

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TDY2007’DE BELİRTİLEN DÜŞEY SÜREKSİZLİK DURUMUNUN ZAMAN
TANIM ALANINDA İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çağdaş CAN

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

OCAK 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TDY2007’DE BELİRTİLEN DÜŞEY SÜREKSİZLİK DURUMUNUN ZAMAN
TANIM ALANINDA İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Çağdaş CAN
(501091099)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Konuralp GİRGİN

OCAK 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501091099 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Çağdaş CAN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “TDY2007’DE BELİRTİLEN DÜŞEY SÜREKSİZLİK DURUMUNUN ZAMAN TANIM ALANINDA İNCELENMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Konuralp GİRĞİN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Bilge DORAN**
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Ercan YÜKSEL
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **19 Aralık 2011**
Savunma Tarihi : **27 Ocak 2012**

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince her türlü desteğini ve özverisini hiçbir zaman esirgemeyen, ve bana yol gösteren değerli tez danışmanım Doç. Dr. Konuralp GİRGİN'e, teşekkürü bir borç bilir, en içten sevgi ve saygılarımı sunarım.

Lisansüstü eğitimimde bilgi, deneyim ve zamanını benimle paylaşan bütün hocalarıma ve meslektaşlarım Arda KARABULUT ve Mehmet SÖNMEZ'e ayrıca teşekkür ederim.

Yaşamım süresince sevgi ve desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen ve bana büyük bir destek olan aileme ve Rümeysa'ya en içten teşekkürlerimi sunarım.

Aralık 2011

Çağdaş CAN

İnş. Müh.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ŞEKİL LİSTESİ	xiii
SEMBOL LİSTESİ	xv
ÖZET	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1. Konu.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	2
2. DÜZENSİZ YAPILAR	5
2.1. Giriş.....	5
2.2. TDY2007’de Yapısal Düzensizlikler.....	5
2.2.1. Planda düzensizlikler.....	5
2.2.1.1. A1 Burulma düzensizliği.....	5
2.2.1.2. A2 Döşeme süreksizlikleri.....	6
2.2.1.3. A3 Planda çıkıntılar bulunması.....	7
2.2.2. Düşey doğrultuda düzensizlik durumları.....	8
2.2.2.1. B1 komşu katlar arası dayanım düzensizliği.....	8
2.2.2.2. B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği.....	9
2.2.2.3. B3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği.....	9
3. DÜŞEY DEPREM ETKİLERİ	11
3.1. Giriş.....	11
3.2. Düşey Deprem Hareketlerinin Yapı Elemanlarına Etkisi.....	11
3.3. Deprem Yönetmeliklerinde Düşey Deprem Etkisine Ait Koşullar.....	12
4. İNCELENECEK YAPININ TANITILMASI	15
4.1. Tasarımı Yapılacak Binanın Geometrisi.....	15
4.2. Malzeme Özellikleri.....	16
4.3. Deprem Karakteristikleri.....	17
4.4. Boyutlandırmada Esas Alınan Yükler.....	17
4.5. Taşıyıcı Sistemlerin Boyutlandırılması.....	18
4.6. Plastik Mafsal Özelliklerinin Hesaplanması.....	20
4.6.1. Beton ve donatı çeliği için malzeme modelleri.....	20
4.6.1.1. Sargısız beton malzeme modeli.....	21
4.6.1.2. Sargılı beton malzeme modeli.....	21
4.6.1.3. S420a donatı çeliği malzeme modeli.....	23
4.6.2. Olası plastik mafsal bölgeleri.....	24
4.6.3. Kolonların plastik mafsal özellikleri.....	25
4.6.4. Kirişlerin plastik mafsal özellikleri.....	25

5. ZAMAN TANIM ALANINDA ANALİZLERDE KULLANILAN 7	
ADET BENZEŞTİRİLMİŞ DEPREM İVME KAYDI.....	27
5.1. Deprem İvme kayıtlarının TDY2007'ye Göre Benzeştirilebilmesi İçin	
Sağlanması Gereken Şartlar.....	27
5.2. Seçilen Deprem İvmesi Kayıtları.....	29
5.3. TDY2007'deki Şartların Sağlanıp Sağlanmadığının Kontrolü.....	33
6. ZAMAN TANIM ALANINDA HESAP YÖNTEMİ İLE KESİT	
TESİRLERİNİN BELİRLENMESİ.....	37
6.1. Giriş.....	37
6.2. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi.....	38
6.2.1. Yapı elemanlarının plastik mafsallık özelliklerinin Belirlenmesi.....	38
6.2.2. Etkin eğilme rijitliklerinin hesaplanması.....	40
6.2.3. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerin SAP2000	
yazılımında tanımlanması.....	41
6.2.3.1. SAP2000 yazılımında kolon ve kirişlerin plastik mafsallık	
özelliklerinin tanımlanması.....	42
6.2.3.2. SAP2000 yazılımında zaman tanım alanında doğrusal	
olmayan analiz durumlarının tanımlanması.....	45
6.3. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Analiz.....	46
7. ANALİZLERDEN ELDE EDİLEN SAYISAL SONUÇLAR.....	49
7.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi Sonuçları.....	50
7.2. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Sonuçları.....	51
7.3. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Analiz Sonuçları.....	51
7.4. Genel Sonuçların Karşılaştırması.....	55
8. SONUÇLAR.....	59
KAYNAKLAR.....	61
EKLER.....	63
ÖZGEÇMİŞ.....	103

KISALTMALAR

SAP2000 v11	: Integrated Software for Structural Analysis and Design
TDY2007	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007
TS-500	: Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, 2000
XTRACT	: Cross-sectional X Structural Analysis of Components
ZTADOA	: Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz
ZTADEA	: Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Analiz
KYHKS	: Kuvvetli Yer Hareketi Kısımının Süresi

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1 : C30 Betonun mekanik özellikleri.....	17
Çizelge 4.2 : S420a Donatı çeliğinin mekanik özellikleri.....	17
Çizelge 4.3 : Sabit ve hareketli yükler.....	18
Çizelge 4.4 : Kolon kesit tipleri.....	18
Çizelge 4.5 : Yapıda kullanılan kolon tipleri.....	19
Çizelge 4.6 : Yapıda kullanılan kiriş tipleri.....	19
Çizelge 4.7 : Sargısız beton malzeme modeli için matematiksel bağıntılar.....	22
Çizelge 4.8 : Sargılı beton malzeme modeli için matematiksel bağıntılar.....	23
Çizelge 4.9 : S420a Donatı çeliği malzeme modeli için matematiksel bağıntılar.....	24
Çizelge 5.1 : Seçilen ivme kayıtlarının bazı sismik özellikleri.....	30
Çizelge 5.2 : Benzeştirilmiş deprem ivme kayıtları.....	31
Çizelge 5.3 : Birinci şartın kontrol edilmesi.....	33
Çizelge 5.4 : İkinci şartın kontrol edilmesi.....	34
Çizelge 5.5 : Üçüncü şartın kontrol edilmesi.....	35
Çizelge 6.1 : Hareketli yük azaltma katsayısı – n.....	41
Çizelge 6.2 : Kolonlara ait etkin eğilme rijitlikleri.....	42
Çizelge 7.1 : X doğrultusundaki düzlem çerçevenin ZTADOA sonucu ortalamaları.....	52
Çizelge 7.2 : X doğrultusundaki düzlem çerçevenin ZTADOA sonucu ortalamaları.....	53
Çizelge 7.3 : X doğrultusundaki düzlem çerçevenin ZTADEA sonucu ortalamaları.....	54
Çizelge 7.4 : X doğrultusundaki düzlem çerçevenin ZTADEA sonucu ortalamaları.....	55
Çizelge 7.5 : Yatay kat yer değiştirmeleri karşılaştırması.....	56
Çizelge 7.6 : X doğrultusundaki düzlem çerçeve kesit tepkileri karşılaştırması.....	57
Çizelge 7.7 : Y doğrultusundaki düzlem çerçeve kesit tepkileri karşılaştırması.....	58
Çizelge A.1 : KOLON 50 kolonunun 3 boyutlu etkileşim yüzeyinin oluşturulmasında kullanılan 2 boyutlu etkileşim eğrileri değerleri.....	66
Çizelge A.2 : KOLON 50 TİP2 kolonunun 3 boyutlu etkileşim yüzeyinin oluşturulmasında kullanılan 2 boyutlu etkileşim eğrileri değerleri.....	67
Çizelge A.3 : KOLON 60 kolonunun 3 boyutlu etkileşim yüzeyinin oluşturulmasında kullanılan 2 boyutlu etkileşim eğrileri değerleri.....	68
Çizelge A.4 : KOLON 70 kolonunun 3 boyutlu etkileşim yüzeyinin oluşturulmasında kullanılan 2 boyutlu etkileşim eğrileri değerleri.....	69
Çizelge A.5 : Kolonların plastik mafsallık özelliklerinin tanımlanmasında kullanılacak moment – eğrilik ilişkileri.....	72
Çizelge B.1 : X doğrultusu düzlem çerçeve kirişlerinin plastik mafsallık özellikleri.....	75

Çizelge B.2 : X doğrultusu düzlem çerçeve girişlerinin plastik mafsallık özellikleri	76
Çizelge D.1 : X doğrultusundaki düzlem çerçeveye ait 14.G+1.6Q yüklemesi sonucu elde edilen kesit tesirleri	85
Çizelge D.2 : X doğrultusundaki düzlem çerçeveye ait G+Q+E _x yüklemesi sonucu elde edilen kesit tesirleri	86
Çizelge D.3 : X doğrultusundaki düzlem çerçeveye ait G+Q-E _x yüklemesi sonucu elde edilen kesit tesirleri	87
Çizelge D.4 : Y doğrultusundaki düzlem çerçeveye ait 14.G+1.6Q yüklemesi sonucu elde edilen kesit tesirleri	88
Çizelge D.5 : Y doğrultusundaki düzlem çerçeveye ait G+Q+E _x yüklemesi sonucu elde edilen kesit tesirleri	89
Çizelge D.6 : Y doğrultusundaki düzlem çerçeveye ait G+Q-E _x yüklemesi sonucu elde edilen kesit tesirleri	90
Çizelge D.7 : X doğrultusundaki düzlem çerçevenin ZTADOA sonucunda oluşan kolon kesit tesirleri	91
Çizelge D.8 : X doğrultusundaki düzlem çerçevenin ZTADOA sonucunda oluşan giriş kesit tesirleri	93
Çizelge D.9 : Y doğrultusundaki düzlem çerçevenin ZTADOA sonucunda oluşan kolon kesit tesirleri	94
Çizelge D.10 : Y doğrultusundaki düzlem çerçevenin ZTADOA sonucunda oluşan giriş kesit tesirleri	96
Çizelge D.11 : X doğrultusundaki düzlem çerçevenin ZTADEA sonucunda oluşan kolon kesit tesirleri	98
Çizelge D.12 : X doğrultusundaki düzlem çerçevenin ZTADEA sonucunda oluşan giriş kesit tesirleri	99
Çizelge D.13 : Y doğrultusundaki düzlem çerçevenin ZTADEA sonucunda oluşan kolon kesit tesirleri	100
Çizelge D.14 : Y doğrultusundaki düzlem çerçevenin ZTADEA sonucunda oluşan giriş kesit tesirleri	101

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 : A1-Burulma düzensizliği.....	6
Şekil 2.2 : A2-Döşeme süreksizlikleri.....	7
Şekil 2.3 : A3-Planda çıkıntılar bulunması.....	8
Şekil 2.4 : B3-Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği.....	10
Şekil 3.1 : Kobe depreminin ardından bir yapıda gözlemlenen basınç kırılması ..	12
Şekil 4.1 : Yapının plandaki geometrik özellikleri.....	15
Şekil 4.2 : Bir kolon kesitinde kullanılan malzeme modelleri	20
Şekil 4.3 : Sargısız beton modeli gerilme-birim şekil değiştirme grafiği.....	21
Şekil 4.4 : Sargılı beton modeli gerilme-birim şekil değiştirme grafiği.....	22
Şekil 4.5 : S420a Donatı çeliği malzeme modeli gerilme-birim şekil değiştirme grafiği.....	23
Şekil 5.1 : Elastik spektral ivme spektrumu $S_{ae}(T)$	28
Şekil 5.2 : Benzeştirilmiş 7 deprem ivme kaydının ortalama spektrumu ve Z2 zemin tipinin elastik ivmesi spektrumu	34
Şekil 6.1 : Hesaplarda kullanılan düzlem çerçeveler.....	37
Şekil 6.2 : Sargılanmış ve sargılanmamış beton için gerilme-şekil değiştirme ilişkisi.....	40
Şekil 6.3 : Chi Chi depreminin SAP2000 yazılımında tanımlanması.....	43
Şekil 6.4 : SAP2000 yazılımında 2 boyutlu etkileşim eğrilerinin tanımlanması.....	44
Şekil 6.5 : SAP2000 yazılımında kiriş plastik mafsallık özelliklerinin tanımlanması.....	45
Şekil 6.6 : SAP2000 yazılımında ZTADOA durumlarının tanımlanması	46
Şekil 7.1 : Analizler sonucunda incelenen kritik kesitler.....	49
Şekil C.1 : X doğrultusunda bulunan düzlem çerçeve Chi Chi Depremi sonunda meydana gelen plastik mafsallar.....	77
Şekil C.2 : X doğrultusunda bulunan düzlem çerçeve Düzce Depremi sonunda meydana gelen plastik mafsallar.....	78
Şekil C.3 : X doğrultusunda bulunan düzlem çerçeve El Centro Depremi sonunda meydana gelen plastik mafsallar.....	78
Şekil C.4 : X doğrultusunda bulunan düzlem çerçeve Erzincan Depremi sonunda meydana gelen plastik mafsallar.....	79
Şekil C.5 : X doğrultusunda bulunan düzlem çerçeve Kobe Depremi sonunda meydana gelen plastik mafsallar.....	79
Şekil C.6 : X doğrultusunda bulunan düzlem çerçeve Kocaeli Depremi sonunda meydana gelen plastik mafsallar.....	80
Şekil C.7 : X doğrultusunda bulunan düzlem çerçeve Northridge Depremi sonunda meydana gelen plastik mafsallar.....	80
Şekil C.8 : Y doğrultusunda bulunan düzlem çerçeve Chi Chi Depremi sonunda meydana gelen plastik mafsallar.....	81

Şekil C.9 : Y doğrultusunda bulunan düzlem çerçeve Düzce Depremi sonunda meydana gelen plastik mafsallar	81
Şekil C.10 : Y doğrultusunda bulunan düzlem çerçeve El Centro Depremi sonunda meydana gelen plastik mafsallar	82
Şekil C.11 : Y doğrultusunda bulunan düzlem çerçeve Erzincan Depremi sonunda meydana gelen plastik mafsallar	82
Şekil C.12 : Y doğrultusunda bulunan düzlem çerçeve Kobe Depremi sonunda meydana gelen plastik mafsallar	83
Şekil C.13 : Y doğrultusunda bulunan düzlem çerçeve Kocaeli Depremi sonunda meydana gelen plastik mafsallar	83
Şekil C.14 : Y doğrultusunda bulunan düzlem çerçeve Northridge Depremi sonunda meydana gelen plastik mafsallar	84

SEMBOL LİSTESİ

A_c	: Kolon veya perdenin brüt kesit alanı
ΣA_e	: Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı
ΣA_g	: Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının en kesit alanlarının toplamı
ΣA_k	: Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının (kapı ve çerçeve boşlukları hariç) toplamı
ΣA_w	: Herhangi bir katta, kolon en kesiti gövde alanları toplamı
A_o	: Etkin yer ivmesi katsayısı
$A(T)$	: Spektral ivme katsayısı
E_c	: Betonun elastisite modülü
E_{sec}	: Sekant modülü
$(EI)_e$	: Çatlamış kesite ait eğilme rijitliği
$(EI)_o$	: Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği
f_c	: Beton gerilmesi
f'_c	: 28 günlük basınç mukavemeti
f'^{cc}	: Sargılı beton mukavemeti
f_{cm}	: Mevcut beton basınç dayanımı
f_{cu}	: Son limit mukavemeti
f_{cp}	: Dağılma sonrası dayanım
f_{ctm}	: Mevcut betonun çekme dayanımı
f_{su}	: Donatının minimum kopma dayanımı
f_s	: Çelik gerilmesi
f_y	: Akma gerilmesi
f_u	: Kopma gerilmesi
f_{yk}	: Donatının en küçük akma dayanımı
G	: Sabit yükler
g	: Yerçekimi ivmesi
I	: Bina önem katsayısı
I_g	: Atalet momenti
L_p	: Plastik mafsallı boyu
m_i	: Binanın i'inci katının kütlesi
N_D	: Deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu düşey yükler altında kolon veya perdede oluşan aksenal kuvvet
n	: Hareketli yük katılım katsayısı
Q	: Hareketli yükler
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$R_a(T)$	: Deprem yükü azaltma katsayısı
$S(T)$	: Spektrum katsayısı
S_a	: Spektral ivme
$S_{ae}(T)$	: Elastik spektral ivme

S_d	: Spektral yerdeşiştirme
S_{di1}	: Birinci moda ait spektral yerdeşiştirme oranı
S_{de1}	: İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait doğrusal elastik spektral yerdeşiştirme
T	: Periyot
T_A, T_B	: Spektrum karakteristik periyotları
W	: Binanın hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
ϵ	: Beton birim şekil değiştirmesi
ϵ_t	: Çekme birim şekil değiştirme kapasitesi
ϵ_{cc}	: En büyük gerilmedeki birim şekil değiştirme
ϵ_{cu}	: Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi
ϵ_s	: Donatı çeliği birim şekil değiştirmesi
ϵ_{sp}	: Dağılma birim şekil değiştirmesi
ϵ_{cg}	: Etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi
ϵ_y	: Akma birim şekil değiştirmesi
ϵ_{sh}	: Gerilme pekleşmesi birim şekil değiştirmesi
ϵ_{su}	: Kopma birim şekil değiştirmesi
η_{bi}	: Burulma düzensizliği katsayısı
η_{ci}	: Dayanım düzensizliği katsayısı
η_{ki}	: Rijitlik düzensizliği katsayısı
ω	: Açısal frekans
μ	: Süneklik

TDY2007'DE BELİRTİLEN DÜŞEY SÜREKSİZLİK DURUMUNUN ZAMAN TANIM ALANINDA İNCELENMESİ

ÖZET

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007'de yapıların taşıyıcı sistemlerinde süreksizlik bulunması durumlarına çeşitli kısıtlamalar getirilmiştir. Yönetmeliğin 2.3.2.4 maddesinde, düşey süreksizlik tiplerinden birisi olan B3 tipi süreksizlik olması durumunda yani, taşıyıcı sistemin düşey elemanlarında süreksizlik bulunması durumunda yapı tasarımında uyulması gereken şartlar belirtilmiştir. Bu madde bir kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı düğüm noktalarına birleşen diğer kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerlerinin %50 oranında arttırılmasını öngörmektedir. Bu çalışma kapsamında TDY07'nin 2.3.2.4 maddesi zaman tanım alanında hesap yöntemi ile incelenmiş ve çalışma sonunda elde edilen sonuçlar açıklanmıştır. Çalışmada TDY07 ve TS-500'e uygun olarak tasarlanarak boyutlandırılmış düşeyde B3 tipi süreksizliğe sahip 8 katlı bir konut yapısı üzerinde çalışılmıştır. Yapı üzerinde analizlerin uygulanması aşamasında 3 boyutlu sistemde çalışmak yerine düşey süreksizliğe sahip düzlem çerçeveler üzerinde çalışılmıştır. Analiz sonuçlarında kritik kesitlerde oluşan etkiler irdelenmiştir.

Düzlem çerçevelerin kritik kesitlerinde oluşan kesit tepkileri ilk olarak eş değer deprem yükü yöntemi ile doğrusal analiz gerçekleştirilerek bulunmuştur. Zaman tanım alanında ise analizler hem doğrusal hem doğrusal olmayan iki şekilde de gerçekleştirilmiştir. Yapı sistemlerinin tasarımında düşey deprem etkileri göz ardı edilebilirken, düşey süreksizliği olan yapılarda depremin düşey tepkileri önemli etkiler meydana getirebilmektedir. Bu yüzden zaman tanım alanında doğrusal olmayan ve doğrusal analizlerin uygulamasında yatay deprem etkilerinin yanı sıra depremin düşey etkileri de hesaplarda göz önünde bulundurulmuştur.

Gerçekleştirilen analizler sonunda eş değer deprem yükü yöntemi analizlerinden elde edilen sonuçlar zaman tanım alanında doğrusal olmayan ve doğrusal analizlerden elde edilen sonuçlarla ayrı ayrı karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda kritik kesitlerde oluşan moment, normal kuvvet ve kesme kuvveti etkilerindeki değişimler belirlenerek TDY07'nin 2.3.2.4(b) maddesi çerçevesinde sonuçlar yorumlanmıştır. Aynı zamanda düzlem çerçevelerin yer değiştirmeleri zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz ve eş değer deprem yükü yöntemleri sonuçlarına göre karşılaştırılmıştır.

EVALUATION OF THE DISCONTINUITY CASE SPECIFIED IN TDY2007 WITH TIME HISTORY ANALYSIS

SUMMARY

Buildings could have some irregularities in their structural systems because of some various reasons. Having symmetric and regular structural systems for buildings is important for responding the earthquake loads safely and modeling the system easily. Also regular structures' model responses give more close results to structure's actual responses.

TDY07 specifies some restrictions about the buildings have irregularity on their structural system. With the TDY07 article 2.3.2.4 (b) stated the conditions should be complied for the structures has irregularity type B3. This irregularity type indicates the situation of vertical discontinuity on structural systems. According to this article, if any column settled on a beam that supported at both ends in a structural system, the internal force values of the beam and other columns and beams that connected to that beam should be increased by 50 percent. In this study, TDY07 article 2.3.2.4 (b) is examined with time history analysis method and the results obtained by the study are explained. For this purpose, an 8-storey residential building, which has vertical discontinuity type B3 on structural system and is designed in according to TDY07 and TS-500, is examined. STA4CAD v11 software is used for designing the building according to TDY2007 and TS500. Also for dynamic and static analysis SAP2000 v14.1 software is used. The analysis applied to plane frames which has irregularity instead of applied to whole 3-dimension system. At the end of the analysis the reactions occurred in critical sections are examined.

Firstly, the internal forces occurred in critical sections of plane frames are determined by the linear analyses. Equivalent Linearization Method is used for the linear analyses. Time History analyses are performed by using both Non-linear Time History and Linear Time History Analysis Methods. Plastic hinge properties of the structural elements are determined for Time History Analysis. Also bending stiffness of the reinforced concrete elements converted into crack section's bending stiffness for Time History Analysis. Plastic hinge characteristic mechanical properties are determined for the sections near the column and beam connection joints. PM2M3 type plastic hinges are used for defining plastic hinges on the column sections with SAP2000 software. Also M3 type plastic hinges are used for defining plastic hinges on the beam sections.

Earthquake motions are multi-axes motions and consist of vertical and horizontal vibrations. Because of that structures are exposed by some vertical and horizontal effects during an earthquake. Vertical earthquake effects could be ignored during the design of structural systems however vertical component of earthquakes causes important effects on buildings due to vertical irregularity. Because of that, during the implementation of time history analyses, vertical seismic effects of earthquakes are taken into consideration in addition to horizontal earthquake effects. 7 simulated

earthquake acceleration records that are chosen according to TDY2007 2.9.1 substance are used for the dynamic Time History Analysis. The average of the results obtained by using these 7 earthquake acceleration records are used for evaluation of the overall results.

During the examination of the systems with Equivalent Linearization Method, 1.4G+1.6Q, G+Q+E, G+Q-E load combinations are considered and maximum effects obtained from these 3 load combinations are used for comparisons. During the Non-linear Time History Analysis vertical earthquake loads are considered as 2/3 of the horizontal earthquake loads. Vertical and horizontal earthquake accelerations are operated together on the systems. Linear Time History Analyses are operated separately for horizontal and vertical seismic loads. Internal forces of the sections are obtained by superposition of the maximum forces gathered by these two analyses.

As a result of the study, the results obtained from Equivalent Linearization Method are compared with Linear Time History Analysis and Non-linear Time History Analysis results. By these comparisons, the changes on the moment, shear force and axial force values occurred on critical sections have revealed and the results are interpreted under the TDY07 article 2.3.2.4 (b). Also, the displacements of the plane frames are compared according to equivalent linearization method and non-linear time history analysis method results.

The results obtained from this study can be sorted as follows;

- For the plane frame at x-axis; as a result of comparison of the internal forces occur at critical column sections obtained by Equivalent Linearization Method and Linear Time History Analysis shows that most of the axial force values are increase but there is no increase for shear forces and moment values at the sections. Also the maximum increment value is determined as %25. For the internal forces of beam sections there are no increments occur.
- For the plane frame at y-axis; as a result of comparison of the internal forces occur at critical column sections obtained by Equivalent Linearization Method and Linear Time History Analysis shows that the axial force values for 4 sections are increase but there is no increase for shear forces and moment values at the sections. These increment rates are changing between 40 and 50 percentages. For the internal forces of beam sections there are no increments occur.
- As results of comparison of the Equivalent Linearization Method and Linear Time History Analysis Method; the internal forces of the irregular columns that settled on the beams don't increase.
- Internal forces of the sections obtained by Non-linear Time History Analysis Method occur as twice of the internal forces gathered by Equivalent Linearization Method. However assuming that the vertical earthquake loads as 2/3 of the horizontal earthquake loads, and operating them together leads to maximum effects of vertical and horizontal earthquake accelerations occur at same time. For this reason structural system became overloaded and results become unrealistic.
- As a result of Non-linear Time History Analysis the top floor horizontal displacements are higher than the top floor displacements obtained by Linear Equalization Method. This ratio is %13.2 for the frame plane at the x-axis and %1.87 for the frame plane at the y-axis.

- As a result of Non-linear Time History Analyses; the first plastic hinge mostly occurs at the bottom section of the irregular columns that settled on the beams.

1. GİRİŞ

1.1 Konu

Türkiye bulunduğu konumu itibariyle jeolojik olarak oldukça aktif bir bölgededir. Bu yapısından dolayı Türkiye'nin alan olarak yaklaşık % 90'ndan fazla bir kısmı aktif fayların etki alanı içerisindedir ve ülkenin toplam nüfusunun büyük bir kısmı bu bölümde yaşamaktadır. Ülkemizde meydana gelen depremlerin büyüklüklerine kıyasla büyük ölçüde hasar, can ve mal kaybı oluşmaktadır. Bu sebeple yapı tasarımında yapı taşıyıcı sistemlerinin deprem kuvvetlerini güvenli bir şekilde karşılayabilmesi önemli bir unsurdur.

Yapıların ve taşıyıcı sistemlerinin simetrik özelliğe sahip olmaları deprem yüklerini güvenli bir şekilde karşılama konusunda yapının performansını arttırmaktadır. Ancak çeşitli sebeplerden dolayı yapı taşıyıcı sistemleri planda ve düşeyde süreksizliklere sahip olabilmektedirler. Bu yüzden bu taşıyıcı sisteminde süreksizlik bulunan yapıların depreme dayanıklı tasarımının yapılmasında daha dikkatli davranılmalıdır. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 (TDY2007) [1] yapılarıdaki süreksizliklerin meydana getirebileceği olumsuzlukları ortadan kaldırmak için yapı tasarımında uyulması gereken çeşitli kısıtlama ve şartlar koymuştur.

Bu tez çalışmasında, TDY2007'nin 2.3.2.4 (b) maddesine tanımlanan düşey süreksizlik durumu ele alınarak irdelenmiştir. Yönetmelikte B3 tipi süreksizlik kapsamına giren bu süreksizlik tipi, yapının düşey elemanlarında süreksizlik olması ve kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumudur. TDY2007'nin bu maddesi gereğince bu tarz bir süreksizliğe sahip olan yapıya aşağıdaki koşul getirilmiştir:

- Kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı düğüm noktalarına birleşen diğer kiriş ve kolonların bütün

kesitlerinde, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 oranında arttırılmalıdır.

Gerçekleştirilen çalışmada gerekli irdelemeler için zaman tanım alanında hesap yöntemi kullanılmıştır. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi'nin amacı, taşıyıcı sistemdeki doğrusal olmayan davranış göz önüne alınarak sistemin hareket denkleminin adım adım entegre edilmesidir. Zaman tanım alanında hesap yöntemi yapı sistemlerinin analizinde doğruya daha yakın sonuç vermelerine karşın, yeterli deprem kaydı bulmanın veya üretmenin zor olmasından dolayı çok sık tercih edilmemektedir.

1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada TDY2007'ye uygun olarak tasarlanarak boyutlandırılması gerçekleştiren B3 tipi düşey süreksizliğe sahip bir yapı ele alınarak incelenmiştir. İncelenen yapı 8 katlı bir konut binası olup taşıyıcı sistemi çerçevelerden oluşmaktadır.

Analizler sırasında yapının düşey süreksizliğe sahip düzlem çerçeveleri ele alınarak bu çerçeveler üzerinde çalışılmıştır. Çalışmada uygulanan analizler zaman tanım alanında doğrusal olmayan ve zaman tanım alanında doğrusal hesap yöntemleri ile gerçekleştirilmiştir. Zaman tanım alanında gerçekleştirilen analizler sonucunda düzlem çerçeve kolon ve kirişlerinde elde edilen kesit tesirleri, yapının doğrusal analizler sonucu elde edilen kesit tesirleri ile karşılaştırılmışlardır.

Örnek yapı sisteminin TDY2007 ve TS500'e göre projelendirilmesinde STA4CAD v11 [2] yazılımı, doğrusal olmayan statik ve dinamik analizlerin gerçekleştirilmesinde ise SAP2000 v14.1 [3] yazılımı kullanılmıştır. Kolon ve kirişler için yığılı plastik mafsallı kabulü yapılmış ve plastik mafsallı özelliklerinin hesaplanmasında XTRACT [4] yazılımı kullanılmıştır.

Zaman tanım alanında dinamik analizlerde TDY2007 2.9.1 maddesinde belirtilen koşullara uygun olarak seçilmiş seçilmiş yedi adet benzeştirilmiş deprem ivme kaydı kullanılmıştır. Ayrıca depremin yatay etkilerinin yanı sıra düşey etkileri de hesaplarda göz önünde bulundurulmuştur.

Bu çalışma 7 bölümden oluşmaktadır. Aşağıda bölümlerin içeriklerinden kısaca bahsedilmiştir:

1.Bölüm; giriş bölümüdür. Bu çalışmanın içeriği, kullanılan yöntemler ve sonuçların incelenmesi ile ilgili ön bilgiler verilmiştir.

2.Bölüm; düzensiz yapı kavramının ve TDY2007’de düzensiz yapılar hakkında getirilen kısıtlama ve şartların anlatıldığı bölümdür.

3.Bölüm; düşey deprem etkisinin anlatıldığı bölümdür. Düşey deprem etkilerinin yapılar üzerindeki etkilerinden bahsedilmiştir.

4.Bölüm; çalışmada incelenecek binanın karakteristik özelliklerinin anlatıldığı bölümdür. Bu bölümde binanın geometrileri, malzeme özellikleri, deprem karakteristikleri, kesit özellikleri, plastik mafsallık özelliklerinden bahsedilmektedir.

5.Bölüm, zaman tanım alanında dinamik analizlerde kullanılacak deprem ivmesi kayıtlarının anlatıldığı bölümdür.

6.Bölüm, zaman tanım alanında hesap yöntemi ile gerçekleştirilen analizlerin açıklandığı bölümdür. Bu bölümde elde edilen sonuçlar, 7. bölümde karşılaştırma amacıyla kullanılmıştır.

7.Bölüm, analizler sonucu elde edilen sonuçların sunulduğu ve karşılaştırmaların yapıldığı bölümdür.

2.DÜZENSİZ YAPILAR

2.1 Giriş

Yapı tasarımında, taşıyıcı sistemlerin deprem etkilerini güvenli bir şekilde karşılayabilmesi temel unsurlardan biridir. Yapıların simetrik özelliğe sahip olmaları ve düzenli bir taşıyıcı sistemlerinin bulunması, sistem davranışının kolaylıkla modellenebilmesi ve yatay deprem yüklerinin güvenli bir şekilde karşılanarak yapının performansının artması açılarından önem teşkil etmektedir. Aynı zamanda düzenli yapılar, hesaplanan model davranışlarının gerçek davranışlarına yakın sonuçlar vermesi sebebiyle tercih sebebi olmaktadır.

Planda ve düşeyde süreklilik gösteren yapıların, rijitlik merkezi ve kütle merkezinin birbirine yakın olması sebebiyle yapı ek burkulma kuvvetlerinden en az oranda etkilenir. TDY2007 [1]'de düzensiz yapılara ilişkin, depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklardan dolayı tasarımından ve yapılmasından kaçınılması gereken durumlar ve çeşitli sınırlandırmalar getirilmiştir.

2.2 TDY2007' de Yapısal Düzensizlikler

Halihazırda yürürlükte bulunan TDY2007 esaslarına göre, yapısal düzensizlikler planda düzensizlikler ve düşey doğrultuda düzensizlikler olmak üzere iki grup altında tanımlanmıştır. Bunlardan planda düzensizlikler A türü düzensizlikler, düşey doğrultudaki düzensizlikler ise B türü düzensizlikler olarak adlandırılmıştır.

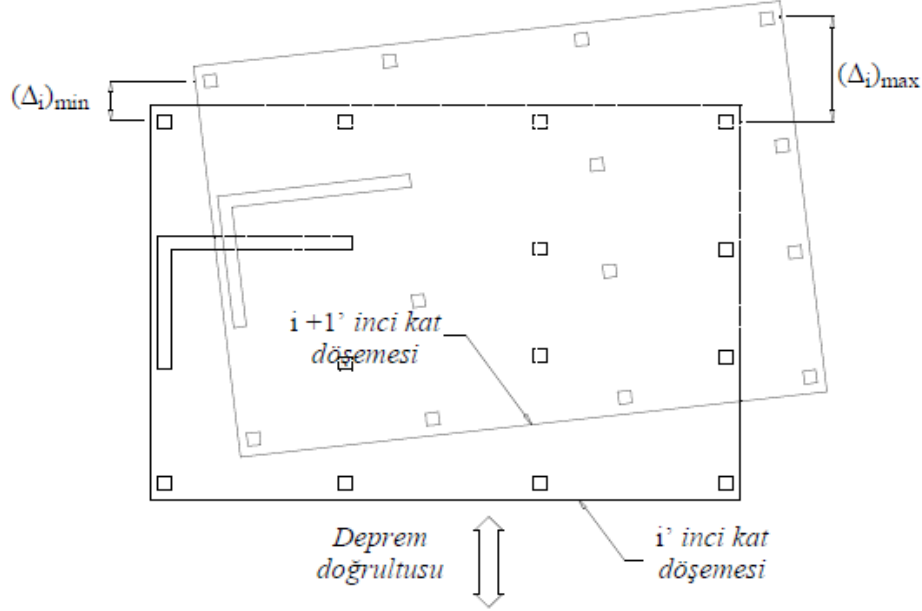
2.2.1 Planda düzensizlikler

A türü düzensizlik olarak belirtilen planda düzensizlik için 3 farklı tip düzensizlik durumu tanımlanmıştır. Bu düzensizliklere aşağıda kısaca değinilmiştir.

2.2.1.1 A1 - Burulma düzensizliği

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye

oranını ifade eden η_{bi} 'nin 1.2 değerinden büyük olması durumudur. A1 tipi düzensizlik deprem hesap yönteminin seçilmesinde etken olan düzensizliklerdendir. Burulma düzensizliğinin açıklaması Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışmaları durumunda

$$(\Delta_i)_{ort} = 1/2 [(\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}]$$

Burulma düzensizliği katsayısı :

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort}$$

Burulma düzensizliği durumu : $\eta_{bi} > 1.2$

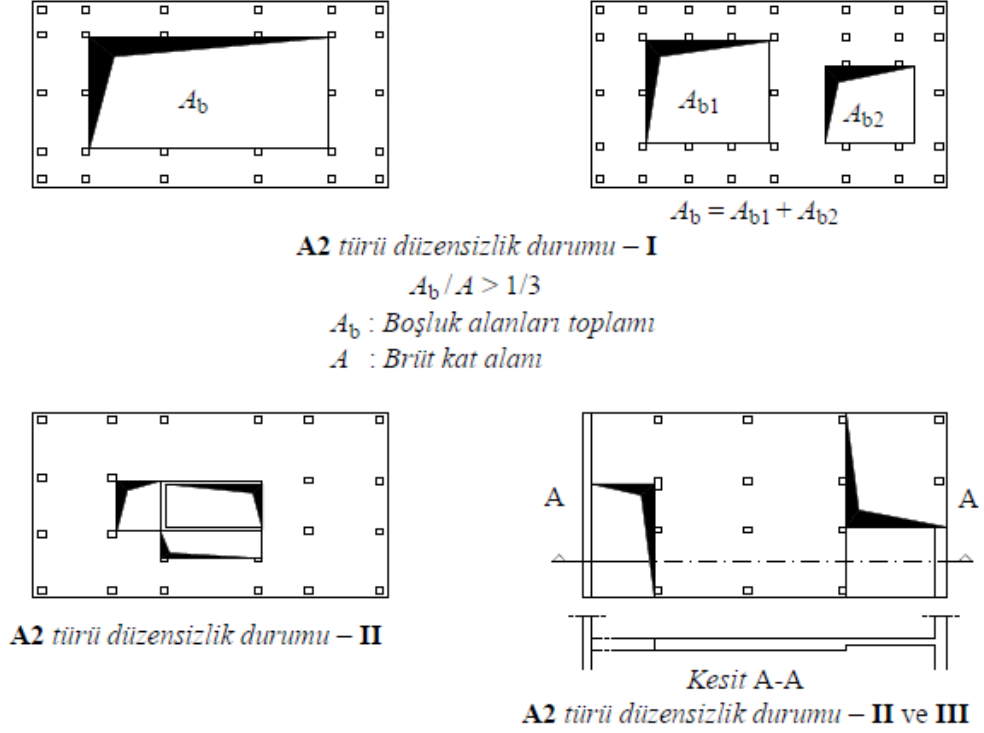
Şekil 2.1 : A1-Burulma düzensizliği.[1]

2.2.1.2 A2- Döşeme süreksizlikleri

Herhangi bir kattaki döşemede aşağıda belirtilen 3 durumdan birisinin bulunmasıdır.

- Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3' ünden fazla olması durumu,
- Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu,
- Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu.

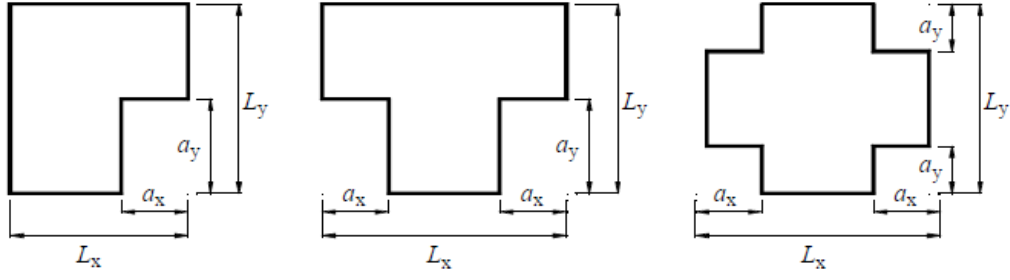
A2 türü düzensizliklerin bulunduğu binalarda, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarabildiğinin hesapla doğrulanması gerekmektedir. Döşeme süreksizliklerine ait gösterimler Şekil 2.2’de verilmiştir.



Şekil 2.2 : A2-Döşeme süreksizlikleri.[1]

2.2.1.3 A3 – Planda çıkıntılar bulunması

Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumudur. A3 türü düzensizliklerin bulunduğu binalarda, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarabildiğinin hesapla doğrulanması gerekmektedir. Şekil 2.3’de A3 tipi süreksizlik durumu gösterilmiştir.



Şekil 2.3 : A3-Planda çıkıntılar bulunması.[1]

2.2.2 Düşey doğrultuda düzensizlik durumları

B türü düzensizlik olarak belirtilen düşey doğrultuda düzensizlik durumu için 3 farklı tip düzensizlik durumu tanımlanmıştır. Bu düzensizliklere aşağıda kısaca değinilmiştir.

2.2.2.1 B1-Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat)

Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanı (ΣA_e)'nin, bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısı η_{ci} 'nin 0.80'den küçük olması durumudur.

$$[\eta_{ci} = (\Sigma A_e)_i / (\Sigma A_e)_{i+1} < 0.80] \quad (2.1)$$

Herhangi bir katta etkili kesme alanının şu şekilde tanımlanmıştır;

$$\Sigma A_e = \Sigma A_w + \Sigma A_g + 0.15 \Sigma A_k \quad (2.2)$$

Bir binada B1 türü düzensizliğin bulunması durumunda, göz önüne alınan i'inci kattaki dolgu duvar alanlarının toplamı bir üst kattakine göre fazla ise, hesapta dolgu duvar alanları göz önüne alınmaz. $0.60 \leq (\eta_{ci})_{\min} < 0.80$ aralığında ise taşıyıcı sistem davranış katsayısı, $1.25 (\eta_{ci})_{\min}$ değeri ile çarpılarak her iki deprem doğrultusunda da binanın tümüne uygulanır. Ancak yönetmelik hiçbir zaman η_{ci} değerinin 0,60'dan küçük olmasına izin vermez. Böyle bir durumda zayıf katın dayanımı ve rijitliği artırılarak hesap tekrarlanmalıdır.

2.2.2.2 B2- Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı η_{ki} 'nin 2,0'den fazla olması durumudur.

$$[\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort} > 2,0 \text{ veya } \eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort} > 2.0] \quad (2.3)$$

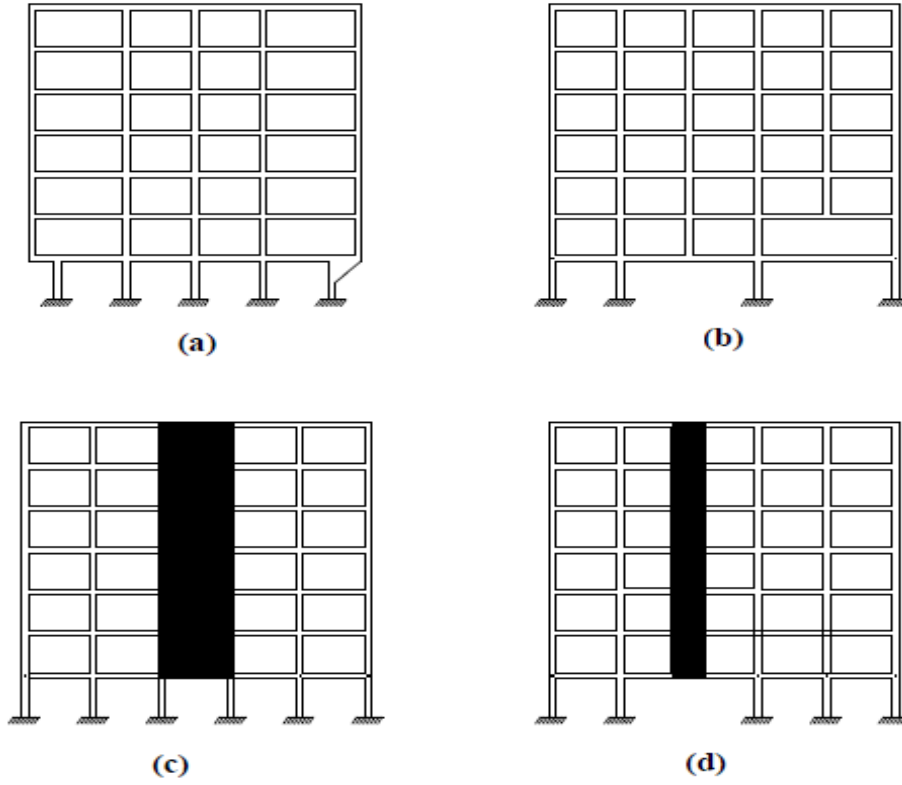
A1 tipi düzensizlik deprem hesap yönteminin seçilmesinde etken olan düzensizliklerdendir.

2.2.2.3 B3 – Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne ya da ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumları B3 tipi süreksizlik olarak adlandırılır. Bu tip süreksizlere sahip taşıyıcı sistem gösterimleri Şekil2.4'de verilmiştir.

TDY2007'ye göre B3 tipi düzensizliği bulunan yapılara şu kısıtlamalar getirilmiştir;

- a) Kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlere veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.
- b) Kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı düğüm noktalarına birleşen diğer kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 oranında arttırılmalıdır.
- c) Üst katlardaki perdenin altta kolonlara oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.
- d) Perdelerin binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.



Şekil 2.4 : B3-Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği.[1]

Bu tez çalışmasında incelenen yapıda B3 tipi düşey düzensizlik durumu bulunmaktadır. Yapı sisteminin dışta bulunan düzlem çerçevelerinin orta kolonlarında düşey süreksizlik mevcuttur. Bu çerçevelerden x-z düzleminde olanlarda orta kolonlar ikinci katta, y-z düzleminde bulunan çerçevelerde ise orta kolonlar birinci kata kadar inerek bu katlarda kirişlerin üzerine oturmaktadır. Yapı sisteminin boyutlandırılmasında yönetmelikte bahsedilen ve yukarıda (b) şıkında belirtilen koşullar göz önünde bulundurularak hesap yapılmıştır.

3. DÜŞEY DEPREM ETKİLERİ

3.1 Giriş

Yapıların tasarımı konusunda, yapının olası deprem etkilerini güvenli bir şekilde karşılaması koşulu en önemli etkenlerden birisidir. Deprem hareketleri çok eksenli olup yatay ve düşey titreşimlerden meydana gelirler. Dolayısıyla yapılar deprem anında çeşitli yatay ve düşey etkilere maruz kalırlar. Deprem etkisinin yatay bileşeninin düşey bileşeninden daha büyük olması nedeniyle ve taşıyıcı sistemlerin boyutlandırılmasında düşey yüklerin etkili olmasından dolayı depremin düşey bileşeni göz önüne alınmaz. Ancak son zamanlarda meydana gelen bazı depremlerde yüksek oranlarda düşey deprem ivmeleri kaydedilmiştir. 1994 yılında Amerika’da meydana gelen Northridge depreminin beklenilenden çok daha fazla hasarlara sebep olmasının nedenlerinden birisi olarak da düşey deprem etkisinin fazla olması ve yapı elemanlarında bu sebeple meydana gelen hasarlar gösterilmektedir [5].

3.2 Düşey Deprem Hareketlerinin Yapı Elemanlarına Etkisi

Düşey deprem etkisi yapı sistemlerinin tasarımında göz ardı edilmektedir. Ancak düşey taşıyıcı elemanlarında süreksizlik durumu bulunan yapılarda, depremin düşey bileşeni nedeniyle kolon ve perde gibi elemanlardaki normal kuvvetlerde ve kirişlerde ise eğilme momentlerinde artışlar meydana getirir. Yine kolon ve perdelerdeki düşey süreksizlikler mesnetlendikleri kirişlerde önemli yer değiştirmelere ve ikinci mertebe etkilerine neden olabilirler [6].

Deprem hareketinin düşey bileşeni yapılardaki kolon gibi taşıyıcı elemanların basınç kuvvetlerinde artma ve azalmalar meydana getirir. Kuvvetlerdeki artış bu yapı elemanlarında basınç ve kesme-basınç hasarlarının meydana gelmesine sebep olabilirler [7]. Şekil 3.1’de Kobe depreminde bir bina kolonunda meydana gelen basınç kırılmasına örneği görülmektedir.



Şekil 3.1 : Kobe depreminin ardından bir yapıda gözlemlenen basınç kırılması [8].

3.3 Deprem Yönetmeliklerinde Düşey Deprem Etkisine Ait Koşullar

Düşey deprem etkisi depreme dayanıklı yapı tasarımı göz önünde bulundurulması açısından genellikle geri planda kalmaktadır. Ancak yine de dünyada çeşitli deprem yönetmeliklerinde düşey deprem etkisinin göz önünde bulundurulması gereken çeşitli koşullar tanımlanmıştır.

Amerika Birleşik Devletleri UBC97 yönetmeliğine göre 3. ve 4. Derece deprem bölgelerinde yapılan yapıların yatay konsol elemanlarının tasarımında, yapı ağırlığıyla orantılı bir düşey kuvvetin göz önüne alınması gerekmektedir. Benzer şekilde Avrupa Birliği Ülkeleri'nde 20 m. ve daha büyük açıklıklı yatay elemanlarda ve üzerine kolon oturan kirişlerde düşey deprem etkisinin tasarım hesaplarına dahil edilmesi gerekmektedir.

TDY07'de [1] düşey deprem etkisi ve bu etkinin yapı tasarımında ve hesaplarda göz önünde bulundurulmasına yönelik her hangi bir madde bulunmamaktadır. Ancak yönetmelikte deprem etkilerini karşılamadaki olumsuz etkilerinden dolayı planda ve düşey doğrultuda düzensizlikler tanımlanmıştır. Bu düzensizliklere daha önce Bölüm 2'de değinilmiştir. Yönetmelikte değinilen bu düzensizlik türlerinden birisi olan ve bu tez çalışmasında incelenen yapıda da bulunan B3 tipi düzensizliklere çeşitli kısıtlamalar ve koşullar getirilmiştir. Bu koşullar ve kısıtlamalarla aynı zamanda

düşey deprem etkileri nedeniyle yapıda meydana gelebilecek olumsuz etkilerin de engellenmesi amaçlanmaktadır.

4. İNCELENECEK YAPININ TANITILMASI

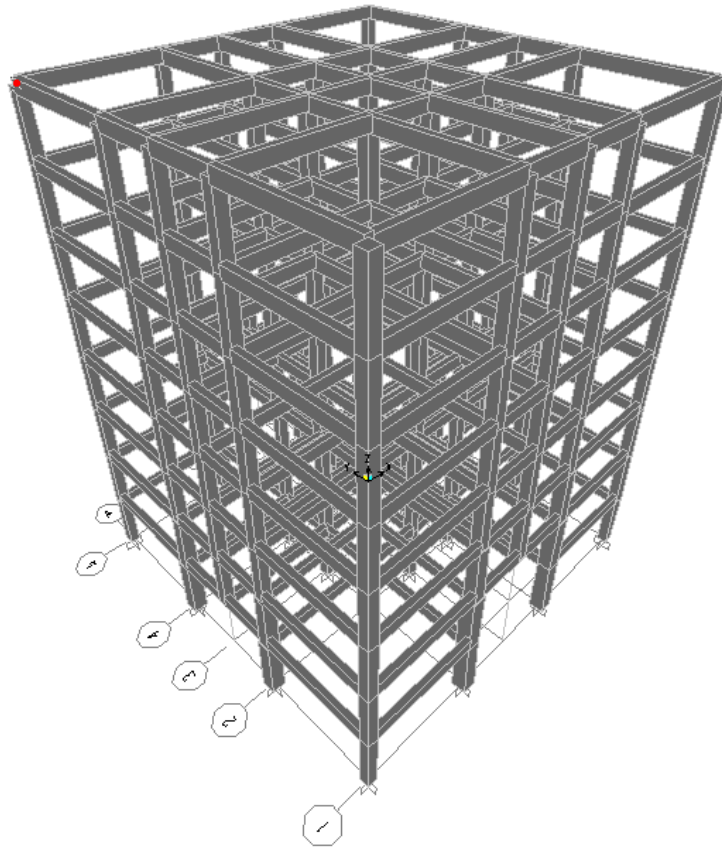
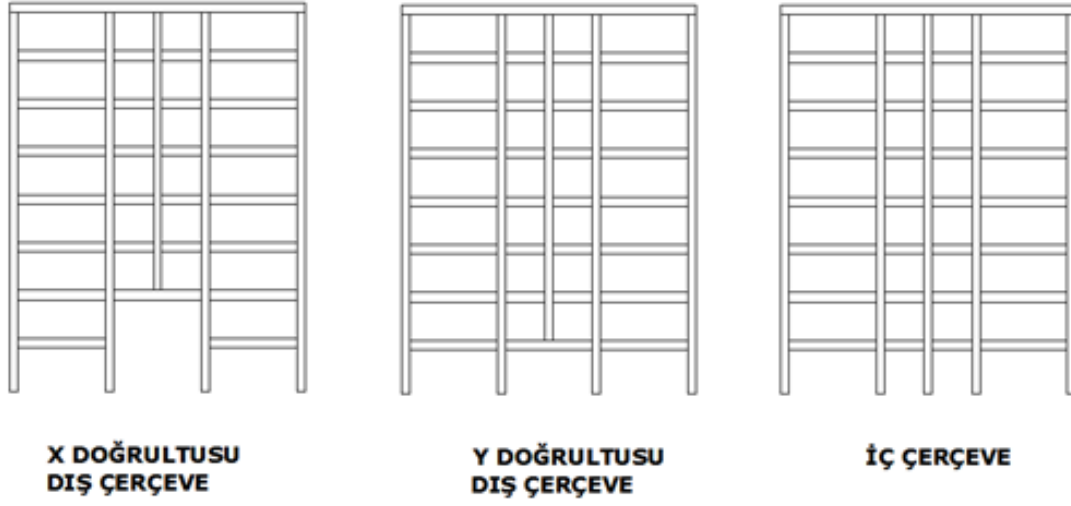
4.1 Tasarımı Yapılacak Binanın Geometrisi

Bu çalışmada 8 katlı konut türü bir betonarme bina üzerinde çalışılacaktır. Şekil 4.1’de binanın kat planları, düşey kesitler ve 3 boyutlu sonlu eleman modeli verilmiştir.

Yapıda x ve y doğrultusunda 4’er tane aks bulunmaktadır. Aks açıklıkları, her iki doğrultuda da orta iki aks için 3 m ve dış akslar için 6 m’dir. Binalar, hem x hem de y eksenlerine göre planda simetriktir. Kat yükseklikleri bütün katlar için 3 m’dir. Yapıda B3 tipi düzensizlik durumu bulunmaktadır. X doğrultusundaki dış çerçevelerde alttan birinci ve ikinci katlarda orta akstaki kolon bulunmamaktadır ve y doğrultusundaki dış çerçeveler için ise en alt katta orta kolon bulunmamaktadır. Katlar arası geçişler sırasında kolonların ağırlık merkezlerinden geçen düşey eksenleri çakıştırılmıştır, yani kolonlarda eksenel eksantriste bulunmamaktadır. Kiriş-kolon birleşimlerinde de eksantriste bulunmamaktadır, yani kirişlerin ağırlık merkezinden geçen eksen ile kolonların ağırlık merkezinden geçen eksen çakıştırılmıştır.



Şekil 4.1 : Yapının plandaki geometrik özellikleri.



Şekil 4.1 (devamı) : Yapının geometrik özellikleri.

4.2 Malzeme Özellikleri

Taşıyıcı sistemlerin tasarımında kullanılan malzeme özellikleri beton için C30, donatı çeliği için S420a'dır. TS500 [9]'e göre bu malzemelerin mekanik özellikleri Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 : C30 Betonun mekanik özellikleri.

Beton Sınıfı	Karakteristik Silindir Basınç Dayanımı f_{ck} (MPa)	Eşdeğer Küp Dayanımı (MPa)	Eksenel Çekme Dayanımı f_{ctk} (MPa)	Elastisite Modülü E_{c28} (MPa)
C30	30	37	1.9	32000

Çizelge 4.2 : S420a Donatı çeliğinin mekanik özellikleri.

Çelik sınıfı	Minimum akma dayanımı f_{yk} (MPa)	Minimum kopma dayanımı f_{su} (MPa)	$\emptyset \leq 32$ Minimum kopma uzaması ϵ_{su} (%)	$32 < \emptyset \leq 50$ Minimum kopma uzaması ϵ_{ssu} (%)
S420a	420	500	12	10

4.3 Deprem Karakteristikleri

TDY2007 ve TS500'e göre boyutlandırılan taşıyıcı sistem modelinde esas alınan deprem karakteristikleri aşağıda verilmiştir.

Bina önem katsayısı	: $I = 1.0$
Hareketli yük katılım katsayısı	: $n = 0.30$
Etkin yer ivmesi katsayısı	: $A_0 = 0.40$
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı	: $R = 8$
Yerel zemin sınıfı	: $Z2$
Spektrum karakteristik periyotları	: $T_A = 0.15 \text{ s}$, $T_B = 0.40 \text{ s}$

4.4 Boyutlandırmada Esas Alınan Yükler

Taşıyıcı sistem modelinin boyutlandırılmasında elemanların kendi ağırlıklarından gelen zati yüklere ek olarak Çizelge 4.3'de verilen düşey yükler kullanılmıştır. Donatılı betonarme betonun birim hacim ağırlığı 25 kN/m^3 kabul edilmiştir.

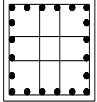
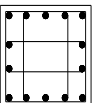
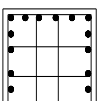
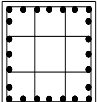
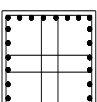
Çizelge 4.3 : Sabit ve hareketli yükler.

Normal Kat ve Çatı Döşemeleri	G = 2.10 kN/m ² kaplama yükü. Q = 3.00 kN/m ²
Normal kat dış cephe kirişleri	G = 6.98 kN/m duvar yükü.
Normal kat iç cephe kirişleri	G = 5.38 kN/m duvar yükü.
Çatı katı kirişleri	G = 0 duvar yükü yoktur.

4.5 Taşıyıcı Sistemin Boyutlandırılması

Taşıyıcı sistem, yukarıda verilen özellikler göz önüne alınarak STA4CAD v11.0 [2] paket programı kullanılarak TDY2007 ve TS500'e uygun olarak boyutlandırılmıştır. Gerçekleştirilen analiz sonucunda 5 tip farklı kolon donatı düzeni elde edilmiştir. Çizelge 4.4'de, kolonlara ait mekanik özellikler verilmiştir.

Çizelge 4.4 : Kolon kesit tipleri.

TİP No	Kolon Kesitleri	B-H (m)	Düşey Donatı	Yatay Donatı	Düşey Donatı Porsantajı
TİP 1		0.50	20Φ14	Φ 12/15/10	0.0123
TİP 2		0.5	10Φ16 4 Φ14	Φ 12/15/10	0.0105
TİP 3		0.55	20Φ14	Φ 12/15/10	0.0102
TİP 4		0.60	24Φ14	Φ 12/15/10	0.0103
TİP 5		0.70	28Φ16	Φ 12/20/10	0.0115

Bu gösterilen 5 tip kolon kesitinin, binanın ilk iki katında hangi kolonlarda kullanıldığı Çizelge 4.5'de verilmiştir. Diğer katlardaki bütün kolonlar Tip 1 kolonu kullanılmıştır.

Çizelge 4.5 : Yapıda kullanılan kolon tipleri.

TİP 1	S101, S106, S107, S111, S201, S206,S207,S211
TİP 2	S210, S214
TİP 3	S110, S112
TİP 4	S205, S209, S215, S219
TİP 5	S102, S105, S202

Gerçekleştirilen analiz sonucu yapının boyutlandırılmasında iki tip kiriş kesiti kullanılmıştır. Düşey süreksiz kolonların oturduğu kirişlerde 0.35m x 0.60m ve yapının diğer bütün kirişlerinde 0.30m x 0.60m boyutları seçilmiştir. Yapıda kullanılan kirişlere ait donatı düzenleri Çizelge 4.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6 : Yapıda kullanılan kiriş tipleri.

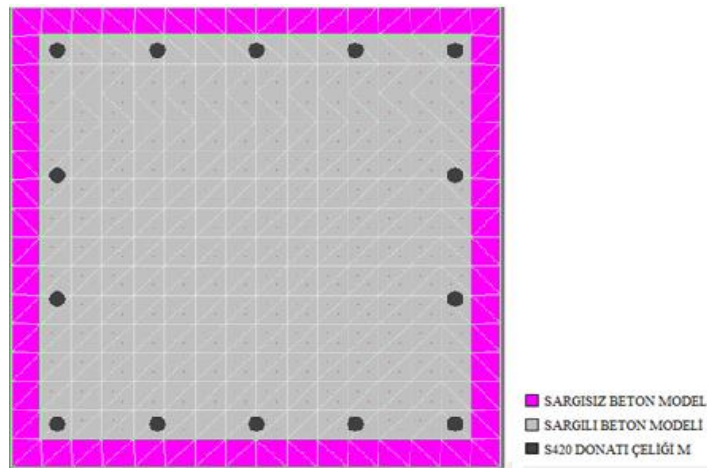
Tip No	Montaj Donatısı	Düz Donatı	Sağ Mesnet İlave	Sol Mesnet İlave	Kesit Tipinin Kullanıldığı Kirişler
TİP 1	3Φ16	2Φ16	6Φ20	5Φ20	K105, K108, K205, K208
TİP 2	3Φ20	5Φ20	6Φ20	1Φ20	K106, K107
TİP 3	3Φ12	2Φ16	4Φ20	4Φ20	K109, K112, K209, K212
TİP4	3Φ14	5Φ16	4Φ20	1Φ20	K206, K207
TİP5	3Φ20	5Φ20	1Φ20	1Φ20	K210, K211
TİP 6	3Φ12	2Φ16	4Φ20	3Φ20	K305, K308, K405, K408
TİP 7	3Φ12	2Φ20	4Φ20	1Φ20	K306, K307, K406, K407
TİP 8	3Φ14	2Φ16	5Φ20	3Φ16	K309, K312, K409, K412
TİP 9	3Φ14	3Φ20	4Φ20	1Φ20	K310, K311, K410, K411
TİP10	3Φ12	2Φ16	3Φ16	3Φ20	K505, K508, K605, K608
TİP11	3Φ12	3Φ16	2Φ20	1Φ20	K506, K507, K606, K607
TİP12	3Φ12	2Φ16	3Φ20	3Φ16	K509, K512, K609, K612
TİP13	3Φ12	3Φ16	2Φ20	1Φ20	K510, K511, K610, K611
TİP14	2Φ12	2Φ16	1Φ16	1Φ16	K705, K708, K805, K808 K709, K712, K809, K812
TİP15	2Φ12	3Φ16	2Φ16	1Φ16	K706, K707, K806, K807 K710, K711, K810, K811

4.6 Plastik Mafsal Özelliklerinin Hesaplanması

4.6.1 Beton ve donatı çeliği için malzeme modelleri

Bu tez çalışmasında, performans dayalı değerlendirmede Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz metodu kullanıldığı için; tasarlanan taşıyıcı sistemin kolon ve kirişlerinin plastik mafsal özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Kolon ve kirişlerin plastik mafsal özelliklerinin belirlenmesinde XTRACT [4] yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılımda, tasarlanan kesitlerin analizlerinde kullanılmak üzere beton için sargısız ve sargılı beton malzeme modelleri ve donatı çeliği malzeme modeli tanımlanmıştır. Beton malzeme modellerinin tanımlanmasında Mander Modeli kullanılmakta, donatı çeliği malzeme modelleri ise pekleşme etkisini içermektedir.

Kesit analizlerinde kullanılan malzeme modellerinin örnek bir kolon kesitindeki yerleri Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Şekil 4.2’den de görüldüğü gibi enine sargı donatısı içinde kalan beton, sargılanmış beton olarak tanımlanmakta ve enine donatının dışında kalan sargılanmamış betona göre oldukça sünek ve basınç dayanımı yüksektir. Sargılı beton malzeme modeli betonarme elemanın kesit özelliklerine (sargılama, düşey donatı aralıkları, etriye açıklıkları, vb.) göre değişkenlik gösterirken, sargısız beton malzeme modeli kesit özelliklerine bağlı değildir. Çünkü bu malzeme modeli etriyelerin dışında kalan kabuk betonunda kullanılmaktadır. Donatı çeliği malzeme modeli ise hem enine hem de boyuna donatılarda kullanılmaktadır. Donatı çeliği malzeme modelinde, çekme ve basınç altında aynı davranışın gösterildiği kabul edilirken, beton malzeme modellerinde betonun çekme kuvveti almadığı varsayılmıştır.

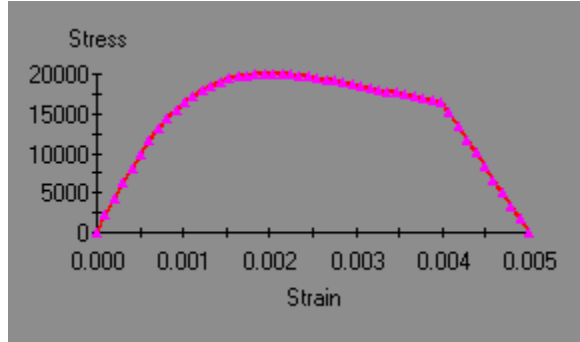


Şekil 4.2 : Bir kolon kesitinde kullanılan malzeme modelleri.

Yukarıda bahsi geçen malzeme modellerinin karakteristik özellikleri ise devam eden bölümler içerisinde verilmiştir.

4.6.1.1 Sargısız beton malzeme modeli

Şekil 4.3’de gerilme-birim şekil değiştirme grafiği verilen sargısız beton malzeme modeli bütün betonarme kesitlerin (kolon ve kiriş) kabuk betonları için kullanılmıştır.



Şekil 4.3 : Sargısız beton modeli gerilme-birim şekil değiştirme grafiği.

Malzeme modelinin özellikleri;

- Çekme Mukavemeti = 0 kPa
- 28 Günlük Basınç Mukavemeti = 20E+3 kPa
- Ezilme Birim Şekil değiştirmesi = 0.005
- Taşıma Gücü Birim Şekil değiştirmesi = 0.004
- Elastik Sınır Birim Şekil değiştirmesi = 0.001
- Elastisite Modülü = 2.12E+7 kPa
- Sekant Modülü = 1450 kPa
- Sargısız beton malzeme modelinin tanımlanmasında kullanılan matematiksel bağıntılar Çizelge 4.7’da verilmiştir.

4.6.1.2 Sargılı beton malzeme modeli

Mevcut 5 tip kolon için kesit ve sargılama özelliklerine göre bu malzeme modeli değişkenlik göstermektedir. Şekil 4.4’te örnek olarak TİP1 Kolon için sargılı beton malzeme modeli özellikleri gösterilmiştir. Malzeme modellenirken, C30 betonu için

Çizelge 4.7 : Sargısız beton malzeme modeli için matematiksel bağıntılar.

$$\varepsilon < 2\varepsilon_t \quad \text{ise} \quad f_c = 0$$

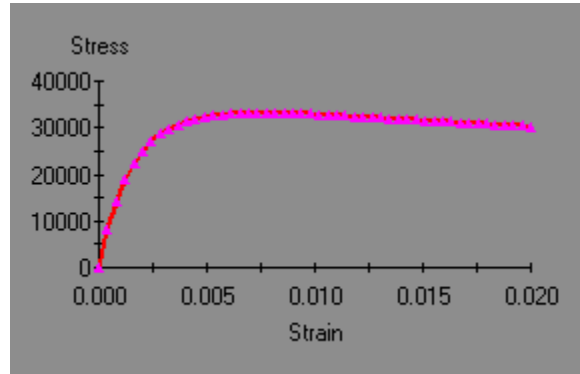
$$\varepsilon < 0 \quad \text{ise} \quad f_c = \varepsilon E_c$$

$$\varepsilon < \varepsilon_{cu} \quad \text{ise} \quad f_c = \frac{f'_c x r}{r - 1 + x^r}$$

$$\varepsilon < \varepsilon_{sp} \quad \text{ise} \quad f_c = f_{cu} + (f_{cp} - f_{cu}) \cdot \frac{(\varepsilon - \varepsilon_{cu})}{(\varepsilon_{sp} - \varepsilon_{cu})}$$

$$x = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_{cc}} \quad r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}} \quad E_{sec} = \frac{f'_c}{\varepsilon_{cc}}$$

28 günlük basınç mukavemeti değerinin 30 MPa yerine 25.5 MPa alınmıştır. Bunun sebebi, binaların doğrusal olmayan analizlerinde, beton dayanımının azaltılarak %85'inin alınmasıdır.



Şekil 4.4 : Sargılı beton modeli gerilme-birim şekil değiştirme grafiği.

Malzeme modelinin özellikleri;

- Çekme mukavemeti = 0 kPa
- 28 Günlük basınç mukavemeti = 25.5E+3 kPa
- Sargılı beton mukavemeti = 35E+3 kPa
- Ezilme birim şekildeğiştirmesi = 20E-3
- Elastisite modülü = 2.39E+7 kPa
- Sekant modülü = 887 kPa
- Sargılı beton malzeme modelinin tanımlanmasında kullanılan matematiksel

bağıntılar Çizelge 4.8’de verilmiştir. [10]

Çizelge 4.8 : Sargılı beton malzeme modeli için matematiksel bağıntılar.

$$\varepsilon < 2 \varepsilon_t \quad \text{İse} \quad f_c = 0$$

$$\varepsilon < 0 \quad \text{ise} \quad f_c = \varepsilon E_c$$

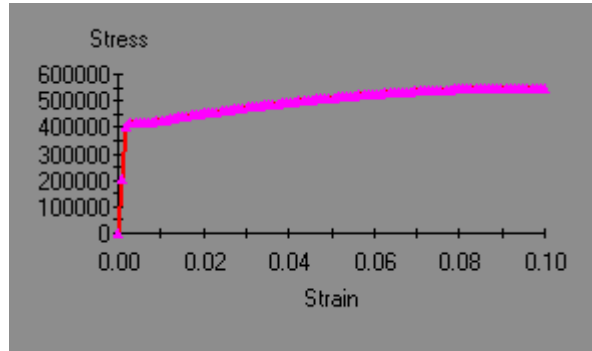
$$\varepsilon < \varepsilon_{cu} \quad \text{ise} \quad f_c = \frac{f'_{cc} x r}{r - 1 + x^r}$$

$$x = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_{cc}} \quad E_{sec} = \frac{f'_{cc}}{\varepsilon_{cc}} \quad r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}}$$

$$\varepsilon_{cc} = 0.002 \cdot \left[1 + 5 \cdot \left\{ \frac{f'_{cc}}{f_c} - 1 \right\} \right]$$

4.6.1.3 S420a donatı çeliği malzeme modeli

Bütün betonarme elemanlarda aşağıda bahsedilen ve gerilme –şekil değiştirme grafiği Şekil 4.5’de verilen çelik malzeme modeli kullanılmıştır.



Şekil 4.5 : S420a Donatı çeliği malzeme modeli gerilme-birim şekil değiştirme grafiği.

Malzeme modelinin özellikleri;

- Akma gerilmesi = 420E+3 kPa
- Kopma gerilmesi = 550E+3 kPa
- Akma birim şekildeğiştirmesi = 0.0021
- Gerilme pekleşmesi başlangıcı birim şekildeğiştirmesi = 0.008
- Kopma birim şekildeğiştirmesi = 0.10
- Elastisite modülü = 200000MPa

- Çekme ve basınç için aynı özellikler geçerlidir.
- S420a Donatı çeliği malzeme modelinin tanımlanmasında kullanılan matematiksel bağıntılar Çizelge 4.9'da verilmiştir. [10]

Çizelge 4.9 : S420a Donatı çeliği malzeme modeli için matematiksel bağıntılar.

$$\begin{aligned} \varepsilon < \varepsilon_y \quad \text{ise} \quad f_s &= E \varepsilon \\ \varepsilon < \varepsilon_{sh} \quad \text{ise} \quad f_s &= f_y \\ \varepsilon < \varepsilon_{su} \quad \text{ise} \quad f_s &= f_u - (f_u - f_y) \left\{ \frac{\varepsilon_{su} - \varepsilon}{\varepsilon_{su} - \varepsilon_{sh}} \right\}^2 \end{aligned}$$

4.6.2 Olası plastik mafsallık bölgeleri

Yukarıda anlatılan malzeme modelleri TDY2007 [1] EK-7B'de bahsi geçen malzeme modellerine benzerdir. Betonarme elemanların plastik mafsallık özelliklerinin belirlenmesi yukarıda bahsedilen beton ve çelik malzeme modelleri kullanılarak yapılarak kirişlerin sağ ve sol mesnetlerinde ve kolonların alt ve üst mesnetlerinde oluşması beklenen plastik mafsalların karakteristik mekanik özellikleri belirlenmiştir.

Kolon ve kirişlerin mesnet bölgelerindeki belirlenen kesit özellikleri XTRACT v3 yazılımında modellenerek kesit analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerin sonucunda, kolonlar için 3 boyutlu etkileşim yüzeyleri ve 2 farklı eksenel basınç yükü altındaki moment-eğrilik ilişkileri elde edilmiştir. Kirişler için ise altta ve üstte çekme olması durumlarına göre moment-eğrilik ilişkileri elde edilmiştir. Kirişlerin moment-eğrilik ilişkileri hesaplanırken eksenel yük etkisinin olmadığı kabul edilmiştir.

Kolon kesitlerindeki donatı dağılımı simetrik olduğu için, kesitin farklı yüzlerindeki çekme durumlarına göre moment-eğrilik analizi yapmaya gerek yoktur.

Aşağıda kolon ve kirişlerin olası plastik mafsallık özelliklerinin nasıl belirlendiği ve SAP2000 içinde plastik mafsallık tanımlanmasında izlenen yol anlatılmaktadır. Ayrıca ZTADOA sonuçlarında son zaman adımında sistemde mekanizma durumu meydana gelen plastik mafsallar Ek C'de gösterilmiştir.

4.6.3 Kolonların plastik mafsallık özellikleri

SAP2000 [3]'de kolonlarda plastik mafsallık tanımlayabilmek için PM2M3 tipi mafsallar kullanılmaktadır. PM2M3 tipi plastik mafsalların tanımlanabilmesi içinse 3 boyutlu etkileşim yüzeyinin ve kolonun doğrusal olmayan davranışını temsil eden moment-eğrilik ilişkisinin tanımlanması gerekmektedir. Kolonun moment-eğrilik ilişkisi, sabit normal kuvvet etkisi altında hesap edilip ve 2 farklı normal kuvvet düzeyi için kolonların moment-eğrilik ilişkileri hesap edilmiştir. Bu iki normal kuvvet düzeyi, analizler sonucu elde edilen kolonların eksenel yük taşıma (basınç) kapasitelerinin %15'i ve %45'i olarak alınmıştır. Bu kuvvetlere P1 ve P2 adı verilmiştir.

SAP2000'de kolonların 2 boyutlu etkileşim yüzeyleri birleştirilerek 3 boyutlu etkileşim yüzeyleri oluşturulabilmektedir. Kolonların kare olmasından dolayı, 2 boyutlu etkileşim yüzeyi analizleri x eksenini ile saat ibresinin tersi yönde 0 / 22.5 / 45 / 67.5 / 90 derecelik açı yapan eksenler etrafında moment olması durumları için yapılmıştır ve oluşturulan 90 derecelik 3 boyutlu yüzeyin x ve y eksenlerine göre simetriği alınarak 3 boyutlu yüzey elde edilmiştir.

Yukarıda anlatılanlara göre XTRACT v3 analizleri gerçekleştirilerek, kolonların plastik mafsallık özellikleri SAP2000 v11 içinde tanımlanmıştır. Ek A'da gerçekleştirilen XTRACT v3 analizleri sonucunda elde edilen kolon plastik mafsallık sonuçları verilmiştir.

4.6.4 Kirişlerin plastik mafsallık özellikleri

SAP2000 [3] içinde kirişler için plastik mafsallık tanımlayabilmek için M3 tipi plastik mafsallık kullanılmaktadır. Kirişlerde M3 momenti, eğilme momentine karşı gelmektedir. SAP2000'de kirişin pozitif ve negatif momentler için akma momentleri ve akma eğrilikleri (veya dönmeleri) tanımlanır. Bu sınır akma momenti değerlerine ulaşılmış veya geçilmiş olunması durumları için kirişin M3 momenti ile eğriliği (veya dönmesi) arasındaki ilişki tanımlanır. Bu moment-eğrilik ilişkisine bağlı olarak kiriş de plastik şekil değiştirmeler oluşur [10].

Yukarıda anlatılanlara göre XTRACT v3 analizleri gerçekleştirilerek, kiriş plastik mafsallık özellikleri SAP2000 v11 içinde tanımlanmıştır. Ek B'de XTRACT v3 analizleri sonucunda elde edilen kiriş plastik mafsallık sonuçları, verilmiştir.

5. ZAMAN TANIM ALANINDA ANALİZLERDE KULLANILAN 7 ADET BENZEŞTİRİLMİŞ DEPREM İVME KAYDI

5.1 Deprem İvme Kayıtlarının TDY2007'ye Göre Benzeştirilebilmesi İçin Sağlanması Gereken Şartlar

Bu çalışmada zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizde kullanılmak üzere TDY2007 [1]'ye göre benzeştirilmiş rastgele 7 adet deprem ivme kaydı seçilmiştir. TDY07'nin 2.9.1 maddesine göre yapay yer hareketlerinin kullanılması durumunda aşağıdaki üç koşulu sağlayan en az üç deprem yer hareketi üretilmelidir:

- (a) Kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, binanın birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmayacaktır.
- (b) Benzeştirilen deprem yer hareketinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması $A_0 g$ 'den daha küçük olmayacaktır.
- (c) Benzeştirilen her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerlerinin ortalaması, gözönüne alınan deprem doğrultusundaki birinci (hakim) periyot T_1 'e göre $0.2T_1$ ile $2T_1$ arasındaki periyotlar için, $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivmelerinin %90'ından daha az olmayacaktır. Zaman tanım alanında doğrusal elastik analiz yapılması durumunda, azaltılmış deprem yer hareketlerinin elde edilmesi için esas alınacak spektral ivme değerleri Denklem 5.1 ile hesaplanır.

$$S_{aR}(T_n) = \frac{S_{ae}(T_n)}{R_a(T_n)} \quad (5.1)$$

İncelenen binanın dinamik parametreleri aşağıda verilmiştir. Bu şartlar altında hesaplanan $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivme grafiği Şekil 5.1'de verilmiştir. Zaman tanım alanında doğrusal elastik analizlerde kullanılacak yer hareketlerinin elde edilmesi için kullanılacak spektral ivme değerleri, Şekil 5.1'de verilen $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivme değerleri R katsayısı ile azaltılarak elde edilmiştir.

Bina Önem Katsayısı	: $I = 1.0$
Hareketli Yük Katılım Katsayısı	: $n = 0.30$
Etkin Yer İvmesi Katsayısı	: $A_0 = 0.40$
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	: $R = 8$
Yerel Zemin Sınıfı	: Z_2
Spektrum Karakteristik Periyotları	: $T_A = 0.15 \text{ s}$, $T_B = 0.40 \text{ s}$

$$A(T) = A_0 \cdot I \cdot S(T) \quad (5.2)$$

$$S_{ae}(T) = A(T) \cdot g \quad (5.3)$$

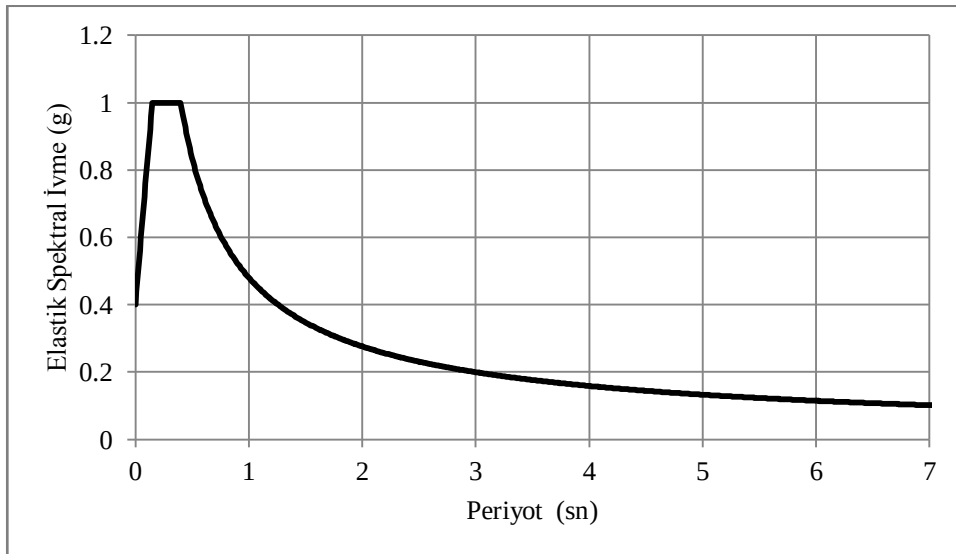
Spektrum Katsayısı, $S(T)$, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T 'ye bağlı olarak Denk.(5.4), Denk.(5.5) ve Denk.(5.6) ile hesaplanır;

$$S(T) = 1 + 1.5 \cdot \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (5.4)$$

$$S(T) = 2.5 \quad (T_A < T \leq T_B) \quad (5.5)$$

$$S(T) = 2.5 \cdot \frac{T_B}{T} \quad (T_B < T) \quad (5.6)$$

Rastgele seçilen deprem ivme kayıtlarının benzeştirilmesinde göz önüne alınan Elastik Spektral İvme Spektrumu eğrisi yukarıda bahsedilen parametreler ve Denk.(5.2) ve Denk(5.3) kullanılarak hesaplanmıştır ve Şekil 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.1 : Elastik spektral ivme spektrumu $S_{ae}(T)$.

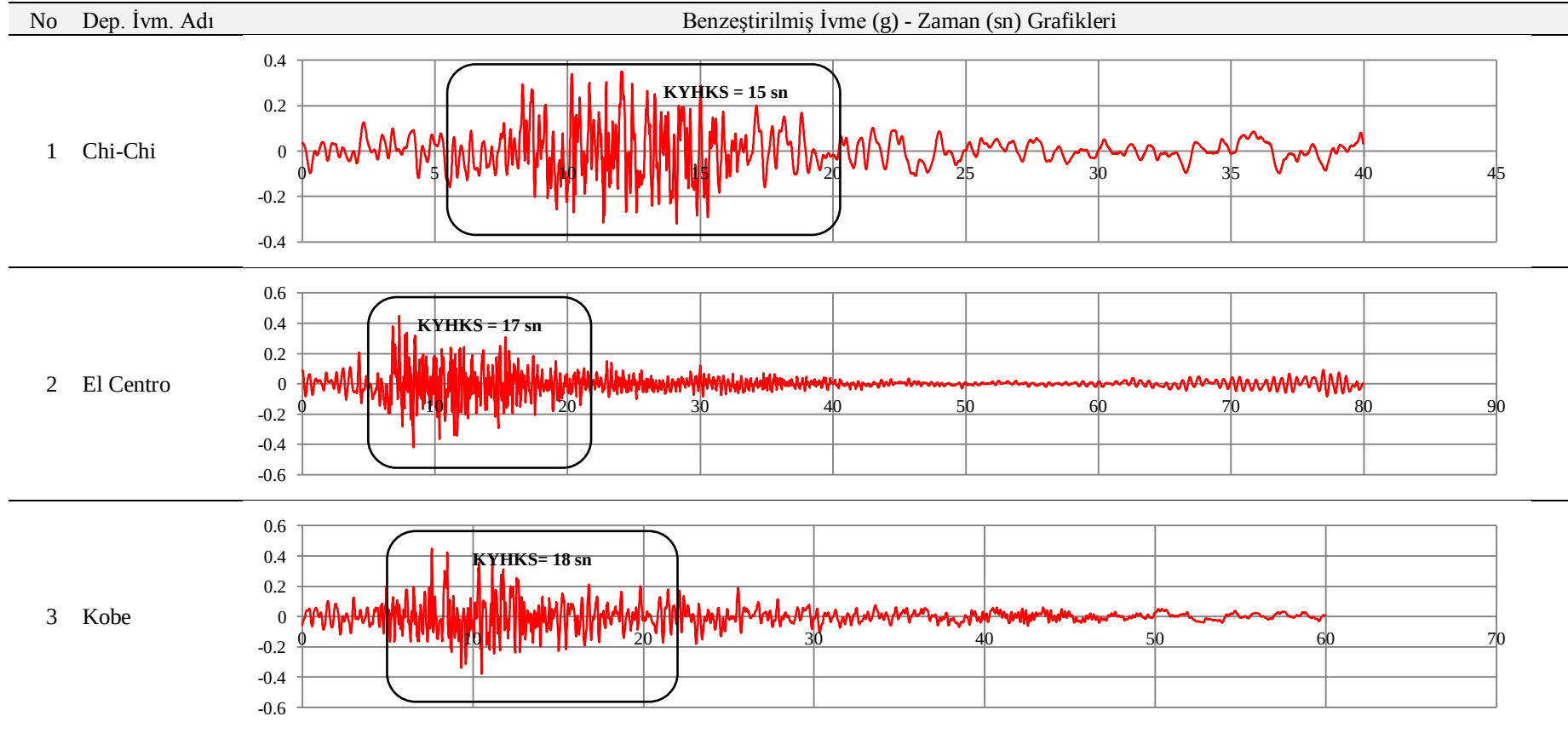
5.2 Seçilen Deprem İvmesi Kayıtları

Bu tez çalışmasında kullanılan ve TDY2007'nin 2.9.1 maddesinde belirtilen koşullara uygun olarak seçilen 7 adet deprem ivme kaydına ait bilgiler ve bazı sismik özellikleri Çizelge 5.1'de ve benzeştirilmiş deprem ivme kayıtları Çizelge 5.2'de verilmiştir.

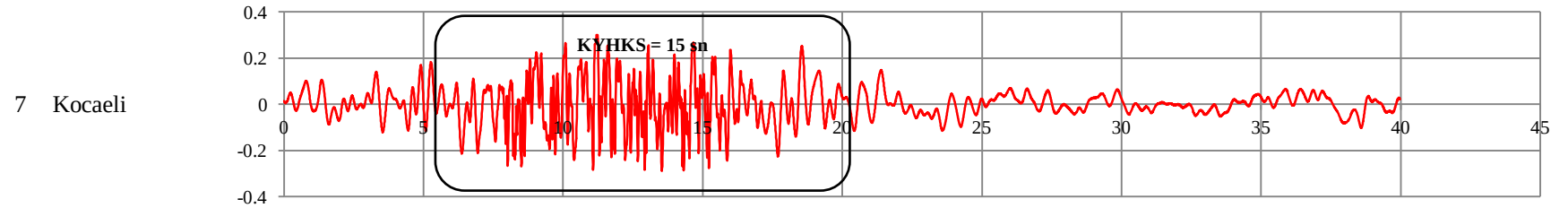
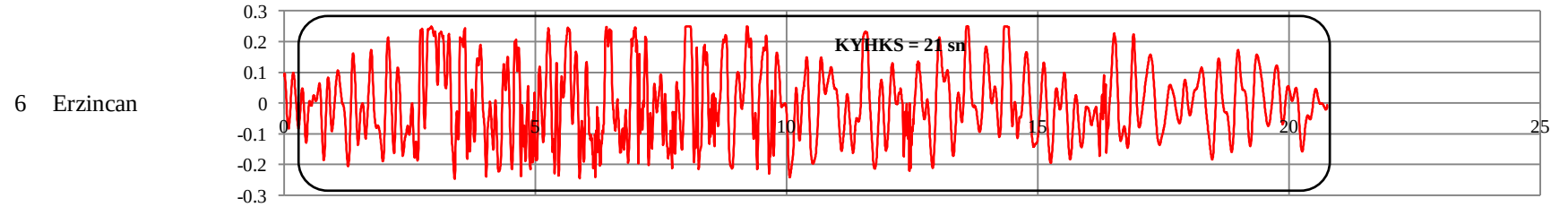
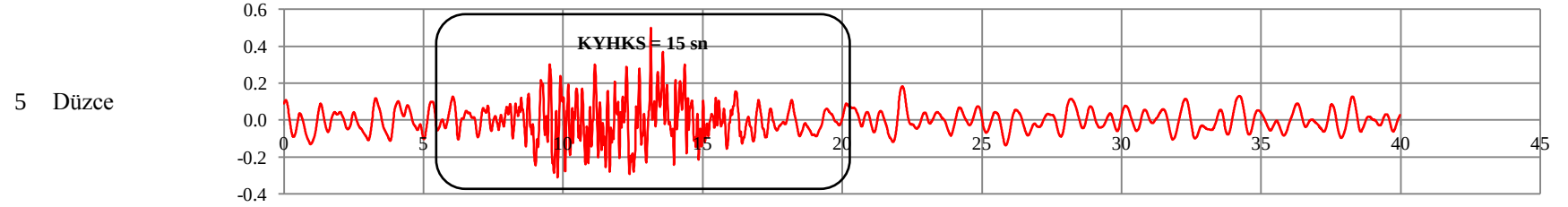
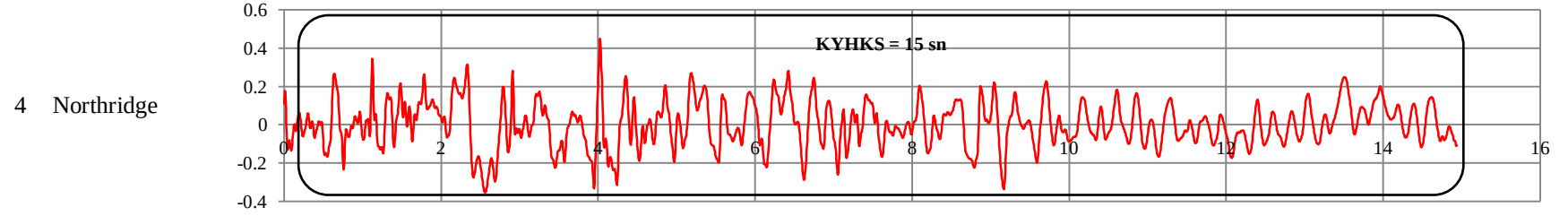
Çizelge 5.1 : Seçilen ivme kayıtlarının bazı sismik özellikleri.

No	Deprem Adı	Merkez Üssü	Meydana Gelme Tarihi	Deprem Tipi	Magnitüd	İvme Kaydının Süresi / Kayıt Aralığı (sn) / (sn)	Pik İvme (g)	Kayıp ve Zararlar
1	Chi-Chi	Chichi Kasabası / Tayvan (23.87 N, 120.75 E)	20 Eylül 1999 / 01:47	Sığ deprem	7.6	40 / 0.01	1.000	2100 ölü , 8000 yaralı, 8500 adet bina yıkıldı, 6200 adet bina ağır hasar gördü. 10-12 Milyar \$ toplam ekonomik zarar.
2	El Centro	El Centro / California /A.B.D (32° 44' N, 115° 30' W)	18 Mayıs 1940 / 08:37		7.1	79 / 0.02	0.850	8 ölü , 20 ağır yaralı , 6-7 Milyon \$ toplam ekonomik zarar.
3	Kobe	Awaji Adasının kuzeyinde, Kobe'ye 20 km uzaklıkta / Japonya	17 Ocak 1995 / 05:46	Sığ deprem (20km)	7.2	60 / 0.02	1.067	5500 ölü , 26000 yaralı , 200 Milyar \$ toplam ekonomik zarar.
4	Northridge	Los Angeles / A.B.D (34° 12.80' N, 118° 32.22' W)	17 Ocak 1994 / 04:31	Sığ deprem (8km)	6.7	15 / 0.005	0.872	60 ölü , 5000 den fazla yaralı , 40 Milyar \$ toplam ekonomik zarar.
5	Düzce	Düzce / Türkiye (40.77N 31.15E)	12 Kasım 1999 / 18:57		7.2	40 / 0.01	0.887	755 ölü , 4948 yaralı , 1342 adet bina yıkıldı , 7081 adet bina ağır hasar gördü.
6	Erzincan	Erzincan / Türkiye (39.77°N 39.53°E)	26 Aralık 1939 / 23:57		7.8	21 / 0.005	0.424	32962 ölü , Erzincan şehri tamamen yıkıldı ve eski şehrin kuzeyinde yeniden şehir kuruldu.
7	Kocaeli	İzmit/Türkiye (41.702°N 29.987°E)	17 Ağustos 1999 / 03:01	Sığ deprem (17km)	7.6	40 / 0.01	0.875	17127 ölü , 43959 yaralı , 2000 adet bina yıkıldı , 50000 adet bina ağır hasar gördü , 600000 insan evsiz kaldı.

Çizelge 5.2 : Benzeştirilmiş deprem ivme kayıtları.



Çizelge 5.2 (devam) : Benzeştirilmiş deprem ivme kayıtları.



5.3 TDY2007'deki Şartların Sağlanıp Sağlanamadığının Kontrolü

Daha öncede bahsedildiği gibi benzeştirilmiş ivme kayıtlarının ve spektrum eğrilerinin sağlaması gereken üç şart vardır. Aşağıda sırası ile bu şartlar irdelenmiş ve sonuçta benzeştirilen yeni ivme kayıtlarının ZTADOA'lerde kullanılabilir olduğu kanıtlanmıştır.

- Birinci şart; kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, binanın birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmayacaktır.

Çizelge 5.3'de, benzeştirilmiş ivme kayıtlarının kuvvetli yer hareketi kısımlarının süresinin birinci şartları sağladığı gösterilmiştir.

Çizelge 5.3 : Birinci şartın kontrol edilmesi.

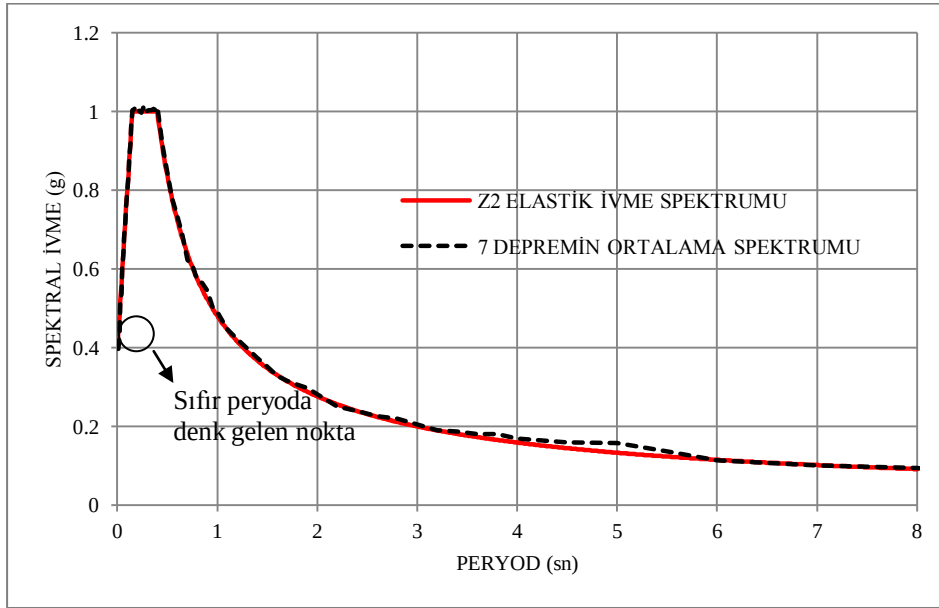
No	Deprem Adı	KYHKS (sn)	Hakim Mod Periyodu (sn)	5 katı (sn)	Koşul
1	Chi-Chi	15			✓
2	El Centro	17			✓
3	Kobe	18			✓
4	Northridge	15	0.720	3.6	✓
5	Düzce	15			✓
6	Erzincan	21			✓
7	Kocaeli	15			✓

- İkinci Şart; üretilen deprem yer hareketinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması A_0g 'den daha küçük olmayacaktır.

Şekil 5.2'de, benzeştirilmiş 7 adet deprem ivme kaydının spektrumlarının ortalaması ve elastik ivme spektrumu gösterilmektedir. Çizelge 5.4'de ise benzeştirilmiş ivme kayıtlarının %5 sönüm oranına göre çizilmiş spektrum eğrisinde, $T=0$ periyoduna denk gelen spektral ivme değeri ve ortalamaları verilmiştir. Şekil 5.3'de, daire ile işaretlenmiş olunan nokta, aşağıdaki çizelgenin Ortalama (g) sütununda bulunan 0.3961g'lik değeri göstermektedir. Bu 0.3961g değerinin, TDY2007'de bahsi geçen $A_0g = 0.40g$ değerinden büyük olması istenmektedir. Ortalama olarak hesaplanan 0.3961g değerinin 0.40g değerine çok yakın olmasından dolayı bu şartın sağlandığı kabul edilmiştir.

Çizelge 5.4 : İkinci şartın kontrol edilmesi.

İvme No	İvme Adı	T=0 Periyoduna denk gelen spektral ivme değeri(g)	Ortalama (g)
1	Chi-Chi	0.3539	
2	El Centro	0.4533	
3	Kobe	0.4525	
4	Northridge	0.4499	0.3961 $\approx A_0 g = 0.40 g$
5	Düzce	0.5060	
6	Erzincan	0.2554	
7	Kocaeli	0.3016	



Şekil 5.2 : Benzeştirilmiş 7 deprem ivme kaydının ortalama spektrumu ve Z2 zemin tipinin elastik ivmesi spektrumu.

- Üçüncü şart; yapay olarak üretilen her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerlerinin ortalaması, göz önüne alınan deprem doğrultusundaki birinci (hakim) periyot T_1 'e göre $0.2T_1$ ile $2T_1$ arasındaki periyotlar için, $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivmelerinin %90'ından daha az olmayacaktır.

Çizelge 5.5'de, üçüncü şartın benzeştirilmiş ivme kayıtları için sağlandığı gösterilmiştir.

Çizelge 5.5 : Üçüncü şartın kontrol edilmesi.

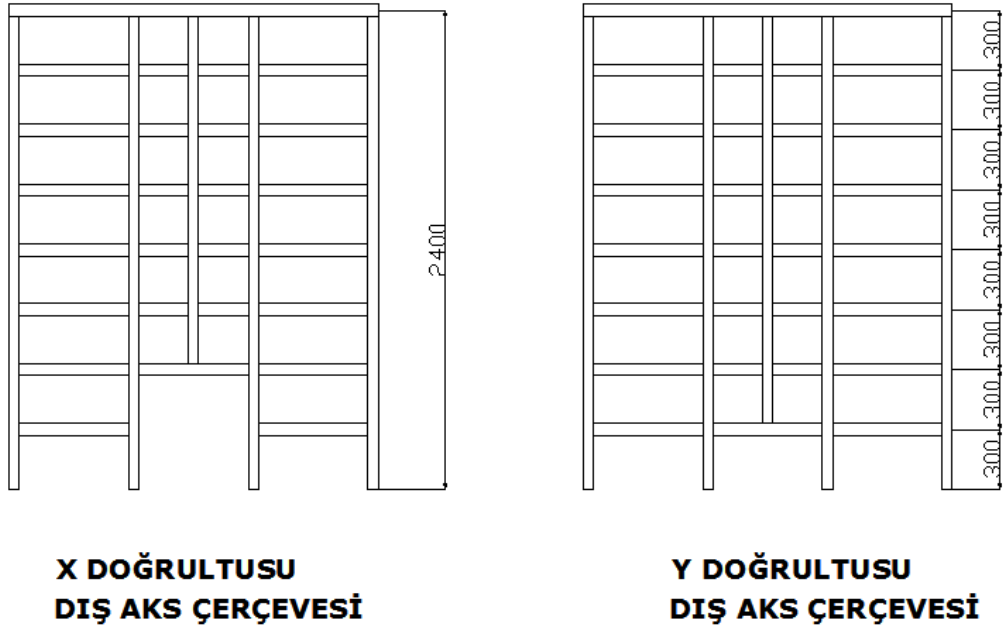
T1 (sn)	0.2* T1 (sn)	2*T1 (sn)	Grafik Gösterim
0.720	0.144	1.44	

Sonuç olarak benzeştirilmiş ivme datalarının zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerde kullanılabilmesi için TDY2007’de belirtilen şartları sağladığı gösterilmiştir.

6. ZAMAN TANIM ALANINDA HESAP YÖNTEMİ İLE KESİT TESİRLERİNİN BELİRLENMESİ

6.1 Giriş

Tez çalışmasında ele alınan yapının analizlerinde hesaplarda kolaylık sağlamak amacıyla, düşey süreksizlik bulunan çerçeveler ele alınarak bu düzlem çerçeveler üzerinde analizler gerçekleştirilmiştir. Düzlem çerçeveler hem zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi hem de zaman tanım alanında doğrusal elastik hesap yöntemi kullanılarak çözülmüş ve iki yöntem için de kesitlerde mesnet tepkileri elde edilmiştir. Analizlerde kullanılan düzlem çerçeveler Şekil 6.1 'de gösterilmişlerdir.



Şekil 6.1 : Hesaplarda kullanılan düzlem çerçeveler.

Zaman tanım alanında hesap yönteminde yapı elemanlarının plastik mafsallı özellikleri belirlenmiştir ve betonarme elemanların eğilme rijitlikleri çatlamış kesite ait eğilme rijitliklerine dönüştürülmüştür. Analizlerde 7 adet benzeştirilmiş deprem ivmesi kaydı kullanılarak elde edilen sonuçların ortalaması alınmıştır.

6.2 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi

Yapılar depremlerden dolayı oluşan kuvvetli yer hareketlerinin sonucunda doğrusal olmayan davranış gösterirler. Bu doğrusal olmayan davranışın değerlendirilebilmesi için şekil değiştirmeye ve yer değiştirmeye bağlı daha gerçekçi performans kriterlerini esas alan yapısal değerlendirme ve tasarım yöntemleri geliştirilmiştir.[11] Betonarme taşıyıcı sistemlerin kapasite tasarımı uzun zamandan beri yönetmeliklerde çeşitli seviyelerde yer almaktadır. Doğrusal olmayan davranışın göz önüne alınması daha gerçekçi bir davranış ve kapasite hesabının yanında aynı zamanda taşıyıcı sistemin kuvvetli ve zayıf taraflarını belirlemeyi mümkün kılar.[12]

Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi'nin amacı, taşıyıcı sistemdeki doğrusal olmayan davranış göz önüne alınarak sistemin hareket denkleminin adım adım entegre edilmesidir. Analiz sırasında her bir zaman artımında sistemde meydana gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvetler ile bu büyüklüklerin deprem istemine karşı gelen maksimum değerler kabul edilen bir deprem hareketi altında hesaplanır.

Zaman tanım alanında yapılacak deprem hesabı için kaydedilmiş depremler veya kaynak ve dalga yayılım özellikleri fiziksel olarak benzeştirilmiş yer hareketleri kullanılabilir. TDY07'ye göre zaman tanım alanında hesap yönteminin uygulanabilmesi için en az 3 adet deprem ivmesi kaydı kullanılması gerekmektedir. Eğer 3 adet deprem kaydı kullanılması durumunda bulunana sonuçların maksimum değerleri, en az 7 adet deprem kaydı kullanılması durumunda ise bulunan sonuçların ortalaması değerlendirme için esas alınır.

Bu çalışmada Bölüm 5'te verilen 7 adet benzeştirilmiş deprem ivmesi kaydı kullanılmıştır. Bu 7 ivme kaydına göre gerçekleştirilen 7 analiz sonucunun ortalaması alınmıştır. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerde düşey deprem etkileri yatay deprem ivme kayıtlarının $2/3$ 'ü alınarak elde edilmiştir. Yatay ve düşey deprem ivmeleri sistemlere aynı anda etkililerek analizler gerçekleştirilmiştir.

6.2.1 Yapı elemanlarının plastik mafsallık özelliklerinin belirlenmesi

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizin gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan plastik mafsallık özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Plastik mafsallar,

taşıyıcı elemanın doğrusal elastik sınırını aştıktan sonra göstereceği doğrusal olmayan davranışın karakteristiklerini içerirler. Plastik mafsalların, kolon – kiriş birleşim bölgelerinde mesnetlere yakın bir bölgede, perdelerde ise kat tabanı hizalarında olduğu kabul edilmektedir. Bu nedenle plastik mafsal özellikleri belirlenirken, olası plastik mafsal bölgelerindeki kesit özellikleri göz önünde bulundurulur [13].

Kolonların doğrusal olmayan davranışlarının modellenenebilmesi için 2 özelliğin belirlenmesi gerekmektedir. Bunlar;

- Normal kuvvet ve 2 eksen etrafında moment bileşenlerinden oluşan, 3 boyutlu etkileşim yüzeyi,
- 3 boyutlu etkileşim yüzeyinin üzerinde veya dışında, kolonun moment-eğrilik ilişkisidir. Bu moment-eğrilik ilişkisi kolonun maruz kaldığı eksenel yük düzeyine göre değişkendir.

Kolonlar, normal kuvvet ve 2 eksen etrafında moment bileşenlerinden oluşan 3 boyutlu etkileşim yüzeyi üzerinde veya dışındaki normal kuvvet-moment çifti durumlarında, doğrusal elastik kapasitesini tamamlar ve elastik ötesi davranışı, sünekliğine ve o anda maruz kaldığı eksenel yük düzeyine uygun olan moment-eğrilik ilişkisine bağlı olarak gösterir.

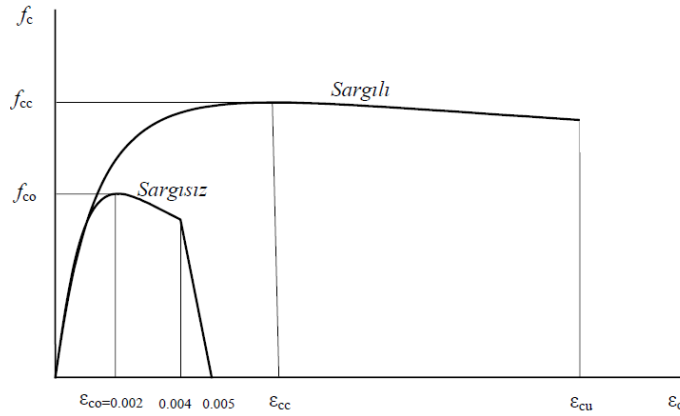
Kolona etkiyen eksenel basınç kuvveti arttıkça yutulan enerji, yani süneklik azalır. Süneklik, kolonun göçme eğriliğinin akma eğriliğine oranı olarak da tanımlanabilir ve eksenel basınç yükünün artması bu oranın küçülmesine neden olur.

Kirişlerin doğrusal olmayan davranışlarının modellenenebilmesi için ise kiriş mesnet kesitlerinde altta ve üstte çekme olması durumlarına göre moment-eğrilik ilişkisinin belirlenmesi gerekmektedir. Kirişlerde eksenel yük oluşmadığı kabul edilirse, kirişlerin moment-eğrilik ilişkisi, kolonlardaki gibi değişken değil sabittir.

Taşıyıcı yapı elemanlarının büyük oranda enerji yutabilmeleri için sünek elemanlar olmaları gerekmektedir. Betonarme yapı elemanlarında süneklik, kullanılan malzemenin cinsine, boyuna donatı düzeni ve miktarına, enine donatının sargılama etkisine, eksenel basınç ve kayma gerilmelerinin düzeyine göre değişkenlik göstermektedir. Sünekliği sağlayan en önemli şartlardan birisi enine donatının sargılama etkisidir. Enine donatı ile uygun şekilde sargılanan beton, sargılanmış

beton olarak tanımlanır ve bu sargı donatısının dışında kalan kabuk betonu ise sargılanmamış beton olarak tanımlanır. Sargılanmış beton sargılanmamış betona göre daha sünektir ve basınç dayanımı yüksektir.

Kolon, kiriş ve perde gibi betonarme kesitlerin plastik mafsallık özelliklerinin belirlenebilmesi için TDY07 [1]'nin Bilgilendirme Eki 7B bölümünde açıklanmış olan malzeme modelleri kullanılmaktadır. Şekil 6.2'de sargılı ve sargısız beton modellerine ait gerilme-şekil değiştirme grafiği verilmektedir. Kabuk betonu dışında TDY07'de belirtilen sargılama donatısı şartlarına uygun olmayan betonarme kesitlerin, enine donatılarının içinde kalan beton da sargılanmamış beton olarak kabul edilmektedir.



Şekil 6.2 : Sargılanmış ve sargılanmamış beton için gerilme-şekil değiştirme ilişkisi.

Bu tez çalışmasında incelenen düzlem çerçevedeki betonarme elemanların plastik mafsallık özellikleri Bölüm 4.6'da açıklandığı gibi sargısız ve sargılı beton malzeme modelleri ve donatı çeliği malzeme modeli tanımlanarak XTRACT v3 [4] yazılımı kullanılmıştır. Gerçekleştirilen analizler sonucunda elde edilen kolonlara ait plastik mafsallık sonuçları Ek A'da ve kirişlere ait plastik mafsallık sonuçları Ek B'de verilmiştir.

6.2.2. Etkin eğilme rijitliklerinin hesaplanması

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yapabilmek için öncelikle yapı elemanlarının eğilme rijitliklerinin belirli bir oranda azaltılması gerekmektedir. Bu rijitlik azaltımı sonucunda belirlenen yeni rijitlik değerlerine, etkin eğilme rijitlikleri denilmektedir. Eğilme etkisindeki betonarme elemanların akma öncesi doğrusal davranışları için çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri kullanılır. Kolon ve kirişlerdeki etkin eğilme rijitlikleri hesaplanarak, bu elemanların eğilme rijitlikleri çatlamış kesite ait eğilme rijitliklerine dönüştürülmüştür.

TDY2007'ye göre daha kesin bir hesap yapılmadıkça, çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri şu şekilde hesaplanır;

a) Kirişlerde: $0.40 EI_o$

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

$N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0.40$ olması durumunda: $0.80 EI_o$

Eksenel basınç kuvveti N_D 'nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılır. N_D , deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu yüklerin göz önüne alındığı ve çatlamamış kesitlere ait $(EI)_o$ eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük hesabı ile belirlenir. Yani, Bina $W=G+nQ$ düşey yüklemesi altında analiz edilir. Burada n , hareketli yük katılım katsayısıdır ve binanın kullanım amacına göre Çizelge 6.1'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan yapı konut yapısı olduğu için hareketli yük katılım katsayısı n değeri 0,3 olarak hesap yapılmıştır. Zaman tanım alanında hesap için başlangıç durumunu oluşturan düşey yük hesabı ise, yukarıda belirtildiği şekilde elde edilen etkin eğilme rijitliği $(EI)_e$ kullanılarak, deprem hesabında esas alınan kütlelerle uyumlu yüklere göre yeniden yapılır. Deprem hesabında yine etkin eğilme rijitlikleri kullanılır.

Çizelge 6.1 : Hareketli yük azaltma katsayısı - n

Binanın Kullanım Amacına	Hareketli Yük Azaltma Katsayısı - n
Depo, Antrepo, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, garaj, lokanta, mağaza, vb.	0.60
Konut, işyeri, otel, hastane, vb.	0.30

Bina modelinde yapılan düşey yük analizi sonucunda kolonlara ait etkin eğilme rijitlikleri Çizelge 6.2'de gösterildiği şekilde elde edilmiştir. Bütün kirişlerde ise etkin eğilme rijitliği, eğilme rijitliklerinin 0.40 katsayısı ile azaltılmasıyla elde edilmiştir.

6.2.3. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerin SAP2000 yazılımında tanımlanması

Düzlem çerçevelerin zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ile analizleri SAP2000 v11 [3] yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. SAP2000 yazılımında Zaman tanım alanında analiz gerçekleştirebilmek için ilk olarak deprem

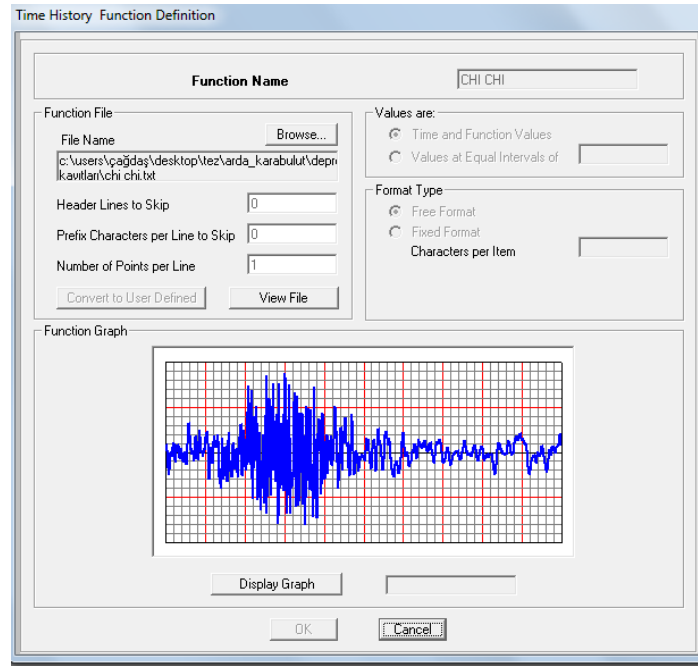
Çizelge 6.2 : Kolonlara ait etkin eğilme rijitlikleri.

Kat No	Kolon Adı	B-H	N _D	A _c	N _D /A _c *f _{cm}	Etk. Eğ. Rij.
1	S101	0.5	348.4933	0.25	0.056	0.341
	S103	0.7	606.7284	0.49	0.050	0.333
2	S201	0.5	304.0007	0.25	0.049	0.332
	S203	0.6	501.2086	0.36	0.056	0.341
	S206	0.5	43.15915	0.25	0.007	0.276
3	S301	0.5	258.4873	0.25	0.041	0.322
	S304	0.5	408.4182	0.25	0.065	0.354
	S307	0.5	62.90123	0.25	0.010	0.280
4	S401	0.5	212.2316	0.25	0.034	0.312
	S404	0.5	323.7728	0.25	0.052	0.336
	S407	0.5	67.83779	0.25	0.011	0.281
5	S501	0.5	165.3759	0.25	0.026	0.302
	S504	0.5	245.408	0.25	0.039	0.319
	S507	0.5	61.4132	0.25	0.010	0.280
6	S601	0.5	118.1008	0.25	0.019	0.292
	S604	0.5	171.5108	0.25	0.027	0.303
	S607	0.5	46.89217	0.25	0.008	0.277
7	S701	0.5	70.54401	0.25	0.011	0.282
	S704	0.5	100.6676	0.25	0.016	0.288
	S707	0.5	26.82667	0.25	0.004	0.272
8	S801	0.5	22.7948	0.25	0.004	0.272
	S804	0.5	31.47553	0.25	0.005	0.273
	S807	0.5	3.843535	0.25	0.001	0.267

ivme kayıtlarının tanımlanması gerekmektedir. Bunun için analizde kullanılacak ve Bölüm 5’te verilmiş olan benzeştirilmiş 7 adet depreme ait zamana bağlı ivme değerleri ayrı ayrı “.txt” uzantılı Notepad dosyalarına kaydedilir. Bu kayıtlar kullanılarak SAP2000’de “Time History” fonksiyonları her deprem için ayrı ayrı tanımlanır. Şekil 6.3’de programda tanımlanan Chi Chi depremine ait fonksiyon gösterilmiştir.

6.2.3.1.SAP2000 yazılımında kolon ve kirişlerin plastik mafsallık özelliklerinin tanımlanması

SAP2000 yazılımında doğrusal olmayan analiz gerçekleştirileceği için gerçekleştirilen kesit analizleri sonucu belirlenen plastik mafsallık özelliklerinin programa tanımlanması gerekmektedir. Bu işlem için Ek A ve Ek B’de gösterilen kolon ve kiriş plastik mafsallık özellikleri kullanılmıştır.



Şekil 6.3 : Chi Chi depreminin SAP2000 yazılımında tanımlanması.

SAP2000’de kolonlar için plastik mafsalları tanımlaması PM2M3 plastik mafsalları tipi kullanılarak yapılmaktadır. Bu plastik mafsalları tipini tanımlamak için; kolonun 2 boyutlu etkileşim eğrileri kullanılarak normal kuvvet (P) ve iki eksenli moment (M2 ve M3) eksenlerinde 3 boyutlu etkileşim yüzeyi oluşturulur. Kolonun elastik ötesi davranışı, daha önce belirli normal kuvvet değerlerine göre hesaplanan moment-eğrilik ilişkilerine bağlı olarak SAP2000 yazılımı tarafından hesaplanır.

Kolonlarda plastik mafsalları özellikleri tanımlanırken şu adımlar izlenmiştir;

- PM2M3 mafsalları tipi moment-dönme özelliklerine bağlı olarak tanımlanmıştır.
- Tanımlanan kolonlar simetrik oldukları için moment dönme ilişkisi 0-90 derece arasında tanımlanmıştır. Böylece işlemler kısaltılmış olunur.
- Moment dönme ilişkisinde kullanılacak 2 adet eksenel yük (P1 ve P2) tanımlanmıştır. Bu eksenel yükler kolon eksenel yük taşıma kapasitesinin %15 ve %45’i olarak alınmıştır.
- Kolonun moment dönme ilişkisinin girileceği açılar 0/45/90 derece olarak girilmiştir.
- 3 boyutlu etkileşim eğrilerinin elde edilmesi için 5 adet 2 boyutlu etkileşim eğrisi tanımlanmıştır. Yani, x eksenine ile saat ibresinin tersi yönde 0 / 22.5 / 45 / 67.5 / 90 derece açı yapan eksenlere göre 2 boyutlu etkileşim eğrilerinin tanımlanması

yapılmıştır. Şekil 6.4'te SAP2000'de 2 boyutlu etkileşim eğrilerinin tanımlandığı ekran gösterilmiştir.

- Kolonların moment-dönme ilişkisi P1 ve P2 sabit eksenel yüklerine ve 0 / 45 / 90 derecelik açılara göre tanımlanmıştır. Yani 2 adet eksenel yük ve 3 adet açı altında 6 adet tanımlama yapılmıştır.

Point	P	M2	M3
1	-12670.	0.	0.
2	-11759.13	140.9087	0.
3	-8501.	590.	0.
4	-5464.	898.3	0.
5	-3756.	929.8	0.
6	-2817.	868.1	0.
7	-2186.	800.9	0.
8	-1730.	740.8	0.
9	-1416.	690.3	0.
10	113.6	365.1	0.
11	1236.2821	80.7737	0.

Şekil 6.4 : SAP2000 yazılımında 2 boyutlu etkileşim eğrilerinin tanımlanması.

SAP2000 yazılımında kirişler için plastik mafsal tanımlaması M3 plastik mafsal tipi kullanılarak yapılmaktadır. Kirişlerde M3 momenti eğilme momentine karşı gelmektedir. Bu plastik mafsal tipi tanımlanırken Kirişin + ve - moment etkileri altındaki akma momentleri ve akma eğrilikleri (veya dönmeleri) ve bu sınır akma momentine ulaşılmış veya geçilmiş olunması durumları için kirişin M3 momenti ile eğriliği (veya dönme) arasındaki ilişki tanımlanır. Bu moment-eğrilik ilişkisine bağlı olarak kirişte oluşan plastik şekil değiştirmeler SAP2000 yazılımı tarafından hesaplanır.

SAP2000 yazılımına kirişlerin plastik mafsal özellikleri tanımlanırken şu adımlar izlenmiştir;

- Moment-dönme ilişkisi kullanılarak M3 tipi plastik mafsal tanımlanmıştır.
- Kirişin altta ve üstte çekme olması durumlarına göre ayrı ayrı akma dönmesi ve akma momenti değerleri girilmiştir.

- Kesit analizleri sonucu elde edilen moment eğrilik ilişkileri SAP2000’de tanımlanmıştır.

Şekil 6.5’te kiriş plastik mafsallık özelliklerinin tanımlandığı SAP2000 ekranı gösterilmiştir.

Frame Hinge Property Data for Tip1_sol - Moment M3

Edit

Displacement Control Parameters

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E-	-0.2	-31.31
D-	-0.2	-29.31
C-	-1.17	-29.31
B-	-1.	0.
A	0.	0.
B	1.	0.
C	1.2	30.11
D	0.2	30.11
E	0.2	32.11

☐ 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: Positive Negative

☐ Use Yield Rotation (Steel Objects Only)

Rotation SF: Positive Negative

Acceptance Criteria (Plastic Rotation/SF)

	Positive	Negative
Immediate Occupancy	4.000E-03	-4.000E-03
Life Safety	0.02	-0.02
Collapse Prevention	0.04	-0.04

☐ Show Acceptance Criteria on Plot

Şekil 6.5 : SAP2000 yazılımında kiriş plastik mafsallık özelliklerinin tanımlanması.

6.2.3.2. SAP2000 yazılımında zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz durumlarının tanımlanması

Zaman tanım alanında analiz için kullanılacak devrem ivme kayıtlarının ve plastik mafsallık özelliklerinin tanımlanmasından sonra gerçekleştirilecek 7 analiz için ayrı ayrı ZTADOA durumlarının tanımlanması gerekmektedir. Bu işlem gerçekleştirilirken şu adımlar izlenmiştir;

- “Time history type” olarak “ direct integration” durumu seçilerek modelde tanımlanmış bütün doğrusal olmayan davranışa sahip elemanlar hesaba dahil edilmişlerdir.
- Analizlere bir başlangıç koşulu olarak doğrusal olmayan bir statik itme analizi tanımlanmıştır. Bu başlangıç koşulu için, binaya etkiyen bütün düşey yükler kademeli olarak binaya etkililerek bu yüklemenin tamamlandığı anda zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizin başlangıç koşulları oluşturulmuştur.
- Analiz sırasında yapıya etkililecek deprem ivme fonksiyonları ilgili doğrultularda

tanımlanmışlardır. X doğrultusundaki çerçevede analiz gerçekleştirilirken U1 (x) doğrultusunda ve y düzleminde ele alınan çerçevede analizler gerçekleştirilirken bu fonksiyonlar U2 (y) doğrultusunda etkitilmiştir. Aynı zamanda yatay deprem etkisinin yanı sıra düşey deprem etkileri de belirli bir oranda analizlerde hesaba katılacakları için deprem ivme fonksiyonları 2/3 katsayısı ile çarpılarak U3 (z) doğrultusunda analize eklenmişlerdir. Ayrıca deprem ivme fonksiyonları yerçekimi ivmesine göre normalleştirilmiş olarak tanımlandığından dolayı yatayda ve düşeyde etkitilen deprem ivme fonksiyonları 981.katsayısı ile çarpılmışlardır.

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz durumlarının tanımlandığı ilgili SAP2000 ekranı Şekil 6.6’da gösterilmiştir.

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	CHI CHI	9.81
Accel	U1	CHI CHI	9.81
Accel	U3	CHI CHI	6.54

Şekil 6.6 : SAP2000 yazılımında ZTADOA durumlarının tanımlanması.

6.3 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Analiz

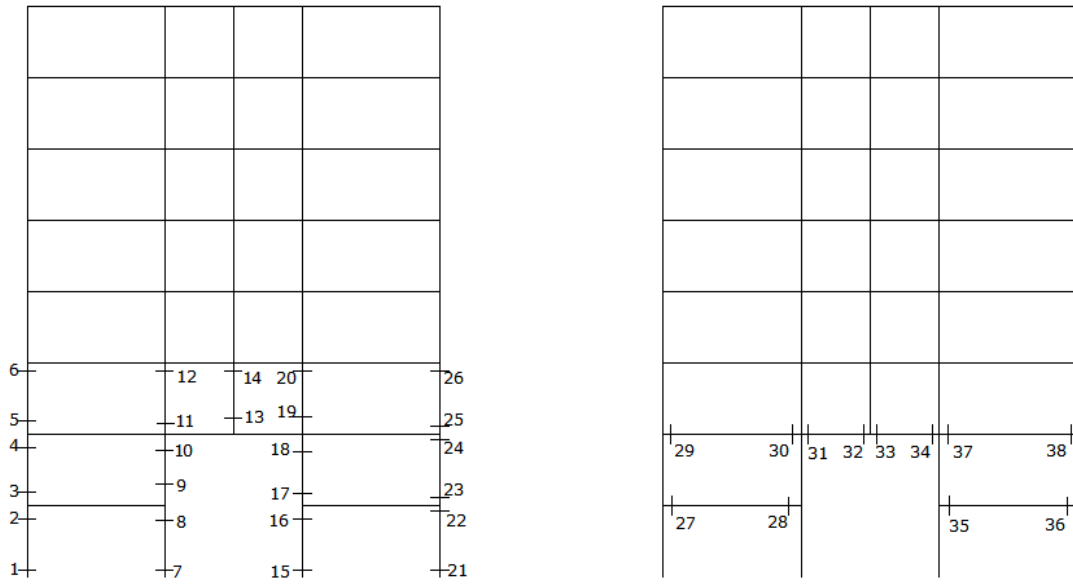
Zaman tanım alanında doğrusal elastik analizler gerçekleştirilirken ZTADOA’da olduğu gibi etkin eğilme rijitlikleri kullanılmıştır. Bu analizlerde doğrusal kabul yapıldığı için kesitlere ait plastik mafsallık özellikleri kullanılmamıştır. Analizlerde kullanılan 7 adet depreme ait yer hareketlerinin elde edilmesi için kullanılan spektral ivme değerleri, ZTADOA’ de kullanılan kayıtlardan farklı olarak elastik spektral

ivme değerlerinin taşıyıcı sistem davranış katsayısına bölünmesi ile elde edilmiştir. Bu 7 deprem kaydı için zaman tanım alanında analizler SAP2000 yazılımında analiz tipi “Lineer” seçilerek tanımlanmıştır. Yatay deprem etkisi ve düşey deprem etkisi altında analizler ayrı ayrı gerçekleştirilerek, kesit tesirlerinin elde edilmesi için bu analizlerden elde edilen maksimum kesit tesirleri süperpoze edilmişlerdir. Karesel birleştirme gerçekleştirilmesi durumunda kesit tesirlerinin işaretleri kaybolduğu için süperpozisyon işlemi şu şekilde uygulanmıştır;

- $G + Q$ yükleme sonucu kritik kesit tesirleri elde edilmiştir.
- Yalnızca yatay deprem etkisi altında sistem çözülerek kritik kesitlerde oluşan maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri ve maksimum momente karşılık gelen normal kuvvet değerleri elde edilmiştir.
- Yalnızca düşey deprem etkisi altında sistem çözülerek kritik kesitlerde oluşan maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri ve maksimum momente karşılık gelen normal kuvvet değerleri elde edilmiştir.
- Bu 3 durumdan elde edilen değerlerin karelerinin toplamının karekökü alınarak kesit tesirleri belirlenmiştir.

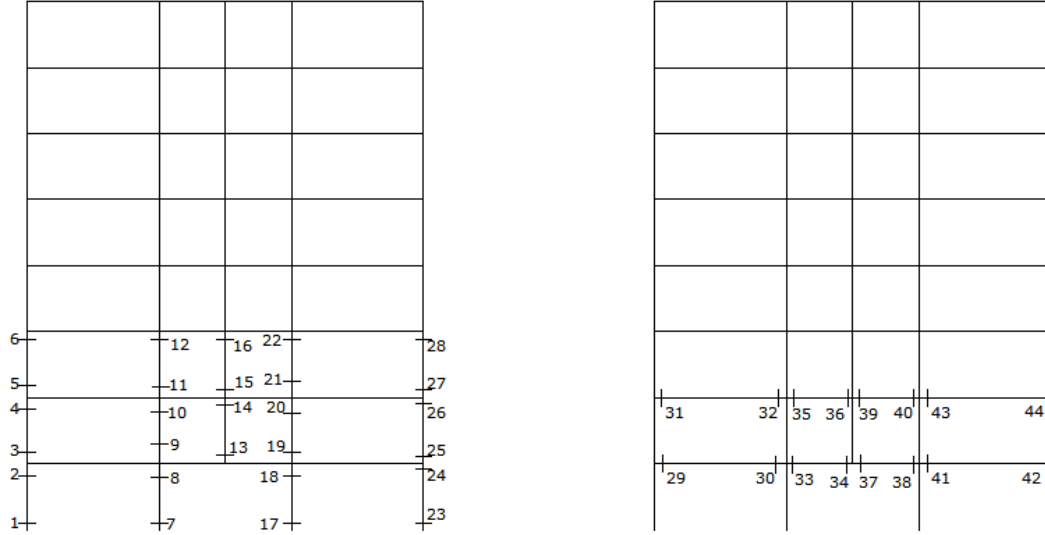
7. ANALİZLERDEN ELDE EDİLEN SAYISAL SONUÇLAR

Tez çalışmasında incelenen sistemlerin, 3 farklı analiz yöntemi sonucunda elde edilen sonuçları bu bölümde ayrı başlıklar altında gösterilerek, bu sonuçlara ait gerekli karşılaştırmalar ve değerlendirmeler verilmiştir. Gerçekleştirilen analizler sonucunda düzlem çerçevelerde düşey süreksizlik etkilerinin gözlemlenebileceği kritik kesitler belirlenerek bu kesitlerde oluşan kesme kuvveti, moment ve normal kuvvet etkileri irdelenmiştir. Bu belirlenmiş olan kesitler numaralandırılarak düzlem çerçeveler üzerinde Şekil 7.1’de gösterilmiştir.



X DOĞRULTUSU DÜZLEM ÇERÇEVE

Şekil 7.1 : Analizler sonucunda incelenen kritik kesitler.



Y DOĞRULTUSU DÜZLEM ÇERÇEVE

Şekil 7.1(devamı) : Analizler sonucunda incelenen kritik kesitler.

7.1 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi Sonuçları

Tez çalışmasında incelenen TDY2007'ye göre boyutlandırılmış yapıdan alınan zaman tanım alanında analizlerin uygulandığı iki düzlem çerçeve gerekli karşılaştırmaları gerçekleştirebilmek amacıyla aynı zamanda doğrusal analizlerle de Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile incelenmiştir. Bu doğrusal analizlerde şu 3 yük birleşimi göz önünde bulundurulmuştur.

- $1.4G + 1.6Q$
- $G + Q + E$
- $G + Q - E$

Doğrusal analizlerde deprem etkileri Eş Değer Deprem Yüğü Yöntemi ile kat kesme kuvvetleri bulunarak hesaplarda göz önünde bulundurulmuştur. Analizler SAP2000 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Düzlem çerçevelerin belirlenen kesitlerinde bu 3 yükleme durumu sonucunda elde edilen moment, normal kuvvet ve kesme kuvveti etkileri elde edilmiştir. Karşılaştırmalarda bu 3 yük birleşiminden elde edilen en elverişsiz etkiler kullanılmıştır. X doğrultusunda incelenen düzlem çerçeveye ait bu kesit etkileri Ek D'de verilmiştir.

7.2 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Sonuçları

Düzlem çerçeveler, 7 farklı deprem kaydı için tanımlanan Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz durumları için ayrı ayrı çözülerek analiz sonuçları elde edilmiştir. Böylece her deprem durumu için belirlenen kesitlere ait kesme kuvveti, normal kuvvet ve moment değerleri elde edilmiştir. Bu aşamada kesitlerdeki kesme kuvveti ve moment değerleri, tüm zaman adımları göz önünde bulundurularak o kesite ait oluşan en elverişsiz değerler kullanılarak elde edilmiştir. Kesitlerdeki normal kuvvet değerleri ise kesitte en elverişsiz moment etkisinin olduğu zaman adımıyla ortaya çıkan normal kuvvet değerleri kullanılarak elde edilmiştir. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz sonucu düzlem çerçevelerde belirlenen kolon ve kiriş kesitlerinde oluşan kesit tesirleri Ek D’de gösterilmiştir.

TDY2007 Zaman Tanım Alanında Analiz yöntemini seçilmesi durumunda, eğer analizlerde 3 tane deprem kaydı kullanıldıysa elde edilen sonuçların maksimum değerlerinin, eğer en az 7 adet deprem ivme kaydı kullanıldıysa elde edilen sonuçların ortalamalarının kullanılmasını şart koşturmuştur. Bu yüzden ayrı ayrı 7 deprem durumu için zaman tanım alanında analizler sonucu elde edilen kesit tepkilerinin ortalamaları alınmıştır. X ve y doğrultularındaki düzlem çerçevelerin ZTADOA sonucunda kolon ve kirişlerde oluşan kesit tesirlerinin ortalamaları sırasıyla Çizelge 7.1 ve Çizelge 7.2’de gösterilmiştir.

7.3 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Analiz Sonuçları

Düzlem çerçeveler, 7 farklı deprem kaydı için yatay ve düşey deprem etkileri altında ayrı ayrı çözülerek kritik kesitlere ait kesit tesirleri elde edilmiştir. Her deprem durumu için yatay deprem yüklemesi altında, düşey deprem yüklemesi altında ve G+Q yüklemesi altında elde edilen kesit tesirlerinin karelerinin toplamının karekökü alınarak süperpoze edilmişlerdir. Bu süperpozisyon işlemi uygulanırken G+Q yüklemesi sonucunda kesitte oluşan kesit zorlarının işaretleri göz önünde bulundurularak, zaman tanım alanında doğrusal analizler sonucu meydana gelen maksimum yada minimum kesit zorları kullanılmıştır. Yani G+Q yüklemesinde kesitte pozitif tesir meydana gelmesi durumunda zaman tanım alanında analiz sonucu kesitte oluşan maksimum (+) tesir, negatif tesir meydana gelmesi durumunda ise zaman tanım alanında analiz sonucunda kesitte oluşan minimum (-) tesir göz önünde

Çizelge 7.1 : X doğrultusundaki düzlem çerçevenin ZTADOA sonucu ortalamaları.

	Kolon Kesit Tesirleri				Kiriş Kesit Tesirleri	
	V	N	M		V	M
Kesit	KN	KN	KN-m	Kesit	KN	KN-m
1 Max	186.259	1108.997	379.450	27 Max	179.991	256.341
1 Min	-106.090	158.388	-238.778	27 Min	-62.490	-438.020
2 Max	106.090	-1089.238	180.360	28 Max	183.464	482.315
2 Min	-186.259	-105.556	-82.427	28 Min	-59.016	-279.355
3 Max	174.765	905.008	260.131	29 Max	174.987	245.409
3 Min	-116.277	205.151	-182.208	29 Min	-49.829	-424.813
4 Max	116.277	-888.372	264.707	30 Max	170.803	416.487
4 Min	-174.765	-148.302	-168.239	30 Min	-54.013	-263.316
5 Max	106.339	724.109	167.422	31 Max	352.303	311.569
5 Min	-60.125	219.995	-92.563	31 Min	-98.095	-660.091
6 Max	60.125	-665.506	164.404	32 Max	147.476	84.902
6 Min	-106.339	-243.770	-101.731	32 Min	-302.922	-353.078
7 Max	337.129	1473.456	1024.790	33 Max	193.980	359.432
7 Min	-284.754	657.979	-791.965	33 Min	-290.248	-104.503
8 Max	284.754	-1331.072	24.620	34 Max	339.629	597.766
8 Min	-337.129	-640.679	-98.226	34 Min	-144.599	-419.144
9 Max	292.104	1408.788	300.150	35 Max	190.145	265.519
9 Min	-297.262	505.912	-430.124	35 Min	-53.090	-502.210
10 Max	297.262	-1396.205	590.358	36 Max	174.064	416.004
10 Min	-292.104	-397.887	-473.285	36 Min	-69.171	-276.362
11 Max	249.932	1160.158	352.721	37 Max	180.411	234.438
11 Min	-220.948	343.778	-284.537	37 Min	-44.274	-448.055
12 Max	220.948	-1104.647	407.264	38 Max	165.248	394.187
12 Min	-249.932	-334.412	-383.757	38 Min	-59.437	-271.496
13 Max	213.453	224.215	339.841			
13 Min	-213.275	232.969	-340.422			
14 Max	213.275	-204.577	301.359			
14 Min	-213.453	-209.963	-302.172			
15 Max	328.862	815.853	898.083			
15 Min	-313.726	1370.702	-945.218			
16 Max	313.726	-971.520	117.952			
16 Min	-328.862	-1013.998	-26.683			
17 Max	330.890	332.927	439.914			
17 Min	-265.710	1552.927	-301.771			
18 Max	265.710	-377.989	569.352			
18 Min	-330.890	-1407.468	-509.038			
19 Max	236.202	267.535	307.509			
19 Min	-233.806	1231.187	-326.648			
20 Max	233.806	-229.797	410.339			
20 Min	-236.202	-1179.466	-383.268			
21 Max	127.054	181.835	282.467			
21 Min	-169.602	1078.278	-342.686			
22 Max	169.602	-184.820	101.541			
22 Min	-127.054	-1030.724	-166.486			
23 Max	125.894	120.781	189.096			
23 Min	-165.340	930.993	-253.028			
24 Max	165.340	-161.730	192.293			
24 Min	-125.894	-878.142	-243.850			
25 Max	59.722	153.576	91.415			
25 Min	-106.855	736.275	-165.375			
26 Max	106.855	-214.930	99.395			
26 Min	-59.722	-637.138	-169.178			

Çizelge 7.2 : Y doğrultusundaki düzlem çerçevenin ZTADOA sonucu ortalamaları.

Kesit	Kolon Kesit Tesirleri		
	V	N	M
	KN	KN	KN-m
1 Max	125.027	183.712	206.759
1 Min	-91.479	1091.742	-256.161
2 Max	91.479	-185.346	68.934
2 Min	-125.027	-1076.164	-120.736
3 Max	126.057	220.486	131.145
3 Min	-77.099	907.293	-204.167
4 Max	77.099	-206.956	102.229
4 Min	-126.057	-883.270	-176.013
5 Max	145.950	214.735	121.703
5 Min	-76.378	760.667	-230.277
6 Max	76.378	-205.202	110.283
6 Min	-145.950	-708.070	-216.013
7 Max	445.949	416.652	712.906
7 Min	-292.850	1726.095	-941.315
8 Max	292.850	-508.853	195.669
8 Min	-445.949	-1623.524	-404.210
9 Max	265.885	287.045	332.567
9 Min	-235.199	1305.413	-426.861
10 Max	235.199	-226.027	386.198
10 Min	-265.885	-1317.280	-380.526
11 Max	205.409	264.659	292.630
11 Min	-201.029	1037.027	-311.215
12 Max	201.029	-275.057	316.867
12 Min	-205.409	-1013.522	-307.930
13 Max	201.125	327.176	319.116
13 Min	-205.193	320.325	-315.937
14 Max	205.193	-288.836	299.990
14 Min	-201.125	-260.771	-294.646
15 Max	214.272	310.862	329.757
15 Min	-218.070	280.512	-324.139
16 Max	218.070	-290.829	324.630
16 Min	-214.272	-261.762	-318.677
17 Max	334.085	1699.529	875.370
17 Min	-416.340	550.765	-791.465
18 Max	416.340	-1608.289	383.491
18 Min	-334.085	-694.086	-224.016
19 Max	260.698	1417.136	401.263
19 Min	-247.999	265.639	-371.551
20 Max	247.999	-1352.997	350.537
20 Min	-260.698	-221.478	-417.249
21 Max	203.286	1125.169	300.769
21 Min	-202.674	261.323	-295.850
22 Max	202.674	-1102.509	308.907
22 Min	-203.286	-286.658	-320.765
23 Max	105.984	1064.842	225.698
23 Min	-110.369	184.496	-237.395
24 Max	110.369	-984.055	106.377
24 Min	-105.984	-257.901	-81.511
25 Max	85.226	966.949	190.696
25 Min	-117.831	143.604	-143.478
26 Max	117.831	-880.837	170.013
26 Min	-85.226	-181.318	-115.288
27 Max	84.157	784.850	206.313
27 Min	-137.235	177.204	-143.365
28 Max	137.235	-763.383	207.212
28 Min	-84.157	-160.239	-118.899

Kesit	Kiriş Kesit Tesirleri	
	V	M3
	KN	KN-m
29 Max	145.408	319.479
29 Min	-26.963	-192.825
30 Max	148.460	188.479
30 Min	-23.911	-333.454
31 Max	166.840	389.483
31 Min	-27.395	-210.169
32 Max	148.892	247.381
32 Min	-45.343	-318.694
33 Max	373.105	635.935
33 Min	-49.741	-174.126
34 Max	99.427	432.401
34 Min	-323.419	-57.495
35 Max	286.476	414.226
35 Min	-180.859	-360.409
36 Max	228.295	374.272
36 Min	-239.040	-254.953
37 Max	102.645	49.915
37 Min	-325.402	-440.414
38 Max	375.088	205.128
38 Min	-52.959	-620.701
39 Max	232.225	256.885
39 Min	-240.485	-379.250
40 Max	287.921	369.026
40 Min	-184.789	-413.776
41 Max	158.276	363.245
41 Min	-14.119	-159.193
42 Max	135.615	221.918
42 Min	-36.779	-290.014
43 Max	157.400	347.613
43 Min	-36.099	-217.978
44 Max	157.596	232.373
44 Min	-35.903	-363.109

bulundurulmuştur. Düzlem çerçevelere ait Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Analiz sonuçları Ek D’de gösterilmiştir. Karşılaştırmalarda 7 depremden elde edilen sonuçların ortalamaları kullanılmışlardır. Bu 7 depremden elde edilen kesit tesirlerinin ortalama değerleri Çizelge 7.3 ve Çizelge 7.4’de verilmiştir.

Çizelge 7.3 : X doğrultusundaki düzlem çerçevenin ZTADEA sonucu ortalamaları.

Kesit	Kolon Kesit Tesirleri		
	V	N	M
	KN	KN	KN-m
1	27.353	661.770	51.253
2	27.353	643.417	35.129
3	33.266	574.627	51.215
4	33.266	556.265	48.636
5	24.249	489.479	34.993
6	24.249	470.845	37.961
7	52.003	1139.938	137.626
8	52.003	1102.936	44.514
9	48.156	1033.157	65.761
10	48.156	997.116	83.681
11	33.127	848.092	41.536
12	33.127	820.920	56.369
13	42.146	42.458	68.880
14	42.146	24.093	57.560
15	55.313	1140.238	148.172
16	55.313	1103.266	44.608
17	51.108	1033.469	68.109
18	51.108	997.391	90.037
19	32.121	847.988	41.036
20	32.121	820.993	58.886
21	25.930	661.211	47.815
22	25.930	642.893	34.263
23	32.234	574.383	49.807
24	32.234	556.069	46.935
25	24.030	489.485	34.855
26	24.030	470.756	37.437

Kesit	Kiriş Kesit Tesirleri	
	V	M
	KN	KN-m
27	70.090	86.599
28	74.665	99.305
29	68.014	82.276
30	75.512	100.844
31	84.017	115.401
32	42.954	68.606
33	42.929	68.568
34	83.225	112.766
35	74.991	101.748
36	69.741	83.739
37	75.711	102.204
38	67.792	80.616

Çizelge 7.4 : Y doğrultusundaki düzlem çerçevenin ZTADEA sonucu ortalamaları.

Kolon Kesit Tesirleri				Kiriş Kesit Tesirleri		
Kesit	V	N	M	Kesit	V	M
	KN	KN	KN-m		KN	KN-m
1	20.281	418.858	37.529	29	54.830	64.731
2	20.281	418.680	26.931	30	61.043	80.864
3	24.000	364.243	38.075	31	56.191	70.685
4	24.000	364.097	34.037	32	60.287	79.282
5	24.871	308.746	37.356	33	58.929	84.130
6	24.871	308.370	37.369	34	32.963	47.089
7	54.726	729.896	121.831	35	57.852	78.949
8	54.726	729.549	42.839	36	38.687	57.790
9	37.700	618.621	55.901	37	31.976	46.500
10	37.700	618.353	57.320	38	58.411	82.561
11	32.286	514.528	46.881	39	38.054	57.002
12	32.286	514.521	50.009	40	57.455	78.166
13	38.142	23.304	62.027	41	61.139	81.538
14	38.142	23.320	52.400	42	54.723	63.919
15	35.391	32.618	53.413	43	60.333	79.586
16	35.391	32.621	52.780	44	56.142	70.298
17	57.894	729.978	128.190			
18	57.894	729.747	45.882			
19	38.476	618.665	56.541			
20	38.476	618.564	59.060			
21	32.540	514.775	47.193			
22	32.540	514.608	50.460			
23	19.512	418.776	35.820			
24	19.512	418.513	26.403			
25	23.772	364.171	37.833			
26	23.772	364.047	33.612			
27	24.796	308.498	37.270			
28	24.796	308.276	37.189			

7.4 Genel Sonuçların Karşılaştırılması

Bu bölümde Eş Değer Deprem Yüğü Yöntemi ile gerçekleştirilen doğrusal analiz sonuçları Zaman Tanım Alanında Analiz sonuçları ile karşılaştırılmışlardır.

- Kat yatay yer değiştirmeleri : Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi doğrusal analiz sonucunda meydana gelen yatay kat yer değiştirmeleri, Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz sonucunda meydana gelen yatay kat yer değiştirmeleri ile karşılaştırılmışlardır. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile kat yer değiştirmelerinin belirlenmesinde, kat kesme kuvvetleri yapı davranış katsayısı

R = 1 alınarak belirlenmiştir. ZTADOA ise kesit tepkilerinin belirlenmesinde olduğu gibi kat yer değiştirmeleri, 7 deprem durumunda meydana gelen kat yer değiştirmelerinin ortalaması alınarak bulunmuştur. İki düzlem çerçeve için kat yer değiştirmeleri karşılaştırmaları Çizelge 7.5’de verilmiştir.

Çizelge 7.5 : Yatay kat yer değiştirmeleri karşılaştırması.

X Doğrultusu düzlem çerçeve	KAT	ZTADOA(m)	Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi(m)	Yüzde Değişim
	1	0.01526	0.01158	31.82%
	2	0.03796	0.03003	26.41%
	3	0.05824	0.04567	27.52%
	4	0.07745	0.06146	26.02%
	5	0.09257	0.07536	22.83%
	6	0.10388	0.08681	19.67%
	7	0.11061	0.09528	16.08%
	8	0.11366	0.10041	13.19%
Y Doğrultusu düzlem çerçeve	KAT	ZTADOA(m)	Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi(m)	Yüzde Değişim
	1	0.01051	0.00919	14.37%
	2	0.02801	0.02453	14.19%
	3	0.04811	0.04252	13.14%
	4	0.06642	0.05940	11.82%
	5	0.08146	0.07428	9.67%
	6	0.09293	0.08656	7.36%
	7	0.09990	0.09567	4.42%
	8	0.10311	0.10122	1.87%

- Kritik kesit tesirleri : TDY07’nin 2.3.2.4(b) maddesini irdeleyebilmek için Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile elde edilen maksimum kesit tesirleri ile Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Analizler sonucunda elde edilen kesit tepkileri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar sonucunda kesitlerdeki moment, normal kuvvet ve kesme kuvveti etkilerindeki değişimler belirlenmiştir. Yönetmeliğin ilgili maddesi; kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı düğüm noktalarına birleşen diğer kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 oranında arttırılmasını öngörmektedir. Bu düzlem çerçevelerde düşey süreksiz kolonların oturdukları kirişler ve bu kirişlerin bağlandıkları düğüm noktalarına birleşen diğer kolon ve kirişlere ait kesit tesirleri incelenerek kesit tesirlerinin değişim yüzdeleri belirlenmiştir. İki düzlem

çerçeveye ait kritik kesit tesirlerinin karşılaştırmaları Çizelge 7.6 ve Çizelge 7.7’de verilmiştir.

Çizelge 7.6 : X doğrultusundaki düzlem çerçeve kesit tesirleri karşılaştırması.

Kesit	KOLON KESİTLERİ								
	EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ SONUÇLARI			ZTADEA SONUÇLARI			KESİT TESİRİ DEĞİŞİMLERİ		
	Maksimum			Zaman Tanım Alanında Doğrusal Analiz			ZTADEA - Maksimum		
	V	N	M	V	N	M	V	N	M
	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m
7	-118.724	972.596	-315.321	52.003	1139.938	137.626	-56.2%	17.2%	-56.4%
8	118.724	-1561.426	-66.343	52.003	1102.936	44.514	-56.2%	-29.4%	-32.9%
9	-102.377	829.681	-148.083	48.156	1033.157	65.761	-53.0%	24.5%	-55.6%
10	102.377	-958.527	175.241	48.156	997.116	83.681	-53.0%	4.0%	-52.2%
11	68.582	789.333	88.084	33.127	848.092	41.536	-51.7%	7.4%	-52.8%
12	-68.582	-765.504	117.662	33.127	820.920	56.369	-51.7%	7.2%	-52.1%
13	89.852	138.734	150.869	42.146	42.458	68.880	-53.1%	-69.4%	-54.3%
14	89.852	-103.799	118.688	42.146	24.093	57.560	-53.1%	-76.8%	-51.5%
15	118.724	972.596	315.321	55.313	1140.238	148.172	-53.4%	17.2%	-53.0%
16	-118.724	-1561.426	66.343	55.313	1103.266	44.608	-53.4%	-29.3%	-32.8%
17	102.377	829.681	148.083	51.108	1033.469	68.109	-50.1%	24.6%	-54.0%
18	-102.377	-958.527	-175.241	51.108	997.391	90.037	-50.1%	4.1%	-48.6%
19	-68.582	789.333	-88.084	32.121	847.988	41.036	-53.2%	7.4%	-53.4%
20	68.582	-765.504	-117.662	32.121	820.993	58.886	-53.2%	7.2%	-50.0%

Kesit	KIRIŞ KESİTLERİ					
	EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ SONUÇLARI		ZTADEA SONUÇLARI		KESİT ETKİSİ DEĞİŞİMLERİ	
	Maksimum		Zaman Tanım Alanında Doğrusal Analiz		ZTADEA - Maksimum	
	V	M	V	M	V	M
	KN	KN-m	KN	KN-m	KN	KN-m
29	97.305	-159.221	68.014	82.276	-30.1%	-48.3%
30	106.314	185.173	75.512	100.844	-29.0%	-45.5%
31	165.506	-254.371	84.017	115.401	-49.2%	-54.6%
32	-111.492	-161.126	42.954	68.606	-61.5%	-57.4%
33	-111.492	161.126	42.929	68.568	-61.5%	-57.4%
34	165.506	254.371	83.225	112.766	-49.7%	-55.7%
37	106.314	-185.173	75.711	102.204	-28.8%	-44.8%
38	97.305	159.221	67.792	80.616	-30.3%	-49.4%

Çizelge 7.7 : Y doğrultusundaki düzlem çerçeve kesit tesirleri karşılaştırması.

Kesit	KOLON KESİTLERİ								
	EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ SONUÇLARI			ZTADEA SONUÇLARI			KESİT TESİRİ DEĞİŞİMLERİ		
	Maksimum			Zaman Tanım Alanında Doğrusal Analiz			ZTADEA - Maksimum		
	V	N	M	V	N	M	V	N	M
	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m
7	109.138	487.066	-264.089	54.726	729.896	121.831	-49.9%	49.9%	-53.9%
8	-109.138	-523.816	-63.326	54.726	729.549	42.839	-49.9%	39.3%	-32.4%
9	-67.731	417.982	-99.748	37.700	618.621	55.901	-44.3%	48.0%	-44.0%
10	67.731	-444.982	-94.025	37.700	618.353	57.320	-44.3%	39.0%	-39.0%
13	83.540	100.800	140.314	38.142	23.304	62.027	-54.3%	-76.9%	-55.8%
14	-83.540	-82.050	-110.307	38.142	23.320	52.400	-54.3%	-71.6%	-52.5%
17	-127.679	1412.629	281.177	57.894	729.978	128.190	-54.7%	-48.3%	-54.4%
18	127.679	-1375.879	101.862	57.894	729.747	45.882	-54.7%	-47.0%	-55.0%
19	86.876	1158.764	129.367	38.476	618.665	56.541	-55.7%	-46.6%	-56.3%
20	-86.876	-1131.764	121.841	38.476	618.564	59.060	-55.7%	-45.3%	-51.5%

Kesit	KİRİŞ KESİTLERİ					
	EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ SONUÇLARI		ZTADEA SONUÇLARI		KESİT TESİRİ DEĞİŞİMLERİ	
	Maksimum		Zaman Tanım Alanında Doğrusal Analiz		ZTADEA - Maksimum	
	V	M	V	M	V	M
	KN	KN-m	KN	KN-m	KN	KN-m
29	94.050	117.228	54.830	64.731	-41.7%	-44.8%
30	107.289	-164.953	61.043	80.864	-43.1%	-51.0%
33	149.000	183.539	58.929	84.130	-60.5%	-54.2%
34	-71.629	147.405	32.963	47.089	-54.0%	-68.1%
37	-113.002	-173.900	31.976	46.500	-71.7%	-73.3%
38	167.322	-246.586	58.411	82.561	-65.1%	-66.5%
41	107.289	129.836	61.139	81.538	-43.0%	-37.2%
42	94.050	-136.691	54.723	63.919	-41.8%	-53.2%

8. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında incelenen düzlem çerçevelerden ve uygulanan analiz yöntemlerinden elde edilen sonuçlara bağlı olarak bazı genel sonuçlara varılmıştır. Elde edilen genel sonuçlar aşağıda sıralanmıştır;

- X doğrultusunda bulunan düzlem çerçevede eş değer deprem yükü yöntemi ile elde edilen kritik kesit tesirleri, zaman tanım alanında doğrusal analiz sonuçları ile karşılaştırıldığında kolon kesitlerinin çoğunda normal kuvvet değerlerinde artış meydana geldiği, kesme kuvveti ve moment değerlerinin ise artmadığı görülmektedir. Normal kuvvet değerlerindeki artışı maksimum %25'e kadar çıkmaktadır. Kiriş kesitlerinde ise mesnet tepkilerinin artmadığı gözlemlenmiştir.
- Y doğrultusunda bulunan düzlem çerçevede eş değer deprem yükü yöntemi ile elde edilen kritik kesit tesirleri, zaman tanım alanında doğrusal analiz sonuçları ile karşılaştırıldığında, 2 kolona ait toplam 4 kesitin normal kuvvet değerlerinde artış meydana geldiği, kesme kuvveti ve moment değerlerinin ise artmadığı görülmektedir. Bu normal kuvvet değerlerindeki artış %40-50 oranında meydana gelmektedir. Kiriş kesitlerinde ise mesnet tepkilerinin artmadığı görülmektedir.
- İki düzlem çerçevede de kirişin üzerine oturan kolonlara ait kesit tesirlerinde (13 ve 14 numaralı kesitler) artış meydana gelmediği görülmektedir.
- ZTADOA sonucunda elde edilen kesit tesirleri, eş değer deprem yükü yöntemi ile elde edilen kesit tesirleri ile karşılaştırıldığında, mesnet tepkilerinin iki katına kadar arttığı gözlemlenmiştir. ZTADOA gerçekleştirilirken düşey deprem kaydı yatay deprem ivme kaydının 2/3'ü alınarak türetildiği ve sisteme aynı anda uygulandıkları için, yatay ve düşey deprem ivmelerinin maksimum değerleri aynı zaman adımına denk gelmektedir. Buda sistemin aşırı yüklenmesine ve sonuçların gerçekten uzaklaşmasına sebep olmaktadır.
- ZTADOA sonucu düzlem çerçevelerde meydana gelen tepe noktası yer değiştirmeleri eşdeğer deprem yükü yöntemi ile hesaplanan tepe noktası yer değiştirmelerinden daha yüksek çıkmaktadır. Bu fark x doğrultusundaki düzlem çerçevede %13.2 iken y doğrultusunda bulunan düzlem çerçevede %1.87'dir.

- Düzlem çerçevelerde meydana gelen kat yer değiştirmeleri karşılaştırıldığında ZTADOA sonuçlarında kat yer değiştirmelerinin arttığı görülmektedir. Bu artış x doğrultusundaki düzlem çerçevede %13 ile %32 arasında değişirken, y doğrultusunda bulunan düzlem çerçevede %1 ile %15 arasında değişmektedir.
- Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerin büyük çoğunluğunda ilk plastik mafsallı kirişin üzerine oturan kolonların alt uçlarında meydana gelmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik**, 2007. *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara.
- [2] **STA4CAD v11**, Betonarme ve Çelik Bina Tasarım Yazılımı, *Sta Bigisayar Mühendislik ve Müşavirlik Ltd. Şti.*, İstanbul
- [3] **SAP2000 Advanced 14.1.0**, 2009. Structural Analysis Program, *Computers and Structures Inc.*, Berkeley, California.
- [4] **XTRACT v3**, 2004. Cross Section Analysis Program of Structural Engineers, *Imbsen Software Systems*.
- [5] **Lawson, J. W.**, Reflections on the Effects of Vertical Seismic Acceleration, 1994. *PCI Journal July-August, 1994*.
- [6] **Celep, Z.**, 2000. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, *Beta Yayıncılık*, İstanbul.
- [7] **Gürel, M. A. ve Kısa, M.** 2002. Deprem Hareketinin Düşey Bileşeninin Çeşitli Yapı Elemanları Üzerindeki Etkileri ve Hasar Potansiyeli, *ECAS2002 Uluslararası Yapı ve Deprem Mühendisliği Sempozyumu*, Ankara.
- [8] **Papazoglou, A. J. and Elnashai, A. S.**, 1996. Analytical and Field Evidence of the Damaging Effect of Vertical Earthquake Ground Motion, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 25, pp.1109-1137.
- [9] **TS-500**, 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [10] **Karabulut, A.**, 2010. Mevcut Betonarme Binalar İçin TDY07 ve FEMA 440'ta Tanımlanan Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemlerinin Karşılaştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Deprem Mühendisliği Yüksek Lisans Programı, İstanbul.
- [11] **Özer, E.**, Yapı Sistemlerinin Doğrusal Olmayan Analizi, 2007. *İstanbul Teknik Üniversitesi*, Ders Notu, İstanbul.
- [12] **Celep, Z.**, 2007. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme, *Beta Yayıncılık*, İstanbul.

- [13] **Çakıroğlu, A., Özer, E.**, 1980. Malzeme ve Geometri Değişimi Bakımından Lineer Olmayan Sistemler, *İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi*, İstanbul.

EKLER

EK A : Kolonların plastik mafsallık özellikleri.

EK B : Kirişlerin plastik mafsallık özellikleri.

EK C : ZTADOA’de son zaman adımında düzlem çerçevelerde meydana gelen plastik mafsallıklar.

EK D : Analizlerden elde edilen sayısal sonuçlar.

EK A

4 tip kolonun 3 boyutlu etkileşim yüzeylerinin oluşturulmasında kullanılan 2 boyutlu etkileşim eğrilerine ait değerler Çizelge A.1, Çizelge A.2, Çizelge A.3, Çizelge A.4’te 0-90 derece aralığı için verilmiştir. Kolonların kare olmalarından dolayı 90-360 derecelik kısım, 0-90 derecelik kısmının x ve y eksenlerinde simetrisi alınarak oluşturulmuştur.

Bu çizelgelerde, eksenel yükün basınç olması durumunda işaret (+), çekme olması durumunda işaret (–) kabul edilmiştir.

Çizelge A.1 : KOLON 50 kolonunun 3 Boyutlu etkileşim yüzeyinin oluşturulmasında kullanılan 2 boyutlu etkileşim eğrileri değerleri.

KOLON 50															
0 Derece			22.5 Derece			45 Derece			67.5 Derece			90 Derece			
Eks. Kuv.	Mxx	Myy	Eks. Kuv.	Mxx	Myy	Eks. Kuv.	Mxx	Myy	Eks. Kuv.	Mxx	Myy	Eks. Kuv.	Mxx	Myy	
(kN)	(kNm)	(kNm)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kN)	(kNm)	(kNm)	
8855	0	0	8855	0	0	8855	0	0	8855	0	0	8855	0	0	
7490	142.7	0	7626	100.4	42.05	7656	71.8	71.81	7626	42.05	100.4	7490	0	142.7	
4275	502	0	4434	411.5	150.7	4519	288.7	288.8	4434	150.7	411.5	4275	0	502	
2498	549.9	0	2147	453.2	165.1	1974	320	319.9	2147	165.1	453.2	2498	0	549.9	
1674	501.3	0	1005	376.6	155.1	763.6	265.6	265.5	1005	155.1	376.6	1674	0	501.3	
1187	452.8	0	366.6	296.9	143.5	149.6	214.1	213.9	366.6	143.5	296.9	1187	0	452.8	
797	402.9	0	-106.9	224.5	124	-292.9	162.9	162.9	-106.9	124	224.5	797	0	402.9	
-675.5	128.8	0	-1053	47.07	31.46	-1093	35.33	35.33	-1053	31.46	47.07	-675.5	0	128.8	
-1274	3.753	0	-1290	0.6254	0.6254	-1290	0.6254	0.6254	-1290	0.6254	0.6254	-1274	0	3.753	
-1293	0	0	-1293	0	0	-1293	0	0	-1293	0	0	-1293	0	0	
Eksenek Kuvvet (kN) - M_{xx} (kNm)								Eksenek Kuvvet (kN) - M_{yy} (kNm)							

Çizelge A.2 : KOLON 50 Tip 2 kolonunun 3 Boyutlu etkileşim yüzeyinin oluşturulmasında kullanılan 2 boyutlu etkileşim eğrileri değerleri.

KOLON 50 Tip2														
0 Derece			22.5 Derece			45 Derece			67.5 Derece			90 Derece		
Eks. Kuv.	Mxx	Myy	Eks. Kuv.	Mxx	Myy	Eks. Kuv.	Mxx	Myy	Eks. Kuv.	Mxx	Myy	Eks. Kuv.	Mxx	Myy
(kN)	(kNm)	(kNm)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kN)	(kNm)	(kNm)
8754	0	0	8754	0	0	8754	0	0	8754	0	0	8754	0	0
7975	71.58	0	8042	48.75	20.83	8062	34.61	34.12	8042	20.83	48.75	7975	0	71.58
5888	341.8	0	6236	240.8	97.22	6305	172.3	165.8	6236	97.22	240.8	5888	0	341.8
3762	524.4	0	3806	441.1	148.5	3853	309.6	299.7	3806	148.5	441.1	3762	0	524.4
2566	550.7	0	2253	455.6	155.9	2093	320.4	306.2	2253	155.9	455.6	2566	0	550.7
1922	515.9	0	1332	405.9	148.4	1093	285.2	268.2	1332	148.4	405.9	1922	0	515.9
1502	479.7	0	771.6	341.4	142.4	518.4	244.3	227.7	771.6	142.4	341.4	1502	0	479.7
1218	446.8	0	373.9	288	134.2	140.5	208.1	195.2	373.9	134.2	288	1218	0	446.8
983.8	417.7	0	108.4	246	124.5	-100.5	178.1	169.5	108.4	124.5	246	983.8	0	417.7
-25.58	243.3	0	-652.6	105.6	63.01	-763.9	77.38	72.12	-652.6	63.01	105.6	-25.58	0	243.3
-894.2	58.57	0	-1074	21.98	15.38	-1096	16.51	15.55	-1074	15.38	21.98	-894.2	0	58.57
-1182	0	0	-1182	0	0	-1182	0	0	-1182	0	0	-1182	0	0
Eksenek Kuvvet (kN) - M _{xx} (kNm)							Eksenek Kuvvet (kN) - M _{yy} (kNm)							

Çizelge A.3 : KOLON 60 kolonunun 3 Boyutlu etkileşim yüzeyinin oluşturulmasında kullanılan 2 boyutlu etkileşim eğrileri değerleri.

KOLON 60														
0 Derece			22.5 Derece			45 Derece			67.5 Derece			90 Derece		
Eks. Kuv.	Mxx	Myy	Eks. Kuv.	Mxx	Myy	Eks. Kuv.	Mxx	Myy	Eks. Kuv.	Mxx	Myy	Eks. Kuv.	Mxx	Myy
(kN)	(kNm)	(kNm)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kN)	(kNm)	(kNm)
12670	0	0	12670	0	0	12670	0	0	12670	0	0	12670	0	0
11500	130.4	0	11590	89.19	38.68	11610	63.78	63.78	11590	38.68	89.19	11500	0	130.4
8501	590	0	8980	413.5	173.2	9074	295	295	8980	173.2	413.5	8501	0	590
5464	898.3	0	5487	752.8	263.7	5550	527.9	527.8	5487	263.7	752.8	5464	0	898.3
3756	929.8	0	3277	768.5	278.2	3032	541.1	541.1	3277	278.2	768.5	3756	0	929.8
2817	868.1	0	1967	675.8	265	1631	474.6	474.6	1967	265	675.8	2817	0	868.1
2186	800.9	0	1146	566.8	251.8	814.2	402.6	402.6	1146	251.8	566.8	2186	0	800.9
1730	740.8	0	587.3	473.3	236.5	295.9	342.1	342.1	587.3	236.5	473.3	1730	0	740.8
1416	690.3	0	154.7	391.4	215.7	-114	283.8	283.6	154.7	215.7	391.4	1416	0	690.3
-113.6	365.1	0	-927.5	151.3	94.45	-1038	111.4	111.3	-927.5	94.45	151.3	-113.6	0	365.1
-1230	80.64	0	-1423	31.01	23.12	-1444	24.12	24.12	-1423	23.12	31.01	-1230	0	80.64
-1551	0	0	-1551	0	0	-1551	0	0	-1551	0	0	-1551	0	0
Eksenek Kuvvet (kN) - M _{xx} (kNm)														
Eksenek Kuvvet (kN) - M _{yy} (kNm)														

Çizelge A.4 : KOLON 70 kolonunun 3 Boyutlu etkileşim yüzeyinin oluşturulmasında kullanılan 2 boyutlu etkileşim eğrileri değerleri.

KOLON 70															
0 Derece			22.5 Derece			45 Derece			67.5 Derece			90 Derece			
Eks. Kuv.	Mxx	Myy	Eks. Kuv.	Mxx	Myy	Eks. Kuv.	Mxx	Myy	Eks. Kuv.	Mxx	Myy	Eks. Kuv.	Mxx	Myy	
(kN)	(kNm)	(kNm)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kN)	(kNm)	(kNm)	
17670	0	0	17670	0	0	17670	0	0	17670	0	0	17670	0	0	
16000	226.7	0	16130	154.8	67.26	16160	110.5	110.5	16130	67.26	154.8	16000	0	226.7	
11810	982.9	0	12470	691.3	288	12600	492.6	492.6	12470	288	691.3	11810	0	982.9	
7553	1497	0	7598	1249	439.9	7678	874.8	874.9	7598	439.9	1249	7553	0	1497	
5163	1559	0	4484	1286	467.7	4151	904	904	4484	467.7	1286	5163	0	1559	
3843	1460	0	2651	1137	446.5	2174	798.2	798	2651	446.5	1137	3843	0	1460	
2959	1350	0	1497	957.3	425.3	1036	680.9	681	1497	425.3	957.3	2959	0	1350	
2343	1251	0	713	805.3	399.7	300.5	581.1	581.1	713	399.7	805.3	2343	0	1251	
1737	1139	0	0.08669	643.5	351.4	-369.8	466.1	466.1	0.08669	351.4	643.5	1737	0	1139	
-404.6	586.8	0	-1497	248.8	151.2	-1643	183.1	183.1	-1497	151.2	248.8	-404.6	0	586.8	
-1873	147.3	0	-2172	56.3	40.77	-2203	43.43	43.43	-2172	40.77	56.3	-1873	0	147.3	
-2365	0	0	-2365	0	0	-2365	0	0	-2365	0	0	-2365	0	0	
Eksenek Kuvvet (kN) - M _{xx} (kNm)								Eksenek Kuvvet (kN) - M _{yy} (kNm)							

Kolonların plastik mafsallık özelliklerinin tanımlanması için gerekli olan ikinci parametre, moment eğrilik ilişkileri, Çizelge A.5'te verilmiştir. Çizelge A.5'te verilen data sütunlarının açıklamaları, sütun numaralarına göre aşağıda verilmiştir.

- 1.Sütun : Kolon Tipi; kolon tiplerinin adları. Bu tez çalışmasında kullanılan 4 adet kolon tipi vardır.
- 2.Sütun : Kolon Boyutları (m*m); kolonların kesit boyutları.
- 3.Sütun : Plastik Mafsallık Boyu (m); kolonların plastik mafsallık boyları. Kolonların deprem doğrultusunda çalışan kesit uzunluğunun yarısı olarak alınmıştır. Kolonlar kare olduğu için x ve y doğrultuları için plastik mafsallık boyları aynıdır.
- 4.Sütun : P1 ve P2 Eksenel Yükleri (kN); kolonların moment-eğrilik analizlerinde kullanılan sabit eksenel yükler. P1 eksenel yükü kolonun eksenel yük taşıma kapasitesinin %15'i, P2 eksenel yükü ise kolonun eksenel taşıma kapasitesinin %45'i olarak seçilmiştir.
- 5.Sütun : Mom.-Eğr. Analizi Adları; seçilen P1 ve P2 eksenel yükeline göre yapılan moment-eğrilik analizlerinin adı.
- 6.Sütun : Efektif Akma Momenti (kNm); kolon moment-eğrilik analizi sonucunda bulunan eğrinin, bilineer duruma getirilmesi sonucunda, akma momentine denk gelen noktadır.
- 7.Sütun : En Büyük Moment (kNm); kolon moment-eğrilik analizi sonucunda bulunan eğrinin bilineer duruma getirilmesi sonucunda ulaşılan en büyük momente denk gelen noktadır.
- 8.Sütun : 7/6; en büyük momentin efektif akma momentine oranıdır.
- 9.Sütun : Efektif Akma Eğriliği (rad/m); kolon moment-eğrilik analizi sonucunda bulunan eğrinin bilineer duruma getirilmesi sonucunda akma momentine denk gelen noktadaki eğrilik değeridir.
- 10.Sütun : En Büyük Eğrilik (rad/m); kolon moment-eğrilik analizi sonucunda bulunan eğrinin bilineer duruma getirilmesi sonucunda en büyük momente denk gelen noktadaki eğrilik değeridir.
- 11.Sütun : Süneklik (10/9); en büyük eğriliğin efektif eğriliğe oranıdır.
- 12.Sütun : Efektif Akma Dönmesi (rad) (8×2); efektif akma eğriliği ile kolon plastik mafsallık boyunun çarpımıdır.

- 13.Sütun : En Büyük Dönme (rad) (9×2); en büyük eğrilik ile kolon plastik mafsallı boyunun çarpımıdır.

Çizelge A.5 : Kolonların plastik mafsallık özelliklerinin tanımlanmasında kullanılan moment – eğrilik ilişkileri.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Kolon Tipi	Kolon Boyutları (m*m)	Plastik Mafsallık Boyu (m)	P1 ve P2 Eksenel Yükleri (kN)	Mom.-Eğr. Analizi Adları	Efektif Akma Momenti (kNm)	En Büyük Moment (kNm)	7/6	Efektif Akma Eğriliği (rad/m)	En Büyük Eğrilik (rad/m)	Süneklik (10/9)	Efektif Akma Dönmesi (rad) (9*3)	En Büyük Dönme (rad) (10*3)	
TİP1	0.50*0.50	0.25	1328	3985	P1-0-90	464.5	499.3	1.07	0.010280	0.195900	19.06	0.002570	0.048975
					P2-0-90	579.6	587.1	1.01	0.007502	0.083720	11.16	0.001876	0.020930
			P1 =	P2 =	P1-45	449.8	474.4	1.05	0.008609	0.098200	11.41	0.002152	0.024550
					P2-45	523.20	560.00	1.07	0.006323	0.063480	10.04	0.001581	0.015870
TİP2	0.50*0.50	0.25	1313	3939	P1-0-90	453.5	486.4	1.07	0.010120	0.190500	18.82	0.002530	0.047625
					P2-0-90	575.5	585	1.02	0.007444	0.083250	11.18	0.001861	0.020813
			P1 =	P2 =	P1-45	433.7	454.3	1.05	0.008465	0.099540	11.76	0.002116	0.024885
					P2-45	513.5	545.4	1.06	0.006289	0.064070	10.19	0.001572	0.016018
TİP3	0.60*0.60	0.3	1900	5701	P1-0-90	1312	1428	1.09	0.008180	0.172500	21.09	0.002454	0.051750
					P2-0-90	1007	1026	1.02	0.006309	0.070550	11.18	0.001893	0.021165
			P1 =	P2 =	P1-45	745.6	786.6	1.05	0.007023	0.081600	11.62	0.002107	0.024480
					P2-45	906.1	973.8	1.07	0.005297	0.052100	9.84	0.001589	0.015630
TİP4	0.70*0.70	0.35	2651	7951	P1-0-90	1312	1428	1.09	0.007189	0.136800	19.03	0.002516	0.047880
					P2-0-90	1708	1756	1.03	0.005525	0.059390	10.75	0.001934	0.020787
			P1 =	P2 =	P1-45	1276	1358	1.06	0.006142	0.067350	10.97	0.002150	0.023573
					P2-45	1534	1666	1.09	0.004636	0.043720	9.43	0.001623	0.015302

EK B

Çizelge B.1 ve Çizelge B.2’de verilen data sütunlarının açıklamaları, sütun numaralarına göre aşağıda verilmiştir.

- 1.Sütun : Kiriş tipi; bahsi geçen taşıyıcı sistemde kullanılan kiriş tipleridir.
- 2.Sütun : Mesnet yeri; kirişlerin 2 adet mesnetleri vardır ve sol mesnetleri (i veya 0) ucunda, sağ mesnetleri (j veya 1) ucunda olarak kabul edilmiştir.
- 3.Sütun : Çekme bölgesi; kirişin hangi bölgesinde çekme olduğunun belirtildiği kısımdır. Pozitif moment etkisi altında altta çekme, negatif moment etkisi altında ise üstte çekme oluşmaktadır.
- 4.Sütun : Efektif akma momenti (kNm); kirişin tipine, mesnet yerine ve çekme bölgesine bağlı olarak kirişin gerçek moment-eğrilik ilişkisi belirlenir ve bu ilişki hesapların basitleştirilmesi için bilineer duruma getirilir. Efektif akma momenti, bilineer duruma getirilmiş moment-eğrilik ilişkisinde elastik davranıştan plastik davranışa geçiş yapılan noktadaki moment değeridir.
- 5.Sütun : En büyük moment (kNm); kirişin tipine, mesnet yerine ve çekme bölgesine bağlı olarak, kirişin gerçek veya bilineer (ikiside aynı noktayı verir) moment-eğrilik ilişkisindeki güç tükeniminin olduğu ve en büyük eğriliğe denk gelen noktadaki moment değeridir.
- 6.Sütun : $5/4$; en büyük momentin, efektif akma momentine oranıdır. Bu oran ile akmadan sonraki davranışı temsil eden doğrunun eğimi belirlenir.
- 7.Sütun : Efektif akma eğriliği (1/m); kirişin tipine, mesnet yerine ve çekme bölgesine bağlı olarak kirişin gerçek moment-eğrilik ilişkisi belirlenir ve bu ilişki durumun basitleştirilmesi için bilineer duruma getirilir. Efektif akma eğriliği, bilineer duruma getirilmiş moment-eğrilik ilişkisinde elastik davranıştan plastik davranışa geçiş yapılan noktadaki eğrilik değeridir.
- 8.Sütun : En büyük eğrilik (1/m); kirişin tipine, mesnet yerine ve çekme bölgesine

bağlı olarak, kirişin gerçek veya bilineer (ikiside aynı noktayı verir) moment-eğrilik ilişkisindeki güç tükeniminin oluştuğu ve en büyük eğriliğe denk gelen noktadır.

- 9.Sütun : Süneklik ($8/7$); en büyük eğriliğin, efektif akma eğriliğine oranıdır. Kirişin sünekliğini temsil eden değerdir.
- 10.Sütun : Efektif akma dönmesi (rad); efektif akma eğriliğinin plastik mafsallık boyu ile çarpılması sonucu elde edilir. Plastik mafsallık boyu, elemanın deprem doğrultusunda çalışan kesit boyutunun yarısı olarak alınmıştır. Kirişlerin deprem doğrultusunda çalışan kesit boyutları, yükseklikleridir.
- 11.Sütun : En büyük dönme (rad); en büyük eğriliğin plastik mafsallık boyu ile çarpılması sonucu elde edilir.

Çizelge B.1 : X doğrultusu düzlem çerçeve kirişlerinin plastik mafsallık özellikleri.

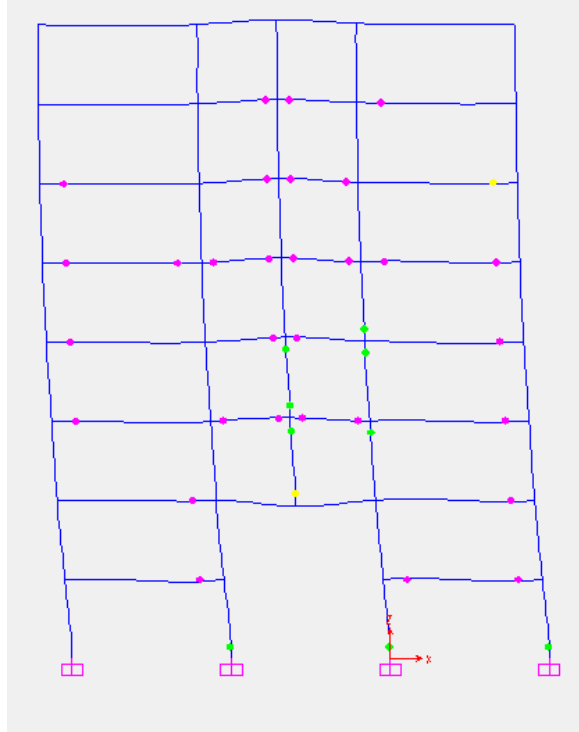
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kiriş Tipi	Mesnet Yeri	Çekme Bölgesi	Efektif Akma Momenti (kNm)	En Büyük Moment (kNm)	(5/4)	Efektif Akma Eğriliği (1/m)	En Büyük Eğrilik (1/m)	Süneklik (8/7)	Efektif Akma Dönmesi (rad)	En Büyük Dönme (rad)
TİP 1	Sol Mesnet	aç(+)	274.5	329.2	1.20	0.006615	0.1992	30.11	0.0019845	0.05976
	(0)	üç(-)	483.1	565.5	1.17	0.00778	0.228	29.31	0.002334	0.0684
	Sağ Mesnet	aç(+)	277	329.1	1.19	0.00626	0.1983	31.68	0.001878	0.05949
	(1)	üç(-)	690.1	780.3	1.13	0.008178	0.1265	15.47	0.0024534	0.03795
TİP 2	Sol Mesnet	aç(+)	151.4	176.8	1.17	0.006259	0.1982	31.67	0.0018777	0.05946
	(0)	üç(-)	279.8	331.5	1.18	0.007151	0.212	29.65	0.0021453	0.0636
	Sağ Mesnet	aç(+)	320.3	376.8	1.18	0.006765	0.1998	29.53	0.0020295	0.05994
	(1)	üç(-)	451.9	535.3	1.18	0.007561	0.2174	28.75	0.0022683	0.06522
TİP 3	Sol Mesnet	aç(+)	130.9	152.1	1.16	0.006122	0.198	32.34	0.0018366	0.0594
	(0)	üç(-)	228	270.9	1.19	0.006849	0.2053	29.98	0.0020547	0.06159
	Sağ Mesnet	aç(+)	182	216.1	1.19	0.00649	0.1993	30.71	0.001947	0.05979
	(1)	üç(-)	229.5	271.1	1.18	0.006839	0.2017	29.49	0.0020517	0.06051
TİP 4	Sol Mesnet	aç(+)	84.67	95.65	1.13	0.006148	0.197	32.04	0.0018444	0.0591
	(0)	üç(-)	156.4	183.9	1.18	0.006395	0.2016	31.52	0.0019185	0.06048
	Sağ Mesnet	aç(+)	136.4	160.2	1.17	0.006351	0.199	31.33	0.0019053	0.0597
	(1)	üç(-)	136.6	159.9	1.17	0.006359	0.199	31.29	0.0019077	0.0597
TİP 5	Sol Mesnet	aç(+)	576	705.2	1.22	0.00708	0.2002	28.28	0.002124	0.06006
	(0)	üç(-)	823.3	983.3	1.19	0.00803	0.1917	23.87	0.002409	0.05751
	Sağ Mesnet	aç(+)	576	705.2	1.22	0.00708	0.2002	28.28	0.002124	0.06006
	(1)	üç(-)	823.3	983.3	1.19	0.00803	0.1917	23.87	0.002409	0.05751
TİP 6	Sol Mesnet	aç(+)	320.3	376.8	1.18	0.006765	0.1998	29.53	0.0020295	0.05994
	(0)	üç(-)	451.9	535.3	1.18	0.007561	0.2174	28.75	0.0022683	0.06522
	Sağ Mesnet	aç(+)	420.4	492.3	1.17	0.007566	0.1935	25.57	0.0022698	0.05805
	(1)	üç(-)	138.9	162.2	1.17	0.006084	0.1976	32.48	0.0018252	0.05928
TİP 7	Sol Mesnet	aç(+)	182	216.1	1.19	0.00649	0.1993	30.71	0.001947	0.05979
	(0)	üç(-)	229.5	271.1	1.18	0.006839	0.2017	29.49	0.0020517	0.06051
	Sağ Mesnet	aç(+)	254.3	301.4	1.19	0.00695	0.209	30.07	0.002085	0.0627
	(1)	üç(-)	131.1	152.2	1.16	0.006243	0.1979	31.70	0.0018729	0.05937
TİP 8	Sol Mesnet	aç(+)	136.4	160.2	1.17	0.006351	0.199	31.33	0.0019053	0.0597
	(0)	üç(-)	136.6	159.9	1.17	0.006359	0.199	31.29	0.0019077	0.0597
	Sağ Mesnet	aç(+)	136.4	160.2	1.17	0.006351	0.199	31.33	0.0019053	0.0597
	(1)	üç(-)	136.6	159.9	1.17	0.006359	0.199	31.29	0.0019077	0.0597

Çizelge B.2 : Y doğrultusu düzlem çerçeve kirişlerinin plastik mafsallık özellikleri.

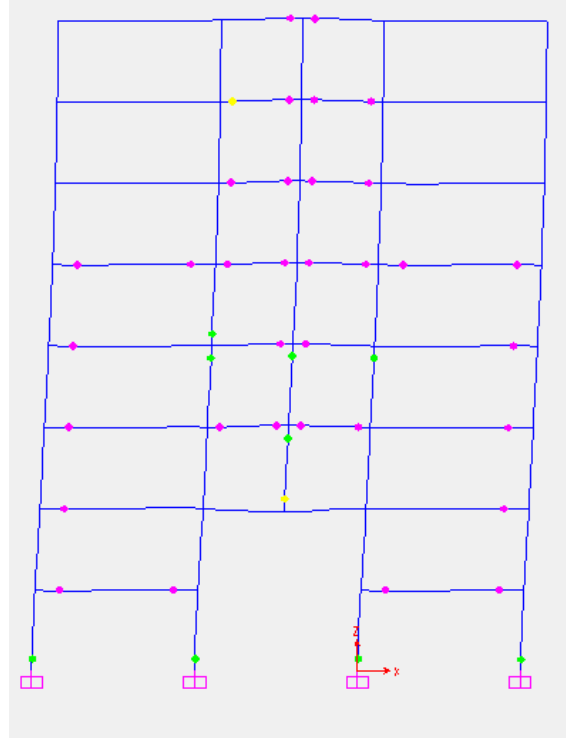
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Efektif Akma	En Büyük							
	Mesnet	Çekme	Momenti	Moment	Efektif Akma	En Büyük	Süneklik	Efektif Akma	En Büyük	
Kiriş Tipi	Yeri	Bölgesi	(kNm)	(kNm)	(5/4) Eğriliği (1/m)	Eğrilik (1/m)	(8/7)	Dönmesi (rad)	Dönme (rad)	
TİP 1	Sol Mesnet	aç(+)	273.4	327.1	1.20	0.006589	0.1983	30.10	0.0019767	0.05949
	(0)	üç(-)	710.8	780.6	1.10	0.01144	0.1263	11.04	0.003432	0.03789
	Sağ Mesnet	aç(+)	446.4	526.2	1.18	0.01009	0.2062	20.44	0.003027	0.06186
	(1)	üç(-)	411	495.8	1.21	0.00487	0.2019	41.46	0.001461	0.06057
TİP 2	Sol Mesnet	aç(+)	150.6	178	1.18	0.006227	0.198	31.80	0.0018681	0.0594
	(0)	üç(-)	354.3	410.1	1.16	0.009055	0.2233	24.66	0.0027165	0.06699
	Sağ Mesnet	aç(+)	443.4	517.1	1.17	0.009364	0.222	23.71	0.0028092	0.0666
	(1)	üç(-)	277.3	334.8	1.21	0.00464	0.1994	42.97	0.001392	0.05982
TİP 3	Sol Mesnet	aç(+)	130.6	152.6	1.17	0.006107	0.1982	32.45	0.0018321	0.05946
	(0)	üç(-)	207.8	247	1.19	0.00624	0.2038	32.66	0.001872	0.06114
	Sağ Mesnet	aç(+)	184.9	216.1	1.17	0.006549	0.1989	30.37	0.0019647	0.05967
	(1)	üç(-)	278.5	328.1	1.18	0.008297	0.2061	24.84	0.0024891	0.06183
TİP 4	Sol Mesnet	aç(+)	85.42	97.03	1.14	0.006203	0.1971	31.77	0.0018609	0.05913
	(0)	üç(-)	135.6	160.8	1.19	0.005546	0.2003	36.12	0.0016638	0.06009
	Sağ Mesnet	aç(+)	110.3	127.4	1.16	0.005134	0.1977	38.51	0.0015402	0.05931
	(1)	üç(-)	183.3	215.9	1.18	0.008535	0.2022	23.69	0.0025605	0.06066
TİP 5	Sol Mesnet	aç(+)	576	705.7	1.23	0.00708	0.2002	28.28	0.002124	0.06006
	(0)	üç(-)	823.2	982	1.19	0.008029	0.1921	23.93	0.0024087	0.05763
	Sağ Mesnet	aç(+)	576	705.7	1.23	0.00708	0.2002	28.28	0.002124	0.06006
	(1)	üç(-)	823.2	982	1.19	0.008029	0.1921	23.93	0.0024087	0.05763
TİP 6	Sol Mesnet	aç(+)	446.4	526.2	1.18	0.01009	0.2062	20.44	0.003027	0.06186
	(0)	üç(-)	411	495.8	1.21	0.00487	0.2019	41.46	0.001461	0.06057
	Sağ Mesnet	aç(+)	388.4	466.9	1.20	0.006989	0.2997	42.88	0.0020967	0.08991
	(1)	üç(-)	489.4	540.1	1.10	0.02143	0.2123	9.91	0.006429	0.06369
TİP 7	Sol Mesnet	aç(+)	443.4	517.1	1.17	0.009364	0.222	23.71	0.0028092	0.0666
	(0)	üç(-)	277.3	334.8	1.21	0.00464	0.1994	42.97	0.001392	0.05982
	Sağ Mesnet	aç(+)	315.3	378	1.20	0.008616	0.2006	23.28	0.0025848	0.06018
	(1)	üç(-)	376.8	421.5	1.12	0.01795	0.2049	11.42	0.005385	0.06147
TİP 8	Sol Mesnet	aç(+)	184.9	216.1	1.17	0.006549	0.1989	30.37	0.0019647	0.05967
	(0)	üç(-)	278.5	328.1	1.18	0.008297	0.2061	24.84	0.0024891	0.06183
	Sağ Mesnet	aç(+)	183.3	216.5	1.18	0.006495	0.1995	30.72	0.0019485	0.05985
	(1)	üç(-)	208.2	246.6	1.18	0.006681	0.2006	30.03	0.0020043	0.06018
TİP 9	Sol Mesnet	aç(+)	110.3	127.4	1.16	0.005134	0.1977	38.51	0.0015402	0.05931
	(0)	üç(-)	183.3	215.9	1.18	0.008535	0.2022	23.69	0.0025605	0.06066
	Sağ Mesnet	aç(+)	137.6	160.1	1.16	0.006224	0.199	31.97	0.0018672	0.0597
	(1)	üç(-)	137.5	160.1	1.16	0.00622	0.199	31.99	0.001866	0.0597

EK C

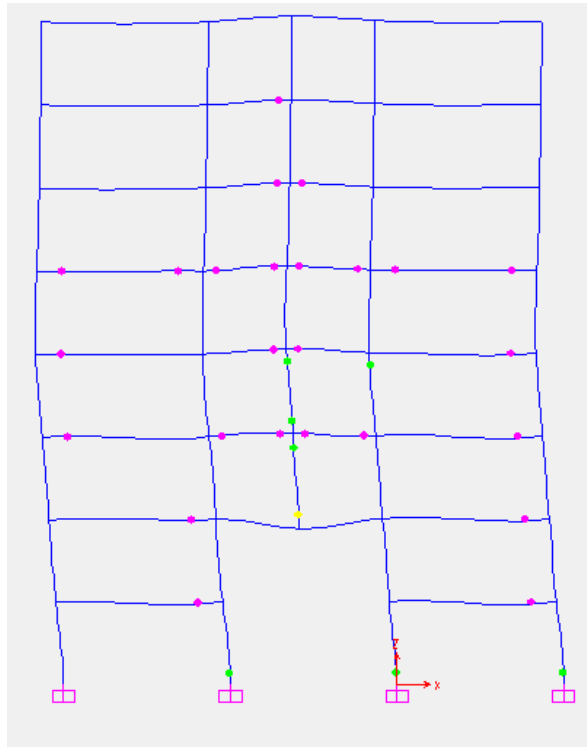
Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler sonucunda düzlem çerçevelerde oluşan plastik mafsallar Şekil C.1, Şekil C.2, Şekil C.3, Şekil C.4, Şekil C.5, Şekil C.6, Şekil C.7, Şekil C.8, Şekil C.9, Şekil C.10, Şekil C.11, Şekil C.12, Şekil C.13 ve Şekil C.14’de verilmiştir. X ve y doğrultularında yer alan düzlem çerçevelere ait şekiller her 7 deprem durumu için ayrı ayrı gösterilmiştir. Bu plastik mafsallar deprem yüklemesinin son adımında meydana gelen plastik mafsalları göstermektedir.



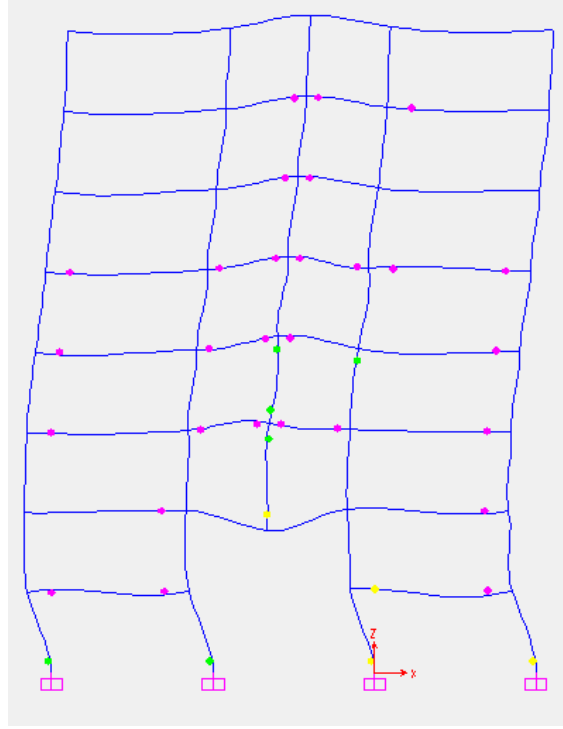
Şekil C.1 : X doğrultusunda bulunan düzlem çerçeve Chi Chi depremi sonunda meydana gelen plastik mafsallar.



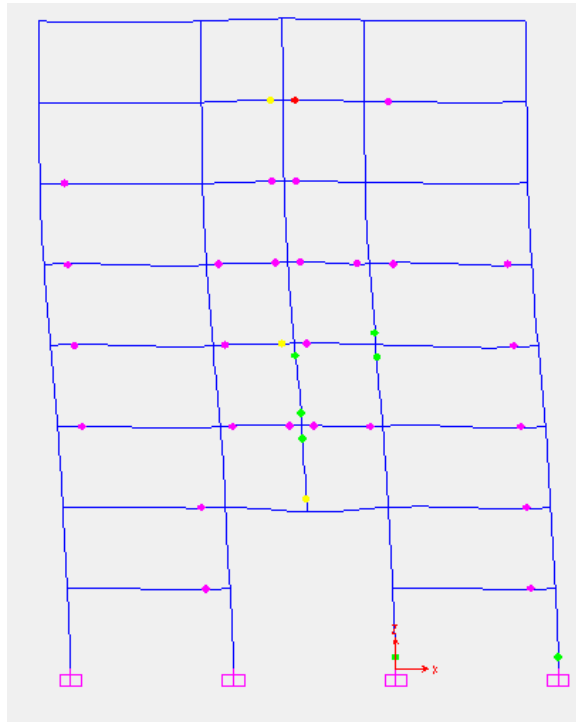
Şekil C.2 : X doğrultusunda bulunan düzlem çerçeve Düzce depremi sonunda meydana gelen plastik mafsallar.



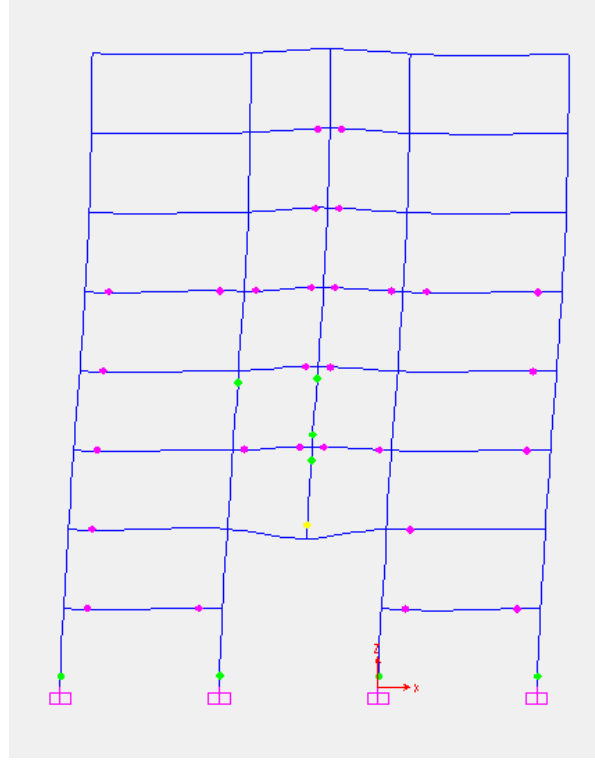
Şekil C.3 : X doğrultusunda bulunan düzlem çerçeve El Centro depremi sonunda meydana gelen plastik mafsallar.



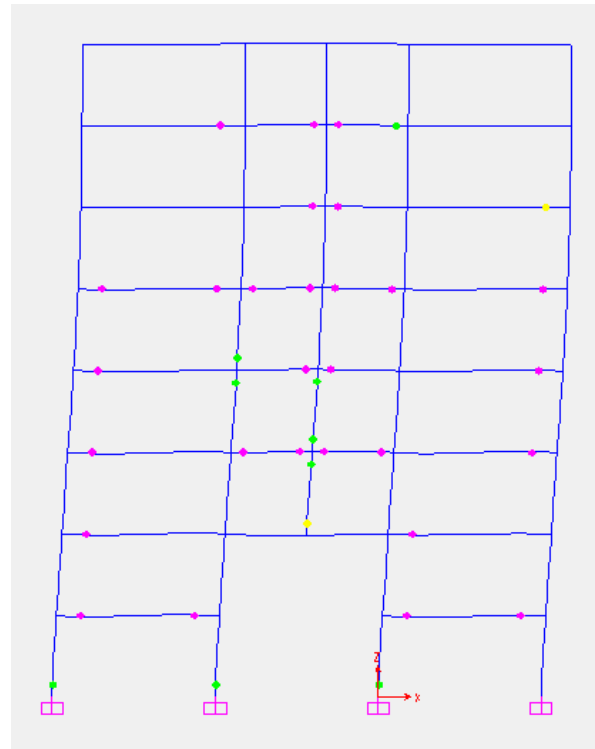
Şekil C.4 : X doğrultusunda bulunan düzlem çerçeve Erzincan depremi sonunda meydana gelen plastik mafsallar.



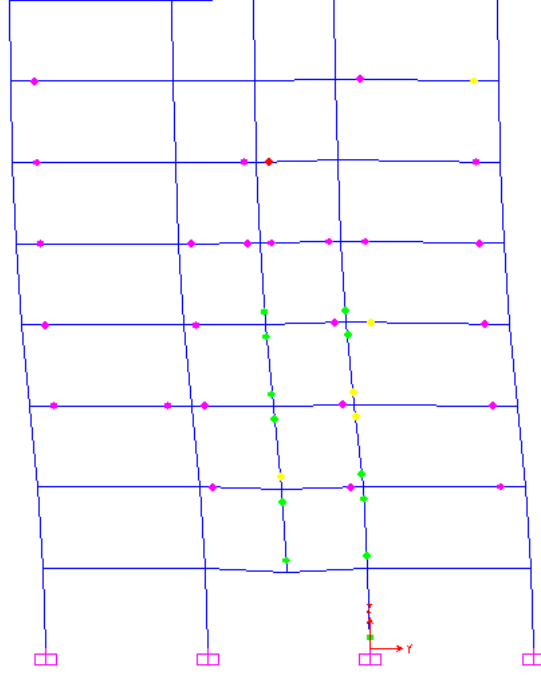
Şekil C.5 : X doğrultusunda bulunan düzlem çerçeve Kobe depremi sonunda meydana gelen plastik mafsallar.



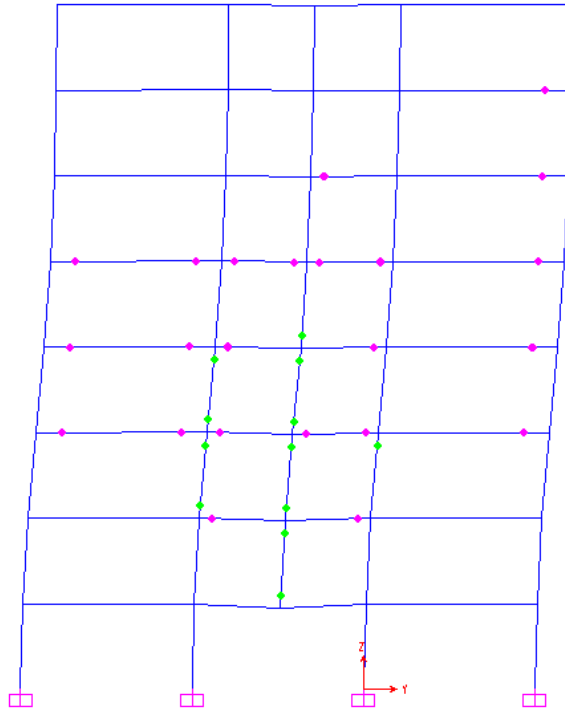
Şekil C.6 : X doğrultusunda bulunan düzlem çerçeve Kocaeli depremi sonunda meydana gelen plastik mafsallar.



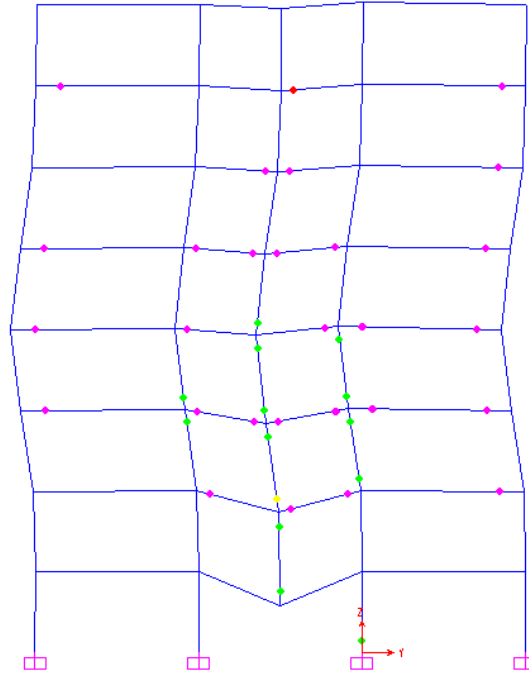
Şekil C.7 : X doğrultusunda bulunan düzlem çerçeve Northridge depremi sonunda meydana gelen plastik mafsallar.



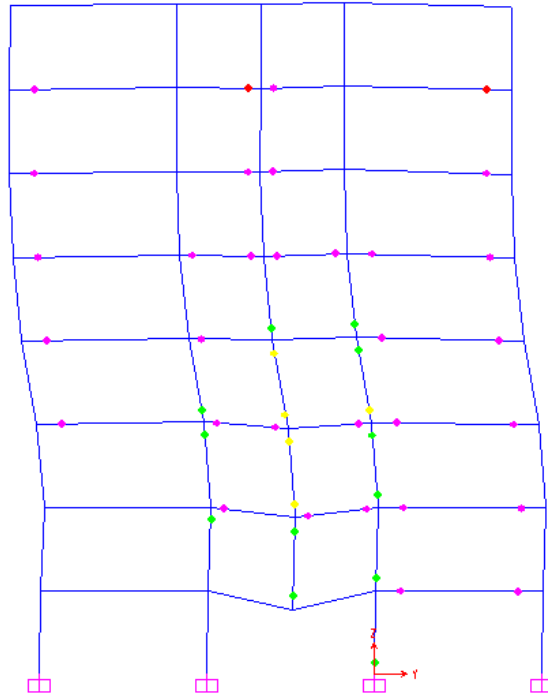
Şekil C.8 : Y doğrultusunda bulunan düzlem çerçeve Chi Chi depremi sonunda meydana gelen plastik mafsallar.



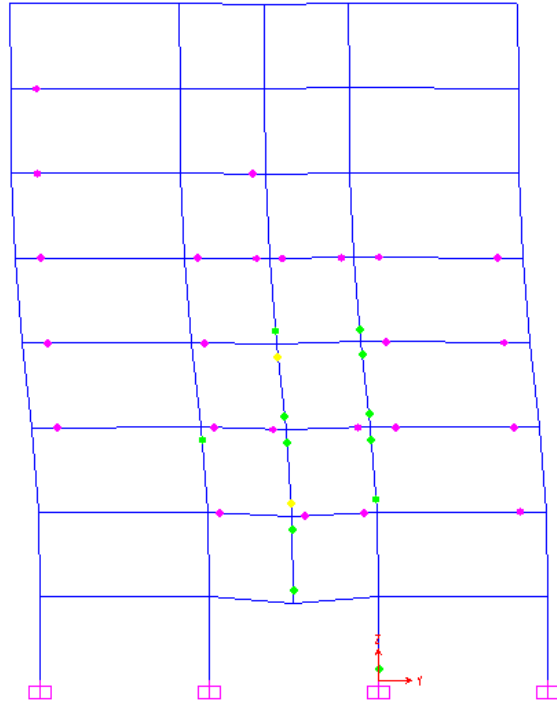
Şekil C.9 : Y doğrultusunda bulunan düzlem çerçeve Düzce depremi sonunda meydana gelen plastik mafsallar.



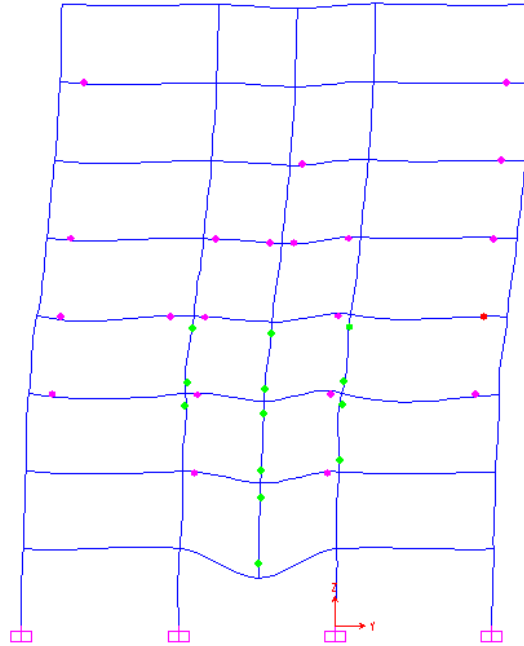
Şekil C.10 : Y doğrultusunda bulunan düzlem çerçeve El Centro depremi sonunda meydana gelen plastik mafsallar.



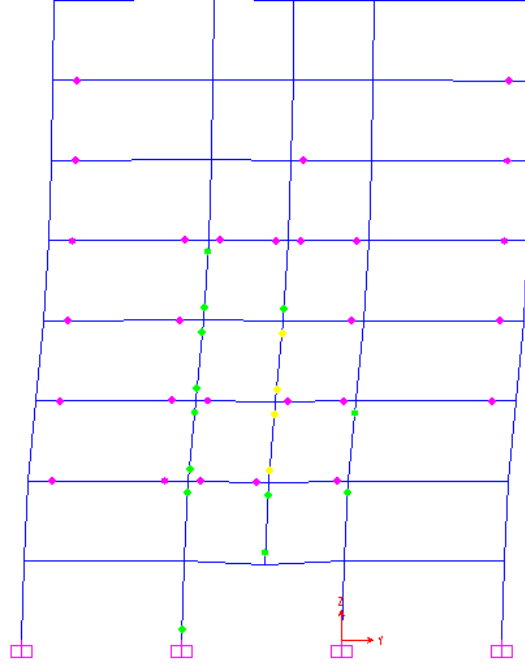
Şekil C.11: Y doğrultusunda bulunan düzlem çerçeve Erzincan depremi sonunda meydana gelen plastik mafsallar.



Şekil C.12 : Y doğrultusunda bulunan düzlem çerçeve Kobe depremi sonunda meydana gelen plastik mafsallar.



Şekil C.13 : Y doğrultusunda bulunan düzlem çerçeve Kocaeli depremi sonunda meydana gelen plastik mafsallar.



Şekil C.14 : Y doğrultusunda bulunan düzlem çerçeve Northridge depremi sonunda meydana gelen plastik mafsallar.

EK D

X ve Y doğrultularında bulunan düzlem çerçeveler için Eş Değer Deprem Yüğü Yöntemi ile 3 yükleme durumu için gerçekleştirilen analizlerden elde edilen kesit tesirleri Çizelge D.1, Çizelge D.2, Çizelge D.3, Çizelge D.4, Çizelge D5 ve Çizelge D6'da ayrı ayrı olarak gösterilmiştir.

Çizelge D.1 : X doğrultusundaki düzlem çerçeveye ait 14.G+1.6Q yüklemesi sonucu elde edilen kesit tesirleri.

1.4G+1.6Q Yükleme (kolonlar)			
Kesit	V	N	M
	KN	KN	KN-m
1	19.948	948.748	19.1498
2	-19.948	-923.007	40.6933
3	34.241	826.151	54.4146
4	-34.241	-800.409	48.3075
5	30.399	706.115	44.6198
6	-30.399	-680.373	46.5783
7	-31.92	1611.88	-29.4178
8	31.92	-1561.426	-66.3432
9	-13.595	1457.674	-49.4542
10	13.595	-1407.22	8.6703
11	8.141	1169.62	19.115
12	-8.141	-1132.552	5.3086
13	-2.009E-13	108.684	-3.401E-13
14	2.009E-13	-82.942	-2.627E-13
15	31.92	1611.88	29.4178
16	-31.92	-1561.426	66.3432
17	13.595	1457.674	49.4542
18	-13.595	-1407.22	-8.6703
19	-8.141	1169.62	-19.115
20	8.141	-1132.552	-5.3086
21	-19.948	948.748	-19.1498
22	19.948	-923.007	-40.6933
23	-34.241	826.151	-54.4146
24	34.241	-800.409	-48.3075
25	-30.399	706.115	-44.6198
26	30.399	-680.373	-46.5783

1.4G+1.6Q Yükleme (kirişler)		
Kesit	V	M
	KN	KN-m
27	96.856	-95.1079
28	103.752	115.7974
29	94.294	-92.9272
30	106.314	128.9876
31	131.286	-156.773
32	-54.342	-121.67
33	-54.342	121.6696
34	131.286	156.7729
35	103.752	-115.797
36	96.856	95.1079
37	106.314	-128.988
38	94.294	92.9272

Çizelge D.2 : X doğrultusundaki düzlem çerçeveye ait $G+Q+E_x$ yüklemesi sonucu elde edilen kesit tesirleri.

G+Q+E _x Yükleme (kolonlar)			
Kesit	V	N	M
	KN	KN	KN-m
1	-28.956	494.071	-81.3965
2	28.956	-475.684	-5.4715
3	-19.603	443.051	-28.3277
4	19.603	-424.664	-30.4813
5	-1.332	390.839	0.0783
6	1.332	-372.452	-4.0735
7	-118.724	972.596	-315.321
8	118.724	-936.557	-40.85
9	-102.377	829.681	-148.083
10	102.377	-793.643	-159.048
11	-55.414	668.873	-60.1479
12	55.414	-642.396	-106.095
13	-89.852	76.562	-150.869
14	89.852	-58.175	-118.688
15	-74.297	1287.704	-274.377
16	74.297	-1251.67	51.4861
17	-84.129	1214.264	-79.8725
18	84.129	-1178.23	-172.514
19	-67.561	970.516	-87.9414
20	67.561	-944.039	-114.743
21	-56.632	833.062	-107.966
22	56.632	-814.675	-61.9312
23	-67.085	712.568	-103.801
24	67.085	-694.181	-97.4551
25	-43.471	596.876	-61.7658
26	43.471	-578.489	-68.6463

G+Q+E _x Yükleme (kirişler)		
Kesit	V	M
	KN	KN-m
27	32.632	33.7992
28	106.876	188.9326
29	33.825	30.403
30	105.684	185.1731
31	19.085	34.0226
32	34.929	-10.2569
33	-111.492	161.1258
34	165.506	254.3712
35	37.401	28.3865
36	102.108	165.7325
37	42.204	6.0837
38	97.305	159.2209

Çizelge D.3 : X doğrultusundaki düzlem çerçeveye ait G+Q-E_x yüklemesi sonucu elde edilen kesit tesirleri.

G+Q-E _x Yüklemesi (kolonlar)			
Kesit	V	N	M
	KN	KN	KN-m
1	56.632	833.062	107.9658
2	-56.632	-814.675	61.9312
3	67.085	712.568	103.8013
4	-67.085	-694.181	97.4551
5	43.471	596.876	61.7658
6	-43.471	-578.489	68.6463
7	74.297	1287.704	274.3772
8	-74.297	-1251.67	-51.4861
9	84.129	1214.264	79.8725
10	-84.129	-1178.23	172.5135
11	67.561	970.516	87.9414
12	-67.561	-944.039	114.7427
13	89.852	76.562	150.869
14	-89.852	-58.175	118.6878
15	118.724	972.596	315.3207
16	-118.724	-936.557	40.85
17	102.377	829.681	148.0826
18	-102.377	-793.643	159.0478
19	55.414	668.873	60.1479
20	-55.414	-642.396	106.0951
21	28.956	494.071	81.3965
22	-28.956	-475.684	5.4715
23	19.603	443.051	28.3277
24	-19.603	-424.664	30.4813
25	1.332	390.839	-0.0783
26	-1.332	-372.452	4.0735

G+Q-E _x Yüklemesi (kirişler)		
Kesit	V	M
	KN	KN-m
27	102.108	-165.733
28	37.401	-28.3865
29	97.305	-159.221
30	42.204	-6.0837
31	165.506	-254.371
32	-111.492	-161.126
33	34.929	10.2569
34	19.085	-34.0226
35	106.876	-188.933
36	32.632	-33.7992
37	105.684	-185.173
38	33.825	-30.403

Çizelge D.4 : Y doğrultusundaki düzlem çerçeveye ait 14.G+1.6Q yüklemesi sonucu elde edilen kesit tesirleri.

1.4G+1.6Q Yükleme (kolonlar)			
Kesit	V	N	M
	KN	KN	KN-m
1	18.476	963.029	-17.7374
2	-18.476	-936.779	-37.6919
3	33.825	842.729	-52.4263
4	-33.825	-816.479	-49.048
5	32.272	720.227	-47.5571
6	-32.272	-693.977	-49.2581
7	16.081	1679.077	-14.8199
8	-16.081	-1627.63	-33.4221
9	10.866	1371.338	-20.2813
10	-10.866	-1333.54	-12.3173
11	-0.928	1114.108	-0.1106
12	0.928	-1087.86	2.895
13	-1.2E-13	143.258	2.27E-13
14	1.24E-13	-117.008	1.46E-13
15	-8.4E-14	197.251	1.42E-13
16	8.42E-14	-171.001	1.1E-13
17	-16.081	1679.077	14.8199
18	16.081	-1627.63	33.4221
19	-10.866	1371.338	20.2813
20	10.866	-1333.54	12.3173
21	0.928	1114.108	0.1106
22	-0.928	-1087.86	-2.895
23	-18.476	963.029	17.7374
24	18.476	-936.779	37.6919
25	-33.825	842.729	52.4263
26	33.825	-816.479	49.048
27	-32.272	720.227	47.5571
28	32.272	-693.977	49.2581

1.4G+1.6Q Yükleme (kirişler)		
Kesit	V	M
	KN	KN-m
29	94.05	90.1182
30	107.289	-129.836
31	96.252	96.6051
32	105.087	-123.109
33	149	183.539
34	-71.629	147.4046
35	114.343	135.5371
36	-40.121	96.1589
37	-71.629	-147.405
38	149	-183.539
39	-40.121	-96.1589
40	114.343	-135.537
41	107.289	129.8357
42	94.05	-90.1182
43	105.087	123.1091
44	96.252	-96.6051

Çizelge D.5 : Y doğrultusundaki düzlem çerçeveye ait G+Q+E_y yüklemesi sonucu elde edilen kesit tesirleri.

G+Q+E _y Yüklemesi (kolonlar)			
Kesit	V	N	M
	KN	KN	KN-m
1	-20.58	507.606	62.3195
2	20.58	-488.856	-0.5783
3	-4.42	448.295	12.3541
4	4.42	-429.545	0.9049
5	-12.358	391.157	20.7943
6	12.358	-372.407	16.2808
7	-104.563	942.042	259.8728
8	104.563	-905.292	53.8173
9	-67.731	763.705	99.8501
10	67.731	-736.705	103.3427
11	-64.478	633.63	93.2219
12	64.478	-614.88	100.2106
13	-83.54	100.8	140.3138
14	83.54	-82.05	110.3073
15	-76.524	138.609	115.8402
16	76.524	-119.859	113.7329
17	-127.679	1412.629	281.1766
18	127.679	-1375.88	101.8617
19	-83.736	1158.764	129.3672
20	83.736	-1131.76	121.841
21	-63.713	927.94	94.1346
22	63.713	-909.19	97.0034
23	-46.19	839.662	86.9045
24	46.19	-820.912	51.665
25	-51.309	730.674	85.026
26	51.309	-711.924	68.9008
27	-57.109	616.45	86.7372
28	57.109	-597.7	84.5901

G+Q+E _y Yüklemesi (kirişler)		
Kesit	V	M
	KN	KN-m
29	40.561	-11.7758
30	99.471	-164.953
31	38.388	-21.6992
32	101.644	-168.068
33	42.117	11.2858
34	12.202	33.586
35	1.431	-28.4965
36	50.638	-45.3145
37	-113.002	-173.9
38	167.322	-246.586
39	-107.197	-180.833
40	159.267	-218.864
41	49.793	15.3574
42	90.238	-136.691
43	44.557	2.888
44	95.474	-155.638

Çizelge D.6 : Y doğrultusundaki düzlem çerçeveye ait G+Q-E_y yüklemesi sonucu elde edilen kesit tesirleri.

G+Q-E _y Yüklemesi (kolonlar)			
Kesit	V	N	M
	KN	KN	KN-m
1	42.212	328.975	-83.0859
2	-42.212	-347.725	-43.5504
3	43.963	281.863	-73.6775
4	-43.963	-300.613	-58.2103
5	49.898	230.13	-76.1762
6	-49.898	-248.88	-73.5169
7	109.138	487.066	-264.089
8	-109.138	-523.816	-63.326
9	64.591	417.982	-99.7477
10	-64.591	-444.982	-94.0254
11	54.982	330.273	-81.0398
12	-54.982	-349.023	-83.9058
13	83.54	0.485	-140.314
14	-83.54	-19.235	-110.307
15	76.524	9.581	-115.84
16	-76.524	-28.331	-113.733
17	123.104	16.479	-276.96
18	-123.104	-53.229	-92.3529
19	86.876	22.922	-129.47
20	-86.876	-49.922	-131.158
21	73.208	35.963	-106.317
22	-73.208	-54.713	-113.308
23	24.558	-3.081	-66.1381
24	-24.558	-15.669	-7.5363
25	11.766	-0.515	-23.7025
26	-11.766	-18.235	-11.5955
27	19.57	4.838	-31.3553
28	-19.57	-23.588	-27.354

G+Q-E _y Yüklemesi (kirişler)		
Kesit	V	M
	KN	KN-m
29	65.862	117.228
30	20.17	19.8469
31	70.483	134.3864
32	15.548	30.4177
33	85.664	143.2269
34	-62.845	79.537
35	99.161	144.6474
36	-74.091	115.2302
37	62.36	60.7768
38	-39.54	92.0736
39	83.745	110.9173
40	-58.675	102.7126
41	69.847	129.7489
42	16.184	31.2388
43	72.635	134.7625
44	13.397	42.9508

X ve Y doğrultularında bulunan düzlem çerçeveler için gerçekleştirilen Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz sonuçlarında elde edilen kesit tesirleri Çizelge D.7, Çizelge D.8, Çizelge D.9 ve Çizelge D.10'da gösterilmiştir. 7 deprem durumu için sonuçlar ayrı ayrı gösterilmişlerdir. Karşılaştırmalarda bu 7 depremden elde edilen sonuçların ortalamaları kullanılmıştır.

Çizelge D.7 : X doğrultusundaki düzlem çerçevenin ZTADOA sonucunda oluşan kolon kesit tesirleri.

Kesit	CHI CHI			DUZCE			EL CENTRO			ERZİNCAN			KOBE			KOCAELİ			NORTHRIDGE		
	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M
	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m
1 Max	194.509	1007.225	402.4353	166.038	1129.148	336.7261	198.101	1166.055	410.76	226.672	1265.109	461.7637	172.61	1196.367	358.3422	170.246	959.833	340.2425	175.639	1039.243	345.8819
1 Min	-116.213	129.186	-259.708	-123.829	169.974	-281.331	-72.553	308.518	-162.654	-87.254	72.224	-201.885	-100.135	206.591	-217.865	-120.999	92.53	-272.118	-121.65	129.695	-275.883
2 Max	116.213	-988.838	181.0926	123.829	-1105.72	162.0156	72.553	-1147.67	183.5437	87.254	-1226.3	223.8583	100.135	-1177.98	159.4874	120.999	-957.31	171.4865	121.65	-1020.86	181.0357
2 Min	-194.509	-115.322	-88.997	-166.038	-59.547	-95.2826	-198.101	-290.131	-55.0043	-226.672	-49.095	-59.9739	-172.61	-91.659	-82.9684	-170.246	-111.834	-95.3405	-175.639	-21.305	-99.4211
3 Max	178.486	856.043	260.194	168.815	933.017	255.3328	175.831	957.941	262.3236	186.044	1004.179	266.1712	169.965	932.6	261.1003	169.517	780.332	256.5069	174.698	870.941	259.2851
3 Min	-117.195	214.915	-183.096	-122.384	206.525	-187.186	-86.353	298.794	-139.478	-125.844	131.453	-209.0653	-110.355	244.296	-168.798	-123.74	170.222	-190.132	-128.071	169.851	-197.698
4 Max	117.195	-860.311	275.5674	122.384	-914.578	251.1974	86.353	-939.554	265.1685	125.844	-953.603	292.166	110.355	-979.233	249.6278	123.74	-751.182	253.2531	128.071	-820.14	265.9722
4 Min	-178.486	-201.23	-169.172	-168.815	-144.9	-181.861	-175.831	-177.265	-120.422	-186.044	-116.027	-169.0998	-169.965	-225.909	-162.265	-169.517	-92.092	-182.925	-174.698	-80.688	-191.929
5 Max	109.621	731.402	177.5482	99.396	729.109	151.2626	108.433	762.425	177.0123	111.407	804.691	181.8349	105.986	703.898	181.6506	103.437	689.681	150.732	106.09	647.557	151.9115
5 Min	-57.402	179.533	-93.2434	-87.401	213.145	-140.184	-41.604	260.564	-58.4532	-58.285	282.336	-96.8026	-53.748	241.611	-59.3955	-60.53	157.332	-101.557	-61.904	205.442	-98.3087
6 Max	57.402	-676.687	168.8782	87.401	-587.962	160.4741	41.604	-737.39	155.4911	58.285	-791.69	162.5268	53.748	-646.091	155.6863	60.53	-582.041	170.8297	61.904	-636.678	176.9442
6 Min	-109.621	-269.433	-108.056	-99.396	-237.954	-128.459	-108.433	-305.159	-84.9923	-111.407	-289.93	-104.3732	-105.986	-261.025	-107.043	-103.437	-218.091	-90.9965	-106.09	-124.796	-88.1976
7 Max	354.209	1472.328	1080.043	304.707	1466.479	953.2702	356.936	1500.038	1086.244	371.987	1696.902	1130.1761	329.16	1515.861	1019.822	316.303	1269.615	949.155	326.603	1392.972	954.8191
7 Min	-290.383	687.214	-822.161	-314.514	720.96	-884.781	-206.29	610.929	-542.61	-304.775	563.694	-848.8839	-257.473	681.213	-692.824	-311.15	609.134	-863.791	-308.691	732.707	-888.705
8 Max	290.383	-1298.61	20.7236	314.514	-1420.48	21.5194	206.29	-1132.32	6.4987	304.775	-1159	25.4221	257.473	-1468.44	26.0751	311.15	-1411.67	26.8767	308.691	-1426.99	45.2231
8 Min	-354.209	-563.623	-101.809	-304.707	-577.212	-106.724	-356.936	-731.708	-107.445	-371.987	-749.994	-78.6468	-329.16	-540.566	-109.086	-316.303	-605.189	-98.2608	-326.603	-716.46	-85.6088
9 Max	312.862	1347.078	304.0831	315.45	1479.754	318.5822	288.888	1486.538	299.7536	307.634	1395.815	306.3174	279.734	1418.91	316.8916	284.922	1274.857	296.7851	255.236	1458.563	258.6344
9 Min	-286.744	389.759	-406.237	-287.387	648.536	-432.986	-234.128	589.555	-356.309	-309.426	493.483	-492.7974	-276.372	463.201	-383.811	-321.907	462.648	-446.678	-364.872	494.205	-492.053
10 Max	286.744	-1425.6	641.5162	287.387	-1451.69	629.7285	234.128	-1397.15	578.6343	309.426	-1497.94	645.7179	276.372	-1300.02	533.5977	321.907	-1323.79	591.529	364.872	-1377.24	511.783
10 Min	-312.862	-443.232	-470.366	-315.45	-418.811	-459.157	-288.888	-377.311	-357.614	-307.634	-294.482	-445.7191	-279.734	-446.151	-451.265	-284.922	-347.058	-526.309	-255.236	-458.167	-602.562
11 Max	265.739	1120.42	388.0435	242.437	1071.591	350.6209	264.57	1191.556	377.7603	275.526	1265.597	392.737	259.824	1239.807	389.4189	236.328	1155.531	320.3099	205.099	1076.601	250.1533
11 Min	-215.963	367.935	-286.37	-278.125	461.178	-383.68	-158.628	360.657	-177.988	-203.846	398.969	-263.0334	-185.948	293.099	-183.037	-235.356	271.868	-315.047	-268.773	252.742	-382.604
12 Max	215.963	-1022.21	438.1046	278.125	-1070.43	384.4234	158.628	-1186.59	419.9224	203.846	-1216.73	438.9719	185.948	-1069.36	406.6481	235.356	-1026.93	396.9091	268.773	-1140.28	365.8691
12 Min	-265.739	-349.813	-361.802	-242.437	-429.359	-451.623	-264.57	-364.987	-300.559	-275.526	-181.865	-363.2159	-259.824	-300.701	-375.354	-236.328	-325.78	-393.489	-205.099	-388.378	-440.255
13 Max	218.934	247.429	349.6854	236.787	290.862	388.5195	199.965	173.988	311.8298	210.359	227.137	330.3448	200.259	172.323	314.6101	222.997	261.236	355.3148	204.868	196.529	328.5826
13 Min	-219.726	269.472	-357.157	-237.122	305.544	-388.752	-207.172	230.367	-328.632	-197.609	182.841	-319.4032	-197.668	140.231	-305.846	-221.669	263.029	-351.641	-211.957	239.302	-331.52
14 Max	219.726	-229.042	307.1163	237.122	-291.525	323.8044	207.172	-155.601	288.0666	197.609	-209.819	300.7514	197.668	-143.015	287.5887	221.669	-242.849	313.6755	211.957	-160.186	288.5074
14 Min	-218.934	-233.786	-307.679	-236.787	-287.858	-323.071	-199.965	-191.462	-293.405	-210.359	-136.71	-285.8115	-200.259	-154.365	-287.522	-222.997	-244.642	-313.365	-204.868	-220.915	-304.351

Çizelge D.7 (devam) : X doğrultusundaki düzlem çerçevenin ZTADOA sonucunda oluşan kolon kesit tesirleri.

Kesit	CHI CHI			DUZCE			EL CENTRO			ERZİNCAN			KOBE			KOCAELİ			NORTHRIDGE		
	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M
	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m
15 Max	351.59	962.838	957.5526	329.477	764.892	882.7731	335.626	837.687	923.0659	333.485	870.862	940.5784	324.324	725.538	892.9902	337.537	851.718	926.1941	289.998	697.433	763.4278
15 Min	-331.657	1219.678	-970.455	-295.725	1413.586	-921.663	-250.161	1372.783	-739.287	-348.574	1319.482	-1065.315	-286.282	1425.267	-843.817	-327.741	1246.855	-984.814	-355.944	1597.263	-1091.18
16 Max	331.657	-890.716	112.1272	295.725	-1082.45	148.1058	250.161	-839.887	90.2874	348.574	-919.639	122.5464	286.282	-1055.1	107.2621	327.741	-1081.22	117.2993	355.944	-931.632	128.0351
16 Min	-351.59	-1032.71	-42.8455	-329.477	-984.853	-7.065	-335.626	-922.04	-52.9306	-333.485	-949.959	-5.5895	-324.324	-974.401	-44.7495	-337.537	-1109.31	-18.2754	-289.998	-1124.71	-15.3286
17 Max	353.159	201.073	460.3133	285.674	336.5	399.1143	354.209	403.098	462.899	382.702	385.953	461.8769	331.234	238.931	454.9261	310.89	287.992	425.2008	298.362	476.944	415.0688
17 Min	-258.792	1451.731	-307.681	-314.335	1656.494	-358.495	-197.84	1626.738	-221.331	-250.077	1539.511	-314.7201	-247.465	1437.073	-261.492	-287.168	1549.876	-319.342	-304.292	1609.063	-329.335
18 Max	258.792	-214.571	603.6526	314.335	-462.663	507.3395	197.84	-375.537	600.4279	250.077	-338.089	686.3858	247.465	-328.077	555.9558	287.168	-497.234	548.0263	304.292	-429.749	483.6758
18 Min	-353.159	-1212.11	-499.5	-285.674	-1479.1	-611.919	-354.209	-1502.07	-378.573	-382.702	-1332.75	-447.5018	-331.234	-1397.73	-482.996	-310.89	-1503.89	-547.695	-298.362	-1424.63	-595.079
19 Max	252.963	182.493	351.13	201.275	171.234	236.0502	260.388	346.792	354.6684	275.466	348.248	371.4429	262.593	200.595	380.8707	210.531	405.345	254.995	190.199	218.04	203.4027
19 Min	-226.689	1199.306	-307.658	-275.696	1222.674	-402.864	-181.634	1284.17	-252.817	-223.565	1284.465	-333.0016	-196.558	1134.589	-228.372	-255.998	1207.247	-368.997	-276.499	1285.859	-392.826
20 Max	226.689	-164.369	428.75	275.696	-147.606	372.4703	181.634	-321.174	427.0508	223.565	-291.884	456.0926	196.558	-235.907	410.6149	255.998	-156.868	398.9555	276.499	-290.769	378.4375
20 Min	-252.963	-1164.96	-376.856	-201.275	-1138.74	-452.476	-260.388	-1261.17	-298	-275.466	-1093	-354.9985	-262.593	-1124.01	-362.119	-210.531	-1215.01	-401.755	-190.199	-1259.38	-436.673
21 Max	138.13	271.54	309.4939	126.286	115.994	279.887	131.358	177.863	291.6945	130.64	208.981	298.1819	127.097	122.373	281.176	132.215	198.23	295.2953	103.655	177.863	221.5432
21 Min	-178.211	929.565	-355.554	-158.687	1126.964	-323.952	-139.807	1004.514	-272.84	-190.945	1053.468	-388.2227	-157.828	1040.061	-313.005	-170.11	1152.14	-343.567	-191.627	1241.234	-401.658
22 Max	178.211	-275.9	108.535	158.687	-196.44	102.3125	139.807	-159.476	102.3786	190.945	-174.521	103.1987	157.828	-103.986	100.1155	170.11	-223.939	104.8215	191.627	-159.476	89.423
22 Min	-138.13	-911.178	-179.08	-126.286	-1028.66	-153.937	-131.358	-986.127	-146.581	-130.64	-1022.79	-184.7472	-127.097	-1017.3	-160.788	-132.215	-1026.18	-167.047	-103.655	-1222.85	-173.223
23 Max	130.896	1.275	193.3651	123.885	143.281	184.0398	126.706	114.162	192.0221	129.058	177.521	189.8798	125.258	46.665	193.1374	123.468	133.416	185.1865	121.984	229.15	186.0438
23 Min	-162.938	789.155	-245.995	-163.949	1051.539	-253.953	-136.828	942.177	-209.391	-184.855	871.187	-289.1226	-157.82	847.845	-236.109	-170.639	984.287	-263.727	-180.35	1030.759	-272.899
24 Max	162.938	-209.601	207.0124	163.949	-142.301	188.4804	136.828	-155.615	192.692	184.855	-159.134	197.2951	157.82	-70.474	189.2604	170.639	-184.221	191.4017	180.35	-210.763	179.9069
24 Min	-130.896	-746.907	-243.59	-123.885	-946.569	-239.829	-126.706	-814.649	-202.668	-129.058	-836.593	-266.2502	-125.258	-829.458	-237.352	-123.468	-960.446	-249.11	-121.984	-1012.37	-268.151
25 Max	61.361	102.778	100.3008	58.92	177.092	92.6318	59.745	161.624	95.9382	60.673	187.144	89.0436	60.829	54.406	105.4224	61.129	198.937	87.8178	55.398	193.051	68.7507
25 Min	-97.612	725.338	-147.774	-130.925	722.645	-206.003	-90.5	793.137	-135.858	-112.15	790.936	-186.6389	-100.648	666.26	-133.133	-103.196	743.084	-165.463	-112.956	712.527	-182.757
26 Max	97.612	-304.876	107.2448	130.925	-301.718	97.1895	90.5	-147.616	89.8099	112.15	-202.949	95.2017	100.648	-112.78	91.8581	103.196	-195.749	106.97	112.956	-238.82	107.4919
26 Min	-61.361	-519.924	-175.309	-58.92	-661.038	-194.081	-59.745	-568.738	-153.678	-60.673	-574.341	-176.1722	-60.829	-650.355	-173.846	-61.129	-684.949	-154.285	-55.398	-800.624	-156.875

Çizelge D.8 : X doğrultusundaki düzlem çerçevenin ZTADOA sonucunda oluşan kiriş kesit tesirleri.

Kesit	CHI CHI		DUZCE		EL CENTRO		ERZİNCAN		KOBE		KOCAELİ		NORTHRIDGE	
	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M
	KN	KN-m	KN	KN-m	KN	KN-m	KN	KN-m	KN	KN-m	KN	KN-m	KN	KN-m
27 Max	180.451	263.1377	176.309	275.3625	181.377	184.479	188.09	267.7853	176.904	251.3401	176.993	275.906	179.81	276.3792
27 Min	-64.294	-439.789	-62.667	-416.553	-39.498	-445.146	-75.289	-483.569	-58.275	-419.304	-68.364	-423.333	-69.045	-438.45
28 Max	185.268	491.0971	183.641	463.5614	160.472	415.43	196.264	546.8733	179.249	461.2303	189.338	497.1981	190.019	500.8171
28 Min	-59.477	-279.994	-55.335	-278.381	-60.403	-280.195	-67.116	-282.052	-55.929	-279.195	-56.019	-278.185	-58.835	-277.485
29 Max	178.486	258.0376	168.156	275.2128	180.426	165.5956	185.439	247.353	178.328	219.0849	167.416	275.3601	166.657	277.2188
29 Min	-48.103	-429.979	-57.747	-399.194	-24.349	-441.168	-56.312	-470.162	-39.99	-429.039	-57.665	-391.319	-64.636	-412.829
30 Max	169.077	393.5041	178.721	434.1932	145.324	343.4232	177.286	453.439	160.964	383.7753	178.64	433.5549	185.61	473.5209
30 Min	-57.512	-278.015	-47.182	-246.822	-59.452	-278.466	-64.465	-279.567	-57.354	-278.007	-46.442	-258.145	-45.683	-224.189
31 Max	372.074	357.6742	414.426	326.849	347.681	170.6844	355.384	208.835	314.522	234.9116	364.81	391.7257	297.222	490.3031
31 Min	-119.649	-673.202	-95.785	-726.871	-50.73	-675.492	-55.729	-755.029	-77.416	-637.623	-128.952	-625.7	-158.406	-526.724
32 Max	169.03	80.903	145.166	77.1582	100.111	81.9403	105.11	70.1846	126.797	88.7721	178.333	86.4268	207.787	108.9307
32 Min	-322.693	-377.15	-365.045	-450.328	-298.3	-293.481	-306.003	-326.264	-265.141	-297.983	-315.429	-396.473	-247.841	-329.866
33 Max	200.812	395.8525	225.119	445.2985	210.006	339.9193	230.994	337.066	207.921	287.5999	173.845	383.4301	109.161	326.8609
33 Min	-305.495	-84.1372	-354.092	-229.022	-244.951	-82.5198	-245.99	-84.9863	-231.938	-101.13	-320.222	-72.5381	-329.051	-77.1888
34 Max	354.876	595.4337	403.473	726.2464	294.332	471.7291	295.371	505.0787	281.319	500.0701	369.603	651.4422	378.432	734.3626
34 Min	-151.431	-455.802	-175.738	-376.591	-160.625	-484.371	-181.613	-551.939	-158.54	-464.173	-124.464	-374.924	-59.78	-226.211
35 Max	189.414	277.1401	187.329	278.2801	189.773	198.1374	199.265	277.0229	185.469	269.7326	187.266	278.7451	192.5	279.5754
35 Min	-56.203	-496.674	-51.801	-485.57	-31.367	-498.664	-64.428	-553.484	-50.566	-473.812	-56.8	-489.742	-60.463	-517.526
36 Max	177.177	423.4331	172.775	395.4454	152.341	352.9873	185.402	472.4667	171.541	396.5885	177.774	424.9767	181.438	446.1271
36 Min	-68.44	-276.888	-66.355	-275.482	-68.799	-277.053	-78.291	-279.184	-64.494	-276.077	-66.292	-275.292	-71.526	-274.554
37 Max	182.449	242.686	177.09	277.3806	184.195	140.191	189.855	224.2518	181.712	200.6948	174.679	277.12	172.895	278.7421
37 Min	-41.266	-455.408	-53.699	-424.975	-16.576	-465.384	-49.396	-497.993	-34.262	-451.086	-53.797	-411.119	-60.922	-430.421
38 Max	162.24	367.8327	174.673	407.7366	137.55	322.3071	170.37	435.0474	155.236	367.8648	174.771	408.8081	181.896	449.711
38 Min	-61.475	-276.388	-56.116	-274.641	-63.221	-276.865	-68.881	-278.259	-60.738	-276.263	-53.705	-274.032	-51.921	-244.027

Çizelge D.9 : Y doğrultusundaki düzlem çerçevenin ZTADOA sonucunda oluşan kolon kesit tesirleri.

Kesit	CHI CHI			DUZCE			EL CENTRO			ERZİNCAN			KOBE			KOCAELİ			NORTHRIDGE		
	V	N	M2	V	N	M2	V	N	M2	V	N	M2	V	N	M2	V	N	M2	V	N	M2
	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m
1 Max	143.965	174.545	195.5	107.11	135.888	212.65	130.246	362.01	160.62	149.38	151.79	214.012	125.34	278.3	197.27	114.18	99.854	203.4	104.97	83.596	263.8
1 Min	-87.431	1128.82	-296.5	-92.448	983.174	-212.7	-70.757	1161.8	-270	-95.09	1262.9	-309.91	-87.947	1054.7	-255.6	-89.328	1052.6	-233	-117.3	998.16	-215
2 Max	87.431	-339.03	71.772	92.448	-97.179	65.163	70.757	-352.4	54.266	95.093	-116.25	71.6898	87.947	-246.6	66.867	89.328	-81.1	64.56	117.35	-64.85	88.22
2 Min	-143.97	-1117.6	-135.5	-107.11	-986.88	-108.9	-130.25	-1135	-123	-149.4	-1245	-138.26	-125.34	-1070	-123.2	-114.18	-981.6	-114	-105	-996.9	-102
3 Max	140.941	176.633	127.01	99.074	203.459	145.81	132.654	321.16	98.321	145.28	184.33	132.446	129.08	281.49	113.79	112.1	199.14	128.8	123.27	177.19	171.8
3 Min	-73.554	889.675	-234.4	-81.615	764.747	-158.6	-58.272	998.56	-221.3	-83.4	1026.1	-243.85	-72.045	925.25	-215	-74.518	898.29	-183	-96.3	848.4	-173
4 Max	73.554	-300.6	94.419	81.615	-145.4	100.37	58.272	-321.9	79.821	83.395	-165.58	117.739	72.045	-261.1	104.5	74.518	-160	94.95	96.295	-94.05	123.8
4 Min	-140.94	-928.9	-193	-99.074	-789.98	-139.1	-132.65	-950.3	-179.1	-145.3	-1049.6	-195.52	-129.08	-873.2	-174	-112.1	-761.3	-154	-123.3	-829.7	-197
5 Max	167.913	187.578	133.97	116.19	215.972	174.61	157.334	249.19	88.869	170.03	151.36	60.2208	156.84	309.18	69.732	133.03	188.08	133.5	120.31	201.79	191
5 Min	-77.327	747.436	-280.1	-91.556	701.974	-154.9	-59.041	794.92	-266.2	-59.86	828.83	-301.77	-63.306	813.73	-271.4	-77.537	734.87	-192	-106	702.92	-145
6 Max	77.327	-169.27	99.951	91.556	-198.02	102.37	59.041	-273.8	96.562	59.864	-148.62	119.701	63.306	-238.4	126.2	77.537	-225.2	100.2	106.02	-183	127
6 Min	-167.91	-696.65	-240.1	-116.19	-698.11	-198.9	-157.33	-769.1	-211.8	-170	-797.03	-221.48	-156.84	-720.7	-211.9	-133.03	-609.3	-208	-120.3	-665.6	-220
7 Max	513.841	503.818	717.76	369.03	453.171	752.72	444.573	541.14	548.15	524.49	223.43	733.194	408.6	405.58	679.06	408.64	336.69	737.3	452.47	452.74	822.1
7 Min	-307.26	1774.34	-1080	-305.87	1748.6	-751.1	-217.54	1712	-964.3	-289.4	1793.5	-1120.7	-271.52	1592	-893.8	-312.89	1717.4	-851	-345.4	1744.9	-928
8 Max	307.257	-440.89	213.63	305.87	-482.49	183.38	217.541	-678.1	169.77	289.43	-668.15	152.398	271.52	-569	182	312.89	-458.2	211.2	345.44	-265.2	257.3
8 Min	-513.84	-1737.6	-461.4	-369.03	-1764.2	-373.8	-444.57	-1675	-369.5	-524.5	-1454.5	-453.41	-408.6	-1431	-363	-408.64	-1594	-379	-452.5	-1708	-429
9 Max	301.621	382.88	332.57	222.44	338.175	356.45	281.03	296.65	259.11	302.89	53.881	304.335	273.27	213.87	287.85	256.13	358.09	329	223.82	365.77	458.7
9 Min	-222.19	1179.6	-497.8	-239.67	1358.1	-343.6	-202.81	1350	-458.6	-233.1	1310.3	-507.53	-229.39	1272.4	-442.6	-223.31	1330.7	-405	-295.9	1336.8	-333
10 Max	222.186	-139.76	395.83	239.67	-273.39	364.04	202.805	-287.1	355.51	233.11	-101.55	415.063	229.39	-173.2	401.92	223.31	-268.5	341.9	295.94	-338.8	429.1
10 Min	-301.62	-1369.7	-423.4	-222.44	-1281.9	-339.3	-281.03	-1359	-395.1	-302.9	-1408.1	-412.43	-273.27	-1258	-388	-256.13	-1234	-367	-223.8	-1310	-339
11 Max	226.882	332.989	297.01	170.77	353.9	331.25	218.261	260.52	286.92	237.07	54.284	271.753	220.96	218.6	234.57	180.45	288.67	297	183.47	343.65	329.9
11 Min	-202.06	906.94	-348.1	-217.83	1057.76	-235.2	-200.29	1066.4	-343.8	-185.5	1036.1	-381.26	-181.49	1078.7	-357.5	-200.73	1051.1	-254	-219.3	1062.2	-258
12 Max	202.061	-320.24	310.13	217.83	-329.6	323.11	200.294	-290	321.24	185.51	-177.8	305.732	181.49	-219.9	312.98	200.73	-263	317	219.29	-324.9	327.9
12 Min	-226.88	-884.5	-340.6	-170.77	-1039	-277.1	-218.26	-1051	-313.7	-237.1	-1014.4	-332.72	-220.96	-1024	-312.1	-180.45	-1038	-287	-183.5	-1043	-292
13 Max	205.792	344.034	323.73	203.05	301.069	316.07	193.229	305.81	325.32	205.5	377.24	322.801	191.11	294.84	310.78	203.64	302.3	315.4	205.55	364.94	319.7
13 Min	-209.85	336.771	-322.1	-198.6	304.76	-316.9	-209.22	256.23	-303.9	-209.6	389.11	-324.3	-203.72	314.15	-314.2	-196.06	294.89	-314	-209.3	346.37	-316
14 Max	209.853	-324.26	305.99	198.6	-228.74	289.32	209.222	-287.1	302.35	209.64	-336.2	310.631	203.72	-276.1	300.38	196.06	-233.9	281.7	209.26	-335.6	309.5
14 Min	-205.79	-291.18	-300.9	-203.05	-268.33	-295.5	-193.23	-185.4	-286.4	-205.5	-346.08	-296.38	-191.11	-159.1	-281.1	-203.64	-270.7	-298	-205.6	-304.7	-304

Çizelge D.9 (devam) : Y doğrultusundaki düzlem çerçevenin ZTADOA sonucunda oluşan kolon kesit tesirleri.

Kesit	CHI CHI			DUZCE			EL CENTRO			ERZİNCAN			KOBE			KOCAELİ			NORTHRIDGE		
	V	N	M2	V	N	M2	V	N	M2	V	N	M2	V	N	M2	V	N	M2	V	N	M2
	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m
15 Max	217.697	335.411	334.44	213.15	273.614	319.36	210.874	327.92	339.11	217.18	348.32	335.077	210.92	301.02	330.45	212.28	256	317.2	217.8	333.76	332.6
15 Min	-221.19	306.281	-329	-211.88	285	-321.3	-222.43	234.4	-319.7	-222.2	325.76	-331.9	-218.58	231.52	-318.6	-210.24	272.04	-320	-220	308.58	-328
16 Max	221.193	-316.81	329.14	211.88	-254.86	316.28	222.427	-309.2	328.17	222.22	-329.57	331.579	218.58	-282.3	325.28	210.24	-234.3	313.9	219.96	-308.8	328
16 Min	-217.7	-287.53	-324.1	-213.15	-266.25	-318.1	-210.87	-215.7	-312.9	-217.2	-307.01	-319.65	-210.92	-212.8	-314.1	-212.28	-253.3	-317	-217.8	-289.8	-325
17 Max	365.767	1559.01	882.93	300.33	1740.91	837.96	360.737	1885.2	730.65	361.75	1641.5	1036.96	360.11	1735.9	841.95	321.99	1645.9	787	267.92	1688.4	1010
17 Min	-427.36	675.996	-879.7	-392.53	700.495	-694.1	-357.91	563.63	-849.5	-497.3	626.24	-867.6	-409.49	485.38	-828.4	-363	400.87	-742	-466.8	402.73	-679
18 Max	427.36	-1634.3	402.81	392.53	-1551.6	340.18	357.912	-1672	346.53	497.28	-1577.5	455.623	409.49	-1699	386.53	363	-1487	320	466.81	-1637	432.8
18 Min	-365.77	-614.25	-227.3	-300.33	-724.32	-207.2	-360.74	-585.3	-244.9	-361.7	-641.5	-247.26	-360.11	-696.4	-265.4	-321.99	-715.8	-235	-267.9	-881	-141
19 Max	292.296	1399.39	378.69	207.48	1463.6	441.29	276.088	1542.5	342.63	303.91	1275.3	394.439	274.74	1372.8	353.63	236.8	1453.6	392.1	233.57	1412.7	506.1
19 Min	-241.24	211.566	-436.5	-264.07	460.439	-280.1	-214.12	308.01	-414.1	-249.9	299.03	-458.78	-227.24	205.15	-413.9	-246.47	189.03	-324	-293	186.26	-273
20 Max	241.236	-1362.4	348	264.07	-1374.3	357.23	214.118	-1445	308.3	249.86	-1243	355.648	227.24	-1320	332.64	246.47	-1406	349.7	293	-1320	402.2
20 Min	-292.3	-323.43	-464.4	-207.48	-128.45	-360.3	-276.09	-281	-414.2	-303.9	-273.47	-453	-274.74	-211.1	-412.1	-236.8	-173.6	-389	-233.6	-159.3	-428
21 Max	219.356	1151.13	289.6	185.31	1182.6	319.88	213.954	1219.6	293.15	222.13	946.34	300.721	206.85	1067.6	258.42	201.9	1155.1	269	173.5	1153.9	374.6
21 Min	-200.18	347.243	-330.1	-201.87	175.246	-255.4	-195.45	296.7	-322.3	-212.7	376.19	-334.53	-185.05	225.88	-311.7	-183.4	191.68	-297	-240.1	216.32	-220
22 Max	200.175	-1124.2	311.79	201.87	-1172.1	287.53	195.453	-1202	298.99	212.67	-927.59	337.287	185.05	-1049	296.74	183.4	-1107	284.3	240.09	-1135	345.7
22 Min	-219.36	-444.5	-345.3	-185.31	-191.47	-305.9	-213.95	-293	-321.8	-222.1	-361.46	-332.47	-206.85	-225.6	-311.4	-201.9	-271.9	-318	-173.5	-218.6	-310
23 Max	125.44	1059.42	217.14	85.878	1149.87	232.45	110.557	1062.8	177.55	131.09	1034.5	229.62	103.57	998.58	214.88	95.02	1014.7	224.8	90.336	1134	283.5
23 Min	-106.72	157.36	-278.2	-112.52	313.32	-191.8	-88.353	111.55	-250.7	-110.9	139.78	-291.86	-105.8	141.63	-234.1	-110.96	145.82	-215	-137.3	282.02	-201
24 Max	106.718	-820.99	105.21	112.52	-1098.9	106	88.353	-924.9	89.699	110.95	-993.69	103.65	105.8	-938.8	103.59	110.96	-995.9	108.1	137.29	-1115	128.4
24 Min	-125.44	-138.61	-98.07	-85.878	-520.25	-66.24	-110.56	-92.8	-81	-131.1	-123.24	-101.42	-103.57	-292	-79.41	-95.02	-303.7	-72.7	-90.34	-334.7	-71.7
25 Max	101.338	924.919	182.8	62.248	1041.05	199.46	94.74	980.39	156.57	96.878	895.85	204.507	92.616	867.92	170.32	77.014	977.7	183.5	71.75	1080.8	237.7
25 Min	-108.78	40.441	-172.8	-116.71	205.07	-101.4	-100.85	132.71	-162.2	-140.9	122.78	-173.31	-111.99	62.253	-156.9	-109.19	157.7	-130	-136.3	284.28	-108
26 Max	108.78	-690.32	174.44	116.71	-996.78	151.85	100.851	-896.1	149.15	140.95	-877.1	218.336	111.99	-830.7	167.57	109.19	-934	144.3	136.35	-940.9	184.5
26 Min	-101.34	-212.89	-139	-62.248	-250.61	-85.88	-94.74	-112.9	-124.3	-96.88	-164.93	-125.73	-92.616	-57.53	-121.3	-77.014	-204.9	-103	-71.75	-265.5	-108
27 Max	102.936	757.981	202.73	63.428	855.874	244.54	96.769	848.43	177.18	99.945	673.43	175.44	98.996	717.02	146.35	76.67	783.23	202.7	50.354	857.98	295.2
27 Min	-132.12	64.183	-182.9	-145.24	233.227	-97.53	-120.77	166.98	-180	-133.1	161.63	-193.35	-122.77	140.38	-192.1	-132.38	158.44	-119	-174.3	315.6	-38.5
28 Max	132.116	-737.66	194.74	145.24	-843.12	193.43	120.769	-792	193.44	133.08	-661.75	224.095	122.77	-687.6	221.97	132.38	-782.3	195.1	174.3	-839.2	227.7
28 Min	-102.94	-106.61	-139.8	-63.428	-182.67	-106.1	-96.769	-143	-116.7	-99.95	-214.26	-122.69	-98.996	-81.06	-117.9	-76.67	-148.5	-111	-50.35	-245.6	-118

Çizelge D.10 : Y doğrultusundaki düzlem çerçevenin ZTADOA sonucunda oluşan kiriş kesit tesirleri.

Kesit		CHI CHI		DUZCE		EL CENTRO		ERZİNCAN		KOBE		KOCAELİ		NORTHRIDGE	
		V	M2	V	M2	V	M2	V	M2	V	M2	V	M2	V	M2
		KN	KN-m	KN	KN-m	KN	KN-m	KN	KN-m	KN	KN-m	KN	KN-m	KN	KN-m
29	Max	158.978	361.086	127.058	262.8651	152.953	341.2891	165.415	379.5236	148.324	326.5275	136.046	292.4813	129.081	272.5791
29	Min	-22.71	-182.404	-31.515	-206.351	-10.442	-141.869	-30.559	-201.516	-22.224	-177.097	-24.599	-187.235	-46.689	-253.303
30	Max	144.207	228.2938	153.012	134.9909	131.939	211.9404	152.056	248.4747	143.721	198.9286	146.096	159.3036	168.186	137.4193
30	Min	-37.482	-318.347	-5.561	-347.23	-31.456	-285.272	-43.918	-346.327	-26.828	-320.83	-14.549	-324.85	-7.585	-391.32
31	Max	186.311	444.1997	132.491	287.9898	180.769	429.1931	196.905	475.8439	175.629	414.7603	151.984	343.8967	143.793	330.4974
31	Min	-33.356	-225.002	-45.656	-264.566	-6.439	-150.397	-9.625	-170.538	-9.753	-159.767	-33.378	-225.745	-53.56	-275.169
32	Max	154.853	309.1778	167.153	144.6578	127.935	290.928	131.122	341.094	131.25	274.5205	154.875	203.5186	175.057	167.7695
32	Min	-64.814	-339.626	-10.994	-373.863	-59.272	-252.725	-75.408	-251.705	-54.132	-263.241	-30.487	-339.015	-22.296	-410.684
33	Max	400.08	711.7078	355.893	577.6295	350.984	617.3843	407.342	704.3766	355.843	595.1325	365.908	620.9119	375.682	624.3992
33	Min	-64.335	-215.893	-50.088	-165.264	-32.494	-126.259	-19.155	-98.2271	-49.189	-159.622	-51.166	-196.876	-81.763	-256.744
34	Max	114.021	445.2837	99.774	417.9707	82.18	399.4061	68.841	472.8133	98.875	419.3551	100.852	415.4835	131.449	456.4944
34	Min	-350.394	-70.6488	-306.207	-61.4663	-301.298	-45.7535	-357.656	-33.7933	-306.157	-62.4733	-316.222	-55.0864	-325.996	-73.2436
35	Max	285.877	415.3513	282.322	411.8786	286.702	415.2743	291.172	416.6848	288.555	415.0566	280.628	412.8528	290.078	412.4852
35	Min	-189.423	-374.331	-164.833	-316.61	-181.049	-363.213	-203.291	-419.155	-179.395	-366.161	-158.786	-304.886	-189.235	-378.503
36	Max	236.859	371.4918	212.268	364.0458	228.485	373.6771	250.726	385.7174	226.831	379.4541	206.222	357.9507	236.671	387.5668
36	Min	-238.441	-268.401	-234.886	-251.017	-239.266	-251.089	-243.736	-262.611	-241.119	-245.438	-233.192	-245.764	-242.642	-260.355
37	Max	100.394	58.4702	100.617	55.1095	106.472	54.9498	117.171	57.5201	116.546	43.8255	112.897	52.7532	64.42	26.7791
37	Min	-333.962	-458.391	-305.904	-411.969	-318.3	-447.876	-349.679	-481.774	-311.794	-409.045	-296.115	-417.269	-362.062	-456.574
38	Max	383.648	193.7999	355.59	193.3571	367.986	234.7284	399.365	248.628	361.48	251.2776	345.801	222.1527	411.747	91.9524
38	Min	-50.708	-622.251	-50.932	-605.544	-56.786	-581.553	-67.485	-672.752	-66.86	-600.866	-63.211	-556.754	-14.734	-705.184
39	Max	249.159	265.755	226.1	254.5864	217.997	242.4373	234.51	263.4785	222.574	255.5109	232.53	263.3816	242.705	253.044
39	Min	-238.991	-374.63	-238.921	-373.731	-243.478	-388.787	-243.528	-388.531	-243.462	-388.503	-232.408	-357.831	-242.609	-382.736
40	Max	286.427	410.5683	286.357	353.2789	290.914	342.0076	290.964	369.0548	290.898	341.0577	279.843	363.2948	290.045	403.9179
40	Min	-201.723	-413.503	-178.664	-414.185	-170.561	-412.8	-187.074	-413.675	-175.138	-413.037	-185.094	-412.805	-195.269	-416.428
41	Max	173.772	410.6449	139.183	307.0278	165.031	382.466	174.892	411.3638	159.118	363.3415	151.574	344.2677	144.359	323.6035
41	Min	-12.209	-155.229	-17.339	-168.218	5.144	-99.2724	-19.212	-174.463	-6.863	-135.867	-13.202	-157.946	-35.149	-223.357
42	Max	133.705	267.4994	138.836	163.577	116.352	243.2307	140.709	273.4991	128.36	226.8748	134.699	200.6862	156.645	178.0592
42	Min	-52.276	-282.52	-17.686	-300.305	-43.534	-234.352	-53.395	-305.338	-37.621	-269.801	-30.077	-285.758	-22.862	-352.025
43	Max	171.081	387.949	138.986	292.5772	172.755	397.8498	175.2	411.4243	170.94	387.4293	151.075	323.31	121.763	232.7487
43	Min	-29.581	-199.103	-44.578	-245.903	-16.526	-155.169	-42.281	-230.333	-17.499	-163.868	-30.158	-201.136	-72.072	-330.333
44	Max	151.078	274.2765	166.075	176.8464	138.023	274.2611	163.778	275.3216	138.995	273.8603	151.655	218.705	193.569	133.3405
44	Min	-49.584	-342.873	-17.489	-386.054	-51.258	-308.479	-53.703	-387.85	-49.443	-305.615	-29.578	-344.305	-0.266	-466.59

Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Analiz sonucunda X ve Y doğrultularındaki düzlem çerçevelerde elde edilen kesit tesirleri Çizelge D.11, Çizelge D.12, Çizelge D.13 ve Çizelge D.14’de verilmiştir. Çizelgelerde analizlerde kullanılan 7 deprem ivmesi kaydı için elde edilen sonuçlar ayrı ayrı gösterilmiştir.

Çizelge D.11 : X doğrultusundaki düzlem çerçevenin ZTADEA sonucu kolon kesit tesirleri .

Kesit	CHI CHI			DUZCE			EL CENTRO			ERZİNCAN			KOBE			KOCAELİ			NORTHBRIDGE		
	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M
	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m
1	21.806	418.848	41.154	19.098	416.086	34.334	19.902	419.105	36.786	21.875	420.230	41.168	19.597	420.225	36.021	19.836	419.326	36.689	19.854	418.190	36.553
2	21.806	418.259	27.872	19.098	415.924	26.516	19.902	419.105	26.581	21.875	419.945	27.994	19.597	420.225	26.418	19.836	419.115	26.514	19.854	418.190	26.620
3	25.011	364.902	39.888	23.231	361.867	36.472	23.828	364.356	37.860	24.656	365.158	39.270	23.634	365.303	37.597	23.896	364.610	37.969	23.741	363.507	37.468
4	25.011	363.877	35.328	23.231	361.867	33.373	23.828	364.356	33.686	24.656	365.158	34.921	23.634	365.303	33.375	23.896	364.610	33.781	23.741	363.507	33.793
5	26.209	309.775	39.638	23.634	308.099	35.465	24.757	308.381	37.106	25.784	308.979	38.694	24.994	309.562	37.984	24.700	308.747	37.005	24.019	307.675	35.598
6	26.209	309.032	39.274	23.634	306.691	35.763	24.757	308.361	37.208	25.784	309.035	38.679	24.994	309.184	37.088	24.700	308.609	37.110	24.019	307.675	36.461
7	59.003	727.445	129.630	59.713	733.751	134.275	41.876	727.088	94.513	59.716	730.157	131.564	54.277	729.273	120.877	48.739	728.666	108.351	59.758	732.890	133.608
8	59.003	727.209	47.820	59.713	733.625	45.383	41.876	725.696	32.571	59.716	730.157	47.798	54.277	728.815	42.215	48.739	728.449	38.209	59.758	732.890	45.879
9	37.704	616.400	54.382	43.242	621.856	64.830	32.472	618.278	49.531	37.941	618.693	54.880	37.049	618.009	54.738	33.873	617.234	50.805	41.615	619.879	62.142
10	37.704	616.207	58.846	43.242	621.856	64.340	32.472	617.293	48.005	37.941	618.680	59.027	37.049	617.777	56.710	33.873	616.776	50.965	41.615	619.879	62.746
11	30.405	512.907	43.502	37.204	516.537	54.093	30.272	514.349	44.690	30.899	513.953	44.477	31.287	513.764	45.147	29.967	514.039	43.848	35.969	516.149	52.413
12	30.405	512.745	47.796	37.204	516.646	57.532	30.272	514.349	46.133	30.899	513.953	48.223	31.287	513.764	48.718	29.967	514.039	46.158	35.969	516.149	55.501
13	42.336	23.319	68.784	34.069	23.395	55.231	37.695	23.272	61.357	41.440	23.271	67.442	36.701	23.226	59.827	37.805	23.308	61.517	36.950	23.334	60.034
14	42.336	23.319	58.224	34.069	23.326	46.377	37.695	23.272	51.728	41.440	23.406	56.880	36.701	23.253	50.277	37.805	23.319	51.898	36.950	23.346	50.816
15	39.317	32.660	59.450	31.469	32.607	47.520	35.139	32.552	52.976	38.317	32.698	57.767	35.776	32.559	54.304	35.000	32.638	52.776	32.721	32.610	49.095
16	39.317	32.660	58.622	31.469	32.627	46.888	35.139	32.552	52.440	38.317	32.698	57.185	35.776	32.559	53.025	35.000	32.638	52.235	32.721	32.610	49.068
17	64.048	730.251	141.749	53.054	726.456	116.216	56.406	730.241	125.464	64.217	731.963	141.590	55.095	731.840	122.538	56.190	730.245	125.163	56.247	728.854	124.608
18	64.048	729.495	50.878	53.054	726.226	43.932	56.406	730.241	43.977	64.217	731.589	51.398	55.095	731.840	42.972	56.190	729.985	43.667	56.247	728.854	44.349
19	42.876	619.756	63.508	34.507	615.781	50.237	37.972	618.718	55.826	41.494	620.350	61.050	37.170	619.832	55.003	38.216	618.796	56.242	37.093	617.420	53.919
20	42.876	619.102	65.608	34.507	615.624	53.531	37.972	618.718	58.128	41.494	620.455	63.664	37.170	619.832	56.550	38.216	618.796	58.447	37.093	617.420	57.395
21	36.096	515.912	52.561	29.083	514.055	42.212	32.292	514.355	46.741	35.100	515.430	50.806	33.056	515.770	48.622	32.132	514.590	46.486	30.020	513.313	42.927
22	36.096	515.406	55.858	29.083	514.055	45.040	32.292	514.355	50.139	35.100	515.430	54.500	33.056	515.781	50.629	32.132	514.418	49.917	30.020	513.313	47.137
23	20.536	416.691	37.918	20.674	421.733	39.079	16.470	416.593	28.541	20.740	418.821	38.463	19.366	418.168	35.538	18.079	418.113	32.249	20.720	421.314	38.953
24	20.536	416.520	27.243	20.674	421.640	26.340	16.470	415.531	24.663	20.740	418.821	27.281	19.366	417.825	26.247	18.079	417.941	25.598	20.720	421.314	26.950
25	23.959	362.402	37.652	24.926	366.632	40.123	22.479	363.337	35.952	23.965	364.137	37.774	23.642	363.893	37.524	22.856	363.465	36.398	24.576	365.330	39.409
26	23.959	362.260	34.319	24.926	366.632	34.760	22.479	362.425	31.762	23.965	364.125	34.163	23.642	363.717	33.497	22.856	363.843	32.373	24.576	365.330	34.410
27	24.191	307.089	35.836	26.620	310.021	40.156	24.039	308.376	36.630	24.271	307.821	36.187	24.447	308.004	36.524	23.950	308.314	36.177	26.056	309.860	39.380
28	24.191	306.841	36.821	26.620	310.021	39.718	24.039	308.376	35.532	24.271	307.890	36.634	24.447	308.004	36.823	23.950	307.781	35.790	26.056	309.021	39.005

Çizelge D.12 : X doğrultusundaki düzlem çerçevenin ZTADEA sonucu kiriş kesit tesirleri .

Kesit	CHI CHI		DUZCE		EL CENTRO		ERZİNCAN		KOBE		KOCAELİ		NORTHRIDGE	
	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M
	KN	KN-m	KN	KN-m	KN	KN-m	KN	KN-m	KN	KN-m	KN	KN-m	KN	KN-m
29	55.16162	67.19147	54.51449	62.35601	54.78083	64.38081	55.12144	66.8873	54.71025	63.8465	54.78362	64.40602	54.7365	64.04704
30	61.12449	81.44911	61.36187	83.0525	60.58109	77.61419	61.16673	81.74538	61.00795	80.63785	60.75522	78.86859	61.30542	82.68025
31	56.58541	73.6672	55.7983	67.65101	56.16198	70.48747	56.50297	73.06281	56.11185	70.10546	56.16872	70.53413	56.00814	69.28345
32	60.18558	78.66246	60.80646	82.55808	59.92016	76.91044	60.2408	79.02055	60.20699	78.78971	59.98837	77.36668	60.66308	81.66352
33	60.65647	88.89004	57.27944	79.49709	58.69476	83.4833	60.39932	88.27827	58.335	82.45197	58.70855	83.50565	58.42782	82.80411
34	35.99739	49.33935	29.95897	45.00802	32.58343	46.79535	35.56238	48.8872	31.93083	46.37269	32.60826	46.82167	32.10008	46.39963
35	60.62437	84.36675	55.00355	73.35255	57.66752	78.60663	60.08323	83.26294	57.29108	77.82769	57.69765	78.67901	56.59748	76.54519
36	42.76825	62.88383	34.33947	52.37746	38.46234	57.49382	41.99766	61.97757	37.89559	56.83607	38.5075	57.53457	36.83862	55.42615
37	32.7401	46.78358	35.58782	49.32173	26.97338	43.29223	33.16506	47.06123	31.72188	46.25081	28.78633	44.22227	34.85898	48.56738
38	58.78188	83.90133	60.4143	87.89472	55.77596	74.81731	59.01962	84.55801	58.22089	82.10368	56.67493	77.73715	59.98786	86.91311
39	37.16673	55.82446	43.79032	64.23272	33.49701	51.31725	37.79038	56.65373	37.3066	56.02019	34.48215	52.52056	42.34729	62.44359
40	56.8116	76.97453	61.34969	85.71114	54.48157	72.33042	57.22154	77.73593	56.9032	77.13701	55.09274	73.55417	60.32814	83.71534
41	61.4366	83.57169	60.85626	79.58207	61.09493	81.24223	61.4005	83.33764	61.03167	80.80891	61.09742	81.25669	61.05518	80.96865
42	54.81379	64.62484	55.07834	66.60476	54.20717	59.96413	54.86091	64.9697	54.68379	63.6546	54.40172	61.48242	55.01548	66.13083
43	60.70054	81.91232	59.9675	77.23946	60.30602	79.42062	60.62368	81.42782	60.25936	79.12061	60.31229	79.4656	60.16277	78.51709
44	56.03264	69.47688	56.69898	74.51694	55.74745	67.27095	56.09196	69.92926	56.05561	69.6662	55.82076	67.83894	56.54522	73.38736

Çizelge D.13 : Y doğrultusundaki düzlem çerçevenin ZTADEA sonucu kolon kesit tesirleri .

Kesit	CHİCHİ			DUZCE			EL CENTRO			ERZİNCAN			KOBE			KOCAELİ			NORTHRIDGE		
	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M
	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m	KN	KN	KN-m
1	29.950	661.429	57.326	25.149	661.639	46.172	27.227	662.165	51.009	29.917	663.046	57.053	26.396	662.678	49.077	26.021	660.611	48.221	26.809	660.821	49.912
2	29.950	642.636	36.848	25.149	643.397	33.655	27.227	643.925	35.002	29.917	644.845	36.891	26.396	644.466	34.464	26.021	642.097	34.231	26.809	642.556	34.810
3	35.590	574.255	54.537	31.570	574.463	48.831	33.091	574.845	50.980	35.054	575.551	53.803	32.522	575.303	50.275	32.426	573.940	50.012	32.610	574.034	50.069
4	35.590	555.523	52.405	31.570	556.192	45.900	33.091	556.586	48.318	35.054	557.250	51.425	32.522	557.060	47.310	32.426	555.493	47.294	32.610	555.749	47.797
5	25.058	491.161	36.425	23.722	489.110	34.292	24.193	489.209	34.798	24.910	489.667	35.763	24.065	489.610	34.972	24.054	488.842	34.676	23.743	488.755	34.026
6	25.058	470.564	39.579	23.722	470.815	36.896	24.193	470.917	37.817	24.910	471.485	39.039	24.065	471.467	37.412	24.054	470.300	37.628	23.743	470.371	37.355
7	61.041	1138.873	163.421	52.990	1141.267	140.616	39.683	1138.810	98.332	51.241	1139.842	135.110	50.056	1140.486	133.009	51.561	1140.094	137.074	57.449	1140.195	155.821
8	61.041	1102.386	45.408	52.990	1103.369	44.434	39.683	1102.328	44.350	51.241	1103.367	44.374	50.056	1102.966	44.402	51.561	1104.150	44.299	57.449	1101.985	44.331
9	54.411	1032.303	69.336	50.514	1034.257	69.379	37.464	1032.675	57.293	46.317	1033.053	63.878	46.593	1032.802	63.700	48.109	1033.289	65.766	53.683	1033.721	70.971
10	54.411	995.411	99.245	50.514	998.413	86.465	37.464	996.775	59.906	46.317	996.976	81.094	46.593	996.690	80.971	48.109	997.325	83.483	53.683	998.220	94.602
11	37.321	850.540	49.396	30.441	847.999	37.854	32.918	847.571	40.393	36.656	848.183	45.195	32.709	848.371	41.808	31.914	847.440	39.950	29.932	846.540	36.159
12	37.321	820.133	61.073	30.441	821.701	60.685	32.918	820.554	46.333	36.656	820.729	53.543	32.709	820.428	53.864	31.914	820.956	56.089	29.932	821.935	62.994
13	46.939	42.478	76.600	38.542	42.458	63.039	42.087	42.440	68.810	46.733	42.475	76.405	41.152	42.443	67.372	40.232	42.448	65.676	39.340	42.463	64.263
14	46.939	24.105	64.217	38.542	24.089	52.588	42.087	24.072	57.451	46.733	24.121	63.794	41.152	24.063	56.096	40.232	24.111	55.020	39.340	24.092	53.757
15	61.436	1139.606	166.587	49.909	1141.085	132.467	54.923	1140.381	147.413	61.577	1140.568	166.141	52.958	1141.500	141.481	52.124	1139.319	138.820	54.264	1139.209	144.298
16	61.436	1102.489	44.857	49.909	1103.418	44.715	54.923	1104.447	44.445	61.577	1104.012	44.738	52.958	1103.344	44.543	52.124	1102.153	44.639	54.264	1103.001	44.318
17	57.881	1033.940	75.072	46.227	1033.241	63.430	50.533	1033.519	67.351	55.921	1034.494	72.848	49.089	1034.188	66.650	49.012	1032.390	66.449	49.094	1032.511	64.966
18	57.881	996.962	103.503	46.227	997.361	80.131	50.533	997.649	88.913	55.921	998.534	99.585	49.089	998.342	85.235	49.012	996.282	85.630	49.094	996.605	87.263
19	33.764	849.305	44.695	34.794	848.763	43.984	27.676	847.450	37.304	30.557	847.073	39.056	30.228	847.320	37.150	31.919	847.828	40.053	35.911	848.175	45.014
20	33.764	821.222	65.918	34.794	820.879	53.800	27.676	821.017	58.675	30.557	821.794	65.185	30.228	821.693	57.253	31.919	820.194	56.660	35.911	820.149	54.710
21	29.552	659.963	56.081	26.297	662.265	48.760	20.729	658.850	35.107	25.536	661.128	46.937	25.221	661.142	46.354	25.777	662.596	47.663	28.399	662.536	53.807
22	29.552	641.674	36.731	26.297	643.823	34.467	20.729	640.530	31.157	25.536	642.814	33.996	25.221	642.896	33.695	25.777	644.207	34.084	28.399	644.320	35.713
23	34.532	573.193	52.627	32.868	575.309	51.016	28.595	574.093	44.890	31.632	574.340	48.832	31.669	574.143	48.946	32.164	574.618	49.717	34.179	574.984	52.619
24	34.532	554.371	51.084	32.868	557.066	47.601	28.595	555.811	40.895	31.632	555.938	46.144	31.669	555.861	46.083	32.164	556.353	46.795	34.179	557.085	49.941
25	24.396	490.525	35.368	24.516	489.686	35.485	23.150	489.192	34.068	23.737	488.931	34.491	23.730	488.834	34.197	23.990	489.288	34.700	24.694	489.937	35.677
26	24.396	469.690	38.775	24.516	471.413	38.078	23.150	470.640	35.430	23.737	470.740	36.860	23.730	470.528	37.028	23.990	470.966	37.307	24.694	471.315	38.578

Çizelge D.14 : Y doğrultusundaki düzlem çerçevenin ZTADEA sonucu kiriş kesit tesirleri .

Kesit	CHI CHI		DUZCE		EL CENTRO		ERZİNCAN		KOBE		KOCAELİ		NORTHRIDGE	
	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M
	KN	KN-m	KN	KN-m	KN	KN-m	KN	KN-m	KN	KN-m	KN	KN-m	KN	KN-m
27	70.841	91.009	69.525	82.359	70.045	85.863	70.745	90.396	69.828	84.411	69.760	83.957	69.884	88.196
28	75.435	104.993	74.795	100.350	73.541	90.675	74.502	98.153	74.484	98.023	74.619	99.033	75.283	103.906
29	68.545	86.140	67.622	79.379	67.990	82.134	68.499	85.817	67.873	81.265	67.792	80.664	67.776	80.533
30	75.897	103.468	75.720	102.267	74.816	96.027	75.347	99.742	75.363	99.849	75.488	100.702	75.955	103.850
31	85.954	121.557	82.594	110.794	83.944	115.185	85.849	121.093	83.549	113.829	83.191	112.826	83.038	112.524
32	46.676	70.579	40.152	67.212	42.861	68.529	46.481	70.529	42.083	68.215	41.366	67.741	41.058	67.434
33	46.655	70.546	40.098	67.132	42.848	68.508	46.493	70.549	42.036	68.143	41.352	67.720	41.022	67.379
34	84.719	117.839	84.207	115.729	80.368	103.234	82.499	110.572	82.579	110.822	83.120	112.504	85.083	118.660
35	75.694	106.829	74.464	97.866	74.950	101.485	75.604	106.192	74.746	99.984	74.683	99.513	74.798	100.369
36	70.564	89.246	69.880	84.762	68.536	75.330	69.566	82.639	69.547	82.511	69.691	83.492	70.402	88.196
37	76.189	105.400	75.359	99.823	75.690	102.073	76.147	105.121	75.585	101.363	75.512	100.867	75.497	100.777
38	68.221	83.820	68.023	82.388	67.015	74.671	67.608	79.274	67.626	79.411	67.765	80.461	68.285	84.291

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Çağdaş Can

Doğum Yeri ve Tarihi: Ankara / 17.07.1986

E-Posta: cagdascan86@gmail.com

Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü