

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ALTERNATİF BİR MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİ OLARAK
“EUCLIDEAN NORM” un İRDELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İbrahim YILDIRIM**

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Deprem Mühendisliği

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ercan Yüksel

HAZİRAN 2011

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ALTERNATİF BİR MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİ OLARAK
“EUCLIDEAN NORM” un İRDELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İbrahim YILDIRIM
(501091231)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 06 Mayıs 2011

Tezin Savunulduğu Tarih : 09 Haziran 2011

**Tez Danışmanı : Doç. Dr.Ercan YÜKSEL (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Engin Orakdoğen (İTÜ)
Prof. Dr. Oğuz Cem Çelik (İTÜ)
Doç. Dr. Ercan Yüksel (İTÜ)**

HAZİRAN 2011

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın her aşamasında bilgi ve tecrübesini esirgemeyen hocam Doç.Dr. Ercan Yüksel'e ve aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2011

İbrahim Yıldırım
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	iii
Sayfa	v
KISALTMALAR	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Konu İle İlgili Çalışmalar.....	2
1.2 Tezin Kapsamı.....	3
2. YAPI DİNAMİĞİNDE TEK SERBESTLİK DERECELİ VE ÇOK SERBESTLİK DERECELİ SİSTEMLER	7
2.1 Tek Serbestlik Dereceli Sistemler	8
2.1.1 Tek serbestlik dereceli sistemler için hareket denkleminin oluşturulması .	8
2.1.2 Tek serbestlik dereceli sistemler için hareket denkleminin çözülmesi	10
2.1.2.1 Sönümlü serbest titreşim.....	10
2.1.2.2 Sönümsüz serbest titreşim.....	11
2.1.2.3 Sönümlü zorlanmış titreşim	12
2.1.2.4 Sönümsüz zorlanmış titreşim	13
2.2 Çok Serbestlik Dereceli Sistemler.....	13
2.2.1 Çok serbestlik dereceli sistemler için hareket denkleminin oluşturulması	14
2.2.2 Kütle, rijitlik ve sönüm matrisleri	16
2.2.3 Çok serbestlik dereceli sistemler için hareket denkleminin çözülmesi.....	17
2.2.3.1 Sönümsüz serbest titreşim.....	17
2.2.3.2 Sönümlü zorlanmış titreşim	18
3. DEPREM HESAP YÖNTEMLERİ	19
3.1 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	19
3.1.1 Binanın birinci doğal titreşim periyodunun belirlenmesi	20
3.2 Mod Birleştirme Yöntemi	21
3.2.1 Mevcut mod birleştirme yöntemleri.....	22
3.2.1.1 Kesin toplam yöntemi	23
3.2.1.2 Karelerin toplamının karekökü yöntemi	23
3.2.1.3 Çifte toplam yöntemi	23
Rosenblueth ve Elorduy' ın katsayıları	24
Gupta ve Cordero' nun katsayıları	24
Der Kiureghian' ın katsayısı	25
Yüksek frekanslı modlar: Rijit yanıt.....	25
Artık rijit yanıt	27
3.2.1.4 Gruplama yöntemi.....	28
3.2.1.5 %10 Yöntemi	29
3.2.1.6 Üç boyutlu bileşenlerin birleştirilmesi	30

3.2.2 “Euclidean Norm”	30
3.3 Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi	33
3.3.1 Nümerik integrasyon teknikleri.....	33
3.3.1.1 Newmark yöntemi özeti	34
3.3.1.2 Ortalama ivme yöntemi.....	35
3.3.1.3 Wilson’ın θ faktörü.....	35
3.3.1.4 Hilber, Hughes ve Taylor α yöntemi.....	36
3.3.2 Tez kapsamında kullanılacak kayıtların seçilmesi	36
4. ANALİTİK ÇALIŞMA.....	41
4.1 Genel Bilgiler	41
4.2 Binalar Hakkında Bilgiler.....	43
4.3 Binaların Geometrilere ve Kütleleri.....	43
4.4 Binaların Analiz Modelleri.....	45
4.5 MATLAB Programında Hazırlanan Modal Analiz Kodları.....	45
5. ANALİTİK ÇALIŞMA SONUÇLARI.....	47
5.1 Modal Analiz Sonuçları.....	47
5.2.1 Bütün binalar için taban kesme kuvveti sonuçları	47
5.2.2 Perdeli binalar için perde taban momenti sonuçları	48
5.2.3 Bütün binalar için iç kuvvet ve yerdeğiştirme sonuçları.....	49
6. Sonuçların Yorumlanması ve Genel Değerlendirmesi.....	51
KAYNAKLAR.....	55
EKLER.....	57
ÖZGEÇMİŞ	185

KISALTMALAR

DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
TS500	: Türk Standardı - Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları
EDYY	: Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi
MBY	: Mod Birleştirme Yöntemi
ZTAHY	: Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi
ZTAH	: Zaman Tanım Alanında Hesap
SRSS	: Karelerin Toplamının Karekökü
CQC	:Tam Karesel Birleştirme
EC	: “Euclidean Norm”
PEER	: Pacific Earthquake Engineering Research Center
F5	: 5 katlı betonarme çerçeve bina
F10	: 10 katlı betonarme çerçeve bina
F15	: 15 katlı betonarme çerçeve bina
W10	: 10 katlı betonarme perdeli çerçeve bina
W15	: 15 katlı betonarme perdeli çerçeve bina
W20	: 20 katlı betonarme perdeli çerçeve bina

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : “Euclidean Norm” örneği.....	3
Çizelge 3.1 : EDYY’ nin uygulanabileceği binalar.....	19
Çizelge 3.2 : “Euclidean Norm” un irdelenmesi.....	32
Çizelge 3.3 : Analiz için seçilen kayıtlar hakkında bilgiler.....	38
Çizelge 3.4 : Analiz için seçilen depremlerin fiziksel özellikleri.....	38
Çizelge 3.5 : Seçilen kayıtların DBYBHY şartlarına uygunluğu.....	38
Çizelge 4.1 : Bina kütleleri.....	44
Çizelge 5.1 : Perde taban momentleri.....	48
Çizelge A.1 : F5 boyutları.....	65
Çizelge A.2 : F10 boyutları.....	66
Çizelge A.3 : F15 boyutları.....	67
Çizelge A.4 : W10 boyutları.....	68
Çizelge A.5 : W15 boyutları.....	69
Çizelge A.6 : W20 boyutları.....	70
Çizelge C.1 : Taban kesme kuvvetleri.....	137
Çizelge C.2 : F5 birleştirme sonuçları.....	140
Çizelge C.3 : F10 birleştirme sonuçları.....	146
Çizelge C.4 : F15 birleştirme sonuçları.....	153
Çizelge C.5 : W10 birleştirme sonuçları.....	161
Çizelge C.6 : W15 birleştirme sonuçları.....	168
Çizelge C.7 : W20 birleştirme sonuçları.....	176

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Serbest titreşim etkisindeki tek serbestlik dereceli sisteme örnek bir model.....	8
Şekil 2.2 : Zorlanmış titreşim etkisindeki tek serbestlik dereceli sisteme örnek bir model.....	9
Şekil 2.3 : Tek serbestlik dereceli doğrusal yapı sistemine örnek bir model.	10
Şekil 2.4 : Çok serbestlik dereceli yapı sistemlerine örnekler.....	14
Şekil 3.1 : Yanal atımlı ve ters - normal faylar için R_{jb} ve R_{rup} değerleri, [10].	37
Şekil 3.2 : Elastik spektral ivme spektrumu.	40
Şekil 5.1 : W10 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş perde taban momentleri.	48
Şekil 5.2 : W15 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş perde taban momentleri.	49
Şekil 5.3 : W20 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş perde taban momentleri.	49
Şekil A.1 : CHI CHI -- TCU054 depremi ivme kaydı.....	58
Şekil A.2 : CHI CHI -- TCU116 depremi ivme kaydı.....	59
Şekil A.3 : CHI CHI -- TCU082 depremi ivme kaydı.....	60
Şekil A.4 : KOCAELİ -- YARIMCA depremi ivme kaydı.....	61
Şekil A.5 : IMPERIAL VALLEY -- EC COUNTY CENTER FF depremi ivme kaydı.....	62
Şekil A.6 : DENALI ALASKA -- TAPS PUMP STATION depremi ivme kaydı...	63
Şekil A.7 : WESTMORLAND -- PARACHUTE TEST SITE depremi ivme kaydı.	64
Şekil A.8 : F5 plan görüntüsü.....	65
Şekil A.9 : F10 plan görüntüsü.....	66
Şekil A.10 : F15 plan görüntüsü.....	67
Şekil A.11 : W10 plan görüntüsü.....	68
Şekil A.12 : W15 plan görüntüsü.....	69
Şekil A.13 : W20 plan görüntüsü.....	70
Şekil A.14 : F5 SAP2000 modeli.....	71
Şekil A.15 : F5 PERFORM3D modeli.....	71
Şekil A.16 : F10 SAP2000 modeli.....	72
Şekil A.17 : F10 PERFORM3D modeli.....	72
Şekil A.18 : F15 SAP2000 modeli.....	73
Şekil A.19 : F15 PERFORM3D modeli.....	73
Şekil A.20 : W10 SAP2000 modeli.....	74
Şekil A.21 : W10 PERFORM3D modeli.....	74
Şekil A.22 : W15 SAP2000 modeli.....	75
Şekil A.23 : W15 PERFORM3D modeli.....	75
Şekil A.24 : W20 SAP2000 modeli.....	76
Şekil A.25 : W20 PERFORM3D modeli.....	76

Şekil B.1 : F5 -- 1. mod şekli.....	77
Şekil B.2 : F5 -- 2. mod şekli.....	77
Şekil B.3 : F5 -- 3. mod şekli.....	78
Şekil B.4 : F5 -- 4. mod şekli.....	78
Şekil B.5 : F5 -- 5 mod şekli.....	79
Şekil B.6 : F5 -- 1. modal kuvvetler.....	80
Şekil B.7 : F5 -- 2. modal kuvvetler.....	80
Şekil B.8 : F5 -- 3. modal kuvvetler.....	80
Şekil B.9 : F5 -- 4. modal kuvvetler.....	81
Şekil B.10 : F5 -- 5. modal kuvvetler.....	81
Şekil B.11 : F10 -- 1. mod şekli.....	82
Şekil B.12 : F10 -- 2. mod şekli.....	82
Şekil B.13 : F10 -- 3. mod şekli.....	83
Şekil B.14 : F10 -- 4. mod şekli.....	83
Şekil B.15 : F10 -- 5. mod şekli.....	84
Şekil B.16 : F10 -- 6. mod şekli.....	84
Şekil B.17 : F10 -- 7. mod şekli.....	85
Şekil B.18 : F10 -- 8. mod şekli.....	85
Şekil B.19 : F10 -- 9. mod şekli.....	86
Şekil B.20 : F10 -- 10. mod şekli.....	86
Şekil B.21 : F10 -- 1. modal kuvvetler.....	87
Şekil B.22 : F10 -- 2. modal kuvvetler.....	87
Şekil B.23 : F10 -- 3. modal kuvvetler.....	87
Şekil B.24 : F10 -- 4. modal kuvvetler.....	87
Şekil B.25 : F10 -- 5. modal kuvvetler.....	88
Şekil B.26 : F10 -- 6. modal kuvvetler.....	88
Şekil B.27 : F10 -- 7. modal kuvvetler.....	88
Şekil B.28 : F10 -- 8. modal kuvvetler.....	88
Şekil B.29 : F10 -- 9. modal kuvvetler.....	89
Şekil B.30 : F10 -- 10. modal kuvvetler.....	89
Şekil B.31 : F15 -- 1. mod şekli.....	90
Şekil B.32 : F15 -- 2. mod şekli.....	90
Şekil B.33 : F15 -- 3. mod şekli.....	91
Şekil B.34 : F15 -- 4. mod şekli.....	91
Şekil B.35 : F15 -- 5. mod şekli.....	92
Şekil B.36 : F15 -- 6. mod şekli.....	92
Şekil B.37 : F15 -- 7. mod şekli.....	93
Şekil B.38 : F15 -- 8. mod şekli.....	93
Şekil B.39 : F15 -- 9. mod şekli.....	94
Şekil B.40 : F15 -- 10. mod şekli.....	94
Şekil B.41 : F15 -- 11. mod şekli.....	95
Şekil B.42 : F15 -- 12. mod şekli.....	95
Şekil B.43 : F15 -- 13. mod şekli.....	96
Şekil B.44 : F15 -- 14. mod şekli.....	96
Şekil B.45 : F15 -- 15. mod şekli.....	97
Şekil B.46 : F15 -- 1. modal kuvvetler.....	98
Şekil B.47 : F15 -- 2. modal kuvvetler.....	98
Şekil B.48 : F15 -- 3. modal kuvvetler.....	98
Şekil B.49 : F15 -- 4. modal kuvvetler.....	98
Şekil B.50 : F15 -- 5. modal kuvvetler.....	99

Şekil B.51 : F15 -- 6. modal kuvvetler.	99
Şekil B.52 : F15 -- 7. modal kuvvetler.	99
Şekil B.53 : F15 -- 8. modal kuvvetler.	99
Şekil B.54 : F15 -- 9. modal kuvvetler.	100
Şekil B.55 : F15 -- 10. modal kuvvetler.	100
Şekil B.56 : F15 -- 11. modal kuvvetler.	100
Şekil B.57 : F15 -- 12. modal kuvvetler.	100
Şekil B.58 : F15 -- 13. modal kuvvetler.	101
Şekil B.59 : F15 -- 14. modal kuvvetler.	101
Şekil B.60 : F15 -- 15. modal kuvvetler.	101
Şekil B.61 : W10 -- 1. mod şekli.	102
Şekil B.62 : W10 -- 2. mod şekli.	102
Şekil B.63 : W10 -- 3. mod şekli.	103
Şekil B.64 : W10 -- 4. mod şekli.	103
Şekil B.65 : W10 -- 5. mod şekli.	104
Şekil B.66 : W10 -- 6. mod şekli.	104
Şekil B.67 : W10 -- 7. mod şekli.	105
Şekil B.68 : W10 -- 8. mod şekli.	105
Şekil B.69 : W10 -- 9. mod şekli.	106
Şekil B.70 : W10 -- 10. mod şekli.	106
Şekil B.71 : W10 -- 1. modal kuvvetler.	107
Şekil B.72 : W10 -- 2. modal kuvvetler.	107
Şekil B.73 : W10 -- 3. modal kuvvetler.	107
Şekil B.74 : W10 -- 4. modal kuvvetler.	107
Şekil B.75 : W10 -- 5. modal kuvvetler.	108
Şekil B.76 : W10 -- 6. modal kuvvetler.	108
Şekil B.77 : W10 -- 7. modal kuvvetler.	108
Şekil B.78 : W10 -- 8. modal kuvvetler.	108
Şekil B.79 : W10 -- 9. modal kuvvetler.	109
Şekil B.80 : W10 -- 10. modal kuvvetler.	109
Şekil B.81 : W15 -- 1. mod şekli.	110
Şekil B.82 : W15 -- 2. mod şekli.	110
Şekil B.83 : W15 -- 3. mod şekli.	111
Şekil B.84 : W15 -- 4. mod şekli.	111
Şekil B.85 : W15 -- 5. mod şekli.	112
Şekil B.86 : W15 -- 6. mod şekli.	112
Şekil B.87 : W15 -- 7. mod şekli.	113
Şekil B.88 : W15 -- 8. mod şekli.	113
Şekil B.89 : W15 -- 9. mod şekli.	114
Şekil B.90 : W15 -- 10. mod şekli.	114
Şekil B.91 : W15 -- 11. mod şekli.	115
Şekil B.92 : W15 -- 12. mod şekli.	115
Şekil B.93 : W15 -- 13. mod şekli.	116
Şekil B.94 : W15 -- 14. mod şekli.	116
Şekil B.95 : W15 -- 15. mod şekli.	117
Şekil B.96 : W15 -- 1. modal kuvvetler.	118
Şekil B.97 : W15 -- 2. modal kuvvetler.	118
Şekil B.98 : W15 -- 3. modal kuvvetler.	118
Şekil B.99 : W15 -- 4. modal kuvvetler.	118
Şekil B.100 : W15 -- 5. modal kuvvetler.	119

Şekil B.101 : W15 -- 6. modal kuvvetler.....	119
Şekil B.102 : W15 -- 7. modal kuvvetler.....	119
Şekil B.103 : W15 -- 8. modal kuvvetler.....	119
Şekil B.104 : W15 -- 9. modal kuvvetler.....	120
Şekil B.105 : W15 -- 10. modal kuvvetler.....	120
Şekil B.106 : W15 -- 11. modal kuvvetler.....	120
Şekil B.107 : W15 -- 12. modal kuvvetler.....	120
Şekil B.108 : W15 -- 13. modal kuvvetler.....	121
Şekil B.109 : W15 -- 14. modal kuvvetler.....	121
Şekil B.110 : W15 -- 15. modal kuvvetler.....	121
Şekil B.111 : W20 -- 1. mod şekli.....	122
Şekil B.112 : W20 -- 2. mod şekli.....	122
Şekil B.113 : W20 -- 3. mod şekli.....	123
Şekil B.114 : W20 -- 4. mod şekli.....	123
Şekil B.115 : W20 -- 5. mod şekli.....	124
Şekil B.116 : W20 -- 6. mod şekli.....	124
Şekil B.117 : W20 -- 7. mod şekli.....	125
Şekil B.118 : W20 -- 8. mod şekli.....	125
Şekil B.119 : W20 -- 9. mod şekli.....	126
Şekil B.120 : W20 -- 10. mod şekli.....	126
Şekil B.121 : W20 -- 11. mod şekli.....	127
Şekil B.122 : W20 -- 12. mod şekli.....	127
Şekil B.123 : W20 -- 13. mod şekli.....	128
Şekil B.124 : W20 -- 14. mod şekli.....	128
Şekil B.125 : W20 -- 15. mod şekli.....	129
Şekil B.126 : W20 -- 16. mod şekli.....	129
Şekil B.127 : W20 -- 17. mod şekli.....	130
Şekil B.128 : W20 -- 18. mod şekli.....	130
Şekil B.129 : W20 -- 19. mod şekli.....	131
Şekil B.130 : W20 -- 20. mod şekli.....	131
Şekil B.131 : W20 -- 1. modal kuvvetler.....	132
Şekil B.132 : W20 -- 2. modal kuvvetler.....	132
Şekil B.133 : W20 -- 3. modal kuvvetler.....	132
Şekil B.134 : W20 -- 4. modal kuvvetler.....	132
Şekil B.135 : W20 -- 5. modal kuvvetler.....	133
Şekil B.136 : W20 -- 6. modal kuvvetler.....	133
Şekil B.137 : W20 -- 7. modal kuvvetler.....	133
Şekil B.138 : W20 -- 8. modal kuvvetler.....	133
Şekil B.139 : W20 -- 9. modal kuvvetler.....	134
Şekil B.140 : W20 -- 10. modal kuvvetler.....	134
Şekil B.141 : W20 -- 11. modal kuvvetler.....	134
Şekil B.142 : W20 -- 12. modal kuvvetler.....	134
Şekil B.143 : W20 -- 13. modal kuvvetler.....	135
Şekil B.144 : W20 -- 14. modal kuvvetler.....	135
Şekil B.145 : W20 -- 15. modal kuvvetler.....	135
Şekil B.146 : W20 -- 16. modal kuvvetler.....	135
Şekil B.147 : W20 -- 17. modal kuvvetler.....	136
Şekil B.148 : W20 -- 18. modal kuvvetler.....	136
Şekil B.149 : W20 -- 19. modal kuvvetler.....	136
Şekil B.150 : W20 -- 20. modal kuvvetler.....	136

Şekil C.1 : F5 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş taban kesme kuvvetleri.....	137
Şekil C.2 : F10 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş taban kesme kuvvetleri.....	137
Şekil C.3 : F15 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş taban kesme kuvvetleri.....	138
Şekil C.4 : W10 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş taban kesme kuvvetleri.....	138
Şekil C.5 : W15 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş taban kesme kuvvetleri.....	138
Şekil C.6 : W20 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş taban kesme kuvvetleri.....	139
Şekil C.7 : F5 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş 1. kolon alt uç momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.....	141
Şekil C.8 : F5 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş 2. kolon alt uç momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.....	142
Şekil C.9 : F5 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kiriş momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.....	143
Şekil C.10 : F5 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kat yerdeğiştirme değerlerinin bina yüksekliği boyunca değişimi.....	144
Şekil C.11 : F5 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kat sapma değerlerinin bina yüksekliği boyunca değişimi.....	145
Şekil C.12 : F10 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş 1. kolon alt uç momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.....	148
Şekil C.13 : F10 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş 2. kolon alt uç momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.....	149
Şekil C.14 : F10 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kiriş momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.....	150
Şekil C.15 : F10 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kat yerdeğiştirme değerlerinin bina yüksekliği boyunca değişimi.....	151
Şekil C.16 : F10 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kat sapma değerlerinin bina yüksekliği boyunca değişimi.....	152
Şekil C.17 : F15 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş 1. kolon alt uç momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.....	156
Şekil C.18 : F15 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş 2. kolon alt uç momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.....	157
Şekil C.19 : F15 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kiriş momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.....	158
Şekil C.20 : F15 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kat yerdeğiştirme değerlerinin bina yüksekliği boyunca değişimi.....	159
Şekil C.21 : F15 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kat sapma değerlerinin bina yüksekliği boyunca değişimi.....	160
Şekil C.22 : W10 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş 1. kolon alt uç momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.....	163
Şekil C.23 : W10 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş 2. kolon alt uç momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.....	164
Şekil C.24 : W10 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kiriş momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.....	165
Şekil C.25 : W10 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kat yerdeğiştirme değerlerinin bina yüksekliği boyunca değişimi.....	166

Şekil C.26 : W10 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kat sapma değerlerinin bina yüksekliği boyunca değişimi.	167
Şekil C.27 : W15 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş 1. kolon alt uç momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.	171
Şekil C.28 : W15 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş 2. kolon alt uç momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.	172
Şekil C.29 : W15 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kiriş momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.	173
Şekil C.30 : W15 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kat yerdeğiştirme değerlerinin bina yüksekliği boyunca değişimi.	174
Şekil C.31 : W15 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kat sapma değerlerinin bina yüksekliği boyunca değişimi.	175
Şekil C.32 : W20 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş 1. kolon alt uç momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.	180
Şekil C.33 : W20 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş 2. kolon alt uç momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.	181
Şekil C.34 : W20 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kiriş momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.	182
Şekil C.35 : W20 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kat yerdeğiştirme değerlerinin bina yüksekliği boyunca değişimi.	183
Şekil C.36 : W20 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kat sapma değerlerinin bina yüksekliği boyunca değişimi.	184

ALTERNATİF BİR MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİ OLARAK “EUCLIDEAN NORM” un İRDELENMESİ

ÖZET

Bu çalışma kapsamında, mod katkılarının birleştirilmesi için alternatif bir yöntem olan “Euclidean Norm” irdelenmiştir. Pek çok birleştirme yönteminde negatif işaretli modal büyüklükler kaybolmaktadır. “Euclidean Norm” ile yapılan birleştirmede negatif işaretli modal büyüklüklerin korunması amaçlanmıştır. Herhangi bir büyüklüğün “gerçek” değeri zaman tanım alanında yapılan analizler ile bulunmaktadır. Seçilen bazı iç kuvvet ve yerdeğiştirme bileşenleri için farklı titreşim modlarının katkıları mevcut mod birleştirme yöntemleri ve “Euclidean Norm” ile birleştirilmiştir. Elde edilen maksimum spektral büyüklükler “gerçek” değerler ile karşılaştırılmıştır. Analitik çalışma kapsamında 6 adet bina çalışılmıştır. Binalar; 5, 10, 15 katlı çerçeve ve 10, 15, 20 katlı perde-çerçeve türü taşıyıcı sistemlere sahiptir. MATLAB ortamında geliştirilen bir yazılım ile binaların modal analizleri yapılmıştır. Modal analiz sonuçlarının doğruluğu SAP2000 programında yapılan analiz sonuçlarıyla kontrol edilmiştir. MATLAB programından elde edilen birleştirilmiş kuvvetler, SAP2000 programındaki modellere uygulanmış ve binalardaki iç kuvvetler ile yerdeğiştirmeler belirlenmiştir. Mevcut mod birleştirme yöntemleri ile yapılan birleştirme sonuçları ise SAP2000 programından doğrudan alınmıştır. PERFORM-3D programı ile zaman tanım alanındaki analizler yapılmıştır. Zaman tanım alanında gerçekleştirilen çözümlerde kullanılan deprem ivme kayıtları, PEER veritabanından ölçeklenmiş olarak alınmıştır. İlgili kayıtların DBYBHY tarafından öngörülen şartları sağlamasına özen gösterilmiştir. “Euclidean Norm” ile yapılan birleştirmenin, zaman tanım alanında hesapta elde edilen sonuçlara mevcut birleştirme yöntemlerinden daha çok yaklaştığı görülmüştür.

EVALUATION OF “EUCLIDEAN NORM” AS AN ALTERNATIVE MODE COMBINATION METHOD

SUMMARY

In this study, an alternative modal combination method has been evaluated analytically. Modal quantities with negative sign disappear in most of the combining methods. It is aimed to preserve the negative sign of the modal quantity by using “Euclidean Norm”. The “real” quantities can be obtained by time history analyses. The contribution of different vibrational modes for the selected internal forces and displacements are combined with the existing combination methods and “Euclidean Norm” to find out the maximum spectral quantities. The maximum spectral quantities are compared with the real ones. In the analytical study, six different reinforced concrete buildings are studied. The buildings are 5, 10, 15 story frame type and 10, 15, 20 story shear wall–frame type structures. A computer software developed in MATLAB is used in modal analyses of the buildings. The correctness of the modal analyses results are checked with the results of SAP2000. The combined forces obtained from the MATLAB software are applied to the SAP2000 models and corresponding internal forces and displacements are determined. The modal combination results with the existing methods are received directly from the SAP2000 models. The linear time history analyses are performed in PERFORM-3D. Earthquake acceleration records were taken from the PEER database using the scaling feature. Whole record’s compatibility to the Turkish Earthquake Code has been checked strictly. It is shown that the results of “Euclidean Norm” are closer to the time history analyses comparing with the other combination methods.

1. GİRİŞ

Yer kabuğunu oluşturan levhaların birleşim bölgelerinde biriken enerjinin elastik geri sekme ile beklenmedik bir anda ortaya çıkmasıyla meydana gelen ve deprem adını verdiğimiz sismik dalgalar, yeryüzündeki birçok yapının tasarım aşamasında dikkate alınması gereken en önemli unsur olmaktadır. Zemin üzerindeki yapılara yanal olarak etki ettiği kabul edilen deprem kuvvetlerinin hesabı için değişik yöntemler mevcuttur. Bu yöntemler gerçekliğe yaklaşılması açısından sırası ile “eşdeğer deprem yükü yöntemi” (EDYY), “mod birleştirme yöntemi” (MBY) ve “zaman tanım alanında hesap yöntemi” (ZTAHY) olarak sıralanabilir.

EDYY’ nde yapının birinci modu esas alınır ve katlara etkiyen deprem kuvvetlerinin kat kütlesi ve katın temelden yüksekliği ile orantılı olarak değiştiği kabul edilir. Titreşim periyodunun hesabında ve deprem yükünün dağıtılmasında binanın kütlesi hesaba katıldığı için bu yöntem de yapının birinci titreşim modunu esas alan dinamik bir yöntem olarak kabul edilebilir. MBY’ nde ise toplam deprem kuvvetinin bulunmasında yeterli kütle katılımını sağlayacak sayıda mod şekli hesaba katılır ve bu toplam kuvvetin katlara dağıtılmasında ilgili mod şekilleri esas alınır [1]. MBY’ nde herhangi bir büyüklüğün elde edilebilmesi için, o büyüklüğün her mod şekli için elde edilen ve eşzamanlı olmayan maksimum değerlerinin istatistiksel bir yöntemle birleştirilmesi gerekir. Birleştirme yöntemi olarak hangi yöntemin kullanılacağı sonuçların gerçekliğe yaklaşması açısından önemli bir konudur.

ZTAHY’ nde ise kaydedilmiş veya üretilmiş bir deprem kaydının yapıya uygulanması ile deprem kuvvetlerinin hesabı en “gerçek” şekilde elde edilir. Analizlerde kaydedilmiş gerçek deprem kayıtlarının kullanılması depremin birçok parametresini gerçek olarak yansıtmaları açısından önemlidir. Fakat bu yöntem analiz için uygun kayıtların seçilmesinde zorluklar olduğu gibi hesap hacminin de çok geniş olması sebebiyle çoğunlukla tercih edilmemektedir.

Sonuç olarak deprem hesap yöntemleri arasında en çok kullanılan yöntem MBY’ dir. Bu durumda ise gerçek sonuçlara yaklaşılması açısından mod birleştirme yöntemi

olarak hangi yöntemin kullanılacağı önemli bir soru haline gelmektedir. Bu çalışma kapsamında ise yeni bir mod birleştirme yöntemi olarak ““Euclidean Norm”” irdelenmiştir. Bu yöntemle ve mevcut istatistiksel yöntemlerle yapılan birleştirmeler ile elde edilen sonuçların ZTAHY ile elde edilen sonuçlara yakınlığı araştırılmıştır.

1.1 Konu İle İlgili Çalışmalar

“Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” (DBYBHY) EDYY için belirtilen uygulama sınırları dışında MBY kullanılabileceğini belirtmektedir. Özmen (2008), bazı özel durumlarda ve çeşitli yapıların temel hesaplarında MBY uygulanması halinde bile eşdeğer deprem yüklerinin kullanılmasının gerekli olduğunu belirtmiştir. Çünkü MBY’ nde kullanılan istatistiksel birleştirme yöntemleri büyüklüklerin işaretlerini yok etmektedir. Çalışma kapsamında MBY sonuçlarının eşdeğer deprem yüklerine dönüştürülmesi amacıyla bir yöntem geliştirilmiştir. Çalışma kapsamında belirtilen özel durumlarda MBY sonuçlarının geliştirilen yöntemle eşdeğer deprem yüklerine dönüştürülerek hesaba bu yüklerle devam edilmesi önerilmektedir. Böylece, hem MBY uygulamasının gerekli olduğu koşullar, hem de yönetmelikte belirli özel durumlar için öngörülmüş olan süreçler yerine getirilmiş olmaktadır [2].

Grant M. DeRue (1998) yapmış olduğu çalışmada hâkim modun haricinde yüksek modların katkılarını da hesaba katmak amacıyla “Euclidean Norm” birleştirme yöntemini önermişlerdir. “Euclidean Norm”, birleştirmede yüksek değerlerin katkısına öncelik veren bir süperpozisyon yöntemidir. Normun derecesi ne kadar büyük olursa o kadar iyi sonuç alınır. “Euclidean Norm” (1.1) denklemi ile tanımlanır.

$$NORM_p(değer) = \|değer\|_p^{n=1, N} = \sqrt[p]{\sum_{n=1}^N (değer_n)^p} \quad (1.1)$$

Denklemin genel şekli n adet değer P derecesi ile toplanmasında geçerlidir. Eğer $P = 1$ alınırsa “Euclidean Norm” bütün bileşenlerin aynı katkıya sahip olduğu basit bir toplama karşılık gelir. Fakat $P > 1$ olduğu zaman “Euclidean Norm” birleştirmedeki yüksek değerler için bir filtre gibi çalışır. Eğer P 20, 30 gibi yüksek değerler alırsa “Euclidean Norm” birleştirmedeki yüksek değerler tarafından

baskılanır. Çeşitli P değerleri için yapılan örnek birleştirme sonuçları için Çizelge 1.1’ de görülmektedir.

Çizelge 1.1 : “Euclidean Norm” örneği.

Değerler	P	“Euclidean Norm”
10	1	5
-7	2	12.61
3	3	8.81
-1	4	10.57

Çizelge 1.1’ de görüldüğü üzere $P > 1$ olduğu zaman “Euclidean Norm” bileşenler arasında en büyük değer olan 10 civarında sonuçlar vermektedir. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli ayrıntı P ’ nin çift sayı olduğu durumlarda “Euclidean Norm” un bileşenler arasındaki en büyük değer olan 10’ dan daha büyük sonuçlar vermesidir. P ’ nin çift sayı olması bütün bileşenlerin mutlak değerlerinin kullanılması anlamına gelmektedir. Bir yapı üzerine etkiyen kuvvetleri belirlerken bu durum çok önemlidir. Çünkü kuvvetler pozitif değerler alabilecekleri gibi negatif değerlerde alabilirler. Bu durum yöntemde önemli derecede farklılık yaratır. P ’ nin çift sayı olması durumu bileşenlerin mutlak değerlerini dikkate alırken, P ’ nin tek sayı olması durumu negatif işaretli bileşenleri koruyacaktır [3].

1.2 Tezin Kapsamı

Yapı dinamiğinde en çok kullanılan “Karelerin Toplamının Karekökü” (SRSS) ve “Tam Karesel Birleştirme” (CQC) gibi istatistiksel mod birleştirme yöntemlerinde negatif işaretli modal maksimumların etkileri birleştirme yönteminin gereklerinden dolayı kaybolmaktadır. Bu sebeple özellikle birinci mod şekli haricindeki mod şekillerinin de katkılarının yüksek olduğu yani negatif işaretli modal maksimumların önemli miktarda bulunduğu yapılarda SRSS veya CQC ile yapılan birleştirme sonuçlarında gerçek sonuçlardan uzaklaşmaktadır.

Bu tez kapsamında modal maksimumların birleştirilmesi için “Euclidean Norm” yöntemi denenmiştir. Önerilen yöntem ile elde edilen sonuçlar ZTAHY ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Tez kapsamında 3 adet farklı kat sayısına sahip betonarme çerçeve binalar ve 3 adet farklı kat sayısına sahip betonarme perdeli çerçeve binalar olmak üzere toplam 6 adet bina kullanılmıştır. Binalar planda iki yönde de tamamen simetriktir. Bu binaların döşemelerinin yatay düzlemde rijit

diyafram olarak çalıştığı düşünülmüş ayrıca her katta sadece iki yatay yerdeğiştirme bileşeni göz önüne alınarak düşey eksen etrafındaki dönme ihmal edilmiştir. Ve simetriklik sebebiyle sadece bir yönde çözüm yapılmıştır.

Çalışma kapsamındaki 6 adet bina SAP2000 ve PERFORM3D programları ile modellenmiştir. SAP2000 programı ile yapılan modal analizde çalışma kapsamında gerekli olan modal kuvvetlerin istenilen şekilde elde edilememesi sebebiyle 6 adet bina için modal analizler MATLAB programında hazırlanan bir kod ile yapılmıştır. Hazırlanan kodun doğruluğunun ispatı için SAP2000 programında yapılan modal analiz sonucu elde edilen mod periyodu değerleri, MATLAB programında elde edilen mod periyodu değerleri ile karşılaştırılmıştır. Ve sonuçların birebir aynı olduğu gözlemlenmiştir. Bütün binalar için modal analiz sonuçları elde edildikten sonra binalarda seçilen iç kuvvet ve yerdeğiştirme değerleri için mevcut ve bu çalışma kapsamında irdelenen mod birleştirme yöntemleri uygulanmıştır. Mevcut istatistiksel birleştirme yöntemleri SAP2000 programında erişilebilir olduğu için gerekli spektral bilgiler programa verilerek seçilen iç kuvvet ve yerdeğiştirme değerleri elde edilmiştir. Çalışma kapsamında irdelenen mod birleştirme yöntemi için ise önce MATLAB programında elde edilen modal kuvvetler irdelenen yöntemle birleştirilerek daha sonra SAP2000 programında harici kuvvetler olarak kat hizalarından binalara etki ettirilmiştir. Ve ilgili iç kuvvet ve yerdeğiştirme bileşenleri okunmuştur. Bu şekilde çeşitli birleştirme yöntemleri için ilgili sonuçlar bütün binalarda elde edilmiştir.

Bu sonuçların “gerçek” değerlerini öğrenmek amacıyla çalışma kapsamındaki binalar ayrıca PERFORM-3D programı ile modellenerek bu programda binalara doğrusal zaman tanım alanında analiz yapılmıştır. Analiz için 7 adet deprem kaydı seçilmiştir. Bu kayıtların DBYBHY tarafından önerilen şartlara uygunlukları araştırılmış ve doğrulanmıştır. Zaman tanım alanında hesap için PERFORM3D programının tercih edilmesinin sebebi ise SAP2000 programında ilgili analiz için istenilen sönüm seçeneklerinin bulunmamasıdır. PERFORM3D programında oluşturulan modellerin SAP2000 programında oluşturulan modellerle uyumlu olduğunun incelenmesi açısından yine modal analiz sonuçları karşılaştırılmış ve bütün mod periyodu değerlerinin birebir aynı olduğu gözlemlenmiştir. Buradan farklı programlarda oluşturulan aynı binaların her programda kütlelerinin, rijitliklerinin, kat çalışma prensiplerinin ve mesnet şartlarının doğru olarak atandığı anlaşılmaktadır.

Sonuç olarak seçilen iç kuvvet ve yerdeğiştirme değerlerinin çeşitli mod birleştirme yöntemleri ve doğrusal zaman tanım alanında hesap yöntemi ile elde edilmiş değerleri grafikler üzerinde karşılaştırılarak incelenmiştir. Çalışma kapsamında yapılan analizlerin hepsinin doğrusal analizler olduğu, çalışmanın sınırları açısından dikkat edilmesi gereken önemli bir husustur.

2. YAPI DİNAMİĞİNDE TEK SERBESTLİK DERECELİ VE ÇOK SERBESTLİK DERECELİ SİSTEMLER

Yapı dinamiğinin konusu dinamik etkiler altında yapıların çözümlenmesidir. Bu çözümleme kuvvet ve yerdeğiştirmelerin bulunması demektir. Dinamik etkisi olan yükler olarak mesnet hareketi (deprem), rüzgâr etkisi, makine yükleri, trafik yükleri ve patlama örnek olarak verilebilir.

Yapı dinamiği problemleri statik problemlerden şu durumlarda farklılık gösterir:

1-Dinamik problemlerde sisteme etkiyen yük ve sistemin cevabı zamanın bir fonksiyonu olmaktadır. Bu sebeple sisteme etkiyen yük ile cevap arasında bir orantı yoktur. Fakat statik problemlerde sisteme etkiyen yük ile sistemin cevabı arasında bir orantı vardır.

2-Dinamik problemlerde sistemdeki kütle dağılımından oluşan atalet kuvvetleri sistemin davranışını etkiler.

3-Yapıdaki dinamik hareketlerden ötürü açığa çıkan çeşitli sönüm ve azalım mekanizmalarının dinamik problemlerde göz önüne alınması gerekir.

Eğer yukarıda belirtilen 2 ve 3 numaralı maddelerde belirtilen atalet kuvvetleri ile sönüm mekanizmalarının ihmal edilebilecek seviyede olduğunu varsayarsak dinamik bir problem belirli bir zaman değeri için statik bir problem halini alır [4].

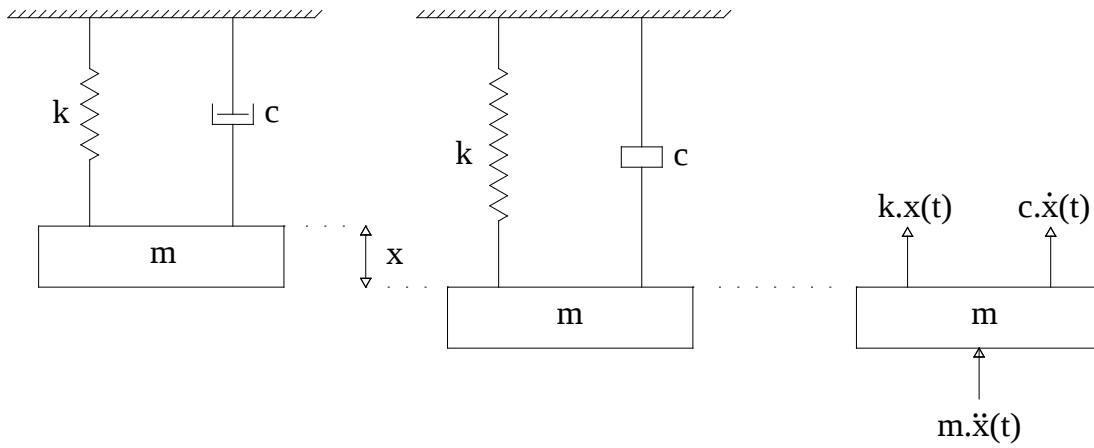
Titreşim hareketi yapan dinamik sistemler kütle, yay ve söndürücü olarak adlandırılan üç temel öğeden oluşurlar. Bunlardan kütle, sistemdeki kinetik enerjinin depolandığı bir ortamdır ve sistem içindeki dağılımına göre toplu veya sürekli olarak modellenebilir. Yay, sistemdeki potansiyel enerjiyi depolayan bir araçtır ve sistemin denge konumundan öteye hareketlerine karşı oluşan geriye getirici kuvvetleri temsil eder. Sönümleme dinamik sistemlerde iç sürtünmelerden, eşdeğer viskoziteden ve diğer enerji yutucu özelliklerden oluşarak titreşim genliğini azaltıcı yönde etkinlik yaratır. Gerçek sistemlerde bu üç öğe sistem içinde dağılmış olarak bulunurlar. Böyle sistemlere “Sürekli Sistemler” denir. Ancak dinamik problemlerde bu üç öğe sistemin belirli nokta ve bölgelerinde toplanabilir. Deprem mühendisliği problemleri

açısından gerçekçi bir yaklaşım sağlayan bu sistemlere “Ayrık Kütleli Sistemler” denir, [4].

Kütlelerin dinamik hareketini geometrik olarak belirlemek için gerekli olan en az parametre sayısı o sistemin dinamik serbestlik derecesini verir. Ayrık Kütleli Sistemlerde serbestlik derecesi sınırlı kalırken sürekli sistemlerde sonsuz sayıda serbestlik derecesi vardır.

2.1 Tek Serbestlik Dereceli Sistemler

Bir sistemin hareket halinde bulunduğu konum, tek bir parametrenin verilmesi ile belirlenebiliyorsa, bu tür sistem tek serbestlik dereceli sistem olarak isimlendirilir (Şekil 2.1). Tek serbestlik dereceli sistemlerde kütle, rijitlik ve sönüm tek bir eleman üzerinde toplanmıştır. Böyle bir sistemin davranışının belirlenebilmesi için sisteme etki eden kuvvetlerin dengesinden oluşan hareket denkleminin yazılması gereklidir.



Şekil 2.1 : Serbest titreşim etkisindeki tek serbestlik dereceli sisteme örnek bir model.

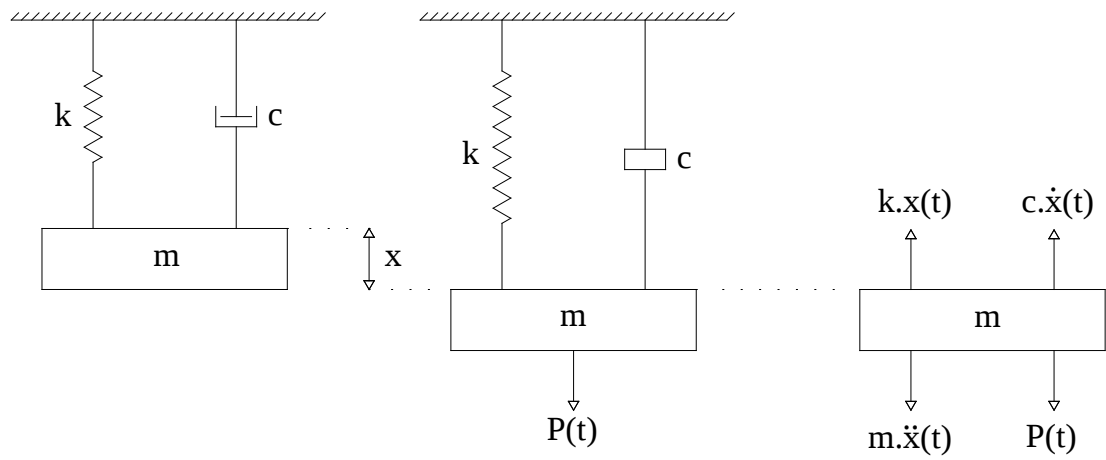
2.1.1 Tek serbestlik dereceli sistemler için hareket denkleminin oluşturulması

Şekil 2.1 de x yerdeğiştirmesine sahip m kütlelerinin serbest cisim diyagramı görülmektedir. Sisteme verilen x yerdeğiştirmesi sonucunda k rijitliğe sahip yayda geri çağırıcı kuvvet oluşmuştur. Sistemdeki enerji kaybı mekanizmasını temsil etmek üzere ise viskoz sönüm katsayısı c olan sönümleyicide sönüm kuvveti oluşmuştur. Viskoz sönüm hızla orantılı olmakla birlikte ona ters bir büyüklüktür. Ayrıca sistemde D’Alambert kuralı gereği atalet kuvveti oluşmuştur. D’Alambert prensibi

gereği atalet kuvveti ivme ile orantılı fakat ona ters yönde bir dış yükür. Bu durumda kuvvet dengesinin yazılması ile dinamik durumdaki denge ifadesi olarak tanımlanan hareket denklemi oluşturulmuş olur **(2.1)**. Bu hareket denklemi “Serbest Titreşim” i göstermektedir.

$$m\ddot{x}(t) + c\dot{x}(t) + kx(t) = 0 \quad (2.1)$$

2.1 denkleminde m , c , k sırası ile kütle, sönüm ve rijitliği gösterirken $\ddot{x}(t)$ ivmeyi, $\dot{x}(t)$ hızı, $x(t)$ ise ötelenmeyi göstermektedir.



Şekil 2.2 : Zorlanmış titreşim etkisindeki tek serbestlik dereceli sisteme örnek bir model.

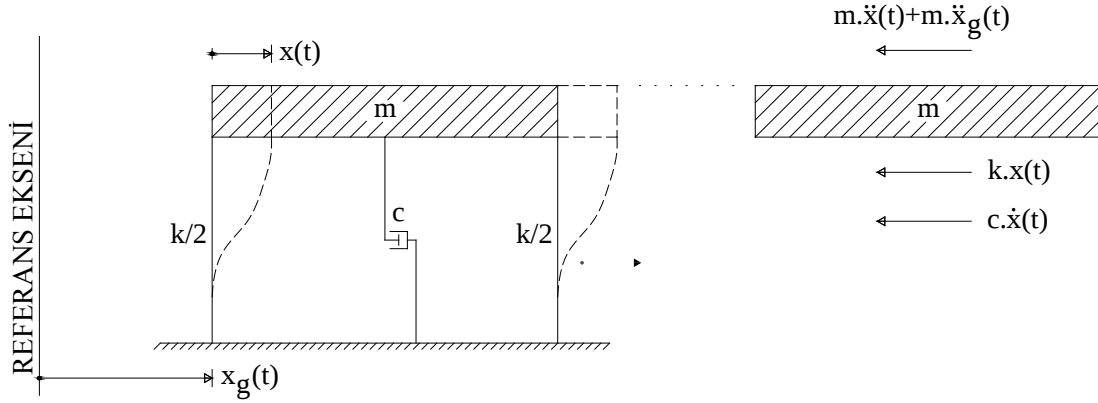
Şekil 2.2 de ise sisteme dışarıdan zamanın bir fonksiyonu olarak bir yük verilmesi durumunda m kütlelerinin serbest cisim diyagramı görülmektedir. Sisteme dışarıdan bir yük etki etmesi halinde dinamik durumdaki denge ifadesine bu etkininde katılması gerekir **(2.2)**. Bu şekilde oluşturulan hareket denklemi ise “Zorlanmış Titreşim” i göstermektedir.

$$m\ddot{x}(t) + c\dot{x}(t) + kx(t) = P(t) \quad (2.2)$$

Şekil 2.3 ise tek serbestlik dereceli doğrusal bir yapı sistemine örnek gösterilebilir. Sistemin bütün kütlesi, m , rijit bir blokta toplanmıştır. Bu blok toplam rijitliği k olan doğrusal esnek iki yayla (kolonla) tamamen rijit bir zemine bağlanmıştır. Sistemdeki enerji kaybı mekanizması viskoz sönüm katsayısı c olan bir sönümleyici ile temsil edilmiştir. Sisteme deprem hareketi x_g , her iki yay (kolon) mesnedinden eş zamanlı

ve eş nicelikli olarak etkimektedir, [3]. Deprem hareketini içeren hareket denklemi (2.3) ile verilmiştir.

$$m\ddot{x}(t) + c\dot{x}(t) + kx(t) = -m\ddot{x}_g(t) \quad (2.3)$$



Şekil 2.3 : Tek serbestlik dereceli doğrusal yapı sistemine örnek bir model.

2.1.2 Tek serbestlik dereceli sistemler için hareket denkleminin çözülmesi

“Sönümlü Zorlanmış Titreşim”, “Sönümsüz Zorlanmış Titreşim”, “Sönümlü Serbest Titreşim”, “Sönümsüz Serbest Titreşim” olmak üzere dört tip titreşim hareketinden bahsedilebilir. Bu dört tip titreşim hareketi (2.1) ve (2.2) denklemlerinde sönümün bulunup bulunmaması durumlarından oluşmaktadır.

2.1.2.1 Sönümlü serbest titreşim

(2.1) homojen denkleminin çözümü sistemdeki sönümlü serbest titreşimi göstermektedir. Aşağıdaki denklemlerde Δ homojen hareket denkleminin diskriminantını (2.4), w sönümsüz açısal frekans değerini (2.5), w_D sönümlü açısal frekans değerini (2.6), ξ sönüm oranını (2.7), göstermektedir.

$$\Delta = c^2 - 4mk \quad (2.4)$$

$$w = \sqrt{k / m} \quad (2.5)$$

$$w_D = \sqrt{1 - \xi^2} \times w \quad (2.6)$$

$$\xi = \frac{c}{c_{cr}} \quad (2.7)$$

Hareket denkleminin çözülmesi ile elde edilen (2.8) ve (2.9) denklemleri titreşim hareketine karşılık gelmemektedir. (2.10) denklemi ise sönümlü serbest titreşim hareketine karşılık gelmektedir. Buradan yola çıkarak $\Delta = c^2 - 4mk = 0$ durumundan sistemin kritik sönüm değeri elde edilebilir. $c^2 - 4mk < 0 \Rightarrow c < 2\sqrt{mk}$ olması durumu titreşimin varlığına karşılık gelmektedir. Bu sebeple $c_{cr} = 2\sqrt{mk}$ kiritik sönüm değerini gösterir. Sonuç olarak $\xi < 1$ olması titreşim hareketinin varlığına karşılık gelirken, $\xi > 1$ olması titreşim hareketinin sönümlenmiş olduğunu göstermektedir.

$$\Delta > 0 \Rightarrow x(t) = e^{\lambda_1(t)} + e^{\lambda_2(t)} \quad (2.8)$$

$$\Delta = 0 \Rightarrow x(t) = \lambda t e^{\lambda(t)} \quad (2.9)$$

$$\Delta < 0 \Rightarrow x(t) = e^{-\xi \omega t} (G_1 \sin(\omega_D t) + G_2 \cos(\omega_D t)) \quad (2.10)$$

(2.8), (2.9) ve (2.10) denklemlerinde λ kökleri, G titreşim hareketinin genliğini göstermektedir. Başlangıç şartları olarak $t = 0$ anında $x(0) = x_0$ ve $\dot{x}(0) = v_0$ olarak alınır ve (2.10) denkleminde yerine yazılırsa titreşim hareketinin genlik değerleri tespit edilmiş olur. (2.11) denklemi genlik değerlerinin yerlerine konulması ile elde edilmiş denklemi göstermektedir.

$$x(t) = e^{-\xi \omega t} \left(\frac{v_0 + \xi \omega x_0}{\omega_D} \sin(\omega_D t) + x_0 \cos(\omega_D t) \right) \quad (2.11)$$

2.1.2.2 Sönümsüz serbest titreşim

Sönümsüz serbest titreşim hareketinin denklemi (2.12) ile verilmiştir. Hareket denkleminin çözülmesi ile elde edilen ve sönümsüz serbest titreşim hareketini gösteren denklem ise (2.13) ile belirtilmiştir.

$$m\ddot{x}(t) + kx(t) = 0 \quad (2.12)$$

$$x(t) = G_1 \sin(\omega t) + G_2 \cos(\omega t) \quad (2.13)$$

Başlangıç şartları olarak $t = 0$ anında $x(0) = x_0$ ve $\dot{x}(0) = v_0$ olarak alınır ve (2.13) denkleminde yerine yazılırsa titreşim hareketinin genlik değerleri tespit edilmiş olur.

(2.14) denklemi genlik değerlerinin yerlerine konulması ile elde edilmiş denklemi göstermektedir.

$$x(t) = \frac{v_0}{w} \sin(wt) + x_0 \cos(wt) \quad (2.14)$$

2.1.2.3 Sönümlü zorlanmış titreşim

Sönümlü zorlanmış titreşim hareketinin denklemi sabit dış yük için (2.15) ile verilmiştir. Zorlanmış titreşimde hareket denkleminin homojen çözümüne ek olarak dış yükten kaynaklanan özel çözümünde bulunmalıdır. (2.16) denklemi ile zorlanmış titreşim hareketi denkleminin homojen çözümü, (2.17) denklemi ile zorlanmış titreşim hareketi denkleminin özel çözümü verilmiştir. (2.18) denklemi ile sabit dış yük için sönümlü zorlanmış titreşim hareketi denkleminin toplam çözümü görülmektedir.

$$m\ddot{x}(t) + c\dot{x}(t) + kx(t) = P_0 \quad (2.15)$$

$$x_h(t) = e^{-\xi wt} (G_1 \sin(w_D t) + G_2 \cos(w_D t)) \quad (2.16)$$

$$x_o(t) = \frac{P_0}{k} = x_{st} \quad (2.17)$$

$$x(t) = e^{-\xi wt} (G_1 \sin(w_D t) + G_2 \cos(w_D t)) + x_{st} \quad (2.18)$$

Başlangıç şartları olarak $t = 0$ anında $x(0) = x_0$ ve $\dot{x}(0) = v_0$ olarak alınır ve (2.18) denkleminde yerine yazılırsa titreşim hareketinin genlik değerleri tespit edilmiş olur. (2.19) denklemi genlik değerlerinin yerlerine konulması ile elde edilmiş denklemi göstermektedir.

$$x(t) = e^{-\xi wt} \left(\frac{v_0 + \xi w x_0}{w_D} \sin(w_D t) + x_0 \cos(w_D t) \right) + \left(e^{-\xi wt} \left(-\frac{\xi w}{w_D} \sin(w_D t) - \cos(w_D t) \right) + 1 \right) x_{st} \quad (2.19)$$

Başlangıç şartları $x_0 = 0$ ve $v_0 = 0$ olarak alınıp (2.19)' da yerine yazılırsa (2.20) denklemi elde edilir. (2.20) denkleminde x_{st} ' nin önünde bulunan katsayı dinamik yük çarpanıdır.

$$x(t) = \left(1 - e^{-\xi wt} \left(\frac{\xi w}{w_D} \sin(w_D t) + \cos(w_D t) \right) \right) x_{st} \quad (2.20)$$

2.1.2.4 Sönümsüz zorlanmış titreşim

Sönümsüz zorlanmış titreşim hareketinin denklemi sabit dış yük için (2.21) ile verilmiştir. Zorlanmış titreşimde hareket denkleminin homojen çözümüne ek olarak dış yükten kaynaklanan özel çözümünde bulunmalıdır. (2.22) denklemi ile zorlanmış titreşim hareketi denkleminin homojen çözümü, (2.23) denklemi ile zorlanmış titreşim hareketi denkleminin özel çözümü verilmiştir. (2.24) denklemi ile sabit dış yük için sönümsüz zorlanmış titreşim hareketi denkleminin toplam çözümü görülmektedir.

$$m\ddot{x}(t) + kx(t) = P_0 \quad (2.21)$$

$$x_h(t) = G_1 \sin(w_D t) + G_2 \cos(w_D t) \quad (2.22)$$

$$x_o(t) = \frac{P_0}{k} = x_{st} \quad (2.23)$$

$$x(t) = G_1 \sin(w_D t) + G_2 \cos(w_D t) + x_{st} \quad (2.24)$$

Başlangıç şartları olarak $t = 0$ anında $x(0) = x_0$ ve $\dot{x}(0) = v_0$ olarak alınır ve (2.24) denkleminde yerine yazılırsa titreşim hareketinin genlik değerleri tespit edilmiş olur. (2.25) denklemi genlik değerlerinin yerlerine konulması ile elde edilmiş denklemi göstermektedir.

$$x(t) = \frac{v_0}{w} \sin(wt) + x_0 \cos(wt) + (1 - \cos(wt))x_{st} \quad (2.25)$$

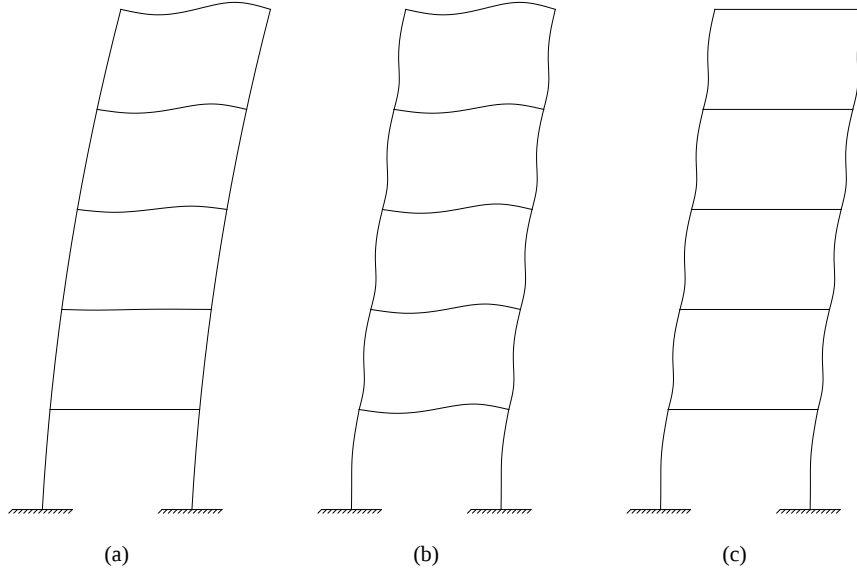
Başlangıç şartları $x_0 = 0$ ve $v_0 = 0$ olarak alınıp (2.25)' da yerine yazılırsa (2.26) denklemi elde edilir. (2.26) denkleminde x_{st} ' nin önünde bulunan katsayı dinamik yük çarpanıdır.

$$x(t) = (1 - \cos(wt))x_{st} \quad (2.26)$$

2.2 Çok Serbestlik Dereceli Sistemler

Mühendislik yapılarında kütle ve rijitlik normal olarak bütün yapı üzerinde dağılmış olarak bulunur. Bu yapıların statik denge konumlarından öteye herhangi bir hareketlerini belirlemek için genelde sonsuz sayıda koordinata, diğer bir deyişle serbestlik derecesine gereksinim vardır. Böyle yapısal sistemler “Sürekli Sistemler”

olarak adlandırılmaktadır. Sürekli sistemlerin, belirli noktalarda kütlelerin toplanmasıyla gerçekleştirilen idealize edilmiş çok serbestlik dereceli sistemlerle temsili mümkündür. Bu yaklaşımın başarısı sistemdeki kütle ve rijiditenin dağılımı ile beraber yapıya etkiyen yer hareketinin zaman ve mekândaki değişimi ile de yakından ilgili olmaktadır. Yapısal sistemdeki fiziksel zorlamalar ve yer hareketinin nitelikleri sistemin ancak belirli şekillerde, sınırlı davranışına izin veriyorsa çok serbestlik dereceli modellemeler yapı davranışını başarılı olarak temsil eder [4].



Şekil 2.4 : Çok serbestlik dereceli yapı sistemlerine örnekler.

Şekil 2.4’ de çok serbestlik dereceli yapı sistemleri için örnek modeller görülmektedir. Bunlardan (a) tipi yapı modeli kirişlere nazaran daha rijit kolonlardan oluşan yapıları, (b) tipi yaklaşık aynı rijitliğe sahip kiriş ve kolonlardan oluşan yapıları, (c) tipi ise kolonlara nazaran çok daha rijit kirişlerden oluşan yapıları göstermektedir. Taşıyıcı sistemi perdelerden oluşan yani konsol eğilme kirişi şeklinde çalışan yapılar (a) tipi yapı grubundan sayılabilir. Çok rijit döşeme sistemlerine sahip yani konsol kesme kirişi şeklinde çalışan yapılar ise (c) tipi yapı grubundan sayılabilir [4].

2.2.1 Çok serbestlik dereceli sistemler için hareket denkleminin oluşturulması

Hareket denklemleri tek serbestlik dereceli sistemlerde olduğu dinamik durumdaki denge koşulundan yazılabileceği gibi “öteleme yöntemleri”, “Hamilton Varyasyon prensibi” veya “Lagrange denklemleri” ile de yazılabilmektedir. Her bir toplanmış kütleyle ait serbestlik derecesi için kütleyle etkiyen atalet kuvveti, sönüm kuvveti ve

yay kuvvetlerinin toplamı her bir zaman için kütle üzerine etkiyen harici kuvvete eşit olacaktır, (2.27).

$$F_{Ai} + F_{Si} + F_{Yi} = P_i(t) \quad (2.27)$$

Toplanmış kütlelerde oluşan atalet kuvvetleri denklem (2.28)' de görüldüğü gibi hesaplanır. Denklem (2.29), (2.28) ifadesinin matris formunda yazılmış halini göstermektedir. Denklem (2.30) ise (2.29) ifadesinin kapalı olarak yazılmış halini göstermektedir.

$$F_{Ai} = m_{ij} \ddot{x}_j \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (2.28)$$

$$\begin{Bmatrix} F_{A1} \\ F_{A2} \\ \vdots \\ F_{An} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & \cdot & \cdot & m_{1n} \\ m_{21} & m_{22} & \cdot & \cdot & m_{2n} \\ \cdot & \cdot & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & & \cdot \\ m_{n1} & m_{n2} & & & m_{nn} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \\ \vdots \\ \ddot{x}_n \end{Bmatrix} \quad (2.29)$$

$$\{F_A\} = [m] \{\ddot{x}\} \quad (2.30)$$

Toplanmış kütlelerde oluşan sönüm kuvvetleri denklem (2.31)' de görüldüğü gibi hesaplanır. Denklem (2.32), (2.31) ifadesinin matris formunda yazılmış halini göstermektedir. Denklem (2.33) ise (2.32) ifadesinin kapalı olarak yazılmış halini göstermektedir.

$$F_{Si} = c_{ij} \dot{x}_j \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (2.31)$$

$$\begin{Bmatrix} F_{S1} \\ F_{S2} \\ \vdots \\ F_{Sn} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \cdot & \cdot & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \cdot & \cdot & c_{2n} \\ \cdot & \cdot & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & & \cdot \\ c_{n1} & c_{n2} & & & c_{nn} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \vdots \\ \dot{x}_n \end{Bmatrix} \quad (2.32)$$

$$\{F_S\} = [c] \{\dot{x}\} \quad (2.33)$$

Toplanmış kütlelerde oluşan yay kuvvetleri denklem (2.34)' de görüldüğü gibi hesaplanır. Denklem (2.35), (2.34) ifadesinin matris formunda yazılmış halini göstermektedir. Denklem (2.36) ise (2.35) ifadesinin kapalı olarak yazılmış halini göstermektedir.

$$F_{yi} = k_{ij}x_j \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (2.34)$$

$$\begin{Bmatrix} F_{Y1} \\ F_{Y2} \\ \vdots \\ F_{Yn} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & \cdot & \cdot & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & \cdot & \cdot & k_{2n} \\ \cdot & \cdot & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & & \cdot \\ k_{n1} & k_{n2} & & & k_{nn} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{Bmatrix} \quad (2.35)$$

$$\{F_Y\} = [k]\{x\} \quad (2.36)$$

Sonuç olarak hareket denklemi (2.37) ile yazılabilir. Bu durum serbest titreşimi göstermektedir.

$$[m]\{\ddot{x}\} + [c]\{\dot{x}\} + [k]\{x\} = 0 \quad (2.37)$$

Deprem hareketinde ise temel hareketine maruz olma durumu incelenir, (2.38). Bu durum zorlanmış titreşimi göstermektedir.

$$[m]\{\ddot{x}\} + [c]\{\dot{x}\} + [k]\{x\} = -[m]\{I\}\{\ddot{x}_g\} \quad (2.38)$$

2.2.2 Kütle, rijitlik ve sönüm matrisleri

Yanal öteleme serbestlik derecesine sahip yapılarda kütle matrisi diyagonaldır, (2.39).

$$\begin{bmatrix} m_1 & 0 & \cdot & \cdot & 0 \\ 0 & m_2 & \cdot & \cdot & 0 \\ \cdot & \cdot & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & & \cdot \\ 0 & 0 & \cdot & \cdot & m_n \end{bmatrix} \quad (2.39)$$

Konsol kesme kiriş şeklinde davranan bir yapının rijitlik ve sönüm matrisleri, kayma çerçevesi kabulüne göre her toplanmış kütle üzerinde yazılacak denge denklemleri yardımıyla tespit edilebilir. Fakat konsol kesme kirişi şeklinde davranmayan yapılarda rijitlik matrisinin tespit edilmesi için, her toplanmış kütleye birim yük etkilmesi ile elde edilen ötelemelerle oluşturulan esneklik matrisi kullanılır. Maxwell - Betti teoremine göre esneklik ve rijitlik matrisleri simetrik olup birbirinin tersine eşittir, (2.40).

$$[d] = [k]^{-1} \quad (2.40)$$

2.2.3 Çok serbestlik dereceli sistemler için hareket denkleminin çözülmesi

2.2.3.1 Sönümsüz serbest titreşim

Frekans hesabında sönüm etkisizdir. Sönümsüz serbest titreşim yapan sistemin hareketi (2.41) denklemi ile verilir. Serbest titreşim için sistem ötelemelerinin (2.42) denklemi ile verileceği varsayılır. Bu denklemde θ titreşimin faz açısını göstermektedir.

$$[m]\{\ddot{x}\} + [k]\{x\} = \{0\} \quad (2.41)$$

$$\{x(t)\} = \{\phi\} \sin(\omega t + \theta) \quad (2.42)$$

Denklem (2.42), denklem (2.41)' de yerine yazılarak hareket denkleminin çözümü olan "Frekans Denklemi" elde edilecektir, (2.43). Çözüm olabilmesi için katsayılar matrisinin determinantı sıfıra eşit olmalıdır, (2.44). (2.44) denklemi bir özdeğer problemini göstermektedir. Bu problemin çözümünden yapının açısal frekansları elde edilir. Bundan başka "Stodola", " Ters İterasyon Methodu" ve "Rayleigh Ritz" yöntemi gibi bazı yaklaşım yöntemleri de yapının frekans hesabında kullanılabilir.

$$[[k] - \omega^2 [m]]\{\phi\} = \{0\} \quad (2.43)$$

$$|[k] - \omega^2 [m]| = 0 \quad (2.44)$$

Her bir modal frekans için (2.43) denklemindeki katsayılar matrisi hesaplanarak bu frekansa karşılık gelen harmonik titreşimin genlikleri hesaplanır. Bu genliklerin kesin çözümleri belirsizdir. Fakat bir koordinattaki genlikler cinsinden çözülebilir. Bu amaçla genellikle birinci serbestlik derecesine ait koordinatın genliği birim öteleme varsayılır, [3].

Maxwell - Betti teoremine göre herhangi iki doğal titreşim modu arasında kütle matrisine veya rijitlik matrisine göre diklik gösterilebilir. Kütle matrisine göre diklik (2.45) denklemi, rijitlik matrisine göre diklik ise denklem (2.46) ile gösterilir.

$$\{\phi_i\}^T [m] \{\phi_j\} = 0 \quad (2.45)$$

$$\{\phi_i\}^T [k] \{\phi_j\} = 0 \quad (2.46)$$

2.2.3.2 Sönümlü zorlanmış titreşim

Sönümlü zorlanmış titreşim yapan sistemin hareket denklemi (2.47) ile verilir. Çok serbestlik dereceli sistemlerde dış yük sıfır olarak sayılıp deprem mesnet hareketi için hareket denklemi çözülür. Hareket denkleminin çözümünde geometrik koordinatlar normal koordinatlara çevirilir, (2.48). Bu durum için hareket denklemi normal koordinatlarda yazılır, (2.49).

$$[m]\{\ddot{x}\} + [c]\{\dot{x}\} + [k]\{x\} = \{P(t)\} \quad (2.47)$$

$$\{x\} = [\phi_n]\{Y\} \quad (2.48)$$

$$[m]\{\phi_n\}\{\ddot{Y}\} + [c]\{\phi_n\}\{\dot{Y}\} + [k]\{\phi_n\}\{Y\} = -[m]\{I\}\{\ddot{x}_g\} \quad (2.49)$$

(2.49) denkleminin her iki tarafı $\{\phi_n^T\}$ ile çarpılarak düzenlenirse (2.50) denklemi elde edilir. Bu denklemde Γ katılım çarpanını göstermektedir ve (2.51) ile verilmiştir. Katılım çarpanı bu denklemin tek serbestlik dereceli sistemin hareket denkleminde tek farkıdır.

$$\ddot{Y} + 2\xi_w \dot{Y} + w^2 Y = \Gamma_n \ddot{x}_g \quad (2.50)$$

$$\Gamma_n = \frac{\{\phi_n^T\}[m]\{I\}}{\{\phi_n^T\}[m]\{\phi_n\}} \quad (2.51)$$

n. moda ait deprem doğrultusundaki etkin yapı kütlesi ise denklem (2.52) ile verilmiştir. Her mod için oluşan kat atalet kuvvetleri denklem (2.53) ile hesaplanabilir.

$$M_n = \frac{\left(\{\phi_n^T\}[m]\{I\}\right)^2}{\{\phi_n^T\}[m]\{\phi_n\}} \quad (2.52)$$

$$\{F_n\} = \Gamma_n [m] \{\phi_n\} S_{ae}(T_n) \quad (2.53)$$

3. DEPREM HESAP YÖNTEMLERİ

3.1 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

EDYY taşıyıcı sistemi düzenli ve düzensizliği sınırlı olan binalar için en kullanışlı ve faydalı hesap yöntemidir. Boyutlamada kapasite kavramının kullanılması, sünekliğin kontrollü bir şekilde ve istenilen yerlerde oluşmasının sağlanması ve istenmeyen güç tükenmesi şekillerinin önlenmesi koşulu ile bu yöntem daha karmaşık çözümlemelere ihtiyaç duyulmaksızın yaygın bir şekilde uygulanabilir, [1]. EDYY nin kullanılma sınırları DBYBHY Tablo 2.6’ da belirtilmiştir (Çizelge 3.1), [5].

Çizelge 3.1 : EDYY’ nin uygulanabileceği binalar.

Deprem Bölgesi	Bina Türü	Toplam Yükseklik Sınırı
1, 2	A1 türü Burulma Düzensizliği Katsayısı $\eta_{bi} \leq 2,0$	$H_n \leq 25 m$
1, 2	A1 türü Burulma Düzensizliği Katsayısı $\eta_{bi} \leq 2,0$ ve B2 Düzensizliği bulunmayan binalar	$H_n \leq 60 m$
3, 4	Tüm binalar	$H_n \leq 75 m$

DBYBHY 2007’ ye göre göz önüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen “Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü” (taban kesme kuvveti) **(3.1)** ile belirlenecektir.

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10A_0IW \quad (3.1)$$

Burada V_t EDYY’ nde göz önüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam taban kesme kuvvetini, $A(T)$ spektral ivme katsayısını, $R_a(T)$ deprem yüğü azaltma katsayısını, A_0 etkin yer ivmesi katsayısını, I bina önem katsayısını göstermektedir. Denklem **(3.2)** ile binanın toplam ağırlığı gösterilmiştir. Burada W binanın hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığını göstermektedir.

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (3.2)$$

(3.3) ile kat kütlelerinin nasıl hesaplanacağı gösterilmiştir. Burada w_i binanın i ’ inci katının hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığıdır. g_i binanın

i ' inci katındaki toplam sabit yükü, q_i binanın i ' inci katındaki toplam hareketli yükü göstermektedir. n ise hareketli yük katılım katsayısını göstermektedir.

$$w_i = g_i + n q_i \quad (3.3)$$

Birinci serbest titreşim modunun ötesinde ortaya çıkacak diğer titreşim modlarının etkisini göz önüne almak üzere DBYBHY' de binanın en üst katına etkiyecek ek bir eşdeğer deprem yükü öngörülmüştür. (3.4) ile verilen bu kuvvet yüksekliği büyük olan narin yapılarda önem kazanmaktadır. Burada ΔF_N binanın N ' inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükünü, N binanın temel üstünden itibaren toplam kat sayısını (bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren toplam kat sayısı) göstermektedir.

$$\Delta F_N = 0.0075N V_t \quad (3.4)$$

(3.5) ile belirtildiği gibi binanın tepesine etkiyen ek eşdeğer deprem yükü toplam taban kesme kuvvetinden çıkarılarak bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı bulunur. Burada F_i i ' inci kata etkiyen eşdeğer deprem yükünü göstermektedir. Ve elde edilen bu kuvvet katlara ağırlık ve yükseklikleri ile orantılı olarak dağıtılır (3.6). Burada H_i binanın i ' inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliğini (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda i ' inci katın zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen yüksekliği) göstermektedir. Tepe kata etkiyen eşdeğer deprem yüküne ek eşdeğer deprem yükü eklenir.

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (3.5)$$

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (3.6)$$

3.1.1 Binanın birinci doğal titreşim periyodunun belirlenmesi

DBYBHY, EDYY kullanılması durumunda binanın deprem doğrultusundaki hâkim periyodunun (3.7) ile hesaplanandan daha büyük bir değer alınmamasını öngörmektedir. Bu denklemde m_i binanın i ' inci katının kütleini, F_{fi} birinci doğal

titreşim periyodunun hesabında i ' inci kata etkiyen fiktif yükü, d_{fi} binanın i ' inci katında F_{fi} fiktif yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirmedir.

$$T_1 = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^2}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \right)^{1/2} \quad (3.7)$$

3.2 Mod Birleştirme Yöntemi

Bu elastik dinamik çözümleme yöntemi, sistemin davranışının, her bir serbest titreşim modunun deprem hareketine olan cevabının ayrı ayrı elde edilmesinden sonra birleştirilmesi ile bulunabileceği esasına dayanır. Yöntemin hesap tekniği tamamen elastik davranışa dayanır. Sünek davranış esas alındığı oranda yani yapının elastik ötesi kapasitesi kullanıldığı oranda, modları birleştirme tekniğinin uygulanabilirliği etkisini kaybeder [1]. MBY ile elde edilen herhangi bir büyüklüğün maksimum spektral değerleri zaman boyutunda yapılacak bir analizle kesin olarak bulunabilir.

Taşıyıcı sistemde düzensizlik bulunması gibi durumlarda MBY öngörülse de, elde edilen sonuçların EDYY ile karşılaştırılması istenir. DBYBHY' de belirtildiği üzere göz önüne alınan deprem doğrultusunda MBY ile elde edilen toplam deprem yükünün EDYY ile hesaplanan toplam deprem yüküne oranı yani β , A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin bulunduğu binalarda 0,90' dan bu düzensizliklerin hiçbirinin bulunmadığı binalarda ise 0,80' den küçük olmayacaktır. Aksi takdirde tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri **(3.8)** denkleminde belirtildiği şekilde artırılacaktır. Burada β MBY ile hesaplanan büyüklüklerin alt sınırlarının belirlenmesi için kullanılan katsayıyı, B_B MBY' nde mod katkılarının birleştirilmesi ile bulunan herhangi bir büyüklüğü, B_D B_B büyüklüğüne ait büyütülmüş değeri, V_t EDYY' nde göz önüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam taban kesme kuvvetini, V_{tB} MBY' nde göz önüne alınan deprem doğrultusunda modlara ait katkıların birleştirilmesi ile bulunan toplam taban kesme kuvvetini göstermektedir.

$$B_D = \frac{\beta V_t}{V_{tB}} B_B \quad (3.8)$$

DBYBHY gereği MBY' nde hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, göz önüne alınan birbirine dik yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin %90' ından az olmaması sağlanacak sayıda olmalıdır, (3.9), (3.10). Burada M_{xn} göz önüne alınan x deprem doğrultusunda binanın n ' inci doğal titreşim modundaki etkin kütle, M_{yn} göz önüne alınan y deprem doğrultusunda binanın n ' inci doğal titreşim modundaki etkin kütle göstermektedir.

$$\sum_{n=1}^Y M_{xn} = \sum_{n=1}^Y \frac{L_{xn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^N m_i \quad (3.9)$$

$$\sum_{n=1}^Y M_{yn} = \sum_{n=1}^Y \frac{L_{yn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^N m_i \quad (3.10)$$

$$L_{xn} = \sum_{i=1}^N m_i \phi_{xin} \quad ; \quad L_{yn} = \sum_{i=1}^N m_i \phi_{yin} \quad (3.11)$$

$$M_n = \sum_{i=1}^N (m_i \phi_{xin}^2 + m_i \phi_{yin}^2 + m_{\theta i} \phi_{\theta in}^2) \quad (3.12)$$

Denklem (3.11) ve (3.12)' de ϕ_{xin} kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n ' inci mod şeklinin i ' inci katta x eksen doğrultusundaki yatay bileşenini, ϕ_{yin} kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n ' inci mod şeklinin i ' inci katta y eksen doğrultusundaki yatay bileşenini, $\phi_{\theta in}$ kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n ' inci mod şeklinin i ' inci katta düşey eksen etrafındaki dönme bileşenini göstermektedir.

3.2.1 Mevcut mod birleştirme yöntemleri

MBY ile hesaplanan bireysel modal maksimumların her biri depremin belirli bir zamanında oluşmaktadır. Bu modal maksimumlar çeşitli istatistiksel yöntemlerle birleştirilerek ilgili büyüklüğün maksimum spektral değeri bulunur. Aşağıdaki bu yöntemler ayrıntılı olarak incelenmiştir [6]. İlgili formüllerdeki I indisi depremin yönünü, i indisi ise bireysel modal maksimumu temsil etmektedir.

3.2.1.1 Kesin toplam yöntemi

Her bir modal maksimum aynı anda meydana gelmediği için modal maksimumların mutlak değerlerinin birbirleriyle toplanması gerçek maksimum spektral değer in tavanını belirler, (3.13).

$$R_I = \sum_{i=1}^N |R_{Ii}| \quad \forall I = 1, 2, 3 \quad (3.13)$$

3.2.1.2 Karelerin toplamının karekökü yöntemi

Gerçek spektral değere istatistiksel açıdan en uygun bir yaklaşım sağladığı kabul edilen yaygın bir birleştirme yöntemi modal maksimumların karelerinin toplamının karekökü olmaktadır, (3.14). DBYBHY' de bu yöntemin herhangi iki mod periyodunun birbirinden $T_i/T_j < 0.80$ koşulunu sağlayacak kadar ayrık olması yani bağımsız olması durumunda kullanılabileceği belirtilmiştir.

$$R_I = \sum_{i=1}^N R_{Ii}^2 \quad \forall I = 1, 2, 3 \quad (3.14)$$

3.2.1.3 Çifte toplam yöntemi

Herhangi iki mod periyodu birbirinden $T_i/T_j < 0.80$ koşulunu sağlayacak kadar ayrık değilse yani birbirlerine korele olmuşlarsa, bir başka deyişle bağımsızlıklarını kaybetmişlerse modların birbiri ile olan korelasyonu birleştirmede dikkate alınmalıdır. Bu şekilde bireysel modal maksimumların birbirlerine yakın veya eşzamanlı oluşarak korele olmaları, ilgili iki modun frekanslarının birbirine yukarıda belirtilen koşul kadar yakın olmaları ile gelişebileceği gibi ilgili iki modun frekans yakınlığını hesaba katmaksızın modal maksimumların bir kısmının veya tamamının girdi yer hareketi ile eş fazlı yani mükemmel bir şekilde korele olmaları sonucunda da oluşabilir. Bireysel modal maksimumların frekanslarının birbirine yakınlığı açısından korele olmaları durumunda, her modal maksimumun diğer bütün modal maksimumlarla korele olduğu kabul edilirse gerçek maksimum spektral değer (3.15) ile tespit edilebilir. İlgili eşitlikte ϵ_{ij} modal korelasyon katsayısını göstermektedir.

$$R_I = \sum_{k=1}^N R_{Ik}^2 + 2 \sum_{i=1}^N \sum_{1 \leq j < i} \epsilon_{ij} R_{Ii} R_{Ij} \quad (3.15)$$

Aşağıda en çok kullanılan modal korelasyon katsayıları belirtilmiştir.

Rosenblueth ve Elorduy'ın katsayıları

Rosenblueth ve Elorduy çalışmalarında modal korelasyon katsayısının hesabı için (3.16) eşitliğini önermişlerdir.

$$\epsilon_{ij} = \left[1 + \left(\frac{\omega_{Di} - \omega_{Dj}}{\zeta'_i \omega_i + \zeta'_j \omega_j} \right)^2 \right]^{-1} \quad (3.16)$$

Burada ω_i ve ω_j ilgili modların açısal frekanslarını gösterirken ω_{Di} ve ω_{Dj} ilgili modların sönümlü açısal frekanslarını göstermektedir, (3.17), (3.18).

$$\omega_{Di} = (1 - \zeta_i^2)^{\frac{1}{2}} \omega_i \quad (3.17)$$

$$\omega_{Dj} = (1 - \zeta_j^2)^{\frac{1}{2}} \omega_j \quad (3.18)$$

ζ'_i ve ζ'_j ise eşdeğer sönüm yüzdelerini göstermektedir, (3.19), (3.20).

$$\zeta'_i = \zeta_i + \frac{2}{\omega_i s} \quad (3.19)$$

$$\zeta'_j = \zeta_j + \frac{2}{\omega_j s} \quad (3.20)$$

$$\epsilon_{ij} = \left[1 + \left(\frac{\omega_{Di} - \omega_{Dj}}{\zeta'_i \omega_i + \zeta'_j \omega_j + \frac{4}{s}} \right)^2 \right]^{-1} \quad (3.21)$$

(3.21) denklemindeki s girdi yer hareketinin etkin süresini temsil etmektedir. Burada s tahmin edilmesi çok zor bir parametreyi temsil etmektedir.

Gupta ve Cordero'nun katsayıları

Gupta ve Cordero s parametresinin belirsizliğini ortadan kaldırmak amacıyla Rosenblueth ve Elorduy'un modal korelasyon katsayısı için geliştirdikleri eşitliği modifiye ederek (3.22) eşitliğini önermiştir.

$$\epsilon_{ij} = \left[1 + \left(\frac{\omega_{Di} - \omega_{Dj}}{\zeta_i \omega_i + \zeta_j \omega_j + c_{ij}} \right)^2 \right]^{-1} \quad (3.22)$$

c_{ij} (3.23) denklemi ile verilmiştir. Burada ζ_{ij} ortalama sönüm değerini temsil etmektedir.

$$c_{ij} = (0.16 - 0.5\zeta_{ij}) \left(1.4 - |\omega_i^2 - \omega_j^2| \right) \geq 0 \quad (3.23)$$

Gupta ve Cordero önerdikleri eşitliği son çalışmalarında daha da geliştirerek (3.24) eşitliğini modal korelasyon katsayısının hesabı için önermişlerdir.

$$\epsilon_{ij} = \frac{2\sqrt{(\zeta_i \zeta_j)}}{\zeta_i + \zeta_j} \left[1 + \left(\frac{\omega_{Di} - \omega_{Dj}}{\zeta_i \omega_i + \zeta_j \omega_j + c_{ij}} \right)^2 \right]^{-1} \quad (3.24)$$

Der Kiureghian' ın katsayısı

Der Kiureghian' ın önerdiği modal korelasyon katsayısı ise (3.25) denklemi ile belirtilmiştir. Der Kiureghian' ın korelasyon katsayısının kullanılması ile yapılan çifte toplam birleştirmesi, en çok kullanılan mod birleştirme yöntemlerinden biri olan “Tam Karesel Birleştirme” yöntemine karşılık gelmektedir.

$$\epsilon_{ij} = \frac{\omega_{ij}^2 \sqrt{(\zeta_i \zeta_j)} \left(4\zeta_{ij} + \Delta\zeta_{ij} \frac{\Delta\omega_{ij}}{\omega_{ij}} \right)}{\Delta\omega_{ij}^2 + 4\omega_{ij}^2 \zeta_{ij}^2} \quad (3.25)$$

ω_{ij} , $\Delta\omega_{ij}$, ζ_{ij} , $\Delta\zeta_{ij}$ (3.26) ve (3.27) ile verilmiştir.

$$\omega_{ij} = \frac{\omega_i + \omega_j}{2}; \quad \Delta\omega_{ij} = \omega_i - \omega_j \quad (3.26)$$

$$\zeta_{ij} = \frac{\zeta_i + \zeta_j}{2}; \quad \Delta\zeta_{ij} = \zeta_i - \zeta_j \quad (3.27)$$

Yüksek frekanslı modlar: Rijit yanıt

Yüksek frekanslarda spektral ivmelenme, maksimum yer ivmelenmesine eşit olur. Bu duruma sıfır periyot ivmelenmesi de denilir. Spektral ivmelenmenin yaklaşık olarak sıfır periyot ivmelenmesine eşit olduğu ve eşit olarak kaldığı minimum frekansa sıfır periyot ivmelenmesi frekansı veya rijit frekans denilir. Rijit frekanstan daha büyük frekanslarda, modal yanıtlar birbirleriyle eş fazlı yani mükemmel bir şekilde korele olmuş durumdadır. Modal yanıt ile girdi yer hareketi ivmelenmesi arasındaki korelasyon α_i rijit yanıt katsayısı ile gösterilirse rijit frekanstan daha büyük frekanslarda yanıt rijit ve korelasyon bir bütün halinde olacaktır. Modal yanıt

R_{ii} , rijit frekanstan daha küçük bir frekans için rijit kısım R_{ii}^r ve sönümlenmiş periyodik kısım R_{ii}^p olarak ikiye ayrılabilir, (3.28), (3.29).

$$R_{ii}^r = \alpha_i R_{ii} ; \quad R_{ii}^p = \left(1 - \alpha_i^2\right)^{\frac{1}{2}} R_{ii} \quad (3.28)$$

$$\left(R_{ii}\right)^2 = \left(R_{ii}^r\right)^2 + \left(R_{ii}^p\right)^2 \quad (3.29)$$

Rijit kısımların mükemmel olarak korele oldukları düşünülürse denklem (3.30) geçerlidir. Sönümlenmiş periyodik kısımlar ise standart çifte toplam eşitliği ile birleştirilebilir, (3.31). Sonuç olarak toplam yanıt (3.32) eşitliği ile belirlenebilir.

$$R_I^r = \sum_i R_{ii}^r \quad (3.30)$$

$$\left(R_I^p\right)^2 = \sum_i \left(R_{ii}^p\right)^2 + 2 \sum_i \sum_{j < i} \bar{\epsilon}_{ij} R_{ii}^p R_{jj}^p \quad (3.31)$$

$$R_I^2 = \left(R_I^r\right)^2 + \left(R_I^p\right)^2 \quad (3.32)$$

(3.28), (3.30) ve (3.31) eşitlikleri (3.32) eşitliğinde yerine yazılırsa (3.33) eşitliği elde edilir. Burada $\bar{\epsilon}_{ij}$ rijit yanıt etkisinin yansıtmak üzere modifiye edilmiş modal korelasyon katsayısını göstermektedir, (3.34).

$$R_I^2 = \sum_{k=1}^N R_{Ik}^2 + 2 \sum_{i=1}^N \sum_{1 \leq j < i} \bar{\epsilon}_{ij} R_{ii} R_{jj} \quad (3.33)$$

$$\bar{\epsilon}_{ij} = \alpha_i \alpha_j + \left[\left(1 - \alpha_i^2\right) \left(1 - \alpha_j^2\right) \right]^{\frac{1}{2}} \epsilon_{ij} \quad (3.34)$$

α_i ve α_j rijit yanıt katsayıları denklem (3.35) ve (3.36) kullanılarak belirlenebilir. Burada f^1 ve f^2 ilgili iki adet modun frekansını göstermektedir. f^r ise rijit frekansı göstermektedir. S_{Amax} , S_{Vmax} sırası ile maksimum spektral ivmelenme ve maksimum spektral hızı göstermektedir.

$$\alpha_i = \frac{\ln f_i / f^1}{\ln f^2 / f^1}; \quad 0 \leq \alpha_i \leq 1 \quad f^1 \leq f_i \leq f^2 \quad (3.35)$$

$$f^1 = \frac{S_{Amax}}{2\pi S_{Vmax}} Hz; \quad f^2 = \frac{f^1 + 2 f^r}{3} Hz \quad (3.36)$$

Artık rijit yanıt

Genellikle yapının önemli yanıtı, ilk birkaç mod düşünülerek ve yüksek frekanslı modların katkısı ihmal edilerek belirlenebilir. Fakat yapının doğru davranışının kesin sunumu için kaç tane modun analizde kullanılmasının gerektiği net değildir. Bu nedenle en azından bazı örneklerde yüksek frekanslı modların etkisinin düşünülmemesi kabul edilemez sonuçların elde edilmesini mümkün kılar. Rijit frekanstan daha büyük frekansa sahip bu modların etkisini hesaba katmanın bir yolu artık rijit yanıtı sağlayan kayıp kütle terimidir. N serbestlik derecesine sahip bir sistemin hareket denklemi (3.37) ile yazılır. Burada M , C ve K sırası ile kütle, sönüm ve rijitlik matrisleridir. U rölatif yerdeğiştirme vektörü, U_b yapının temelinin deprem yönünde birim yer değiştirdiği durumdaki statik yerdeğiştirme vektörüdür. $\ddot{u}_g$ ise depremin yer ivmesidir. Modal süperpozisyon yöntemini kullanırsak (3.38) denklemi geçerli olur.

$$M\ddot{U} + C\dot{U} + KU = -MU_b\ddot{u}_g \quad (3.37)$$

$$U_b = \sum_i \gamma_i \phi_i \quad (3.38)$$

Denklem (3.38) (3.37)' de yerine yazılırsa denklem (3.39) elde edilir. Bu denklem i . titreşim moduna karşılık gelen U_i yanıtını verir.

$$M\ddot{U}_i + C\dot{U}_i + KU_i = -\gamma_i M \phi_i \ddot{u}_g \quad (3.39)$$

Rijit frekanstan daha düşük frekans değerine sahip n tane mod olduğunu düşünürsek ve bu n adet modun yanıtını U' , kalan modların yanıtlarını ise U_0 ile gösterirsek denklem (3.40) geçerli olur.

$$U' = \sum_{i=1}^n U_i \quad U_0 = \sum_{i=n+1}^N U_i \quad U = U' + U_0 \quad (3.40)$$

Denklem (3.37), (3.39) ve (3.40)' ı kullanarak denklem (3.41) ve (3.42) belirlenebilir.

$$M\ddot{U}_0 + C\dot{U}_0 + KU_0 = -MU_{b0}\ddot{u}_g \quad (3.41)$$

$$U_{b0} = U_b \sum_{i=1}^n \gamma_i \phi_i \quad (3.42)$$

Yapının yanıtı rijit frekanstan daha büyük frekansa sahip modlarda sahte statiktir, **(3.43)**. Başka bir deyişle maksimum artık yanıt denklem **(3.44)** ile verilir. Bu denklemde ZPA sıfır periyot ivmelenmesi anlamına gelmektedir.

$$KU_0 = -MU_{b0}\ddot{u}_g \quad \Rightarrow \quad U_0 = -K^{-1}MU_{b0}\ddot{u}_g \quad (3.43)$$

$$U_{0\max} = -K^{-1}MU_{b0}(ZPA) \quad (3.44)$$

3.2.1.4 Gruplama yöntemi

Bu birleştirme yönteminde korele olmuş modlar, gruptaki en düşük frekans değeri ile %10 daha yüksek frekans değerine sahip mod arasında kalacak şekilde bütün modlar gruplara bölünür. Bir grubun temsili maksimum değeri, bu grubun ilgili maksimum bireysel modal mutlak değerlerinin toplamı alınarak bulunur. İlâveten, özel bir yanıtın temsili maksimum değeri bütün grupların ilgili temsili maksimumlarının karelerinin toplamının karekökü alınarak bulunur.

Bu durum matematiksel olarak şu şekilde açıklanabilir. Herbir frekansın birden fazla grupta olmayacağı şekilde, modların p adet bireysel grup oluşturulabileceği varsayılır. Bu şekilde her grubun temsili maksimumları denklem **(3.45)** ile yazılabilir. Burada l ve m sırası ile ilgili gruptaki en düşük ve en yüksek frekansa sahip modları göstermektedir. q ise grup sayısını göstermektedir.

$$R_{Iq} = \sum_{i=1}^m |R_{Iqi}| \quad \forall q \in P = 1, 2, \dots, p \quad (3.45)$$

Grup yanıtlarını birleştirmek için karelerin toplamının karekökü yöntemi kullanılırsa denklem **(3.46)** elde edilir.

$$R_I^2 = \sum_{k=1; k \notin P}^N R_{Ik}^2 + \sum_{q=1}^p R_{Iq}^2 \quad (3.46)$$

Ve denklem **(3.45)** **(3.46)**' da yerine yazılır ve sonuçlar basitleştirilirse denklem **(3.47)** elde edilir.

$$R_I^2 = \sum_{k=1}^N R_{Ik}^2 + \sum_{q=1}^p \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m |R_{Iqi} R_{Iqj}| \quad i \neq j \quad (3.47)$$

(3.47) denklemini ise çifte toplam yöntemi olan **(3.48)** denklemini gibi yeniden yapılandırılabilir. Burada $\bar{\epsilon}_{ij}$ seyrek matris formatında yazılabilir. Çifte toplam

yöntemini ve gruplama yöntemini tek bir çerçevede yansıtan elemanın $\bar{\epsilon}_{ij}$ 'nin seyrek matris formatı olduğu kesindir.

$$R_I^2 = \sum_{k=1}^N R_{Ik}^2 + 2 \sum_{i=1}^N \sum_{j>i} |\bar{\epsilon}_{ij} R_{Ii} R_{Ij}| \quad (3.48)$$

Yukarıda anlatılan yöntem bir örnekle aşağıda açıklanmıştır. Örnekte 7 adet frekansın 3 grupta toplandığı düşünülmüştür, (3.49).

$$g_1 = \{1, 2, 3\}; \quad g_2 = \{4, 5\}; \quad g_3 = \{6, 7\} \quad (3.49)$$

Örnek gruplama için $\bar{\epsilon}_{ij}$ seyrek matrisi (3.50) ile gösterilebilir.

$$[\bar{\epsilon}_{ij}] = \begin{bmatrix} \backslash & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & \backslash & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & & \backslash & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & & & \backslash & 1 & 0 & 0 \\ & s & y & m & \backslash & 0 & 0 \\ & & & & & \backslash & 1 \\ & & & & & & \backslash \end{bmatrix} \quad (3.50)$$

3.2.1.5 %10 Yöntemi

Bu yöntemde temsili maksimum denklem (3.51) ile belirlenebilir.

$$R_I^2 = \sum_{k=1}^N R_{Ik}^2 + 2 \sum_i \sum_{j>i} |R_{Ii} R_{Ij}| \quad (3.51)$$

(3.51) denklemindeki ikinci toplam kısmı birbirine korele olmuş her mod çifti uygulanır. Korele olmuş modlar denklem (3.52)' yi sağlamalıdır.

$$\frac{\omega_j - \omega_i}{\omega_i} \leq 0.1 \quad \text{ve} \quad 1 \leq i < j \leq N \quad (3.52)$$

Denklem (3.51) denklem (3.53) olarak yeniden yapılandırılır.

$$R_I^2 = \sum_{k=1}^N R_{Ik}^2 + 2 \sum_i \sum_{j>i} |\bar{\epsilon}_{ij} R_{Ii} R_{Ij}| \quad (3.53)$$

Yukarıda anlatılan yöntem bir örnekle aşağıda açıklanmıştır. Örnekte 7 adet frekansın 4 grupta toplandığı düşünülmüştür, (3.54).

$$g_1 = \{1, 2, 3\}; \quad g_2 = \{2, 3\}; \quad g_3 = \{3, 4\} \quad g_4 = \{4, 5, 6\} \quad (3.54)$$

Örnek gruplama için $\bar{\epsilon}_{ij}$ seyrek matrisi (3.55) ile gösterilebilir.

$$[\bar{\epsilon}_{ij}] = \begin{bmatrix} \backslash & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & \backslash & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & & \backslash & 1 & 0 & 0 & 0 \\ & & & \backslash & 1 & 1 & 0 \\ s & y & m & \backslash & 1 & 0 & \\ & & & & \backslash & 0 & \\ & & & & & \backslash & \end{bmatrix} \quad (3.55)$$

Bu sebeple gruplama yöntemi ve %10 yöntemi, birleştirilmiş bir çifte toplam kuralı formunda işlem görebilir.

3.2.1.6 Üç boyutlu bileşenlerin birleştirilmesi

Buraya kadar açıklanan yöntemler depremin tek bir bileşeni için kullanılan yöntemlerdir. Burada depremin üç dik bireysel bileşeni için temsili maksimum yanıt değerlendirilmektedir. Depremin üç dik bireysel bileşeni için yanıtlar ayrı olarak hesaplanırsa, birleştirilmiş deprem yanıtı bu üç dik bireysel bileşenin temsili maksimum yanıtlarının karelerinin toplamının karekökü alınarak bulunur, (3.56).

$$R^2 = \sum_{I=1}^3 R_I^2 \quad (3.56)$$

Burada R hesaplanmak istenen herhangi bir yanıtı, R_I ise I yönündeki temsili maksimum yanıt göstermekte olup bu bölümde anlatılan herhangi bir birleştirme yöntemi ile hesaplanabilir.

3.2.2 “Euclidean Norm”

“Euclidean Norm” bu tez kapsamında irdelenen mod birleştirme yöntemidir. Grant M. DeRue (1998)’nin yapmış olduğu çalışmada hâkim modun haricinde yüksek modların katkılarını da hesaba katmak amacıyla önerdikleri “Euclidean Norm” birleştirme yöntemi (3.57) denklemi ile gösterilmiştir [3].

$$NORM_p(değer) = \|değer\|_p^{n=1, N} = \sqrt[p]{\sum_{n=1}^N (değer_n)^p} \quad (3.57)$$

“Euclidean Norm”, birleştirmedeki büyük değerler etrafına yoğunlaşan bir yöntemdir. “Euclidean Norm” un yapısal açıdan en önemli özelliği ise birleştirme derecesi olarak çift kuvvetlerin yanında tek kuvvetli derecelere de imkn vermesidir. Yapısal açıdan önemli rol oynayan negatif işaretli spektral modal kuvvetler, mod bazında yapılan SRSS ve CQC gibi ikinci dereceden birleştirmelerle etkisini kaybetmektedir. “Euclidean Norm” ile yapılan birleştirmede ise, negatif işaretli spektral modal kuvvetleri kat bazında korumak amaçlanmıştır.

Burada mod bazında tabiri her modun spektral modal kuvvetlerinin etkisinde oluşan büyüklüklerin SRSS ve CQC gibi istatistiksel birleştirme yöntemleri ile birleştirilmesi anlamına gelmektedir. Bu günümüzde en yaygın olarak kullanılan mod birleştirme yöntemidir. Kat bazında tabiri ise önce her mod için oluşan spektral modal kuvvetlerin her katta “Euclidean Norm” ile birleştirilmesi ve daha sonra bu birleştirilmiş kuvvetlerin tek seferde yapıya etki ettirilerek iç kuvvet ve yerdeğiştirmelerin elde edilmesi anlamına gelmektedir.

Eğer mod bazında ikinci dereceden daha yüksek bir derece ile birleştirme yapılacağı yani “Euclidean Norm” un kullanılacağı düşünülürse sonuçların ikinci derece ile yapılan bir birleştirmeden daha düşük olacağı açıktır. Çünkü bileşenlerin işareti ne olursa olsun artan derece ile elde edilen sonuçların ikinci derece ile elde edilen sonuçlardan düşük olacağı büyük bir doğruluk payıyla söylenebilir, izelge 3.2. Bu sebeple “Euclidean Norm” kat bazında kullanılabilen bir yöntemdir. Kat bazında “Euclidean Norm” ile yapılan birleştirmede ise artan birleştirme derecesi ile birleştirme sonucu bileşenler arasındaki büyük değer tarafından bastırılarak, bu değere yakınsar.

Çizelge 3.2’ de sol tarafta negatif ve pozitif olarak seçilmiş rastgele değerler için altı derecede yapılan birleştirme sonuçları görülürken sağ tarafta ise aynı değerlerin tamamının pozitif olması durumu için birleştirme sonuçları görülmektedir. Bu örnekten grldğ zere ilk iki derece dikkate alınmazsa sonuçların bileşenler arasındaki büyük değer etrafında yoğunlaştığı görülmektedir. Birinci derece basit toplama karşılık gelmekte olup anlamsızdır. İkinci derecede ise aşırı korunumlu sonuçlarla karşılaşıldığı açıktır. Yalnız bu durumun mod bazında yapılan birleştirme için geçerli olduğunu söylemek yanlış olur. Çünkü mod bazında ikinci derece ile yapılan birleştirme SRSS veya CQC gibi mevcut birleştirme yöntemlerine karşılık

gelmektedir. Fakat “Euclidean Norm” ile kat bazında yapılan birleştirmede ilk iki derece atlanarak etkili ilk birleştirme derecesinin üçüncü derece olduğu söylenebilir.

Çizelge 3.2 : “Euclidean Norm” un irdelenmesi.

Değerler	<i>P</i>	“Euclidean Norm”	Değerler	<i>P</i>	“Euclidean Norm”
20	1	21.0	20	1	79.0
-12	2	31.1	12	2	31.1
10	3	20.9	10	3	24.1
-4	4	21.8	4	4	21.8
7	5	20.2	7	5	20.9
-8	6	20.5	8	6	20.5
13	--	--	13	--	--
-5	--	--	5	--	--

Negatif işaretli bileşenlerin olduğu durumda tek dereceli kuvvetlerle yapılan birleştirme sonuçları, negatif işaretli bileşenlerin olmadığı durumda tek dereceli kuvvetlerle yapılan birleştirme sonuçlarına göre daha düşük değerler almaktadır. Çünkü tek dereceli kuvvetlerde negatif işaretli bileşenin etkisi korunmaktadır. Kat bazında yapılan birleştirmede negatif spektral modal kuvvetlerin olduğu katlar bulunurken sadece pozitif spektral modal kuvvetlerin mevcut olduğu katlarda bulunacaktır. Bu durumda örneğin “Euclidean Norm” üçüncü derece ile yapılan birleştirmede negatif işaretli spektral modal kuvvetlerin bulunduğu katta dördüncü derece ile yapılan bir birleştirmeye göre daha düşük sonuç elde edilecektir. Fakat aynı anda sadece pozitif spektral modal kuvvetlerin bulunduğu başka bir katta “Euclidean Norm” üçüncü derece ile yapılan birleştirmede dördüncü derece ile yapılan birleştirmeye göre daha yüksek sonuçlar elde edilecektir. Bu durum Çizelge 1.1’ de açık olarak gözlenebilir. Sonuç olarak örneğin kat bazında birleştirilen kuvvetlerin toplanmasıyla elde edilen taban kesme kuvveti değeri yüksek bir birleştirme değerinde daha yüksek sonuç verebilmektedir. Bu durum iç kuvvetlere de yansıyabilmektedir. İşlem tamamen ilgili yapının modal kuvvetlerinin sahip olduğu işaretlere ve büyüklüklere bağıdır. Genellikle artan derece ile birleştirme sonuçlarında azalma görülmektedir.

Önemli olan soru ise bu yöntemin SRSS ve CQC gibi yöntemlerle ve “gerçek” olarak nitelediğimiz zaman tanım alanında hesap sonucu ile karşılaştırdığımızda ne gibi sonuçlar vereceğidir. Bu çalışma kapsamında bu soruya cevap aranmıştır.

3.3 Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

Bu yöntemde yönetmelikteki ana kuralların ötesine geçilerek deprem mühendisliği bilgileri ile gerçek, yapay yollarla üretilmiş veya benzeştirilmiş deprem kayıtlarının kullanılması gerekir, [1]. Dünya çapında deprem kayıtları saklayan çeşitli merkezler bulunmaktadır. Analiz için kullanılacak deprem kayıtlarında dikkat edilmesi gereken en önemli konu, kayıtların maruz kalacağı işlemler sonucunda özelliklerini kaybetmemelerinin sağlanmasıdır. Filtreleme ve düzeltme işlemleri yapılmış bir kaydın analizlerde kullanılabilmesi için DBYBHY' de verilen koşulları sağlaması gerekmektedir. Bu koşullar gereği;

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

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

Yapay olarak üretilen her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerlerinin ortalaması, göz önüne alınan deprem doğrultusundaki birinci (hakim) periyot T_1 ' göre $0.2T_1$ ile $2T_1$ arasındaki periyotlar için, $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivmelerinin %90' ından daha az olmayacaktır. Zaman tanım alanında doğrusal elastik analiz yapılması durumunda, azaltılmış deprem yer hareketinin elde edilmesi için esas alınacak spektral ivme değerleri (3.58) ile hesaplanacaktır.

$$S_{aR}(T_n) = \frac{S_{ae}(T_n)}{R_a(T_n)} \quad (3.58)$$

Analizde kullanılacak her kaydın yukarıdaki şartları sağlaması gerekmektedir. Doğrusal veya doğrusal olmayan hesapta, üç yer hareketi kullanılması durumunda sonuçların maksimumu, en az yedi yer hareketi kullanılması durumunda ise sonuçların ortalaması tasarım için esas alınacaktır.

3.3.1 Nümerik integrasyon teknikleri

Yapısal sistemlerin dinamik cevabının çözümlenmesi için en kesin çözüm yani zaman tanım alanında analiz, dinamik denge denklemlerinin nümerik integrasyonu

ile yapılır. Birçok nümerik integrasyon tekniği mevcuttur. Temel olarak bu teknikler kapalı veya açık integrasyon teknikleri olarak sıralanabilir.

Açık integrasyon teknikleri her adımda lineer denklem sistemlerinin çözülmesini gerektirmez. Temel olarak bu yöntemler $t + \Delta t$ anındaki çözümü tahmin etmek için t anındaki diferansiyel denklemi kullanırlar. Stabil bir çözüm elde edebilmek için çok küçük zaman adımlarının kullanılması gerekmektedir. Bu sebeple bütün açık integrasyon tekniklerinin stabilitesi zaman adımın büyüklüğüne bağlıdır [7].

Kapalı integrasyon teknikleri ise $t - \Delta t$ anındaki çözüm elde edildikten sonra t anındaki diferansiyel denklemi oluştururlar. Bu yöntemler her adımda lineer denklem sistemlerinin çözülmesini gerektirir. Fakat büyük zaman adımları kullanılabilir. Bu sebeple kapalı integrasyon tekniklerinin stabilitesi şartlara göre değişebilir. Önemli miktarda deneyim sonucunda tek adımlı, şartsız stabil kapalı integrasyon tekniklerinin kullanılması önerilmektedir [7].

3.3.1.1 Newmark yöntemi özeti

Newmark yöntemi ile sayısal integrasyon hesap adımları aşağıda verilmiştir [7].

➤ Başlangıç hesapları

- Rijitlik matrisi K , kütle matrisi M , sönüm matrisi C kurulur.
- İntegrasyon parametleri olan β ve γ tayin edilir.

$$b_1 = \frac{1}{\beta(\Delta t)^2} \quad b_2 = \frac{1}{\beta(\Delta t)} \quad b_3 = \beta - \frac{1}{2} \quad b_4 = \gamma(\Delta t)b_1$$

$$b_5 = 1 + \gamma(\Delta t)b_2 \quad b_6 = (\Delta t)(1 + \gamma b_3 - \gamma)$$

- Efektif rijitlik matrisi kurulur.

$$\bar{K} = K + b_1 M + b_4 C$$

- Efektif rijitlik matrisi triangularize edilir.

$$\bar{K} = LDL^T$$

- Başlangıç şartları $u_0, \dot{u}_0, \ddot{u}_0$ tayin edilir.

➤ Her zaman adımında uygulanacak hesaplar ($t = \Delta t, 2\Delta t, 3\Delta t \dots$)

- Efektif yük vektörü hesaplanır.

$$\bar{F}_t = F_t + M \left((b_1 u_{t-\Delta t}) - (b_2 \dot{u}_{t-\Delta t}) - (b_3 \ddot{u}_{t-\Delta t}) \right) + C \left((b_4 u_{t-\Delta t}) - (b_5 \dot{u}_{t-\Delta t}) - (b_6 \ddot{u}_{t-\Delta t}) \right)$$

- t anında nokta yerdeğiştirme vektörü için çözülür. Aşağıdaki denklemde sadece ileri ve geri yerine yazma yapılır.

$$LDL^T u_t = \bar{F}_t$$

- t anında nokta hızları ve nokta ivmeleri hesaplanır.

$$\dot{u}_t = b_4 (u_t - u_{t-\Delta t}) + b_5 \dot{u}_{t-\Delta t} + b_6 \ddot{u}_{t-\Delta t}$$

$$\ddot{u}_t = b_1 (u_t - u_{t-\Delta t}) + b_2 \dot{u}_{t-\Delta t} + b_3 \ddot{u}_{t-\Delta t}$$

- Efektif yük vektörünün hesaplanmasına geri dönülür. $t = t + \Delta t$ zaman adımı için işlemler tekrarlanır.

3.3.1.2 Ortalama ivme yöntemi

Ortalama ivme yöntemi için ilgili denklemler aşağıda verilmiştir [7]. Burada τ zaman adımı içerisinde değişken bir noktadır (3.59).

$$u_\tau = u_{t-\Delta t} + \tau \dot{u}_{t-\Delta t} + \frac{\tau^2}{2} \ddot{u}_{t-\Delta t} + \frac{\tau^3}{6} \ddot{\ddot{u}}_{t-\Delta t} + \dots$$

$$u_\tau \approx u_{t-\Delta t} + \tau \dot{u}_{t-\Delta t} + \frac{\tau^2}{2} \left(\frac{\ddot{u}_{t-\Delta t} + \ddot{u}_t}{2} \right) \quad (3.59)$$

(3.59) denkleminin türevi alınarak hız elde edilir (3.60).

$$\dot{u}_\tau = \dot{u}_{t-\Delta t} + \tau \left(\frac{\ddot{u}_{t-\Delta t} + \ddot{u}_t}{2} \right) \quad (3.60)$$

$\tau = \Delta t$ alınırsa denklem (3.61) ve (3.62) elde edilir.

$$u_t = u_{t-\Delta t} + \Delta t \dot{u}_{t-\Delta t} + \frac{\Delta t^2}{4} \ddot{u}_{t-\Delta t} + \frac{\Delta t^2}{4} \ddot{u}_t \quad (3.61)$$

$$\dot{u}_t = \dot{u}_{t-\Delta t} + \frac{\Delta t}{2} \ddot{u}_{t-\Delta t} + \frac{\Delta t}{2} \ddot{u}_t \quad (3.62)$$

3.3.1.3 Wilson'ın θ faktörü

Genel Newmark yöntemi 1973' de Wilson'ın θ faktörü ile şartsız olarak stabil hale getirilmiştir. θ faktörü, stabil olmayan çözümlerin doğru çözümler etrafında salındığının gözlenmesi sonucunda geliştirilmiştir. Eğer nümerik çözüm zaman artımı içinde değerlendirilirse bu salınımlar en aza indirilebilir. Bu durum Newmark

yönteminin çok basit bir şekilde denklem (3.63) ve (3.64) ile modifiye edilmesiyle başarılabilmektedir [7]. R_t bir yüküdür.

$$\Delta t' = \theta \Delta t \quad (3.63)$$

$$R_t = R_{t-\Delta t} + \theta (R_t - R_{t-\Delta t}) \quad (3.64)$$

$\ddot{u}_t$ ivme vektörünün Newmark yöntemi ile $t = \theta \Delta t$ adımında tespit edilmesinin ardından denklem (3.65), (3.66) ve (3.67) ile sırası ile noktaların ivmeleri, hızları ve yerdeğiştirmeleri tespit edilir.

$$\ddot{u}_t = \ddot{u}_{t-\Delta t} + \frac{1}{\theta} (\ddot{u}_t - \ddot{u}_{t-\Delta t}) \quad (3.65)$$

$$\dot{u}_t = \dot{u}_{t-\Delta t} + (1-\gamma)(\Delta t)\ddot{u}_{t-\Delta t} + \gamma(\Delta t)\ddot{u}_t \quad (3.66)$$

$$u_t = u_{t-\Delta t} + (\Delta t)\dot{u}_{t-\Delta t} + \frac{(\Delta t)^2(1-2\beta)}{2}\ddot{u}_{t-\Delta t} + \beta(\Delta t)^2\ddot{u}_t \quad (3.67)$$

Eğer θ faktörü 1 alınırsa bu Newmark yöntemine karşılık gelir.

3.3.1.4 Hilber, Hughes ve Taylor α yöntemi

α yöntemi denklem (3.68)' deki modifiye edilmiş hareket denklemini çözebilmek için Newmark yöntemini kullanır [7].

$$M\ddot{u}_t + (1+\alpha)C\dot{u}_t + (1+\alpha)Ku_t = (1+\alpha)F_t - \alpha F_t + \alpha C\dot{u}_{t-\Delta t} + \alpha Ku_{t-\Delta t} \quad (3.68)$$

3.3.2 Tez kapsamında kullanılacak kayıtların seçilmesi

Tez kapsamında kullanılacak kayıtlar PEER' ın en son arşivlenmiş veritabanından seçilmiştir, [8]. Tez kapsamında kullanılan binaların zemin tipi olarak DBYBHY' ten Z4 tipi zemin ele alınmıştır. Tez kapsamında 7 adet deprem kaydı kullanılarak, tasarım için ortalama büyüklükler alınmıştır. 7 adet deprem kaydı yukarıda bahsedilen veritabanının verdiği imkânlar dâhilinde DBYBHY Z4 spektrumuna göre direk ölçeklenmiş olarak alınmıştır. Web sitesi üzerinde yapılan ölçekleme işlemi için uygun ham kayıtların seçilmesinde depremlerin istenilen fiziksel özellikleri sağlaması için birçok parametre kullanıcı tarafından seçilebilmektedir.

Çizelge 3.3 : Analiz için seçilen kayıtlar hakkında bilgiler.

Deprem	Yıl	İstasyon	NGA Kod	MSE	f
Chi Chi	1999	TCU054	1494	0.015	2.68
Chi Chi	1999	TCU116	1541	0.016	2.62
Chi Chi	1999	TCU082	1515	0.017	2.27
Kocaeli	1999	Yarımca	1176	0.028	1.70
Imperial Valley	1979	EC County Center	170	0.038	2.43
Denali	2002	TAPS Pump Station	2114	0.048	1.59
Westmorland	1981	Parachute Test Site	316	0.052	2.56

Çizelge 3.4 : Analiz için seçilen depremlerin fiziksel özellikleri.

Deprem	Büyükölük	Fay Mekanizması	R _{jb} (km)	R _{rup} (km)	Vs30(m/s)
Chi Chi	7.62	Ters Vervli	5.3	5.3	460.7
Chi Chi	7.62	Ters Vervli	12.4	12.4	493.1
Chi Chi	7.62	Ters Vervli	5.2	5.2	472.8
Kocaeli	7.51	Yanal Atımlı	1.4	4.8	297.0
Imperial Valley	6.53	Yanal Atımlı	7.3	7.3	192.1
Denali	7.90	Yanal Atımlı	0.2	2.7	329.4
Westmorland	5.90	Yanal Atımlı	16.5	16.7	348.7

Kayıtların DBYBHY şartlarına uygun olup olmadığı kontrol edilmeden önce kayıtların ölçeklenmiş hallerine filtreleme ve düzeltme işlemleri uygulanmıştır. Daha sonra ilgili kayıtların DBYBHY tarafından istenen şartları sağladıkları gösterilmiştir, Çizelge 3.5. Şekil A.1' den Şekil A.7' ye ilgili depremlerin ivme kayıtları görülmektedir. Grafikler üzerinde maksimum ivmenin değeri ve zamanı mevcuttur. Ayrıca analizde kullanılmak üzere $\pm 0.05g$ ile ayrılan kuvvetli yer hareketi kısmı gösterilmiştir.

Çizelge 3.5 : Seçilen kayıtların DBYBHY şartlarına uygunluğu.

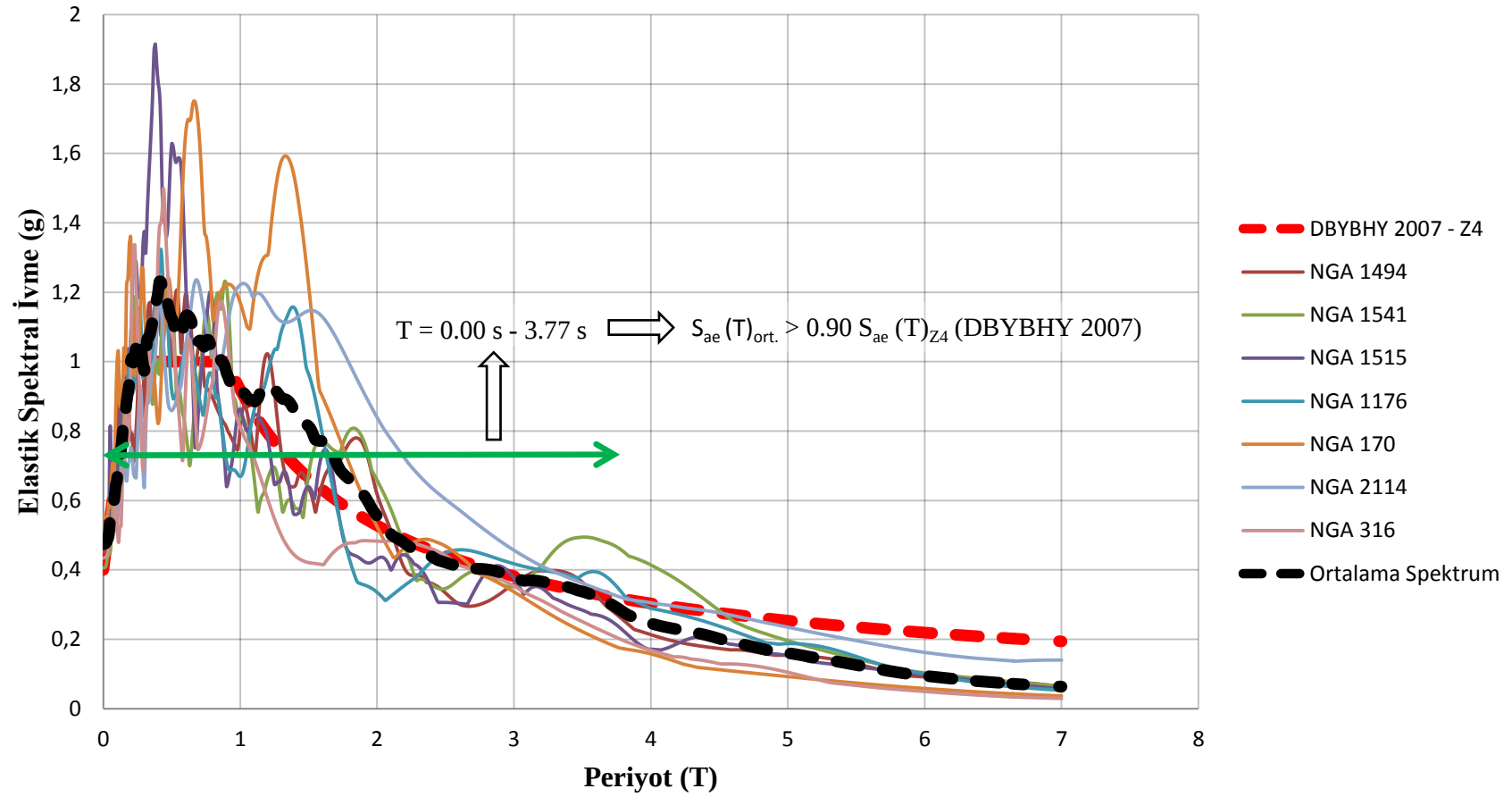
Deprem	Etkin Süre (s)	Mak. İvme (g)	F5 (T ₁)	F10 (T ₁)	F15 (T ₁)	W10 (T ₁)	W15 (T ₁)	W20 (T ₁)
Chi Chi	38.895	0.451	0.59	1.08	1.57	0.74	0.96	1.07
Chi Chi	42.775	0.406						
Chi Chi	36.820	0.504						
Kocaeli	24.440	0.484						
Imperial Valley	26.905	0.549						
Denali	36.935	0.494						
Westmorland	31.190	0.434						

Görüldüğü üzere kuvvetli yer hareketinin süresi bütün kayıtlar için $5T_1$ ve 15 saniyeden daha yüksektir. Sıfır periyoda karşılık gelen maksimum yer hareketi

ivmelerinin ortalaması ise $0.475g$ olmaktadır. Tez kapsamında kullanılan etkin yer ivmesi katsayısı DBYBHY' den 1. derece deprem bölgeleri için verilen 0.4 değeri olarak seçilmiştir. Kayıtların sağlaması gereken diğer bir şart daha $0.475g > 0.4g$ onaylanmıştır.

Yapay olarak üretilen her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerlerinin ortalamasının ilgili periyotlar için, $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivmelerinin %90' ından daha az olmama şartı ise Şekil 3.2 üzerinde gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere 0.00 ile 3.77 saniyeler arasındaki bütün periyotlarda bu şart sağlanmaktadır. Bu periyot aralığı ise tez kapsamında kullanılan bütün yapılar için $0.2T_1$ ile $2T_1$ arasında bu şartın sağlanması gerekliliğini yerine getirmektedir.

Zaman tanım alanında doğrusal elastik analiz yapılacağı için, deprem yükü azaltma katsayısı betonarme çerçeveli yapılarda 4 , betonarme perdeli çerçeveli yapılarda ise 3 olarak alınmış ve analiz sırasında deprem kayıtlarına I / R değeri ile ivme çarpanı olarak etki ettirilmiştir. Burada bahsi geçen I DBYBHY tarafından verilen bina önem katsayısı olmaktadır. Tez kapsamında bina önem katsayıları 1 olarak seçilmiştir.



Şekil 3.2 : Elastik spektral ivme spektrumu.

4. ANALİTİK ÇALIŞMA

4.1 Genel Bilgiler

Bu bölümde, çalışma kapsamında yapılan analizlerin içeriği ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Analitik çalışma için Alamilla ve Esteva (2006), [11]' nın çalışmaları kapsamında kullandıkları 5 (F5), 10 (F10), 15 (F15) katlı betonarme çerçeveli ve 10 (W10), 15 (W15), 20 (W20) katlı betonarme perdeli - çerçeveli olmak üzere toplam 6 adet bina bu çalışma içinde kullanılmıştır [11]. Makaleden alınan binalarda belli olmayan döşemeler için tez kapsamında boyutlandırılma yapılmış ve üzerindeki yükler belirlenmiştir.

Binalarda bağımsız yerdeğiştirme bileşeni olarak düşey eksen etrafındaki dönme göz önüne alınmayarak sadece yatay yerdeğiştirme göz önüne alınmıştır. Binalar planda tamamen simetrik olduğu için sadece bir yatay yerdeğiştirme bileşeni için hesap yapılmıştır. Sonuç olarak binalarda 3 boyutlu deprem davranışı oluşmasına izin verilmeyerek sadece iki boyutlu deprem davranışı oluşturulmuştur. Bütün binalara doğrusal analizler uygulanmıştır.

İlk olarak binaların matematik modelleri SAP2000 V14.1 programı ile oluşturulmuştur, [12]. Kolon ve kirişler çubuk elemanlarla, perdeler ise levha sonlu elemanlarla modellenmiştir. Binalarda döşemeler modellenmemiş fakat rijit diyafram olarak çalışması sağlanmıştır. Sadece bir yatay yerdeğiştirme bileşeni için hesap yapılacağından, hesaplanan kat kütleleri kat kütle merkezlerine tek yönde etki ettirilmiştir. Bu şekilde hazırlanan modellere kat kütle merkezlerinden birim yüklemeler yapılarak bütün binaların fleksibilite matrisleri elde edilmiştir. MATLAB programı ile bu çalışma kapsamında hazırlanan ve elde edilen esneklik matrisleri ile kat kütlelerinden oluşan kütle matrisini giriş bilgisi olarak kullanan bir program ile binaların modal analizleri yapılmıştır [13]. MATLAB programı ile yapılan modal analizin doğruluğunu kanıtlamak açısından modal analizler SAP2000 programında da yapılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ve sonuçların birebir aynı olduğu görülmüştür. MATLAB programı ile elde edilen ve doğruluğu ispatlanan spektral modal büyüklükler çeşitli mod birleştirme yöntemleri ve bu çalışma kapsamında

önerilen “Euclidean Norm” ile birleştirilerek taban kesme kuvvetleri elde edilmiştir. Daha sonra seçilen iki adet kolonun alt uçlarından ve bir adet kirişin ucundan her katta moment değerleri okunmuştur. Ayrıca her katın yerdeğiştirmesi okunmuştur. Yerdeğiştirme değerlerinden her katın rölatif yerdeğiştirme miktarları hesaplanmıştır. Perdeli yapılarda ise bunlara ek olarak perde taban momenti okunmuştur. İlgili kolon ve kirişler bir sonraki bölümde verilen bina plan görünüşlerinde gösterilmiştir. Perdeli yapılarda ise her yönde iki adet perde bulunduğundan ve tamamen simetrik olduğundan sadece bir perdenin taban momenti okunmuştur. Bu iç kuvvet ve yerdeğiştirme değerleri bütün binalarda SRSS ve CQC ile direk olarak SAP2000 programında ilgili spektral değerlerin girilmesi sonucu elde edilmiştir. “Euclidean Norm” için ise önce MATLAB programında elde edilen spektral modal büyüklüklerin yöntem gereğİ birleştirilmesi ve daha sonra SAP2000 modellerine harici olarak etki ettirilmesi ile elde edilmiştir. Bu çalışma kapsamında “Euclidean Norm” ile yapılan birleştirmelerde birleştirme derecesi olarak “3, 4, 5, 6, 7, 8” kullanılmıştır.

Birleştirmeler sonucu elde edilen değerlerin “*gerçek*” değerleri zaman tanım alanında hesap sonucunda elde edilmiştir. Bu amaçla binalar PERFORM3D V4.0.3 programı ile modellenerek doğrusal zaman tanım alanında analiz bu programda yapılmıştır [14]. Bu programda ise kolonlar ve kirişler yine çubuk elemanlarla perdeler ise sonlu elemanlarla modellenmiştir. Binalarda yine döşemeler modellenmemiş fakat katların rijit diyafram olarak çalışması sağlanmıştır. Kat kütleleri yine kat kütle merkezlerine etki ettirilmiştir. Fakat kat kütlelerini tek yönde girebilme imkânı bu programda bulunmamaktadır. Mutlaka programa her kat için iki yönde kütle ve düşey eksen etrafında dönel kütle girilmesi gerekmektedir. Burada SAP2000 programı ile uygunluk sağlamak açısından iki yönde aynı kat kütlesi kat kütle merkezlerine etki ettirilmiş fakat dönel kütle için sıfıra çok yakın bir değer alınmıştır. Böylelikle simetirlik dolayısıyla farketmeyen herhangi bir yönde SAP2000 programında oluşturulan modeller ile aynı davranış yakalanmıştır. Yine SAP2000 ve PERFORM3D programlarında karşılaştırmalı doğrulama yapılmıştır. Hesapta kullanılacak 7 adet kaydın kuvvetli yer hareketine sahip kısımları analizde kullanılmıştır. Kayıtların veri aralığı 0.005 saniyedir. Analizde hassas sonuçlar elde etmek adına 0.005 saniyelik her aralık dört adıma bölünerek her 0.00125 saniyede bir hesap yapılmıştır. DBYBHY tarafından zaman tanım alanında doğrusal elastik analiz

yapılması durumunda, deprem yer hareketinin elde edilmesi için esas alınacak spektral ivme değerlerinin deprem yükü azaltma katsayısı ile azaltılmasının gerekliliği belirtilmiştir. Bu sebeple I/R değerleri bütün kayıtlara ivme çarpanı olarak etki ettirilmiştir. Sönüm için ise bütün modlarda sabit %5 sönüm alınmıştır. İlgili iç kuvvet ve yerdeğiştirme değerleri her binada 7 adet kaydın çözümünden elde edilen maksimum değerlerin aritmetik ortalamasının alınması ile elde edilmiştir.

4.2 Binalar Hakkında Bilgiler

Binaların taşıyıcı sistemleri planda tamamen simetrik betonarme çerçeve ya da betonarme perde - çerçeve sistemlerden oluşmaktadır. Binalarda kullanılan betonun elastisite modülü 24500 MPa, deprem yükü azaltma katsayısı çerçeve sistemler için 4, perdeli çerçeve sistemler için 3 olarak alınmıştır [11]. DBYBHY' ten bina önem katsayısı 1, zemin tipi Z4 ve buna bağlı olarak zemin karakteristik periyotları $T_A=0.2$ s, $T_B=0.9$ s olarak seçilmiştir [5]. Binaların alındığı ilgili makalede zemin tipi olarak yumuşak bir zeminden söz edildiği için DBYBHY' ten Z4 tipi zemin kullanılması uygun görülmüştür. Binalarda mevcut olmayan döşemeler TS500/2000' e göre boyutlandırılmıştır [15]. TS500/2000 11.4.1' e göre $m \leq 2$ ise o döşeme iki doğrultuda çalışan plak döşemedir. TS500/2000 11.4.2' ye göre bu döşemelerin kalınlıkları (4.1) ile bulunur. Her bina için hesaplanan döşeme kalınlıkları bir sonraki bölümde belirtilmiştir.

$$h_f \geq \frac{l_{sn}}{15 + \frac{20}{m}} \times \left(1 - \frac{\alpha_s}{4}\right), \quad h_f \geq 80mm \quad (4.1)$$

l_{sn} : Döşemenin kısa doğrultudaki serbest açıklığıdır.

α_s : Döşeme sürekli kenar uzunlukları toplamının kenar uzunlukları toplamına oranıdır.

m : Döşeme uzun kenarının kısa kenarına oranıdır.

4.3 Binaların Geometrileri ve Kütleleri

Analitik çalışma kapsamında kullanılan 6 adet binanın Şekil A.8' den Şekil A.13' e plan görünüşleri ve Çizelge A.1'den Çizelge A.6' ya eleman boyutları bulunmaktadır. Plan görünüşlerinin üzerinde moment değerlerinin okunması için

seçilen kolonlar ve kiriş bulunmaktadır. İlgili kolonların alt uçlarından, kirişin ise sol ucundan moment değerleri okunmuştur.

Döşeme yükleri aşağıda belirtilmiştir:

Ahşap Parke Ağırlığı: $2.2 \text{ cm} \times 0.08 \text{ kN/m}^2/\text{cm} = 0.176 \text{ kN/m}^2$

Tesviye Betonu ve Şap Ağırlıkları: $0.03 \text{ m} \times 22 \text{ kN/m}^3 = 0.66 \text{ kN/m}^2$

Tavan Sıvası Ağırlığı: $0.015 \text{ m} \times 20 \text{ kN/m}^3 = 0.3 \text{ kN/m}^2$

Asma Tavan, İzolasyon ve Tesisat Ağırlıkları: 0.5 kN/m^2

Toplam sabit döşeme yükü 1.636 kN/m^2 , hareketli döşeme yükü ise 2 kN/m^2 olarak belirlenmiştir. Bu yükler ile birlikte beton birim hacim ağırlığı 24 kN/m^3 kabul edilerek kiriş, kolon ve döşemelerin kütleleri de hesaplanarak kat kütleleri elde edilmiştir, Çizelge 4.1. Hareketli yükler için azaltma katsayısı 0.3 olarak alınmıştır.

Çizelge 4.1 : Bina kütleleri.

Kat Numarası	m_{F5} (kNs^2/m)	m_{F10} (kNs^2/m)	m_{F15} (kNs^2/m)	m_{W10} (kNs^2/m)	m_{W15} (kNs^2/m)	m_{W20} (kNs^2/m)
1	92.10	189.04	500.40	292.23	665.43	1418.63
2	80.90	154.87	409.39	269.39	625.34	1330.77
3	78.26	154.87	409.39	263.21	625.34	1330.77
4	75.88	148.04	398.05	235.30	625.34	1330.77
5	67.80	141.88	382.18	235.30	603.85	1286.00
6	--	139.44	382.18	230.24	528.58	1145.93
7	--	134.02	382.18	207.86	528.58	1145.93
8	--	129.20	372.04	207.86	528.58	1145.93
9	--	121.33	363.02	207.86	519.63	1145.93
10	--	113.49	344.31	175.10	440.98	1108.62
11	--	--	344.31	--	440.98	926.45
12	--	--	327.60	--	440.98	926.45
13	--	--	312.47	--	440.98	926.45
14	--	--	296.57	--	440.98	926.45
15	--	--	275.08	--	372.71	896.61
16	--	--	--	--	--	702.22
17	--	--	--	--	--	702.22
18	--	--	--	--	--	702.22
19	--	--	--	--	--	702.22
20	--	--	--	--	--	621.04

4.4 Binaların Analiz Modelleri

Analitik çalışma kapsamında kullanılan 6 adet binanın Şekil A.14' den Şekil A.25' e iki farklı programda oluşturulan matematik modelleri görülmektedir.

4.5 MATLAB Programında Hazırlanan Modal Analiz Kodları

Aşağıda açık kodu verilen program tek doğrultuda modal analiz yapmaktadır. Program giriş bilgisi olarak ilgili binanın esneklik matrisini ve kütle matrisini kullanmaktadır. Çıktı olarak ise modların şekillerini, periyotlarını, katılım çarpanlarını, etkin modal kütle katılım oranlarını ve modal kuvvetlerini vermektedir.

```
D=xlsread('Veriler. xlsx','D Matrisi','...:...'); % Fleksibilite Matrisi
M=xlsread('Veriler. xlsx','M Matrisi','...:...'); % Kütle Matrisi
K=inv(D); % Rijitlik Matrisi
n=size(K,1); % Serbestlik Derecesi
g=9.81; % Yerçekimi İvmesi
I=1; % Bina Önem Katsayısı
R=4; % Taşıyıcı sistem Davranış Katsayısı
ksi=0.05; % Sönüm Oranı
T=(0:0.1:3); % Periyot
A0=0.4; % Etkin Yer İvmesi Katsayısı
Ta=0.2; % Zemin Karakteristik Periyodu
Tb=0.9; % Zemin Karakteristik Periyodu
SA(1:length(T))=2.5*A0;
for ii=1:length(T),
    if T(ii) < Ta
        SA(ii)=A0*(1.0+1.5*T(ii)/Ta);
    elseif T(ii) > Tb
        SA(ii)=A0*2.5*(Tb/T(ii))^0.8;
```

end

end

[Fi,lambda]=eig(full(K),full(M));	% Frekans Denkleminin Çözülmesi
wn=sqrt(diag(lambda));	% Açısal Frekanslar
Tn=2*pi./wn;	% Titreşim Periyotları
Iv=ones(n,1);	% Birim Vektör
Lr=transpose(Fi)*M*Iv;	% Katsayı Vektörü
Mr=diag(transpose(Fi)*M*Fi);	% Modal Kütle
Gama=Lr./Mr;	% Modal Katılım Çarpanı
MM=Lr.*Lr./Mr;	% Etkin Modal Kütle
PM=MM/sum(diag(M));	% Etkin Modal Kütle Katılım Oranı
CPM=cumsum(PM);	% Toplam EMKKO
Sr=interp1(T,SA,Tn,'linear','extrap');	% Spektral İvme Çarpanı
Fr=(M*Fi)*(diag((Gama.*Sr')))*I*g/R;	% Modal Kuvvetler

5. ANALİTİK ÇALIŞMA SONUÇLARI

5.1 Modal Analiz Sonuçları

6 adet bina için; bu çalışma kapsamında hazırlanan programla yapılan analizlerin sonuçları Şekil B.1’ den Şekil B.10’ a F5 için, Şekil B.11’ den Şekil B.30’ a F10 için, Şekil B.31’ den Şekil B.60’ a F15 için, Şekil B.61’ den Şekil B.80’ e W10 için, Şekil B.81’ den Şekil B.110’ a kadar W15 için, Şekil B.111’ den Şekil B.150’ ye kadar W20 için gösterilmiştir. Her grafikte bir mod gösterilmiştir. Grafiklerde ilgili modun periyodu, katılım çarpanı, etkin modal kütle katılım oranı “EMKKO” ve azaltılmış elastik spektral ivmesi gösterilmiştir. Ayrıca modal kuvvetler yine grafikler üzerinde bütün modlar için gösterilmiştir.

5.2 Birleştirme Tekniklerinin Karşılaştırılması

5.2.1 Bütün binalar için taban kesme kuvveti sonuçları

Çizelge C.1’ de 6 adet bina için çeşitli mod birleştirme yöntemleri ile ve zaman tanım alanında hesap ile elde edilen taban kesme kuvveti sonuçları görülmektedir. Bu sonuçların daha rahat yorumlanabilmesi için veriler Şekil C.1’ den Şekil C.6’ ya kadar bütün binalar için ayrı ayrı grafik olarak gösterilmiştir.

Bütün binalar için çeşitli birleştirme yöntemleri ile elde edilen taban kesme kuvveti sonuçları ilgili grafiklerden incelendiğinde betonarme çerçeveli bütün yapılarda ve betonarme perdeli çerçeveli W10 binasında “Euclidean Norm” ile yapılan birleştirme sonucu elde edilen taban kesme kuvvetleri ile zaman tanım alanında hesap ile elde edilen taban kesme kuvvetlerine, mevcut mod birleştirme yöntemleri ile elde edilen taban kesme kuvvetlerinden daha çok yaklaşıldığı açık bir şekilde görülmektedir. Betonarme perdeli çerçeveli yapılarda yüksek kat sayısına sahip diğer binalar için ise mevcut mod birleştirme yöntemleri ile elde edilen taban kesme kuvvetleri zaman tanım alanında hesap ile elde edilen taban kesme kuvvetlerinden daha aşağıda kalırken, “Euclidean Norm” ile yapılan birleştirme ile elde edilen taban kesme kuvvetleri daha yüksek değerler vermektedir. Burada “Euclidean Norm” için bu

Çalışma kapsamında kullanılan en yüksek birleştirme değeri olan 8 sayısı ile yapılan birleştirme ile sonuç değer yakınsayarak zaman tanım alanında hesap ile elde edilen sonuca SRSS ve CQC yöntemlerine göre daha korunumlu bir şekilde yukarıdan yaklaşmaktadır.

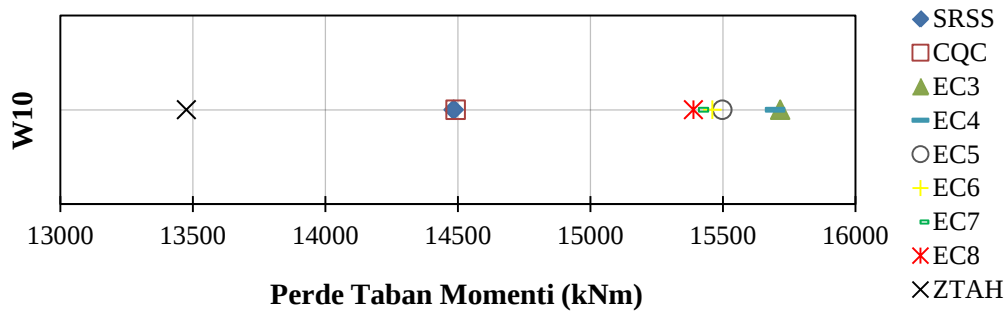
Genellikle birleştirme derecesi arttıkça sonuçlarda azalma görülmesi ve sonuçların yakınsaması “Euclidean Norm” gereğidir. Fakat bazı durumlarda artan derece ile sonuç birleştirme değerinde artış görülmektedir. Bu durumun bir rneği F15 binasındaki EC3 ve EC4 birleştirme sonuçlarında görülebilir. Bu durum negatif işaretli bileşenlerin “Euclidean Norm” ile tek dereceli birleştirmelerde korunması sonucu ortaya çıkan bir durumdur.

5.2.2 Perdeli binalar için perde taban momenti sonuçları

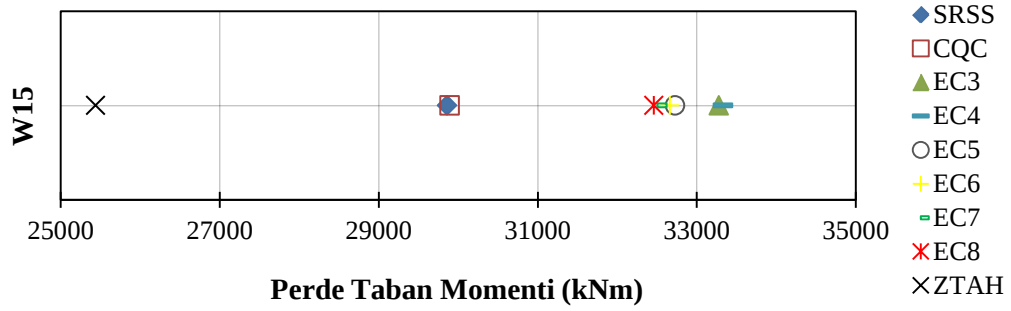
Çizelge 5.1’ de 3 adet perdeli bina için çeşitli mod birleştirme yöntemleri ile ve zaman tanım alanında hesap ile elde edilen perde taban momenti sonuçları görülmektedir. Bu sonuçların daha rahat yorumlanabilmesi için veriler şekil 5.1’den şekil 5.3’ e perdeli çerçeveli binalar için grafik olarak gösterilmiştir.

Çizelge 5.1 : Perde taban momentleri.

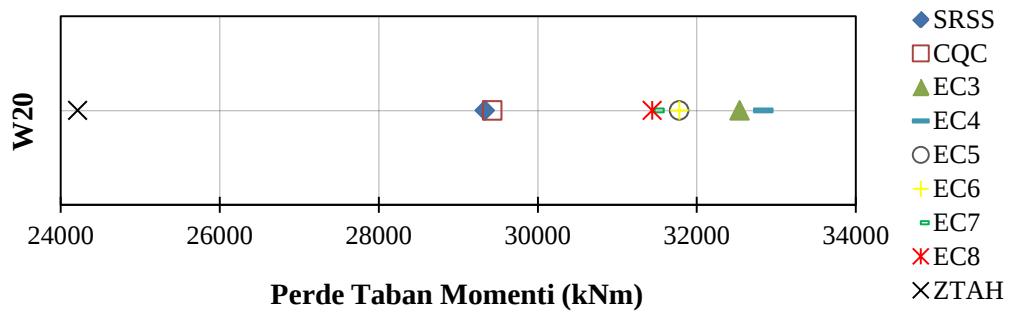
	SRSS	CQC	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7	EC8	ZTAH
W10	14484.9	14491.8	15716.9	15696.7	15497.5	15460.8	15410.2	15389.8	13475.8
W15	29861.2	29893.2	33279.2	33328.7	32728.2	32662.9	32505.2	32459.2	25441.5
W20	29336.4	29427.1	32541.1	32837.0	31778.3	31783.0	31470.3	31440.2	24214.2



şekil 5.1 : W10 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş perde taban momentleri.



Şekil 5.2 : W15 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş perde taban momentleri.



Şekil 5.3 : W20 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş perde taban momentleri.

Perde taban momentlerinde de perdeli çerçeve binaların taban kesme kuvvetlerinde olduğu gibi zaman tanım alanında analiz ile elde edilen sonuçlar bu kez bütün birleştirme yöntemlerinde daha yüksek sonuç vermiştir. Zaman tanım alanında hesap sonuçları tartışılabilir olduğu için, kendi içerisinde yakınsak sonuçların elde edildiği “Euclidean Norm” yüksek derecesinde SRSS ve CQC yöntemlerinden daha korunumlu değerler elde edildiğine dikkat çekilebilir.

5.2.3 Bütün binalar için iç kuvvet ve yerdeğiştirme sonuçları

Çizelge C.2’den Çizelge C.7’ ye kadar bütün binalar için sırası ile çalışma kapsamında belirlenen iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklüklerinin çeşitli birleştirme yöntemleri ile elde edilmiş değerleri ve zaman tanım alanında hesap sonucu elde edilmiş değerleri görülmektedir. Bu sonuçların daha rahat yorumlanabilmesi için veriler Şekil C.7’ den Şekil C.11’ e kadar F5 için, Şekil 5.12’ den Şekil C.16’y a kadar F10 için, Şekil C.17’ den Şekil C.21’ e kadar F15 için, Şekil C.22’ den Şekil

C.26' ya kadar W10 için, Şekil C.27' den Şekil C.31' e kadar W15 için, Şekil C.32' den Şekil C.36' ya kadar W20 için grafik olarak gösterilmiştir.

İç kuvvetler incelendiğinde taban kesme kuvvetinde olduğu gibi betonarme çerçevesel binalarda ve az katlı betonarme perdeli çerçevesel binalarda "Euclidean Norm" ile elde edilen sonuçlar zaman tanım alanında hesap ile elde edilen sonuçlara, mevcut mod birleştirme yöntemleri ile elde edilen sonuçlardan daha çok yaklaşmaktadır. Yüksek katlı perdeli çerçevesel binalarda ise yine taban kesme kuvvetinde olduğu gibi "Euclidean Norm" ile elde edilen değerler zaman tanım alanında hesap ile elde edilen değerlere göre daha yukarıda kalırken mevcut mod birleştirme yöntemleri daha aşağıda kalmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli husus "Euclidean Norm" un kat sayısına bağlı olmaksızın alt katlarda mevcut birleştirme yöntemlerine göre daha yüksek sonuç verirken üst katlara çıkıldıkça negatif spektral modal kuvvetlerin etkinliklerinin artma miktarına göre SRSS ve CQC' ye göre daha aşağıda kalan sonuçlar vermeye başlamasıdır. Bu yüzden üst katlarda çift dereceli kuvvetlerle yapılan birleştirmeler negatif kuvvetlerin işaretlerini baskılamaları ile daha iyi sonuçlar vermektedirler.

"Euclidean Norm" ile elde edilen kat yerdeğiştirme ve buna bağlı olarak hesaplanan rölatif kat yerdeğiştirme değerleri zaman tanım alanında hesap ile elde edilen sonuçlara mevcut mod birleştirme yöntemleri ile elde edilen sonuçlardan daha çok yaklaşmaktadır. Bu durum yine bütün betonarme çerçevesel binalarda ve az katlı betonarme perdeli çerçevesel binalarda geçerli olmaktadır. Yüksek katlı betonarme perdeli çerçevesel binalarda ise yine "Euclidean Norm" ile elde edilen sonuçlar zaman tanım alanında hesap ile elde edilen sonuçlara yukarıdan yaklaşıırken, mevcut mod birleştirme yöntemleri aşağıdan yaklaşmaktadır.

6. Sonuçların Yorumlanması ve Genel Değerlendirmesi

Seçilen binaların taşıyıcı sistem türleri ve bina kat sayıları sonuçların değerlendirilmesi aşamasında iki önemli değişken olarak düşünülebilir. Çalışma kapsamında taşıyıcı sistem açısından bakılacak olursa *betonarme çerçeve* ve *betonarme perde çerçeve* binalar bulunmaktadır. Her iki taşıyıcı sistem türünden binalardanda 3 adet farklı kat sayısına sahip örnek bulunmaktadır.

En önemli sonuç olarak zaman tanım alanında hesap sonuçları ile karşılaştırmadan “Euclidean Norm” birleştirme yöntemini sadece mevcut birleştirme yöntemleri ile karşılaştırsak her zaman için SRSS ve CQC’ den mantıklı seviyede korunumlu sonuçlar vermektedir.

Mantıklı seviyede korunumlu tabiri, tasarımda kullanılabilecek miktarda olan yani gereksiz seviyede yüksek olmayan anlamında kullanılmıştır. Burada bahsedilen seviyenin mertebesi ise az katlı binalardan çok katlı binalara doğru artarak %2 ile %10 arasında değişmektedir. Yani “Euclidean Norm” birleştirme yöntemi mevcut birleştirme yöntemlerine göre %2 ile %10 mertebesinde daha başarılı sayılabilir.

Sadece üst katlarda yüksek etkili negatif spektral modal kuvvetlere sahip olan binalarda yani çok katlı binalarda, üst katlarda “Euclidean Norm” ile elde edilen iç kuvvetler mevcut yöntemlere göre daha olumsuz sonuçlar vermektedir. Yerdeğiştirme sonuçlarında ise bu durum görülmemektedir.

Çok katlı binalarda ileri modların etkisinin yüksek olması yani negatif modal spektral kuvvetlerin katılımının yüksek olması sebebiyle “Euclidean Norm” yönteminin başarısı daha açık olarak görülmektedir. Çok katlı binaların sonuç grafiklerindeki mevcut birleştirme yöntemlerine ait işaretçilerin geride kalmaları ve böylelikle “Euclidean Norm” un başarısının net olarak görülmesinin sebebi budur.

Çalışma kapsamında “Euclidean Norm” ile elde edilen sonuçların “*gerçek*” olarak nitelendirdiğimiz zaman tanım alanında hesap sonuçlarına, betonarme çerçeve ve az katlı betonarme perdeli çerçeve binalarda mevcut birleştirme yöntemleri ile elde edilen sonuçlardan daha çok yaklaştığı açıkça gözlenmiştir. Çok katlı betonarme

perdeli çerçeveli binalarda ise zaman tanım alanında hesap sonuçlarına yüksek derece ile yapılan birleştirmeden elde edilen değerle yukarıdan yaklaşılmaktadır.

Bu açıdan “Euclidean Norm” ile yapılan birleştirmelerde birleştirme derecesi büyük önem kazanmaktadır. Birleştirme derecesi için 3, 4, 5, 6, 7, 8 sayılarının kullanılması uygun ve yeterli olmaktadır. Daha yüksek birleştirme derecelerinde yakınsaklık miktarı çok arttığı için bu derecelerin kullanılması gereksizdir. Genellikle 3. derecede en yüksek değer elde edilmektedir. Fakat çok katlı ve negatif modal spektral kuvvetlerin önemli miktarda bulunduğu yapılarda 3. derece 4. derece' den daha düşük sonuç verebilmektedir. Bu durum tek dereceli kuvvetin negatif işaretli değerleri korumasından kaynaklanmaktadır. Bu durum birleştirmede hangi derecenin kullanılacağı açısından önemli ve dikkat edilmesi gereken bir ayrıntıdır.

“Euclidean Norm” ile elde edilen sonuçların zaman tanım alanında hesap ile elde edilen sonuçlara yukarıdan veya aşağından yakınlığının başarı seviyesi ise yine mevcut birleştirme yöntemleri elde edilen sonuçlara göre az katlı binalardan çok katlı binalara doğru artarak %2 ile %10 arasında değişmektedir.

Sonuç olarak “Euclidean Norm” hem sadece mevcut birleştirme yöntemleri ile karşılaştırıldığında hemde zaman tanım alanında hesap sonuçlarına yaklaşılmaması açısından mevcut birleştirme yöntemlerine göre %2 ile %10 mertebesinde daha başarılı sayılabilir.

“Euclidean Norm” birleştirme yönteminin başarılı olmasının yanında en önemli avantajlarından biri ise her mod için yapıdaki kuvvet ve yerdeğiştirmelerin hesaplanmasına gerek olmamasıdır. Çünkü yöntem gereği modal analiz sonucunda elde edilen modal spektral kuvvetler ilgili yöntem gereği birleştirilerek yapıya tek seferde etki ettirilmektedir. Böylelikle yapının elastik analizi sadece bir kez yapılarak spektral büyüklükler elde edilmektedir. Mevcut birleştirme yöntemlerinde ise yapının elastik analizi her mod için yapılarak, her mod için elde edilen kuvvetlerin ilgili yöntemle birleştirilmesi gerekmektedir. Bu durum yüksek işlem hacmi oluşturmaktadır. Çok sayıda moda sahip yapılarda, korelasyonu dikkate alan mod birleştirme yöntemleri kullanıldığında korelasyon katsayılarının hesaplanması işlem hacmini artıran başka bir önemli ayrıntı olmaktadır. Bu sebeplerle “Euclidean Norm” un uygulama açısından da kolay bir yöntem olduğu söylenebilir.

Sonuçta “Euclidean Norm” birleştirme yöntemi yapısal analiz programlarında mevcut mod birleştirme yöntemlerine alternatif olarak kullanılabilecek başarılı bir yöntem olarak sayılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Celep, Z., Kumbasar N.,** *Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı (üçüncü baskı).* İstanbul: Beta Dağıtım, 2004.
- [2] **Özmen, G.** (2008). *Mod Birleştirme Yöntemi Sonuçlarının Eşdeğer Deprem Yüklerine Dönüştürülmesi.* İMO Teknik Dergi, 19(4), 4509-4520.
- [3] **Grant M., DeRue** (Ağustos 1998). *Nonlinear Static Procedure Analysis of 3D Structures for Design Applications.* Master Tezi. University of NewYork, Buffalo.
- [4] **Erdik, M., Yüzügüllü Ö.,** *T.C. İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı.* (Mart, 1980). Deprem Mühendisliğine Açısından Yapı Dinamiğine Giriş. Ankara.
- [5] **DBYBHY,** (2007). *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik,* Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, İstanbul.
- [6] **Nukala, P.K.,** Haziran, (1999). *Implementation of Modal combination Rules for Response Spectrum Analysis Using GEMINI,* Lawrence Livermore National Laboratory Informal Report, **UCRL-ID-134511,** U.S. Department of Energy.
- [7] **Wilson, Ed.,** *Dynamic Analysis By Numerical Integration: Normally, For Earthquake Loading Direct Numerical Integration Is Very Slow,* < <http://www.csiberkeley.com/support/technical-paper> >, Computers & Structures, Inc., Berkeley, California, USA,
- [8] **PEER,** < <http://peer.berkeley.edu/smcats/> >, 18.04.2011.
- [9] **PEER,** Beta Versiyon, (Ekim, 2010) *Technical Report for the PEER Ground Motion Database Web Application.*
- [10] **PEER,** Beta Versiyon, (Ekim, 2010) *User Manual for the PEER Ground Motion Database Web Application.*
- [11] **Alamilla, J.L., Esteve, L.** (2006). *Seismic Reliability Functions for Multistory Frame and Wall-Frame Systems.* Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 35, 1899-1924.
- [12] **SAP2000,** V14.1, Computers & Structures, Inc., Berkeley, California, USA, 1995.
- [13] **MATLAB,** V7.8.0.347 (R2009a), The Math-Works, Inc., Massachusetts USA, 2009.
- [14] **PERFORM-3D,** V4.0.3 Educational, Computers & Structures, Inc., Berkeley, California, USA, 1995.
- [15] **TS500,** (2000). *Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları,* Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

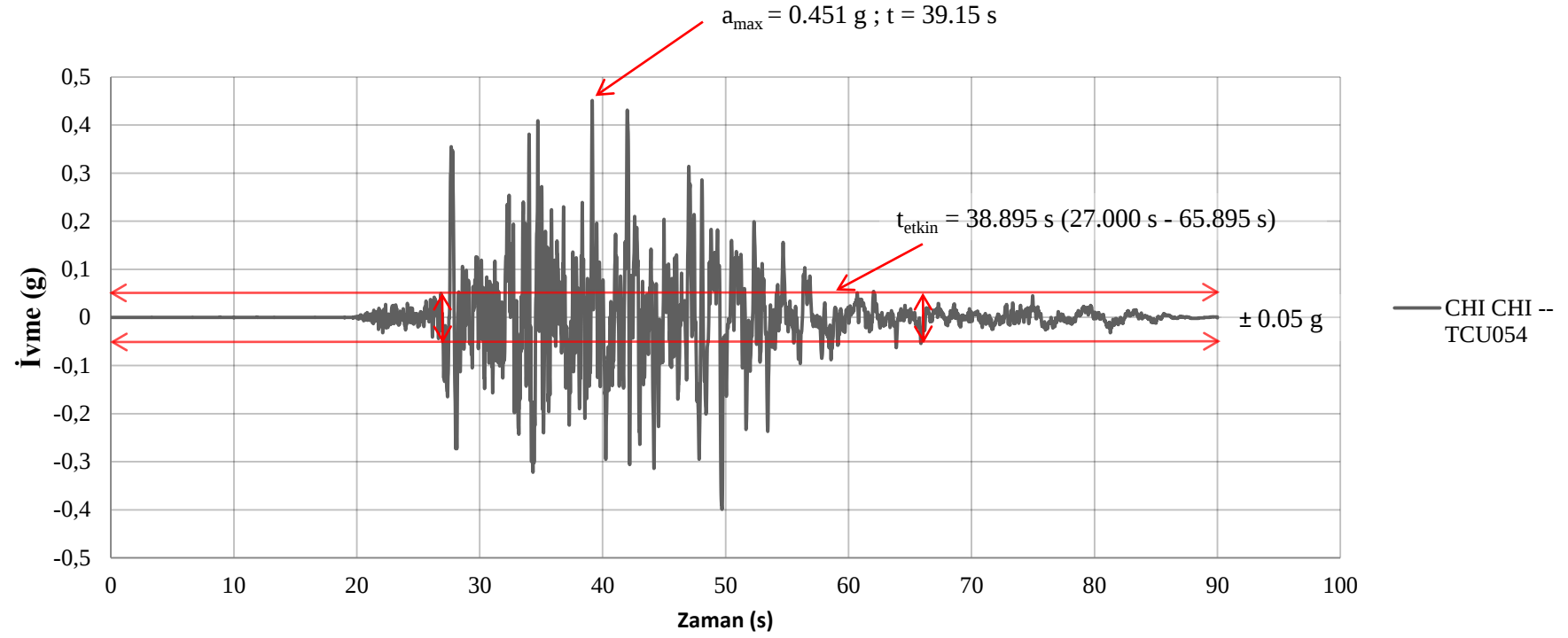
EKLER

Ek A : Deprem İvme Kayıtları, Bina Geometrileri ve Bina Matematik Modelleri

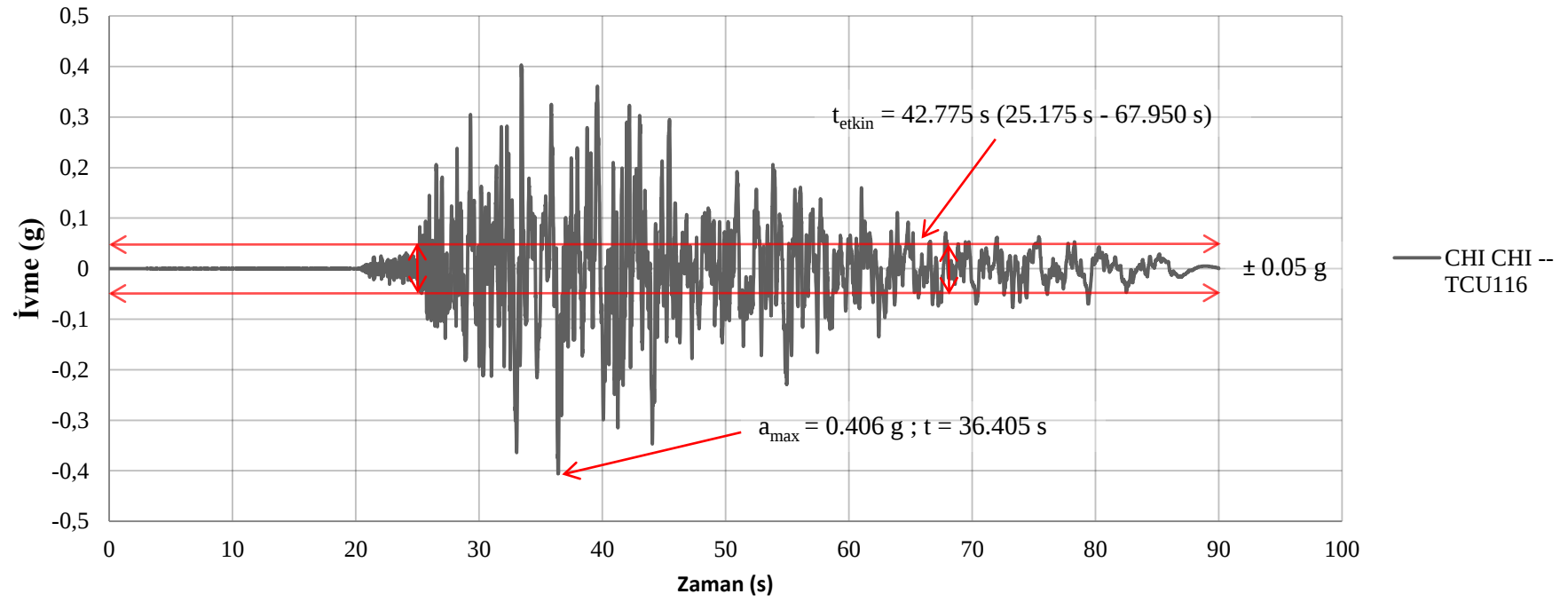
Ek B : Modal Analiz Sonuçları

Ek C : Birleştirme Tekniklerinin Karşılaştırma Sonuçları

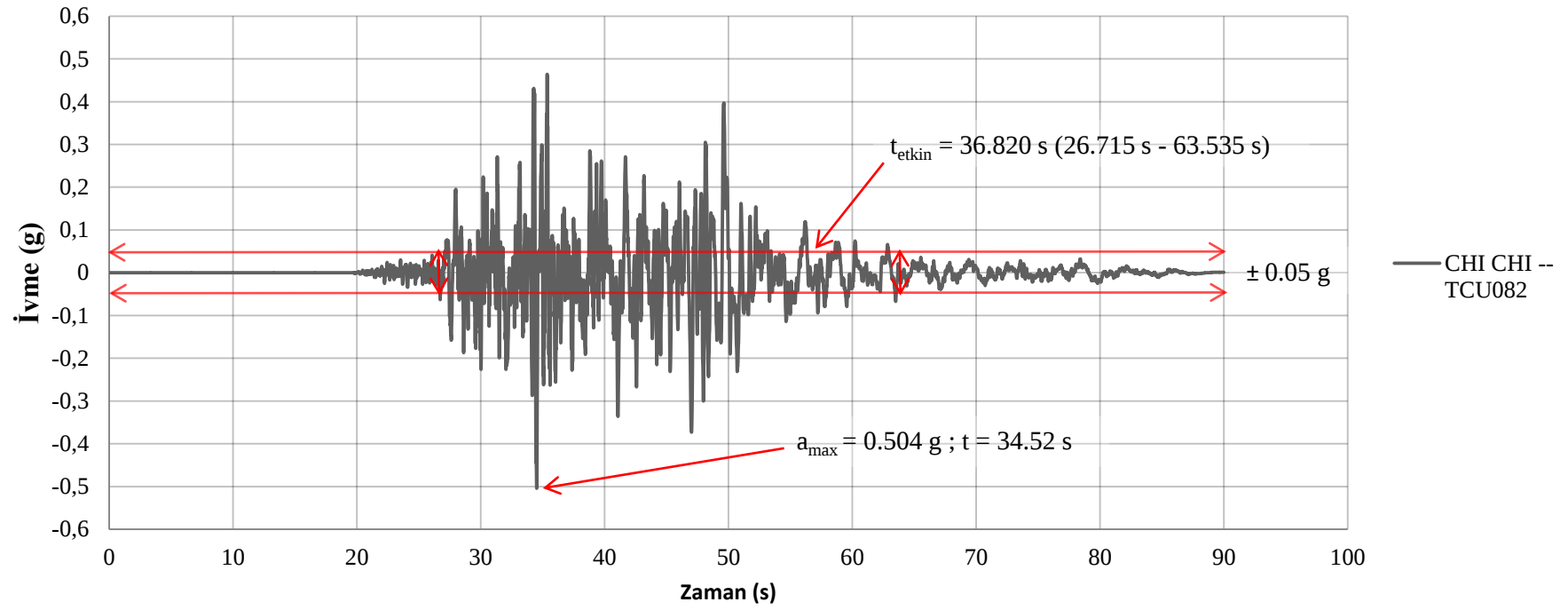
EK A



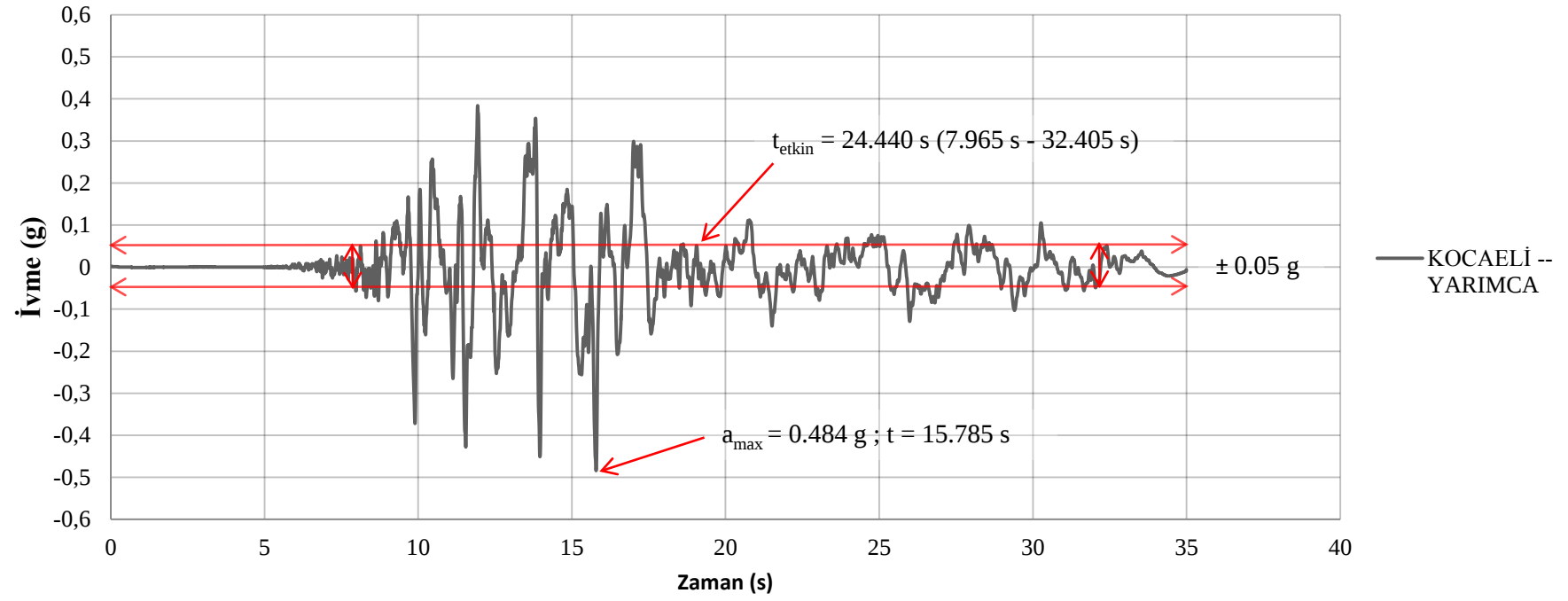
Şekil A.1 : CHI CHI -- TCU054 depremi ivme kaydı.



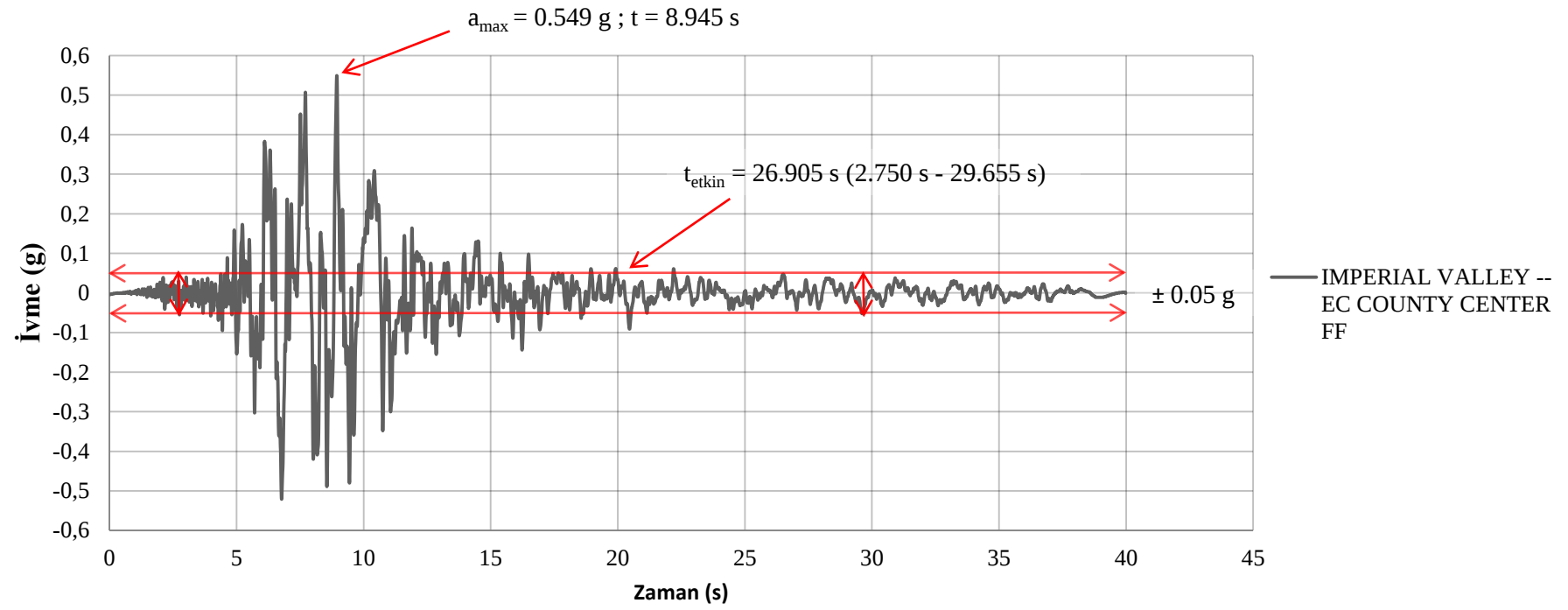
Şekil A.2 : CHI CHI -- TCU116 depremi ivme kaydı.



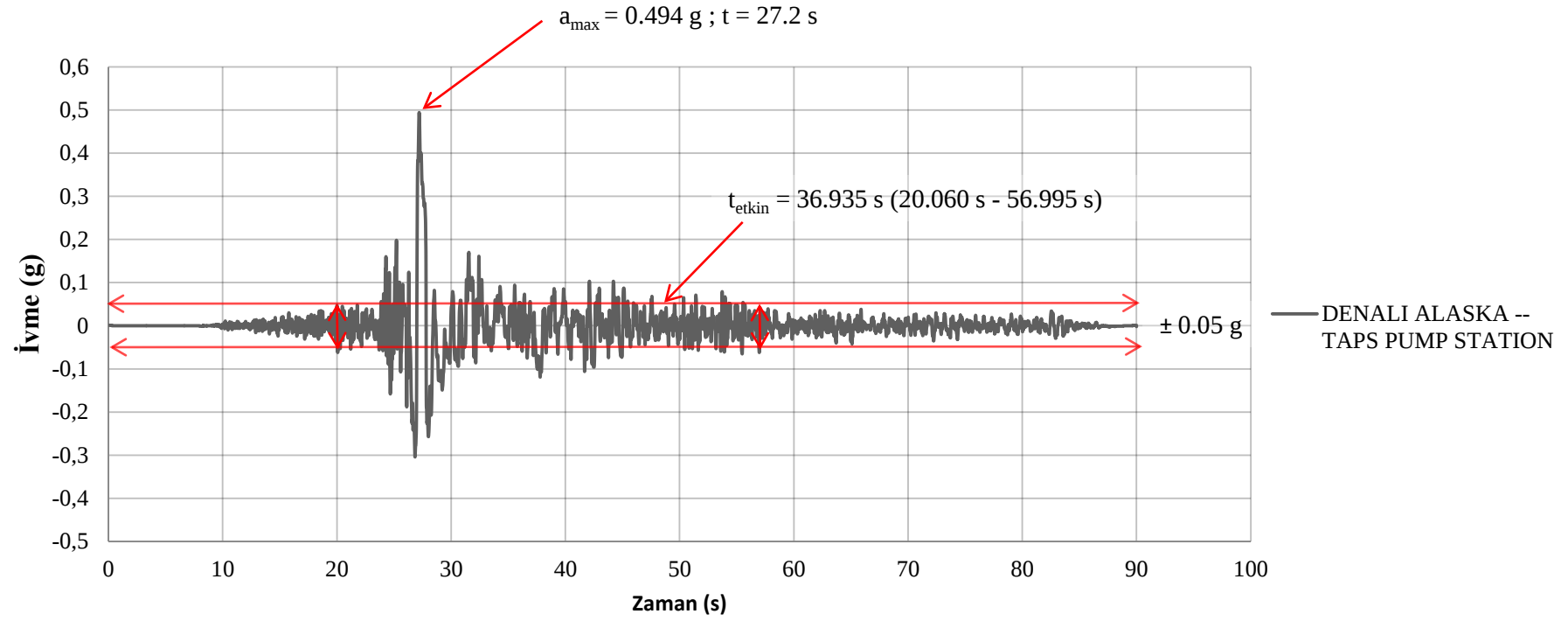
Şekil A.3 : CHI CHI -- TCU082 depremi ivme kaydı.



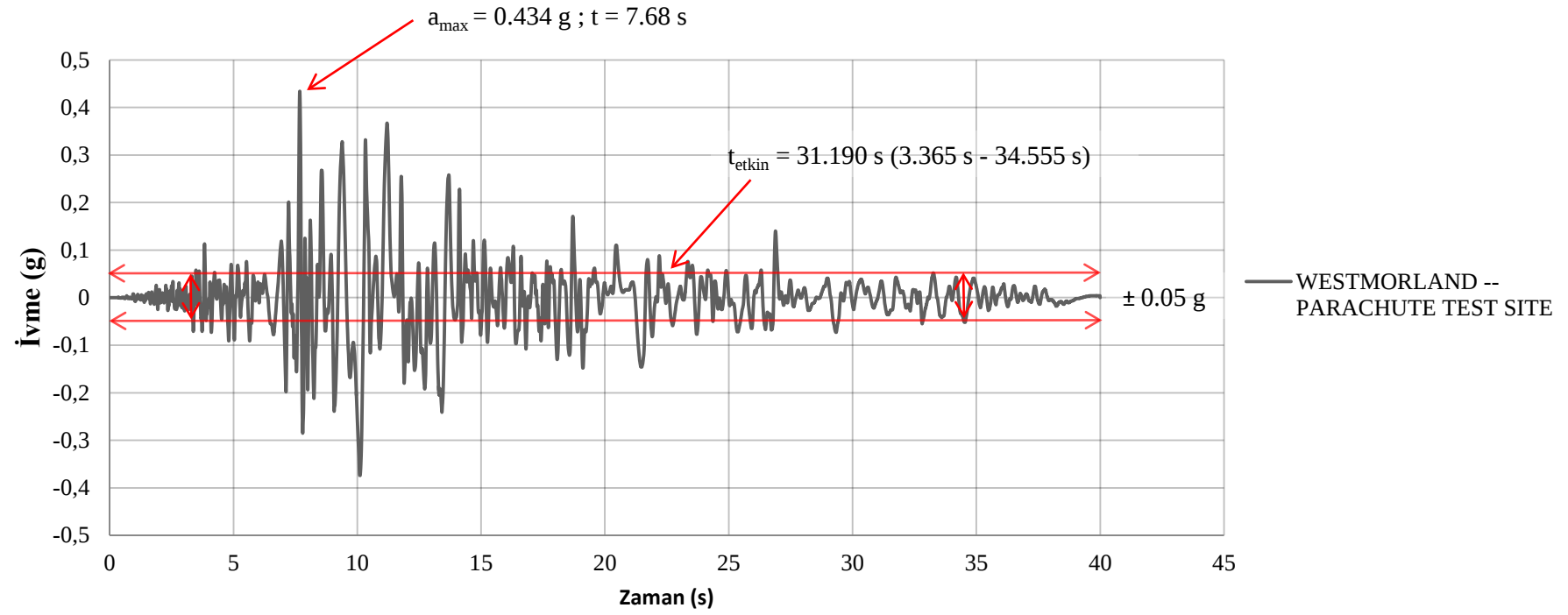
Şekil A.4 : KOCAELİ -- YARIMCA depremi ivme kaydı.



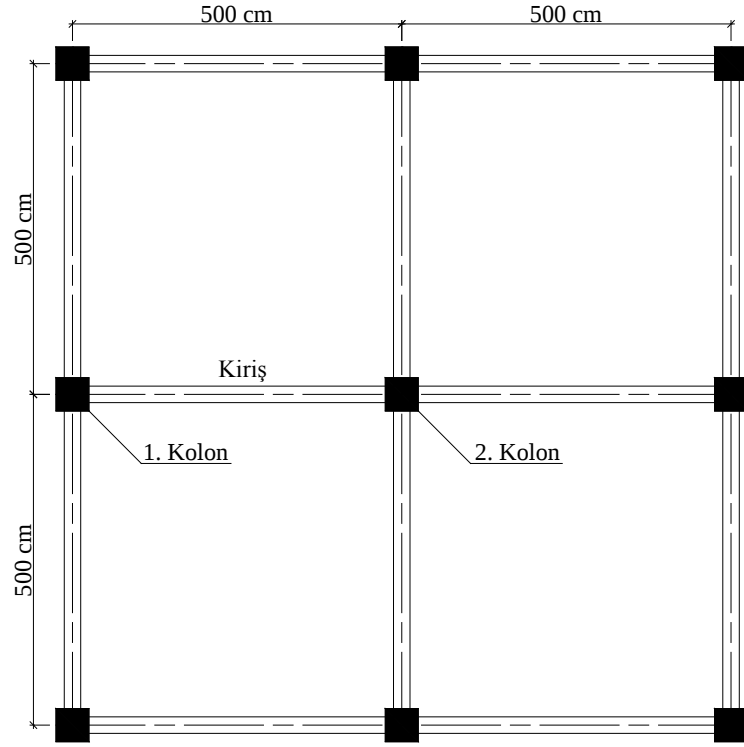
Şekil A.5 : IMPERIAL VALLEY -- EC COUNTY CENTER FF depremi ivme kaydı.



Şekil A.6 : DENALI ALASKA -- TAPS PUMP STATION depremi ivme kaydı.



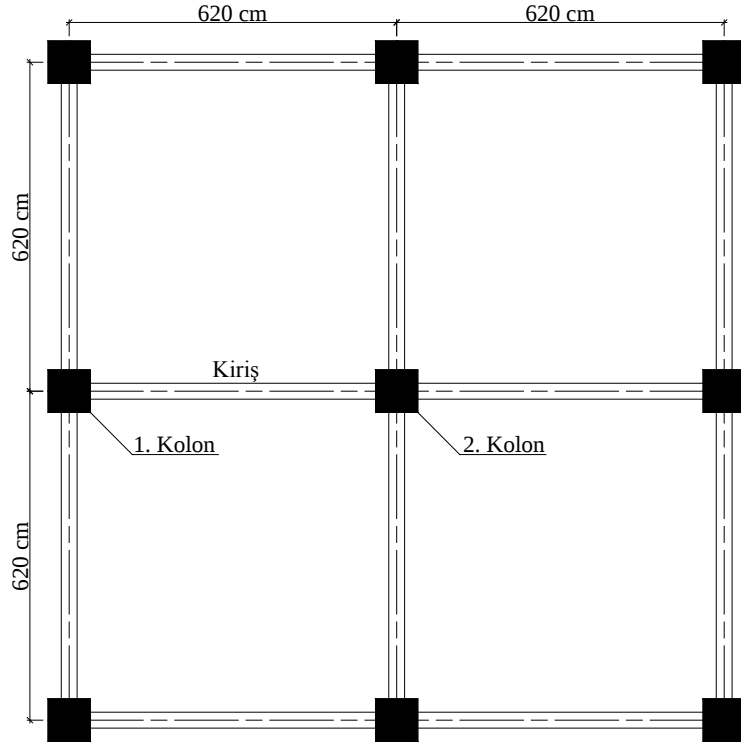
Şekil A.7 : WESTMORLAND -- PARACHUTE TEST SITE depremi ivme kaydı.



Şekil A.8 : F5 plan görüntüsü.

Çizelge A.1 : F5 boyutları.

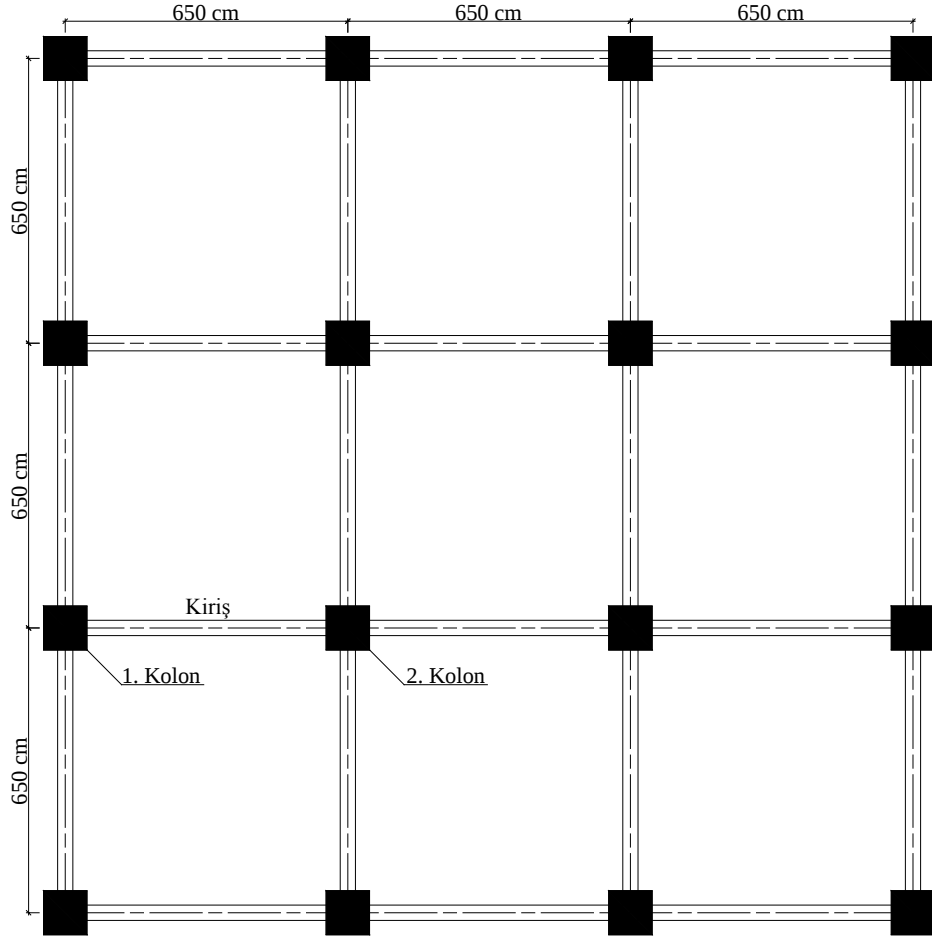
Kat Numarası	Kiriş Boyutu (cm)	Kolon Boyutu (cm)	Kat Yüksekliği (cm)	Döşeme Kalınlığı (cm)
1	25x50	50x50	350	13
2	25x50	50x50	280	13
3	25x50	50x50	280	13
4	25x50	40x40	280	13
5	25x40	40x40	280	13



Şekil A.9 : F10 plan görüntüsü.

Çizelge A.2 : F10 boyutları.

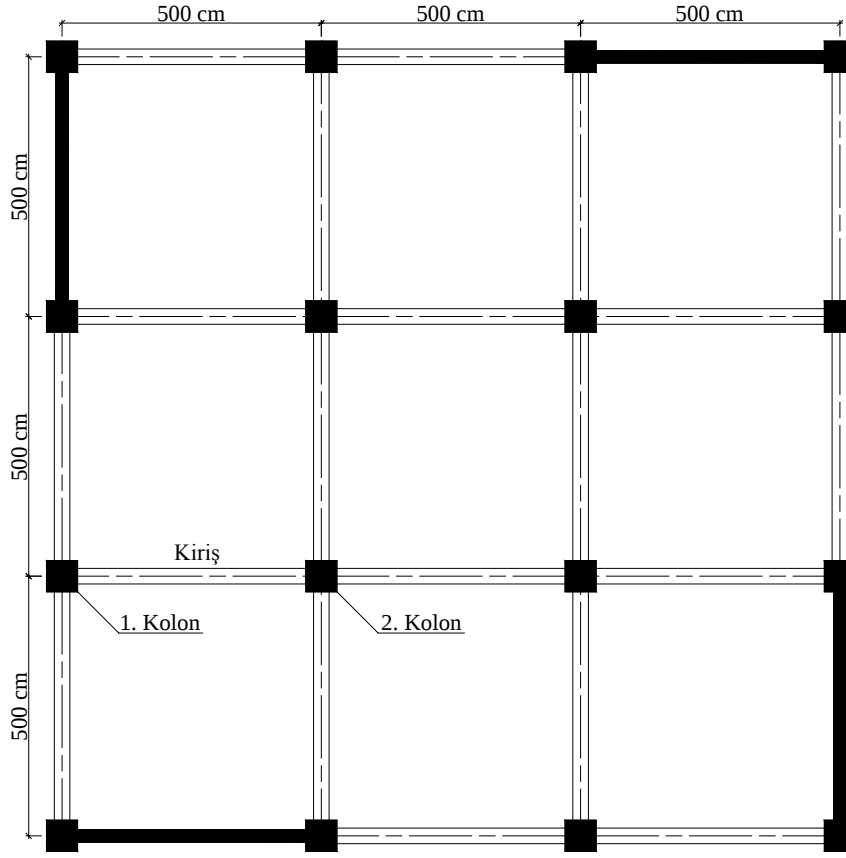
Kat Numarası	Kiriş Boyutu (cm)	Kolon Boyutu (cm)	Kat Yüksekliği (cm)	Döşeme Kalınlığı (cm)
1	30x65	80x80	400	15
2	30x65	80x80	300	15
3	30x65	80x80	300	15
4	30x65	80x80	300	15
5	30x65	65x65	300	15
6	30x60	65x65	300	15
7	30x60	65x65	300	15
8	30x60	50x50	300	15
9	25x50	50x50	300	15
10	25x50	50x50	300	15



Şekil A.10 : F15 plan görüntüsü.

Çizelge A.3 : F15 boyutları.

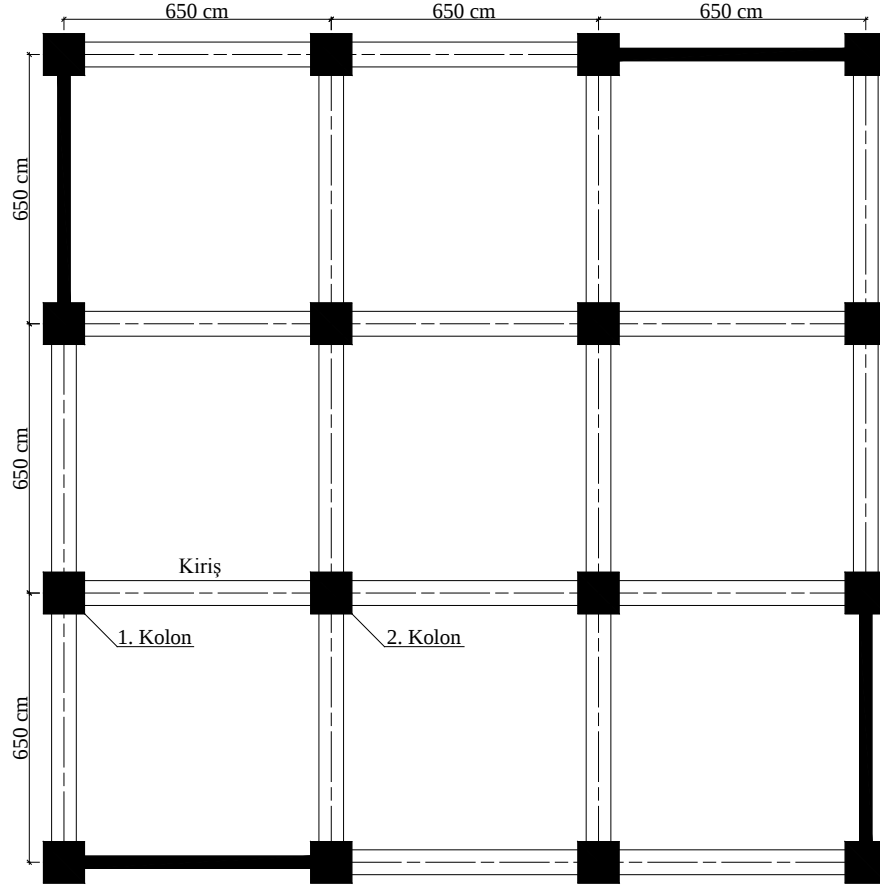
Kat Numarası	Kiriş Boyutu (cm)	Kolon Boyutu (cm)	Kat Yüksekliği (cm)	Döşeme Kalınlığı (cm)
1	35x75	100x100	400	15
2	35x75	100x100	320	15
3	35x75	100x100	320	15
4	35x75	100x100	320	15
5	35x70	90x90	320	15
6	35x70	90x90	320	15
7	35x70	90x90	320	15
8	35x70	90x90	320	15
9	35x70	80x80	320	15
10	30x60	80x80	320	15
11	30x60	80x80	320	15
12	30x60	80x80	320	15
13	30x60	60x60	320	15
14	25x50	60x60	320	15
15	25x50	60x60	320	15



Şekil A.11 : W10 plan görüntüsü.

Çizelge A.4 : W10 boyutları.

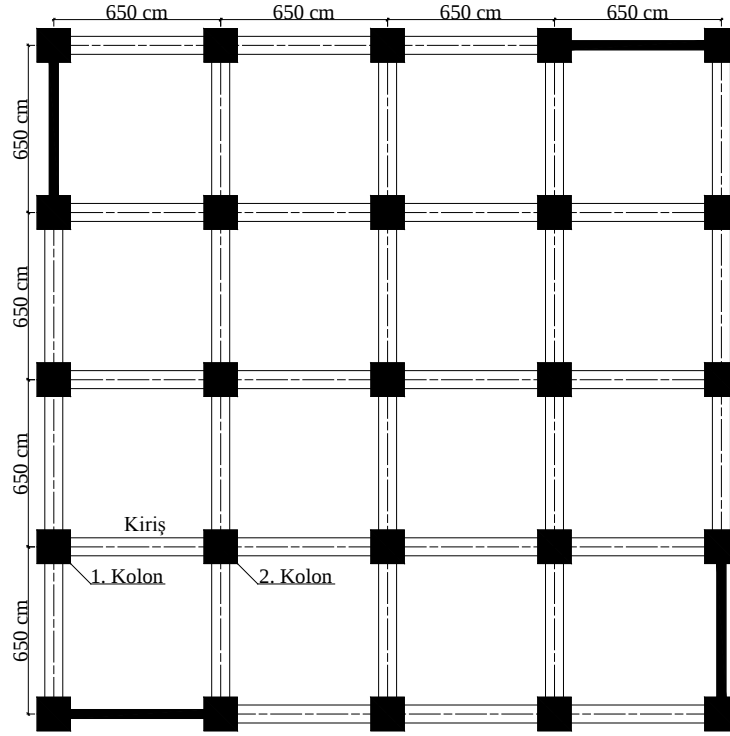
Kat Numarası	Kiriş Boyutu (cm)	Kolon Boyutu (cm)	Perde Kalınlığı (cm)	Kat Yüksekliği (cm)	Döşeme Kalınlığı (cm)
1	30x55	60x60	24	400	13
2	30x55	60x60	24	300	13
3	30x55	60x60	24	300	13
4	25x50	50x50	20	300	13
5	25x50	50x50	20	300	13
6	25x50	50x50	20	300	13
7	25x35	40x40	18	300	13
8	25x35	40x40	18	300	13
9	25x35	40x40	18	300	13
10	25x35	40x40	18	300	13



Şekil A.12 : W15 plan görüntüsü.

Çizelge A.5 : W15 boyutları.

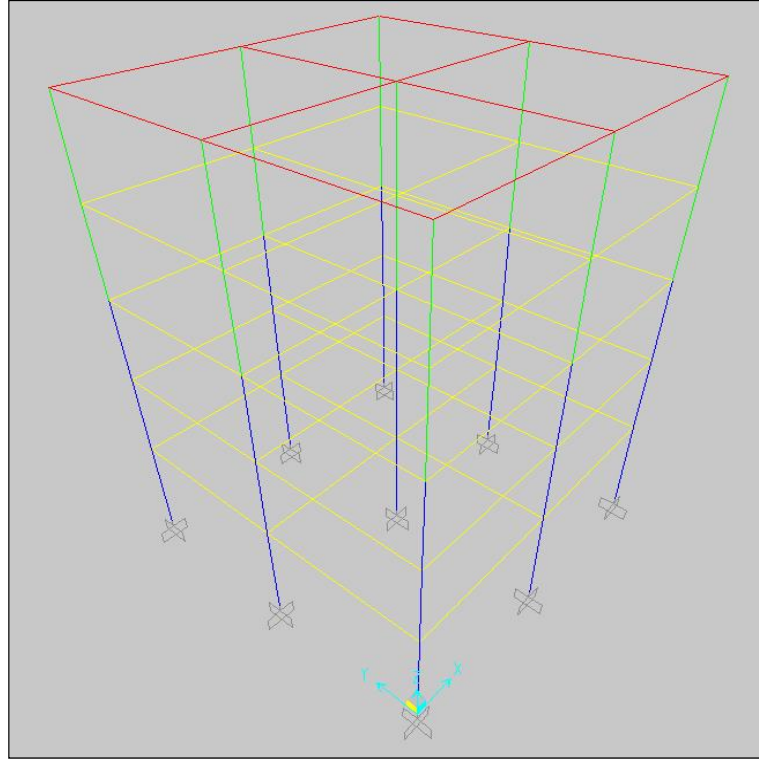
Kat Numarası	Kiriş Boyutu (cm)	Kolon Boyutu (cm)	Perde Kalınlığı (cm)	Kat Yüksekliği (cm)	Döşeme Kalınlığı (cm)
1	60x90	100x100	30	400	15
2	60x90	100x100	30	320	15
3	60x90	100x100	30	320	15
4	60x90	100x100	30	320	15
5	60x90	100x100	30	320	15
6	55x80	80x80	26	320	15
7	55x80	80x80	26	320	15
8	55x80	80x80	26	320	15
9	55x80	80x80	26	320	15
10	40x60	70x70	22	320	15
11	40x60	70x70	22	320	15
12	40x60	70x70	22	320	15
13	40x60	70x70	22	320	15
14	40x60	70x70	22	320	15
15	40x60	70x70	22	320	15



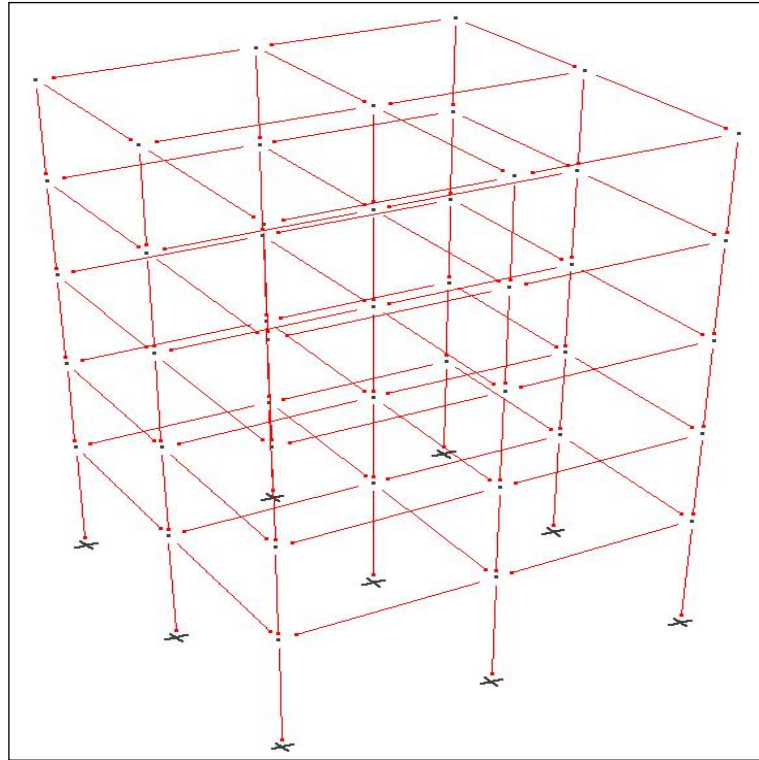
Şekil A.13 : W20 plan görüntüsü.

Çizelge A.6 : W20 boyutları.

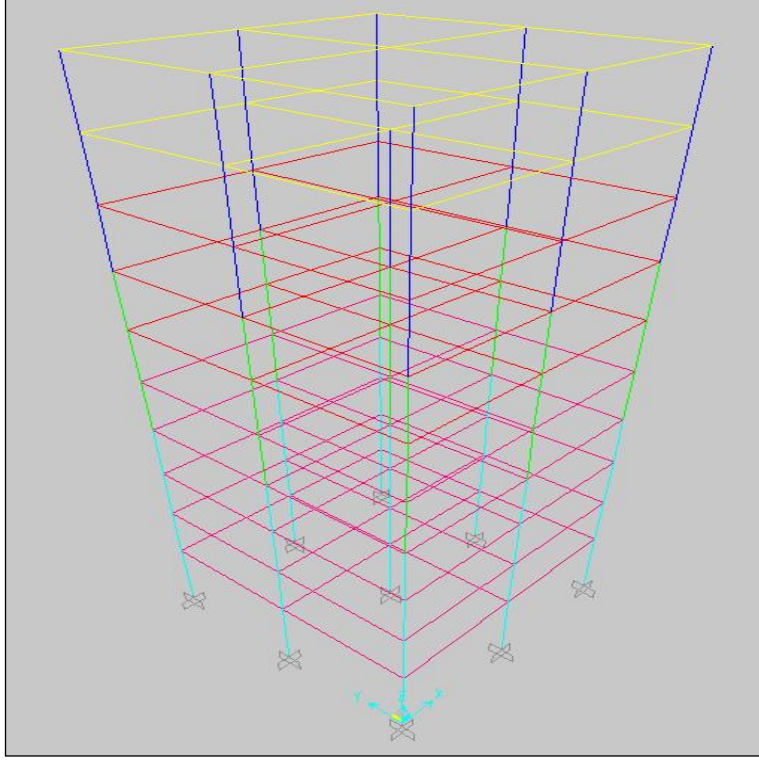
Kat Numarası	Kiriş Boyutu (cm)	Kolon Boyutu (cm)	Perde Kalınlığı (cm)	Kat Yüksekliği (cm)	Döşeme Kalınlığı (cm)
1	70x125	130x130	35	400	15
2	70x125	130x130	35	320	15
3	70x125	130x130	35	320	15
4	70x125	130x130	35	320	15
5	70x125	130x130	35	320	15
6	70x110	110x110	30	320	15
7	70x110	110x110	30	320	15
8	70x110	110x110	30	320	15
9	70x110	110x110	30	320	15
10	70x110	110x110	30	320	15
11	60x90	90x90	25	320	15
12	60x90	90x90	25	320	15
13	60x90	90x90	25	320	15
14	60x90	90x90	25	320	15
15	60x90	90x90	25	320	15
16	35x70	70x70	20	320	15
17	35x70	70x70	20	320	15
18	35x70	70x70	20	320	15
19	35x70	70x70	20	320	15
20	35x70	70x70	20	320	15



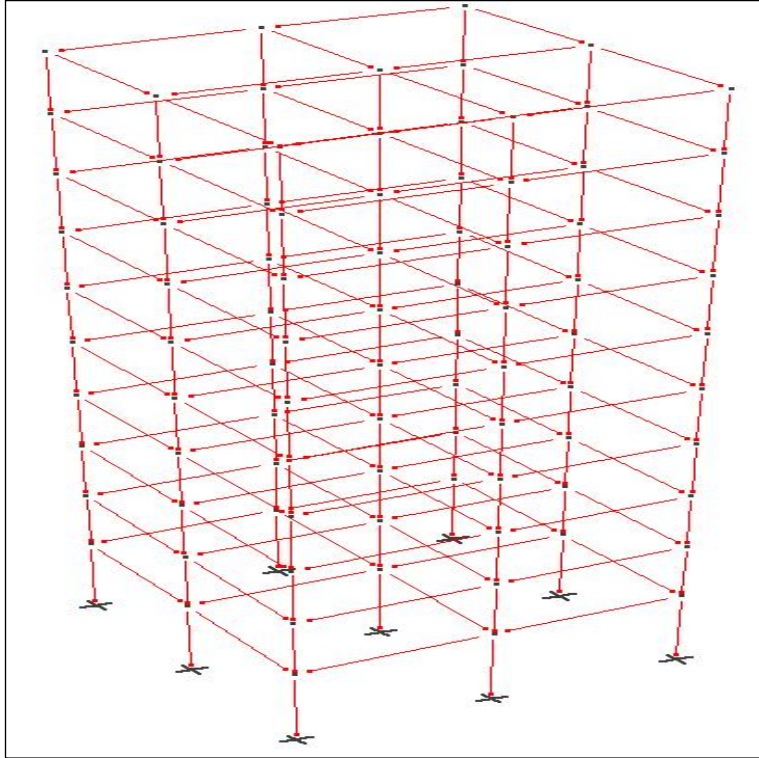
Şekil A.14 : F5 SAP2000 modeli.



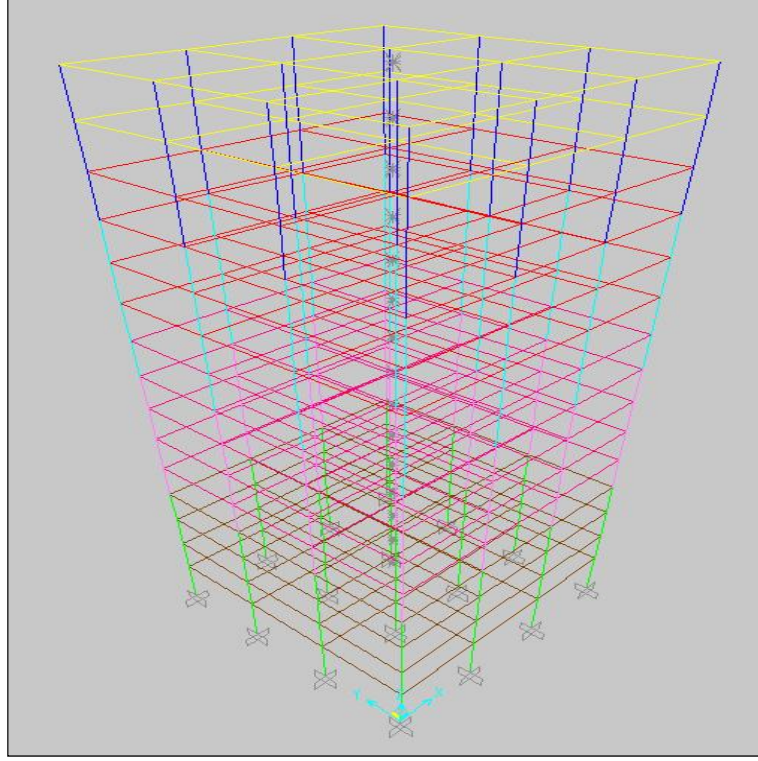
Şekil A.15 : F5 PERFORM3D modeli.



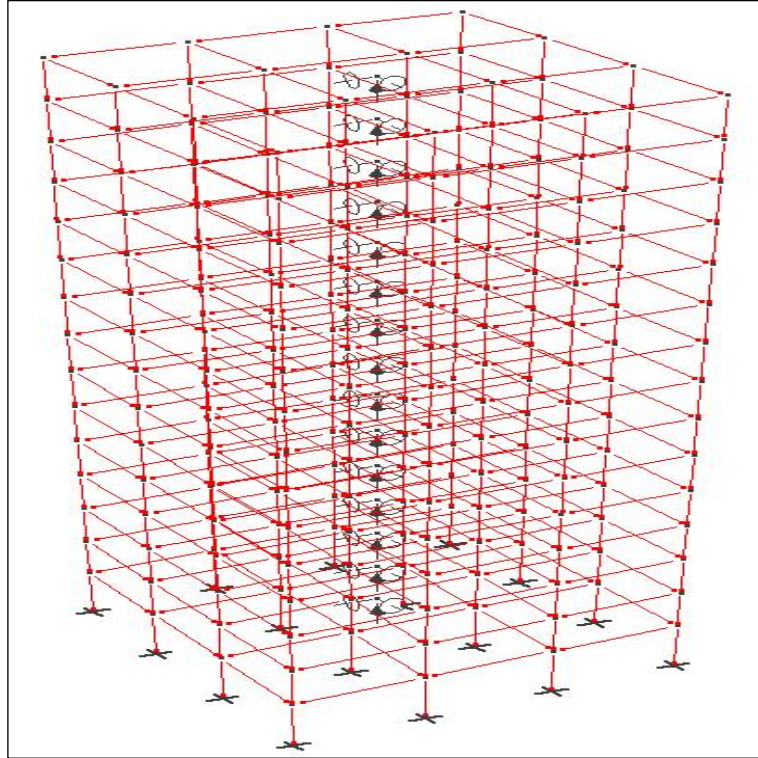
Şekil A.16 : F10 SAP2000 modeli.



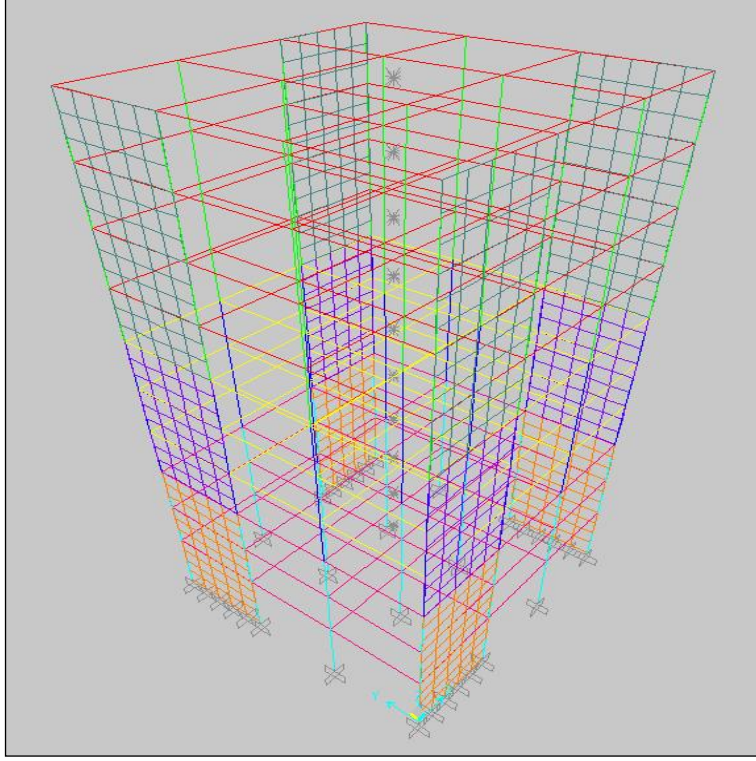
Şekil A.17 : F10 PERFORM3D modeli.



Şekil A.18 : F15 SAP2000 modeli.



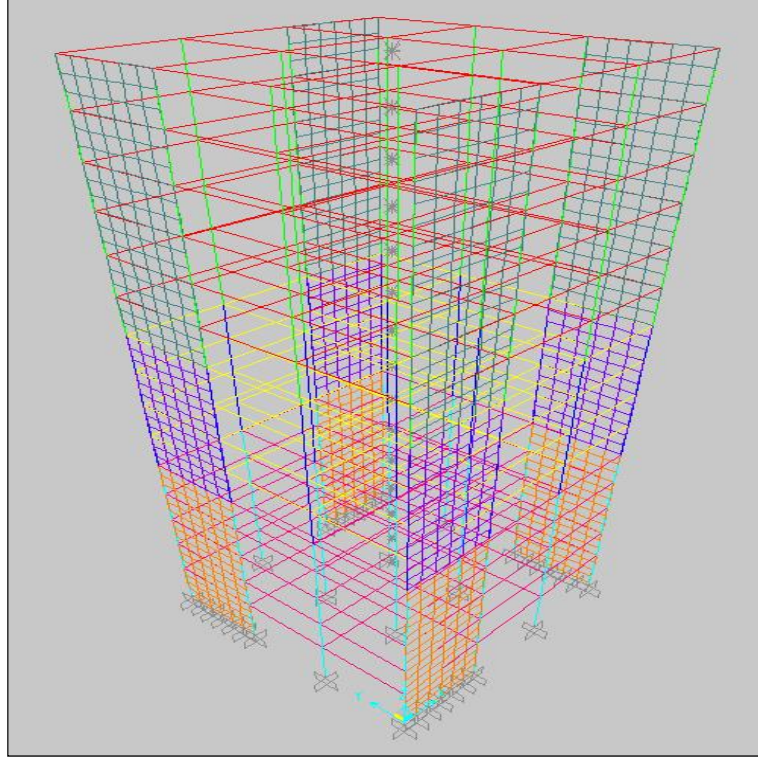
Şekil A.19 : F15 PERFORM3D modeli.



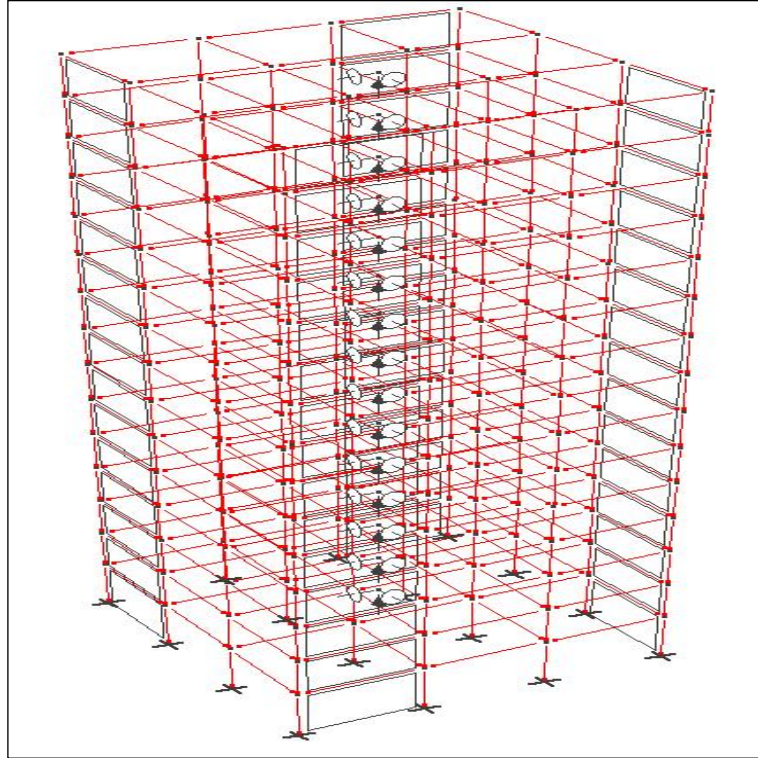
Şekil A.20 : W10 SAP2000 modeli.



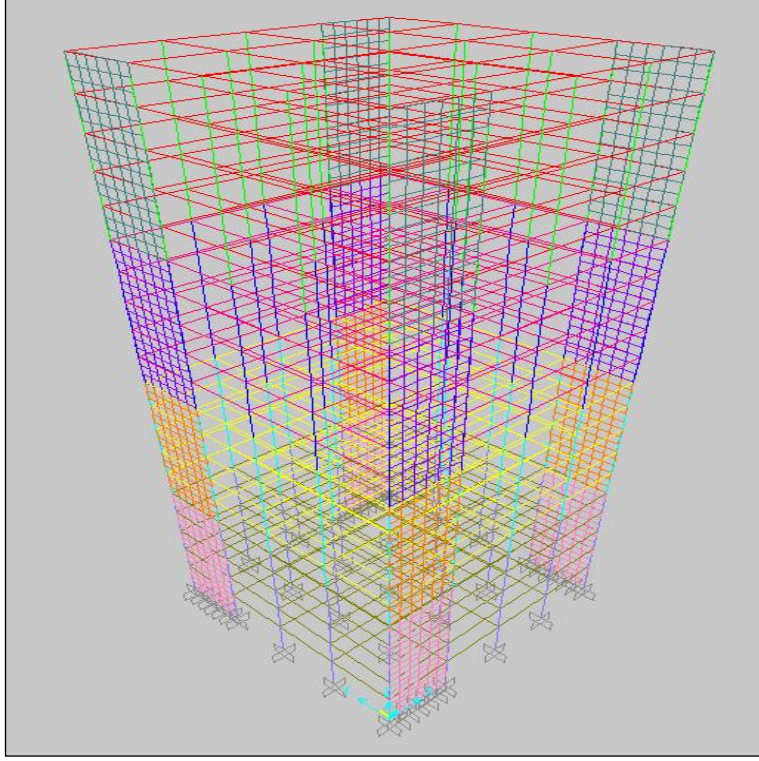
Şekil A.21 : W10 PERFORM3D modeli.



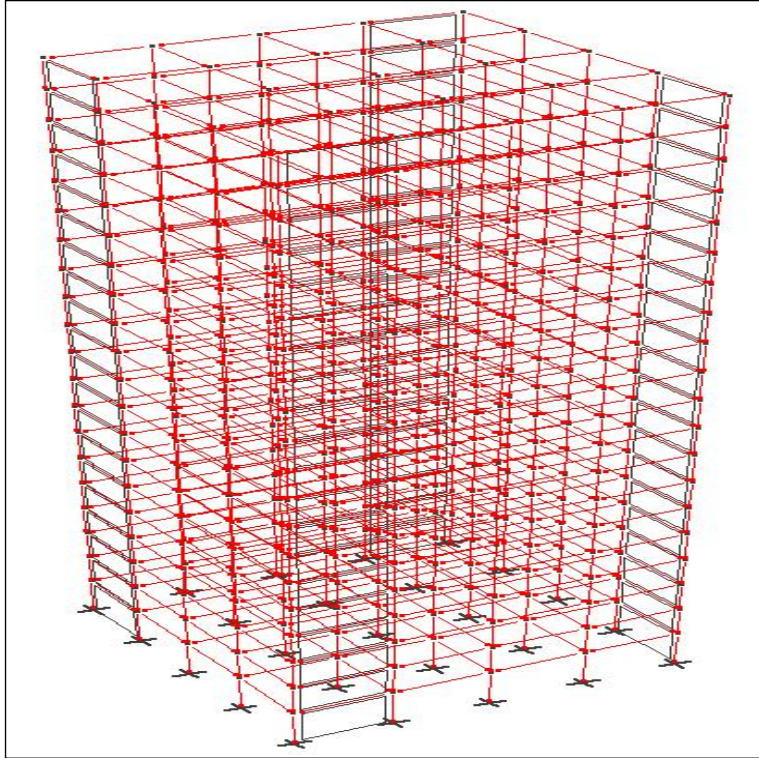
Şekil A.22 : W15 SAP2000 modeli.



Şekil A.23 : W15 PERFORM3D modeli.

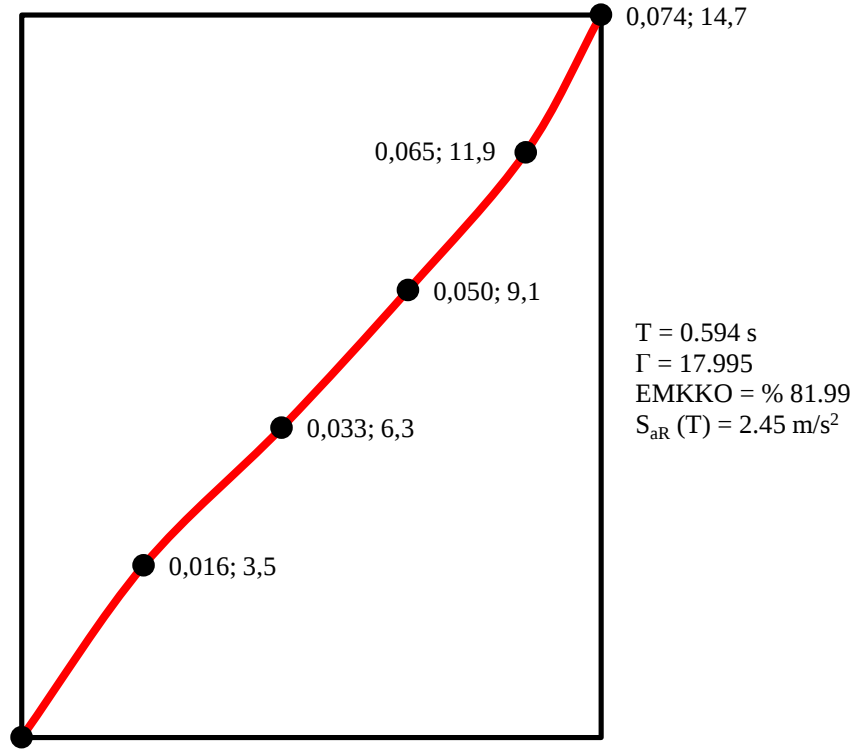


Şekil A.24 : W20 SAP2000 modeli.

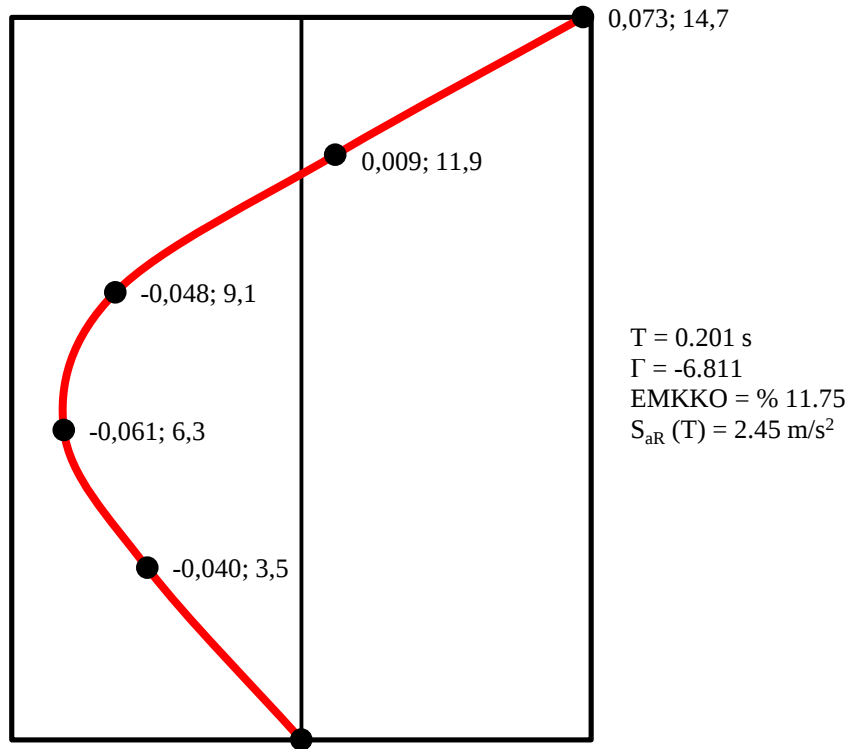


Şekil A.25 : W20 PERFORM3D modeli.

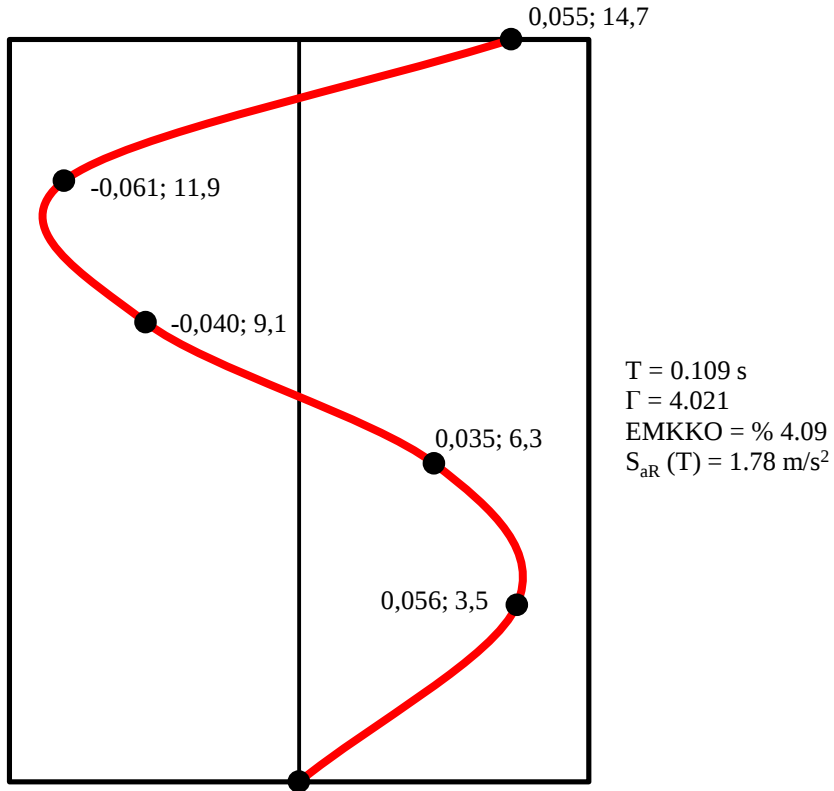
EK B



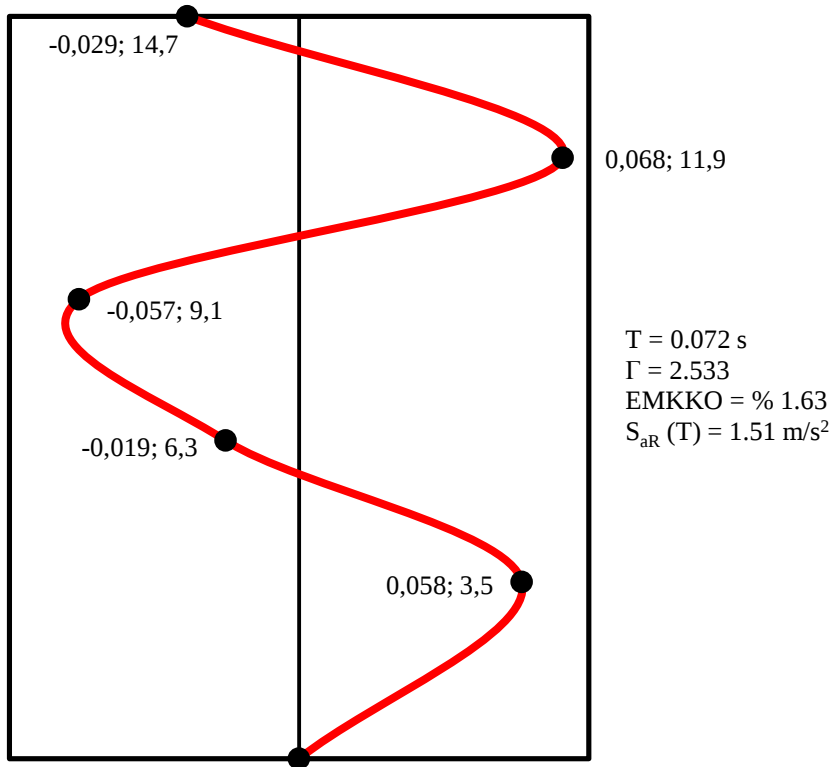
Şekil B.1 : F5 -- 1. mod şekli.



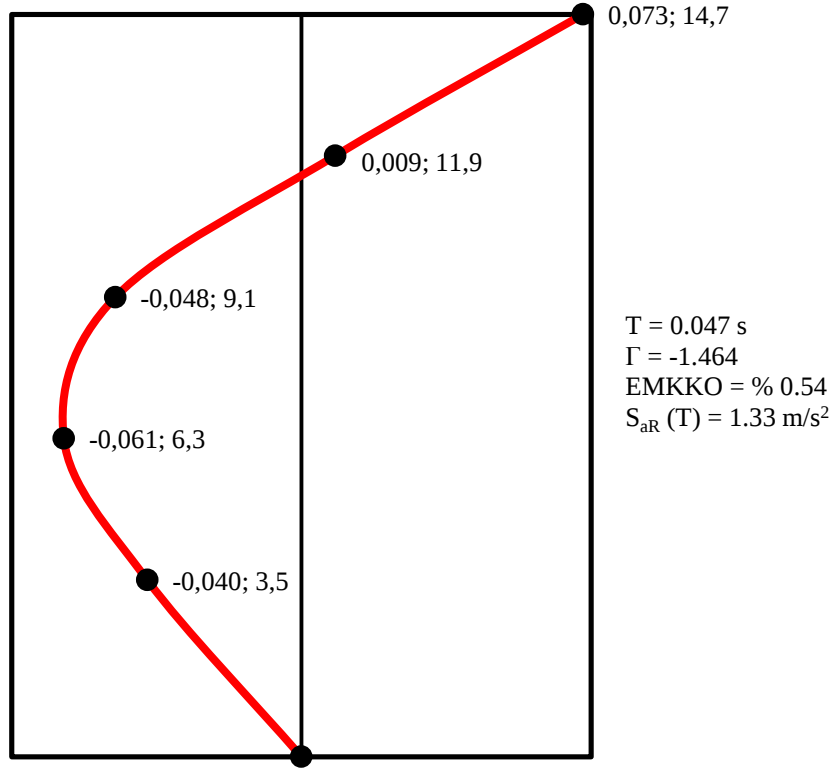
Şekil B.2 : F5 -- 2. mod şekli.



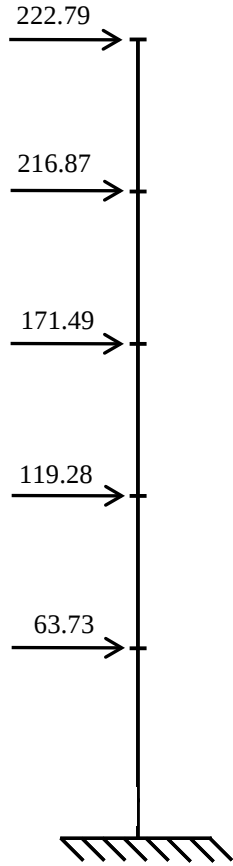
Şekil B.3 : F5 -- 3. mod şekli.



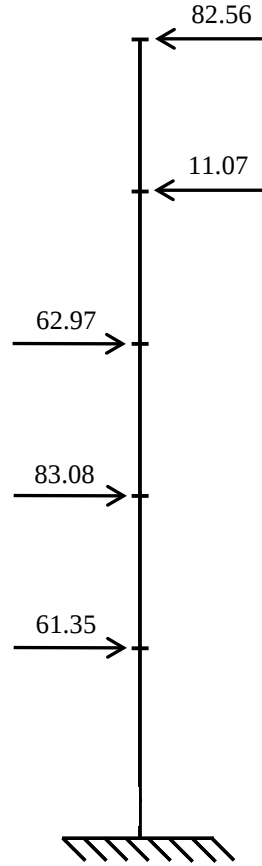
Şekil B.4 : F5 -- 4. mod şekli.



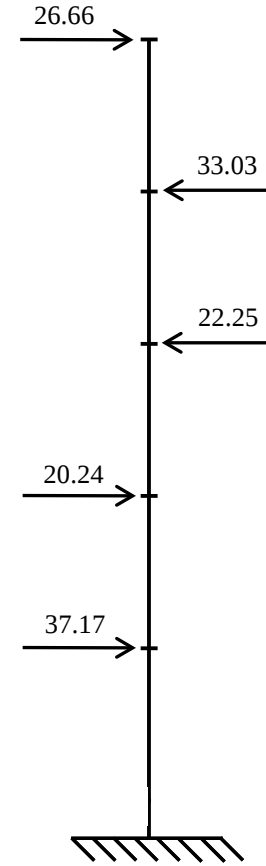
Şekil B.5 : F5 -- 5 mod şekli.



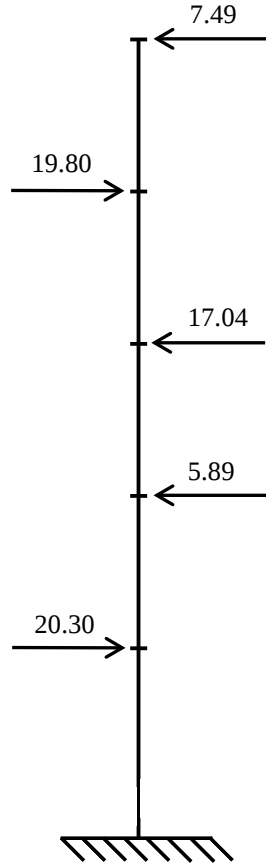
Şekil B.6 : F5 -- 1. modal kuvvetler.



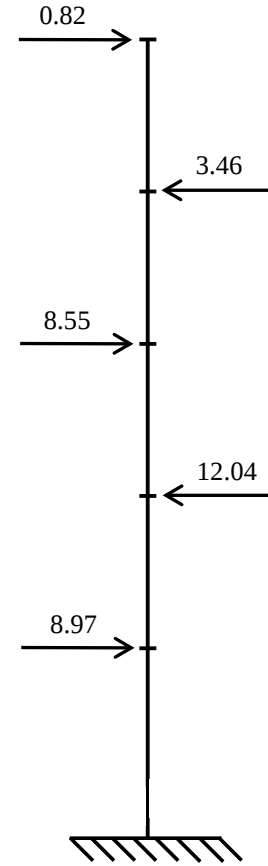
Şekil B.7 : F5 -- 2. modal kuvvetler.



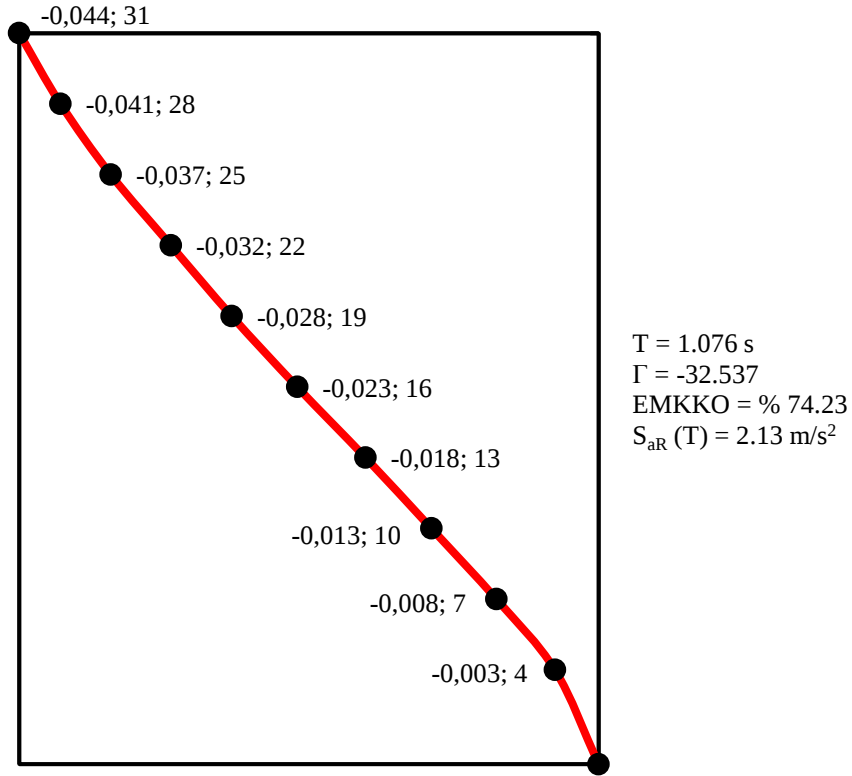
Şekil B.8 : F5 -- 3. modal kuvvetler.



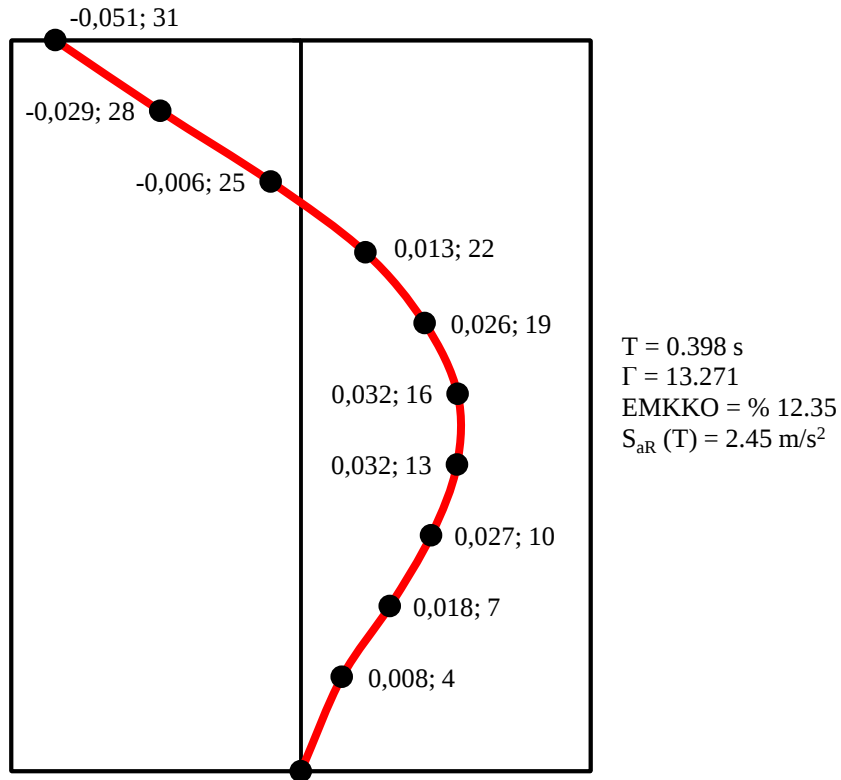
Şekil B.9 : F5 -- 4. modal kuvvetler.



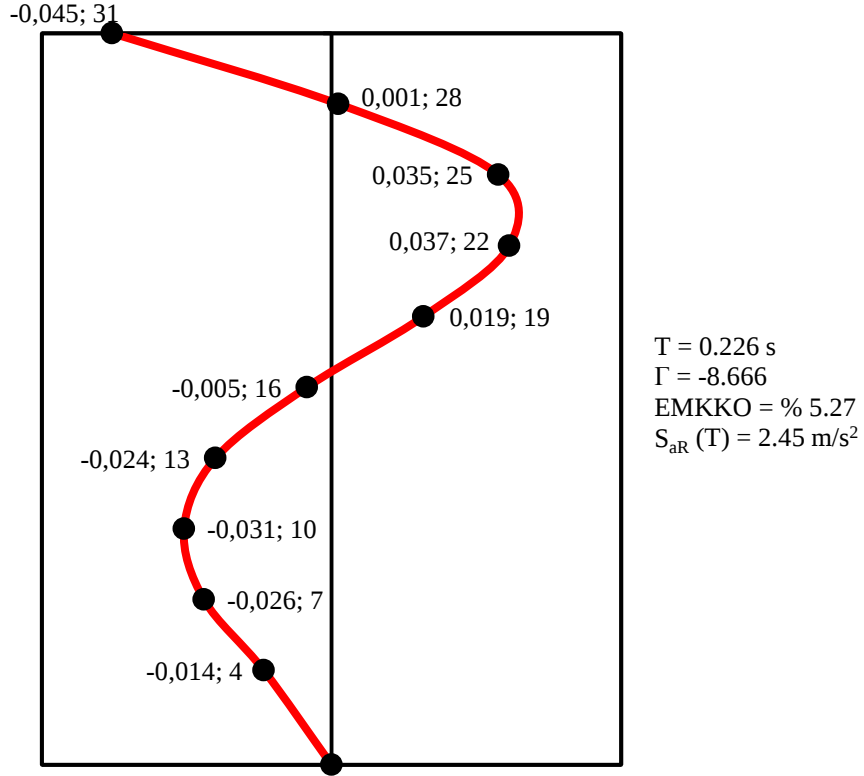
Şekil B.10 : F5 -- 5. modal kuvvetler



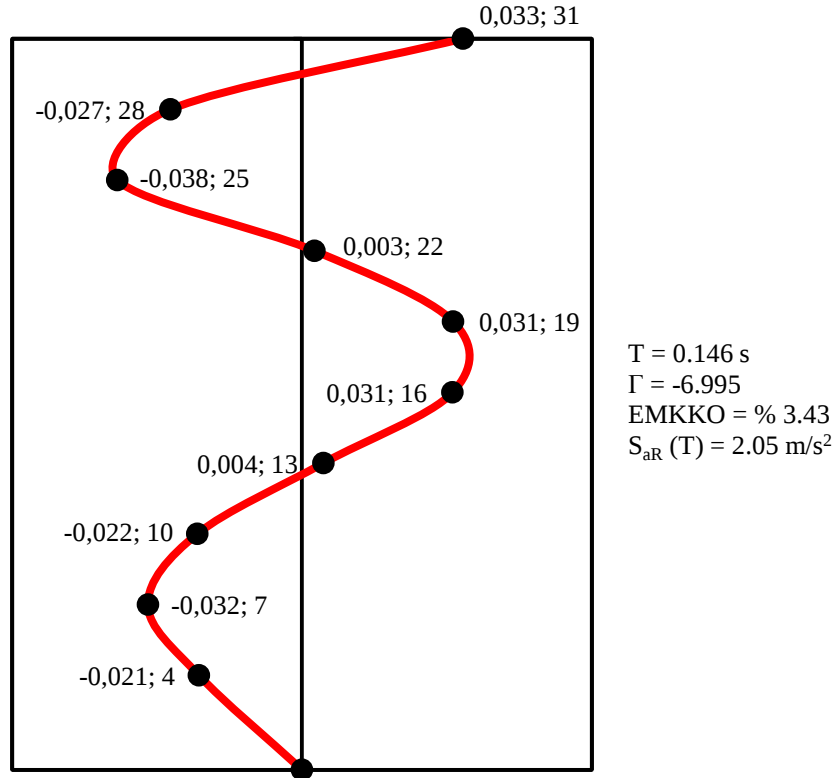
Şekil B.11 : F10 -- 1. mod şekli.



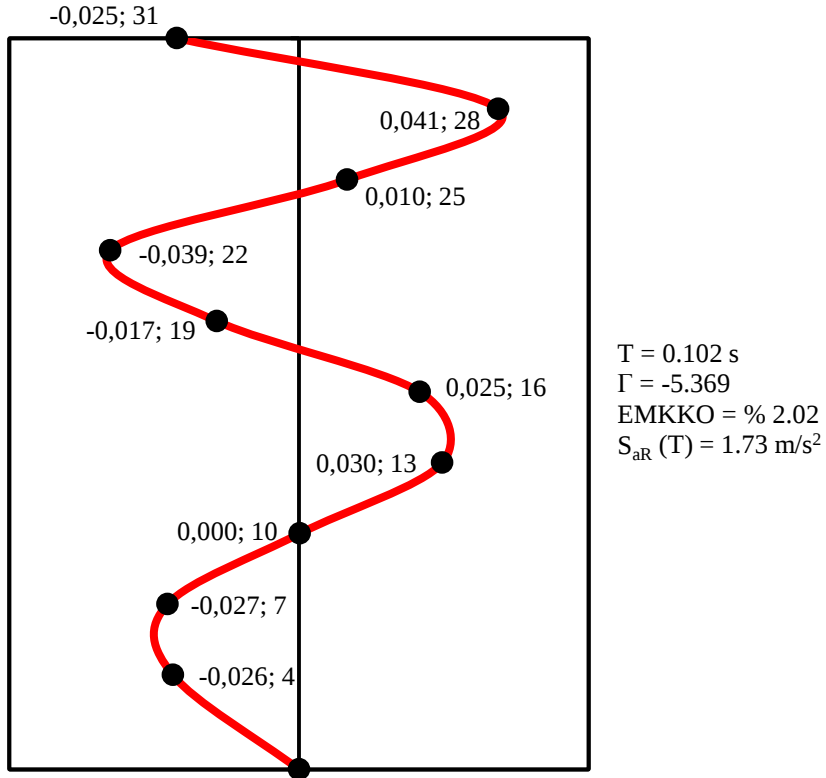
Şekil B.12 : F10 -- 2. mod şekli.



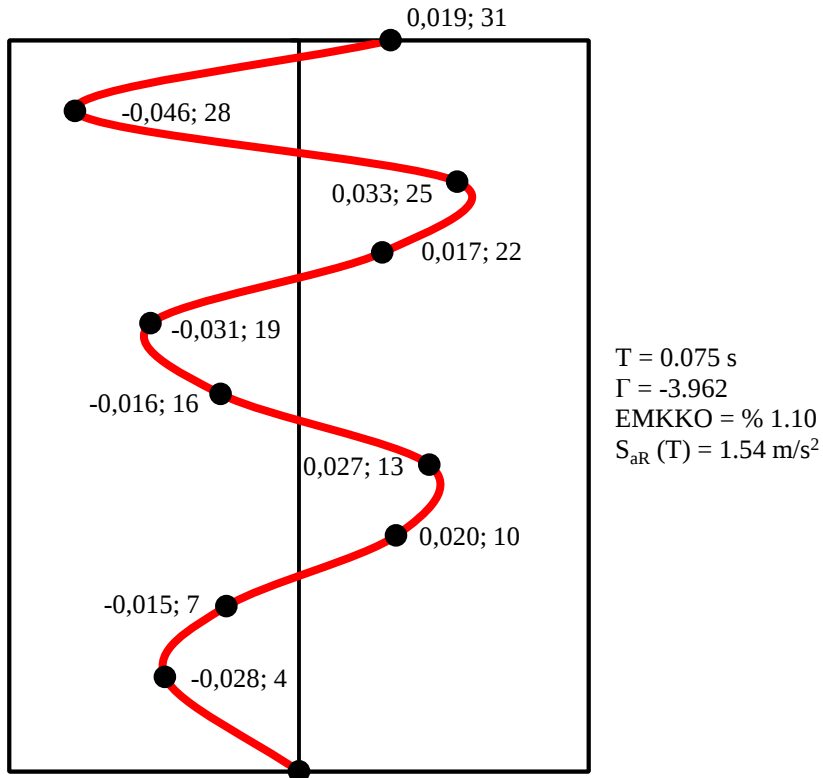
Şekil B.13 : F10 -- 3. mod şekli.



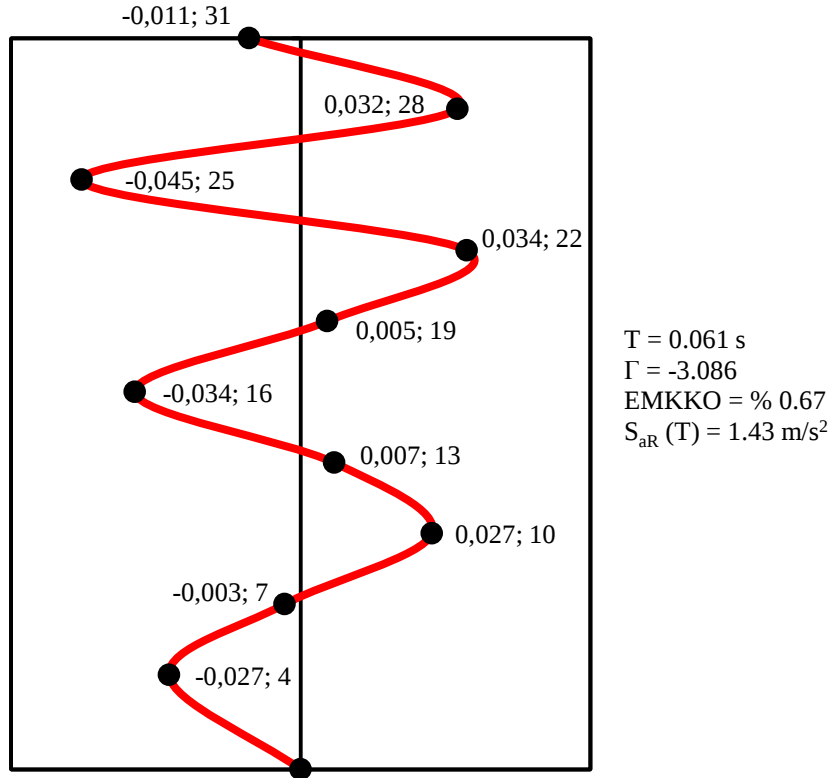
Şekil B.14 : F10 -- 4. mod şekli.



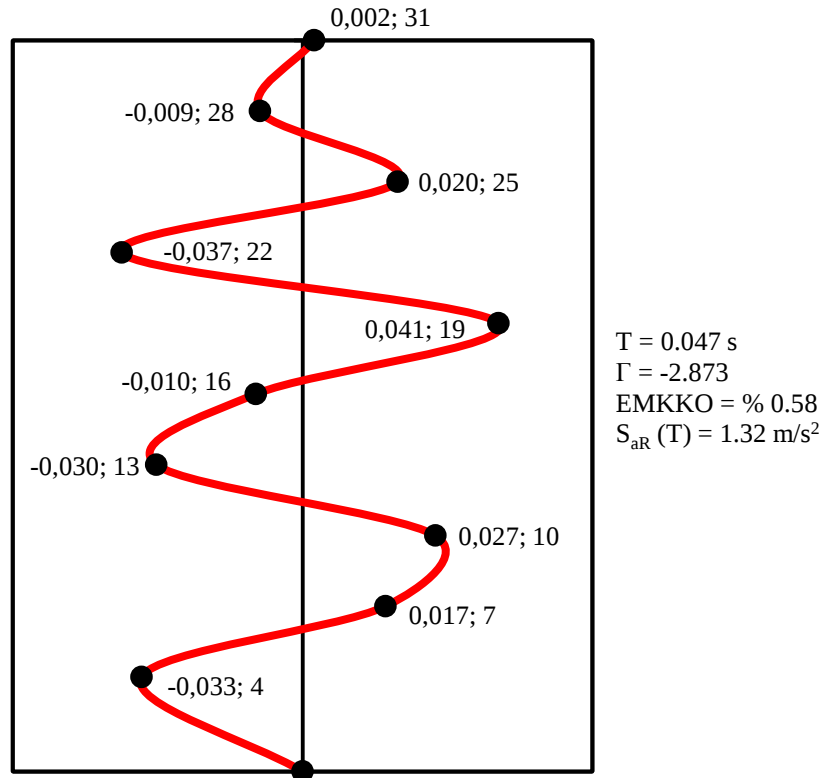
Şekil B.15 : F10 -- 5. mod şekli.



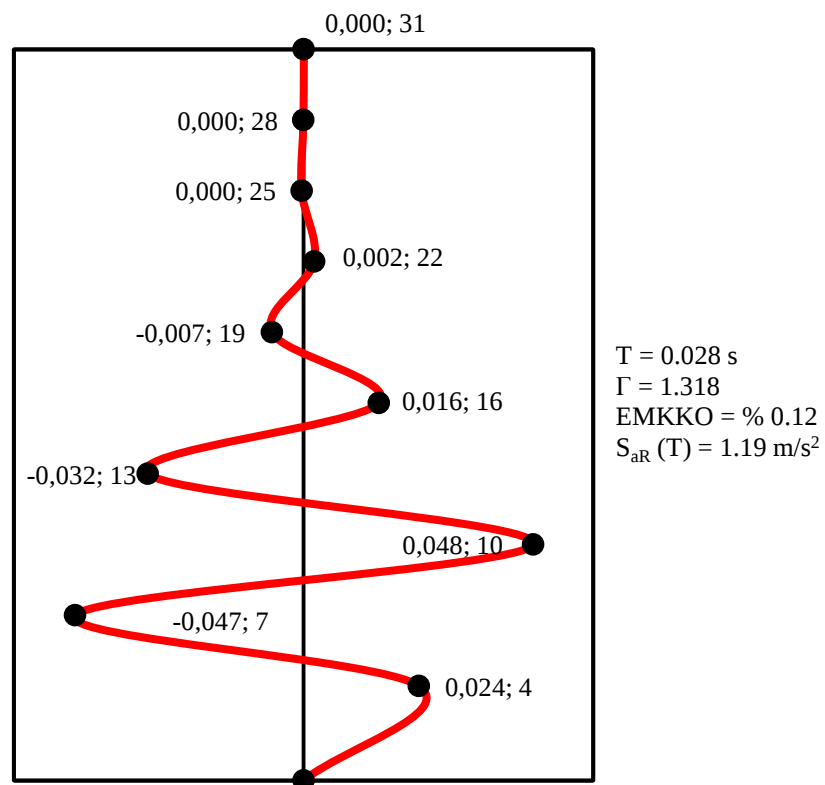
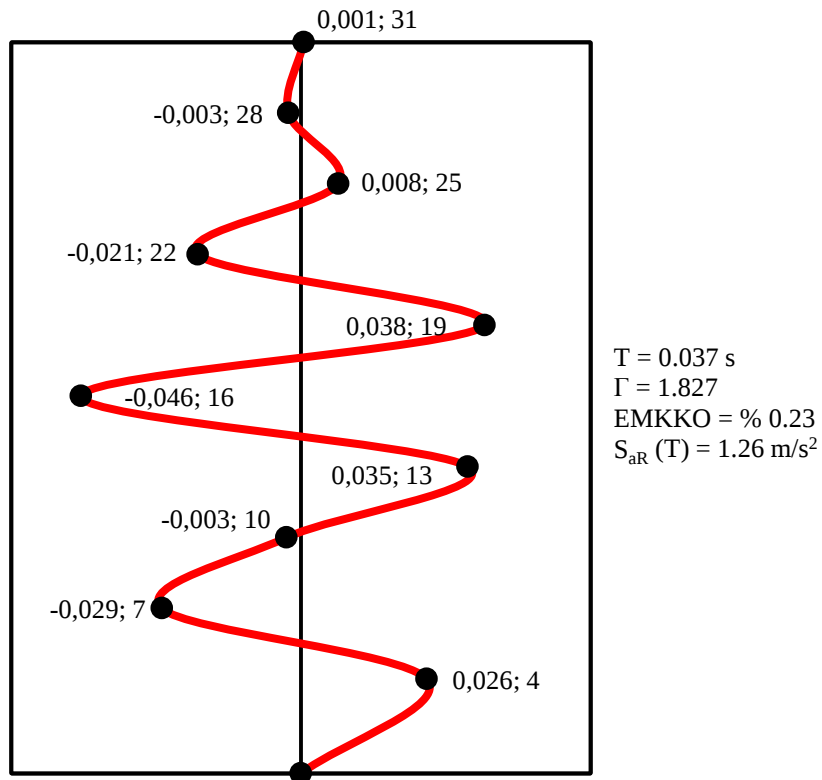
Şekil B.16 : F10 -- 6. mod şekli.

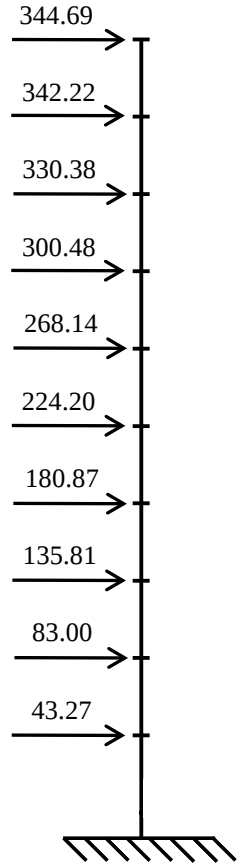


Şekil B.17 : F10 -- 7. mod şekli.

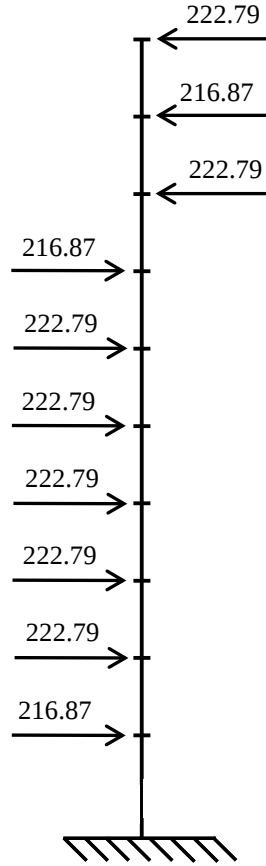


Şekil B.18 : F10 -- 8. mod şekli.

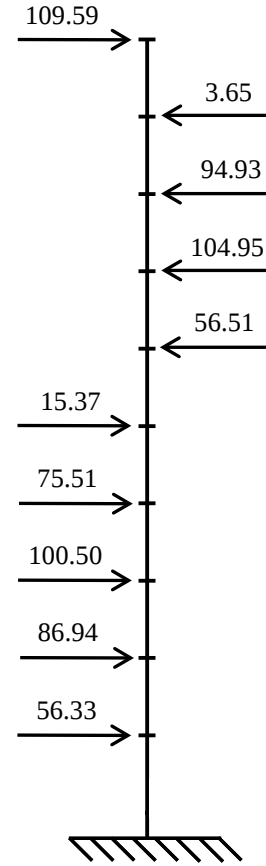




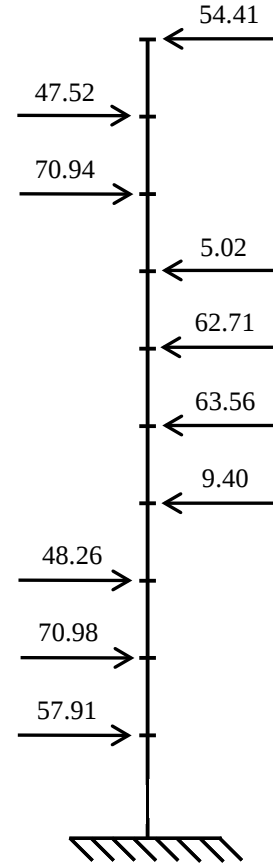
Şekil B.21 : F10 -- 1. modal kuvvetler.



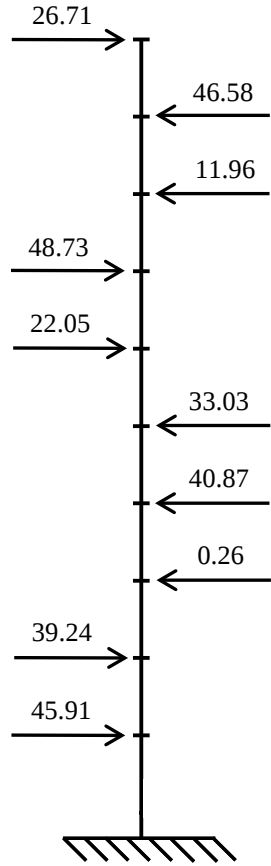
Şekil B.22 : F10 -- 2. modal kuvvetler.



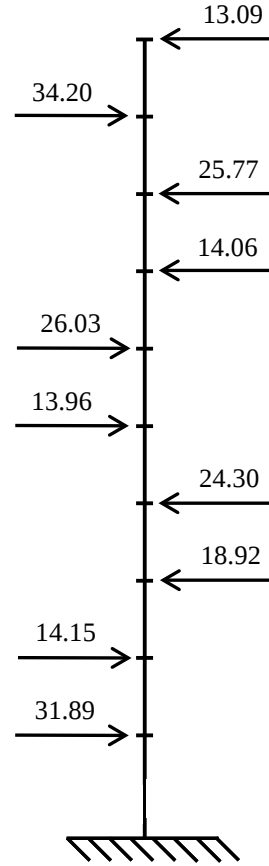
Şekil B.23 : F10 -- 3. modal kuvvetler.



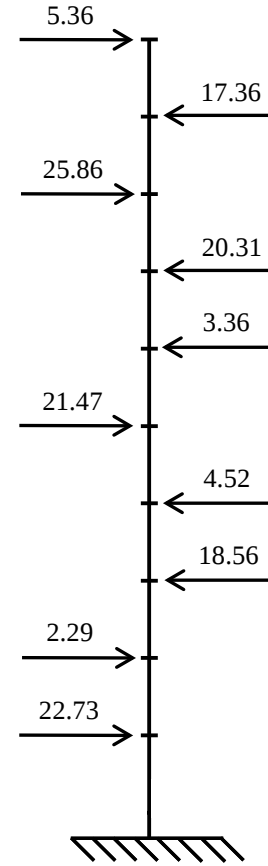
Şekil B.24 : F10 -- 4. modal kuvvetler.



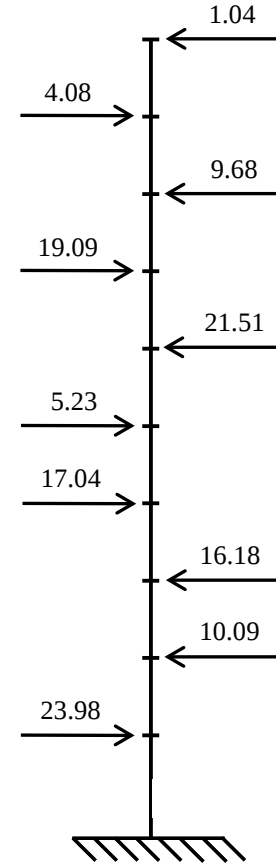
Şekil B.25 : F10 -- 5. modal kuvvetler.



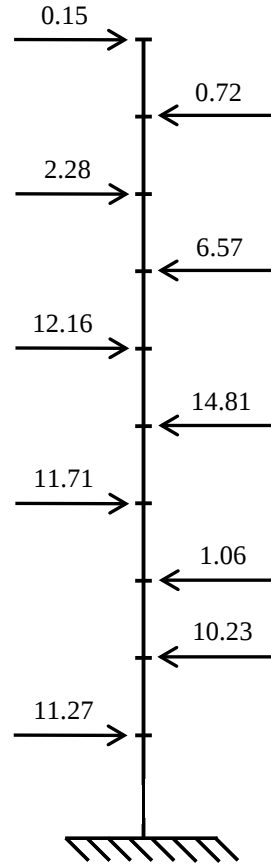
Şekil B.26 : F10 -- 6. modal kuvvetler.



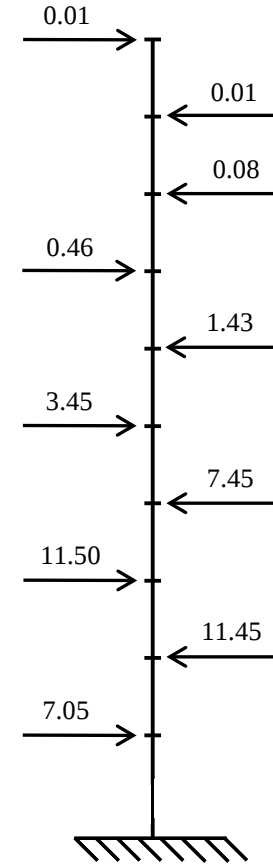
Şekil B.27 : F10 -- 7. modal kuvvetler.



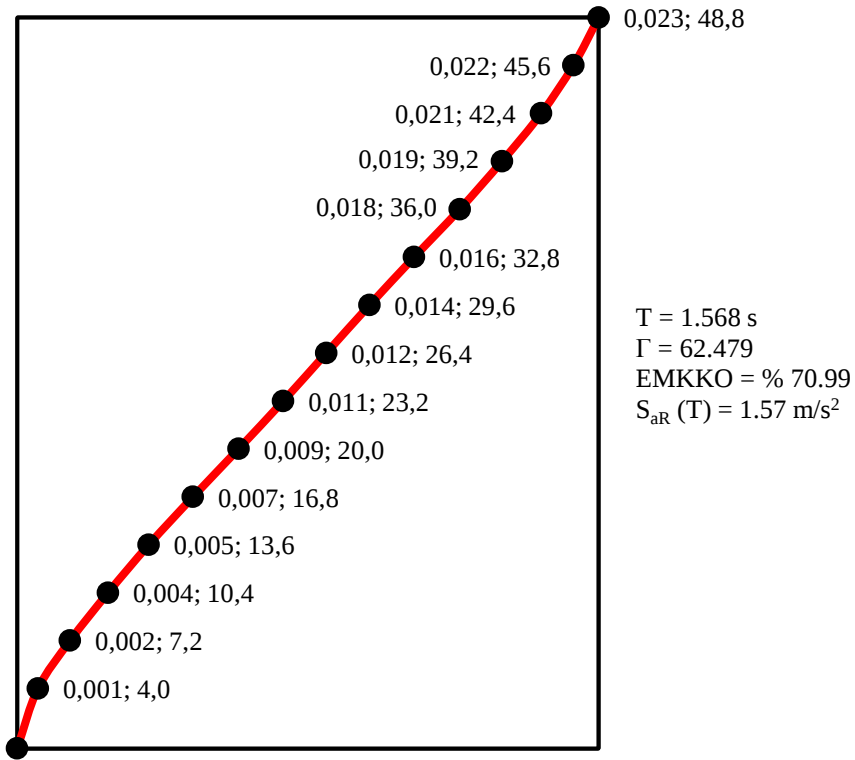
Şekil B.28 : F10 -- 8. modal kuvvetler.



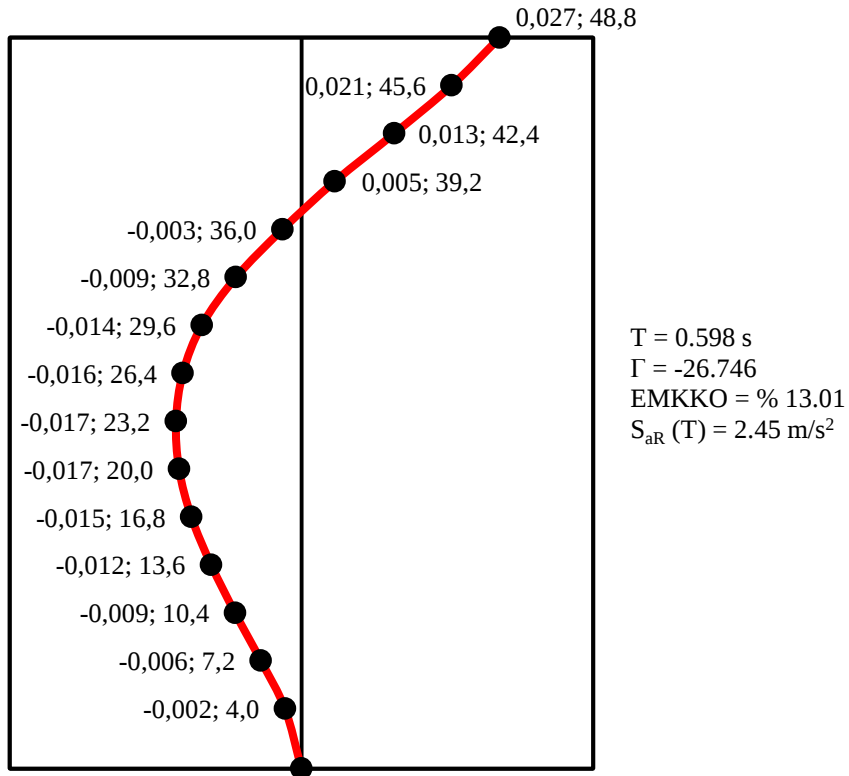
Şekil B.29 : F10 -- 9. modal kuvvetler.



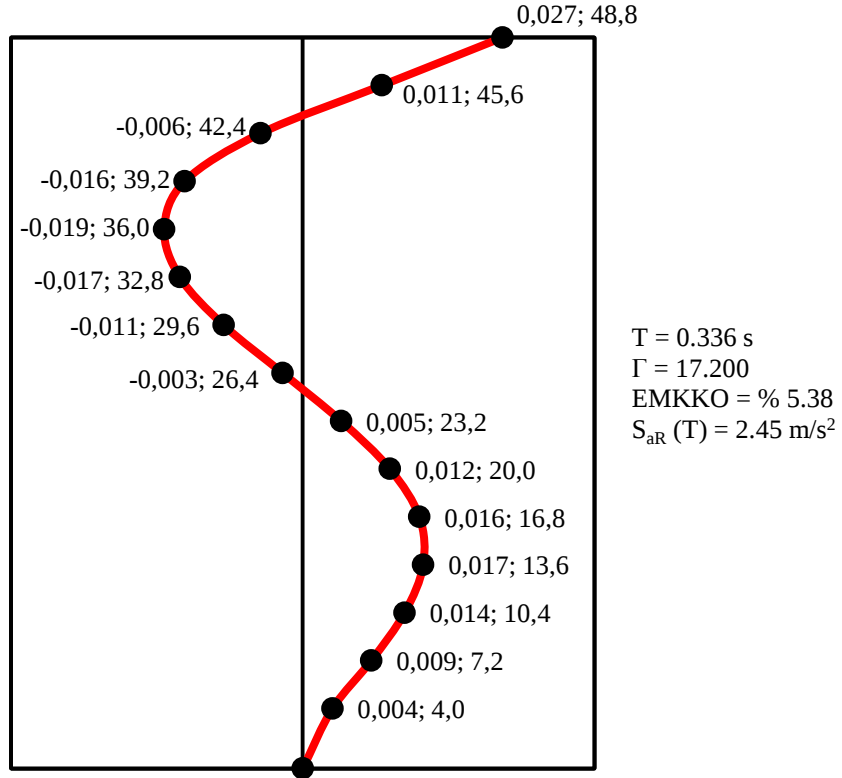
Şekil B.30 : F10 -- 10. modal kuvvetler.



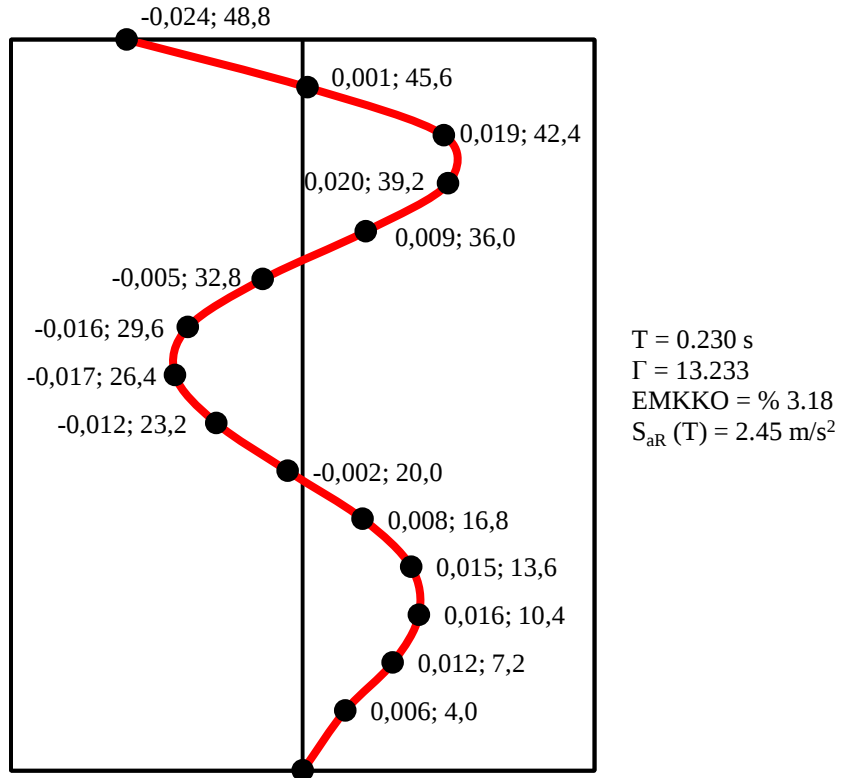
Şekil B.31 : F15 -- 1. mod şekli.



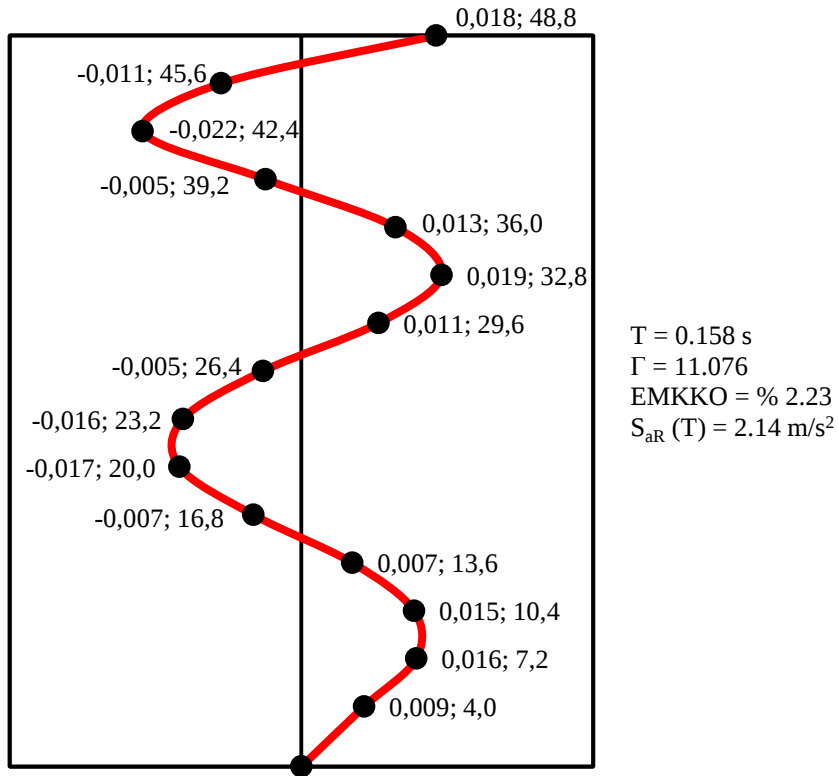
Şekil B.32 : F15 -- 2. mod şekli.



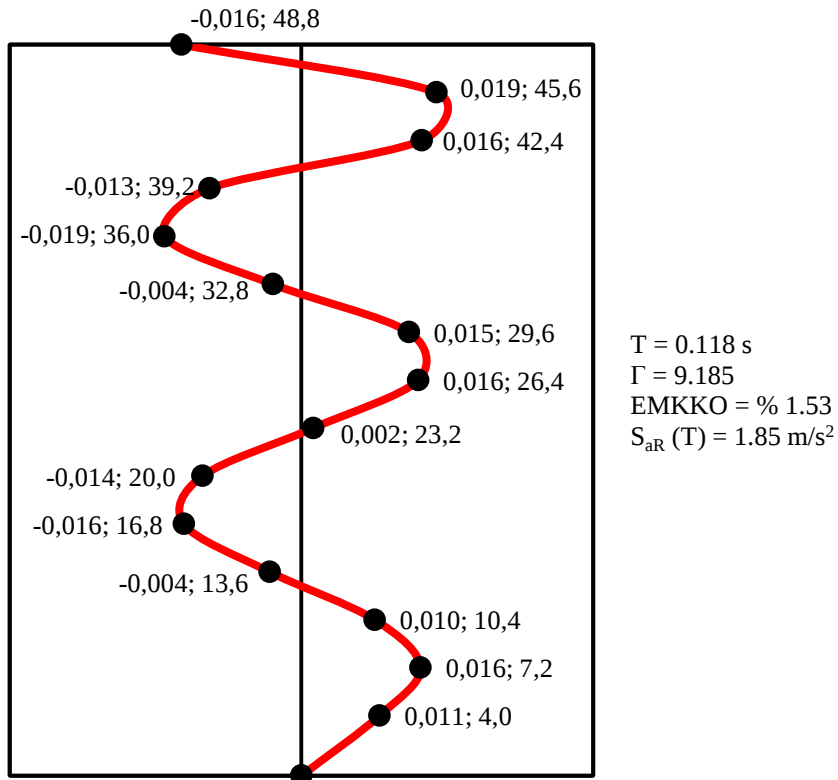
Şekil B.33 : F15 -- 3. mod şekli.



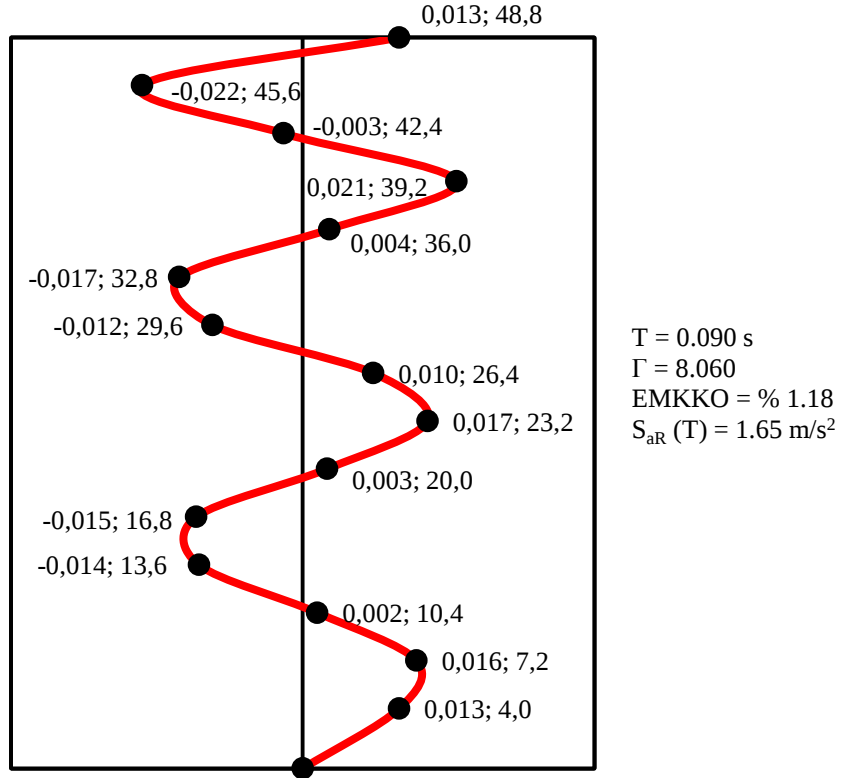
Şekil B.34 : F15 -- 4. mod şekli.



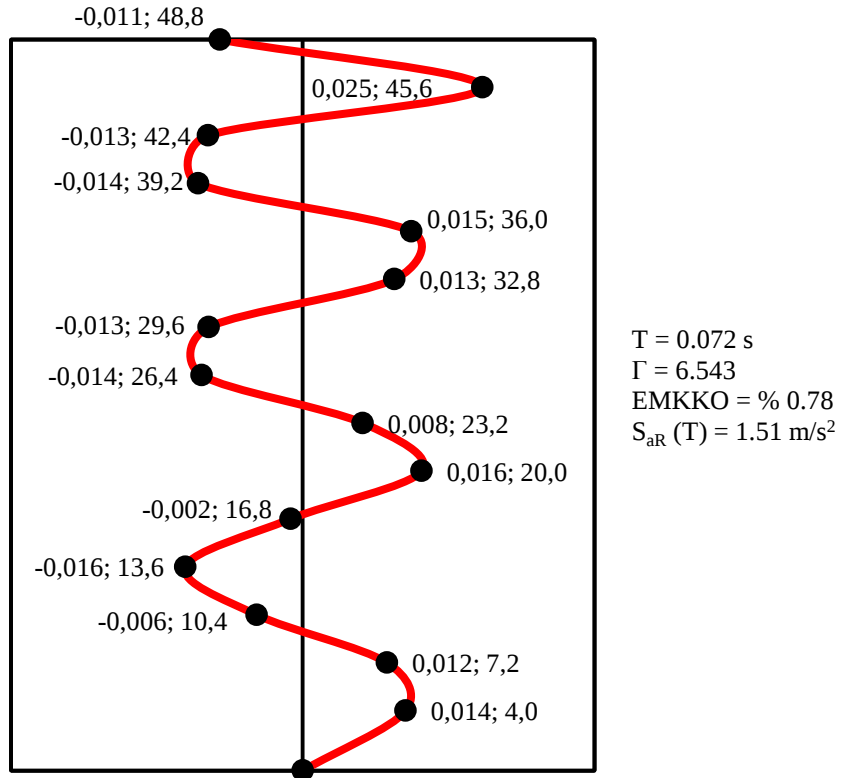
Şekil B.35 : F15 -- 5. mod şekli.



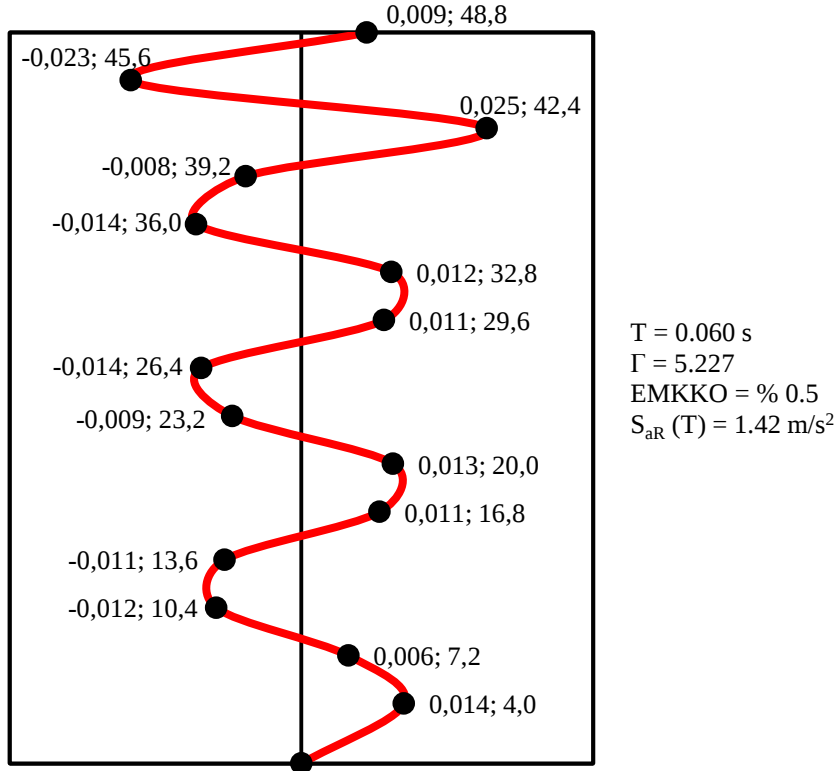
Şekil B.36 : F15 -- 6. mod şekli.



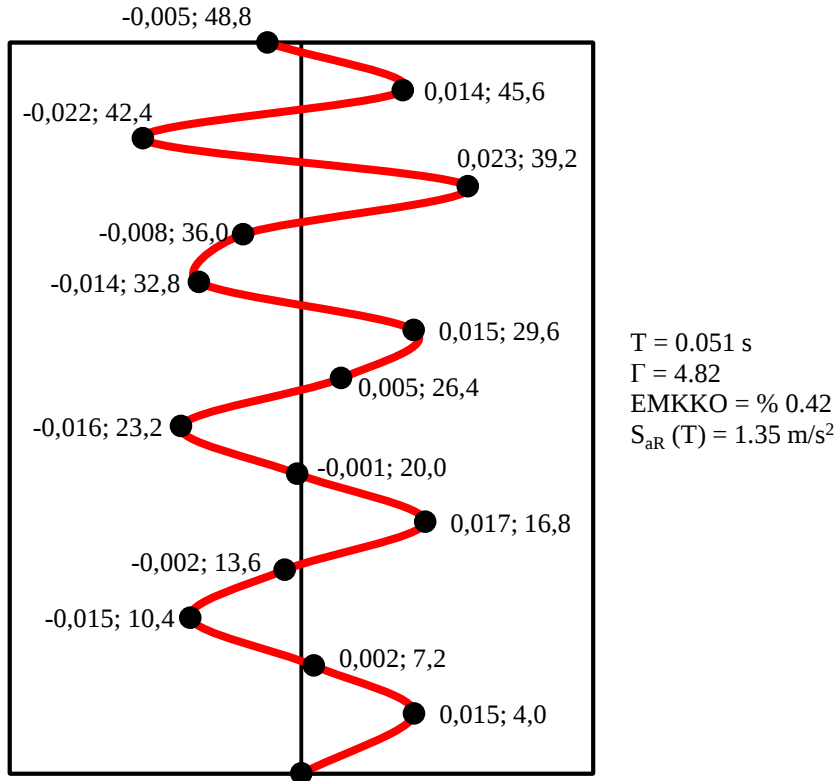
Şekil B.37 : F15 -- 7. mod şekli.



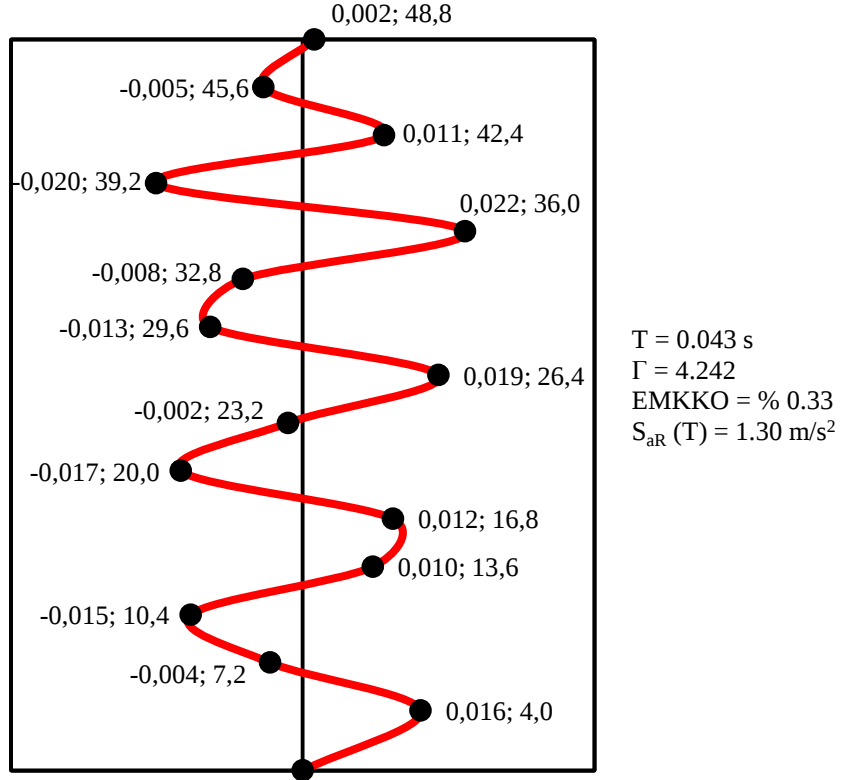
Şekil B.38: F15 -- 8. mod şekli.



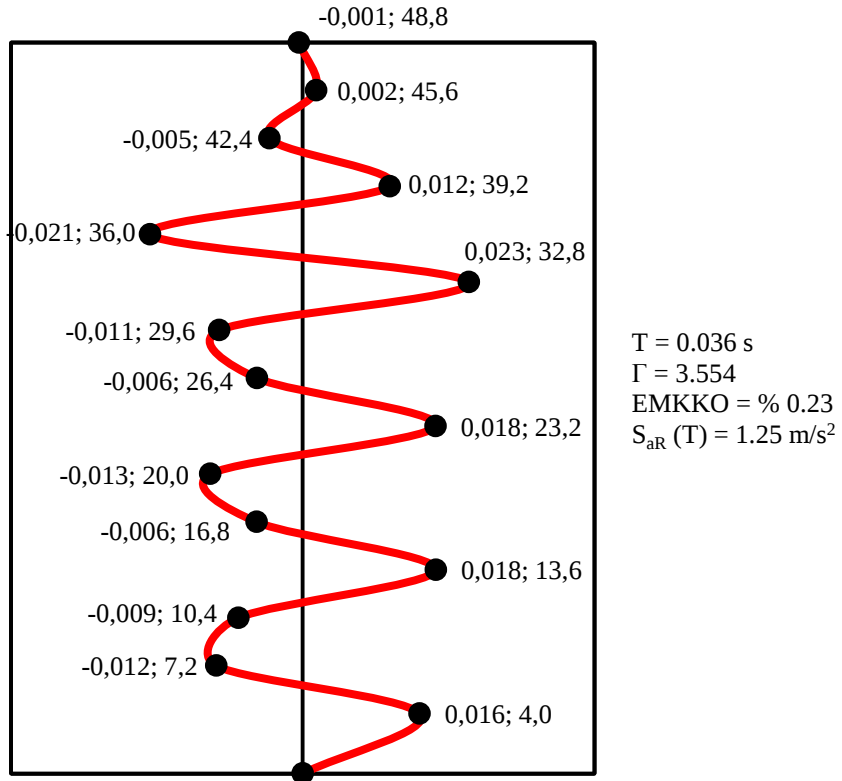
Şekil B.39 : F15 -- 9. mod şekli.



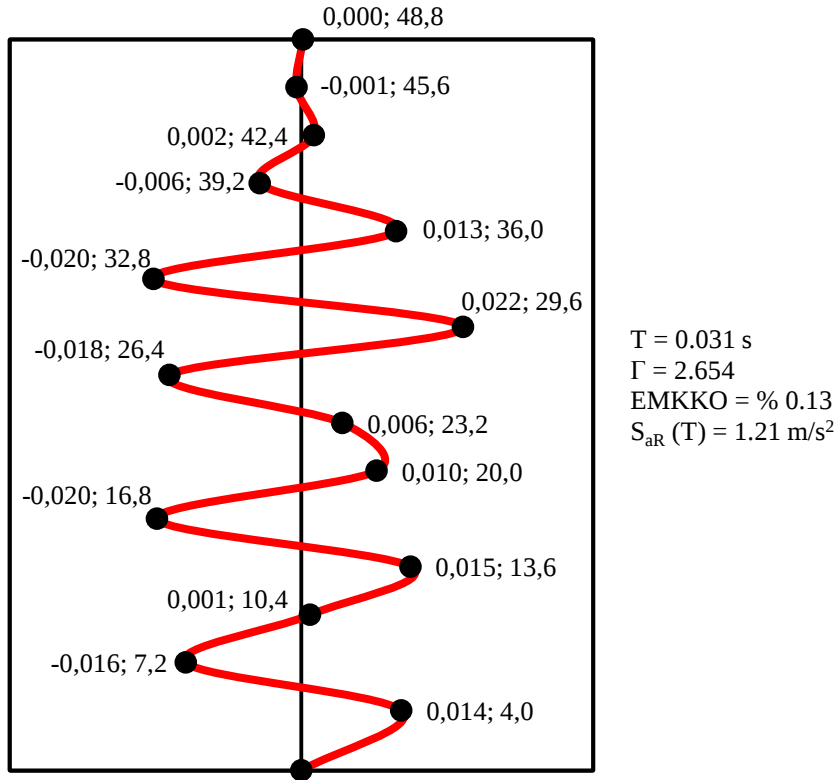
Şekil B.40 : F15 -- 10. mod şekli.



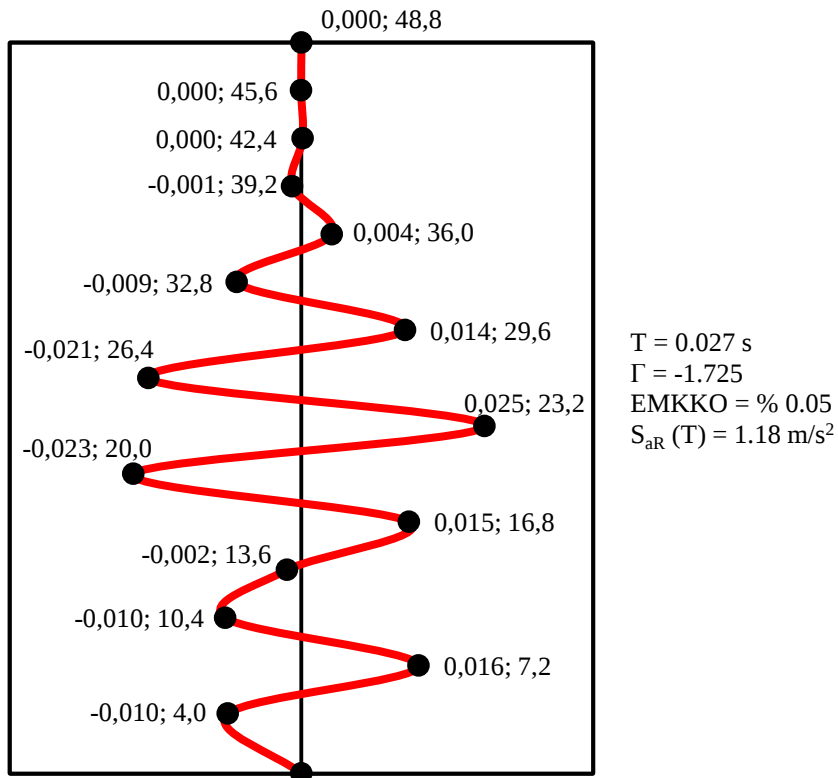
Şekil B.41 : F15 -- 11. mod şekli.



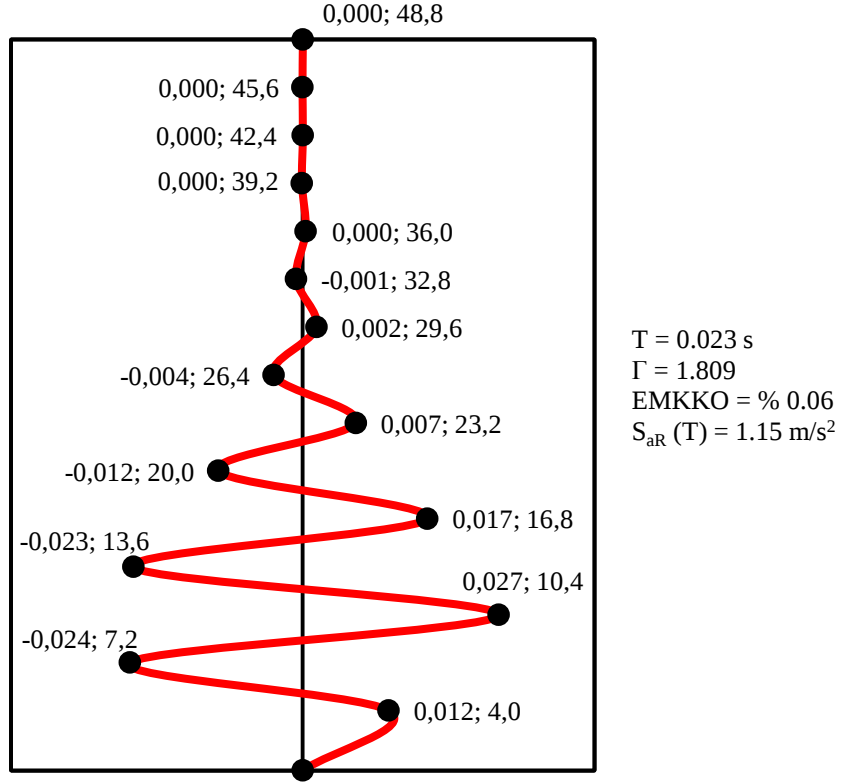
Şekil B.42 : F15 -- 12. mod şekli.



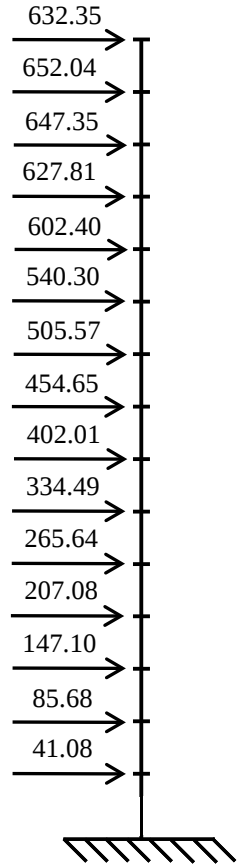
Şekil B.43 : F15 -- 13. mod şekli.



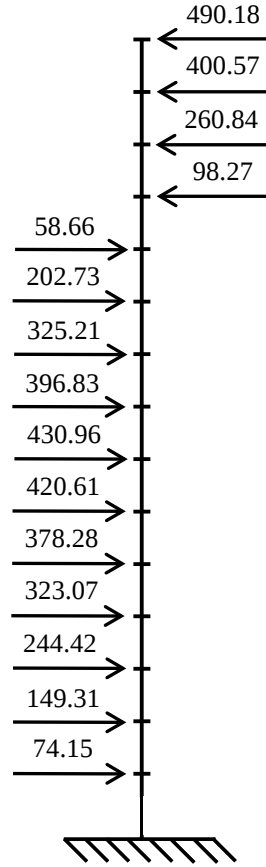
Şekil B.44 : F15 -- 14. mod şekli.



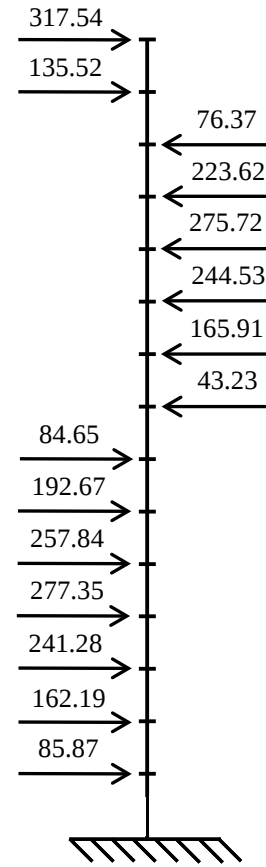
Şekil B.45 : F15 -- 15. mod şekli.



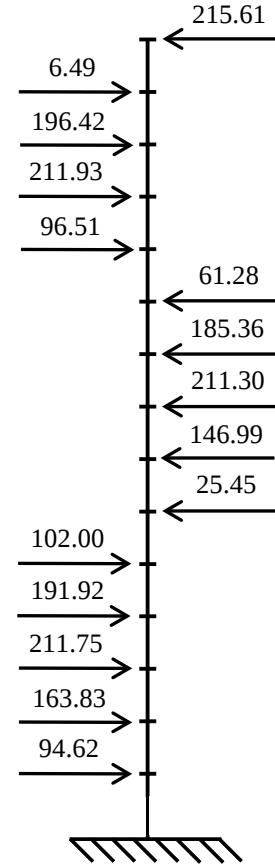
Şekil B.46 : F15 -- 1. modal kuvvetler.



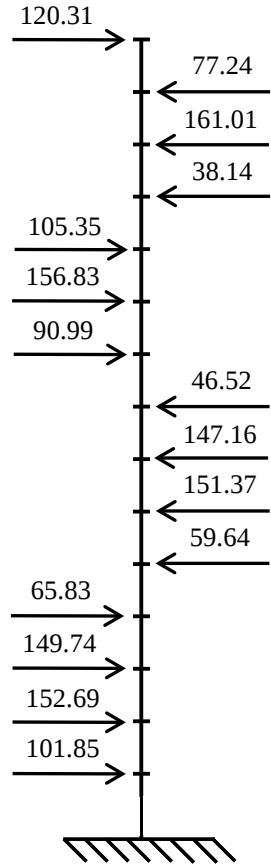
Şekil B.47 : F15 -- 2. modal kuvvetler.



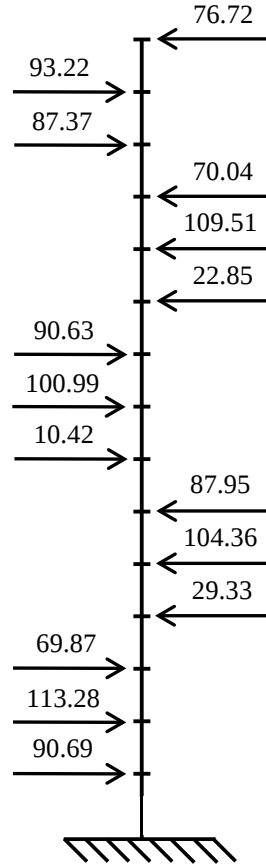
Şekil B.48 : F15 -- 3. modal kuvvetler.



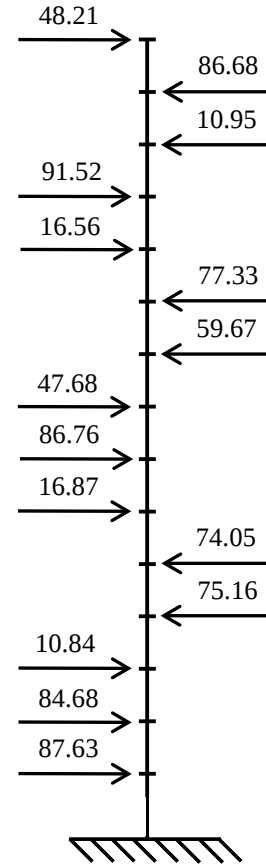
Şekil B.49 : F15 -- 4. modal kuvvetler.



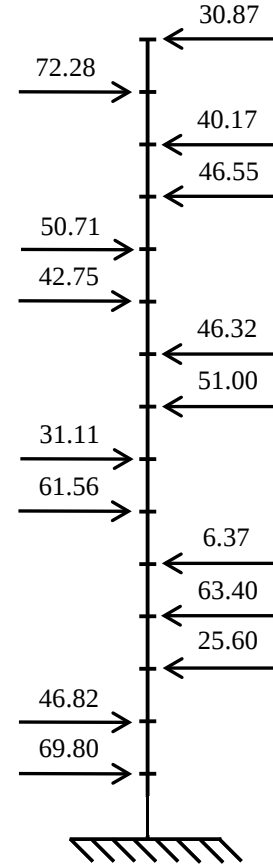
Şekil B.50 : F15 -- 5. modal kuvvetler.



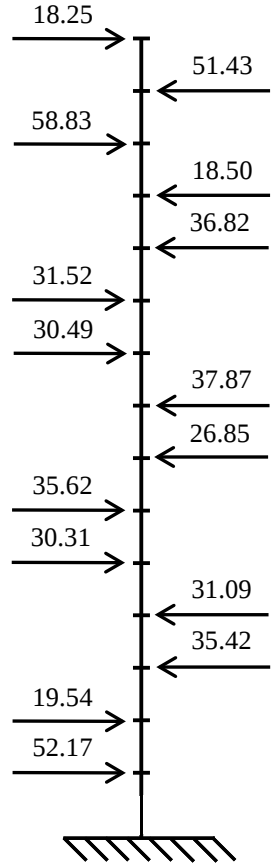
Şekil B.51 : F15 -- 6. modal kuvvetler.



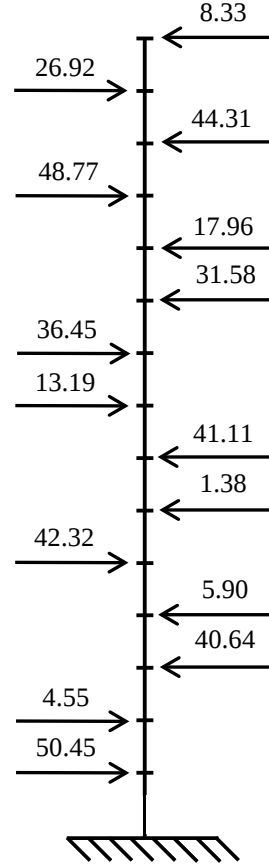
Şekil B.52 : F15 -- 7. modal kuvvetler.



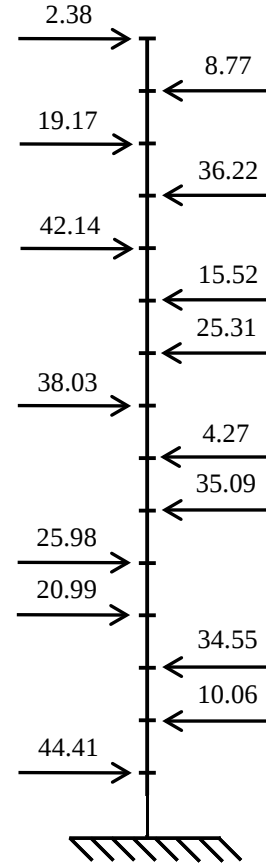
Şekil B.53 : F15 -- 8. modal kuvvetler.



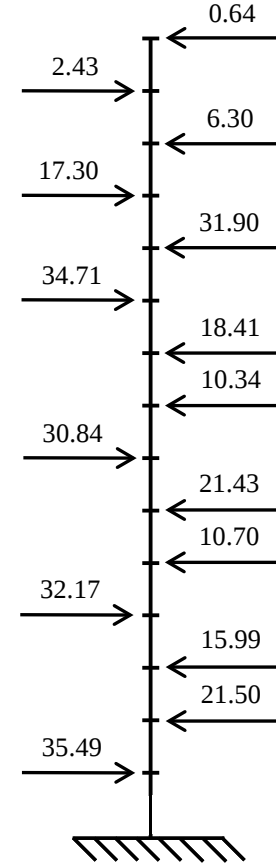
Şekil B.54 : F15 -- 9. modal kuvvetler.



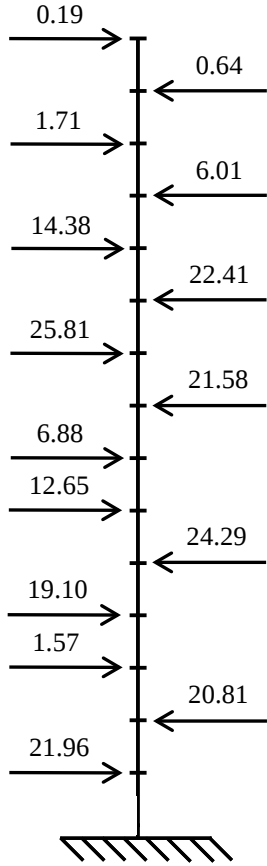
Şekil B.55 : F15 -- 10. modal kuvvetler.



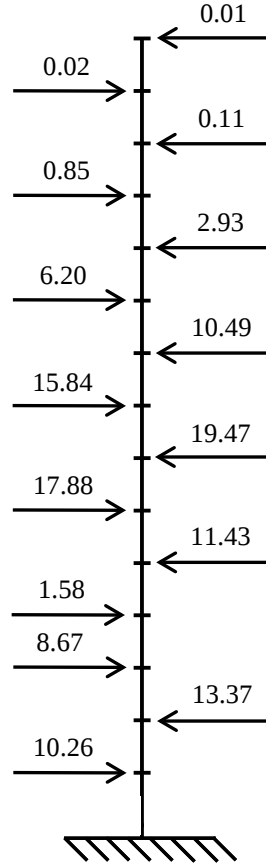
Şekil B.56 : F15 -- 11. modal kuvvetler.



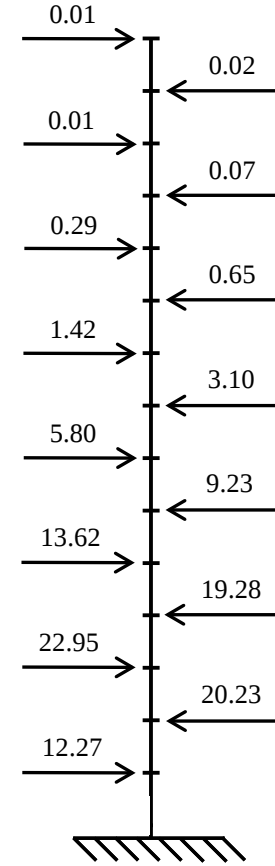
Şekil B.57 : F15 -- 12. modal kuvvetler.



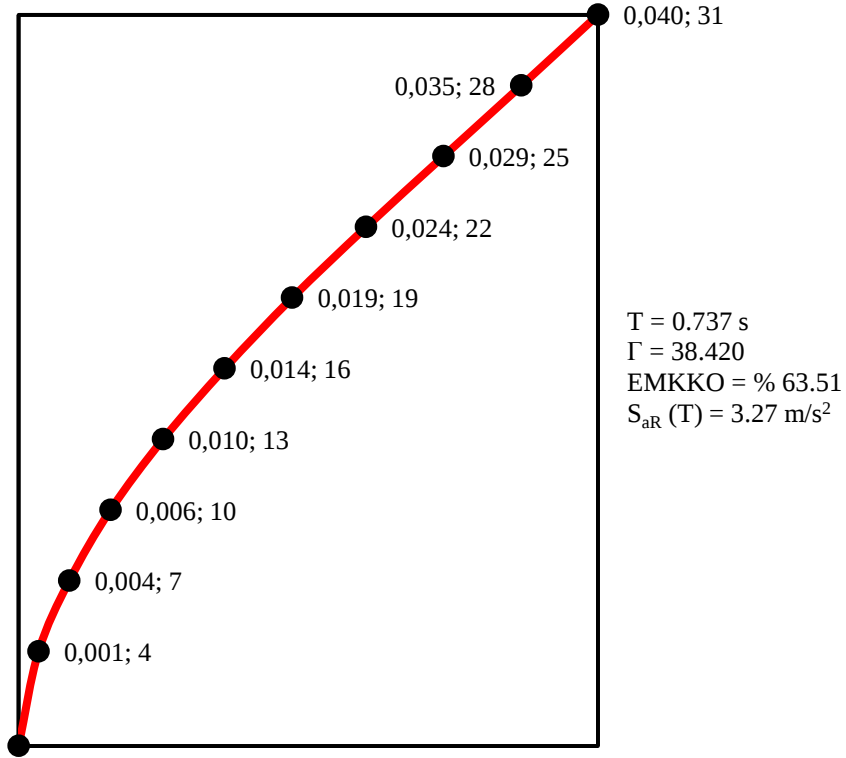
Şekil B.58 : F15 -- 13. modal kuvvetler.



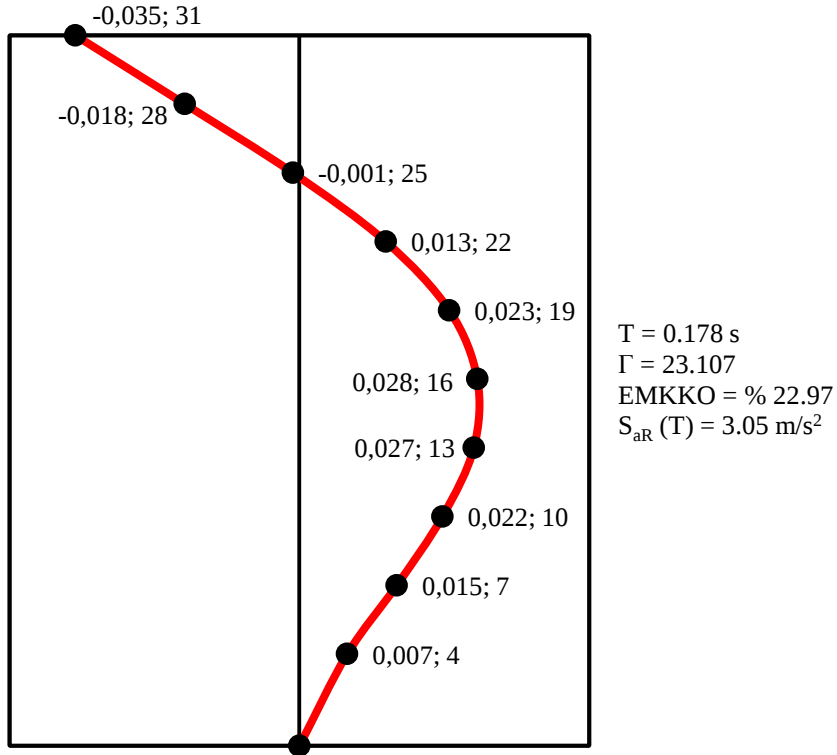
Şekil B.59 : F15 -- 14. modal kuvvetler.



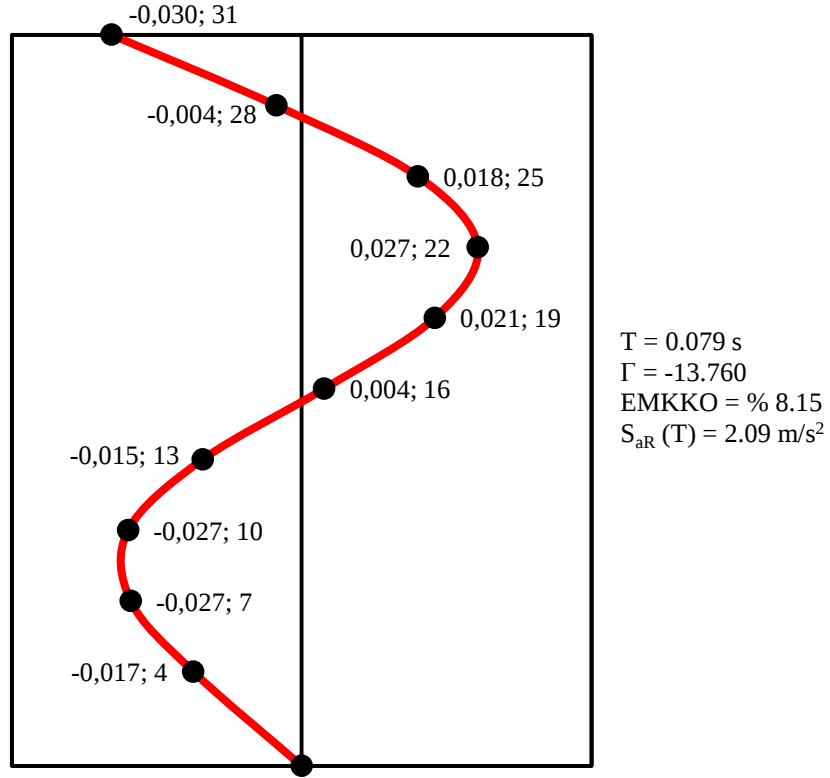
Şekil B.60 : F15 -- 15. modal kuvvetler.



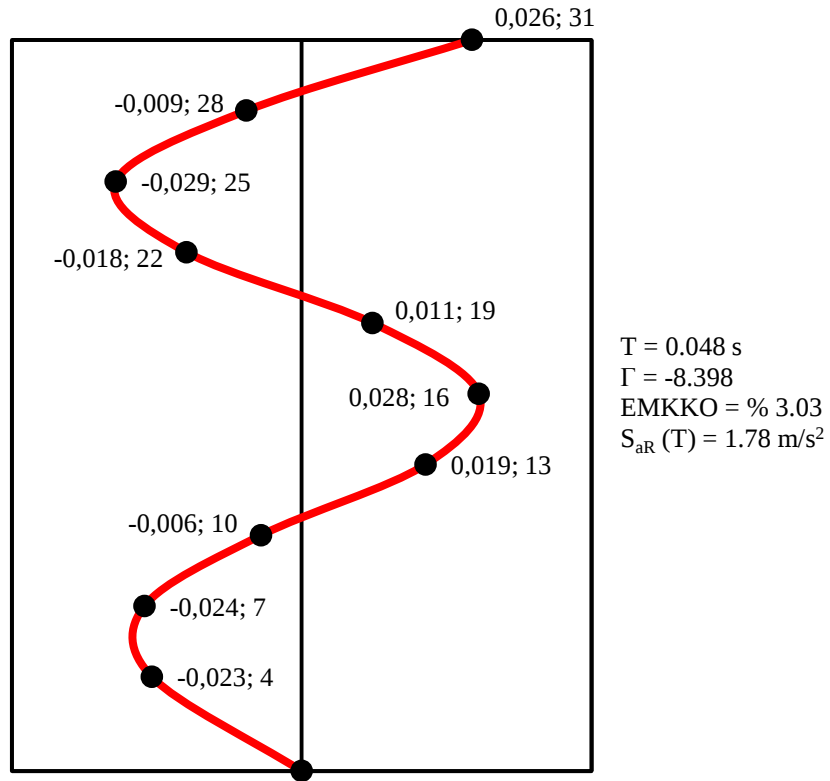
Şekil B.61 : W10 -- 1. mod şekli.



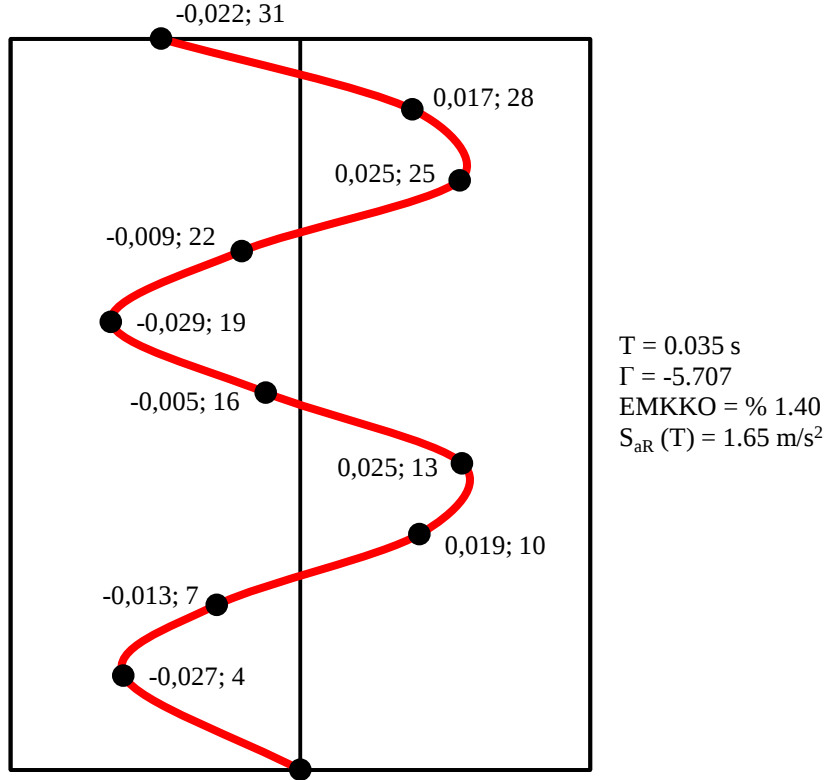
Şekil B.62 : W10 -- 2. mod şekli.



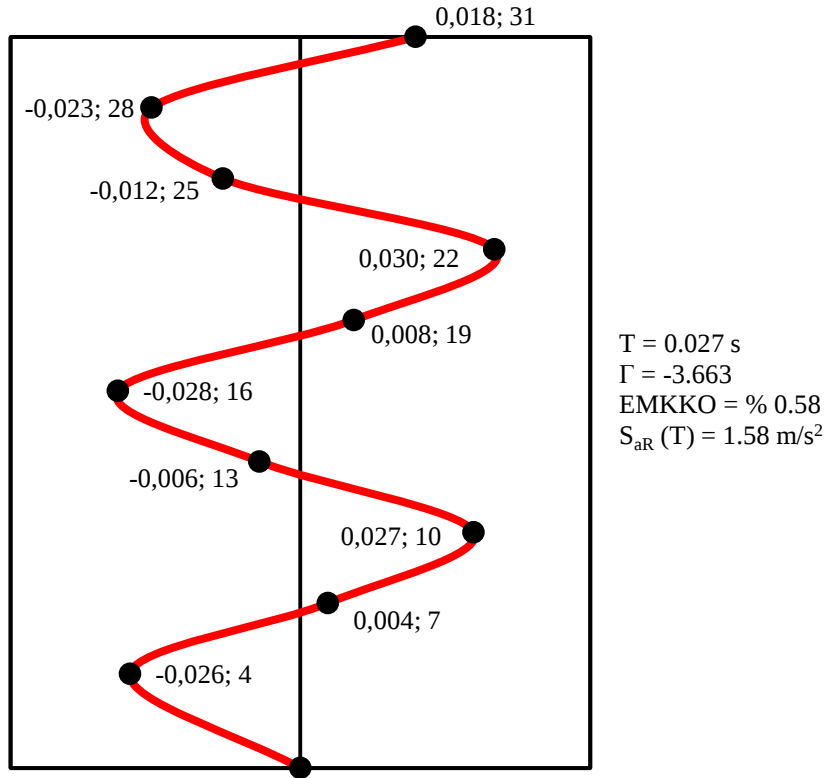
Şekil B.63 : W10 -- 3. mod şekli.



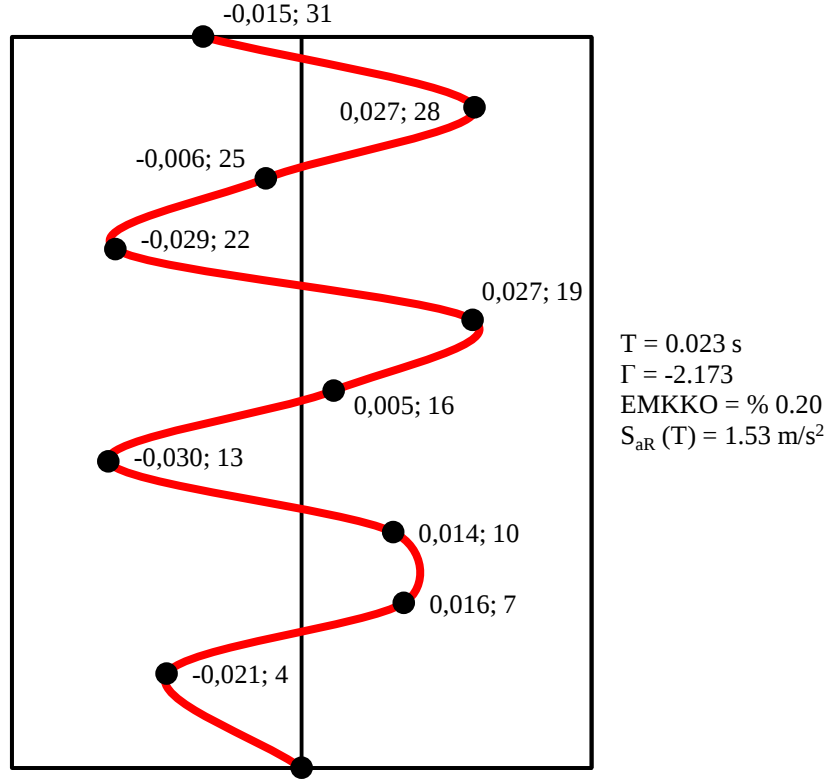
Şekil B.64 : W10 -- 4. mod şekli.



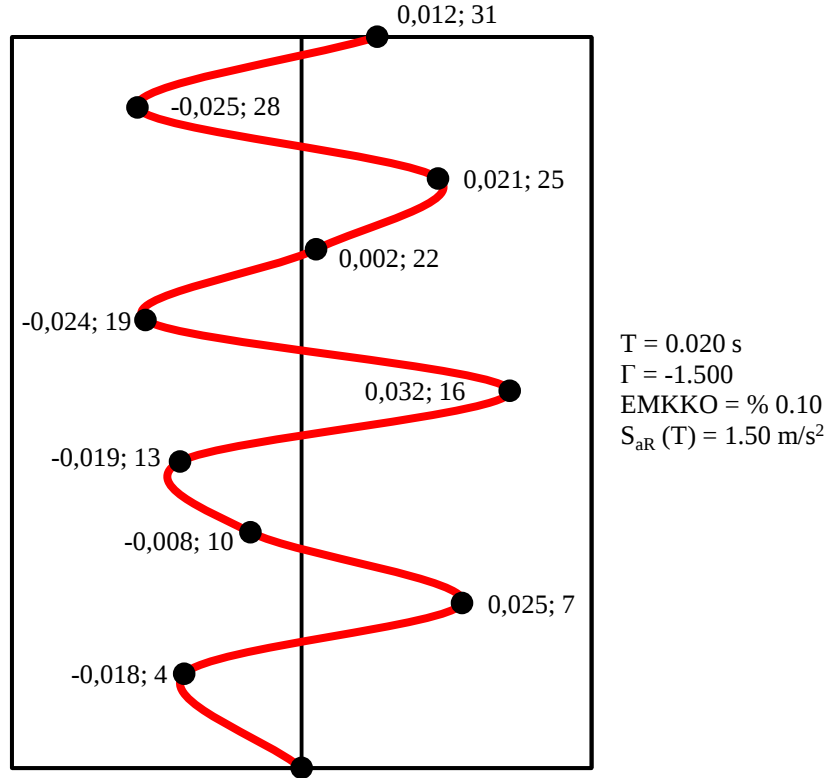
Şekil B.65 : W10 -- 5. mod şekli.



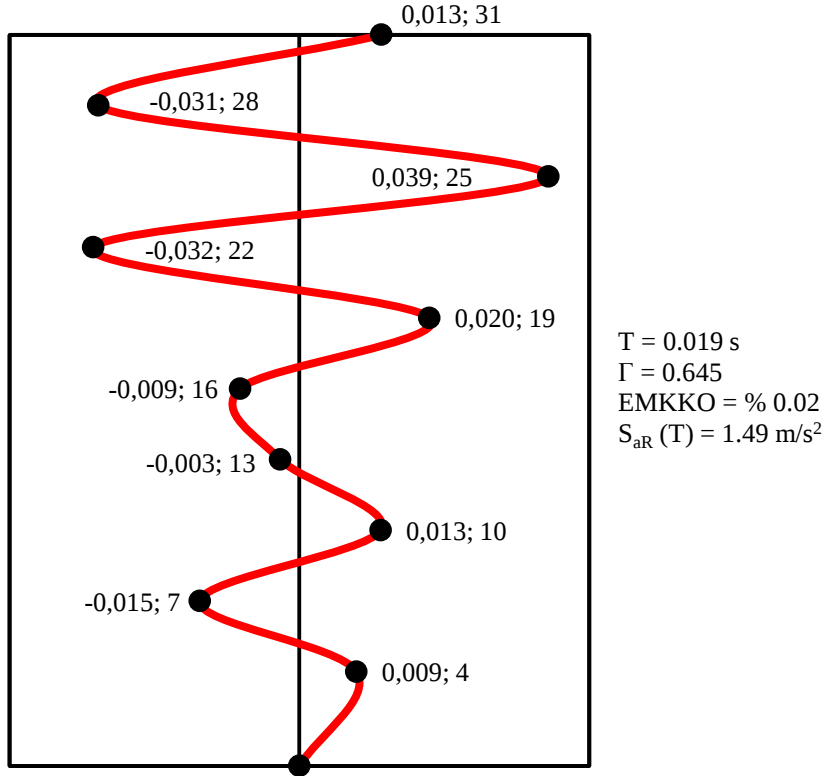
Şekil B.66 : W10 -- 6. mod şekli.



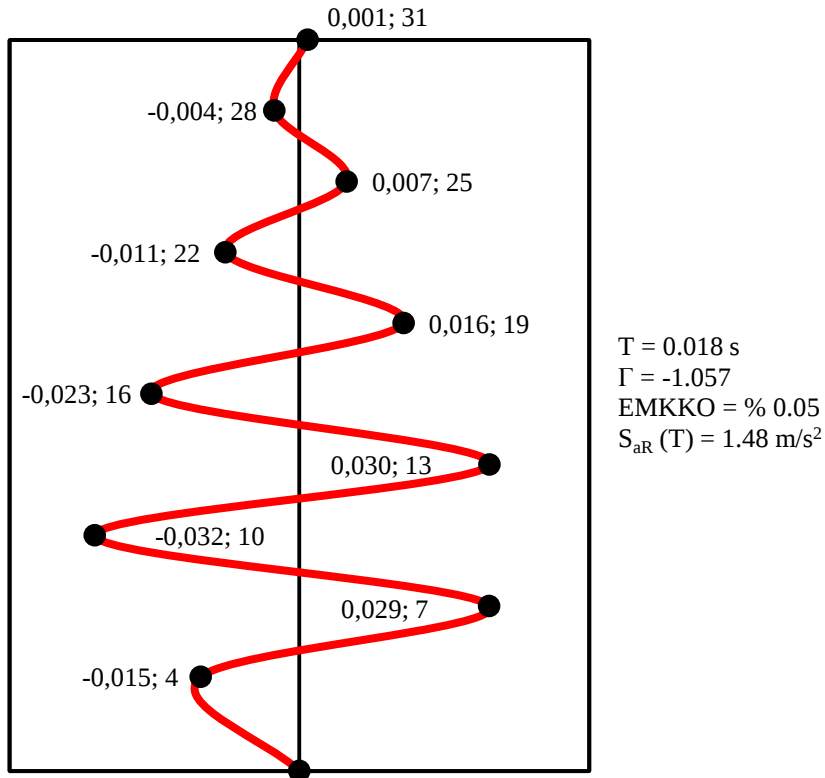
Şekil B.67 : W10 -- 7. mod şekli.



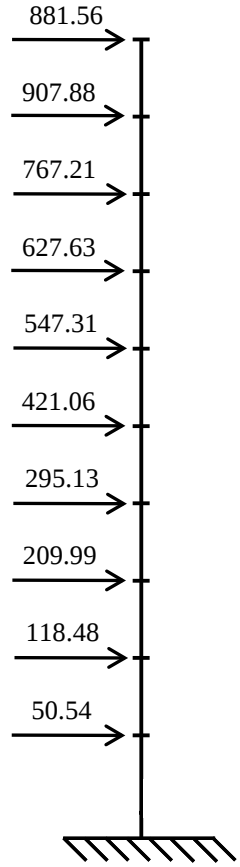
Şekil B.68 : W10 -- 8. mod şekli.



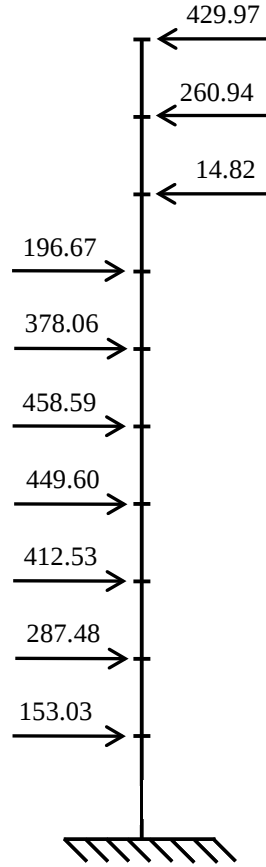
Şekil B.69 : W10 -- 9. mod şekli.



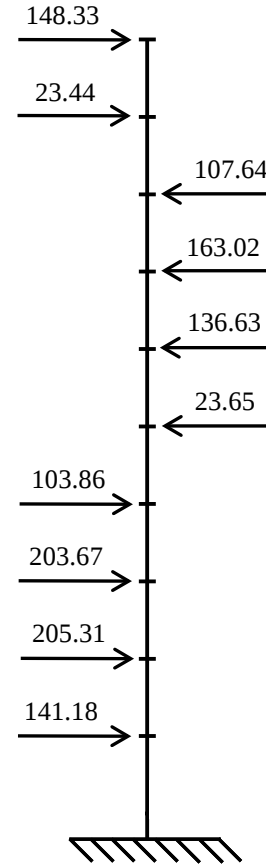
Şekil B.70 : W10 -- 10. mod şekli.



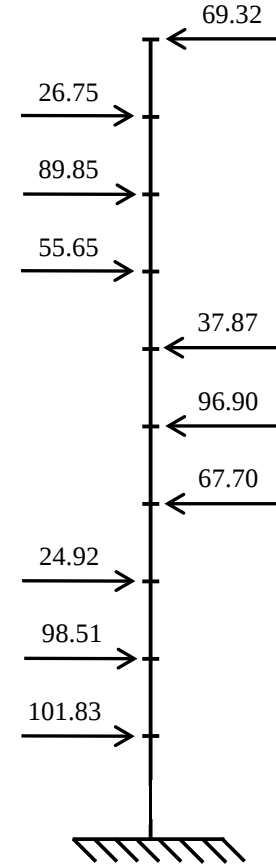
Şekil B.71 : W10 -- 1. modal kuvvetler.



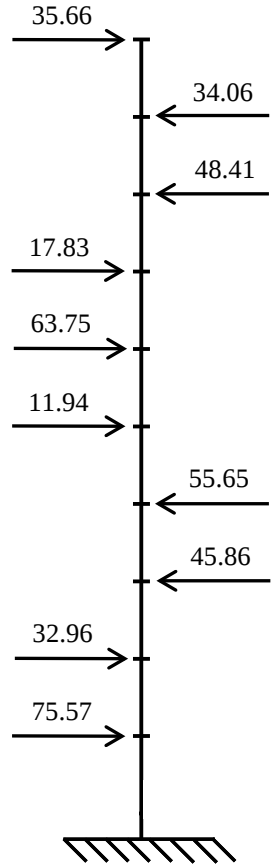
Şekil B.72 : W10 -- 2. modal kuvvetler.



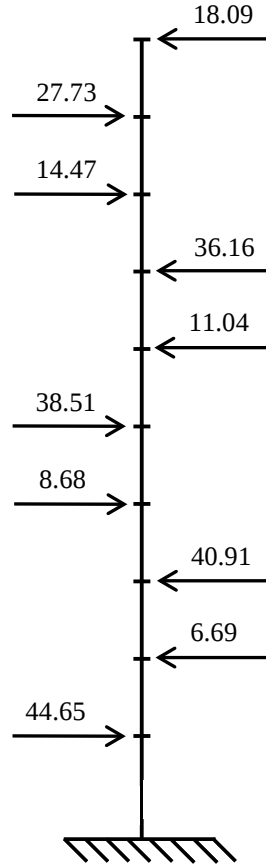
Şekil B.73 : W10 -- 3. modal kuvvetler.



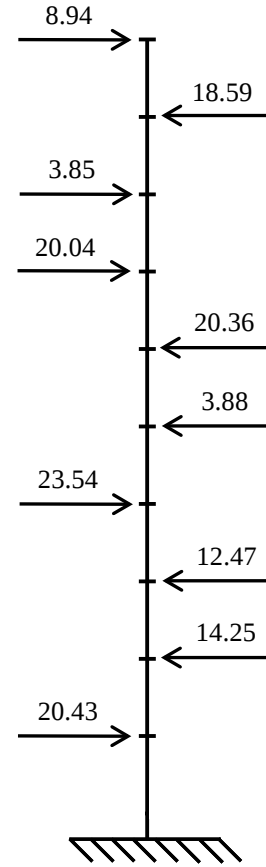
Şekil B.74 : W10 -- 4. modal kuvvetler.



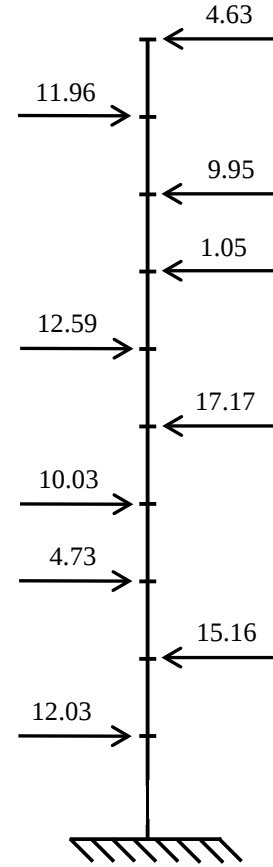
Şekil B.75 : W10 -- 5. modal kuvvetler.



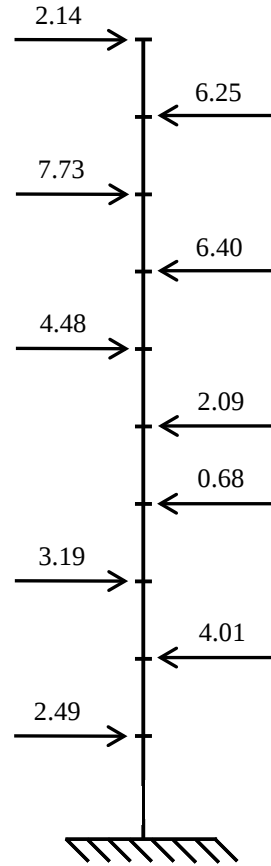
Şekil B.76 : W10 -- 6. modal kuvvetler.



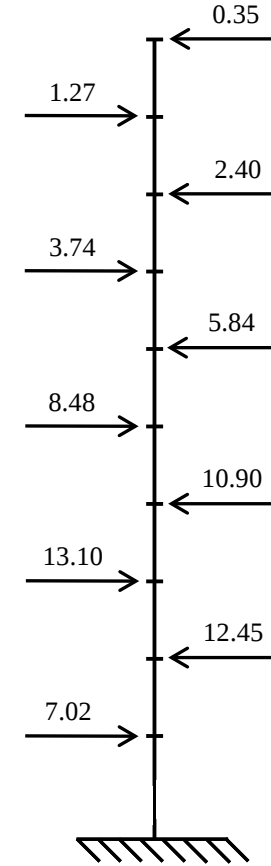
Şekil B.77 : W10 -- 7. modal kuvvetler.



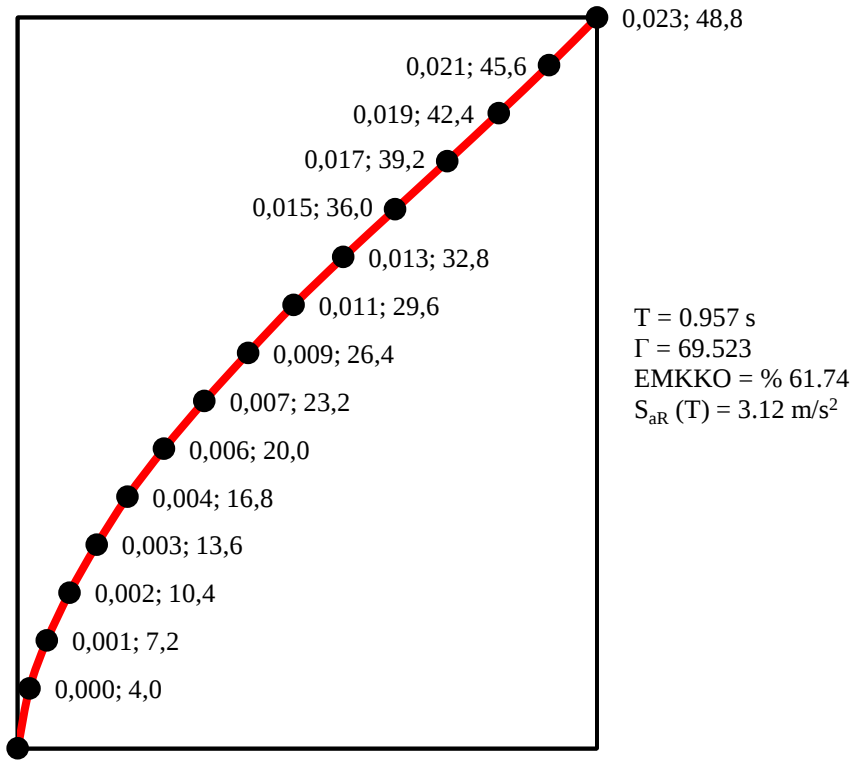
Şekil B.78 : W10 -- 8. modal kuvvetler.



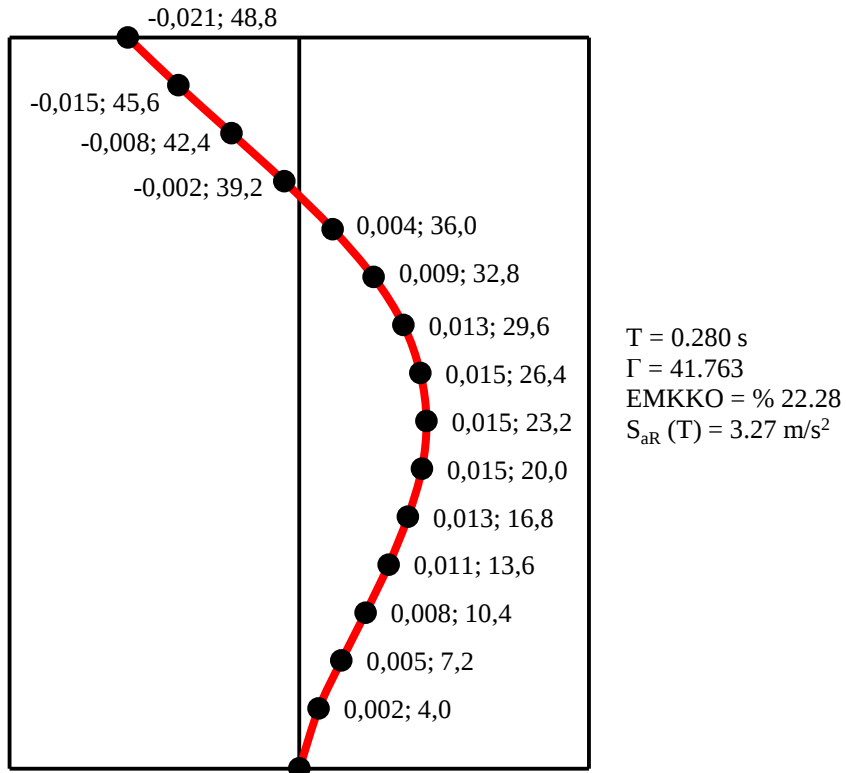
Şekil B.79 : W10 -- 9. modal kuvvetler.



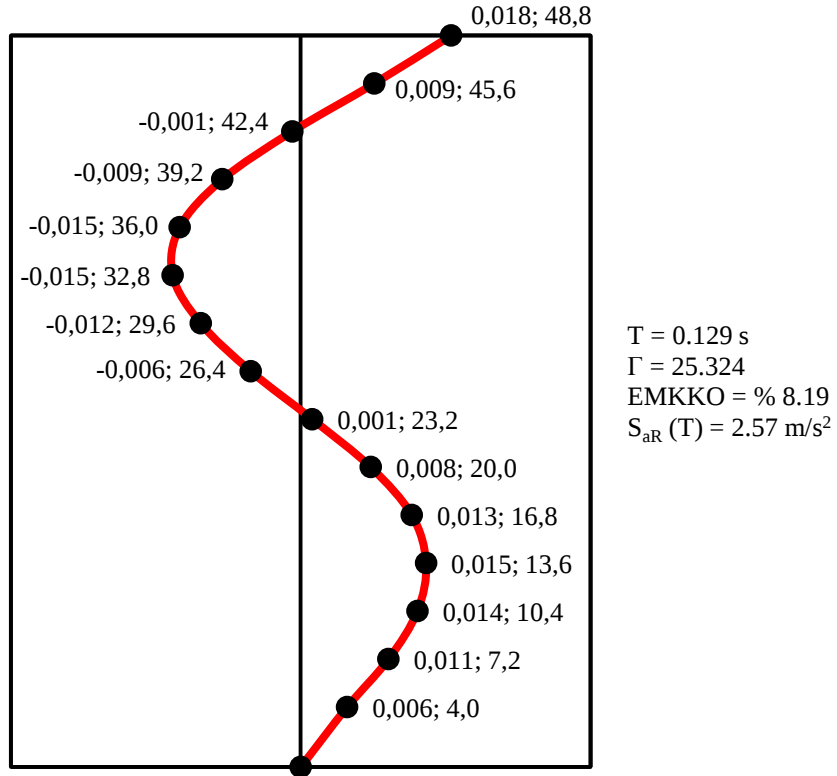
Şekil B.80 : W10 -- 10. modal kuvvetler.



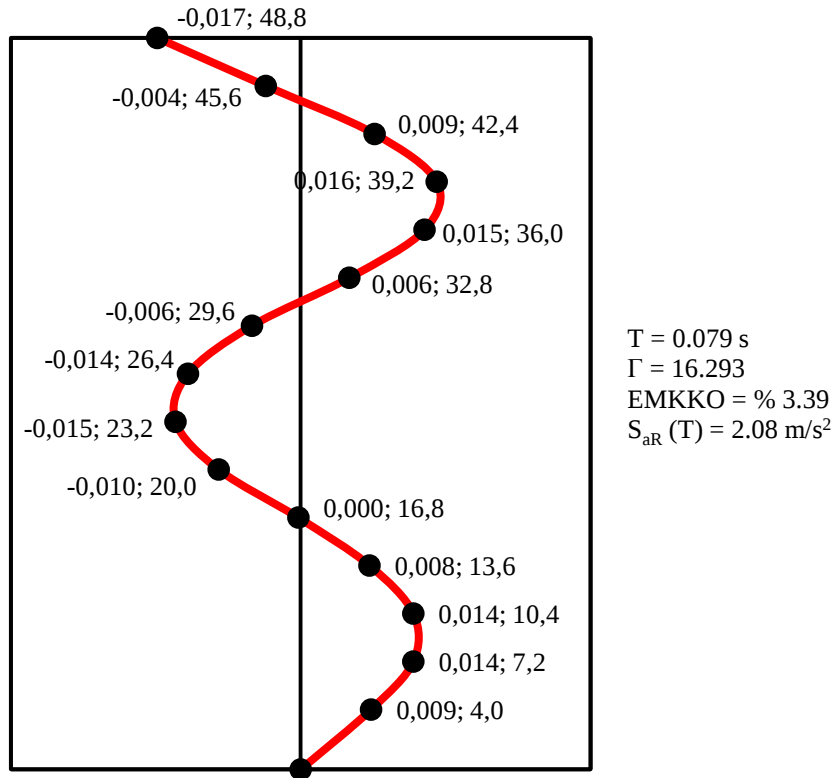
Şekil B.81: W15 -- 1. mod şekli.



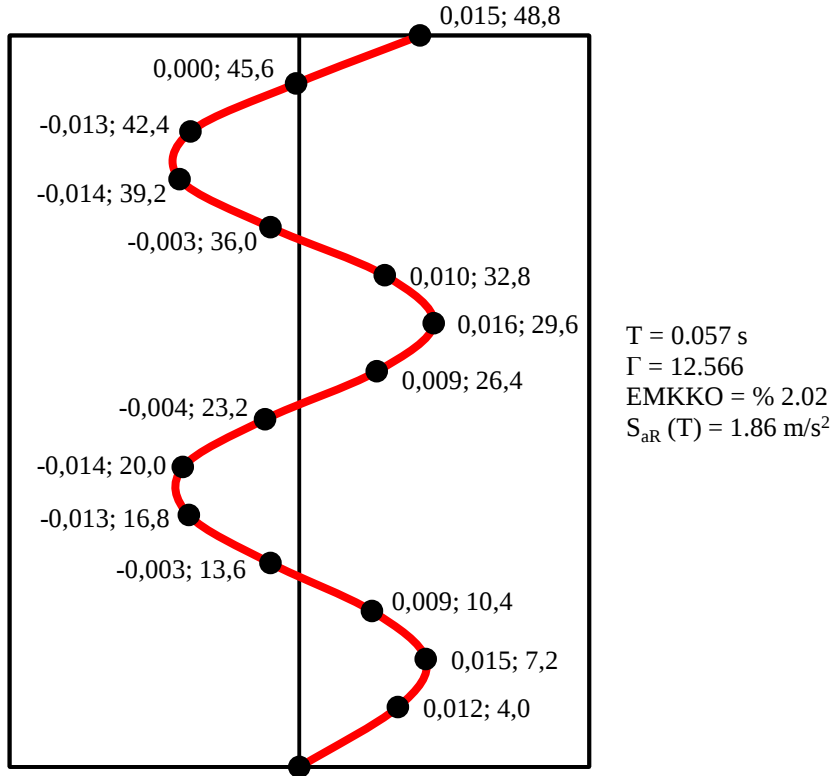
Şekil B.82 : W15 -- 2. mod şekli.



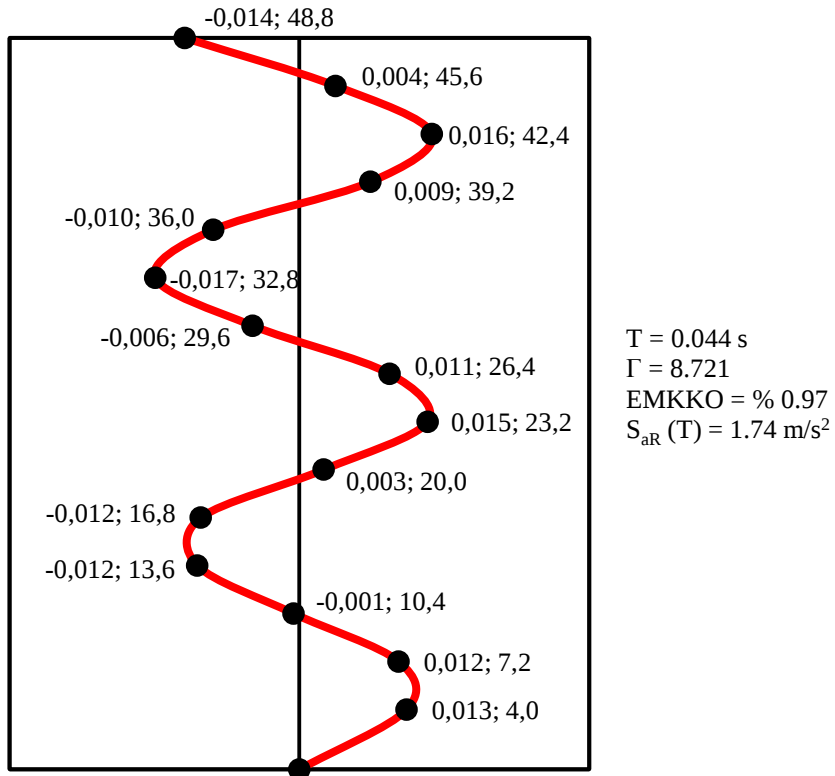
Şekil B.83 : W15 -- 3. mod şekli.



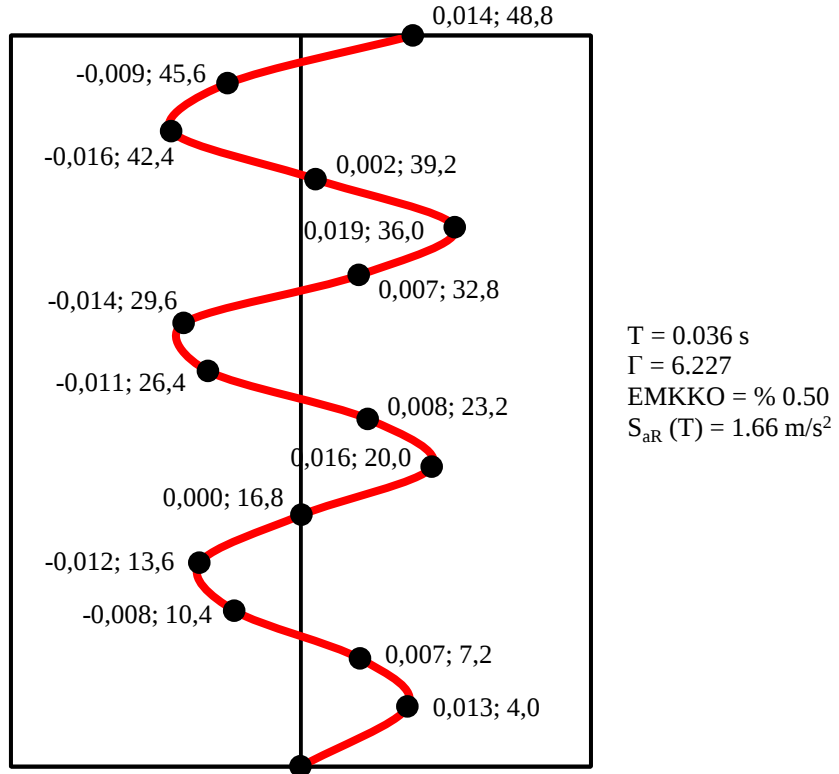
Şekil B.84 : W15 -- 4. mod şekli.



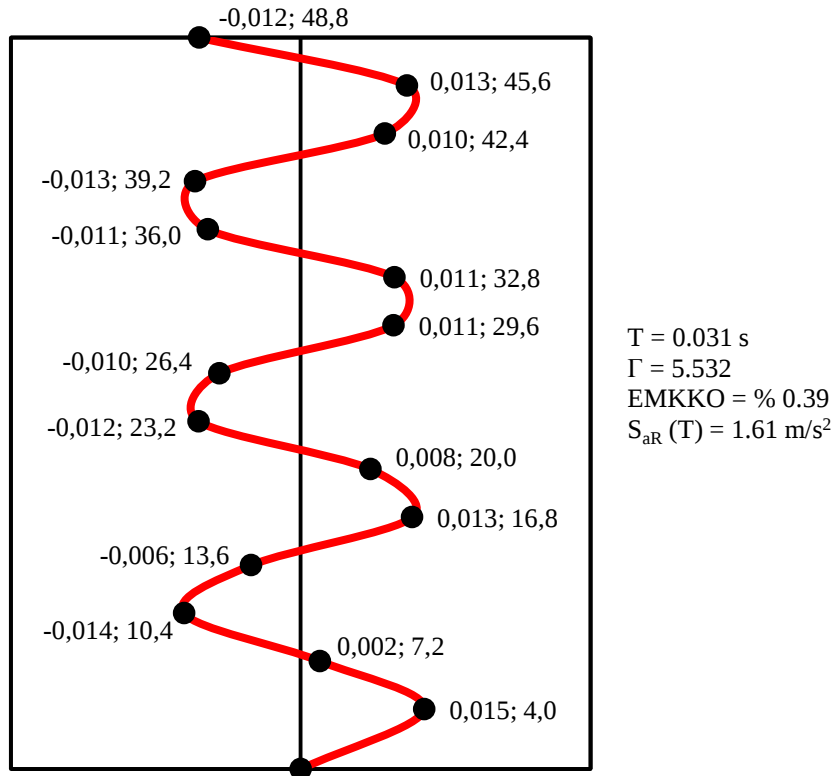
Şekil B.85 : W15 -- 5. mod şekli.



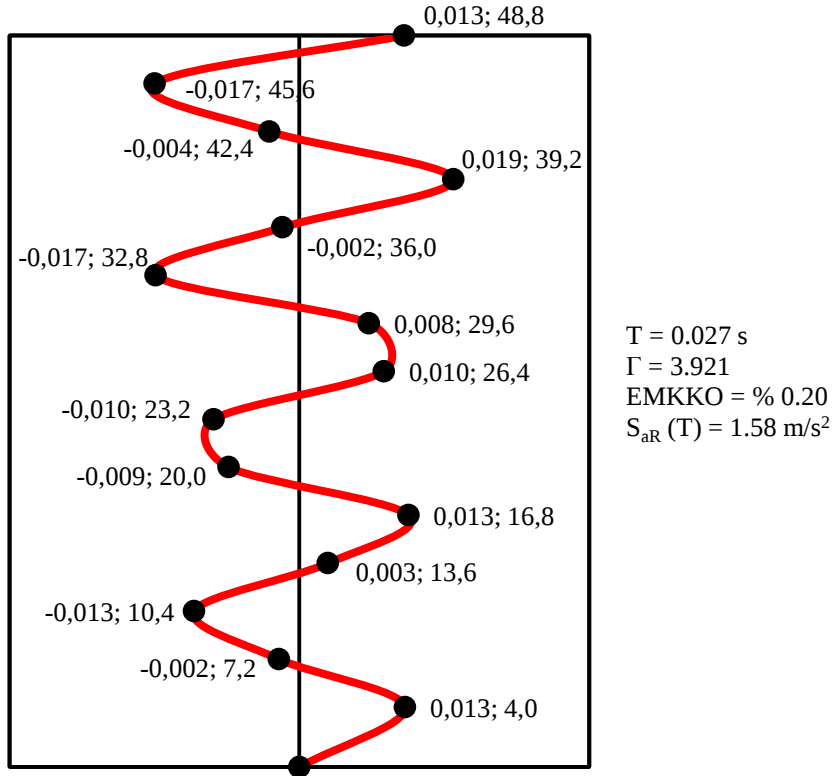
Şekil B.86 : W15 -- 6. mod şekli.



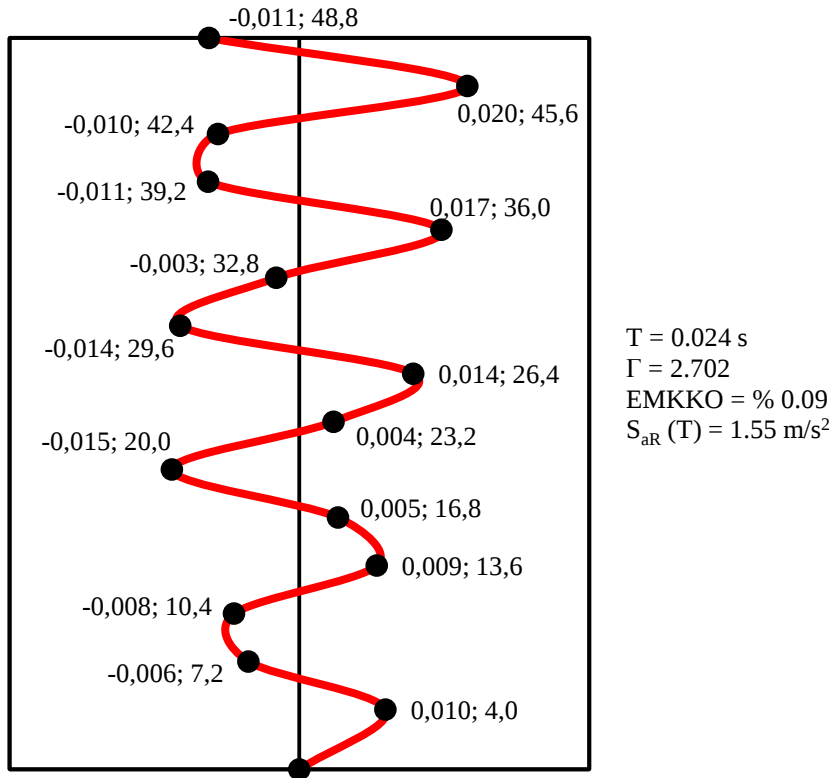
Şekil B.87 : W15 -- 7. mod şekli.



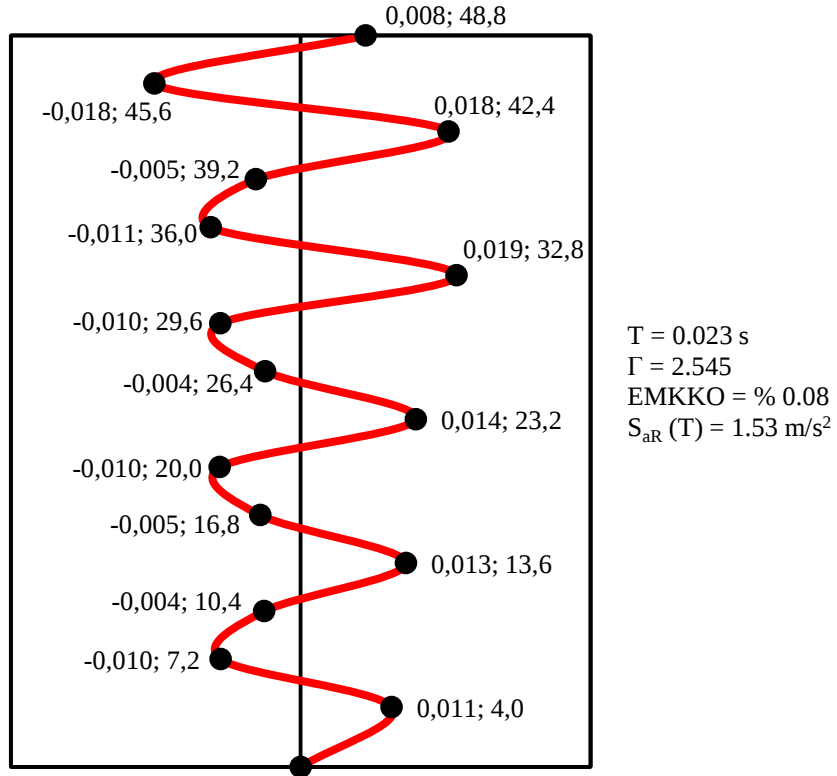
Şekil B.88 : W15 -- 8. mod şekli.



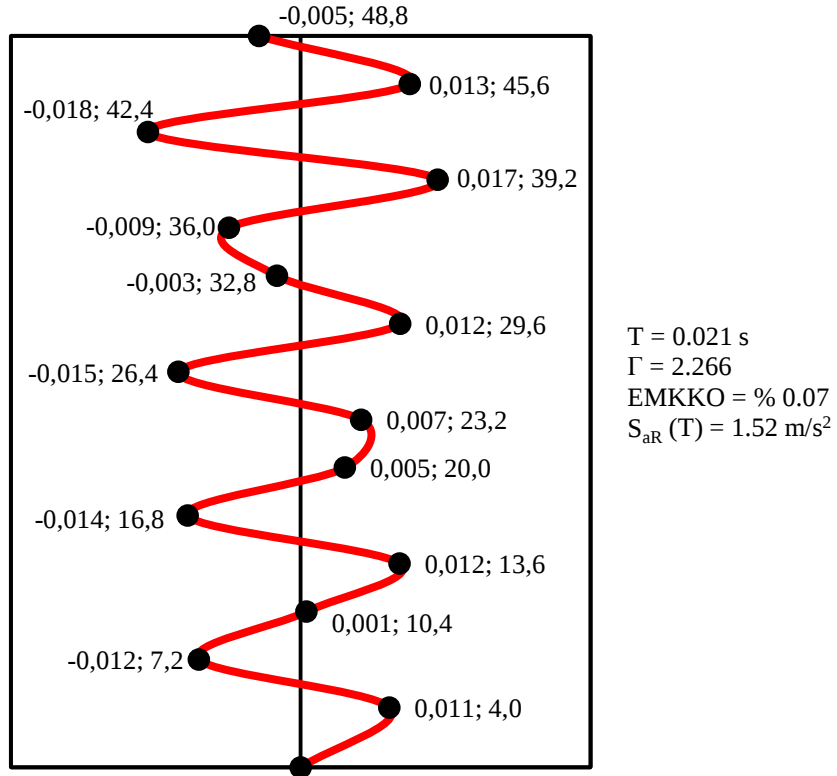
Şekil B.89 : W15 -- 9. mod şekli.



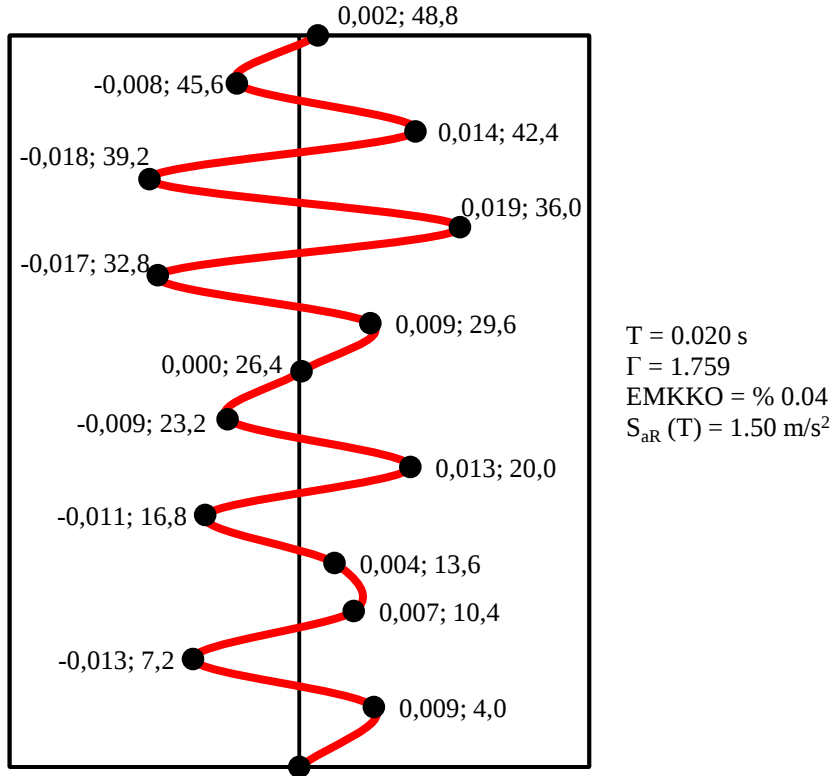
Şekil B.90 : W15 -- 10. mod şekli.



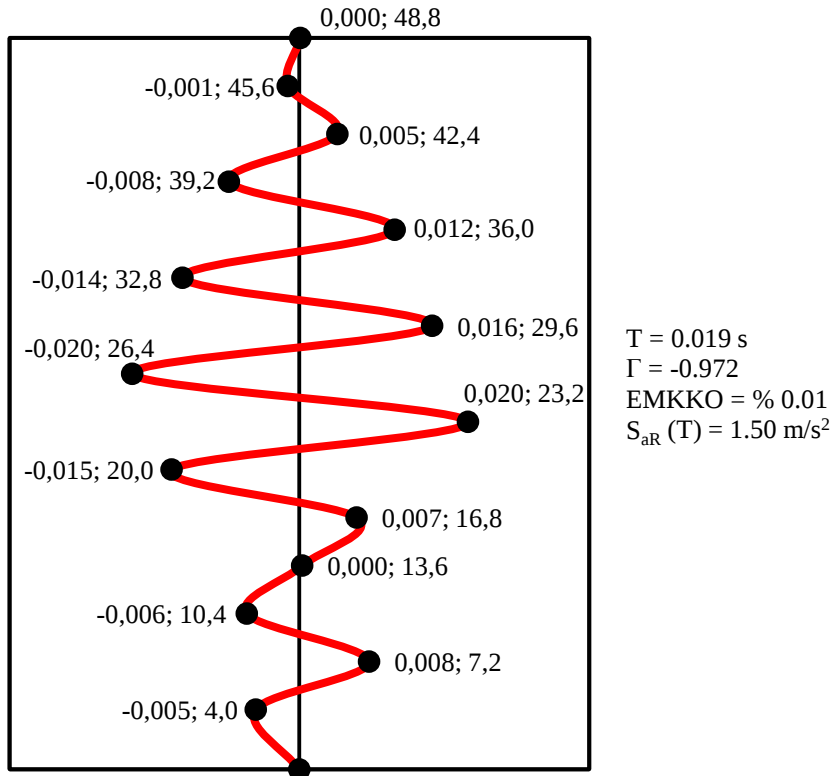
Şekil B.91 : W15 -- 11. mod şekli.



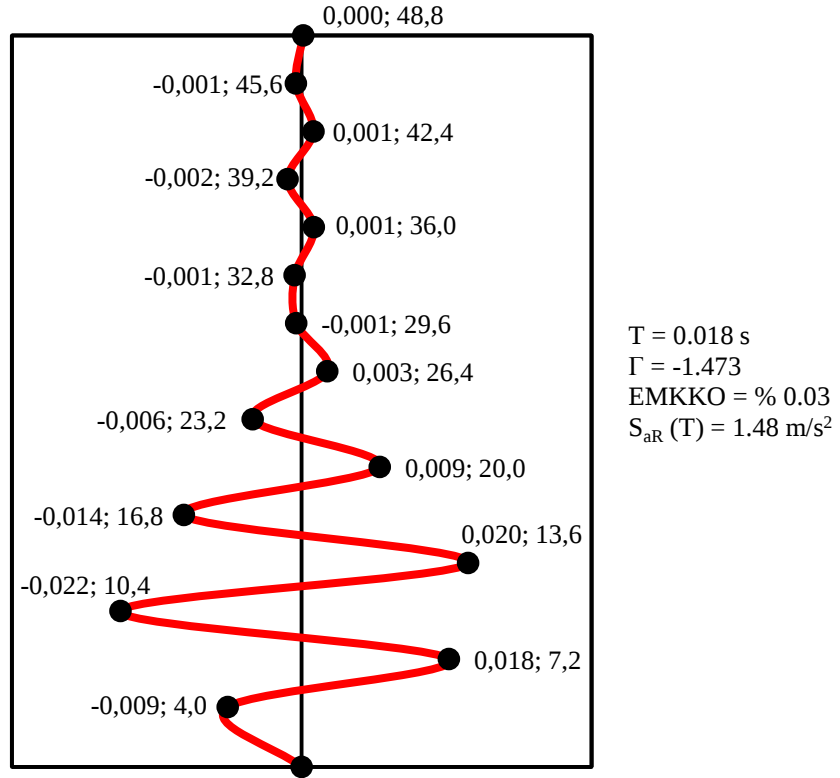
Şekil B.92 : W15 -- 12. mod şekli.



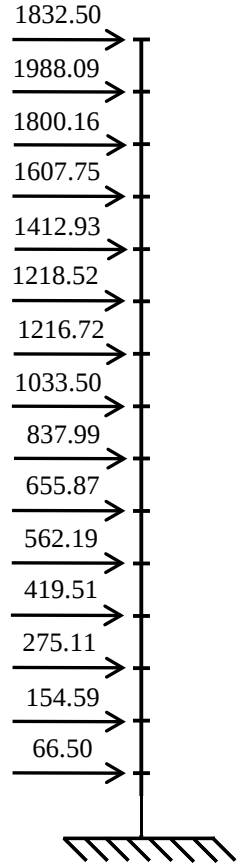
Şekil B.93 : W15 -- 13. mod şekli.



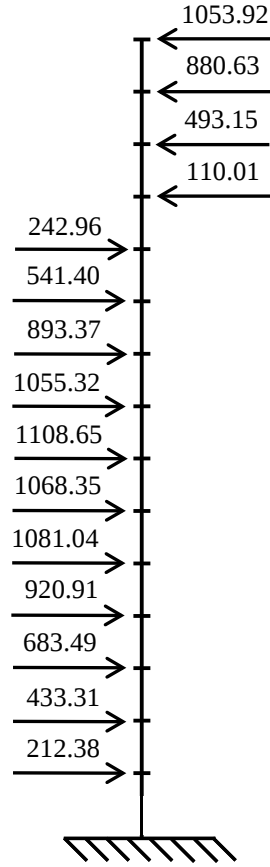
Şekil B.94 : W15 -- 14. mod şekli.



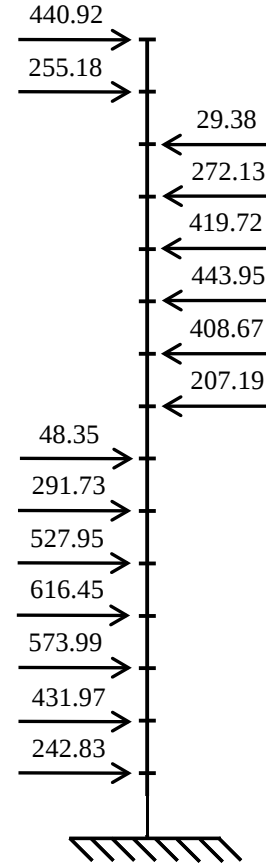
Şekil B.95 : W15 -- 15. mod şekli.



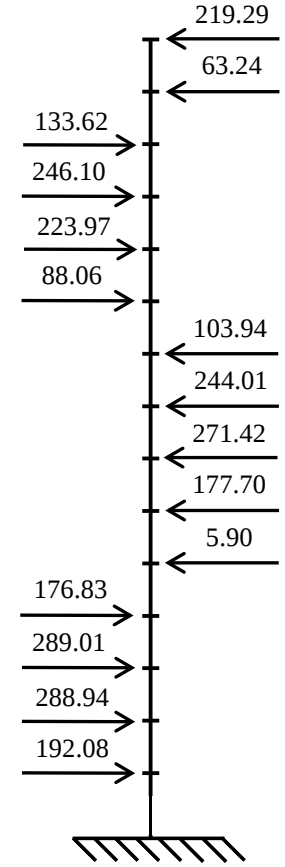
Şekil B.96 : W15 -- 1. modal kuvvetler.



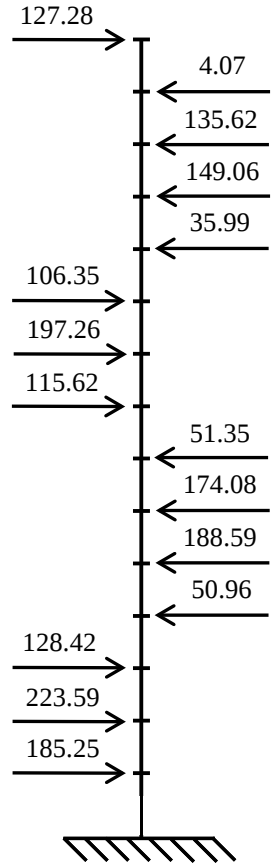
Şekil B.97 : W15 -- 2. modal kuvvetler.



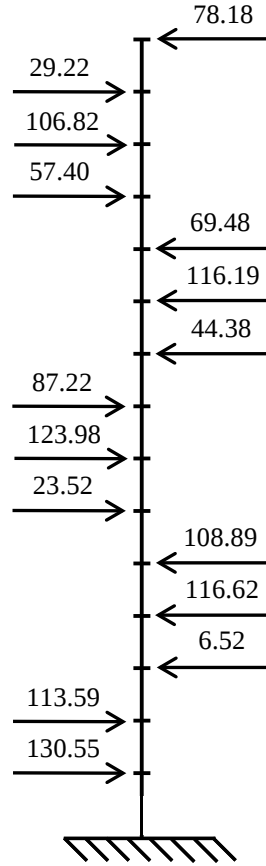
Şekil B.98 : W15 -- 3. modal kuvvetler.



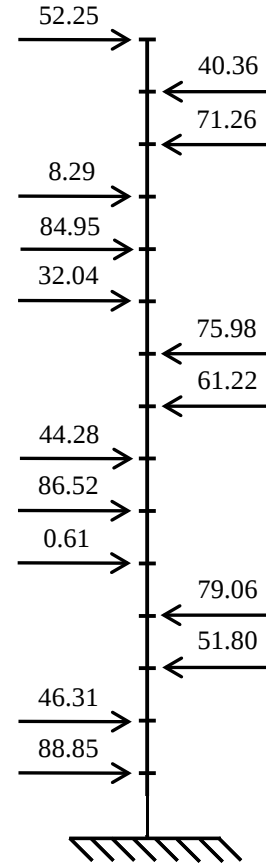
Şekil B.99 : W15 -- 4. modal kuvvetler.



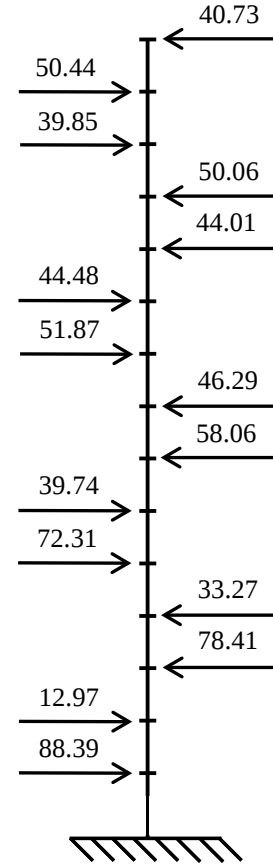
Şekil B.100 : W15 -- 5. modal kuvvetler.



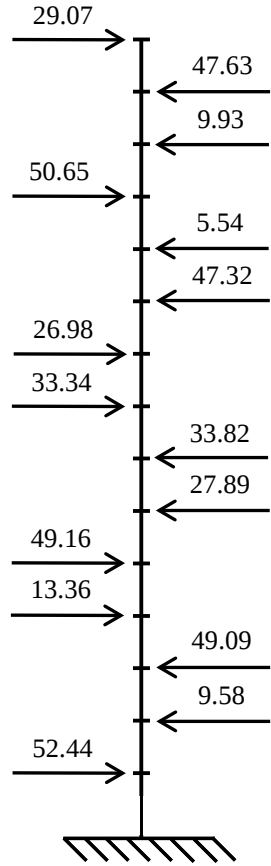
Şekil B.101 : W15 -- 6. modal kuvvetler.



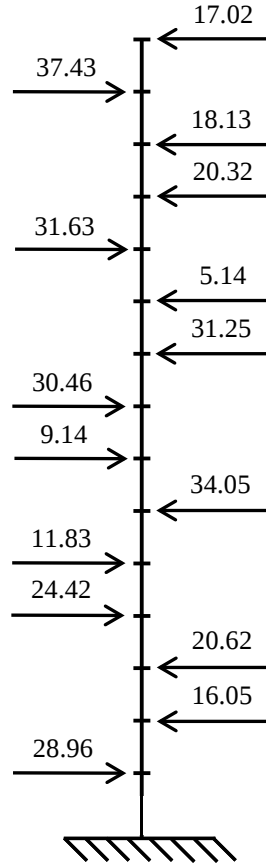
Şekil B.102 : W15 -- 7. modal kuvvetler.



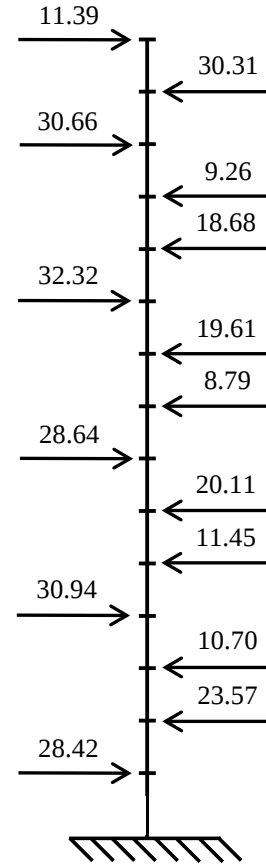
Şekil B.103 : W15 -- 8. modal kuvvetler.



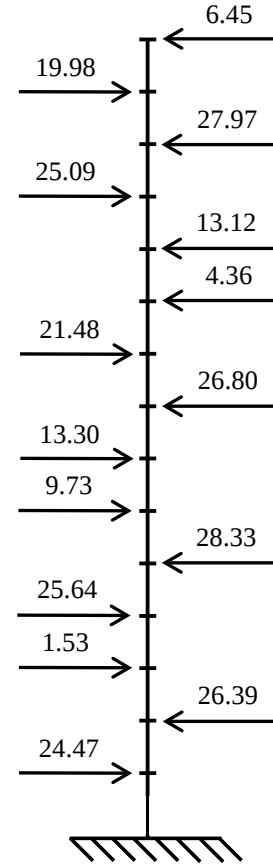
Şekil B.104 : W15 -- 9. modal kuvvetler.



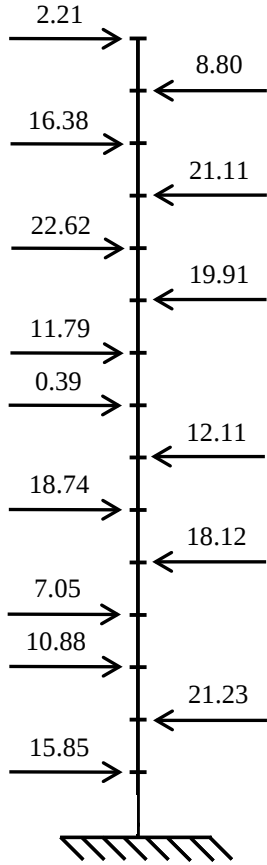
Şekil B.105 : W15 -- 10. modal kuvvetler.



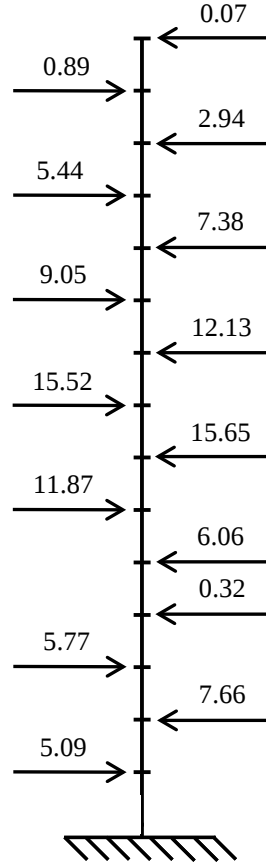
Şekil B.106 : W15 -- 11. modal kuvvetler.



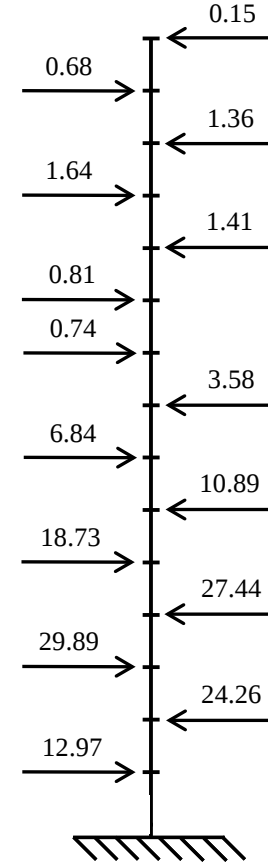
Şekil B.107 : W15 -- 12. modal kuvvetler.



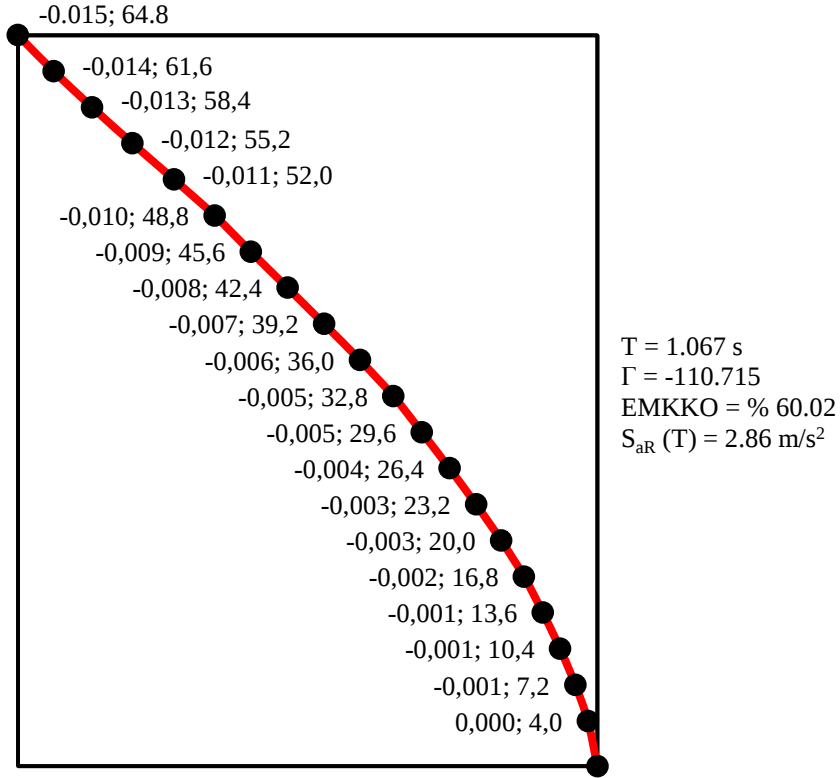
Şekil B.108 : W15 -- 13. modal kuvvetler.



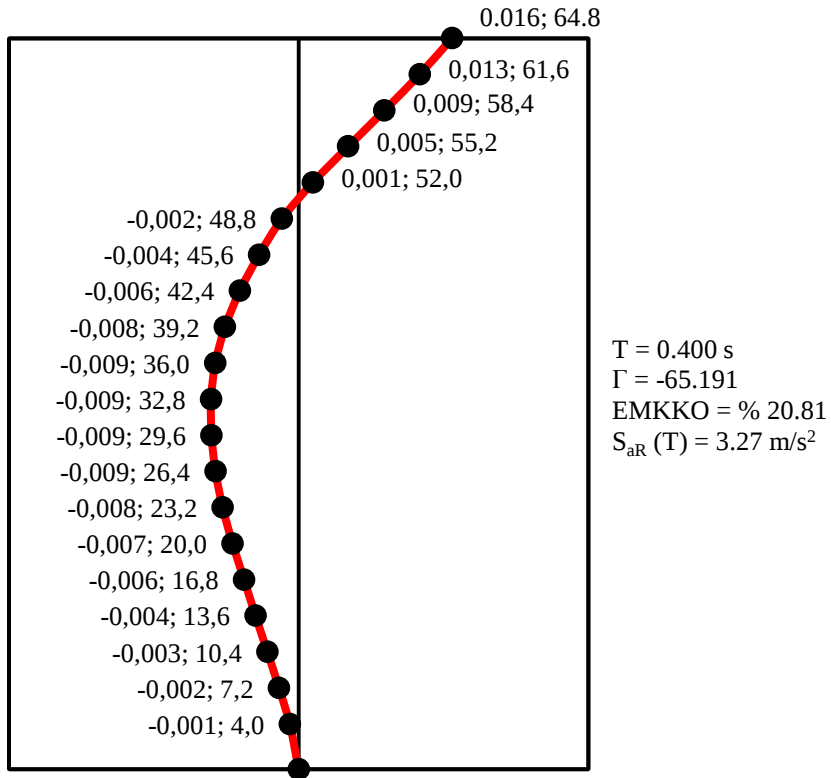
Şekil B.109 : W15 -- 14. modal kuvvetler.



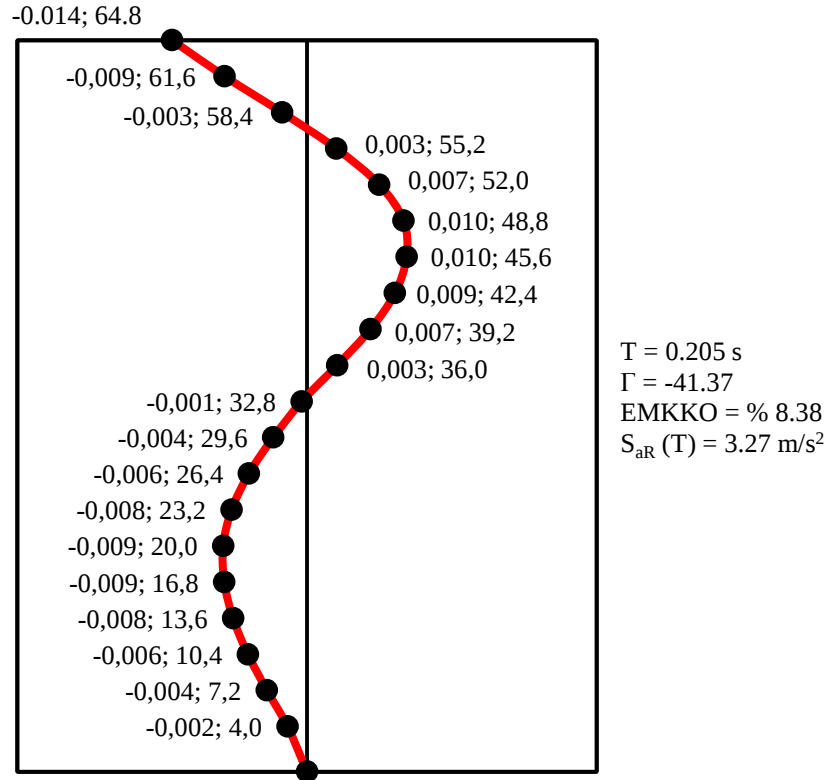
Şekil B.110 : W15 -- 15. modal kuvvetler.



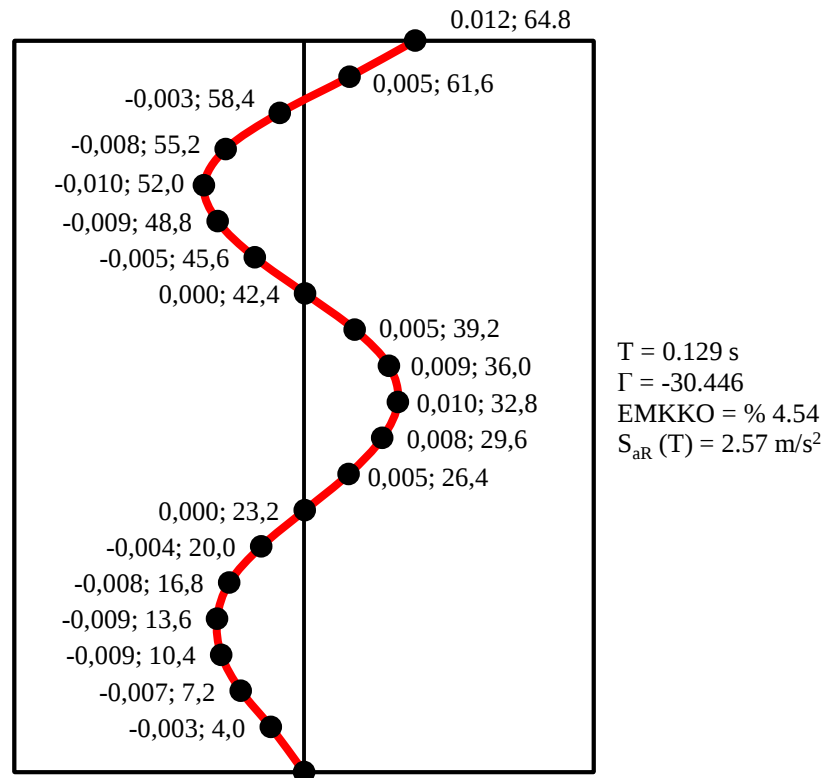
Şekil B.111 : W20 -- 1. mod şekli.



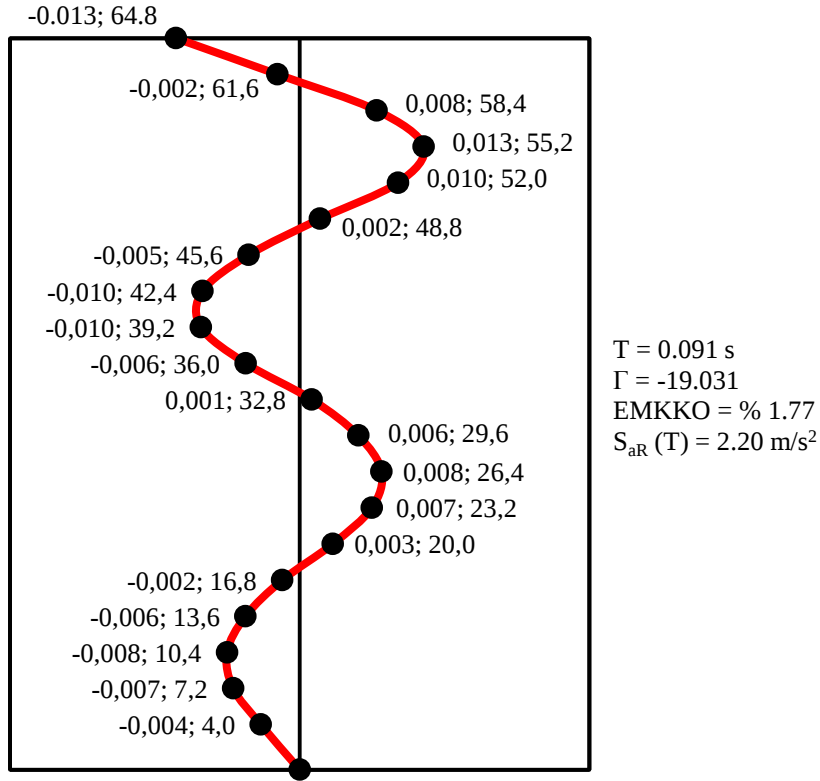
Şekil B.112 : W20 -- 2. mod şekli.



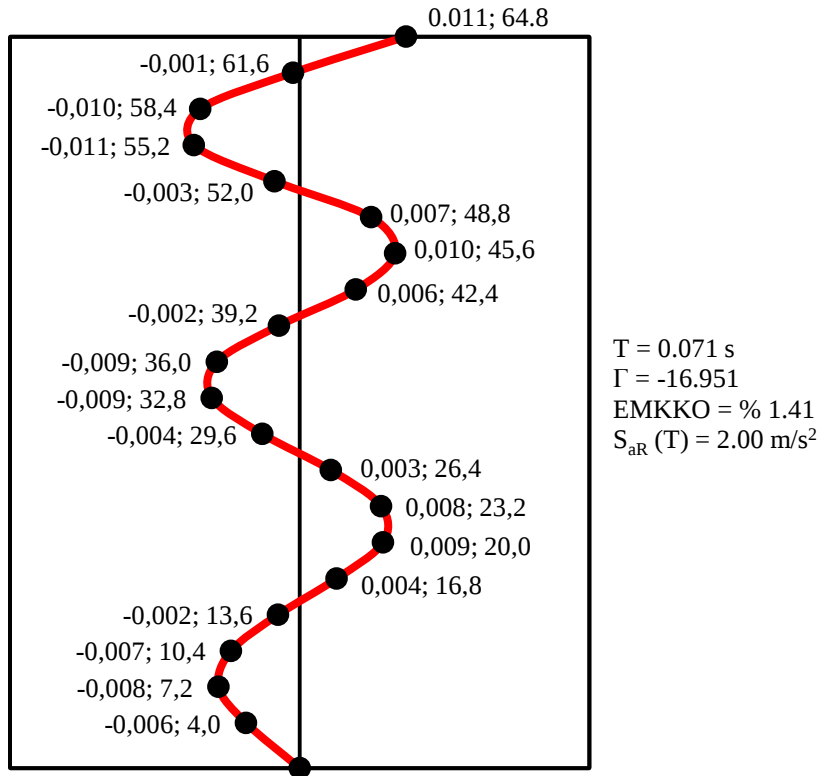
Şekil B.113 : W20 -- 3. mod şekli.



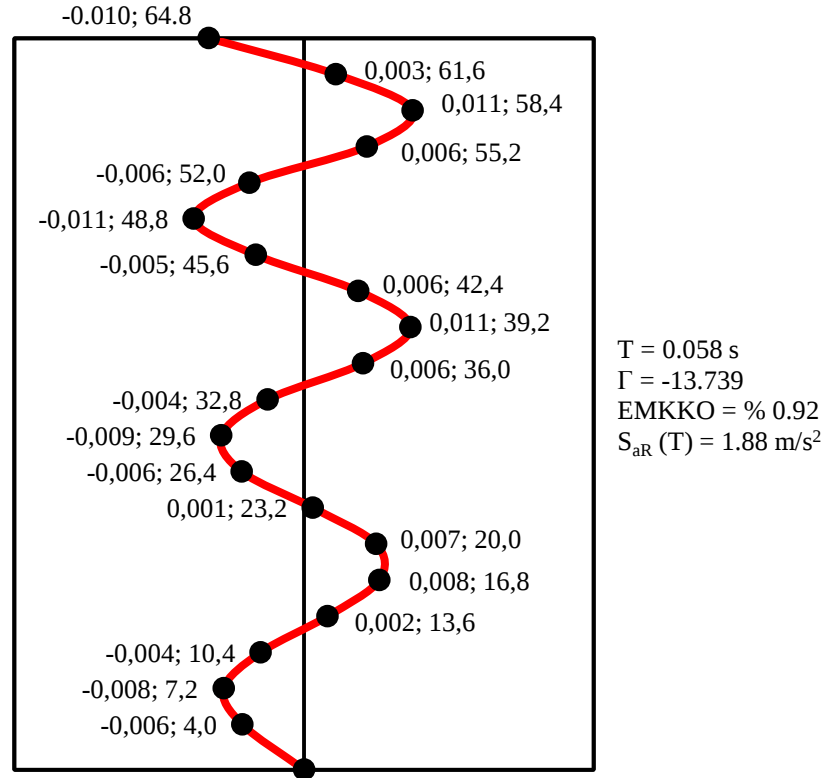
Şekil B.114 : W20 -- 4. mod şekli.



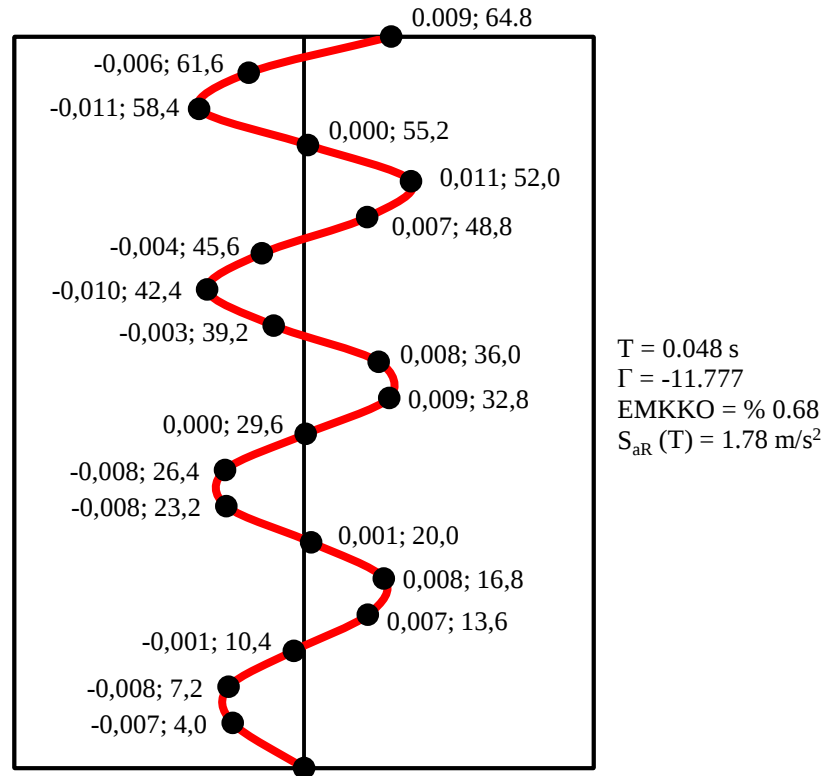
Şekil B.115 : W20 -- 5. mod şekli.



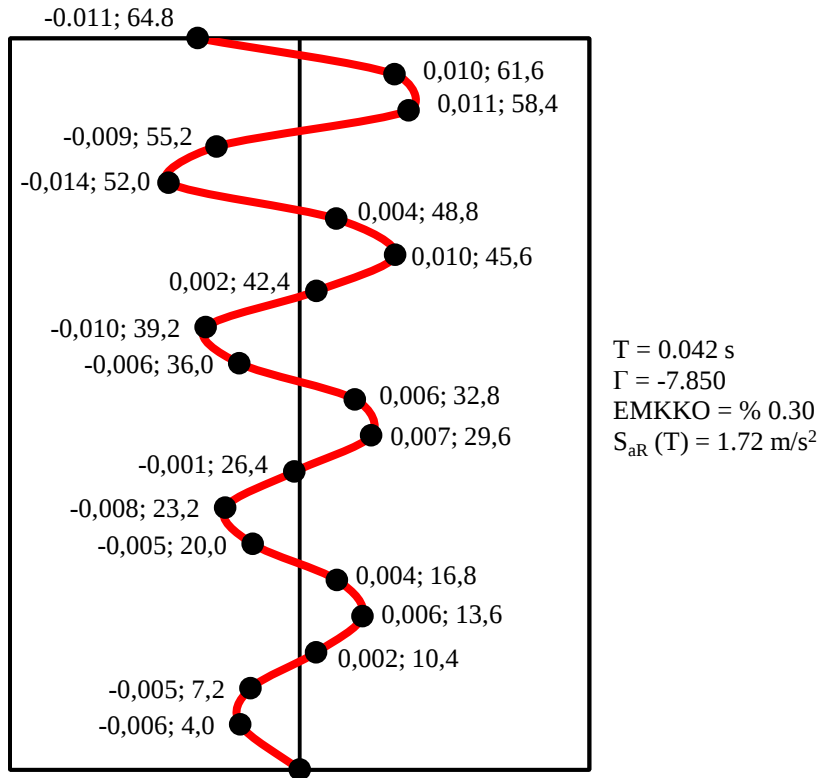
Şekil B.116 : W20 -- 6. mod şekli.



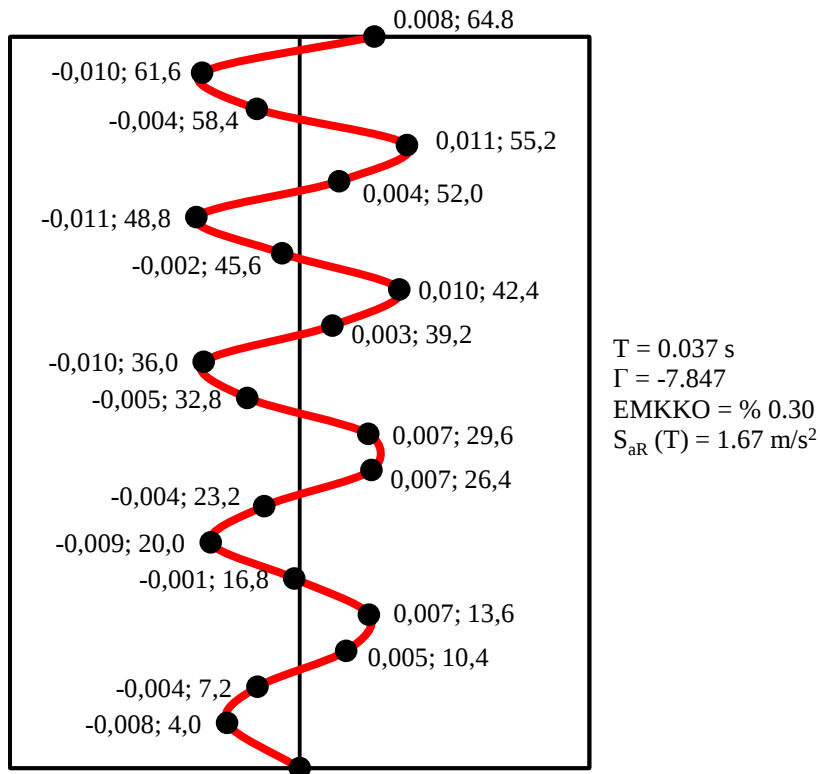
Şekil B.117 : W20 -- 7. mod şekli.



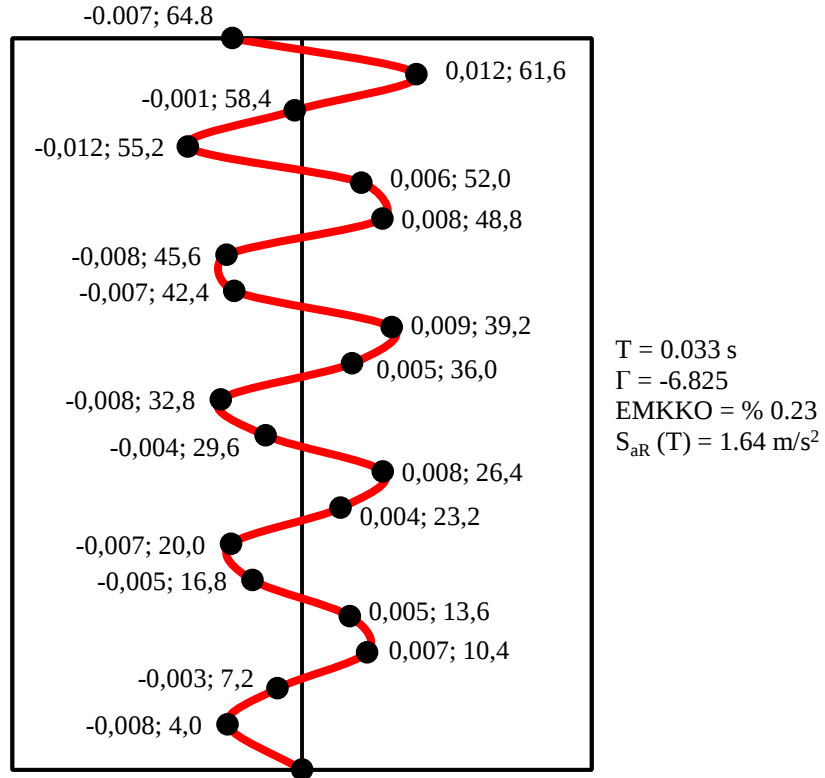
Şekil B.118 : W20 -- 8. mod şekli.



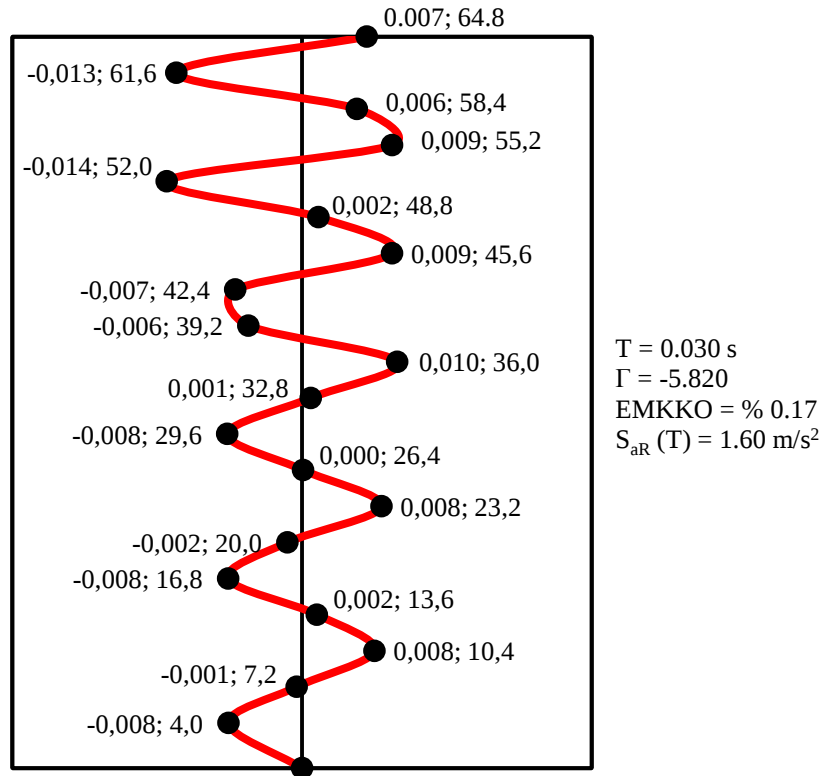
Şekil B.119 : W20 -- 9. mod şekli.



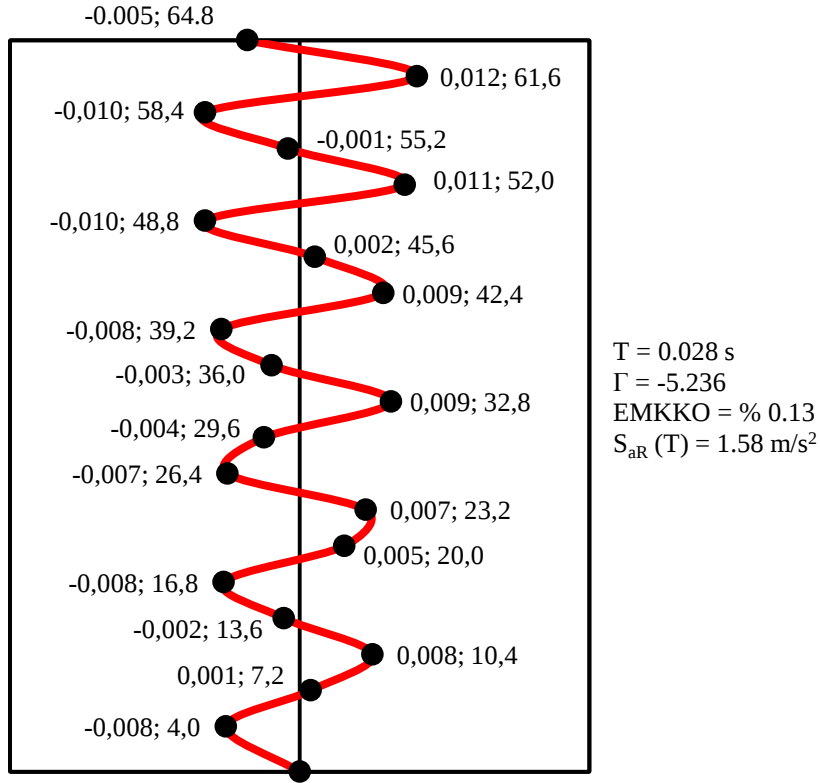
Şekil B.120 : W20 -- 10. mod şekli.



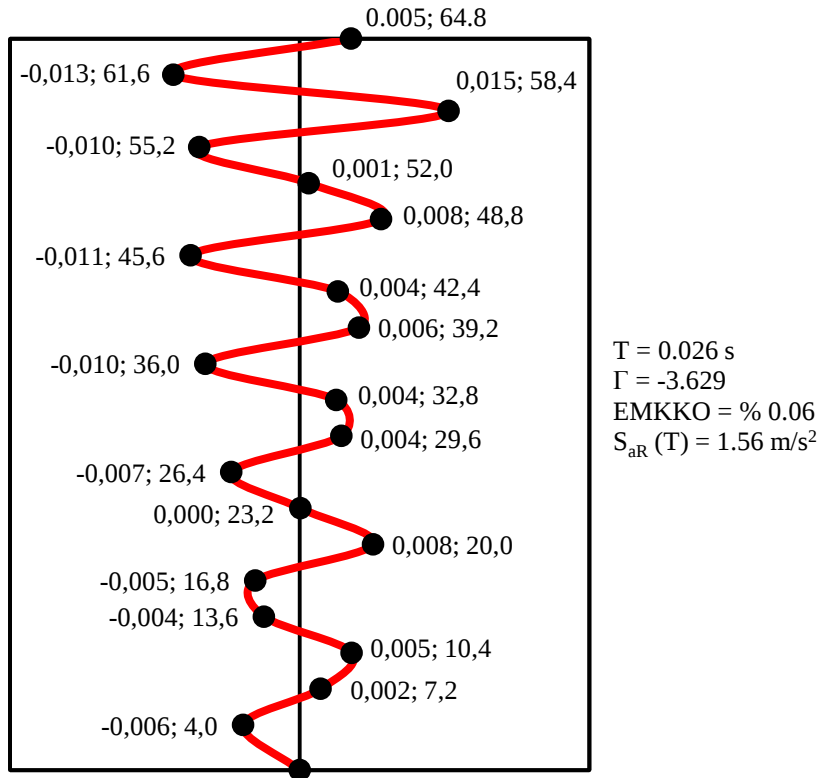
Şekil B.121 : W20 -- 11. mod şekli.



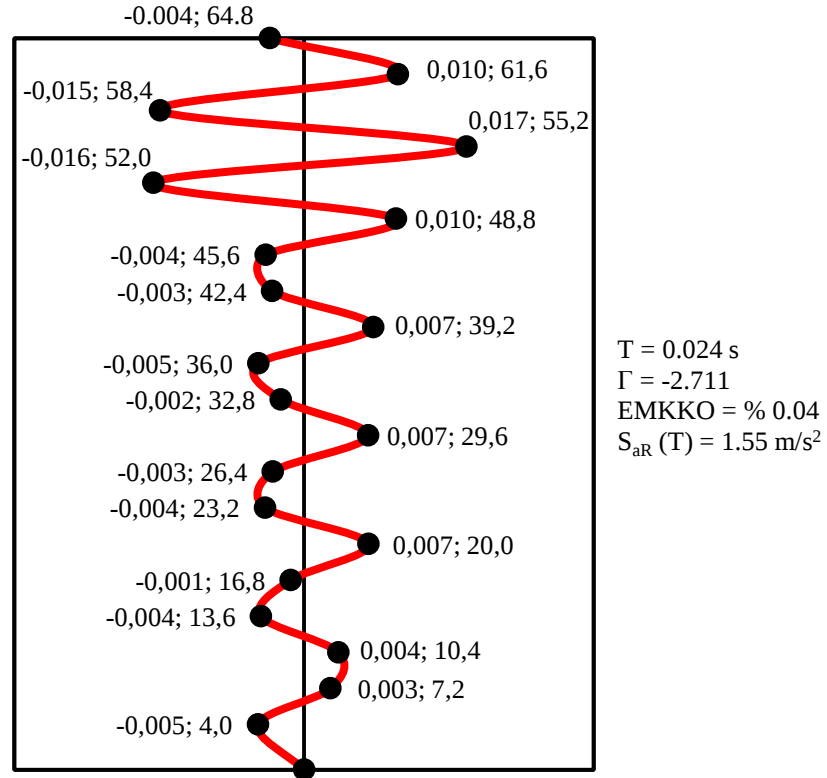
Şekil B.122 : W20 -- 12. mod şekli.



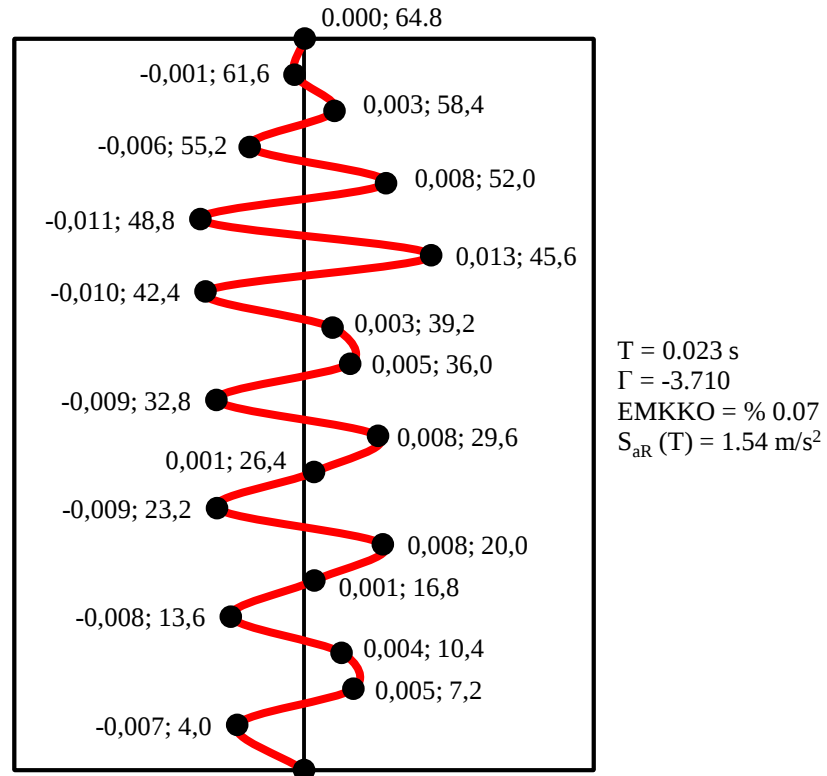
Şekil B.123 : W20 -- 13. mod şekli.



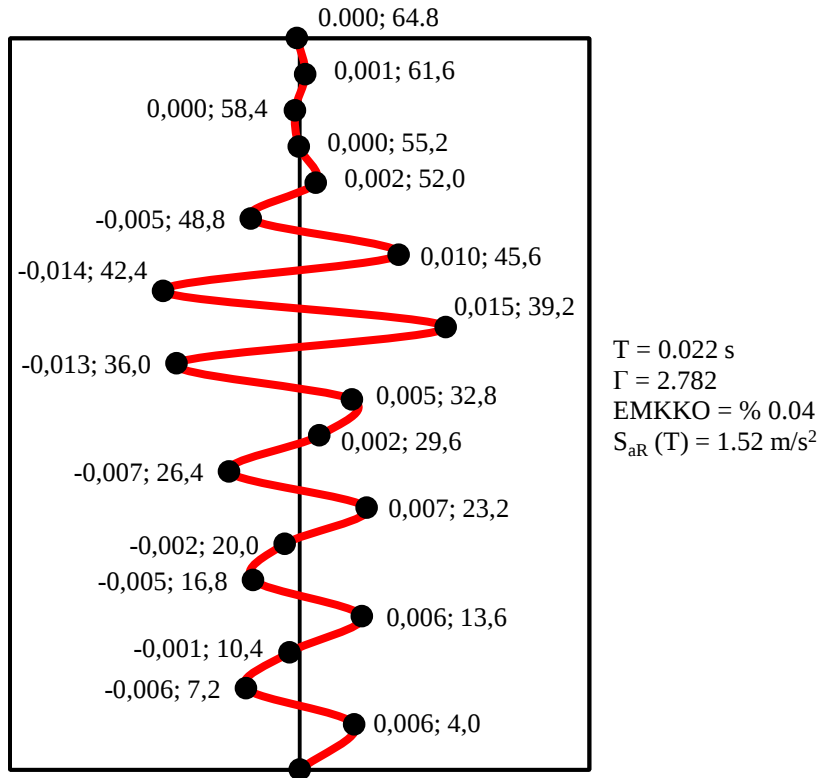
Şekil B.124 : W20 -- 14. mod şekli.



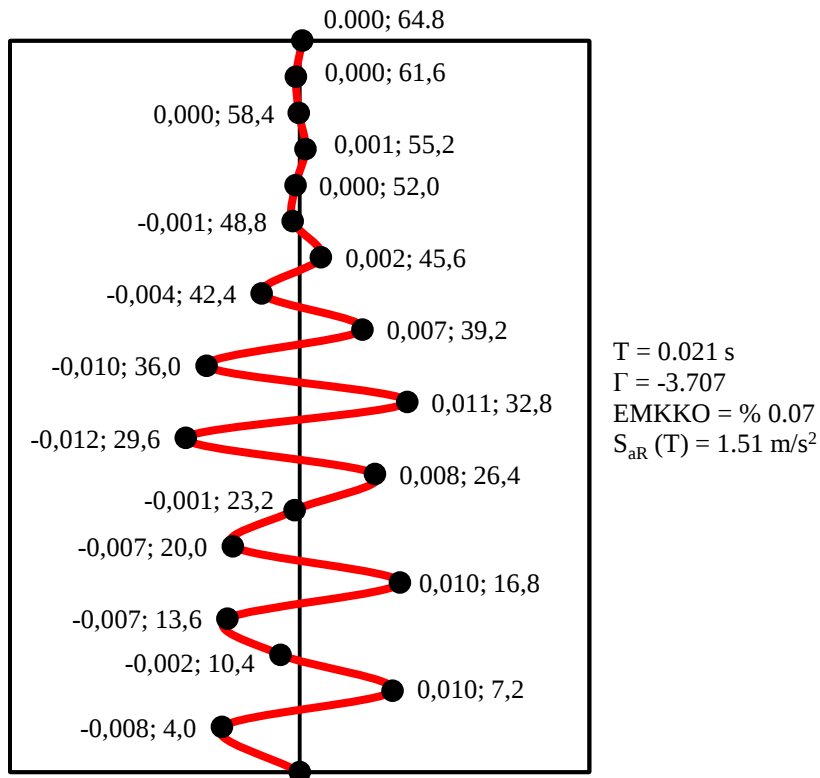
Şekil B.125 : W20 -- 15. mod şekli.



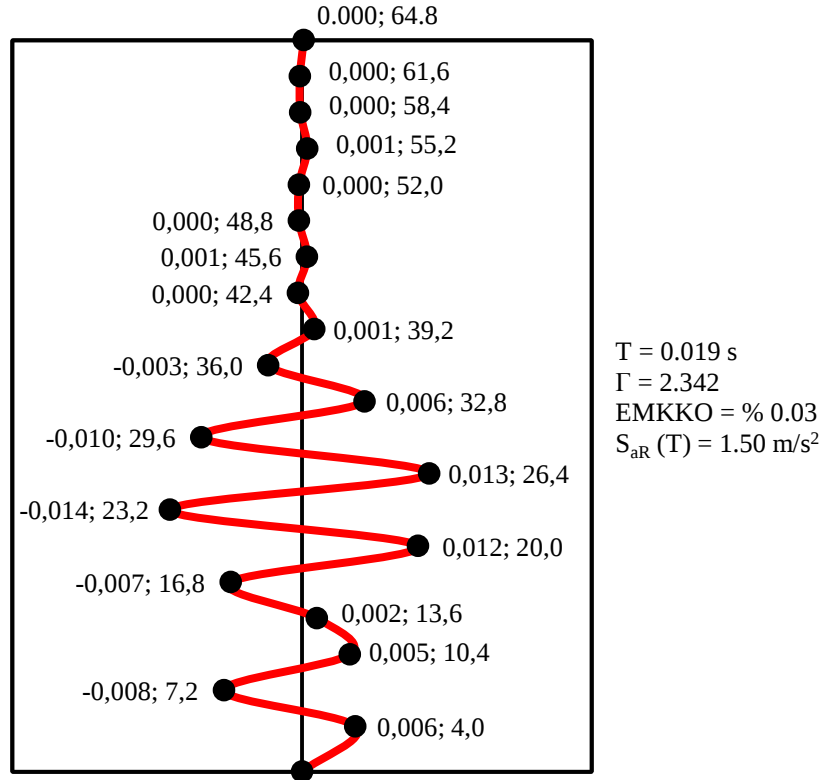
Şekil B.126 : W20 -- 16. mod şekli.



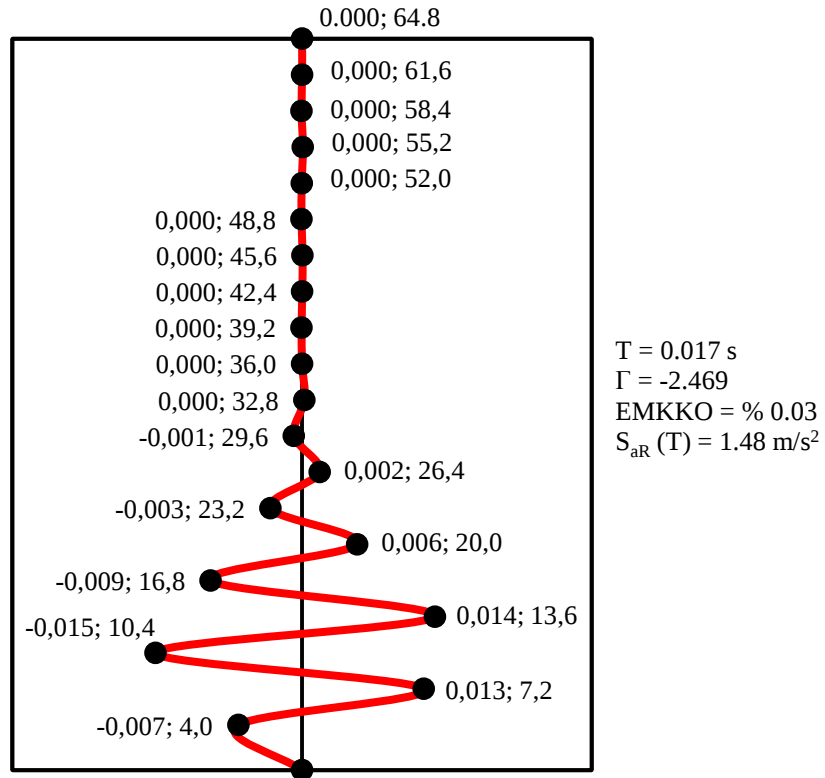
Şekil B.127 : W20 -- 17. mod şekli.



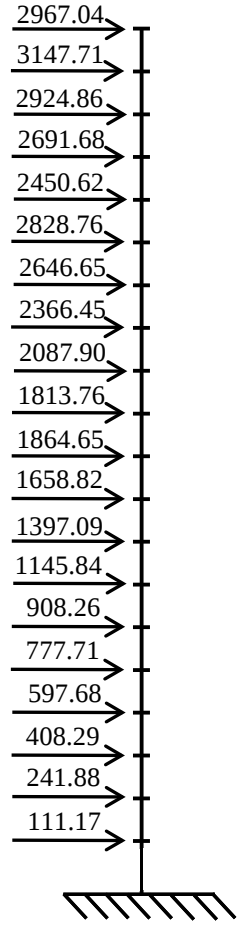
Şekil B.128 : W20 -- 18. mod şekli.



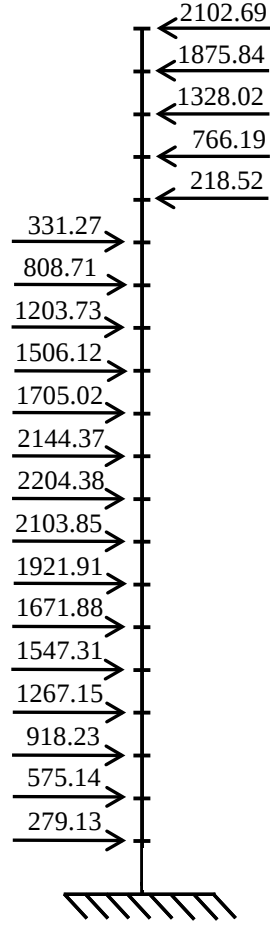
Şekil B.129 : W20 -- 19. mod şekli.



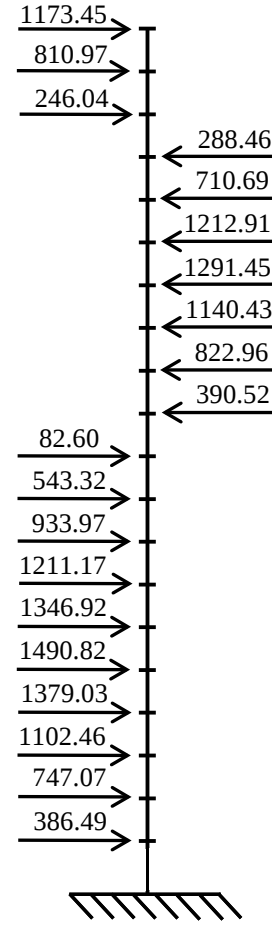
Şekil B.130 : W20 -- 20. mod şekli.



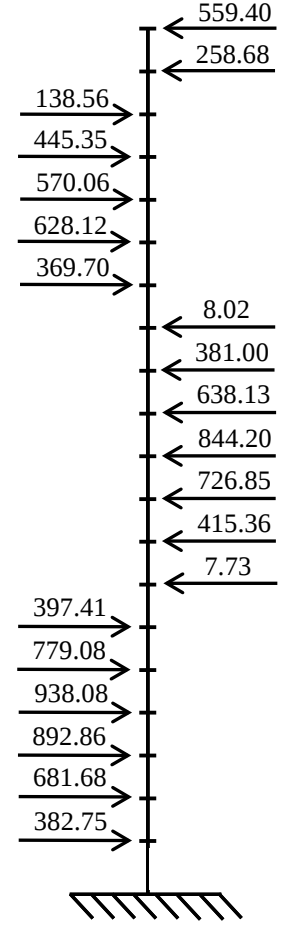
Şekil B.131 : W20 -- 1. modal kuvvetler.



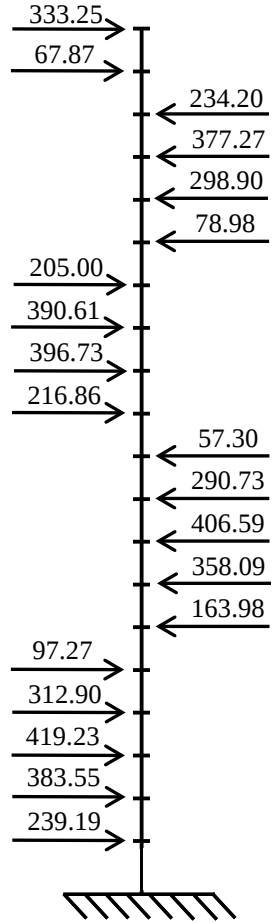
Şekil B.132 : W20 -- 2. modal kuvvetler.



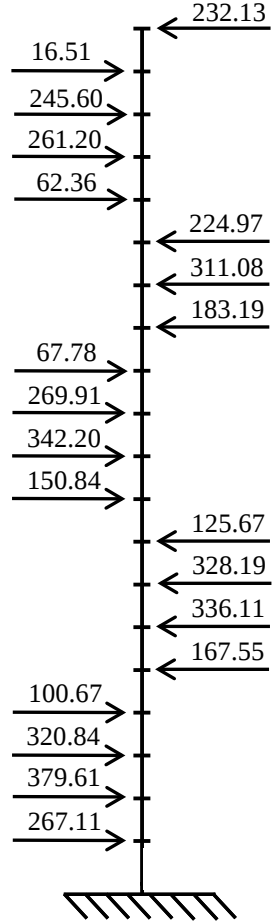
Şekil B.133 : W20 -- 3. modal kuvvetler.



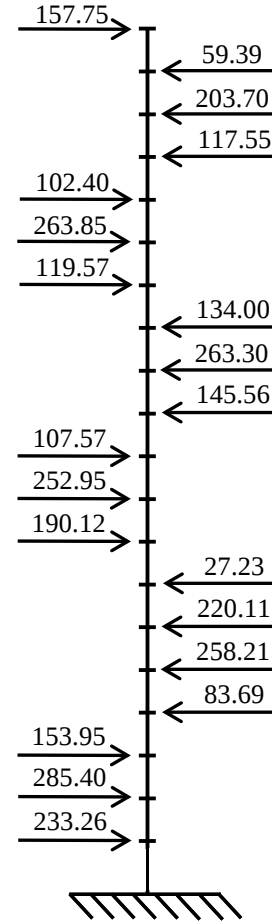
Şekil B.134 : W20 -- 4. modal kuvvetler.



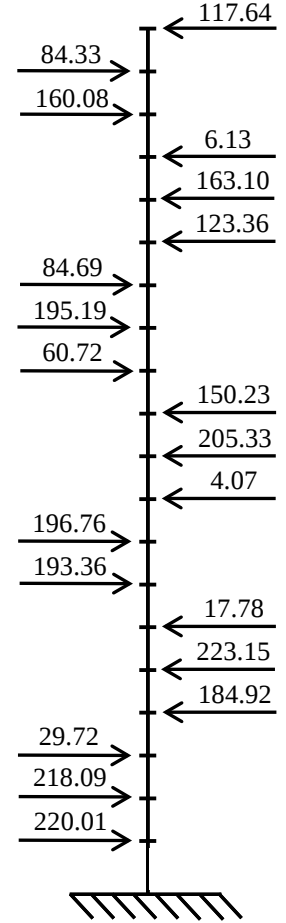
Şekil B.135 : W20 -- 5. modal kuvvetler.



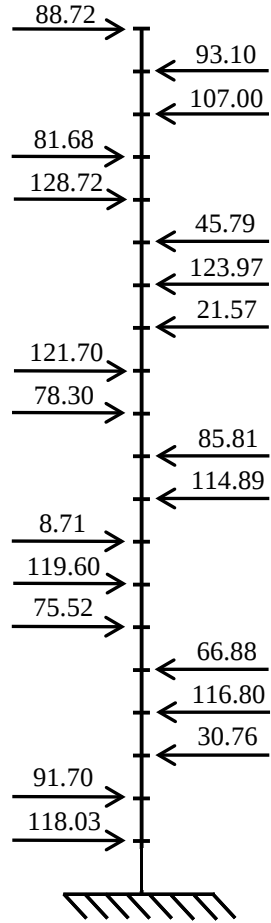
Şekil B.136 : W20 -- 6. modal kuvvetler.



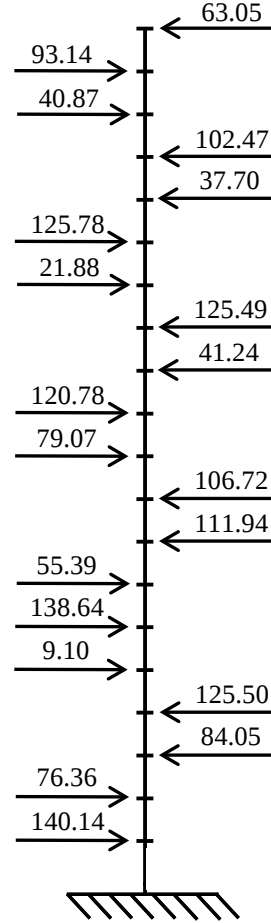
Şekil B.137 : W20 -- 7. modal kuvvetler.



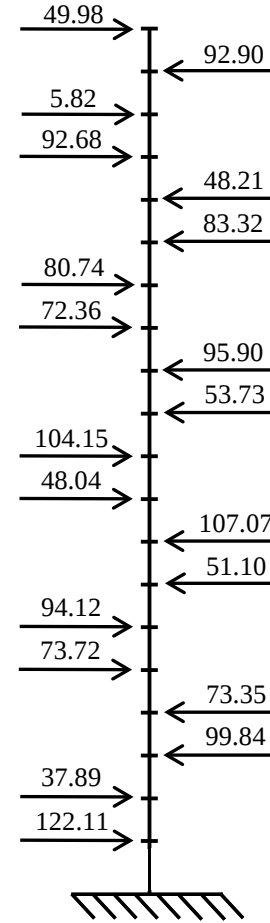
Şekil B.138 : W20 -- 8. modal kuvvetler.



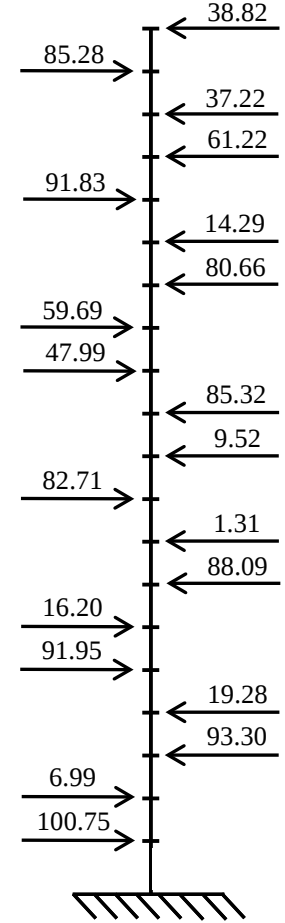
Şekil B.139 : W20 -- 9. modal kuvvetler.



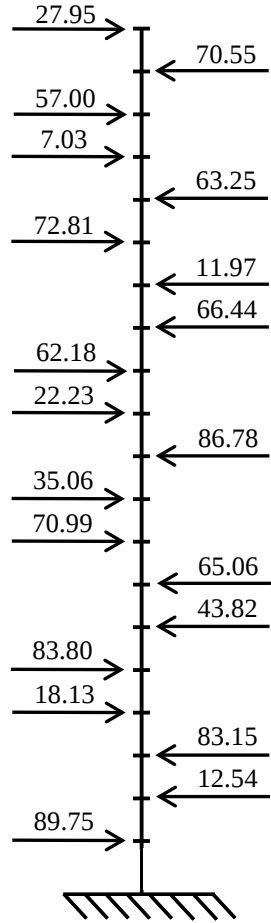
Şekil B.140 : W20 -- 10. modal kuvvetler.



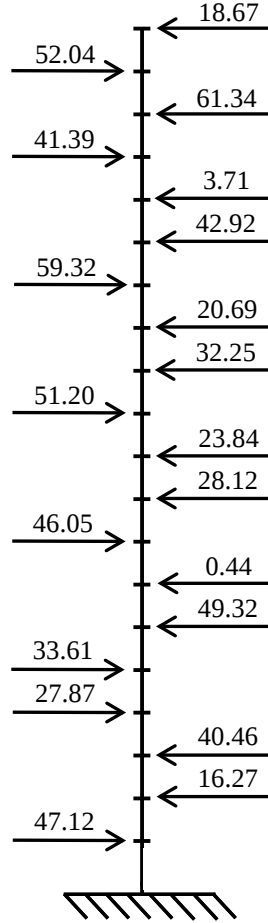
Şekil B.141 : W20 -- 11. modal kuvvetler.



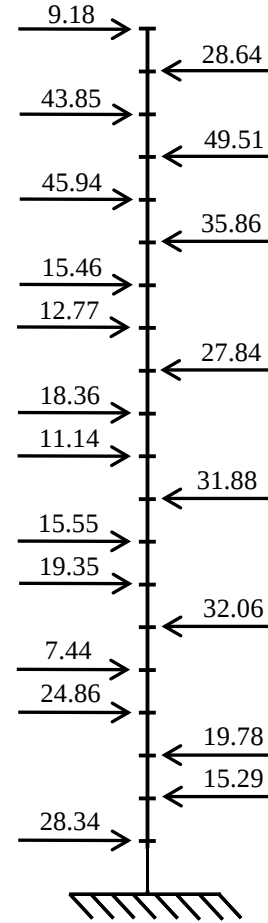
Şekil B.142 : W20 -- 12. modal kuvvetler.



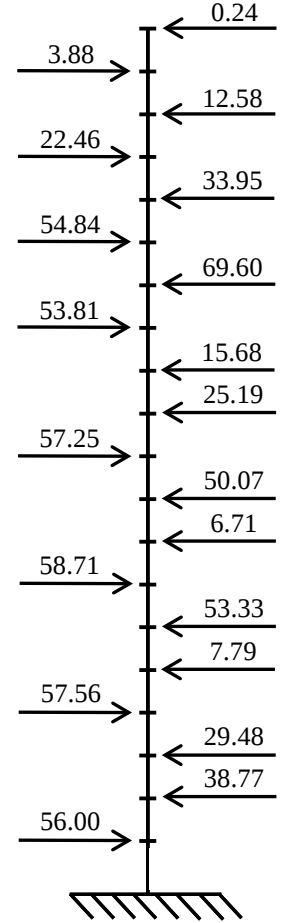
Şekil B.143 : W20 -- 13.
modal kuvvetler.



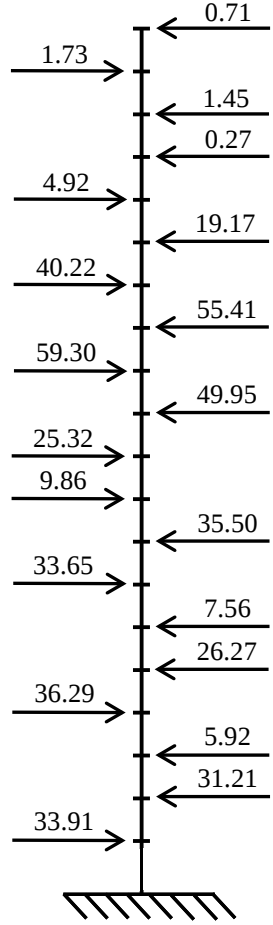
Şekil B.144 : W20 -- 14.
modal kuvvetler.



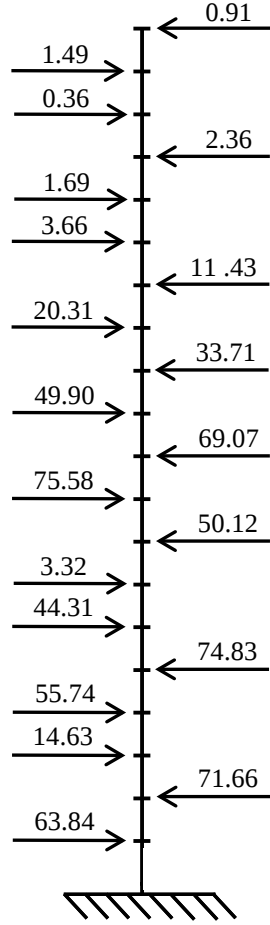
Şekil B.145 : W20 -- 15.
modal kuvvetler.



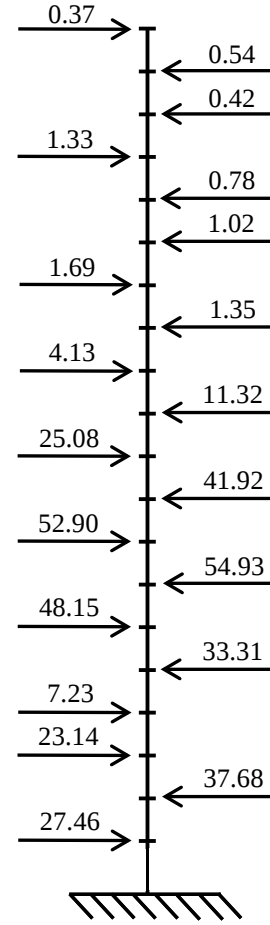
Şekil B.146 : W20 -- 16.
modal kuvvetler.



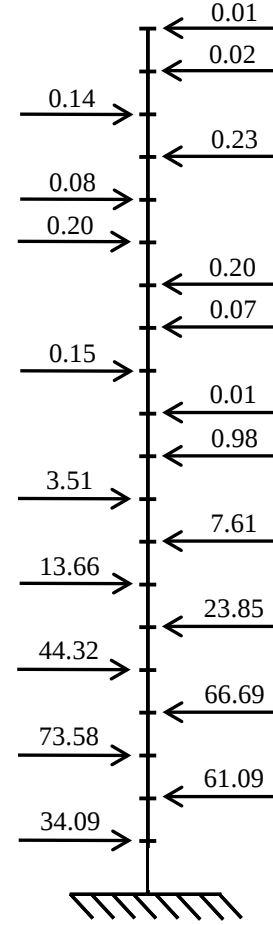
Şekil B.147 : W20 -- 17.
modal kuvvetler.



Şekil B.148 : W20 -- 18.
modal kuvvetler.



Şekil B.149 : W20 -- 19.
modal kuvvetler.

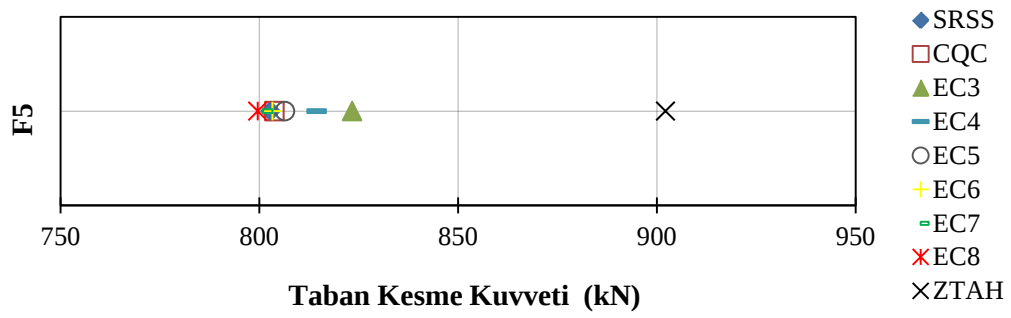


Şekil B.150 : W20 -- 20.
modal kuvvetler.

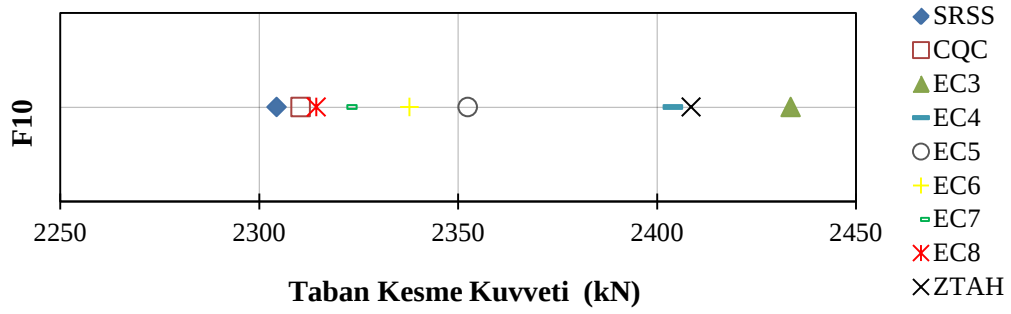
EK C

Çizelge C.1 : Taban kesme kuvvetleri.

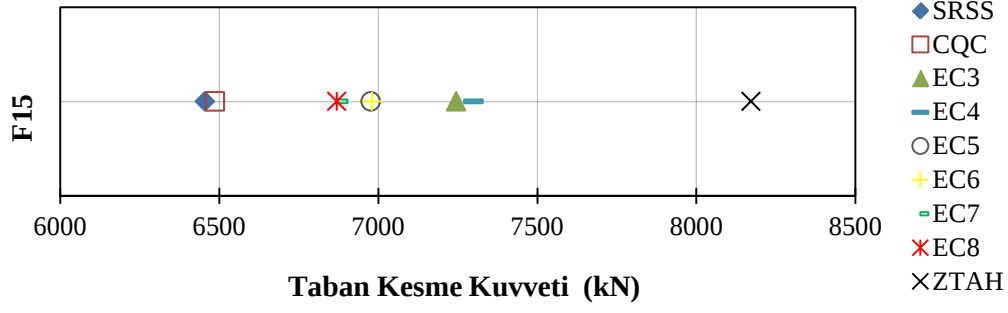
	SRSS	CQC	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7	EC8	ZTAH
F5	802.9	803.8	823.3	814.5	806.5	803.3	801.0	799.6	902.2
F10	2304.4	2310.4	2433.6	2404.1	2352.5	2337.8	2322.2	2314.4	2408.6
F15	6455.1	6486.2	7245.5	7299.2	6976.6	6980.3	6874.1	6869.9	8172.2
W10	5111.8	5119.7	5761.3	5685.4	5598.5	5570.6	5546.5	5534.2	6011.8
W15	16221.2	16263.1	18685.1	18479.0	18106.2	18016.4	17911.5	17867.3	17111.9
W20	38195.6	38392.2	44024.5	43909.8	42445.6	42316.5	41873.0	41781.3	41070.2



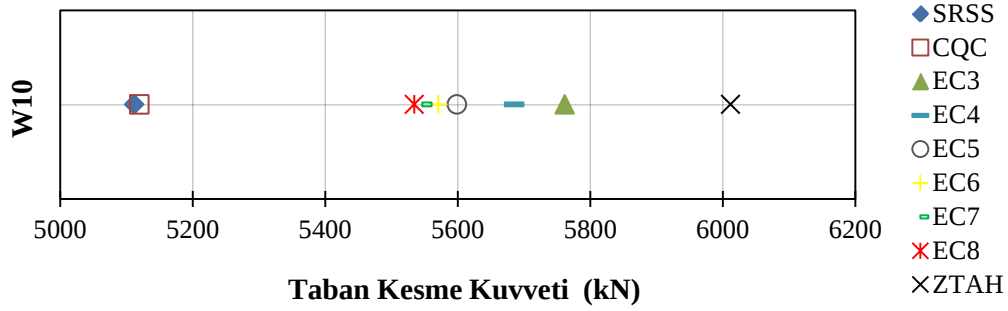
Şekil C.1 : F5 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş taban kesme kuvvetleri.



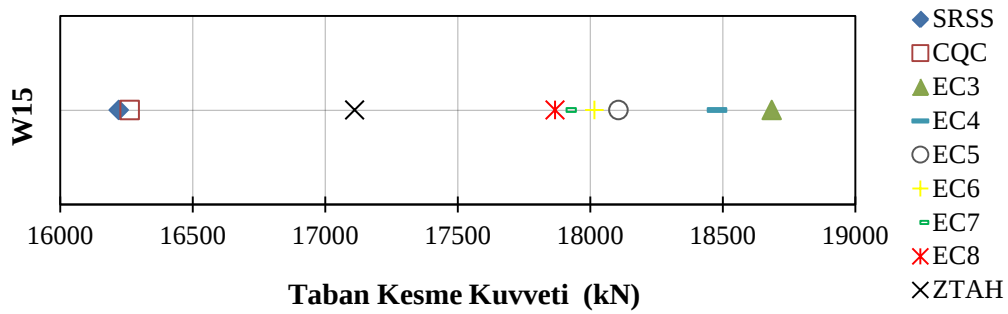
Şekil C.2 : F10 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş taban kesme kuvvetleri.



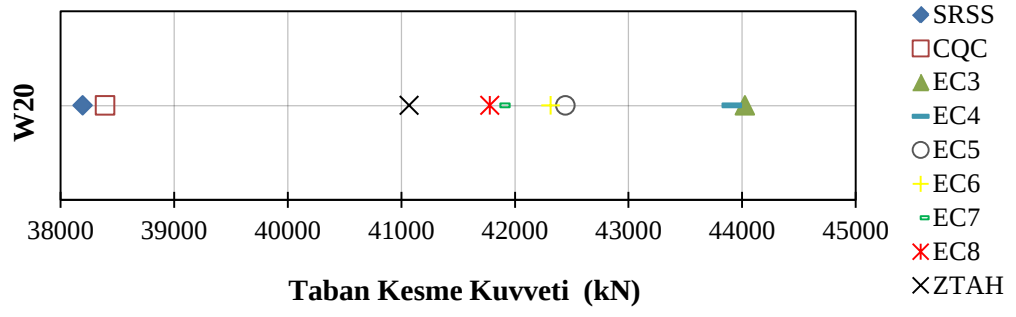
Şekil C.3 : F15 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş taban kesme kuvvetleri.



Şekil C.4 : W10 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş taban kesme kuvvetleri.



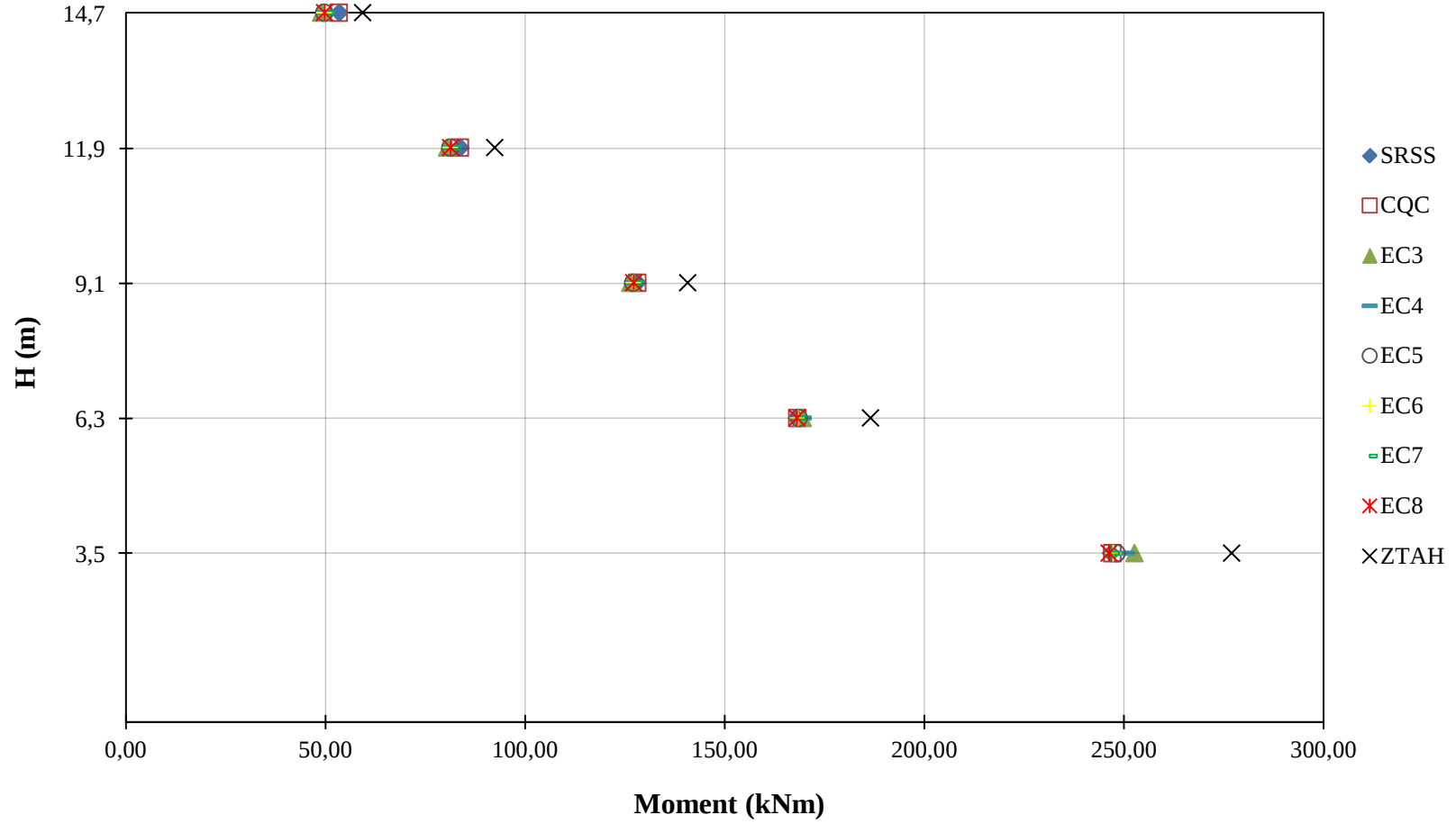
Şekil C.5 : W15 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş taban kesme kuvvetleri.



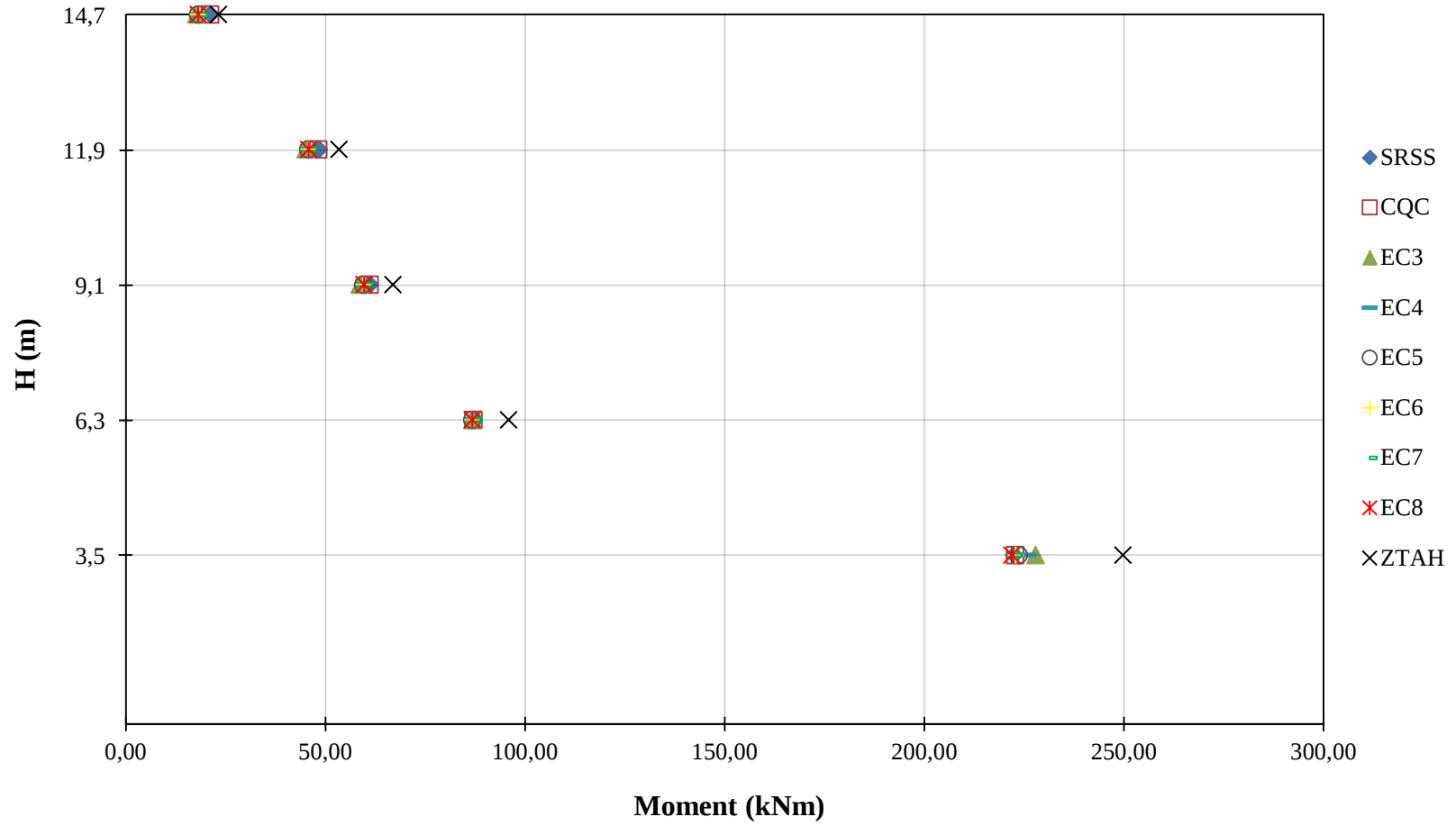
Şekil C.6 : W20 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş taban kesme kuvvetleri.

Çizelge C.2 : F5 birleştirme sonuçları.

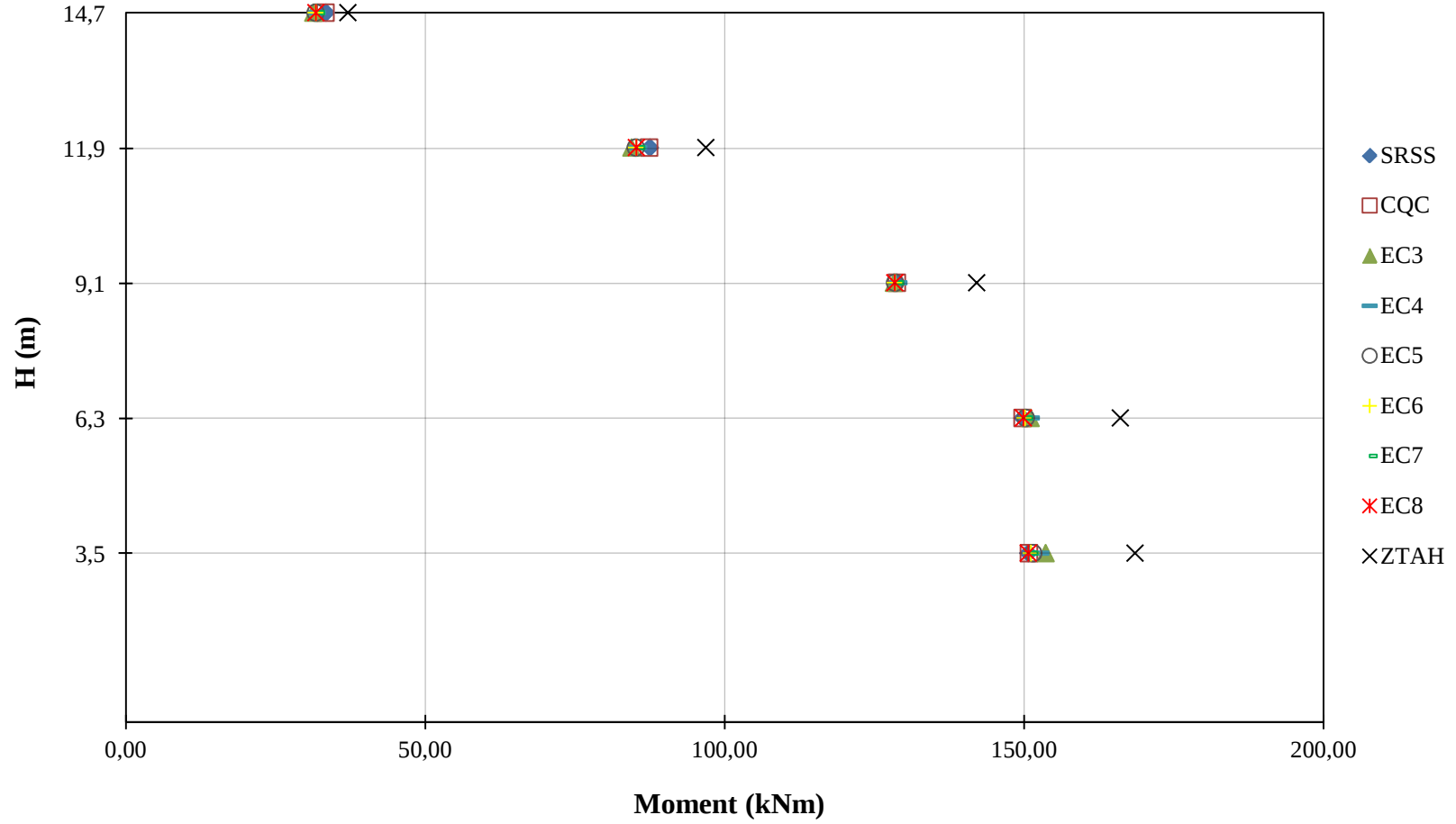
	Kat No	H (m)	SRSS	CQC	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7	EC8	ZTAH
1. Kolon Moment (kNm)	1	3.5	246.88	247.11	252.72	250.45	248.19	247.34	246.71	246.35	277.03
	2	6.3	168.19	168.22	169.64	169.51	168.58	168.39	168.21	168.14	186.60
	3	9.1	128.23	128.14	126.44	127.49	127.16	127.28	127.28	127.31	140.76
	4	11.9	83.88	83.74	80.51	81.59	81.31	81.41	81.39	81.40	92.47
	5	14.7	53.51	53.35	49.00	50.06	49.76	49.85	49.83	49.84	59.34
2. Kolon Moment (kNm)	1	3.5	222.55	222.77	227.89	225.79	223.72	222.94	222.36	222.03	249.80
	2	6.3	87.13	87.12	86.90	87.19	86.85	86.86	86.83	86.84	95.95
	3	9.1	61.18	61.11	58.63	59.52	59.50	59.65	59.70	59.74	66.97
	4	11.9	48.36	48.26	45.10	45.89	45.75	45.83	45.82	45.84	53.42
	5	14.7	21.25	21.14	17.71	18.29	18.14	18.19	18.17	18.18	23.26
Kiriş Moment (kNm)	1	3.5	150.75	150.84	153.62	152.72	151.55	151.17	150.88	150.72	168.576
	2	6.3	149.78	149.79	151.15	151.14	150.32	150.17	150.01	149.94	166.114
	3	9.1	128.84	128.77	128.28	129.00	128.49	128.50	128.43	128.42	142.117
	4	11.9	87.57	87.43	84.45	85.58	85.21	85.30	85.26	85.27	96.903
	5	14.7	33.47	33.39	31.33	31.91	31.74	31.79	31.77	31.77	37.115
Kat Yerdeğiştirmesi (m)	1	3.5	0.00620	0.00620	0.00640	0.00630	0.00630	0.00620	0.00620	0.00620	0.00698
	2	6.3	0.01320	0.01320	0.01350	0.01340	0.01330	0.01330	0.01320	0.01320	0.01478
	3	9.1	0.01960	0.01960	0.01990	0.01990	0.01970	0.01970	0.01970	0.01960	0.02185
	4	11.9	0.02560	0.02560	0.02580	0.02580	0.02570	0.02570	0.02560	0.02560	0.02837
	5	14.7	0.02940	0.02940	0.02960	0.02970	0.02950	0.02950	0.02940	0.02940	0.03262
Rölatif Yerdeğiştirme	1	3.5	0.00177	0.00177	0.00183	0.00180	0.00180	0.00177	0.00177	0.00177	0.00199
	2	6.3	0.00250	0.00250	0.00254	0.00254	0.00250	0.00254	0.00250	0.00250	0.00279
	3	9.1	0.00229	0.00229	0.00229	0.00232	0.00229	0.00229	0.00232	0.00229	0.00253
	4	11.9	0.00214	0.00214	0.00211	0.00211	0.00214	0.00214	0.00211	0.00214	0.00238
	5	14.7	0.00136	0.00136	0.00136	0.00139	0.00136	0.00136	0.00136	0.00136	0.00158



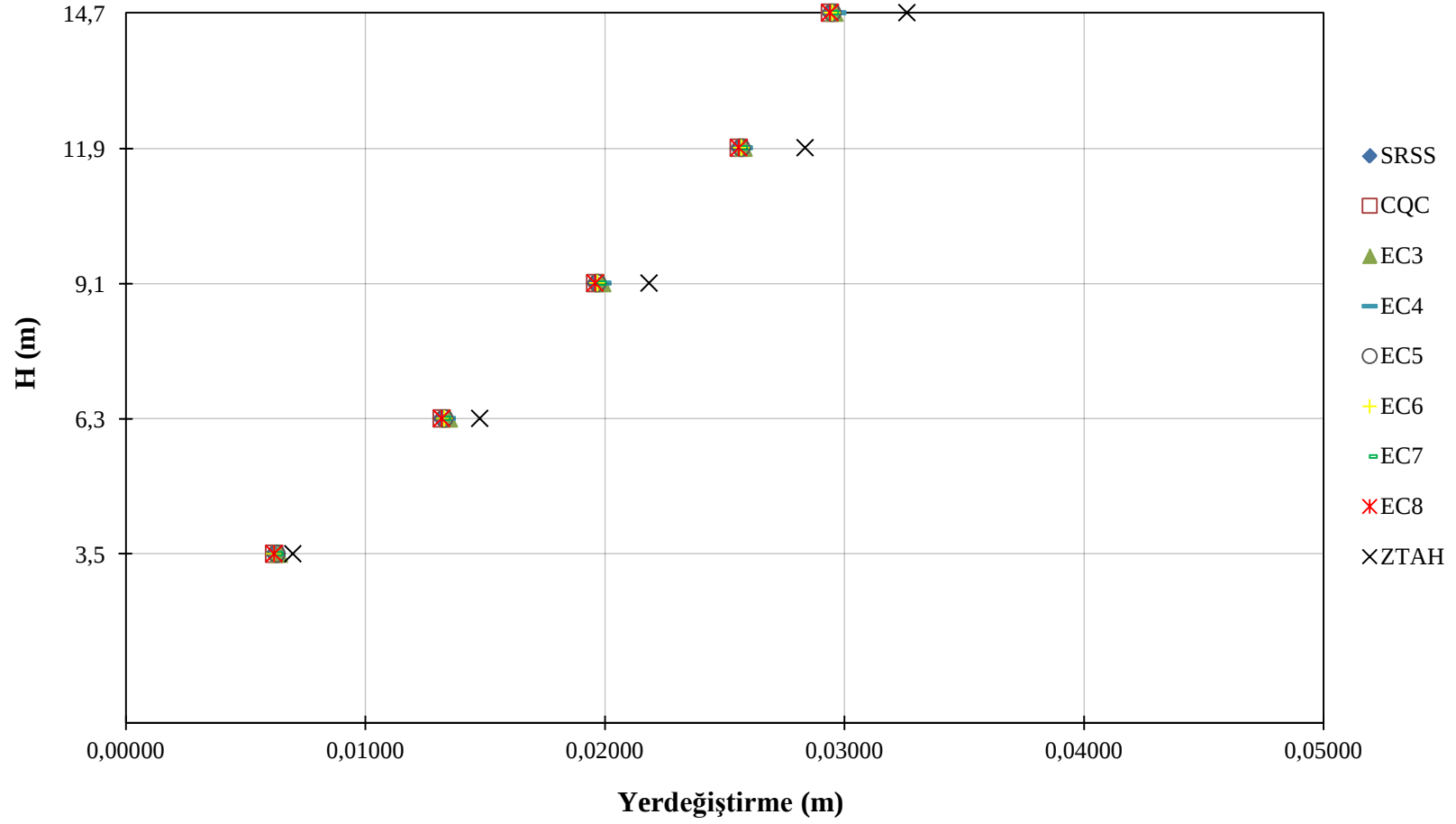
Şekil C.7 : F5 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş 1. kolon alt uç momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.



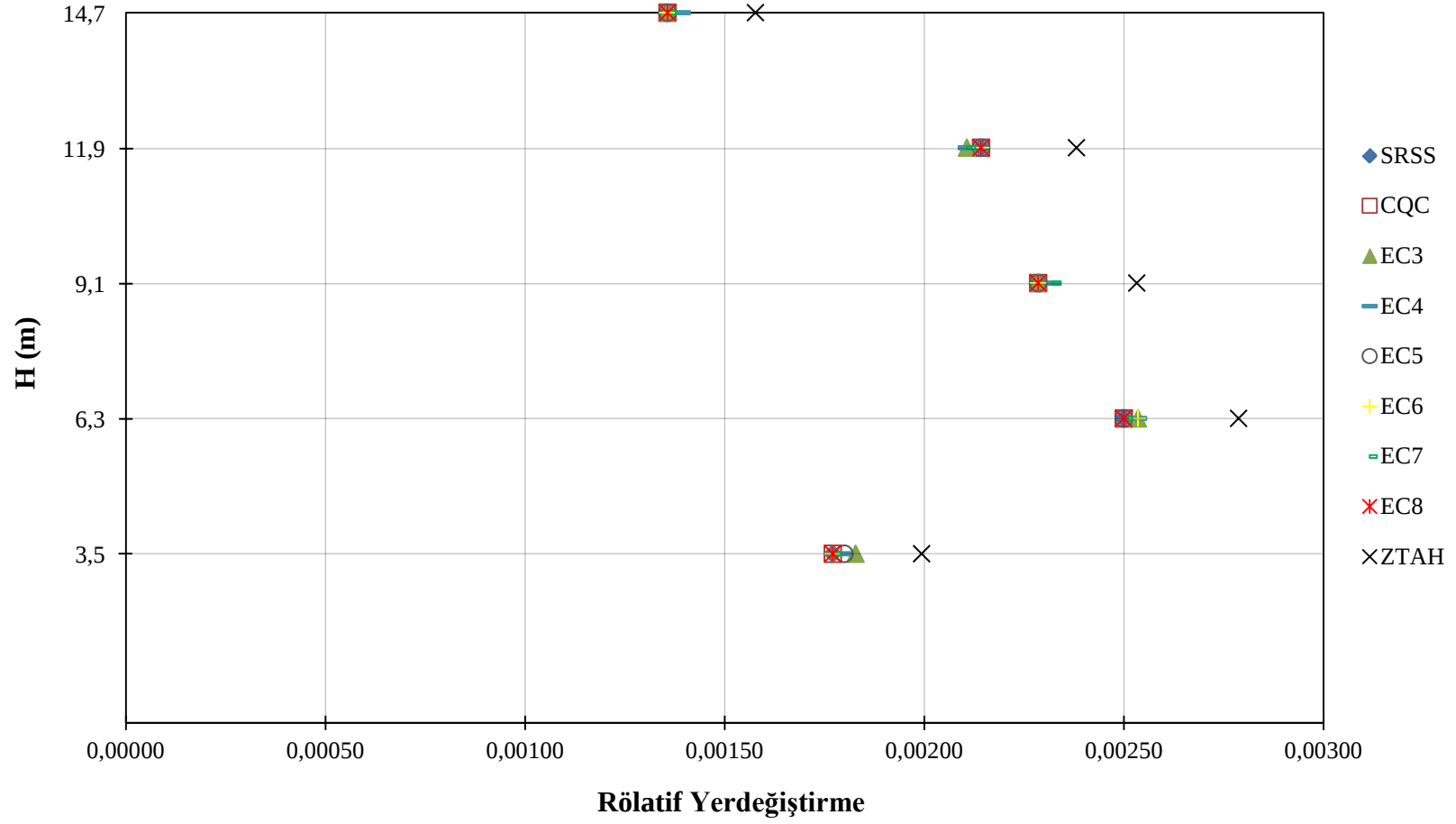
Şekil C.8 : F5 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş 2. kolon alt uç momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.



Şekil C.9 : F5 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kiriş momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.



Şekil C.10 : F5 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kat yerdeğiştirme değerlerinin bina yüksekliği boyunca değişimi.



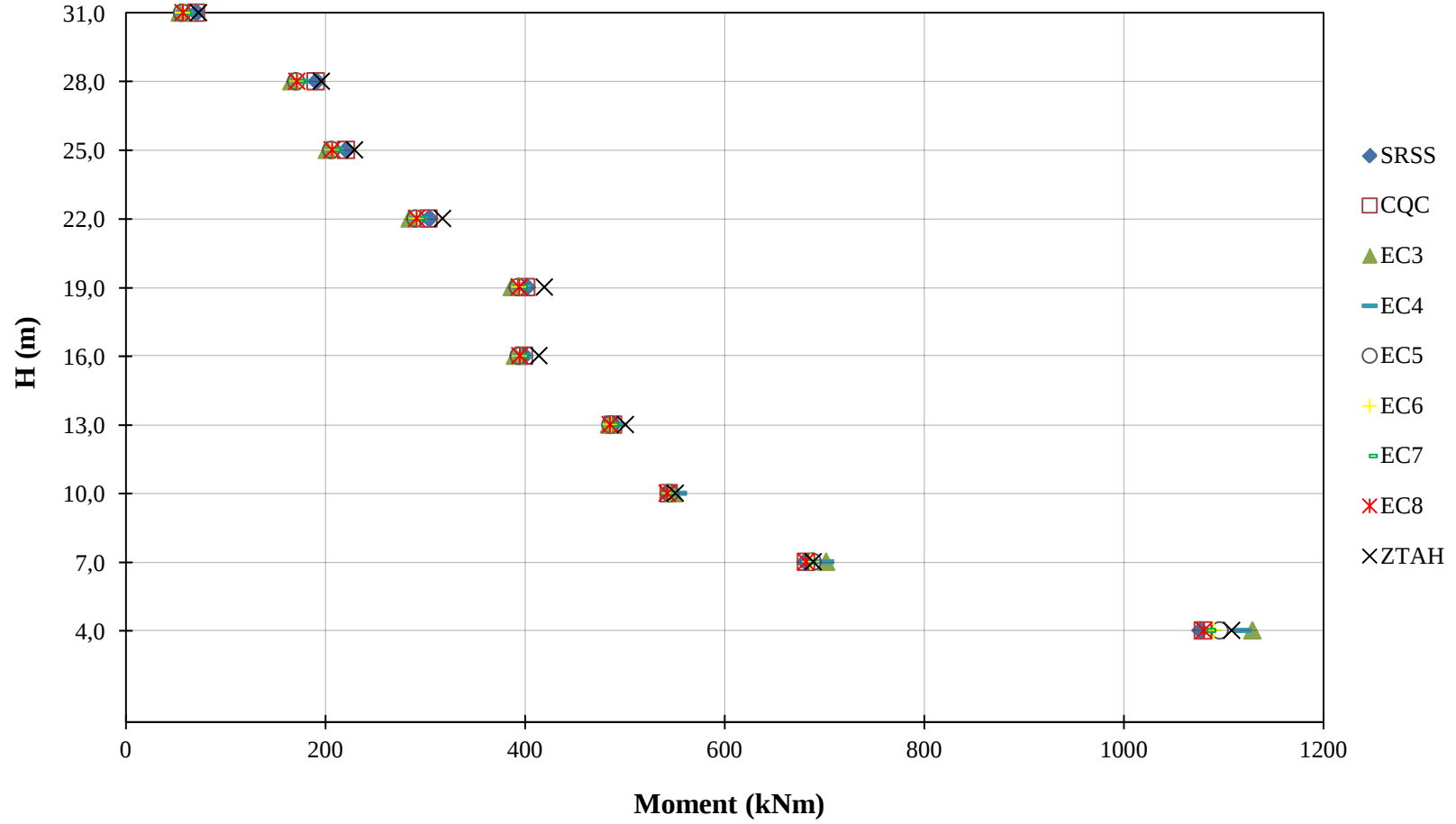
Şekil C.11 : F5 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kat sapma değerlerinin bina yüksekliği boyunca değişimi.

Çizelge C.3 : F10 birleştirme sonuçları.

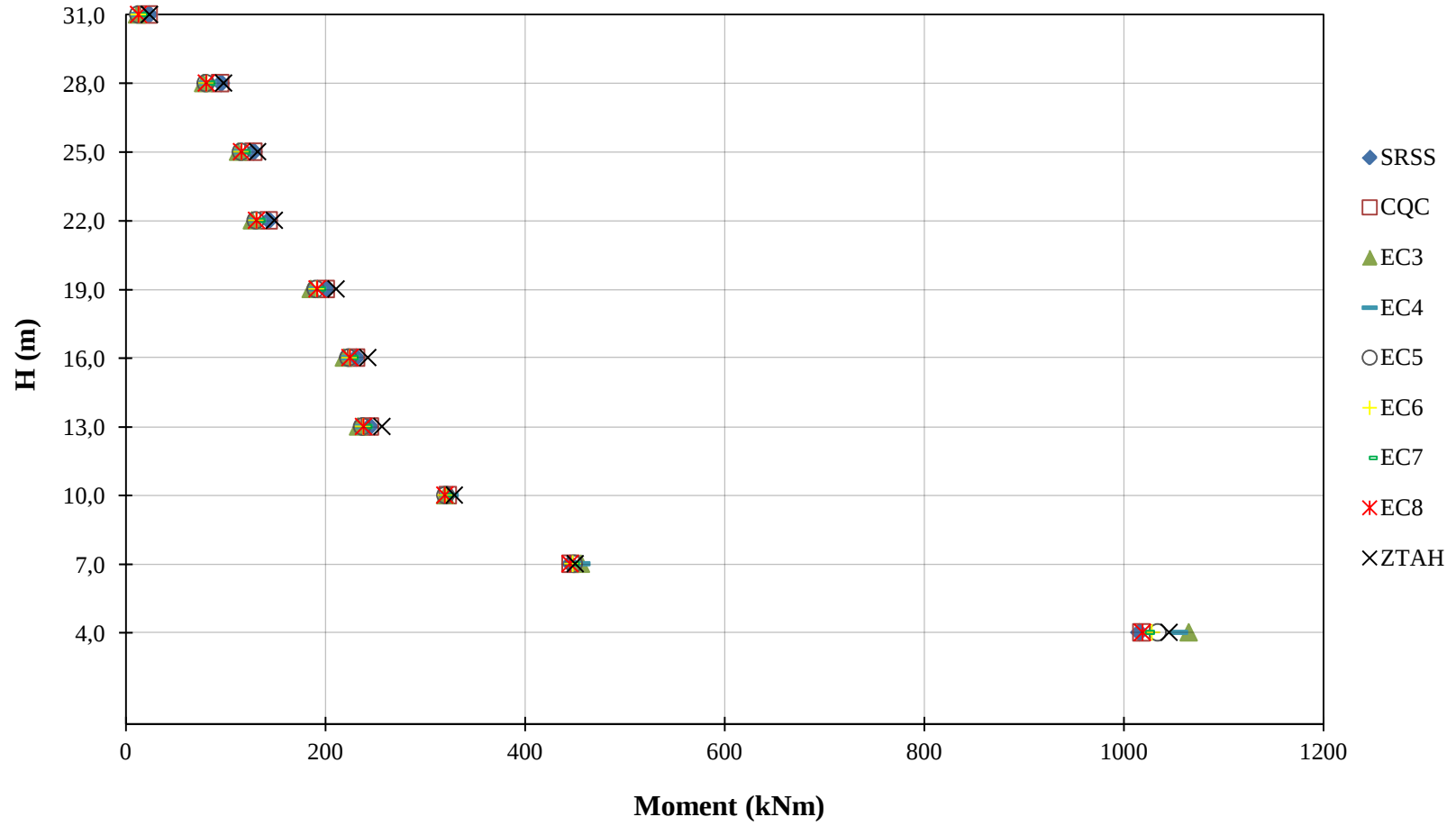
	Kat No	H (m)	SRSS	CQC	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7	EC8	ZTAH
1. Kolon Moment (kNm)	1	4	1077.1	1079.28	1129.09	1118.86	1096.16	1090.33	1083.65	1080.46	1108.04
	2	7	680.93	681.72	701.76	700.59	688.35	686.2	682.87	681.53	688.76
	3	10	543.96	544.21	549.38	553.27	545.33	545.04	543.2	542.79	550.82
	4	13	488.34	488.3	484.35	491.55	485.63	486.44	485.36	485.45	500.61
	5	16	399.27	399.02	389.93	398.22	393.95	395.24	394.62	394.94	413.96
	6	19	401.85	401.36	387.03	397.21	392.96	394.61	393.97	394.34	419.65
	7	22	304.14	303.48	284.54	293.89	290.31	291.81	291.22	291.54	317.41
	8	25	221.41	220.71	201.79	209.11	206.01	207.23	206.68	206.93	229.48
	9	28	191.31	190.4	166.08	174.24	170.65	172.09	171.42	171.73	196.08
	10	31	71.08	70.37	54.22	58.93	56.69	57.63	57.18	57.39	73.15
2. Kolon Moment (kNm)	1	4	1015.73	1017.81	1065.01	1055.25	1033.8	1028.27	1021.94	1018.92	1045.45
	2	7	445.5	445.94	456.37	456.64	449.05	447.94	445.93	445.19	450.47
	3	10	322.7	322.78	320.26	324.35	320.35	320.7	319.93	319.92	329.27
	4	13	244.8	244.73	232.82	239.01	237.01	238.17	238.06	238.44	256.71
	5	16	231.04	230.83	218.66	225.1	223.18	224.4	224.29	224.67	242.73
	6	19	200.76	200.4	185.59	192.17	190.4	191.61	191.43	191.74	210.87
	7	22	143.68	143.21	126.59	131.99	130.32	131.23	130.97	131.17	149.12
	8	25	128.36	127.85	112.8	117.34	115.48	116.26	115.93	116.1	132.39
	9	28	95.48	94.83	77.6	82.25	80.21	81.04	80.66	80.84	98.19
	10	31	23.72	23.14	11.53	13.74	12.64	13.11	12.89	12.99	23.84
Kiriş Moment (kNm)	1	4	388.57	389.22	404.98	402.37	394.62	392.83	390.6	389.59	395.20
	2	7	468.32	468.88	484.02	482.86	474.29	472.71	470.37	469.41	474.16
	3	10	485.05	485.39	496.42	497.69	489.72	488.81	486.8	486.13	491.23
	4	13	475.31	475.44	481.65	485.32	478.31	478.11	476.5	476.14	482.43
	5	16	447.1	446.91	444.81	451.97	446.34	447.13	446.05	446.1	459.13

Çizelge C.3 (Devam) : F10 birleştirme sonuçları.

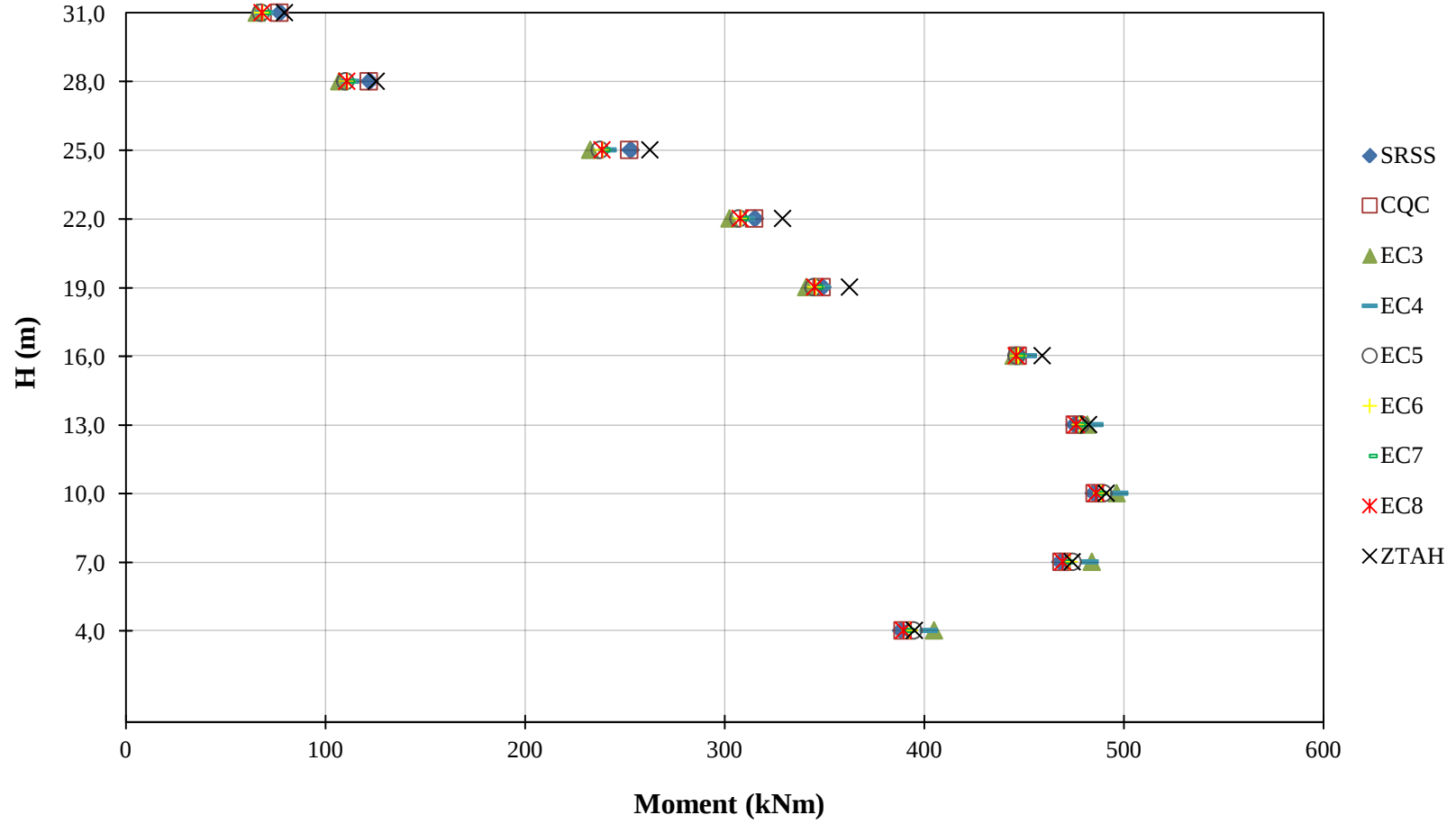
	Kat No	H (m)	SRSS	CQC	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7	EC8	ZTAH
Kiriş Moment (kNm)	6	19	349	348.64	340.9	348.68	344.54	345.67	344.95	345.14	362.62
	7	22	315.32	314.8	302.52	310.9	307.02	308.32	307.65	307.9	329.17
	8	25	252.93	252.19	232.69	241.37	237.55	239.01	238.32	238.62	262.60
	9	28	122.28	121.72	107.05	112.48	110.05	111.02	110.56	110.77	125.47
	10	31	77.41	76.97	65.65	69.63	67.8	68.55	68.19	68.35	79.57
Kat Yerdeğiştirmesi (m)	1	4	0.00680	0.00680	0.00710	0.00710	0.00690	0.00690	0.00690	0.00690	0.00699
	2	7	0.01600	0.01600	0.01660	0.01650	0.01620	0.01610	0.01600	0.01600	0.01621
	3	10	0.02600	0.02610	0.02700	0.02690	0.02640	0.02630	0.02620	0.02610	0.02637
	4	13	0.03620	0.03620	0.03730	0.03730	0.03660	0.03650	0.03640	0.03630	0.03664
	5	16	0.04660	0.04670	0.04790	0.04800	0.04720	0.04710	0.04690	0.04680	0.04728
	6	19	0.05660	0.05660	0.05790	0.05820	0.05730	0.05720	0.05700	0.05690	0.05744
	7	22	0.06590	0.06590	0.06710	0.06760	0.06660	0.06660	0.06630	0.06630	0.06700
	8	25	0.07510	0.07510	0.07620	0.07700	0.07580	0.07580	0.07560	0.07550	0.07656
	9	28	0.08270	0.08270	0.08350	0.08470	0.08340	0.08340	0.08310	0.08310	0.08460
	10	31	0.08850	0.08850	0.08910	0.09050	0.08900	0.08910	0.08880	0.08880	0.09083
Rölatif yerdeğiştirme	1	4	0.00170	0.00170	0.00178	0.00178	0.00173	0.00173	0.00173	0.00173	0.00175
	2	7	0.00307	0.00307	0.00317	0.00313	0.00310	0.00307	0.00303	0.00303	0.00308
	3	10	0.00333	0.00337	0.00347	0.00347	0.00340	0.00340	0.00340	0.00337	0.00340
	4	13	0.00340	0.00337	0.00343	0.00347	0.00340	0.00340	0.00340	0.00340	0.00343
	5	16	0.00347	0.00350	0.00353	0.00357	0.00353	0.00353	0.00350	0.00350	0.00359
	6	19	0.00333	0.00330	0.00333	0.00340	0.00337	0.00337	0.00337	0.00337	0.00349
	7	22	0.00310	0.00310	0.00307	0.00313	0.00310	0.00313	0.00310	0.00313	0.00330
	8	25	0.00307	0.00307	0.00303	0.00313	0.00307	0.00307	0.00310	0.00307	0.00333
	9	28	0.00253	0.00253	0.00243	0.00257	0.00253	0.00253	0.00250	0.00253	0.00281
	10	31	0.00193	0.00193	0.00187	0.00193	0.00187	0.00190	0.00190	0.00190	0.00215



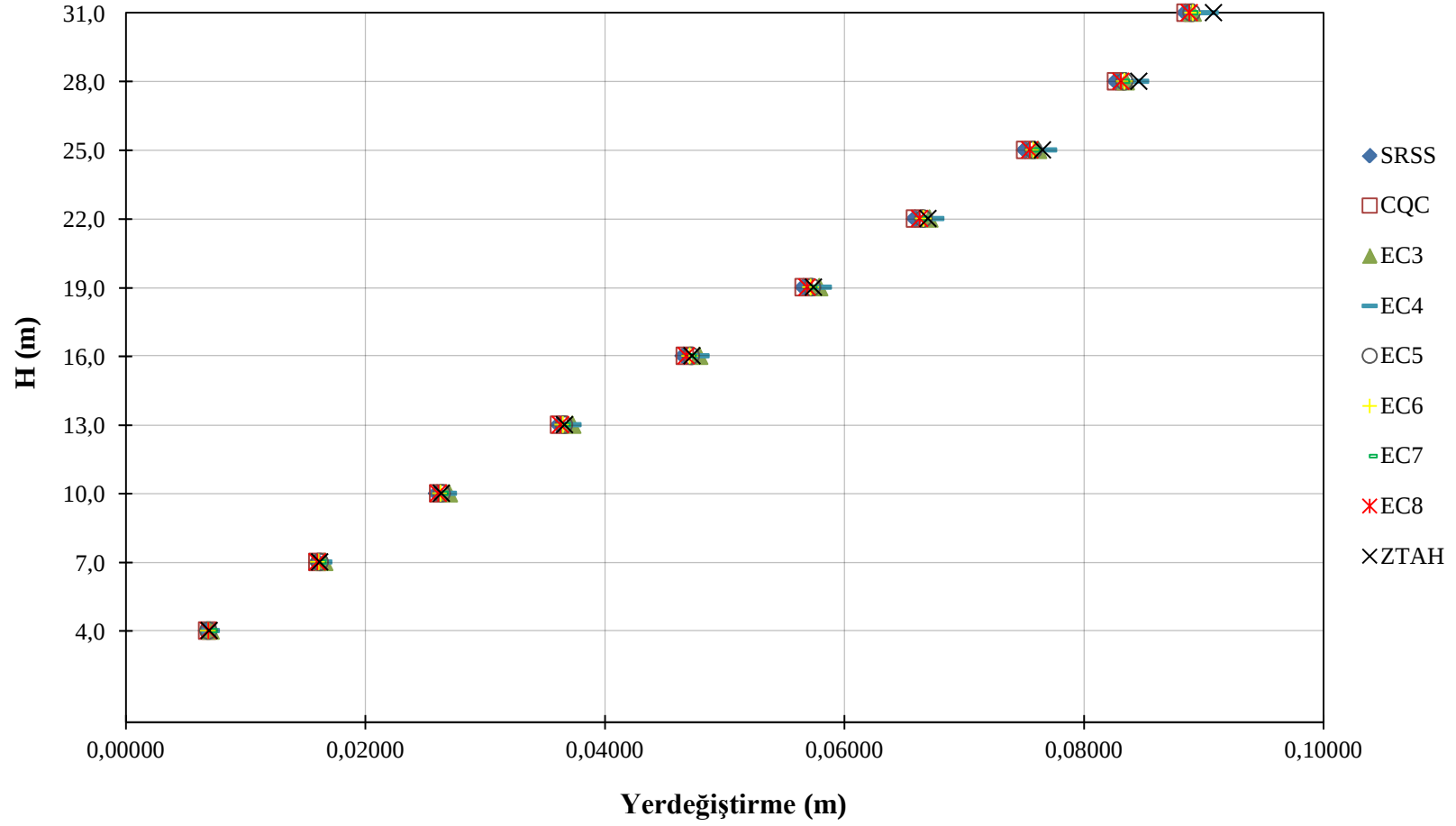
Şekil C.12 : F10 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş 1. kolon alt uç momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.



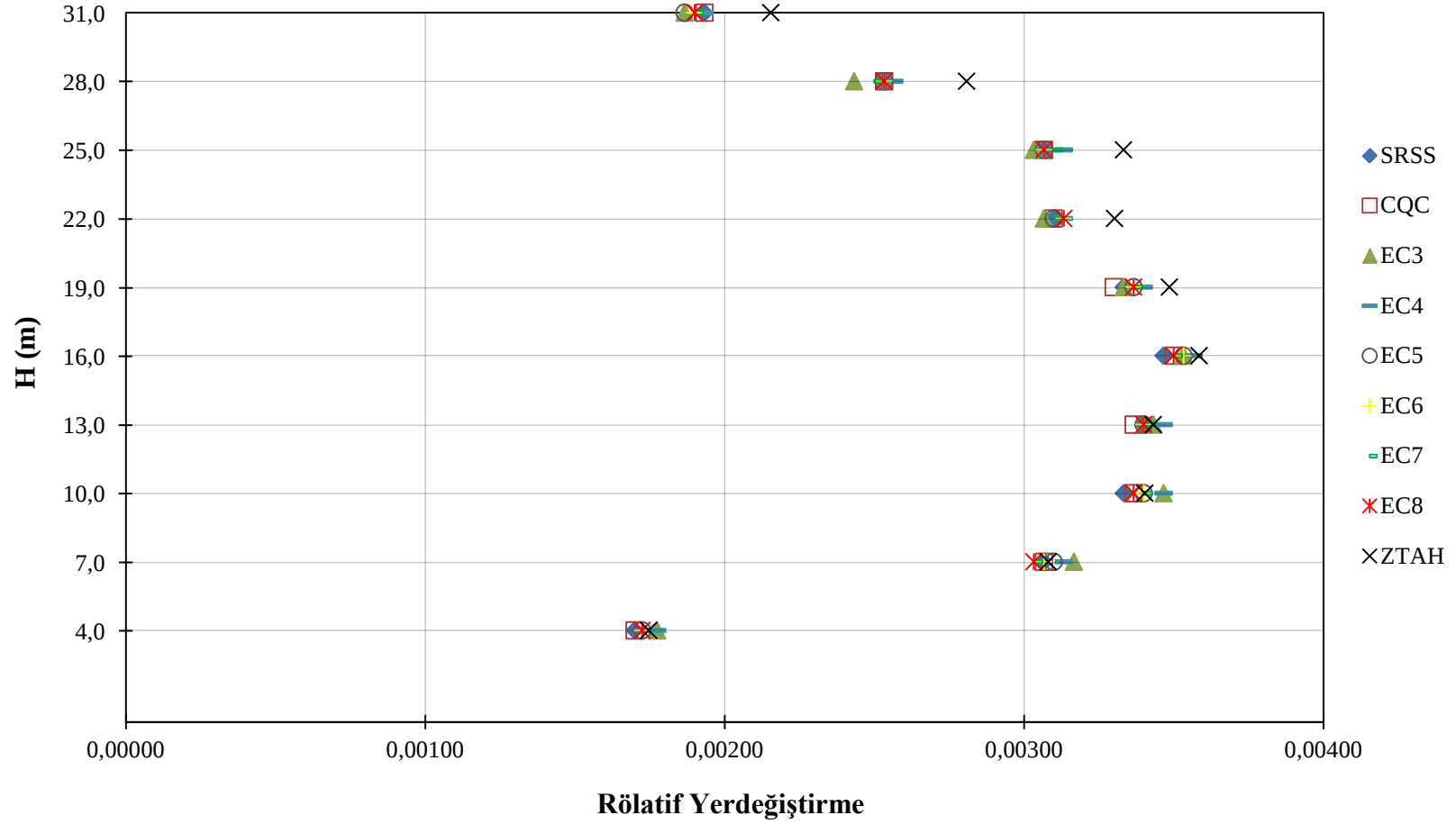
Şekil C.13 : F10 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş 2. kolon alt uç momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.



Şekil C.14 : F10 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kiriş momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.



Şekil C.15 : F10 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kat yerdeğiştirme değerlerinin bina yüksekliği boyunca değişimi.



Şekil C.16 : F10 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kat sapma değerlerinin bina yüksekliği boyunca değişimi.

Çizelge C.4 : F15 birleştirme sonuçları.

	Kat No	H (m)	SRSS	CQC	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7	EC8	ZTAH
1. Kolon Moment (kNm)	1	4	1886.65	1894.12	2101.59	2125.2	2032.67	2036.02	2005.75	2005.51	2359.16
	2	7.2	1194.08	1197.45	1305.27	1329.39	1273.29	1278.06	1259.92	1260.91	1466.41
	3	10.4	969.52	971.33	1033.3	1061.79	1018.39	1024.87	1011.06	1013	1184.88
	4	13.6	887.36	888.41	920.01	954.02	915.79	924.04	912.01	914.74	1085.58
	5	16.8	833.23	833.78	843.99	881.85	846.54	855.97	844.86	848.04	1023.48
	6	20	716.45	716.48	702.27	741.2	711.16	721.18	711.69	715.12	891.033
	7	23.2	642.43	641.99	607.95	648.42	621.67	632.6	624.21	628.15	807.187
	8	26.4	603.28	602.35	552.19	595.23	570.21	582.53	574.84	579.53	766.7
	9	29.6	572.47	571.12	510.66	555.53	531.4	544.65	537.16	542.3	738.427
	10	32.8	654.35	652.35	571.3	626.36	596.74	613.19	603.58	609.9	851.65
	11	36	419.03	417.05	336.69	376.23	354.86	367.14	359.83	364.66	556.259
	12	39.2	337.11	334.91	253.22	288.32	268.32	279.77	272.71	277.3	449.506
	13	42.4	246.84	244.71	172.85	203.85	186.12	196.39	190.01	194.15	329.593
	14	45.6	223.85	221.29	146.11	179.84	159.87	171.66	164.21	169.08	298.816
	15	48.8	72.01	70.15	33.93	47.51	38.48	44.07	40.32	42.87	90.469
2. Kolon Moment (kNm)	1	4	1802.3	1809.47	2008.07	2030.44	1942.01	1945.16	1916.22	1915.97	2254.37
	2	7.2	868.03	870.35	944.8	963.65	923.25	927.09	914.06	914.95	1063.43
	3	10.4	623.16	624.21	653.72	674.86	647.79	652.78	644.24	645.85	764.449
	4	13.6	495.17	495.78	493.15	516.65	496.6	502.53	496.33	498.41	616.94
	5	16.8	504.99	505.33	491.59	518.56	498.17	505.06	498.71	501.11	633.93
	6	20	381.26	381.3	347.29	372.38	357.42	364.05	359.35	361.68	490.66
	7	23.2	318.38	318.09	268.01	292.55	280.38	287.26	283.49	286.04	416.711
	8	26.4	284.37	283.69	222.02	246.75	236.13	243.57	240.41	243.36	376.217
	9	29.6	307.54	306.49	246.2	273.6	261.37	269.74	265.98	269.32	408.066
	10	32.8	365.92	364.43	295.04	328.7	312.18	322.44	316.99	320.97	485.856

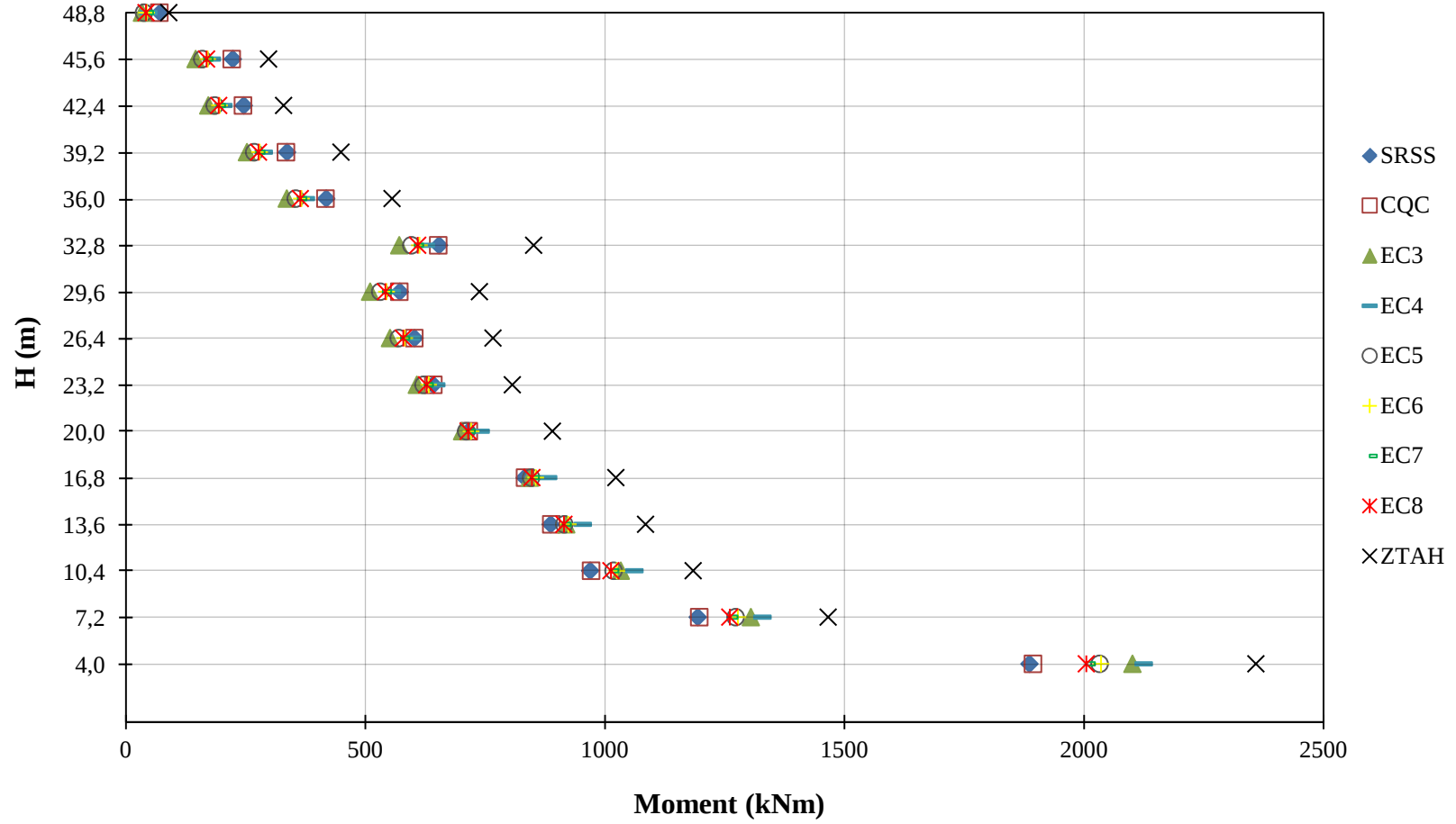
Çizelge C.4 (Devam) : F15 birleştirme sonuçları.

	Kat No	H (m)	SRSS	CQC	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7	EC8	ZTAH
2. Kolon Moment (kNm)	11	36	250.94	249.36	179.55	204.82	191.68	199.71	195.09	198.28	334.334
	12	39.2	146.61	144.75	69.54	86.47	76.94	82.86	79.29	81.73	189.411
	13	42.4	138.42	136.6	77.59	96.8	85.89	92.4	88.39	91.04	181.116
	14	45.6	103.54	101.43	46.6	65.03	54	60.73	56.48	59.3	132.308
	15	48.8	27.99	26.38	10.74	-6.37	-9.78	-7.48	-9.11	-7.95	28.7056
Kiriş Moment (kNm)	1	4	536.54	538.44	593.96	601.82	575.95	577.22	568.79	568.86	666.439
	2	7.2	692.12	694.15	758.79	771.69	739.05	741.48	730.92	731.36	852.359
	3	10.4	755.16	756.88	817.67	835.54	800.8	804.55	793.4	794.35	923.686
	4	13.6	783.95	785.26	836.84	859.78	824.51	829.67	818.42	819.92	955.589
	5	16.8	679.13	679.79	709.96	735.11	705.24	711.24	701.76	703.66	827.939
	6	20	670.13	670.4	685.8	715.58	686.52	693.94	684.76	687.22	815.209
	7	23.2	642.2	642.1	642.29	675.72	648.15	656.88	648.22	651.27	786.35
	8	26.4	616.51	616.04	601.82	638.68	612.33	622.39	614.17	617.84	759.09
	9	29.6	614.54	613.52	577.77	621.08	594.38	606.76	598.36	603.02	772.587
	10	32.8	383.24	382.3	347.33	377.6	360.15	369.06	363.44	366.85	491.99
	11	36	374.95	373.75	328	360.31	341.99	351.79	345.72	349.52	488.506
	12	39.2	346.65	345.26	292.32	325.07	306.51	316.71	310.42	314.42	456.66
	13	42.4	285.98	284.16	218.64	252.76	233.18	244.42	237.45	241.98	381.129
	14	45.6	131.39	130.18	91.3	109.91	98.88	105.4	101.28	104	176.046
	15	48.8	95.47	94.4	62.83	77.37	68.55	73.84	70.46	72.71	127.781
Kat Yerdeğiştirmesi (m)	1	4	0.00530	0.00530	0.00590	0.00600	0.00570	0.00570	0.00560	0.00560	0.00662
	2	7.2	0.01350	0.01350	0.01490	0.01510	0.01450	0.01450	0.01430	0.01430	0.01671
	3	10.4	0.02310	0.02310	0.02530	0.02580	0.02470	0.02480	0.02440	0.02440	0.02842
	4	13.6	0.03330	0.03330	0.03630	0.03700	0.03550	0.03560	0.03510	0.03510	0.04076
	5	16.8	0.04420	0.04430	0.04790	0.04900	0.04700	0.04720	0.04650	0.04660	0.05403

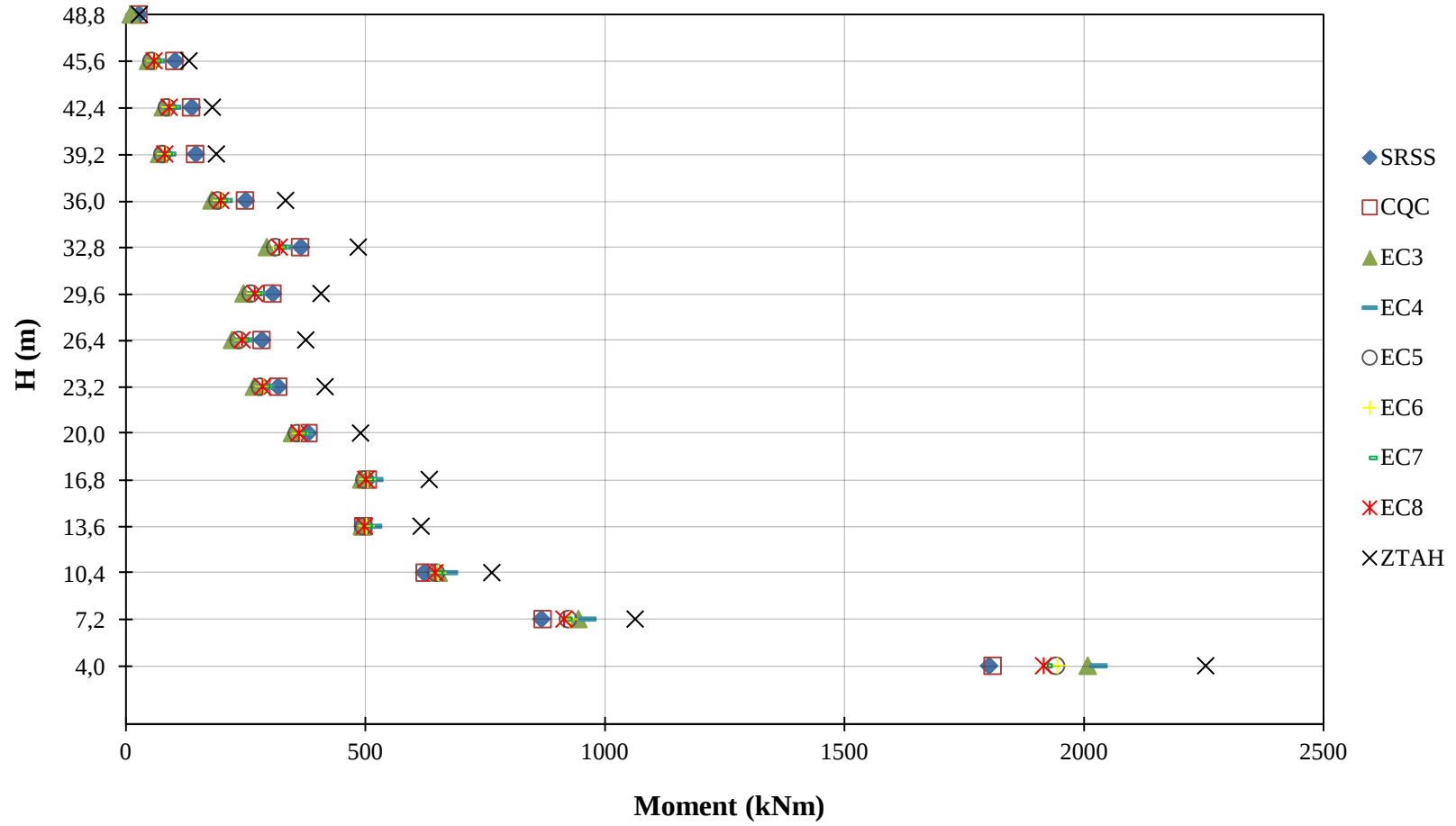
Çizelge C.1 :

Çizelge C.4 (Devam) : F15 birleştirme sonuçları.

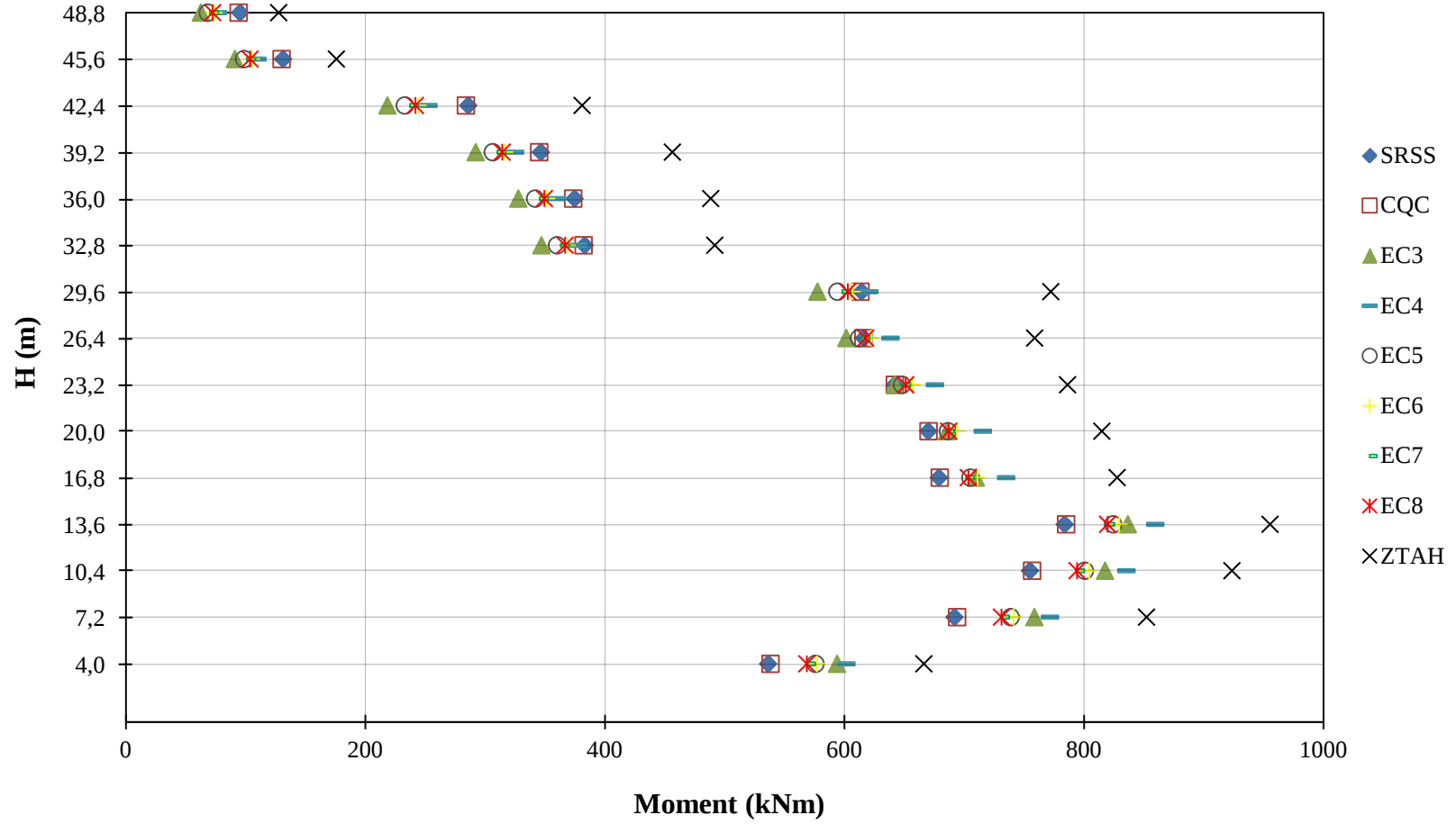
	Kat No	H (m)	SRSS	CQC	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7	EC8	ZTAH
Kat Yerdeğiştirmesi (m)	6	20	0.05540	0.05550	0.05960	0.06110	0.05860	0.05890	0.05810	0.05820	0.06748
	7	23.2	0.06620	0.06630	0.07070	0.07290	0.06980	0.07030	0.06930	0.06950	0.08048
	8	26.4	0.07660	0.07670	0.08130	0.08400	0.08050	0.08120	0.08000	0.08020	0.09293
	9	29.6	0.08700	0.08710	0.09160	0.09500	0.09110	0.09190	0.09070	0.09100	0.10522
	10	32.8	0.09780	0.09780	0.10220	0.10640	0.10200	0.10310	0.10160	0.10200	0.11768
	11	36	0.10890	0.10890	0.11280	0.11810	0.11300	0.11440	0.11280	0.11330	0.13057
	12	39.2	0.11930	0.11920	0.12260	0.12890	0.12330	0.12500	0.12320	0.12380	0.14326
	13	42.4	0.12910	0.12900	0.13160	0.13900	0.13270	0.13480	0.13280	0.13350	0.15541
	14	45.6	0.13730	0.13720	0.13880	0.14740	0.14040	0.14290	0.14060	0.14150	0.16618
	15	48.8	0.14390	0.14380	0.14440	0.15400	0.14640	0.14920	0.14670	0.14780	0.17488
Rölatif Yerdeğiştirme	1	4	0.00133	0.00133	0.00148	0.00150	0.00143	0.00143	0.00140	0.00140	0.00165
	2	7.2	0.00256	0.00256	0.00281	0.00284	0.00275	0.00275	0.00272	0.00272	0.00316
	3	10.4	0.00300	0.00300	0.00325	0.00334	0.00319	0.00322	0.00316	0.00316	0.00367
	4	13.6	0.00319	0.00319	0.00344	0.00350	0.00338	0.00338	0.00334	0.00334	0.00389
	5	16.8	0.00341	0.00344	0.00363	0.00375	0.00359	0.00363	0.00356	0.00359	0.00419
	6	20	0.00350	0.00350	0.00366	0.00378	0.00363	0.00366	0.00363	0.00363	0.00428
	7	23.2	0.00338	0.00338	0.00347	0.00369	0.00350	0.00356	0.00350	0.00353	0.00420
	8	26.4	0.00325	0.00325	0.00331	0.00347	0.00334	0.00341	0.00334	0.00334	0.00408
	9	29.6	0.00325	0.00325	0.00322	0.00344	0.00331	0.00334	0.00334	0.00338	0.00417
	10	32.8	0.00338	0.00334	0.00331	0.00356	0.00341	0.00350	0.00341	0.00344	0.00451
	11	36	0.00347	0.00347	0.00331	0.00366	0.00344	0.00353	0.00350	0.00353	0.00478
	12	39.2	0.00325	0.00322	0.00306	0.00338	0.00322	0.00331	0.00325	0.00328	0.00459
	13	42.4	0.00306	0.00306	0.00281	0.00316	0.00294	0.00306	0.00300	0.00303	0.00450
	14	45.6	0.00256	0.00256	0.00225	0.00263	0.00241	0.00253	0.00244	0.00250	0.00393
	15	48.8	0.00206	0.00206	0.00175	0.00206	0.00188	0.00197	0.00191	0.00197	0.00323



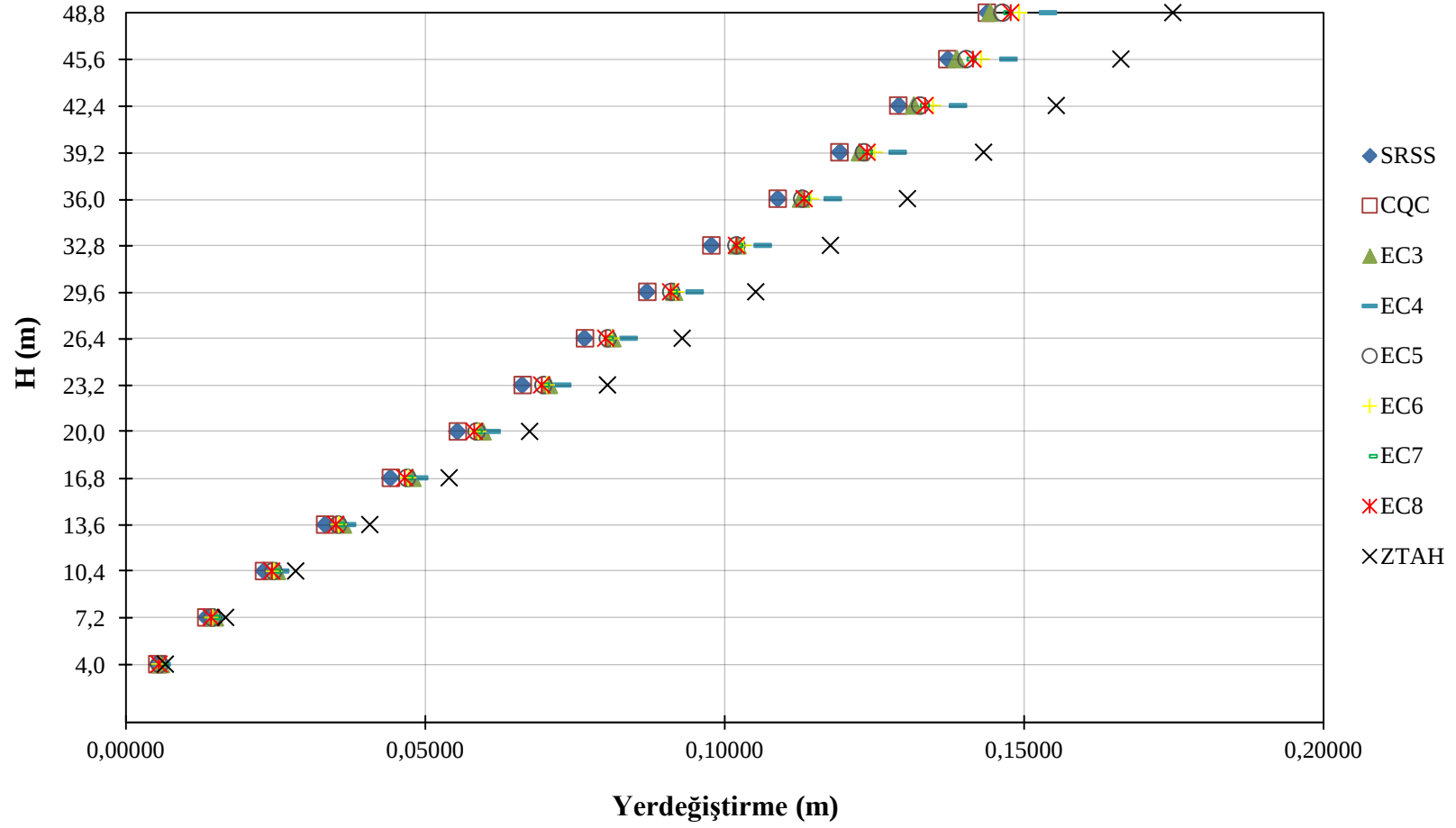
Şekil C.17 : F15 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş 1. kolon alt uç momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.



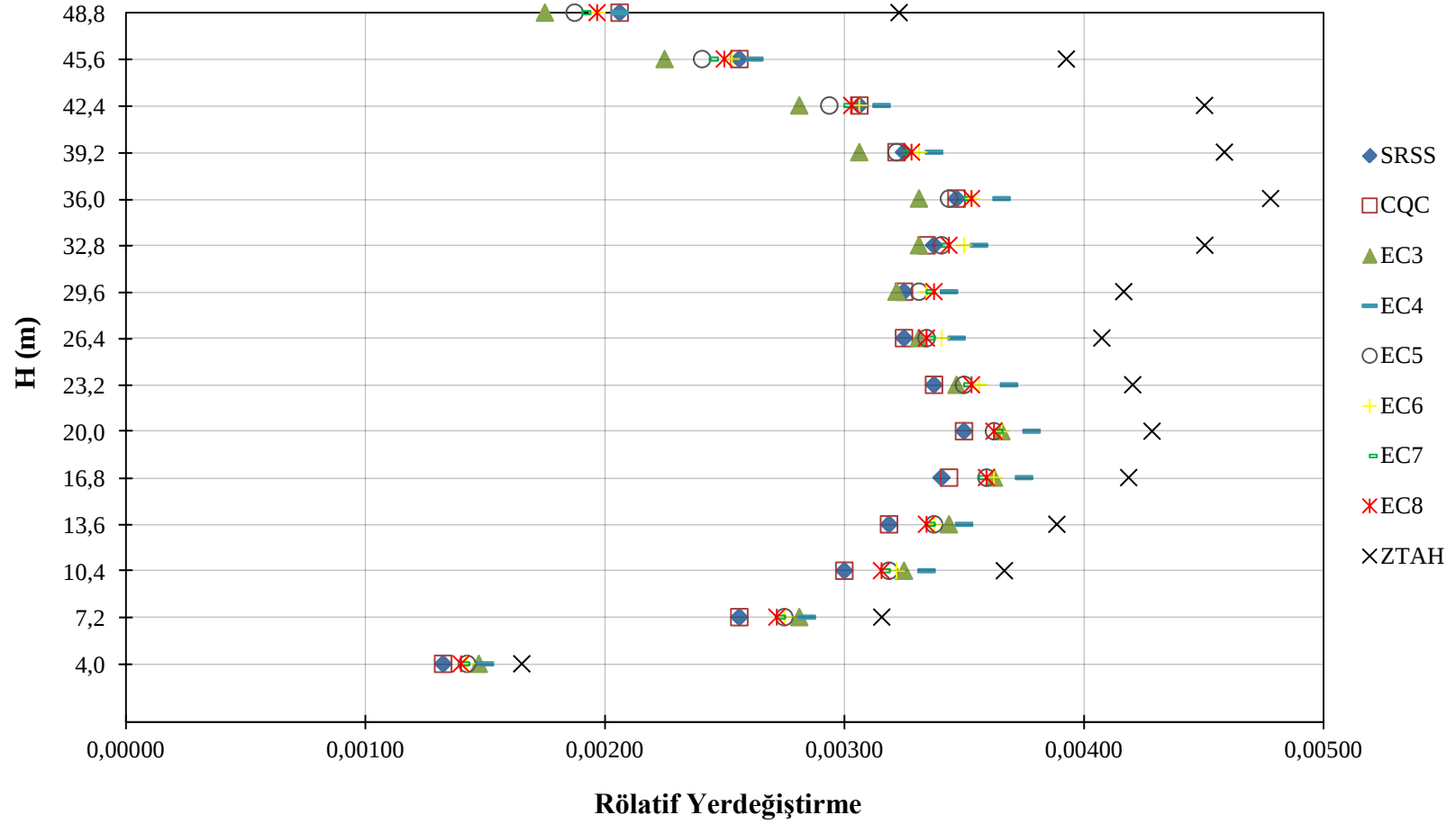
Şekil C.18 : F15 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş 2. kolon alt uç momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.



Şekil C.19 : F15 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kiriş momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.



Şekil C.20 : F15 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kat yerdeğiştirme değerlerinin bina yüksekliği boyunca değişimi.



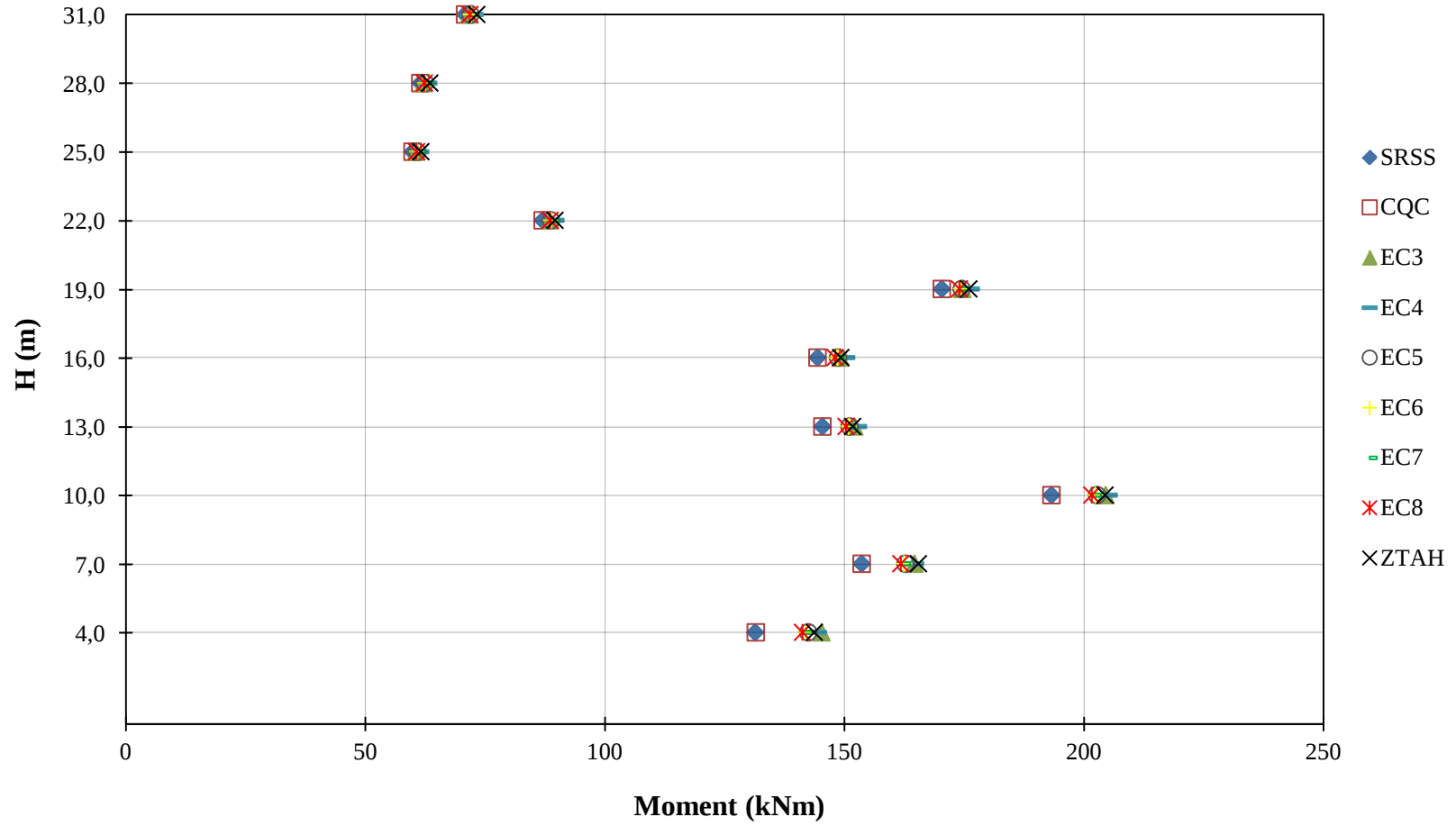
Şekil C.21 : F15 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kat sapma değerlerinin bina yüksekliği boyunca değişimi.

Çizelge C.5 : W10 birleştirme sonuçları.

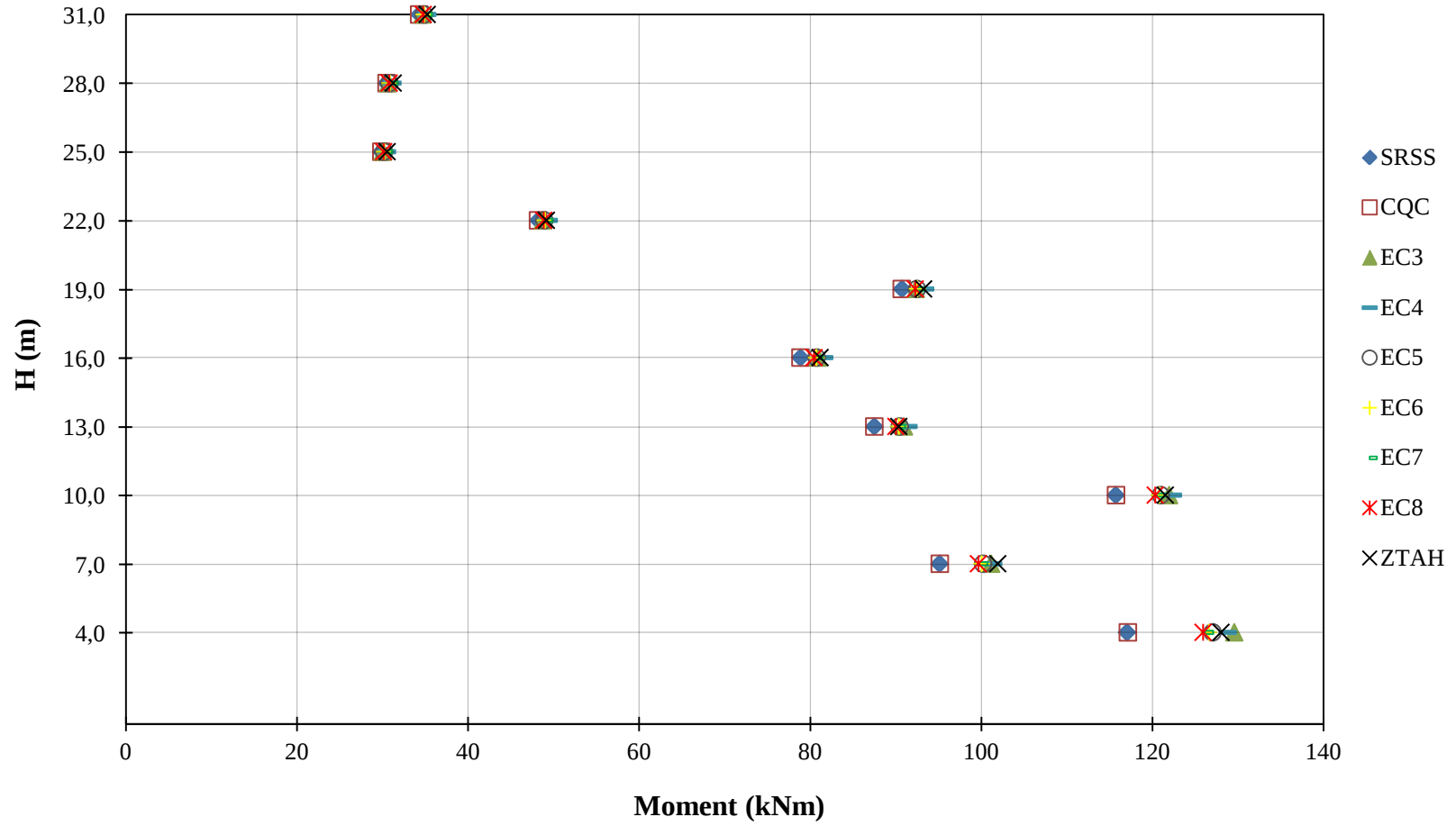
	Kat No	H (m)	SRSS	CQC	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7	EC8	ZTAH
1. Kolon Moment (kNm)	1	4	131.42	131.52	145.29	144.48	142.5	142.03	141.51	141.28	143.74
	2	7	153.6	153.65	164.64	164.79	162.79	162.49	162	161.82	165.50
	3	10	193.22	193.26	204.58	205.18	202.77	202.47	201.88	201.67	204.41
	4	13	145.43	145.44	152.12	152.87	151.11	150.94	150.51	150.37	151.75
	5	16	144.4	144.39	149.26	150.36	148.69	148.6	148.21	148.09	149.31
	6	19	170.39	170.36	174.61	176.36	174.51	174.53	174.13	174.05	176.04
	7	22	87.06	87.04	88.63	89.71	88.79	88.84	88.65	88.61	89.61
	8	25	59.92	59.9	60.65	61.48	60.83	60.88	60.75	60.73	61.67
	9	28	61.55	61.53	62.25	63.15	62.46	62.52	62.38	62.36	63.48
	10	31	70.87	70.84	71.78	72.83	72.02	72.09	71.92	71.9	73.35
2. Kolon Moment (kNm)	1	4	117.06	117.16	129.6	128.83	127.06	126.62	126.16	125.94	128.03
	2	7	95.15	95.17	101.17	101.4	100.21	100.06	99.77	99.67	101.94
	3	10	115.75	115.76	121.97	122.41	120.99	120.83	120.48	120.36	121.55
	4	13	87.53	87.53	90.99	91.51	90.47	90.38	90.13	90.05	90.40
	5	16	78.89	78.88	80.96	81.65	80.76	80.73	80.52	80.47	81.17
	6	19	90.75	90.73	92.38	93.44	92.49	92.53	92.34	92.31	93.27
	7	22	48.24	48.22	48.78	49.45	48.96	49	48.9	48.89	49.18
	8	25	29.91	29.9	30.08	30.54	30.21	30.24	30.18	30.17	30.56
	9	28	30.51	30.5	30.71	31.19	30.85	30.88	30.81	30.81	31.27
	10	31	34.34	34.33	34.71	35.25	34.85	34.89	34.81	34.8	35.25
Kiriş Moment (kNm)	1	4	93.31	93.37	101.81	101.53	100.22	99.95	99.62	99.47	101.41
	2	7	136.91	136.96	146.97	147.03	145.24	144.95	144.5	144.33	146.97
	3	10	158.71	158.75	168.54	168.93	166.92	166.65	166.16	165.98	168.27
	4	13	128.79	128.8	134.79	135.46	133.9	133.76	133.38	133.26	134.24
	5	16	146.36	146.35	151.43	152.58	150.9	150.83	150.44	150.34	151.23

Çizelge C.5 (Devam) : W10 birleştirme sonuçları.

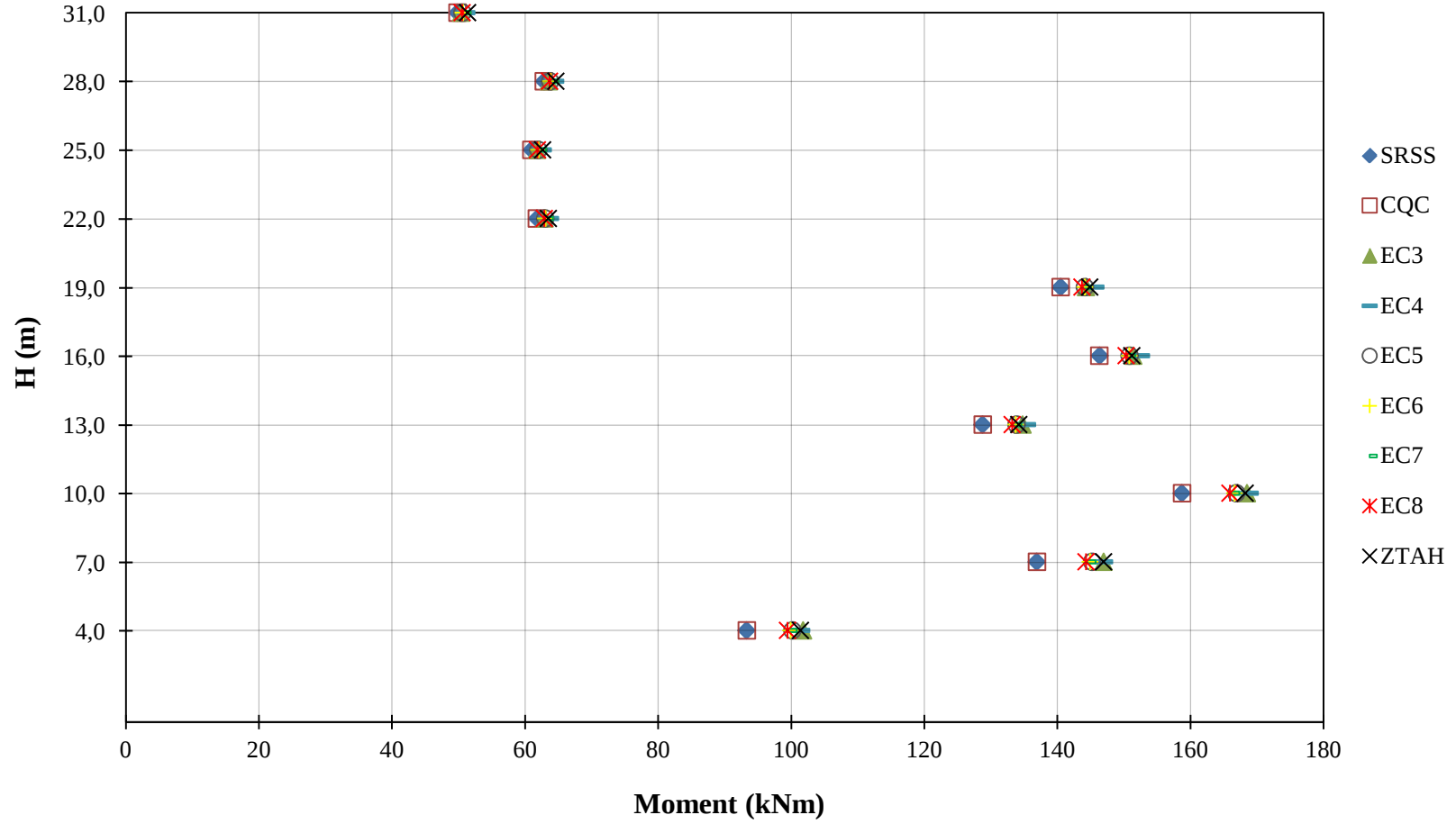
	Kat No	H (m)	SRSS	CQC	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7	EC8	ZTAH
Kiriş Moment (kNm)	6	19	140.54	140.51	144.33	145.71	144.16	144.17	143.83	143.75	144.88
	7	22	61.84	61.82	62.98	63.74	63.07	63.11	62.97	62.94	63.53
	8	25	61.01	60.99	61.85	62.68	62.02	62.06	61.93	61.91	62.67
	9	28	62.88	62.85	63.61	64.53	63.82	63.88	63.74	63.72	64.67
	10	31	49.89	49.87	50.45	51.2	50.64	50.69	50.57	50.56	51.39
Kat Yerdeğiştirmesi (m)	1	4	0.00240	0.00240	0.00270	0.00260	0.00260	0.00260	0.00260	0.00260	0.00263
	2	7	0.00610	0.00610	0.00660	0.00660	0.00650	0.00650	0.00650	0.00650	0.00660
	3	10	0.01100	0.01100	0.01190	0.01190	0.01170	0.01170	0.01170	0.01170	0.01185
	4	13	0.01730	0.01730	0.01850	0.01850	0.01830	0.01830	0.01820	0.01820	0.01842
	5	16	0.02460	0.02460	0.02620	0.02620	0.02590	0.02590	0.02580	0.02580	0.02600
	6	19	0.03270	0.03270	0.03450	0.03460	0.03420	0.03420	0.03410	0.03410	0.03424
	7	22	0.04150	0.04150	0.04350	0.04380	0.04330	0.04320	0.04310	0.04310	0.04317
	8	25	0.05070	0.05070	0.05290	0.05330	0.05270	0.05270	0.05250	0.05250	0.05245
	9	28	0.06000	0.06000	0.06240	0.06290	0.06220	0.06220	0.06200	0.06200	0.06199
	10	31	0.06920	0.06920	0.07180	0.07240	0.07160	0.07160	0.07140	0.07130	0.07141
Rölatif Yerdeğiştirme	1	4	0.00060	0.00060	0.00068	0.00065	0.00065	0.00065	0.00065	0.00065	0.00066
	2	7	0.00116	0.00116	0.00122	0.00125	0.00122	0.00122	0.00122	0.00122	0.00133
	3	10	0.00153	0.00153	0.00166	0.00166	0.00163	0.00163	0.00163	0.00163	0.00175
	4	13	0.00197	0.00197	0.00206	0.00206	0.00206	0.00206	0.00203	0.00203	0.00219
	5	16	0.00228	0.00228	0.00241	0.00241	0.00238	0.00238	0.00238	0.00238	0.00254
	6	19	0.00253	0.00253	0.00259	0.00263	0.00259	0.00259	0.00259	0.00259	0.00278
	7	22	0.00275	0.00275	0.00281	0.00288	0.00284	0.00281	0.00281	0.00281	0.00303
	8	25	0.00288	0.00288	0.00294	0.00297	0.00294	0.00297	0.00294	0.00294	0.00317
	9	28	0.00291	0.00291	0.00297	0.00300	0.00297	0.00297	0.00297	0.00297	0.00320
	10	31	0.00288	0.00288	0.00294	0.00297	0.00294	0.00294	0.00294	0.00291	0.00316



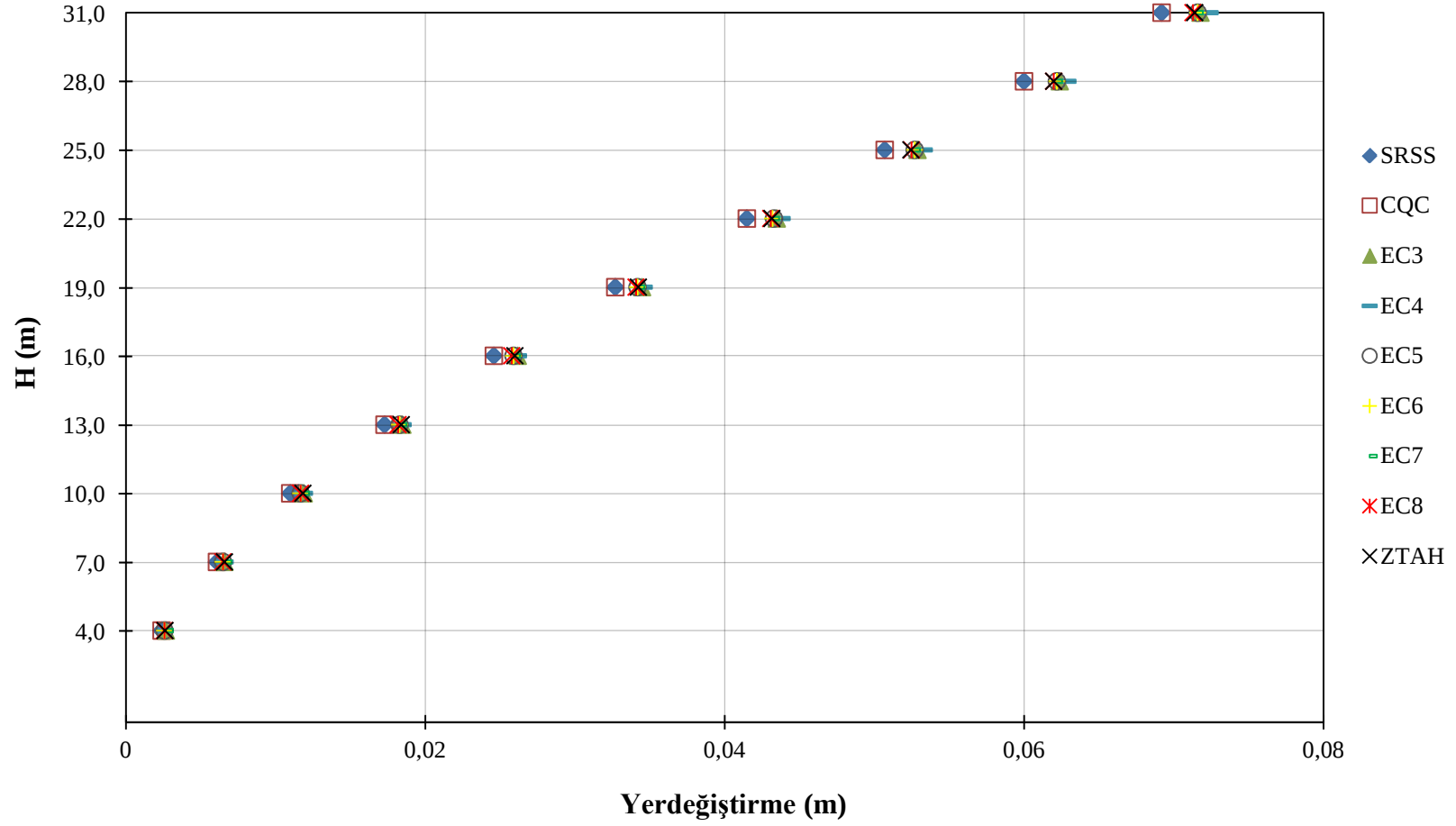
Şekil C.22 : W10 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş 1. kolon alt uç momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.



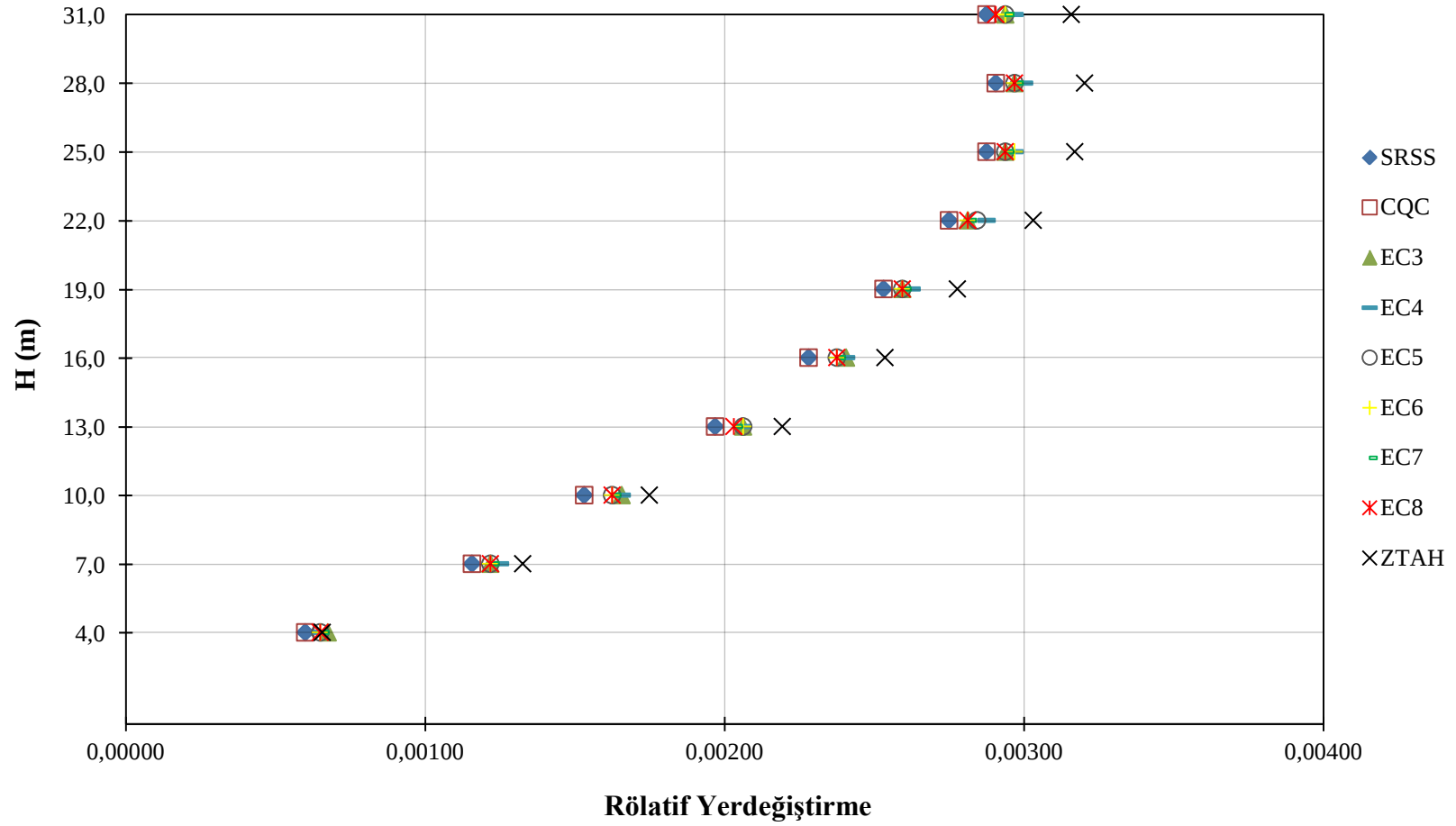
Şekil C.23 : W10 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş 2. kolon alt uç momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.



Şekil C.24 : W10 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kiriş momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.



Şekil C.25 : W10 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kat yerdeğiştirme değerlerinin bina yüksekliği boyunca değişimi.



Şekil C.26 : W10 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kat sapma değerlerinin bina yüksekliği boyunca değişimi.

Çizelge C.6 : W15 birleştirme sonuçları.

	Kat No	H (m)	SRSS	CQC	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7	EC8	ZTAH
1. Kolon Moment (kNm)	1	4	987.49	989.33	1127.61	1121.28	1099.7	1095.66	1089.75	1087.56	1011.31
	2	7.2	842.53	843.44	937.73	939.32	922.65	920.9	916.55	915.3	833.05
	3	10.4	997.02	997.86	1097.04	1101.61	1082.56	1081.13	1076.25	1075.02	976.56
	4	13.6	1111.47	1112.14	1206.8	1215.05	1194.46	1193.59	1188.4	1187.28	1083.98
	5	16.8	1247.47	1247.95	1336.16	1348.79	1326.19	1325.88	1320.21	1319.12	1208.01
	6	20	885.03	885.19	935.99	947	931.22	931.39	927.43	926.76	851.91
	7	23.2	890.61	890.59	929.12	942.81	927.26	928.05	924.22	923.74	851.95
	8	26.4	936.03	935.82	963.75	981.03	965.19	966.79	963.01	926.78	890.78
	9	29.6	1011.18	1010.75	1029.38	1051.32	1034.77	1037.44	1033.71	1033.86	955.91
	10	32.8	684.24	683.82	688.95	705.7	694.75	697.03	694.61	694.85	643.58
	11	36	362.41	362.09	359.16	369.27	363.35	364.82	363.51	363.72	337.47
	12	39.2	400.26	399.88	395.79	407.36	400.55	402.27	400.77	401.02	374.06
	13	42.4	380.35	379.96	374.57	386.35	379.58	381.36	379.88	380.15	356.27
	14	45.6	355.51	355.14	350.1	361.56	354.98	356.74	355.29	355.56	333.43
	15	48.8	397.13	396.76	393.06	405.44	398.11	400.03	398.39	398.69	371.81
2. Kolon Moment (kNm)	1	4	900.43	902.14	1029.01	1022.92	1003.17	999.42	994	991.98	922.80
	2	7.2	499.49	499.96	551.19	553.16	543.58	542.79	540.33	539.69	490.11
	3	10.4	590.09	590.55	646.22	649.41	638.32	637.6	634.78	634.1	574.78
	4	13.6	614.85	615.16	662.49	667.79	656.63	656.33	653.55	653	596.40
	5	16.8	641.88	642.06	680.66	688.04	676.65	676.68	673.82	673.31	617.07
	6	20	501.7	501.75	526.04	532.8	523.97	524.16	521.94	521.58	479.27
	7	23.2	443.82	443.75	458.15	465.6	457.97	458.5	456.63	456.43	420.36
	8	26.4	462.99	462.82	471.16	480.52	472.88	473.88	472.08	472.04	436.43
	9	29.6	480.28	480.01	482.71	494.24	486.65	488.23	486.59	486.8	448.29
	10	32.8	357.01	356.74	354.66	364.26	358.73	360.14	358.96	359.17	331.53

Çizelge C.6 (Devam) : W15 birleştirme sonuçları.

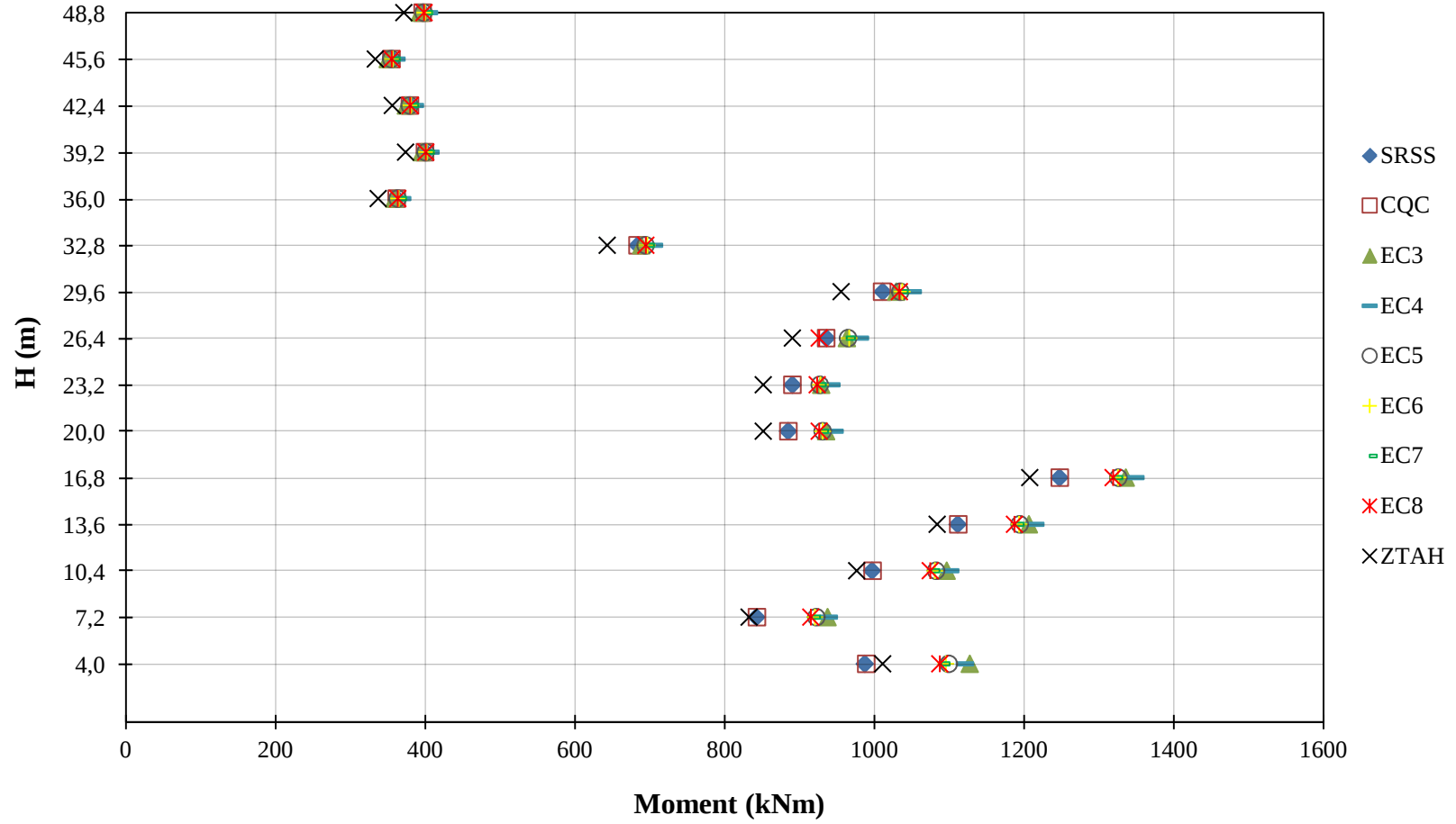
	Kat No	H (m)	SRSS	CQC	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7	EC8	ZTAH
2. Kolon Moment (kNm)	11	36	170.69	170.49	165.48	170.82	168.05	168.87	168.27	168.4	159.44
	12	39.2	182.1	181.87	176.48	182.35	179.2	180.13	179.45	179.61	170.04
	13	42.4	166.43	166.21	160.85	166.66	163.58	164.5	163.83	163.99	155.96
	14	45.6	152	151.81	147.46	152.98	150	150.89	150.25	150.4	142.71
	15	48.8	160.22	160.05	157.22	162.59	159.53	160.41	159.73	159.88	149.53
Kiriş Moment (kNm)	1	4	542.04	542.92	614.56	612.15	600.68	598.73	595.62	594.53	550.44
	2	7.2	707.98	708.85	792.04	791.81	777.58	775.74	771.98	770.81	703.75
	3	10.4	854.7	855.52	944.69	947.09	930.54	928.96	924.68	923.5	840.67
	4	13.6	972.95	973.64	1061.56	1067.2	1048.94	1047.79	1043.13	1042	950.91
	5	16.8	996.52	997.02	1075	1083.11	1064.81	1064.1	1059.45	1058.43	968.36
	6	20	772.41	772.58	818.48	827.63	813.83	813.88	810.41	809.79	743.12
	7	23.2	822.53	822.51	858.48	870.95	856.67	857.38	853.86	853.42	786.00
	8	26.4	870.71	870.5	895.88	912.12	897.52	899.09	895.64	895.48	826.43
	9	29.6	838.7	838.34	852.81	871	857.36	859.55	856.46	856.57	791.02
	10	32.8	357.66	357.43	359.02	367.92	362.18	363.4	362.13	362.26	334.63
	11	36	351.07	350.79	348.93	358.47	352.75	354.12	352.87	353.05	327.08
	12	39.2	348.34	348.01	343.55	353.75	347.88	349.4	348.12	348.35	324.92
	13	42.4	336.6	336.25	330.21	340.74	334.84	336.44	335.16	335.41	314.78
	14	45.6	329.43	329.08	322.72	333.39	327.43	329.1	327.79	328.06	308.36
	15	48.8	263.8	263.52	258.33	266.97	262.14	263.5	262.44	262.67	246.88
Kat Yerdeğiştirmesi (m)	1	4	0.00240	0.00240	0.00270	0.00270	0.00270	0.00270	0.00260	0.00260	0.00245
	2	7.2	0.00590	0.00590	0.00660	0.00660	0.00650	0.00650	0.00650	0.00650	0.00592
	3	10.4	0.01040	0.01040	0.01170	0.01170	0.01150	0.01140	0.01140	0.01140	0.01034
	4	13.6	0.01580	0.01580	0.01760	0.01760	0.01730	0.01730	0.01720	0.01720	0.01559
	5	16.8	0.02180	0.02190	0.02410	0.02420	0.02380	0.02370	0.02360	0.02360	0.02146

Çizelge C.1 :

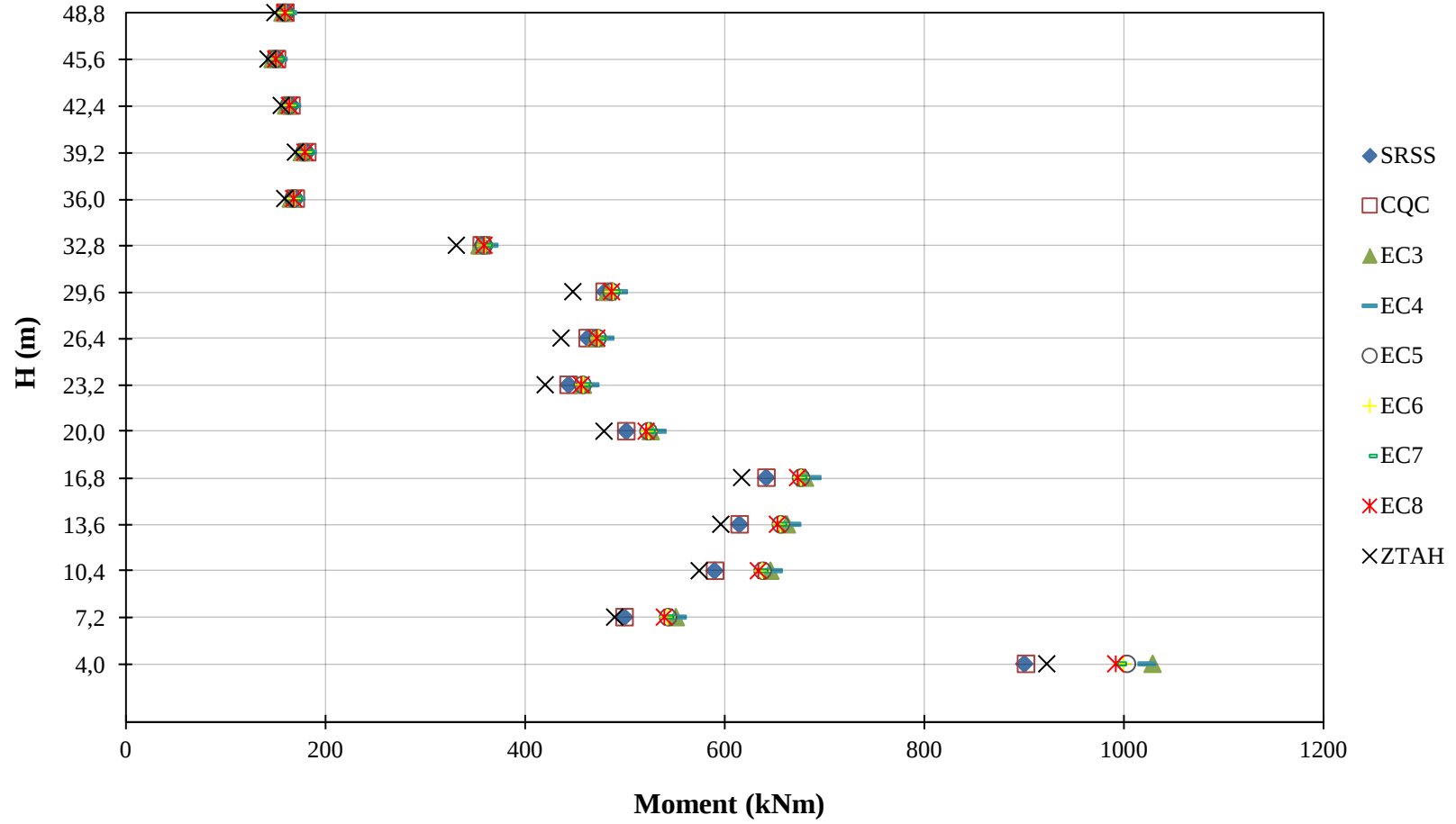
Çizelge C.1 :

Çizelge C.6 (Devam) : W15 birleştirme sonuçları.

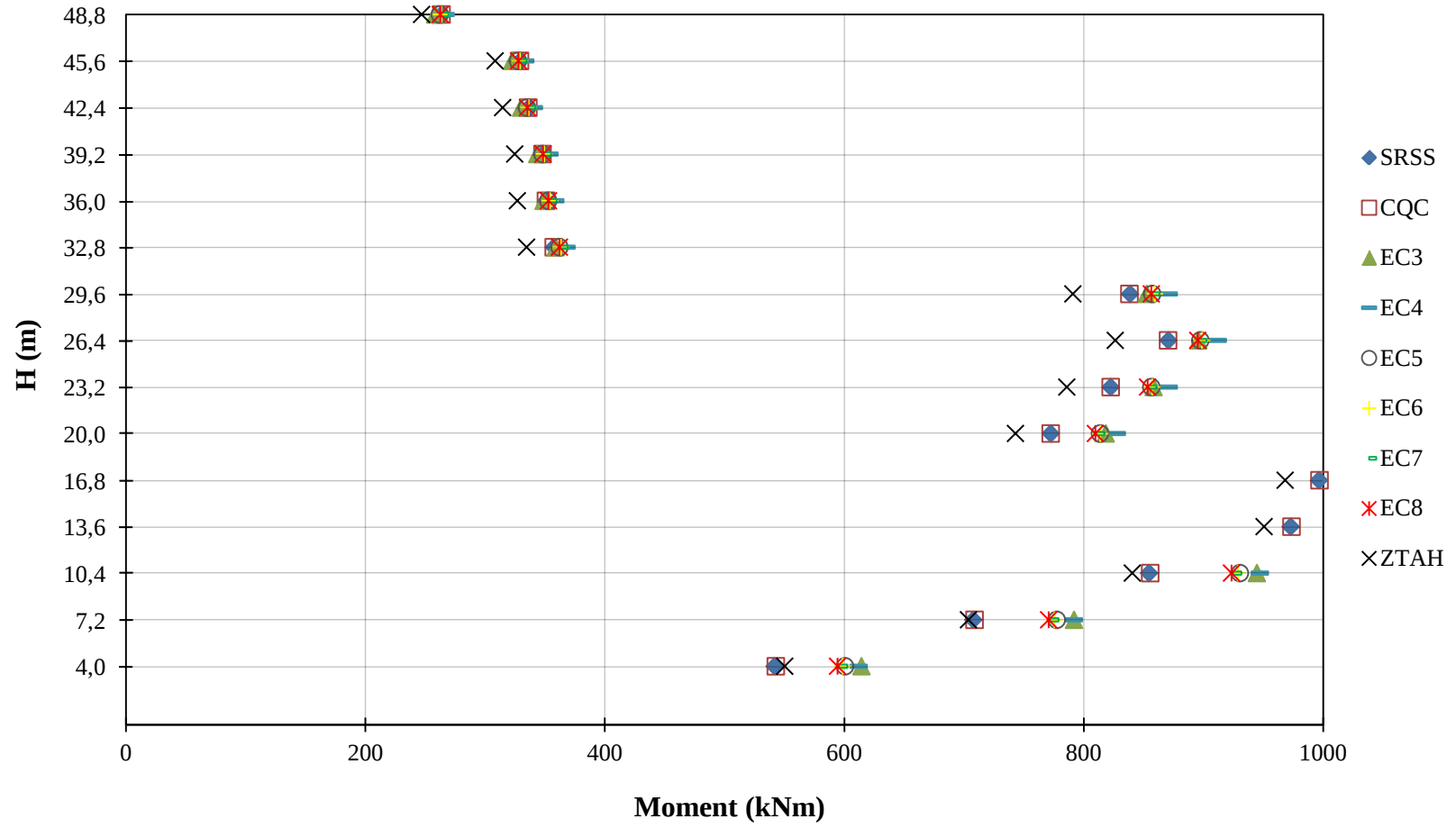
	Kat No	H (m)	SRSS	CQC	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7	EC8	ZTAH
Kat Yerdeğiştirmesi (m)	6	20	0.02900	0.02900	0.03180	0.03190	0.03140	0.03130	0.03120	0.03120	0.02837
	7	23.2	0.03690	0.03690	0.04010	0.04040	0.03970	0.03970	0.03950	0.03950	0.03597
	8	26.4	0.04540	0.04540	0.04900	0.04950	0.04860	0.04860	0.04840	0.04830	0.04406
	9	29.6	0.05430	0.05430	0.05820	0.05880	0.05780	0.05780	0.05760	0.05760	0.05245
	10	32.8	0.06400	0.06400	0.06820	0.06900	0.06790	0.06790	0.06760	0.06760	0.06160
	11	36	0.07420	0.07420	0.07850	0.07960	0.07830	0.07840	0.07810	0.07800	0.07118
	12	39.2	0.08440	0.08440	0.08890	0.09030	0.08880	0.08890	0.08850	0.08850	0.08078
	13	42.4	0.09450	0.09450	0.09910	0.10080	0.09910	0.09920	0.09880	0.09880	0.09025
	14	45.6	0.10440	0.10440	0.10910	0.11100	0.10920	0.10930	0.10890	0.10890	0.09951
	15	48.8	0.11390	0.11390	0.11860	0.12080	0.11880	0.11910	0.11860	0.11860	0.10841
Rölatif Yerdeğiştirme	1	4	0.00060	0.00060	0.00068	0.00068	0.00068	0.00068	0.00065	0.00065	0.00061
	2	7.2	0.00109	0.00109	0.00122	0.00122	0.00119	0.00119	0.00122	0.00122	0.00109
	3	10.4	0.00141	0.00141	0.00159	0.00159	0.00156	0.00153	0.00153	0.00153	0.00139
	4	13.6	0.00169	0.00169	0.00184	0.00184	0.00181	0.00184	0.00181	0.00181	0.00165
	5	16.8	0.00188	0.00191	0.00203	0.00206	0.00203	0.00200	0.00200	0.00200	0.00184
	6	20	0.00225	0.00222	0.00241	0.00241	0.00238	0.00238	0.00238	0.00238	0.00216
	7	23.2	0.00247	0.00247	0.00259	0.00266	0.00259	0.00263	0.00259	0.00259	0.00239
	8	26.4	0.00266	0.00266	0.00278	0.00284	0.00278	0.00278	0.00278	0.00275	0.00255
	9	29.6	0.00278	0.00278	0.00288	0.00291	0.00288	0.00288	0.00288	0.00291	0.00265
	10	32.8	0.00303	0.00303	0.00313	0.00319	0.00316	0.00316	0.00313	0.00313	0.00289
	11	36	0.00319	0.00319	0.00322	0.00331	0.00325	0.00328	0.00328	0.00325	0.00301
	12	39.2	0.00319	0.00319	0.00325	0.00334	0.00328	0.00328	0.00325	0.00328	0.00302
	13	42.4	0.00316	0.00316	0.00319	0.00328	0.00322	0.00322	0.00322	0.00322	0.00299
	14	45.6	0.00309	0.00309	0.00313	0.00319	0.00316	0.00316	0.00316	0.00316	0.00292
	15	48.8	0.00297	0.00297	0.00297	0.00306	0.00300	0.00306	0.00303	0.00303	0.00280



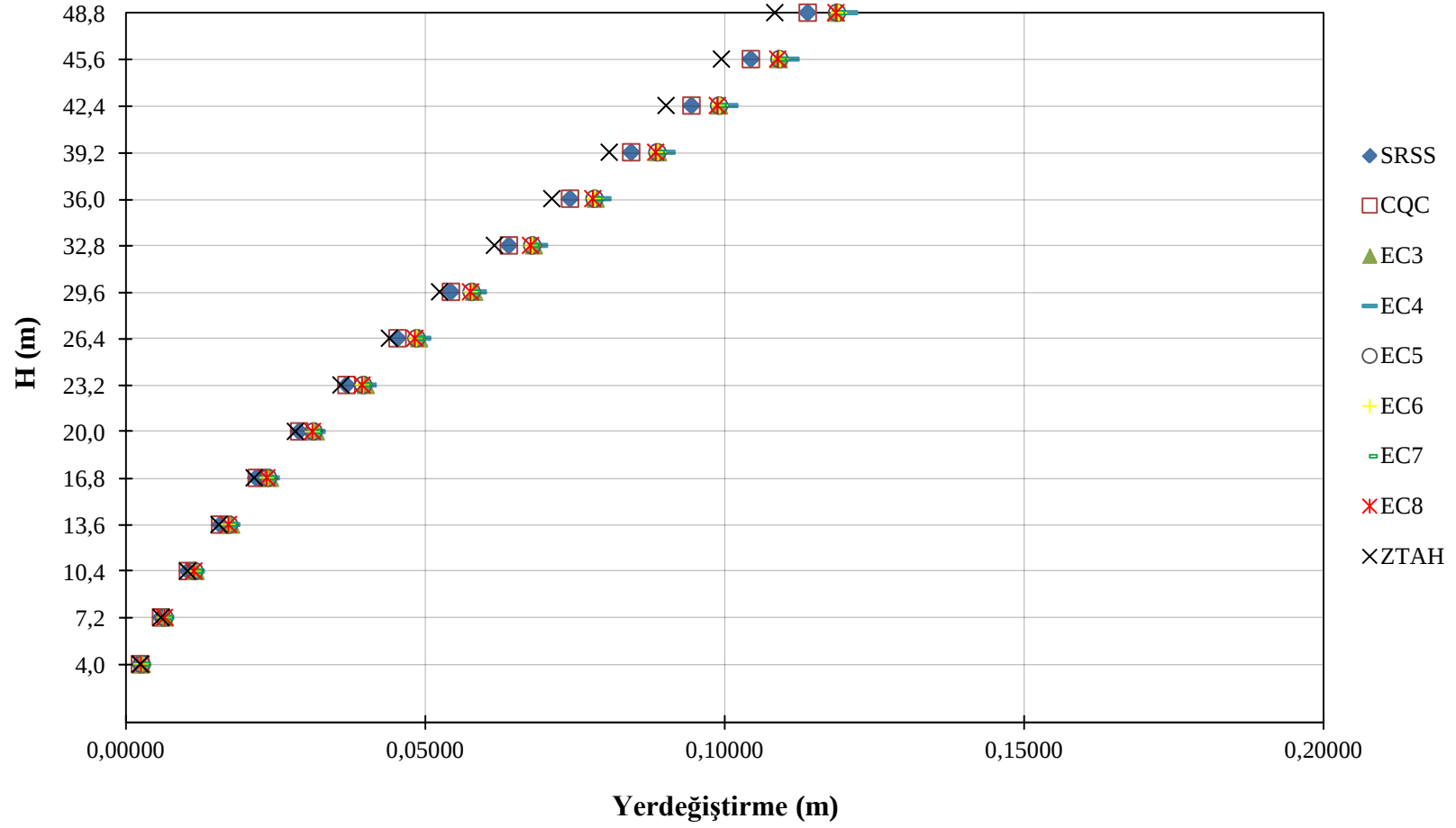
Şekil C.27 : W15 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş 1. kolon alt uç momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.



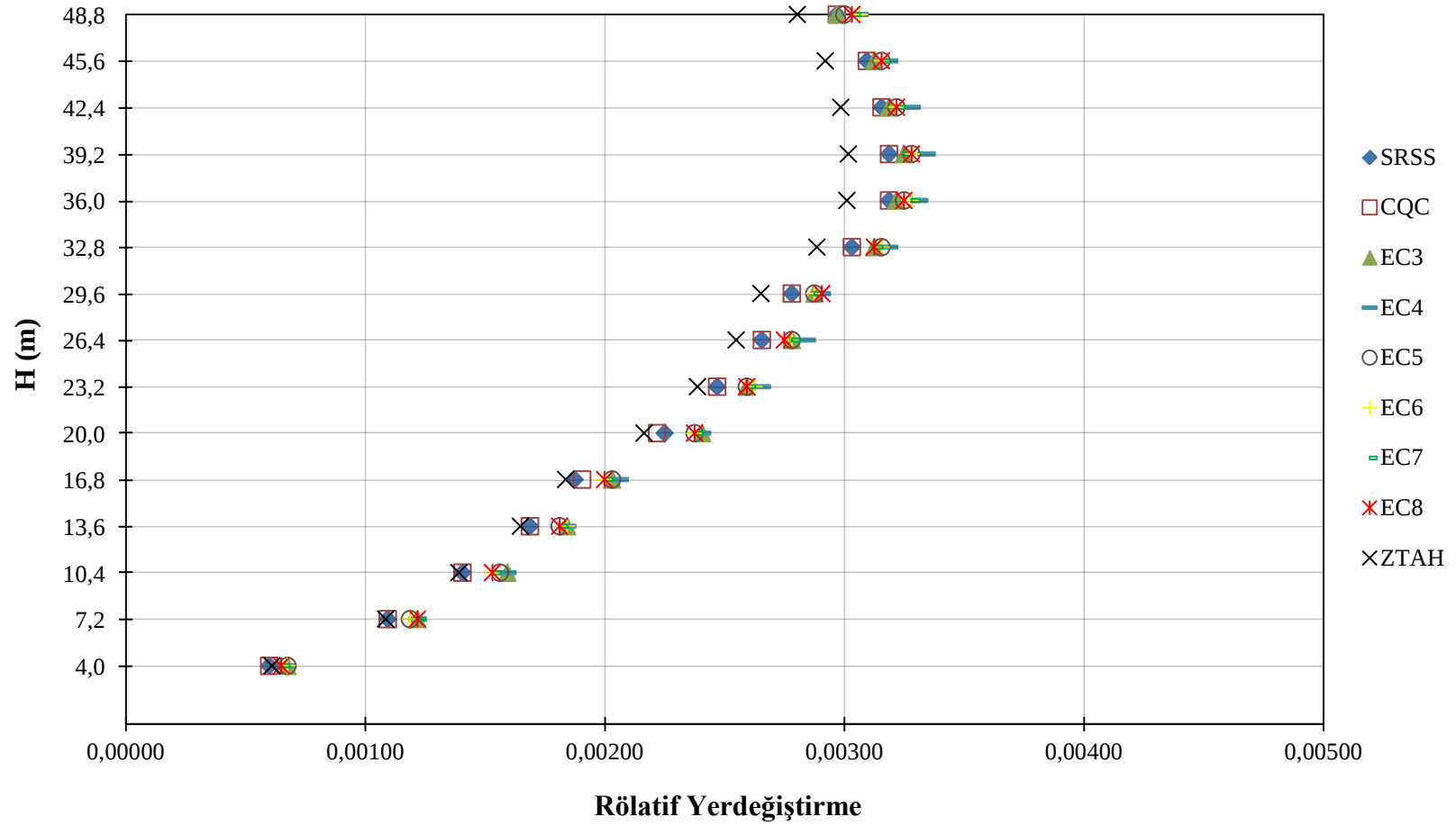
Şekil C.28 : W15 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş 2. kolon alt uç momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.



Şekil C.29 : W15 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kiriş momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.



Şekil C.30 : W15 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kat yerdeğiştirme değerlerinin bina yüksekliği boyunca değişimi.



Şekil C.31 : W15 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kat sapma değerlerinin bina yüksekliği boyunca değişimi.

Çizelge C.7 : W20 birleştirme sonuçları.

	Kat No	H (m)	SRSS	CQC	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7	EC8	ZTAH
1. Kolon Moment (kNm)	1	4	2786.88	2799.27	3199.21	3202.1	3096.44	3090	3058.24	3052.68	2980.26
	2	7.2	2001.95	2008.87	2266.58	2281.04	2207.72	2206.32	2184.55	2181.81	2087.94
	3	10.4	2136.15	2142.39	2391.7	2415.27	2338.85	2339.53	2317.06	2315.01	2188.57
	4	13.6	2257.76	2263.22	2497.09	2530.91	2451.94	2455.13	2432.21	2431.03	2288.31
	5	16.8	2358.38	2362.97	2574.52	2619.47	2538.71	2544.7	2521.56	2521.4	2360.90
	6	20	2086.27	2089.49	2249.87	2297.51	2227.2	2234.65	2214.74	2215.47	2088.27
	7	23.2	1944.48	1946.52	2064.52	2118.63	2053.94	2063.44	2045.24	2046.81	1956.29
	8	26.4	1976.63	1977.8	2065.32	2129.99	2064.63	2076.66	2058.22	2060.53	1999.34
	9	29.6	2004.77	2005.05	2059.97	2135.41	2069.22	2084	2065.35	2068.56	2037.64
	10	32.8	2059.56	2058.94	2080.64	2167.95	2100.38	2118.59	2099.74	2104.18	2116.79
	11	36	1571	1569.89	1559.62	1633.66	1582.72	1599.07	1585.09	1589.52	1632.86
	12	39.2	1266.14	1264.59	1230.09	1298.14	1257.11	1273.04	1261.99	1266.69	1323.31
	13	42.4	1283.46	1281.35	1225.88	1300.92	1258.77	1276.78	1265.3	1270.71	1347.60
	14	45.6	1275.64	1273	1198.37	1276.94	1234.1	1253.3	1241.39	1247.25	1342.90
	15	48.8	1305.76	1302.5	1205.95	1289.87	1244.38	1265.42	1252.56	1259.12	1372.27
	16	52	749.33	747.12	678.57	729.42	702.09	715.13	707.3	711.42	786.91
	17	55.2	438.08	436.51	385.06	418.32	400.63	409.35	404.21	407	454.24
	18	58.4	442.3	440.63	384.69	420.54	401.42	410.93	405.34	408.4	458.27
	19	61.6	399.88	398.32	346.34	380.23	361.88	371.13	365.66	368.69	414.56
	20	64.8	407.85	406.35	356.6	390.48	371.94	381.31	375.7	378.83	424.31
2. Kolon Moment (kNm)	1	4	2567.86	2579.39	2948.97	2951.02	2853.57	2847.48	2818.17	2812.99	2747.17
	2	7.2	1134.7	1138.41	1278.36	1288.36	1247.32	1247	1234.85	1233.48	1170.47
	3	10.4	1192.26	1195.64	1328.03	1342.24	1300.15	1300.8	1288.47	1287.44	1210.01
	4	13.6	1171.61	1174.3	1285.11	1304.07	1263.89	1265.93	1254.35	1253.91	1176.10
	5	16.8	1118.1	1120.12	1206.42	1229.36	1192.09	1195.37	1184.81	1184.94	1111.92

Çizelge C.7 (Devam) : W20 birleştirme sonuçları.

	Kat No	H (m)	SRSS	CQC	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7	EC8	ZTAH
2. Kolon Moment (kNm)	6	20	1162.36	1164.05	1243.02	1270.58	1232.14	1236.57	1225.78	1226.32	1160.62
	7	23.2	913.12	913.92	956.59	983.55	953.9	958.75	950.48	951.36	916.58
	8	26.4	891.56	891.89	915.77	946.94	918.17	924.01	915.91	917.06	899.62
	9	29.6	885.54	885.4	890.56	926.53	897.95	905.05	897.01	898.59	905.97
	10	32.8	837.65	837.06	822.37	861.1	834.48	842.75	835.39	837.5	865.04
	11	36	835.3	834.48	813.07	854.75	828.34	837.74	830.59	833.23	869.68
	12	39.2	566.73	565.76	533.45	566.87	549.03	557.12	552.43	554.94	593.34
	13	42.4	555.22	553.99	510.43	546.12	528.32	537.12	532.31	535.04	582.81
	14	45.6	547.99	546.47	492.96	529.54	511.4	520.54	515.46	518.33	575.26
	15	48.8	517.14	515.37	450.78	486.82	468.8	478.13	472.97	475.97	536.87
	16	52	396.83	395.39	345.16	373.67	359	366.47	362.22	364.63	411.84
	17	55.2	186.53	185.64	152.93	168.78	160.7	164.96	162.58	163.97	195.53
	18	58.4	179.62	178.7	144.46	161.09	152.58	157.12	154.59	156.08	189.03
Kiriş Moment (kNm)	19	61.6	156.12	155.31	125.74	140.93	132.92	137.24	134.8	136.25	164.95
	20	64.8	137.77	137.11	112.11	125.05	118.21	121.98	119.84	121.15	145.09
	1	4	1425.18	1431.58	1631.45	1631.15	1577.77	1573.94	1557.88	1554.86	1520.59
	2	7.2	1634.35	1640.85	1855.77	1859.93	1800.08	1796.85	1778.97	1775.96	1717.24
	3	10.4	1779.21	1785.35	2000.8	2011.1	1947.48	1945.49	1926.66	1924.01	1844.91
	4	13.6	1857.47	1862.91	2065.51	2083.02	2018.23	2017.99	1999.05	1997.03	1902.49
	5	16.8	1891.71	1896.36	2079.53	2104.36	2039.84	2041.49	2022.89	2021.61	1915.56
	6	20	1581.96	1584.83	1710.56	1740.72	1688	1691.91	1676.94	1676.84	1582.27
	7	23.2	1612.14	1614.23	1716.29	1755.29	1702.37	1708.46	1693.52	1694.12	1612.40
	8	26.4	1622.92	1624.19	1698.72	1746.82	1694.01	1702.32	1687.43	1688.74	1634.70
	9	29.6	1617.49	1617.93	1662.02	1719.02	1666.76	1677.49	1662.82	1664.97	1636.26
	10	32.8	1572.45	1572.15	1586.9	1650.46	1600.17	1613.06	1599.11	1602.14	1611.14

Çizelge C.1 :

Çizelge C.1 :

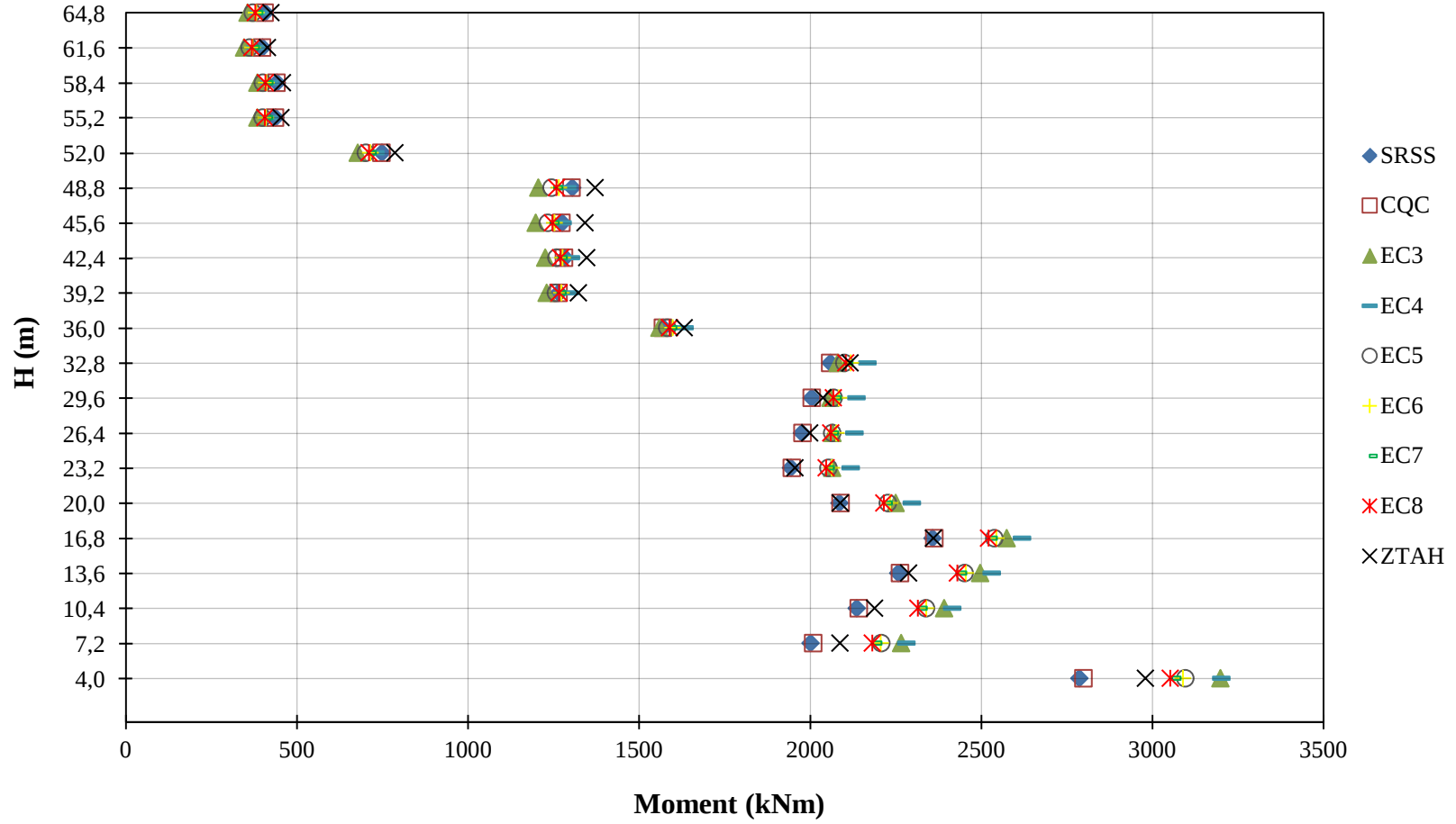
Çizelge C.7 (Devam) : W20 birleştirme sonuçları.

	Kat No	H (m)	SRSS	CQC	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7	EC8	ZTAH
Kiriş Moment (kNm)	11	36	1044.66	1043.83	1028.67	1078.85	1045.70	1056.83	1047.85	1050.91	1085.61
	12	39.2	1057.10	1055.72	1018.43	1075.90	1042.33	1055.74	1046.73	1050.68	1105.39
	13	42.4	1059.49	1057.57	998.58	1061.69	1027.60	1042.79	1033.54	1038.14	1113.45
	14	45.6	1050.79	1048.34	967.59	1034.4	999.65	1016.17	1006.54	1011.67	1105.31
	15	48.8	958.46	955.78	863.92	927.87	895.05	911.23	901.99	907.1	1005.98
	16	52	402.99	401.63	354.02	383.05	368.11	375.65	371.35	373.77	420.27
	17	55.2	383.47	381.99	328.05	358.18	342.72	350.69	346.19	348.77	397.98
	18	58.4	362.02	360.47	303.42	334.07	318.26	326.54	321.88	324.58	378.19
	19	61.6	335.35	333.85	278.04	307.72	292.26	300.48	295.84	298.57	351.61
	20	64.8	244.01	242.89	200.44	222.47	210.99	217.18	213.69	215.77	256.54
Kat Yerdeğiştirmesi (kNm)	1	4	0.00240	0.00240	0.00280	0.00280	0.00270	0.00270	0.00260	0.00260	0.00257
	2	7.2	0.00560	0.00560	0.00630	0.00640	0.00620	0.00610	0.00610	0.00610	0.00586
	3	10.4	0.00930	0.00930	0.01060	0.01060	0.01030	0.01030	0.01020	0.01020	0.00974
	4	13.6	0.01350	0.01360	0.01530	0.01540	0.01490	0.01490	0.01480	0.01480	0.01405
	5	16.8	0.01810	0.01820	0.02030	0.02060	0.01990	0.01990	0.01970	0.01970	0.01867
	6	20	0.02360	0.02370	0.02630	0.02670	0.02580	0.02580	0.02560	0.02560	0.02413
	7	23.2	0.02960	0.02970	0.03280	0.03330	0.03220	0.03230	0.03200	0.03200	0.03003
	8	26.4	0.03590	0.03600	0.03950	0.04020	0.03890	0.03900	0.03870	0.03870	0.03617
	9	29.6	0.04240	0.04250	0.04630	0.04730	0.04580	0.04590	0.04550	0.04550	0.04263
	10	32.8	0.04910	0.04910	0.05320	0.05450	0.05280	0.05300	0.05250	0.05250	0.04936
	11	36	0.05690	0.05690	0.06130	0.06290	0.06090	0.06120	0.06060	0.06070	0.05737
	12	39.2	0.06520	0.06530	0.06980	0.07180	0.06950	0.06990	0.06930	0.06940	0.06599
	13	42.4	0.07380	0.07380	0.07840	0.08090	0.07830	0.07880	0.07810	0.07820	0.07476
	14	45.6	0.08240	0.08240	0.08690	0.08990	0.08710	0.08770	0.08690	0.08700	0.08360
	15	48.8	0.09090	0.09090	0.09530	0.09890	0.09570	0.09650	0.09560	0.09580	0.09245

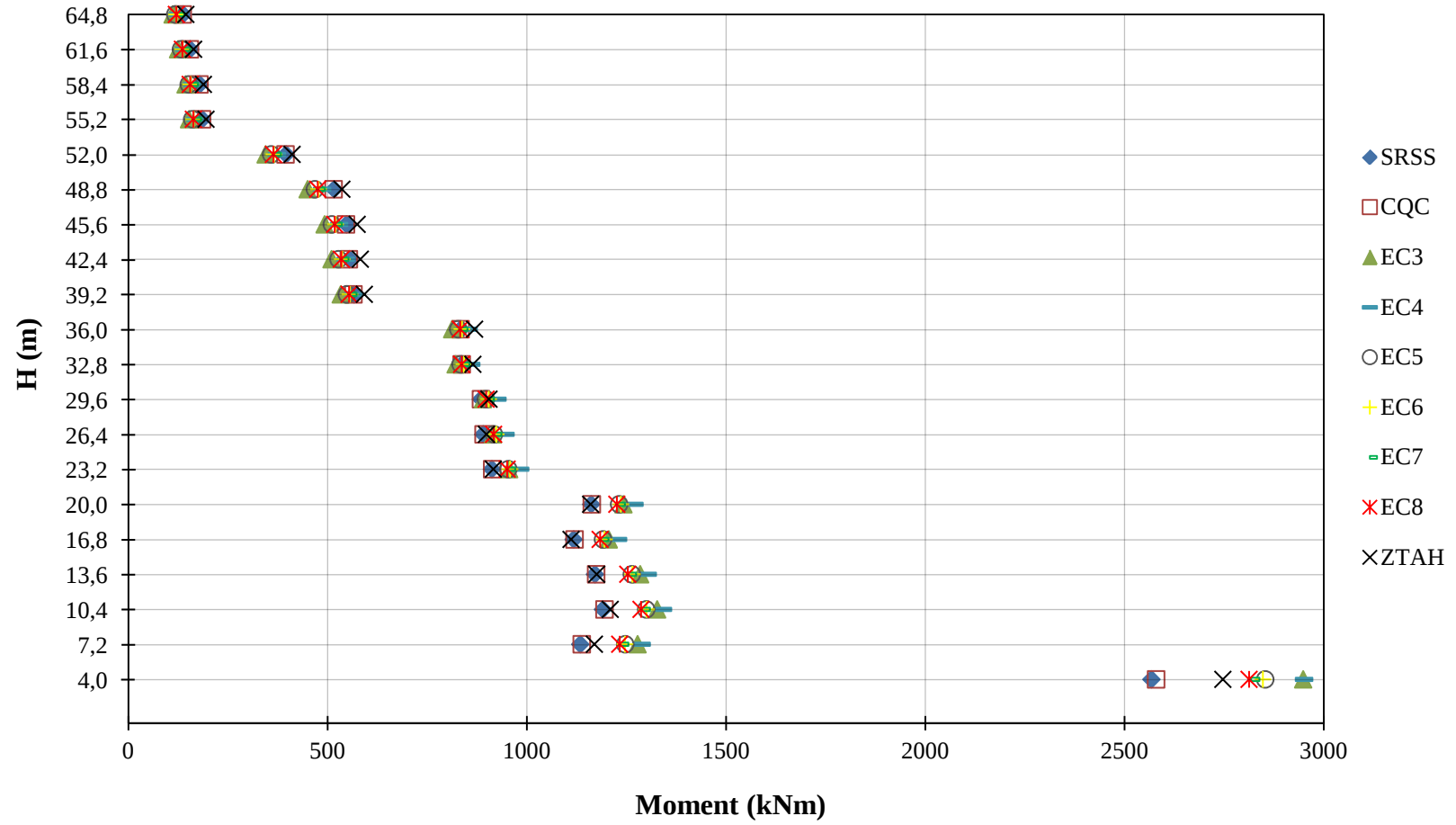
Çizelge C.1 :

Çizelge C.1 :**Çizelge C.7 (Devam) : W20 birleştirme sonuçları.**

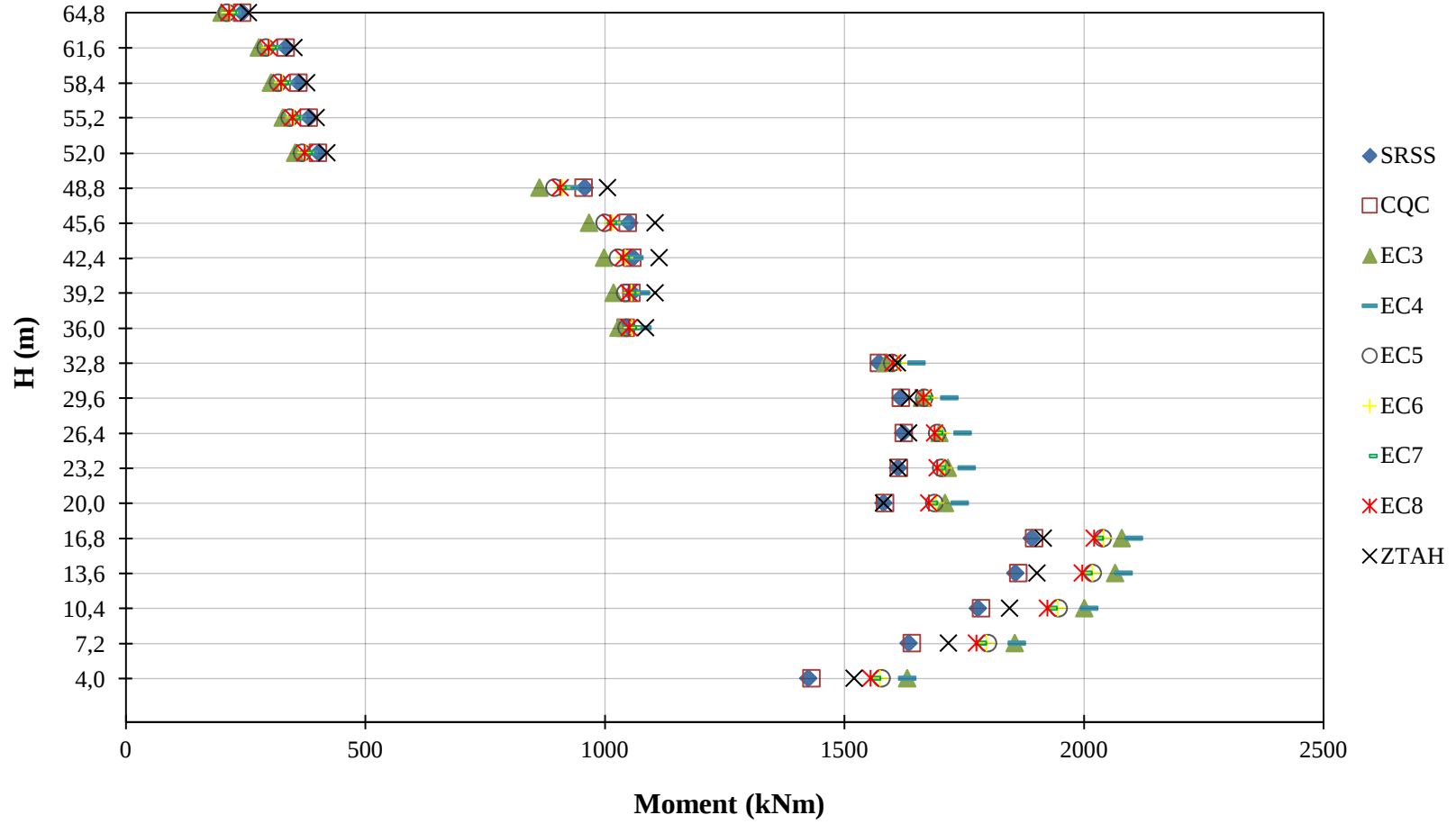
	Kat No	H (m)	SRSS	CQC	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7	EC8	ZTAH
Kat Yerdeğiştirmesi (kNm)	16	52	0.10050	0.10050	0.10470	0.10890	0.10540	0.10630	0.10530	0.10550	0.10251
	17	55.2	0.11050	0.11040	0.11430	0.11920	0.11530	0.11640	0.11530	0.11560	0.11308
	18	58.4	0.12020	0.12010	0.12360	0.12920	0.12490	0.12610	0.12490	0.12530	0.12348
	19	61.6	0.12950	0.12940	0.13240	0.13870	0.13400	0.13550	0.13410	0.13450	0.13348
	20	64.8	0.13830	0.13810	0.14060	0.14760	0.14250	0.14410	0.14270	0.14310	0.14280
Rölatif Yerdeğiştirme	1	4	0.00060	0.00060	0.00070	0.00070	0.00068	0.00068	0.00065	0.00065	0.00064
	2	7.2	0.00100	0.00100	0.00109	0.00113	0.00109	0.00106	0.00109	0.00109	0.00103
	3	10.4	0.00116	0.00116	0.00134	0.00131	0.00128	0.00131	0.00128	0.00128	0.00121
	4	13.6	0.00131	0.00134	0.00147	0.00150	0.00144	0.00144	0.00144	0.00144	0.00135
	5	16.8	0.00144	0.00144	0.00156	0.00163	0.00156	0.00156	0.00153	0.00153	0.00144
	6	20	0.00172	0.00172	0.00188	0.00191	0.00184	0.00184	0.00184	0.00184	0.00172
	7	23.2	0.00188	0.00188	0.00203	0.00206	0.00200	0.00203	0.00200	0.00200	0.00190
	8	26.4	0.00197	0.00197	0.00209	0.00216	0.00209	0.00209	0.00209	0.00209	0.00201
	9	29.6	0.00203	0.00203	0.00213	0.00222	0.00216	0.00216	0.00213	0.00213	0.00209
	10	32.8	0.00209	0.00206	0.00216	0.00225	0.00219	0.00222	0.00219	0.00219	0.00216
	11	36	0.00244	0.00244	0.00253	0.00263	0.00253	0.00256	0.00253	0.00256	0.00257
	12	39.2	0.00259	0.00263	0.00266	0.00278	0.00269	0.00272	0.00272	0.00272	0.00278
	13	42.4	0.00269	0.00266	0.00269	0.00284	0.00275	0.00278	0.00275	0.00275	0.00286
	14	45.6	0.00269	0.00269	0.00266	0.00281	0.00275	0.00278	0.00275	0.00275	0.00291
	15	48.8	0.00266	0.00266	0.00263	0.00281	0.00269	0.00275	0.00272	0.00275	0.00289
	16	52	0.00300	0.00300	0.00294	0.00313	0.00303	0.00306	0.00303	0.00303	0.00329
	17	55.2	0.00313	0.00309	0.00300	0.00322	0.00309	0.00316	0.00313	0.00316	0.00340
	18	58.4	0.00303	0.00303	0.00291	0.00313	0.00300	0.00303	0.00300	0.00303	0.00330
	19	61.6	0.00291	0.00291	0.00275	0.00297	0.00284	0.00294	0.00288	0.00288	0.00316
	20	64.8	0.00275	0.00272	0.00256	0.00278	0.00266	0.00269	0.00269	0.00269	0.00294



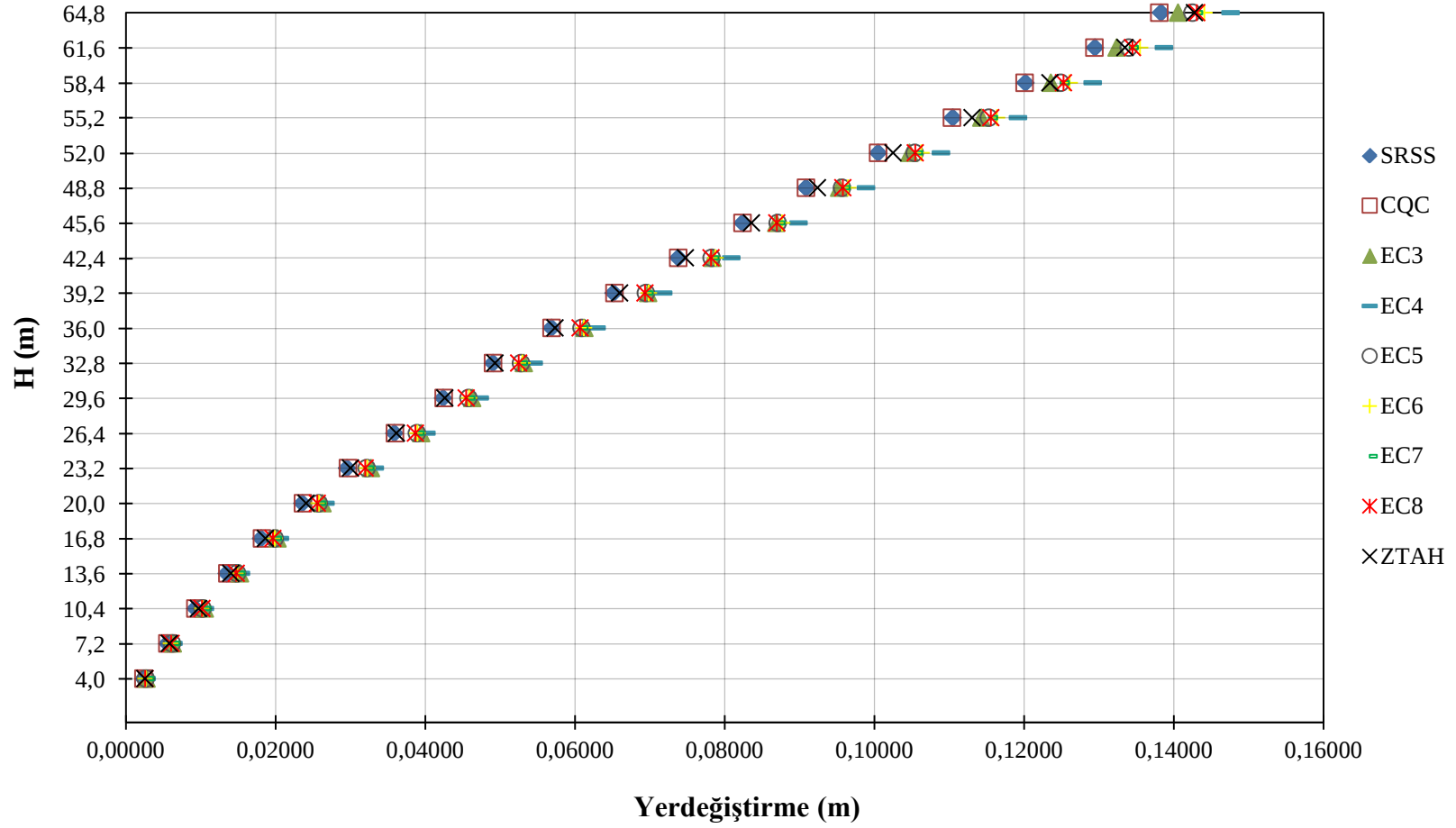
Şekil C.32 : W20 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş 1. kolon alt uç momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.



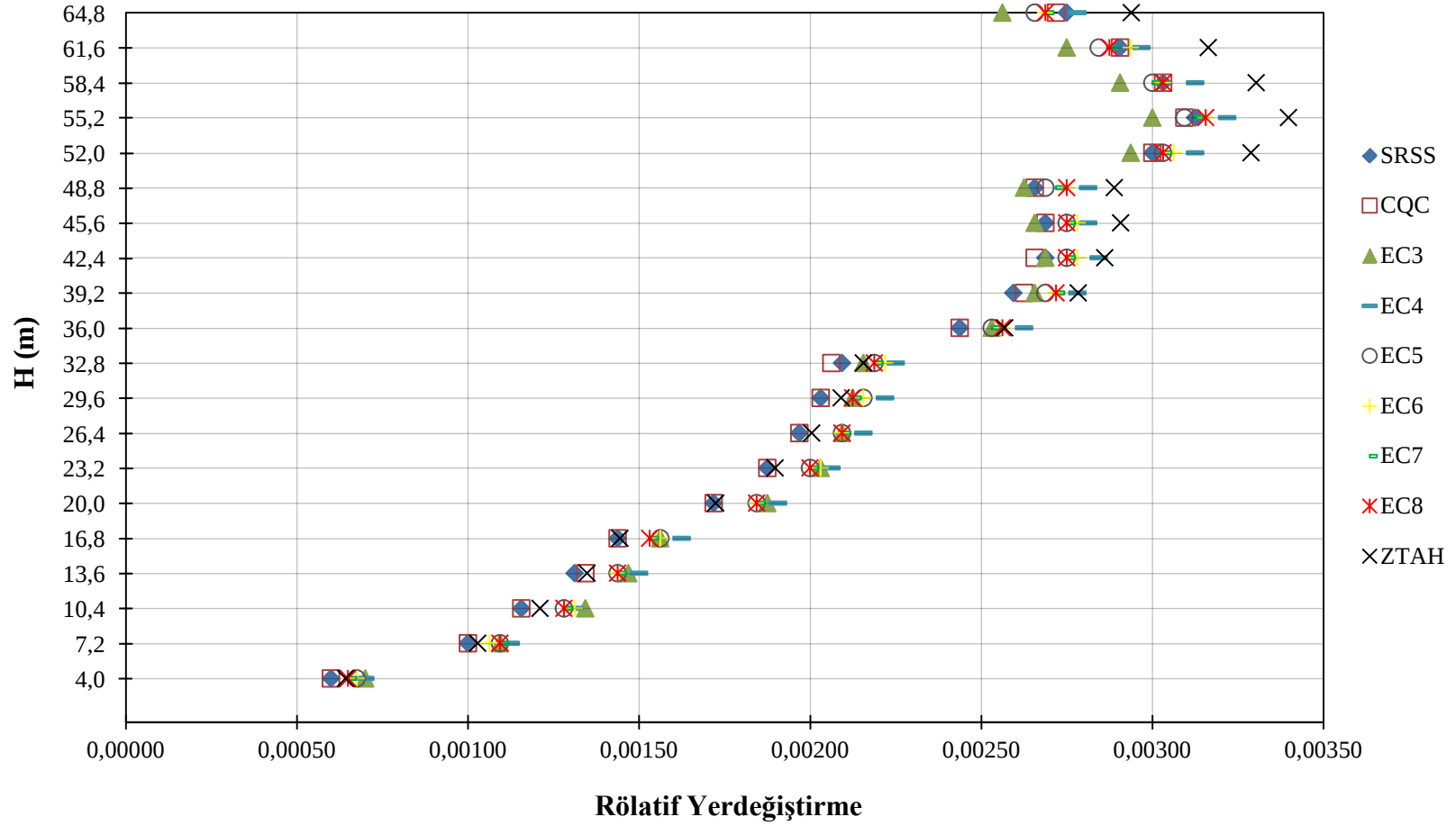
Şekil C.33 : W20 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş 2. kolon alt uç momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.



Şekil C.34 : W20 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kiriş momentinin bina yüksekliği boyunca değişimi.



Şekil C.35 : W20 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kat yerdeğiştirme değerlerinin bina yüksekliği boyunca değişimi.



W20 için çeşitli birleştirme teknikleri ile elde edilmiş kat sapma değerlerinin bina yüksekliği boyunca değişimi.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: İbrahim Yıldırım

Doğum Yeri ve Tarihi: Niğde, 25.03.1987

