

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ VE FEMA440 RAPORUNA GÖRE
HESAPLANAN PERFORMANS NOKTASI YAKLAŞIMLARININ
KARŞILAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Selim ÇAKIRTERZİ**

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Yapı Mühendisliği

OCAK 2011

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ VE FEMA440 RAPORUNA GÖRE
HESAPLANAN PERFORMANS NOKTASI YAKLAŞIMLARININ
KARŞILAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Selim ÇAKIRTERZİ
(501081071)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 10 Aralık 2010
Tezin Savunulduğu Tarih : 24 Ocak 2011**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr Ercan YÜKSEL (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Zekai CELEP (İTÜ)
Doç. Dr. Bülent AKBAŞ (GYTE)**

OCAK 2011

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmam süresince bana her zaman yardımcı olan ve bilgilerini paylaşan tez danışmanı hocam Doç. Dr. Ercan YÜKSEL'e, yine tez çalışmamda bana yardımcı olan Doç. Dr. Konuralp GİRGIN'e, tez çalışmasını beraber yürüttüğüm arkadaşım İnş.Müh. Arda KARABULUT'a ve tüm öğrenim hayatım boyunca bana maddi ve manevi destek olan, her konuda beni destekleyen ve inanan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ocak 2011

Selim ÇAKIRTERZİ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	v
KISALTMALAR.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
SEMBOL LİSTESİ.....	xxi
ÖZET.....	xxv
SUMMARY.....	xxvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Konu	1
1.2 Konu İle İlgili Çalışmalar	2
1.3 Tezin Amacı ve Kapsamı.....	3
2. YAPI SİSTEMLERİNİN DOĞRUSAL OLMAYAN TEORİYE GÖRE STATİK VE DİNAMİK HESABI.....	5
2.1 Kapasite Eğrisinin Tanımı	5
2.2 Düzlem Çubuk Elemanlarda İç Kuvvet-Şekildeğiştirme Bağıntıları ve Akma (Kırılma) Koşulları.....	6
2.3 Binaların Deprem Davranışı	8
2.3.1 Sargı etkisi ve önemi	8
2.3.2 Mander sargılı beton davranış modeli	12
2.4 Deprem İvme Kayıtlarının Seçimi ve Ölçeklenmesi.....	15
2.4.1 Deprem yer hareketleri için genel kurallar	15
2.4.2 Tasarım ivme spektrumuna uygun yapay kayıtlar	16
2.4.3 Benzeştirilmiş ivme kayıtları	17
2.4.3.1 Deterministik yaklaşım	18
2.4.3.2 Probabilistik yaklaşım	18
2.4.4 Gerçek depremlerden elde edilen kayıtlar	19

2.4.4.1 Frekans tanım alanında ölçeklendirme	20
2.4.4.2 Zaman tanım alanında ölçeklendirme	22
3. DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ.....	25
3.1 Deprem İstemi ve Talep Spektrumu	25
3.2 Performansın Tanımı.....	26
3.3 TDY 2007 ve Performans Değerlendirmesi	26
3.3.1 Yapı elemanlarında hasar sınırları ve bölgeleri.....	27
3.3.2 Depremde bina performansının belirlenmesinde kullanılan yöntemler	27
3.3.3 Doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri.....	28
3.3.3.1 Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi	28
3.3.3.2 Artımsal itme analizi ile performans değerlendirmesinde izlenecek hesap adımları	32
3.3.3.3 Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi	33
3.3.3.4 Kesitteki birim şekildeğiştirme istemlerinin belirlenmesi	34
3.3 FEMA440'a Göre Performans Noktasının Belirlenmesi	35
4. ANALİTİK ÇALIŞMA	41
4.1 İncelenen Taşıyıcı Sistem Modelleri.....	41
4.2 Taşıyıcı Sistem Modellerinin Boyutlandırılması.....	42
4.2.1 Modellemede ve tasarımda yapılan varsayımlar	42
4.3 TSM-1, TSM-2 ve TSM-3 Yapı Modelleri İçin Ayrıntılı İncelemeler	42
4.3.1 Yapı sisteminin özellikleri.....	43
4.3.1.1 Yapı sisteminin geometrik özellikleri	43
4.3.1.2 Malzeme özellikleri	44
4.3.1.3 Deprem karakteristikleri	44
4.3.1.4 Boyutlandırmada esas alınan yükler	44
4.3.2 Yapı sisteminin boyutlandırılması	45
4.3.3 Üç boyutlu hesap modelleri.....	53
4.3.4 Perde elemanların modellenmesi	54
4.3.5 AEDYHY ile performans noktasının bulunması ve eğrilik istemlerinin elde edilmesi.....	59
4.3.5.1 TSM-1 için K101 kirişi örnek hesap	70
4.3.5.2 TSM-1 için S101 kolonu örnek hesap	73
4.3.6 FEMA 440'a göre performans noktasının bulunması ve eğrilik istemlerinin elde edilmesi	74
4.3.6.1 TSM-1 için K101 kirişi örnek hesap	77
4.3.5.1 TSM-1 için S101 kolonu örnek hesap	77

4.3.7 ZTADOHY ile toplam eğriliklerinin elde edilmesi	78
4.3.7.1 TSM-1 için K101 kirişi örnek hesap	83
4.3.7.2 TSM-1 için S101 kolonu örnek hesap	85
4.3.7.3 TSM-2 için P perdesi örnek hesap	86
4.3.7.4 TSM-3 için P perdesi örnek hesap	87
4.4 AEDYHY, FEMA440 Yöntemi ve ZTADOHY ile Bulunan Sonuçların Karşılaştırılması	87
4.4.1 TSM-1 için karşılaştırmalar	87
4.4.1.1 Tepe yatay yerdeğiştirmelerinin karşılaştırılması	88
4.4.1.2 Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması	89
4.4.1.3 Göreli kat ötelenmelerinin karşılaştırılması	90
4.4.1.4 Kiriş toplam eğriliklerinin karşılaştırılması	90
4.4.1.5 Kolon toplam eğriliklerinin karşılaştırılması	91
4.4.1.6 Kat yatay yerdeğiştirmelerinin karşılaştırılması	92
4.4.2 TSM-2 için karşılaştırmalar	92
4.4.2.1 Tepe yatay yerdeğiştirmelerinin karşılaştırılması	92
4.4.2.2 Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması	94
4.4.2.3 Göreli kat ötelenmelerinin karşılaştırılması	95
4.4.2.4 Kiriş toplam eğriliklerinin karşılaştırılması	95
4.4.2.5 Kolon toplam eğriliklerinin karşılaştırılması	96
4.4.2.6 Kat yatay yerdeğiştirmelerinin karşılaştırılması	97
4.4.2.7 Birinci kat ortasında oluşan perde toplam eğriliklerin karşılaştırılması	98
4.4.3 TSM-3 için karşılaştırmalar	99
4.4.3.1 Tepe yatay yerdeğiştirmelerinin karşılaştırılması	99
4.4.3.2 Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması	100
4.4.3.3 Göreli kat ötelenmelerinin karşılaştırılması	101
4.4.3.4 Kiriş toplam eğriliklerinin karşılaştırılması	101
4.4.3.5 Kolon toplam eğriliklerinin karşılaştırılması	102
4.4.3.6 Kat yatay yerdeğiştirmelerinin karşılaştırılması	103
4.4.2.7 Birinci kat ortasında oluşan perde toplam eğriliklerin karşılaştırılması	104
4.5 Sayısal İncelemelere İlişkin Değerlendirmeler	104
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	111
KAYNAKLAR	113
EKLER	115

KISALTMALAR

DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007
FEMA	: Federal Emergency Management Agency
GC	: Göçme Sınırı
GV	: Güvenlik Sınırı
MN	: Minimum Hasar Sınırı
TDY	: Türk Deprem Yönetmeliği
TS	: Türk Standardı
TSM	: Taşıyıcı Sistem Modeli
ZTADOHY	: Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi
AEDYHY	: Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Hesap Yöntemi

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Etkin yer ivme katsayısı	25
Çizelge 3.2 : Spektrum karakteristik periyodları	26
Çizelge 4.1 : Beton sınıfı karakteristik özellikleri.....	44
Çizelge 4.2 : Donatı çeliği sınıfı karakteristik özellikleri.....	44
Çizelge 4.3 : Deprem karakteristikleri.....	44
Çizelge 4.4 : Kolon donatı tipleri.....	45
Çizelge 4.5 : Kolon tipleri.....	47
Çizelge 4.6 : TSM-1 için K101 kirişi donatıları	48
Çizelge 4.7 : TSM-1 için K102 kirişi donatıları	49
Çizelge 4.8 : TSM-1 için K104 kirişi donatıları	49
Çizelge 4.9 : TSM-1 için K105 kirişi donatıları	49
Çizelge 4.10 : TSM-2 ve TSM-3 için K101 kirişi donatıları.....	49
Çizelge 4.11 : TSM-2 ve TSM-3 için K103 kirişi donatıları.....	50
Çizelge 4.12 : TSM-2 ve TSM-3 için K104 kirişi donatıları.....	50
Çizelge 4.13 : TSM-1 için K101 kirişi tipleri	50
Çizelge 4.14 : TSM-1 için K102 kirişi tipleri	50
Çizelge 4.15 : TSM-1 için K104 kirişi tipleri	50
Çizelge 4.16 : TSM-1 için K105 kirişi tipleri	51
Çizelge 4.17 : TSM-2 ve TSM-3 için K101 kirişi tipleri	51
Çizelge 4.18 : TSM-2 ve TSM-3 için K103 kirişi tipleri	51
Çizelge 4.19 : TSM-2 ve TSM-3 için K104 kirişi tipleri	51
Çizelge 4.20 : Kiriş donatıları yerleşim düzeni.....	51
Çizelge 4.21 : Doğrusal olmayan malzeme özelliklerinin tanımlanması	56
Çizelge 4.22 : TİP 1 kolonu $\alpha = 0^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi	61
Çizelge 4.23 : TİP 1 kolonu $\alpha = 22.5^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.....	61
Çizelge 4.24 : TİP 1 kolonu $\alpha = 45^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.....	62

Çizelge 4.25 : TİP 1 kolonu $\alpha = 67.5^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi	62
Çizelge 4.26 : TİP 1 kolonu $\alpha = 90^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi	63
Çizelge 4.27 : Deprem doğrultusundaki doğal titreşim modları ve kütle katılım oranları	64
Çizelge 4.28 : TSM-1 için eşdeğer deprem yükü dağılımı	64
Çizelge 4.29 : TSM-2 için eşdeğer deprem yükü dağılımı	65
Çizelge 4.30 : TSM-3 için eşdeğer deprem yükü dağılımı	66
Çizelge 4.31 : TSM-1 için etkin kütle ve modal katkı çarpanı hesap çizelgesi.....	68
Çizelge 4.32 : TSM-2 için etkin kütle ve modal katkı çarpanı hesap çizelgesi.....	68
Çizelge 4.33 : TSM-3 için etkin kütle ve modal katkı çarpanı hesap çizelgesi.....	68
Çizelge 4.34 : Akma eğrilikleri ve plastik mafsallı oluşmayan kirişlerde eğilme rijitlikleri	72
Çizelge 4.35 : Etkili sönümün hesabı için denklemlerde kullanılan katsayılar	74
Çizelge 4.36 : Etkili periyodun hesabı için denklemlerde kullanılan katsayılar	75
Çizelge 4.39 : İncelenen deprem kayıtlarının bilgileri.....	78
Çizelge A.1 : TSM-1 yapı tipi için plastik mafsallı oluşmayan kolonlarda elastik eğrilik hesabında kullanılan eğilme rijitliklerinin elde edilmesi	115
Çizelge A.2 : TSM-2 yapı tipi için plastik mafsallı oluşmayan kolonlarda elastik eğrilik hesabında kullanılan eğilme rijitliklerinin elde edilmesi	116
Çizelge A.3 : TSM-3 yapı tipi için plastik mafsallı oluşmayan kolonlarda elastik eğrilik hesabında kullanılan eğilme rijitliklerinin elde edilmesi	117
Çizelge B.1 : Kolon etkin eğilme rijitlikleri.....	118
Çizelge C.1 : TSM-1 için KİRİŞ SOL MESNETLERİNDE AEDYHY'ne göre elde edilen eğrilik istemleri.....	119
Çizelge C.2: TSM-1 için KİRİŞ SAĞ MESNETLERİNDE AEDYHY'ne göre elde edilen eğrilik istemleri.....	119
Çizelge C.3 : TSM-1 için KOLONLARDA AEDYHY'ne göre elde edilen eğrilik istemleri.....	120
Çizelge C.4 : TSM-2 için KİRİŞ SOL MESNETLERİNDE AEDYHY'ne göre elde edilen eğrilik istemleri.....	120
Çizelge C.5 : TSM-2 için KİRİŞ SAĞ MESNETLERİNDE AEDYHY'ne göre elde edilen eğrilik istemleri.....	121
Çizelge C.6 : TSM-2 için KOLONLARDA AEDYHY'ne göre elde edilen eğrilik istemleri.....	121
Çizelge C.7 : TSM-3 için KİRİŞ SOL MESNETLERİNDE AEDYHY'ne göre elde edilen eğrilik istemleri.....	121
Çizelge C.8 : TSM-3 için KİRİŞ SAĞ MESNETLERİNDE AEDYHY'ne göre elde edilen eğrilik istemleri.....	122

Çizelge C.9 : TSM-3 için KOLONLARDA AEDYHY'ne göre elde edilen eğrilik istemleri	122
Çizelge C.10 : TSM-1 için KİRİŞ SOL MESNETLERİNDE FEMA440'a göre oluşan eğrilik istemleri.....	123
Çizelge C.11 : TSM-1 için KİRİŞ SAĞ MESNETLERİNDE FEMA440'a göre oluşan eğrilik istemleri.....	123
Çizelge C.12 : TSM-1 için KOLONLARDA FEMA440'a göre oluşan eğrilik istemleri.....	124
Çizelge C.13 : TSM-2 için KİRİŞ SOL MESNETLERİNDE FEMA440'a göre oluşan eğrilik istemleri.....	124
Çizelge C.14 : TSM-2 için KİRİŞ SAĞ MESNETLERİNDE FEMA440'a göre oluşan eğrilik istemleri.....	125
Çizelge C.15 : TSM-2 için KOLONLARDA FEMA440'a göre oluşan eğrilik istemleri.....	125
Çizelge C.16 : TSM-3 için KİRİŞ SOL MESNETLERİNDE FEMA440'a göre oluşan eğrilik istemleri.....	125
Çizelge C.17 : TSM-3 için KİRİŞ SAĞ MESNETLERİNDE FEMA440'a göre oluşan eğrilik istemleri.....	126
Çizelge C.18 : TSM-3 için KOLONLARDA FEMA440'a göre oluşan eğrilik istemleri.....	126
Çizelge C.19 : TSM-1 için KİRİŞ SOL MESNETLERİNDE ZTADOHY'ne göre elde edilen eğrilik istemleri	127
Çizelge C.20 : TSM-1 için KİRİŞ SAĞ MESNETLERİNDE ZTADOHY'ne göre elde edilen eğrilik istemleri	127
Çizelge C.21 : TSM-1 için KOLONLARDA ZTADOHY'ne göre elde edilen eğrilik istemleri.....	128
Çizelge C.22 : TSM-2 için KİRİŞ SOL MESNETLERİNDE ZTADOHY'ne göre elde edilen eğrilik istemleri	129
Çizelge C.23 : TSM-2 için KİRİŞ SAĞ MESNETLERİNDE ZTADOHY'ne göre elde edilen eğrilik istemleri	129
Çizelge C.24 : TSM-2 için KOLONLARDA ZTADOHY'ne göre elde edilen eğrilik istemleri.....	130
Çizelge C.25 : TSM-3 için KİRİŞ SOL MESNETLERİNDE ZTADOHY'ne göre elde edilen eğrilik istemleri	130
Çizelge C.26 : TSM-3 için KİRİŞ SAĞ MESNETLERİNDE ZTADOHY'ne göre elde edilen eğrilik istemleri	131
Çizelge C.27 : TSM-3 için KOLONLARDA ZTADOHY'ne göre elde edilen eğrilik istemleri.....	131
Çizelge E.1 : TİP 2 kolonu $\alpha=0^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.....	137
Çizelge E.2 : TİP 2 kolonu $\alpha=22.5^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.....	137
Çizelge E.3 : TİP 2 kolonu $\alpha=45^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.....	138

Çizelge E.4 : TİP 2 kolonu $\alpha=67.5^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi	138
Çizelge E.5 : TİP 2 kolonu $\alpha=90^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi	139
Çizelge E.6 : TİP 3 kolonu $\alpha=0^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi	139
Çizelge E.7 : TİP 3 kolonu $\alpha=22.5^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi	140
Çizelge E.8 : TİP 3 kolonu $\alpha=45^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi	140
Çizelge E.9 : TİP 3 kolonu $\alpha=67.5^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi	141
Çizelge E.10 : TİP 3 kolonu $\alpha=90^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi	141
Çizelge E.11 : TİP 4 kolonu $\alpha=0^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi	142
Çizelge E.12 : TİP 4 kolonu $\alpha=22.5^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.....	142
Çizelge E.13 : TİP 4 kolonu $\alpha=45^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi	143
Çizelge E.14 : TİP 4 kolonu $\alpha=67.5^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.....	143
Çizelge E.15 : TİP 4 kolonu $\alpha=90^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi	144
Çizelge E.16 : TİP 5 kolonu $\alpha=0^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi	144
Çizelge E.17 : TİP 5 kolonu $\alpha=22.5^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.....	145
Çizelge E.18 : TİP 5 kolonu $\alpha=45^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi	145
Çizelge E.19 : TİP 5 kolonu $\alpha=67.5^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.....	146
Çizelge E.20 : TİP 5 kolonu $\alpha=90^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi	146
Çizelge E.21 : TİP 6 kolonu $\alpha=0^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi	147
Çizelge E.22 : TİP 6 kolonu $\alpha=22.5^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.....	147
Çizelge E.23 : TİP 6 kolonu $\alpha=45^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi	148
Çizelge E.24 : TİP 6 kolonu $\alpha=67.5^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.....	148
Çizelge E.25 : TİP 6 kolonu $\alpha=90^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi	149
Çizelge E.26 : TİP 7 kolonu $\alpha=0^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi	149
Çizelge E.27 : TİP 7 kolonu $\alpha=22.5^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.....	150
Çizelge E.28 : TİP 7 kolonu $\alpha=45^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi	150
Çizelge E.29 : TİP 7 kolonu $\alpha=67.5^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.....	151
Çizelge E.30 : TİP 7 kolonu $\alpha=90^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi	151

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Tepe yerdeğiştirmesi – taban kesme kuvveti diyagramı.....	5
Şekil 2.2 : Düzlem çubuk elemanda iç kuvvetler ve şekildeğiştirmeler.....	6
Şekil 2.3 : Akma eğrisi (karşılıklı etki diyagramı).....	7
Şekil 2.4 : Eğilme momenti-eğrilik diyagramı ilişkisi	8
Şekil 2.5 : Plastik dönme kapasitesinin eksenel kuvvet ile değişimi	9
Şekil 2.6 : Eğrilik sünekliğinin eksenel kuvvet ile değişimi.....	9
Şekil 2.7 : Betonarme kesitte sargı etkisinden kaynaklanan yanal basınçlar.....	10
Şekil 2.8 : Enkesitte ve boyuna doğrultuda sargı etkisi.....	11
Şekil 2.9 : Çeşitli donatı düzenleri için sargının etkinliği	11
Şekil 2.10 : Sargı etkisi.....	12
Şekil 2.11 : Mander beton modeli	13
Şekil 2.12 : Kesitte ve boyuna doğrultuda etkin sargı alanının hesaplanması.....	14
Şekil 2.13 : Kuvvetli yer hareketi minimum süresi.....	16
Şekil 2.14 : Deprem kaydı tepki spektrumu ile tasarım ivme spektrumu.....	16
Şekil 2.15 : Tasarım spektrumuna uygun olarak üretilmiş bir deprem kaydı.....	17
Şekil 2.16 : Sismolojik kaynak modelleme prosedürü şematik gösterimi.....	17
Şekil 2.17 : Frekans tanım alanında ölçeklendirme prosedürü	20
Şekil 2.18 : Zaman tanım alanında ölçeklendirme prosedürü.....	22
Şekil 3.1 : Spektrum katsayısı $S(T)$	26
Şekil 3.2 : Kesit hasar bölgeleri	27
Şekil 3.3 : Deprem performansının belirlenmesine ait yöntemler	27
Şekil 3.4 : Performans noktalarının belirlenmesi $T_1^{(1)} \geq T_B$	30
Şekil 3.5 : Performans noktalarının belirlenmesi $T_1^{(1)} < T_B$	31
Şekil 3.6 : Performans noktalarının belirlenmesi $T_1^{(1)} < T_B$	32
Şekil 3.7 : ADRS eğrisinin oluşturulması ve kapasite eğrisi.....	36

Şekil 3.8 : Kapasite eğrisinin iki doğru parçalı hale getirilmesi.....	37
Şekil 3.9 : FEMA440’da tanımlanan Prosedür A’ya göre maksimum yerdeğiştirme ve ivmenin belirlenmesi	38
Şekil 3.10 : Farklı yönetmelikler ile efektif sönüm katsayısı β_{eff} ’in elde edilmesi....	39
Şekil 4.1 : (a) TSM-1, (b) TSM-2-TSM-3 kalıp planları	43
Şekil 4.2 : (a) TSM-1, (b) TSM-2, (c) TSM-3 görünüşler	43
Şekil 4.3 : Perde tipleri	45
Şekil 4.4 : TSM-1 1.kat kolon yerleşim planı.....	46
Şekil 4.5 : TSM-2 ve TSM-3 1.kat kolon-perde yerleşim planları	46
Şekil 4.6 : TSM-1 kiriş yerleşim planı	47
Şekil 4.7 : TSM-2 ve TSM-3 kiriş yerleşim planları	48
Şekil 4.8 : TSM-1 yapı tipi SAP2000 hesap modeli	53
Şekil 4.9 : TSM-2 ve TSM-3 yapı tipleri SAP2000 hesap modelleri	53
Şekil 4.10 : 1.Kat perdesi malzeme genel özelliklerin tanımlanması	55
Şekil 4.11 : 1.Kat perdesi doğrusal olmayan malzeme özelliklerinin tanımlanması	55
Şekil 4.12 : 1.Kat perdesinin doğrusal olmayan levha eleman olarak tanımlanması	57
Şekil 4.13 : Doğrusal olmayan perde levha elemana malzeme modellerinin tanımlanması.....	57
Şekil 4.14 : Doğrusal olmayan perde levha elemana malzeme modellerinin tanımlanması.....	58
Şekil 4.15 : Doğrusal olmayan perde levha elemanın tanımlanması	58
Şekil 4.16 : Doğrusal olmayan perde levha elemanın tanımlanması	59
Şekil 4.17 : TİP 1 kirişi moment-eğrilik ilişkisi	60
Şekil 4.18 : TSM-1 yapı tipi eşdeğer deprem yükü dağılımı	65
Şekil 4.19 : TSM-2 yapı tipi eşdeğer deprem yükü dağılımı	65
Şekil 4.20 : TSM-3 yapı tipi eşdeğer deprem yükü dağılımı	66
Şekil 4.21 : TSM-1 için statik itme eğrisi	66
Şekil 4.22 : TSM-2 için statik itme eğrisi	67
Şekil 4.23 : TSM-3 için statik itme eğrisi	67
Şekil 4.24 : TSM-1 yapı tipi spektral ivme-spektral yerdeğiştirme diyagramı	69
Şekil 4.25 : TSM-2 yapı tipi spektral ivme-spektral yerdeğiştirme diyagramı	69
Şekil 4.26 : TSM-3 yapı tipi spektral ivme-spektral yerdeğiştirme diyagramı	70
Şekil 4.27 : Kesit analizinde kullanılan beton modeli	70
Şekil 4.28 : Kesit analizinde kullanılan donatı çeliği modeli	71
Şekil 4.29 : TSM-1 yapı tipi S101 kolonu kesit analiz modeli	73
Şekil 4.30 : TSM-1 için FEMA440’a göre performans noktasının bulunması	75

Şekil 4.31 : TSM-2 için FEMA440'a göre performans noktasının bulunması.....	76
Şekil 4.32 : TSM-3 için FEMA440'a göre performans noktasının bulunması.....	76
Şekil 4.33 : Seçilen deprem kayıtlarının ölçeklendirilmiş tepki spektrumlarının ortalamaları ve tasarım spektrumu	79
Şekil 4.34 : Seçilen deprem kayıtlarının ölçeklendirilmiş tepki spektrumları ve tasarım spektrumu	79
Şekil 4.35 : Chi-Chi Depremi orjinal/benzeştirilmiş ivme-zaman grafiği karşılaştırılması	80
Şekil 4.36 : El Centro Depremi orjinal/benzeştirilmiş ivme-zaman grafiği karşılaştırılması	80
Şekil 4.37 : Kobe Depremi orjinal/benzeştirilmiş ivme-zaman grafiği karşılaştırılması	80
Şekil 4.38 : Northridge Depremi orjinal/benzeştirilmiş ivme-zaman grafiği karşılaştırılması	81
Şekil 4.39 : Düzce Depremi orjinal/benzeştirilmiş ivme-zaman grafiği karşılaştırılması	81
Şekil 4.40 : Erzincan Depremi orjinal/benzeştirilmiş ivme-zaman grafiği karşılaştırılması	81
Şekil 4.41 : Kocaeli Depremi orjinal/benzeştirilmiş ivme-zaman grafiği karşılaştırılması	82
Şekil 4.42 : K101 kirişi sol mesneti plastik dönme-zaman grafiği	83
Şekil 4.43 : K101 kirişi sol mesneti eğilme momenti-plastik dönme çevrimi.....	83
Şekil 4.44 : S101 kolonu alt ucu plastik dönme-zaman grafiği	85
Şekil 4.45 : S101 kolonu alt ucu eğilme momenti-plastik dönme çevrimi.....	85
Şekil 4.46 : TSM-2 için 1.kat ortasında perde eğilme momenti-plastik dönme çevrimi	87
Şekil 4.47 : TSM-3 için 1.kat ortasında perde eğilme momenti-plastik dönme çevrimi	87
Şekil 4.48 : TSM-1 zaman tanım alanında hesap sonucunda bulunan tepe yatay yerdeğiştirmeleri.....	88
Şekil 4.49 : TSM-1 karşılaştırmalı tepe yatay yerdeğiştirmeleri	88
Şekil 4.50 : TSM-1 zaman tanım alanında hesap sonucunda bulunan taban kesme kuvvetleri	89
Şekil 4.51 : TSM-1 karşılaştırmalı taban kesme kuvvetleri	89
Şekil 4.52 : TSM-1 karşılaştırmalı görel kat ötelenmeleri	90
Şekil 4.53 : TSM-1 kiriş sol mesneti toplam eğriliklerinin karşılaştırılması.....	90
Şekil 4.54 : TSM-1 kiriş sağ mesneti toplam eğriliklerinin karşılaştırılması	91
Şekil 4.55 : TSM-1 kolon toplam eğriliklerinin karşılaştırılması	91
Şekil 4.56 : TSM-1 kolon toplam eğriliklerinin karşılaştırılması	92

Şekil 4.57 : TSM-1 karşılaştırmalı kat yatay yerdeğiştirmeleri.....	92
Şekil 4.58 : TSM-2 zaman tanım alanında hesap sonucunda bulunan tepe yatay yerdeğiştirmeleri	93
Şekil 4.59 : TSM-2 karşılaştırmalı tepe yatay yerdeğiştirmeleri.....	93
Şekil 4.60 : TSM-2 zaman tanım alanında hesap sonucunda bulunan taban kesme kuvvetleri.....	94
Şekil 4.61 : TSM-2 karşılaştırmalı taban kesme kuvvetleri	94
Şekil 4.62 : TSM-2 karşılaştırmalı görelî kat ötelenmeleri	95
Şekil 4.63 : TSM-2 kiriş sol mesneti toplam eğriliklerinin karşılaştırılması	96
Şekil 4.64 : TSM-2 kiriş sağ mesneti toplam eğriliklerinin karşılaştırılması.....	96
Şekil 4.65 : TSM-2 kolon toplam eğriliklerinin karşılaştırılması.....	97
Şekil 4.66 : TSM-2 kolon toplam eğriliklerinin karşılaştırılması.....	97
Şekil 4.67 : TSM-2 karşılaştırmalı kat yatay yerdeğiştirmeleri.....	98
Şekil 4.68 : TSM-2 karşılaştırmalı 1.kat ortasında perdede oluşan toplam eğrilikler	98
Şekil 4.69 : TSM-3 zaman tanım alanında hesap sonucunda bulunan tepe yatay yerdeğiştirmeleri	99
Şekil 4.70 : TSM-3 karşılaştırmalı tepe yatay yerdeğiştirmeleri.....	99
Şekil 4.71 : TSM-3 zaman tanım alanında hesap sonucunda bulunan taban kesme kuvvetleri.....	100
Şekil 4.72 : TSM-3 karşılaştırmalı taban kesme kuvvetleri	100
Şekil 4.73 : TSM-3 karşılaştırmalı görelî kat ötelenmeleri	101
Şekil 4.74 : TSM-3 kiriş sol mesneti toplam eğriliklerinin karşılaştırılması	101
Şekil 4.75 : TSM-3 kiriş sağ mesneti toplam eğriliklerinin karşılaştırılması.....	102
Şekil 4.76 : TSM-3 kolon toplam eğriliklerinin karşılaştırılması.....	102
Şekil 4.77 : TSM-3 kolon toplam eğriliklerinin karşılaştırılması.....	103
Şekil 4.78 : TSM-3 karşılaştırmalı kat yatay yerdeğiştirmeleri.....	103
Şekil 4.79 : TSM-3 karşılaştırmalı 1.kat ortasında perdede oluşan toplam eğrilikler	104
Şekil D.1 : TİP 2 kirişi moment-eğrilik ilişkisi	132
Şekil D.2 : TİP 3 kirişi moment-eğrilik ilişkisi	132
Şekil D.3 : TİP 4 kirişi moment-eğrilik ilişkisi	132
Şekil D.4 : TİP 5 kirişi moment-eğrilik ilişkisi	133
Şekil D.5 : TİP 6 kirişi moment-eğrilik ilişkisi	133
Şekil D.6 : TİP 7 kirişi moment-eğrilik ilişkisi	133
Şekil D.7 : TİP 8 kirişi moment-eğrilik ilişkisi	134
Şekil D.8 : TİP 9 kirişi moment-eğrilik ilişkisi	134

Şekil D.9 : TİP 10 kirişi moment-eğrilik ilişkisi.....	134
Şekil D.10 : TİP 11 kirişi moment-eğrilik ilişkisi.....	135
Şekil D.11 : TİP 12 kirişi moment-eğrilik ilişkisi.....	135
Şekil D.12 : TİP 13 kirişi moment-eğrilik ilişkisi.....	135
Şekil D.13 : TİP 14 kirişi moment-eğrilik ilişkisi.....	136
Şekil D.14 : TİP 15 kirişi moment-eğrilik ilişkisi.....	136
Şekil D.15 : TİP 16 kirişi moment-eğrilik ilişkisi.....	136

SEMBOL LİSTESİ

A_0	: Etkin yer ivme katsayısı
A_c	: Kolon veya perdenin brüt enkesit alanı
A_s	: Boyuna donatı alanı
a	: İvme
a_0	: Kütle orantılı sönüm katsayısı
a_1	: Rijitlik orantılı sönüm katsayısı
$a_1^{(i)}$	: (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal ivme
a_i	: Kesit çevresindeki boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklık
a_y	: Akma ivmesi
a_{y1}	: Birinci moda ait eşdeğer akma ivmesi
B	: Küçültme oranı
b_0, h_0	: Çekirdek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutları
C_{R1}	: Birinci moda ait spektral yerdeğiştirme oranı
$d_1^{(i)}$	: (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal yerdeğiştirme
$d_1^{(p)}$	: Birinci moda ait modal yerdeğiştirme istemi
d_y	: Akma yerdeğiştirmesi
E	: Elastisite modülü
$(EI)_0$	: Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği
$(EI)_e$	: Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
E_c	: Beton elastisite modülü
E_s	: Donatı çeliğinin elastisite modülü
E_{sec}	: Sekant elastisite modülü
F	: Dinamik dış etkiler altında oluşan eylemsizlik kuvveti
F_1, F_2, F_3	: Malzeme karakteristiklerine ve enkesit özelliklerine bağlı olarak belirlenen doğrusal olmayan fonksiyonlar

$F_{gerçek}(\omega)$	: Kaydedilmiş deprem kaydının Fourier spektrum genliği
$F_{filtrelenmiş}(\omega)$	: Kaydedilmiş deprem kaydının filtrelenmiş Fourier spektrum genliği
f_c	: Sargılı beton basınç gerilmesi
f_{cc}	: Sargılı beton basınç dayanımı
f_{ck}	: Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı
f_{cm}	: Beton dayanımı
f_{co}	: Sargısız beton basınç dayanımı
f_{ctm}	: Betonun çekme dayanımı
f_e	: Etkili sargılama basıncı
f_{ex}, f_{ey}	: İlgili doğrultulardaki etkili sargılama basınçları
f_{yw}	: Enine donatı akma dayanımı
g	: Yerçekimi ivmesi
I	: Bina önem katsayısı
I	: Atalet momenti
$K_1(M, N, T)$	: Kesit zorları cinsinden akma (kırılma) koşulları
$K_2(\chi, \varepsilon, \gamma)$	: Şekildeğiştirmeler cinsinden akma (kırılma) koşulları
k	: Yapı rijitliği
k_e	: Sargılama etkinlik katsayısı
l	: Bir cisim üzerindeki herhangi iki nokta arasındaki uzaklık
l_p	: Plastik mafsallık boyu
M_{x1}	: x deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış için tanımlanan birinci (hakim) moda ait etkin kütle
N_D	: Deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu düşey yükler altında kolonda veya perdede oluşan eksenel kuvvet
n	: Hareketli yük katılım katsayısı
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
R_a	: Deprem yükü azaltma katsayısı
R_{y1}	: Birinci moda ait dayanım azaltma katsayısı
$S_a^{hedef}(T)$	: Ölçeklendirme işleminde hedef alınan tasarım spektrumu
$S_a^{gerçek}(T)$	: Kaydedilmiş deprem ivme kaydının tek serbestlik dereceli sistem için tepki spektrumu
$S_{ae}(T)$	: Elastik spektral ivme
$S_{ae1}^{(1)}$	: İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivme

$S_{de1}^{(1)}$	: İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme
S_{di1}	: Birinci moda ait doğrusal elastik olmayan spektral yerdeğiştirme
s	: Etriye aralığı
T_0	: Başlangıç periyodu
T_1	: Binanın birinci doğal titreşim periyodu
$T_1^{(1)}$	: Deprem doğrultusundaki hakim titreşim moduna ait doğal titreşim periyodu
T_A, T_B	: Spektrum karakteristik periyodları
T_{eff}	: Efektif periyot
$TH^{gerçek}(\omega)$	: Kaydedilmiş deprem ivme kaydı
$TH(t)$	: Ölçeklendirme sonucunda elde edilen yeni deprem ivme kaydı
TSM-1	: 8 katlı betonarme çerçeve sistem
TSM-2	: 10 katlı betonarme perde ve çerçeve sistem
TSM-3	: 6 katlı betonarme perde ve çerçeve sistem
t	: Kesite etkiyen düzgün sıcaklık değişmesi
$u_{xN1}^{(i)}$	: Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait yerdeğiştirme
$u_{xN1}^{(p)}$	: Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda tepe yerdeğiştirme istemi
$V_{x1}^{(i)}$	: x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda (hakim moda) ait taban kesme kuvveti
W	: Binanın deprem hesabına esas ağırlığı
w_i	: Binanın i'inci katının, deprem hesabına esas ağırlığı
α	: Rijitlik değeri
$\alpha_{ölçek}$	: Zaman tanım alanında ölçeklendirme katsayısı
α_t	: Sıcaklık genleşme katsayısı
Γ_{x1}	: x deprem doğrultusundaki birinci moda ait katkı çarpanı
γ	: Birim kayma şekildeğiştirmesi
Δt	: Kesite etkiyen farklı sıcaklık değişmesi
ϵ	: Birim boy değişmesi
ϵ_{co}	: Betonda plastik şekildeğiştirmelerin başladığı şekildeğiştirme sınırı
ϵ_{cu}	: Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi

ε_c	: Beton çeliğinin akma şekildeğiştirmesi
ε_{su}	: Donatı çeliğinin kopma birim şekildeğiştirmesi
η_{bi}	: Burulma düzensizliğı katsayısı
θ	: Etkin sargılama alanının belirlenmesi için gerekli olan açı
θ_p	: Plastik dönme istemi
$\theta^{gerçek}(\omega)$	: Kaydedilmiş deprem kaydının Fourier spektrum fazı
λ	: Eşdeğer deprem yükü azaltma katsayısı
λ_c	: Sargılı beton basınç dayanımı ile sargısız beton basınç dayanımı arasındaki ilişki katsayısı
ϕ_p	: Plastik eğrilik istemi
$\phi_{p,max}$	: Plastik dönme kapasitesi
ϕ_t	: Toplam eğrilik istemi
Φ_{xN1}	: Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliğı
ϕ_y	: Eşdeğer akma eğriliğı
φ	: Kesitin dönmesi
χ	: Birim dönme (eğrilik)
$\omega_1^{(1)}$	: Başlangıçtaki (i=1) birinci (deprem doğrultusunda hakim) titreşim moduna ait doğal açısal frekans
ω_i	: i.moda ait açısal frekans
ω_j	: j.moda ait açısal frekans
β_{eff}	: Efektif sönüm
μ	: Düktilite değeri

2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ VE FEMA440 RAPORUNA GÖRE HESAPLANAN PERFORMANS NOKTASI YAKLAŞIMLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZET

Yapıların performansa dayalı tasarımı ve mevcut yapı taşıyıcı sistemlerinin deprem performanslarının değerlendirilmesi günümüzde giderek önem kazanmaktadır. Buna ilave olarak, yapı sistemlerinin doğrusal olmayan statik ve dinamik analizi için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden başlıcaları arasında 2007 Deprem Yönetmeliğinde belirtilen *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Hesap Yöntemi*, *Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemi* ve FEMA440 Taslak Raporunda belirlenen yöntem yer almaktadır.

Yüksek lisans tezi olarak sunulan bu çalışmada, taşıyıcı sistemleri farklı olan üç modelin doğrusal olmayan davranışı, 2007 Deprem Yönetmeliği kapsamında açıklanan *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Hesap Yöntemi* ve FEMA440 Taslak Raporunda tanımlanan performans noktası yaklaşım yöntemleriyle irdelenerek karşılaştırılmıştır.

Beş bölümden oluşan çalışmanın birinci bölümünde konunun tanıtılması, konu ile ilgili çalışmaların gözden geçirilmesi, çalışmanın amacı ve kapsamı yer almaktadır.

İkinci bölümde, bina taşıyıcı sistemlerinin doğrusal olmayan davranışı incelenmiş ve bu davranışa etkiyen faktörler açıklanmıştır. Bunun yanında, dinamik analizde kullanılacak olan deprem kayıtlarının seçimi ve ölçeklenmesi yöntemi hakkında bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölümde, yapıların performansa dayalı tasarımı ile ilgili değerlendirmeler yer almaktadır. Ayrıca 2007 Deprem Yönetmeliğinde belirtilen doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Hesap Yöntemi* ve *Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemi* ile FEMA440 Taslak Raporu 6.bölümünde yer alan performans noktası yaklaşım yöntemi açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde, taşıyıcı sistemleri farklı olan üç yapı modelinin düşey yükler ve deprem etkileri altındaki davranışı sayısal olarak incelenmiştir. Bu taşıyıcı sistem modelleri üçüncü bölümde açıklanan üç farklı hesap yöntemiyle irdelenmiş, şekiller ve çizelgeler halinde karşılaştırmalı sayısal sonuçlara yer verilmiştir.

Beşinci bölümde, bu çalışmada elde edilen sayısal sonuçların açıklanması ve değerlendirilmesi yer almaktadır.

COMPARISON OF PERFORMANCE POINT APPROACHES CALCULATED ACCORDING TO 2007 TURKISH EARTHQUAKE CODE AND FEMA440 REPORT

SUMMARY

The importance of the performance based design of new structures and seismic performance assessment of existing structural systems is increasing nowadays. As a result, some methods are developed for the nonlinear static and dynamic analysis of structural systems. Among these methods, there are mainly three of them, such as, Incremental Equivalent Earthquake Load Accounting Method as stated in the 2007 Earthquake Code and Nonlinear Analysis Method in the Time Domain and method as stated in the FEMA440 Draft Report are common use.

In this study, nonlinear behaviors of three structural models that have different lateral load carrying system are assessed comparatively by using two methods, Incremental Equivalent Earthquake Load Method as stated in the 2007 Earthquake Code and described method in FEMA440 Draft Report.

The study is composed of five chapters, and the first chapter covers the introduction, literature survey, the target of the thesis and the scope.

At the second chapter, factors that affect the nonlinear behavior of structural systems are examined. Furthermore, selection and scaling procedures for real earthquake ground motion records are explained briefly.

The third chapter gives the information on the performance based design. Additionally, the two methods, Incremental Equivalent Earthquake Load Method and Nonlinear Analysis Method in the Time Domain as stated in the 2007 Turkish Earthquake Code and performance point approximation method as stated in the FEMA440 Draft Report Chapter six are explained.

The fourth chapter, three structural system models that have different carrier systems are numerically analyzed under vertical loads and earthquake loads. This carrier systems are researched by using three different accounting method as described in chapter three and given comparative numerical results with figures and tables.

The fifth chapter is devoted to the results and reviews of the study.

1.GİRİŞ

1.1 Konu

Yapıların doğrusal olmayan davranışlarının dikkate alındığı hesap yöntemleri, özellikle son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapı sisteminin deprem etkisindeki davranışını temsil eden yerdeğiştirme ve şekildeğiştirme durumu, yapının doğrusal olmayan davranışını esas alan çeşitli yöntemler ile elde edilebilmektedir.

Yapı performansı, amaçlanan deprem istemi etkisinde yapıda oluşması beklenen hasar durumu ile ilişkilidir. Sağlanan kapasite ile deprem istemine ait veriler yapının tasarım ve güçlendirmesine yönelik performans düzeyinin belirlenmesinde kullanılmaktadır.

Performansa dayalı yapı tasarımı için uygun hesap yönteminin seçilmesi güncel bir konu olup, son yıllarda doğrusal olmayan hesap yöntemleri oldukça yaygınlaşmıştır. Doğrusal olmayan analiz için önerilen başlıca yöntemler arasında, statik itme analizi ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz sayılabilir.

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz, yapıların deprem yükleri altında analizi için en güvenilir yöntem olarak kabul edilmektedir. Analiz araçlarının yeterli güvenilirliğe ve hıza erişmekte olmasından dolayı doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemi de giderek daha yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Doğrusal olmayan statik itme analizi, yapı sistemlerinin yerdeğiştirme istemlerinin ve buna bağlı olarak bina kapasitesinin belirlenmesi için basit bir yaklaşım biçimidir. Bu yöntemde, sisteme etkiyen yatay deprem kuvvetleri yapı yüksekliği boyunca çeşitli esaslara göre dağıtılmakta ve her bir analiz adımının sonunda da bir miktar arttırılmaktadır. Bu arttırma, deprem yerdeğiştirme istemine ulaşıncaya kadar devam ettirilir. Daha sonra, taşıyıcı sisteme ait '*Taban Kesme Kuvveti-Tepe Yatay Yerdeğiştirmesi*' eğrisinden yola çıkılarak elde edilen kapasite eğrisi ile yapının

oturduğu alanın yerel zemin koşulları, deprem karakteristikleri ve öngörülen deprem düzeyine göre elde edilen istem eğrisi birlikte değerlendirilerek yapısal performans elde edilmektedir.

1.2 Konu İle İlgili Çalışmalar

Yapı sistemlerinin malzeme bakımından doğrusal olmayan teoriye göre hesabını amaçlayan yöntemler üzerindeki çalışmalar sonrasında geliştirilen analiz yöntemleri, temel varsayımları bakımından iki grupta incelenebilir,

- a) Doğrusal olmayan şekildeğiştirmelerin sistem üzerine sürekli olarak yayılması durumunun gözönüne alındığı çalışmalar ve yöntemler [1, 22, 23].
- b) Plastik mafsallı hipotezine dayanan yöntemler, [21].

Bu yöntemlerin geliştirilmesine paralel olarak, doğrusal olmayan teoriye dayanan bilgisayar programları da yaygın olarak kullanılmaktadır, [3].

Yapı sistemlerinin malzeme bakımından doğrusal olmayan teoriye göre hesabını amaçlayan yöntemler üzerindeki çalışmaların sonuçlarının irdelenerek geliştirilmesi amacıyla FEMA440 taslak raporu [6] hazırlanmıştır. Son olarak da 2006 yılında, daha önceden bu konu ile ilgili olarak yayınlanmış FEMA ve ATC raporlarını kapsayan ASCE 41-06 [7] standardı hazırlanmış ve yayınlanmıştır.

Mevcut yapıların deprem güvenliklerinin belirlenmesi, son yıllarda ülkemizde meydana gelen depremler sonrasında giderek önem kazanmıştır. Bu ihtiyaçlara cevap vermek üzere, yürürlükte olan 1998 Türk Deprem Yönetmeliği'ne, mevcut binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesi ve gerekli olan durumlarda güçlendirilmesi ile ilgili bir bölüm eklenmesi çalışmaları yürütülmüş ve bu çalışmaların sonucunda 2007 Deprem Yönetmeliği [8] hazırlanmıştır.

Bina performansının belirlenmesi için yukarıda sözü edilen rapor ve standartlarda önerilen yöntemlerin [6, 7] güvenilirliği akademik alanda geniş bir araştırma konusu oluşturmuştur. Bu kapsamda yapılan araştırmalarda önerilen yöntemlerin irdelenmesi ve birbirleri ile karşılaştırılması, kesin sonuç verdiği kabul edilen zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Zaman tanım alanında yapılan hesapta dinamik denge denklemi adım adım integre edilmektedir. Bu amaçla geliştirilen ve özellikle doğrusal olmayan yapı sistemlerinin çözümünde kullanılan başlıca sayısal integrasyon yöntemleri, sabit ortalama ivme ve doğrusal ivme değişimlerini gözönüne alan, Newmark ve Wilson yöntemleridir. Ayrıca akma dayanımı, süneklik, pekleşme oranı, yapısal güvenlik düzeyi vb. parametreler ile bunların değişimini dikkate alan belirli periyod aralığında bulunan tek serbestlik dereceli sistemler deprem kayıtları etkisinde incelenmiştir. Bu incelemelerin ardından, özellikle betonarme yapılar için rijitlik azalmasının ve bunu dikkate alan modellerin önemi artmıştır.

Yapı sistemlerinin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizi, deprem yer hareketi ivme kayıtlarını kullanır. Dolayısıyla doğru ve gerçekçi deprem ivme kayıtlarının kullanılması, elde edilen sonuçların doğruluğu açısından önemlidir. Ayrıca yine bu tip bir analizde kullanılacak olan malzeme davranış modellerinin uygun bir şekilde tanımlanması da sonuçlara doğrudan etki etmektedir.

Deprem yer hareketlerinin seçilmesi ve ölçeklenmesi ile ilgili olarak kesin bir yöntem bulunmamaktadır. Ancak, çeşitli yönetmelik ve yönergelerinde deprem yer hareketlerinin seçilmesi ve analizlerde kullanılmasına ilişkin esasları ve kuralları içeren maddeler bulunmaktadır.

1.3 Tezin Amacı ve Kapsamı

Altı farklı betonarme taşıyıcı sistemden oluşan ve bu tez çalışmasında üç farklı betonarme taşıyıcı sistem için anlatılan, mevcut betonarme binaların deprem performanslarının belirlenmesi için 2007 Deprem Yönetmeliğinde tanımlanan doğrusal olmayan hesap yöntemlerinden *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Hesap Yöntemi* ve *Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi* uygulanmıştır. Bu yapı sistemlerinin performansları FEMA440'da tanımlanan yöntemlerden biri ile de irdelenmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Diğer üç betonarme taşıyıcı sistemle ilgili çalışma Arda KARABULUT [26] tarafından yapılmıştır.

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizde kullanılan deprem kayıtlarının seçilmesi ve ölçeklenmesi konusunda ayrıntılı bilgi verilmiştir.

2007 Deprem Yönetmeliğinde tanımlanan performans noktası belirleme yöntemi, FEMA440'da tanımlanan yöntem ile üç farklı yapı durumu için hesaplanmış, iki farklı yaklaşımın verdiği performans noktalarına karşı gelen kesit ve eleman performansları karşılaştırılmıştır.

FEMA440 [6] raporunda belirtilen ilgili katsayılar SAP2000 [3]'e veri olarak girilerek spektral ivme-spektral yerdeğiştirme formatında performans noktası bulunmuştur. Konu ile ilgili daha önce yapılan tez çalışmasında yer alan [19] ve EXCEL [20] hesap tablosu formatında oluşturulan programla karşılaştırılarak çıkan sonuçların birbirine yakın olduğu görülmüştür [19].

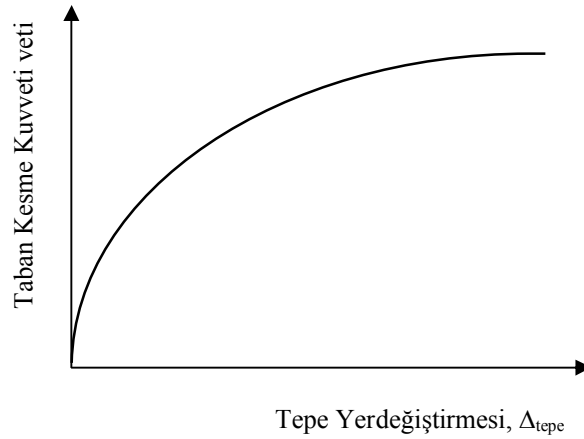
Çalışmada izlenen yol aşağıda özetlenmiştir.

- a) Malzeme bakımından doğrusal olmayan betonarme yapı sistemlerinin statik ve dinamik davranışları ile ilgili hesap yöntemlerinin incelenmesi ve yapısal davranışa etkisi olan parametrelerin gözden geçirilmesi,
- b) Performansa dayalı tasarım ve değerlendirme yöntemlerinin belirlenmesi,
- c) Zaman tanım alanında yapılan hesapta kullanılacak deprem kayıtlarının seçilmesi ve ölçeklendirilmesi,
- d) Sayısal incelemelere konu olan ve farklı özelliklere sahip taşıyıcı sistem modellerinin belirlenmesi,
- e) Taşıyıcı sistem modellerinin 2007 Deprem Yönetmeliği'ne göre boyutlandırılması,
- f) Bu sistemlerin, 2007 Deprem Yönetmeliğinde yer alan doğrusal olmayan hesap yöntemlerinden *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi*, *Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi* ve FEMA440 Taslak Raporuna Göre Belirlenen Yöntem ile sayısal sonuçların elde edilmesi,
- g) Her üç yaklaşım ile elde edilen sayısal sonuçların değerlendirilmesi ve karşılaştırılması,
- h) Çalışmada varılan sonuçların yorumlanması.

2. YAPI SİSTEMLERİNİN DOĞRUSAL OLMAYAN TEORİYE GÖRE STATİK VE DİNAMİK HESABI

2.1 Kapasite Eğrisinin Tanımı

Yapının yatay dayanım ve yerdeğiştirme kapasitesi itme eğrisi ile ifade edilebilir. Kuvvet veya yerdeğiştirme esaslı olarak gerçekleştirilebilen itme analizinin her adımı için yapı tabanında oluşan kesme kuvveti ile tepe yatay yerdeğiştirmesi değerleri grafiksel olarak gösterildiğinde bu eğri elde edilir, (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: Tepe yerdeğiştirmesi – taban kesme kuvveti diyagramı.

Tepe yerdeğiştirmesi; binanın en üst katındaki kütle merkezinde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda her itme adımında hesaplanan yerdeğiştirmeyi,

Taban kesme kuvveti; her adımda eşdeğer deprem yüklerinin deprem doğrultusundaki toplamını ifade etmektedir.

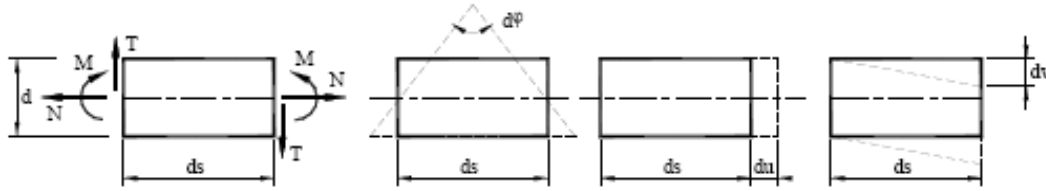
2.2 Düzlem Çubuk Elemanlarda İç Kuvvet-Şekildeğiştirme Bağlıları ve Akma (Kırılma) Koşulları

Düzlem içindeki kuvvetlerin etkisinde bulunan düzlem çubuk elemanlarda iç kuvvetler, M eğilme momenti, N normal kuvvet, T kesme kuvvetidir. ds boyundaki bir çubuk elemanın bir yüzünün diğer yüzüne göre göreli (rölatif) yerdeğiştirmelerinin kesit zorları doğrultularındaki bileşenleri ds elemanın birim şekildeğiştirmeleri olarak tanımlanır, (Şekil 2.2). ϕ kesit dönmesini, u ve v kesitin çubuk eksenine ve ona dik doğrultudaki yerdeğiştirmelerini göstermek üzere;

$$\chi = d\phi/ds : \text{birim dönme (eğrilik)}$$

$$\varepsilon = du/ds : \text{birim boy değişmesi}$$

$$\gamma = dv/ds : \text{birim kayma}$$



Şekil 2.2 : Düzlem çubuk elemanda iç kuvvetler ve şekildeğiştirmeler.

Düzlem çubuk sistemlerde iç kuvvetler ile şekildeğiştirmeler arasındaki bağıntılar (bünye denklemleri),

$$\chi = \frac{d\phi}{ds} = F_1(M, N, T) + \frac{\alpha_t \Delta t}{d} \quad (2.1)$$

$$\varepsilon = \frac{du}{ds} = F_2(M, N, T) + \alpha_t t \quad (2.2)$$

$$\gamma = \frac{dv}{ds} = F_3(M, N, T) \quad (2.3)$$

şeklindedir. Burada F_1 , F_2 , F_3 malzeme karakteristiklerine ve enkesit özelliklerine bağlı olarak belirlenen doğrusal olmayan fonksiyonları, t ve Δt kesite etkiyen düzgün ve farklı sıcaklık değişmelerini, α_t sıcaklık genleşme katsayısını göstermektedir.

İç kuvvetlerin artarak, belirli bir sınır duruma erişmesi halinde kırılma veya akma nedeniyle kesitin taşıma gücü sona erer. Kesitin daha büyük kesit zorlarını taşıyamayacağını ifade eden bu sınır durum kısaca akma veya kırılma olarak tanımlanır.

Bu duruma karşı gelen iç kuvvetlere de kesitin taşıma gücü adı verilir. Akma (kırılma) durumunu kesit zorlarına veya şekildeğiştirmelere bağlı olarak ifade eden :

$$K_1 (M, N, T) \quad (2.4)$$

veya

$$K_2 (\chi, \varepsilon, \gamma) \quad (2.5)$$

bağıntılarına akma (kırılma) koşulları denilmektedir.

Kayma şekildeğiştirmeleri eğilme ve uzama şekildeğiştirmeleri yanında terk edildiğinde ve kesme kuvvetinin birim dönme ve birim boy değişmesine etkisi ihmal edilirse, iç kuvvet-şekildeğiştirme bağıntıları (bünye denklemleri),

$$\chi = \frac{d\varphi}{ds} = F_1 (M, N) + \frac{\alpha_t \Delta t}{d} \quad (2.2a)$$

$$\varepsilon = \frac{du}{ds} = F_2 (M, N) + \alpha_t t \quad (2.3a)$$

ve akma (kırılma) koşulu da

$$K_1 (M, N) \quad (2.4a)$$

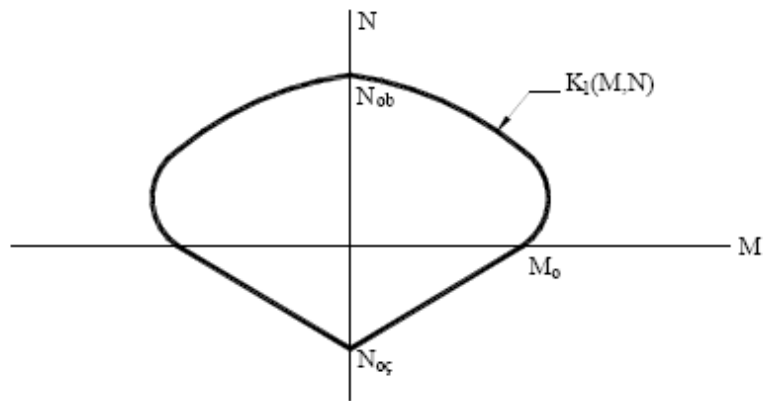
veya

$$K_2 (\chi, \varepsilon) \quad (2.5a)$$

şeklini alır.

$$K_1 (M, N)$$

Akma koşulunu kesit zorları cinsinden ifade eden $K_1 (M, N)=0$ denkleminin belirlediği kapalı eğri, akma (kırılma) eğrisi veya karşılıklı etki diyagramı adını almaktadır, (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 : Akma eğrisi (karşılıklı etki diyagramı).

2.3 Binaların Deprem Davranışı

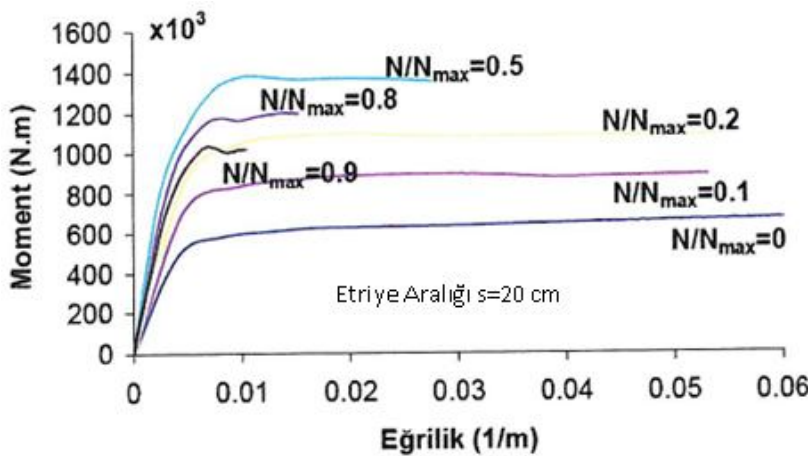
Deprem yer hareketleri yapıların ivmelenmesine neden olur. Bu ivmelenme, yapı kütlesi ile orantılı ($F=ma$) eylemsizlik kuvvetlerinin oluşmasına ve dolayısı ile yapı içinde zorlanmalara yol açar. Depreme dayanıklı yapı tasarımında uygulanan temel ilke, yapının daha sık oluşan küçük depremleri (tasarım depremi) elastik sınırların ötesinde ancak taşıyıcı sistemde onarılabilecek düzeyde hasar oluşarak ve can güvenliği sağlayarak karşılayabilmesi, çok seyrek olarak meydana gelen büyük depremlerde ise büyük hasarın meydana gelmesine karşın göçmeyi önlemesidir.

2.3.1 Sargı etkisi ve önemi

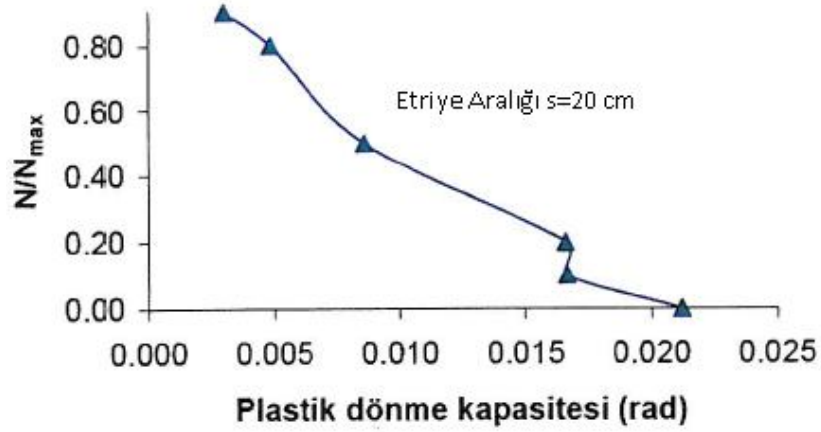
Şiddetli deprem enerjisinin, yapı sisteminde olası plastik mafsallıklarının (kolon ve kirişlerin uç bölgeleri) yeterli şekilde değiştirme yapabilme yeteneği, yani sünekliği ile tüketilmesi öngörülmektedir. Bu nedenle, söz konusu bölgelerde detaylandırmaya özel önem gösterilmesi gerekmektedir.

Betonarme bir kesitte eksenel yük düzeyi arttıkça süneklik azalır. Bu nedenle, yapıda meydana gelebilecek olası plastik mafsalların, eksenel yük düzeyinin fazla olduğu kolonlara oranla eksenel yük düzeyinin az olduğu, dolayısı ile daha sünek davranış gösteren kirişlerde oluşması istenir.

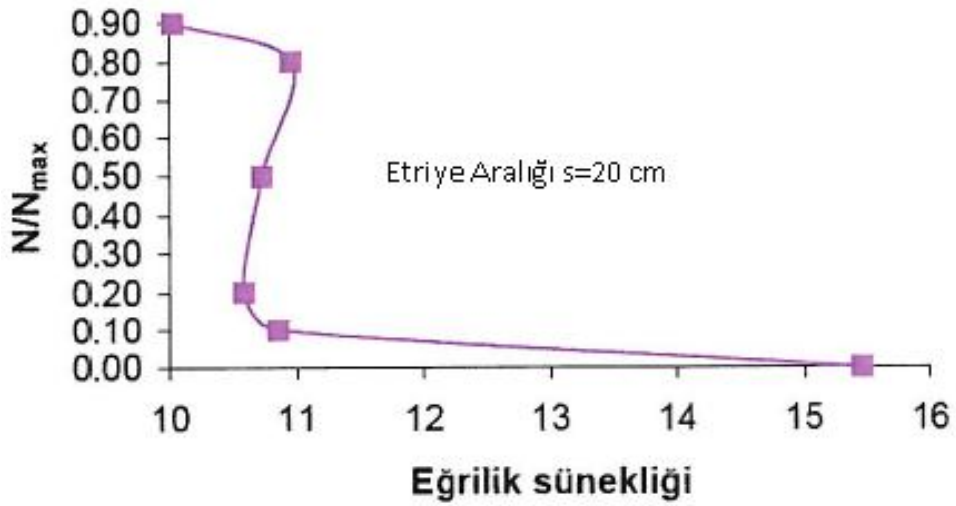
Betonarme kesit davranışında eksenel kuvvet, malzeme modeli ve sargı donatısı oranı etkisinin incelendiği bir çalışmada [13], kesitin eğrilik sünekliği ve dönme kapasitesinin eksenel yük seviyesi ile azaldığı aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir, (Şekil 2.5), (Şekil 2.6).



Şekil 2.4 : Eğilme momenti-eğrilik diyagramı ilişkisi, [13].



Şekil 2.5 : Plastik dönme kapasitesinin eksenel kuvvet ile değişimi, [13].

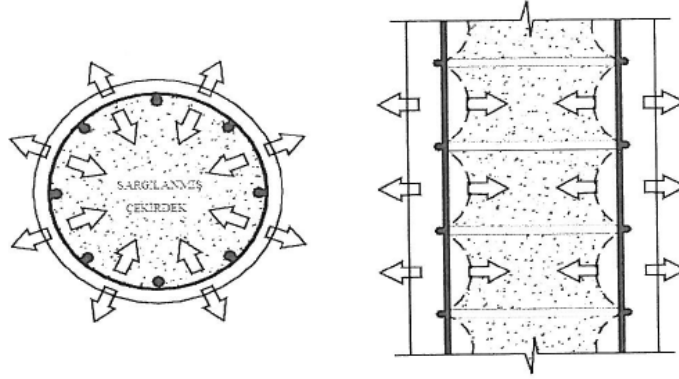


Şekil 2.6 : Eğrilik sünekliğinin eksenel kuvvet ile değişimi, [13].

Eksenel kuvvetin küçük olduğu kesitlerde sünek davranış gözlemlendiği ve kesitin kiriş olarak donatılması gerektiği, eksenel yük seviyesi arttıkça sünekliğin azaldığı ve kolon davranışının başladığı belirtilmiştir. Kolon davranışı başlangıç sınırı $N_d=0.1 \times A_c \times f_c$ olarak belirlenmekte, daha büyük eksenel kuvvet değerleri için kesitlerin kolon olarak donatılması öngörülmektedir [13].

Kolonlar şiddetli deprem etkileri nedeniyle yüksek eksenel kuvvetlere maruz kalabilirler. Yüksek eksenel kuvvet düzeyi, önceki paragraflarda belirtildiği gibi, kesitin hem sünekliğini hem de bazen moment taşıma kapasitesini azaltır. Sargı bu olumsuzlukların ortadan kaldırılması için gereklidir. Sargı etkisi ise enine donatı miktarı ve detaylandırma açısından uygun şekilde yerleştirilmesi ile sağlanabilir.

Artan aksenal kuvvet etkisi ile kabuk (ettriye dışı) betonu sınır dayanımına erişerek dökülür. Çekirdek (ettriye içi) betonu hacimsel genişleme yapar. Genişlemeye sargı donatısı (fret, ettriye) karşı koyarak çekirdek betonuna yanal basınç uygular. Yanal basınca maruz kalan çekirdek betonu tek aksenli basınç gerilmesi durumuna göre daha büyük aksenal birim şekildeğiştirme kapasitesine sahip olur [14]. Bu sebeple sargı donatısı, çekirdek betonunun dağılmasını engelleyerek önemli ölçüde dayanım kaybı olmaksızın şekildeğiştirebilmesine yardımcı olur, (Şekil 2.7).

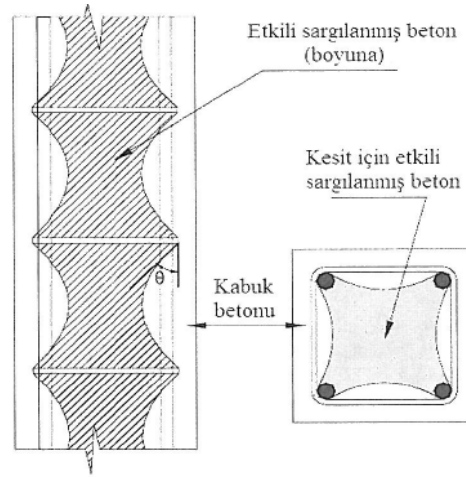


Şekil 2.7 : Betonarme kesitte sargı etkisinden kaynaklanan yanal basınçlar, [14].

Yapılan deneylerde aşağıdaki koşulların sargı etkinliğini arttırdığı gözlemlenmiştir.

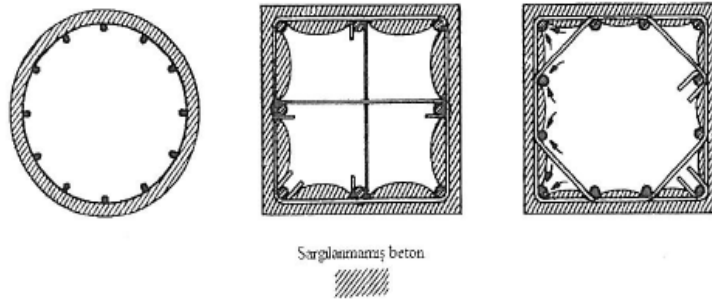
- Enine donatı aralığının azaltılması,
- Kesitte ek etriyeler ve çiroz yerleştirilmesi,
- Boyuna donatının kesit çevresi boyunca düzgün olarak dağılımı,
- Enine donatı hacminin çekirdek betonu hacmine oranının artması,
- Enine donatının akma dayanımının arttırılması,
- Dikdörtgen etriye ve yardımcı çiroz yerine, mümkün olan durumlarda dairesel (spiral) etriyelerin kullanılması,

Yukarıdaki maddelerde de belirtildiği gibi, dikdörtgen etriye sargısı fret sargısına oranla daha az etkilidir. Etkin sargı alanı hem yatay hem de boyuna doğrultuda, çeşitli yaklaşımlar ile hesaplanabilir. Örneğin boyuna doğrultuda etkili olan ve etkili olmayan beton sınırı için parabolik bir eğri veya üçgen eğri önererek etkin sargı alanının hesaplanması için, (Şekil 2.8)'de gösterilen θ açısı için varsayım yapılır. Boyuna doğrultuda etkin sargı alanı şekilde θ için yapılan varsayımla bulunan parabol alanının, kuşatılmış çekirdek alanından çıkarılması ile elde edilir.



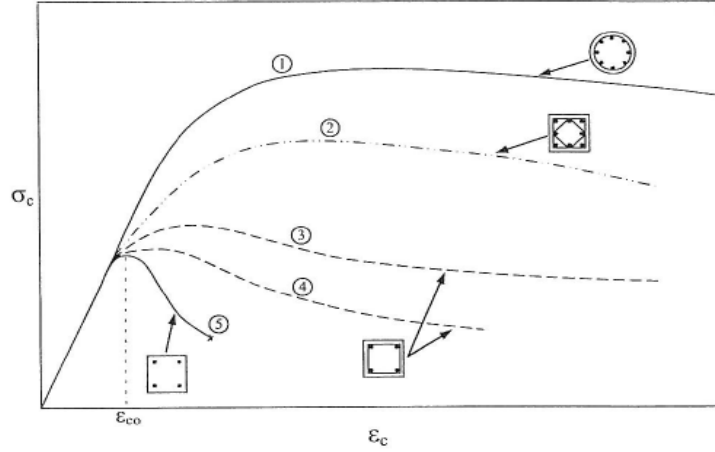
Şekil 2.8 : Enkesitte ve boyuna doğrultuda sargı etkisi, [14].

Sargının etkinliği çeşitli donatı düzenlemeleri ile artırılabilir. Örneğin dikdörtgen kesitte etriyelerle beraber çirozların kullanılması veya kesite çok kollu etriyeler yerleştirilerek mesnetlenmiş donatı aralığının azaltılması, sargının etkinliğini önemli ölçüde iyileştirmektedir, (Şekil 2.9).



Şekil 2.9 : Çeşitli donatı düzenleri için sargının etkinliği, [14].

(Şekil 2.10)'da sargılı ve sargısız betonların σ - ϵ ilişkileri gösterilmiştir. 5 numaralı eğri sargısız, diğerleri sargılı beton içindir. 3 ve 4 numaralı eğriler, kesitinde tek dikdörtgen etriye olan elemanlar içindir. Bu eğriler arasındaki tek fark, 3 numaralı elemandaki etriye aralığının daha az olmasıdır. Görüleceği gibi dikdörtgen etriye, etriyesiz duruma kıyasla sünekliği önemli ölçüde artmakta, ancak dayanım artışı az olmaktadır. Şekilde 2 ile gösterilen elemanda ise, çift etriye kullanılarak, etriye açıklığı 3 ve 4'e kıyasla yarı yarıya indirilmiştir. Görüldüğü gibi etriye serbest açıklığının azaltılması çok etkili olmuş, sünekliğin artmasının yanı sıra dayanım da önemli ölçüde artmıştır. Daha önceden de değinildiği gibi en etkili sargı türü, şekildeğiştirmelerin aksenel rijitliğe bağlı olduğu dairesel frettir. Şekilde gösterilen 1 numaralı eğri bunu kanıtlamaktadır.



Şekil 2.10 : Sargı etkisi, [14].

Özetlenecek olursa,

- Sargılı betonun σ - ϵ ilişkisi, sargısız betonunkinden çok farklıdır. Sargı, süneklik ve dayanımı arttırdığı gibi, maksimum gerilmeye karşılık gelen birim kısalma ϵ_{co} 'yu da artırır.
- Fret en etkili sargı donatısıdır.
- Dikdörtgen etriye sünekliği arttırmaktadır. Dayanım artışı ise ancak serbest etriye açıklığının azatılması ile (çift veya daha fazla etriye) mümkün olmaktadır.
- Etriye aralığı azatıldıkça sargı etkisi, dolayısı ile süneklik artmaktadır. Etriye çapının artırılması, aynı ölçüde olmasa da, davranışı olumlu yönde etkilemektedir.
- Kesitlerde normal kuvvet arttıkça süneklik azaldığından, bu olumsuzluğun giderilmesi için sargı donatısı detayı önem kazanmaktadır.

2.3.2 Mander sargılı beton davranış modeli

Yapının performansını belirlemek için kullanılan analiz modellerinde gerçekçi eğilme momenti-eğrilik ilişkileri tanımlamak için, sargı etkisini de gözönüne alan beton modelleri kullanılmalıdır. Betonarme kesitte kabuk betonu için sargısız, çekirdek betonu için sargılı beton davranış modeli esas alınır. Mander 1988 yılında beton için sargı etkisini de gözönüne alan gerilme-şekildeğiştirme modelini önermiştir.

Mander modelinde beton basınç gerilmesi,

$$f_c = \frac{f_{cc} x^r}{r-1+x^r} \quad (2.6)$$

bağıntısı ile verilir. Denklemden f_{cc} sargılı beton dayanımını, χ ise

$$\chi = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} \quad (2.7)$$

şeklinde tanımlanan bir oranı göstermektedir.

Burada ε_c beton basınç şekildeğiştirmesi, ε_{cc} ; λ_c sargılı beton dayanımı ile sargısız beton dayanımı arasındaki ilişkiyi gösteren bir katsayı ve $\varepsilon_{co}=0.002$ olmak üzere,

$$\varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co}[1 + 5(\lambda_c - 1)] \quad (2.8)$$

ile tanımlanan birim şekildeğiştirmedir.

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}} \quad (2.9)$$

ile tanımlanırken, bağıntıda

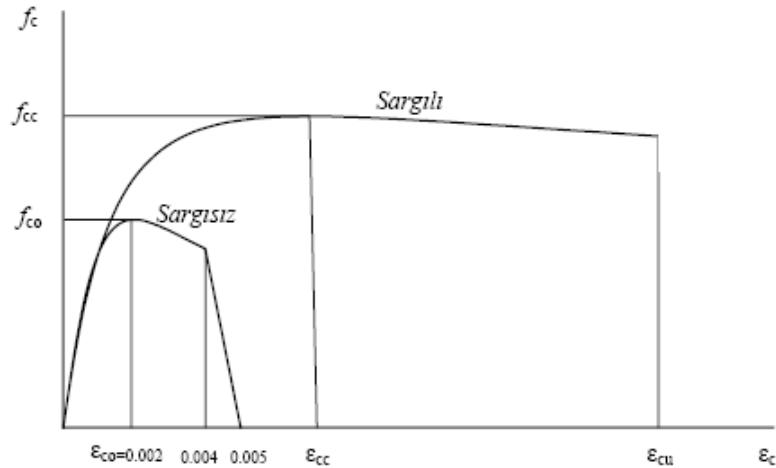
$$E_c \cong 5000\sqrt{f_{co}} \text{ [MPa]} \quad (2.10)$$

beton elastisite modülünü

$$E_{sec} = \frac{f_{cc}}{\varepsilon_{cc}} \quad (2.11)$$

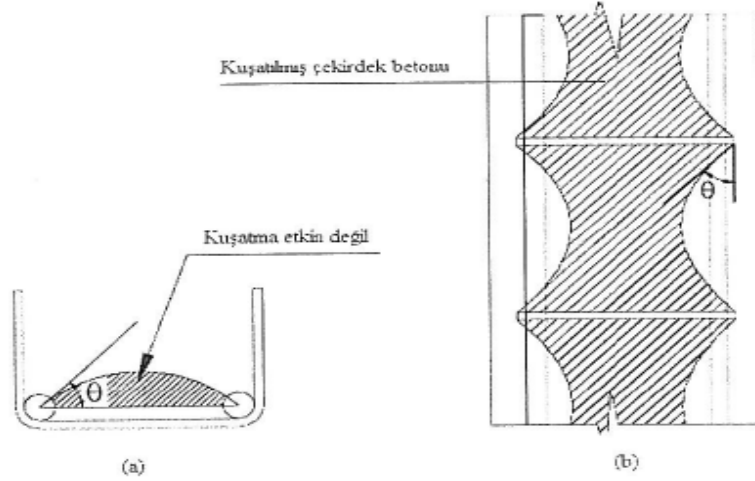
sekant elastisite modülünü göstermektedir.

Sargısız kabuk betonu için $\varepsilon_c > 2\varepsilon_{co}$ olan bölgede gerilme-birim şekildeğiştirme bağıntısının doğrusal olarak azaldığı varsayılarak betonun dökülmesine karşı gelen birim şekildeğiştirme değerinde gerilme sıfır değerini alır, (Şekil 2.11).



Şekil 2.11 : Mander beton modeli, [24].

Mander, betonarme kesitte sargı basıncının etkili olduğu bölgeleri belirlemek için, düşeyde etriyeler arasındaki ve yatayda mesnetlenmiş boyuna donatı çubukları arasındaki bölgede, kesitteki sargı gerilmelerinin ikinci derece parabolü şeklinde değişeceği varsayımını yapmıştır, (Şekil 2.12).



Şekil 2.12 : Kesitte ve boyuna doğrultuda etkin sargı alanının hesaplanması, [24].

Mander, ikinci derece parabollerinin başlangıç teğet eğimini $\theta=45^\circ$ almış, kuşatmanın etkin olmadığı parabol alanlarını hesaplayarak bu değerleri çekirdek beton alanından çıkarmış ve etkin sargılanmış beton alanını bulmuştur. Bulunan etkin sargılanmış çekirdek beton alanını, çevre etriye eksenleri arasında kalan ve boyuna donatı alanı içermeyen çekirdek betonu alanına oranlayarak k_e sargılama etkinlik katsayısını belirlemiştir.

$$k_e = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6b_0h_0}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_0}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_0}\right) \left[1 - \frac{A_s}{b_0h_0}\right]^{-1} \quad (2.12)$$

Bu katsayı kullanılarak, x ve y doğrultularındaki etkili sargılama basıncı

$$f_{ex} = k_e \rho_x f_{yw} \quad ; \quad f_{ey} = k_e \rho_y f_{yw} \quad (2.13)$$

ile hesaplanmıştır.

Sargılanmış beton dayanımını veren

$$f_{cc} = \lambda_c f_{co} \quad (2.14)$$

denkleminde, f_{co} sargısız betonun basınç dayanımıdır. λ_c ise

$$\lambda_c = 2.254 \sqrt{1 + 7.94 \frac{f_e}{f_{co}}} - 2 \frac{f_e}{f_{co}} - 1.254 \quad (2.15)$$

bağıntısı ile belirlenir.

2007 Deprem Yönetmeliği'nde f_c etkili sargılama basıncı için dikdörtgen kesitlerde Denk. (2.13)'de verilen değerlerin ortalamasının alınması öngörülmektedir. Bu durumda;

$$\epsilon_{cu} = 0.004 + \frac{1.4\rho_s f_{yw} \epsilon_{su}}{f_{cc}} \quad (2.16)$$

formülü ile hesaplanır.

Formülde ρ_s enine donatının hacimsel oranını, ϵ_{su} enine donatı çeliğinde maksimum gerilme altındaki birim uzama şekildeğiştirmesini göstermektedir.

2.4 Deprem İvme Kayıtlarının Seçimi ve Ölçeklenmesi

Zaman tanım alanında hesap yöntemleri uygulanırken ortaya çıkan en önemli sorunlardan biri, yönetmeliğin öngördüğü koşulları karşılayan deprem kayıtlarının sağlanmasıdır. Deprem ivme kayıtları üç kaynaktan elde edilebilir.

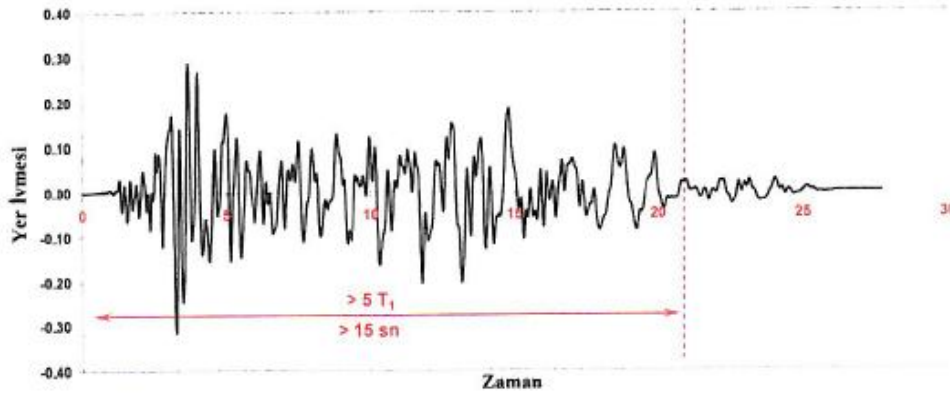
1. Yapay olarak üretilmiş deprem kayıtları
2. Benzeştirilmiş kayıtlar
3. Deprem esnasında kaydedilen ivme kayıtları

Bu çalışmada, ilk iki yöntem yerine üçüncü yöntem olan deprem sırasında kaydedilmiş deprem kayıtları kullanılmıştır.

2.4.1 Deprem yer hareketleri için genel kurallar

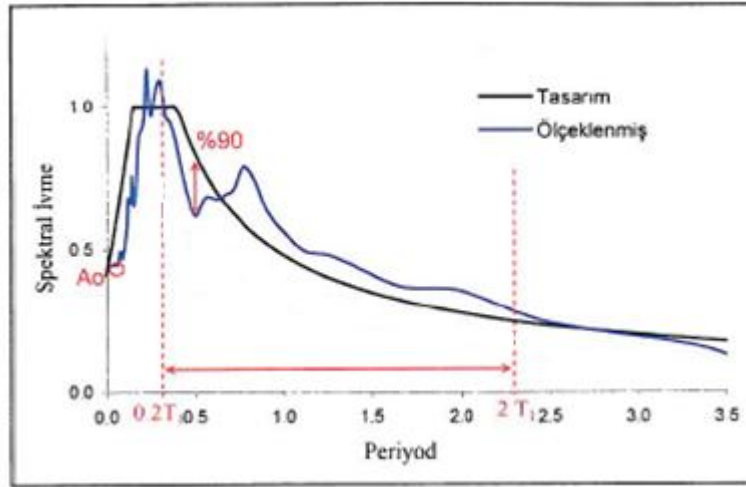
2007 Deprem Yönetmeliği, binalar ve bina türü yapıların zaman tanım alanında doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan deprem hesabı için, yapay yollarla üretilen, daha önce kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketlerinin kullanılmasına da izin vermektedir. Her üç yaklaşım için de aşağıdaki özellikleri taşıyan en az üç deprem yer hareketi üretilmelidir, [8].

- a) Kuvetli yer hareketi kısmının süresi, binanın birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmamalıdır, (Şekil 2.13).
- b) Üretilen deprem yer hareketlerinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması A_0g 'den daha küçük olmamalıdır, (Şekil 2.14).



Şekil 2.13 : Kuvvetli yer hareketi minimum süresi, [25].

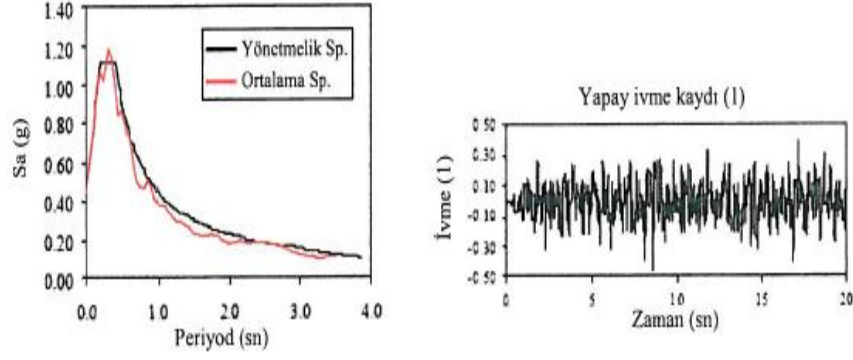
- c) Yapay olarak üretilen her bir ivme kaydı için %5 sönüm oranı kullanılarak elde edilen spektral ivme değerlerinin ortalaması, gözönüne alınan deprem doğrultusundaki birinci (hakim) periyod T_1 'e göre $0.2T_1$ ile $2T_1$ arasındaki periyodlar için, yönetmelikte tanımlanan $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivmelerinin %90'ından daha az olmamalıdır, (Şekil 2.14).



Şekil 2.14 : Deprem kaydı tepki spektrumu ile tasarım ivme spektrumu, [25].

2.4.2 Tasarım ivme spektrumuna uygun yapay kayıtlar

Geniş bir periyod aralığında, tepki spektrumu elastik tasarım spektrumuna benzeyen yapay kayıtlar üretilmesi mümkündür, (Şekil 2.15). Sadeleştirilmiş tepki spektrumundan güç spektral yoğunluk fonksiyonu bulunur ve bu fonksiyon rastgele faz açıları birleştirilerek sinüs biçimli sinyaller üretilir. İteratif bir yaklaşım izlenerek tepki spektrumu ile daha iyi bir uyum sağlanabilir.

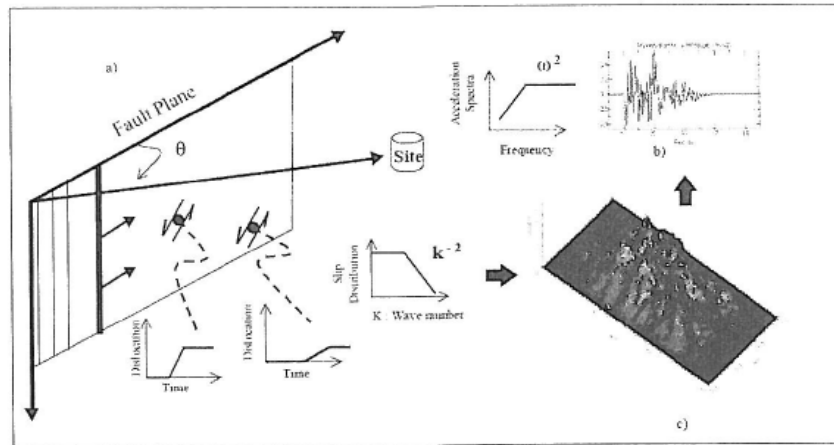


Şekil 2.15 : Tasarım spektrumuna uygun olarak üretilmiş bir deprem kaydı, [25].

Bu tip kayıtları kullanırken karşılaşılan en büyük zorluk, çok sayıda kaydedilmiş deprem hareketinin ortalamasını simgeleyen tasarım spektrumuna uygun tek bir kayıt elde etmeye çalışmaktır. Ayrıca kuvvetli yer hareketindeki çevrim sayısının artmasından dolayı gerçeğe aykırı olabilecek kadar büyük miktarda enerji açığa çıkmaktadır. Bu da hesabı yapılan sistemin normalin üzerinde bir etkiye maruz kalması anlamına gelmektedir.

2.4.3 Benzeştirilmiş ivme kayıtları

Bu tür kayıtlar yayılım ortamı ve zemin özelliklerini dikkate alan sismolojik kaynak modellerinden elde edilir, (Şekil 2.16). Buradaki en büyük zorluk, uygun kaynak, yayılım ortamı ve zemin özelliklerinin tanımlanmasıdır.



Şekil 2.16 : Sismolojik kaynak modelleme prosedürü şematik gösterimi, [25].

Kaynak ve dalga yayılımı özellikleri fiziksel olarak benzeştirilmiş kayıtları elde etmekte kullanılan analizlerde, inceleme yapılacak alan için, senaryo depreminin büyüklük ve mesafeye bağlı olarak tanımlanmış olması gerekir.

Benzeştirilmiş kayıtların elde edilmesi amacıyla gerçekleştirilen sismik risk analizi için başlıca iki yaklaşım kullanılmaktadır. Bunlar deterministik yaklaşım ve probabilistik yaklaşımdır.

2.4.3.1 Deterministik yaklaşım

Deterministik olarak belirlenen deprem tehlikesi, zaman boyutundan bağımsız olarak, bölgede meydana gelebilecek en büyük depremin yaratacağı yer hareketinin düzeyidir :

Belirli bir alan için en büyük deterministik deprem tehlikesi, bu alanı etkileyebilecek deprem kaynaklarında meydana gelebileceği varsayılan en büyük depremin bu alanda yaratacağı en büyük yer hareketine eşdeğerdir. Bu kapsamda,

1. Her bir deprem kaynağında oluşabilecek en büyük depremin, merkez üssünün inşaat alanına en yakın olabilecek şekilde, kaynak bölgesinin kenarında yer alacağı varsayılır.
2. Hiçbir tektonik birimle ilişki kurulamayan depremlerin, mahallin hemen altında meydana geleceği varsayılır.

Deprem hasar senaryolarının ve masterplanlarının kapsamında kentsel deprem tehlikesinin deterministik olarak belirlenmesi için “Senaryo Depremi” olarak adlandırılan ve kenti makul bir süre zarfında ve makul bir olasılıkla etkileyebileceği varsayılan deprem veya depremler kullanılır. Bu tip senaryo depremleri için gözönüne alınan 'makul süre'ler genellikle insan ömrü ile veya önemli yapıların ekonomik ömrü ile kıyaslanabilecek (50-60 yıl) şekilde seçilir. Bu bağlamda deterministik deprem tehlikesi, senaryo depreminin oluşacağı deprem kaynak bölgelerinin, bu bölgelerde oluşabilecek makul düzeydeki deprem büyüklüğünün ve kullanılacak azalım ilişkisinin bir fonksiyonu olmaktadır.

2.4.3.2 Probabilistik yaklaşım

Probabilistik deprem tehlikesi, hasar yapıcı yer hareketinin belli bir yerde ve belli bir zaman periyodu içerisinde meydana gelme olasılığı olarak tanımlanır. Probabilistik bir deprem tehlike haritasının hazırlanması için kullanılan yöntem özetlenmiştir.

1. Tarihi ve aletsel deprem verilerinin elde edilmesi,
2. Tektonik çalışmalar ve değerlendirmeler,

3. Deprem kaynak bölgelendirmesi,
4. Deprem oluşum frekanslarının belirlenmesi,
5. Azalım ilişkileri,
6. Probabilistik deprem tehlikesinin belirlenmesi.

Probabilistik deprem tehlikesi; yıllık tehlike olarak tanımlanan, yıllık aşılma olasılığı veya, onun bire bölünmesi ile elde edilen ortalama yineleme (dönüş) periyodu olarak ifade edilebilir. Kentsel deprem tehlikesi analizlerinin temel sonuçları, belirli bir kent için ve mevcut jeoloji ve depremsellik bilgilerine dayalı olarak hazırlanan en büyük yer hareketi aşılma olasılığı dağılımları olarak verilir. Deprem tehlikesi bilgileri belirli yer hareketi parametrelerine (maksimum ivme ve şiddet gibi) ve belirli dönüş periyodlarına karşı gelen konturlar olarak sunulur.

2.4.4 Gerçek depremlerden elde edilen kayıtlar

Gerçek deprem kayıtları, yer sarsıntısının doğası ve belli başlı özellikleri (genliği, süresi, faz özellikleri ve frekans muhteviyatı) hakkında sağlıklı bilgiler içerir. Ayrıca, kayıtları etkileyen kaynak, yayılım ortamı ve zemin sınıfı gibi bütün faktörleri de yansıtır. Bu yüzden sahanın sismolojik parametreleri gözönünde bulundurularak bu tür kayıtların seçilmesi diğer alternatiflere göre üstünlük sağlar.

Elde mevcut olan kuvvetli yer hareketi kayıtlarının artması nedeniyle, depremlerde ivme kayıtlarının kullanılması ve ölçeklenmesi bu alandaki en güncel araştırma konularından biri haline gelmektedir. Sürekli artan kuvvetli yer hareketi veritabanlarına rağmen, büyüklük, yırtılma mekanizması, kaynakla saha arasındaki mesafe ve zemin sınıfı gibi deprem parametrelerine bağlı pek çok kombinasyon oluşturabileceğinden, bazı hallerde duruma uygun kayıt bulmada zorluklarla karşılaşılabilir.

Gerçek deprem kayıtları, yer hareketinin belli özelliklerini temsil etmesi için genellikle tasarım spektrumuna veya büyüklük, mesafe ve zemin sınıfı gibi minimum parametreleri verilen deprem senaryosuna dayandırılarak seçilir. Sismik tasarım yönetmeliklerinde, uygun gerçek kayıtların nasıl seçileceği ile ilgili verilen yönlendirmeler çoğunlukla sismolojik parametreler yerine tepki spektrumuna uygunluğa odaklanır. Böylece kayıtlar en büyük yer ivmesi gibi kuvvetli yer hareketi parametrelerine göre bir tasarım tepki spektrumuna uyacak şekilde seçilir.

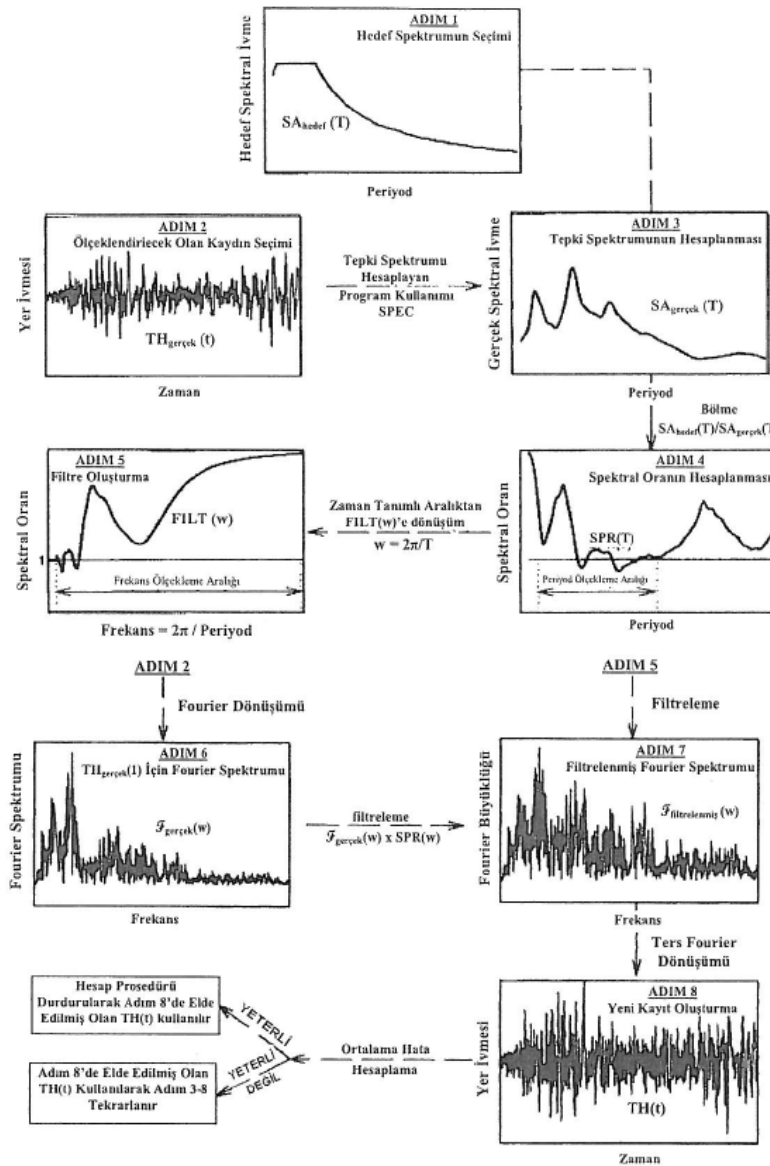
Kaydedilmiş deprem yer hareketlerinin ölçeklenmesinde kullanılan başlıca iki yöntem vardır. Bunlar;

- 1) Frekans tanım alanında ölçeklendirme,
- 2) Zaman tanım alanında ölçeklendirme.

2.4.4.1 Frekans tanım alanında ölçeklendirme

Bu yöntem, deprem sırasında kaydedilmiş ivme kayıtları kullanılarak tasarım ivme spektrumu ile neredeyse mükemmel şekilde uyuşan ve başlangıçtaki kayda benzer bir hareketin türetilmesi esasına dayanır.

(Şekil 2.17)'de frekans tanım alanında ölçeklemenin akış şeması görülmektedir.



Şekil 2.17 : Frekans tanım alanında ölçeklendirme prosedürü, [25].

Bu akış şemasındaki adımlar aşağıdaki şekilde açıklanabilir :

ADIM 1 : İlgili tasarım spektrumu $S_a^{hedef}(T)$ belirlenir.

ADIM 2 : İlgili tasarım spektrumuna $S_a^{hedef}(T)$ uygun olarak ölçeklenmek üzere tek bir deprem kaydı seçilir, $TH^{gerçek}(t)$.

ADIM 3 : Sönüm oranı, tasarım spektrumu ile aynı olacak şekilde seçilen kaydın davranış spektrumu, $S_a^{gerçek}(T)$, elde edilir.

ADIM 4 : Ölçeklemenin yapılacağı periyod sınırları içinde tasarım spektrumu ve gerçek kaydın davranış spektrumu arasındaki oran hesaplanır.

$$SPR(T) = \frac{S_a^{hedef}(T)}{S_a^{gerçek}(T)} \quad T_A \leq T \leq T_B \quad (2.17)$$

ADIM 5 : Zamana bağlı olan oran fonksiyonu, $SPR(T)$, açısal frekans, ω , cinsinden yazılır.

$$FILT(\omega) = SPR(\omega) \quad \omega_{min} \leq \omega \leq \omega_{mak} \quad (2.18)$$

Burada ω_{min} ve ω_{mak} sırasıyla maksimum ve minimum ölçekleme frekanslarıdır.

ADIM 6 VE 7 : Hızlı Fourier algoritması kullanılarak gerçek deprem kaydının, $TH^{gerçek}(t)$, Fourier spektrum genliği $F^{gerçek}(\omega)$ ve Fourier spektrum fazı $\theta^{gerçek}(\omega)$ hesaplanır. Fourier spektrum genliği $FILT(\omega)$ fonksiyonu ile çarpılarak $F^{filtrelenmiş}(\omega)$ fonksiyonu elde edilir.

ADIM 8 : Filtrelenmiş Fourier spektrum genliği $F^{filtrelenmiş}(\omega)$ ve orijinal kaydın Fourier spektrum fazından, $\theta^{gerçek}(\omega)$, ters Fourier algoritması kullanılarak bir kayıt, $TH(t)$, oluşturulur.

Adım 8’de elde edilen kaydın davranış spektrumu ile tasarım ivme spektrumu arasındaki yönetmeliklerde belirtilen uyum sağlanıncaya kadar ADIM 3’ten ADIM 8’e kadar olan adımlar tekrar edilir.

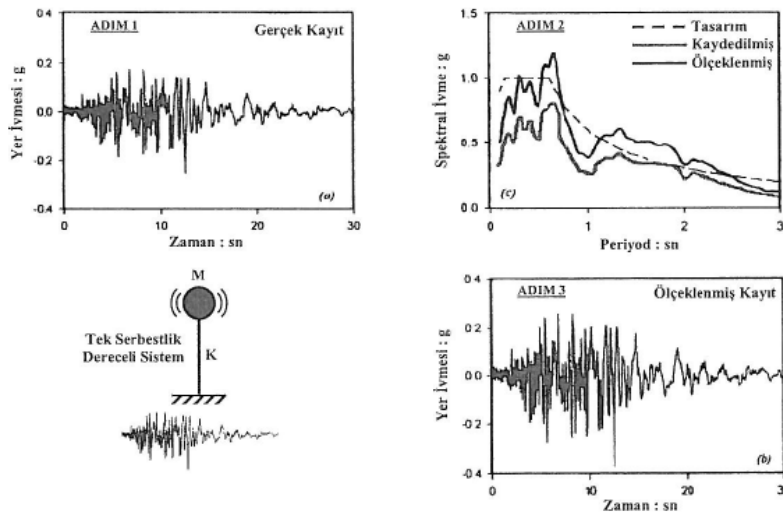
Frekans tanım alanında yapılan ölçekleme esnasında deprem hareketi fiziksel özelliklerini yitirmediği için klasik yapay deprem kaydı üretme metotları ile karşılaştırıldığında daha etkili bir yöntemdir. Bütün yöntem boyunca Fourier fazları değişmeden aynen kalır. İteratif bir yaklaşım izlenerek tasarım ivme spektrumuna istenilen derecede yakın kayıtlar üretilebilir.

Frekans tanım alanında yapılan ölçekleme yöntemi kullanılarak tasarım spektrumu ile bire bir uyuşan kayıtlar elde etmek mümkün olsa da, bu kayıtlar yapıların doğrusal olmayan deprem hesaplamalarında kullanılması durumunda yerdeğiştirmeye hassas bölgede eşit yerdeğiştirme kuralını sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmelidir.

2.4.4.2 Zaman tanım alanında ölçeklendirme

Bu yöntemde, yer hareketi kaydı genlik bakımından ölçeklenerek (1'den büyük veya 1'den küçük sabit bir katsayı ile çarpılarak), istenilen periyod aralığında, hedef tasarım ivme spektrumuna en uygun eşleşme yapılır. Bu işlem, kaydın frekans içeriğini değiştirmez. Birden fazla deprem kaydı kullanılmak istendiğinde ise, her bir kayıt için ayrı ayrı ölçekleme işlemi yapılabileceği gibi hedef tasarım spektrumuna en iyi uyan kayıtların ortalaması da alınabilir.

(Şekil 2.18)'de, zaman tanım alanında ölçekleme prosedürü kısaca özetlenmiştir.



Şekil 2.18 : Zaman tanım alanında ölçeklendirme prosedürü, [25].

Adım 1'de, seçilmiş olan deprem yer hareketi kaydı görülmektedir. Adım 2'de, 1.adımda seçilmiş olan deprem kaydından tek serbestlik dereceli bir sistem için elde edilmiş olan tepki spektrumu ve tasarım (hedef) spektrumu birarada gösterilmiştir. Bu adımda, elde edilmiş olan tepki spektrumu, belirli bir aralıkta, belirlenen bir değerin üstüne çıkana kadar (2007 Deprem Yönetmeliği için tasarım spektrumunun %90'ı) ölçeklendirme katsayısı ile çarpılır.

İstenilen düzeye ulaşıldığında ise ölçeklendirme katsayısı elde edilmiş olur. Adım 3'te, 2.adımda elde edilmiş olan ölçeklendirme katsayısı 1.adımda seçilmiş olan deprem yer hareketi kaydının tamamı ile çarpılarak ölçeklendirilmiş deprem yer hareketi kaydı ile elde edilir.

Hesap adımlarından da görüldüğü gibi, kaydın frekans içeriği üzerinde bir işlem yapılmadığından, frekans içeriği bu ölçeklendirme işlemi sonucunda değişmez.

3. DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

3.1 Deprem İstemi ve Talep Spektrumu

Performans analizinde kullanmak üzere farklı seviyelerde tanımlanan yer hareketi belirlenmeli ve bu etki altında yapı belirli kriterleri sağlamalıdır. Deprem etki seviyesi spektrum eğrisinin tanımlanması ile belirlenir. Yapılan analitik çalışmada, tasarım depremi esas alınmıştır.

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak Spektral İvme Katsayısı, $A(T)$ Denk. (3.1)'de verilmiştir.

$$A(T) = A_0 \cdot I \cdot S(T) \quad (3.1)$$

$$S_{ae}(T) = A(T) \cdot g \quad (3.2)$$

Bu denklemde tanımlanan Etkin Yer İvme Katsayısı A_0 , (Çizelge 3.1)'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 : Etkin yer ivme katsayısı.

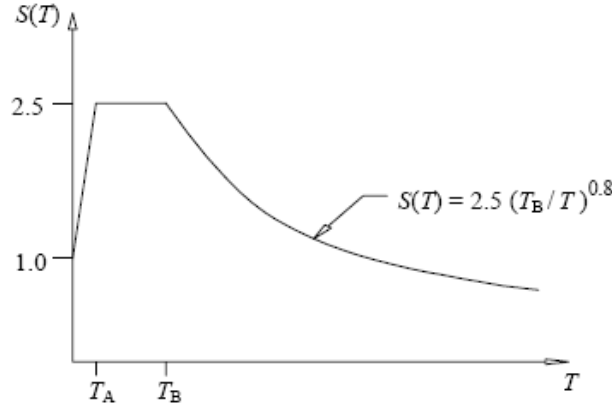
Deprem Bölgesi	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Spektrum Katsayısı $S(T)$, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu (T)'ye bağlı olarak hesaplanır. $S(T)$ 'nin değişimi (Şekil 3.1)'de verilmiştir.

$$S(T) = 1 + 1.5 \frac{T}{T_A} \quad 0 \leq T \leq T_A \quad (3.3)$$

$$S(T) = 2.5 \quad T_A \leq T \leq T_B \quad (3.4)$$

$$S(T) = 2.5 \left[\frac{T_B}{T} \right]^{0.8} \quad T_B \leq T \quad (3.5)$$



Şekil 3.1 : Spektrum katsayısı $S(T)$.

Spektrum karakteristik periyotları, T_A ve T_B ilgili yerel zemin sınıfına göre belirlenir, (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2 : Spektrum karakteristik periyotları.

DBYBHY'e Göre Yerel Zemin Sınıfı	T_A (sn)	T_B (sn)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

3.2 Performansın Tanımı

2007 Deprem Yönetmeliğinde performansın tanımı “*Herhangi bir deprem etkisi altında binada oluşması muhtemel hasarların düzeyine ve bina içerisindeki dağılımına bağlı olarak belirlenen yapı güvenliği*” şeklinde yapılmaktadır. Performans esaslı tasarımda yapı elemanlarının elastik ötesi davranış gösterdiği durum gözönüne alınarak hesap yapılmaktadır.

3.3 TDY 2007 ve Performans Değerlendirmesi

Mevcut binaların performans değerlendirilmesi konusu 2007 yılında yürürlüğe giren *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY)* içinde Bölüm 7’de yer almaktadır.

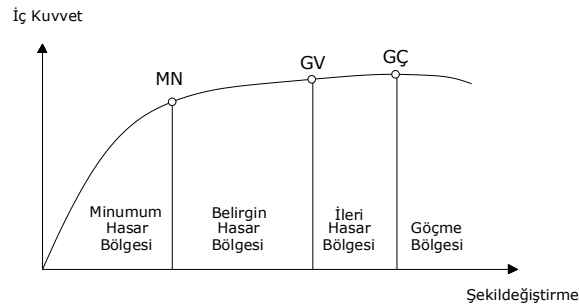
Bu bölümde belirtilen hesap kuralları ve tasarım ilkeleri; deprem bölgelerinde bulunan çelik ve yığma binalar haricindeki mevcut ya da güçlendirilecek binalar için geçerlidir.

Yapıda hasar oluşturan bir deprem sonrasında hasarlı binanın güçlendirilmesi ve güçlendirilmiş yapının performansının belirlenmesinin kapsam dahilinde olduğu ancak hasarlı binanın deprem performansının bu yöntemler ile belirlenemeyeceği ifade edilmiştir.

3.3.1 Yapı elemanlarında hasar sınırları ve bölgeleri

2007 Deprem Yönetmeliğinde sünek eleman kesitleri için *minimum hasar sınırı* (MN), *güvenlik sınırı* (GV) ve *göçme sınırı* (GÇ) olarak 3 adet sınır durum tanımlanmıştır. Minimum hasar sınırı; kesitte elastik ötesi davranış başlangıcını, güvenlik sınırı; kesit dayanımının güvenli şekilde sağlandığı elastik ötesi davranış sınırını, göçme sınırı ise kesite ait göçme öncesi davranışın sınırını belirtmektedir.

Kritik kesitlerinin hasarı MN'ye ulaşmayan elemanlar *minimum hasar bölgesinde*, MN ile GV arasında kalan elemanlar *belirgin hasar bölgesinde*, GV ile GÇ arasında kalan elemanlar *ileri hasar bölgesinde*, GÇ'yi aşan elemanlar ise *göçme bölgesinde* yer almaktadır, (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 : Kesit hasar bölgeleri.

3.3.2 Depremde bina performansının belirlenmesinde kullanılan yöntemler

Performans değerlendirmesi için geliştirilen yöntemler; doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri olmak üzere iki bölüme ayrılmaktadır, (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 : Deprem performansının belirlenmesine ait yöntemler.

3.3.3 Doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri

2007 Deprem Yönetmeliği kapsamında yer alan doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleri, *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi*, *Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi* ve *Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi*'dir. Aşağıda tez kapsamında yer alan yöntemlerden *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi* ve *Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi* açıklanmıştır.

3.3.3.1 Artımsal eşdeğer deprem yüğü yöntemi

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

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

Artımsal itme analizi sırasında, eşdeğer deprem yüğü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayımı yapılabilir. Bu durumda yük dağılımı, analizin başlangıç adımında doğrusal elastik davranış için hesaplanan birinci (deprem doğrultusundaki hakim) doğal titreşim mod şekli genliği ile ilgili kütlelerin çarpımından elde edilen değerle orantılı olacak şekilde tanımlanır. Kat döşemeleri rijit diyafram olarak idealleştirilen binalarda, birinci (hakim) doğal titreşim mod şeklinin genlikleri olarak her katın kütle merkezindeki birbirine dik iki yatay öteleme ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme gözönüne alınır.

Sabit yatay yük dağılımına göre gerçekleştirilen itme analizi ile, koordinatları "tepe yerdeğiştirmesi-taban kesme kuvveti" olan itme eğrisi elde edilir.

Tepe yerdeğiştirmesi, binanın en üst katındaki kütle merkezinde, gözönüne alınan deprem doğrultusunda, her itme adımında hesaplanan yerdeğiştirmediir. Taban kesme kuvveti ise, her adımda eşdeğer deprem yüklerinin ilgili deprem doğrultusundaki toplamıdır. Kapasite eğrisine uygulanan koordinat dönüşümü ile, koordinatları “modal yerdeğiştirme-modal ivme” olan modal kapasite diyagramı aşağıdaki şekilde elde edilebilir:

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

$$a_1^{(i)} = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \quad (3.3)$$

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

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

$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\Phi_{xN1} \Gamma_{x1}} \quad (3.4)$$

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

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (3.5)$$

şeklinde elde edilir.

İtme analizi sonucunda elde edilen modal kapasite diyagramı ile elastik davranış spektrumu ve farklı aşılma olasılıklı deprem istemi için bu spektrum üzerinde yapılan değişiklikler gözönüne alınarak, birinci (hakim) moda ait maksimum modal yerdeğiştirme, diğer deyişle, modal yerdeğiştirme istemi hesaplanır. Tanım olarak modal yerdeğiştirme istemi, $d_1^{(P)}$, doğrusal olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme S_{dil} ’e eşittir:

$$d_1^{(P)} = S_{de1} \quad (3.6)$$

Doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme, S_{di1} , itme analizinin ilk adımında, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) moda ait $T_1^{(1)}$ başlangıç periyoduna karşı gelen doğrusal elastik (lineer) spektral yerdeğiştirme, S_{de1} ’e bağlı olarak Denk.(3.7) ile elde edilir:

$$S_{di1} = C_{R1} S_{de1} \quad (3.7)$$

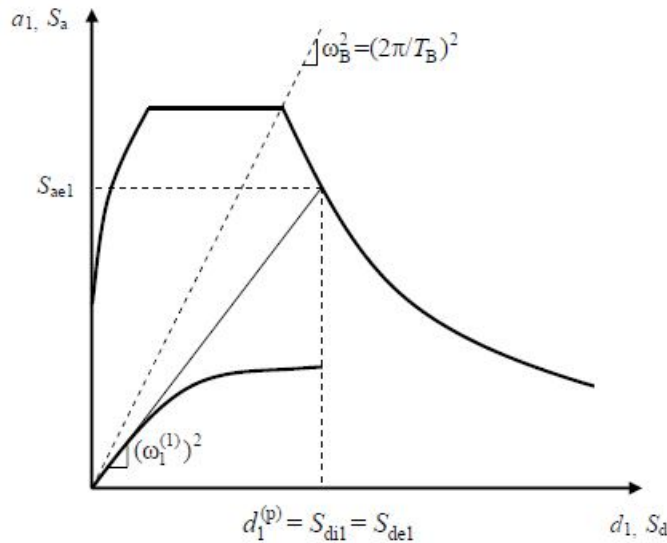
Doğrusal elastik (lineer) spektral yerdeğiştirme S_{de1} , itme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivme S_{ae1} ’den hesaplanır:

$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(\omega_1^{(1)})^2} \quad (3.8)$$

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

$$C_{R1}=1 \quad (3.9)$$

olarak tanınlanır, (Şekil 3.4).

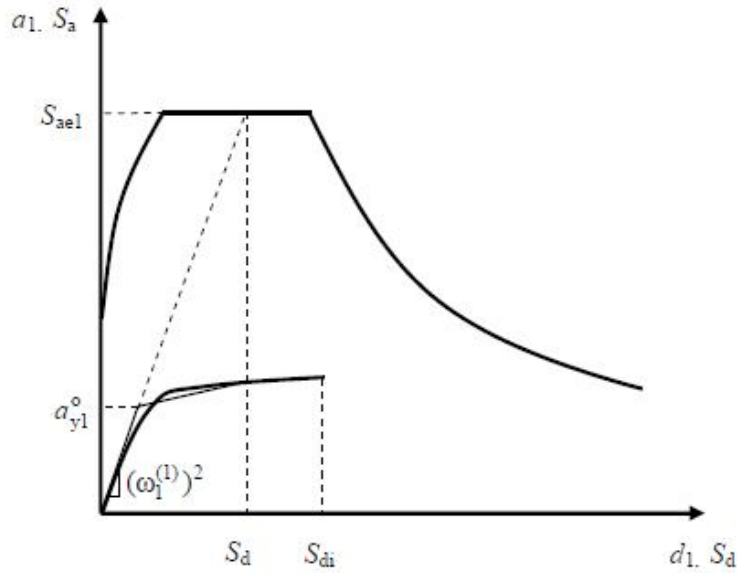


Şekil 3.4 : Performans noktalarının belirlenmesi ($T_1^{(1)} \geq T_B$).

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

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

(a) İtme analizi sonucunda elde edilen modal kapasite diyagramı, (Şekil 3.5)’te görüldüğü gibi, yaklaşık olarak iki doğrulu (bi-lineer) bir diyagrama dönüştürülür. Bu diyagramın başlangıç doğrusunun eğimi, itme analizinin ilk adımındaki ($i=1$) doğrunun eğimi olan birinci moda ait özdeğere, $(\omega_1^{(1)})^2$, eşit alınır ($T_1^{(1)} = 2\pi/\omega_1^{(1)}$).



Şekil 3.5 : Performans noktalarının belirlenmesi ($T_1^{(1)} < T_B$).

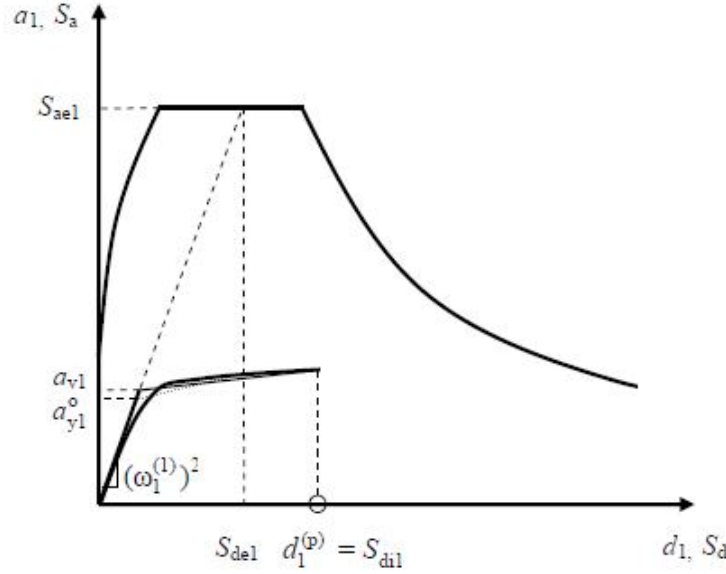
(b) Ardışık yaklaşımın ilk adımında $C_{R1}=1$ varsayımı yapılarak, eşdeğer akma noktası’nın koordinatları eşit alanlar kuralı ile belirlenir. (Şekil 3.5)’te görülen a_{y1}^0 esas alınarak C_{R1} aşağıda şekilde tanımlanır:

$$C_{R1} = \frac{1+(R_{y1}-1)T_B/T_1^{(1)}}{R_{y1}} \geq 1 \quad (3.10)$$

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

$$R_{y1} = \frac{S_{ae1}}{a_{y1}} \quad (3.11)$$

Denk. (3.10)'dan bulunan C_{R1} kullanılarak, Denk. (3.7)'ye göre hesaplanan S_{d1} esas alınarak eşdeğer akma noktası'nın koordinatları, (Şekil 3.6)'da gösterildiği üzere, eşit alanlar kuralı ile yeniden belirlenir ve bunlara göre a_{y1} , R_{y1} ve C_{R1} tekrar hesaplanır. Ardışık iki adımda elde edilen sonuçların kabul edilebilir ölçüde birbirlerine yaklaştıkları adımda ardışık yaklaşıma son verilir.



Şekil 3.6 : Performans noktalarının belirlenmesi ($T_1^{(1)} < T_B$).

Son itme adımı $i=p$ için Denk. (3.6)'e göre belirlenen modal yerdeğiştirme istemi $d_1^{(p)}$ 'nin Denk. (3.4)'de yerine konulması ile, x deprem doğrultusundaki tepe yerdeğiştirmesi istemi $u_{xN1}^{(p)}$ elde edilir.

$$u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (3.12)$$

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

3.3.3.2 Artımsal itme analizi ile performans değerlendirmesinde izlenecek hesap adımları

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

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

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

(c) Artımsal itme analizinin artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi kapsamında yapılması durumunda, koordinatları “modal yerdeğiştirme-modal ivme” olarak tanımlanan birinci (hakim) moda ait “modal kapasite diyagramı” elde edilir. Bu diyagram ile birlikte, elastik davranış spektrumu ve farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde yapılan değişiklikler alınarak, birinci (hakim) moda ait modal yerdeğiştirme istemi belirlenir. Son olarak, modal yerdeğiştirme istemine karşı gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme (plastik dönmeler) ve iç kuvvet istemleri hesaplanır.

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

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

3.3.3.3 Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi

Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi'nin amacı, taşıyıcı sistemin doğrusal olmayan davranışı gözönüne alınarak sistemin hareket denkleminin adım adım integre edilmesidir.

Analiz sırasında her bir zaman artımında sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme ve iç kuvvetler ile bu büyüklüklerin deprem istemine karşı gelen maksimum değerleri hesaplanır.

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

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

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

Zaman tanım alanında yapılacak deprem hesabı için kaydedilmiş depremler veya kaynak ve dalga yayılımı özellikleri fiziksel olarak benzeştirilmiş yer hareketleri kullanılabilir. Bu tür yer hareketleri üretilirken yerel zemin koşulları da uygun biçimde gözönüne alınmalıdır. Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş yer hareketlerinin kullanılması durumunda verilen tüm koşulları sağlaması gerekir.

3.3.3.4 Kesitteki birim şekildeğiştirme istemlerinin belirlenmesi

Yönetmelikte belirtilen artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi veya zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerine göre yapılan hesap sonucunda θ_p plastik dönme istemine bağlı olarak plastik eğrilik istemi;

$$\phi_p = \frac{\theta_p}{L_p} \quad (3.13)$$

ile hesaplanır.

Amaca uygun olarak seçilen bir beton modeli ile pekleşmeyi de gözönüne alan donatı çeliği modeli kullanılarak, kesitteki eksenel kuvvet istemi altında yapılan analizden elde edilen iki doğrulu moment-eğrilik ilişkisi ile tanımlanan ϕ_y eşdeğer akma eğriliği, Denk. (3.13) ile tanımlanan ϕ_p plastik eğrilik istemine eklenerek, kesitteki ϕ_t toplam eğrilik istemi elde edilir:

$$\phi_t = \phi_y + \phi_p \quad (3.14)$$

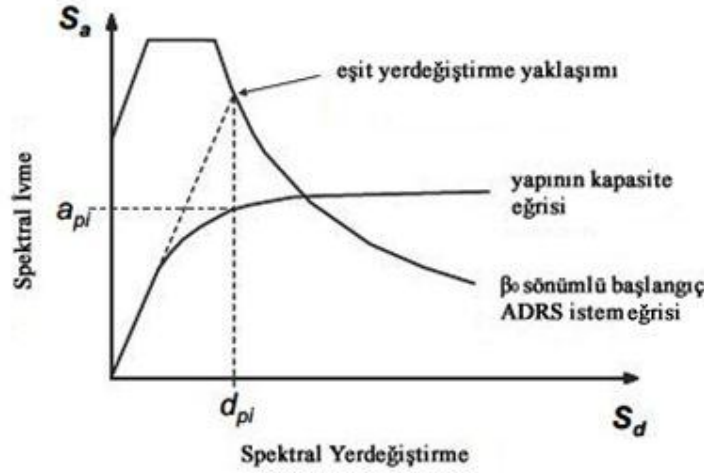
Betonarme sistemlerde betonun birim basınç şekildeğiştirme istemi ile donatı çeliğindeki birim şekildeğiştirme istemi, Denk. (3.14) ile tanımlanan toplam eğrilik istemine göre moment-eğrilik analizi ile hesaplanır.

3.4.FEMA440'a Göre Performans Noktasının Belirlenmesi

Efektif periyot T_{eff} ve efektif sönüm β_{eff} deprem isteminin fonksiyonlarıdır. Eşdeğer doğrusallaştırma ile bulunan maksimum yerdeğiştirme (performans noktası) tek adımda belirlenemez, grafik yöntemlerle veya ardışık yaklaşım yöntemi ile belirlenir. Bu amaçla üç çözüm yöntemi önerilmiştir.

Bu üç çözüm yönteminden biri aşağıda tanımlanan 1-7 arası işlemler tamamlandıktan sonra uygulanabilecektir.

1. İstenen zemin hareketine ait spektral eğrinin oluşturulması. Bu aşamada $\beta_i = 0.5$ sönüm oranı kullanılabilir. Bu amaçla ATC-40 veya FEMA356'dan alınmış bir tasarım spektrumu ya da belirli bir bölge için oluşturulmuş bir ivme spektrumu kullanılabilir.
2. Zemin yapısı etkileşimini dikkate almak üzere, FEMA440 Bölüm 9'da verilen prosedüre uygun olarak spektral eğri revize edilebilir. Bu işlem spektral eğri ordinatlarının küçültülmesi ve temelde meydana gelen sönümü dikkate almak üzere sönüm katsayısının β_i ' den β_o 'a dönüştürülmesini kapsamaktadır. Eğer temelde oluşacak sönüm dikkate alınmayacak ise $\beta_o = \beta_i$ alınır.
3. ATC 40'ta tanımlanan yöntem ile ivme spektrumu spektral ivme-spektral yerdeğiştirme formatına (ADRS) dönüştürülür, (Şekil 3.7).

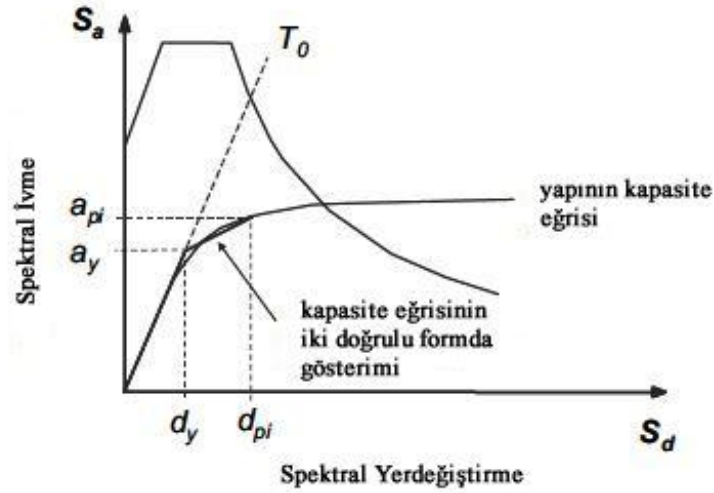


Şekil 3.7: ADRS eğrisinin oluşturulması ve kapasite eğrisi.

4. İncelenen yapı sistemi için kapasite eğrisi elde edilir. Bu, yapının tek dinamik serbestlik dereceli modeli için (SDOF) spektral ivme ile spektral yerdeğiştirme arasında oluşturulan bir ilişkidir. FEMA356 [5] da tanımlanan yöntem binaya ait taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirmesi arasındaki ilişkiye dayanmaktadır. Taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirmesi ilişkisi spektral ivme-spektral yerdeğiştirme formatına dönüştürülür.
5. Bir başlangıç performans noktası ($\max a_{pi}$ ve $\max d_{pi}$) seçilir. Bu seçimde eşit yerdeğiştirme kuralı ya da genel mühendislik ön sezisi kullanılabilir.
6. ATC 40'da tanımlanan yola uygun olarak kapasite eğrisi iki doğrulu formata dönüştürülür. Bu dönüşümde başlangıç periyodu T_0 , akma yerdeğiştirmesi d_y ve akma ivmesi a_y belirlenir. Bu parametreler a_{pi} ve d_{pi} için farklı varsayımlar yapıldığında değişmektedir, (Şekil 3.8).
7. Altıncı maddede yapılan iki doğrulu dönüşüm sonrasında akma sonrası rijitlik ve süneklik oranı hesaplanır.

$$\alpha = \frac{\left(\frac{a_{pi}-a_y}{d_{pi}-d_y}\right)}{\left(\frac{a_y}{d_y}\right)} \quad (3.15)$$

$$\mu = \frac{d_{pi}}{d_y} \quad (3.16)$$



Şekil 3.8: Kapasite eğrisinin iki doğru parçalı hale getirilmesi.

8. Hesaplanan α ve μ değerleri kullanılarak, efektif periyot T_{eff} ve efektif sönüm β_{eff} hesaplanır.

$\mu < 4.0$ için;

$$T_{eff} = (0.20(\mu - 1)^2 - 0.038(\mu - 1)^3 + 1)T_0 \quad (3.17)$$

$$\beta_{eff} = 4.9(\mu - 1)^2 - 1.1(\mu - 1)^3 + \beta_0 \quad (3.18)$$

$4.0 \leq \mu \leq 6.5$ için;

$$T_{eff} = (0.28 + 0.13(\mu - 1) + 1)T_0 \quad (3.19)$$

$$\beta_{eff} = 14.0 + 0.32(\mu - 1) + \beta_0 \quad (3.20)$$

$\mu > 6.5$ için;

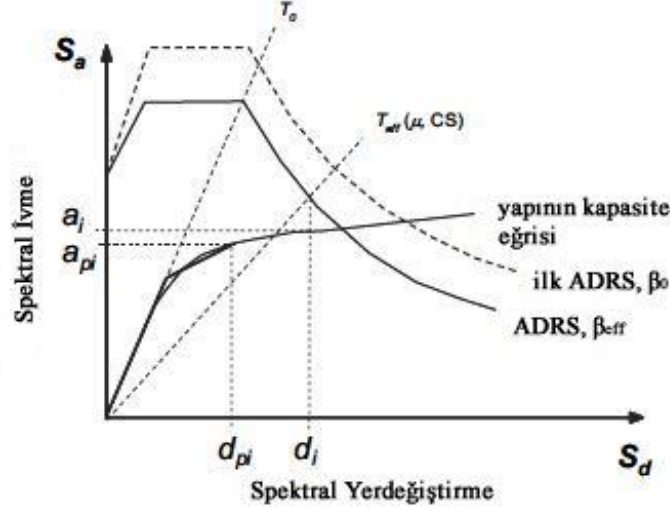
$$T_{eff} = (0.89 \left[\frac{(\mu-1)}{1+0.05(\mu-2)} - 1 \right] + 1)T_0 \quad (3.21)$$

$$\beta_{eff} = 19 \left[\frac{0.64(\mu-1)-1}{[0.64(\mu-1)^2]} \right] \left(\frac{T_{eff}}{T_0} \right)^2 + \beta_0 \quad (3.22)$$

Bu aşamadan sonra FEMA440'da üç farklı yöntem tanımlanmaktadır. Bu tez çalışması kapsamında *Prosedür A* kullanılmıştır. Bu yöntemde ardışık yaklaşım doğrudan performans noktasına ($\max a_{pi}$ ve $\max d_{pi}$) ulaşmayı amaçlamaktadır.

9. Belirlenen β_{eff} değeri kullanarak spektral ivme-spektral yerdeğiştirme eğrisi değiştirilir.

10. β_{eff} için çizilen spektral ivme-spektral yerdeğiştirme eğrisi ile radyal T_{eff} doğrusunun kesişim yeri (tahmini spektral yerdeğiştirme d_i) belirlenir. Tahmin edilen max spektral ivme a_i kapasite eğrisi üzerindeki noktaya karşı gelmektedir.



Şekil 3.9: FEMA440'da tanımlanan Prosedür A'ya göre maksimum yerdeğiştirme ve ivmenin belirlenmesi.

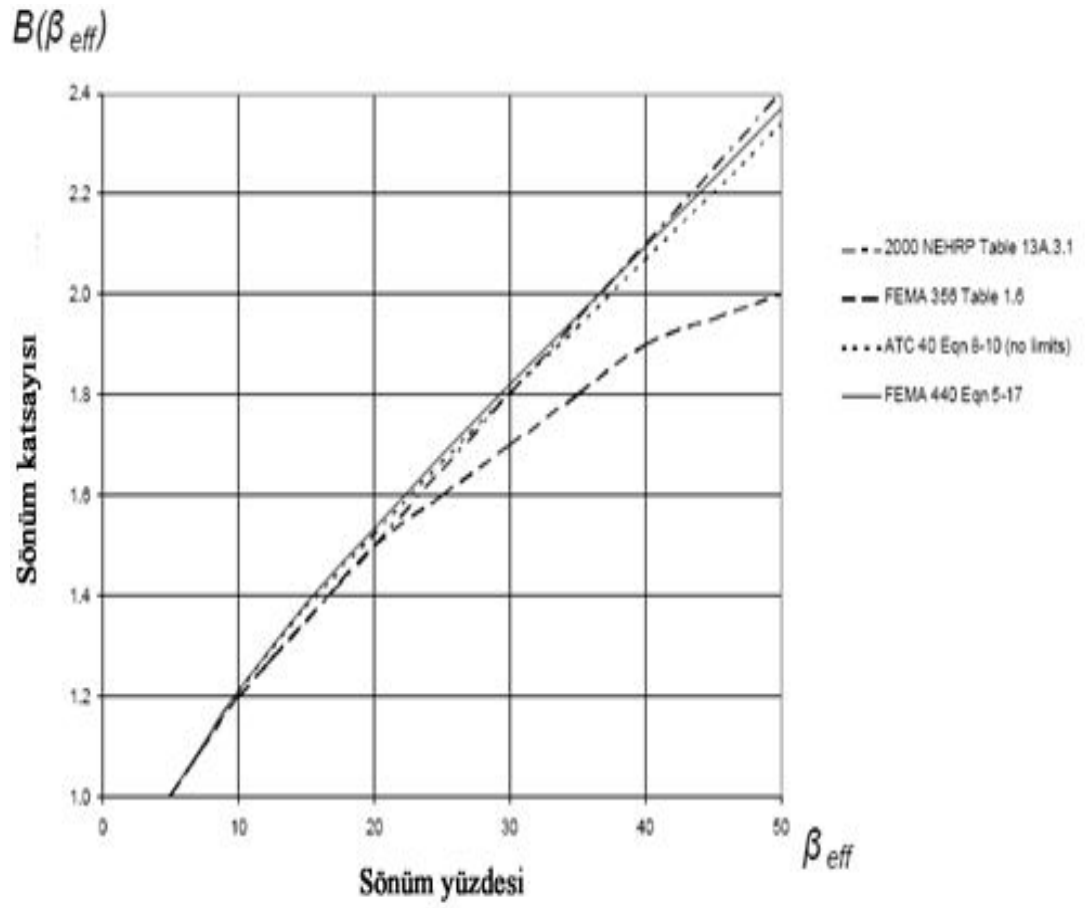
11. Belirlenen en büyük spektral yerdeğiştirme d_i değeri ardışık yaklaşımın bir önceki adımındaki değer ile karşılaştırılır. Fark kabul edilen sınırlar içinde ise performans noktası a_{pi} ve d_{pi} olarak belirlenir. Aksi durumda beşinci hesap adımına geri dönülerek hesap tekrarlanır.

Uygulanan hesapta, seçilen ilk spektral eğrinin β_{eff} efektif sönüm oranları için küçültülmesi gerekmektedir. Aynı durum temel sönümünün dikkate alındığı durumda da geçerlidir. Spektral ivme değerleri aşağıdaki ifade kullanılarak küçültülür.

$$(S_a)_\beta = \frac{(S_a)_\beta}{B(\beta_{eff})} \quad (3.23)$$

β_{eff} in belirlenmesi için farklı yöntemler mevcut olup, bunlar (Şekil 3.10)'da topluca verilmiştir. Aynı şekil üzerinde ayrıca aşağıda verilen denklemden elde edilen sonuçlarda gösterilmiştir. Şekilden anlaşıldığı gibi, bu denklem diğer iki yönteme oldukça yakın sonuçlar üretmektedir.

$$B = \frac{4}{5.6 - \ln \beta_{eff}(in \%)} \quad (3.24)$$



Şekil 3.10: Farklı yönetmelikler ile efektif sönüm katsayısı β_{eff} 'in elde edilmesi.

4.ANALİTİK ÇALIŞMA

Çalışmanın bu bölümünde, farklı özelliklere sahip olan betonarme bina taşıyıcı sistemlerinin deprem etkileri altındaki doğrusal olmayan davranışlarının farklı yöntemlerle değerlendirilmesi ve elde edilen sonuçların karşılaştırılması amacıyla gerçekleştirilen sayısal incelemeler yer almaktadır.

Bu amaçla, 6 katlı perde ve çerçeve, 10 katlı perde ve çerçeve, 8 katlı çerçeve taşıyıcı sistem modelleri seçilmiştir. Seçilen taşıyıcı sistem modelleri 2007 Deprem Yönetmeliği'ne göre boyutlandırılmıştır.

Bölüm içinde ilk olarak, incelenen taşıyıcı sistem modelleri tanıtılmış ve bu sistemlerin 2007 Deprem Yönetmeliği'ne göre tasarımları yapılmıştır. Daha sonra, 2007 Deprem Yönetmeliği kapsamında yer alan doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi* ile ilgili hesap adımları açıklanmıştır. Hesapların ikinci adımında FEMA440 yönetmeliği kapsamında yer alan doğrusal olmayan analiz yöntemleri ile ilgili hesap adımları açıklanmıştır. Hesapların üçüncü adımında, öncelikle zaman tanım alanında hesapta kullanılacak olan deprem kayıtlarının seçimi ve ölçeklenmesi işlemleri, ardından, elde edilen kayıtlar kullanılarak gerçekleştirilen *Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi* ile ilgili hesap adımları anlatılmıştır. Her üç değerlendirme yöntemi ile elde edilen sonuçlar; tepe yerdeğiştirmeleri, taban kesme kuvvetleri, eğrilik istemleri, rölatif yerdeğiştirmeler açılarından karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

4.1 İncelenen Taşıyıcı Sistem Modelleri

Çalışma kapsamında, 8 katlı çerçeve, 10 katlı perde ve çerçeve, 6 katlı perde ve çerçeveden oluşan taşıyıcı sistem modelleri seçilmiş; bu sistemler sırasıyla TSM-1, TSM-2 ve TSM-3 olarak adlandırılmıştır.

İncelenen tüm taşıyıcı sistem modelleri her bir doğrultuda da 6 m'lik 3 açıklıktan oluşmaktadır. Tüm taşıyıcı sistem modelleri STA4CAD V.12.1 paket programı [27] ile 2007 Deprem Yönetmeliğine göre boyutlandırılmış olup; malzeme özellikleri, kolon-kiriş ve perde boyutları, donatı miktarı ve yerleşimleri bütün sistemlerin elemanları için ayrı ayrı belirtilmiştir.

4.2 Taşıyıcı Sistem Modellerinin Boyutlandırılması

4.2.1 Modellemede ve tasarımda yapılan varsayımlar

Sistemlerin modellenmesinde ve tasarımlarında aşağıda sıralanan varsayımlar yapılmıştır.

- a) Boyutlandırmaya esas olan kesit zorları doğrusal analiz ile elde edilmiştir.
- b) Betonarme kesit hesaplarında taşıma gücü yöntemi kullanılmıştır.
- c) Düğüm noktaları rijit olarak alınmıştır.
- d) Kolonlar temele ankastre olarak bağlanmaktadır.
- e) Kat döşemelerinin rijit diyafram gibi davrandığı varsayılmıştır.
- f) Plastik mafsallı boyları, kolon ve kirişlerin uçlarında, çalışılan doğrultudaki enkesit yüksekliğinin yarısına eşit uzunlukta alınmış ve plastik mafsallar bu uzunluğun ortasına yerleştirilmiştir.
- h) Perde olarak çalışan elemanlarda plastik mafsalların en alt katın ortasında olduğu kabul edilmiştir.

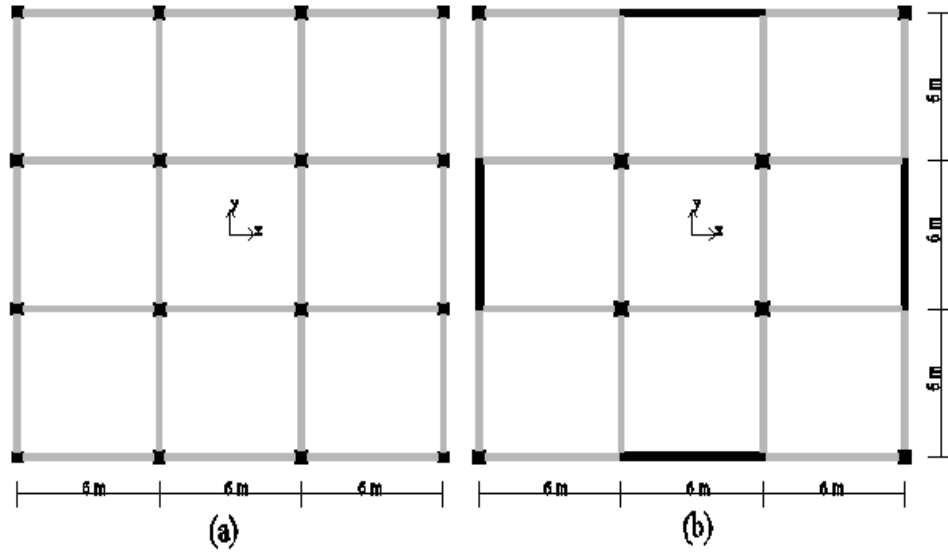
4.3 TSM-1, TSM-2 ve TSM-3 Yapı Modelleri İçin Ayrıntılı İncelemeler

Altı farklı betonarme taşıyıcı sisteminden oluşan çalışmada; üç farklı yapı modeli için taşıyıcı sistemin boyutlandırılması ve tasarım sonuçları, Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemi'nde kullanılacak olan deprem kayıtlarının seçimi ve ölçeklenmesi işlemi, *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi* kullanılarak AEDYHY ve FEMA440 Taslak Raporuna göre belirlenen yöntem ile ZTADOHY'nde elde edilen sonuçların çizelgeler ve şekiller halinde karşılaştırılması sunulmuştur. Diğer üç farklı yapı sistemi için yapılan çalışmalar Arda KARABULUT [26] tarafından yapılmıştır.

4.3.1 Yapı sistemlerinin özellikleri

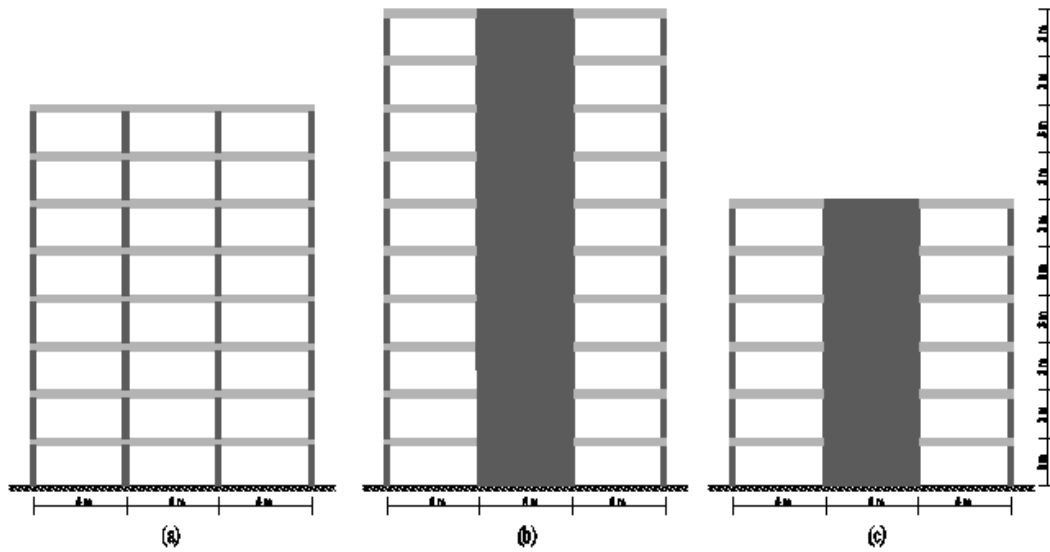
4.3.1.1 Yapı sistemlerinin geometrik özellikleri

Yapı modellerinin geometrik özellikleri aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.1 : (a) TSM-1, (b) TSM-2-TSM-3 kalıp planları.

Aks açıklıkları her iki doğrultuda da 6 m' dir. Kat yükseklikleri her tip bina için aynı olup, tüm katlarda 3 m' dir. En alt kattan yukarıya doğru, her 2 katta bir kolon boyutları 5'er cm küçültülmüştür. Bina tipleri için kesitler (Şekil 4.2)'de verilmiştir.



Şekil 4.2: (a) TSM-1, (b) TSM-2, (c) TSM-3 görünüşler.

4.3.1.2 Malzeme özellikleri

Taşıyıcı sistemlerin boyutlandırılmasında kullanılan malzeme özellikleri tüm bina tipleri için aynıdır ve beton için C30, donatı çeliği için S420'dir. TS500'e göre bu malzemelerin karakteristik özellikleri aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.1: Beton sınıfı karakteristik özellikleri.

BETON SINIFI KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ				
Beton Sınıfı	Silindirik 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: Donatı çeliği sınıfı karakteristik özellikleri.

DONATI ÇELİĞİ SINIFI KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ				
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_{su} (%)
S420a	420	500	12	10

4.3.1.3 Deprem karakteristikleri

2007 Deprem Yönetmeliği'ne göre boyutlandırılan TSM-1, TSM-2 ve TSM-3 taşıyıcı sistem modellerinde esas alınan deprem karakteristikleri aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.3: Deprem karakteristikleri.

Deprem karakteristikleri	
Yapı Önem Katsayısı	: $I = 1.0$
Hareketli Yük Katılım Katsayısı	: $n = 0.30$
Etkin Yer İvmesi Katsayısı	: $A_0 = 0.40$
Yapı Davranış Katsayısı	: $R = 7$
Yerel Zemin Sınıfı	: $Z2$
Spektrum Karakteristik Periyotları	: $T_A = 0.15 \text{ sn}$, $T_B = 0.40 \text{ sn}$

4.3.1.4 Boyutlandırmada esas alınan yükler

Tüm taşıyıcı sistem modellerinin boyutlandırılmasında aşağıda verilen düşey yükler esas alınmıştır. Bu yüklere elemanların öz ağırlıklarından gelen katkılar analiz sırasında otomatik olarak eklenmiştir.

Normal Kat ve Çatı Döşemeleri

$0.15 \times 25 = 3.75 \text{ kN/m}^2$ betonarme plak

2.11 kN/m^2 kaplama yükü

$g = 5.86 \text{ kN/m}^2$

$q = 2.00 \text{ kN/m}^2$

Normal Kat Kirişleri

$g = 6.25 \text{ kN/m}$ duvar yükü

Çatı katı kirişlerinde duvar yükü alınmamıştır.

4.3.2 Yapı sistemlerinin boyutlandırılması

Taşıyıcı sistemler yukarıda verilen özellikleri kullanılarak STA4CAD v12.1 [27] paket programı ile çözülmüştür. Analiz sonucunda taşıyıcı sistem elemanlarının boyutları ve çizimleri elde edilmiştir.

Aşağıdaki şekil ve çizelgelerde 3 farklı yapı için geçerli olan kolon ve perde kesitleri verilmiştir. Kolon ve perdelerde paspayı 2.5 cm alınmıştır. Kolonlarda da etriye çapı 10 mm'dir.

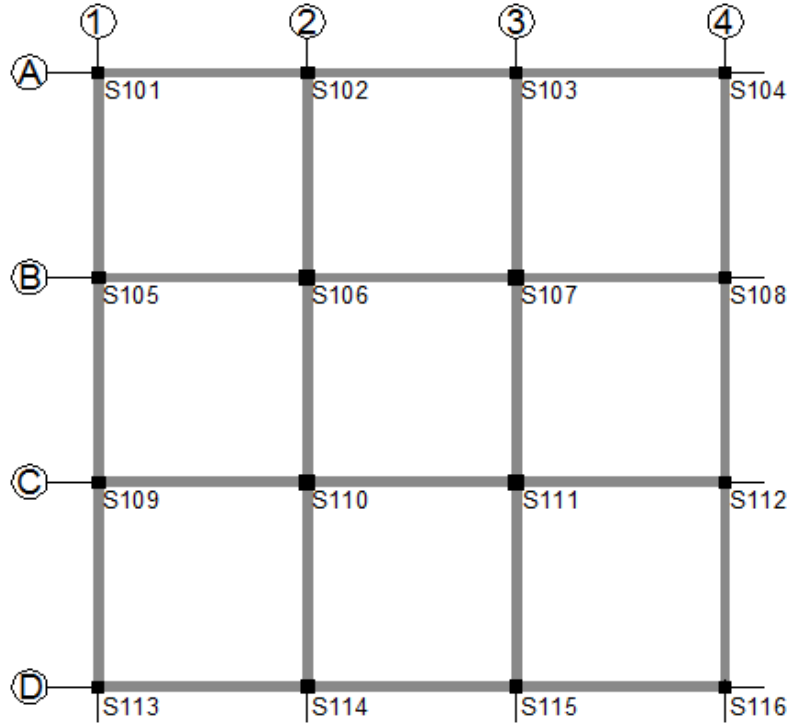
Perde Tip No	Kesit	Kat No
TİP 1		1, 2, 3
TİP 2		4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

Şekil 4.3 : Perde tipleri.

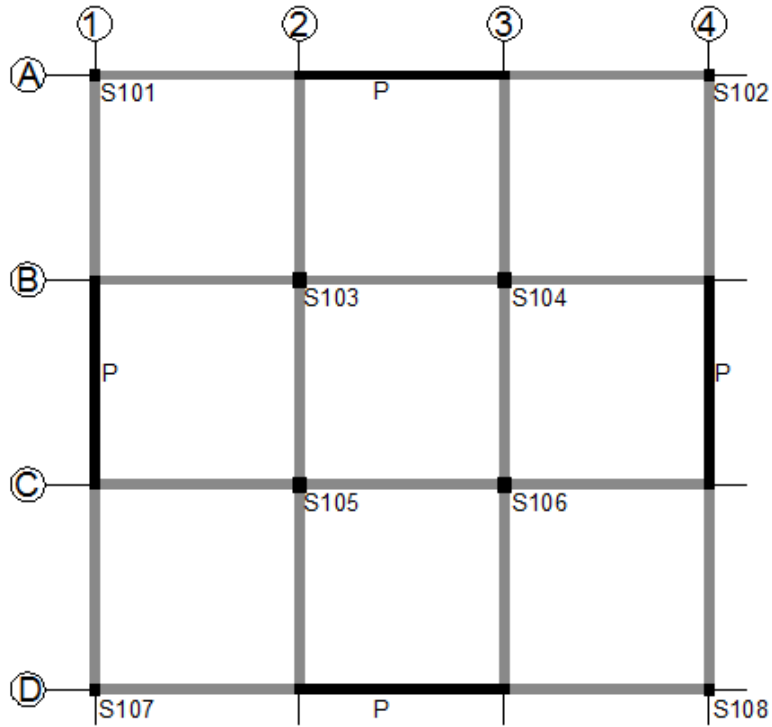
Çizelge 4.4: Kolon donatı bilgileri.

Kolon Tipleri	Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4	Tip 5	Tip 6	Tip 7
b=h (m)	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60
Donatı	8Φ16	8Φ16	8Φ16	12Φ16	16Φ16	16Φ16	20Φ16
ρ (%)	1.79	1.31	1.01	1.19	1.29	1.06	1.74
Donatı yerleşim düzeni							

Aşağıda üç farklı yapı tipi için 1.kat kolonlarının yerleşim planları verilmiştir, (Şekil 4.4), (Şekil 4.5).



Şekil 4.4: TSM-1 1.kat kolon yerleşim planı.



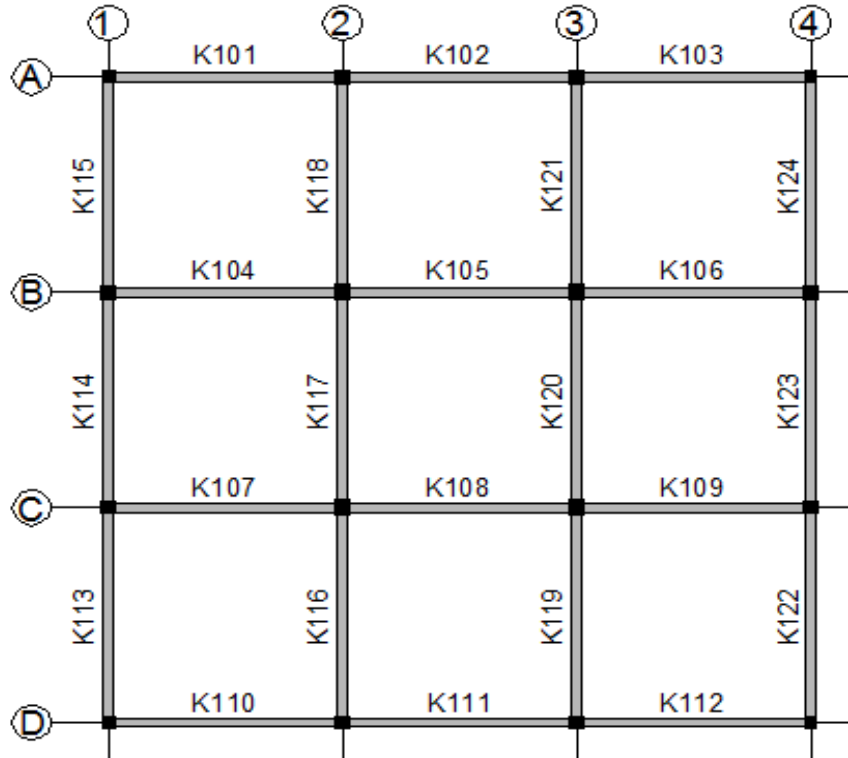
Şekil 4.5: TSM-2 ve TSM-3 1.kat kolon-perde yerleşim planları.

Aşağıda üç farklı yapı tipi için kesit ve eleman performansının belirlenmesinde seçilen kolonların tipleri gösterilmiştir, (Çizelge 4.5).

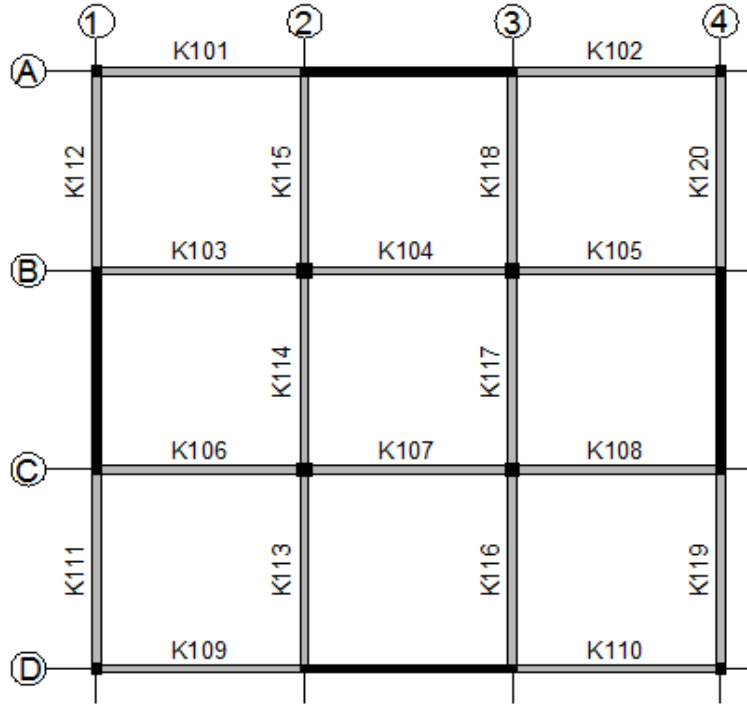
Çizelge 4.5: Kolon tipleri.

Yapı Tipi	Kat	Kolon Adı	Kolon Tip No	Yapı Tipi	Kat	Kolon Adı	Kolon Tip No
TSM-1	1	S101	4	TSM-2	1	S101	3
TSM-1	1	S102	5	TSM-2	1	S102	3
TSM-1	1	S103	5	TSM-2	1	S103	5
TSM-1	1	S104	4	TSM-2	1	S104	5
TSM-1	1	S105	5	TSM-2	3	S301	2
TSM-1	1	S106	6	TSM-2	3	S302	2
TSM-1	1	S107	6	TSM-2	3	S303	4
TSM-1	1	S108	5	TSM-2	3	S304	4
TSM-1	3	S301	3	TSM-3	1	S101	5
TSM-1	3	S302	4	TSM-3	1	S102	5
TSM-1	3	S303	4	TSM-3	1	S103	7
TSM-1	3	S304	3	TSM-3	1	S104	7
TSM-1	3	S305	4	TSM-3	3	S301	4
TSM-1	3	S306	5	TSM-3	3	S302	4
TSM-1	3	S307	5	TSM-3	3	S303	6
TSM-1	3	S308	4	TSM-3	3	S304	6

Aşağıda incelenen üç farklı yapı tipi için 1.kat kirişlerinin yerleşim planları verilmiştir, (Şekil 4.6), (Şekil 4.7).



Şekil 4.6: TSM-1 1.kat kiriş yerleşim planı.



Şekil 4.7: TSM-2 ve TSM-3 1.kat kiriş yerleşim planları.

İncelenen tüm yapı sistemlerinde kiriş boyutları aynı olup, 0.25m x 0.50 m olarak seçilmiştir. Aşağıdaki çizelgelerde TSM-1 yapı modeli için (A/1-2), (A/2-3), (B/1-2), (B/2-3) aksı kirişlerinin, TSM-2 ve TSM-3 yapı modelleri için (A/1-2), (B/1-2), (B/2-3) aksı kirişlerinin özellikleri gösterilmiştir. Kesit ve eleman performanslarının belirlenmesinde TSM-1 yapı modeli için ilk iki kat (A/1-2), (A/2-3), (A/3-4), (B/1-2), (B/2-3), (B/3-4) aksı kirişleri, TSM-2 ve TSM-3 yapı modelleri için ise ilk iki kat (A/1-2), (A/3-4), (B/1-2), (B/2-3), (B/3-4) aksı kirişleri seçilmiştir. TSM-1 yapı modelinde K101 ile K103 ve K104 ile K106 kirişleri simetrik olduğundan K103 ve K106 kirişleri, aynı şekilde TSM-2 ve TSM-3 yapı modellerinde K101 ile K102 ve K103 ile K105 kirişleri simetrik olduğundan K102 ve K105 kirişleri aşağıdaki çizelgelerde gösterilmemiştir.

Çizelge 4.6: TSM-1 için K101 kirişi donatıları.

K101 kirişi donatıları					
Yapı Tipi No	Kat/Katlar		Sol mesnet (S101 kolonu)	Açıklık	Sağ mesnet (S102 kolonu)
TSM-1	1,2	üst :	3Φ14+2Φ26	3Φ14	3Φ14+2Φ26
		alt :	3Φ20	3Φ20	3Φ20
	3,4,5	üst :	3Φ14+2Φ26	3Φ14	3Φ14+2Φ26
		alt :	3Φ20	3Φ20	3Φ20
	6,7,8	üst :	2Φ14+2Φ22	2Φ14	2Φ14+2Φ22
		alt :	3Φ16	3Φ16	3Φ16

Çizelge 4.7: TSM-1 için K102 kirişi donatıları.

K102 kirişi donatıları					
Yapı Tipi No	Kat/Katlar		Sol mesnet (S102 kolonu)	Açıklık	Sağ mesnet (S103 kolonu)
TSM-1	1,2	üst :	3Φ14+2Φ26	3Φ14	3Φ14+2Φ26
		alt :	3Φ20	3Φ20	3Φ20
	3,4,5	üst :	3Φ14+2Φ26	3Φ14	3Φ14+2Φ26
		alt :	3Φ20	3Φ20	3Φ20
	6,7,8	üst :	2Φ14+2Φ22	2Φ14	2Φ14+2Φ22
		alt :	3Φ16	3Φ16	3Φ16

Çizelge 4.8: TSM-1 için K104 kirişi donatıları.

K104 kirişi donatıları					
Yapı Tipi No	Kat/Katlar		Sol mesnet (S105 kolonu)	Açıklık	Sağ mesnet (S106 kolonu)
TSM-1	1,2	üst :	3Φ16+3Φ26	3Φ16	3Φ16+3Φ26
		alt :	4Φ20	4Φ20	4Φ20
	3,4,5	üst :	3Φ14+3Φ26	3Φ14	3Φ14+3Φ26
		alt :	4Φ20	4Φ20	4Φ20
	6,7,8	üst :	3Φ14+2Φ26	3Φ14	3Φ14+2Φ26
		alt :	3Φ20	3Φ20	3Φ20

Çizelge 4.9: TSM-1 için K105 kirişi donatıları.

K105 kirişi donatıları					
Yapı Tipi No	Kat/Katlar		Sol mesnet (S106 kolonu)	Açıklık	Sağ mesnet (S107 kolonu)
TSM-1	1,2	üst :	3Φ16+3Φ26	3Φ16	3Φ16+3Φ26
		alt :	4Φ20	4Φ20	4Φ20
	3,4,5	üst :	3Φ14+3Φ26	3Φ14	3Φ14+3Φ26
		alt :	4Φ20	4Φ20	4Φ20
	6,7,8	üst :	3Φ14+2Φ26	3Φ14	3Φ14+2Φ26
		alt :	3Φ20	3Φ20	3Φ20

Çizelge 4.10: TSM-2 ve TSM-3 için K101 kirişi donatıları.

K101 kirişi donatıları					
Yapı Tipi No	Kat/Katlar		Sol mesnet (S101 kolonu)	Açıklık	Sağ mesnet (P perdesi)
TSM-3	1,2,3	üst :	2Φ14+1Φ20	2Φ14	2Φ14+1Φ26
		alt :	2Φ16	2Φ16	2Φ16
	4,5,6	üst :	2Φ14+1Φ20	2Φ14	2Φ14+1Φ26
		alt :	3Φ16	3Φ16	3Φ16
TSM-2	1,2,3	üst :	2Φ14+2Φ20	2Φ14	2Φ14+2Φ20
		alt :	3Φ16	3Φ16	3Φ16
	4,5,6	üst :	2Φ14+2Φ26	2Φ14	2Φ14+2Φ26
		alt :	3Φ16	3Φ16	3Φ16
	7,8,9,10	üst :	2Φ14+2Φ26	2Φ14	2Φ14+2Φ26
		alt :	3Φ16	3Φ16	3Φ16

Çizelge 4.11: TSM-2 ve TSM-3 için K103 kirişi donatıları.

K103 kirişi donatıları					
Yapı Tipi No	Kat/Katlar		Sol mesnet (P perdesi)	Açıklık	Sağ mesnet (S103 kolonu)
TSM-3	1,2,3	üst :	2Φ14+1Φ22	2Φ14	2Φ14+2Φ26
		alt :	3Φ20	3Φ20	3Φ20
	4,5,6	üst :	2Φ14+1Φ26	2Φ14	2Φ14+2Φ22
		alt :	3Φ20	3Φ20	3Φ20
TSM-2	1,2,3	üst :	3Φ14+1Φ20	3Φ14	3Φ14+2Φ26
		alt :	3Φ20	3Φ20	3Φ20
	4,5,6	üst :	3Φ14+2Φ20	3Φ14	3Φ14+2Φ26
		alt :	3Φ20	3Φ20	3Φ20
	7,8,9,10	üst :	3Φ14+2Φ26	3Φ14	3Φ14+2Φ26
		alt :	3Φ20	3Φ20	3Φ20

Çizelge 4.12: TSM-2 ve TSM-3 için K104 kirişi donatıları.

K104 kirişi donatıları					
Yapı Tipi No	Kat/Katlar		Sol mesnet (S103 kolonu)	Açıklık	Sağ mesnet (S104 kolonu)
TSM-3	1,2,3	üst :	2Φ14+2Φ26	2Φ14	2Φ14+2Φ26
		alt :	3Φ20	3Φ20	3Φ20
	4,5,6	üst :	2Φ14+2Φ22	2Φ14	2Φ14+2Φ22
		alt :	3Φ20	3Φ20	3Φ20
TSM-2	1,2,3	üst :	3Φ14+2Φ26	3Φ14	3Φ14+2Φ26
		alt :	3Φ20	3Φ20	3Φ20
	4,5,6	üst :	3Φ14+2Φ26	3Φ14	3Φ14+2Φ26
		alt :	3Φ20	3Φ20	3Φ20
	7,8,9,10	üst :	3Φ14+2Φ26	3Φ14	3Φ14+2Φ26
		alt :	3Φ20	3Φ20	3Φ20

Çizelge 4.13: TSM-1 için K101 kirişi tipleri.

K101 kirişi donatı tipleri			
Yapı Tipi No	Kat/Katlar	Sol mesnet (S101 kolonu)	Sağ mesnet (S102 kolonu)
TSM-1	1,2	TİP 2	TİP 2
	3,4,5	TİP 2	TİP 2
	6,7,8	TİP 16	TİP 16

Çizelge 4.14: TSM-1 için K102 kirişi tipleri.

K102 kirişi donatı tipleri			
Yapı Tipi No	Kat/Katlar	Sol mesnet (S102 kolonu)	Sağ mesnet (S103 kolonu)
TSM-1	1,2	TİP 2	TİP 2
	3,4,5	TİP 2	TİP 2
	6,7,8	TİP 16	TİP 16

Çizelge 4.15: TSM-1 için K104 kirişi tipleri.

K104 kirişi donatı tipleri			
Yapı Tipi No	Kat/Katlar	Sol mesnet (S105 kolonu)	Sağ mesnet (S106 kolonu)
TSM-1	1,2	TİP 14	TİP 14
	3,4,5	TİP 15	TİP 15
	6,7,8	TİP 2	TİP 2

Çizelge 4.16: TSM-1 için K105 kirişi tipleri.

K105 kirişi donatı tipleri			
Yapı Tipi No	Kat/Katlar	Sol mesnet (S106 kolonu)	Sağ mesnet (S107 kolonu)
TSM-1	1,2	TİP 14	TİP 14
	3,4,5	TİP 15	TİP 15
	6,7,8	TİP 2	TİP 2

Çizelge 4.17: TSM-2 ve TSM-3 için K101 kirişi tipleri.

K101 kirişi donatı tipleri			
Yapı Tipi No	Kat/Katlar	Sol mesnet (S101 kolonu)	Sağ mesnet (P perdesi)
TSM-3	1,2,3	TİP 7	TİP 6
	4,5,6	TİP 11	TİP 10
TSM-2	1,2,3	TİP 1	TİP 1
	4,5,6	TİP 4	TİP 4
	7,8,9,10	TİP 4	TİP 4

Çizelge 4.18: TSM-2 ve TSM-3 için K103 kirişi tipleri.

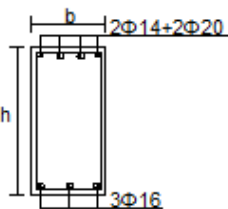
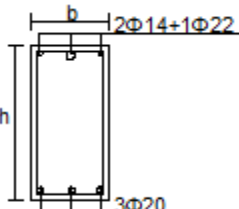
K103 kirişi donatı tipleri			
Yapı Tipi No	Kat/Katlar	Sol mesnet (P perdesi)	Sağ mesnet (S103 kolonu)
TSM-3	1,2,3	TİP 9	TİP 8
	4,5,6	TİP 12	TİP 13
TSM-2	1,2,3	TİP 3	TİP 2
	4,5,6	TİP 5	TİP 2
	7,8,9,10	TİP 2	TİP 2

Çizelge 4.19: TSM-2 ve TSM-3 için K104 kirişi tipleri.

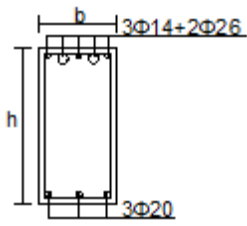
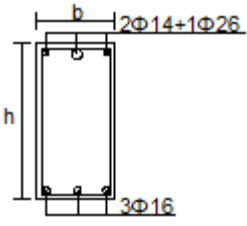
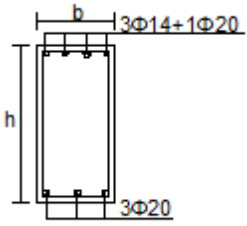
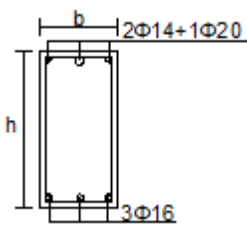
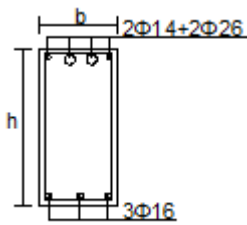
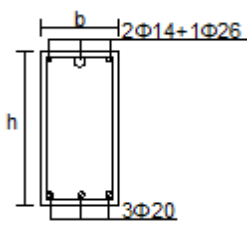
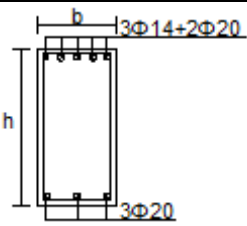
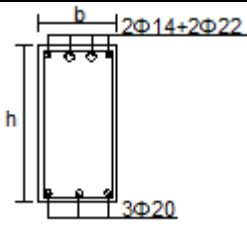
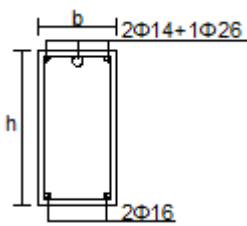
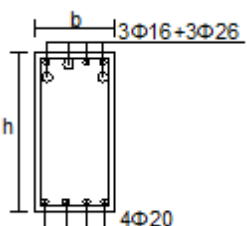
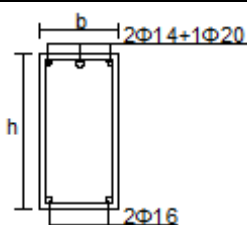
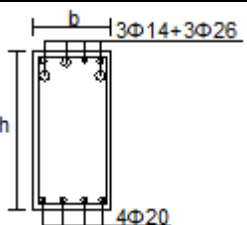
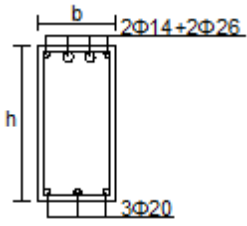
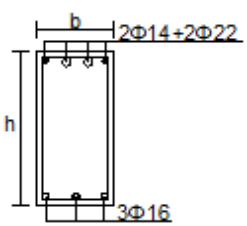
K104 kirişi donatı tipleri			
Yapı Tipi No	Kat/Katlar	Sol mesnet (S103 kolonu)	Sağ mesnet (S104 kolonu)
TSM-3	1,2,3	TİP 8	TİP 8
	4,5,6	TİP 13	TİP 13
TSM-2	1,2,3	TİP 2	TİP 2
	4,5,6	TİP 2	TİP 2
	7,8,9,10	TİP 2	TİP 2

Aşağıdaki çizelgede üç farklı yapı modeli için kiriş tiplerinin donatı yerleşim düzeni şematik olarak gösterilmiştir. Tüm kirişlerde paspayı 2.5 cm, etriye çapı 10 mm'dir.

Çizelge 4.20: Kiriş donatıları yerleşim düzeni.

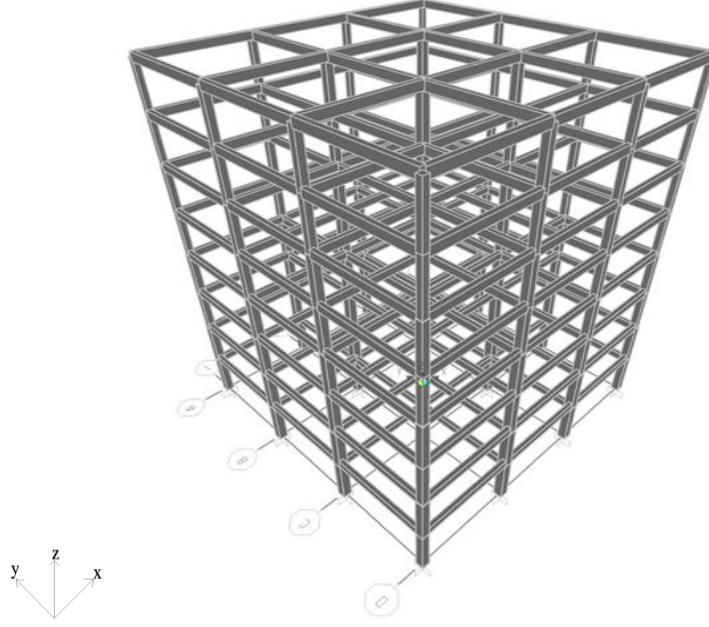
Kiriş Tipleri	b/h	Donatı Yerleşim Düzeni	Kiriş Tipleri	b/h	Donatı Yerleşim Düzeni
TİP 1	25/50		TİP 9	25/50	

Çizelge 4.20 (Devamı).

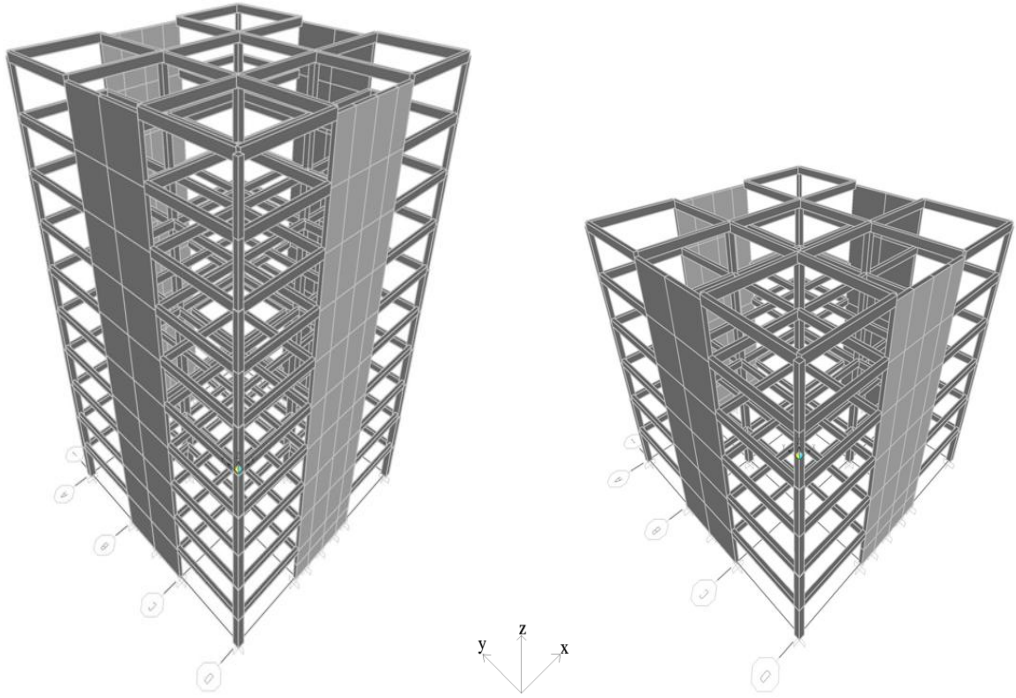
Kiriş Tipleri	b/h	Donatı Yerleşim Düzeni	Kiriş Tipleri	b/h	Donatı Yerleşim Düzeni
TİP 2	25/50		TİP 10	25/50	
TİP 3	25/50		TİP 11	25/50	
TİP 4	25/50		TİP 12	25/50	
TİP 5	25/50		TİP 13	25/50	
TİP 6	25/50		TİP 14	25/50	
TİP 7	25/50		TİP 15	25/50	
TİP 8	25/50		TİP 16	25/50	

4.3.3 Üç boyutlu hesap modelleri

Geometrik özellikleri yukarıda verilen yapı sistemlerinin üç boyutlu matematik modelleri SAP2000 [3] programı kullanılarak oluşturulmuştur.



Şekil 4.8 : TSM-1 yapı tipi SAP2000 hesap modeli.



Şekil 4.9 : TSM-2 ve TSM-3 yapı tipleri SAP2000 hesap modelleri.

4.3.4 Perde elemanların modellenmesi

Perde boyutları bütün katlarda aynı olmasına rağmen, donatı düzenleri 3.kattan sonra değişmektedir, (Şekil 4.3). Bu çalışmada perdelerdeki plastik mafsalların sadece 1.katta olduğu varsayılmıştır. Bu sebeple güçlü doğrultuda çalışan ve x eksenine (Bkz. Şekil 4.9) paralel olan 1. kat perdeleri (A/2-3 ve D/2-3 aksındaki perdeler) doğrusal olmayan özelliklere sahip olacak şekilde, diğer perde elemanlar (1.katta zayıf doğrultuda çalışan perdeler ve 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10. katlarda bulunan bütün perdeler) ise doğrusal özelliklere sahip olacak şekilde SAP2000’de modellenmiştir, (Şekil 4.9).

Doğrusal olmayan özelliklere sahip perdelerin modellemesi yapılırken, SAP2000 v14.1’de mevcut olan **Shell-Layered/Nonlinear** özelliğinden faydalanılmıştır. Bu özellik kullanılmadan önce doğrusal olmayan özelliklere sahip beton ve çelik malzeme modelleri SAP2000 içinde tanımlanmalıdır. Beton malzeme modeli için tanımlanacak parametreler kesitin düşey donatı düzenine, etriyelerin sıklığına ve çapına bağlı olarak değişmektedir. X eksenine (Bkz. Şekil 4.9) paralel olan 1.kat perde kesitinin başlık ve gövdesindeki donatı düzenlerinin farklı olmasından dolayı perde kesitinde, başlık ve gövde kısımlarında olmak üzere 2 tip beton modeli mevcuttur. Donatı modeli ise bütün kesitte aynıdır ve S420a donatı çeliği için daha önce belirlenmiştir.

Bu malzeme modelleri aşağıdaki adımlar izlenerek SAP2000 içinde tanımlanmıştır;

1. SAP2000 ana menüsündeki **Define > Materials** yolu izlenerek **Define Materials** diyalog kutusunun ekrana gelmesi sağlanır.
2. **Add New Material** butonuna basılarak **Material Property Data** diyalog kutusunun açılması sağlanır ve ekranın en altında bulunan **Switch to Advanced Property Display** yazısının yanındaki kutucuğa tıklanarak aktif olması sağlanır. Böylece malzeme tanımlamasının gelişmiş özellikler kullanılarak yapılabilmesine olanak sağlayan **Material Property Options** diyalog kutusu ekrana gelir.
3. **Material Property Options** diyalog kutusunun altında bulunan **Modify/Show Material Properties** butonuna basılarak gelişmiş malzeme özelliklerinin tanımlanabileceği ve daha detaylı bilgi girişine izin veren **Material Property Data** diyalog kutusunun ekrana gelmesi sağlanır.

Material Name: PERDE_SARGILANMIS

Material Type: Concrete

Symmetry Type: Isotropic

Modulus of Elasticity: E = 32000000

Poisson's Ratio: U = 0.2

Coef of Thermal Expansion: A = 0

Shear Modulus: G = 13333333

Weight and Mass: Weight per Unit Volume = 25, Mass per Unit Volume = 25433

Units: KN, m, C

Other Properties for Concrete Materials: Specified Concrete Compressive Strength, f_c = 30700

Lightweight Concrete: ☐

Shear Strength Reduction Factor:

Advanced Material Property Data: Nonlinear Material Data..., Material Damping Properties..., Time Dependent Properties..., Thermal Properties...

OK Cancel

Şekil 4.10: 1.Kat perdesi malzeme genel özelliklerin tanımlanması.

Böylece malzemenin genel özellikleri tanımlanır, bu genel özellikler;

- Elastisite Modülü
- Poisson Oranı
- Termal Genleşme Katsayısı
- Birim Hacim Ağırlığı
- Birim Hacim Kütlesi
- Beton Basınç Dayanımıdır

Bu özelliklerin tanımlanmasından sonra malzemenin Doğrusal Olmayan Özelliklerinin tanımlanması için **Advanced Material Property Data** kısmındaki **Nonlinear Material Data** butonuna basılarak **Nonlinear Material Data** diyalog kutusunun ekrana gelmesi sağlanır.

Material Name: PERDE_SARGILANMIS BETON

Material Type: Concrete

Hysteresis Type: Takeda

Drucker-Prager Parameters: Friction Angle = 0, Dilational Angle = 0

Units: KN, m, C

Stress-Strain Curve Definition Options: Parametric ☐, User Defined ☒ Convert To User Defined

User Stress-Strain Curve Data: Number of Points in Stress-Strain Curve = 7

	Strain	Stress	Point ID
1	4.01E-01	0	
2	-0.0178	-21000	
3	-5.300E-03	-30000.04	
4	-3.143E-03	-30700	
5	-7.970E-04	-25000.03	
6	0	0	
7	1.000E-03	0	

Order Rows Show Plot...

OK Cancel

Şekil 4.11: 1.Kat perdesi doğrusal olmayan malzeme özelliklerinin tanımlanması.

(Şekil 4.11)'de görülen **Nonlinear Material Data** diyalog kutusunda bulunan kısımlarının açıklaması aşağıdaki çizelgede yapılmıştır.

Çizelge 4.21: Doğrusal olmayan malzeme özelliklerin tanımlanması.

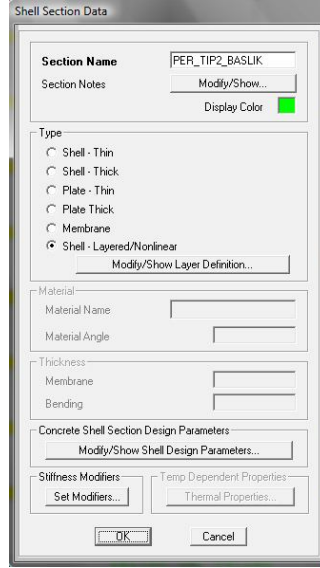
Kısım	Açıklama
Hysteresis Type	Malzeme modelinin çevrimsel davranış tipinin seçildiği kısımdır. Elastic , Kinematic ve Takeda olmak üzere 3 seçenek mevcuttur. Beton malzeme modelleri tanımlanırken Takeda , çelik malzeme modelleri tanımlanırken ise Kinematik seçilmesi önerilmektedir.
Stress-Strain Curve Data	Gerilme-Şekildeğiştirme grafiğinin oluşturulmasında kullanılacak noktaların tanımlama tipinin seçildiği kısımdır. Parametric seçeneği işaretlendiğinde malzeme modelinin tanımlaması, SAP2000 içinde mevcut olan kabuller altında yapılabilmektedir. Eğer User Defined seçeneği işaretlenirse malzeme modelinin tanımlanmasında kullanılacak gerilme-şekildeğiştirme noktaları kullanıcı tarafından direkt olarak girilmektedir. Örnek durumda User Defined seçeneği seçilmiş ve XTRACT analizleri sırasında elde edilen malzeme modellerini oluşturan noktalar kullanıcı tarafından girilmiştir. Kaç adet Gerilme-Şekildeğiştirme noktası girilmek isteniyorsa Number of Point in Stress-Strain Curve kısmına o sayı girilir. Noktaların değerleri yazıldıktan sonra Order Rows butonuna basarak dataların artan sırada sıralanmaları sağlanır. Bu butona basılmadan tanımlamanın bitirilmemesi gerekmektedir. Kullanıcı malzeme modeli ile ilgili detayları izlemek isterse, Show Plot butonuna basarak gelen ekran üzerinde fare imlecini gezdirebilir.

4. **Nonlinear Material Data** diyalog kutusundaki kısımlara yukarıda belirtildiği gibi bilgi girişi yapıldıktan sonra **OK** butonuna basılarak doğrusal olmayan özelliklere sahip malzeme tanımlaması sonlandırılır.

Doğrusal olmayan özelliklere sahip malzeme tanımlamasından sonra sıra, bu malzeme özellikleri kullanılarak oluşturulacak perde elemanlarının tanımlanmasına gelir. Böylece perde elemanlarının doğrusal olmayan özellik kazanması sağlanacaktır. Daha önce de belirtildiği gibi doğrusal olmayan perde elemanlarının tanımlanmasında SAP2000 v14.1'de mevcut olan **Shell-Layered/Nonlinear** özelliğinden faydalanılmıştır. Bu tanımlamanın nasıl yapıldığı aşağıda adım adım anlatılmaktadır;

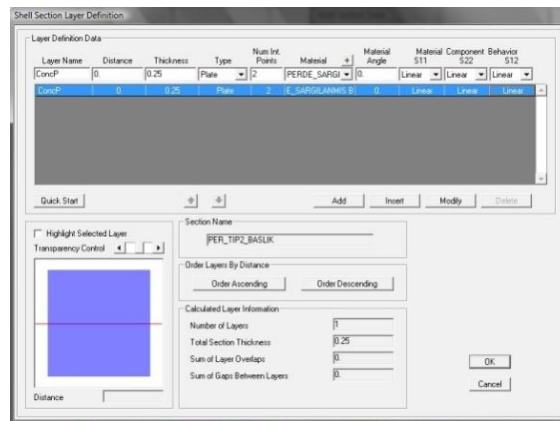
1. SAP2000 ana menüsündeki **Define > Section Properties > Area Sections** yolu izlenerek **Area Sections** diyalog kutusunun ekrana gelmesi sağlanır.

2. Bu diyalog kutununun yanında bulunan **Select Section Type to Add** listesinden **Shell** seçeneği seçilir ve **Add New Section** butonuna basılarak **Shell Section Data** diyalog kutusunun ekrana gelmesi sağlanır.



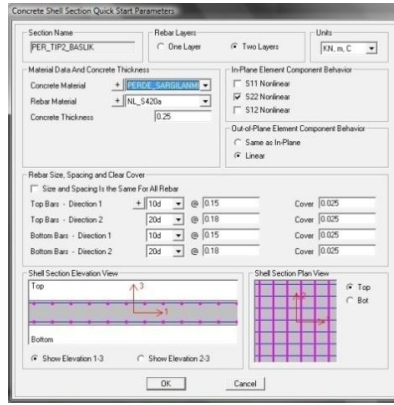
Şekil 4.12: 1.Kat perdesinin doğrusal olmayan levha eleman olarak tanımlanması.

3. **Shell Section Data** diyalog kutusunda yukarıdaki resimde gösterildiği gibi tanımlanan **Shell** elemana uygun bir isim verilerek, **Shell-Layered/Nonlinear** seçeneği seçili duruma getirilir. Örnek durumda güçlü doğrultusu x eksenine (Bkz. Şekil 4.9) paralel olan 1.kat perdelerinin başlık kısmı tanımlanacaktır. **Modify/Show Layer Definition** butonuna basılarak **Shell Section Layer Definition** diyalog kutusunun ekrana gelmesi sağlanır. Bu diyalog kutusu aracılığı ile perde kesiti katman katman tanımlanacak ve her katmana uygun malzeme modelleri atanacaktır. Bu işlem kullanıcı tarafından yapılabileceği gibi SAP2000'den de yardım alınabilmektedir.



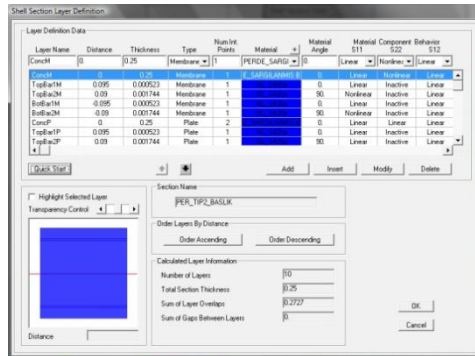
Şekil 4.13: Doğrusal olmayan perde levha elemana malzeme modellerinin tanımlanması.

4. **Shell Section Layer Definition** diyalog kutusunun sol tarafında bulunan **Quick Start** butonuna basılarak **Concrete Shell Section Quick Start Parameters** diyalog kutusunun ekrana gelmesi sağlanır. Bu diyalog kutusu aracılığı ile kesit özellikleri tanımlandığında, SAP2000 otomatik olarak **Shell Section Layer Definition** diyalog kutusundaki listeyi dolduracak ve kesitin katman katman ve uygun malzeme modelleri ile tanımlanmasını sağlayacaktır. Böylece **Shell Section Layer Definition** diyalog kutusundaki dikkat isteyen katman tanımlama işlemi, SAP2000'in yardımı ile kolay hale gelmiş olur. Aşağıdaki resimde **Concrete Shell Section Quick Start Parameters** diyalog kutusu gösterilmektedir.



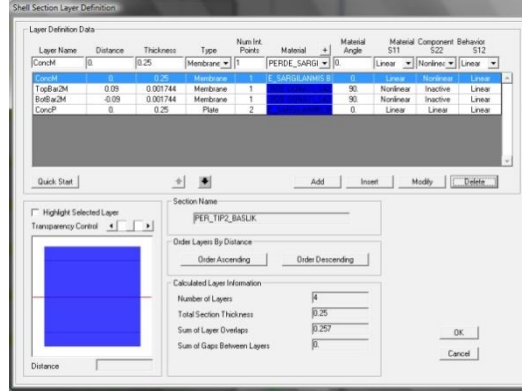
Şekil 4.14: Doğrusal olmayan perde levha elamana malzeme modellerinin tanımlanması.

5. Uygun bilgi girişi, **Concrete Shell Section Quick Start Parameters** diyalog kutusunda yapıldıktan sonra ekranın altında bulunan **OK** butonuna basılarak tanımlama sonlandırılır. Girilen perde kesiti bilgisine göre, SAP2000 otomatik olarak **Shell Section Layer Definition** diyalog kutusundaki **Layer Definition Data** kısmında bulunan listeyi oluşturacaktır. Aşağıdaki resimde bu liste gösterilmektedir.



Şekil 4.15: Doğrusal olmayan perde levha elamanın tanımlanması.

Hesapların daha da sadeleştirilmesi ve hızlandırılması için etriyelerin temsil edildiği katmanlar silinmiş ve sadece perde kesitindeki betonun ve düşey donatıların doğrusal olmayan davranış göstermesi sağlanmıştır. Bu sadeleştirme sonucunda aşağıdaki resimde gösterilen durum elde edilmiştir.



Şekil 4.16: Doğrusal olmayan perde levha elemanın tanımlanması.

6. Yukarıdaki ayarlamalar tamamlandıktan sonra **Shell Section Layer Definition** diyalog kutusunun sağ alt köşesinde bulunan **OK** butonuna basılarak Doğrusal Olmayan Perde Eleman Tanımlaması sonlandırılır.

4.3.5 AEDYHY ile performans noktasının bulunması ve eğrilik istemlerinin elde edilmesi

Taşıyıcı sistem modellerinin, 2007 Deprem Yönetmeliği'nde açıklanan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile ilgili hesap adımları aşağıda açıklanmıştır.

a) Sistem, deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu düşey işletme yükleri etkisinde hesaplanarak kolon normal kuvvetleri bulunur. Aşağıda verilen bağıntılar kullanılarak kolonların çatlamış kesit eğilme rijitlikleri hesaplanır. N_D normal kuvvetinin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılır. Kirişlerin eğilme rijitliği ise $0.40 (EI)_0$ olarak alınır. Deprem hesabı için bu eğilme rijitlikleri kullanılır.

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

$N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0.10$ olması durumunda: $(0.80) (EI)_0$

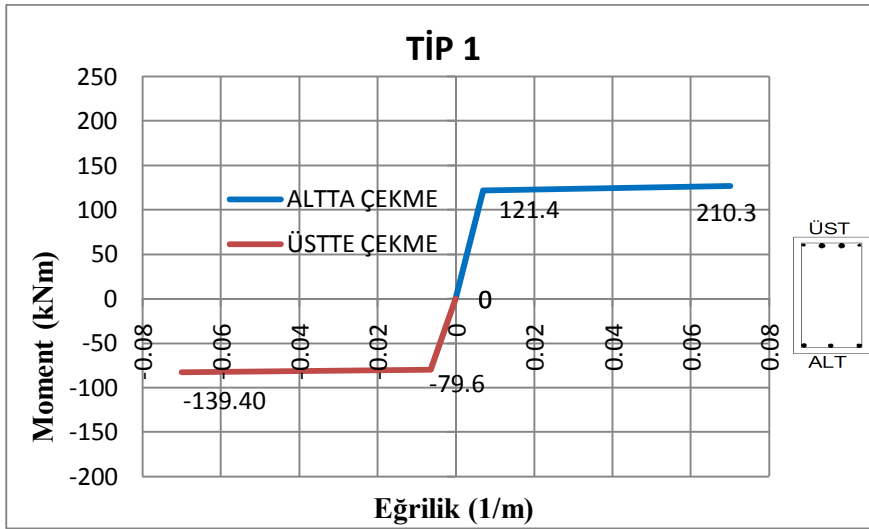
Bu bağıntılarda f_{cm} mevcut malzeme dayanımını göstermekte olup, bilgi düzeyi katsayısı 1.0 alınarak hesaplanmıştır. N_D 'nin ara değeri için yukarıda verilen sınır değerler arasında doğrusal enterpolasyon yapılarak, elemanlar için çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği hesaplanmıştır. Perdelerin etkin eğilme rijitliği $0.40 (EI)_0$ olarak alınmıştır.

Etkin eğilme rijitlikleri EK B’de çizelge halinde verilmiştir.

b) Kolon ve kirişlerin ucunda olası plastik mafsallar tanımlanır. Plastik kesitlerin akma yüzeylerinin belirlenmesinde betonarme betonu ve beton çeliğinin mevcut dayanımları kullanılır. Bu dayanım değerlerine malzeme güvenlik katsayıları uygulanmaz; buna karşılık beton basınç dayanımı basınç bloğu katsayısı 0.85 ile çarpılmıştır. Ayrıca mevcut dayanımlar bilgi düzeyi katsayıları ile çarpılır. Bu çalışmada bilgi düzeyi katsayısı 1.0 olarak alınmıştır.

Akma yüzeylerinin oluşturulmasında Mander beton davranış modeli kullanılmıştır. Modelde kabuk betonu için sargısız, çekirdek betonu için sargılı davranış modeli esas alınmıştır. Plastik kesitlerin iç kuvvet-şekildeğiştirme bağıntılarında pekleşme etkisi terk edilir. Bu şekilde tanımlanan plastik kesitlerin akma yüzeyleri statik itme analizi yapılan modele veri olarak girilir.

Plastik kesitlerin akma yüzeyleri XTRACT [16] kesit analiz programıyla oluşturulmuştur. Aşağıdaki çizelgede TİP 1 kirişi için moment-eğrilik ilişkisi gösterilmiştir. Diğer kiriş tipleri için moment-eğrilik ilişkileri EK D’de gösterilmiştir.

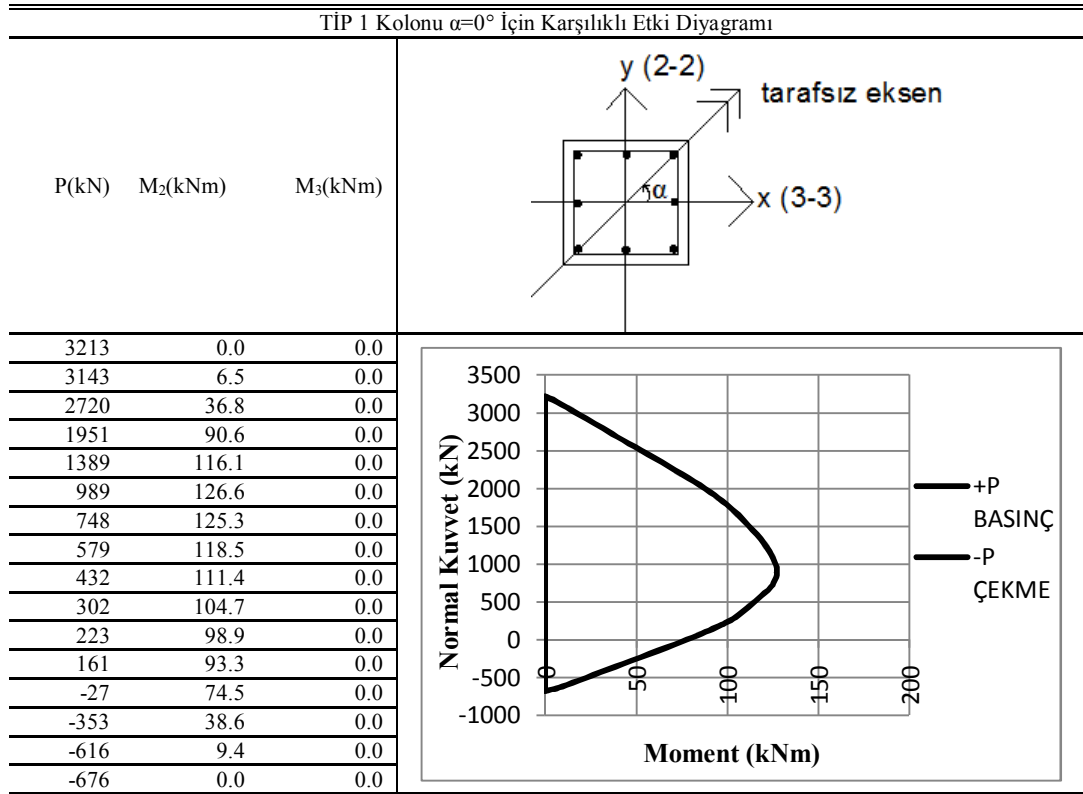


Şekil 4.17: TİP 1 kirişi moment-eğrilik ilişkisi.

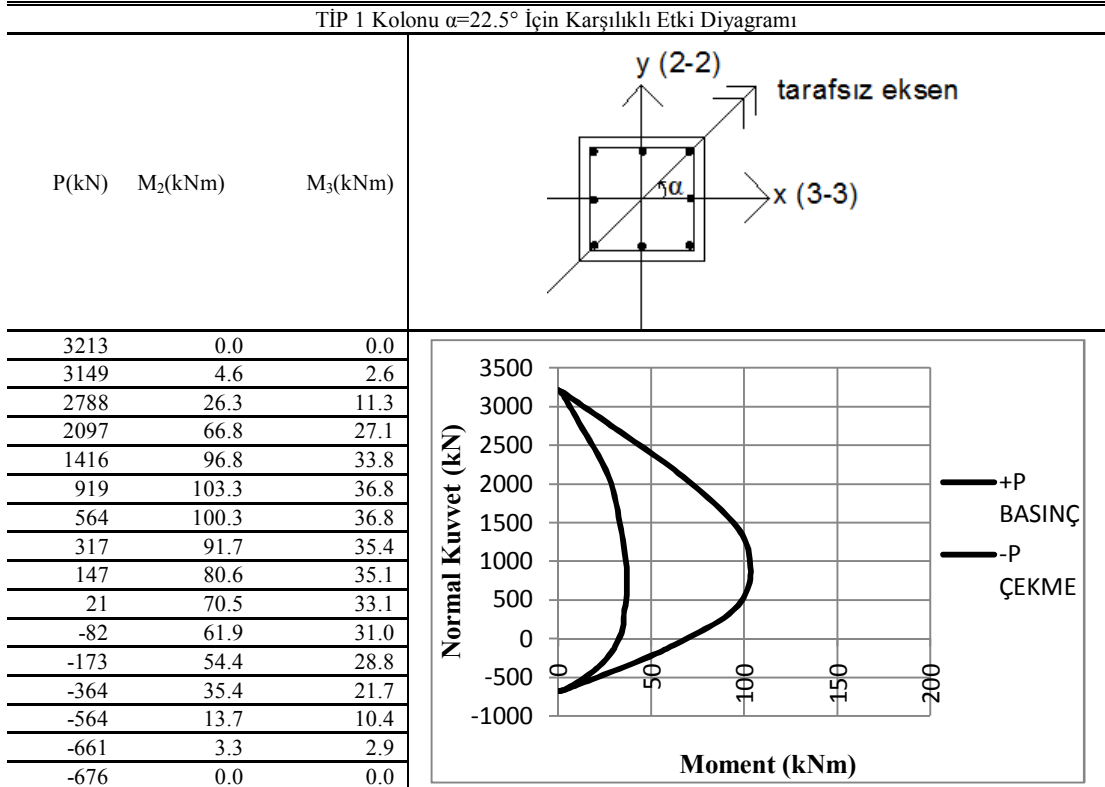
Kolonlar için iki eksenli eğilme ve normal kuvvet durumu dikkate alınmıştır. Bu amaçla her farklı kolon tipi için tarafsız eksenin yatay eksenle yaptığı açı değiştirilerek oluşturulan karşılıklı etki diyagramları oluşturulmuştur.

Aşağıdaki çizelgelerde TİP 1 kolonu için hesaplanan karşılıklı etki diyagramları gösterilmiştir. Diğer kolon tiplerine ait karşılıklı etki diyagramları çizelgeleri EK E’de gösterilmiştir.

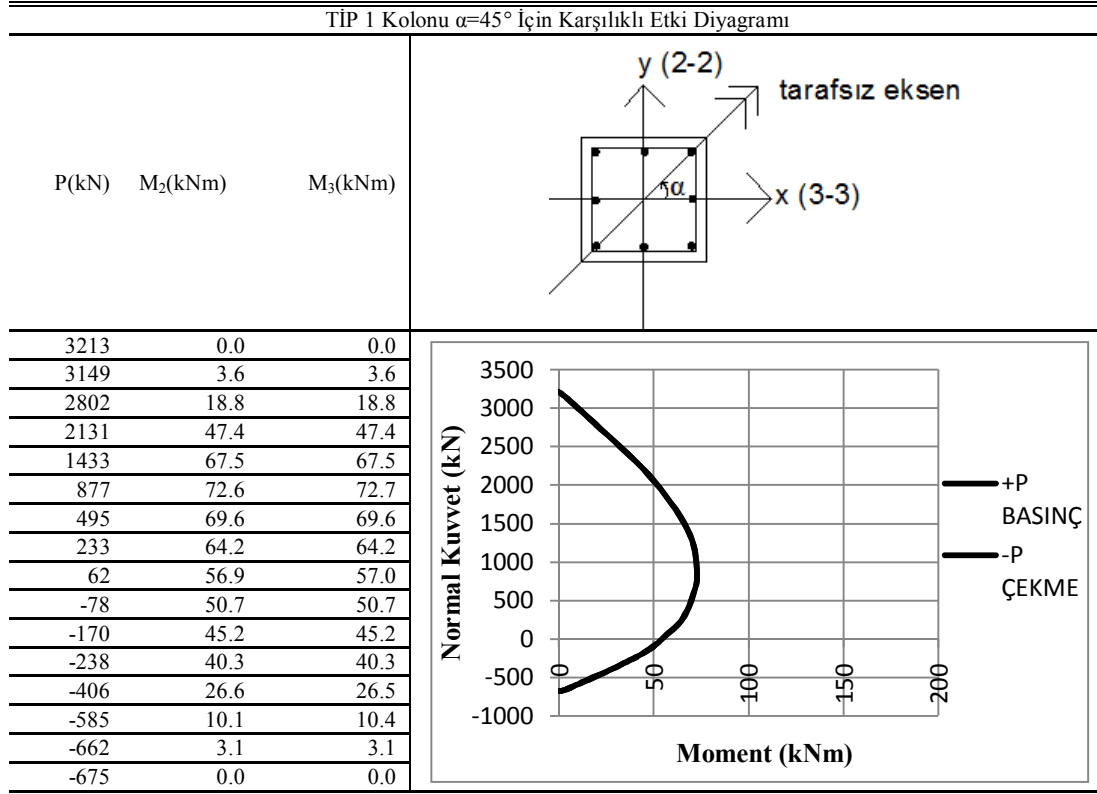
Çizelge 4.22: TİP 1 kolonu $\alpha=0^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



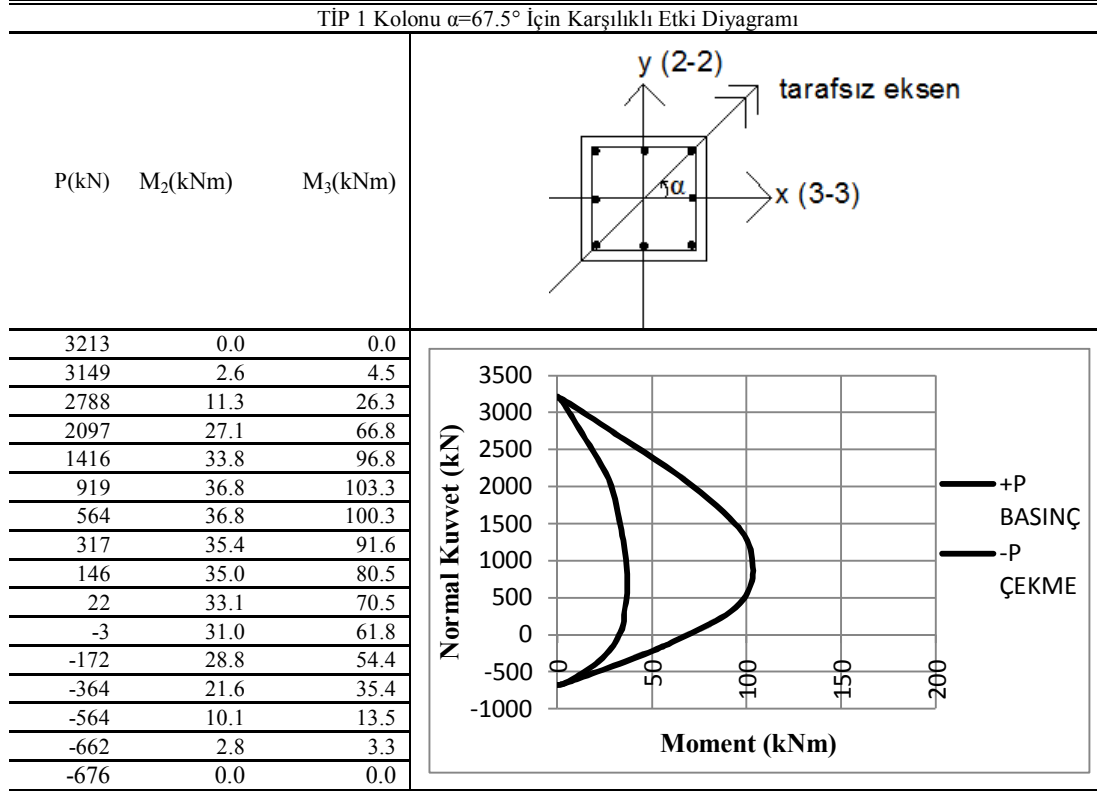
Çizelge 4.23: TİP 1 kolonu $\alpha=22.5^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



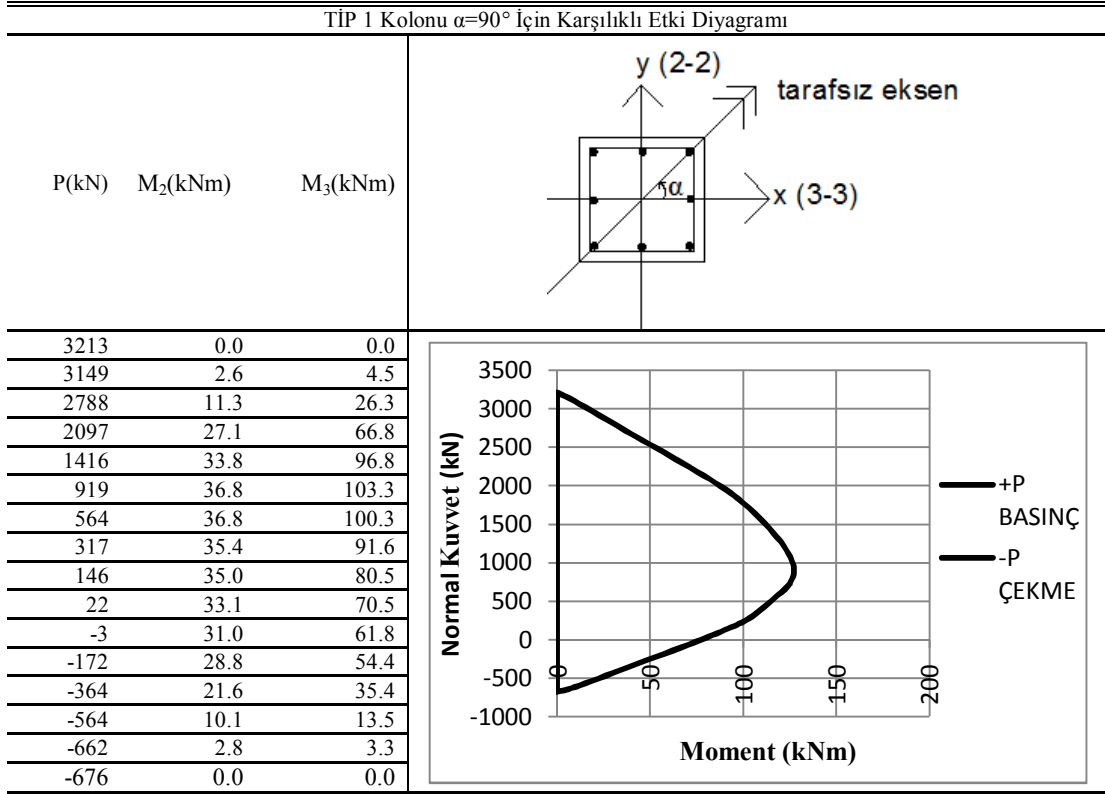
Çizelge 4.24: TİP 1 kolonu $\alpha=45^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



Çizelge 4.25: TİP 1 kolonu $\alpha=67.5^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



Çizelge 4.26: TİP 1 kolonu $\alpha=90^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



c) Artımsal itme analizinden önce, kütlelerle uyumlu olan düşey yüklerin ($G+0.3Q$) gözününe alındığı bir doğrusal olmayan statik analiz yapılır. Bu analizin sonuçları artımsal itme analizinin başlangıç koşulları olarak dikkate alınır.

d) Kütlelerle uyumlu düşey yüklerin gözününe alındığı doğrusal olmayan statik analizin ardından sistem, orantılı olarak arttırılan eşdeğer deprem yükleri etkisinde doğrusal olmayan teoriye göre hesaplanır. Eşdeğer deprem yükü dağılımı, taşıyıcı sistemdeki plastik kesitlerin oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayımı yapılarak, analizin başlangıç adımımda doğrusal elastik davranış için hesaplanan birinci doğal titreşim mod şekli genliği ile ilgili kütlenin çarpımından elde edilen değerle orantılı olacak şekilde tanımlanır. Bu aşamada, yapı sisteminin deprem doğrultusundaki doğal titreşim modlarına ait özellikler elde edilir, (Çizelge 4.27). Statik itme analizine, başlangıçta seçilen bir yatay yerdeğiştirme değerine kadar devam edilir.

Hesabı yapılan deprem doğrultusundaki kütle katılımları etkin eğilme rijitliğinin varolduğu durum için 8 katlı çerçeve yapı modelinde 2007 Deprem Yönetmeliğinde öngörülen minimum %70 kütle koşulunu sağlamakta, 6 katlı ile 10 katlı perde ve çerçeveli yapı modellerinde ise sağlamamaktadır, (Çizelge 4.27).

Çizelge 4.27: Deprem doğrultusundaki doğal titreşim modları ve kütle katılım oranları.

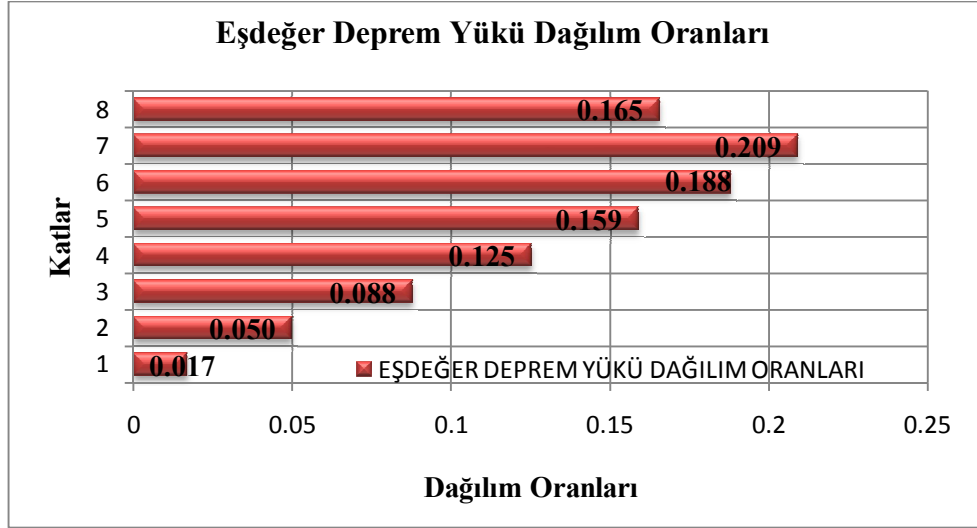
Mod periyotları / Kütle katılım oranları %								
Bina tipi	Etkin eğilme rijitliği	Yapı Ağırlığı (kN)	1	2	3	4	5	6
			X	Y	B	X	Y	B
TSM-1	Yok	28420	1.431	1.431	1.272	0.489	0.489	0.445
			77.63	77.63	77.71	10.88	10.88	10.88
	Var	28420	2.118	2.118	1.860	0.726	0.726	0.658
			76.44	76.44	76.60	10.85	10.85	11.00
TSM-2	Yok	37289	0.867	0.828	0.578	0.189	0.182	0.129
			65.10	65.20	64.31	20.12	20.49	0.000
	Var	37289	1.318	1.159	0.837	0.278	0.247	0.180
			65.60	62.51	62.80	18.42	19.42	19.06
TSM-3	Yok	21910	0.387	0.368	0.255	0.094	0.094	0.091
			67.52	67.98	65.93	0.065	0.022	0.000
	Var	21910	0.586	0.480	0.353	0.118	0.106	0.096
			66.08	62.42	62.01	20.38	23.54	0.000

e) Artımsal itme analizi sırasında, eşdeğer deprem yükü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayımı yapılabilir. Bu durumda yük dağılımı, analizin başlangıç adımıda doğrusal elastik davranış için hesaplanan birinci (deprem doğrultusundaki hakim) doğal titreşim mod şekli genliği ile ilgili kütlenin çarpımından elde edilen değerle orantılı olacak şekilde tanımlanır. Kat döşemeleri rijit diyagram olarak idealleştirilen binalarda, birinci (hakim) doğal titreşim mod şeklinin genlikleri olarak her katın kütle merkezindeki birbirine dik iki yatay öteleme ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme gözönüne alınacaktır.

Aşağıdaki çizelge ve şekillerde üç yapı modeli için analiz programına [3] veri olarak girilen eşdeğer deprem yükü dağılımları gösterilmiştir.

Çizelge 4.28: TSM-1 için eşdeğer deprem yükü dağılımı.

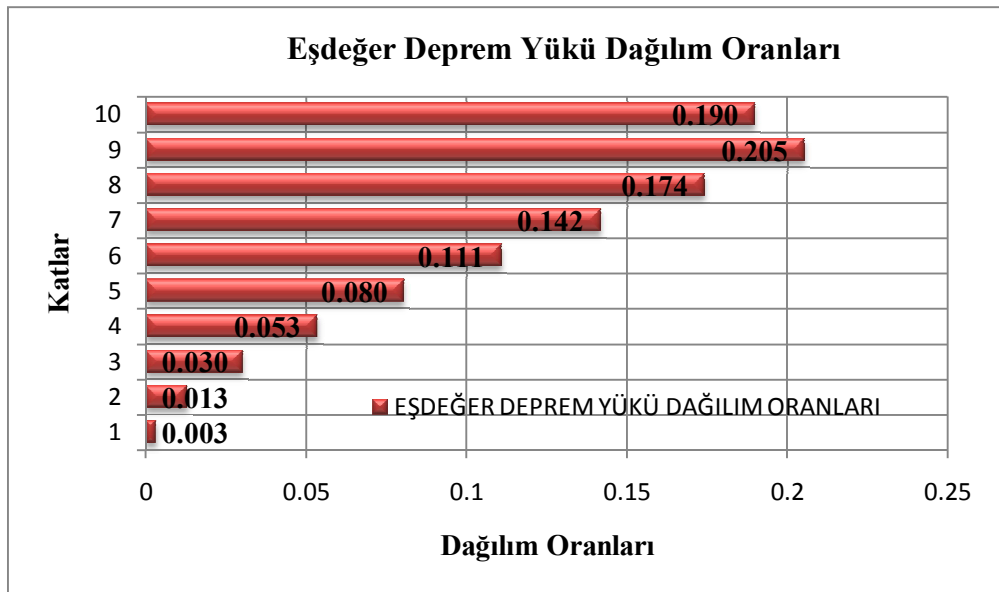
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
KAT NO	KAT AĞIRLIĞI (kN)	1.MOD ŞEKLİ GENLİKLERİ	[2] x [3]	EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ DAĞILIMI
8	2692	0.0285	76.68	1.000
7	3592	0.0270	96.87	1.263
6	3637	0.0239	87.04	1.135
5	3637	0.0202	73.58	0.960
4	3688	0.0157	57.98	0.756
3	3688	0.0110	40.63	0.530
2	3745	0.0062	23.04	0.300
1	3745	0.0021	7.76	0.101



Şekil 4.18 :TSM-1 yapı tipi eşdeğer deprem yükü dağılımı.

Çizelge 4.29: TSM-2 için eşdeğer deprem yükü dağılımı.

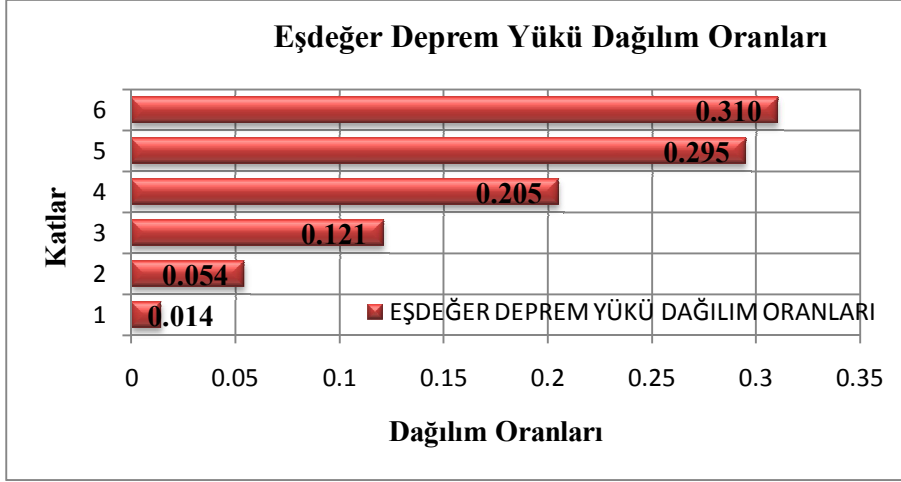
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
KAT NO	KAT AĞIRLIĞI (kN)	1.MOD ŞEKLİ GENLİKLERİ	[2] x [3]	EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ DAĞILIMI
10	3006	0.0306	92.03	1.000
9	3753	0.0265	99.47	1.081
8	3776	0.0223	84.36	0.917
7	3776	0.0181	68.66	0.746
6	3801	0.0141	53.64	0.583
5	3801	0.0102	38.96	0.423
4	3830	0.0067	25.83	0.281
3	3830	0.0038	14.53	0.158
2	3861	0.0016	6.17	0.067
1	3861	0.0004	1.49	0.016



Şekil 4.19 :TSM-2 yapı tipi eşdeğer deprem yükü dağılımı.

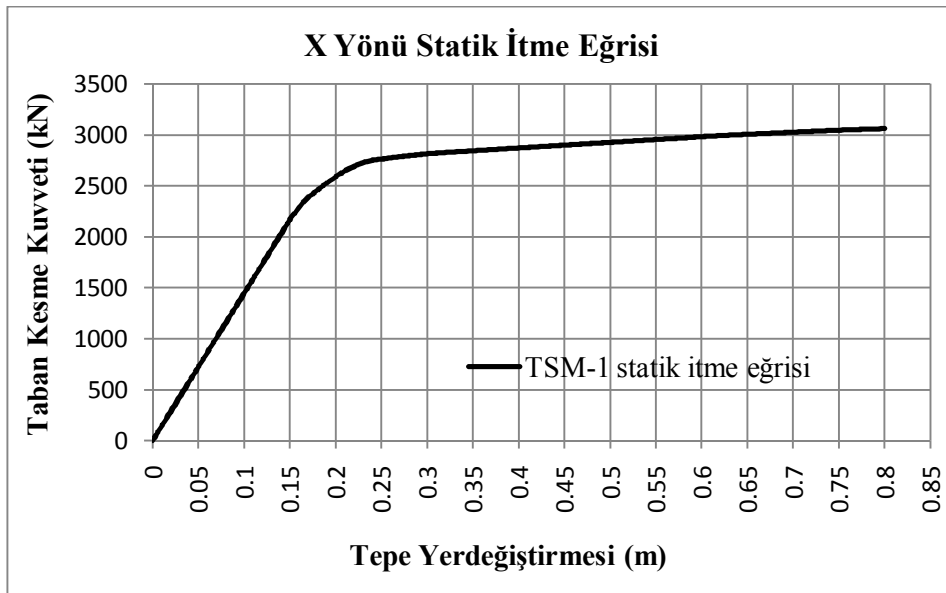
Çizelge 4.30: TSM-3 için eşdeğer deprem yükü dağılımı.

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
KAT NO	KAT AĞIRLIĞI (kN)	1.MOD ŞEKLİ GENLİKLERİ	[2] x [3]	EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ DAĞALIMI
6	3006	0.0387	116.41	1.000
5	3753	0.0295	110.63	0.950
4	3776	0.0204	76.86	0.660
3	3776	0.0120	45.38	0.390
2	3801	0.0053	20.33	0.175
1	3801	0.0014	5.32	0.046

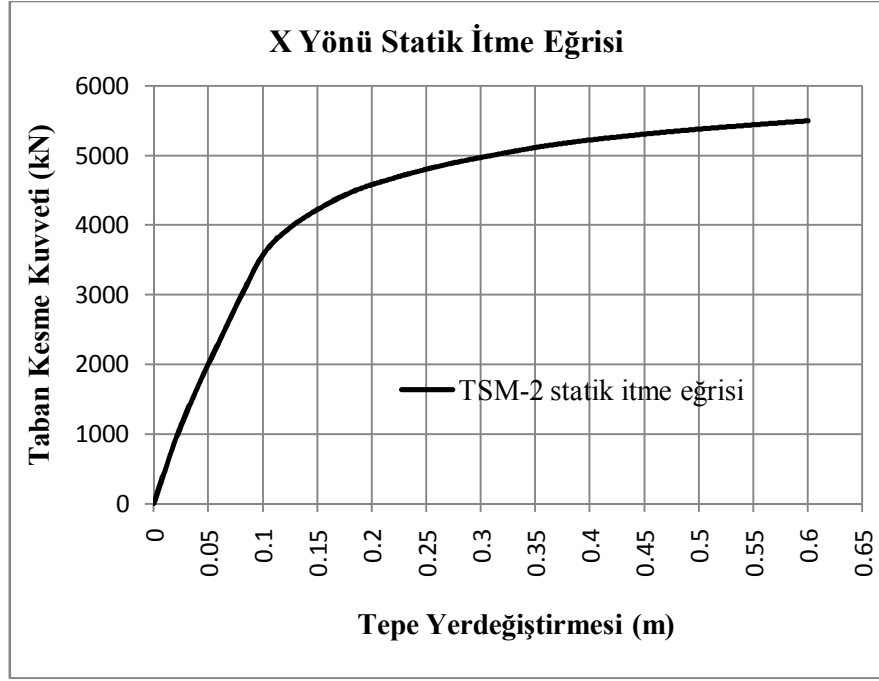


Şekil 4.20 : TSM-3 yapı tipi eşdeğer deprem yükü dağılımı.

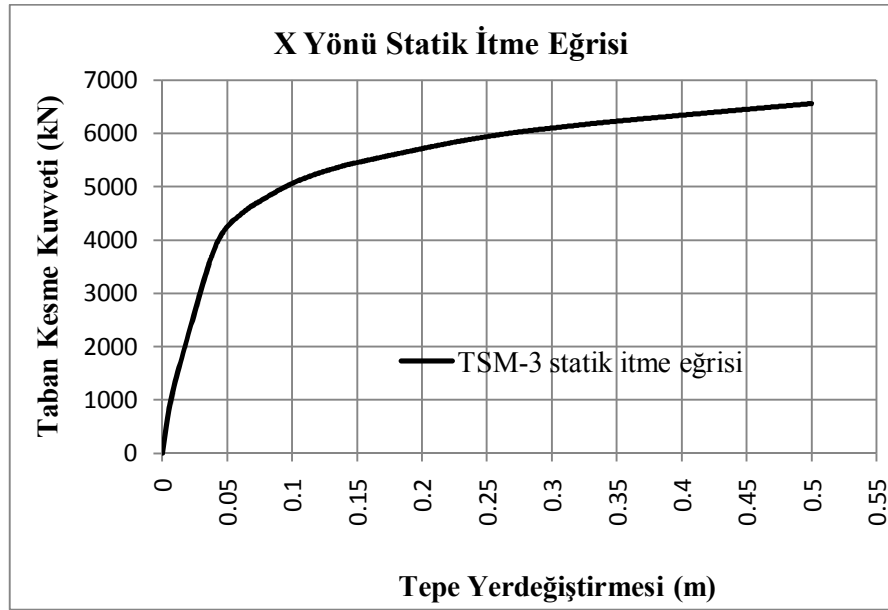
f) İtme analizinin her adımında taban kesme kuvveti ve tepe yatay yerdeğiştirmeleri bulunur. Analiz sonucunda elde edilen statik itme eğrileri (Şekil 4.21), (Şekil 4.22) ve (Şekil 4.23)'de gösterilmiştir.



Şekil 4.21: TSM-1 için statik itme eğrisi.



Şekil 4.22: TSM-2 için statik itme eğrisi.



Şekil 4.23: TSM-3 için statik itme eğrisi.

g) Elde edilen statik itme eğrisine koordinat dönüşümü uygulanarak, birinci moda ait modal yerdeğiştirme ve modal ivme değerlerinden oluşan modal kapasite diyagramı elde edilir. Denklemlerde yer alan birinci (hakim) moda ait etkin kütle M_{x1} ve modal katkı çarpanı Γ_{x1} ’in bulunmasına ilişkin hesap özetleri (Çizelge 4.31), (Çizelge 4.32) ve (Çizelge 4.33)’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.31: TSM-1 için etkin kütle ve modal katkı çarpanı hesap çizelgesi.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
KAT NO	KAT AĞR. (kN)	KAT KÜT. (kNs ² /m)	1.MOD ŞEKLİ GEN. (m)	miΦi ² (3 * 4 ²)	M ₁ TOP (kNs ² /m)	M _{x1} (9*9/6)	L _{x1l}	L _{x1} TOP	Γ _{x1} (9/6)
1	3745	382	0.0021	0.0016			0.79		
2	3745	382	0.0062	0.0144			2.35		
3	3688	376	0.0110	0.0456			4.14		
4	3688	376	0.0157	0.0929			5.91		
5	3637	371	0.0202	0.1518	1.01	2215.77	7.50	47.26	46.89
6	3637	371	0.0239	0.2124			8.87		
7	3592	367	0.0270	0.2663			9.87		
8	2692	275	0.0285	0.2227			7.82		

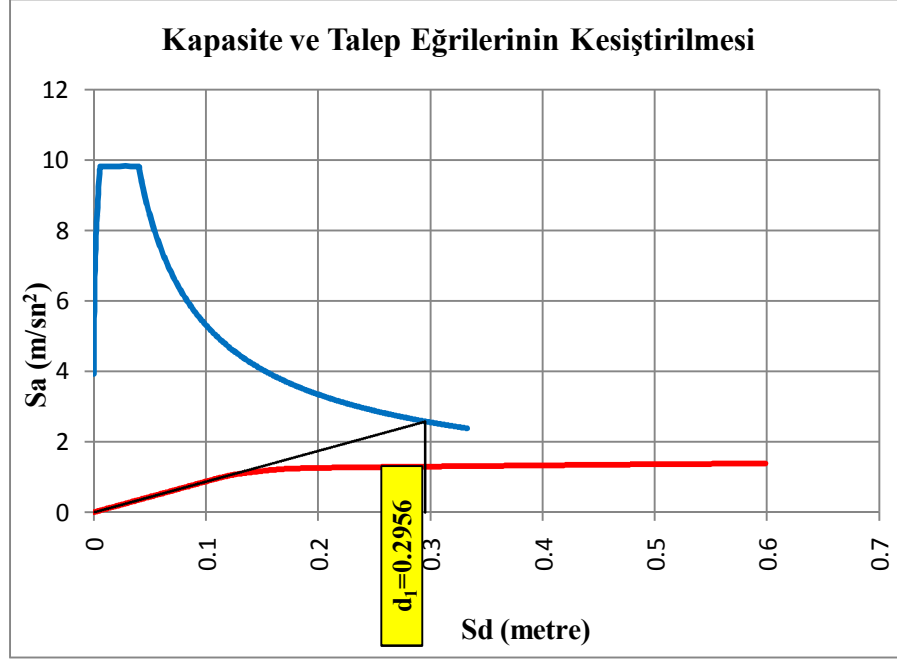
Çizelge 4.32: TSM-2 için etkin kütle ve modal katkı çarpanı hesap çizelgesi.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
KAT NO	KAT AĞR. (kN)	KAT KÜT. (kNs ² /m)	1.MOD ŞEKLİ GEN. (m)	miΦi ² (3 * 4 ²)	M ₁ TOP (kNs ² /m)	M _{x1} (9*9/6)	L _{x1l}	L _{x1} TOP	Γ _{x1} (9/6)
1	3861	394	0.0004	0.0001			0.15		
2	3861	394	0.0016	0.0010			0.63		
3	3830	391	0.0038	0.0056			1.48		
4	3830	391	0.0067	0.0178			2.63		
5	3801	388	0.0103	0.0407			3.97		
6	3801	388	0.0141	0.0772	1.02	2402.94	5.47	49.45	46.89
7	3776	385	0.0182	0.1273			7.00		
8	3776	385	0.0223	0.1922			8.60		
9	3753	383	0.0265	0.2688			10.14		
10	3006	307	0.0306	0.2872			9.38		

Çizelge 4.33: TSM-3 için etkin kütle ve modal katkı çarpanı hesap çizelgesi.

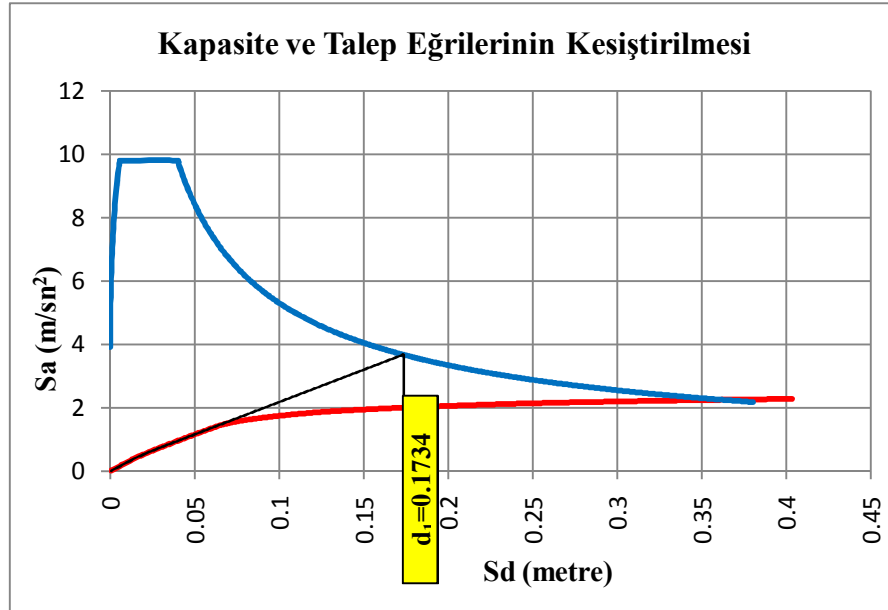
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
KAT NO	KAT AĞR. (kN)	KAT KÜT. (kNs ² /m)	1.MOD ŞEKLİ GEN. (m)	miΦi ² (3 * 4 ²)	M ₁ TOP (kNs ² /m)	M _{x1} (9*9/6)	L _{x1l}	L _{x1} TOP	Γ _{x1} (9/6)
1	3801	388	0.0014	0.0008			0.54		
2	3801	388	0.0053	0.0111			2.07		
3	3776	385	0.0120	0.0556			4.63		
4	3776	385	0.0204	0.1595	1.02	1433.46	7.83	38.22	37.51
5	3753	383	0.0295	0.3324			11.28		
6	3006	307	0.0387	0.4595			11.87		

h) İtme analizi sonucunda elde edilen modal kapasite diyagramı, (Şekil 4.24), (Şekil 4.25) ve (Şekil 4.26)'da gösterildiği üzere, yaklaşık olarak iki doğrulu (bi-lineer) bir diyagrama dönüştürülür. Bu diyagramın başlangıç doğrusunun eğimi, itme analizinin ilk adımındaki (i=1) doğrunun eğimi olan birinci moda ait özdeğere, $(w_1)^2$, eşit alınır ($T_1=2\pi/w_1$). Bu şekilde performans noktası elde edilmiş olur. Aşağıda modal yerdeğiştirmeleri grafiksel olarak gösterilmiştir.



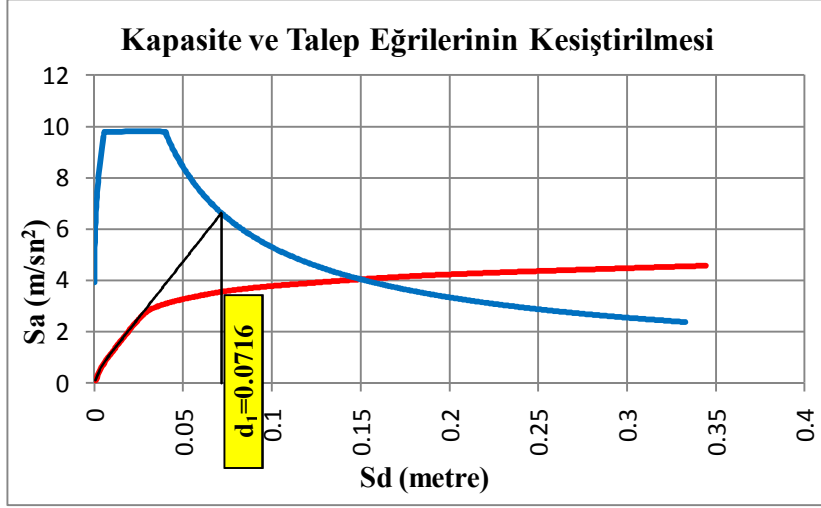
Şekil 4.24: TSM-1 yapı tipi spektral ivme-spektral yerdeğiştirme diyagramı.

TSM-1 yapı modeli için, ters dönüşüm uygulanarak tepe yerdeğiştirmesi 0.3949 m olarak bulunur. Bu değer itme analizinin 215.adımına denk gelmektedir.



Şekil 4.25: TSM-2 yapı tipi spektral ivme-spektral yerdeğiştirme diyagramı.

TSM-2 yapı modeli için, ters dönüşüm uygulanarak tepe yerdeğiştirmesi 0.2580 m olarak bulunur. Bu değer itme analizinin 215.adımına denk gelmektedir.



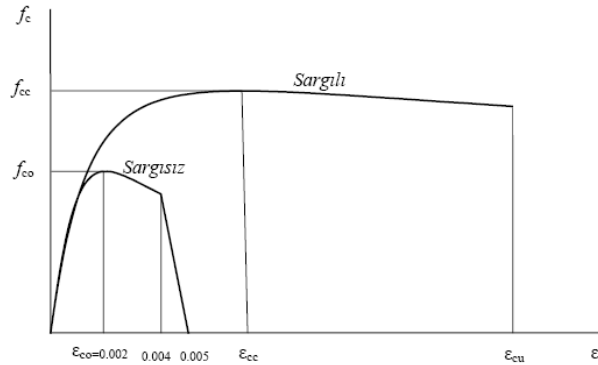
Şekil 4.26: TSM-3 yapı tipi spektral ivme-spektral yerdeğiştirme diyagramı.

TSM-3 yapı modeli için, ters dönüşüm uygulanarak tepe yerdeğiştirmesi 0.1042 m olarak bulunur. Bu değer itme analizinin 101.adımına denk gelmektedir.

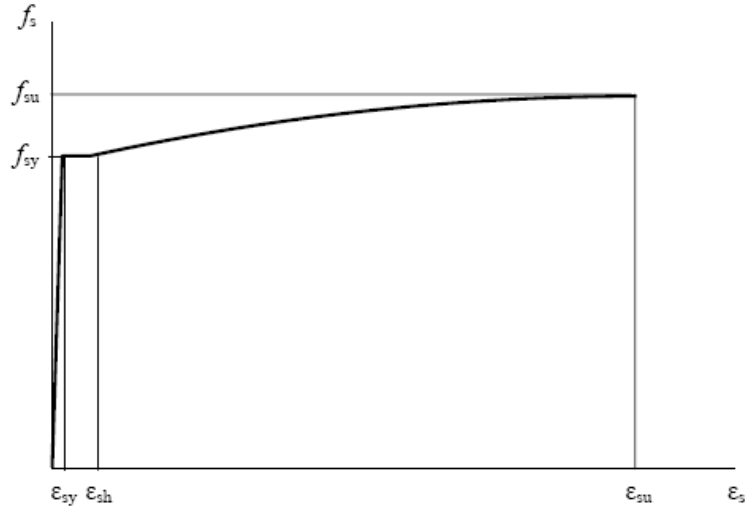
i) İtme analizleri sonucunda sistemde seçilen belirli elemanlardaki plastik eğrilik istemleri, tepe yerdeğiştirmeleri, taban kesme kuvvetleri, rölatif yerdeğiştirmeler, perde ve çerçeveden oluşan yapı modelleri için perde dönme-moment ilişkileri çizelgeler ve grafikler halinde verilmiştir.

4.3.5.1 TSM-1 için K101 kirişi örnek hesap

Kiriş plastik mafsallarındaki eğriliklerinin belirlenmesi amacıyla kullanılan eğilme momenti-eğrilik ilişkilerinin elde edilmesi için XTRACT programı kullanılmıştır. Analiz modelinde (Çizelge 4.6), (Çizelge 4.13) ve (Çizelge 4.20)'de geometrisi ve donatı detayı verilen K101 kirişi beton malzeme modeli için Mander beton davranış modeli kullanılmıştır, (Şekil 4.27). Donatı çeliğinde pekleşmeyi de gözönüne alan model kullanılmıştır, (Şekil 4.28).



Şekil 4.27: Kesit analizinde kullanılan beton modeli.



Şekil 4.28: Kesit analizinde kullanılan donatı çeliği modeli.

Sargısız beton modelinde ezilme birim kısalması $\epsilon_{cu}=0.004$, beton dağılma birim kısalması $\epsilon_c=0.005$, sargısız beton dayanımı $f_{co}=30$ MPa alınmıştır. Sargılı beton modelinde ise beton basınç birim şekildeğiştirmesi ϵ_{cc} , sargılı betondaki maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi ϵ_{cu} ve sargılı beton dayanımı f_{co} , XTRACT programıyla hesaplanmıştır. Çelik modelinde ise S420 çeliği için akma birim uzaması $\epsilon_{sy}=0.0021$, pekleşme başlangıcındaki birim uzama $\epsilon_{sh}=0.008$, kopma birim uzaması $\epsilon_{su}=0.1$, donatı çeliği akma dayanımı $f_{sy}=420$ MPa, kopma dayanımı $f_{su}=550$ MPa değerlerini almaktadır.

Statik itme analizi sonucunda K101 kirişi sol ucunda elde edilen plastik dönme değeri plastik mafsal boyuna bölünerek plastik eğrilik elde edilmiştir. Plastik mafsal boyu enkesit yüksekliğinin yarısı olarak alınmıştır.

$$b=25 \text{ cm}$$

$$h=50 \text{ cm}$$

$$L_p=50/2=25 \text{ cm}$$

$$\phi_p=0.0095 \text{ radyan}$$

$$\phi_p = \phi_p / L_p = 0.0095 / 0.25 = 0.038 \text{ rad/m}$$

$$\phi_t = \phi_y + \phi_p = 0.0459 \text{ rad/m}$$

K101 kirişi için verilen örnek hesaptaki adımlar (Şekil 4.6) ve (Şekil 4.7)'de kalıp planlarında gösterilen kirişlerden ilk iki katta TSM-1'de K102, K103, K104, K105,

K106, K201, K202, K203, K204, K205 ve K206 kirişleri; TSM-2 ve TSM-3’de K101, K102, K103, K104, K105, K201, K202, K203, K204 ve K205 kirişleri için tekrar edilmiş ve elde edilen sonuçlar EK C’de çizelgeler halinde gösterilmiştir.

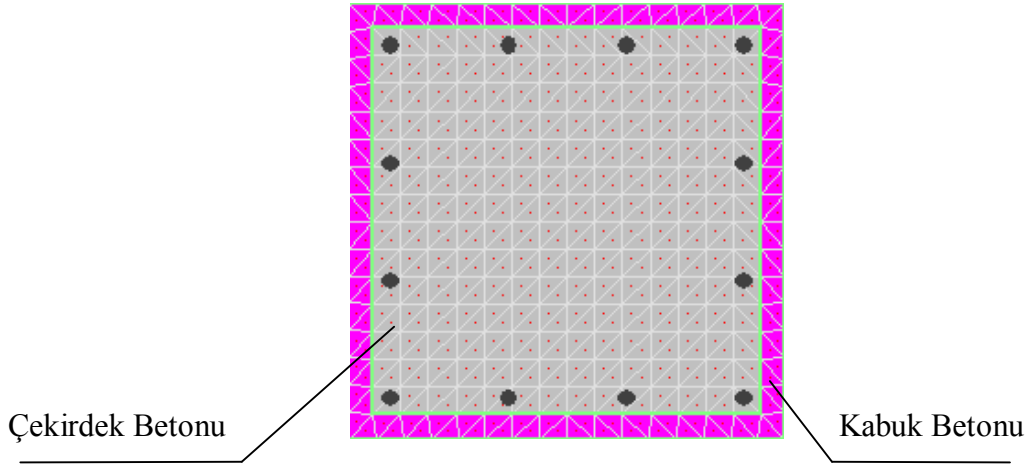
Hesaplanan eğrilik akma eğriliği ile toplanarak toplam eğrilik elde edilir. Akma eğriliği hesabı XTRACT kesit analiz programından hesaplanmıştır. Plastik mafsallı oluşan kirişlerde (Çizelge 4.34)’de görülen akma eğrilikleri alınmış, plastik mafsallı olmayan kirişlerde ise akma eğriliği kirişte oluşan momentin (Çizelge 4.34)’de görülen eğilme rijitliğine oranıyla elde edilmiştir.

Çizelge 4.34: Akma eğrilikleri ve plastik mafsallı olmayan kirişlerde eğilme rijitlikleri.

	MAFSAL TİPLERİ	EFEKTİF AKMA MOMENTİ (kNm)	EFEKTİF AKMA EĞRİLİĞİ (1/m)	EI (kNm ²)
- MOMENT ETKİSİNDE ÜSTTE ÇEKME OLMASI DURUMU	TİP1	181.10	0.0074	24332
	TİP2	280.30	0.0079	35486
	TİP3	148.40	0.0068	21548
	TİP4	247.60	0.0077	31817
	TİP5	208.00	0.0074	27886
	TİP6	161.90	0.0073	22114
	TİP7	121.40	0.0069	17440
	TİP8	259.00	0.0079	32801
	TİP9	132.90	0.0068	19452
	TİP10	165.10	0.0073	22362
	TİP11	120.60	0.0068	17714
	TİP12	160.40	0.0070	22839
	TİP13	203.90	0.0074	27487
	TİP14	365.00	0.0088	41369
	TİP15	346.10	0.0087	39563
	TİP16	206.20	0.0076	26873
+ MOMENT ETKİSİNDE ALTTA ÇEKME OLMASI DURUMU	TİP1	116.70	0.0066	17483
	TİP2	180.00	0.0070	25575
	TİP3	183.30	0.0075	24446
	TİP4	116.60	0.0065	17707
	TİP5	179.90	0.0072	24961
	TİP6	79.20	0.0063	12486
	TİP7	79.60	0.0064	12293
	TİP8	179.50	0.0070	25317
	TİP9	180.50	0.0074	24293
	TİP10	117.40	0.0067	17517
	TİP11	117.60	0.0068	17148
	TİP12	183.60	0.0074	24634
	TİP13	178.50	0.0071	24944
	TİP14	234.50	0.0074	31698
	TİP15	233.10	0.0074	31466
	TİP16	117.20	0.0066	17656

4.3.5.2 TSM-1 için S101 kolonu örnek hesap

(Şekil 4.29)'da geometrisi ve donatı detayı verilen S101 kolonunda eğilme momenti-eğrilik analiz modelinde, kolon kabuk betonunda Mander sargısız beton modeli, etriyelerle çevrili çekirdek betonunda ise Mander sargılı beton modeli kullanılmıştır, (Şekil 4.27). Donatı çeliğinde pekleşmeyi de gözönüne alan model kullanılmıştır, (Şekil 4.28). Sargı etkisiyle artan beton basınç dayanımı ve beton ezilme birim kısılması enine ve boyuna donatı detayı gözönüne alınarak hesaplanmaktadır.



Şekil 4.29: TSM-1 yapı tipi S101 kolonu kesit analiz modeli.

Statik itme analizi sonucunda S101 kolonunun alt ucu için elde edilen plastik dönme değeri o doğrultudaki plastik mafsal boyuna bölünerek plastik eğrilik bulunmuştur. Plastik mafsal boyu enkesit yüksekliğinin yarısı olarak alınmıştır.

$$b=45 \text{ cm}$$

$$h=45 \text{ cm}$$

$$L_p=45/2=22.5 \text{ cm}$$

$$\phi_p=0.01014 \text{ radyan}$$

$$\phi_p = \phi_p / L_p = 0.010145 / 0.225 = 0.0451 \text{ rad/m}$$

$$\phi_t = \phi_y + \phi_p = 0.0551 \text{ rad/m}$$

Hesaplanan eğrilik akma eğriliği ile toplanarak toplam eğrilik elde edilir. Akma eğriliğinin hesabı, XTRACT kesit analiz programıyla yapılmıştır. Plastik mafsal oluşan kolonlarda, mevcut normal kuvvet kullanılmıştır, (Bkz. EK C, Çizelge C.3).

Plastik mafsall oluşmayan kolonlarda ise elverişsiz normal kuvvet (maksimum veya minimum) alınarak XTRACT programında akma momenti ve akma eğriliği elde edilmiştir. Akma momenti akma eğriliğine oranlanarak elemanın eğilme rijitliği elde edilmiştir. Son olarak elverişsiz normal kuvvete karşı gelen moment değeri, bulunan eğilme rijitliğine oranlanarak akma eğriliği bulunur. Plastik mafsall oluşmayan kolonlarda elde edilen akma eğrilikleri ve eğilme rijitlikleri EK A'da çizelgeler halinde gösterilmiştir.

S101 kolonu için verilen örnek hesaptaki adımlar (Çizelge 4.5)'deki kolonlar için tekrar edilmiş ve elde edilen sonuçlar EK C'de çizelgeler halinde gösterilmiştir.

4.3.6 FEMA440' a göre performans noktasının bulunması ve eğrilik istemlerinin elde edilmesi

FEMA440 [6] ile performans noktasının bulunması için, FEMA440 Bölüm 6'da belirtilen eşdeğer doğrusallaştırma yaklaşımı için geliştirilmiş yöntemler ile ilgili çizelgelerde verilen etkili sönüm ve etkili periyod için verilen katsayılar (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K ve L) SAP2000 [3] programına veri olarak girilmiş ve performans noktası program tarafından otomatik olarak hesaplanmıştır. İlgili çizelgede, rijitlik azalımı yapabilen model seçilmiştir. Elastik ötesi davranışın plastikleşme oranları (α); TSM-1 için %0, TSM-2 ve TSM-3 için %5 olarak alınmıştır. Ayrıca modele Z2 zemin sınıfına ait tasarım ivme spektrumu veri olarak girilmiştir. (Çizelge 4.35) ve (Çizelge 4.36)'da etkili sönüm ve etkili periyodların hesabı için denklemlerde kullanılan katsayılar gösterilmiştir.

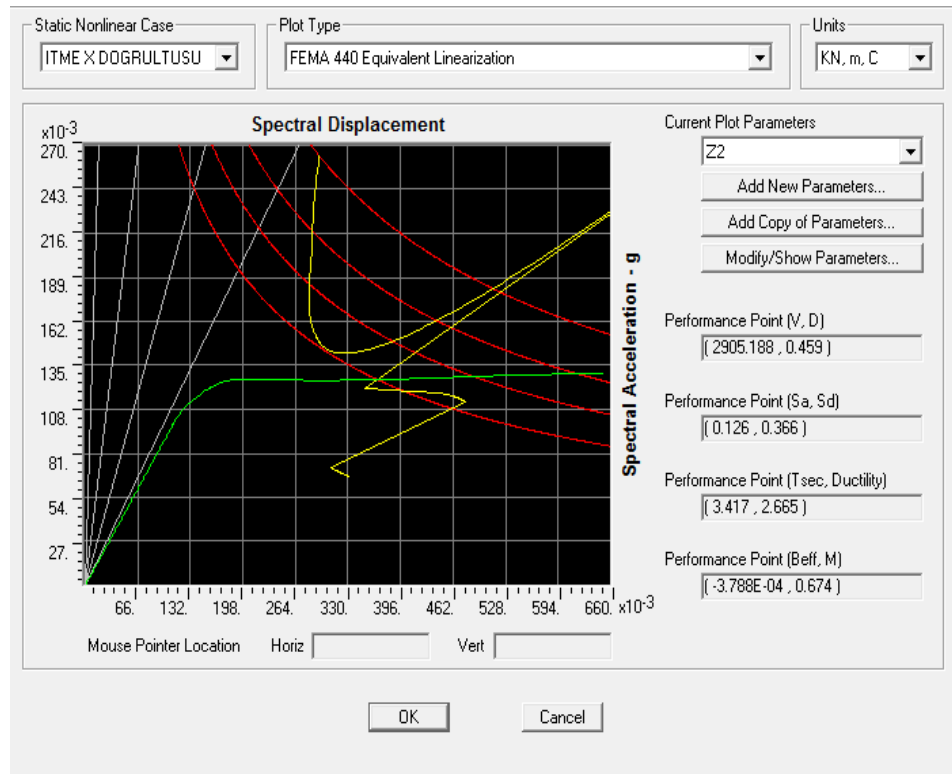
Çizelge 4.35: Etkili sönümün hesabı için denklemlerde kullanılan katsayılar [6].

Table 6-1 Coefficients for use in Equations for Effective Damping							
Model	α (%)	A	B	C	D	E	F
Bilinear hysteretic	0	3.2	-0.66	11	0.12	19	0.73
Bilinear hysteretic	2	3.3	-0.64	9.4	1.1	19	0.42
Bilinear hysteretic	5	4.2	-0.83	10	1.6	22	0.40
Bilinear hysteretic	10	5.1	-1.1	12	1.6	24	0.36
Bilinear hysteretic	20	4.6	-0.99	12	1.1	25	0.37
Stiffness degrading	0	5.1	-1.1	12	1.4	20	0.62
Stiffness degrading	2	5.3	-1.2	11	1.6	20	0.51
Stiffness degrading	5	5.6	-1.3	10	1.8	20	0.38
Stiffness degrading	10	5.3	-1.2	9.2	1.9	21	0.37
Stiffness degrading	20	4.6	-1.0	9.6	1.3	23	0.34
Strength degrading	-3 ^a	5.3	-1.2	14	0.69	24	0.90
Strength degrading	-5 ^a	5.6	-1.3	14	0.61	22	0.90

Çizelge 4.36: Etkili periyodun hesabı için denklemlerde kullanılan katsayılar [6].

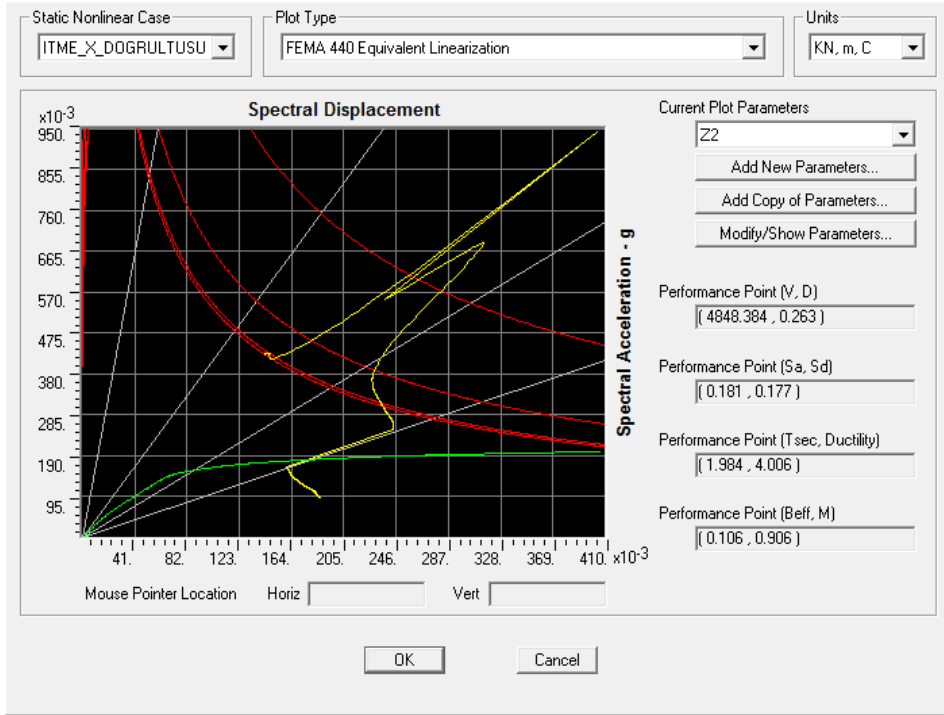
Table 6-2 Coefficients for use in Equations for Effective Period							
Model	$\alpha(\%)$	G	H	I	J	K	L
Bilinear hysteretic	0	0.11	-0.017	0.27	0.090	0.57	0.00
Bilinear hysteretic	2	0.10	-0.014	0.17	0.12	0.67	0.02
Bilinear hysteretic	5	0.11	-0.018	0.09	0.14	0.77	0.05
Bilinear hysteretic	10	0.13	-0.022	0.27	0.10	0.87	0.10
Bilinear hysteretic	20	0.10	-0.015	0.17	0.094	0.98	0.20
Stiffness degrading	0	0.17	-0.032	0.10	0.19	0.85	0.00
Stiffness degrading	2	0.18	-0.034	0.22	0.16	0.88	0.02
Stiffness degrading	5	0.18	-0.037	0.15	0.16	0.92	0.05
Stiffness degrading	10	0.17	-0.034	0.26	0.12	0.97	0.10
Stiffness degrading	20	0.13	-0.027	0.11	0.11	1.0	0.20
Strength degrading	-3 ^a	0.18	-0.033	0.17	0.18	0.76	-0.03
Strength degrading	-5 ^a	0.20	-0.038	0.25	0.17	0.71	-0.05

(Şekil 4.30)'dan görüleceği gibi tepe yerdeğiştirmesi 0.4590 m ve taban kesme kuvveti 2905 kN olarak bulunmuştur. Bu da itme analizinin 248. adımına denk gelmektedir.



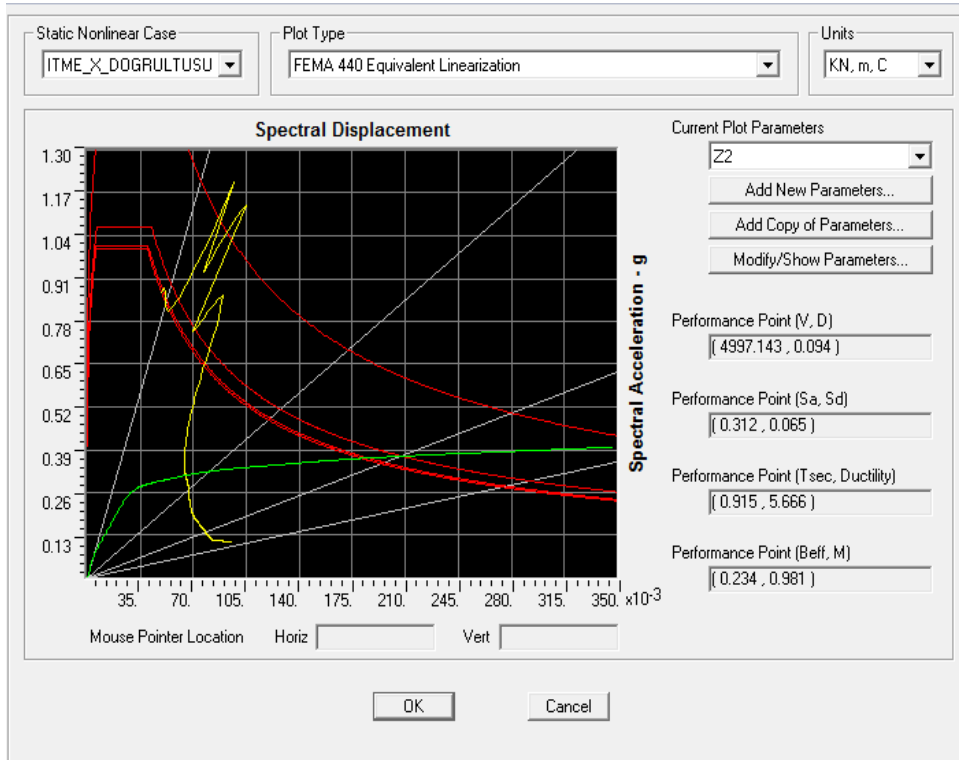
Şekil 4.30: TSM-1 için FEMA440' a göre performans noktasının bulunması.

(Şekil 4.31)'den görüleceği gibi tepe yerdeğiştirmesi 0.2628 m ve taban kesme kuvveti 4849 kN olarak bulunur. Bu da itme analizinin 219. adımına denk gelmektedir.



Şekil 4.31: TSM-2 için FEMA440' a göre performans noktasının bulunması.

(Şekil 4.32)'den görüleceği gibi tepe yerdeğiştirmesi 0.0942 m ve taban kesme kuvveti 4997 kN olarak bulunur. Bu da itme analizinin 91. adımına denk gelmektedir.



Şekil 4.32: TSM-3 için FEMA440'a göre performans noktasının bulunması.

4.3.6.1 TSM-1 için K101 kirişi örnek hesap

Statik itme analizi sonucunda K101 kirişi sol ucu için elde edilen plastik dönme değeri plastik mafsal boyuna bölünerek plastik eğrilik elde edilmiştir. Plastik mafsal boyu enkesit yüksekliğinin yarısı olarak alınmıştır. Buna göre;

$$b=25 \text{ cm}$$

$$h=50 \text{ cm}$$

$$L_p=50/2=25 \text{ cm}$$

$$\varphi_p=0.0134 \text{ radyan}$$

$$\phi_p = \varphi_p / L_p = 0.0134 / 0.25 = 0.0536 \text{ rad/m}$$

$$\phi_t = \phi_y + \phi_p = 0.0608 \text{ rad/m}$$

K101 kirişi için yapılan örnek hesaptaki adımlar (Çizelge 4.6), (Çizelge 4.13) ve (Çizelge 4.20)'de kalıp planlarında gösterilen kirişlerden ilk iki kattaki TSM-1'de K102, K103, K104, K105, K106, K201, K202, K203, K204, K205 ve K206 kirişleri, TSM-2 ve TSM-3'de K101, K102, K103, K104, K105, K201, K202, K203, K204 ve K205 kirişleri için tekrar edilmiş ve elde edilen sonuçlar EK C'de çizelgeler halinde gösterilmiştir.

4.3.6.2 TSM-1 için S101 kolonu örnek hesap

Statik itme analizi sonucunda S101 kolonunun alt ucu için elde edilen plastik dönme değeri o doğrultudaki plastik mafsal boyuna bölünerek plastik eğrilik elde edilmiştir. Plastik mafsal boyu enkesit yüksekliğinin yarısı olarak alınmıştır. Buna göre;

$$b=45 \text{ cm}$$

$$h=45 \text{ cm}$$

$$L_p=45/2=22.5 \text{ cm}$$

$$\varphi_p=0.0139 \text{ radyan}$$

$$\phi_p = \varphi_p / L_p = 0.0139 / 0.225 = 0.0617 \text{ rad/m}$$

$$\phi_t = \phi_y + \phi_p = 0.0717 \text{ rad/m}$$

Hesaplanan değer akma eğriliği ile toplanarak toplam eğrilik elde edilmiştir. Akma eğriliğinin hesabı, XTRACT kesit analiz programıyla hesaplanmıştır. Plastik mafsal

oluşan kolonlarda, mevcut normal kuvvet kullanılmıştır, (Bkz EK C, Çizelge C.9). Plastik mafsallı oluşmayan kolonlarda ise elverişsiz normal kuvvet (maksimum veya minimum) alınarak programda akma momenti ve akma eğriliği elde edilmiştir. Akma momenti akma eğriliğine oranlanarak elemanın eğilme rijitliği elde edilmiştir. Son olarak en elverişsiz normal kuvvete karşı gelen moment değeri, bulunan eğilme rijitliğine oranlanarak akma eğriliği bulunur. Plastik mafsallı oluşmayan kolonlarda elde edilen akma eğrilikleri ve eğilme rijitlikleri EK A'da çizelgeler halinde gösterilmiştir.

S101 kolonu için yapılan örnek hesaptaki adımlar (Çizelge 4.5)'deki kolonlar için tekrar edilmiş ve elde edilen sonuçlar EK C' de çizelgeler halinde gösterilmiştir.

4.3.7 ZTADOHY ile toplam eğriliklerin elde edilmesi

TSM-1, TSM-2 ve TSM-3 taşıyıcı sistem modellerinin, 20007 Deprem Yönetmeliği'nde anlatılan *Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi* ile eğrilik istemlerinin belirlenmesinde izlenen hesap adımları sayısal olarak açıklanmıştır. Hesap adımları, TSM-1 yapı modeli S101 kolonu ve K101 kirişi için ayrıntılı olarak açıklanmış, diğer elemanlar için ise sonuçlar çizelgeler halinde özetlenmiştir.

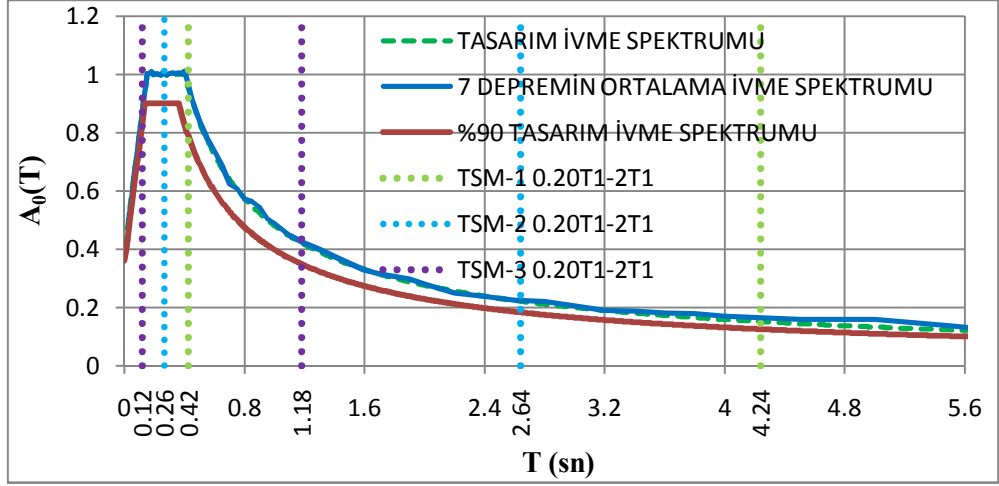
a) Zaman tanım alanında hesap yöntemine göre analiz için 7 adet deprem kaydı kullanılmıştır. Bu kayıtların tümü kaydedilmiş depremlere ait kayıtlar olup, (Çizelge 4.37)'de özellikleri listelenmiştir.

Çizelge 4.37: İncelenen deprem kayıtlarının bilgileri.

Deprem	Tarih	Zaman	Büyüklik	Derinlik	Δt	N	Enlem	Boylam
Chi-Chi	20/10/1999	20:17:47	7.6	33 km	0.01	3998	23.77	102.98
El Centro	04/04/2010	22:40:42	7.2	10 km	0.02	3998	32.259	115.287
Kobe	16/01/1995	20:46:52	6.9	22 km	0.02	2998	34.58	135.01
Northridge	17/01/1994	12:30:55	6.7	18.4 km	0.005	2988	34.207	118.535
Düzce	12/11/1999	12:16:57	7.2	10 km	0.01	3998	40.75	31.16
Erzincan	13/03/1992	17:18:39	6.8	23 km	0.005	4154	39.72	39.63
Kocaeli	17/08/1999	00:01:39	7.6	17 km	0.01	3998	40.74	29.86

2007 Deprem Yönetmeliği Bölüm 2.9.1' de verilen koşullar uyarınca, seçilen 7 adet deprem kaydı zaman tanım alanında ölçeklendirilmiştir. Ölçeklendirme yapılırken bina hakim periyodu olan T_1 değerleri kullanılarak $0.20 \times T_1$ sn ve $2 \times T_1=2.1$ sn aralığında spektral ivme değerlerinin ortalaması tasarım spektrumunun %90'ından az olmayacak ve sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerleri de A_{0g} 'den küçük olmayacak şekilde bir ölçeklendirme yapılmıştır [28].

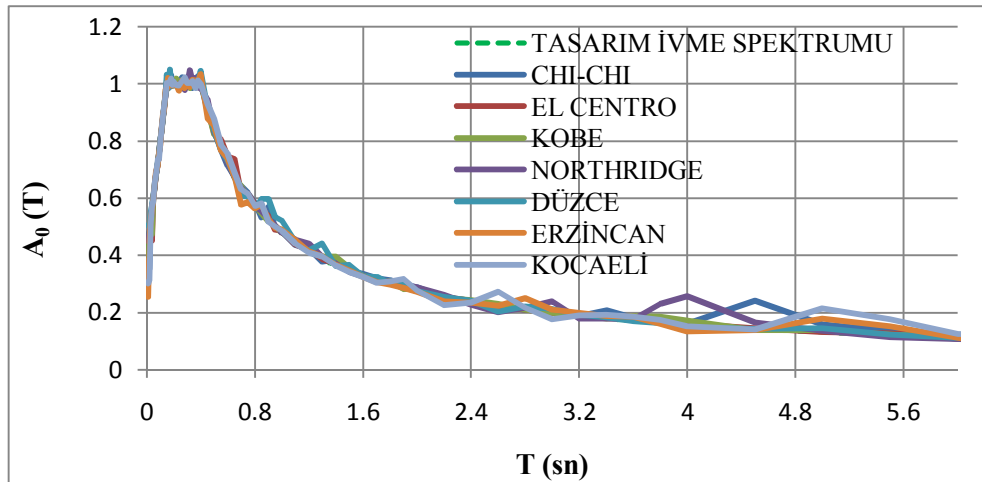
Ölçeklendirme işlemi sonunda elde edilen deprem kayıtlarının tepki spektrumlarının ortalamasının TSM-1, TSM-2 ve TSM-3 yapı modelleri için sırasıyla $T=0.12-1.18$ sn, $T=0.26-2.64$ sn ve $T=1.18-4.24$ sn periyodları aralıklarında, tasarım spektrumunun %90'ından az olmadığı (Şekil 4.33)'de görülmektedir.



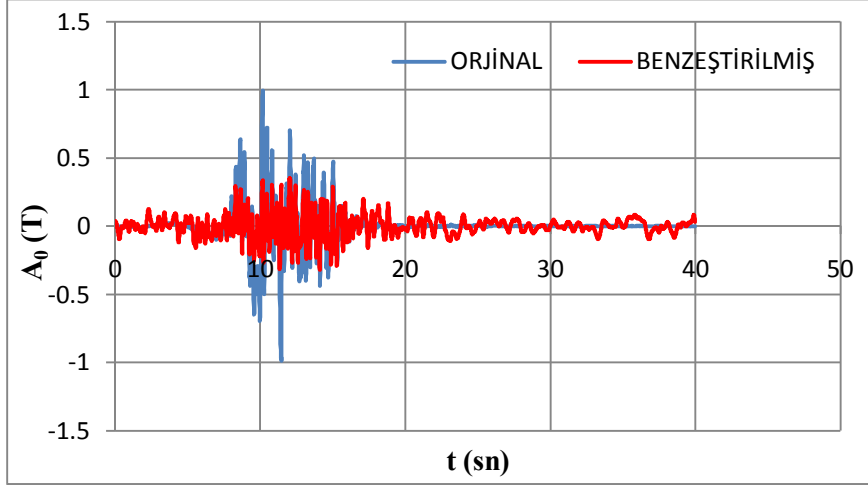
Şekil 4.33: Seçilen deprem kayıtlarının ölçeklendirilmiş tepki spektrumlarının ortalamaları ve tasarım spektrumu.

Seçilen 7 adet deprem kaydının sıfır periyoda karşı gelen A_{0g} değerlerinin ortalaması da $(A_{0g})_{ort} \approx (A_{0g})_{tasarım}$ olduğundan, 2007 Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen ve zaman tanım alanında hesapta kullanılacak deprem kayıtlarının sağlaması gereken koşulların tamamı sağlatılmış olmaktadır.

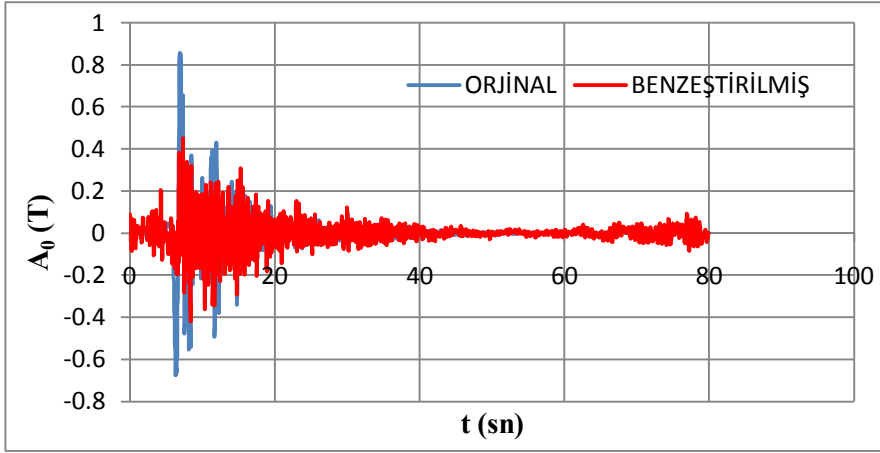
Aşağıdaki şekillerde seçilen deprem kayıtlarının ölçeklendirilmiş tepki spektrumları-tasarım spektrumları, yine seçilen deprem kayıtlarının orjinal ve benzeştirilmiş halleri gösterilmiştir.



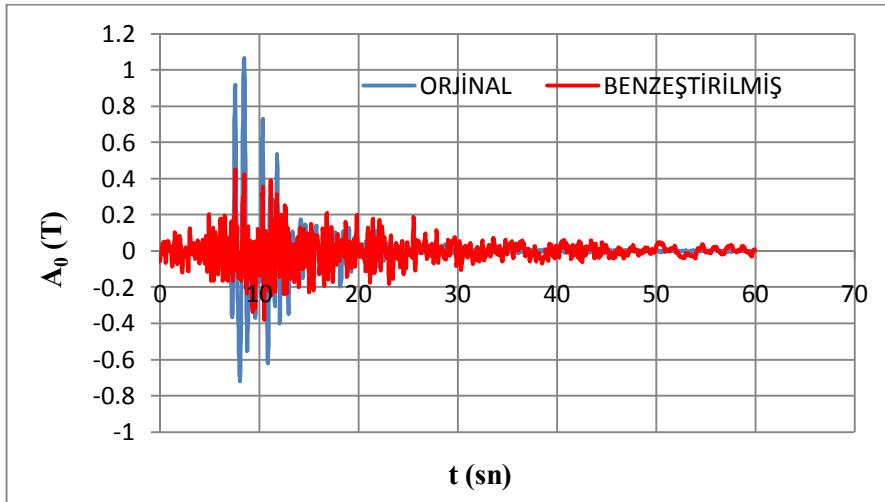
Şekil 4.34: Seçilen deprem kayıtlarının ölçeklendirilmiş tepki spektrumları ve tasarım spektrumu.



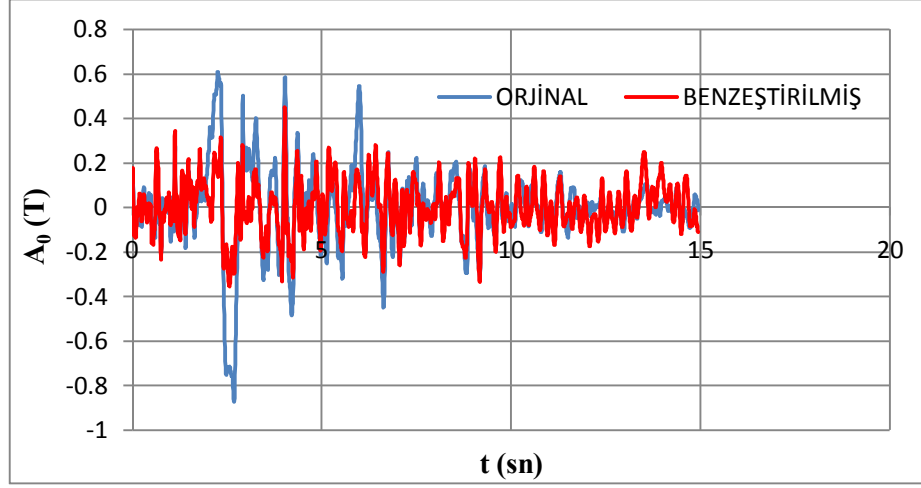
Şekil 4.35: Chi-Chi Depremi orjinal/benzeştirilmiş ivme-zaman grafiği karşılaştırılması.



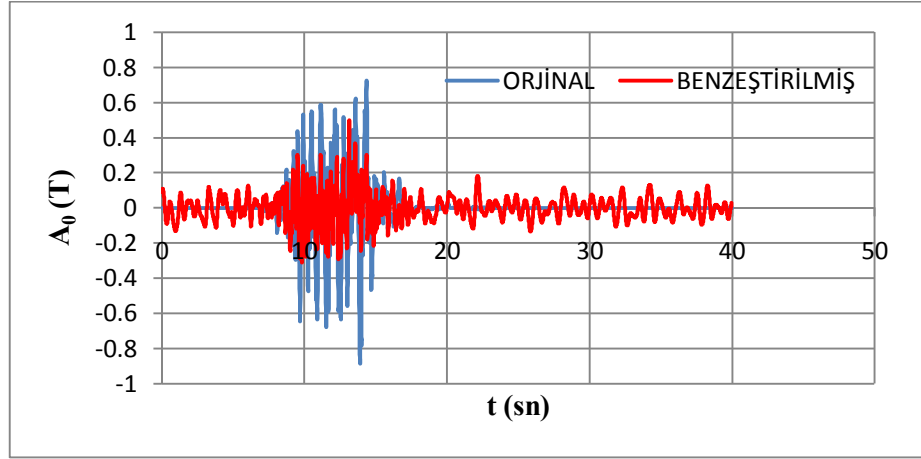
Şekil 4.36: El Centro Depremi orjinal/benzeştirilmiş ivme-zaman grafiği karşılaştırılması.



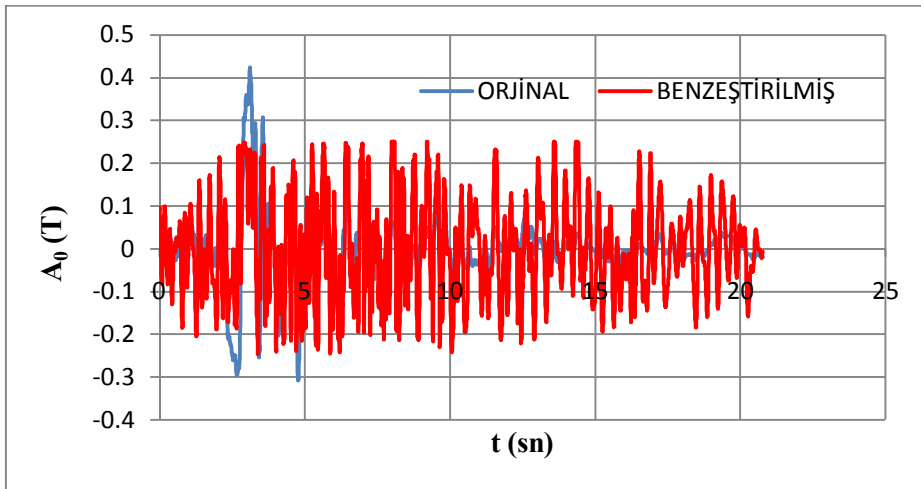
Şekil 4.37: Kobe Depremi orjinal/benzeştirilmiş ivme-zaman grafiği karşılaştırılması.



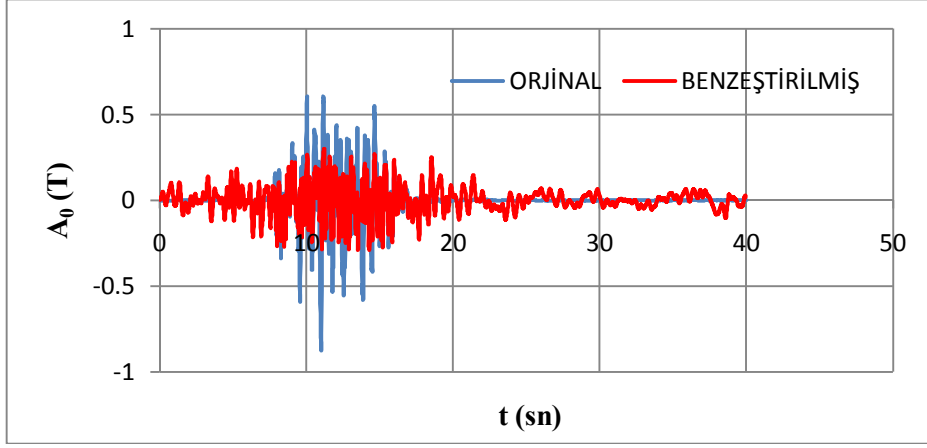
Şekil 4.38: Northridge Depremi orjinal/benzeştirilmiş ivme-zaman grafiği karşılaştırılması.



Şekil 4.39: Düzce Depremi orjinal/benzeştirilmiş ivme-zaman grafiği karşılaştırılması.



Şekil 4.40: Erzincan Depremi orjinal/benzeştirilmiş ivme-zaman grafiği karşılaştırılması.



Şekil 4.41: Kocaeli Depremi orjinal/benzeştirilmiş ivme-zaman grafiği karşılaştırılması.

Yukarıdaki şekillerden görüleceği üzere Northridge Depremi hariç kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, üç farklı yapı tipinin birinci doğal titreşim periyodlarının 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmadığı görülmektedir. Northridge Depreminde kuvvetli yer hareketinin süresi 14.94 saniyedir.

b) Kolon ve kirişlerde çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri Bölüm 4.3.5’de anlatılan *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi*’nde olduğu gibi yapılır.

c) Plastik kesitlerin akma yüzeylerinin oluşturulmasında, *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi* hesap adımı b’deki yol izlenir. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi uygulanan analiz modelinde plastik kesitlerin çevrimsel eğilme momenti-plastik dönme bağıntıları, statik itme analizi modeline benzer şekilde, ideal-rijit plastik davranış esas alınarak tanımlanır.

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

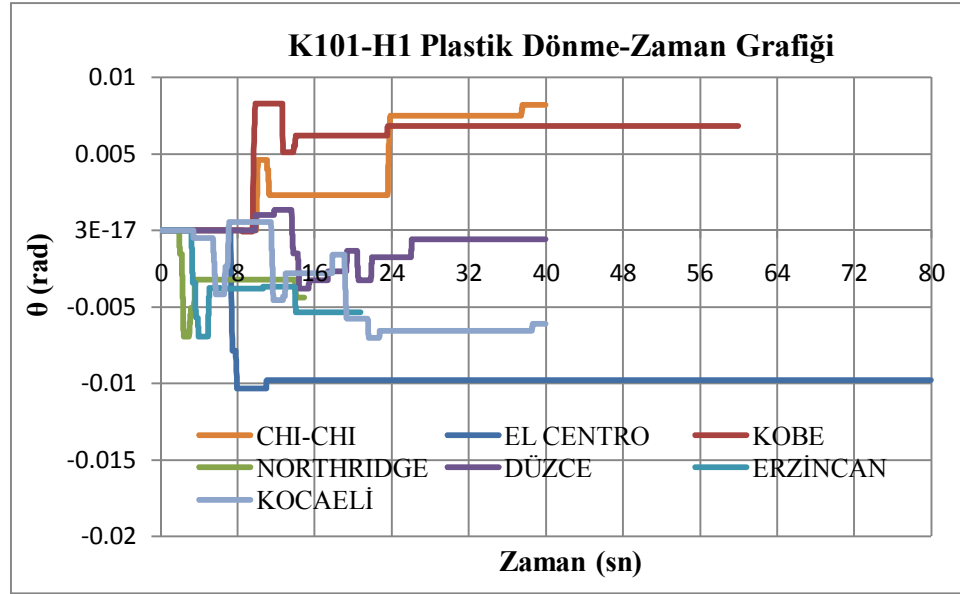
e) Düşey yükler altında yapılan doğrusal olmayan statik analizin ardından, adım a’da tanımlanan ölçeklendirilmiş deprem ivme kayıtları etkisinde zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz yapılır. Zaman tanım alanında analiz için SAP2000 v14.1 [3] bilgisayar yazılımı kullanılmıştır. Analizlerde rijitlik orantılı sönüm kullanılmış ve %5’lik sönüm oranı esas alınmıştır.

f) Zaman tanım alanında yapılan dinamik analiz sonucunda, yedi farklı deprem hareketi için plastik mafsalları dönmeleri elde edilir.

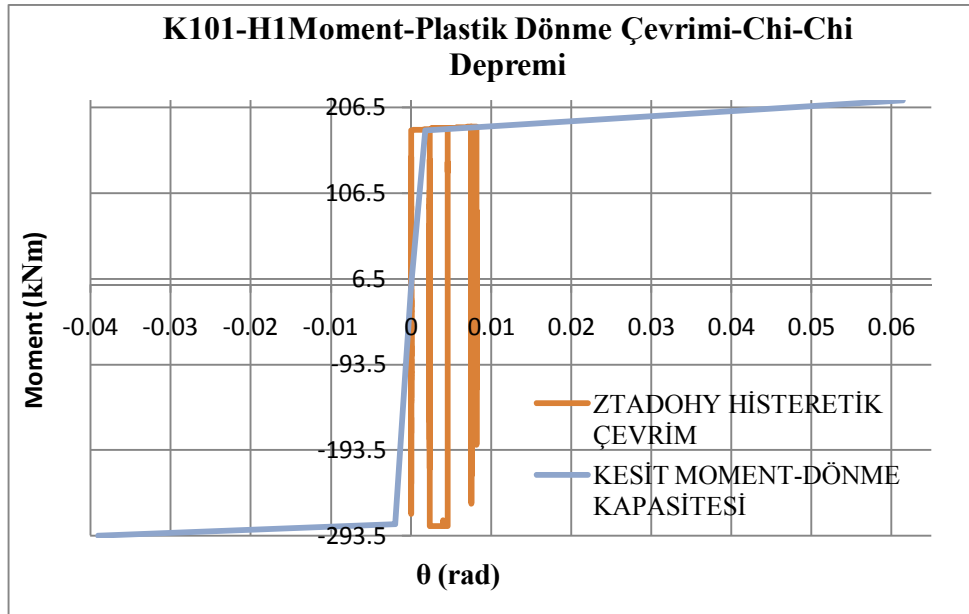
g) Yedi farklı deprem kaydı etkisinde elde edilen plastik mafsal dönme değerlerinin aritmetik ortalaması gözönüne alınır. *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi* hesap adımları uygulanarak, kesitler için toplam eğrilik istemleri elde edilir.

4.3.7.1 TSM-1 için K101 kirişi örnek hesap

Yedi farklı deprem etkisi altında, K101 kirişi sol ucunda elde edilen plastik dönme-zaman grafikleri ve Chi-Chi Depremine ait eğilme momenti-plastik dönme çevrimleri sırasıyla (Şekil 4.42) ve (Şekil 4.43)'de verilmiştir.



Şekil 4.42: K101 kirişi sol mesneti plastik dönme-zaman grafiği.



Şekil 4.43: K101 kirişi sol mesneti eğilme momenti-plastik dönme çevrimi.

Zaman tanım alanında yapılan analiz sonucunda; yedi deprem kaydı etkisinde K101 kirişi için elde edilen maksimum ortalama plastik dönme değeri, plastik mafsal boyuna bölünerek plastik eğrilik istemi bulunmuştur. Plastik mafsal boyu enkesit yüksekliğinin yarısı olarak alınmıştır.

Üstte çekme olması durumunda;

$$b=25 \text{ cm}$$

$$h=50 \text{ cm}$$

$$L_p=50/2=25 \text{ cm}$$

$$\phi_p=0.002625 \text{ radyan}$$

$$\phi_p = \phi_p / L_p = 0.002625 / 0.25 = 0.0105 \text{ rad/m}$$

$$\phi_t = \phi_y + \phi_p = 0.0176 \text{ rad/m}$$

Altta çekme olması durumunda;

$$b=25 \text{ cm}$$

$$h=50 \text{ cm}$$

$$L_p=50/2=25 \text{ cm}$$

$$\phi_p=0.005025 \text{ radyan}$$

$$\phi_p = \phi_p / L_p = 0.005025 / 0.25 = 0.0201 \text{ rad/m}$$

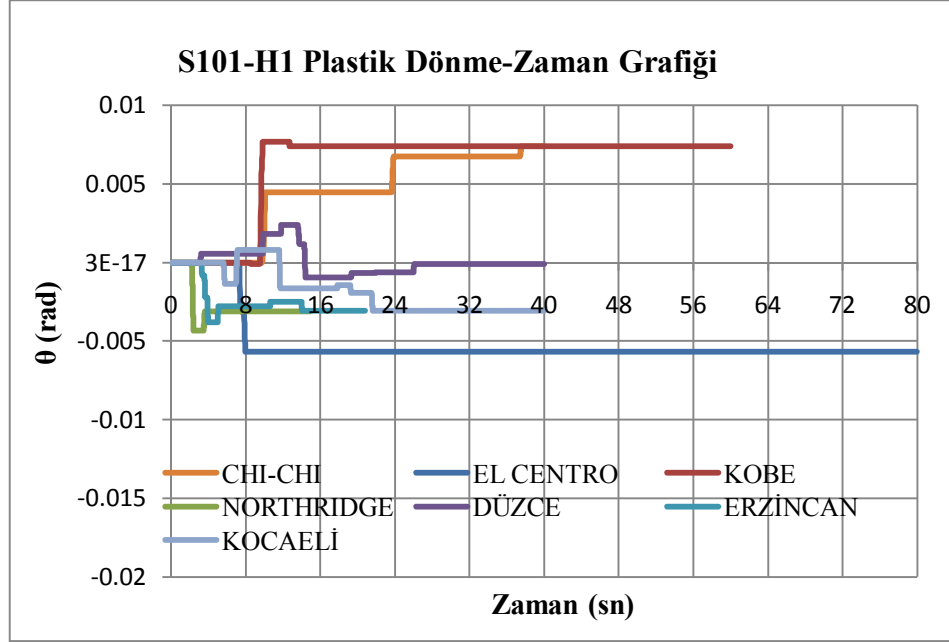
$$\phi_t = \phi_y + \phi_p = 0.0280 \text{ rad/m}$$

Plastik mafsal oluşan kesitlerde ulaşılan akma eğrilikleri (Çizelge 4.34)'de gösterilmiştir. Plastik mafsal oluşmayan kesitlerde ise akma eğrilikleri, kirişte oluşan momentin (Çizelge 4.34)'de görülen eğilme rijitliğine oranıyla elde edilmiştir.

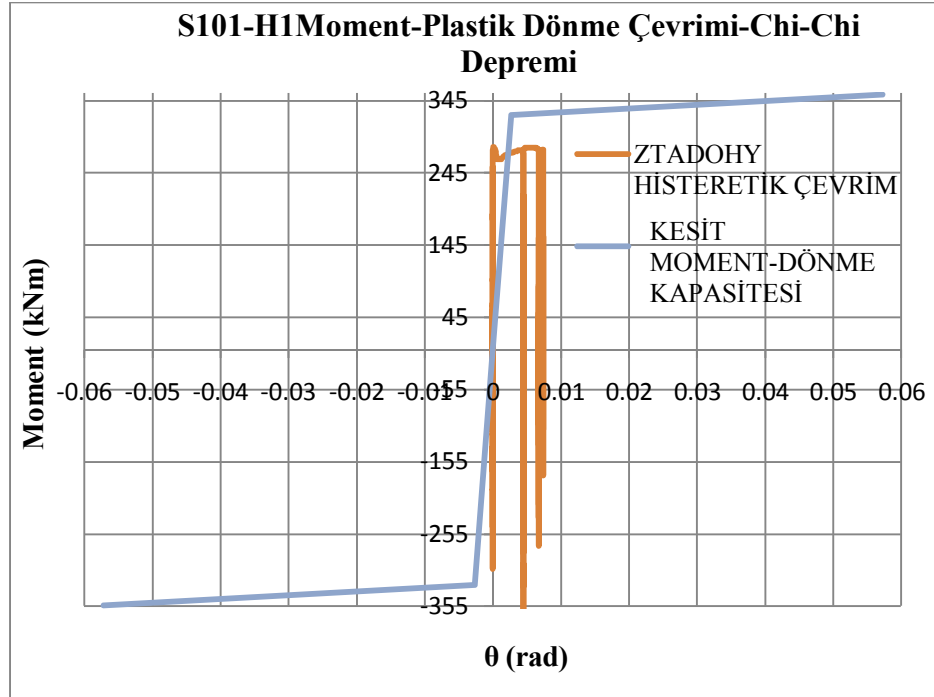
K101 kirişi için verilen örnek hesaptaki adımlar (Çizelge 4.6), (Çizelge 4.13) ve (Çizelge 4.20)' de kalıp planlarında gösterilen kirişlerden ilk iki katta TSM-1'de K102, K103, K104, K105, K106, K201, K202, K203, K204, K205 ve K206 kirişleri, TSM-2 ve TSM-3'de K101, K102, K103, K104, K105, K201, K202, K203, K204 ve K205 kirişleri için tekrar edilmiş ve elde edilen sonuçlar EK C'de çizelgeler halinde gösterilmiştir.

4.3.7.2 TSM-1 için S101 kolonu örnek hesap

Yedi farklı deprem etkisi altında, S101 kolonunun alt ucunda elde edilen plastik dönme-zaman grafikleri ve Chi-Chi Depremine ait eğilme momenti-plastik dönme çevrimleri sırasıyla (Şekil 4.44) ve (Şekil 4.45)'te verilmiştir.



Şekil 4.44: S101 kolonu alt ucu plastik dönme-zaman grafiği.



Şekil 4.45: S101 kolonu alt ucu eğilme momenti-plastik dönme çevrimi.

Zaman tanım alanında yapılan analiz sonucunda S101 kolonunun alt ucu için elde edilen ortalama plastik dönme değeri, o doğrultudaki plastik mafsalsal boyuna bölünerek plastik eğrilik istemi elde edilmiştir. Plastik mafsalsal boyu enkesit yüksekliğinin yarısı olarak alınmıştır. Buna göre;

$$b=45 \text{ cm}$$

$$h=45 \text{ cm}$$

$$L_p=45/2=22.5 \text{ cm}$$

$$\phi_p=0.04905 \text{ radyan}$$

$$\phi_p=\phi_p/L_p=0.04905/0.225=0.218 \text{ rad/m}$$

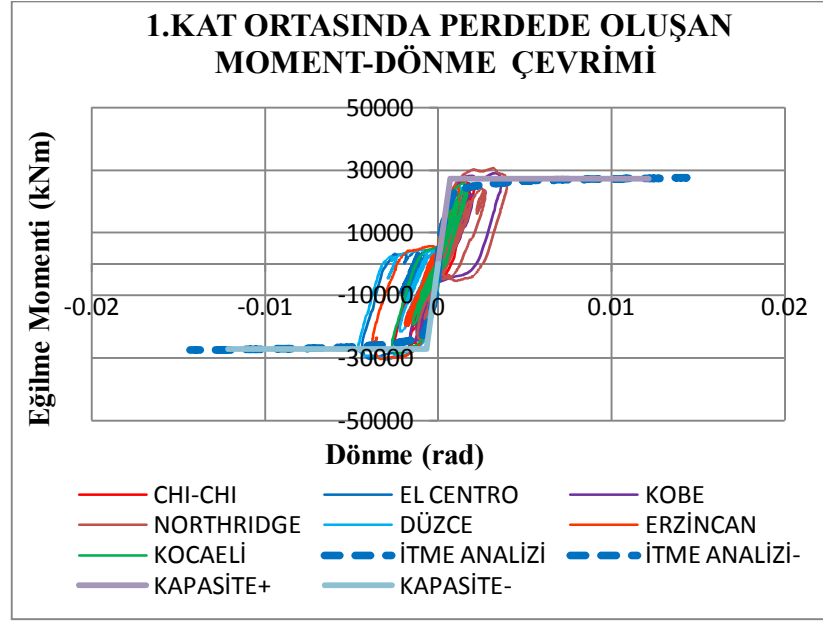
$$\phi_t=\phi_y+\phi_p=0.0325 \text{ rad/m}$$

Hesaplanan eğrilik, akma eğriliği ile toplanarak toplam eğrilik elde edilir. Akma eğriliğinin hesabı, XTRACT kesit analiz programıyla yapılmıştır. Plastik mafsalsal oluşan kolonlarda akma eğriliği, elemanda meydana gelen normal kuvvet değerine karşı gelen eğrilik değeri olarak hesaplanmıştır. Plastik mafsalsal oluşmayan kolonlarda ise öncelikle, elverişsiz eğilme momentinin olduğu adımdaki normal kuvvet değerine bağlı olarak XTRACT programında akma momenti ve akma eğriliği bulunmuştur. Bulunan akma momenti, akma eğriliğine oranlanarak elemanın eğilme rijitliği elde edilir. Son olarak da elverişsiz eğilme momentinin bu eğilme rijitliğine oranıyla akma eğriliği elde edilmiştir. Her bir deprem için plastik mafsalsal oluşmayan kolonlarda elde edilen akma eğrilikleri ve eğilme rijitlikleri aşağıda EK A'da çizelgeler halinde gösterilmiştir.

S101 kolonu için verilen örnek hesaptaki adımlar (Çizelge 4.5)'deki kolonlar için tekrar edilmiş ve elde edilen sonuçlar EK C'de çizelgeler halinde gösterilmiştir.

4.3.7.3 TSM-2 için P perdesi örnek hesap

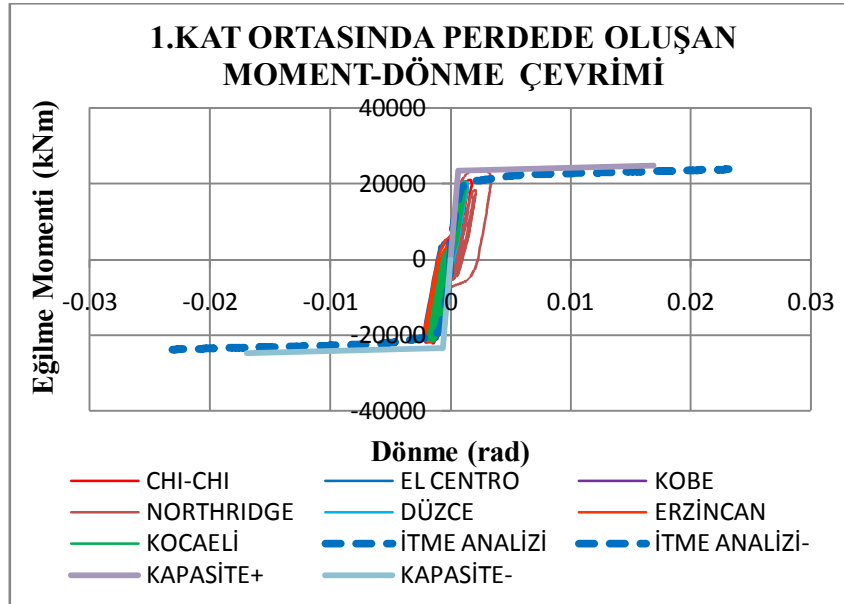
Perde kesitinin eğrilik istemlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan eğilme momenti-eğrilik analizinde x yönü (Bkz. Şekil 4.9) 1.kat perdesi seçilmiştir. Yedi farklı deprem etkisi altında 1.kat ortasında perdede oluşan moment-plastik dönme çevrimi (Şekil 4.46)'da verilmektedir.



Şekil 4.46: TSM-2 için 1.kat ortasında perde eğilme momenti-plastik dönme çevrimi.

4.3.7.3 TSM-3 için P perdesi örnek hesap

Yedi farklı depremin 1.kat ortasında perdede oluşan moment-plastik dönme çevrimi (Şekil 4.47)'de verilmektedir.



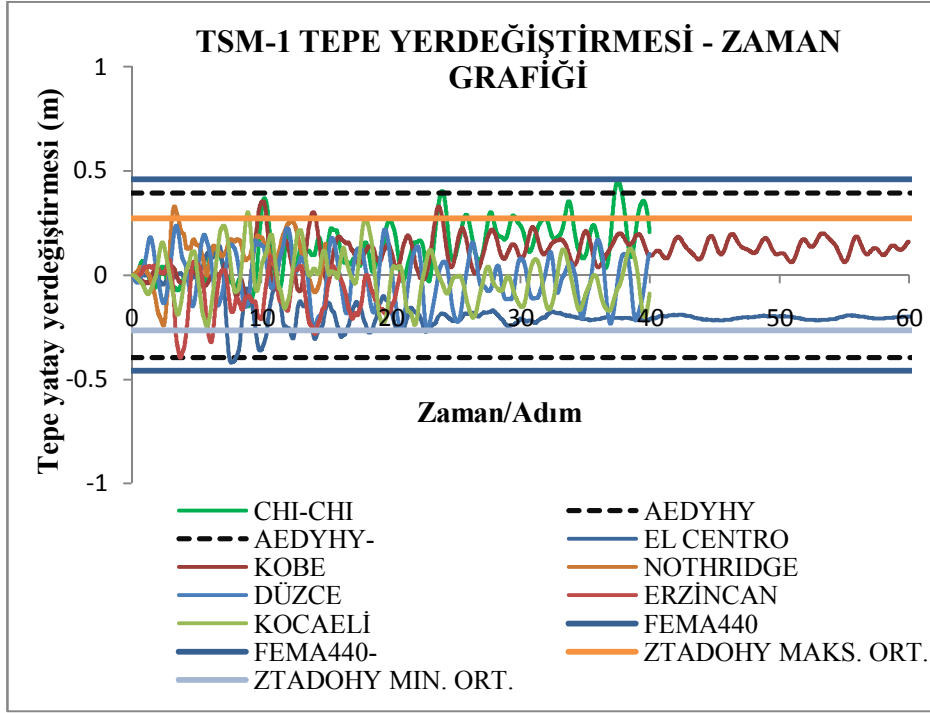
Şekil 4.47: TSM-3 için 1.kat ortasında perde eğilme momenti-plastik dönme çevrimi.

4.4 AEDYHY, FEMA440 Yöntemi ve ZTADOHY ile Bulunan Sonuçların Karşılaştırılması

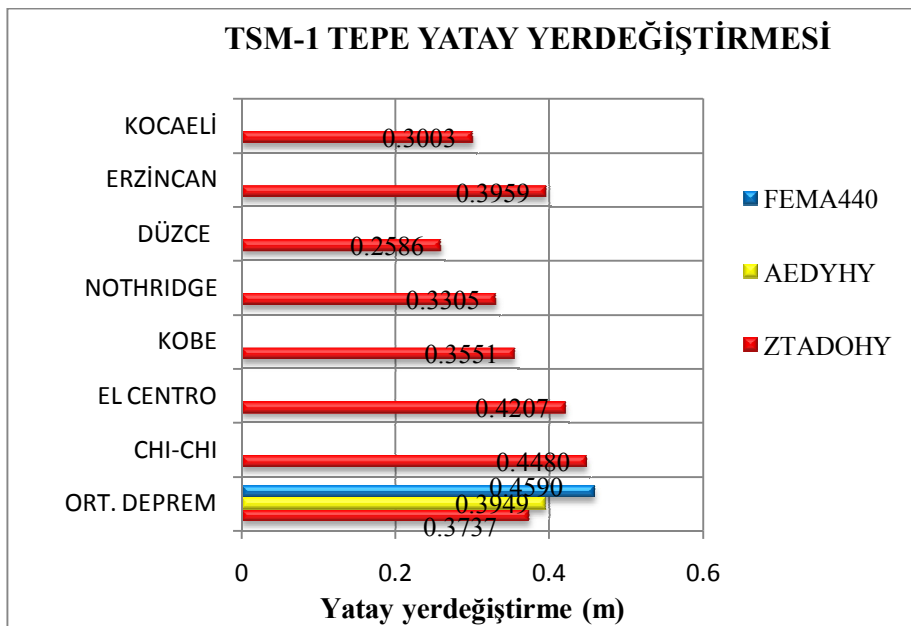
4.4.1 TSM-1 için karşılaştırmalar

4.4.1.1 Tepe yatay yerdeştirmelerinin karşılaştırılması

ZTADOHY ile yedi farklı deprem yer hareketinden elde edilen tepe yatay yerdeştirmesi-zaman grafikleri (şekil 4.48)'de, yedi adet depremde ulaşılan en büyük tepe yerdeştirmeleri ve ortalamalarının AEDYHY ve FEMA440'a göre elde edilen karşılaştırmalı grafiği (şekil 4.49)'da gösterilmiştir.



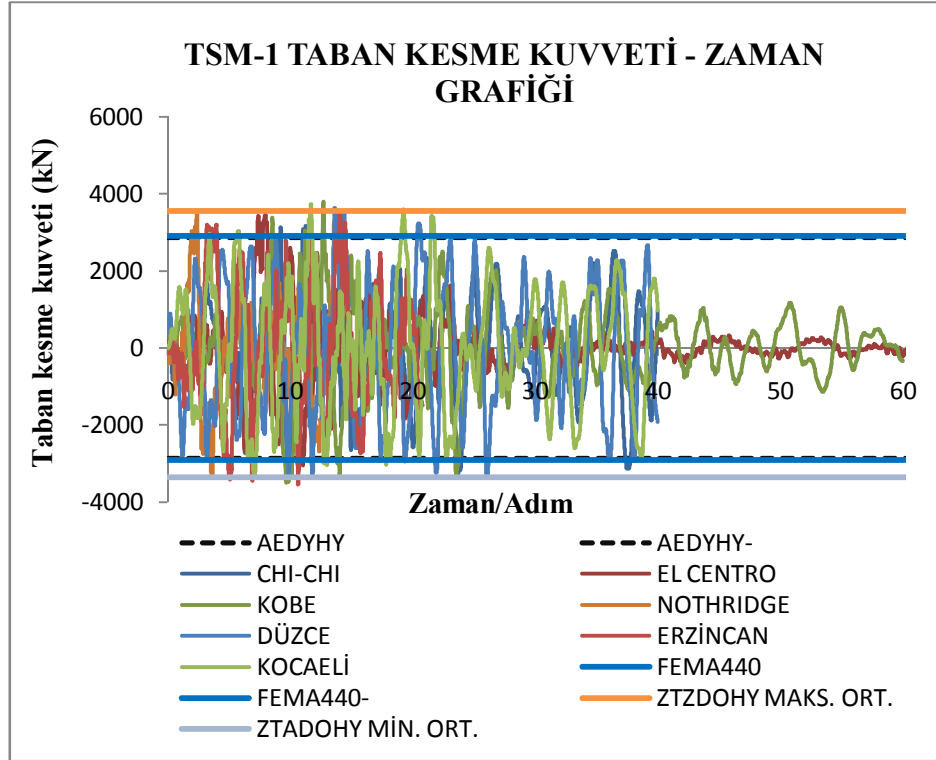
şekil 4.48: TSM-1 zaman tanım alanında hesap sonucunda bulunan tepe yatay yerdeştirmeleri.



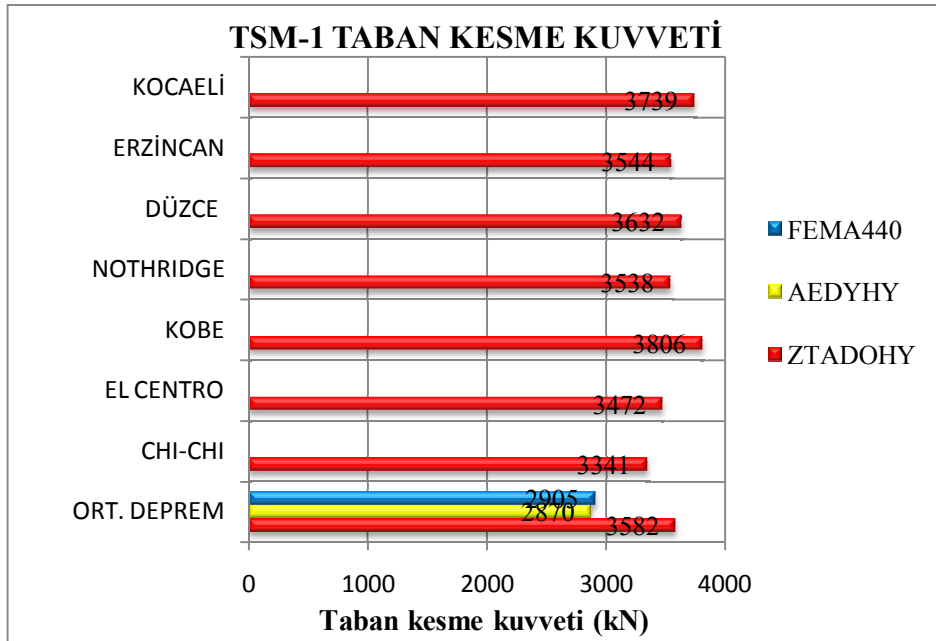
şekil 4.49: TSM-1 karşılaştırmalı tepe yatay yerdeştirmeleri.

4.4.1.2 Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

Yedi farklı deprem yer hareketinden elde edilen taban kesme kuvveti-zaman grafiği (Şekil 4.50)'de, yedi adet depremin taban kesme kuvvetlerinin AEDYHY ve FEMA440'a göre elde edilen karşılaştırmalı grafiği (Şekil 4.51)'de gösterilmiştir.



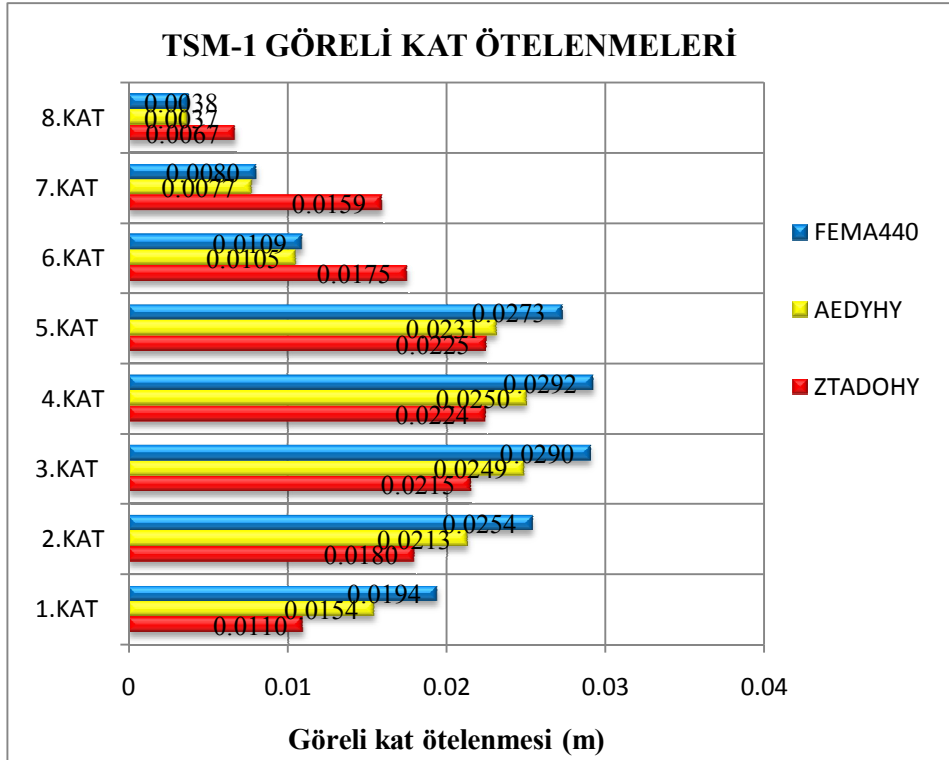
Şekil 4.50: TSM-1 zaman tanım alanında hesap sonucunda bulunan taban kesme kuvvetleri.



Şekil 4.51: TSM-1 karşılaştırmalı taban kesme kuvvetleri.

4.4.1.3 Görelî kat ötelenmelerinin karşılaştırılması

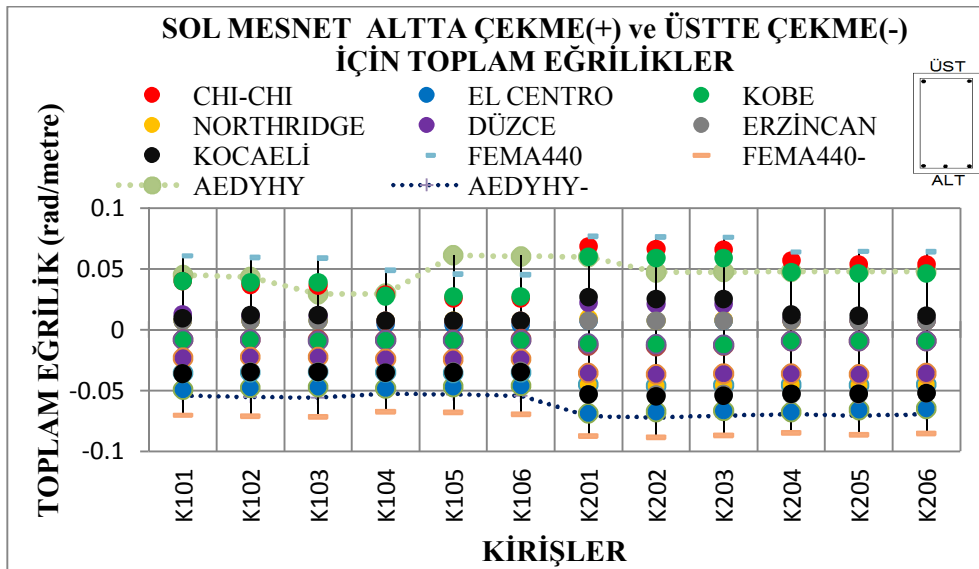
Görelî kat ötelenmelerinin karşılaştırmalı grafiğı (Şekil 4.52)'de gösterilmiştir.



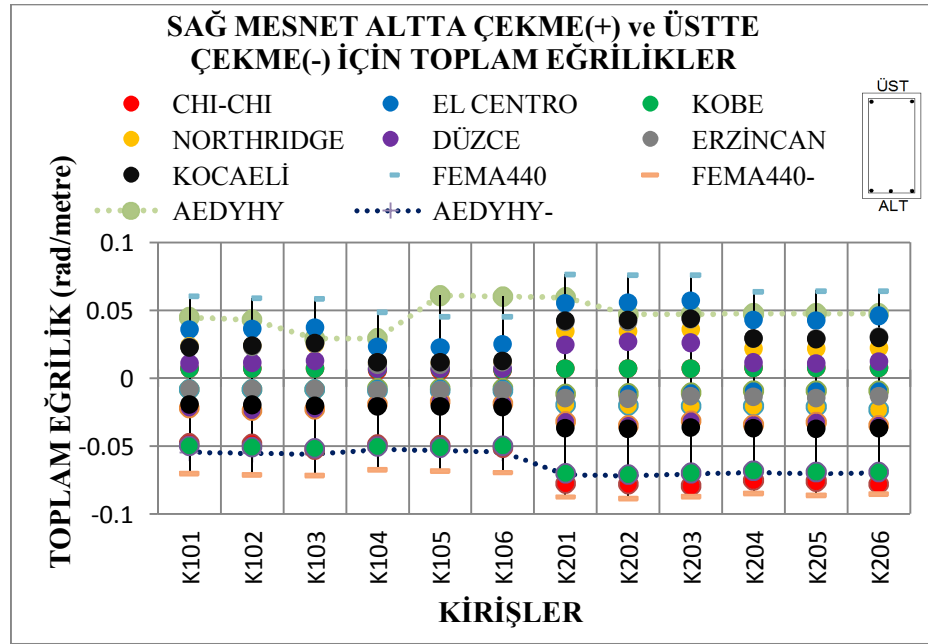
Şekil 4.52: TSM-1 karşılaştırmalı görelî kat ötelenmeleri.

4.4.1.4 Kiriş toplam eğriliklerinin karşılaştırılması

Kiriş sol ve sağ mesnetlerinde oluşan toplam eğriliklerin karşılaştırmalı grafikleri (Şekil 4.53) ve (Şekil 4.54)'de gösterilmiştir.



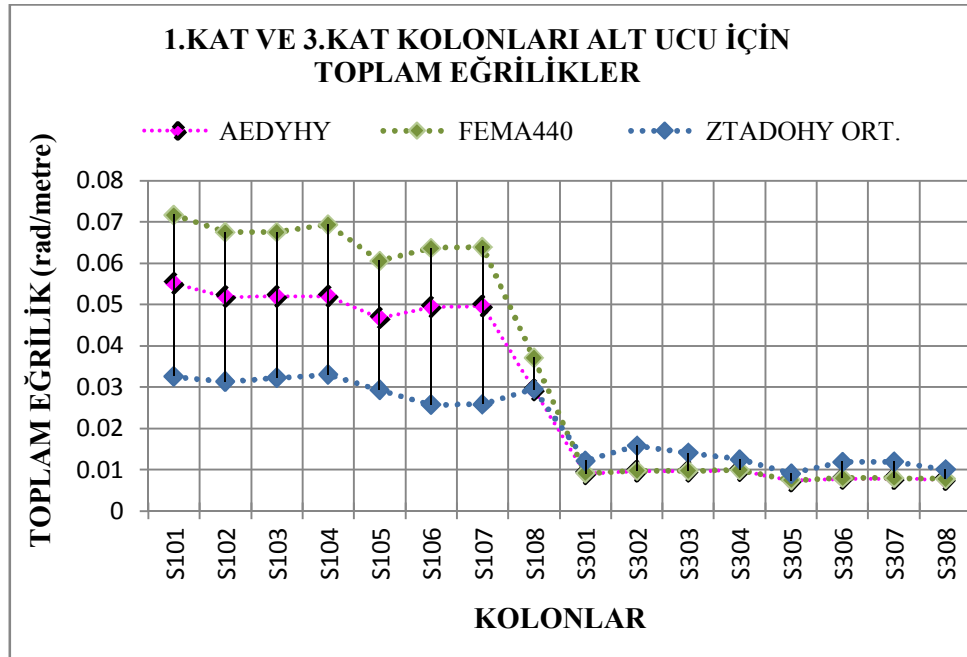
Şekil 4.53: TSM-1 kiriş sol mesneti toplam eğriliklerinin karşılaştırılması.



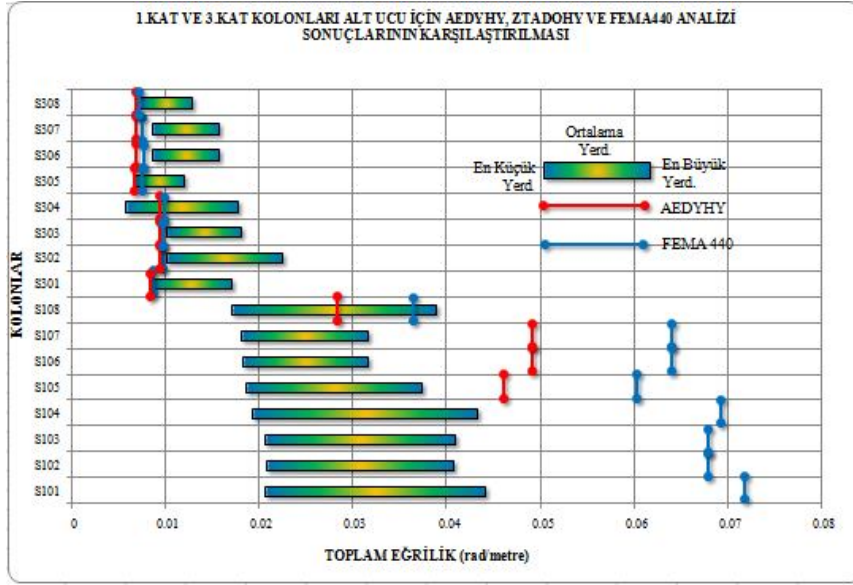
Şekil 4.54: TSM-1 kiriş sağ mesneti toplam eğriliklerinin karşılaştırılması.

4.4.1.5 Kolon toplam eğriliklerinin karşılaştırılması

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz sonucunda yedi farklı deprem yer hareketinden elde edilen kolon toplam eğriliklerin artımsal eşdeğer deprem yükü hesap yöntemi ve FEMA440'la karşılaştırmalı grafikleri (Şekil 4.55) ve (Şekil 4.56)'de gösterilmiştir.



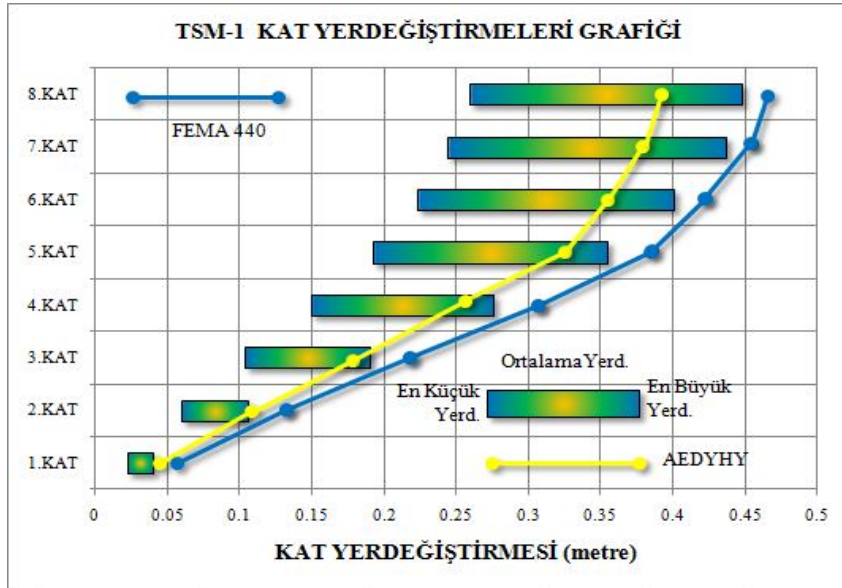
Şekil 4.55: TSM-1 kolon toplam eğriliklerinin karşılaştırılması.



Şekil 4.56: TSM-1 kolon toplam eğriliklerinin karşılaştırılması.

4.4.1.6 Kat yatay yerdeğiştirmelerinin karşılaştırılması

Tepe yatay yerdeğiştirmeleri açısından değerlendirildiğinde elde edilen karşılaştırmalı grafik (Şekil 4.57) 'de gösterilmiştir.

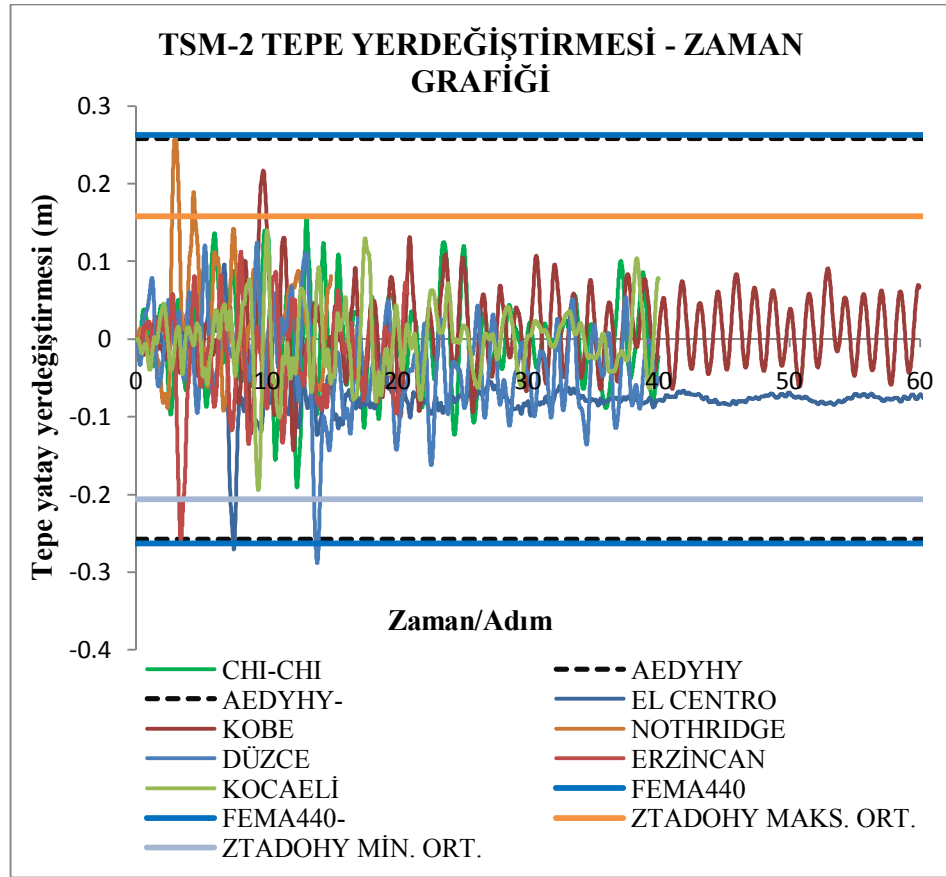


Şekil 4.57: TSM-1 karşılaştırmalı kat yatay yerdeğiştirmeleri.

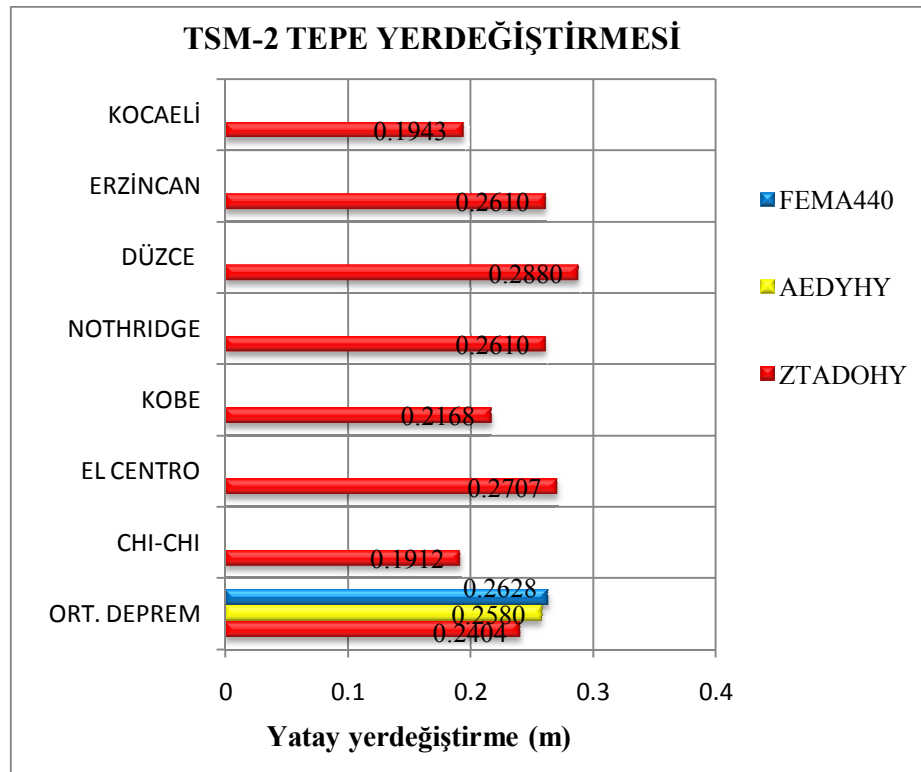
4.4.2 TSM-2 için karşılaştırmalar

4.4.2.1 Tepe yatay yerdeğiştirmelerinin karşılaştırılması

Tepe yatay yerdeğiştirmesinin zamana bağlı değişimini gösteren grafik (Şekil 4.58)'de, karşılaştırmalı grafiği ise (Şekil 4.59)'da gösterilmiştir.



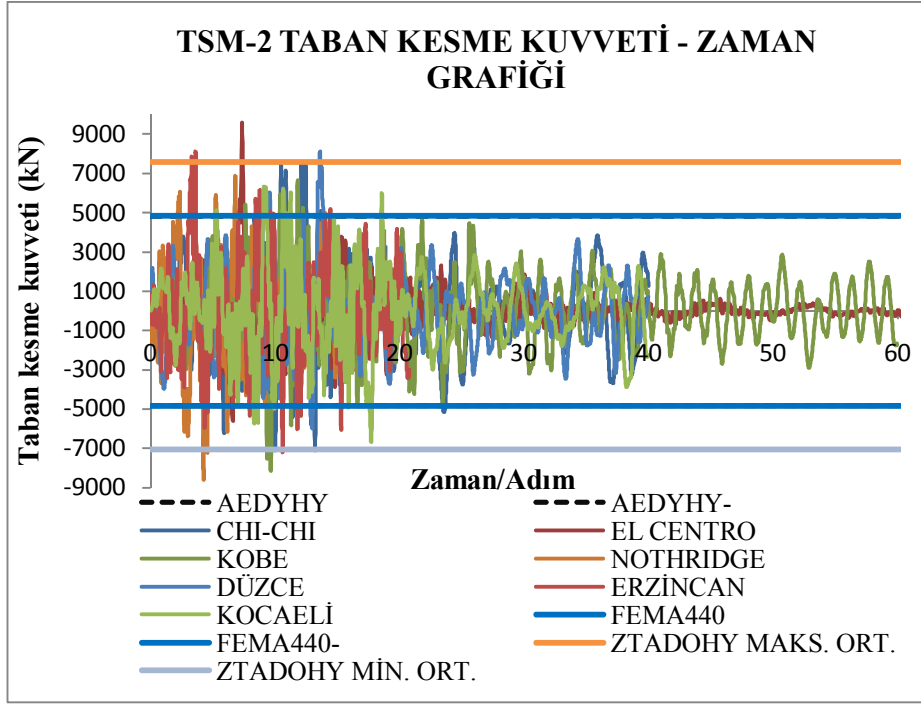
Şekil 4.58: TSM-2 zaman tanım alanında hesap sonucunda bulunan tepe yatay yerdeğiştirmeleri.



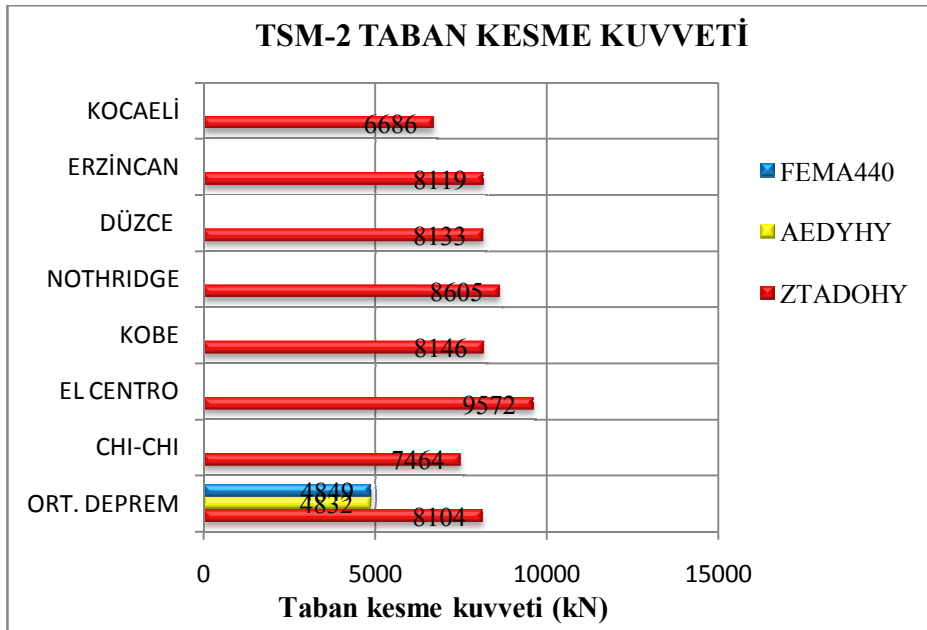
Şekil 4.59: TSM-2 karşılaştırmalı tepe yatay yerdeğiştirmeleri.

4.4.2.2 Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

Yedi farklı deprem yer hareketinden elde edilen taban kesme kuvveti-zaman grafiği (Şekil 4.60)'da, yedi farklı depremin ortalama taban kesme kuvvetlerinin artımsal eşdeğer deprem yükü hesap yöntemleriyle karşılaştırmalı grafiği ise (Şekil 4.61)'de gösterilmiştir.



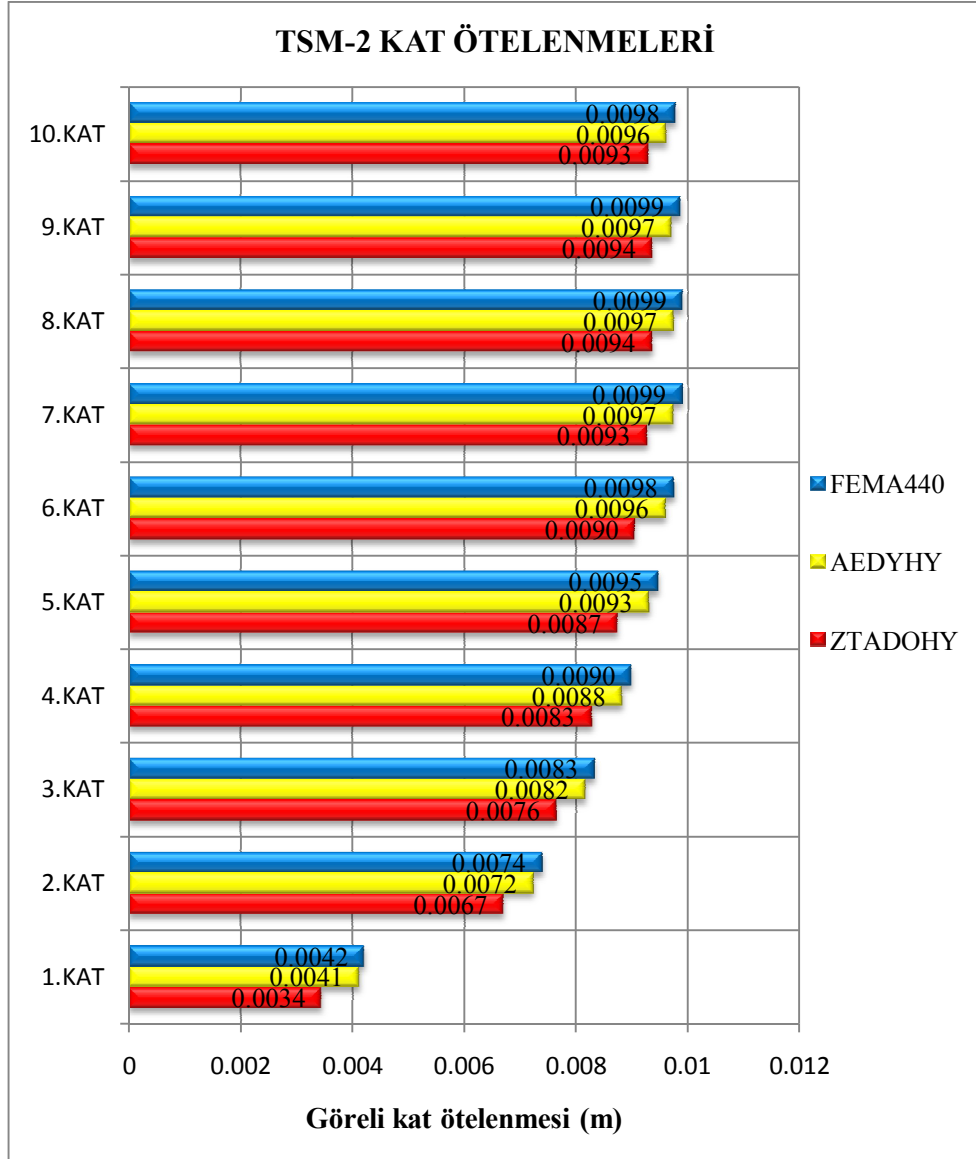
Şekil 4.60: TSM-2 zaman tanım alanında hesap sonucunda bulunan taban kesme kuvvetleri.



Şekil 4.61: TSM-2 karşılaştırmalı taban kesme kuvvetleri.

4.4.2.3 Görelî kat ötelenmelerinin karşılaştırılması

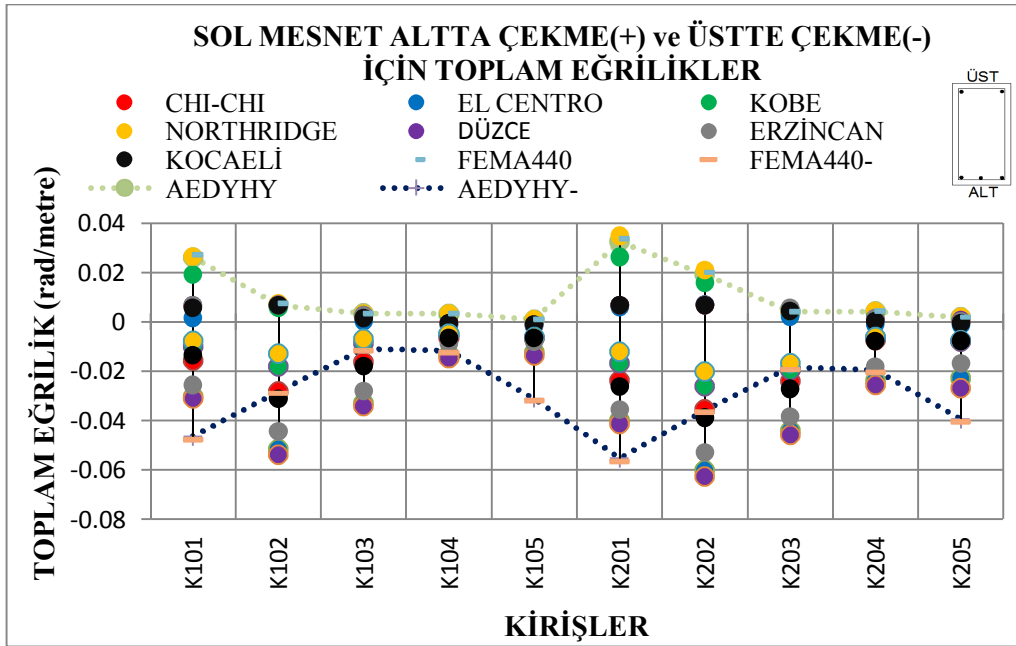
Zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz sonucunda yedi farklı deprem yer hareketinden elde edilen görelî kat ötelenmelerinin ortalamalarının Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemlerinden AEDYHY ve FEMA440 ile karşılaştırmalı grafiğı (Şekil 4.62)'de gösterilmiştir.



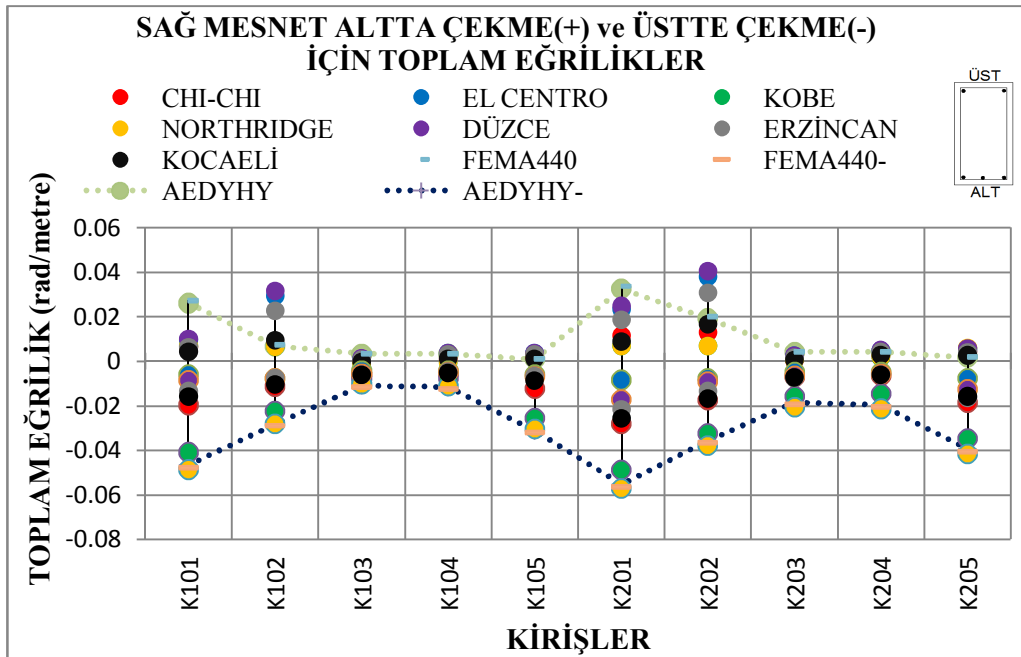
Şekil 4.62: TSM-2 karşılaştırmalı görelî kat ötelenmeleri.

4.4.2.4 Kiriş toplam eğriliklerinin karşılaştırılması

Deprem yer hareketlerinden elde edilen kiriş toplam eğriliklerin artımsal eşdeğer deprem yükü hesap yöntemlerinden AEDYHY ve FEMA440'la karşılaştırmalı grafikleri (Şekil 4.63) ve (Şekil 4.64)'de gösterilmiştir.



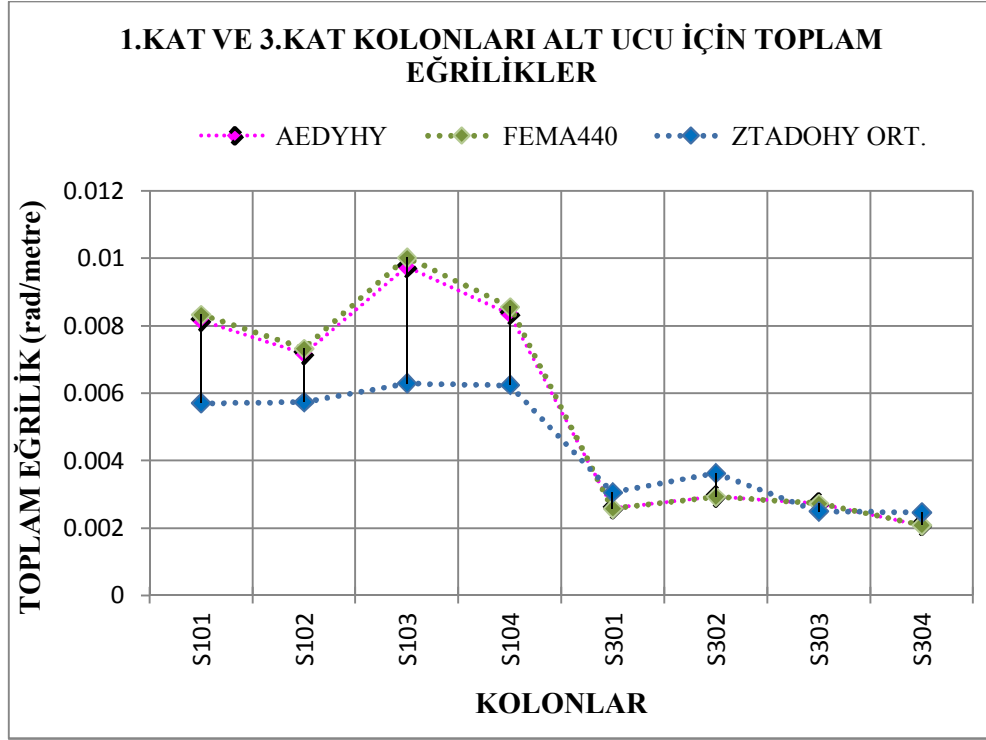
Şekil 4.63: TSM-2 kiriş sol mesneti toplam eğriliklerinin karşılaştırılması.



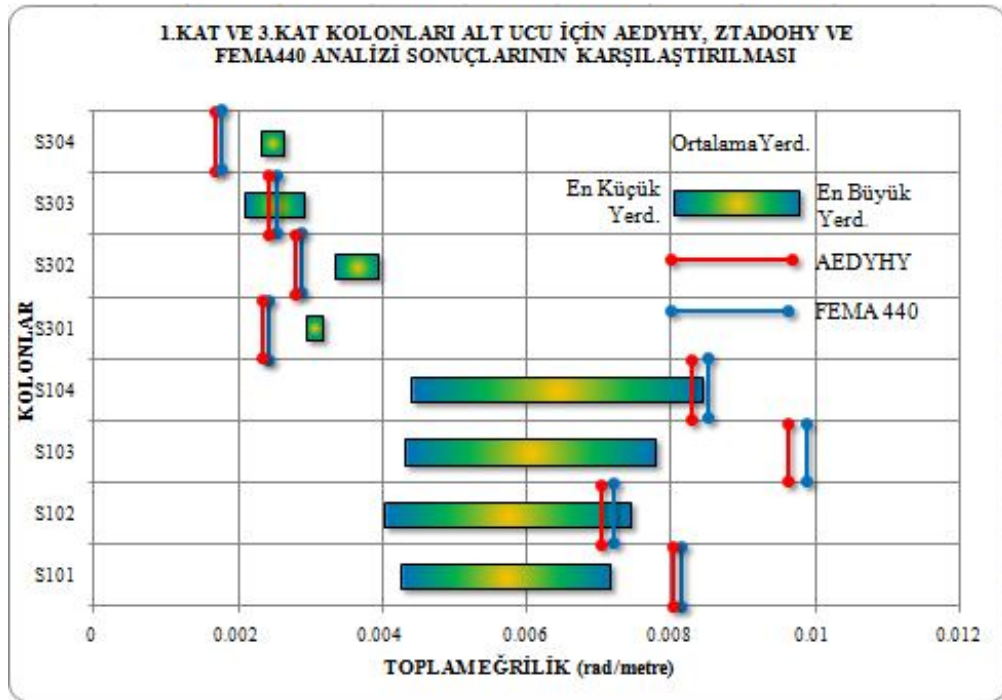
Şekil 4.64: TSM-2 kiriş sağ mesneti toplam eğriliklerinin karşılaştırılması.

4.4.2.5 Kolon toplam eğriliklerinin karşılaştırılması

Yedi farklı deprem yer hareketinden elde edilen kolon toplam eğriliklerin artımsal eşdeğer deprem yükü hesap yöntemleriyle karşılaştırmalı grafikleri (Şekil 4.65) ve (Şekil 4.66)'da gösterilmiştir.



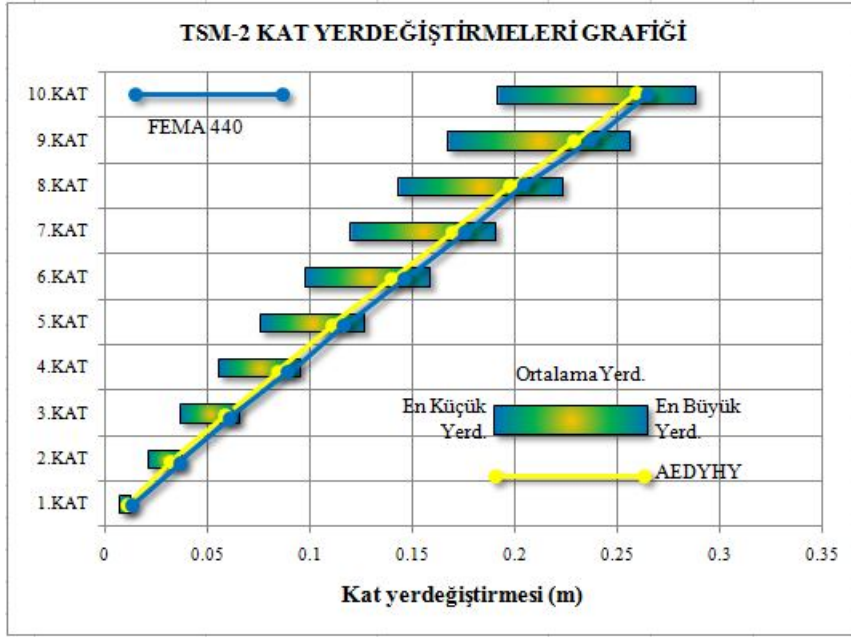
Şekil 4.65: TSM-2 kolon toplam eğriliklerinin karşılaştırılması.



Şekil 4.66: TSM-2 kolon toplam eğriliklerinin karşılaştırılması.

4.4.2.6 Kat yatay yerdeğiştirmelerinin karşılaştırılması

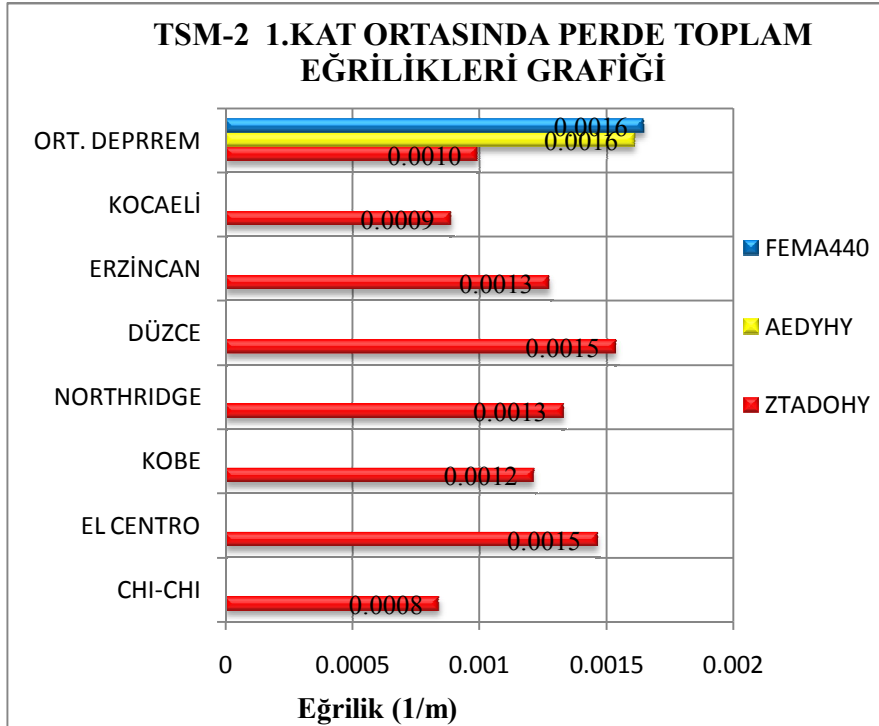
Kat yatay yerdeğiştirmelerinin karşılaştırmalı grafiği (Şekil 4.67)'de gösterilmiştir.



Şekil 4.67: TSM-2 karşılaştırmalı kat yatay yerdeğiştirmeleri.

4.4.2.7 Birinci kat ortasında oluşan perde toplam eğriliklerinin karşılaştırılması

Zaman tanım alanında yapılan doğrusal olmayan dinamik analiz sonucunda yedi farklı deprem yer hareketinde 1.kat ortasında gerçekleşen perde toplam eğriliklerinin eşdeğer deprem yükü hesap yöntemleriyle karşılaştırmalı grafiği (Şekil 4.68)'de gösterilmiştir.

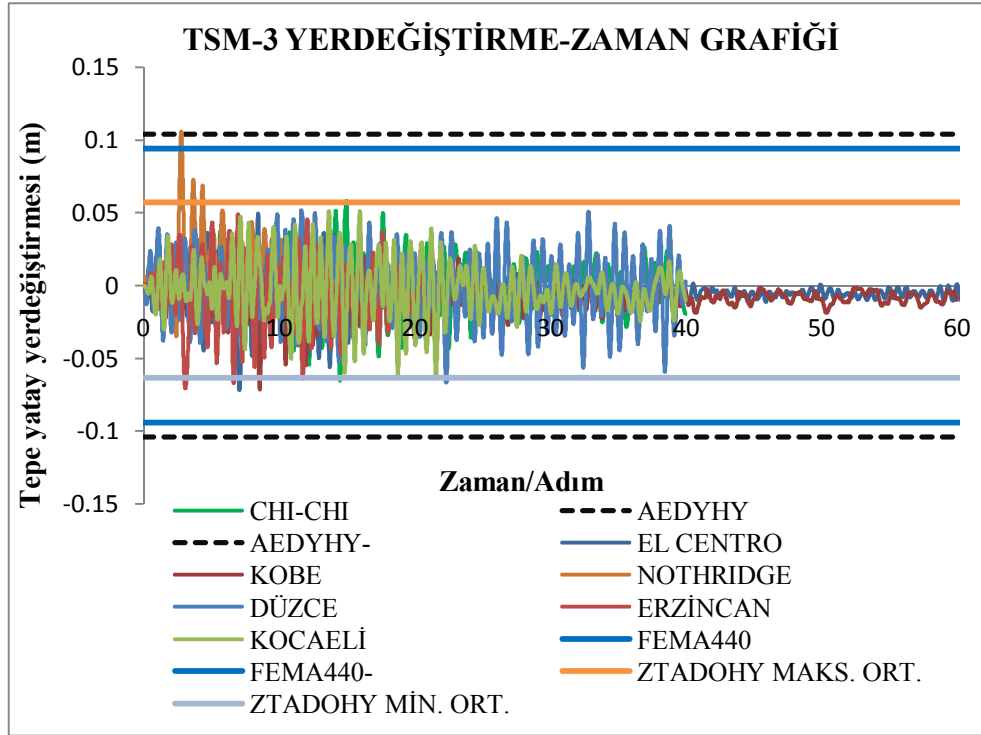


Şekil 4.68: TSM-2 karşılaştırmalı 1.kat ortasında perdede oluşan toplam eğrilikler.

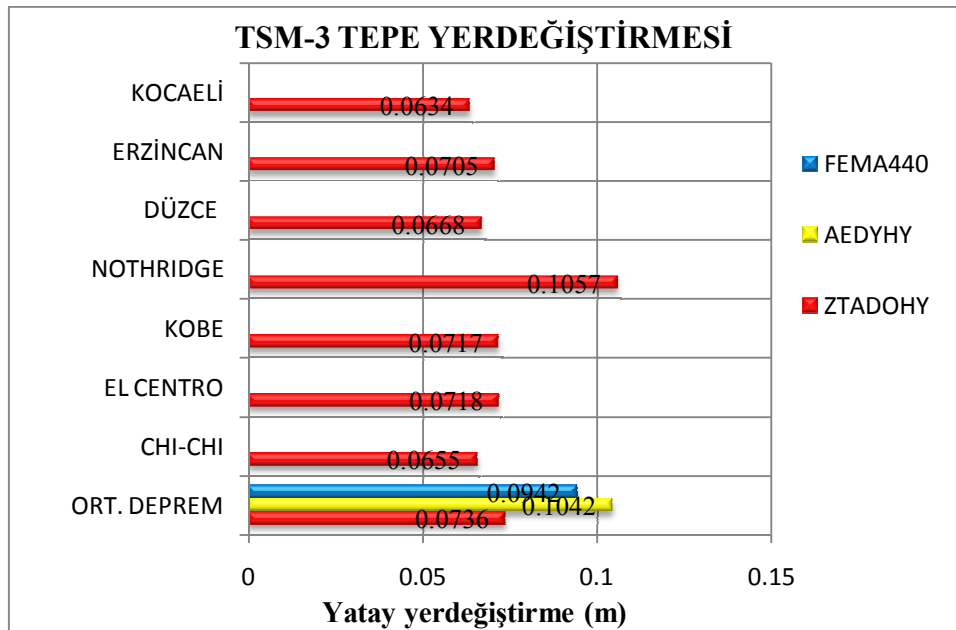
4.4.3 TSM-3 için karşılaştırmalar

4.4.3.1 Tepe yatay yerdeğıştirmelerinin karşılaştırılması

Tepe yatay yerdeğıştirmelerinin zamana bağılı olarak değışimi gösteren grafik (Şekil 4.69)'da, karşılaştırmalı grafiğı ise (Şekil 4.70)'de gösterilmiştir.



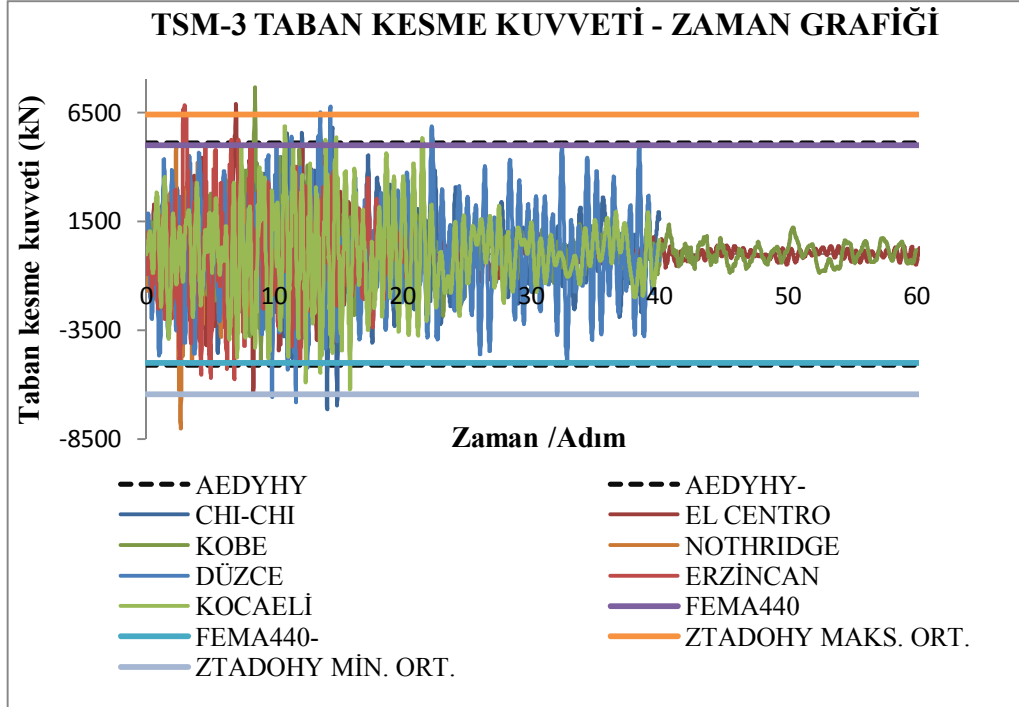
Şekil 4.69: TSM-3 zaman tanım alanında hesap sonucunda bulunan tepe yatay yerdeğıştirmeleri.



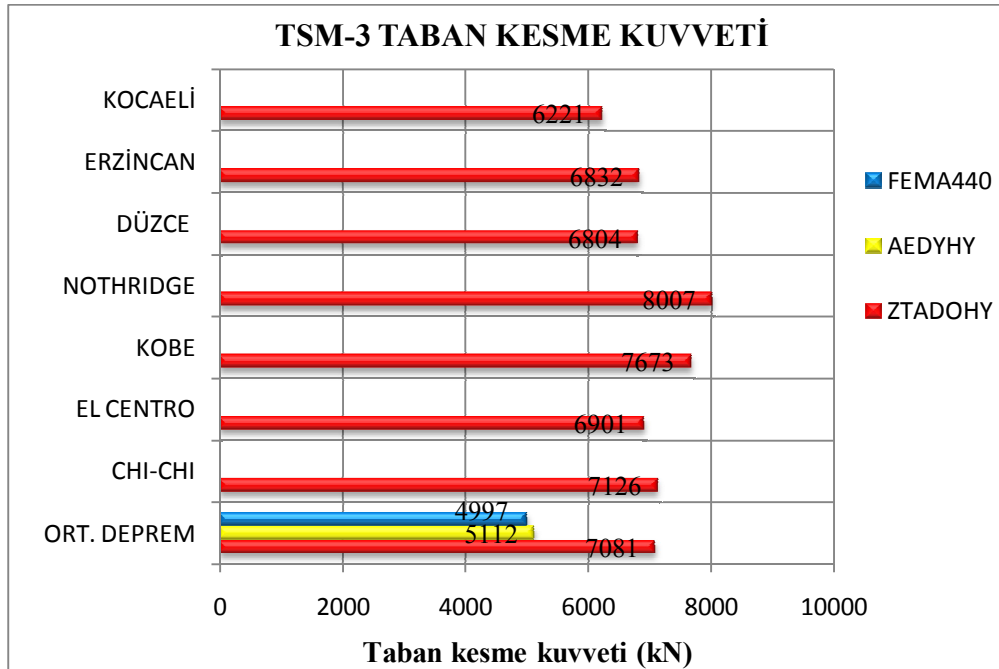
Şekil 4.70: TSM-3 karşılaştırmalı tepe noktası yatay yerdeğıştirmeleri.

4.4.3.2 Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

Taban kesme kuvvetlerinin zamana bağlı olarak değişimini gösteren grafik (Şekil 4.71)'de, karşılaştırmalı grafiği ise (Şekil 4.72)'de gösterilmiştir.



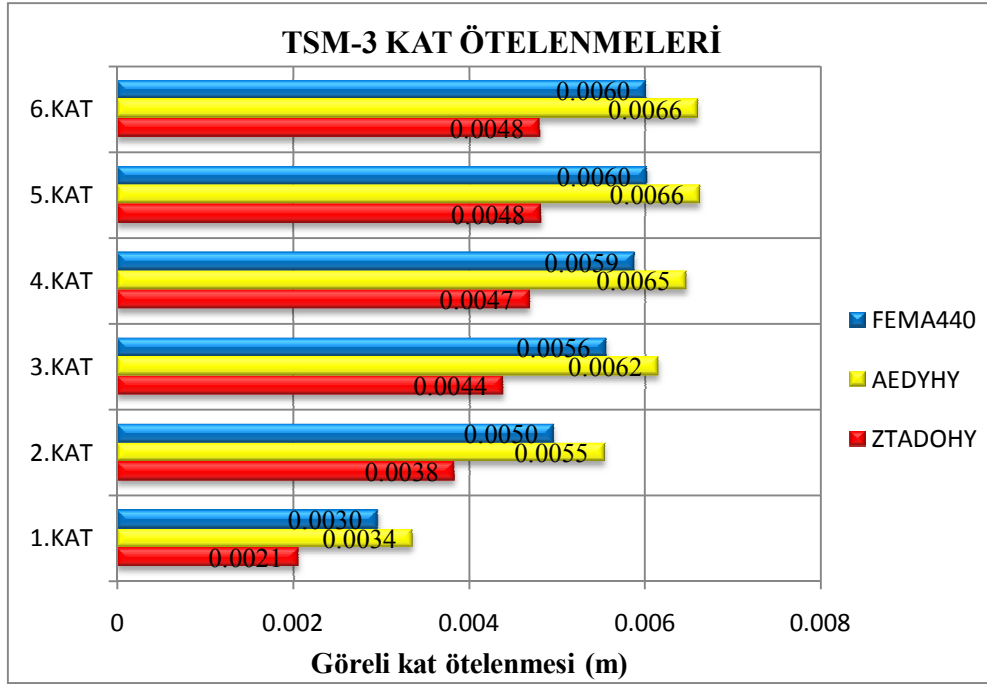
Şekil 4.71: TSM-3 zaman tanım alanında hesap sonucunda bulunan taban kesme kuvvetleri.



Şekil 4.72: TSM-3 karşılaştırmalı taban kesme kuvvetleri.

4.4.3.3 Göreli kat ötelenmelerinin karşılaştırılması

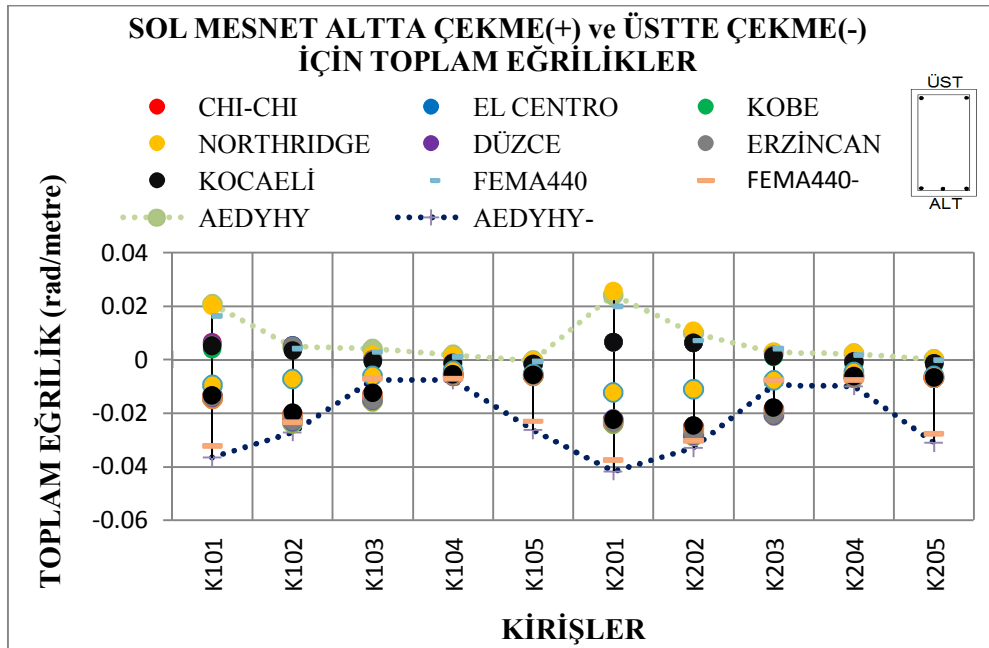
Görelî kat ötelenmelerinin karşılaştırmalı grafiğı (Şekil 4.73)'de gösterilmiştir.



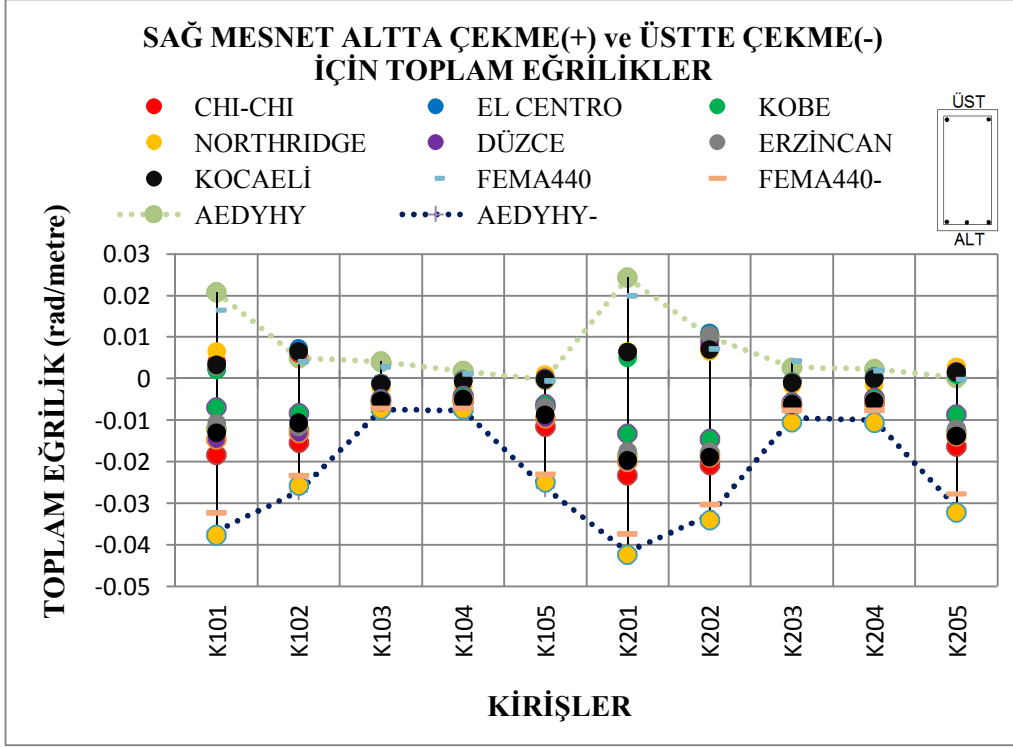
Şekil 4.73: TSM-3 karşılaştırmalı göreli kat ötelenmeleri.

4.4.3.4 Kiriş toplam eğriliklerinin karşılaştırılması

Kiriş toplam eğriliklerin sol mesnet ve sağ mesnet için karşılaştırmalı grafiğeri (Şekil 4.74) ve (Şekil 4.75)'de gösterilmiştir.



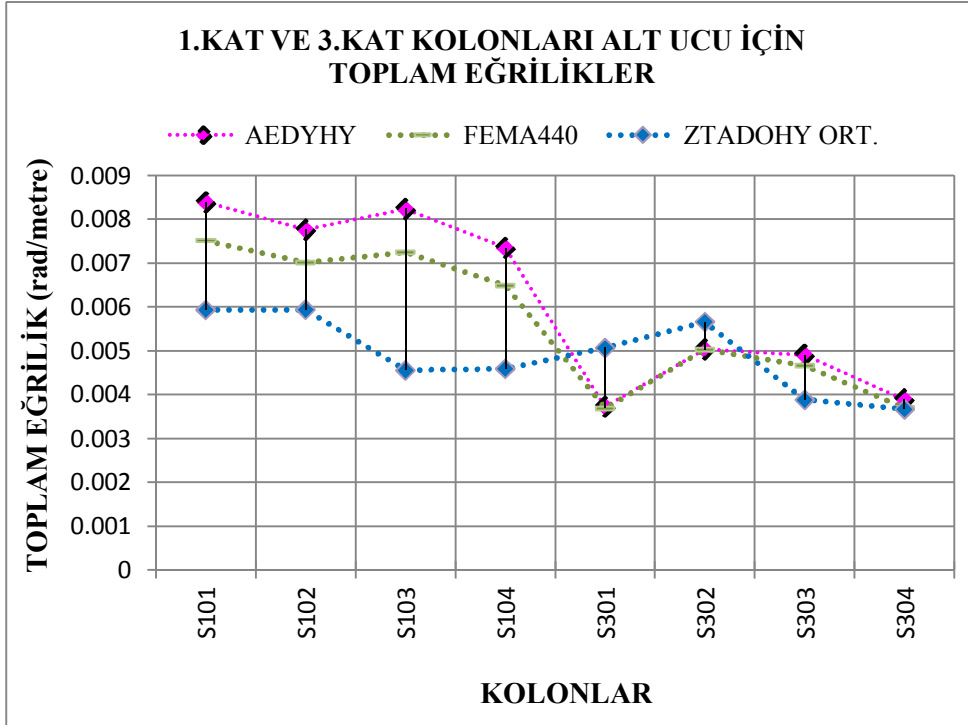
Şekil 4.74: TSM-3 kiriş sol mesneti toplam eğriliklerinin karşılaştırılması.



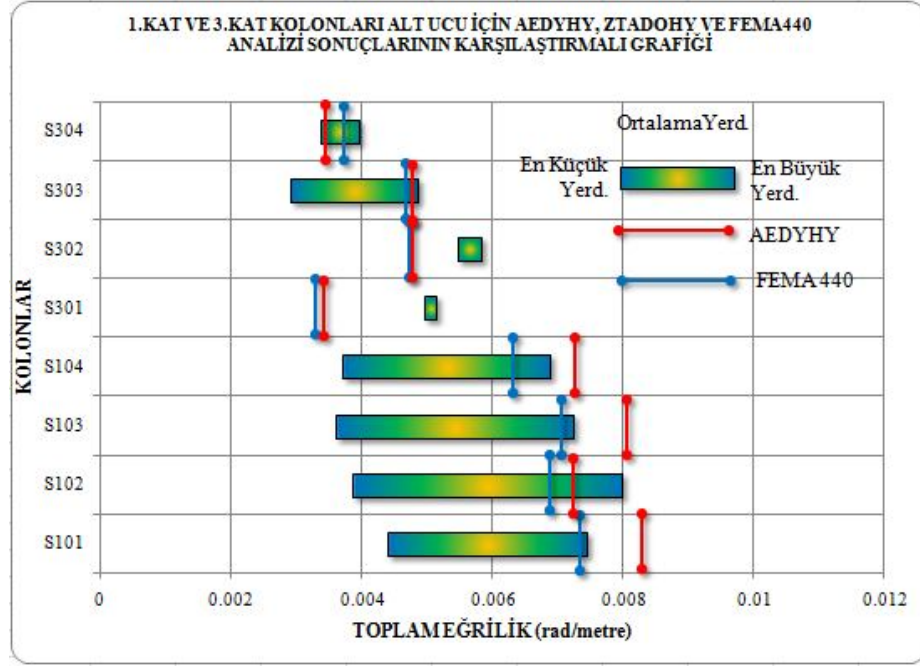
Şekil 4.75: TSM-3 kiriş sağ mesneti toplam eğriliklerinin karşılaştırılması.

4.4.3.5 Kolon toplam eğriliklerinin karşılaştırılması

Kolon toplam eğriliklerin karşılaştırmalı grafikleri (Şekil 4.76) ve (Şekil 4.77)'de gösterilmiştir.



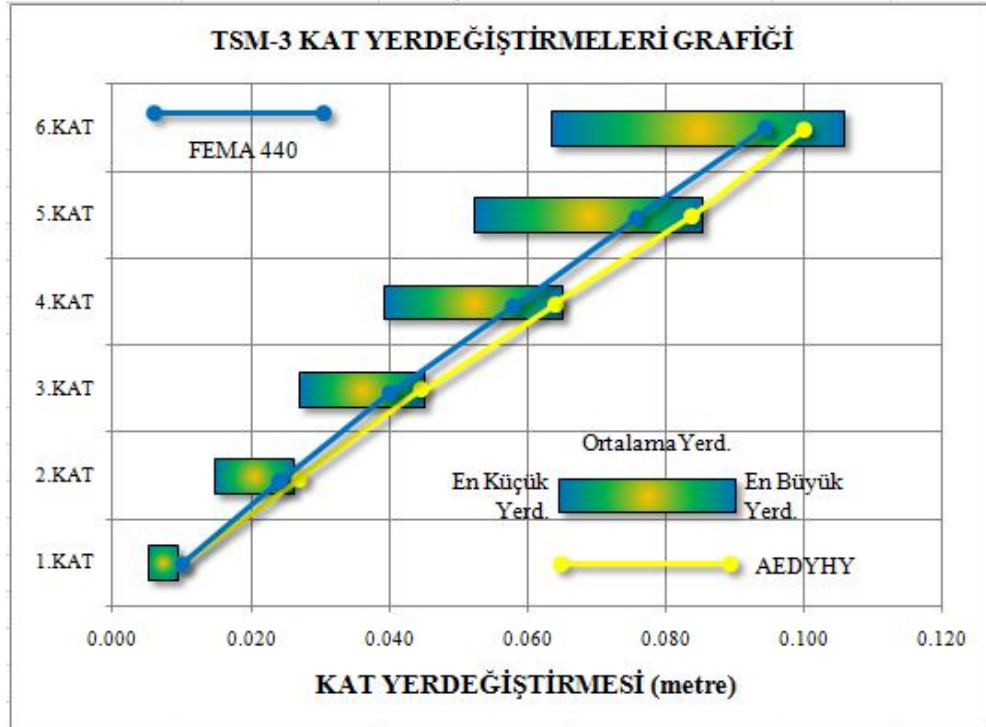
Şekil 4.76: TSM-3 kolon toplam eğriliklerinin karşılaştırılması.



Şekil 4.77: TSM-3 kolon toplam eğriliklerinin karşılaştırılması.

4.4.3.6 Kat yatay yerdeğıştirmelerinin karşılaştırılması

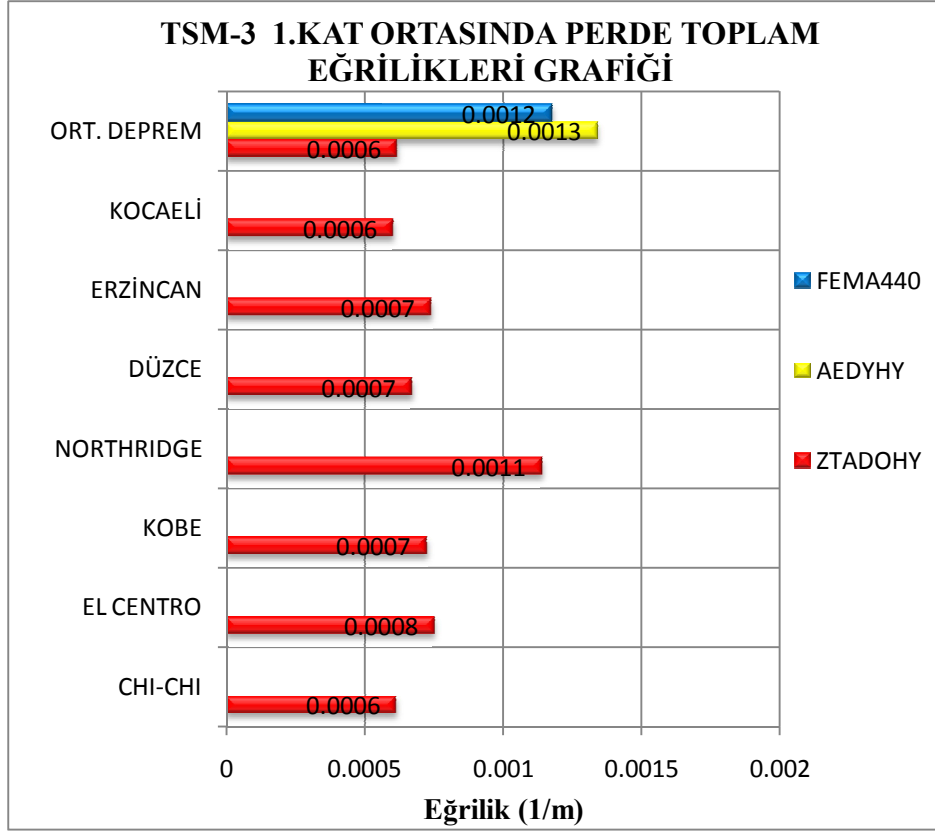
Yedi farklı deprem yer hareketinden elde edilen kat yatay yerdeğıştirmelerin ortalamalarının eşdeğer deprem yükü hesap yöntemleriyle karşılaştırmalı grafiğı (Şekil 4.78)'da gösterilmiştir.



Şekil 4.78: TSM-3 karşılaştırmalı kat yatay yerdeğıştirmeleri.

4.4.3.7 Birinci kat ortasında oluşan perde toplam eğriliklerinin karşılaştırılması

Birinci kat ortasında meydana gelen perde toplam eğriliklerinin karşılaştırmalı grafiği (Şekil 4.79)'da gösterilmiştir.



Şekil 4.79: TSM-3 karşılaştırmalı 1.kat ortasında perdede oluşan toplam eğrilikler.

4.5 Sayısal İncelemelere İlişkin Değerlendirmeler

8 katlı çerçeve (TSM-1), 10 katlı perde ve çerçeve (TSM-2), 6 katlı perde ve çerçeve (TSM-3) betonarme taşıyıcı sistem modelleri üzerinde artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak AEDYHY ile FEMA440 yöntemi ve ZTADOHY uygulanarak gerçekleştirilen sayısal incelemelerde şu sonuçlara varılmıştır.

- 1- TSM-1 (8 katlı çerçeve) taşıyıcı sistem modeli üzerinde yapılan sayısal çözümler bina tepe yatay yerdeğiştirmeleri açısından karşılaştırıldığında, AEDYHY ile 0.3949 m, FEMA440'a göre 0.4590 m olarak bulunan bina tepe yatay yerdeğiştirmesi, ZTADOHY ile ortalama 0.3737 m olarak bulunmuştur. ZTADOHY ile bulunan tepe yatay yerdeğiştirmesi, AEDYHY ile elde edilen tepe yatay yerdeğiştirmesinin %95'i, FEMA440 ile bulunan tepe yatay yerdeğiştirmesinin %81'i olmaktadır.

TSM-1 taşıyıcı sistem modeli üzerinde uygulanan farklı analizlerden elde edilen sonuçlar taban kesme kuvvetleri açısından değerlendirildiğinde, AEDYHY ile 2870 kN, FEMA440 ile 2905 kN olarak elde edilen taban kesme kuvveti, ZTADOHY ile ortalama 3582 kN olarak bulunmuştur. AEDYHY ile bulunan taban kesme kuvveti, FEMA440 ile bulunan taban kesme kuvvetinin %99'u, ZTADOHY ile bulunan taban kesme kuvvetinin %80'i olmaktadır.

TSM-1 taşıyıcı sistem modeli görelî kat yerdeğıştirmeleri açısından değerlendirildiğinde, FEMA440'a göre ilk beş kattta bulunan görelî kat ötelenmeleri, ZTADOHY ve AEDYHY'ne göre daha elverişsiz sonuçlar vermiştir. 6, 7 ve 8.katlarda ise ZTADOHY ile bulunan görelî kat ötelenmeleri, diğeri iki yöntemden daha büyük değeri vermektedir.

Yapı modellerini oluşturan elemanlar plastikleşmeleri açısından değerlendirildiğinde, TSM-1 taşıyıcı sistem modelinde hesabı yapılan sol/sağ mesnet kirişlerinde altta çekme ve üstte çekme durumlarında AEDYHY'ne göre bulunan toplam eğrilikler ZTADOHY'ne göre büyük, FEMA 440'a göre küçük değeri vermekte olup, ZTADOHY'ne daha yakın sonuçlar vermektedir. Alt kat kolonlarında AEDYHY'ne göre bulunan toplam eğrilikler FEMA440'a göre daha küçük değeri vermekte olup, ZTADOHY'ne göre büyük değeri vermektedir.

TSM-1 taşıyıcı sistem modelinde elde edilen sonuçlarda kat yatay yerdeğıştirmeleri açısından karşılaştırıldığında, tüm katlarda FEMA440'a göre bulunan kat yatay yerdeğıştirmeleri, ZTADOHY ve AEDYHY'ne göre daha büyük değeri vermektedir.

- 2- TSM-2 (10 katlı perde ve çerçeve) taşıyıcı sistem modeli üzerinde yapılan sayısal incelemeler ve değeri ndirmeler sonucunda, bina tepe yatay yerdeğıştirmeleri açısından karşılaştırıldığında, AEDYHY ile 0.2580 m, FEMA440'a göre 0.2628 m olarak bulunan bina tepe yatay yerdeğıştirmesi, ZTADOHY ile ortalama 0.2404 m olarak bulunmuştur. ZTADOHY ile bulunan tepe yatay yerdeğıştirmesi, AEDYHY ile elde edilen tepe yatay yerdeğıştirmesinin %93'ü, FEMA440 ile bulunan tepe yatay yerdeğıştirmesinin %91'i olmaktadır.

TSM-2 taşıyıcı sistem modeli üzerinde uygulanan farklı analizlerden elde edilen sonuçlar taban kesme kuvvetleri açısından karşılaştırıldığında,

AEDYHY ile 4832 kN, FEMA440 ile 4849 kN olarak elde edilen taban kesme kuvveti, ZTADOHY ile ortalama 8104 kN olarak bulunmuştur. AEDYHY ile bulunan taban kesme kuvveti, FEMA440 ile bulunan taban kesme kuvvetinin %99'u, ZTADOHY ile bulunan taban kesme kuvvetinin %60'ı olmaktadır.

TSM-2 taşıyıcı sistem modeli üzerinde elde edilen sonuçlar görelî kat ötelenmeleri açısından karşılaştırıldığında, tüm katlarda FEMA440'a göre bulunan görelî kat ötelenmeleri, ZTADOHY ve AEDYHY'ne göre daha büyük değerler vermektedir. Yine tüm katlarda ZTADOHY ile bulunan değerler ise en küçük değerler olarak dikkat çekmektedir.

Yapı modellerini oluşturan elemanların plastikleşmeleri değerlendirildiğinde, TSM-2 taşıyıcı sistem modelinde hesabı yapılan sol/sağ mesnet kirişlerinde altta çekme ve üstte çekme durumlarında genel olarak AEDYHY ve FEMA440'a göre bulunan toplam eğrilik değerleri birbirlerine yakın ve ZTADOHY'ne göre büyük değerler vermektedir (sol mesnet orta aks kirişleri üstte çekme durumu hariç). Alt kat orta aks kolonları (S103 ve S104) dışındaki hesabı yapılan kolonlarda AEDYHY ve FEMA440'a göre plastik mafsall oluşmamaktadır. S103 ve S104 kolonlarında ise ZTADOHY ve FEMA440'a göre bulunan toplam eğrilikler birbirlerine yakın olmakla beraber ZTADOHY'ne göre bulunan değerlere göre daha büyüktür.

TSM-2 taşıyıcı sistem modeli üzerinde elde edilen sonuçlar kat yatay yerdeğiştirmeleri açısından karşılaştırıldığında, tüm katlarda FEMA440'a göre bulunan kat yatay yerdeğiştirmeleri, ZTADOHY ve AEDYHY'ne göre daha büyük değerler vermektedir. Yine tüm katlarda zaman tanım alanında bulunan değerler ise en küçük değerler olarak dikkat çekmektedir.

TSM-2 taşıyıcı sistem modeli üzerinde uygulanan farklı analizlerden elde edilen sonuçlar 1.kat ortasında perde toplam eğrilikleri açısından karşılaştırıldığında, AEDYHY ile 0.00161 rad/m, FEMA440 ile 0.00165 rad/m olarak elde edilen toplam eğrilikler, ZTADOHY ile ortalama 0.001 rad/m olarak bulunmuştur. ZTADOHY ile toplam eğrilik, AEDYHY ile bulunan toplam eğriligin %62'si, FEMA440 ile bulunan toplam eğriligin %61'i olmaktadır.

- 3- TSM-3 (6 katlı perde ve çerçeve) taşıyıcı sistem modeli üzerinde yapılan sayısal incelemeler ve değerlendirmeler sonucunda, bina tepe yatay

yerdeşistirmeleri açısından karşılaştırıldığında, AEDYHY ile 0.1042 m, FEMA440'a göre 0.0942 m olarak bulunan bina tepe yerdeşistirmesi, ZTADOHY ile ortalama 0.0736 m olarak bulunmuştur. ZTADOHY ile bulunan tepe yatay yerdeşistirmesi, AEDYHY ile elde edilen tepe yatay yerdeşistirmesinin %71'i, FEMA440 ile bulunan tepe yatay yerdeşistirmesinin %78'i olmaktadır.

TSM-3 taşıyıcı sistem modeli üzerinde uygulanan farklı analizlerden elde edilen sonuçlar taban kesme kuvvetleri açısından değerlendirildiğinde, AEDYHY ile 5112 kN, FEMA440 ile 4997 kN olarak elde edilen taban kesme kuvveti, ZTADOHY ile ortalama 7081 kN olarak bulunmuştur. FEMA440 ile bulunan taban kesme kuvveti, AEDYHY ile bulunan taban kesme kuvvetinin %98'i, ZTADOHY ile bulunan taban kesme kuvvetinin %71'i olmaktadır.

TSM-3 taşıyıcı sistem modeli üzerinde elde edilen sonuçlardan göreli kat ötelenmeleri açısından karşılaştırıldığında, tüm katlarda AEDYHY'ne göre bulunan göreli kat telenmeleri, FEMA440'a ve ZTADOHY'ne göre daha büyük değerler vermektedir. Yine tüm katlarda ZTADOHY ile bulunan değerler ise en küçük değerler olarak dikkat çekmektedir.

Yapı modellerini oluşturan elemanların plastikleşmeleri dikkate alındığında, TSM-3 taşıyıcı sistem modelinde hesabı yapılan sol/sağ mesnet kirişlerinde altta çekme ve üstte çekme durumlarında AEDYHY'ne göre bulunan toplam eğrilikler FEMA440'a ve ZTADOHY'ne göre büyük değerler vermektedir. ZTADOHY'ne göre bulunan değerler en küçük olarak dikkat çekmektedir. İlgili çizelgelerde hesabı yapılan kolonlarda her üç yönteme göre de plastik mafsal oluşmamaktadır. Alt kat kolonlarında AEDYHY'ne göre hesaplanan elastik eğrilikler FEMA440 ve ZTADOHY'ne göre büyük değerler vermektedir. st kat kolonlarında AEDYHY ve FEMA440'a göre birbirlerine yakın, kenar aks kolonlarında ZTADOHY'ne göre küçük, orta aks kolonlarında ise büyük değerler ortaya çıkmaktadır.

TSM-3 taşıyıcı sistem modeli üzerinde elde edilen sonuçlardan kat yatay yerdeşistirmeleri açısından karşılaştırıldığında, tüm katlarda AEDYHY'ne göre bulunan kat yatay yerdeşistirmeleri, FEMA440'a ve ZTADOHY'ne göre daha büyük değerler vermektedir. Yine tüm katlarda ZTADOHY ile bulunan değerler ise en küçük değerler olarak dikkat çekmektedir.

TSM-3 taşıyıcı sistem modeli üzerinde uygulanan farklı analizlerden elde edilen sonuçlar 1.kat ortasında perde toplam eğrilikleri açısından karşılaştırıldığında, AEDYHY ile 0.0013 rad/m, FEMA440 ile 0.0012 rad/m olarak elde edilen toplam eğrilikler, ZTADOHY ile ortalama 0.0006 rad/m olarak bulunmuştur. ZTADOHY ile bulunan toplam eğrilik, AEDYHY ile bulunan toplam eğrilğin %46'sı, FEMA440 ile bulunan toplam eğrilğin %50'si olmaktadır.

Bu sonuçlardan hareketle genel bir değerlendirme yapılırsa;

- a) Tepe yatay yerdeğiştirmeleri açısından değerlendirildiğinde, 8 katlı çerçeveden, 10 katlı perde ve çerçeveden oluşan yapı modellerinde AEDYHY'ne göre bulunan değerler, FEMA440'a göre daha küçük ve ZTADOHY'ne daha yakın sonuçlar vermekte iken, 6 katlı perde ve çerçeveden oluşan yapı modelinde ise FEMA440'a göre bulunan değer, AEDYHY'ne göre daha küçük ve ZTADOHY'ne daha yakın değerler vermektedir.
- b) Taban kesme kuvvetleri açısından irdelendiğinde, üç farklı yapı modelinde de AEDYHY ve FEMA440'a göre bulunan değerler birbirine yakın değerler olmakla beraber ZTADOHY'ne göre küçük değerlerdir. Perde ve çerçeveden oluşan yapı modellerinde AEDYHY ve FEMA440'a göre bulunan değerler ZTADOHY'ne göre bulunan değere göre çok fark varken, çerçeveden oluşan yapı modelinde nispeten daha yakındır.
- c) Taşıyıcı sistem modellerinin rölatif yerdeğiştirmeleri açısından değerlendirildiğinde, TSM-1 taşıyıcı sistem modelinde ilk beş katta AEDYHY'ne göre oluşan rölatif kat ötelenmeleri FEMA440'a göre küçük, ZTADOHY'ne göre büyük ve daha yakın değerler almakta iken, son üç katta AEDYHY'ne göre bulunan rölatif kat ötelenmeleri FEMA440'a çok yakın, ZTADOHY'ne göre daha küçük sonuçlar vermektedir. TSM-2 taşıyıcı sistem modelinde AEDYHY'ne göre bulunan görelî kat ötelenmeleri FEMA440'a göre daha küçük, ZTADOHY'ne göre daha büyük ve daha yakın değerler vermektedir. TSM-3 taşıyıcı sistem modelinde ise AEDYHY'ne göre elde edilen görelî kat ötelenmeleri, ZTADOHY ve FEMA440'a göre daha büyük değerler verirken, FEMA440'a göre elde edilen değerler ise ZTADOHY'ne göre daha büyük ve yakın değerler almaktadır.

- d) Çerçeveden oluşan yapı modelinde hesabı yapılan üst kat kolonlarında AEDYHY ve FEMA440 Yöntemine göre plastik mafsallar oluşmamaktadır. Taşıyıcı sistemi çerçeve olan yapı modelinde alt kat kolonlarında, kirişlerde sol/sağ mesnet altta ve üstte çekme durumlarında AEDYHY'ne göre bulunan toplam eğrilikler, FEMA440'a göre daha elverişli, ZTADOHY'ne göre daha elverişsiz değerler vermektedir.
- 10 katlı perde ve çerçeveden oluşan yapı modelinde hesabı yapılan S103 ve S104 kolonları hariç diğer kolonlarda AEDYHY ve FEMA440'a göre plastik mafsallar oluşmamaktadır.
- Taşıyıcı sistemi perde ve çerçeveden oluşan 10 katlı yapı modelinde, hesabı yapılan kirişlerde ve plastik mafsallardan oluşan S103 ve S104 kolonlarında AEDYHY ve FEMA440'a göre bulunan toplam eğrilikler birbirlerine yakın olmakla beraber ZTADOHY'ne göre daha emniyetli tarafta kalmaktadır.
- 6 katlı perde ve çerçeveden oluşan yapı modelinde, kolonlarda her üç yöntemle de plastik mafsallar oluşmamaktadır.
- Taşıyıcı sistemi perde ve çerçeveden oluşan 6 katlı yapı modelinde, kirişlerde toplam eğrilikler açısından değerlendirildiğinde AEDYHY'ne göre bulunan değerler en elverişsiz olarak dikkat çekmektedir.
- 10 katlı perde ve çerçeveden oluşan yapı modelinde, 1.kat ortasında perde toplam eğrilikleri açısından değerlendirildiğinde, FEMA440'a göre bulunan değerler en emniyetli tarafta kalmaktadır.
- 6 katlı perde ve çerçeveden oluşan yapı modelinde 1.kat ortasında perdede AEDYHY'ne göre elde edilen toplam eğrilik değerleri, diğer iki yöntemle göre daha emniyetli tarafta kalmaktadır.
- e) Taşıyıcı sistem modellerinin 1.kat perdesinin ortasının toplam eğrilikleri açısından karşılaştırıldığında, TSM-2 taşıyıcı sistem modelinde AEDYHY'ne göre bulunan toplam eğrilik FEMA440'a göre bulunan değerden küçük, ZTADOHY'ne göre daha büyük değerler vermektedir. TSM-3 taşıyıcı sistem modelinde FEMA440'a göre bulunan toplam eğrilik AEDYHY'ne göre bulunan değerden küçük, ZTADOHY'ne göre daha büyük değer almaktadır.

5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, 2007 Deprem Yönetmeliği kapsamında yer alan mevcut veya güçlendirilmiş binaların deprem performanslarının belirlenmesi amacıyla önerilen *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Hesap Yöntemi* ve FEMA440 Taslak Raporunda belirtilen yöntemlerin, *Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi* ile farklı taşıyıcı sistem özelliklerine sahip üç yapı modeli üzerinde karşılaştırılmasına yönelik sayısal incelemeler gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Değerlendirmesi yapılan bu çalışmada, kat adetleri ve yatay rijitlikleri farklı olan üç farklı taşıyıcı sistem modeli oluşturulmuş, bu sistemlerin tümü 2007 Deprem Yönetmeliği'ne göre boyutlandırılmış ve üç farklı doğrusal olmayan hesap yöntemi ile davranışları incelenmiştir.

Böylece, bu çalışma ve benzeri sayısal çalışmaların sonuçlarına dayanarak, mevcut binaların ve yeni yapılacak binaların deprem performanslarının belirlenmesi amacıyla 2007 Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen doğrusal olmayan hesap yöntemlerinden *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Hesap Yöntemi* ve FEMA 440 Taslak Raporunda belirtilen yöntemin, *Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi* ile karşılaştırılarak yönetmeliğin yeterliliğinin irdelenmesi ve gerekli olan durumlarda yönetmelikte revizyon yapılması mümkün olabilmektedir.

Üç yöntemin karşılaştırılmasında; tepe yatay yerdeğiştirmelerinin, taban kesme kuvvetlerinin, görelî kat ötelenmelerinin, giriş sol/sağ mesnetlerinde ve kolonlarda toplam eğriliklerin, kat yatay yerdeğiştirmelerinin esas alındığı sayısal incelemelerde varılan sonuçlar şu şekilde sıralanmıştır.

- 1- 6 katlı perde ve çerçeveden oluşan yapı modelinde FEMA440'a göre bulunan tepe yatay yerdeğiştirmesi AEDYHY'ne göre ZTADOHY'ne daha yakın sonuçlar vermektedir.

- 2- Taşıyıcı sistem modelleri tepe yerdeğiştirmeleri açısından değerlendirildiğinde, 8 katlı ereve ile 10 katlı perde ve çerçeveden oluşan yapı modellerinde AEDYHY'ne göre bulunan sonuçların FEMA 440'a göre ZTADOHY'ne daha yakın değerler verdiği görülmüştür.
- 3- Üç yapı modelinde de taban kesme kuvvetleri, AEDYHY ve FEMA440 Yöntemi ile bulunan değerler birbirlerine yakın olup, ZTADOHY'ne göre hayli küçük kalmaktadır. Özellikle perde ve çerçeveli yapı modellerinde kat adetleri de arttıķa AEDYHY ve FEMA 440 Yöntemi ile ZTADOHY arasındaki taban kesme kuvveti değerleri arasındaki farkın arttığı gözlenmiştir.
- 4- Grelili kat ötelenmeleri açısından, AEDYHY'nde taşıyıcı sistemi ereve olan yapı modelinde alt katlarda ZTADOHY'ne göre daha elverişsiz iken, st katlarda ZTADOHY'ne göre küçük değerler elde edildiği görülmüştür.
- 5- Taşıyıcı sistemi perde ve çerçeveden oluşan yapı modellerinde AEDYHY ve FEMA440 Yöntemine göre elde edilen görelili kat telenmeleri, ZTADOHY'ne göre daha güvenli tarafta kalmaktadır.
- 6- Perde ve çerçeveden oluşan yapı modelleri görelili kat ötelenmeleri ve tepe yatay yerdeğiştirmeleri açısından değerlendirildiğinde, kat adeti azaldıkça FEMA440 Yöntemi, AEDYHY'ne göre daha elverişsiz sonuçlar vermektedir.
- 7- Kat yatay yerdeğiştirmeleri açısından değerlendirildiğinde; 8 katlı ereve, 10 katlı perde ve çerçeveli yapı modellerinde AEDYHY'ne göre bulunan değerler FEMA 440'a göre ZTADOHY'ne daha yakın sonuçlar vermektedir.
- 8- 6 katlı perde ve çerçeveli yapı modelinde ise FEMA 440'a göre bulunan kat yatay yerdeğiştirmeleri AEDYHY'ne göre ZTADOHY'ne daha yakın sonuçlar vermektedir.

Bu çalışmada yer alan sayısal incelemeler ve karşılaştırmalar, 2007 Deprem Yönetmeliği'ne uygun olarak boyutlandırılan süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistem modelleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın olası uzantıları, ülkemizdeki beton kalitesinin düşük olduğu, sargılama durumunun değişiklik gösterdiği ve daha fazla sayıda yapıları kapsayacak şekilde genişletilerek daha farklı sonuçlara da ulaşılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Çakıroğlu, A., Özden, E., Özmen, G.**, 1992. Yapı Sistemlerinin Hesabı İçin Matris Metotları ve Elektronik Hesap Makinası Programları, Cilt I, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- [2] **Çakıroğlu, A., Özden, E., Özmen, G.**, 1992. Yapı Sistemlerinin Hesabı İçin Matris Metotları ve Elektronik Hesap Makinası Programları, Cilt II, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- [3] **SAP 2000**, 2005. Structural Analysis Program, Computers And Strutures Inc., Berkeley, California.
- [4] **ATC-40**, 1996. Seismic Evaluation and Refrofit of Concrete Buildings, Applied Technology Council, California.
- [5] **FEMA-356**, 2000. Prestandart and Commentary for the Seismic Analysis Procedures, Federal Emergency Management Agency, Washington.
- [6] **FEMA-440**, 2005. Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures, Federal Emergency Management Agency, Washington.
- [7] **ASCE/SEI 41-06**, 2006. Seismic Rehabilitation of Existing Buildings, American Society of Civil Engineers, Virginia.
- [8] **DBYBHY**, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- [9] **Özer, E.**, 2009. Yapı Sistemlerinin Lineer Olmayan Analizi Ders Notları, www.ins.edu.tr/eozer,
- [10] **TS-500**, 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [11] **Çakıroğlu, A. ve Özer, E.**, 1980. Malzeme ve Geometri Değişimleri Bakımından Lineer Olmayan Sistemler, Cilt I, İTÜ Kütüphanesi, İstanbul.
- [12] **Chopra, A.K.**, 2000. Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering, Prentice Hall, New Jersey.
- [13] **Kolgu, S., Peker, K.**, 2003. Betonarme Kesit Davranışında Eksenel Yük, Malzeme Modeli ve Sargı Donatısı Oranının Etkisi, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, Türkiye, 26-30 Mayıs.
- [14] **Ersoy, U., Özcebe, G.**, 2001. Betonarme, Evrim, Ankara. .

- [15] **TS-498**, 1997. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [16] **XTRACT**, 2001. Kesit Analiz Programı, Imbsen Software Systems.
- [17] **Kulu, S.**, 2009. Burulma Düzensizlikleri Farklı Betonarme Binaların Hasar Bölgelerinin Belirlenmesinde Doğrusal Olmayan Yöntemlerin Karşılaştırılması Üzerine Sayısal İnceleme, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [18] **Celep, Z.**, 2007. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [19] **Sönmez, İ.K.**, 2010. Betonarme Yapı Sistemlerinde Yapısal Performans Düzeyini Belirleyen Bir Bilgisayar Programı Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [20] **Microsoft Excel**, 2007.
- [21] **Girgin, K.**, 1996. Betonarme Yapı Sistemlerinde İkinci Mertebe Limit Yükün ve Göçme Güvenliğinin Belirlenmesi İçin Bir Yük Artımı Yöntemi, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü
- [22] **Özer, G.**, 2003. Malzeme Bakımından Lineer Olmayan Sistemlerin Hesabı İçin Bir Ardışık Yaklaşım Yöntemi ve Bilgisayar Programı, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [23] **Yüksel, E.**, 1998. Bazı Düzensizlikleri İçeren Üç Boyutlu Büyük Yapı Sistemlerinin Doğrusal Olmayan Çözümlemesi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [24] **Mander, J.B., Priestly, M.J.N., Park, R.**, 1998. Theoretical Stress-Strain Confined Concrete, Journal of Structural Division (ASCE), **114**(8), 1804-1826.
- [25] **Fahjan, Y.M.**, 2008. Türkiye Deprem Yönetmeliği (DBYBHY, 2007) Tasarım İvme Spektrumuna Uygun Gerçek Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklenmesi, İMO Teknik Dergi, İstanbul.
- [26] **Karabulut, A.**, 2011. TDY 2007 Yönetmeliği ve FEMA440 Raporunda Tanımlanan Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemlerinin Mevcut Betonarme Binalar İçin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [27] **STA4CAD V.12.1**, Betonarme ve Çelik Bina Tasarım Yazılım, Sta Bilgisayar Mühendislik ve Müşavirlik Ltd. Şti, İstanbul.
- [28] **Oasys Siggraph**, 2006. A program for generation, manipulation and graphical display of tabular x-y data, Oasys Ltd.

EKLER

EK A

Çizelge A.1 : TSM-1 yapı tipi için plastik mafsallı olmayan kolonlarda elastik eğrilik hesabında kullanılan eğilme rijitliklerinin elde edilmesi.

YÖNTEM	KOLON TİPİ	KOLON ADI	Nd(kN)	EF.AKMA MOMENTİ (kNm)	EF.AKMA EĞRİLİĞİ (1/m)	EI (kNm ²)
AEDYHY	TİP3	S301	-345	166	0.0109	15266
	TİP4	S302	-1221	356	0.0112	31927
	TİP4	S303	-1213	356	0.0112	31900
	TİP3	S304	-990	232	0.0126	18488
	TİP4	S305	-821	315	0.0105	29962
	TİP5	S306	-2117	574	0.0098	58431
	TİP5	S307	-2119	574	0.0098	58453
	TİP4	S308	-1640	392	0.0109	35823
FEMA440	TİP3	S301	-343	167	0.0109	15247
	TİP4	S302	-1219	356	0.0112	31927
	TİP4	S303	-1217	356	0.0112	31907
	TİP3	S304	-993	233	0.0126	18484
	TİP4	S305	-817	314	0.0105	29876
	TİP5	S306	-2113	573	0.0098	58341
	TİP5	S307	-2119	573	0.0098	58451
	TİP4	S308	-1646	392	0.0109	35883
CHI-CHI	TİP4	S305	-771	309	0.0105	29579
	TİP4	S308	-843	317	0.0105	30076
EL CENTRO	TİP4	S305	-1694	396	0.0108	36562
	TİP4	S308	-1598	389	0.0110	35290
KOBE	TİP3	S301	-1015	244	0.0127	19257
	TİP4	S302	-1195	354	0.0111	31824
	TİP4	S303	-1209	356	0.0112	31883
	TİP3	S304	-312	163	0.0108	15005
	TİP4	S305	-1668	394	0.0109	36186
	TİP5	S306	-2112	573	0.0098	58317
	TİP5	S307	-2117	574	0.0098	58437
	TİP4	S308	-785	311	0.0105	29666
NORTHRIDGE	TİP4	S308	-832	316	0.0105	29991
DÜZCE	TİP3	S301	-1022	236	0.0127	18558
	TİP4	S302	-1233	161	0.0108	14852
	TİP4	S303	-1225	358	0.0112	31993
	TİP3	S304	-298	357	0.0112	31953
	TİP4	S305	-1682	395	0.0109	36378
	TİP5	S306	-2149	576	0.0098	59000
	TİP5	S307	-2149	576	0.0098	59000
	TİP4	S308	-779	310	0.0105	29627
ERZİNCAN	TİP3	S301	-1035	236	0.0127	18577
	TİP4	S305	-1702	396	0.0108	36667
	TİP4	S308	-1693	395	0.0108	36602
KOCAELİ	TİP3	S301	-1018	235	0.0127	18548
	TİP3	S304	-303	162	0.0108	14940
	TİP4	S305	-1699	396	0.0108	36584
	TİP4	S308	-758	307	0.0104	29501

Çizelge A.2 : TSM-2 yapı tipi için plastik mafsallı olmayan kolonlarda elastik eğrilik hesabında kullanılan eğilme rijitliklerinin elde edilmesi.

YÖNTEM	KOLON TİPİ	KOLON ADI	Nd(kN)	EF.AKMA MOMENTİ (kNm)	EF.AKMA EĞRİLİĞİ (1/m)	EI (kNm ²)
AEDYHY	TİP5	S101	-597	398	0.0090	44257
	TİP5	S102	-1718	535	0.0103	52173
	TİP4	S301	-436	268	0.0100	26838
	TİP4	S302	-1354	370	0.0114	32382
	TİP6	S303	-2499	716	0.0089	80594
	TİP6	S304	-3066	763	0.0082	92999
FEMA440	TİP5	S101	-596	398	0.0090	44258
	TİP5	S102	-1719	535	0.0103	52164
	TİP4	S301	-436	268	0.0100	26840
	TİP4	S302	-1354	370	0.0114	32356
	TİP6	S303	-2495	716	0.0089	80601
	TİP6	S304	-3068	763	0.0082	92942
CHI-CHI	TİP5	S101	-1753	540	0.0102	52757
	TİP5	S102	-1732	537	0.0103	52429
	TİP7	S103	-3896	1030	0.0073	140461
	TİP7	S104	-3860	1028	0.0074	139522
	TİP4	S301	-1393	373	0.0114	32616
	TİP4	S302	-404	264	0.0099	26515
	TİP6	S303	-2641	730	0.0087	83704
	TİP6	S304	-3052	761	0.0082	92615
EL CENTRO	TİP5	S101	-1731	537	0.0102	52402
	TİP5	S102	-1710	535	0.0103	52146
	TİP4	S301	-1369	371	0.0114	32423
	TİP4	S302	-424	266	0.0100	26743
	TİP6	S303	-3079	763	0.0082	93267
	TİP6	S304	-2953	755	0.0088	85428
KOBE	TİP5	S101	-593	398	0.0090	44222
	TİP5	S102	-591	397	0.0090	44197
	TİP7	S103	-3229	981	0.0080	123353
	TİP7	S104	-3398	995	0.0078	127890
	TİP4	S301	-1377	372	0.0115	32454
	TİP4	S302	-423	266	0.0100	26683
	TİP6	S303	-2535	720	0.0088	81423
	TİP6	S304	-3065	762	0.0082	92952
NORTHRIDGE	TİP5	S101	-574	396	0.0090	43979
	TİP5	S102	-574	396	0.0090	43979
	TİP7	S103	-3175	976	0.0080	122112
	TİP7	S104	-3448	999	0.0077	129270
	TİP4	S301	-1383	372	0.0114	32537
	TİP4	S302	-412	265	0.0100	26555
	TİP6	S303	-2489	715	0.0089	80541
	TİP6	S304	-2713	737	0.0086	85243
DÜZCE	TİP5	S101	-1732	537	0.0103	52400
	TİP5	S102	-1733	537	0.0102	52432
	TİP4	S301	-1367	370	0.0114	32406
	TİP4	S302	-421	266	0.0100	26691
	TİP6	S303	-3085	763	0.0082	93257
	TİP6	S304	-3019	760	0.0083	91995
ERZİNCAN	TİP5	S101	-1729	537	0.0103	52310
	TİP5	S102	-1743	538	0.0102	52642
	TİP7	S103	-3928	1032	0.0073	141370
	TİP7	S104	-3881	1030	0.0073	140174
	TİP4	S301	-1367	370	0.0114	32406
	TİP4	S302	-424	266	0.0100	26744
	TİP6	S303	-2724	737	0.0086	85364
	TİP6	S304	-3058	762	0.0082	92802
KOCAELİ	TİP5	S101	-1715	535	0.0103	52123
	TİP5	S102	-1729	537	0.0103	52349
	TİP7	S103	-3875	1029	0.0073	140019
	TİP7	S104	-3833	1026	0.0074	138761
	TİP4	S301	-1359	370	0.0114	32380
	TİP4	S302	-437	268	0.0100	26839
	TİP6	S303	-2687	734	0.0087	84709
	TİP6	S304	-3028	760	0.0082	92176

Çizelge A.3 : TSM-3 yapı tipi için plastik mafsal oluşmayan kolonlarda elastik eğrilik hesabında kullanılan eğilme rijitliklerinin elde edilmesi.

YÖNTEM	KOLON TİPİ	KOLON ADI	Nd(kN)	EF.AKMA MOMENTİ (kNm)	EF.AKMA EĞRİLİĞİ (1/m)	EI (kNm ²)
AEDYHY	TİP3	S101	-402	173	0.0110	15731
	TİP3	S102	-885	222	0.0122	18183
	TİP5	S103	-1966	560	0.0100	55984
	TİP5	S104	-2282	586	0.0096	61207
	TİP2	S301	-240	126	0.0130	9693
	TİP2	S302	-574	154	0.0140	10999
	TİP4	S303	-1277	362	0.0113	32112
FEMA440	TİP4	S304	-1470	379	0.0113	33573
	TİP3	S101	-404	173	0.0110	15697
	TİP3	S102	-876	221	0.0122	18154
	TİP5	S103	-1974	562	0.0100	56048
	TİP5	S104	-2271	585	0.0096	61077
	TİP2	S301	-242	126	0.0130	9708
	TİP2	S302	-567	154	0.0140	10977
CHI-CHI	TİP4	S303	-1282	363	0.0113	32135
	TİP4	S304	-1466	379	0.0113	33585
	TİP3	S101	-880	222	0.0122	18172
	TİP3	S102	-407	174	0.0110	15725
	TİP5	S103	-2231	582	0.0096	60380
	TİP5	S104	-2211	581	0.0097	60072
	TİP2	S301	-575	155	0.0141	10996
EL CENTRO	TİP2	S302	-243	126	0.0130	9707
	TİP4	S303	-1335	368	0.0114	32320
	TİP4	S304	-1435	376	0.0113	33183
	TİP3	S101	-869	221	0.0122	18135
	TİP3	S102	-888	223	0.0122	18201
	TİP5	S103	-2235	583	0.0096	60459
	TİP5	S104	-2209	580	0.0097	60077
KOBE	TİP2	S301	-567	154	0.0140	10976
	TİP2	S302	-250	127	0.0130	9738
	TİP4	S303	-1346	369	0.0114	32351
	TİP4	S304	-1438	376	0.0113	33245
	TİP3	S101	-858	220	0.0121	18096
	TİP3	S102	-880	222	0.0122	18179
	TİP5	S103	-2237	560	0.0100	55934
NORTHRIDGE	TİP5	S104	-2176	569	0.0099	57402
	TİP2	S301	-558	153	0.0140	10959
	TİP2	S302	-252	127	0.0130	9784
	TİP4	S303	-1454	378	0.0113	33463
	TİP4	S304	-1414	374	0.0114	32862
	TİP3	S101	-397	173	0.0110	15666
	TİP3	S102	-411	174	0.0110	15771
DÜZCE	TİP5	S103	-1961	560	0.0100	55934
	TİP5	S104	-2058	569	0.0099	57402
	TİP2	S301	-581	155	0.0141	11002
	TİP2	S302	-248	127	0.0130	9731
	TİP4	S303	-1273	362	0.0113	32114
	TİP4	S304	-1336	368	0.0114	32300
	TİP3	S101	-880	222	0.0122	18172
ERZİNCAN	TİP3	S102	-887	222	0.0122	18191
	TİP5	S103	-2229	582	0.0097	60319
	TİP5	S104	-2201	580	0.0097	59845
	TİP2	S301	-574	155	0.0141	10996
	TİP2	S302	-245	126	0.0130	9723
	TİP4	S303	-1323	367	0.0114	32291
	TİP4	S304	-1435	376	0.0113	33183
KOCAELİ	TİP3	S101	-882	222	0.0122	18174
	TİP3	S102	-890	223	0.0122	18217
	TİP5	S103	-2241	583	0.0096	60504
	TİP5	S104	-2212	581	0.0097	60116
	TİP2	S301	-578	155	0.0140	11004
	TİP2	S302	-241	127	0.0130	9716
	TİP4	S303	-1338	368	0.0114	32327
KOCAELİ	TİP4	S304	-1443	377	0.0113	33266
	TİP3	S101	-880	222	0.0122	18180
	TİP3	S102	-878	222	0.0122	18171

Çizelge A.3 (Devamı).

YÖNTEM	KOLON TİPİ	KOLON ADI	Nd(kN)	EF.AKMA MOMENTİ (kNm)	EF.AKMA EĞRİLİĞİ (1/m)	EI (kNm ²)
KOCAELİ	TİP5	S103	-2218	581	0.0097	60145
	TİP5	S104	-2195	580	0.0097	59788
	TİP2	S301	-574	155	0.0141	10995
	TİP2	S302	-244	126	0.0129	9730
	TİP4	S303	-1322	366	0.0114	32273
	TİP4	S304	-1431	376	0.0113	33201

EK.B

Çizelge B.1 :Kolon etkin eğilme rijitlikleri.

YAPI MODELİ	KAT	KOLON	Nd(kN)	Nd/Ac*f _{cm}	(EI) _e /EI _o
TSM-1	1	S101	936	0.1813	0.51
	1	S102	1664	0.2610	0.61
	1	S106	2841	0.3683	0.76
	2	S201	809	0.1567	0.48
	2	S202	1444	0.2266	0.57
	2	S206	2471	0.3203	0.69
	3	S301	681	0.1669	0.49
	3	S302	1225	0.2372	0.58
	3	S306	2102	0.3298	0.71
	4	S401	556	0.1363	0.45
	4	S402	1008	0.1952	0.53
	4	S406	1738	0.2727	0.63
	5	S501	431	0.1381	0.45
	5	S502	791	0.1940	0.53
	5	S506	1375	0.2662	0.62
	6	S601	311	0.0994	0.40
	6	S602	578	0.1416	0.46
	6	S606	1014	0.1963	0.53
	7	S701	191	0.0832	0.40
	7	S702	364	0.1165	0.42
	7	S706	652	0.1598	0.48
TSM-2	8	S801	76	0.0332	0.40
	8	S802	153	0.0489	0.40
	8	S806	291	0.0714	0.40
	1	S101	1272	0.1995	0.53
	1	S103	3565	0.3883	0.78
	2	S201	1127	0.1768	0.50
	2	S203	3180	0.3464	0.73
	3	S301	983	0.1903	0.52
	3	S303	2798	0.3627	0.75
	4	S401	844	0.1634	0.48
	4	S403	2424	0.3143	0.69
	5	S501	706	0.1732	0.50
	5	S503	2054	0.3222	0.70
	6	S601	574	0.1408	0.45
	6	S603	1691	0.2653	0.62
	7	S701	444	0.1422	0.46
	7	S703	1331	0.2579	0.61
	8	S801	319	0.1022	0.40
	8	S803	978	0.1894	0.52
	9	S901	196	0.0855	0.40
	9	S903	627	0.2007	0.53
TSM-3	10	S1001	79	0.0343	0.40
	10	S1003	281	0.0899	0.40
	1	S101	811	0.1988	0.53
	1	S103	2368	0.3715	0.76
	2	S201	660	0.1618	0.48
	2	S203	1949	0.3057	0.67
	3	S301	510	0.1633	0.48
	3	S303	1533	0.2969	0.66
	4	S401	367	0.1176	0.42
	4	S403	1127	0.2182	0.56
	5	S501	228	0.0992	0.40
	5	S503	724	0.1775	0.50
	6	S601	95	0.0412	0.40
	6	S603	328	0.0803	0.40

EK C

Çizelge C.1: TSM-1 için KİRİŞ SOL MESNETLERİNDE AEDYHY'ne göre elde edilen eğrilik istemleri.

215. Hesap Adımı Kiriş Sol Mesnetleri								
Kiriş No	Adım Tipi	Kiriş Tipi	P (kN)	M3 (kNm)	Dönme (Radyan)	Plas. Eğr. (Rad/m)	Akma Eğr. (Rad/m)	Top. Eğr. (Rad/m)
K101	Max	TİP2	0	185.29	0.0095	0.0380	0.0070	0.0450
K101	Min	TİP2	0	0	0			
K102	Max	TİP2	0	185.08	0.0091	0.0362	0.0070	0.0433
K102	Min	TİP2	0	0	0			
K103	Max	TİP2	0	185.05	0.0091	0.0224	0.0070	0.0295
K103	Min	TİP2	0	0	0			
K104	Max	TİP14	0	238.79	0.0063	0.0223	0.0074	0.0297
K104	Min	TİP14	0	0	0			
K105	Max	TİP14	0	238.33	0.0056	0.0537	0.0074	0.0611
K105	Min	TİP14	0	0	0			
K106	Max	TİP14	0	238.30	0.0056	0.0530	0.0074	0.0604
K106	Min	TİP14	0	0	0			
K201	Max	TİP2	0	187.21	0.0134	0.0528	0.0070	0.0598
K201	Min	TİP2	0	0	0			
K202	Max	TİP2	0	187.38	0.0133	0.0403	0.0070	0.0473
K202	Min	TİP2	0	0	0			
K203	Max	TİP2	0	187.22	0.0132	0.0406	0.0070	0.0476
K203	Min	TİP2	0	0	0			
K204	Max	TİP14	0	241.37	0.0101	0.0405	0.0074	0.0479
K204	Min	TİP14	0	0	0			
K205	Max	TİP14	0	241.34	0.0101	0.0406	0.0074	0.0480
K205	Min	TİP14	0	0	0			
K206	Max	TİP14	0	241.40	0.0101	0.0405	0.0074	0.0479
K206	Min	TİP14	0	0	0			

Çizelge C.2: TSM-1 için KİRİŞ SAĞ MESNETLERİNDE AEDYHY'ne göre elde edilen eğrilik istemleri.

215. Hesap Adımı Kiriş Sağ Mesnetleri								
Kiriş No	Adım Tipi	Kiriş Tipi	P (kN)	M3 (kNm)	Dönme (Radyan)	Plas. Eğr. (Rad/m)	Akma Eğr. (Rad/m)	Top. Eğr. (Rad/m)
K101	Max	TİP2	0	0	0			
K101	Min	TİP2	0	-284.48	-0.0116	-0.0465	-0.0079	-0.0544
K102	Max	TİP2	0	0	0			
K102	Min	TİP2	0	-284.53	-0.0118	-0.0471	-0.0079	-0.0550
K103	Max	TİP2	0	0	0			
K103	Min	TİP2	0	-284.59	-0.0120	-0.0478	-0.0079	-0.0557
K104	Max	TİP14	0	0	0			
K104	Min	TİP14	0	-379.11	-0.0109	-0.0436	-0.0088	-0.0524
K105	Max	TİP14	0	0	0			
K105	Min	TİP14	0	-379.30	-0.0110	-0.0442	-0.0088	-0.0530
K106	Max	TİP14	0	0	0			
K106	Min	TİP14	0	-379.47	-0.0114	-0.0454	-0.0088	-0.0542
K201	Max	TİP2	0	0	0			
K201	Min	TİP2	0	-285.96	-0.0158	-0.0630	-0.0079	-0.0709
K202	Max	TİP2	0	0	0			
K202	Min	TİP2	0	-286.04	-0.0160	-0.0639	-0.0079	-0.0718
K203	Max	TİP2	0	0	0			
K203	Min	TİP2	0	-285.92	-0.0156	-0.0626	-0.0079	-0.0705
K204	Max	TİP14	0	0	0			
K204	Min	TİP14	0	-384.58	-0.0151	-0.0605	-0.0088	-0.0694
K205	Max	TİP14	0	0	0			
K205	Min	TİP14	0	-384.60	-0.0154	-0.0616	-0.0088	-0.0704
K206	Max	TİP14	0	0	0			
K206	Min	TİP14	0	-384.57	-0.0151	-0.0605	-0.0088	-0.0693

Çizelge C.3: TSM-1 için KOLONLARDA AEDYHY'ne göre elde edilen eğrilik istemleri.

215. Hesap Adımı								
Kolon No	Adım Tipi	Kolon Tipi	P (kN)	M3 (kNm)	Dönme (Radyan)	Plas. Eğr. (Rad/m)	Akma Eğr. (Rad/m)	Top. Eğr. (Rad/m)
S101	Max	TİP4	-444.8	289.64	0.0101	0.0451	0.0100	0.0551
S101	Min	TİP4						
S102	Max	TİP5	-1658.8	521.23	0.0104	0.0417	0.0102	0.0519
S102	Min	TİP5						
S103	Max	TİP5	-1651.1	520.92	0.0104	0.0417	0.0102	0.0519
S103	Min	TİP5						
S104	Max	TİP4	-1403.4	373.14	0.0091	0.0406	0.0114	0.0520
S104	Min	TİP4						
S105	Max	TİP5	-1054.2	599.29	0.0093	0.0374	0.0094	0.0467
S105	Min	TİP5						
S106	Max	TİP6	-2853.2	731.95	0.0113	0.0409	0.0085	0.0494
S106	Min	TİP6						
S107	Max	TİP6	-2855.9	718.99	0.0113	0.0411	0.0085	0.0496
S107	Min	TİP6						
S108	Max	TİP5	-2288.7	566.66	0.0099	0.0197	0.0096	0.0293
S108	Min	TİP5						
S301	Max	TİP3	-344.8	137.72	0		0.0090	0.0090
S301	Min	TİP3						
S302	Max	TİP4	-1221.1	308.20	0		0.0097	0.0097
S302	Min	TİP4						
S303	Max	TİP4	-1213.3	308.14	0		0.0097	0.0097
S303	Min	TİP4						
S304	Max	TİP3	-989.5	181.52	0		0.0098	0.0098
S304	Min	TİP3						
S305	Max	TİP4	-820.7	218.16	0		0.0073	0.0073
S305	Min	TİP4						
S306	Max	TİP5	-2116.6	458.29	0		0.0078	0.0078
S306	Min	TİP5						
S307	Max	TİP5	-2119.4	457.70	0		0.0078	0.0078
S307	Min	TİP5						
S308	Max	TİP4	-1640.2	274.41	0		0.0077	0.0077
S308	Min	TİP4						

Çizelge C.4: TSM-2 için kiriş SOL MESNETLERİNDE AEDYHY'ne göre elde edilen eğrilik istemleri.

215. Hesap Adımı Kiriş Sol Mesnetleri								
Kiriş No	Adım Tipi	Kiriş Tipi	P (kN)	M3 (kNm)	Dönme (Radyan)	Plas. Eğr. (Rad/m)	Akma Eğr. (Rad/m)	Top. Eğr. (Rad/m)
K101	Max	TİP1	0	117.07	0.0049	0.0195	0.0067	0.0262
K101	Min	TİP1	0	0	0			
K102	Max	TİP1	0	115.57	0.0000	0.0002	0.0067	0.0069
K102	Min	TİP1	0	0	0			
K103	Max	TİP3	0	83.56	0		0.0034	0.0034
K103	Min	TİP3	0	0	0			
K104	Max	TİP2	0	85.03	0		0.0033	0.0033
K104	Min	TİP2	0	0	0			
K105	Max	TİP2	0	24.67	0		0.0010	0.0010
K105	Min	TİP2	0	0	0			
K201	Max	TİP1	0	117.60	0.0065	0.0259	0.0067	0.0326
K201	Min	TİP1	0	0	0			
K202	Max	TİP1	0	116.58	0.0032	0.0127	0.0067	0.0194
K202	Min	TİP1	0	0	0			
K203	Max	TİP3	0	102.65	0		0.0042	0.0042
K203	Min	TİP3	0	0	0			
K204	Max	TİP2	0	108.41	0		0.0042	0.0042
K204	Min	TİP2	0	0	0			
K205	Max	TİP2	0	48.04	0		0.0019	0.0019
K205	Min	TİP2	0	0	0			

Çizelge C.5: TSM-2 için kiriş SAĞ MESNETLERİNDE AEDYHY’ne göre elde edilen eğrilik istemleri.

215. Hesap Adımı Kiriş Sağ Mesnetleri								
Kiriş No	Adım Tipi	Kiriş Tipi	P (kN)	M3 (kNm)	Dönme (Radyan)	Plas. Eğr. (Rad/m)	Akma Eğr. (Rad/m)	Top. Eğr. (Rad/m)
K101	Max	TİP1	0	0	0			
K101	Min	TİP1	0	-184.52	-0.0098	-0.0390	-0.0074	-0.0465
K102	Max	TİP1	0	0	0			
K102	Min	TİP1	0	-182.79	-0.0052	-0.0207	-0.0074	-0.0282
K103	Max	TİP2	0	0	0			
K103	Min	TİP2	0	-277.93	-0.0007	-0.0029	-0.0079	-0.0108
K104	Max	TİP2	0	0	0			
K104	Min	TİP2	0	-277.89	-0.0009	-0.0037	-0.0079	-0.0116
K105	Max	TİP3	0	0	0			
K105	Min	TİP3	0	-149.85	-0.0060	-0.0242	-0.0069	-0.0311
K201	Max	TİP1	0	0	0			
K201	Min	TİP1	0	-184.67	-0.0119	-0.0478	-0.0074	-0.0552
K202	Max	TİP1	0	0	0			
K202	Min	TİP1	0	-183.57	-0.0071	-0.0283	-0.0074	-0.0357
K203	Max	TİP2	0	0	0			
K203	Min	TİP2	0	-278.96	-0.0026	-0.0104	-0.0079	-0.0183
K204	Max	TİP2	0	0	0			
K204	Min	TİP2	0	-278.56	-0.0029	-0.0116	-0.0079	-0.0195
K205	Max	TİP3	0	0	0			
K205	Min	TİP3	0	-150.97	-0.0081	-0.0326	-0.0069	-0.0394

Çizelge C.6: TSM-2 için KOLONLARDA AEDYHY’ne göre elde edilen eğrilik istemleri.

215. Hesap Adımı								
Kolon No	Adım Tipi	Kolon Tipi	P (kN)	M3 (kNm)	Dönme (Radyan)	Plas. Eğr. (Rad/m)	Akma Eğr. (Rad/m)	Top. Eğr. (Rad/m)
S101	Max	TİP5	-596.8	360.67	0		0.0081	0.0081
S101	Min	TİP5						
S102	Max	TİP5	-1718.2	374.02	0		0.0072	0.0072
S102	Min	TİP5						
S103	Max	TİP7	-3186.5	928.00	0.0005	0.0018	0.0080	0.0097
S103	Min	TİP7						
S104	Max	TİP7	-3908.1	980.46	0.0003	0.0010	0.0073	0.0084
S104	Min	TİP7						
S301	Max	TİP4	-436.4	69.38	0		0.0026	0.0026
S301	Min	TİP4						
S302	Max	TİP4	-1353.9	95.01	0		0.0029	0.0029
S302	Min	TİP4						
S303	Max	TİP6	-2498.9	220.33	0		0.0027	0.0027
S303	Min	TİP6						
S304	Max	TİP6	-3066.4	194.18	0		0.0021	0.0021
S304	Min	TİP6						

Çizelge C.7: TSM-3 için kiriş SOL MESNETLERİNDE AEDYHY’ne göre elde edilen eğrilik istemleri.

101. Hesap Adımı Kiriş Sol Mesnetleri								
Kiriş No	Adım Tipi	Kiriş Tipi	P (kN)	M3 (kNm)	Dönme (Radyan)	Plas. Eğr. (Rad/m)	Akma Eğr. (Rad/m)	Top. Eğr. (Rad/m)
K101	Max	TİP7	0	80.02	0.0036	0.0143	0.0065	0.0208
K101	Min	TİP7	0	0	0			
K102	Max	TİP6	0	62.01	0		0.0050	0.0050
K102	Min	TİP6	0	0	0			
K103	Max	TİP9	0	50.00	0		0.0041	0.0041
K103	Min	TİP9	0	0	0			
K104	Max	TİP8	0	45.27	0		0.0018	0.0018
K104	Min	TİP8	0	0	0			
K105	Max	TİP8	0	-8.21	0		-0.0003	-0.0003
K105	Min	TİP8	0	0	0			
K201	Max	TİP7	0	80.53	0.0044	0.0178	0.0065	0.0243
K201	Min	TİP7	0	0	0			
K202	Max	TİP6	0	78.16	0.0009	0.0037	0.0063	0.0100
K202	Min	TİP6	0	0	0			

Çizelge C.7 (Devamı).

101. Hesap Adımı Kiriş Sol Mesnetleri								
Kiriş No	Adım Tipi	Kiriş Tipi	P (kN)	M3 (kNm)	Dönme (Radyan)	Plas. Eğr. (Rad/m)	Akma Eğr. (Rad/m)	Top. Eğr. (Rad/m)
K203	Max	TİP9	0	64.18	0		0.0026	0.0026
K203	Min	TİP9	0	0	0			
K204	Max	TİP8	0	59.45	0		0.0023	0.0023
K204	Min	TİP8	0	0	0			
K205	Max	TİP8	0	3.78	0		0.0001	0.0001
K205	Min	TİP8	0	0	0			

Çizelge C.8: TSM-3 için kiriş SAĞ MESNETLERİNDE AEDYHY'ne göre elde edilen eğrilik istemleri.

101. Hesap Adımı Kiriş Sağ Mesnetleri								
Kiriş No	Adım Tipi	Kiriş Tipi	P (kN)	M3 (kNm)	Dönme (Radyan)	Plas. Eğr. (Rad/m)	Akma Eğr. (Rad/m)	Top. Eğr. (Rad/m)
K101	Max	TİP6	0	0	0.0000			
K101	Min	TİP6	0	-164.52	-0.0073	-0.0293	-0.0073	-0.0366
K102	Max	TİP7	0	0	0			
K102	Min	TİP7	0	-122.23	-0.0050	-0.0201	-0.0070	-0.0271
K103	Max	TİP8	0	0	0			
K103	Min	TİP8	0	-247.63	0		-0.0075	-0.0075
K104	Max	TİP8	0	0	0			
K104	Min	TİP8	0	-248.47	0		-0.0076	-0.0076
K105	Max	TİP9	0	0	0			
K105	Min	TİP9	0	-133.23	-0.0049	-0.0194	-0.0068	-0.0262
K201	Max	TİP6	0	0	0			
K201	Min	TİP6	0	-164.91	-0.0086	-0.0344	-0.0073	-0.0417
K202	Max	TİP7	0	0	0			
K202	Min	TİP7	0	-123.51	-0.0065	-0.0260	-0.0070	-0.0329
K203	Max	TİP8	0	0	0			
K203	Min	TİP8	0	-256.99	-0.0004	-0.0016	-0.0079	-0.0095
K204	Max	TİP8	0	0	0			
K204	Min	TİP8	0	-257.27	-0.0005	-0.0020	-0.0079	-0.0099
K205	Max	TİP9	0	0	0			
K205	Min	TİP9	0	-134.81	-0.0061	-0.0242	-0.0068	-0.0311

Çizelge C.9: TSM-3 için KOLONLARDA AEDYHY'ne göre elde edilen eğrilik istemleri.

101. Hesap Adımı								
Kolon No	Adım Tipi	Kolon Tipi	P (kN)	M3 (kNm)	Dönme (Radyan)	Plas. Eğr. (Rad/m)	Akma Eğr. (Rad/m)	Top. Eğr. (Rad/m)
S101	Max	TİP3	-402.3	131.91	0		0.0084	0.0084
S101	Min	TİP3						
S102	Max	TİP3	-884.7	141.13	0		0.0078	0.0078
S102	Min	TİP3						
S103	Max	TİP5	-1966.4	460.79	0		0.0082	0.0082
S103	Min	TİP5						
S104	Max	TİP5	-2282.1	449.67	0		0.0073	0.0073
S104	Min	TİP5						
S301	Max	TİP2	-240.5	36.09	0		0.0037	0.0037
S301	Min	TİP2						
S302	Max	TİP2	-574.1	55.31	0		0.0050	0.0050
S302	Min	TİP2						
S303	Max	TİP4	-1277.2	157.31	0		0.0049	0.0049
S303	Min	TİP4						
S304	Max	TİP4	-1469.9	130.48	0		0.0039	0.0039
S304	Min	TİP4						

Çizelge C.10: TSM-1 için KİRİŞ SOL MESNETLERİNDE FEMA440’a göre oluşan eğrilik istemleri.

248. Hesap Adımı Kiriş Sol Mesnetleri								
Kiriş No	Adım Tipi	Kiriş Tipi	P (kN)	M3 (kNm)	Dönme (Radyan)	Plas. Eğr. (Rad/m)	Akma Eğr. (Rad/m)	Top. Eğr. (Rad/m)
K101	Max	TİP2	0	187.48	0.0134	0.0537	0.0070	0.0608
K101	Min	TİP2	0	0	0			
K102	Max	TİP2	0	187.27	0.0131	0.0522	0.0070	0.0592
K102	Min	TİP2	0	0	0			
K103	Max	TİP2	0	187.22	0.0130	0.0519	0.0070	0.0589
K103	Min	TİP2	0	0	0			
K104	Max	TİP14	0	241.56	0.0103	0.0414	0.0074	0.0488
K104	Min	TİP14	0	0	0			
K105	Max	TİP14	0	241.02	0.0096	0.0383	0.0074	0.0457
K105	Min	TİP14	0	0	0			
K106	Max	TİP14	0	240.99	0.0095	0.0381	0.0074	0.0455
K106	Min	TİP14	0	0	0			
K201	Max	TİP2	0	189.44	0.0174	0.0697	0.0070	0.0767
K201	Min	TİP2	0	0	0			
K202	Max	TİP2	0	189.65	0.0173	0.0693	0.0070	0.0763
K202	Min	TİP2	0	0	0			
K203	Max	TİP2	0	189.47	0.0172	0.0690	0.0070	0.0760
K203	Min	TİP2	0	0	0			
K204	Max	TİP14	0	244.13	0.0141	0.0565	0.0074	0.0639
K204	Min	TİP14	0	0	0			
K205	Max	TİP14	0	244.15	0.0143	0.0570	0.0074	0.0644
K205	Min	TİP14	0	0	0			
K206	Max	TİP14	0	244.21	0.0142	0.0569	0.0074	0.0643
K206	Min	TİP14	0	0	0			

Çizelge C.11: TSM-1 için KİRİŞ SAĞ MESNETLERİNDE FEMA440’a göre oluşan eğrilik istemleri.

248. Hesap Adımı Kiriş Sağ Mesnetleri								
Kiriş No	Adım Tipi	Kiriş Tipi	P (kN)	M3 (kNm)	Dönme (Radyan)	Plas. Eğr. (Rad/m)	Akma Eğr. (Rad/m)	Top. Eğr. (Rad/m)
K101	Max	TİP2	0	0	0			
K101	Min	TİP2	0	-285.89	-0.0156	-0.0623	-0.0079	-0.0702
K102	Max	TİP2	0	0	0			
K102	Min	TİP2	0	-285.96	-0.0158	-0.0631	-0.0079	-0.0710
K103	Max	TİP2	0	0	0			
K103	Min	TİP2	0	-286.02	-0.0159	-0.0637	-0.0079	-0.0716
K104	Max	TİP14	0	0	0			
K104	Min	TİP14	0	-383.91	-0.0146	-0.0585	-0.0088	-0.0673
K105	Max	TİP14	0	0	0			
K105	Min	TİP14	0	-384.14	-0.0148	-0.0592	-0.0088	-0.0680
K106	Max	TİP14	0	0	0			
K106	Min	TİP14	0	-384.38	-0.0151	-0.0606	-0.0088	-0.0694
K201	Max	TİP2	0	0	0			
K201	Min	TİP2	0	-287.43	-0.0199	-0.0794	-0.0079	-0.0873
K202	Max	TİP2	0	0	0			
K202	Min	TİP2	0	-287.52	-0.0201	-0.0805	-0.0079	-0.0884
K203	Max	TİP2	0	0	0			
K203	Min	TİP2	0	-287.40	-0.0198	-0.0791	-0.0079	-0.0870
K204	Max	TİP14	0	0	0			
K204	Min	TİP14	0	-389.59	-0.0190	-0.0760	-0.0088	-0.0848
K205	Max	TİP14	0	0	0			
K205	Min	TİP14	0	-389.67	-0.0193	-0.0772	-0.0088	-0.0861
K206	Max	TİP14	0	0	0			
K206	Min	TİP14	0	-389.64	-0.0190	-0.0762	-0.0088	-0.0850

Çizelge C.12: TSM-1 için KOLONLARDA FEMA440’a göre oluşan eğrilik istemleri.

248. Hesap Adımı								
Kolon No	Adım Tipi	Kolon Tipi	P (kN)	M3 (kNm)	Dönme (Radyan)	Plas. Eğr. (Rad/m)	Akma Eğr. (Rad/m)	Top. Eğr. (Rad/m)
S101	Max	TİP4	-441.7	300.95	0.0139	0.0617	0.0100	0.0717
S101	Min	TİP4						
S102	Max	TİP5	-1657.2	521.80	0.0143	0.0574	0.0102	0.0676
S102	Min	TİP5						
S103	Max	TİP5	-1655.0	522.03	0.0143	0.0574	0.0102	0.0676
S103	Min	TİP5						
S104	Max	TİP4	-1408.2	374.21	0.0130	0.0580	0.0114	0.0694
S104	Min	TİP4						
S105	Max	TİP5	-1047.6	651.53	0.0128	0.0512	0.0094	0.0606
S105	Min	TİP5						
S106	Max	TİP6	-2849.3	733.40	0.0152	0.0552	0.0085	0.0637
S106	Min	TİP6						
S107	Max	TİP6	-2854.7	720.60	0.0153	0.0555	0.0085	0.0639
S107	Min	TİP6						
S108	Max	TİP5	-2296.5	568.72	0.0138	0.0275	0.0095	0.0371
S108	Min	TİP5						
S301	Max	TİP3	-342.8	139.99	0.0000		0.0092	0.0092
S301	Min	TİP3						
S302	Max	TİP4	-1218.9	311.44	0.0000		0.0098	0.0098
S302	Min	TİP4						
S303	Max	TİP4	-1216.7	311.42	0.0000		0.0098	0.0098
S303	Min	TİP4						
S304	Max	TİP3	-992.8	183.10	0.0000		0.0099	0.0099
S304	Min	TİP3						
S305	Max	TİP4	-816.8	223.30	0.0000		0.0075	0.0075
S305	Min	TİP4						
S306	Max	TİP5	-2113.2	465.65	0.0000		0.0080	0.0080
S306	Min	TİP5						
S307	Max	TİP5	-2118.7	465.71	0.0000		0.0080	0.0080
S307	Min	TİP5						
S308	Max	TİP4	-1645.7	277.96	0.0000		0.0077	0.0077
S308	Min	TİP4						

Çizelge C.13: TSM-2 için KİRİŞ SOL MESNETLERİNDE FEMA440’a göre oluşan eğrilik istemleri.

219. Hesap Adımı Kiriş Sol Mesnetleri								
Kiriş No	Adım Tipi	Kiriş Tipi	P (kN)	M3 (kNm)	Dönme (Radyan)	Plas. Eğr. (Rad/m)	Akma Eğr. (Rad/m)	Top. Eğr. (Rad/m)
K101	Max	TİP1	0	117.17	0.0052	0.0207	0.0067	0.0273
K101	Min	TİP1	0	0	0			
K102	Max	TİP1	0	115.64	0.0002	0.0009	0.0067	0.0076
K102	Min	TİP1	0	0	0			
K103	Max	TİP3	0	85.81	0		0.0035	0.0035
K103	Min	TİP3	0	0	0			
K104	Max	TİP2	0	87.16	0		0.0034	0.0034
K104	Min	TİP2	0	0	0			
K105	Max	TİP2	0	26.90	0		0.0011	0.0011
K105	Min	TİP2	0	0	0			
K201	Max	TİP1	0	117.71	0.0068	0.0271	0.0067	0.0338
K201	Min	TİP1	0	0	0			
K202	Max	TİP1	0	116.65	0.0034	0.0135	0.0067	0.0201
K202	Min	TİP1	0	0	0			
K203	Max	TİP3	0	105.17	0		0.0043	0.0043
K203	Min	TİP3	0	0	0			
K204	Max	TİP2	0	111.25	0		0.0044	0.0044
K204	Min	TİP2	0	0	0			
K205	Max	TİP2	0	50.88	0		0.0020	0.0020
K205	Min	TİP2	0	0	0			

Çizelge C.14: TSM-2 için kiriş SAĞ MESNETLERİNDE FEMA440'a göre oluşan eğrilik istemleri.

219. Hesap Adımı Kiriş Sağ Mesnetleri								
Kiriş No	Adım Tipi	Kiriş Tipi	P (kN)	M3 (kNm)	Dönme (Radyan)	Plas. Eğr. (Rad/m)	Akma Eğr. (Rad/m)	Top. Eğr. (Rad/m)
K101	Max	TİP1	0	0	0			
K101	Min	TİP1	0	-184.65	-0.0101	-0.0402	-0.0074	-0.0477
K102	Max	TİP1	0	0	0			
K102	Min	TİP1	0	-182.86	-0.0054	-0.0215	-0.0074	-0.0289
K103	Max	TİP2	0	0	0			
K103	Min	TİP2	0	-278.00	-0.0009	-0.0037	-0.0079	-0.0116
K104	Max	TİP2	0	0	0			
K104	Min	TİP2	0	-277.96	-0.0011	-0.0044	-0.0079	-0.0123
K105	Max	TİP3	0	0	0			
K105	Min	TİP3	0	-149.95	-0.0063	-0.0250	-0.0069	-0.0319
K201	Max	TİP1	0	0	0			
K201	Min	TİP1	0	-184.81	-0.0123	-0.0490	-0.0074	-0.0565
K202	Max	TİP1	0	0	0			
K202	Min	TİP1	0	-183.66	-0.0073	-0.0291	-0.0074	-0.0365
K203	Max	TİP2	0	0	0			
K203	Min	TİP2	0	-279.04	-0.0028	-0.0114	-0.0079	-0.0193
K204	Max	TİP2	0	0	0			
K204	Min	TİP2	0	-278.65	-0.0031	-0.0126	-0.0079	-0.0205
K205	Max	TİP3	0	0	0			
K205	Min	TİP3	0	-151.09	-0.0084	-0.0335	-0.0069	-0.0404

Çizelge C.15: TSM-2 için KOLONLARDA FEMA440'a göre oluşan eğrilik istemleri.

219. Hesap Adımı								
Kolon No	Adım Tipi	Kolon Tipi	P (kN)	M3 (kNm)	Dönme (Radyan)	Plas. Eğr. (Rad/m)	Akma Eğr. (Rad/m)	Top. Eğr. (Rad/m)
S101	Max	TİP5	-596.2	368.56	0		0.0083	0.0083
S101	Min	TİP5						
S102	Max	TİP5	-1718.5	381.89	0		0.0073	0.0073
S102	Min	TİP5						
S103	Max	TİP7	-3181.3	927.68	0.0006	0.0020	0.0080	0.0100
S103	Min	TİP7						
S104	Max	TİP7	-3909.8	985.88	0.0004	0.0012	0.0073	0.0086
S104	Min	TİP7						
S301	Max	TİP4	-435.8	69.33	0		0.0026	0.0026
S301	Min	TİP4						
S302	Max	TİP4	-1354.3	94.92	0		0.0029	0.0029
S302	Min	TİP4						
S303	Max	TİP6	-2494.5	220.03	0		0.0027	0.0027
S303	Min	TİP6						
S304	Max	TİP6	-3067.7	194.17	0		0.0021	0.0021
S304	Min	TİP6						

Çizelge C.16: TSM-3 için kiriş SOL MESNETLERİNDE FEMA440'a göre oluşan eğrilik istemleri.

91. Hesap Adımı Kiriş Sol Mesnetleri								
Kiriş No	Adım Tipi	Kiriş Tipi	P (kN)	M3 (kNm)	Dönme (Radyan)	Plas. Eğr. (Rad/m)	Akma Eğr. (Rad/m)	Top. Eğr. (Rad/m)
K101	Max	TİP7	0	79.80	0.0025	0.0100	0.0065	0.0165
K101	Min	TİP7	0	0	0			
K102	Max	TİP6	0	51.52	0		0.0041	0.0041
K102	Min	TİP6	0	0	0			
K103	Max	TİP9	0	35.05	0		0.0029	0.0029
K103	Min	TİP9	0	0	0			
K104	Max	TİP8	0	29.20	0		0.0012	0.0012
K104	Min	TİP8	0	0	0			
K105	Max	TİP8	0	-16.67	0		-0.0005	-0.0005
K105	Min	TİP8	0	0	0			
K201	Max	TİP7	0	80.30	0.0034	0.0134	0.0065	0.0199
K201	Min	TİP7	0	0	0			
K202	Max	TİP6	0	78.01	0.0002	0.0008	0.0063	0.0072
K202	Min	TİP6	0	0	0			

Çizelge C.16 (Devamı).

91. Hesap Adımı Kiriş Sol Mesnetleri								
Kiriş No	Adım Tipi	Kiriş Tipi	P (kN)	M3 (kNm)	Dönme (Radyan)	Plas. Eğr. (Rad/m)	Akma Eğr. (Rad/m)	Top. Eğr. (Rad/m)
K203	Max	TİP9	0	51.80	0		0.0042	0.0042
K203	Min	TİP9	0	0	0			
K204	Max	TİP8	0	47.10	0		0.0019	0.0019
K204	Min	TİP8	0	0	0			
K205	Max	TİP8	0	-5.49	0		-0.0002	-0.0002
K205	Min	TİP8	0	0	0			

Çizelge C.17: TSM-3 için kiriş SAĞ MESNETLERİNDE FEMA440'a göre oluşan eğrilik istemleri.

91. Hesap Adımı Kiriş Sağ Mesnetleri								
Kiriş No	Adım Tipi	Kiriş Tipi	P (kN)	M3 (kNm)	Dönme (Radyan)	Plas. Eğr. (Rad/m)	Akma Eğr. (Rad/m)	Top. Eğr. (Rad/m)
K101	Max	TİP6	0	0	0			
K101	Min	TİP6	0	-164.13	-0.0062	-0.0250	-0.0073	-0.0323
K102	Max	TİP7	0	0	0			
K102	Min	TİP7	0	-121.93	-0.0041	-0.0163	-0.0070	-0.0233
K103	Max	TİP8	0	0	0			
K103	Min	TİP8	0	-232.21	0		-0.0071	-0.0071
K104	Max	TİP8	0	0	0			
K104	Min	TİP8	0	-232.20	0		-0.0071	-0.0071
K105	Max	TİP9	0	0	0			
K105	Min	TİP9	0	-132.92	-0.0040	-0.0162	-0.0068	-0.0230
K201	Max	TİP6	0	0	0			
K201	Min	TİP6	0	-164.53	-0.0075	-0.0301	-0.0073	-0.0374
K202	Max	TİP7	0	0	0			
K202	Min	TİP7	0	-123.29	-0.0058	-0.0232	-0.0070	-0.0302
K203	Max	TİP8	0	0	0			
K203	Min	TİP8	0	-248.73	0		-0.0076	-0.0076
K204	Max	TİP8	0	0	0			
K204	Min	TİP8	0	-250.33	0		-0.0076	-0.0076
K205	Max	TİP9	0	0	0			
K205	Min	TİP9	0	-134.48	-0.0052	-0.0209	-0.0068	-0.0277

Çizelge C.18: TSM-3 için KOLONLARDA FEMA440'a göre oluşan eğrilik istemleri.

91. Hesap Adımı								
Kolon No	Adım Tipi	Kolon Tipi	P (kN)	M3 (kNm)	Dönme (Radyan)	Plas. Eğr. (Rad/m)	Akma Eğr. (Rad/m)	Top. Eğr. (Rad/m)
S101	Max	TİP3	-404.1	117.94	0		0.0075	0.0075
S101	Min	TİP3						
S102	Max	TİP3	-876.1	127.25	0		0.0070	0.0070
S102	Min	TİP3						
S103	Max	TİP5	-1973.6	405.98	0		0.0072	0.0072
S103	Min	TİP5						
S104	Max	TİP5	-2271.5	396.27	0		0.0065	0.0065
S104	Min	TİP5						
S301	Max	TİP2	-242.0	35.77	0		0.0037	0.0037
S301	Min	TİP2						
S302	Max	TİP2	-567.4	55.11	0		0.0050	0.0050
S302	Min	TİP2						
S303	Max	TİP4	-1281.6	149.62	0		0.0047	0.0047
S303	Min	TİP4						
S304	Max	TİP4	-1466.5	124.37	0		0.0037	0.0037
S304	Min	TİP4						

Çizelge C.19: TSM-1 için KİRİŞ SOL MESNETLERİNDE ZTADOHY'ne göre elde edilen toplam eğrilikleri.

KİRİŞ ADI	BÖLGE	TASARIM DEPREMİ							ZTADOHY ORT.
		NO:1	NO:2	NO:3	NO:4	NO:5	NO:6	NO:7	
		CHI-CHI	EL CENTRO	KOBE	NORTHRIDGE	DÜZCE	ERZİNCAN	KOCAELİ	
K101	ALT	0.040	0.007	0.040	0.007	0.012	0.007	0.009	0.018
	ÜST	-0.008	-0.049	-0.008	-0.036	-0.023	-0.036	-0.036	-0.028
K102	ALT	0.037	0.007	0.039	0.007	0.011	0.007	0.012	0.017
	ÜST	-0.008	-0.048	-0.008	-0.035	-0.023	-0.034	-0.035	-0.027
K103	ALT	0.036	0.007	0.039	0.007	0.011	0.007	0.012	0.017
	ÜST	-0.008	-0.047	-0.009	-0.034	-0.022	-0.034	-0.035	-0.027
K104	ALT	0.029	0.005	0.028	0.007	0.007	0.007	0.007	0.013
	ÜST	-0.008	-0.048	-0.009	-0.035	-0.024	-0.035	-0.035	-0.028
K105	ALT	0.026	0.004	0.027	0.007	0.007	0.007	0.007	0.012
	ÜST	-0.008	-0.047	-0.009	-0.035	-0.024	-0.034	-0.035	-0.027
K106	ALT	0.026	0.004	0.027	0.007	0.007	0.007	0.007	0.012
	ÜST	-0.008	-0.046	-0.008	-0.035	-0.024	-0.034	-0.035	-0.027
K201	ALT	0.068	0.007	0.060	0.009	0.022	0.007	0.027	0.029
	ÜST	-0.013	-0.068	-0.011	-0.045	-0.035	-0.053	-0.053	-0.040
K202	ALT	0.066	0.007	0.059	0.008	0.021	0.007	0.025	0.028
	ÜST	-0.013	-0.067	-0.012	-0.046	-0.036	-0.053	-0.055	-0.040
K203	ALT	0.066	0.007	0.059	0.008	0.021	0.007	0.025	0.028
	ÜST	-0.013	-0.067	-0.012	-0.046	-0.036	-0.053	-0.054	-0.040
K204	ALT	0.057	0.008	0.047	0.008	0.008	0.008	0.012	0.021
	ÜST	-0.009	-0.068	-0.009	-0.045	-0.036	-0.053	-0.053	-0.039
K205	ALT	0.054	0.008	0.046	0.008	0.008	0.008	0.012	0.020
	ÜST	-0.009	-0.066	-0.009	-0.046	-0.036	-0.053	-0.053	-0.039
K206	ALT	0.054	0.008	0.046	0.008	0.007	0.008	0.012	0.020
	ÜST	-0.009	-0.065	-0.009	-0.045	-0.036	-0.052	-0.052	-0.038

Çizelge C.20: TSM-1 için KİRİŞ SAĞ MESNETLERİNDE ZTADOHY'ne göre elde edilen toplam eğrilikleri.

KİRİŞ ADI	BÖLGE	TASARIM DEPREMİ							ZTADOHY ORT.
		NO:1	NO:2	NO:3	NO:4	NO:5	NO:6	NO:7	
		CHI-CHI	EL CENTRO	KOBE	NORTHRIDGE	DÜZCE	ERZİNCAN	KOCAELİ	
K101	ALT	0.007	0.036	0.007	0.024	0.011	0.023	0.023	0.019
	ÜST	-0.048	-0.008	-0.050	-0.008	-0.022	-0.008	-0.019	-0.023
K102	ALT	0.007	0.036	0.007	0.024	0.012	0.023	0.024	0.019
	ÜST	-0.048	-0.008	-0.051	-0.008	-0.023	-0.008	-0.019	-0.024
K103	ALT	0.007	0.038	0.007	0.025	0.013	0.026	0.026	0.020
	ÜST	-0.052	-0.008	-0.052	-0.008	-0.023	-0.008	-0.020	-0.024
K104	ALT	0.006	0.023	0.007	0.011	0.007	0.010	0.012	0.011
	ÜST	-0.049	-0.007	-0.050	-0.009	-0.019	-0.009	-0.021	-0.023
K105	ALT	0.006	0.023	0.007	0.011	0.007	0.010	0.012	0.011
	ÜST	-0.049	-0.007	-0.051	-0.009	-0.017	-0.009	-0.021	-0.023
K106	ALT	0.006	0.025	0.007	0.012	0.007	0.012	0.013	0.012
	ÜST	-0.051	-0.007	-0.050	-0.009	-0.018	-0.009	-0.021	-0.024
K201	ALT	0.007	0.055	0.007	0.035	0.025	0.042	0.043	0.031
	ÜST	-0.078	-0.011	-0.070	-0.020	-0.031	-0.014	-0.037	-0.037
K202	ALT	0.007	0.056	0.007	0.035	0.027	0.042	0.043	0.031
	ÜST	-0.078	-0.011	-0.071	-0.020	-0.035	-0.015	-0.037	-0.038
K203	ALT	0.007	0.057	0.007	0.036	0.026	0.044	0.044	0.032
	ÜST	-0.079	-0.010	-0.070	-0.020	-0.031	-0.013	-0.036	-0.037

Çizelge C.20 (Devamı).

		TASARIM DEPREMİ							
		NO:1	NO:2	NO:3	NO:4	NO:5	NO:6	NO:7	
KIRIŞ ADI	BÖLGE	CHI-CHI	EL CENTRO	KOBE	NORTHRIDGE	DÜZCE	ERZİNCAN	KOCAELİ	ZTADOHY ORT.
K204	ALT	0.008	0.043	0.008	0.022	0.012	0.030	0.029	0.022
	ÜST	-0.075	-0.009	-0.068	-0.020	-0.034	-0.014	-0.036	-0.037
K205	ALT	0.008	0.043	0.008	0.022	0.011	0.030	0.029	0.021
	ÜST	-0.076	-0.009	-0.069	-0.021	-0.032	-0.014	-0.037	-0.037
K206	ALT	0.008	0.046	0.008	0.022	0.012	0.031	0.030	0.023
	ÜST	-0.078	-0.009	-0.069	-0.023	-0.034	-0.013	-0.037	-0.038

Çizelge C.21: TSM-1 için KOLONLARDA ZTADOHY'ne göre elde edilen toplam eğrilikleri.

	TASARIM DEPREMİ							
	NO:1	NO:2	NO:3	NO:4	NO:5	NO:6	NO:7	
KOLON ADI	CHI-CHI	EL CENTRO	KOBE	NORTHRIDGE	DÜZCE	ERZİNCAN	KOCAELİ	ZTADOHY ORT.
S101	0.0429	0.0364	0.0441	0.0305	0.0206	0.0282	0.0250	0.0325
S102	0.0408	0.0372	0.0304	0.0319	0.0207	0.0303	0.0278	0.0313
S103	0.0408	0.0372	0.0387	0.0323	0.0207	0.0303	0.0258	0.0323
S104	0.0353	0.0432	0.0356	0.0360	0.0192	0.0324	0.0293	0.0330
S105	0.0354	0.0342	0.0372	0.0297	0.0186	0.0272	0.0227	0.0293
S106	0.0304	0.0316	0.0308	0.0262	0.0182	0.0249	0.0182	0.0258
S107	0.0305	0.0316	0.0308	0.0262	0.0183	0.0250	0.0181	0.0258
S108	0.0360	0.0356	0.0388	0.0291	0.0170	0.0271	0.0231	0.0295
S301	0.0143	0.0141	0.0082	0.0170	0.0104	0.0113	0.0098	0.0121
S302	0.0157	0.0174	0.0102	0.0179	0.0224	0.0139	0.0130	0.0158
S303	0.0159	0.0173	0.0102	0.0181	0.0104	0.0137	0.0130	0.0141
S304	0.0112	0.0177	0.0124	0.0131	0.0057	0.0136	0.0138	0.0125
S305	0.0100	0.0102	0.0066	0.0120	0.0083	0.0089	0.0074	0.0091
S306	0.0139	0.0150	0.0085	0.0157	0.0089	0.0108	0.0103	0.0119
S307	0.0139	0.0153	0.0085	0.0157	0.0089	0.0108	0.0103	0.0119
S308	0.0118	0.0088	0.0093	0.0128	0.0094	0.0073	0.0109	0.0101

Çizelge C.22: TSM-2 için KİRİŞ SOL MESNETLERİNDE ZTADOHY'ne göre elde edilen toplam eğrilikleri.

KİRİŞ ADI	BÖLGE	TASARIM DEPREMİ							ZTADOHY ORT.
		NO:1	NO:2	NO:3	NO:4	NO:5	NO:6	NO:7	
		CHI-CHI	EL CENTRO	KOBE	NORTHRIDGE	DÜZCE	ERZİNCAN	KOCAELİ	
K101	ALT	0.006	0.002	0.019	0.026	0.007	0.007	0.006	0.010
	ÜST	-0.016	-0.030	-0.010	-0.008	-0.031	-0.025	-0.014	-0.019
K102	ALT	0.007	0.007	0.006	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
	ÜST	-0.028	-0.051	-0.018	-0.013	-0.054	-0.044	-0.031	-0.033
K103	ALT	0.001	0.000	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002
	ÜST	-0.016	-0.033	-0.009	-0.007	-0.034	-0.028	-0.018	-0.021
K104	ALT	0.000	-0.002	0.003	0.003	-0.001	-0.001	-0.001	0.001
	ÜST	-0.006	-0.013	-0.005	-0.005	-0.014	-0.009	-0.007	-0.008
K105	ALT	-0.001	-0.002	0.000	0.001	-0.001	-0.001	-0.001	0.000
	ÜST	-0.007	-0.012	-0.006	-0.006	-0.014	-0.008	-0.007	-0.009
K201	ALT	0.007	0.006	0.026	0.035	0.007	0.007	0.007	0.014
	ÜST	-0.024	-0.040	-0.017	-0.012	-0.041	-0.036	-0.026	-0.028
K202	ALT	0.007	0.007	0.016	0.021	0.007	0.007	0.007	0.014
	ÜST	-0.036	-0.060	-0.026	-0.020	-0.063	-0.053	-0.039	-0.041
K203	ALT	0.004	0.002	0.005	0.005	0.005	0.006	0.004	0.004
	ÜST	-0.024	-0.044	-0.020	-0.017	-0.046	-0.038	-0.027	-0.031
K204	ALT	0.001	-0.001	0.004	0.005	0.001	0.002	0.000	0.002
	ÜST	-0.007	-0.024	-0.006	-0.006	-0.026	-0.018	-0.008	-0.014
K205	ALT	0.000	-0.001	0.001	0.002	0.001	0.000	-0.001	0.001
	ÜST	-0.008	-0.023	-0.008	-0.007	-0.027	-0.017	-0.008	-0.014

Çizelge C.23: TSM-2 için KİRİŞ SAĞ MESNETLERİNDE ZTADOHY'ne göre elde edilen toplam eğrilikleri.

KİRİŞ ADI	BÖLGE	TASARIM DEPREMİ							ZTADOHY ORT.
		NO:1	NO:2	NO:3	NO:4	NO:5	NO:6	NO:7	
		CHI-CHI	EL CENTRO	KOBE	NORTHRIDGE	DÜZCE	ERZİNCAN	KOCAELİ	
K101	ALT	0.006	0.010	0.007	0.007	0.010	0.006	0.004	0.007
	ÜST	-0.020	-0.006	-0.041	-0.049	-0.008	-0.013	-0.016	-0.027
K102	ALT	0.007	0.029	0.007	0.007	0.032	0.023	0.009	0.019
	ÜST	-0.011	-0.008	-0.022	-0.028	-0.008	-0.008	-0.010	-0.013
K103	ALT	0.000	0.001	-0.001	-0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
	ÜST	-0.006	-0.004	-0.008	-0.010	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006
K104	ALT	0.001	0.004	-0.001	-0.001	0.004	0.003	0.001	0.002
	ÜST	-0.006	-0.004	-0.008	-0.011	-0.005	-0.005	-0.005	-0.006
K105	ALT	0.002	0.004	0.003	0.003	0.004	0.003	0.001	0.003
	ÜST	-0.012	-0.006	-0.025	-0.030	-0.007	-0.007	-0.009	-0.014
K201	ALT	0.012	0.023	0.007	0.007	0.025	0.019	0.009	0.016
	ÜST	-0.028	-0.008	-0.049	-0.057	-0.017	-0.021	-0.026	-0.033
K202	ALT	0.013	0.038	0.007	0.007	0.041	0.031	0.017	0.022
	ÜST	-0.017	-0.008	-0.032	-0.038	-0.009	-0.013	-0.017	-0.019
K203	ALT	0.000	0.002	0.001	0.001	0.003	0.002	0.001	0.001
	ÜST	-0.007	-0.005	-0.016	-0.020	-0.006	-0.007	-0.007	-0.010
K204	ALT	0.002	0.005	0.002	0.002	0.005	0.004	0.003	0.003
	ÜST	-0.006	-0.005	-0.014	-0.021	-0.006	-0.006	-0.006	-0.009
K205	ALT	0.004	0.005	0.006	0.006	0.006	0.004	0.003	0.004
	ÜST	-0.019	-0.008	-0.035	-0.042	-0.012	-0.016	-0.016	-0.021

Çizelge C.24: TSM-2 için KOLONLARDA ZTADOHY'ne göre edilen toplam eğrilikleri.

	TASARIM DEPREMİ							ZTADOHY ORT.
	NO:1	NO:2	NO:3	NO:4	NO:5	NO:6	NO:7	
KOLON ADI	CHI-CHI	EL CENTRO	KOBE	NORTHRIDGE	DÜZCE	ERZİNCAN	KOCAELİ	
S101	0.0043	0.0068	0.0065	0.0071	0.0070	0.0061	0.0044	0.0057
S102	0.0040	0.0066	0.0068	0.0074	0.0067	0.0058	0.0041	0.0057
S103	0.0043	0.0078	0.0069	0.0076	0.0065	0.0065	0.0044	0.0063
S104	0.0044	0.0084	0.0066	0.0072	0.0059	0.0066	0.0045	0.0062
S301	0.0031	0.0032	0.0030	0.0029	0.0031	0.0032	0.0031	0.0031
S302	0.0038	0.0033	0.0037	0.0039	0.0037	0.0036	0.0036	0.0036
S303	0.0022	0.0021	0.0027	0.0029	0.0021	0.0024	0.0022	0.0025
S304	0.0024	0.0026	0.0023	0.0024	0.0025	0.0024	0.0023	0.0025

Çizelge C.25: TSM-3 için kiriş SOL MESNETLERİNDE ZTADOHY'ne göre elde edilen toplam eğrilikleri.

		TASARIM DEPREMİ							ZTADOHY ORT.
		NO:1	NO:2	NO:3	NO:4	NO:5	NO:6	NO:7	
KİRİŞ ADI	BÖLGE	CHI-CHI	EL CENTRO	KOBE	NORTHRIDGE	DÜZCE	ERZİNCAN	KOCAELİ	
K101	ALT	0.007	0.006	0.004	0.020	0.006	0.005	0.005	0.008
	ÜST	-0.013	-0.015	-0.014	-0.009	-0.014	-0.014	-0.013	-0.013
K102	ALT	0.005	0.005	0.004	0.005	0.005	0.005	0.003	0.004
	ÜST	-0.020	-0.024	-0.023	-0.007	-0.021	-0.023	-0.020	-0.015
K103	ALT	0.001	0.000	-0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001
	ÜST	-0.013	-0.016	-0.015	-0.006	-0.014	-0.015	-0.012	-0.013
K104	ALT	-0.001	-0.001	-0.002	0.002	-0.001	-0.002	-0.001	0.000
	ÜST	-0.006	-0.006	-0.006	-0.004	-0.006	-0.006	-0.005	-0.005
K105	ALT	-0.001	-0.002	-0.002	0.000	-0.002	-0.002	-0.002	-0.001
	ÜST	-0.006	-0.006	-0.006	-0.005	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006
K201	ALT	0.007	0.007	0.007	0.026	0.007	0.007	0.007	0.009
	ÜST	-0.023	-0.024	-0.022	-0.012	-0.023	-0.024	-0.022	-0.021
K202	ALT	0.006	0.006	0.006	0.011	0.006	0.006	0.006	0.009
	ÜST	-0.025	-0.028	-0.028	-0.011	-0.026	-0.028	-0.025	-0.020
K203	ALT	0.002	0.002	0.001	0.003	0.002	0.002	0.001	0.002
	ÜST	-0.018	-0.021	-0.021	-0.008	-0.019	-0.020	-0.018	-0.018
K204	ALT	0.000	-0.001	-0.002	0.003	-0.001	-0.001	-0.001	0.000
	ÜST	-0.006	-0.007	-0.007	-0.005	-0.006	-0.007	-0.006	-0.006
K205	ALT	-0.001	-0.001	-0.002	0.000	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
	ÜST	-0.007	-0.007	-0.007	-0.006	-0.007	-0.007	-0.007	-0.006

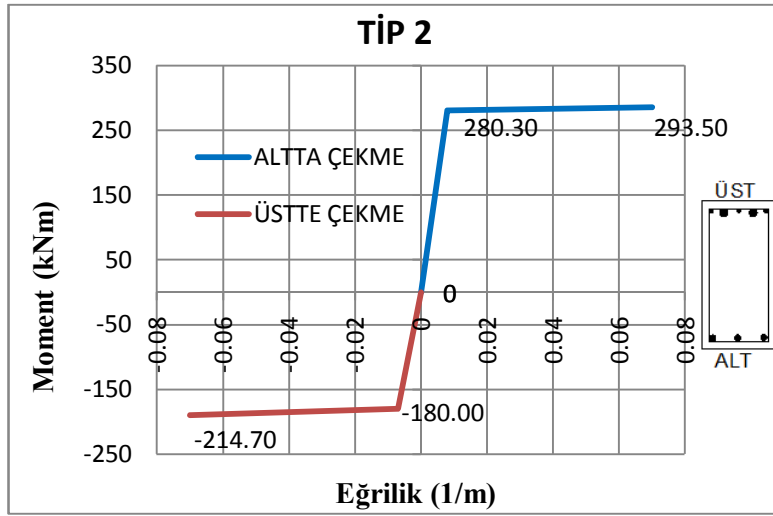
Çizelge C.26: TSM-3 için kiriş SAĞ MESNETLERİNDE ZTADOHY’ne göre elde edilen toplam eğrilikleri.

KİRİŞ ADI	BÖLGE	TASARIM DEPREMİ							ZTADOHY ORT.
		NO:1	NO:2	NO:3	NO:4	NO:5	NO:6	NO:7	
		CHI-CHI	EL CENTRO	KOBE	NORTHRIDGE	DÜZCE	ERZİNCAN	KOCAELİ	
K101	ALT	0.004	0.002	0.002	0.006	0.003	0.003	0.003	0.004
	ÜST	-0.018	-0.012	-0.007	-0.038	-0.015	-0.011	-0.013	-0.022
K102	ALT	0.006	0.007	0.006	0.007	0.007	0.007	0.006	0.007
	ÜST	-0.015	-0.012	-0.008	-0.026	-0.013	-0.012	-0.011	-0.014
K103	ALT	-0.001	-0.001	-0.001	-0.002	-0.001	-0.001	-0.001	-0.002
	ÜST	-0.006	-0.005	-0.005	-0.007	-0.006	-0.005	-0.005	-0.006
K104	ALT	-0.001	0.000	0.000	-0.002	0.000	0.000	-0.001	-0.001
	ÜST	-0.005	-0.005	-0.004	-0.007	-0.005	-0.005	-0.005	-0.006
K105	ALT	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
	ÜST	-0.012	-0.007	-0.006	-0.025	-0.010	-0.007	-0.009	-0.011
K201	ALT	0.006	0.006	0.005	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
	ÜST	-0.023	-0.019	-0.013	-0.042	-0.020	-0.017	-0.020	-0.028
K202	ALT	0.008	0.011	0.011	0.007	0.009	0.010	0.007	0.009
	ÜST	-0.001	-0.001	-0.001	-0.002	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
K203	ALT	0.000	0.001	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
	ÜST	-0.006	-0.005	-0.005	-0.011	-0.006	-0.005	-0.005	-0.006
K204	ALT	0.002	0.001	0.001	0.003	0.002	0.001	0.002	0.002
	ÜST	-0.002	-0.001	-0.001	-0.002	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
K205	ALT	0.002	0.001	0.001	0.003	0.002	0.001	0.002	0.002
	ÜST	-0.016	-0.013	-0.009	-0.032	-0.014	-0.012	-0.014	-0.016

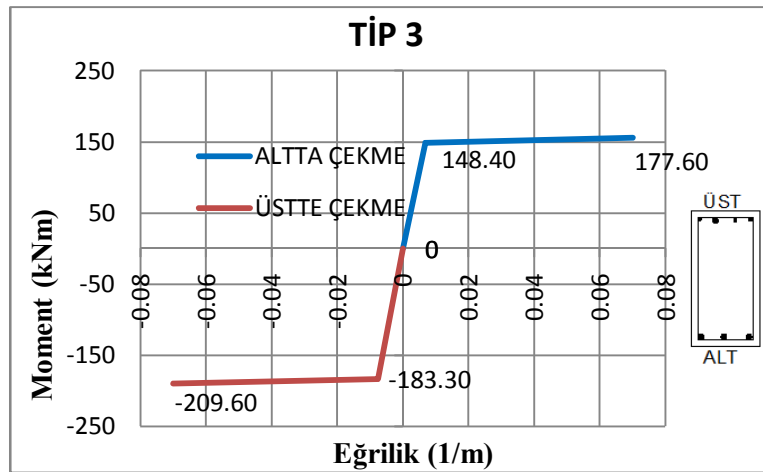
Çizelge C.27: TSM-3 için KOLONLARDA ZTADOHY’ne göre edilen toplam eğrilikleri.

KOLON ADI	TASARIM DEPREMİ							ZTADOHY ORT.
	NO:1	NO:2	NO:3	NO:4	NO:5	NO:6	NO:7	
	CHI-CHI	EL CENTRO	KOBE	NORTHRIDGE	DÜZCE	ERZİNCAN	KOCAELİ	
S101	0.0045	0.0051	0.0050	0.0075	0.0047	0.0051	0.0044	0.0059
S102	0.0050	0.0046	0.0044	0.0080	0.0041	0.0046	0.0039	0.0059
S103	0.0037	0.0044	0.0046	0.0073	0.0040	0.0044	0.0036	0.0046
S104	0.0038	0.0045	0.0046	0.0069	0.0041	0.0045	0.0037	0.0046
S301	0.0050	0.0051	0.0050	0.0051	0.0051	0.0051	0.0051	0.0051
S302	0.0058	0.0057	0.0055	0.0057	0.0058	0.0057	0.0057	0.0057
S303	0.0033	0.0031	0.0029	0.0049	0.0030	0.0030	0.0030	0.0039
S304	0.0035	0.0035	0.0036	0.0040	0.0035	0.0035	0.0034	0.0037

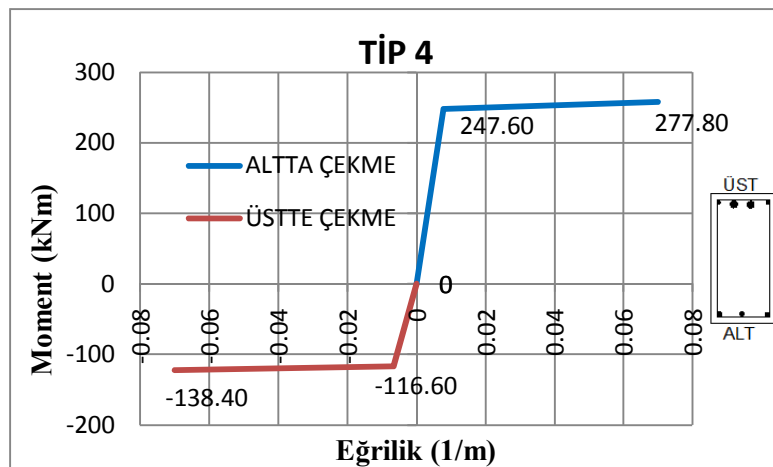
EK D



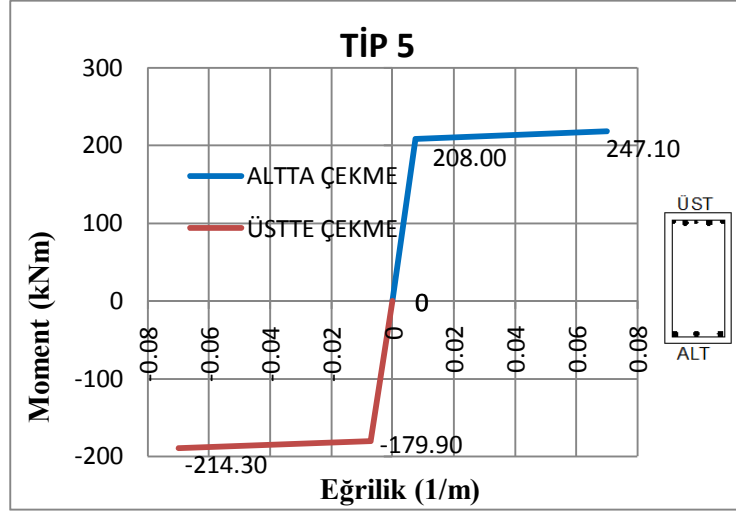
Şekil D.1: TİP 2 kirişi moment-eğrilik ilişkisi.



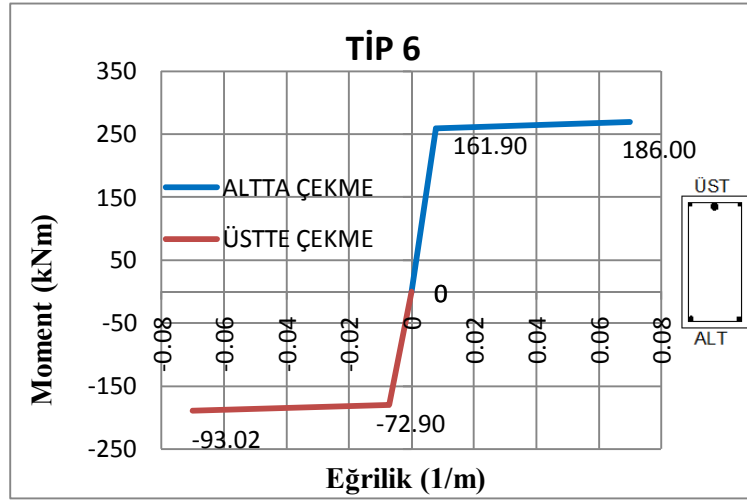
Şekil D.2: TİP 3 kirişi moment-eğrilik ilişkisi.



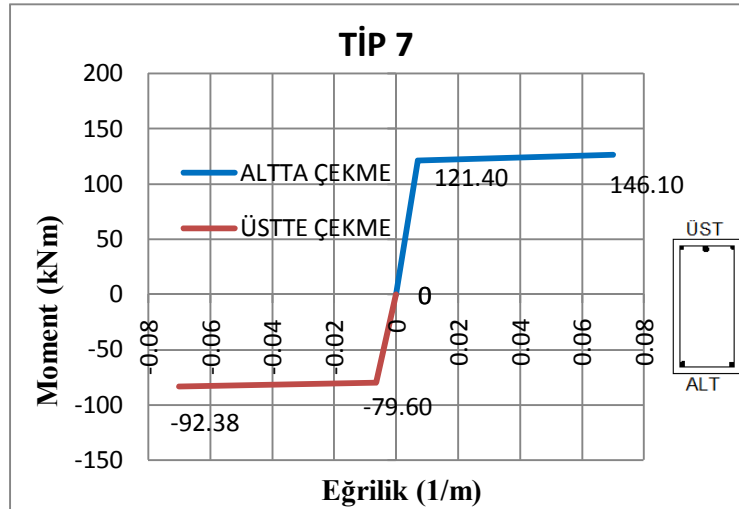
Şekil D.3: TİP 4 kirişi moment-eğrilik ilişkisi.



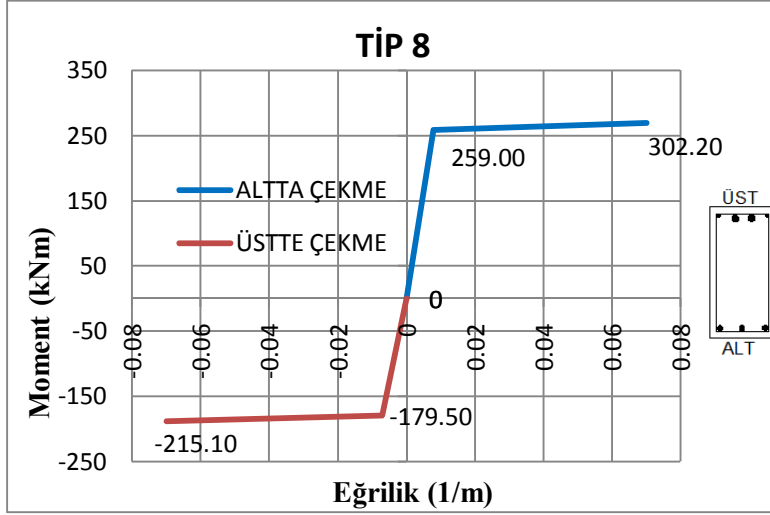
Şekil D.4: TİP 5 kirişi moment-eğrilik ilişkisi.



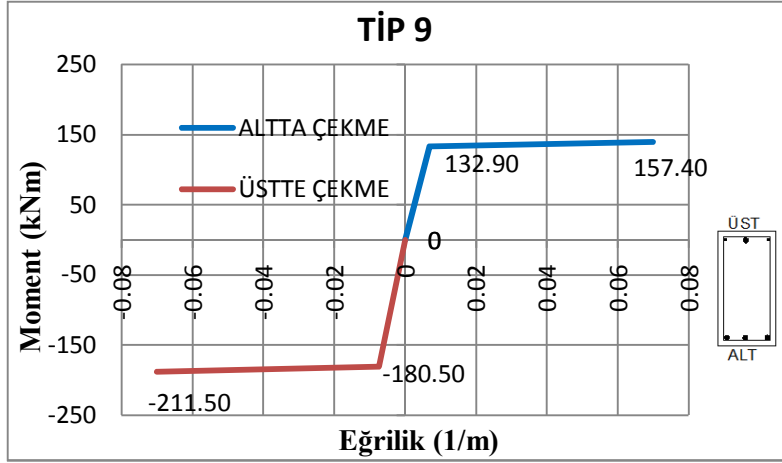
Şekil D.5: TİP 6 kirişi moment-eğrilik ilişkisi.



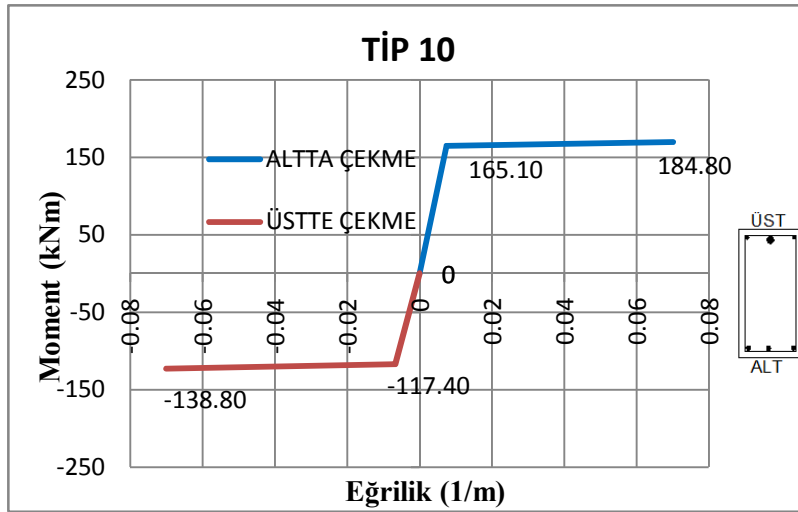
Şekil D.6: TİP 7 kirişi moment-eğrilik ilişkisi.



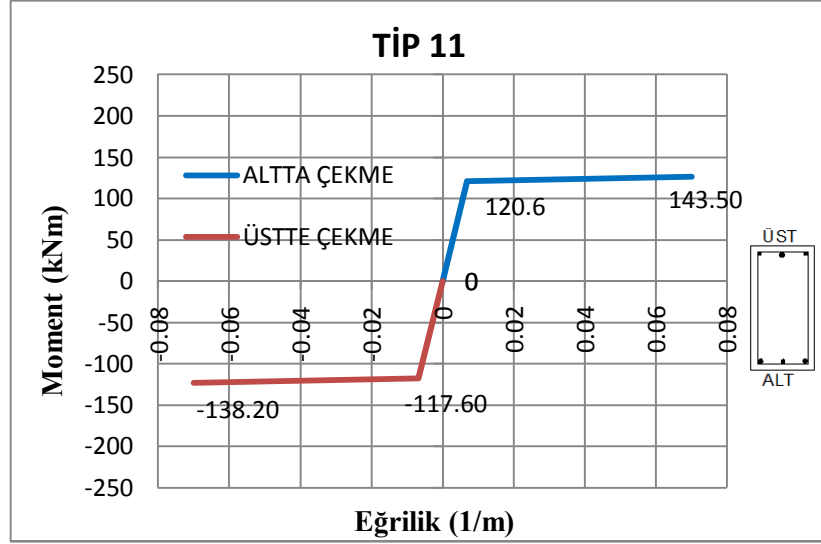
Şekil D.7: TİP 8 kirişi moment-eğrilik ilişkisi.



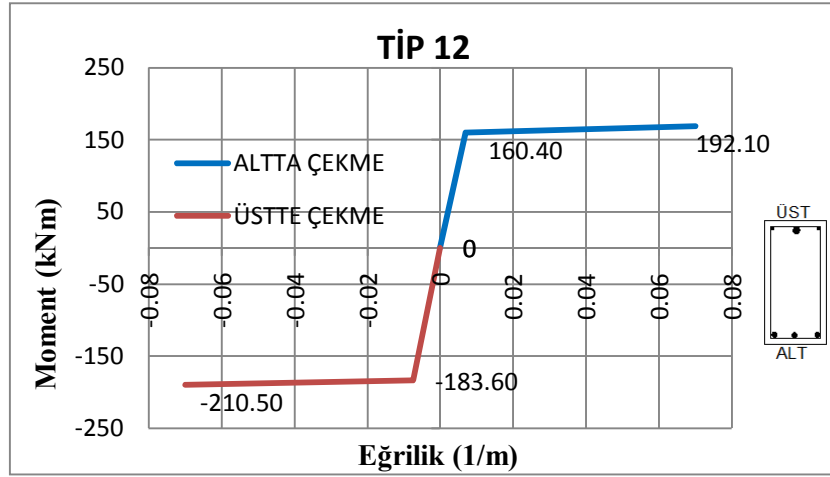
Şekil D.8: TİP 9 kirişi moment-eğrilik ilişkisi.



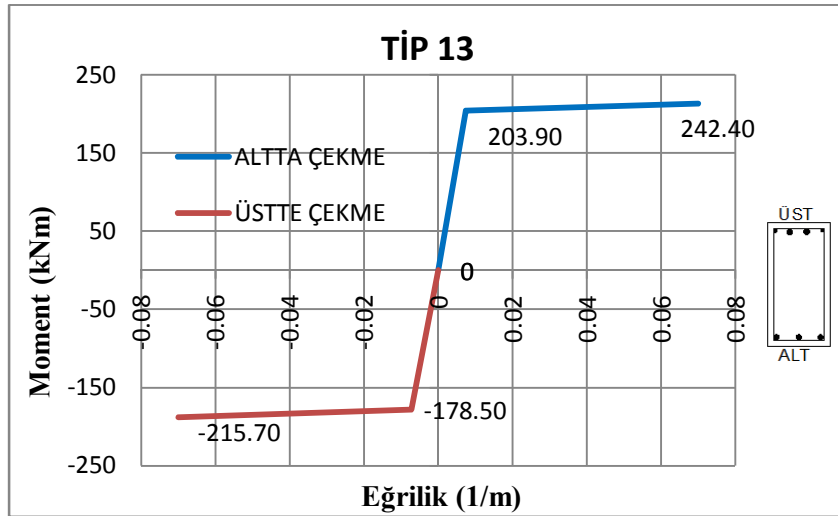
Şekil D.9: TİP 10 kirişi moment-eğrilik ilişkisi.



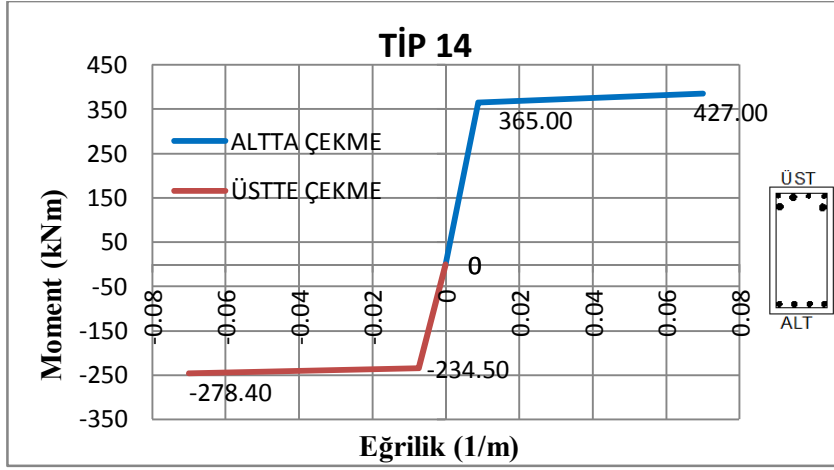
Şekil D.10: TİP 11 kirişi moment-eğrilik ilişkisi.



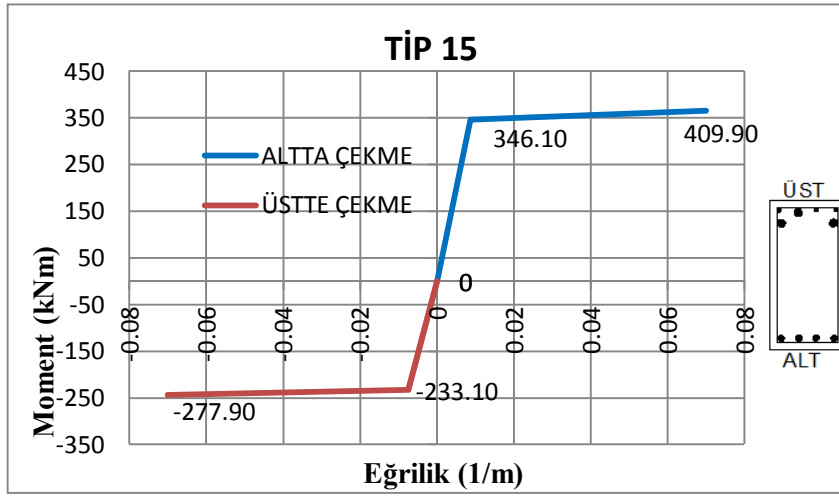
Şekil D.11: TİP 12 kirişi moment-eğrilik ilişkisi.



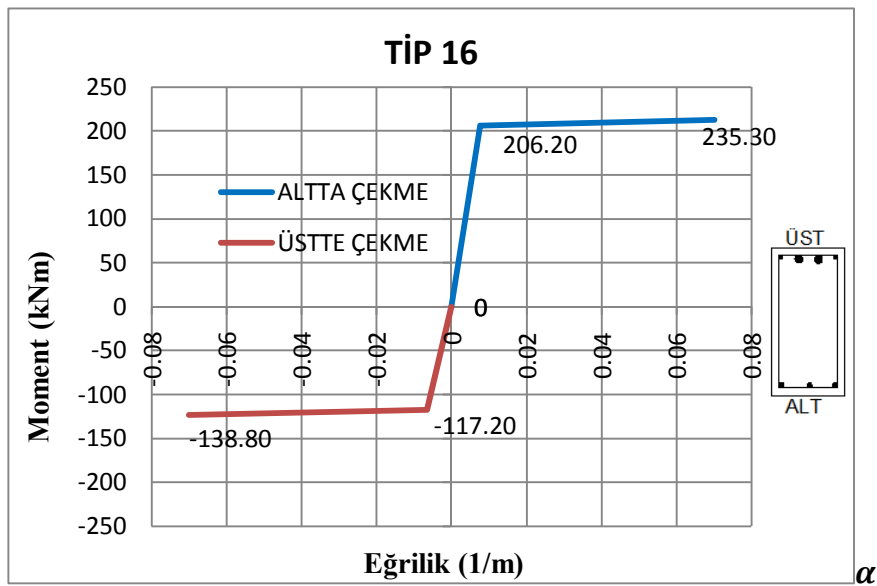
Şekil D.12: TİP 13 kirişi moment-eğrilik ilişkisi.



Şekil D.13: TİP 14 kirişi moment-eğrilik ilişkisi.



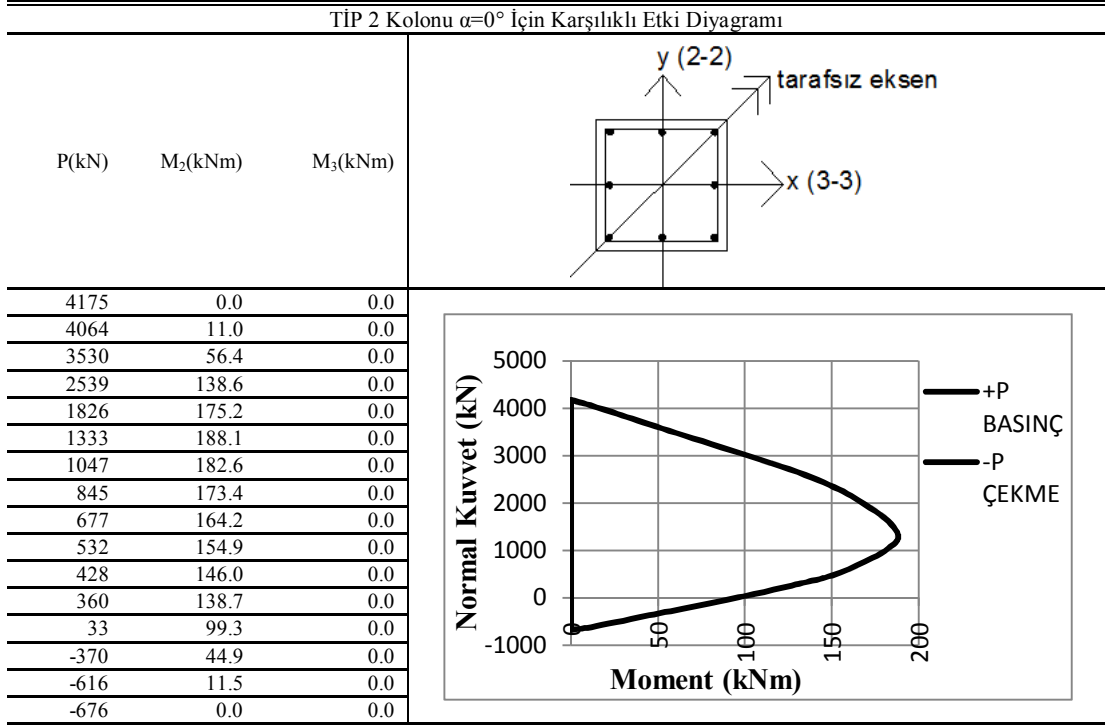
Şekil D.14: TİP 15 kirişi moment-eğrilik ilişkisi.



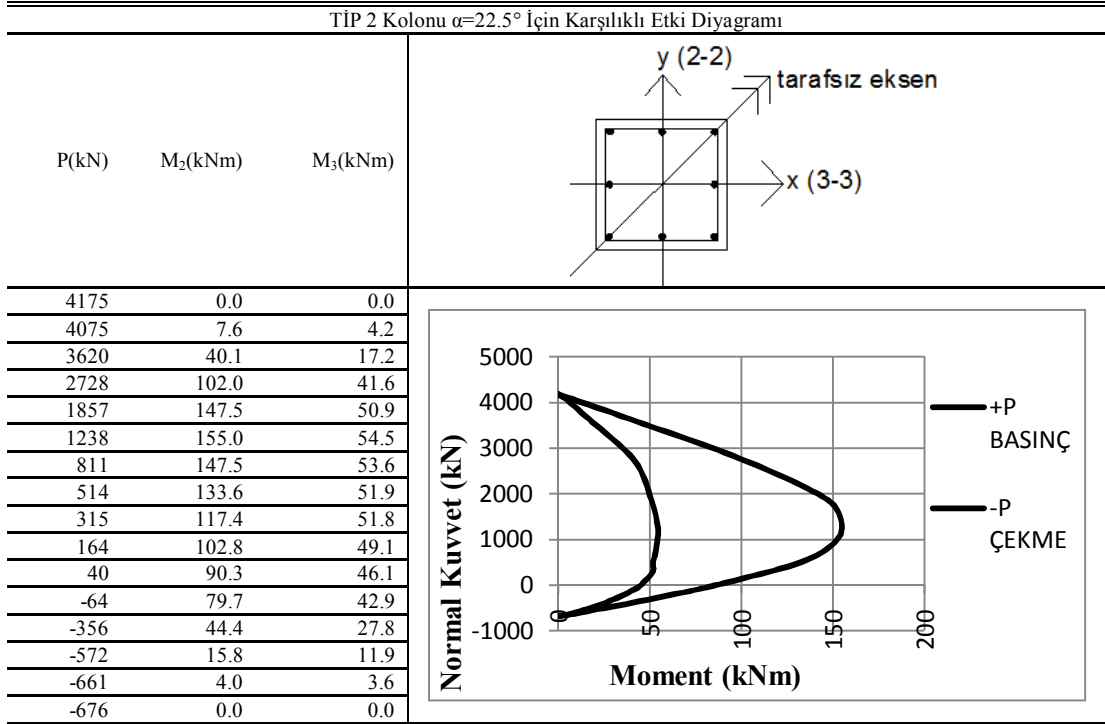
Şekil D.15: TİP 16 kirişi moment-eğrilik ilişkisi.

EK E

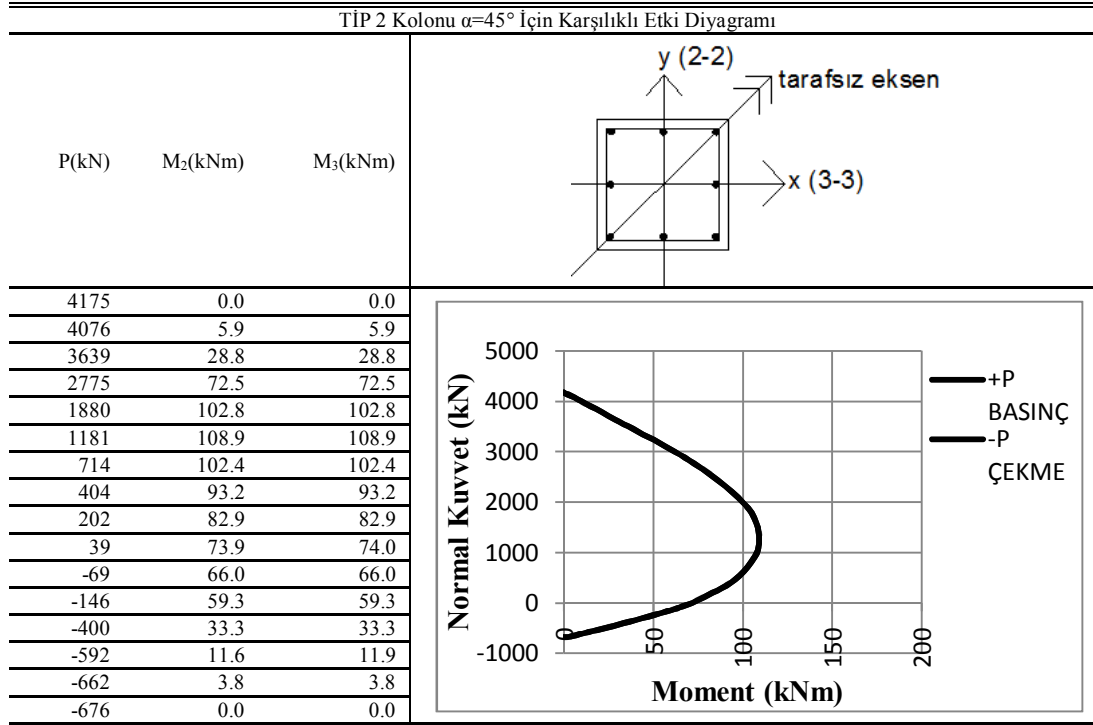
Çizelge E.1: TİP 2 kolonu $\alpha=0^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



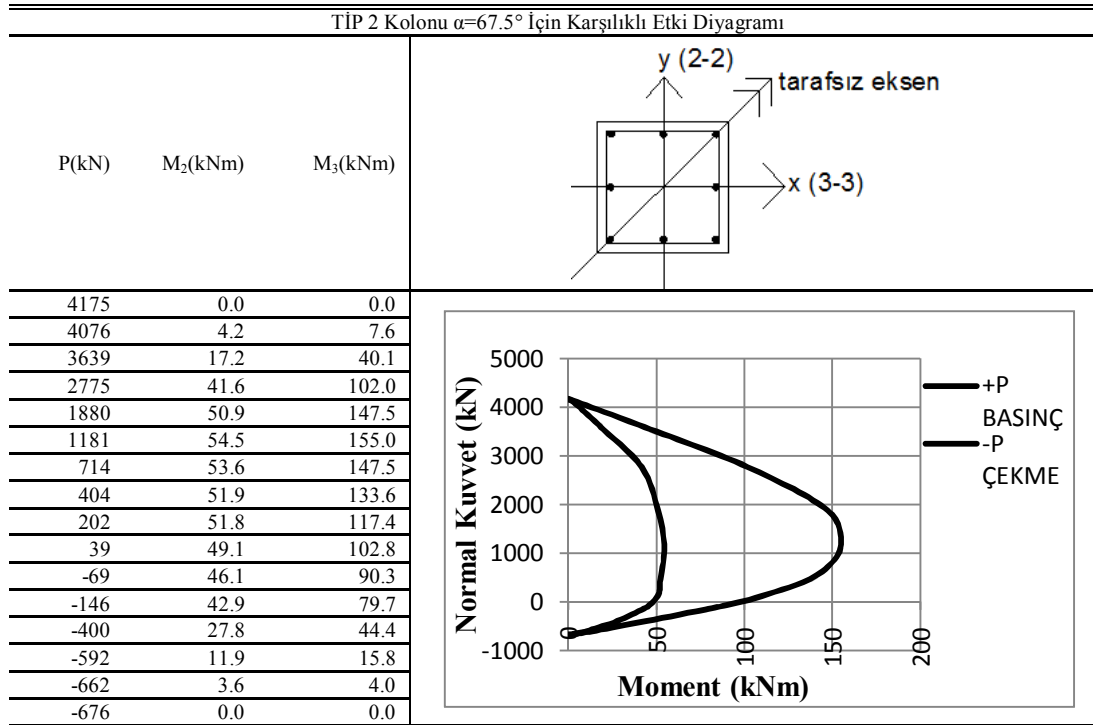
Çizelge E.2: TİP 2 kolonu $\alpha=22.5^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



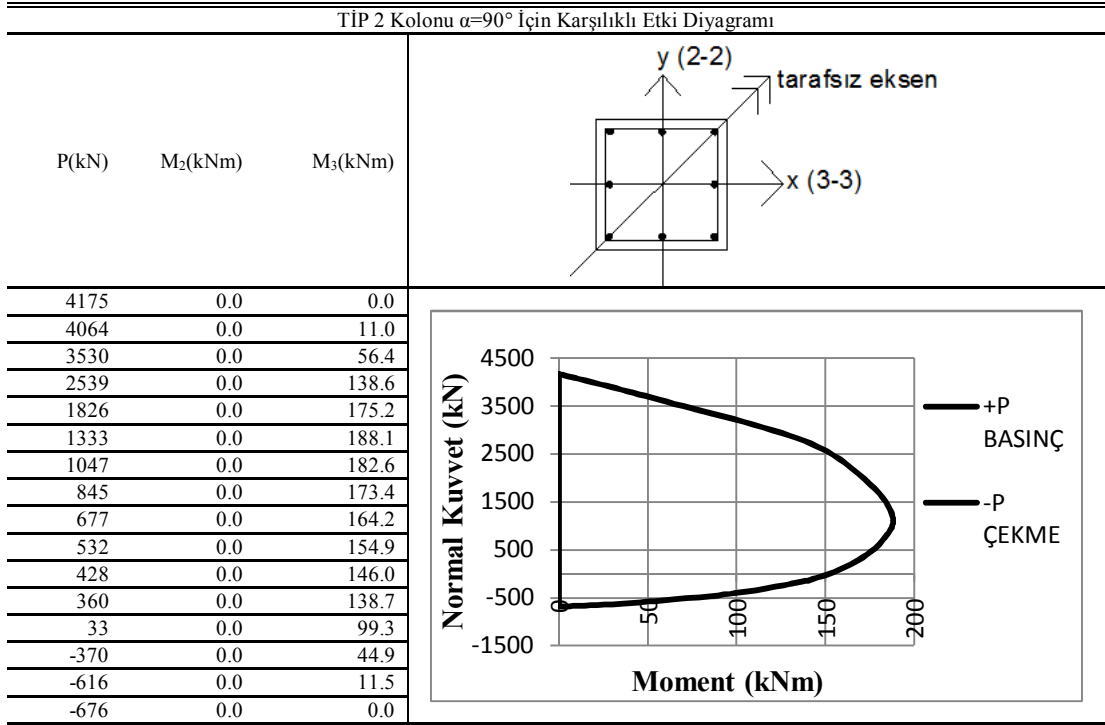
Çizelge E.3: TİP 2 kolonu $\alpha=45^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



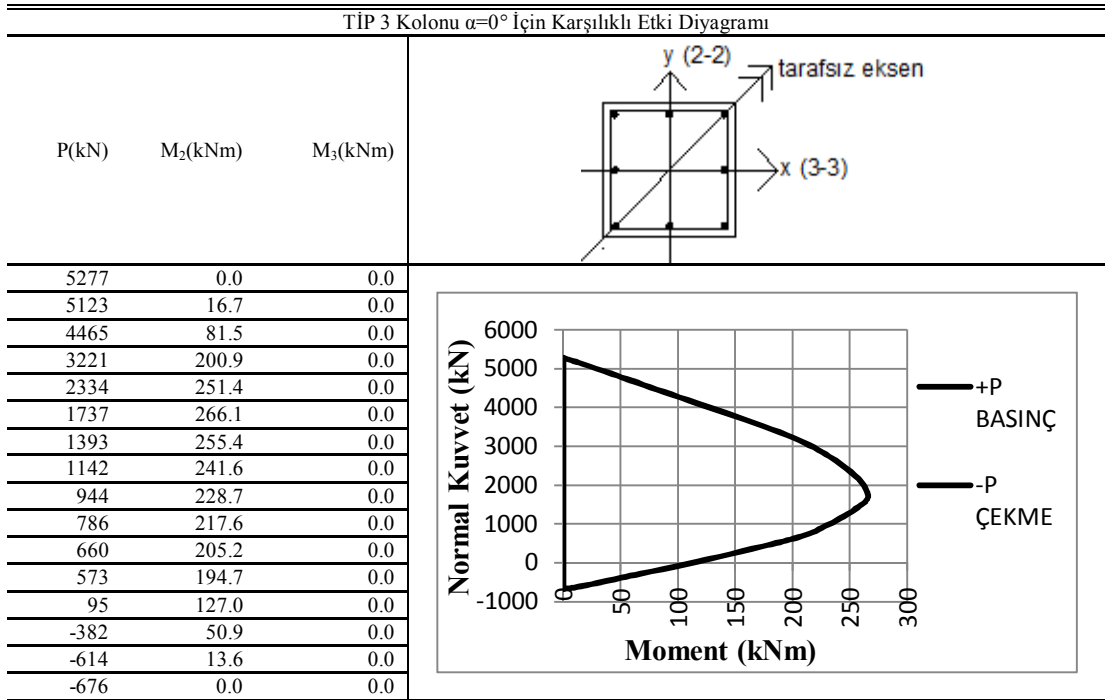
Çizelge E.4: TİP 2 kolonu $\alpha=67.5^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



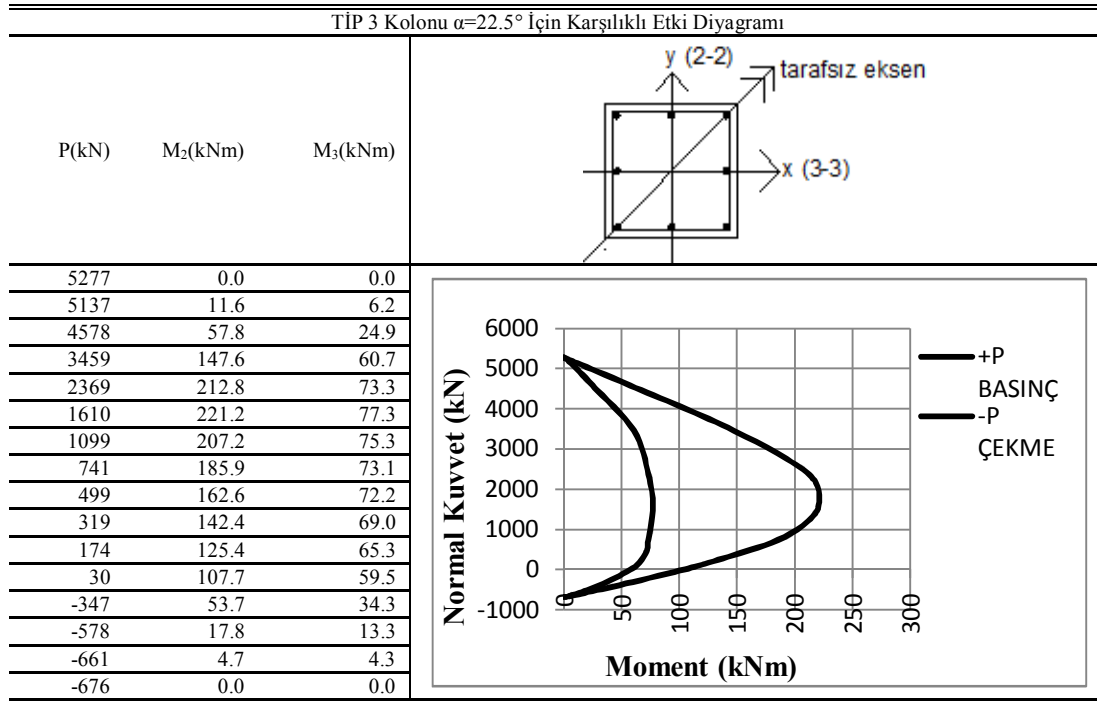
Çizelge E.5: TİP 2 kolonu $\alpha=90^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



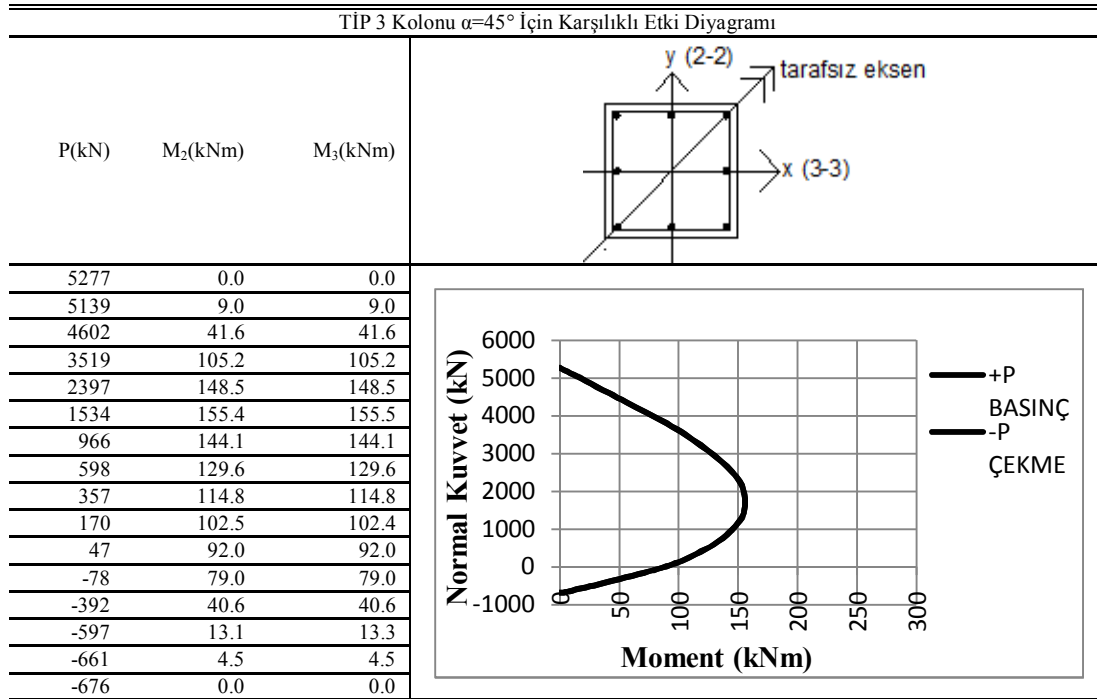
Çizelge E.6: TİP 3 kolonu $\alpha=0^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



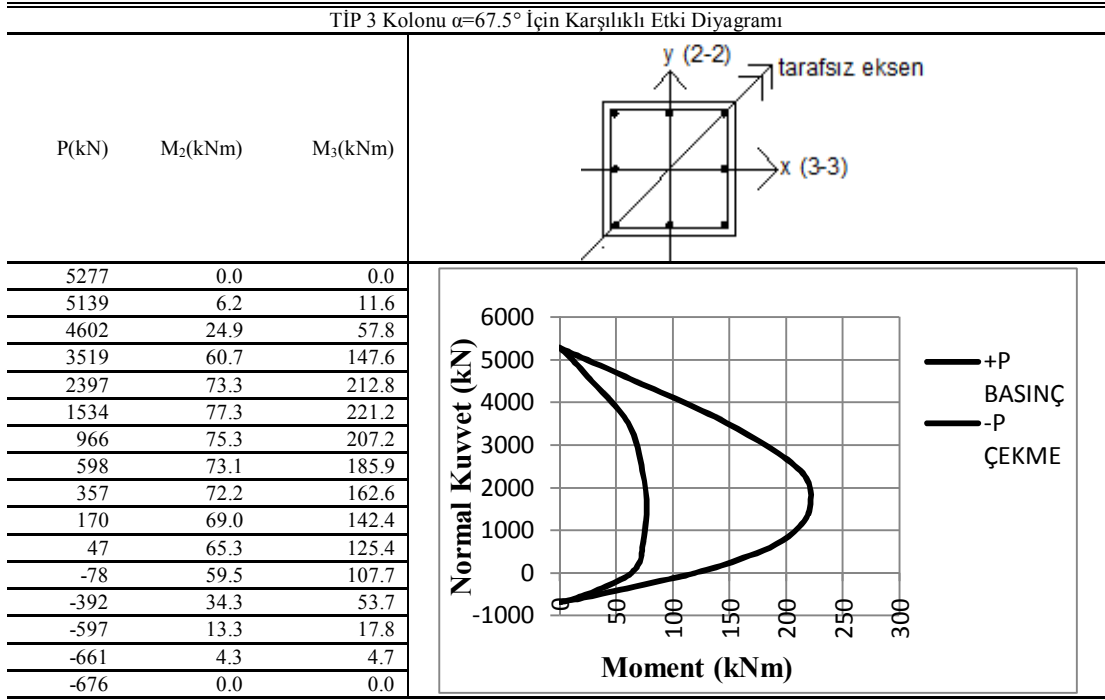
Çizelge E.7: TİP 3 kolonu $\alpha=22.5^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



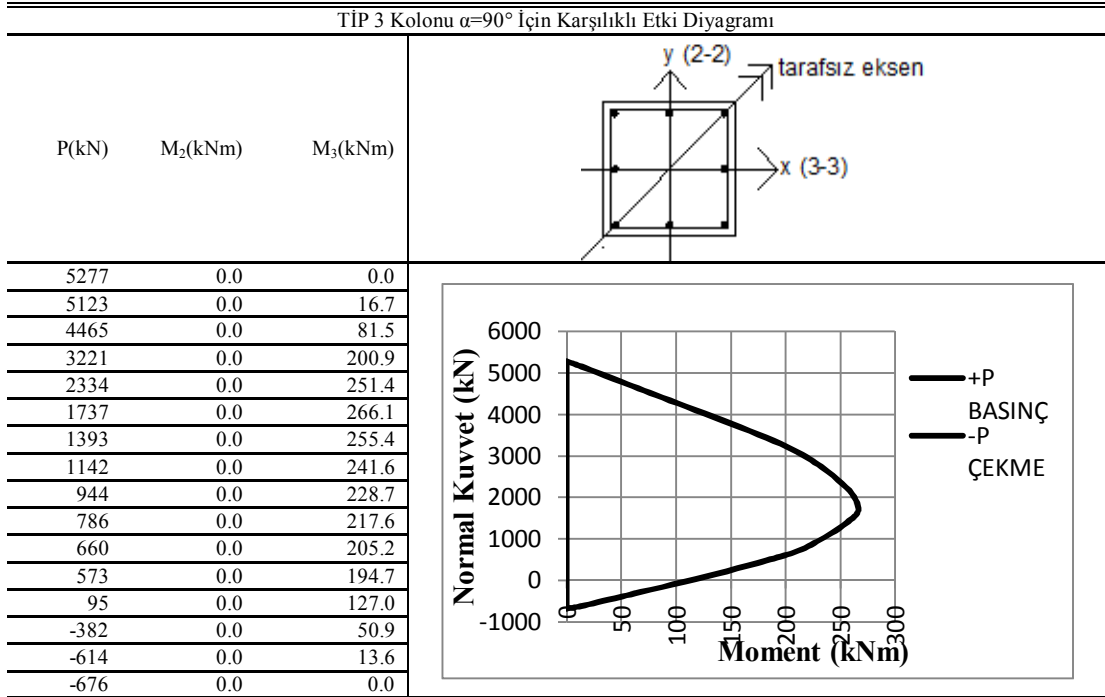
Çizelge E.8: TİP 3 kolonu $\alpha=45^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



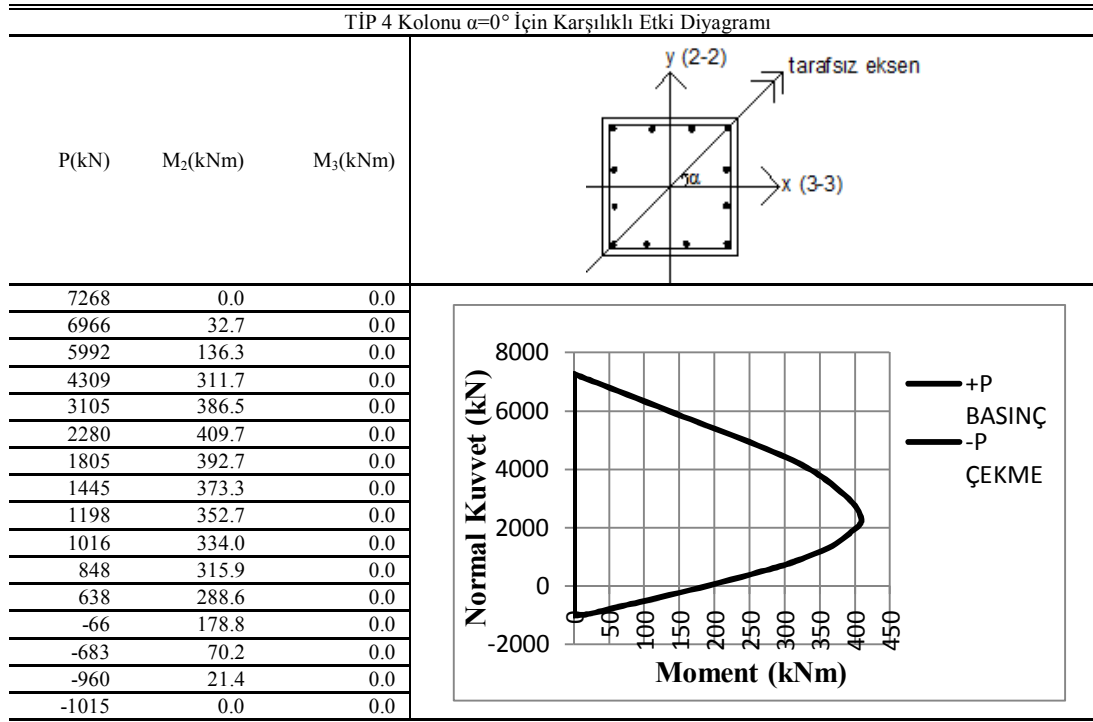
Çizelge E.9: TİP 3 kolonu $\alpha=67.5^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



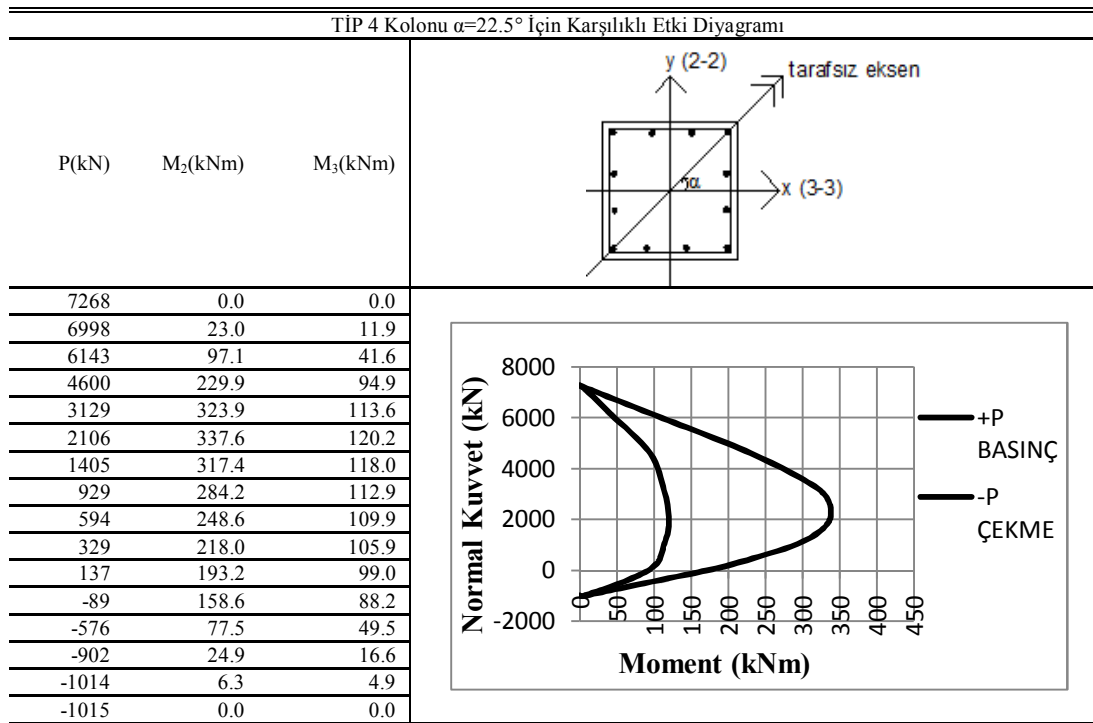
Çizelge E.10: TİP 3 kolonu $\alpha=90^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



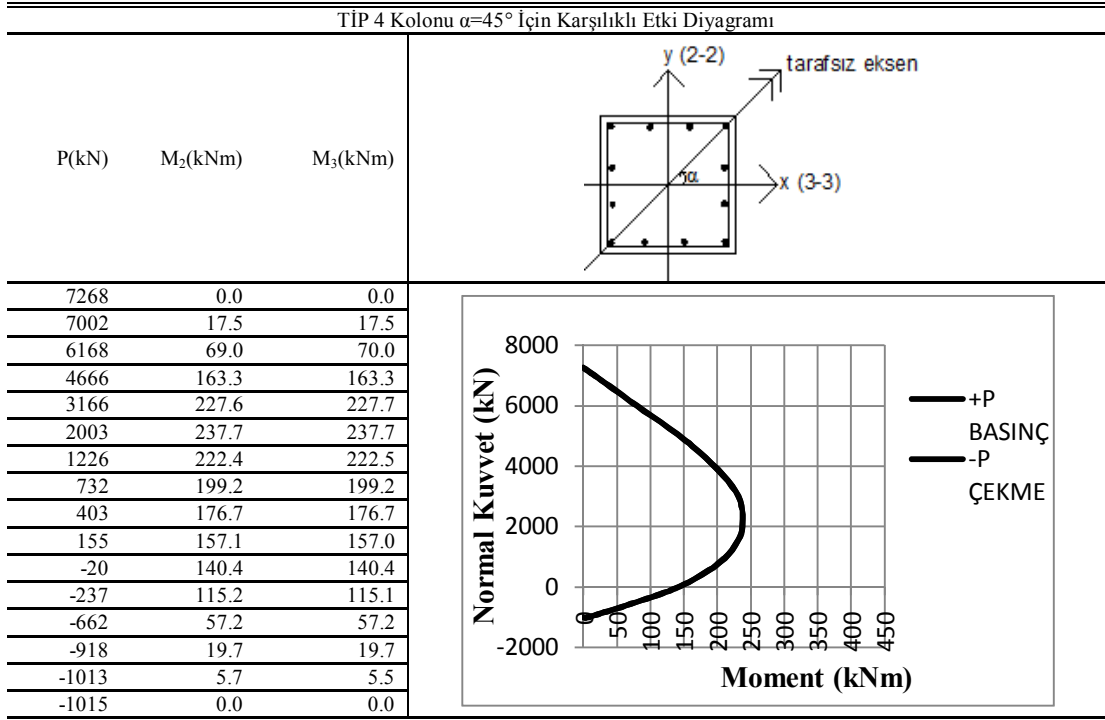
Çizelge E.11: TİP 4 kolonu $\alpha=0^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



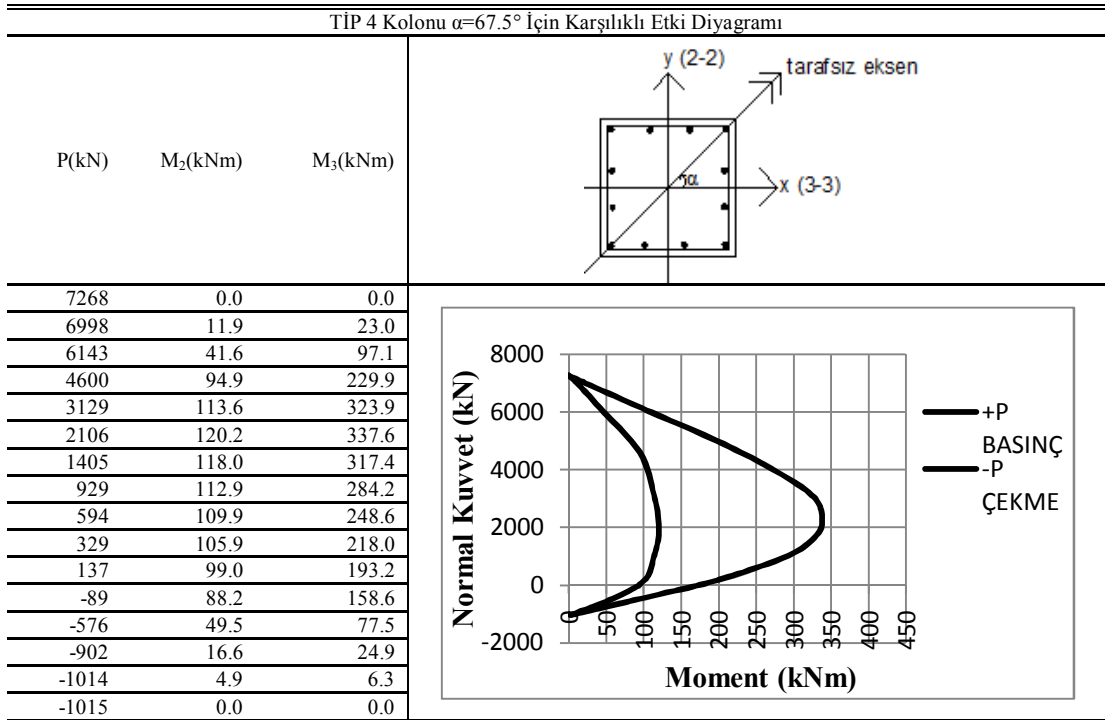
Çizelge E.12: TİP 4 kolonu $\alpha=22.5^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



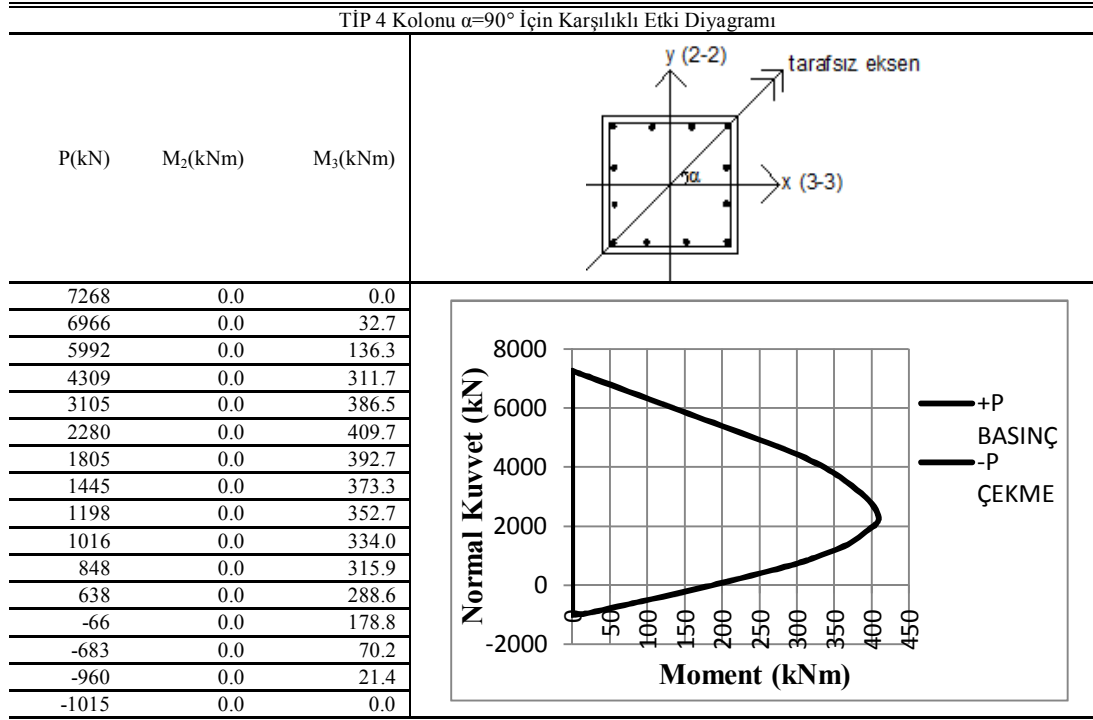
Çizelge E.13: TİP 4 kolonu $\alpha=45^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



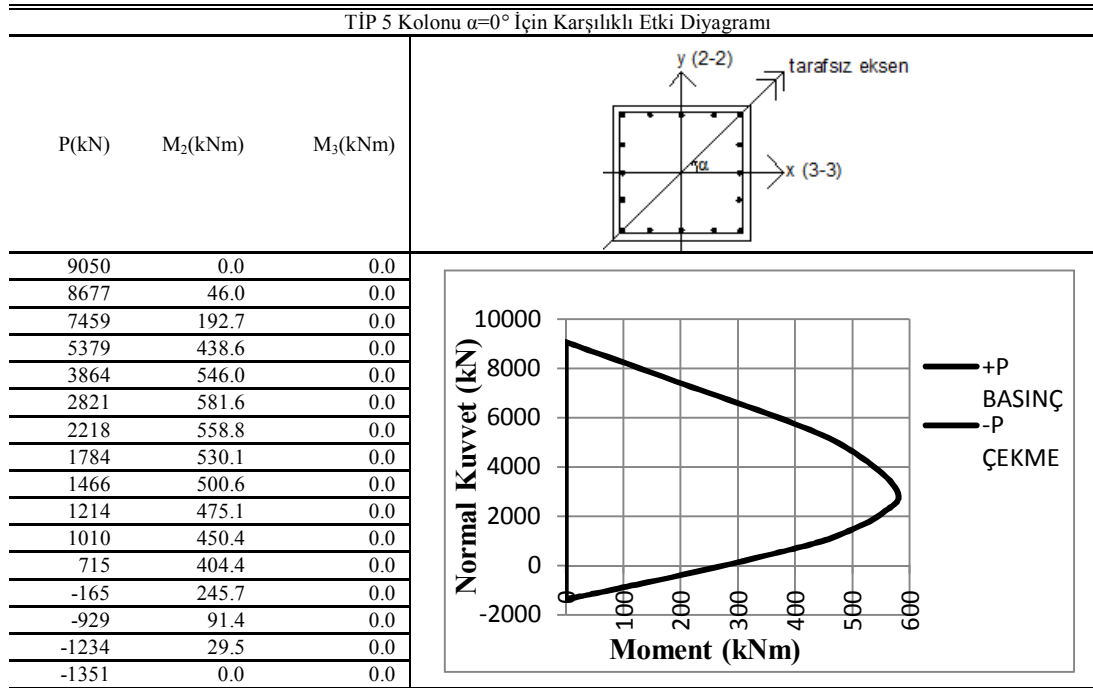
Çizelge E.14: TİP 4 kolonu $\alpha=67.5^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



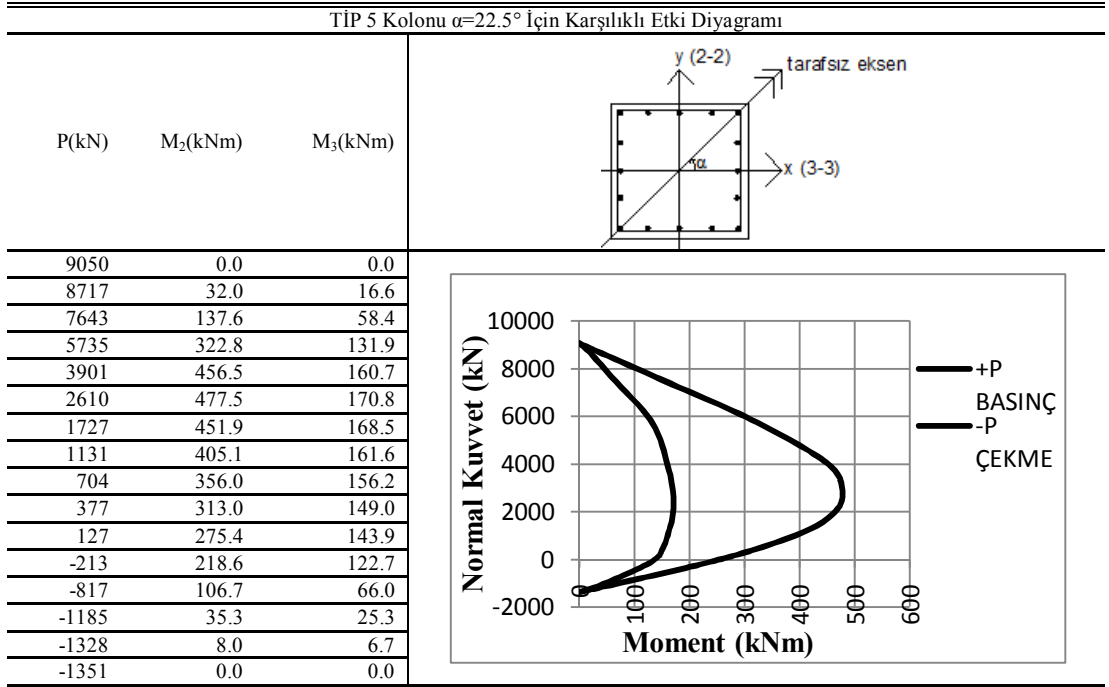
Çizelge E.15: TİP 4 kolonu $\alpha=90^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



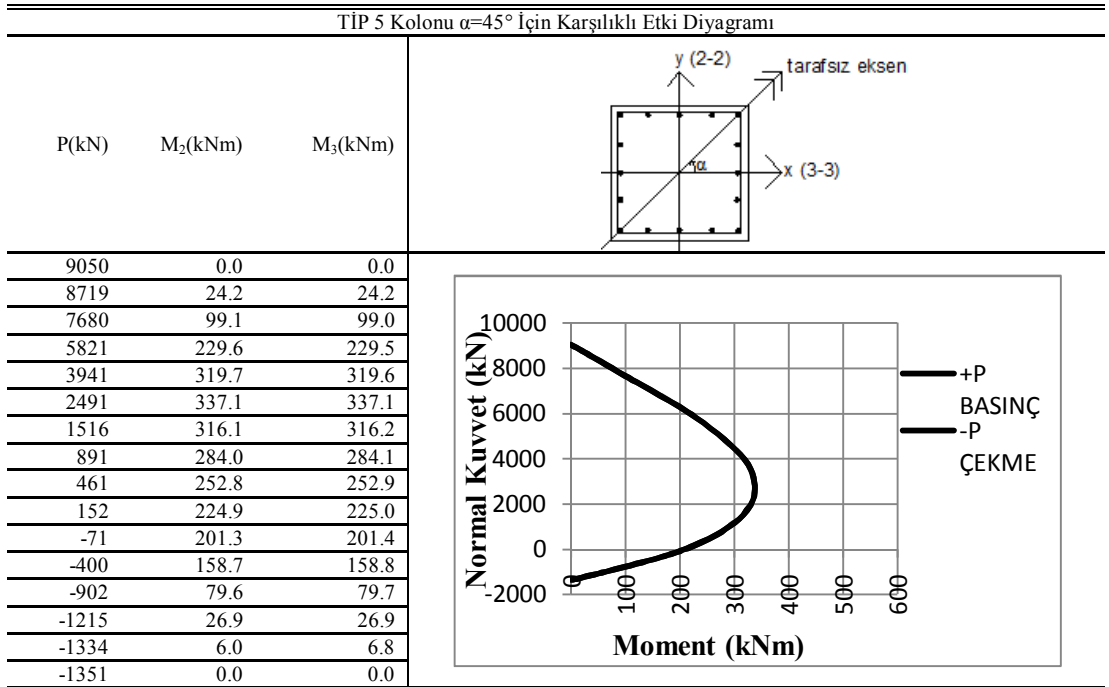
Çizelge E.16: TİP 5 kolonu $\alpha=0^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



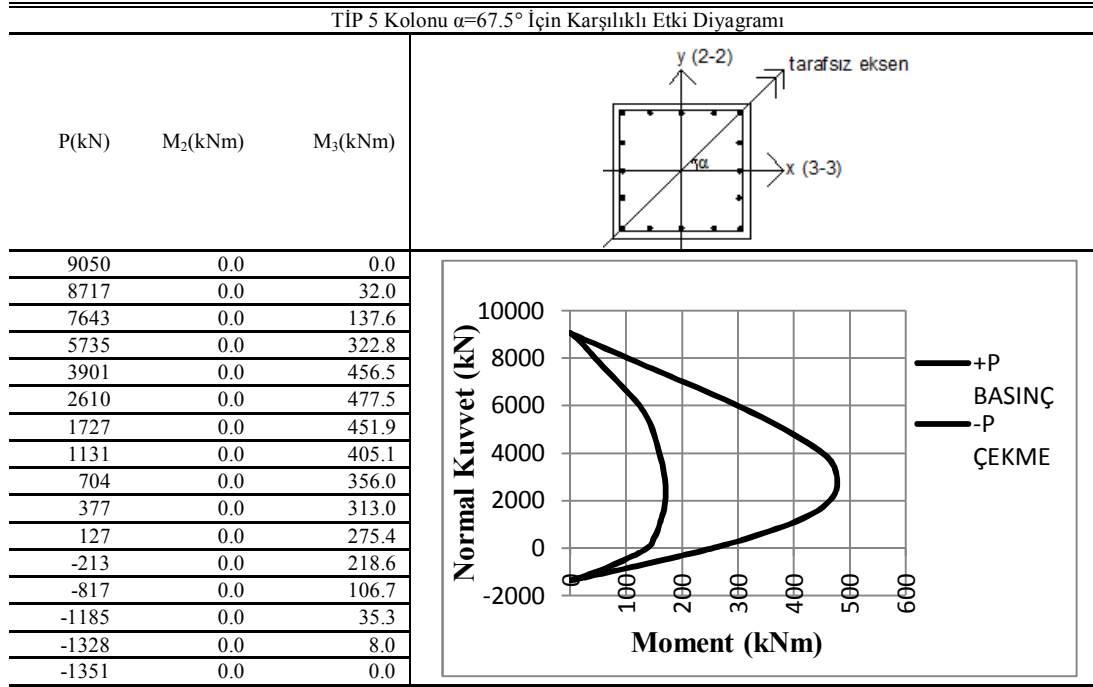
Çizelge E.17: TİP 5 kolonu $\alpha=22.5^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



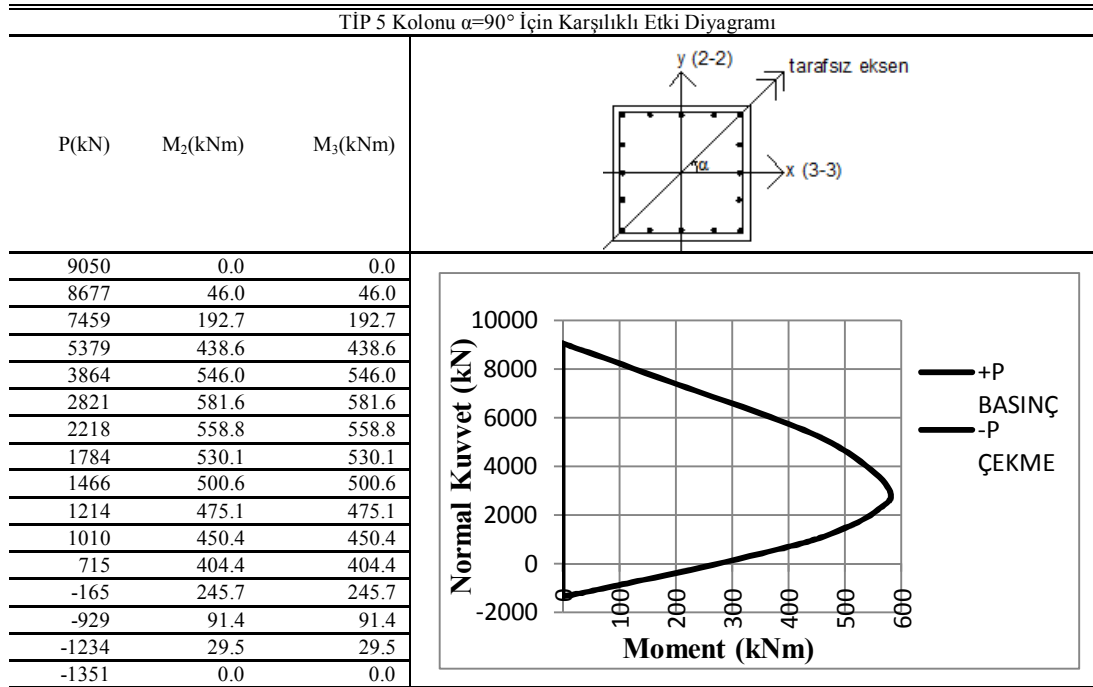
Çizelge E.18: TİP 5 kolonu $\alpha=45^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



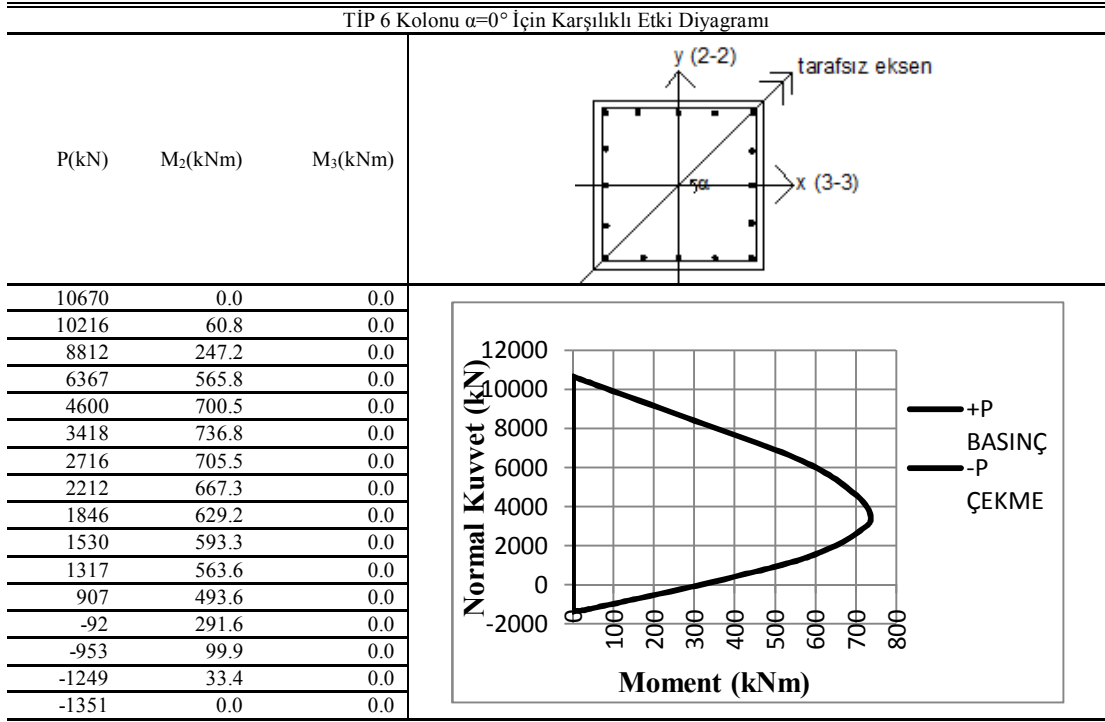
Çizelge E.19: TİP 5 kolonu $\alpha=67.5^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



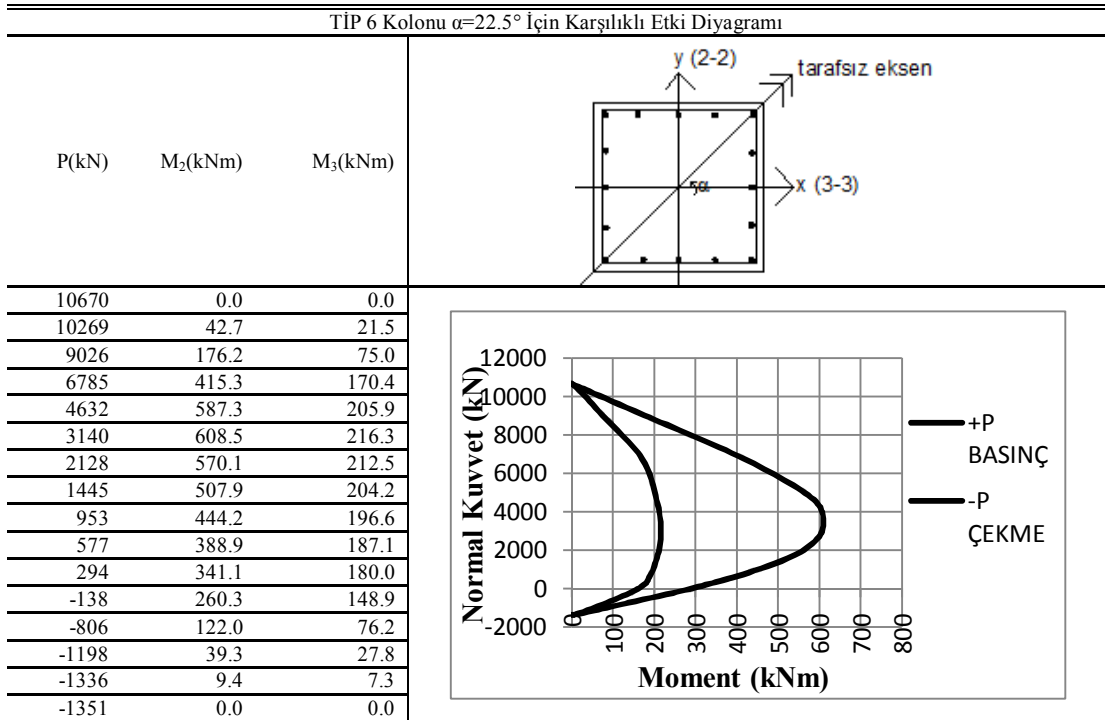
Çizelge E.20: TİP 5 kolonu $\alpha=90^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



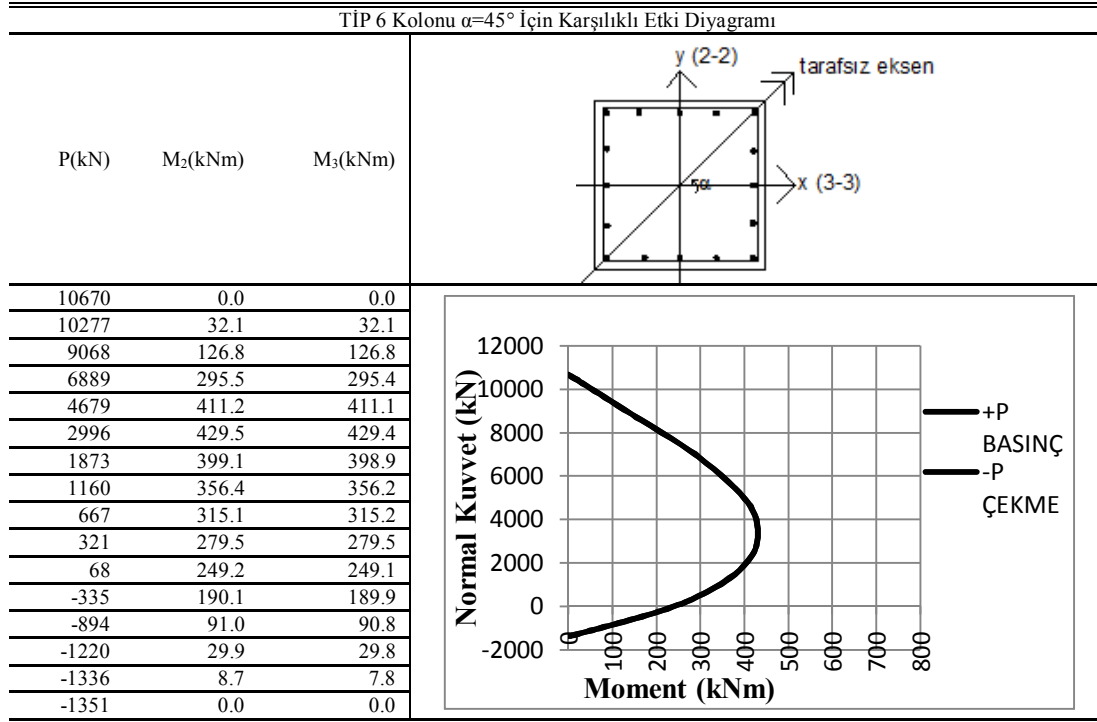
Çizelge E.21: TİP 6 kolonu $\alpha=0^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



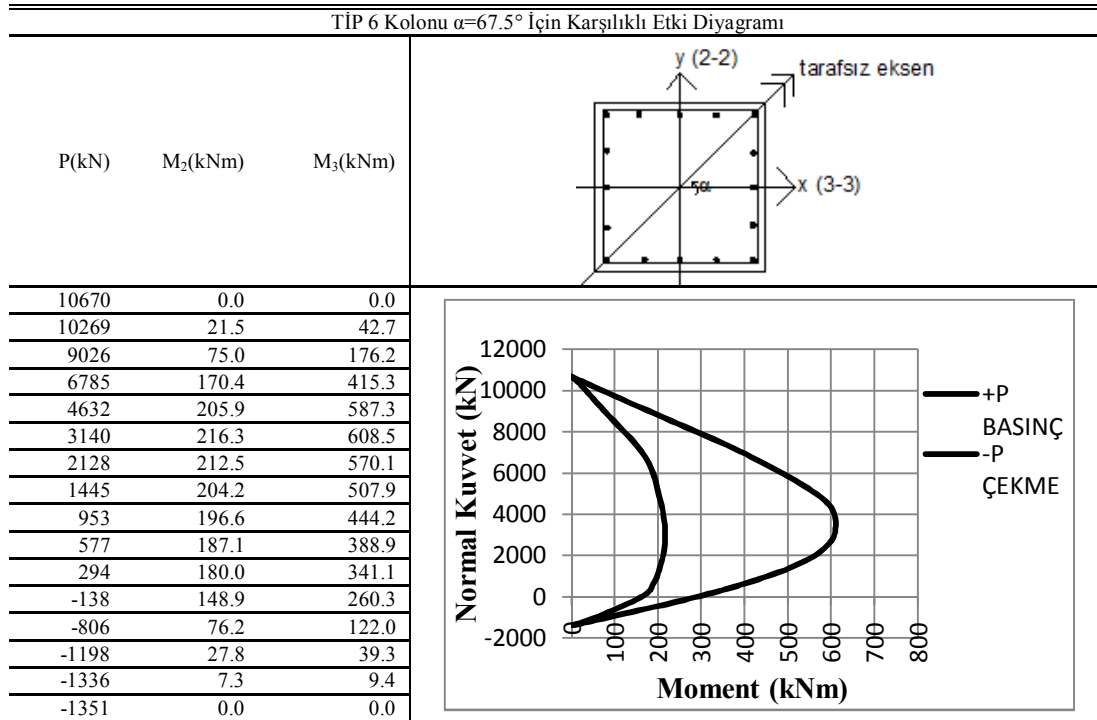
Çizelge E.22: TİP 6 kolonu $\alpha=22.5^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



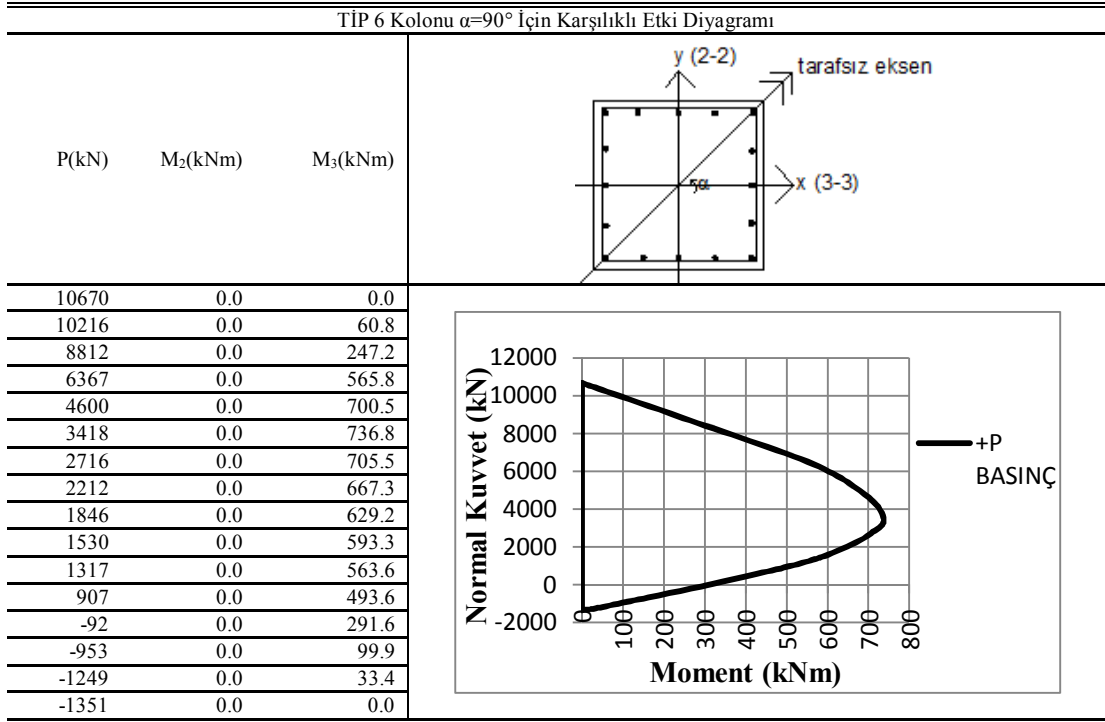
Çizelge E.23: TİP 6 kolonu $\alpha=45^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



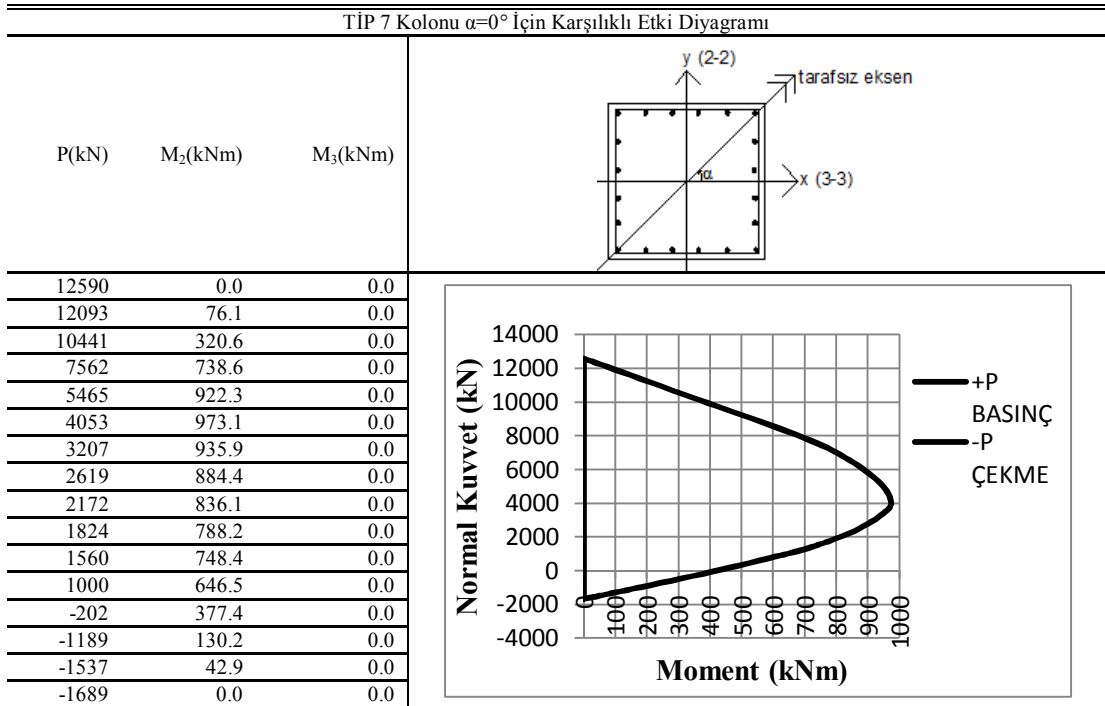
Çizelge E.24: TİP 6 kolonu $\alpha=67.5^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



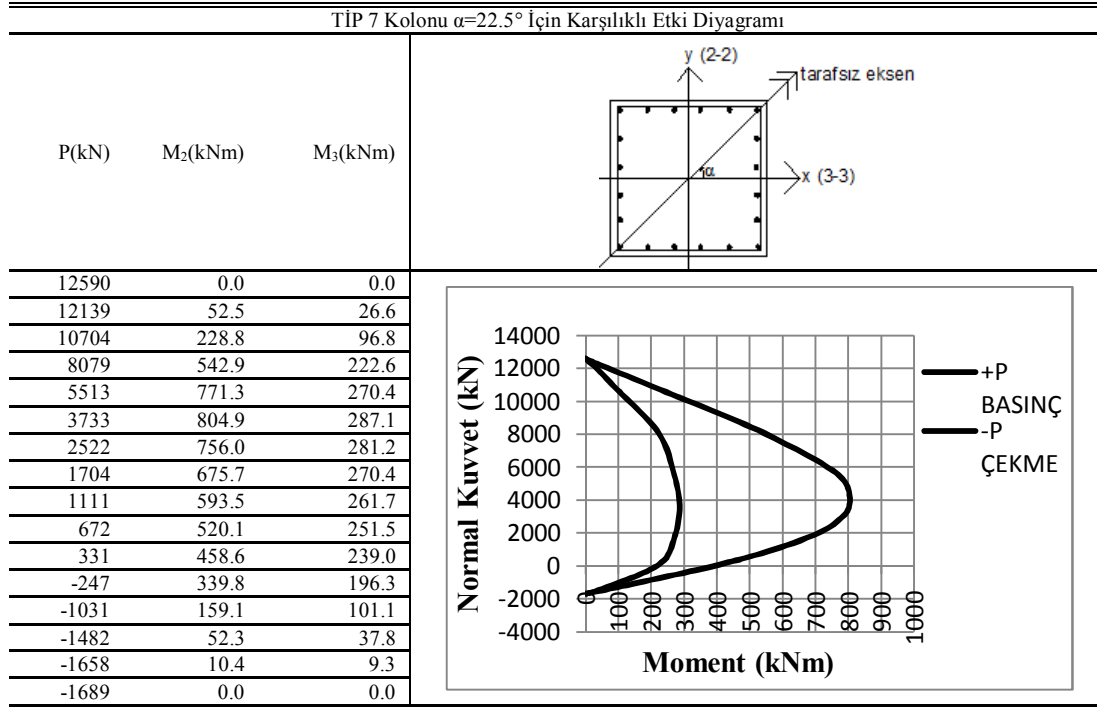
Çizelge E.25: TİP 6 kolonu $\alpha=90^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



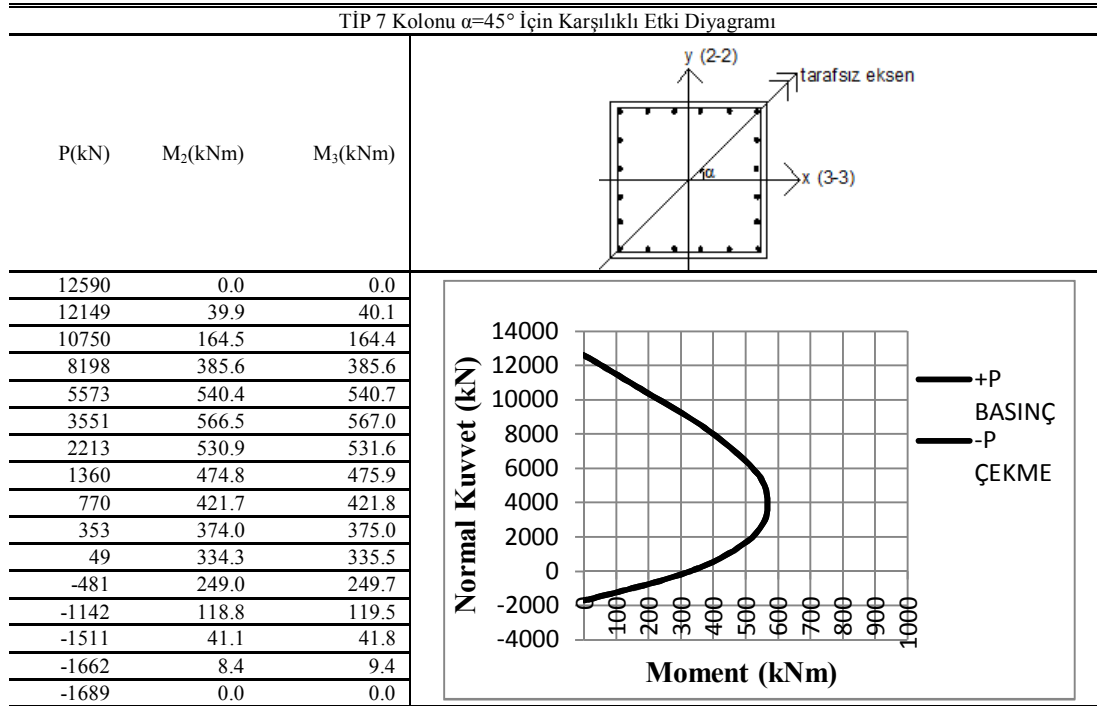
Çizelge E.26: TİP 7 kolonu $\alpha=0^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



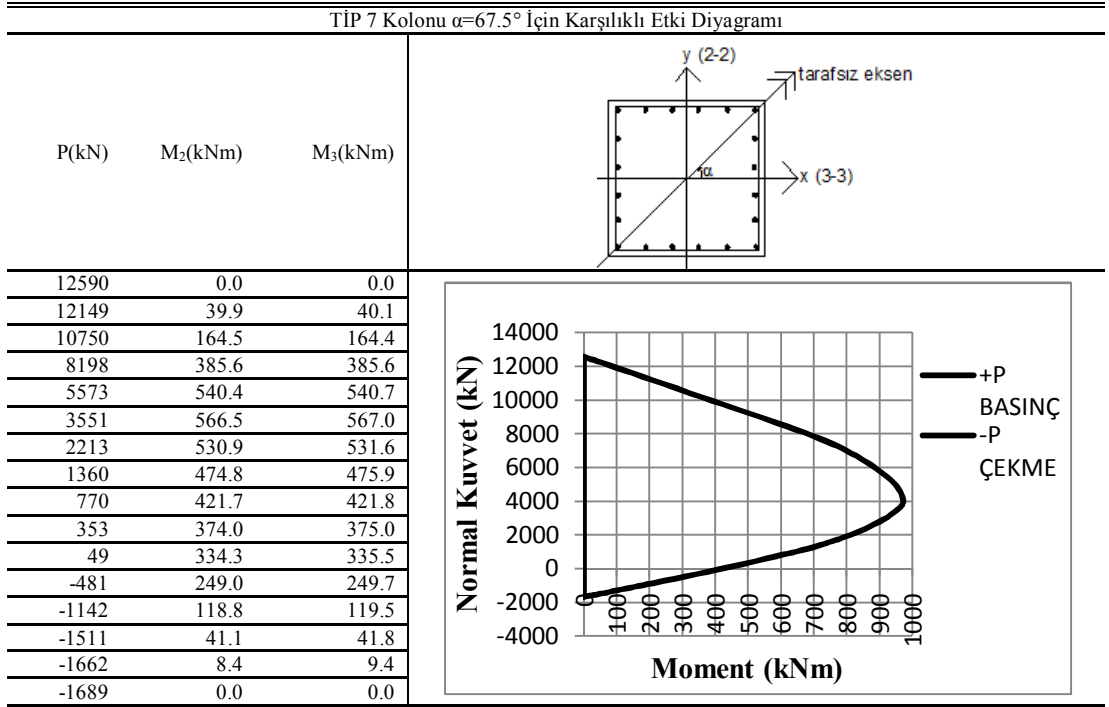
Çizelge E.27: TİP 7 kolonu $\alpha=22.5^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



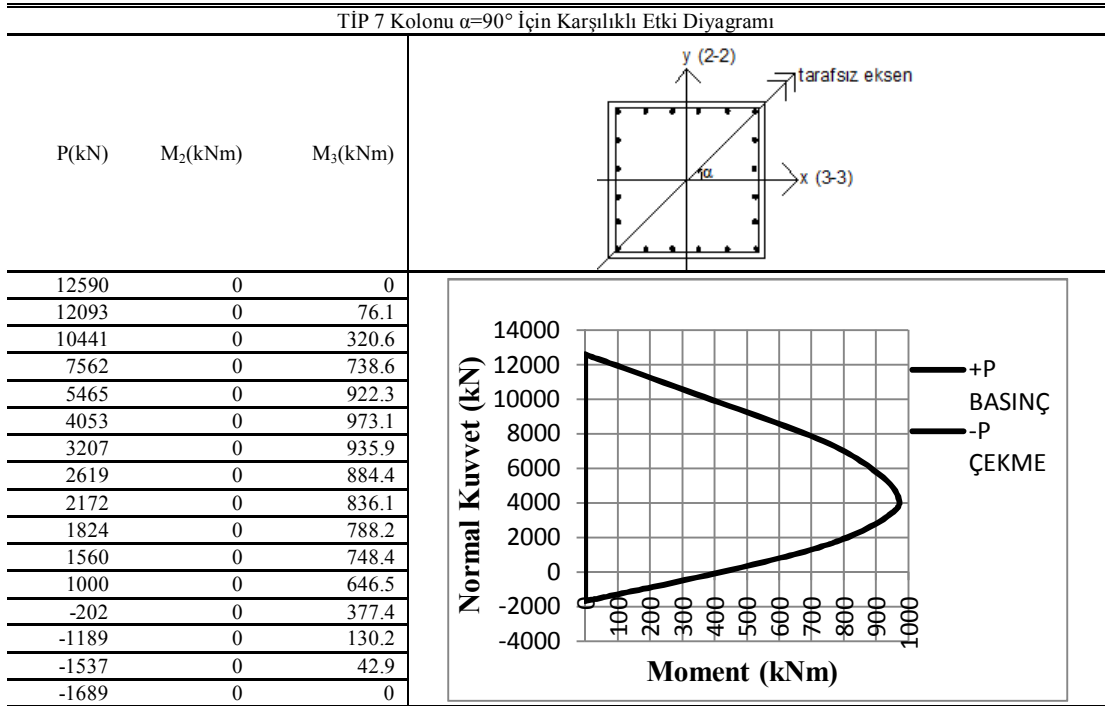
Çizelge E.28: TİP 7 kolonu $\alpha=45^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



Çizelge E.29: TİP 7 kolonu $\alpha=67.5^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



Çizelge E.30: TİP 7 kolonu $\alpha=90^\circ$ için karşılıklı etki diyagramı çizelgesi.



ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Selim Çakırterzi

Doğum Yeri ve Tarihi: Ardeşen/Rize- 29.07.1982

Adres: Zeytinlik Caddesi, Itır Sokak, No:14/11, Kartal/İstanbul

Lisans Üniversitesi: Karadeniz Teknik Üniversitesi

