İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PREFABRİK KONSOL KOLONLARIN TASARIMINDA UYGUN DEPREM KAYDI SEÇİMİ VE DAVRANIŞIN İRDELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatma Betül HASEL

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2013

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PREFABRİK KONSOL KOLONLARIN TASARIMINDA UYGUN DEPREM KAYDI SEÇİMİ VE DAVRANIŞIN İRDELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatma Betül HASEL
501101076

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ercan YÜKSEL

HAZİRAN 2013

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501101076 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **FATMA BETÜL HASEL**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **"PREFABRİK KONSOL KOLONLARIN TASARIMINDA UYGUN DEPREM KAYDI SEÇİMİ VE DAVRANIŞIN İRDELENMESİ"** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :	**Doç. Dr. Ercan YÜKSEL** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Jüri Üyeleri :	**Prof. Dr. Kadir GÜLER** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
	Doç. Dr. Cem YALÇIN Boğaziçi Üniversitesi	.....

Teslim Tarihi : **3 Mayıs 2013**
Savunma Tarihi : **6 Haziran 2013**

Değerli aileme,

ÖNSÖZ

Gerek yüksek lisans öğrenimim ve gerekse tez çalışmalarım sırasında öncelikle büyük bir anlayış, tolerans ve sabır gösteren, deneyim ve bilgilerini paylaşan yol gösteren her aşamasında yardımlarını eksik etmeyen tez danışmanı hocam Doç. Dr. Ercan YÜKSEL'e en içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunuyorum.Tez çalışmamın yürütülmesinde emeği olan Sayın Prof. Dr. H.Faruk KARADOĞAN hocama, Yrd. Doç. Dr İhsan Engin BAL'a teşekkür ediyorum.

Çalışmalarım sırasında bana yardımcı olan bilgi ve tecrübelerini her an paylaşan Y.Müh Cihan SOYDAN'a, lisans ve yüksek lisans eğitim sürecinin her aşamasında en zor zamanlarımızda yardımlarını desteğini sakınmayan meslaktaşım İnş. Müh Tuğba AKSAKAL'a, tez çalışmalarım süresince anlayış gösteren STATİCA Mühendislik çalışanlarına ve şeflerim Y. Müh. Bahadır ÖZCİHAN ve Y. Müh. Delal Doğru ORMANCI'ya yardımlarından ve anlayışlarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Bu tezin yazılmasına vesile olan her daim beni cesaretlendiren maddi ve manevi herzaman yanımda olan ve olacak aileme bir kere daha yanımda oldukları için teşekkürlerimi sunuyorum.

Haziran 2013

Fatma Betül HASEL
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **vii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
KISALTMALAR ..... **xi**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xiii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xvii**
ÖZET ..... **xxv**
SUMMARY ..... **xxvii**
1. GİRİŞ **31**
1.1 Prefabrik Yapı Sistemleri 31
1.2 Sismik Etkilerin Yapı Sistemlerinde Gözönüne Alınması 32
1.3 Deprem Kaydı Seçiminin Önemi 33
1.4 Amaç ve Kapsam 33
2. DEPREM KAYDI SEÇİMİ **35**
2.1 Genel 35
2.2 Literatürde Deprem Kaydı Seçimi Yaklaşımları 36
2.3 Seçilen Deprem Kayıtlarının SeismoSignal ve SeismoMatch'de İşlenmesi 36
2.4 Deprem Kaydı Seçiminde PEER Veritabanı Kullanılması 38
2.5 Potansiyel Hasar ve Şiddet Büyüklüklerinin Tanımlanması(Intensity Mesaure) 41
2.5.1 En büyük yer ivmesi (PGA), hız (PGV) ve yerdeğiştirme (PGD) 42
2.5.2 En büyük hız/ivme oranı (vmax/amax) 42
2.5.3 Root-mean-square (RMS) of acceleration, velocity and displacement 43
2.5.4 Arias şiddeti(Arias Intensity ,Ia) 43
2.5.5 Karakteristik şiddet (Characteristic Intensity,Ic) 44
2.5.6 Yığışımlı mutlak hız (Cumulative Absolute Velocity ,CAV) 45
2.5.7 Specific Energy Density (SED) 45
2.5.8 İvme ve hız spektrumu şiddeti (ASI, VSI) 45
2.5.9 Housner şiddeti (Housner Intencity,HI) 45
2.5.10 A95 parametresi 42
2.5.11 Sustained maximum acceleration (SMA) and velocity (SMA) 42
2.5.12 Etkili tasarım ivmesi (Effective Desing Acceleration, EDA) 43
2.5.13 Baskın periyot (Predominant Period) 43
2.5.14 Ortalama Periyot (Mean Period,Tm) 43
2.5.15 Zarf süre (Bracketed duration) 43
2.5.16 Düzenli süre (Uniform duration) 43
2.5.17 Anlamlı süre (Significant duration) 44
2.5.18 Etkili süre (Effective duration) 44
2.5.19 Husid grafikleri 44
2.5.20 Fajfar şiddeti (IF) 44
2.6 Deprem Kayıtları 48

2.6.1 Uzak Deprem Kayıtları 49
2.6.1.1 Orijinal uzak deprem kayıtlarının seçilmesi 49
2.6.1.2 Üretilmiş(Matched) uzak deprem kayıtlarının seçilmesi..... 52
2.6.1.3 Üretilmiş ve gerçek uzak deprem kayıtlarının karşılaştırılması 53
2.6.2 Yakın Deprem Kayıtları 55
2.6.2.1 Gerçek yakın deprem kayıtlarının seçilmesi..... 55
2.6.2.2 Üretilmiş yakın deprem kayıtlarının seçilmesi 58
2.7 Deprem Kayıtları Seçiminin Ardından Sonuçlar 61
3. PREFABRİK KONSOL KOLONLARIN PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN ANALİTİK ÇALIŞMA 69
3.1 Statik İtme Analizleri 69
3.1.1 Deneysel kolon numune modelleri 69
3.1.2 Deneysel numune malzeme modelleri 72
3.1.3 SeismoStruct V6 ile Kolon ModellerininOluşturulması..... 73
3.1.3.1 Malzeme modelinin tanımlanması 74
3.1.3.2 Sargılı beton malzemenin tanımlanması..... 74
3.1.3.3 Sargısız beton malzemenin tanımlanması 76
3.1.3.4 Çelik malzemenin tanımlanması 77
3.1.3.5 Geometrik modelin tanımlanması: 80
3.1.3.6*InfrmDB* ve *InfrmFB* çubuk elemanın tanımlanması: 83
3.1.3.7 Yüklemeler: 89
3.1.3.8 Kolon Numunelerinin Analitik Olarak Değerlendirilmesi 91
3.2 Zaman Tanım Alanında Dinamik Analizler 113
3.2.1 SeismoStruct V6 ile Dinamik Analizin Tanımı 113
3.2.2 SEISMOSTRUCT V6 ile Dinamik Analizin Sonuçları 115
3.2.3 Dinamik Analiz Sonucunda Kolon Performans Değerlendirmesi..... 120
4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER..... 123
4.1 Deprem Kaydı Seçimi 123
4.2 Doğrusal Olmayan Statik Analizler İle Belirlenen Kolon Performanslarının Değerlendirilmesi..... 126
4.3 Zaman Tanım Alanında Gerçekleştirilen Dinamik Analizlerle Belirlenen Kolon PerformanslarınınDeğerlendirilmesi 127
KAYNAKLAR..... 137
EKLER 139
ÖZGEÇMİŞ..... 207

KISALTMALAR

ARMS : Square root of the mean of ground acceleration
ASI : Acceleration Spectrum Intensity (İvme spektrumu şiddeti)
CAV : Cumulative Absolute Velocity
CMS : Conditional Mean Spektrum
DBYBHY :Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007
DB :Displacement Base formulation(Yerdeğiştirme Esaslı Sonlu Eleman)
DPI :DamagePotentialIndices (Hasar ölçütleri)
DRMS :Square root of the mean of ground displacement
FB :Force Base formulation (Kuvvet Esaslı Sonlu Eleman)
IA :Arias intensity (Arias Şiddeti)
IC :Characteristic intensity (Karakteristik Şiddet)
IH :Housner intensity(Housner Şiddeti)
MSE :Mean Squared Error
Mw :Depremin Moment Büyüklüğü
R_F :Faya yada Deprem Kaynağına Olan Uzaklık
Vs :Kayma Dalgası Hızı
PEER :Pasifik Earthquake Engineering Resarch
PGA :Peak Ground Acceleration (En Büyük Yer İvmesi)
PGV :Peak Ground Velocity (En Büyük Yer Hızı)
PGD :Peak Ground Displacement (En Büyük Yerdeğiştirme)
SMA :Sustained Maximum Acceleration
SMV :Sustained Maximum Velocity
ŞÖ :Şiddet ölçeği
UHS : Uniform Hazard Spektrum
TP : Predominant period of ground motion (Baskın periyot)
Tm : Mean period of ground motion (Ortalama Periyot)
VRMS : Square root of the mean of ground velocity
VSI : Velocity Spectrum Intensity (Hız Spektrumu Şiddeti)

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Seçilmiş gerçek 7 adet uzak deprem kaydı. 49
Çizelge 2.2 : NGA_169 gerçek ve üretilmiş kaydın ŞÖ karşılaştırılması. 54
Çizelge 2.3 : Seçilmiş gerçek 7 adet yakın deprem kaydı. 55
Çizelge 2.4 : NGA_169 gerçek ve üretilmiş kaydın ŞÖ karşılaştırılması. 60
Çizelge 2.5 : Gerçek Uzak Deprem Kayıtları Şiddet Ölçütleri.....65
Çizelge 2.6 : Üretilmiş Uzak Deprem Kayıtları Şiddet Ölçütleri 66
Çizelge 2.7 : Gerçek Yakın Deprem Kayıtları Şiddet Ölçütleri 67
Çizelge 2.8 : Üretilmiş Yakın Deprem Kayıtları Şiddet Ölçütleri 68
Çizelge 3.1 : Orijinal prefabrik kolon deneylerinde kullanılan numuneler. 71
Çizelge 3.2 : Beton silindir basınç dayanımları 72
Çizelge 3.3 : Donatı akma dayanımları 72
Çizelge 3.4 : Donatı çekme dayanımları.....72
Çizelge 3.5 : Kolon malzeme mekanik özellikleri. 79
Çizelge 3.6 : Kolon eksenel kuvvetleri ve yığışımlı kütle bilgisi 79
Çizelge 3.7 : S30_14 en büyük tepe yerdeğiştirmesi. 115
Çizelge 3.8 : S30_14 en büyük tepe yerdeğiştirmeleri ortalama değerleri. 116
Çizelge 3.9 : S30_14 en büyük tepe dönmeleri.....116
Çizelge 3.10 : S30_14 en büyük tepe dönmeleri ortalama değerleri.....116
Çizelge 3.11 : S30_14 en büyük taban kesme kuvvetleri. 116
Çizelge 3.12 : S30_14 en büyük taban kesme kuvvetleri ortalam değerleri.....117
Çizelge 3.13 : S30_14 en büyük taban momentleri.....117
Çizelge 3.14 : S30_14 en büyük taban momentleri ortalama değerleri. 117
Çizelge 3.15 : S30_14M en büyük tepe yerdeğiştirmeleri. 118
Çizelge 3.16 : S30_14M en büyük tepe yerdeğiştirmeleri ortalama değerleri. 118
Çizelge 3.17 : S30_14M en büyük tepe dönmeleri. 118
Çizelge 3.18 : S30_14M en büyük tepe dönmeleri ortalama değerleri. 118
Çizelge 3.19 : S30_14M en büyük kesme kuvveti değerleri. 119
Çizelge 3.20 : S30_14M en büyük kesme kuvveti ortalama değerleri. 119
Çizelge 3.21 : S30_14M en büyük moment değerleri. 119
Çizelge 3.22 : S30_14M en büyük moment ortalama değerleri. 119
Çizelge 4.1 : Dayanım azaltma katsayısı. 126
Çizelge C.1:NGA_725 Gerçek ve üretilmiş kaydın ŞÖ karşılaştırılması 161
Çizelge C.2:NGA_778 Gerçek ve üretilmiş kaydın ŞÖ karşılaştırılması 161
Çizelge C.3:NGA_1048 Gerçek ve üretilmiş kaydın ŞÖ karşılaştırılması 162
Çizelge C.4:NGA_1082 Gerçek ve üretilmiş kaydın ŞÖ karşılaştırılması 162
Çizelge C.5:NGA_1504 Gerçek ve üretilmiş kaydın ŞÖ karşılaştırılması 163
Çizelge C.6:NGA_1513 Gerçek ve üretilmiş kaydın ŞÖ karşılaştırılması 163
Çizelge C.7:NGA_180 Gerçek ve üretilmiş kaydın ŞÖ karşılaştırılması 164
Çizelge C.8:NGA_723 Gerçek ve üretilmiş kaydın ŞÖ karşılaştırılması 164
Çizelge C.9:NGA_802 Gerçek ve üretilmiş kaydın ŞÖ karşılaştırılması 165
Çizelge C.10:NGA_821 Gerçek ve üretilmiş kaydın ŞÖ karşılaştırılması 165

Çizelge C.11:NGA_1013 Gerçek ve üretilmiş kaydın ŞÖ karşılaştırılması 166
Çizelge C.12:NGA_1511 Gerçek ve üretilmiş kaydın ŞÖ karşılaştırılması 166
Çizelge E.1: S30_16 kolonu en büyük tepe yerdeğiştirmeleri 170
Çizelge E.2: S30_16 kolonu en büyük tepe yerdeğiştirmeleri ortalama değerleri .. 170
Çizelge E.3: S30_16 kolonu en büyük tepe dönmeleri..... 170
Çizelge E.4: S30_16 kolonu en büyük tepe dönmeleri ortalama değerleri..... 170
Çizelge E.5: S30_16 kolonu en büyük kesme kuvveti değerleri..... 171
Çizelge E.6: S30_16 kolonu en büyük kesme kuvveti ortalama değerleri 171
Çizelge E.7: S30_16 kolonu en büyük tepe dönmeleri ortalama değerleri..... 171
Çizelge E.8: S30_16 kolonu en büyük tepe dönmeleri ortalama değerleri..... 171
Çizelge E.9: 30_18 kolonu en büyük tepe yerdeğiştirmeleri 172
Çizelge E.10:S30_18 kolonu en büyük tepe yerdeğiştmeleri ortalama değerleri ... 172
Çizelge E.11:S30_18 kolonu en büyük tepe dönme değerleri 172
Çizelge E.12: S30_18 kolonu en büyük tepe dönmeleri ortalama değerleri..... 172
Çizelge E.13: S30_18 kolonu en büyük kesme kuvveti değerleri..... 173
Çizelge E.14: S30_18 kolonu en büyük kesme kuvveti ortalama değerleri 173
Çizelge E.15: S30_18 kolonu en büyük taban momenti değerleri 173
Çizelge E.16: S30_18 kolonu en büyük taban momenti ortalama değerleri..... 173
Çizelge E.17: S30_18Z kolonu en büyük tepe yerdeğiştirmeleri..... 174
Çizelge E.18: S30_18Z en büyük tepe yerdeğiştirmeleri ortalama değerleri 174
Çizelge E.19: S30_18Z en büyük tepe dönmeleri 174
Çizelge E.20: S30_18Z en büyük tepe dönmeleriortalama değerleri 174
Çizelge E.21: S30_18Z en büyük kesme kuvveti değerleri 175
Çizelge E.22: S30_18Z en büyük kesme kuvveti ortalama değerleri..... 175
Çizelge E.23: S30_18Z en büyük taban momenti değerleri 175
Çizelge E.24: S30_18Z en büyük taban momenti ortalama değerleri 175
Çizelge E.25: S35_1416 en büyük tepe yerdeğiştirmeleri..... 176
Çizelge E.26: S35_1416 en büyük tepe yerdeğiştirmeleri ortalama değerleri..... 176
Çizelge E.27: S35_1416 en büyük tepe dönmeleri..... 176
Çizelge E.28: S35_1416 en büyük tepe dönmeleriortalama değerleri..... 176
Çizelge E.29: S35_1416 en büyük kesme kuvveti değerleri..... 177
Çizelge E.30: S35_1416 en büyük kesme kuvveti ortalama değerleri 177
Çizelge E.31: S35_1416 en büyük moment değerleri 177
Çizelge E.32: S35_1416 en büyük moment ortalama değerleri 177
Çizelge E.33: S35_18 en büyük tepe yerdeğiştirmeleri..... 178
Çizelge E.34: S35_18 en büyük tepe yerdeğiştirmeleri ortalama değerleri..... 178
Çizelge E.35: S35_18 en büyük tepe yerdeğiştirmeleri..... 178
Çizelge E.36: S35_18 en büyük tepe dönmelerinin ortalama değerleri 178
Çizelge E.37: S35_18 en büyük kesme kuvveti değerleri..... 179
Çizelge E.38: S35_18 en büyük kesme kuvveti ortalama değerleri 179
Çizelge E.39: S35_18 en büyük moment değerleri 179
Çizelge E.40: S35_18 en büyük moment ortalama değerleri..... 179
Çizelge E.41: S35_20 en büyük tepe yerdeğiştirmeleri..... 180
Çizelge E.42: S35_20 en büyük tepe yerdeğiştirmeleri ortalama değerleri..... 180
Çizelge E.43: S35_20 en büyük tepe dönmeleri 180
Çizelge E.44: S35_20 en büyük tepe dönmeleri ortalama değerleri 180
Çizelge E.45: S35_20 en büyük kesme kuvveti değerleri..... 181
Çizelge E.46: S35_20 en büyük kesme kuvveti ortalama değerleri 181
Çizelge E.47: S35_20 en büyük moment değerleri 181
Çizelge E.48: S35_20 en büyük moment ortalama değerleri..... 181

Çizelge E.49: S35_20Z en büyük tepe yerdeğiştirmeleri 182
Çizelge E.50: S35_20Z en büyük tepe yerdeğiştirmeleri ortalama değerleri 182
Çizelge E.51: S35_20Z en büyük tepe dönmeleri 182
Çizelge E.52: S35_20Z en büyük tepe dönmeleri ortalama değerleri 182
Çizelge E.53: S35_20Z en büyük kesme kuvveti değerleri 183
Çizelge E.54: S35_20Z en büyük kesme kuvveti ortalama değerleri 183
Çizelge E.55: S35_20Z en büyük taban momenti değerleri 183
Çizelge E.56: S35_20Z en büyük taban momenti ortalama değerleri 183
Çizelge E.57: S40_16 en büyük yerdeğiştirme değerleri 184
Çizelge E.62: S40_16 en büyük kesme kuvveti ortalama değerleri 185
Çizelge E.63: S40_16 en büyük taban moment değerleri 185
Çizelge E.64: S40_16 en büyük taban moment ortalama değerleri 185
Çizelge E.65: S40_20 en büyük tepe yerdeğiştirmeleri 186
Çizelge E.66: S40_20 en büyük tepe yerdeğiştirmeleri ortama değerleri 186
Çizelge E.35: S40_20 en büyük tepe dönmeleri 186
Çizelge E.36: S40_20 en büyük tepe dönmeleri ortalama değerleri 186
Çizelge E.37: S40_20 en büyük kesme kuvveti değerleri 187
Çizelge E.38: S40_20 en büyük kesme kuvveti değerleri 187
Çizelge E.39: S40_20 en büyük taban momenti değerleri 187
Çizelge E.40: S40_20 en büyük taban moment ortalama değerleri 187
Çizelge E.41: S40_2020 en büyük tepe yerdeğiştirmeleri 188
Çizelge E.42: S40_2020 en büyük tepe yerdeğiştirmeleri ortama değerleri 188
Çizelge E.43: S40_2020 en büyük tepe dönmeleri 188
Çizelge E.44: S40_2020 en büyük tepe dönmeleri ortalama değerleri 188
Çizelge E.45: S40_2020 en büyük kesme kuvveti değerleri 189
Çizelge E.46: S40_2020 en büyük kesme kuvveti ortalama değerleri 189
Çizelge E.47: S40_2020 en büyük taban momenti değerleri 189
Çizelge E.48: S40_2020 en büyük taban momenti ortalama değerleri 189
Çizelge E.49: S40_2020Z en büyük tepe yerdeğiştirmeleri 190
Çizelge E.50: S40_2020Z en büyük tepe yerdeğiştirmeleri ortalama değerleri 190
Çizelge E.51: S40_2020Z en büyük tepe dönmeleri 190
Çizelge E.52: S40_2020Z en büyük tepe dönmeleri ortalama değerleri 190

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : SeismoSignal arayüzü. 36
Şekil 2.2 : Kuvvetli yer hareketi parametlerinin elde edilmesi. 37
Şekil 2.3 : .SeismoMatch programının arayüzü 37
Şekil 2.4 : Hedef spektrumun tanımlanması için seçenekler 38
Şekil 2.5 : DBYBHY'07 göre tanımlı zemin sınıfına göre spekturumlar. 38
Şekil 2.6 : Spektrum bilgisinin oluşturulması 39
Şekil 2.7 : PEER'da DBYBHY'07 göre verilen spektrumun tanımlanması 39
Şekil 2.8 : Deprem kaydı seçimi. 40
Şekil 2.9 : Arias şiddetin örnek olarak 169 bileşeninin Significant Duration da meydana getirdiği Arıas şiddeti 44
Şekil 2.10 : PEER database uzak deprem kaydı seçimi 50
Şekil 2.11 : Gerçek NGA_169 için spektrumların karşılaştırılması. 50
Şekil 2.12 : NGA_169 ivme-zaman, hız-zaman ,yerdeğiştirme-zaman grafiği. 51
Şekil 2.13 : Yönetmelik spektrumu ile seçilmiş gerçek deprem kayıtlarının tepki spektrumlarının karşılaştırılması 51
Şekil 2.14 : Üretilmiş NGA_169 için spekturumların karşılaştırılması 52
Şekil 2.15 : Üretilmiş 169 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği. 52
Şekil 2.16 : Gerçek ve üretilmiş NGA_169 spekturumların karşılaştırılması. 53
Şekil 2.17 : NGA_169 gerçek kayıt ve üretilmiş deprem kaydının ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği karşılaştırması 53
Şekil 2.18 : Yönetmelik spektrumu ile üretilmiş deprem kayıtlarının tepki spektrumlarının karşılaştırılması. 55
Şekil 2.19 : PEER database yakın deprem kaydı seçimi 56
Şekil 2.20 : Gerçek NGA_179 spekturumların karşılaştırılması 56
Şekil 2.21 : NGA_179 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği 57
Şekil 2.22 : Yönetmelik spektrumu ile seçilmiş gerçek deprem kayıtlarının tepki spektrumlarının karşılaştırılması. 57
Şekil 2.23 : Üretilmiş NGA_179 spekturumların karşılaştırılması 58
Şekil 2.24 : NGA_179 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği. 58
Şekil 2.25 : Gerçek ve üetilmiş NGA_179 spekturumların karşılaştırılması 59
Şekil 2.26 : NGA_179 gerçek kayıt ve üretilmiş deprem kaydının ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği karşılaştırması 59
Şekil 2.27 : Yönetmelik spektrumu ile üretilmiş deprem kayıtlarının tepki spektrumlarının karşılaştırılması. 60
Şekil 2.28 : PGD şiddet ölçütünün karşılaştırılması. 62
Şekil 2.29 : PGA şiddet ölçütünün karşılaştırılması. 62
Şekil 2.30 : PGV şiddet ölçütünün karşılaştırılması. 62
Şekil 2.31 : Vmax/Amax şiddet ölçütünün karşılaştırılması. 63
Şekil 2.32 : HI şiddet ölçütünün karşılaştırılması. 63
Şekil 2.33 : IA şiddet ölçütünün karşılaştırılması. 63

Şekil 2.34 : ASI şiddet ölçütünün karşılaştırılması. 64
Şekil 2.35 : VSI şiddet ölçütünün karşılaştırılması. 64
Şekil 3.1 : Çanak temel-kolon birleşim detayları 70
Şekil 3.2 : Deneysel kolon numunesi ve kesitleri örnekleri. 71
Şekil 3.3 : Sonlu eleman programının analiz ve veri girişi için pre-processor arayüzü. 73
Şekil 3.4 : Processor modülünde zaman serisi. 73
Şekil 3.5 : Post-Processor modülü analiz sonucu dataları. 74
Şekil 3.6 : Beton malzeme modelinin SeismoStruct'ta tanımlanması 75
Şekil 3.7 : Mander beton malzeme modelleri 75
Şekil 3.8 : "Confinement factor" katsayısının tanımlanması 75
Şekil 3.9 : Sargılama katsayısı $k_c$parametresinin hesaplanması 76
Şekil 3.10 : Kabuk beton modelinin tanımlanması 76
Şekil 3.11 : Sargısız beton modelinin tanımlanması. 77
Şekil 3.12 : Menegotto-Pinto çelik modeli 77
Şekil 3.13 : Menegotto-Pinto çelik modeli mekanik özelliklerinin tanımlanması. 77
Şekil 3.14 : Çelik modeli mekanik özelliklerinin tanımlanması. 78
Şekil 3.15 : Sismostruct malzeme modelleri tanımlanmış. 79
Şekil 3.16 : Kesit özelliklerinin verilmesi 80
Şekil 3.17 : Donatı çubuğunun seçilmesi 80
Şekil 3.18 : Paspayı bilgisinin girilmesi. 81
Şekil 3.19 : *"Element classes"* modulü 81
Şekil 3.20 : Kütle bilgisinin tanımlanması 82
Şekil 3.21 : Kesitte fiber dağılımı ve kesitlerin eleman boyunca kontrolü 83
Şekil 3.22 : Model kesitte fiber tanımlanması 84
Şekil 3.23 : Node arayüzü. 86
Şekil 3.24 : Nodların bağlanarak frame oluşturması 87
Şekil 3.25 : Çubuk elemanlaın tanımlanması 87
Şekil 3.26 : Temel için mesnet koşullarının tanımlanması. 87
Şekil 3.27 : Ara düğüm noktaları için mesnet koşullarının tanımlanması. 88
Şekil 3.28 : Yük protokolünün programa verilmesi. 88
Şekil 3.29 : Adım aralıklarının tanımlanması. 89
Şekil 3.30 : Statik yükleme çevriminin tanımlanması 90
Şekil 3.31 : İterasyon kriteri Newmark Integration. 90
Şekil 3.32 : İkinci mertebe etkilerin hesaba katılması 90
Şekil 3.33 : Deneysel S30_14 numunesine uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri. 91
Şekil 3.34 : Deneysel S30_14 numunesi için yük-yerdeğiştirme eğrileri 91
Şekil 3.35 : Deneysel ve analitik doğrulanmış S30_14M numunesi. 92
Şekil 3.36 : Malzeme dayanımına göre statik itme eğrileri S30_14 numunesi. 92
Şekil 3.37 : Deneysel S30_14M numunesine uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri. 93
Şekil 3.38 : Deneysel S30_14M numunesi için yük-yerdeğiştirme eğrileri. 93
Şekil 3.39 : Deneysel ve analitik doğrulanmış S30_14M numunesi. 93
Şekil 3.40 : Malzeme dayanımına göre statik itme eğrileri S30_14M numunesi. 94
Şekil 3.41 : Deneysel S30_16 numunesine uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri. 94
Şekil 3.42 : Deneysel S30_16 numunesi için yük-yerdeğiştirme eğriler 95
Şekil 3.43 : Deneysel ve analitik doğrulanmış S30_16 numunesi. 95
Şekil 3.44 : Malzeme dayanımına göre statik itme eğrileri S30_16 numunesi. 95
Şekil 3.45 : Deneysel S30_18 numunesine uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri. 96
Şekil 3.46 : Deneysel S30_18 numunesi için yük-yerdeğiştirme eğriler 96
Şekil 3.47 : Deneyselve analitik doğrulanmış S30_18 numunesi. 97

Şekil 3.48 : Malzeme dayanımına göre statik itme eğrileri S30_18 numunesi. 97
Şekil 3.49 : DeneyselS30_18Z numunesine uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri. ...98
Şekil 3.50 : DeneyselS30_18Z numunesi için yük-yerdeğiştirme eğriler.....98
Şekil 3.51 : Deneyselve analitik doğrulanmış S30_18Z numunesi.....98
Şekil 3.52 : Malzeme dayanımına göre statik itme eğrileri S30_18Z numunesi. 99
Şekil 3.53 : Deneysel S35_1416 numunesine uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri. .99
Şekil 3.54 : Deneysel S35_1416 numunesi için yük-yerdeğiştirme eğriler.....100
Şekil 3.55 : Deneyselve analitik doğrulanmış S35_1416 numunesi. 100
Şekil 3.56 : Malzeme dayanımına göre statik itme eğrileri S30_18Z numunesi. 100
Şekil 3.57 : Deneysel S35_18 numunesine uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri. ...101
Şekil 3.58 : Deneysel S35_18 numunesi için yük-yerdeğiştirme eğriler. 101
Şekil 3.59 : Deneysel ve analitik doğrulanmış S35_18 numunesi. 102
Şekil 3.60 : Malzeme dayanımına göre statik itme eğrileri S35_18 numunesi. 102
Şekil 3.61 : Deneysel S35_20 numunesine uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri. ...103
Şekil 3.62 : Deneysel S35_20 numunesi için yük-yerdeğiştirme eğriler 103
Şekil 3.63 : Deneyselve analitik doğrulanmış S35_20 numunesi. 103
Şekil 3.64 : Malzeme dayanımına göre statik itme eğrileri S35_20 numunesi. 104
Şekil 3.65 : DeneyselS35_20Z numunesine uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri. .104
Şekil 3.66 : Deneysel S35_20Z numunesi için yük-yerdeğiştirme eğriler. 105
Şekil 3.67 : Deneyselve analitik doğrulanmış S35_20Z numunesi.....105
Şekil 3.68 : Malzeme dayanımına göre statik itme eğrileri S35_20Z numunesi. 105
Şekil 3.69 : Deneysel S40_16 numunesine uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri. ...106
Şekil 3.70 : Deneysel S40_16 numunesi için yük-yerdeğiştirme eğrileri 106
Şekil 3.71 : Deneysel ve analitik doğrulanmış S40_16 numunesi. 107
Şekil 3.72 : Malzeme dayanımına göre statik itme eğrileri S40_16 numunesi. 107
Şekil 3.73 : Deneysel S40_20 numunesine uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri. ...108
Şekil 3.74 : Deneysel S40_20 numunesi için yük-yerdeğiştirme eğriler 108
Şekil 3.75 : Deneysel ve analitik doğrulanmış S40_20 numunesi. 109
Şekil 3.76 : Malzeme dayanımına göre statik itme eğrileri S40_20 numunesi. 109
Şekil 3.77 : Deneysel S40_2020 numunesine uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri. 110
Şekil 3.78 : Deneysel S40_2020 numunesi için yük-yerdeğiştirme eğrileri.....110
Şekil 3.79 : Deneysel ve analitik doğrulanmış S40_2020 numunesi. 110
Şekil 3.80 : Malzeme dayanımına göre statik itme eğrileri S40_2020 numunesi....111
Şekil 3.81 : Deneysel S40_2020Z numunesi uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri. 111
Şekil 3.82 : Deneysel S40_2020Z numunesi için yük-yerdeğiştirme eğriler. 112
Şekil 3.83 : Deneysel ve analitik doğrulanmış S40_2020Z numunesi. 112
Şekil 3.84 : Malzeme dayanımına göre statik itme eğrileri S40_2020Z numunesi. 112
Şekil 3.85 : Dinamik yükleme çevriminin tanımlanması 113
Şekil 3.86 : Dinamik yükleme çevriminin depremin ivme-zaman grafiği. 113
Şekil 3.87 : İvme –zaman yük çevriminin tanımlanması 114
Şekil 3.88 : Serbest titreşim analizin sonuçları 114
Şekil 3.89 : Periyot ve sönüm bilgisinin verilmesi.....115
Şekil 3.90 : S30_14 *Gerçek-yakın deprem* etkisi altında kolon kapasite grafiği. 120
Şekil 3.91 : S30_14 *Üretilmiş-Yakın deprem* etkisi altında kolon kapasite grafiği. 120
Şekil 3.92 : S30_14 Gerçek-Uzak deprem etkisi altında kolon kapasite grafiği. 121
Şekil 3.93 : S30_14 Üretilmiş-Uzak deprem etkisi altında kolon kapasite grafiği. .121
Şekil 4.1 :*Yakın deprem* seçimlerinde PGV değişimi. 123
Şekil 4.2 :*Uzak deprem* seçimlerinde PGV değişimi.. 124
Şekil 4.3 :*Yakın deprem* seçimlerinde HI değişimi. 124

Şekil 4.4 :*Uzak deprem* seçimlerinde HI değişimi..... 125
Şekil 4.5 :*Uzak-Gerçek* deprem kayıtları etkisinde yerdeğiştirme istemleri. 127
Şekil 4.6 :*Uzak-Gerçek* deprem kayıtları etkisinde göreli kat öteleme istemleri. ... 127
Şekil 4.7 :*Uzak-Gerçek* deprem kayıtları etkisinde dönme istemleri..... 128
Şekil 4.8 :*Uzak-Gerçek* deprem kayıtları etkisinde moment istemleri. 128
Şekil 4.9 :*Uzak-Gerçek* deprem kayıtları etkisinde kesme kuvveti istemleri..... 128
Şekil 4.10 :*Uzak-Üretilmiş* deprem kayıtları etkisinde yerdeğiştirme istemleri..... 129
Şekil 4.11 :*Uzak-Üretilmiş* deprem kayıtları etkisinde göreli kat öteleme istemleri. 129
Şekil 4.12 :*Uzak-Üretilmiş* deprem kayıtları etkisinde dönme istemleri. 130
Şekil 4.13 :*Uzak-Üretilmiş* deprem kayıtları etkisinde kesme kuvveti istemleri. ... 130
Şekil 4.14 :*Uzak-Üretilmiş* deprem kayıtları etkisinde moment istemleri. 130
Şekil 4.15 :*Yakın-Gerçek* deprem kayıtları etkisinde yerdeğiştirme istemleri. 131
Şekil 4.16 :*Yakın-Gerçek* deprem kayıtları etkisinde göreli kat öteleme istemleri. 131
Şekil 4.17 :*Yakın-Gerçek* deprem kayıtları etkisinde dönme istemleri..... 132
Şekil 4.18 :*Yakın-Gerçek* deprem kayıtları etkisinde kesme kuvveti istemleri..... 132
Şekil 4.19 :*Yakın-Gerçek* deprem kayıtları etkisinde moment istemleri..... 132
Şekil 4.20 :*Yakın-Üretilmiş* deprem kayıtları etkisinde yerdeğiştirme istemleri..... 133
Şekil 4.21 :*Yakın-Üretilmiş* deprem kayıtları etkisnde göreli kat ötleme istemleri. 133
Şekil 4.22 :*Yakın-Üretilmiş* deprem kayıtları etkisinde dönme istemleri. 133
Şekil 4.23 :*Yakın-Üretilmiş* deprem kayıtları etkisinde kesme kuvveti istemleri. .. 134
Şekil 4.24 :*Yakın-Üretilmiş* deprem kayıtları etkisinde moment istemleri. 134
Şekil A.1: Gerçek NGA_725 için spektrumların karşılaştırılması. 149
Şekil A.2: Gerçek NGA_778 için spektrumların karşılaştırılması. 149
Şekil A.3: Gerçek NGA_1048 için spektrumların karşılaştırılması. 149
Şekil A.4: Gerçek NGA_1082 için spektrumların karşılaştırılması. 149
Şekil A.5: Gerçek NGA_1504 için spektrumların karşılaştırılması. 149
Şekil A.6: Gerçek NGA_1513 için spektrumların karşılaştırılması. 149
Şekil A.7:ÜretilmişNGA_725 için spektrumların karşılaştırılması..... 149
Şekil A.8:ÜretilmişNGA_778 için spektrumların karşılaştırılması..... 149
Şekil A.9:ÜretilmişNGA_1048 için spektrumların karşılaştırılması..... 149
Şekil A.10:ÜretilmişNGA_1082 için spektrumların karşılaştırılması..... 149
Şekil A.11:ÜretilmişNGA_1504 için spektrumların karşılaştırılması..... 149
Şekil A.12:ÜretilmişNGA_1513 için spektrumların karşılaştırılması..... 149
Şekil A.13: Gerçek ve Üretilmiş NGA_725 için spektrumların karşılaştırılması. ... 149
Şekil A.14: Gerçek ve Üretilmiş NGA_778 için spektrumların karşılaştırılması. ... 149
Şekil A.15: Gerçek ve Üretilmiş NGA_1048 için spektrumların karşılaştırılması. . 149
Şekil A.16: Gerçek ve Üretilmiş NGA_1082 için spektrumların karşılaştırılması. . 149
Şekil A.17: Gerçek ve Üretilmiş NGA_1504 için spektrumların karşılaştırılması. . 149
Şekil A.18: Gerçek ve Üretilmiş NGA_1513 için spektrumların karşılaştırılması. . 149
Şekil A.19: Gerçek NGA_180 için spektrumların karşılaştırılması. 149
Şekil A.20: Gerçek NGA_723 için spektrumların karşılaştırılması. 149
Şekil A.21: Gerçek NGA_723 için spektrumların karşılaştırılması. 149
Şekil A.22: Gerçek NGA_802 için spektrumların karşılaştırılması. 149
Şekil A.23: Gerçek NGA_821 için spektrumların karşılaştırılması. 149
Şekil A.24: Gerçek NGA_1511 için spektrumların karşılaştırılması. 149
Şekil A.25:ÜretilmişNGA_180 için spektrumların karşılaştırılması..... 149
Şekil A.26:Üretilmiş NGA_723 için spektrumların karşılaştırılması..... 149
Şekil A.27:Üretilmiş NGA_802 için spektrumların karşılaştırılması..... 149
Şekil A.28:Üretilmiş NGA_821 için spektrumların karşılaştırılması..... 149

Şekil A.29:Üretilmiş NGA_1013 için spektrumların karşılaştırılması. 149
Şekil A.30:Üretilmiş NGA_1511 için spektrumların karşılaştırılması. 149
Şekil A.31: Gerçek ve Üretilmiş NGA_180 için spektrumların karşılaştırılması.....149
Şekil A.32: Gerçek ve Üretilmiş NGA_723 için spektrumların karşılaştırılması.....149
Şekil A.33: Gerçek ve Üretilmiş NGA_802 için spektrumların karşılaştırılması.....149
Şekil A.34: Gerçek ve Üretilmiş NGA_821 için spektrumların karşılaştırılması.....149
Şekil A.35: Gerçek ve Üretilmiş NGA_1013 için spektrumların karşılaştırılması...149
Şekil A.36: Gerçek ve Üretilmiş NGA_1511 için spektrumların karşılaştırılması...149
Şekil B.1: Gerçek 725 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği. 149
Şekil B.2: Gerçek 778 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği. 149
Şekil B.3: Gerçek 1048 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği. 149
Şekil B.4: Gerçek 1082 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği. 150
Şekil B.5: Gerçek 1504 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme zaman grafiği.....150
Şekil B.6: Gerçek 1513 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği. 150
Şekil B.7:Üretilmiş 725 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği.....151
Şekil B.8:Üretilmiş 778 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği.....151
Şekil B.9:Üretilmiş 1048 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği...151
Şekil B.10:Üretilmiş 1082 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği.152
Şekil B.11:Üretilmiş 1504 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği.152
Şekil B.12:Üretilmiş 1513 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği.152
Şekil B.13:NGA_725 Gerçek kayıt ve üretilmiş deprem kaydının ivme- zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği karşılaştırması 153
Şekil B.14:NGA_778 Gerçek kayıt ve üretilmiş deprem kaydının ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği karşılaştırması 153
Şekil B.15:NGA_1048 Gerçek kayıt ve üretilmiş deprem kaydının ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği karşılaştırması 153
Şekil B.16:NGA_1082 Gerçek kayıt ve üretilmiş deprem kaydının ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği karşılaştırması 154
Şekil B.17:NGA_1504 Gerçek kayıt ve üretilmiş deprem kaydının ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği karşılaştırması 154
Şekil B.18:NGA_1513 Gerçek kayıt ve üretilmiş deprem kaydının ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği karşılaştırması 154
Şekil B.19: Gerçek 180 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği. 155
Şekil B.20: Gerçek 723 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği. 155
Şekil B.21: Gerçek 802 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği. 155
Şekil B.22: Gerçek 821 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği 156
Şekil B.23: Gerçek 1013 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği 156
Şekil B.24: Gerçek 1511 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği. ...156
Şekil B.25:Üretilmiş 180 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği...157
Şekil B.26:Üretilmiş 723 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği...157
Şekil B.27:Üretilmiş 802 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği...157
Şekil B.28:Üretilmiş 821 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği...158
Şekil B.29:Üretilmiş 1013 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği.158
Şekil B.30:Üretilmiş 1511 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği.158
Şekil B.31:NGA_180 Gerçek kayıt ve üretilmiş deprem kaydının ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği karşılaştırması 159
Şekil B.32:NGA_723 Gerçek kayıt ve üretilmiş deprem kaydının ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği karşılaştırması 159
Şekil B.33:NGA_802 Gerçek kayıt ve üretilmiş deprem kaydının ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği karşılaştırması 159

Şekil B.34: NGA_821 Gerçek kayıt ve üretilmiş deprem kaydının ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği karşılaştırması 160
Şekil B.35: NGA_1013 Gerçek kayıt ve üretilmiş deprem kaydının ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği karşılaştırması 160
Şekil B.36: NGA_1511 Gerçek kayıt ve üretilmiş deprem kaydının ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği karşılaştırması 160
Şekil D.1: ARMS şiddet ölçütünün karşılaştırılması 167
Şekil D.2: VRMS şiddet ölçütünün karşılaştırılması 167
Şekil D.3: DRMS şiddet ölçütünün karşılaştırılması 167
Şekil D.4: SED şiddet ölçütünün karşılaştırılması 168
Şekil D.5: CAV şiddet ölçütünün karşılaştırılması 168
Şekil D.6: SMA şiddet ölçütünün karşılaştırılması 168
Şekil D.7: SMV şiddet ölçütünün karşılaştırılması 169
Şekil D.8: EDA şiddet ölçütünün karşılaştırılması 169
Şekil D.9: EDA şiddet ölçütünün karşılaştırılması 169
Şekil F.1: S30_14M *Üretilmiş-Yakın deprem* kapasite grafiği 191
Şekil F.2: S30_14M *Gerçek-Yakın deprem* kapasite grafiği 191
Şekil F.3: S30_14M *Gerçek-Uzak deprem* kapasite grafiği 191
Şekil F.4: S30_14M *Üretilmiş-Uzak deprem* kapasite grafiği 192
Şekil F.5: S30_16*Üretilmiş-Yakın deprem* kapasite grafiği 191
Şekil F.6: S30_16*Gerçek-Yakın deprem* kapasite grafiği 191
Şekil F.7: S30_16*Gerçek-Uzak deprem* kapasite grafiği 191
Şekil F.8: S30_16*Üretilmiş-Uzak deprem* kapasite grafiği 192
Şekil F.9: S30_18*Üretilmiş-Yakın deprem* kapasite grafiği 191
Şekil F.10: S30_18*Gerçek-Yakın deprem* kapasite grafiği 191
Şekil F.11: S30_18*Gerçek-Uzak deprem* kapasite grafiği 191
Şekil F.12: S30_18*Üretilmiş-Uzak deprem* kapasite grafiği 192
Şekil F.13: S30_18Z*Üretilmiş-Yakın deprem* kapasite grafiği 191
Şekil F.14: S30_18Z*Gerçek-Yakın deprem* kapasite grafiği 191
Şekil F.15: S30_18Z*Gerçek-Uzak deprem* kapasite grafiği 191
Şekil F.16: S30_18Z*Üretilmiş-Uzak deprem* kapasite grafiği 192
Şekil F.17: S35_1416*Üretilmiş-Yakın deprem* kapasite grafiği 191
Şekil F.18: S35_1416*Gerçek-Yakın deprem* kapasite grafiği 191
Şekil F.19: S35_1416*Gerçek-Uzak deprem* kapasite grafiği 191
Şekil F.20: S35_1416*Üretilmiş-Uzak deprem* kapasite grafiği 192
Şekil F.21: S35_18*Üretilmiş-Yakın deprem* kapasite grafiği 191
Şekil F.22: S35_18*Gerçek-Yakın deprem* kapasite grafiği 191
Şekil F.23: S35_18*Gerçek-Uzak deprem* kapasite grafiği 191
Şekil F.24: S35_18*Üretilmiş-Uzak deprem* kapasite grafiği 192
Şekil F.25: S35_20*Üretilmiş-Yakın deprem* kapasite grafiği 191
Şekil F.26: S35_20*Gerçek-Yakın deprem* kapasite grafiği 191
Şekil F.27: S35_20*Gerçek-Uzak deprem* kapasite grafiği 191
Şekil F.28: S35_20*Üretilmiş-Uzak deprem* kapasite grafiği 192
Şekil F.29: S35_20Z*Üretilmiş-Yakın deprem* kapasite grafiği 197
Şekil F.30: S35_20Z*Gerçek-Yakın deprem* kapasite grafiği 197
Şekil F.31: S35_20Z*Gerçek-Uzak deprem* kapasite grafiği 198
Şekil F.32: S35_20Z*Üretilmiş-Uzak deprem* kapasite grafiği 198
Şekil F.33: S40_16*Üretilmiş-Yakın deprem* kapasite grafiği 198
Şekil F.34: S40_16*Gerçek-Yakın deprem* kapasite grafiği 199
Şekil F.35: S40_16*Gerçek-Uzak deprem* kapasite grafiği 199

Şekil F.36: S40_16*Üretilmiş-Uzak deprem* kapasite grafiği 199
Şekil F.37: S40_20*Üretilmiş-Yakın deprem* kapasite grafiği 200
Şekil F.38: S40_20*Gerçek-Yakın deprem* kapasite grafiği 200
Şekil F.39: S40_20*Gerçek-Uzak deprem* kapasite grafiği 200
Şekil F.40: S40_20*Üretilmiş-Uzak deprem* kapasite grafiği 201
Şekil F.41: S40_2020*Üretilmiş-Yakın deprem* kapasite grafiği 201
Şekil F.42: S40_2020*Gerçek-Yakın deprem* kapasite grafiği 201
Şekil F.43: S40_2020*Gerçek-Uzak deprem* kapasite grafiği 202
Şekil F.44: S40_2020*Üretilmiş-Uzak deprem* kapasite grafiği 202

PREFABRİK KONSOL KOLONLARIN TASARIMINDA UYGUN DEPREM KAYDI SEÇİMİ VE DAVRANIŞIN İRDELENMESİ

ÖZET

Ülkemizde inşa edilen sanayi yapılarının büyük bölümünde, konsol kolonlar üzerine mafsallı bağlanmış çatı kirişlerinden oluşan betonarme prefabrik taşıyıcı sistem türü kullanılmaktadır.Bu tür yapılar, büyük açıklıkların ekonomik olarakgeçilmesi, yapım süresinin kısa olması gibi üstünlüklerinden dolayı özellikle sanayi bölgelerinde tercih edilmektedir. Prefabrik yapıların 1998 Ceyhan ve 1999Marmara depremlerinde hasar görmesi ve bir bölümünün de göçmüş olması sebebiyle, bir çoğu depremriski yüksek bölgelerde bulunan bu tür yapıların deprem güvenliklerinin irdelenmesi büyük önem taşımaktadır.

Bu tip yapılarda, yatay rijitlik ve yatay yük taşıma kapasitesi doğrudan konsol kolonlar tarafından belirlenmektedir. Tek katlı prefabrik yapılarda gözlenen en önemli hasar biçimlerinden birisi kolon alt ucunda oluşan plastik mafsaldır. Kolon tabanında plastik mafsal oluşmasının en önemli sebebi de yetersiz yanal rijitlik ve dayanımdır.

Gelişen teknoloji ile birlikte yapıların tasarımında kullanılan analiz yöntemlerinde de önemli gelişmeler olmuştur. Mevcut yapısal analiz yazılımları ile *Doğrusal Olmayan Zaman Tanım Alanında*hesap yöntemlerini kullanarak deprem etkisinde yapı performanslarının elde edilmesi kolaylaşmıştır. *Doğrusal yada Doğrusal Olmayan Zaman Tanım Alanında* hesap yöntemlerinin uygulanmasında en önemli konulardan biri de uygun deprem kayıtların seçilmesi ve kullanılmasıdır.

DepremBölgelerindeYapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik – 2007 (DBYBHY'2007) de tanımlanmış bulunan tasarım depremine uygun 7 adet *yakın* ve 7 adet de *uzak deprem kaydı*PEERveribankasından elde edilmiştir.Bu kayıtlar *gerçek kayıtlar* olarak adlandırılmış ve prefabrik konsol kolonlar üzerindeki etkileri incelenmiştir. İki grup içinde toplanan gerçek kayıtlardan, *SeismoMatch* yazılımı kullanılarak elastik ivme spektrumları DBYBHY'2007 de verilen tasarım ivme spektrumu ile örtüşen *üretilmiş kayıtlar*elde edilmiştir.Böylelikle *uzak-gerçek*, *uzak-üretilmiş*, *yakın-gerçek*, *yakın-üretilmiş*olmak üzere toplam 4 grup ivme kaydı oluşturulmuştur. Seçilen ivme kayıtları için literatürde tanımlanmış farklı *büyüklük ölçütleri* hesaplanmış ve birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

Daha önceki dönemde İTÜ İnşaat Fakültesi Yapı ve Deprem Mühendisliği Laboratuvarında gerçekleştirilmiş olan 13 adet prefabrik kolon deneyine ait sonuçlar kullanılmıştır. Bu kapsamda 30×30 cm, 35×35 cm, 40×40 cm kesit boyutlarına ve farklı boyuna donatı oranlarına sahip 13 adet prefabrik kolonun, deneylerde kullanılan yerdeğiştirme fonksiyonları esas alınarak doğrusal olmayan statik çözümlemesi yapılmıştır. Bu amaçla *Seismostruct* yazılımı kullanılmıştır. Yazılım içerisinde yer alan farklı değişkenlere duyarlık analizi yapılarak, kuramsal ve deneysel sonuçların yakınlığı irdelenmiştir.

Model kalibrasyonu çalışmaları tamamlandıktan sonra, ilgili kolonların seçilen dört grup deprem etkisinde *Doğrusal Olmayan Zaman Tanım Alanında Dinamik Analizler*gerçekleştirilmiştir. Tüm analizlerde deneylere uygun olarak kesit kapasitesinin %5'i oranında eksenel yük kullanılmış ve ikinci mertebe etkiler dikkate alınmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirilerek kesit boyutu ve boyuna donatı oranlarının kolon performansları üzerindeki etkileri tartışılmıştır.

İncelenen kolonlarda, beton ve çelik için yönetmelikte tanımlanmış malzeme katsayılarının kullanılması ve kullanılmaması durumları dikkate alınarak gerçekleşen *dayanım fazlalıkları* bulunmuştur.İlave olarak, incelenen kolonlar için farklı yaklaşımlara dayalı *yerdeğiştirme süneklikleri* de belirlenmiştir. Gerçekleşen en küçük *yerdeğiştirme süneklikleri* ile *dayanım fazlalıkları* çarpılarak farklı kolonlar için *yatay yük azaltma katsayıları* belirlenmeye çalışılmıştır.

Dört grup deprem kaydı için, her kolonda oluşan tepe yatay yerdeğiştirmesi, tepe dönmesi, göreli katötelemesi, taban kesme kuvveti ve taban momenti büyüklükleri sonuç dosyalarından ayıklanmıştır.Hesaplanan bu büyüklükler, başlangıç rijitliklerine dayalı olarak belirlenmiş birinci moda ait titreşim periyotlarına bağlı olarak grafiklerde toplanmıştır.Taban kesme kuvveti ve taban momentinde boyutsuzlaştırma yoluna gidilmiştir.

Farklı prefabrik kolonlar üzerinde gerçekleştirilen analizler sonucunda, *yakın depremlerinuzak depremlere* göre daha büyük deprem istemleri ürettiği görülmüştür.Yer hareketi hızı ile bu büyüklüğe bağlı *büyüklük ölçütlerinin,* benzer PGA'lara sahip depremlerden hangilerinin kolonlarda daha büyük deprem istemleri oluşturabileceğini ayıklama aşamasında kullanılabileceği belirlenmiştir.

SELECTION OF THE EARTHQUAKE RECORDS IN DESING OF PREFABRICATED CANTILIVER COLUMNS ANDASSESMENT OF THEIR NONLINEAR BEHAVIOR

SUMMARY

In Turkey, precast concrete structural systems are commonly used in the industrial buildings. The structural configuration consist of square-shaped cantilever columns and the roof beams which are connected to the top of the columns with hinges. This type of buildings are especially used because of their advantages about thelong-span requirements, construction speed and their economy in the industrial regions. 1998 Ceyhan and 1999 Marmara Earthquakes causes some damages in the precast industrial structures. Because of this type of structures is important economically and mostly being on the potantial earthquake region so determination of the earthquake risk potantial of them must be examined.

Lateral stifness and lateral load capacity of this type of buildings are related with directly by the capacity of cantilivear colomns.One of the frequently observed type of structural damage in the one-story precast structures is the plastic hinging observed at the base of the columns. The main reason of plastic hinging at colomn base is insufficient lateral rigidity, strenght and ductility. Recent studies have revealed that response of structures exposed to earthquake loading is affected by location of structure closeness to fault line.The primary characteristics of near-fault ground motions, especially high peak ground velocity , make near-fault earthquakes more destructive compared to far fault ground motions.

Depending on the development of computer hardware and softwares, the analysis methods used in the solution of the structural engeering problems are enhanced. Overmentioned structural analyze programs make available to get structural performance under the seismic action more eaiser and user-friendly way by using the nonlinear time history analyses methods. One of the most important aspect using linear and nonlinear time history analysis methods is the selection of the best ground motion record and its applications.

In order to determine the behavior of precast columns subjected to the earthquake effects, it is selected seven acceleration records of *near fault* and *far fault*character which were recorded at various regions of the world, from the PEER Database. The selecting is accomplished according to the target spectrum which is defined in the Turkish Earthquake Code of 2007. The selected records are designated as *"real records",*and their effects on the precast columns were evaluated.The records gathered in two sub-groups of *near fault* and *far fault*are modified by using *SeismoMatch* program to develop an acceleration response spectrum which is comparable with the target spectrum given in Turkish Eartquake Design Code of 2007. As a consequence, different groups of earthquake records are defined such as *far-real*, *near-real*, *far-matched*and *near-matched*.

PGAs, PGVs, PGDs, ARMS, VRMS, DRMS, SMA, SMV, SED, CAV Housner Intensity, a_{max}/v_{max} ratio, Fajfar Intensity, Arias Intensity, Characteristik Intensity, Velocity Spektrum İntensity, Acceleration Spektrum Intensity, A95, mean period value, predominant period value etc. are amongst the intensity measures calculated. The intensity measures are compared for each of the selected and matched ground motion records.

In this study, experimental results of the 13 prefabricated reinforced concrete columns with different sectional properties which were tested in the Structural and Earthquake Engineering Laboratory have been used.Therefore to determine the "exact" behaviour of the prefabricated columns, nonlinear static analyses which were based on the displacement protocols used in the experimental works are performed first for the several sectional dimensions such as 30×30cm, 35×35cm, 40×40cm and longitudinal reinforcement ratios.30×30cm columns designated as S30_14 with 1.4%, S30_14M with 1.4%, S30_16 with 1.8%, S30_18 with 2.3%, S30_18Z with 2.3% longitudinal reinforcement ratios, 35×35cm columns designated as S35_1416 with 1.2%, S35_18 with 1.7%, S35_20 with 2.1%, S35_20Z with 2.1% longitudinal reinforcement ratios and 40×40cm columns designated as S40_16 with 1.0%, S40_20 with 1.6%, S40_2020 with 2.4% and S40_2020Z with 2.4% longitidinal reinforcement ratios are studied in the content of this thesis.

SeismoStruct program are used for all the nonlinear analyses.Several parameters existing in *SeismoStruct* were calibrated by comparing the experimental and numerical results.

Next the calibrationof the numerical models were accomplished,nonlineardynamic time history analyses of the columns were performed for each of the four group of ground motion records. The main purpose of the study is to investigate the earthquake performance of precast columns due to the increasing sectional dimensions and longitudinal reinforcement ratio. All columns are subjected to the axial force which is 5% of the axial force carying capacity accordingly the experimental study and all the analyses performed include the effects of the geometric nonlinearities.

The *overstrength factors*are determined for the columns by comparing the results of the analyses in which the code specified material coefficients were used or not. Additionally, the *displacement ductility* based on the different approches are determined for all of the tested columns. Consequently, the *lateral load reduction factors* for all the columns are obtained by multiplying the minimum displacement ductilities and the over strength factors.

For the four groups of earthquake records such as *far-real*,*far-real*, *near-real*, *far-matched*and *near-matched* the demands of the precast columns such as the top displacement, top rotation, relative story drift, base shear force and base moment are selected from the output files of the analyses. The demands are presented in the graphics against the fundamental vibration periods which were calculated by using the initial stiffness of the members. The base shear force and base moments are represented in the dimensionless form.

As a concequence of the analyses performed on the discrete precast columns, it is mentioned that the near-fault type earthquakes are generating much more earthquake demands than the far fault type earthquakes. It is also observed that the peak ground velocity and the intensity measures depending on it could be used to determine which

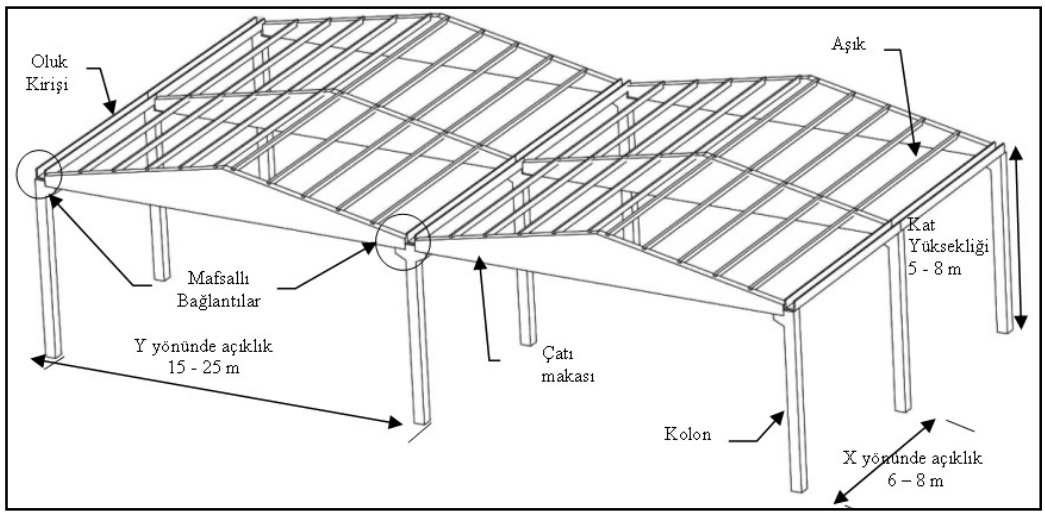
acceleration records having the similar PGAs could generate more demands on the columns.

In the fourt chapter in which performance of the precast columns with varying longitidinal reinforcement ratio has been discussed, it observed that increment in the cross-sectional dimensions yields decrement in the damage observed. General evaluations is presented depending on the results obtained from this study.

1. GİRİŞ

1.1 Prefabrik Yapı Sistemleri

Türkiye'de sanayi yapılarının büyük bir kısmı prefabrikasyon teknolojisi ile üretilmektedir ve büyük oranda tek katlıdır.Tek katlı sanayi yapıları kolon, çatı makası, aşık ve oluklardan oluşan Şekil 1.1'de görüldüğü gibi çerçeve tipi taşıyıcı sisteme sahiptir.



Şekil 1.1 : Betonarme prefabrike yapı örneği[19].

Bu yapılar planda genellikle dikdörtgen forma sahip olup, çatı makası düzlemi yönünde (Y Yönü) tek yada çok açıklıklı, çatı makası düzlemine dik yönde (X Yönü) ise çok açıklıklı olarak inşa edilmektedir.Yapıya etkiyen yatay ve düşey yükler temele ankastre olarak bağlanan kolonlar tarafından taşınmaktadır.Çatı makasları ve oluklar kolonlara mafsallı olarak bağlanmaktadır.Aşıklar ise çatı makaslarına mafsallı olarak bağlanmaktadır, [19].

Birleştirildiklerinde bir taşıyıcı sistemi meydana getiren ve atölyelerde önceden imal edilmiş olan betonarme veya öngerilmeli beton kısımlara prefabrike eleman adı verilmektedir, [18].

Türkiye'deki sanayi yapılarının %90'ı prefabrik taşıyıcı sisteme sahiptir.Bu yapılar hızlı imalat ve sanayi yapılarının ihtiyaç duyduğu geniş açıklık imkanları dolayısıyla tercih edilmektedir.Özellikle 1999 Kocaeli Depreminden sonra prefabrik sanayi yapılarında gözlenen hasarlar, bu yapıların deprem performanslarının ciddi olarak sorgulanmasına sebep olmuştur, [19].

Depremlerden dolayı yapılarda meydana gelen hasarlar ve bu hasarlara bağlı can ve mal kayıpları,yeni yapıların depreme dayanıklı tasarımı yanında mevcut yapıların deprem performansının ve deprem riskinin değerlendirilmesi konusunun da önemini artırmıştır. Dolayısıyla depremlerde meydana gelecek olası hasar ve kayıpların tahmin edilmesi, kayıpların azaltmak amacıyla alınacak önlemlerin belirlenmesi açısından gereklidir, [19].

1.2 Sismik Etkilerin Yapı Sistemlerinde Gözönüne Alınması

Yer kabuğunda beklenmedik bir anda ortaya çıkan enerji sonucunda meydana gelen ve deprem adını verdiğimiz sismik dalgalar, yeryüzündeki birçok yapının tasarımı aşamasında dikkate alınan önemli etkilerden biridir.Bina ve bina türü 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*", "*mod birleştirme yöntemi*" ve "*zaman tanım alanında hesap yöntemi*" olarak sıralanabilir.

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde yapının baskın modu esas alınır. Katlara etkiyen deprem kuvvetlerinin kat kütlesi ve katın temel seviyesinden yüksekliği ile orantılı olduğu 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.

Mod Birleştirme Yöntemindeise toplam deprem kuvvetinin bulunmasında yeterli kütle katılımını sağlayacak sayıda mod biçimi hesaba katılır ve bu toplam kuvvetin katlara dağıtılmasında ilgili mod şekilleri esas alınır. Herhangi bir büyüklüğün elde edilebilmesi için, o büyüklüğün her mod şekli için elde edilen ve eşzamanlı olmayan en büyük değerlerinin istatistiksel bir yöntemle birleştirilmesi gerekir. Birleştirme yöntemi olarak hangi yöntemin kullanılacağı sonuçların gerçekliğe yaklaşması açısından önemli bir konudur.

*Doğrusal Olmayan Zaman Tanım Alanında*hesap yönteminde 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 gerçekçi olarak yansıtması bakımından önemlidir. Fakat bu yöntem, analiz için uygun kayıtların seçilmesinde zorluklar olması ve hesap hacminin de büyük olması sebebiyle pratiktedaha az tercih edilmektedir.

1.3 Deprem Kaydı Seçiminin Önemi

Yapısal analiz ve hesaba dayalı olanaklardaki hızlı gelişmeler sonucu *Doğrusal OlmayanZaman Tanım Alanında* gerçekleştirilen hesap yöntemleri,sismik analizde ve yapıların tasarımında yaygın olarak kullanılmaktadır.Bu yöntemler kullanılırken ortaya çıkan en önemli sorunlardan biri,yönetmelik gereksinimlerini karşılayan deprem kayıtlarının teminidir.Deprem ivme kayıtları üç kaynaktan elde edilebilmektedir. Bunlar tasarım ivme spektrumu uyumlu yapay kayıtlar,simüle edilmiş(benzeştirilmiş)kayıtlar ve deprem esnasında kaydedilen ivme kayıtları olarak sıralanabilir. Mevcut olan kuvvetli yer hareketi veri bankalarının her geçen gün zenginleşmesi ve bunlara ulaşmanın ilerleyen teknoloji ile birlikte daha da kolaylaşması,gerçek depremlerden alınan kayıtların kullanılması ve ölçeklemesini en güncel araştırma konularından biri haline getirmiştir,[6].

DBYBHY'2007'de tanımlanan uyum kriterlerine ve yerel zemin sınıfına göre seçilen kayıtlar,genlik ölçekleme yöntemleri kullanılarak değiştirilmekte ve elastik ivme spektumu tasarım ivme spektrumuyla eşleştirilmeye çalışılmakta ve farklı zemin tipleri için en iyi uyumu sağlayan gerçek kayıtlar seçilmektedir, [6].

1.4 Amaç ve Kapsam

Bu çalışmanın amacı,laboratuvar ortamında deneysel olarak çalışılmış 13 adet kolon numunesinin, analitik ortamda numerik olarak önceki çalışmalarda deneysel olarak elde edilen davranışa benzer davranış modeli yakalanılarak doğru bir şekilde modellenilmesidir. Modellenen herbir kolonun sismik performansının incelenmesi ve *Doğrusal Olmayan Zaman Tanım Alanında Analiz* ile taban kesme kuvveti, göreli kat ötelemeleri, mutlak en büyük tepe yerdeğiştirmesi,mutlak en büyük tepe dönmesi

ve tabanda elde edilen en büyük moment değerlerinin elde edilerek davranışa ilişkin istatistiksel bir takım çıkarımlarda bulunabilmek ve farklılık gösteren belirli bir periyot aralığında konsol kolonların deprem istemlerinin ne şekilde değiştiğini görebilmek ve irdeyebilmektir.Elde edilen sonuçlar ile birlikte tüm konsol kolonların parametrik olarak genel davranış üzerindeki etkileri incelenmek istenmiştir.

Söz konusu kolonlar üzerinde *Statik ve Dinamik Artımsal Analizler*yapılmıştır.*Artımsal Statik Analizler*, deney numulerine laboratuvar ortamında göçme performansına kadar uygulanan yerdeğiştirme protokolü olarak, *Artımsal Dinamik Analizler* ise seçilmiş *gerçek ve üretilmiş deprem kayıtları* olarak uygulanmıştır.

2. DEPREM KAYDI SEÇİMİ

2.1 Genel

Yapı sistemlerinin sismik yükler etkisindeki hesabı genelde *"Eşdeğer Statik Deprem YüküYöntemi"* ve *"Mod Birleştirme Yöntemi"* ile yapılmaktadır. Son dönemlerde yapısalanalizde ve teknolojide sağlanan gelişmelerle birlikte,*Doğrusal Elastik ve Doğrusal Olmayan Zaman Tanım Alanında*hesap yöntemleriyapıların tasarım ve analizinde yaygın olarak kullanılmaktadır. *Doğrusal Elastik veya Doğrusal Elastik Olmayan Zaman Tanım Alanında Analiz*'lerin gerçekleştirilmesinde en önemli konulardan biri de uygun sismik kayıtların seçilmesi ve ölçeklenmesidir,[6].

Belirli bir bölgedeki tasarım ivme spektrumuna uygun gerçek yer hareketikaydının seçilebilmesi için kullanılan kriterler jeolojik ve sismolojik şartları içermelidir.Depremin büyüklüğü, faylanma tipi, çalışma alanının faya olan mesafesi, yırtılma yönü,yerel zemin koşulları ve kaydın spektral içeriği, bu şartların en önemlilerini teşkiletmektedir. Doğrusal ölçekleme faktörünün elde edilmesindespektral genlik kullanılabileceği gibi, bazı özel çalışmalarda çevrim sayısını arttırmadanfrekans içeriğini ve süreyi değiştiren zaman ekseninde ölçekleme de yapılabillir.Ölçekleme sonucunda elde edilecek kayıtlarda dikkat edilecek en önemli hususlardan bir tanesi gerçek kayıttaki genlik ve şiddet özelliklerinin korunmasıdır, [6].

DBYBHY'2007'de yer alan her bir sismik bölge vezemin sınıfı için belirlenen tasarım ivme spektrumuna uygun kayıtlar seçilirken depremin büyüklüğü, faylanma tipi ve zemin koşulları dikkate alınmaktadır. Seçilen gerçek depremkayıtlarından, tek serbestlik dereceli doğrusal bir sistemin ivme spektrumu %5 sönüme sahipolacak şekilde hesaplanmaktadırSonuçta elde edilen ivme spektrumu, tasarım ivme spektrumunaölçeklenerek belirli zemin sınıfına karşı gelen en uygun kayıt seçilmektedir, [6].

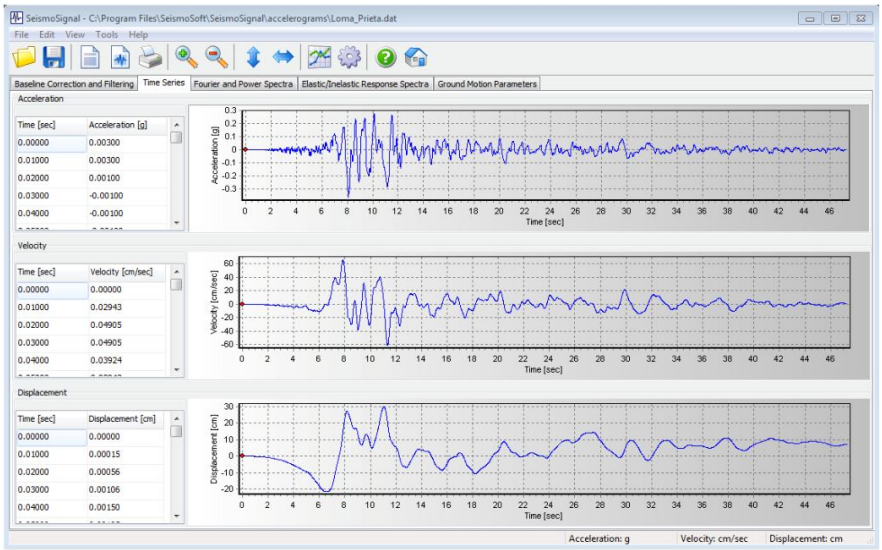
2.2 Literatürde Deprem Kaydı Seçimi Yaklaşımları

Avşar, Ö.,Yakut, A.,Caner A.'in 2011'de yapmış oldukları bir çalışmadaseçilmiş kuvvetli yer hareketi kayıtları, doğrusal olmayan davranışları tahmin edilebilir bir grup yapı sistemi için kayıtların özelliklerine göre sınıflandırılması ile yapı üzerindeki etkilerinin incelenebileceği belirtilmiştir.Bu şekilde, özelliklerine göre seçilen her bir küçük deprem altkümesi için seçilen kayıtların, yapı davranışı gözönünde bulundurularak nederecede benzer özelliklertaşıdığı gözlemlenebilmektedir, [3].

Bu tez çalışmasında 13 adet kolon için, bu yaklaşım ile *uzak depremler* ve *yakın depremler*için,*gerçek uzak-yakın depremler* ve bu gerçek kayıtlardan türetilmiş spektruma uydurulmuş, benzeştirilmiş *uzak-yakın depremler*olmak üzere alt kümeler oluşturulmuştur.

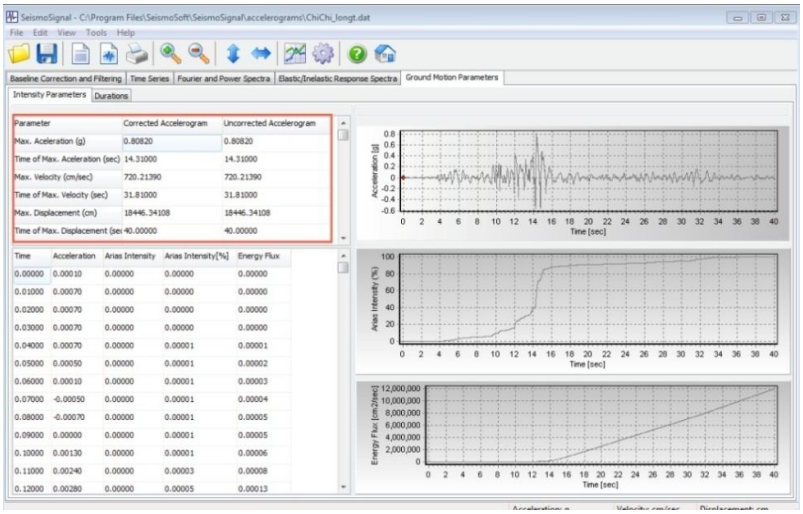
2.3 Seçilen Deprem Kayıtlarının SeismoSignal ve SeismoMatch'de İşlenmesi

*SeismoSignal*Şekil 2.1'deki gibi herhangi bir kuvvetli yer heraketi datasını işleyerek özellikle deprem mühendisliği ve sismoloji alanlarında araştırmacıların sıklıkla gereksinim duyduğuve Şekil2.2'deverilmiş olan bir çok büyüklüğün elde edilmesini sağlayan bir yazılımdır.



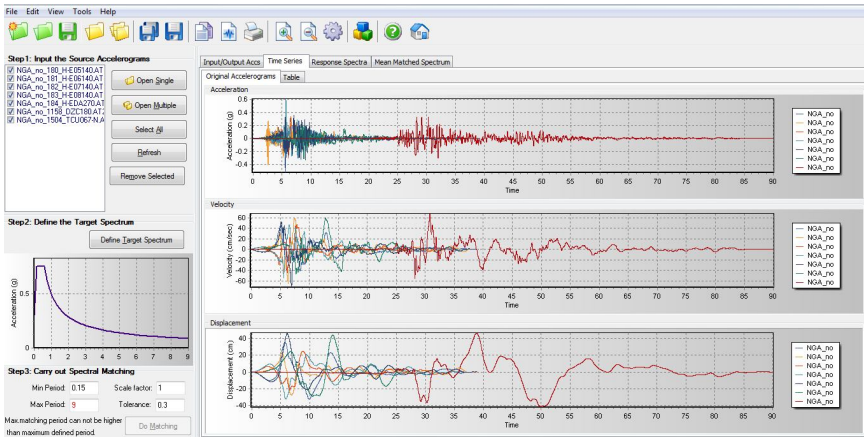
Şekil 2.1 : SeismoSignal arayüzü[15].

Tanımlı bazı yer hareketi parametleri şunlardır: Fourier ve Power (güç) spektrumu, ilgili dataya ait sözde spektrumlar ve elastik tepki spektrumları (ivme, hız ve yerdeğiştirme cinsinden), doğrusal olmayan (inelastik) tepki spektrumları, Husid grafikleri ve energy grafikleri, Arias şiddeti, Housner şiddeti'dir.Bölüm 2.6'da ayrıntılı olarak anlatılacak olan şiddet ölçütleri hızlı ve pratik olarak elde edilebilmektedir, [15].



Şekil 2.2 : Kuvvetli yer hareketi parametlerinin elde edilmesi[15].

SeismoMatch, Abrahamson (1992) ve Hancock vd. (2006) tarafından önerilmiş olan "*Wavelet*" fonksiyonukullanılarak, istenilen yer hareketi kaydını tanımlanan hedef spekturuma yaklaşık olarak uydurmaya çalışan bir yazılımdır,Şekil 2.3'deki gibidir,[17]. Yazılım, *SeismoSignal*'daki işleyişi benzer şekilde üretilen kaydın şiddet ölçütlerini ve programa giriş bilgisi olarak verilen deprem kaydınınölçütlerinide hesaplayarakgerçek ve üretilmiş kayıtları karşılaştırma imkanı da sunmaktadır.



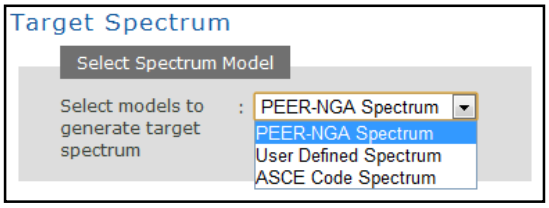
Şekil 2.3 : .SeismoMatch programının arayüzü[17].

2.4 Deprem Kaydı Seçiminde PEER Veritabanı Kullanılması

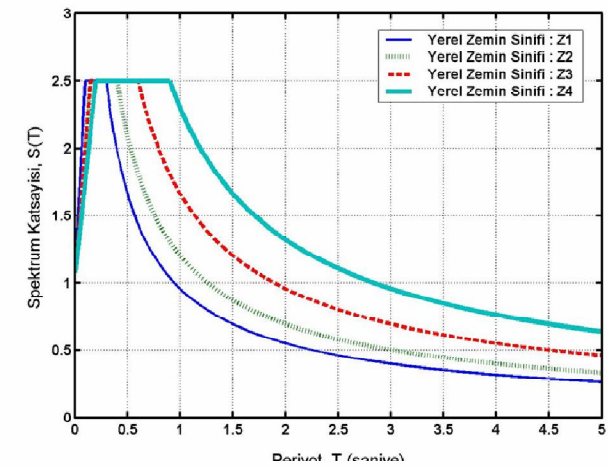
Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi (*Pacific Earthquake Engineering Research (PEER) Center, http://peer.berkeley.edu/smcat)*dünya üzerinde gerçekleşen depremlerin özelliklerini ve ivme kayıtlarını bir veri tabanında biriktirmektedir. Bu veri tabanında, aktif tektonik faaliyet gösteren farklı bölgelerde meydana gelen 92 sığdepremden alınan 4.062 kayıt mevcuttur, [8].

Doğal kayıt seçiminin avantajları yer sarsıntısının doğası ve belli başlı özellikleri (genliği, süresi, faz özellikleri ve frekans muhteviyatı) hakkında sağlıklı bilgiler içermesidir.Aynı zamanda kayıtları etkileyen kaynak, yayılım ortamı ve zemin faktörlerinin etkisini de yansıtmaktadır. Diğer taraftan dezavantajları ise depremin büyüklüğü, faya olan mesafesi ve zemin koşullarının hepsini birden sağlayan tek bir kayıt bulmaktaki zorluk ve deprem kayıtlarının tepki spektrumlarının düzleştirilmiş olmaması olarak belirtilebilir,[8].

Deprem kaydı seçimlerinin yapılabilmesi için öncelikle hedef bir spektrumun oluşturulması gereklidir.Veritabanında Şekil 2.4'de gösterildiği şekilde 3 farklı yöntem kullanılarak hedef spektrumun tanımı yapılabilmektedir.



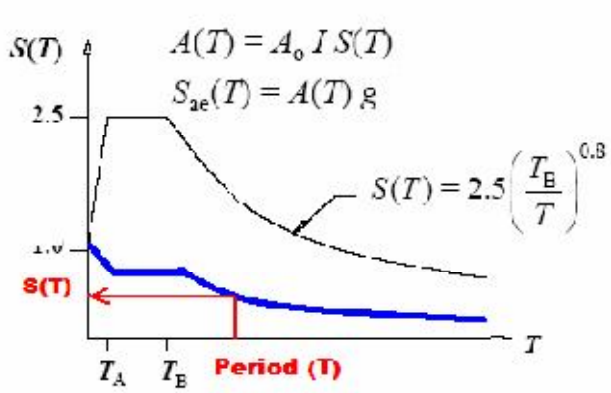
Şekil 2.4 : Hedef spektrumun tanımlanması için seçenekler[13].



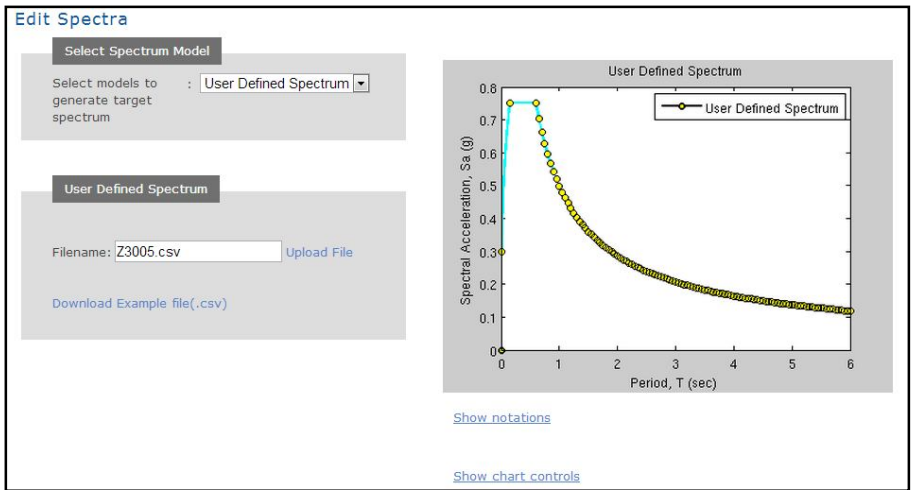
Şekil 2.5 : DBYBHY'07 göre tanımlı zemin sınıfına göre spekturumlar[6].

DBYBHY'2007 göre tanımlanmış Z3 zemin sınıfı 2.derece deprem bölgesi B grubu zemin için D2 tasarım depremini (10/50) teşkil edecek bir ivme spektrumu Şekil2.5 ve Şekil 2.7'de tanımlanmaktadır.Periyot aralıkları *SeismoMatchve SeismoSignal* programları ile uyumlu olacak şekilde Şekil 2.6'da gösterildiği gibi 0.05 sn aralıklarla tanımlanmıştır.

T(SN)	Sa(g)
0	0.300
0.15	0.750
0.6	0.750
0.65	0.703
0.7	0.663
0.75	0.627
0.8	0.596
0.85	0.568
0.9	0.542
0.95	0.519
1	0.498
1.05	0.479
1.1	0.462
1.15	0.446
1.2	0.431
1.25	0.417
1.3	0.404
1.35	0.392
1.4	0.381
1.45	0.370



Şekil 2.6 : Spektrum bilgisinin oluşturulması[8,13].

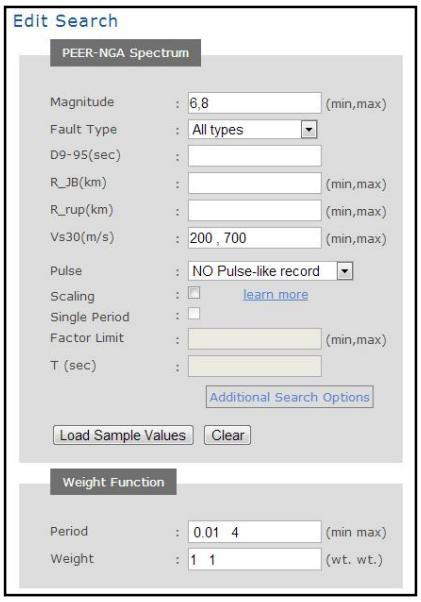


Şekil 2.7 : PEER'da DBYBHY'07 göre verilen spektrumun tanımlanması[13].

Deprem moment büyüklüğü, Mw=6.0-8.0 arasında olan, zemin sınıfı B veya C olan ve buna göre yönetmelik 6.Bölüm'de sözkonusu zemin grupları için kayma dalgası hızının *"Vs"* 200 m/sn ile 700 m/sn arasında değiştiği 7 adet *yakın* ve 7 adet *uzak depremkaydı* seçilmiştir. Seçilen deprem yer hareketi kayıtlarının elde edilen bileşke spektrumun D2 deprem düzeyine olabildiğince yakın olması istenmiştir. Bununla birlikte yer hareketi kayıtları seçilirken ölçeklendirme yapılmamış, dolayısıyla

kayıtlar doğal genliklerinde istenen periyot aralığında hedef spektruma en uygun olarak seçilmeye çalışılmıştır.

Bu periyot aralığının tanımı Şekil 2.8'degösterildiği gibi ağırlık fonksiyonu olarak tanımlanan "*Weight Function*" kısmında tanımlanmaktadır. *Uzak depremler* için "*No-Pulse like record*",*yakın depremler* için "*Only-Pulse like record"* Şekil 2.8'deki gibi tanımlanmıştır.



Şekil 2.8 : Deprem kaydı seçimi[13].

PEER veritabanında deprem kaydı seçiminde kullanılan kriter en basit hali ile kullanıcı tarafından tanımlanan hedef spektrum için istenilen periyot aralığında en iyi uyumu veren ivme-zaman serisini seçebilmektir.İlgili periyot aralığı kullanıcının isteğine göre değişiklik göstermektedir.Hedef spektrumla uyuşan en iyi ivme-zaman serisinin seçiminde kullanılan sayısal ölçüt ise Denklem 2.1'de gösterilen spektral ivme ve periyotların logaritmalarını kullanarak hedef spekturum ve spektral ivme arasındaki farklardan hesaplanan MSE*(Mean Squared Error)* karelerinin ortalama hatasıdır. Hedef spektrumun ve deprem özelliklerinin tanımlanmasının ardından programiçerisindeki arama motoru, en iyi uyuşan depremlerin sırasını en küçük MSE değerini verenden itibaren listelemektedir, [14].

$$MSE = \frac{\sum_i w(Ti)\left\{In\left[SA^{target}(Ti)\right] - In\left[fxSA^{record}(Ti)\right]\right\}}{\sum_i w(Ti)} \qquad \textbf{(2.1)}$$

2.5 Potansiyel Hasar ve Şiddet Büyüklüklerinin Tanımlanması (Intensity Mesaure)

Birbirlerini iten ya da diğerinin altına giren iki levha arasında harekete engel olan bir sürtünme kuvveti vardır.Bir levhanın hareket edebilmesi için bu sürtünme kuvvetinin giderilmesi gerekir.İtilmekte olan bir levha ile bir diğer levha arasında sürtünme kuvveti aşıldığı zaman bir hareket oluşur.Bu hareket çok kısa bir zaman biriminde gerçekleşir ve şok niteliğindedir. Sonunda çok uzaklara kadar yayılabilen deprem dalgaları ortaya çıkar. Bu dalgalar geçtiği ortamları sarsarak ve depremin oluş yönünden uzaklaştıkça enerjisi azalarak yayılır.Bu sırada yeryüzünde bazen gözle görülebilen kilometrelerce uzanabilen ve fay adıverilen arazi kırıkları oluşabilir.Bu kırıklar bazen yeryüzünde gözlenemez yüzey tabakalar ile gizlenmiş olabilir. Bazen de eski bir depremden oluşmuş ve yeryüzüne kadar çıkmış ancak zamanla örtülmüş bir fay yeniden oynayabilir. Depremlerinin oluşumunun bu şekilde ve *"elastik geri sekme kuramı (elastic rebound)"* adı altında anlatımı 1911 yılında AmerikalıH.F. Reid tarafından yapılmıştır ve laboratuvarlarda da denenerek ispatlanmıştır, [22].

Elastik geri sekme kuramına göre herhangi bir noktada, birbirine komşu blokların tektonik kuvvetlerin etkisiyle zamana bağımlı olarak birbirine göre yavaş yavaş kaymaları sonucu oluşan elastik deformasyon enerjisi depolanır. Depolanan enerji kritik bir değere eriştiğinde fay düzlemi boyunca var olan sürtünme kuvvetini yenerek fay çizgisinin her iki tarafındaki kayaç bloklarının birbirine göreli hareketlerini oluşturmaktadır. Bu olay ani yerdeğiştirme hareketidir.Bu ani yerdeğiştirmeler ise bir noktada biriken birim deformasyon enerjisinin açığa çıkması boşalması diğer bir deyişle mekanik enerjiye dönüşmesi ile ve sonuç olarak yer katmanlarının kırılma ve yırtılma hareketi ile olmaktadır, [22].

Deprem kayıtları, yer sarsıntılarının potansiyel hasar vericilikleri ve sahip oldukları sismik güçleri ile ilgili önemli bilgiler içerirler.Yer hareketi için tanımlanan bir çok parametre yıllarca geoteknik sistemleri ve yapıları hasara zorlayan bu yer hareketinin potansiyelini belirlemekte yapılan çalışmalar sonucunda yaklaşıkta olsa olanak sunmaktadır. Bu parametreler uluslararası literatürde şiddet ölçütleri yada büyüklükleri*(intensity measure)* olarak tanımlanırlar, [4]. Bununla birlikte "*potansiyel hasar indeksi*"(DPI) olarak da tanımlanmaktadırlar, [5]. Bu ölçütlerin kullanımı, bir kısım analizlerin yapılmasından önce bir yer hareketinin ne derece

yıkıcılık potansiyeline sahip olduğuna dair hızlı bir değerlendirme yapabilmesi olanağı sunar.Bununla beraber söz konusu indekslerin yada şiddet ölçütlerinin tahmin edilmesinde Denklem (2.2)'de gösterildiği şekilde bir ilişki vardır, [5];

$$DPI = f(Mw, RF, Siteconditions) \quad \textbf{(2.2)}$$

Bu ilişki sözkonusu depremin tehlikesi hakkında hızlı bir değerlendirme yapılabilmesine olanak sağlar. Denklem (2.2)'de Mw depremin moment büyüklüğü, R_F ise faydan olan uzaklık olarak tanımlanır.Araştırmacılar tarafından test edilmiş bazı *DPI* yada şiddet ölçütleriyer hareketi tarafından üretilen kayma yığılmalarının bir karşılığı olarak aşağıdaki maddelerde ifade edilebilirler.

2.5.1 En büyük yer ivmesi (PGA), hız (PGV) ve yerdeğiştirme (PGD)

PGA; en büyük yer ivmesi değeridir.Sismik yer hareketi sırasında kaydın alındığı istasyonda 3 bileşenli ölçülen yadakaydedilen en büyük yer ivmesi değeridir.

PGV; sismik yer hareketi sırasında kaydın alındığı istasyonda 3 bileşenli ölçülen yada kaydedilen en büyük yer hareketi hızıdır. Bu parametre ivme-zaman kaydının integrasyonu ile elde edilmektedir.

PGD; sismik yer hareket sırasında,kaydın alındığı istasyonda 3 bileşenli ölçülen yada kaydedilen en büyük yer hareketi yerdeğiştirmesidir.Bu parametre ivme zaman kaydının 2 defa integre edilmesi ile de elde edilir.

2.5.2 En büyük hız/ivme oranı (vmax/amax)

En büyük yer hareketi hız ivme oranı farklı araştırmacılar açısından yer hareketinin yıkıcılığının bir ölçüsü olarak ifade edilmiştir. Örneğin PGV/PGA oranlarının büyük değerler aldığı durumlarda daha geniş yada büyük potansiyelli hasarların meydana gelebileceğine değinilmektedir, [10]. Aynı zamanda genellikle *yakın deprem kayıtlarında*, bu oranın *uzak deprem kayıtlarına* oranla daha büyük değerler aldığı görülmüştür. Seçilen deprem kaydının *uzak* yada *yakın* olmasına ilişkin bir ayrım yapılmak istenildiği taktirdebu oranın ilk bakışta depremlerin ayırt edilebilmesine olanak sağlayabileceği düşünülmektedir.1995 Sucuoğlu ve Nurtug, 2002 Vamvatsikos ve Cornell'in çalışmalarında PGV/PGA oranının hasar ölçütü olarak gözönünde bulundurulabileceği belirtilmiştir, [10].

2.5.3 Root-mean-square (RMS) of acceleration, velocity and displacement

Bu integrale ait parametreleraçık bir şekilde sismik oluşumun enerji içeriğinin ölçülmesinde çok daha etkilidir.Depremin meydana getirdiği hasarın ölçüsü genel ifadesi ile Denklem (2.3), (2.4), (2.5), (2.6) ve (2.7)'de tanımlandığı gibi bu integral parametlerine bağlı olarak depremin enerjisinin tanımlandığı Denklem (2.4)'de gösterildiği gibi Arias şiddetinin de ortaya çıkmasında önemli rol oynamaktadır, [10].

$$RMSX = \left[\frac{1}{t_e} \int_0^{t_e} x^2(t)dt \right]^{\frac{1}{2}} \tag{2.3}$$

$$I_A = \frac{\prod}{2g} t_e . RMSA^2 = \frac{\prod}{2g} \int_0^{te} a_g(t)^2 dt \tag{2.4}$$

$$a_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{t_e} \int_0^{te} [a(t)]^2 dt} \tag{2.5}$$

$$v_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{t_e} \int_0^{t_e} [v(t)]^2 dt} \tag{2.6}$$

$$d_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{t_e} \int_0^{te} [d(t)]^2 dt} \tag{2.7}$$

Denklem (2.3)'deen genel hali ile ifade edilen *X*fonksiyonu yerine $a_g(t)$,$v_g(t)$ ve $d(t)$sırasıyla yer ivmesi,hızı ve yerdeğiştirme cinsinden zaman serilerini göstermektedir. "t_e"ifadesi ise kaydın toplam süresini ifade etmektedir.

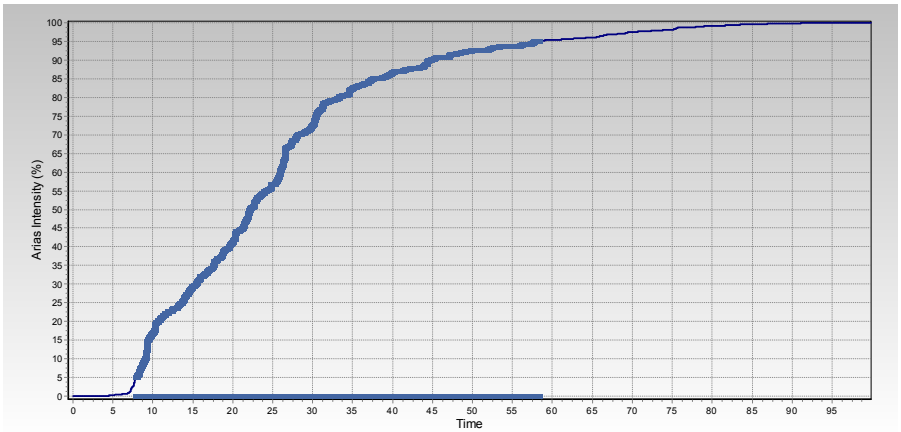
2.5.4 Arias şiddeti(Arias Intensity ,Ia)

1970 yılında Arias tarafından önerilmiştir, [10].Arias şiddeti, yer hareketi ivme-zaman serisinin integralinin alınması sonucu elde edilen bir parametredir.Elasto-plastik sistemlerde birim kütleye gelen toplam enerji dağılımı göz önünde bulundurularak, Arias yapıların tüm doğal periyotları ile uyumlu bir şiddet parametresi önermiştir, [2]. Bu parametre,Denklem (2.8)'de tanımlanmaktadır:

$$I(t) = \frac{\prod}{2g}\int_0^t a^2(\tau)d\tau \qquad \textbf{(2.8)}$$

$$IA = I(t_d)t_d = t_{95} - t_5 \qquad \textbf{(2.9)}$$

Denklem (2.9)'daIA Arias şiddeti,g yerçekimi ivmesi, t_d arias şiddetinin tanımlı olduğu anlamlı süreyi (significant duration) ifade etmektedir. Herhangi bir kayıt için elde edilmiş Arias şiddeti Şekil 2.9'da gösterilmiştir.



Şekil 2.9 : Arias şiddetin örnek olarak 169 bileşeninin Significant Duration da meydana getirdiği Arıas şiddeti[15].

Trifunac ve Brandy'nin belirtmiş olduğu üzere, Arias şiddeti yer hareketininanlamlı süret_d sınırları içerisinde tanımlıdır, [5,10,20].

2.5.5 Karakteristik şiddet (Characteristic Intensity,Ic)

Yer hareketinden meydana gelen hasarın gösterilmesinde daha makul gerçekçi sonuçlar elde edilmesi için önerilmiş bir parametredir.Çünkü tarif edilen yapısal hasar yer hareketlerinin Denklem (2.10)'da gösterildiği gibi ivme büyüklüğü ve depremin süresi ile ilgilidir, [5,10,15].

$$Ic = a_{rms}^{1.5}.t_d^{\,0.5} \qquad \textbf{(2.10)}$$

Buradaki*Ic* karakteristik şiddeti, *a* kaydın ivme-zaman serisini,t_d kayıt süresince depremin anlamlı olduğu aralığı (significant duration) ifade eder. Anlamlı süre ise Arias şiddetinde de tanımlandığı üzere kaydın %5 ve %95 aralığındaki süreyi kapsar.

2.5.6 Yığışımlı mutlak hız (Cumulative Absolute Velocity ,CAV)

1996 yılında Kramer tarafından nükleer güç endüstrisindeki uygulamalar için geliştirilmiş ve önerilmiştir. Sismikivme kaydı üzerinde Denklem (2.11)'de ifade edildiği gibi ivme-zaman serisinin mutlak değerce integralinin alınması ile ifade edilir, [5,10,15].

$$CAV = \int_0^t | a(t) | dt \tag{2.11}$$

|*a(t)*| ivme bileşenlerinin mutlak değerleri;*"t"*toplam kayıt süresini ifade etmektedir.

2.5.7 Specific Energy Density (SED)

Deprem kaydına ait hız-zaman bileşeninin Denklem(2.12)'de ifade edildiği şekilde integralinin alınması ile elde edilir,[15].

$$SED = \int_0^t [v(t)^2]dt \tag{2.12}$$

v(t) kayda ait hız-zaman serisini, *t*kaydın toplam süresini ifade etmektedir.

2.5.8 İvme ve hız spekturumu şiddeti (Acceleration and Velocity Spectrum Intensity;ASI,VSI)

Von Thun vd. tarafından 1988 yılında önerilmiştir. Denklem (2.13)'de gösterildiği şekilde *"ASI"* ivme spektrumu şiddeti,Denklem (2.14)'de*"VSI"*hız spektrumu şiddeti olarak hesaplanmaktadır, [5].

$$ASI = \int_{0.1}^{0.5} S_a(\xi = 0.05, \tau)d\tau \tag{2.13}$$

$$VSI = \int_{0.1}^{2.5} S_v(\xi = 0.05, \tau)d\tau \tag{2.14}$$

2.5.9 Housner şiddeti(Housner Intensity,HI)

1952'de Housner tarafından önerildiği şekilde,elastik sistemde depolanan en büyük şekildeğiştirme enerjisi $Ee_{,max}$ ve sözde hız spektrumu arasındaki ilişki Denklem (2.15)'de gösterildiği gibidir.

$$E_{e,\max} = mSv^2 / 2 \tag{2.15}$$

Bağıntıda da görüldüğü şekilde sözde hız spektrumunun kendisi sismik analizlerde depremin hasar şiddetinin ölçülmesinde kullanılabilir, [5,15].

Housner şiddeti, sözde hız tepki spekturumunun 0.1sn- 2.5 sn periyot aralığında integralinin alınması ile Denklen (2.16)'dabelirtildiği şekilde hesaplanmaktadır, [5,10].

$$HI = \int_{0.1}^{2.5} PSV(\xi = 0.05, \tau) d\tau \tag{2.16}$$

Sismik yer hareketininyıkıcılık şiddetini gösteren hasar parametresi, ilgili kaydınhız karakteristiği ile ilişkilidir. Bununla birlikte integrasyon işleminde tanımlı periyot aralığı için yapıların büyük bir çoğunluğu 0.1 ve 2.5 sn arasında doğal titreşim periyoduna sahip olması sebebiyle bu şekilde genel bir şekilde ifade edilmiştir.

Denklem (2.15) ve Denklem (2.16)'da ifade edildiği gibi, Housner şiddeti ve Hız spektrumu şiddeti benzer şiddet parametreleridir.İki parametre arasındaki tek fark Housner şiddetinin(HI) sözde ivme spektrumundan, hız spektrumu şiddetinin(VSI) ise gerçek kaydın hız spekturumundan hesaplanmasıdır, [5].

2.5.10 A95 parametresi

Sarma ve Yang (1987) tarafından önerilmiş bir parametredir.Arias şiddet değerinin %95'ine karşılık gelen en büyük ivme değeridir, [10].

2.5.11 Sustained maximum acceleration (SMA) and velocity (SMV)

SMA ve SMV 1979 yılında Nuttli tarafından önerilmiştir.SMA ve SMV diğer parametrelerle beraber ilgili kayıttan elde edilebilecek üçüncü enbüyük ivme ve hız ölçütleridir.Diğer bir deyişle zaman tanım alanında üçüncü mutlak en büyük ivme yada hız değeri olarak tanımlanırlar,[5,10].

2.5.12 Etkili tasarım ivmesi (Effective Design Acceleration ,EDA)

1988 yılında Benjamin ve yardımcılarıtarafından önerilen bir parametredir.Yer hareketlerinin yüksek frekanslı bileşenlerininyapıların sismik tepkileri üzerinde etkilerinin olabildiği bulunmuştur.Bununla birlikte en büyük yer ivmesinin etkiside kayda değer niteliktedir.Bu yüzden pik ivme değerinin tanımlanmasında bir ölçeklendirme katsayısı amaçlanmıştır, [15].

2.5.13 Baskın periyot (Predominant Period)

Tp baskın periyot %5 sönümle hesaplanan ivme tepki(response) spektrumunda,en büyük spektral ivmenin meydana geldiği periyot değeridir, [15].

2.5.14 Ortalama periyot (Mean Period,Tm)

Ortalama periyot"*Tm*" Denklem (2.17)'de gösterildiği gibi hesaplanır, [5,15].

$$Tm = \frac{\sum Ci^2 / fi}{\sum Ci^2} \qquad \textbf{(2.17)}$$

2.5.15 Zarf süre (Bracketed duration)

"*Zarf Süre (Bracketed Duration)*" belirli bir eşik ivme değerinin (genellikle 0.05 g) ilk ve son aşılması arasındaki geçen süre olarak tanımlanır, [5,6,15].

2.5.16 Düzenli süre (Uniform duration)

Sismik moment veya depremin büyüklüğünün fonksiyonu olan yer hareketisüresi, fay kırığının fay yüzeyi boyunca yayılması için gereken zaman ile ilişkilidir. Depremin süresini belirlemek için, ölçülen büyüklüğe göre değişiklik gösteren, "Zarf Süre (Bracketed Duration)", "Düzenli Süre (Uniform Duration)" ve "Anlamlı Süre (Significant Duration)" gibi pek çok adlandırma yapılmıştır, [5,6].

Üniform süre; PGA'nın maksimun yer ivmesi kaydının verilen %5 alt sınırının üzerinde kalan toplam ivmelenme süresini içerir. Mevcut kayıt için %5 alt sınırın üzerindeki toplam süre düzenli süre olarak tanımlanır, [5,6,15].

2.5.17 Anlamlısüre (Significant duration)

İvme kaydındabelirli miktardaki enerjinin boşalması için geçen süreyi gösteren "Anlamlı Sürenin (significant duration)" hesabında, referans olarak

kullanılanbüyüklük doğal olarak ivme kaydındaki enerji miktarını (hasar potansiyelini) gösteren Arias yoğunluğu (AI)'dur, [5,6].

2.5.18 Etkili süre (Effective duration)

Etkili süre (effective duration), Anlamlı sürenin(significant duration) baz alınması ile tanımlanmaktadır, fakat etkili süre güçlü titreşim bölgesinin başı ve sonu mutlak kriter olarak tanımlanır, [6,15].

2.5.19 Husidgrafikleri

Arias yoğunluğunun (IA) zamanla değişimini (artışını) yüzde olarak gösteren eğri"Husid Plot" olarak adlandırılır. Bu eğri üzerinden Arias yoğunluğunun (IA) %5 ve %95 oluşumu arasında geçen süre Anlamlı Süre (significant duration) olarak tanımlanır, [5,6,15].

2.5.20 Fajfar şiddeti(IF)

1990 yılında Fajfar tarafından önerilmiştir.Meydana gelen yer hareketinin yapılarda sebep olacağı hasarın büyüklüğünün belirlenmesinde kullanılan bir hasar ölçütüdür.Denklem (2.18)'de belirtildiği şekilde PGV yer hareketi hızı ve deprem kaydının anlamlı süresi ile ilişkilidir, [10]:

$$IF = V_{\max} \times t_d^{\,0.25} \tag{2.18}$$

*Vmax*en büyük yer hareketi hızı, $t_d$kaydın anlamlı süresini(significant duration) ifade etmektedir.

2.6 Deprem Kayıtları

On üç adet prefabrik konsol kolonun *Doğrusal Olmayan Zaman Tanım Alanında Analizi*için çeşitli bölgelerde meydana gelmiş 7 adet *uzak* ve 7 adet *yakın deprem kaydı* seçilmiştir.Bu yer hareketlerine ait ivme kayıtları,Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi Yer Hareketi Araştırma Motoru (PEER Ground Motion Search Engine) Veritabanı'ndan elde edilmiştir.PEER'dan elde edilen yer hareketi kayıtları yerçekimi ivmesi(g) cinsindendir. Her kayıt yatayda faya dik (FN), fayaparalel(FP) ve düşey(FZ) olmak üzere 3 bileşen içermektedir.Kayıt seçimlerinde yatay bileşenler (FNve FP) dikkate alınmıştır.

PEER Veritabanından deprem kaydı seçebilmek için öncelikle istenen kayıtların nasıl bir karakterde olması gerektiği tanımlanmalıdır. Bu çalışma kapsamında DBYBHY'2007 göre zemin sınıfı Z3(T_A=0.15sn ve T_B=0.60sn), deprem bölgesi 2(A_o=0.30g), B yada C grubu zemin sınıfı için tanımlı kayma dalgası hızı (*Vs)* 200~700m/sn tanımlı olacak şekilde kayıtlar seçilmeye çalışılmıştır.

Analizde kullanılmak üzere seçilen tüm kayıtlar gerçek halleri ile elde edilmiş, herhangi bir ölçeklendirme yapılmamıştır. Seçilen kayıtlar yönetmelikte tanımlanan tasarım ivme spektrumuna uyumlu olacak şekilde tanımlı zemin özelliklerini yansıtabilecek şekilde elde edilmeye çalışılmıştır. Dolayısıyla PEER'dan kayıt seçimi sırasında hedef spektrumun tanımlanması işlemi *"User Define Spectrum"* seçilerek elde edilmiştir.Seçilen yer hareketi kayıtları tamamen depremlerin gerçek genlikleri ile hedef spektruma uyumlu olacak şekilde seçilmeye çalışılmıştır.

2.6.1 Uzak Deprem Kayıtları

2.6.1.1 Orijinal uzak deprem kayıtlarının seçilmesi

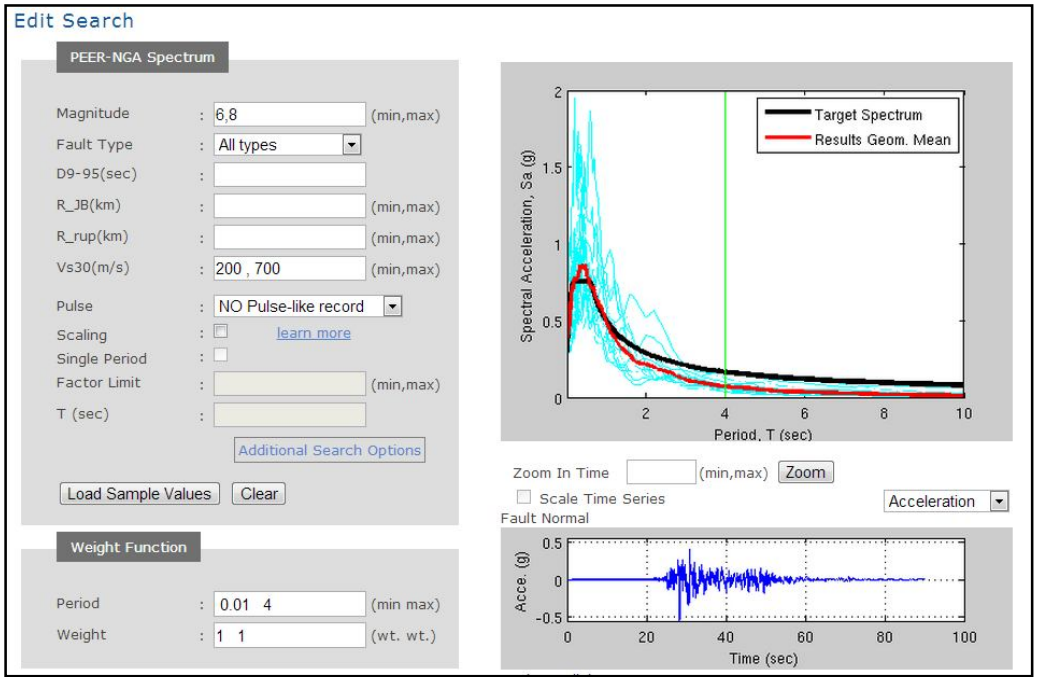
Yer hareketleri, depremi oluşturan faya olan yakınlığına göre *yakın fay hareketi* yada *uzak fay hareketi* olarak isimlendirilirler. Bu bölümde *uzak fay hareketi kayıtları* çalışılmıştır.Merkezden uzaklaştıkça uzay fay depremlerinin genlikleri artar. Bu nedenle odak noktasından çıkan dalgalar, daha uzaklarda birbiriyle çakışarak daha şiddetli etkilere sahip olmaktadır, [12].

Uzak depremlerin seçimi için programda*"No Pulse Type"* tanımlanması Şekil 2.10'daki gibi yapılmıştır.

Deprem kaydı seçiminde yönetmelik spektrumu ile olabildiğince uyum istendiğinden Şekil 2.10'daki gibi 0.01sn ve 4sn aralığında *"Weight Function"* tanımlanmıştır. Sonuç olarak, Çizelge 2.1'deki gibi spektrum ile en iyi uyaşan 7 adet kayıt yaklaşık olarak elde edilmektedir.

Çizelge 2.1 : Seçilmiş gerçek 7 adet uzak deprem kaydı.

NGA#	MSE	Deprem	Yıl	İstasyon	Bileşen
1504	0.049	Chi-Chi- Taiwan	1999	TCU067	TCU067-N
1048	0.0713	Northridge-01	1994	Northridge - 17645 Saticoy St	STC090
169	0.0971	Imperial Valley-06	1979	Delta	H-DLT352
1082	0.1423	Northridge-01	1994	Sun Valley - Roscoe Blvd	RO3090
725	0.1486	Superstition Hills-02	1987	Poe Road (temp)	B-POE360
778	0.1715	Loma Prieta	1989	Hollister Diff. Array	HDA165
1513	0.2181	Chi-Chi- Taiwan	1999	TCU079	TCU079-N

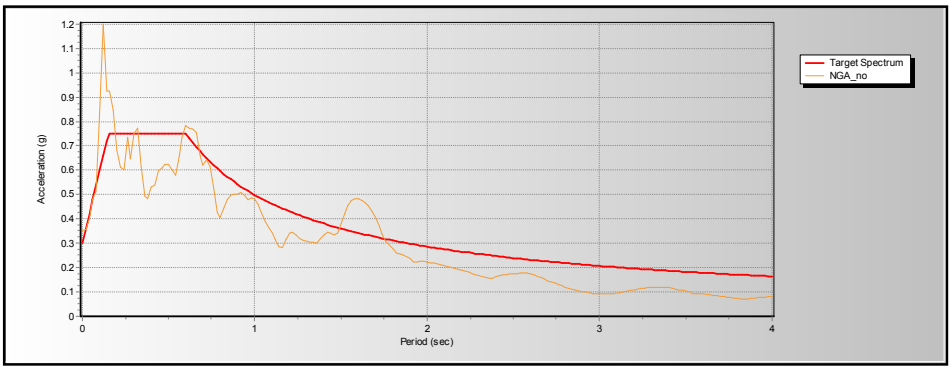


Şekil 2.10 : PEER database uzak deprem kaydı seçimi[13].

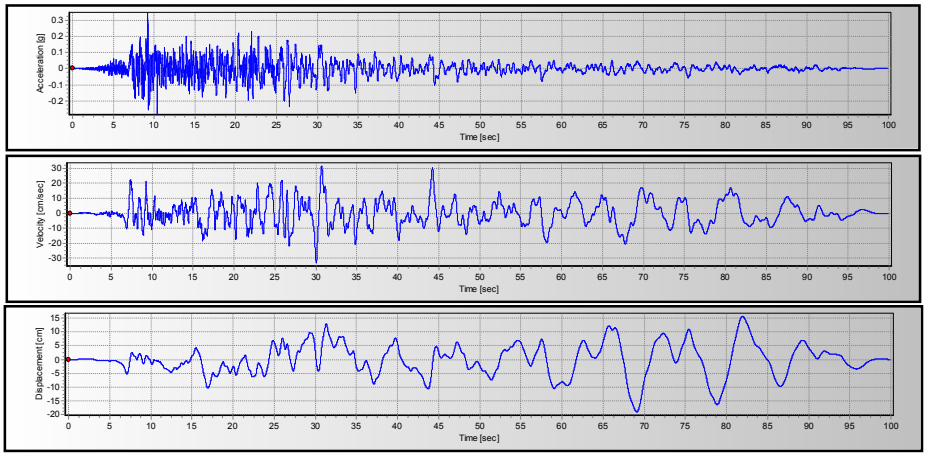
NGA_169_Imperial Valley-06 1979 (Delta station):

NGA_169_H-DLT352 bileşeni kullanılmıştır. Deprem bileşeni için tepki spektrumunun yönetmelik spektrumu ile karşılaştırılması Şekil 2.11'de ve ilgili bileşene ait ivme-zaman,hız-zaman,yerdeğiştirme-zaman grafikleri de Şekil 2.12'de verilmiştir.

Seçilen diğer *gerçek-uzak deprem kayıtları* aşagıdaki gibidir. Bu kayıtların yönetmelik spektrumu ile karşılaştırılması ve tanımlı ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafikleri EK A ve EK B'de verilmiştir.



Şekil 2.11 : Gerçek NGA_169 için spektrumların karşılaştırılması[17].



Şekil 2.12 : NGA_169 ivme-zaman,hız-zaman,yerdeğiştirme-zaman grafiği[17].

NGA_725_Superstition Hills-02 1987 (Poe Road station)

NGA_778_Loma Prieta 1989 (Hollister Diff. Array station)

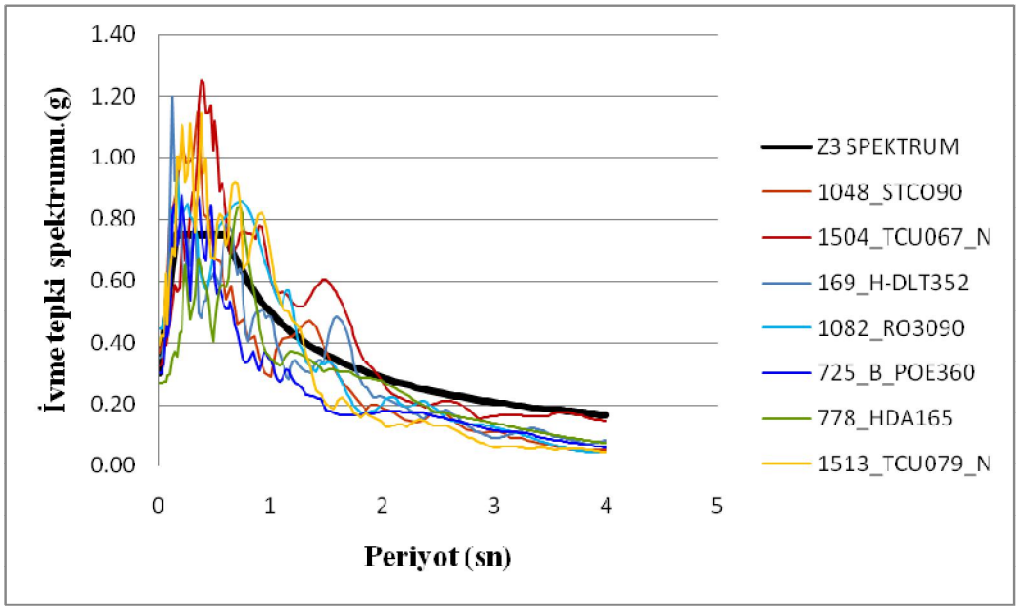
NGA_1048_Northridge-01 (Northridge 17645 saticoy st station)

NGA_1082_Northridge-01 1994 (Sun Valley-Roscoe Blvd station)

NGA_1504_Chi-Chi ,Taiwan 1999(TCU067 station)

NGA_1513_Chi-Chi,Taiwan 1999 (TCU079 station)

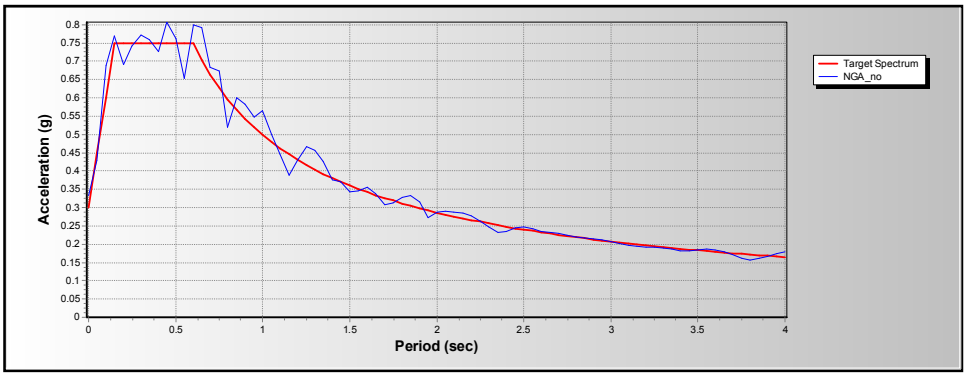
Söz konusu 7 adet *gerçek-uzak deprem kaydının*yönetmelik spektrumu ile karşılaştırılması Şekil 2.13'de verilmektedir.



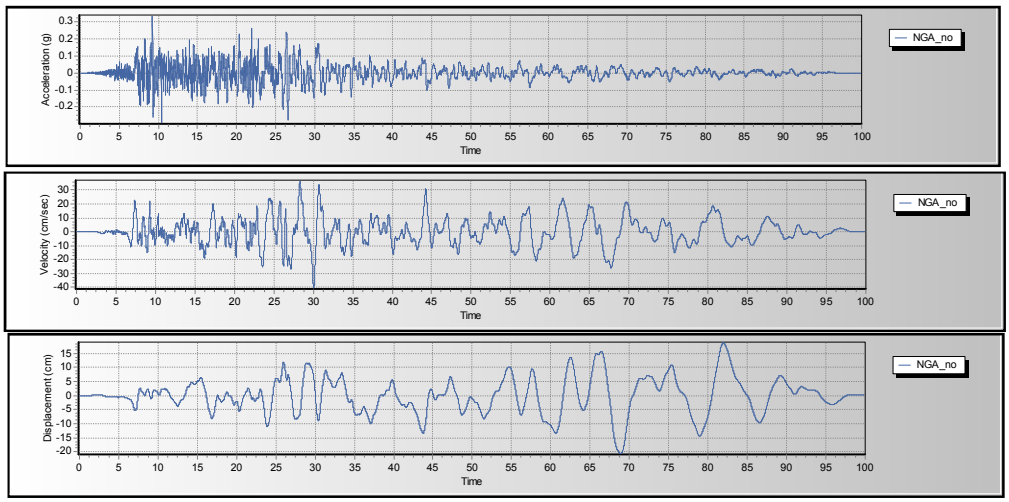
Şekil 2.13 : Yönetmelik spektrumu ile seçilmiş gerçek deprem kayıtlarının tepki spektrumlarının karşılaştırılması

2.6.1.2 Üretilmiş(Matched) uzak deprem kayıtlarının seçilmesi

PEER'dan elde edilen gerçek deprem kayıtlarından *SeismoMatch* programı kullanılarak yeni kayıtlar üretilmiştir. Her kayıt için üretilmiş kayıt elde edilirken program içerisinde spektruma uyumunu ifade eden bir *tolerans ölçütü* ifade edilmektedir. Bu ölçüt nekadar küçük olursa spektruma uygun halde üretilmeye çalışılan gerçek kayıt, bir okadar deformasyona uğramaktadır. Tolerans oranları üretilen her bir kayıt için belirtilmiştir.



Şekil 2.14 : Üretilmiş NGA_169 için spekturumların karşılaştırılması[17].



Şekil 2.15 : Üretilmiş 169 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği[17].

Söz konusu üretilmiş deprem bileşeninin spektruma uyumlu hali Şekil 2.14'de ve ilgili bileşene ait ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafikleri de Şekil 2.15'de verilmiştir.

Üretilen *gerçek-uzak deprem kayıtları* aşagıdaki gibidir. Bu kayıtların yönetmelik spektrumu ile karşılaştırılması ve tanımlı ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafikleri EK B'de verilmiştir.

NGA_725_B-POE360: tolarans (%15.5)

NGA_778_HDA165: tolarans (%11.0)

NGA_1048_STC090: tolarans (%8.5):

NGA_1082_RO3090: tolarans (%17.0)

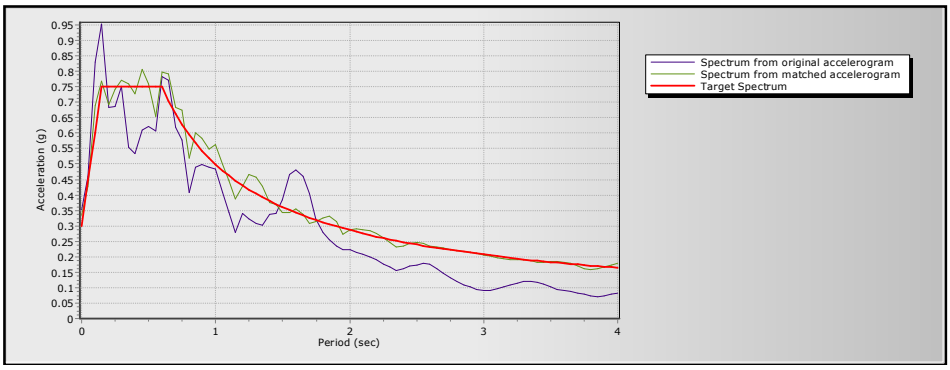
NGA_1504_TCU067-N: tolarans (%16.4)

NGA_1513_TCU079-N: tolarans (%13.0):

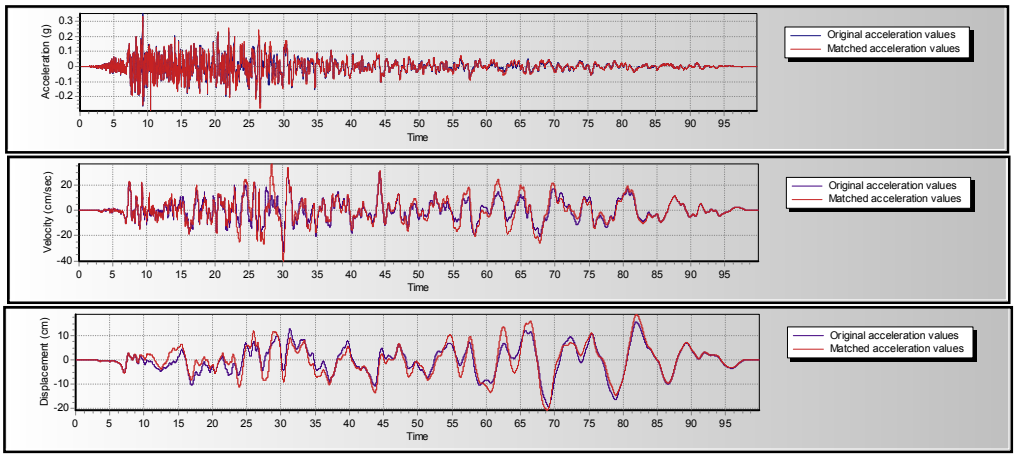
2.6.1.3 Üretilmiş ve gerçek uzak deprem kayıtlarının karşılaştırılması

NGA_169_H-DLT352 : tolarance (%13.4)

Söz konusu üretilmiş deprem ve orijinal deprem bileşeni için spektruma uyumlu halleri Şekil 2.16'de ve ilgili bileşene ait ivme-zaman,hız-zaman,yerdeğiştirme-zaman grafikleri Şekil 2.17'da verilmiştir.Seçilen gerçek kayıt ve gerçek kayıttanüretilen üretilmiş kayda ilişkin hasar ölçütlerinin karşılaştırılması Çizelge 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.16 : Gerçek ve üretilmiş NGA_169 spekturumların karşılaştırılması[17].



Şekil 2.17 : NGA_169 gerçek kayıt ve üretilmiş deprem kaydının ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği karşılaştırması[17].

Gerçek ve üretilmiş diğer uzak deprem kayıtlarının karşılaştırmalı grafikleri Ek C'de verilmiştir. Üretilmiş deprem kayıtlarının *SeismoMatch*'de yapılan hedef spektrum ile uyumunda en iyi yakınsama için kayıtların üretilmesinde göz önünde bulundurulan tolerans miktarları seçilen her bir deprem kaydı için aşagıda belirtildiği şekildedir. Sözkonusu kaydın tolerans yüzdesinin az olması,o kayıt için *SeismoMatch* programında tanımlanan doğal kayıt ile içeriğinin bir o kadar yakın olduğunu ifade etmektedir.

NGA_725_B-POE360: tolarans (%15.5)

NGA_778_HDA165: tolarans (%11.0)

NGA_1048_STC090: tolarans (%8.5)

NGA_1082_RO3090: tolarans (%17.0)

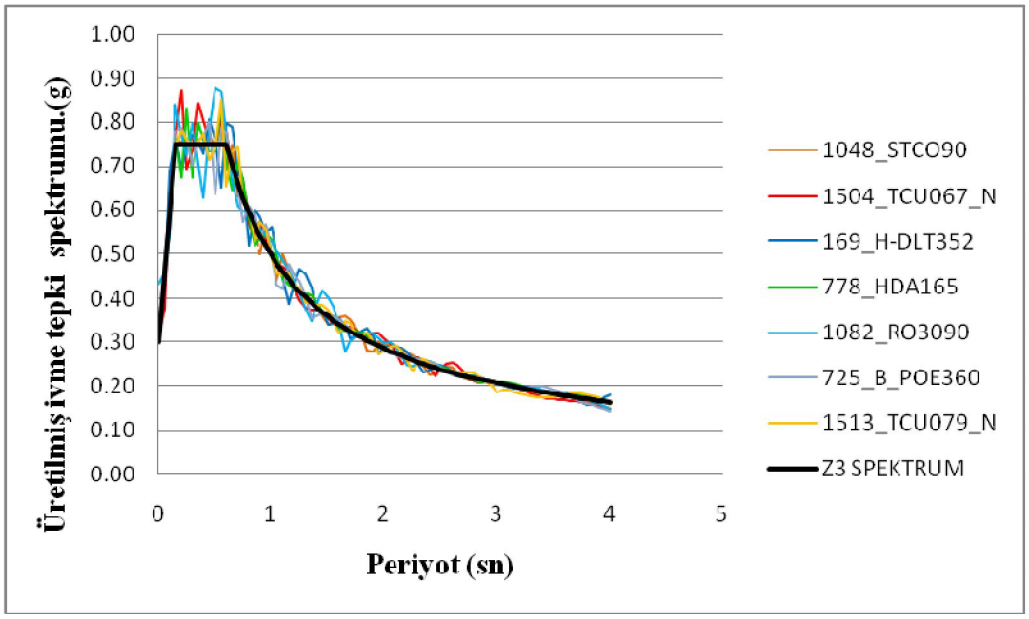
NGA_1504_TCU067-N: tolarans (%16.4)

NGA_1513_TCU079-N: tolarans (%13.0)

Çizelge 2.2 : NGA_169 gerçek ve üretilmiş kaydın ŞÖ karşılaştırılması.

Accelerogram	NGA_169 Gerçek	NGA_169 Üretilmiş
Max Aceleration (g)	0.35	0.33
Max Velocity (cm/sec)	33.00	40.35
Max Displacement (cm)	19.03	20.61
Vmax/Amax (sec)	0.10	0.12
Acceleration RMS (g)	0.05	0.05
Velocity RMS (cm/sec)	8.12	9.62
Displacement RMS (cm)	5.79	6.39
Arias Intensity (cm/sec)	3.29	3.62
Characteristic Intensity	0.10	0.11
Specific Energy Density (cm2/sec)	6583.37	9253.21
Cum. Abs. Velocity (cm/sec)	2878.24	3047.16
Acc Spectrum Intensity (g*sec)	0.28	0.30
Vel Spectrum Intensity (cm)	163.86	190.57
Housner Intensity (cm)	155.29	181.60
Sustained Max.Acceleration (g)	0.24	0.28
Sustained Max.Velocity (cm/sec)	30.39	33.66
Effective Design Acceleration (g)	0.32	0.29
A95 parameter (g)	0.30	0.00
Predominant Period (sec)	0.34	0.32
Significant Duration (sec)	50.33	54.04

Söz konusu *gerçek deprem kayıtlarından* üretilmiş 7 adet *uzak kayıt* için yönetmelik spektrumu ile karşılaştırılması Şekil 2.18'de verilmektedir.



Şekil 2.18 : Yönetmelik spektrumu ile üretilmiş deprem kayıtlarının tepki spektrumlarının karşılaştırılması.

2.6.2 Yakın Deprem Kayıtları

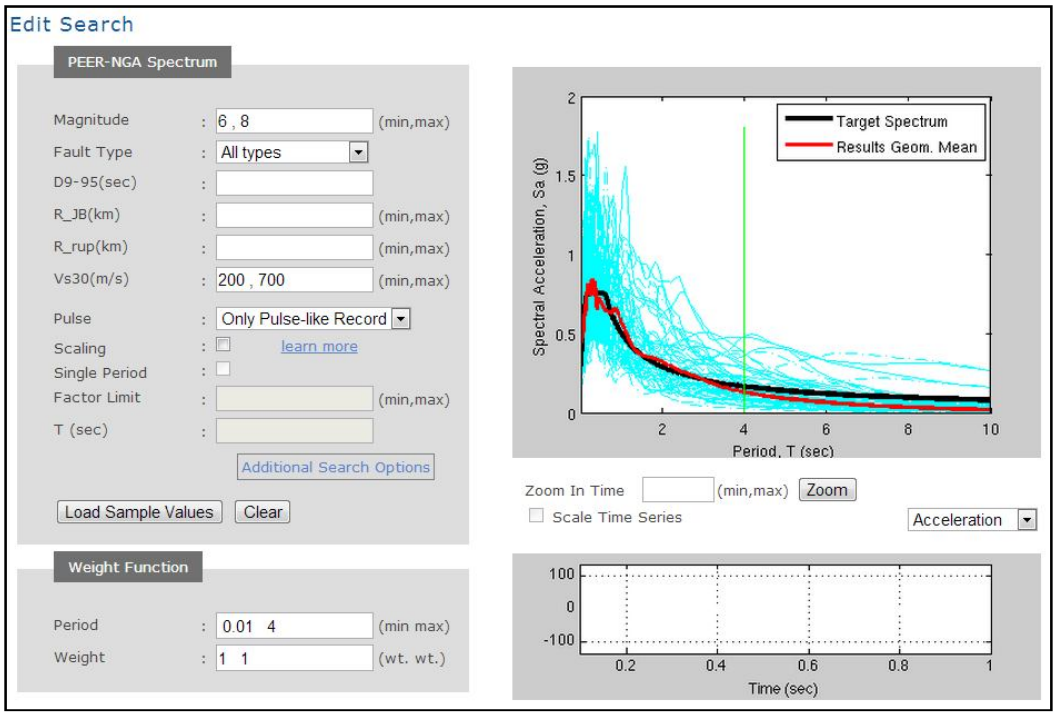
2.6.2.1 Gerçek yakın deprem kayıtlarının seçilmesi

Yakın fay hareketi kayıtları, fay kırığından çok daha uzakta kaydedilen kayıtlardan oldukça farklı karakterlere sahip olabilir. Bu yer hareketleri, bazen hız-zaman kaydının başında büyük tekil vurumlar içerir ve özellikle sismik kaynak yakınlarında bulunan yapılar için hasar verici olabilmektedir İlerleyen fayın doğrultusuna bağlı olarak arazinin topografyası yakın fay yer hareketinin ayırt edici özelliklerinde payı vardır. Fay kırığı, hemen hemen kayma dalga hızına eşit hızda araziye doğru ilerlediğinde, dalga yüzünün girişimi fayın normal doğrultusunda büyük genlikli ve kısa süreli hız tekil vurumlarına neden olabilmektedir, [19].

Çizelge 2.3 : Seçilmiş gerçek 7 adet yakın deprem kaydı.

NGA#	MSE	Deprem	Yıl	İstasyon	Bileşen
179	0.0253	Imperial Valley-06	1979	El Centro Array #4	H-E04140
1511	0.0321	Chi-Chi- Taiwan	1999	TCU076	TCU076-N
1013	0.0476	Northridge-01	1994	LA Dam	LDM334
821	0.0538	Erzican- Turkey	1992	Erzincan	ERZ-EW
802	0.0568	Loma Prieta	1989	Saratoga - Aloha Ave	STGO00
180	0.0653	Imperial Valley-06	1979	El Centro Array #5	H-E05140
723	0.0712	Superstition Hills-02	1987	Parachute Test Site	B-PTS315

Yakın depremlerin seçimi için programda *"Only Pulse Type"* tanımlanması Şekil 2.19'deki gibi tanımlanmıştır.

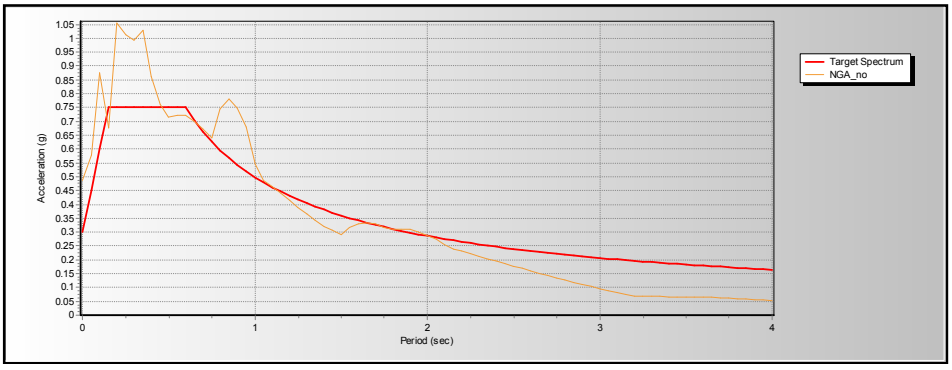


Şekil 2.19 : PEER database yakın deprem kaydı seçimi[13].

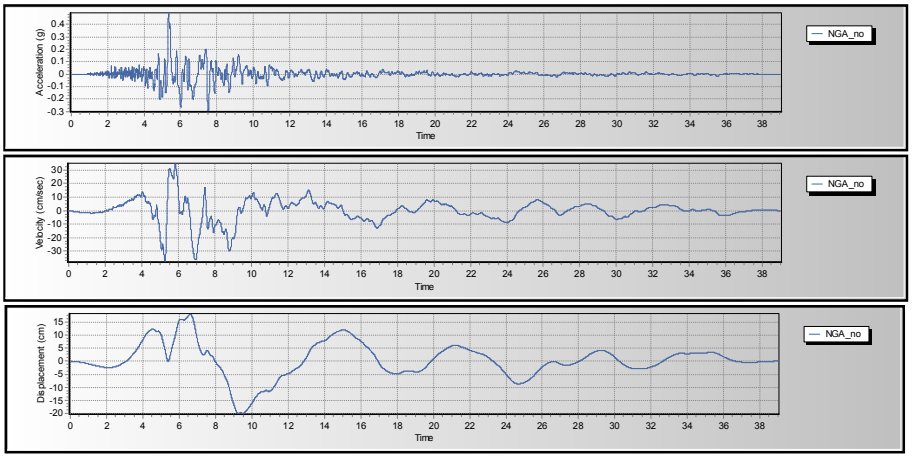
Çizelge 2.3'deki gibi spektrum ile en iyi uyaşan 7 adet kayıt yaklaşık olarak elde edilmektedir.

NGA_179_Imperial Valley-06 1979 (El Centro Array #4 station):

NGA_179_H-E04140 bileşeni kullanılmıştır.Söz konusu deprem bileşeni için tepki spekturumu ve yönetmelikte tanımlı spektrum ile karşılaştırılması Şekil 2.20'de ve ilgili bileşene ait ivme-zaman,hız-zaman,yerdeğiştirme-zaman grafikleri Şekil 2.21'de verilmiştir.



Şekil 2.20 : Gerçek NGA_179 spekturumların karşılaştırılması[17].



Şekil 2.21 : NGA_179 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği[17].

Seçilen diğer *gerçek-yakın deprem kayıtları* aşagıdaki gibidir. Bu kayıtlara ait yönetmelik spektrumu ile karşılaştırılması ve tanımlı ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafikleri EK A ve EK B'de tanımlanmıştır.

NGA_180_Imperial Valley-06 1979 (El Centro Array #5 station):

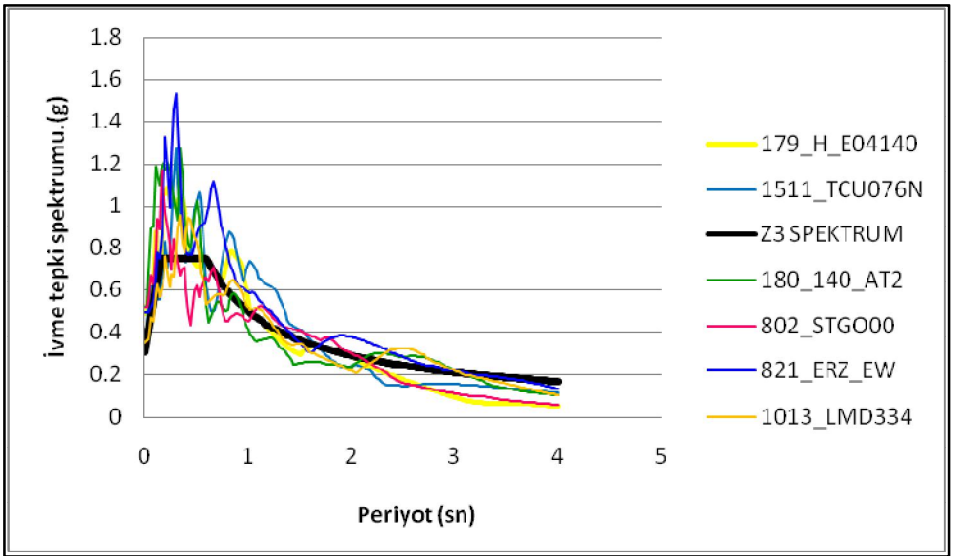
NGA_723_Superstition Hills 1987 (Parachute Test Site):

NGA_802_Lome Prieta 1989 (Saratoga-Aloha Ave):

NGA_821_Erzincan,Turkey 1992 (Erzincan):

NGA_1013_Norhridge-01 1994 (LA Dam station):

NGA_1511_Chi-Chi,Taiwan 1999 (TCU076 station):



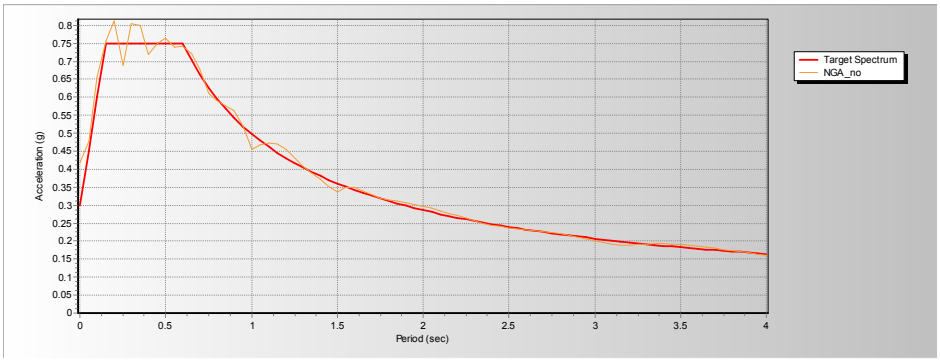
Şekil 2.22 : Yönetmelik spektrumu ile seçilmiş gerçek deprem kayıtlarının tepki spektrumlarının karşılaştırılması.

Söz konusu gerçek deprem kayıtlarından seçilen 7 adet yakın kayıt için yönetmelik spektrumu ile karşılaştırılması Şekil 2.22'de verilmektedir.

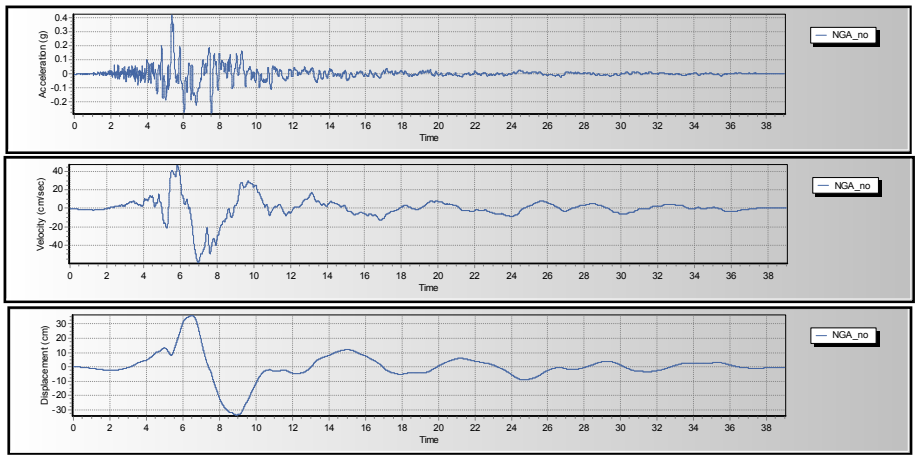
2.6.2.2 Üretilmiş yakın deprem kayıtlarının seçilmesi

NGA_179_H-E04140 : tolarans (%9.0):

Söz konusu üretilmiş deprem bileşeni için spektruma uyumlu hali Şekil 2.23'de ve ilgili bileşene ait ivme-zaman,hız-zaman,yerdeğiştirme-zaman grafikleri Şekil 2.24'de verilmiştir.



Şekil 2.23 : Üretilmiş NGA_179 spekturumların karşılaştırılması[17].



Şekil 2.24 : NGA_179 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği[17].

Üretilen *gerçek yakın deprem kayıtları* aşagıdaki gibidir. Bu kayıtlara ait yönetmelik spektrumu ile karşılaştırılması ve tanımlı ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafikleri sırasıyla EK A ve EK B'de tanımlanmıştır.

NGA_180_H-E05140: tolarans (%12.0):

NGA_723_B_PTS315 : tolarans (%9.0):

NGA_802_STG000: tolarans (%12.0):

NGA_821_ERZ_EW: tolarans (%7.0) :

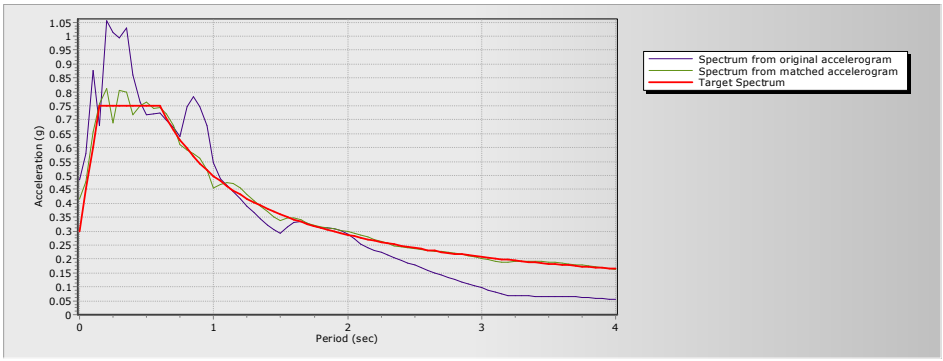
NGA_1013_LDM334 : tolarans (%16.0) :

NGA_1511_TCU076-N: tolarans (%24):

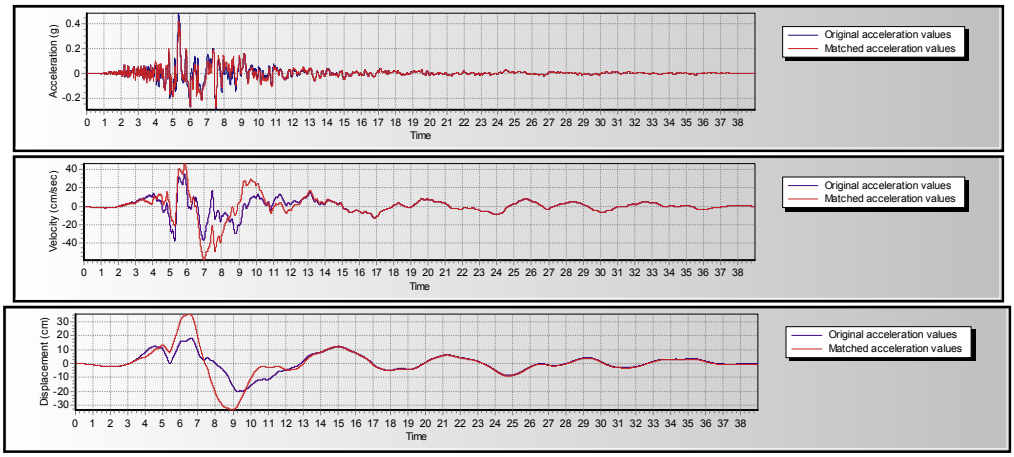
2.6.2.3 Üretilmiş ve gerçek yakın deprem kayıtlarının karşılaştırılması

NGA_179_H-E04140 : tolarans (%9.0)

Söz konusu üretilmiş deprem ve gerçek deprem bileşeni için spektruma uyumlu halleri Şekil 2.25'de ve ilgili bileşene ait ivme-zaman,hız-zaman,yerdeğiştirme-zaman grafikleri Şekil 2.26'da verilmiştir.Seçilen gerçek kayıt ve gerçek kayıtlardan üretilen üretilmiş kayda ilişkin hasar ölçütlerinin karşılaştırılması Çizelge 2.4'de verilmiştir.



Şekil 2.25 : Gerçek ve üetilmiş NGA_179 spekturumların karşılaştırılması[17].



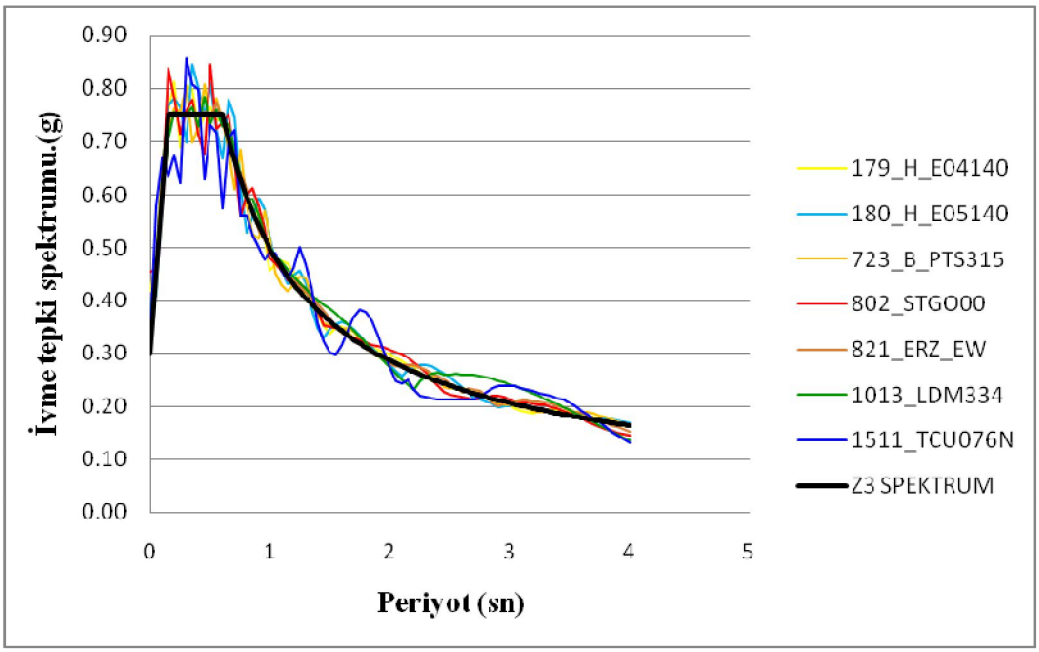
Şekil 2.26 : NGA_179 gerçek kayıt ve üretilmiş deprem kaydının ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği karşılaştırması[17].

Seçilen gerçek kayıt ve gerçek kayıttan üretilen üretilmiş kayda ilişkin hasar ölçütlerinin karşılaştırılması Çizelge 2.4'de verilmiştir.

Çizelge 2.4 : NGA_169 gerçek ve üretilmiş kaydın ŞÖ karşılaştırılması.

Accelerogram	NGA_179 Gerçek	NGA_179 Üretilmiş
Max Aceleration (g)	0.49	0.42
Max Velocity (cm/sec)	37.39	58.19
Max Displacement (cm)	20.09	35.61
Vmax/Amax (sec)	0.08	0.14
Acceleration RMS (g)	0.05	0.05
Velocity RMS (cm/sec)	7.96	11.47
Displacement RMS (cm)	6.55	9.71
Arias Intensity (cm/sec)	1.33	1.23
Characteristic Intensity	0.06	0.06
Specific Energy Density (cm2/sec)	2467.81	5126.87
Cum. Abs. Velocity (cm/sec)	828.09	826.83
Acc Spectrum Intensity (g*sec)	0.36	0.30
Vel Spectrum Intensity (cm)	187.63	184.83
Housner Intensity (cm)	176.86	180.54
Sustained Max.Acceleration (g)	0.27	0.27
Sustained Max.Velocity (cm/sec)	34.39	46.05
Effective Design Acceleration (g)	0.50	0.42
A95 parameter (g)	0.55	0.00
Predominant Period (sec)	0.48	0.41
Significant Duration (sec)	6.69	7.37

Söz konusu gerçek deprem kayıtlarından üretilmiş 7 adet *yakın kayıt* için yönetmelik spektrumu ile karşılaştırılması Şekil 2.27'de verilmektedir.



Şekil 2.27 : Yönetmelik spektrumu ile üretilmiş deprem kayıtlarının tepki spektrumlarının karşılaştırılması.

2.7 Deprem Kayıtları Seçiminin Ardından Sonuçlar

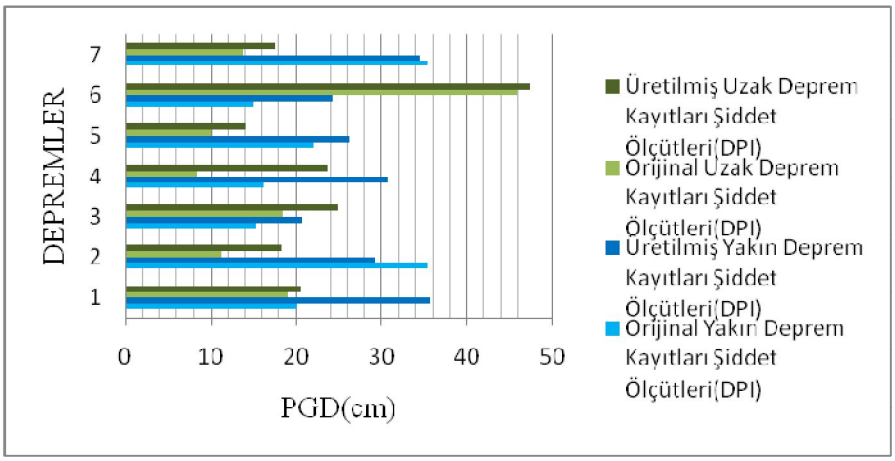
PEER deprem veritabanı kullanılarak Z3 Sınıfı 2.Derece deprem bölgesi için tasarım depremi altında D2 (10/50) depremi için yönetmelikte tanımlanan ivme spektrumuna 0.01snve 4sn periyot aralığında olabildiğince uyumlu kayıtlar seçilmeye çalışılmıştır.Bu kayıtlar *uzak ve yakın kayıtlar* olarak veritabanından ayıklanmaya çalışılmıştır.İndirilen her bir kayıt için FN,FP ve düşey yönde olmak üzere 3 bileşen mevcuttur.Çalışmanın esasında depremin yatay bileşenleri önem kazanmakta ve bu iki yatay deprem bileşeninden biri kullanılmak istenmektedir.Dolayısıyla yatay bileşenlerden, yönetmelik spektrumuna,en iyi uyumu sağlayabilecek kayıtseçilmeye çalışılmıştır.Veritanından ölçeklenmeden gerçek genlikleri ile indirilen kayıtlar *SeismoSignal* programında işlenerek yönetmelikle karşılaştırılmak üzere ivme spektrumlarına dönüştürülmektedir.

Bununla birlikte *SeismoMatch* yazılımı ileseçilen gerçek kayıtlardan spektrum uyumlu depremler türetilmiştir.Bu türetilen depremler içinde söz konusu deprem büyüklükleriÇizelge 2.2 ve Çizelge 2.4'de gösterildiği gibi elde edilerek, gerçek kayıtlarile aralarındaki ilişki gözlenmeye çalışılmıştır.

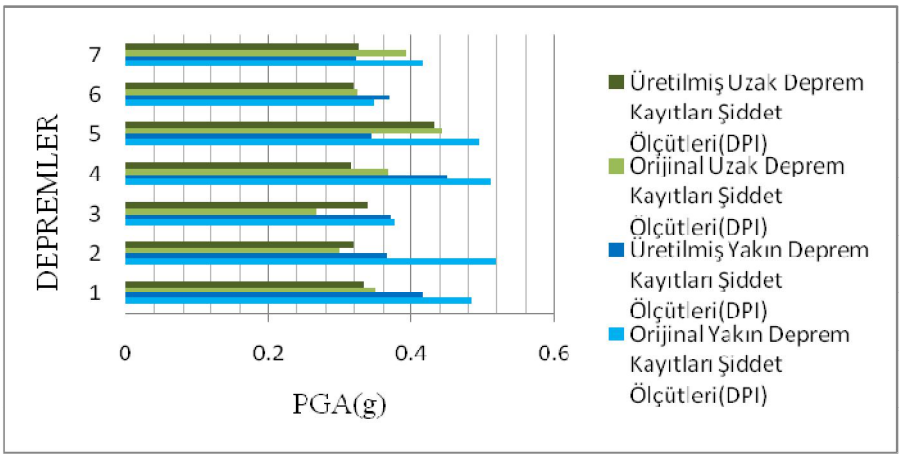
Sonuç olarak seçilen *gerçekyakın* ve *uzak depremler* arasındaki büyüklüklere bakılacak olursa belirgin bir şekilde depremin *uzak* ve *yakın* olması durumunda hız faktörü ve buna bağlı değerlerin ilişkili olarak arttığı görülmektedir.*Yakın depremlerde* hız ve hızın türevi büyüklüklerde, bu fark belirgin bir şekilde görülmektedir.*Yakın depremlerde* hız ve türevi ölçütler *uzak deprem* ölçütlerine nazaran çok daha fazladır.Dolayısıyla enerji söz konusu olduğunda, *yakın depremlerdeki*enerji *uzak depremlere* nazaran çok daha fazladır.Gerçek kayıtlar ve üretilmiş kayıtlar arasında ise gerçek kayıtların sahip olduğu deprem ölçütlerindeki saçılmalar,üretilmiş depremlerde azalmaktadır.Özellikle ASI ve Housner şiddetlerinde gözle görülebilir şekilde enerji olarak belirli bir değere yakınsama farkedilmiştir.Örneğin Housner şiddeti için, üretilmiş depremlerdeyaklaşık olarak 170-181 cm aralığına yakınsamıştır.

Deprem kayıtlarının hasar vericiliklerinin değerlendirilmesinde şiddet ölçütleri değerlendirilerek kaydın yıkıcığı hakkında bilgi edinilebileceği bu alandaki çalışmalar sonucunda görülmektedir. Fakat PGA ve ivme-zaman serisinin türevini esas alan şiddet ölçütlerinin beklenildiği şekilde iki kayıt arasında PGA'nın büyük

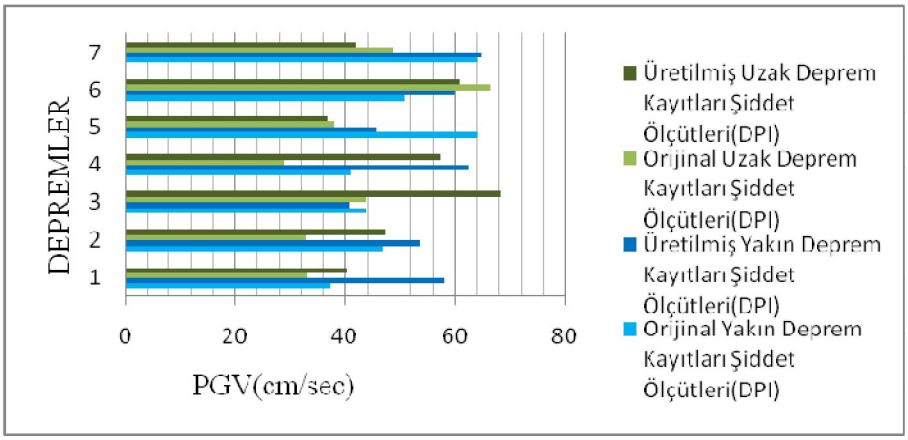
değerde olmasına rağmen ivme türevi şiddet ölçütlerinde bu fark beklenildiği şekilde gözlenememiştir.



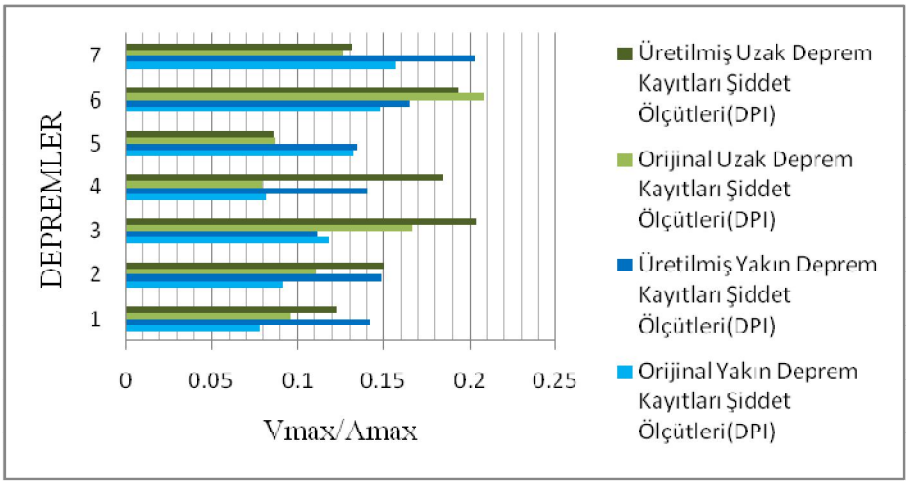
Şekil 2.28 : PGD şiddet ölçütünün karşılaştırılması.



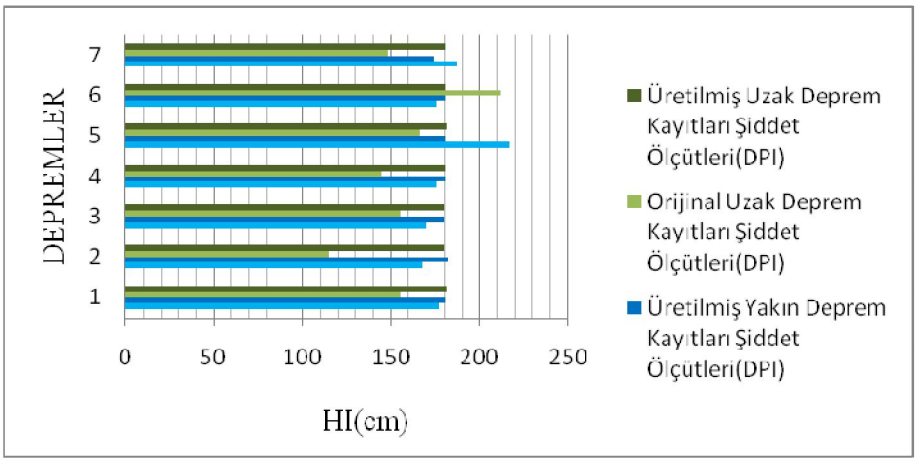
Şekil 2.29 : PGA şiddet ölçütünün karşılaştırılması.



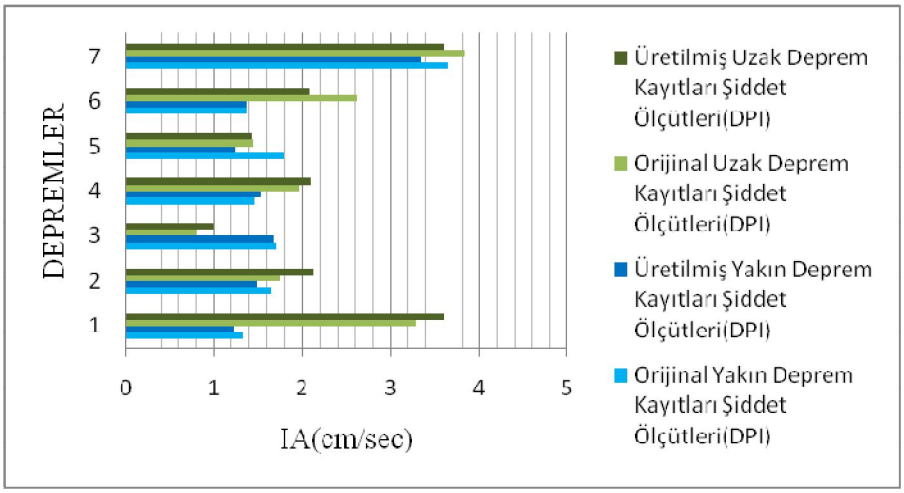
Şekil 2.30 : PGV şiddet ölçütünün karşılaştırılması.



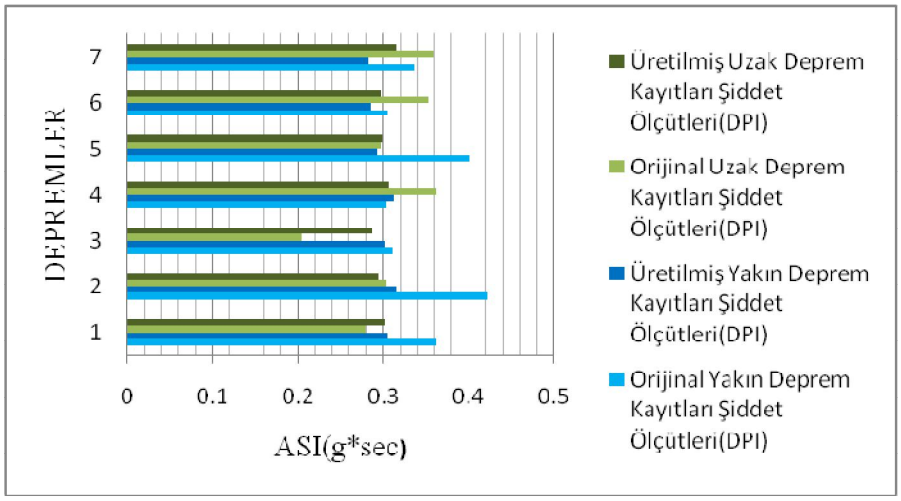
Şekil 2.31 : Vmax/Amax şiddet ölçütünün karşılaştırılması.



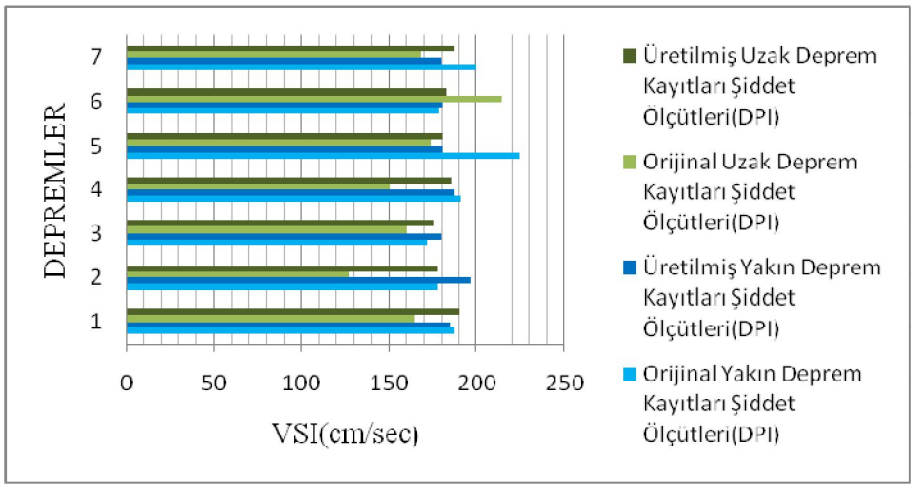
Şekil 2.32 : HI şiddet ölçütünün karşılaştırılması.



Şekil 2.33 : IA şiddet ölçütünün karşılaştırılması.



Şekil 2.34 : ASI şiddet ölçütünün karşılaştırılması.



Şekil 2.35 : VSI şiddet ölçütünün karşılaştırılması.

PGA'nın en büyük değerleri aldığı ivme kaydı için IA ve Ic gibi ivme türevli ölçütlerde en büyük değerlerin elde edilemediği görülmüştür.PGV'si büyük olan kayıtlarda PGA'sı büyük olan kayıtlara nazaran daha büyük enerji değerlerine ulaşıldığı görülmektedir.

Söz konusu deprem ölçütleri ayrıntılı bir şekilde Çizelge 2.5, Çizelge 2.6, Çizelge 2.7 ve Çizelge 2.8'de görülmektedir.

Şekil 2.28'den Şekil 2.35'e kadar ise sırasıyla PGD, PGV, PGA, Vmax/Amax, HI ve IA bazı şiddet ölçütlerinin karşılaştırmalı grafikleri verilmiştir. Diğer tanımlı şiddet ölçütlerinin karşılaştırılmalı grafikleri EK'D de verilmiştir.

Çizelge 2.5 : *Gerçek-Uzak deprem kayıtları* şiddet ölçütleri

Gerçek Uzak Deprem Kayıtları Şiddet Ölçütleri(DPI)	169H_DLT352	725_BPOE360	778_HDA165	1048_STC090	1082_RO3090	1504_TCU067N	1513_TCU079N
PGA (g)	0.35	0.30	0.27	0.37	0.44	0.33	0.39
PGV(cm/sec)	33.00	32.78	43.86	28.88	38.21	66.69	48.82
PGD (cm)	19.03	11.26	18.43	8.44	10.06	45.97	13.79
Vmax/Amax (sec)	0.10	0.11	0.17	0.08	0.09	0.21	0.13
ARMS (g)	0.05	0.07	0.04	0.07	0.06	0.04	0.05
VRMS (cm/sec)	8.12	8.52	7.79	8.76	8.46	9.89	5.41
DRMS (cm)	5.79	4.44	4.98	3.34	2.75	12.80	3.60
Ia (cm/sec)	3.29	1.75	0.80	1.97	1.44	2.62	3.84
Ic	0.10	0.09	0.04	0.09	0.07	0.09	0.11
SED (cm2/sec)	6583.37	1616.87	2405.63	2298.45	2167.11	8805.47	2630.50
CAV (cm/sec)	2878.24	1102.15	760.52	1258.29	983.40	1785.50	2392.43
ASI (g*sec)	0.28	0.30	0.20	0.36	0.30	0.35	0.36
VSI (cm)	163.86	126.83	160.00	150.29	173.67	213.97	168.49
HI (cm)	155.29	115.41	154.86	144.47	165.73	211.36	148.59
SMA (g)	0.24	0.27	0.19	0.28	0.24	0.32	0.31
SMV (cm/sec)	30.39	23.69	22.17	25.30	28.03	46.17	23.03
EDA (g)	0.32	0.30	0.27	0.33	0.45	0.32	0.37
A95 (g)	0.30	0.50	1.80	0.85	0.40	0.95	0.95
Tp (sec)	0.34	0.29	0.27	0.36	0.44	0.32	0.38
Sign. Duration (sec)	50.33	13.63	12.40	15.63	16.98	23.00	26.97
Fajfar	87.91	62.99	82.31	57.43	77.56	146.04	111.25

Çizelge 2.6 : *Üretilmiş-Uzak deprem kayıtları* şiddet ölçütleri

Üretilmiş Uzak Deprem Kayıtları Şiddet Ölçütleri(DPI)	169H_DLT352	725_BPOE360	778_HDA165	1048_STC090	1082_RO3090	1504_TCU067N	1513_TCU079N
PGA (g)	0.33	0.32	0.34	0.32	0.43	0.32	0.33
PGV(cm/sec)	40.35	47.25	68.37	57.48	36.78	60.90	42.14
PGD (cm)	20.61	18.32	24.86	23.72	14.11	47.30	17.60
Vmax/Amax (sec)	0.12	0.15	0.20	0.19	0.09	0.19	0.13
ARMS (g)	0.05	0.08	0.04	0.07	0.06	0.04	0.05
VRMS (cm/sec)	9.62	12.91	9.86	13.32	11.08	9.78	7.71
DRMS (cm)	6.39	6.50	5.62	7.67	5.57	12.99	4.67
Ia (cm/sec)	3.62	2.13	1.00	2.09	1.43	2.08	3.61
Ic	0.11	0.10	0.05	0.10	0.07	0.07	0.11
SED (cm2/sec)	9253.21	3716.85	3856.27	5315.48	3713.50	8600.61	5343.98
CAV (cm/sec)	3047.16	1209.09	814.80	1325.41	1061.62	1718.80	2400.85
ASI (g*sec)	0.30	0.29	0.29	0.31	0.30	0.30	0.31
VSI (cm)	190.57	177.95	175.79	185.55	180.75	182.57	187.09
HI (cm)	181.60	179.62	179.59	180.77	181.68	180.38	181.08
SMA (g)	0.28	0.28	0.21	0.27	0.22	0.26	0.30
SMV (cm/sec)	33.66	34.28	28.68	38.84	34.18	44.32	36.01
EDA (g)	0.29	0.33	0.34	0.31	0.43	0.33	0.31
A95 (g)	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00
Tp (sec)	0.32	0.31	0.34	0.31	0.43	0.31	0.31
Sign. Duration (sec)	54.04	12.73	10.14	16.23	18.19	23.96	27.22
Fajfar	109.41	89.25	122.00	115.37	75.97	134.74	96.26

Çizelge 2.7 : *Gerçek-Yakın deprem kayıtları* şiddet ölçütleri

Gerçek Yakın Deprem Kayıtları Şiddet Ölçütleri(DPI)	179H_E04140	180H_E05140	723B_PTS315	802STGO00	821ERZ-EW	1013LDM334	1511TCU076N
PGA (g)	0.49	0.52	0.38	0.51	0.50	0.35	0.42
PGV(cm/sec)	37.39	46.87	43.88	41.15	64.28	50.81	64.20
PGD (cm)	20.09	35.40	15.29	16.25	21.93	15.09	35.39
Vmax/Amax (sec)	0.08	0.09	0.12	0.08	0.13	0.15	0.16
ARMS (g)	0.05	0.05	0.07	0.05	0.07	0.06	0.05
VRMS (cm/sec)	7.96	11.48	11.21	7.15	14.54	10.44	8.64
DRMS (cm)	6.55	10.31	5.54	3.24	7.33	4.39	7.18
Ia (cm/sec)	1.33	1.65	1.70	1.45	1.79	1.38	3.65
Ic	0.06	0.07	0.09	0.07	0.09	0.07	0.11
SED (cm2/sec)	2467.81	5180.08	2800.16	2044.65	4389.44	2897.66	6725.05
CAV (cm/sec)	828.09	951.48	1010.26	911.25	867.47	809.34	2361.44
ASI (g*sec)	0.36	0.42	0.31	0.30	0.40	0.30	0.34
VSI (cm)	187.63	178.16	171.90	191.26	224.56	178.44	199.88
HI (cm)	176.86	167.58	169.50	175.71	216.97	175.54	187.22
SMA (g)	0.27	0.30	0.30	0.31	0.33	0.27	0.29
SMV (cm/sec)	34.39	41.46	30.54	28.48	46.03	35.80	38.23
EDA (g)	0.50	0.52	0.34	0.48	0.48	0.33	0.37
A95 (g)	0.55	0.85	1.05	0.40	0.75	0.85	0.75
Tp (sec)	0.48	0.52	0.37	0.51	0.49	0.34	0.41
Sign. Duration (sec)	6.69	8.25	11.07	9.36	7.35	6.50	28.13
Fajfar	60.13	79.44	80.04	71.98	105.82	81.13	147.83

Çizelge 2.8 : *Üretilmiş-Yakın deprem kayıtları* şiddet ölçütleri

Üretilmiş Yakın Deprem Kayıtları Şiddet Ölçütleri(DPI)	179H_E04140	180H_E05140	723B_PTS315	802STGO00	821ERZ-EW	1013LDM334	1511TCU076N
PGA (g)	0.42	0.37	0.37	0.45	0.35	0.37	0.32
PGV(cm/sec)	58.19	53.69	40.91	62.38	45.85	60.09	64.78
PGD (cm)	35.61	29.34	20.73	30.69	26.14	24.16	34.47
Vmax/Amax (sec)	0.14	0.15	0.11	0.14	0.14	0.17	0.20
ARMS (g)	0.05	0.05	0.07	0.05	0.06	0.06	0.05
VRMS (cm/sec)	11.47	11.52	12.80	10.05	14.65	11.39	9.05
DRMS (cm)	9.71	9.18	7.29	6.80	8.87	6.35	7.37
Ia (cm/sec)	1.23	1.48	1.68	1.52	1.24	1.37	3.34
Ic	0.06	0.07	0.09	0.07	0.07	0.07	0.10
SED (cm2/sec)	5126.87	5216.89	3656.11	4037.30	4459.69	3447.21	7375.08
CAV (cm/sec)	826.83	950.45	1014.08	925.78	765.28	802.27	2372.29
ASI (g*sec)	0.30	0.32	0.30	0.31	0.29	0.29	0.28
VSI (cm)	184.83	196.17	179.88	186.99	180.64	180.45	179.75
HI (cm)	180.54	182.11	179.61	181.10	180.53	180.30	174.46
SMA (g)	0.27	0.25	0.26	0.31	0.27	0.24	0.26
SMV (cm/sec)	46.05	36.27	33.01	48.94	41.88	42.64	37.18
EDA (g)	0.42	0.36	0.37	0.41	0.32	0.35	0.29
A95 (g)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tp (sec)	0.41	0.36	0.37	0.45	0.34	0.37	0.31
Sign. Duration (sec)	7.37	8.94	11.68	9.39	10.19	6.54	29.10
Fajfar	95.88	92.83	75.64	109.20	81.93	96.09	150.45

3. PREFABRİK KONSOL KOLONLARIN PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN ANALİTİK ÇALIŞMA

3.1 Statik İtme Analizleri

Toplam 13 adet prefabrik konsol kolonun deneyde kullanılan yerdeğiştirme fonksiyonları etkisinde *Doğrusal Olmayan Statik Analizleri* yapılmıştır. Tüm numuneler İTÜ İnşaat Fakültesi Yapı ve Deprem Mühendisliği Laboratuvarı'nda sabit eksenel kuvvet ve yatay depremi çağrıştıran tersinir yatay yerdeğiştirme çevrimleri etkisinde incelenmiştir. İncelenen tüm numuneler analitik ortamda modellenerek deneysel sonuçlarla doğrulanmak üzere söz konusu itme-çekme protokolleri *ile Doğrusal Olmayan Statik Analizleri* yapılmıştır.

3.1.1 Deneysel kolon numune modelleri

13 adet kolon numunesi İTÜ İnşaat Fakültesi Yapı ve Deprem Mühendisliği Laboratuvarı'nda eksenel kuvvet ve yön değiştiren tekrarlı yanal yerdeğiştirme çevrimleri etkisinde denenmiştir. Prefabrike kolon numuneler, tasarım normal kuvveti $N_d=0.05A_cf_{ck}$ seçilerek, eşdeğer deprem yükü yöntemine göre boyutlandırılmıştır, [9].

Numunelerin üretiminde parametre olarak;

- kolon kesit boyutları
- boyuna donatı oranı
- kolon-çanak temel birleşim detayı
- uygulanan yanal yerdeğiştirme çevrimleri

ele alınmıştır.

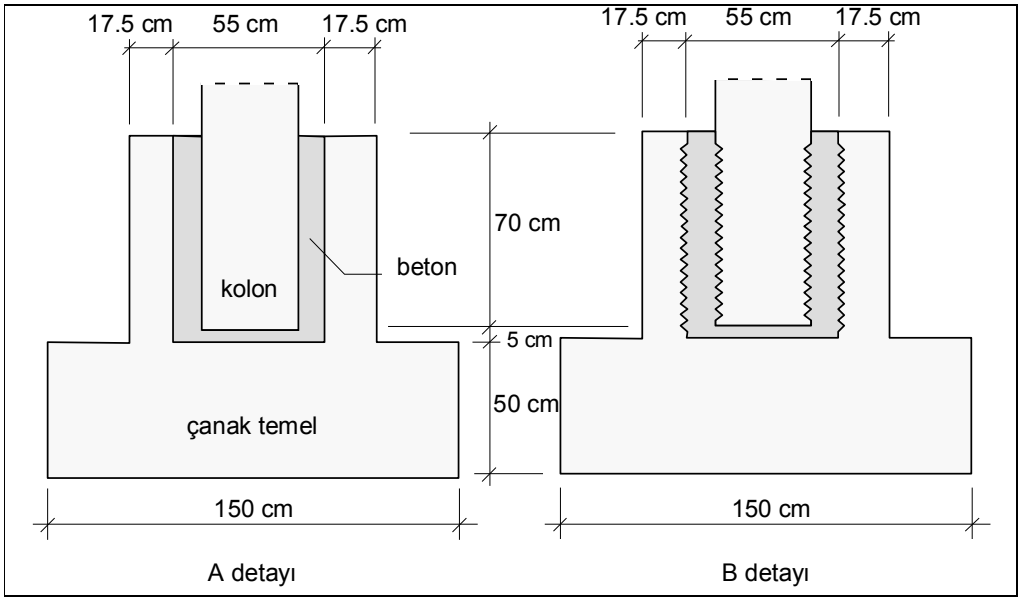
Kolon kesit boyutları olarak;

- 30x30 cm
- 35x35 cm

- 40x40 cm

değerleri kullanılmıştır; 30x30 cm kesitli kolondan 5 adet, 35x35 cm kesitli kolondan 4 adet ve 40x40 cm kesitli kolondan da 4 adet üretilmiştir, [9].

Numunelerin 10 tanesinde, kolon-çanak temel birleşiminde mevcut prefabrike yapılar için uygulamada sıklıkla kullanılan düz birleşim detayı (A detayı) esas alınmıştır. Diğer üç numune için B detayında gösterildiği gibi yan yüzeyleri dişli kolon iç yüzeyi dişli çanak temel içerisine dikilerek Şekil 3.1'deki gösterildiği şekilde birleşim sağlanmıştır, [9].



Şekil 3.1 : Çanak temel-kolon birleşim detayları[9].

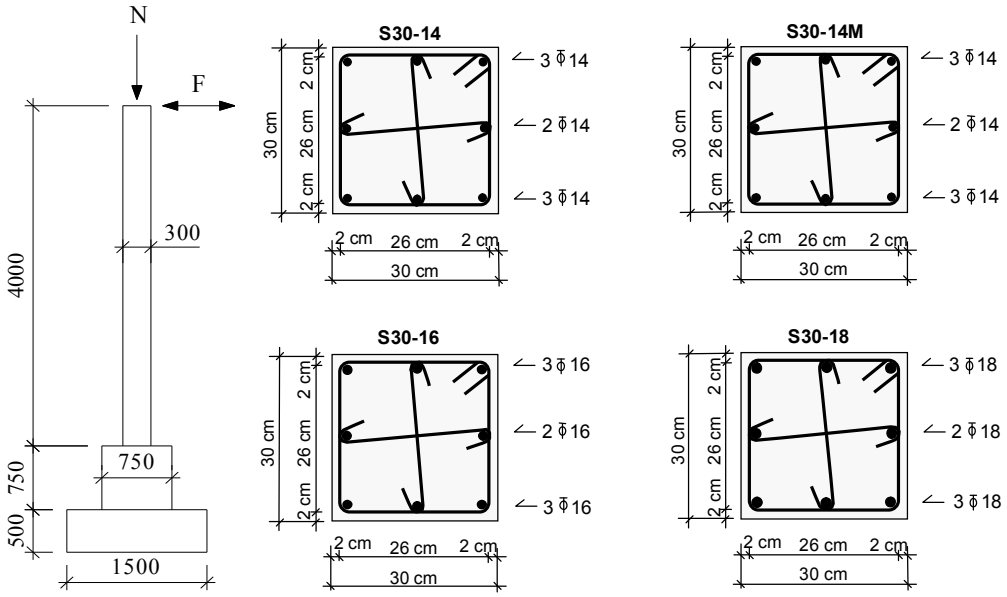
Bu üç numunenin üretimindeki amaç dişli birleşimin davranış üzerindeki etkilerini görmektir. Birinci aşama deneyler için aşağıda verilen numuneler üretilmiştir. Numune isimleri ilk rakam kesit boyutunu, ikinci rakam kullanılan boyuna donatı çapını gösterecek şekilde seçilmiştir.Çizelge 3.1'de kullanılan 'Z' harfi dişli birleşimi, 'M' harfi ise monotonik yükleme halini göstermektedir, [9].

Kolonların çanak üstünden itibaren serbest yükseklikleri 4 m'dir. Gerek çanak temel gerekse kolonların üretimi için C45 beton, S420 beton çeliği seçilmiştir. Kolonların sarılma bölgesinde Φ8/10 cm, uç bölgede Φ8/15~20 cm etriye ve çiroz kullanılmıştır. Her bir kolon için %5 eksenel kuvvet (N) uygulanmaktadır.

Şekil 3.2'de görüldüğü gibi statik analizlerde yerdeğiştirme cinsinden ve dinamik analizler de ivme-zaman cinsinden yatay yük protokolleri (F) uygulanmıştır, [9].

Çizelge 3.1 : Orijinal prefabrik kolon deneylerinde kullanılan numuneler[9].

Numune	Kolon kesit boyutları	Boyuna donatı	Boyuna donatı oranı	Birleşim detayı, (Bkz. Şekil 3.1)
S30_14	30x30 cm	8 Ø14	0.014	A
S30_14M	30x30 cm	8 Ø14	0.014	A
S30_16	30x30 cm	8 Ø16	0.018	A
S30_18	30x30 cm	8 Ø18	0.023	A
S30_18Z	30x30 cm	8 Ø18	0.023	B
S35_1416	35x35 cm	4 Ø14+4 Ø 16	0.012	A
S35_18	35x35 cm	8 Ø18	0.017	A
S35_20	35x35 cm	8 Ø20	0.021	A
S35_20Z	35x35 cm	8 Ø20	0.021	B
S40_16	40x40 cm	8 Ø16	0.01	A
S40_20	40x40 cm	8 Ø20	0.016	A
S40_2020	40x40 cm	12 Ø20	0.024	A
S40_2020Z	40x40 cm	12 Ø 20	0.024	B



Şekil 3.2 : Deneysel kolon numunesi ve kesitleriörnekleri[*].

3.1.2 Deneysel numune malzeme modelleri

Orijinal prefabrik kolonların üreticinin fabrikasında üretimi esnasında alınan 15x30 cm boyutlu silindir numuneler, başlık yapıldıktan sonra İTÜ İnşaat Fakültesi Yapı Malzemesi Laboratuvarı'ndaki presler kullanılarak eksenel basınç deneyine tabi tutulmuştur, [9]. Yapılan beton deneyleri sonucunda oluşan basınç dayanımları Çizelge 3.2'te verilmektedir.Enine ve boyuna donatıların akma dayanımları ve ortalama dayanım değerleri Çizelge 3.3'de, donatıların çekme dayanımları ve ortalama değerler Çizelge 3.4'de verildiği gibidir.

Çizelge 3.2 : Beton silindir basınç dayanımları[9].

Kolon numune	Silindir 1 fc1 [MPa]	Silindir 2 fc2 [MPa]	Silindir 3 fc3 [MPa]	Ortalama fcm [MPa]
S30_14, S40_16 S40_20, S40_2020 S40_2020Z	43.5	46.1	48.2	45.9
S30_14M	43.2	40.3	39.3	40.9
S30_16	42.1	47.7	42.7	44.2
S30_18, S35_1416	51.6	40.1	45.6	45.8
S35_18, S35_20 S35_20Z S30_18Z	41.4	48.3	42.2	44

Çizelge 3.3 : Donatı akma dayanımları[9].

Donatı	Çubuk 1 fy1 [MPa]	Çubuk 2 fy2 [MPa]	Çubuk 3 fy3 [MPa]	Çubuk 4 fy4 [MPa]	Ortalama Fym [MPa]
Ø8	482.8	455.4	491.8	475.4	476.3
Ø14	455	502.8	-	-	478.9
Ø16	505.8	495.7	501.9	506.1	502.4
Ø18	444.7	425.1	452.3	487.5	452.4
Ø20	539.7	539.9	541.1	540.7	540.4

Çizelge 3.4 : Donatı çekme dayanımları[9].

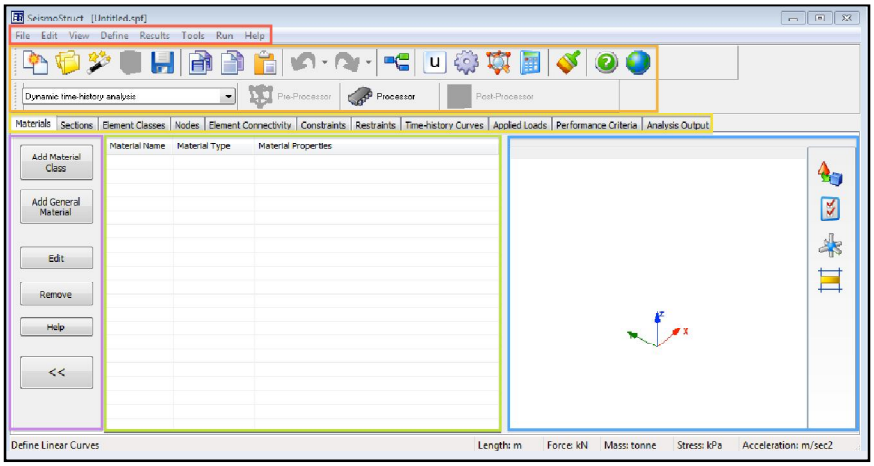
Donatı	Çubuk 1 fsu1 [MPa]	Çubuk 2 fsu2 [MPa]	Çubuk 3 fsu3 [MPa]	Çubuk 4 fsu4 [MPa]	Ortalama fsum [MPa]
Ø8	603.5	600.3	602.2	599.4	601.3
Ø14	575	620.3	-	-	597.7
Ø16	619.8	609.8	616.1	615.3	615.3
Ø18	555.9	533.3	557.6	647.4	573.5
Ø20	660	654.3	655.6	664.3	658.5

3.1.3 SeismoStruct V6 ile Kolon ModellerininOluşturulması

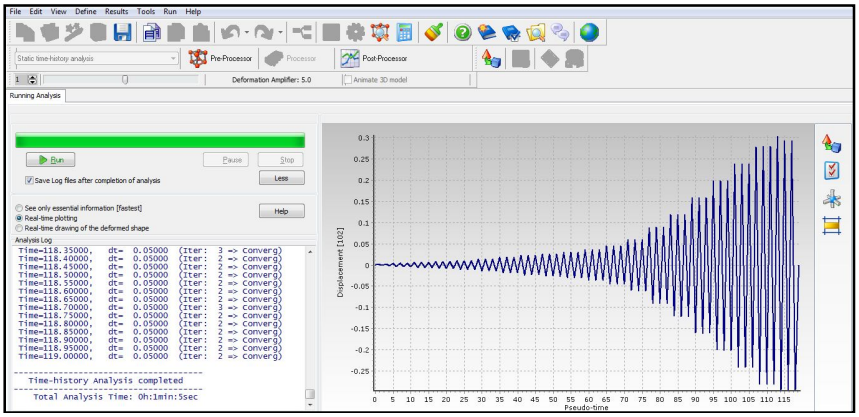
SeismoStruct programı yapısal analizler için kullanılan bir paket programdır.Hem malzemenin doğrusal olmayan özelliklerini hemde doğrusal olmayangeometric davranışı hesaba katılarak statik ve dinamik yüklemeler altında uzay çubukların, büyük yerdeğiştirme davranışlarını dikkate alatrak çözüm yapabilmektedir.

Bu bölümde kolonların eleman özellikleri, mesnet koşulları, kesit özellikleri detaylı bir şekilde adım adım tanımlanmıştır.

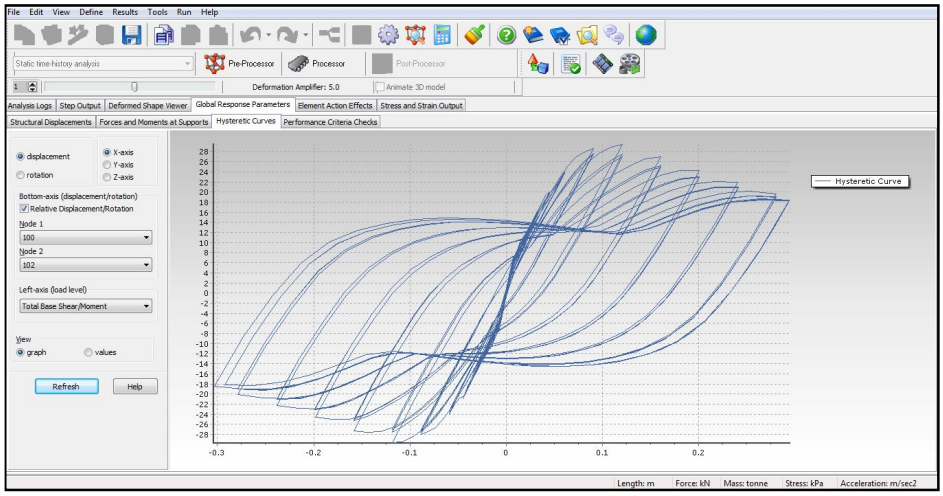
Yapısal modelin giriş arayüzü bilgileri*"Pre-Processor"* bölümünde Şekil 3.3'de verilmektedir. Yapısal modele ait malzeme ve geometrik veri girişi bu bölümden yapılmaktadır. *"Processor"* bölümünde Şekil 3.4'de modelin çözümü yapılmaktadır. *"post-processor"* bölümünde analiz sonuçları kesit tesirleri, kapasite ve davranış bilgileri elde edilmektedir.



Şekil 3.3 : Sonlu eleman programının analiz ve veri girişi için pre-processor arayüzü[16].



Şekil 3.4 : Processor modülünde zaman serisi[16].



Şekil 3.5 : Post-Processor modülü analiz sonucu dataları[16].

3.1.3.1 Malzeme modelinin tanımlanması

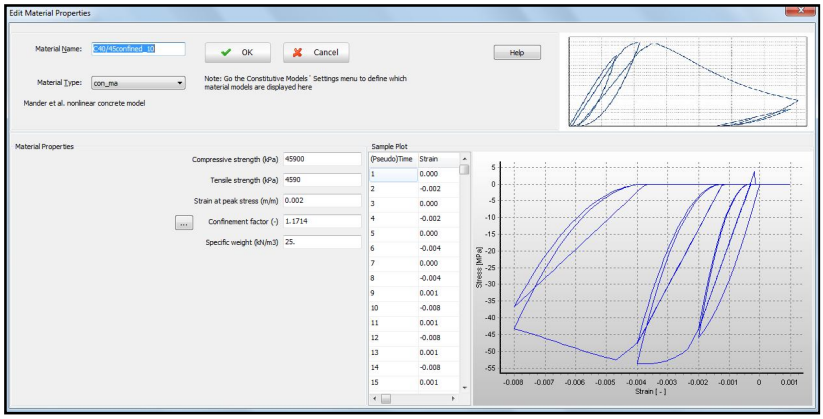
Sismostruct programı içerisinde malzeme modelleri ile ilgili olarak hem beton hemde çelik için 13 adet malzeme tipi mevcuttur.

Deney numuneleri için analitik modelin oluşturulmasında beton model için "*Mander beton modeli*" kullanılmıştır. Çelik model için ise malzeme modelleri çeşitlendirilmiş "*Menegotta-Pinto*" ve "*Monti-Nutti*" çelik modelleri kullanılmıştır. *"Monti-Nutti çelik"* modellinde burkulma etkilerinin davranışa katılması sağlanmak istenmiştir. Fakat yapılan analizler sonucunda laboratuvarda elde edilmiş deney ölçümlerinde elde edilen histerik davranış ile en iyi uyum "*Menegotta-Pinto"* çelik modelinde elde edilmiştir.

Kesit modellerinde beton için Mander sargılı ve sargısız beton modeli, çelik için Menegotta-Pinto çelik davranış modeli kullanılmıştır.

3.1.3.2 Sargılı beton malzemenin tanımlanması

Sargı etkisi bilindiği üzere beton davranışı için oldukça önemli bir etkendir. Çekirdek betonunun davranışı için etriye sargı aralığı ve etriye biçimi oldukça etkili parametrelerdir. Bu davranış modelini yansıtacak en iyi beton modellerinden biri mander beton modelidir. *SeismoStruct* programı içerisinde tanımlı beton malzeme modeli "Mander nonlinear concrete model-con_ma" şeklinde Şekil 3.6'da gösterildiği gibi seçilmiştir, [16]:



Şekil 3.6 : Beton malzeme modelinin SeismoStruct'ta tanımlanması[16].

Şekil 3.7'de görüldüğü şekilde malzemenin mekanik özelliklerinin tamamı ile tanımlanması için 5 başlıkta kalibrasyon parametrelerinin girilmesi gerekmektedir.

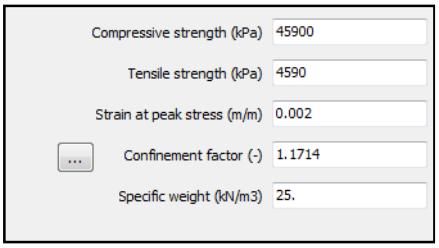
Material Properties	Typical values	Default values
Compressive strength – f_c	15000 - 45000 (kPa)	30000 (kPa)
Tensile strength – f_t	-	0 (kPa)
Strain at peak stress – ε_c	0.002 - 0.0022 (m/m)	0.002 (m/m)
Confinement factor – k_c	1.0 - 1.3 (-) for r.c. el. 1.5 - 4.0 (-) for steel-concrete composite el.	1.2 (-)
Specific weight – γ	24 (kN/m³)	24 (kN/m³)

Şekil 3.7 : Mander beton malzeme modelleri[16].

f_c betonun mevcut basınç dayanımı, f_t betonun çekme dayanımı,ε_c betonun en büyük dayanımdaki şekil değiştirme paretresi,k_c betona sargı etkisinin tanımlandığı katsayı,γ beton karakteristik birim hacim ağırlığı olarak tanımlanmaktadır.

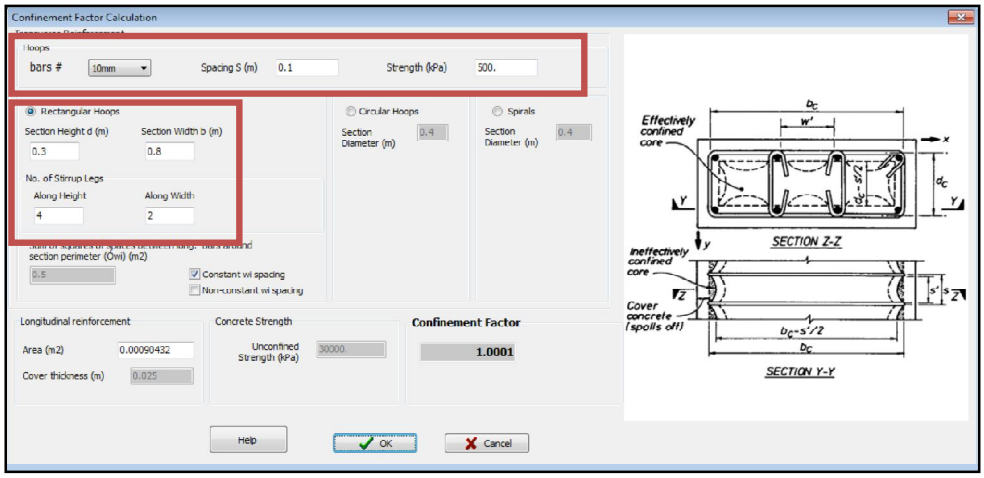
Sargı etkisinin beton davranışına katılması "k_c" parametresinin hesaplanması ile hesaba katılmaktadır. Bu parametrenin hesaplanması ise program içerisindeki beton malzeme modelinin tanımlandığı bir arayüzden yapılmaktadır.

(…) seçilerek Şekil 3.8'de gösterildiği gibi bu arayüzden tanımlanabilir.



Şekil 3.8 : "Confinement factor" katsayısının tanımlanması[16].

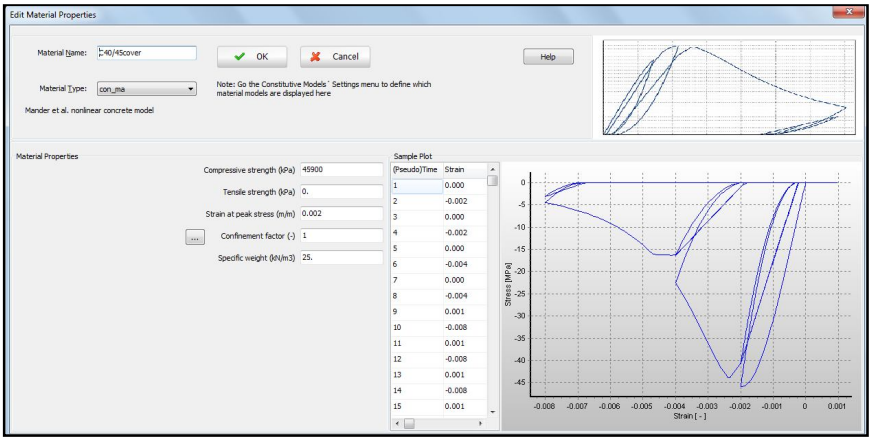
Açılan arayüzden iki bölüm için data bilgisi verilmelidir. Birinci kısım mekanik özelliklerin verildiği en üstte bulunan "Hoop" kısmıdır. Etriye ile ilgili akma dayanımı etriyenin aralığı ve çapı ile ilgili bilgiler bu şekilde tanımlanır. İkinci kısım etriye sarmalının geometrisinin tanımlandığı kısımdır. Kesitte her iki yönde ayrı ayrı bulunan etriye kolu sayısı (varsa çiroz bilgiside burada verilmiş olur) ve kesit yükseklikleri Şekil 3.9'daki şekilde tanımlanır. Arayüz sonuç olarak bu data girişine bağlı bir *"confinement factor"* katsayısı hesaplar. Bu şekilde k_c katsayısı tanımlanmış olur.



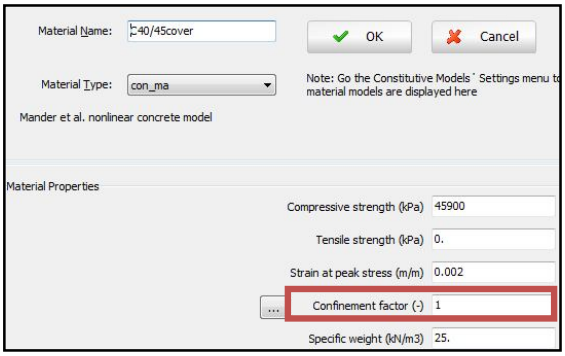
Şekil 3.9 : Sargılama katsayısı k_c parametresinin hesaplanması[16].

3.1.3.3 Sargısız beton malzemenin tanımlanması

Sargısız betonun davranışının analitik olarak idealleştirilmesi için Şekil 3.10'da gösterildiği gibi sargılı modelden farklı olarak sargı etkisini ifade eden $k_c$katsayısıŞekil 3.11'de gösterildiği gibi"1" olarak verilmesi ile tanımlanır.



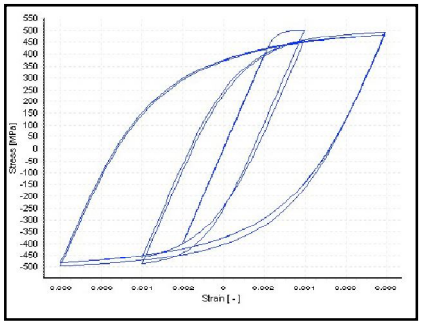
Şekil 3.10 : Kabuk beton modelinin tanımlanması[16].



Şekil 3.11 : Sargısız beton modelinin tanımlanması[16].

3.1.3.4 Çelik malzemenin tanımlanması

Kolon modelleri için çelik davranış modeli Şekil 3.12'de gösterildiği gibi *Menegotto-Pinto modeli* kullanılmıştır. Bu tek eksenli çelik modelinin kullanılabilmesi için betonerme yapılar, özellikle kompleks yükleme çevrimlerine mağruz kalabilecek sistemler için sargılı model tanımının yapılmış olması gereklidir. Bu çelik malzeme modeli nervürlü çelik kullanılan betonarme elemanlar ile aynı zamanda mevcut yapılardaki nervürsüz donatı çeliğinin idealleştirilmesinde kullanılabilir, [16].



Şekil 3.12 : Menegotto-Pinto çelik modeli[16].

Malzemenin mekanik özelliklerinin tanımlanabilmesi için Şekil3.13'de görüldüğü üzere belirtilen parametrelerin tanımlanması gerekmektedir.

Material Properties	Typical values	Default values
Modulus of elasticity – E_s	2.00E+08 - 2.10E+08 (kPa)	2.00E+08 (kPa)
Yield strength – f_y	230000 - 650000 (kPa)	500000 (kPa)
Strain hardening parameter – μ	0.005 - 0.015 (-)	0.005 (-)
Transition curve initial shape parameter – R_0	20 (-)	20 (-)
Transition curve shape calibrating coefficient – A1	18.5 (-)	18.5 (-)
Transition curve shape calibrating coefficient – A2	0.05 - 0.15 (-)	0.15 (-)
Isotropic hardening calibrating coefficient – A3	0.01 – 0.025 (-)	0 (-)
Isotropic hardening calibrating coefficient – A4	2 - 7 (-)	1 (-)
Fracture/buckling strain		0.1 (-)
Specific weight – γ	78 (kN/m³)	78 (kN/m³)

Şekil 3.13 : Menegotto-Pinto çelik modeli mekanik özelliklerinin tanımlanması[16].

Es çeliğin elastisite modülü, *fy* çeliğin akma dayanımı, μ süneklik davranış parametresi başlangıçtaki elastisite modülü (Es) ve akma sonrası meydana gelen elastisite modülü (Esp) arasındaki oran olarak tanımlanır. Akma sonrası meydana gelen elastisite modülü Denklem (3.1)'deki şekilde tanımlanır:

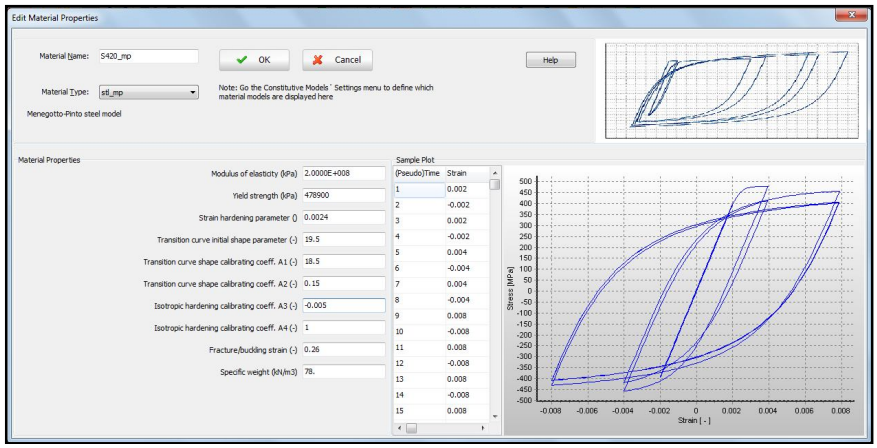
$$Esp=(fult-fy)/(\varepsilon ult-fy/Es) \quad \textbf{(3.1)}$$

f_{ult}ve f_y malzemenin en büyük şekildeğiştirme kapasitesinde meydana gelen sırası ile kopma ve akma için en büyük dayanımlardır. Burada her numune için ölçülen Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4'de belirtildiği şekildedir. Akma sonrası bulunan elastisite modülü, başlangıçtaki elastisite değerine oranlanarak μ parametresi tanımlanır.

Ro başlangıç ve akma sonrası rijitliği arasındaki dönüşüm eğrisinin şeklini kontrol eden bir parametredir. Bu parametre Baushinger etkilerinin ve histeritik lopların "*pincing*" bölgesinde davranışının belirlenmesinde etkilidir.

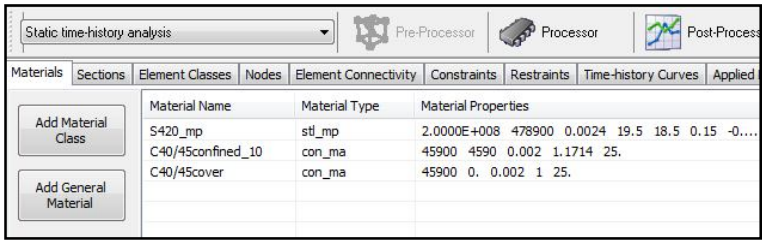
*a1*ve *a2* parametreleri *Ro* parametresinin tanımlanmasında, kalibre edilmesinde kullanılan katsayılardır. *a1* katsayısı sabit 18.5, *a2* parametresi ise 0.05 ve 0.15 arasında değişmektedir. Bu katsayılara çok fazla müdahale edilmemiş programın default değerleri kullanılmıştır.

"*Fracture and buckling strain*"burkulmada yada kopmada meydana gelen yerdeğiştirmelerdir. "*Specific weight*" çelik malzemenin birim hacim ağırlığıdır. Şekil 3.14'de gösterildiği gibi malzeme parametreleri tanımlanmıştır.



Şekil 3.14 : Çelik modeli mekanik özelliklerinin tanımlanması[16].

Şekil 3.15'de gösterildiği gibi sargılı ve sargısız beton modeli, çelik davranış modeli tanımlanmıştır.



Şekil 3.15 : Sismostruct malzeme modelleri tanımlanmış[16].

Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6'da gösterildiği gibi 13 adet kolon için tanımlı beton ve çelik malzeme mekanik özellikleri, ikinci mertebe etkilerin tanımlanmasında söz konusu eksenel kuvvet ve kütle bilgileri görüldüğü gibidir.

Çizelge 3.5 : Kolon malzeme mekanik özellikleri.

NUMUNE	KESİT BOYUTLARI	BOYUNA DONATI	fck (MPa)	fy(MPa)	fwy(MPa)
S30_14	30x30cm	8Ø14	45.9	478.9	476.3
S30_14M	30x30cm	8Ø14	40.9	478.9	476.3
S30_16	30x30cm	8Ø16	47.7	506.1	476.3
S30_18	30x30cm	8Ø18	45.8	452	476.3
S30_18Z	30x30cm	8Ø18	41.4	452	476.3
S35_1416	35x35cm	4Ø14+4Ø16	45.8	502.4	476.3
S35_18	35x35cm	8Ø18	45.8	452.4	476.3
S35_20	35x35cm	8Ø20	45.8	540.4	476.3
S35_20Z	35x35cm	8Ø20	45.8	540.4	476.3
S40_16	40x40cm	8Ø16	48.2	506.1	476.3
S40_20	40x40cm	8Ø20	45.9	540.4	476.3
S40_2020	40x40cm	12Ø20	45.9	540.4	476.3
S40_2020Z	40x40cm	12Ø20	45.9	540.4	476.3

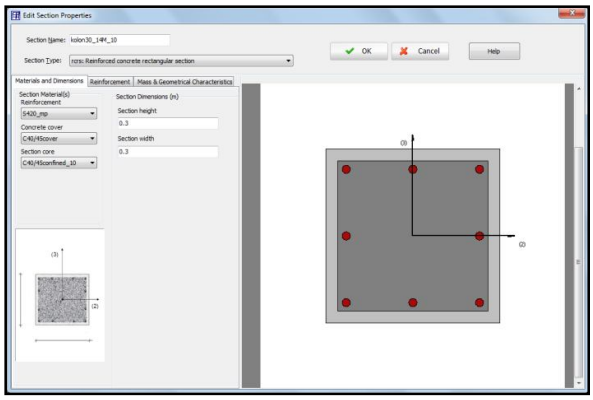
Çizelge 3.6 : Kolon eksenel kuvvetleri ve yığışımlı kütle bilgisi

NUMUNE	KESİT BOYUTLARI	YÜK(kN)	h(m)	h/2*A*γb(kN)	N+W/2(kN)	N+W/2(tn)
S30_14	30x30cm	130	0.3	4.5	134.5	13.45
S30_14M	30x30cm	130	0.3	4.5	134.5	13.45
S30_16	30x30cm	180	0.3	4.5	184.5	18.45
S30_18	30x30cm	210	0.3	4.5	214.5	21.45
S30_18Z	30x30cm	180	0.3	4.5	184.5	18.45
S35_1416	35x35cm	280	0.35	12.25	292.25	29.225
S35_18	35x35cm	280	0.35	12.25	292.25	29.225
S35_20	35x35cm	280	0.35	12.25	292.25	29.225
S35_20Z	35x35cm	280	0.35	12.25	292.25	29.225
S40_16	40x40cm	365	0.4	8	373	37.3
S40_20	40x40cm	365	0.4	8	373	37.3
S40_2020	40x40cm	365	0.4	8	373	37.3
S40_2020Z	40x40cm	365	0.4	8	373	37.3

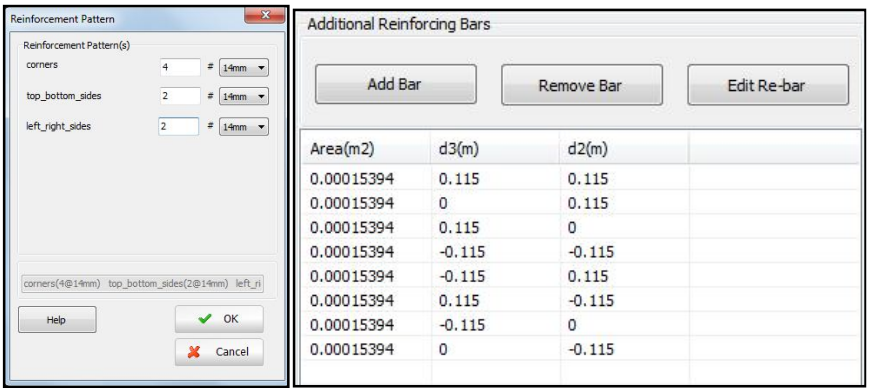
3.1.3.5 Geometrik modelin tanımlanması:

Tanımlanan malzeme özelliklerinden sonra bu kısımda kolonun tüm yapısal özellikleri,matematiksel model, yapıya etkiyen yükler ve kütleler, kolon boyutu verileri tanımlanmıştır.

"Section" modülünde kolon kesitine ait özellikleri Şekil 3.16'da gösterilen arayüzden tanımlanabilir. Mevcut kolonlar kare kesitli betonarme kesitlerdir; dolayısıyla kesit tipi (section type) *"Reinforced Concrete Rectangular Section"* olarak seçilir.Kesite malzeme özelliklerinin verilmesi(Sargılı kısım, sargısız kısım, donatı davranış modelleri),kolon kesit yükseklikleri, kesit donatı bilgileri ve yerleşimi Şekil 3.17'de gösterildiği şekilde tanımlanır.



Şekil 3.16 : Kesit özelliklerinin verilmesi[16].

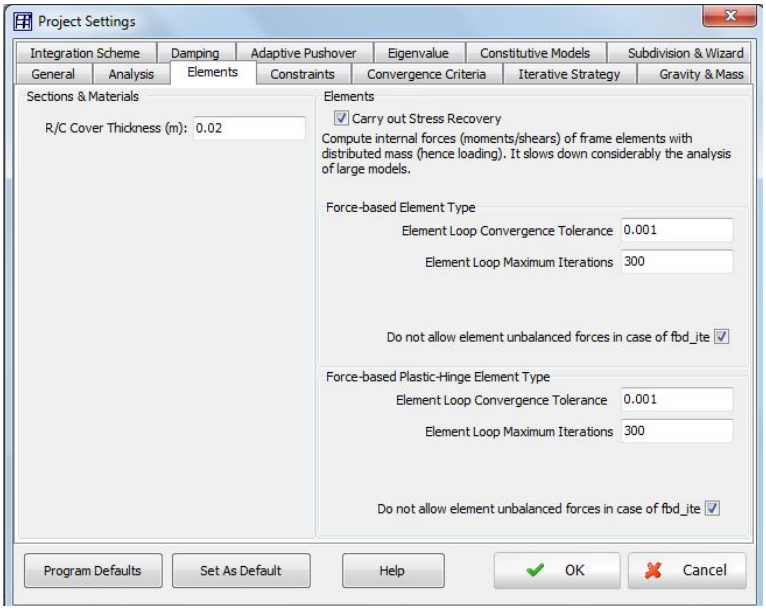


Şekil 3.17 : Donatı çubuğunun seçilmesi (a)(b)[16].

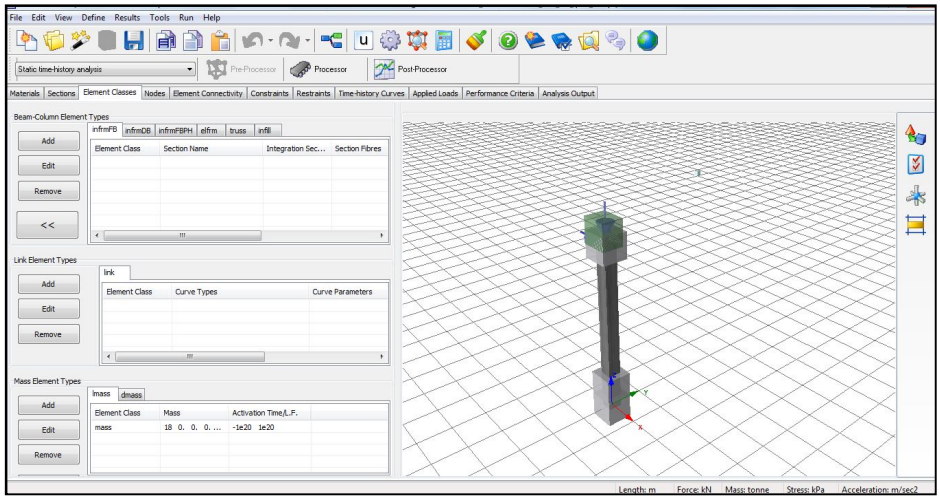
Kesit için paspayı bilgisi Program Settings >Element kısmında Şekil 3.18'de gösterildiği gibi tanımlanabilir.

SeismoStruct programı içerisinde yapısal elemanların özellikleri Şekil3.19'de görüldüğü üzere *"Element Classes"* modülündenyapılmaktadır.

Yapısal eleman tiplerikiriş-kolon eleman(Beam-Column Element Type), Link eleman(Link Element Type), Kütle ve sönüm eleman(Mass&Damping Element Type) olarak belirtilmektedir.



Şekil 3.18 : Paspayı bilgisinin girilmesi[16].



Şekil 3.19 : *"Element classes"*modülü[16].

Kolon-kiriş elemanlar için tanımlı eleman tipleri [13];

- Doğrusal olmayan çubuk eleman; *infrmDB,infrmFB*
- Doğrusal olmayan plastic mafsal tanımlı çubuk eleman; *infrmFBPH*
- Doğrusal çubuk eleman; *elfrm*
- Doğrusal olmayan panel eleman; *infill*
- Doğrusal olmayan kafes eleman-*truss*

Link elemanlar için tanımlı elaman tipleri;

- Link eleman-*link*

Kütle ve sönümleyici elemanlar için eleman tipleri;

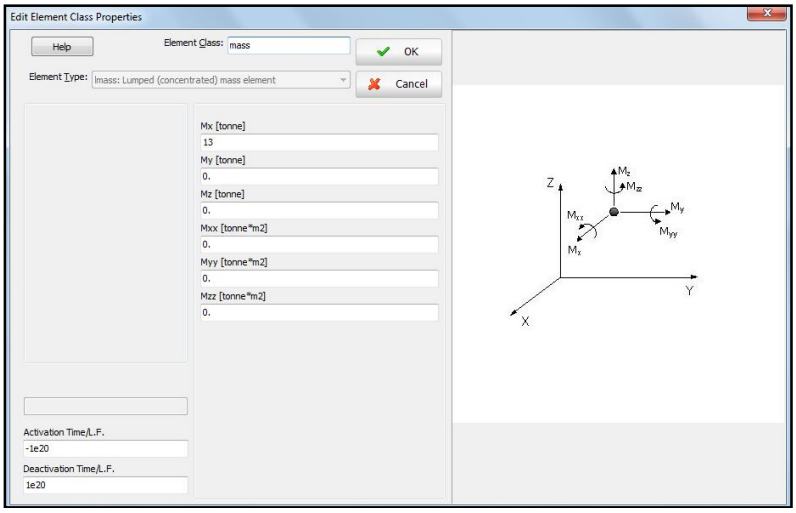
- Kütle elemanı; *lmass&dmass*
- Sönüm elemanı, *dashpt*

Analitik modelin oluşturulmasında *"element classes"* modulün de temel olarak bir kolon (frame) eleman ve kütle (mass) eleman tanımlanması gerekmektedir.

Söz konusu kolon numuneleri 4.75 m yüksekliktedir. Kolonun temele soketlendiği (ankastre çalışan) kısımdan sonrası serbest olarak çalışan konsol bölge ise 4m yüksekliktedir. Kolonlar için soketlendiği kısımdan yaklaşık 1.60~1.70 m bir kısımda sargılama yapılmıştır.Kolonlarda alt kısımlarda Ø8/10cm, üst kısımda Ø8/20cm~Ø8/15cm etriye sargısı yapılmıştır. [9]

Her kolon için çatıdan gelen yükler yığılı kütle olarak kolonun üst kısmında yoğunlaştırılmış kütle olarak idealize edilmiş ve ikinci mertebe etkiler göz önünde bulundurulduğu için sisteme kolon kapasitesinin %5'ı kadarlık bir "N" eksenel yük düzeyi uygulanmıştır.

Aynı modül başlığı altında kolon için gerekli kütle bilgisinin tanımlanması, Element Classes > Mass Element Type > lmass (sekmesi) > Add şablonundan "Element type" kısmında Şekil 3.20'de görüldüğü gibi *"Lumped(concentrated)"* kütle elemanı olarak tanımlanmaktadır. Sistem tek bir doğrultuda hareket edeceği ve kolon kesitleri kare kesitli olduğu için kütle sadece x-x doğrultusunda tanımlanmıştır.



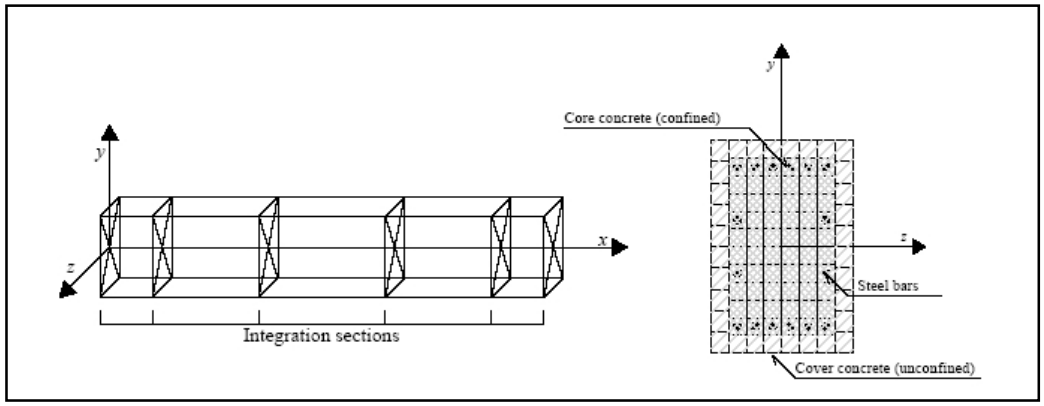
Şekil 3.20 : Kütle bilgisinin tanımlanması[16].

3.1.3.6 *InfrmDB* ve *InfrmFB* çubuk eleman tanımlanması

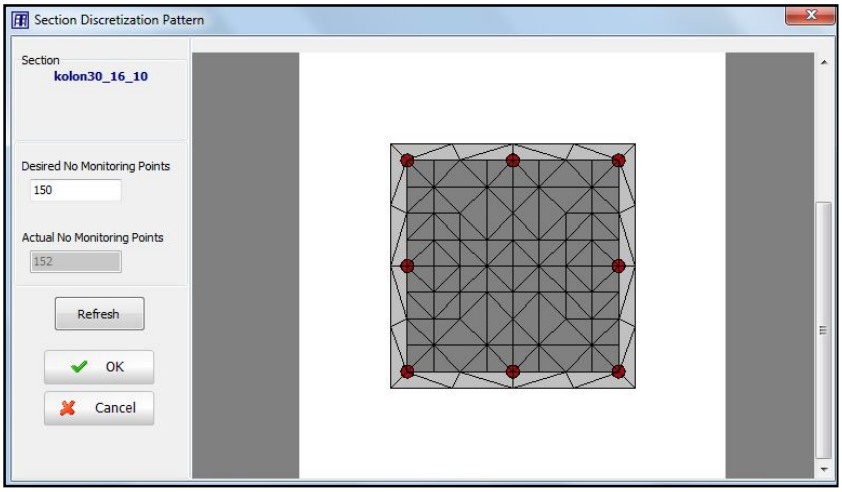
Yayılı plastik davranan elemanlar deprem mühendisliği uygulamalarında, üzerinde çalışılan ve yöntem olarak geliştirilmesi düşünülen konular arasındadır.Yayılı plastik davranış gösteren elemanlar, doğrusal olmayan davranışın tüm eleman boyunca yayılmasına olanak sağlar ve bununla birlikte idealize edilmiş yükleme koşulları altındaki çubuk elemanlarda meydana gelen tesirlerin elde edilmesinde parametrik olarak bir kalibrasyona gereksinim duymamaktadırlar.

Günümüzde yapılan çalışmaların bir çoğu bilindiği üzere yaylı plastik davranışın idealleştirilmesinde Şekil 3.21'de belirtildiği şekilde kesit davranışını temsil eden fiber yaklaşımını kullanmaktadır. Bu yaklaşım başlığı altında kesitte tanımlı her bir fiber eleman tek eksenli gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları ile ilişkilidir.Fiber eleman yaklaşımında herbir elemanın moment-eğrilik ilişkilerinin, histeritik davranışın yada eksenel kuvvet-moment eğrilik ilişkilerinin tanımlanmasına gerek duyulmamaktadır.Bu yönü ile fiber eleman yaklaşımı sonlu eleman yöntemleri arasında ön plana çıkmaktadır.

SeismoStruct analiz programı kesit davranışını fiber yaklaşımı ile çözmektedir.Her kesit kendi içerisinde Şekil 3.22'de gösterildiği gibi 100-150 arasında fiber elemana bölünerek tanımlanır.Her bir fiber eleman lineer olmayan tek eksenli gerilme –şekil değiştirme ilişkisi ile tanımlı iterasyon yaparak kesit bazında moment-şekil değiştirme ilişkilerini oluşturur tüm kesit davranışları göz önünde bulundurularak çubuk eleman için eleman bazında doğrusal olmayan davranış elde edilir.



Şekil 3.21 : Kesitte fiber dağılımı ve kesitlerin eleman boyunca kontrolü[16].



Şekil 3.22 : Model kesitte fiber tanımlanması[16].

Çubuk elemanlarda yayılı plastik davranış iki farklı sonlu eleman formülasyonu ile ifade edilmektedir.Klasik bir yöntem olan yerdeğiştirme bazlı *DB* modeli ve yakın zamanda geliştirilmiş *FB* modelidir, [1].*DB* formulasyonu elemanın rijitliğini esas alırken, *FB* formulasyonu elemanın sünekliğini esas almaktadır.*FB* model formulasyonu *DB* formülasyonuna nazaran daha güvenilir ve tavsiye edilen bir çözüm yöntemidir. Bununla birlikte *FB* model tanımlanırken eleman boyunca hiç bir ara düğüm noktasının, eleman boyunca oluşacak inelastik deformasyonların elde edilmesi açısından tanımlanmaması gereklidir, [1,16].

DB elemanda yapı sistemine yerdeğiştirme yüklenir ve eleman kuvvetleri enerji denklemleri ile bulunur.Buna karşılık *FB* elemanda sisteme kuvvet yüklenir elemanda meydana gelen yerdeğiştirmeler denge denklemlerinden elde edilir, [1].

DB yaklaşımında eleman boyunca yerdeğiştirme şekil fonksiyonu eleman boyunca eğriliğin lineer değişimi olarak kullanılır.Buna karşılık *FB* yaklaşımında lineer moment değişimi (etkitilerek) empose edilerek bir önceki hususta bahsedilen eğrilik bu şekilde lineer bir varyasyon olarak elde edilir.Lineer elastik malzeme davranışı iki yaklaşımda da aynı sonucu vermekle beraber malzemenin doğrusal olmaması durumunda, sisteme yerdeğiştirme bilgisinin etkitilmesi ile gerçek bir deformasyon şeklinin yakalanabilmesi için eğrilik bilgisinin olağandan daha plastik olması dolayısıyla mümkün değildir.Dolayısıyla *DB* formulasyonunda alt kısım için lineer eğriliğin, tanımlı eleman bazında bir meshleme yapılması gerekmektedir.Eğriliğin altkısımlarda lineer olduğu varsayımının idealleştirilmesi için *DB* formulasyonunda

çubuk elemanda plastik deformasyonların yoğunlaştığı bir bölge idealleştirilir, [1,16].

Bunun yanında *FB* formulasyonunda herzaman kesindir.Çünkü varsayılan kesitin davranışına bağlı değildir.Elemanın yerdeğiştirme bilgisine mesnetli değildir.Bu yönüyle bu formulasyon herzaman kesin olarak nitelendirilebilir. Eleman boyunca tüm kesitleri mesh sayıları ile kontrol edilmesi ile tanımlı tek bir yaklaşım ile sonuçlarda kesinlik sağlamaktadır. *FB* formulasyonda elemanlar tek bir sonlu yapısal eleman olarak ifade edilirler.*FB* formulasyonunda hiç bir şekilde elemanların meshlenmesi gerekmez hatta kesitlerin sabit olmaması durumundada geçerlidir, [1]. Bundan dolayı kuvvet bazlı elemanların modellenmesi sonuçlar bakımından daha kesin sonuçlar verir, doğrusal olmama (inelastiklik) her seviyede olmasına rağmen, [1,16].

Sonuç olarak *DB* ve *FB* eleman bazında yapı elamanları modellenebilmektedir.Fakat iki yönteminde tartışıldığı yönleri mevcuttur.*DB* çok daha eski bir yaklaşım tarzı olması sebebiyle güncellenmesi gerekmektedir.Ve bundan dolayı *FB* eleman tanımı doğrusal olmayan davranışın doğru tahmin edilmesinde daha kesin sonuçlar vermektedir.Bununla birlikte yapılan çalışmalarda ve incelenen kaynaklarda edilen bilgilere göre yapı elamanı *DB* olarak modellenilmek istenirse kesit özellikleri için bazı kabullere müdahale edilmesi gerekmektedir.

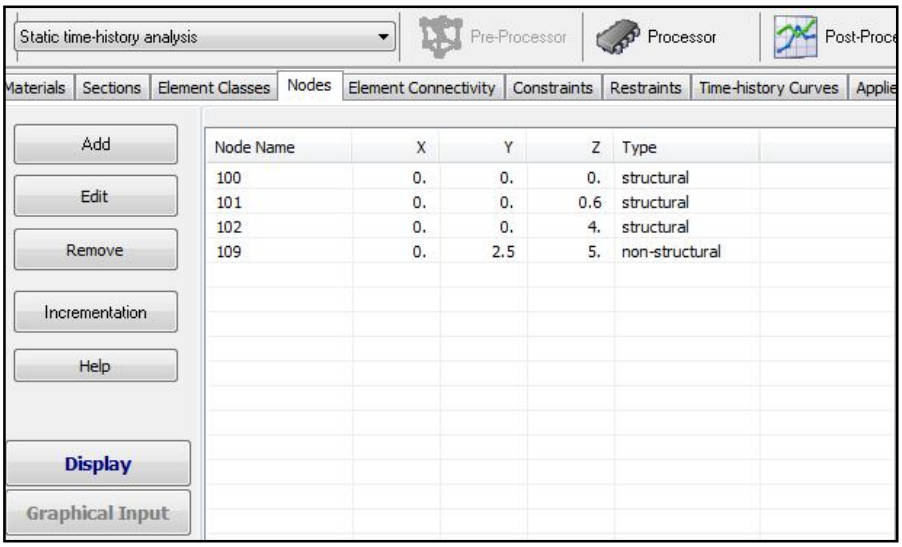
Aynı model *FB* ve *DB* olarak modellenmiştir.Fakat *DB* modellemede beklenilen doğrusal olmayan davranış kolon kesitinin 2 katının plastik mafsal sınırı olarak tanımlanması ile elde edilebildiği görülmüştür, [1].Yapılan çalışmada da bu yaklaşımların doğruluğu elde edilmiştir.

Söz konusu kolon numunelerinde çoğunlukla bu yaklaşımla *DB* ve *FB* elemanlar ile çalışılmış deneyde elde edilen dayanımları sağlayıp sağlayamama durumuna göre tercihen sonlu eleman tipi kabul edilmiştir. Söz konusu kolonlarda S40_20, S40_2020 ve S40_2020Z kolonları *FB* eleman olarak tanımlanmış ve diğer elemanlar *DB* formulasyon esaslarına gore modellenilmişlerdir, [9].

FB eleman tanımlanırken *DB*'deki şekilde küçük çubuk elemanlar tanımlanmamalıdır.İki parçalı tanımlanması durumunda olabildiğince birbirine eşit ve küçük olmayacak şekilde düğüm noktaları tanımlanmıştır.Yapılan model çalışmalarında ise tek parça olarak tanımlanan *FB* elemanın istenilen dayanımlara

ulaşamadığı istenilen histerik davranışı tam olarak yansıtamadığı için deneydeki imalat detayları birebir alınarak model oluşturulmaya çalışılmış ve iki parçalı hali ile deneydeki davranışa daha yakın bir davranış sergilediği gözlenmiştir.

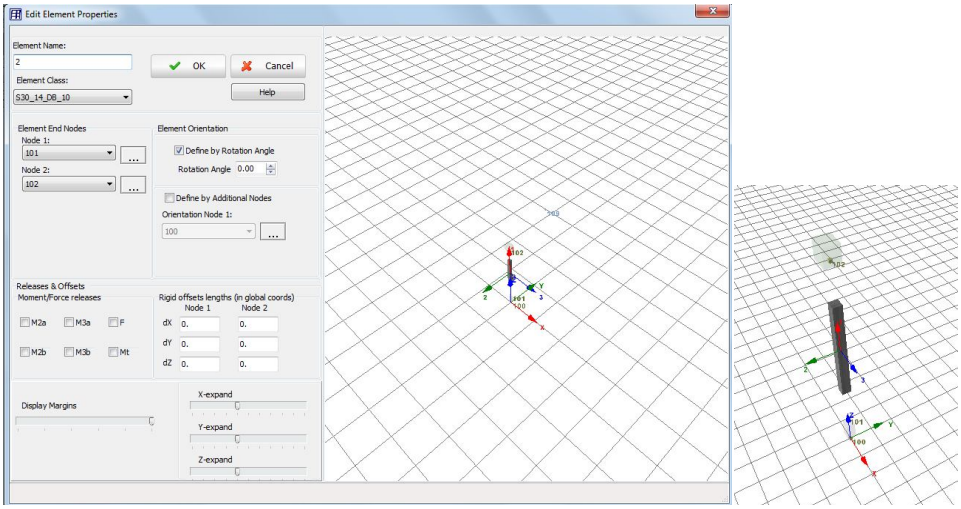
"Nodes" arayüzünde *SeismoStruct* programında yapısal elemanların geometrilerinin oluşturulması aşamasında, kordinat noktaları tanımlanır ve bunlara *"nod"* adı verilir.Şekil 3.23'de ifade edildiği gibi elemanı oluşturacak düğüm noktalarının koordinat bilgileri girilmektedir.



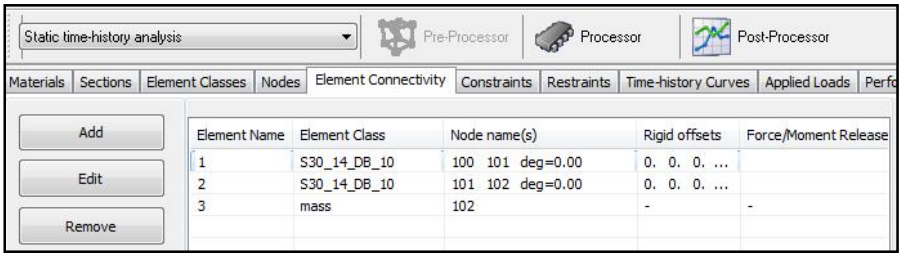
Şekil 3.23 : Node arayüzü[16].

S30_14, S30_14M, S30_16, S30_1 , S30_18Z, S35_1416, S35_18, S35_20, S35_20Z, S40_16 kolonları için *infrmDB* S40_20,S40_2020, S40_2020Z için ise *infrmFB* sonlu eleman kullanılmıştır. *InfrmDB* sonlu eleman ile tanımlanan kolon modelleri için idealize edilmiş bir plastik mafsal bölgesi tanımlanmak zorundadır. Yapılan çalışmalar sonucunda bu plastik mafsal yüksekliğinin yaklaşık kesit yüksekliğinin iki kadar olması gerektiği görülmüştür..*InfrmFB* olarak tanımladığımız kolonlarda ise daha öncede bahsedildiği üzere soketten 1.60 m yükseliğe kadar bir çubuk diğer kısım için başka bir çubuk idealize edilmiştir. Bunun sebebi ise bu iki ayrı çubuk elemanda etriye aralıklarının farklı sarılmış olmasıdır, [9].

"Element connectivity" arayüzü ilgili kesit özellikleri atanarak çubuk elemanın yapısal olarak tanımlandığı kısımdır.*"Nodes"* arayüzünde tanımlanan düğüm noktalarına ilgili kesitler atanarak Şekil 3.24 ve Şekil 3.25'de gösterildiği gibi çubuk eleman haline getirilir.



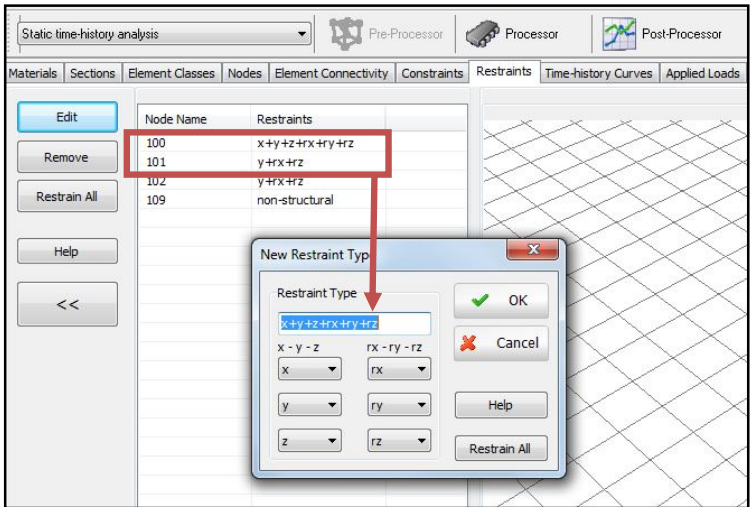
Şekil 3.24 : Nodların bağlanarak frame oluşturması[16].



Şekil 3.25 : Çubuk elemanlaın tanımlanması[16].

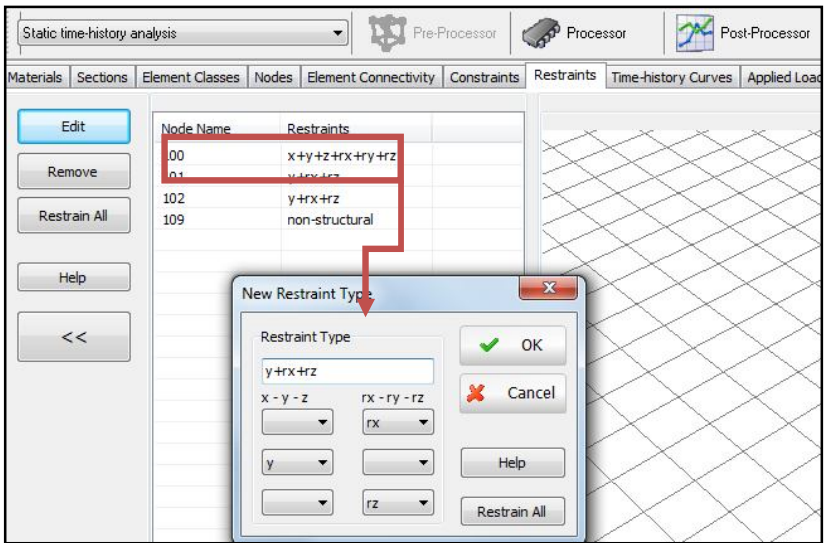
Şekil 3.25'de de görüldüğü üzere 100-101 nodu bağlanarak 1.elemanı, 101-102 nodu bağlanarak 2.elemanı ve kütle elemanıda yalnızca 102 noduna bağlanarak sistem çözülmüştür.

"Restrains" arayüzünde Şekil 3.26'da gösterildiği gibi mesnet koşulları tanımlanır.



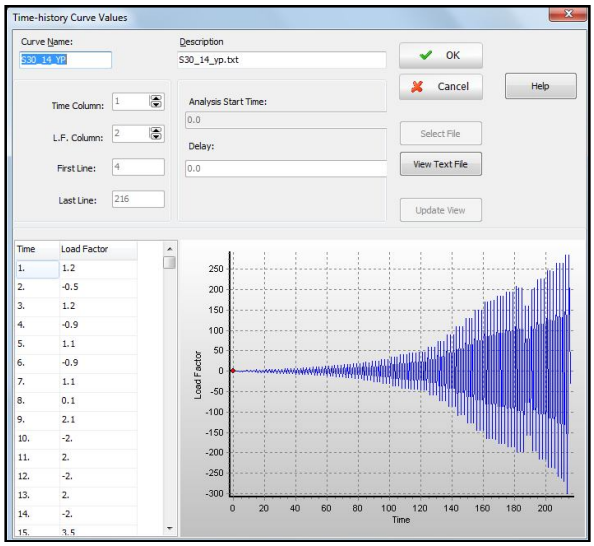
Şekil 3.26 : Temel için mesnet koşullarının tanımlanması[16].

Kolonlara sadece tek doğrultuda x-x doğrultusunda statik analizde itme-çekme çevrimleri, dinamik analizde ise deprem ivme kaydı verileceği için x yönündeki yer değiştirmeler ve y ekseni etrafındaki dönmeler Şekil 3.27'de gösterildiği gibi serbest bırakılmıştır.



Şekil 3.27 : Ara düğüm noktaları için mesnet koşullarının tanımlanması[16].

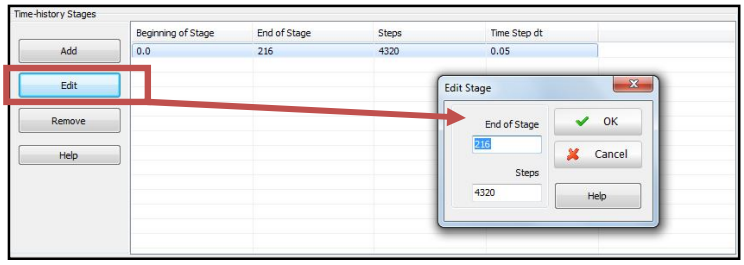
"Time-history Curves" arayüzünde analitik model üzerine ne şekilde bir yük formunun etkiyeceği tanımlanır.



Şekil 3.28 : Yük protokolünün programa verilmesi[16].

Şekil 3.28 de gösterildiği şekilde statik itme analizleri için tüm kolonlar için laboratuvar ortamında uygulanan yük çevrimleri programa tanıtılmıştır. Şekil 3.29'da adım aralığı tanımlanmıştır. Adım aralığının tanımlanması analiz

sonuçlarının elde edilmesi açısından oldukça önemlidir. İterasyonun sağlıklı bir şekilde sürdürülebilmesi ve programın kendi içerisinde yakınsama kriterlerini sağlayabilmesi için adım aralığının uygun bir hassasiyette seçilmesi gerekmektedir. Genellikle numunelerde adım aralığı *Nonlinear Statik Analizler*için 0.05 sn aralıklarla seçilmiştir. Daha büyük aralıklarda program iterasyon işlemini yük çevrimleri tamamlanmadan kesmektedir. Fakat iterasyon adımlarını biraz daha küçük seçilmesi durumunda analiz sağlıklı bir şekilde devam etmektedir. Bu da analiz adımının hassasiyetinin seçilmesinin önemli olduğunu göstermektedir.



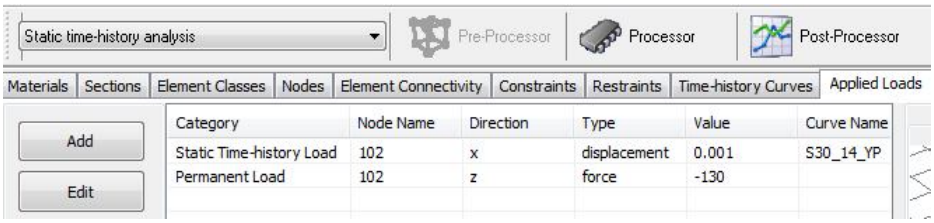
Şekil 3.29 : Adım aralıklarının tanımlanması[16].

3.1.3.7 Yüklemeler:

Program dahilinde 4 farklı yükleme durumu mevcuttur, [16]:

- Parmenent Load (statik yüklemeler olabilir, elemanın kendi ağırlığı olabilir.)
- Incremental Loads (Sözde–statik yükler yada yerdeğiştirmeler olabilir. Örneğin pushover analizleri …)
- Static Time History Loads (statik yerdeğiştirme yada kuvvet cinsinden yüklerdir.Kullanıcı tanımlı yükleme eğrisinin sözde zamanada göre varyasyonu olarak tanımlanır.)
- Dynamic Time History Loads (ivme yada kuvvet cinsinden gerçek zaman tanım alanında tanımlı yükleme eğrilerinin varyasyonunu içerir.)

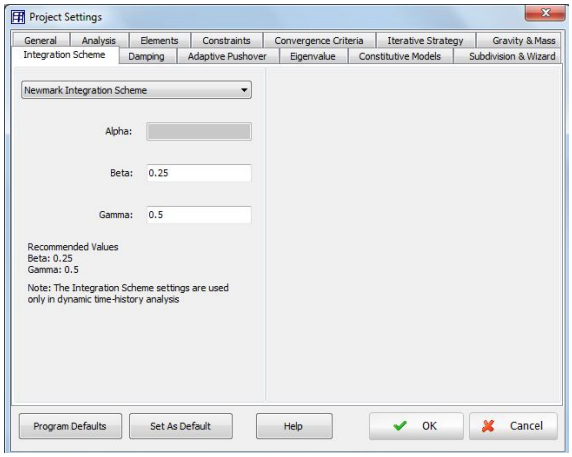
Çatıdan gelen yükler kolon üzerine eksenel sabit statik yük olarak (Parmenent Load) etkitilmiştir. *Dinamik Zaman Tanım Alanında*yüklemeler için seçilmiş deprem kayıtları ivme-zaman bileşenleri yük formu olarak tanımlanmıştır. Üzerindeki sabit statik yük bu aşamadada tanımlıdır. Analizler malzeme dayanım katsayıları kullanılarak *"overstrenght faktor"* için tekrarlanmıştır. Sözkonusu dayanım fazlılığını ifade eden katsayı için Statik İtme (Pushover) analizinden faydalanılmıştır.



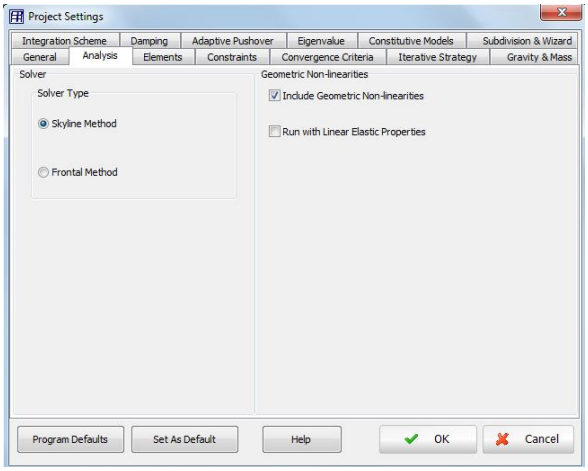
Şekil 3.30 : Statik yükleme çevriminin tanımlanması[16].

Kolonun kendine ait ağırlığının yarısı, üst kısmı düşünülerek hesaplanmış statik analizler için eksenel kuvvet olarak dinamik analizler için ise kütle olarak çatıdan gelebilecek yükler ile yığışımlı hesaplanarak sisteme etkitilmiştir.

Her kolon numunesi için dinamik hasaba esas olacak periyotların bulunması için %5 sönüm oranı ile serbest titreşim analizi yapılmıştır. Şekil 3.31'de gösterildiği gibi Beta=0.25, Gamma=0.5 Newmark İterasyon yöntemi kullanılmıştır. Şekil 3.32 gösterildiği gibi ikinci mertebe etkiler göz önünde bulundurulmuştur.



Şekil 3.31 : İterasyon kriteri Newmark Integration[16].

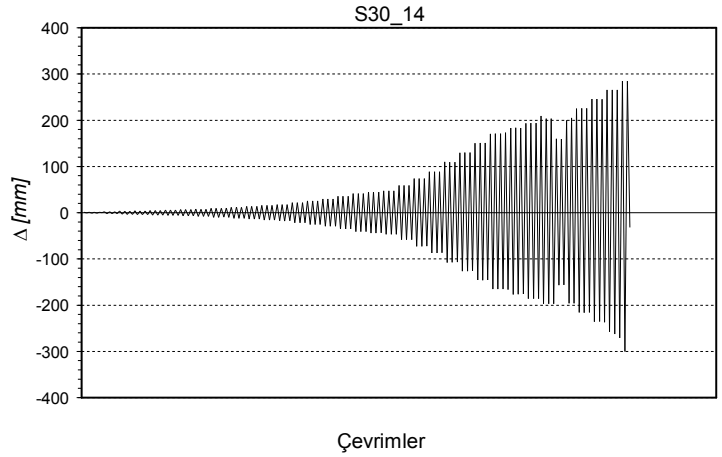


Şekil 3.32 : İkinci mertebe etkilerin hesaba katılması[16].

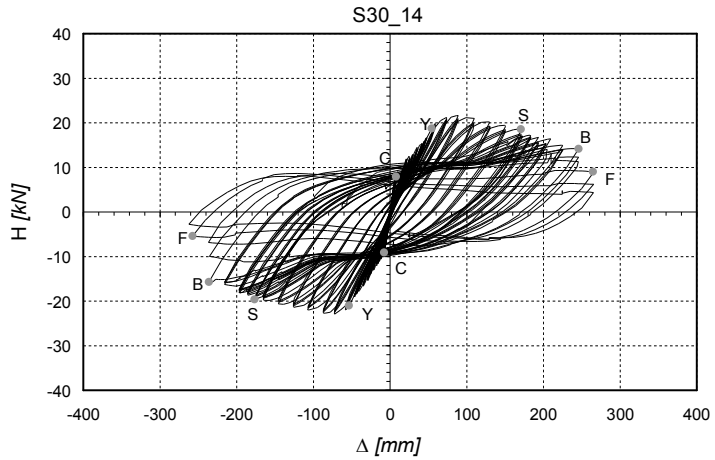
3.1.3.8 Kolon Numunelerinin Analitik Olarak Değerlendirilmesi

S30_14 Kolonu için değerlendirme

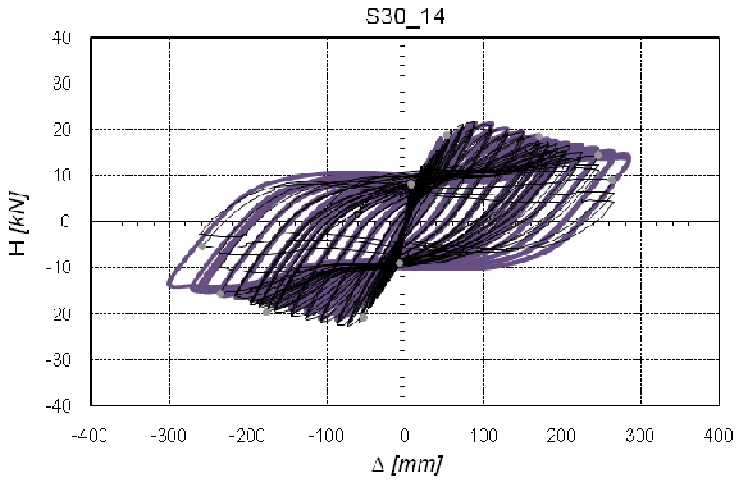
S30_14 numunesi ortalama 130 kN normal kuvvet uygulanarak denenmiştir. Kullanılan yerdeğiştirme çevrimleri Şekil3.33'te, gerçekleşen yük-yerdeğiştirmeçevrimleri de Şekil3.34'de gösterilmektedir. Analitik olarak doğrulanmış çevrimler Şekil 3.35'de verilmiştir, [9]. Şekil 3.36'da ise malzeme güvenlik katsayıları kullanılmadan (γc=1.0, γs=1.0) yapılan statik itme analizi(pushover) sonuçları ile malzeme güvenlik katsayıları kullanılarak (γc=1.4, γs=1.15) elde edilmiş sonuçlar statik itme analizi durumu için verilmiştir.



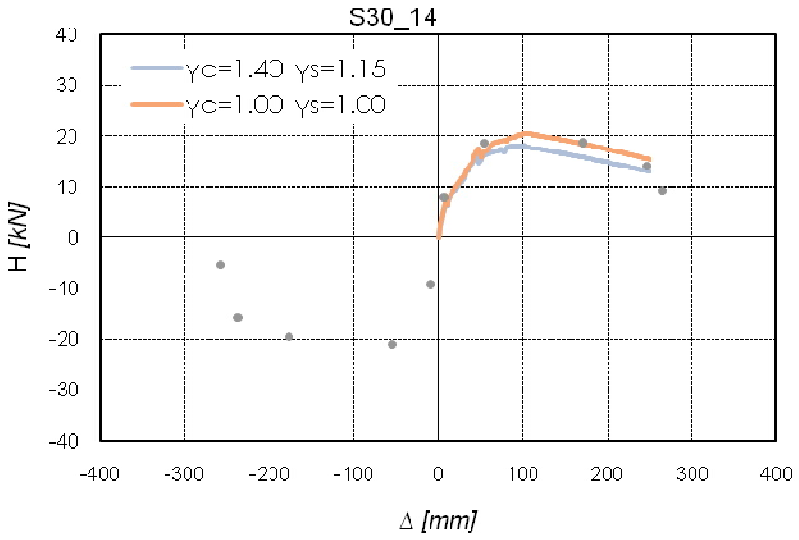
Şekil 3.33 : .Deneysel S30_14 numunesine uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri[9].



Şekil 3.34 : DeneyselS30_14 numunesi için yük-yerdeğiştirme eğrileri[9].



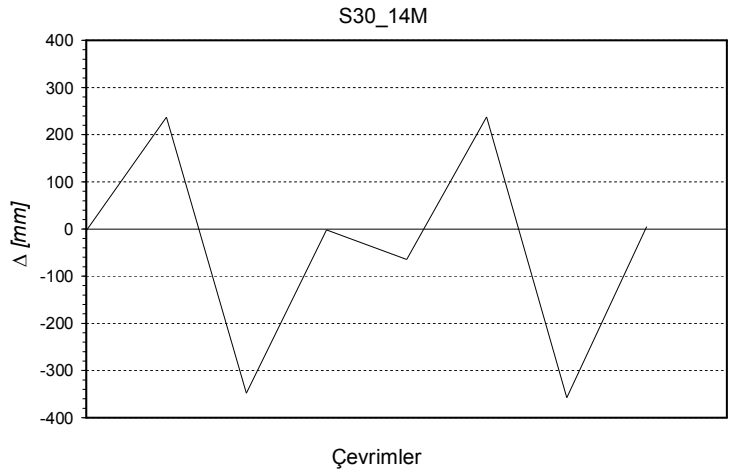
Şekil 3.35 : Deneyselve analitik doğrulanmış S30_14M numunesi.



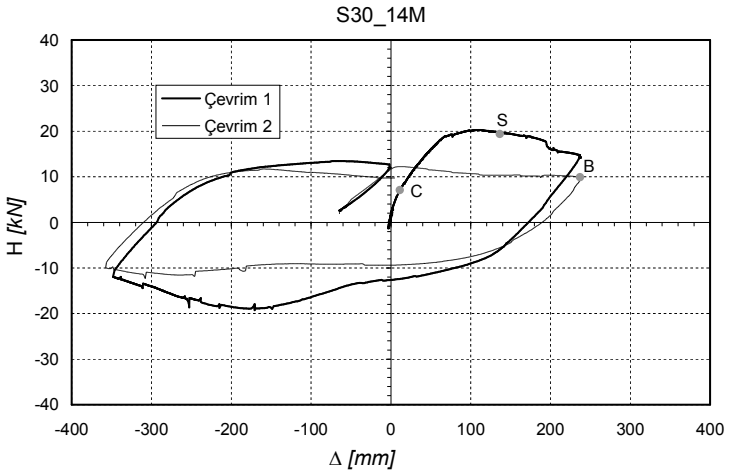
Şekil 3.36 : Malzeme dayanımına göre statik itme eğrileri S30_14 numunesi.

S30_14M Kolonu için değerlendirme

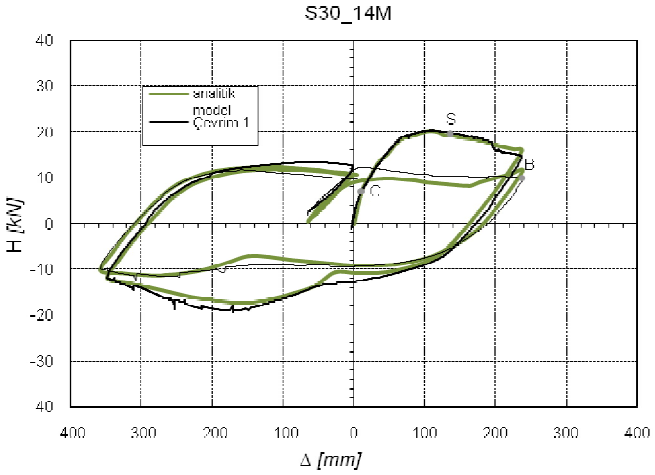
S30_14M ile S30_14 numunelerinin imalat detayları aynıdır. S30_14M numunesi ortalama 130 kN normal kuvvet uygulanarak denenmiştir. Uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri Şekil 3.37'de, gerçekleşen yük-yerdeğiştirme çevrimleri Şekil 3.38'de, analitik olarak doğrulanmış çevrimler de Şekil 3.39'da verilmiştir, [9]. Şekil 3.40'da malzeme güvenlik katsayıları kullanılmadan ($\gamma c=1.0$, $\gamma s=1.0$) statik itme analizi (pushover) ile elde edilen eğri ve malzeme güvenlik katsayıları kullanılarak ($\gamma c=1.4$, $\gamma s=1.15$) elde edilmiş statik itme analizi eğrisi karşılaştırılmıştır.



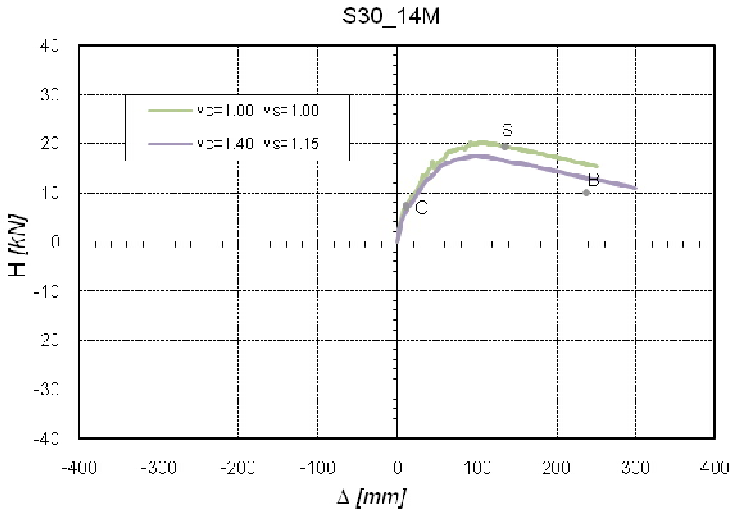
Şekil 3.37 : DeneyselS30_14M numunesine uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri[9].



Şekil 3.38 : DeneyselS30_14M numunesi için yük-yerdeğiştirme eğrileri[9].



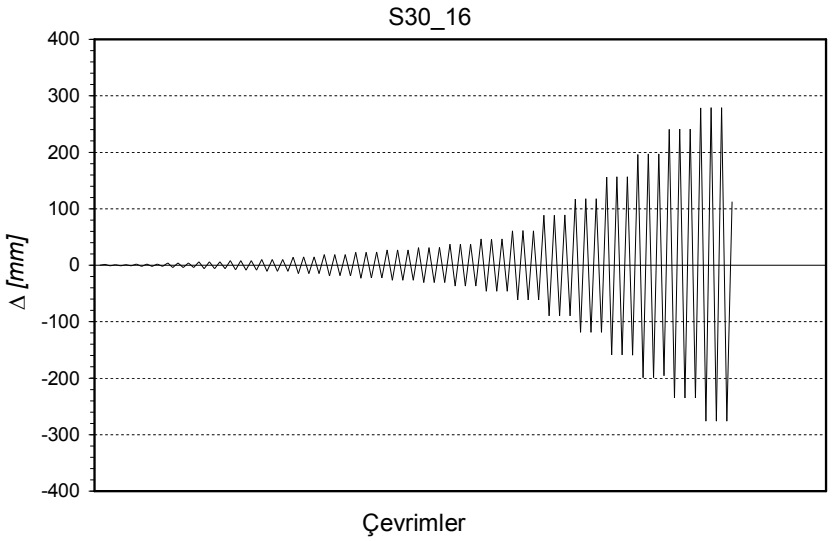
Şekil 3.39 : Deneyselve analitik doğrulanmış S30_14M numunesi.



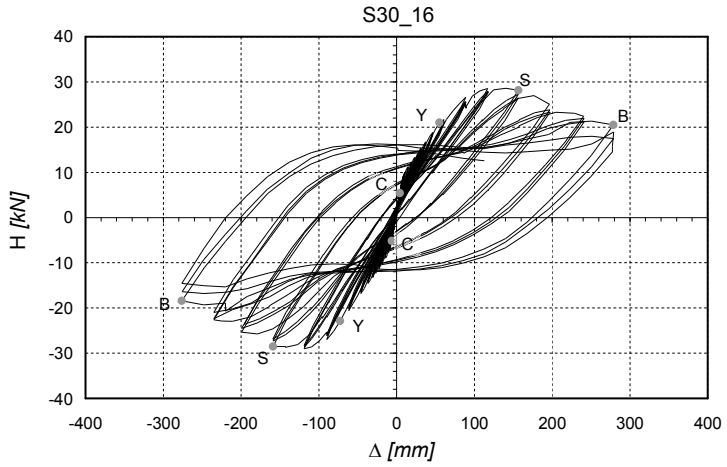
Şekil 3.40 : Malzeme dayanımına göre statik itme eğrileri S30_14M numunesi.

S30_16 Kolonu için değerlendirme

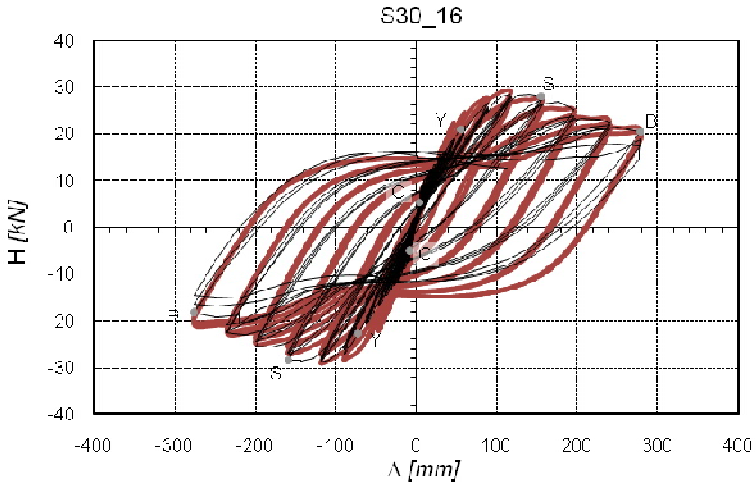
S30_16 numunesi ortalama 180 kN normal kuvvet uygulanarak denenmiştir. Uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri Şekil 3.41'te, gerçekleşen yük-yerdeğiştirme çevrimleri Şekil 3.42'te, analitik olarak doğrulanmış çevrimler Şekil 3.43'de verilmiştir, [9]. Şekil 3.44'de malzeme güvenlik katsayıları kullanılmadan ($\gamma c=1.0$, $\gamma s=1.0$) ve kullanılarak ($\gamma c=1.4$, $\gamma s=1.15$) elde edilen itme eğrileri karşılaştırılmıştır.



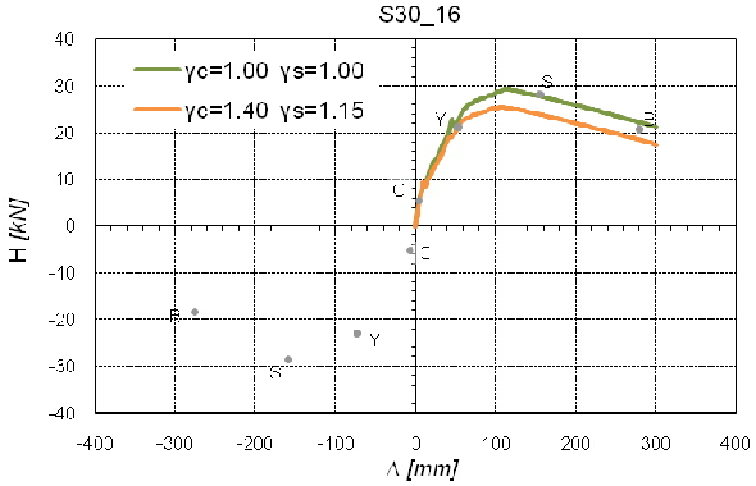
Şekil 3.41 : DeneyselS30_16 numunesine uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri[9].



Şekil 3.42 : DeneyselS30_16 numunesi için yük-yerdeğiştirme eğriler[9].



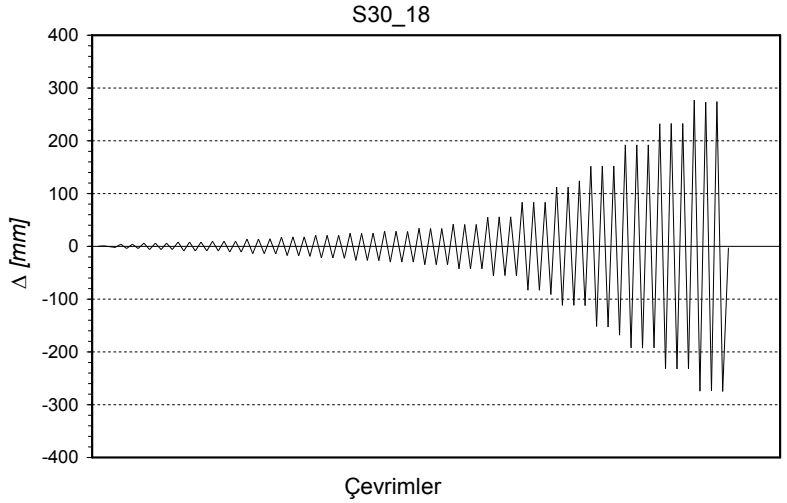
Şekil 3.43 : Deneyselve analitik doğrulanmış S30_16 numunesi.



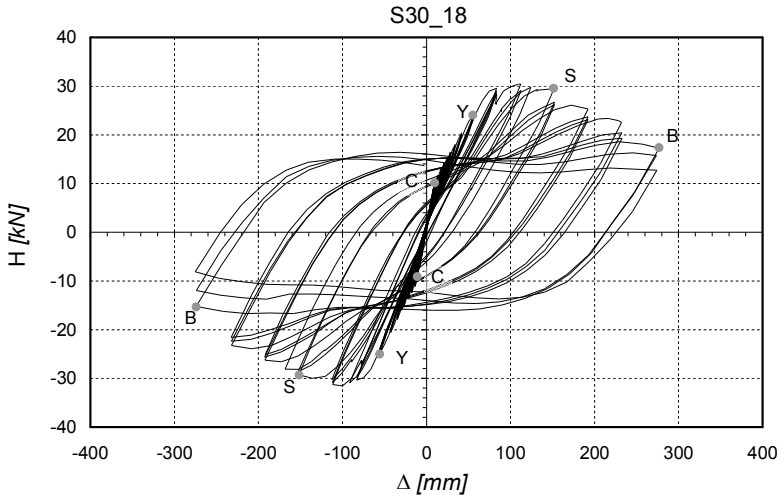
Şekil 3.44 : Malzeme dayanımına göre statik itme eğrileri S30_16 numunesi.

S30_18 Kolonu için değerlendirme

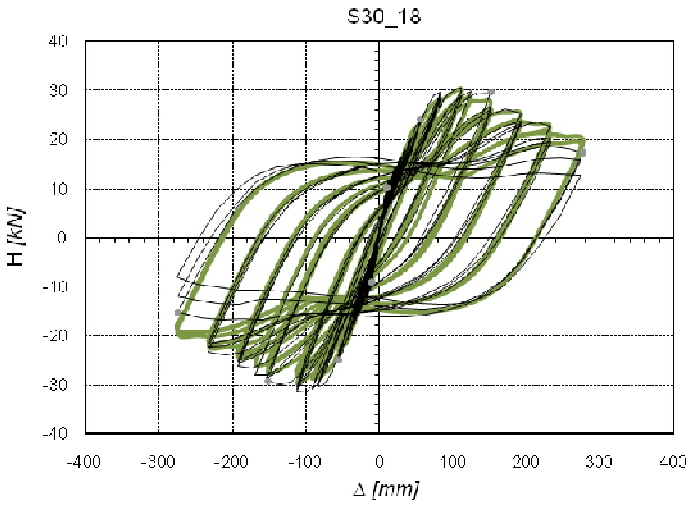
S30_18 numunesi ortalama 210 kN normal kuvvet uygulanarak denenmiştir. Uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri Şekil 3.45'de, gerçekleşen yük-yerdeğiştirme çevrimleriŞekil 3.46'da, analitik olarak doğrulanmış çevrimler de Şekil 3.47'de verilmiştir, [9]. Şekil 3.48'de malzeme güvenlik katsayıları kullanılmadan (γc=1.0, γs=1.0) yapılan statik itme analizi (pushover) sonucu, malzeme güvenlik katsayıları kullanılarak (γc=1.4, γs=1.15) elde edilen sonuçlarla birlikte verilmiştir.



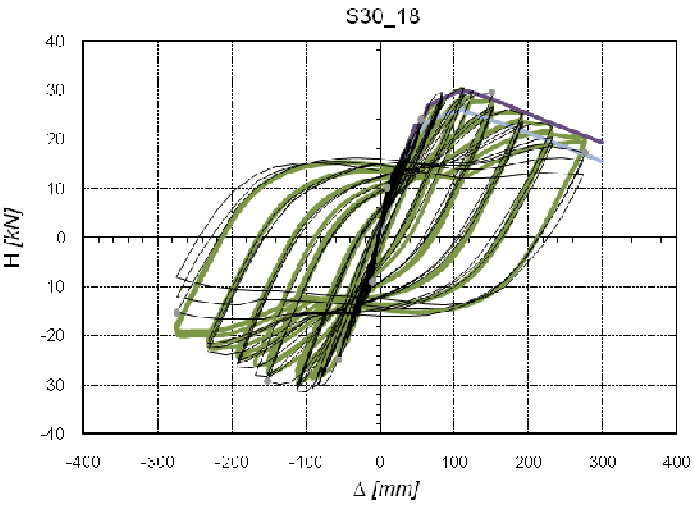
Şekil 3.45 : DeneyselS30_18 numunesine uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri[9].



Şekil 3.46 : DeneyselS30_18 numunesi için yük-yerdeğiştirme eğriler[9].



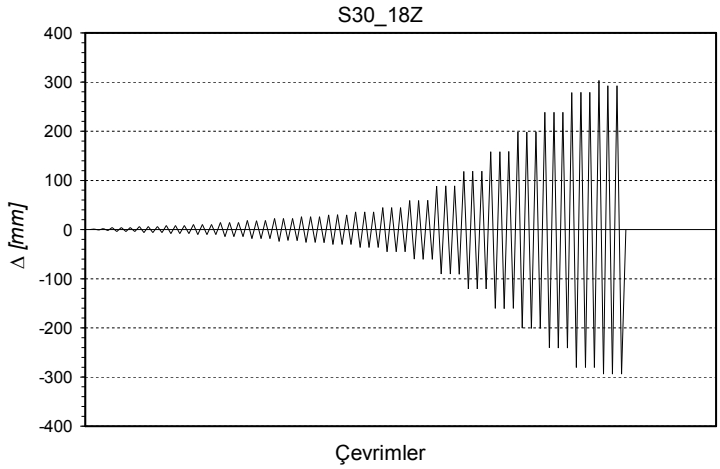
Şekil 3.47 : Deneyselve analitik doğrulanmış S30_18 numunesi.



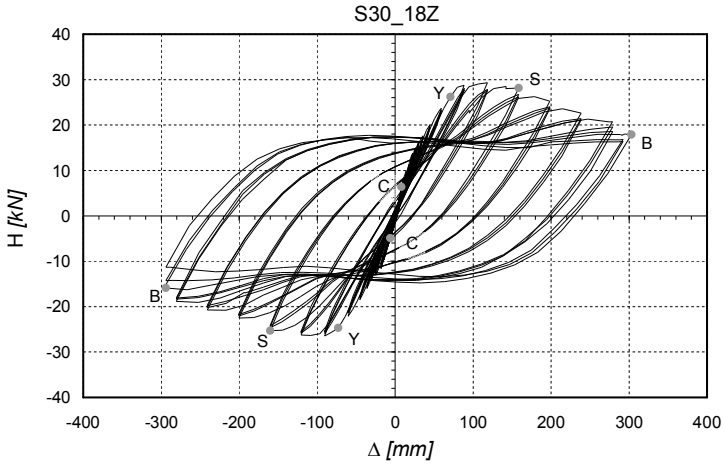
Şekil 3.48 : Malzeme dayanımına göre statik itme eğrileri S30_18 numunesi.

S30_18Z Kolonu için değerlendirme

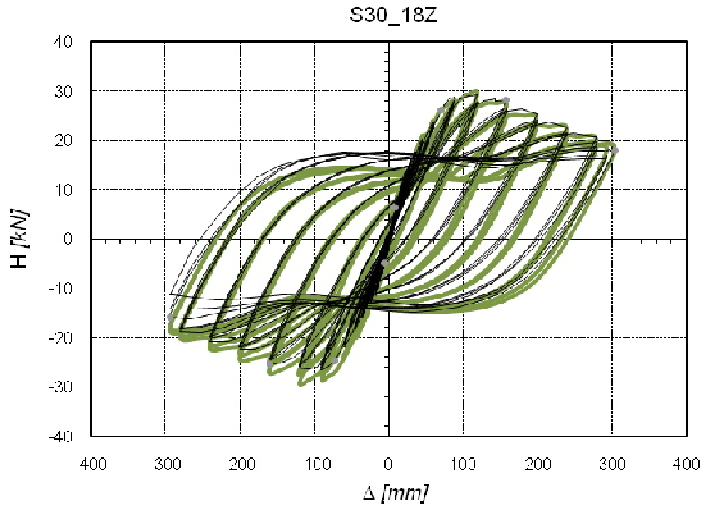
S30_18Z numunesi ortalama 180 kN normal kuvvet uygulanarak denenmiştir. Uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri Şekil 3.49'da, gerçekleşen yük-yerdeğiştirme çevrimleri Şekil 3.50'de, analitik olarak doğrulanmış çevrimler 3.51'de yer almaktadır,[9]. Şekil 3.52' de malzeme güvenlik katsayıları kullanılmadan (γc=1.0, γs=1.0) statik itme analizi (pushover) ile elde edilen sonuçlar ile malzeme güvenlik katsayıları kullanılarak (γc=1.4, γs=1.15) elde edilmiş sonuçlar verilmiştir.



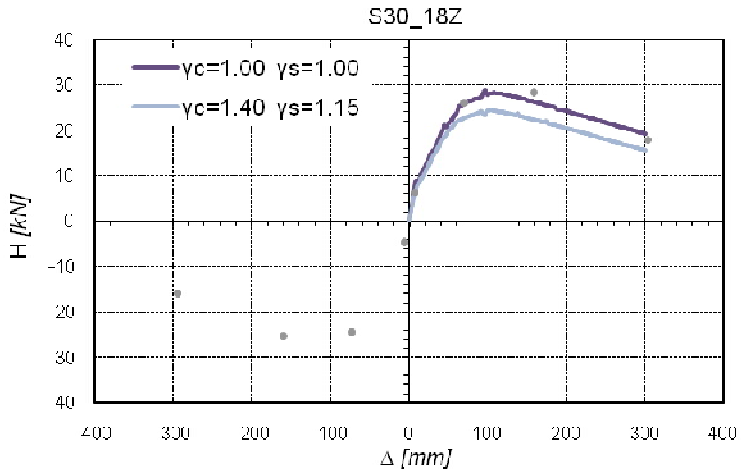
Şekil 3.49 : DeneyselS30_18Z numunesine uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri[9].



Şekil 3.50 : DeneyselS30_18Z numunesi için yük-yerdeğiştirme eğriler[9].



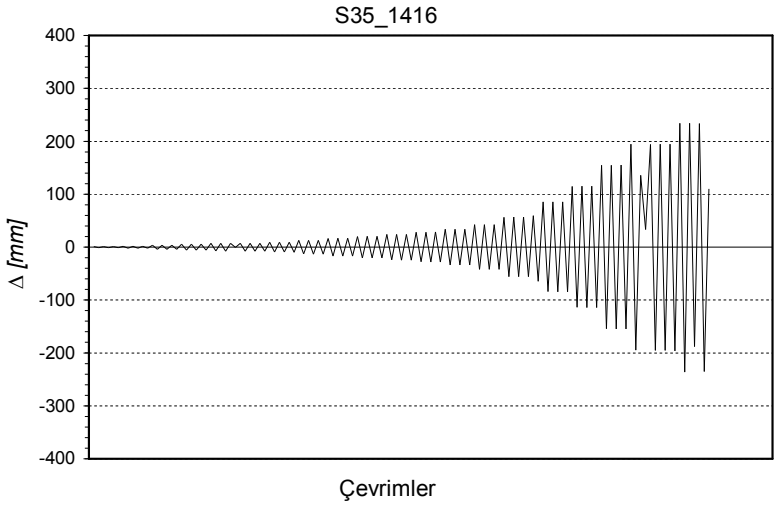
Şekil 3.51 : Deneyselve analitik doğrulanmış S30_18Z numunesi.



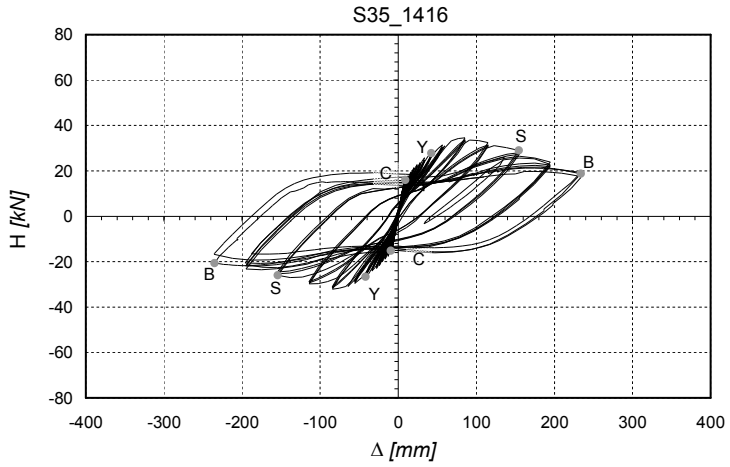
Şekil 3.52 : Malzeme dayanımına göre statik itme eğrileri S30_18Z numunesi.

S35_1416 Kolonu için değerlendirme

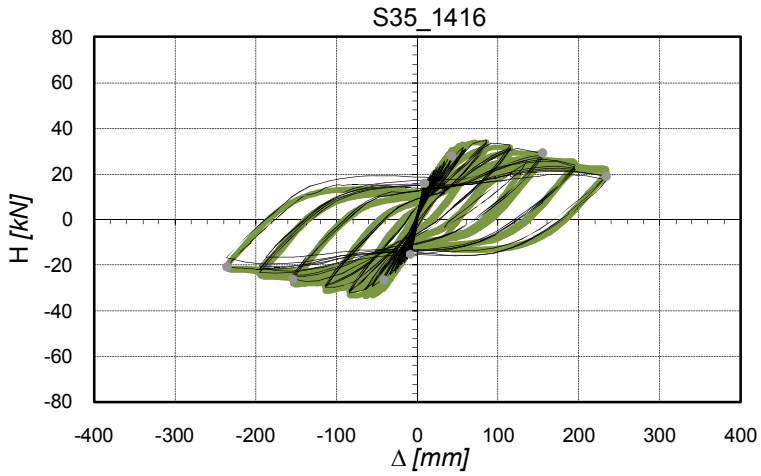
S35_1416 numunesi ortalama 280 kN normal kuvvet uygulanarak denenmiştir. Uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri Şekil 3.53'de, gerçekleşen yük-yerdeğiştirme çevrimleriŞekil3.54'de,analitik olarak doğrulanmış çevrimler 3.55'de yer almaktadır, [9]. Şekil 3.56'da malzeme güvenlik katsayıları kullanılmadan (γc=1.0, γs=1.0) elde edilen statik itme analizi (pushover) eğrisi ile malzeme güvenlik katsayısı kullanılarak (γc=1.4, γs=1.15) elde edilmiş eğri birlikte verilmiştir.



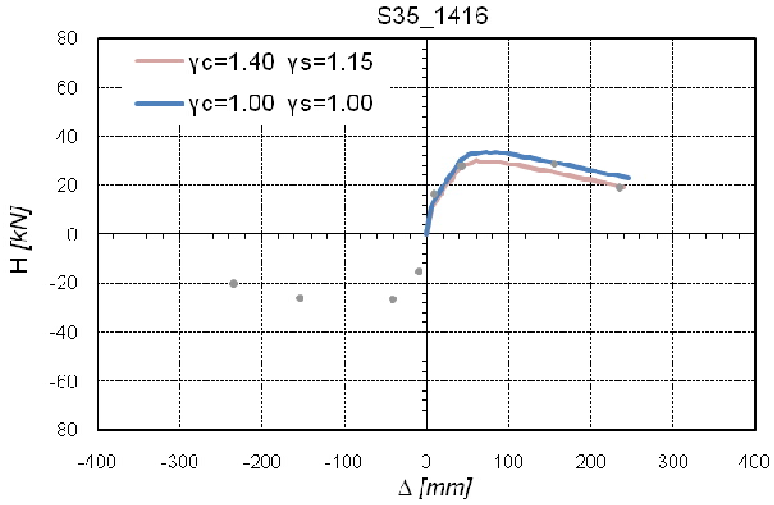
Şekil 3.53 : DeneyselS35_1416 numunesine uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri[9].



Şekil 3.54 : DeneyselS35_1416 numunesi için yük-yerdeğiştirme eğriler[9].



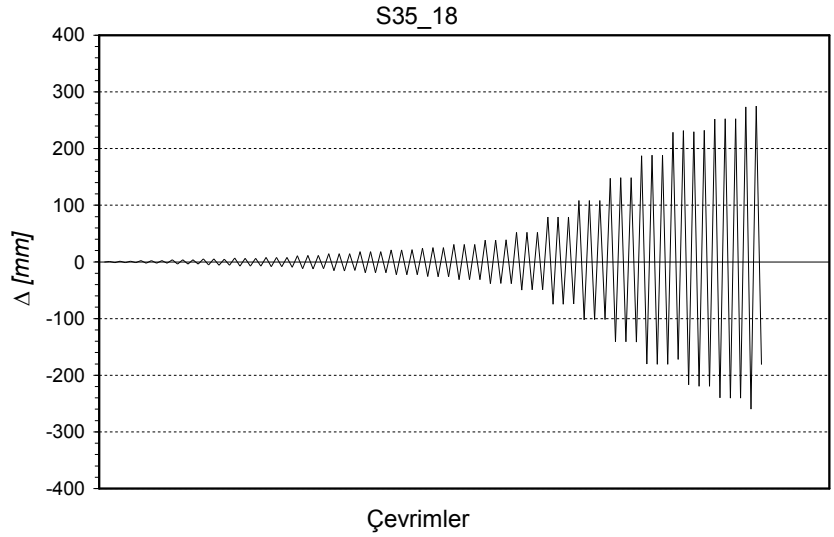
Şekil 3.55 : Deneyselve analitik doğrulanmış S35_1416 numunesi.



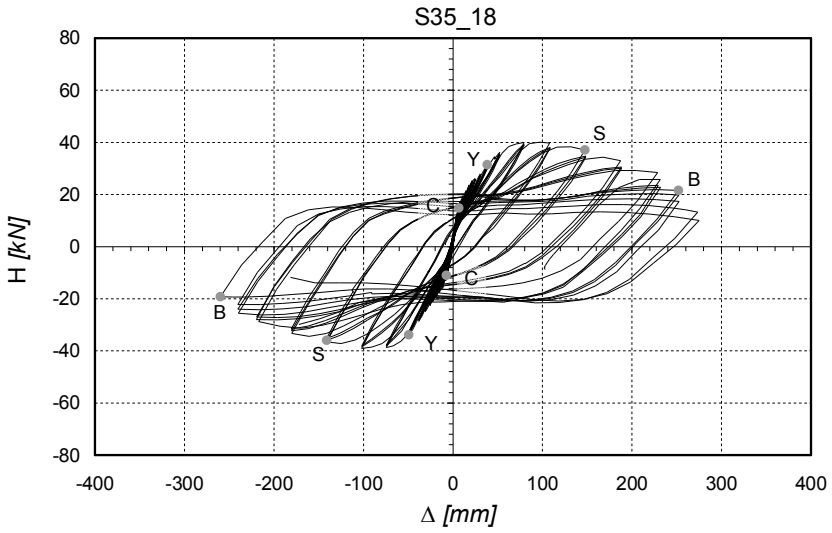
Şekil 3.56 : Malzeme dayanımına göre statik itme eğrileri S30_18Z numunesi.

S35_18 Kolonu için değerlendirme:

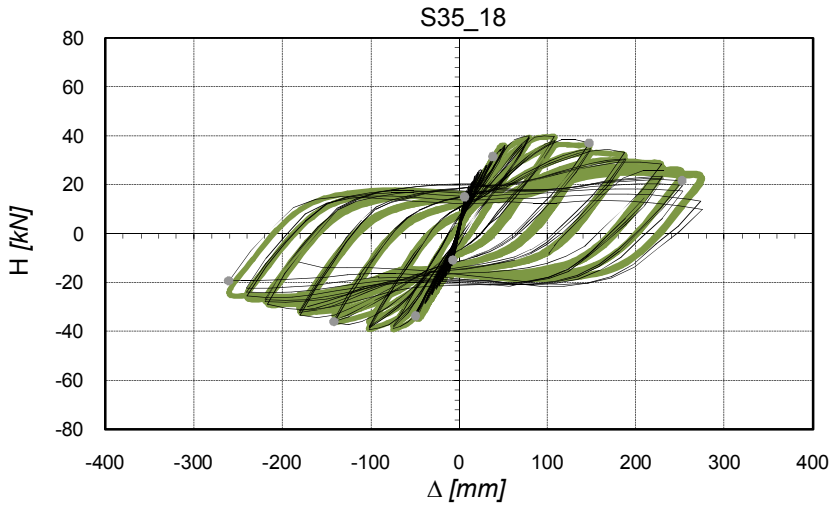
S35_18 numunesi ortalama 280 kN normal kuvvet uygulanarak denenmiştir.Uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri Şekil 3.57'de, gerçekleşen yük-yerdeğiştirme çevrimleri Şekil 3.58'de,analitik olarak doğrulanmış çevrimler de Şekil 3.59'da verilmiştir, [9]. Şekil 3.60' da malzeme güvenlik katsayıları kullanılmadan (γc=1.0, γs=1.0) statik itme analizinde (pushover) elde edilen eğriile malzeme güvenlik katsayıları kullanılarak (γc=1.4, γs=1.15) elde edilmiş statik itme analizi sonucu yer almaktadır



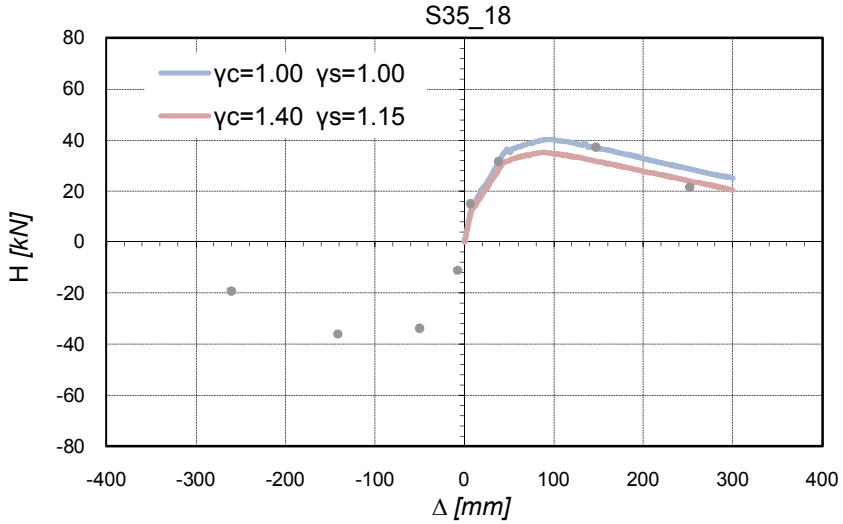
Şekil 3.57 : DeneyselS35_18 numunesine uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri[9].



Şekil 3.58 : DeneyselS35_18 numunesi için yük-yerdeğiştirme eğriler[9].



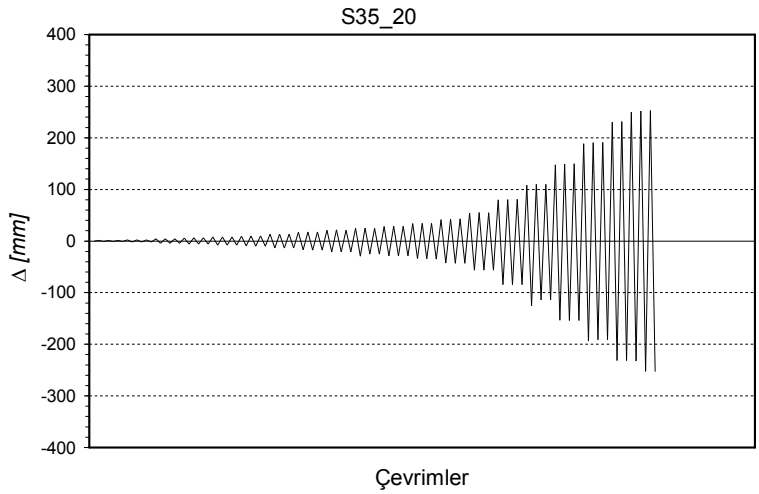
Şekil 3.59 : Deneyselve analitik doğrulanmış S35_18 numunesi.



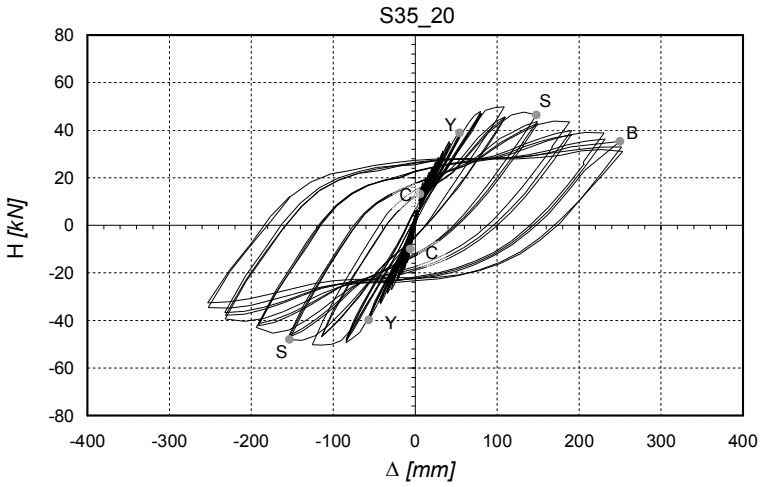
Şekil 3.60 : Malzeme dayanımına göre statik itme eğrileri S35_18 numunesi.

S35_20 Kolonu için değerlendirme:

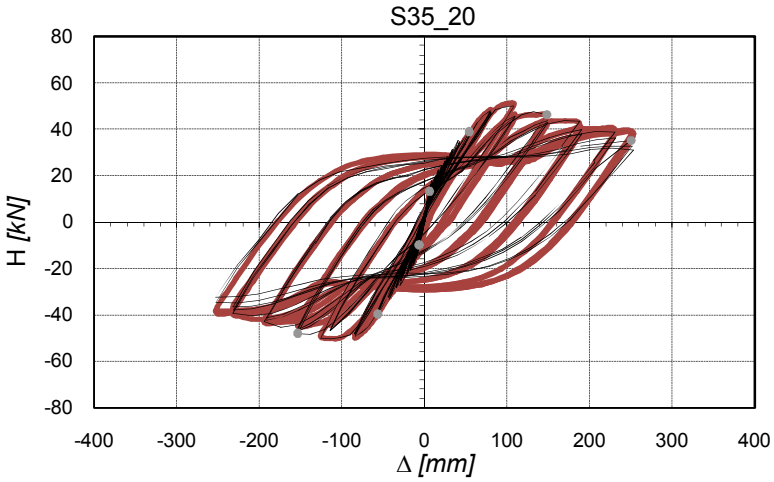
S35_20 numunesi ortalama 280 kN normal kuvvet uygulanarak denenmiştir. Uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri Şekil 3.61'de, gerçekleşen yük-yerdeğiştirme çevrimleri Şekil 3.62'de, analitik olarak doğrulanmış çevrimler de Şekil 3.63'de yer almaktadır, [9].Şekil 3.64' de malzeme güvenlik katsayıları kullanılmadan (γc=1.0, γs=1.0) statik itme analizinde (pushover) elde edilen itme eğrisi ile malzeme güvenlik katsayıları kullanılarak (γc=1.4, γs=1.15) elde edilmiş statik itme analizi eğrisi verilmiştir.



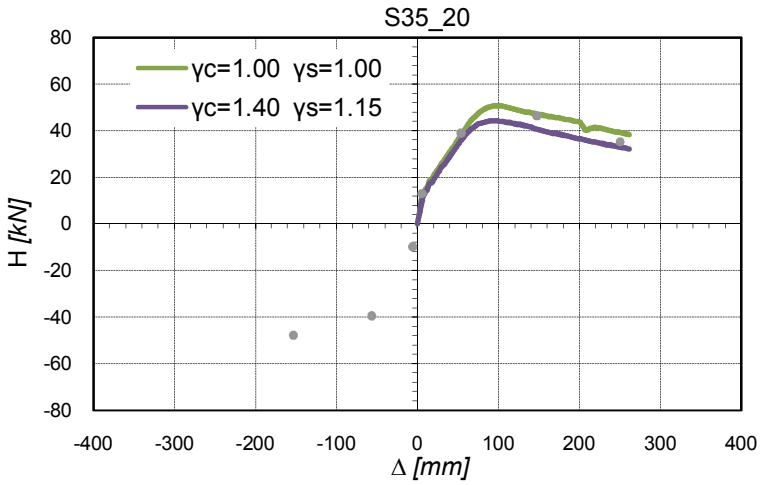
Şekil 3.61 : DeneyselS35_20 numunesine uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri[9].



Şekil 3.62 : DeneyselS35_20 numunesi için yük-yerdeğiştirme eğriler[9].



Şekil 3.63 : Deneyselve analitik doğrulanmış S35_20 numunesi.

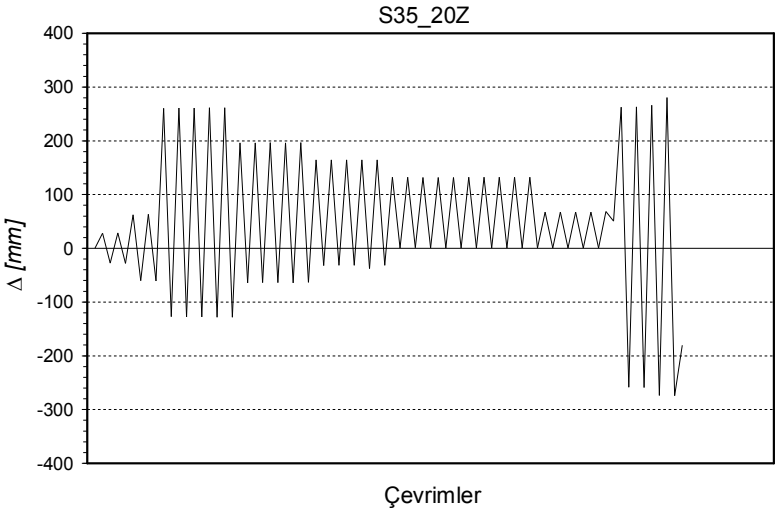


Şekil 3.64 : Malzeme dayanımına göre statik itme eğrileri S35_20 numunesi.

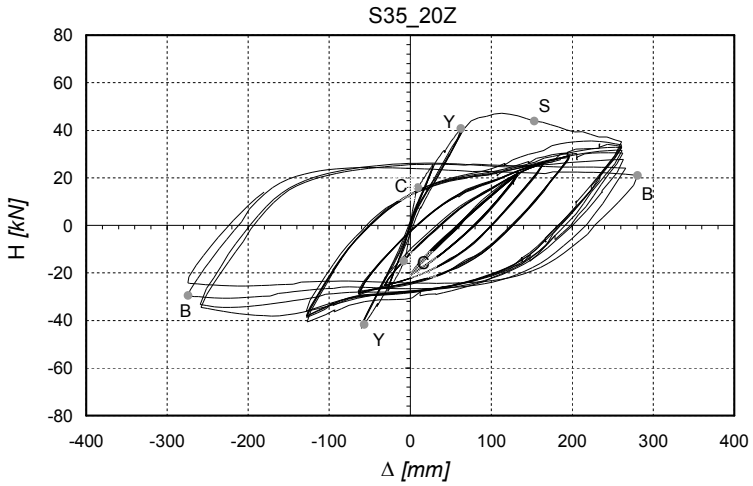
S35_20Z Kolonu için değerlendirme:

S35_20Z numunesi ortalama 280 kN normal kuvvet uygulanarak denenmiştir. Kaynağa yakın depremi temsil etmek üzere önerilen yerdeğiştirme çevrimleri uygulanmıştır.Hasarın istenilen düzeye gelmesi için deney sonunda büyük genlikli dört çevrim daha yapılmıştır, [9].

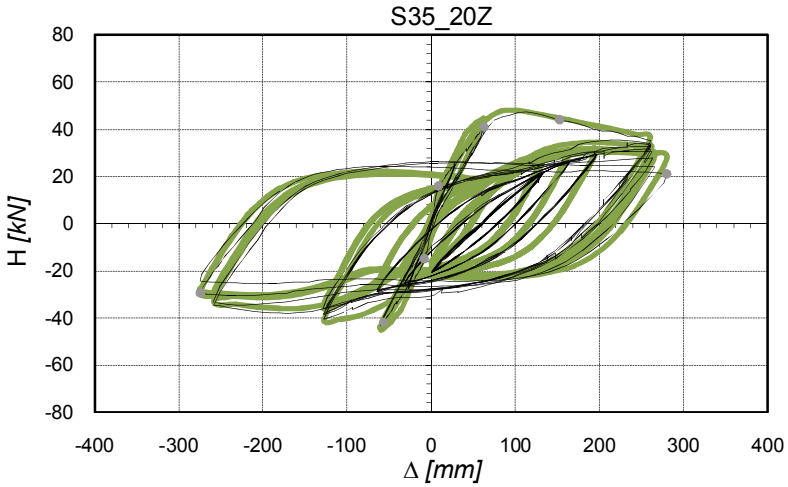
Uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri Şekil 3.65'de, gerçekleşen yük-yerdeğiştirme çevrimleri Şekil 3.66'de, analitik olarak doğrulanmış çevrimler de Şekil 3.67' de verilmiştir.Şekil 3.68'demalzeme güvenlik katsayıları kullanılmadan (γc=1.0, γs=1.0) statik itme analizi (pushover) ile elde edilen itme eğrisi ve malzeme güvenlik katsayıları kullanılarak (γc=1.4, γs=1.15) elde edilmiş itme eğrisi görülmektedir.



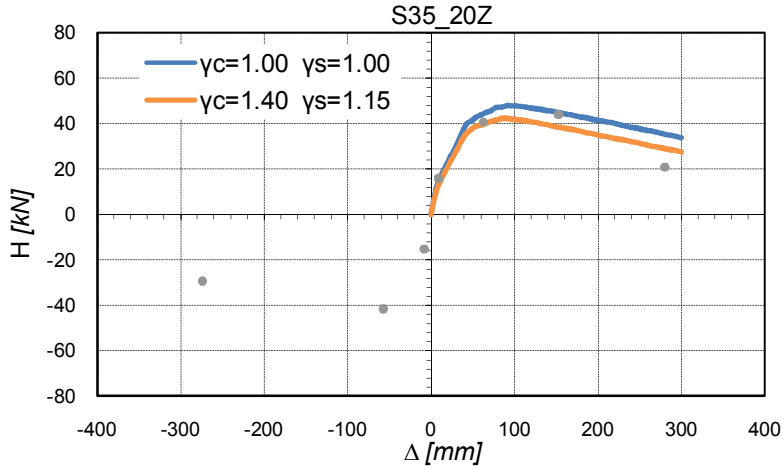
Şekil 3.65 : DeneyselS35_20Z numunesine uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri[9].



Şekil 3.66 : DeneyselS35_20Z numunesi için yük-yerdeğiştirme eğriler[9].



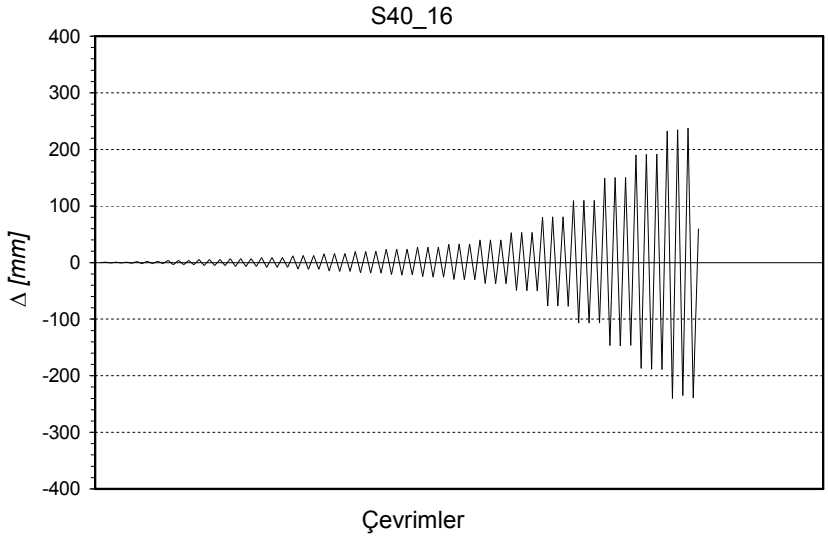
Şekil 3.67 : Deneyselve analitik doğrulanmış S35_20Z numunesi.



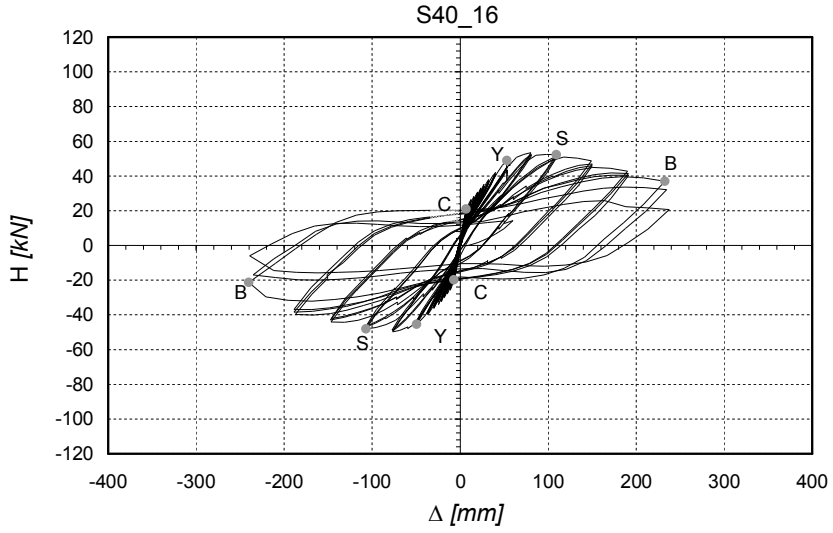
Şekil 3.68 : Malzeme dayanımına göre statik itme eğrileri S35_20Z numunesi.

S40_16 Kolonu için değerlendirme:

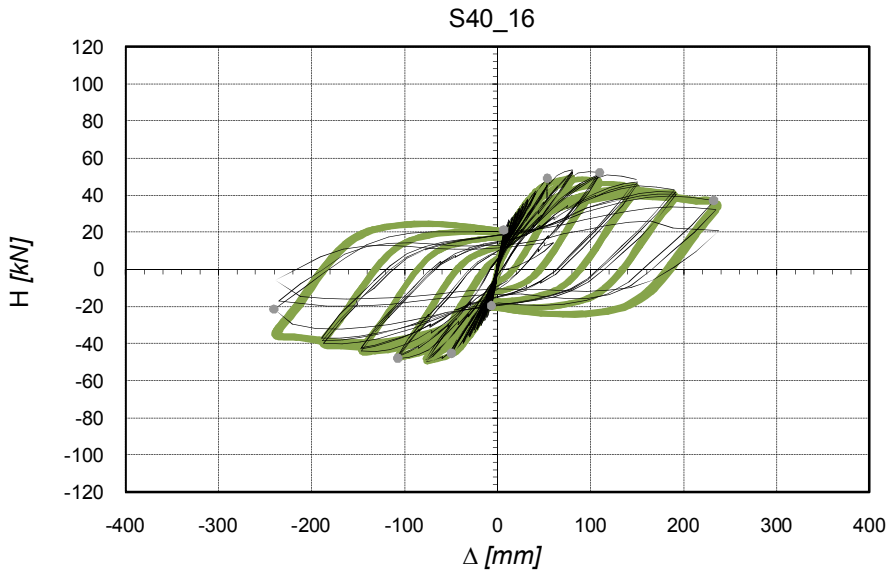
S40_16 numunesi ortalama 365 kN normal kuvvet uygulanarak denenmiştir. Uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri Şekil 3.69'da, gerçekleşen yük-yerdeğiştirme çevrimleri Şekil 3.70'de, analitik olarak doğrulanmış çevrimlerde Şekil 3.71'de verilmiştir, [9]. Şekil3.72'de malzeme katsayıları kullanılmadan (γc=1.0, γs=1.0) statik itme analizi (pushover) ile elde edilen eğriile malzeme dayanım katsayıları kullanılarak (γc=1.4, γs=1.15) elde edilen statik itme eğrisi verilmiştir.



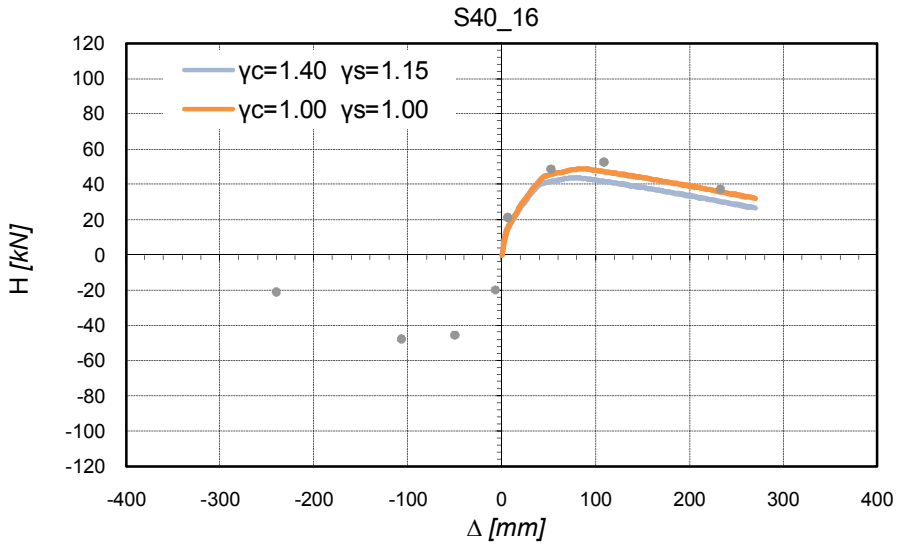
Şekil 3.69 : Deneysel S40_16 numunesine uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri[9].



Şekil 3.70 : Deneysel S40_16 numunesi için yük-yerdeğiştirme eğrileri[9].



Şekil 3.71 : Deneysel ve analitik doğrulanmış S40_16 numunesi.

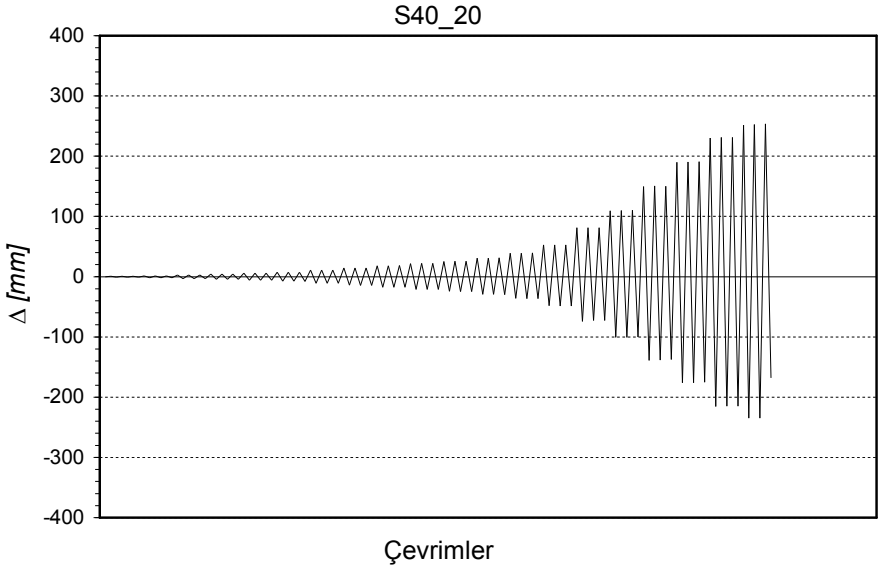


Şekil 3.72 : Malzeme dayanımına göre statik itme eğrileri S40_16 numunesi.

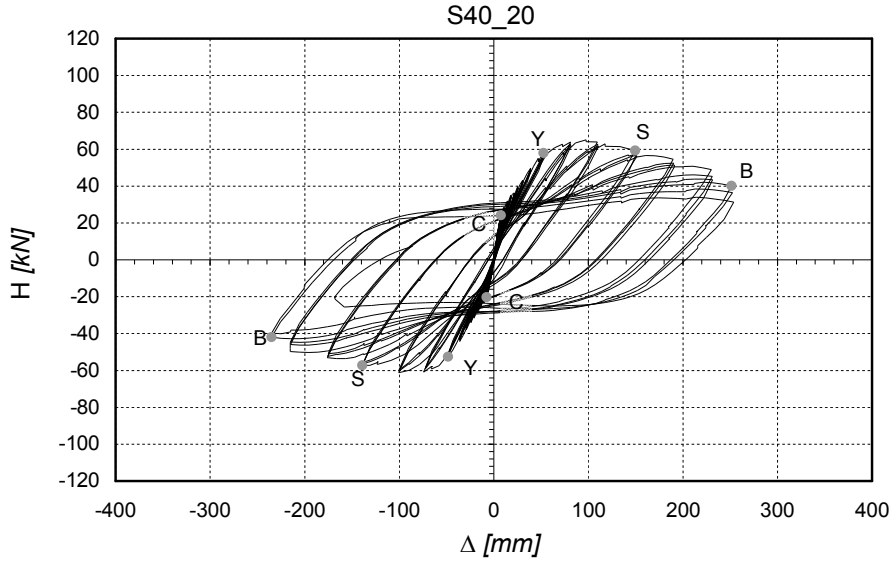
S40_20 Kolonu için değerlendirme:

S40_20 numunesi ortalama 365 kN normal kuvvet uygulanarak denenmiştir.Uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri Şekil 3.73'de, gerçekleşen yük-yerdeğiştirme çevrimleri Şekil 3.74'de, analitik olarak doğrulanmış çevrimler de Şekil 3.75'de yer almaktadır, [9].

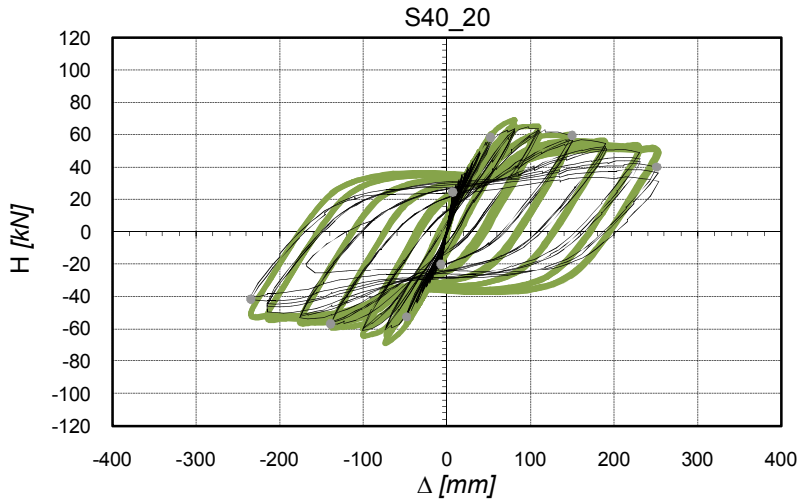
Şekil 3.76'damalzeme güvenlik katsayıları kullanılmadan (γc=1.0, γs=1.0) statik itme analizi (pushover) ile elde edilen itme eğrisi ve malzeme güvenlik katsayıları kullanılarak (γc=1.4, γs=1.15) elde edilmiş itme analizi eğrileri yer almaktadır.



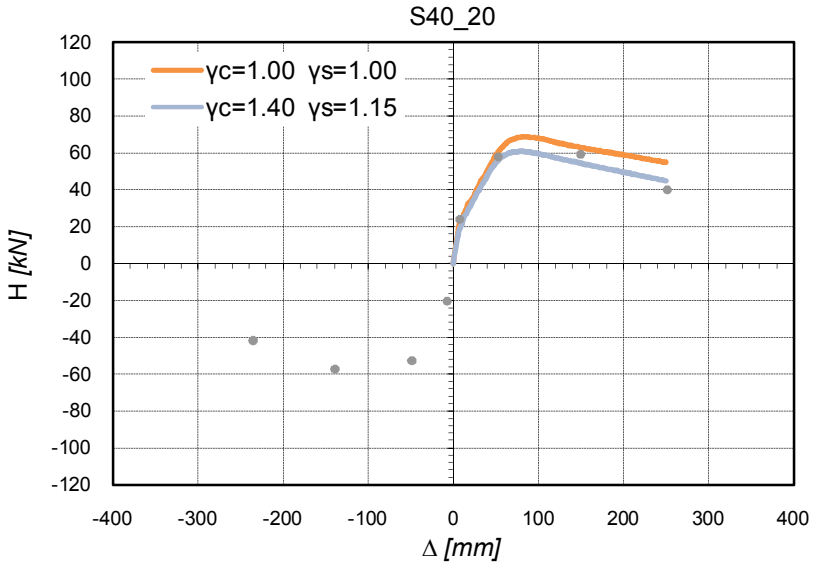
Şekil 3.73 : Deneysel S40_20 numunesine uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri[9].



Şekil 3.74 : Deneysel S40_20 numunesi için yük-yerdeğiştirme eğriler[9].



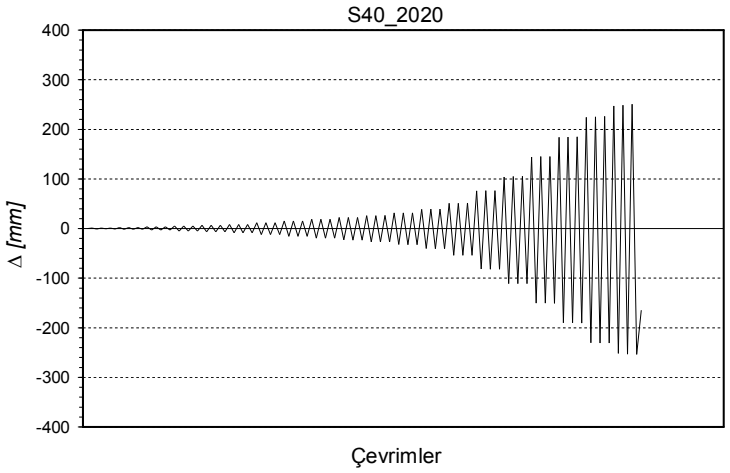
Şekil 3.75 : Deneysel ve analitik doğrulanmış S40_20 numunesi.



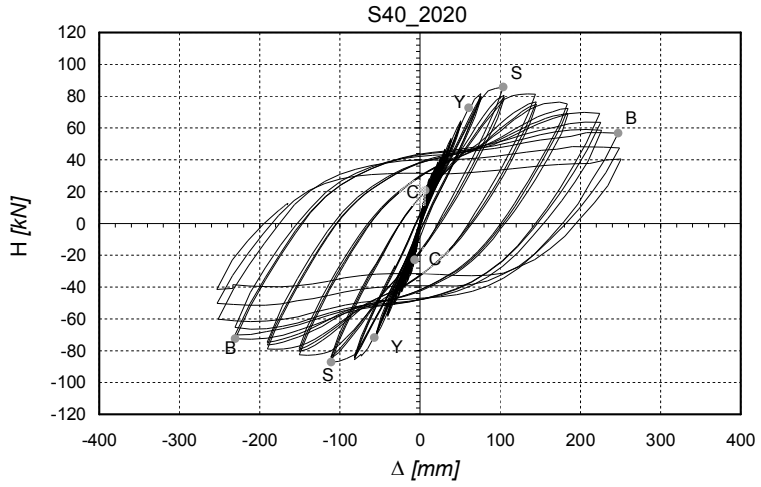
Şekil 3.76 : Malzeme dayanımına göre statik itme eğrileri S40_20 numunesi.

S40_2020 Kolonu için değerlendirme:

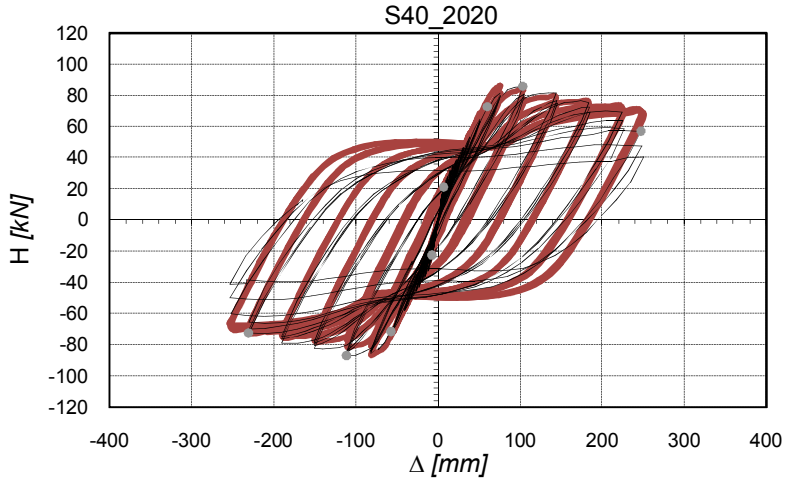
S40_2020 numunesi ortalama 365 kN normal kuvvet uygulanarak denenmiştir. Uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri Şekil 3.77'de, gerçekleşen yük-yerdeğiştirme çevrimleri Şekil 3.78'de**,** analitik olarakdoğrulanmış çevrimler de Şekil 3.79'da verilmiştir, [9]. Şekil 3.80'de malzeme güvenlik katsayıları kullanılmadan (γc=1.0, γs=1.0) elde edilen itme analizi (pushover) eğrisi ile malzeme güvenlik katsayıları kullanılarak (γc=1.4, γs=1.15) elde edilmiş itme analizi eğrisi birlikte verilmiştir.



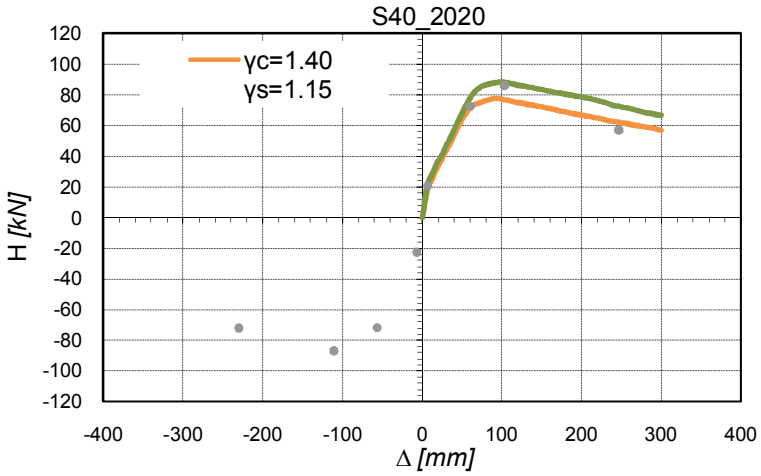
Şekil 3.77 : Deneysel S40_2020 numunesine uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri[9].



Şekil 3.78 : Deneysel S40_2020 numunesi için yük-yerdeğiştirme eğrileri[9].



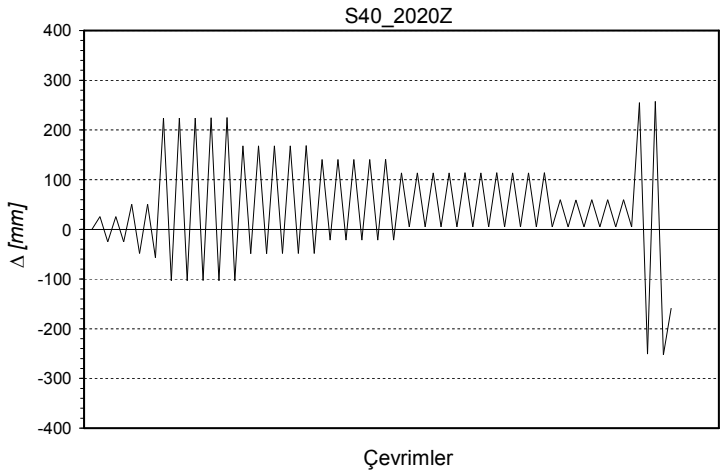
Şekil 3.79 : Deneysel ve analitik doğrulanmış S40_2020 numunesi.



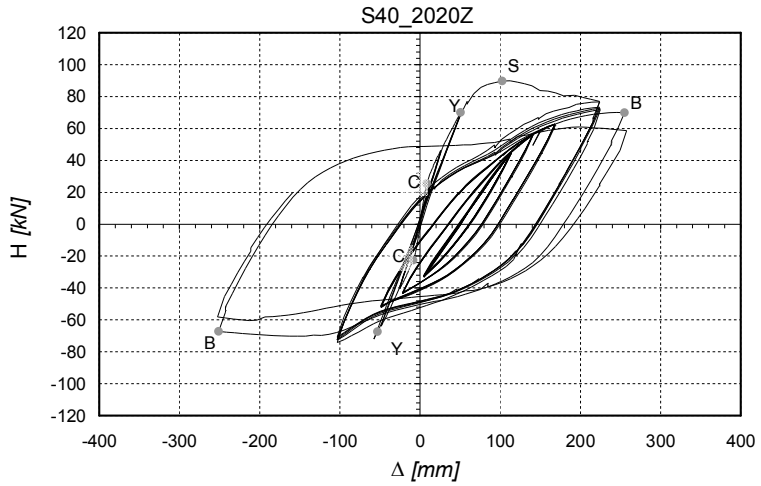
Şekil 3.80 : Malzeme dayanımına göre statik itme eğrileri S40_2020 numunesi.

S40_2020Z Kolonu için değerlendirme:

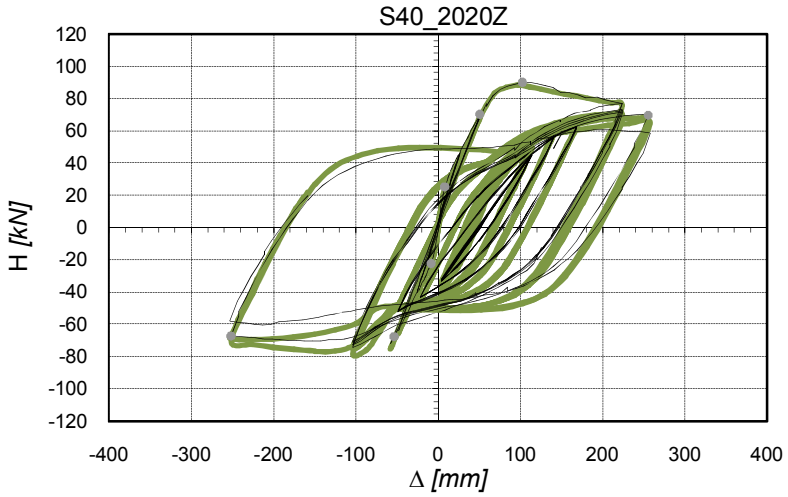
S40_2020Z numunesi ortalama 365 kN normal kuvvet uygulanarak denenmiştir. Kaynağa yakın depremi temsil etmek üzere önerilen yerdeğiştirme çevrimleri uygulanmıştır. Hasarın beklenen düzeye gelmesi için deney sonunda büyük genlikli iki çevrim daha yapılmıştır, [9].Uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri Şekil 3.81'de, gerçekleşen yük-yerdeğiştirme çevrimleri Şekil 3.82'de, analitik olarak doğrulanmış çevrimler Şekil 3.83'de verilmiştir. Şekil 3.84'de malzeme güvenlik katsayıları kullanılmadan (γc=1.0, γs=1.0) statik itme analizi (pushover) ile elde edilen eğri ile malzeme güvenlik katsayıları kullanılarak (γc=1.4, γs=1.15) elde edilen statik itme eğrisi birlikte verilmiştir.



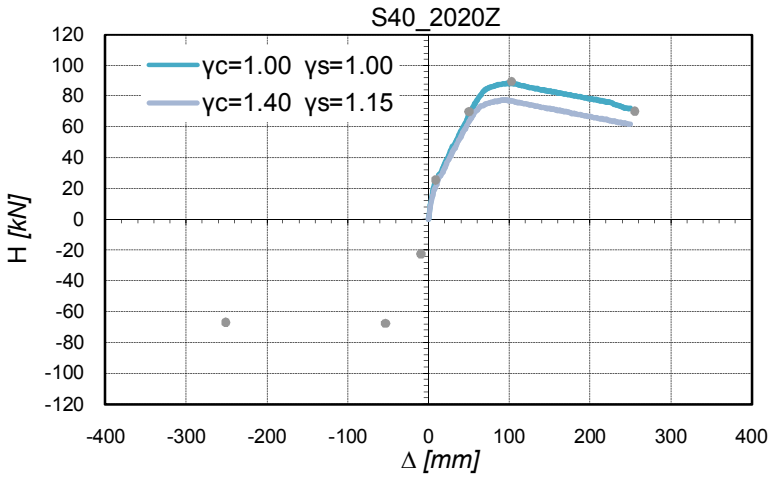
Şekil 3.81 : Deneysel S40_2020Z numunesi uygulanan yerdeğiştirme çevrimleri[9].



Şekil 3.82 : Deneysel S40_2020Z numunesi için yük-yerdeğiştirme eğrileri[9].



Şekil 3.83 : Deneysel ve analitik doğrulanmış S40_2020Z numunesi.



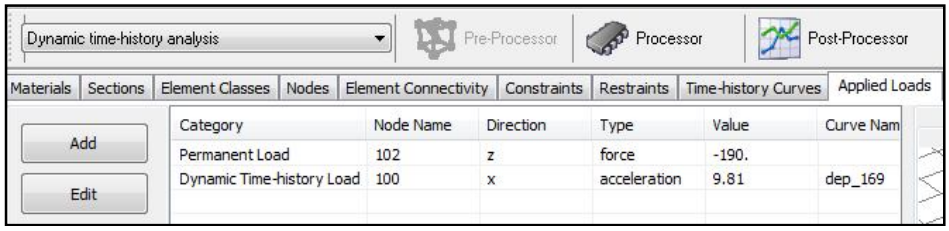
Şekil 3.84 : Malzeme dayanımına göre statik itme eğrileri S40_2020Z numunesi.

3.2 Zaman Tanım Alanında Dinamik Analizler

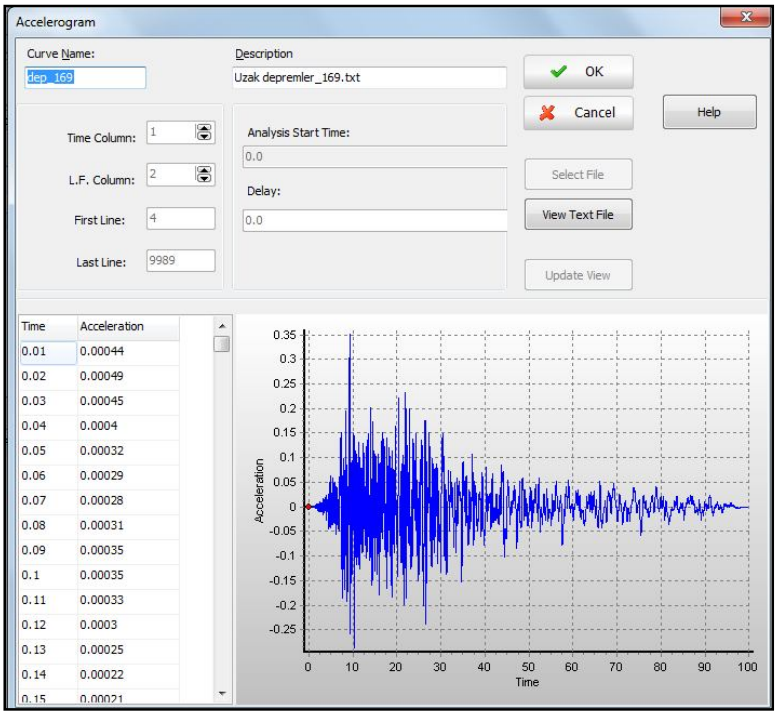
Statik itme –çekme çevrimleri ile doğrulanmış prefabrik kolon modelleri, 2.Bölüm de seçilmiş olan 4 grup deprem etkisinde incelenmiştir. Her birinde 7adet deprem kaydı bulunan 4 grup deprem prefabrik konsol kolonlara etkitilerek *Zaman Tanım Alanında Dinamik Analizler*gerçekleştirilmiş, ortaya çıkan en büyük yerdeğiştirme, en büyük tepe dönmesi,.taban kesme kuvveti, taban momenti ve göreli kat ötelemeleri belirlenmiştir.

3.2.1 SeismoStruct V6 ile Dinamik Analizin Tanımı

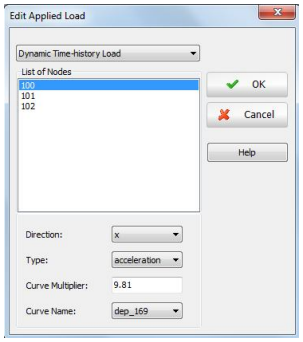
Statik analizin modellenmesinden farklı olarak dinamik etkilerin tanımı yapılmıştır.Şekil 3.85 ve Şekil 3.86'da dinamik yüklerin sisteme nasıl aktarılacağı gösterilmiştir.



Şekil 3.85 : Dinamik yükleme çevriminin tanımlanması[16].



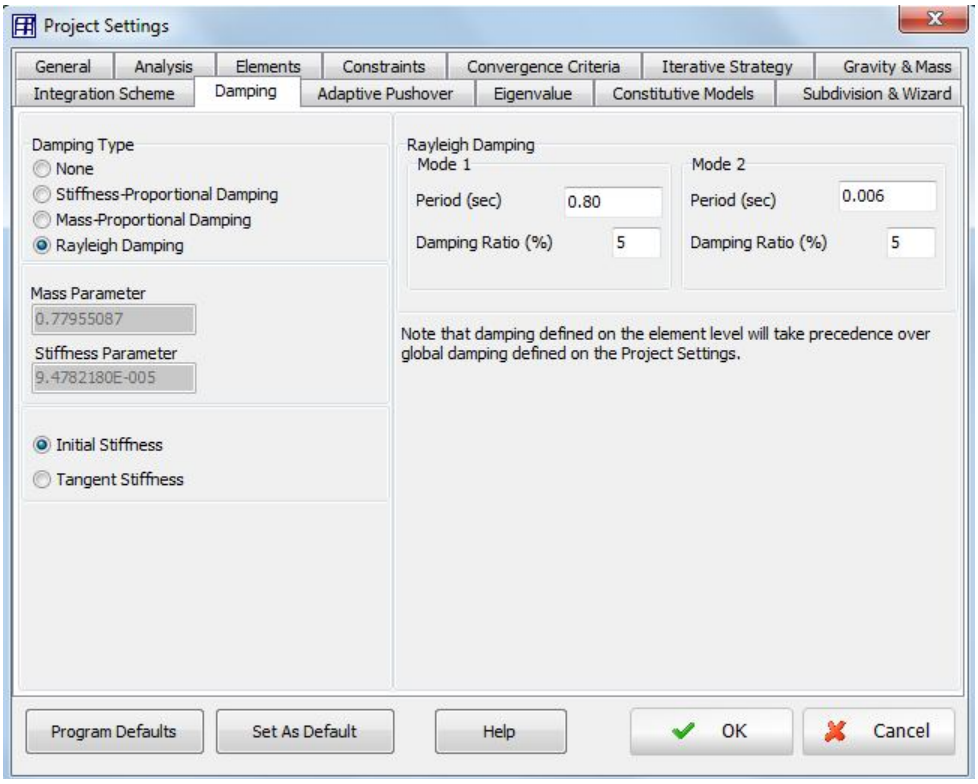
Şekil 3.86 : Dinamik yükleme çevriminin depremin ivme-zaman grafiği[16].



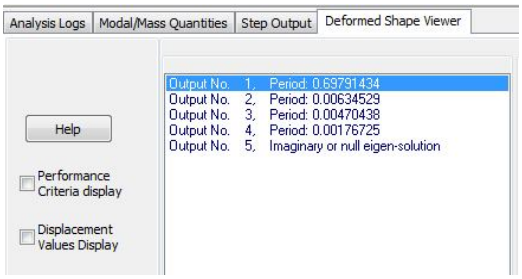
Şekil 3.87 : İvme –zaman yük çevriminin tanımlanması[16].

İndirilen kaydın ivme –zaman grafiği "Gal" cinsindendir.Programda çalışılan birim sistemi "m/sn^2"dir. Dolayısıyla yük formu 9.81 ile çarpılarak m/sn^2 birimine çevrilmelidir.

Dinamik Zaman Tanım Alanında Analiz yapılmadan önce sistem periyot ve sönüm bilgisinin Şekil 3.88'de gösterildiği gibi tanımlanması gerekmektedir. Bunun için her kolon için öncelikle serbest titreşim analizi yapılmıştır. Bunun için "*Rayleigh Damping*" %5 sönüm ve kesit için başlangıç rijitliği "*initial stiffness*" tanımlanmıştır. Mevcut sistemin periyot bilgisi Şekil 3.89'da elde edilmelidir.



Şekil 3.88 : Serbest titreşim analizin sonuçları[16].



Şekil 3.89 : Periyot ve sönüm bilgisinin verilmesi[16].

3.2.2 SEISMOSTRUCT V6 ile Dinamik Analizin Sonuçları

Dinamik zamantanım alanında analiz sonucunda S30_14 ve S30_14M kolonu için elde edilen tepe yerdeğiştirmesi ve dönme değerleri, taban kesme kuvveti ve taban momentleri bu bölümde irdelenecektir.

30_14 Kolon Numunesi

Dinamik Zaman Tanım Alanında Analiz sonucunda S30_14 kolonu için elde edilen tepe yerdeğiştirmesi, dönme, taban kesme kuvveti, taban momenti büyüklükleri her kayıt için sırasıyla Çizelge 3.7, Çizelge 3.9, Çizelge 3.11, Çizelge 3.13'de verilmektedir.

Gerçek ve üretilmiş kayıtlar için elde edilen tepe yer değiştirmeleri, tepe dönmeleri, taban kesme kuvvetleri, taban momentleri için ortalama istemler, standart sapmaları ve yakınsaklık (covergence) değerleri sırasıyla Çizelge 3.8, Çizelge 3.10, Çizelge 3.12, Çizelge 3.14'de belirtilmiştir.

Çizelge 3.7 : S30_14 en büyük tepe yerdeğiştirmesi.

S30_14		Deprem Adı	Gerçek Kayıt Yerdeğiştirme [m]	Üretilmiş Kayıt Yerdeğiştirme [m]
Uzak Depremler	1	169	0.1569	0.1470
	2	725	0.0734	0.1554
	3	778	0.0925	0.1248
	4	1048	0.1352	0.1481
	5	1082	0.1519	0.1511
	6	1504	0.1674	0.1936
	7	1513	0.1329	0.1095
Yakın Depremler	1	179	0.1439	0.1699
	2	180	0.0989	0.1323
	3	723	0.1569	0.1466
	4	802	0.1447	0.1245
	5	821	0.1882	0.1955
	6	1013	0.1724	0.2055
	7	1511	0.1398	0.1136

Çizelge 3.8 : S30_14 en büyük tepe yerdeğiştirmeleri ortalama değerleri.

S30_14	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	0.1300	0.1471	0.1493	0.1554
St sapma	0.0348	0.0263	0.0282	0.0357
cov.	26.7	17.9	18.9	23.0

Çizelge 3.9 : S30_14 en büyük tepe dönmeleri.

S30_14		Deprem Adı	Gerçek Kayıt Dönme [rad]	Üretilmiş Kayıt Dönme [rad]
Uzak Depremler	1	169	0.0521	0.0493
	2	725	0.0279	0.0518
	3	778	0.0341	0.0434
	4	1048	0.0462	0.0498
	5	1082	0.0509	0.0506
	6	1504	0.0544	0.0622
	7	1513	0.0456	0.0385
Yakın Depremler	1	179	0.0487	0.0557
	2	180	0.0361	0.0454
	3	723	0.0522	0.0493
	4	802	0.0488	0.0432
	5	821	0.0607	0.0627
	6	1013	0.0553	0.0653
	7	1511	0.0475	0.0403

Çizelge 3.10 : S30_14 en büyük tepe dönmeleri ortalama değerleri.

S30_14	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	0.0445	0.0494	0.0499	0.0517
St sapma	0.0099	0.0074	0.0076	0.0097
cov.	22.2	14.9	15.3	18.8

Çizelge 3.11 : S30_14 en büyük taban kesme kuvvetleri.

S30_14		Deprem Adı	Orjinal Kayıt V [kN]	Değiştirilmiş Kayıt V [kN]
Uzak Depremler	1	169	24.2045	25.7747
	2	725	23.8735	25.0651
	3	778	31.6943	33.1219
	4	1048	25.7489	25.8827
	5	1082	26.4197	25.1052
	6	1504	29.4946	29.4950
	7	1513	27.5848	30.4829
Yakın Depremler	1	179	26.9953	28.2128
	2	180	32.5518	27.6016
	3	723	25.3006	22.4808
	4	802	28.1388	28.1705
	5	821	32.3547	29.1690
	6	1013	32.2126	31.2254
	7	1511	27.9772	29.5391

Çizelge 3.12 : S30_14 en büyük taban kesme kuvvetleri ortalam değerleri.

S30_14	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	27.0029	27.8468	29.3616	28.0570
St sapma	2.8312	3.1858	2.9656	2.7328
cov.	10.5	11.4	10.1	9.7

Çizelge 3.13 : S30_14 en büyük taban momentleri.

S30_14	Deprem Adı		Orjinal Kayıt M [kNm]	Değiştirilmiş Kayıt M [kNm]
Uzak Depremler	1	169	96.6187	95.6446
	2	725	85.2870	97.0438
	3	778	92.8023	96.5916
	4	1048	96.7692	96.8403
	5	1082	98.7686	98.4826
	6	1504	96.5018	97.6475
	7	1513	96.6777	93.7166
Yakın Depremler	1	179	97.0912	96.8984
	2	180	94.0403	96.4533
	3	723	97.7714	97.3529
	4	802	96.6085	96.0400
	5	821	98.4267	98.2459
	6	1013	97.2072	97.7842
	7	1511	97.0724	95.5567

Çizelge 3.14 : S30_14 en büyük taban momentleri ortalama değerleri.

S30_14	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	94.7751	96.5667	96.8883	96.9045
St sapma	4.5431	1.5338	1.3852	0.9611
cov.	4.8	1.6	1.4	1.0

30_14M Kolon Numunesi

S30_14M kolonu için elde edilen tepe yerdeğiştirmesi ve dönme değerleri her kayıt için sırasıyla Çizelge 3.11 ve Çizelge 3.13'de verilmektedir.

Gerçek ve üretilmiş kayıtlar için elde edilen tepe dönmeleri ve yerdeğiştirmeleri için ortalama istemler, standart sapmalarve yakınsaklık değerleri de sırasıyla Çizelge 3.12 ve Çizelge 3.14'de belirtilmiştir.

Diğer kolonlar için ilgili istemler EK E'de yer almaktadır.

Çizelge 3.15 : S30_14M en büyük tepe yerdeğiştirmeleri.

S30_14M		Deprem Adı	Gerçek Kayıt Yerdeğiştirme [m]	Üretilmiş Kayıt Yerdeğiştirme [m]
Uzak Depremler	1	169	0.1695	0.1470
	2	725	0.0741	0.1594
	3	778	0.0947	0.1298
	4	1048	0.1360	0.1490
	5	1082	0.1498	0.1522
	6	1504	0.1726	0.1965
	7	1513	0.1268	0.1096
Yakın Depremler	1	179	0.1435	0.1752
	2	180	0.1008	0.1322
	3	723	0.1552	0.1476
	4	802	0.1451	0.1262
	5	821	0.1882	0.1961
	6	1013	0.1742	0.2094
	7	1511	0.1445	0.1154

Çizelge 3.16 : S30_14M en büyük tepe yerdeğiştirmeleri ortalama değerleri.

S30_14M	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	0.1319	0.1491	0.1502	0.1574
St sapma	0.0369	0.0268	0.0277	0.0365
cov.	28.0	18.0	18.4	23.2

Çizelge 3.17 : S30_14M en büyük tepe dönmeleri.

S30_14M		Deprem Adı	Gerçek Kayıt Dönme(rad)	Üretilmiş Kayıt Dönme(rad)
Uzak Depremler	1	169	0.0556	0.0495
	2	725	0.0281	0.0529
	3	778	0.0347	0.0448
	4	1048	0.0465	0.0501
	5	1082	0.0503	0.0509
	6	1504	0.0562	0.0630
	7	1513	0.0440	0.0388
Yakın Depremler	1	179	0.0486	0.0568
	2	180	0.0367	0.0455
	3	723	0.0517	0.0497
	4	802	0.0490	0.0438
	5	821	0.0608	0.0629
	6	1013	0.0562	0.0664
	7	1511	0.0488	0.0408

Çizelge 3.18 : S30_14M en büyük tepe dönmeleri ortalama değerleri.

S30_14M	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	0.0451	0.0500	0.0503	0.0523
St sapma	0.0105	0.0074	0.0075	0.0099
cov.	23.3	14.8	15.0	19.0

Çizelge 3.19 : S30_14M en büyük kesme kuvveti değerleri.

S30_14M		Deprem Adı	Orjinal Kayıt V [kN]	Değiştirilmiş Kayıt V [kN]
Uzak Depremler	1	169	20.3461	23.4723
	2	725	21.3762	24.4434
	3	778	28.3485	28.3303
	4	1048	21.6836	24.5359
	5	1082	23.8559	24.4841
	6	1504	27.5533	29.2669
	7	1513	24.6064	23.3868
Yakın Depremler	1	179	25.2166	25.6945
	2	180	30.5728	25.9944
	3	723	25.9110	21.5196
	4	802	25.8403	25.3018
	5	821	29.2039	26.9589
	6	1013	29.2466	28.8661
	7	1511	25.2915	26.2616

Çizelge 3.20 : S30_14M en büyük kesme kuvveti ortalama değerleri.

S30_14M	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	23.9671	25.4171	27.3261	25.7996
St sapma	3.0962	2.3737	2.2567	2.2202
cov.	12.9	9.3	8.3	8.6

Çizelge 3.21 : S30_14M en büyük moment değerleri.

S30_14M		Deprem Adı	Orjinal Kayıt M [kNm]	Değiştirilmiş Kayıt M [kNm]
Uzak Depremler	1	169	96.3754	95.4842
	2	725	84.5976	96.5483
	3	778	91.8320	96.0782
	4	1048	96.2476	96.3166
	5	1082	97.3561	97.3565
	6	1504	95.6301	96.9278
	7	1513	95.9317	92.9646
Yakın Depremler	1	179	96.3487	96.3268
	2	180	93.4446	95.8423
	3	723	97.0810	96.6478
	4	802	96.0867	95.6038
	5	821	97.6336	97.4127
	6	1013	96.5665	97.0380
	7	1511	96.4820	95.2340

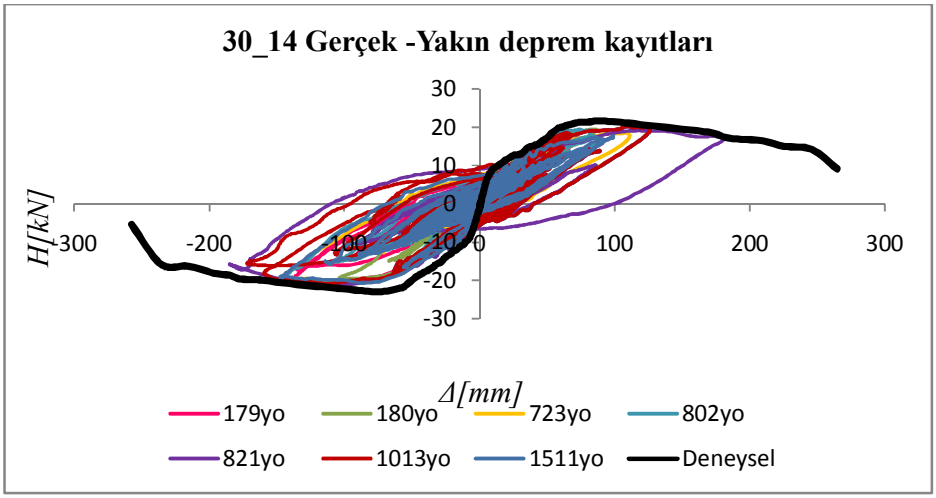
Çizelge 3.22 : S30_14M en büyük moment ortalama değerleri.

S30_14M	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	93.9958	95.9537	96.2347	96.3008
St sapma	4.4991	1.4476	1.3332	0.7890
cov.	4.8	1.5	1.4	0.8

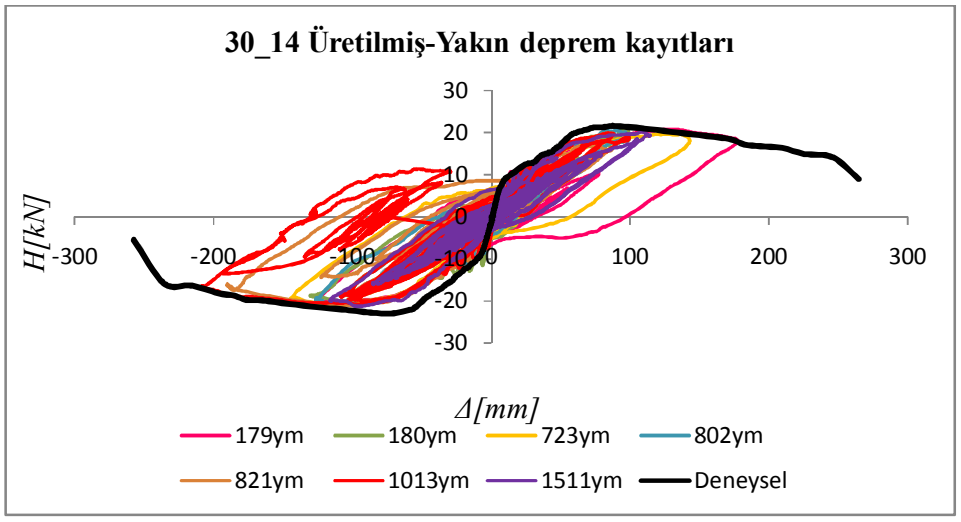
3.2.3 Dinamik Analiz Sonucunda Kolon Performans Değerlendirmesi

Dört grup deprem için; Şekil 3.90'da *gerçek-yakın depremler*, Şekil 3.91'de *üretilmiş-yakın depremler*, Şekil 3.92'de *gerçek-uzak depremler*, Şekil 3.93'de *üretilmiş-uzak depremler*etkisinde kolonların performansları irdelenmiştir.

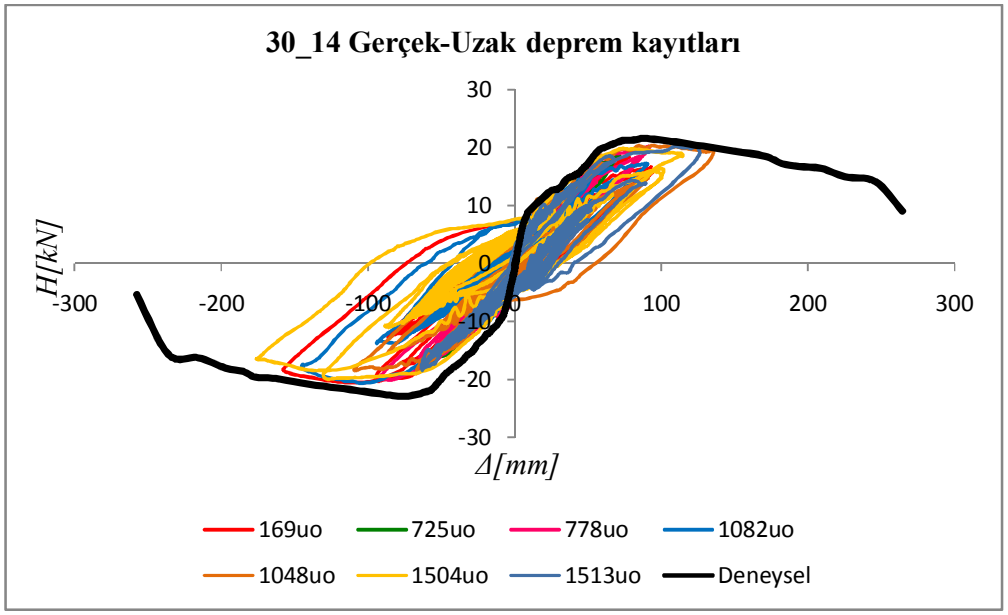
Yapılmış deneysel çalışmada statik itme-çekme çevrimleri ile kolon göçme performansına kadar zorlanmıştır. Deneysel çalışmadan elde edilen çevrimlerin zarfı ile farklı depremler etkisinde oluşan histeritik çevrimler aynı grafik üzerinde gösterilmiştir. Zarf eğrisinin tepe noktası kolonun taşıma gücüne karşı gelmektedir. Kolon taşıma gücüne eriştikten sonra azalan kol üzerinde %20 azalma gözlendiğinde kolonun göçmeye eriştiği kabul edilmiştir.



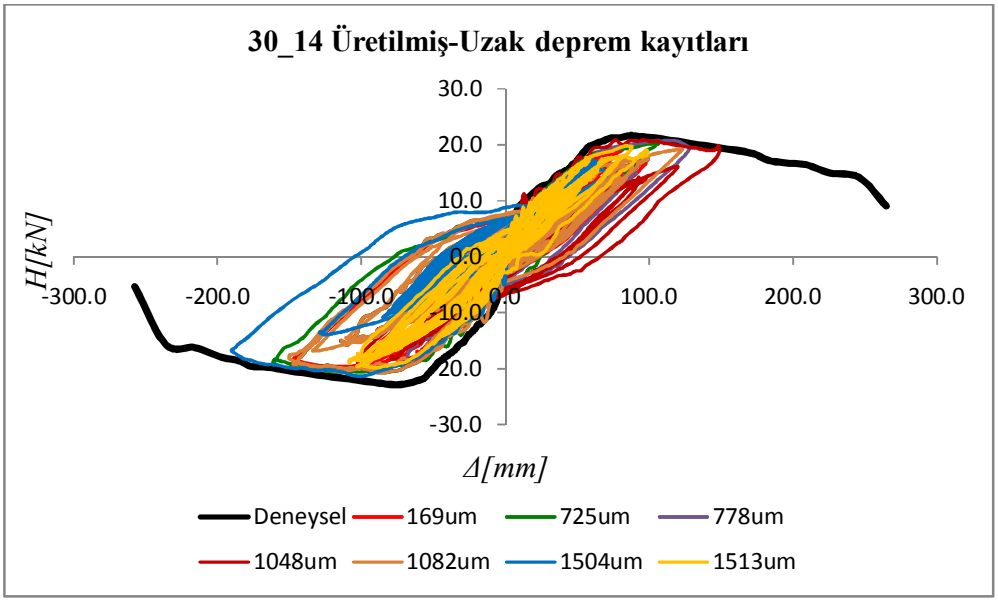
Şekil 3.90 : S30_14 *Gerçek-yakın deprem* etkisi altında kolon kapasite grafiği.



Şekil 3.91 : S30_14 *Üretilmiş-Yakın deprem* etkisi altında kolon kapasite grafiği.



Şekil 3.92 : S30_14 *Gerçek-Uzak deprem* etkisi altında kolon kapasite grafiği.



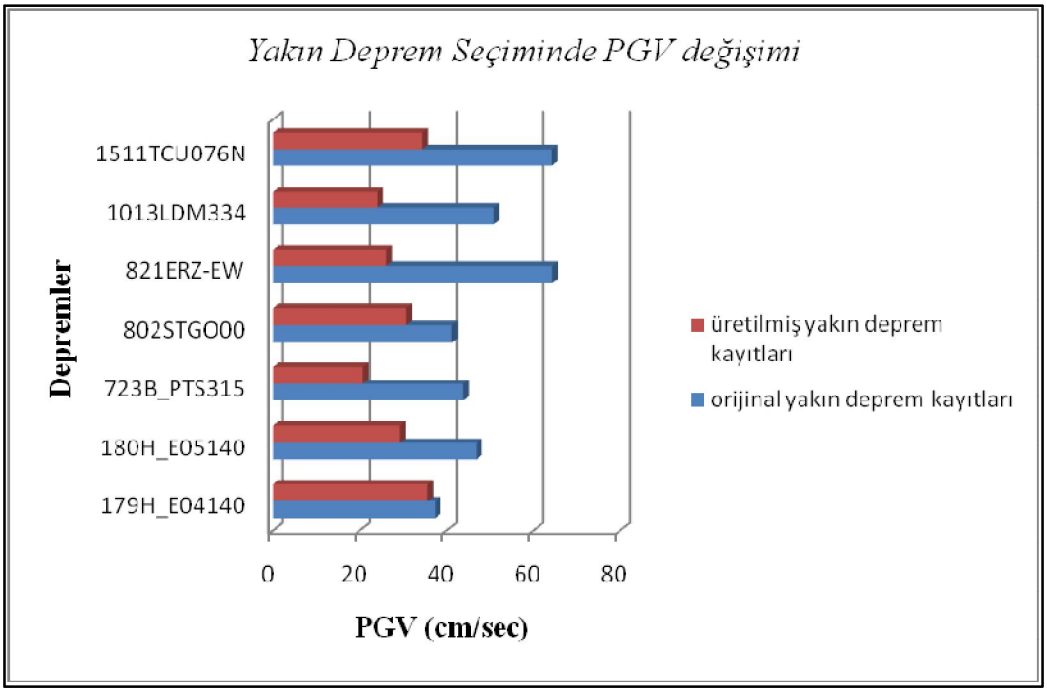
Şekil 3.93 : S30_14 *Üretilmiş-Uzak deprem* etkisi altında kolon kapasite grafiği.

S30_14M, S30_16, S30_18, S30_18Z, S35_1416, S35_18, S35_20, S35_20Z, S40_16, S40_20, S40_2020, S40_2020Z diğer 12 kolon için hazırlanmış benzer eğriler EK F'de verilmiştir.S40_2020 ve S40_2020Z dinamik parametreleri benzerdir aynı sonuçlar elde edilmektedir.

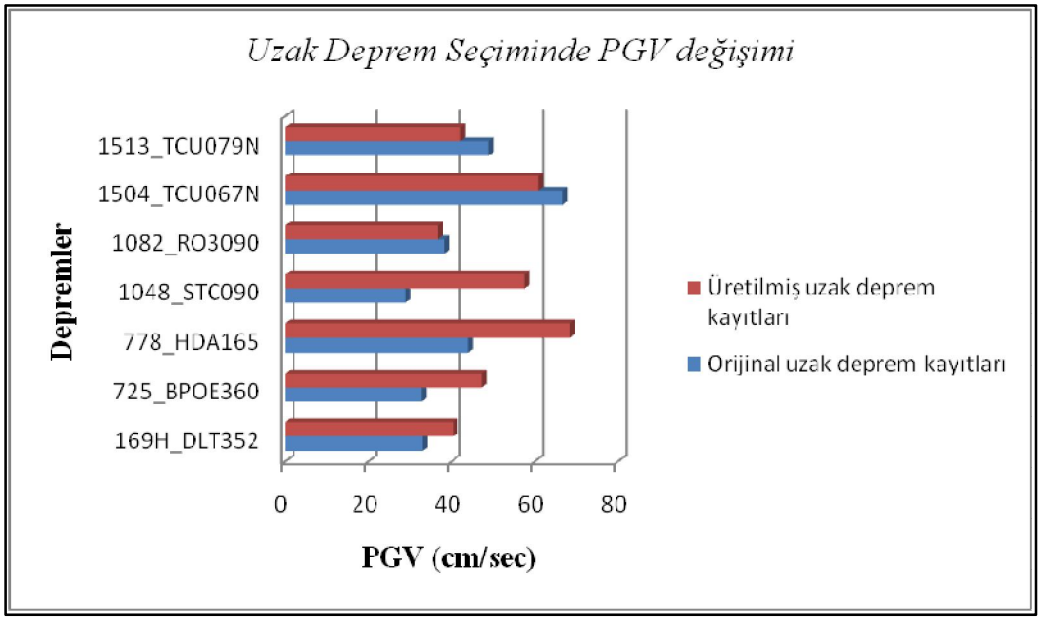
4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

4.1 Deprem Kaydı Seçimi

Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de gösterildiği gibi, yer hızı (PGV) bakımından değerlendirildiğinde *gerçek yakın deprem kayıtları, gerçekuzak deprem kayıtlarına* göre daha büyük değerler içermektedir. Spektruma göre üretilmiş kayıtlarda ise PGV değerleri *yakın depremlerde* yaklaşık 30 cm/sn civarındayken *uzak depremlerde*yaklaşık 50 cm/sn düzeyinde gerçekleşmiştir. Genel olarak *yakın deprem kayıtlarında* PGV değerlerinin daha büyük olması beklenirken tersi durum oluşmuştur.Bunun nedeni spektrum benzeri kayıt üretme operasyonu sırasındaki işlemlerin bir sonucu olabilir.*SismoMatch* programı kullanılarak hedef spektrumla uyumlu hale getirilen y*akın* ve *uzak depremler*ilekayıtların doğal hallerinde elde edilen şiddet ölçütleriher kayıt ve her hasar ölçütü için incelenerek Çizelge 2.3, Çizelge 2.4, Çizelge 2.5 ve Çizelge 2.6 oluşturulmuştur.

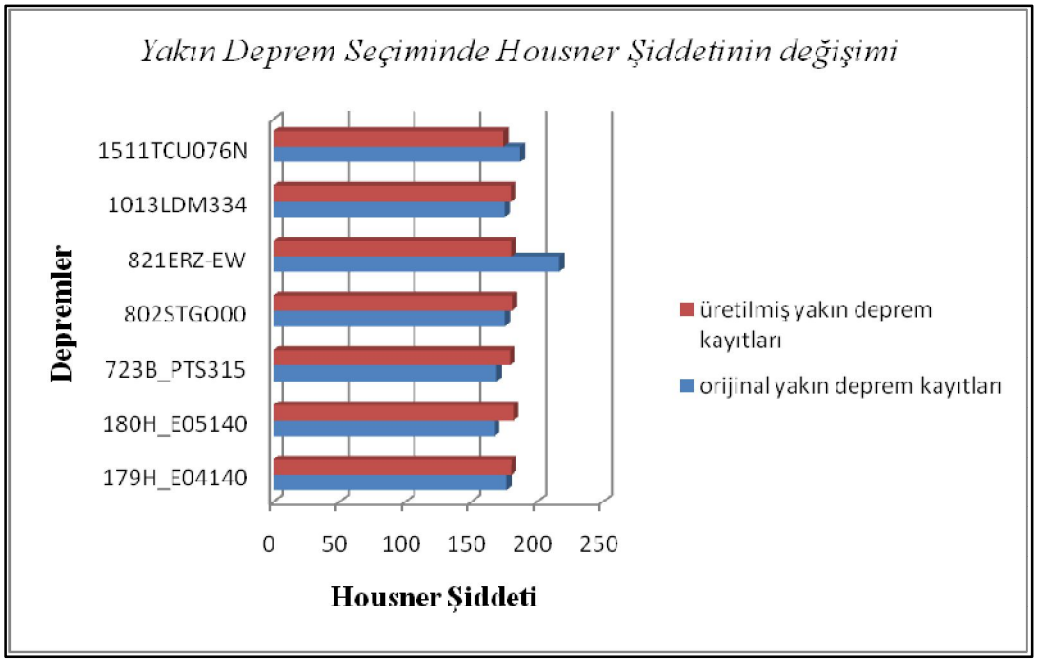


Şekil 4.1 : *Yakın deprem* seçimlerinde PGV değişimi.

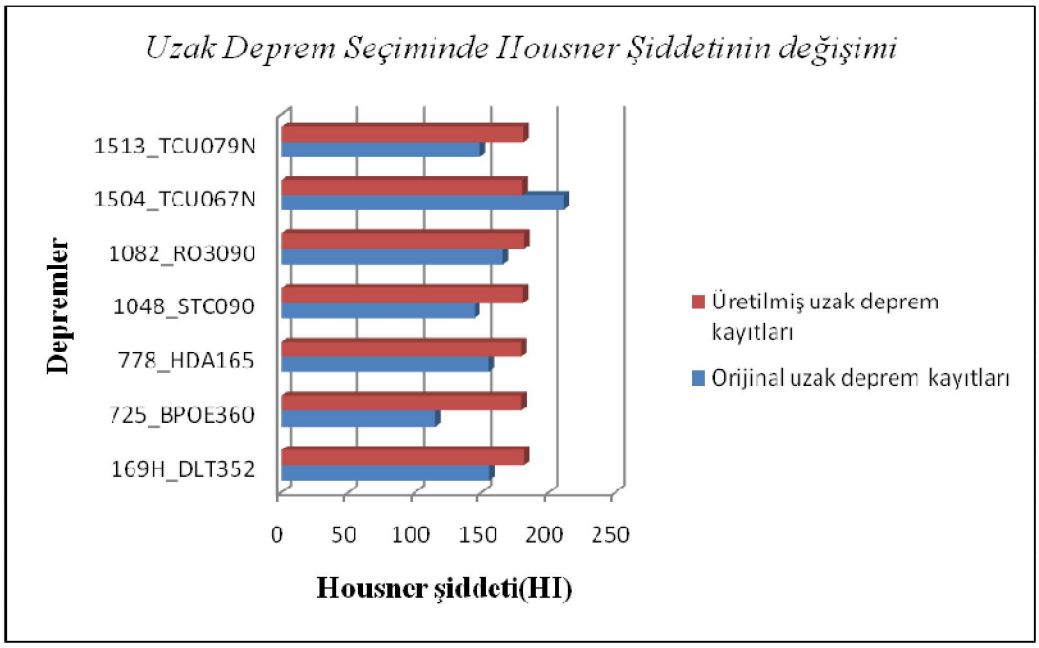


Şekil 4.2 : *Uzak deprem* seçimlerinde PGV değişimi.

Depremin hız bileşeninden üretilen bir büyüklük ölçütü olan Housner şiddetinin seçilen deprem gruplarına göre değişimi Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'de verilmiştir.*Gerçek yakın deprem kayıtlarının* hız değerleri *uzak deprem kayıtlarına* göre daha yüksek olduğundan, bunun yansıması olarak HI şiddetleride *gerçek yakın kayıtlarda* yaklaşık 180 cm, *gerçek uzak kayıtlarda* ise yaklaşık 160 cm düzeyinde olmuştur.



Şekil 4.3 : *Yakın deprem* seçimlerinde HI değişimi.



Şekil 4.4 : *Uzak deprem* seçimlerinde HI değişimi.

Üretilmiş yakın ve uzak depremler için HI şiddetinin yaklaşık 180~182 cm civarında olduğu Şekil 4.3 ve Şekil 4.4 den görülmektedir.

*Gerçek kayıtlar*durumunda *yakın* ve *uzak depremler* karşılaştırıldığında, depremin hız bileşeninin fonksiyonu olan şiddet büyüklükleri HI, VSI, SED, CAV beklenildiği şekilde *yakın depremd*urumunda daha büyük değerler almaktadır.

Deprem kaydıhızının (PGV) büyük olması yapıya aktarılacak enerjinin de büyümesinde etkilidir. PGV ve PGD nin birlikte büyük değerler aldığı kayıtlarda sadece PGV nin büyük olduğu kayıtlara nazaran VRMS, DRMS ve SMA şiddet ölçütleri daha büyük olarak elde edilmektedir. PGV nin büyük olduğu kayıtlarda HI, VSI, SED ve CAV şiddet ölçütleri büyük değerleralmıştır.

İki kaydın karşılaştırılmasında, bir kayıt için PGA nın büyük olması Ia, Ic ve ASI şiddet ölçütlerinin de büyük olacağı anlamına gelmemektedir.

Gerçekuzak ve *gerçekyakın* deprem kayıtlarında hızın büyük oluşu, oluşan potansiyel enerjinin büyüklüğü konusunda ivme ve yerdeğiştirme büyüklüklerine göre daha etkindir. Yer ivmesinin büyümesiyle Ia, Ic ve ASI büyüklük ölçütlerinin de büyümesi beklenirken, hız esaslı HI, SED, CAV ve VSI büyüklük ölçütleri daha belirgin olarak ortaya çıkmaktadırlar.

Sonuç olarak, depremin hızının yapı sisteminde meydana gelebilecek hasarın tahmininde ve tasarımda kullanılabilecek en önemli hasar parametresi olduğu yapılan çalışma ile gösterilmiştir.

4.2 Doğrusal Olmayan Statik Analizler İle Belirlenen Kolon Performanslarının Değerlendirilmesi

İncelenen kolon numuneleri Bölüm 3'de ifade edildiği şekliyle tek yönlü artan yatay yükler etkisinde analitik olarak incelenmiştir. Gerçekleştirilen ilk grup analizlerde malzeme güvenlik katsayıları $\gamma c=1.40$ ve $\gamma s=1.15$ olarak kullanılmış, ikinci grup analizde ise 1.0 olarak alınmışlardır. Bu itme analizlerinde gerçekleşen en büyük dayanımlar belirlenmiş ve birbirlerine oranlanarak bir tür *dayanım fazlalığı oranı*tanımlanmıştır. Değişik kesit özelliklerine sahip 13 adet kolonda elde edilen oranlar birlikte değerlendirilerek genel bir orana ulaşılmaya çalışılmış ve yaklaşık **1.15** değeri bulunmuştur.

F.Karadoğan 2006[9] da aynı kolonlar için yapılan bir değerlendirmede Çizelge 4.1'de verilen y*erdeğiştirme sünekliklerine* ulaşılmıştır.

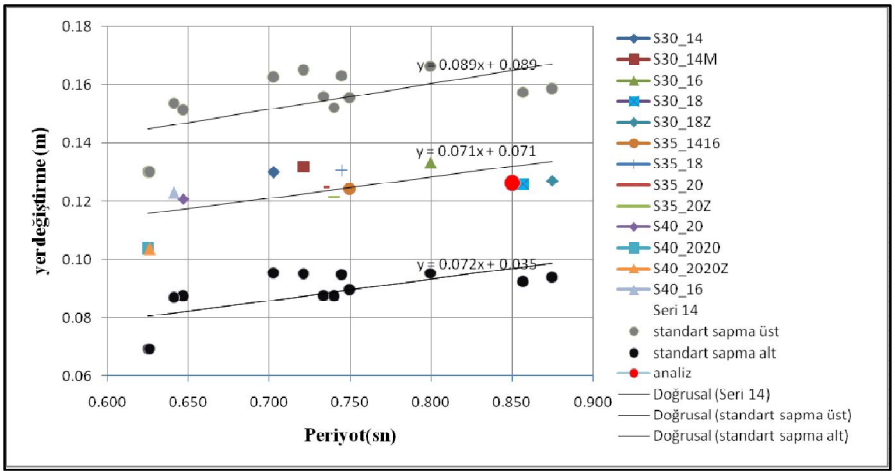
Çizelge 4.1'de görünen μyerdeğiştirme sünekliğini, *OSF ise* dayanım fazlılığını göstermektedir.*Dayanım fazlalığı katsayısı OSF*ile *yerdeğiştirme sünekliği* μçarpıldığında farklı özellikteki kolonlar için *yatay yük azaltma katsayıları*elde edilmiştir. Yatay yük azaltma katsayıları 3.41 ile 6.58 arasında değişmektedir

Çizelge 4.1 : Dayanım azaltma katsayısı.

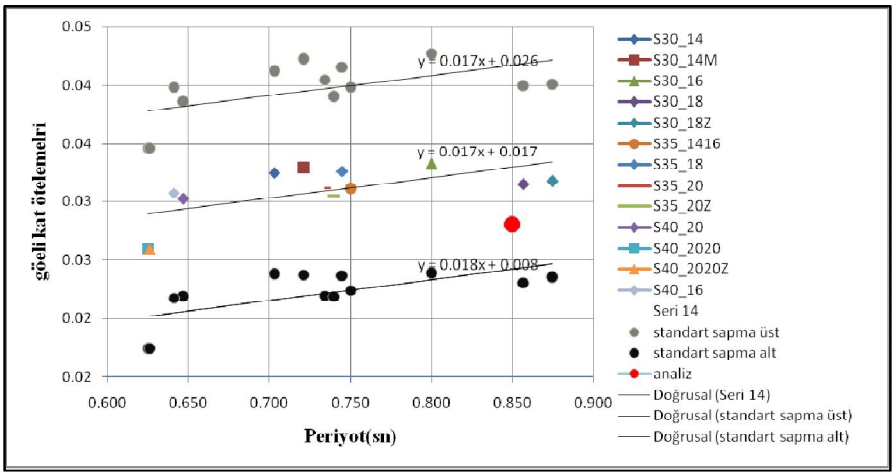
NUMUNE	Pu(γ=1) MPa	Pu($\gamma\neq$1) MPa	OSF	μ	OSF*μ
S30_14	20.10	17.60	1.14	5.30	6.05
S30_14M	20.20	17.40	1.16	3.20	3.71
S30_16	29.10	25.20	1.15	5.10	5.89
S30_18	32.60	28.60	1.14	3.70	4.22
S30_18Z	28.00	24.00	1.17	3.00	3.50
S30_1416	33.70	29.70	1.13	5.80	6.58
S35_18	40.00	34.60	1.16	5.50	6.36
S35_20	50.60	44.00	1.15	4.60	5.29
S35_20Z	47.80	41.80	1.14	3.90	4.46
S40_16	48.70	43.40	1.12	5.20	5.84
S40_20	68.80	60.70	1.13	5.50	6.23
S40_2020	88.30	77.60	1.14	3.00	3.41
S40_2020Z	89.76	77.20	1.16	3.40	3.95

4.3 Zaman Tanım Alanında Gerçekleştirilen Dinamik Analizlerle Belirlenen Kolon PerformanslarınınDeğerlendirilmesi

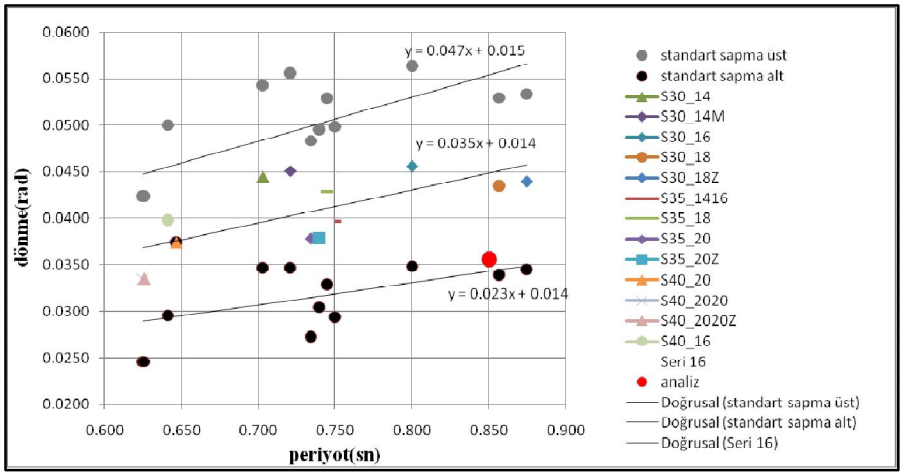
On üç adet kolon 4 grup deprem durumu için zaman tanım alanında incelenmiştir.Yapılan analizler sonucunda tepe yerdeğiştirmesi, tepe dönmesi, göreli kat ötelenmesi, taban kesme kuvveti ve taban momenti istemleri elde edilmiştir. Seçilen *uzak-gerçek deprem kayıtları* için Şekil 4.5'de yerdeğiştirme istemleri, Şekil 4.6'da dönme istemleri, Şekil 4.7'de taban momentinin boyutsuzlaştırılması ile elde edilen istem oranları, Şekil 4.8'de taban kesitinde meydana gelen kesme kuvvetinin sismik ağırlık ile boyutsuzlaştırılması sonucunda elde edilen kesme kuvveti istemleri verilmiştir. Grafiklerde yatay aks kolon brüt kesit eğilme rijitliği kullanılarak hesaplanmış *birinci titreşim modu* periyotlarına karşı gelmektedir.



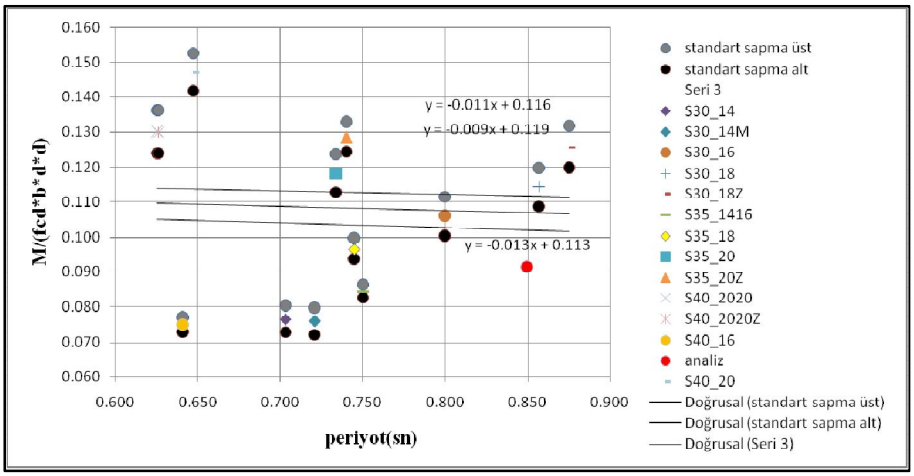
Şekil 4.5 : *Uzak-Gerçek deprem kayıtları*etkisinde yerdeğiştirme istemleri.



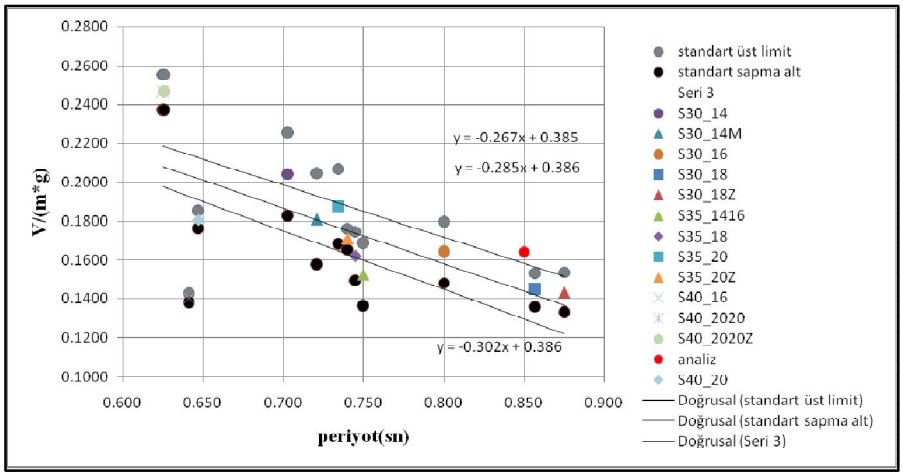
Şekil 4.6 : *Uzak-Gerçek deprem kayıtları*etkisinde göreli kat öteleme istemleri.



Şekil 4.7 : *Uzak-Gerçek deprem kayıtları*etkisinde dönme istemleri.



Şekil 4.8 : *Uzak-Gerçek deprem kayıtları*etkisinde moment istemleri.

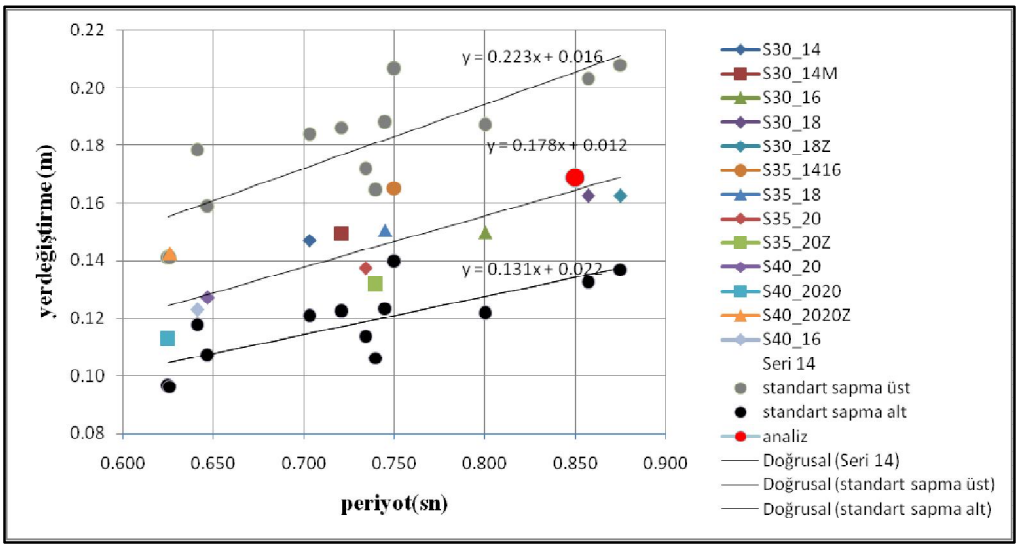


Şekil 4.9 : *Uzak-Gerçek deprem kayıtları*etkisinde kesme kuvveti istemleri.

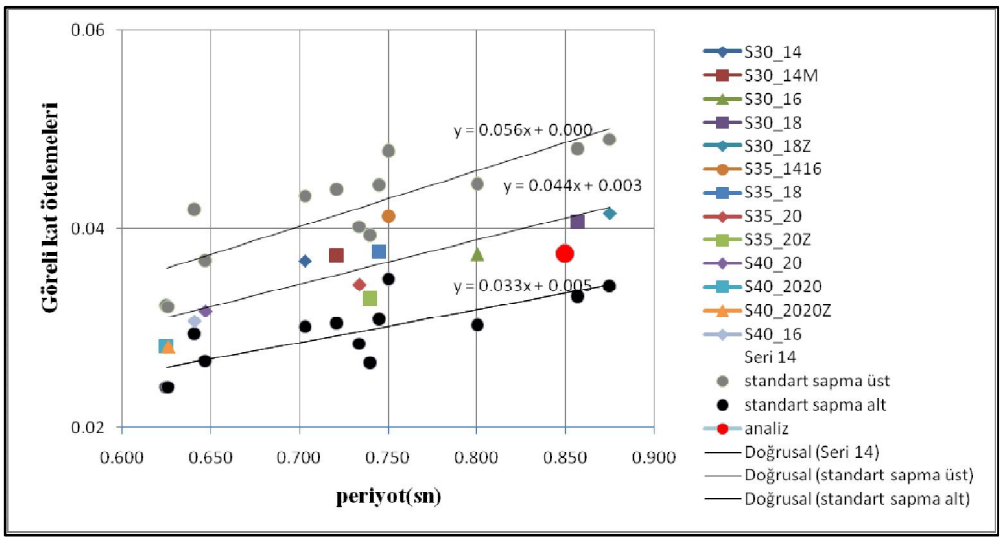
Her bir kolon numunesi farklı rijitlik ve kütle özellikleriyle sahip olduğu periyot değeriyle diyagramlarda bir nokta ile ifade edilmiştir. Moment istemi belirlenirken

kesit boyutları ve beton dayanımı göz önünde bulundurularak, Şekil 4.8'de düşey aksta tanımlandığı gibi bir boyutsuzlaştırma yapılmıştır. Aynı şekilde kesme kuvveti içinde kolon üzerinde etkili etkin kütle ve yer ivmesinin ($g=9.81 m/sn^2$) çarpımına dayalı bir boyutsuzlaştırma Şekil 4.9'da ifade edildiği şekilde yapılmıştır.

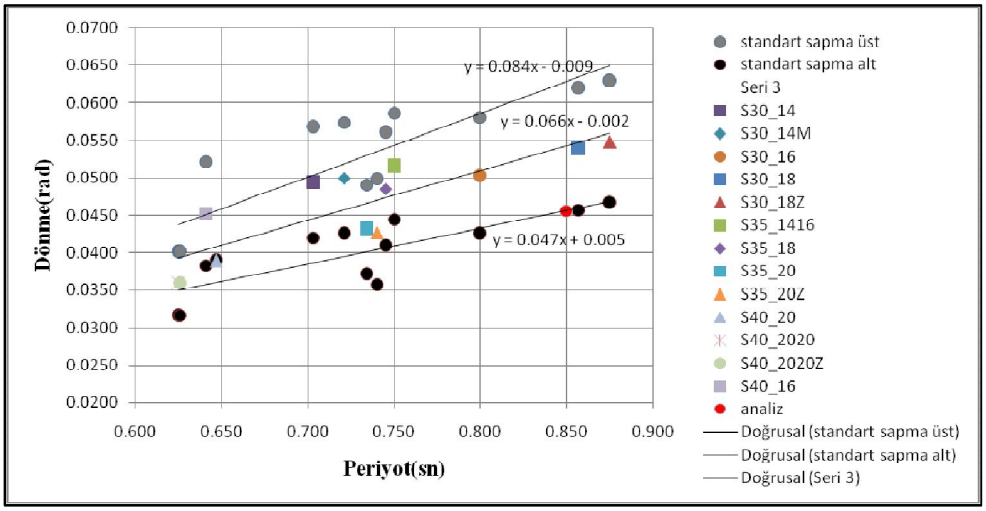
Üretilmiş-Uzak deprem kayıtları için elde edilen istemler; Şekil 4.10'da yerdeğiştirme, Şekil 4.11'de göreli kat ötelemeleri, Şekil 4.12'de dönme, Şekil 4.13'de taban kesme kuvveti ve Şekil 4.14'detaban momenti için verilmiştir.



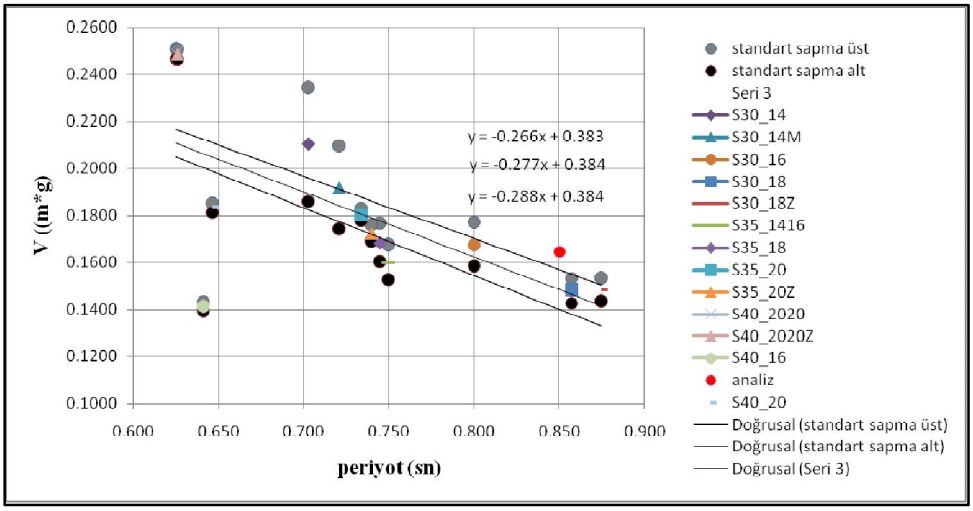
Şekil 4.10 : *Uzak-Üretilmiş deprem kayıtları*etkisinde yerdeğiştirme istemleri.



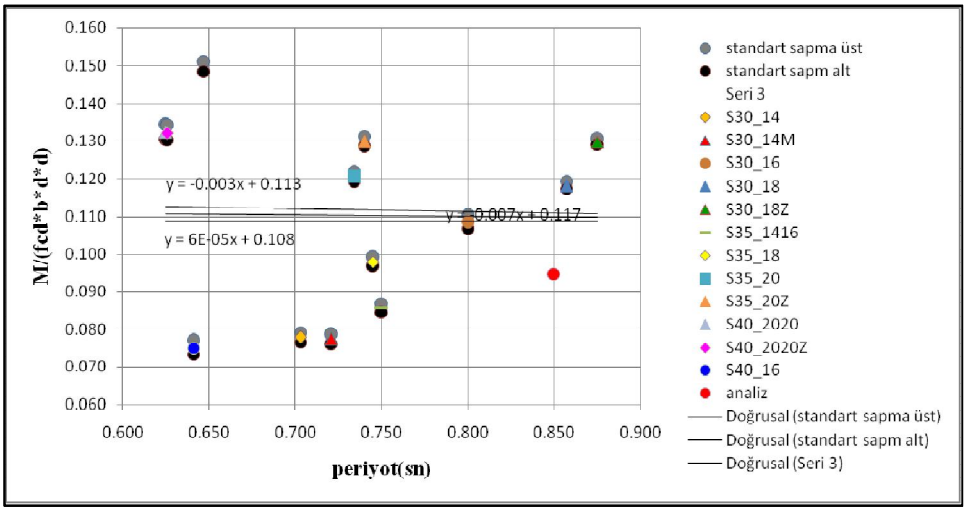
Şekil 4.11 : *Uzak-Üretilmiş deprem kayıtları*etkisinde göreli kat ötelemesi istemleri.



Şekil 4.12 : *Uzak-üretilmiş deprem kayıtları*etkisinde dönme istemleri.

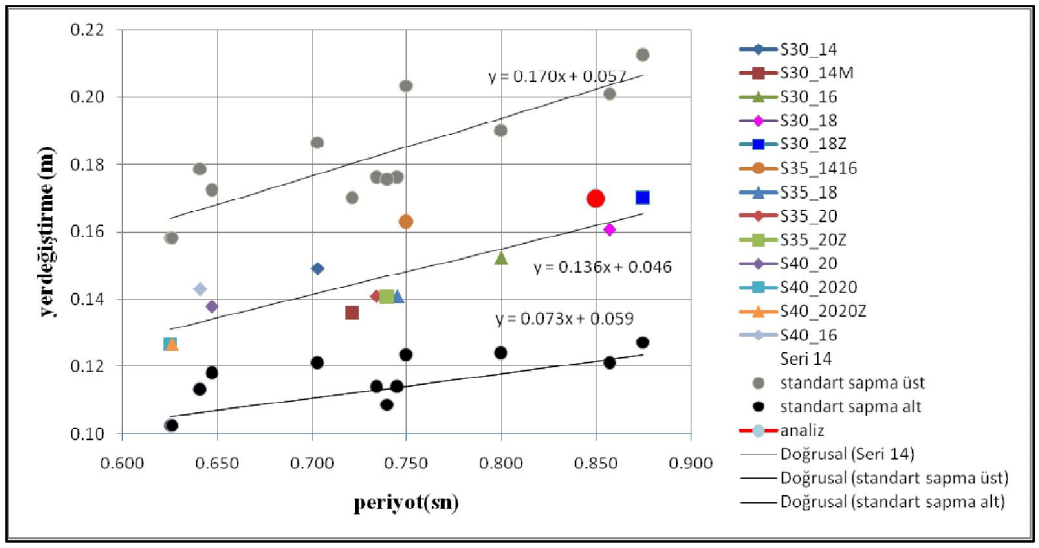


Şekil 4.13 : *Uzak-Üretilmiş deprem kayıtları*etkisinde kesme kuvveti istemleri.

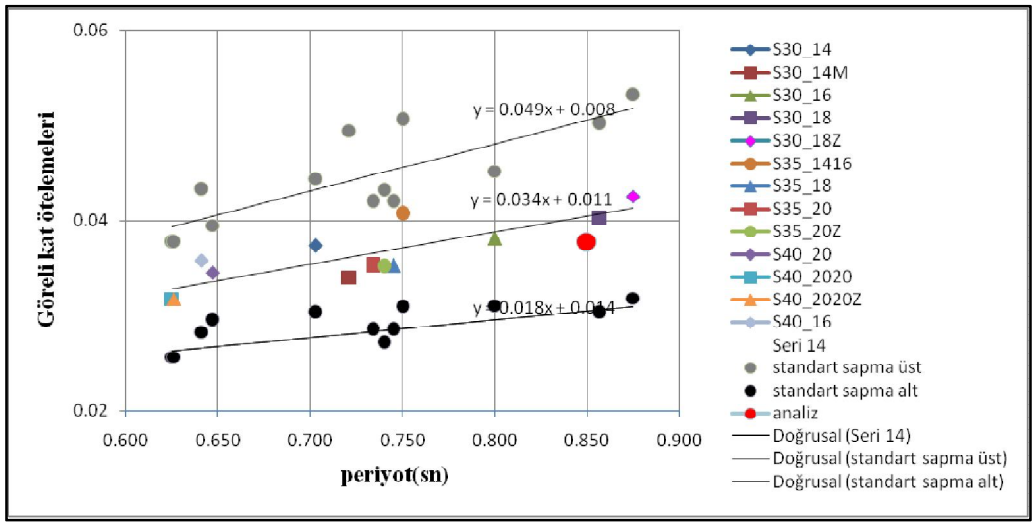


Şekil 4.14 : *Uzak-Üretilmiş deprem kayıtları*etkisinde moment istemleri.

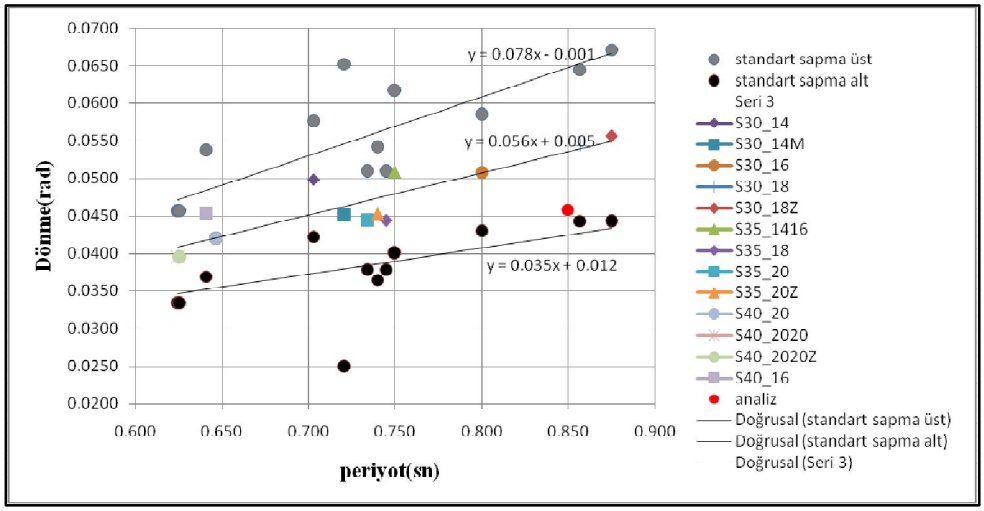
Yakın-Gerçek deprem kayıtları kullanılarak elde edilen istemler; Şekil 4.15'de yerdeğiştirme, Şekil 4.16'da göreli kat ötelemesi, Şekil 4.17'de dönme, Şekil 4.18'de taban kesme kuvveti ve Şekil 4.19'databan momenti için ifade edilmiştir. Grafiklerin elde edilmesinde kullanılan veriler, EK E'de yer alan çizelgelerde her kolon için verilmiştir.



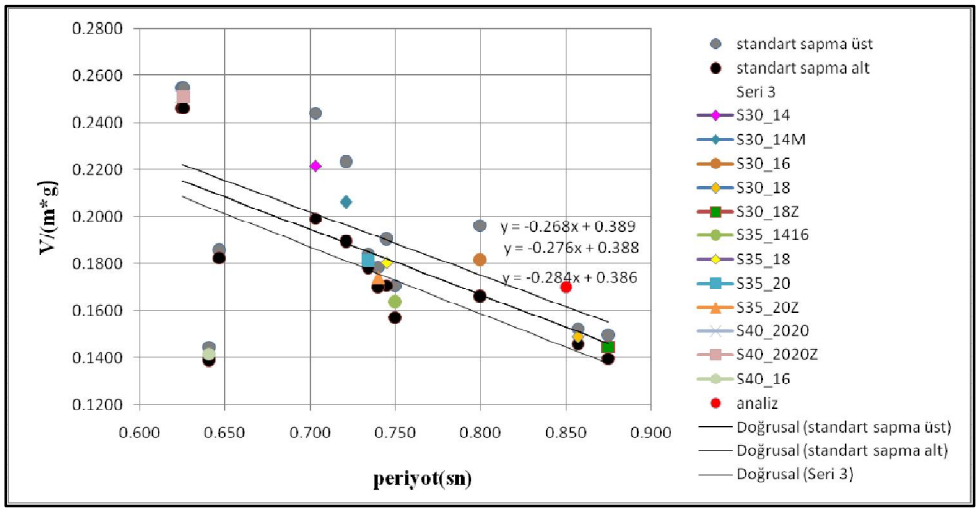
Şekil 4.15 : *Yakın-Gerçek deprem kayıtları*etkisinde yerdeğiştirme istemleri.



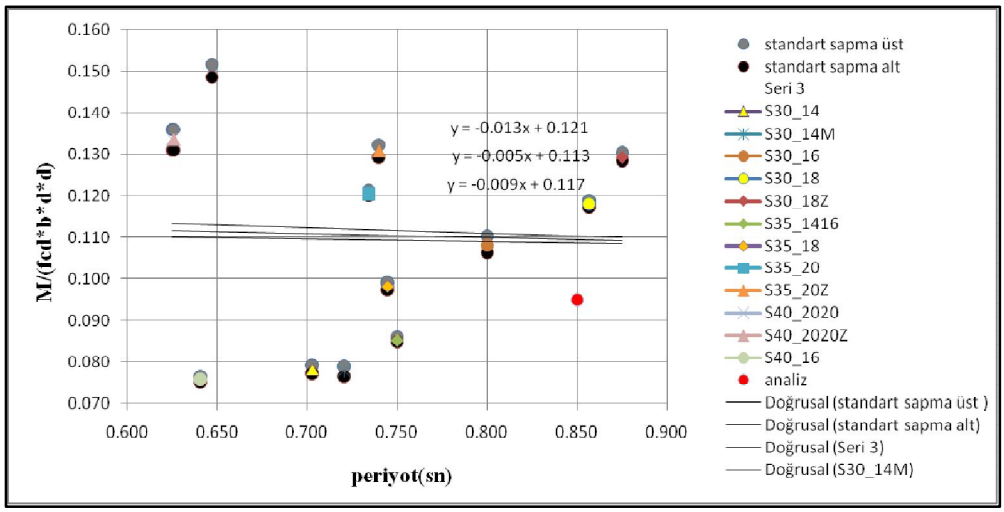
Şekil 4.16 : *Yakın-Gerçek deprem kayıtları.* etkisinde göreli kat öteleme istemleri.



Şekil 4.17 : *Yakın-Gerçek deprem kayıtları*etkisinde dönme istemleri.

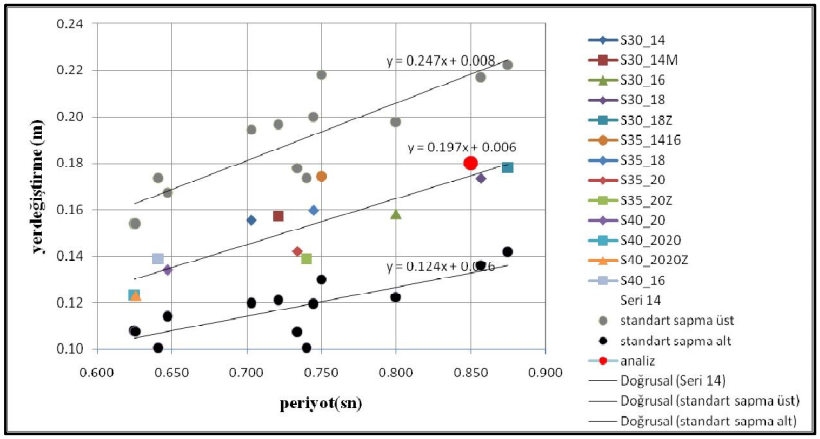


Şekil 4.18 : *Yakın-Gerçek deprem kayıtları*etkisinde kesme kuvveti istemleri.

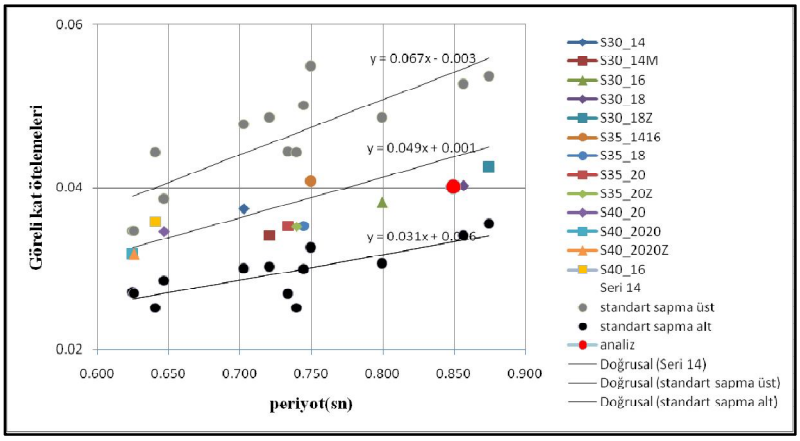


Şekil 4.19 : *Yakın-Gerçek deprem kayıtları*etkisinde moment istemleri.

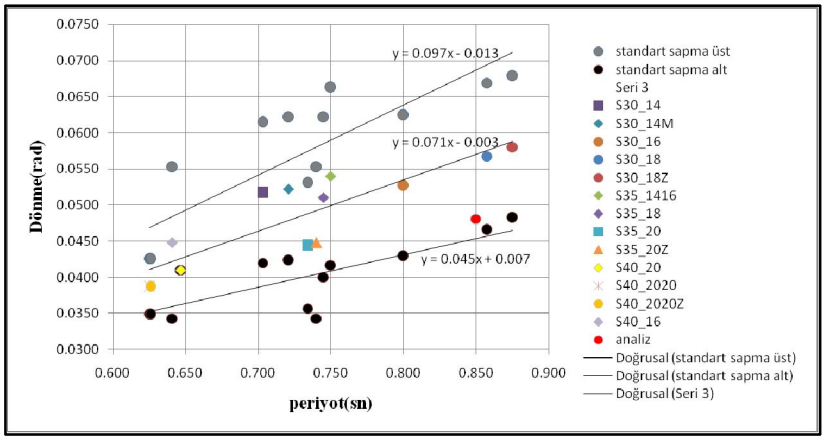
Üretilmiş- Yakındepremler için, elde edilen deprem istemleri Şekil 4.20'de tepe yatay yerdeğiştirmesi, Şekil 4.21'de göreli kat ötelemesi, Şekil 4.22'de tepe dönmesi, Şekil 4.23'de taban kesme kuvveti ve Şekil 4.24'de taban momenti için verilmiştir.



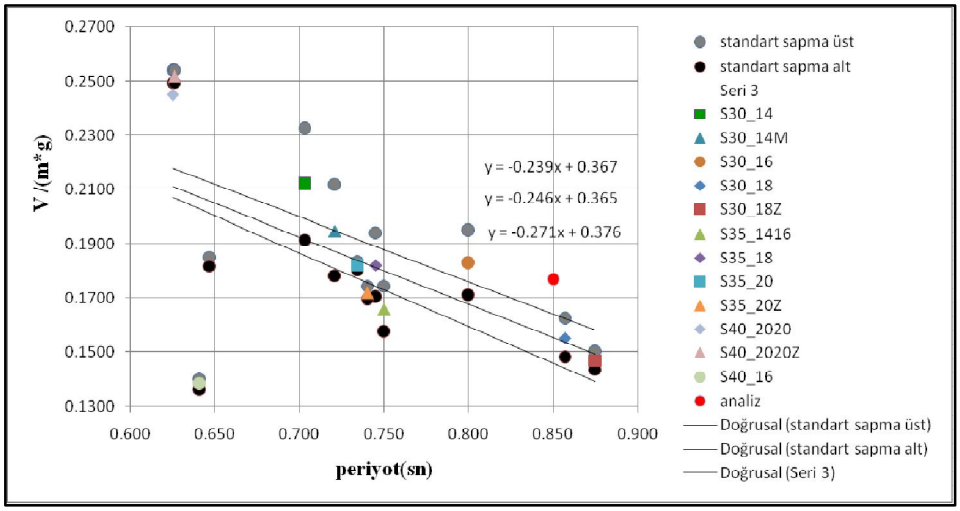
Şekil 4.20 : *Yakın-Üretilmiş deprem kayıtları*etkisinde yerdeğiştirme istemleri.



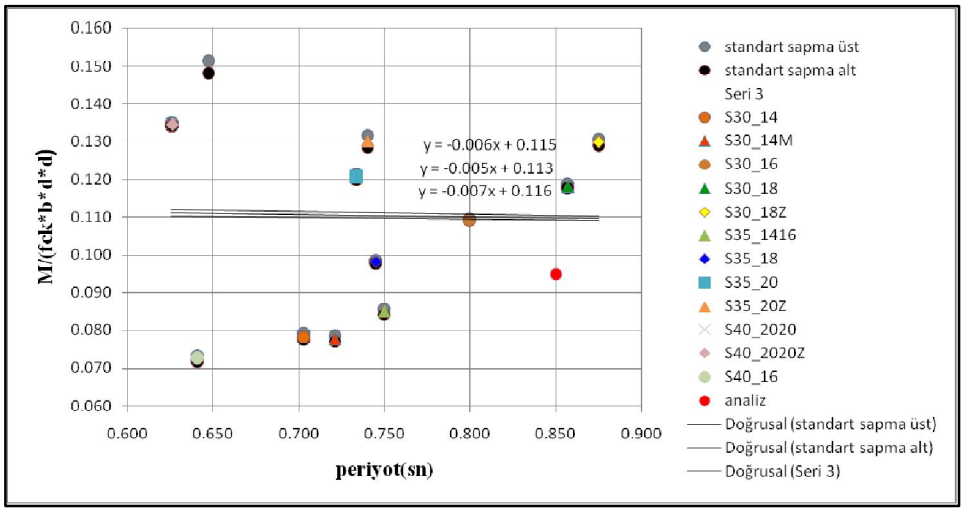
Şekil 4.21 : *Yakın-Üretilmiş deprem kayıtları*etkisinde göreli kat öteleme istemleri.



Şekil 4.22 : *Yakın-Üretilmiş deprem kayıtları* etkisinde dönme istemleri.



Şekil 4.23 : *Yakın-Üretilmiş deprem kayıtları*etkisinde kesme kuvveti istemleri.



Şekil 4.24 : *Yakın-Üretilmiş deprem kayıtları*etkisinde moment istemleri.

Yukarıda sunulan grafiklerin hazırlanmasında kullanılan kolonlardan farklı bir kolon daha tanımlanmıştır. H=4.5 m yükseklik ve 40×40 cm kesit boyutlarına sahip olan bu kolonda 12 adet Ø16 lık boyuna donatı bulunmaktadır. Boyuna donatı oranı ρ=%1.5 a karşı gelmektedir. Bürüt kesit rijitliği kullanılarak hesaplanan birinci titreşim modu periyodu T=0.85 sn dir. Seçilen dört grup deprem için Zaman *Tanım Alanında Doğrusal Olmayan* çözümleme yapılmış; tepe yerdeğiştirmesi, göreli kat ötelemesi, tepe dönmesi, boyutsuz taban kesme kuvveti ve boyutsuz taban momenti istemleri hesaplanmıştır. Elde edilen istem büyüklükleri yukarıdaki grafiklerde bir kırmızı nokta ve '*analiz*' tanımıyla verilmiştir.

Bu kolon numunesini temsil eden kırmızı nokta; yerdeğiştirme, göreli kat ötelemesi ve dönme istemleri grafiklerinde *ortalama±1.0 standart sapma* aralığında

bulunmaktadır. Dolayısıyla bürüt kesit rijitliği kullanılarak hesaplanan periyot değeri, elde edilmiş olan ilgili eğilim ifadelerinde yerine konularak istem tahmininde bulunulabilmektedir.

Yerdeğiştirme,göreli kat ötelemesi ve tepe dönmesi istemleri periyot uzadıkça artma eğilimdedir. Periyot uzadıkça taban kesme kuvveti istemi azalmaktadır. Taban momenti için ise sabit bir eğilim olduğu görülmektedir.

Şekil 3.90, Şekil 3.91, Şekil 3.92, Şekil 3.93'de S30_14 kolonu için kolon kapasite eğrisi ile seçilmiş depremler etkisinde oluşan kuvvet–yerdeğiştirme çevrimleri üst üste çizilmiştir. Yakın depremlerden oluşan çevrimler uzak depremlerden oluşan çevrimlere göre daha geniş olmaktadır. Kolonlarda en büyük dayanıma erişildikten sonra %20 dayanım azalması olduğunda taşıma kapasitesine erişildiği varsayılabilir. Diğer kolonlar için hazırlanan grafikler Ek F' de belirtilmektedir. Bu kiritere göre depremlerin kolonlarda oluşturduğu etkiler değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

[1**]Almedia J.P.,Pınho R.,Calabrese A.**(2010).Numerical Issues in Distributed InElasticity Modeling of RC Frame Element For Seismic Analysis,Journal of Eathquake Engineering,14(S1):38-68.

[2]Arias A. ,(1970).Ameasure of earthquake intensity, In: Hansen RJ (ed) Seismic design for nuclear power plants.MIT Press, Cambridge, pp 438–483.

[3] **Avşar Özgür,Yakut Ahmet ve Caner Alp,**Analytical Fragility Curves For Ordinary Highway Bridges in Turkey,(2011).Earthquake Spectra,Volume 27,No.4, pages 971-996.

[4]**Akbaş B.,Fahjan Y.M.,Siyahi B.,**(2011)**.** Yüksek Binalar İçin Deprem Tehlike Değerlendirmesi ve Zemin Bağımlı Tasarım Deprem Yer Hareketlerinin Belirlenmesi, 1.Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, ODTÜ, Ankara,11-14 Ekim 2011.

[5]**Evangelia Garini, George Gazetas,**(2012)**.**Damage potential of near-fault records: sliding displacement against conventional "Intensity Measures",Springer,Bull Earthquake Eng (2013) 11:455–480.

[6]**FAHJAN Yasin M.** , (2008).Türkiye Deprem Yönetmeliği (DBYBHY, 2007)Tasarım İvme Spektrumuna Uygun Gerçek DepremKayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklenmesi,*İMO Teknik Dergi, 2008 4423-4444, Yazı 292*.

[7]**Fahjan Y.,Vatansever S.,Özdemir Z**.,Ölçeklenmiş Gerçek Deprem Kayıtları ile Yapıların Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Dinamik Analizleri,1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı,ODTÜ,Ankara, 11-14 Ekim 2011.

[8] **Fahjan Y.M.,** (2008),Sakarya İmo Semineri.

[9]**Karadoğan F. , Yüksel E, Yüce S. , Taskın K. , Saruhan H.**, (2006).Orijinal Experimental Study on the Original ve güçlendirilmiş prefabrike betonarme kolonlar üzerinde yapılan deneysel çalışmalar,*Teknik Rapor* ,İTÜ,İstanbul.

[10] **Lieping YE, Qianli MA, Zhiwei MIAO,Hong GUAN,YanZHUGE.**Numerical and Comparative Study of Earthquake Intensity Indicesin Seismic Analysis,*The Structural Design of Tall and Special Buildings,*(DOI: 10.1002/tal.693).

[11]**Nuttli OW**(1979). The relation of sustained maximum ground acceleration and velocity to earthquake intensityand magnitude. US Army EngineerWaterways Experiment Station. Miscellaneous Paper S-76-1, Report16,p 74.

[12] **Özsoy, T.**,(2011). Uzak Fay Depremleri Etkisindeki Konsol Kolonların Performansı, *Yüksek Lisans Tezi.*

[13] **PEER NGA Database**. Pacific earthquake engineering research center: NGA database. (http://peer.berkeley.edu/peer_ground_motion_database/).

[14] **PEER NGA Database**.Beta Version – October 1, 2010. Technical Report for the PEER Ground Motion Database Web Application.

[15]**SeismoSignal V5.0.0.,**(2010).Package for the Processing of Strong Motion Data,Seismosofr Ltd.,Pavia Italy.

[16] **SeismoStruct**, "Computer program for static and dynamic nonlinear analysis of framed structures". (http://www.seismosoft.com).

[17] **Seismomatch** Software, (http://www.seismosoft.com/en/HomePage.aspx).

[18]**Şahin,M.**,(2011).Yakın Fay Depremleri Etkisindeki Konsol Kolonların Performansı,*Yüksek Lisans Tezi*.

[19]**Şenel Ş.M.,Kayhan,A.H. ,**(2010).Tek Katlı Prefabrik Sanayi Yapıları İçin Hasar Görülebilirlik Eğrileri,*İmo Teknik Dergi*,Yazı 336,syf,5161-5184.

[20] **Trifunac MD & Brady AG.,1975.** A study on the duration of strong earthquake ground motion. Bulletin of the Seismological Society of America: 65(3):581-626.

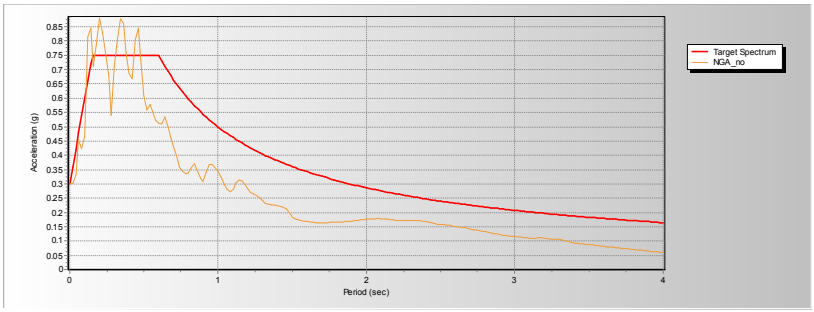
[21] **DBYBHY**, 2007.Deprem Bölgelerinde Yaplacak Binalar Hakkında Yönetmelik, *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara.

[22]www.deprem.gov.tr.

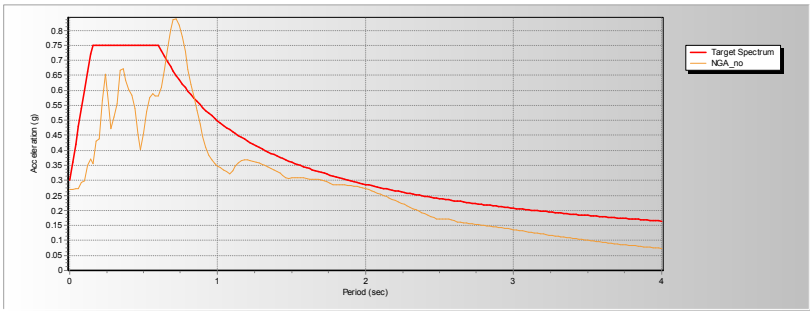
EKLER

EK A :Yönetmelik spektrumu ile kayıtların tepki spekturumlarının karşılaştırılması
EK B : Kayıtların ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafikleri
EK C : Gerçek ve üretilmiş depremlerin şiddet ölçütleinin karşılaştırılması
EK D : Hasar ölçütlerinin karşılaştırılması
EK E : Dinamik analiz sonrası kolonlara ait yerdeğiştirme, dönme, kesme ve moment istemleri grafikleri
EK F : Kolon kapasite grafikleri

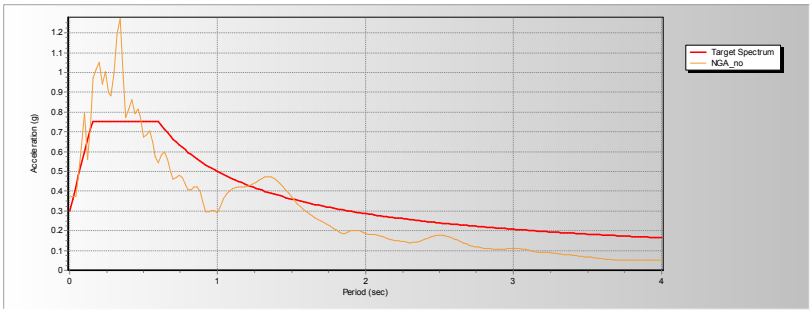
EK A



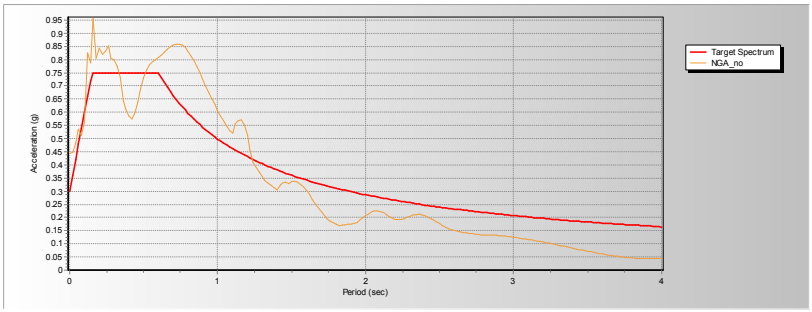
Şekil A.1 : Gerçek NGA_725 deprem bileşeninin tepki spekturumlarının karşılaştırılması.



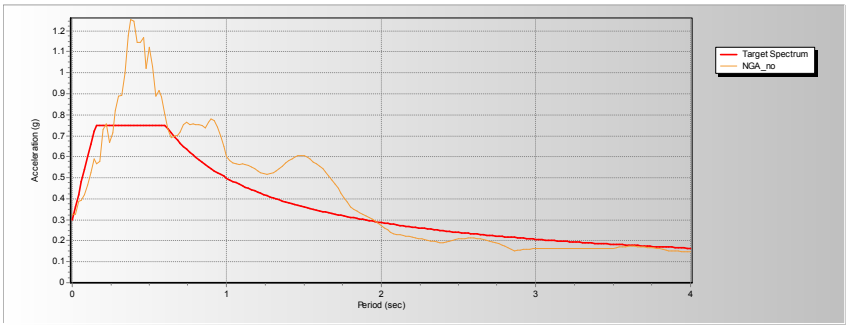
Şekil A.2 : Gerçek ile NGA_778 deprem bileşeninin tepki spektrumlarının karşılaştırılması.



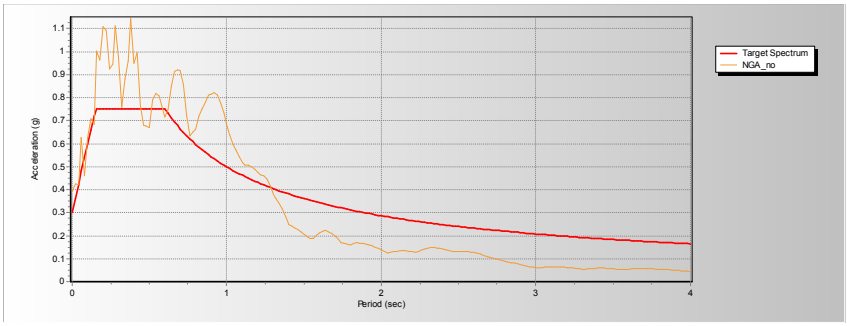
Şekil A.3 : Gerçek NGA_1048 deprem bileşeninin tepki spektrumlarının karşılaştırılması.



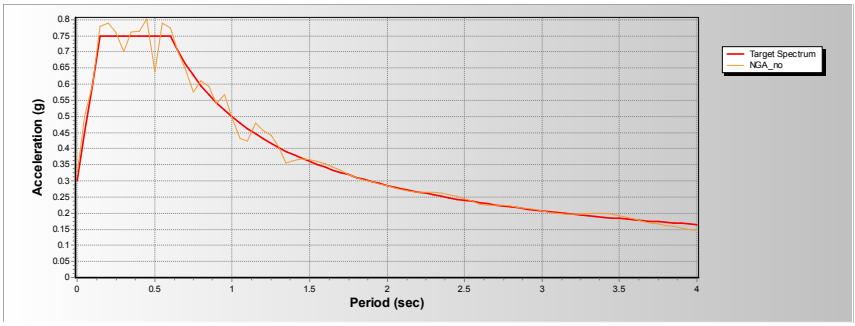
Şekil A.4 : Gerçek NGA_1082 deprem bileşeninin tepki spektrumlarının karşılaştırılması.



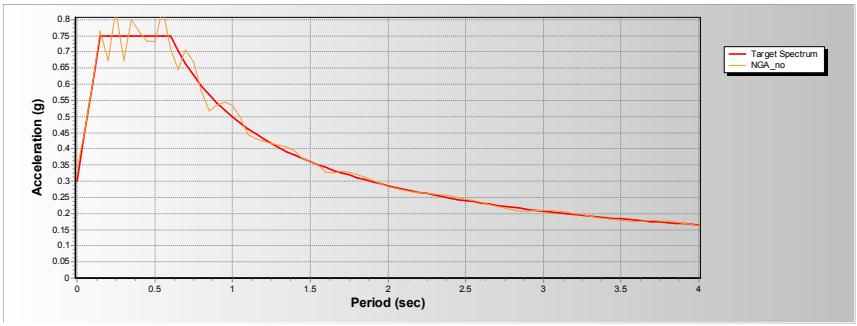
Şekil A.5 : Gerçek NGA_1504 deprem bileşeninin tepki spektrumlarının karşılaştırılması.



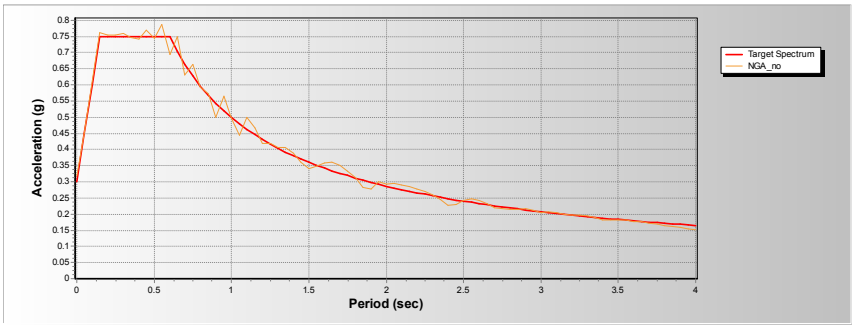
Şekil A.6 : Gerçek NGA_1513 deprem bileşeninin tepki spektrumlarının karşılaştırılması.



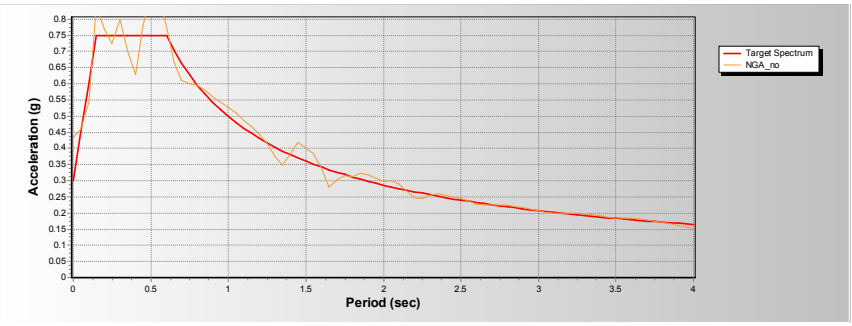
Şekil A.7 : Üretilmiş NGA_725 deprem bileşeninin tepki spektrumlarının karşılaştırılması.



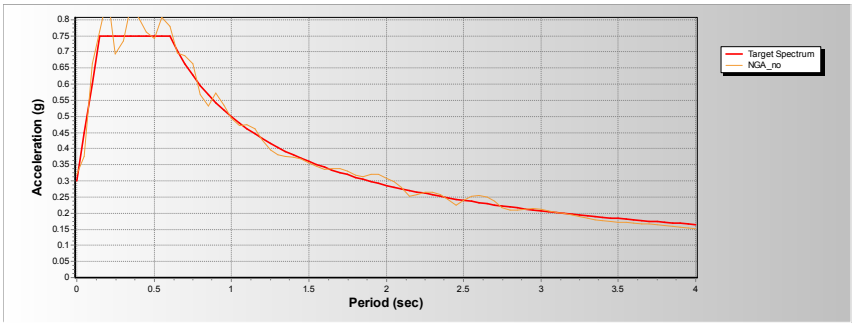
Şekil A.8 : Üretilmiş NGA_778 deprem bileşeninin tepki spektrumlarının karşılaştırılması.



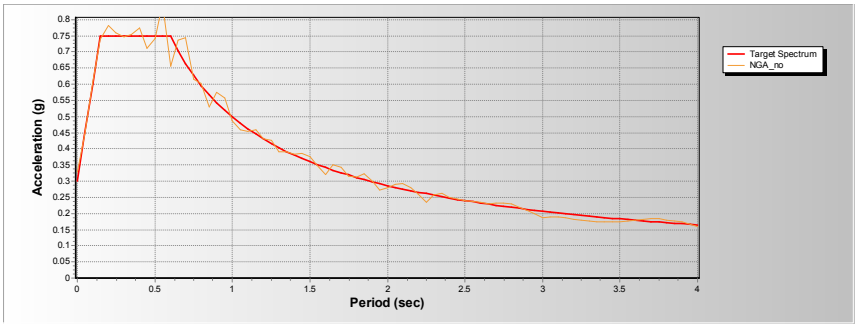
Şekil A.9 : Üretilmiş NGA_1048 deprem bileşeninin tepki spektrumlarının karşılaştırılması.



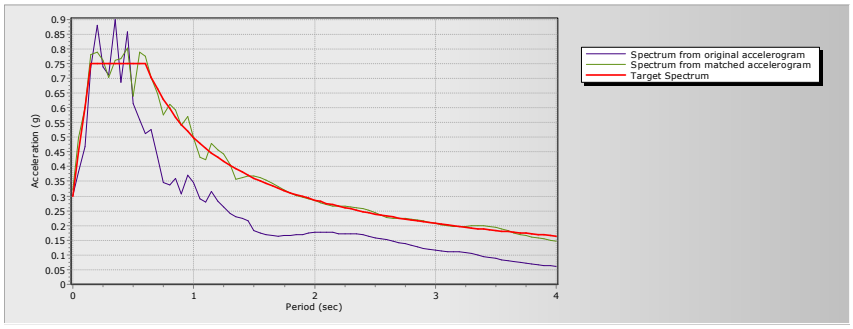
Şekil A.10 : Üretilmiş NGA_1082 deprem bileşeninin tepki spektrumlarının karşılaştırılması.



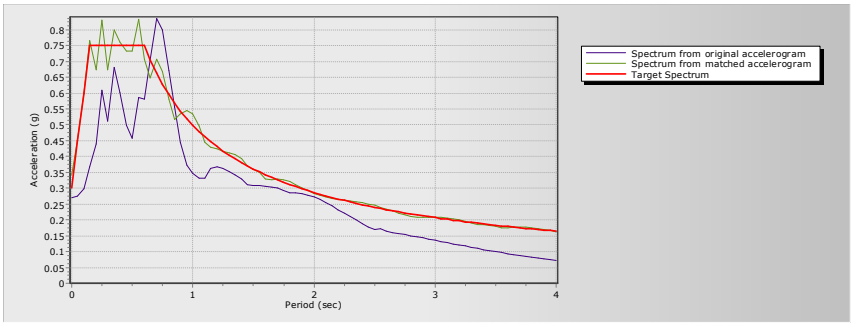
Şekil A.11 : Üretilmiş NGA_1504 deprem bileşeninin tepki spektrumlarının karşılaştırılması.



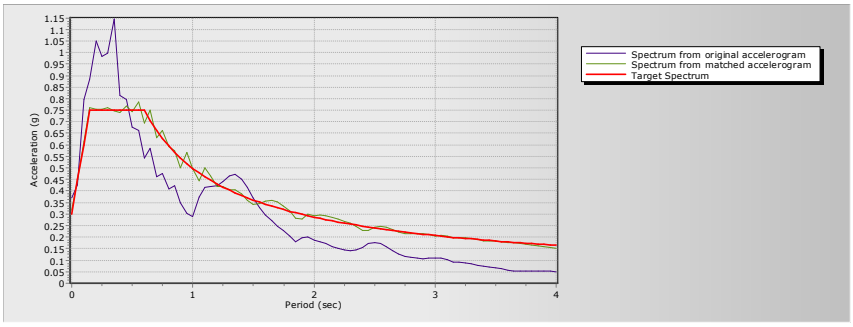
Şekil A.12 : Üretilmiş NGA_1513 deprem bileşeninin tepki spektrmlarının karşılaştırılması.



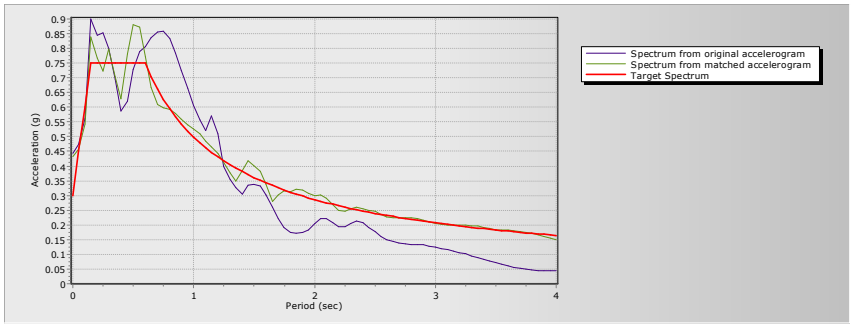
Şekil A.13 : Yönetmelik spekturumu ile NGA_725 gerçek ve üretilmiş kaydın tepki spektrumlarının karşılaştırılması.



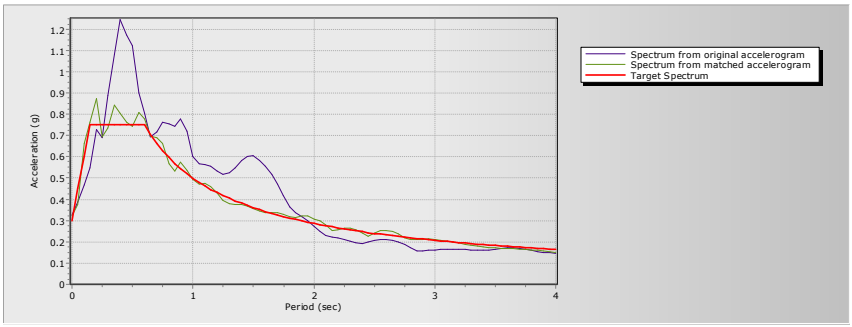
Şekil A.14 : Yönetmelik spekturumu ile NGA_778 gerçek ve üretilmiş kaydın tepki spektrumlarının karşılaştırılması.



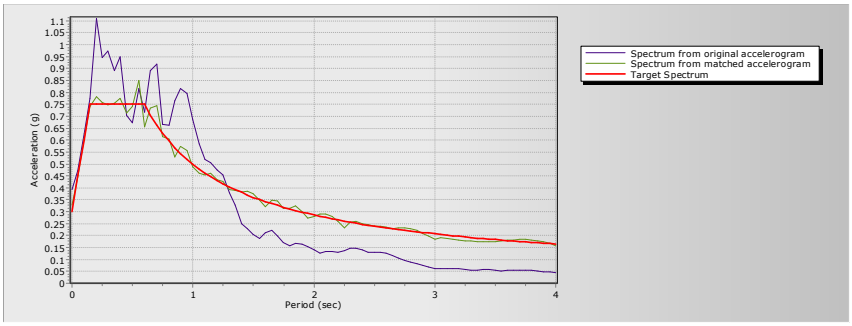
Şekil A.15 : Yönetmelik spekturumu ile NGA_1048 gerçek ve üretilmiş kaydın tepki spektrumlarının karşılaştırılması.



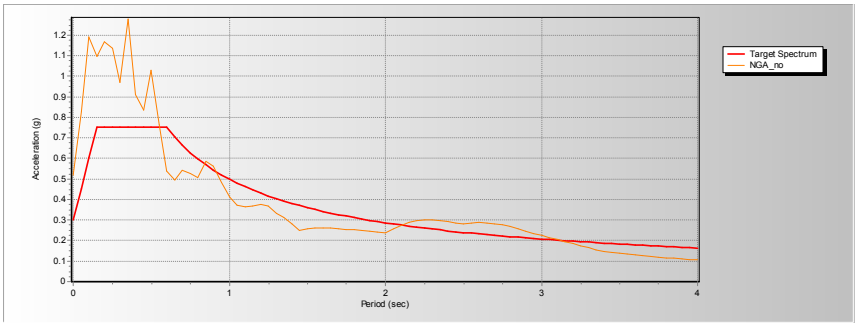
Şekil A.16 : Yönetmelik spekturumu ile NGA_1082 gerçek ve üretilmiş kaydın tepki spekturumlarının karşılaştırılması.



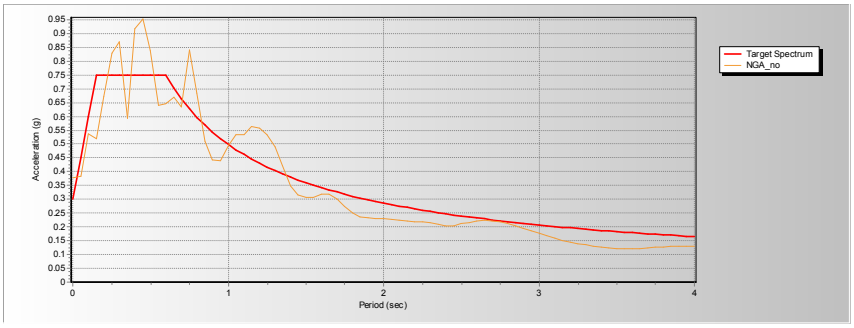
Şekil A.17 : Yönetmelik spekturumu ile NGA_1504 gerçek ve üretilmiş kaydın tepki spekturumlarının karşılaştırılması.



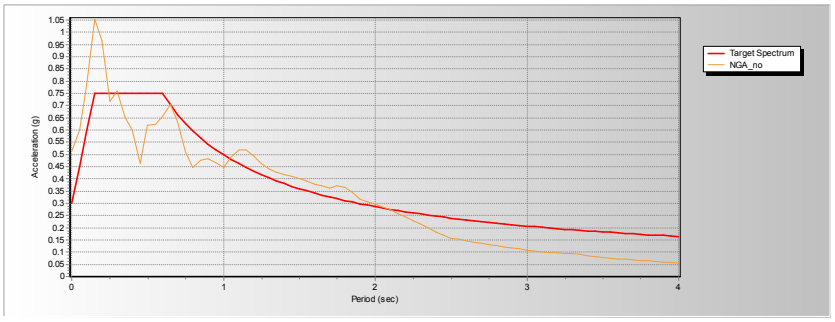
Şekil A.18 : Yönetmelik spekturumu ile NGA_1513 gerçek ve üretilmiş kaydın tepki spektrumlarının karşılaştırılması.



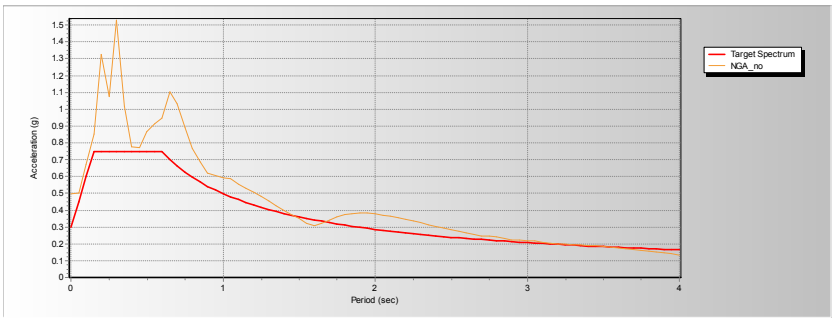
Şekil A.19 : Yönetmelik spekturum ile gerçek NGA_180 bileşeninin tepki spektrumlarının karşılaştırılması.



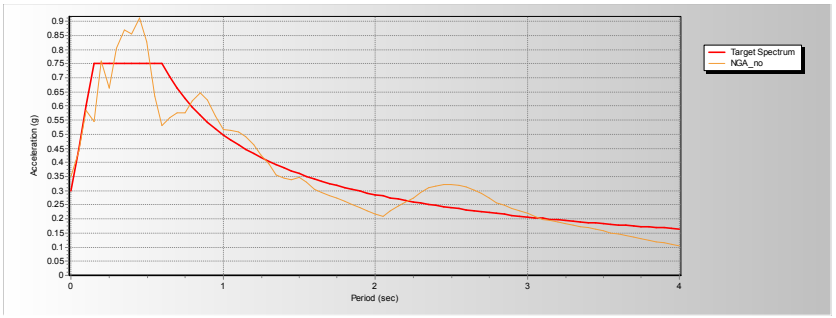
Şekil A.20 : Yönetmelik spekturumu ile gerçek NGA_723 bileşeninin tepki spektrumlarının karşılaştırılması.



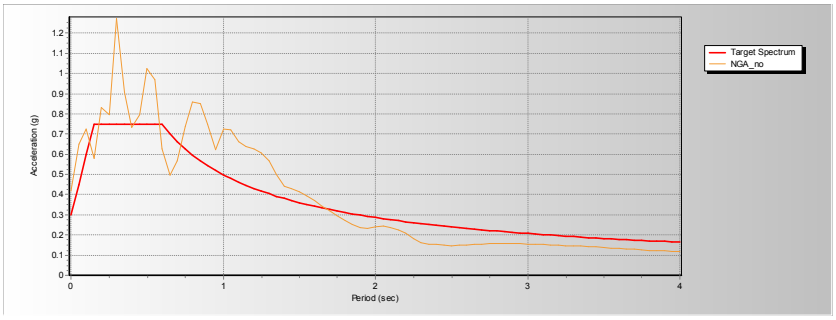
Şekil A.21 : Yönetmelik spekturumu ile gerçek NGA_802 bileşeninin tepki spektrumlarının karşılaştırılması.



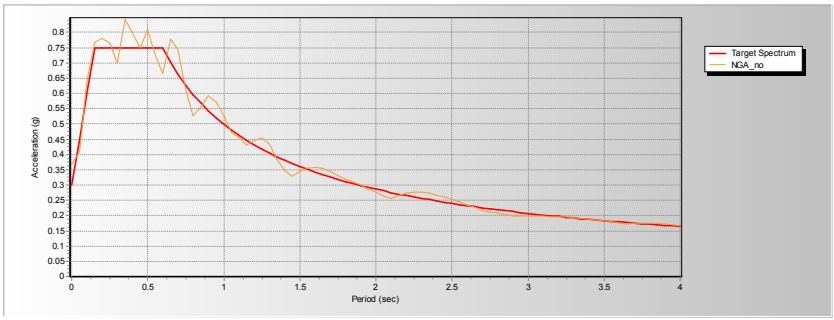
Şekil A.22 : Yönetmelik spekturumu ile gerçek NGA_821 bileşeninin tepki spektrumlarının karşılaştırılması



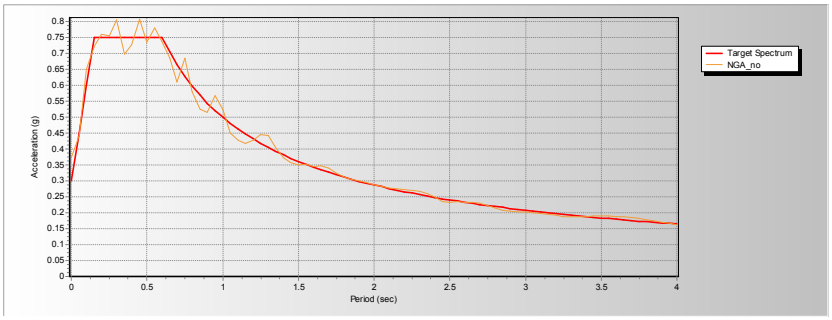
Şekil A.23 : Yönetmelik spekturumu ile gerçek NGA_1013 bileşeninin tepki spektrumlarının karşılaştırılması



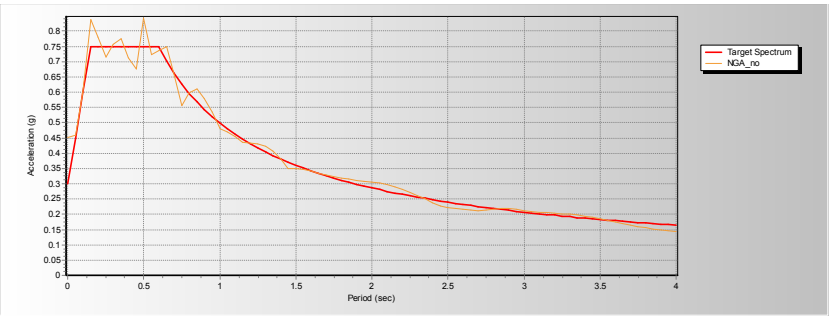
Şekil A.24 : Yönetmelik spekturumu ile gerçek NGA_1511 bileşeninin tepki spektrumlarının karşılaştırılması



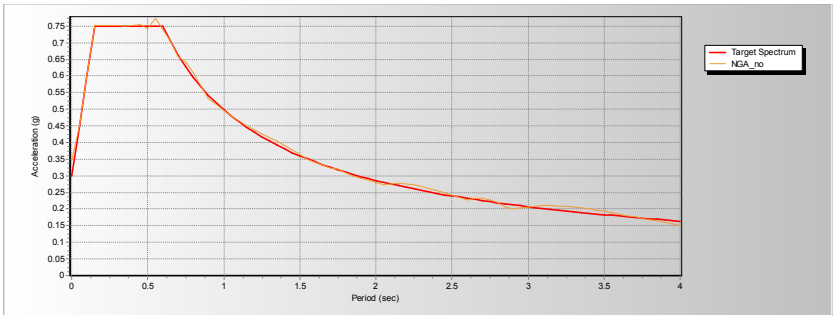
Şekil A.25 : Yönetmelik spekturumu ile üretilmiş NGA_180 bileşeninin tepki spektrumlarının karşılaştırılması.



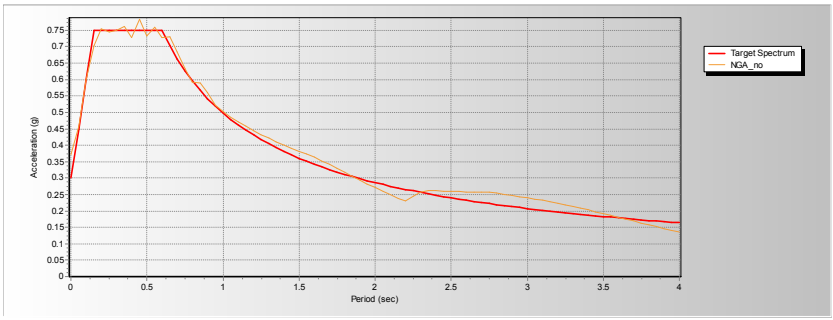
Şekil A.26 : Yönetmelik spekturumu ile üretilmiş NGA_723 bileşeninin tepki spektrumlarının karşılaştırılması.



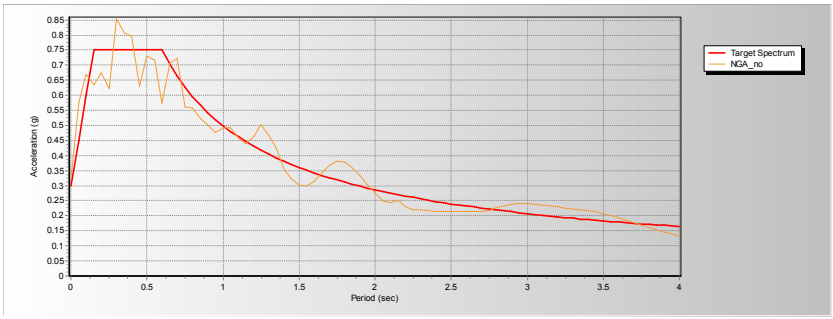
Şekil A.27 : Yönetmelik spekturumu ile üretilmiş NGA_802 bileşeninin tepki spektrumlarının karşılaştırılması.



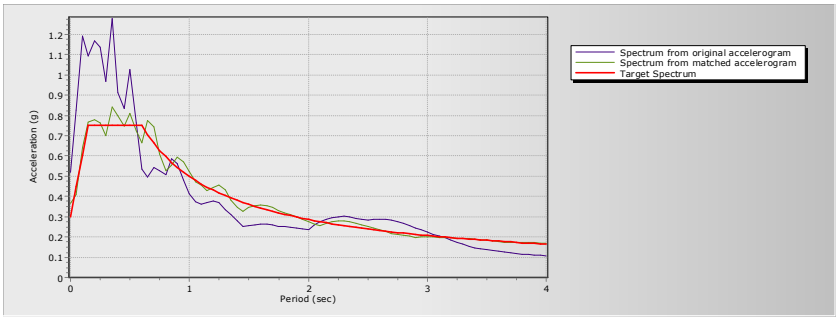
Şekil A.28 : Yönetmelik spekturumu ile üretilmiş NGA_821 bileşeninin tepki spektrumlarının karşılaştırılması.



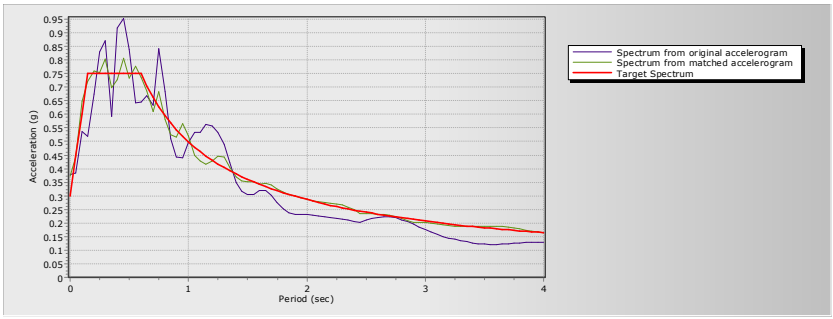
Şekil A.29 : Yönetmelik spekturumu ile üretilmiş NGA_1013 bileşeninin tepki spektrumlarının karşılaştırılması.



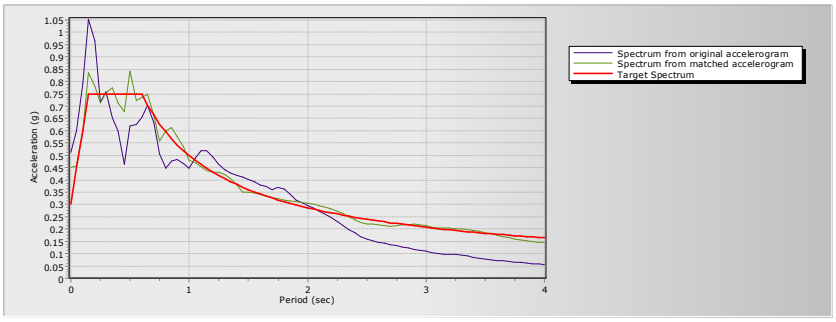
Şekil A.30 : Yönetmelik spekturumu ile üretilmiş NGA_1511 bileşeninin tepki spektrumlarının karşılaştırılması.



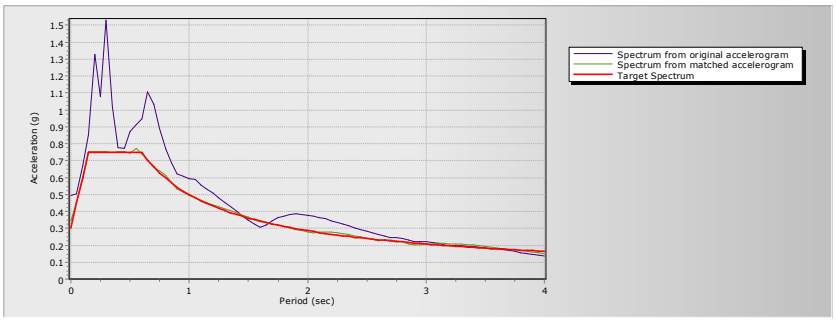
Şekil A.31 : NGA_180 Yönetmelik spektrumu ile gerçek ve üretilmiş kaydın tepki spektrumlarının karşılaştırılması.



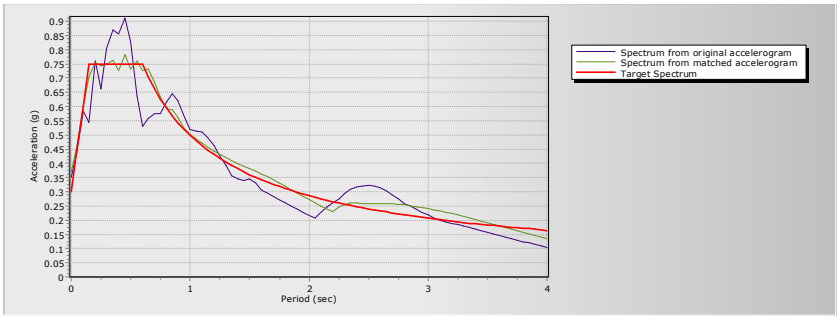
Şekil A.32 : NGA_723 Yönetmelik spektrumu ile gerçek ve üretilmiş kaydın tepki spektrumlarının karşılaştırılması.



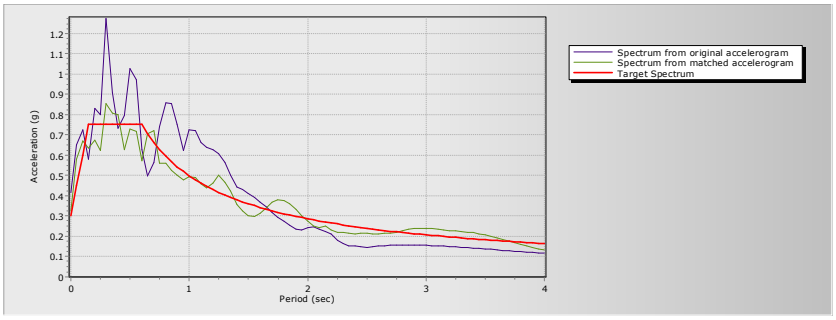
Şekil A.33 : NGA_802 Yönetmelik spektrumu ile gerçek ve üretilmiş kaydın tepki spektrumlarının karşılaştırılması.



Şekil A.34 : NGA_821 Yönetmelik spektrumu ile gerçek ve üretilmiş kaydın tepki spektrumlarının karşılaştırılması.

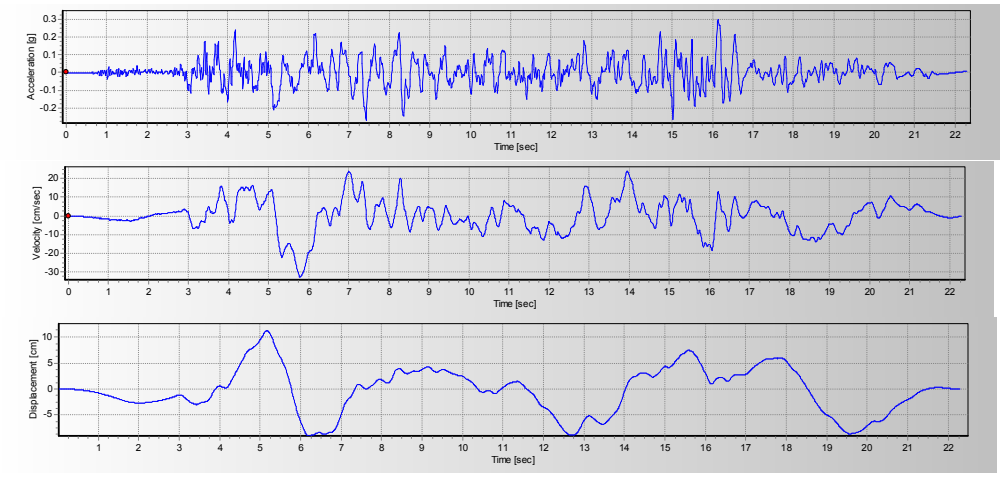


Şekil A.35 : NGA_1013 Yönetmelik spektrumu ile gerçek ve üretilmiş kaydın tepki spektrumlarının karşılaştırılması.

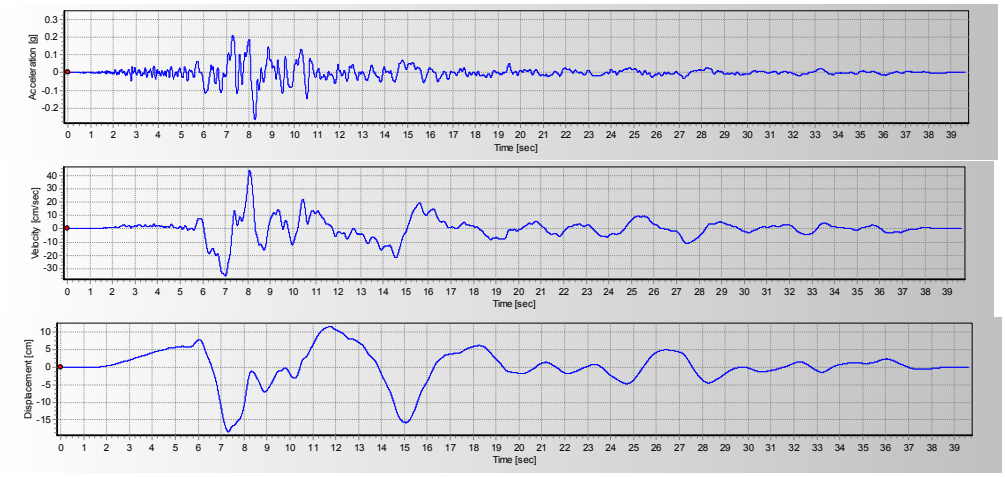


Şekil A.36 : NGA_1511 Yönetmelik spektrumu ile gerçek ve üretilmiş kaydın tepki spektrumlarının karşılaştırılması.

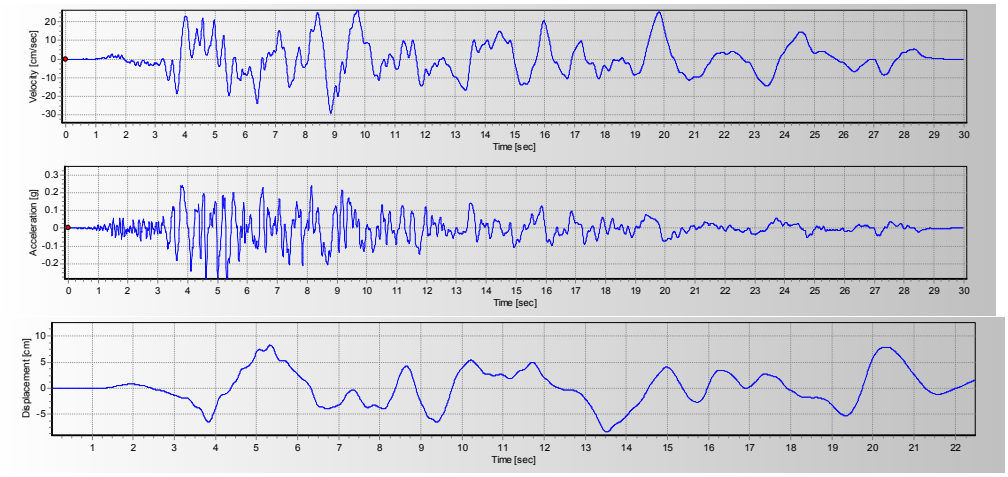
EK B



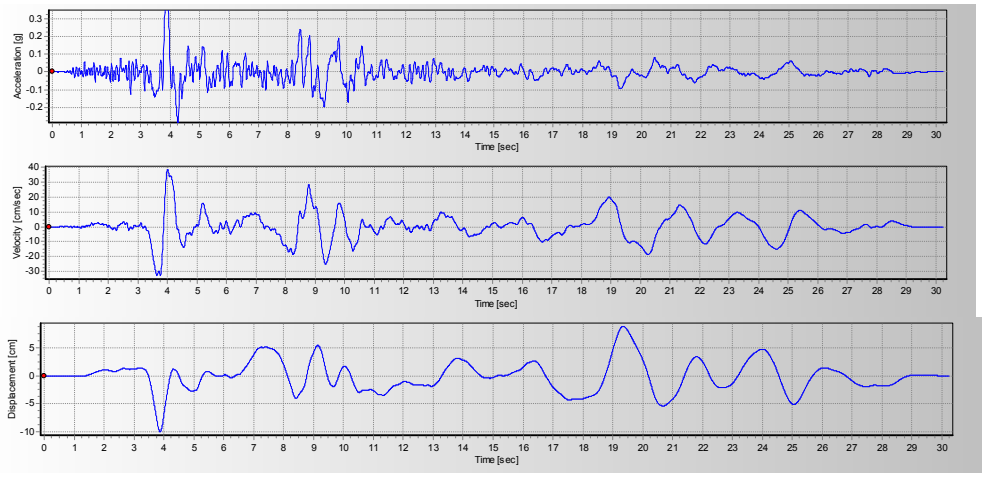
Şekil B.1: Gerçek 725 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği.



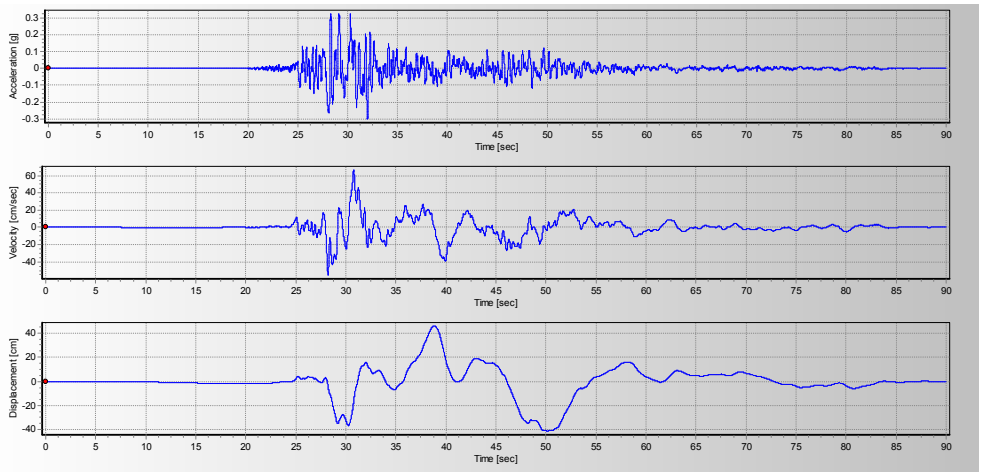
Şekil B.2: Gerçek 778 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği.



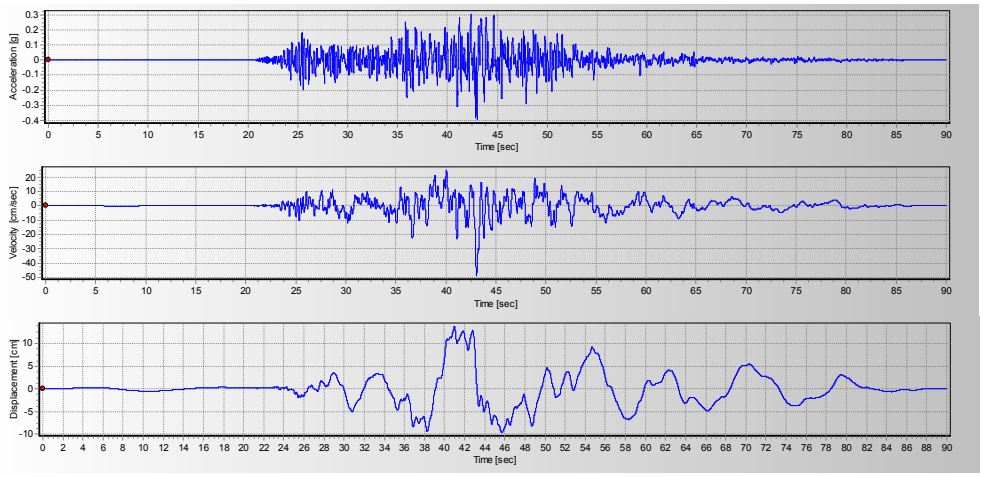
Şekil B.3: Gerçek 1048 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği.



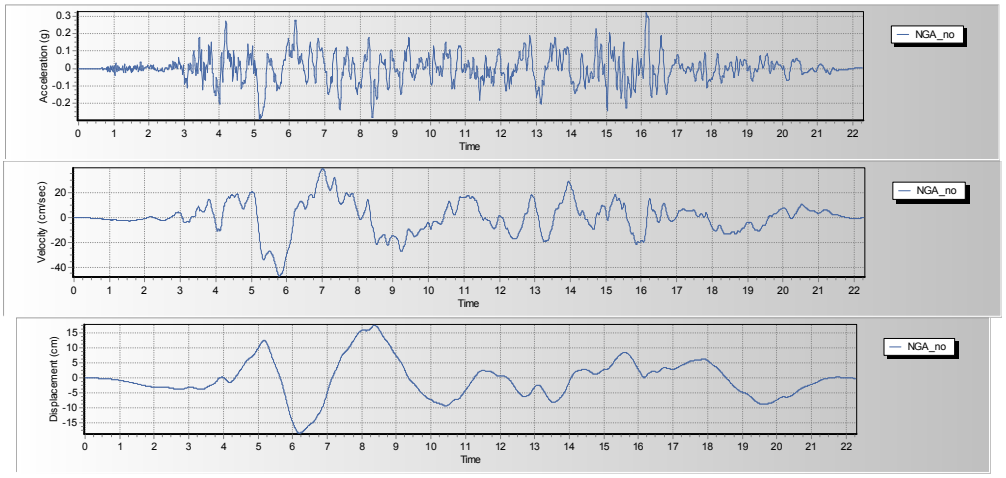
Şekil B.4: Gerçek 1082 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği.



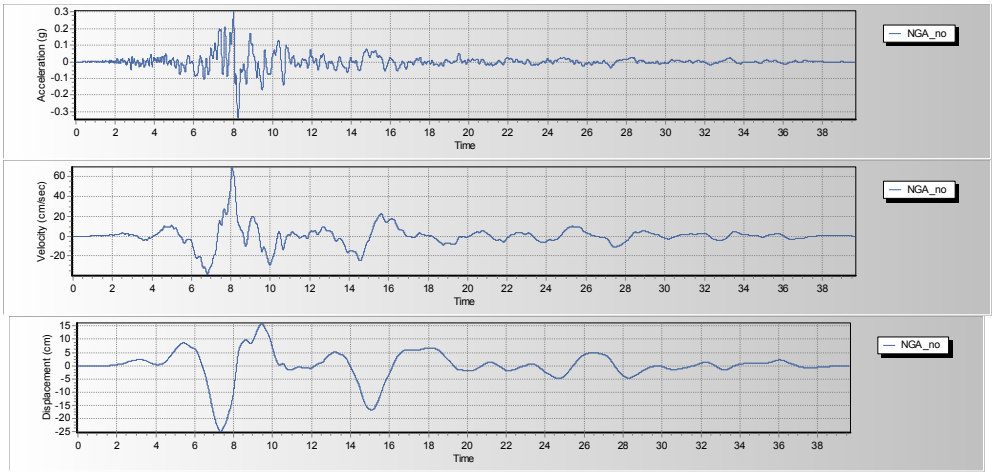
Şekil B.5: Gerçek 1504 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme zaman grafiği.



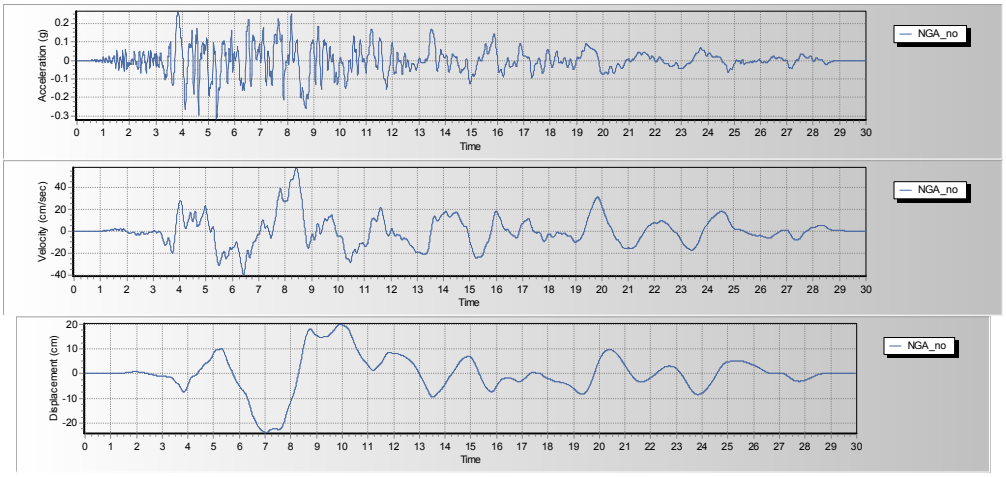
Şekil B.6: Gerçek 1513 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği.



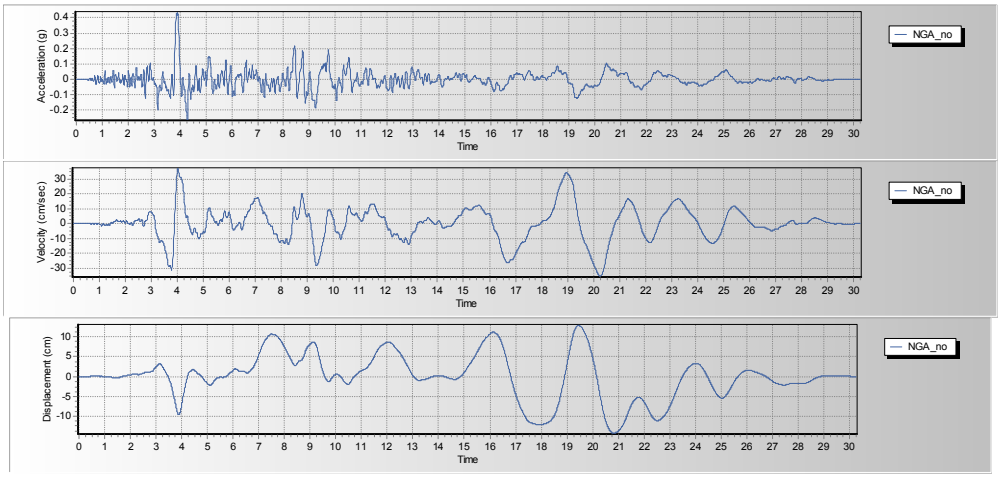
Şekil B.7:Üretilmiş 725 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği



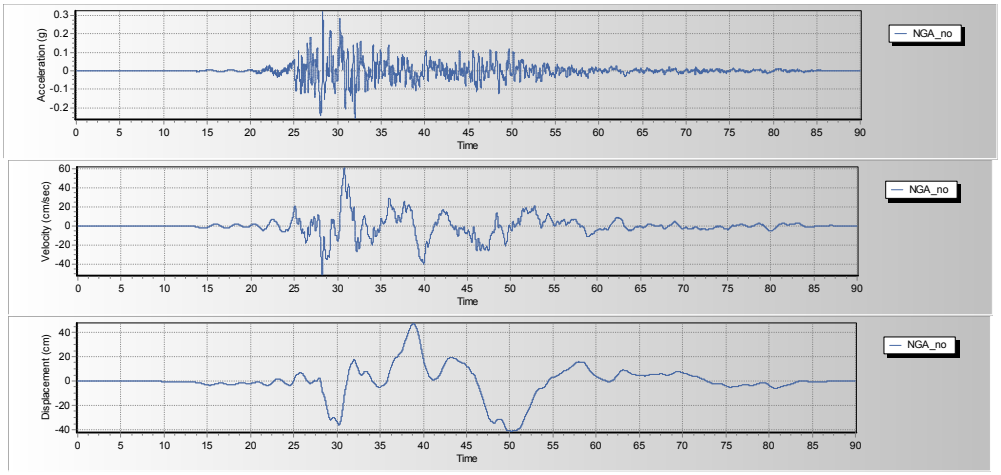
Şekil B.8:Üretilmiş 778 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği



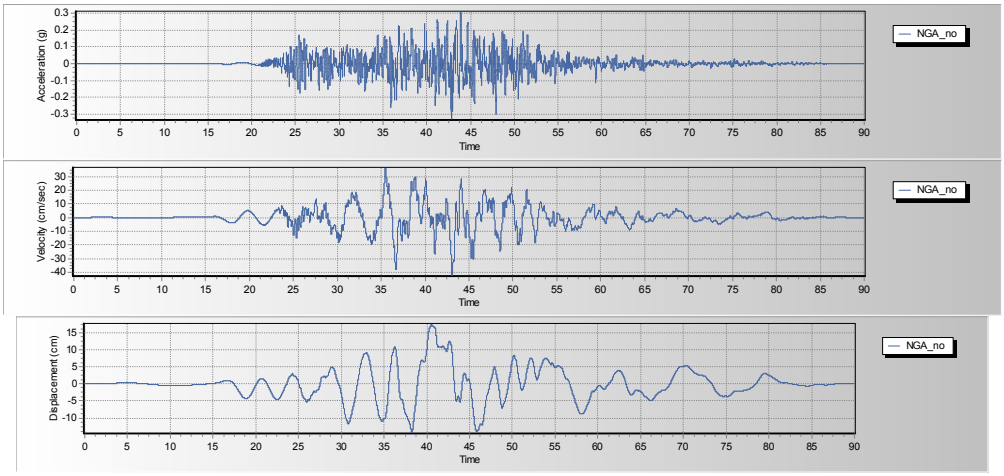
Şekil B.9:Üretilmiş 1048 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği



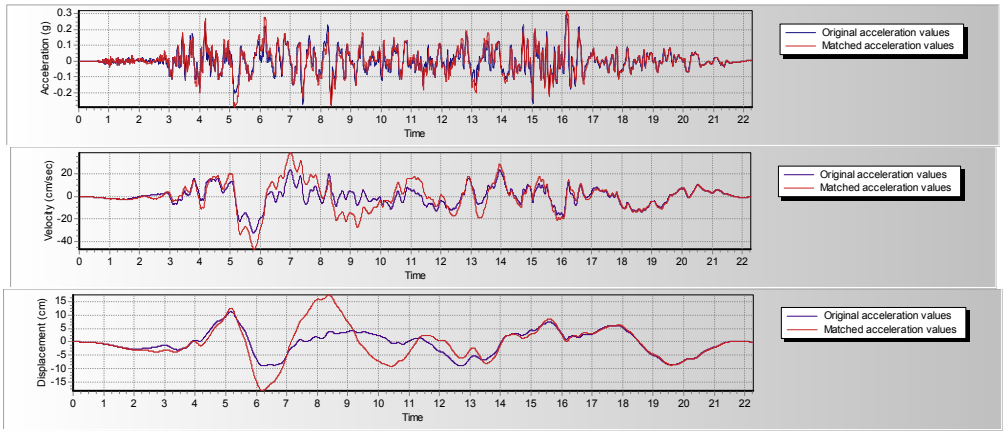
Şekil B.10: Üretilmiş 1082 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği



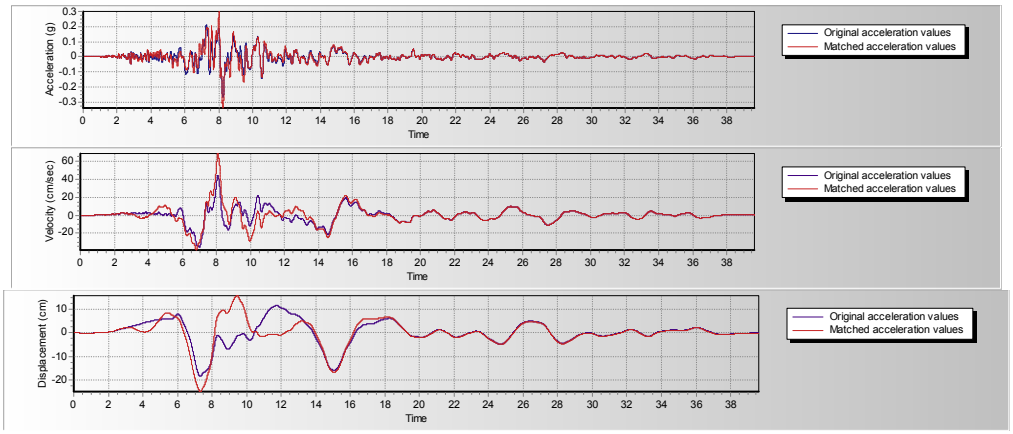
Şekil B.11: Üretilmiş 1504 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği



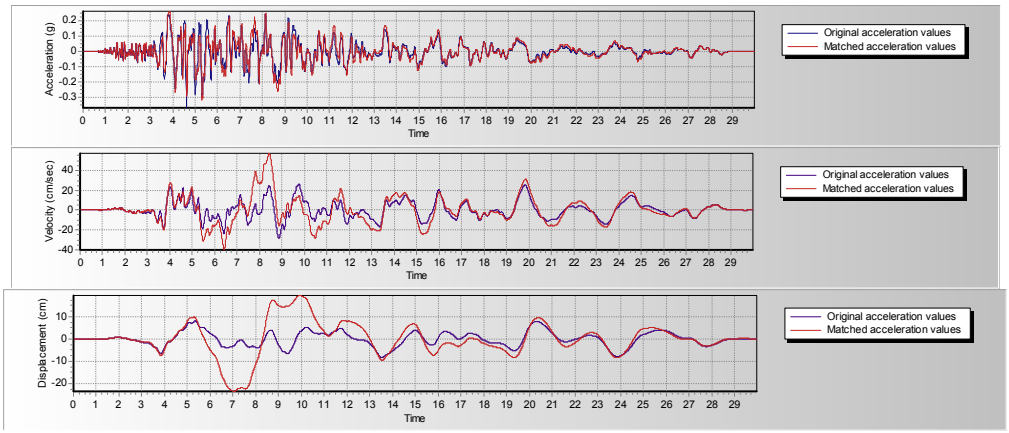
Şekil B.12: Üretilmiş 1513 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği



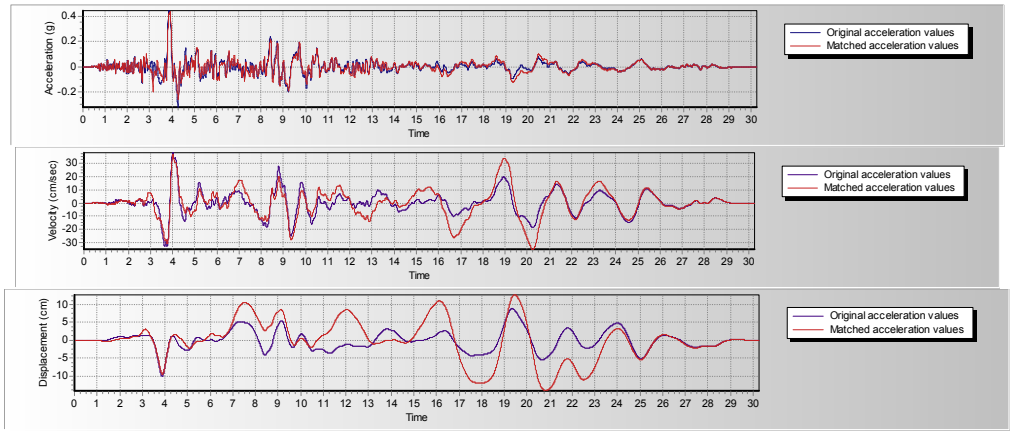
Şekil B.13:NGA_725 Gerçek kayıt ve üretilmiş deprem kaydının ivme- zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği karşılaştırması



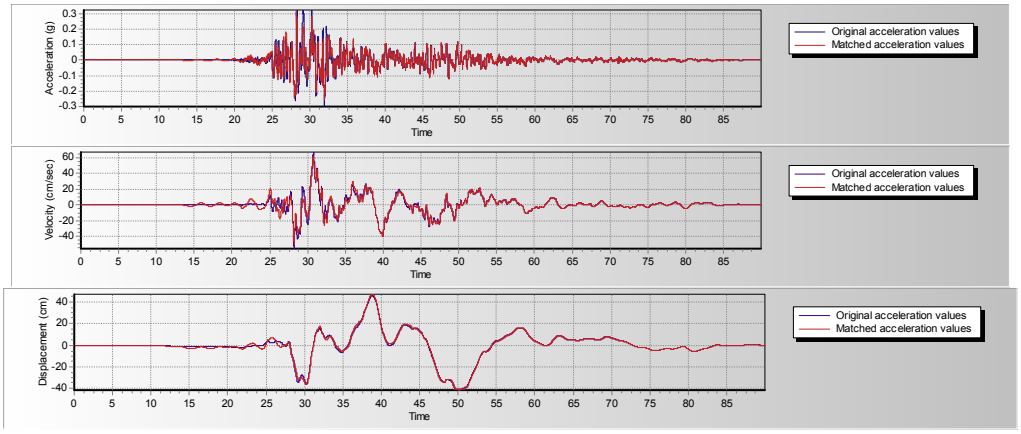
Şekil B.14:NGA_778 Gerçek kayıt ve üretilmiş deprem kaydının ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği karşılaştırması



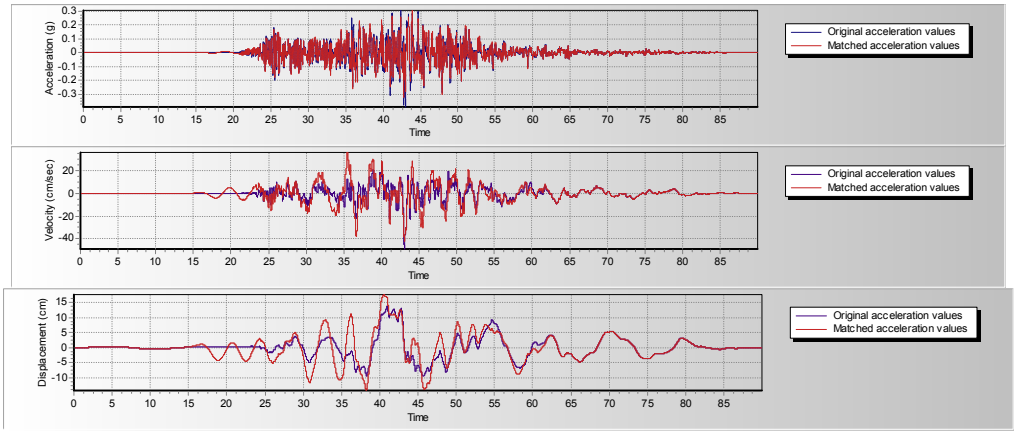
Şekil B.15:NGA_1048 Gerçek kayıt ve üretilmiş deprem kaydının ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği karşılaştırması



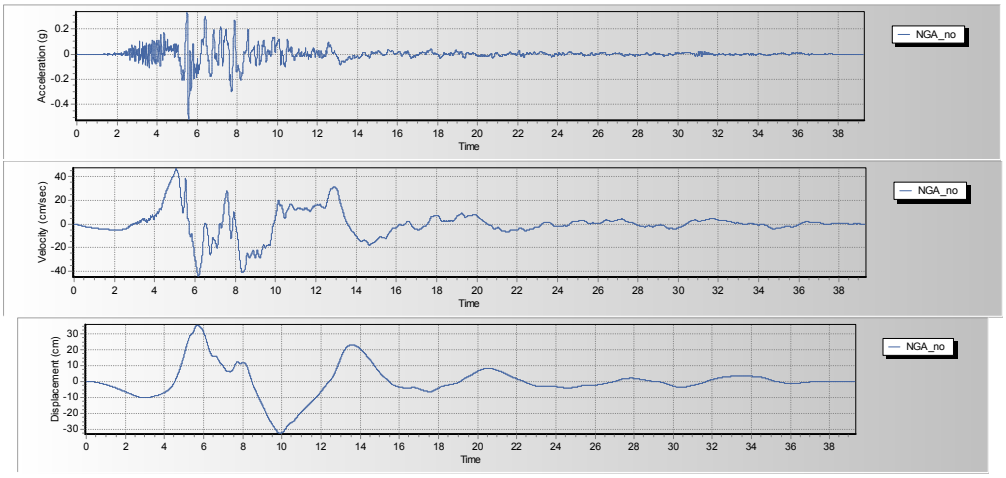
Şekil B.16:NGA_1082 Gerçek kayıt ve üretilmiş deprem kaydının ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği karşılaştırması



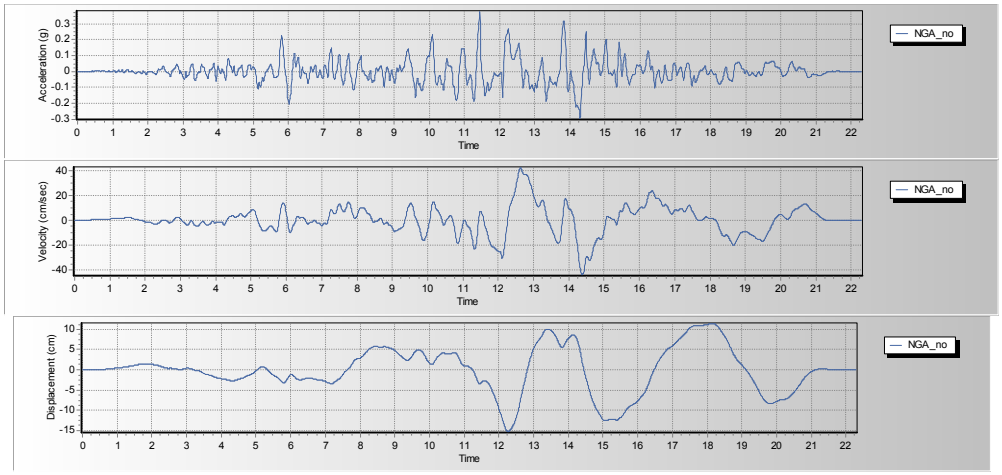
Şekil B.17:NGA_1504 Gerçek kayıt ve üretilmiş deprem kaydının ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği karşılaştırması



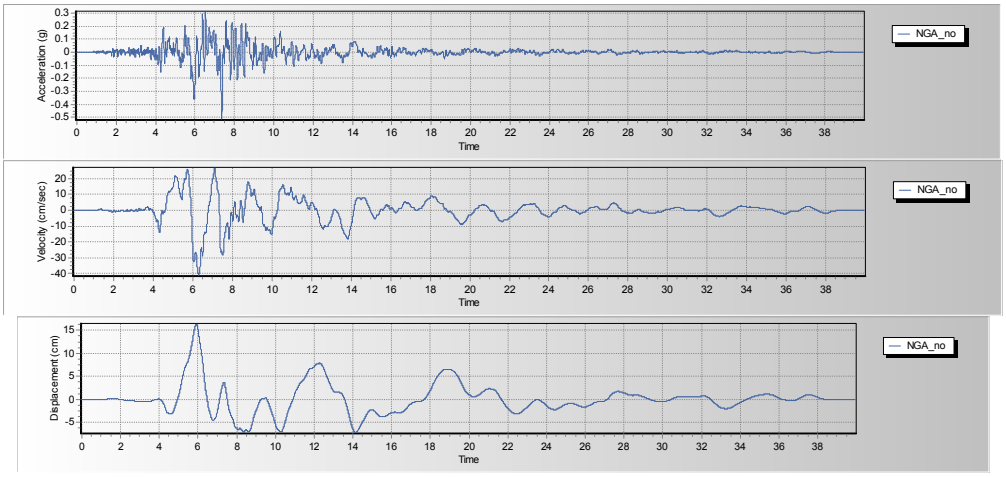
Şekil B.18:NGA_1513 Gerçek kayıt ve üretilmiş deprem kaydının ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği karşılaştırması



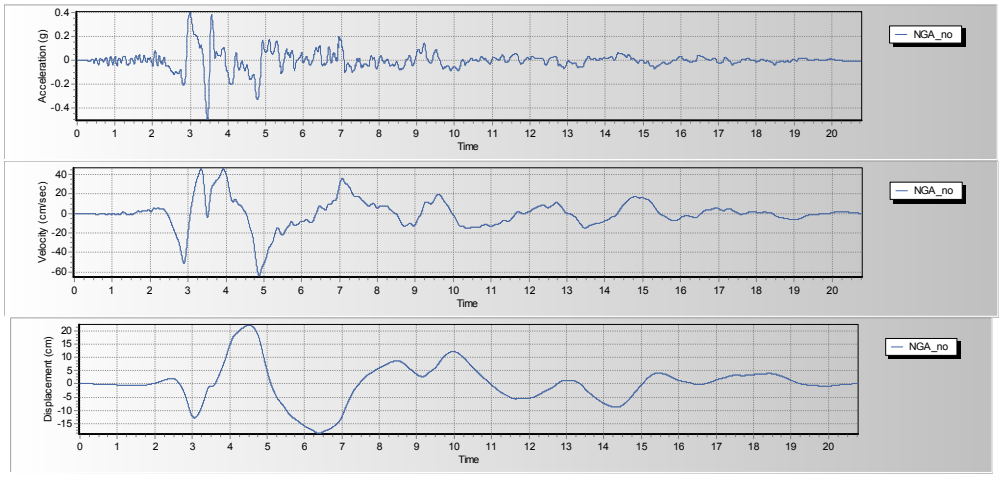
Şekil B.19: Gerçek 180 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği.



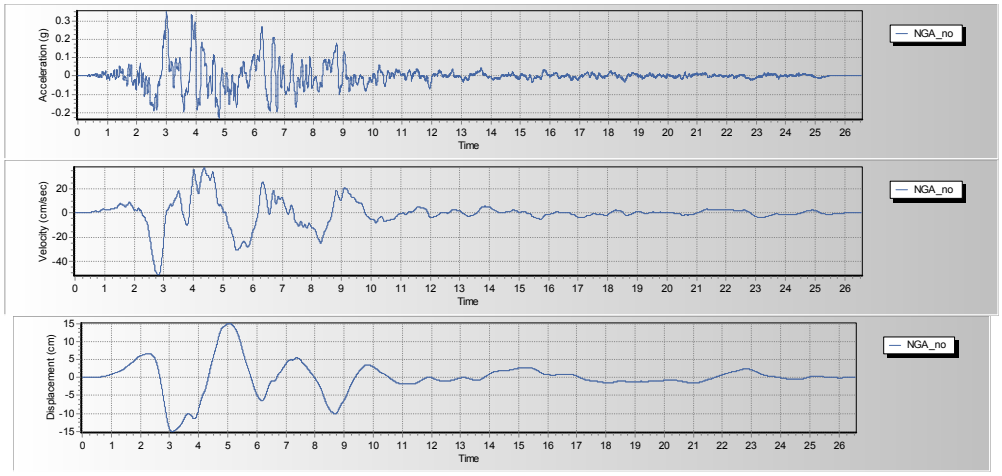
Şekil B.20: Gerçek 723 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği.



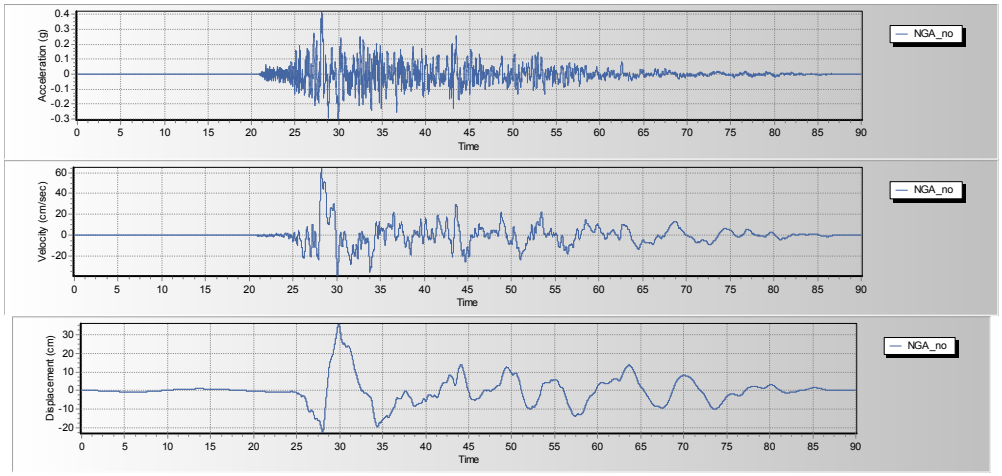
Şekil B.21: Gerçek 802 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği.



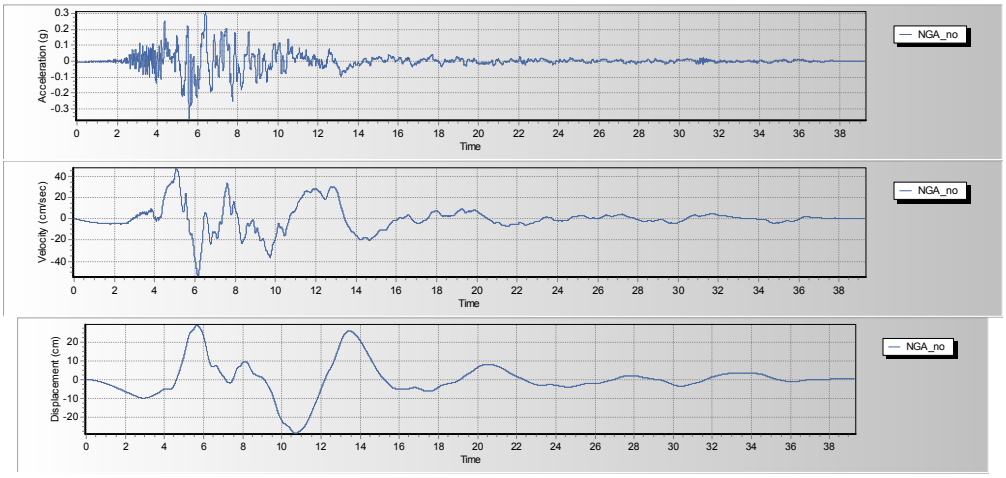
Şekil B.22: Gerçek 821 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği



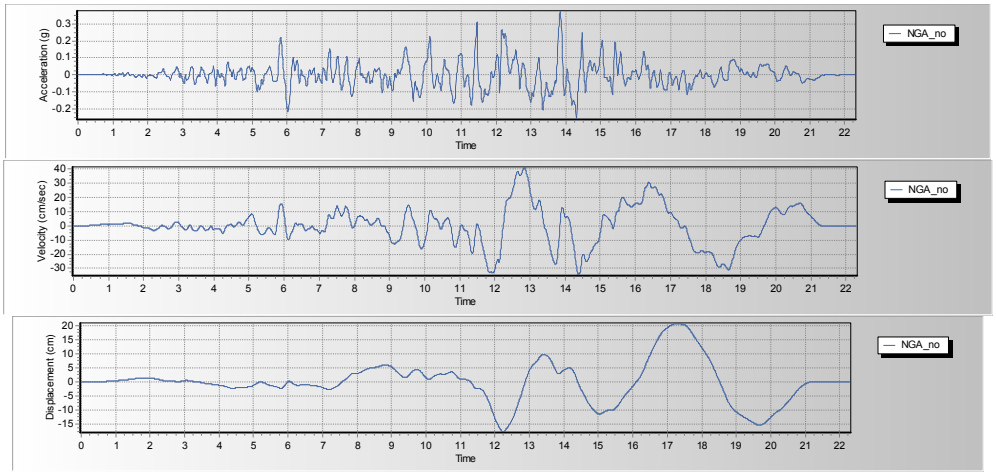
Şekil B.23: Gerçek 1013 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği



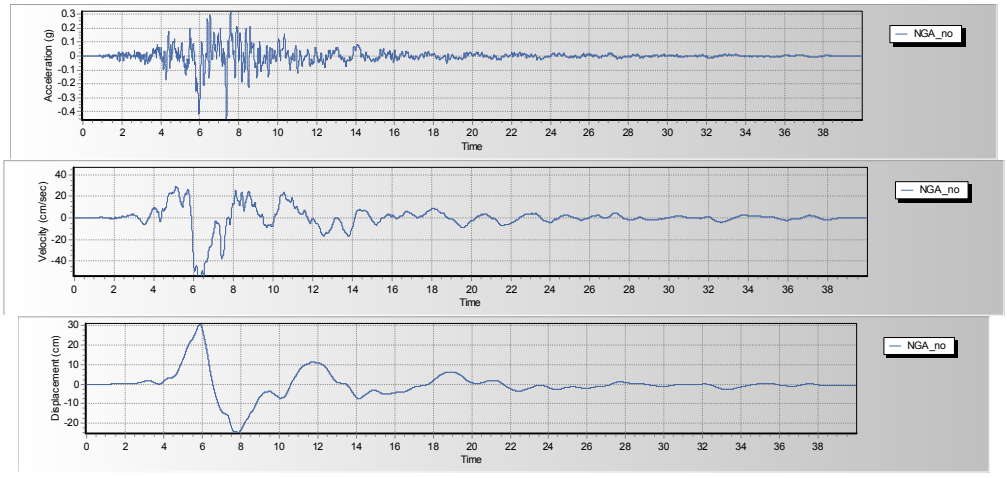
Şekil B.24: Gerçek 1511 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği.



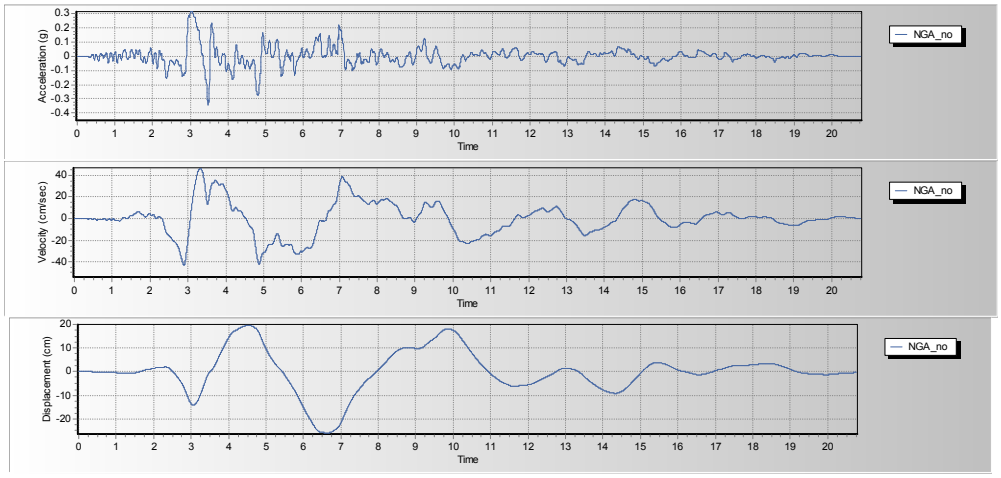
Şekil B.25:Üretilmiş 180 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği.



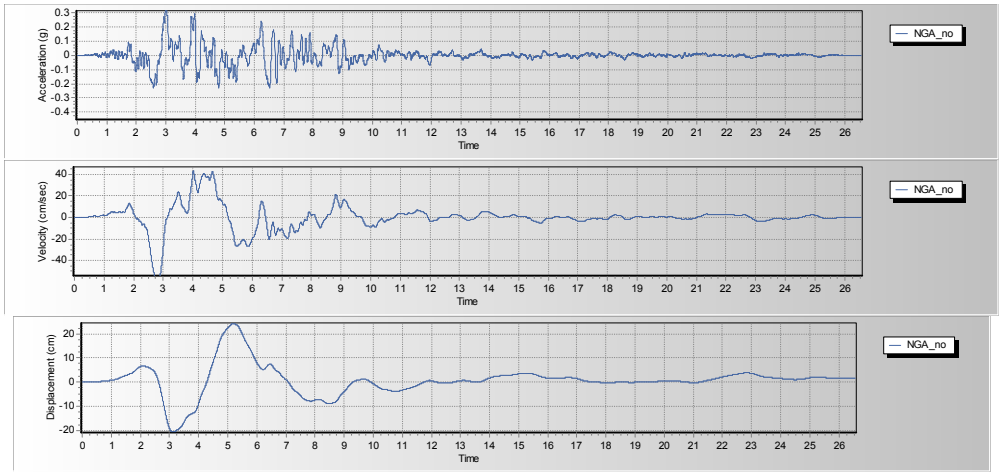
Şekil B.26:Üretilmiş 723 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği.



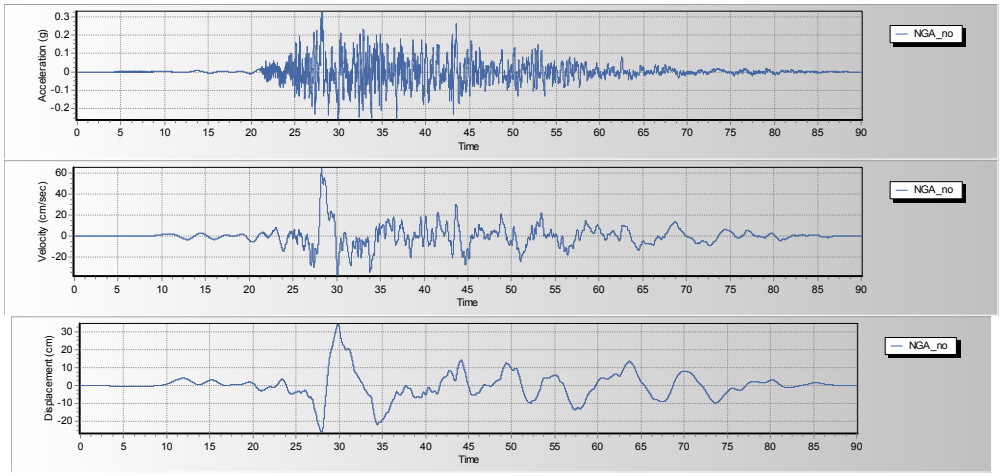
Şekil B.27:Üretilmiş 802 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği.



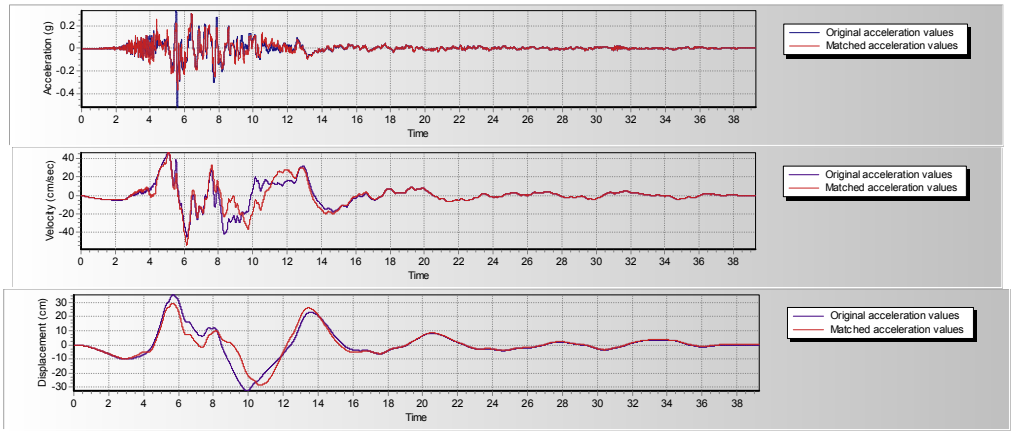
Şekil B.28:Üretilmiş 821 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği



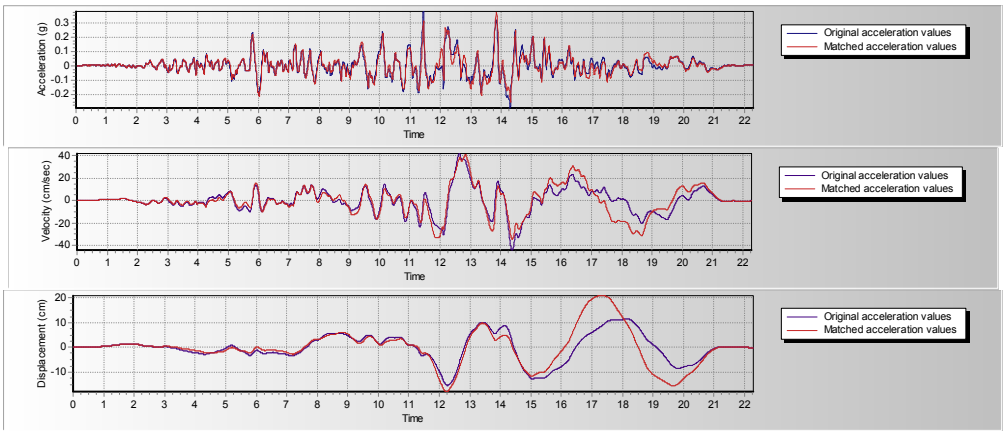
Şekil B.29:Üretilmiş 1013 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği.



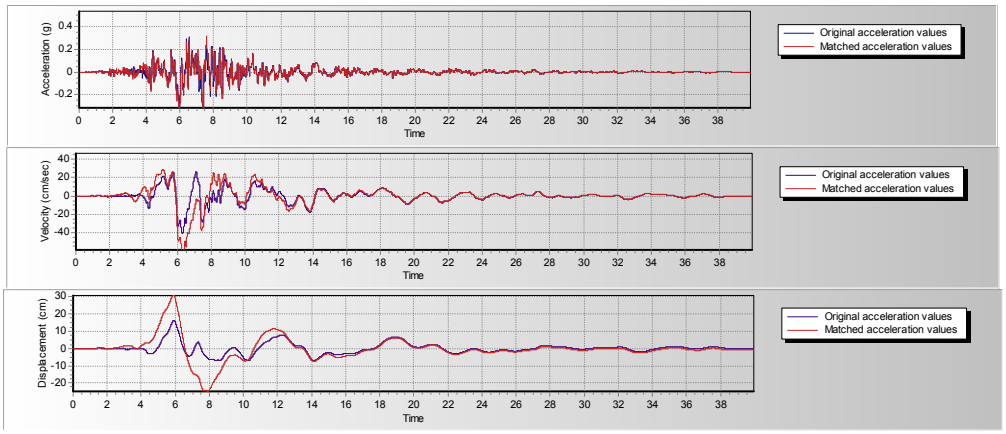
Şekil B.30:Üretilmiş 1511 ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği.



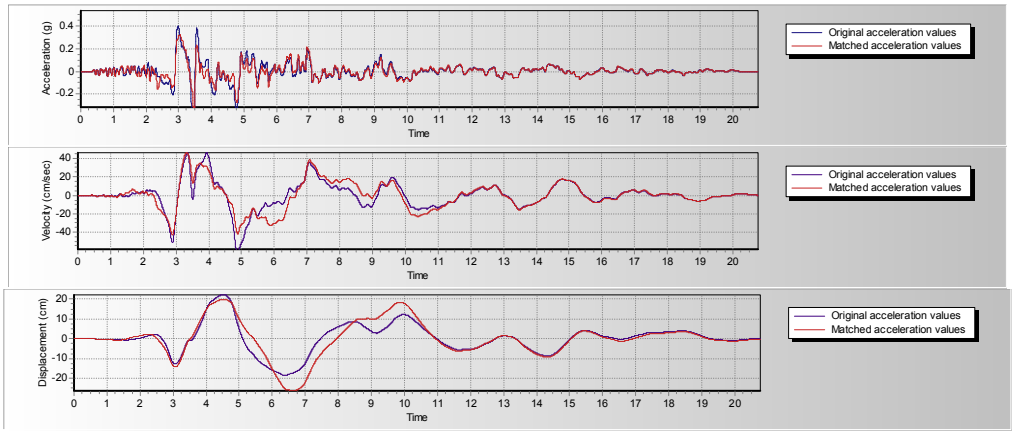
Şekil B.31:NGA_180 Gerçek kayıt ve üretilmiş deprem kaydının ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği karşılaştırması



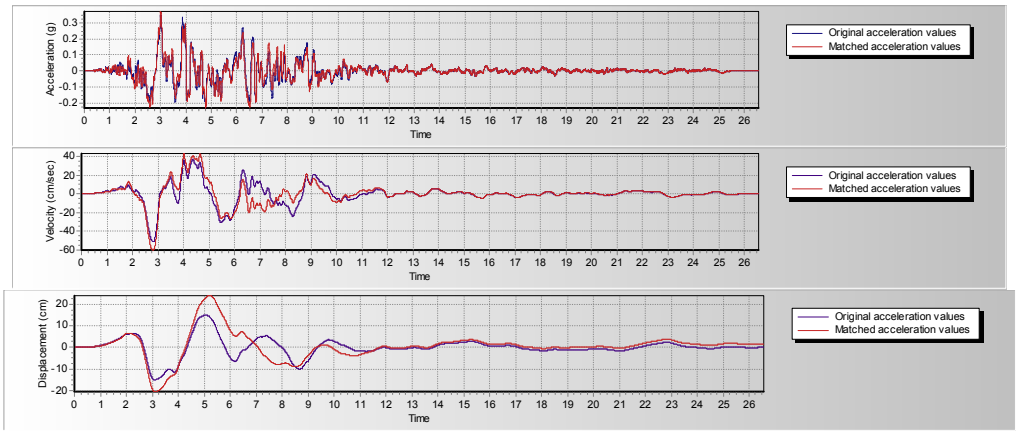
Şekil B.32:NGA_723 Gerçek kayıt ve üretilmiş deprem kaydının ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği karşılaştırması



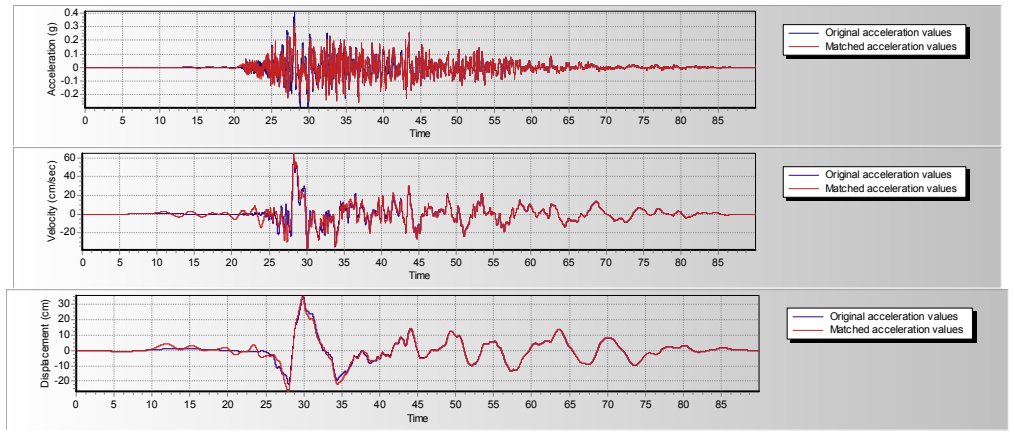
Şekil B.33:NGA_802 Gerçek kayıt ve üretilmiş deprem kaydının ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği karşılaştırması



Şekil B.34:NGA_821 Gerçek kayıt ve üretilmiş deprem kaydının ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği karşılaştırması



Şekil B.35:NGA_1013 Gerçek kayıt ve üretilmiş deprem kaydının ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği karşılaştırması



Şekil B.36:NGA_1511 Gerçek kayıt ve üretilmiş deprem kaydının ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafiği karşılaştırması

EK C

Çizelge C.1:NGA_725 Gerçek ve üretilmiş kaydın ŞÖ karşılaştırılması

Accelerogram	NGA_725 Gerçek	NGA_725 Üretilmiş
Max Aceleration (g)	0.30	0.32
Max Velocity (cm/sec)	32.78	47.25
Max Displacement (cm)	11.26	18.32
Vmax/Amax (sec)	0.11	0.15
Acceleration RMS (g)	0.07	0.08
Velocity RMS (cm/sec)	8.52	12.91
Displacement RMS (cm)	4.44	6.50
Arias Intensity (cm/sec)	1.75	2.13
Characteristic Intensity	0.09	0.10
Specific Energy Density (cm2/sec)	1616.87	3716.85
Cum. Abs. Velocity (cm/sec)	1102.15	1209.09
Acc Spectrum Intensity (g*sec)	0.30	0.29
Vel Spectrum Intensity (cm)	126.83	177.95
Housner Intensity (cm)	115.41	179.62
Sustained Max.Acceleration (g)	0.27	0.28
Sustained Max.Velocity (cm/sec)	23.69	34.28
Effective Design Acceleration (g)	0.30	0.33
A95 parameter (g)	0.50	0.00
Predominant Period (sec)	0.29	0.31
Significant Duration (sec)	13.63	12.73

Çizelge C.2:NGA_778 Gerçek ve üretilmiş kaydın ŞÖ karşılaştırılması

Accelerogram	NGA_778 Gerçek	NGA_778 Üretilmiş
Max Aceleration (g)	0.27	0.34
Max Velocity (cm/sec)	43.86	68.37
Max Displacement (cm)	18.43	24.86
Vmax/Amax (sec)	0.17	0.20
Acceleration RMS (g)	0.04	0.04
Velocity RMS (cm/sec)	7.79	9.86
Displacement RMS (cm)	4.98	5.62
Arias Intensity (cm/sec)	0.80	1.00
Characteristic Intensity	0.04	0.05
Specific Energy Density (cm2/sec)	2405.63	3856.27
Cum. Abs. Velocity (cm/sec)	760.52	814.80
Acc Spectrum Intensity (g*sec)	0.20	0.29
Vel Spectrum Intensity (cm)	160.00	175.79
Housner Intensity (cm)	154.86	179.59
Sustained Max.Acceleration (g)	0.19	0.21
Sustained Max.Velocity (cm/sec)	22.17	28.68
Effective Design Acceleration (g)	0.27	0.34
A95 parameter (g)	1.80	0.60
Predominant Period (sec)	0.27	0.34
Significant Duration (sec)	12.40	10.14

Çizelge C.3:NGA_1048 Gerçek ve üretilmiş kaydın ŞÖ karşılaştırılması

Accelerogram	NGA_1048 Gerçek	NGA_1048 Üretilmiş
Max Aceleration (g)	0.37	0.32
Max Velocity (cm/sec)	28.88	57.48
Max Displacement (cm)	8.44	23.72
Vmax/Amax (sec)	0.08	0.19
Acceleration RMS (g)	0.07	0.07
Velocity RMS (cm/sec)	8.76	13.32
Displacement RMS (cm)	3.34	7.67
Arias Intensity (cm/sec)	1.97	2.09
Characteristic Intensity	0.09	0.10
Specific Energy Density (cm2/sec)	2298.45	5315.48
Cum. Abs. Velocity (cm/sec)	1258.29	1325.41
Acc Spectrum Intensity (g*sec)	0.36	0.31
Vel Spectrum Intensity (cm)	150.29	185.55
Housner Intensity (cm)	144.47	180.77
Sustained Max.Acceleration (g)	0.28	0.27
Sustained Max.Velocity (cm/sec)	25.30	38.84
Effective Design Acceleration (g)	0.33	0.31
A95 parameter (g)	0.85	0.00
Predominant Period (sec)	0.36	0.31
Significant Duration (sec)	15.63	16.23

Çizelge C.4:NGA_1082 Gerçek ve üretilmiş kaydın ŞÖ karşılaştırılması

Accelerogram	NGA_1082 Gerçek	NGA_1082 Üretilmiş
Max Aceleration (g)	0.44	0.43
Max Velocity (cm/sec)	38.21	36.78
Max Displacement (cm)	10.06	14.11
Vmax/Amax (sec)	0.09	0.09
Acceleration RMS (g)	0.06	0.06
Velocity RMS (cm/sec)	8.46	11.08
Displacement RMS (cm)	2.75	5.57
Arias Intensity (cm/sec)	1.44	1.43
Characteristic Intensity	0.07	0.07
Specific Energy Density (cm2/sec)	2167.11	3713.50
Cum. Abs. Velocity (cm/sec)	983.40	1061.62
Acc Spectrum Intensity (g*sec)	0.30	0.30
Vel Spectrum Intensity (cm)	173.67	180.75
Housner Intensity (cm)	165.73	181.68
Sustained Max.Acceleration (g)	0.24	0.22
Sustained Max.Velocity (cm/sec)	28.03	34.18
Effective Design Acceleration (g)	0.45	0.43
A95 parameter (g)	0.40	0.00
Predominant Period (sec)	0.44	0.43
Significant Duration (sec)	16.98	18.19

Çizelge C.5:NGA_1504 Gerçek ve üretilmiş kaydın ŞÖ karşılaştırılması

Accelerogram	NGA_1504 Gerçek	NGA_1504 Üretilmiş
Max Aceleration (g)	0.33	0.32
Max Velocity (cm/sec)	66.69	60.90
Max Displacement (cm)	45.97	47.30
Vmax/Amax (sec)	0.21	0.19
Acceleration RMS (g)	0.04	0.04
Velocity RMS (cm/sec)	9.89	9.78
Displacement RMS (cm)	12.80	12.99
Arias Intensity (cm/sec)	2.62	2.08
Characteristic Intensity	0.09	0.07
Specific Energy Density (cm2/sec)	8805.47	8600.61
Cum. Abs. Velocity (cm/sec)	1785.50	1718.80
Acc Spectrum Intensity (g*sec)	0.35	0.30
Vel Spectrum Intensity (cm)	213.97	182.57
Housner Intensity (cm)	211.36	180.38
Sustained Max.Acceleration (g)	0.32	0.26
Sustained Max.Velocity (cm/sec)	46.17	44.32
Effective Design Acceleration (g)	0.32	0.33
A95 parameter (g)	0.95	0.00
Predominant Period (sec)	0.32	0.31
Significant Duration (sec)	23.00	23.96

Çizelge C.6:NGA_1513 Gerçek ve üretilmiş kaydın ŞÖ karşılaştırılması

Accelerogram	NGA_1513 Gerçek	NGA_1513 Üretilmiş
Max Aceleration (g)	0.39	0.33
Max Velocity (cm/sec)	48.82	42.14
Max Displacement (cm)	13.79	17.60
Vmax/Amax (sec)	0.13	0.13
Acceleration RMS (g)	0.05	0.05
Velocity RMS (cm/sec)	5.41	7.71
Displacement RMS (cm)	3.60	4.67
Arias Intensity (cm/sec)	3.84	3.61
Characteristic Intensity	0.11	0.11
Specific Energy Density (cm2/sec)	2630.50	5343.98
Cum. Abs. Velocity (cm/sec)	2392.43	2400.85
Acc Spectrum Intensity (g*sec)	0.36	0.31
Vel Spectrum Intensity (cm)	168.49	187.09
Housner Intensity (cm)	148.59	181.08
Sustained Max.Acceleration (g)	0.31	0.30
Sustained Max.Velocity (cm/sec)	23.03	36.01
Effective Design Acceleration (g)	0.37	0.31
A95 parameter (g)	0.95	0.00
Predominant Period (sec)	0.38	0.31
Significant Duration (sec)	26.97	27.22

Çizelge C.7:NGA_180 Gerçek ve üretilmiş kaydın ŞÖ karşılaştırılması

Accelerogram	NGA_180 Gerçek	NGA_180 Üretilmiş
Max Aceleration (g)	0.52	0.37
Max Velocity (cm/sec)	46.87	53.69
Max Displacement (cm)	35.40	29.34
Vmax/Amax (sec)	0.09	0.15
Acceleration RMS (g)	0.05	0.05
Velocity RMS (cm/sec)	11.48	11.52
Displacement RMS (cm)	10.31	9.18
Arias Intensity (cm/sec)	1.65	1.48
Characteristic Intensity	0.07	0.07
Specific Energy Density (cm2/sec)	5180.08	5216.89
Cum. Abs. Velocity (cm/sec)	951.48	950.45
Acc Spectrum Intensity (g*sec)	0.42	0.32
Vel Spectrum Intensity (cm)	178.16	196.17
Housner Intensity (cm)	167.58	182.11
Sustained Max.Acceleration (g)	0.30	0.25
Sustained Max.Velocity (cm/sec)	41.46	36.27
Effective Design Acceleration (g)	0.52	0.36
A95 parameter (g)	0.85	0.00
Predominant Period (sec)	0.52	0.36
Significant Duration (sec)	8.25	8.94

Çizelge C.8:NGA_723 Gerçek ve üretilmiş kaydın ŞÖ karşılaştırılması

Accelerogram	NGA_723 Gerçek	NGA_723 Üretilmiş
Max Aceleration (g)	0.38	0.37
Max Velocity (cm/sec)	43.88	40.91
Max Displacement (cm)	15.29	20.73
Vmax/Amax (sec)	0.12	0.11
Acceleration RMS (g)	0.07	0.07
Velocity RMS (cm/sec)	11.21	12.80
Displacement RMS (cm)	5.54	7.29
Arias Intensity (cm/sec)	1.70	1.68
Characteristic Intensity	0.09	0.09
Specific Energy Density (cm2/sec)	2800.16	3656.11
Cum. Abs. Velocity (cm/sec)	1010.26	1014.08
Acc Spectrum Intensity (g*sec)	0.31	0.30
Vel Spectrum Intensity (cm)	171.90	179.88
Housner Intensity (cm)	169.50	179.61
Sustained Max.Acceleration (g)	0.30	0.26
Sustained Max.Velocity (cm/sec)	30.54	33.01
Effective Design Acceleration (g)	0.34	0.37
A95 parameter (g)	1.05	0.00
Predominant Period (sec)	0.37	0.37
Significant Duration (sec)	11.07	11.68

Çizelge C.9:NGA_802 Gerçek ve üretilmiş kaydın ŞÖ karşılaştırılması

Accelerogram	NGA_802 Gerçek	NGA_802 Üretilmiş
Max Aceleration (g)	0.51	0.45
Max Velocity (cm/sec)	41.15	62.38
Max Displacement (cm)	16.25	30.69
Vmax/Amax (sec)	0.08	0.14
Acceleration RMS (g)	0.05	0.05
Velocity RMS (cm/sec)	7.15	10.05
Displacement RMS (cm)	3.24	6.80
Arias Intensity (cm/sec)	1.45	1.52
Characteristic Intensity	0.07	0.07
Specific Energy Density (cm2/sec)	2044.65	4037.30
Cum. Abs. Velocity (cm/sec)	911.25	925.78
Acc Spectrum Intensity (g*sec)	0.30	0.31
Vel Spectrum Intensity (cm)	191.26	186.99
Housner Intensity (cm)	175.71	181.10
Sustained Max.Acceleration (g)	0.31	0.31
Sustained Max.Velocity (cm/sec)	28.48	48.94
Effective Design Acceleration (g)	0.48	0.41
A95 parameter (g)	0.40	0.00
Predominant Period (sec)	0.51	0.45
Significant Duration (sec)	9.36	9.39

Çizelge C.10:NGA_821 Gerçek ve üretilmiş kaydın ŞÖ karşılaştırılması

Accelerogram	NGA_821 Gerçek	NGA_821 Üretilmiş
Max Aceleration (g)	0.50	0.35
Max Velocity (cm/sec)	64.28	45.85
Max Displacement (cm)	21.93	26.14
Vmax/Amax (sec)	0.13	0.14
Acceleration RMS (g)	0.07	0.06
Velocity RMS (cm/sec)	14.54	14.65
Displacement RMS (cm)	7.33	8.87
Arias Intensity (cm/sec)	1.79	1.24
Characteristic Intensity	0.09	0.07
Specific Energy Density (cm2/sec)	4389.44	4459.69
Cum. Abs. Velocity (cm/sec)	867.47	765.28
Acc Spectrum Intensity (g*sec)	0.40	0.29
Vel Spectrum Intensity (cm)	224.56	180.64
Housner Intensity (cm)	216.97	180.53
Sustained Max.Acceleration (g)	0.33	0.27
Sustained Max.Velocity (cm/sec)	46.03	41.88
Effective Design Acceleration (g)	0.48	0.32
A95 parameter (g)	0.75	0.00
Predominant Period (sec)	0.49	0.34
Significant Duration (sec)	7.35	10.19

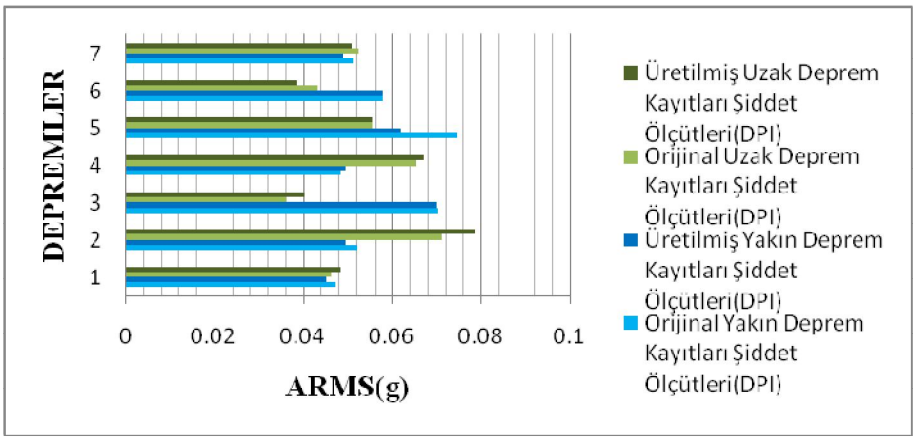
Çizelge C.11:NGA_1013 Gerçek ve üretilmiş kaydın ŞÖ karşılaştırılması

Accelerogram	NGA_1013 Gerçek	NGA_1013 Üretilmiş
Max Aceleration (g)	0.35	0.37
Max Velocity (cm/sec)	50.81	60.09
Max Displacement (cm)	15.09	24.16
Vmax/Amax (sec)	0.15	0.17
Acceleration RMS (g)	0.06	0.06
Velocity RMS (cm/sec)	10.44	11.39
Displacement RMS (cm)	4.39	6.35
Arias Intensity (cm/sec)	1.38	1.37
Characteristic Intensity	0.07	0.07
Specific Energy Density (cm2/sec)	2897.66	3447.21
Cum. Abs. Velocity (cm/sec)	809.34	802.27
Acc Spectrum Intensity (g*sec)	0.30	0.29
Vel Spectrum Intensity (cm)	178.44	180.45
Housner Intensity (cm)	175.54	180.30
Sustained Max.Acceleration (g)	0.27	0.24
Sustained Max.Velocity (cm/sec)	35.80	42.64
Effective Design Acceleration (g)	0.33	0.35
A95 parameter (g)	0.85	0.00
Predominant Period (sec)	0.34	0.37
Significant Duration (sec)	6.50	6.54

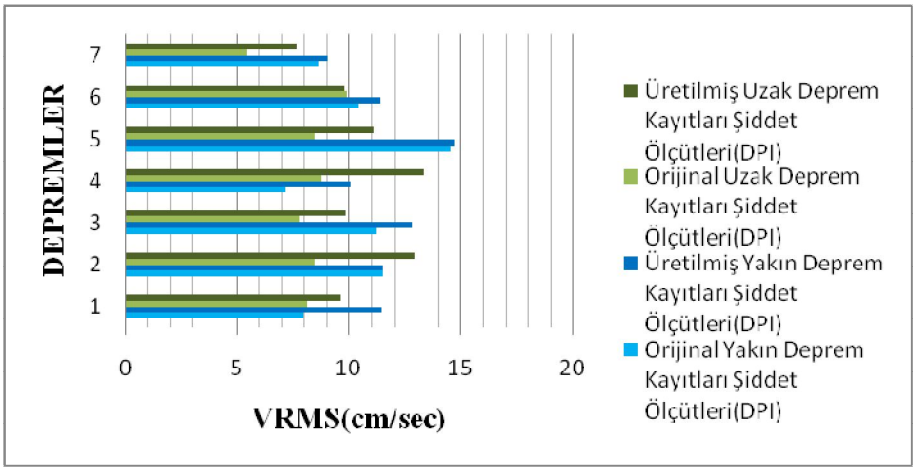
Çizelge C.12:NGA_1511 Gerçek ve üretilmiş kaydın ŞÖ karşılaştırılması

Accelerogram	NGA_1511 Gerçek	NGA_1511 Üretilmiş
Max Aceleration (g)	0.42	0.32
Max Velocity (cm/sec)	64.20	64.78
Max Displacement (cm)	35.39	34.47
Vmax/Amax (sec)	0.16	0.20
Acceleration RMS (g)	0.05	0.05
Velocity RMS (cm/sec)	8.64	9.05
Displacement RMS (cm)	7.18	7.37
Arias Intensity (cm/sec)	3.65	3.34
Characteristic Intensity	0.11	0.10
Specific Energy Density (cm2/sec)	6725.05	7375.08
Cum. Abs. Velocity (cm/sec)	2361.44	2372.29
Acc Spectrum Intensity (g*sec)	0.34	0.28
Vel Spectrum Intensity (cm)	199.88	179.75
Housner Intensity (cm)	187.22	174.46
Sustained Max.Acceleration (g)	0.29	0.26
Sustained Max.Velocity (cm/sec)	38.23	37.18
Effective Design Acceleration (g)	0.37	0.29
A95 parameter (g)	0.75	0.00
Predominant Period (sec)	0.41	0.31
Significant Duration (sec)	28.13	29.10

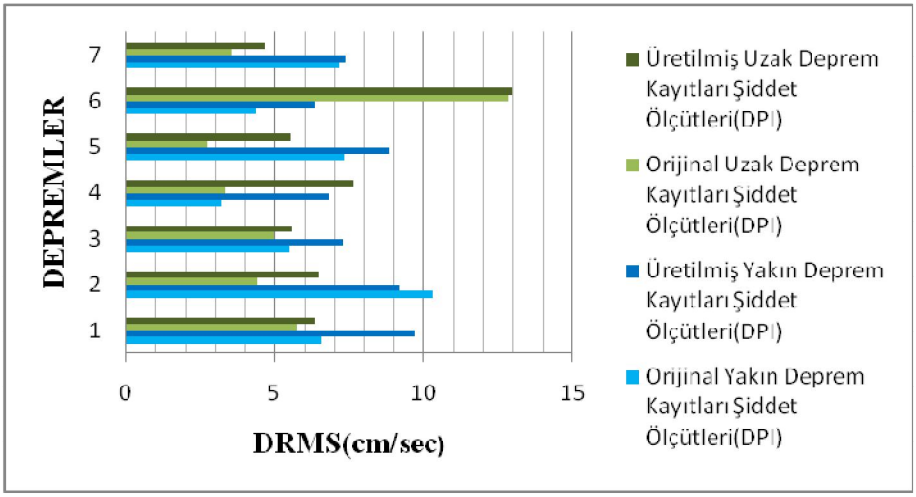
EK D



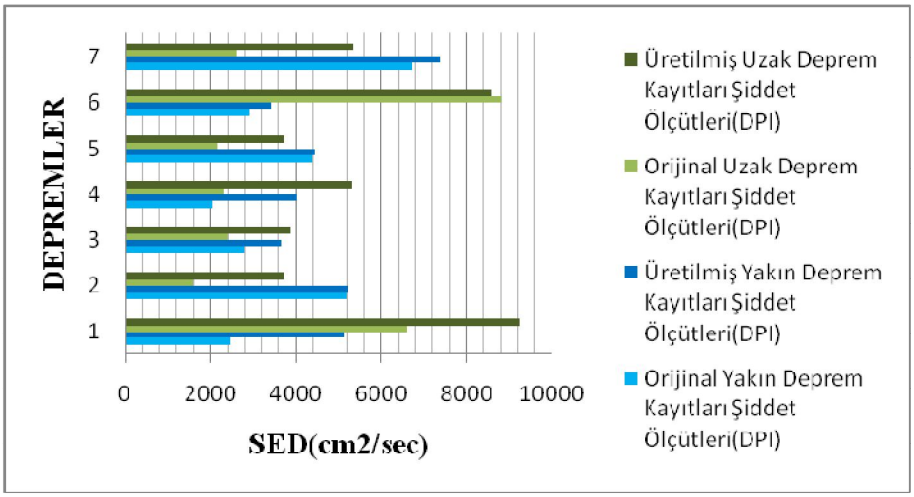
Şekil D.1:ARMS şiddet ölçütünün karşılaştırılması



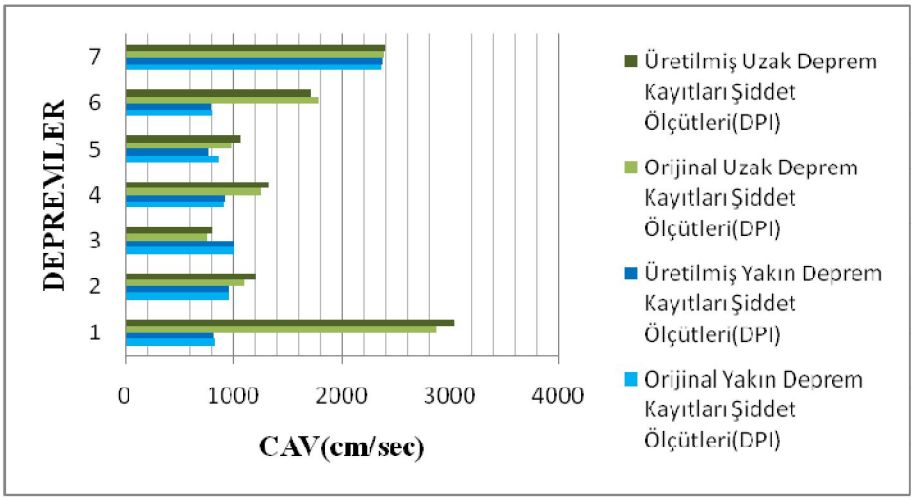
Şekil D.2:VRMS şiddet ölçütünün karşılaştırılması



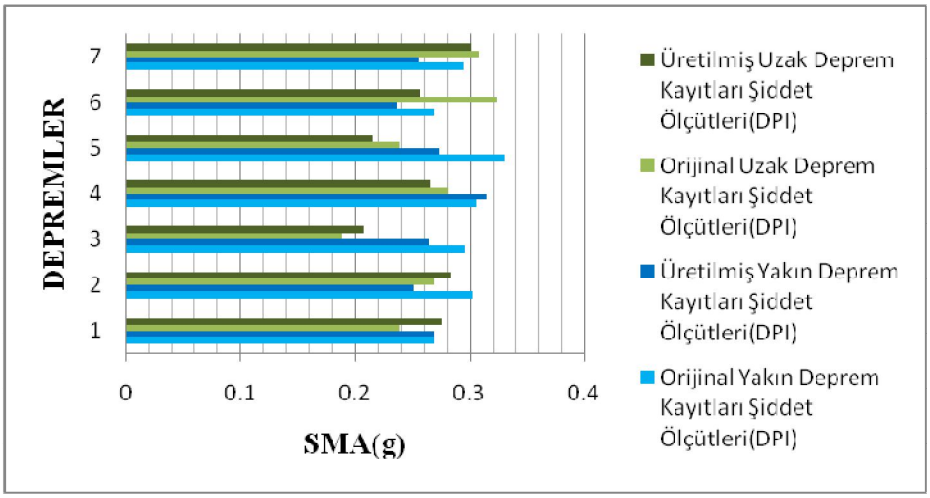
Şekil D.3:DRMS şiddet ölçütünün karşılaştırılması



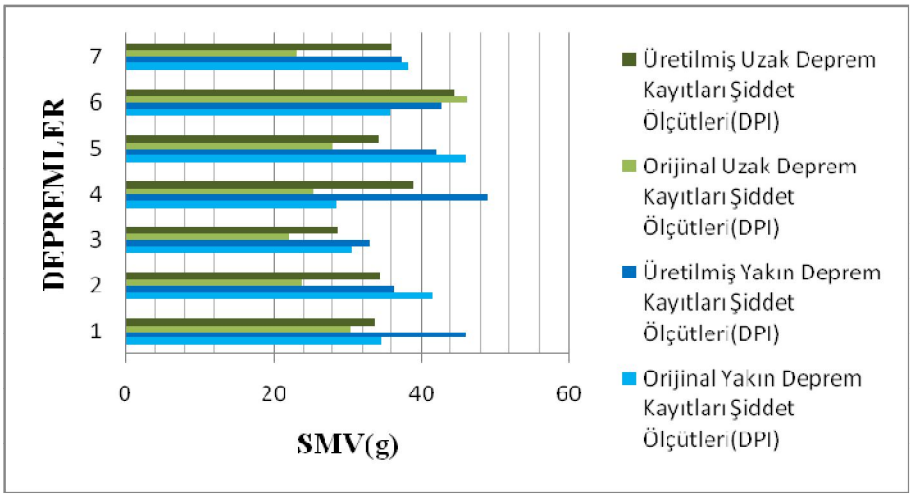
Şekil D.4:SED şiddet ölçütünün karşılaştırılması



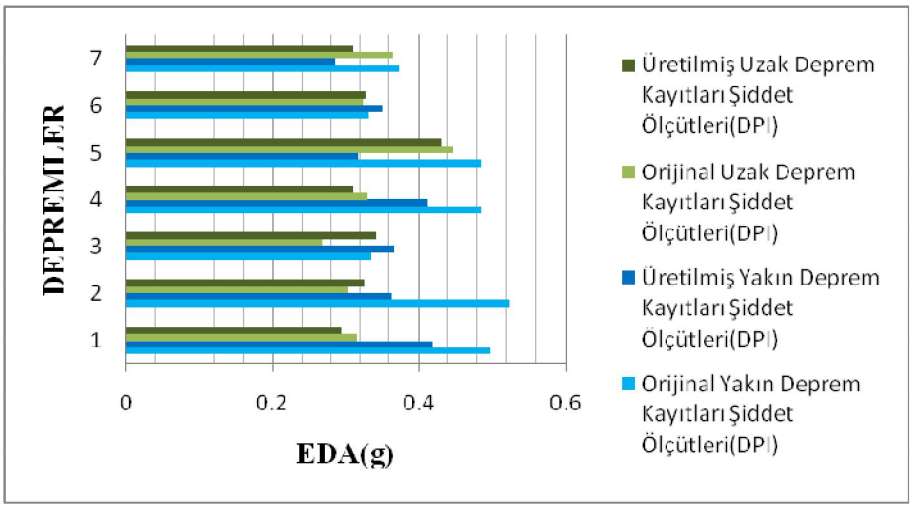
Şekil D.5:CAV şiddet ölçütünün karşılaştırılması



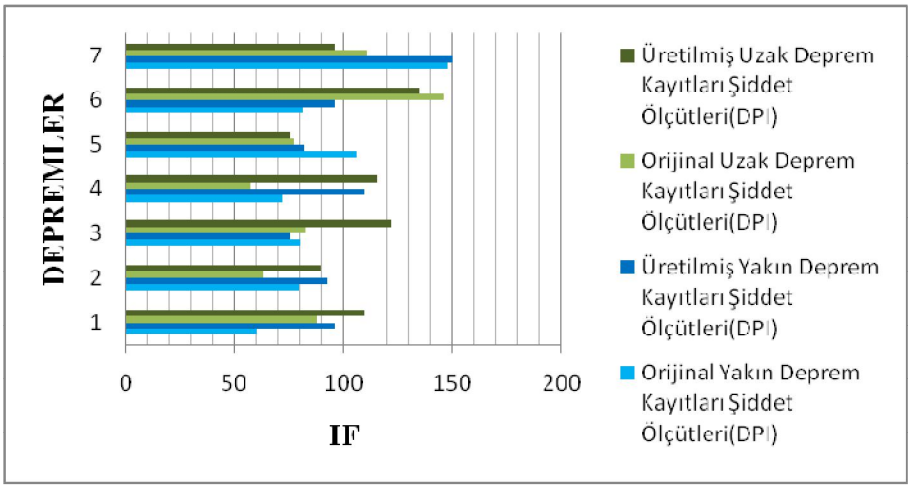
Şekil D.6:SMA şiddet ölçütünün karşılaştırılması



Şekil D.7:SMV şiddet ölçütünün karşılaştırılması



Şekil D.8:EDA şiddet ölçütünün karşılaştırılması



Şekil D.9:EDA şiddet ölçütünün karşılaştırılması

EK E

Çizelge E.1: S30_16 kolonu en büyük tepe yerdeğiştirmeleri

S30_16		Deprem Adı	Gerçek Kayıt Yerdeğiştirme [m]	Üretilmiş Kayıt Yerdeğiştirme [m]
Uzak Depremler	1	169	0.165	0.153
	2	725	0.076	0.163
	3	778	0.095	0.126
	4	1048	0.139	0.148
	5	1082	0.148	0.151
	6	1504	0.183	0.198
	7	1513	0.126	0.109
Yakın Depremler	1	179	0.147	0.175
	2	180	0.103	0.134
	3	723	0.151	0.146
	4	802	0.146	0.128
	5	821	0.192	0.193
	6	1013	0.179	0.213
	7	1511	0.148	0.118

Çizelge E.2: S30_16 kolonu en büyük tepe yerdeğiştirmeleri ortalama değerleri

S30_16	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	0.1331	0.1497	0.1523	0.1581
St sapma	0.0377	0.0281	0.0283	0.0360
cov.	28.3	18.8	18.6	22.7

Çizelge E.3: S30_16 kolonu en büyük tepe dönmeleri

S30_16		Deprem Adı	Gerçek Kayıt Dönme [rad]	Üretilmiş Kayıt Dönme [rad]
Uzak Depremler	1	169	0.0545	0.0514
	2	725	0.0287	0.0541
	3	778	0.0348	0.0440
	4	1048	0.0476	0.0501
	5	1082	0.0499	0.0505
	6	1504	0.0593	0.0634
	7	1513	0.0440	0.0387
Yakın Depremler	1	179	0.0491	0.0574
	2	180	0.0372	0.0462
	3	723	0.0507	0.0492
	4	802	0.0495	0.0446
	5	821	0.0618	0.0620
	6	1013	0.0574	0.0675
	7	1511	0.0497	0.0418

Çizelge E.4: S30_16 kolonu en büyük tepe dönmeleri ortalama değerleri

S30_16	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	0.0455	0.0503	0.0508	0.0527
St sapma	0.0108	0.0078	0.0077	0.0097
cov.	23.6	15.4	15.2	18.5

Çizelge E.5: S30_16 kolonu en büyük kesme kuvveti değerleri

S30_16		Deprem Adı	Gerçek Kayıt V [kN]	Üretilmiş Kayıt V [kN]
Uzak Depremler	1	169	29.4669	28.8321
	2	725	28.6641	32.8502
	3	778	30.5339	31.0788
	4	1048	28.9847	33.7777
	5	1082	29.9258	29.7228
	6	1504	37.1472	31.7911
	7	1513	29.2210	30.5864
Yakın Depremler	1	179	35.0236	34.5830
	2	180	31.6642	30.9964
	3	723	29.8700	30.9378
	4	802	35.7661	35.3014
	5	821	36.5625	35.2471
	6	1013	31.3391	35.0894
	7	1511	36.5459	36.6146

Çizelge E.6: S30_16 kolonu en büyük kesme kuvveti ortalama değerleri

S30_16	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	30.5634	31.2342	33.8245	34.1100
St sapma	2.9681	1.7267	2.7866	2.2333
cov.	9.7	5.5	8.2	6.5

Çizelge E.7: S30_16 kolonu en büyük tepe dönmeleri ortalama değerleri

S30_16		Deprem Adı	Gerçek Kayıt M [kNm]	Üretilmiş Kayıt M [kNm]
Uzak Depremler	1	169	140.3808	139.4505
	2	725	121.4676	141.4442
	3	778	132.7304	139.6306
	4	1048	139.8001	141.4235
	5	1082	140.7316	140.0464
	6	1504	140.4966	140.7198
	7	1513	139.3576	134.6420
Yakın Depremler	1	179	139.6339	141.6507
	2	180	133.6688	140.2953
	3	723	139.8586	140.5782
	4	802	140.9732	140.6416
	5	821	141.1814	140.8843
	6	1013	140.0599	140.9914
	7	1511	139.7909	140.2562

Çizelge E.8: S30_16 kolonu en büyük tepe dönmeleri ortalama değerleri

S30_16	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	136.4235	139.6224	139.3095	140.7568
St sapma	7.1663	2.3374	2.5590	0.4794
cov.	5.3	1.7	1.8	0.3

Çizelge E.9: 30_18 kolonu en büyük tepe yerdeğiştirmeleri

S30_18		Deprem Adı	Gerçek Kayıt Yerdeğiştirme [m]	Üretilmiş Kayıt Yerdeğiştirme [m]
Uzak Depremler	1	169	0.1695	0.1440
	2	725	0.0847	0.1948
	3	778	0.1076	0.1569
	4	1048	0.1323	0.1572
	5	1082	0.1448	0.1560
	6	1504	0.1565	0.2083
	7	1513	0.0867	0.1206
Yakın Depremler	1	179	0.1449	0.2159
	2	180	0.1031	0.1274
	3	723	0.1529	0.1657
	4	802	0.1576	0.1427
	5	821	0.2307	0.1976
	6	1013	0.1887	0.2199
	7	1511	0.1477	0.1453

Çizelge E.10:S30_18 kolonu en büyük tepe yerdeğiştmeleri ortalama değerleri

S30_18	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	0.1260	0.1625	0.1608	0.1735
St sapma	0.0337	0.0299	0.0398	0.0375
cov.	26.7	18.4	24.7	21.6

Çizelge E.11:S30_18 kolonu en büyük tepe dönme değerleri

S30_18		Deprem Adı	Gerçek Kayıt Dönme [rad]	Üretilmiş Kayıt Dönme [rad]
Uzak Depremler	1	169	0.056	0.0487
	2	725	0.031	0.0626
	3	778	0.039	0.0524
	4	1048	0.046	0.0525
	5	1082	0.049	0.0520
	6	1504	0.052	0.0662
	7	1513	0.032	0.0424
Yakın Depremler	1	179	0.049	0.0683
	2	180	0.040	0.0443
	3	723	0.051	0.0546
	4	802	0.053	0.0485
	5	821	0.072	0.0632
	6	1013	0.060	0.0693
	7	1511	0.056	0.0491

Çizelge E.12: S30_18 kolonu en büyük tepe dönmeleri ortalama değerleri

S30_18	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	0.0434	0.0538	0.0544	0.0568
St sapma	0.0096	0.0081	0.0100	0.0102
cov.	22.0	15.0	18.5	17.9

Çizelge E.13: S30_18 kolonu en büyük kesme kuvveti değerleri

S30_18		Deprem Adı	Gerçek Kayıt V [kN]	Üretilmiş Kayıt V [kN]
Uzak Depremler	1	169	30.093	30.8473
	2	725	28.925	32.3202
	3	778	30.049	31.0005
	4	1048	30.327	33.2726
	5	1082	31.768	30.2351
	6	1504	33.939	30.5210
	7	1513	28.493	30.5911
Yakın Depremler	1	179	32.103	34.6316
	2	180	31.638	31.2114
	3	723	30.687	30.6554
	4	802	31.027	32.7980
	5	821	32.068	33.3383
	6	1013	30.473	31.9378
	7	1511	32.076	34.4217

Çizelge E.14: S30_18 kolonu en büyük kesme kuvveti ortalama değerleri

S30_18	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	30.5136	31.2554	31.4389	32.7135
St sapma	1.8414	1.1148	0.7012	1.5323
cov.	6.0	3.6	2.2	4.7

Çizelge E.15: S30_18 kolonu en büyük taban momenti değerleri

S30_18		Deprem Adı	Gerçek Kayıt M [kNm]	Üretilmiş Kayıt M [kNm]
Uzak Depremler	1	169	145.221	144.6366
	2	725	131.311	147.5969
	3	778	142.652	146.4441
	4	1048	145.904	146.3465
	5	1082	146.256	145.9394
	6	1504	146.220	146.7301
	7	1513	131.661	144.9016
Yakın Depremler	1	179	145.493	146.7464
	2	180	143.942	145.2462
	3	723	145.696	145.7643
	4	802	146.435	146.1087
	5	821	147.113	146.4082
	6	1013	145.938	147.0969
	7	1511	145.786	145.3700

Çizelge E.16: S30_18 kolonu en büyük taban momenti ortalama değerleri

S30_18	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	141.3177	146.0850	145.7719	146.1058
St sapma	6.8294	1.0343	0.9745	0.6929
cov.	4.8	0.7	0.7	0.5

Çizelge E.17: S30_18Z kolonuen büyük tepe yerdeğiştirmeleri

S30_18Z		Deprem Adı	Gerçek Kayıt Yerdeğiştirme [m]	Üretilmiş Kayıt Yerdeğiştirme [m]
Uzak Depremler	1	169	0.1687	0.1431
	2	725	0.0882	0.2013
	3	778	0.1130	0.1636
	4	1048	0.1303	0.1581
	5	1082	0.1439	0.1651
	6	1504	0.1602	0.2083
	7	1513	0.0855	0.1254
Yakın Depremler	1	179	0.1463	0.2237
	2	180	0.1118	0.1387
	3	723	0.1546	0.1701
	4	802	0.1607	0.1453
	5	821	0.2484	0.1988
	6	1013	0.1929	0.2209
	7	1511	0.1751	0.1488

Çizelge E.18: S30_18Z en büyük tepe yerdeğiştirmeleri ortalama değerleri

S30_18Z	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	0.1271	0.1664	0.1700	0.1780
St sapma	0.0331	0.0296	0.0428	0.0363
cov.	26.0	17.8	25.2	20.4

Çizelge E.19: S30_18Z en büyük tepe dönmeleri

S30_18Z		Deprem Adı	Gerçek Kayıt Dönme [rad]	Üretilmiş Kayıt Dönme [rad]
Uzak Depremler	1	169	0.0554	0.0484
	2	725	0.0324	0.0643
	3	778	0.0404	0.0543
	4	1048	0.0452	0.0528
	5	1082	0.0488	0.0537
	6	1504	0.0534	0.0662
	7	1513	0.0318	0.0439
Yakın Depremler	1	179	0.0494	0.0705
	2	180	0.0400	0.0474
	3	723	0.0517	0.0558
	4	802	0.0535	0.0493
	5	821	0.0768	0.0636
	6	1013	0.0613	0.0697
	7	1511	0.0572	0.0501

Çizelge E.20: S30_18Z en büyük tepe dönmeleriortalama değerleri

S30_18Z	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	0.0439	0.0548	0.0557	0.0581
St sapma	0.0095	0.0080	0.0115	0.0098
cov.	21.6	14.7	20.6	16.9

Çizelge E.21: S30_18Z en büyük kesme kuvveti değerleri

S30_18Z		Deprem Adı	Gerçek Kayıt V [kN]	Üretilmiş Kayıt V [kN]
Uzak Depremler	1	169	29.7655	30.4803
	2	725	28.6885	32.0705
	3	778	29.9826	31.1783
	4	1048	30.1500	31.2025
	5	1082	30.5446	33.1386
	6	1504	34.7213	30.0853
	7	1513	27.7354	30.8103
Yakın Depremler	1	179	29.6698	30.9886
	2	180	29.9345	30.7867
	3	723	30.0004	30.0918
	4	802	30.7928	30.0973
	5	821	32.8040	32.0021
	6	1013	30.0489	31.4593
	7	1511	30.6216	31.2725

Çizelge E.22: S30_18Z en büyük kesme kuvveti ortalama değerleri

S30_18Z	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	30.2269	31.2808	30.5532	30.9569
St sapma	2.2043	1.0314	1.0686	0.7026
cov.	7.3	3.3	3.5	2.3

Çizelge E.23: S30_18Z en büyük taban momenti değerleri

S30_18Z		Deprem Adı	Gerçek Kayıt M [kNm]	Üretilmiş Kayıt M [kNm]
Uzak Depremler	1	169	143.8445	143.9251
	2	725	131.1896	146.0886
	3	778	143.2583	145.7651
	4	1048	144.7418	145.3723
	5	1082	144.6985	144.6316
	6	1504	145.6086	145.3870
	7	1513	130.5669	144.2793
Yakın Depremler	1	179	144.1842	145.9217
	2	180	142.6305	143.9227
	3	723	144.2636	144.4083
	4	802	145.2028	145.3731
	5	821	145.9143	145.0506
	6	1013	144.7009	146.0363
	7	1511	144.4579	144.1224

Çizelge E.24: S30_18Z en büyük taban momenti ortalama değerleri

S30_18Z	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	140.5583	145.0641	144.4792	144.9764
St sapma	6.6563	0.8001	1.0152	0.8507
cov.	4.7	0.6	0.7	0.6

Çizelge E.25: S35_1416 en büyük tepe yerdeğiştirmeleri

S35_1416		Deprem Adı	Gerçek Kayıt Yerdeğiştirme [m]	Üretilmiş Kayıt Yerdeğiştirme [m]
Uzak Depremler	1	169	0.1667	0.1606
	2	725	0.0690	0.1976
	3	778	0.1045	0.1517
	4	1048	0.1237	0.1633
	5	1082	0.1524	0.1639
	6	1504	0.1518	0.1966
	7	1513	0.1025	0.1233
Yakın Depremler	1	179	0.1607	0.2136
	2	180	0.1034	0.1353
	3	723	0.1572	0.1827
	4	802	0.1441	0.1265
	5	821	0.2343	0.2234
	6	1013	0.1600	0.2154
	7	1511	0.1797	0.1249

Çizelge E.26: S35_1416 en büyük tepe yerdeğiştirmeleri ortalamadeğerleri

S35_1416	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	0.1244	0.1653	0.1628	0.1745
St sapma	0.0348	0.0258	0.0394	0.0447
cov.	28.0	15.6	24.2	25.6

Çizelge E.27: S35_1416 en büyük tepe dönmeleri

S35_1416		Deprem Adı	Gerçek Kayıt Dönme [rad]	Üretilmiş Kayıt Dönme [rad]
Uzak Depremler	1	169	0.0515	0.0498
	2	725	0.0220	0.0607
	3	778	0.0345	0.0477
	4	1048	0.0399	0.0513
	5	1082	0.0479	0.0510
	6	1504	0.0474	0.0600
	7	1513	0.0339	0.0402
Yakın Depremler	1	179	0.0500	0.0651
	2	180	0.0347	0.0431
	3	723	0.0492	0.0561
	4	802	0.0460	0.0412
	5	821	0.0707	0.0673
	6	1013	0.0500	0.0652
	7	1511	0.0553	0.0401

Çizelge E.28: S35_1416 en büyük tepe dönmeleriortalama değerleri

S35_1416	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	0.0396	0.0516	0.0509	0.0540
St sapma	0.0103	0.0071	0.0108	0.0123
cov.	26.0	13.8	21.3	22.8

Çizelge E.29: S35_1416 en büyük kesme kuvveti değerleri

S35_1416		Deprem Adı	Gerçek Kayıt V [kN]	Üretilmiş Kayıt V [kN]
Uzak Depremler	1	169	42.3376	43.3251
	2	725	34.7845	45.0248
	3	778	49.0116	48.0522
	4	1048	42.6215	45.8642
	5	1082	45.1647	43.4033
	6	1504	47.2249	48.3028
	7	1513	45.4035	47.8846
Yakın Depremler	1	179	46.3770	48.3872
	2	180	47.1779	48.4655
	3	723	43.3102	42.3263
	4	802	49.8277	48.0456
	5	821	48.1710	47.9414
	6	1013	46.8492	48.8760
	7	1511	47.8540	49.8029

Çizelge E.30: S35_1416 en büyük kesme kuvveti ortalama değerleri

S35_1416	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	43.7926	45.9796	47.0810	47.6921
St sapma	4.6211	2.1576	2.0045	2.4467
cov.	10.6	4.7	4.3	5.1

Çizelge E.31: S35_1416 en büyük moment değerleri

S35_1416		Deprem Adı	Gerçek Kayıt M [kNm]	Üretilmiş Kayıt M [kNm]
Uzak Depremler	1	169	165.9696	166.1295
	2	725	157.4329	171.6616
	3	778	166.4770	167.9920
	4	1048	167.8316	171.1285
	5	1082	168.5585	166.9749
	6	1504	167.7671	168.4699
	7	1513	165.8460	166.1171
Yakın Depremler	1	179	165.6558	166.4959
	2	180	167.5527	165.1645
	3	723	168.5257	167.0919
	4	802	167.0428	164.6695
	5	821	168.4271	168.1682
	6	1013	167.6340	168.8228
	7	1511	167.9238	167.3264

Çizelge E.32: S35_1416 en büyük moment ortalama değerleri

S35_1416	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	165.6975	168.3533	167.5374	166.8199
St sapma	3.7866	2.2597	0.9757	1.5072
cov.	2.3	1.3	0.6	0.9

Çizelge E.33: S35_18 en büyük tepe yerdeğiştirmeleri

S35_18		Deprem Adı	Gerçek Kayıt Yerdeğiştirme [m]	Üretilmiş Kayıt Yerdeğiştirme [m]
Uzak Depremler	1	169	0.1675	0.1528
	2	725	0.0726	0.1600
	3	778	0.0923	0.1295
	4	1048	0.1352	0.1520
	5	1082	0.1559	0.1555
	6	1504	0.1595	0.1959
	7	1513	0.1306	0.1083
Yakın Depremler	1	179	0.1238	0.1846
	2	180	0.0961	0.1317
	3	723	0.1382	0.1564
	4	802	0.1324	0.1232
	5	821	0.1760	0.2012
	6	1013	0.1424	0.2121
	7	1511	0.1297	0.1092

Çizelge E.34: S35_18 en büyük tepe yerdeğiştirmeleri ortalama değerleri

S35_18	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	0.1305	0.1505	0.1341	0.1598
St sapma	0.0358	0.0271	0.0238	0.0403
cov.	27.4	18.0	17.8	25.2

Çizelge E.35: S35_18 en büyük tepe yerdeğiştirmeleri

S35_18		Deprem Adı	Gerçek Kayıt Dönme [rad]	Üretilmiş Kayıt Dönme [rad]
Uzak Depremler	1	169	0.0532	0.0491
	2	725	0.0263	0.0512
	3	778	0.0325	0.0428
	4	1048	0.0444	0.0490
	5	1082	0.0500	0.0498
	6	1504	0.0505	0.0610
	7	1513	0.0431	0.0366
Yakın Depremler	1	179	0.0401	0.0579
	2	180	0.0330	0.0434
	3	723	0.0440	0.0500
	4	802	0.0424	0.0411
	5	821	0.0543	0.0623
	6	1013	0.0449	0.0655
	7	1511	0.0420	0.0372

Çizelge E.36: S35_18 en büyük tepe dönmelerinin ortalama değerleri

S35_18	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	0.0428	0.0485	0.0430	0.0511
St sapma	0.0100	0.0075	0.0063	0.0111
cov.	23.4	15.5	14.8	21.7

Çizelge E.37: S35_18 en büyük kesme kuvveti değerleri

S35_18		Deprem Adı	Gerçek Kayıt V [kN]	Üretilmiş Kayıt V [kN]
Uzak Depremler	1	169	44.8310	45.5654
	2	725	44.2574	49.6300
	3	778	49.4163	50.2014
	4	1048	42.6489	50.4135
	5	1082	43.1103	44.6260
	6	1504	51.5906	48.4799
	7	1513	50.0624	49.8219
Yakın Depremler	1	179	56.6413	55.1458
	2	180	49.4957	49.2643
	3	723	48.3944	46.7836
	4	802	51.5295	55.4009
	5	821	52.5230	54.1551
	6	1013	50.5864	50.7928
	7	1511	54.1380	55.0572

Çizelge E.38: S35_18 en büyük kesme kuvveti ortalama değerleri

S35_18	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	46.5595	48.3912	51.9012	52.3714
St sapma	3.6792	2.3494	2.8228	3.4312
cov.	7.9	4.9	5.4	6.6

Çizelge E.39: S35_18 en büyük moment değerleri

S35_18		Deprem Adı	Gerçek Kayıt M [kNm]	Üretilmiş Kayıt M [kNm]
Uzak Depremler	1	169	190.7157	189.9914
	2	725	176.6431	194.4160
	3	778	189.7039	192.1353
	4	1048	192.5938	194.2515
	5	1082	193.8231	193.6606
	6	1504	191.9668	193.4564
	7	1513	192.0168	187.7817
Yakın Depremler	1	179	192.0428	192.4164
	2	180	190.1960	192.5921
	3	723	194.1226	192.4836
	4	802	192.6397	192.0473
	5	821	194.8733	194.1115
	6	1013	192.9817	193.6764
	7	1511	192.5192	191.5742

Çizelge E.40: S35_18 en büyük moment ortalama değerleri

S35_18	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	189.6376	192.2418	192.7679	192.7002
St sapma	5.8789	2.4907	1.5018	0.8924
cov.	3.1	1.3	0.8	0.5

Çizelge E.41: S35_20 en büyük tepe yerdeğiştirmeleri

S35_20		Deprem Adı	Gerçek Kayıt Yerdeğiştirme [m]	Üretilmiş Kayıt Yerdeğiştirme [m]
Uzak Depremler	1	169	0.1214	0.1333
	2	725	0.0734	0.1422
	3	778	0.0940	0.1101
	4	1048	0.1254	0.1442
	5	1082	0.1475	0.1450
	6	1504	0.1863	0.1779
	7	1513	0.1260	0.1090
Yakın Depremler	1	179	0.1238	0.1340
	2	180	0.0961	0.1181
	3	723	0.1382	0.1330
	4	802	0.1324	0.1185
	5	821	0.1760	0.1868
	6	1013	0.1424	0.1963
	7	1511	0.1297	0.1086

Çizelge E.42: S35_20 en büyük tepe yerdeğiştirmeleri ortalama değerleri

S35_20	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	0.1249	0.1374	0.1341	0.1422
St sapma	0.0363	0.0236	0.0238	0.0350
cov.	29.0	17.1	17.8	24.6

Çizelge E.43: S35_20 en büyük tepe dönmeleri

S35_20		Deprem Adı	Gerçek Kayıt Dönme [rad]	Üretilmiş Kayıt Dönme [rad]
Uzak Depremler	1	169	0.0376	0.0421
	2	725	0.0258	0.0443
	3	778	0.0323	0.0360
	4	1048	0.0410	0.0450
	5	1082	0.0457	0.0452
	6	1504	0.0560	0.0534
	7	1513	0.0411	0.0361
Yakın Depremler	1	179	0.0401	0.0422
	2	180	0.0330	0.0385
	3	723	0.0440	0.0421
	4	802	0.0424	0.0385
	5	821	0.0543	0.0556
	6	1013	0.0449	0.0577
	7	1511	0.0420	0.0360

Çizelge E.44: S35_20 en büyük tepe dönmeleri ortalama değerleri

S35_20	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	0.0399	0.0431	0.0430	0.0444
St sapma	0.0096	0.0060	0.0063	0.0087
cov.	24.1	13.8	14.8	19.6

Çizelge E.45: S35_20 en büyük kesme kuvveti değerleri

S35_20		Deprem Adı	Gerçek Kayıt V [kN]	Üretilmiş Kayıt V [kN]
Uzak Depremler	1	169	52.3839	51.8251
	2	725	47.2473	52.3430
	3	778	52.0912	51.6042
	4	1048	51.5772	52.2087
	5	1082	61.4840	52.3146
	6	1504	50.6534	52.4940
	7	1513	61.8860	50.1405
Yakın Depremler	1	179	51.5771	52.1101
	2	180	51.8938	51.6258
	3	723	52.1951	51.8774
	4	802	52.5981	52.7029
	5	821	53.5759	52.2853
	6	1013	51.4766	53.0522
	7	1511	51.1425	52.5116

Çizelge E.46: S35_20 en büyük kesme kuvveti ortalama değerleri

S35_20	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	53.9033	51.8471	52.0656	52.3093
St sapma	5.5836	0.8150	0.8214	0.4902
cov.	10.4	1.6	1.6	0.9

Çizelge E.47: S35_20 en büyük moment değerleri

S35_20		Deprem Adı	Gerçek Kayıt M [kNm]	Üretilmiş Kayıt M [kNm]
Uzak Depremler	1	169	237.3037	238.0170
	2	725	208.3779	238.1227
	3	778	234.5576	233.4939
	4	1048	236.4004	239.0949
	5	1082	236.7565	236.6368
	6	1504	235.4247	238.0825
	7	1513	236.5407	232.1051
Yakın Depremler	1	179	235.4143	235.5430
	2	180	235.6304	237.6484
	3	723	236.3691	234.7671
	4	802	237.6006	236.6446
	5	821	238.4184	237.8826
	6	1013	236.0741	237.2946
	7	1511	236.3347	236.5526

Çizelge E.48: S35_20 en büyük moment ortalama değerleri

S35_20	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	232.1945	236.5076	236.5488	236.6190
St sapma	10.5415	2.6628	1.0829	1.1332
cov.	4.5	1.1	0.5	0.5

Çizelge E.49: S35_20Z en büyük tepe yerdeğiştirmeleri

S35_20Z		Deprem Adı	Gerçek Kayıt Yerdeğiştirme [m]	Üretilmiş Kayıt Yerdeğiştirme [m]
Uzak Depremler	1	169	0.1107	0.1422
	2	725	0.0691	0.1121
	3	778	0.0908	0.1068
	4	1048	0.1277	0.1450
	5	1082	0.1567	0.1421
	6	1504	0.1643	0.1715
	7	1513	0.1326	0.1016
Yakın Depremler	1	179	0.1404	0.1241
	2	180	0.0874	0.1078
	3	723	0.1571	0.1402
	4	802	0.1265	0.1079
	5	821	0.1912	0.1888
	6	1013	0.1521	0.1945
	7	1511	0.1296	0.1079

Çizelge E.50: S35_20Z en büyük tepe yerdeğiştirmeleri ortalama değerleri

S35_20Z	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	0.1217	0.1316	0.1406	0.1387
St sapma	0.0342	0.0255	0.0319	0.0381
cov.	28.1	19.3	22.7	27.4

Çizelge E.51: S35_20Z en büyük tepe dönmeleri

S35_20Z		Deprem Adı	Gerçek Kayıt Dönme [rad]	Üretilmiş Kayıt Dönme [rad]
Uzak Depremler	1	169	0.0371	0.0457
	2	725	0.0249	0.0375
	3	778	0.0315	0.0359
	4	1048	0.0418	0.0465
	5	1082	0.0497	0.0456
	6	1504	0.0515	0.0538
	7	1513	0.0431	0.0341
Yakın Depremler	1	179	0.0451	0.0408
	2	180	0.0305	0.0363
	3	723	0.0499	0.0452
	4	802	0.0415	0.0362
	5	821	0.0593	0.0584
	6	1013	0.0486	0.0602
	7	1511	0.0423	0.0362

Çizelge E.52: S35_20Z en büyük tepe dönmeleri ortalama değerleri

S35_20Z	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	0.0399	0.0427	0.0453	0.0448
St sapma	0.0095	0.0071	0.0088	0.0105
cov.	23.9	16.7	19.5	23.4

Çizelge E.53: S35_20Z en büyük kesme kuvveti değerleri

S35_20Z		Deprem Adı	Gerçek Kayıt V [kN]	Üretilmiş Kayıt V [kN]
Uzak Depremler	1	169	48.5162	47.9203
	2	725	46.8574	49.1351
	3	778	49.6792	49.1662
	4	1048	49.6876	50.1358
	5	1082	48.3442	50.9276
	6	1504	51.8800	50.2376
	7	1513	48.7906	49.2670
Yakın Depremler	1	179	50.7387	49.0018
	2	180	48.4733	48.6626
	3	723	51.0219	49.1260
	4	802	49.1774	49.3698
	5	821	52.1824	50.8759
	6	1013	49.7749	49.6837
	7	1511	49.2958	49.2517

Çizelge E.54: S35_20Z en büyük kesme kuvveti ortalama değerleri

S35_20Z	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	49.1079	49.5414	50.0949	49.4245
St sapma	1.5516	0.9805	1.2809	0.7135
cov.	3.2	2.0	2.6	1.4

Çizelge E.55: S35_20Z en büyük taban momenti değerleri

S35_20Z		Deprem Adı	Gerçek Kayıt M [kNm]	Üretilmiş Kayıt M [kNm]
Uzak Depremler	1	169	223.5820	223.6680
	2	725	204.6579	223.2862
	3	778	220.6477	222.5806
	4	1048	224.3006	225.5947
	5	1082	225.8964	225.0312
	6	1504	224.1440	225.1065
	7	1513	224.1120	218.3863
Yakın Depremler	1	179	224.6485	224.3441
	2	180	219.4452	223.6739
	3	723	225.6004	224.6132
	4	802	225.5453	222.6589
	5	821	227.3445	226.6342
	6	1013	225.6341	225.5560
	7	1511	224.0758	218.2700

Çizelge E.56: S35_20Z en büyük taban momenti ortalama değerleri

S35_20Z	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	221.0487	223.3791	224.6134	223.6786
St sapma	7.3968	2.4590	2.4948	2.7040
cov.	3.3	1.1	1.1	1.2

Çizelge E.57: S40_16 en büyük yerdeğiştirme değerleri

S40_16		Deprem Adı	Gerçek Kayıt Yerdeğiştirme [m]	Üretilmiş Kayıt Yerdeğiştirme [m]
Uzak Depremler	1	169	0.1257	0.1538
	2	725	0.0675	0.1381
	3	778	0.0838	0.1206
	4	1048	0.1278	0.1508
	5	1082	0.1569	0.1559
	6	1504	0.1669	0.1773
	7	1513	0.1326	0.1016
Yakın Depremler	1	179	0.1514	0.1241
	2	180	0.0911	0.1078
	3	723	0.1562	0.1402
	4	802	0.1194	0.1079
	5	821	0.1848	0.1888
	6	1013	0.1537	0.1945
	7	1511	0.1444	0.1079

Çizelge E.58: S40_16 en büyük tepe yerdeğiştirmeleri ortalama değerleri

S40_16	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Değiştirilmiş	Gerçek	Değiştirilmiş
Ort.	0.1230	0.1426	0.1430	0.1387
St sapma	0.0361	0.0250	0.0299	0.0381
cov.	29.3	17.5	20.9	27.4

Çizelge E.59: S40_16 en büyük tepe dönmeleri

S40_16		Deprem Adı	Gerçek Kayıt Dönme [rad]	Üretilmiş Kayıt Dönme [rad]
Uzak Depremler	1	169	0.0405	0.0484
	2	725	0.0236	0.0440
	3	778	0.0287	0.0390
	4	1048	0.0411	0.0475
	5	1082	0.0492	0.0489
	6	1504	0.0520	0.0549
	7	1513	0.0431	0.0341
Yakın Depremler	1	179	0.0476	0.0408
	2	180	0.0308	0.0363
	3	723	0.0490	0.0452
	4	802	0.0388	0.0362
	5	821	0.0570	0.0584
	6	1013	0.0483	0.0602
	7	1511	0.0457	0.0362

Çizelge E.60: S40_16 en büyük tepe dönmeleri ortalama değerleri

S40_16	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Değiştirilmiş	Gerçek	Değiştirilmiş
Ort.	0.0397	0.0453	0.0453	0.0448
St Sapma	0.0103	0.0069	0.0084	0.0105
cov.	25.9	15.3	18.5	23.4

Çizelge E.61: S40_16 en büyük kesme kuvveti değerleri

S40_16		Deprem Adı	Gerçek Kayıt V [kN]	Üretilmiş Kayıt V [kN]
Uzak Depremler	1	169	50.7735	50.5812
	2	725	48.5069	50.4443
	3	778	50.2912	49.9520
	4	1048	51.1653	51.8579
	5	1082	49.8289	50.9391
	6	1504	50.6717	51.1054
	7	1513	50.5156	49.2670
Yakın Depremler	1	179	49.3473	49.0018
	2	180	49.4167	48.6626
	3	723	51.9498	49.1260
	4	802	50.9133	49.3698
	5	821	51.4693	50.8759
	6	1013	50.7324	49.6837
	7	1511	51.0938	49.2517

Çizelge E.62: S40_16 en büyük kesme kuvveti ortalama değerleri

S40_16	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	50.2505	50.5924	50.7032	49.4245
St sapma	0.8734	0.8340	0.9859	0.7135
cov.	1.7	1.6	1.9	1.4

Çizelge E.63: S40_16 en büyük taban moment değerleri

S40_16		Deprem Adı	Gerçek Kayıt M [kNm]	Üretilmiş Kayıt M [kNm]
Uzak Depremler	1	169	233.3781	234.3979
	2	725	217.2059	234.4399
	3	778	229.6422	231.7464
	4	1048	233.5246	234.8945
	5	1082	234.0382	233.0814
	6	1504	233.8290	235.1512
	7	1513	233.4807	218.3863
Yakın Depremler	1	179	232.2240	224.3441
	2	180	230.4121	223.6739
	3	723	234.5109	224.6132
	4	802	232.5078	222.6589
	5	821	236.4993	226.6342
	6	1013	233.8192	225.5560
	7	1511	232.6520	218.2700

Çizelge E.64: S40_16 en büyük taban moment ortalama değerleri

S40_16	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	230.7284	231.7282	233.2322	223.6786
St sapma	6.1512	6.0009	1.9358	2.7040
cov.	2.7	2.6	0.8	1.2

Çizelge E.65: S40_20 en büyük tepe yerdeğiştirmeleri

S40_20		Deprem Adı	Gerçek Kayıt Yerdeğiştirme [m]	Üretilmiş Kayıt Yerdeğiştirme [m]
Uzak Depremler	1	169	0.1060	0.1370
	2	725	0.0740	0.1070
	3	778	0.0920	0.1010
	4	1048	0.1220	0.1400
	5	1082	0.1520	0.1420
	6	1504	0.1700	0.1600
	7	1513	0.1300	0.1030
Yakın Depremler	1	179	0.1330	0.1100
	2	180	0.0930	0.1050
	3	723	0.1560	0.1360
	4	802	0.1240	0.1070
	5	821	0.1870	0.1840
	6	1013	0.1510	0.1840
	7	1511	0.1240	0.1130

Çizelge E.66: S40_20 en büyük tepe yerdeğiştirmeleri ortama değerleri

S40_20	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	0.1209	0.1271	0.1383	0.1341
St sapma	0.0335	0.0232	0.0298	0.0356
cov.	27.7	18.3	21.6	26.5

Çizelge E.35: S40_20 en büyük tepe dönmeleri

S40_20		Deprem Adı	Gerçek Kayıt Dönme [rad]	Üretilmiş Kayıt Dönme [rad]
Uzak Depremler	1	169	0.0336	0.0416
	2	725	0.0254	0.0338
	3	778	0.0300	0.0325
	4	1048	0.0380	0.0423
	5	1082	0.0454	0.0429
	6	1504	0.0497	0.0473
	7	1513	0.0397	0.0325
Yakın Depremler	1	179	0.0407	0.0348
	2	180	0.0306	0.0336
	3	723	0.0464	0.0413
	4	802	0.0382	0.0340
	5	821	0.0545	0.0537
	6	1013	0.0452	0.0537
	7	1511	0.0384	0.0357

Çizelge E.36: S40_20 en büyük tepe dönmeleri ortalama değerleri

S40_20	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	0.0374	0.0390	0.0420	0.0410
St sapma	0.0085	0.0060	0.0076	0.0091
cov.	22.8	15.3	18.1	22.1

Çizelge E.37: S40_20 en büyük kesme kuvveti değerleri

S40_20		Deprem Adı	Gerçek Kayıt V [kN]	Üretilmiş Kayıt V [kN]
Uzak Depremler	1	169	65.0246	65.5720
	2	725	62.8252	65.8193
	3	778	61.8957	64.8914
	4	1048	66.0900	66.6547
	5	1082	66.0932	65.5365
	6	1504	65.8133	66.5275
	7	1513	65.5145	64.7578
Yakın Depremler	1	179	64.7514	64.6467
	2	180	65.6129	65.1771
	3	723	66.2062	65.6188
	4	802	66.0397	66.1553
	5	821	66.8522	66.3596
	6	1013	65.7316	66.0086
	7	1511	65.7098	66.1406

Çizelge E.38: S40_20 en büyük kesme kuvveti değerleri

S40_20	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	64.7509	65.6799	65.8434	65.7295
St sapma	1.6952	0.7294	0.6408	0.6212
cov.	2.6	1.1	1.0	0.9

Çizelge E.39: S40_20 en büyük taban momenti değerleri

S40_20		Deprem Adı	Gerçek Kayıt M [kNm]	Üretilmiş Kayıt M [kNm]
Uzak Depremler	1	169	293.1335	294.9941
	2	725	281.0701	294.2872
	3	778	268.6177	290.4968
	4	1048	295.5259	297.4038
	5	1082	296.5085	295.7142
	6	1504	295.7439	296.7341
	7	1513	296.4320	293.0357
Yakın Depremler	1	179	294.2967	292.4027
	2	180	293.2774	295.0168
	3	723	295.6843	293.9837
	4	802	291.1429	291.3870
	5	821	300.0720	299.1562
	6	1013	296.6399	298.2389
	7	1511	295.0187	290.7671

Çizelge E.40: S40_20 en büyük taban moment ortalama değerleri

S40_20	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	289.5760	294.6665	295.1617	294.4218
St sapma	10.7453	2.3510	2.8000	3.2704
cov.	3.7	0.8	0.9	1.1

Çizelge E.41: S40_2020 en büyük tepe yerdeğiştirmeleri

S40_2020		Deprem Adı	Gerçek Kayıt Yerdeğiştirme [m]	Üretilmiş Kayıt Yerdeğiştirme [m]
Uzak Depremler	1	169	0.0928	0.1297
	2	725	0.0644	0.0893
	3	778	0.0819	0.0929
	4	1048	0.0739	0.1289
	5	1082	0.1377	0.1093
	6	1504	0.1537	0.1199
	7	1513	0.1227	0.1186
Yakın Depremler	1	179	0.1180	0.1055
	2	180	0.0881	0.1030
	3	723	0.1316	0.1259
	4	802	0.1294	0.1276
	5	821	0.1700	0.1456
	6	1013	0.1240	0.1354
	7	1511	0.1256	0.1189

Çizelge E.42: S40_2020 en büyük tepe yerdeğiştirmeları ortama değerleri

S40_2020	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	0.1039	0.1126	0.1267	0.1231
St sapma	0.0343	0.0163	0.0241	0.0154
cov.	33.0	14.4	19.0	12.5

Çizelge E.43: S40_2020 en büyük tepe dönmeleri

S40_2020		Deprem Adı	Gerçek Kayıt Dönme [rad]	Üretilmiş Kayıt Dönme [rad]
Uzak Depremler	1	169	0.0309	0.0402
	2	725	0.0228	0.0299
	3	778	0.0280	0.0305
	4	1048	0.0258	0.0401
	5	1082	0.0424	0.0352
	6	1504	0.0459	0.0377
	7	1513	0.0386	0.0375
Yakın Depremler	1	179	0.0374	0.0343
	2	180	0.0296	0.0336
	3	723	0.0408	0.0393
	4	802	0.0399	0.0398
	5	821	0.0505	0.0443
	6	1013	0.0389	0.0418
	7	1511	0.0394	0.0376

Çizelge E.44: S40_2020 en büyük tepe dönmeleri ortalama değerleri

S40_2020	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	0.0335	0.0359	0.0395	0.0387
St sapma	0.0089	0.0042	0.0061	0.0038
cov.	26.5	11.8	15.5	9.9

Çizelge E.45: S40_2020 en büyük kesme kuvveti değerleri

S40_2020		Deprem Adı	Gerçek Kayıt V [kN]	Üretilmiş Kayıt V [kN]
Uzak Depremler	1	169	89.1610	88.8876
	2	725	81.4019	88.0086
	3	778	87.4793	88.0473
	4	1048	87.5952	89.9643
	5	1082	90.4884	89.2138
	6	1504	90.3666	89.2065
	7	1513	90.6521	89.8718
Yakın Depremler	1	179	89.7352	89.3189
	2	180	86.6232	88.9428
	3	723	90.6179	89.9492
	4	802	89.6738	90.4275
	5	821	91.8723	91.2149
	6	1013	90.3948	90.5163
	7	1511	89.5249	90.7724

Çizelge E.46: S40_2020 en büyük kesme kuvveti ortalama değerleri

S40_2020	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	88.1635	89.0286	89.7774	90.1631
St sapma	3.2649	0.7827	1.6074	0.8083
cov.	3.7	0.9	1.8	0.9

Çizelge E.47: S40_2020 en büyük taban momenti değerleri

S40_2020		Deprem Adı	Gerçek Kayıt M [kNm]	Üretilmiş Kayıt M [kNm]
Uzak Depremler	1	169	387.1263	390.1243
	2	725	346.5563	381.1075
	3	778	378.5835	379.7477
	4	1048	372.4763	393.4610
	5	1082	397.4690	393.9583
	6	1504	396.0846	389.3500
	7	1513	396.6535	393.7917
Yakın Depremler	1	179	395.1851	393.2592
	2	180	376.8639	392.7286
	3	723	394.7671	395.2355
	4	802	386.2963	394.6857
	5	821	398.5155	397.1240
	6	1013	395.3370	396.1696
	7	1511	397.2709	395.1896

Çizelge E.48: S40_2020 en büyük taban momenti ortalama değerleri

S40_2020	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	382.1356	388.7915	392.0337	394.9132
St sapma	18.4263	6.0059	7.7545	1.5388
cov.	4.8	1.5	2.0	0.4

Çizelge E.49: S40_2020Z en büyük tepe yerdeğiştirmeleri

S40_2020Z		Deprem Adı	Gerçek Kayıt Yerdeğiştirme [m]	Üretilmiş Kayıt Yerdeğiştirme [m]
Uzak Depremler	1	169	0.0928	0.1297
	2	725	0.0644	0.0893
	3	778	0.0819	0.0929
	4	1048	0.0739	0.1289
	5	1082	0.1377	0.1093
	6	1504	0.1537	0.1199
	7	1513	0.1227	0.1186
Yakın Depremler	1	179	0.1180	0.1055
	2	180	0.0881	0.1030
	3	723	0.1316	0.1259
	4	802	0.1294	0.1276
	5	821	0.1700	0.1456
	6	1013	0.1240	0.1354
	7	1511	0.1256	0.1189

Çizelge E.50: S40_2020Z en büyük tepe yerdeğiştirmeleri ortalama değerleri

S40_2020Z	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	0.1039	0.1126	0.1267	0.1231
St sapma	0.0343	0.0163	0.0241	0.0154
cov.	33.0	14.4	19.0	12.5

Çizelge E.51: S40_2020Z en büyük tepe dönmeleri

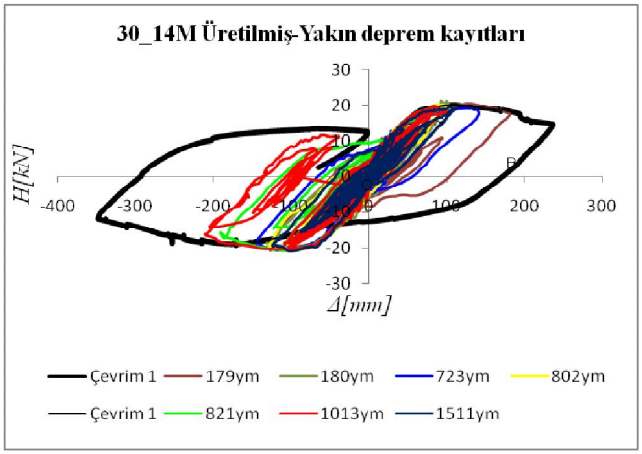
S40_2020Z		Deprem Adı	Gerçek Kayıt Dönme [rad]	Üretilmiş Kayıt Dönme [rad]
Uzak Depremler	1	169	0.0309	0.0402
	2	725	0.0228	0.0299
	3	778	0.0280	0.0305
	4	1048	0.0258	0.0401
	5	1082	0.0424	0.0352
	6	1504	0.0459	0.0377
	7	1513	0.0386	0.0375
Yakın Depremler	1	179	0.0374	0.0343
	2	180	0.0296	0.0336
	3	723	0.0408	0.0393
	4	802	0.0399	0.0398
	5	821	0.0505	0.0443
	6	1013	0.0389	0.0418
	7	1511	0.0394	0.0376

Çizelge E.52: S40_2020Z en büyük tepe dönmeleri ortalama değerleri

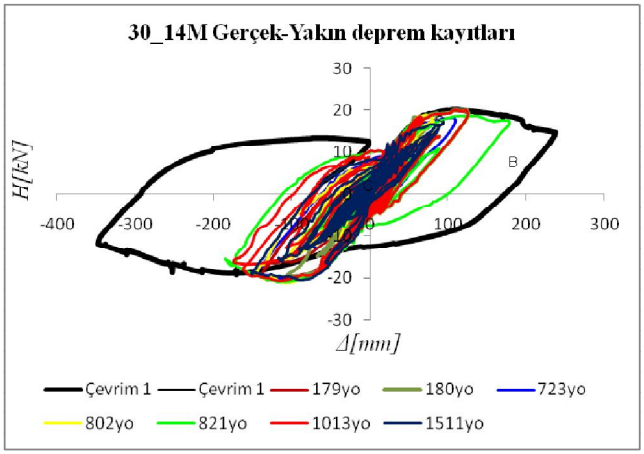
S40_2020Z	Uzak Depremler		Yakın Depremler	
	Gerçek	Üretilmiş	Gerçek	Üretilmiş
Ort.	0.0335	0.0359	0.0395	0.0387
St sapma	0.0089	0.0042	0.0061	0.0038
cov.	26.5	11.8	15.5	9.9

EK F

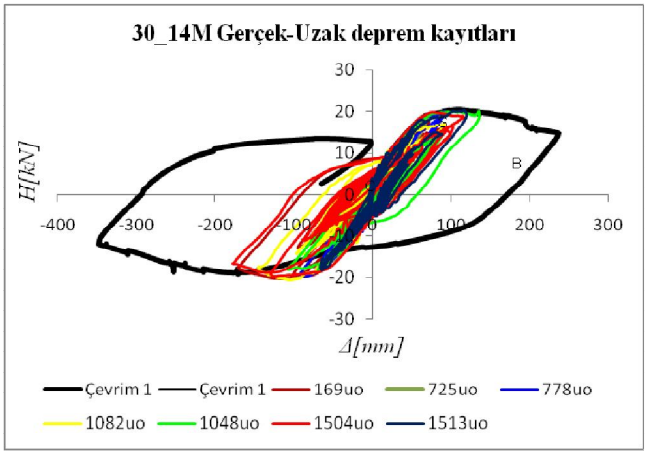
S30_14M Kolonu:



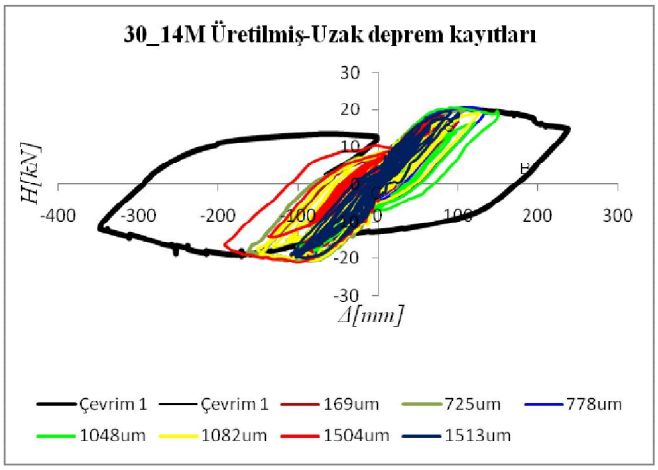
Şekil F.1: S30_14M *Üretilmiş-Yakın deprem* kapasite grafiği



Şekil F.2: S30_14M *Gerçek-Yakın deprem* kapasite grafiği

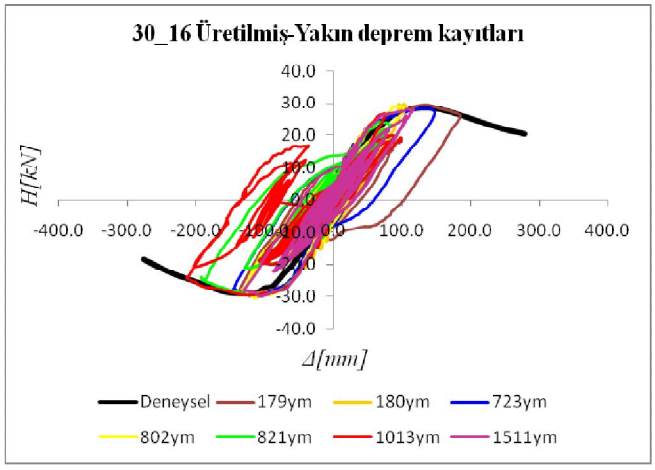


Şekil F.3: S30_14M *Gerçek-Uzak deprem* kapasite grafiği

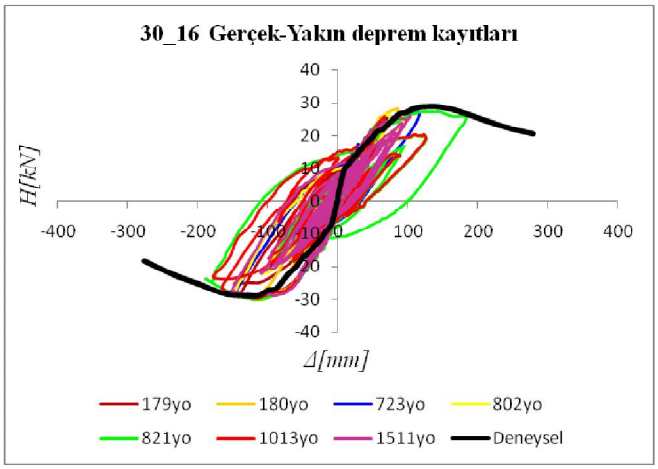


Şekil F.4: S30_14M *Üretilmiş-Uzak deprem* kapasite grafiği

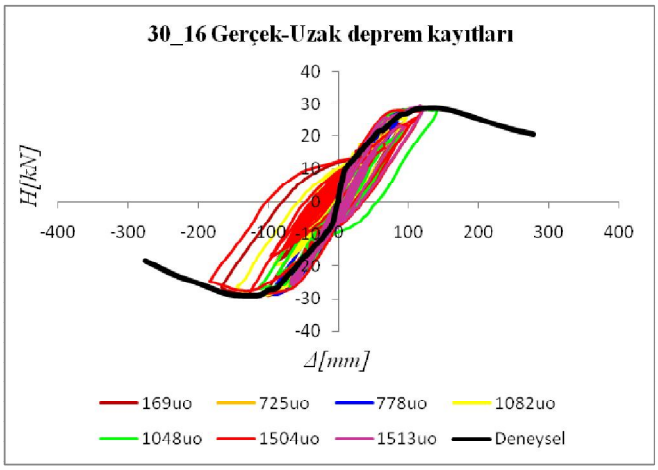
S30_16 Kolonu:



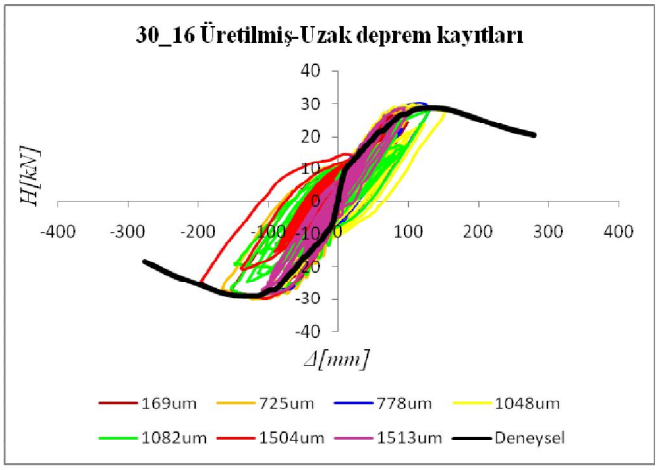
Şekil F.5: S30_16 *Üretilmiş-Yakın deprem* kapasite grafiği



Şekil F.6: S30_16 *Gerçek-Yakın deprem* kapasite grafiği

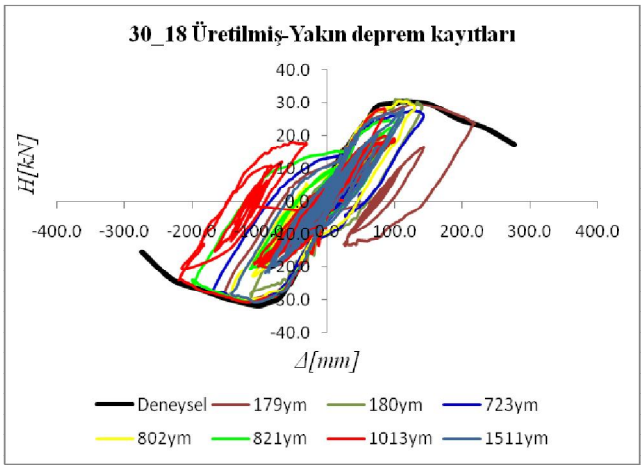


Şekil F.7: S30_16 *Gerçek-Uzak deprem* kapasite grafiği

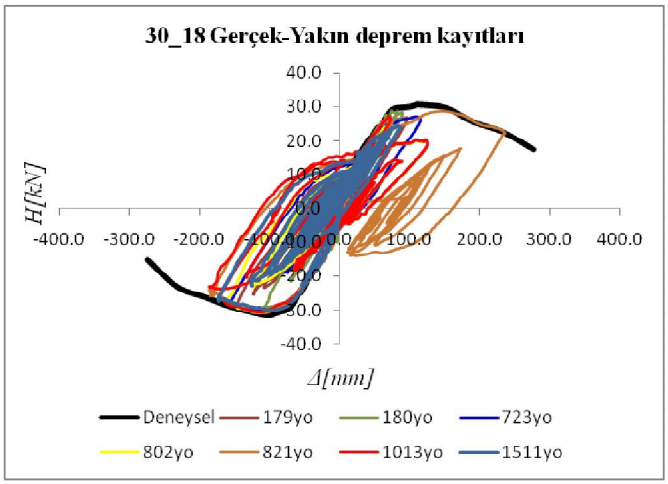


Şekil F.8: S30_16 *Üretilmiş-Uzak deprem* kapasite grafiğ

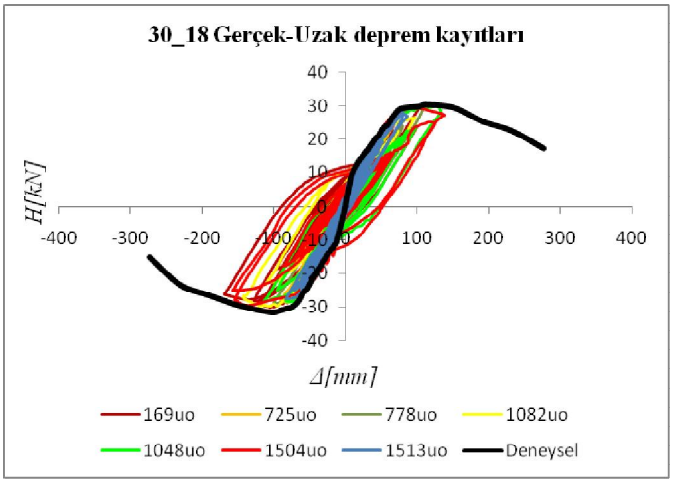
S30_18 Kolonu:



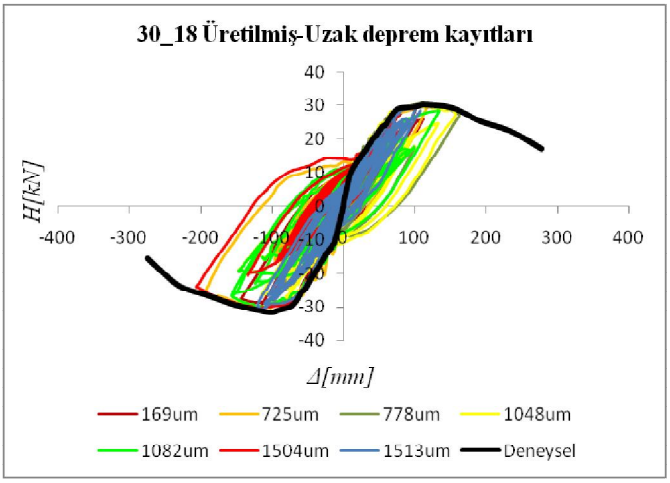
Şekil F.9: S30_18 *Üretilmiş-Yakın deprem* kapasite grafiği



Şekil F.10: S30_18 *Gerçek-Yakın deprem* kapasite grafiği

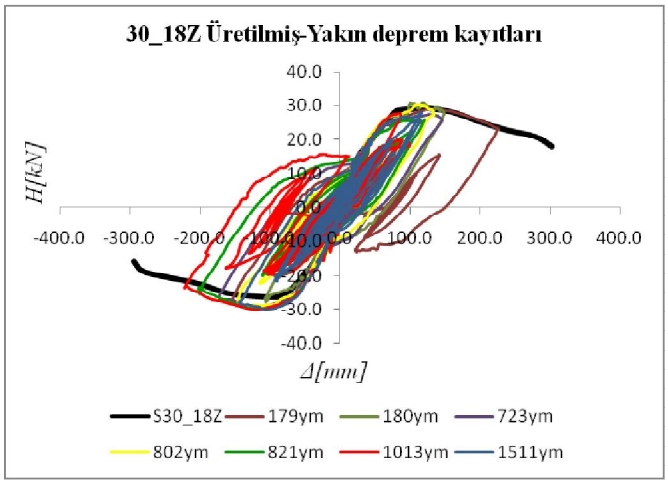


Şekil F.11: S30_18 *Gerçek-Uzak deprem* kapasite grafiği

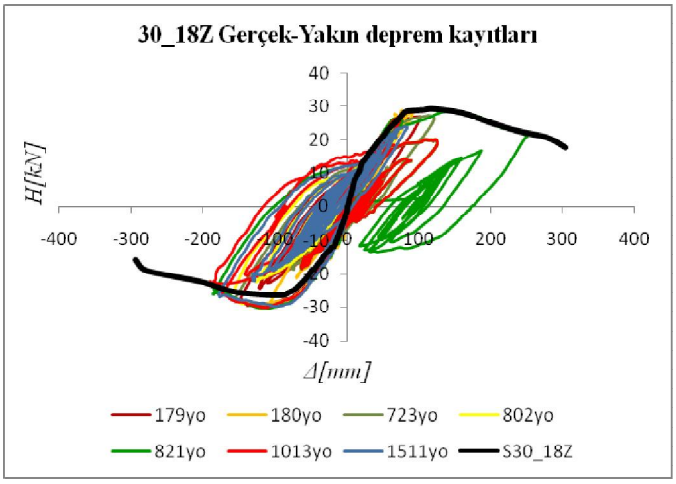


Şekil F.12: S30_18 *Üretilmiş-Uzak deprem* kapasite grafiği

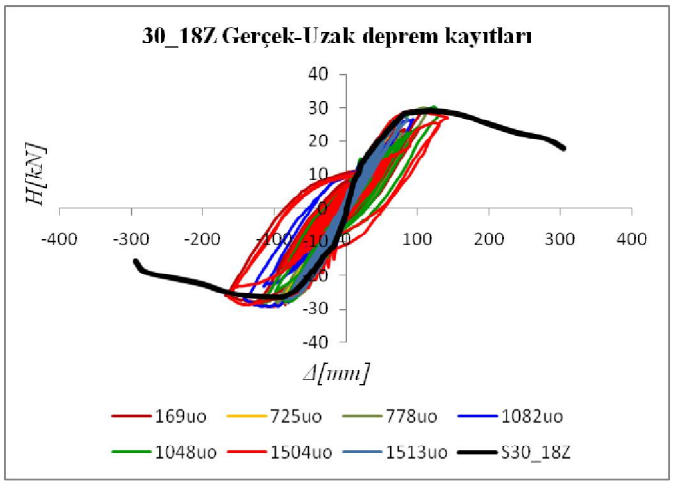
S30_18Z Kolonu:



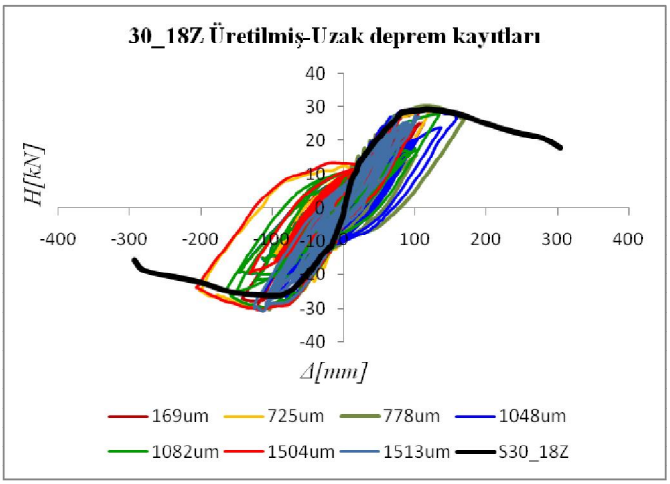
Şekil F.13: S30_18Z *Üretilmiş-Yakın deprem* kapasite grafiği



Şekil F.14: S30_18Z *Gerçek-Yakın deprem* kapasite grafiği

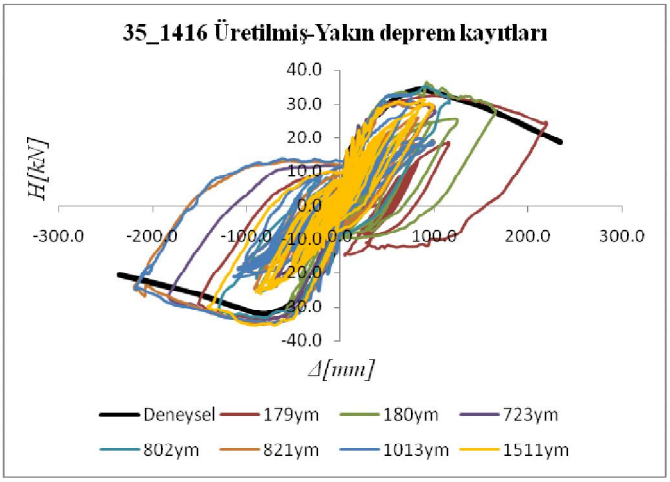


Şekil F.15: S30_18Z *Gerçek-Uzak deprem* kapasite grafiği

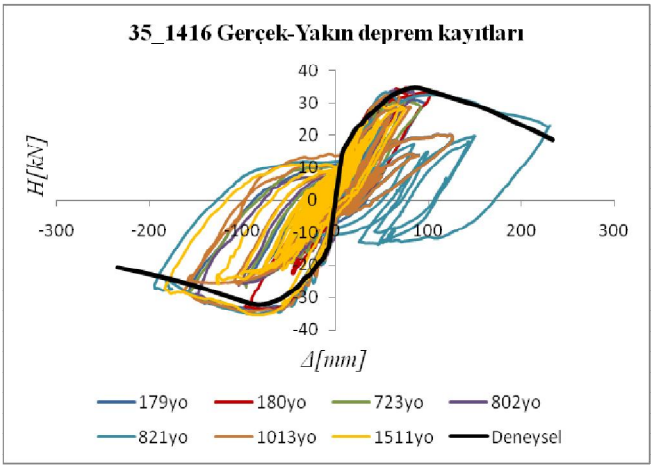


Şekil F.16: S30_18Z *Üretilmiş-Uzak deprem* kapasite grafiği

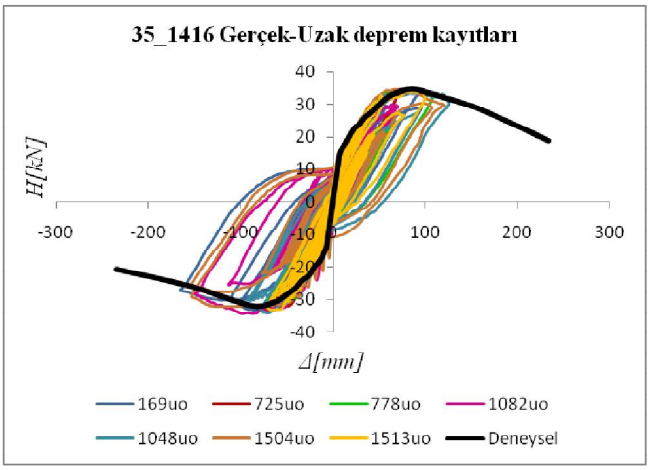
S35_1416 Kolonu:



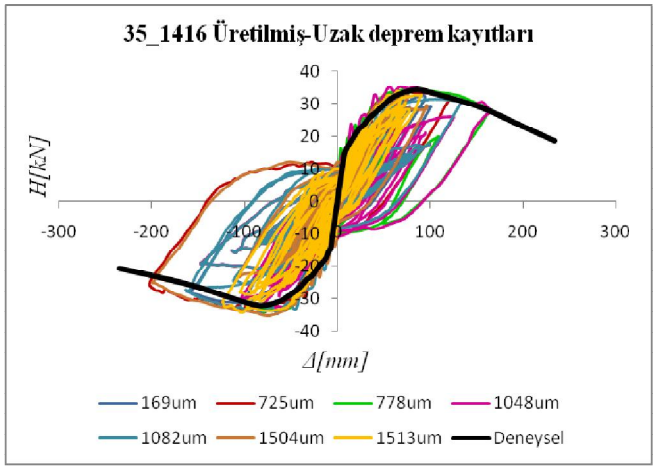
Şekil F.17: S35_1416 *Üretilmiş-Yakın deprem* kapasite grafiği



Şekil F.18: S35_1416 *Gerçek-Yakın deprem* kapasite grafiği

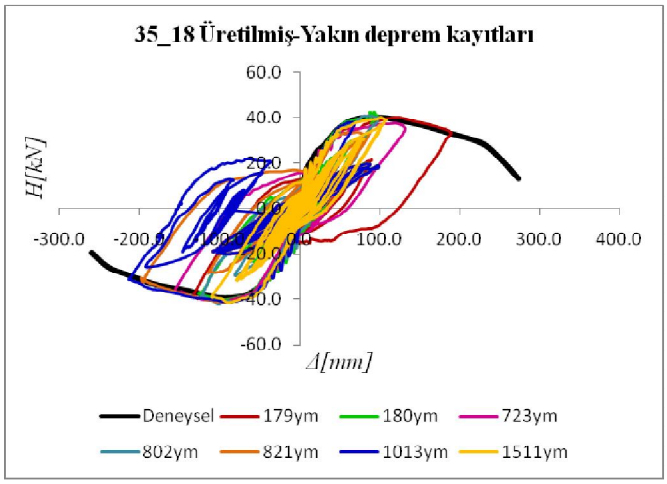


Şekil F.19: S35_1416 *Gerçek-Uzak deprem* kapasite grafiği

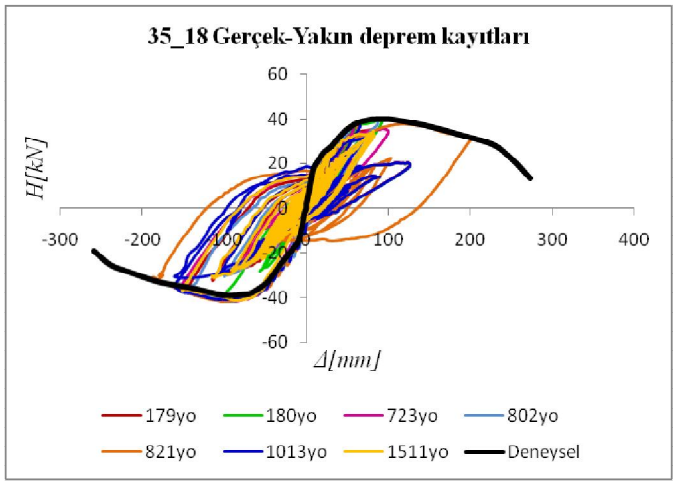


Şekil F.20: S35_1416 *Üretilmiş-Uzak deprem* kapasite grafiği

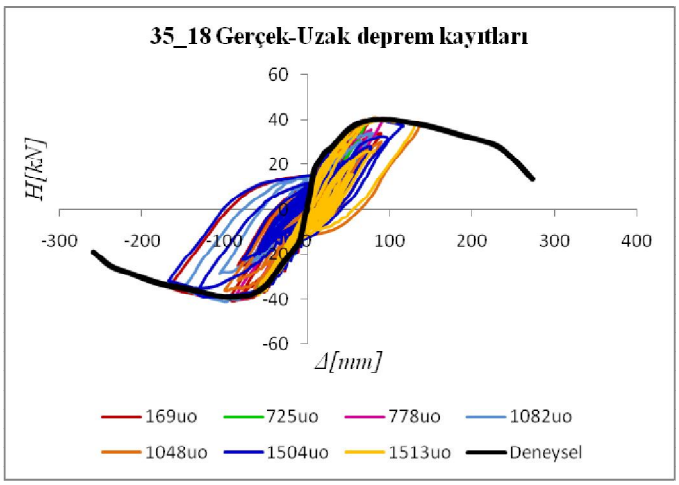
S35_18 Kolonu:



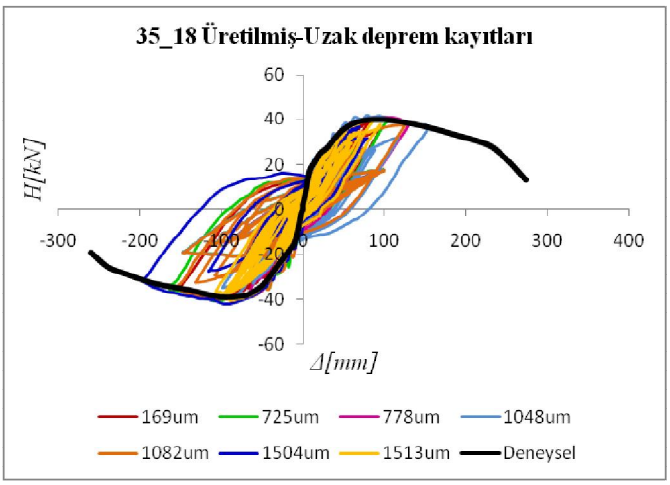
Şekil F.21: S35_18 *Üretilmiş-Yakın deprem* kapasite grafiği



Şekil F.22: S35_18 Gerçek-*Yakın deprem* kapasite grafiği

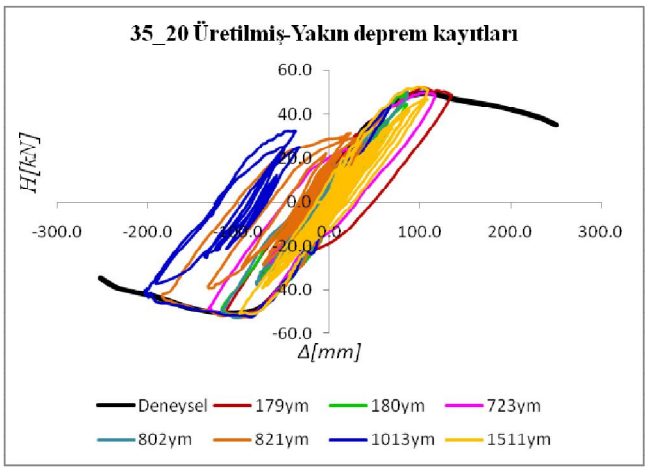


Şekil F.23: S35_18 Gerçek-*Uzak deprem* kapasite grafiği

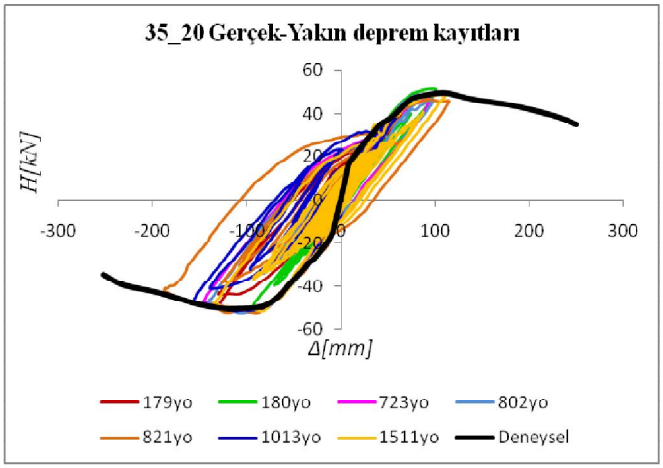


Şekil F.24: S35_18 *Üretilmiş-Uzak deprem* kapasite grafiği

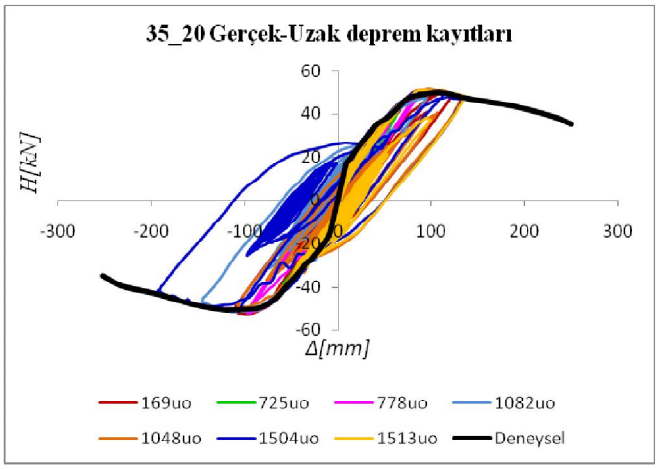
S35_20 Kolonu:



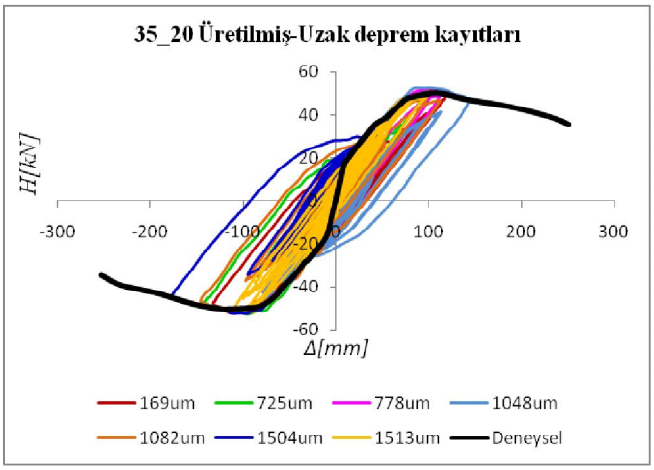
Şekil F.25: S35_20 *Üretilmiş-Yakın deprem* kapasite grafiği



Şekil F.26: S35_20 *Gerçek-Yakın deprem* kapasite grafiği

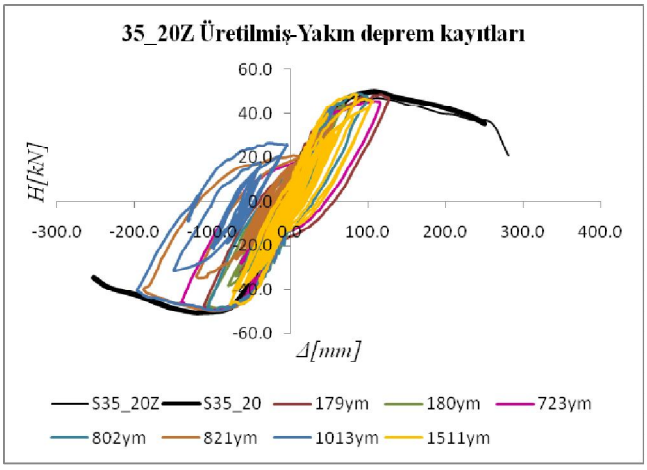


Şekil F.27: S35_20 *Gerçek-Uzak deprem* kapasite grafiği

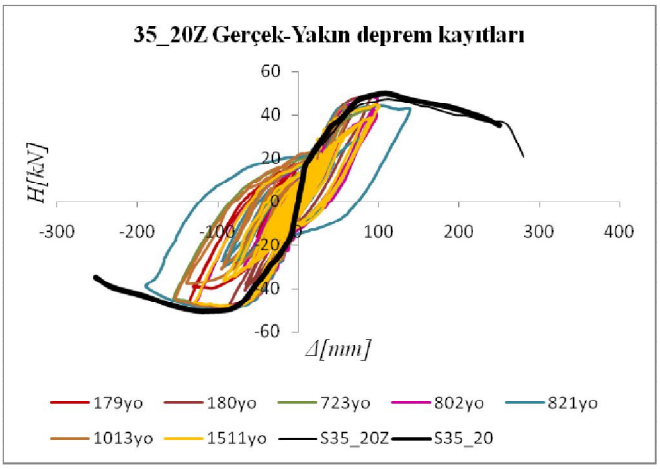


Şekil F.28: S35_20 *Üretilmiş-Uzak deprem* kapasite grafiği

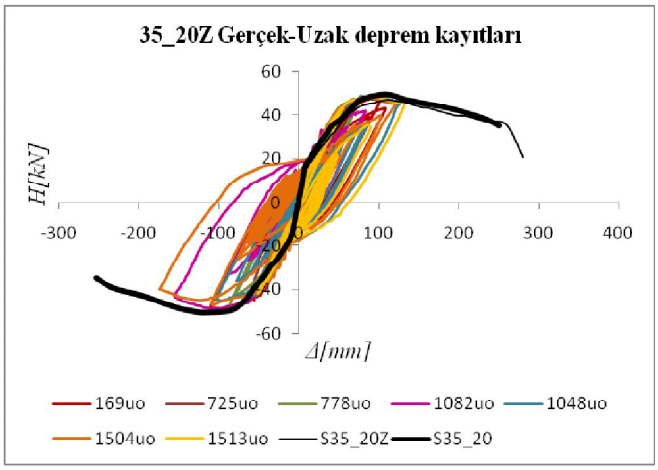
S35_20Z Kolonu:



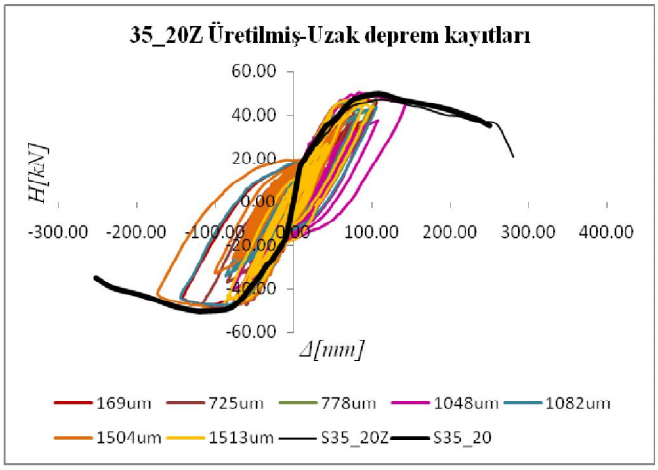
Şekil F.29: S35_20Z *Üretilmiş-Yakın deprem* kapasite grafiği



Şekil F.30: S35_20Z *Gerçek-Uzak deprem* kapasite grafiği

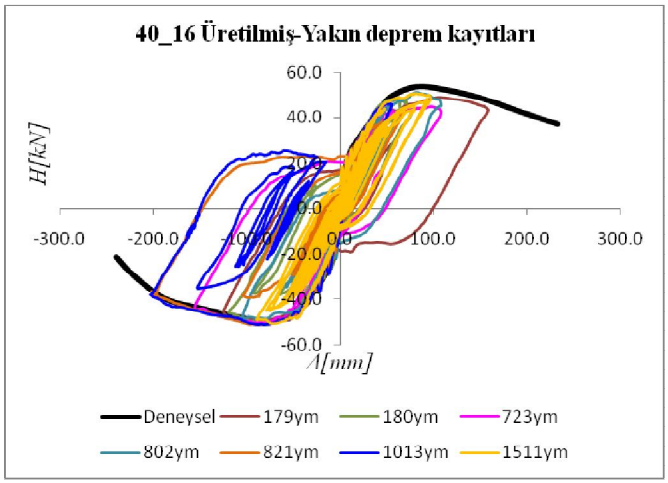


Şekil F.31: S35_20Z *Gerçek-Uzak deprem* kapasite grafiği

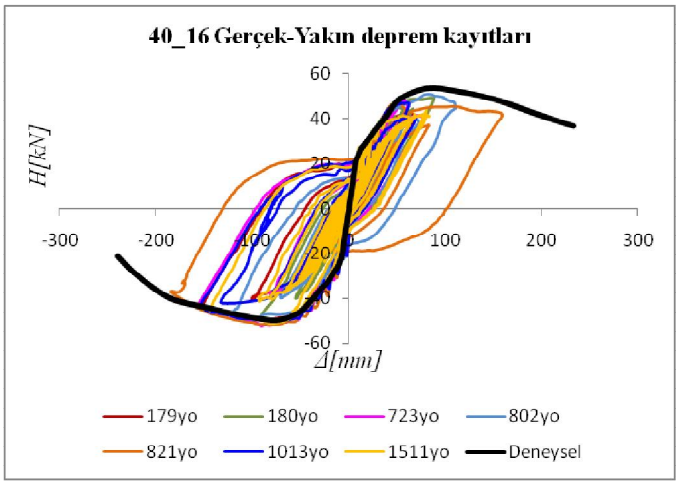


Şekil F.32: S35_20Z *Üretilmiş-Uzak deprem* kapasite grafiği

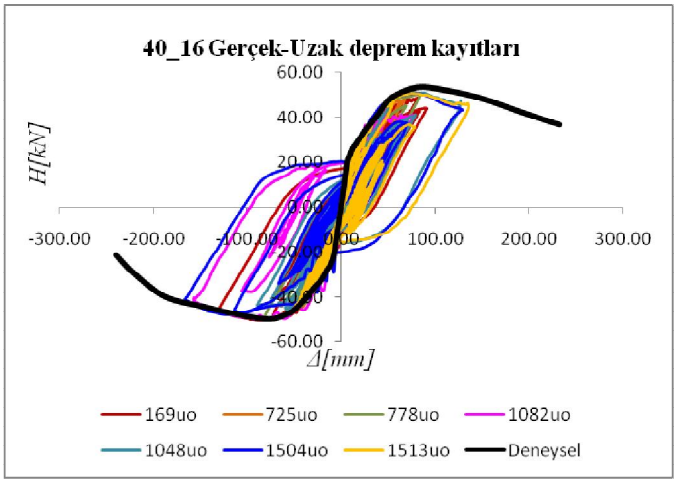
S40_16 Kolonu:



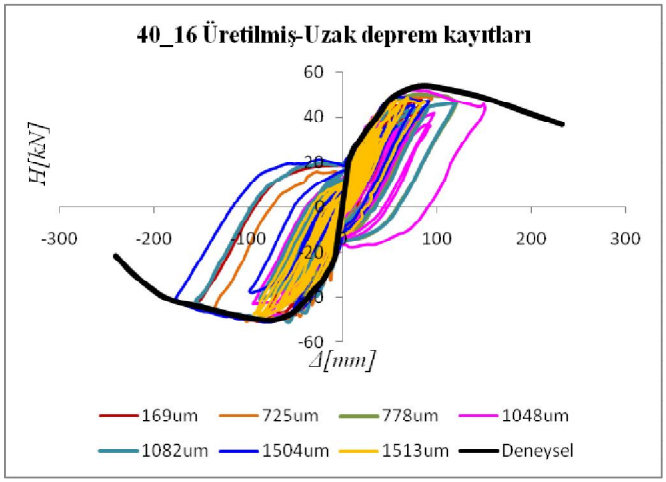
Şekil F.33: S40_16 *Üretilmiş-Yakın deprem* kapasite grafiği



Şekil F.34: S40_16 *Gerçek-Yakın deprem* kapasite grafiği

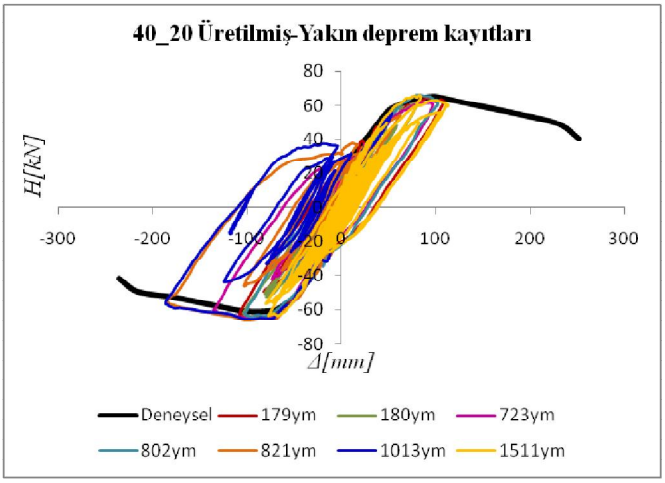


Şekil F.35: S40_16 *Gerçek-Uzak deprem* kapasite grafiği

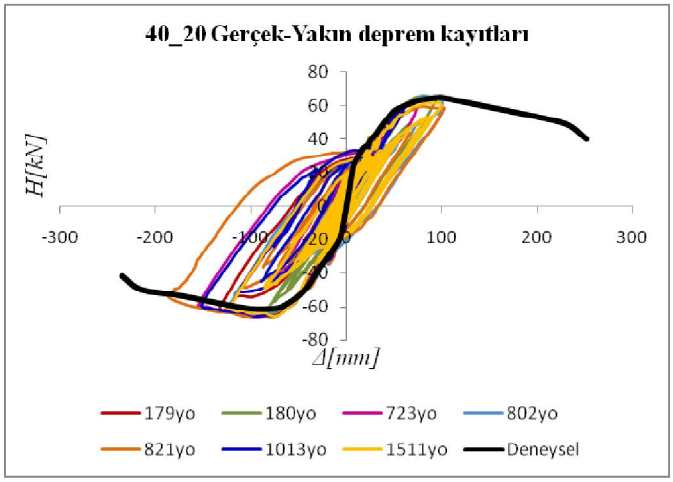


Şekil F.36: S40_16 *Üretilmiş-Uzak deprem* kapasite grafiği

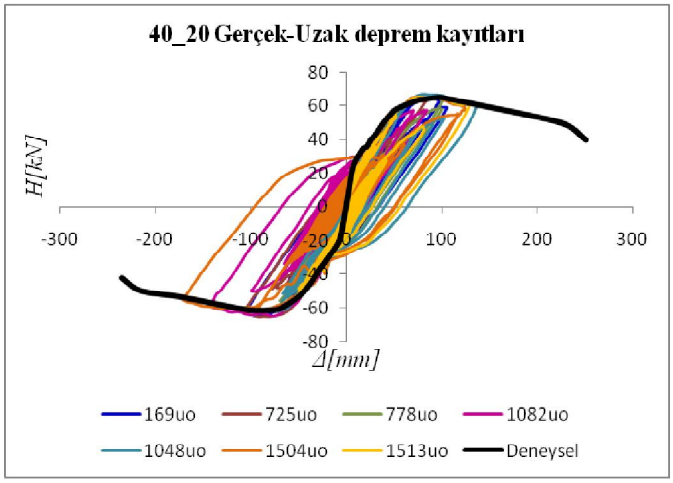
S40_20 Kolonu:



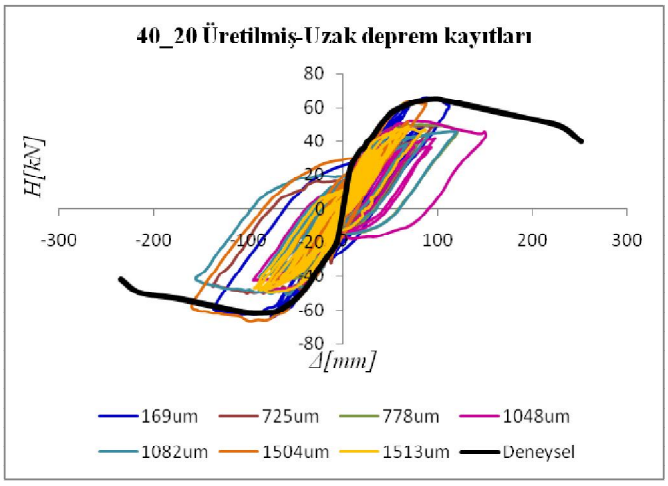
Şekil F.37: S40_20 *Üretilmiş-Yakın deprem* kapasite grafiği



Şekil F.38: S40_20 *Gerçek-Yakın deprem* kapasite grafiği

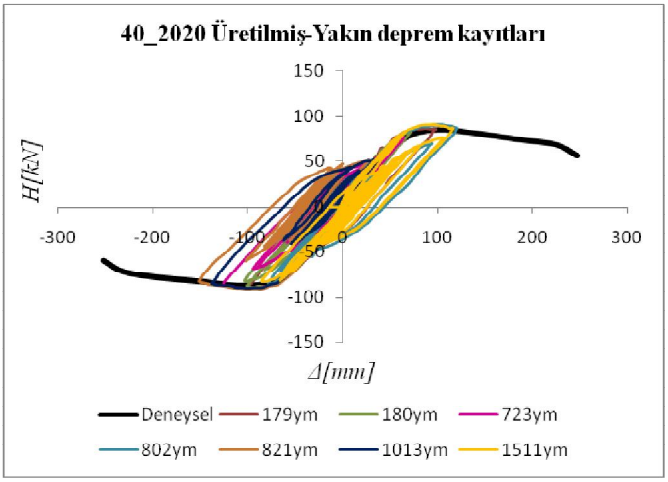


Şekil F.39: S40_20 *Gerçek-Uzak deprem* kapasite grafiği

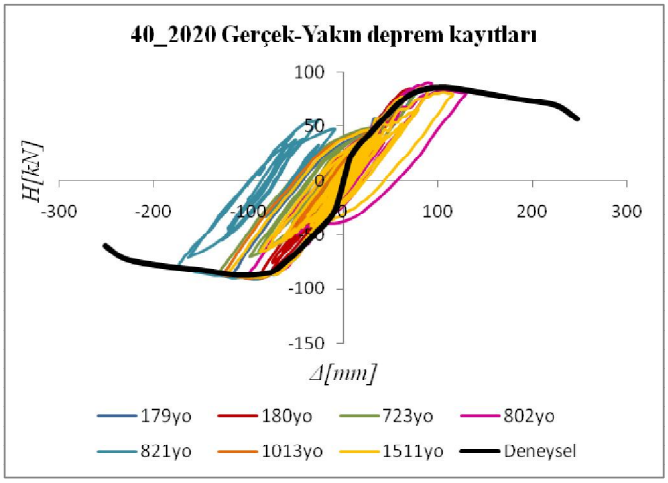


Şekil F.40: S40_20 *Üretilmiş-Uzak deprem* kapasite grafiği

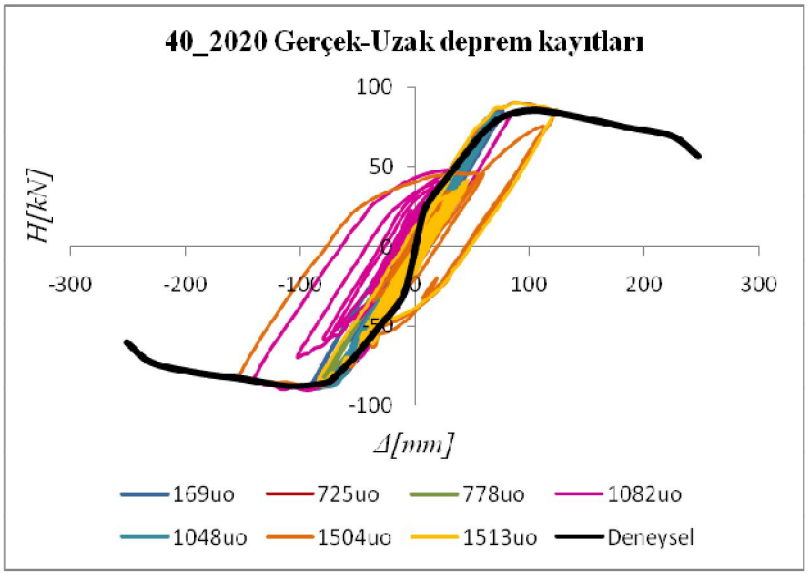
S40_2020 Kolonu:



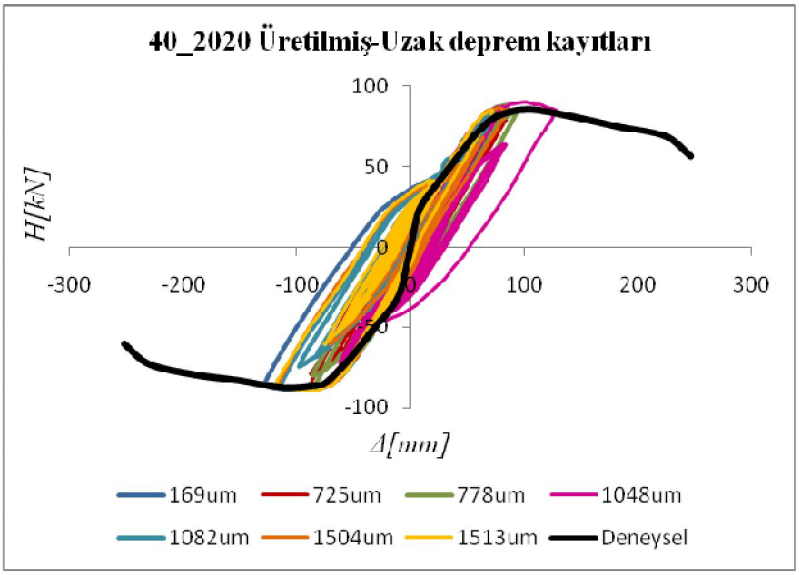
Şekil F.41: S40_2020 *Üretilmiş-Yakın deprem* kapasite grafiği



Şekil F.42: S40_2020 *Gerçek-Yakın deprem* kapasite grafiği



Şekil F.43: S40_2020 *Gerçek-Uzak deprem* kapasite grafiği



Şekil F.44: S40_2020 *Üretilmiş-Uzak deprem* kapasite grafiği

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Fatma Betül HASEL

Doğum Yeri ve Tarihi: ANKARA 1987

Adres:

E-Posta: haselbef@hotmail.com

Lisans: Yıldız Teknik Üniversitesi,İnşaat Fakültesi,İnşaat Mühendisliği Bölümü

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

NİSHADALAR (Şantiye şefi)

STATİCA (Proje mühendisi)

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

***H.F. Karadogan, S. Ziya Yüce, E. Yüksel**, **I.E. Bal**, **and F.B.Hasel**,2013: Sıngle Story Precast Structures ın Seismic Zones-1. 4th ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering , 12–14 June, 2013 Kos Island, Greece.