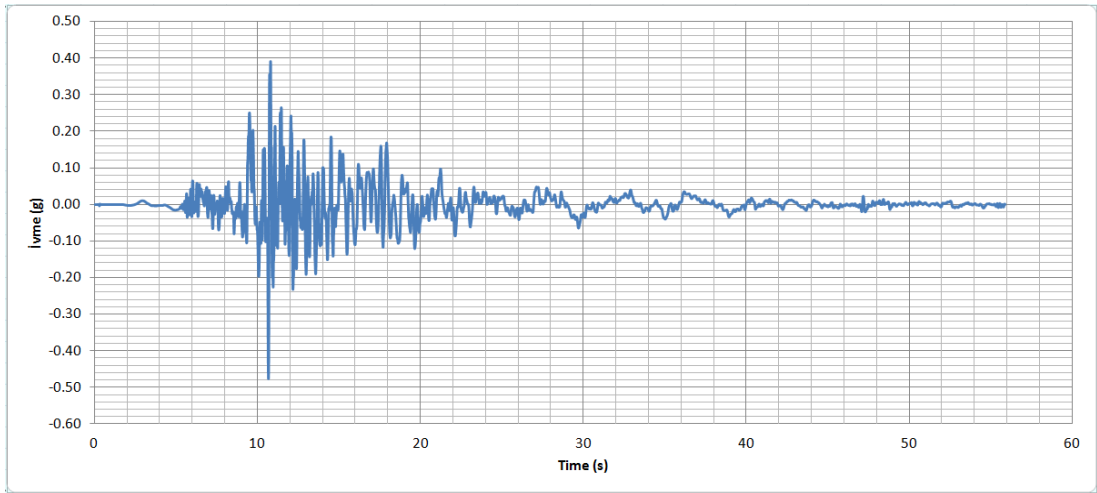
Seçilen Yer Hareketi İsmi	Kaynak	İstasyon İsmi-Numarası	Süre (s)	Filtre	Eksen Düzeltme	Tip
Düzce-NS	http://kyh.deprem.gov.tr	Bolu Bayındırlık Ve İskan Müdürlüğü-1401	55.89	evet	evet	Benzeştirilmiş
İmperial Valley	SEISMOMATCH-PEER	USGS istasyonu 5115	39.48	evet	evet	Benzeştirilmiş
Northridge	SEISMOMATCH-PEER	090 CDMG istasyon 24278	39.88	evet	evet	Benzeştirilmiş

Bu deprem yer hareketleri içerisinde Düzce kaydı <http://kyh.deprem.gov.tr> adresinden indirilmiştir, Imperial Valley ve Northridge deprem kayıtları ise SEISMOMATCH programının içerisinde varsayılan olarak gelen deprem kayıtlarıdır ve atıf yapılan kaynak Pasific Earthquake Engineering Research Center (PEER) olarak verilmiştir. Orjinal kayıtların benzeştirme işlemleri SEISMOMATCH, eksen düzeltme ve frekans filtreleme işlemleri SEISMOSIGNAL programında yapılmıştır. Bu işlemler bazı kayıtlar için birkaç kez tekrarlanmıştır.

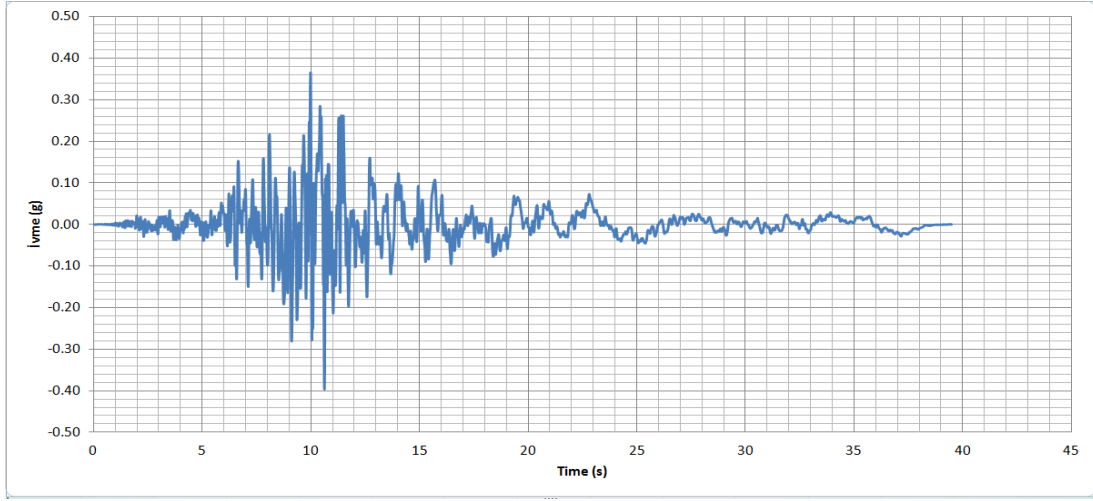
SEISMOMATCH’de benzeştirilen kayıtların bazı özelliklerini program “Ground Motion Parameters” adı altında vermektedir, seçilen bazı parametreler Çizelge 4.8’de gösterilmiştir. Benzeştirilmiş kayıtlar ile ortalama ve tasarım spektrumu grafikleri Şekil 4.29, 30, 31, 32, 33, 34 ve 35 ‘te görülmektedir.

Çizelge 4.8 : Benzeştirilmiş deprem kayıtlarına ait bazı yer hareketi parametreleri.

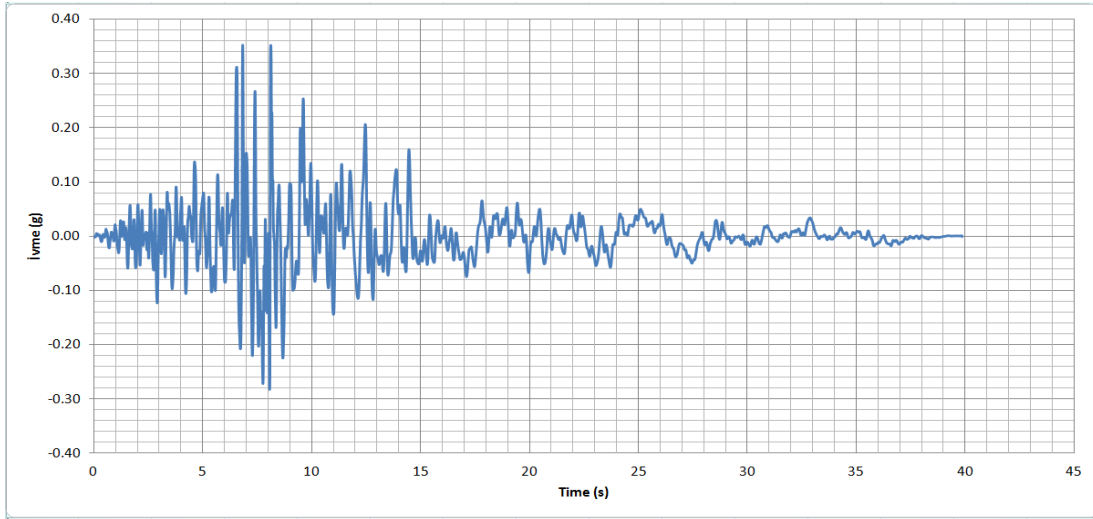
Accelerogram	1- DÜZCE	2- İMPERİAL	3- NORTHRIDGE
Max Aceleration (g)	0.476	0.396	0.352
Max Velocity (cm/sec)	41.497	52.879	56.729
Max Displacement (cm)	36.476	35.814	38.823
Arias Intensity (cm/sec)	1.895	1.683	1.733
Housner Intensity (cm)	136.629	143.011	156.457
Significant Duration (sec)	16.07	15.08	18.05



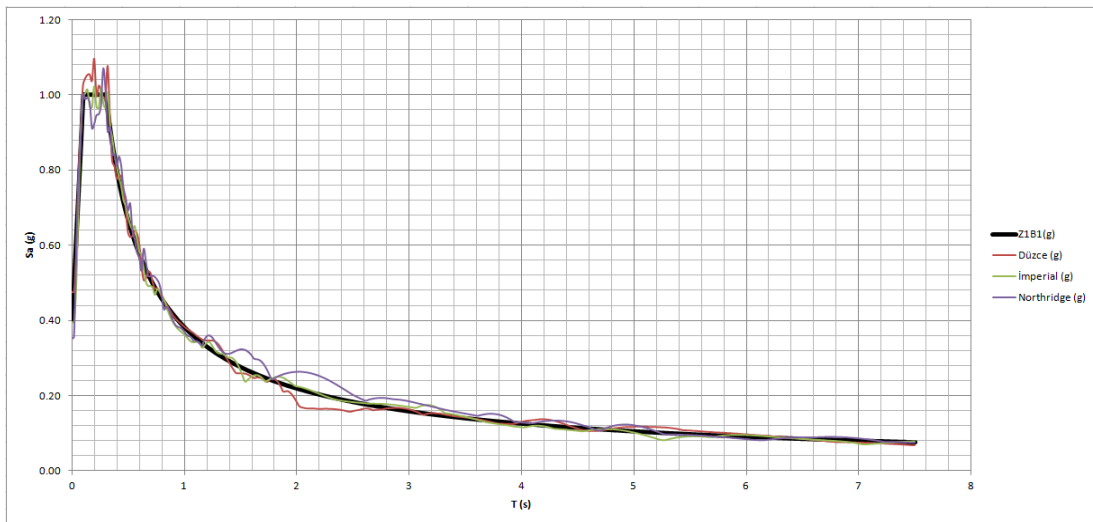
Şekil 4.29 : Düzce benzeştirilmiş ivme kaydı.



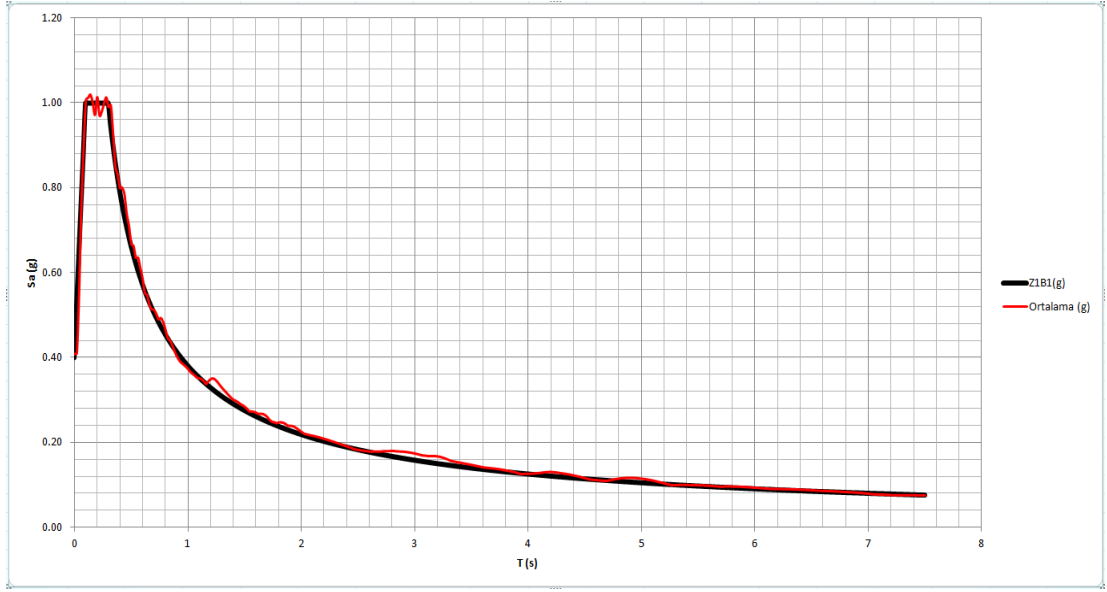
Şekil 4.30 : Imperial benzeştirilmiş ivme kaydı.



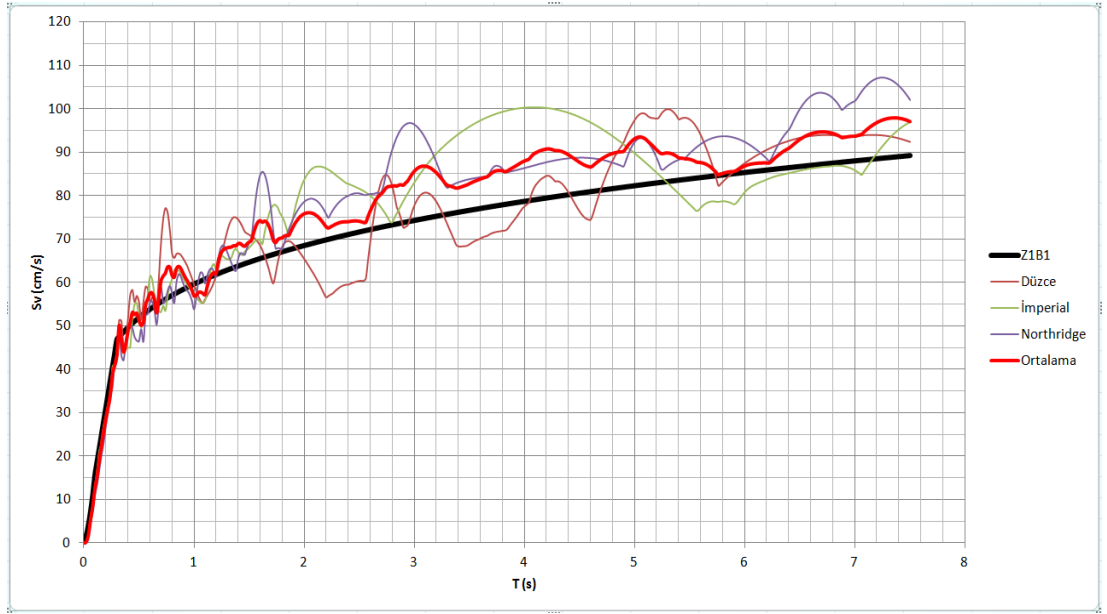
Şekil 4.31 : Northridge benzeştirilmiş ivme kaydı.



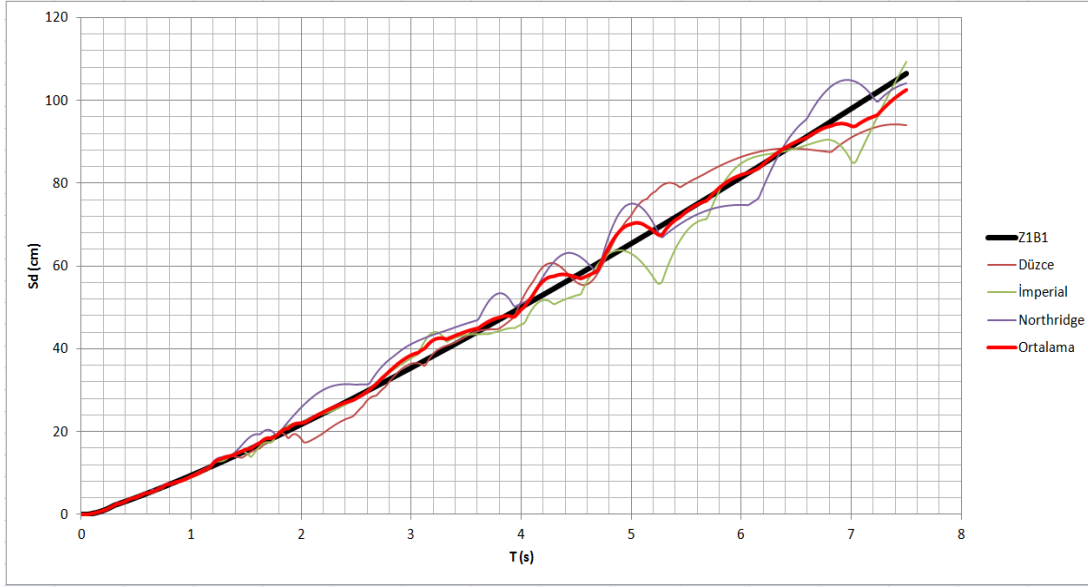
Şekil 4.32 : Tasarım ivme spektrumu ve seçilen deprem kayıtlarının ivme spektrumları.



Şekil 4.33 : Tasarım ivme spektrumu ve ortalama ivme spektrumu.



Şekil 4.34 : Hız spektrumları.



Şekil 4.35 : Yerdeğiştirme spektrumları.

Analizde kullanılan deprem kayıtları benzeştirilirken deprem yönetmeliğinin istediği koşullara uyulmuştur. DBYBHY 2007’de istenen koşullar ve sağlamaları aşağıdadır.

a) Birinci koşul olan kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, binanın birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmayacaktır koşuluna uygundur.

$T_1 = 2.619$ s ve $5T_1 = 5 \cdot 2.619 = 13.095$ s olduğuna göre dikkate alınacak değer 15 saniyedir. Deprem kayıtlarının kuvvetli yer hareketi kısmını bulmak için kabaca bir yaklaşımla kayıt üzerinde yerçekimi ivmesinin %5’i olan 0.05g değerinin ilk okunduğu ve son okunduğu zaman aralığı düşünülebilir. Fakat SEISMOMATCH yukarıda Çizelge 4.8’de görüldüğü gibi “Significant Duration” adı altında toplam Arias şiddetinin %5 ve %95’lik kısımları arasında kalan zaman dilimini dikkate alarak bu süreyi hesaplamaktadır. Hesaplanan sürelerin üç deprem kaydı için de 15 saniyeden fazla olduğu görülmektedir.

b) İkinci koşul olan üretilen deprem yer hareketinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması A_{0g} ’den daha küçük olmayacaktır koşuluna uygundur.

SEISMOMATCH programı benzeştirilen kayıtların spektrumlarını otomatik olarak verebilmektedir, Çizelge 4.9. SEISMOMATCH aracılığıyla oluşturulan çizelgede kayıtların ivme spektrumlarına ait değerler görülmektedir, Çizelge 4.10.

Çizelge 4.9 : SEISMOMATCH’de düzce kaydına ait ivme spektrumu tablosu.

Parameters from Matched Accelerogram Spectrum					
Period (s)	Acc (g)	Vel (cm/sec)	Disp (cm)	Pseudo-Acc (g)	Pseudo-Vel (cm/s)
0.00000	0.47620	0.00000	0.00000	0.47620	0.00000
0.02000	0.47641	0.20272	0.00474	0.47640	1.48762
0.04000	0.57837	1.57223	0.02296	0.57749	3.60657
0.06000	0.78894	5.45558	0.07040	0.78700	7.37249
0.08000	0.90642	8.83470	0.14356	0.90270	11.27517
0.10000	1.02555	13.50484	0.25386	1.02161	15.95053

Çizelge 4.10 : Kullanılan yer hareketlerinin ivme spektrumlarının değerleri.

T (s)	Z1B1(g)	Düzce (g)	İmperial (g)	Northridge (g)	Ortalama (g)
0.000	0.400	0.47620	0.39600	0.35240	0.40820
0.020	0.520	0.47641	0.39607	0.35600	0.40949
0.040	0.640	0.57837	0.49253	0.57910	0.55000
0.060	0.760	0.78894	0.70728	0.77264	0.75629
0.080	0.880	0.90642	0.89091	0.88737	0.89490
0.100	1.000	1.02555	0.99497	1.00075	1.00709

Yukarıdaki çizelgeden de görüldüğü gibi derem kayıtlarının sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması 0.408g’dir. Bu çizelgede Z1B1 adı altındaki ivme spektrumu hedef spektrumdur ve zemin sınıfı Z1, deprem bölgesi 1.derece deprem bölgesidir yani bahsedilen A_0g değerinin alınacağı ivme spektrumudur. Sonuç olarak sıfır periyoda karşı gelen ortalama ivme değeri $0.408g > 0.400g$ olduğu belirtilmiştir.

c) Üçüncü koşul olan yapay olarak üretilen her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için bulunan spektral ivme değerlerinin ortalaması, göz önüne alınan deprem doğrultusundaki birinci (hakim) periyod T_1 ’e göre $0.2T_1$ ile $2T_1$ arasındaki periyotlar için, DBYBHY 2007 Bölüm 2.4’te tanımlanan $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivmelerinin %90’ından daha az olmayacaktır koşuluna uygundur.

$$T_1 = 2.619 \text{ s} \quad \text{ve} \quad 0.2T_1 = 0.2 \cdot 2.619 = 0.524 \text{ s} \quad 2T_1 = 2 \cdot 2.619 = 5.238 \text{ s}$$

Şekil 4.33’ten de görülebileceği gibi hiçbir hesaba gerek kalmadan $T = 0.524 \text{ s}$ ve $T = 5.238 \text{ s}$ olan periyotlar arasında ortalama ivme spektrumu üzerindeki hiçbir ivme değeri tasarım spektrumunun %90’ının altına düşmemiştir.

Seçilen deprem yer hareketleri X ve Y doğrultularında binaya etki ettirilerek zaman tanım alanında altı adet doğrusal olmayan çözümleme yapılmıştır. Çözümlemede kullanılan kayıtlar kuvvetli yer hareketi kısmından sonra belirli bir süre küçük ivme değerleri ile devam etmekte olduğu için ve adım sayısının çokluğu analiz süresini oldukça uzattığından bu çalışma kapsamında analiz süresi için ortalama 25 saniyelik bir kayıt süresi dikkate alınmıştır. Kayıtların çözümlemede kullanılan özellikleri izelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11 : Çözümlemede kullanılan deprem kayıtlarının özellikleri.

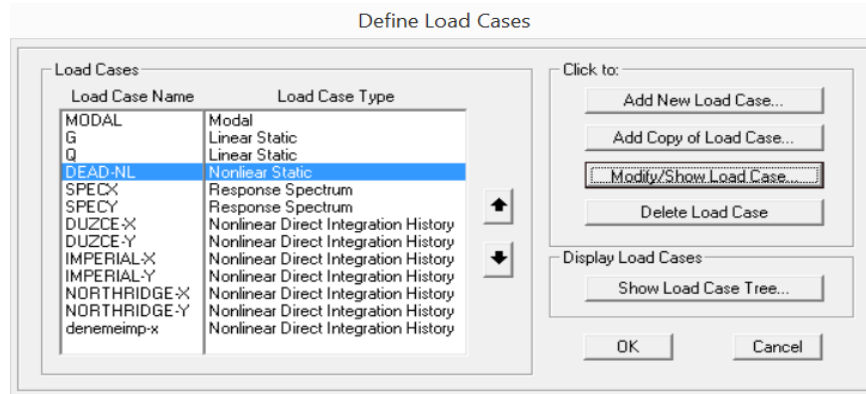
Benzeştirilmiş deprem kaydı ismi	Süre (s)	Toplam adım sayısı	Analiz zaman ilerleme aralığı	Veri çıktı zaman ilerleme aralığı
DUZCE	25	2500	0.01	0.01
IMPERIAL	25	2500	0.01	0.01
NORTHRIDGE	25	2500	0.01	0.01

4.4.3 SAP2000’de zaman tanım alanında çözümleme için veri girişi yapılması

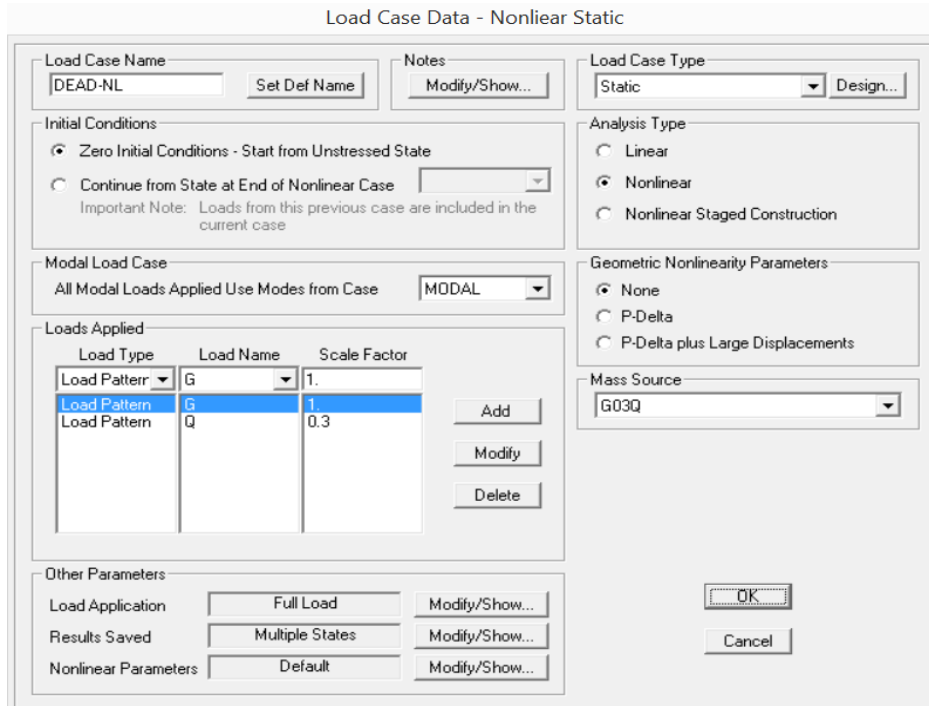
SAP2000’de zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz için yüklemeye ait veri girişi ve tanımlamaları şekil 4.36, 37 ve 38’de örnek olarak bir yükleme için gösterilmiştir. şekil 4.36’da gösterildiği gibi zaman tanım alanında doğrusal olmayan çözümlemeden önce kütlelerle uyumlu düşey yüklerin göz önüne alındığı bir doğrusal olmayan statik özümleme (DEAD-NL) yapılmıştır ve bu çözümlemenin sonuçları zaman tanım alanında doğrusal olmayan çözümlemenin başlangıç koşulları olarak dikkate alınıp zaman tanım alanında çözümlemeye başlanmıştır. şekil 4.37’de doğrusal olmayan statik çözümleme veri girişi örneği gösterilmiştir. şekil 4.38’de gösterilen zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz için veri girişi örneğinde, DUZCE olarak isimlendirilen deprem kaydının binaya “U1” (X) yönünde etkitilmesi gösterilmiştir.

Yükleme tipi olarak “Time History” tipi seçilmiştir.“Time History” tipi olarak da “Direct Integration” seçilmiştir. Çözümleme süresini kısaltmak için “Geometric Nonlinearity Parameters”, P-Delta etkileri ihmal edilerek “None” sekmesi

işaretlenmiştir. Benzeştirilmiş ivme kayıtları programa “g” (yerçekimi ivmesi) cinsinden girildiği için yükleme bölümündeki “scale factor” değeri 9.81 olarak girilmiştir. DUZCE benzeştirilmiş ivme kaydının çözümleme için kullanılacak kısmı ilk 25 saniye olduğu için toplam adım sayısı 2500 adım olacak şekilde veri çıktı zaman aralığı 0.01, olarak ayarlanmıştır. “Nonlinear Parameters” bölümündeki “Damping” penceresinden binanın yükleme doğrultusundaki ilk iki periyot değerlerinin %5’i oranında sönüm tanımlanmıştır. Yine “Time Integration” bölümünde entegrasyon yöntemi olarak “Hilber-Hughes-Taylor” yöntemi seçilmiştir. Bütün bu işlemlerden sonra DUZCE benzeştirilmiş depremi için X doğrultusunda yükleme işlemi tamamlanmış oldu.



Şekil 4.36 : Doğrusal olmayan analiz için yükleme durumları.



Şekil 4.37 : Doğrusal olmayan statik analiz için veri girişi.

Load Case Data - Nonlinear Direct Integration History

Load Case Name DUZCE-X Set Def Name		Notes Modify/Show...		Load Case Type Time History Design...																	
Initial Conditions ☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State ☒ Continue from State at End of Nonlinear Case DEAD-NL v Important Note: Loads from this previous case are included in the current case			Analysis Type ☐ Linear ☒ Nonlinear																		
			Solution Type ☐ Modal ☒ Direct Integration																		
Modal Load Case Use Modes from Case MODAL v			Geometric Nonlinearity Parameters ☒ None ☐ P-Delta ☐ P-Delta plus Large Displacements																		
Loads Applied <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th>Load Type</th> <th>Load Name</th> <th>Function</th> <th>Scale Factor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Accel</td> <td>U1</td> <td>DUZCE</td> <td>9.81</td> </tr> <tr style="background-color: #e0f0ff;"> <td>Accel</td> <td>U1</td> <td>DUZCE</td> <td>9.81</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table> Add Modify Delete						Load Type	Load Name	Function	Scale Factor	Accel	U1	DUZCE	9.81	Accel	U1	DUZCE	9.81				
Load Type	Load Name	Function	Scale Factor																		
Accel	U1	DUZCE	9.81																		
Accel	U1	DUZCE	9.81																		
☐ Show Advanced Load Parameters																					
Time Step Data Number of Output Time Steps 2500 Output Time Step Size 0.01				History Type ☒ Transient ☐ Periodic																	
Other Parameters Damping Proportional Damping Modify/Show... Time Integration Hilber-Hughes-Taylor Modify/Show... Nonlinear Parameters Default Modify/Show...				Mass Source Previous v																	
				OK Cancel																	

Şekil 4.38 : Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz için veri girişi.

DBYBHY 2007’ye göre benzeştirilen 3 deprem ivme kaydı X ve Y doğrultularında ayrı ayrı etki ettirilerek toplam 6 tane zaman tanım alanında doğrusal olmayan çözümleme yapılmıştır.

4.5 Çözümleme Sonuçları

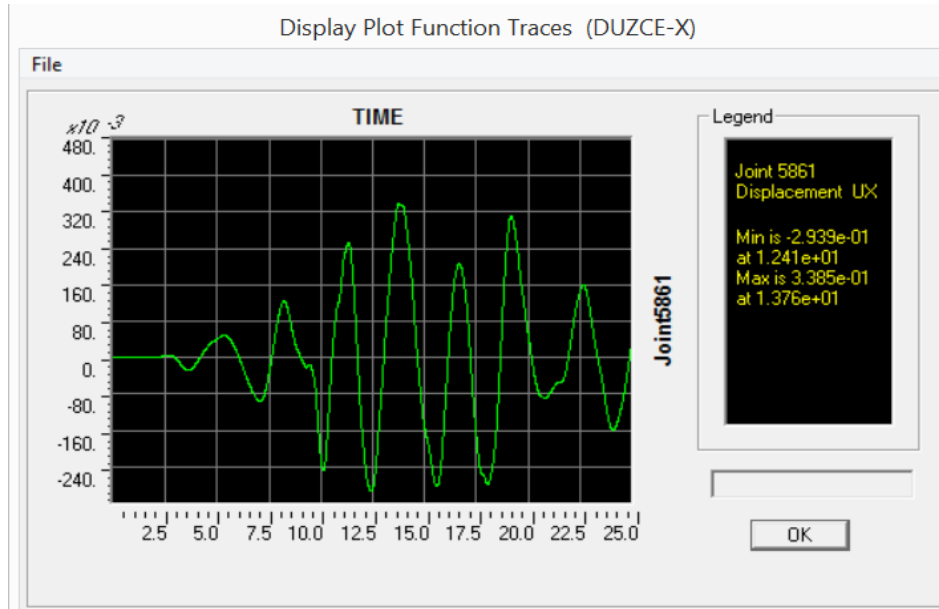
DBYBHY 2007 referans alınarak benzeştirilen deprem kayıtları ile doğrusal elastik olmayan çözümleme yöntemlerinden zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan çözümleme yöntemi kullanılarak yapılan çözümlemelerde binanın kolon ve kirişlerinde doğrusal olmayan davranışlar gözlemlenmiştir. Binadaki mevcut kolonlar özellikle orta ve üst katlarda yüklemeler sonucunda plastikleşme momentlerine erişmiş fakat hiçbir kolon Belirgin Hasar Bölgesi’ne geçmeyerek tüm kolonlar Minimum Hasar Bölgesi’nde kalmıştır. Kirişlerde de yüklemeler sonucunda plastik mafsallar oluşmuş fakat İleri Hasar Bölgesi’ne geçen bir kiriş olmamıştır.

Sistemde yer alan perdelerin ise beton ve donatılarında herhangi bir hasar gözlemlenmemiş bu yüzden sistem perdeleri Minimum Hasar Bölgesi'nde kabul edilmiştir. DBYBHY 2007'de konut-ofis tipi yapıların sağlaması gereken minimum performans hedefi “Can Güvenliği Performans Hedefi” olarak belirlenmiştir. Bu performans seviyesinin yönetmelik kaideleri Bölüm 3.6.3'ten ve Çizelge 3.4'ten incelenebilir. Çözümlemeler sonucunda sistemin deprem performansının yönetmeliğin öngördüğü performans hedefi olan Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağladığı görülmüştür.

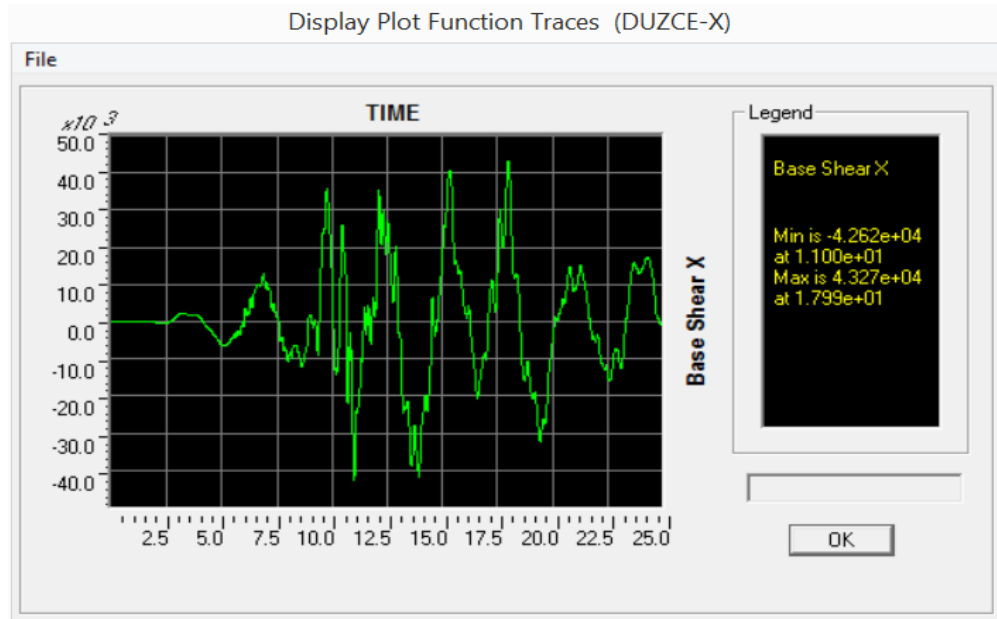
Aşağıda binaya ait çözümlemeler sonucunda elde edilen tepe noktası yerdeğiştirmeleri, taban kesme kuvvetleri, devrilme momentleri ile kirişlere, kolonlara ve perdelerle ait hasar tespitleri belirtilecektir.

4.5.1 Deprem etkilerinin incelenmesi

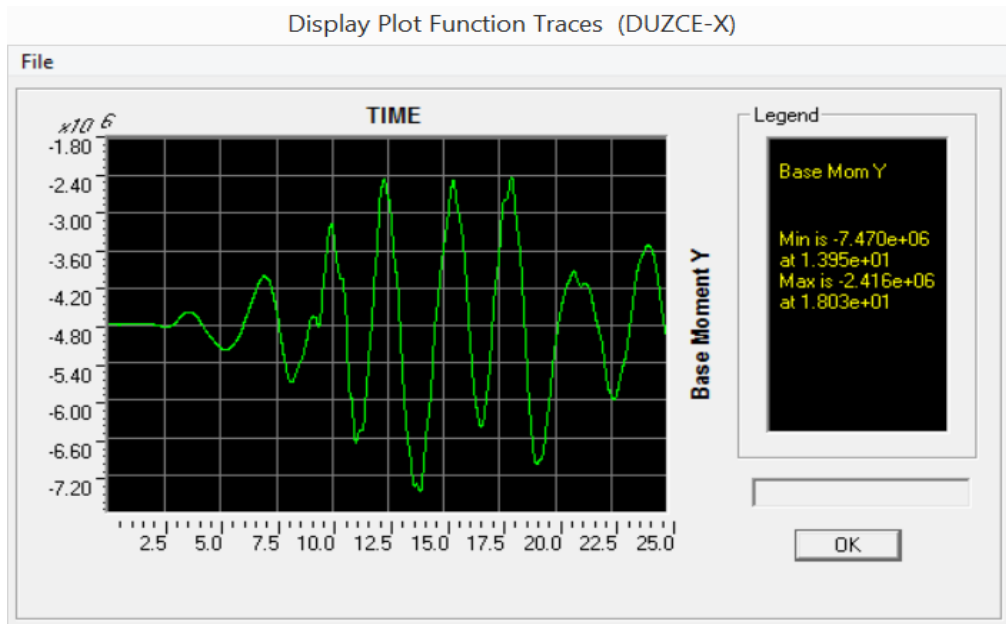
Yapıya etki ettirilen 6 adet deprem kaydının yapı üzerindeki bazı genel sonuçları olarak tepe noktası yerdeğiştirmesi, taban kesme kuvveti ve devrilme momenti ele alınabilir. Bu parametrelere ait zamana bağlı grafikler Düzce-X depremi için aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir, birimler “**kN, m, s**” dir. Diğer deprem kayıtlarının sonuçları eklerde verilmiştir.



Şekil 4.39 : Düzce-X depremi sonucu seçilen tepe noktası yerdeğiştirmesi (m, s).



Şekil 4.40 : Düzce-X depremi sonucu oluşan taban kesme kuvveti (kN, s).



Şekil 4.41 : Düzce-X depremi sonucu oluşan devrilme momenti (kN-m,s).

4.5.2 Kirişlerin hasar durumlarının incelenmesi

Kirişlerin plastik mafsallık özellikleri programa girilirken önceki kısımlarda da belirtildiği gibi performans değerlendirmesi yapabilmek için “Acceptance Criteria” olarak belirtilen plastik dönme hasar sınırları da tüm kesitler için doldurulmuştu. Yapılan işlemleri tekrar hatırlatmak gerekirse tüm kiriş kesitleri için ilk olarak yönetmelikte belirtilen birim şekildeğiştirme hasar sınırlarına karşı gelen toplam eğrilik değerleri bulunmuştu. Daha sonra bulunan toplam eğrilik değerlerinden akma

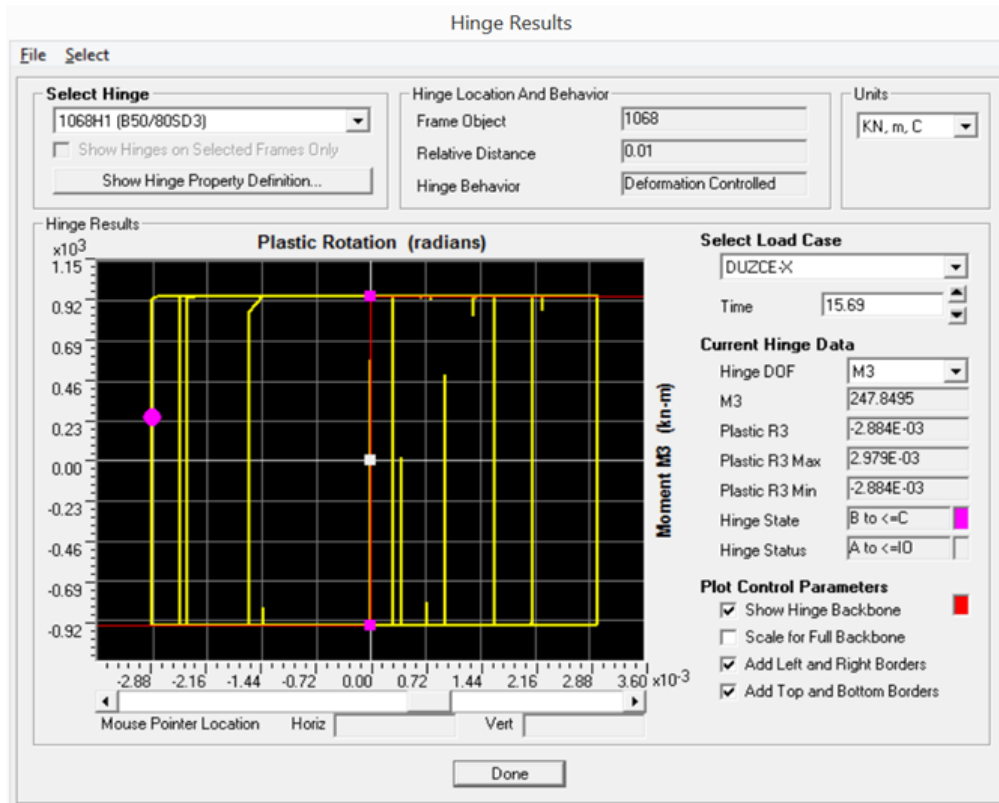
eğriliği değerleri çıkarılarak plastik eğrilik değerlerine geçilmişti ve bulunan plastik eğrilik değerleri çalışan kesit plastik mafsallık boyu ile çarpılarak kesitin plastik dönme hasar sınırları tespit edilmişti. İşlemler sırasında göze çarpan bir durum da kesitlerin birim şekil değiştirme sınırlarına bakılırken ana kiriş kesitlerinde önce donatının aktığı daha sonra betonun ezildiği görülmüştür ki bu da kesitlerin sünek davranış göstereceği anlamına gelmektedir.

Burada hatırlatılması gereken bir diğer konu da deprem yönetmeliğinin minimum kiriş koşullarına uymayan kaset döşeme nervür kirişlerine de plastik mafsalların atanmış olmasıdır. Çünkü binanın çevre kolonları ile çekirdek bölgesi (perdeler) arasında yük aktarımını sağlayacak herhangi bir kiriş sistemi yoktur. Bu yük aktarımı doğrudan rijit diyafram olarak ele alabileceğimiz kaset döşeme sistemi ile sağlanmıştır. Bu sebeple yapıyı daha gerçekçi modelleyebilmek için bu nervür kirişler de sisteme dahil edilmiştir. Ancak plastik mafsallar bu kirişlerden sadece kolondan kolona ya da kolondan perdeye saplananlara atanmıştır, diğer nervürler ise ikincil kiriş olarak ele alınmış ve bunlara herhangi bir plastik mafsallık atanmamıştır.

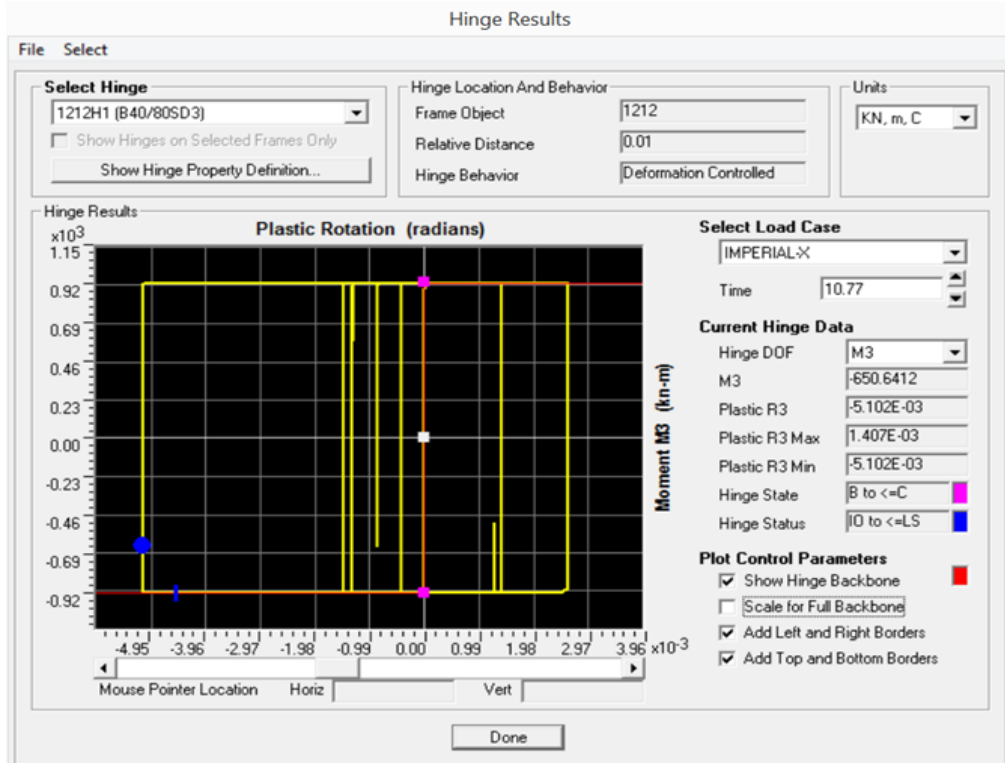
Çözümleme sonuçlarında tüm kirişlere bakıldığında hiç bir kiriş İleri Hasar Bölgesi'ne geçmemiştir. Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçen kirişler de büyük çoğunlukla kaset döşeme kirişleridir. Ana kirişlerin büyük kısmı plastikleşme momentine erişmesine rağmen Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçmeyerek Minimum Hasar Bölgesi'nde kalmıştır. Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçen ana kirişler sadece X doğrultusundaki çekirdek perdeleri birbirine bağlayan kirişlerdir bunların dışındaki çevre kirişlerin hiçbiri Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçmemiştir. Çizelge 4.12'de X doğrultusunda etkililen Düzce-X, Imperial-X ve Northridge-X depremlerinin maksimum sonuçları Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçen ana kirişler için verilmiştir. Performans değerlendirmesi için kesitlerin plastik dönme hasar sınırları plastik mafsallık tanımlaması sırasında girildiği için program çıktıları performans değerlendirmesi için doğrudan kullanılabilir. Çizelgedeki "IO to LS" terimi "Immediate Occupancy" ile "Life Safety" arasını ifade etmektedir yani DBYBHY 2007'deki karşılığı ile "Belirgin Hasar Bölgesi" demektir. Diğer X yönü kirişleri için hasar tespiti Ek E'de verilmiştir. Ayrıca Şekil 4.42, 4.43 ve 4.44'te bazı yüklemelere ait kiriş plastik mafsallık sonuçları gösterilmiştir.

Çizelge 4.12 : X doğrultusu depremleri sonucu Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçen ana kirişler.

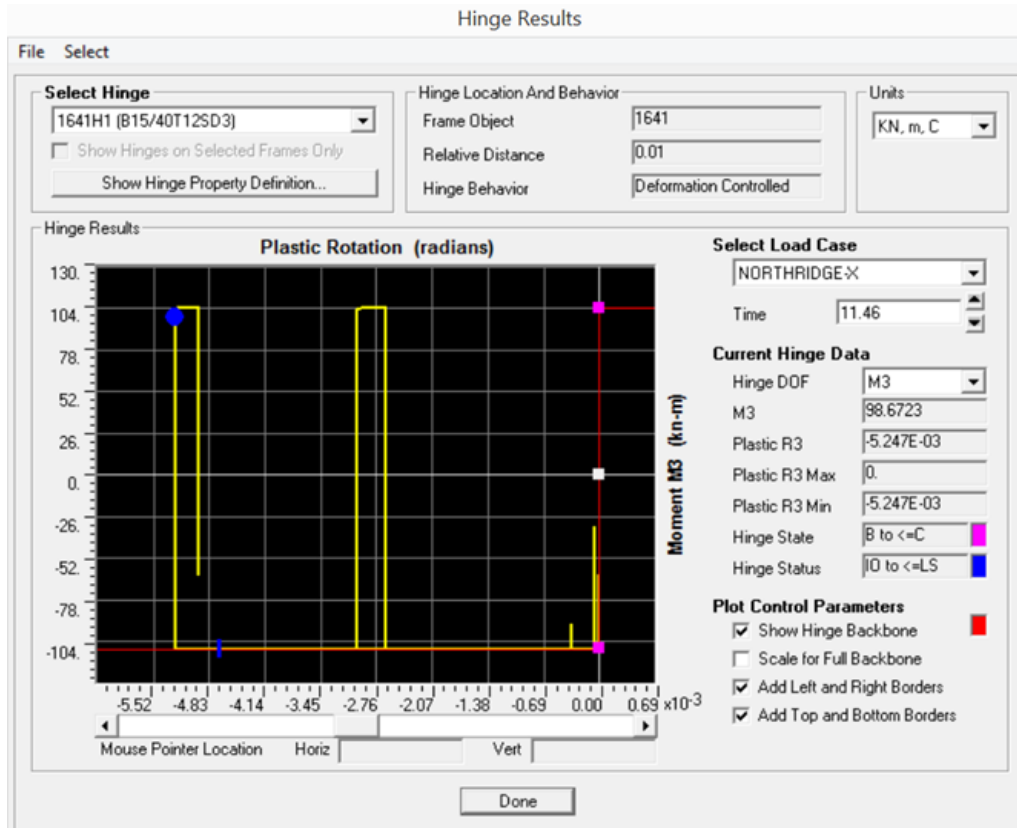
Atanan Plastik Mafsal İsmi	Eleman Numarası	Akma Momenti (kN-m)	Plastik Dönme (radyan)	Mafsal Bölgesi	Eleman Hasar Bölgesi	Kat
B50/80SD3	780H2	-946.20	-0.00435	B to C	IO to LS	6
B50/80SD3	829H2	-946.20	-0.00431	B to C	IO to LS	6
B50/80SD3	1068H1	-946.19	-0.00459	B to C	IO to LS	8
B50/80SD3	1117H1	-946.19	-0.00461	B to C	IO to LS	8
B40/80SD3	1212H1	-935.50	-0.00510	B to C	IO to LS	9
B40/80SD3	1261H1	-935.50	-0.00514	B to C	IO to LS	9
B40/80SD3	1356H1	-935.50	-0.00526	B to C	IO to LS	10
B40/80SD3	1405H1	-935.50	-0.00529	B to C	IO to LS	10
B40/80SD3	1500H1	-935.50	-0.00524	B to C	IO to LS	11
B40/80SD3	1549H1	-935.50	-0.00527	B to C	IO to LS	11
B40/80SD3	1644H1	-935.50	-0.00502	B to C	IO to LS	12
B40/80SD3	1693H1	-935.50	-0.00504	B to C	IO to LS	12
B40/80SD3	1788H1	-935.50	-0.00464	B to C	IO to LS	13
B40/80SD3	1837H1	-935.50	-0.00466	B to C	IO to LS	13



Şekil 4.42 : Düzce-X depremi sonucu plastikleşen ve Minimum Hasar Bölgesi'nde olan bir kiriş.



Şekil 4.43 : Imperial-X depremi sonucu plastikleşen ve Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçen bir kiriş.



Şekil 4.44 : Northridge-X depremi sonucu plastikleşen ve Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçen bir nervür kiriş.

Aşağıda Northridge-Y deprem yüklemesi sonucu örnek olarak seçilen bir B50/80SD2 kirişine ait kesme kapasitesi kontrolü yapılmıştır.

Kesme kuvveti kapasitesi hesabında kiriş uç noktasındaki kesit özelliklerine bağlı olarak betonun ve donatı çeliğinin (enine donatı-etriye) kesme kuvvetine karşı olan katkıları örnek olarak aşağıdaki hesapla dikkate alınmıştır.

Betonun katkısı:

$$f_{ctm} = 0.35 \sqrt{f_{cm}}$$

$$V_c = 0.8 \times 0.65 \times f_{ctm} b_w d = 0.8 \times 0.65 \times 0.35 \times \sqrt{35} \times 400 \times 760 = 327.32 \text{ kN}$$

Enine donatının katkısı:

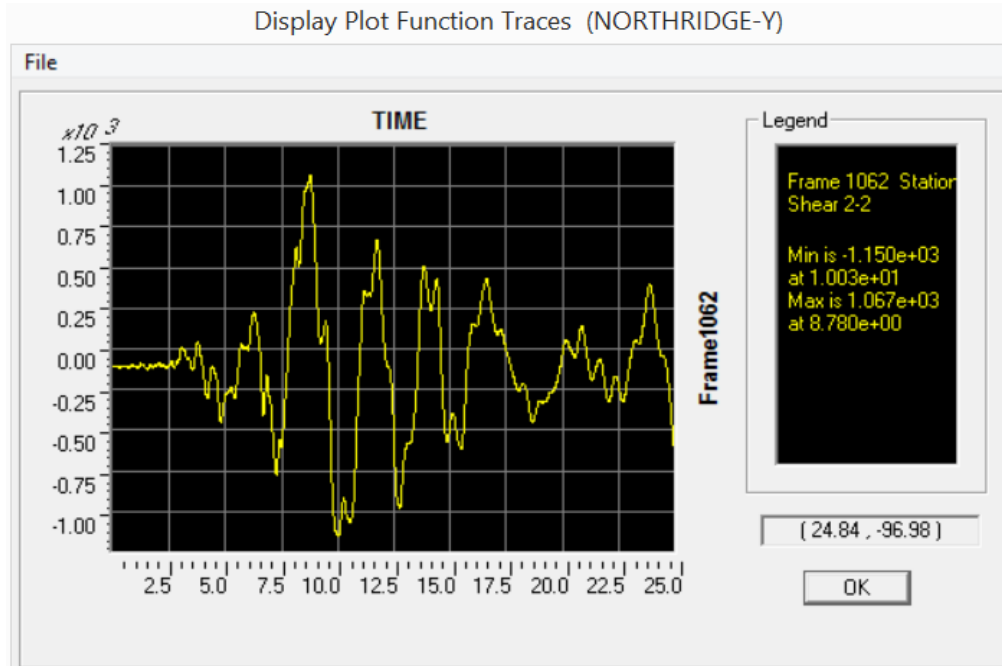
Etriye $2 \times 2 \Phi 10/10$

$$V_s = A_s f_{ys} \left(\frac{d}{s} \right) = 314.16 \times 420 \times \left(\frac{800 - 40}{100} \right) = 1002.80 \text{ kN}$$

Kesme kuvveti istemi $V_{maks} = 1150 \text{ kN}$

$$V_r = V_c + V_s = 1002.80 + 327.32 = 1330.12 \text{ kN}$$

Kesit kesme kuvveti kapasitesi açısından yeterlidir.

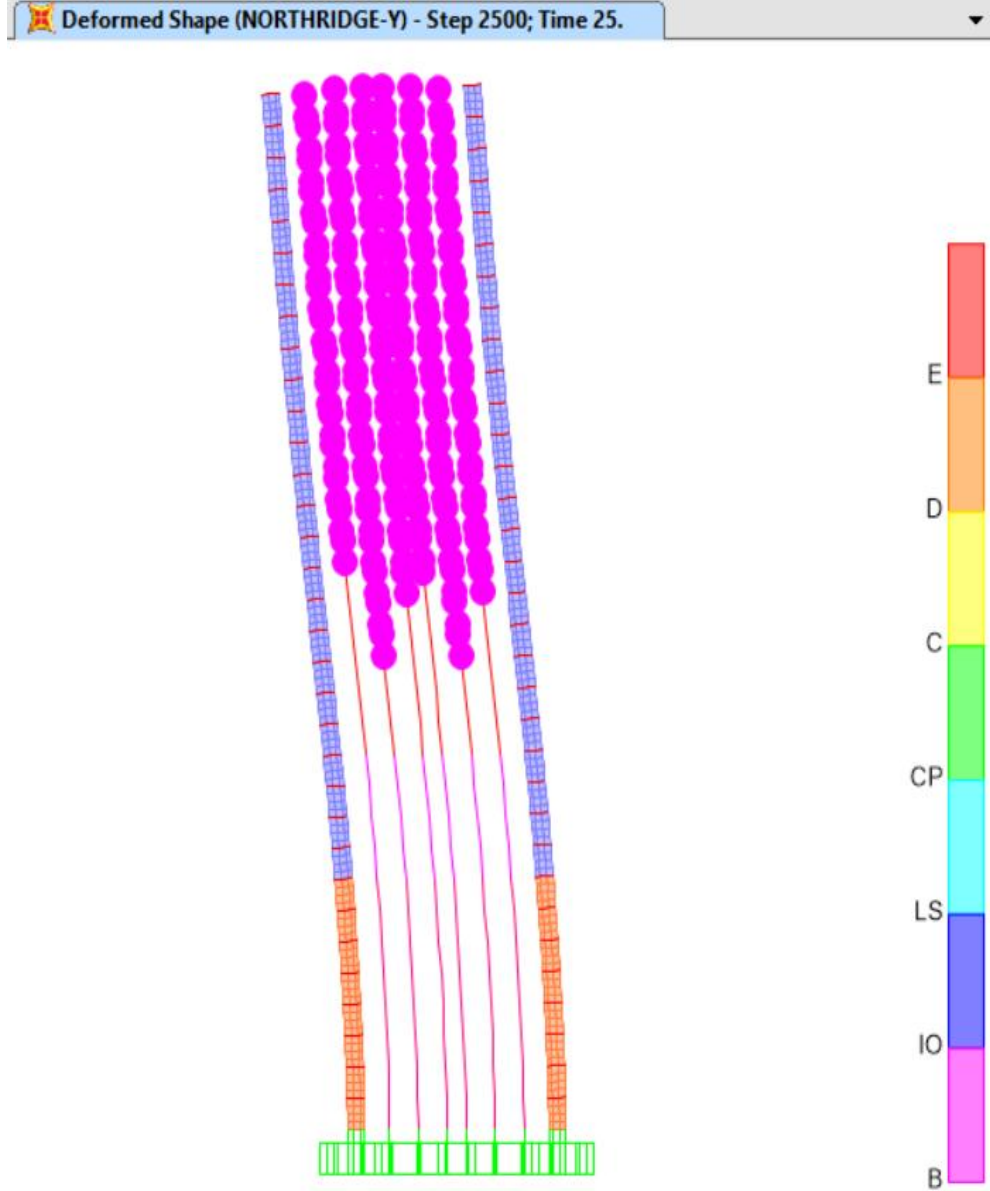


Şekil 4.45 : Northridge-Y depremi sonucu seçilen bir 50/80SD2 kirişinin zamana bağlı kesme kuvveti grafiği (kN, s).

4.5.3 Kolonların hasar durumlarının incelenmesi

Kolonların plastik mafsallık özelliklerinin tanımlanması, performans değerlendirmesi için kullanılacak olan plastik dönme hasar sınırlarının belirlenmesi ve atanması daha önceki kısımlarda anlatılmıştı. “Acceptance Criteria” kısmında bulunan plastik dönme hasar sınırları programa tanıtıldığından çözümlemeler sonucunda ortaya çıkan plastik dönme hasar durumları performans değerlendirmesi için girişlerde olduğu gibi direkt olarak kullanılabilir.

Sisteme X ve Y doğrultularında yönetmelik kaideleri çerçevesinde üçer adet yer ivmesi etkilmiştir. Bu etkilerin sonucunda kolonların bazılarında plastikleşmeler olmuş fakat hiçbir kolon Belirgin Hasar Bölgesi’ne geçmeyerek tüm kolonlar Minimum Hasar Bölgesi’nde kalmıştır. Plastikleşen kolonların hemen hemen hepsi de binanın orta ve üst katlarında bulunmaktadır. Aşağıda Şekil 4.46’da en çok plastikleşmenin olduğu yükleme olan Northridge-Y depremi sonucu A-A kesitindeki kolonların plastikleşme durumları görülmektedir. Şeklin yanındaki ölçekte hasar durumları gösterilmektedir. Pembe renk plastik mafsallar için tanımlanan “B-IO” bölgesini yani “Minimum Hasar Bölgesi”ni göstermektedir.

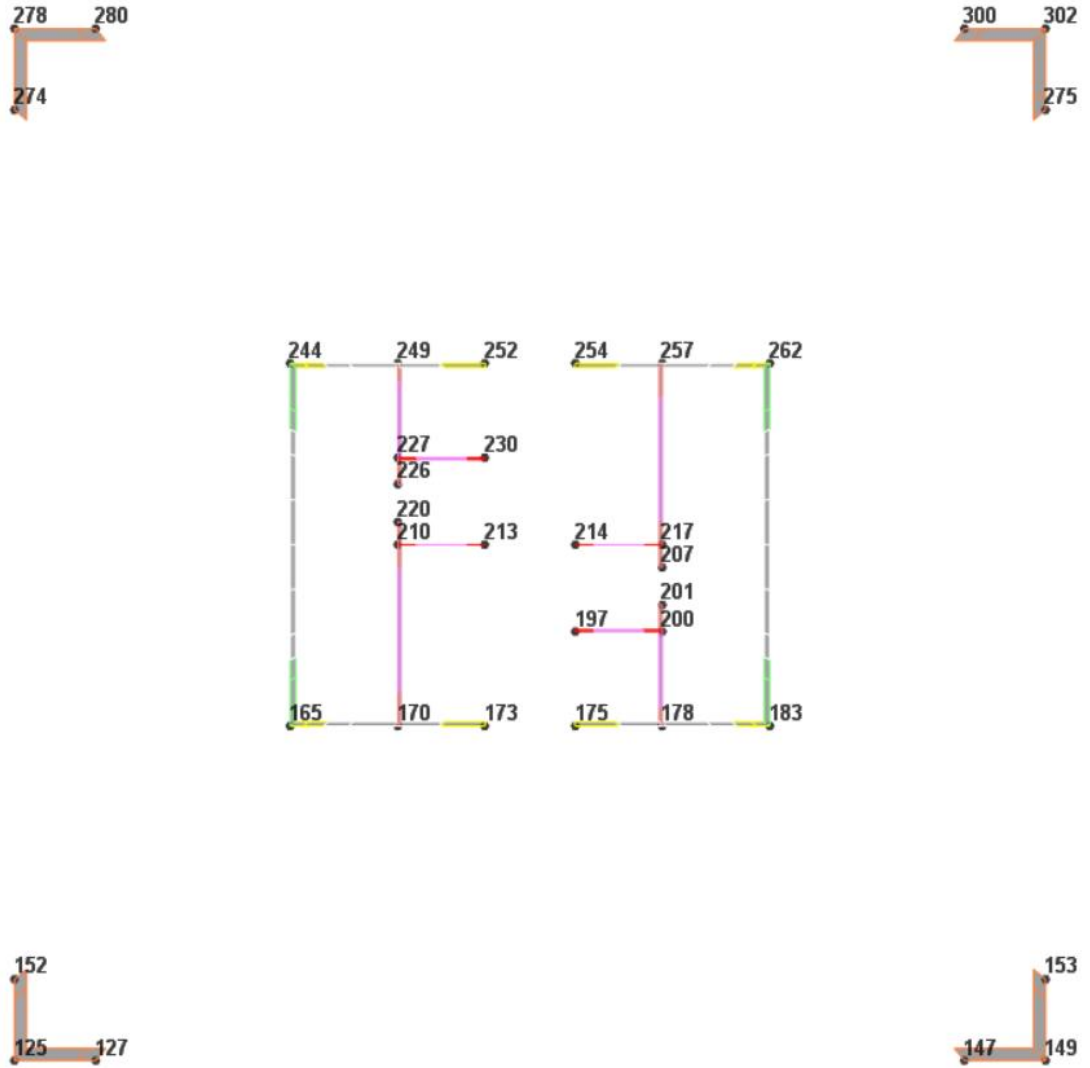


Şekil 4.46 : Northridge-Y depremi sonucu A-A kesitinde oluşan kolon plastik mafsalları.

4.5.4 Perdelerin hasar durumlarının incelenmesi

Modeldeki perdeler ilk sekiz kat boyunca doğrusal olmayan malzeme özelliği gösteren katmanlı kabuk elemanlardan, üst katlar ise doğrusal malzeme özelliği gösteren kabuk elemanlardan oluşturulmuştu. Bu katmanlı kabuk elemanların çeşitleri, özellikleri, oluşturulmaları ve atanmaları daha önceki kısımlarda anlatılmıştı. Burada, modele etkitilen 6 adet yer ivmesi sonucu olarak bulunan katmanlı kabuk elemanlardaki birim şekildeğiştirmelerin maksimumları alınarak DBHBHY 2007'deki birim şekildeğiştirme hasar sınırları ile karşılaştırılması yapılacaktır.

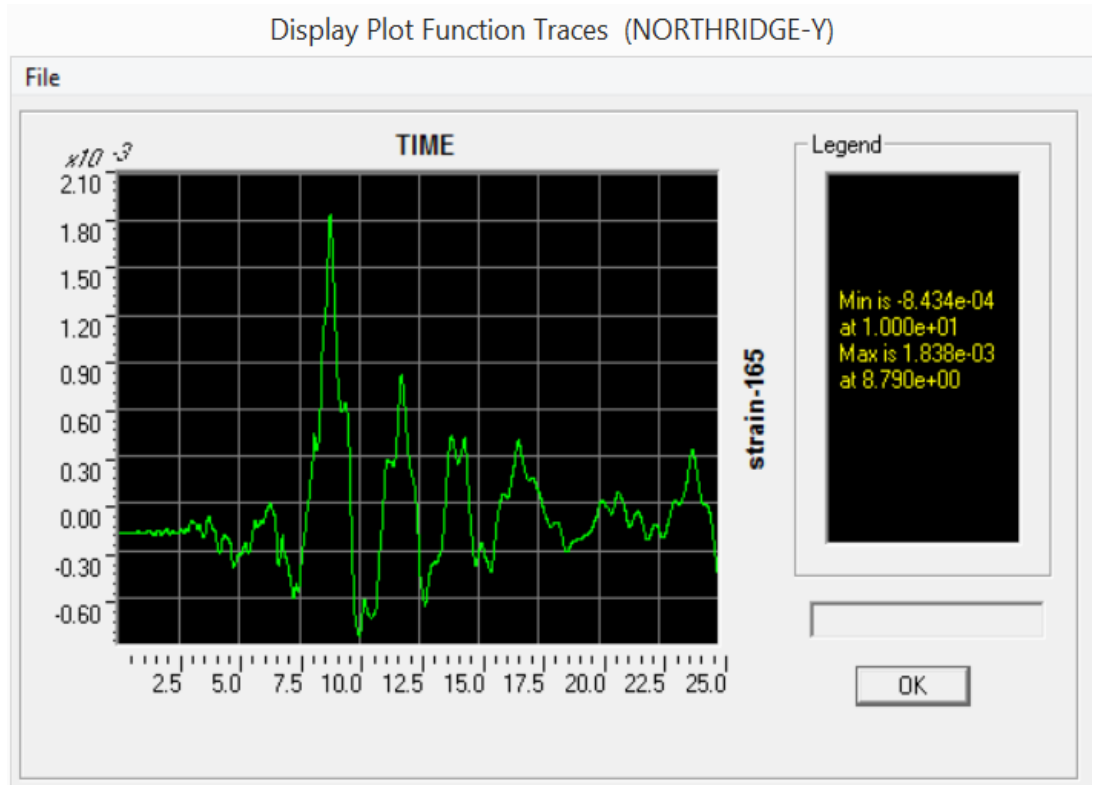
Yapılan çözümler sonucunda her bir deprem etkisi için birinci kat perdelerinin başlık bölgelerindeki maksimum birim şekildeğiştirmeler bulunmuştur. Bulunan bu birim şekildeğiştirmelerin de tüm depremler için (X ve Y doğrultularındaki toplam 6 adet deprem) maksimumları alınmıştır ve perde başlık bölgelerinde beton ya da donatı çeliğinde hasar oluşmadığı görölmüştür. Bu perde başlık bölgelerine denk gelen düğüm noktaları şekil 4.47’de hasar durumları ise Çizelge 4.13’te gösterilmiştir. Ayrıca seçilen bir düğüm noktasına ait birim şekildeğiştirme-zaman grafiği de şekil 4.48’de görölmektedir.



şekil 4.47 : Birinci kat perdelerinin başlık bölgelerine denk gelen düğüm noktaları.

Çizelge 4.13 : Birinci kat perde başlık bölgelerinde beton ve donatı çeliği birim
şekildeğiştirmeleri ve hasar durumları.

Düğüm Noktası	ε_c	ε_s	$\varepsilon_{c,MN}$	$\varepsilon_{s,MN}$	Beton Hasarı	Donatı Çeliği Hasarı
125	-0.0008	0.0004	0.0035	0.0100	YOK	YOK
127	-0.0007	0.0003	0.0035	0.0100	YOK	YOK
147	-0.0007	0.0002	0.0035	0.0100	YOK	YOK
149	-0.0007	0.0005	0.0035	0.0100	YOK	YOK
152	-0.0007	0.0004	0.0035	0.0100	YOK	YOK
153	-0.0007	0.0004	0.0035	0.0100	YOK	YOK
165	-0.0009	0.0018	0.0035	0.0100	YOK	YOK
170	-0.0008	0.0018	0.0035	0.0100	YOK	YOK
173	-0.0008	0.0018	0.0035	0.0100	YOK	YOK
175	-0.0008	0.0017	0.0035	0.0100	YOK	YOK
178	-0.0008	0.0017	0.0035	0.0100	YOK	YOK
183	-0.0010	0.0018	0.0035	0.0100	YOK	YOK
197	-0.0008	0.0009	0.0035	0.0100	YOK	YOK
200	-0.0003	0.0008	0.0035	0.0100	YOK	YOK
201	-0.0003	0.0007	0.0035	0.0100	YOK	YOK
207	-0.0003	0.0005	0.0035	0.0100	YOK	YOK
210	-0.0003	0.0003	0.0035	0.0100	YOK	YOK
213	-0.0009	0.0008	0.0035	0.0100	YOK	YOK
214	-0.0008	0.0009	0.0035	0.0100	YOK	YOK
217	-0.0003	0.0004	0.0035	0.0100	YOK	YOK
220	-0.0003	0.0004	0.0035	0.0100	YOK	YOK
226	-0.0003	0.0006	0.0035	0.0100	YOK	YOK
227	-0.0003	0.0007	0.0035	0.0100	YOK	YOK
230	-0.0008	0.0009	0.0035	0.0100	YOK	YOK
244	-0.0010	0.0015	0.0035	0.0100	YOK	YOK
249	-0.0009	0.0015	0.0035	0.0100	YOK	YOK
252	-0.0008	0.0015	0.0035	0.0100	YOK	YOK
254	-0.0009	0.0015	0.0035	0.0100	YOK	YOK
257	-0.0009	0.0016	0.0035	0.0100	YOK	YOK
262	-0.0010	0.0016	0.0035	0.0100	YOK	YOK
274	-0.0007	0.0004	0.0035	0.0100	YOK	YOK
275	-0.0007	0.0004	0.0035	0.0100	YOK	YOK
278	-0.0008	0.0004	0.0035	0.0100	YOK	YOK
280	-0.0007	0.0003	0.0035	0.0100	YOK	YOK
300	-0.0007	0.0003	0.0035	0.0100	YOK	YOK
302	-0.0007	0.0005	0.0035	0.0100	YOK	YOK



Şekil 4.48 : Northridge-Y depremi sonucunda 165 numaralı düğüm noktasının birim şekildeğiştirme-zaman grafiği.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçların Değerlendirilmesi

Bu tez çalışmasında 33 katlı mevcut betonarme bir binanın DBYBHY 2007'ye göre Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Olmayan Çözümleme Yöntemi çerçevesinde çözümlemesi yapılmış ve deprem performansı irdelenmiştir. Mevcut yüksek bina, DBYBHY 2007 Bölüm 7'ye göre öngörülen minimum performans hedefi olan “50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem düzeyinde Can Güvenliği Performans Hedefi”ni sağlamıştır.

Çalışma kapsamında yapı sistemlerinin doğrusal olmayan çözümlemesi ve davranışı hakkında ayrıntılı bilgiler verilmiş ve doğrusal olmayan sistemlerin hesap yöntemlerinden olan Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemi incelenmiştir. Bunun yanında doğrusal olmayan davranış kapsamında süneklik kavramı ve kapasite tasarımı hakkında geniş bilgilere yer verilmiştir. Ayrıca tez kapsamında da uygulanan doğrusal olmayan davranış modellerinden olan yayılı plastisite (meydana gelen plastikleşmenin sistem elemanları üzerinde yayılı halde bulunması-doğrusal olmayan malzeme özellikli katmanlı kabuk elemanlar) ve yığılı platisite (meydana gelen plastikleşmenin sistem elemanları üzerinde sadece belirli kesitlerde toplandığı kabulü ve bu kesitler arasında sistemin doğrusal davranış göstermesi-plastik mafsallar) kavramlarına değinilmiş özellikle yığılı plastisite modeli olan plastik mafsal hipotezi üzerinde durulmuştur. Çalışmanın diğer bir bölümünde performans kavramı incelenmiş ve DBYBHY 2007 Bölüm 7'nin performans yaklaşımı doğrusal olmayan çözümleme yöntemlerinden Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemi çerçevesinde ayrıntılı olarak sunulmuştur.

Tez çalışması kapsamında sayısal inceleme olarak ele alınan Bölüm 4'e yönelik değerlendirmeler aşağıdadır.

İlk olarak, mevcut çok katlı binaya ait modelin hazırlanması sırasında kalıp planında modelleme ve yorumlama kolaylıkları sağlamak amacıyla bazı değişiklikler yapılmıştır. Bu değişiklikler 4.2 *Bina Genel Bilgileri* başlığı altında incelenebilir. SAP2000 ortamında sistem modeli kurulduktan sonra bir doğrusal analiz yapılmış ve çekirdek perdelerini birbirine bağlayan kirişlerin ve köşe perdelerine bağlanan kirişlerin momentlerinin oldukça düşük çıktığı görülmüştür. Bu sebeple Kaynak [12]'den edinilen bilgiler doğrultusunda perdeler perde doğrultusunda saplanan kirişlerin uçlarına, perde içerisine doğru devam eden rijit uç kirişleri eklenmiştir. Ayrıca sistemdeki tüm perde, kolon ve kirişler için yönetmelik kaideleri çerçevesinde etkin (çatlamış kesit- $(EI)_e$) eğilme rijitlikleri kullanılmıştır.

Doğrusal elastik olmayan çözümleme kapsamında kullanıcı tanımlı olarak modeldeki tüm kolonların her iki ucuna PM2M3 plastik mafsalları, tüm ana kirişlerin ve kolondan kolona ya da kolondan perdeye direkt bağlanan tüm kaset döşeme (nervür) kirişlerinin her iki ucuna ise M3 plastik mafsalları atanmıştır. Modeldeki perdeler de ilk sekiz katta (kritik perde yüksekliği) doğrusal elastik olmayan malzeme özellikli katmanlı kabuk (nonlinear layered shell) elemanlar ile diğer üst katlarda ise çözümleme süresini kısaltmak için doğrusal elastik malzeme kabulü içeren kabuk elemanlar ile modellenmiştir.

Çalışma kapsamında gerçek deprem kayıtlarından DBYBHY 2007 kaideleri çerçevesinde benzeştirilerek üretilen üç adet deprem kaydı 33 katlı yapıya “X” ve “Y” doğrultularında olmak üzere Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Olmayan Çözümleme Yöntemi kullanılarak uygulanmıştır. Yapılan çözümlemelerde üç adet deprem kaydı kullanılmasından dolayı (yönetmelik gereği) elde edilen sonuçların maksimumları dikkate alınmıştır.

DBYBHY 2007'de konut-ofis tipi yapıların sağlaması gereken minimum performans hedefi “Can Güvenliği Performans Hedefi” olarak belirlenmiştir. Bu performans seviyesinin yönetmelik kaideleri Bölüm 3.6.3'te verilmiştir. Buradan yola çıkarak sonuçlar ele alındığında yapıdaki kirişlerin bir kısmının plastikleştiği fakat hiçbirinin İleri Hasar Bölgesi'ne geçmediği, kolonların orta ve üst katlarda plastikleştiği fakat Minimum Hasar Bölgesi'nde kaldığı, perdelerin ise hasar almadığı yani Minimum

Hasar Bölgesi'nde olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar çerçevesinde yapının Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni rahatlıkla sağladığı görülmektedir. Hatta bu sonuçlar altında nervür kirişler dikkate alınmaz ise yapının bir kademe daha güvenli taraf olan Hemen Kullanım Performans Düzeyi'ni sağlayabileceği görülmektedir.

Yapının Can Güvenliği Performans Seviyesi üstünde bir performans sağlaması üzerine sistemin kontrol amaçlı olmak üzere ETABS programında doğrusal analizi yapılmıştır. Bu analizde tüm kesitler brüt eğilme rijitliğiyle ele alınmış ve daha önce belirtildiği üzere taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R = 6$ alınmıştır. Yapı yüksekliği 40 metreden fazla olduğu için Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi uygulanamamış çözüm yöntemi olarak Mod Birleştirme Yöntemi seçilmiştir. Analiz sonucunda bulunan taban kesme kuvveti yönetmelik gereği olarak yönetmeliğin öngördüğü minimum taban kesme kuvvetine ölçeklenmiştir ve bu değer (spektrum katsayısı değeri) yaklaşık 1.40 olarak bulunmuştur. Burada dikkat edilmesi gereken kısım deprem kuvvetinin (taban kesme kuvveti) yönetmeliğin öngördüğü minimum deprem kuvvetinden ($V_t \geq 0.10A_0IW$) az olması dolayısıyla spektrum katsayısının büyütülmesi (1'den büyük) sonucu taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) değerinin 6.00'dan $6/1.40 = 4.29$ değerine düşmesidir. Buradan binanın tasarım aşamasındaki taşıyıcı sistem davranış katsayısının $R = 6$ yerine $R = 4.29$ alınarak daha fazla bir deprem kuvveti altında boyutlama yapıldığı ve DBYBHY 2007'de belirtilen minimum taban kesme kuvvetinin yüksek yapı tasarımında (periyodun yüksek olmasından dolayı) ne kadar büyük bir rol oynadığı görülmektedir.

Yapının zemin kat düşey taşıyıcı elemanlarındaki $N_d/A_c f_{cm}$ değeri Ek B'de belirtildiği üzere kolonlar için yaklaşık olarak 0.28, köşe perdeler için yaklaşık olarak 0.24 ve çekirdek perdeleri için yaklaşık olarak 0.20 civarlarındadır. Bu düşük normal kuvvet değerleri, kesit sünekliğini dolayısıyla da sistem sünekliğini arttırarak diğer faktörlerle birlikte yapının deprem performansının yüksek olmasını sağlamaktadır.

Son olarak çözümleme sonuçlarına bakıldığında, kolonlarda plastikleşmelerin olduğu görülmesine rağmen Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçen kolon olmamıştır. Bu duruma sebep olan nedenlerden biri olarak yine kontrol amaçlı yapılan doğrusal analiz çerçevesinde yapıya etkiyen toplam deprem (taban kesme) kuvvetinin yaklaşık %90'lık bir bölümünün perdeler tarafından karşılanıp kolonlara düşen payın %10 civarında olması gösterilebilir. (DBYBHY 2.5.3, $\alpha_s = 0.90$)

5.2 Öneriler

Bu tez çalışması kapsamında Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Olmayan Çözümleme Yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem kapsamında tüm kolon ve kirişlere plastik mafsallar atanmış ilk sekiz katın perdeleri ise nonlinear kabuk elemanlardan oluşturulmuştur.

Zamandan tasarruf etmek için kolonların plastik mafsallık özellikleri belirlenirken 2 adet eksenel kuvvet ve 2 adet açı değeri kullanılmıştır. Daha gerçekçi plastik mafsallık davranışı için eksenel kuvvet sayıları ve açı değerleri arttırılabilir. Hatta kolonlar için birleşik eğilme etkisini daha gerçekçi şekilde ele alan ve çevrimsel yüklemelere daha uygun olan fiber mafsallar kullanılabilir fakat fiber mafsallık kullanımı plastik mafsallık kullanımına göre daha uzun analiz süreleri anlamına gelmektedir.

Sistem perdeleri ilk sekiz katta yani kritik perde yüksekliği boyunca doğrusal olmayan malzeme özelliği gösteren katmanlı kabuk elemanlar (nonlinear layered shell) ile modellenmiştir ve tüm perdeler yatayda ve düşeyde maksimum genişlikleri 1 metre olacak şekilde programa otomatik olarak bölünmüştür. Performans değerlendirmesi perdeler için ilk katın kat yüksekliği boyunca beton ve donatı çeliğindeki maksimum birim şekil değiştirmeler dikkate alınarak yapılmıştır daha kesin sonuçlar elde edilmek istenirse perdeler her katta kat yüksekliği boyunca en az 6 ya da 8 parçaya bölünüp (yaklaşık 0.5 m) bu bölünmüş tüm sonlu eleman parçaları arasındaki birim şekil değiştirmeler dikkate alınabilir.

Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan çözümleme sisteme tanımlanırken sistemin yapacağı P-Delta etkileri göz önüne alınmamıştır. P-Delta etkileri altında oluşacak olan ek momentleri sisteme dahil ederek sistemin geometrik anlamda doğrusal elastik olmayan davranışını da ele alarak daha kesin sonuçlar elde edebiliriz fakat bu etkileri sisteme dahil etmek büyük modellerde çözümleme süresini oldukça uzatmaktadır.

Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Olmayan Çözümleme Yöntemi kapsamında kullanılan deprem kayıtlarının süreleri oldukça uzun olduğu için çalışma kapsamında bu kayıtların ilk 25 saniyelik kısımları dikkate alınmıştır. Deprem etkilerinin hepsinin dikkate alınabilmesi için kayıt süreleri kısaltılmadan tümüyle ele alınabilir.

Sistem davranışı tam olarak incelenmek istenirse yukarıdaki önerilere ek olarak çalışma sırasında modelleme ve yorumlama kolaylığı bakımından çıkarılan bodrum perdeler sisteme dahil edilip yapı-zemin etkileşimini de dikkate alarak sistem çözümlemesi tekrar yapılabilir.

Diğer bir yandan yapılan analizler sırasında elde edilen bazı bilgiler ve bu doğrultudaki öneriler de şöyledir:

Sistemin zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan çözümlemesi SAP2000 V16.1.1 yapı analiz programında “Multi-Threaded Solver” kullanılarak ve Intel Core i7 4700HQ 2.40 GHz işlemci, 16 GB bellek (RAM), 1 TB 5400 rpm HDD özellikleri olan bir bilgisayarda yapılmıştır ve bu koşullar altında 25 saniyelik bir deprem kaydı yaklaşık 16 saat sürmektedir.

Analiz süresinin dolayısıyla da analiz adım sayısının kısaltılmasına rağmen (analiz süresi analiz adım sayısı ile yaklaşık olarak doğru orantılı bir şekilde artmaktadır) 25 saniyelik bir deprem kaydının sonuçları bilgisayar sabit belleğinde yaklaşık 200 GB yer kaplamaktadır. Bilgisayar sabit belleğindeki yetersizlikten dolayı analizler ayrı ayrı yapılmıştır. Bu sebeplerden ötürü büyük modellerde zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan çözümlemeler için kullanılacak olan sabit bellek özellikleri oldukça yüksek değerlerde olmalıdır, en az 2 TB ve 7200 rpm özelliklere sahip sabit bellekler kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, DBYBHY 2007.** Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- [2] **Özer, E., 2009.** Yapı Sistemlerinin Lineer Olmayan Hesabı Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [3] **Celep, Z., 2008.** Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [4] **Özer, E., 2007.** Kapasite Tasarımı İlkesi ve Türk Deprem Yönetmeliği, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul
- [5] **Celep, Z., 2008.** Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Kapasite Tasarımı, İMO
- [6] **Darılmaz, K., 2012.** Depreme Dayanıklı Betonarme Binaların Tasarımına Giriş, Sage Yayıncılık, Ankara
- [7] **Celep, Z., 2011.** Yapı Dinamiği Beta Dağıtım, İstanbul.
- [8] **Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (2007). Açıklamalar ve Örnekler Kitabı.**
- [9] **TS 500, 2000.** Betonarme Yapıların Tasarım Ve Yapım Kuralları, TSE.
- [10] **TS 498, 1997.** Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, TSE.
- [11] **Performansa Bağlı Yapısal Tasarım Kursu Teori Bölümü, ŞB01-2013** İlkbahar-Yaz.
- [12] **Özmen, G., Darılmaz, K., Çok Katlı Yapılarda Perdeye Saplanan Kirişler, TMH-455-2009/3**
- [13] **Çatal, H. Hüseyin., 2005.**Yapı ve Deprem Mühendisliğinde Matris Yöntemler, DEU Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir
- [14] **Özmen, G., Orakdöğen, E., Darılmaz, K., 2012.** Örneklerle SAP2000-V15, Birsen Yayınevi, İstanbul
- [15] **Kubin, J., Fahjan, Y. M., Tan, M. T.,** Nonlinear Analysis Methods for Reinforced Concrete Buildings with Shear walls, 14th European Conference on Earthquake Engineering, 2010
- [16] **Shatarat, Nasim K.,** Effect of Plastic Hinge Properties in Nonlinear Analysis of Highway Bridges, Jordan Journal of Civil Engineering, Volume 6, No. 4, 2012
- [17] **ETABS,** Integrated Analysis, Design and Drafting of Buildings Systems Program, Computers and Structures Inc., Berkeley, California.
- [18] **SAP2000,** Integrated Software for Structural Analysis and Design Program, Computers and Structures Inc., Berkeley, California.

- [19] **SEISMOMATCH**, Seismosoft, Earthquake Engineering Software Solutions, Messina, Italy
- [20] **SEISMOSİGNAL**, Seismosoft, Earthquake Engineering Software Solutions, Messina, Italy
- [21] **AUTOCAD**, Autodesk
- [22] **MICROSOFT OFFICE**
- [23] <http://kyh.deprem.gov.tr>
- [24] <https://wiki.csiamerica.com>
- [25] **Karabulut, A., 2011.** TDY 2007 Yönetmeliği Ve Fema 440 Raporunda Tanımlanan Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemlerinin Mevcut Betonarme Binalar İçin Karşılaştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [26] **Tuncer, Ö., 2008.** Betonarme Yapıların Deprem Performansının Doğrusal Ve Doğrusal Olmayan Yöntemlerle Belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [27] **Dok, G., 2011.** 32 Katlı Betonarme Bir Yapının Deprem Performansının Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi Uygulanarak Belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [28] **Ünerdem, Y., 2011.** 30 Katlı Betonarme Bir Binanın Deprem Performansının Zaman Tanım Alanında Çözümleme Uygulanarak Belirlenmesi *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [29] **Çeri, M., 2012.** Çok Katlı Betonarme Yapılarda Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Çözümleme, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [30] **Munzuroğlu, M., 2010.** Yüksek Binaların 2007 Türk Deprem Yönetmeliği Ve İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği'ne Göre Tasarımı Üzerine Sayısal Bir İnceleme, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

EKLER

EK A : Teze konu olan mevcut yapının kiriş, nervür kiriş, kolon ve perde donatıları.

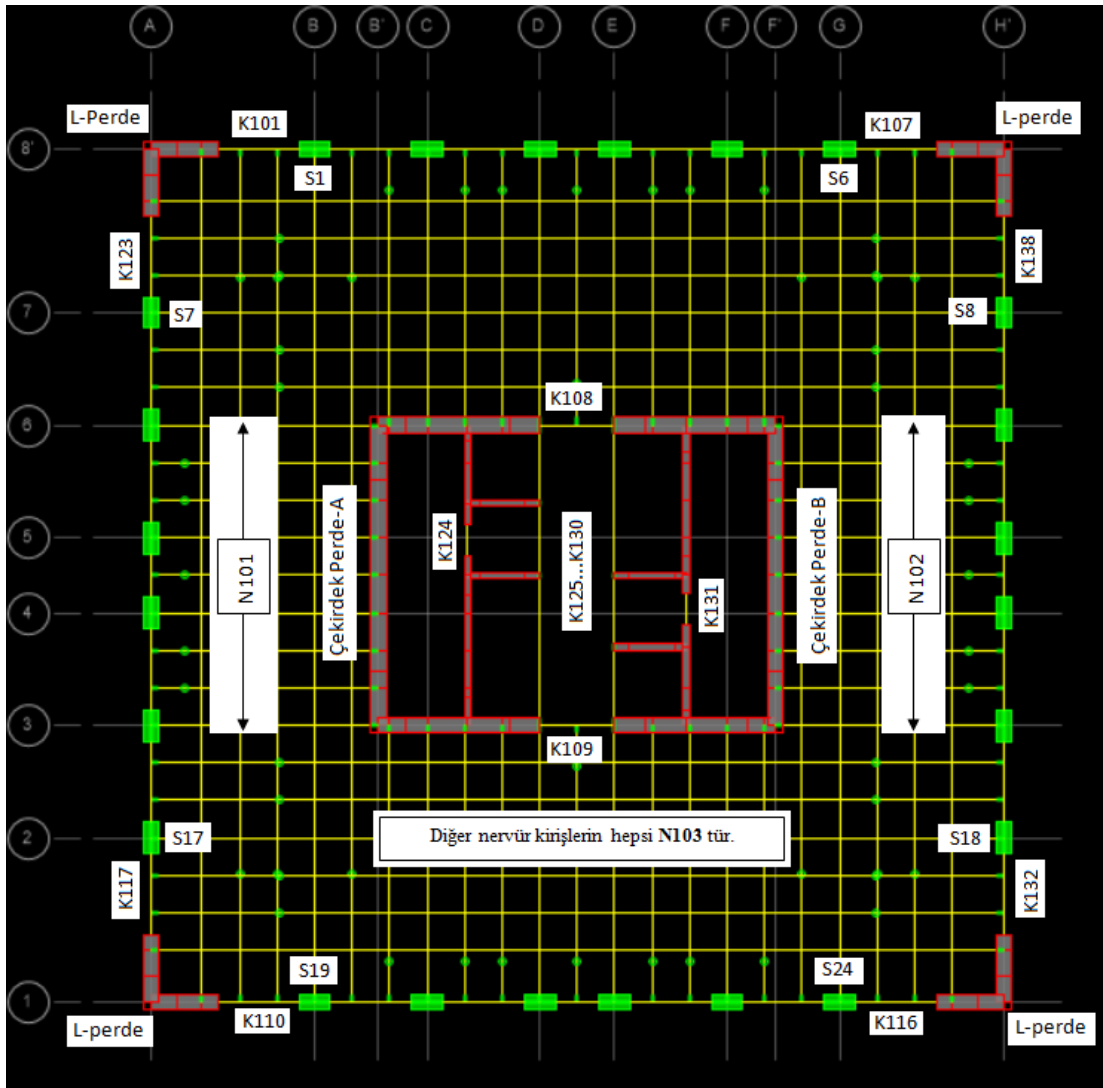
EK B : ETABS programından alınan kolon ve perdelerin etkin eğilme rijitlikleri.

EK C : Orjinal ve benzeştirilmiş deprem kayıtları.

EK D : Deprem etkilerinin yapı üzerindeki genel sonuçları.

EK E : “X” doğrultusu depremleri sonucu Belirgin Hasar Bölgesi’ne geçen kirişler.

EK A



Şekil A.1 : Mevcut yapının donatı tablolarında geçen yapı elemanları.

Aşağıda verilen Çizelge A1, Çizelge A2 ve Çizelge A3'te ismi geçen yapı elemanları ve yerleri Şekil A1'de gösterilmiştir.

Çizelge A.1 : Mevcut yapının kiriş donatıları.

KİRİŞ DONATILARI										
0.00~28.80 Kotları (1~8. Katlar)										
Kiriş No	b (cm)	h (cm)	Sol Uç Üst İlave Donatısı	Montaj (Üst) Donatısı	Gövde Donatısı	Alt Donatı	Sağ Uç Üst İlave Donatısı	Kesme Donatısı (Etriye)	Sol Uç SD Kesit İsmi	Sağ Uç SD Kesit İsmi
K101	50	80	1 ϕ 26	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B50/80SD1	B50/80SD2
K102	50	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B50/80SD2	B50/80SD2
K103	50	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B50/80SD2	B50/80SD2
K104	50	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B50/80SD2	B50/80SD2
K105	50	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B50/80SD2	B50/80SD2
K106	50	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B50/80SD2	B50/80SD2
K107	50	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	1 ϕ 26	2x ϕ 10/10-20	B50/80SD2	B50/80SD1
K110	50	80	1 ϕ 26	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B50/80SD1	B50/80SD2
K111	50	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B50/80SD2	B50/80SD2
K112	50	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B50/80SD2	B50/80SD2
K113	50	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B50/80SD2	B50/80SD2
K114	50	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B50/80SD2	B50/80SD2
K115	50	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B50/80SD2	B50/80SD2
K116	50	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	1 ϕ 26	2x ϕ 10/10-20	B50/80SD2	B50/80SD1
K117	50	80	1 ϕ 26	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B50/80SD1	B50/80SD2
K118	50	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B50/80SD2	B50/80SD2
K119	50	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B50/80SD2	B50/80SD2
K120	50	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B50/80SD2	B50/80SD2
K121	50	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B50/80SD2	B50/80SD2
K122	50	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B50/80SD2	B50/80SD2
K123	50	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	1 ϕ 26	2x ϕ 10/10-20	B50/80SD2	B50/80SD1

Çizelge A1 (devam) : Mevcut yapının kiriş donatıları.

K123	50	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	1 ϕ 26	2x ϕ 10/10-20	B50/80SD2	B50/80SD1
K125	25	80	1 ϕ 26	2 ϕ 14	2x 2 ϕ 12	2 ϕ 20	-	1x ϕ 10/10-20	B25/80SD1	B25/80SD2
K126	25	80	-	2 ϕ 14	2x 2 ϕ 12	2 ϕ 20	-	1x ϕ 10/10-20	B25/80SD2	B25/80SD2
K127	25	80	-	2 ϕ 14	2x 2 ϕ 12	2 ϕ 20	1 ϕ 26	1x ϕ 10/10-20	B25/80SD2	B25/80SD1
K128	25	80	1 ϕ 26	2 ϕ 14	2x 2 ϕ 12	2 ϕ 20	-	1x ϕ 10/10-20	B25/80SD1	B25/80SD2
K129	25	80	-	2 ϕ 14	2x 2 ϕ 12	2 ϕ 20	-	1x ϕ 10/10-20	B25/80SD2	B25/80SD2
K130	25	80	-	2 ϕ 14	2x 2 ϕ 12	2 ϕ 20	1 ϕ 26	1x ϕ 10/10-20	B25/80SD2	B25/80SD1
K132	50	80	1 ϕ 26	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B50/80SD1	B50/80SD2
K133	50	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B50/80SD2	B50/80SD2
K134	50	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B50/80SD2	B50/80SD2
K135	50	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B50/80SD2	B50/80SD2
K136	50	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B50/80SD2	B50/80SD2
K137	50	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B50/80SD2	B50/80SD2
K138	50	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	1 ϕ 26	2x ϕ 10/10-20	B50/80SD2	B50/80SD1
32.40~118.80 Kotları (9~33. Katlar)										
Kiriş No	b (cm)	h (cm)	Sol Uç Üst İlave Donatısı	Montaj (Üst) Donatısı	Gövde Donatısı	Alt Donatı	Sağ Uç Üst İlave Donatısı	Kesme Donatısı (Etriye)	Sol Uç SD Kesit İsmi	Sağ Uç SD Kesit İsmi
K101	40	80	1 ϕ 26	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B40/80SD1	B40/80SD2
K102	40	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B40/80SD2	B40/80SD2
K103	40	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B40/80SD2	B40/80SD2
K104	40	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B40/80SD2	B40/80SD2
K105	40	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B40/80SD2	B40/80SD2
K106	40	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B40/80SD2	B40/80SD2
K107	40	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	1 ϕ 26	2x ϕ 10/10-20	B40/80SD2	B40/80SD1

Çizelge A1 (devam) : Mevcut yapının kiriş donatıları.

K110	40	80	1 ϕ 26	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B40/80SD1	B40/80SD2
K111	40	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B40/80SD2	B40/80SD2
K112	40	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B40/80SD2	B40/80SD2
K113	40	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B40/80SD2	B40/80SD2
K114	40	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B40/80SD2	B40/80SD2
K115	40	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B40/80SD2	B40/80SD2
K116	40	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	1 ϕ 26	2x ϕ 10/10-20	B40/80SD2	B40/80SD1
K117	40	80	1 ϕ 26	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B40/80SD1	B40/80SD2
K118	40	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B40/80SD2	B40/80SD2
K119	40	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B40/80SD2	B40/80SD2
K120	40	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B40/80SD2	B40/80SD2
K121	40	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B40/80SD2	B40/80SD2
K122	40	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B40/80SD2	B40/80SD2
K123	40	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	1 ϕ 26	2x ϕ 10/10-20	B40/80SD2	B40/80SD1
K125	25	80	1 ϕ 26	2 ϕ 14	2x 2 ϕ 12	2 ϕ 20	-	1x ϕ 10/10-20	B25/80SD1	B25/80SD2
K126	25	80	-	2 ϕ 14	2x 2 ϕ 12	2 ϕ 20	-	1x ϕ 10/10-20	B25/80SD2	B25/80SD2
K127	25	80	-	2 ϕ 14	2x 2 ϕ 12	2 ϕ 20	1 ϕ 26	1x ϕ 10/10-20	B25/80SD2	B25/80SD1
K128	25	80	1 ϕ 26	2 ϕ 14	2x 2 ϕ 12	2 ϕ 20	-	1x ϕ 10/10-20	B25/80SD1	B25/80SD2
K129	25	80	-	2 ϕ 14	2x 2 ϕ 12	2 ϕ 20	-	1x ϕ 10/10-20	B25/80SD2	B25/80SD2
K130	25	80	-	2 ϕ 14	2x 2 ϕ 12	2 ϕ 20	1 ϕ 26	1x ϕ 10/10-20	B25/80SD2	B25/80SD1
K132	40	80	1 ϕ 26	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B40/80SD1	B40/80SD2
K133	40	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B40/80SD2	B40/80SD2
K134	40	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B40/80SD2	B40/80SD2
K135	40	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B40/80SD2	B40/80SD2
K136	40	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B40/80SD2	B40/80SD2
K137	40	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B40/80SD2	B40/80SD2
K138	40	80	-	4 ϕ 26	1x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	1 ϕ 26	2x ϕ 10/10-20	B40/80SD2	B40/80SD1

Çizelge A1 (devam) : Mevcut yapının kiriş donatıları.

0.00~28.80 Kotları (1~8. Katlar)										
Kiriş No	b (cm)	h (cm)	Sol Uç Üst İlave Donatısı	Montaj (Üst) Donatısı	Gövde Donatısı	Alt Donatı	Sağ Uç Üst İlave Donatısı	Kesme Donatısı (Etriye)	Sol Uç SD Kesit İsmi	Sağ Uç SD Kesit İsmi
K108	50	80	-	5 ϕ 26	2x 2 ϕ 12	5 ϕ 26	-	2x ϕ 12/10-20	B50/80SD3	B50/80SD3
K109	50	80	-	5 ϕ 26	2x 2 ϕ 12	5 ϕ 26	-	2x ϕ 12/10-20	B50/80SD3	B50/80SD3
32.40~86.40 Kotları (9~24. Katlar)										
Kiriş No	b (cm)	h (cm)	Sol Uç Üst İlave Donatısı	Montaj (Üst) Donatısı	Gövde Donatısı	Alt Donatı	Sağ Uç Üst İlave Donatısı	Kesme Donatısı (Etriye)	Sol Uç SD Kesit İsmi	Sağ Uç SD Kesit İsmi
K108	40	80	-	5 ϕ 26	2x 2 ϕ 12	5 ϕ 26	-	2x ϕ 12/10-20	B40/80SD3	B40/80SD3
K109	40	80	-	5 ϕ 26	2x 2 ϕ 12	5 ϕ 26	-	2x ϕ 12/10-20	B40/80SD3	B40/80SD3
90.00~118.80 Kotları (25~33. Katlar)										
Kiriş No	b (cm)	h (cm)	Sol Uç Üst İlave Donatısı	Montaj (Üst) Donatısı	Gövde Donatısı	Alt Donatı	Sağ Uç Üst İlave Donatısı	Kesme Donatısı (Etriye)	Sol Uç SD Kesit İsmi	Sağ Uç SD Kesit İsmi
K108	40	80	-	4 ϕ 26	2x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B40/80SD4	B40/80SD4
K109	40	80	-	4 ϕ 26	2x 2 ϕ 12	4 ϕ 26	-	2x ϕ 10/10-20	B40/80SD4	B40/80SD4

Çizelge A1 (devam) : Mevcut yapının kiriş donatıları.

0.00~28.80 Kotları (1~8. Katlar)										
Kiriş No	b (cm)	h (cm)	Sol Uç Üst İlave Donatısı	Montaj (Üst) Donatısı	Gövde Donatısı	Alt Donatı	Sağ Uç Üst İlave Donatısı	Kesme Donatısı (Etriye)	Sol Uç SD Kesit İsmi	Sağ Uç SD Kesit İsmi
K124	20	70	-	2 ϕ 26	2x 2 ϕ 12	2 ϕ 26	-	1x ϕ 10/10-20	B20/70SD1	B20/70SD1
K131	20	70	-	2 ϕ 26	2x 2 ϕ 12	2 ϕ 26	-	1x ϕ 10/10-20	B20/70SD1	B20/70SD1
32.40~43.20 Kotları (9~12. Katlar)										
Kiriş No	b (cm)	h (cm)	Sol Uç Üst İlave Donatısı	Montaj (Üst) Donatısı	Gövde Donatısı	Alt Donatı	Sağ Uç Üst İlave Donatısı	Kesme Donatısı (Etriye)	Sol Uç SD Kesit İsmi	Sağ Uç SD Kesit İsmi
K124	20	70	-	2 ϕ 22	2x 2 ϕ 12	2 ϕ 22	-	1x ϕ 10/10-20	B20/70SD2	B20/70SD2
K131	20	70	-	2 ϕ 22	2x 2 ϕ 12	2 ϕ 22	-	1x ϕ 10/10-20	B20/70SD2	B20/70SD2
46.80~118.80 Kotları (12~33. Katlar)										
Kiriş No	b (cm)	h (cm)	Sol Uç Üst İlave Donatısı	Montaj (Üst) Donatısı	Gövde Donatısı	Alt Donatı	Sağ Uç Üst İlave Donatısı	Kesme Donatısı (Etriye)	Sol Uç SD Kesit İsmi	Sağ Uç SD Kesit İsmi
K124	20	70	-	2 ϕ 20	2x 2 ϕ 12	2 ϕ 20	-	1x ϕ 10/10-20	B20/70SD3	B20/70SD3
K131	20	70	-	2 ϕ 20	2x 2 ϕ 12	2 ϕ 20	-	1x ϕ 10/10-20	B20/70SD3	B20/70SD3

Çizelge A.2 : Mevcut yapının nervür kiriş donatıları.

NERVÜR KİRİŞ DONATILARI										
0.00~28.80 Kotları (1~8. Katlar)										
Kiriş No	b (cm)	h (cm)	Sol Uç Üst İlave Donatısı	Montaj (Üst) Donatısı	Gövde Donatısı	Alt Donatı	Sağ Uç Üst İlave Donatısı	Kesme Donatısı (Etriye)	Sol Uç SD Kesit İsmi	Sağ Uç SD Kesit İsmi
N101	15	40	1 ϕ 26	2 ϕ 14	-	2 ϕ 20	2 ϕ 26	1x ϕ 10/20	B15/40T12SD1	B15/40T12SD2
N102	15	40	2 ϕ 26	2 ϕ 14	-	2 ϕ 20	1 ϕ 26	1x ϕ 10/20	B15/40T12SD2	B15/40T12SD1
N103	15	40	1 ϕ 26	2 ϕ 14	-	2 ϕ 20	1 ϕ 26	1x ϕ 10/20	B15/40T12SD1	B15/40T12SD1
32.40~64.80 Kotları (9~18. Katlar)										
Kiriş No	b (cm)	h (cm)	Sol Uç Üst İlave Donatısı	Montaj (Üst) Donatısı	Gövde Donatısı	Alt Donatı	Sağ Uç Üst İlave Donatısı	Kesme Donatısı (Etriye)	Sol Uç SD Kesit İsmi	Sağ Uç SD Kesit İsmi
N101	15	40	1 ϕ 22	2 ϕ 14	-	2 ϕ 20	2 ϕ 22	1x ϕ 10/20	B15/40T12SD3	B15/40T12SD4
N102	15	40	2 ϕ 22	2 ϕ 14	-	2 ϕ 20	1 ϕ 22	1x ϕ 10/20	B15/40T12SD4	B15/40T12SD3
N103	15	40	1 ϕ 22	2 ϕ 14	-	2 ϕ 20	1 ϕ 22	1x ϕ 10/20	B15/40T12SD3	B15/40T12SD3
68.40~118.80 Kotları (19~33. Katlar)										
Kiriş No	b (cm)	h (cm)	Sol Uç Üst İlave Donatısı	Montaj (Üst) Donatısı	Gövde Donatısı	Alt Donatı	Sağ Uç Üst İlave Donatısı	Kesme Donatısı (Etriye)	Sol Uç SD Kesit İsmi	Sağ Uç SD Kesit İsmi
N101	15	40	1 ϕ 20	2 ϕ 14	-	2 ϕ 20	1 ϕ 26	1x ϕ 10/20	B15/40T12SD5	B15/40T12SD1
N102	15	40	1 ϕ 26	2 ϕ 14	-	2 ϕ 20	1 ϕ 20	1x ϕ 10/20	B15/40T12SD1	B15/40T12SD5
N103	15	40	1 ϕ 20	2 ϕ 14	-	2 ϕ 20	1 ϕ 20	1x ϕ 10/20	B15/40T12SD5	B15/40T12SD5

Çizelge A.3 : Mevcut yapının kolon donatıları.

KOLON DONATILARI							
0.00~28.80 Kotları (1~8. Katlar)							
Kolon	b	h	Boyuna Donatı Sayısı	Donatı Oranı	Kesme Donatısı (Etriye-Çiroz)		SD Kesit İsmi
No	(cm)	(cm)		(%)	X-Doğrultusu	Y-Doğrultusu	
S1...S6	100	50	18 ϕ 26	1.91	5 kol ϕ 12/10-20	4 kol ϕ 12/10-20	C100/50SD1
S7...S18	50	100	18 ϕ 26	1.91	4 kol ϕ 12/10-20	5 kol ϕ 12/10-20	C50/100SD1
S19...S24	100	50	18 ϕ 26	1.91	5 kol ϕ 12/10-20	4 kol ϕ 12/10-20	C100/50SD1
28.80~43.20 Kotları (9~12. Katlar)							
Kolon	b	h	Boyuna Donatı Sayısı	Donatı Oranı	Kesme Donatısı (Etriye-Çiroz)		SD Kesit İsmi
No	(cm)	(cm)		(%)	X-Doğrultusu	Y-Doğrultusu	
S1...S6	100	40	18 ϕ 26	2.39	5 kol ϕ 12/10-20	4 kol ϕ 12/10-20	C100/40SD1
S7...S18	40	100	18 ϕ 26	2.39	4 kol ϕ 12/10-20	5 kol ϕ 12/10-20	C40/100SD1
S19...S24	100	40	18 ϕ 26	2.39	5 kol ϕ 12/10-20	4 kol ϕ 12/10-20	C100/40SD1

Çizelge A3 (devam) : Mevcut yapının kolon donatıları.

43.20~64.80 Kotları (13~18. Katlar)							
Kolon	b	h	Boyuna Donatı Sayısı	Donatı Oranı	Kesme Donatısı (Etriye-Çiroz)		SD Kesit İsmi
No	(cm)	(cm)		(%)	X-Doğrultusu	Y-Doğrultusu	
S1...S6	100	40	18 ϕ 22	1.71	5 kol ϕ 12/10-20	4 kol ϕ 12/10-20	C100/40SD2
S7...S18	40	100	18 ϕ 22	1.71	4 kol ϕ 12/10-20	5 kol ϕ 12/10-20	C40/100SD2
S19...S24	100	40	18 ϕ 22	1.71	5 kol ϕ 12/10-20	4 kol ϕ 12/10-20	C100/40SD2
64.80~118.80 Kotları (19~33. Katlar)							
Kolon	b	h	Boyuna Donatı Sayısı	Donatı Oranı	Kesme Donatısı (Etriye-Çiroz)		SD Kesit İsmi
No	(cm)	(cm)		(%)	X-Doğrultusu	Y-Doğrultusu	
S1...S6	100	40	18 ϕ 20	1.41	5 kol ϕ 12/10-20	4 kol ϕ 12/10-20	C100/40SD3
S7...S18	40	100	18 ϕ 20	1.41	4 kol ϕ 12/10-20	5 kol ϕ 12/10-20	C40/100SD3
S19...S24	100	40	18 ϕ 20	1.41	5 kol ϕ 12/10-20	4 kol ϕ 12/10-20	C100/40SD3

Çizelge A.4 : Mevcut yapının perde donatıları.

PERDE DONATILARI								
0.00~28.80 Kotları Arası (Başlık boyu %20) (1~8. Katlar)								
	b	h (yaklaşık)	Başlık Donatısı	Gövde donatısı	Kesme Donatısı (Yatay Donatı-Başlık)	Kesme Donatısı (Yatay Donatı-Gövde)	Kesme Donatısı Çiroz (Başlık)	Kesme Donatısı Çiroz (Gövde)
Perdeler	(cm)	(cm)						
(P1) Çekirdek Perdeleri (A-B)								
b=50 cm perdeler	50	2110	φ26/15	φ20/15	3 kol φ14/10	3 kol φ14/15	φ14/30-10	φ14/30-30
b=20 cm perdeler	20	1380	φ20/15	φ18/15	2 kol φ12/10	2 kol φ12/15	φ12/30-10	φ12/30-30
(P2) Perdeleri								
Köşelerdeki (L) perdeler	50	470	φ26/15	φ26/15	3 kol φ12/10	3 kol φ12/15	φ14/30-10	φ14/30-30
28.80~43.20 Kotları Arası (Başlık boyu %15) (9~12. Katlar)								
	b	h (yaklaşık)	Başlık Donatısı	Gövde donatısı	Kesme Donatısı (Yatay Donatı-Başlık)	Kesme Donatısı (Yatay Donatı-Gövde)	Kesme Donatısı Çiroz (Başlık)	Kesme Donatısı Çiroz (Gövde)
Perdeler	(cm)	(cm)						
(P1) Çekirdek Perdeleri (A-B)								
b=40 cm perdeler	40	2110	φ26/15	φ18/15	2 kol φ12/10	2 kol φ12/15	φ12/30-10	φ12/30-30
b=20 cm perdeler	20	1380	φ20/15	φ16/15	2 kol φ12/10	2 kol φ10/15	φ12/30-10	φ10/30-30
(P2) Perdeleri								
Köşelerdeki (L) perdeler	40	470	φ26/15	φ26/15	2 kol φ12/10	2 kol φ12/15	φ12/30-10	φ12/30-30

Çizelge A4 (devam) : Mevcut yapının perde donatıları.

43.20~64.80 Kotları Arası (Başlık boyu %10) (13~18. Katlar)								
	b	h (yaklaşık)	Başlık Donatısı	Gövde donatısı	Kesme Donatısı (Yatay Donatı- Başlık)	Kesme Donatısı (Yatay Donatı- Gövde)	Kesme Donatısı Çiroz (Başlık)	Kesme Donatısı Çiroz (Gövde)
Perdeler	(cm)	(cm)						
(P1) Çekirdek Perdeleri (A-B)								
b=40 cm perdeler	40	2110	φ22/15	φ16/15	2 kol φ12/10	2 kol φ12/15	φ12/30-10	φ12/30-30
b=20 cm perdeler	20	1380	φ18/15	φ14/15	2 kol φ12/10	2 kol φ10/20	φ12/30-30	φ10/30-40
(P2) Perdeleri								
Köşelerdeki (L) perdeler	40	470	φ22/15	φ22/15	2 kol φ12/10	2 kol φ12/15	φ12/30-10	φ12/30-30
64.80~118.80 Kotları Arası (Başlık boyu %10) (19~33. Katlar)								
	b	h (yaklaşık)	Başlık Donatısı	Gövde donatısı	Kesme Donatısı (Yatay Donatı- Başlık)	Kesme Donatısı (Yatay Donatı- Gövde)	Kesme Donatısı Çiroz (Başlık)	Kesme Donatısı Çiroz (Gövde)
Perdeler	(cm)	(cm)						
(P1) Çekirdek Perdeleri (A-B)								
b=40 cm perdeler	40	2110	φ20/15	φ14/15	2 kol φ12/10	2 kol φ12/20	φ12/30-30	φ12/30-60
b=20 cm perdeler	20	1380	φ18/15	φ12/15	2 kol φ12/10	2 kol φ10/20	φ12/30-30	φ10/30-60
(P2) Perdeleri								
Köşelerdeki (L) perdeler	40	470	φ20/15	φ20/15	2 kol φ12/10	2 kol φ12/15	φ12/30-10	φ12/30-30

EK B

Tüm kirişlerin etkin eğilme rijitlikleri için $(EI)_e/(EI)_0$ oranı sabit ve 0.40 olarak yönetmelikten alınmıştır. Kolon ve perdelerin etkin eğilme rijitlikleri $G+0.3Q$ yüklemesinden elde edilen eksenel kuvvetlere göre her bir eleman için ayrı ayrı belirlenmiştir. Ancak modelde atama işlemlerinde kolaylık sağlamak maksadıyla yapı belirli kat gruplarına ayrılmış ve atamalar bu kat gruplarının ortalama etkin eğilme rijitliği baz alınarak yapılmıştır. Bu kat grupları zeminden çatıya doğru kat adedi sayısına göre 4 kat, 4 kat, 4 kat, 6 kat, 5 kat, 5 kat ve 5 kat şeklinde seçilmiştir. Bu seçimler yapılırken elemanların kesit ve donatı değişimleri de göz önüne alınmıştır. Ayrıca bu kat gruplarını içerisine alan kolonlar, köşe perdeler ve çekirdek perdeler olmak üzere üç ana grup oluşturulmuştur. Atanan tüm etkin eğilme rijitlikleri çizelge halinde Bölüm 4'te verildiği için burada Çizelge B1'de kolonlar için ilk 4 kat, Çizelge B2'de köşe perdeler için ilk 18 kat ve Çizelge B3'te çekirdek perdeler için tüm katların etkin eğilme rijitliklerinin verilmesi yeterli görülmüştür.

Çizelge B.1 : Kolonların etkin eğilme rijitlikleri (ilk 4 kat).

KOLONLARIN ETKİN EĞİLME RİJİTLİKLERİ										
Story	Column	Load Case	kN	kN	cm	cm	kPa	kN	$(EI)_e/(EI)_0$	ORT
			P	Nd	b	h	f_{cm}	$N_d/(A_c * f_{cm})$		
STORY4	C2	G03Q	-4132	4132	50	100	35000	0.2361	0.58	0.62
STORY4	C3	G03Q	-4376	4376	50	100	35000	0.2501	0.60	0.62
STORY4	C4	G03Q	-4396	4396	50	100	35000	0.2512	0.60	0.62
STORY4	C5	G03Q	-4396	4396	50	100	35000	0.2512	0.60	0.62
STORY4	C6	G03Q	-4378	4378	50	100	35000	0.2501	0.60	0.62
STORY4	C7	G03Q	-4136	4136	50	100	35000	0.2364	0.58	0.62
STORY4	C8	G03Q	-4136	4136	50	100	35000	0.2364	0.58	0.62
STORY4	C9	G03Q	-4378	4378	50	100	35000	0.2501	0.60	0.62
STORY4	C10	G03Q	-4396	4396	50	100	35000	0.2512	0.60	0.62
STORY4	C11	G03Q	-4396	4396	50	100	35000	0.2512	0.60	0.62
STORY4	C12	G03Q	-4376	4376	50	100	35000	0.2501	0.60	0.62

Çizelge B1 (devam) : Kolonların etkin eğilme rijitlikleri (ilk 4 kat).

STORY4	C13	G03Q	-4132	4132	50	100	35000	0.2361	0.58	0.62
STORY4	C14	G03Q	-4235	4235	100	50	35000	0.2420	0.59	0.62
STORY4	C15	G03Q	-4596	4596	100	50	35000	0.2627	0.62	0.62
STORY4	C16	G03Q	-4683	4683	100	50	35000	0.2676	0.62	0.62
STORY4	C17	G03Q	-4682	4682	100	50	35000	0.2675	0.62	0.62
STORY4	C18	G03Q	-4240	4240	100	50	35000	0.2423	0.59	0.62
STORY4	C19	G03Q	-4240	4240	100	50	35000	0.2423	0.59	0.62
STORY4	C20	G03Q	-4598	4598	100	50	35000	0.2628	0.62	0.62
STORY4	C21	G03Q	-4682	4682	100	50	35000	0.2675	0.62	0.62
STORY4	C22	G03Q	-4683	4683	100	50	35000	0.2676	0.62	0.62
STORY4	C23	G03Q	-4235	4235	100	50	35000	0.2420	0.59	0.62
STORY4	C24	G03Q	-4596	4596	100	50	35000	0.2627	0.62	0.62
STORY4	C25	G03Q	-4598	4598	100	50	35000	0.2628	0.62	0.62
STORY3	C2	G03Q	-4306	4306	50	100	35000	0.2460	0.59	0.62
STORY3	C3	G03Q	-4570	4570	50	100	35000	0.2611	0.61	0.62
STORY3	C4	G03Q	-4574	4574	50	100	35000	0.2614	0.62	0.62
STORY3	C5	G03Q	-4573	4573	50	100	35000	0.2613	0.62	0.62
STORY3	C6	G03Q	-4572	4572	50	100	35000	0.2612	0.61	0.62
STORY3	C7	G03Q	-4311	4311	50	100	35000	0.2463	0.60	0.62
STORY3	C8	G03Q	-4311	4311	50	100	35000	0.2463	0.60	0.62
STORY3	C9	G03Q	-4572	4572	50	100	35000	0.2612	0.61	0.62
STORY3	C10	G03Q	-4573	4573	50	100	35000	0.2613	0.62	0.62
STORY3	C11	G03Q	-4574	4574	50	100	35000	0.2614	0.62	0.62
STORY3	C12	G03Q	-4570	4570	50	100	35000	0.2611	0.61	0.62
STORY3	C13	G03Q	-4306	4306	50	100	35000	0.2460	0.59	0.62
STORY3	C14	G03Q	-4416	4416	100	50	35000	0.2523	0.60	0.62
STORY3	C15	G03Q	-4805	4805	100	50	35000	0.2746	0.63	0.62
STORY3	C16	G03Q	-4879	4879	100	50	35000	0.2788	0.64	0.62
STORY3	C17	G03Q	-4878	4878	100	50	35000	0.2787	0.64	0.62
STORY3	C18	G03Q	-4422	4422	100	50	35000	0.2527	0.60	0.62
STORY3	C19	G03Q	-4422	4422	100	50	35000	0.2527	0.60	0.62
STORY3	C20	G03Q	-4807	4807	100	50	35000	0.2747	0.63	0.62
STORY3	C21	G03Q	-4878	4878	100	50	35000	0.2787	0.64	0.62
STORY3	C22	G03Q	-4879	4879	100	50	35000	0.2788	0.64	0.62
STORY3	C23	G03Q	-4416	4416	100	50	35000	0.2523	0.60	0.62
STORY3	C24	G03Q	-4805	4805	100	50	35000	0.2746	0.63	0.62
STORY3	C25	G03Q	-4807	4807	100	50	35000	0.2747	0.63	0.62

Çizelge B1 (devam) : Kolonların etkin eğilme rijitlikleri (ilk 4 kat).

STORY2	C2	G03Q	-4489	4489	50	100	35000	0.2565	0.61	0.62
STORY2	C3	G03Q	-4772	4772	50	100	35000	0.2727	0.63	0.62
STORY2	C4	G03Q	-4752	4752	50	100	35000	0.2715	0.63	0.62
STORY2	C5	G03Q	-4751	4751	50	100	35000	0.2715	0.63	0.62
STORY2	C6	G03Q	-4773	4773	50	100	35000	0.2727	0.63	0.62
STORY2	C7	G03Q	-4495	4495	50	100	35000	0.2568	0.61	0.62
STORY2	C8	G03Q	-4495	4495	50	100	35000	0.2568	0.61	0.62
STORY2	C9	G03Q	-4773	4773	50	100	35000	0.2727	0.63	0.62
STORY2	C10	G03Q	-4751	4751	50	100	35000	0.2715	0.63	0.62
STORY2	C11	G03Q	-4752	4752	50	100	35000	0.2715	0.63	0.62
STORY2	C12	G03Q	-4772	4772	50	100	35000	0.2727	0.63	0.62
STORY2	C13	G03Q	-4489	4489	50	100	35000	0.2565	0.61	0.62
STORY2	C14	G03Q	-4608	4608	100	50	35000	0.2633	0.62	0.62
STORY2	C15	G03Q	-5022	5022	100	50	35000	0.2870	0.65	0.62
STORY2	C16	G03Q	-5076	5076	100	50	35000	0.2901	0.65	0.62
STORY2	C17	G03Q	-5075	5075	100	50	35000	0.2900	0.65	0.62
STORY2	C18	G03Q	-4614	4614	100	50	35000	0.2636	0.62	0.62
STORY2	C19	G03Q	-4614	4614	100	50	35000	0.2636	0.62	0.62
STORY2	C20	G03Q	-5024	5024	100	50	35000	0.2871	0.65	0.62
STORY2	C21	G03Q	-5075	5075	100	50	35000	0.2900	0.65	0.62
STORY2	C22	G03Q	-5076	5076	100	50	35000	0.2901	0.65	0.62
STORY2	C23	G03Q	-4608	4608	100	50	35000	0.2633	0.62	0.62
STORY2	C24	G03Q	-5022	5022	100	50	35000	0.2870	0.65	0.62
STORY2	C25	G03Q	-5024	5024	100	50	35000	0.2871	0.65	0.62
STORY1	C2	G03Q	-4686	4686	50	100	35000	0.2678	0.62	0.62
STORY1	C3	G03Q	-4982	4982	50	100	35000	0.2847	0.65	0.62
STORY1	C4	G03Q	-4929	4929	50	100	35000	0.2817	0.64	0.62
STORY1	C5	G03Q	-4928	4928	50	100	35000	0.2816	0.64	0.62
STORY1	C6	G03Q	-4983	4983	50	100	35000	0.2848	0.65	0.62
STORY1	C7	G03Q	-4692	4692	50	100	35000	0.2681	0.62	0.62
STORY1	C8	G03Q	-4692	4692	50	100	35000	0.2681	0.62	0.62
STORY1	C9	G03Q	-4983	4983	50	100	35000	0.2848	0.65	0.62
STORY1	C10	G03Q	-4928	4928	50	100	35000	0.2816	0.64	0.62
STORY1	C11	G03Q	-4929	4929	50	100	35000	0.2817	0.64	0.62
STORY1	C12	G03Q	-4982	4982	50	100	35000	0.2847	0.65	0.62
STORY1	C13	G03Q	-4686	4686	50	100	35000	0.2678	0.62	0.62
STORY1	C14	G03Q	-4813	4813	100	50	35000	0.2751	0.63	0.62
STORY1	C15	G03Q	-5248	5248	100	50	35000	0.2999	0.67	0.62
STORY1	C16	G03Q	-5274	5274	100	50	35000	0.3014	0.67	0.62
STORY1	C17	G03Q	-5274	5274	100	50	35000	0.3013	0.67	0.62
STORY1	C18	G03Q	-4820	4820	100	50	35000	0.2754	0.63	0.62
STORY1	C19	G03Q	-4820	4820	100	50	35000	0.2754	0.63	0.62
STORY1	C20	G03Q	-5251	5251	100	50	35000	0.3000	0.67	0.62
STORY1	C21	G03Q	-5274	5274	100	50	35000	0.3013	0.67	0.62
STORY1	C22	G03Q	-5274	5274	100	50	35000	0.3014	0.67	0.62
STORY1	C23	G03Q	-4813	4813	100	50	35000	0.2751	0.63	0.62
STORY1	C24	G03Q	-5248	5248	100	50	35000	0.2999	0.67	0.62
STORY1	C25	G03Q	-5251	5251	100	50	35000	0.3000	0.67	0.62

Çizelge B.2 : Köşe perdelerin etkin eğilme rijitlikleri (ilk 18 kat).

KÖŞE PERDELERİN ETKİN EĞİLME RİJİTLİKLERİ										
Story	Pier	Load Case	kN	kN	cm	cm	kPa	kN	(EI) _e /(EI) ₀	ORT
			P	N _d	b	h	f _{cm}	N _d /(A _c *f _{cm})		
STORY18	P1	G03Q	-9082	9082	1	17200	35000	0.1509	0.47	0.50
STORY18	P2	G03Q	-9083	9083	1	17200	35000	0.1509	0.47	0.50
STORY18	P3	G03Q	-9083	9083	1	17200	35000	0.1509	0.47	0.50
STORY18	P4	G03Q	-9082	9082	1	17200	35000	0.1509	0.47	0.50
STORY17	P1	G03Q	-9639	9639	1	17200	35000	0.1601	0.48	0.50
STORY17	P2	G03Q	-9640	9640	1	17200	35000	0.1601	0.48	0.50
STORY17	P3	G03Q	-9640	9640	1	17200	35000	0.1601	0.48	0.50
STORY17	P4	G03Q	-9639	9639	1	17200	35000	0.1601	0.48	0.50
STORY16	P1	G03Q	-10192	10192	1	17200	35000	0.1693	0.49	0.50
STORY16	P2	G03Q	-10193	10193	1	17200	35000	0.1693	0.49	0.50
STORY16	P3	G03Q	-10193	10193	1	17200	35000	0.1693	0.49	0.50
STORY16	P4	G03Q	-10192	10192	1	17200	35000	0.1693	0.49	0.50
STORY15	P1	G03Q	-10740	10740	1	17200	35000	0.1784	0.50	0.50
STORY15	P2	G03Q	-10741	10741	1	17200	35000	0.1784	0.50	0.50
STORY15	P3	G03Q	-10741	10741	1	17200	35000	0.1784	0.50	0.50
STORY15	P4	G03Q	-10740	10740	1	17200	35000	0.1784	0.50	0.50
STORY14	P1	G03Q	-11283	11283	1	17200	35000	0.1874	0.52	0.50
STORY14	P2	G03Q	-11283	11283	1	17200	35000	0.1874	0.52	0.50
STORY14	P3	G03Q	-11283	11283	1	17200	35000	0.1874	0.52	0.50
STORY14	P4	G03Q	-11283	11283	1	17200	35000	0.1874	0.52	0.50
STORY13	P1	G03Q	-11818	11818	1	17200	35000	0.1963	0.53	0.50
STORY13	P2	G03Q	-11819	11819	1	17200	35000	0.1963	0.53	0.50
STORY13	P3	G03Q	-11819	11819	1	17200	35000	0.1963	0.53	0.50
STORY13	P4	G03Q	-11818	11818	1	17200	35000	0.1963	0.53	0.50
STORY12	P1	G03Q	-12347	12347	1	17200	35000	0.2051	0.54	0.56
STORY12	P2	G03Q	-12347	12347	1	17200	35000	0.2051	0.54	0.56
STORY12	P3	G03Q	-12347	12347	1	17200	35000	0.2051	0.54	0.56
STORY12	P4	G03Q	-12347	12347	1	17200	35000	0.2051	0.54	0.56
STORY11	P1	G03Q	-12866	12866	1	17200	35000	0.2137	0.55	0.56
STORY11	P2	G03Q	-12867	12867	1	17200	35000	0.2137	0.55	0.56
STORY11	P3	G03Q	-12867	12867	1	17200	35000	0.2137	0.55	0.56
STORY11	P4	G03Q	-12866	12866	1	17200	35000	0.2137	0.55	0.56
STORY10	P1	G03Q	-13374	13374	1	17200	35000	0.2222	0.56	0.56
STORY10	P2	G03Q	-13375	13375	1	17200	35000	0.2222	0.56	0.56
STORY10	P3	G03Q	-13375	13375	1	17200	35000	0.2222	0.56	0.56
STORY10	P4	G03Q	-13374	13374	1	17200	35000	0.2222	0.56	0.56
STORY9	P1	G03Q	-13871	13871	1	17200	35000	0.2304	0.57	0.56
STORY9	P2	G03Q	-13872	13872	1	17200	35000	0.2304	0.57	0.56
STORY9	P3	G03Q	-13872	13872	1	17200	35000	0.2304	0.57	0.56
STORY9	P4	G03Q	-13871	13871	1	17200	35000	0.2304	0.57	0.56

Çizelge B2 (devam) : Köşe perdelerin etkin eğilme rijitlikleri (ilk 18 kat).

STORY8	P1	G03Q	-14435	14435	1	21000	35000	0.1964	0.53	0.54
STORY8	P2	G03Q	-14436	14436	1	21000	35000	0.1964	0.53	0.54
STORY8	P3	G03Q	-14436	14436	1	21000	35000	0.1964	0.53	0.54
STORY8	P4	G03Q	-14435	14435	1	21000	35000	0.1964	0.53	0.54
STORY7	P1	G03Q	-14992	14992	1	21000	35000	0.2040	0.54	0.54
STORY7	P2	G03Q	-14993	14993	1	21000	35000	0.2040	0.54	0.54
STORY7	P3	G03Q	-14993	14993	1	21000	35000	0.2040	0.54	0.54
STORY7	P4	G03Q	-14992	14992	1	21000	35000	0.2040	0.54	0.54
STORY6	P1	G03Q	-15529	15529	1	21000	35000	0.2113	0.55	0.54
STORY6	P2	G03Q	-15530	15530	1	21000	35000	0.2113	0.55	0.54
STORY6	P3	G03Q	-15530	15530	1	21000	35000	0.2113	0.55	0.54
STORY6	P4	G03Q	-15529	15529	1	21000	35000	0.2113	0.55	0.54
STORY5	P1	G03Q	-16046	16046	1	21000	35000	0.2183	0.56	0.54
STORY5	P2	G03Q	-16047	16047	1	21000	35000	0.2183	0.56	0.54
STORY5	P3	G03Q	-16047	16047	1	21000	35000	0.2183	0.56	0.54
STORY5	P4	G03Q	-16046	16046	1	21000	35000	0.2183	0.56	0.54
STORY4	P1	G03Q	-16538	16538	1	21000	35000	0.2250	0.57	0.58
STORY4	P2	G03Q	-16539	16539	1	21000	35000	0.2250	0.57	0.58
STORY4	P3	G03Q	-16539	16539	1	21000	35000	0.2250	0.57	0.58
STORY4	P4	G03Q	-16538	16538	1	21000	35000	0.2250	0.57	0.58
STORY3	P1	G03Q	-17001	17001	1	21000	35000	0.2313	0.58	0.58
STORY3	P2	G03Q	-17002	17002	1	21000	35000	0.2313	0.58	0.58
STORY3	P3	G03Q	-17002	17002	1	21000	35000	0.2313	0.58	0.58
STORY3	P4	G03Q	-17001	17001	1	21000	35000	0.2313	0.58	0.58
STORY2	P1	G03Q	-17429	17429	1	21000	35000	0.2371	0.58	0.58
STORY2	P2	G03Q	-17430	17430	1	21000	35000	0.2371	0.58	0.58
STORY2	P3	G03Q	-17430	17430	1	21000	35000	0.2371	0.58	0.58
STORY2	P4	G03Q	-17429	17429	1	21000	35000	0.2371	0.58	0.58
STORY1	P1	G03Q	-17816	17816	1	21000	35000	0.2424	0.59	0.58
STORY1	P2	G03Q	-17817	17817	1	21000	35000	0.2424	0.59	0.58
STORY1	P3	G03Q	-17817	17817	1	21000	35000	0.2424	0.59	0.58
STORY1	P4	G03Q	-17816	17816	1	21000	35000	0.2424	0.59	0.58

Çizelge B.3 : Çekirdek perdelerin etkin eğilme rijitlikleri (tüm katlar).

ÇEKİRDEK PERDELERİN ETKİN EĞİLME RİJİTLİKLERİ										
Story	Pier	Load Case	kN	kN	cm	cm	kPa	kN	(EI) _e /(EI) ₀	ORT
			P	N _d	b	h	f _{cm}	N _d /(A _c *f _{cm})		
STORY33	PA	G03Q	-2944	2944	1	104400	35000	0.0081	0.40	0.40
STORY33	PB	G03Q	-2944	2944	1	104400	35000	0.0081	0.40	0.40
STORY32	PA	G03Q	-5534	5534	1	104400	35000	0.0151	0.40	0.40
STORY32	PB	G03Q	-5534	5534	1	104400	35000	0.0151	0.40	0.40
STORY31	PA	G03Q	-8126	8126	1	104400	35000	0.0222	0.40	0.40
STORY31	PB	G03Q	-8126	8126	1	104400	35000	0.0222	0.40	0.40
STORY30	PA	G03Q	-10716	10716	1	104400	35000	0.0293	0.40	0.40
STORY30	PB	G03Q	-10716	10716	1	104400	35000	0.0293	0.40	0.40
STORY29	PA	G03Q	-13306	13306	1	104400	35000	0.0364	0.40	0.40
STORY29	PB	G03Q	-13306	13306	1	104400	35000	0.0364	0.40	0.40
STORY28	PA	G03Q	-15895	15895	1	104400	35000	0.0435	0.40	0.40
STORY28	PB	G03Q	-15895	15895	1	104400	35000	0.0435	0.40	0.40
STORY27	PA	G03Q	-18483	18483	1	104400	35000	0.0506	0.40	0.40
STORY27	PB	G03Q	-18483	18483	1	104400	35000	0.0506	0.40	0.40
STORY26	PA	G03Q	-21069	21069	1	104400	35000	0.0577	0.40	0.40
STORY26	PB	G03Q	-21069	21069	1	104400	35000	0.0577	0.40	0.40
STORY25	PA	G03Q	-23653	23653	1	104400	35000	0.0647	0.40	0.40
STORY25	PB	G03Q	-23653	23653	1	104400	35000	0.0647	0.40	0.40
STORY24	PA	G03Q	-26235	26235	1	104400	35000	0.0718	0.40	0.40
STORY24	PB	G03Q	-26235	26235	1	104400	35000	0.0718	0.40	0.40
STORY23	PA	G03Q	-28815	28815	1	104400	35000	0.0789	0.40	0.40
STORY23	PB	G03Q	-28815	28815	1	104400	35000	0.0789	0.40	0.40
STORY22	PA	G03Q	-31392	31392	1	104400	35000	0.0859	0.40	0.40
STORY22	PB	G03Q	-31392	31392	1	104400	35000	0.0859	0.40	0.40
STORY21	PA	G03Q	-33967	33967	1	104400	35000	0.0930	0.40	0.40
STORY21	PB	G03Q	-33967	33967	1	104400	35000	0.0930	0.40	0.40
STORY20	PA	G03Q	-36538	36538	1	104400	35000	0.1000	0.40	0.40
STORY20	PB	G03Q	-36538	36538	1	104400	35000	0.1000	0.40	0.40
STORY19	PA	G03Q	-39106	39106	1	104400	35000	0.1070	0.41	0.40
STORY19	PB	G03Q	-39106	39106	1	104400	35000	0.1070	0.41	0.40
STORY18	PA	G03Q	-41670	41670	1	104400	35000	0.1140	0.42	0.44
STORY18	PB	G03Q	-41670	41670	1	104400	35000	0.1140	0.42	0.44
STORY17	PA	G03Q	-44229	44229	1	104400	35000	0.1210	0.43	0.44
STORY17	PB	G03Q	-44229	44229	1	104400	35000	0.1210	0.43	0.44
STORY16	PA	G03Q	-46785	46785	1	104400	35000	0.1280	0.44	0.44
STORY16	PB	G03Q	-46785	46785	1	104400	35000	0.1280	0.44	0.44
STORY15	PA	G03Q	-49336	49336	1	104400	35000	0.1350	0.45	0.44
STORY15	PB	G03Q	-49336	49336	1	104400	35000	0.1350	0.45	0.44
STORY14	PA	G03Q	-51882	51882	1	104400	35000	0.1420	0.46	0.44
STORY14	PB	G03Q	-51882	51882	1	104400	35000	0.1420	0.46	0.44
STORY13	PA	G03Q	-54423	54423	1	104400	35000	0.1489	0.47	0.44
STORY13	PB	G03Q	-54423	54423	1	104400	35000	0.1489	0.47	0.44

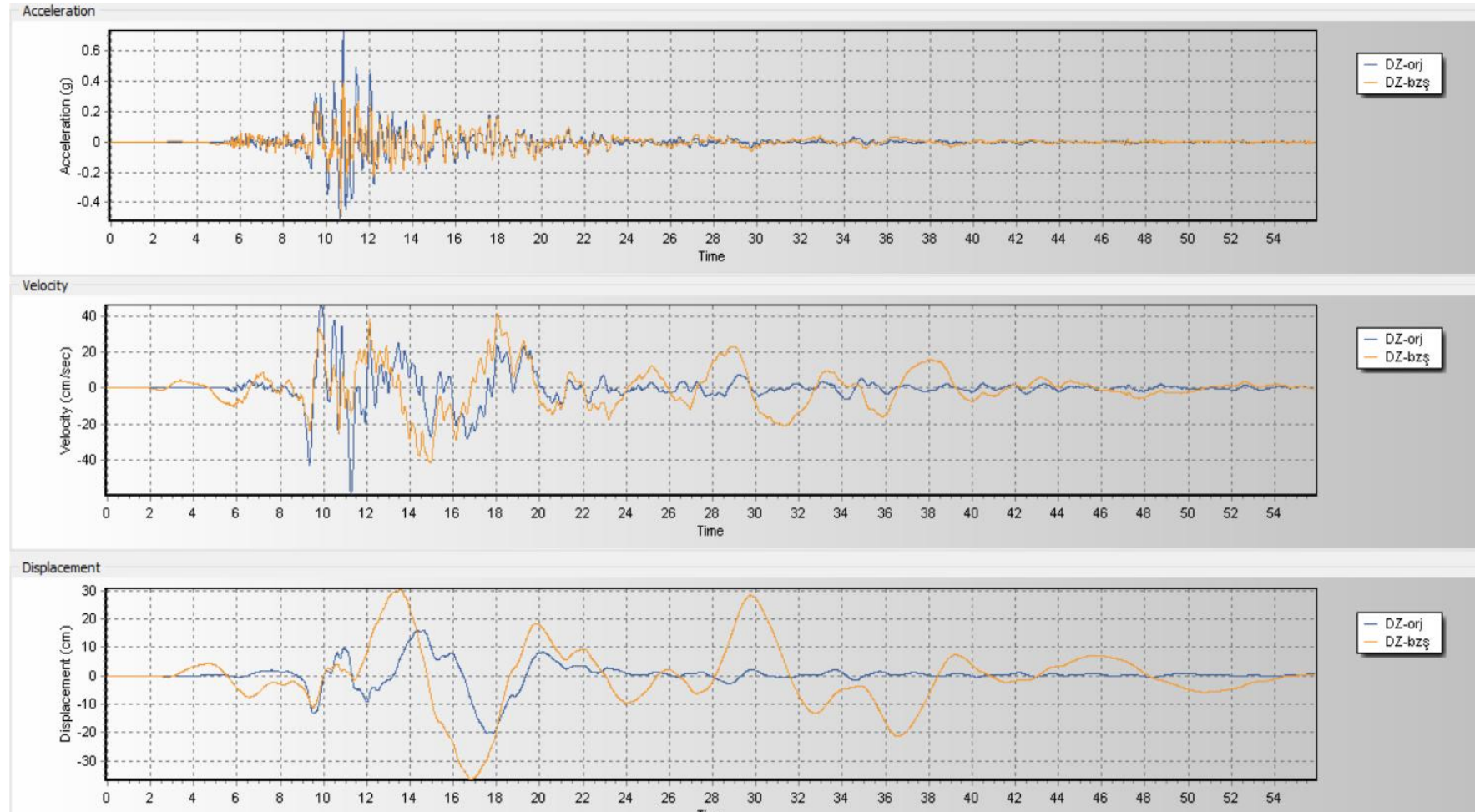
Çizelge B3 (devam) : Çekirdek perdelerin etkin eğilme rijitlikleri (tüm katlar).

STORY12	PA	G03Q	-56958	56958	1	104400	35000	0.1559	0.47	0.49
STORY12	PB	G03Q	-56958	56958	1	104400	35000	0.1559	0.47	0.49
STORY11	PA	G03Q	-59487	59487	1	104400	35000	0.1628	0.48	0.49
STORY11	PB	G03Q	-59487	59487	1	104400	35000	0.1628	0.48	0.49
STORY10	PA	G03Q	-62010	62010	1	104400	35000	0.1697	0.49	0.49
STORY10	PB	G03Q	-62010	62010	1	104400	35000	0.1697	0.49	0.49
STORY9	PA	G03Q	-64528	64528	1	104400	35000	0.1766	0.50	0.49
STORY9	PB	G03Q	-64528	64528	1	104400	35000	0.1766	0.50	0.49
STORY8	PA	G03Q	-67222	67222	1	125300	35000	0.1533	0.47	0.48
STORY8	PB	G03Q	-67222	67222	1	125300	35000	0.1533	0.47	0.48
STORY7	PA	G03Q	-69909	69909	1	125300	35000	0.1594	0.48	0.48
STORY7	PB	G03Q	-69909	69909	1	125300	35000	0.1594	0.48	0.48
STORY6	PA	G03Q	-72591	72591	1	125300	35000	0.1655	0.49	0.48
STORY6	PB	G03Q	-72591	72591	1	125300	35000	0.1655	0.49	0.48
STORY5	PA	G03Q	-75266	75266	1	125300	35000	0.1716	0.50	0.48
STORY5	PB	G03Q	-75266	75266	1	125300	35000	0.1716	0.50	0.48
STORY4	PA	G03Q	-77935	77935	1	125300	35000	0.1777	0.50	0.52
STORY4	PB	G03Q	-77935	77935	1	125300	35000	0.1777	0.50	0.52
STORY3	PA	G03Q	-80596	80596	1	125300	35000	0.1838	0.51	0.52
STORY3	PB	G03Q	-80596	80596	1	125300	35000	0.1838	0.51	0.52
STORY2	PA	G03Q	-83250	83250	1	125300	35000	0.1898	0.52	0.52
STORY2	PB	G03Q	-83250	83250	1	125300	35000	0.1898	0.52	0.52
STORY1	PA	G03Q	-85897	85897	1	125300	35000	0.1959	0.53	0.52
STORY1	PB	G03Q	-85897	85897	1	125300	35000	0.1959	0.53	0.52

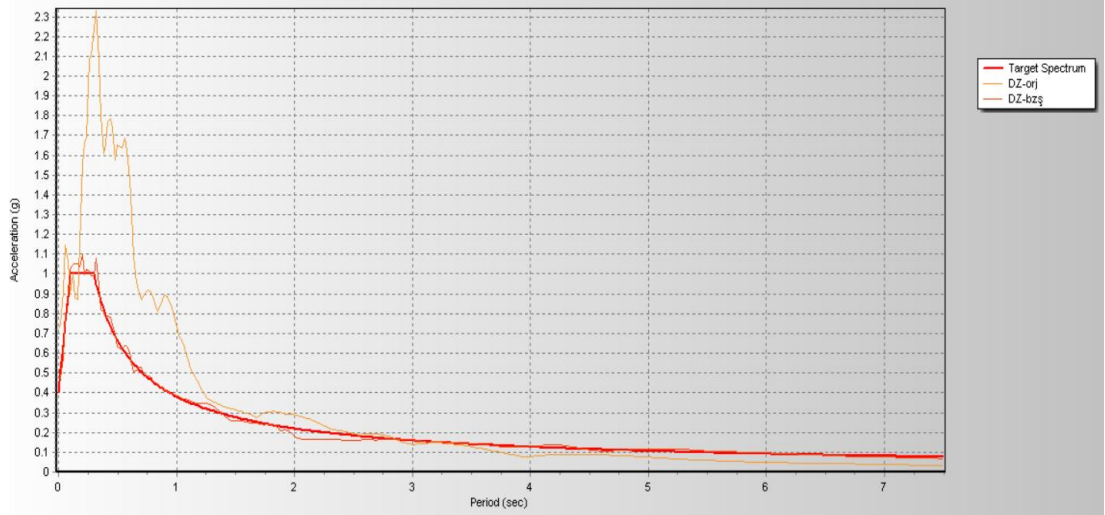
EK C

SEISMOMATCH ortamında orjinal ve benzeştirilmiş deprem kayıtlarının karşılaştırılması aşağıdaki şekillerde verilmiştir. Bu şekillerde “*target spectrum*” adı altında geçen spektrum Z1 zemin sınıfına ve birinci derece deprem bölgesine ait deprem ynetmeliğı 2007’de bahsi geçen tasarım spektrumudur. Aşağıdaki şekillerde orjinal kayıtlar “orj” kısaltması ile, benzeştirilmiş kayıtlar da “bzş” kısaltması ile kullanılmıştır. Deprem isimleri de “DZ” düzce, “IM” imperial valley ve “NR” northridge deprem kayıtlarını temsil etmek üzere kısaltılmıştır.

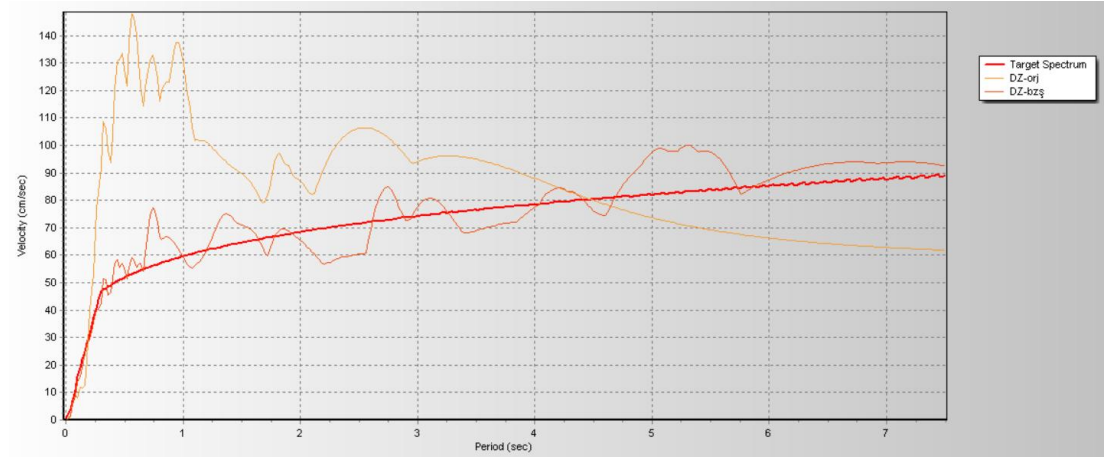
Orjinal kayıtlar ile benzeştirilmiş kayıtların ivme-zaman, hız-zaman ve yerdeğıştirme-zaman geçmişlerini gösteren aşağıdaki şekillerde grafiklerin (pik noktaların zamanlarının) tam çakışmaması orjinal kayıtların birkaç kez eşleştirilip filtrelenmesinden kaynaklanmaktadır.



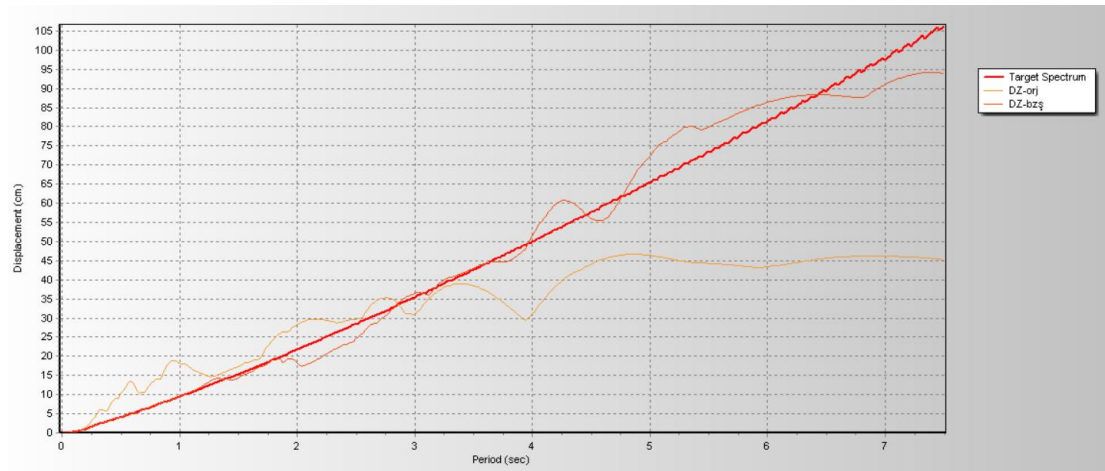
Şekil C.1 : Düzce orjinal ve benzeştirilmiş deprem kayıtlarının ivme, hız ve yerdeğiştirme geçmişleri.



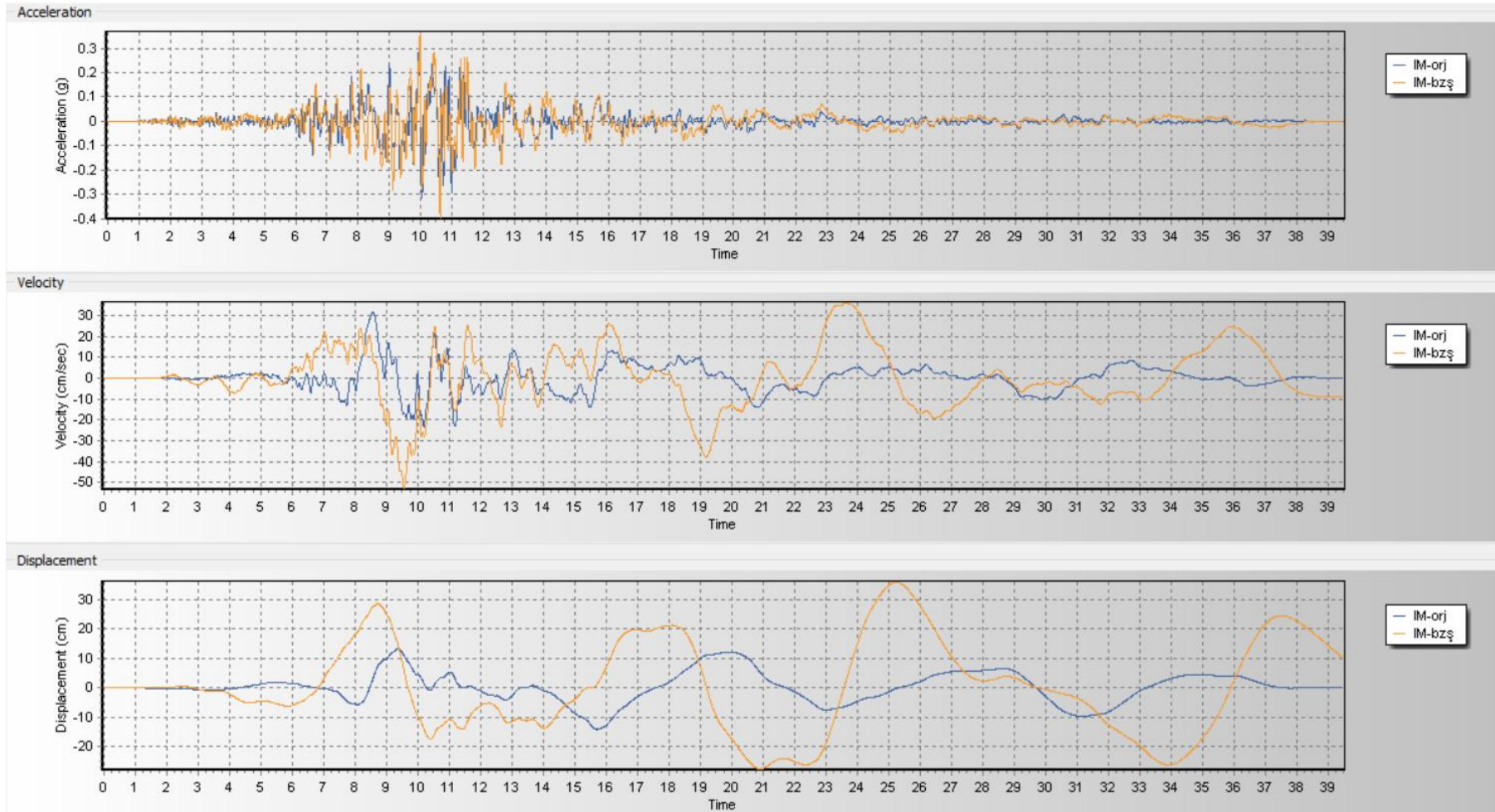
Şekil C.2 : Düzce orjinal ve benzeştirilmiş deprem kayıtlarının ivme spektrumlarının tasarım ivme spektrumunu ile karşılaştırılması.



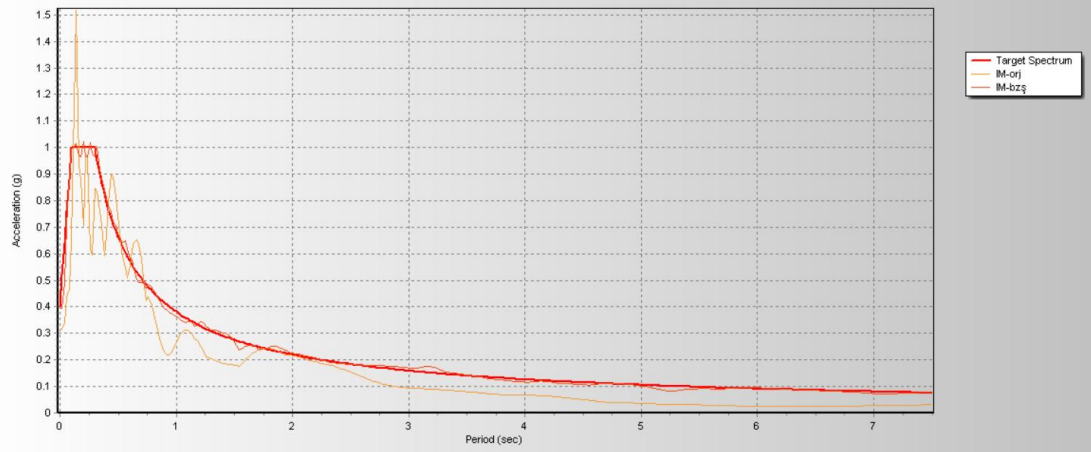
Şekil C.3 : Düzce orjinal ve benzeştirilmiş deprem kayıtlarının hız spektrumlarının tasarım hız spektrumunu ile karşılaştırılması.



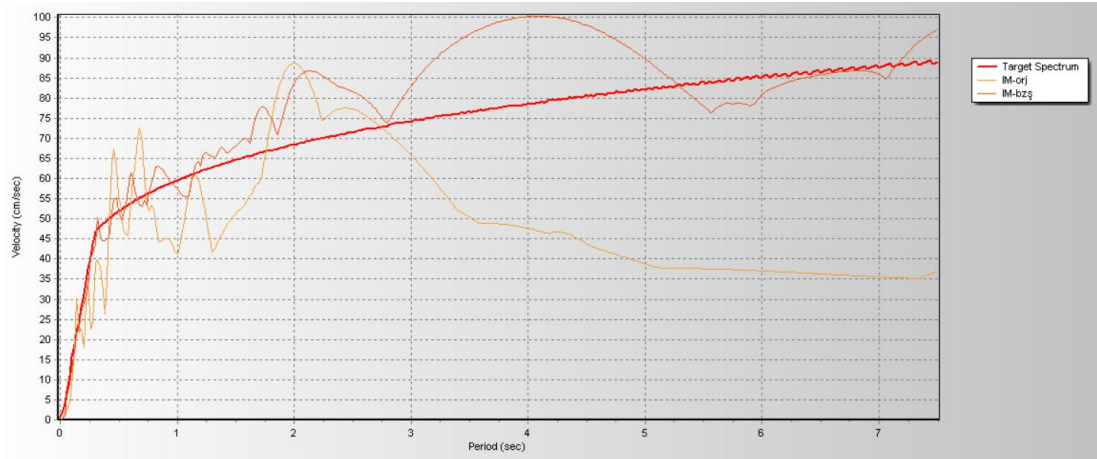
Şekil C.4 : Düzce orjinal ve benzeştirilmiş deprem kayıtlarının yerdeğiştirme spektrumlarının tasarım yerdeğiştirme spektrumunu ile karşılaştırılması.



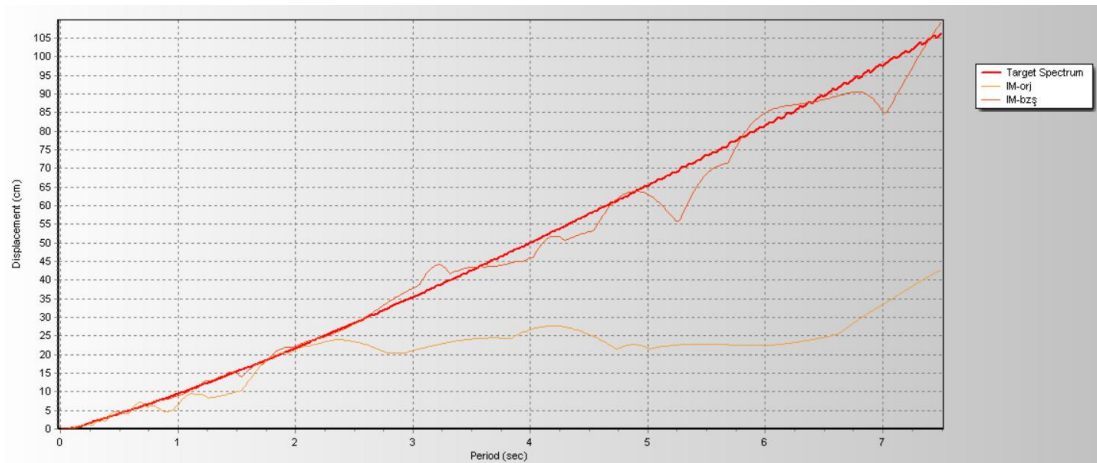
Şekil C.5 : Imperial orjinal ve benzeştirilmiş deprem kayıtlarının ivme, hız ve yerdeğiştirme geçmişleri.



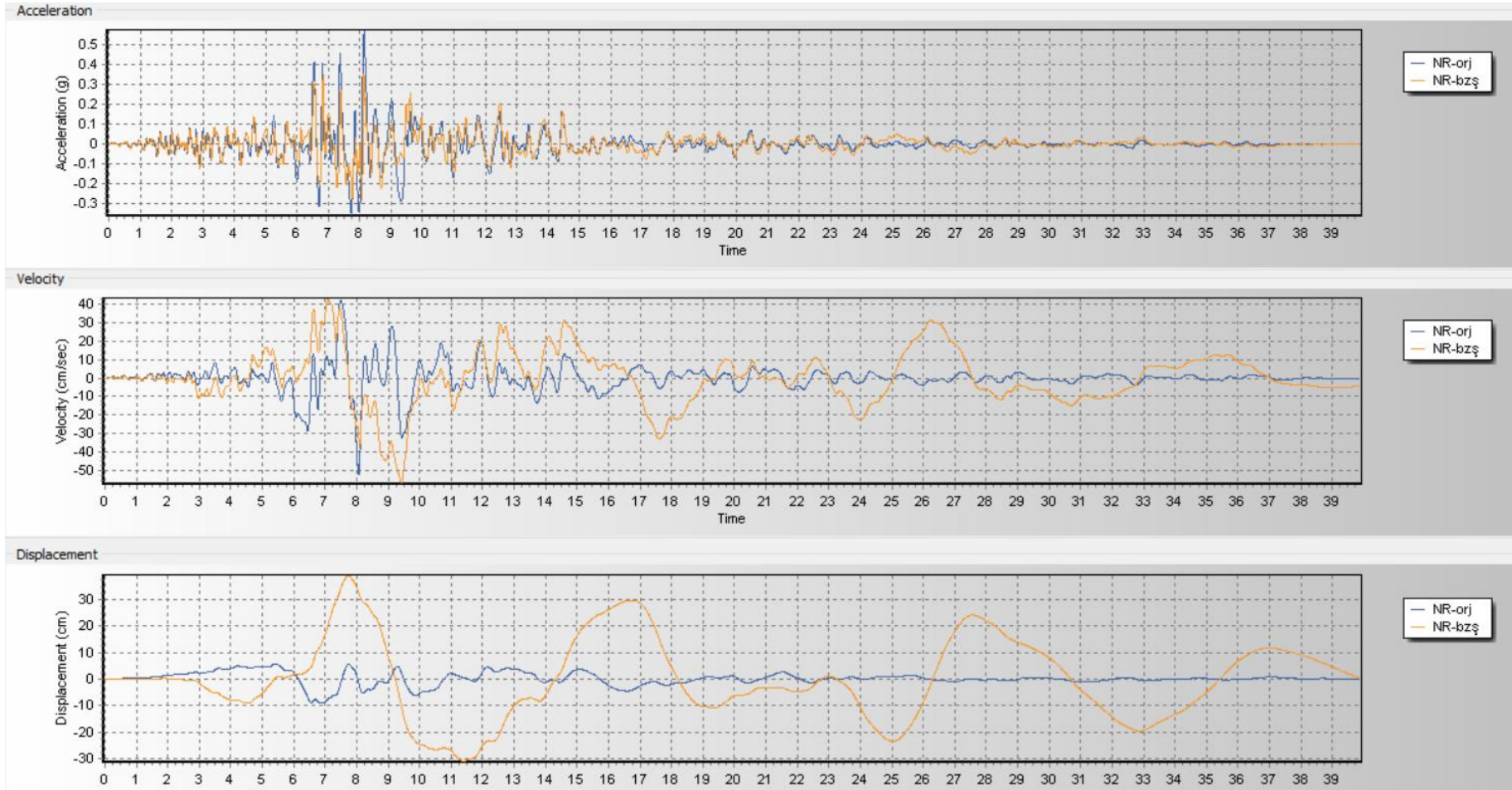
Şekil C.6 : Imperial orjinal ve benzeştirilmiş deprem kayıtlarının ivme spektrumlarının tasarım ivme spektrumu ile karşılaştırılması.



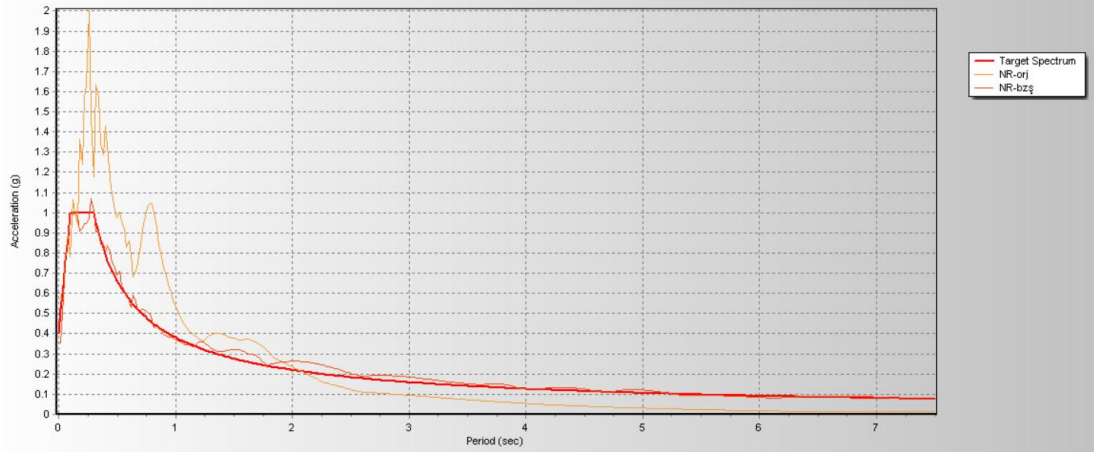
Şekil C.7 : Imperial orjinal ve benzeştirilmiş deprem kayıtlarının hız spektrumlarının tasarım hız spektrumu ile karşılaştırılması.



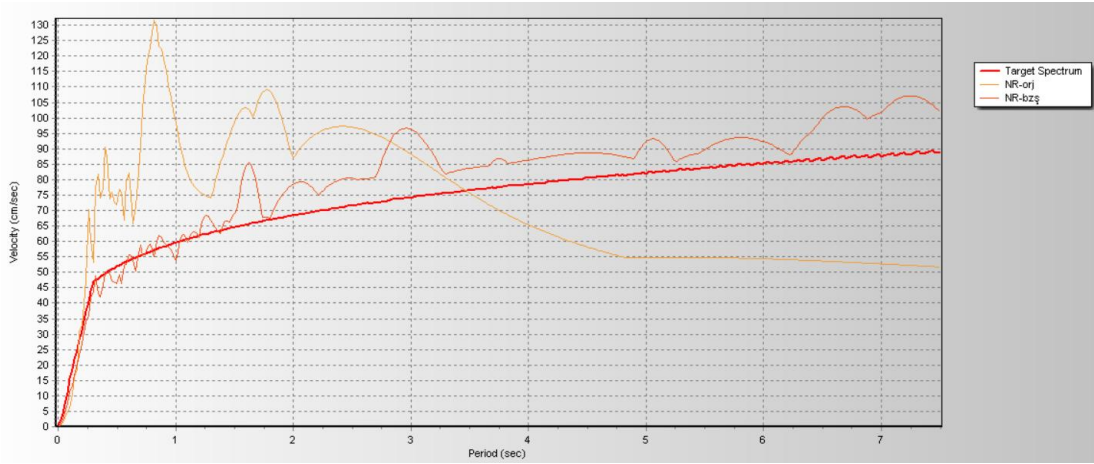
Şekil C.8 : Imperial orjinal ve benzeştirilmiş deprem kayıtlarının yerdeğiştirme spektrumlarının tasarım yerdeğiştirme spektrumu ile karşılaştırılması.



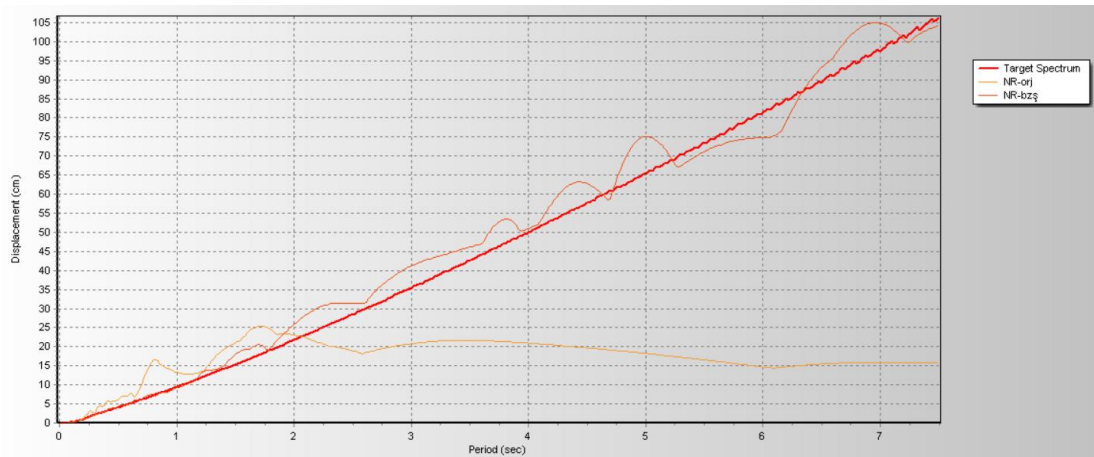
Şekil C.9 : Northridge orjinal ve benzeştirilmiş deprem kayıtlarının ivme, hız ve yerdeğiştirme geçmişleri.



Şekil C.10 : Northridge orjinal ve benzeştirilmiş deprem kayıtlarının ivme spektrumlarının tasarım ivme spektrumu ile karşılaştırılması.



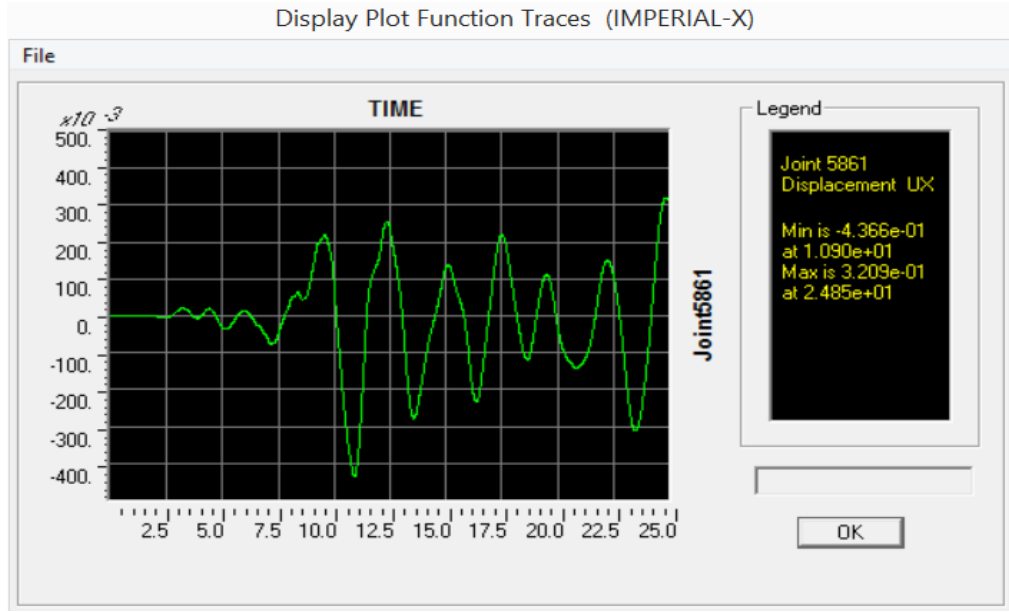
Şekil C.11 : Northridge orjinal ve benzeştirilmiş deprem kayıtlarının hız spektrumlarının tasarım hız spektrumu ile karşılaştırılması.



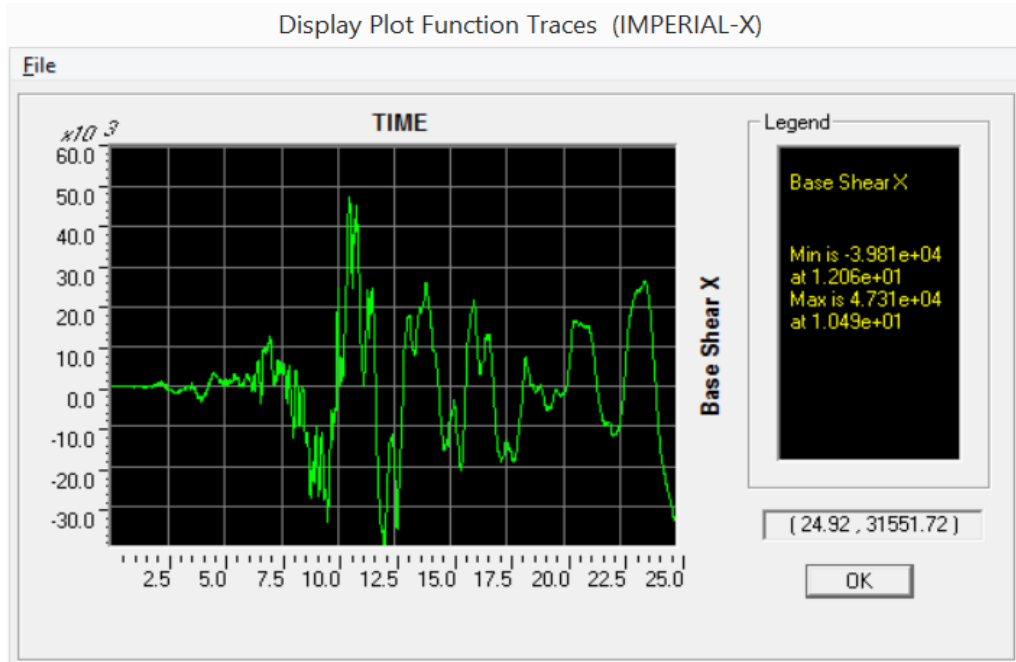
Şekil C.12 : Northridge orjinal ve benzeştirilmiş deprem kayıtlarının yerdeğiştirme spektrumlarının tasarım yerdeğiştirme spektrumu ile karşılaştırılması.

EK D

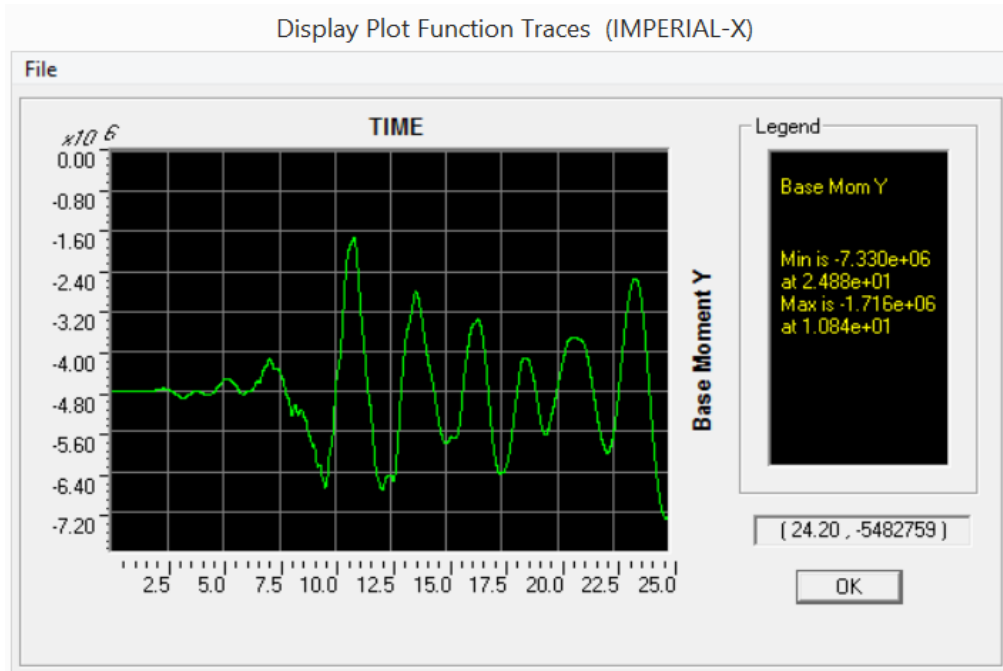
Yapıya etki ettirilen 6 adet deprem kaydının yapı üzerindeki bazı genel sonuçları olarak tepe noktası yerdeğiştirmesi, taban kesme kuvveti ve devrilme momenti ele alınmıştı ve Düzce-X depremi için elde edilen sonuçlar Bölüm 4’te verilmişti. Burada da diğerk deprem sonuçları şekillerle gösterilecektir, birimler “**kN, m, s**” dir.



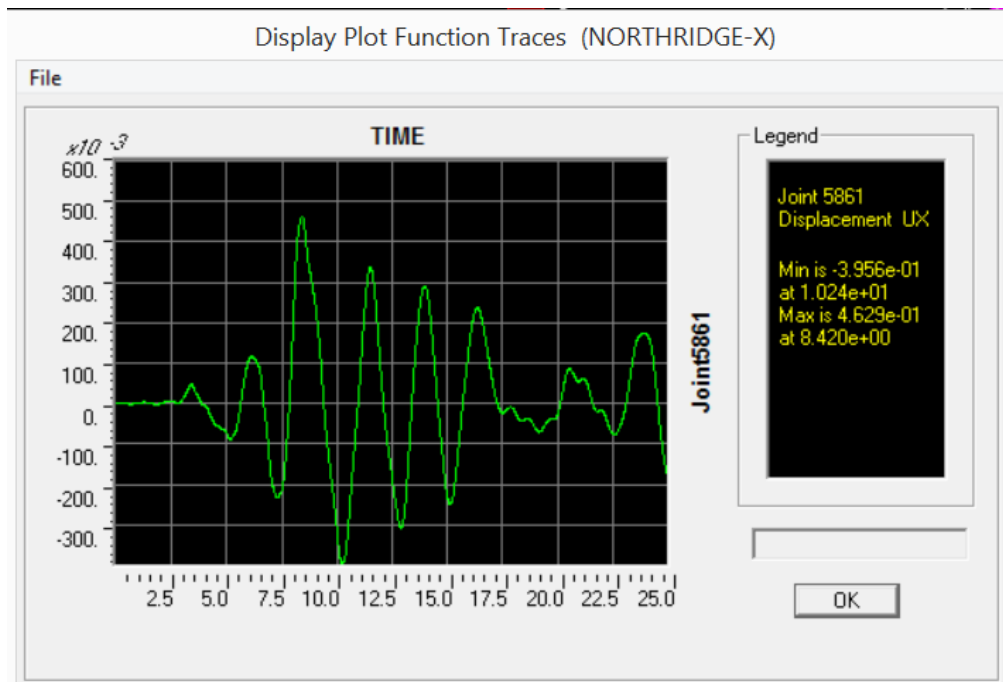
şekil D.1 : Imperial-X depremi sonucu seçilen tepe noktası yerdeğiştirmesi.



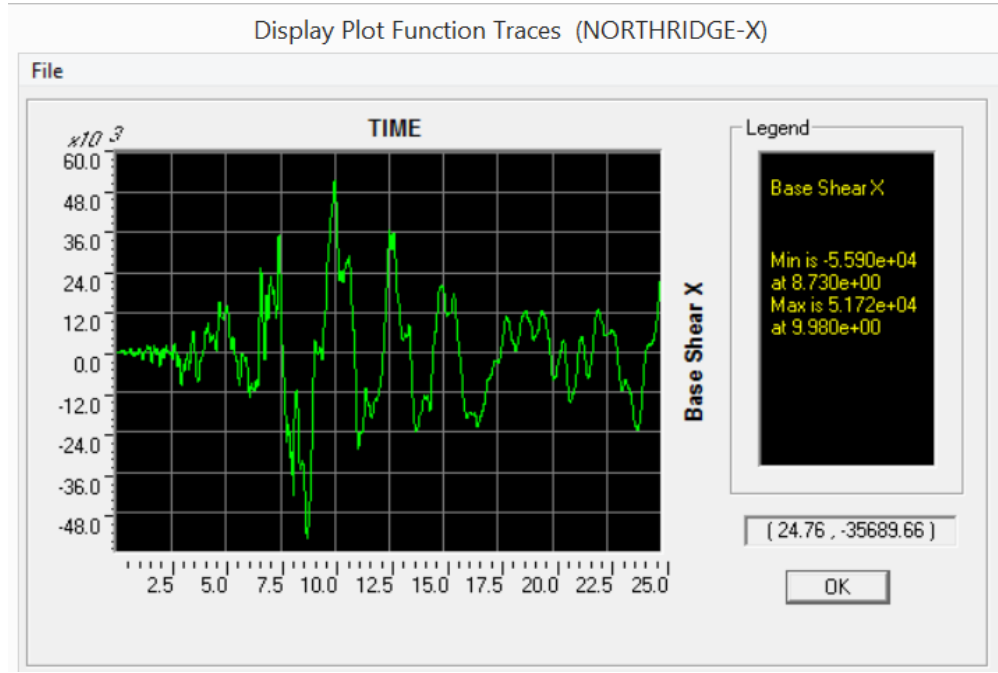
şekil D.2 : Imperial-X depremi sonucu oluşan taban kesme kuvveti.



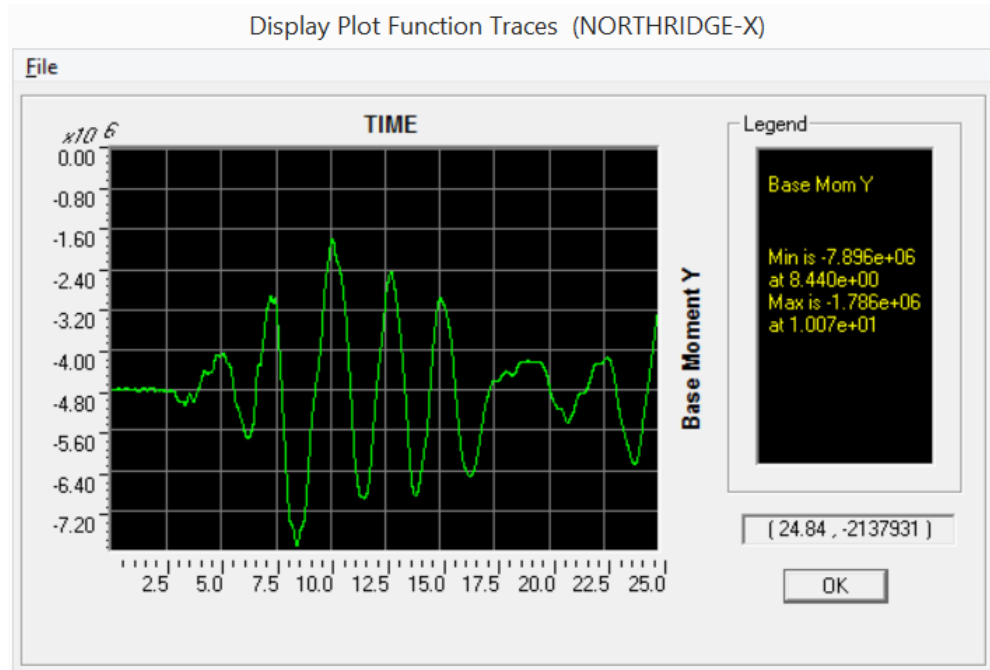
Şekil D.3 : Imperial-X depremi sonucu oluşan devrilme momenti.



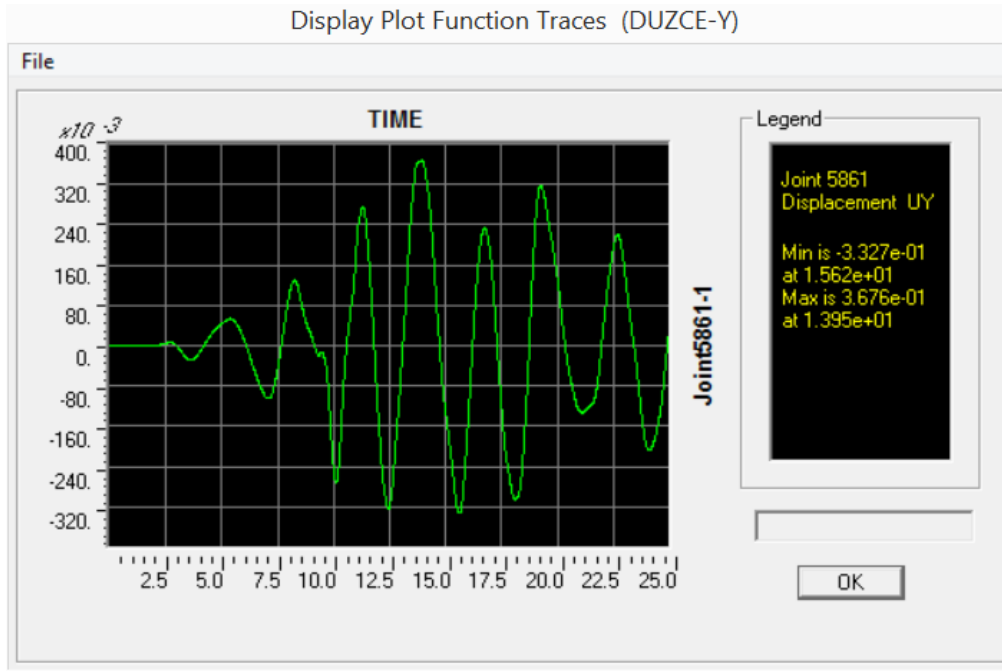
Şekil D.4 : Northridge-X depremi sonucu seçilen tepe noktası yerdeğiştirmesi.



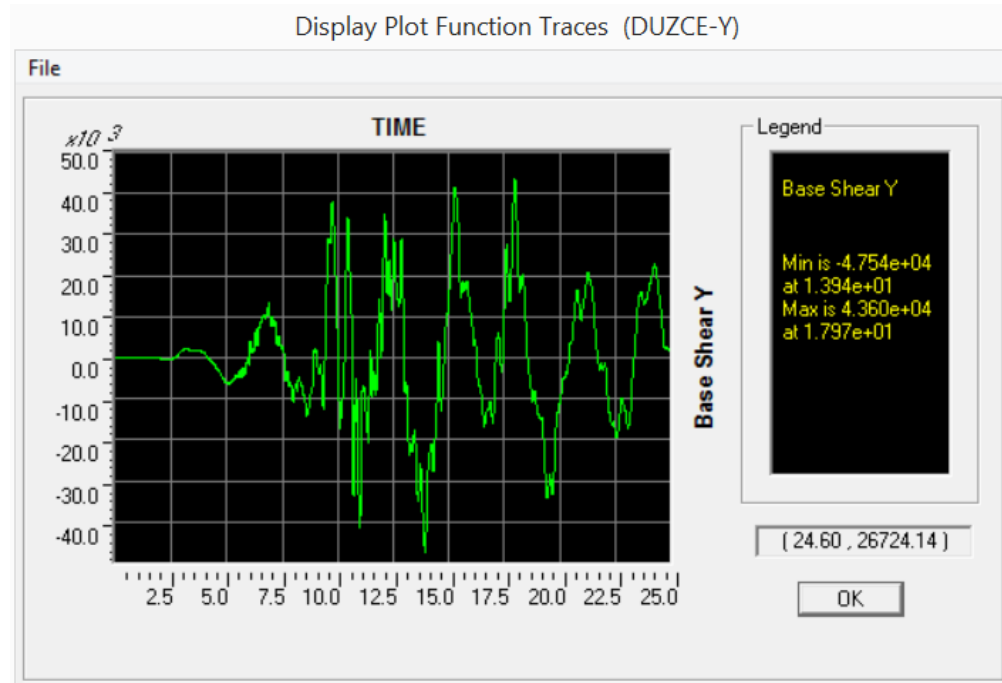
Şekil D.5 : Northridge-X depremi sonucu oluşan taban kesme kuvveti.



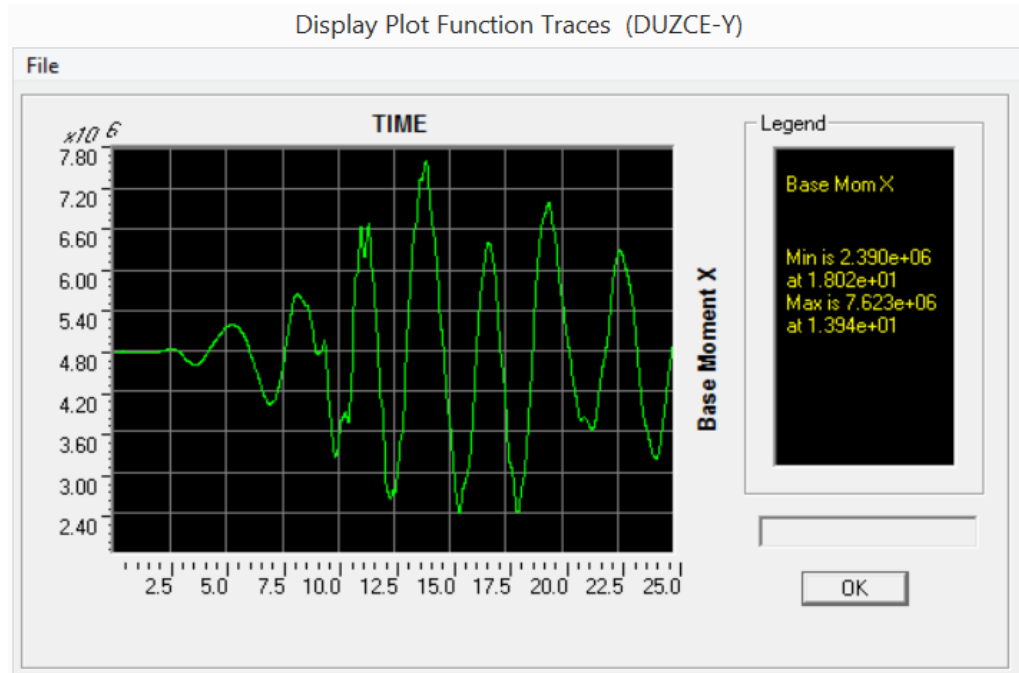
Şekil D.6 : Northridge-X depremi sonucu oluşan devrilme momenti.



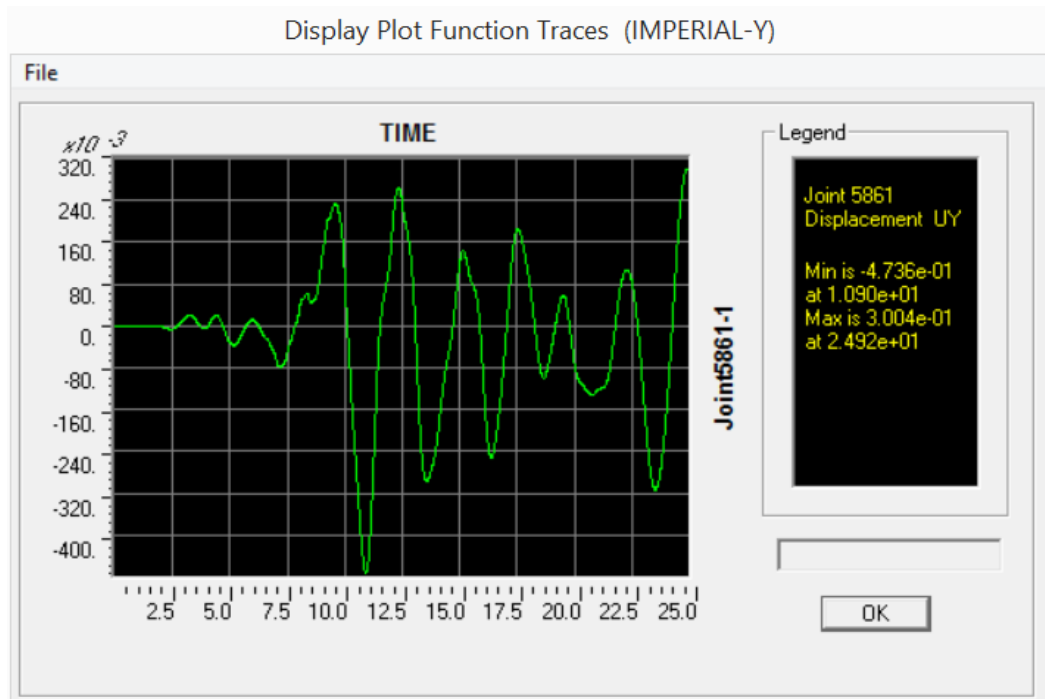
Şekil D.7 : Düzce-Y depremi sonucu seçilen tepe noktası yerdeğiştirmesi.



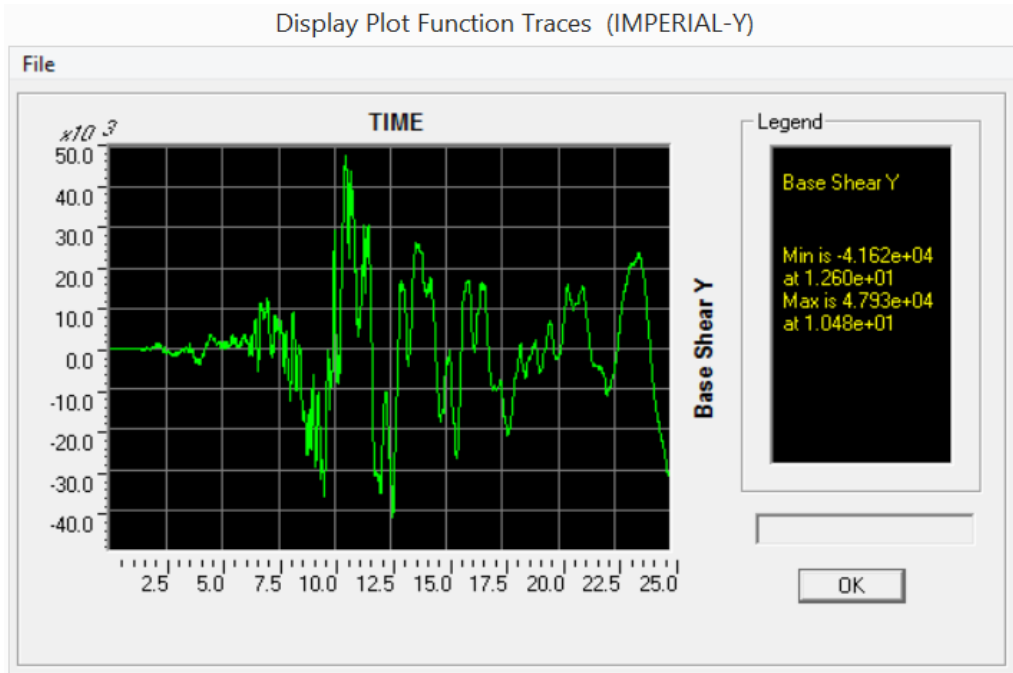
Şekil D.8 : Düzce-Y depremi sonucu oluşan taban kesme kuvveti.



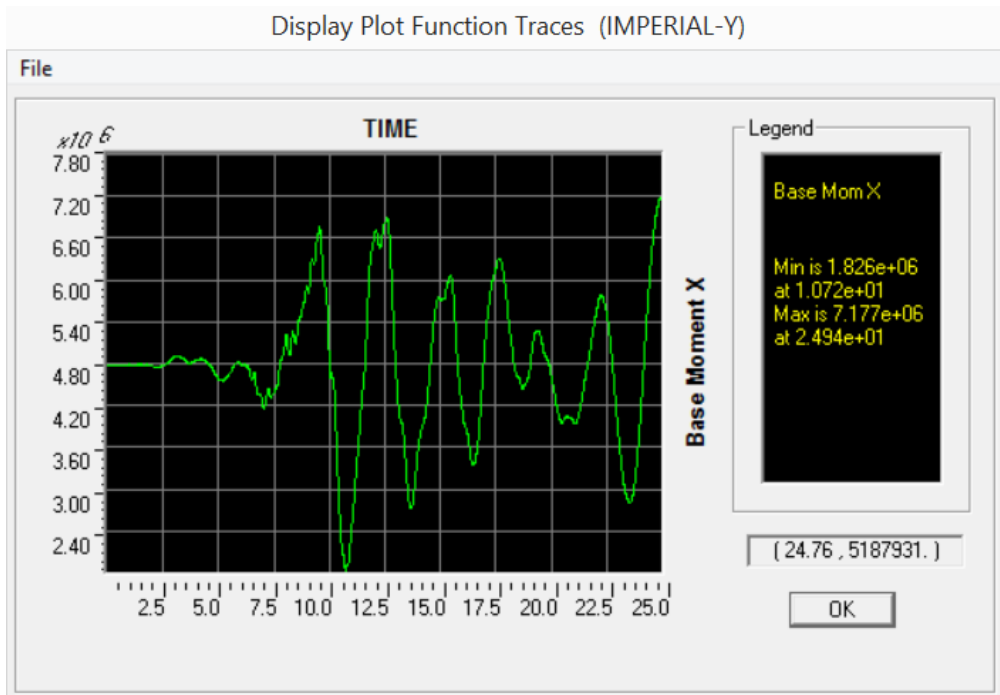
Şekil D.9 : Düzce-Y depremi sonucu oluşan devrilme momenti.



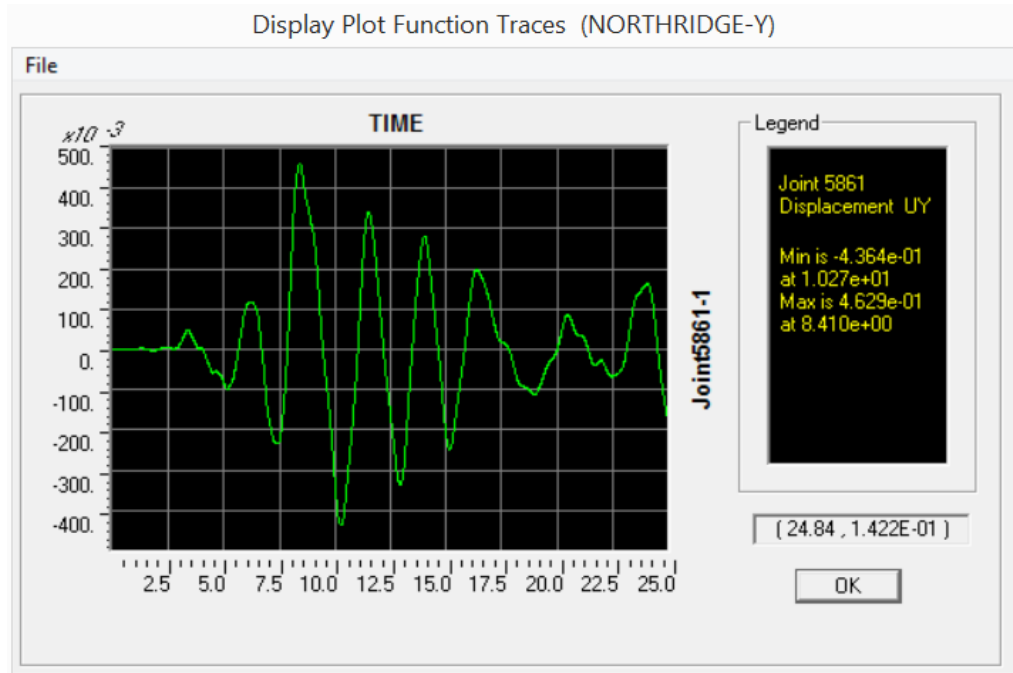
Şekil D.10 : Imperial-Y depremi sonucu seçilen tepe noktası yerdeğiştirmesi.



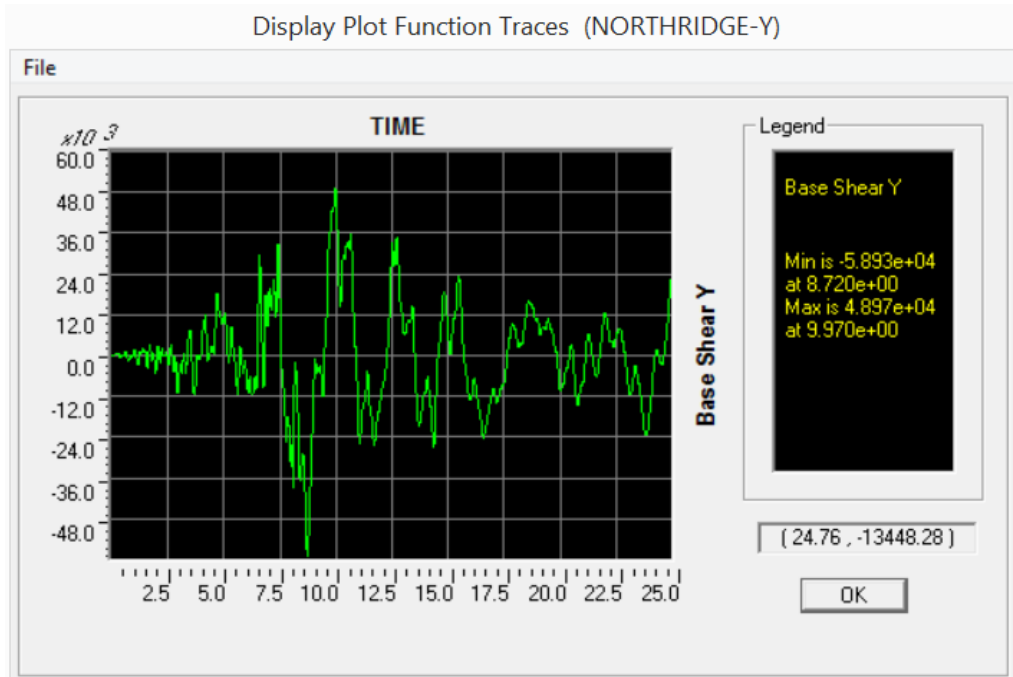
Şekil D.11 : Imperial-Y depremi sonucu oluşan taban kesme kuvveti.



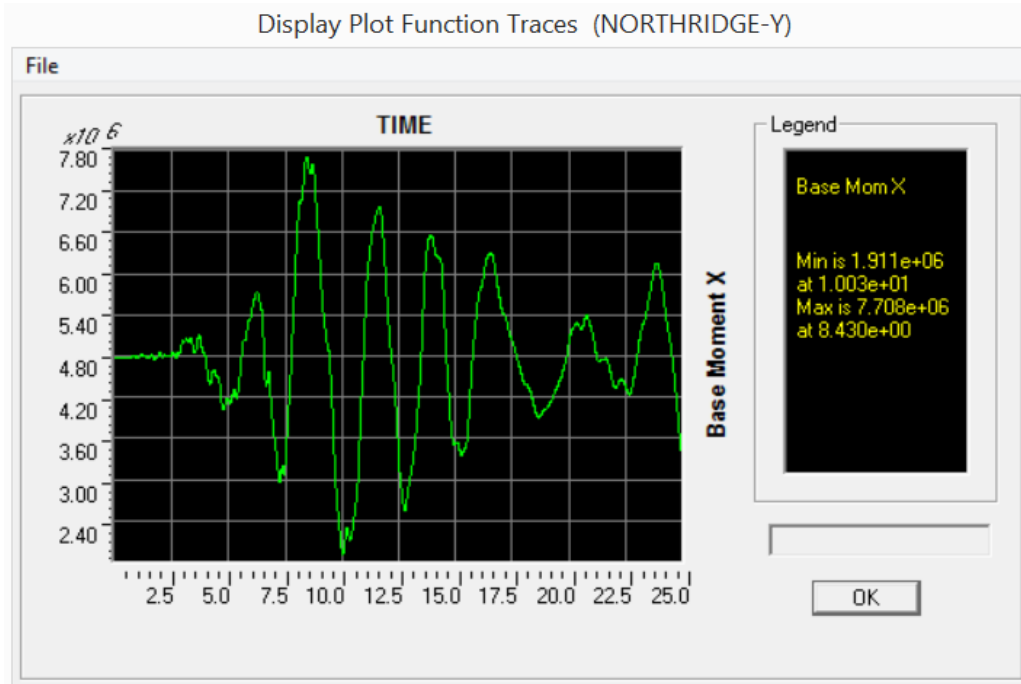
Şekil D.12 : Imperial-Y depremi sonucu oluşan devrilme momenti.



Şekil D.13 : Northridge-Y depremi sonucu seçilen tepe noktası yerdeğiştirmesi.



Şekil D.14 : Northridge-Y depremi sonucu oluşan taban kesme kuvveti.



Şekil D.15 : Northridge-Y depremi sonucu oluşan devrilme momenti.

EK E

Kolonlara ve kirişlere ait hasar sınırlarından Bölüm 4’te bahsedilmiştir. Her iki doğrultuda da İleri Hasar Bölgesi’ne geçen hiç bir kolon ya da kiriş yoktu. Burada X doğrultusunda etkitilen Düzce-X, Imperial-X ve Northridge-X depremlerinin maksimum sonuçları Belirgin Hasar Bölgesi’ne geçen kirişler için çizelge halinde verilecektir. Performans değerlendirmesi için kesitlerin plastik dönme hasar sınırları plastik mafsalları tanımlamaları sırasında girildiği için program çıktıları performans değerlendirmesi için doğrudan kullanılabilir. Çizelgedeki “IO to LS” terimi “Immediate Occupancy” ile “Life Safety” arasını ifade etmektedir yani DBYBHY 2007’deki karşılığı ile “Belirgin Hasar Bölgesi” demektir.

Çizelge E.1 : X doğrultusu depremleri sonucu Belirgin Hasar Bölgesi’ne geçen kirişler.

Atanan Plastik Mafsalları İsmi	Eleman Numarası	Akma Momenti (kN-m)	Plastik Dönme (radyan)	Mafsalları Bölgesi	Eleman Hasar Bölgesi	Kat
B50/80SD3	780	-946.20	-0.00435	B to C	IO to LS	6
B50/80SD3	829	-946.20	-0.00431	B to C	IO to LS	6
B50/80SD3	1068	-946.19	-0.00459	B to C	IO to LS	8
B50/80SD3	1117	-946.19	-0.00461	B to C	IO to LS	8
B15/40T12SD3	1209	-108.49	-0.00533	B to C	IO to LS	9
B40/80SD3	1212	-935.50	-0.00510	B to C	IO to LS	9
B15/40T12SD3	1247	-108.49	-0.00470	B to C	IO to LS	9
B15/40T12SD3	1258	-108.49	-0.00535	B to C	IO to LS	9
B40/80SD3	1261	-935.50	-0.00514	B to C	IO to LS	9
B15/40T12SD3	1353	-108.49	-0.00584	B to C	IO to LS	10
B40/80SD3	1356	-935.50	-0.00526	B to C	IO to LS	10
B15/40T12SD3	1359	-108.49	-0.00514	B to C	IO to LS	10
B15/40T12SD3	1369	-108.49	-0.00526	B to C	IO to LS	10
B15/40T12SD3	1391	-108.49	-0.00527	B to C	IO to LS	10
B15/40T12SD3	1402	-108.49	-0.00586	B to C	IO to LS	10
B40/80SD3	1405	-935.50	-0.00529	B to C	IO to LS	10
B15/40T12SD3	1408	-108.49	-0.00513	B to C	IO to LS	10

Çizelge E1 (devam) : X doğrultusu depremleri sonucu Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçen kirişler.

B15/40T12SD3	1497	-108.49	-0.00620	B to C	IO to LS	11
B40/80SD3	1500	-935.50	-0.00524	B to C	IO to LS	11
B15/40T12SD3	1503	-108.49	-0.00551	B to C	IO to LS	11
B15/40T12SD3	1513	-108.49	-0.00566	B to C	IO to LS	11
B15/40T12SD3	1514	-108.49	-0.00487	B to C	IO to LS	11
B15/40T12SD3	1535	-108.49	-0.00566	B to C	IO to LS	11
B15/40T12SD3	1536	-108.49	-0.00487	B to C	IO to LS	11
B15/40T12SD3	1546	-108.49	-0.00622	B to C	IO to LS	11
B40/80SD3	1549	-935.50	-0.00527	B to C	IO to LS	11
B15/40T12SD3	1552	-108.49	-0.00551	B to C	IO to LS	11
B15/40T12SD3	1636	-108.49	-0.00475	B to C	IO to LS	12
B15/40T12SD3	1641	-108.49	-0.00641	B to C	IO to LS	12
B40/80SD3	1644	-935.50	-0.00502	B to C	IO to LS	12
B15/40T12SD3	1647	-108.49	-0.00577	B to C	IO to LS	12
B15/40T12SD3	1657	-108.49	-0.00590	B to C	IO to LS	12
B15/40T12SD3	1658	-108.49	-0.00516	B to C	IO to LS	12
B15/40T12SD3	1679	-108.49	-0.00590	B to C	IO to LS	12
B15/40T12SD3	1680	-108.49	-0.00516	B to C	IO to LS	12
B15/40T12SD3	1690	-108.49	-0.00643	B to C	IO to LS	12
B40/80SD3	1693	-935.50	-0.00504	B to C	IO to LS	12
B15/40T12SD3	1696	-108.49	-0.00577	B to C	IO to LS	12
B15/40T12SD3	1701	-108.49	-0.00477	B to C	IO to LS	12
B15/40T12SD3	1780	-108.49	-0.00482	B to C	IO to LS	13
B15/40T12SD3	1785	-108.49	-0.00654	B to C	IO to LS	13
B40/80SD3	1788	-935.50	-0.00464	B to C	IO to LS	13
B15/40T12SD3	1791	-108.49	-0.00598	B to C	IO to LS	13
B15/40T12SD3	1801	-108.49	-0.00605	B to C	IO to LS	13
B15/40T12SD3	1802	-108.49	-0.00540	B to C	IO to LS	13
B15/40T12SD3	1823	-108.49	-0.00606	B to C	IO to LS	13
B15/40T12SD3	1824	-108.49	-0.00540	B to C	IO to LS	13
B15/40T12SD3	1834	-108.49	-0.00655	B to C	IO to LS	13
B40/80SD3	1837	-935.50	-0.00466	B to C	IO to LS	13
B15/40T12SD3	1840	-108.49	-0.00598	B to C	IO to LS	13
B15/40T12SD3	1845	-108.49	-0.00484	B to C	IO to LS	13
B15/40T12SD3	1924	-108.49	-0.00481	B to C	IO to LS	14
B15/40T12SD3	1929	-108.49	-0.00656	B to C	IO to LS	14
B15/40T12SD3	1935	-108.49	-0.00632	B to C	IO to LS	14
B15/40T12SD3	1945	-108.49	-0.00609	B to C	IO to LS	14
B15/40T12SD3	1946	-108.49	-0.00575	B to C	IO to LS	14
B15/40T12SD3	1967	-108.49	-0.00609	B to C	IO to LS	14
B15/40T12SD3	1968	-108.49	-0.00575	B to C	IO to LS	14

Çizelge E1 (devam) : X doğrultusu depremleri sonucu Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçen girişler.

B15/40T12SD3	1978	-108.49	-0.00658	B to C	IO to LS	14
B15/40T12SD3	1984	-108.49	-0.00502	B to C	IO to LS	14
B15/40T12SD3	1984	-108.49	-0.00631	B to C	IO to LS	14
B15/40T12SD3	1989	-108.49	-0.00482	B to C	IO to LS	14
B15/40T12SD3	2068	-108.49	-0.00508	B to C	IO to LS	15
B15/40T12SD3	2073	-108.49	-0.00648	B to C	IO to LS	15
B15/40T12SD3	2079	-108.49	-0.00687	B to C	IO to LS	15
B15/40T12SD3	2089	-108.49	-0.00601	B to C	IO to LS	15
B15/40T12SD3	2090	-108.49	-0.00636	B to C	IO to LS	15
B15/40T12SD3	2111	-108.49	-0.00602	B to C	IO to LS	15
B15/40T12SD3	2112	-108.49	-0.00635	B to C	IO to LS	15
B15/40T12SD3	2122	-108.49	-0.00649	B to C	IO to LS	15
B15/40T12SD3	2128	-108.49	-0.00685	B to C	IO to LS	15
B15/40T12SD3	2133	-108.49	-0.00506	B to C	IO to LS	15
B15/40T12SD3	2212	-108.49	-0.00542	B to C	IO to LS	16
B15/40T12SD3	2217	-108.49	-0.00633	B to C	IO to LS	16
B15/40T12SD3	2223	-108.49	-0.00734	B to C	IO to LS	16
B15/40T12SD3	2233	-108.49	-0.00586	B to C	IO to LS	16
B15/40T12SD3	2234	-108.49	-0.00690	B to C	IO to LS	16
B15/40T12SD3	2255	-108.49	-0.00586	B to C	IO to LS	16
B15/40T12SD3	2256	-108.49	-0.00689	B to C	IO to LS	16
B15/40T12SD3	2266	-108.49	-0.00633	B to C	IO to LS	16
B15/40T12SD3	2272	-108.49	-0.00733	B to C	IO to LS	16
B15/40T12SD3	2277	-108.49	-0.00540	B to C	IO to LS	16
B15/40T12SD3	2356	-108.49	-0.00570	B to C	IO to LS	17
B15/40T12SD3	2361	-108.49	-0.00627	B to C	IO to LS	17
B15/40T12SD3	2367	-108.49	-0.00776	B to C	IO to LS	17
B15/40T12SD3	2377	-108.49	-0.00567	B to C	IO to LS	17
B15/40T12SD3	2378	-108.49	-0.00737	B to C	IO to LS	17
B15/40T12SD3	2399	-108.49	-0.00567	B to C	IO to LS	17
B15/40T12SD3	2400	-108.49	-0.00737	B to C	IO to LS	17
B15/40T12SD3	2410	-108.49	-0.00615	B to C	IO to LS	17
B15/40T12SD3	2410	-108.49	-0.00627	B to C	IO to LS	17
B15/40T12SD3	2416	-108.49	-0.00521	B to C	IO to LS	17
B15/40T12SD3	2416	-108.49	-0.00774	B to C	IO to LS	17
B15/40T12SD3	2421	-108.49	-0.00569	B to C	IO to LS	17
B15/40T12SD3	2500	-108.49	-0.00589	B to C	IO to LS	18
B15/40T12SD3	2505	-108.49	-0.00636	B to C	IO to LS	18
B15/40T12SD3	2511	-108.49	-0.00806	B to C	IO to LS	18
B15/40T12SD3	2521	-108.49	-0.00562	B to C	IO to LS	18
B15/40T12SD3	2522	-108.49	-0.00773	B to C	IO to LS	18

Çizelge E1 (devam) : X doğrultusu depremleri sonucu Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçen kirişler.

B15/40T12SD3	2543	-108.49	-0.00562	B to C	IO to LS	18
B15/40T12SD3	2544	-108.49	-0.00772	B to C	IO to LS	18
B15/40T12SD3	2554	-108.49	-0.00636	B to C	IO to LS	18
B15/40T12SD3	2560	-108.49	-0.00805	B to C	IO to LS	18
B15/40T12SD3	2565	-108.49	-0.00587	B to C	IO to LS	18
B15/40T12SD5	2644	-101.04	-0.00672	B to C	IO to LS	19
B15/40T12SD5	2649	-101.04	-0.00700	B to C	IO to LS	19
B15/40T12SD5	2655	-101.04	-0.00888	B to C	IO to LS	19
B15/40T12SD5	2665	-101.04	-0.00623	B to C	IO to LS	19
B15/40T12SD5	2666	-101.04	-0.00854	B to C	IO to LS	19
B15/40T12SD5	2687	-101.04	-0.00624	B to C	IO to LS	19
B15/40T12SD5	2688	-101.04	-0.00854	B to C	IO to LS	19
B15/40T12SD5	2698	-101.04	-0.00700	B to C	IO to LS	19
B15/40T12SD5	2704	-101.04	-0.00887	B to C	IO to LS	19
B15/40T12SD5	2709	-101.04	-0.00671	B to C	IO to LS	19
B15/40T12SD5	2788	-101.04	-0.00682	B to C	IO to LS	20
B15/40T12SD5	2793	-101.04	-0.00703	B to C	IO to LS	20
B15/40T12SD5	2799	-101.04	-0.00905	B to C	IO to LS	20
B15/40T12SD5	2809	-101.04	-0.00628	B to C	IO to LS	20
B15/40T12SD5	2810	-101.04	-0.00876	B to C	IO to LS	20
B15/40T12SD5	2831	-101.04	-0.00628	B to C	IO to LS	20
B15/40T12SD5	2832	-101.04	-0.00875	B to C	IO to LS	20
B15/40T12SD5	2842	-101.04	-0.00703	B to C	IO to LS	20
B15/40T12SD5	2848	-101.04	-0.00539	B to C	IO to LS	20
B15/40T12SD5	2848	-101.04	-0.00904	B to C	IO to LS	20
B15/40T12SD5	2853	-101.04	-0.00681	B to C	IO to LS	20
B15/40T12SD5	2932	-101.04	-0.00683	B to C	IO to LS	21
B15/40T12SD5	2937	-101.04	-0.00700	B to C	IO to LS	21
B15/40T12SD5	2943	-101.04	-0.00910	B to C	IO to LS	21
B15/40T12SD5	2953	-101.04	-0.00625	B to C	IO to LS	21
B15/40T12SD5	2954	-101.04	-0.00884	B to C	IO to LS	21
B15/40T12SD5	2975	-101.04	-0.00625	B to C	IO to LS	21
B15/40T12SD5	2976	-101.04	-0.00884	B to C	IO to LS	21
B15/40T12SD5	2986	-101.04	-0.00700	B to C	IO to LS	21
B15/40T12SD5	2992	-101.04	-0.00909	B to C	IO to LS	21
B15/40T12SD5	2997	-101.04	-0.00682	B to C	IO to LS	21
B15/40T12SD5	3076	-101.04	-0.00674	B to C	IO to LS	22
B15/40T12SD5	3081	-101.04	-0.00691	B to C	IO to LS	22
B15/40T12SD5	3087	-101.04	-0.00905	B to C	IO to LS	22
B15/40T12SD5	3097	-101.04	-0.00617	B to C	IO to LS	22
B15/40T12SD5	3098	-101.04	-0.00881	B to C	IO to LS	22

Çizelge E1 (devam) : X doğrultusu depremleri sonucu Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçen kirişler.

B15/40T12SD5	3119	-101.04	-0.00617	B to C	IO to LS	22
B15/40T12SD5	3120	-101.04	-0.00881	B to C	IO to LS	22
B15/40T12SD5	3130	-101.04	-0.00691	B to C	IO to LS	22
B15/40T12SD5	3136	-101.04	-0.00905	B to C	IO to LS	22
B15/40T12SD5	3141	-101.04	-0.00674	B to C	IO to LS	22
B15/40T12SD5	3220	-101.04	-0.00658	B to C	IO to LS	23
B15/40T12SD5	3225	-101.04	-0.00674	B to C	IO to LS	23
B15/40T12SD5	3231	-101.04	-0.00889	B to C	IO to LS	23
B15/40T12SD5	3241	-101.04	-0.00609	B to C	IO to LS	23
B15/40T12SD5	3242	-101.04	-0.00865	B to C	IO to LS	23
B15/40T12SD5	3263	-101.04	-0.00608	B to C	IO to LS	23
B15/40T12SD5	3264	-101.04	-0.00865	B to C	IO to LS	23
B15/40T12SD5	3274	-101.04	-0.00674	B to C	IO to LS	23
B15/40T12SD5	3280	-101.04	-0.00889	B to C	IO to LS	23
B15/40T12SD5	3285	-101.04	-0.00658	B to C	IO to LS	23
B15/40T12SD5	3364	-101.04	-0.00634	B to C	IO to LS	24
B15/40T12SD5	3369	-101.04	-0.00655	B to C	IO to LS	24
B15/40T12SD5	3375	-101.04	-0.00863	B to C	IO to LS	24
B15/40T12SD5	3385	-101.04	-0.00604	B to C	IO to LS	24
B15/40T12SD5	3386	-101.04	-0.00840	B to C	IO to LS	24
B15/40T12SD5	3407	-101.04	-0.00603	B to C	IO to LS	24
B15/40T12SD5	3408	-101.04	-0.00840	B to C	IO to LS	24
B15/40T12SD5	3418	-101.04	-0.00653	B to C	IO to LS	24
B15/40T12SD5	3424	-101.04	-0.00864	B to C	IO to LS	24
B15/40T12SD5	3429	-101.04	-0.00635	B to C	IO to LS	24
B15/40T12SD5	3508	-101.04	-0.00609	B to C	IO to LS	25
B15/40T12SD5	3513	-101.04	-0.00649	B to C	IO to LS	25
B15/40T12SD5	3519	-101.04	-0.00834	B to C	IO to LS	25
B15/40T12SD5	3529	-101.04	-0.00597	B to C	IO to LS	25
B15/40T12SD5	3530	-101.04	-0.00809	B to C	IO to LS	25
B15/40T12SD5	3551	-101.04	-0.00597	B to C	IO to LS	25
B15/40T12SD5	3552	-101.04	-0.00809	B to C	IO to LS	25
B15/40T12SD5	3562	-101.04	-0.00647	B to C	IO to LS	25
B15/40T12SD5	3568	-101.04	-0.00835	B to C	IO to LS	25
B15/40T12SD5	3573	-101.04	-0.00610	B to C	IO to LS	25
B15/40T12SD5	3652	-101.04	-0.00578	B to C	IO to LS	26
B15/40T12SD5	3657	-101.04	-0.00638	B to C	IO to LS	26
B15/40T12SD5	3663	-101.04	-0.00798	B to C	IO to LS	26
B15/40T12SD5	3673	-101.04	-0.00586	B to C	IO to LS	26
B15/40T12SD5	3674	-101.04	-0.00772	B to C	IO to LS	26
B15/40T12SD5	3695	-101.04	-0.00586	B to C	IO to LS	26

Çizelge E1 (devam) : X doğrultusu depremleri sonucu Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçen kirişler.

B15/40T12SD5	3696	-101.04	-0.00772	B to C	IO to LS	26
B15/40T12SD5	3706	-101.04	-0.00636	B to C	IO to LS	26
B15/40T12SD5	3712	-101.04	-0.00799	B to C	IO to LS	26
B15/40T12SD5	3717	-101.04	-0.00580	B to C	IO to LS	26
B15/40T12SD5	3796	-101.04	-0.00545	B to C	IO to LS	27
B15/40T12SD5	3801	-101.04	-0.00623	B to C	IO to LS	27
B15/40T12SD5	3807	-101.04	-0.00759	B to C	IO to LS	27
B15/40T12SD5	3817	-101.04	-0.00570	B to C	IO to LS	27
B15/40T12SD5	3818	-101.04	-0.00731	B to C	IO to LS	27
B15/40T12SD5	3839	-101.04	-0.00569	B to C	IO to LS	27
B15/40T12SD5	3840	-101.04	-0.00731	B to C	IO to LS	27
B15/40T12SD5	3850	-101.04	-0.00620	B to C	IO to LS	27
B15/40T12SD5	3856	-101.04	-0.00761	B to C	IO to LS	27
B15/40T12SD5	3861	-101.04	-0.00548	B to C	IO to LS	27
B15/40T12SD5	3940	-101.04	-0.00512	B to C	IO to LS	28
B15/40T12SD5	3945	-101.04	-0.00602	B to C	IO to LS	28
B15/40T12SD5	3951	-101.04	-0.00719	B to C	IO to LS	28
B15/40T12SD5	3961	-101.04	-0.00549	B to C	IO to LS	28
B15/40T12SD5	3962	-101.04	-0.00688	B to C	IO to LS	28
B15/40T12SD5	3983	-101.04	-0.00548	B to C	IO to LS	28
B15/40T12SD5	3984	-101.04	-0.00689	B to C	IO to LS	28
B15/40T12SD5	3994	-101.04	-0.00600	B to C	IO to LS	28
B15/40T12SD5	4000	-101.04	-0.00720	B to C	IO to LS	28
B15/40T12SD5	4005	-101.04	-0.00515	B to C	IO to LS	28
B15/40T12SD5	4084	-101.04	-0.00480	B to C	IO to LS	29
B15/40T12SD5	4089	-101.04	-0.00578	B to C	IO to LS	29
B15/40T12SD5	4095	-101.04	-0.00678	B to C	IO to LS	29
B15/40T12SD5	4105	-101.04	-0.00523	B to C	IO to LS	29
B15/40T12SD5	4106	-101.04	-0.00645	B to C	IO to LS	29
B15/40T12SD5	4127	-101.04	-0.00522	B to C	IO to LS	29
B15/40T12SD5	4128	-101.04	-0.00646	B to C	IO to LS	29
B15/40T12SD5	4138	-101.04	-0.00575	B to C	IO to LS	29
B15/40T12SD5	4144	-101.04	-0.00680	B to C	IO to LS	29
B15/40T12SD5	4149	-101.04	-0.00482	B to C	IO to LS	29
B15/40T12SD5	4233	-101.04	-0.00552	B to C	IO to LS	30
B15/40T12SD5	4239	-101.04	-0.00640	B to C	IO to LS	30
B15/40T12SD5	4249	-101.04	-0.00495	B to C	IO to LS	30
B15/40T12SD5	4250	-101.04	-0.00605	B to C	IO to LS	30
B15/40T12SD5	4271	-101.04	-0.00495	B to C	IO to LS	30
B15/40T12SD5	4272	-101.04	-0.00606	B to C	IO to LS	30
B15/40T12SD5	4282	-101.04	-0.00549	B to C	IO to LS	30

Çizelge E1 (devam) : X doğrultusu depremleri sonucu Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçen kirişler.

B15/40T12SD5	4288	-101.04	-0.00643	B to C	IO to LS	30
B15/40T12SD5	4377	-101.04	-0.00522	B to C	IO to LS	31
B15/40T12SD5	4383	-101.04	-0.00603	B to C	IO to LS	31
B15/40T12SD5	4394	-101.04	-0.00565	B to C	IO to LS	31
B15/40T12SD5	4416	-101.04	-0.00566	B to C	IO to LS	31
B15/40T12SD5	4426	-101.04	-0.00519	B to C	IO to LS	31
B15/40T12SD5	4432	-101.04	-0.00605	B to C	IO to LS	31
B15/40T12SD5	4521	-101.04	-0.00512	B to C	IO to LS	32
B15/40T12SD5	4527	-101.04	-0.00590	B to C	IO to LS	32
B15/40T12SD5	4538	-101.04	-0.00552	B to C	IO to LS	32
B15/40T12SD5	4560	-101.04	-0.00553	B to C	IO to LS	32
B15/40T12SD5	4570	-101.04	-0.00509	B to C	IO to LS	32
B15/40T12SD5	4576	-101.04	-0.00593	B to C	IO to LS	32
B15/40T12SD5	4665	-101.04	-0.00492	B to C	IO to LS	33
B15/40T12SD5	4671	-101.04	-0.00569	B to C	IO to LS	33
B15/40T12SD5	4682	-101.04	-0.00508	B to C	IO to LS	33
B15/40T12SD5	4704	-101.04	-0.00509	B to C	IO to LS	33
B15/40T12SD5	4714	-101.04	-0.00489	B to C	IO to LS	33
B15/40T12SD5	4720	-101.04	-0.00572	B to C	IO to LS	33

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Ahmet KARACA

Doğum Yeri ve Tarihi : Alanya, 20 Temmuz 1988

Lisans-Üniversite : İnşaat Mühendisliği-Dokuz Eylül Üniversitesi (2011)

: AOF İşletme-Anadolu Üniversitesi (2013)