

**YAKIN FAY HAREKETİNİN YAPILAR ÜZERİNDEKİ
ETKİSİ VE İZOLATÖR-SIVI SÖNÜMLEYİCİLERLE
DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Önder UMUT
(501031245)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 8 Mayıs 2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 15 Haziran 2006**

**Tez Danışmanı : Prof.Dr. Zeki HASGÜR
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Zekai CELEP (İ.T.Ü.)
Prof.Dr. Kaya ÖZGEN (İ.T.Ü.)**

HAZİRAN 2006

ÖNSÖZ

Yakın fay hareketinin yapılar üzerindeki etkisi ve izolator-sıvı sönümleyicilerle depreme dayanıklı yapı tasarımının incelenmesini amaçladığımız tezimin her aşamasında derin bilgi ve deneyimiyle beni yönlendiren, bilgi, yardım ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Zeki Hasgür'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, Araş. Gör. Fevzi Sarıtaş'a, aileme ve Ayşe Demirci'ye destek ve yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Haziran 2006

Önder UMUT

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ	1
2. GELENEKSEL TASARIM ANLAYIŞI VE YENİ YAKLAŞIMLAR	3
2.1. Geleneksel Tasarım Anlayışının Amacı	3
2.2. Geleneksel Tasarım Anlayışının Dezavantajları	3
2.3. Tasarımda Yeni Yaklaşımlar	6
2.4. Yapısal Kontrol	7
2.4.1. Genel	7
2.4.2. Pasif kontrol	9
2.4.2.1. Sismik taban yalıtım sistemleri	9
2.4.2.2. Pasif enerji sönümleyiciler	12
3. YAKIN FAY YER HAREKETİ	15
3.1. Genel	15
3.2. Tarihsel Bakış	17
3.3. Doğrultu Titreşimi	18
3.4. Sıçrama Titreşimi	21
3.5. Yakın Fay Hareketinin UBC-1997 'deki Yeri	23
3.6. Yakın Fay Hareketinin Parametrelendirilmesi	25
3.7. Normal ve Paralel Fay Bileşenine Dönüştürme	27
4. UYGULAMALAR	31
4.1. Yakın Fay Etkisi İçeren Deprem Elde Edilmesi	31
4.2. Depremlerin İncelenmesi	47
4.3. Yakın Fay Etkisinin Sismik İzolatörlü Bir Köprü Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi	75
4.4. Yakın Fay Etkisinin Bir Bina Üzerinde Etkilerinin İncelenmesi	84
4.4.1. Ankastre tabanlı mevcut bina	87
4.4.2. Viskoz sönümleyicili bina	90
4.4.3. Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü bina	95
4.4.4. Kurşun çekirdekli kauçuk izolatör ve viskoz sönümleyicilerin birlikte kullanıldığı bina	97
4.4.5. Binaların karşılaştırılması	100

5. SONUÇLAR	108
KAYNAKLAR	115
EKLER	118
ÖZGEÇMİŞ	197

KISALTMALAR

SEAOC	: Structural Engineers Association of California
UBC	: Uniform Building Code
ABYYHY	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
NEHRP	: National Earthquake Hazard Reduction Program
IBC	: International Building Code
Bind	: Yakın Fay Etkisi Bindirilmiş

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1. Çeşitli Yakın Alan Depremleri.....	16
Tablo 3.2. Doğrultu ve Sıçrama Titreşiminin İncelenmesi.....	22
Tablo 3.3. Kısa Periyot Faktörü N_a	24
Tablo 3.4. Orta Periyot Faktörü N_v	24
Tablo 3.5. Sismik Kaynak Tiplerinin Tanımlanması	24
Tablo 4.1. Depremlerin Maksimum İvme, Maksimum Hız ve Maksimum Yerdeğiştirme Değerleri.....	48
Tablo 4.2. %20 Sönüm İçin Depremlerin Housner Şiddetleri ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddetleri	51
Tablo 4.3. %0 sönüm için depremlerin Housner Şiddetleri ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddetleri	60
Tablo 4.4. Depremlerin Maksimum İvme Spektrum Değerleri	65
Tablo 4.5. Depremlerin Budanmış Kayıtın Etkin İvmesi Değerleri	68
Tablo 4.6. Depremlerin Etkin Pik İvme Değerleri	70
Tablo 4.7. Depremlerin Maksimum İvmesi 0.4g Olacak Şekilde İndirgenmiş Hallerinin İvme, Hız ve Yerdeğiştirme Değerleri	73
Tablo 4.8. Formülle Hesaplanmış İndirgenmiş Maksimum Hız.....	74
Tablo 4.9. Sismik Bölge Faktörü Z	77
Tablo 4.10. Zemin Profil Tipi	77
Tablo 4.11. Sismik Kaynak Tiplerinin Tanımlanması	78
Tablo 4.12. Kısa Periyot Faktörü N_a	78
Tablo 4.13. Orta Periyot Faktörü N_v	78
Tablo 4.14. Sismik Katsayı C_a	79
Tablo 4.15. Sismik Katsayı C_v	79

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	: Elasto-Plastik Etki - Deformasyon Grafiği	4
Şekil 2.2	: İvme ve Yerdeğiştirme Spektrumları.....	6
Şekil 2.3	: Sismik Yalıtım Sistemi	10
Şekil 2.4	: Deprem Esnasında Sismik Taban Yalıtımlı ve Sabit Tabanlı Yapıların Hareketleri	10
Şekil 2.5	: Tasarım Spektrumu.....	11
Şekil 3.1	: Fay Yakını Deprem Bölgelerinde Elde Edilen Çeşitli Hız Titreşimleri.....	15
Şekil 3.2	: Yanal Atımlı Fayın Kırılma – Doğrultu Etkisinin Şematik Diyagramı.....	20
Şekil 3.3	: İleri ve Geri Doğrultu Bölgesinin Gösterimi.....	20
Şekil 3.4	: Kırılma Sağa Doğru Olurken Doğrultu Titreşiminin Birikmesi	21
Şekil 3.5	: Yanal Atımlı ve Düşey Atımlı Faylarda Sıçrama ve Doğrultu Titreşiminin Yönleri	22
Şekil 3.6	: Zaman Tanım Alanında Yanal Atımlı ve Düşey Atımlı Faylarda Sıçrama ve Doğrultu Titreşiminin Birlikte ve Ayrı Gösterimi	23
Şekil 3.7	: Doğrultu Titreşiminin İfade Edilmesinde Kullanılan Parametreler	26
Şekil 3.8	: Spektrum Büyütme Faktörleri.....	27
Şekil 3.9	: Faya Normal Yöndeki Deprem Spektrumu ile Ortalama Deprem Spektrumu Arasındaki Oranlar.....	27
Şekil 3.10	: İvmeölçerler Kuzey ve Doğuya Yönlendirildiğinde İvmenin Normal Fay Yönünde Olması	28
Şekil 3.11	: Fay Bileşenlerinin Yapıda Enine ve Boyuna Yönlere Dönüştürülerek Deprem Dataları Elde Edilmesi.....	29
Şekil 3.12	: İvmeölçerler Birbirlerine Dik Olduklarında İvmenin Fayın Normal Bileşeninde Elde Edilmesi	29
Şekil 3.13	: İvmeölçerler Birbirlerine Dik Konumda Olmadığı Durumda Herhangi Bir Yöndeki İvme Datasının Bulunması.....	30
Şekil 4.1	: 18 Haziran 1992 Tarihli Landers Depreminin Lucerne Valley İstasyonu’nda Kaydedilen Paralel Fay Bileşeninin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri.....	32
Şekil 4.2	: 18 Haziran 1992 Tarihli Landers Depreminin Lucerne Valley İstasyonu’nda Kaydedilen Paralel Fay Bileşenlerinin Tip-A Darbe Titreşiminin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri.....	33
Şekil 4.3	: 15 Ekim 1979 Imperial Valley Depreminin El Centro İstasyonu’nda Kaydedilen Normal Fay Bileşenlerinin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri.....	34
Şekil 4.4	: 15 Ekim 1979 Imperial Valley Depreminin El Centro İstasyonu’nda Kaydedilen Normal Fay Bileşenlerinin Tip-B Darbe Titreşiminin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri	35

Şekil 4.5	: 17 Ocak 1994 Northridge Depreminin Rinaldi İstasyonu'nda Kaydedilen Normal Fay Bileşenlerinin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri.....	36
Şekil 4.6	: 17 Ocak 1994 Northridge Depreminin Rinaldi İstasyonu'nda Kaydedilen Normal Fay Bileşenlerinin Tip-A Darbe Titreşimleri(Sol) ve Tip-B Darbe Titreşimlerinin(Sağ) İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri.....	37
Şekil 4.7	: 17 Ocak 1994 Northridge Depreminin Slymar İstasyonu'nda Kaydedilen Normal Fay Bileşenlerinin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri.....	37
Şekil 4.8	: 17 Ocak 1994 Northridge Depreminin Slymar İstasyonu'nda Kaydedilen Normal Bileşenlerinin Tip-C ₂ Darbe Titreşiminin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri	39
Şekil 4.9	: 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yarımca-Petkim'de Kaydedilen Kuzey-Güney Bileşenlerinin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri	40
Şekil 4.10	: 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yarımca-Petkim'de Kaydedilen Doğu-Batı Bileşenlerinin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri.....	41
Şekil 4.11	: 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yarımca-Petkim'de Kaydedilen Kuzey-Güney Bileşenlerinin Tip-C ₂ Darbe Titreşiminin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri	42
Şekil 4.12	:17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yarımca-Petkim'de Kaydedilen Doğu-Batı Bileşenlerinin Tip-A Darbe Titreşiminin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri	43
Şekil 4.13	:17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yakın Fay Etkisi Bindirilmiş Yarımca-Petkim Kaydı Kuzey-Güney Bileşeni İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri	45
Şekil 4.14	:17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yakın Fay Etkisi Bindirilmiş Yarımca-Petkim Kaydı Doğu-Batı Bileşeni İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri.....	46
Şekil 4.15	:Depremlerin Maksimum Hızları ve Maksimum Yerdeğiştirmelerinin Karşılaştırılması.....	49
Şekil 4.16	:13 Mart 1992 Tarihli Erzincan Depreminin Kuzey-Güney Bileşeninin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti	50
Şekil 4.17	: Depremlerin %20 Sönüm İçin Housner Şiddetleri ve Maksimum Hızlarının Karşılaştırılması.....	53
Şekil 4.18	:Yakın Fay Etkisi Gösteren Depremler Göz Önüne Alınmadan Depremlerin %20 Sönüm İçin Housner Şiddetleri ve Maksimum Hızlarının Çizgiyle Gösterilerek Karşılaştırılması	54
Şekil 4.19	:Depremlerin %20 Sönüm İçin Housner Şiddetleri ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddetlerinin Karşılaştırılması.....	55
Şekil 4.20	:Yakın Fay Etkisi Gösteren Depremler Göz Önüne Alınmadan Depremlerin %20 Sönüm İçin Housner Şiddetleri ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddetlerinin Çizgiyle Gösterilerek Karşılaştırılması.....	56

Şekil 4.21	:Depremlerin Maksimum Hızları ve %20 Sönüm İçin Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddetlerinin Karşılaştırılması.....	57
Şekil 4.22	:Depremlerin Maksimum Hızları ve %20 Sönüm İçin Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddetlerinin Çizgiyle Gösterilerek Karşılaştırılması.....	58
Şekil 4.23	:13 Mart 1992 Tarihli Erzincan Depreminin Kuzey-Güney Bileşeninin %0 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti	59
Şekil 4.24	:Depremlerin %0 ve %20 Sönüm İçin Housner Şiddetleri'nin Maksimum Hızları ile Karşılaştırılması.....	62
Şekil 4.25	:Depremlerin %0 Sönüm İçin Housner Şiddetleri ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddetleri'nin Karşılaştırılması.....	63
Şekil 4.26	:Depremlerin Maksimum Hızlarının %0 ve %20 Sönüm İçin Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddetleri ile Karşılaştırılması.....	64
Şekil 4.27	:13 Mart 1992 Tarihli Erzincan Depreminin Kuzey-Güney Bileşeninin %5 Sönüm İçin İvme Spektrumu	65
Şekil 4.28	:Depremlerin Etkin İvmeleriyle Maksimum Hızlarının Karşılaştırılması.....	66
Şekil 4.29	:13 Mart 1992 Tarihli Erzincan Depreminin Kuzey-Güney Bileşeni İçin Budanmış Kayıtın Etkin İvmesinin Elde Edilişi	67
Şekil 4.30	:Depremlerin Budanmış Kayıtların Etkin İvmeleriyle Maksimum Hızlarının Karşılaştırılması.....	69
Şekil 4.31	:Depremlerin Etkin Pik İvmeleriyle Maksimum Hızlarının Karşılaştırılması.....	71
Şekil 4.32	:17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yarımca-Petkim Kaydı Kuzey-Güney Bileşeninin Maksimum İvmesi 0.4g Olacak Şekilde İndirgenmiş Halinin İvme, Hız ve Yerdeğiştirme Grafikleri ...	72
Şekil 4.33	:17 Ocak 1994 Tarihli Northridge Depreminin Slymar Kaydı Kuzey-Güney Bileşeninin Maksimum İvmesi 0.4g Olacak Şekilde İndirgenmiş Halinin %5 Sönüm İçin İvme Spektrumu ile Özgün Halinin İvme Spektrumunun Karşılaştırılması.....	74
Şekil 4.34	:17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yarımca-Petkim Kaydı Kuzey-Güney Bileşeninin Maksimum İvmesi 0.4g Olacak Şekilde İndirgenmiş Halinin %5 Sönüm İçin İvme Spektrumu ile Özgün Halinin İvme Spektrumunun Karşılaştırılması	75
Şekil 4.36	:UBC-1997 Tasarım Tepki Spektrumu	77
Şekil 4.35	:Faya 2Km'den Yakın Bölgeler İçin UBC-1997 Tasarım Tepki Spektrumu	80
Şekil 4.36	:Faya 5Km Uzaklıkta Olan Bölgeler İçin UBC-1997 Tasarım Tepki Spektrumu	80
Şekil 4.37	:Yakın Fay Etkisinde Olmayan Bölgeler İçin Olan UBC Tasarım Tepki Spektrumu	81
Şekil 4.38	:Maksimum Toplam Taban Kesme Kuvvetleri	81
Şekil 4.39	:Maksimum Yerdeğiştirmeler	82
Şekil 4.40	:Maksimum Kesme Kuvvetleri	82
Şekil 4.41	:Maksimum Eksenel Kuvvetler	83
Şekil 4.42	:Maksimum Momentler	83
Şekil 4.44	:Binanın SAP2000 Programı'ndaki 3 Boyutlu Görünüşü.....	86

Şekil 4.45	:Ankastre Tabanlı Bina İçin Maksimum Toplam Taban Kesme Kuvvetleri.....	87
Şekil 4.46	:Ankastre Tabanlı Bina İçin Maksimum Yerdeğiştirmeler.....	88
Şekil 4.47	:Ankastre Tabanlı Bina İçin Maksimum Görelî Kat Yerdeğiştirmeleri	88
Şekil 4.48	:Ankastre Tabanlı Bina İçin Maksimum Kesme Kuvvetleri.....	89
Şekil 4.49	: Ankastre Tabanlı Bina İçin Maksimum Eksenel Kuvvetler	89
Şekil 4.50	:Ankastre Tabanlı Bina İçin Maksimum Momentler.....	90
Şekil 4.49	:Ankastre Tabanlı Binaya Viskoz Sönümleyicilerin Yerleşimi	91
Şekil 4.52	:Viskoz Sönümleyicili Bina İçin Maksimum Toplam Taban Kesme Kuvvetleri.....	92
Şekil 4.53	:Viskoz Sönümleyicili Bina İçin Maksimum Yerdeğiştirmeler.....	92
Şekil 4.54	:Viskoz Sönümleyicili Bina İçin Maksimum Görelî Kat Yerdeğiştirmeleri	93
Şekil 4.55	:Viskoz Sönümleyicili Bina İçin Maksimum Kesme Kuvvetleri.....	93
Şekil 4.56	:Viskoz Sönümleyicili Bina İçin Maksimum Eksenel Kuvvetler	94
Şekil 4.57	:Viskoz Sönümleyicili Bina İçin Maksimum Momentler.....	94
Şekil 4.58	:Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatörlü Binanın SAP2000 Programı'ndaki 3 Boyutlu Görünüşü	95
Şekil 4.59	:Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatörlü Bina İçin Maksimum Toplam Taban Kesme Kuvvetleri	96
Şekil 4.60	:Maksimum Yerdeğiştirmeler	96
Şekil 4.61	:Kauçuk İzolatörlü Bina İçin Maksimum Görelî Kat Yerdeğiştirmeleri	97
Şekil 4.62	:Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatörlü Binaya Viskoz Sönümleyicilerin Yerleşimi	98
Şekil 4.63	:Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatörlü ve Viskoz Sönümleyicili Bina İçin Maksimum Toplam Taban Kesme Kuvvetleri	99
Şekil 4.64	:Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatörlü ve Viskoz Sönümleyicili Bina İçin Maksimum Yerdeğiştirmeler	99
Şekil 4.65	:Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatörlü ve Viskoz Sönümleyicili Bina İçin Maksimum Görelî Kat Yerdeğiştirmeleri	100
Şekil 4.66	:Binaların Maksimum Toplam Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması.....	101
Şekil 4.67	:Binaların Maksimum Yerdeğiştirmelerinin Karşılaştırılması.....	102
Şekil 4.68	:Binaların Maksimum Görelî Kat Yerdeğiştirmelerinin Karşılaştırılması.....	103
Şekil 4.69	:Ankastre Tabanlı ve Viskoz Sönümleyicili Binaların Maksimum Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması.....	105
Şekil 4.70	:Ankastre Tabanlı ve Viskoz Sönümleyicili Binaların Maksimum Eksenel Kuvvetlerinin Karşılaştırılması	106
Şekil 4.71	:Ankastre Tabanlı ve Viskoz Sönümleyicili Binaların Maksimum Momentlerin Karşılaştırılması.....	107

SEMBOL LİSTESİ

N_a	: Kısa periyot yakın kaynak katsayısı
N_v	: Orta periyot yakın kaynak katsayısı
θ	: Yanal atımlı faylarda fayın kırılma yönü ile bölgeden merkez üstüne olan uzaklığı gösteren çizgi arasındaki açı
Φ	: Düşey atımlı faylarda fayın kırılma yönü ile bölgeden odak noktasına olan uzaklığı gösteren çizgi arasındaki açı
X	: Yanal atımlı faylarda doğrultu oranı
Y	: Düşey atımlı faylarda doğrultu oranı
P	: Fayın paralel bileşeni
N	: Fayın normal bileşeni
α, β	: İvme ölçerlerin ivmeyi ölçme açıları
$a(t)$: Zaman bağlı ivme değişimi
$v(t)$: Zamana bağlı hız değişimi
$x(t)$: Zamana bağlı yerdeğiştirme değişimi
v_p	: Darbe tipli titreşimin hızı
ω_p	: Darbe tipli titreşimin açısal frekansı
T_p	: Darbe tipli titreşimin süresi
ϕ	: Faz açısı
n	: Darbe titreşimi sayısı
g	: Yerçekimi ivmesi
SI	: Housner şiddeti
ξ	: Sönüm oranı
$K-G$: Deprem kaydının kuzey-güney bileşeni
$D-B$: Deprem kaydının doğu-batı bileşeni
V_{maks}	: Maksimum hız
a_{maks}	: Maksimum ivme
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
C_a, C_v	: UBC-1997 'de yer alan sismik katsayılar
Z	: Sismik bölge faktörü
T_s, T_o	: UBC-1997 tasarım tepki spektrumu kontrol periyotları
V_t	: Taban kesme kuvveti
W	: Yapının toplam ağırlığı
T_1	: Doğal titreşim periyodu
$A(T)$: Spektral ivme katsayısı
A_0	: Etkin yer ivmesi katsayısı
$S(T)$: Spektrum katsayısı

YAKIN FAY HAREKETİNİN YAPILAR ÜZERİNDEKİ ETKİSİ VE İZOLATÖR-SIVI SÖNÜMLYİCİLERLE DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMI

ÖZET

Yakın fay hareketleri, deprem fayına yakın bölgelerde olan yer hareketleridir. Yakın fay özelliği gösteren deprem kayıtları az olmakla beraber son yıllarda, özellikle 1994 Northridge ve 1995 Kobe depremlerinden sonra artmaya başlamıştır. Son zamanlardaki bu depremlerde büyük hasarlara neden olan yakın fay hareketleri, depremin başında yapıyı büyük bir enerjiye maruz bırakan darbe-tipli hareket olarak tanımlanabilir. Fay yakını kuvvetli deprem hareketlerinin etkisi, yapılar üzerinde sıradan kayıtlara göre çok daha fazla büyük yerdeğiştirme ya da süneklik taleplerine neden olmaktadır. Yakın fay hareket kayıtlarının en önemli özelliği yüksek pik hızlı olmasıdır.

Çalışmada, yakın fay etkisinin yapılarda neden olduğu büyük yerdeğiştirmelerin, sıvı sönümleyiciler kullanılarak azaltılması amaçlanmıştır. Sonuç olarak, ankastre tabanlı binaya viskoz sönümleyici eklenmesiyle maksimum yerdeğiştirmelerin %21 ile %33 arasında değişen değerlerde azalmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde, geleneksel tasarım anlayışından ve yapısal kontrol sistemlerinden bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde, yakın fay hareketi detaylı bir şekilde incelenmiştir. Dördüncü bölümde, önce yakın fay etkisi içeren yapay deprem elde edilmiş, daha sonra yakın fay etkisi içeren depremlerle, sıradan deprem kayıtları incelenmiştir. Bu depremler maksimum ivme, maksimum hız, maksimum yerdeğiştirme, %0 ve %20 sönüm için Housner şiddeti, etkin ivme(SEAOC'a göre), budanmış etkin ivme, etkin pik ivmelerine göre karşılaştırılmıştır. Bu depremler içinden yakın fay etkisi içeren ve içermeyen depremler, önce sismik izolatörlü bir köprüye, daha sonra da bir binaya uygulanmıştır. Bina, ankastre tabanlı (mevcut hali), viskoz sönümleyicili, kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü, kurşun çekirdekli kauçuk izolatör ve viskoz sönümleyicilerin birlikte kullanıldığı durum olmak üzere dört farklı şekilde çözülmüştür. Depremlerin köprü ve bina üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ayrıca binalar birbirleriyle karşılaştırılmış, viskoz sönümleyicilerin ve sismik izolatörlerin yapı davranışındaki etkileri incelenmiştir.

UBC-1997'de yer alan yakın fay etkisi ABYYHY-1998'de ve 2005 taslak yönetmeliğinde belirtilmemektedir. Yakın fay etkisinin ABYYHY'de yer alması, faya yakın bölgelerde büyük can ve mal kaybını önleyecektir. ABYYHY'nin gelecekteki yenilenmesinde yakın fay hareketi dikkate alınmalıdır.

THE EFFECTS OF NEAR-FAULT GROUND MOTION ON STRUCTURES AND THE DESIGN OF EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURES USING ISOLATED-FLUID DAMPER SYSTEMS

SUMMARY

Near-fault ground motions are ground motions that occur near an earthquake fault. The ability to capture pulse-type ground motions in the near-fault region is of recent development and records of this type are few. The 1994 Northridge, California, and 1995 Kobe, Japan, earthquakes substantially increased the current database of recorded ground motions. Near-fault ground motions, which caused most of the damage in recent major earthquakes, are characterized by a pulse-like motion that exposes the structure to a high input energy at the beginning of the record. The effects of near-fault earthquake motions on structures cause larger displacements and ductility demands when compared with the effects of ordinary earthquake records. The most important characteristic of near-fault motion records is that it has a large peak velocity.

This study aims to reduce the large displacements caused by near-fault effects, by using fluid viscous dampers. The results obtained have shown that when a fluid viscous damper was applied to a building, displacements were decreased by values that differed between 21% and 33%.

The conventional design procedures and structural control systems are discussed in Chapter 2. In chapter 3, near-fault motions are observed in detail. In Chapter 4, an earthquake with near-fault motions was simulated which was then compared with ordinary earthquake records according to their maximum acceleration, velocity, maximum displacement, Housner intensity with 0% and 20% damping, effective acceleration (according to SEAOC), trimmed effective acceleration and effective peak acceleration. Within these earthquakes, those with and without near-fault effects were firstly applied to a seismic isolated bridge, and then to a building. The building was observed under four different states; current state, viscous damping, lead rubber bearing and a combination of viscous damping and lead rubber bearing. The effects of the earthquakes on the bridge and on the building were examined. Furthermore, the buildings were compared with one another, and the effects of viscous dampers and seismic isolators on structures were investigated.

The near-fault effects that are available in the 1997 Uniform Building Code were not introduced in the ABYYHY-1998 and the draft provision of 2005 Turkish earthquake code. The introduction of near-fault effects in ABYYHY will avoid the potential damage in near-fault regions. Therefore, near-fault motions should be considered in the future revision of ABYYHY.

1. GİRİŞ

Deprem sırasında bir bölgedeki hareket türünü etkileyen birçok faktör vardır. Deprem büyüklüğü, bölgenin faya olan uzaklığı, topografik özellikleri ve zeminin tarihsel jeolojisi dikkate alınması gereken faktörlerdir[1].

1971 San Fernando depreminden sonra mühendisler ve sismolojistler, yakın fay yer hareketlerinin yapılarda yol açtığı potansiyel hasarın farkına varmıştır. 1994 Northridge California ve 1995 Kobe Japonya depremlerinde görülen hasarlar, mühendislerin, yakın fay bölgesinde olan yapıların bu bölgenin dışında olan yapılara oranla daha fazla hasar gördüğü varsayımını kanıtlamıştır. Depremlerin merkez üstleri yerleşim bölgelerinde olduğu için, yapıların davranışı konusunda yepyeni bilgiler sağlanmıştır. Toplanan datalara dayanarak, bina tasarımcıları yakın-kaynağın binalardaki etkileri araştırmaya başlamıştır. Onların araştırma ve buluşları, yakın fay hareketlerini dikkate alan 1997 Uniform Building Code'da (UBC-1997) tasarım faktörlerinin kullanılmasına neden olmuştur. Köprü tasarımcıları da binalardaki potansiyel hasarın farkına varıp, köprülerin de incelenmesi gerektiğinin sonucuna varmıştır[2].

Yakın fay hareketleri ikiye ayrılır:

- Doğrultu Titreşimi
- Sıçrama Titreşimi

Doğrultu titreşimi, fayın normal bileşeninde olur. Bölgeye doğru kırılan fay, kısa süreli ama büyük genlikli titreşim üretir. Buna ileri doğrultu titreşimi denir. İleri doğrultu titreşimleri iki yönlü yüksek hız titreşimleri meydana getirir. İleri doğrultu titreşiminin tersine bölgeden çıkan geri doğrultu titreşimi ve nötr titreşim uzun süreli ve az genlikli olur. Fay boyunca olan kalıcı yerdeğiştirmelerden sorumlu tutulan sıçrama titreşimi, yanal atımlı faylarda fayın paralel bileşeninde, düşey atımlı faylarda fayın normal bileşeninde olur ve büyük tek yönlü hız titreşimleri meydana getirir[3].

Fay yakını kuvvetli deprem hareketlerinin etkisi, yapılar üzerinde sıradan kayıtlara göre çok daha büyük yerdeğiştirme ya da süneklik taleplerine neden olmaktadır. İleri doğrultu etkisi çoğunlukla faya dik doğrultuda büyük ve önemli ağır hasara neden olabilecek, uzun periyotlu bir darbe etkisinin varlığı ile kendini göstermektedir. Bu genellikle fayın kırılma hızının kaynağa yakın olan zeminin kayma dalgası hızına yakın olduğu zaman geçerlidir.

Çalışmada, yakın fay etkisinin yapılarda neden olduğu büyük yerdeğiştirmelerin, sıvı sönümleyiciler kullanılarak azaltılması amaçlanmıştır. Yakın fay etkisi gösteren depremlerin özellikleri incelenmiş, yakın fayın yapılar üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde, geleneksel tasarım anlayışından bahsedilmiştir. Yönetmeliklerimizde bulunan geleneksel tasarım anlayışının dezavantajlarına değinilmiş ve yeni tasarım yaklaşımı ihtiyacından bahsedilmiş, ayrıca yapısal kontrol kavramı açıklanmış ve sıvı sönümleyiciler hakkında bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölümde, tez çalışmasının ana konusunu oluşturan yakın fay hareketi detaylı bir şekilde incelenmiştir. İlk olarak yakın fay hareketi hakkında genel bir bilgi verilmiştir. Daha sonra, doğrultu titreşimi ve sıçrama titreşimi açıklanmıştır. Yakın fay hareketinin UBC-1997'deki yerinden bahsedilmiştir. Bu bölümün altıncı ve yedinci kısmında ise yakın fay hareketinin parametrelendirilmesi, normal ve paralel fay bileşenlerine dönüştürülmesi incelenmiştir.

Dördüncü bölümde, önce yakın fay etkisi içeren yapay deprem elde edilmiştir. Daha sonra, yakın fay etkisi içeren depremlerle, sıradan deprem kayıtları incelenmiştir. Depremler maksimum ivme, maksimum hız, maksimum yerdeğiştirme, %0 ve %20 sönüm için Housner şiddeti, etkin ivme(SEAOC'a göre), budanmış etkin ivme, etkin pik ivmelerine göre karşılaştırılmıştır. Yakın fay etkisi içeren ve içermeyen depremler, önce sismik izolatörlü bir köprüye, daha sonra da bir binaya uygulanmıştır. Bina, ankastre tabanlı (mevcut hali), viskoz sönümleyicili, kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü, kurşun çekirdekli kauçuk izolatör ve viskoz sönümleyicilerin birlikte kullanıldığı durum olmak üzere dört farklı şekilde çözülmüştür. Depremlerin köprü ve bina üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ayrıca binalar birbirleriyle karşılaştırılmış, viskoz sönümleyicilerin ve sismik izolatörlerin yapı davranışındaki etkileri incelenmiştir.

2. GELENEKSEL TASARIM ANLAYIŞI VE YENİ YAKLAŞIMLAR

2.1. Geleneksel Tasarım Anlayışının Amacı

Geleneksel depreme dayanıklı yapı tasarımında, yapının göçmeden deprem enerjisini elastik olmayan şekil değiştirmeler yolu ile sönmlemesine izin verilir. Bunun sonucunda yapıda onarılması güç hasarlar oluşabilir. Deprem bölgelerinde, kabul edilebilir maliyetler ile şiddetli depremlerden hasar görmeyecek orta ve yüksek yapı yapmak, geleneksel tasarım anlayışına göre neredeyse imkansızdır. Bu yüzden birçok yönetmeliğe göre de beklenen, can kaybının ve yapının toptan göçmesinin engellenmesi yönündedir. Bu anlayışa göre yapıda elastik ötesi davranışlar sonucu ortaya çıkan hasar, depremin enerjisini sönmlemenin, göçme ihtimalini azaltmanın önemli bir yoludur ve bir tür sigorta görevi görür. Bu tasarım yaklaşımı birçok ülkede birçok hayat kurtarmış olmakla birlikte, ağır hasarlı ve kullanılamaz durumda yüzlerce, hatta binlerce yapının ülke ekonomisine ve sosyal hayata getirdiği sıkıntıyı engelleyememiştir[4].

Geleneksel depreme dayanıklı yapı tasarımının ana ilkesi şöyle açıklanabilir.

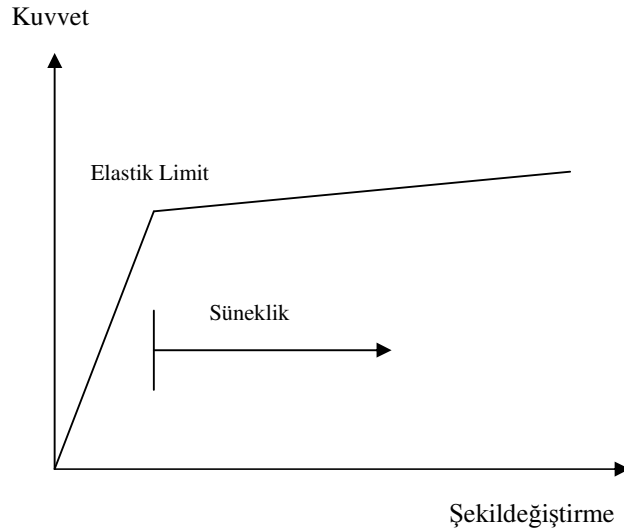
- Hafif şiddetteki depremlerde yapılardaki yapısal ya da yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesidir.
- Orta şiddetteki depremlerde yapısal ya da yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın onarılabilir düzeyde kalmasıdır.
- Beklenen en şiddetli depremde ise binada can kaybına yol açabilecek göçmenin önlenmesi olarak açıklanmaktadır[5]. Bu açıklamadan amacın, yapıda meydana gelecek hasarları azaltmak için önlemler alınmasından daha çok, insan hayatının güvenliğinin sağlanması olduğu anlaşılmaktadır.

2.2. Geleneksel Tasarım Anlayışının Dezavantajları

Geleneksel yöntemlerle tasarlanmış yapılarda, küçük şiddetli depremlerin oluşturduğu yer hareketinden ya da rüzgar yüklerinden dolayı yapıda oluşan titreşim

enerjisi, yapının sönüm mekanizmaları tarafından harcanmaktadır. Yapıların sönüm derecesi çok düşük olduğu için elastik davranış sırasında enerji yutma kapasiteleri de çok düşüktür. Güçlü depremler sırasında bu yapılar elastik davranışın ötesine geçip, plastik mafsalların oluşması gibi elastik olmayan şekil değiştirmeler yaparak ayakta kalabilirler. Doğrusal viskoz sönüm gibi yapıda bulunan sönüm mekanizmaları, şiddetli deprem hareketleriyle oluşan büyük miktardaki enerjiyi elastik bölge içerisinde harcamada yeterli olamamaktadır. Büyük şiddetteki depremlerde, yapıya iletilen sismik enerjinin büyük bir kısmı, yapısal elemanların elastik olmayan şekil değiştirmeleri ve kırılmaları yoluyla harcanmaktadır. Bu nedenle yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda kalıcı hasarlar oluşmaktadır. İnsan hayatının güvenliğinin sağlanması ve ekonomik kayıpların en aza indirilmesi için enerjinin bu şekilde harcanması istenilmeyen bir durumdur[6]. Nadiren meydana gelecek büyük şiddetteki depremlerde, sismik enerjinin büyük bir kısmı, yapısal elemanların elastik olmayan şekil değiştirmeleri ve kırılmaları yoluyla harcandığından dolayı, elastik olmayan davranış önem kazanır. Mühendisler bunun için, kendilerine yönetmeliklerin verdiği sınırlar içinde, “sünekliği” kullanırlar. Süneklik, yapının elastik davranışının ötesindeki yerdeğiştirmeleri karşılayabilme kapasitesinin bir ifadesidir. Süneklik bölgesine geçiş, yapısal elemanlarda hasar demektir. Elastik sınır aşıldığında, kuvvetteki ufak bir artış bile büyük deformasyonlar yaratacaktır[4].

Şekil 2.1’de elasto-plastik etki - deformasyon grafiği verilmiştir.



Şekil 2.1 : Elasto-Plastik Etki - Deformasyon Grafiği

Deprem bir talebi vardır ve ancak kapasitesi itibariyle bu talebi karşılayabilen ve aşan yapılar ayakta kalabilirler[7].

Geleneksel tasarım yaklaşımında yapılar $Kapasite > Talep$ olacak şekilde tasarlanır. Kapasiteyi yükseltmek için:

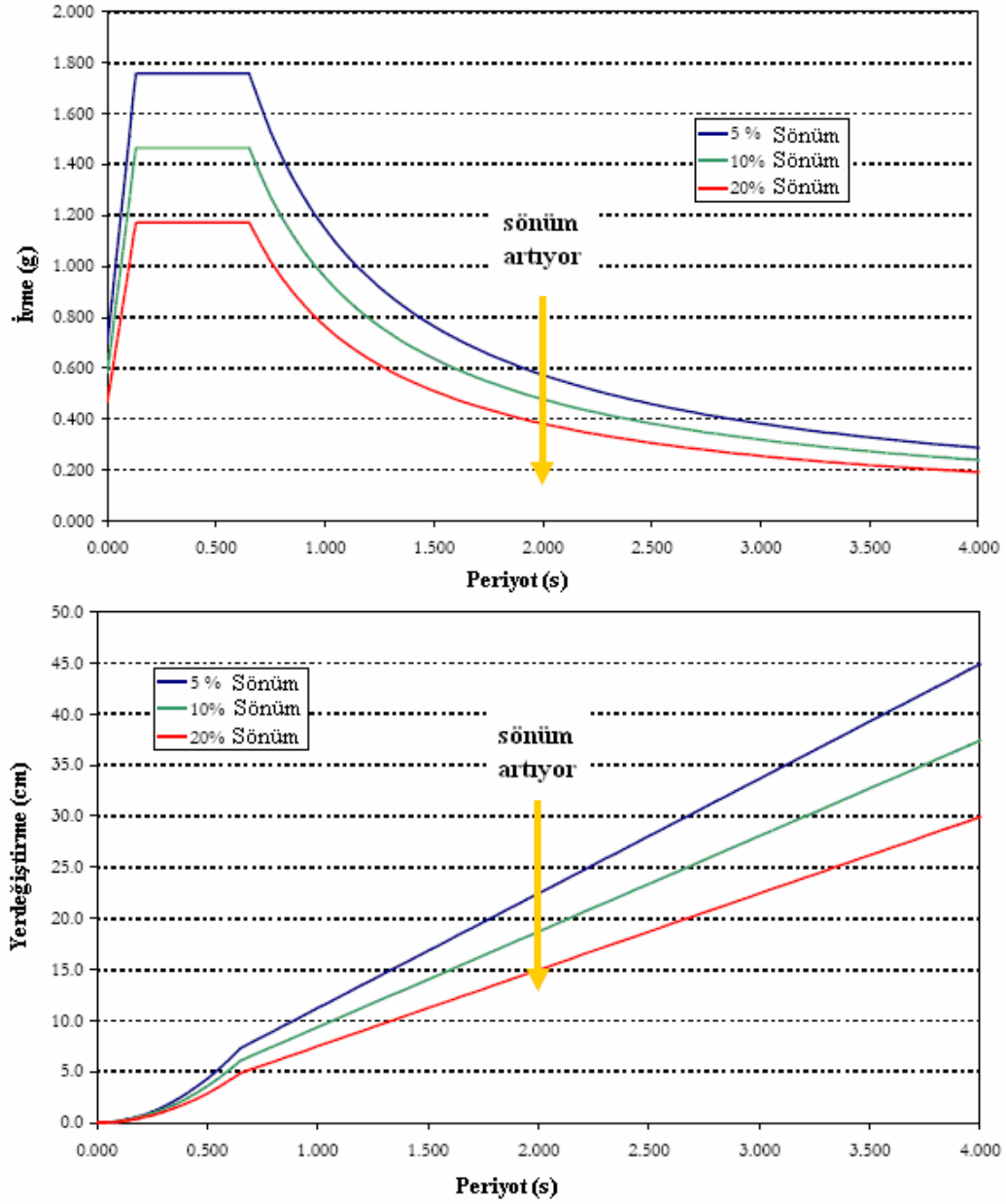
- Elastik dayanım artırılır.
- Elastik dayanımı sınırlayıp süneklik için yapısal elemanlar detaylandırılır.

Elastik dayanımı arttırmak hem zor, hem pahalı, hem de yapılarda büyük kat ötelemelerine neden olur. Elastik dayanımı sınırlayıp yapıyı süneklik için detaylandırmak ise yapısal elemanlarda onarılamayabilecek hasarlar oluşmasını kabul etmek anlamına gelir[4].

Binanın doğal periyodu ile, depremin hakim periyodunun aynı aralıkta olması rezonans etkilerini ortaya çıkarmaktadır. Meydana gelen rezonans etkisi, depremin yapıya olan etkisini arttırarak büyük yapısal hasarlara neden olmaktadır.

Küçük periyotlu rijit yapılar rezonansın etkisiyle çoğu zaman deprem ivmesini aşan büyük ivme değerlerine maruz kalır. Yapının periyodu arttıkça bu kez geleneksel yapı tasarım anlayışı ile karşılanması güç göreceli kat yerdeğiştirmeleriyle karşılaşılır.

Şekil 2.2’de görüldüğü gibi ivme ve yerdeğiştirmeleri sınırlamada sönümün önemli bir katkısı vardır. Ne var ki klasik betonarme yapılarda genellikle sönüm %5 civarındadır. Sönüm oranlarını arttırmanın yolu, yapıda ek sönüm cihazları kullanmaktır. Hem periyodu, hem de sönümü arttırmanın, istenen performansa ulaşmakta en akılcı yol olduğu görülmektedir[8,9].



Şekil 2.2 : İvme ve Yerdeğiştirme Spektrumları

2.3. Tasarımda Yeni Yaklaşımlar

Yıkıcı depremler, kasırgalar ve tsunamiler gibi kuvvetli dinamik etkiler altındaki yapıların nasıl korunacağı fikri hep araştırma konusu olmuştur. Gelişmiş ülkelerde dahi ileri teknolojik malzeme ve teknikler kullanıldığı halde kuvvetli bir deprem veya kasırgada yapıların kesinlikle hasar görmeyeceği veya yıkılmayacağı garanti edilememektedir. Bu gibi dinamik kuvvetleri önceden tespit etmek mümkün olmadığından yapıların dizaynı belirli kriterleri sağlayan tasarım yüklerine göre

yapılmaktadır. Dolayısıyla yapı tasarım yükünden farklı bir yüke maruz kaldığında ciddi hasarlar görülebilmektedir. Geleneksel yaklaşımda yapıya iletilen sismik enerjinin tüketilmesi esas olarak plastik mafsalların oluşumu ile gerçekleşmektedir. Bu da yapının hasar görmesini kabul etmek anlamına gelmektedir[10].

Günümüzde yapı teknolojisi alanındaki hızlı gelişmeler göz önüne alındığında depremden sonra yapılarda yüksek hasar seviyesinin oluşması ve yapının fonksiyonunu kaybetmesi, kabul edilebilir bir düşünce olmaktan çıkmıştır. Yapıların deprem sırasında ve sonrasında işlevlerini devam ettirmeleri ve yapı içerisinde bulunan, bazı durumlarda yapının kıymetinden daha değerli olan ekipmanların korunması bir zorunluluk haline almıştır[11].

Geleneksel tasarım anlayışı kullanılarak şiddetli depremler etkisinde hiç hasar görmeyecek bir yapı inşa etmek mantıklı ve mümkün değildir. Hasarlı binaların onarımı ise çok maliyetli sonuçlar doğurmaktadır. Ayrıca deprem sonrası yaşanan sosyal ve psikolojik travmalar da göz önüne alındığında yeni ve alternatif bir anlayışa ihtiyaç vardır[12].

Son yıllarda yapıları ve yapısal olmayan elemanları dinamik dış etkilere karşı daha iyi korumak için mevcut klasik tasarıma ek olarak tamamlayıcı yeni yaklaşımlar üzerinde çalışılmaktadır. Bu yaklaşımlar, yapıya gelen etkileri o anda ölçüp karşı kuvvetler uygulayacak veya etkiyi kendi içinde sönümleyecek malzemeler ve sistemler üzerine yoğunlaşmıştır. Çalışmaların ortak sonucu yeni sistemlerin, gerek yeni yapılacak yapılarda, gerekse mevcut yapıların iyileştirilmesi veya güçlendirilmesinde etkin bir şekilde kullanılabilmesi yönündedir[10].

Günümüzde sağlam ve sürekli bir yapıya sahip olan yapısal kontrol yaklaşımı ile titreşimin kontrol edilmesi, geleneksel tasarım yöntemlerine göre daha çok ilgi çekmektedir. Yapılarda deprem ya da rüzgar gibi nedenlerden dolayı oluşan titreşimlerin kontrol edilmesi, rijitlik, kütle ve sönümün değiştirilmesi ile oluşturulan pasif ya da aktif kontrol kuvvetleri ile sağlanmaktadır.

2.4. Yapısal Kontrol

2.4.1. Genel

Yapısal kontrol sistemleri kavramı yaklaşık 100 sene önce doğmuştur. Japonya'da mühendislik profesörü olarak çalışan John Milne küçük ahşap bir ev inşa etmiş ve bu

evi bilye yatağının üzerine yerleştirmiştir. Böylece yapının bir tabaka üzerinde kaymasına izin verilerek, yapıya iletilen deprem kuvvetlerinin azaltılabileceğinden ve bu sayede yapıların depremden izole edilebileceğini göstermek istemiştir.

Yapı mühendisliği çevreleri yapısal kontrol teknolojisini ilk olarak 1960'larda benimsemiştir. O zamandan günümüze kadar yapısal kontrol sistemleri üzerine yapılan çok sayıdaki araştırmalar sonucu farklı sistemler geliştirilmiştir. Geliştirilen bu sistemlerin bazıları uygulamada karşılaşılan zorluklar nedeni ile zaman içerisinde terk edilirken, bazıları günümüze kadar gelmiştir. Son yıllarda özellikle yüksek yapıların daha esnek ve daha hafif yapılması öngörüsüyle, yapılarda titreşimlerden kaynaklanan sorunlar artmıştır. Depreme dayanıklı yapı tasarımında işlevsellik kavramı, güvenlik kadar önemli hale gelmiştir. İşlevsellik, bir yapının servis ömrü boyunca birçok kez oluşabilecek büyük yüklemeler karşısında, yapıda bulunan insanların ve makinelerin çalışma konforlarının sağlanabilmesi demektir.

Yapıların farklı dinamik yükler altında maruz kaldıkları titreşim hareketi, insanların ve makinelerin çalışma konforunu olumsuz etkileyebilmektedir. İnsanların titreşim hassasiyetleri göz önüne alındığında, yapıların yerdeğiştirme, ivme ve frekans gibi özelliklerinin, belirli aralıklarda sınırlandırılması gerekmektedir. Bu sınırlandırma, yapısal kontrol sistemlerinin farklı çalışma mekanizmaları vasıtasıyla elde edilir. Geleneksel yapı tasarımında kullanılan yöntemlerle farklılık içeren yapısal kontrol sistemleri ile çalışan akıllı yapılar, deprem ve rüzgar yükleri karşısında başarılı sonuçlar sağlamaktadır[13].

Günümüzde yapısal kontrol yöntemleriyle, yapının enerji harcama kapasitesinin artırılması hedeflenmektedir. Böylece dinamik yüklerin yapılar üzerinde oluşturduğu elastik olmayan şekil değiştirmelerinin, elastik bölgeye kaydırılmasıyla yapısal hasarların sınırlandırılması mümkün olmaktadır.

Yer hareketinin meydana getirdiği enerjinin yapı elemanları tarafından sönümlenmesi fikrine dayalı olarak birçok yapı kontrol mekanizmaları oluşturulmuştur. Yapısal kontrol sistemleri üç ana grupta incelenebilir. Bunlar;

- Pasif Kontrol Sistemleri
- Aktif Kontrol Sistemleri
- Yarı Aktif ve Karma Sistemler

2.4.2. Pasif kontrol

Pasif kontrol uygulamasında yapının ömrü boyunca maruz kalabileceği deprem şiddetleri baz alınır ve buna göre sistem boyutlandırılır. Yapıya etki eden deprem, şiddetli rüzgar vb. nedenlerle sisteme dışarıdan giren enerji, yapıya yerleştirilen özel elemanlar ile harcanır. Böylece yapının bu dış etkilere karşı tepkisinde azalma meydana getirmekle beraber, yapının dayanma kapasitesinin artmasını sağlar.

Pasif kontrol sistemleri dışarıdan bir enerji girişine ihtiyaç duymayan, deprem nedeniyle yapıya iletilen enerjii harcayarak yapının güvenliğini arttıran sistemlerdir[14]. Pasif kontrol sistemlerinin, diğer sistemlere göre hesabı kolay ve maliyeti düşüktür. Deprem esnasında oluşabilecek güç kesintisinden etkilenmedikleri gibi, dış enerji vermediği için yapıda stabilite sorununa da neden olmazlar. Büyük bir depremde dahi çalışırlar. Ancak, yapının maruz kalacağı depremin şiddeti tasarlanandan yüksek olursa, yapıda büyük deformasyonlar oluşabilir.

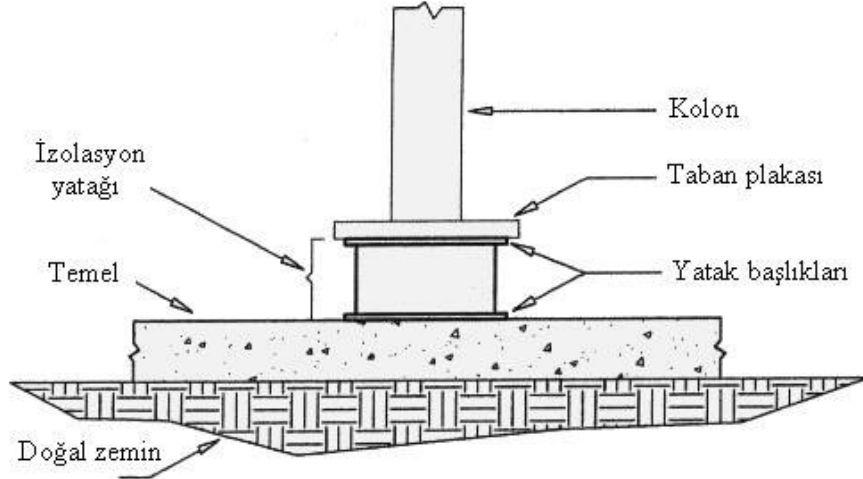
Pasif Kontrol Sistemleri;

- Sismik Taban Yalıtım Sistemleri
- Pasif Enerji Sönümleyiciler

olmak üzere ikiye ayrılırlar.

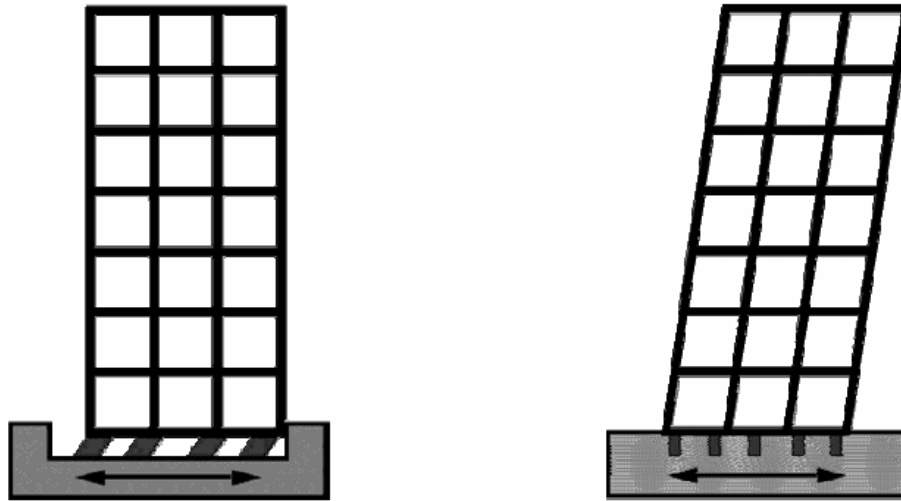
2.4.2.1. Sismik taban yalıtım sistemleri

Yalıtım, orta ve büyük şiddetli depremlerde yapılarda oluşacak katlar arası yerdeğiştirmeleri ve kat ivmelerini aynı anda azaltarak, yapıları depremlerde olabilecek zararlara karşı düşük maliyetle korumanın yoludur. Taban izolasyon sistemleri olarak da anılan sismik yalıtım, zeminden gelen titreşimleri veya bir başka söylenişle deprem enerjisini, yapıya mümkün olduğunca aktarmayarak yapının depreme karşı güvenliğini sağlar. Sismik yalıtım sistemleri yapıyı iki bölüme ayırır. 1. bölüm düşey doğrultuda rijit, yatay doğrultuda oldukça esnek sismik yalıtım sistemini de içeren alt yapıdır. 2. bölüm ise alt yapıya göre daha rijit olan üst yapıdır. Yalıtım sistemleri alt ve üst yapı arasına kurulan ve iki yapının birbirine göre büyük yatay yerdeğiştirme yapmasına izin veren izolatörlerden oluşur[15]. Şekil 2.3'te sismik yalıtım sisteminin temel ve kolonu nasıl ayırdığı görülmektedir.



Şekil 2.3 : Sismik Yalıtım Sistemi

Deprem esnasında üst yapı çok küçük katlar arası ötelenme yapacak rijit bir cisim gibi davranır. Bunun sonucu olarak, üst yapıya etki eden deprem kuvvetleri önemli ölçüde azalmaktadır[16]. Şekil değiştirmeler elastik bölgenin sınırları içerisinde kaldığından, yapı depremi hasar görmeden atlatabilmektedir. Bu durum Şekil 2.4-a'da gösterilmiştir. Şekil 2.4-b'de ise katlar arasında çok büyük ötelenmeler vardır.



a) Sismik taban yalıtımlı yapı

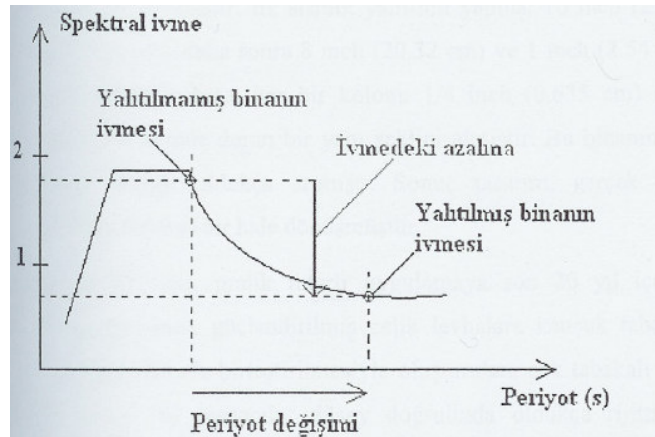
b) Sabit tabanlı yapı

Şekil 2.4 : Deprem Esnasında Sismik Taban Yalıtımlı ve Sabit Tabanlı Yapıların Hareketleri

Taban yalıtım sistemi kullanıldığında alt ve üst yapı dahil olmak üzere tüm yapının frekansı azalmakta, başka bir deyişle periyodu artmakta, buna bağlı olarak yatay

yerdeğiştirme artmaktadır. Yatay yerdeğiştirmenin büyük kısmı üst yapıya nazaran çok daha esnek olan izolasyon sistemine iletilmekte, üst yapıda katlar arası yerdeğiştirme çok küçük olduğundan üst yapı, izolasyon sistemi üzerinde hemen hemen rijit bir yapı davranışı göstermektedir[17]. Sismik taban yalıtımlı yapıların elastik birinci titreşim periyotlarının büyük olması, yapıyı rezonans bölgesinden uzaklaştırır ve yer ivmelerinin yapı tarafından büyütülmesi önlenmiş olur[18]. Şekil 2.5'teki tasarım spektrumunda görüldüğü gibi spektral ivmenin azalması, depremde yapıya daha az yük geleceği anlamına gelir, daha az yük gelmesi de, yapının daha ekonomik şekilde boyutlandırılmasını sağlar.

Taban izolatörleri temel olarak ya kauçuk sönümleyiciler ya da teflon veya çelik yüzeyler üzerinde kayan toplardan oluşmuş elemanlardır. İnce çelik levhalar arasına vulkanize kauçuk elemanların kat kat yerleştirilmesi ile ortaya çıkan sismik izolatörlerin kullanımı son 20 yıl içerisinde yaygınlaşmıştır. Çelik levhalar elemanın düşey rijitliğini arttırmak için kullanılmaktadır. Düşeydeki rijitlikleri sayesinde yapıdan gelen düşey yükleri rahatlıkla taşırlar[10].



Şekil 2.5 : Tasarım Spektrumu

Taban izolasyonlu sistemler tasarlandıkları depremlerde etkilidir. Daha büyük depremlerde, izolatörlerde kalıcı deformasyonlar meydana gelir ve bu izolatörler değiştirilemez. Bu durum ileride meydana gelebilecek depremlerde yapının stabilitesini olumsuz yönde etkileyebilir. Yüksek katlı yapılarda izolasyon sistemi tabanda kaldırma kuvvetlerinin (uplift) oluşmasına sebep olur. İzolasyon sisteminde büyük yerdeğiştirmelere izin verildiği takdirde yapıyı devirmeye yönelik büyük

momentler (overturning moment) oluşabilir. Ayrıca taban izolasyon sistemleri, deprem kuvvetlerine karşı kendilerini adapte edebilme yeteneğinden yoksundur. Taban izolasyon sistemlerinde kullanılan malzemelerin üretimi kolaydır ve zamanla mekanik özelliklerinde fazla kayıplar olmaz. Sistemler genelde basittir. Taban izolasyonlu bir tasarım geleneksel bir tasarıma göre yaklaşık %5 daha pahalıdır[19]. Yakın-fay etkisinin neden olduğu yüksek hız ve uzun periyotlu sismik darbeleri depremler söz konusu olduğunda, sismik taban yalıtımlı yapıların yeterli koruma sağlayamayacağı endişesi, araştırmacıları düşündürmektedir[20].

Sismik yalıtım sistemleri şu şekilde sınıflandırılabilir.

a) Kauçuk Esaslı Sistemler

- Düşük Sönümlü Doğal ve Sentetik Kauçuk İzolatörler
- Yüksek Sönümlü Doğal Kauçuk İzolatörler
- Kurşun Çekirdekli İzolatörler

b) Kayıcı Sistemler

- Sürtünmeli Sarkaç Sistemi
- Esnek Sürtünmeli Taban İzolasyon Sistemi

c) Kauçuk – Kayıcı Karma Sistemler

- Electricite-de-France Sistemi
- EERC Birleşik Sistemi

d) Yay Tipi Sistemler

2.4.2.2. Pasif enerji sönümleyiciler

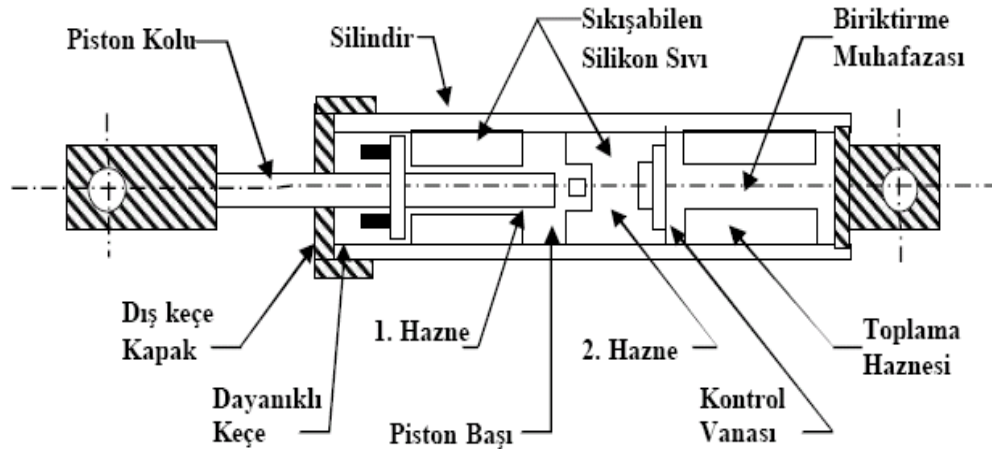
Pasif enerji sönümleyiciler; deprem ve şiddetli rüzgar gibi dış etkilerin yapıya verdiği enerjiden dolayı oluşan kesit zorlarını ve yerdeğiştirmeleri istenilen düzeyde tutmak için geliştirilmiş mekanik aletlerdir.

Enerji sönümlemek; kinetik enerjiyi ısı enerjisine dönüştürmek veya enerjiyi titreşim modlarına transfer etmek şeklinde olabilir. Birinci yol sürtünme katsayısıyla, metallerin eğilmesiyle, metallerin faz değiştirmesiyle, viskoelastik katı ve sıvıların deformasyonu ile olabilir. İkinci yol ise yapıya sarkaç ilave ederek, sarkacın dinamik

sönümleyici gibi davranmasını sağlayarak gerçekleştirilebilir. Pasif enerji sönümleyici sistemler genel olarak aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

- Metal Sönümleyiciler
- Sürtülmeli Sönümleyiciler
- Viskoelastik sönümleyiciler
- Viskoz Sönümleyiciler
- Ayarlı Sıvı Sönümleyiciler
- Ayarlı Kütle Sönümleyiciler

Viskoz sıvı sönümleyiciler hız bağımlı sönüm kuvveti oluşturan cihazlardır, fakat yapıya sadece ek sönüm sağlarlar. Çoğu viskoz sönümleyici, sıvı viskoz sönümleyicidir. Constantinou tarafından 1992 yılında üretilen bu modern sismik izolasyon sistemi, sıkışabilir silikon yağı ile doldurulmuş metal bir silindir, bu silindir içinde hareket edebilen ve ortasında bir boşluk bulunan paslanmaz çelik bir piston ve akümülatörden oluşmaktadır. Akümülatörün çalışmasına bağlı olarak kontrol vanalarının açılıp kapanması ile silindir içerisindeki sıvı akışı nedeniyle pistonun hareketi sonucu bu sıvının sıkışmasından yay hareketine benzer kuvvetler oluşur. Viskoz sıvı sönüm cihazının kesiti Şekil 2.6'da verilmektedir.



Şekil 2.6 : Viskoz-Sıvı Sönümleyici Kesiti

Hidrolik prensibine göre cihazın karakteristikleri belirlenmekte ve silindir içerisindeki sıvının basıncı ve metal parçaların boyutlarının değişimi (kesit değişimi), sistemin

alışmasını etkilemektedir. Ortamın sıcaklığı 0 ~ 50°C arasında olduğu zaman sistem bundan etkilenmemektedir.

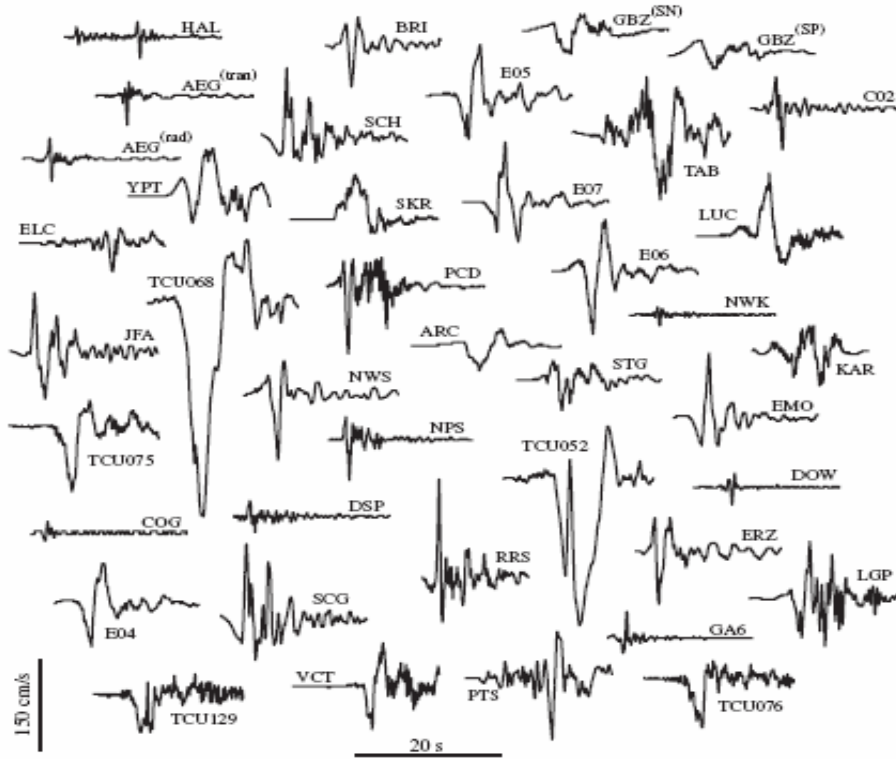
Uzunca bir süredir uçak sanayisinde kullanılan bu sistemler, günümüzde yapılarda ve köprülerde kullanılmaktadır. Bu cihazlar sayesinde, deprem etkisindeki yapının yerdeğıştirmesi önemli ölçüde azalabilmektedir. Viskoz sönümleyiciler, hız bağımlı oldukları için yerdeğıştirmelerle faz farklı olarak sönüm kuvvetleri üretir. Bu yüzden sönüm kuvvetlerinin, yapısal kuvvetlere katkısı yoktur[21].

3. YAKIN FAY YER HAREKETİ

3.1. Genel

Yakın fay hareketleri, deprem fayına yakın bölgelerde olan yer hareketleridir. Genel olarak, yakın fay hareket kayıtları yüksek pik hızlı ve uzun periyotludur. Yakın geçmişteki depremlerde (Northridge 1994, Kobe 1995, Chi-Chi 1999) büyük hasarlara neden olan yakın fay hareketleri, depremin başında yapıyı büyük bir enerjiye maruz bırakan darbe-tipli hareket olarak tanımlanabilir[22].

Yakın fay özelliği gösteren deprem kayıtları az olmakla beraber son yıllarda, özellikle 1994 Northridge ve 1995 Kobe depremlerinden sonra artmaya başlamıştır. Teknoloji ilerledikçe, sismik kayıt cihazları ucuzladıkça ve kullanılması kolaylaştıkça, yakın fay dataları artacaktır. Örneğin 1999 Kocaeli ve 1999 Chi-Chi depremlerinde birçok yakın fay hareketi içeren kayıt elde edilmiştir[1].



Şekil 3.1 : Fay Yakını Deprem Bölgelerinde Elde Edilen Çeşitli Hız Titreşimleri

Tablo 3.1: Çeşitli Yakın Alan Depremleri

No	Yer	Zaman	M _w	İstasyon	Faya Uzaklığı(km)	Etkisi	Maksimum İvme(cm/s ²)	Maksimum Hız(cm/s)	Maksimum Yerdeğiştirme(cm)
1	Parkfield, ABD	27.06.1966	6.20	C02	0.1	İD	466.8	75.1	22.5
2	San Fernando, ABD	9.02.1971	6.55	PCD	3.0	İD	1266.0	120.0	31.1
3	Gazli, Rusya	17.05.1976	6.80	KAR	3.0	İD	640.6	60.0	32.8
4	Bükreş, Romanya	04.03.1977	7.27	BRI	190.0	İD	199.9	74.9	20.9
5	Tabas, İran	16.09.1978	7.11	TAB	1.2	İD	830.1	122.0	87.9
6	Coyote Gölü, ABD	08.06.1979	5.63	GA6	1.2	İD	435.6	47.5	9.3
7	Imperial Valley, ABD	15.10.1979	6.50	E04	6.0	İD	349.4	78.3	58.6
				E05	2.7	İD	368.0	91.8	61.5
				E06	0.3	İD	433.9	112.0	66.8
				E07	1.8	İD	453.1	109.0	45.8
				EMO	1.2	İD	370.6	115.0	40.1
8	Mexicali Valley, Meksika	09.06.1980	6.37	VCT	3.0	İD	929.3	76.7	59.4
9	Morgan Hill, ABD	24.04.1984	6.15	HAL	2.0	İD	308.1	39.8	6.6
10	Palm Springs, ABD	08.07.1986	6.09	NPS	4.0	İD	656.9	73.6	11.9
				DSP	6.4	İD	336.2	29.2	7.1
11	Whittier Narrows, ABD	10.10.1987	5.93	DOW	16.4	İD	207.1	30.7	3.9
				NWK	15.7	İD	224.5	20.0	2.6
12	Superstition Hill, ABD	24.11.1987	6.40	PTS	0.7	İD	424.8	109.0	51.6
				ELC	13.6	İD	292.7	52.0	22.1
13	Loma Prieta, ABD	17.10.1989	6.90	LGP	3.0	İD	633.8	102.0	36.6
				STG	8.3	İD	358.3	56.4	29.8
14	Sierra Madre, ABD	28.06.1991	5.56	COG	9.4	İD	216.9	15.4	2.2
15	Erzincan, Türkiye	13.03.1992	6.63	ERZ	2.0	İD	387.7	104.6	37.9
16	Landers, ABD	28.06.1992	7.20	LUC	1.1	İD	719.9	114.0	174.0
				JFA	5.2	İD	385.6	105.0	45.1
				RRS	6.0	İD	869.7	173.0	31.8
				SCG	5.1	İD	576.5	134.0	44.2
				SCH	5.0	İD	871.8	122.0	37.8
17	Northridge, ABD	17.01.1994	6.70	NWS	5.3	İD	404.1	117.0	42.8
				AEG	6.0	İD	490.0	40.9	8.2
18	Aigion, Yunanistan	15.06.1995	6.33	AEG	6.0	İD	535.4	52.0	9.0
				ARC	14.0	İD	131.1	44.3	65.5
19	İzmit, Türkiye	17.08.1999	7.40	SKR	3.1	KY	399.3	80.3	209.7
				GBZ	11.0	İD	256.8	41.4	33.6
				GBZ	11.0	KY	142.7	28.7	32.0
				TCU052	0.8	KY	496.8	270.0	853.9
20	Chi-Chi, Tayvan	20.09.1999	7.60	TCU068	0.2	KY	459.7	380.0	1086.9
				TCU075	0.6	İD	323.4	115.0	173.0
				TCU076	2.3	İD	417.4	88.0	128.8
				TCU129	1.5	İD	981.1	68.0	127.0

Sismik kaynağa yakın yer hareketleri, yakın fay nedeniyle oluşan doğrultu titreşimi ve sıçrama titreşiminden etkilenir. Doğrultu titreşimi, fayın normal bileşeninde olur. Bölgeye doğru kırılan fay, kısa süreli ama büyük genlikli titreşim üretir. Buna ileri doğrultu titreşimi denir. İleri doğrultu titreşimleri, iki yönlü yüksek hız titreşimleri meydana getirir. İleri doğrultu titreşiminin tersine bölgeden çıkan geri doğrultu titreşimi ve nötr titreşim uzun süreli ve az genlikli olur. Fay boyunca olan kalıcı yerdeğişmelerden sorumlu tutulan sıçrama titreşimi, yanal atımlı faylarda fayın paralel bileşeninde, düşey atımlı faylarda fayın normal bileşeninde olur ve büyük tek yönlü hız titreşimleri meydana getirir[3]. Tablo 3.1’de çeşitli yakın alan depremleri verilmiştir. Depremler yaptıkları etkiye göre, ileri doğrultu etkisi(İD) ve kalıcı yerdeğiştirme(KY) olarak da sınıflandırılmıştır. Çeşitli yakın fay etkisi görülen depremlerden elde edilen hız zaman grafikleri Şekil 3.1’de gösterilmiştir.

3.2. Tarihsel Bakış

Yakın fay hareketinin ilk güçlü sismik bulguları 1955’te Benioff tarafından, 1952 Kern County California depreminde incelediği şiddet modelleriyle ortaya konmuştur. Benioff, kırılan fayın hareket eden kaynak gibi yayılmasının, kırılan bölgenin zıt uç noktalarında farklı yer hareketliliğine yol açabileceğini ve yayılmanın yönünde büyük şiddette yüksek frekans, zıt uç noktada daha az şiddette düşük frekans olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, düz bir çizgi üzerinde hareket eden radyasyon kaynağının kinematığını ve bu kaynağın dalga genliğinde ve modeller üzerinde etkilerini göstermiştir[23].

Büyük titreşim hareketlerine yapıların tepkisi, 1971 San Fernando depreminden sonra 1976’da Mahin ve 1978’de Bertero tarafından öne çıkarılmıştır. Olive View Medical Center’in güçlü titreşimler yüzünden çok büyük hasar gördüğü ve bu titreşimlerin de yakın fay yer hareketi nedeniyle meydana geldiği, hasarın sıradan yer hareketindeki gibi çok sayıda titreşimden değil de, az sayıda büyük yerdeğiştirme yüzünden olduğu ve yönetmeliklere göre tasarlanan kısa periyotlu yapıların yakın fay yer hareketliliğinden dolayı çok büyük süneklik talebine maruz kaldıkları, dolayısıyla aktif fay yakınlarındaki yapılar için özel tasarım önlemleri alınmasının gerektiği sonucuna varmışlardır.

1979 Imperial Valley depreminden sonra 1987’de Anderson ve Bertero, yakın fay etkisinin yapılar üzerindeki önemini ve yapının esas periyoduyla yakın fay

kaydındaki titreşim periyodunun ilişkisinin önemini bildirdiler. Kırılmanın yönüne bağlı olarak ortaya çıkan doğrultu etkilerinin önemini vurguladılar. Çok serbestlik dereceli yapılar üzerindeki incelemeleri göstermiştir ki, eksenel yükün çok olduğu alt katlardaki süneklik talepleri önemli P-delta etkisine neden olabilmektedir. Yakın fay yer hareketine maruz kalan yapılar için tasarım spektrumunun orta-periyot kısmının değişmesi gerektiğini önerdiler. Yakın fay etkileri, 1994 Northridge ve 1995 Hyogoken Nanbu (Kobe) depremlerinde yerleşim bölgelerinde yapısal hasarların neden olduğu büyük kayıplar nedeniyle tanındı.

1995 senesinde Hall ve arkadaşları dalga yayılma teorisini, binaların yakın fay yer hareketliliğine tepkisini ölçmek için kullandılar. Onlar da, yakın fay yer hareketliliğinin zarar verici etkilerini ve mevcut kodun yetersizliğini belirttiler. Iwan, 1997 senesinde, yakın fay yer hareketliliğine maruz kalan çok serbestlik dereceli yapıların sapma spektrumunu (planlanan maksimum kat sapması - yapı periyotu) elde etti.

Yakın fay yer hareketliliğine maruz kalan yapıların performansını düzelterek, yakın fay etkilerini azaltmayı hedefleyen çeşitli çalışmalar yapıldı. Hall (1995), Makris ve Chang(2000), yapıları yakın fay ve titreşim tipi yer hareketinden korumak için temel izolasyonun verimliliğini incelediler. Ümit verici sonuçlar olmasına rağmen, yakın fay yer hareketliliğinin şiddetli titreşiminin yarattığı büyük yerdeğiştirmeler bir çok zorluklara neden olmaktadır. Anderson (1999), perde ve yanal kuvvetlendirici sistemlerle güçlendirilmiş birkaç yüksek betonarme ve çelik çerçevenin performansını değerlendirdi. Uzun periyotlu yapılar şiddetli titreşim tipi yer hareketine maruz kaldığında, geleneksel stratejiler (örneğin perde kullanarak sistemin rijitliğini ve/veya dayanıklılığını arttırmak gibi) verimli olmamakta çünkü, rijitliğin artması sistemin periyodu kısaltmakta ve bu da spektral ivme değerini arttırmaktadır. Ancak, viskoz sönümleyici gibi enerji sönümleyici cihazlarının yakın fay yer hareketliliğine karşı korumada daha etkili bir teknik olduğunu belirtmişlerdir[23].

3.3. Doğrultu Titreşimi

Geçmiş depremlerdeki kayıtlar, kırılan fayın yakınındaki bölgelerdeki yer hareketliliğinin, doğrultu titreşimi adı verilen büyük bir enerji içerdiğini ortaya çıkarmaktadır[24]. Yakın fay kayıtlarının en önemli karakteristik özelliği doğrultu

etkisinden ortaya çıkan büyük hız titreşimleridir. Titreşimler, yakın fay kayıtlarının ivme ve yerdeğiştirme izlerinde de bulunabilir, ancak hız titreşimi mühendislik açısından daha önemlidir. Titreşim sırasında hem hız hem yerdeğiştirme büyük olduğu zaman, deprem yapılarında potansiyel ciddi hasara neden olur. Yüksek hız titreşimi olmadığında, büyük yerdeğiştirmenin hasar potansiyeli de çok olmamaktadır[1].

Doğrultu titreşimi 3 şekilde sınıflandırılır.

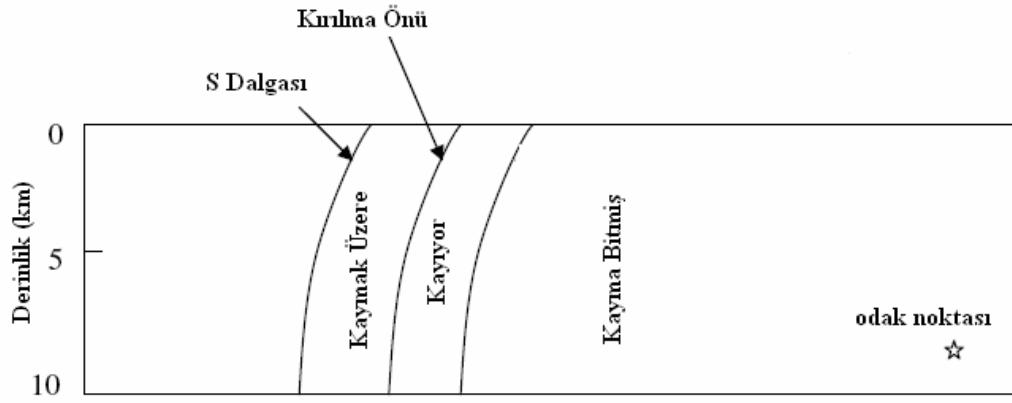
- İleri doğrultu titreşimi
- Geri doğrultu titreşimi
- Nötr titreşim

İleri doğrultu titreşimi, hem kırılmanın hem de faydaki kaymanın yönü bölgeye doğru olduğu zaman oluşmaktadır. Bu titreşimin oluşma nedeni, fayın kırılma hızının kaynağa yakın olan zeminin kayma dalgası hızına değer olarak yakın olmasıdır. Şekil 3.2’de görüldüğü gibi yanal atımlı fayda, kırılma odak noktasından uzaklaşıp bölgeye doğru yayıldığında, enerji, fay boyunca her kayma bölgesinden çıkıp kırılmanın olacağı yerin önünde birikir. Kırılma, kayma dalgasının hızının yaklaşık %80’i hızında yayılır. Dalga, deprem kaydının başında, büyük titreşim hareketi olarak gelir ve normal atım doğrultusunda polarize olur. Titreşim hareketinin özellikleri kısa süreli, orta veya uzun periyotlu ve büyük genlikte olmasıdır.

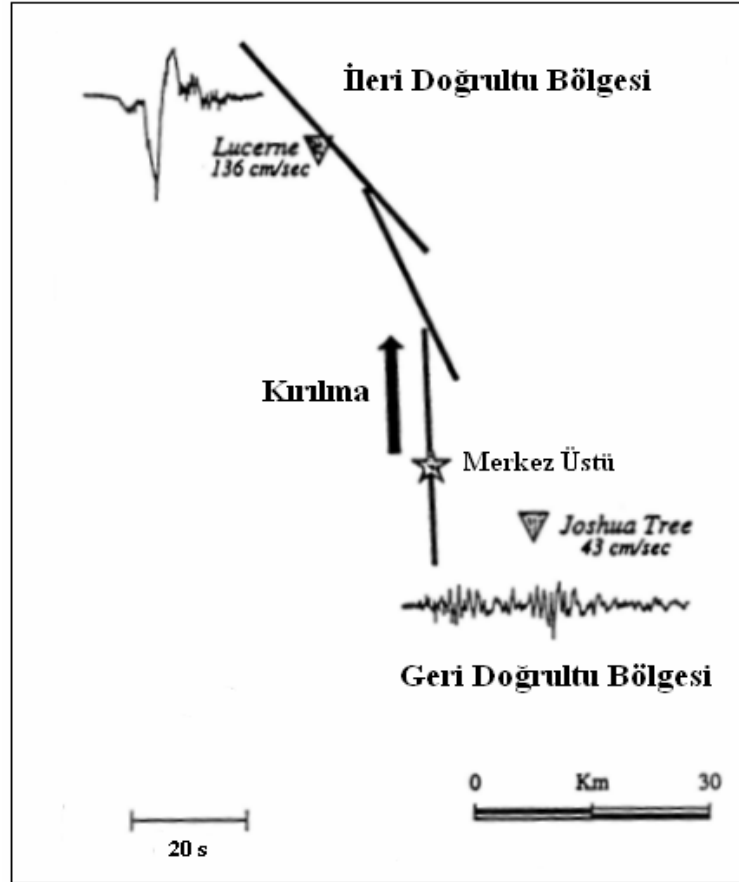
Eğer bir bölge merkez üstüne yakınsa, yani kırılma bölgeden çıkıyorsa, sismik dalgaların gelişi zamana yayılır. Bu duruma geri doğrultu titreşimi denir. Bu titreşim hareketinin özelliği, uzun süreli ve düşük genlikli olmasıdır. Nötr doğrultu titreşimi fayın kırılma yüzeyine ve merkez üstüne dik olan bölgelerde olur[1,3]. Doğrultu titreşimi, yanal atımlı ve düşey atımlı fayların normal bileşeninde ortaya çıkar. Yanal atımlı faylarda doğrultu etkilerinin odak noktasından uzak bölgelerde olmasının nedeni, kayma dalgaları bölgeye doğru ilerledikçe enerji oluşmasıdır. Düşey atımlı fayın ürettiği ileri doğrultu titreşimi ise, fayın yüzeyinin etrafındaki bölgelerde olmaktadır. Fayın geometrisi her ne kadar iyi bilinse de, kırılmanın yönü tahmin edilememektedir. [24].

Şekil 3.3’te ileri ve doğrultu bölgelerinin yeri gösterilmektedir. Şekle baktığımızda Lucerne İstasyonu merkez üstünden uzakta ve faya yakındır. Fayın kırılması Lucerne

İstasyonu yönüne doğru olmuştur. Lucerne İstasyonu'nun bulunduğu bölgeye ileri doğrultu bölgesi denir. Bu istasyondan elde edilen hız-zaman kaydında hızın



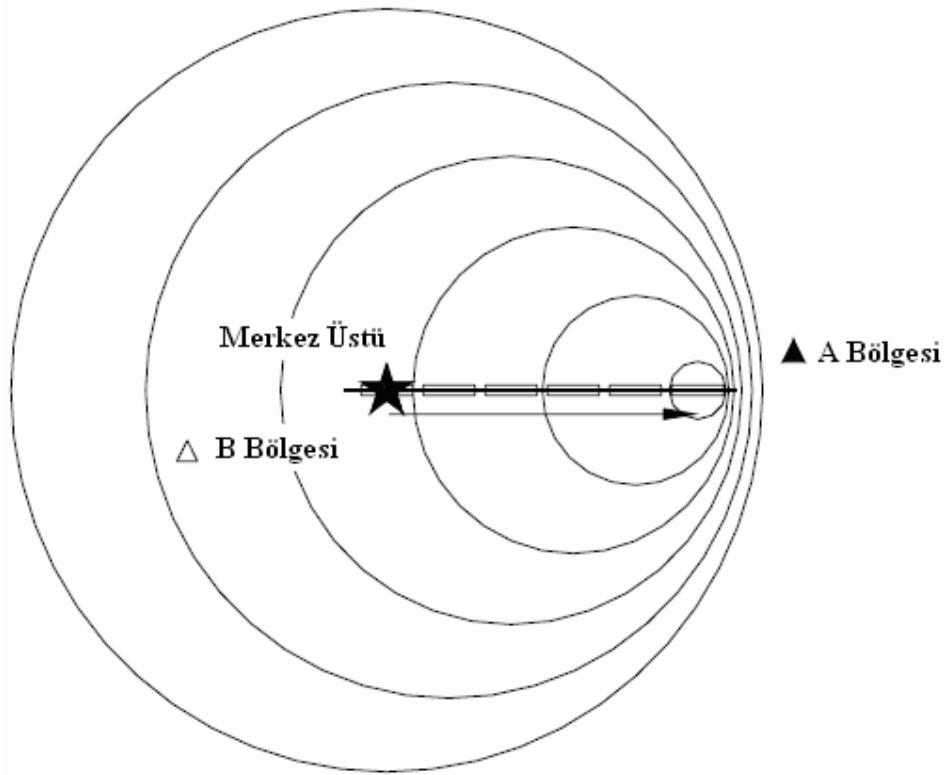
Şekil 3.2 : Yanal Atımlı Fayın Kırılma – Doğrultu Etkisinin Şematik Diyagramı



Şekil 3.3 : İleri ve Geri Doğrultu Bölgesinin Gösterimi

136cm/sn'ye kadar çıktığı görülmüştür. Joshua Tree İstasyonu ise odak noktasına yakındır ve kırılma o bölgeden çıkmıştır. Bu bölgeye ise geri doğrultu bölgesi denir. Joshua Tree İstasyonu'ndan elde edilen hız-zaman kaydında maksimum hız 43cm/sn olmaktadır.

Doğrultu titreşimi Şekil 3.4'te Abrahamson(1998) tarafından önerilen modelle gösterilmiştir. Kırılma, merkez üstünden başlayarak A bölgesine doğru okun yönündedir. Kayma dalgasının hızı kırılmanın hızına yakın olduğu için, ileri doğrultu titreşimi kısa zaman periyodunda meydana gelir. Fay dilimlerinden yayılan sismik enerji A bölgesine hemen hemen aynı zamanda varmaktadır, bu da büyük genlikli, kısa süreli kayıtlara yol açmaktadır. Modelde görüldüğü gibi, B bölgesine dalgaların geliş süresi daha uzundur, dolayısıyla B bölgesindeki kayıt uzun süreli, fakat hız titreşimi düşük olmaktadır[24].

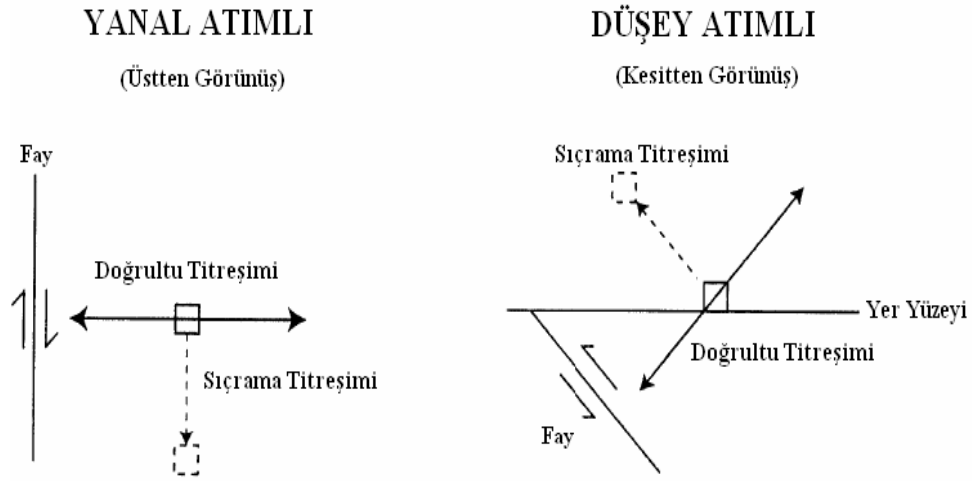


Şekil 3.4 : Kırılma Sağa Doğru Olurken Doğrultu Titreşiminin Birikmesi

3.4. Sıçrama Titreşimi

Fay yakını deprem hareketlerinden elde edilen deprem kayıtlarında, örneğin 1999 Kocaeli ve Chi Chi depremlerinde, depremin olduğu bölgedeki statik deformasyonun

neden olduğu kalıcı yerdeğişiklikler vardır. Bu yerdeğişikliklere sıçrama titreşimi denir. Bir başka deyişle, sıçrama titreşimi tektonik yerdeğişikliklerin neden olduğu kuvvetli hız titreşimidir. Sıçrama titreşimi kayan fayın yönünde olur ve dolayısıyla doğrultu titreşimi diye tanımlanan dinamik yerdeğişikliklerle eşleştirilemez. Statik yerdeğişikliklerin sonucu olan sıçrama titreşimi, hız-zaman grafiğinde tek yönlü hız titreşimiyle, yerdeğişiklik-zaman grafiğinde ise tek yönlü sıçramayla tanımlanır. Şekil 3.5’te görüldüğü gibi, yanal atımlı faylarda, doğrultu titreşimi fayın normal bileşeninde, sıçrama titreşimi ise fayın paralel bileşeninde olmaktadır. Düşey atımlı faylarda hem sıçrama titreşimi hem de doğrultu titreşimi fayın normal bileşenindedir. Durum Tablo 3.2’de özetlenmiştir. Ayrıca Şekil 3.6’da bu titreşimler zaman tanım alanında gösterilmiştir[3].



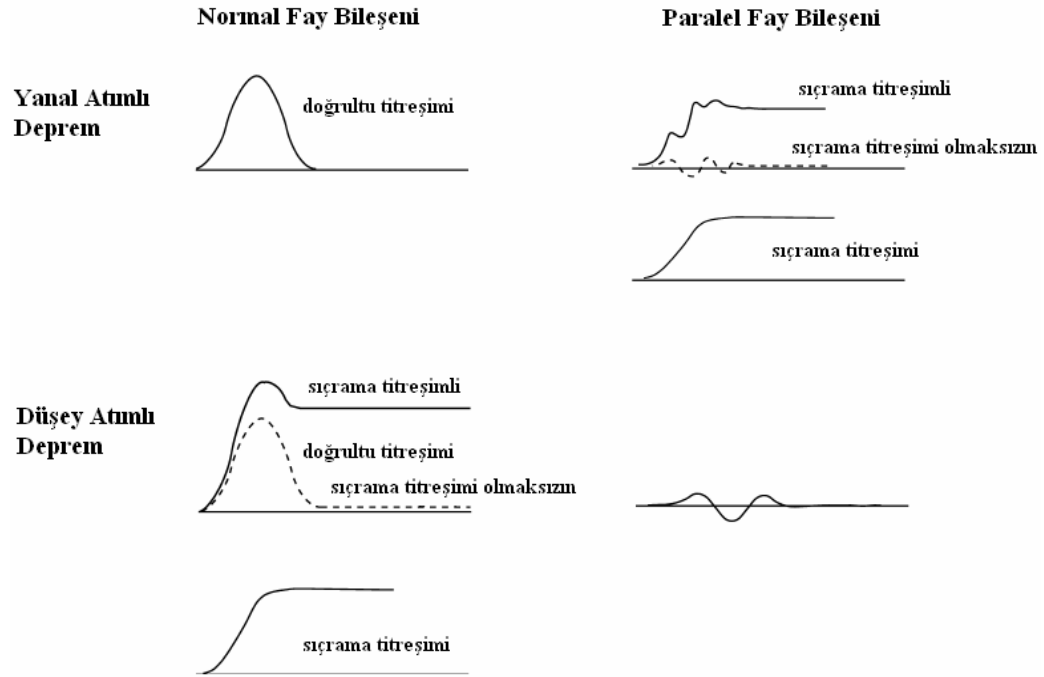
Şekil 3.5 : Yanal Atımlı ve Düşey Atımlı Faylarda Sıçrama ve Doğrultu Titreşiminin Yönleri

Tablo 3.2: Doğrultu ve Sıçrama Titreşiminin İncelenmesi

Atım	Doğrultu Titreşimi	Sıçrama Titreşimi
Yanal Atımlı	Normal Fay	Paralel Fay
Düşey Atımlı	Normal Fay	Normal Fay

Sıçrama titreşiminin yapıların üzerindeki etkisine, doğrultu titreşimine oranla daha az önem verilmektedir. Kocaeli ve Chi Chi depremleri faya yakın yapılarda, kalıcı yerdeğişikliklerin önemini göstermiştir. Birçok araştırmacı (Byerly ve DeNoyer 1958, Bonilla 1970, Bray 1994, ve Lazarte 1994) tarafından işaret edildiği gibi,

önemli yerdeğiştirmeler kırılan fayın ilk izinin uzağında olabilmektedir. Dolayısıyla sıçrama titreşimi, fayın biraz uzağındaki yapıları etkileyebilmektedir[3].



Şekil 3.6 : Zaman Tanım Alanında Yanal Atımlı ve Düşey Atımlı Faylarda Sıçrama ve Doğrultu Titreşiminin Birlikte ve Ayrı Gösterimi

3.5. Yakın Fay Hareketinin UBC–1997 ’deki Yeri

Yerleşim bölgelerinde olan depremlerin ürettiği yakın fay etkileri kaçınılmazdır. Mühendisler ve sismolojistler, 1971 San Fernando depreminden beri yakın fay hareketinin binalar üzerindeki etkilerini araştırmaktadırlar. 1994 Northridge ve 1995 Kobe depremleri kırılma bölgelerine yakın yapıların davranışı hakkında yeni bilgiler vermiştir. Bu depremlerde ortaya çıkan yakın fay etkileri, binaları, deprem yönetmeliklerinde gösterilmeyen yer sarsıntılarına maruz bırakmıştır. Yapı mühendisleri ilk olarak yakın fayın yapılar üzerindeki etkilerini incelediler ve 1997 UBC–1997 ’de tasarım faktörlerini uyguladılar[1]. UBC–1997 ’de yer alan yakın fay faktörleri, kısa periyot(ivme) faktörü N_a ve orta periyot(hız) faktörü N_v ’dir. Yakın fay faktörleri, faya 15km’den yakın mesafelerde ve üç farklı fay tipi için belirtilmiştir[3]. Bunlar Tablo 3.3, Tablo 3.4 ve Tablo 3.5’te gösterilmiştir.

UBC–1997 Şartnamesi’nde 4. derece deprem bölgesi için tasarım spektrumu “yakın kaynak faktörü”ne dayalı olarak arttırılmaktadır. Büyüklüğü 7 veya daha yüksek olan

Tablo 3.3: Kısa Periyot Faktörü N_a

Sismik Kaynak Tipi	Bilinen Sismik Kaynağa En Yakın Mesafe		
	$\leq 2\text{km}$	5km	$\geq 10\text{km}$
A	1.5	1.2	1.0
B	1.3	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0

Tablo 3.4: Orta Periyot Faktörü N_v

Sismik Kaynak Tipi	Bilinen Sismik Kaynağa En Yakın Mesafe			
	$\leq 2\text{km}$	5km	10km	$\geq 15\text{km}$
A	2.0	1.6	1.2	1.0
B	1.6	1.2	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0	1.0

Tablo 3.5: Sismik Kaynak Tiplerinin Tanımlanması

Sismik Kaynak Tipi	Sismik Kaynak Tanımı	Sismik Kaynağın Tanımlanması	
		Maksimum Moment Büyüklüğü, M	Yıllık Atım Miktarı, S(mm/yıl)
A	Büyük Manyitüde Deprem Üretebilen ve Yüksek Sismik Aktiviteye Sahip Faylar	$M \geq 7.0$	$SR \geq 5$
B	Tip A ve C Dışındaki Bütün Faylar	$M \geq 7.0$ $M < 7.0$ $M \geq 6.5$	$SR < 5$ $SR > 2$ $SR < 2$
C	Büyük Manyitüde Deprem Üretemeyen ve Düşük Sismik Aktiviteye Sahip Faylar	$M < 6.5$	$SR \leq 2$

depremler ve kayma hızı 5mm/yıl'dan daha fazla olan faylara, 2km'den daha yakın bölgeler için tasarım spektrumu kısa periyot(0.2-0.3s) bölgesinde 1.5, orta periyot bölgesinde ise 2 faktörü ile büyütülmektedir. Faya 15km veya daha fazla mesafede ise tasarım spektrumu değiştirilmemektedir. 2000 senesinde, Aagaard tarafından yapılan araştırmalar UBC-1997 Şartnamesi'nde yer alan yakın kaynak faktörünün (N_v), fay yakınlarındaki en büyük hız ve yerdeğiştirmeleri oldukça doğru olarak yansıttığını göstermektedir[25]. Ancak, Somerville'in yaptığı araştırmalara göre, arttırılmış spektruma göre tasarlanmanın bile yakın fay hareketlerinin sebep olduğu

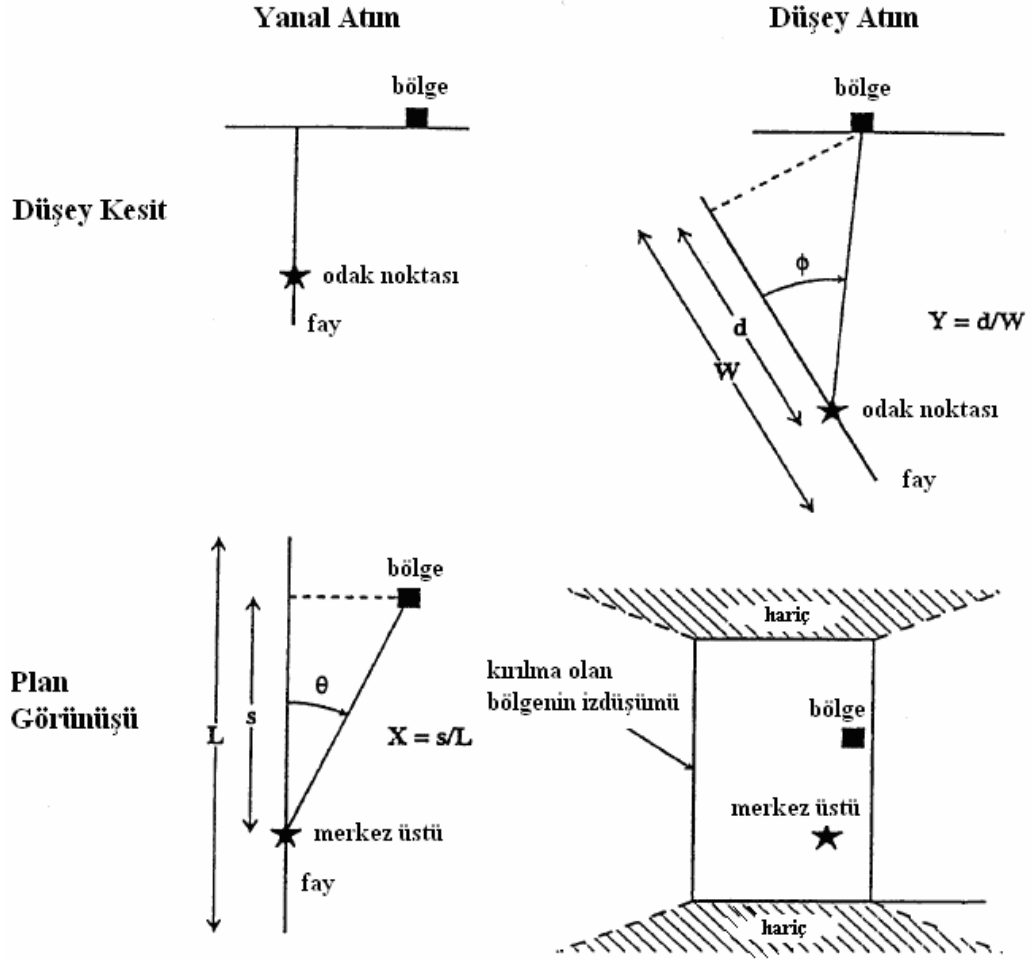
yapı tepkilerini karşılayabileceği konusunda tereddütler vardır. Faya yakın bölgelerin yerleri genelde bilindiği için, Somerville tepki spektrumunu depremin büyüklüğü, faya olan uzaklığı ve bölge durumuna bağlı olarak basitleştirilmiş titreşim halinde büyütülmesi gerektiğini belirtmiştir[24]. Ancak UBC-1997 Şartnamesi'nde yakın fay faktörünün kullanılması, yakın deprem özelliklerinin yansıtılmasından çok, en büyük yer ivmelerine (bölge faktörü) getirilen 0.4g'lik üst limitin fay yakınlarında yarattığı problemlerin çözümünü amaçlamaktadır. UBC-1997 Şartnamesi'nde yer almış olan bu noktalar, en büyük ivme sınırlaması olmayan güncel şartnamelerde (NEHRP-2000, IBC-2000 gibi) artık yer almamaktadır[25].

Yakın fay bölgelerinde hızlı yerdeğiştirme titreşimlerinin meydana getirdiği kuvvetli yer sarsıntıları ABYYHY-1998'de belirtilmemektedir. ABYYHY'nin gelecekteki yenilenmesinde yakın fay hareketi dikkate alınmalıdır[26].

3.6. Yakın Fay Hareketinin Parametrelendirilmesi

Somerville(1997), ileri ve geri doğrultu titreşimine neden olan durumları parametrelendirmiştir. Şekil 3.7'de bu parametreler gösterilmektedir.

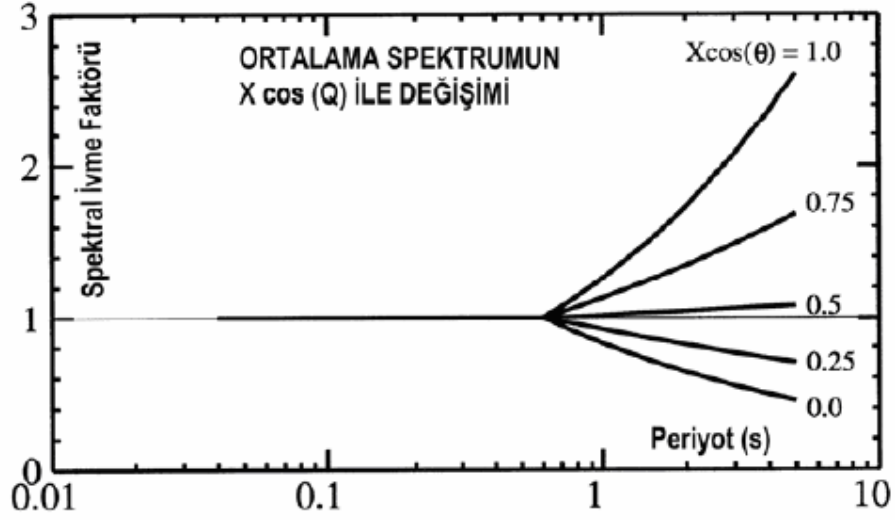
Depremin yanal atımlı veya düşey atımlı olmasına bağlı olarak doğrultu oranı ve doğrultu açısı için farklı semboller kullanılmıştır. Yanal atımlı faylarda fayın kırılma yönü ile bölgeden merkez üstüne olan uzaklığı gösteren çizgi arasındaki açı θ ile, düşey atımlı faylarda fayın kırılma yönü ile bölgeden odak noktasına olan uzaklığı gösteren çizgi arasındaki açı Φ ile gösterilmiştir. θ ve Φ açıları küçüldükçe doğrultu etkisinin oluşma riski artmaktadır. Doğrultu oranı yanal atımlı faylarda X, düşey atımlı faylarda Y ile gösterilmiştir. Doğrultu oranı odak noktası ile bölge arasındaki fayın üzerindeki mesafenin fayın uzunluğuna oranı olarak tanımlanmıştır. Yanal atımlı faylarda oran yatay olarak, düşey atımlı faylarda ise dikey olarak hesaplanır. X ve Y oranları büyüdükçe doğrultu etkisinin oluşma riski artmaktadır. Ancak, ileri doğrultu titreşimi için geometrik durumlar sağlansa da, ileri doğrultu etkileri görülmeyebilir. Eğer bir istasyon fayın sonundaysa, kırılma istasyona doğru oluyorsa ve atım istasyonun olduğu bölgedeysen bu durum gerçekleşebilir[3].



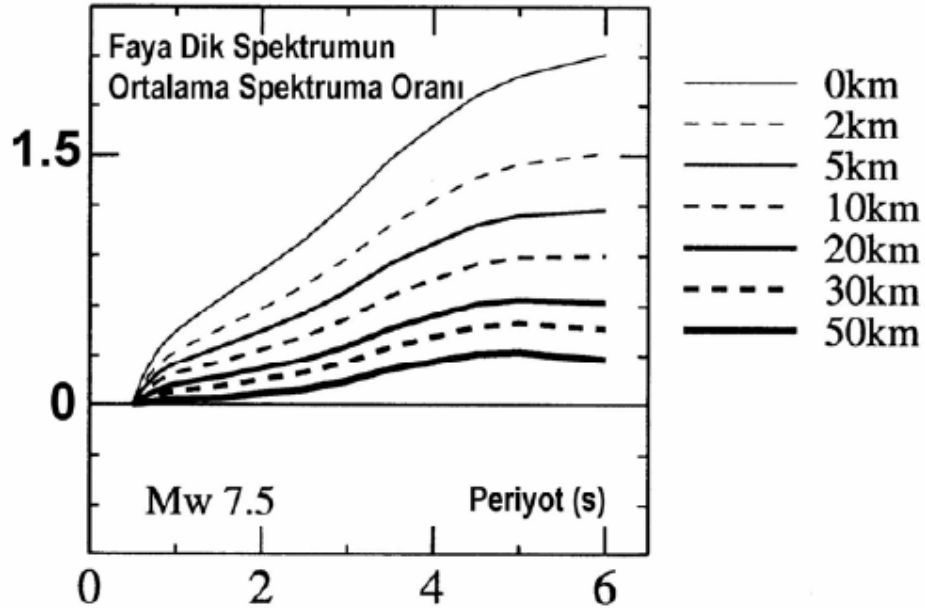
Şekil 3.7 : Doğrultu Titreşiminin İfade Edilmesinde Kullanılan Parametreler

Somerville(1997), davranış spektrumlarının fay yakınındaki deprem yer hareketi özelliklerini yansıtacak şekilde modifikasyonu için ampirik verilere dayalı bir yöntem önermiştir. Şekil 3.8’de fay hattı, deprem merkezüstü ve ilgili bölgenin geometrik özelliklerine bağlı olarak, periyodun yaklaşık 0.6 saniyeden büyük olduğu bölgelerde ortalama spektrum genlikleri için büyütme faktörleri verilmektedir. Bu faktör 5-6 saniye periyotları için 2.6 mertebesine ulaşmaktadır.

Şekil 3.9’da, verilen deprem büyüklüğü, periyot ve fay uzaklığı için faya normal yöndeki deprem spektrumu ile ortalama deprem spektrumu arasındaki oranlar sunulmaktadır. Bu oranlar 0.6 saniyelik periyot değerinden sonra artmaya başlayarak 6 saniye civarında 1.6’ya ulaşmaktadır[25].



Şekil 3.8 : Spektrum Büyütme Faktörleri



Şekil 3.9 : Faya Normal Yöndeki Deprem Spektrumu ile Ortalama Deprem Spektrumu Arasındaki Oranlar

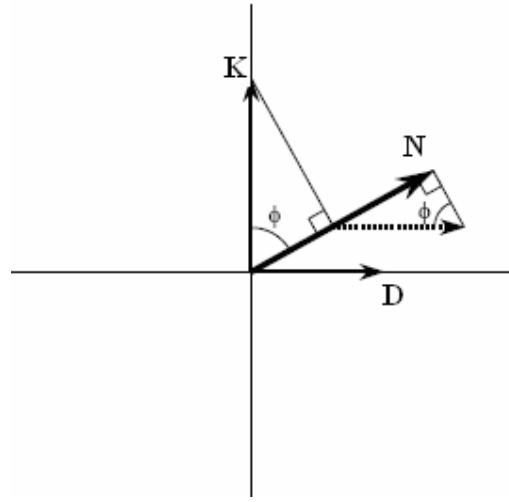
3.7. Normal ve Paralel Fay Bileşenine Dönüştürme

Yakın fay bölgesinde fayın paralel ve normal bileşenlerinin dinamik ve statik hareketleri belirgin olarak birbirinden farklılıklar göstermektedir. Yakın fay hareketlerini vektörel olarak da değerlendirmek gerekir. Vektör olarak değerlendirmenin en kolay yolu yakın fay hareket kayıtlarını normal ve paralel bileşenlerine ayırmak ve arşivlenmektir. Deprem datalarının normal ve paralel fay

yönüne dönüştürülmesi basit bir vektör dönüşümü ile yapılabilir. Kaydedilmiş kuzey (K) ve doğu (D) bileşenlerinin paralel (P) ve normal (N) fay bileşenlerine dönüştürülmesi (3.1) ve (3.2)'de verilen formüller ile olmaktadır. Φ normal fay bileşeni ile kuzey yönünün arasında kalan açıdır[27]. Şekil 3.10'da ivmeölçerler kuzey ve doğuya yönlendirildiğinde ivmenin normal fay yönünde olması gösterilmektedir.

$$P = K \cos \Phi + D \sin \Phi \quad (3.1)$$

$$N = -K \sin \Phi + D \cos \Phi \quad (3.2)$$

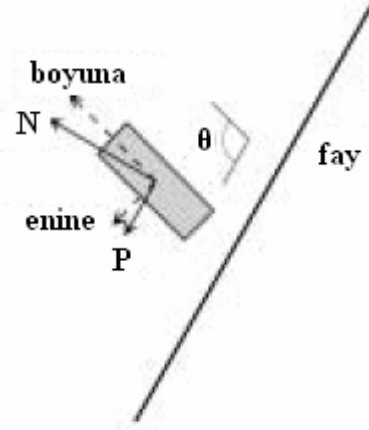


Şekil 3.10 : İvmeölçerler Kuzey ve Doğuya Yönlendirildiğinde İvmenin Normal Fay Yönünde Olması

Fay yakını bir bölgedeki yapının analizi yapılacağı zaman yakın fay hareketinin deprem dataları kullanılacaksa, bölgedeki fayın atımına göre normal ve paralel fay bileşenlerinin yönlendirilmesi gerekir. Normal ve paralel fay bileşenleri boyuna ve enine bileşenlere dönüştürülebilir. Yapı ile fay arasındaki açı θ ise, denklem (3.3) ve (3.4) denklemleri ile normal ve paralel fay bileşenlerinden boyuna ve enine deprem dataları elde edilebilir. Fay bileşenlerinin yapıda enine ve boyuna yönlere dönüştürülerek deprem dataları elde edilmesi Şekil 3.11'da gösterilmektedir.

$$\text{boyuna} = P \cos \theta + N \sin \theta \quad (3.3)$$

$$\text{enine} = P \sin \theta - N \cos \theta \quad (3.4)$$

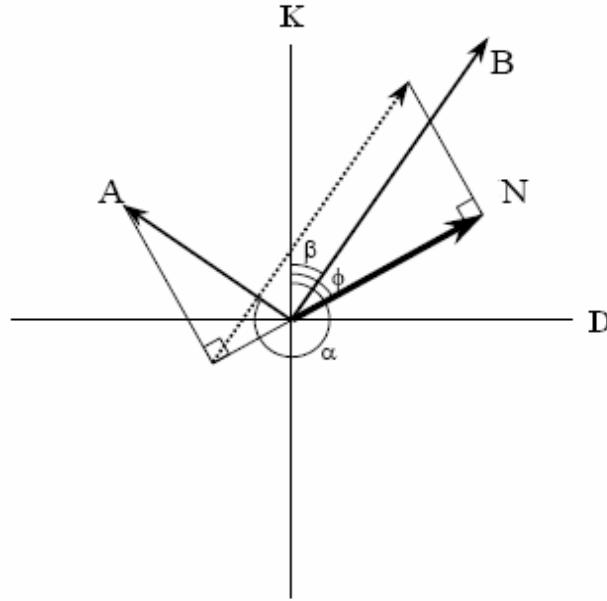


Şekil 3.11 : Fay Bileşenlerinin Yapıda Enine ve Boyuna Yönlere Dönüştürülerek Deprem Dataları Elde Edilmesi

Eğer ivmeölçerler kuzey-güney ve doğu-batı yönünde değilse, döndürme biraz daha zorlaşmaktadır. Örneğin, A ivmeölçeri ivmeyi α açısında ve B ivmeölçeri ivmeyi β açısında ölçüyorsa, α ve β açıları birbirine dikse, o zaman normal fay yönündeki ivme

$$N = A \cos (\Phi - \alpha) + B \cos (\Phi - \beta) \quad (3.5)$$

olarak bulunur. Bu durum Şekil 3.12’de gösterilmektedir.



Şekil 3.12 : İvmeölçerler Birbirlerine Dik Olduklarında İvmenin Fayın Normal Bileşeninde Elde Edilmesi

İvmeölçerler birbirlerine dik konumda olmayabilirler. Bu durumda;

$$C_x = C_y * \tan(\alpha + \pi / 2) + A * \sin(\alpha) - A * \cos(\alpha) * \tan(\alpha + \pi / 2) \quad (3.6)$$

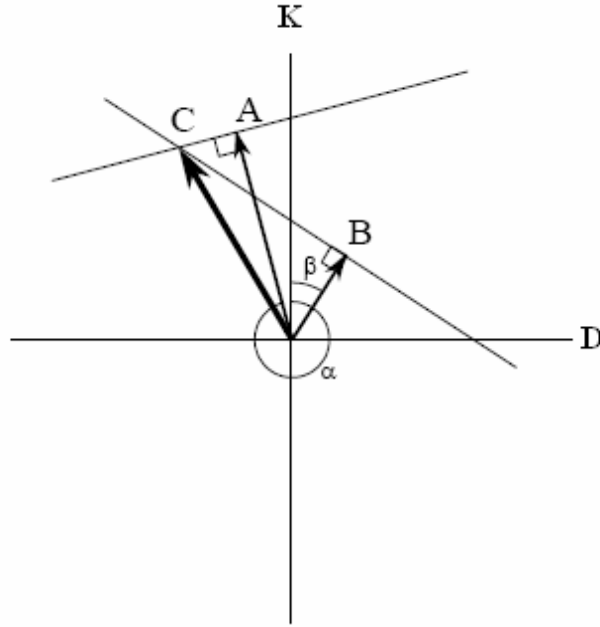
$$C_x = C_y * \tan(\beta + \pi / 2) + B * \sin(\beta) - B * \cos(\beta) * \tan(\beta + \pi / 2) \quad (3.7)$$

denklemleri kullanılmaktadır.

Denklem (3.6) ve (3.7) çözümlü C_x ve C_y elde edilir. Daha sonra herhangi bir yöndeki ivme;

$$N = C_y * \cos(\Phi) + C_x * \sin(\Phi)$$

denklemiyle hesaplanır. Bu durum Şekil 3.13'te gösterilmektedir[1].



Şekil 3.13 : İvmeölçerler Birbirlerine Dik Konumda Olmadığı Durumda Herhangi Bir Yöndeki İvme Datasının Bulunması

4. UYGULAMALAR

4.1. Yakın Fay Etkisi İçeren Deprem Elde Edilmesi

Bu bölümde gerçek deprem değerleri kullanılarak yakın fay etkisi gösteren yapay deprem üretilmiştir. Öncelikle Nicos Makris ve Shih-Po Chang'ın "Sismik İzolasyonlu Yapıların Davranışında Viskoz, Viskoplastik ve Sürtünmeli Sönümün Etkileri" adlı makalesindeki fiziksel olarak gerçekleştirilebilen darbe titreşimleri elde edilmiş ve bu titreşimlerin yakın kaynaklı depremlere olan benzerlikleri gösterilmiştir. Daha sonra ise Türkiye'de olan bazı deprem kayıtlarından bu darbe titreşimleri elde edilmiştir. Önce Lucerne Valley İstasyonu'nda kaydedilen 18 Haziran 1992 tarihli Landers depremi, El Centro İstasyonu'nda kaydedilen 15 Ekim 1979 Imperial Valley depremi, Rinaldi ve Sylmar İstasyonları'nda kaydedilen 17 Ocak 1994 Northridge depremi incelenmiştir. Daha sonra 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi Yarımca kaydı, Sakarya kaydı, Düzce kaydı, 12 Kasım 1999 Düzce depremi Bolu kaydı ve 13 Mart 1992 Erzincan depremi incelenmiştir.

Yakın fay etkisini gösteren üç çeşit darbe titreşimi vardır. Bunlar Tip-A, Tip-B ve Tip-C_n olarak isimlendirilmiştir. Tip-A darbe titreşimi hız – zaman grafiğindeki ileri hareketi, Tip-B darbe hareketi hız – zaman grafiğindeki ileri-geri hareketi, Tip-C_n darbe hareketi ise yerdeğiştirme – zaman grafiğindeki n adet darbe titreşimi ifade etmektedir. Darbe titreşimleri, çoğu yakın kaynaklı yer hareketinin yerdeğiştirme ve hız kayıtlarının kinematik karakteristiklerinin gösterir. Bunun nedeni ise, çoğu yakın kaynaklı yer sarsıntılarında, uzun süreli titreşimden daha ön planda yüksek frekanslı dalgalanmalar olmasıdır[9].

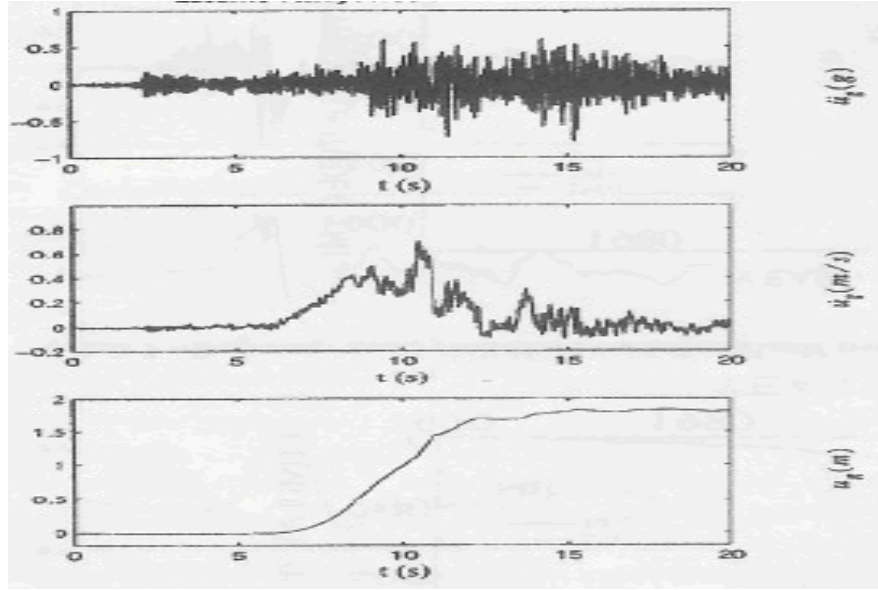
$$a(t) = \omega_p * v_p/2 * \sin(\omega_p t), \quad 0 \leq t \leq T_p \quad (4.1)$$

$$v(t) = v_p/2 - v_p/2 * \cos(\omega_p t), \quad 0 \leq t \leq T_p \quad (4.2)$$

$$x(t) = v_p/2 * t - v_p/(2\omega_p) * \sin(\omega_p t), \quad 0 \leq t \leq T_p \quad (4.3)$$

İleri hareketi ifade eden Tip-A darbe titreşiminin ivme, hız ve yerdeğiştirme kayıtlarını bulmamız için gereken formüller (4.1), (4.2) ve (4.3)'te verilmektedir.

Lucerne Valley İstasyonu'nda kaydedilen 18 Haziran 1992 tarihli Landers depreminin ivme, hız ve yerdeğiştirme kayıtları Şekil 4.1.'de gösterilmektedir.

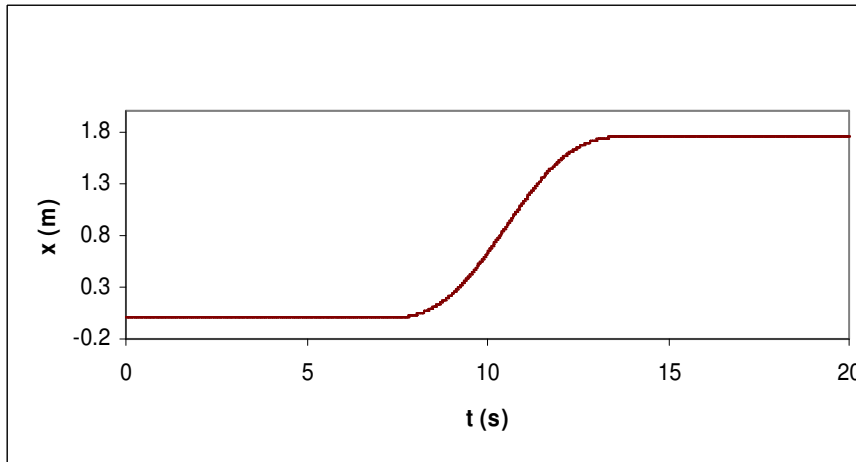
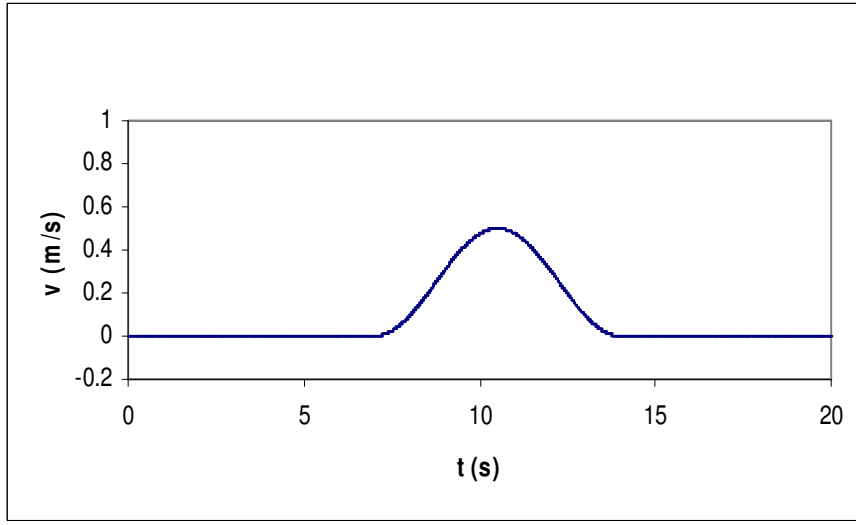
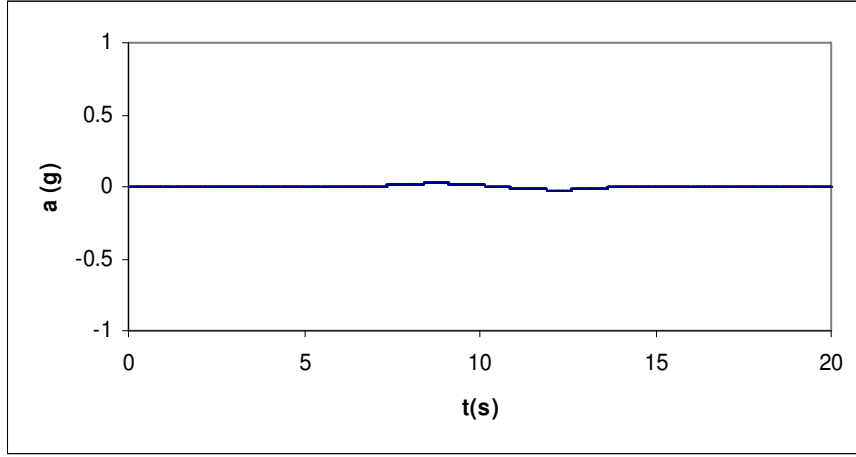


Şekil 4.1 : 18 Haziran 1992 Tarihli Landers Depreminin Lucerne Valley İstasyonu'nda Kaydedilen Paralel Fay Bileşeninin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri

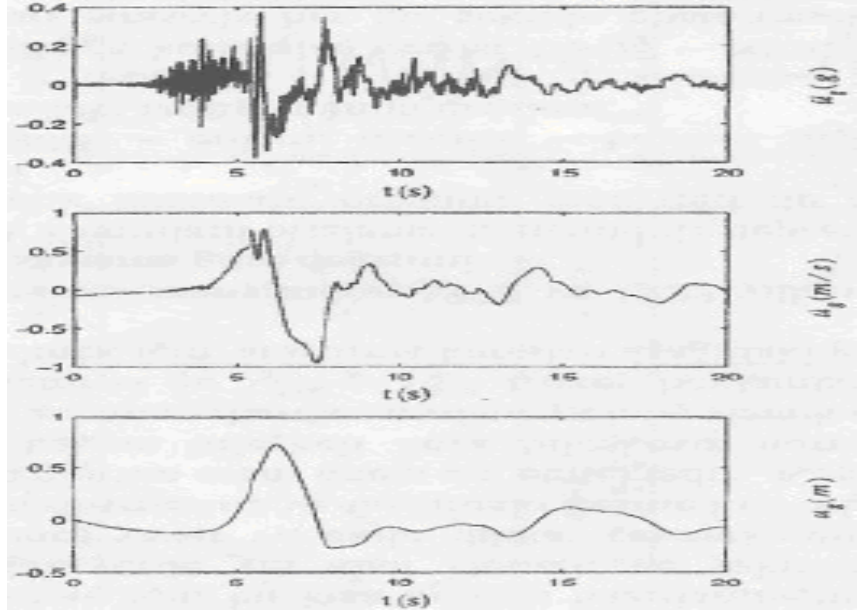
Şekil 4.1'den görüldüğü gibi deprem 1.8 metre ileri yerdeğiştirmeye neden olmuştur. Yerdeğiştirmenin çoğundan sorumlu olan uzun süreli titreşim, hız kaydında ayırt edilebilmektedir. İvme kaydında bir sürü yüksek frekanslı sivrilik vardır, fakat bu titreşimin ivme kaydından ayırt edilmesi zordur[9].

Şekil 4.2'de bu depremin (4.1), (4.2) ve (4.3)'teki formüllerle elde edilen Tip-A darbe titreşiminin ivme, hız ve yerdeğiştirme kayıtları görülmektedir. Şekil 4.2.'yi oluştururken $T_p = 7.0$ s ve $v_p = 0.5$ m/s değerleri kullanılmıştır. Bunlar asıl titreşimin zaman ve hız büyüklüğüne yakın değerlerdir. Şekil 4.2'de basit bir sinüs titreşiminin Lucerne Valley İstasyonu'nda kaydedilen hareketin karakteristik özelliklerini yakalayabildiği gösterilmektedir. Öte yandan, elde edilen ivme büyüklüğü, $a = \omega_p \cdot v_p / 2 = 0.045g$, kaydedilen pik ivmeden daha küçüktür.

Şekil 4.3'te 15 Ekim 1979 Imperial Valley depreminin El Centro İstasyonu'nda kaydedilen normal fay hareketlerinin ivme, hız ve yerdeğiştirme kayıtları gösterilmektedir.



Şekil 4.2 : 18 Haziran 1992 Tarihli Landers Depreminin Lucerne Valley İstasyonu'nda Kaydedilen Paralel Fay Bileşenlerinin Tip-A Darbe Titreşiminin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri



Şekil 4.3 : 15 Ekim 1979 Imperial Valley Depreminin El Centro İstasyonu'nda Kaydedilen Normal Fay Bileşenlerinin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri

Bu hareket 3.2 saniye süren ileri-geri titreşime neden olmuştur. Bu durumda uzun süren titreşim sadece hız ve yerdeğiştirme kayıtlarında değil, aynı zamanda ivme kayıtlarında da ayırt edilebilmektedir.

İleri-geri hareketi ifade eden Tip-B darbe titreşiminin ivme, hız ve yerdeğiştirme kayıtlarını bulmamız için gereken formüller (4.4), (4.5) ve (4.6)'da gösterilmektedir.

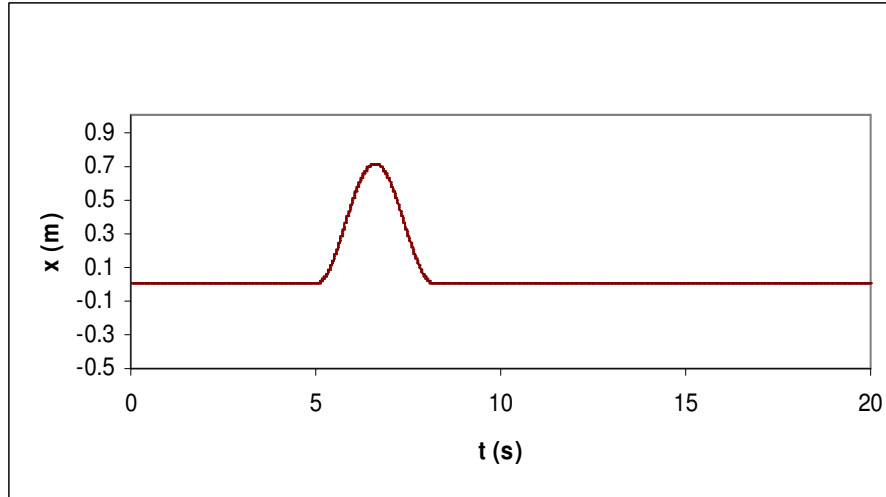
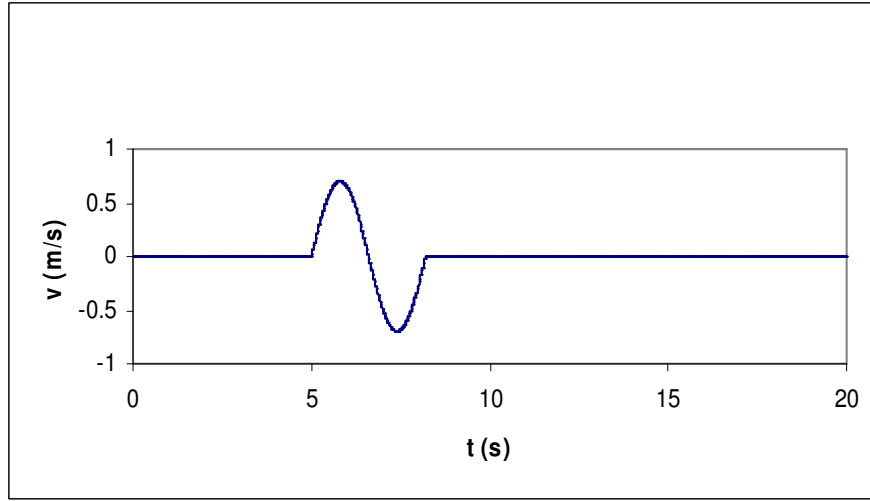
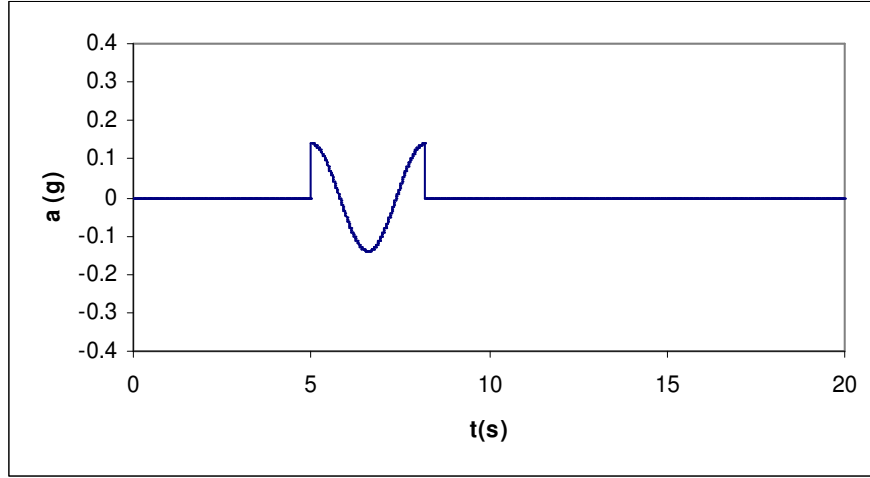
$$a(t) = \omega_p * v_p * \cos(\omega_p t), \quad 0 \leq t \leq T_p \quad (4.4)$$

$$v(t) = v_p * \sin(\omega_p t), \quad 0 \leq t \leq T_p \quad (4.5)$$

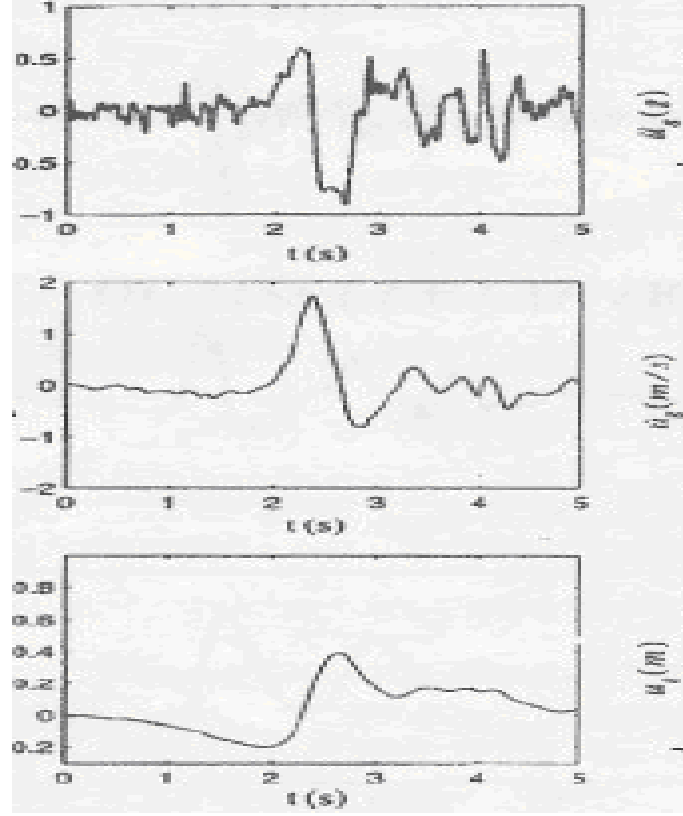
$$x(t) = v_p / \omega_p - v_p / \omega_p * \cos(\omega_p t), \quad 0 \leq t \leq T_p \quad (4.6)$$

Şekil 4.4'ü oluştururken kaydedilen hareketlerin titreşim süresinin ve hız büyüklüğünün yaklaşık değerleri olarak $T_p = 3.2$ s ve $v_p = 0.7$ m/s kullanılmıştır.

Şekil 4.5'te, 17 Ocak 1994 Northridge depreminin Rinaldi İstasyonu'nda kaydedilen normal fayın ivme, hız ve yerdeğiştirme bileşenlerinin kayıtlarını gösterilmektedir. Bu hareket kısmi iyileşme gösteren ileri zemin yerdeğiştirmesine neden olmuştur. Hız kaydında büyük pozitif titreşim ve zemin yerdeğiştirmesinin kısmi iyileşmesine neden olan daha küçük pozitif titreşimi yer almaktadır.



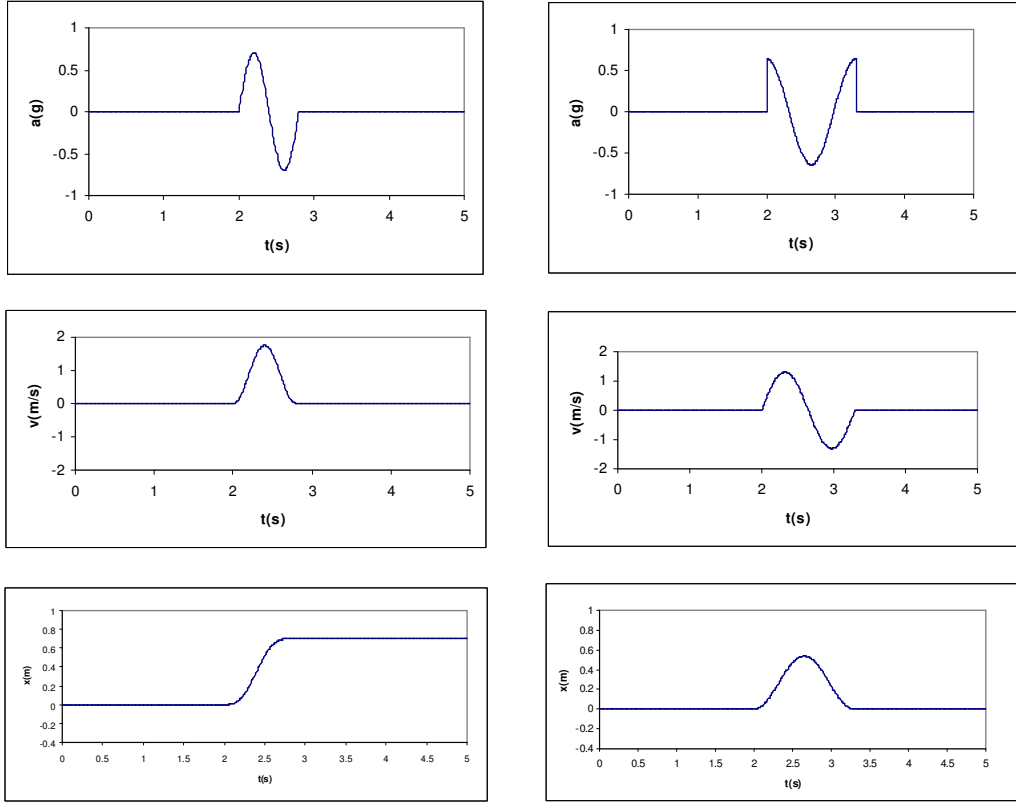
Şekil 4.4 : 15 Ekim 1979 Imperial Valley Depreminin El Centro İstasyonu'nda Kaydedilen Normal Fay Bileşenlerinin Tip-B Darbe Titreşiminin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri



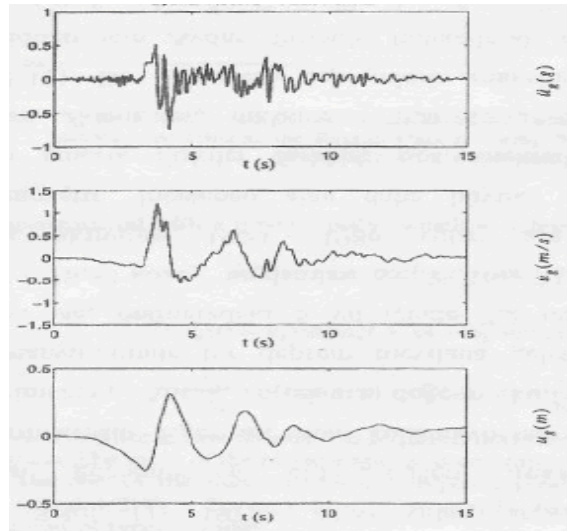
Şekil 4.5 : 17 Ocak 1994 Northridge Depreminin Rinaldi İstasyonu'nda Kaydedilen Normal Fay Bileşenlerinin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri

Rinaldi İstasyonu'nda kaydedilen normal fayın bileşenleri ileri ve ileri-geri titreşim arasında özellik göstermektedir. (4.1), (4.2) ve (4.3)'teki Tip-A darbe titreşimi formüllerini kullanılarak Şekil 4.6(sol), (4.4), (4.5) ve (4.6)'daki Tip-B darbe titreşimi formülleri kullanılarak Şekil 4.6(sağ) bulunmuştur. Tip-A darbe titreşimlerini elde etmek için $T_p = 0.8$ s ve $v_p = 1.75$ s, Tip-B darbe titreşimlerini elde etmek için $T_p = 1.3$ s ve $v_p = 1.3$ s alınmıştır.

Her yakın kaynaklı deprem kayıtları ileri veya ileri-geri titreşim değildir. Şekil 4.7'de 17 Ocak 1994 Northridge depreminin Slymar İstasyonu'nda kaydedilen yakın fay bileşenlerinin ivme, hız ve yerdeğiştirme kayıtları gösterilmektedir. Yerdeğiştirme kaydı asıl olarak, ilki en büyüğü, ikincisi ise zayıflayan olmak üzere iki uzun periyotlu titreşimden oluşmaktadır. Uzun periyotlu titreşimler hız kayıtlarında da gözükmemektedir, ayrıca pozitif titreşimin büyüklüğü negatif titreşimin büyüklüğünden daha fazladır.



Şekil 4.6 : 17 Ocak 1994 Northridge Depreminin Rinaldi İstasyonu'nda Kaydedilen Normal Fay Bileşenlerinin Tip-A Darbe Titreşimleri(Sol) ve Tip-B Darbe Titreşimlerinin(Sağ) İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri



Şekil 4.7 : 17 Ocak 1994 Northridge Depreminin Slymar İstasyonu'nda Kaydedilen Normal Fay Bileşenlerinin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri

Hız ve yerdeğiştirme kayıtlarının birden daha fazla titreşim gösterdiği yakın fay hareketleri Tip-C_n titreşimlerle benzetilmektedir. Tip-C_n darbe titreşim formülleri aşağıda verilmektedir.

$$a(t) = \omega_p * v_p * \cos(\omega_p t + \varphi), \quad 0 \leq t \leq (n + 0.5 - \varphi/\pi)T_p \quad (4.7)$$

$$v(t) = v_p * \sin(\omega_p t + \varphi) - v_p * \sin(\varphi), \quad 0 \leq t \leq (n + 0.5 - \varphi/\pi)T_p \quad (4.8)$$

$$x(t) = v_p/\omega_p * \cos(\omega_p t + \varphi) - v_p t * \sin(\varphi) + v_p/\omega_p * \cos(\varphi), \quad 0 \leq t \leq (n + 0.5 - \varphi/\pi)T_p \quad (4.9)$$

Bu terimleri çıkarırken deprem kayıtlarında hız ve yerdeğiştirme sinyallerinin ayırt edilir olması gerekmektedir. Faz açısının değeri, φ , titreşimin sonunda yerdeğiştirmenin sıfır olmasıyla bulunmaktadır.

$$\omega_p = 2\pi / T_p \quad (4.10)$$

frekanslı bir Tip-C_n darbe hareketinin süresi

$$T = (n+1/2)*T_p - 2*\varphi/\omega_p = (n+1/2-\varphi/\pi)*T_p \quad (4.11)$$

olmaktadır.

Tip-C_n'nin sonunda sıfır zemin yerdeğiştirmesi almak için

$$\int_0^{(n+0.5 - \varphi/\pi)T_p} v(t) dt = 0 \quad (4.12)$$

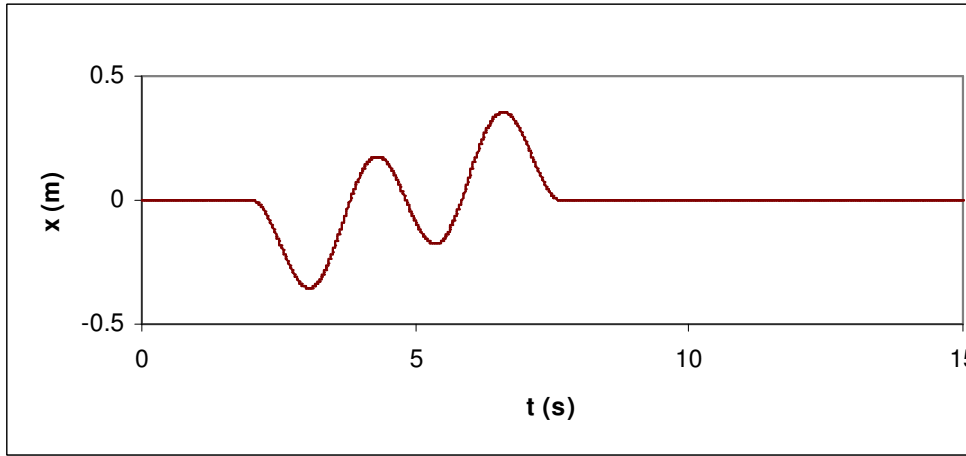
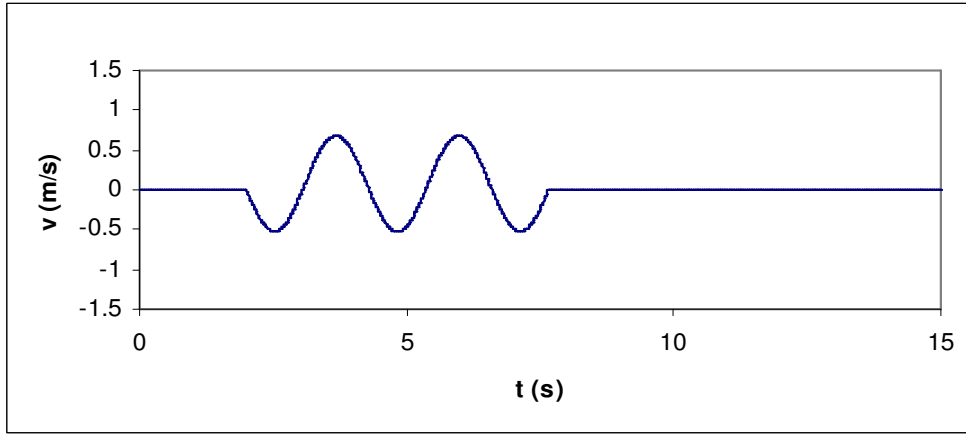
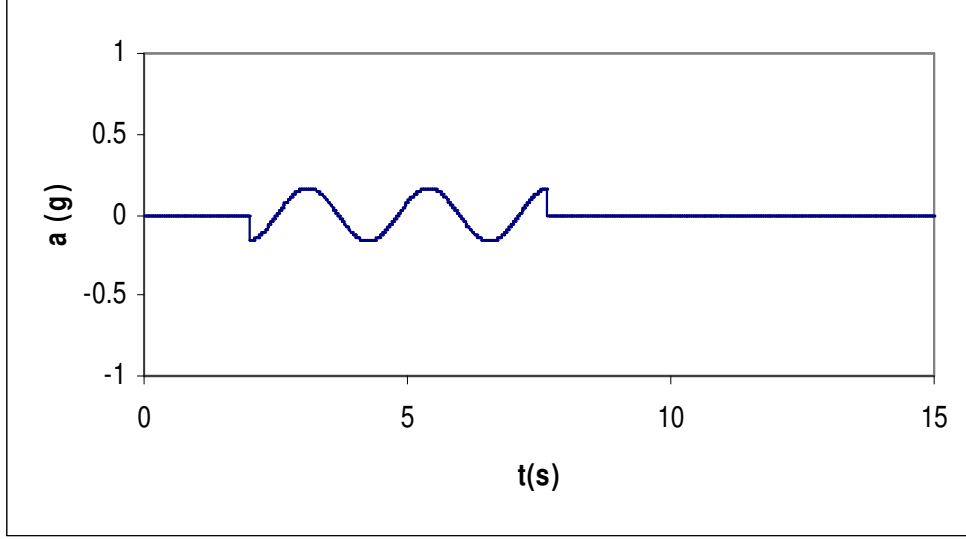
integrali incelenir. Denklem (4.12) bize denklem (4.13)'ü vermektedir.

$$\cos((2n + 1)\pi - \varphi) + ((2n + 1)\pi - 2\varphi) * \sin \varphi - \cos \varphi = 0 \quad (4.13)$$

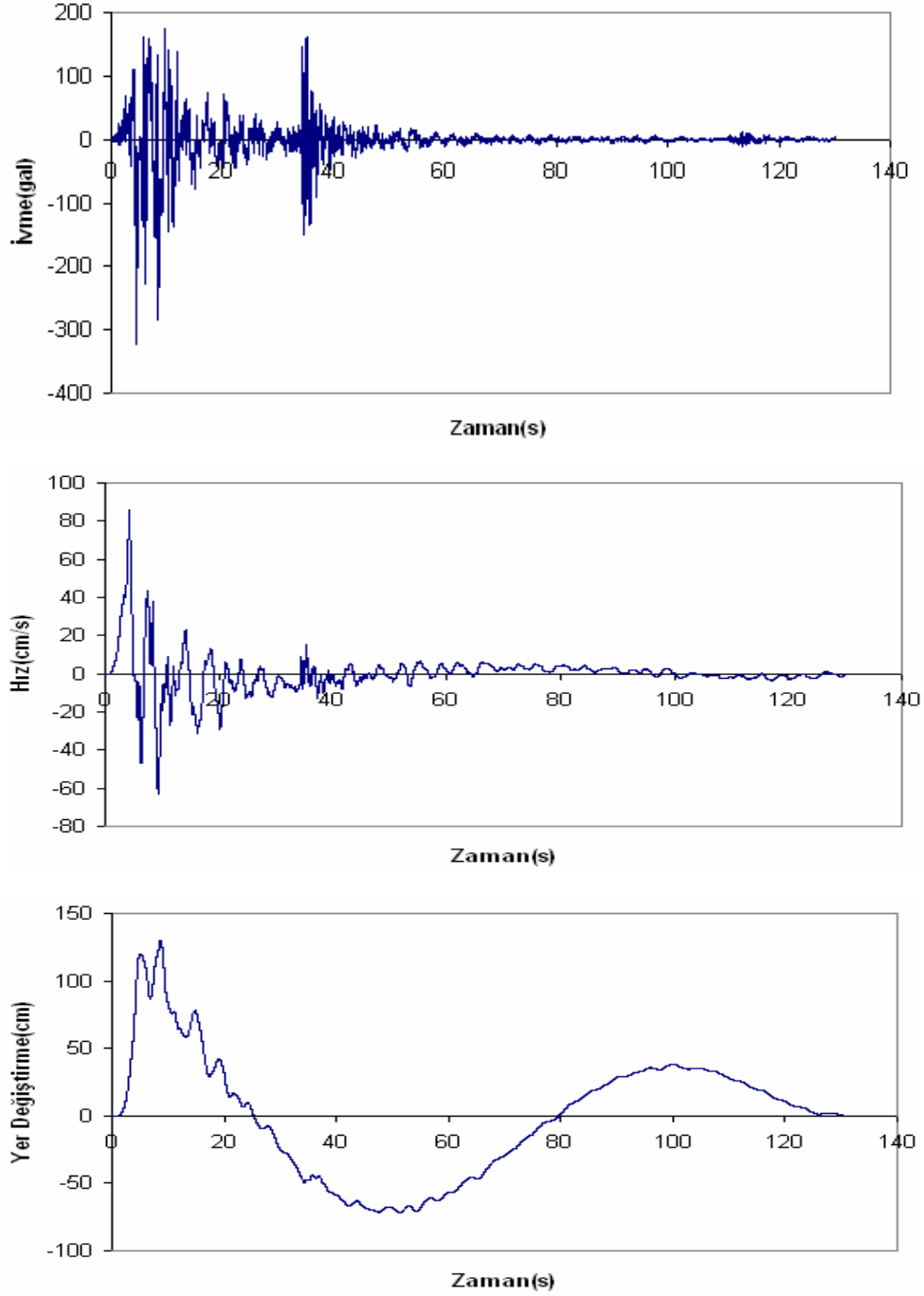
(4.13)'ten faz açısının, φ , değerini bulunmaktadır. Örnek olarak (n=1) Tip C₁ darbe titreşimi için, $\varphi = 0.0697 \pi$, (n=2) Tip-C₂ darbe titreşimi için $\varphi = 0.0410 \pi$ 'dir.

17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi Yarımca kaydı, Sakarya kaydı, Düzce kaydı, 12 Kasım 1999 Düzce depremi Bolu kaydı ve 13 Mart 1992 Erzincan depremi incelenmiş, yakın fay etkisini gösteren darbe titreşimleri elde edilmiştir.

Yarımca – Petkim'de kaydedilen 17 Ağustos 1999 tarihli Kocaeli depreminin kuzey-güney bileşenlerinin ivme-zaman, hız-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri Şekil 4.9.'da gösterilmektedir.

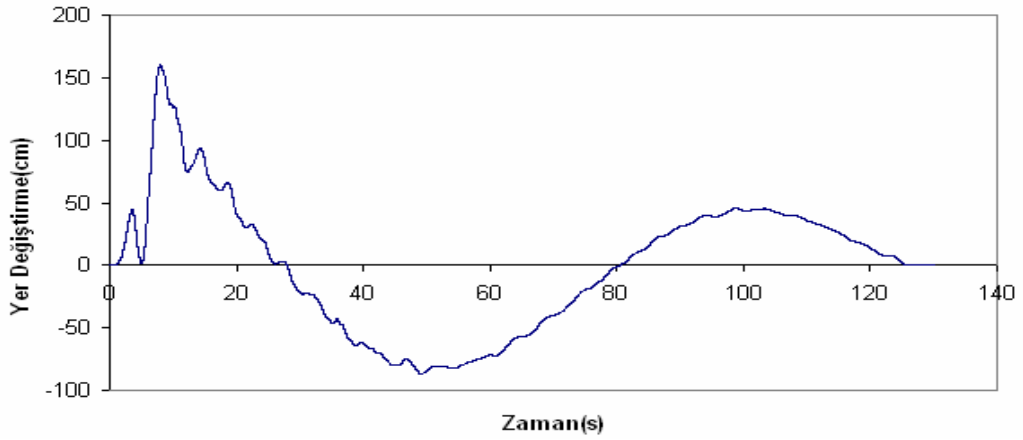
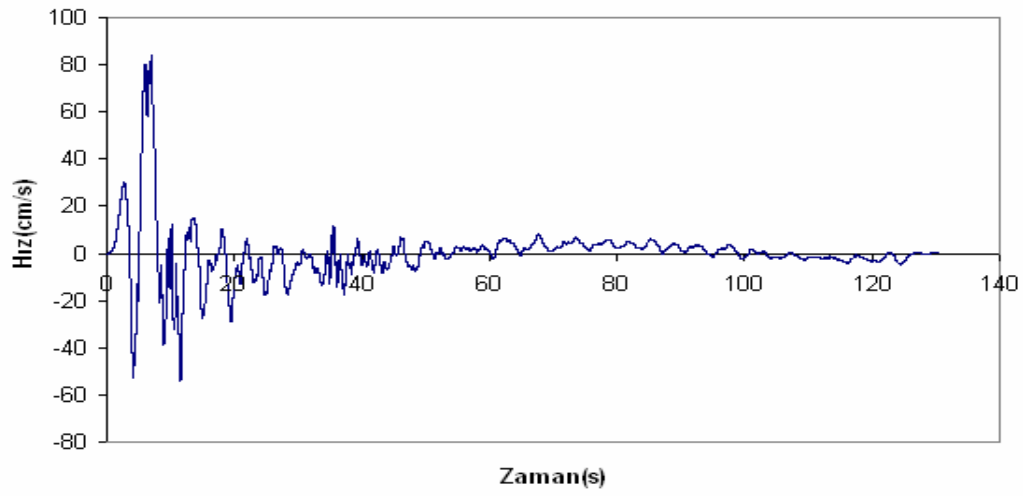
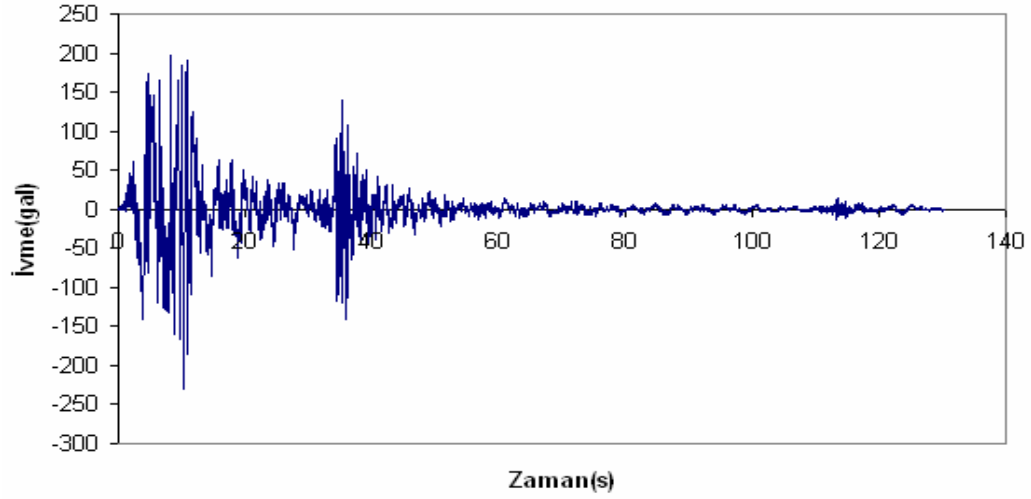


Şekil 4.8 : 17 Ocak 1994 Northridge Depreminin Slymar İstasyonu'nda Kaydedilen Normal Bileşenlerinin Tip-C₂ Darbe Titreşiminin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri



Şekil 4.9 : 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yarımca-Petkim’de Kaydedilen Kuzey-Güney Bileşenlerinin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğişirme-Zaman Grafikleri

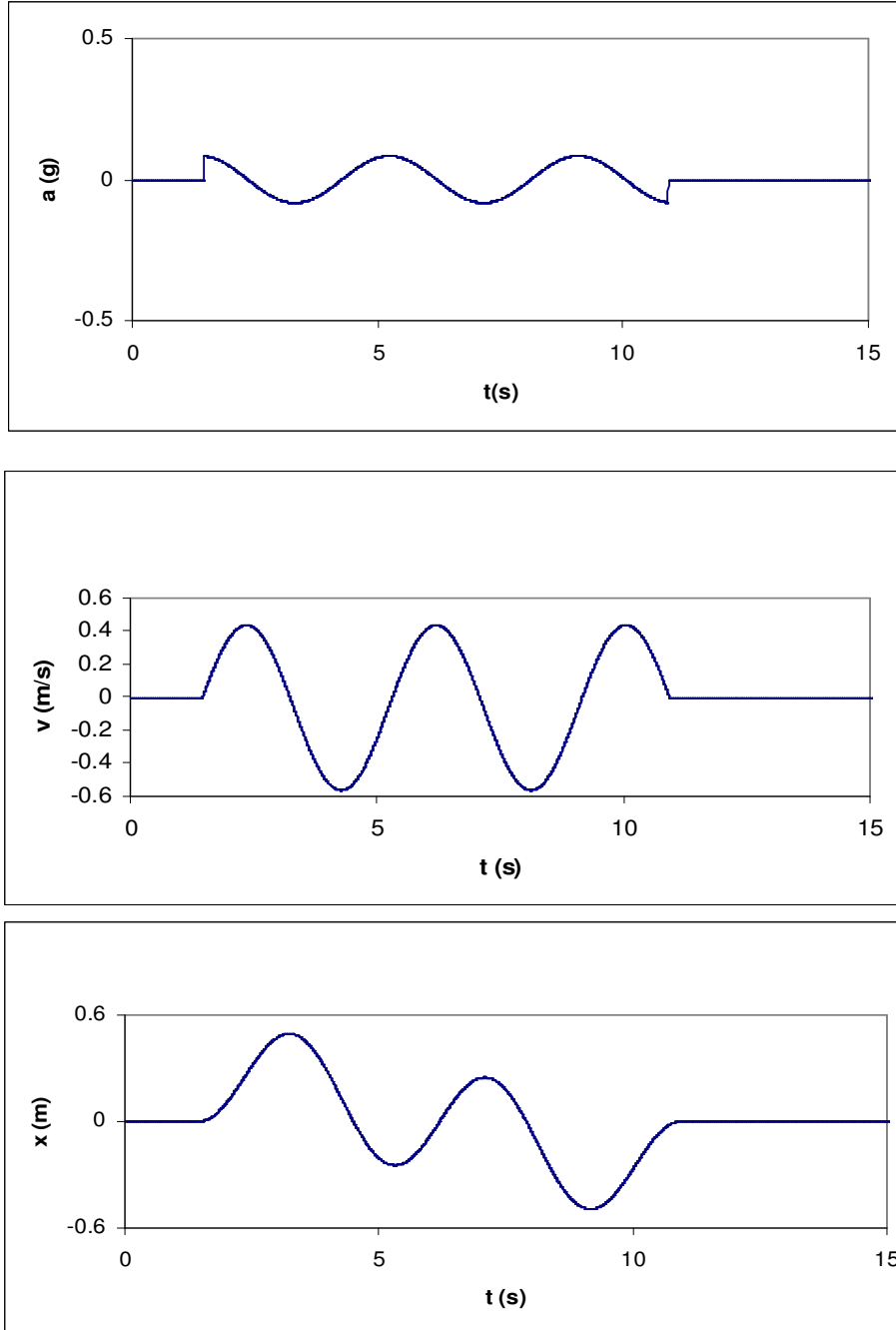
Yarımca – Petkim’de kaydedilen 17 Ağustos 1999 tarihli Kocaeli Depreminin doğu-batı bileşenlerinin ivme-zaman, hız-zaman ve yerdeğişirme-zaman grafikleri Şekil 4.10’da gösterilmektedir.



Şekil 4.10 : 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yarımca-Petkim’de Kaydedilen Doğu-Batı Bileşenlerinin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri

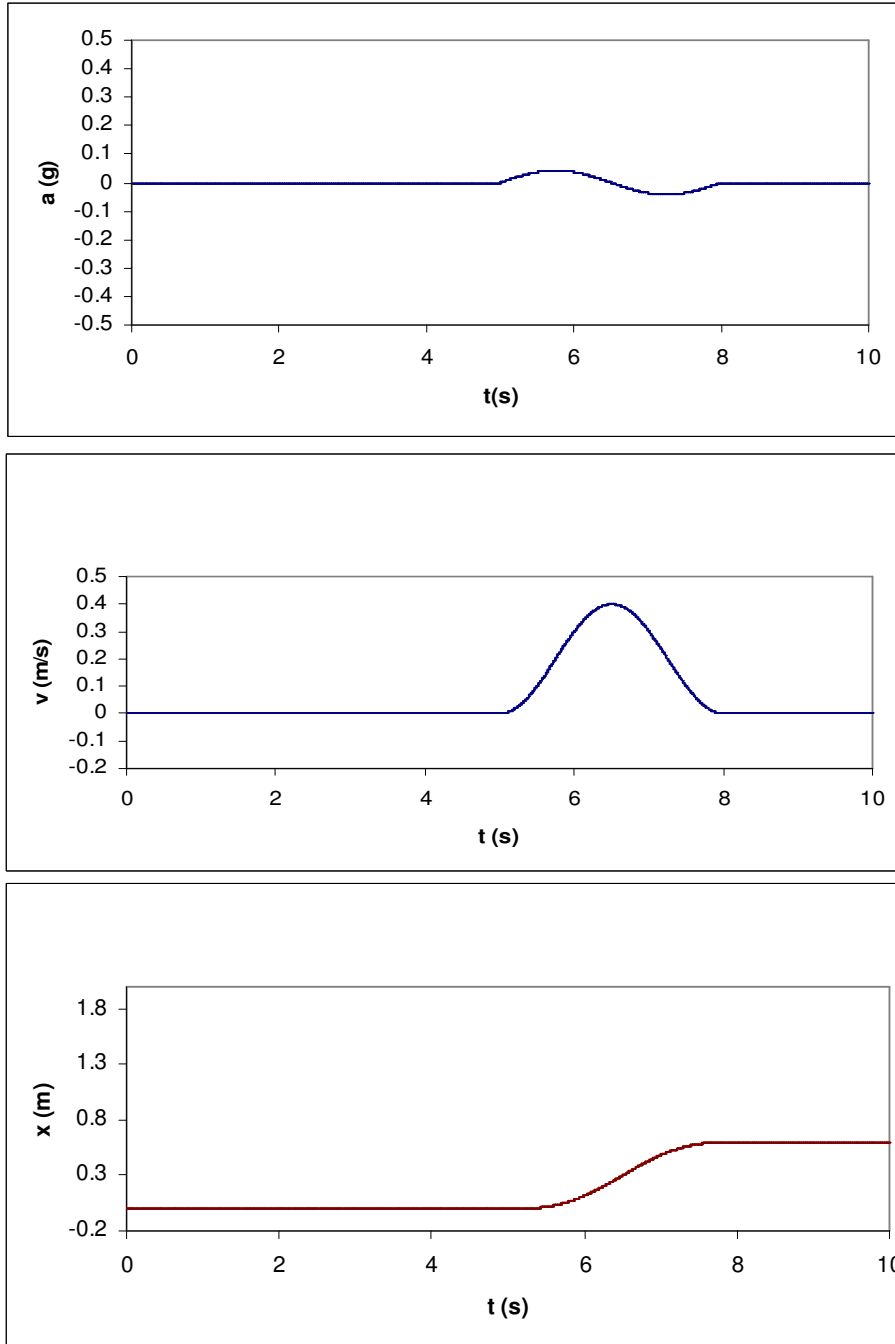
Yerdeğiştirmenin çoğundan sorumlu olan uzun süreli titreşim, hız kaydında ayırt edilebilmektedir.

Şekil 4.11’de bu depremin kuzey-güney bileşeninin formüllerle elde edilen Tip-C₂ darbe titreşiminin ivme, hız ve yerdeğiştirme kayıtları görülmektedir. Şekil 4.11’i oluştururken $T_p = 3.85$ s ve $v_p = 0.5$ m/s değerleri kullanılmıştır. Bunlar asıl titreşimin zaman ve hız büyüklüğüne yakın değerlerdir.



Şekil 4.11 : 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yarımca-Petkim’de Kaydedilen Kuzey-Güney Bileşenlerinin Tip-C₂ Darbe Titreşiminin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri

Şekil 4.12’de bu depremin doğu-batı bileşeninin formüllerle elde edilen Tip-A darbe titreşiminin ivme, hız ve yerdeğiştirme kayıtları görülmektedir. Şekil 4.11’i oluştururken $T_p = 3$ s ve $v_p = 0.4$ m/s değerleri kullanılmıştır.

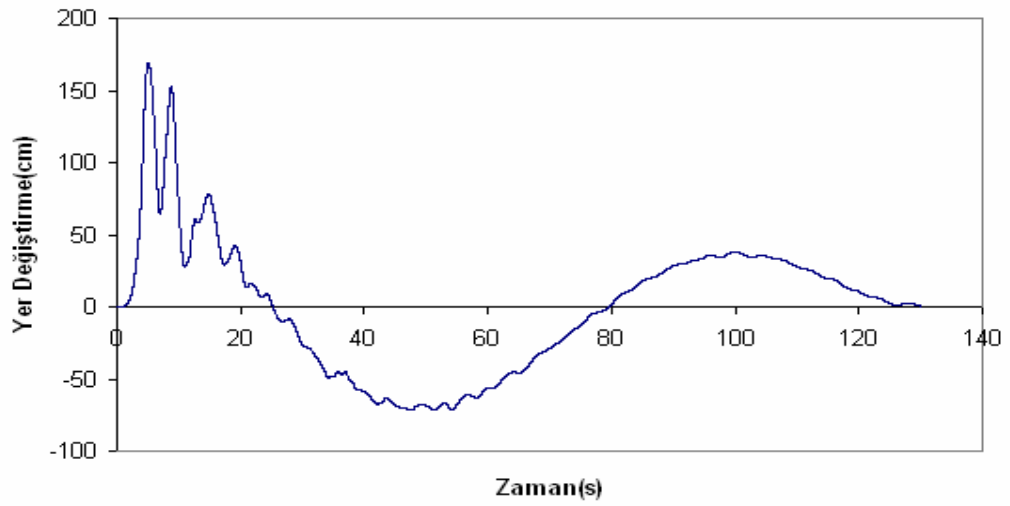
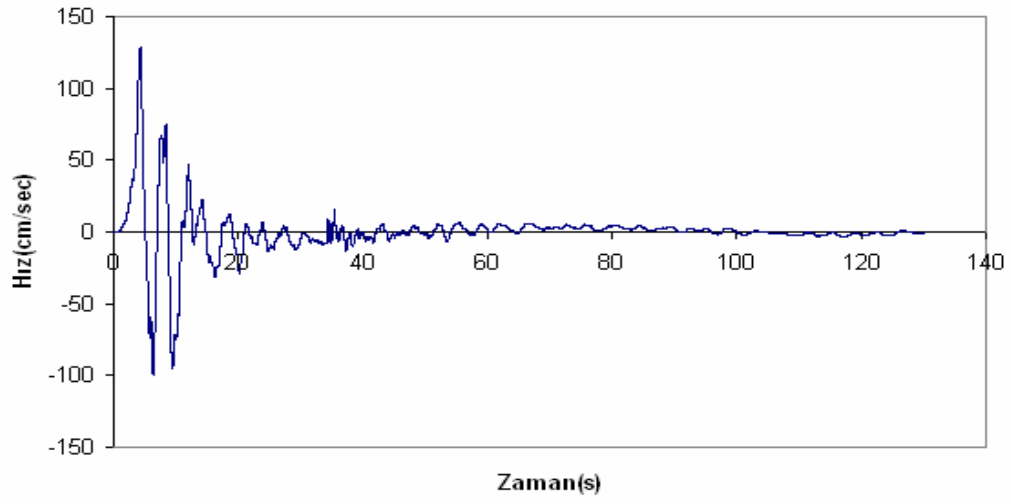
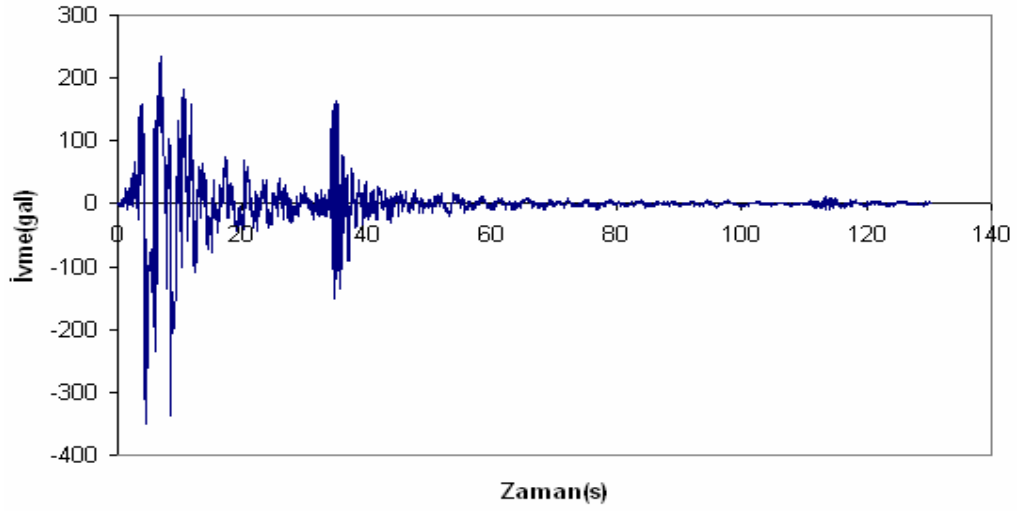


Şekil 4-12 : 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yarımca-Petkim’de Kaydedilen Doğu-Batı Bileşenlerinin Tip-A Darbe Titreşiminin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri

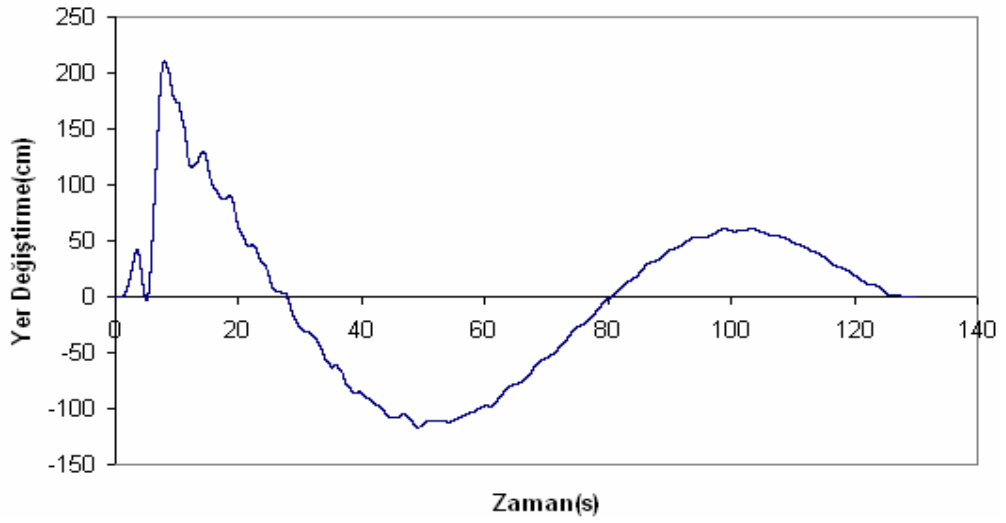
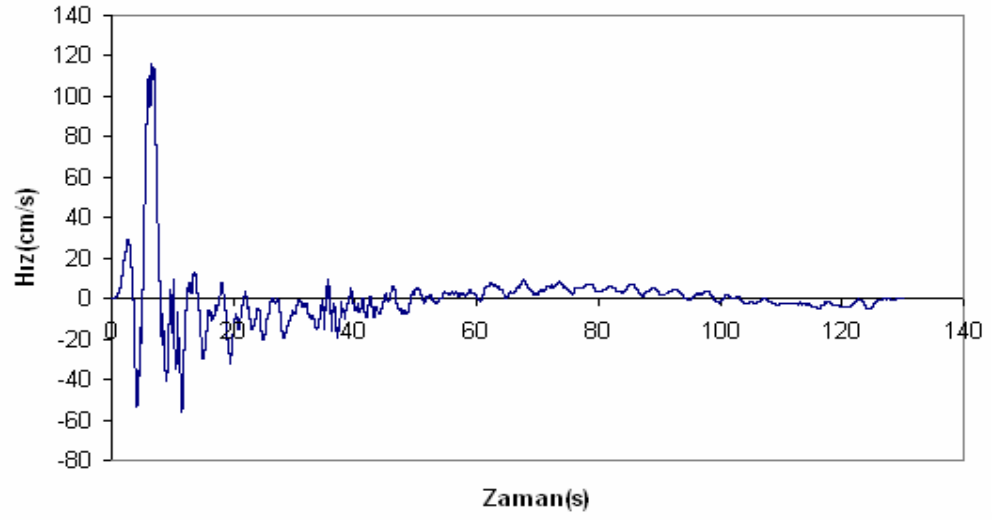
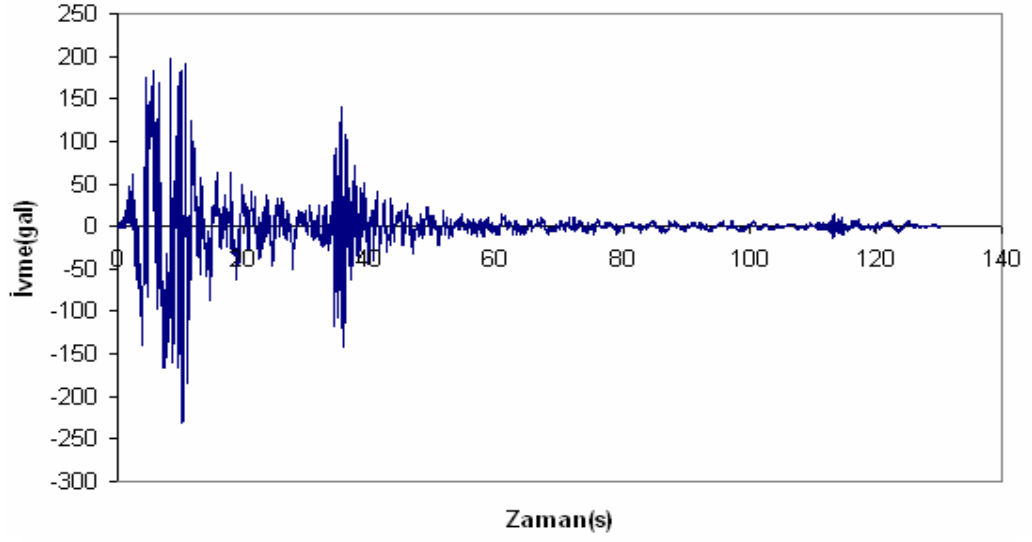
17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi Yarımca kaydı, Sakarya kaydı, Düzce kaydı, 12 Kasım 1999 Düzce depremi Bolu kaydı ve 13 Mart 1992 Erzincan depremlerinin ivme, hız, yerdeğıştirme kayıtları Ek-A'da, bu depremlerin yakın fay etkisini gösteren darbe titreşimlerinin ivme, hız ve yerdeğıştirme kayıtları Ek-B'de verilmektedir.

17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli depreminin Yarımca-Petkim'de kaydedilen deprem kayıtları, bu deprem kayıtları için elde ettiğimiz darbe titreşimleri ile birleştirilmiş ve yakın fay etkisi gösteren deprem kayıtları elde edilmiştir.

Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'te görüldüğü gibi yakın fay etkisi bindirilmiş yeni deprem kayıtlarında hız ve yerdeğıştirme önemli ölçüde artmaktadır.



Şekil 4.13 : 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yakın Fay Etkisi Bindirilmiş Yarımca-Petkim Kaydı Kuzey-Güney Bileşeni İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri



Şekil 4.14 : 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yakın Fay Etkisi Bindirilmiş Yarımca-Petkim Kaydı Doğu-Batı Bileşeni İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri

4.2. Depremlerin İncelenmesi

Bu kısımda;

- 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi Yarımca Kaydı
- 12 Kasım 1999 Düzce Depremi Bolu Kaydı
- 13 Mart 1992 Erzincan Depremi
- 17 Ocak 1995 Kobe Depremi Kuzey-Güney Bileşeni
- 17 Ocak 1994 Northridge Depremi Kuzey-Güney Bileşeni
- 27 Haziran 1998 Ceyhan Depremi
- 1 Ekim 1995 Dinar Depremi Afyon Kaydı
- Yakın Fay Etkisi Bindirilmiş 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi Yarımca Kaydı

incelenmiştir. Depremlerin ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafikleri Ek-A'da verilmektedir. Bu depremlerin maksimum ivmeleri, maksimum hızları, maksimum yerdeğiştirmeleri, Housner şiddetleri, maksimum hıza göre normalize edilmiş Housner şiddetleri, maksimum ivme spektrumu değerleri, etkin ivmeleri, etkin pik ivme değerleri hesaplanmıştır. Depremler maksimum ivmeleri 0.4g olacak şekilde indirgenip, maksimum hız ve yerdeğiştirmeleri bulunmuş, grafikleri çizilmiş ve %5 sönüm için ivme spektrumları elde edilmiştir. Bulunan değerler grafiklerle karşılaştırılmıştır. Ayrıca %5 sönüme göre ivme ve hız spektrumu grafikleri çizilmiştir.

Depremin maksimum ivme, maksimum hız ve maksimum yerdeğiştirme değerleri Tablo 4.1'de gösterilmektedir.

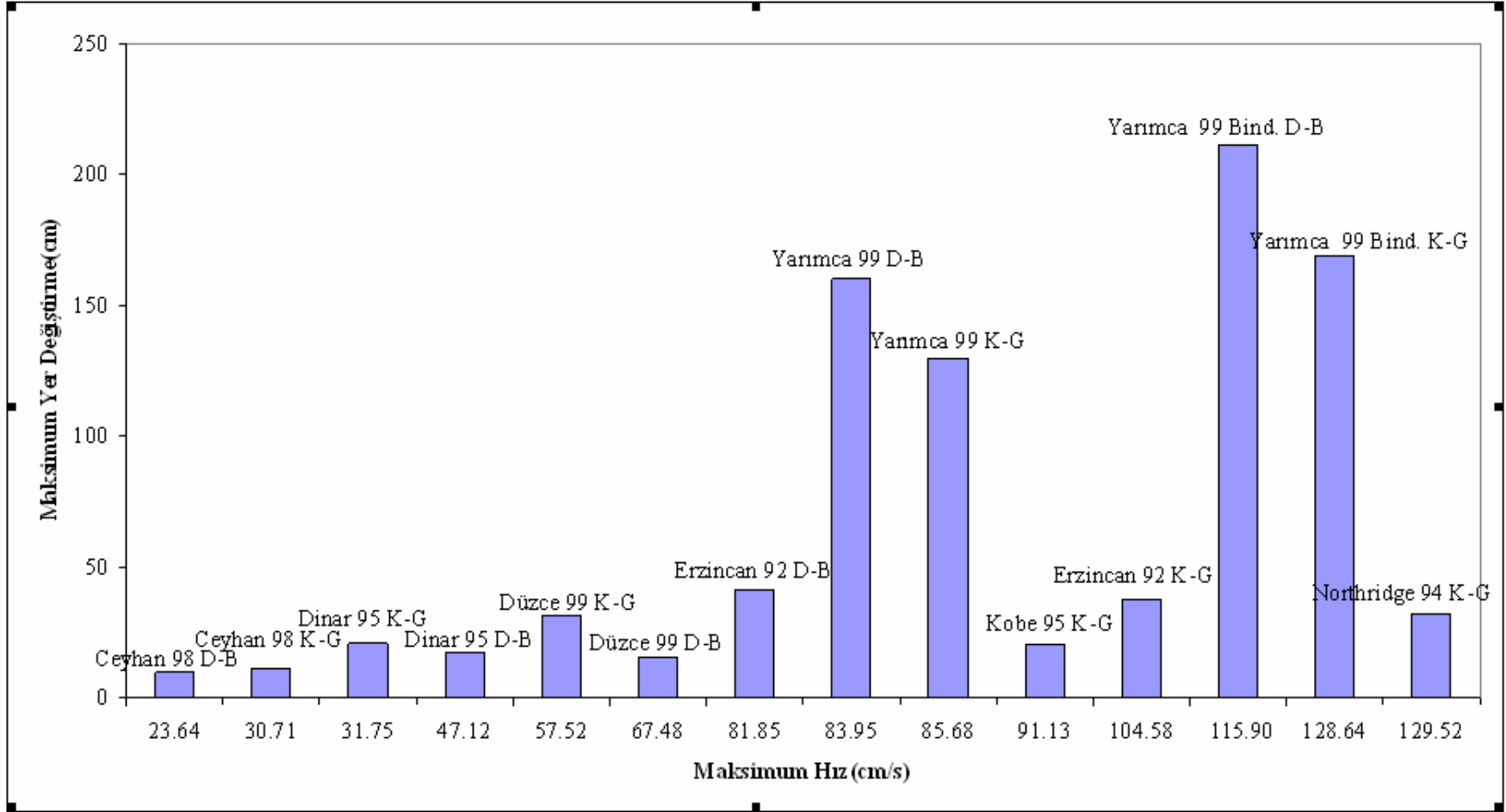
Tablo 4.1: Depremlerin Maksimum İvme, Maksimum Hız ve Maksimum Yerdeğiştirme Değerleri

Deprem	Maksimum İvme(gal)	Maksimum Hız(cm/s)	Maksimum Yerdeğiştirme(cm)
Ceyhan 98 K-G	223.21	30.71	11.20
Yarımca 99 D-B	230.35	83.95	160.15
Yarımca Bindirilmiş D-B	230.47	115.90	211.21
Dinar 95 K-G	275.78	31.75	20.95
Ceyhan 98 D-B	277.62	23.64	9.80
Yarımca 99 K-G	322.73	85.68	129.90
Dinar 95 D-B	323.26	47.12	17.54
Yarımca Bindirilmiş K-G	349.64	128.64	169.04
Erzincan 92 K-G	387.70	104.58	37.88
Erzincan 92 D-B	489.41	81.85	41.58
Düzce 99 Bolu K-G	739.37	57.52	31.49
Düzce 99 Bolu D-B	805.81	67.48	15.49
Kobe 95 K-G	817.02	91.13	20.53
Northridge 94 K-G	825.89	129.52	32.47

Tablo 4.1'den gösterildiği gibi en yüksek ivmeler Northridge, Kobe ve Düzce depremlerinde ortaya çıkmıştır. Northridge depremi, Kobe depremi, Yarımca kaydı, yakın fay etkisi bindirilmiş Yarımca kaydı ve Erzincan depreminde hız çok yüksektir. Yarımca kaydına yakın fay etkisinin eklenmesiyle, depremin maksimum hızı kuzey-güney bileşeninde 43cm/s, doğu-batı bileşeninde 32cm/s artmaktadır. En yüksek yerdeğiştirmeler Yarımca kaydı ve yakın fay etkisi bindirilmiş Yarımca kaydında görülmektedir. Yarımca kaydına yakın fay etkisinin eklenmesiyle depremin maksimum yerdeğiştirmesi kuzey-güney bileşeninde 39cm, doğu-batı bileşeninde 51cm artmaktadır. Şekil 4.15'te maksimum hızlar ile maksimum yerdeğiştirmeler karşılaştırılmaktadır.

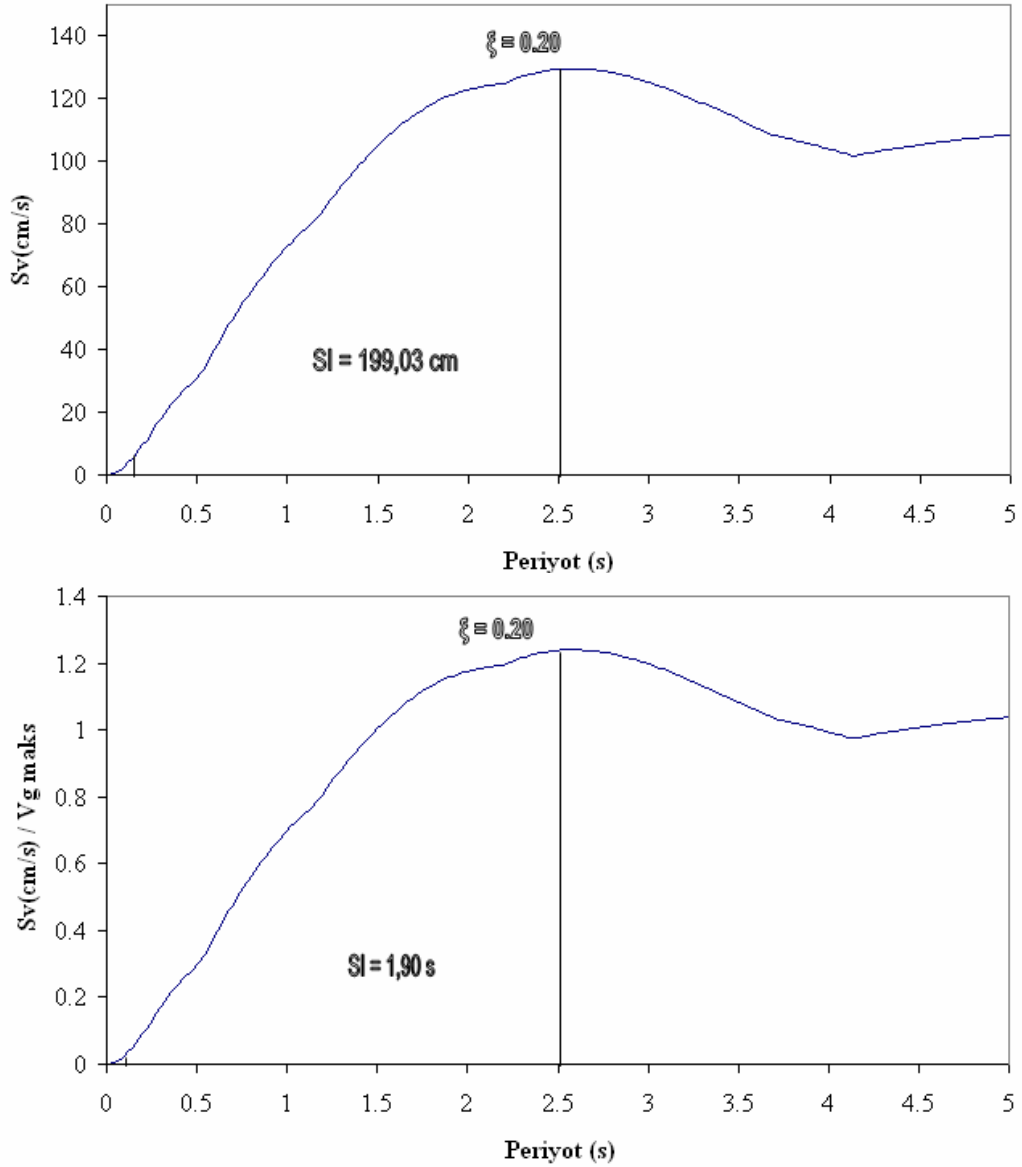
Housner şiddeti($SI_{0.20}$), %20 sönüm için bir depremin hız spektrumunun alanıdır[28]. Bir depremin %20 sönüm için olan hız spektrum değerlerinin aynı depremin maksimum hızına bölünmesiyle elde edilen yeni hız spektrumunun alanı, maksimum hıza göre normalize edilmiş Housner şiddetini verir.

$$SI_{0.20} = \int_{0.1}^{2.5} S_V(0.2; T) dT \quad (4.14)$$



Şekil 4.15 : Depremlerin Maksimum Hızları ve Maksimum Yerdeğiştirmelerinin Karşılaştırılması

Depremlerin %20 sönüme göre çizilmiş hız spektrumlarından Housner şiddetlerinin ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner şiddetlerinin bulunuşunu gösteren grafikler Ek-C'de verilmektedir. Ayrıca 19 Mayıs 1940 Imperial Valley depremi El Centro kaydı incelenmiştir. Bu depremin ivme-zaman, hız-zaman ve yerdeğiştirme zaman grafikleri Ek-A'da, Housner şiddetlerini ve maksimum hıza göre normalize edilmiş Housner şiddetlerini gösteren grafikler Ek-C'de verilmektedir.



Şekil 4-16 : 13 Mart 1992 Tarihli Erzincan Depreminin Kuzey-Güney Bileşeninin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti

Şekil 4-16'da 13 Mart 1992 tarihli Erzincan depreminin kuzey-güney bileşeninin %20 sönüme göre hız spektrumu çizilmiş, 0.1 saniye ile 2.5 saniye arasında kalan bölgenin alanı hesaplanıp Housner şiddeti hesaplanmıştır. Hız spektrumunu maksimum hıza göre normalize edip çizilen grafikte 0.1 saniye ile 2.5 saniye arasında kalan bölgenin alanı hesaplanıp maksimum hıza göre normalize edilmiş Housner şiddeti bulunmuştur.

Tablo 4.2: %20 Sönüm İçin Depremlerin Housner Şiddetleri ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddetleri

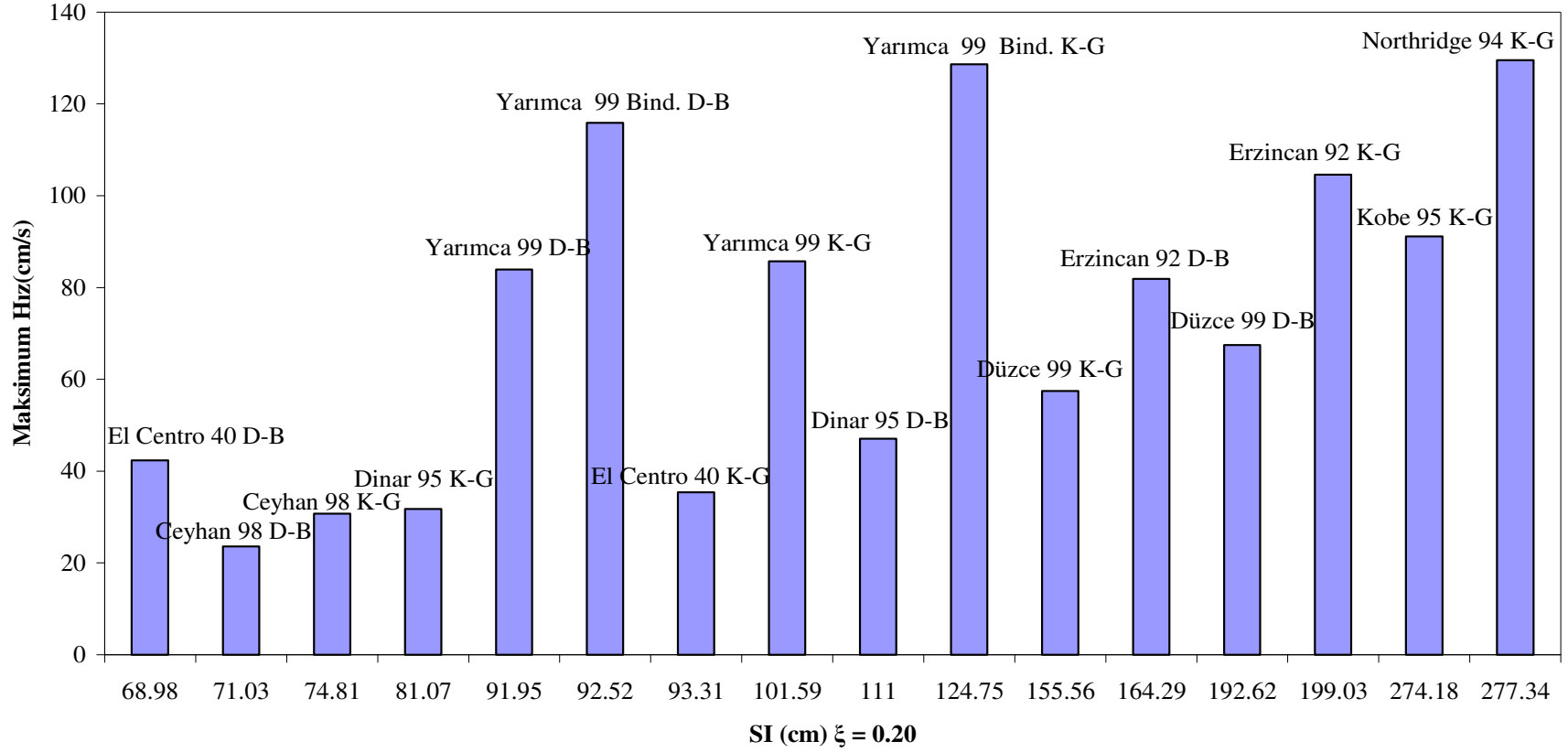
Deprem	SI (cm), $\xi = 0.20$	Normalize SI (s), $\xi = 0.20$
El Centro 1940 D-B	68.98	1.63
Ceyhan 98 D-B	71.03	3
Ceyhan 98 K-G	74.81	2.44
Dinar 95 K-G	81.07	2.55
Yarımca 99 D-B	91.95	1.1
Yarımca Bind. D-B	92.52	0.73
El Centro 1940 K-G	93.31	2.63
Yarımca 99 K-G	101.59	1.19
Dinar 95 D-B	111	2.36
Yarımca Bind. K-G	124.75	0.97
Düzce 99 Bolu K-G	155.56	2.7
Erzincan 92 D-B	164.29	2.01
Düzce 99 Bolu D-B	192.62	2.85
Erzincan 92 K-G	199.03	1.9
Kobe 95 K-G	274.18	3.01
Northridge 94 K-G	277.34	2.14

Tablo 4.2'de depremler Housner şiddetlerine göre küçükten büyüğe doğru sıralanmaktadır. Depremlerin Housner şiddetlerine göre sıralaması maksimum ivmelerine göre sıralamasıyla bir paralellik göstermektedir. Genel olarak bakıldığında, maksimum ivmeler arttıkça Housner şiddetleri de artmaktadır.

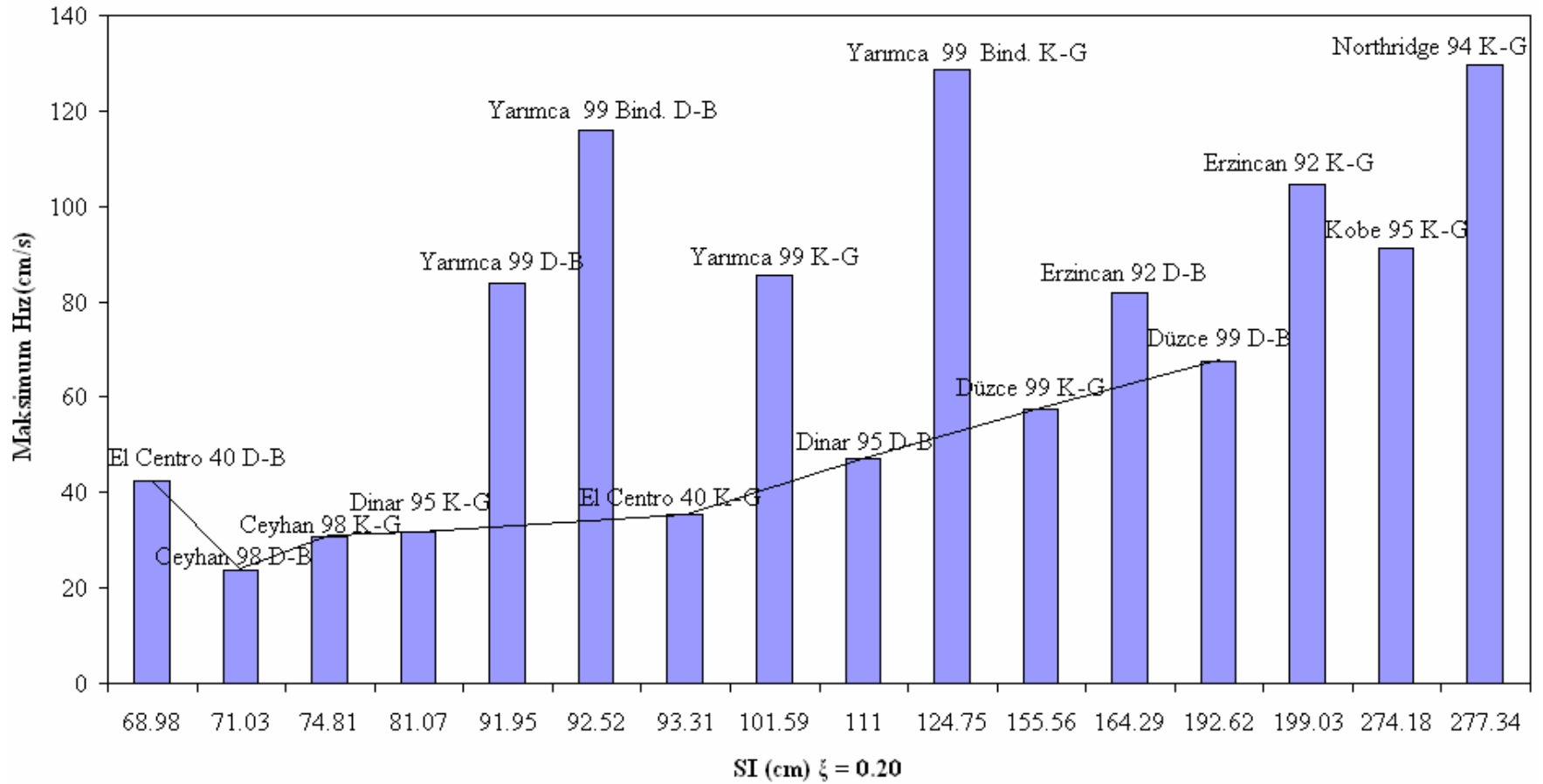
Şekil 4.17'de depremlerin Housner şiddetleri ve maksimum hızları karşılaştırılmaktadır. Şekil 4.18'de yakın fay etkisi gösteren depremler göz önüne alınmadığında maksimum hızlar ile Housner şiddetleri arasındaki ilişki görülmektedir, maksimum hızlar arttıkça Housner şiddetleri de artmaktadır. Şekil 4.19'da depremlerin Housner şiddetleri ve maksimum hıza göre normalize edilmiş Housner şiddetleri, Şekil 4.21'de depremlerin maksimum hızları ve maksimum hıza

göre normalize edilmiş Housner şiddetlerini karşılaştırılmaktadır. Maksimum hızları yüksek olan depremlerin normalize edilmiş Housner şiddetleri daha düşüktür. Kobe depreminin Şekil 4.19'da görüldüğü gibi hem maksimum hızı, hem Housner şiddeti, hem de maksimum hıza göre normalize edilmiş Housner şiddeti yüksektir. Yarımca kaydı ve yakın fay etkisi gösteren Yarımca kaydının maksimum hıza göre normalize edilmiş Housner şiddetleri oldukça düşüktür. Yarımca kaydına yakın fay etkisinin eklenmesi, kuzey-güney bileşeninde Housner şiddetini 23cm arttırmakta, normalize edilmiş Housner şiddetini ise 0.22 saniye azaltmaktadır, doğu-batı bileşeninde ise Housner şiddetini değiştirmemekte, normalize edilmiş Housner şiddetini ise 0.37 saniye azaltmaktadır.

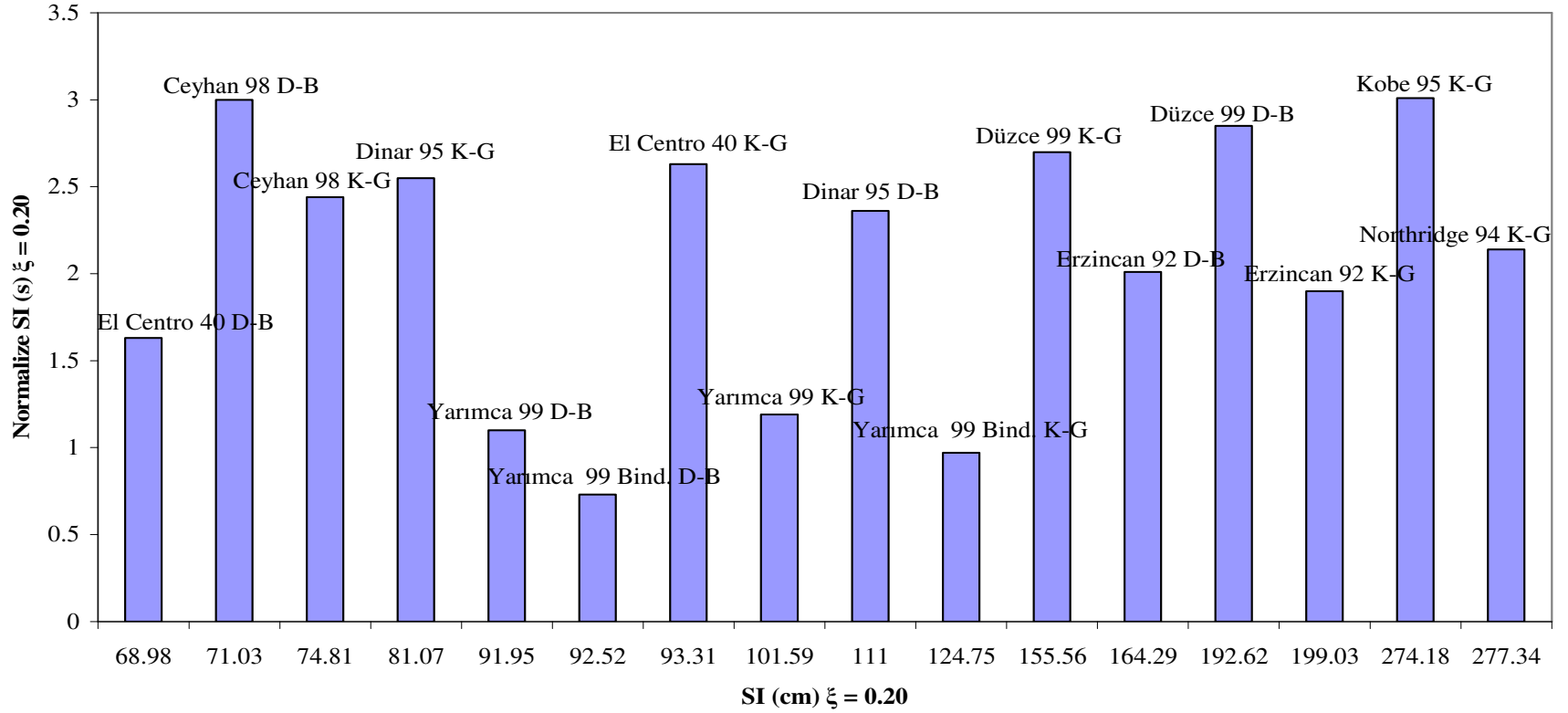
Şekil 4.20'de, yakın fay etkisi gösteren depremler göz önüne alınmadığında, diğer depremlerin %20 sönüm için Housner şiddetleri ve maksimum hıza göre normalize edilmiş Housner şiddetlerinin arasındaki ilişki çizgi ile gösterilmektedir. Genel olarak, yakın fay etkisi göstermeyen depremlerde %20 sönüm için maksimum hıza göre normalize edilmiş Housner şiddeti 2.5 ile 3 arasındadır. Şekil 4.22'de depremlerin maksimum hızları ve %20 sönüm için maksimum hıza göre normalize edilmiş Housner şiddetlerinin arasındaki ilişki çizgi ile gösterilmektedir. Yakın fay etkisi gösteren depremler arasında bir ilişki gözükmemektedir ancak, diğer depremlerin hızlarının çok yüksek olmadığı ve genel olarak maksimum hıza göre normalize edilmiş Housner şiddetlerinin 2.5 ile 3 arasında olduğu gözükmemektedir.



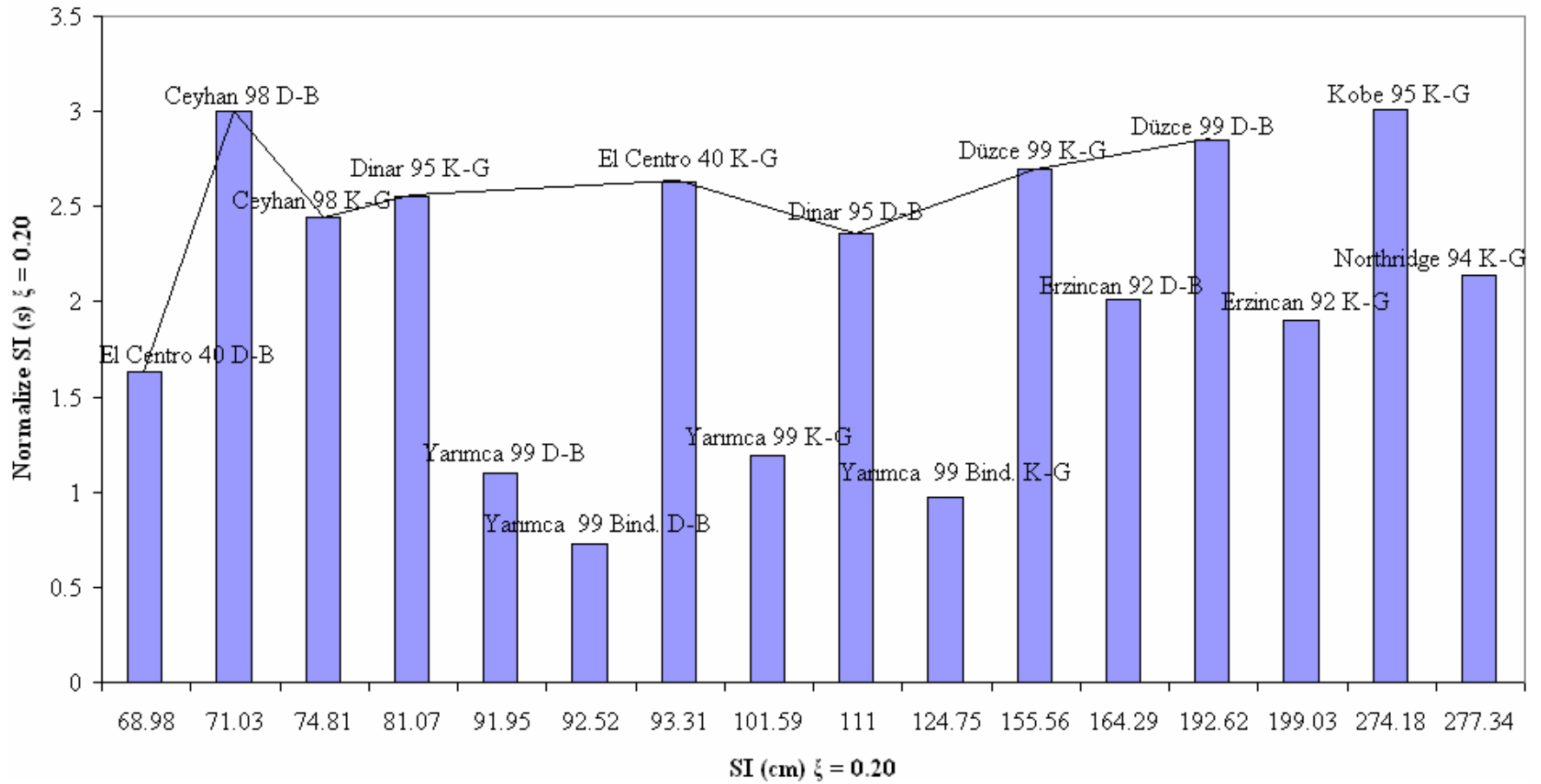
Şekil 4.17 : Depremlerin %20 Sönüm İçin Housner Şiddetleri ve Maksimum Hızlarının Karşılaştırılması



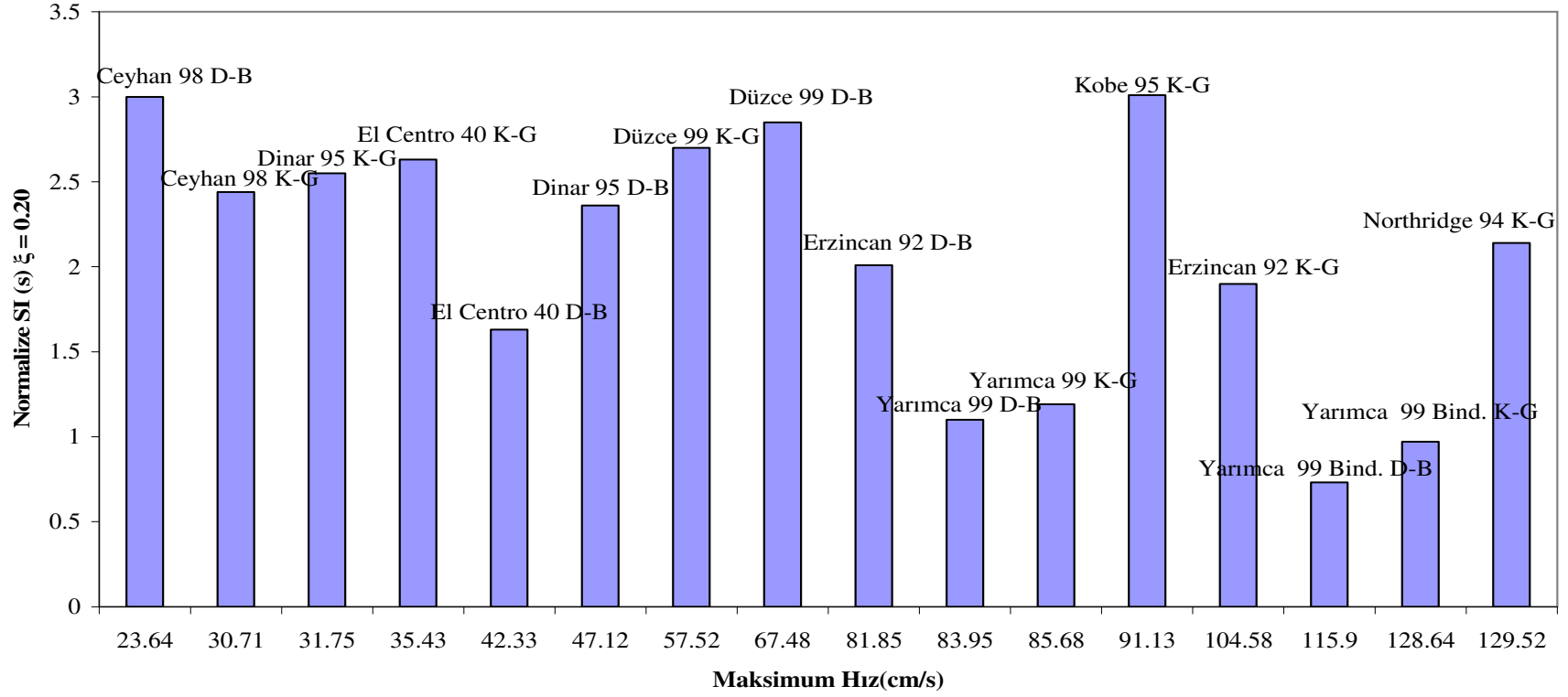
Şekil 4.18 : Yakın Fay Etkisi Gösteren Depremler Göz Önüne Alınmadan Depremlerin %20 Sönüm İçin Housner Şiddetleri ve Maksimum Hızlarının Çizgiyle Gösterilerek Karşılaştırılması



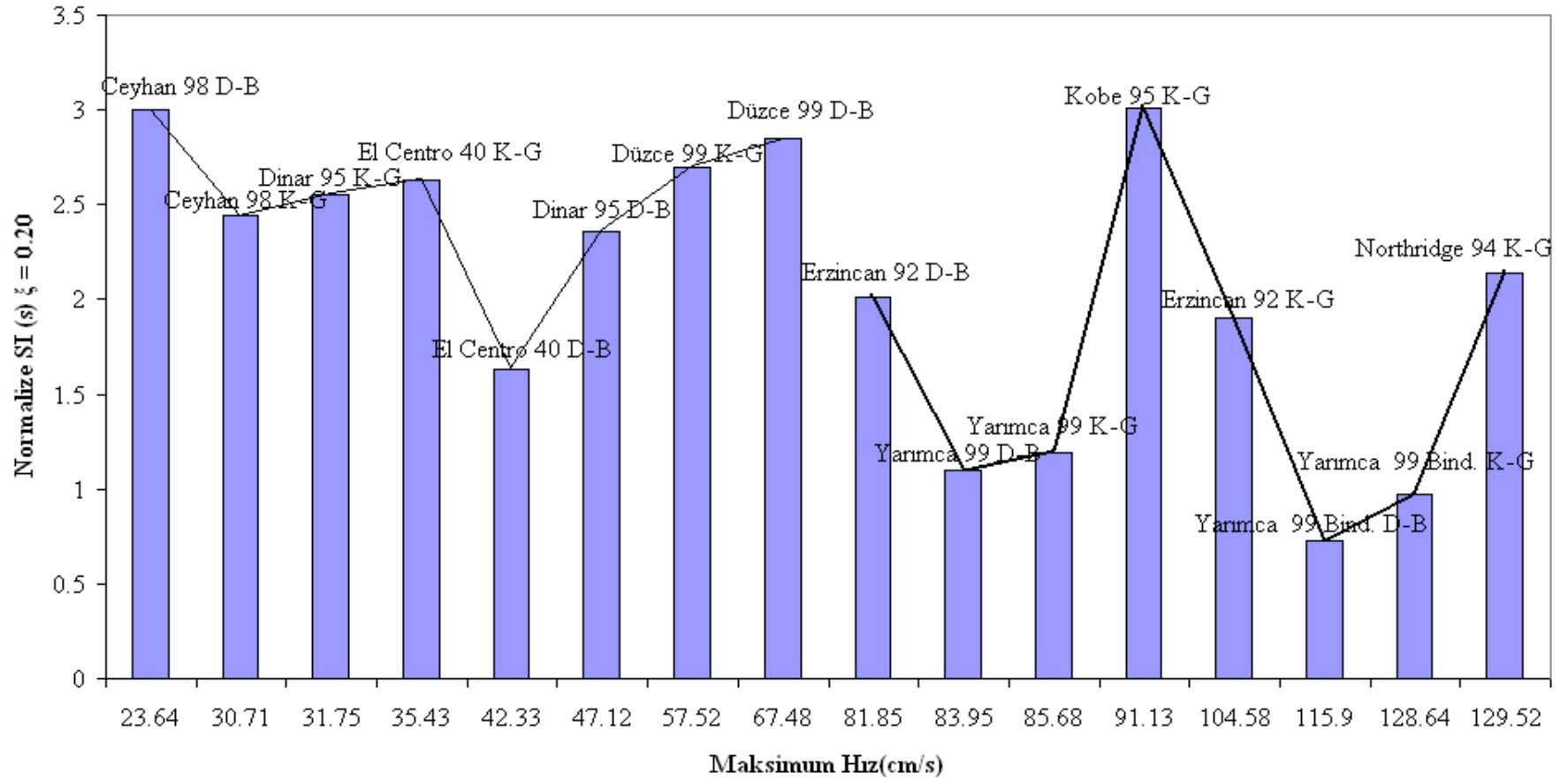
Şekil 4.19 : Depremlerin %20 Sönüm İçin Housner Şiddetleri ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddetlerinin Karşılaştırılması



Şekil 4.20 : Yakın Fay Etkisi Gösteren Depremler Göz Önüne Alınmadan Depremlerin %20 Sönüm İçin Housner Şiddetleri ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddetlerinin Çizgiyle Gösterilerek Karşılaştırılması

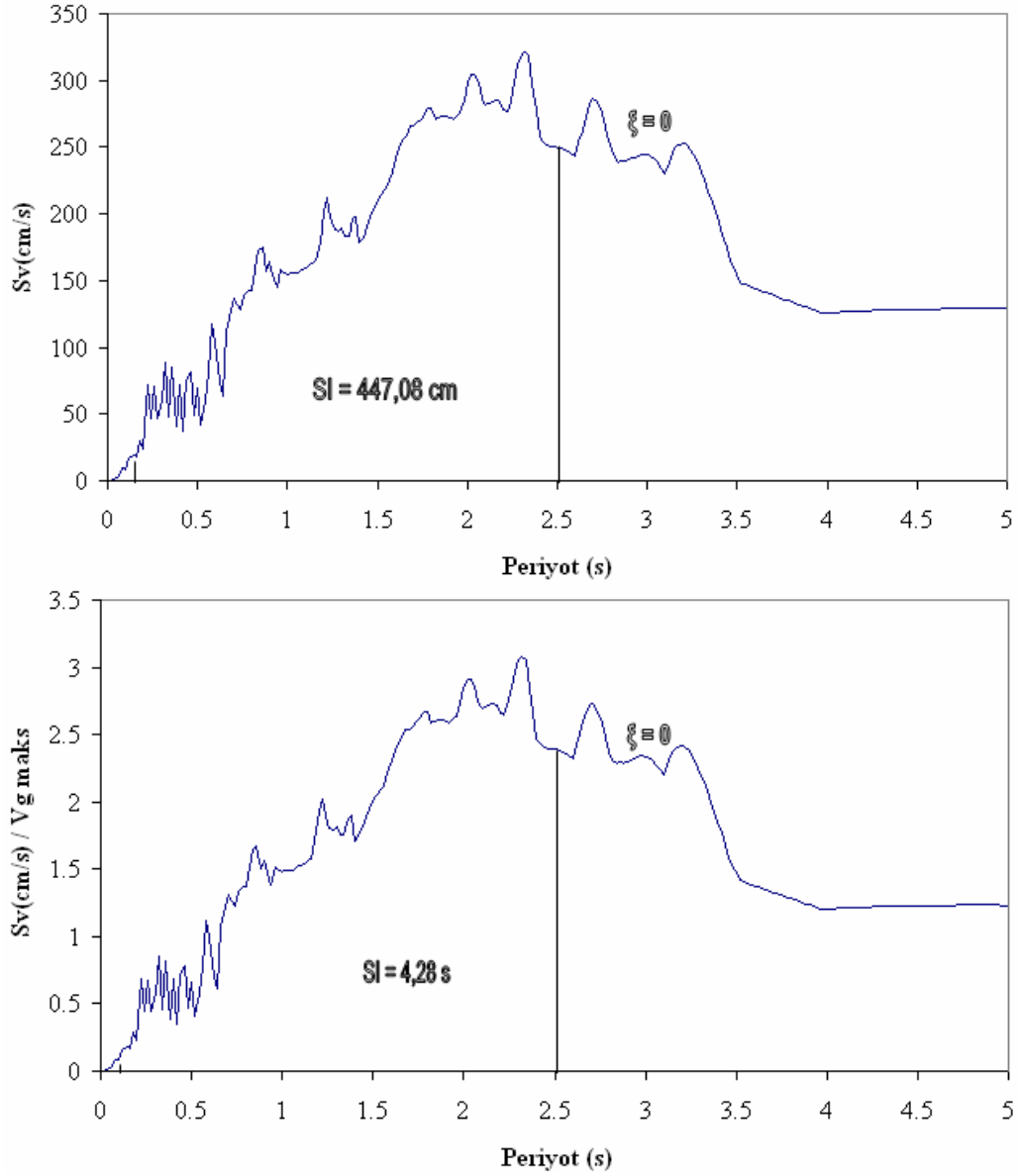


Şekil 4.21 : Depremlerin Maksimum Hızları ve %20 Sönüm İçin Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddetlerinin Karşılaştırılması



Şekil 4.22 : Depremlerin Maksimum Hızları ve %20 Sönüm İçin Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddetlerinin Çizgiyle Gösterilerek Karşılaştırılması

Depremlerin %0 sönüm için olan hız spektrumlarından Housner şiddetleri ve maksimum hıza göre normalize edilmiş Housner şiddetleri hesaplanmıştır. %0 sönüm için Housner şiddetleri ve maksimum hıza göre normalize edilmiş Housner şiddetlerinin bulunuşunu gösteren grafikler Ek-D'de verilmektedir.



Şekil 4.23 : 13 Mart 1992 Tarihli Erzincan Depreminin Kuzey-Güney Bileşeninin %0 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti

Şekil 4-23'te 13 Mart 1992 tarihli Erzincan depreminin kuzey-güney bileşenin %0 sönüme göre hız spektrumu çizilmiş, 0.1 saniye ile 2.5 saniye arasında kalan bölgenin alanı hesaplanıp %0 sönüm için Housner şiddeti bulunmuştur. Hız spektrumunu maksimum hıza göre normalize edip çizilen grafikte 0.1 saniye ile 2.5 saniye arasında kalan bölgenin alanı hesaplanıp maksimum hıza göre normalize edilmiş Housner şiddeti saptanmıştır.

Tablo 4.3: %0 sönüm için depremlerin Housner Şiddetleri ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddetleri

Deprem	SI (cm), $\xi = 0$	Normalize SI (s), $\xi = 0$
Ceyhan 98 K-G	186.57	6.07
Ceyhan 98 D-B	215.47	9.11
El Centro 1940 D-B	252.76	5.97
El Centro 1940 K-G	267.8	7.56
Yarımca Bind. D-B	295.10	2.34
Dinar 95 K-G	298.42	9.4
Yarımca 99 D-B	313.33	3.73
Yarımca 99 K-G	322.99	3.77
Erzincan 92 D-B	344.84	4.21
Yarımca Bind. K-G	364.49	2.83
Düzce 99 Bolu K-G	384.9	6.69
Dinar 95 D-B	404.74	8.59
Düzce 99 Bolu D-B	407.43	6.04
Erzincan 92 K-G	447.08	4.28
Northridge 94 K-G	580.23	4.48
Kobe 95 K-G	630.43	6.92

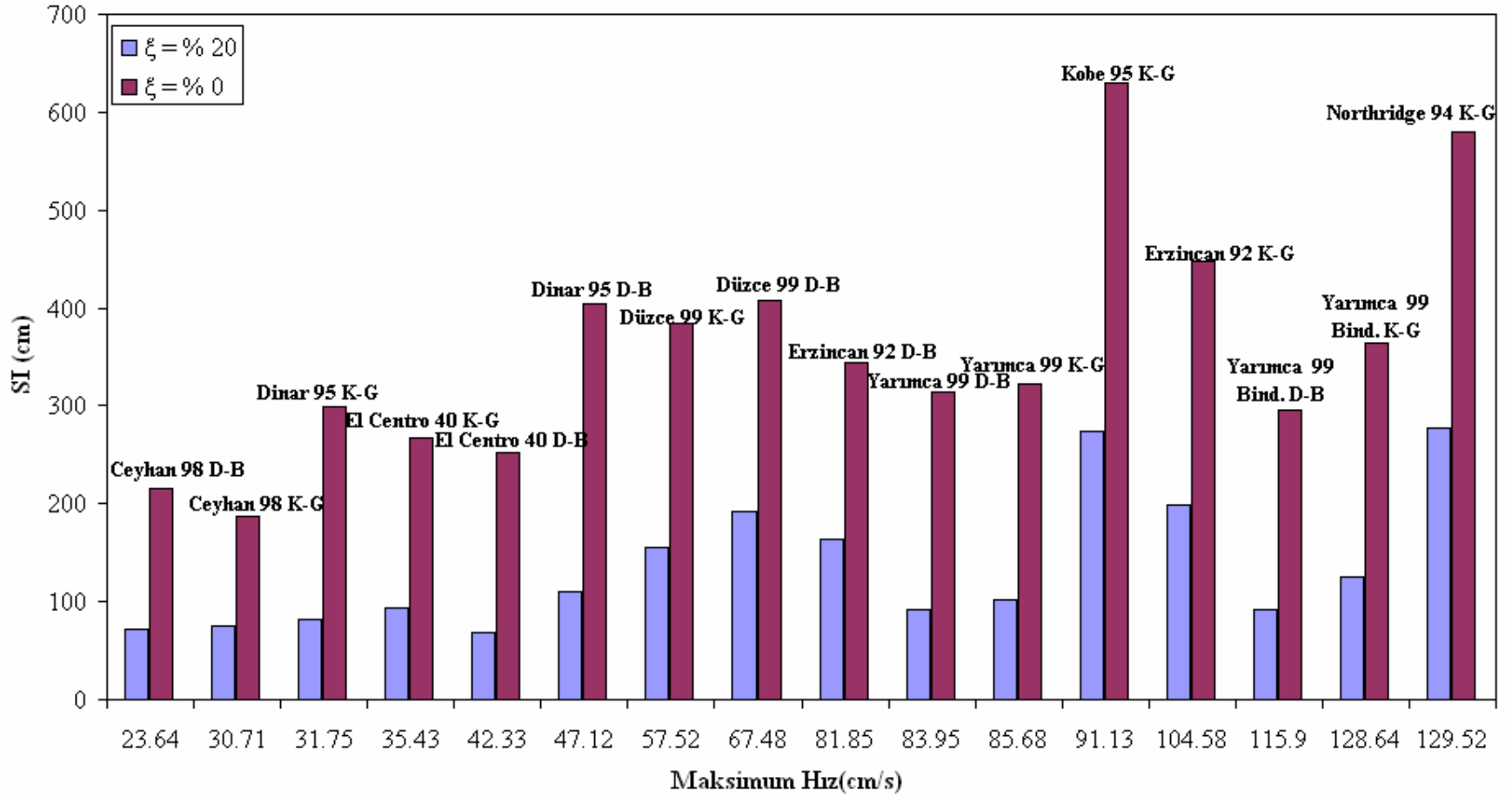
Tablo 4.3'te depremler %0 sönüm için olan Housner şiddetlerine göre küçükten büyüğe doğru sıralanmakta, maksimum hıza göre normalize edilmiş Housner şiddetleri gösterilmektedir. Şekil 4.24'te depremlerin %0 ve %20 sönüm için Housner şiddetleri ile maksimum hızları karşılaştırılmaktadır.

Şekil 4.25'te depremlerin %0 sönüm için olan Housner şiddetleri ve maksimum hıza göre normalize edilmiş Housner şiddetleri, Şekil 4.26'da depremlerin maksimum hızları ile %0 ve %20 sönüm için maksimum hıza göre normalize edilmiş Housner şiddetleri karşılaştırılmaktadır.

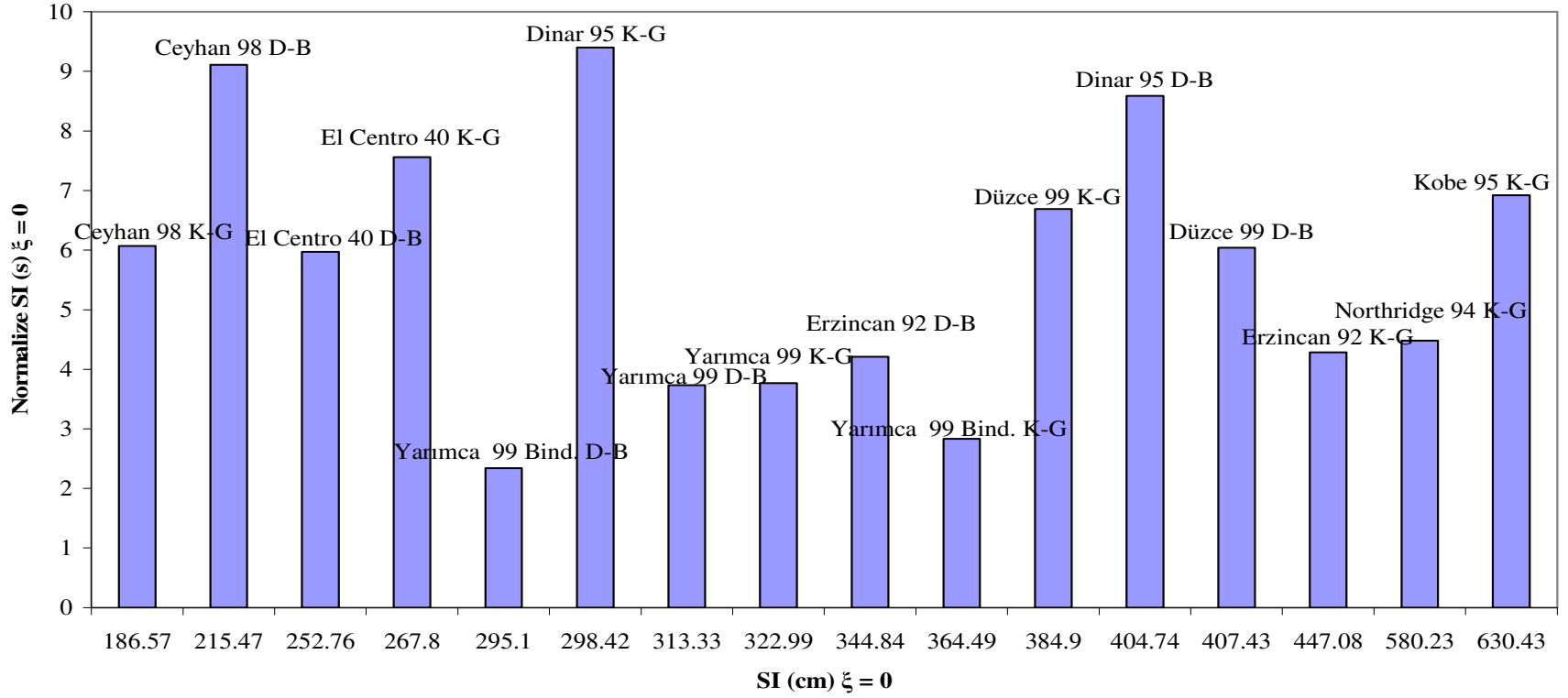
Maksimum hızları yüksek olan depremlerin normalize edilmiş Housner şiddetleri daha düşüktür. Yarımca kaydı ve yakın fay etkisi gösteren Yarımca kaydının %0 sönüm için maksimum hıza göre normalize edilmiş Housner şiddetleri diğer depremlere göre daha düşüktür. Yarımca kaydına yakın fay etkisinin eklenmesi, kuzey-güney bileşenin Housner şiddetini 42cm arttırmakta, normalize edilmiş Housner şiddetini ise 0.94 saniye azaltmaktadır, doğu-batı bileşenin ise Housner şiddetini 18cm, normalize edilmiş Housner şiddetini ise 1.39 saniye azaltmaktadır.

Maksimum hıza göre normalize edilmiş Housner şiddetleri, yakın fay etkisi göstermeyen depremlerde 6 ile 9.4 saniye arasında, yakın fay etkisi gösteren depremlerde ise 2.34 ile 6.92 saniye arasında değişmektedir.

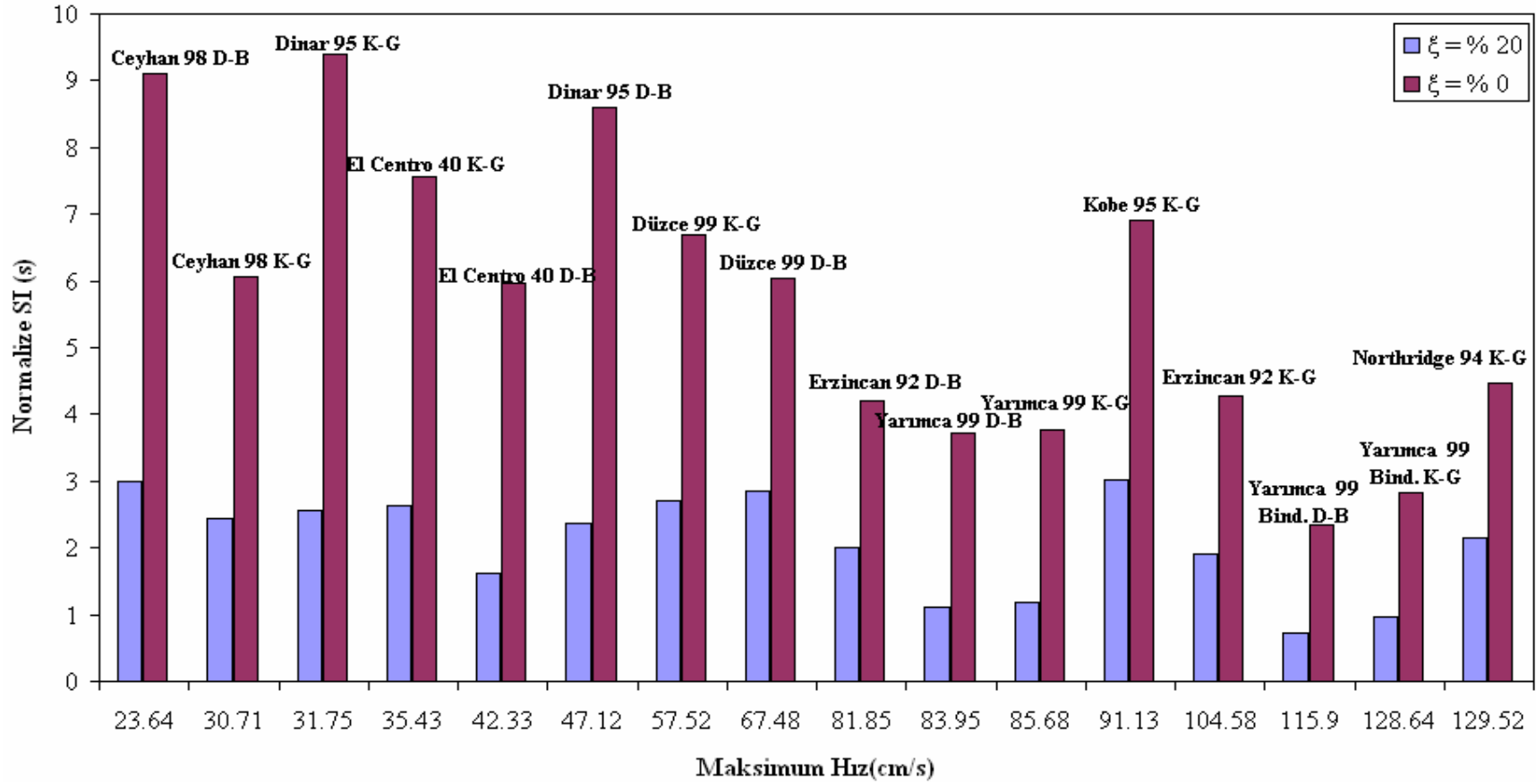
Şekil 4.24 ve Şekil 4.26'dan gözüktüğü gibi sönümün %0'a düşürülmesiyle Housner şiddetlerinde ve maksimum hıza göre normalize edilmiş Housner şiddetlerinde %109-%268 arasında değişen miktarlarda artış gözlemlenmektedir. En büyük artış Dinar depremi kuzey-güney bileşeninde, en düşük artış ise Northridge depreminde olmaktadır. Şekil 4.25'te %0 sönüm için, yakın fay etkisi gösteren depremlerin maksimum hıza göre normalize edilmiş Housner şiddetleri arttıkça Housner şiddetlerinin de arttığı görülmektedir.



Şekil 4.24 : Depremlerin %0 ve %20 Sönüm İçin Housner Şiddetleri'nin Maksimum Hızları ile Karşılaştırılması

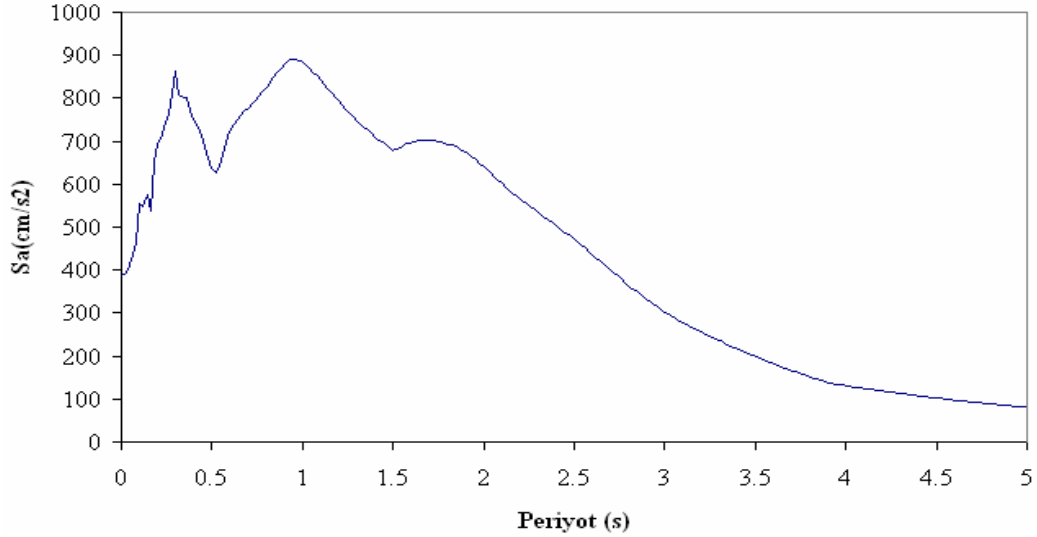


Şekil 4.25 : Depremlerin %0 Sönüm İçin Housner Şiddetleri ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddetleri'nin Karşılaştırılması



Şekil 4.26 : Depremlerin Maksimum Hızlarının %0 ve %20 Sönüm İçin Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddetleri ile Karşılaştırılması

Depremlerin %5 sönüm için ivme spektrumları çizilip maksimum ivme spektrum değerleri bulunmuştur. Bu grafikler Ek-E’de verilmektedir. Şekil 4.27’te Erzincan depreminin kuzey-güney bileşeninin %5 sönüm için ivme spektrumu gösterilmektedir.

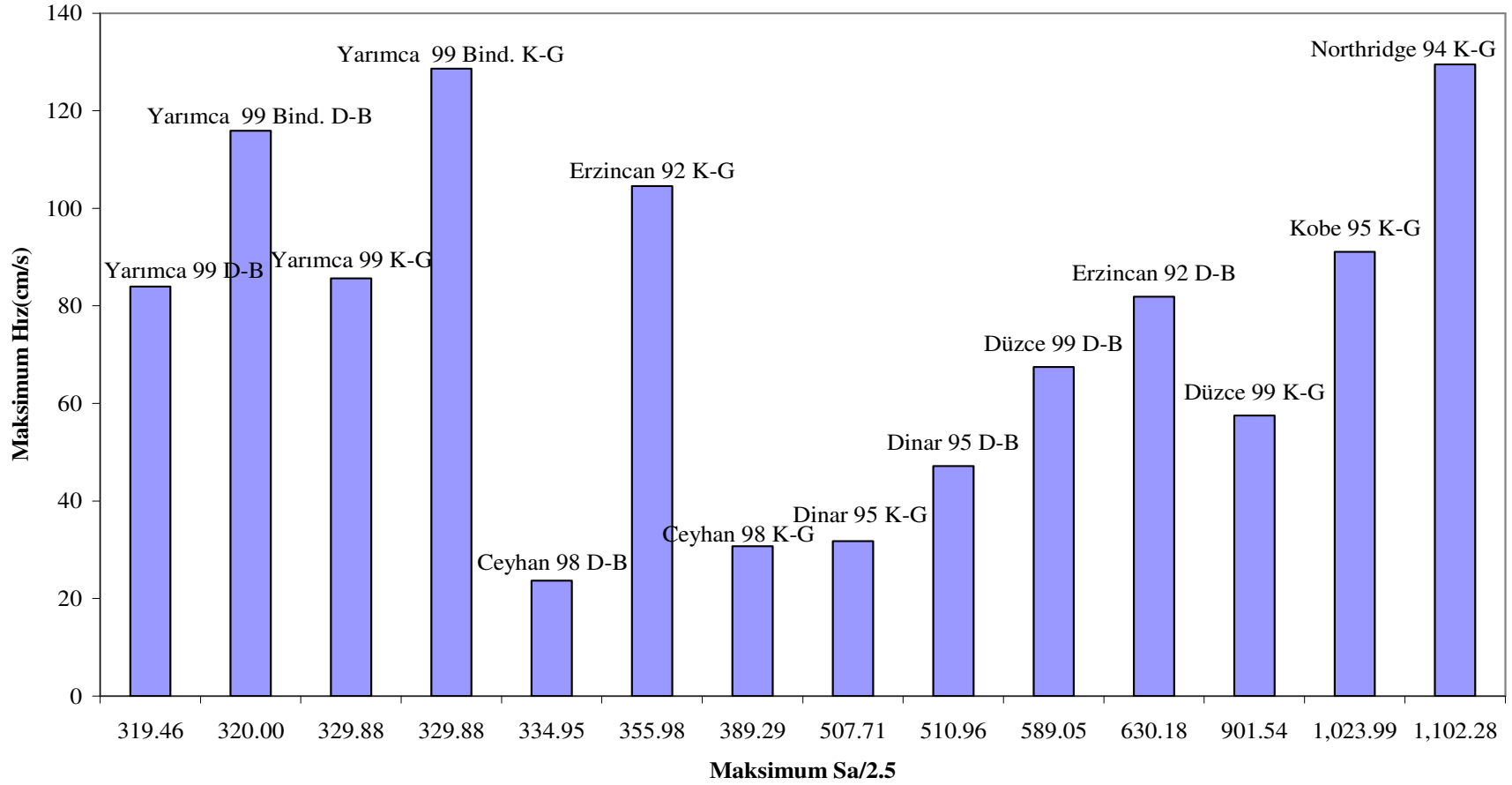


Şekil 4.27 : 13 Mart 1992 Tarihli Erzincan Depreminin Kuzey-Güney Bileşeninin %5 Sönüm İçin İvme Spektrumu

Tablo 4.4’te depremlerin küçükten büyüğe doğru sıralanmış maksimum ivme spektrum değerleri verilmektedir.

Tablo 4.4: Depremlerin Maksimum İvme Spektrum Değerleri

Deprem	Maksimum Sa
Yarımcı 99 D-B	798.65
Yarımcı Bind. D-B	800.00
Yarımcı 99 K-G	824.71
Yarımcı Bind. K-G	824.70
Ceyhan 98 D-B	837.37
Erzincan 92 K-G	889.96
Ceyhan 98 K-G	973.22
Dinar 95 K-G	1269.28
Dinar 95 D-B	1277.40
Düzce 99 Bolu D-B	1472.62
Erzincan 92 D-B	1575.46
Düzce 99 Bolu K-G	2253.85
Kobe 95 K-G	2559.98
Northridge 94 K-G	2755.69

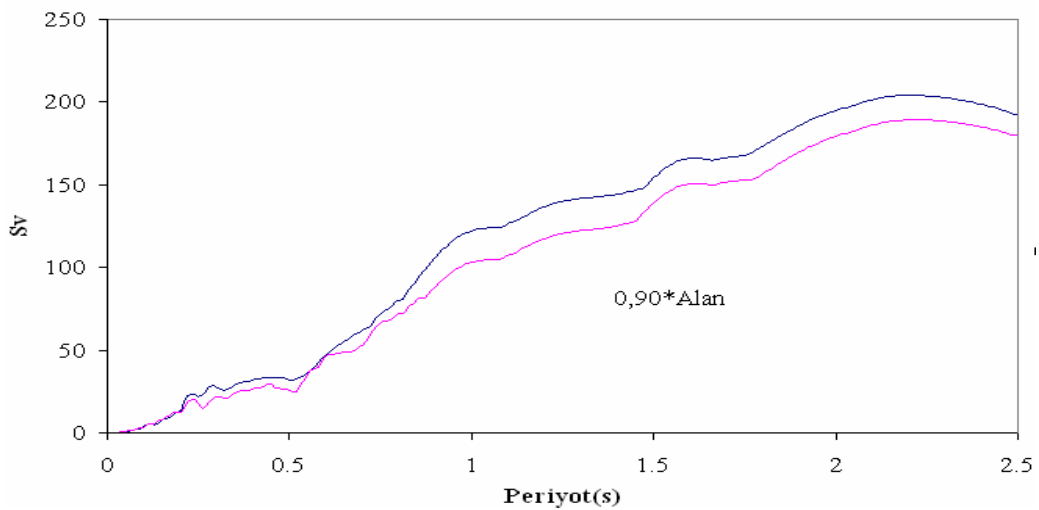
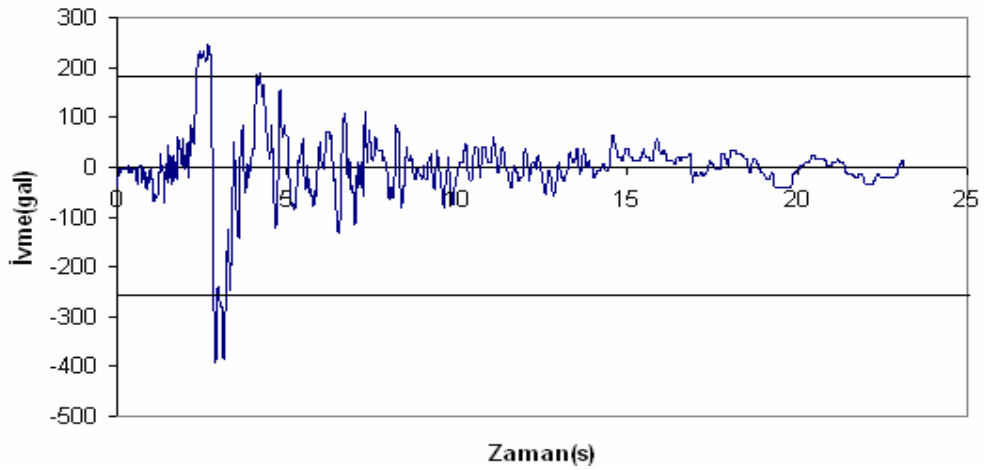


Şekil 4.28 : Depremlerin Etkin İvmeleriyle Maksimum Hızlarının Karşılaştırılması

Yakın fay etkisinin eklenmesi maksimum ivme spektrum değerlerinde bir değişiklik yapmamıştır. Kobe ve Northridge depremlerinin maksimum ivme spektrum değeri diğer depremlere göre daha yüksektir.

Maksimum ivme spektrum değerinin 2.5'a bölünmesiyle etkin ivme değerleri bulunmuştur. Şekil 4.28'de etkin ivme ile maksimum hızlar karşılaştırılmaktadır. Yakın fay etkisi göstermeyen depremler için, maksimum hızlar arttıkça etkin ivmeler de artmaktadır.

Bir depremin %5 sönümlü hız spektrumu grafiğinin altında kalan alanın %90'ını verecek şekilde ivme-zaman grafiğinin alttan ve üstten kesilip yeni bir hız spektrumu elde edilir. Yeni elde edilen ivme-zaman grafiğinin maksimum ivmesine budanmış kayıttın etkin ivmesi denir[28].



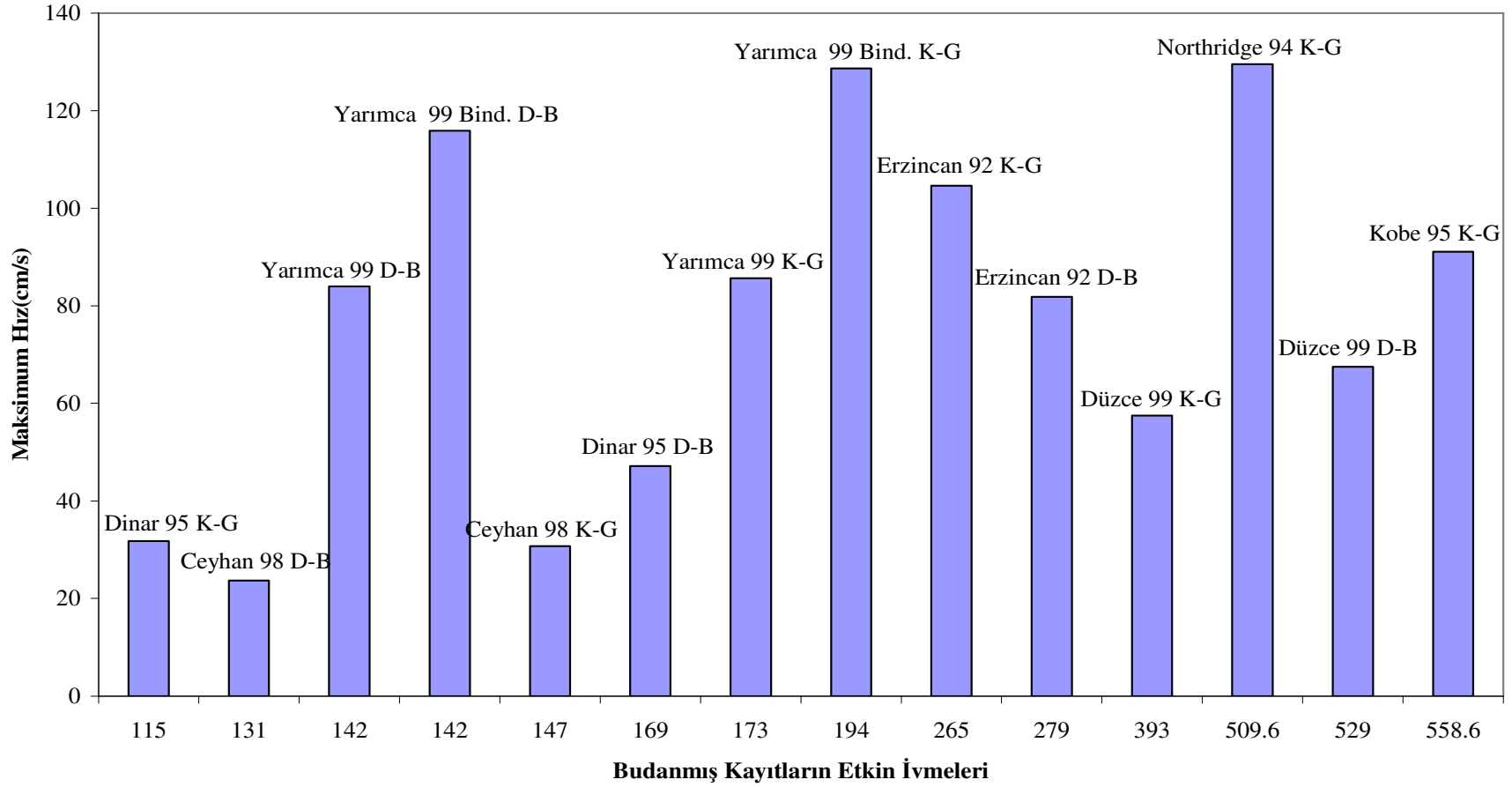
Şekil 4.29 : 13 Mart 1992 Tarihli Erzincan Depreminin Kuzey-Güney Bileşeni İçin Budanmış Kayıttın Etkin İvmesinin Elde Edilişi

Şekil 4.29’da Erzincan depreminin budanmış kayıtn etkin ivmesinin elde edilişi gösterilmektedir. Önce %5 sönüm için hız spektrumu çizilmiş ve altta kalan bölgenin alanı hesaplanmıştır. Daha sonra ivme-zaman grafiği alttan ve üstten kesilerek yeni çıkan grafiğin hız spektrumu hesaplanmıştır. Hız spektrumunun alanı esas hız spektrumu alanının %90’nını verene kadar deneme yanılma yoluyla ivme-zaman grafiği alttan ve üstten kesilmiştir. %90’nını sağladığı zaman olan ivme-zaman grafiğinin maksimum ivme değeri Erzincan depreminin budanmış kaydının etkin ivmesini vermiştir. Bu değer bütün incelenen depremler için hesaplanmıştır. Değerler Tablo 4.5’te verilmektedir. Depremlerin %5 sönüm için hız spektrum-periyot grafikleri Ek-E’de verilmiştir.

Tablo 4.5: Depremlerin Budanmış Kayıtn Etkin İvmesi Değerleri

Deprem	a eff
Dinar 95 K-G	115
Ceyhan 98 D-B	131
Yarımca 99 D-B	142
Yarımca Bind. D-B	142
Ceyhan 98 K-G	147
Dinar 95 D-B	169
Yarımca 99 K-G	173
Yarımca Bind. K-G	194
Erzincan 92 K-G	265
Erzincan 92 D-B	279
Düzce 99 Bolu K-G	393
Northridge 94 K-G	509.6
Düzce 99 Bolu D-B	529
Kobe 95 K-G	558.6

Kobe, Düzce ve Northridge depremlerinin budanmış kayıtlarının etkin ivmesi diğer depremlerden daha yüksektir. Yarımca kaydına yakın fay etkisinin eklenmesi budanmış kayıtn etkin ivmesini kuzey-güney bileşeninde %12 arttırmakta, doğu-batı bileşeninde ise değiştirmemiştir. Şekil 4.30’da depremlerin budanmış kayıtlarının etkin ivmeleriyle maksimum hızları karşılaştırılmaktadır. Düzce depreminin maksimum hızı düşük olmasına karşın etkin ivmesi yüksektir. Yakın fay etkisi bindirilmiş Yarımca kaydının ise maksimum hızının yüksek olmasına karşın etkin ivmesi düşüktür.



Şekil 4.30 : Depremlerin Budanmış Kayıtların Etkin İvmeleriyle Maksimum Hızlarının Karşılaştırılması

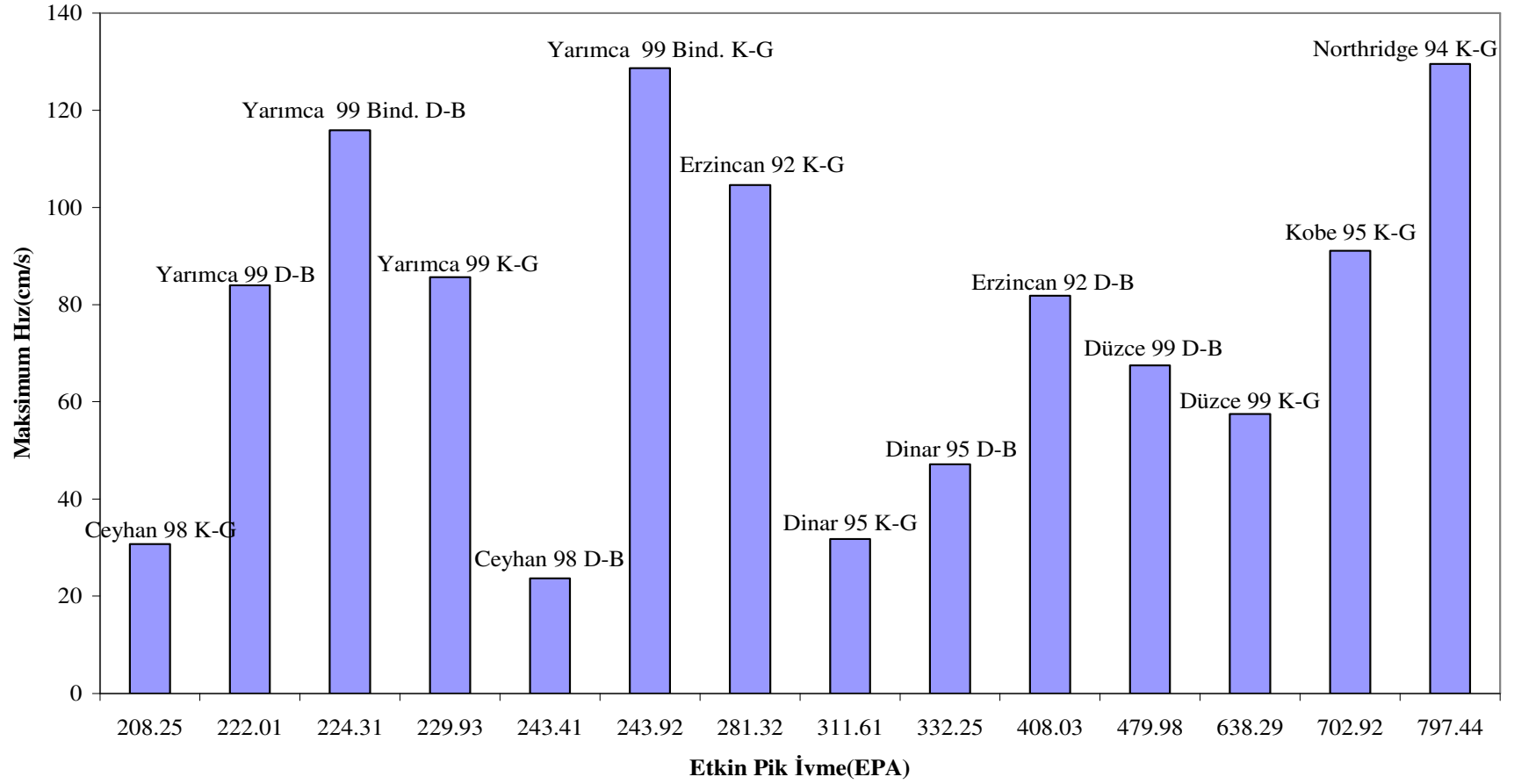
Etkin pik ivme, %5 sönüm için 0.1 ile 0.5 periyotları arasında kalan ivme spektrumu değerlerinin ortalamasının 2.5 ile bölünmesiyle elde edilir.

Tablo 4.6: Depremlerin Etkin Pik İvme Değerleri

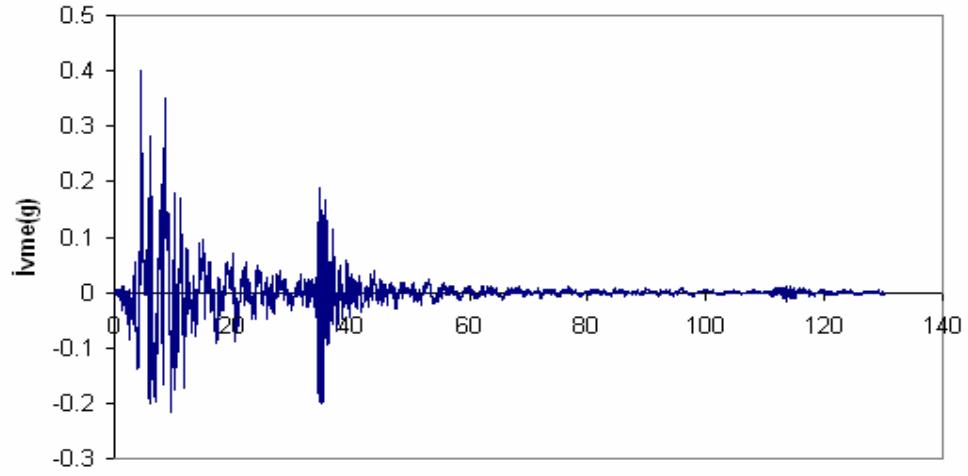
Deprem	EPA (gal)
Ceyhan 98 K-G	208.25
Yarımca 99 D-B	222.01
Yarımca 99 K-G	229.93
Yarımca Bind. D-B	239.22
Ceyhan 98 D-B	243.41
Yarımca Bind. K-G	243.92
Erzincan 92 K-G	281.32
Dinar 95 K-G	311.61
Dinar 95 D-B	332.25
Erzincan 92 D-B	408.03
Düzce 99 Bolu D-B	479.98
Düzce 99 Bolu K-G	638.29
Kobe 95 K-G	702.92
Northridge 94 K-G	797.44

Tablo 4.6’da görüldüğü gibi Kobe, Düzce ve Northridge depremlerinin etkin pik ivmeleri diğer depremlere göre daha yüksektir. Yarımca kaydına yakın fay etkisinin eklenmesi etkin pik ivmesini %7 arttırmaktadır. Şekil 4.31’de depremlerin etkin pik ivmeleriyle maksimum hızları karşılaştırılmaktadır. Düzce depreminin maksimum hızı düşük olmasına karşın etkin pik ivmesi yüksektir. Yakın fay etkisi bindirilmiş Yarımca kaydının ise maksimum hızının yüksek olmasına karşın etkin pik ivmesi düşüktür. Depremlerin %5 sönüm için ivme spektrumu-periyot grafikleri Ek-E’de verilmektedir.

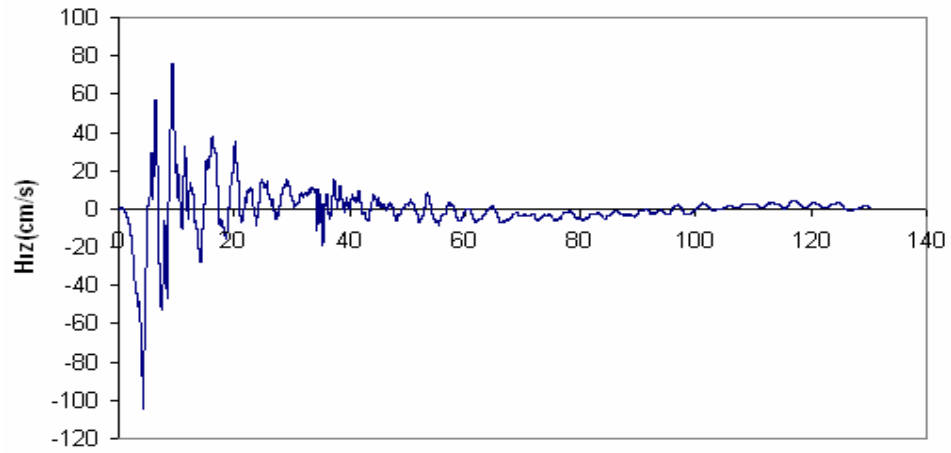
Depremler maksimum ivme değerleri 0.4g olacak şekilde indirgenmişlerdir. Buna göre ivme-zaman, hız-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri çizilmiştir. Maksimum hızlar ve maksimum yerdeğiştirmeler bulunmuştur. Şekil 4.32’de, 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli depreminin Yarımca-Petkim kaydı kuzey-güney bileşeninin maksimum ivmesi 0.4g olacak şekilde indirgenmiş halinin ivme, hız ve yerdeğiştirme grafikleri verilmektedir. Tablo 4.7’de depremlerin maksimum ivmesi 0.4g olacak şekilde indirgenmiş hallerinin ivme, hız ve yerdeğiştirme değerleri verilmektedir.



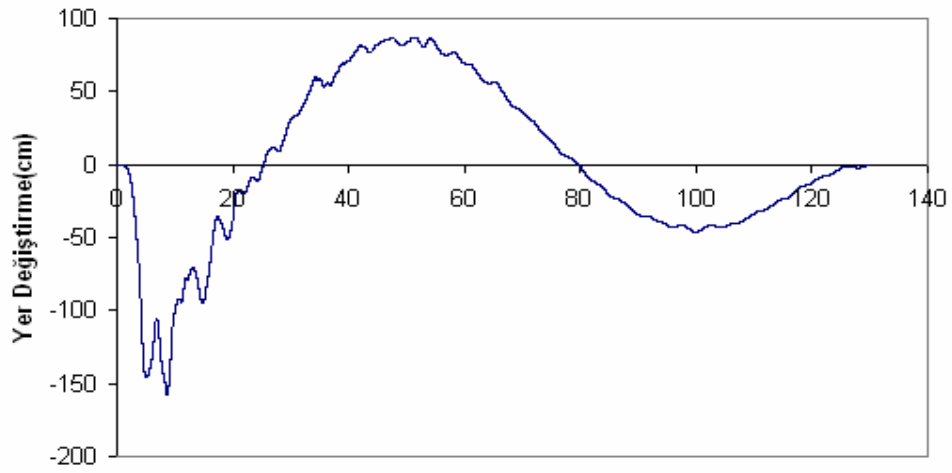
Şekil 4.31 : Depremlerin Etkin Pik İvmeleriyle Maksimum Hızlarının Karşılaştırılması



Zaman(s)



Zaman(s)



Zaman(s)

Şekil 4.32 : 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yarımca-Petkim Kaydı Kuzey-Güney Bileşeninin Maksimum İvmesi 0.4g Olacak Şekilde İndirgenmiş Halinin İvme, Hız ve Yerdeğişirme Grafikleri

Tablo 4.7: Depremlerin Maksimum İvmesi 0.4g Olacak Şekilde İndirgenmiş Hallerinin İvme, Hız ve Yerdeğiştirme Değerleri

Deprem	İndirgenmiş Maksimum İvme(g)	İndirgenmiş Maksimum Hız(cm/s)	İndirgenmiş Maksimum Yerdeğiştirme(cm)
Düzce 99 Bolu K-G	0.40	30.53	16.71
Düzce 99 Bolu D-B	0.40	32.86	7.54
Ceyhan 98 D-B	0.40	33.41	13.84
Kobe 95 K-G	0.40	43.73	9.83
Dinar 95 K-G	0.40	45.19	30.00
Ceyhan 98 K-G	0.40	53.99	19.69
Dinar 95 D-B	0.40	57.20	21.23
Northridge 94 K-G	0.40	61.45	15.38
Erzincan 92 D-B	0.40	65.61	33.32
Yarımca 99 K-G	0.40	104.18	157.93
Erzincan 92 K-G	0.40	105.84	38.28
Yarımca 99 D-B	0.40	143.01	272.79
Yarımca Bind. K-G	0.40	144.37	189.71
Yarımca Bind. D-B	0.40	197.33	359.61

İvme değerleri 0.4g'nin altında olan Ceyhan depremi, Dinar depremi, Kocaeli depremi Yarımca kaydı, yakın fay etkisi gösteren Kocaeli depremi Yarımca kaydı ve Erzincan depremi kuzey-güney bileşenlerinin maksimum hız ve maksimum yerdeğiştirme değerleri artmaktadır. İvme değerleri 0.4g'den büyük olan Düzce depremi, Kobe depremi, Northridge depremi ve Erzincan depremi doğu-batı bileşenlerinin maksimum hız ve maksimum yerdeğiştirme değerleri azalmaktadır.

İndirgenmiş maksimum hız ayrıca (4.15)'te verilen formülle hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 4.8'de verilmektedir.

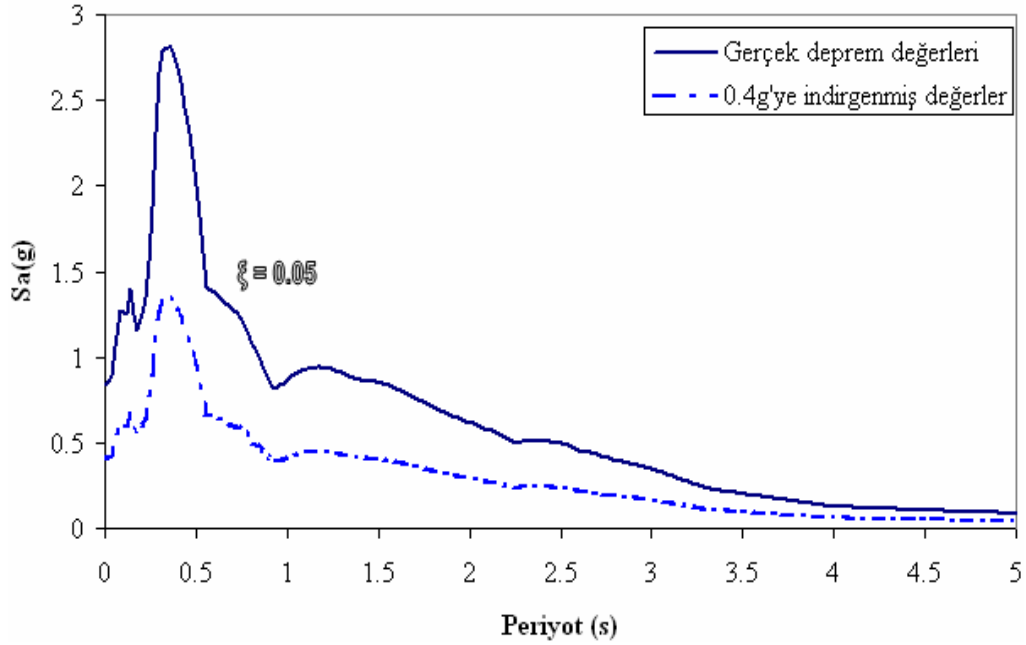
$$V_{\text{maks indirgenmiş}} = V_{\text{maks}} * (0.4g / a_{\text{maks}}) \quad (4.15)$$

Hız-zaman grafiğinden okunan maksimum hızlarla, formülle hesaplanan maksimum hızlar birbirlerine çok yakındır.

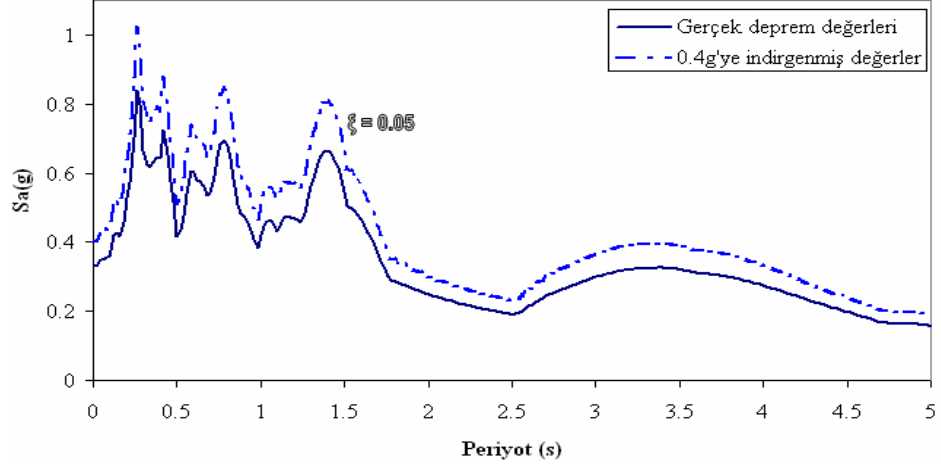
Şekil 4.33'te Northridge depremi Slymar kaydının, Şekil 4.34'te Kocaeli depremi Yarımca kaydının, maksimum ivmelerinin 0.4g'ye göre indirgenmiş değerlerinin %5 sönüm için elde edilen ivme spektrumları ile gerçek deprem değerleri için elde edilen ivme spektrumları karşılaştırılmaktadır.

Tablo 4.8: Formülle Hesaplanmış İndirgenmiş Maksimum Hız

Deprem	İndirgenmiş Maksimum Hız(Formülle)
Düzce 99 Bolu K-G	30.49
Düzce 99 Bolu D-B	32.83
Ceyhan 98 D-B	33.38
Kobe 95 K-G	43.72
Dinar 95 K-G	45.12
Ceyhan 98 K-G	53.93
Dinar 95 D-B	57.14
Northridge 94 K-G	61.47
Erzincan 92 D-B	65.56
Yarımca 99 K-G	104.07
Erzincan 92 K-G	105.74
Yarımca 99 D-B	142.87
Yarımca Bind. K-G	144.23
Yarımca Bind. D-B	197.13



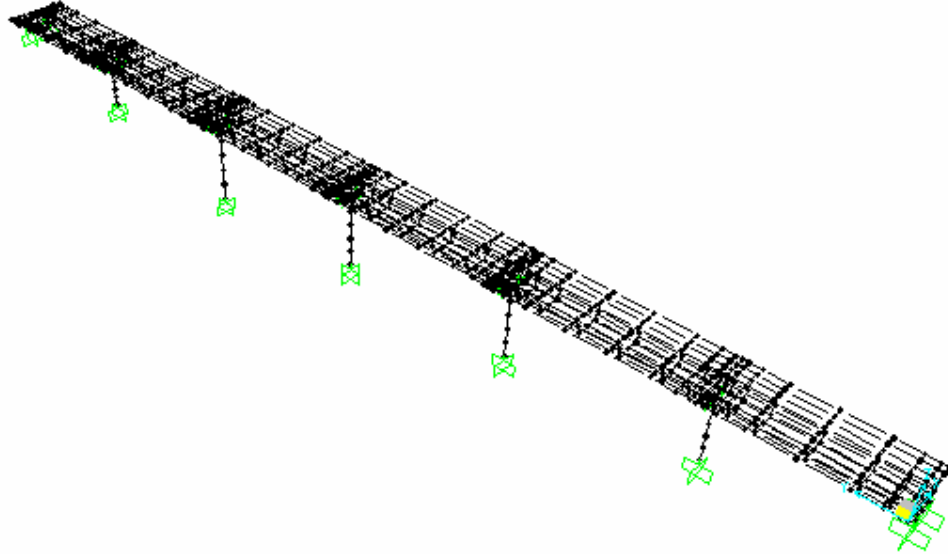
Şekil 4.33 : 17 Ocak 1994 Tarihli Northridge Depreminin Sıymar Kaydı Kuzey-Güney Bileşeninin Maksimum İvmesi 0.4g Olacak Şekilde İndirgenmiş Halinin %5 Sönüm İçin İvme Spektrumu ile Özgün Halinin İvme Spektrumunun Karşılaştırılması



Şekil 4.34 : 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yarımca-Petkim Kaydı Kuzey-Güney Bileşeninin Maksimum İvmesi 0.4g Olacak Şekilde İndirgenmiş Halinin %5 Sönüm İçin İvme Spektrumu ile Özgün Halinin İvme Spektrumunun Karşılaştırılması

4.3. Yakın Fay Etkisinin Sismik İzolatörlü Bir Köprü Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi

Şekil 4.35'te köprü'nün SAP2000 Programı'ndaki 3 boyutlu görünüşü görülmektedir.



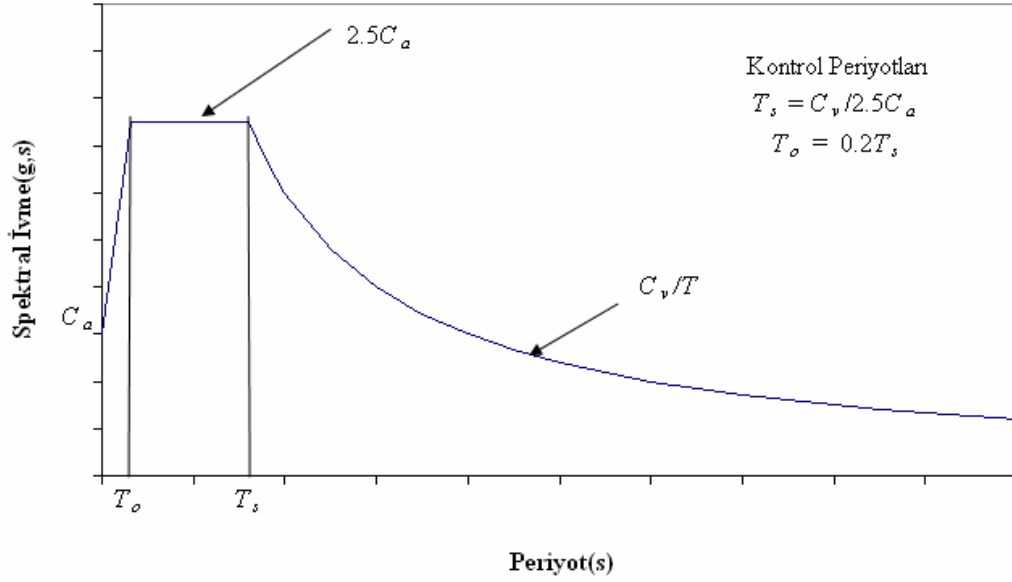
Şekil 4.35 : Köprü'nün SAP2000 Programı'ndaki Üç Boyutlu Görünüşü

Köprüde kauçuk esaslı izolatörler kullanılmıştır. Köprünün periyodu 1.99 saniyedir. Deprem yükü azaltma katsayısı, taşıyıcı sistem davranış katsayısı R'ye bağlı olarak 4 alınmıştır. Köprü SAP2000 programı kullanılarak çözülmüştür. Köprüye;

- 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yarımca-Petkim Kaydı Kuzey-Güney Bileşeni
- 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yakın Fay Etkisi Bindirilmiş Yarımca-Petkim Kaydı Kuzey-Güney Bileşeni
- 12 Kasım 1999 Düzce Depreminin Bolu Kaydı Doğu-Batı Bileşeni
- 13 Mart 1992 Tarihli Erzincan Depreminin Kuzey-Güney Bileşeni
- 17 Ocak 1994 Tarihli Northridge Depreminin Slymar Kaydı Kuzey-Güney Bileşeni

uygulanmıştır. Deprem kayıtları, %5 sönüm için olan ivme spektrumları şeklinde SAP2000 programıyla köprüye etki ettirilmiştir. Spektrumlar Ek-E'de verilmektedir. Ayrıca UBC-1997 'de yer alan yakın fay etkisi, faya uzaklıklarına göre 2km, 5km ve 15km'den uzak olacak şekilde ivme spektrumları bulunup köprüye etki ettirilmiştir. Bölgenin faydan 15km'den daha uzakta bulunması, o bölgede depremin yakın fay etkisi göstermediği anlamına gelmektedir.

UBC-1997 'ye göre, faya 2km'den daha yakın bölgeler, faya 5km uzaklıkta olan bölgeler ve faya 15km'den daha uzak bölgeler için sismik katsayılar, C_a ve C_v bulunmuştur. Katsayılar faya olan uzaklıklarına göre Şekil 4.36'da görülen UBC-1997 Tasarım Tepki Spektrumu'na girilmiştir.



Şekil 4.36 : UBC-1997 Tasarım Tepki Spektrumu

C_a ve C_v sismik katsayılarının bulunması için öncelikle sismik bölge faktörü Z , zemin profil tipi, sismik kaynak tipi ve yakın-kaynak faktörleri N_a ve N_v 'nin bulunması gerekmektedir. Sismik bölge faktörü, Tablo 4.9'dan 4. bölge seçilerek $Z = 0.40$ alınmıştır.

Tablo 4.9 : Sismik Bölge Faktörü Z

Bölge	1	2A	2B	3	4
Z	0.075	0.15	0.2	0.3	0.4

Zemin profil tipi, Tablo 4.10'dan çok yoğun zemin ve yumuşak kaya zemin S_c , seçilmiştir.

Tablo 4.10: Zemin Profil Tipi

Zemin Profil Tipi	Zemin Profili İsmi	Kayma Dalgası Hızı, v_s (m/s)
S_A	Sert Kaya	1500
S_B	Kaya	760-1500
S_C	Çok Yoğun Zemin ve Yumuşak Kaya	360-760
S_D	Sert Zemin Profili	180-360
S_E	Yumuşak Zemin Profili	180

Sismik kaynak tipi, Tablo 4.11'den A tipi seçilmiştir.

Tablo 4.11: Sismik Kaynak Tiplerinin Tanımlanması

Sismik Kaynak Tipi	Sismik Kaynak Tanımı	Sismik Kaynağın Tanımlanması	
		Maksimum Moment Büyüklüğü, M	Yıllık Atım Miktarı, S(mm/yıl)
A	Büyük Manyitüde Deprem Üretebilen ve Yüksek Sismik Aktiviteye Sahip Faylar	$M \geq 7.0$	$SR \geq 5$
B	Tip A ve C Dışındaki Bütün Faylar	$M \geq 7.0$ $M < 7.0$ $M \geq 6.5$	$SR < 5$ $SR > 2$ $SR < 2$
C	Büyük Manyitüde Deprem Üretemeyen ve Düşük Sismik Aktiviteye Sahip Faylar	$M < 6.5$	$SR \leq 2$

Yakın-kaynak faktörü katsayısı N_a Tablo 4.12'den bakılarak, faya 2km'den yakın bölgeler için 1.5, faya 5km uzaklıkta olan bölgeler için 1.2 ve faydan 15km'den daha uzak olan bölgeler için 1 alınmıştır.

Tablo 4.12: Kısa Periyot Faktörü N_a

Sismik Kaynak Tipi	Bilinen Sismik Kaynağa En Yakın Mesafe		
	$\leq 2\text{km}$	5km	$\geq 10\text{km}$
A	1.5	1.2	1.0
B	1.3	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0

Tablo 4.13'te verilen yakın-kaynak faktörü katsayısı N_v , faya 2km'den yakın bölgeler için 2, faya 5km uzaklıkta olan bölgeler için 1.6 ve faydan 15km'den daha uzak olan bölgeler için 1 alınmıştır.

Tablo 4.13: Orta Periyot Faktörü N_v

Sismik Kaynak Tipi	Bilinen Sismik Kaynağa En Yakın Mesafe			
	$\leq 2\text{km}$	5km	10km	$\geq 15\text{km}$
A	2.0	1.6	1.2	1.0
B	1.6	1.2	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0	1.0

Tablo 4.14'e göre sismik katsayı $C_a = 0.40N_a$ 'dir. C_a faya 2km'den yakın bölgeler için 0.6, faya 5km uzaklıkta olan bölgeler için 0.48 ve yakın fay etkisinde olmayan bölgeler için 0.4'tür.

Tablo 4.14: Sismik Katsayı C_a

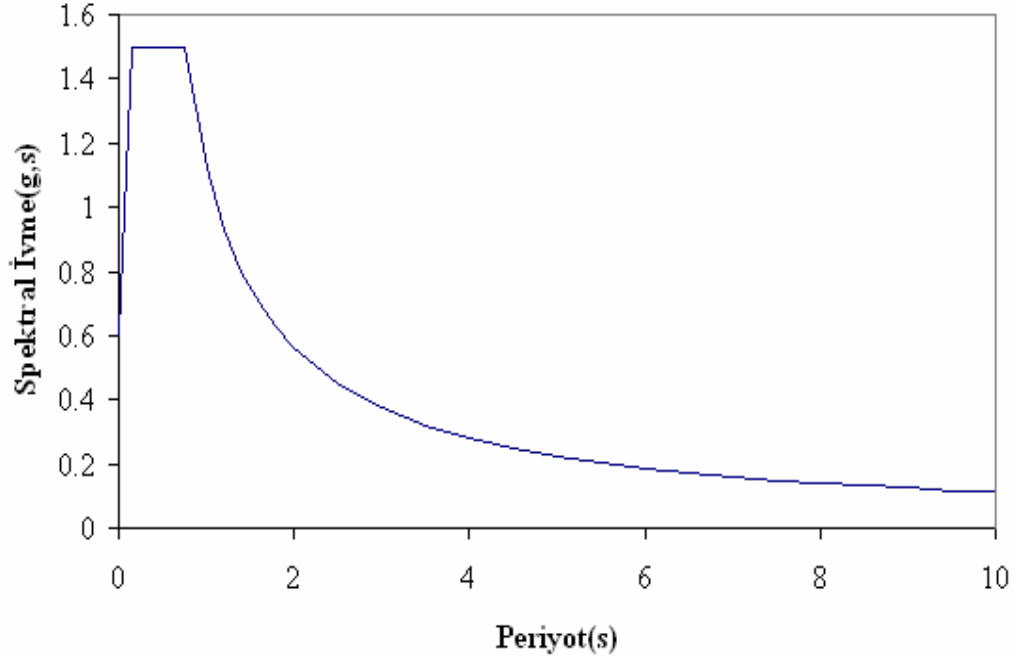
Zemin Profil Tipi	Sismik Bölge Faktörü, Z				
	$Z = 0.075$	$Z = 0.15$	$Z = 0.2$	$Z = 0.3$	$Z = 0.4$
S_A	0.06	0.12	0.16	0.24	$0.32N_a$
S_B	0.08	0.15	0.20	0.30	$0.40N_a$
S_C	0.09	0.18	0.24	0.33	$0.40N_a$
S_D	0.12	0.22	0.28	0.36	$0.44N_a$
S_E	0.19	0.30	0.34	0.36	$0.36N_a$

Sismik katsayı C_v , Tablo 4.15'te $0.56N_v$ olarak bulunmuştur. C_v faya 2km'den yakın bölgeler için 1.12, faya 5km uzaklıkta olan bölgeler için 0.896 ve yakın fay etkisinde olmayan bölgeler için 0.56'dır[29].

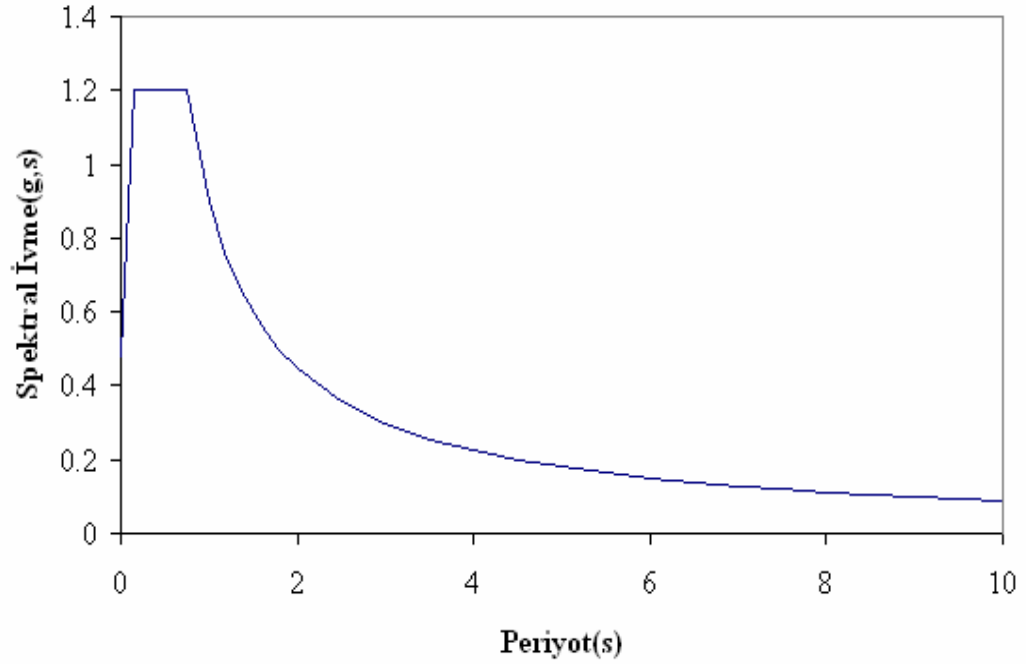
Tablo 4.15: Sismik Katsayı C_v

Zemin Profil Tipi	Sismik Bölge Faktörü, Z				
	$Z = 0.075$	$Z = 0.15$	$Z = 0.2$	$Z = 0.3$	$Z = 0.4$
S_A	0.06	0.12	0.16	0.24	$0.32N_v$
S_B	0.08	0.15	0.20	0.30	$0.40N_v$
S_C	0.13	0.25	0.32	0.45	$0.56N_v$
S_D	0.18	0.32	0.40	0.54	$0.64N_v$
S_E	0.26	0.50	0.64	0.84	$0.96N_v$

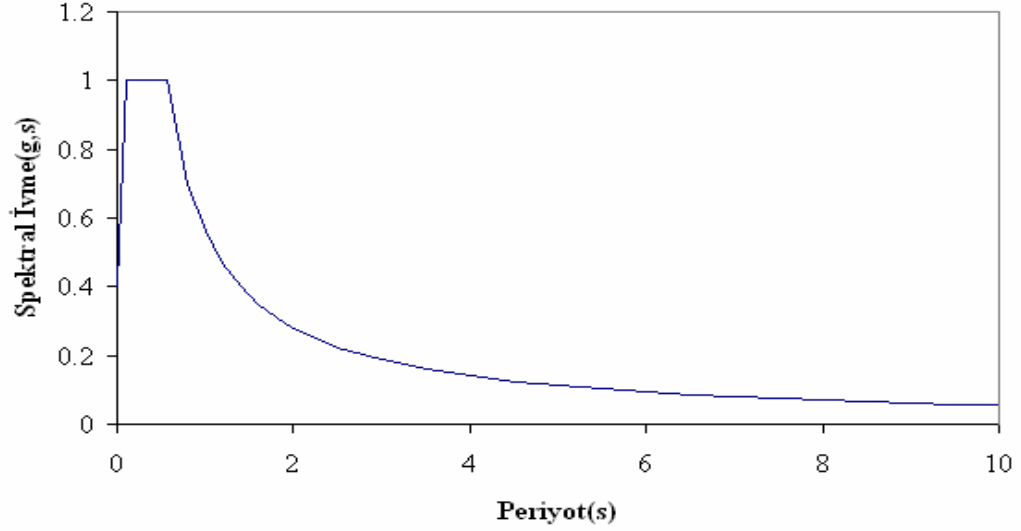
Faya 2km'den yakın bölgeler için elde edilen UBC-1997 tasarım tepki spektrumu Şekil 4.35'te, faya 5km uzaklıkta olan bölgeler için olan UBC-1997 tasarım tepki spektrumu Şekil 4.36'da ve yakın fay etkisinde olmayan bölgeler için olan UBC tasarım tepki spektrumu ise Şekil 4.37'te verilmektedir.



Şekil 4.35 : Faya 2Km'den Yakın Bölgeler İçin UBC-1997 Tasarım Tepki Spektrumu

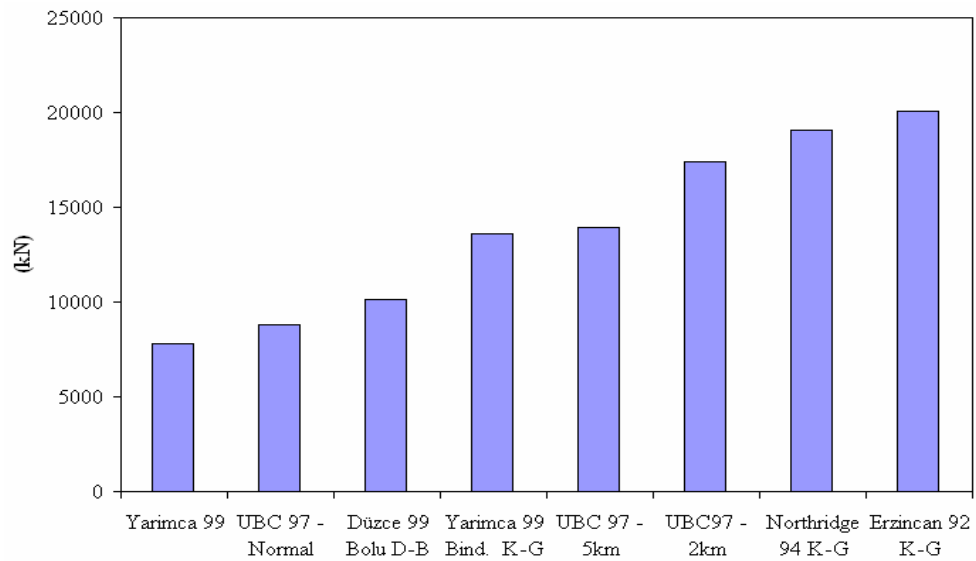


Şekil 4.36 : Faya 5Km Uzaklıkta Olan Bölgeler İçin UBC-1997 Tasarım Tepki Spektrumu

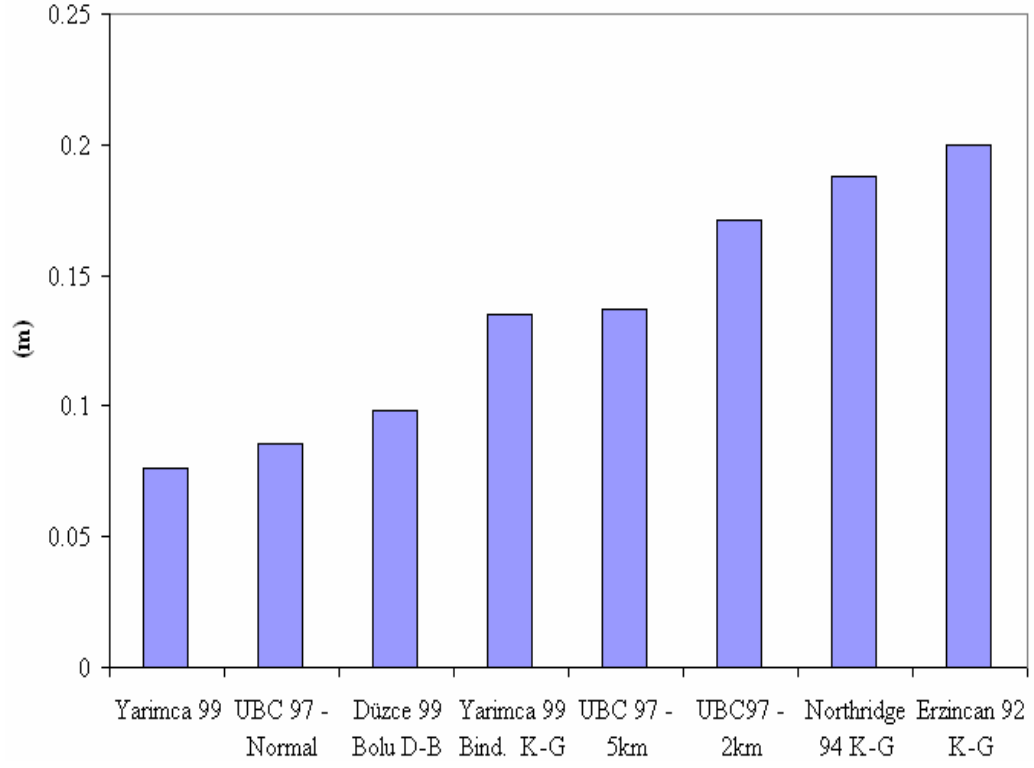


Şekil 4.37 : Yakın Fay Etkisinde Olmayan Bölgeler İçin Olan UBC Tasarım Tepki Spektrumu

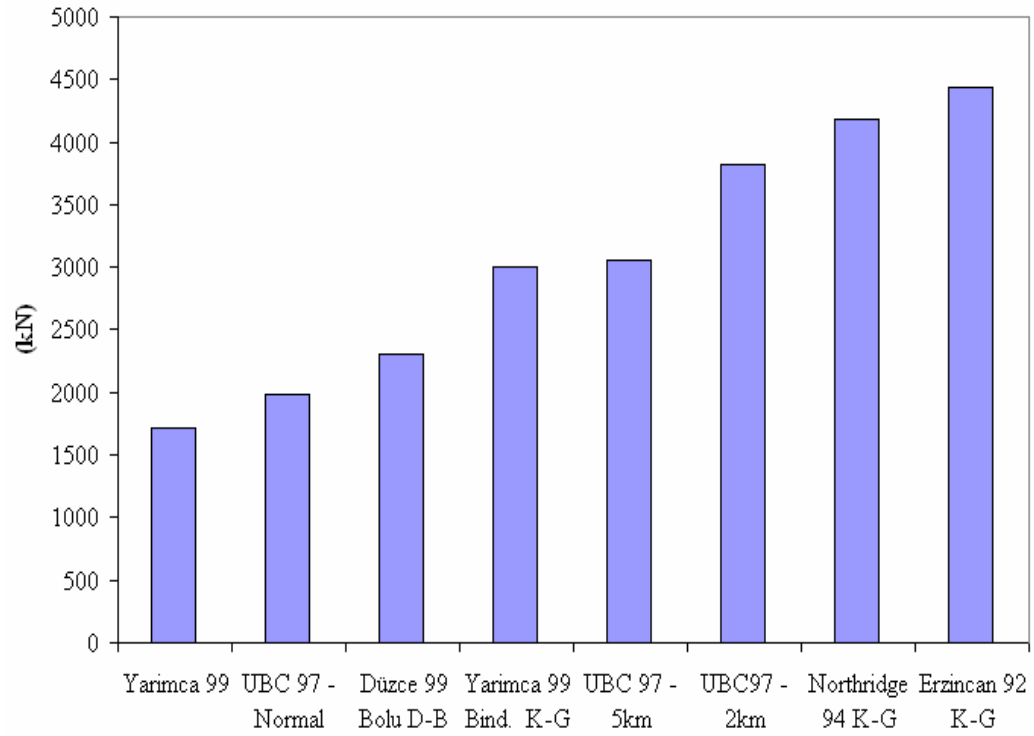
Depremlerin ivme spektrumları ve UBC–1997’ye göre elde ettiğimiz faya 2km’den daha yakın, faydan 5km uzaklıkta ve faydan 15km’den daha uzak olan depremleri ifade eden spektrumlar SAP2000 programı kullanılarak köprüye uygulanmıştır. Şekil 4.38’de maksimum toplam taban kesme kuvvetleri, Şekil 4.39’da maksimum yerdeğiştirmeler, Şekil 4.40’da maksimum kesme kuvvetleri, Şekil 4.41’de maksimum aksenal kuvvetler ve Şekil 4.42’de maksimum momentler gösterilmektedir.



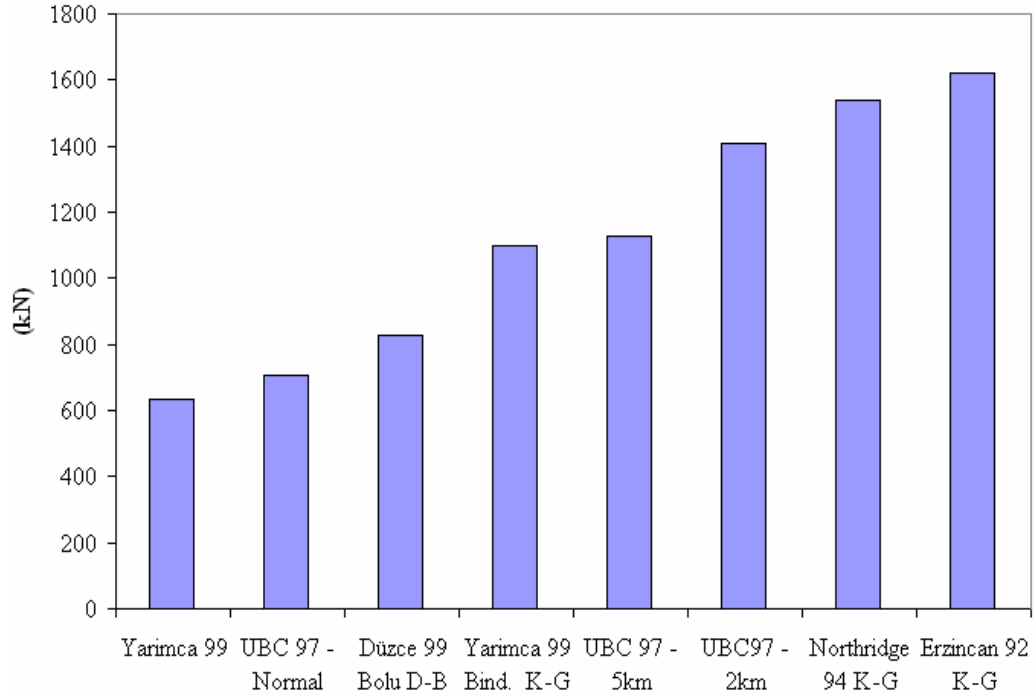
Şekil 4.38 : Maksimum Toplam Taban Kesme Kuvvetleri



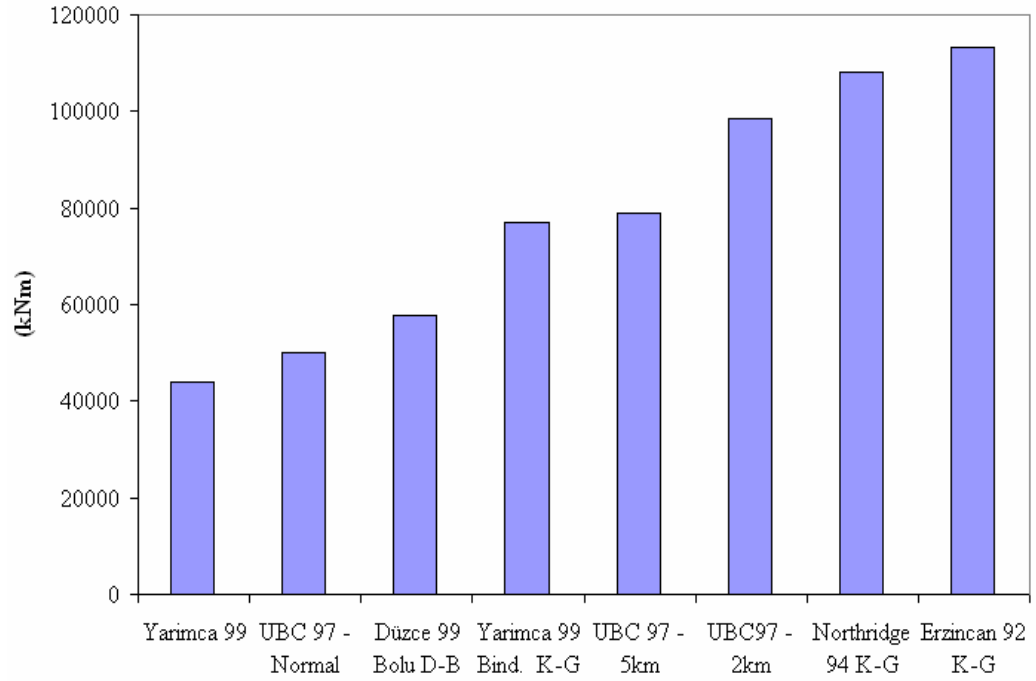
Şekil 4.39 : Maksimum Yerdeğiştirmeler



Şekil 4.40 : Maksimum Kesme Kuvvetleri



Şekil 4.41 : Maksimum Eksenel Kuvvetler



Şekil 4.42 : Maksimum Momentler

Köprüye en büyük etkiyi Erzincan depremi, Northridge depremi ve UBC–1997’ye göre elde ettiğimiz faya 2km’den daha yakın olan depremler yapmıştır. Yarımca kaydına yakın fay etkisinin bindirilmesiyle maksimum toplam taban kesme kuvveti,

maksimum yerdeğiştirme, maksimum kesme kuvveti, maksimum eksenel kuvvet ve maksimum moment %75 artmıştır. Yakın fay etkisi bindirilmiş Yarımcı kaydıyla faya 5km uzaklıktaki bölgeler için elde edilmiş olan UBC–1997 spektrumu birbirine yakın sonuçlar vermektedir. Faya 2km’den daha yakın bölgeler için olan UBC–1997 spektrumu, faya 5km uzaklıktaki bölgeler için olan UBC–1997 spektrumundan 1.25 kat, yakın fay etkisi göstermeyen bölgeler için olan UBC–1997 spektrumdan 2 kat daha etkilidir.

Ayrıca köprü ve depremler için spektrum katsayıları hesaplanmıştır.

$$V_t = W A(T_1) / R_a(T_1) \quad (4.16)$$

$$A(T) = A_0 S(T) \quad (4.17)$$

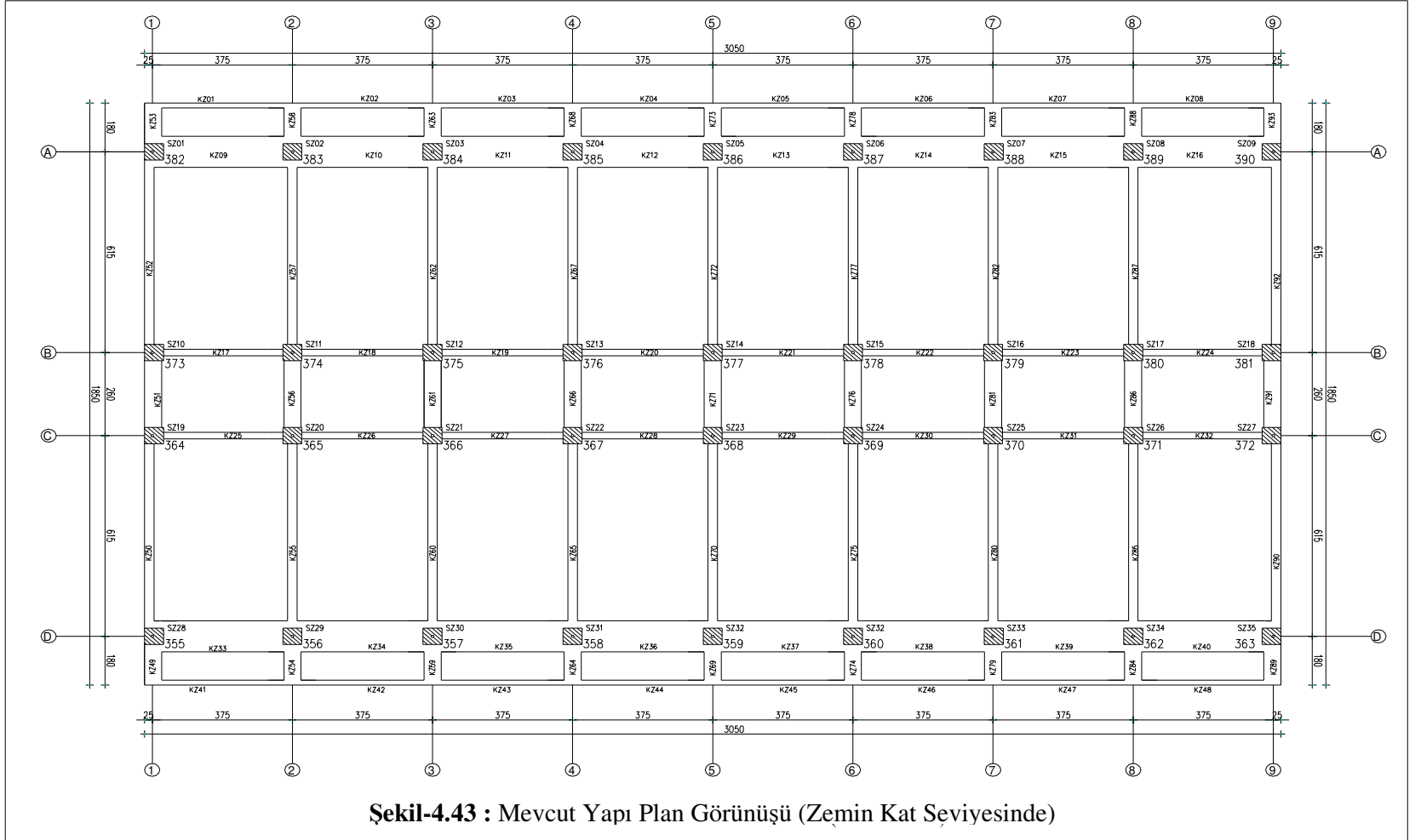
formülleriyle Tablo 4.16’da verilen spektrum katsayıları bulunmuştur.

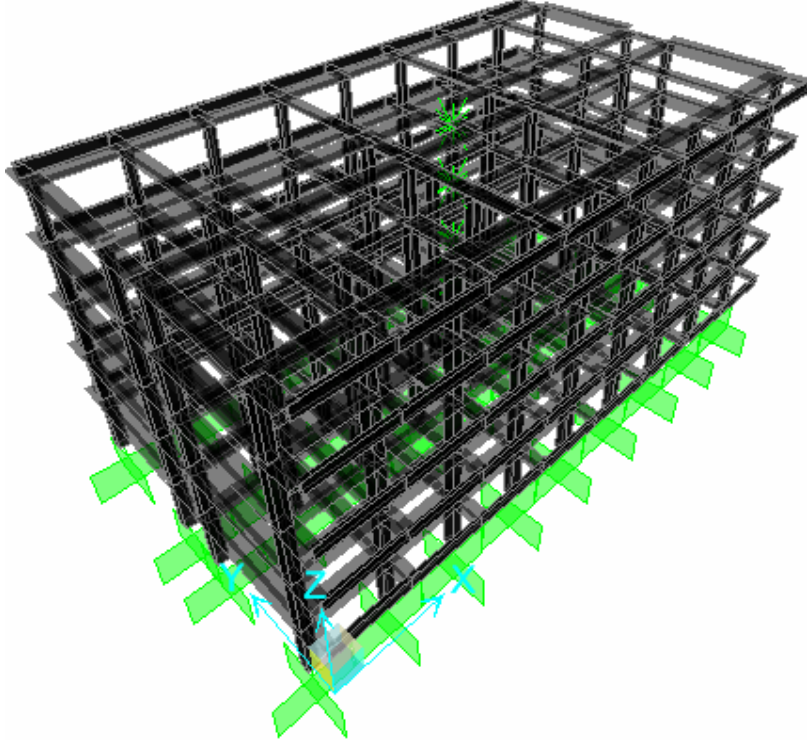
Tablo 4.16: Spektrum Katsayıları Değerleri

Depremler	S(T)
Düzce 99 Bolu D-B	0.3119738
Northridge 94 K-G	0.5715827
Yarımcı 99	0.5967457
Yarımcı 99 Bind. K-G	0.9623505
Erzincan 92 K-G	1.2801712

4.4. Yakın Fay Etkisinin Bir Bina Üzerinde Etkilerinin İncelenmesi

Bu kısımda incelenen yapı Fenerbahçe’de bulunan bir otel binasıdır. Yaklaşık 25 yıl önce inşa edilmiş yapı otel amaçlı olarak kullanılmaktadır. Yapı planda 30.50m x 18.50m’lik bir alanı kaplamakta olup, ortogonal betonarme çerçeve taşıyıcı sisteme sahiptir. Yapı 1 bodrum, 1 zemin, 3 normal ve 1 çatı katı olmak üzere toplam 6 katlıdır. Yapının uzun doğrultusunda 8 açıklık, kısa doğrultusunda 3 açıklık bulunmaktadır. Yapı, her iki doğrultuda simetrik olarak yerleştirilmiş olan taşıyıcı elemanlardan oluşmaktadır. Tüm katlarda, nervürlü döşeme sistemi mevcuttur. 7cm tabla kalınlığı, 23cm dış yüksekliği olmak üzere toplam döşeme kalınlığı 30cm’dir. Yapının temel sisteminin sürekli temellerden oluştuğu tahmin edilmektedir. Yapının kat yükseklikleri değişken olmakla birlikte, bodrum katta 4m; zemin, birinci ve ikinci katlarda 2.75m; üçüncü katta 3.0m. ve çatı katında 2.90m’dir. Ayrıca mevcut yapının zemin kat seviyesinde plan görünüşü Şekil 4.43’te, SAP2000 Programı’ndaki 3 boyutlu görünüşü Şekil 4.44’te verilmektedir.





Şekil 4.44 : Binanın SAP2000 Programı'ndaki 3 Boyutlu Görünüşü

Bina depremden koruma alternatifleri kullanılarak dört farklı şekilde çözülmüştür.

Sistemler:

- Mevcut Hali Ankastre Tabanlı Bina
- Viskoz Sönümleyicili Bina
- Kauçuk İzolatörlü Bina
- Kauçuk İzolatör ve Viskoz Sönümleyicilerin Birlikte Kullanıldığı Bina

Bina modelleri SAP2000 programı kullanılarak üç boyutlu olarak analiz edilmiş ve sonuçlar irdelenmiştir. Binalara;

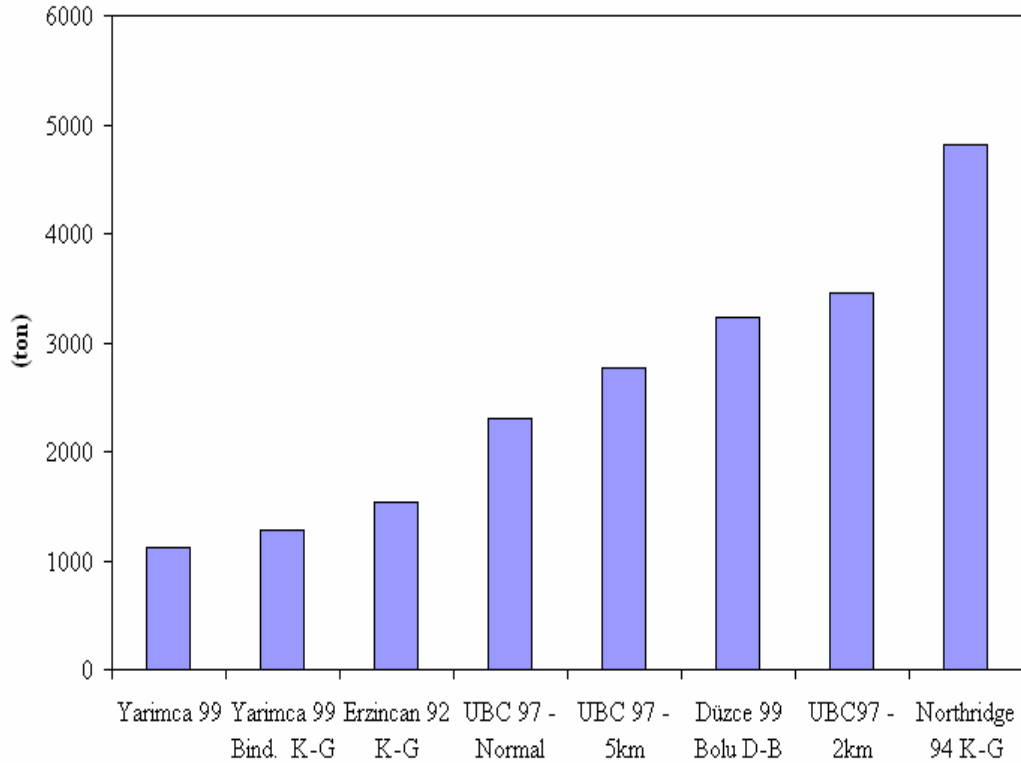
- 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yarımca-Petkim Kaydı Kuzey-Güney Bileşeni
- 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yakın Fay Etkisi Bindirilmiş Yarımca-Petkim Kaydı Kuzey-Güney Bileşeni
- 12 Kasım 1999 Düzce Depreminin Bolu Kaydı Doğu-Batı Bileşeni
- 13 Mart 1992 Tarihli Erzincan Depreminin Kuzey-Güney Bileşeni

- 17 Ocak 1994 Tarihli Northridge Depreminin Slymar Kaydı Kuzey-Güney Bileşeni

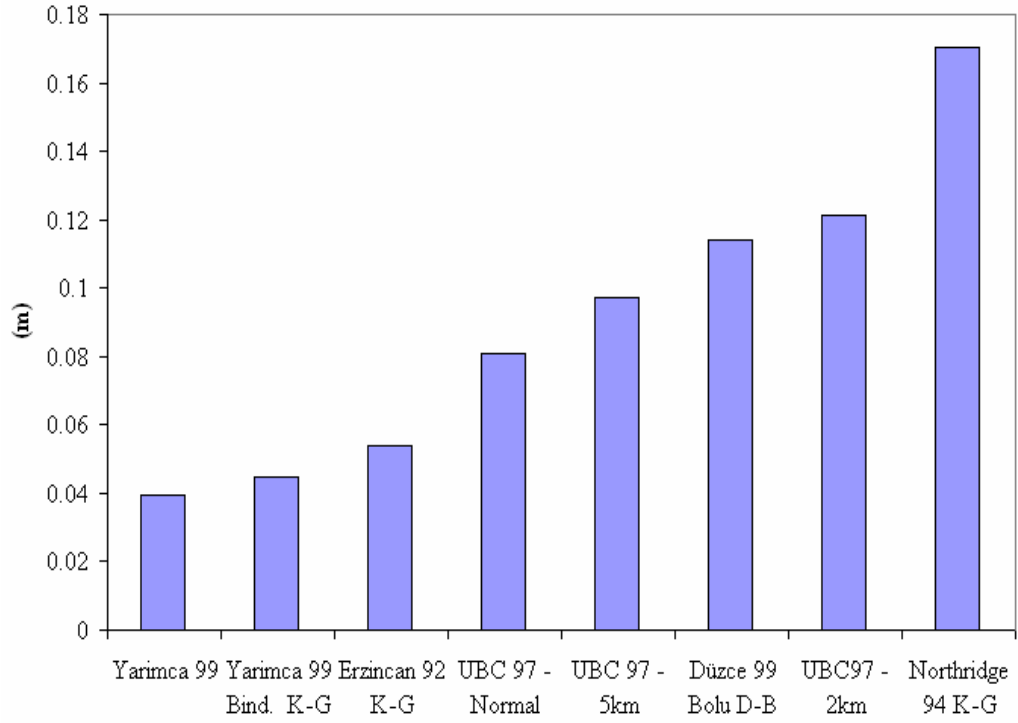
uygulanmıştır. Bu deprem kayıtları, %5 sönüm için olan ivme spektrumları şeklinde SAP2000 programıyla binalara etki ettirilmiştir. Bu spektrumlar Ek-E’de verilmektedir. Ayrıca UBC–1997 ’de yer alan yakın fay etkisi, faya uzaklıklarına göre 2km, 5km ve 15km’den uzak olacak şekilde ivme spektrumları binaya etki ettirilmiştir. Depremler gerçek değerlerinde bir azalım olmaksızın binalara uygulanmıştır.

4.4.1. Ankastre tabanlı mevcut bina

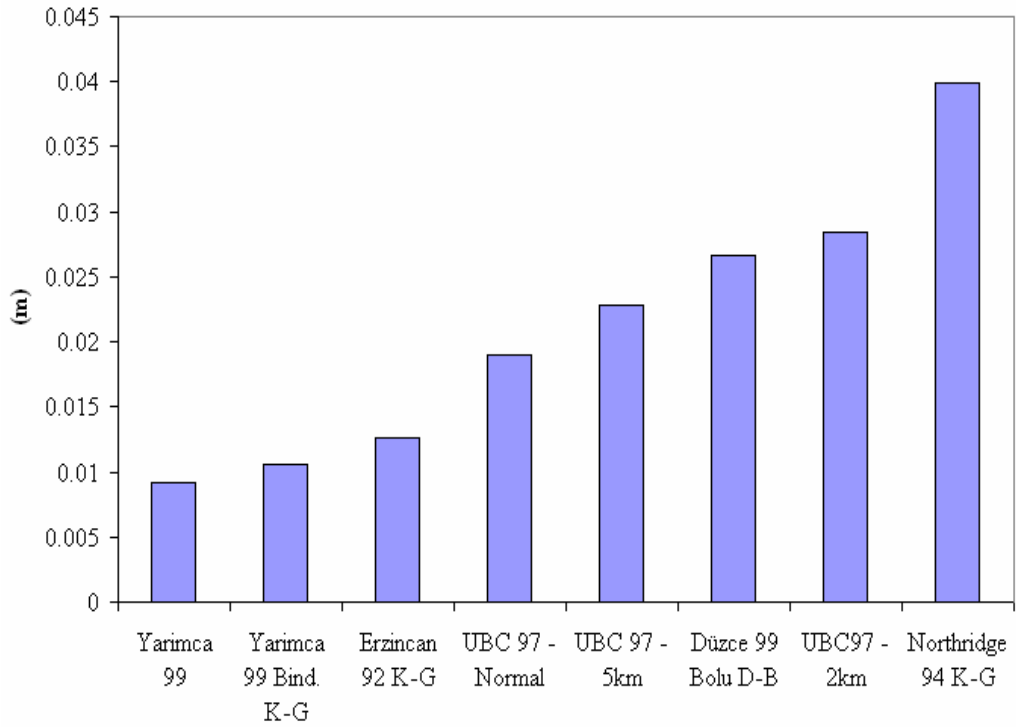
Mevcut olan ankastre tabanlı binanın periyodu 0.52 saniyedir. Mevcut bina için Şekil 4.45’te maksimum toplam taban kesme kuvvetleri, Şekil 4.46’da maksimum yerdeğiştirmeler, Şekil 4.47’de maksimum görelî kat yerdeğiştirmeleri, Şekil 4.48’de maksimum kesme kuvvetleri, Şekil 4.49’da maksimum aksenal kuvvetler ve Şekil 4.50’de maksimum momentler gösterilmektedir.



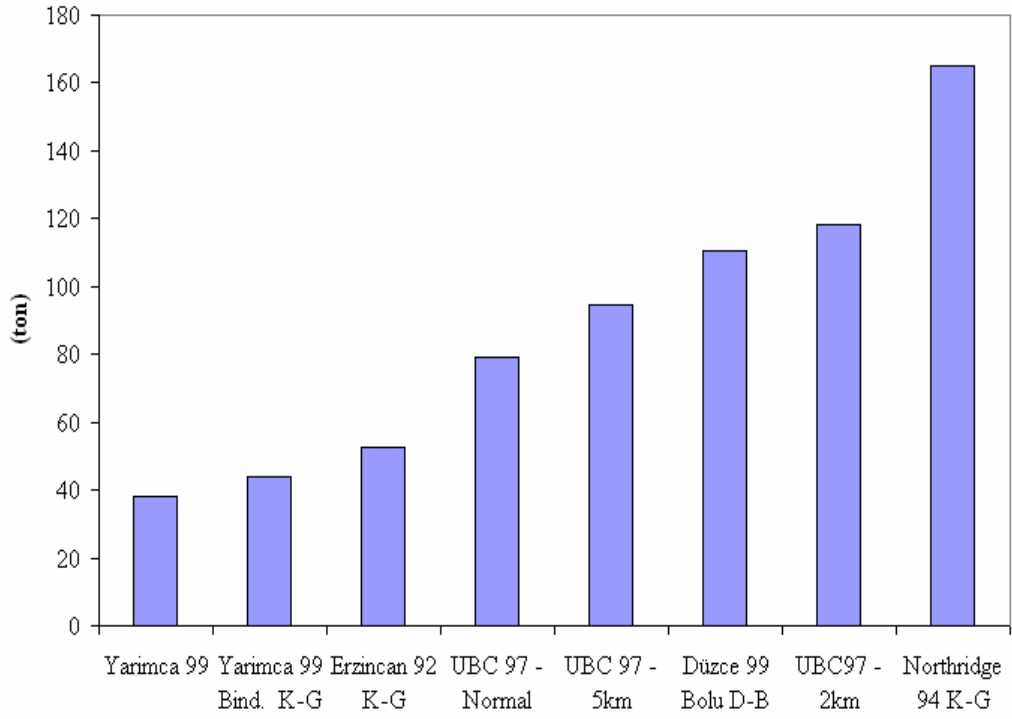
Şekil 4.45 : Ankastre Tabanlı Bina İçin Maksimum Toplam Taban Kesme Kuvvetleri



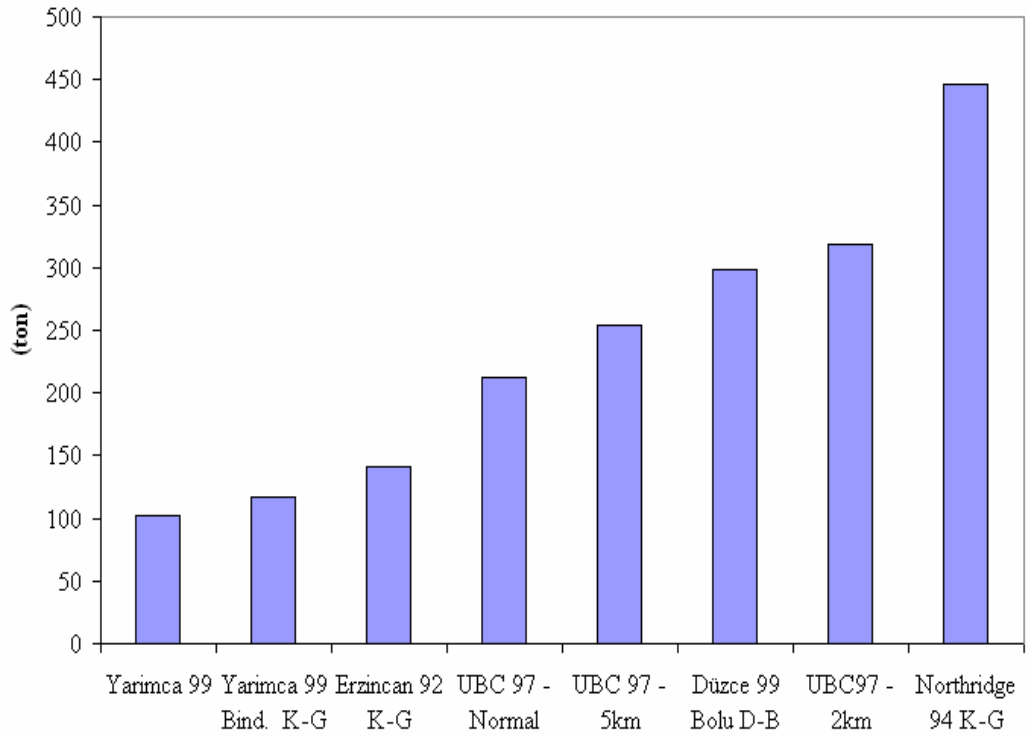
Şekil 4.46 : Ankastre Tabanlı Bina İçin Maksimum Yerdeğiştirmeler



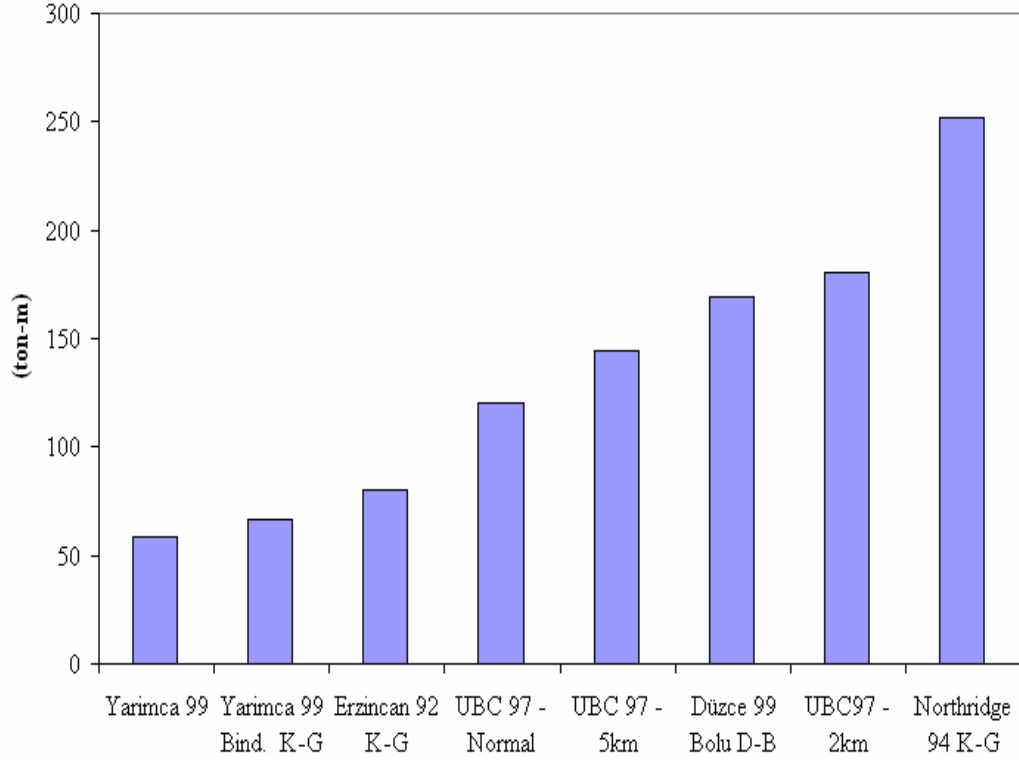
Şekil 4.47 : Ankastre Tabanlı Bina İçin Maksimum Görelî Kat Yerdeğiştirmeleri



Şekil 4.48 : Ankastr Tabanlı Bina İçin Maksimum Kesme Kuvvetleri



Şekil 4.49 : Ankastr Tabanlı Bina İçin Maksimum Eksenel Kuvvetler

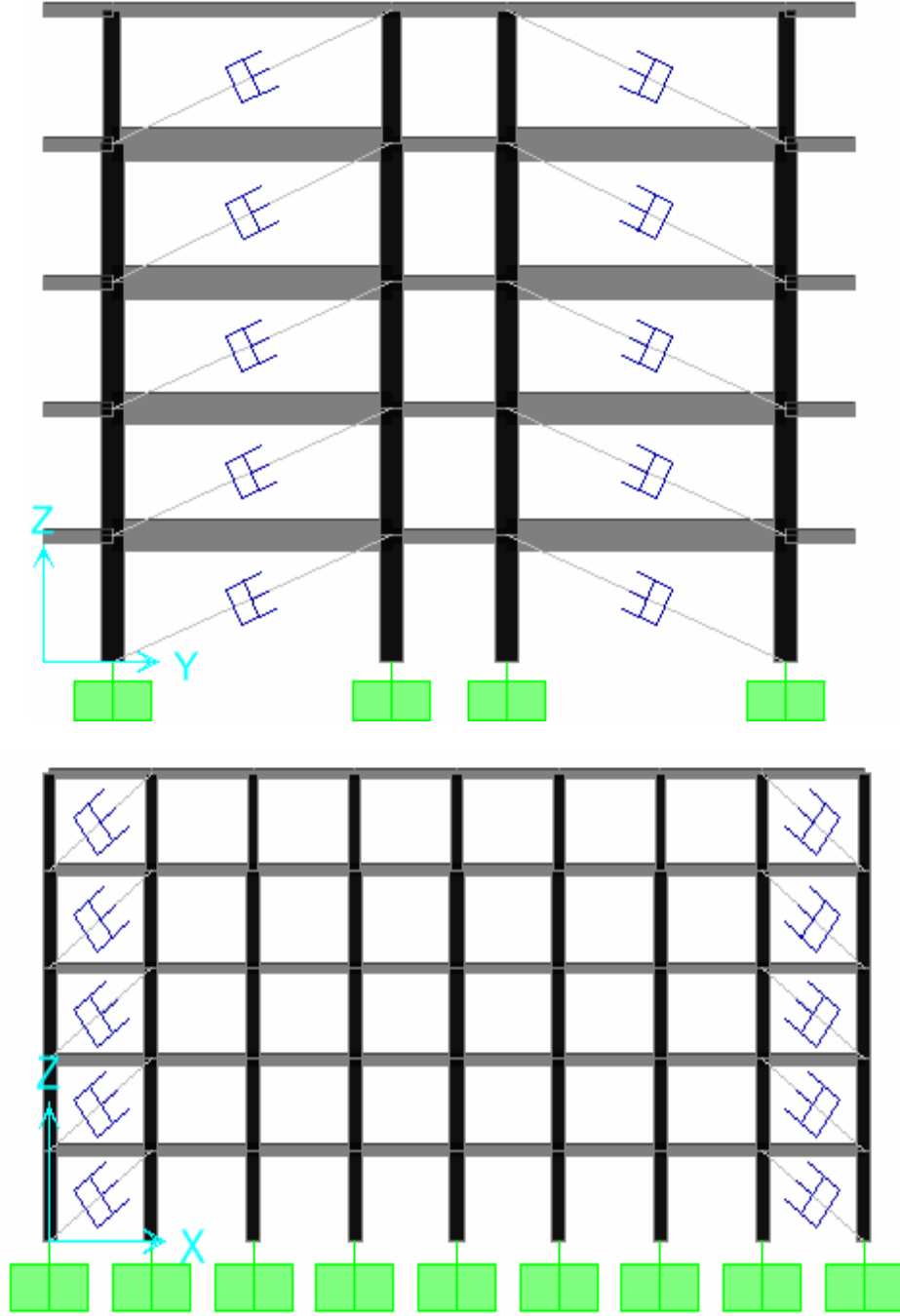


Şekil 4.50 : Ankastre Tabanlı Bina İçin Maksimum Momentler

Ankastre tabanlı binaya en büyük etkiyi Northridge depremi yapmıştır. Yarımcı kaydına yakın fay etkisinin bindirilmesiyle maksimum toplam taban kesme kuvveti, maksimum yerdeğiştirme, maksimum görel kat yerdeğiştirmeleri, maksimum kesme kuvveti, maksimum eksenel kuvvet ve maksimum moment %14 artmıştır. Faya 5km uzaklıktaki bölgeler için olan UBC–1997 spektrumunun etkisi, yakın fay etkisi göstermeyen bölgeler için olan UBC–1997 spektrumunun etkisinden %20 daha fazladır. Faya 2km’den daha yakın bölgeler için olan UBC–1997 spektrumunun etkisi ise, faya 5km uzaklıktaki bölgeler için olan UBC–1997 spektrumunun etkisinden %25 daha fazladır.

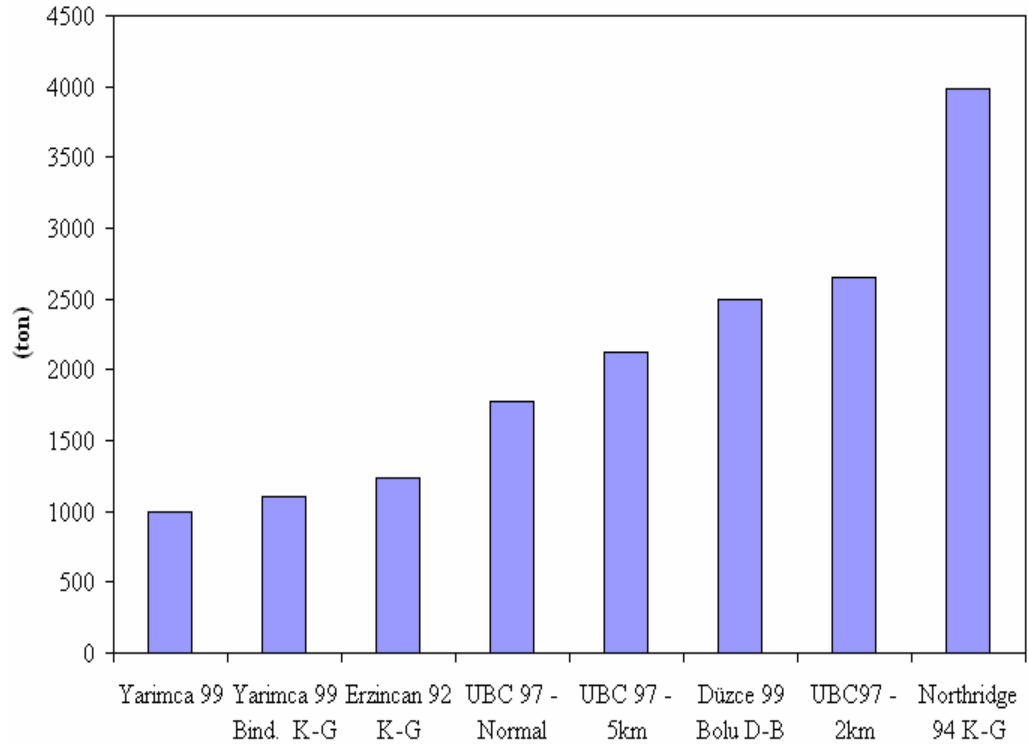
4.4.2. Viskoz sönümleyicili bina

Ankastre tabanlı yapıya viskoz sönümleyiciler eklenerek yeni bir sistem elde edilmiştir. Viskoz sönümleyiciler binaya Şekil 4.51’de görüldüğü gibi yerleştirilmiştir. Binanın periyodu 0.46 saniyedir. Mevcut binaya viskoz sönümleyiciler eklenince binanın periyodunun %11.5 azaldığı görülmektedir.

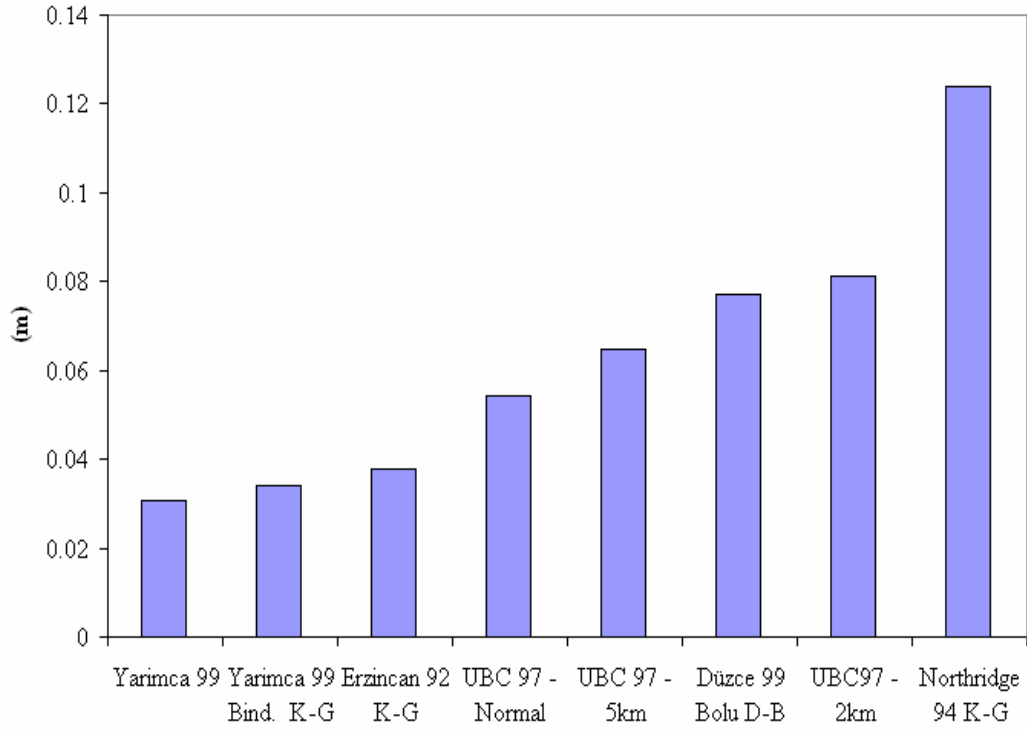


Şekil 4.49 : Ankastre Tabanlı Binaya ViskoZ Sönümleyicilerin Yerleşimi

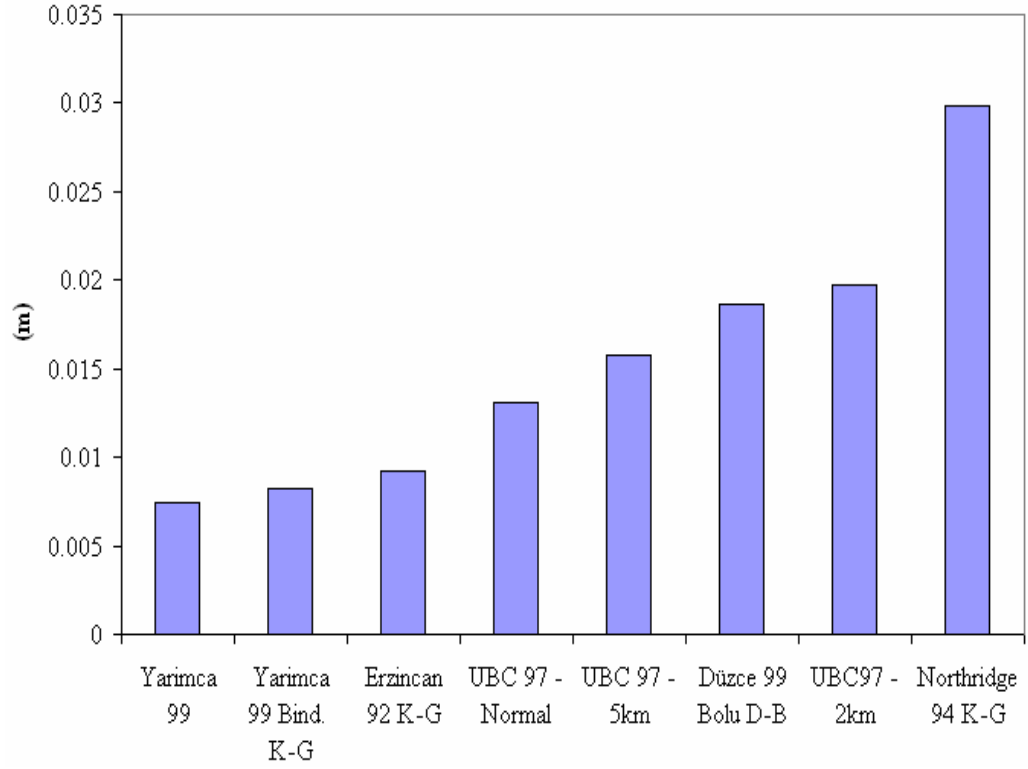
ViskoZ sönümleyicili bina için Şekil 4.52’de maksimum toplam taban kesme kuvvetleri, Şekil 4.53’te maksimum yerdeğİştİrmeler, Şekil 4.54’te maksimum görelİ kat yerdeğİştİrmeleri, Şekil 4.55’te maksimum kesme kuvvetleri, Şekil 4.56’da maksimum eksenel kuvvetler ve Şekil 4.57’de maksimum momentler gösterilmektedir.



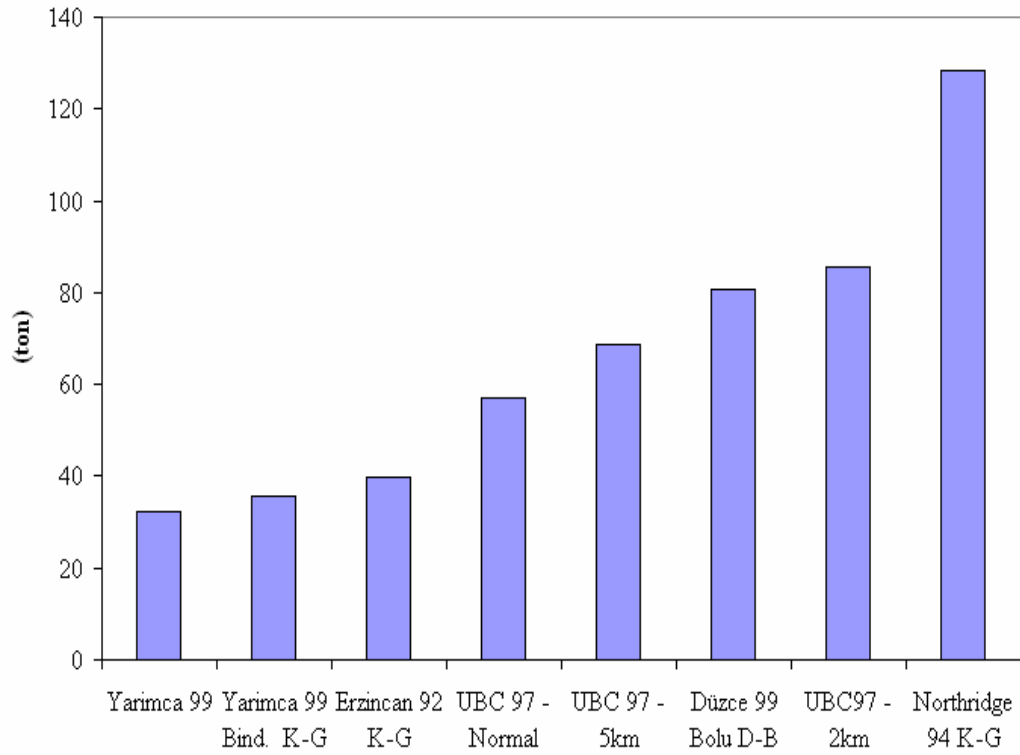
Şekil 4.52 : Viskoz Sönümleyicili Bina İçin Maksimum Toplam Taban Kesme Kuvvetleri



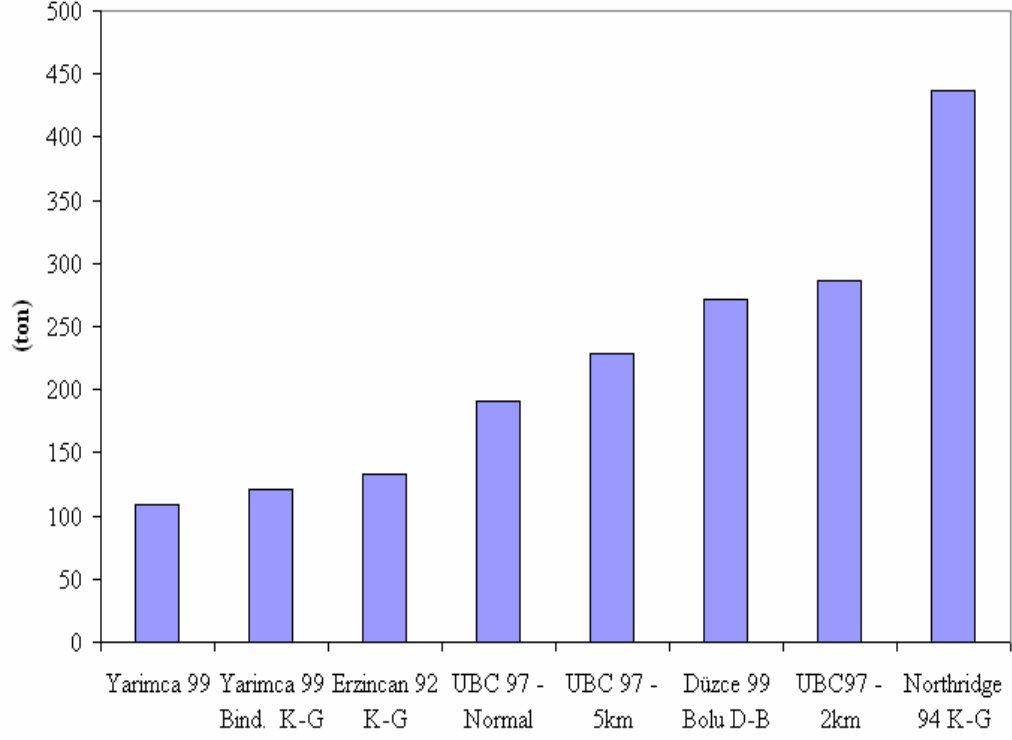
Şekil 4.53 : Viskoz Sönümleyicili Bina İçin Maksimum Yerdeğiştirmeler



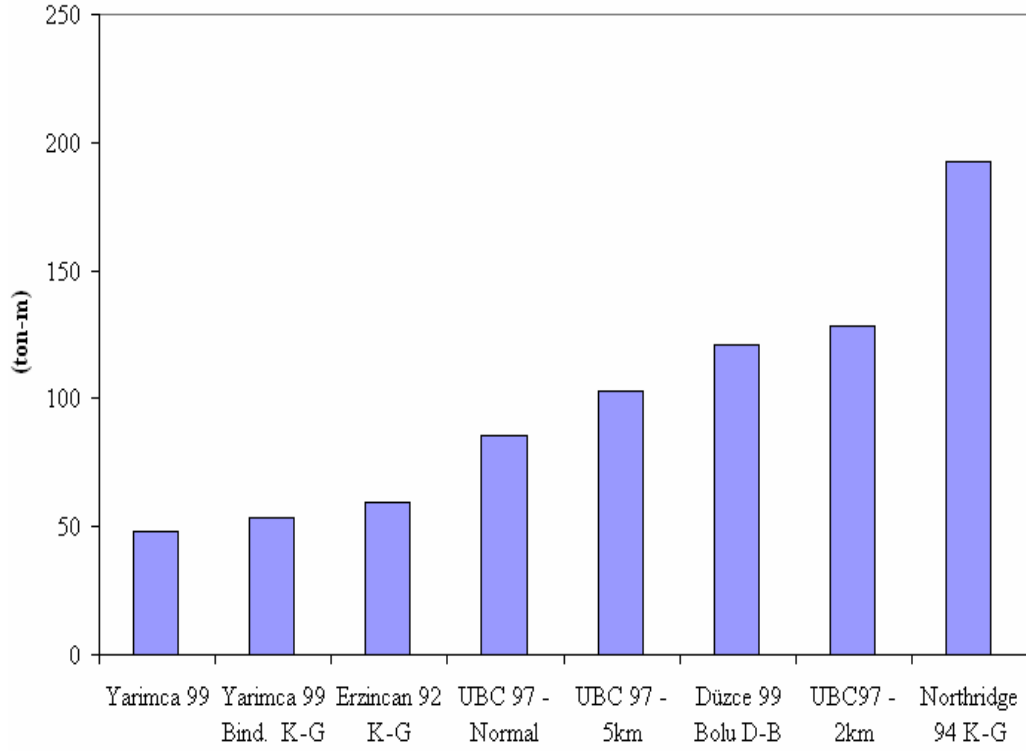
Şekil 4.54 : Viskoz Sönümleyicili Bina İçin Maksimum Göreli Kat Yerdeğiştirmeleri



Şekil 4.55 : Viskoz Sönümleyicili Bina İçin Maksimum Kesme Kuvvetleri



Şekil 4.56 : Viskoz Sönümleyicili Bina İçin Maksimum Eksenel Kuvvetler

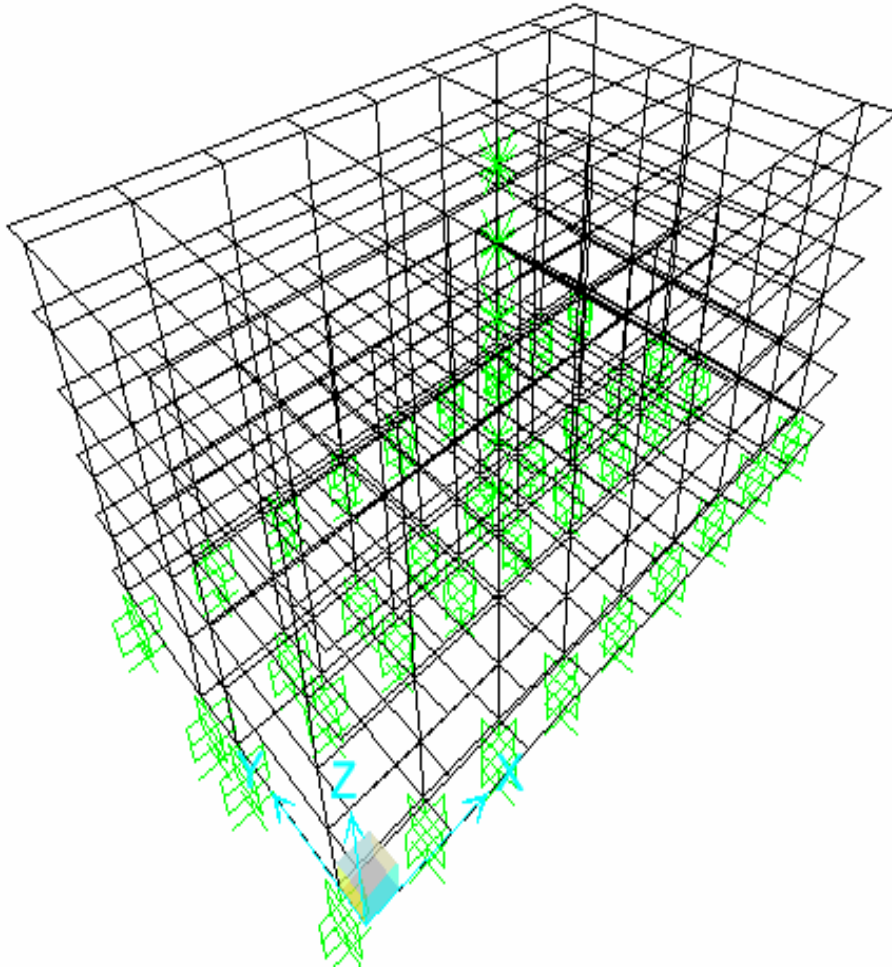


Şekil 4.57 : Viskoz Sönümleyicili Bina İçin Maksimum Momentler

Viskoz sönümleyicili binaya en büyük etkiyi Northridge depremi yapmıştır. Yarımcı kaydına yakın fay etkisinin bindirilmesiyle maksimum toplam taban kesme kuvveti, maksimum yerdeğiştirme, maksimum görel kat yerdeğiştirmeleri, maksimum kesme kuvveti, maksimum eksenel kuvvet ve maksimum moment %11 artmıştır.

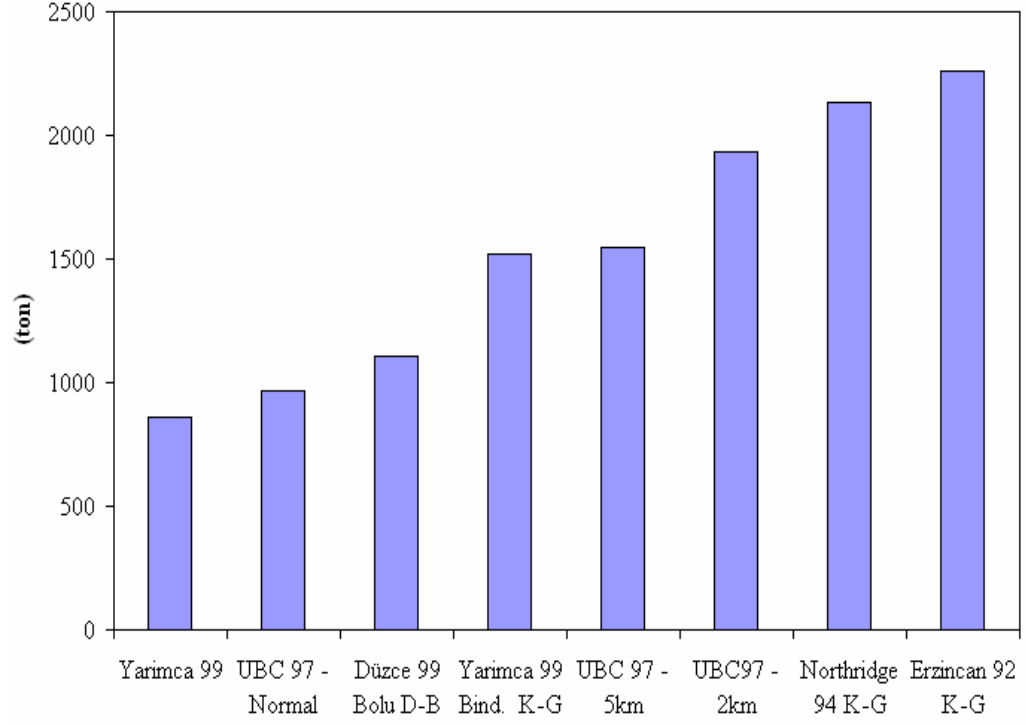
4.4.3. Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü bina

Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü binanın Sap2000 Programı'ndaki 3 boyutlu görünüşü Şekil 4.58'de görüldüğü gibidir. Binanın periyodu 1.98 saniyedir.

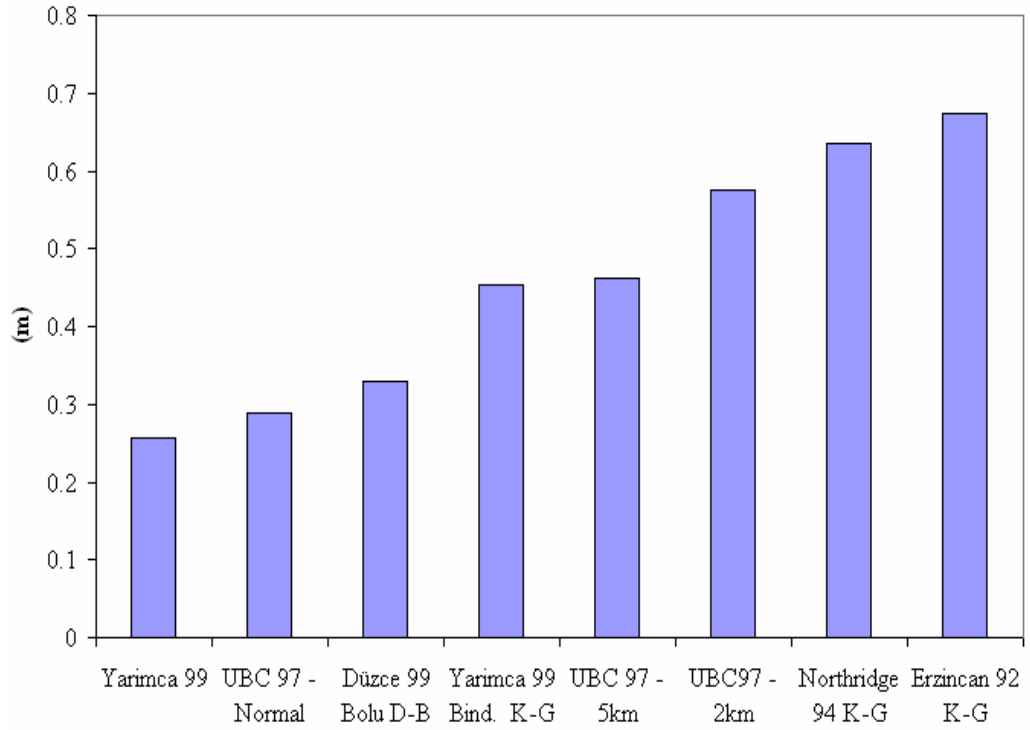


Şekil 4.58 : Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatörlü Binanın SAP2000 Programı'ndaki 3 Boyutlu Görünüşü

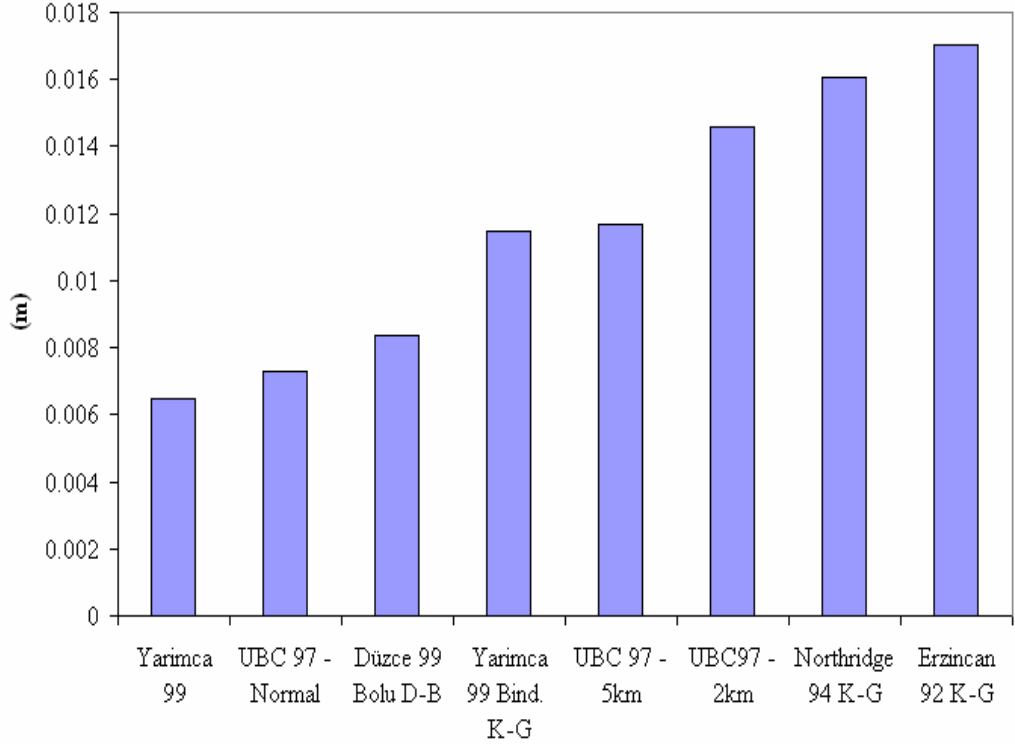
Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü bina için Şekil 4.59'da maksimum toplam taban kesme kuvvetleri, Şekil 4.60'da maksimum yerdeğiştirmeler, Şekil 4.61'de maksimum görel kat yerdeğiştirmeleri gösterilmektedir.



Şekil 4.59 : Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatörlü Bina İçin Maksimum Toplam Taban Kesme Kuvvetleri



Şekil 4.60 : Maksimum Yerdeğiştirmeler

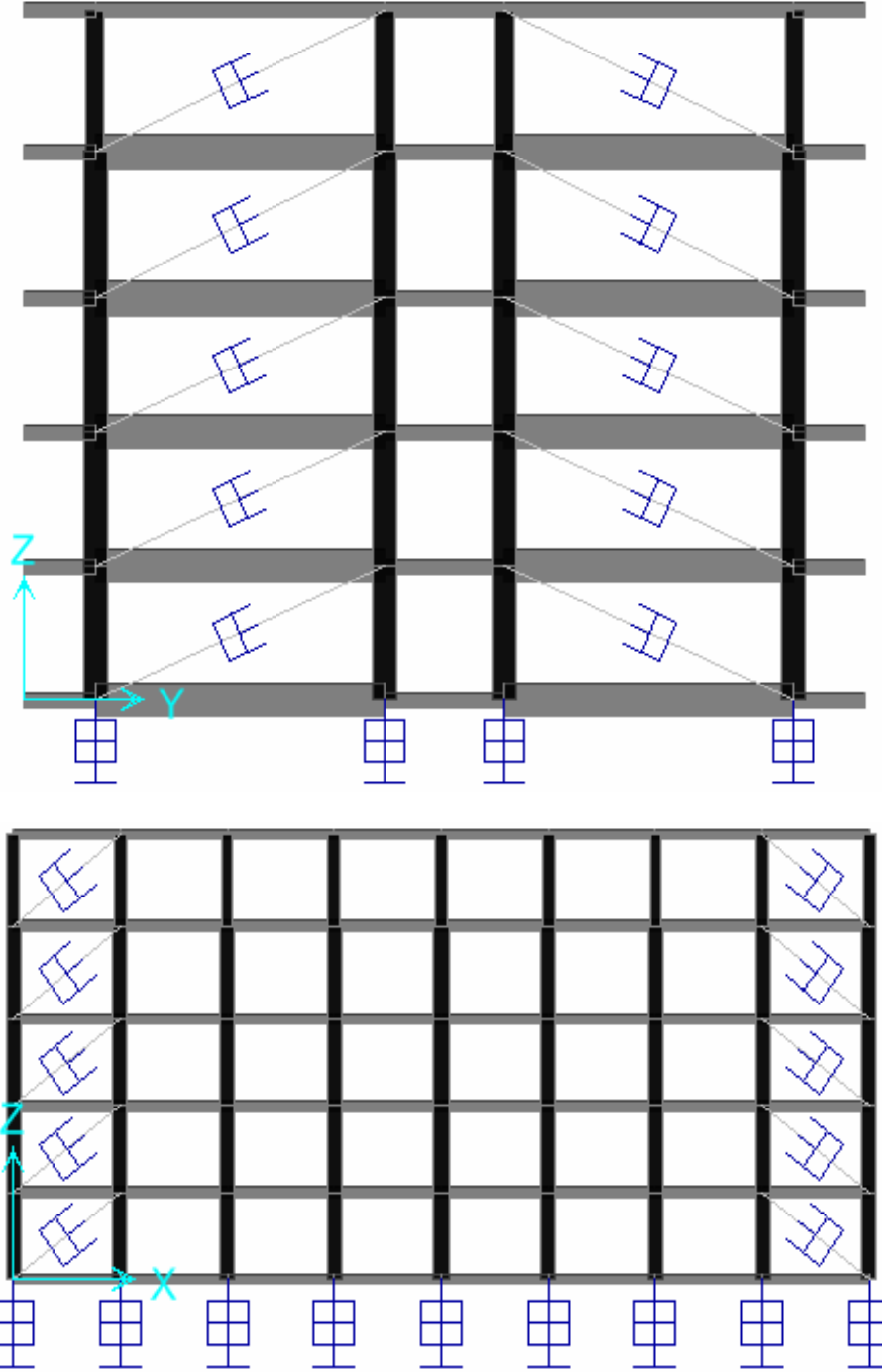


Şekil 4.61 : Kauçuk İzolatörlü Bina İçin Maksimum Görel Kat Yerdeğiştirmeleri

Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü binaya en büyük etkiyi Erzincan depremi, Northridge depremi ve UBC–1997 ’ye göre elde ettiğimiz faya 2km’den daha yakın olan deprem yapmıştır. Yarımca kaydına yakın fay etkisinin bindirilmesiyle maksimum toplam taban kesme kuvveti, maksimum yerdeğiştirme ve maksimum görel kat yerdeğiştirmesi %77 arttırmıştır. Yakın fay etkisi bindirilmiş Yarımca kaydıyla faya 5km uzaklıktaki bölgeler için elde edilmiş olan UBC–1997 spektrumu birbirine yakın sonuçlar vermektedir. Faya 5km uzaklıktaki bölgeler için olan UBC–1997 spektrumunun etkisi, yakın fay etkisi göstermeyen bölgeler için olan UBC–1997 spektrumunun etkisinden %60 daha fazladır. Faya 2km’den daha yakın bölgeler için olan UBC–1997 spektrumunun etkisi ise, faya 5km uzaklıktaki bölgeler için olan UBC–1997 spektrumunun etkisinden %25 daha fazladır.

4.4.4. Kurşun çekirdekli kauçuk izolatör ve viskoz sönümleyicilerin birlikte kullanıldığı bina

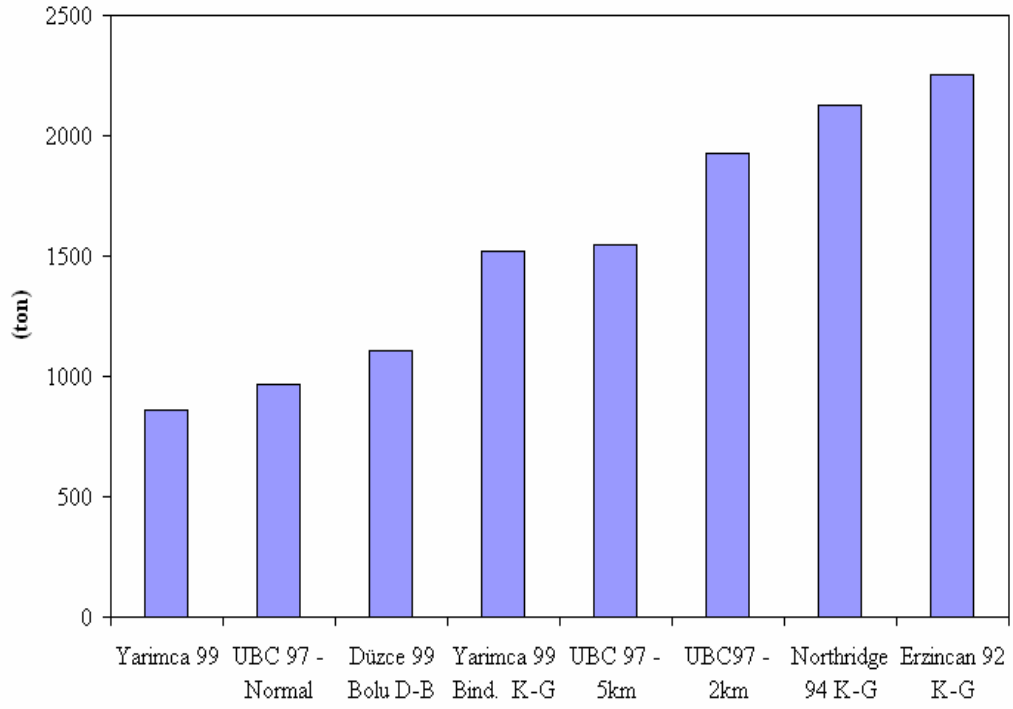
Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü yapıya viskoz sönümleyiciler eklenerek bu sistem elde edilmiştir. Viskoz sönümleyiciler binaya Şekil 4.62’de görüldüğü gibi yerleştirilmiştir. Binanın periyodu 1.97 saniyedir.



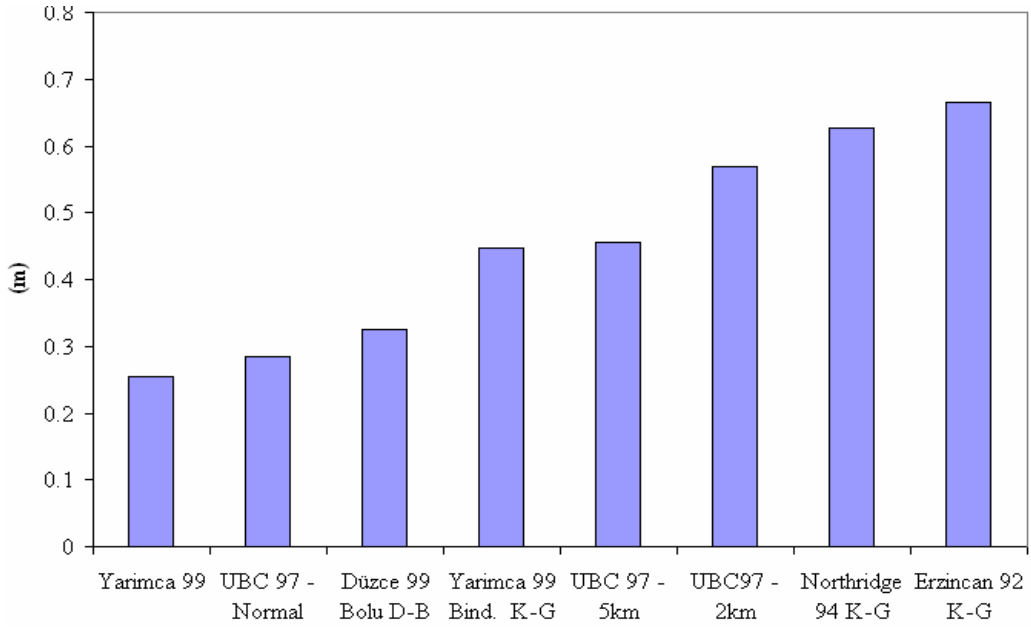
Şekil 4.62 : Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatörlü Binaya Viskoz Sönümleyicilerin Yerleşimi

Kurşun çekirdekli kauçuk izolatör ve viskoz sönümleyicilerin birlikte kullanıldığı bina için Şekil 4.63'te maksimum toplam taban kesme kuvvetleri, Şekil 4.64'te

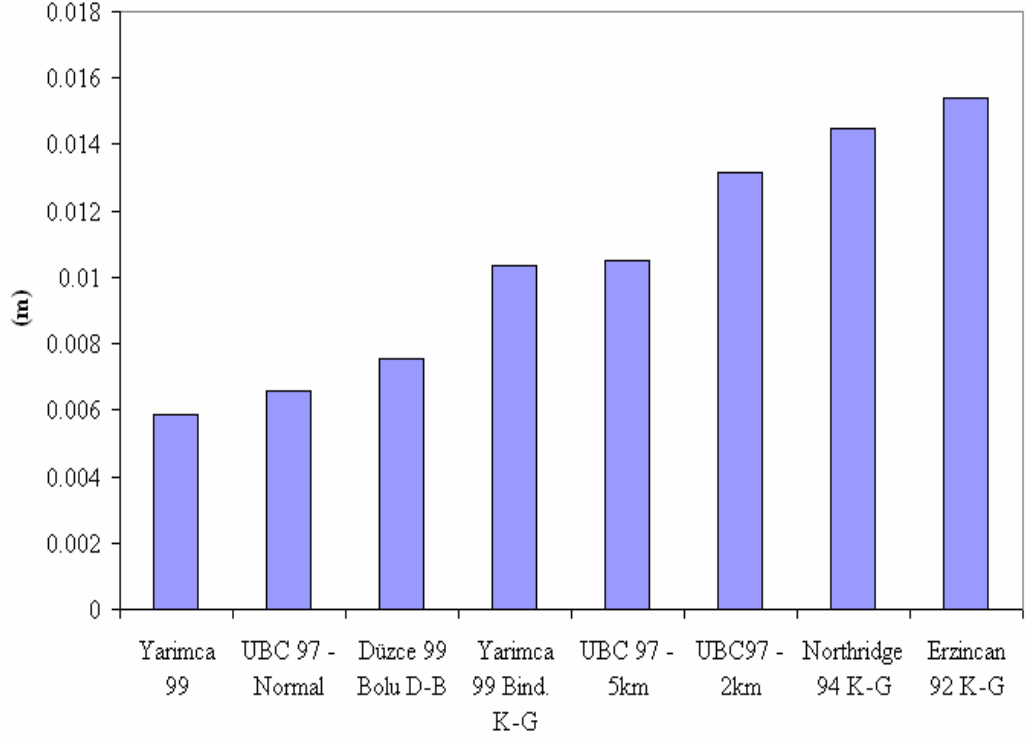
maksimum yerdeştirmeler, Şekil 4.65'te maksimum görelî kat yerdeştirmeleri gösterilmektedir.



Şekil 4.63 : Kurşun ekirdekli KauÇuk İzolatörlü ve Viskoz Sönümleyicili Bina İçin Maksimum Toplam Taban Kesme Kuvvetleri



Şekil 4.64 : Kurşun ekirdekli KauÇuk İzolatörlü ve Viskoz Sönümleyicili Bina İçin Maksimum Yerdeştirmeler

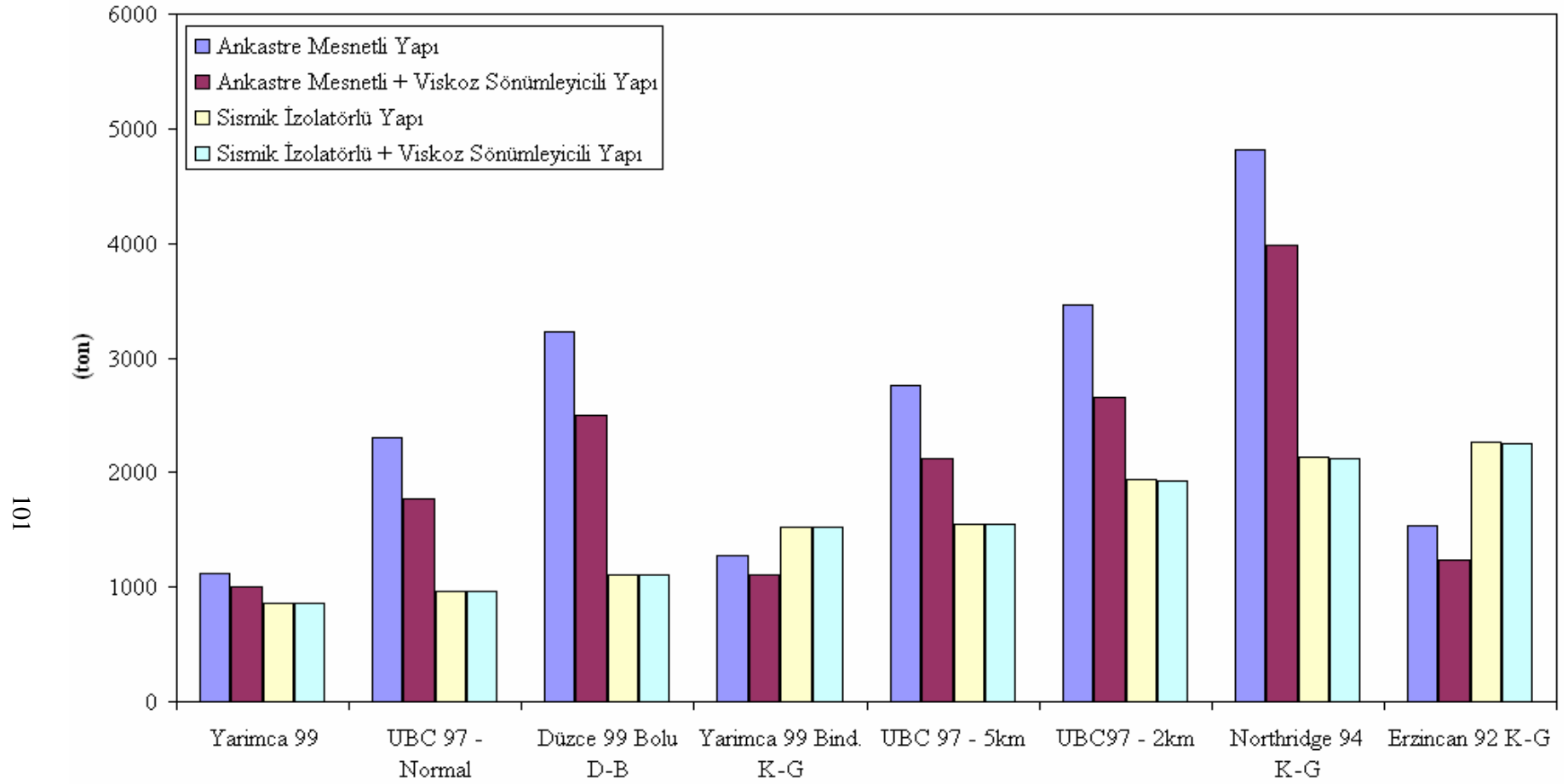


Şekil 4.65 : Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatörlü ve Viskoz Sönümleyicili Bina İçin Maksimum Görelî Kat Yerdeğiştirmeleri

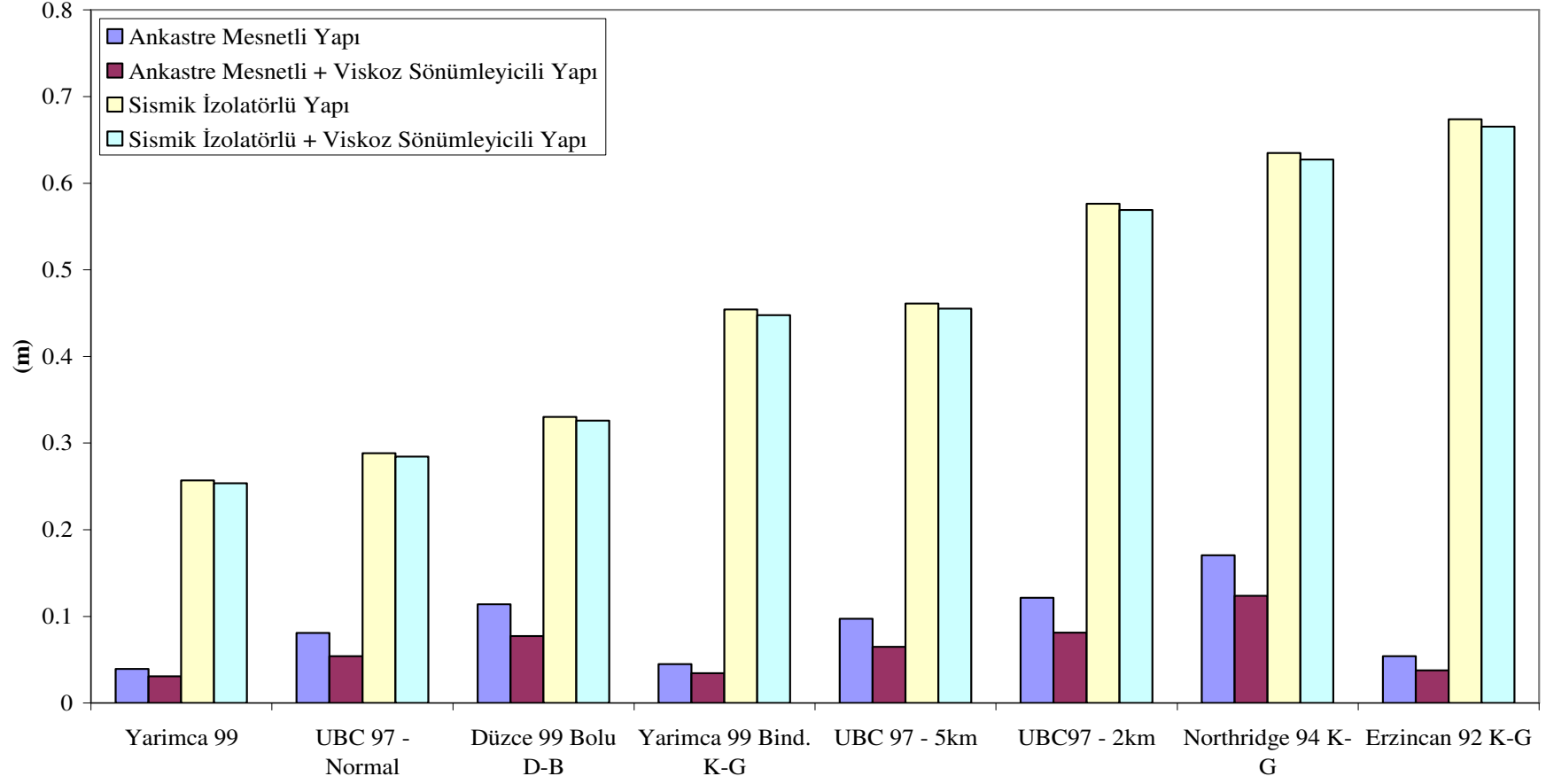
Kurşun çekirdekli kauçuk izolatör ve viskoz sönümleyicilerin birlikte kullanıldığı binaya en büyük etkileri Erzincan depremi, Northridge depremi ve UBC-1997 'ye göre elde edilen faya 2km'den daha yakın olan deprem yapmıştır. Yarımca kaydına yakın fay etkisinin bindirilmesiyle maksimum toplam taban kesme kuvveti, maksimum yerdeğiştirme ve maksimum görelî kat yerdeğiştirmeleri %77 artmıştır.

4.4.5. Binaların karşılaştırılması

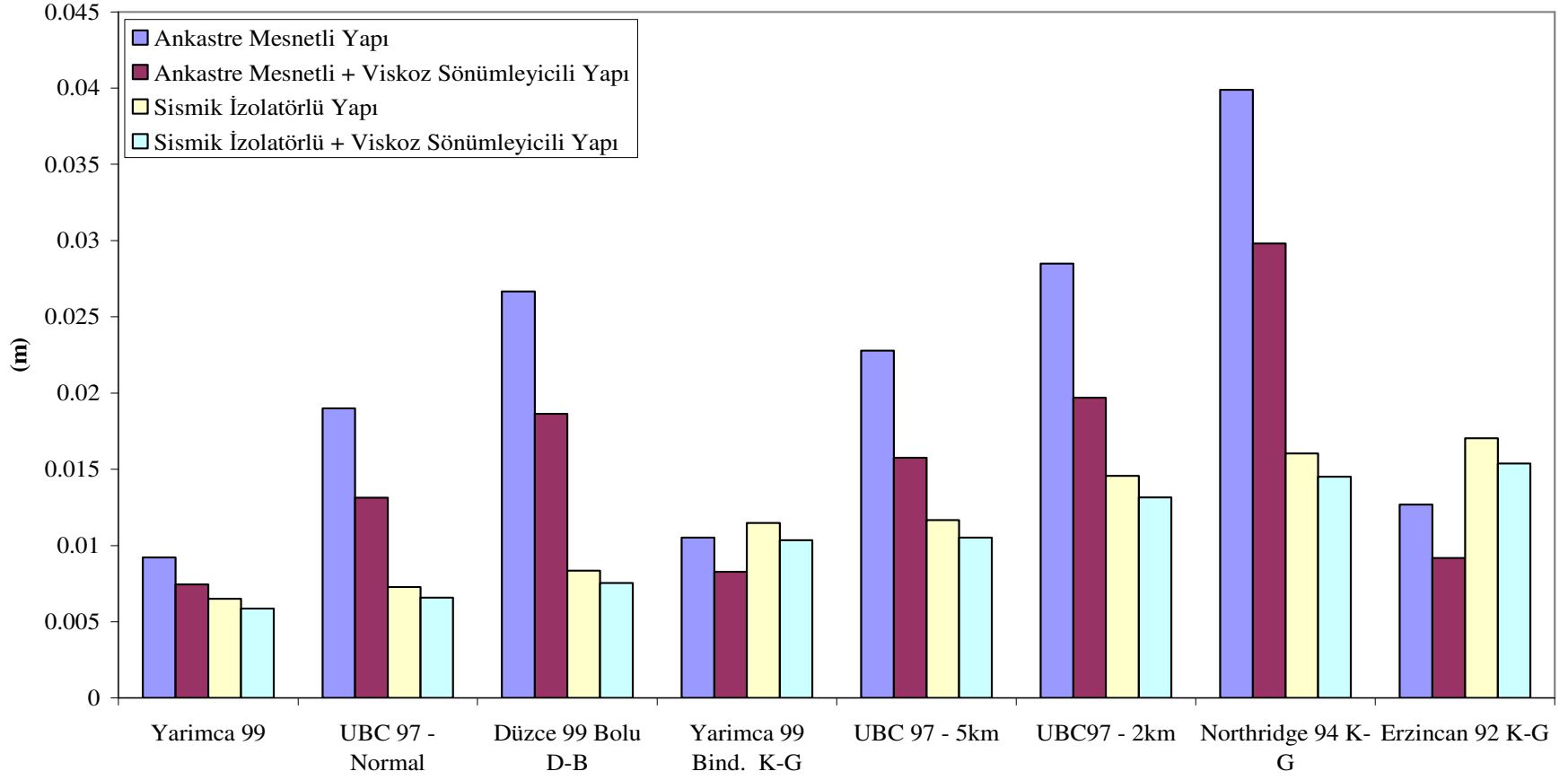
Şekil 4.66'da binaların maksimum toplam taban kesme kuvvetlerinin, Şekil 4.67'de maksimum yerdeğiştirmelerin, Şekil 4.68'de maksimum görelî kat yerdeğiştirmelerinin birbirleriyle karşılaştırılması verilmektedir.



Şekil 4.66 : Binaların Maksimum Toplam Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması



Şekil 4.67 : Binaların Maksimum Yerdeğiştirmelerinin Karşılaştırılması



Şekil 4.68 : Binaların Maksimum Görelî Kat Yerdeğîştirmelerinin Karşılaştırılması

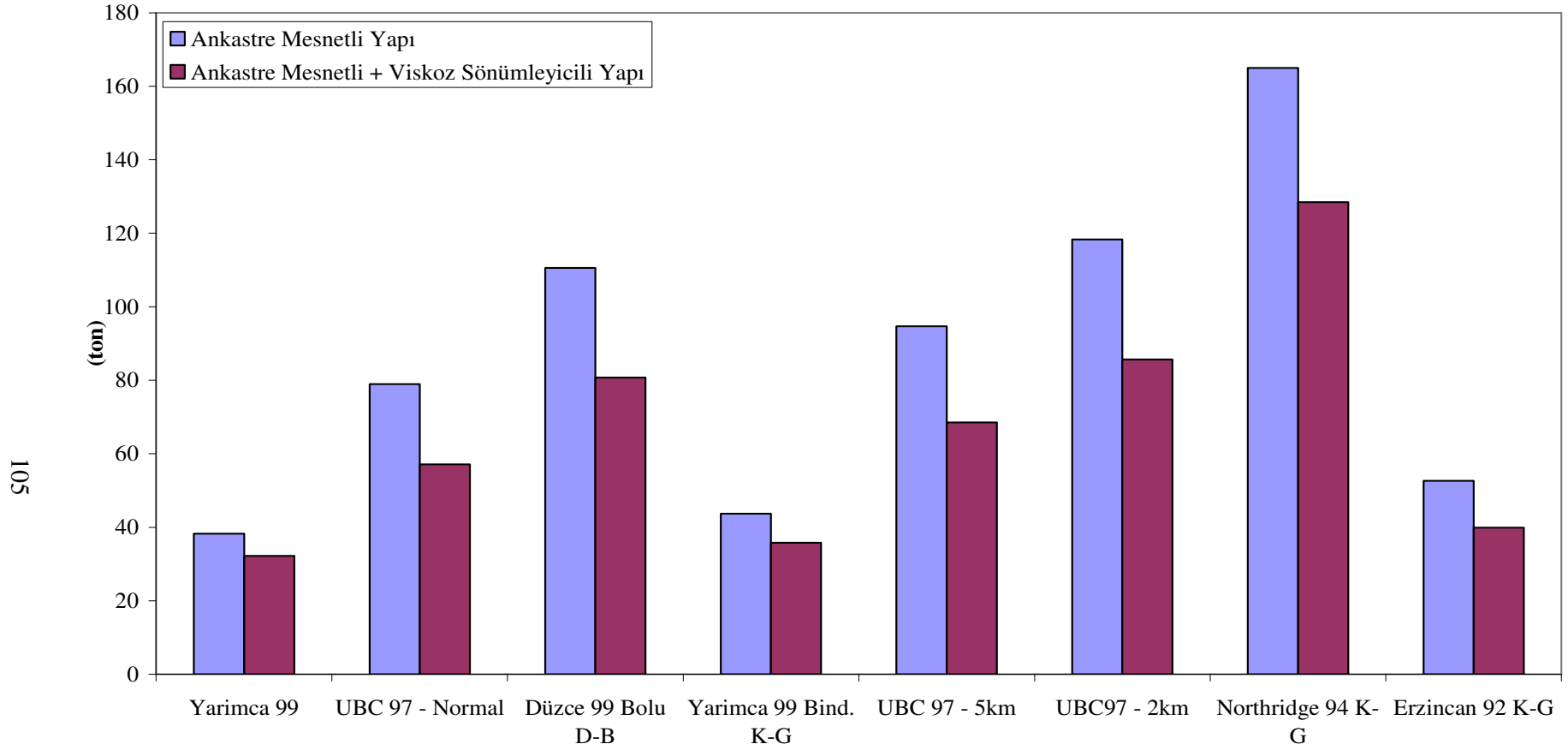
Ankastre tabanlı binaya viskoz sönümleyici eklenmesiyle maksimum toplam taban kesme kuvvetleri %11 ile %23 arasında değişen değerlerde azalmıştır. Ankastre tabanlı binaya kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlerin eklenmesiyle maksimum toplam taban kesme kuvvetleri yakın fay etkisi gösteren Yarımca kaydı ve Erzincan depremi için artmış, diğer depremler için azalmıştır. İzolatörlü binaya viskoz sönümleyicilerin eklenmesi maksimum toplam taban kesme kuvvetlerini değiştirmemiştir.

Ankastre tabanlı binaya viskoz sönümleyici eklenmesiyle maksimum yerdeğiştirmeler %21 ile %33 arasında değişen değerlerde azalmıştır. Ankastre tabanlı binaya kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlerin eklenmesiyle maksimum yerdeğiştirmeler %91'e varan oranlarda artmıştır. İzolatörlü binaya viskoz sönümleyicilerin eklenmesi maksimum yerdeğiştirmeler %2 oranında azalmıştır.

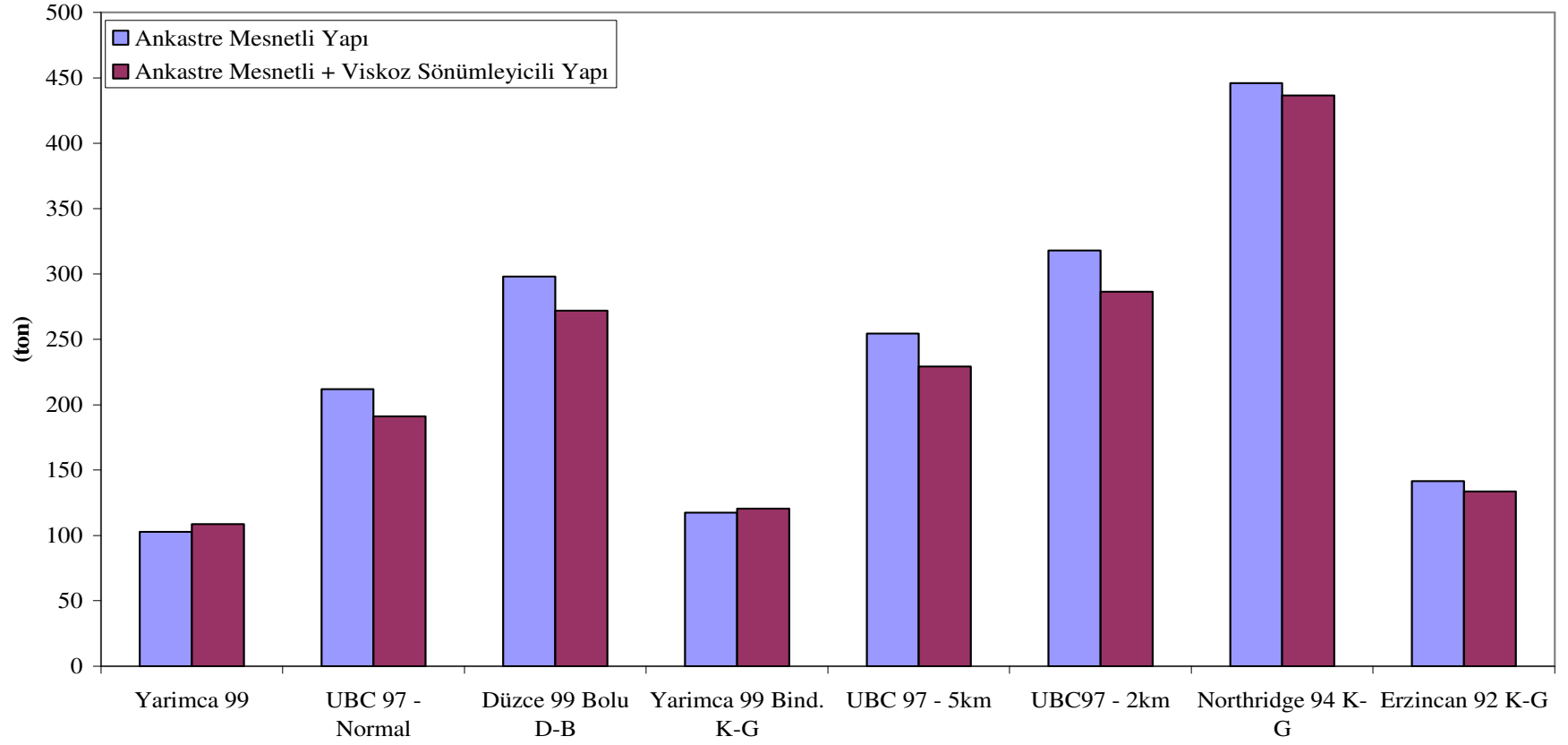
Ankastre tabanlı binaya viskoz sönümleyici eklenmesiyle maksimum görelî kat yerdeğiştirmeleri %19 ile %31 arasında değişen değerlerde azalmıştır. Ankastre tabanlı binaya kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlerin eklenmesiyle maksimum görelî kat yerdeğiştirmeleri yakın fay etkisi gösteren Yarımca kaydı ve Erzincan depremi için artmış, diğer depremler için azalmıştır. İzolatörlü binaya viskoz sönümleyicilerin eklenmesi maksimum görelî kat yerdeğiştirmeleri %10 oranında azalmıştır.

Şekil 4.69'da ankastre tabanlı ve viskoz sönümleyicili binaların maksimum kesme kuvvetleri, Şekil 4.70'te maksimum eksenel kuvvetler ve Şekil 4.71'de maksimum momentlerin birbirleriyle karşılaştırılması verilmektedir.

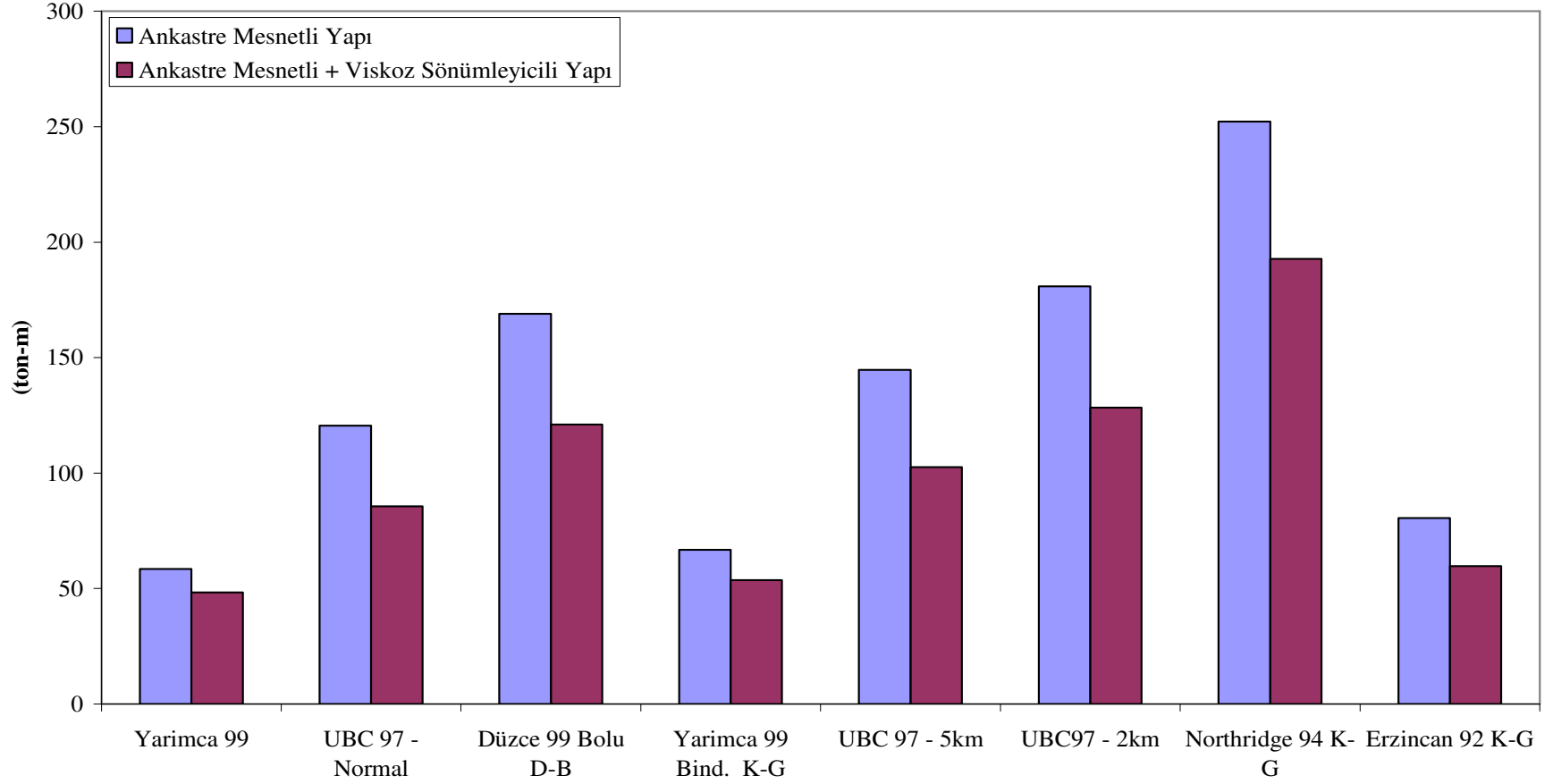
Ankastre tabanlı binaya viskoz sönümleyici eklenmesiyle maksimum kesme kuvvetleri %16 ile %28 arasında değişen değerlerde azalmıştır. Maksimum eksenel kuvvetler Yarımca kaydı için %5, yakın fay etkisi bindirilmiş Yarımca kaydı için %2 artmış, diğer depremler için %2 ile %10 arasında değişen değerlerde azalmıştır. Maksimum momentlerin %17 ile %29 arasında değişen değerlerde azalmıştır.



Şekil 4.69 : Ankastre Tabanlı ve Viskoz Sönümleyicili Binaların Maksimum Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması



Şekil 4.70 : Ankastr Tabanlı ve Viskoz Sönümleyicili Binaların Maksimum Eksenel Kuvvetlerinin Karşılaştırılması



Şekil 4.71 : Ankastr Tabanlı ve Viskoz Sönümleyicili Binaların Maksimum Momentlerin Karşılaştırılması

5. SONUÇLAR

Yakın Fay Hareket Tipleri:

- Tip-A yakın fay hareketi, hız ve yerdeğiştirme kaydından ayırt edilebilmektedir. İvme kaydında bir sürü yüksek frekanslı sivrilik vardır, fakat bu titreşimin ivme kaydında ayırt edilmesi zordur.
- Tip-B yakın fay hareketi, sadece hız ve yerdeğiştirme kayıtlarında değil, aynı zamanda ivme kayıtlarında da ayırt edilebilmektedir.
- Tip C_n yakın fay hareketi, ilki en büyüğü, diğerleri ise zayıflayan olmak üzere n adet uzun periyotlu titreşimden oluşmaktadır. Bu uzun periyotlu titreşimler hız ve yerdeğiştirme kayıtlarında gözükmemektedir, ayrıca pozitif titreşimin büyüklüğü negatif titreşimin büyüklüğünden daha fazladır.

Deprem Kuvvetli Hareket Kayıt Karakteristikleri:

- En yüksek ivmeler Northridge, Kobe ve Düzce depremlerinde görölmektedir.
- Northridge depremi, Kobe depremi, Yarımca kaydı, yakın fay etkisi bindirilmiş Yarımca kaydı ve Erzincan depreminde hız çok yüksektir.
- Yarımca kaydına yakın fay etkisinin eklenmesiyle depremin maksimum hızı kuzey-güney bileşeninde 43cm/s, doğu-batı bileşeninde 32cm/s artmıştır.
- En yüksek yerdeğiştirmeler Yarımca kaydı ve yakın fay etkisi bindirilmiş Yarımca kaydında görölmektedir. Yarımca kaydına yakın fay etkisinin eklenmesiyle depremin maksimum yerdeğiştirmesi kuzey-güney bileşeninde 39cm, doğu-batı bileşeninde 51cm artmıştır.
- Yakın fay etkisi gösteren depremlerin maksimum hızları çok yüksek olmaktadır.
- Yakın fay etkisi gösteren depremlerin yaptığı maksimum yerdeğiştirmeler diğer depremlere göre daha yüksek olmaktadır.

Housner($\xi = \%20$) Şiddeti:

- Yakın fay etkisi gösteren depremler göz önüne alınmadığında maksimum hızlar ile Housner şiddetleri arasındaki ilişki görülmektedir, maksimum hızlar arttıkça Housner şiddetleri de artmaktadır.
- Maksimum hızları yüksek olan depremlerin normalize edilmiş Housner şiddetleri daha düşüktür.
- Kobe depreminin, hem maksimum hızı, hem Housner şiddeti, hem de maksimum hıza göre normalize edilmiş Housner şiddeti yüksektir.
- Yarımca kaydı ve yakın fay etkisi gösteren Yarımca kaydının maksimum hıza göre normalize edilmiş Housner şiddetleri oldukça düşüktür.
- Yarımca kaydına yakın fay etkisinin eklenmesi, kuzey-güney bileşeninde Housner şiddetini 23cm arttırmış, normalize edilmiş Housner şiddetini ise 0.22 saniye azaltmıştır, doğu-batı bileşeninde ise Housner şiddetini değiştirmemiş, normalize edilmiş Housner şiddetini ise 0.37 saniye azaltmıştır.
- Genel olarak, yakın fay etkisi göstermeyen depremlerde $\%20$ sönüm için maksimum hıza göre normalize edilmiş Housner şiddeti 2.5 ile 3 arasındadır.
- Depremlerin maksimum hızları ve $\%20$ sönüm için maksimum hıza göre normalize edilmiş Housner şiddetleri karşılaştırıldığında yakın fay etkisi gösteren depremler arasında bir ilişki gözükmemektedir ancak, diğer depremlerin hızlarının çok yüksek olmadığı ve genel olarak maksimum hıza göre normalize edilmiş Housner şiddetlerinin 2.5 ile 3 arasında olduğu gözlemlenmektedir.

Housner($\xi = \%0$) Şiddeti:

- Maksimum hızları yüksek olan depremlerin normalize edilmiş Housner şiddetleri daha düşüktür.
- Yarımca kaydı ve yakın fay etkisi gösteren Yarımca kaydının $\%0$ sönüm için maksimum hıza göre normalize edilmiş Housner şiddetleri diğer depremlere göre daha düşüktür.

- Yarımca kaydına yakın fay etkisinin eklenmesi, kuzey-güney bileşeninin Housner şiddetini 42cm arttırmış, normalize edilmiş Housner şiddetini ise 0.94 saniye azaltmıştır, doğu-batı bileşeninin ise Housner şiddetini 18cm, normalize edilmiş Housner şiddetini ise 1.39 saniye azaltmıştır.
- Maksimum hıza göre normalize edilmiş Housner şiddetleri, yakın fay etkisi göstermeyen depremlerde 6 ile 9.4 saniye arasında, yakın fay etkisi gösteren depremlerde ise 2.34 s ile 6.92 saniye arasında değişmektedir.

Sönümün %0'a düşürülmesiyle Housner şiddetlerinde ve maksimum hıza göre normalize edilmiş Housner şiddetlerinde %109 - %268 arasında değişen miktarlarda artış gözlemlenmiştir. En büyük artış Dinar depremi kuzey-güney bileşeninde, en düşük artış ise Northridge depreminde olmuştur. Yakın fay etkisi gösteren depremlerin maksimum hıza göre normalize edilmiş Housner şiddetleri arttıkça Housner şiddetlerinin de arttığı görülmektedir.

Etkin İvme (SEAOOC'a Göre):

- Yakın fay etkisinin eklenmesi maksimum ivme spektrum değerlerinde bir değişiklik yapmamıştır.
- Kobe ve Northridge depremlerinin maksimum ivme spektrum değeri diğer depremlere göre daha yüksektir.
- Yakın fay etkisi göstermeyen depremler için, maksimum hızlar arttıkça etkin ivmeler de artmaktadır.

Budanmış Etkin İvme:

- Kobe, Düzce ve Northridge depremlerinin budanmış kayıtlarının etkin ivmesi diğer depremlerden daha yüksektir.
- Yarımca kaydına yakın fay etkisinin eklenmesi etkin ivmesini kuzey-güney bileşeninde %12 arttırmış, doğu-batı bileşeninde değiştirmemiştir.
- Düzce depreminin maksimum hızı düşük olmasına karşın etkin ivmesi yüksektir.
- Yakın fay etkisi bindirilmiş Yarımca kaydının ise maksimum hızının yüksek olmasına karşın etkin ivmesi düşüktür.

- Yakın fay etkisi göstermeyen depremler için, maksimum hızlar arttıkça etkin ivmeler de artmaktadır.

Etkin Pik İvme:

- Kobe, Düzce ve Northridge depremlerinin etkin pik ivmeleri diğer depremlere göre daha yüksektir.
- Yarımca kaydına yakın fay etkisinin eklenmesi etkin pik ivmesini %7 arttırmıştır.
- Düzce depreminin maksimum hızı düşük olmasına karşın etkin pik ivmesi yüksektir.
- Yakın fay etkisi bindirilmiş Yarımca kaydının ise maksimum hızının yüksek olmasına karşın etkin pik ivmesi düşüktür.

Maksimum İvmenin 0.4g'ye İndirgenmesi:

- İvme değerleri 0.4g'nin altında olan Ceyhan depremi, Dinar depremi, Kocaeli depremi Yarımca kaydı, yakın fay etkisi gösteren Kocaeli depremi Yarımca kaydı ve Erzincan depremi kuzey-güney bileşenlerinin maksimum hız ve maksimum yerdeğiştirme değerleri artmıştır.
- İvme değerleri 0.4g'den büyük olan Düzce depremi, Kobe depremi, Northridge depremi ve Erzincan depremi doğu-batı bileşenlerinin maksimum hız ve maksimum yerdeğiştirme değerleri azalmıştır.

Yakın Fay Etkisinin Sismik İzolatörlü Bir Köprü Üzerindeki Etkileri:

- Köprüye en büyük etkiyi Erzincan depremi, Northridge depremi ve UBC-1997 'ye göre elde ettiğimiz faya 2km'den daha yakın olan deprem yapmıştır.
- Yarımca kaydına yakın fay etkisinin bindirilmesiyle maksimum toplam taban kesme kuvveti, maksimum yerdeğiştirme, maksimum kesme kuvveti, maksimum eksenel kuvvet ve maksimum moment %75 artmıştır.
- Yakın fay etkisi bindirilmiş Yarımca kaydıyla faya 5km uzaklıktaki bölgeler için elde edilmiş olan UBC-1997 spektrumu birbirine yakın sonuçlar vermektedir.

- Faya 2km'den daha yakın bölgeler için olan UBC–1997 spektrumu, faya 5km uzaklıktaki bölgeler için olan UBC–1997 spektrumundan 1.25 kat, yakın fay etkisi göstermeyen bölgeler için olan UBC–1997 spektrumdan 2 kat daha etkilidir.

Ankastre Tabanlı Mevcut Bina:

- Mevcut olan ankastre tabanlı binanın periyodu 0.52 saniyedir.
- Ankastre tabanlı binaya en büyük etkiyi Northridge depremi yapmıştır.
- Yarımca kaydına yakın fay etkisinin bindirilmesiyle maksimum toplam taban kesme kuvveti, maksimum yerdeğiştirme, maksimum görelî kat yerdeğiştirmeleri, maksimum kesme kuvveti, maksimum eksenel kuvvet ve maksimum moment %14 artmıştır.
- Faya 5km uzaklıktaki bölgeler için olan UBC–1997 spektrumunun etkisi, yakın fay etkisi göstermeyen bölgeler için olan UBC–1997 spektrumunun etkisinden %20 daha fazladır.
- Faya 2km'den daha yakın bölgeler için olan UBC–1997 spektrumunun etkisi ise, faya 5km uzaklıktaki bölgeler için olan UBC–1997 spektrumunun etkisinden %25 daha fazladır.

Viskoz Sönümleyicili Bina:

- Binanın periyodu 0.46 saniyedir. Mevcut binaya viskoz sönümleyiciler eklenince binanın periyodunun %11.5 azaldığı görülmektedir.
- Viskoz sönümleyicili binaya en büyük etkiyi Northridge depremi yapmıştır.
- Yarımca kaydına yakın fay etkisinin bindirilmesiyle maksimum toplam taban kesme kuvveti, maksimum yerdeğiştirme, maksimum görelî kat yerdeğiştirmeleri, maksimum kesme kuvveti, maksimum eksenel kuvvet ve maksimum moment %11 artmıştır.

Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatörlü Bina:

- Binanın periyodu 1.98 saniyedir.
- Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü binaya en büyük etkiyi Erzincan depremi, Northridge depremi ve UBC–1997 'ye göre elde ettiğimiz faya 2km'den daha yakın olan deprem yapmıştır.

- Yarımca kaydına yakın fay etkisinin bindirilmesiyle maksimum toplam taban kesme kuvveti, maksimum yerdeğiştirme ve maksimum görelî kat yerdeğiştirmesi %77 arttırmıştır.
- Yakın fay etkisi bindirilmiş Yarımca kaydıyla faya 5km uzaklıktaki bölgeler için elde edilmiş olan UBC–1997 spektrumu birbirine yakın sonuçlar vermektedir.
- Faya 5km uzaklıktaki bölgeler için olan UBC–1997 spektrumunun etkisi, yakın fay etkisi göstermeyen bölgeler için olan UBC–1997 spektrumunun etkisinden %60 daha fazladır.
- Faya 2km'den daha yakın bölgeler için olan UBC–1997 spektrumunun etkisi ise, faya 5km uzaklıktaki bölgeler için olan UBC–1997 spektrumunun etkisinden %25 daha fazladır.

Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatör ve Viskoz Sönümleyicilerin Birlikte Kullanıldığı Bina:

- Binanın periyodu 1.97 saniyedir.
- Kurşun çekirdekli kauçuk izolatör ve viskoz sönümleyicilerin birlikte kullanıldığı binaya en büyük etkiyi Erzincan depremi, Northridge depremi ve UBC–1997 'ye göre elde ettiğimiz faya 2km'den daha yakın olan deprem yapmıştır.
- Yarımca kaydına yakın fay etkisinin bindirilmesiyle maksimum toplam taban kesme kuvveti, maksimum yerdeğiştirme ve maksimum görelî kat yerdeğiştirmeleri %77 artmıştır.

Binaların Karşılaştırılması:

- Ankastre tabanlı binaya viskoz sönümleyici eklenmesiyle maksimum toplam taban kesme kuvvetleri %11 ile %23 arasında değişen değerlerde azalmıştır.
- Ankastre tabanlı binaya kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlerin eklenmesiyle maksimum toplam taban kesme kuvvetleri yakın fay etkisi gösteren Yarımca kaydı ve Erzincan depremi için artmış, diğer depremler için azalmıştır.
- İzolatörlü binaya viskoz sönümleyicilerin eklenmesi maksimum toplam taban kesme kuvvetlerini değiştirmemiştir.

- Ankastre tabanlı binaya viskoz sönümleyici eklenmesiyle maksimum yerdeğiştirmeler %21 ile %33 arasında değişen değerlerde azalmıştır.
- Ankastre tabanlı binaya kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlerin eklenmesiyle maksimum yerdeğiştirmeler %91'e varan oranlarda artmıştır.
- İzolatörlü binaya viskoz sönümleyicilerin eklenmesiyle maksimum yerdeğiştirmeler %2 oranında azalmıştır.
- Ankastre tabanlı binaya viskoz sönümleyici eklenmesiyle maksimum görel kat yerdeğiştirmeleri %19 ile %31 arasında değişen değerlerde azalmıştır.
- Ankastre tabanlı binaya kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlerin eklenmesiyle maksimum görel kat yerdeğiştirmeleri yakın fay etkisi gösteren Yarımca kaydı ve Erzincan depremi için artmış, diğer depremler için azalmıştır.
- İzolatörlü binaya viskoz sönümleyicilerin eklenmesi maksimum görel kat yerdeğiştirmeleri %10 oranında azalmıştır.
- Ankastre tabanlı binaya viskoz sönümleyici eklenmesiyle maksimum kesme kuvvetleri %16 ile %28 arasında değişen değerlerde azalmıştır.
- Maksimum eksenel kuvvetler Yarımca kaydı için %5, yakın fay etkisi bindirilmiş Yarımca kaydı için %2 artmış, diğer depremler için %2 ile %10 arasında değişen değerlerde azalmıştır.
- Maksimum momentlerin %17 ile %29 arasında değişen değerlerde azalmıştır.
- Özellikle yüksek periyotlu yapılarda yakın fayın etkisi çok fazladır.

Fay yakını kuvvetli deprem hareketlerinin etkisi, yapılar üzerinde sıradan kayıtlara göre çok daha fazla büyük yerdeğiştirme ya da süneklik taleplerine neden olmaktadır. Ancak, yakın fay bölgelerinde hızlı yerdeğiştirme titreşimlerinin meydana getirdiği kuvvetli yer sarsıntıları ABYYHY-1998'de ve 2005 taslak yönetmeliğinde belirtilmemektedir. Yakın fay etkisinin ABYYHY'de yer alması, faya yakın bölgelerde büyük can ve mal kaybını önleyeceği gibi deprem sonrasında çıkabilecek büyük sorunları da azaltacağı açıktır. ABYYHY'nin gelecekteki yenilenmesinde yakın fay hareketi dikkate alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] **Cox, K.E. and Asford S.A.**, 2002. Characterization of large velocity pulses for laboratory testing, *PEER Report*, 22, Berkeley.
- [2] **Orozco, G.L. and Asford S.A.**, 2002. Effects of large velocity pulses on reinforced concrete bridge columns, *PEER Report*, 23, Berkeley.
- [3] **Stewart, P.J., Chiou S. and Bray J.D.**, 2001. Ground motion evaluation procedures for performance-based design, *PEER Report*, 9, Berkeley.
- [4] **Kelly, T.E.**, 2001. Base isolations of structures, design guidelines, Holmes Consulting Group Ltd., New Zeland.
- [5] **ABYYHY**, 1998. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara.
- [6] **Kelly, J.M., Leitmann, G., and Soldatos, A.G.**, 1987. Robust control of base-isolated structures under earthquake excitation, *Journal of Optimization Theory and Applications*, 53(2), 159-180
- [7] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.**, 1996. Yapı Dinamiği ve Deprem Mühendisliğine Giriş Üçüncü Baskı, İstanbul.
- [8] **Kelly, T.E.**, 2001. In-structure damping and energy dissipation, design guidelines, Holmes Consulting Group Ltd., New Zeland.
- [9] **Makris, N. and Chang S.**, 1999. Effect of viscous viscoplastic and friction damping on the response of seismic isolated structures, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 29, 85-107
- [10] **Aldemir, Ü.**, 2005. Depreme dayanıklı yapı tasarımında yeni yaklaşımlar, *TMH*, 435, 1
- [11] **Inaudi, J.A. and Kelly J.M.**, 1993. Optimum damping in linear isolation systems, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 22, 583-598
- [12] **Komodromos, P.**, 2000. Seismic Isolation for Earthquake Resistant Structures, WIT Press, UK
- [13] **Okay, F. Ve Özgür, M.**, 2004. Yapısal kontrol sistemleri, İMO, Kocaeli

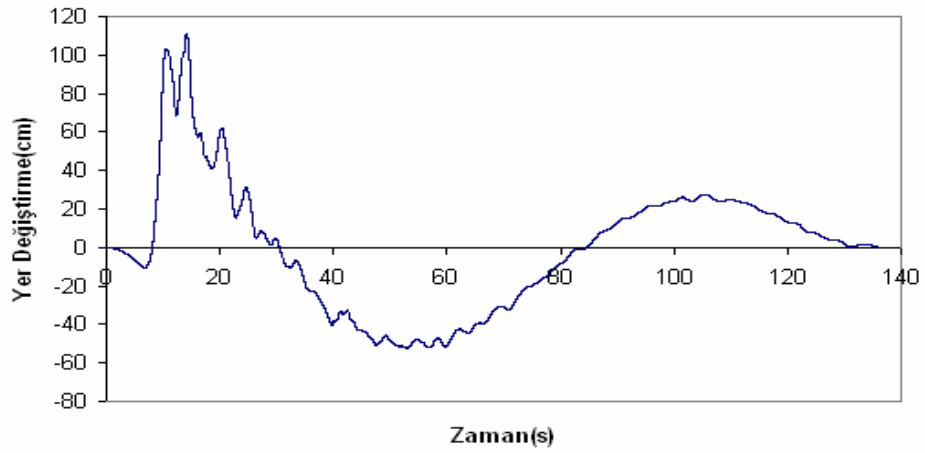
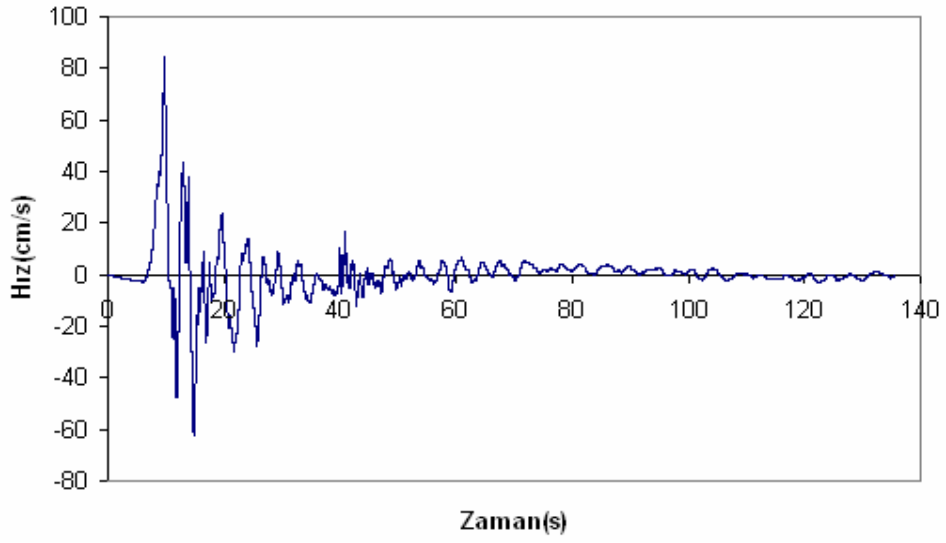
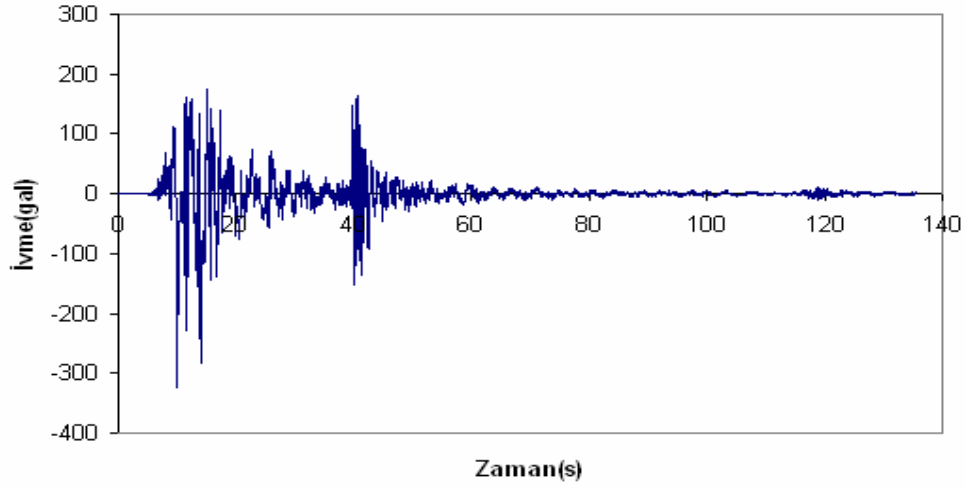
- [14] **Loh CH., Lin PY., and Chung NH.**, 2000. Design of dampers for structures based on optimal control theory, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, **29**,1307-1323
- [15] **Dolce, M., Cardone, D. and Marnetto, R.**, 2000. Implementation and testing of passive control devices based on shape memory alloys, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, **29**, 945-968.
- [16] **Jangid, R.S., and Banerji, P.**, 1998. Effects of isolation damping on stochastic response of structures with nonlinear base isolators, *Earthquake Spectra*, **14**(1), 95-114
- [17] **Aldemir, Ü.**, 1994. Depreme dayanıklı yapı tasarımında aktif kontrolün kullanılması, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [18] **Jonathan, P., Stewart, J.P.C., and Aiken, I.D.**, 1999. Observed behavior of seismically isolated buildings, *Journal of Structural Engineering*, **125**(9), 955-964
- [19] **Kelly, J.M.**, 1991. Base isolation: Origins and development, *Earthquake Engineering Research Center News*, Vol 12, No: 1.
- [20] **Johnson, E.A., Ramallo, J.C., Spencer, B.F., and Sain, M.K.**, 1998. Intelligent base isolation systems, Proc., *2nd World Conf. On Struct. Control*, Kyoto, Japan, 28 June-1 July 1998, **1**, 367-377
- [21] **Trevor, E.K.**, 2001. In-Structure Damping and Energy Dissipation, Holmes Consulting Group Ltd. New Zeland.
- [22] **Choi, I.K., Choun, Y.S., and Seo J.M.**, 2003. Scenario earthquake for Korean nuclear power plant site considering active faults, *Transactions of the 17th Int. Conf. On Struct. Mechanisms in Reactor Technology*, Prague, Czech Republic, August 17-22, 2003
- [23] **Alavi, B., and Krawinkler, H.**, 2001. Effects of near-fault ground motions on frame structures, *CUREe-Kajima Phase III*, **138**, 1097-601
- [24] **Gibson, N., Filiatrault, A., and Asford, S.A.**, 2002. Performance of beam to column bridge joints subjected to a large velocity pulse, *PEER Report*, **24**, Berkeley
- [25] **Erdik, M., Durukal, E., ve Siyahi, B.**, 2003. Depreme dayanıklı yapı tasarımında deprem yer hareketinin belirlenmesi, *Beşinci Ulusal Deprem Müh. Konferansı*, 26-30 Mayıs 2003, İstanbul, Türkiye

- [26] **Kalkan, E., Adalier, K., and Pamuk A.,** 2004. Near source effects and engineering implications of recent earthquakes in Turkey, *Fifth Int. Conf. On Case Histories in Geotechnical Engineering*, New York, NY, April 13-17
- [27] **Somerville, P.,** 2002. Characterizing near fault ground motion for the design and evaluation of bridges, *Third National Conference and Workshop on Bridges and Highways*, Portland, Oregon.
- [28] **Hasgür, Z.,** 1991. Türkiye’de Gözlenmiş Deprem Şiddetleri’nin Yapı Mühendisliği Açısından İncelenmesi, *İMO Teknik Dergi*, **24**, 319-333.
- [29] **Uniform Building Code (UBC),** 1997. Earthquake regulations for seismic-isolated structures, *Appendix to Chapter, 16, Division IV*

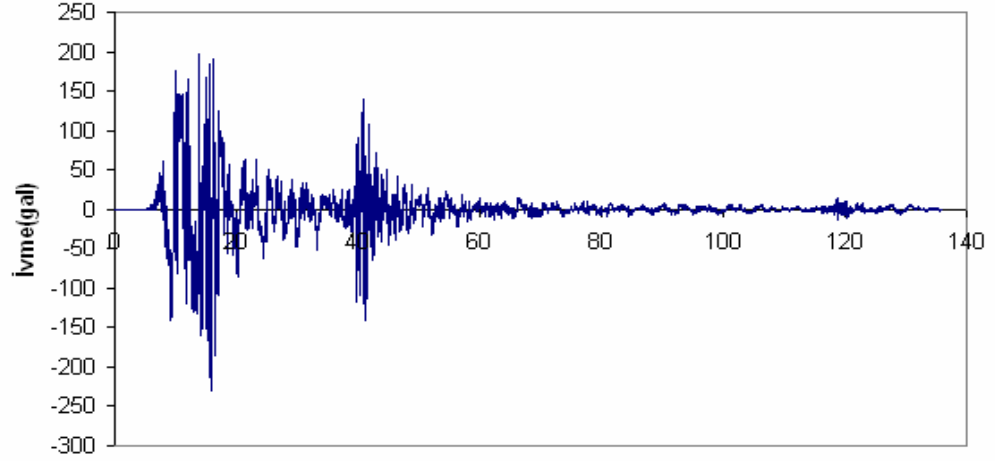
EKLER

EK-A

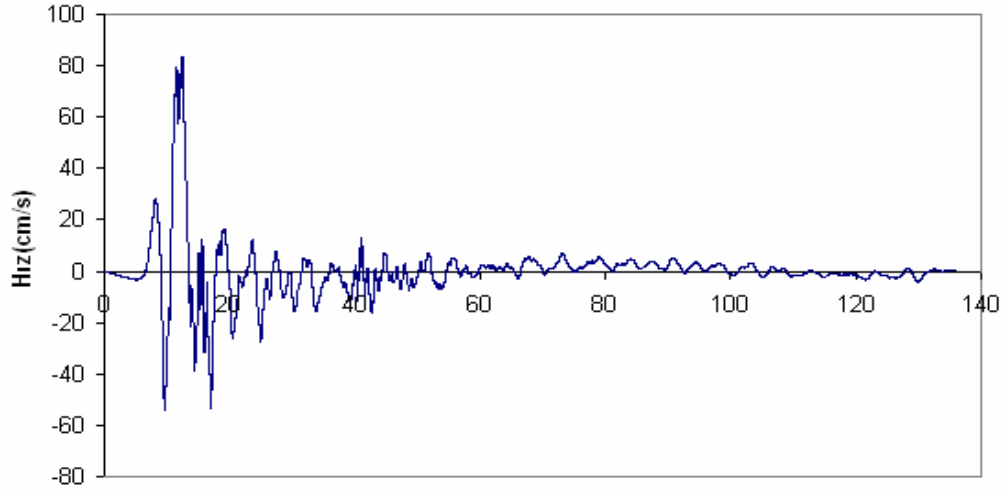
Depremlerin İvme, Hız ve Yerdeğiştirme Grafikleri



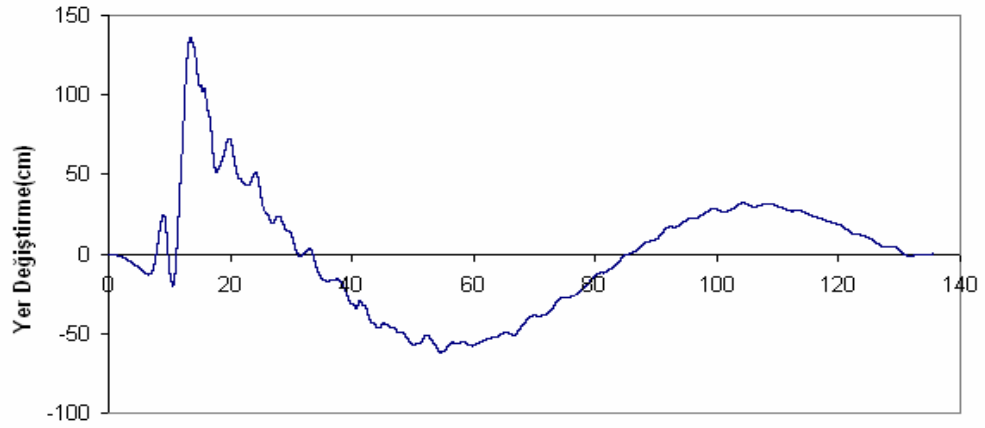
Şekil A-1: 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yarımcı-Petkim Kaydı Kuzey-Güney Bileşeni İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri



Zaman(s)

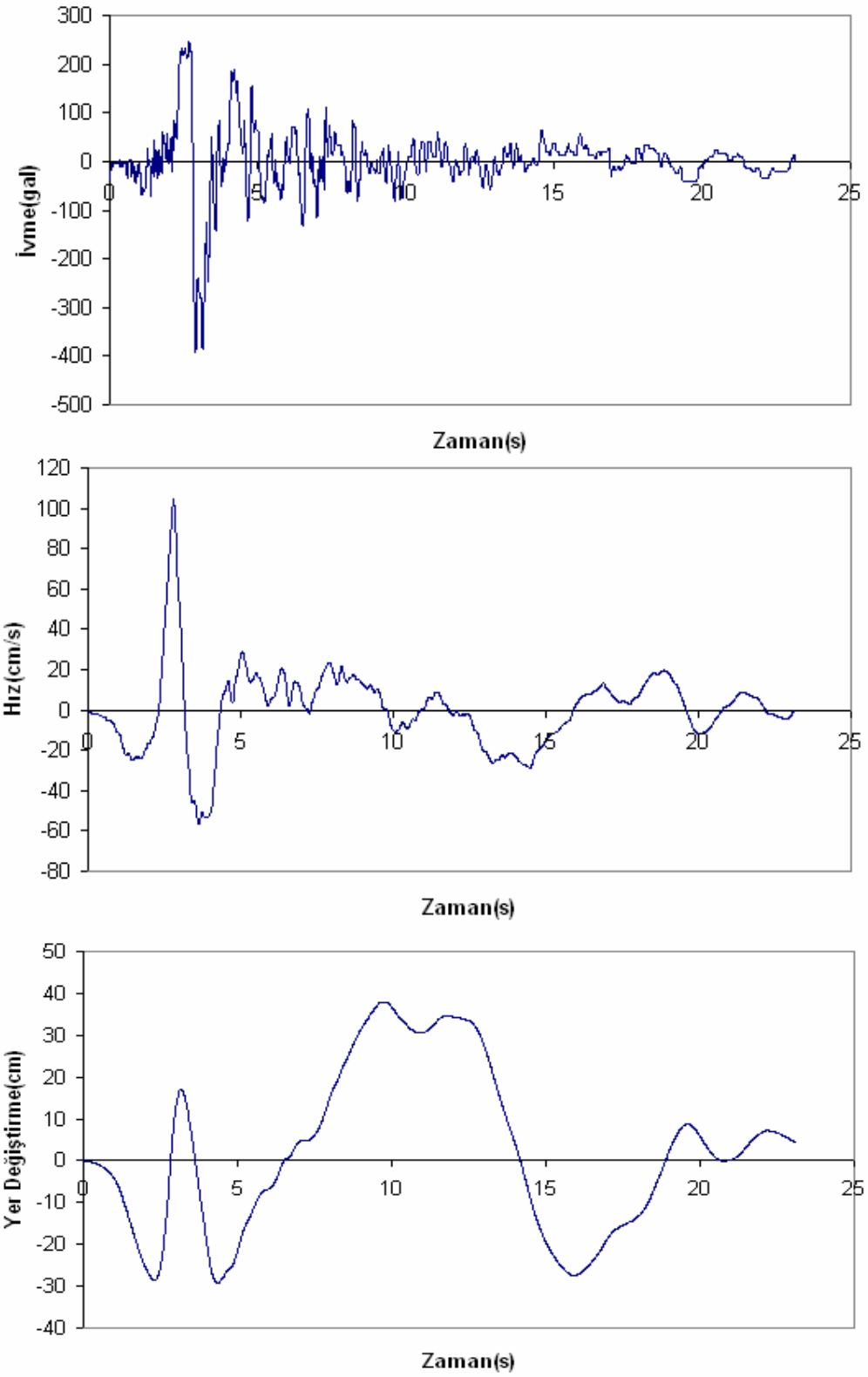


Zaman(s)

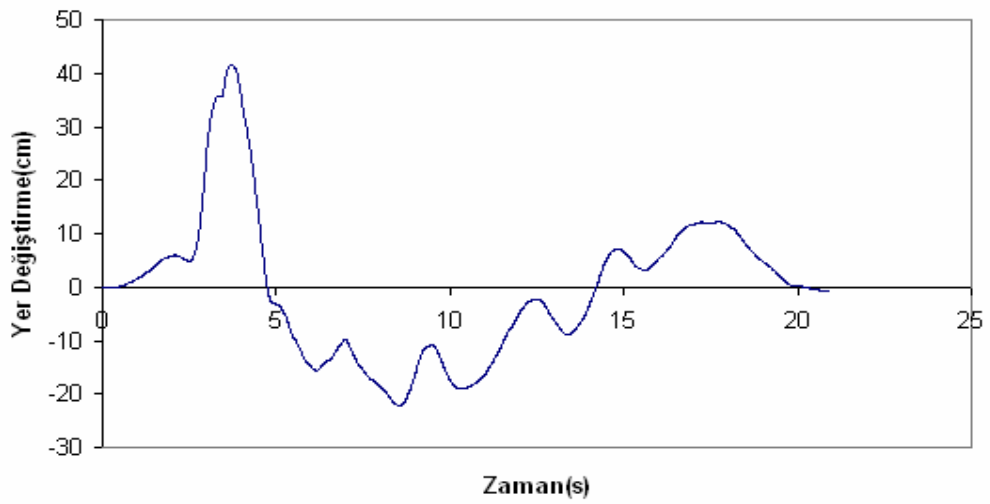
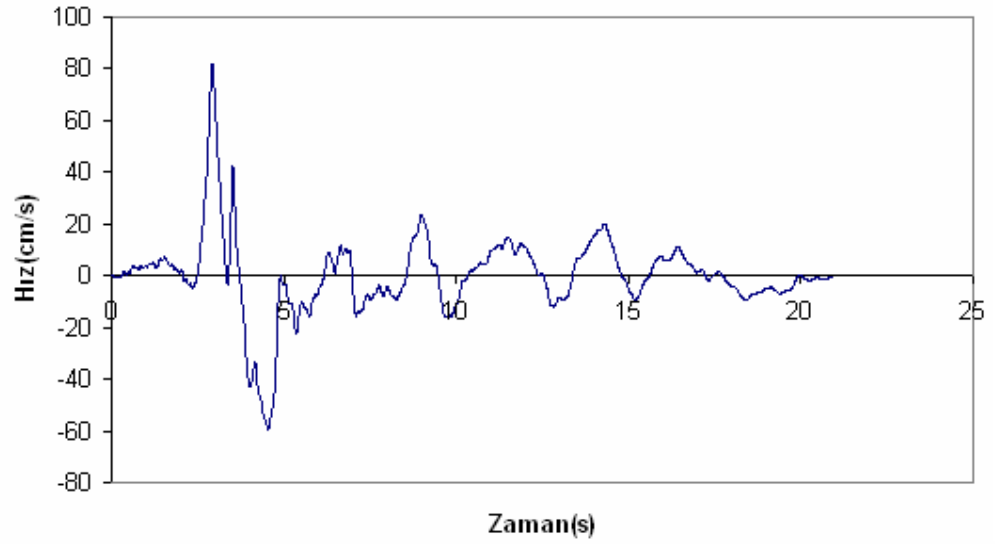
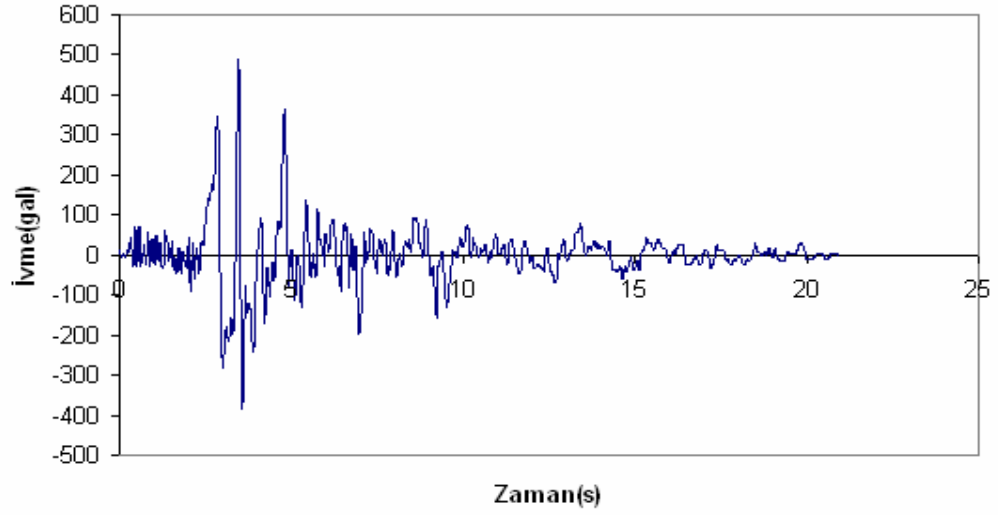


Zaman(s)

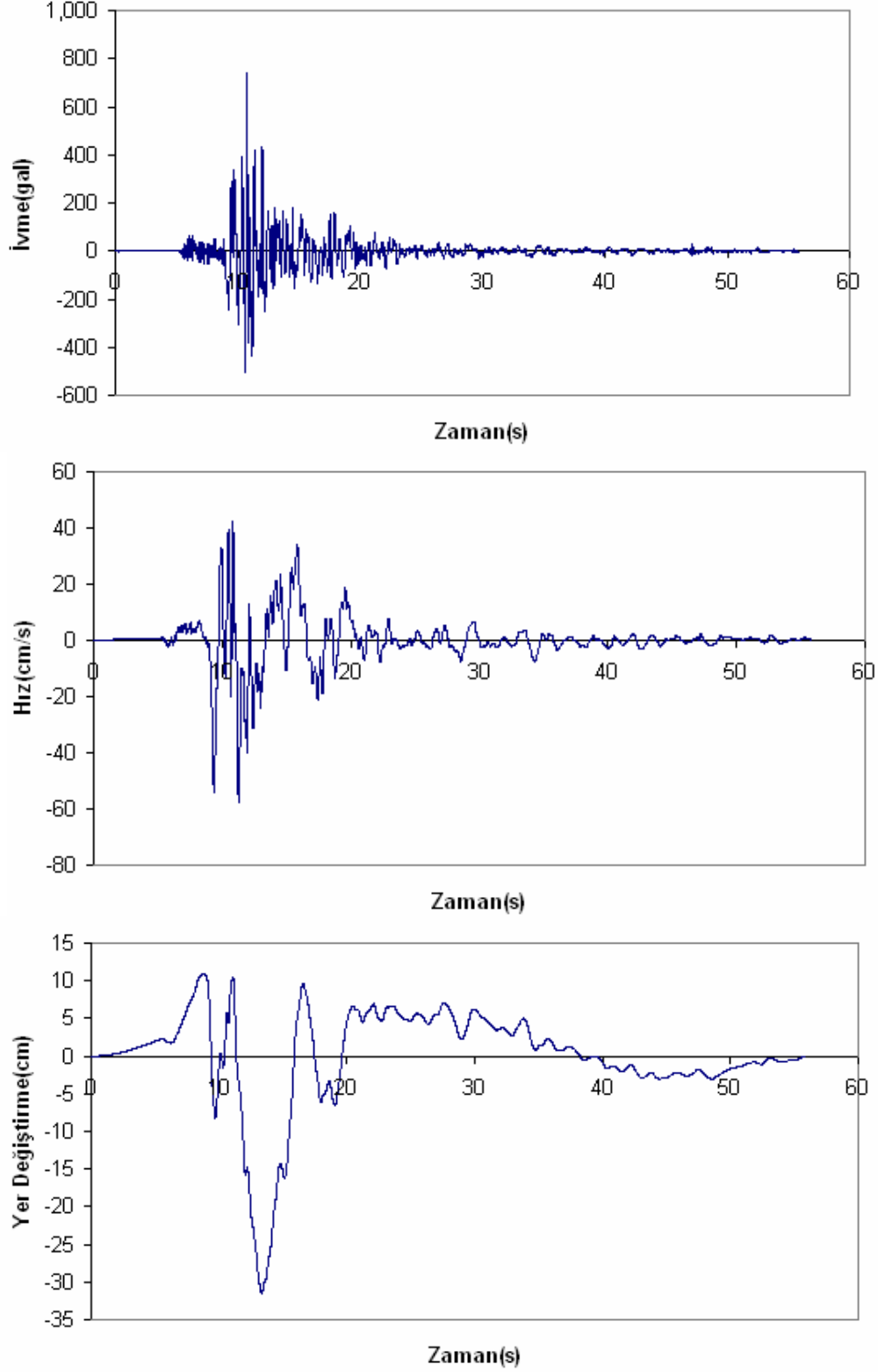
Şekil A-2: 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yarımcı-Petkim’de Kaydedilen Doğu-Batı Bileşeninin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri



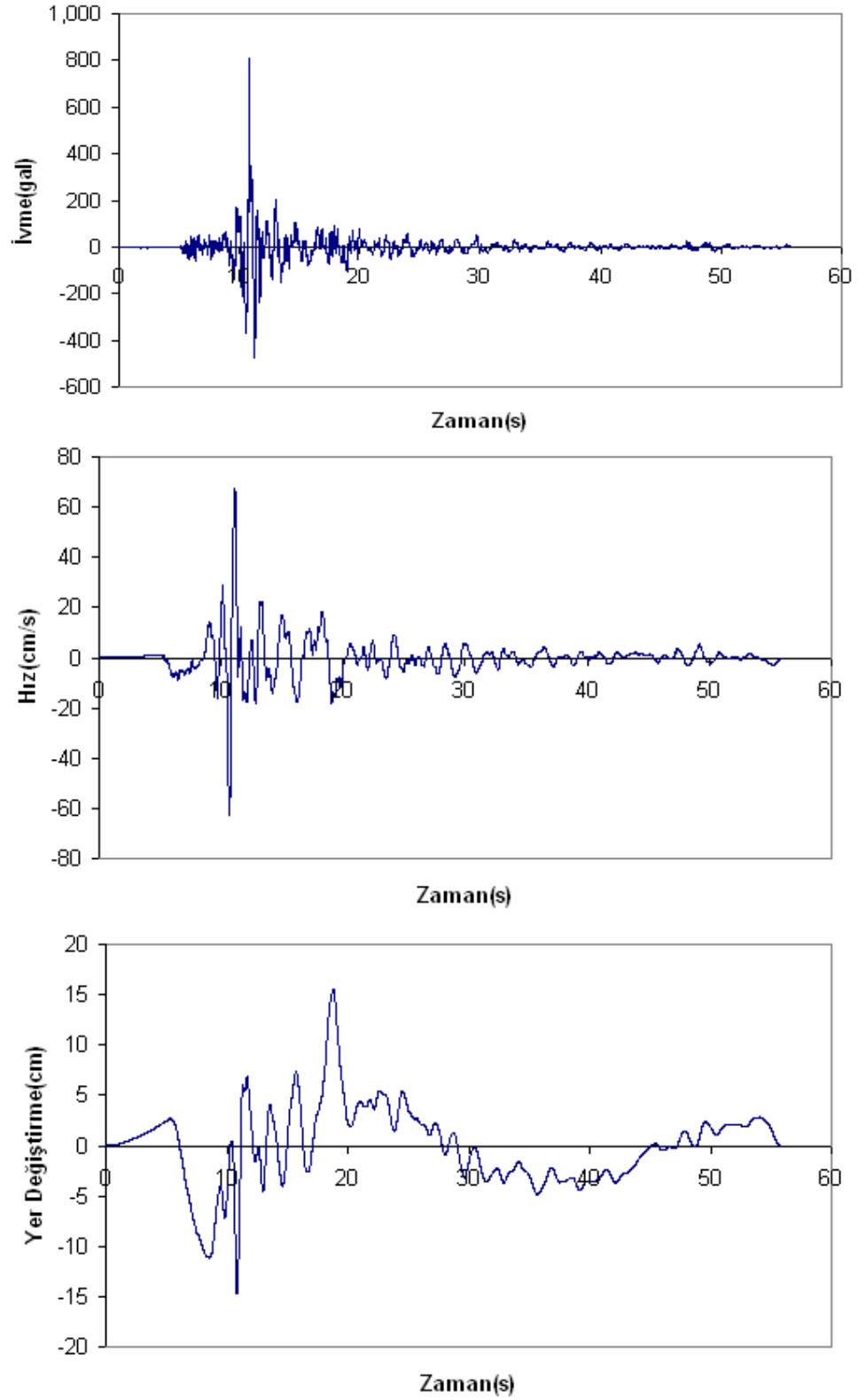
Şekil A-3: 13 Mart 1992 Tarihli Erzincan Depreminin Kuzey-Güney Bileşeninin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri



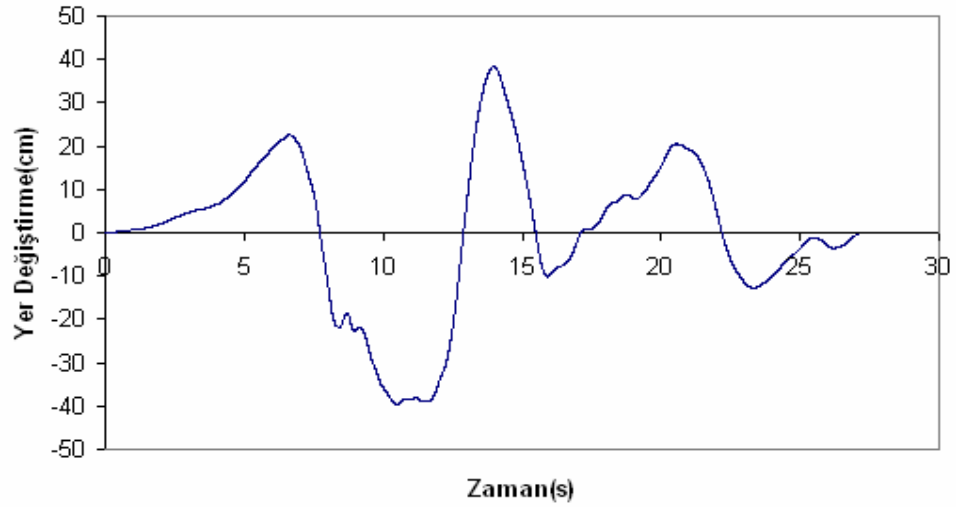
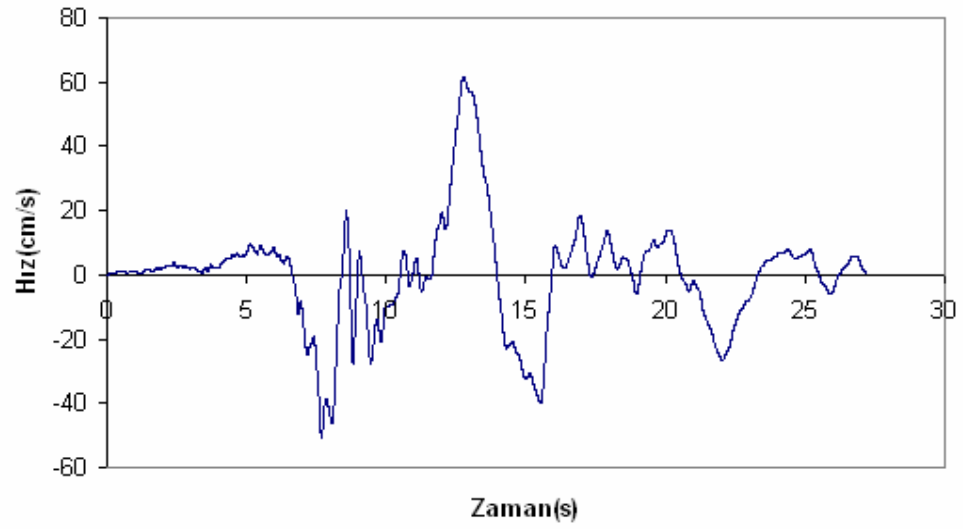
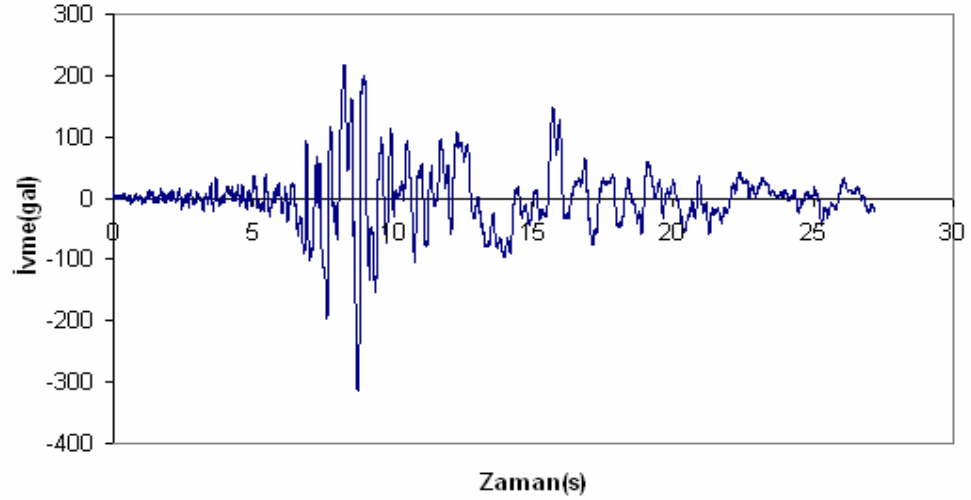
Şekil A-4: 13 Mart 1992 Tarihli Erzincan Depreminin Doğu-Batı Bileşeninin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğişirme-Zaman Grafikleri



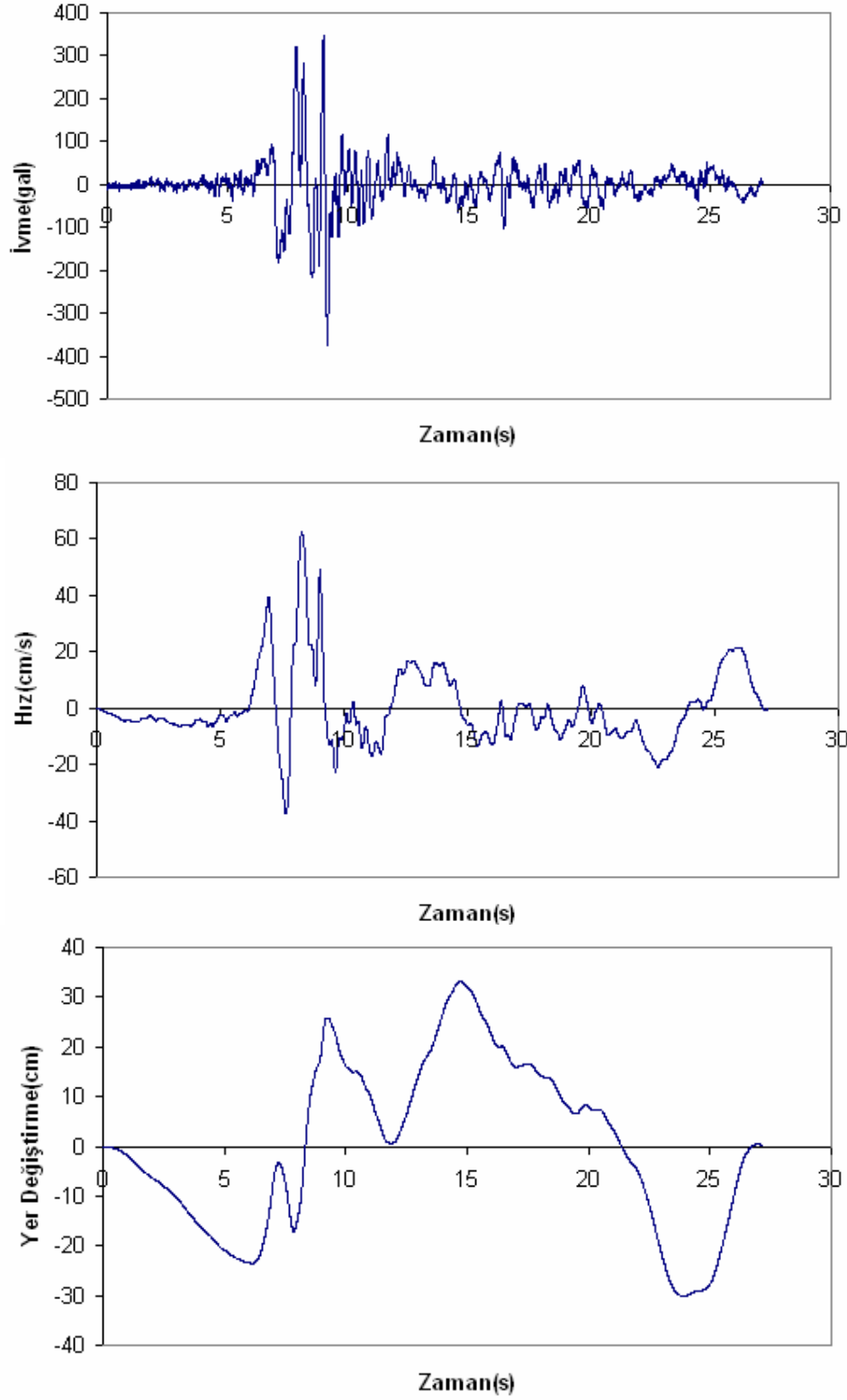
Şekil A-5: 12 Kasım 1999 Tarihli Düzce Depreminin Bolu Kaydı Kuzey-Güney Bileşeninin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğişirme-Zaman Grafikleri



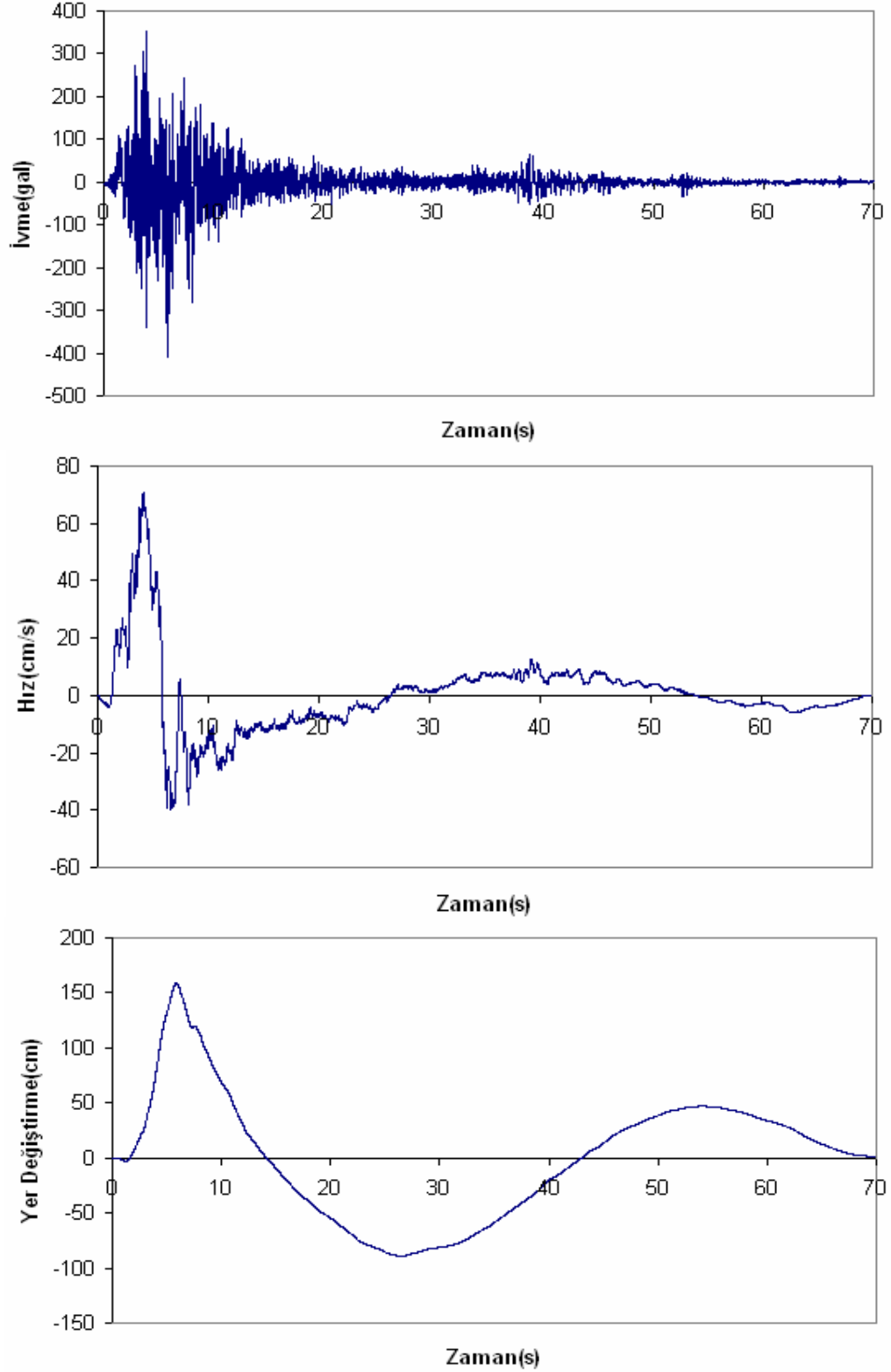
Şekil A-6: 12 Kasım 1999 Tarihli Düzce Depreminin Bolu Kaydı Doğu-Batı Bileşeninin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğişirme-Zaman Grafikleri



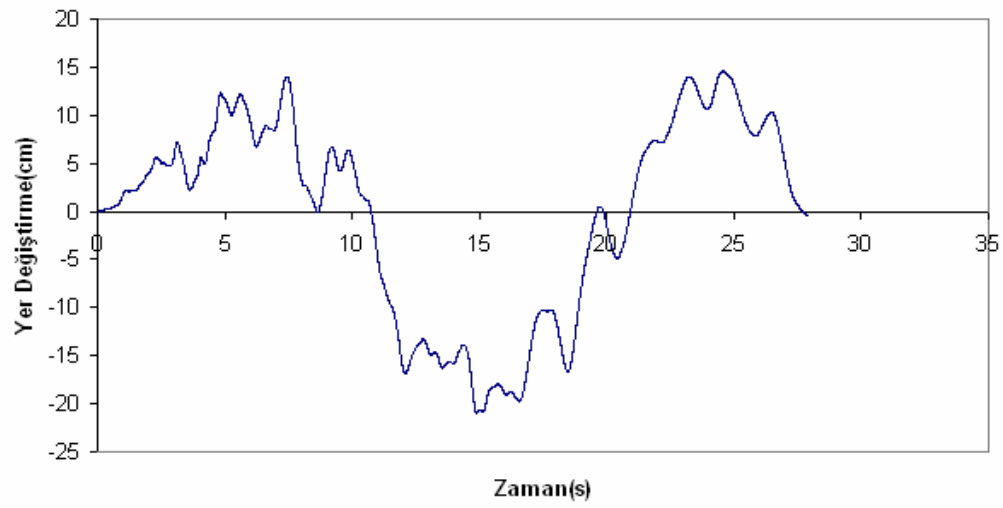
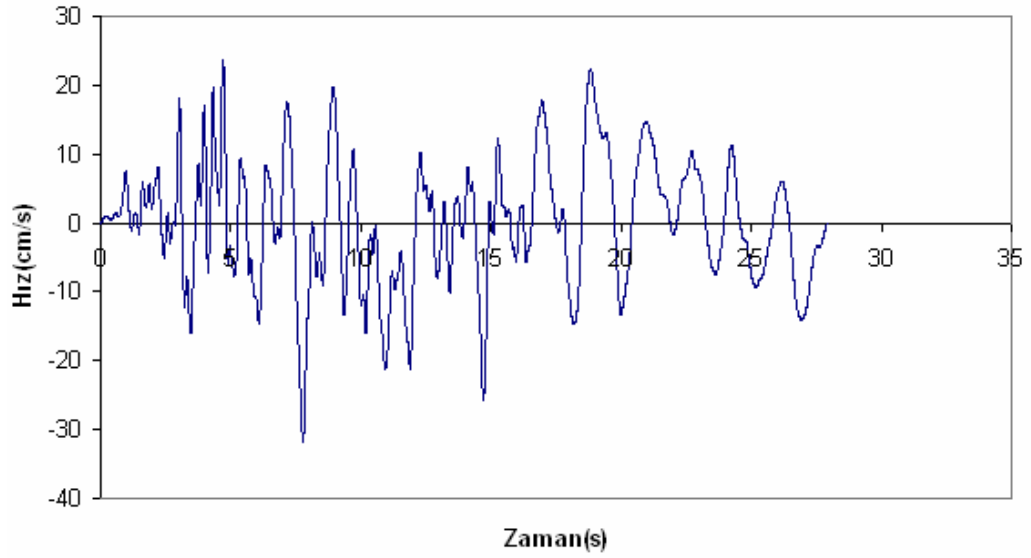
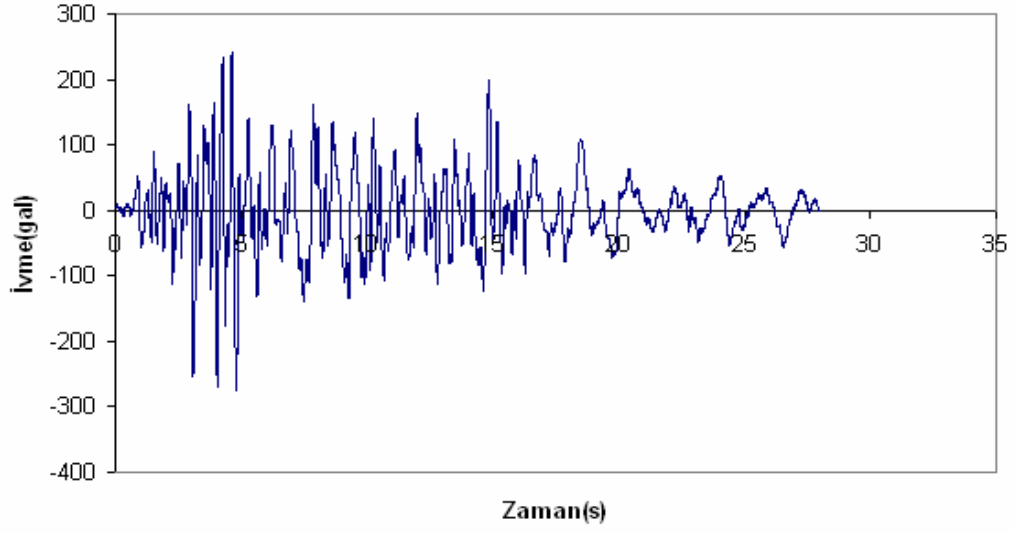
Şekil A-7: 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Düzce’de Kaydedilen Kuzey-Güney Bileşeninin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri



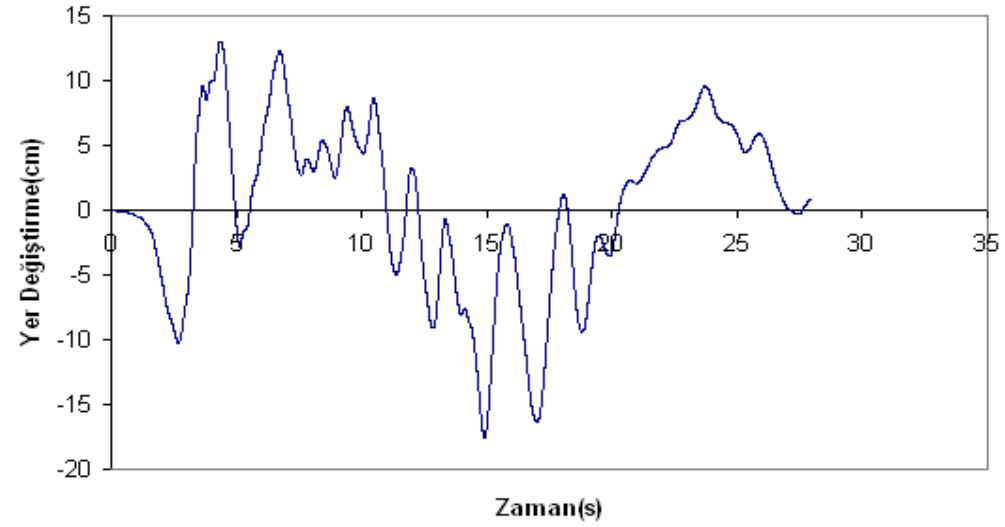
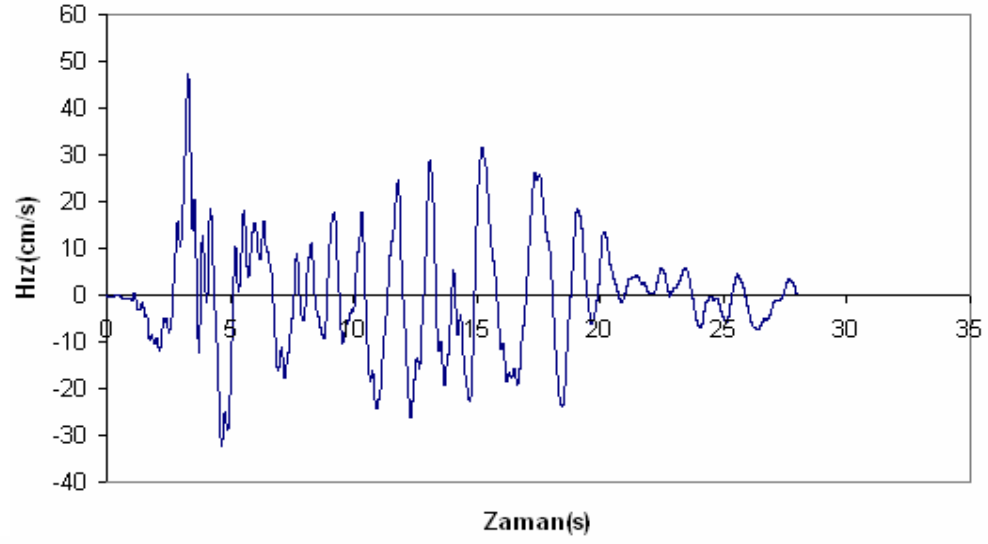
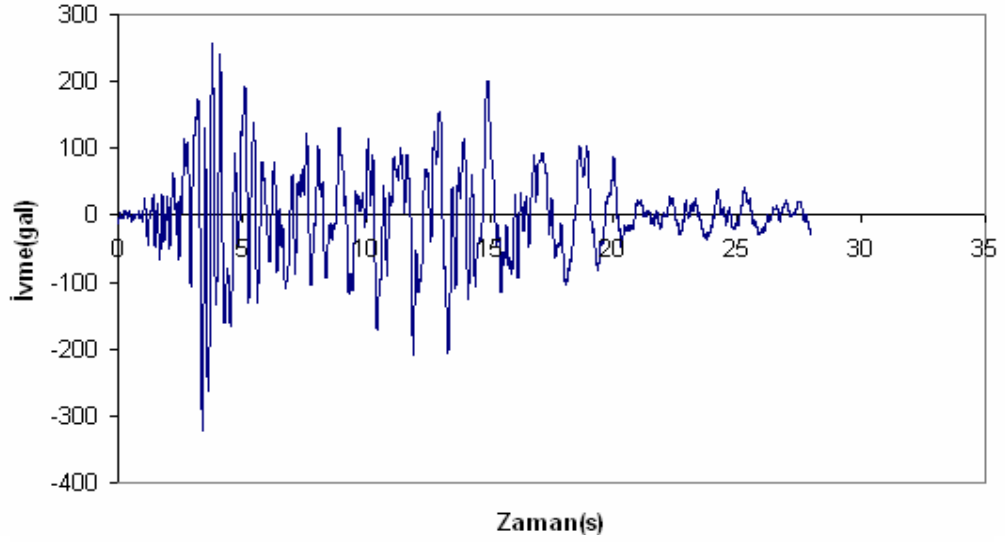
Şekil A-8: 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Düzce’de Kaydedilen Doğu-Batı Bileşeninin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri



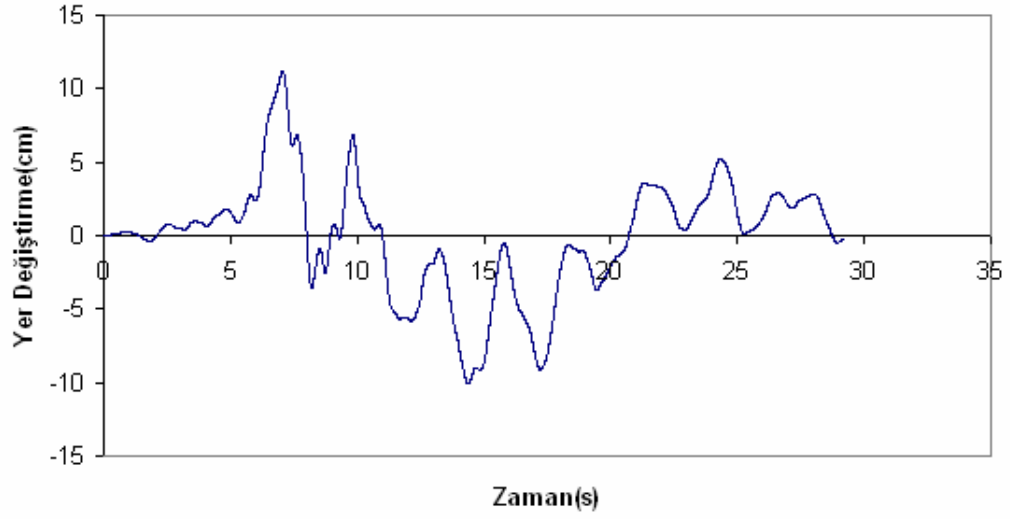
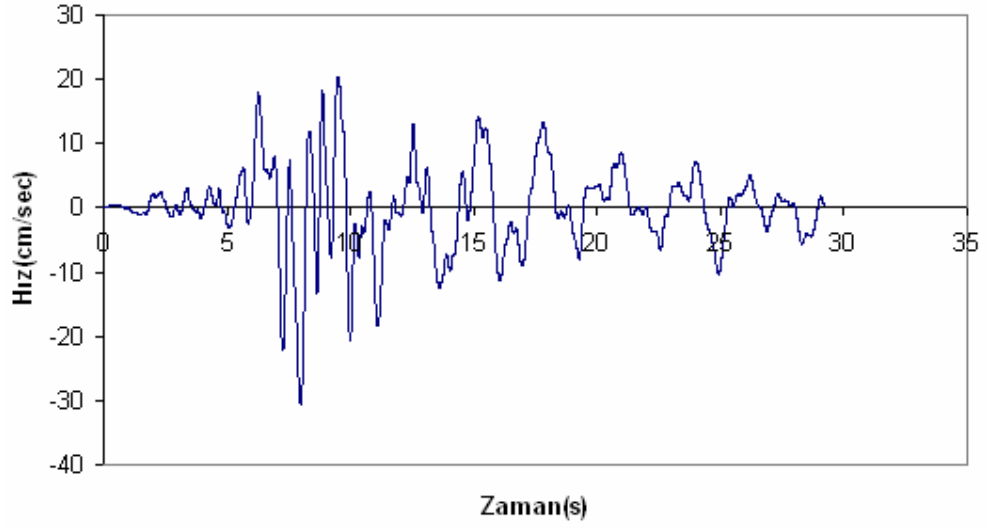
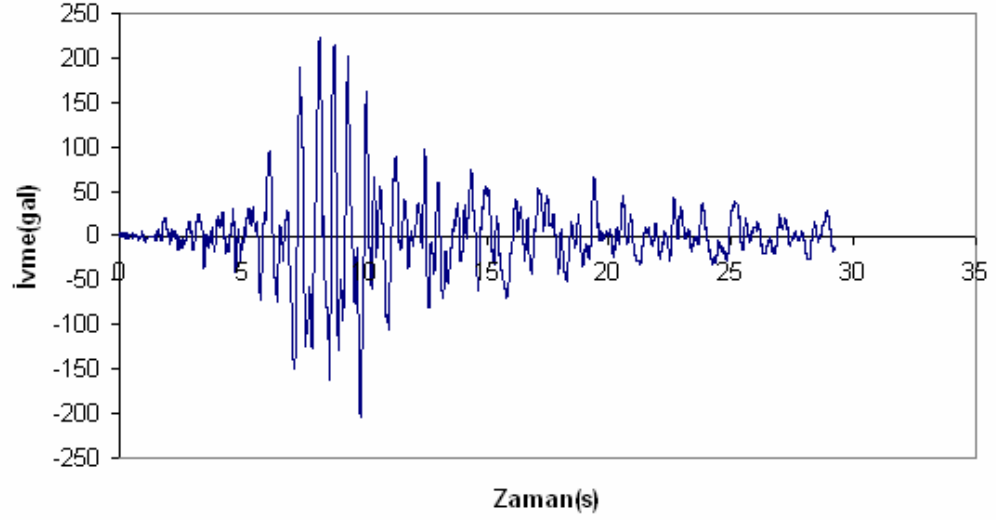
Şekil A-9: 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Sakarya’da Kaydedilen Doğu-Batı Bileşeninin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğişirme-Zaman Grafikleri



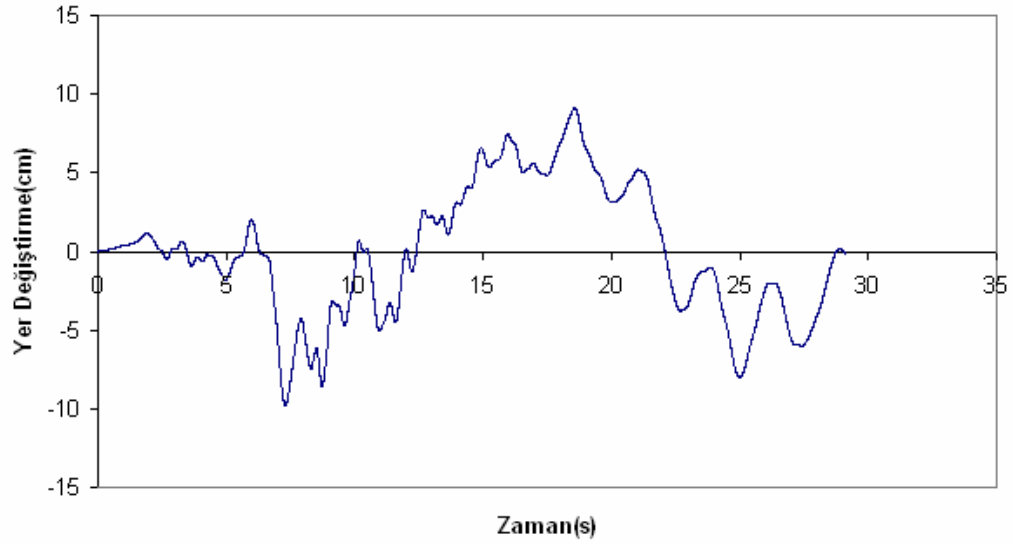
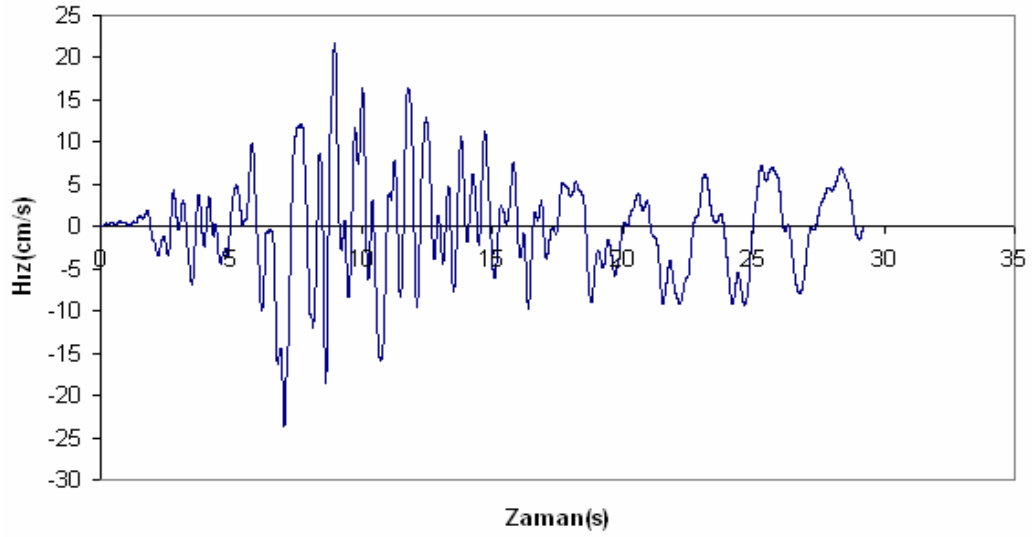
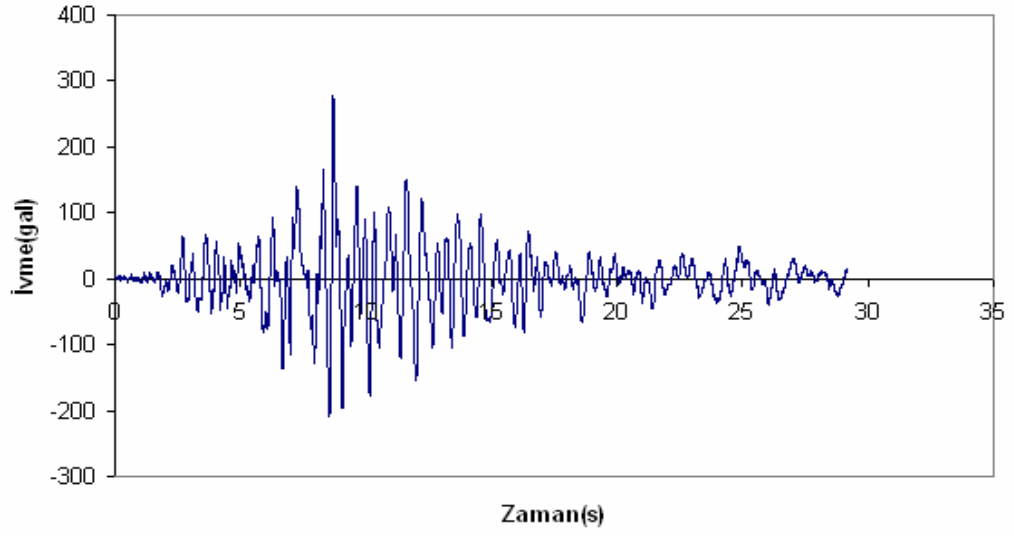
Şekil A-10: 1 Ekim 1995 Tarihli Dinar Depremine Afyon Kaydı Kuzey-Güney Bileşeninin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri



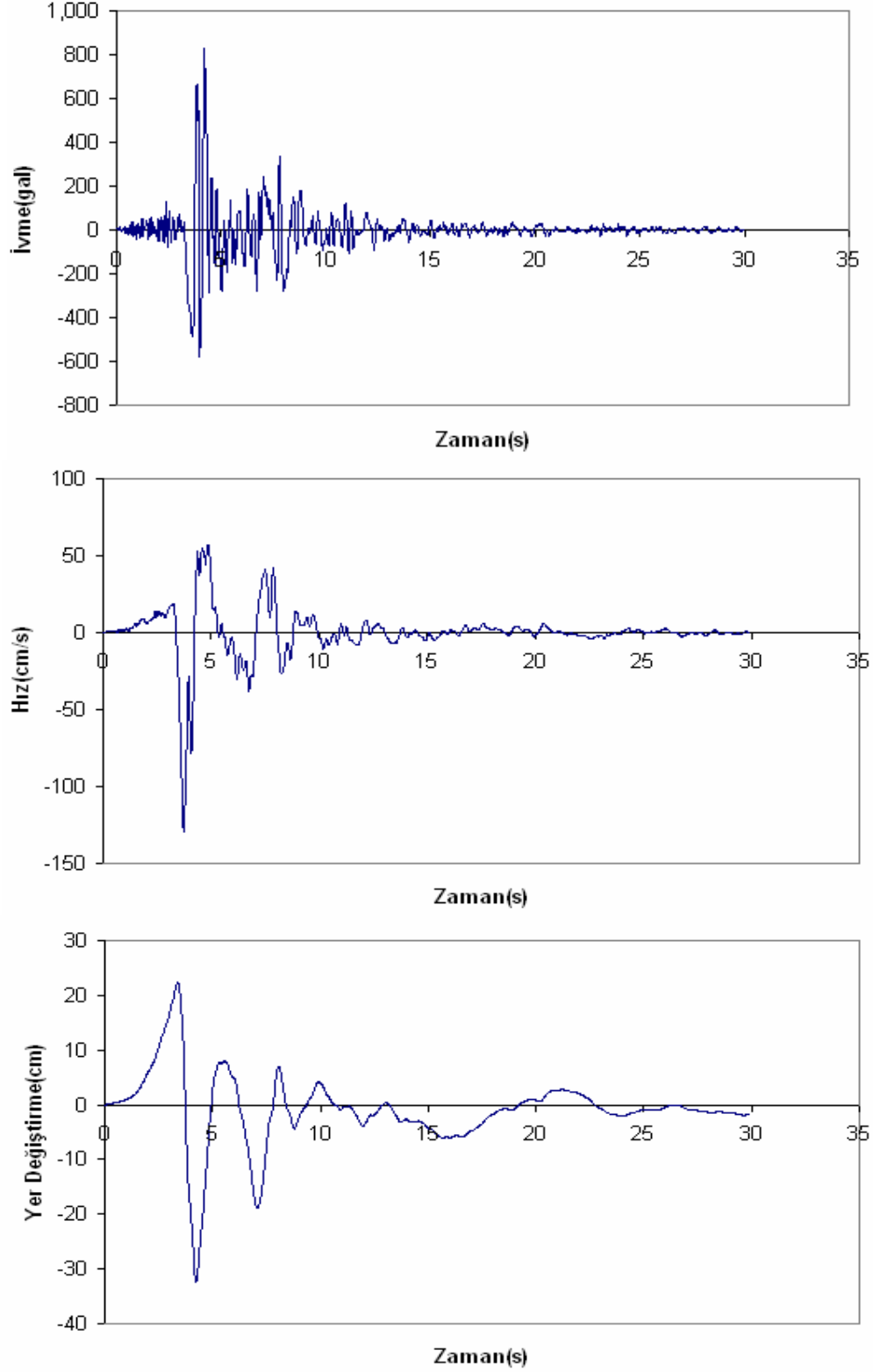
Şekil A-11: 1 Ekim 1995 Tarihli Dinar Depreminin Afyon Kaydı Doğu-Batı Bileşeninin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri



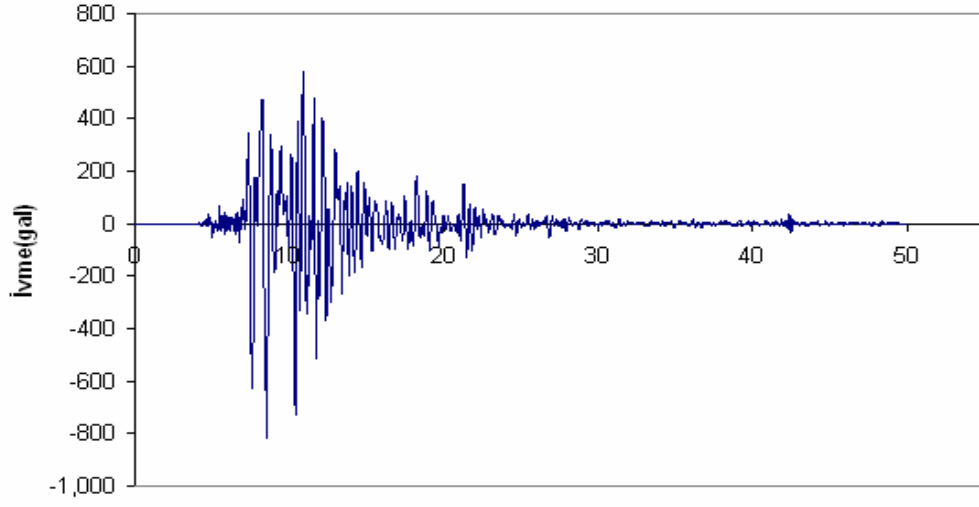
Şekil A-12: 27 Haziran 1998 Tarihli Ceyhan Depreminin Kuzey-Güney Bileşeninin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri



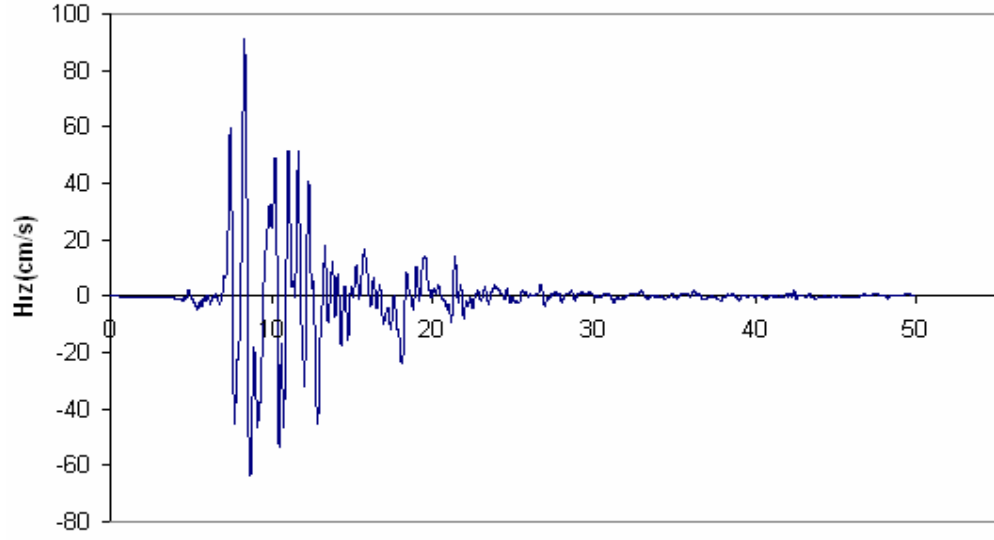
Şekil A-13: 27 Haziran 1998 Tarihli Ceyhan Depreminin Doğu-Batı Bileşeninin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri



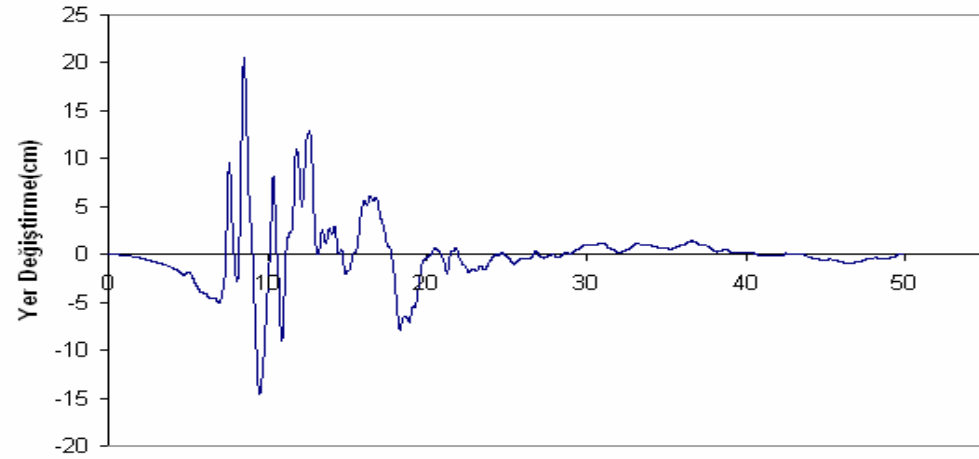
Şekil A-14: 17 Ocak 1994 Tarihli Northridge Depreminin Slymar Kaydı Kuzey-Güney Bileşeninin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğişirme-Zaman Grafikleri



Zaman(s)

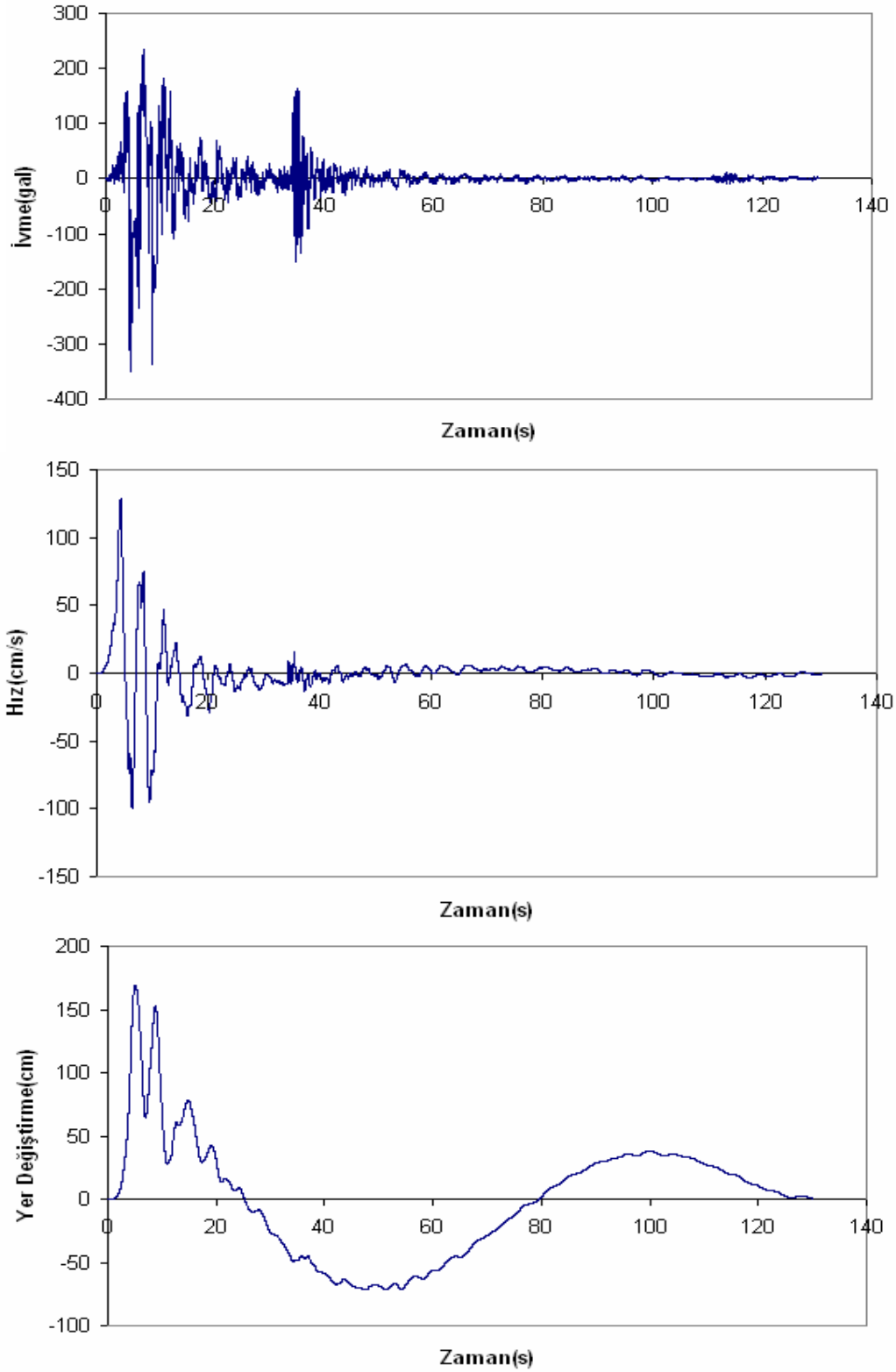


Zaman(s)

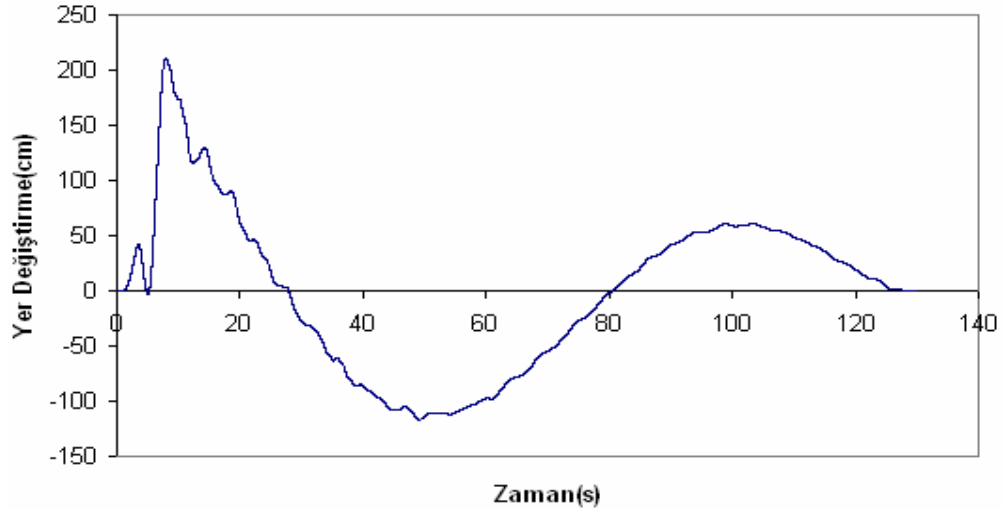
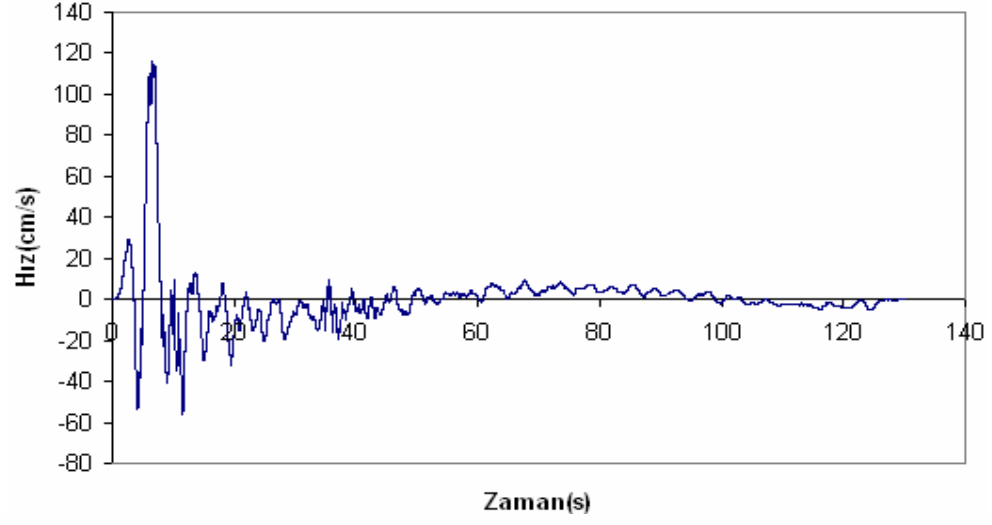
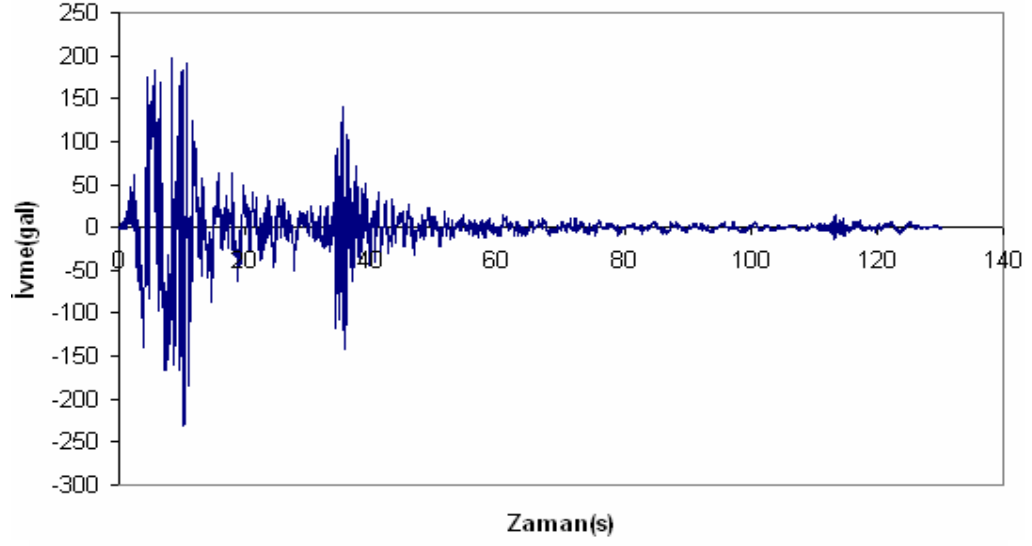


Zaman(s)

Şekil A-15: 17 Ocak 1994 tarihli Kobe Depreminin JMA Kaydı Kuzey-Güney Bileşeninin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğişirme-Zaman Grafikleri



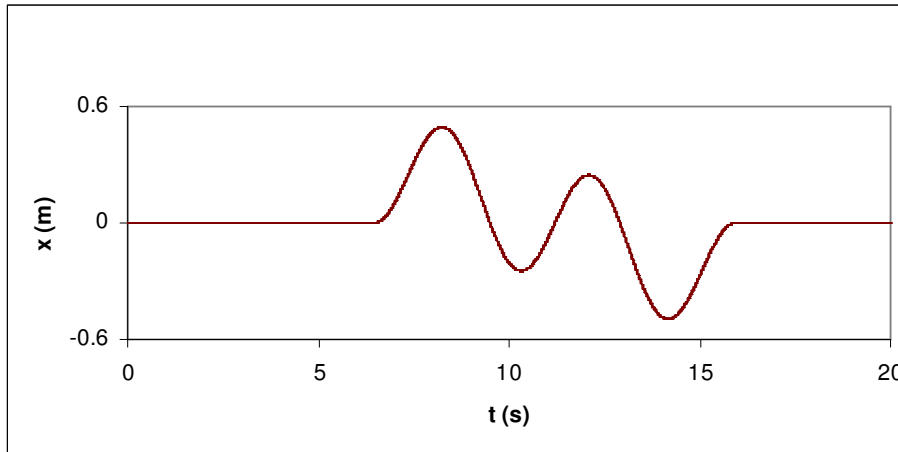
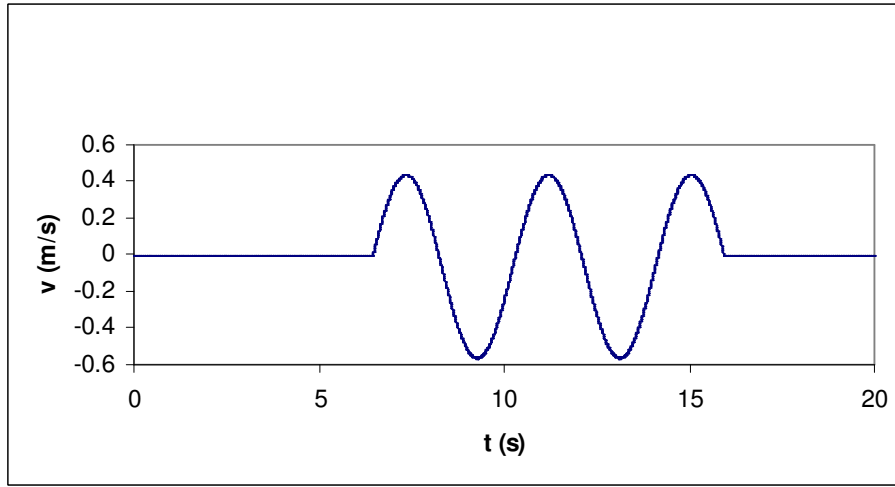
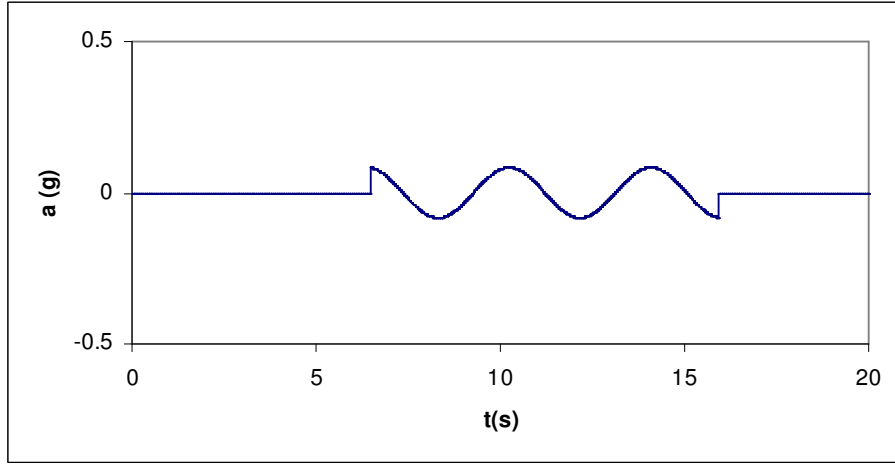
Şekil A-16: 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yakın Fay Etkisi Bindirilmiş Yarımca-Petkim Kaydı Kuzey-Güney Bileşeni İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri



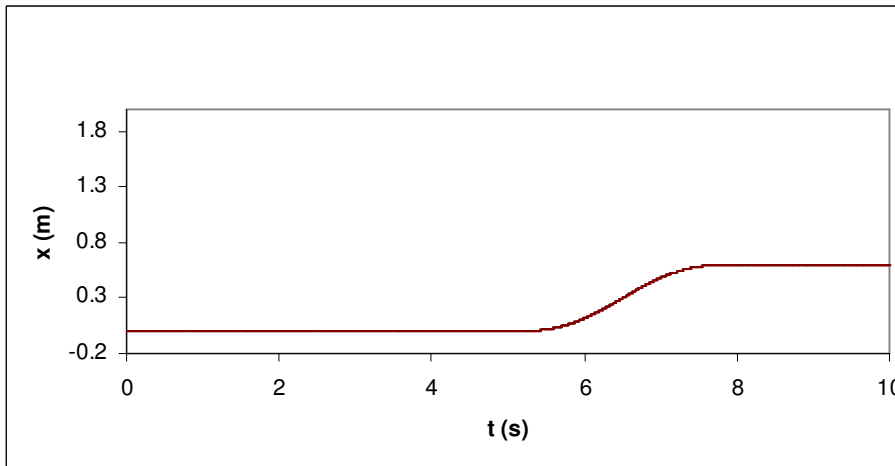
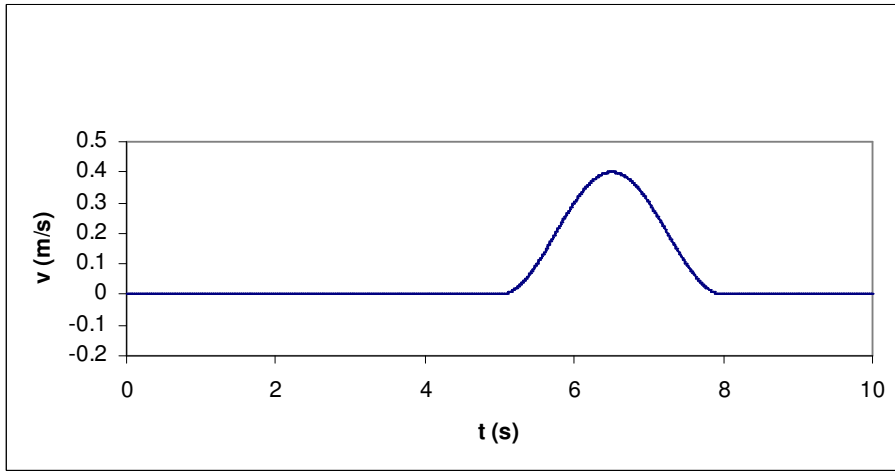
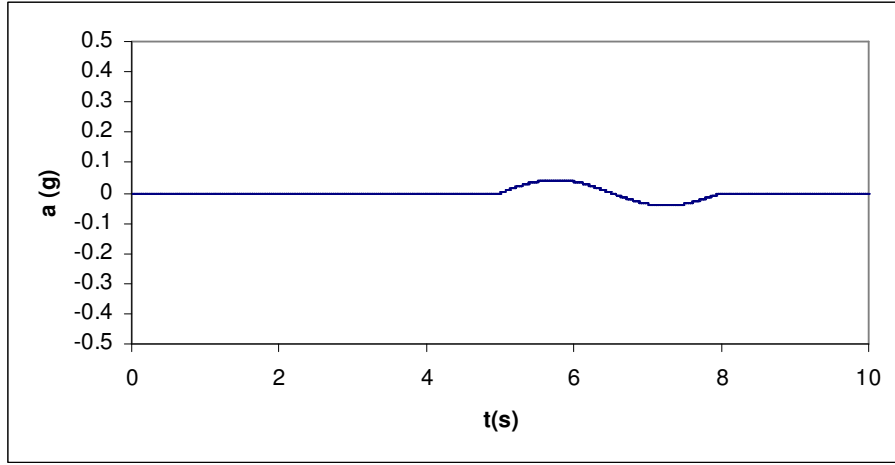
Şekil A-17: 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yakın Fay Etkisi Bindirilmiş Yarımca-Petkim Kaydı Doğu-Batı Bileşeni İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri

EK-B

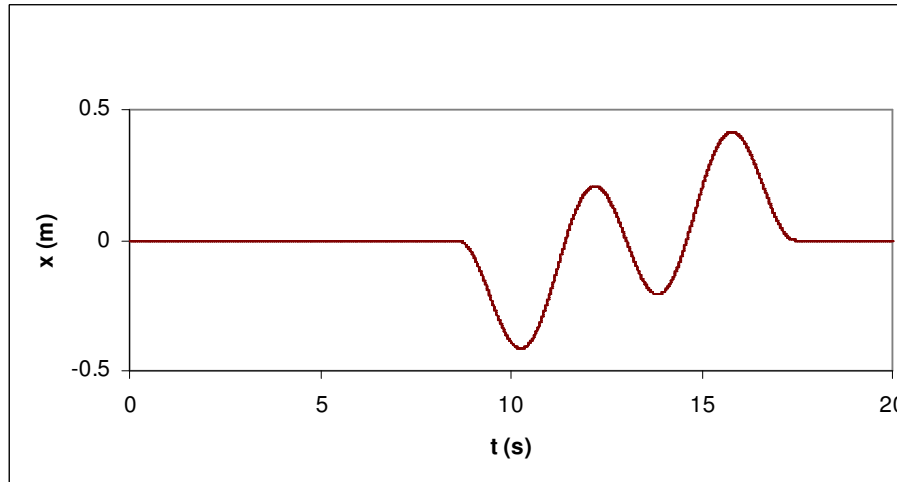
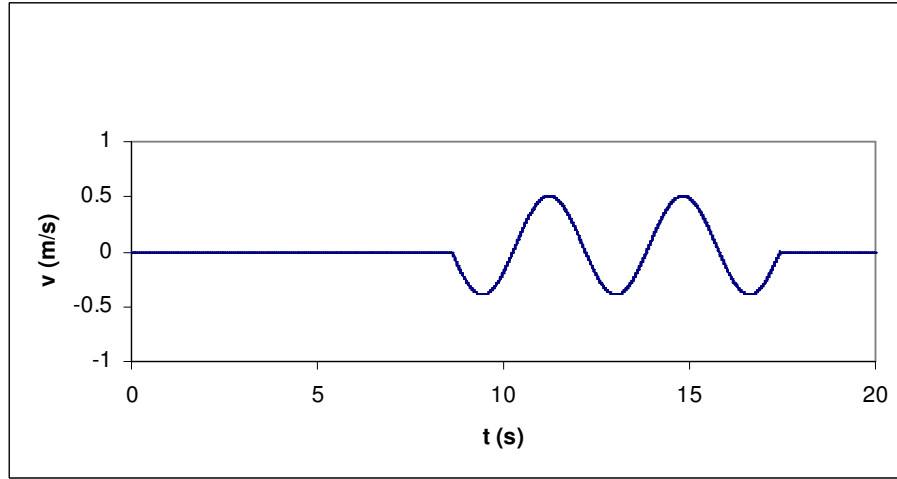
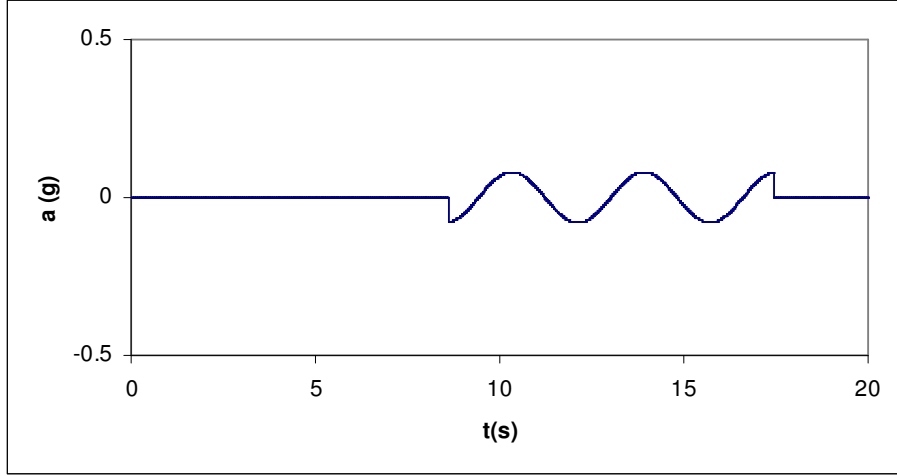
Depremlerin Yakın Fay Etkisini Gösteren Darbe Titreşimlerinin İvme, Hız ve Yerdeğiştirme Grafikleri



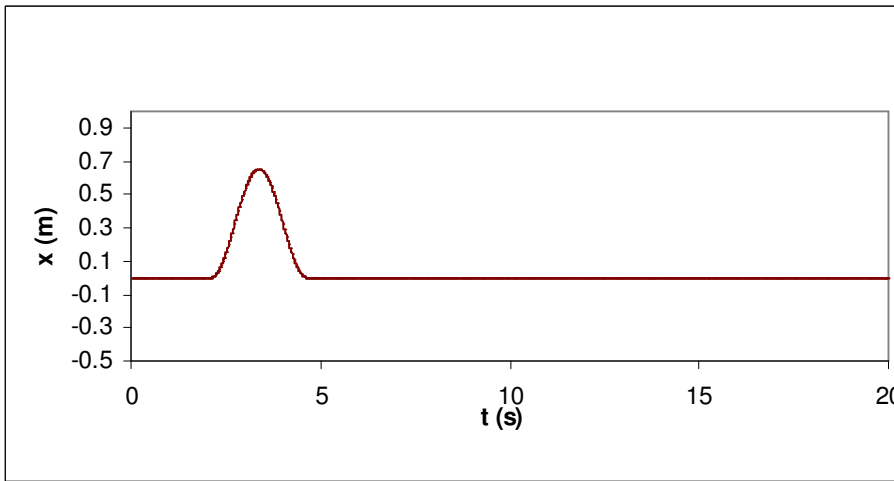
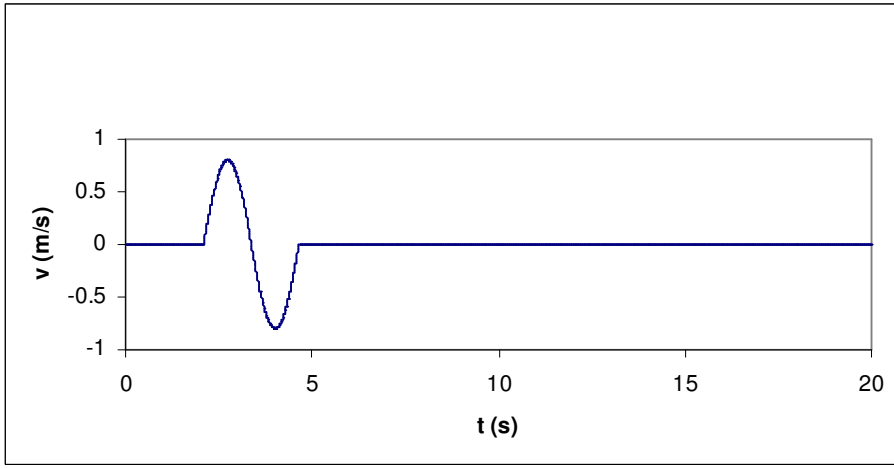
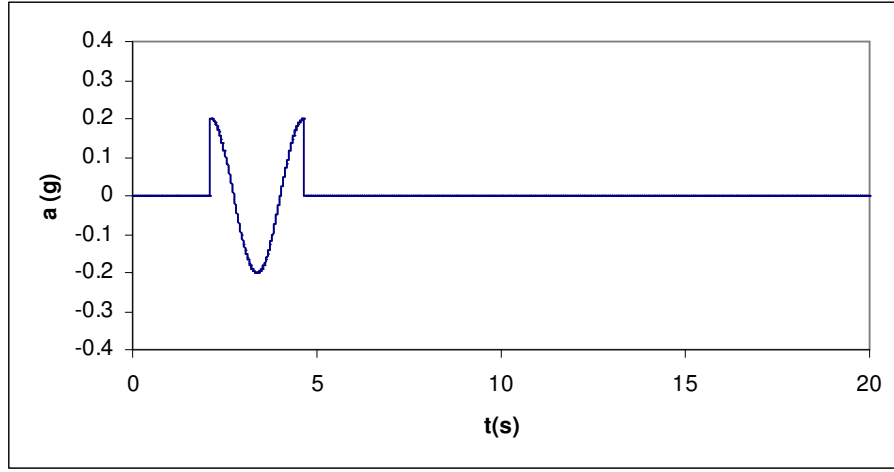
Şekil B-1: 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yarımca-Petkim’de Kaydedilen Kuzey-Güney Bileşenlerinin Tip-C₂ Darbe Titreşiminin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri



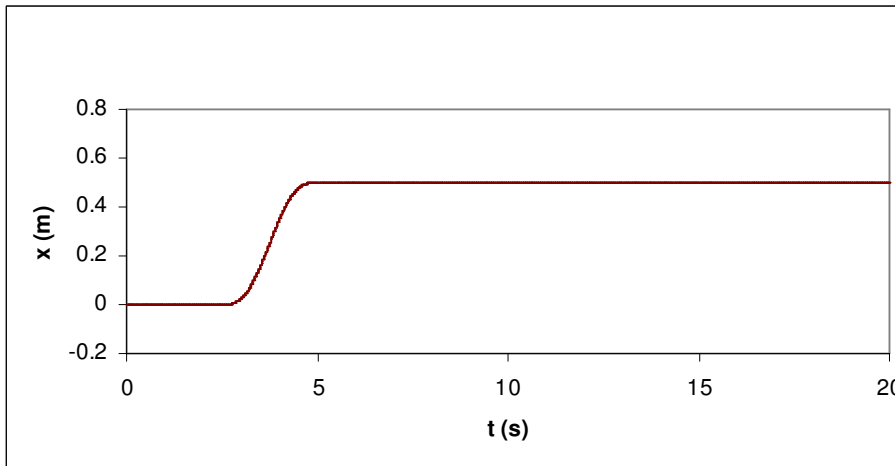
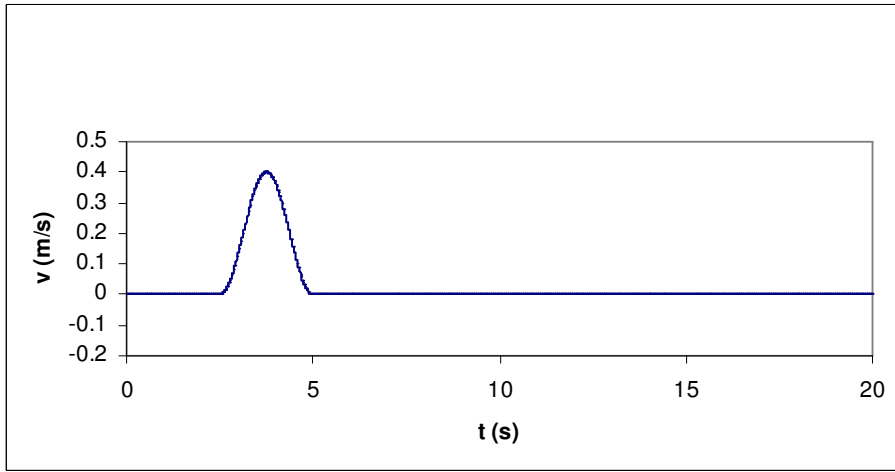
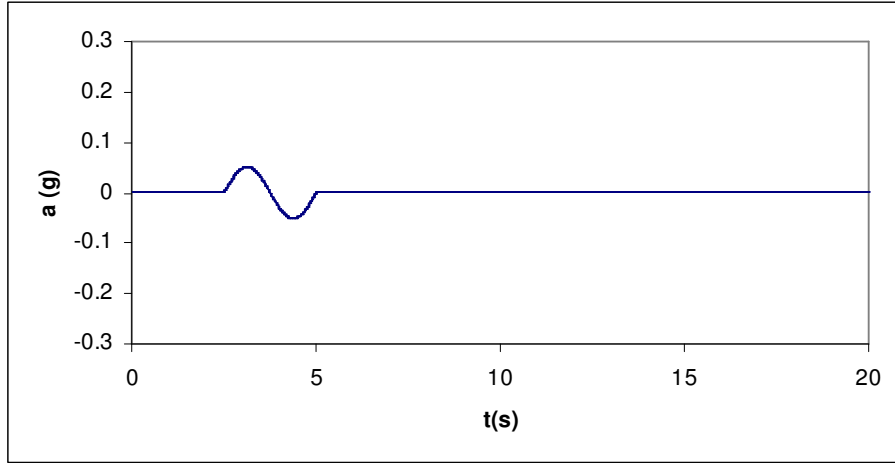
Şekil B-2: 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yarımca-Petkim’de Kaydedilen Doğu-Batı Bileşenlerinin Tip-A Darbe Titreşiminin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri



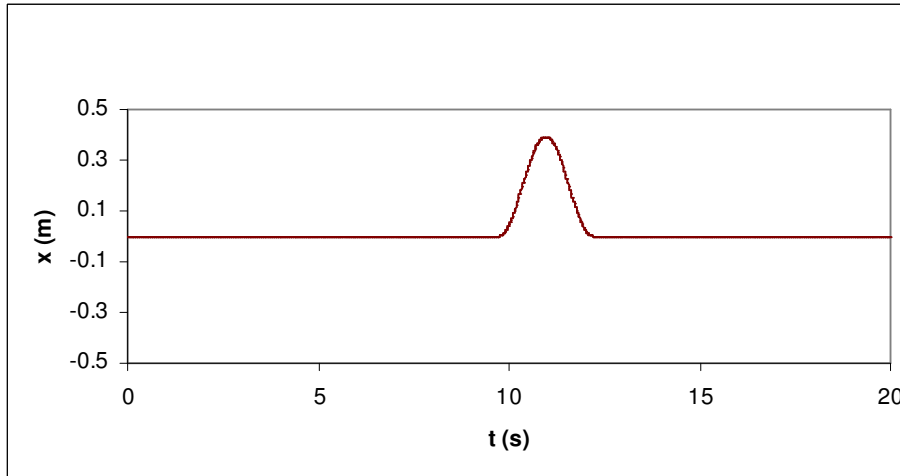
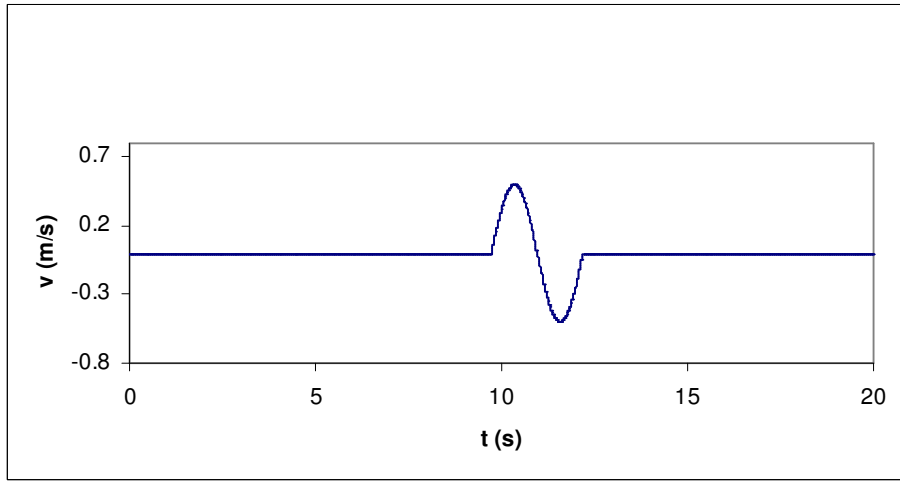
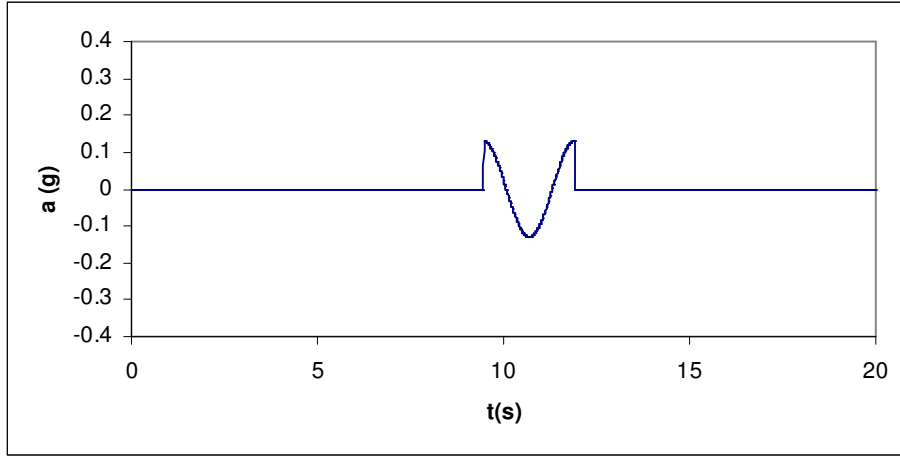
Şekil B-3: 17 Ocak 1994 Northridge Depreminin Rinaldi İstasyonu'nda Kaydedilen Paralel Fay Bileşenlerinin Tip-C₂ Darbe Titreşiminin İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri



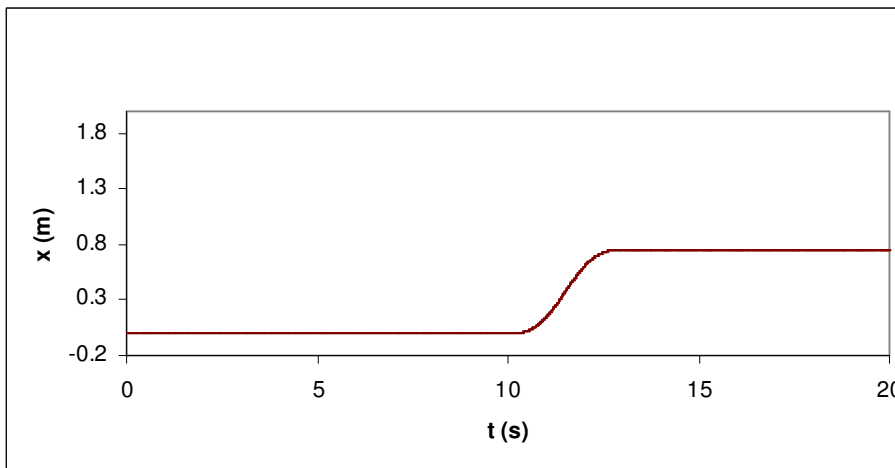
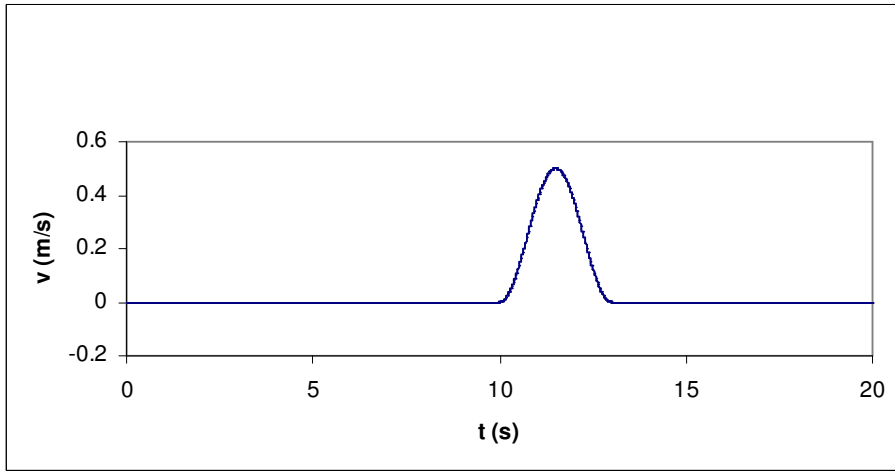
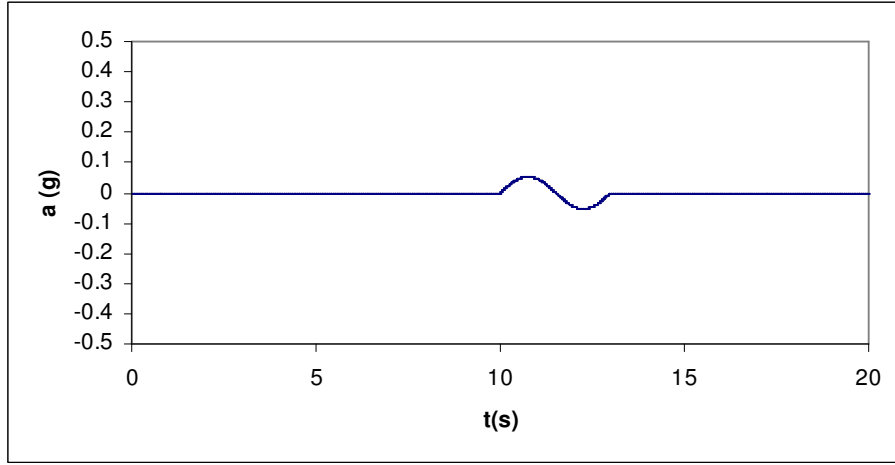
Şekil B-4: 13 Mart 1992 Tarihli Erzincan Depreminin Kuzey-Güney Bileşeninin Tıp-B Darbe İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri



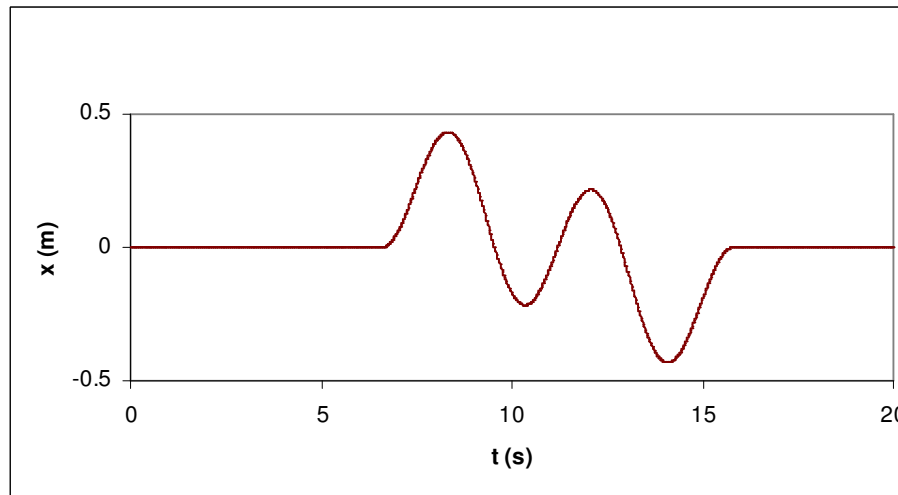
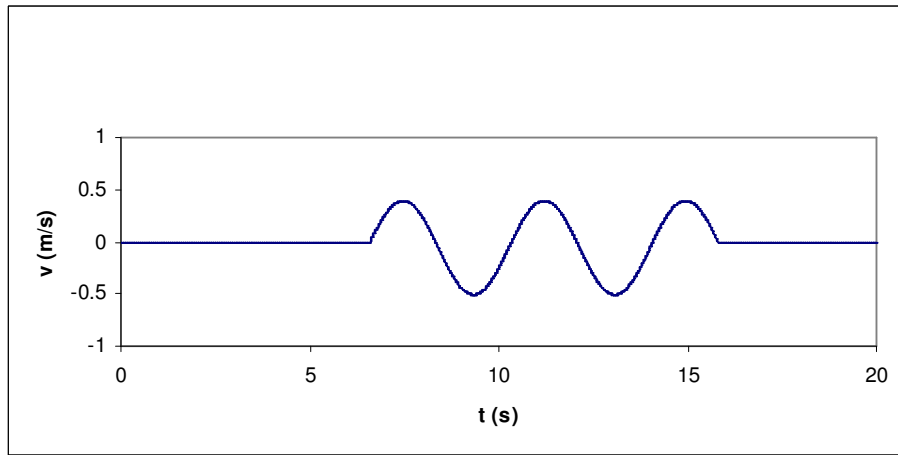
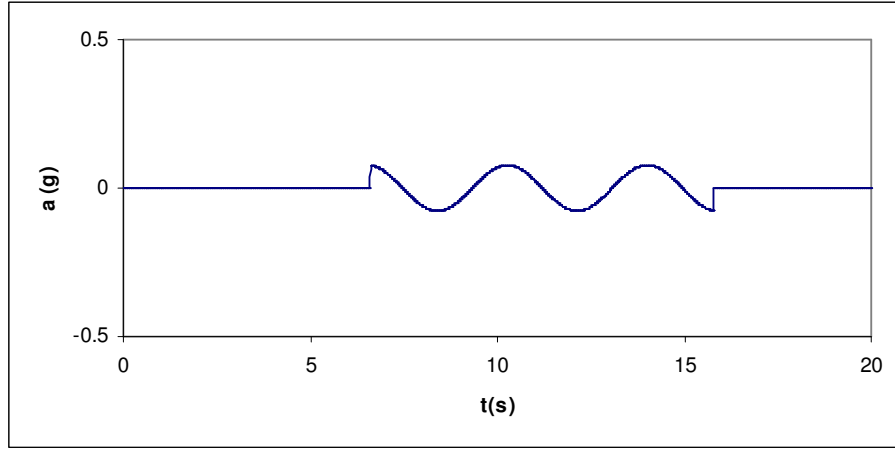
Şekil B-5: 13 Mart 1992 Tarihli Erzincan Depreminin Doğu-Batı Bileşeninin Tip-A Darbe İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri



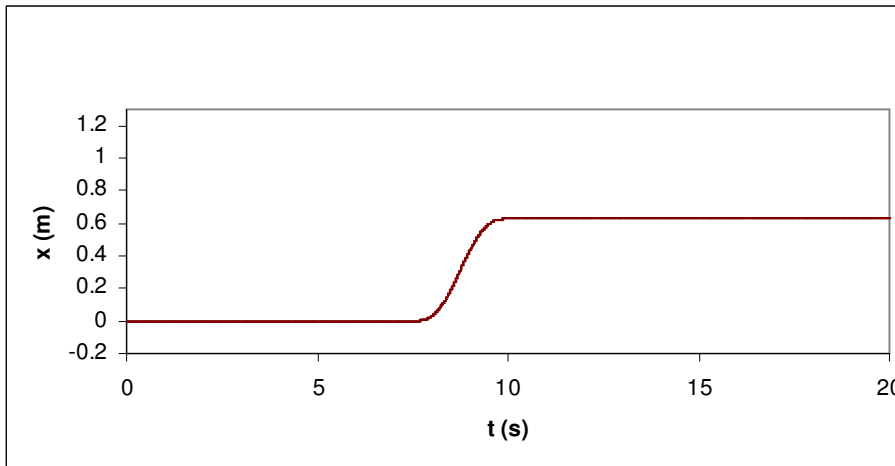
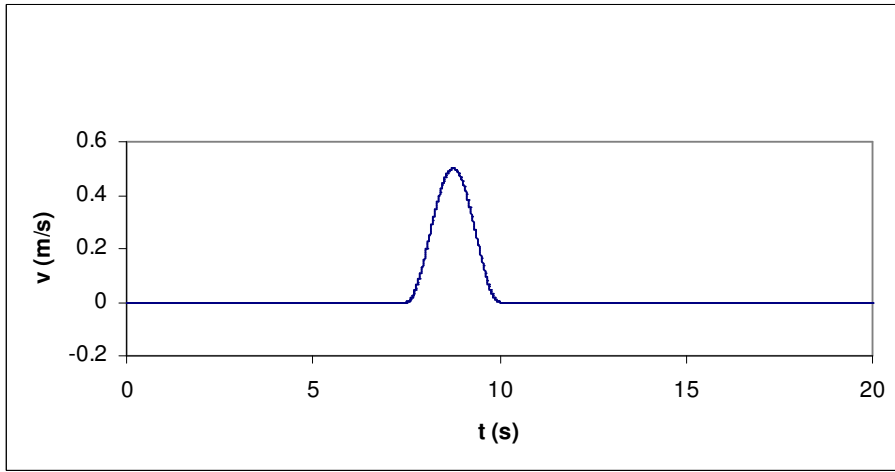
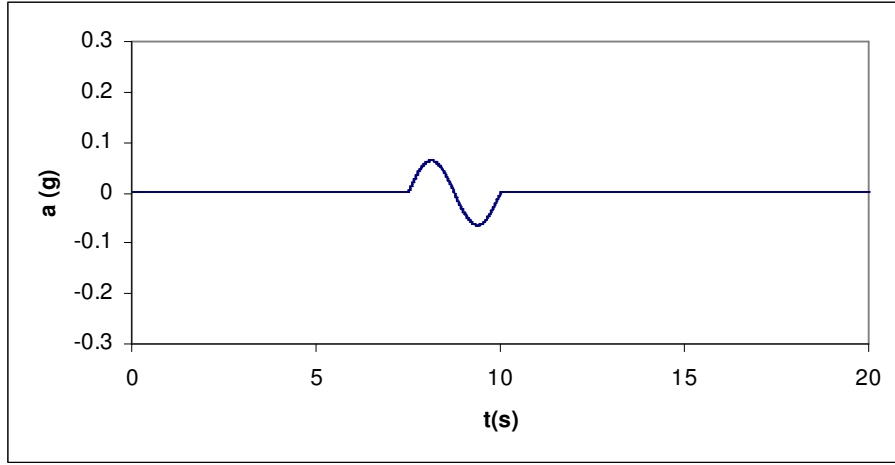
Şekil B-6: 12 Kasım 1999 Tarihli Düzce Depreminin Bolu Kaydı Kuzey-Güney Bileşeninin Tip-B Darbe İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri



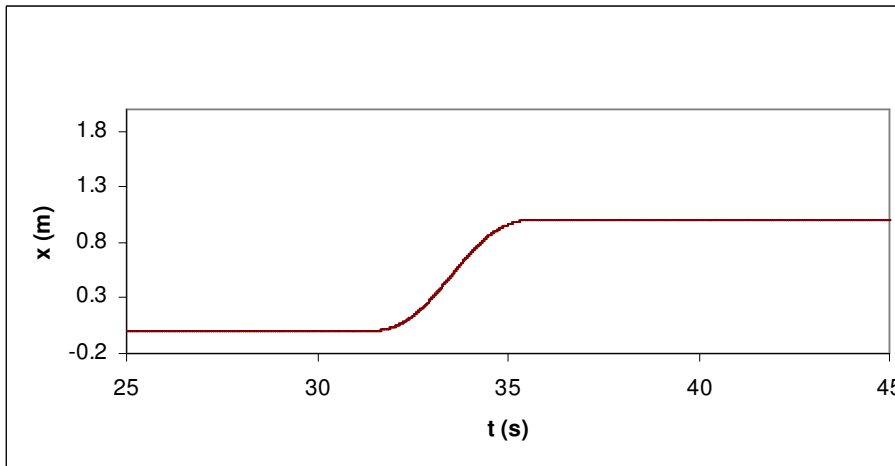
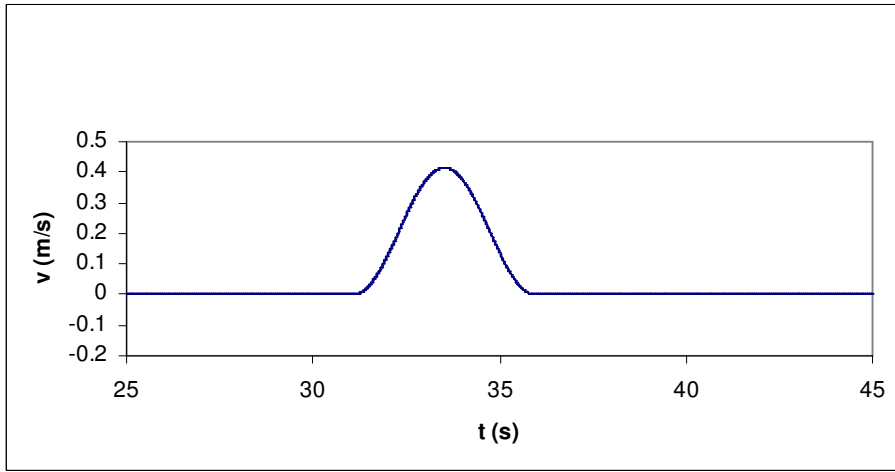
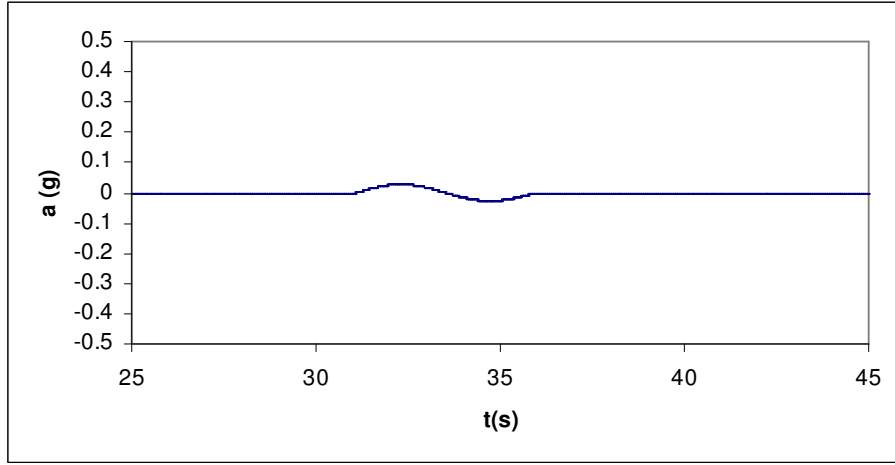
Şekil B-7: 12 Kasım 1999 Tarihli Düzce Depreminin Bolu Kaydı Doğu-Batı Bileşeninin Tip-A Darbe İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri



Şekil B-8: 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Düzce’de Kaydedilen Kuzey-Güney Bileşeninin Tip-C₂ Darbe İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri



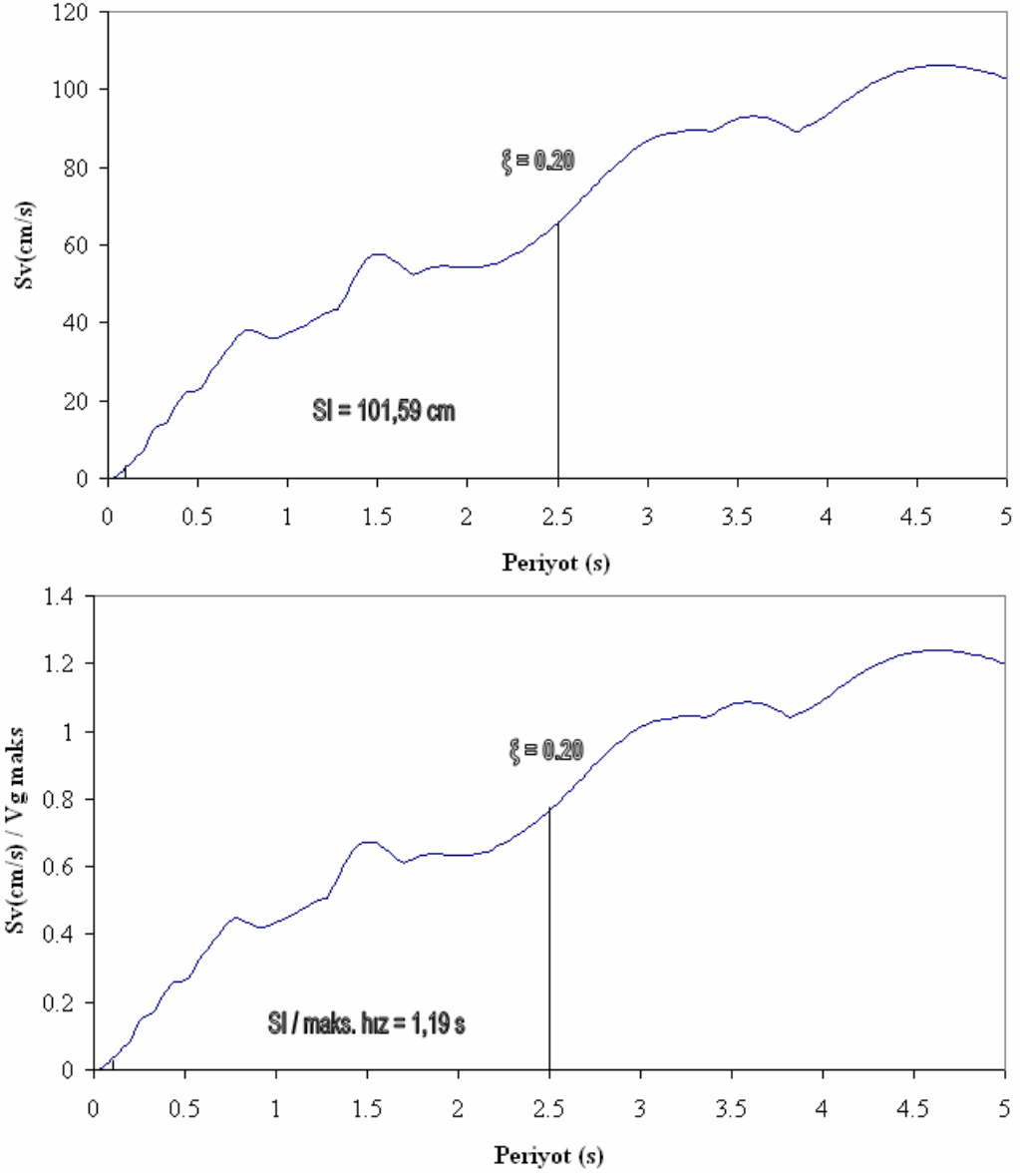
Şekil B-9: 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Düzce’de Kaydedilen Doğu-Batı Bileşeninin Tip-A Darbe İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri



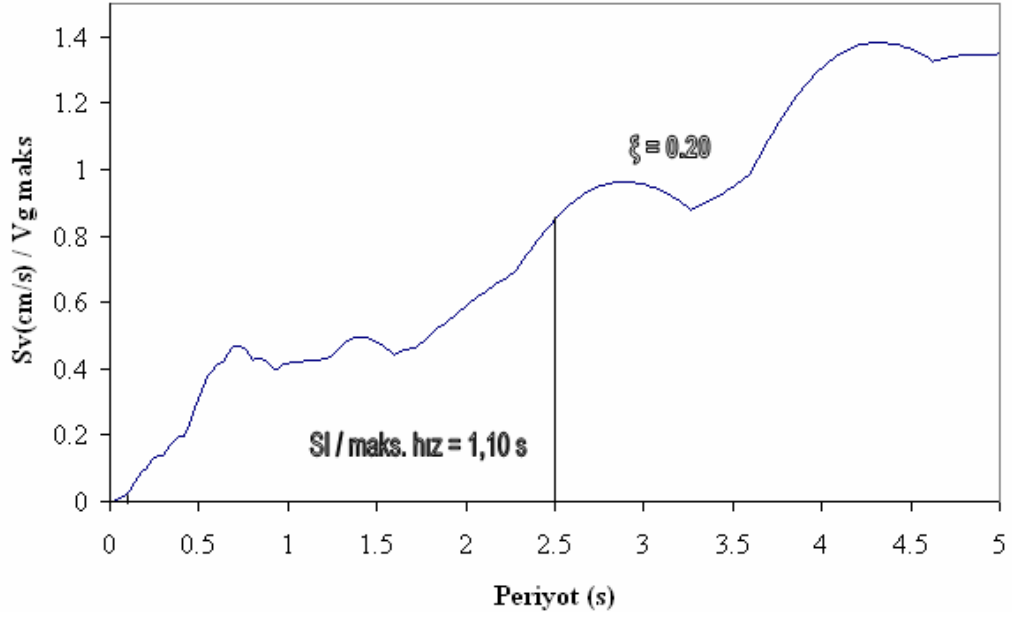
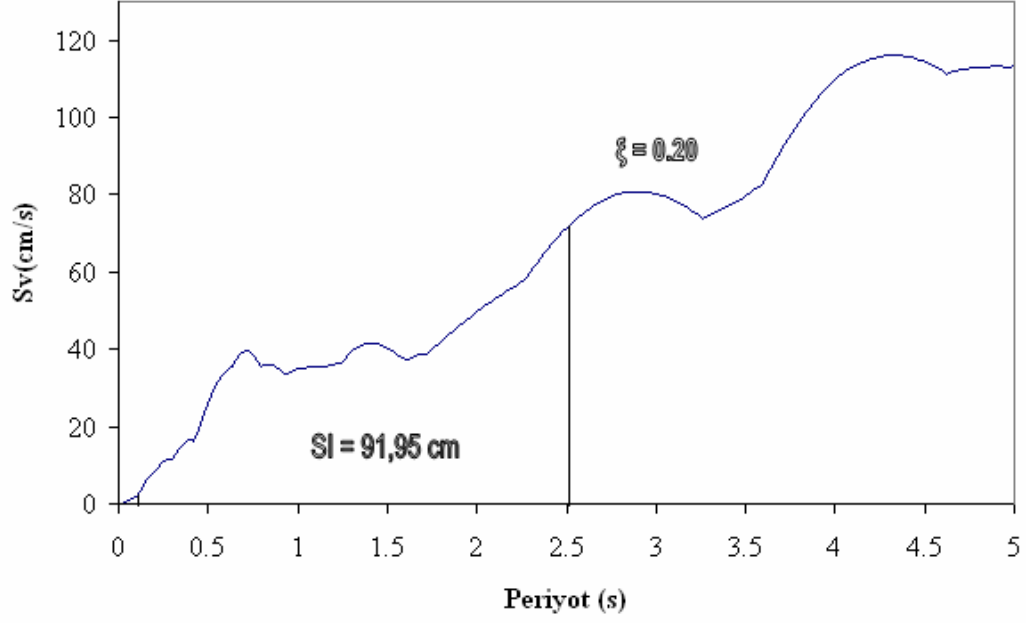
Şekil B-10: 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Sakarya'da Kaydedilen Doğu-Batı Bileşeninin Tip-A Darbe İvme-Zaman, Hız-Zaman ve Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri

EK-C

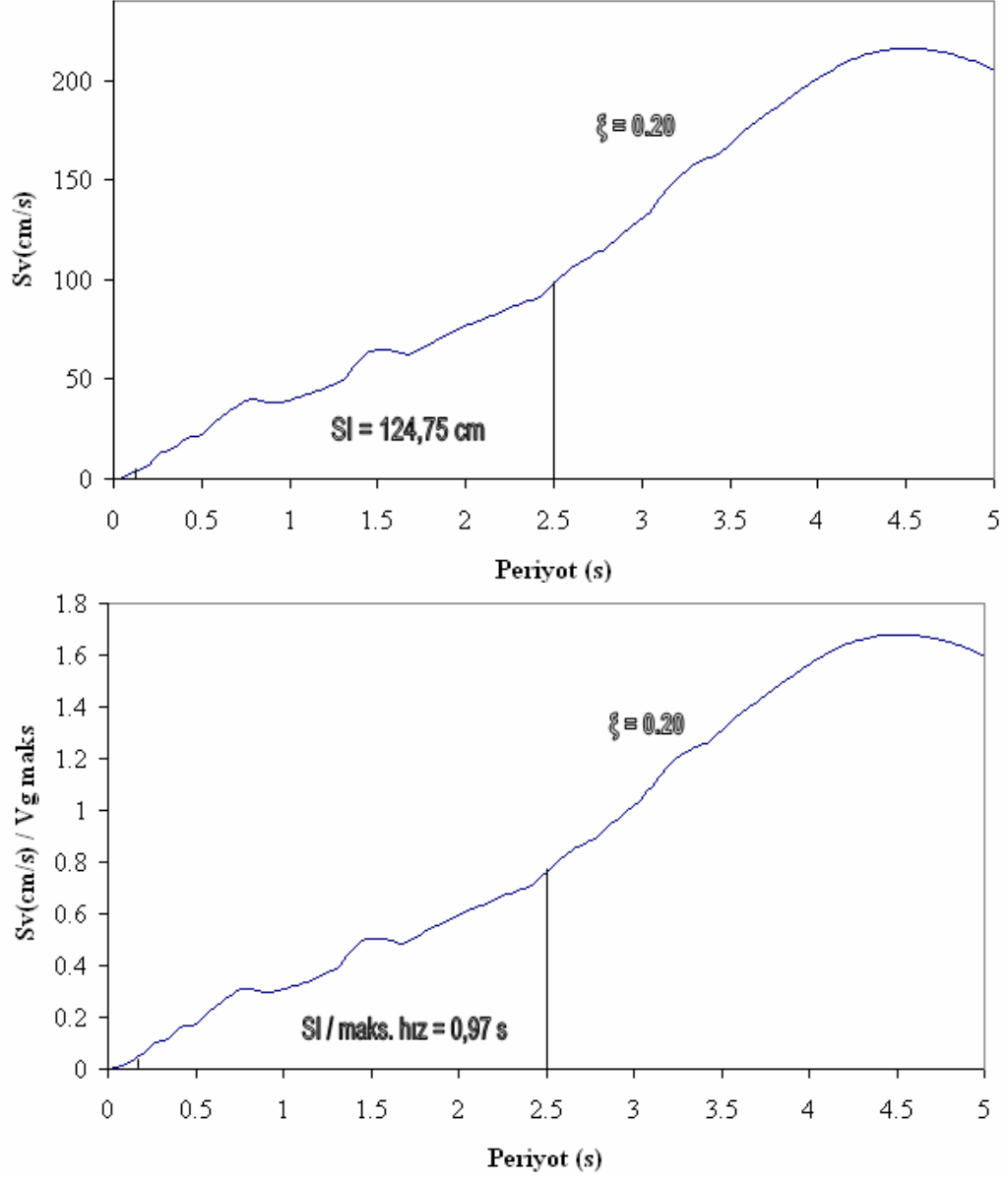
**Depremlerin %20 Sönüme Göre Housner Şiddetleri'nin ve Maksimum Hıza
Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddetleri'nin Bulunuşunu Gösteren
Grafikler**



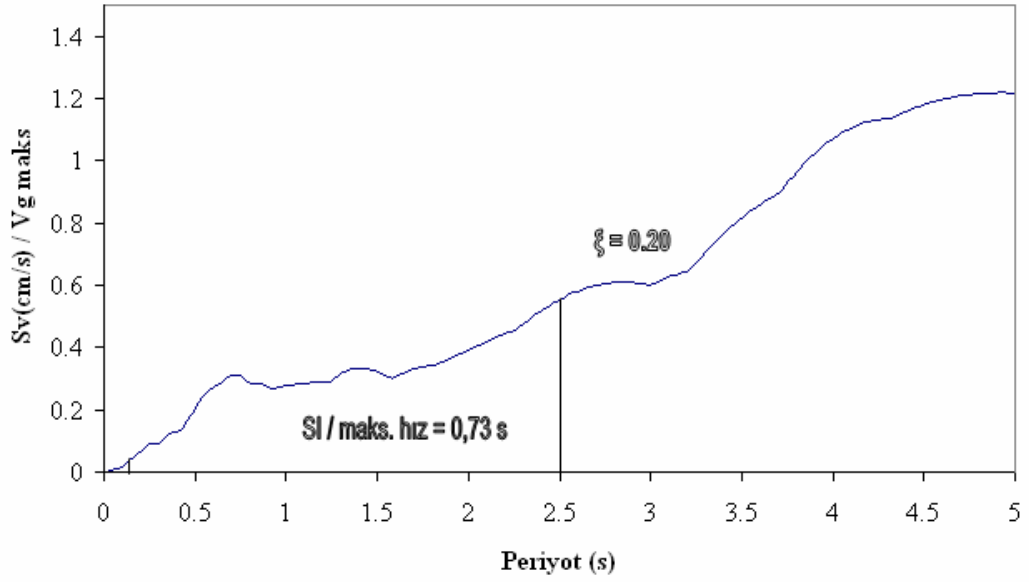
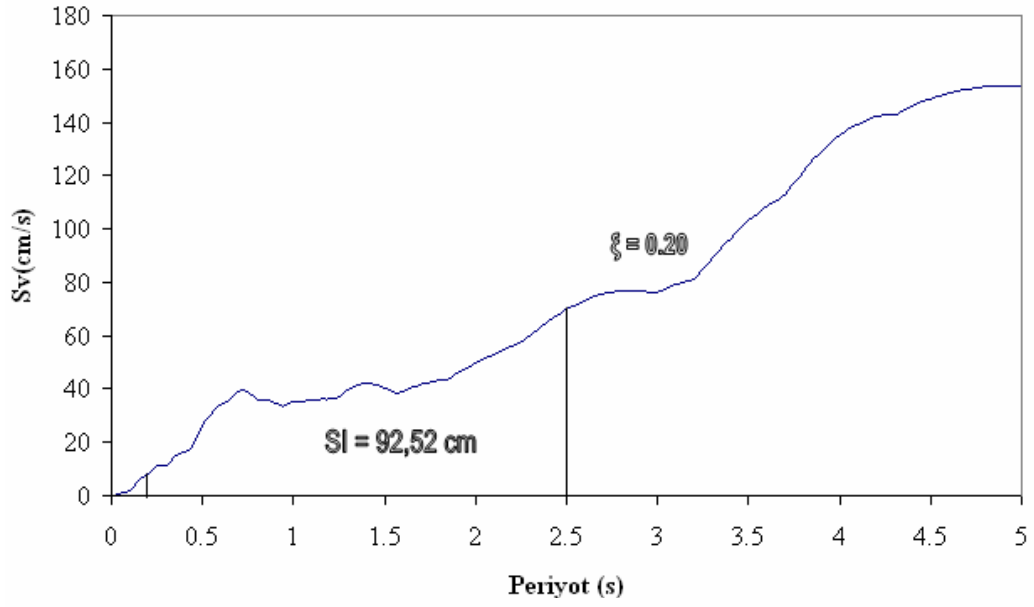
Şekil C-1: 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yarımca-Petkim Kaydı Kuzey-Güney Bileşeninin %20 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti



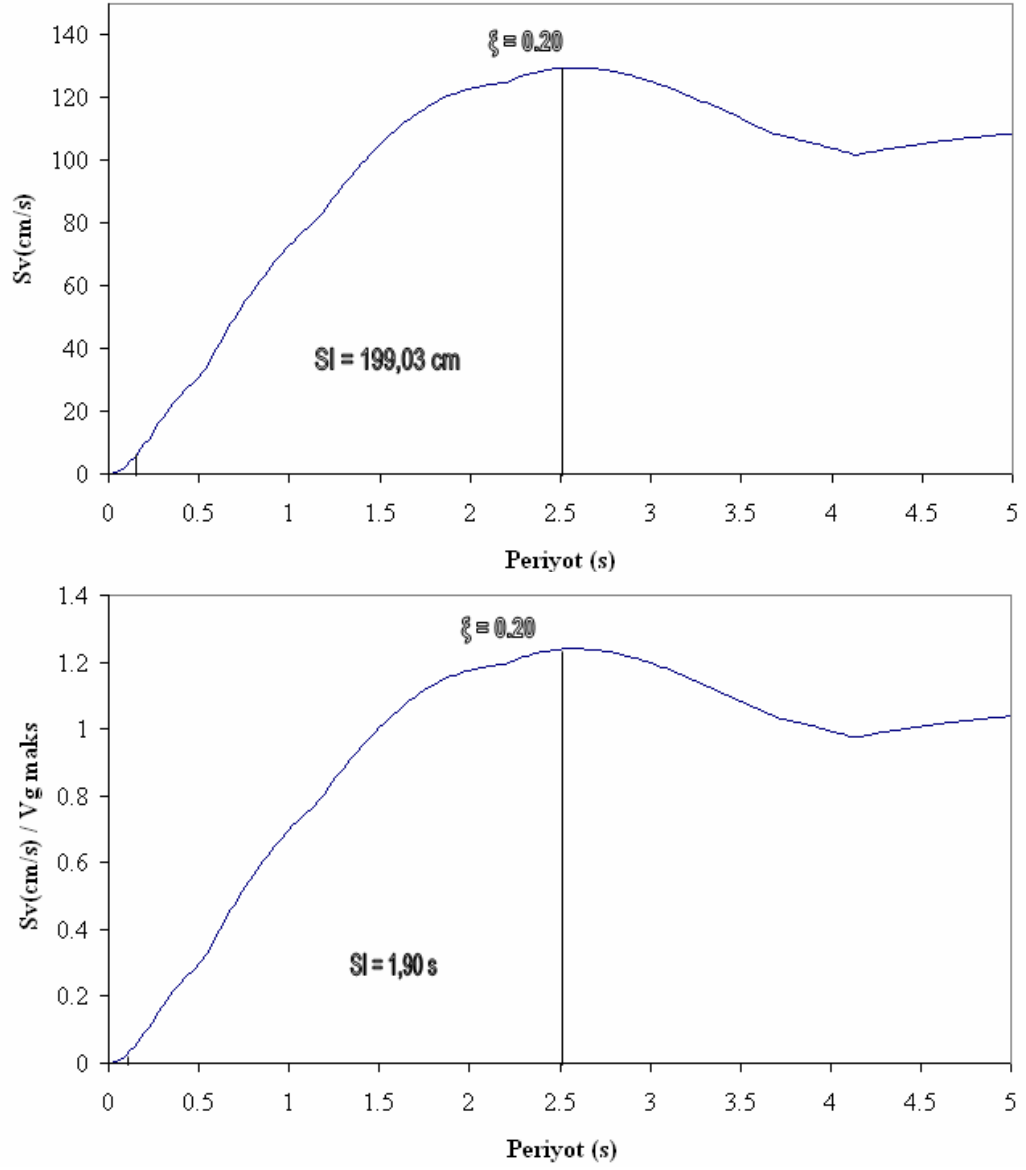
Şekil C-2: 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yarımcı-Petkim Kaydı Doğu-Batı Bileşeninin %20 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti



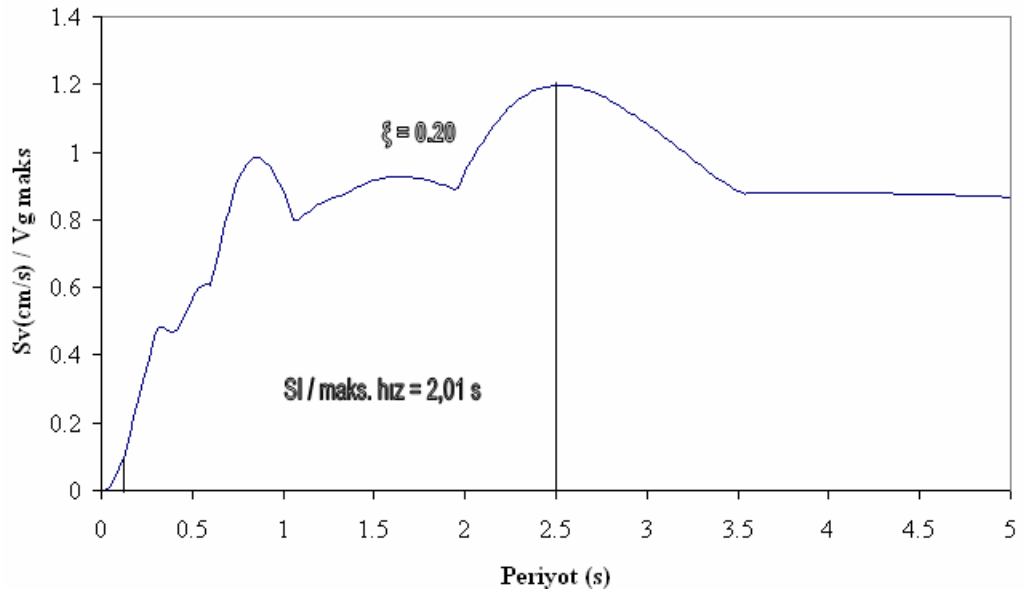
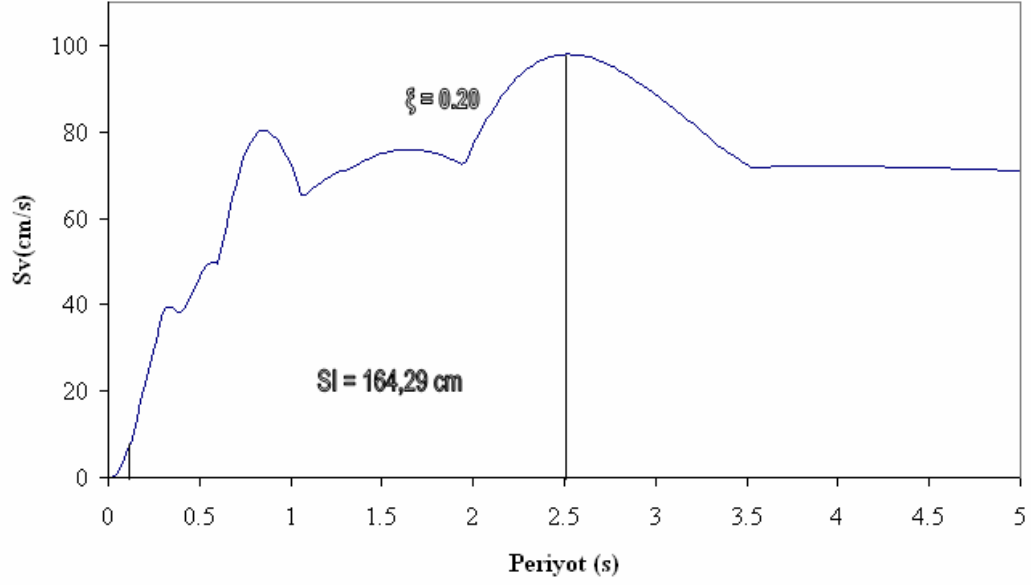
Şekil C-3: 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yakın Fay Etkisi Bindirilmiş Yarımca-Petkim Kaydı Kuzey-Güney Bileşeninin %20 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti



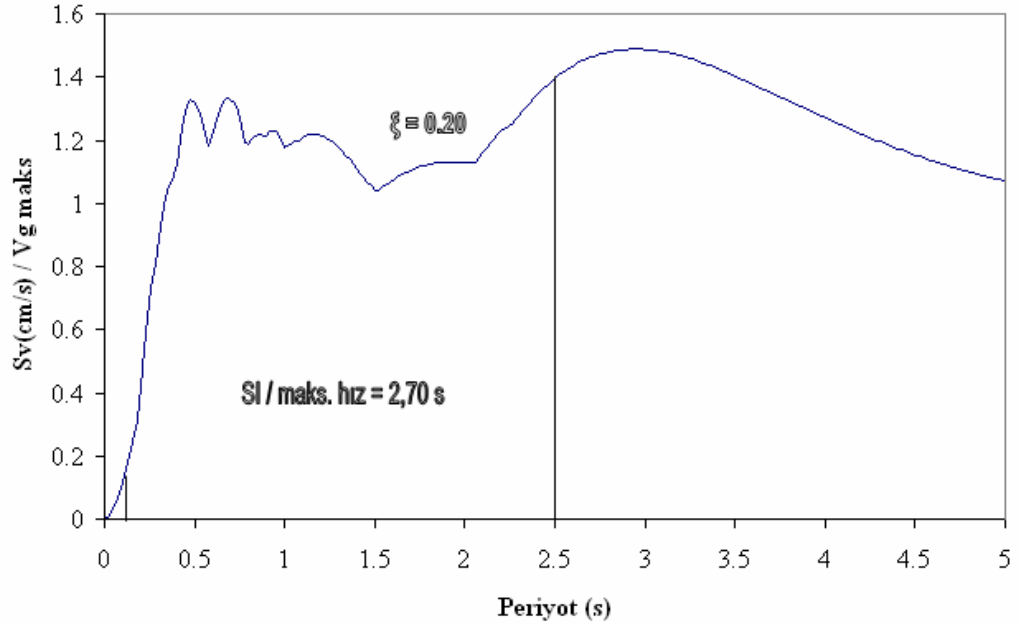
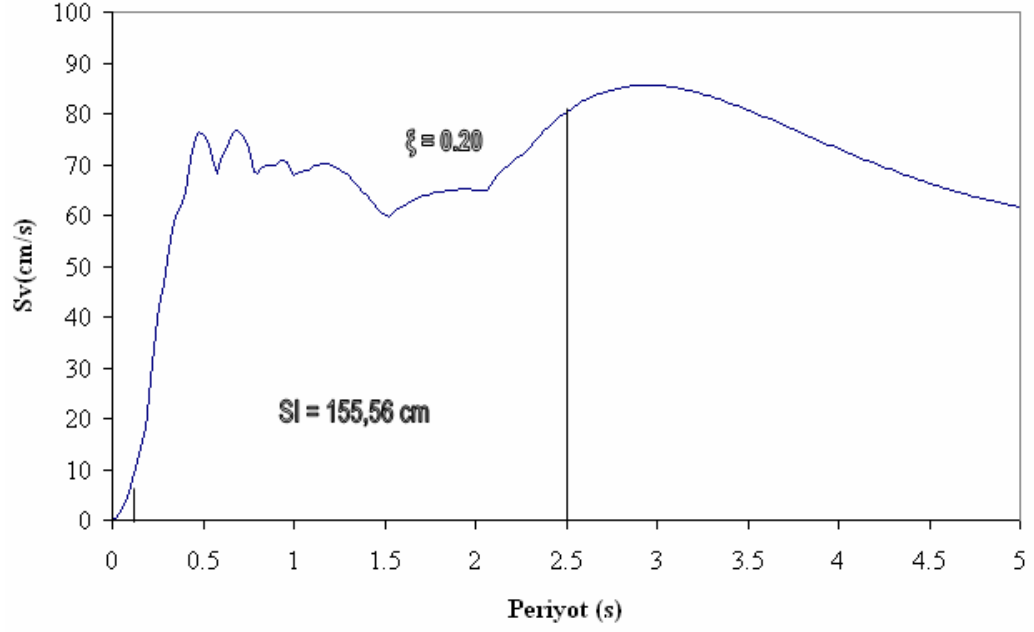
Şekil C-4: 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yakın Fay Etkisi Bindirilmiş Yarımca-Petkim Kaydı Doğu-Batı Bileşeninin %20 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti



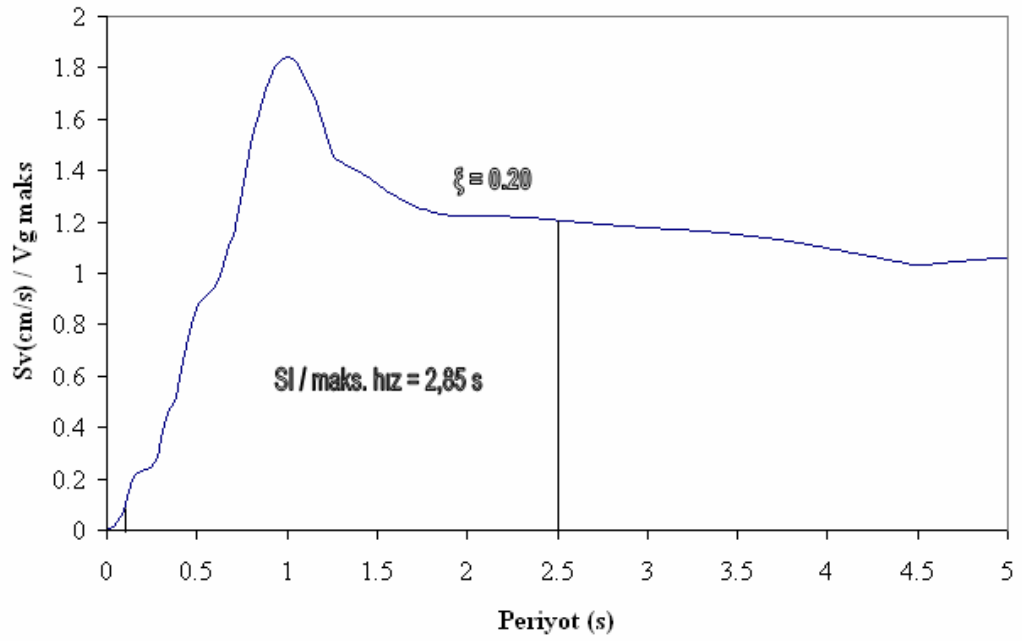
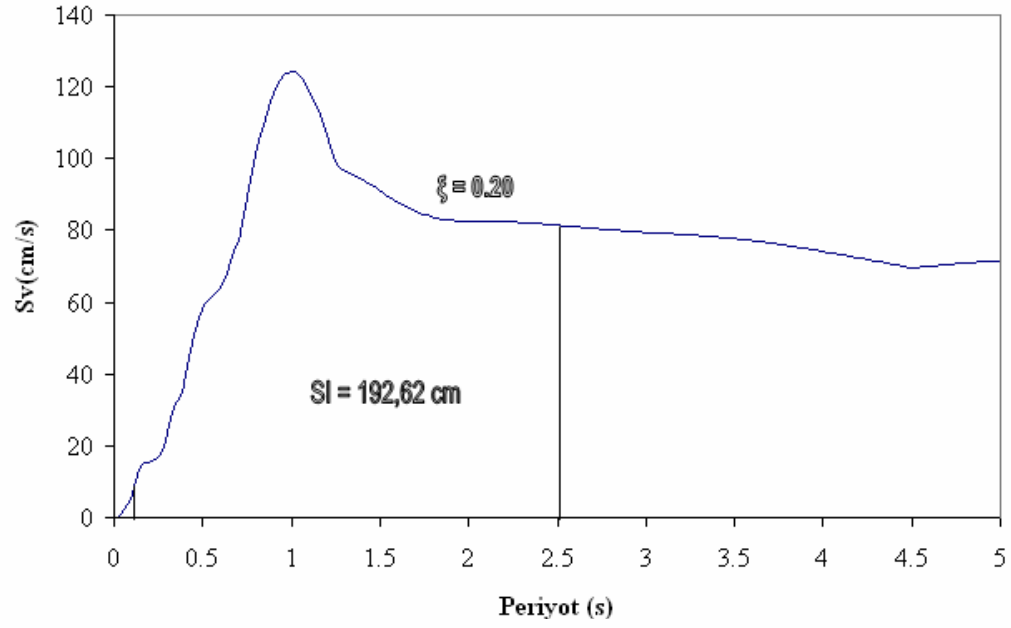
Şekil C-5: 13 Mart 1992 Tarihli Erzincan Depreminin Kuzey-Güney Bileşeninin %20 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti



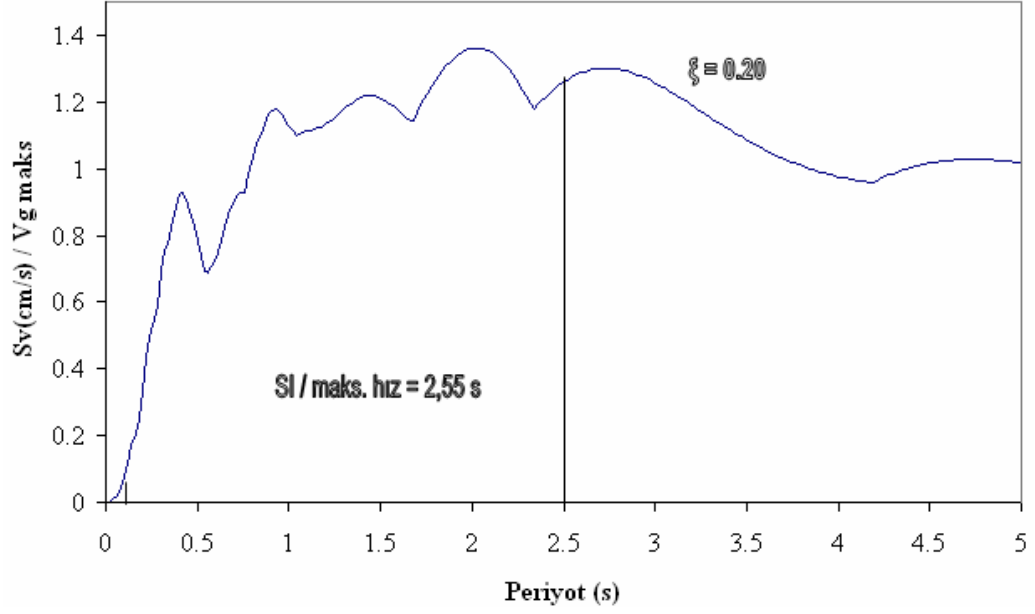
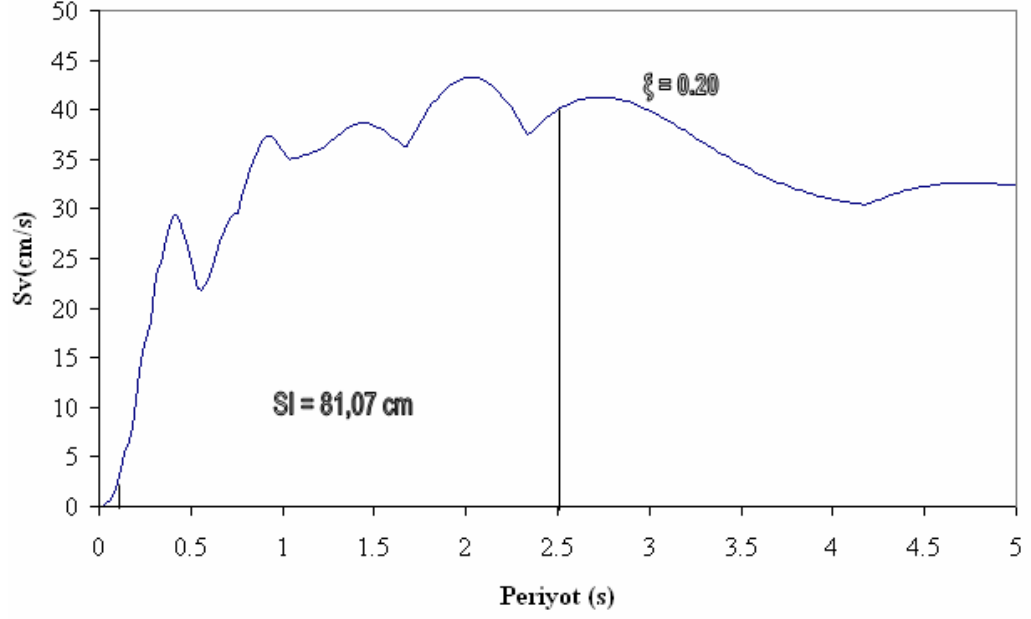
Şekil C-6: 13 Mart 1992 Tarihli Erzincan Depreminin Doğu-Batı Bileşeninin %20 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti



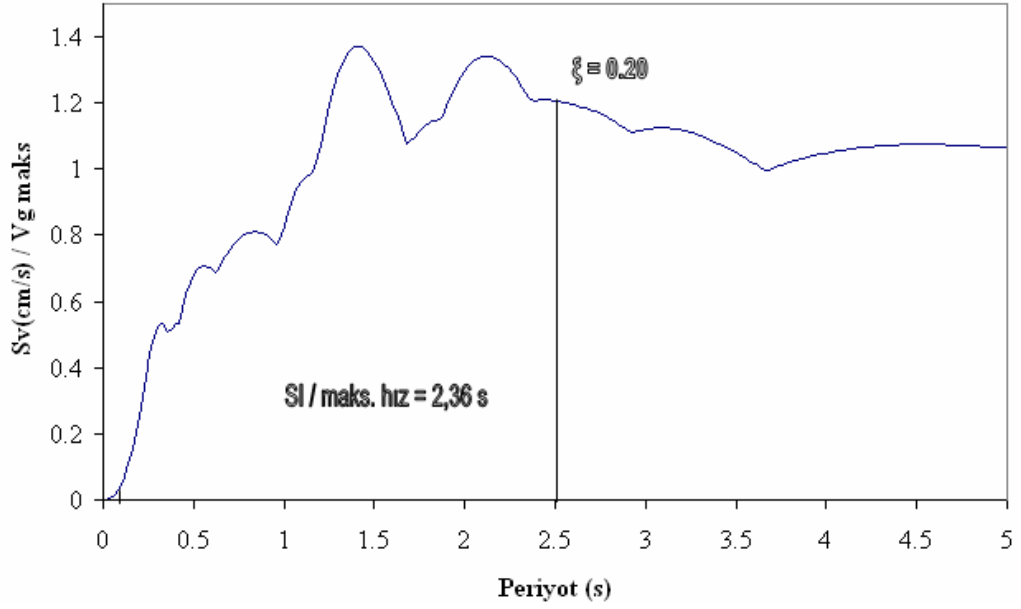
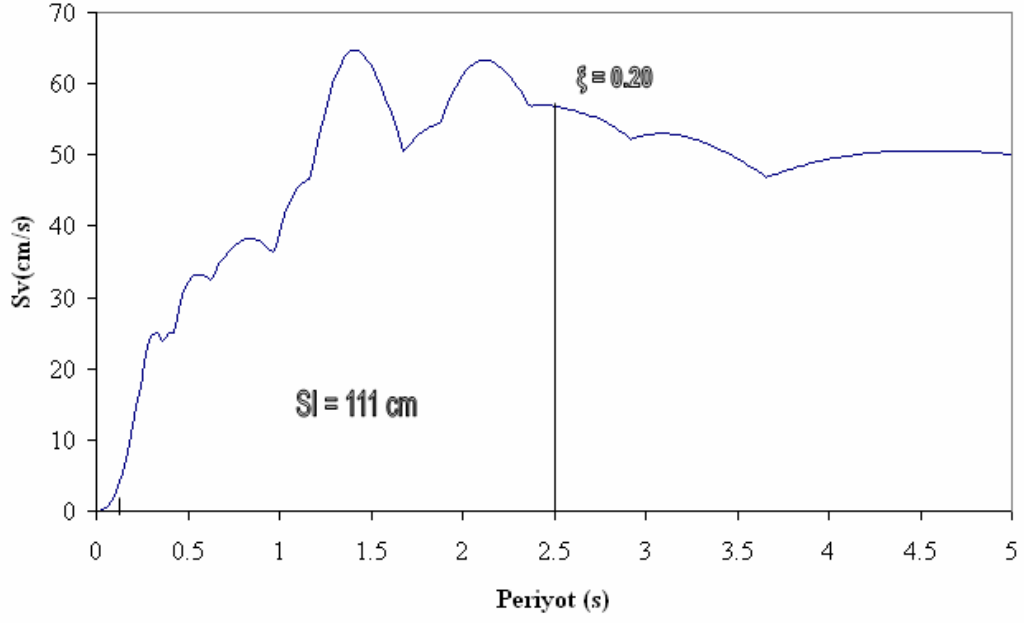
Şekil C-7: 12 Kasım 1999 Tarihli Düzce Depreminin Bolu Kaydı Kuzey-Güney Bileşeninin %20 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti



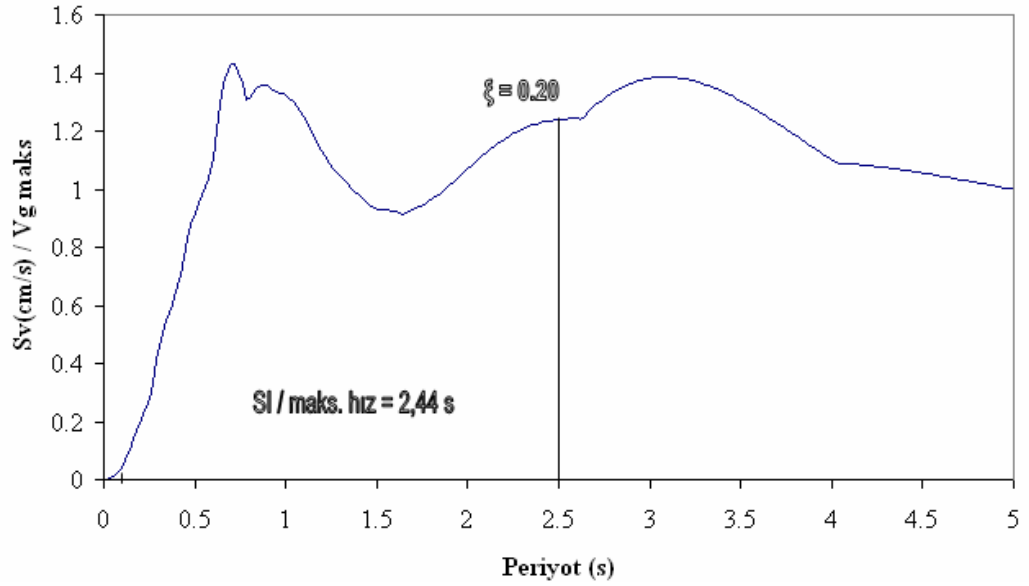
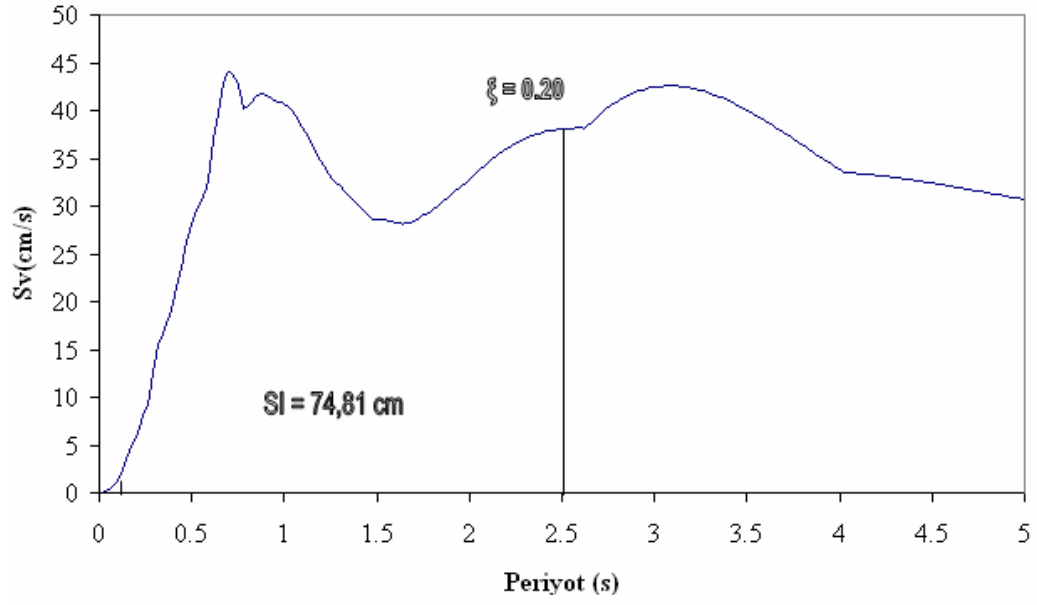
Şekil C-8: 12 Kasım 1999 Tarihli Düzce Depreminin Bolu Kaydı Doğu-Batı Bileşeninin %20 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti



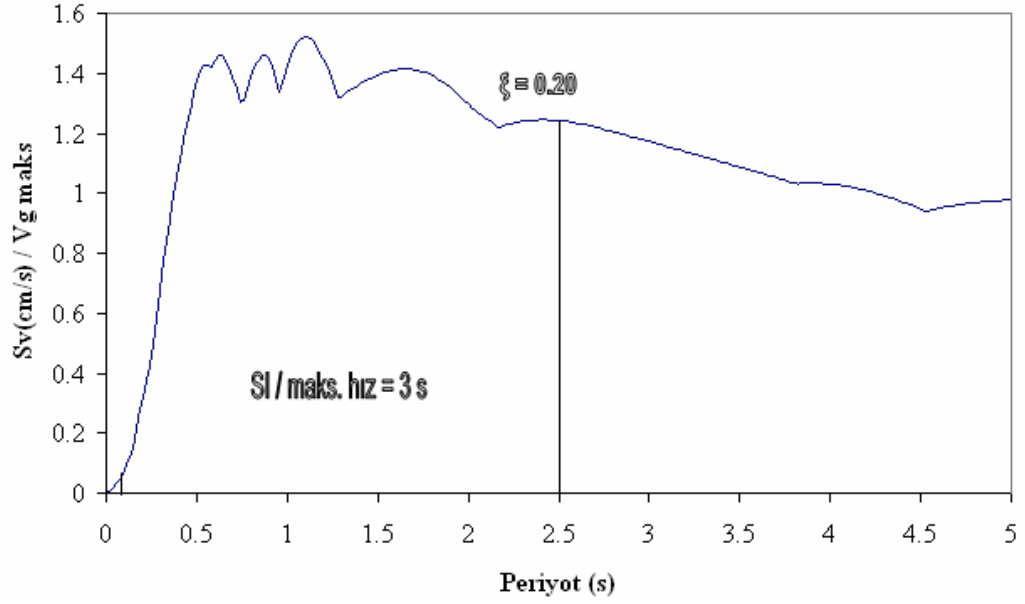
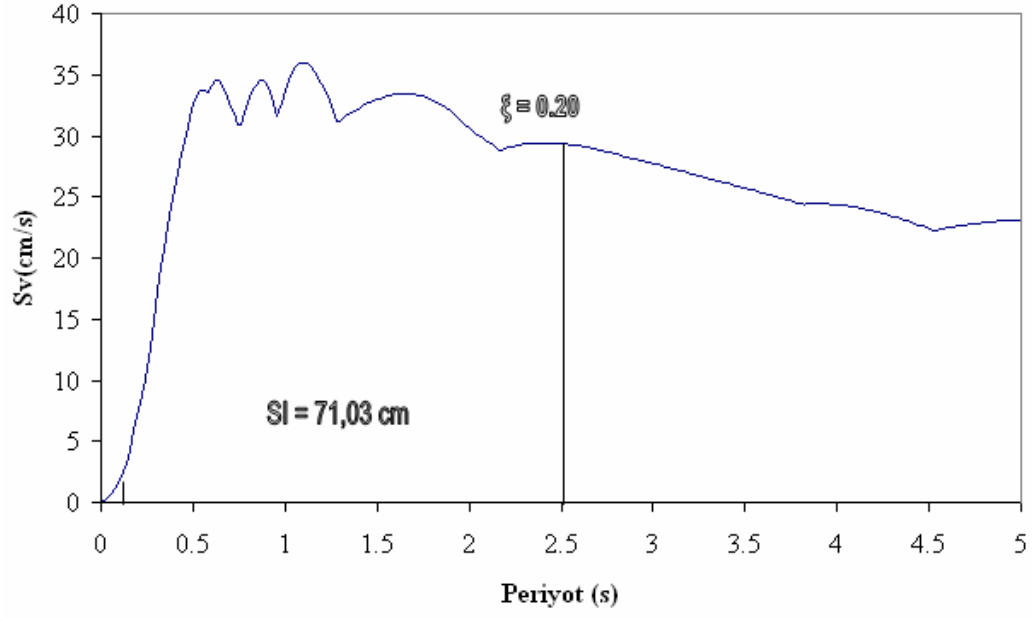
Şekil C-9: 1 Ekim 1995 Tarihli Dinar Depreminin Afyon Kaydı Kuzey-Güney Bileşeninin %20 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti



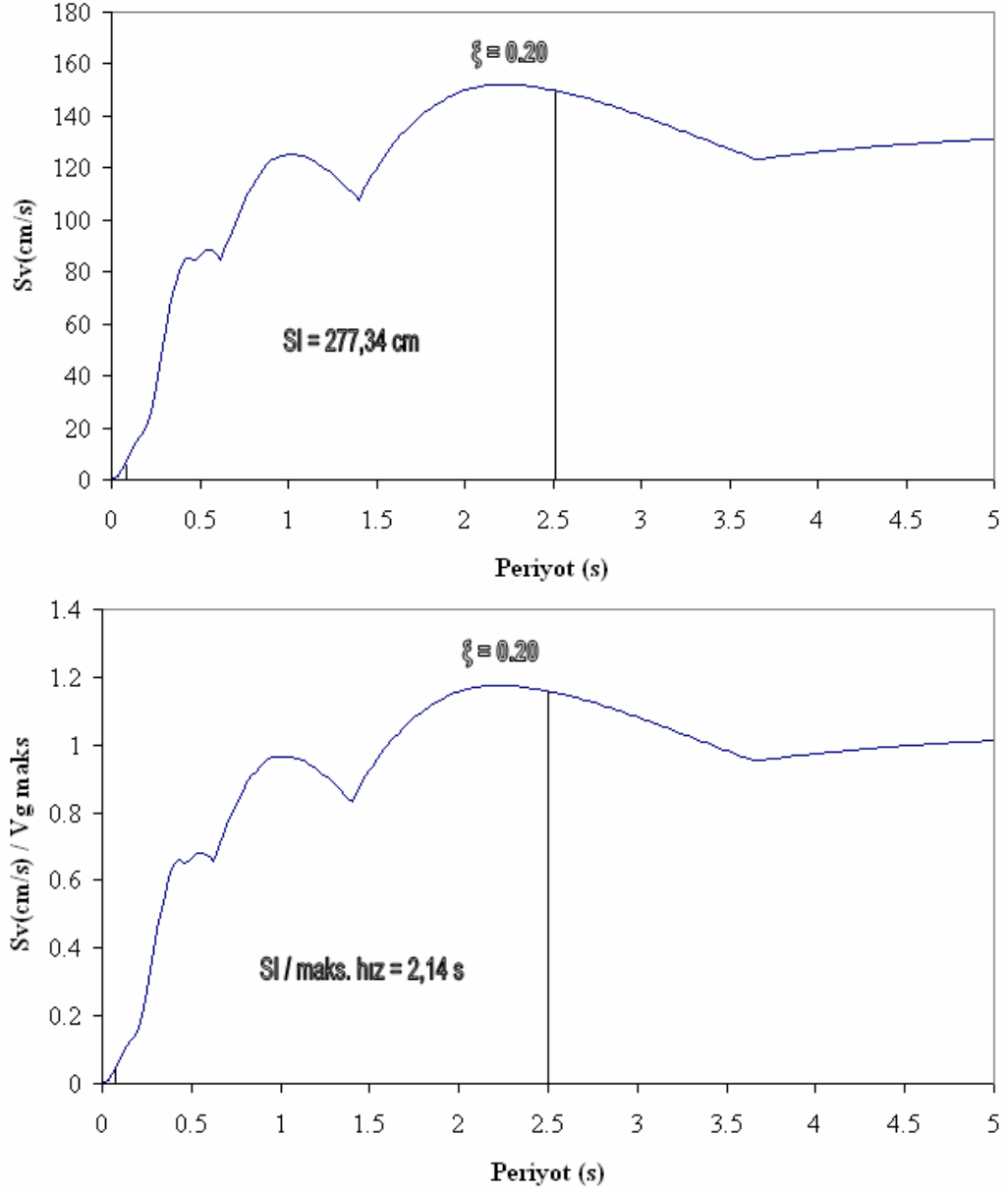
Şekil C-10: 1 Ekim 1995 Tarihli Dinar Depreminin Afyon Kaydı Doğu-Batı Bileşeninin %20 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti



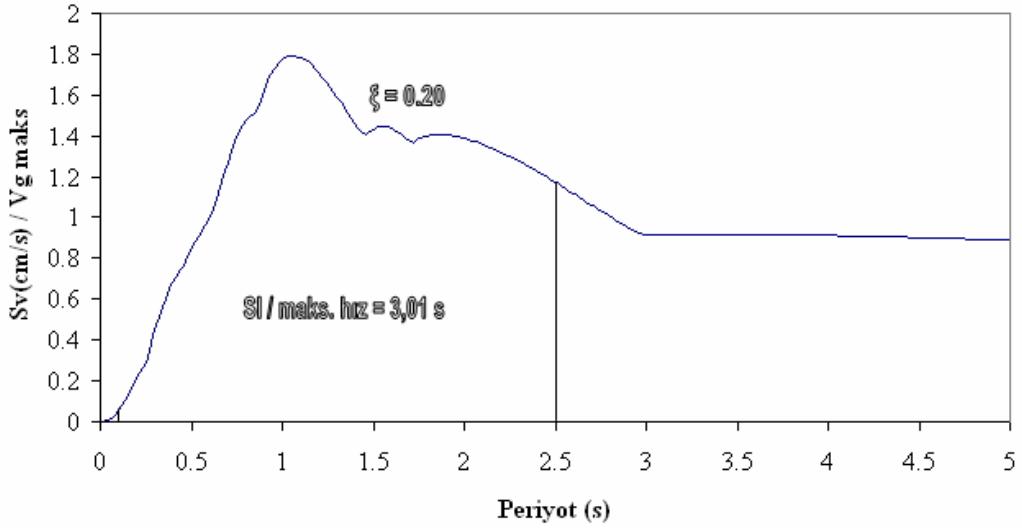
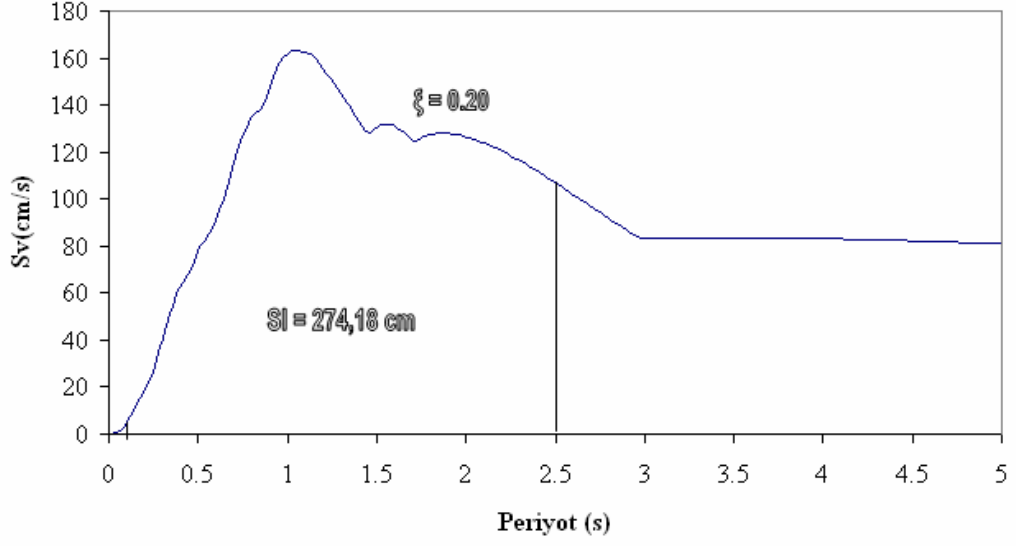
Şekil C-11: 27 Haziran 1998 Tarihli Ceyhan Depreminin Kuzey-Güney Bileşeninin %20 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti



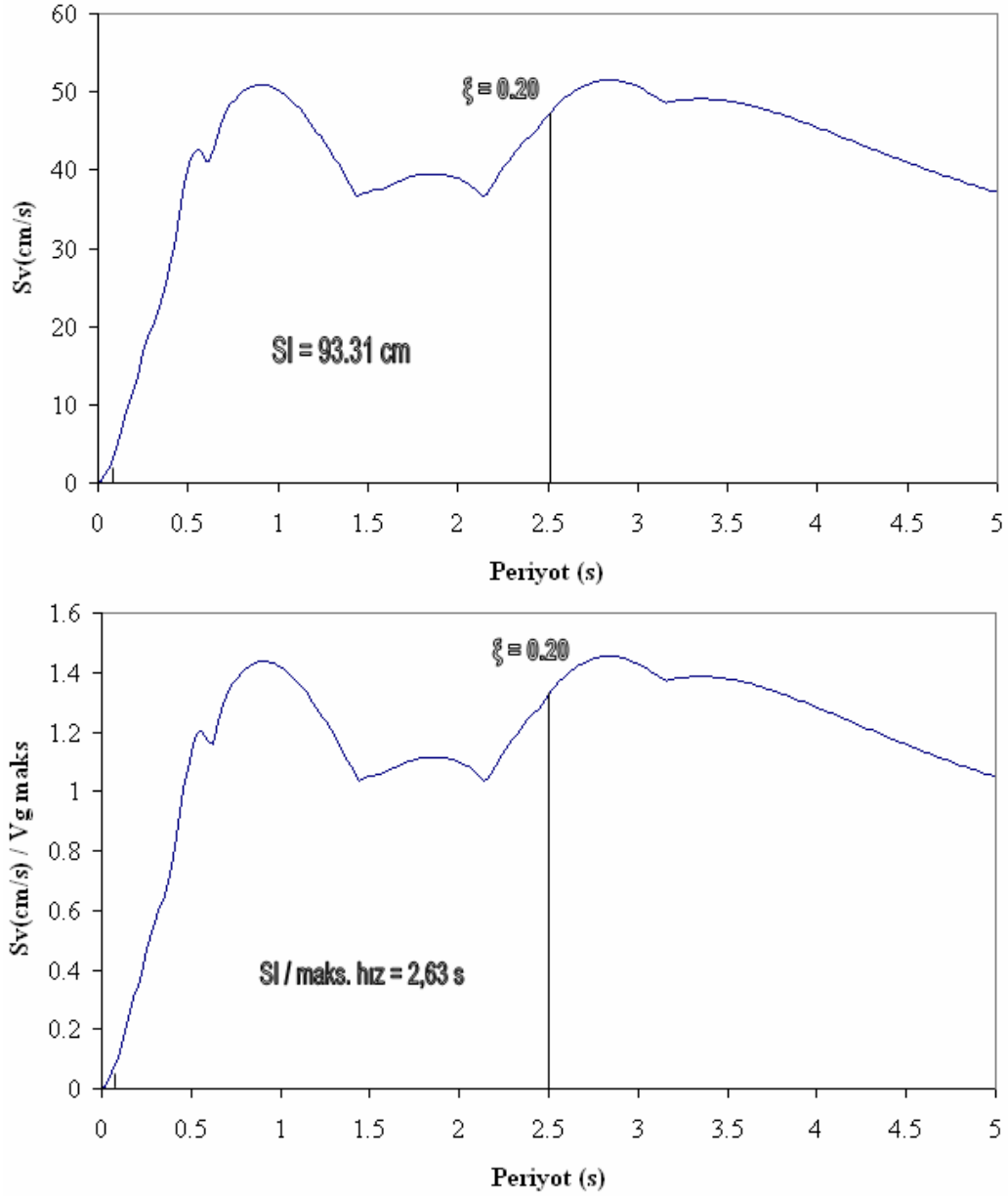
Şekil C-12: 27 Haziran 1998 Tarihli Ceyhan Depreminin Doğu-Batı Bileşeninin %20 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti



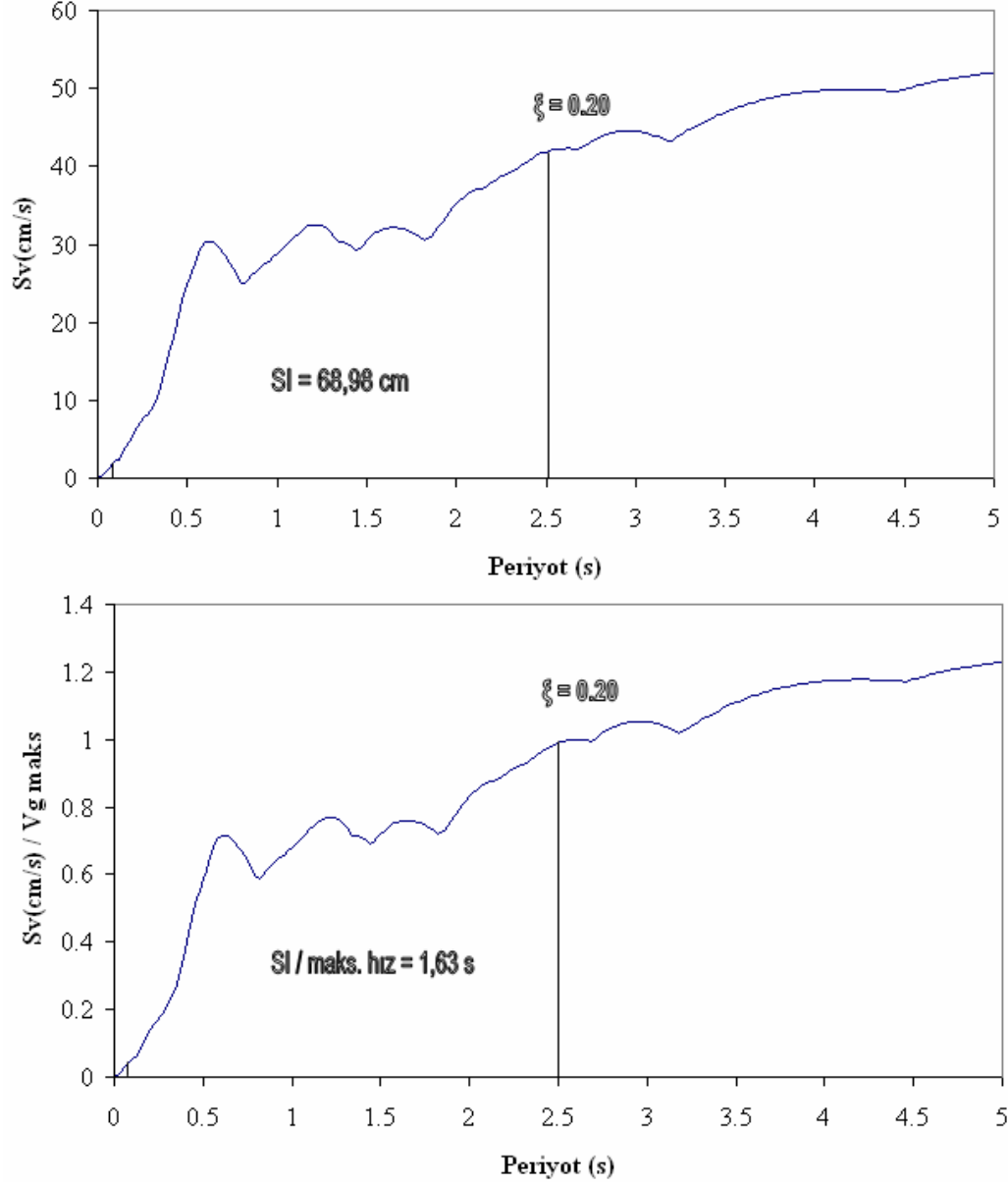
Şekil C-13: 17 Ocak 1994 Tarihli Northridge Depreminin Sımar Kaydı Kuzey-Güney Bileşeninin %20 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti



Şekil C-14: 17 Ocak 1994 tarihli Kobe Depreminin JMA Kaydı Kuzey-Güney Bileşeninin %20 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti



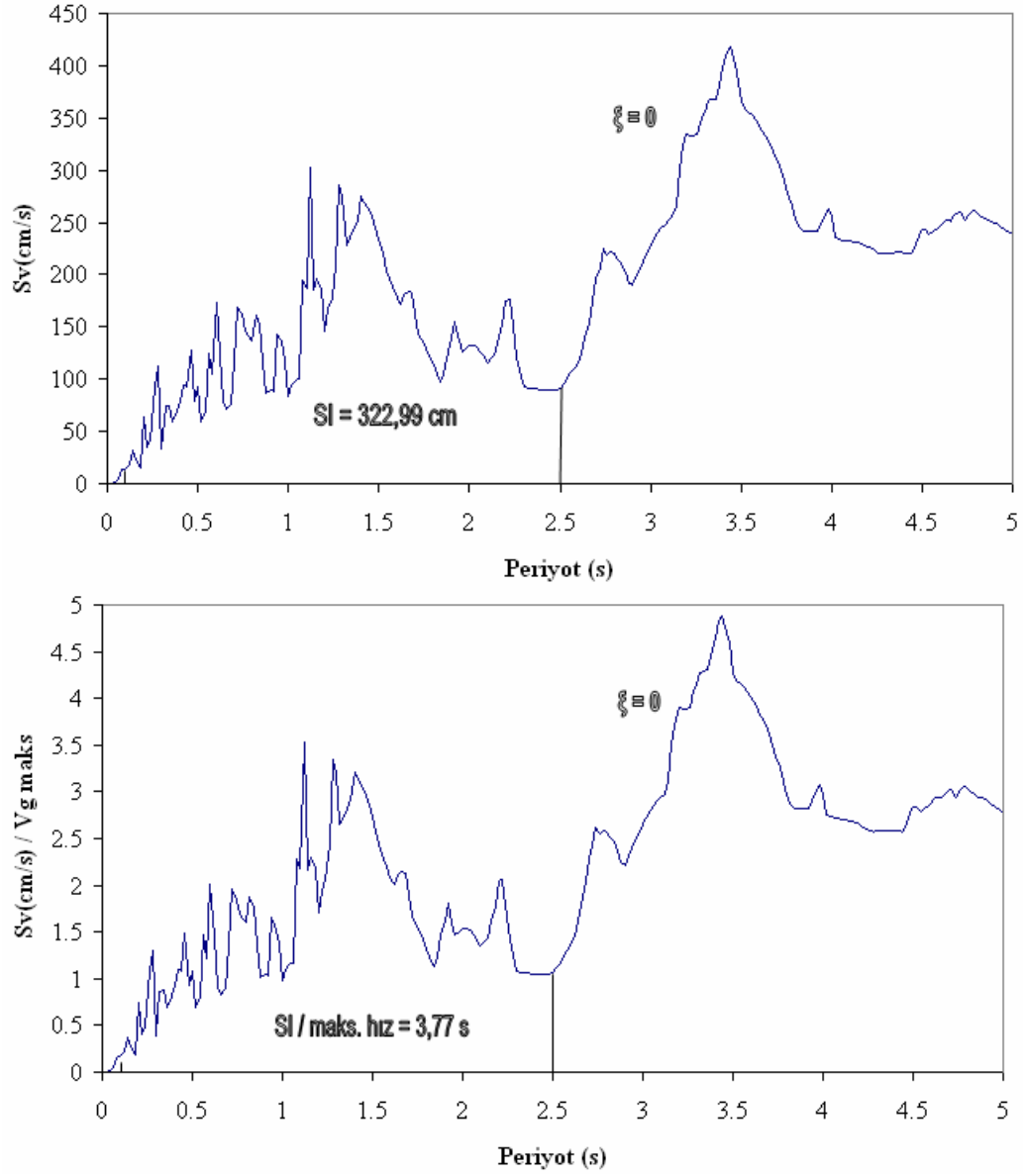
Şekil C-15: 18 Mayıs 1940 Imperial Valley Depreminin El Centro'da Kaydedilen Kuzey-Güney Bileşeninin %20 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti



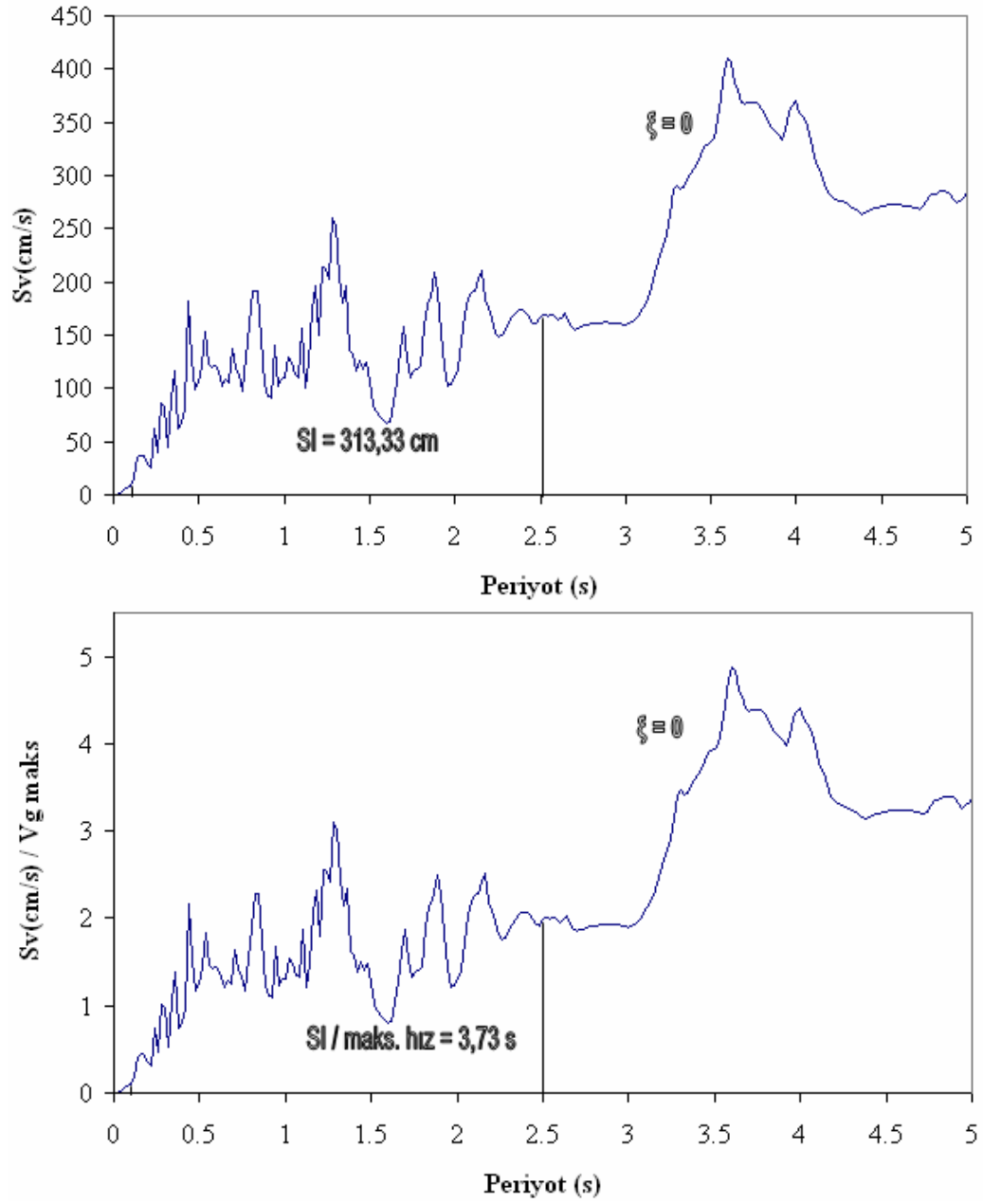
Şekil C-16: 18 Mayıs 1940 Imperial Valley Depreminin El Centro'da Kaydedilen Doğu-Batı Bileşeninin %20 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti

EK-D

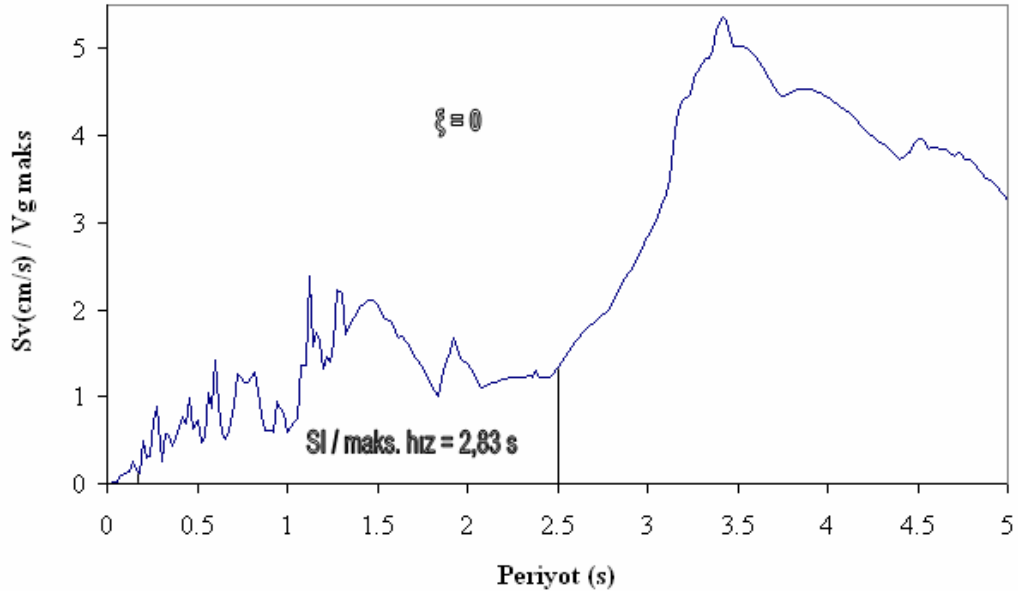
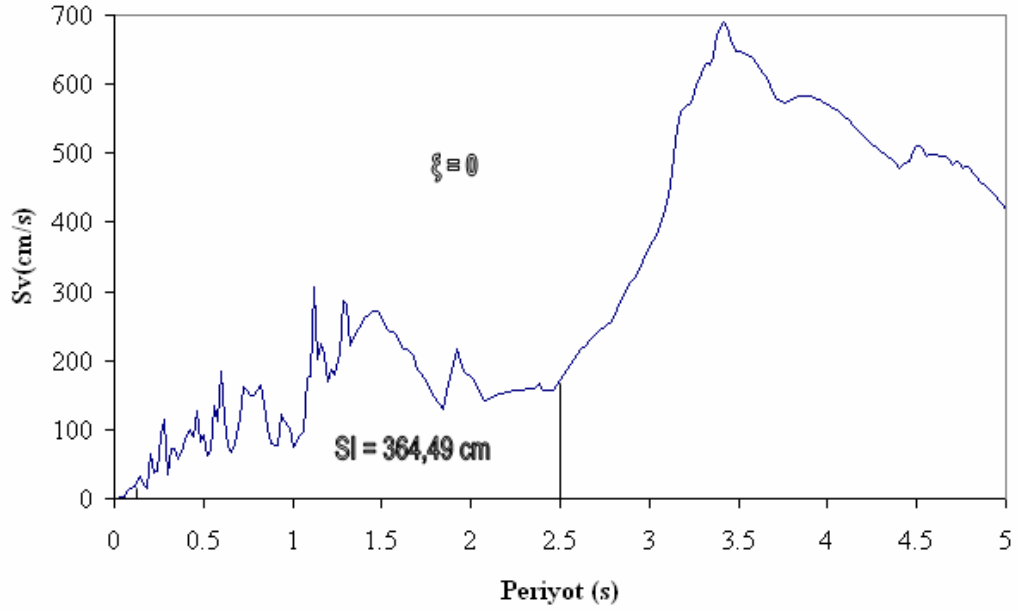
**Depremlerin %0 Sönüme Göre Housner Şiddetleri'nin ve Maksimum Hıza
Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddetleri'nin Bulunuşunu Gösteren
Grafikler**



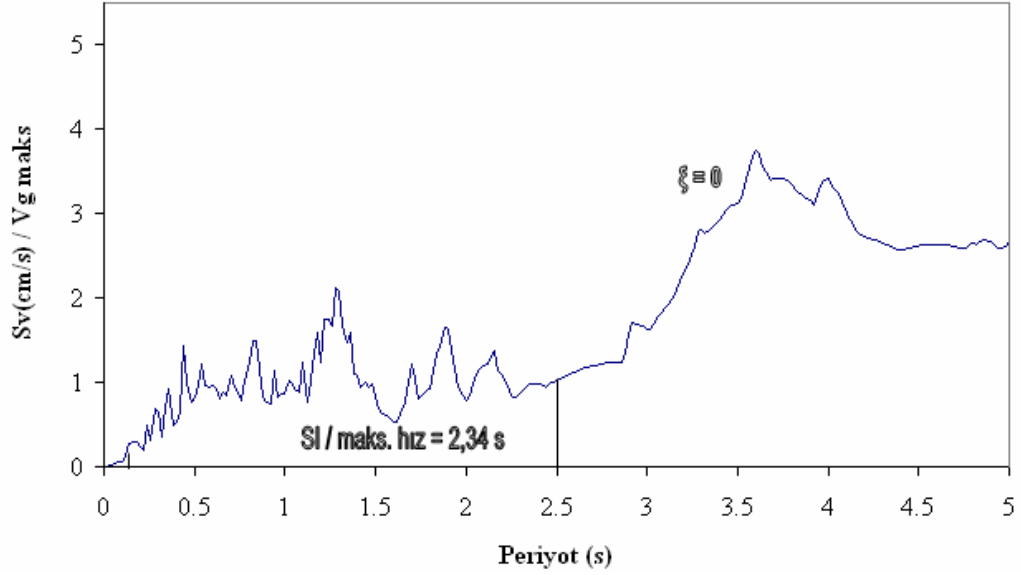
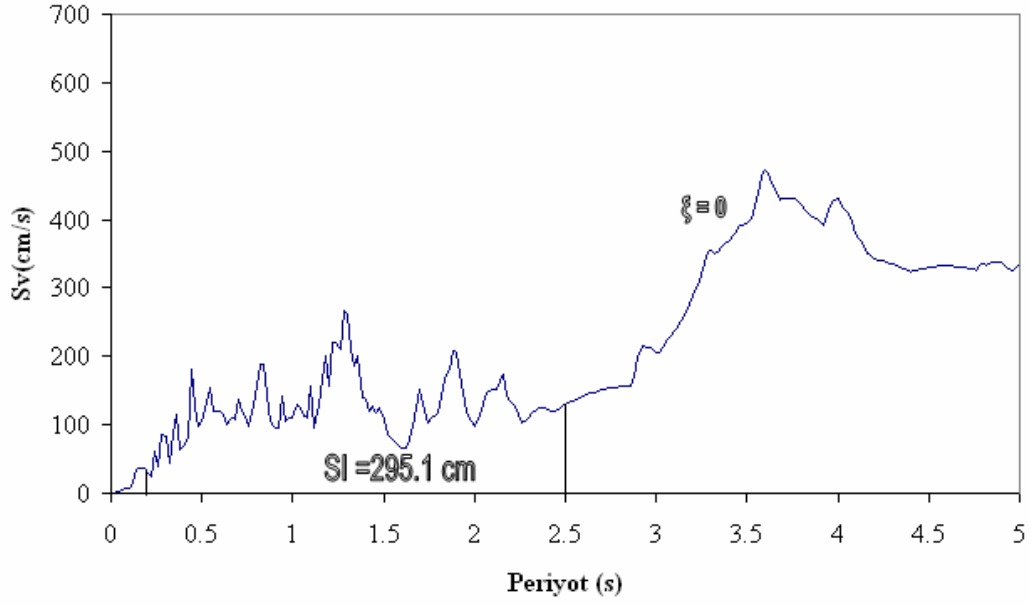
Şekil D-1: 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yarımcı-Petkim Kaydı Kuzey-Güney Bileşeninin %0 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti



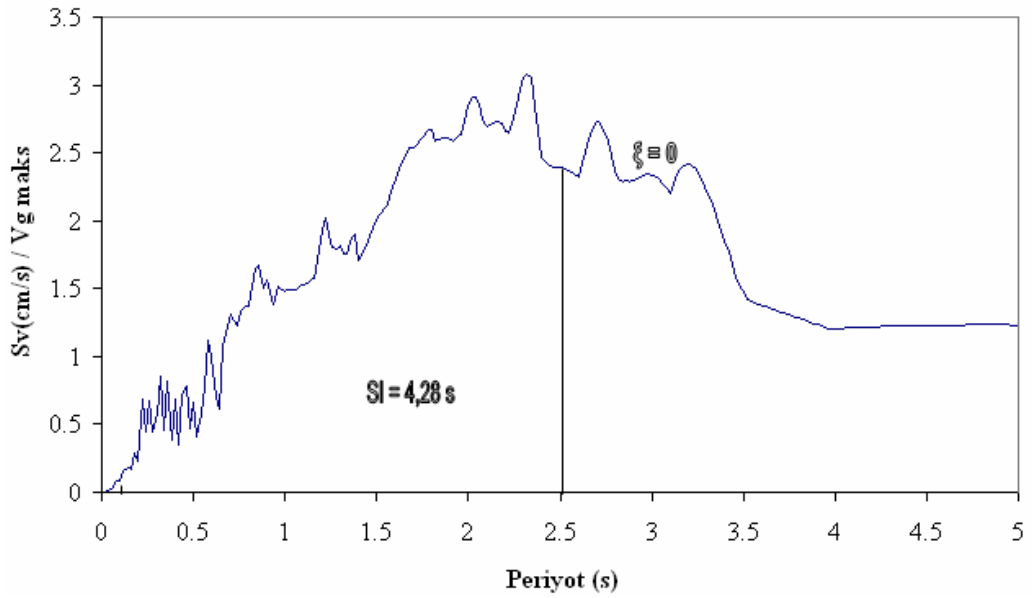
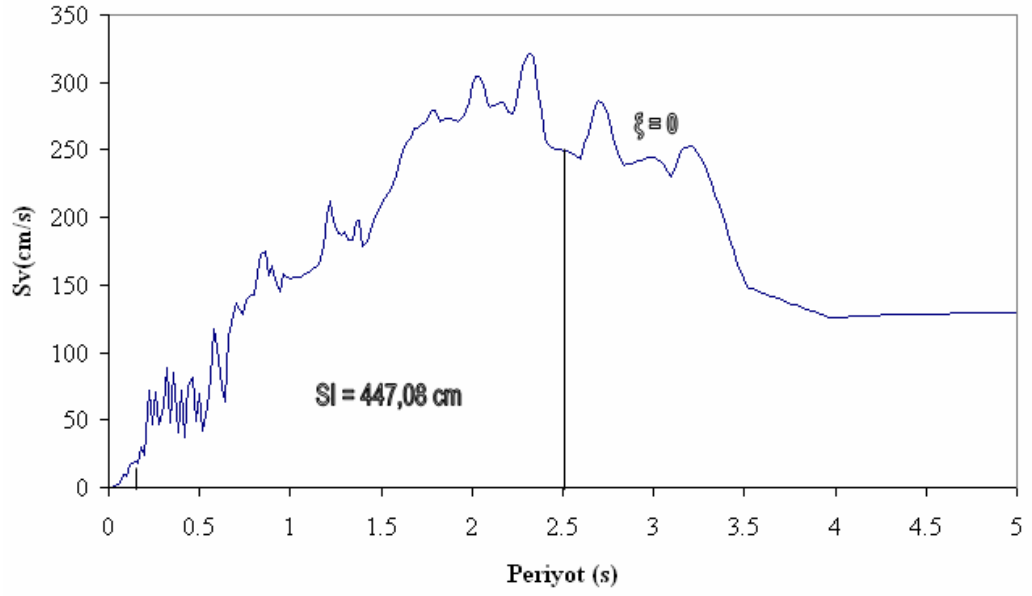
Şekil D-2: 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yarımca-Petkim Kaydı Doğu-Batı Bileşeninin %0 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti



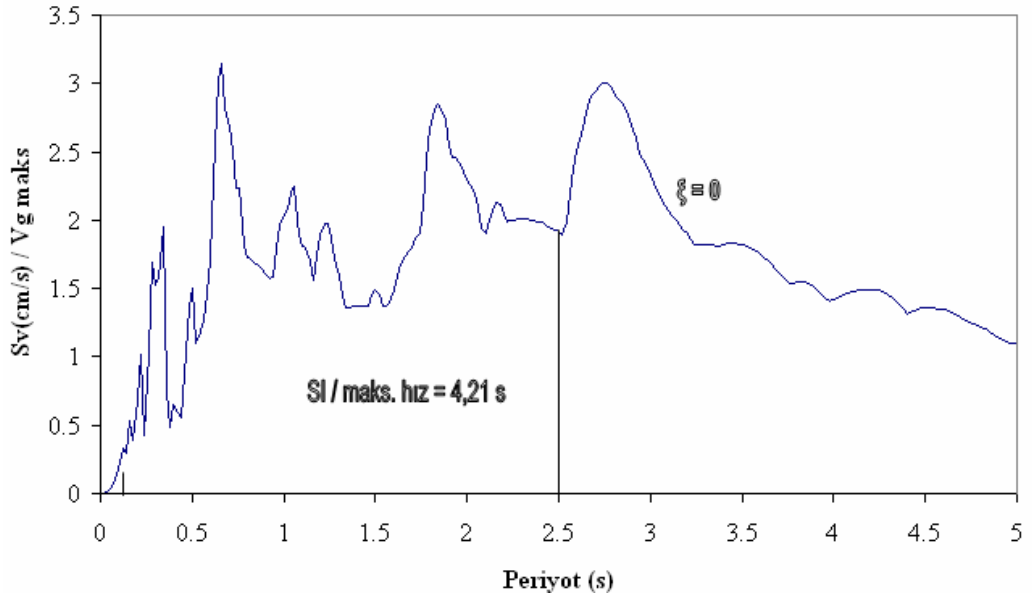
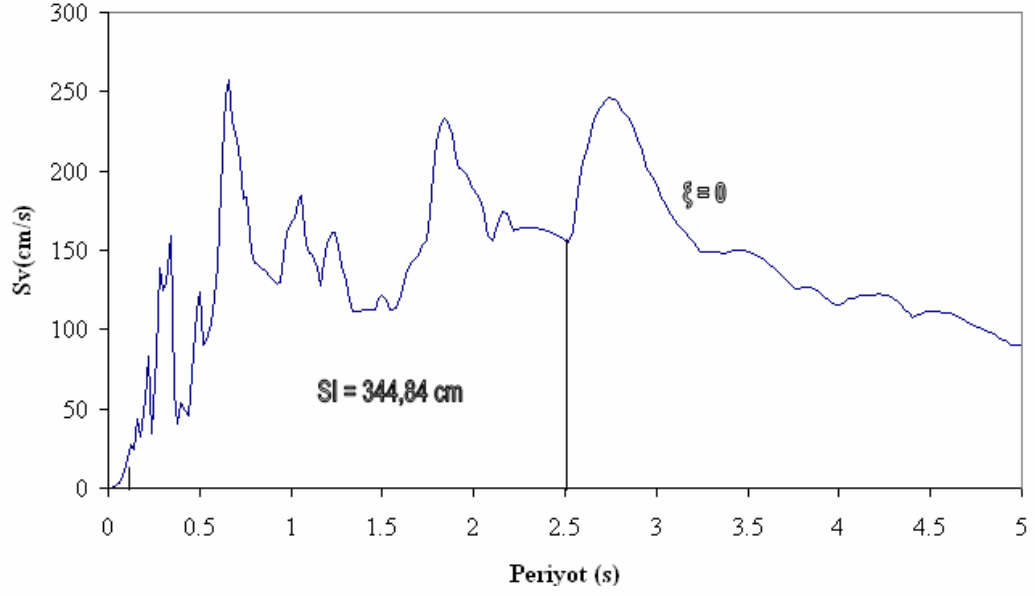
Şekil D-3: 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yakın Fay Etkisi Bindirilmiş Yarımca-Petkim Kaydı Kuzey-Güney Bileşeninin %0 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti



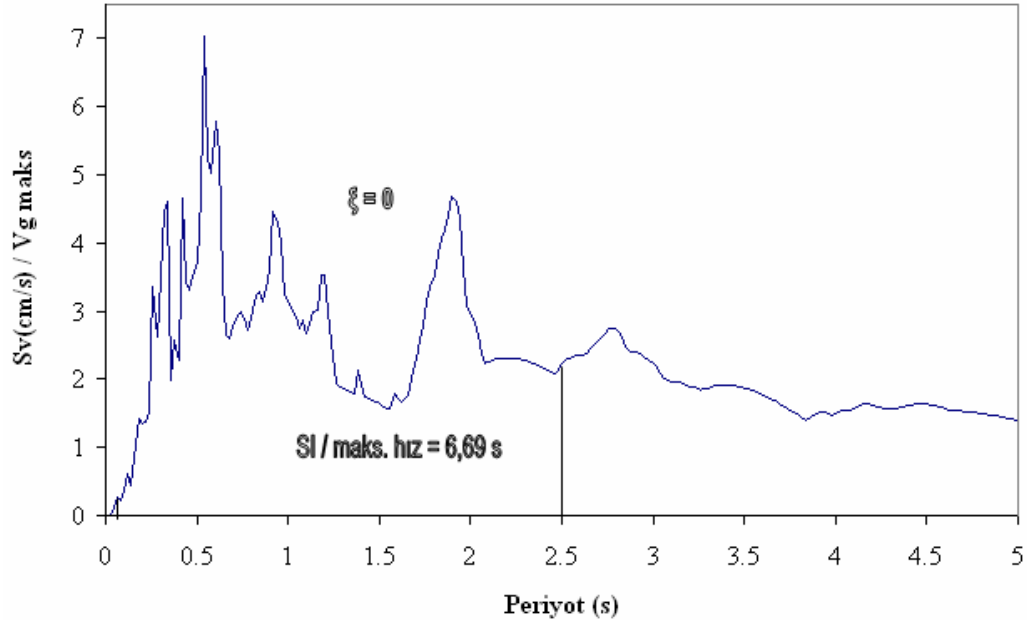
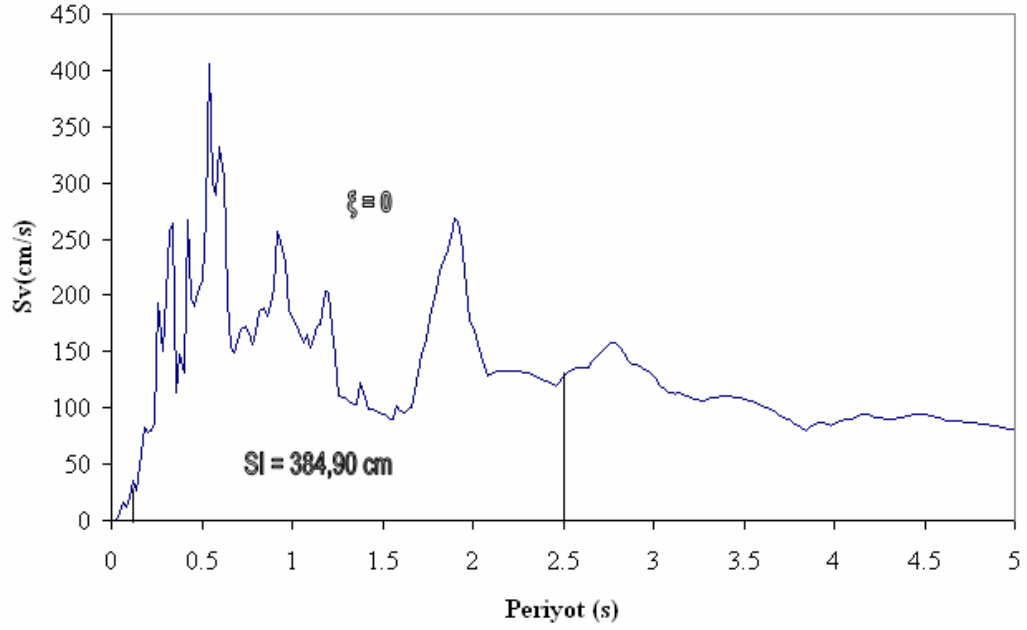
Şekil D-4: 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yakın Fay Etkisi Bindirilmiş Yarımcı-Petkim Kaydı Doğu-Batı Bileşeninin %0 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti



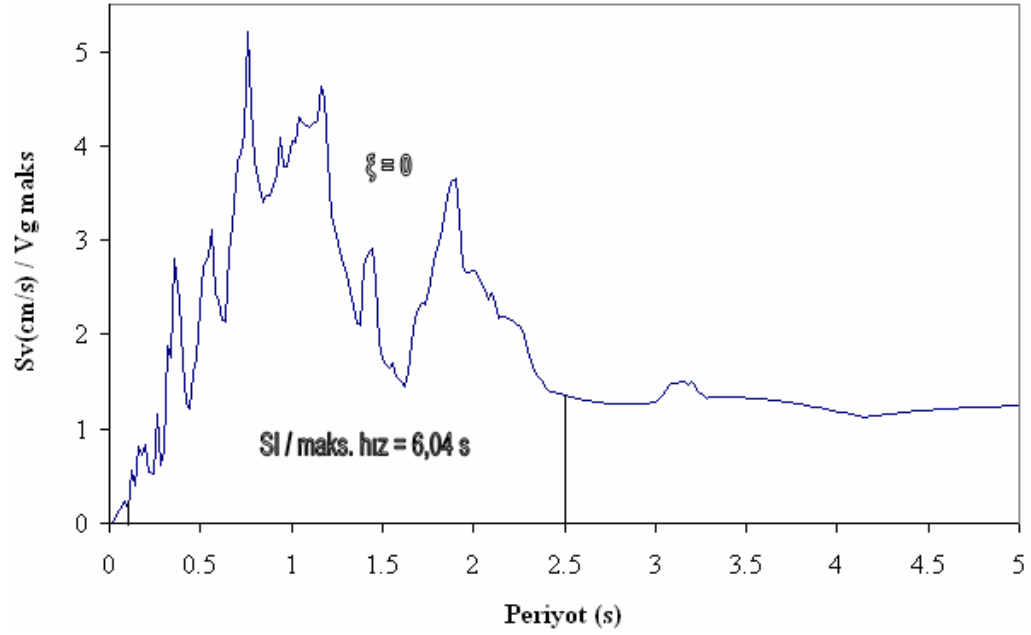
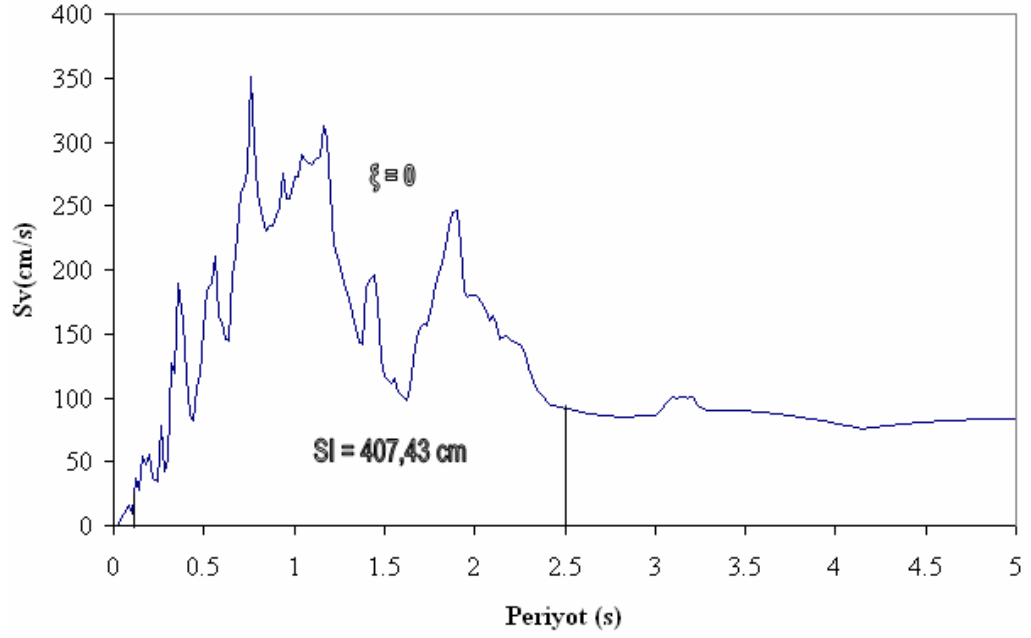
Şekil D-5: 13 Mart 1992 Tarihli Erzincan Depreminin Kuzey-Güney Bileşeninin %0 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti



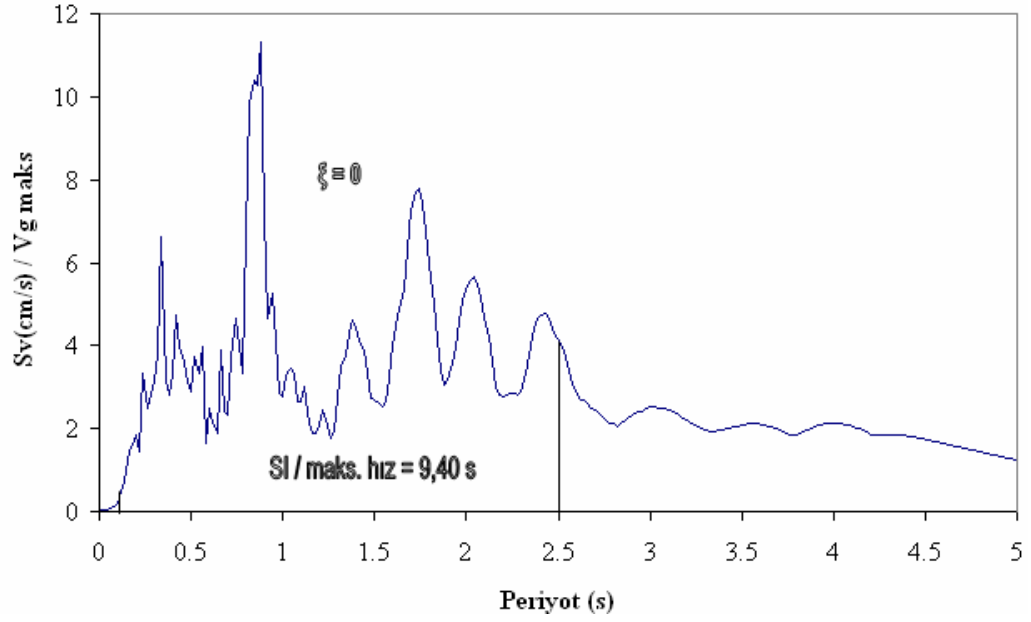
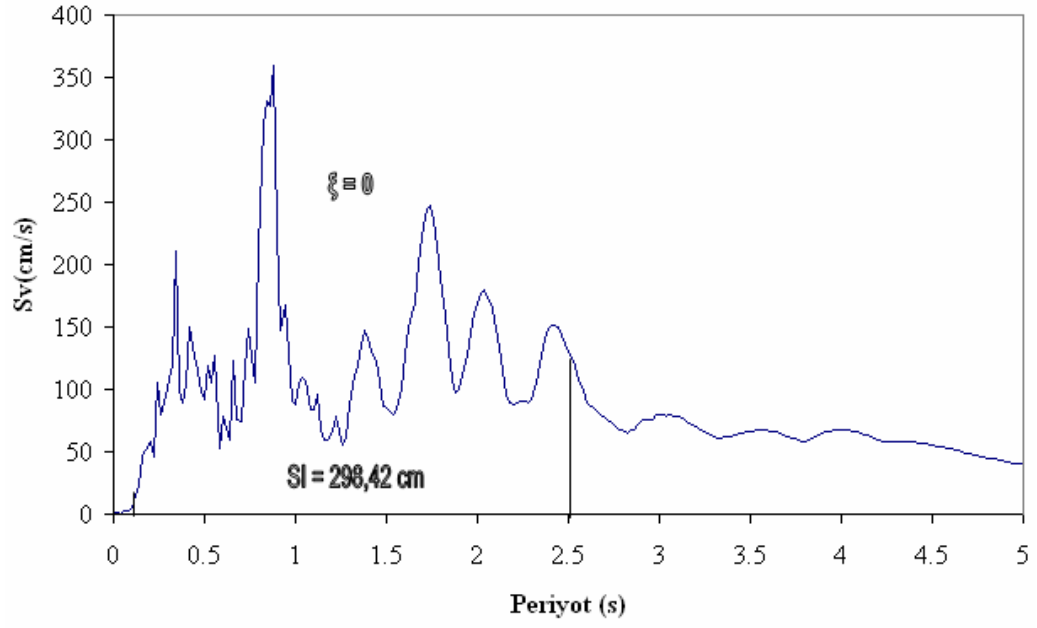
Şekil D-6: 13 Mart 1992 Tarihli Erzincan Depreminin Doğu-Batı Bileşeninin %0 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti



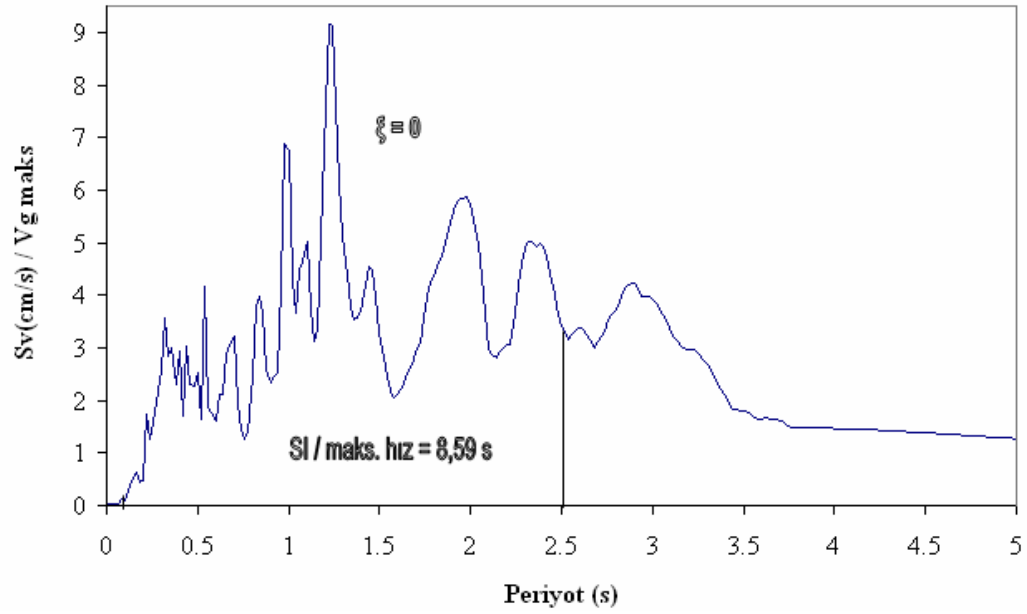
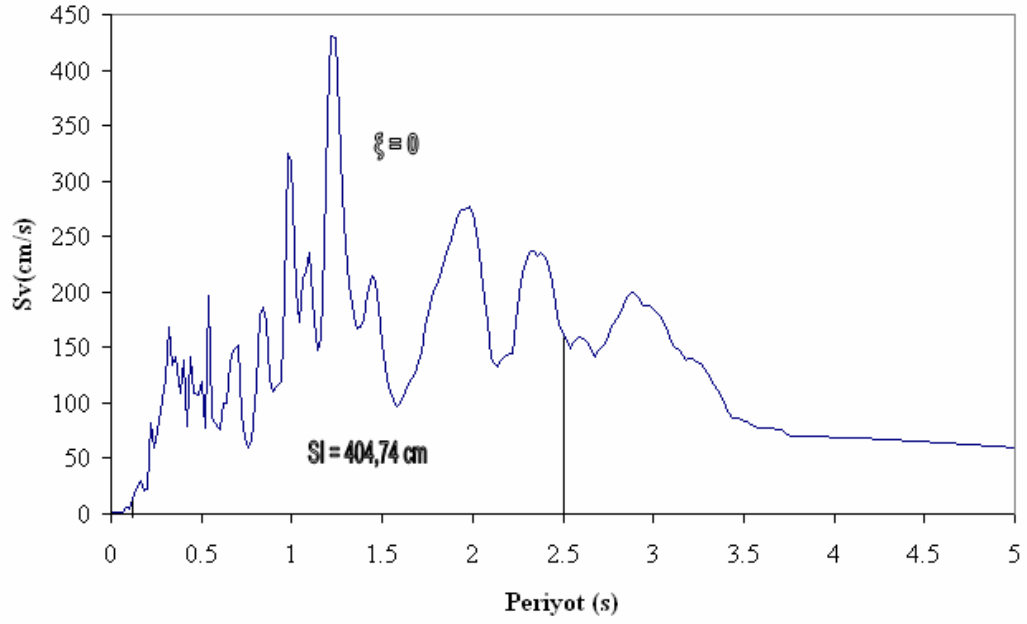
Şekil D-7: 12 Kasım 1999 Tarihli Düzce Depreminin Bolu Kaydı Kuzey-Güney Bileşeninin %0 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti



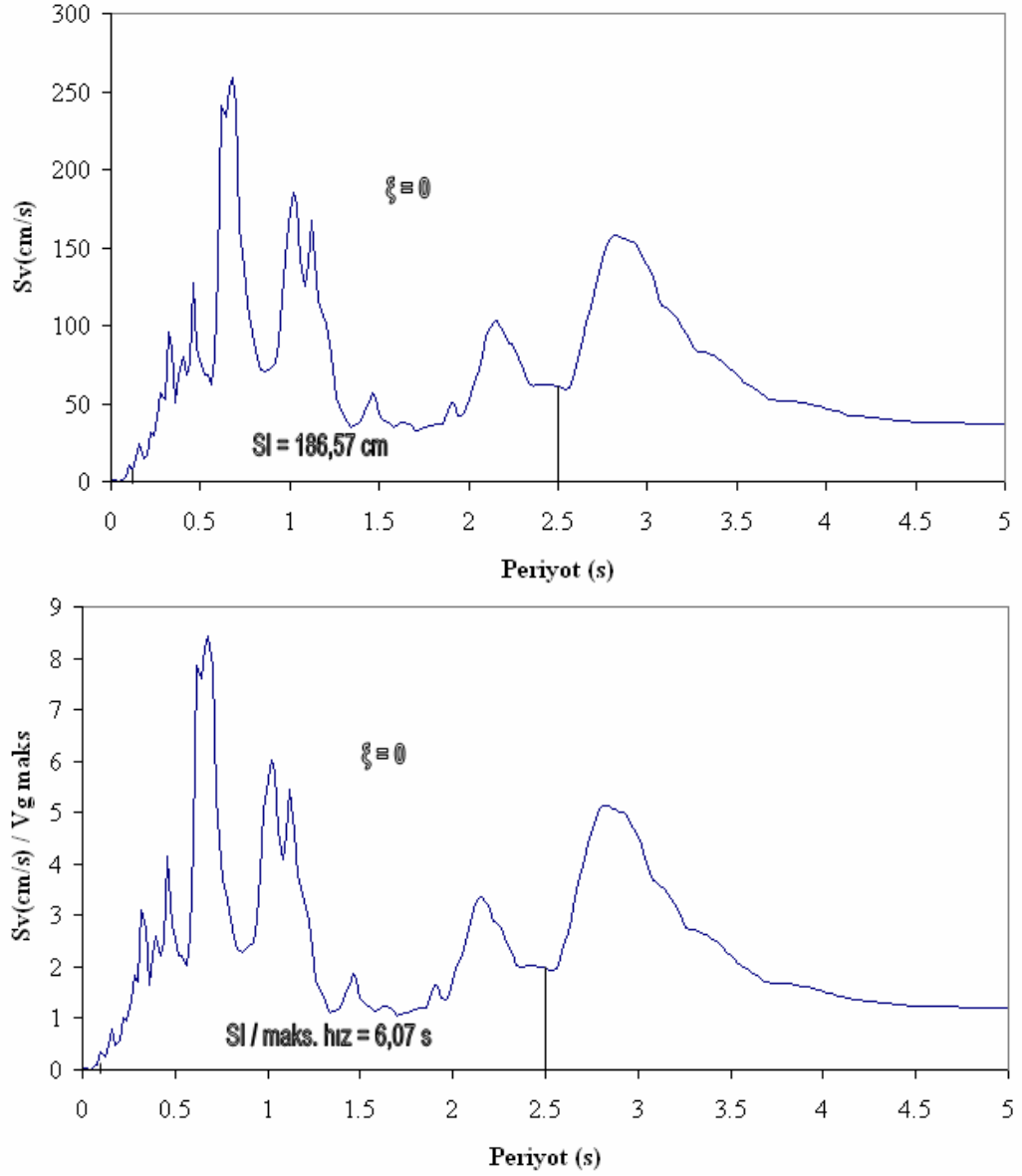
Şekil D-8: 12 Kasım 1999 Tarihli Düzce Depreminin Bolu Kaydı Doğu-Batı Bileşeninin %0 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti



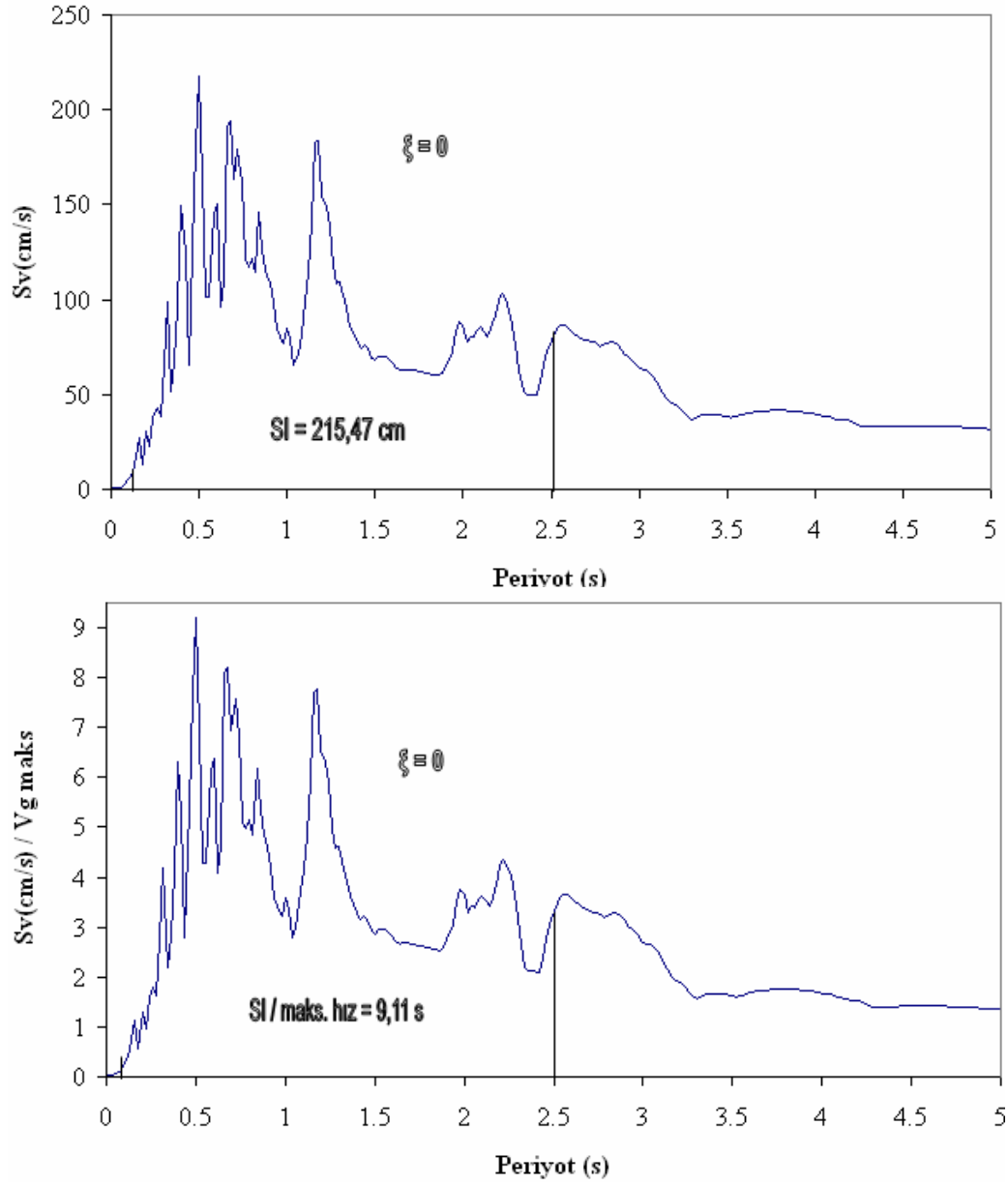
Şekil D-9: 1 Ekim 1995 Tarihli Dinar Depreminin Afyon Kaydı Kuzey-Güney Bileşeninin %0 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti



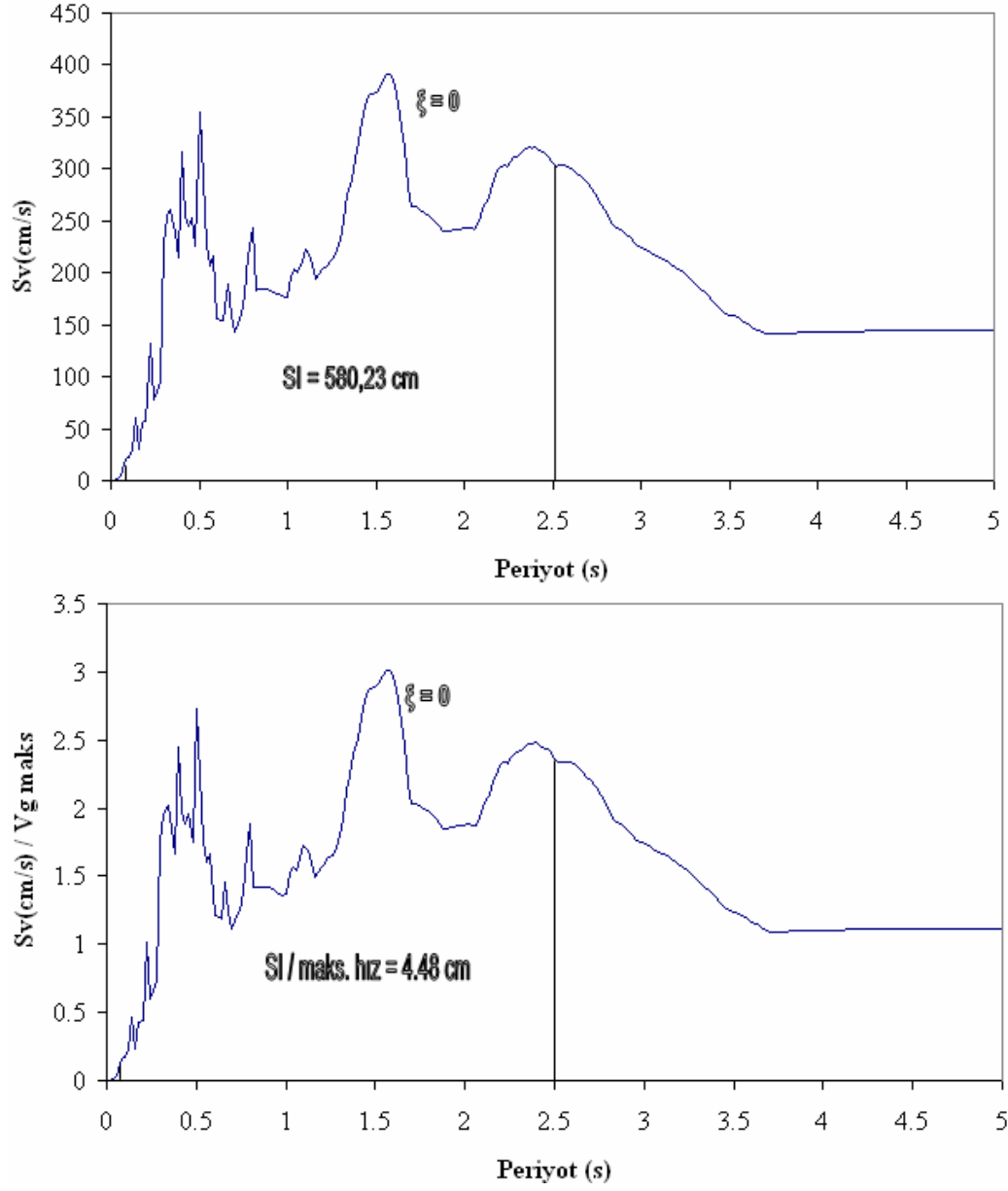
Şekil D-10: 1 Ekim 1995 Tarihli Dinar Depreminin Afyon Kaydı Doğu-Batı Bileşeninin %0 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti



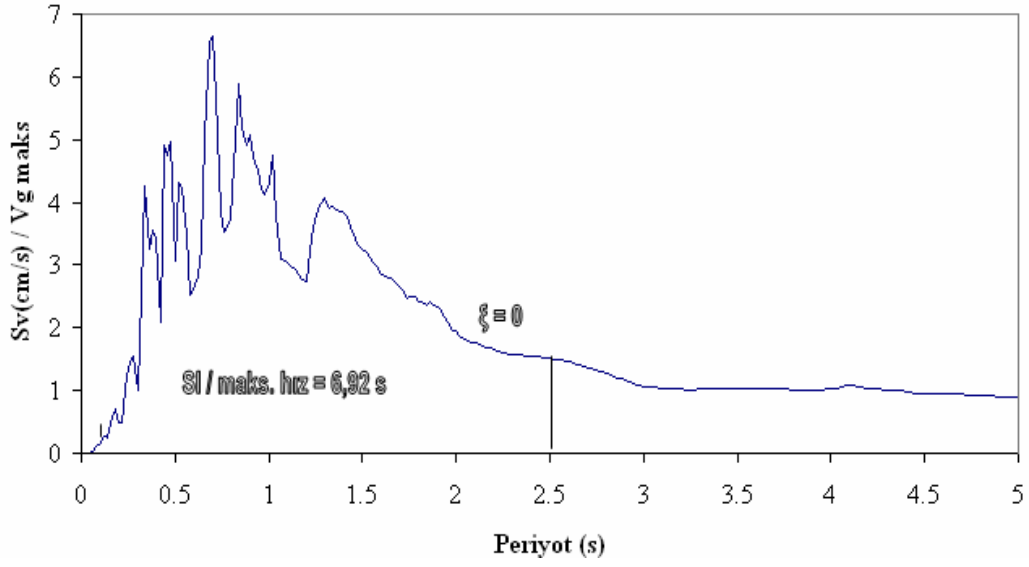
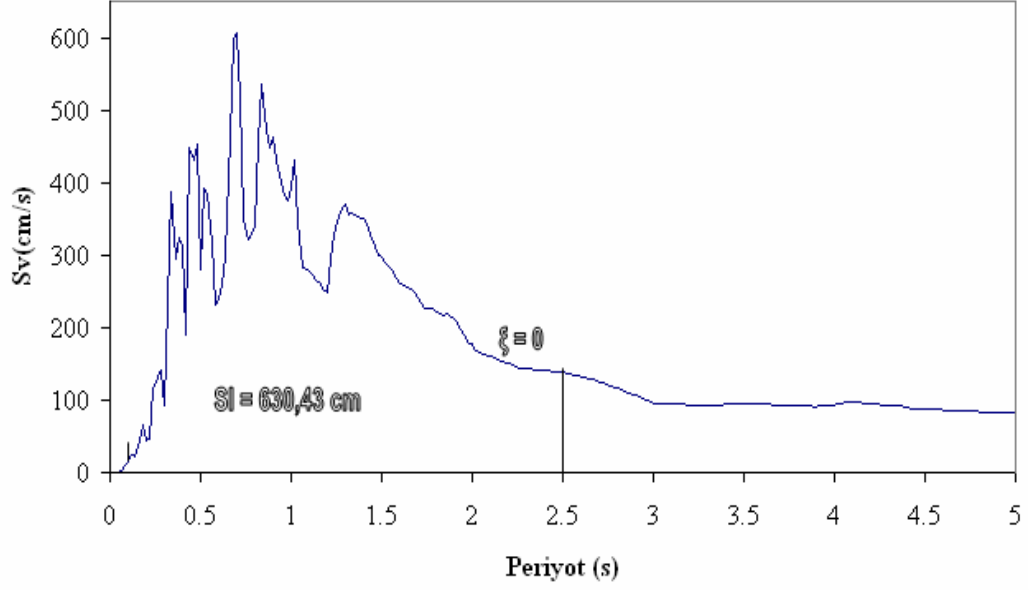
Şekil D-11: 27 Haziran 1998 Tarihli Ceyhan Depreminin Kuzey-Güney Bileşeninin %0 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti



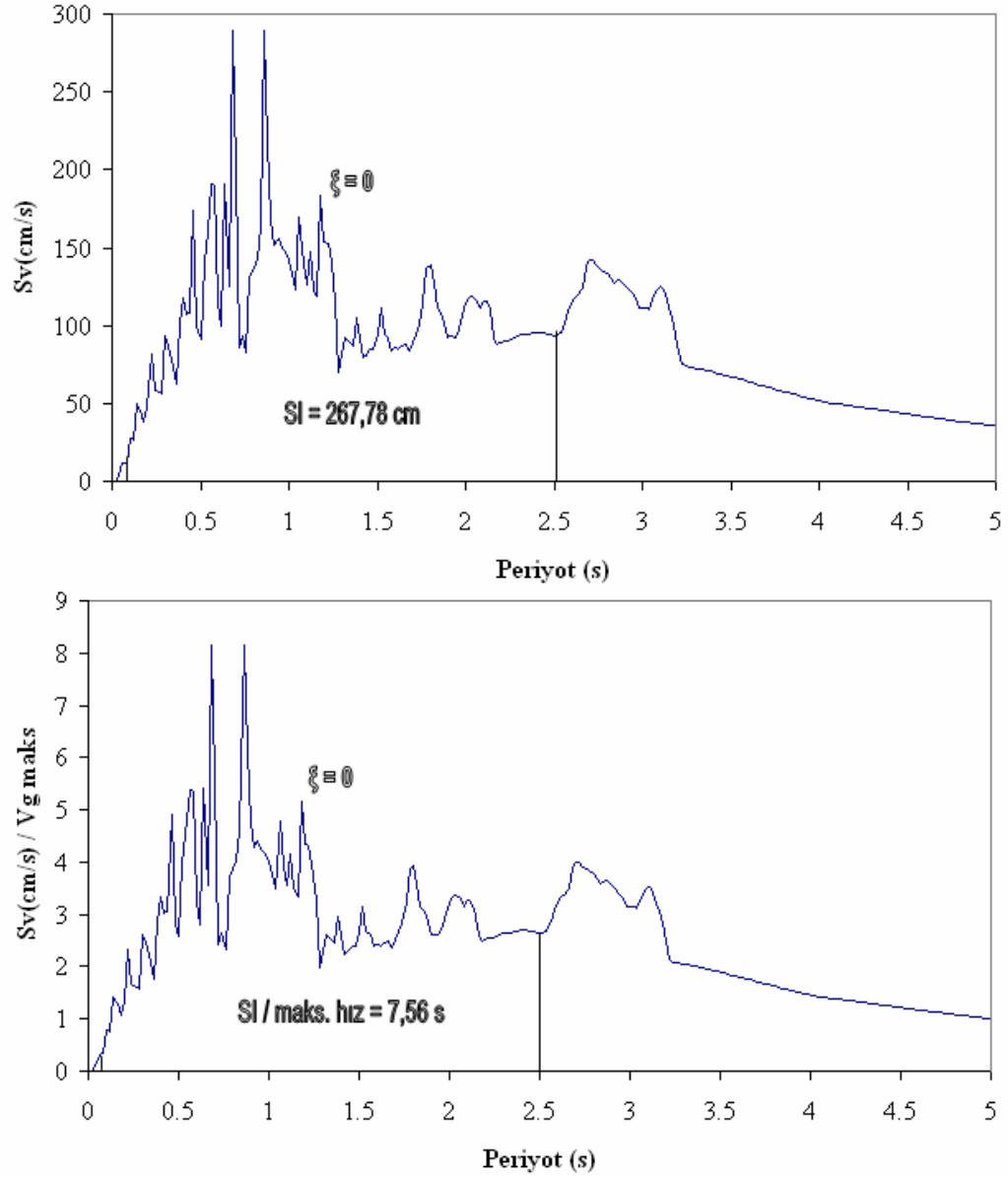
Şekil D-12: 27 Haziran 1998 Tarihli Ceyhan Depreminin Doğu-Batı Bileşeninin %0 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti



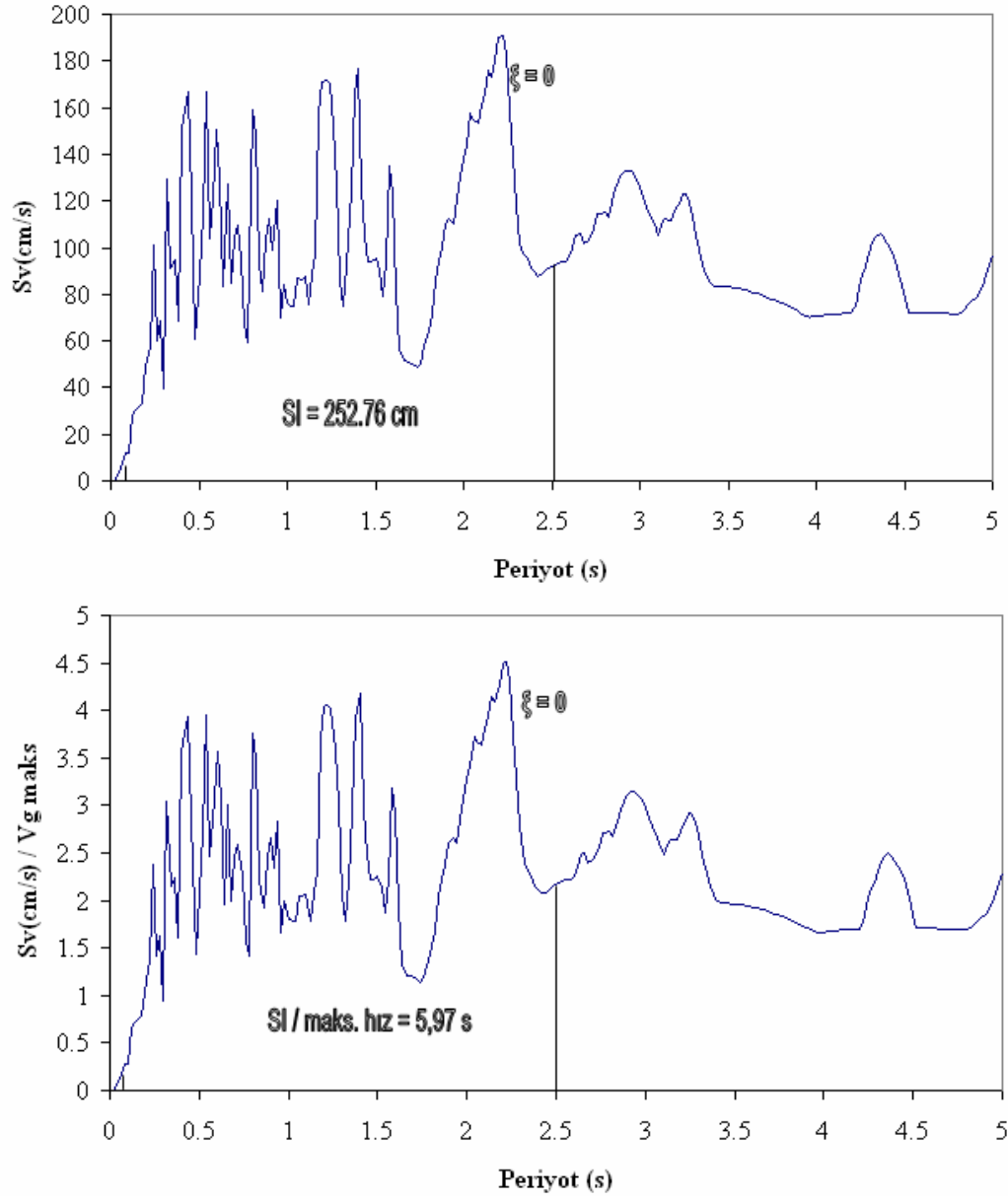
Şekil D-13: 17 Ocak 1994 Tarihli Northridge Depreminin Slymar Kaydı Kuzey-Güney Bileşeninin %0 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti



Şekil D-14: 17 Ocak 1994 tarihli Kobe Depreminin JMA Kaydı Kuzey-Güney Bileşeninin %0 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti



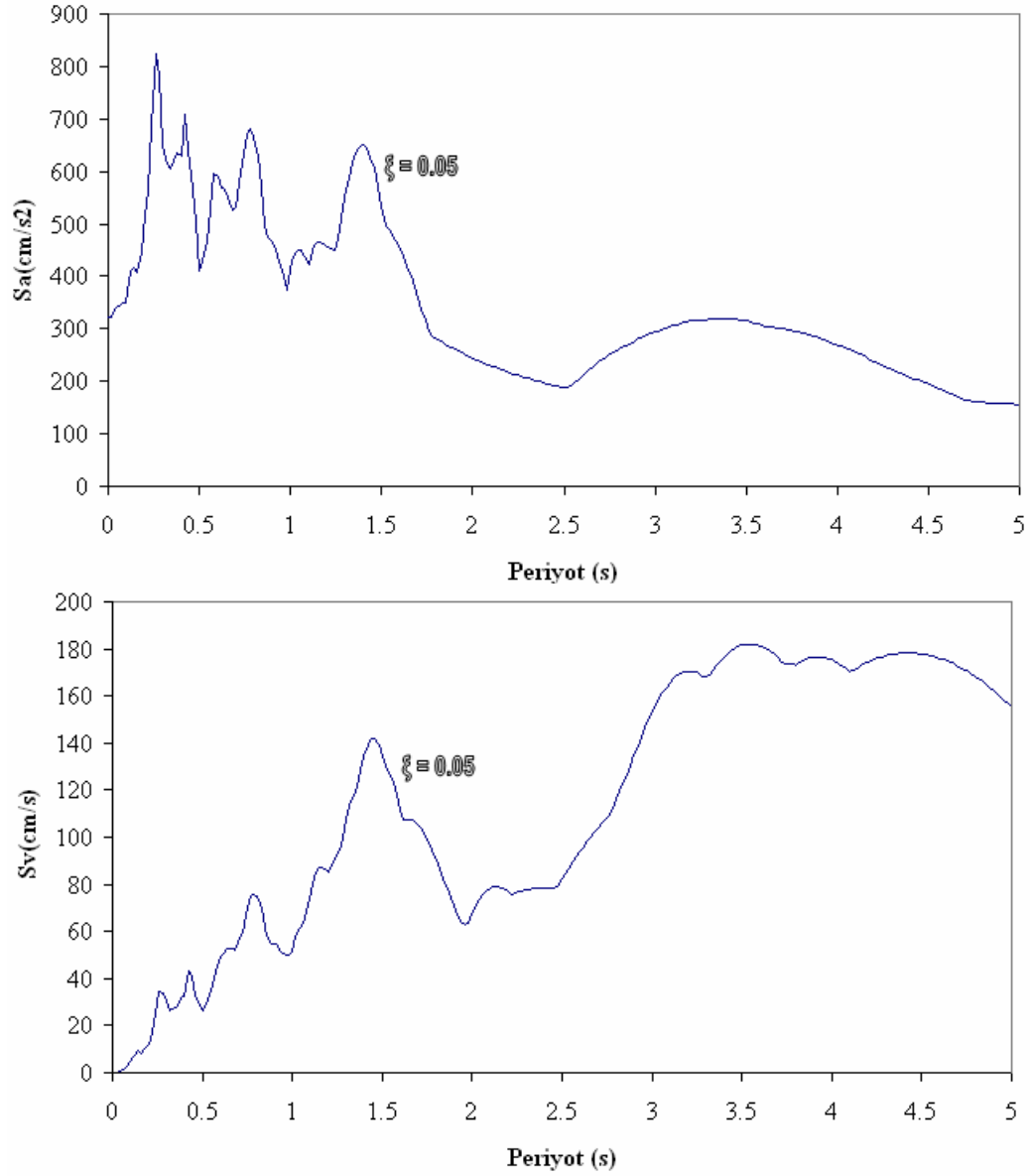
Şekil D-15: 18 Mayıs 1940 Imperial Valley Depreminin El Centro'da Kaydedilen Kuzey-Güney Bileşeninin %0 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti



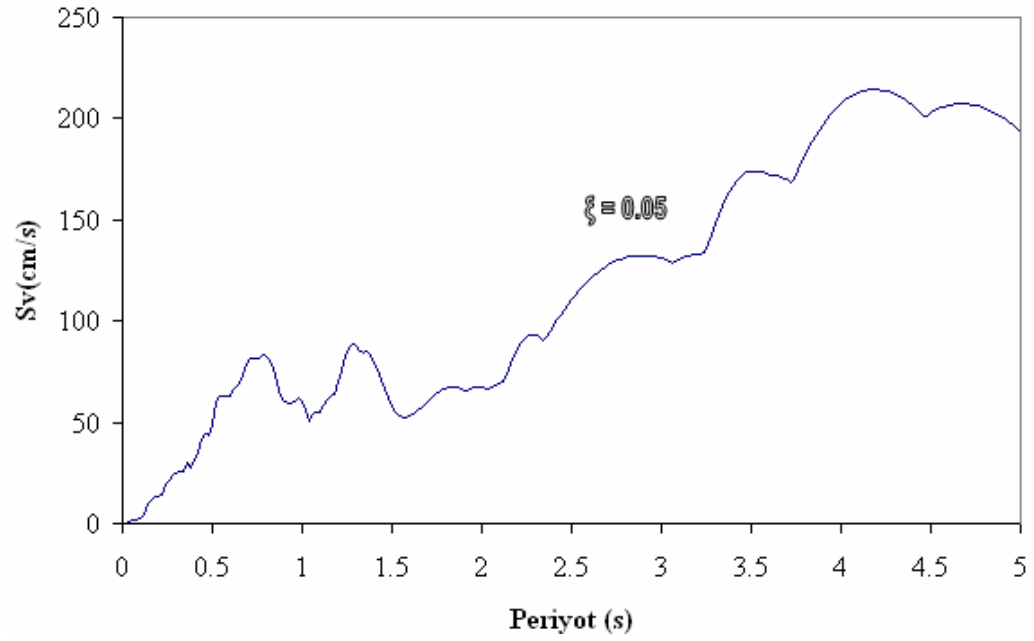
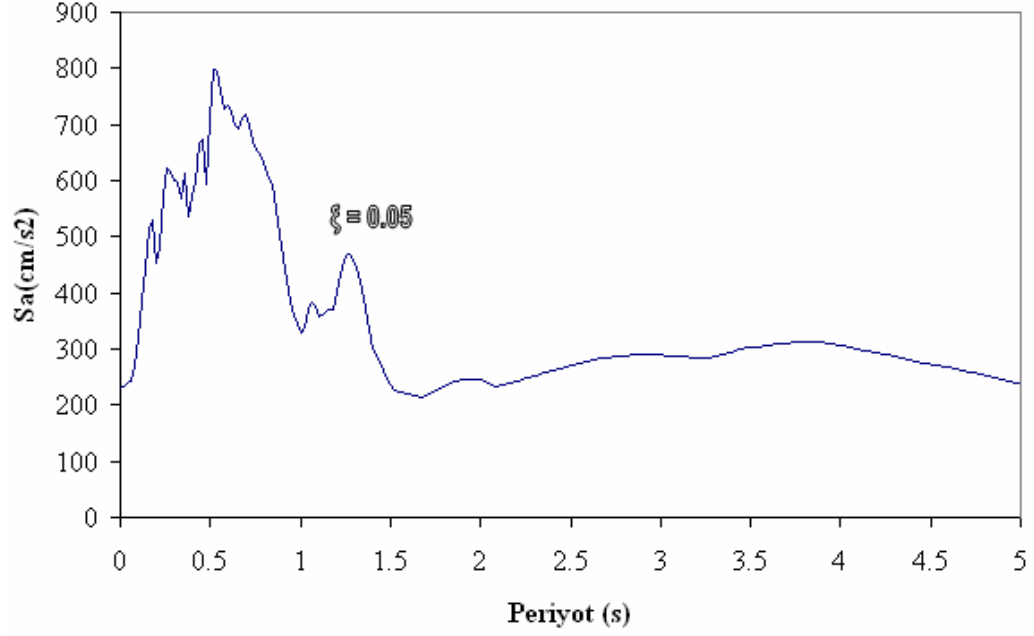
Şekil D-16: 18 Mayıs 1940 Imperial Valley Depreminin El Centro'da Kaydedilen Doğu-Batı Bileşeninin %0 Sönüm İçin Housner Şiddeti ve Maksimum Hıza Göre Normalize Edilmiş Housner Şiddeti

EK-E

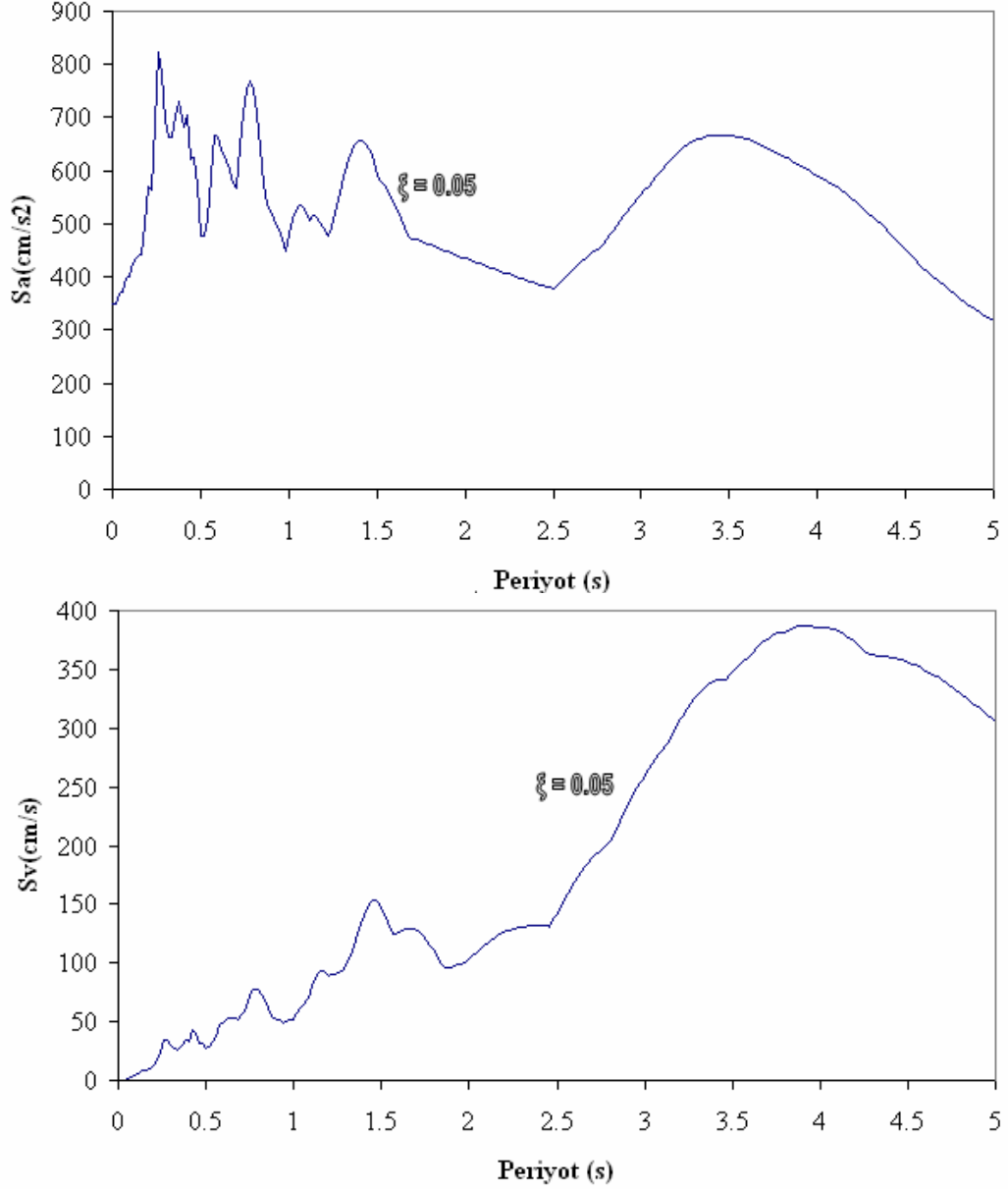
Depremlerin %5 Sönüme Göre İvme ve Hız Spektrumları



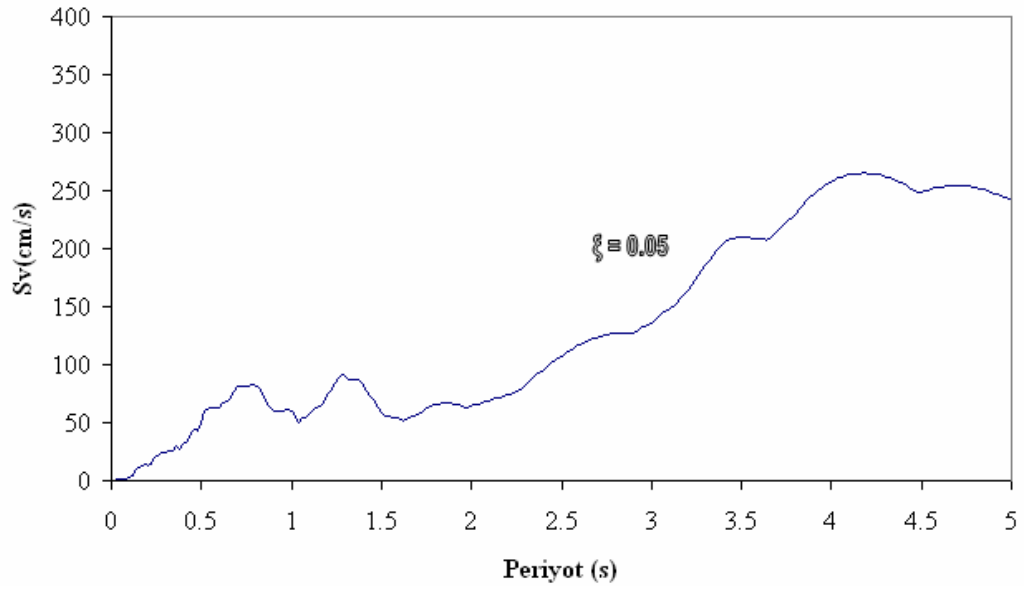
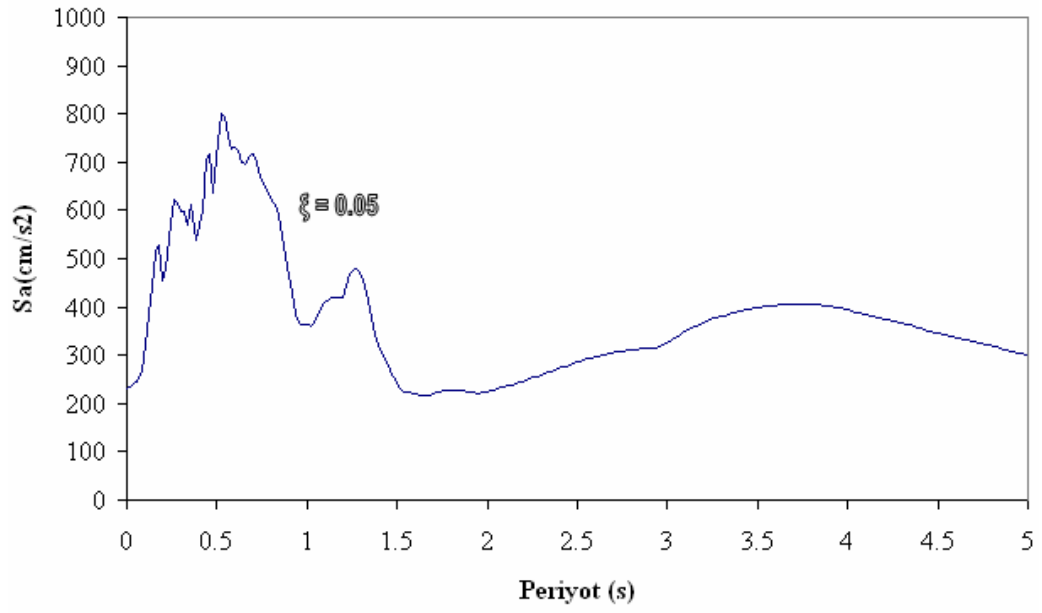
Şekil E-1: 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yarımcı-Petkim Kaydı
Kuzey-Güney Bileşeninin %5 Sönüm İçin İvme ve Hız Spektrumları



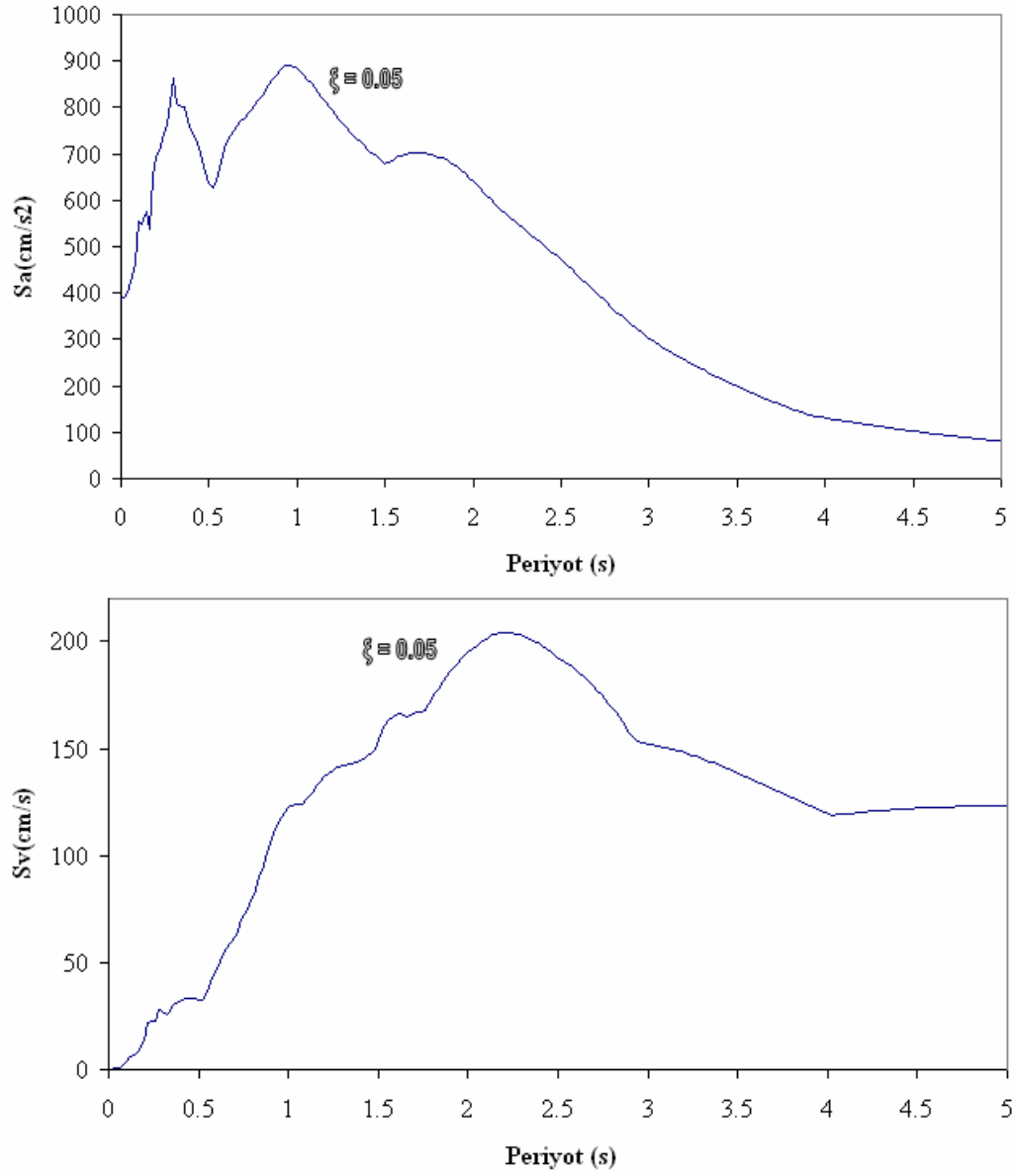
Şekil E-2: 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yarımcı-Petkim Kaydı
Doğu-Batı Bileşeninin %5 Sönüm İçin İvme ve Hız Spektrumları



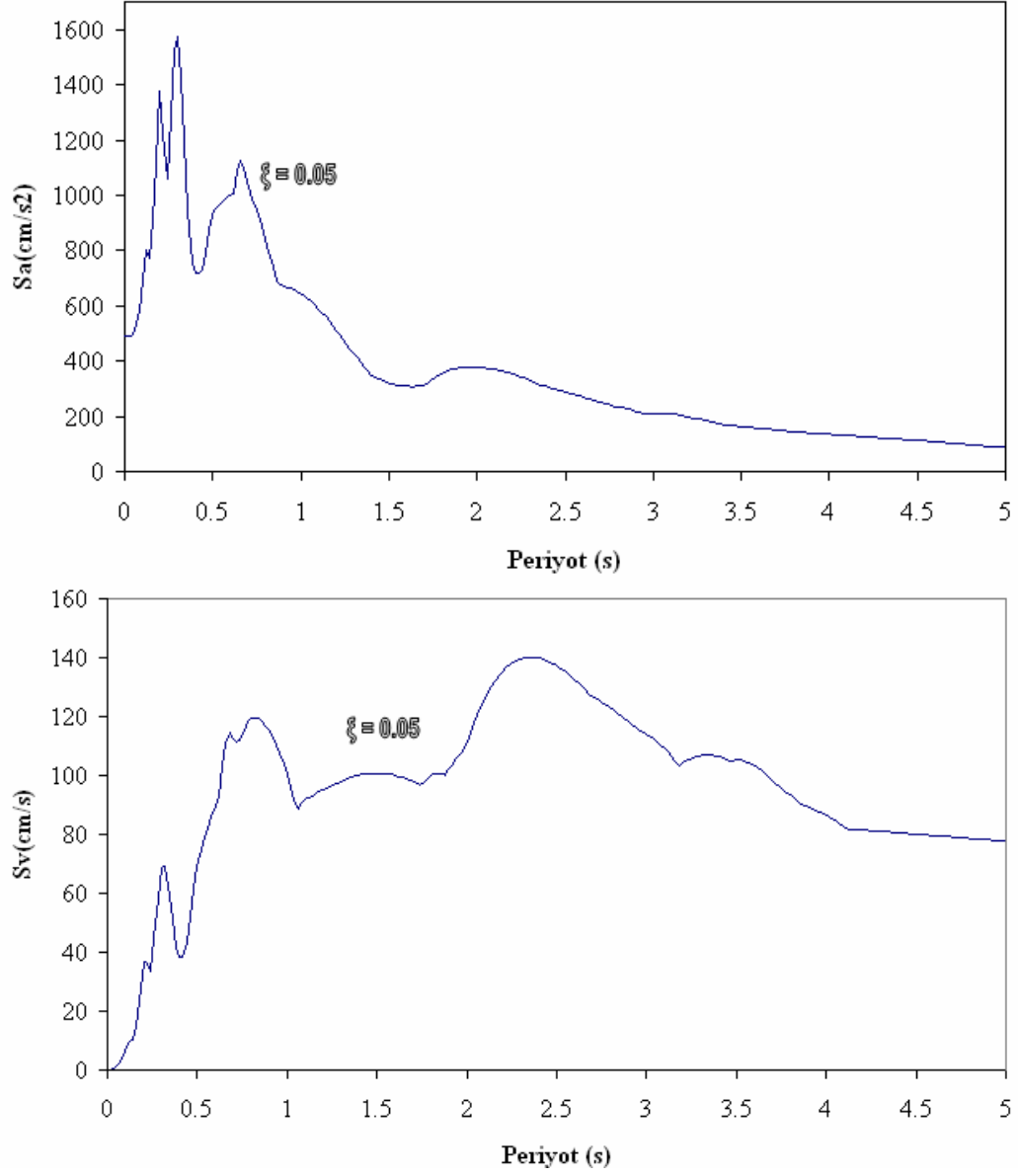
Şekil E-3: 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yakın Fay Etkisi Bindirilmiş Yarımcı-Petkim Kaydı Kuzey-Güney Bileşeninin %5 Sönüm İçin İvme ve Hız Spektrumları



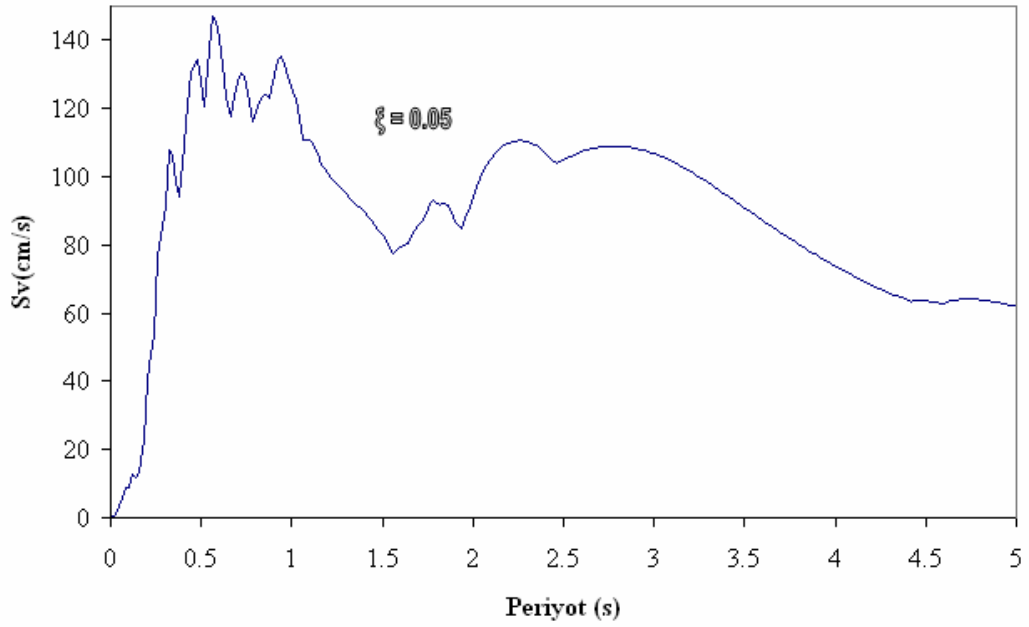
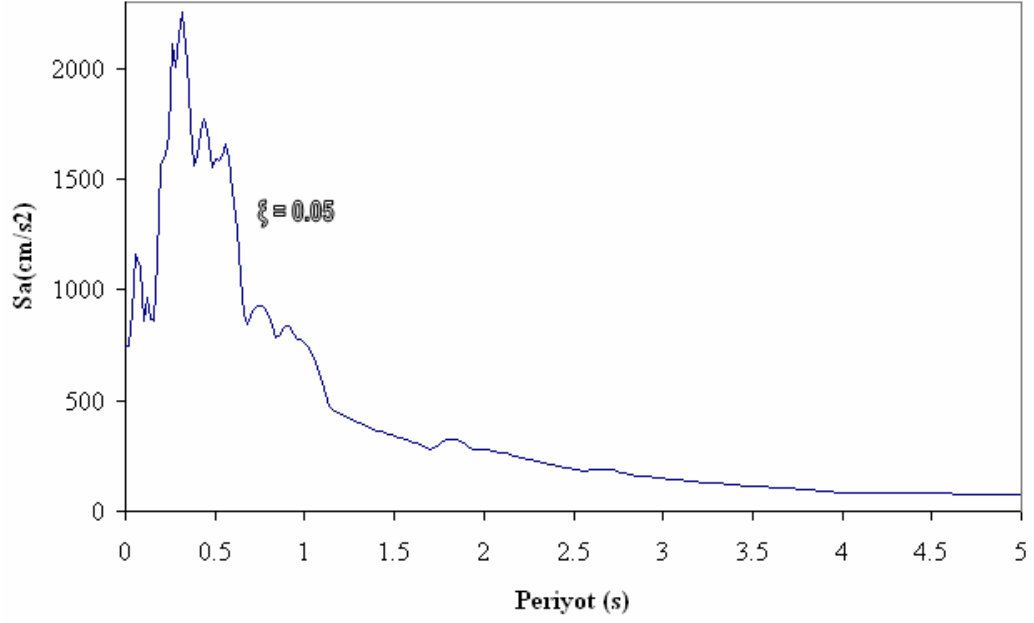
Şekil E-4: 17 Ağustos 1999 Tarihli Kocaeli Depreminin Yakın Fay Etkisi Bindirilmiş Yarımcı-Petkim Kaydı Doğu-Batı Bileşeninin %5 Sönüm İçin İvme ve Hız Spektrumları



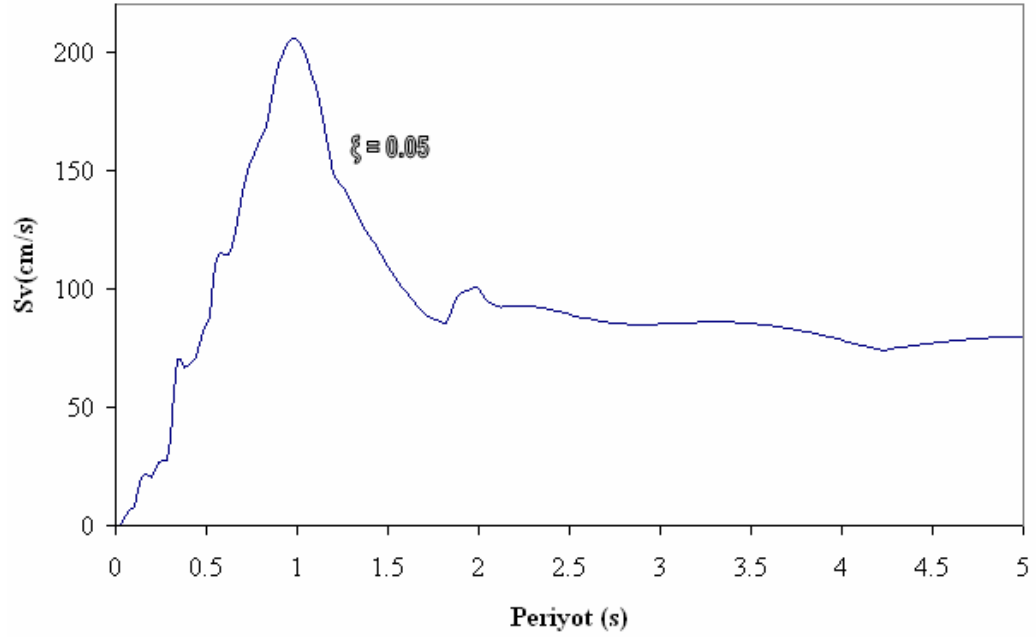
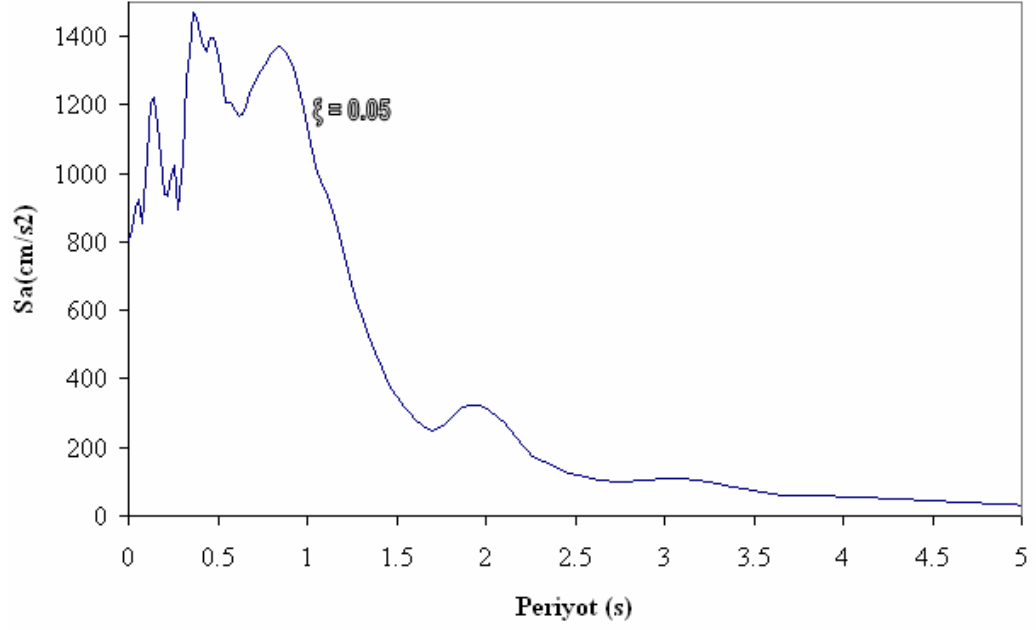
Şekil E-5: 13 Mart 1992 Tarihli Erzincan Depreminin Kuzey-Güney Bileşeninin %5 Sönüm İçin İvme ve Hız Spektrumları



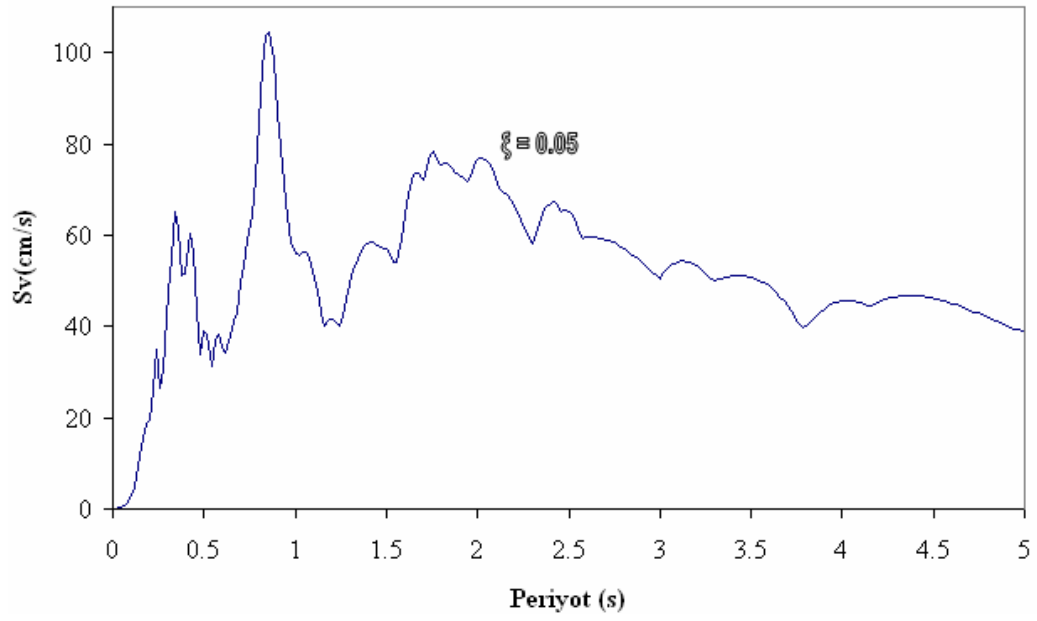
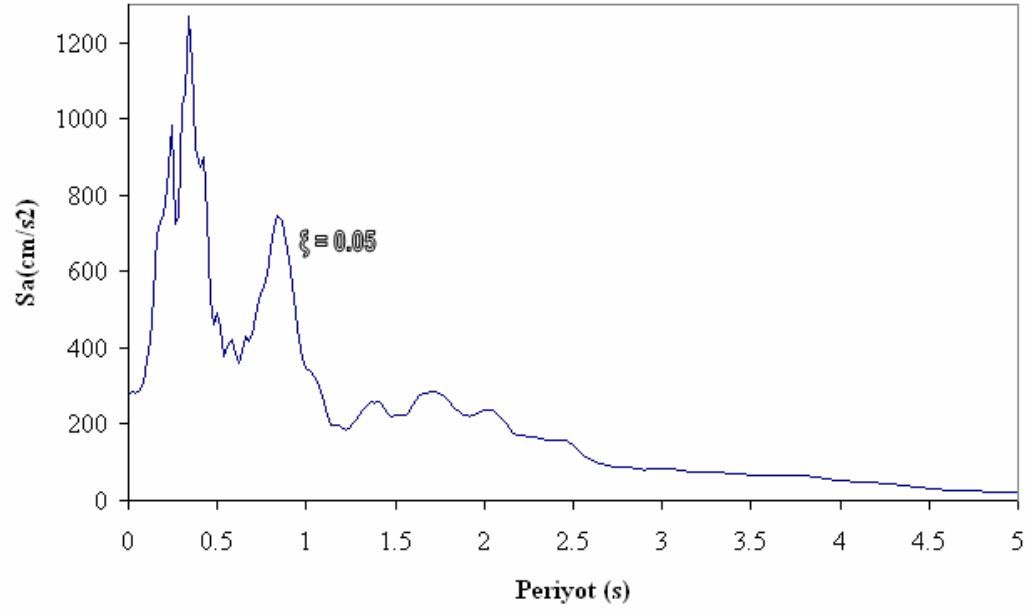
Şekil E-6: 13 Mart 1992 Tarihli Erzincan Depreminin Doğu-Batı Bileşeninin %5 Sönüm İçin İvme ve Hız Spektrumları



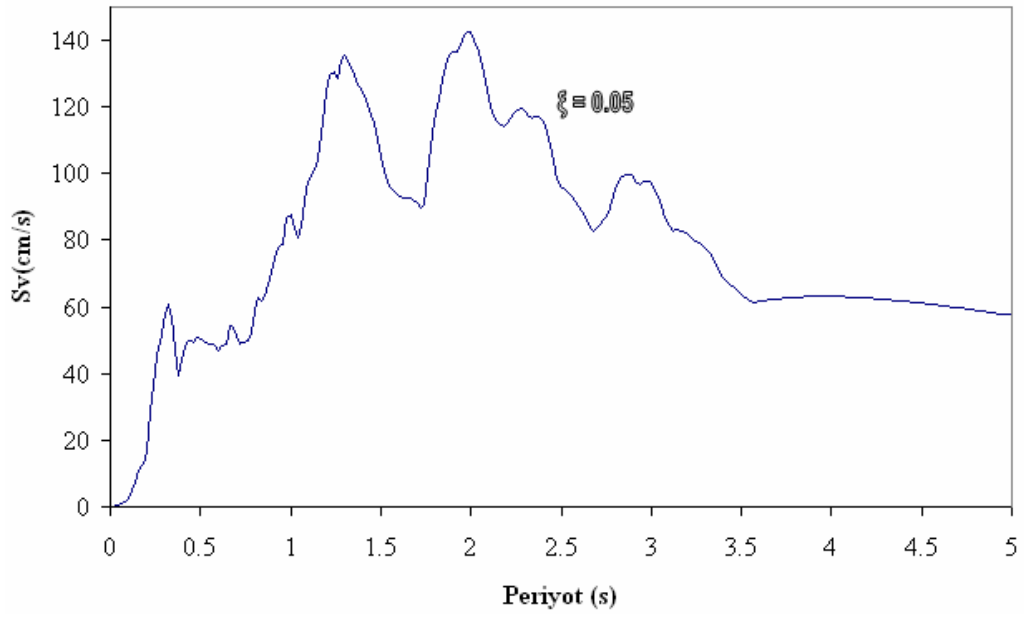
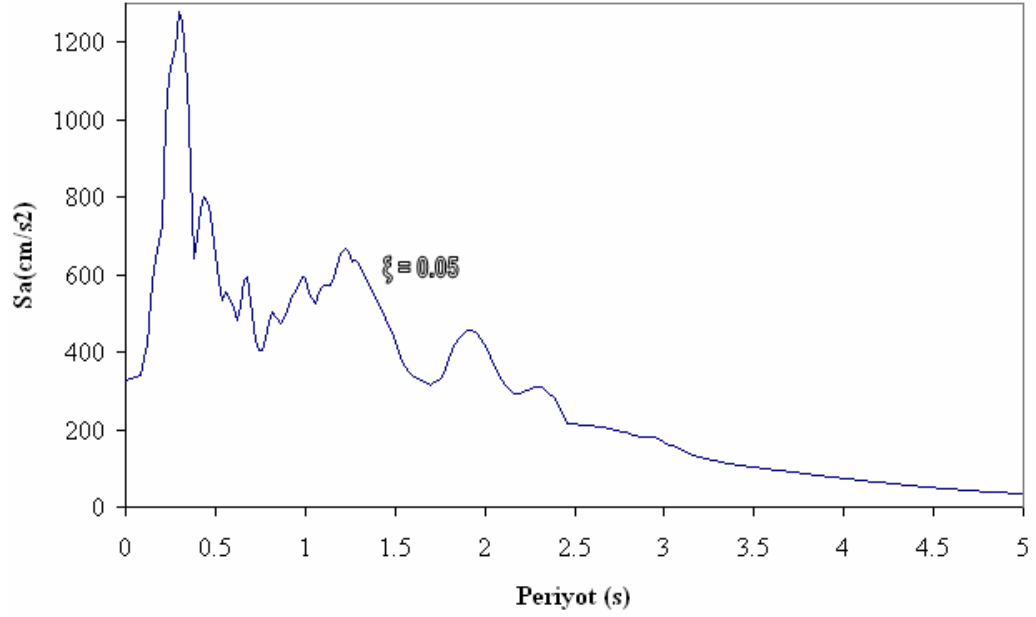
Şekil E-7: 12 Kasım 1999 Tarihli Düzce Depreminin Bolu Kaydı Kuzey-Güney Bileşeninin %5 Sönüm İçin İvme ve Hız Spektrumları



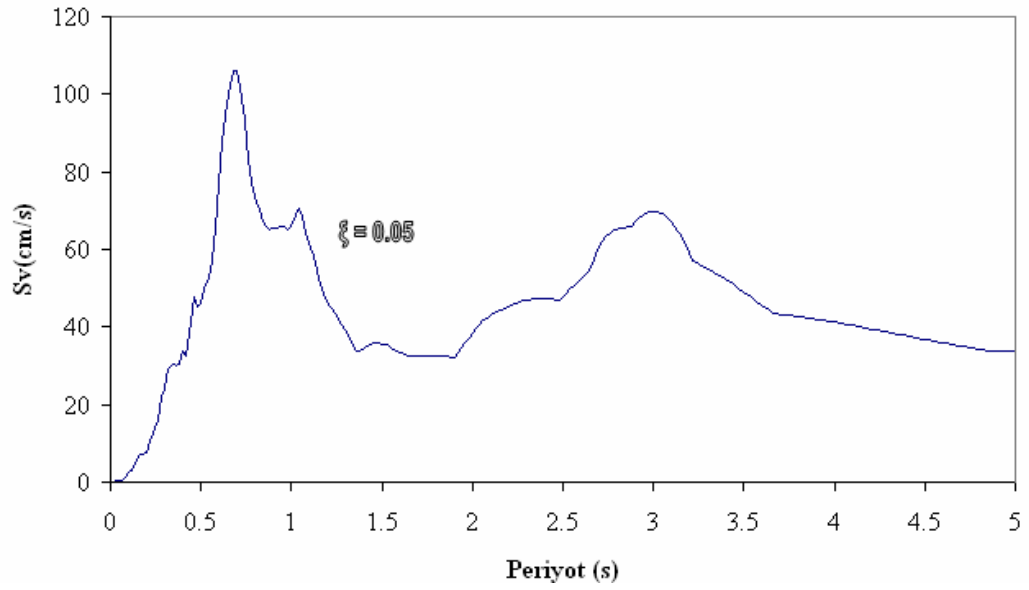
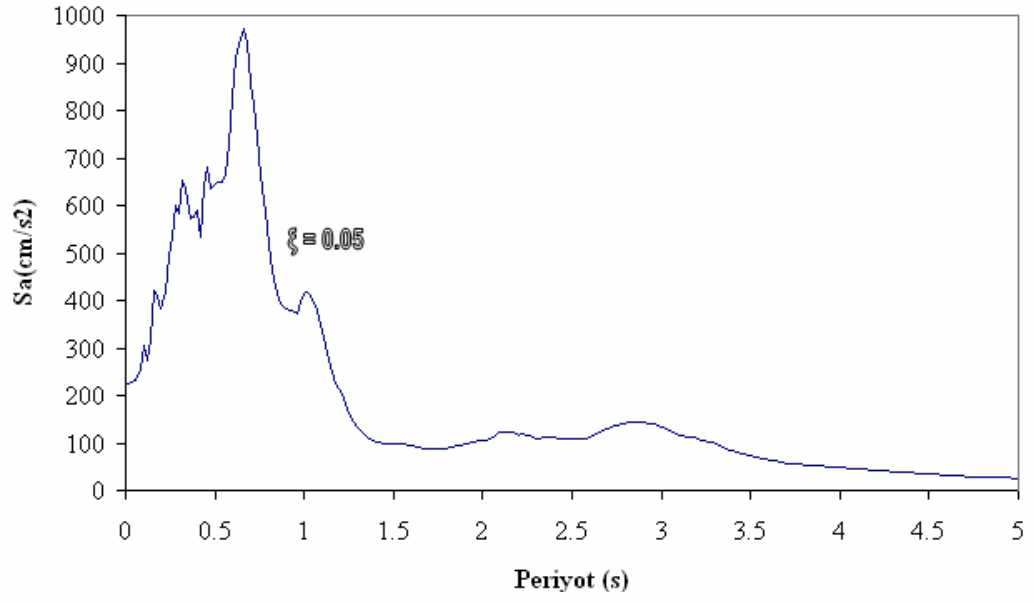
Şekil E-8: 12 Kasım 1999 Tarihli Düzce Depreminin Bolu Kaydı Doğu-Batı Bileşeninin %5 Sönüm İçin İvme ve Hız Spektrumları



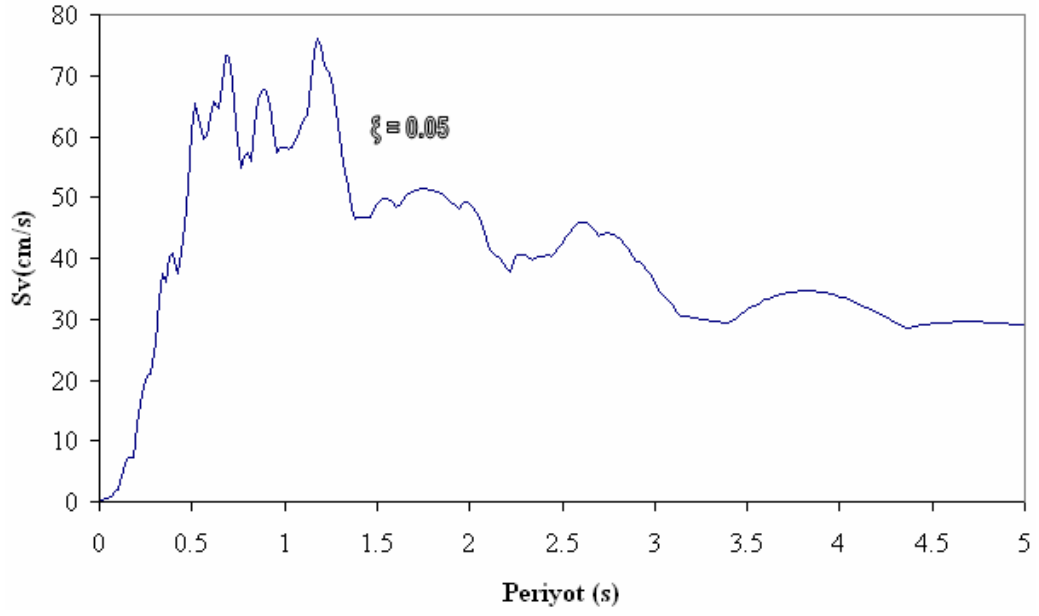
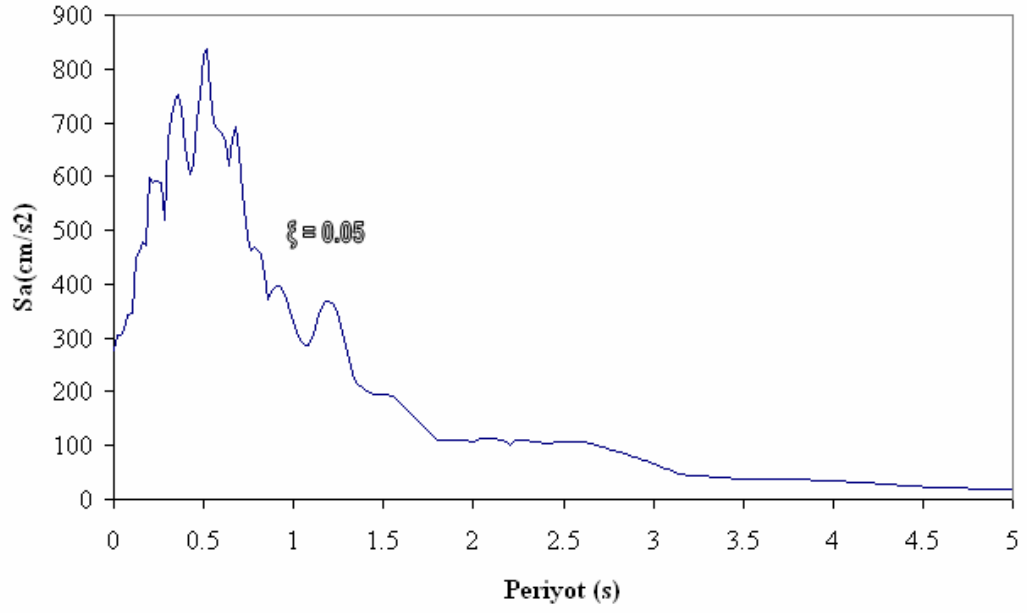
Şekil E-9: 1 Ekim 1995 Tarihli Dinar Depreminin Afyon Kaydı Kuzey-Güney Bileşeninin %5 Sönüm İçin İvme ve Hız Spektrumları



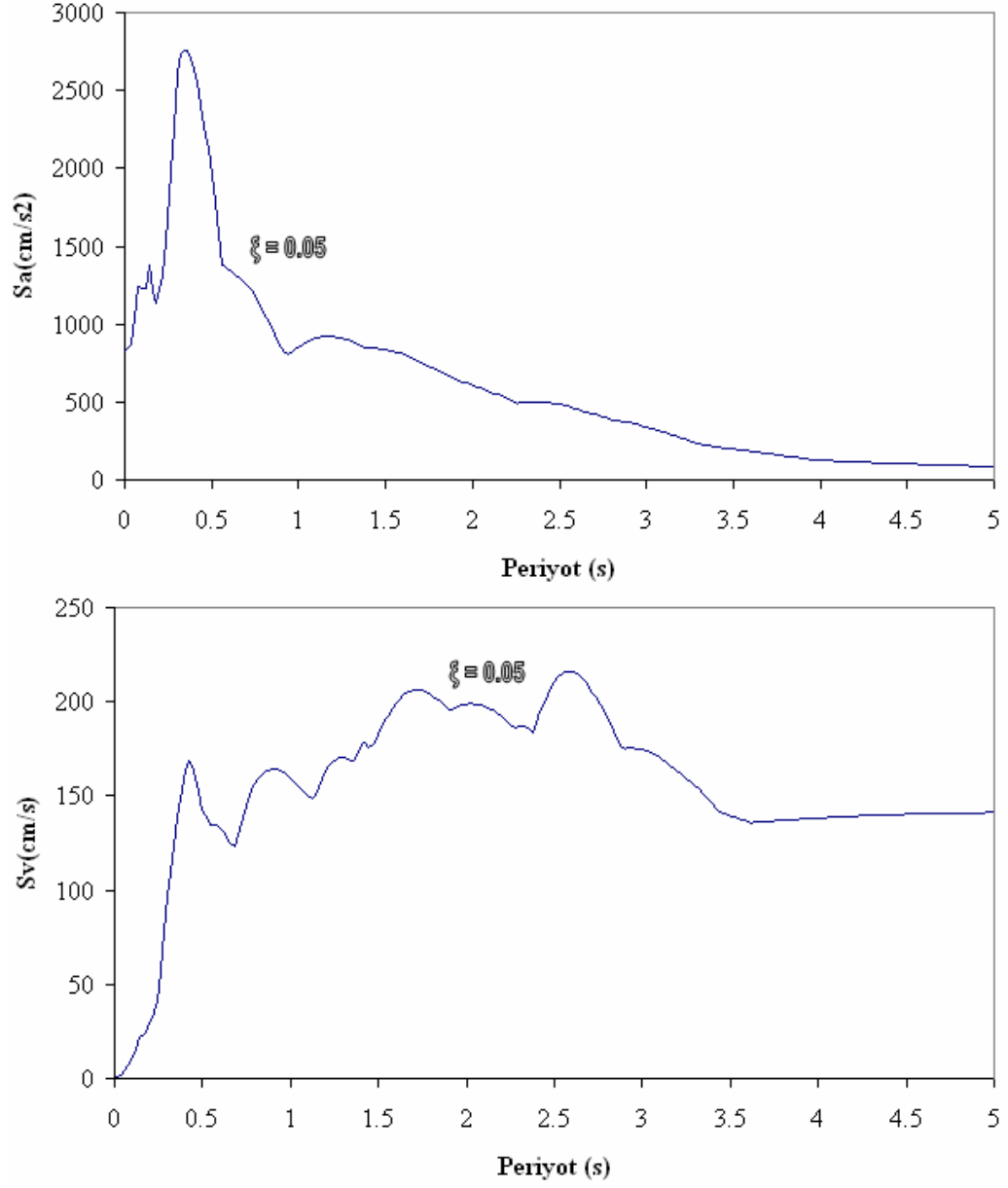
Şekil E-10: 1 Ekim 1995 Tarihli Dinar Depreminin Afyon Kaydı Doğu-Batı Bileşeninin %5 Sönüm İçin İvme ve Hız Spektrumları



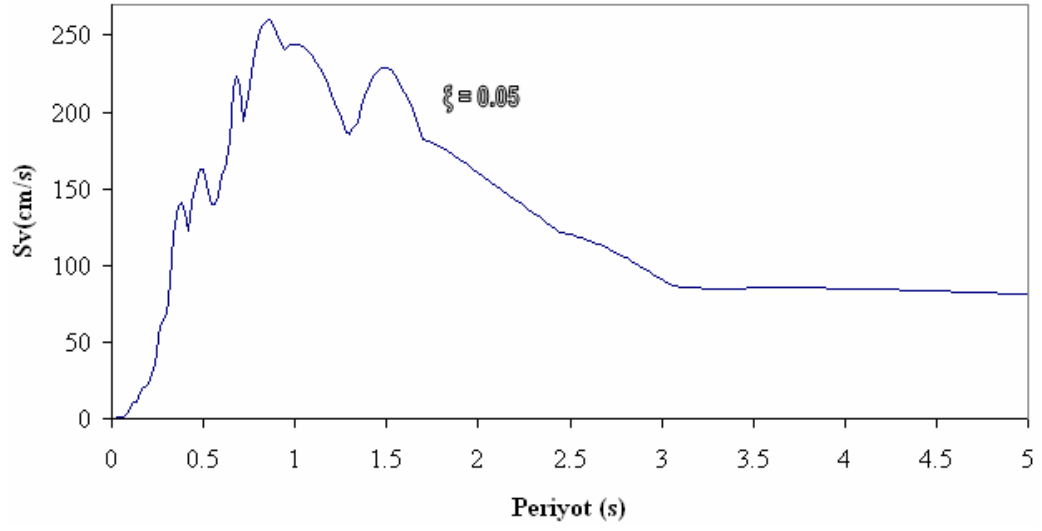
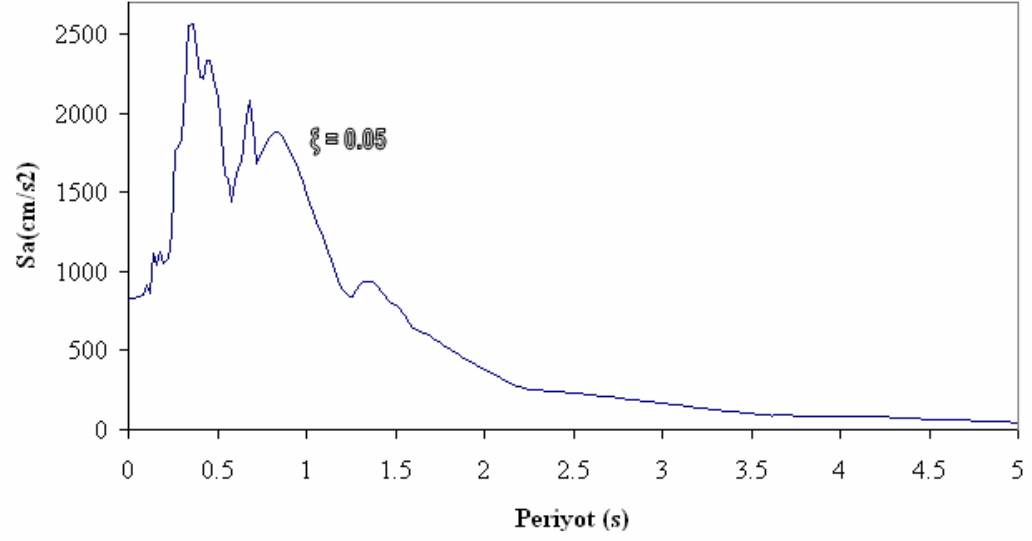
Şekil E-11: 27 Haziran 1998 Tarihli Ceyhan Depreminin Kuzey-Güney Bileşeninin %5 Sönüm İçin İvme ve Hız Spektrumları



Şekil E-12: 27 Haziran 1998 Tarihli Ceyhan Depreminin Doğu-Batı Bileşeninin %5 Sönüm İçin İvme ve Hız Spektrumları



Şekil E-13: 17 Ocak 1994 Tarihli Northridge Depreminin Sımar Kaydı Kuzey-Güney Bileşeninin %5 Sönüm İçin İvme ve Hız Spektrumları



Şekil E-14: 17 Ocak 1994 tarihli Kobe Depreminin JMA Kaydı Kuzey-Güney Bileşeninin %5 Sönüm İçin İvme ve Hız Spektrumları

ÖZGEÇMİŞ

Önder Umut 1980 yılında İstanbul'da doğdu. Orta ve lise öğrenimini Adnan Menderes Anadolu Lisesi'nde tamamladıktan sonra, 1999 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünde lisans eğitimine başladı. 2004 yılında mezun olduktan sonra aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde İnşaat Mühendisliği anabilim dalı Deprem Mühendisliği programında yüksek lisans eğitimine başladı.