

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

**YAKIN SAHA KAYNAKLI DEPREM KAYITLARININ YÜKSEK
YAPILARIN DAVRANIŞINA ETKİSİ**

SERKAN ENGİN

KOCAELİ 2014

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

YAKIN SAHA KAYNAKLI DEPREM KAYITLARININ YÜKSEK
YAPILARIN DAVRANIŞINA ETKİSİ

SERKAN ENGİN

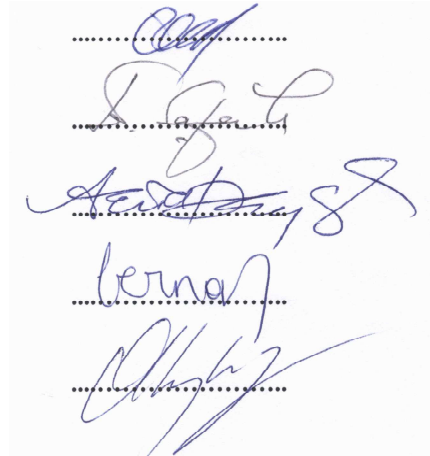
Doç.Dr. Fuad OKAY
Danışman, Kocaeli Üniversitesi

Prof.Dr. Erdal ŞAFAK
Jüri Üyesi, Boğaziçi Üniversitesi

Doç.Dr. Kemal BEYEN
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi

Doç.Dr. Berna UNUTMAZ
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi

Yrd.Doç.Dr. Muharrem AKTAŞ
Jüri Üyesi, Sakarya Üniversitesi



.....
.....
.....
.....
.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 13.06.2014

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Şehirlerin artan nüfusuna paralel olarak barınma ve ticaret amaçlı yapılara da talep günden güne artmaktadır. Bu sebeple, bahsedilen talebi karşılayabilmek için kısıtlı olan yerleşim alanlarında inşa edilen yapıların yükseklikleri de giderek fazlaşmaktadır. Bu çalışma kapsamında, farklı karakteristik özelliklere sahip yakın saha kaynaklı yer hareketlerinin betonarme yüksek yapıların davranışı üzerine etkileri incelenerek elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

Bu çalışma konusunun belirlenmesinden bitirildiği ana kadar her konudaki bilgi birikimi ile yol gösterici olan ve desteğini esirgemeyen tez danışmanım Doç.Dr. Fuad Okay ve Doç.Dr. Kemal Beyen'e sabırları sebebiyle teşekkür ederim. Ayrıca Prof.Dr. Erdal Şafak'a yararlı yorumları ve önerileri için teşekkürü bir borç bilirim.

Bu tez çalışması sırasında manevi desteklerini yanımda hissettiğim arkadaşlarım Tuna Han Çetin, Erhan Gerkuş, Eyüp Yüksel, Gökhan Özdemir, Yusuf Çetin ve iş arkadaşlarım Dr. Hilal Meydanlı Atalay, Dr. Mehmet Özgür, Onur Öztürk, Cüneyt Yılmaz, Temel Temiz ve Dr. Erdiç Keskin'e teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatımın ve eğitimimin her evresinde maddi, manevi hiç bir desteği esirgemeyen annem, babam Emine ve Ahmet Engin'e varlıklarından güç aldığım kardeşlerim Seval ve Mehmet Demirel'e, yeğenlerim Naz ve Ela'ya tüm kalbimle teşekkür ederim.

Haziran - 2014

Serkan ENGİN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
ÖZET.....	xii
ABSTRACT	xiii
GİRİŞ	1
1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	5
1.1. Genel Bilgi	5
1.2. Yakın Saha Kaynaklı Depremler.....	6
1.3. Zaman Tanım Alanında Dinamik Analizde Kullanılacak İvme Kayıtları	11
1.4. Deprem Kayıtlarının Ölçeklenmesi İçin Yaklaşımlar	14
1.4.1. Frekans tanım alanında ölçekleme	14
1.4.2. Zaman tanım alanında ölçekleme.....	15
1.5. Literatürde Yüksek Yapı Analizi	17
1.6. Çalışmanın Amacı	20
2. YAPI ANALİTİK MODELİNİN OLUŞTURULMASI.....	22
2.1. Yapı Geometrisi ve Kesit Özellikleri	22
2.2. Kullanılan Malzeme Özellikleri ve Davranışı.....	26
2.3. Çubuk Elemanların Kapasite Diyagramları.....	28
2.4. Analizde Kullanılan Sonlu Elemanlar Programı ve Kurulan Model.....	32
3. İVME KAYITLARININ SEÇİMİ VE ÖLÇEKLENMESİ	34
3.1. Genel Bilgi	34
3.2. Deprem Kayıtlarının Seçimini Etkileyen Faktörler.....	35
3.2.1. Depremin büyüklüğü.....	35
3.2.2. Kayıt yerinin fay yüzey kırığına olan mesafesi.....	36
3.2.3. Zemin sınıfı	36
3.2.4. Kayıtların seçiminde etkili olan diğer değişkenler.....	36
3.3. İvme Kayıtlarının Elde Edilmesi	37
3.3.1. Yapay olarak üretilmiş kayıtlar	37
3.3.2. Benzeştirilmiş kayıtlar.....	38
3.3.3. Gerçek depremlerden elde edilen kayıtlar.....	38
3.4. Deprem Kayıtlarının Seçiminde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar	39
3.5. Ölçekleme Katsayısı ve Kullanılacak Kayıt Sayısı İçin Sınırlamalar	40
3.6. Yüksek Yapıların Analizi İçin Ölçekleme Yaklaşımları.....	41
3.7. Seçilen Deprem Kayıtları	45
3.7.1. PGV değerlerine göre seçilen ivme kayıtları	45
3.7.2. YE içeriğine göre seçilen ivme kayıtları	51
3.7.3. Zemin sınıfına göre seçilen ivme kayıtları	54
3.8. Seçilen Deprem Kayıtlarının Ölçeklenmesi	61
4. İVME KAYDI PGV DEĞİŞİMİNİN YAPI DAVRANIŞINA ETKİSİ.....	68
4.1. Gerçekleştirilen Analizler ve Elde Edilen Veriler.....	68

4.2. Analiz Sonuçlarının Kıyaslanması İçin Elde Edilen Eğriler	75
4.3. PGV Değeri Değişen Kayıt Gruplarının Analiz Sonuçları.....	76
4.4. PGV Değeri Değişen Kayıt Grupları Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	102
4.5. Bölüme İlişkin Sonuçlar	109
5. İVME KAYDI YE İÇERİĞİNİN YAPI DAVRANIŞINA ETKİSİ.....	115
5.1. YE İçeriği Değişen Kayıt Gruplarının Analiz Sonuçları.....	115
5.2. YE İçeriği Değişen Kayıt Grupları Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	128
5.3. Bölüme İlişkin Sonuçlar	134
6. İVME KAYDI ZEMİN SINIFININ YAPI DAVRANIŞINA ETKİSİ.....	138
6.1. Zemin Sınıfı Değişen Kayıt Gruplarının Analiz Sonuçları	138
6.2. Zemin Sınıfı Değişen Kayıt Gruplarının Sonuçlarının Karşılaştırılması	151
6.3. Bölüme İlişkin Sonuçlar	158
6.4. Yapı Kesitlerinde Oluşan Hasarlar	162
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	165
KAYNAKLAR	171
EKLER	178
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	194
ÖZGEÇMİŞ	196

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Yayılm etkisi (FD) ve kopma itkisi (FS) içeren depremlerin şematik açıklaması, (a) Şematik gösterim; (b) Gerçek kayıtlar ile gösterim.....	7
Şekil 1.2.	Chi Chi depreminin TCU068 kaydının iki bileşeninde FS etkisi (a) Kayıtların ivme-zaman eğrisi, (b) SA - T eğrisi (c) Yer değiştirme - $\mu/\alpha H$ eğrisi	8
Şekil 1.3.	Ventura vd. tarafından yürütülen çalışmada kullanılan yakın sahadan kaydedilmiş YE içeren kayıtların ivme - zaman, hız - zaman, deplasman - zaman grafikleri.....	9
Şekil 1.4.	Kocaeli depreminin Sakarya kaydının kuzey - güney (KG) bileşenine maruz 44 katlı yapının tepkisi.....	10
Şekil 1.5.	Deprem seviyesinin perde momenti ve kesme kuvvetine etkisi	17
Şekil 1.6.	Statik ve dinamik analizlerdeki katlarda oluşan en büyük deplasman talepleri (a) Yakın saha etkili FD içeren depremler için; (b) Yakın saha etkili FS içeren depremler için; (c) Uzak saha etkili depremler için	19
Şekil 1.7.	Statik ve dinamik analizlerdeki katlarda oluşan en büyük göreceli kat ötelemesi talepleri (a) Yakın saha etkili FD içeren depremler için; (b) Yakın saha etkili FS içeren depremler için; (c) Uzak saha etkili depremler için	20
Şekil 2.1.	Çalışma yapısının kat planı	24
Şekil 2.2.	Bina kirişlerinin donatı yerleşimi (a) 1-15. katlarda; (b) 16-25. katlarda	25
Şekil 2.3.	Bina kolonlarının donatı yerleşimi (a) 1-15. katlarda; (b) 16-25. katlarda	25
Şekil 2.4.	Binanın tüm katlarından kullanılan perdelerin donatı yerleşimi	26
Şekil 2.5.	Sargılı ve sargısız beton için Mander beton modeli.....	27
Şekil 2.6.	Donatı çeliği davranış modeli	27
Şekil 2.7.	Xtract kesit analiz programı arayüzü a-) Beton modeli tanımlanması b-) Analiz sonrası kesit gerilme durumu	29
Şekil 2.8.	Kolonlarda M- ϕ ilişkisi (a) 1. kat kolonları (b) 16. kat kolonları	30
Şekil 2.9.	Kirişlerde M- ϕ ilişkisi (a) 1-15. kat kirişleri (b) 16-25. kat kirişleri	30
Şekil 2.10.	Perdelerde M- ϕ ilişkisi (a) 1. kat P250 perdesi (b) 1. kat P750 perdesi	31
Şekil 2.11.	1. kat P900 perdesi M- ϕ ilişkisi	31
Şekil 2.12.	Yapının SAP2000NL programında oluşturulmuş analitik modeli	33
Şekil 3.1.	20 cm/sn < PGV < 40 cm/sn olan kayıtların ivme-zaman grafikleri.....	46
Şekil 3.2.	40 cm/sn < PGV < 60 cm/sn olan kayıtların ivme-zaman grafikleri.....	47

Şekil 3.3.	İvme kayıtlarını üreten depremlerin büyüklüğü ve fay kırılma yerine uzaklığı a-) 20 cm/sn < PGV < 40 cm/sn için b-) 40 cm/sn < PGV < 60 cm/sn için	48
Şekil 3.4.	60 cm/sn < PGV < 80 cm/sn olan depremlerin ivme zaman grafikleri	49
Şekil 3.5.	PGV > 80 cm/sn olan ivme kayıtlarının ivme-zaman grafikleri	50
Şekil 3.6.	İvme kayıtlarını üreten depremlerin büyüklüğü ve fay kırılma yerine uzaklığı a-) 60 cm/sn < PGV < 80 cm/sn için b-) PGV > 80 cm/sn için	51
Şekil 3.7.	YE içeren depremin önemi.....	52
Şekil 3.8.	YE içeren deprem ivme kayıtlarının hız-zaman grafikleri.....	53
Şekil 3.9.	YE içermeyen deprem kayıtlarının hız-zaman grafikleri.....	54
Şekil 3.10.	İvme kayıtlarını üreten depremlerin büyüklüğü ve PGV değerleri a-) YE içeren kayıtlar için b-) YE içermeyen kayıtlar için.....	54
Şekil 3.11.	Vs = 180-360 m/sn olan (D grubu) zeminden alınan ve YE içeren kayıtların hız-zaman grafikleri	56
Şekil 3.12.	Vs = 360-760 m/sn olan (C grubu) zeminden alınan ve YE içeren kayıtların hız-zaman grafikleri	57
Şekil 3.13.	Seçilen yönelim etkili deprem kayıtlarının büyüklük ve PGV'si a-) Vs=180-360 m/sn için b-) Vs=360-760 m/sn için	57
Şekil 3.14.	Taft depremi FGS ve Sv değişimi	58
Şekil 3.15.	PGV ₂₀₋₄₀ grubu TI-D kaydı frekans - fourier genliği değişimi.....	59
Şekil 3.16.	PGV _{>80} grubu CC-CHY080E kaydı frekans - fourier genliği değişimi	59
Şekil 3.17.	PGV değerine göre deprem kayıtlarının frekans - FG _{max} değişimi	60
Şekil 3.18.	YE içeriğine göre deprem kayıtlarının frekans - FG _{max} değişimi	61
Şekil 3.19.	Zemin grubuna göre deprem kayıtlarının frekans - FG _{max} değişimi	61
Şekil 3.20.	Dalga kayma hızı Vs=360-760 m/sn olan C grubu zeminden kaydedilen kayıtların geometrik-ortalama ve ortalama spektrumu	63
Şekil 3.21.	Dalga kayma hızı Vs=180-360 m/sn olan D grubu zeminden kaydedilen kayıtların geometrik-ortalama ve ortalama spektrumu	64
Şekil 3.22.	Ölçeklemenin ilk aşamasından sonra kayıtların karelerinin toplamının karekökünün (SRSS) ortalaması ve D3 hedef tasarım spektrumu a) Vs = 360-760 m/sn için b) Vs = 180-360 m/sn için.....	66
Şekil 3.23.	Ölçeklemenin ikinci aşamasından sonra kayıtların Karelerinin Toplamının Kare Kökünün (SRSS) ortalaması, D3 ve 1,3xD3 hedef tasarım spektrumları a) Vs = 360-760 m/sn için b) Vs = 180-360 m/sn için.....	66
Şekil 4.1.	Zaman tanım alanında analizde seçilen parametreler	70
Şekil 4.2.	Analizde kullanılan değişkenler a-) NISY için γ ve β katsayıları b-) Sönüm katsayıları	70
Şekil 4.3.	Analizlerde yapının deprem yüklemesi yönü.....	71
Şekil 4.4.	Çalışma binası etkin modları.....	72
Şekil 4.5.	Her bir hesap adımında elde edilen eleman iç kuvvetleri	75
Şekil 4.6.	Hesap adımlarında elde edilen kat yatay deplasmanları	75

Şekil 4.7.	20 cm/sn < PGV < 40 cm/sn olan kayıt grubu N - V değişimi	77
Şekil 4.8.	20 cm/sn < PGV < 40 cm/sn olan kayıt grubu N - M değişimi	79
Şekil 4.9.	20 cm/sn < PGV < 40 cm/sn olan kayıt grubu N - Δ değişimi.....	81
Şekil 4.10.	20 cm/sn < PGV < 40 cm/sn olan kayıt grubu N - δ değişimi.....	82
Şekil 4.11.	40 cm/sn < PGV < 60 cm/sn olan kayıt grubu N - V değişimi	84
Şekil 4.12.	40 cm/sn < PGV < 60 cm/sn olan kayıt grubu N - M değişimi	86
Şekil 4.13.	40 cm/sn < PGV < 60 cm/sn olan kayıt grubu N - Δ değişimi	87
Şekil 4.14.	40 cm/sn < PGV < 60 cm/sn olan kayıt grubu N - δ değişimi	89
Şekil 4.15.	60 cm/sn < PGV < 80 cm/sn olan kayıt grubu N - V değişimi	90
Şekil 4.16.	60 cm/sn < PGV < 80 cm/sn olan kayıt grubu N - M değişimi	92
Şekil 4.17.	60 cm/sn < PGV < 80 cm/sn olan kayıt grubu N - Δ değişimi.....	93
Şekil 4.18.	60 cm/sn < PGV < 80 cm/sn olan kayıt grubu N - δ değişimi	95
Şekil 4.19.	PGV > 80 cm/sn olan kayıt grubu N - V değişimi	97
Şekil 4.20.	PGV > 80 cm/sn olan kayıt grubu N - M değişimi	98
Şekil 4.21.	PGV > 80 cm/sn olan kayıt grubu N - Δ değişimi	100
Şekil 4.22.	PGV > 80 cm/sn olan kayıt grubu N - δ değişimi.....	101
Şekil 4.23.	PGV değerleri değişen kayıt gruplarının N - V değişimi.....	103
Şekil 4.24.	PGV değerleri değişen kayıt gruplarının N - M değişimi	105
Şekil 4.25.	PGV değerleri değişen kayıt gruplarının N - Δ değişimi	106
Şekil 4.26.	PGV değerleri değişen kayıt gruplarının N - δ değişimi.....	108
Şekil 4.27.	PGV değerlerine göre; a-) N - V_{fark} değişimi, b-) N - M_{fark} değişimi	110
Şekil 4.28.	PGV değerlerine göre; a-) N - Δ_{fark} değişimi, b-) N - δ_{fark} değişimi	112
Şekil 5.1.	YE içermeyen kayıt grubu N - V değişimi.....	116
Şekil 5.2.	YE içermeyen kayıt grubu N - M değişimi	118
Şekil 5.3.	YE içermeyen kayıt grubu N - Δ değişimi	119
Şekil 5.4.	YE içermeyen kayıt grubu N - δ değişimi.....	121
Şekil 5.5.	YE içeren kayıt grubu N - V değişimi.....	122
Şekil 5.6.	YE içeren kayıt grubu N - M değişimi	124
Şekil 5.7.	YE içeren kayıt grubu N - Δ değişimi	125
Şekil 5.8.	YE içeren kayıt grubu N - δ değişimi	127
Şekil 5.9.	YE içeriğine göre N - V değişimi.....	129
Şekil 5.10.	YE içeriğine göre N - M değişimi	131
Şekil 5.11.	YE içeriğine göre N - Δ değişimi	132
Şekil 5.12.	YE içeriğine göre N - δ değişimi	133
Şekil 5.13.	YE içeriğine göre; a-) N - V_{fark} değişimi, b-) N - M_{fark} değişimi	135
Şekil 5.14.	YE içeriğine göre; a-) N - Δ_{fark} değişimi, b-) N - δ_{fark} değişimi	136
Şekil 6.1.	180 m/sn < V_s < 360 m/sn olan kayıt grubu N - V değişimi	139
Şekil 6.2.	180 m/sn < V_s < 360 m/sn olan kayıt grubu N - M değişimi.....	141
Şekil 6.3.	180 m/sn < V_s < 360 m/sn olan kayıt grubu N - Δ değişimi.....	143
Şekil 6.4.	180 m/sn < V_s < 360 m/sn olan kayıt grubu N - δ değişimi.....	143
Şekil 6.5.	360 m/sn < V_s < 760 m/sn olan kayıt grubu N - V değişimi	146
Şekil 6.6.	360 m/sn < V_s < 760 m/sn olan kayıt grubu N - M değişimi.....	147
Şekil 6.7.	360 m/sn < V_s < 760 m/sn olan kayıt grubu N - Δ değişimi.....	143
Şekil 6.8.	360 m/sn < V_s < 760 m/sn olan kayıt grubu N - δ değişimi	149
Şekil 6.9.	Zemin dalgası kayma hızı değişen gruplarının N - V değişimi.....	152
Şekil 6.10.	Zemin dalgası kayma hızı değişen gruplarının N - M değişimi.....	154

Şekil 6.11. Zemin dalgası kayma hızı değişen grupların N - Δ değişimi	155
Şekil 6.12. Zemin dalgası kayma hızı değişen grupların N - δ değişimi.....	157
Şekil 6.13. Zemin sınıfına göre; a-) N - V_{fark} değişimi, b-) N - M_{fark} değişimi	159
Şekil 6.14. Zemin sınıfına göre; a-) N - Δ_{fark} değişimi, b-) N - δ_{fark} değişimi	160
Şekil 6.15. Analiz sonrası yapı görünümü (a) üç boyutlu görünüm (b) 3-3 aksı elemanları hasar dağılımı.....	163
Şekil 6.16. Yapı elemanları hasar dağılımı (a) D-D aksı elemanları için (b) 5-5 aksı elemanları	163
Şekil 6.17. Kat seviyelerindeki hasarlar a-) Kirişler b-) Kolonlar c-) Toplam.....	164
Şekil B.1. PGV ₂₀₋₄₀ grubu a-) TD-I kaydı FGS; b-) N-SVR kaydı FGS.....	183
Şekil B.2. PGV ₂₀₋₄₀ grubu a-) N-HCC kaydı FGS; b-) CC-TCU kaydı FGS.....	183
Şekil B.3. PGV ₂₀₋₄₀ grubu a-) LP-C kaydı FGS; b-) IV-C kaydı FGS	183
Şekil B.4. PGV ₂₀₋₄₀ grubu a-) N-CP kaydı FGS; b-) CC-CHY29 kaydı FGS.....	183
Şekil B.5. PGV ₂₀₋₄₀ grubu a-) K-K kaydı FGS; b-) CC-ALS kaydı FGS.....	184
Şekil B.6. PGV ₄₀₋₆₀ grubu a-) K-S kaydı FGS; b-) L-JT kaydı FGS.....	184
Şekil B.7. PGV ₄₀₋₆₀ grubu a-) IV-BC kaydı FGS; b-)CC-CHY24 kaydı FGS	184
Şekil B.8. PGV ₄₀₋₆₀ grubu a-) N-LD kaydı FGS; b-) IV-ECA4 kaydı FGS.....	184
Şekil B.9. PGV ₄₀₋₆₀ grubu a-) D-B kaydı FGS; b-) CC-TCU82 kaydı FGS	185
Şekil B.10. PGV ₄₀₋₆₀ grubu a-) K-D kaydı FGS; b-) L-JT kaydı FGS	185
Şekil B.11. PGV ₆₀₋₈₀ grubu a-) N-NSS kaydı FGS; b-) N-M kaydı FGS.....	185
Şekil B.12. PGV ₆₀₋₈₀ grubu a-) K-Y kaydı FGS; b-) CC-TCU101 kaydı FGS	185
Şekil B.13. PGV ₆₀₋₈₀ grubu a-) CC-TCU071 kaydı FGS; b-) IV-ECDA kaydı FGS.....	186
Şekil B.14. PGV ₆₀₋₈₀ grubu a-)CC-TCU63 kaydı FGS; b-) IV-ECA4 kaydı FGS.....	186
Şekil B.15. PGV ₆₀₋₈₀ grubu a) N-TCH kaydı FGS; b-) K-S kaydı FGS.....	186
Şekil B.16. PGV _{>80} grubu a-) K-K kaydı FGS; b-) E-E kaydı FGS	186
Şekil B.17. PGV _{>80} grubu a-) CC-TCU075 kaydı FGS; b-) IV-ECA5 kaydı FGS.....	187
Şekil B.18. PGV _{>80} grubu a-) N-NFS kaydı FGS; b-) CC-CHY80N kaydı	187
Şekil B.19. PGV _{>80} grubu a-) CC-CHY80E kaydı FGS; b-) K-S kaydı FGS.....	187
Şekil B.20. PGV _{>80} grubu a-) CC-TCU052 kaydı FGS; b-) K-T kaydı FGS	187
Şekil B.21. YE içeren a-) CC-TCU075kaydı FGS; b-) CC-TCU068 kaydı FGS.....	188
Şekil B.22. YE içeren a-) LP-SWVC kaydı FGS; b-) K-G kaydı FGS	188
Şekil B.23. YE içeren a-) E-E kaydı FGS; b-) IV-HPO kaydı FGS	188
Şekil B.24. YE içeren a-) IV-ECD kaydı FGS; b-) CM-CM kaydı FGS.....	188
Şekil B.25. YE içeren a-) TI-T kaydı FGS; b-) D-D kaydı FGS	189
Şekil B.26. YE içermeyen a-) IV-ECA2 kaydı FGS; b-) CC-TCU084 kaydı	189
Şekil B.27. YE içermeyen a-) LP-C kaydı FGS; b-) K-I kaydı FGS	189
Şekil B.28. YE içermeyen a-) N-PKC kaydı FGS; b-) LP-GGC kaydı FGS.....	189
Şekil B.29. YE içermeyen a-) IV-BA kaydı FGS; b-) N-NFS kaydı FGS	190
Şekil B.30. YE içermeyen a-) TI-T kaydı FGS; b-) D-B kaydı FGS.....	190
Şekil B.31. D zemin grubu a-) D-B kaydı FGS; b-) N-NWPC FGS	190
Şekil B.32. D zemin grubu a-) CC-CHY101 kaydı FGS; b-) CC-TCU101 kaydı FGS.....	190
Şekil B.33. D zemin grubu a-) N-CCWLC kaydı FGS; b-) E-E kaydı FGS	191
Şekil B.34. D zemin grubu a-) IV-ECD kaydı FGS; b-) IV-ECA5 kaydı FGS	191
Şekil B.35. D zemin grubu a-) IV-ECA7 kaydı FGS; b-) D-D kaydı FGS	191

Şekil B.36. C zemin grubu a-) N-PKC kaydı FGS; b-) CC-TCU068 kaydı FGS.....	191
Şekil B.37. C zemin grubu a-) LP-SWVC kaydı FGS; b-) CC-CHY028 kaydı FGS.....	192
Şekil B.38. C zemin grubu a-) LP-C kaydı FGS; b-) IV-HPO kaydı FGS	192
Şekil B.39. C zemin grubu a-) CM-P kaydı FGS; b-) CM-CM kaydı FGS.....	192
Şekil B.40. C zemin grubu a-) CC-TCU103 kaydı FGS; b-) LP-SAA kaydı FGS.....	192

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 2.1. Doğrusal dinamik analizde yapılan kabuller ve elde edilen sonuçlar	23
Tablo 2.2. Çalışma yapısının geometrik ve malzeme özellikleri	23
Tablo 2.3. Donatı çeliği için gerilme ve birim şekil değiştirmeler.....	28
Tablo 2.4. Moment-eğrilik ilişkisi verilen kesitlerin akma ve kopma değerleri.....	32
Tablo 3.1. İYBDY'ne göre deprem düzeyleri	42
Tablo 3.2. YYMD'na göre deprem düzeyleri.....	43
Tablo 3.3. TBI-YBTE Dokümanına göre deprem düzeyleri	44
Tablo 3.4. 20 cm/sn < PGV < 40 cm/sn olan ivme kayıtları	46
Tablo 3.5. 40 cm/sn < PGV < 60 cm/sn olan ivme kayıtları	47
Tablo 3.6. 60 cm/sn < PGV < 80 cm/sn olan ivme kayıtları	49
Tablo 3.7. PGV > 80 cm/sn olan ivme kayıtları.....	50
Tablo 3.8. YE içeren deprem ivme kayıtları	53
Tablo 3.9. YE içermeyen deprem kayıtları.....	54
Tablo 3.10. YE içeren ve Vs = 180-360 m/sn olan (D grubu) kayıtlar	55
Tablo 3.11. YE içeren ve Vs = 360-760 m/sn olan (C grubu) kayıtlar	56
Tablo 3.12. Seçilen depremler için elde edilen ölçekleme katsayıları	67
Tablo 4.1. Çalışma yapısı kütle katılım oranları	73
Tablo 4.2. PGV değeri 20-40 cm/sn arasında değişen gruba ilişkin sonuçlar.....	78
Tablo 4.3. PGV değeri 40-60 cm/sn arasında değişen gruba ilişkin sonuçlar.....	83
Tablo 4.4. PGV değeri 60-80 cm/sn arasında değişen gruba ilişkin sonuçlar.....	91
Tablo 4.5. PGV değeri 80 cm/sn'den büyük olan gruba ilişkin sonuçlar.....	96
Tablo 5.1. YE içermeyen gruba ilişkin sonuçlar	117
Tablo 5.2. YE içeren gruba ilişkin sonuçlar	123
Tablo 6.1. D zemin sınıfından kayıtlardan oluşan gruba ilişkin sonuçlar	140
Tablo 6.2. C zemin sınıfından kayıtlardan oluşan gruba ilişkin sonuçlar	145
Tablo 6.3. Kat taşıyıcı elemanlarında plastikleşen kesit sayıları.....	162
Tablo A.1. Kolon ve kirişlere ilişkin kesit analizi sonuçları	179
Tablo A.2. Perdeler (900 cm) ilişkin kesit analizi sonuçları	180
Tablo A.3. Perdeler (750 cm) ilişkin kesit analizi sonuçları	181
Tablo A.4. Perdeler (250 cm) ilişkin kesit analizi sonuçları	182
Tablo B.1. Deprem kayıtlarının maksimum fourier genliğine karşı gelen frekans değerleri	193

SİMGELER VE KISALTMALAR

a	: İlgilenilen deprem kaydı bileşeni için ölçekleme katsayısı
A_o	: Etkin yer ivmesi katsayısı
b	: Kolun genişliği, m
b_i	: T_i periyodundaki hatanın karesi için ağırlık faktörü
b_w	: Kiriş genişliği, m
Δ	: Kat ötelenmesi, m
δ	: Göreceli kat ötelemesi
Δ_{fark}	: Değişik kayıt gruplarının kat ötelemeleri açısından oransal farkı
Δ_{max}	: Maksimum kat ötelenmesi, m
δ_{fark}	: Kayıt gruplarının göreceli kat ötelemeleri açısından oransal farkı
δ_{max}	: Maksimum göreceli kat ötelemesi
Δ_{min}	: Minimum kat ötelenmesi, m
δ_{min}	: Minimum Göreceli kat ötelemesi
E_s	: Donatı elastisite modülü, MPa
f_c	: Beton basınç dayanımı, MPa
f'_{cc}	: Sargılanmış betonun maksimum basınç dayanımı, MPa
f_{ck}	: Karakteristik beton basınç dayanımı, N/mm ²
f'_{co}	: Sargılanmamış betonun maksimum basınç dayanımı, MPa
f_s	: Donatıda oluşan gerilme, MPa
f_{su}	: Donatı kopma gerilmesi, MPa
f_{sy}	: Donatı akma gerilmesi, MPa
f_y	: Donatı akma dayanımı, N/mm ²
g	: Ölü yük, kN/m ²
g	: Yer çekimi ivmesi, m/sn ²
h	: Kolun yüksekliği, m
h_f	: Yapının kat yüksekliği, m
h_k	: Kiriş yüksekliği, m
I	: Bina önem katsayısı
M	: Kat eğilme momenti, kN.m
M_{fark}	: Değişik kayıt gruplarının momentler açısından oransal farkı
M_{max}	: Kattaki maksimum eğilme momenti, kN.m
M_{min}	: Kattaki minimum eğilme momenti, kN.m
M_u	: Kesit göçme momenti, kN.m
M_w	: Deprem moment büyüklüğü
M_y	: Kesit akma momenti, kN.m
N	: Yapının kat seviyesi
n	: Hareketli yük katılım katsayısı
n	: Ölçeklemede göz önüne alınan hedef spektral değerin sayısı
q	: Hareketli Yük, kN/m ²
R	: Deprem yükü azaltma katsayısı
R	: Deprem kaynağının alana (ivme kaydı ölçüm yerine) uzaklığı
$S(T)$: Spektrum katsayısı
$S_a(T)$: Elastik spektral ivme

T	: Bina hakim doğal titreşim periyodu, sn
T_A, T_B	: Zemin karakteristik periyotları
T_D	: Tasarım depremi periyodu, sn
T_i	: Herhangi bir andaki bina periyodu
T_M	: Göz önüne alınan en büyük depremin periyodu, sn
T_x	: Yapının x doğrultusundaki periyodu, sn
T_y	: Yapının y doğrultusundaki periyodu, sn
V	: Kat kesme kuvveti, kN
V_{fark}	: Değişik kayıt gruplarının kesme kuvvetleri açısından oransal farkı
V_{max}	: Kattaki maksimum kesme kuvveti, kN
V_{min}	: Kattaki minimum kesme kuvveti, kN
V_s	: Zemin dalgası kayma hızı, m/sn
y_i	: T_i periyodu çiftleri için spektral ordinatların geometrik ortalaması
y_{T_i}	: T_i periyodundaki hedef spektral ordinat
ϵ	: Malzeme için birim deformasyon
ϵ	: Ölçeklemedeki hata miktarı
ϵ_0	: Sargılanmamış betonun maksimum birim şekil değiştirmesi
ϵ_{cc}	: Sargılanmış betonun maksimum birim şekil değiştirmesi
ϵ_s	: Donatıdaki birim şekil değiştirme
ϵ_{sh}	: Pekleşme başlangıcındaki donatı birim şekil değiştirmesi
ϵ_{su}	: Donatı kopma birim şekil değiştirmesi
ϵ_{sy}	: Donatı akma birim şekil değiştirmesi
σ	: Gerilme, N/mm ²
ϕ_u	: Kesit göçme eğriliği, 1/m
ϕ_y	: Kesit akma eğriliği, 1/m

Kısaltmalar

COSMOS	: Consortium of Organization For Strong Ground Motion Observation System (Kuvvetli Yer Hareketi Gözlem Sistemi Organizasyon Birliği)
İYBDY	: İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği
NEHRP	: National Earthquake Hazards Reduction Program (Ulusal Deprem Hasarları Azaltma Programı)
PEER	: Pacific Earthquake Engineering Research Center (Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi)
TBI	: Tall Buildings Initiative (Yüksek Binalar Girişimi)
TBI-YBTE	: TBI-Yüksek Binaların Performansa Dayalı Tasarımı Esasları
TDY	: Türk Deprem Yönetmeliği
YYMD	: Yüksek Yapıların Tasarımı İçin Alternatif Yöntem Mutabakat Dokümanı

YAKIN SAHA KAYNAKLI DEPREM KAYITLARININ YÜKSEK YAPILARIN DAVRANIŞINA ETKİSİ

ÖZET

Yapı analizinde en güvenilir yöntem, zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz olarak kabul edilmektedir. Ancak, bu analiz yönteminde kullanılan ivme kaydının özellikleri, elde edilen sonuçları doğrudan etkilemektedir. Bu sebeple zaman tanım alanında yapılacak analizde kullanılacak kayıtların benzer özellikler taşıması, sonuçların güvenilirliği açısından son derece önemlidir. Söz konusu olan yüksek yapıların analizi ise, bu tarz yapılarda genellikle zaman tanım alanında analiz yapma zorunluluğu doğduğundan, analizlerde kullanılan deprem kayıtları daha da önem kazanmaktadır. Bu çalışmada betonarme bir yüksek yapının SAP2000NL sonlu elemanlar programı ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerde kullanılan depremler yakın saha kaynaklı depremler arasından seçilmiştir. Seçilen bu deprem kayıtları, tepe yer hızı, yönelim etkisi ve zemin dalgası kayma hızı gibi parametrelerin etkileri ayrı ayrı incelenebilecek şekilde gruplandırılmışlardır. Yapılan analizler sonucunda her bir kat seviyesindeki kesme kuvveti, eğilme momenti, kat ötelenmesi ve göreceli kat ötelenmesi gibi tepkiler elde edilmiş ve karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda deprem kaydının tepe yer hızı arttıkça yapıda oluşan zorların arttığı gözlemlenmiştir. Benzer olarak deprem kayıtlarının yönelim etkisi içermesi ve zemin dalgası kayma hızının düşmesi durumunda da yapıda oluşan zorların arttığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Tepe yer hızı (PGV), Yakın saha kaynaklı deprem, Yönelim etkisi, Yüksek yapı, Zemin dalgası kayma hızı

EFFECT OF NEAR FIELD GROUND MOTION CHARACTERISTICS TO THE RESPONSE OF HIGH RISE BUILDINGS

ABSTRACT

Nonlinear time history analysis (NTHA) is known to be the most reliable way of determining the response of structures especially when high nonlinearity is of concern. However; selection of ground motion records to be used in NTHA is one of the most important factors that affect the response of the structure. Consequently, it is of vital importance to select a proper set of ground motions for NTHA. In this study, NTHA of reinforced concrete high rise buildings are conducted by a set of near field ground motions grouped according to their peak ground velocity, directivity effect and soil shear wave velocity. Analysis are performed through structural analysis program SAP2000NL. The response quantities investigated in the analyses are shear force, bending moment, story drift and relative story drift. It is found that internal forces are increased by the increase of peak ground motion velocity. It is also found that internal forces also increase with a reduction in average shear wave velocity of the record. Finally, records that constitute distinct directivity effect result in increased response quantities compared to their counterparts with no directivity effect.

Keywords: Peak ground velocity (PGV), Near field ground motion, Directivity effect, High rise building, Soil shear wave velocity

GİRİŞ

Yapıların çözümlenmesi için yaklaşımları kısmen farklı olan statik ve dinamik analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler içinde en güvenilir kabul edileni zaman tanım alanında analiz (ZTAA) yöntemidir [1]. Bununla birlikte, ZTAA yöntemi beraberinde pek çok kabulü getirmekte ve yapılan bu kabuller de elde edilen sonuçların güvenilirliğini doğrudan etkilemektedir. ZTAA yönteminde dikkat edilmesi gereken en önemli noktalardan birisi analizde kullanılacak ivme kayıtlarının seçimidir. Meydana gelen her bir deprem farklı kaynak mekanizması, ortam yayılım ve yerel zemin etkilerine göre farklı özellikler ihtiva etmektedir. Bu sebeple elde edilen kaydın hız, ivme ve deplasman geçmişleri farklı karakteristik özellikler göstermektedirler. Sayılan bu farklılıklar sebebiyle depremler de birbirine göre yapılarda farklı tepkilere sebep olabilmektedir. Bu farklılıklardan başka, incelenecek yapının deprem merkezine olan mesafesi de yakın veya uzak ortam diye tanımlanabilecek bir diğer faktörün göz önüne alınmasını gerektirmektedir. Dolayısıyla farklı ivme kayıtları ile yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar da yapılar açısından farklılıklar göstermektedir.

Yapılan bu çalışmada yüksek yapıların yakın saha kaynaklı yer hareketleri altındaki davranışının incelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, deprem kayıtlarının seçiminde etkili olan değişkenler, yapının analitik modelinin kurulması sırasında yapılan kabuller, deprem kayıtlarının ölçeklenmesinde uygulanan yöntemler ortaya konmuş ve kullanılacak deprem kayıtları seçilmiştir. Seçilen bu yer hareketleri daha sonra uygun bir ölçekleme yöntemi kullanılarak ölçeklenmiş ve tipik bir betonarme yüksek yapının zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerinde kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda yapıda oluşan kesit zorları ve deplasmanlar elde edilmiştir.

Çalışmanın birinci bölümünde öncelikle herhangi bir yapının analizinde kullanılan yöntemler hakkında genel bilgiler verilerek, çalışmada kullanılan zaman tanım

alanında analiz yönteminin seçilme gerekçesi kısaca açıklanmıştır. Bu bölümde ayrıca yakın saha kaynaklı deprem hareketlerinin özellikleri ve bu deprem hareketleri ile yapılan analizlerin yapıda sebep olduğu değişimler tartışılmış ve zaman tanım alanında dinamik analizde kullanılacak ivme kayıtları ve bu kayıtların ölçeklenme gerekliliği ile ölçekleme yaklaşımları kısaca açıklanmıştır. Bölüm sonunda yüksek yapılar ile ilgili olarak yapılmış çalışmalara değinilerek çalışmanın amacı sunulmuştur.

İkinci bölümde çalışma yapısının geometrisi, kesit ve malzeme özellikleri ile analiz programı ve kesitlerin davranışı açıklanmıştır. Bu çerçevede yüksek katlı yapının her bir katında yer alan taşıyıcı elemanların kesit, donatı ve beton dayanım özellikleri ile bu kesitlerin yapıdaki konumları ayrıntılı olarak verilmiştir. Kesitlerde kullanılan beton ve çeliğin davranış modelleri ayrıntılı olarak açıklanmış ve kesitlerin doğrusal olmayan davranışı için gerekli olan kapasiteleri XTRACT kesit analiz programı ile elde edilmiştir. Yapı ve kesit geometrisi, XTRACT kesit analiz programından elde edilen kesit kapasiteleri ve literatürde yer alan plastik mafsallara uygun olarak SAP2000NL sonlu elemanlar analiz programı ile yapı analitik modeli oluşturulmuştur.

Çalışmanın, yer hareketleri ivme kayıtlarının seçimi ve ölçeklenmesi adı verilen üçüncü bölümünde öncelikle deprem büyüklüğü, kayıt yerinin fay yüzey kırığına olan mesafesi ve kaydın alındığı zemin sınıfı gibi kayıt seçimini etkileyen parametrelerin davranışa etkisi ortaya konmuştur. Burada genel olarak depremin büyüklüğünün, fay yüzey kırığı mesafesinin ve zemin dalgası kayma hızının (V_s) azalması/artması ile yapılarda oluşan iç etkilerin nasıl değiştiği açıklanmıştır. Bölümde ayrıca ivme kayıtlarının elde edilmesi açıklanmış ve yapay olarak elde edilmiş, benzeştirilmiş ve gerçek depremlerden elde edilen kayıtlar hakkında bilgiler sunularak her bir tür kaydın avantaj ve dezavantajları belirtilmiştir. Devamında deprem kayıtlarının seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlar açıklanarak, kullanılacak olan gerçek deprem kayıtlarının alındığı kaynaklara değinilmiş ve ölçekleme katsayıları ile analizde kullanılacak kayıt sayısı için bilgi verilmiştir. Analizlerde kullanılan kayıtların ölçekleme yaklaşımları ile yüksek

yapılar için belirlenmiş deprem seviyeleri ilgili yönetmelikler çerçevesinde ayrıntıları tamamlayıcı bilgi olarak ayrıca açıklanmıştır. Bölümde ayrıca, yakın saha kaynaklı depremlerin yönelim etkisinden (YE) bahsedilmiştir. Bölümün devamında yakın sahadan kaydedilmiş ve tepe yer hızı (PGV), 20-40 cm/sn, 40-60 cm/sn, 60-80 cm/sn arasında değişen ve 80 cm/sn değerinden büyük olacak şekilde dört grup deprem kaydı seçilmiştir. Bu dört gruptan başka, yakın sahadan kaydedilmiş YE içeren ve içermeyen kayıtlar ile iki ayrı grup daha oluşturulmuştur. Son olarak yine yakın sahadan kaydedilmiş ve ortalama zemin dalgası kayma hızı 180 m/sn ile 360 m/sn arasında değişen (D grubu zemin) ve 360 m/sn ile 760 m/sn arasında değişen (C grubu zemin) iki ayrı zemin sınıfı için de iki farklı deprem kayıt grubu oluşturulmuştur. Bu bölümde son olarak, zemin dalgası kayma hızına (zemin sınıfına) göre oluşturulan gruplarda yer alan kayıtlar zaman tanım alanında ölçekleme yöntemine göre ölçeklenmiş ve her bir kayıt için ölçekleme katsayıları elde edilmiştir.

Çalışma kapsamında, SAP2000NL sonlu elemanlar programı ile oluşturulan yapı analitik modeli ve seçilen yer hareketleri kullanılarak incelemeye konu olan yüksek yapının zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın dördüncü bölümünde, bahsedilen analizlerin özellikleri, kullanırken dikkat edilen hususlar belirtilmiştir. Bu bölümde ayrıca analizler sonucunda incelemeye konu olan yapıda oluşmuş eğilme momenti, kesme kuvveti, kat ötelemesi ve göreceli kat ötelemesi değerlerinin elde edilmesi ile ilgili bilgiler sunulmuştur. Bu bölümün devamında, PGV değerlerine göre gruplandırılan yer hareketleri kullanılarak gerçekleştirilen doğrusal olmayan her bir analizden elde edilen kesme kuvveti (V), eğilme momenti (M), kat ötelemesi (Δ) ve göreceli kat ötelemesi (δ) değerlerinin kat seviyesi (N) ile değişimi eğrileri sunulmuştur. Eğriler kıyaslanarak kayıtların PGV değerlerinin artışı ile incelemeye konu olan yapı tepkilerinin nasıl değiştiği tartışılmıştır.

Çalışmanın beşinci bölümünde YE içeren ve içermeyen ivme kayıtları ile yapılan analiz sonuçları sunulmuştur. Gruplarda yer alan her bir ivme kaydı ile yapılan analiz sonuçlarının ortalamalarının alınması ile elde edilen ortalama sonuçların

karşılaştırılması sonucunda, yönelim etkisinin yüksek katlı yapının tepkilerinde sebep olduğu farklılıklar incelenmiştir.

Altıncı bölümde zemin sınıfının bir göstergesi olan zemin dalgası kayma hızları göz önüne alınarak oluşturulmuş gruplara ilişkin analizlerin sonuçları sunulmuştur. Zemin dalgası kayma hızı, $180 \text{ m/sn} < V_s < 360 \text{ m/sn}$ (D zemin sınıfı) olan grup ile zemin dalgası kayma hızı, $360 \text{ m/sn} < V_s < 760 \text{ m/sn}$ (C zemin sınıfı) olan gruplarda yer alan ivme kayıtlarından elde edilmiş sonuçların ortalaması alınarak sonuçlar kıyaslanmıştır.

Son bölümde ise, çalışmadan elde edilen tüm sonuçlar bir arada sunulmuştur. Buna göre yer hareketi kayıt gruplarının PGV değeri arttıkça yapının her bir katında oluşan kesme kuvveti, eğilme momenti, kat ötelemesi ve göreceli kat ötelemesi değerlerinin arttığı gözlenmiştir. Bunun yanı sıra, yakın saha kaynaklı yer hareketlerinin YE içerenlerinden elde edilen yapı iç kuvvet ve deplasmanlarının, içermeyenlerden elde edilenlere göre daha büyük olduğu görülmüştür. Son olarak bu bölümde yer hareketinin alındığı zeminin kayma dalgası yayılım hızının azalması durumunda yapıda elde edilen kesme kuvveti, eğilme momenti, kat ötelemesi ve göreceli kat ötelemesi değerlerinin arttığı gözlemlenmiş ve gözlem sonuçları tartışılmıştır.

1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Çalışmanın bu bölümünde öncelikle yapıların analizinde kullanılan yöntemler, çalışmada kullanılacak zaman tanım alanında analiz (ZTAA) yöntemi ve deprem ivme kayıtlarının ölçeklenmesi için kullanılan yöntemlerdeki yaklaşımlar ortaya konacaktır. Bu bölümde son olarak yüksek yapılar hakkında yapılmış çalışmalardan bahsedilerek çalışmanın amacı sunulacaktır.

1.1. Genel Bilgi

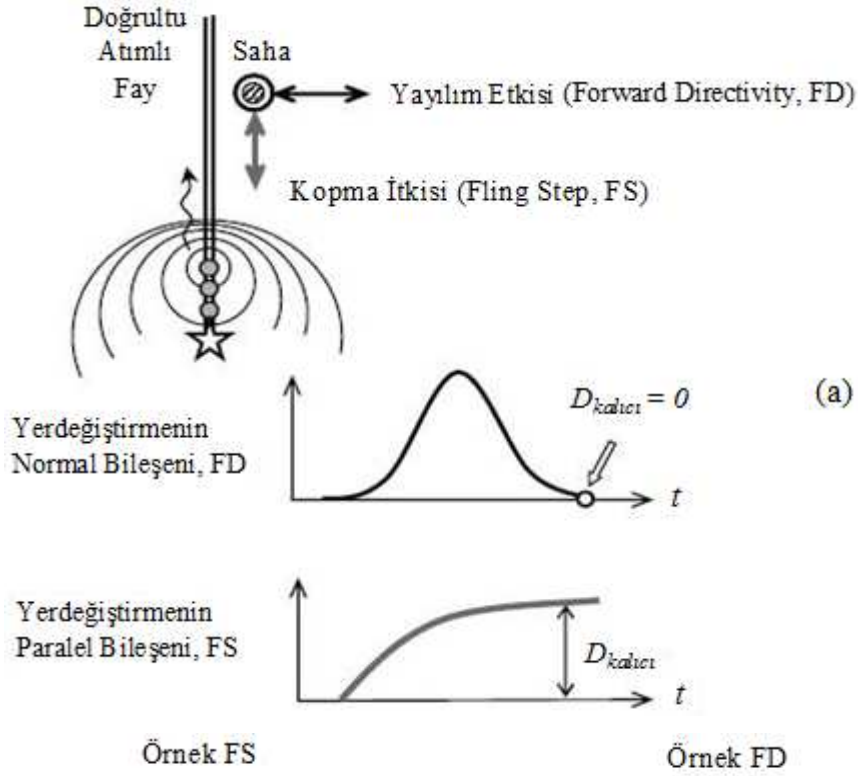
Yapıların analizinde, yaklaşımları kısmen farklı olan üç yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden ilki bir statik analiz yöntemi olan eşdeğer deprem yükü (EDY) yöntemi, ikincisi dinamik analiz yöntemi olan mod birleştirme (MB) yöntemi, üçüncüsü ise bir diğer dinamik analiz yöntemi olan zaman tanım alanında analiz ZTAA yöntemidir [1].

Bahsedilen yöntemlerden, yapı ilk titreşim modunu esas alan EDY yöntemi, her kat seviyesine etkiyen deprem kuvvetlerinin kat kütlesi ve katın temelden yüksekliği ile orantılı olduğunu kabul etmektedir. Yapı ağırlığı, bina önem katsayısı, birinci titreşim periyodu, davranış katsayısı, zemin özellikleri ve etkin yer ivmesi katsayısı gibi parametrelere göre belirlenen toplam eşdeğer deprem yükünün kat seviyelerine düşen miktarlarının binanın asal doğrultularında ilgili kütle merkezlerine ayrı ayrı etkidiği kabul edilerek, taşıyıcı sistem elamanlarındaki iç kuvvetler bulunmaktadır. Yöntem binanın birinci titreşim modunu temel alması sebebiyle, düzensizliği olmayan belli bir yükseliğe kadar olan yapılar için kullanılabilen ve yüksek yapıların analizinde kullanılması uygun olmamaktadır. Yapıların analizi için kullanılan bir diğer yöntem olan MB yöntemi, toplam deprem kuvvetinin bulunmasında birinci titreşim periyodunun yanı sıra diğer titreşim periyotlarını da esas almaktadır. Bu yöntem çok serbestlik

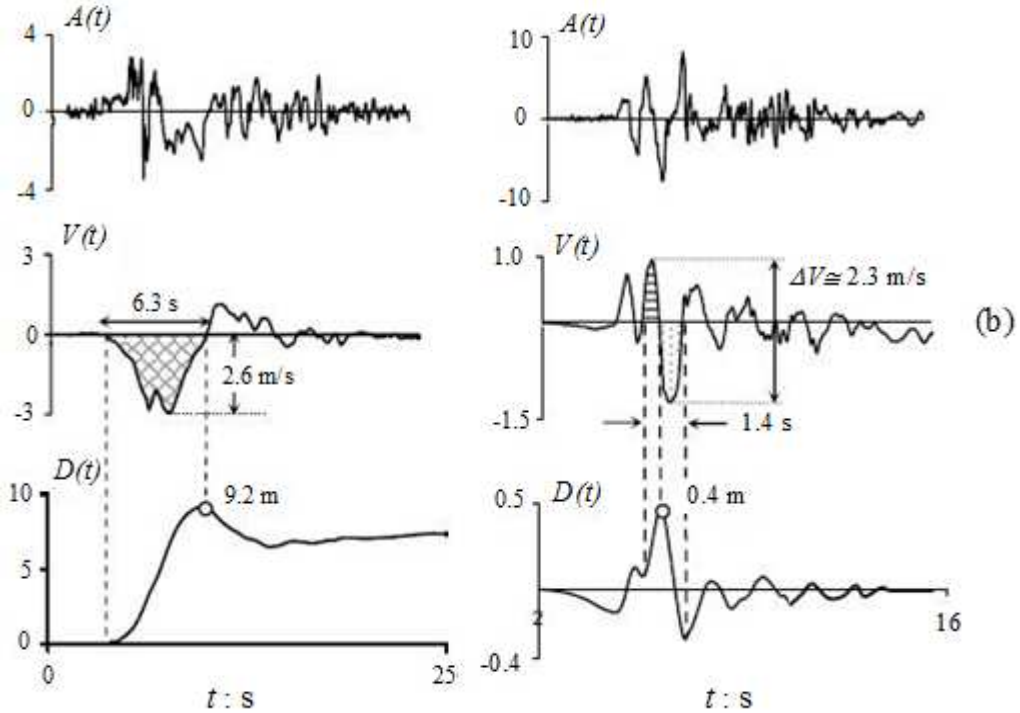
dereceli sistemlerin davranışını veren parametrelerin her bir mod şekli için ayrı ayrı değerlendirilmesi olarak da düşünülebilir. Bu yöntem yüksek yapıların analizinde kullanılabilirlikle birlikte, bir hedef tasarım spektrumuna odaklanması ve yer hareketlerinin pek çok özelliğini göz ardı etmesi sebebiyle sonuçların güvenilirliği nisbeten azalabilmektedir. Son analiz yöntemi olan ZTAA yöntemi ise, gerçek deprem kayıtlarının kullanılması sebebiyle MB yönteminde bahsedilen olumsuzluklar bertaraf edildiğinden, yapıların deprem etkisindeki davranışını en iyi tahmin eden yöntem olarak kabul edilmektedir. Bu yöntemde, genellikle geçmişte oluşmuş depremlerden elde edilmiş gerçek ivme kayıtları esas alınmakta, bu sayede hesapta yapının maruz kalabileceği depremin büyüklüğü, yapının faya olan mesafesi, yapının bulunduğu zemin durumu gibi tasarımda etkili olduğu bilinen değişkenler gerçekçi olarak hesap modeline yansıtılabilmektedir. Yukarıda EDY ve MB yöntemleri için bahsedilen kısıtlar sebebiyle bu çalışma kapsamında yapılacak analizlerde ZTAA yöntemi kullanılmıştır.

1.2. Yakın Saha Kaynaklı Depremler

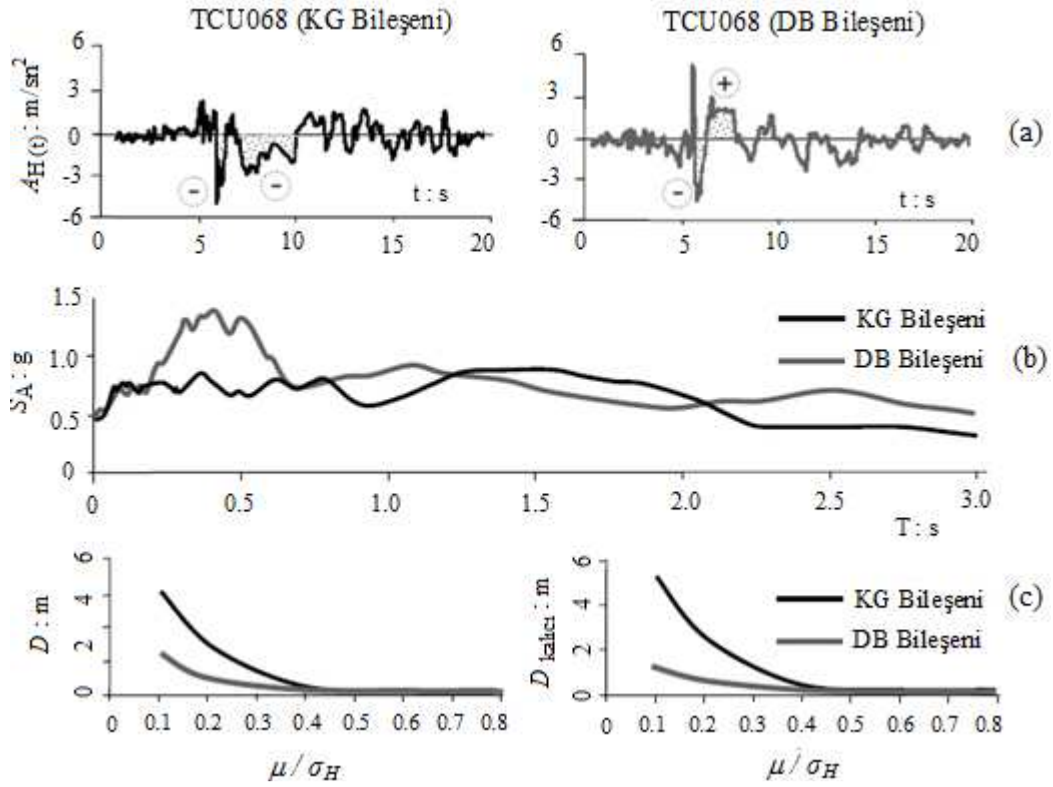
Yakın saha, depremin kaynak mekanizmasından yaklaşık 20 km uzaklığa kadar olan bölgeler kabul edilmektedir [2]. Yakın saha etkisi her ne kadar depremin kaynak mekanizmasından 20 km uzaklığa kadar olan mesafe kabul edilse de, bu saha içinde yer alan kayıtları önemli kılan asıl unsur, deprem kaydındaki bazı özelliklerin daha yıkıcı etki yaratmasıdır. Yakın saha etkilerinin iki türü yayılım etkisi (Forward Directivity, FD) ve kopma itkisi (Fling Step, FS) olarak adlandırılmakta ve FD dalga yayılım etkisi, FS ise yerin kalıcı deplasmanı olarak bilinmektedir. Bahsedilen FD ve FS etkilerine genel anlamda yönelim etkisi (YE) adı verilmektedir [3]. Şekil 1.1’de bir depremde oluşan ve yukarıda bahsedilen FD ve FS etkileri gösterilmiştir. Şekil 1.1 (a)’da FD etkisi faya dik, FS ise faya paralel doğrultudaki etkiyi ifade etmekte ve FD etkisinde depremin kalıcı yer deplasmanı oluşmamakta ancak FS etkisinde oluşmaktadır. Şekil 1.2 (a)’da Chi Chi depreminin TCU 068 kaydına ait ivme zaman eğrileri, (b)’de kayıtlara ilişkin spektral ivme (S_A) – periyot (T) eğrileri, (c)’de ise kayıtlara ilişkin yer deplasmanları verilmiştir.



1999, Chi Chi Depremi, TCU068 Kaydı 1995, Kobe Depremi, Fukiai Kaydı



Şekil 1.1. Yayılım etkisi (FD) ve kopma itkisi (FS) içeren depremlerin şematik açıklaması, (a) Şematik gösterim; (b) Gerçek kayıtlar ile gösterim [3]

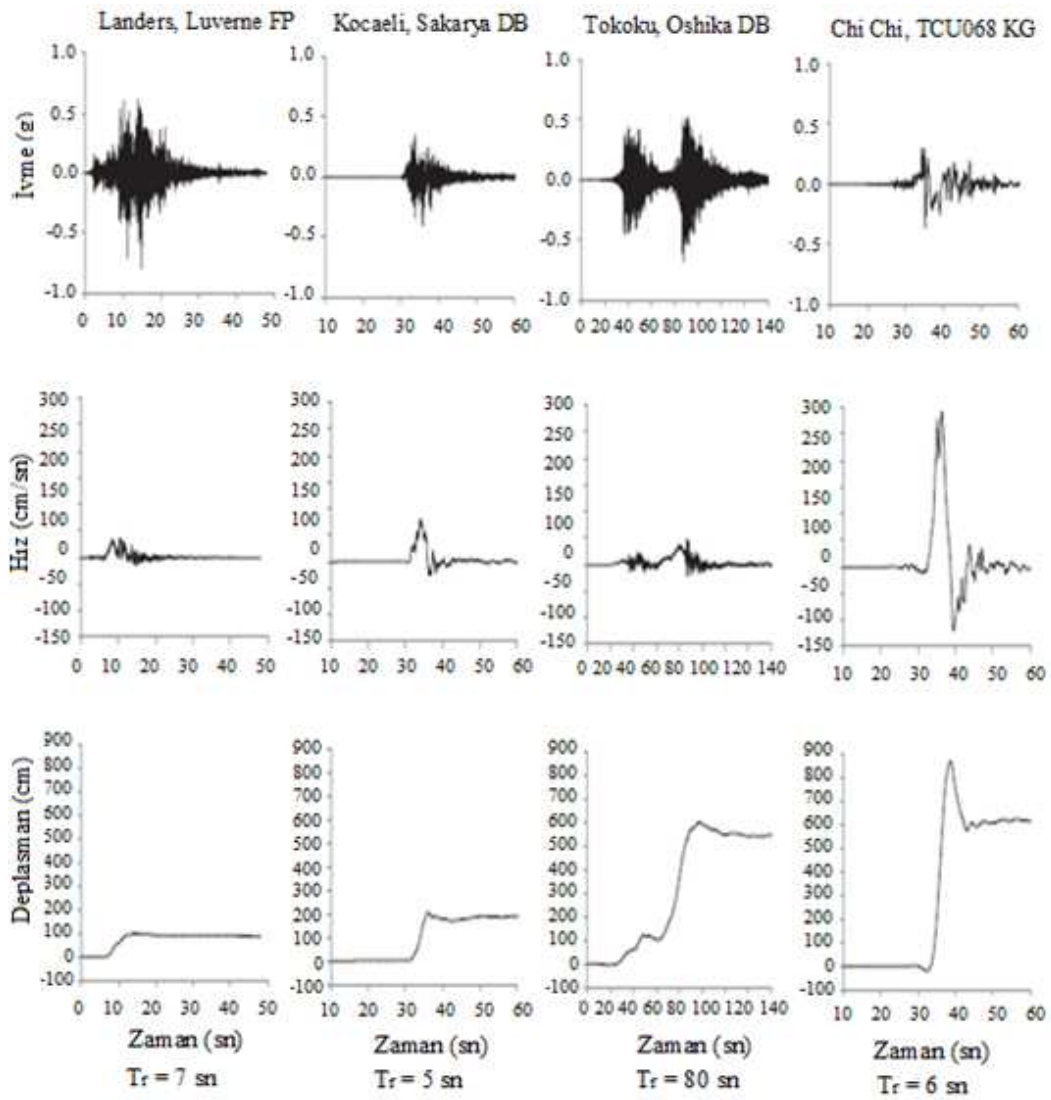


Şekil 1.2. Chi Chi depreminin TCU068 kaydının iki bileşeninde FS etkisi (a) Kayıtların ivme-zaman eğrisi, (b) $S_A - T$ eğrisi (c) Yer değiştirme - $\mu/\alpha H$ eğrisi (μ : Coulomb sürtünme katsayısı; $\alpha H = A_H/g$; A_H : Yatay maksimum ivme) [3]

Şekillerde görüldüğü üzere DB kaydının tepe yer ivmesi (PGA) ve S_A değeri daha büyük olmasına rağmen KG kaydında elde edilen deplasmanlar daha büyük olmuştur [3]. Açıklanan bu oluşumlar dolayısıyla yakın sahadan kaydedilmiş YE içeren depremler, yakın sahadan kaydedilmiş YE içermeyen depremler ile uzak sahadan kaydedilmiş depremlere göre oldukça farklı davranışa sebep olabilmektedir.

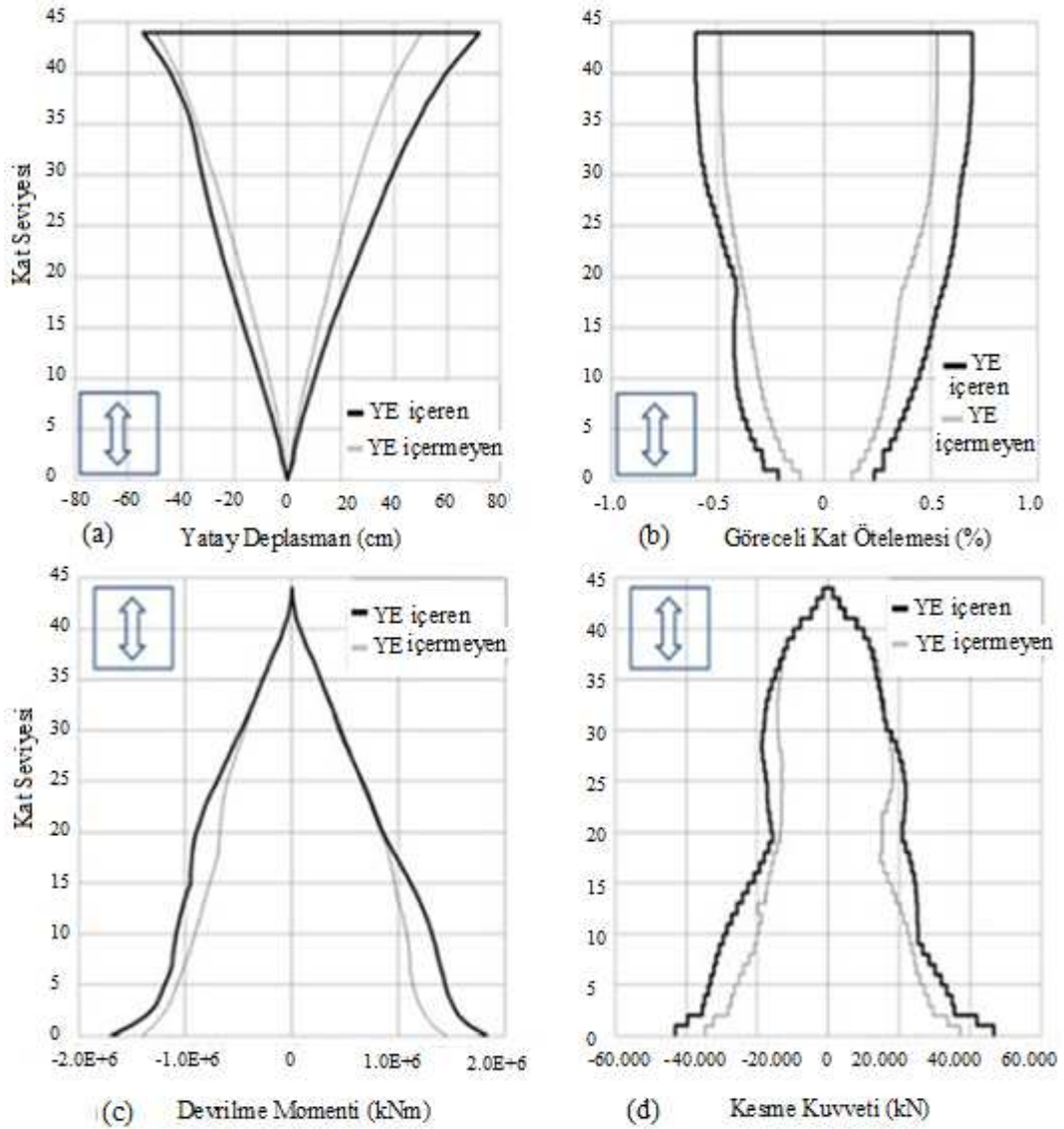
Liao vd. [4] tarafından yapılan, farklı depremlere maruz betonarme çerçeve yapıların doğrusal olmayan davranışını incelediği çalışmada 5 ve 12 katlı betonarme çerçeve yapılar, YE içeren yakın saha etkili 1999 Chi Chi depremi ile yine aynı bölgede meydana gelen ancak uzak saha etkili olan depremlere maruz bırakılmıştır. Çalışmada kullanılan tüm deprem grupları, aynı tepe yer ivmesine (PGA) göre ölçeklenmesine rağmen yakın saha etkili depremlerden elde edilen katlar arası ötelemeler uzak saha etkili depremlerden elde edilenlere göre daha yüksek elde edilmiştir.

Ventura vd. [5] tarafından gerçekleştirilen çalışmada, YE içeren 1992 Landers depreminin Lucerne kaydının faya paralel (FP), 1999 Kocaeli depreminin Sakarya DB, 2011 Tohoku depreminin Oshika kaydının DB ve 1999 Chi-Chi depreminin TCU068 kaydının KG bileşenleri kullanılmıştır. Şekil 1.3’de bahsedilen deprem kayıtlarının ivme-zaman, hız-zaman ve deplasman-zaman grafikleri verilmiştir. İvme-zaman kayıtlarında değişimin olduğu sürede, hız-zaman ve deplasman-zaman grafiklerinde de ani değişimlerin olduğu göze çarpmaktadır. Grafiklerde gözlemlenen bu değişimlerin basit anlamda YE olduğu söylenebilmektedir.



Şekil 1.2. Ventura vd. tarafından yürütülen çalışmada kullanılan yakın sahadan kaydedilmiş YE içeren kayıtların ivme-zaman, hız-zaman, deplasman-zaman grafikleri (*Yükselme süresi (T_r) kayda değer ölçüde deplasman değişiminin başladığı an ile en büyük deplasman değerine ulaşıldığı an arasında kalan süre olarak tanımlanmaktadır) [5].

Yürütülen bu çalışmada kullanılan 44 katlı yapı 1995 Kanada Ulusal Yapı Yönetmeliği'ne (National Building Code of Canada) göre tasarlanmıştır. Yakın sahadan kaydedilmiş, YE içeren kayıtlar ile aynı depremin yakın sahadan kaydedilmiş YE içermeyen kayıtları kullanılarak 44 katlı betonarme bir bina için zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz gerçekleştirilmiştir. Bahsedilen analizlerden elde edilen eğriler Şekil 1.4'de verilmiştir.



Şekil 1.3. Kocaeli depreminin Sakarya kaydının kuzey-güney (KG) bileşenine maruz 44 katlı yapının tepkisi [5]

Şekil 1.4'de verilen eğriler 1999 Kocaeli depreminin Sakarya kaydının kuzey-güney (KG) bileşeninin YE içeren ve içermeyen kayıtlarının kullanıldığı zaman tanım alanında dinamik analiz sonuçları göstermektedir. Şekil 1.4 (a)'da YE

içeren kayıtlardan elde edilen kat yatay deplasmanlarının, (b)'de göreceli kat ötelenmelerinin, (c)'de yapı devrilme momentlerinin, (d)'de ise kat kesme kuvvetlerinin YE içermeyenlerden elde edilenlere göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar da, yakın sahadan kaydedilmiş YE içeren depremlerin yapıların tepkisinde önemli değişikliklere sebep olduğunu göstermektedir.

1.3. Zaman Tanım Alanında Dinamik Analizde Kullanılacak İvme Kayıtları

Yüksek yapılarla ilgili yapılmış çalışmalarda, ZTAA yönteminin uygulama zorlukları sebebiyle çoğu zaman statik veya dinamik analiz yöntemleriyle yapıya ait kapasite eğrisi elde edilmekte, bu kapasite eğrisi de, tasarım spektrumuna göre belirlenen deprem istemi ile kıyaslanarak yapının durumuna ilişkin bir değerlendirme yapılmaktadır. Yapılan çalışmaların hemen hemen hepsinde ise elde edilen sonuçlar zaman tanım alanında dinamik analiz sonuçlarıyla kontrol edilmektedir. Bunun yanı sıra yüksek yapılar ile ilgili referans kaynaklarda bu yapıların tasarım ve değerlendirmesinde az ve orta katlı yapılardan farklı olarak bazı koşullar sunulmaktadır. Uniform Building Code (UBC-1997) [6] adlı döküman, yapı yüksekliğinin 73 metreden fazla olduğu durumlarda MB yöntemi veya ZTAA yöntemi ile bir dinamik analiz yapılmasını istemekte, bunun yanında yüksek yapıların pek çoğunda plan ve kat seviyelerinde oldukça fazla düzensizlikler bulunduğundan özellikle ZTAA yöntemi ile analiz önermektedir. Benzer şekilde Eurocode 8 [7] ve Çin Deprem Yönetmeliği de [8] uzun açıklıklı köprü, düzensizliği fazla olan yapılar ile yüksek binalar gibi özel yapılarda ZTAA yöntemi ile dinamik analiz yapılmasını gerekli kılmaktadır. Tüm bu kaynaklarda ZTAA yöntemi ile analiz önerilmesine rağmen, bu analiz yönteminde hangi depremin kullanılması gerektiğine ilişkin bir öngörüle çoğu zaman bulunulmamıştır. Bu sebeple ZTAA yöntemi ile analizde temel zorluk hangi deprem kaydının analiz için uygun olduğuna karar verebilmektir.

Yang vd. [9] bahsedilen konu hakkında yaptıkları çalışma sonucunda deprem kayıtlarının yapı doğal periyodu veya belli bir periyot aralığı gibi iki farklı şekilde seçilmesini önermiştir. Benzer konuda Lee vd. [10], üç zemin sınıfı için belli

sayıda deprem kaydı kullanarak yaptığı çalışmada yüksek yapılar için zaman tanım alanında dinamik analizler gerçekleştirmiştir. Bu çalışma sonucunda, seçilen deprem kaydının yapıldığı zemin özelliklerinin önemli bir parametre olduğu belirtilmiştir. Malhotra [11] konu hakkında yaptığı çalışma sonucunda, deprem kayıtlarının alana özgü spektrumunun hedeflenen bir spektrum ile eşleştirilmesi için yöntem önermiştir. Çalışmada alana özgü elde edilen spektrumların depremin büyüklük, frekans dağılımı ve süre gibi etkilerini iyi benzeştirdiği belirtilmiş gerçekçi hasar analizi için gerekli olduğu ifade edilmiştir. Naeim vd. [12] ise kayıtların seçimi ile ilgili yaptığı çalışmada deprem kayıtlarının verilen bir alana özgü tasarım spektrumu ile eşleştirilmesi için uygun bir algoritma kullanılmasının gerekliliğine vurgu yapmıştır.

Bahsedilen çalışmaların çoğu ZTAA yönteminde kullanılacak kaydın seçimi için, verilen bir tasarım spektrumu ile seçilen deprem kayıtlarının eşleştirilmesine odaklanmıştır. Fakat deprem yönetmeliklerinde verilen tasarım spektrumu, istatistiklerden elde edilen ortalama bir değere göre belirlenmektedir. Bu sebeple özellikle sismik hareketliliği yüksek bölgelerde bu yolla seçilen deprem kayıtlarının kullanılması uygun olmayabilmektedir [13]. Birçok araştırmacı, ZTAA yönteminde kullanılacak deprem kaydının elde edilmesi ile ilgili çalışmasına rağmen bu konuda henüz oluşmuş bir fikir birliği bulunmamaktadır.

Bir depremin büyüklüğü, o deprem sırasında açığa çıkan enerjisinin büyüklüğünü esas alan Richter ölçeğine göre tanımlanmasına rağmen, bu ölçü o depremin merkezinden uzaktaki hasarın tanımlanması için kullanılamamaktadır. Öte yandan, depremin bir bölgedeki hasarını tanımlamak için Geliştirilmiş Mercalli Yoğunluk (MMI^1) ölçeği kullanılabilir. Ancak yapıda oluşan deprem hasarı, yapının tasarım yöntemi, malzemesi, üretim sırasındaki kalite kontrolü gibi özelliklere bağlıdır. Belirsizlikleri çok fazla olan bu ölçeklemenin deprem tanımlamasında kullanılması uygun olmayan yanlış değerlendirmelerle sonuçlanabilmektedir. İlk deprem kaydının gerçekleştirildiği andan bu yana dünya çapında pek çok yerden kaydedilmiş kayıtların sayısı binlerle ifade edilen rakamlara ulaşmıştır. Araştırmacılar, kaydedilen bu yer hareketlerini tepe yer

ivmesi (PGA^1), tepe yer hızı (PGV^1), tepe yer deplasmanı (PGD^1), anlık en büyük hız değişimi (IV^1), anlık en büyük yerdeğiştirme (ID^1) [14], etkili en büyük ivme (EPA^1), etkili en büyük hız (EPV^1) [15], deplasman sünekliği, enerji girişi ve çevrimsel enerji gibi karakteristik özelliklerinin yaratacağı olası hasar potansiyeline göre gruplandırmışlardır. Bu gruplandırmaya rağmen kaydın hangi özelliğinin ne tür yapıda nasıl bir etki yaratacağına ilişkin bir genelleme yapılması henüz mümkün olmamaktadır. Bu sebeple analizi yapılacak bir yapının niteliğine göre deprem kaydının seçilebilmesi için saha ve yapıya özel çalışmaların yapılmasını gerektirmektedir.

Zaman tanım alanında analizi etkileyen en önemli parametre kullanılan ivme kaydının içeriğidir. Doğası gereği, oluşan her bir depremin değişik pek çok karakteristik özelliği bulunmaktadır. Her bir deprem hareketinden elde edilen PGA, PGV, PGD ve frekans içeriği gibi özellikleri farklı olabilmektedir [16]. Bahsedilen bu farklı özelliklerin de yapının vereceği tepkiyi ne şekilde etkilediği hala tam olarak bilinmemektedir. Bu sebeple farklı özellikteki deprem kayıtları ile ZTAA yöntemi yapılması konusunda çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde elde edilen mevcut bilgiler ışığında bazı öngörülerle kaydın içeriklerine göre hedeflenen tepki parametresi için kayıt seçimi yapılarak zaman tanım alanında dinamik analizler gerçekleştirilmektedir. Yönetmeliklerde genellikle ZTAA yöntemi ile analizi önerilen yüksek yapıların, doğrusal olmayan davranışı uzun periyotlu yer hareketlerine oldukça duyarlıdır. Bahsi geçen uzun periyotlu bu yer hareketleri ise çoğu zaman yakın saha kaynaklı depremler olmaktadır. Ciddi hasarların oluştuğu orta büyüklükte kabul edilen 6,7 moment büyüklüğüne sahip 1971 San Fernando depremiyle ilgili Bertero [17] tarafından bir çalışma yapılmıştır. Bertaro tarafından yapılan bu çalışmada, oluşan ağır hasarların YE sebebiyle olduğu, orta büyüklükte olmasına rağmen, depremin kaynak mekanizmasına yakın olan binaların az sayıda büyük yer değiştirmelerden ziyade, tutarsız pek çok küçük salınım ile zarar gördüğü sonucuna ulaşılmıştır. Anderson ve Bartero [18] tarafından 10 katlı binalar ile gerçekleştirilen parametrik çalışmada YE içeren 1979 Imperial Valley depremi kullanılmıştır.

¹ Uluslararası literatüre uygun olması açısından bu kısaltmalar kullanılmıştır

Çalışma sonucunda yapı tepkisinin (a) yapı hakim periyodu ile deprem süresi arasındaki ilişki, (b) yapı tasarım akma direnci katsayısı ile depremin hızlanması arasındaki ilişkiye hassasiyet gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Kalkan ve Kunnath [19] tarafından yapılan ve yapıların sismik tepkisinde YE araştırıldığı çalışmada yapıların maksimum deprem talebinin, YE içeren depremin periyodu ile yapının hakim periyodu oranının fonksiyonu ile ilgili olduğu belirlenmiştir.

Şimdiye kadar yapılan çalışmaların ışığında, zaman tanım alanında kullanılacak deprem kayıtlarının karakteristik özellikleri konusunda tam bir fikir birliğinin oluşmamış olduğu gözlenmektedir. Ayrıca, çoğu zaman kaydedilen deprem kaydının da mevcut haliyle kullanılmasının mümkün olmadığı anlaşılmaktadır. Bu sebeple, deprem kayıtlarının belli bir spektruma göre ölçeklenmesi çok uygulanan bir adım olup buna ilişkin bilgiler sonraki bölümde sunulmuştur.

1.4. Deprem Kayıtlarının Ölçeklenmesi İçin Yaklaşımlar

Deprem kayıtlarının ölçeklenmesinde amaç, depremlerden elde edilmiş gerçek ivme kayıtlarının yönetmeliklerin talep ettiği tasarım ivme spektrumlarına uygun hale getirilmesidir. Tasarım ivme spektrumlarına uygun deprem kayıtları elde etmek için yapılan ölçekleme, frekans tanım alanında yapılabildiği gibi zaman tanım alanında da yapılabilmektedir. Her iki yöntemde de tek bir kayıt için ölçekleme yapılabildiği gibi bir kayıt grubu için de ölçekleme yapılabilmektedir. Aşağıda ivme kayıtlarının ölçeklenmesi için bahsedilen yaklaşımlar irdelenmiştir.

1.4.1. Frekans tanım alanında ölçekleme

Kaydedilmiş deprem kayıtlarının frekans tanım alanında ölçeklenmesi ile tasarım ivme spektrumuyla uyumlu deprem kayıtları elde edilebilmektedir. Frekans tanım alanında yapılan ölçeklemede deprem kaydının frekans içeriği değişmekte, buna ilaveten kayıtlar eşit yer değiştirme kuralını sağlamamaktadır. Bu sebeple frekans tanım alanında ölçekleme yöntemi kullanılarak elde edilen kayıtların yapıların doğrusal olmayan hesabında kullanılması uygun olmamaktadır [20-22].

1.4.2. Zaman tanım alanında ölçekleme

Bu yöntemde deprem kaydı aynı miktarda aşağı ya da yukarı yönde ötelenerek istenilen tasarım ivme spektrumuna uygun ölçekleme yapılmaktadır. Ölçekleme tek bir kayıt için yapılabildiği gibi bir kayıt grubu için de yapılabilmektedir. Tek bir kayıt için ölçekleme ilk kez nükleer santral yapılarının zaman tanım alanında doğrusal analizi için geliştirilmiştir [23]. Bu yaklaşım deprem kaydının sadece tek bir yatay bileşenini temel alan deprem kaydının zaman tanım alanında ölçeklenmesini içermektedir [24]. Yöntemde en küçük kareler tekniği kullanılarak ölçeklenmiş hareketin davranış spektrumu ile hedeflenen tasarım ivme spektrumu arasındaki farkın en aza indirilmesi hedeflenmektedir [25]. Bir kayıt grubunun zaman tanım alanında ölçeklemesi yaklaşımı yapıların doğrusal olmayan analizi için son çeyrek yüzyılda geliştirilmiştir [23]. Bu yaklaşımda kaydın tek bir bileşeni yerine bileşen çiftleri göz önünde bulundurulmakta ve periyodun belli bir aralığı için ölçekleme yapılmaktadır. Tasarım yönetmeliklerinde, kayıt grubunda yer alan tüm kayıtların bileşen çiftlerinden elde edilen %5 sönümlü spektrumun, ordinatlarının karelerinin karekökünün ortalamasının (SRSS), %5 sönümlü hedef spektrumunun 1,3 katından daha aşağıda olmaması istenmektedir [26,27]. Ölçeklemede göz önünde bulundurulan periyot aralığı bazı kaynaklarda [26, 27] 0,2T ile 1,2T (T = Bina hakim doğal titreşim periyodu), bazı kaynaklarda ise [28] 0,2T ile 2,0T olarak tanımlanmaktadır. Zaman tanım alanında yapılan hesapta en az üç deprem kullanılabileceği gibi daha fazla sayıda depremde kullanılabilmektedir. Zaman tanım alanında hesapta üç adet deprem kullanılması durumunda ilgilenilen sonuç değerlerinin en büyüğü, yedi ve daha fazla sayıda kaydın kullanılması durumunda ise sonuçların ortalamasının alınması önerilmektedir [26,28]. Dinamik analizden elde edilen taban kesme kuvveti ve maksimum deplasmanların eşdeğer deprem yükü yöntemi gibi basitleştirilmiş elastik yöntemden hesaplanan değerlerin belli bir oranından daha düşük olmaması istenmektedir. Bu oran bazı kaynaklara göre %90 iken [28,29], bazılarında ise %70-%90 aralığında olmaktadır [16].

Yapıların zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesabı konusundaki temel uzlaş, sonuçların seçilen deprem kayıtları ve ölçekleme için izlenen yöntemle bağılı olduğudur. Sonuçların tahmin edilenin üstünde veya altında olması seçilen deprem kayıtları ve ölçekleme yönteminden doğrudan etkilenmektedir [23,30]. Kayıtların ölçeklenmesi yapı hakim periyodunda veya belli bir periyot aralığında olmak üzere iki yaklaşımla yapılabilmektedir. Bu yaklaşımlar kısaca özetlenerek yapılacak çalışmada uygun olan yöntem aşağıda açıklanmıştır.

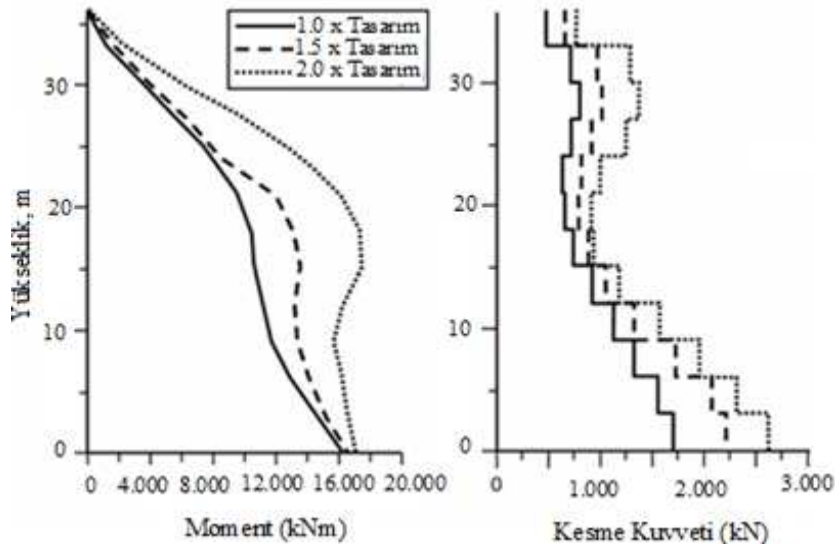
Zaman tanım alanında yapı hakim periyodunda ölçeklemede, seçilen kayıt grubu, yapı hakim periyodunda tasarım spektrumu ile eşleştirilmeye çalışılmaktadır. Bu yöntemdeki temel çekince sadece yapı ana periyodunun göz önüne alınmasıdır. Çünkü genellikle bir yapının hakim periyodu kesin olarak belirlenmemektedir. Bununla birlikte yapıdaki hasarın artışı ile birlikte yapının periyodu hemen büyümektedir. Dahası, bir yapının tepkisinde yüksek modların katkısının önemli olmasının beklendiği durumlarda, hakim periyottan küçük olan yüksek mod periyotları da sonuçlarda önemli olmaktadır [24,31].

Kayıtların zaman tanım alanında bir periyot aralığında ölçeklenmesi de uygulanan bir ölçekleme yaklaşımıdır. Bir yapıda hasarın başlaması ile yapı periyodunda da büyüme başlamaktadır. Bu konuda geçmişte yapılan bazı çalışmalarda yapı periyodundaki artış miktarının, yapının doğrusal olmayan davranışı ile ilgili olduğunu gösteren bazı bulgular elde edilmiştir [16,32]. Bu çalışmalar ışığında, analizde kullanılacak kayıtların tek bir periyotta ölçeklenmesinden ziyade bir periyot aralığında ölçeklenmesi önemli hale gelmektedir. Kayıtların belli bir periyot aralığında ölçeklenmesi, her bir kaydın spektral ordinatları ile hedef/tasarım spektrumu arasındaki farkların karelerinin toplamını en aza indirmeyi sağlamaktadır. Yönetmelikler bazı yapıların hesabında bir kaydın iki yatay bileşeninin her ikisinin kullanılmasını istemektedir [28]. Her iki kaydın kullanılacağı durumlarda ise, tek doğrultuda ölçeklemede hataları en aza indirmede izlenen yolun, kaydın iki bileşeninin geometrik ortalaması için de izlenmesini gerektirmektedir [23]. Bir kaydın iki bileşeninin ölçeklenmesi için izlenen bu yol geometrik ortalama ölçeklenmesi olarak adlandırılmakta ve

ölçeklemeden elde edilen aynı ölçekleme katsayısı, analiz sırasında kaydın her iki bileşeni içinde kullanılmaktadır. Böylelikle YE görülen kayıtlarda, iki bileşen arasındaki farkı korumak mümkün olmaktadır [24,33].

1.5. Literatürde Yüksek Yapı Analizi

Yüksek yapılarda alt katlarda hasar oluşumuyla birlikte üst katlarda oluşan eğilme momenti ve kesme kuvvetleri de artma eğiliminde olmaktadır. Priestley ve Amaris [34] tarafından yapılan, deprem seviyelerinin değiştiği perdeli yüksek katlı yapılarla ilgili çalışmada, tüm deprem seviyelerinde yapının alt katlarında yer alan perdeler moment kapasitesine ulaşmasına rağmen, üst katlarda oluşan moment ve kesme kuvvetlerinin artmaya devam ettiği belirlenmiştir (Şekil 1.5).

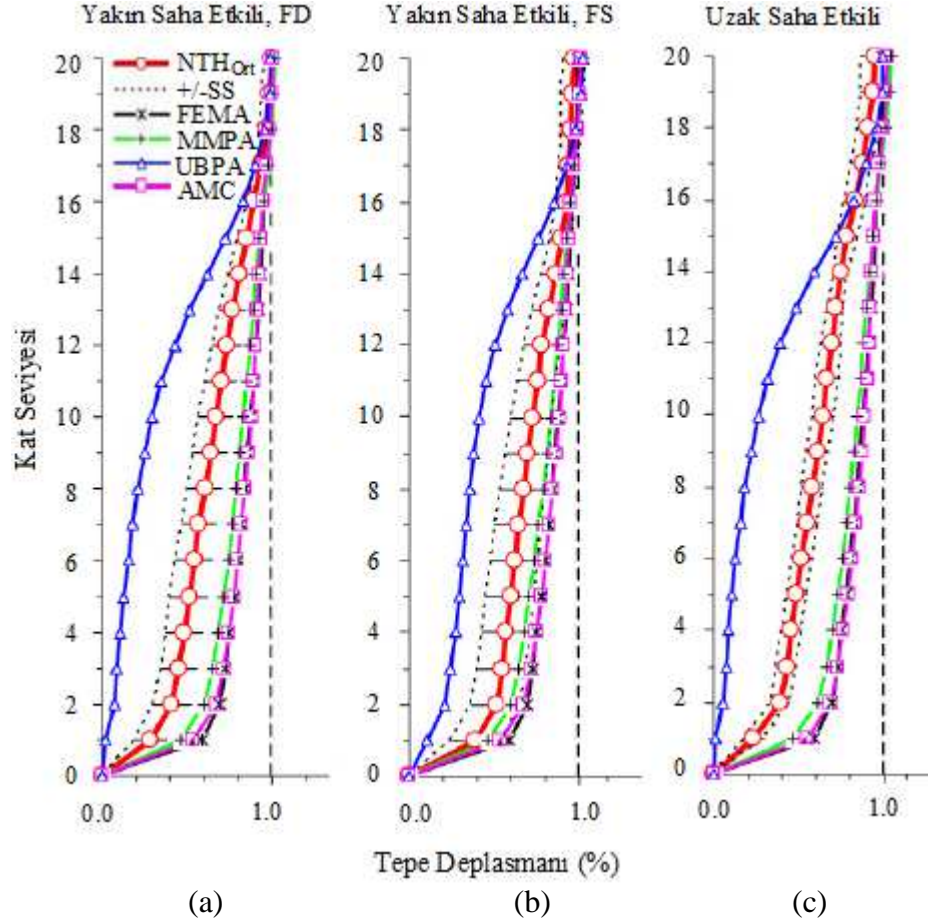


Şekil 1.5. Deprem seviyesinin perde momenti ve kesme kuvvetine etkisi [34]

Şekil 1.5.'de verilen bu durum çeşitli modlardaki yatay deformasyonların ve sarsıntının şiddetinin artmasıyla artan iç kuvvetlerin birleşmesi sebebiyle oluşmaktadır. Bu davranış yüksek yapıların, orta bölgesine yakın yükseklikte yer alan ikincil perde elemanlarda plastik mafsalların oluşmasına yol açabilmektedir. Açıklanan durumlar sebebiyle yüksek yapılar ile ilgili yapılan çalışmalarda çoğu zaman doğrusal olmayan bir analiz yapılması gerekli olmaktadır. Bu konuda El Sheikh vd. [35] tarafından yapılan çalışmada, kat yüksekliği değişen betonarme

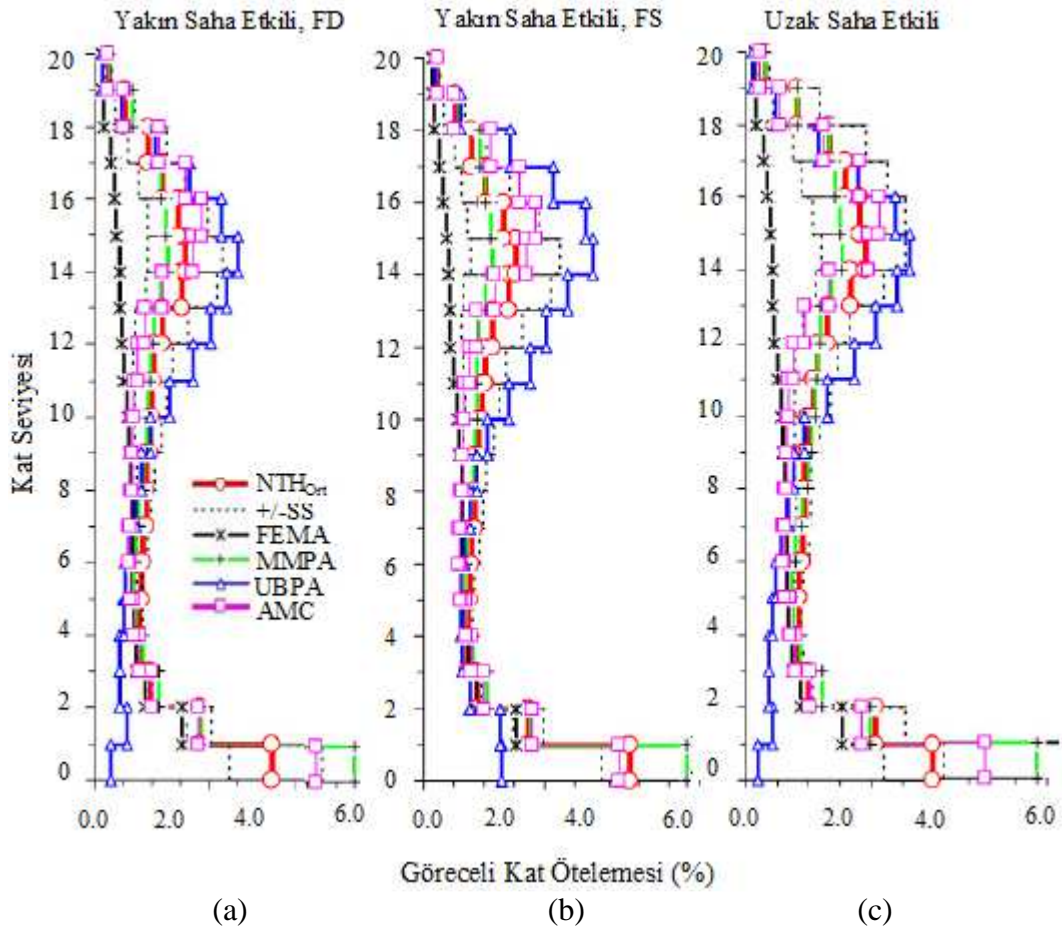
çerçeve yapıların yakın saha etkili YE içeren depremler karşısındaki doğrusal olmayan davranışı incelenmiştir. Yazarlar bu çalışma sonunda statik itme analizinden elde edilen kapasite eğrisi ile YE içeren deprem kullanarak gerçekleştirdikleri zaman tanım alanında dinamik analizden elde edilen kapasite eğrisinin belli bir sınıra kadar uyumlu olduğunu, belli bir sınırın üstünde ise ayrıklaştığını belirlemişlerdir. Benzer olarak Maffei [36] tarafından 40 katlı betonarme perdeli bir yapı için yapılan çalışma sonucunda doğrusal olmayan dinamik analizden elde edilen bina tepe deplasmanı, taban kesme kuvveti ve 13. kattaki perde momentinin doğrusal olmayan statik analizden elde edilenlere göre oldukça büyük olduğu ortaya konmuştur.

Doğrusal olmayan statik analiz yöntemlerinin değerlendirilmesi ile ilgili olarak Kalkan ve Kunnath [37] tarafından yapılan çalışmada, farklı yük dağılımları öneren doğrusal olmayan statik analiz yöntemleri yayılım etkisi (FD, Forward Directivity) ve kopma etkisi (FS, Fling Step) içeren yakın saha etkili depremler ve uzak saha etkili depremler ile karşılaştırılmıştır. Bahsedilen çalışmadan elde edilen sonuçlar Şekil 1.6 ve Şekil 1.7’de verilmiştir. Bu şekillerde yer alan FEMA eğrisi, FEMA 356’ya göre yapılan statik analiz, MMPA eğrisi, modifiye itme analizi, UBPA eğrisi, üst sınır itme analizi, AMC eğrisi, adaptif mod birleştirme analizi sonuçlarını, NTH Ort., zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz sonuçlarının ortalama değerini, SS ise standart sapmayı göstermektedir. Şekil 1.6’da verilen eğrilerden görüldüğü üzere özellikle alt katlarda FD ve FS içeren yakın saha etkili depremlerin uzak sahada olanlara göre daha büyük kat deplasmanlarına sebep olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 1.7’de ise aynı yapının aynı deprem etkileri altındaki Kat Seviyesi-Göreceli Kat Ötelemesi Oranı grafikleri verilmiştir. Grafiklere göre FD ve FS içeren yakın saha etkili depremlerdeki göreceli kat ötelemesi, uzak saha etkili olanlara göre her bir katta daha fazla olurken bu durum 20 katlı binanın ilk iki katı ve 13-17. katları arasında çok daha belirgin olmuştur. FD ve FS içeren yakın saha etkili deprem grupları birbiri ile kıyaslandığında FS etkisi içeren kayıtların FD içeren kayıtlara göre daha fazla talep ortaya çıkardığı görülmektedir. Sismik talepte yüksek mod etkisi önemli oranda depremin karakteristiği ile yapı sisteminin özelliklerine bağlıdır.



Şekil 1.6. Statik ve dinamik analizlerdeki katlarda oluşan en büyük deplasman talepleri (a) Yakın saha etkili FD içeren depremler için; (b) Yakın saha etkili FS içeren depremler için; (c) Uzak saha etkili depremler için [37]

Bu sebeple yapısal sistemin dinamik özellikleri deprem kaydının frekans içeriğinden fazlaca etkilenerek, yapı sisteminde tekrarlanan değişiklikler sonucunda mod katkılarında da değişim meydana gelmekte, yapının dinamik etkiler altındaki tepkisi farklılaşmakta ve yüksek modlarda talep artmaktadır. Memari vd. [38] tarafından yapılan çalışmada mevcut olan yüksek katlı betonarme bir binanın farklı depremler altında zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analizler sonucunda farklı depremlerin yapıda farklı iç kuvvetler oluştuğu gözlemlenmiştir. Yapılan tüm bu çalışmalardan yüksek yapıların davranışının belirlenmesi için zaman tanım alanında dinamik analiz yapmanın gerekli olduğu, zaman tanım alanında kullanılacak deprem kaydının seçiminde de özel bir dikkat gösterilmesi gerektiği anlaşılmaktadır.



Şekil 1.7. Statik ve dinamik analizlerdeki katlarda oluşan en büyük göreceli kat ötelemesi talepleri (a) Yakın saha etkili FD içeren depremler için; (b) Yakın saha etkili FS içeren depremler için; (c) Uzak saha etkili depremler için [37]

1.6. Çalışmanın Amacı

Çalışmanın bundan önceki bölümlerinde bahsedilen çalışmalarda, yüksek yapıların analizinin çoğu zaman, yaklaşık sonuçlar veren basitleştirilmiş statik ve dinamik analiz yöntemleri ile yapıldığı ve bu yöntemlerden elde edilen sonuçların da zaman tanım alanında yürütülen analizlerden elde edilen sonuçlarla kıyaslandığı görülmektedir. Zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemi yapı analizinde en güvenilir yöntem olarak kabul edilmesine rağmen, sonuçların tutarlılığı kullanılacak ivme kaydının içeriğine bağlı olmaktadır. Doğası gereği her bir deprem ve deprem hareketlerinden elde edilen ivme kayıtlarının ivme, hız, frekans vb içerikleri, birbirinden farklı özelliktedir. İvme kaydı veri bankaları günden güne zenginleşmesine ve ivme kaydı içeriklerinin bir yapıyı ne şekilde

etkilediğine ilişkin yapılan çalışmalar gün geçtikçe artmasına rağmen hala bu konuda oluşmuş bir fikir birliği bulunmamaktadır. Literatürde, yüksek binaların depreme karşı tepkisi ile ilgili olarak yapılan pek çok çalışma yer almasına rağmen, bu çalışmaların önemli bir kısmı uygulama kolaylığı sebebiyle yaklaşık yöntemler ile ilgili olmuş ve gerçeğe en yakın yapı tepkisini veren deprem kayıtlarının kullanıldığı zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemini ihmal etmiştir. Bu çalışmada şu ana kadar ihmal edilen, yüksek yapıların zaman tanım alanından dinamik analizinde kullanılacak uygun ivme kaydının niteliğini tespit etmek amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda çalışma kapsamında tepe yer hızı (PGV), yönelim etkisi (YE) içeriği ve zemin dalgası kayma hızı (zemin sınıfı) değişen yakın sahada kaydedilmiş ivme kaydı grupları kullanılarak tipik bir betonarme yüksek yapının zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizleri gerçekleştirilerek yapının tepkisinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Analizlerde, zemin sınıfı değişen gruplardaki kayıtlar 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan tasarım spektrumuna uygun olarak zaman tanım alanında ölçeklenmiştir. Tüm analizler sonucunda yapının kat seviyesi ile katların kesme kuvveti, eğilme momenti, kat ötelemesi ve göreceli kat ötelemesi değişimi eğrileri elde edilmiştir. Elde edilen eğriler kendi içinde kıyaslanarak, yüksek yapıların zaman tanım alanında dinamik analizinde kullanılan deprem kaydının PGV, YE içeriği ve zemin sınıfının etkisi ortaya konmuştur.

2. YAPI ANALİTİK MODELİNİN OLUŞTURULMASI

Çalışmanın bu bölümünde analizlerde kullanılan yapının deprem hesabı için oluşturulan model hakkında bilgiler sunulmuştur. Bu bağlamda çalışmada kullanılan yapının geometrisi, kesit özellikleri, kullanılan malzeme özellikleri ve malzeme davranış modelleri, çubuk elemanların kapasite diyagramları ve çözümlemede kullanılan sonlu elemanlar programı ile kurulan model hakkında bilgiler verilmiştir.

2.1. Yapı Geometrisi ve Kesit Özellikleri

Çalışma için tipik bir çerçeve ve perde duvarlardan oluşan betonarme bina seçilmiştir. Bu tipik binanın beton basınç dayanımı $f_{ck}=40$ MPa, boyuna ve enine donatı akma dayanımı $f_y=420$ MPa olarak alınmıştır. Binanın önem katsayısı $I=1$, deprem yükü azaltma katsayısı $R=6$, etkin yer ivmesi katsayısı $A_o=0,40$ ve zemin karakteristik periyotları $T_A=0,15$, $T_B=0,40$ (Z2 zemin sınıfı) alınarak kolonların düşey yük değerlerini elde etmek amacıyla doğrusal bir dinamik analiz gerçekleştirilmiştir. Bu analizde, zati yüklerle (G), hareketli yüklerin (Q) %30'u eklenerek elde edilen arttırılmış yük, döşemeler üzerine etkilmiştir. Gerçekleştirilen bu dinamik analizde Tablo 2.1'de verilen yapı değişkenleri kullanılmış ve analiz sonucunda binanın iki doğrultudaki hakim periyotları $T_x=2,15$ sn, $T_y=2,14$ sn olarak elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan yapının kesit ve diğer özellikleri aşağıda yer alan Tablo 2.2.'de verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi binanın kat adedi 25, her bir katın yüksekliği $h_f=4$ m, yapının kısa kenar (x doğrultusu) açıklığı üç adet, bu doğrultudaki akslar arası mesafe 7,5 m, uzun kenar (y doğrultusu) açıklığı beş adet, bu doğrultudaki akslar arası mesafe 9 m, döşeme kalınlığı 0,22 m, 1-15. katlardaki kiriş boyutları $b_w=0,50$ m, $h_k=0,80$ m, 1-15. katlardaki kolon boyutları $b=2,00$ m, $h=0,50$ m, 16-25. katlardaki kiriş

boyutları $b_w=0,50$ m, $h_k=0,75$ m, 16-25. katlardaki kolon boyutları $b=1,60$ m, $h=0,50$ m olarak alınmıştır. Çalışma yapısının planı Şekil 2.1.'de verilmiştir.

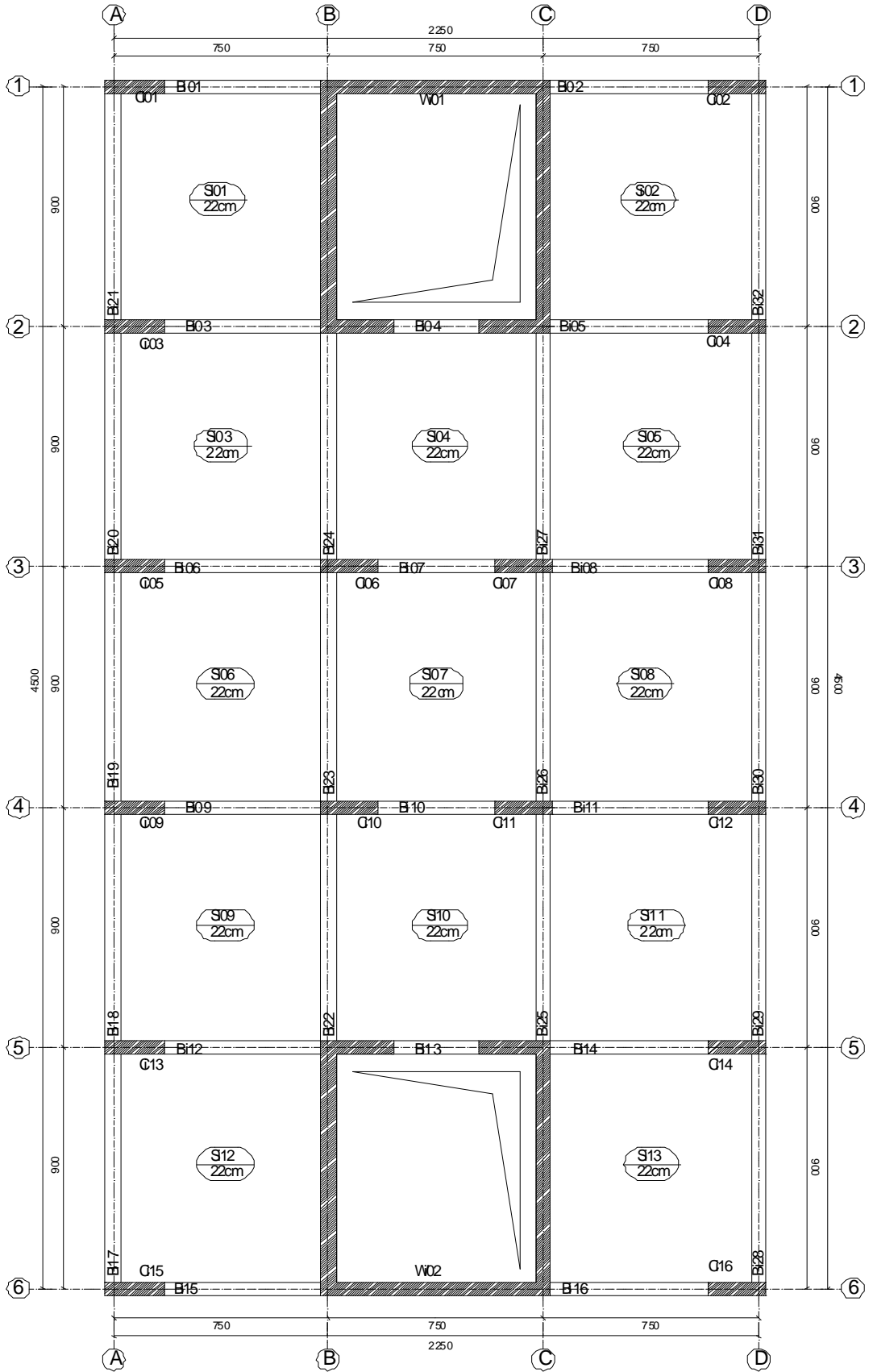
Tablo 2.1. Doğrusal dinamik analizde yapılan kabuller ve elde edilen sonuçlar

Değişken	Alınan Değer
Hareketli Yük Katılım Katsayısı, n	0,30
Zati Yük, g (kN/m ²)	3,00
Hareketli Yük, q (kN/m ²)	7,50
Yapı Önem Katsayısı, I	1,00
Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı, R	6,00
Etkin Yer İvmesi Katsayısı, A_0	0,40
Zemin Karakteristik Periyotları, T_A (sn) - T_B (sn)	0,15 - 0,40
Binanın x Doğrultusu 1. Titreşim Periyodu, T_x (sn)	2,15
Binanın y Doğrultusu 1. Titreşim Periyodu, T_y (sn)	2,14

*Doğrusal dinamik analiz, sadece kolon eksenel yüklerini belirlemek amacıyla yapılmıştır

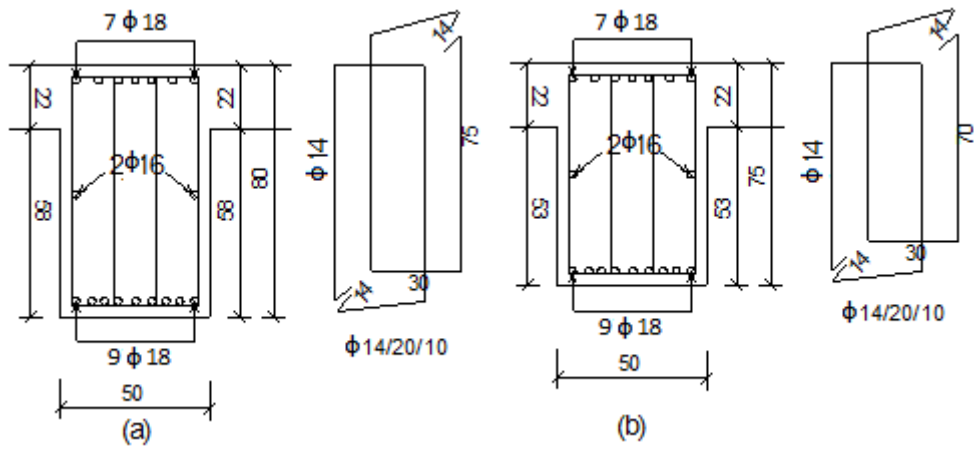
Tablo 2.2. Çalışma yapısının geometrik ve malzeme özellikleri

Değişken	Alınan Değer
Kat Adedi	25
Kat Yüksekliği, h_f (m)	4,00
Kısa Kenar (x Doğrultusu) Açıklığı	3,00
X Doğrultusu Akslar Arası Mesafe, m	7,50
Uzun Kenar Açıklığı (y Doğrultusu)	5,00
Y Doğrultusu Akslar Arası Mesafe, m	9,00
Döşeme kalınlığı, cm	0,22
1-15. Kat Kiriş Boyutları, b_w/h_k (m/m)	0,50/0,80
1-15. Kat Kolon Boyutları, b/h (m/m)	2,00/0,50
16-25. Kat Kiriş Boyutları, b_w/h_k (m/m)	0,50/0,75
16-25. Kat Kolon Boyutları, b/h (m/m)	1,60/0,50
Çelik Akma Dayanımı, f_y (MPa)	420,00
Beton Basınç Dayanımı, f_{ck} (MPa)	40,00

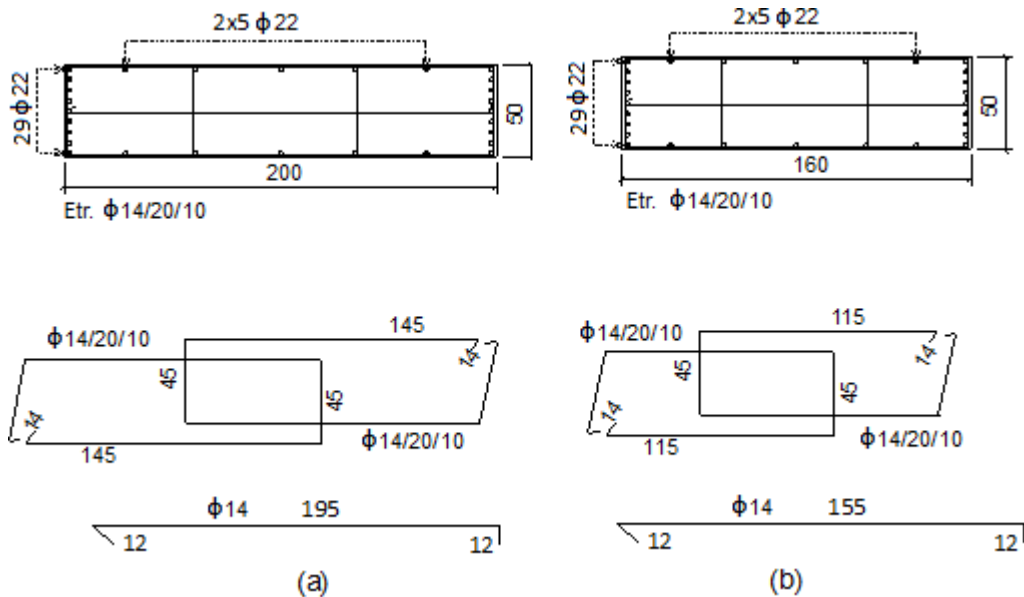


Şekil 2.1. Çalışma yapısının kat planı

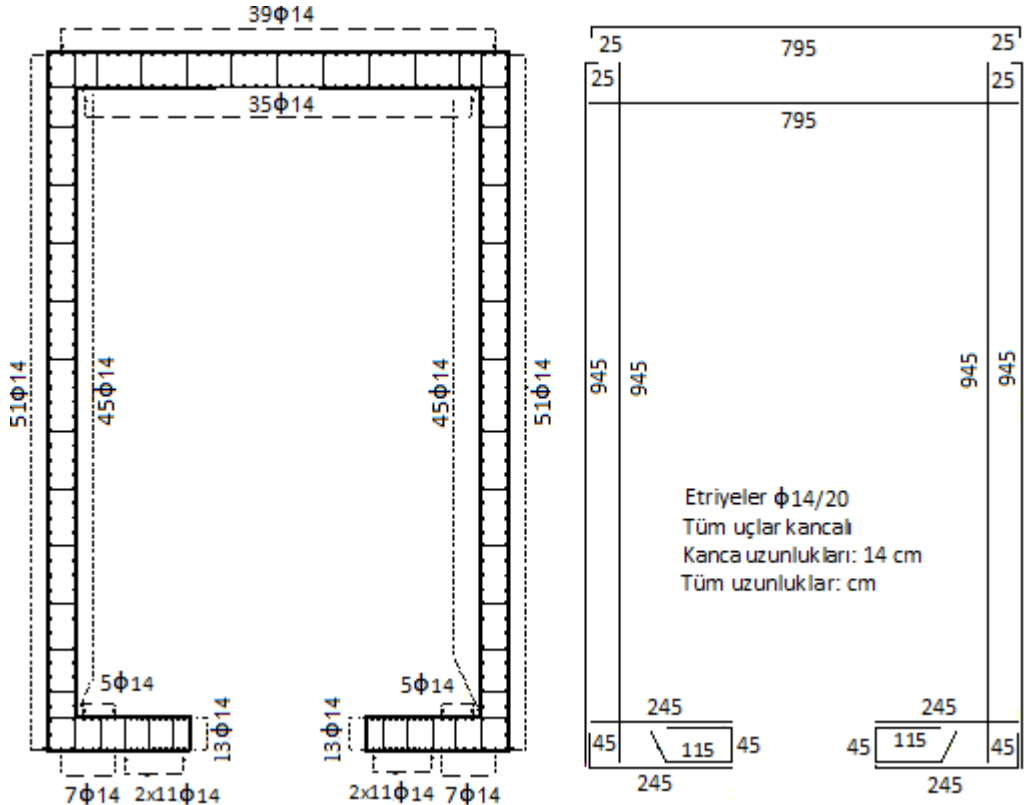
Çalışmada kullanılan binanın 1-15. katları arasında yer alan kirişlerinin donatı yerleşim planı Şekil 2.2.(a)'da, 16-25. katları arasında yer alan kirişlerinin donatı yerleşimi planı ise Şekil 2.2.(b)'de verilmiştir. Benzer olarak binanın 1-15. katları arasında yer alan kolonlarının donatı yerleşimi planı Şekil 2.3.(a)'da, 16-25.katları arasında yer alan kolonlarının donatı yerleşimi planı ise Şekil 2.3.(b)'de sunulmuştur. Çalışma yapısının tüm katlarında, yapı uzun kenarının her iki ucunda yer alan özdeş betonarme perdelerin görünümü ise Şekil 2.4.'de verilmiştir.



Şekil 2.2. Bina kirişlerinin donatı yerleşimi (a) 1-15. katlarda; (b) 16-25. katlarda (Tüm uzunluklar: cm)



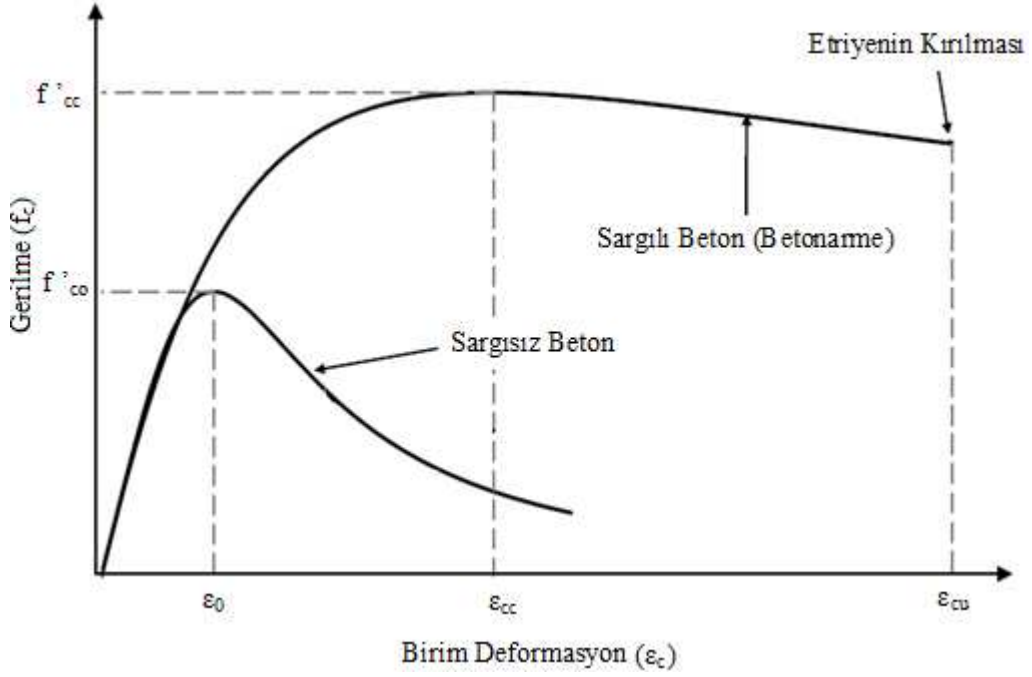
Şekil 2.3. Bina kolonlarının donatı yerleşimi (a) 1-15. katlarda; (b) 16-25. katlarda (Tüm uzunluklar: cm)



Şekil 2.4. Bina için tüm katlarından kullanılan perdelerin donatı yerleşimi

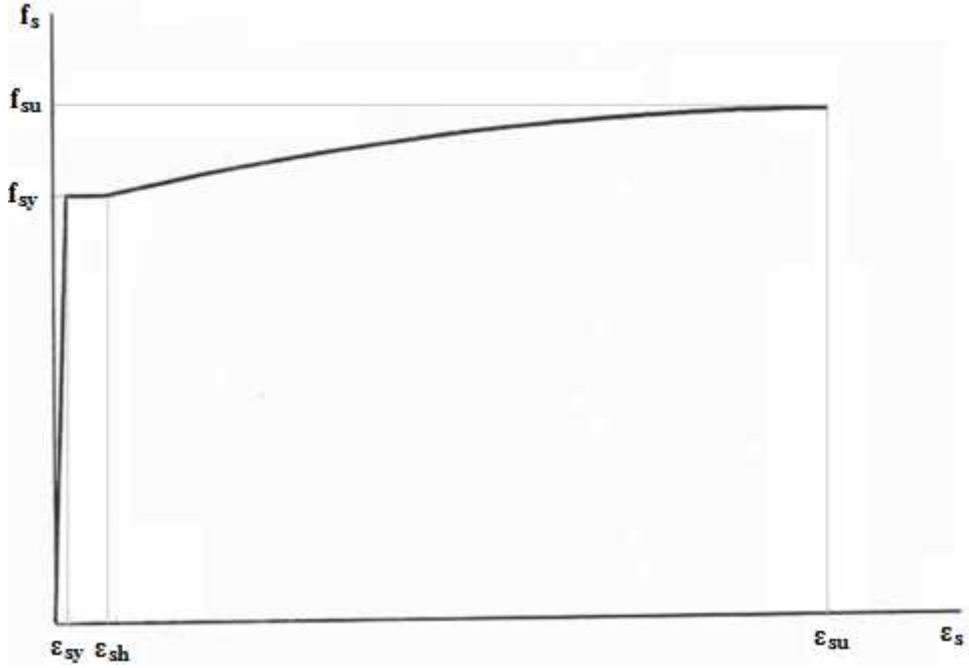
2.2. Kullanılan Malzeme Özellikleri ve Davranışı

En yaygın kullanılan yapı malzemesi olan betonun gerilme (σ), birim deformasyon (ϵ) eğrisinin, çok sayıda bileşenden etkilendiği bilinmektedir. Bu sebeple her bir durum ve hesap adımı için beton $\sigma - \epsilon$ eğrisinin tanımlanması hemen hemen olanaksızdır. Bu sebeple dinamik etkiler altındaki betonarme bir yapının çözümlenebilmesi için betonun ve sargılı betonun (betonarme) $\sigma - \epsilon$ ilişkisini belirleyen modellere ihtiyaç bulunmaktadır. Bu gereksinim nedeniyle, bugüne kadar çeşitli araştırmacılarca çeşitli beton modelleri önerilmiştir. Bu çalışmada beton davranışı için sargılı ve sargısız Mander beton modeli [39,40] kullanılmıştır (Şekil 2.5). Şekil 2.5’de verilen grafiklerde yer alan f'_{co} ve ϵ_0 sırasıyla sargılanmamış betonun basınç dayanımı ve bu dayanıma karşı gelen birim şekil değiştirmeyi, f'_{cc} ve ϵ_{cc} ise sargılanmış betonun maksimum basınç dayanımını ile bu basınç dayanımına karşı gelen birim şekil değiştirmeyi ifade etmektedir.



Şekil 2.5. Sargılı ve sargısız beton için Mander beton modeli

Çalışma konusu yapının zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemi ile çözümlenmesinde betonarme kesitlerde yer alan donatılar için Türk Deprem Yönetliği'nde [28] tanımlanmış olan donatı çeliği davranış modeli kullanılmıştır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Donatı çeliği davranış modeli

Çelik için verilen bu modelde akmaya kadar olan davranış ile akma anı ile pekleşmenin başladığı nokta arasındaki davranış doğrusal, pekleşmenin başladığı an sonrasında kalan bölge ise parabolik kabul edilmiştir. Şekil 2.6’da verilen doğrusal olmayan çelik davranış modeline göre akma birim deformasyonuna kadar olan bölgedeki gerilme değişimi;

$$f_s = E_s \varepsilon_s \quad (\varepsilon_s \leq \varepsilon_{sy} \text{ için}) \quad (2.1)$$

bağıntısı ile verilmiştir. Akma anı ile pekleşmenin başlangıç anı arasında kalan bölge için gerilme değişimi ise;

$$f_s = f_{sy} \quad (\varepsilon_{sy} \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{sh} \text{ için}) \quad (2.2)$$

denklemiyle ifade edilmiştir. Çelik davranış modeli eğrisinde üçüncü bölge olarak verilen kısımdaki gerilme değişimi de Denklem (2.14)’de verilmiştir.

$$f_s = f_{su} - (f_{su} - f_{sy}) [(\varepsilon_{su} - \varepsilon_s)^2 / (\varepsilon_{su} - \varepsilon_{sh})^2] \quad (\varepsilon_{sh} \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{su} \text{ için}) \quad (2.3)$$

Bağıntılarda yer alan donatı çeliği elastisite modülü $E_s=2 \times 10^5$ MPa olarak kabul edilmektedir. Denklemlerde geçen donatı çeliğindeki akma dayanımı f_{sy} , kopma dayanımı f_{su} , akma birim şekil değiştirmesi ε_{sy} , kopma birim şekil değiştirmesi ε_{su} ve pekleşme başlangıcındaki birim şekil değiştirmesi ε_{sh} ile ifade edilmektedir. Bahsedilen bu değişkenlere ilişkin sayısal değerler Tablo 2.3’de verilmiştir.

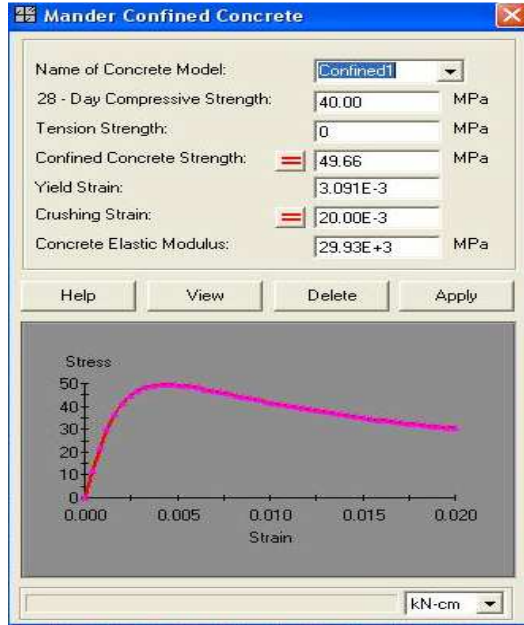
Tablo 2.3. Donatı çeliği için gerilme ve birim şekil değiştirmeler

f_{sy} (MPa)	ε_{sy}	ε_{sh}	ε_{su}	f_{su} (MPa)
420	0,0021	0,008	0,10	550

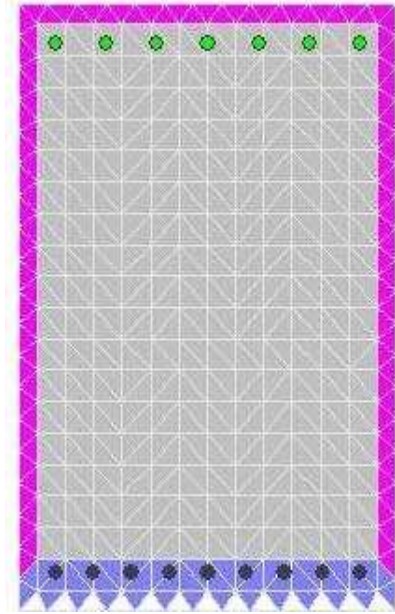
2.3. Çubuk Elemanların Kapasite Diyagramları

Çalışma yapısının kolon, kiriş ve perde elemanlar analitik modelde çubuk eleman olarak tanımlanmış, tanımlanan farklı tipteki her bir elemanın kapasite diyagramları XTRACT [41] kesit analiz programı ile elde edilmiştir (Şekil 2.7). Kesit analizi için gerekli olan kolon ve perde eksenel yükleri lineer dinamik analiz

sonucunda elde edilmiştir. Yapı modelinde perdeler çubuk eleman kabul edildiği için, kesit analizinde perdelerin kapasite diyagramları bu kabule göre hesaplanmıştır. Kirişlerde kapasite eğrisi aksenal yük sıfır alınarak hesaplanmıştır. Bahsedilen kesit analizleri sonucunda yapı elemanlarının akma eğriliği (ϕ_y), akma momenti (M_y), göçme eğriliği (ϕ_u) ve göçme momenti (M_u) değerleri belirlenmiştir. Çalışma yapısı kesitleri için yapılan kesit analizleri sonucunda elde edilen moment eğrilik ilişkileri bazı kesitler için aşağıda yer alan şekillerde verilmiştir. Şekil 2.8 (a)'da yapının 1. katında yer alan kolona ilişkin moment (M) - eğrilik (ϕ) ilişkisi verilmiştir. Bu kesitte akma momenti $M_y=4.965,0$ kNm, bu momente karşı gelen eğrilik, ϕ_y ise $1,542E-3/m$, maksimum moment $M_u=7.079,0$ kNm, buna karşı gelen maksimum eğrilik ϕ_u ise $60,99E-3/m$ olarak bulunmuştur.



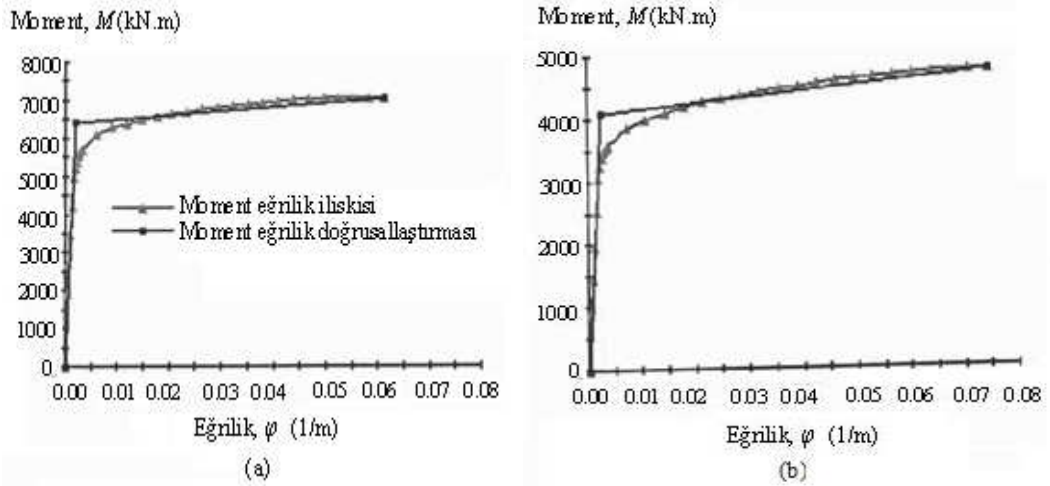
(a)



(b)

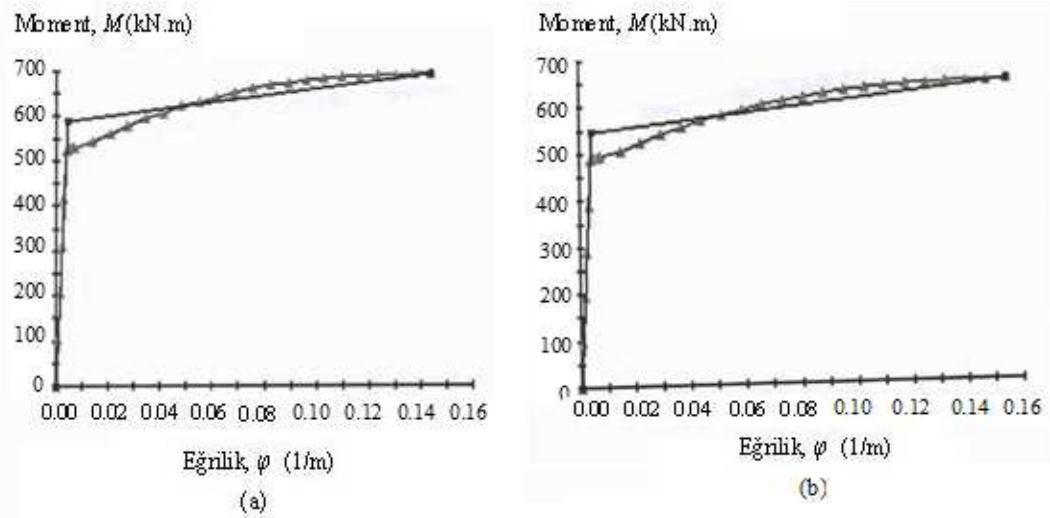
Şekil 2.7. Xtract kesit analiz programı arayüzü a-) Beton modeli tanımlanması b-) Analiz sonrası kesit gerilme durumu

Şekil 2.8 (b)'de ise yapının 16. katında yer alan bir kolona ilişkin M – ϕ ilişkisi verilmiştir. Bu kesitte $M_y=3.074,0$ kNm, bu momente karşı gelen ϕ_y ise $1,870E-3/m$, maksimum moment $M_u=4.749,0$ kNm, buna karşı gelen ϕ_u ise $74,24E-3/m$ olarak bulunmuştur. Şekil 2.9 (a)'da yapının 1-15. katlarında yer alan kirişlere ilişkin moment (M) - eğrilik (ϕ) ilişkisi verilmiştir.



Şekil 2.8. Kolonlarda M-φ ilişkisi (a) 1. kat kolonları (b) 16. kat kolonları

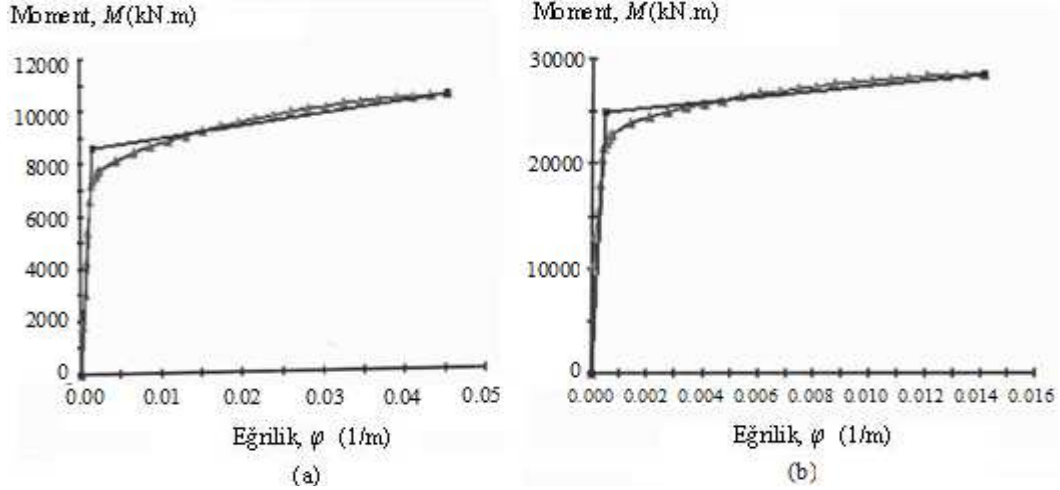
Bu kesitte akma momentini $M_y=523,3$ kNm, bu momente karşı gelen eğrilik, ϕ_y ise $3,506E-3/m$, maksimum moment $M_u=694,7$ kNm, buna karşı gelen maksimum eğrilik ϕ_u ise $0,1435/m$ olarak bulunmuştur.



Şekil 2.9. Kirişlerde M-φ ilişkisi (a) 1-15. kat kirişleri (b) 16-25. kat kirişleri

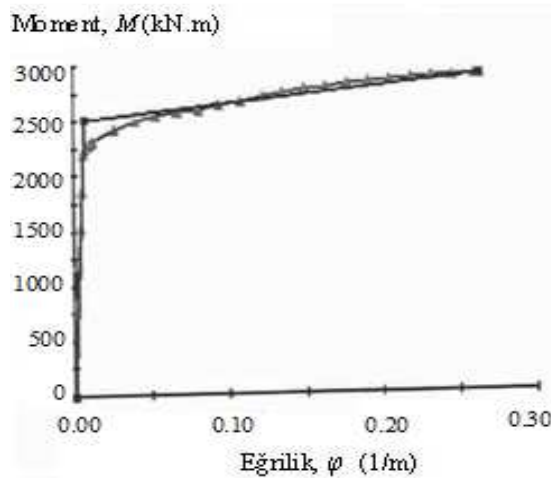
Şekil 2.9 (b)'de ise yapının 16-25. katlarında yer alan kirişlere ilişkin M – φ ilişkisi verilmiştir. Bu kesitte $M_y=487,2$ kNm, bu momente karşı gelen ϕ_y ise $3,785E-3/m$, maksimum moment $M_u=645,5$ kNm, buna karşı gelen ϕ_u ise $0,1544/m$ olarak bulunmuştur. Çalışma yapısında perde olan kesitler çubuk eleman olarak modellenmiştir. Bu modelde perdenin her bir parçası ayrı bir çubuk olarak modellenmiş ve perdeyi oluşturan çubuk elemanlar rijit kirişler ile birbirine bağlanmıştır. Çubuk olarak tanımlanan her bir kiriş parçası için kesit analizinden

elde edilen $M - \varphi$ ilişkisi Şekil 2.10 ve Şekil 2.11’de verilmiştir. Şekil 2.10 (a)’da yapının 1. katındaki 250 cm uzunluklu (P250 perdesi) perde için $M-\varphi$ ilişkisi verilmiştir. Bu kesitte $M_y=6.623,0$ kNm, bu φ_y ise $1,154E-3/m$, $M_u=10.460,0$ kNm, buna karşı gelen maksimum eğrilik φ_u ise $45,48E-3/m$ olarak bulunmuştur.



Şekil 2.10. Perdelerde $M-\varphi$ ilişkisi (a) 1. kat P250 perdesi (b) 1. kat P750 perdesi

Şekil 2.10 (b)’de verilen, yapının 1. katında yer alan 750 cm uzunluğundaki perde parçası için (P750 perdesi) $M - \varphi$ ilişkisi verilmiştir. Bu kesitte $M_y=20.540,0$ kNm, buna karşı φ_y ise $0,344E-3/m$, maksimum moment $M_u=28.680,0$ kNm, buna karşı gelen maksimum eğrilik φ_u ise $14,06E-3/m$ olarak bulunmuştur. Şekil 2.11’de yapının 1. katında yer alan 900 cm uzunluğa sahip perde parçası (P900 perdesi) için $M - \varphi$ ilişkisi verilmiştir.



Şekil 2.11. 1. kat P900 perdesi $M-\varphi$ ilişkisi

Bu kesitte elde edilen akma momenti $M_y=6.623,0$ kNm, buna karşı gelen akma eğriliği ϕ_y ise $1,154E-3/m$, maksimum moment $M_u=10.460,0$ kNm, buna karşı gelen maksimum eğrilik ϕ_u ise $45,48E-3/m$ olarak bulunmuştur. Şekil 2.8 ve Şekil 2.11 arasında yer alan grafiklerde verilen akma ve maksimum moment değerleri ile bu momentlere karşı gelen eğrilikler bir arada Tablo 2.4’de verilmiştir. Çalışma yapısının diğer katlarında yer alan kolon, kiriş ve perde elemanlarına ilişkin olarak kesit analizlerinden elde edilen akma ve maksimum moment değerleri ile bunlara karşılık gelen eğrilikler EkA’da verilmiştir.

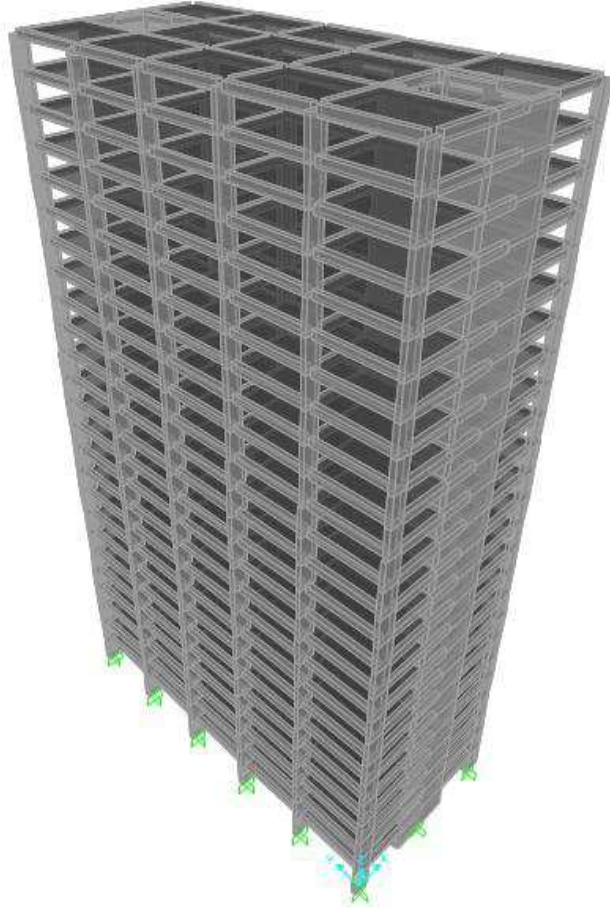
Tablo 2.4. Moment-eğrilik ilişkisi verilen kesitlerin akma ve kopma değerleri

Kesit	M_y (kNm)	ϕ_y (1/m)	M_u (kNm)	ϕ_u (1/m)
1.kat kolon	4.965,0	1,542E-3	7.079,0	60,99E-3
16.kat kolon	3.074,0	1,870E-3	4.749,0	74,24E-3
1-15.kat kiriş	523,3	3,506E-3	694,7	0,1435
16-25.kat kiriş	487,2	3,785E-3	645,5	0,1544
P250 perdesi	6.623,0	1,154E-3	10.460,0	45,48E-3
P750 perdesi	20.540,0	0,344E-3	28.680,0	14,06E-3
P900 perdesi	2.196,0	6,071E-3	2.891,0	0,2633

2.4. Analizde Kullanılan Sonlu Elemanlar Programı ve Kurulan Model

Çalışmada, analiz için SAP2000NL sonlu elemanlar programı kullanılmıştır. SAP2000NL sonlu elemanlar programı mühendislik yapılarının statik veya dinamik hesabı için geliştirilmiş kullanışlı bir araçtır. SAP2000NL sonlu elemanlar programı diğer mühendislik yapılarında kullanılabilirdiği gibi, özellikle bina türü yapıların doğrusal veya doğrusal olmayan statik ve dinamik deprem analizleri için de kullanılabilir. Bu program yardımıyla karmaşık perde duvarlı ve düzensiz yapıların çeşitli parametreleri doğrusal olmayan biçimde deplasman-tabanlı veya kuvvet-tabanlı limit durumlar için hesaplanabilmektedir. Programda modelleme araçları olarak kolon kiriş, perde, döşeme, sönümleyici ve sismik izolatör gibi çeşitli eleman tipleri yer almaktadır. SAP2000NL ile elemanlarda ve yapı genelinde oluşan tüm etkiler elde edilebilmekte ve bu etkilere göre kontroller yapılabilmektedir [42] Çalışmada kullanılacak yapının, Tablo 2.2.’de verilen geometrik özellikleri ve kesitleri için elde edilen kapasite

diyagramları temel alınarak analitik modeli SAP 2000NL sonlu elemanlar analiz programında aşağıdaki gibi oluşturulmuştur (şekil 2.12). Modelde yapının zemine ankastre bağlandığı, kolon kiriş dűđüm noktalarının tam rijit olduğu, ayrıca yapının dűřemelerinin de rijit diyafram olduğu kabulű yapılmıştır.



şekil 2.12. Yapının SAP2000NL programında oluşturulmuş analitik modeli

3. İVME KAYITLARININ SEÇİMİ VE ÖLÇEKLENMESİ

Çalışmanın bu bölümünde ilk olarak ivme kayıtlarının seçimi ve ölçeklenmesi için genel bilgiler sunulmuş, ardından deprem ivme kayıtlarının seçimini etkileyen faktörler, ivme kayıtlarının elde edilmesi için yöntemler, kayıtların seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlar, ölçekleme katsayısı ve kullanılacak kayıt sayısı için sınırlamalar, seçilen ivme kayıtları ve seçilen kayıtların ölçeklenmesi ile ilgili bilgiler verilmiştir.

3.1. Genel Bilgi

Yapıların tasarımı ve değerlendirilmesinde deprem hareketini temsil etmenin en genel yolu ivme veya deplasman tepki spektrumu kullanılmasıdır. Yönetmelikler, eşdeğer deprem yükü ve mod birleştirme gibi basitleştirilmiş yöntemlerde, bir elastik spektrumun ölçeklenerek kullanılmasını öngörmektedir. Ancak düzensizlikleri bulunan veya yüksek mod katkısının fazla olduğu bazı yapılarda, yapının tepkisini bu yaklaşımlarla gerçekçi bir şekilde elde etmek mümkün olmayabilmektedir. Bu gibi durumlarda deprem kaydı grupları ile zaman tanım alanında analizin yapılması gündeme gelmektedir. Zaman tanım alanında hesap yönteminin, deprem sırasında oluşan yükleme durumunun iyi temsil edildiği en güvenilir yöntem olduğu kabul edilmektedir [1]. Bu kabul ve gelişen teknoloji ile birlikte bahsedilen yöntemin kullanılabilirliği gün geçtikçe artmaktadır. Zaman tanım alanında hesap yöntemindeki en önemli kabul, deprem sırasında oluşacak yatay kuvvete benzer etkiyi oluşturacak uygun deprem kaydının kullanılmasıdır [26,43,44]. Kullanılacak deprem kaydının karakteristiği ve ölçeklenmesinde izlenen yöntem, hesap sonucunu doğrudan etkileyen bir değişken olduğundan hesapta kullanılan kaydın özelliği önemli hale gelmektedir. Ancak, literatürde deprem kayıtlarının hangisinin hangi analiz ve yapı türü için uygun olduğu ve ölçekleme için izlenecek yol ile ilgili standart hale gelmiş bir uygulama henüz

bulunmamaktadır. Bu yüzden kayıtların seçimi ve ölçeklenmesi çoğu zaman kullanıcının öngörüsüne göre yapılmaktadır.

3.2. Deprem Kayıtlarının Seçimini Etkileyen Faktörler

Gelişen teknoloji ile birlikte deprem kayıtlarının elde edilmesi ve erişilebilirliği gün geçtikçe artmakta, buna bağlı olarak da yapıların zaman tanım alanında analizi yaygınlaşmaktadır. Ancak deprem kayıtlarının seçimi ve ölçeklenmesinde izlenen yöntemler analizin sonucunu doğrudan etkilediğinden planlanan analiz için hangi kaydın seçilmesi gerektiğinin bilinmesi önemlidir. Özellikle doğrusal olmayan analizin hassasiyetini etkileyen üç temel deprem değişkeni bulunmaktadır. Bu değişkenlerin depremin büyüklüğü, odak noktası uzaklığı ve ortamın zemin durumu olduğu bilinmesine rağmen, sonucu hangi değişkenin ne düzeyde etkilediği konusunda çok fazla bilgi bulunmamaktadır. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizin hassasiyetini etkileyen değişkenler aşağıda tartışılacaktır.

3.2.1. Depremin büyüklüğü

Bir depremin büyüklüğü ortaya çıkardığı enerjinin bir ölçüsüyle tanımlanmaktadır. Depremin büyüklüğünün etkisini araştırmak için daha önce yapılmış çalışmalardan bir kısmında büyüklüğün kaydın seçimi için önemli bir değişken olduğu belirtilirken [45-46], bazı çalışmalarda [47,48] uygun ölçekleme yapılması durumunda depremin büyüklüğünün önemli olmadığı ifade edilmektedir. Deprem kayıtlarının seçiminde, depremin büyüklüğünün etkisini araştırmak için doğrusal olmayan çok serbestlik dereceli sistemlerle yapılmış çalışma sonucunda, kullanılacak kayıtların seçiminde izlenmesi gereken en iyi yolun, kayıtları bir senaryo depreminin spektrumuna ölçeklemek olduğu belirtilmiş, ancak yine de seçilen kayıtları üreten depremlerin büyüklüğünün kabaca aynı olması önerilmiştir [30]. Aynı konuyu araştırmak için yapılan diğer çalışmalarda da doğrusal olmayan analiz için seçilecek kayıtlarda deprem büyüklüğünün etkisiz veya çok az etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır [49-55].

Deprem büyüklüğünün doğrusal olmayan analiz sonucuna etkisinin araştırıldığı bazı çalışmalardan elde edilen bulgular ışığında tepki spektrumunun şeklinin ve depremin süresinin depremin büyüklüğüne bağlı olduğu, bu sebeple sonucun depremin büyüklüğünden etkilendiği ifade edilerek, seçilecek kayıtların olabildiğince bir büyüklük aralığında yer alması önerilmiştir [45-46].

3.2.2. Kayıt yerinin fay yüzey kırığına olan mesafesi

Fay yüzey kırığı ile kaydın alındığı yer arasındaki mesafenin sonuçlara etkisi pek çok araştırmaya konu olmuştur. Literatürde, depreme maruz kalan yapıların gösterdiği tepkinin fay yüzey kırığına olan uzaklıktan etkilendiği ancak mesafenin etkisinin büyüklüğün etkisine göre daha az olduğu konusunda görüş birliği bulunmaktadır [30,47]. Belirlenen dar bir büyüklük aralığında ve fay yüzey kırığı mesafesi içinde gerekli kayıt sayısı elde edilemediğinde kayıt sayısını arttırmak için fay yüzey kırığının kaydın alındığı yere olan mesafe aralığı arttırılabilmektedir. Ancak, bu söylem yakın saha etkisinin baskın olduğu kayıtlar ve yumuşak zemin sınıfından seçilen kayıtlar için doğrulanmamıştır. [46].

3.2.3. Zemin sınıfı

Kayıtların seçiminde önemli olduğu kabul edilen üçüncü değişken ise kaydın alındığı yerin zemin sınıfıdır. Zemin sınıflaması kayıtların tepki spektrumunu oldukça etkilemektedir. Bu sebeple kaydın alındığı yerin zemin sınıfı ölçekleme sırasında uygun bir biçimde dikkate alınmalıdır. Ancak tek bir zemin sınıfından elde edilen kayıtların yeterli sayıda olmadığı durumlarda daha düşük veya daha yüksek zemin sınıfından zeminlerden alınmış kayıtlar kullanılabilir [46].

3.2.4. Kayıtların seçiminde etkili olan diğer değişkenler

Kayıtların seçiminde genel olarak depremin büyüklüğü, kayıt yerinin fay yüzey kırığına mesafesi ve zemin sınıfının dikkate alınmasının dışında, fayın kırılma mekanizması ve seçilen kayıt grubunun tek bir kayıt tarafından baskılanmasıdır.

Hem normal hem de doğrultu atımlı fay mekanizmasından elde edilen kayıtlarla yapılan çalışmalar sonucunda iki fay mekanizmasının ürettiği kayıtlar arasında fark oluşmadığı görülmüştür [46]. Bununla birlikte ters fay mekanizmasından elde edilen kayıtların genliğinin daha yüksek olduğu konusunda yaygın bir kanı olmasına rağmen genliğin yükseklik derecesi hakkında oluşmuş bir uzlaşı bulunmamaktadır [56]. Bu konuda yapılan bir diğer çalışmada fayın kırılma mekanizmasının kayıtların seçiminde etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır. Kırılma mekanizması dışında etkili olan bir diğer değişken de seçilen kayıt grubunun genel eğilimine uymayacak nitelikte baskın tek bir kaydın alınmasıdır. Bu tür bir kaydın kullanılması durumunda analiz sonuçlarının genel eğiliminden farklı sonuç oluşturacağı için böyle bir kayıt alınması uygun olmamaktadır [57].

3.3. İvme Kayıtlarının Elde Edilmesi

Zaman tanım alanında hesap yönteminde en önemli nokta yönetmeliklerde tanımlanan koşulları sağlayan ivme kaydının elde edilmesidir. Bir kaydın elde edilmesi için üç temel yol vardır. Bu yollardan ilki kaydı yapay yolla üretmek, ikincisi sentetik kayıtlar üretmek, üçüncüsü ise gerçek depremlerden kayıt almaktadır.

3.3.1. Yapay olarak üretilmiş kayıtlar

Bir periyot aralığında, tepki spektrumu elastik tasarım spektrumuna benzeyen kayıtları üretmek mümkündür. Ancak analizde yapay kayıtların kullanılması sırasında bazı zorluklarla karşılaşılmaktadır. Buradaki en büyük zorluk kaydedilmiş çok sayıda hareketin ortalamasını simgeleyen tasarım spektrumuna uygun bir tek kaydın elde edilmeye çalışılmasıdır [58]. Tasarım spektrumu çoğu zaman, çok sayıda sismik kaynağın etkilerini bir arada göz önüne alan istatistiksel bir değerlendirmenin sonucu olduğundan farklı periyotlara karşı gelen spektrum ivme değerleri de farklı kaynaklardan elde edilmiş olabilmektedir [59,60]. Bunun yanında yapay kayıtların kullanımındaki önemli sorunlardan birisi de kuvvetli depremdeki çevrim sayısının artması sonucu gerçekte oluşacak olandan çok daha

fazla enerjinin açığa çıkması olmaktadır [61]. Bu kayıtların uygun olarak üretilmesi zorluğundan başka, karşılaşılan bir diğer zorluk da doğrusal olmayan analizde yapay kayıtların kullanılmasının sağlıklı sonuçlar vermemesidir [62].

3.3.2. Benzeştirilmiş kayıtlar

Benzeştirilmiş kayıtların üretilmesi zemin ve dalga yayılım ortamının özelliklerini dikkate alan sismolojik kaynak modelleri ile mümkün olmaktadır. Bu kayıtların elde edilmesi sırasında yaşanan en büyük zorluk uygun kaynak, zemin özellikleri ve yayılım ortamının tanımlanması olmaktadır. Benzeştirilmiş kayıtları üretmek için yapılan analizlerde, inceleme yapılacak alan için senaryo depreminin büyüklük ve fay mesafesine bağlı olarak tanımlanması gerekmekte, ancak ilgili yönetmeliklerde depremin büyüklüğü, alanın faya olan uzaklığı gibi değişkenler bir kriter olarak bulunmamaktadır [62]. Genel olarak bu kayıtların elde edilmesindeki zorluk, deprem kaydını oldukça fazla etkileyen parametrelerin tanımlanması için mühendislik sismoloji uzmanlığına gereksinim duyulmasıdır [46].

3.3.3. Gerçek depremlerden elde edilen kayıtlar

Meydana gelen bir depremde, depremi oluşturan fayın kırılma mekanizması, meydana gelen depremin büyüklüğü gibi bazı ayırt edici özellikler bulunmaktadır. Bu yönüyle her bir depremin diğerlerinden az ya da çok farklı özellikler içerdiği söylenebilmektedir. Buna paralel olarak da gerçek depremlerden elde edilen kayıtlar, depremin bahsedilen bu ayırt edici özellikleri yanında kaydın alındığı yerin zemin özelliklerini de içermektedir. Bu sebeple zaman tanım alanında analizde gerçek kayıtların kullanılması yapay ve benzeştirilmiş kayıtlar kullanmaya kıyasla büyük avantajlar sağlamaktadır. Oluşan her deprem ile birlikte zenginleşen deprem kaydı veri bankalarına erişimin de kolaylaşmasıyla gerçek kayıtların kullanımı daha yaygın hale gelmektedir. Ancak yapay ve benzeştirilmiş kayıtlara göre üstünlüğü olan gerçek kayıtların kullanımında da bazı sorunlar ile karşılaşılabilir. Bu sorunlardan en önemlisi kaydın elde edildiği depremin

büyüklüğü, fayın yırtılma mekanizması, fay ile saha arasındaki mesafe ve kaydın elde edildiği zemin ile aynı özellikteki zeminden elde edilen kayıtların yeterli sayıda bulunamamasıdır [62].

3.4. Deprem Kayıtlarının Seçiminde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Gerçek depremlerden elde edilmiş kayıtlar depremin büyüklüğü, fayın tipi, çalışma alanının faya uzaklığı, kaydın alındığı sahanın zemin durumu gibi belli özellikleri içerdiğinden, yapay ve sentetik kayıtlarda görülen sorunlar kendiliğinden ortadan kalkmaktadır. Zaman tanım alanındaki hesapta kullanılacak kayıtlar depremlerin karakteristik belli özelliklerini temsil etmesi için çoğu zaman ya tepki spektrumu ile uyumlu ya da büyüklük, fay ile saha arasındaki mesafe, kaydın alındığı yerin zemin sınıfı gibi özellikleri belirlenen bir deprem senaryosuna dayanılarak seçilmektedir. Kayıtların seçimi için yönetmeliklerde verilen koşullar genellikle depremin karakteristik özellikleri yerine tepki spektrumuna uygunluğa odaklanmaktadır. Ancak, analizde gerçekçi sonuçlar elde edebilmek için seçilen kayıtların tepki spektrumuna uygun olmasının yanında seçilen bölgenin yerel zemin koşulları ve depremin ayırt edici özelliklerini içermesi gerekmektedir [61]. Günümüzde, deprem kayıtlarının yer aldığı veri bankaları, kullanıcılarına deprem kayıtlarını dijital formatta indirme olanağı sunmaktadır. Yaygın kullanılan veri bankalarından Consortium of Organizations For Strong Ground Motion Observation Systems (Kuvvetli Yer Hareketi Gözlem Sistemi Organizasyon Birliği) (COSMOS), (<http://www.cosmos-eq.org/>) [63] ve Pasific Earthquake Engineering Research Center (PEER) Strong Motion Database, (Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi Kuvvetli Yer Harekeri Veritabanı) (<http://peer.berkeley.edu/smcat/>) [64] bu konudaki iki örnek merkezdir. Bu merkezler kullanıcılarına depremin büyüklüğü, tepe yer hızı (PGV), tepe yer ivmesi (PGA), tepe yer deplasmanı (PGD), fay ile kayıt yeri arasındaki mesafe, kaydın alındığı yerin zemin koşulları, fay tipi gibi özelliklere göre arama yapma imkanı sunmaktadır. COSMOS sitesinde yer alan kayıtlar hem düzeltilmiş hem de düzeltilmemiş formatta verilirken, PEER sitesinde yer alan kayıtların tamamı düzeltilmiş formatta verilmektedir [46].

3.5. Ölçekleme Katsayısı ve Kullanılacak Kayıt Sayısı İçin Sınırlamalar

Zaman tanım alanında dinamik analizde kullanılacak yer hareketi kayıtlarının belli bir spektruma göre ölçeklenmesi, kayıtları hedeflenen spektruma uygun hale getirecek ölçekleme katsayısının belirlenmesiyle gerçekleşecektir. Bu sayede tasarım spektrumu seviyesi hemen hemen aynı hale gelen kayıtlar ile hesap yapılabilmektedir. Zaman tanım alanında yapılan hesapta depremlerin büyüklük gibi karakteristik özelliklerini ihtiva eden gerçek deprem kayıtlarının kullanılmasının, yapay veya benzeştirilmiş kayıt kullanılması durumuna göre pek çok üstünlüğü olduğu bilinmektedir. Ölçekleme yapıldığında depremin karakteristik özelliklerini içeren kayıtlar az ya da çok değişime uğramaktadır. Bu durumda akla gelen ilk soru uygun tasarım spektrumu elde etmek için ölçekleme yapılırken ölçekleme katsayısının bir üst sınırının olup olmayacağıdır. Bu konuda yapılmış çalışmalarda, problemin türüne bağlı olarak kayıtların ölçekleme katsayısının belli bir sınırı aşmaması önerilmektedir. Örneğin sınıvlaşma analizleri ile ilgili yapılan bazı çalışmalarda ölçekleme katsayısının 2'yi aşmaması önerilmiştir [65]. Benzer olarak yapıların doğrusal analizleri için ölçekleme katsayısının 4'ü aşmaması önerilirken, doğrusal olmayan analizlerde kullanılacak kayıtlarda ölçekleme katsayısının mümkün olduğunca 4'ün altında alınmasını önerilmiştir [66-68].

Zaman tanım alanında dinamik analizde önemli olan bir diğer konu da kullanılacak deprem kaydının sayısıdır. Yönetmelikler bu konuda en az üç veya yedi kayıt seçilmesininin mümkün olduğunu, üç kayıt seçilmesi durumunda kontrol edilmek istenen sonuçların en büyük değerlerinin alınmasını, yedi ve daha fazla sayıda kayıt seçilmesi durumunda ise sonuçların ortalamasının alınmasını önermektedir [26,27]. Zaman tanım alanında dinamik analizde kullanılması gereken kayıt sayısı ile ilgili yapılan çalışmalarda, uygun bir ölçekleme ile analizde kullanılacak kayıt sayısının olabildiğince azaltılabileceği belirtilmektedir [69]. Yeterli kayıt sayısını tespit etmek için gerçekleştirilen bir diğer çalışmada 11 adet kaydın yapı tepkisini doğru tahmin etmek için yeterli olduğu sonucuna ulaşılmıştır [23].

3.6. Yüksek Yapıların Analizi İçin Ölçekleme Yaklaşımları

Yüksek yapıların tasarımı veya değerlendirilmesi için sahaya ilişkin deprem risk değerlendirmesi yapılarak farklı deprem düzeyleri için zemin bağımlı deprem tasarım spektrumları elde edilmelidir [70]. Yüksek yapıların tasarım ve değerlendirmesinde az ve orta katlı yapılardan farklı bazı yaklaşımlar bulunabilmektedir. Bu bölümde ülkemizde ve dünyada yüksek yapıların analizi için yayınlanmış olan yönetmelik vb dokümanlarda yer alan kriterlere yer verilmiştir. Ülkemizde 2008 yılında taslak olarak İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği (İYBDY) [27] yayınlanmıştır. Bu yönetmelik taslak olarak yayınlanmış olmasına rağmen Türkiye’de yüksek yapılar ile ilgili analiz ve tasarım koşullarını içeren ilk yönetmelik olması açısından önemlidir. Bu önemi açısından bu bölümde İYBDY’nin ivme kayıtları ile ilgili kısımlarına yer verilmiştir. Bundan başka bu bölümde Amerika’da önemli bir yere sahip olan ve Los Angeles Yüksek Yapılar Yapısal Tasarım Birliği (Los Angeles Tall Buildings Structural Design Council) tarafından yayınlanan Los Angeles Bölgesinde Bulunan Yüksek Yapıların Sismik Anazli ve Tasarımı İçin Alternatif Yöntem (An Alternative Procedure for Seismic Analysis and Design of Tall Buildings Located in The Los Angeles Region) [71] ve Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi (Pacific Earthquake Engineering Research Center) tarafından yayınlanan Yüksek Binaların Performansa Dayalı Tasarımı Esasları (Guidelines for Performance-Based Seismic Design of Tall Buildings) [72] adlı dokümanların ivme kayıtları ile ilgili bölümlerine de yer verilmiştir.

İYBDY’nde [27] yüksekliği 60 metreyi aşan yapılar yüksek yapı kabul edilmiştir. Yönetmelikte yüksek yapıların analiz ve değerlendirmesi için Tablo 3.1.’de verilen “D1”, “D2” ve “D3” olmak üzere üç farklı deprem düzeyi tanımlanmıştır. D1 deprem düzeyi depremin, 50 yılda aşılma olasılığı %50, buna karşı gelen dönüş periyodu ise 72 yıl, D2 düzeyi depremin 50 yılda aşılma olasılığı %10, dönüş periyodu ise 475 yıl, D3 düzeyi depremin ise 50 yılda aşılma olasılığı %2, buna karşı gelen dönüş periyodu ise 2475 yıl olarak belirtilmiştir.

Tablo 3.1. İYBDY'ne göre deprem düzeyleri

Deprem Düzeyi	Aşılma Olasılığı	Dönüş Periyodu
D1 Düzeyi	50 yılda %50	72 yıl
D2 Düzeyi	50 yılda %10	475 yıl
D3 Düzeyi	50 yılda %2	2575 yıl

İYBDY'nde zaman tanım alanında yapılacak analizler için, İstanbul ili için yanal atımlı deprem kaynak mekanizması, $7,0 < M_w < 7,5$ deprem moment büyüklüğü ve B veya C zemin sınıfının esas alınacağı, yeterli sayıda gerçek deprem ivme kaydı bulunmadığı durumlarda, deprem kaydı simülasyonları ve tasarım spektrumu ile uyumlu olarak üretilmiş yapay deprem yer hareketleri kullanılabilirliği, yönelim etkilerinin göz önüne alınması amacı ile bina konumu ile ana Marmara fay hattı arasındaki en kısa mesafenin 15 km'den daha az olduğu durumlarda en az üç deprem kaydı takımının simülasyona dayalı olarak belirleneceği, her bir deprem deprem kaydı ivme genliğinin $\pm 0,05g$ 'yi ilk ve son olarak aştığı iki nokta arasında kalan sürenin, bina doğal titreşim periyodunun 5 katından veya 15 saniyeden daha kısa olmaması gerektiği, bütün kayıtlara ait bileşke spektrumların ortalamasının $0,2T$ ve $1,2T$ (T =Bina hakim doğal titreşim periyodu) periyotları arasındaki genliklerinin, tanımlanan tasarım spektrumunun aynı periyot aralığındaki genliklerinin 1,3 katından daha az olmaması kuralına göre, kayıt bileşenlerinin genliklerinin ölçeklendirileceği ve her iki bileşenin ölçeklendirilmesinin aynı oranda yapılacağı belirtilmiştir.

Los Angeles Bölgesinde Bulunan Yüksek Yapıların Sismik Anazli ve Tasarımı İçin Alternatif Yöntem Mutabakat Dokümanı (YYMD) [71] (An Alternative Procedure for Seismic Analysis and Design of Tall Buildings Located in The Los Angeles Region), Los Angeles Yüksek Yapılar Yapısal Tasarım Birliği (Tall Buildings Structural Design Council) tarafından daha önce yayınlanmış olan dokümanların en güncel hali olarak 2011 yılında yayınlanmıştır. YYMD'nda yüksekliği 160 ft (48,76 m)'den fazla olan binalar yüksek bina olarak tanımlanmıştır. Bu dökümanda yapıların hesabı için tanımlanan deprem düzeyleri

Tablo 3.2.'de verilmiştir. Tabloda, “Sık Depremler” olarak tanımlanan depremin 30 yılda asılma olasılığı %50, buna karşı gelen dönüş periyodu ise 43 yıl, “Çok Seyrek Depremler” olarak belirtilen depremin 50 yılda asılma olasılığı %2, buna karşı gelen dönüş periyodu ise 2475 yıl olarak ifade edilmiştir.

Tablo 3.2. YYMD’na göre deprem düzeyleri

Deprem Düzeyi	Aşılma Olasılığı	Dönüş Periyodu
Sık Depremler	30 yılda %50	43 yıl
Çok Seyrek Depremler	50 ılda %2	2475 yıl

YYMD’nda zaman tanım alanında yapılacak analizler için, servis seviyesi için en az üç veya yedi deprem kaydının kullanılacağı, servis seviyesi analizleri için üç adet deprem kaydının seçilmesi durumunda değerlendirilen değişkenin maksimum değerlerinin, yedi adet deprem kaydının kullanılması durumunda ortalamalarının alınacağı, göçmenin önlenmesi performans seviyesinin hedeflendiği maksimum tasarım depreminin göz önüne alındığı analizlerde yedi veya daha fazla deprem kaydının seçileceği, sahaya özgü zemin bağımlı olarak seçilen deprem kayıtlarının %2,5 sönümlü spektrumlarının ASCE 7-05’e göre ölçekleneceği, deprem kayıtlarının ölçeklenmesinde genlik-ölçekleme veya spektrum eşleştirme yaklaşımlarının kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Yüksek yapıların tasarım ve değerlendirilmesi için yönetmelik hazırlanması çalışmaları kapsamında ana esasların belirlenmesi amacıyla Uygulamalı Teknoloji Konseyi (Applied Technology Council, ATC) ile Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi (Pacific Earthquake Engineering Research Center, PEER) tarafından yürütülen bir çalışma sonucunda, PEER/ATC72-1 Yüksek yapıların sismik tasarım ve analizi için modelleme ve kabul kriterleri (Modeling and acceptance criteria for seismic design and analysis of tall buildings) [72] adlı rapor hazırlanarak Ekim-2010 tarihinde yayınlanmıştır. Kasım-2010 tarihinde ise bu raporu temel alan TBI-Yüksek Binaların Performansa Dayalı Tasarım Esasları (TBI-YBTE) (Guidelines for Performance-Based Seismic Design of Tall

Buildings) adlı doküman PEER, Yüksek Binalar Girişimi (Tall Buildings Initiative, TBI) grubu tarafından yayınlamıştır. Yayımlanan bu dokümanda yüksek yapıların tasarım, hesap ve değerlendirilmesine ilişkin ayrıntılı bilgiler sunulmuştur. Bu dokümanda hakim periyodu 1,0 saniyeden fazla olan yapılar yüksek yapı olarak nitelendirilmiştir. Dokümanda yapıların hesabı için “Servis Düzeyi Depremi” ve “Maksimum Değerlendirme Depremi” olmak üzere iki farklı deprem düzeyi tanımlanmış ve tanımlanan bu deprem düzeyleri aşağıda yer alan Tablo 3.3.’de sunulmuştur. Tabloda görüldüğü üzere TBI-YBTE dokümanında 30 yılda aşılma olasılığı %50, dönüş periyodu 43 yıl olan deprem “Servis Düzeyi Depremi”, 50 yılda aşılma olasılığı %2, dönüş periyodu 2475 yıl olan deprem ise “Maksimum Değerlendirme Depremi” olarak tanımlanmıştır.

Tablo 3.3. TBI-YBTE Dokümanına göre deprem düzeyleri

Deprem Düzeyi	Aşılma Olasılığı	Dönüş Periyodu
Servis Düzeyi Depremi	30 yılda %50	43 yıl
Maksimum Değerlendirme Depremi	50 yılda %2	2475 yıl

TBI-YBTE dokümanında zaman tanım alanında yapılacak analizler için, yedi veya daha fazla deprem kaydı veri grubunun kullanılacağı, hesap sonuçlarından kontrol edilecek değerlerin ortalamalarının alınması gerektiği, 30 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremlerin kullanılması durumunda %2,5 sönüm oranına sahip tasarım spektrumuna göre ölçekleme gerektiği, 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremde ise sönüm oranının en fazla %5 alınabileceği, bununla birlikte sönüm oranının, N bina kat adedi olmak üzere α/N formülü ile belirlenebileceği formülde yer alan α katsayısının betonarme yapılar için en fazla 120 alınabileceği belirtilmektedir.

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen zaman tanım alanında dinamik analizlerde kullanılan deprem kayıtları, yukarıda bahsedilen yüksek yapılarla ilgili dokümanlarda verilen koşullara uygun olarak seçilmiş ve seçilen bu kayıtlar aşağıda verilmiştir.

3.7. Seçilen Deprem Kayıtları

Çalışmada kullanılacak ivme kayıtları geçmiş çalışmalardan elde edilen veriler ışığında seçilmiştir. Kaydın hız içeriğinin, yakın saha depremleri ve kayıt yerinin zemin sınıfının yapı tepkisini etkilediği göz önüne alınmış buna göre tepe yer hızı (PGV) değişen kayıt grupları ile yakın sahadan kaydedilmiş yönelim etkisi (YE) içeren ve içermeyen kayıtlar seçilmiştir. Sonrasında YE içeren farklı zemin dalgası kayma hızına (zemin sınıfına) sahip ivme kaydı grupları ölçeklenmek üzere seçilmiştir.

3.7.1. PGV değerlerine göre seçilen ivme kayıtları

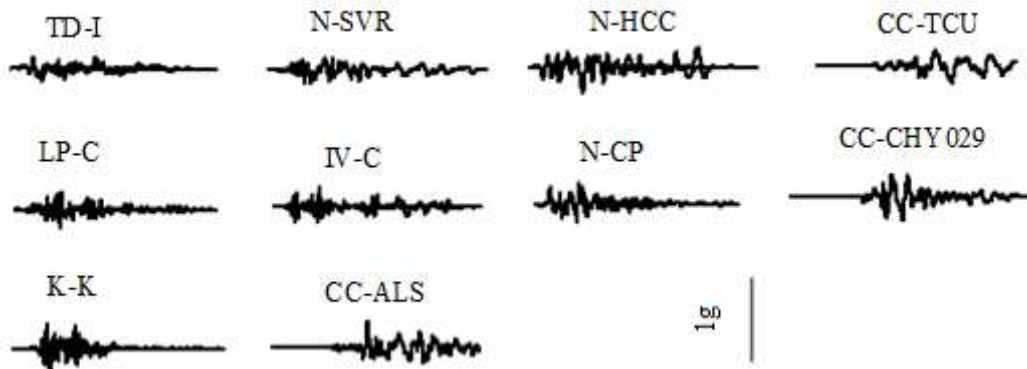
Geçmişte yapılan ve çalışmanın önceki bölümlerinde belirtilen bilgiler ışığında analizde kullanılacak deprem kayıtları Pasific Earthquake Engineering Research Center (PEER) [64] tarafından oluşturulan veri tabanından seçilmiştir. PGV değeri değişen kayıtların zemin sınıflamaları, kaynak uzaklıkları ve büyüklükleri benzerdir. Seçilen kayıtlar PGV değerleri 20-40 cm/sn, 40-60 cm/sn, 60-80 cm/sn ve 80 cm/sn'den büyük olmak üzere dört gruba ayrılmıştır. Her bir grupta on adet deprem ivme kaydına yer verilmiştir. Seçilen gruplardaki yer hareketlerinin kaydedildiği zemin C ve D sınıfında yer almaktadır. Bahsedilen zemin sınıflaması temel olarak en üst 30 m zemin profilindeki ortalama dalga kayma hızına bağlı tanımlanmaktadır. American Society of Civil Engineers, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures Standard (ASCE)'a göre [26] C grubu zemin 360 m/sn ve 760 m/sn arasında ortalama dalga kayma hızına sahip zeminleri, D grubu zemin ise 180 m/sn ile 360 m/sn arasında dalga kayma hızına sahip zeminleri temsil etmektedir. Bahsedilen kayma dalgası hızlarına göre de zemin sınıflaması National Earthquake Hazards Reduction Program (NEHRP)'a göre [73] yapılmaktadır.

Tablo 3.4.'de verilen ilk grup yer hareketleri PGV değerleri 20 cm/sn ile 40 cm/sn arasında değişecek şekilde Pasific Earthquake Engineering Research Center (PEER) Strong Motion Database [64] sitesinde bulunan kayıtlar arasından

seçilmiştir. Bu grupta yer alan kayıtları üreten depremlerin moment büyüklükleri $M_w=6,5$ ile $M_w=7,6$ arasında yer almaktadır. Bunun yanında seçilen kayıtların tepe yer ivmesi (PGA) değerleri 0,18 g ile 0,60 g, tepe yer deplasmanı (PGD) değerleri ise 5,50 cm ile 30,08 cm arasında değişmektedir. Tablo 3.4’de verilen ve PGV değerleri 20 cm/sn ile 40 cm/sn arasında değişecek şekilde seçilen deprem kayıt grubuna ilişkin olarak oluşturulmuş ivme-zaman serilerinin görünümü Şekil 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.4. 20 cm/sn < PGV < 40 cm/sn olan ivme kayıtları

Deprem	İstasyon	Bileşen	Zemin Sınıfı	M_w	R (km)	PGA (g)	PGV (cm/s)	PGD (cm)
Tabas-Iran TI-D	Dayhook	LN	C	7,3	13,94	0,33	20,60	12,56
Northridge N-SVR	SunValley Roscoe	000	D	6,7	10,05	0,30	22,10	7,84
Northridge N-HCC	Hollyw. Cold.C.	180	C	6,7	12,51	0,30	25,00	6,46
Chi-Chi CC-TCU	TCU	N	C	7,6	5,18	0,19	28,10	16,41
Loma Prieta LP-C	Capitola	090	D	6,9	15,23	0,44	29,30	5,50
ImperialVall IV-C	Chihuahua	282	D	6,5	7,30	0,25	30,10	12,89
Northridge N-CP	Canoga Park	106	D	6,7	14,70	0,36	32,10	9,13
Chi-Chi CC-CHY029	CHY029	N	C	7,6	10,97	0,24	35,20	29,10
Kobe K-K	KJMA	090	D	6,9	0,96	0,60	37,2	30,08
Chi-Chi CC-ALS	ALS	E	C	7,6	10,8	0,18	39,30	10,37

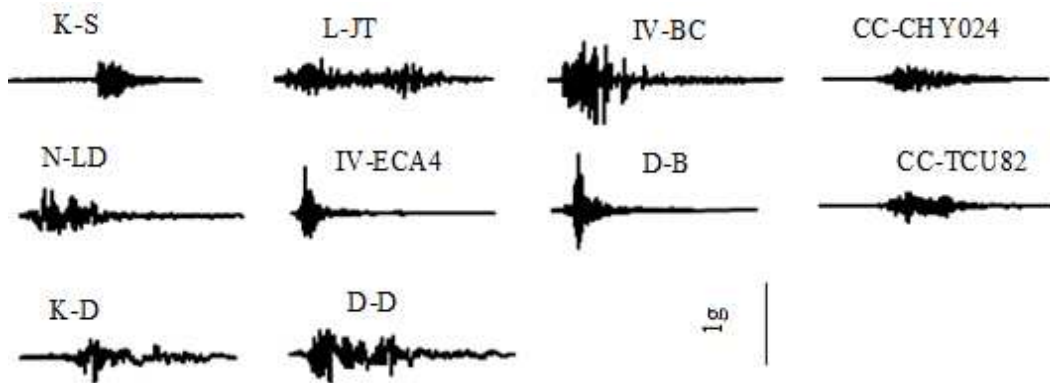


Şekil 3.1. 20 cm/sn < PGV < 40 cm/sn olan kayıtların ivme-zaman grafikleri

Tablo 3.5’de verilen ikinci grup yer hareketlerinin PGV değerleri 40 cm/sn ile 60 cm/sn, grupta yer alan kayıtları üreten depremlerin moment büyüklükleri ise $M_w=6,5$ ile $M_w=7,6$ arasında değişecek şekilde seçilmiştir. Tabloda verilen ivme kayıtlarının PGA değerleri 0,17 g ile 0,73 g, PGD değerleri ise 14,51 cm ile 71,47 cm arasında değişmektedir. Tablo 3.5’de verilen bu grupta yer alan deprem kayıtlarına ait ivme zaman serilerinin görünümü Şekil 3.2’de verilmiştir.

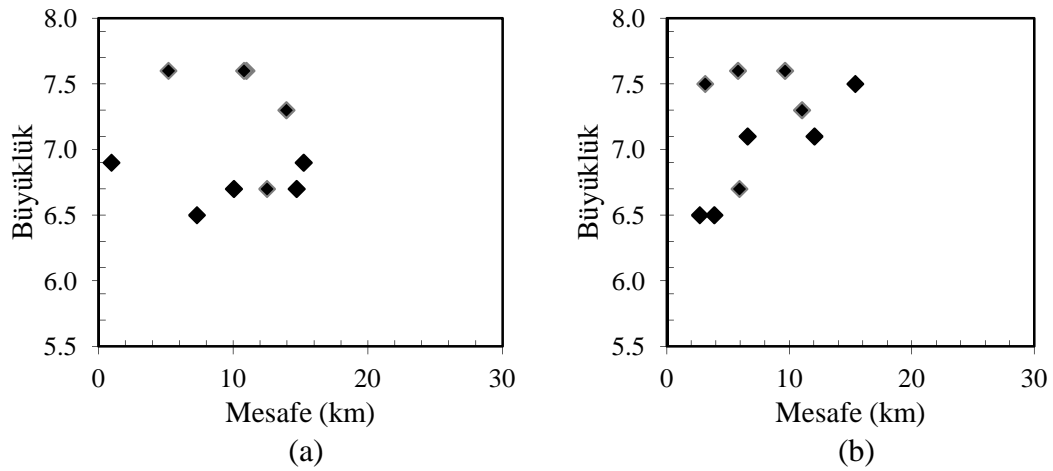
Tablo 3.5. 40 cm/sn < PGV < 60 cm/sn olan ivme kayıtları

Deprem	İstasyon	Bileşen	Zemin Sınıfı	M_w	R (km)	PGA (g)	PGV (cm/sn)	PGD (cm)
Kocaeli K-S	Sakarya	090	C	7,5	3,12	0,37	42,10	26,40
Landers L-JT	Joshua Tree	090	C	7,3	11,03	0,28	43,20	14,51
Imperial Vall. IV-BC	Bonds Corner	140	D	6,5	2,68	0,56	45,20	16,78
Chi-Chi CC-CHY024	CHY024	N	C	7,6	9,64	0,17	48,90	31,40
Northridge N-LD	LA Dam	334	C	6,7	5,92	0,35	50,80	15,11
Imperial Vall. IV-ECA4	El Centro Ar.#4	140	D	6,5	3,86	0,60	54,30	32,32
Düzce D-B	Bolu	000	D	7,1	12,04	0,73	56,40	23,07
Chi-Chi CC-TCU82	TCU082	E	C	7,6	5,18	0,22	58,40	71,47
Kocaeli K-D	Düzce	180	D	7,5	15,37	0,31	58,80	44,11
Düzce D-D	Düzce	180	D	7,1	6,58	0,35	60,00	42,09



Şekil 3.2. 40 cm/sn < PGV < 60 cm/sn olan kayıtların ivme-zaman grafikleri

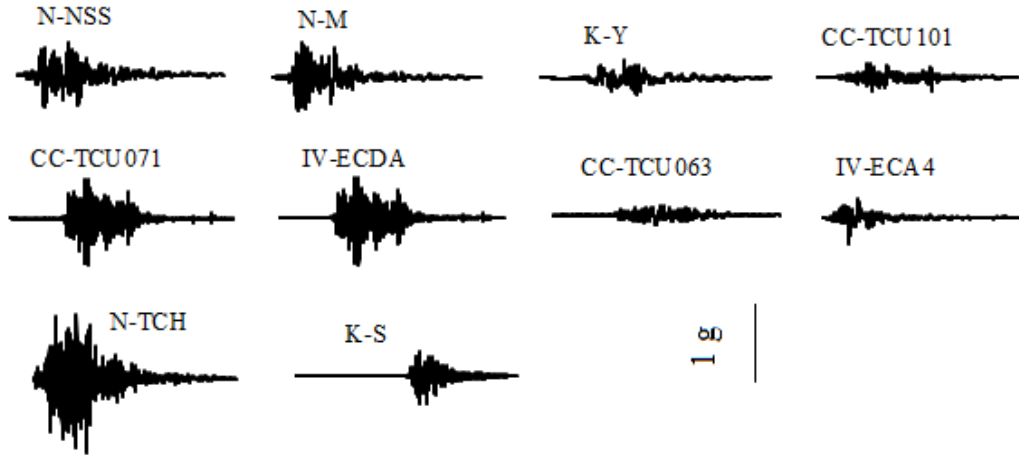
Tablo 3.4’de yer alan ivme kayıtlarının alındığı noktanın fay kırılma yerine olan mesafesi ile depremin moment büyüklüğü değişimine ilişkin grafik Şekil 3.3 (a)’da, Tablo 3.5’de verilen deprem gruplarına ait mesafe ve büyüklük değişimleri ise Şekil 3.3 (b)’de verilmiştir. Şekil 3.3’den de görüldüğü gibi her iki grupta da, seçilen ivme kayıtlarını oluşturan depremlerin kayıt noktası ile kaynak noktası arasında kalan mesafesi 20 km’den daha az olmuştur. Tablo 3.6’da verilen üçüncü grup deprem kayıtlarının PGV değerleri 60 cm/sn ile 80 cm/sn arasında, bu grupta yer alan kayıtları üreten depremlerin moment büyüklükleri de $M_w=6,5$ ile $M_w=7,6$ arasında değişmektedir. Tablo 3.6’da verilen kayıtların PGA değerleri 0,13 g ile 0,99 g, PGD değerleri ise 11,80 cm ile 75,36 cm arasında değişmektedir. Tablo 3.6’da verilen deprem kayıtlarına ait ivme zaman serilerinin görünümü Şekil 3.4’de verilmiştir. Tablo 3.7’de verilen dördüncü grup deprem ivme kayıtlarının PGV değerleri 80 cm/sn’den büyük olacak şekilde seçilmiştir. Bu grupta yer alan kayıtların sahip olduğu en düşük PGV değeri 81,30 cm/sn olurken, en yüksek PGV değeri 127,10 cm/sn olmuştur. Bu grupta yer alan kayıtları üreten yer hareketlerinin moment büyüklükleri de diğer gruptakiler gibi $M_w=6,5$ ile $M_w=7,6$ arasında değişmiştir. Dördüncü grupta yer alan bu kayıtların tepe yer ivmesi değerleri (PGA) 0,33 g ile 0,97 g, tepe yer deplasmanı (PGD) değerleri ise 17,68 cm ile 246,20 cm arasında değişmiştir. Tablo 3.7’de verilen PGV > 80 cm/sn olan deprem ivme kayıtlarına ait ivme-zaman serilerinin görünümü Şekil 3.5’de verilmiştir.



Şekil 3.3. İvme kayıtlarını üreten depremlerin büyüklüğü ve fay kırılma yerine uzaklığı a-) 20 cm/sn < PGV < 40 cm/sn için b-) 40 cm/sn < PGV < 60 cm/sn için

Tablo 3.6. 60 cm/sn < PGV < 80 cm/sn olan ivme kayıtları

Deprem	İstasyon	Bileşen	Zemin Sınıfı	M _w	R (km)	PGA (g)	PGV (cm/sn)	PGD (cm)
Northridge N-NSS	Northri. Sa. St.	180	D	6,7	12,09	0,48	61,50	22,06
Northridge N-M	Mulhol	279	D	6,7	17,15	0,52	62,80	11,80
Kocaeli K-Y	Yarımca	060	D	7,5	4,83	0,27	65,70	57,01
Chi-Chi CC-TCU101	TCU101	E	D	7,6	2,13	0,20	67,90	75,36
Chi-Chi CC-TCU071	TCU071	N	C	7,6	5,31	0,65	69,40	49,06
Imperial Vall. IV-ECDA	El Centro Dif. Arr.	270	D	6,5	5,09	0,35	71,20	45,80
Chi-Chi CC-TCU063	TCU063	N	C	7,6	9,80	0,13	73,10	59,24
Imperial Vall. IV-ECA4	El Centro Ar#4	230	D	6,5	7,05	0,36	76,60	59,02
Northridge N-TCH	Tarzana C. HA	360	D	6,7	15,60	0,99	77,60	30,45
Kocaeli K-S	Sakarya	090	C	7,5	3,12	0,38	79,50	70,52

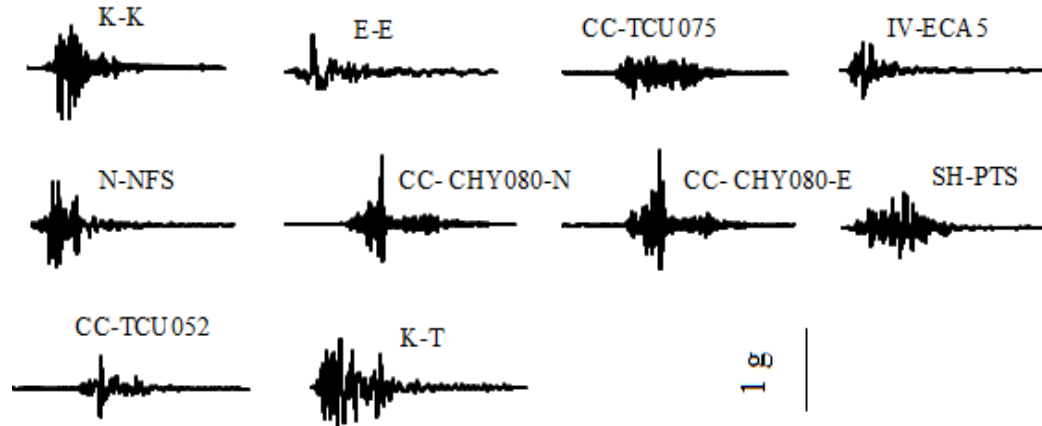


Şekil 3.4. 60 cm/sn < PGV < 80 cm/sn olan depremlerin ivme zaman grafikleri

Tablo 3.6’da yer alan ivme kayıtlarının alındığı noktanın fay kırılma yerine olan mesafesi ile depremin moment büyüklüğü değişimine ilişkin grafik Şekil 3.6 (a)’da, Tablo 3.7’de verilen deprem gruplarına ait mesafe ve büyüklük değişimleri ise Şekil 3.6 (b)’de verilmiştir.

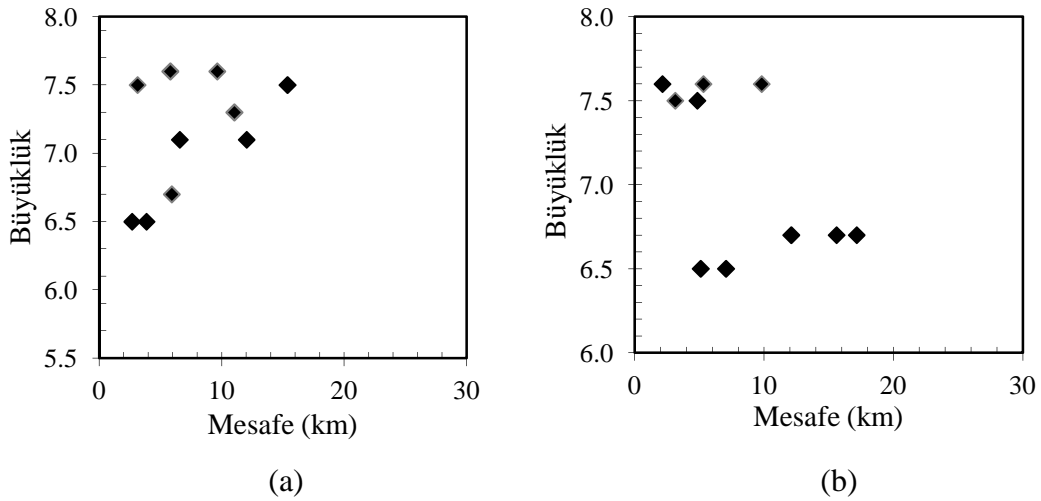
Tablo 3.7. PGV > 80 cm/sn olan ivme kayıtları

Deprem	İstasyon	Bileşen	Zemin Sınıfı	M_w	R (km)	PGA (g)	PGV (cm/sn)	PGD (cm)
Kobe K-K	KJMA	000	D	6,9	0,96	0,82	81,30	17,68
Erzincan E-E	Erzincan	NS	D	6,7	4,38	0,52	83,90	27,35
Chi-Chi CC-TCU075	TCU075	E	C	7,6	0,91	0,33	88,30	86,45
Imperial Vall. IV-ECA5	El Centro Ar.#5	230	D	6,5	3,95	0,38	90,50	63,03
Northridge N-NFS	Newhall Fire St.	360	D	6,7	5,92	0,59	97,20	38,05
Chi-Chi CC-CHY080-N	CHY080	N	C	7,6	2,69	0,90	102,40	33,97
Chi-Chi CC-CHY080-E	CHY080	E	C	7,6	2,69	0,97	107,40	18,60
Superstition H SH-PTS	Parachu. Test S.	225	D	6,5	0,95	0,46	112,00	52,80
Chi-Chi CC-TCU052	TCU052	N	C	7,6	0,66	0,42	118,40	246,2
Kobe K-T	Takatori	000	D	6,9	1,47	0,61	127,10	35,77



Şekil 3.5. PGV > 80 cm/sn olan ivme kayıtlarının ivme-zaman grafikleri

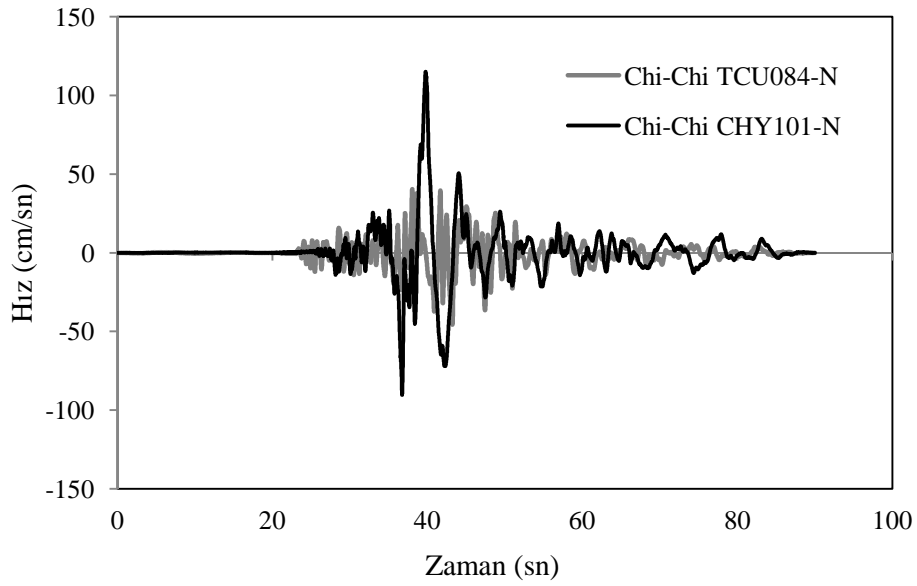
Şekil 3.6'dan da görüldüğü gibi her iki grupta da, seçilen ivme kayıtlarını oluşturan depremlerin kayıt noktası ile kaynak noktası arasında kalan mesafesinin diğer kayıt gruplarında olduğu gibi 20 km'den daha az olmuştur.



Şekil 3.6. İvme kayıtlarını üreten depremlerin büyüklüğü ve fay kırılma yerine uzaklığı a-) 60 cm/sn < PGV < 80 cm/sn için b-) PGV > 80 cm/sn için

3.7.2. YE içeriğine göre seçilen ivme kayıtları

Çalışmanın önceki bölümlerinde anlatıldığı gibi kaydın yakın sahadan kaydedilmiş olmasının yanı sıra kaydın içeriği de yapının davranışını önemli ölçüde etkilemektedir. Kaydedilmiş deprem kaydının yapı davranışını etkileyen en karakteristik özelliklerinden biri kaydın içeriğinde yer alan yönelim etkisi (YE) özelliğidir. Metin tarafından yapılan çalışmada [74] fay yüzey kırığından yerleşim alanına doğru, yüksek hızdaki deprem hareketi yayılımının fay normali doğrultusunda yüksek genlikli itkiye sebep olduğu ve bu etkinin de yönelim olarak adlandırıldığını belirtmiştir. Bunun yanında, Mavroeidis [75] yaptığı çalışma ile yönelim etkisini, kaydın başlangıcındaki yoğun periyot ile uyumlu olarak faydaki elastik enerjinin hemen hemen tümünün sismik yayılımı olarak tanımlamıştır. Deprem hareketi yayılımının çalışılan alana doğru olması durumunda YE'nin görüldüğü, bunun tersine deprem hareketi yayılımının alandan uzaklaşması durumunda YE gözlenmediği söylenebilmektedir. Çalışmalarda bahsedilen, YE içeren ve içermeyen kayıtlar için ivme zaman grafiği Şekil 3.7.'de gösterilmiştir. Şekil 3.7'de verilen grafik 1991 Chi-Chi depreminin TCU084-N ve CHY101-N istasyonundaki kaydın hız-zaman geçmişini göstermektedir. CHY101-N kaydının, kırılma yönünde ileri etkiye sahip önemli bir YE sahip olduğu, bunun tersine kırılma yönünün arka tarafında kalan TCU084-N deprem kaydının da diğerine göre oldukça zayıf olduğu göze çarpmaktadır.



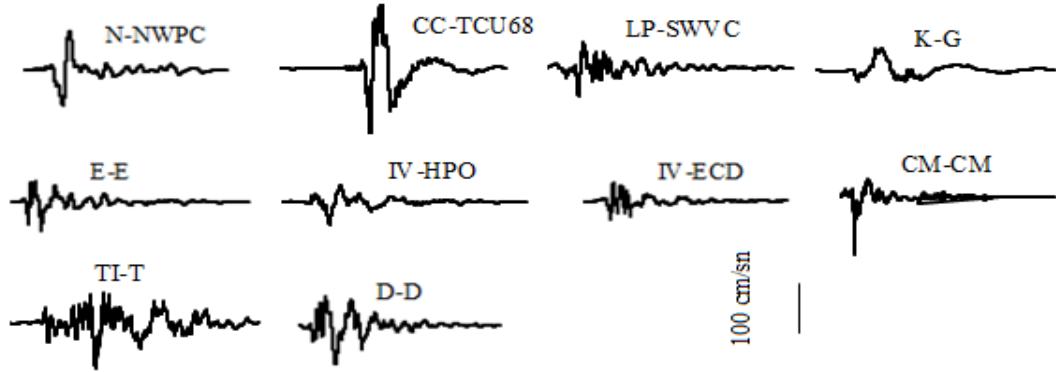
Şekil 3.7. YE içeren depremin önemi

Bu açıklamalar ışığında yönelim etkisi (YE) içeren yakın saha kaynaklı deprem kayıtlarının seçiminin özel bir öneme sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, kayıtların YE içerip içermediğinin araştırılması olmadığından analizlerde kullanılmak üzere seçilen YE içeren deprem kayıtları daha önce Günay ve Sucuoğlu tarafından yapılan çalışmalarda [76,77] kullanılan depremlerin YE içerenleri arasından seçilmiştir.

Çalışmanın bu bölümünde YE içeren ve içermeyen kayıt gruplarına ilişkin olarak seçilen depremler verilmiştir. Tablo 3.8’de verilen kayıtlar YE içeren ivme kayıtlarını göstermektedir. Tablo 3.8’de verilen YE içeren yer hareketlerinin PGV değerleri 40,80 cm/sn ile 176,70 cm/sn, bu grup kayıtları üreten depremlerin moment büyüklükleri $M_w=6,5$ ile $M_w=7,6$ arasında değişmiştir. Kayıtların PGA değerleri 0,22 g ile 1,50 g, PGD değerleri ise 14,00 cm ile 324,30 cm arasında değişmiştir. Tablo 3.8’de verilen deprem kayıtlarına ait ivme zaman serilerinin görünümü Şekil 3.8’de verilmiştir. Tablo 3.9’da YE içermeyen deprem kayıtları verilmiştir. Bu grup yer hareketlerinin PGV değerleri 28,60 cm/sn ile 121,20 cm/sn arasında değişmektedir. Tablo 3.9’da verilen kayıtları üreten depremlerin moment büyüklükleri diğer gruptakiler gibi $M_w=6,5$ ile $M_w=7,6$ arasında yer almaktadır.

Tablo 3.8. YE içeren deprem ivme kayıtları

Deprem	İstasyon	Bileşen	Zemin Sınıfı	M_w	R (km)	PGA (g)	PGV (cm/s)	PGD (cm)
Northridge N-NWPC	Newhall WPC	46	D	6,7	5,50	0,45	92,8	56,60
Chi-Chi CC-TCU68	TCU068	E	C	7,6	0,30	0,57	176,7	324,30
Loma Prieta LP-SWVC	Saratoga W Val.C	0	C	7,0	9,30	0,25	42,4	19,50
Kocaeli K-G	Gebze	0	B	7,5	10,90	0,24	50,3	42,80
Erzincan E-E	Erzincan	EW	D	6,9	4,40	0,49	64,3	22,80
ImperialVall IV-HPO	Holtville Post Off	315	C	6,5	7,70	0,22	49,8	31,90
Imperial Val IV-ECD	El Centro Dif.	360	D	6,5	5,10	0,48	40,8	14,00
Cape Mendo CM-CM	Cape Mendo	0	C	7,0	6,96	1,50	127,4	41,01
Tabas-Iran TI-T	Tabas	LN	B	7,5	2,1	0,84	97,8	36,92
Düzce D-D	Düzce	270	D	7,1	8,20	0,53	83,5	51,60

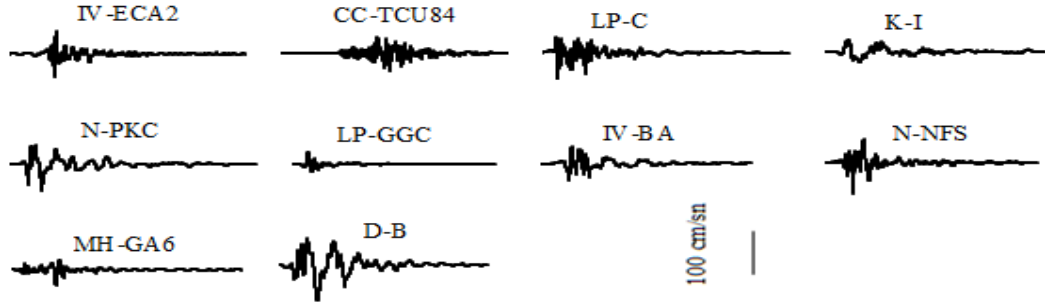


Şekil 3.8. YE içeren deprem ivme kayıtlarının hız-zaman grafikleri

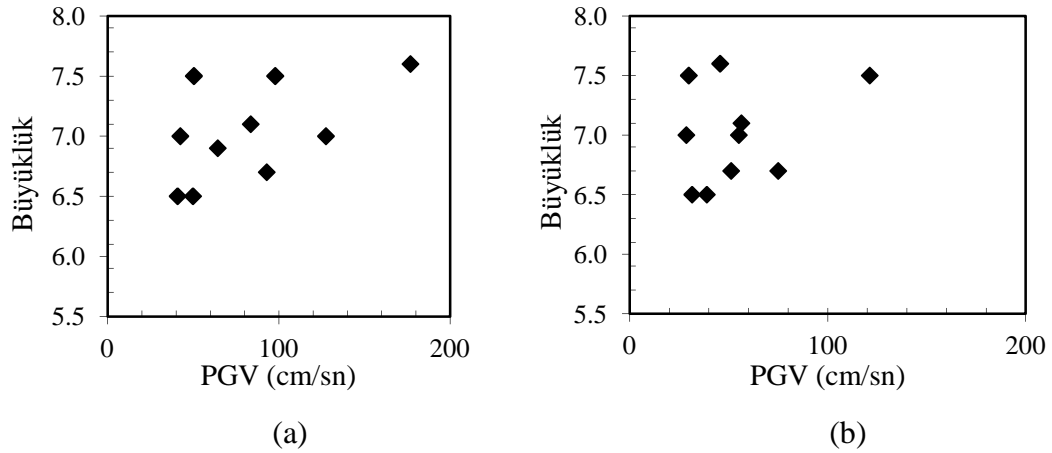
Tablo 3.9’da verilen kayıtların PGA değerleri 0,22 g ile 0,85 g, PGD değerleri ise 6,40 cm ile 96,00 cm arasında değişmiştir. Bu grupta yer alan kayıtlara ait ivme zaman serilerinin görünümü Şekil 3.9’de verilmiştir. Tablo 3.8’de yer alan ivme kayıtlarının PGV değerleri ile depremin moment büyüklüğü değişimine ilişkin grafik Şekil 3.10 (a)’da, Tablo 3.9’de verilen deprem gruplarına ait PGV değerleri ile deprem moment büyüklüğü değişimlerine ilişkin grafik ise Şekil 3.10 (b)’de verilmiştir.

Tablo 3.9. YE içermeyen deprem kayıtları

Deprem	İstasyon	Bileşen	Zemin Sınıfı	M_w	R (km)	PGA (g)	PGV (cm/s)	PGD (cm)
ImperialVall IV-ECA2	El Centro A#2	140	D	6,5	15,3	0,31	31,5	14,3
Chi-Chi CC-TCU84	TCU084	N	C	7,6	11,2	0,42	45,6	21,3
Loma Prieta LP-C	Carrolitas	0	C	7,0	3,9	0,64	55,1	10,8
Kocaeli K-İ	İzmit	090	B	7,5	7,2	0,22	29,8	17,1
Northridge N-PKC	Pacoima Kag.C.	360	C	6,7	7,3	0,43	51,2	8,0
Loma Prieta LP-GGC	Gilroy Gav.Coll	067	C	7,0	14,8	0,38	28,6	6,4
Imperial Val IV-BA	Brawley Air.	315	D	6,5	10,4	0,22	38,9	13,5
Northridge N-NFS	Newhall Fire St	090	D	6,7	5,9	0,58	74,9	17,7
Tabas-Iran TI-T	Tabas	TR	B	7,5	2,1	0,85	121,2	95,0
Düzce D-B	Bolu	0	D	7,1	12,0	0,73	56,4	23,1



Şekil 3.9. YE içermeyen deprem kayıtlarının hız-zaman grafikleri



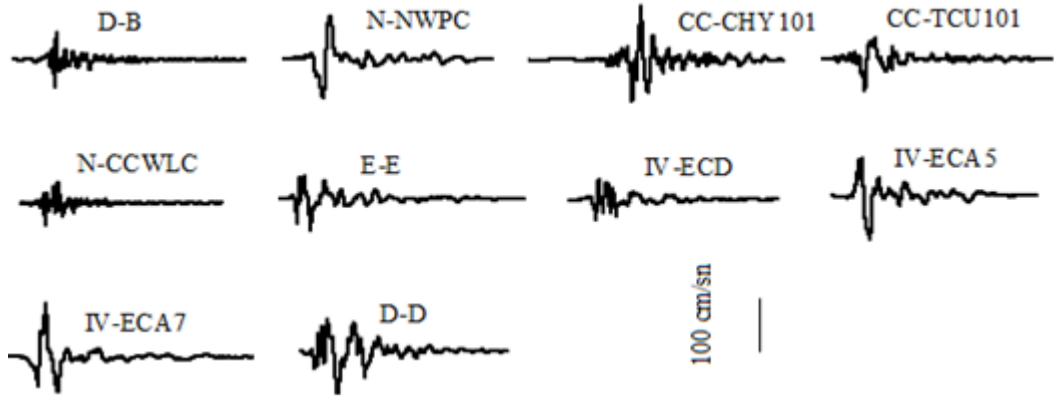
Şekil 3.10. İvme kayıtlarını üreten depremlerin büyüklüğü ve PGV değerleri a-) YE içeren kayıtlar için b-) YE içermeyen kayıtlar için

3.7.3. Zemin sınıfına göre seçilen ivme kayıtları

Tasarım yönetmeliklerine göre, zaman tanım alanında analizde kullanılacak yer hareketlerinin belli bir tasarım spektrumu ile uyumlu olacak şekilde ölçeklenmesi gerekmektedir. Bu bölümde, ölçeklenmek üzere iki farklı zemin sınıfından YE içeren yakın saha kaynaklı iki grup deprem kaydı seçilmiştir. Tablo 3.10’da, zemin dalgası kayma hızı $V_s = 180-360$ m/sn olan (D grubunda yer alan) YE içeren deprem kayıtları verilmiştir. Bu grupta bulunan yer hareketlerinin PGV değerleri 40,80 cm/sn ile 115,00 cm/sn değişmektedir. Grupta verilen ivme kayıtlarını üreten depremlerin moment büyüklükleri ise diğer gruptakiler gibi $M_w=6,5$ ile $M_w=7,6$ arasında değişmiştir. Bahsi geçen kayıtların PGA değerleri 0,20 g ile 0,82 g, PGD değerleri ise 12,50 cm ile 75,40 cm arasında değişmiştir. Tablo 3.10’da verilen deprem kayıtlarına ait ivme zaman serilerinin görünümü Şekil 3.11’de verilmiştir.

Tablo 3.10. YE içeren ve $V_s = 180-360$ m/sn olan (D grubu) kayıtlar

Deprem	İstasyon	Bileşen	Zemin Sınıfı	M_w	R (km)	PGA (g)	PGV (cm/s)	PGD (cm)
Düzce D-B	Bolu	090	D	7,1	12,00	0,82	62,1	13,60
Northridge N-NWPC	Newhall WPC	46	D	6,7	5,50	0,45	92,8	56,60
Chi-Chi CC-CHY101	CHY101	N	D	7,6	10,00	0,44	115,0	68,80
Chi-Chi CC-TCU101	TCU101	E	D	7,6	2,10	0,20	67,9	75,40
Northridge N-CCWLC	Canyon Co. WLC	270	D	6,7	12,40	0,48	44,9	12,50
Erzincan E-E	Erzincan	EW	D	6,9	4,40	0,49	64,3	22,80
Imperial Val IV-ECD	El Centro Dif.	360	D	6,5	5,10	0,48	40,8	14,00
Imperial Val IV-ECA5	El Centro Arr#5	230	D	6,5	4,00	0,38	90,5	63,10
Imperial Val IV-ECA7	El Centro Arr#7	230	D	6,5	0,60	0,46	109,3	44,70
Düzce D-D	Düzce	270	D	7,1	8,20	0,53	83,5	51,60



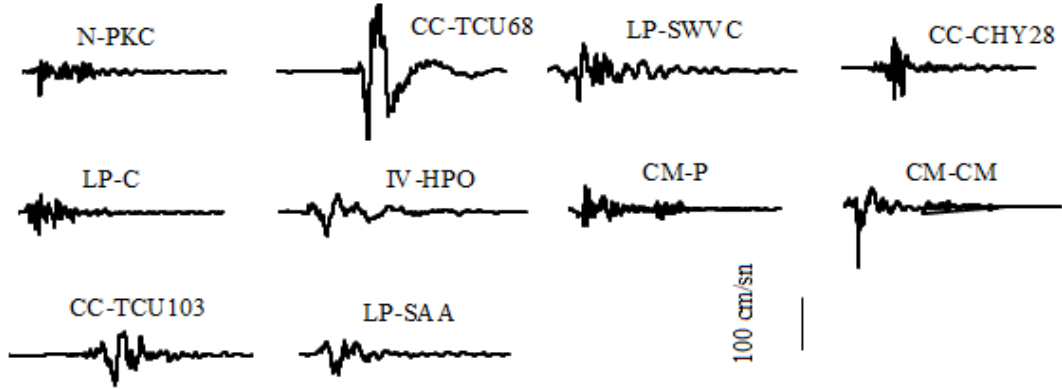
Şekil 3.11. $V_s = 180-360$ m/sn olan (D grubu) zeminden alınan ve YE içeren kayıtların hız-zaman grafikleri

Tablo 3.11’de, zemin dalgası kayma hızı $V_s = 360-760$ m/sn olan ve C grubunda yer alan zeminden kaydedilen ve YE içeren deprem kayıtları verilmiştir. Tablo 3.11’de verilen yer hareketlerinin PGV değerleri 42,40 cm/sn ile 176,70 cm/sn, deprem moment büyüklükleri ise $M_w=6,5$ ile $M_w=7,6$ arasında değişmiştir.

Tablo 3.11. YE içeren ve $V_s = 360-760$ m/sn olan (C grubu) kayıtlar

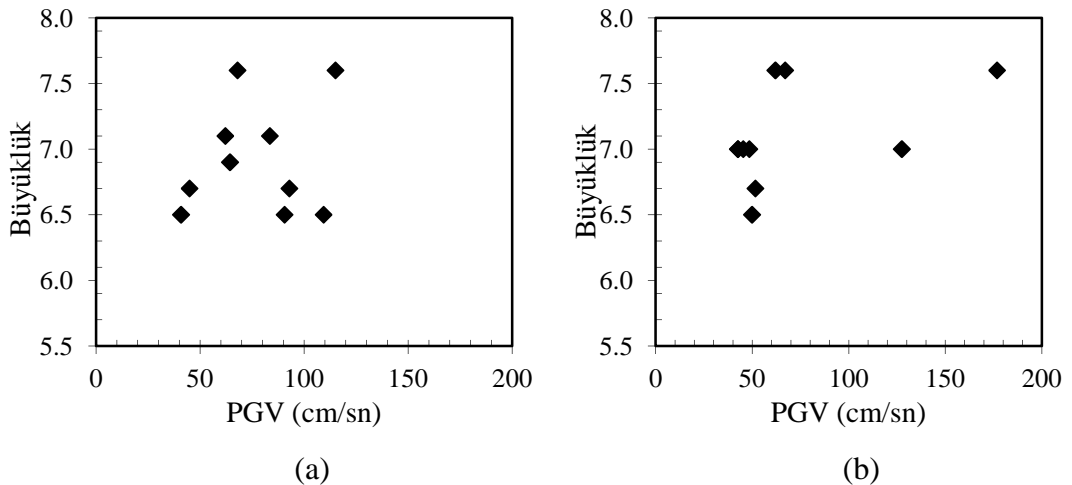
Deprem	İstasyon	Bileşen	Zemin Sınıfı	M_w	R (km)	PGA (g)	PGV (cm/s)	PGD (cm)	
Northridge N-PKC	Pacoima C.	Kag.	360	C	6,7	7,26	0,43	51,50	7,21
Chi-Chi CC-TCU68	TCU068	E	C	7,6	0,30	0,57	176,70	324,30	
Loma Prieta LP-SWVC	Saratoga Val.C	W	0	C	7,0	9,30	0,25	42,40	19,50
Chi-Chi CC-CHY28	CHY028	N	C	7,6	3,10	0,82	67,00	23,30	
Loma Prieta LP-C	Carrolitas	090	C	7,0	3,90	0,48	45,20	11,30	
ImperialVall IV-HPO	Hostville Post Off	315	C	6,5	7,70	0,22	49,80	31,90	
Cape Mendo CM-P	Petrolia	0	C	7,0	6,96	0,59	48,40	21,91	
Cape Mendo CM-CM	Cape Mendo	0	C	7,0	6,96	1,50	127,40	41,01	
Chi-Chi CC-TCU103	TCU103	E	C	7,6	4,00	0,13	61,90	87,60	
Loma Prieta LP-SAA	SaratogaAlohaA	090	C	7,0	8,50	0,48	42,60	27,60	

Kayıtların tepe yer ivmesi (PGA) değerleri 0,13 g ile 1,50 g, tepe yer deplasmanı (PGD) değerleri ise 7,21 cm ile 324,30 cm arasında değişmiştir. Tablo 3.11’de verilen deprem kayıtlarına ait ivme zaman serilerinin görünümü Şekil 3.12’de verilmiştir.



Şekil 3.12. $V_s = 360-760$ m/sn olan (C grubu) zeminden alınan ve YE içeren kayıtların hız-zaman grafikleri

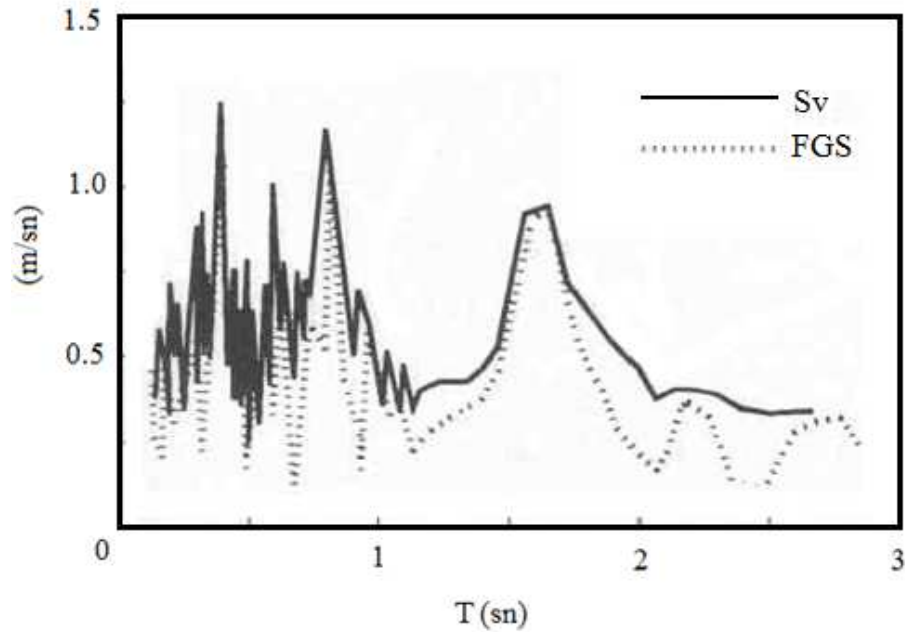
Tablo 3.10’da yer alan ivme kayıtlarının PGV ile depremin moment büyüklüğü değişimine ilişkin grafik Şekil 3.13 (a)’da, Tablo 3.11’de verilen deprem gruplarına ait PGV ve büyüklük değişimleri ise Şekil 3.13 (b)’de verilmiştir.



Şekil 3.13. Seçilen yönelim etkili deprem kayıtlarının büyüklük ve PGV’si a-) $V_s=180-360$ m/sn için b-) $V_s=360-760$ m/sn için

Kaydedilen bir deprem hareketi her ne kadar geliş güzel gibi görülürse de, farklı frekans ve genliklere sahip harmonik titreşimlerin üst üste gelmesiyle meydana

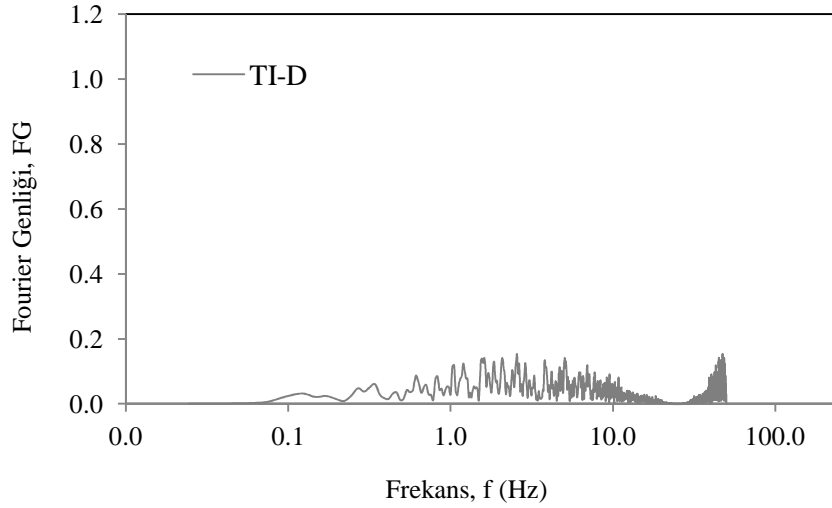
gelmiş olarak da kabul edilebilmektedir. Bir deprem hareketinin frekans içeriğinin bulunması için en çok kullanılan büyüklük, hareketin kayıt süresi boyunca olan fourier dönüşümünden hesaplanacak Fourier Genlik Spektrumu (FGS)'dur. Bir yapının periyodunun fonksiyonu şeklinde gösterilecek FGS'nun depremin sisteme verdiği enerjinin bir ölçüsünü yansıttığı bilinmektedir [1,78] Şekil 3.14'de 1952 Taft depreminin S69E kaydının FGS ve hız spektrumları (Sv) verilmiştir. FGS eğrisinde görülen maksimum noktalar sisteme büyük enerjinin iletildiği periyotları göstermektedir. Bu noktalar söz konusu depremin hakim periyotları olarak adlandırılmaktadır. FGS ve Sv eğrileri bir arada değerlendirildiğinde iki eğrinin izlediği yolun benzer ve maksimum noktalarının da yaklaşık olduğu göze çarpmaktadır. Çalışmada kullanılan deprem kayıtlarında ele alınan değişkenlerden bir tanesi de kayıtların tepe yer hızı (PGV)'dır. Bir kaydın FGS ile Sv grafikleri benzer olduğundan ayrıca yapı tepkisini deprem dolayısıyla yapıya aktarılan enerji etkilediğinden ve FGS eğrisindeki maksimum noktalar da yapıya büyük enerjinin iletildiği periyotları gösterdiğinden çalışma kapsamında kullanılan tüm kayıtların FGS eğrileri oluşturulmuştur.



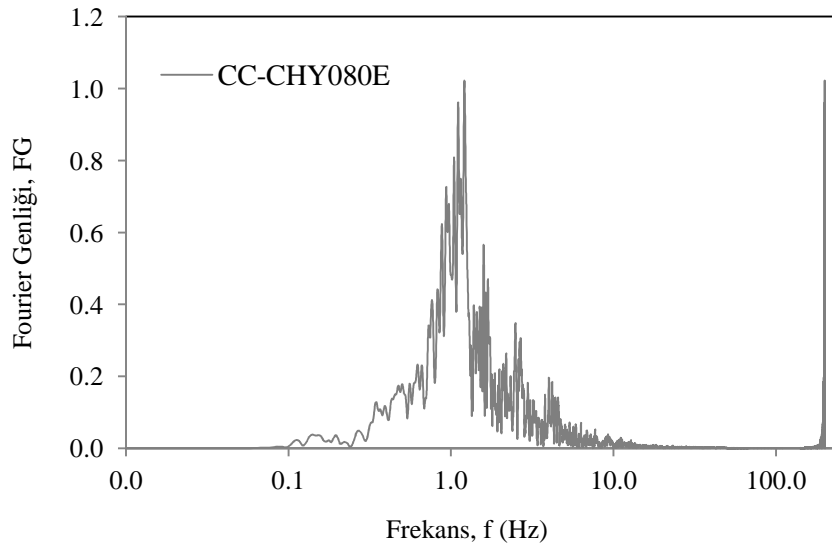
Şekil 3.14. Taft depremi FGS ve Sv değişimi [78]

Şekil 3.15'de, PGV₂₀₋₄₀ grubunda yer alan Tabas İran depreminin Dayhook (TI-D) istasyonundan alınmış kaydın FGS spektrumu verilmiştir. PGV değeri 20,60

cm/sn olan bu kayıta en büyük Fourier Genliği, $FG_{max}=0,15$ olarak frekansın $f_1=2,5$ ve $f_2=47,4$ değerinde oluşmuştur. Şekil 3.16'da ise $PGV_{>80}$ grubunda yer alan Chi Chi depreminin CHY080 istasyonundan alınmış kaydın FGS verilmiştir. PGV değeri 107,40 cm/sn olan bu kayıta en büyük Fourier Genliği, $FG_{max}=0,15$ olarak frekansın $f_1=2,5$ ve $f_2=47,4$ değerinde oluşmuştur.



Şekil 3.15. PGV_{20-40} grubu TI-D kaydı frekans – fourier genliği değişimi ($f_1=2,5$ ve $f_2=47,4$ için $FG_{max}=0,15$)

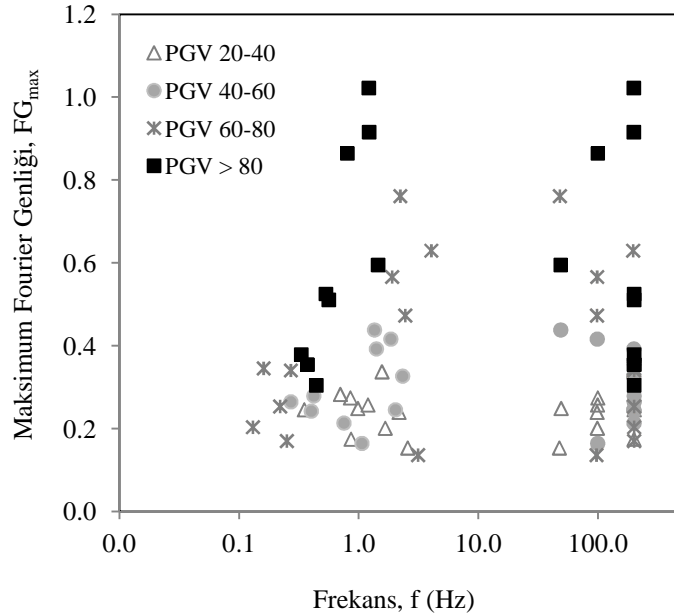


Şekil 3.16. $PGV_{>80}$ grubu CC-CHY080E kaydı frekans - fourier genliği değişimi ($f_1=1,2$, $f_2=198,8$ için $FG_{max}=1,02$)

Çalışma kapsamında kullanılan toplam 80 adet kaydın her biri için FGS oluşturulmuş ve bu spektrumlarda elde edilen maksimum genlik, FG_{max} ve bu

maksimum genliğin olduğu frekans değerleri belirlenmiştir. Elde edilen tüm spektrumlar ile FG_{max} ve bu değerlerin olduğu frekanslar EkB’de verilmiştir.

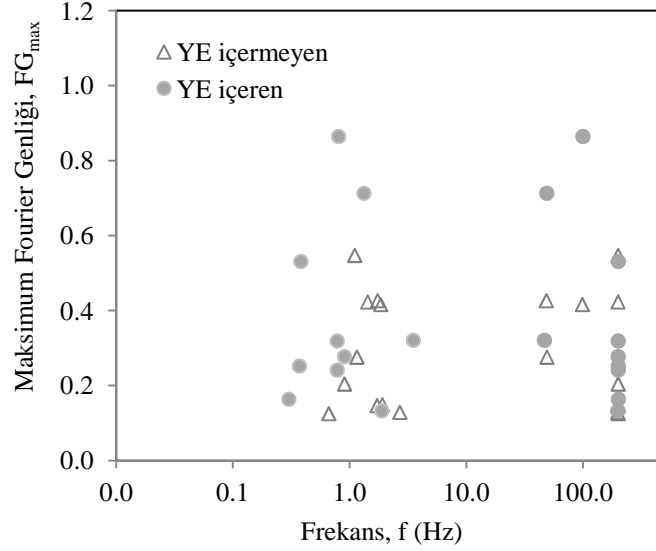
Şekil 3.17’de PGV değerine göre oluşturulmuş gruplarda yer alan kayıtlardan elde edilen FG_{max} ve bu maksimum değerlerin oluştuğu frekansı (f) gösteren grafik verilmiştir. Şekil 3.17’de görüldüğü üzere kayıtların PGV değerleri arttıkça FGS oluşan maksimum genliklerin (FG_{max}) de arttığı gözlemlenmektedir. PGV değeri 20 cm/sn ile 40 cm/sn arasında değişen PGV_{20-40} kayıt grubunda elde edilen FG_{max} değerleri PGV değeri 40 cm/sn ile 60 cm/sn arasında değişen PGV_{40-60} grubundan elde edilenlere göre bazı kayıtlarda daha düşük olmuştur. Benzer olarak PGV değeri 60 cm/sn ile 80 cm/sn arasında değişen PGV_{60-80} grubu ile PGV değeri 80 cm/sn’den büyük olan $PGV_{>80}$ kayıt grubundan elde edilen FG_{max} değerleri de PGV değeri kendisinden daha düşük olanlardan elde edilenlere göre daha büyük olmuştur.



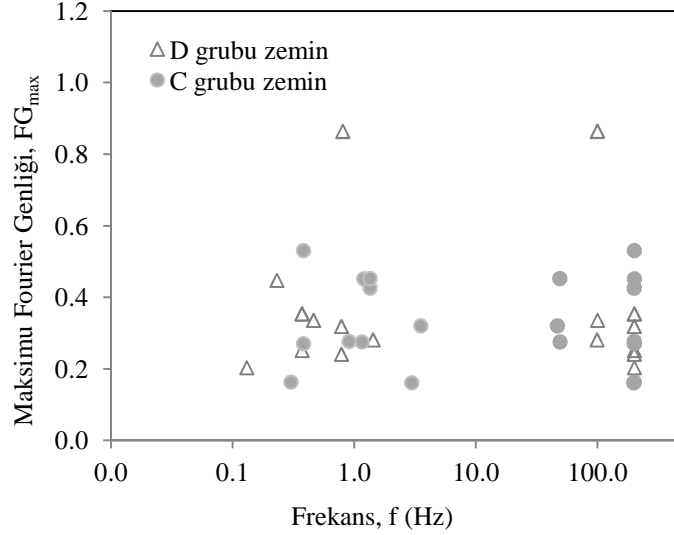
Şekil 3.17. PGV değerine göre deprem kayıtlarının frekans - FG_{max} değişimi

Şekil 3.18’de YE içeren ve içermeyen gruplarda yer alan deprem kayıtlarının FGS eğrilerinden elde edilen FG_{max} değerleri ve bu değere karşı gelen frekanslar verilmiştir. Bu şekle göre YE içeren grupta yer alan kayıtlardan elde edilen FG_{max} değerleri YE içermeyen grupta yer alan kayıtlardan elde edilenlere göre yer yer daha

büyük gerçekleşmiştir. Şekil 3.19’da verilen C ve D zemin grubuna ait kayıtlardan elde edilen FG_{max} değerlerinin ise birbirine yakın olduğu tek bir kayıttan ise D grubu zeminden elde edilen FG_{max} değerinin daha büyük olduğu görülmektedir.



Şekil 3.18. YE içeriğine göre deprem kayıtlarının frekans - FG_{max} değişimi



Şekil 3.19. Zemin grubuna göre deprem kayıtlarının frekans - FG_{max} değişimi

3.8. Seçilen Deprem Kayıtlarının Ölçeklenmesi

Daha önce bahsedilen Huang [23] tarafından yapılan çalışma, ASCE [26] ve İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği [27] gibi dokümanlarda belirtildiği

gibi yedi ve üzerindeki kayıt sayısı uygun ölçekleme yöntemi ile bir hedef spektrumunun temsil edilmesi için yeterli olmaktadır. Çalışmanın birinci bölümünde tartışıldığı gibi yapıların doğrusal olmayan davranışı seçilen ölçekleme yaklaşımına oldukça fazla bağlıdır. Yapının tahmin edilenin altında ya da üstünde akması seçilen ölçekleme yönteminden etkilenmektedir. Bu sebeple ölçekleme için uygun yöntemin seçiminde dikkatli olunmalıdır. Önceki çalışmaların [30,46,47,69] ışığında en uygun ölçekleme yaklaşımına karar vermede etkili olan bazı önemli noktalar aşağıdaki gibi listelenmiştir. Buna göre ölçekleme, yapı periyodundan bağımsız olmalı, sadece bir periyottan ziyade göz önüne alınan bir periyot aralığını kapsamalı, yapının deprem istemine karar vermek için göz önüne alınan deprem kaydı sayısı olabildiğince az olmalı, sadece uzak saha depremi değil yakın saha kaynaklı depremleri de içermeli, seçilen hasar karakteristiği için deprem dağılımı (spektrum ya da bir spektral ordinatın aşılma olasılığı) ilgili alan (yerleşim yeri) için korunmalı ve ölçekleme katsayısı çok yüksek olmamalıdır (4 den küçük olmalıdır).

Bu açıklamalar ışığında, seçilen yakın saha yer hareketlerinin ölçeklenmesi iki aşamada yapılmıştır. Birinci aşamada seçilen deprem kaydı hedef spektrum ile uyumlu hale getirilmiş, ikinci aşamada ise dinamik analiz için yönetmeliklerin talep ettiği koşullar sağlanmıştır. Birinci aşama, Huang [23] tarafından tanımlanan ve Constantinou vd. [29] tarafından yapılan çalışmalarda yararlanılan yöntemlere göre gerçekleştirilmiştir. Bahsedilen çalışmalarda kullanılan bu ölçekleme geometrik (geometrik ortalama ölçeklemesi) olarak bilinmektedir. Bu yöntem, çeşitli periyotlardaki hedef spektral değerler ve yatay bileşenin geometrik ortalaması arasındaki farkın karesinin ağırlığı toplamını en aza indirmeyi amaçlayan bir genlik ölçekleme yöntemidir. Bu yöntemde hata fark ε ise;

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^n b_i (a y_i - y_{Ti})^2 \quad (3.1)$$

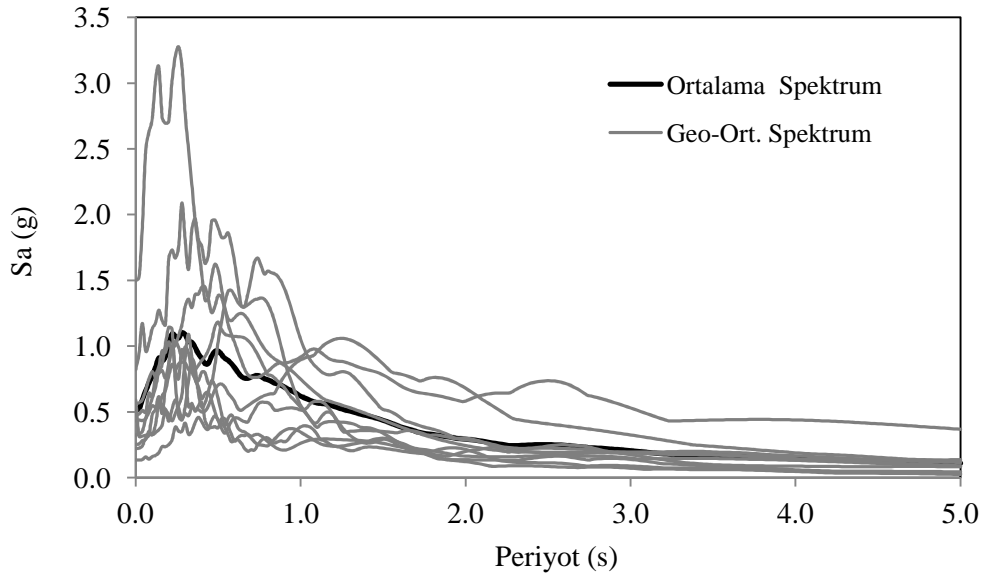
olarak tanımlanmaktadır. Denklem (3.1)'de yer alan b_i , T_i periyodundaki hatanın karesi için ağırlık faktörüdür. Denklemde yer alan a , ilgilenilen deprem kaydı için ölçekleme katsayısı, y_i , T_i periyodundaki çiftler için spektral ordinatların

geometrik ortalaması, y_{Ti} , T_i periyodundaki hedef spektral ordinat, n ise göz önüne alınan hedef spektral değerlerin sayısıdır [23]. Hatanın minimum değerini veren ölçekleme katsayısı a , Denklem (3.1)'in a 'ya göre türevinin sıfıra eşitlenmesiyle elde edilen Denklem (3.2)'den hareketle Denklem (3.3)'deki gibi elde edilmektedir.

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial a} = 0 \rightarrow \sum_{i=1}^n b_i y_i (a y_i - y_{Ti})^2 = 0 \quad (3.2)$$

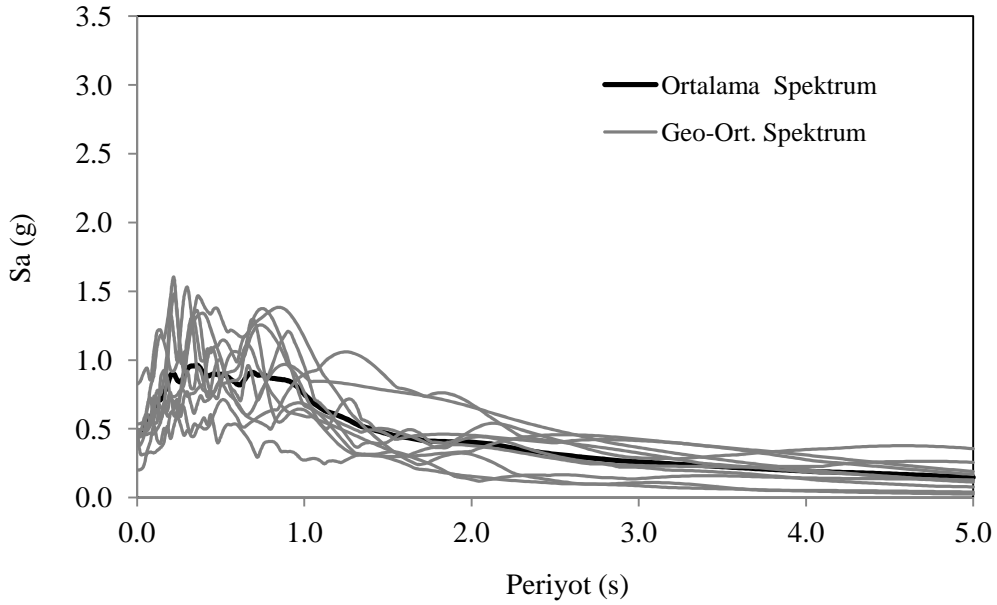
$$a = \frac{(\sum_{i=1}^n b_i y_i y_{Ti})}{(\sum_{i=1}^n b_i y_i^2)} \quad (3.3)$$

Şekil 3.20'de zemin dalgası kayma hızı $V_s=360-760$ m/sn olan zeminden alınan her bir deprem kaydının ivme spektrumunun yatay iki bileşeninin geometrik ortalaması ve bunların ortalaması olan spektrum sunulmuştur. Benzer olarak Şekil 3.21'de ise zemin dalgası kayma hızı $V_s=180-360$ m/sn olan zeminden kaydedilen yer hareketlerinin ivme spektrumunun yatay iki bileşeninin geometrik ortalaması verilmiştir. Uygun ölçeklemenin tek bir periyottan ziyade, periyotların geniş bir aralığını kapsaması gerektiği çalışmanın önceki bölümlerinde açıklanmıştır. Bazı kaynaklarda [27] ölçeklemenin $0,2T$ ile $1,2T$, ($T=$ Yapı hakim periyodu) bazı kaynaklarda [28] ise $0,2T$ ile $2T$ aralığında yapılması istenmektedir.



Şekil 3.20. Dalga kayma hızı $V_s=360-760$ m/sn olan C grubu zeminden kaydedilen kayıtların geometrik-ortalama ve ortalama spektrumu

Bu çalışmada iki aralığı da kapsayacak şekilde 0,2T ile 2T aralığında alınmıştır. Bu sebeple ölçekleme $T_i = 0,2T, 0,5T, 0,8T, 1,1T, 1,4T, 1,7T$ ve $2,0T$ sn olmak üzere yedi hakim periyoda göre yapılmıştır. Katsayıların ağırlığına, ölçeklenen spektruma en uygun tasarımı verecek spektrum göz önüne alınarak karar verilmiştir.



Şekil 3.21. Dalga kayma hızı $V_s=180-360$ m/sn olan D grubu zeminden kaydedilen kayıtların geometrik-ortalama ve ortalama spektrumu

Bu hedefe ulaşmak için ağırlık faktörlerinin kombinasyonu bir seri denenip en uygun kombinasyonu elde ederek seçilmektedir. Sonuç olarak ilgili periyot için ağırlık faktörü sırasıyla her bir adım için 0.2 olarak seçilmiştir. Bu ağırlık faktörleri göz önüne alınan tüm deprem kayıtları için aynı alınmıştır [79].

Ölçekleme TDY 2007'de [28] tanımlanan maksimum deprem olan D3 (50 yılda aşılma olasılığı %2) depremi için yapılmıştır. Ölçekleme hedef tasarım spektrumu, her iki zeminden alınan kayıtlar için TDY 2007'de tanımlandığı gibi seçilmiştir. Buna göre göz önüne alınan D3 depremi için hedef spektrumların karakteristik periyotları C grubu zemin ($V_s=360-760$ m/sn) için $T_A=0,15$ sn ve $T_B=0,40$ sn, D grubu zemin ($V_s=180-360$ m/sn) için ise $T_A=0,15$ sn ve $T_B=0,60$ sn olarak alınmıştır. Göz önüne alınan maksimum depreme (D3) karşı gelen spektral

ordinatlar tasarım spktrumunun ordinatının 1,5 katı olarak alınmıştır. [26,28]. TDY 2007'ye göre tasarım spktrumunu için gerekli spektral ivmeler katsayısı;

$$A(T)=A_0 I S(T) \quad (3.4)$$

denklemiyle tanımlanmaktadır. Denklem (3.4)'de verilen A(T), spektral ivme katsayısını, A₀ etkin yer ivmesi katsayısını, I yapı önem katsayısını, S(T) spektrum katsayısını ifade etmektedir. Denklem (3.4)'de yer alan Spektrum Katsayısı, S(T), zemin koşulları ve bina periyodu T'ye bağlı olarak aşağıda verilen Denklem (3.5)'e göre elde edilmektedir.

$$S(T) = 1 + 1,5 \frac{T_A}{T_B} \quad (0 \leq T \leq T_A)$$

$$S(T) = 2,5 \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (3.5)$$

$$S(T) = 2,5 \frac{T_B}{T} \quad (T \leq T_B)$$

Denklem (3.6)'da tanımlanan, %5 sönümlü Elastik İvme Spektrumu'nun ordinatı olan Elastik Spektral İvme, S_a(T), Spektral İvme Katsayısı, A(T) ile g yer çekimi ivmesinin çarpımına karşı gelmektedir.

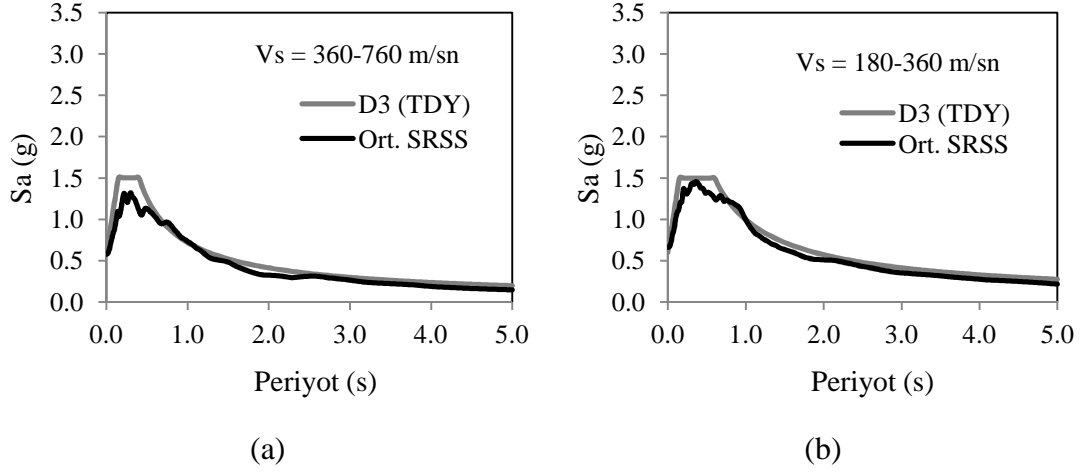
$$S_a(T) = A(T) g \quad (3.6)$$

Denklem (3.4), ve Denklem (3.6) bir arada değerlendirilerek Elastik Spektral İvme;

$$S_a(T) = A_0 I S(T) g \quad (3.7)$$

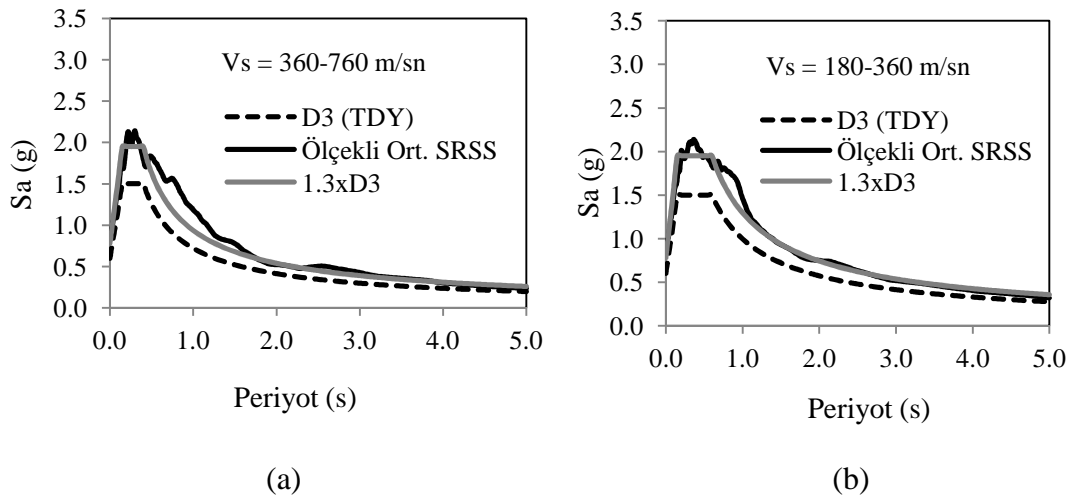
olarak Denklem (3.7)'deki gibi elde edilmektedir. Bu çalışmada A₀=0,4 (I. derece deprem bölgesi), I=1,0 (ofis ya da konut yapısı) alınarak yapılan açıklamalar ışığında Denklem (3.7), g ile normalize edilerek S_a(T) spektrum karakteristik periyotları arasında 1g olarak elde edilmiştir. Böylelikle, göz önüne alınan maksimum deprem (D3) için, spektrum karakteristik periyotları arasında 1,5g olarak elde edilmiştir. Şekil 3.22'de, bahsedilen hesaplama göre elde edilen,

ölçeklemenin ilk aşamasından sonraki ölçeklenen yer hareketlerinin spektral koordinatlarının karelerinin toplamının karekökünün (SRSS) ortalaması ile göz önüne alınan maksimum hedef depremin kıyaslaması olarak verilmiştir.



Şekil 3.22. Ölçeklemenin ilk aşamasından sonra kayıtların karelerinin toplamının karekökünün (SRSS) ortalaması ve D3 hedef tasarım spektrumu a) $V_s = 360-760$ m/sn için b) $V_s = 180-360$ m/sn için

Ölçeklemenin ikinci aşamasında ise yönetmeliklerin [26] gereklerini sağlamak için, $0,2T$ ve $2,0T$ aralığında, hedef tepki spektrumlarının 1,3 katına karşı gelen ordinatın tüm yer hareketlerinden elde edilen SRSS spektrumlarının ortalamasının altına düşmemesi sağlanmıştır (Şekil 3.23).



Şekil 3.23. Ölçeklemenin ikinci aşamasından sonra kayıtların Karelerinin Toplamının Kare Kökünün (SRSS) ortalaması, D3 ve $1,3xD3$ hedef tasarım spektrumları a) $V_s = 360-760$ m/sn için b) $V_s = 180-360$ m/sn için

Her bir deprem kaydı için elde edilen son ölçekleme katsayısı, iki ölçekleme aşamasında elde edilen iki ölçekleme katsayısının çarpımı olarak elde edilmiştir. Yapılan açıklamalara göre elde edilen bu son ölçekleme katsayıları iki zemin durumu için Tablo 3.12’de verilmiştir.

Tablo 3.12. Seçilen depremler için elde edilen ölçekleme katsayıları

$V_s = 360-760$ m/s (C grubu zemin)		$V_s = 180-360$ m/s (D grubu zemin)	
Deprem	Ölçekleme Katsayısı	Deprem	Ölçekleme Katsayısı
N-PKC	1,40	D-B	1,12
CC-TCU68	1,18	N-NWPC	1,59
LP-SWVC	2,20	CC-CHY101	1,52
CC-CHY28	0,80	CC-TCU101	3,30
LP-C	1,28	N-CCWLC	1,31
IV-HPO	2,68	E-E	1,55
CM-P	1,25	IV-ECD	1,49
CM-CM	0,83	IV-ECA5	1,75
CC-TCU103	3,53	IV-ECA7	1,35
LP-SAA	1,96	D-D	1,36

4. İVME KAYDI PGV DEĞİŞİMİNİN YAPI DAVRANIŞINA ETKİSİ

Çalışma kapsamında zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemi kullanılarak çalışma yapısının doğrusal olmayan analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu bölümde, öncelikle yapılan analizler, analizlerden elde edilen parametreler ve parametrelerin elde edilmesi kısaca açıklanmıştır. Sonrasında PGV değerleri değişen deprem kayıtları ile yapılan analizlerin sonuçları sunulmuştur. Bu bölümde son olarak da PGV değerleri değişen kayıt gruplarının kıyaslanması yapılmış ve bölüme ilişkin sonuçlar verilmiştir.

4.1. Gerçekleştirilen Analizler ve Elde Edilen Veriler

Çalışma kapsamında kullanılan zaman tanım alanında analiz yöntemi yapının deprem yükleri etkisindeki dinamik tepkisini belirlemek için uygun olan bir analiz yöntemidir. Bu yöntemde yapı dinamik hareket denklemi;

$$K u(t) + C \dot{u}(t) + M \ddot{u}(t) = r(t) \quad (4.1)$$

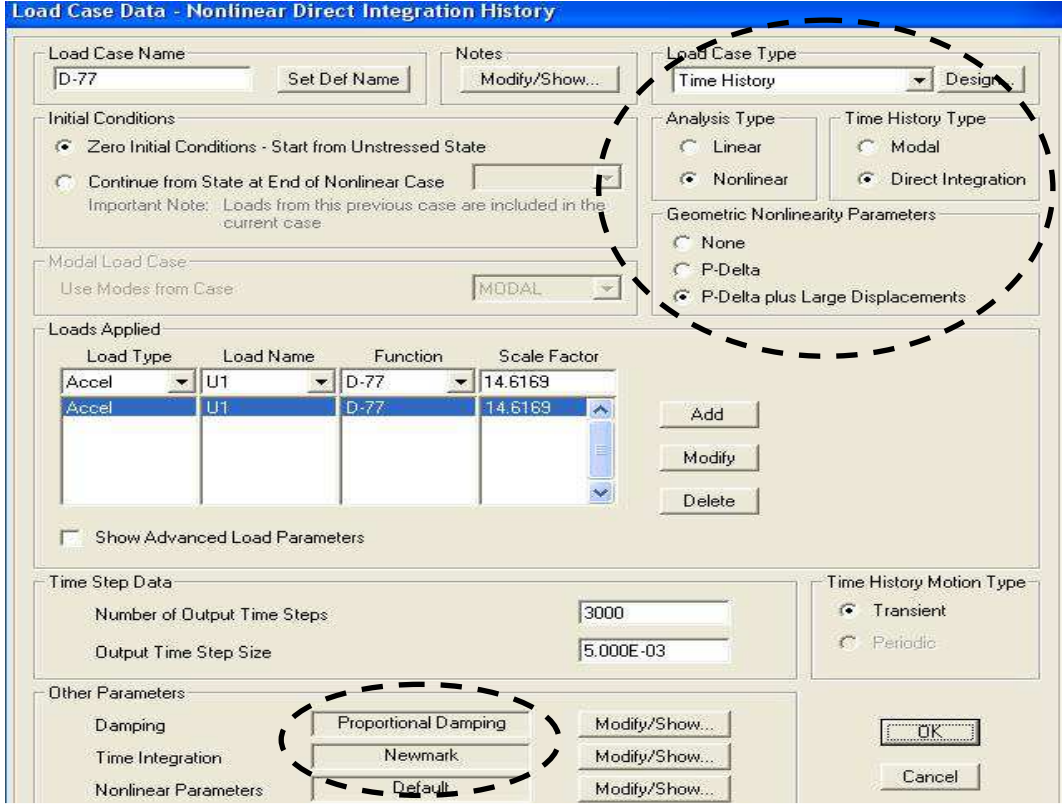
her bir hesap adımında çözümlenmektedir. Denklem (4.1)'de yer alan K rijitlik, C sönüm, M kütle matrisi, u , \dot{u} ve \ddot{u} sırasıyla yapının deplasman, hız ve ivmesi, r ise yapıya dışarıdan uygulanan yük değeridir. Eğer dışarıdan uygulanan yük yer ivmesini içeriyorsa deplasman, hız ve ivmeler bu yer hareketine bağlı olarak oluşmaktadır. Zaman tanım alanında analiz yönteminin farklı seçenekleri bulunmaktadır. Yöntem doğrusal olarak yapılabileceği gibi doğrusal olmayan şekilde de yapılabilmektedir. Yöntemde modal analiz veya doğrudan integrasyon yaklaşımı olmak üzere iki farklı çözüm metodu kullanılabilir. Bahsedilen bu yaklaşımlardan hangisinin kullanılacağına elde edilmek istenen sonuca bağlı olarak karar verilmektedir. Yapı analizinde yapının olası tepkisini elde etmenin en iyi yolu yapı davranışını ve uygulanacak yükü gerçeğe en yakın şekilde temsil edebilmektir. Betonarme yapıların deprem etkileri altında çoğu zaman doğrusal

olmayan davranış sergilediği bilinmektedir. Bu sebeple yapılacak analizlerde yapının doğrusal olmayan davranışının göz önüne alınması önemli hale gelmektedir.

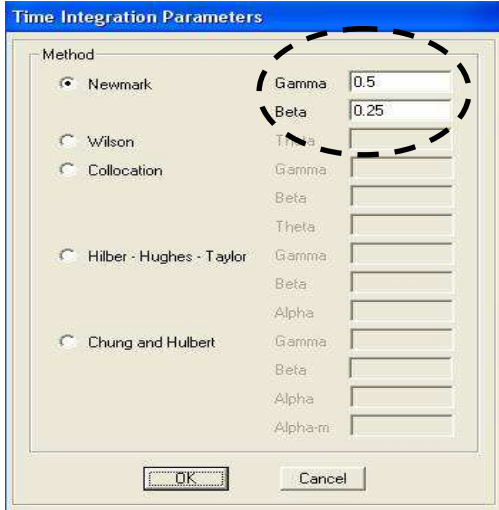
Yapıların doğrusal olmayan davranışı iki farklı sebeple gerçekleşmektedir. Doğrusallığın bozulmasının ilk sebebi malzemenin doğrusal olmayan davranışı (MN) ikincisi ise doğrusal olmayan geometri (GN) değişimleridir. Yapılardaki MN yapının bağlantı ve mesnet elemanlarında veya çubuk elemanlarda plastik mafsalları atanması ve bu elemanlardaki malzemeye doğrusal olmayan davranış modeli tanımlanması ile göz önüne alınabilmektedir. Doğrusal olmayan davranışın bir diğer sebebi olan GN de ise yapıdaki eksenel yük (P) ile yatay deplasmanların (Δ) etkisinin (ki bu durum P- Δ etkisi olarak adlandırılmaktadır) ve yapıda oluşan büyük deplasmanların etkisinin (large displacement effect) göz önüne alınması ile hesaba katılmaktadır. Bahsedilen MN ve GN türlerinin tamamı zaman tanım alanında doğrusal olmayan direk integrasyon yönteminde göz önüne alınabildiğinden çalışmada hem MN hem de GN olduğu kabulü yapılmıştır. Zaman tanım alanında direk integrasyon yöntemi ile analizde Newmark Sayısal İntegrasyon Yöntemi (NSIY) yaklaşımına göre hesap yapılmıştır (Şekil 4.1). Şekil 4.2 (a)'da NSIY'de gerekli olan γ katsayısı 0,5, β katsayısı 0,25 alınmıştır [80]. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizde Rayleigh sönümü olarak bilinen kütle ve rijitlik orantılılık sönümü kullanılmaktadır. Denklem (4.2)'de;

$$C = \eta M + \delta K \quad (4.2)$$

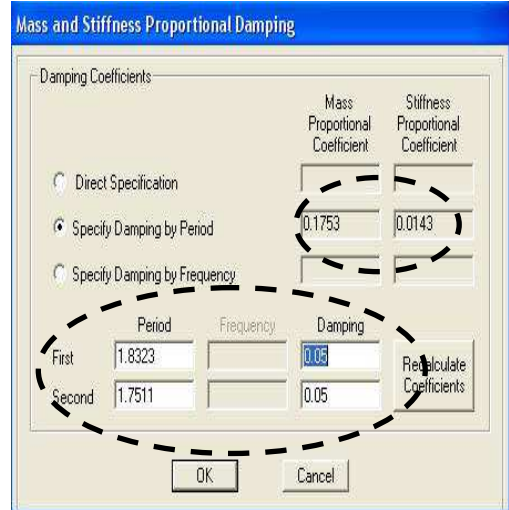
olarak verilen sönüm matrisinde yer alan kütle orantılılık katsayısı (η) ve rijitlik orantılılık katsayısı (δ) yapı kritik sönüm oranı ($\xi=0.05$) ve periyoda bağlı olarak Şekil 4.2(b)'deki gibi bulunmuştur. Çalışma yapısında döşeme dışındaki tüm elemanlar çubuk olarak tanımlanmış ve yapıda yığılı plastisite oluşacağı kabulü yapılarak çubuk elemanların alt ve üst uçlarında mafsalların oluştuğu kabul edilmiştir. Plastik mafsalları özellikleri kesit analizlerinden elde edilen moment ve eğrilik değerlerine göre tanımlanmıştır



Şekil 4.1. Zaman tanım alanında analizde seçilen parametreler



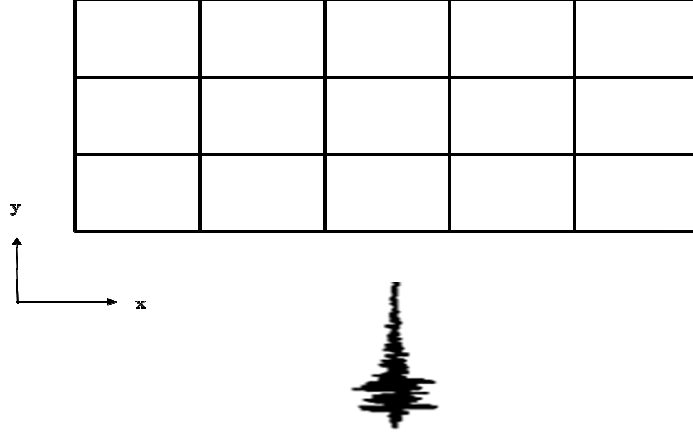
(a)



(b)

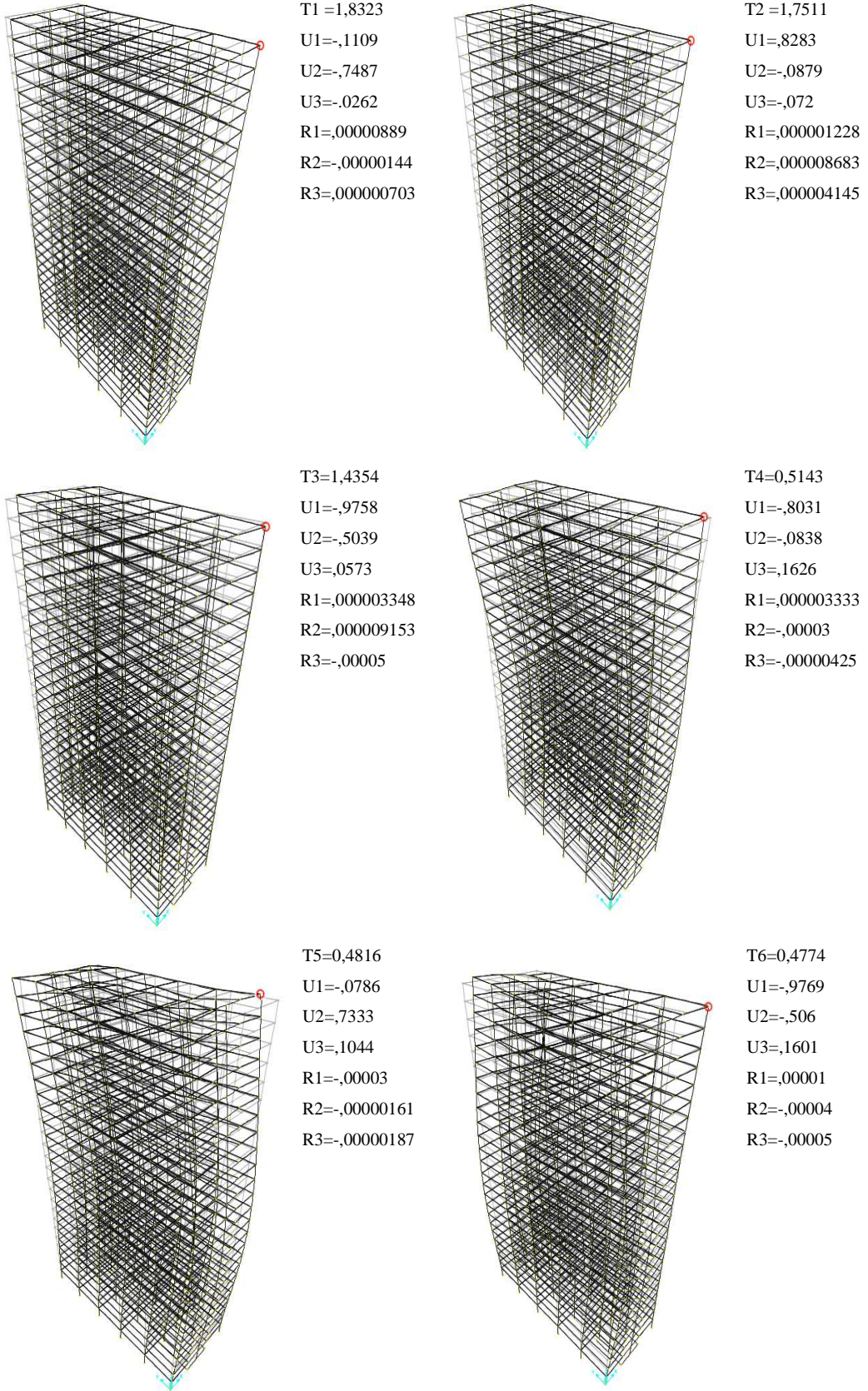
Şekil 4.2. Analizde kullanılan değişkenler a-) NISY için γ ve β katsayıları b-) Sönüm katsayıları

Çalışma kapsamında yapılan zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerin tamamı tek doğrultulu olarak gerçekleştirilmiş ve yükleme çalışma yapısının uzun kenar doğrultusuna dik (y-y yönünde) olarak yapılmıştır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Analizlerde yapının deprem yüklemesi yönü

Yapılan analizler sonucunda yapının birinci titreşim periyodu $T_1=1,8323$ sn olarak elde edilmiştir. Bu mod için U1, U2 ve U3 yönlü yer değiştirmeler sırayla -0,1109 mm, -0,7487 mm ve -00262 mm olarak bulunmuştur. Yapının ikinci salınım periyodu $T_2=1,7511$ sn olarak elde edilmiştir. Bu moda ait U1, U2 ve U3 yer değiştirmeleri sırasıyla 0,8283 mm, -0,0879 mm ve -0.072 mm olarak bulunmuştur. Yapı üçüncü modunda periyot $T_3=1,4354$ sn olarak gerçekleşmiş ve bu modda U1, U2 ve U3 yer değiştirmeleri sırasıyla -0.9758 mm, -0.5039 mm ve 0.0573 mm olarak elde edilmiştir. Yapının ilk üç moduna göre daha oldukça düşük elde edilen dördüncü moda ait T_4 periyodu 0,5143 sn olarak bulunmuştur. Bu moda ait U1, U2 ve U3 yer değiştirmeleri de sırasıyla -0,8031 mm, -0,0838 mm ve 0,1626 mm olarak elde edilmiştir. Yapı beşinci modunda ise periyot $T_5=0,4816$ sn olarak gerçekleşmiş ve bu modda U1, U2 ve U3 yer değiştirmeleri sırasıyla -0,0786 mm, 0,7333 mm ve 0,1044 mm olarak elde edilmiştir. Yapının altıncı modunda periyot $T_6=0,4816$ sn olarak elde edilmiş ve bu moddaki U1 yer değiştirmesi, -0,9769 mm, U2 yer değiştirmesi -0,5060 ve U3 yer değiştirmesi 0,1601 mm olarak elde edilmiştir (Şekil 4.4). Bundan sonraki modlara ilişkin sonuçlar ise periyotlar küçüldüğü için ayrıca verilmemiştir. Yapıların dinamik analizinde önemli noktalardan bir tanesi de yapıda elde edilen kütle katılım oranlarıdır. TDY 2007’de, yapılacak dinamik analizlerde göz önüne alınan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin %90’ından daha az olmaması gerektiği belirtilmektedir.



Şekil 4.4. Çalışma binası etkin modları

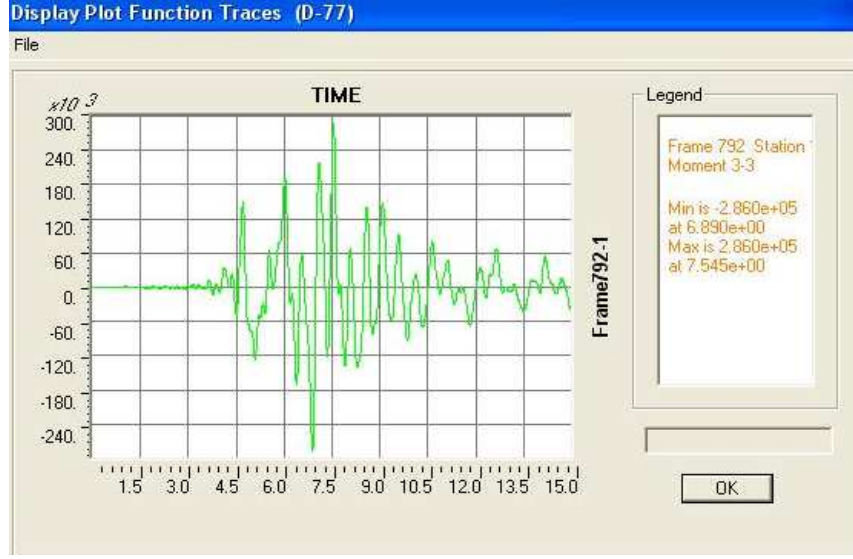
Çalışmada kullanılan yapıya ilişkin analizler sonucunda yapının x ve y doğrultusunda her bir modda elde edilen kütle katılım oranları Tablo 4.1'de verilmiştir. Buna göre yapının her bir titreşim modundan elde edilen kütle katılım oranlarının toplanmasıyla ulaşılan toplam kütle katılım oranı x ve y doğrultusunda %94 olarak elde edilmiştir.

Tablo 4.1. Çalışma yapısı kütle katılım oranları

Mod	Periyot (sn)	UX	UY	Σ UX	Σ UY	RX	RY	Σ RX	Σ RY
1	1,8323	0,0205	0,6614	0,02	0,66	0,7071	0,0275	0,71	0,03
2	1,7511	0,6706	0,0194	0,69	0,68	0,0207	0,9032	0,73	0,93
3	1,4355	0,0051	0,0006	0,70	0,68	0,0007	0,0075	0,73	0,94
4	0,5143	0,1619	0,0004	0,86	0,68	8,5E-06	0,0025	0,73	0,94
5	0,4816	0,0004	0,1658	0,86	0,85	0,0049	9,3E-06	0,73	0,94
6	0,4274	0,0015	0,0002	0,86	0,85	7,4E-06	8,0E-05	0,73	0,94
7	0,2735	2,8E-05	2,9E-07	0,86	0,85	0,081	0,0208	0,81	0,96
8	0,2526	0,0489	1,5E-05	0,91	0,85	9,7E-07	0,0020	0,81	0,96
9	0,2234	1,7E-05	0,0051	0,91	0,85	0,0097	4,9E-06	0,82	0,96
10	0,2187	1,6E-06	0,0535	0,91	0,91	0,0053	3,3E-07	0,83	0,96
11	0,2101	0,0005	0,0003	0,91	0,91	5,9E-05	9,6E-06	0,83	0,96
12	0,2055	0,0014	1,4E-12	0,91	0,91	2,2E-05	0,0022	0,83	0,97
13	0,1814	3,4E-06	2,3E-11	0,91	0,91	0,0202	0,0051	0,85	0,97
14	0,1804	2,5E-05	5,5E-12	0,91	0,91	0,0049	0,0072	0,85	0,98
15	0,1774	0,0002	3,2E-12	0,91	0,91	0,0712	0,0024	0,93	0,98
16	0,1670	0,0139	1,2E-06	0,92	0,91	0,0023	0,0006	0,93	0,98
17	0,1583	0,0051	3,9E-06	0,93	0,91	0,0021	6,1E-06	0,93	0,98
18	0,1531	0,0063	4,0E-06	0,94	0,91	0,0064	0,0029	0,94	0,98
19	0,1408	4,5E-07	0,0009	0,94	0,91	6,6E-06	0,0009	0,94	0,98
20	0,1377	6,2E-05	0,0016	0,94	0,91	0,0022	4,3E-06	0,94	0,98
21	0,1356	0,00028	0,0009	0,94	0,91	9,9E-07	0,0002	0,94	0,99
22	0,1340	9,4E-06	0,0064	0,94	0,92	0,0006	8,6E-06	0,94	0,99
23	0,1327	9,3E-08	0,0109	0,94	0,93	6,2E-07	0,0002	0,94	0,99
24	0,1307	3,2E-05	0,0086	0,94	0,94	0,0005	4,2E-06	0,94	0,99
25	0,1298	3,7E-05	0,0010	0,94	0,94	2,2E-05	3,7E-06	0,94	0,99

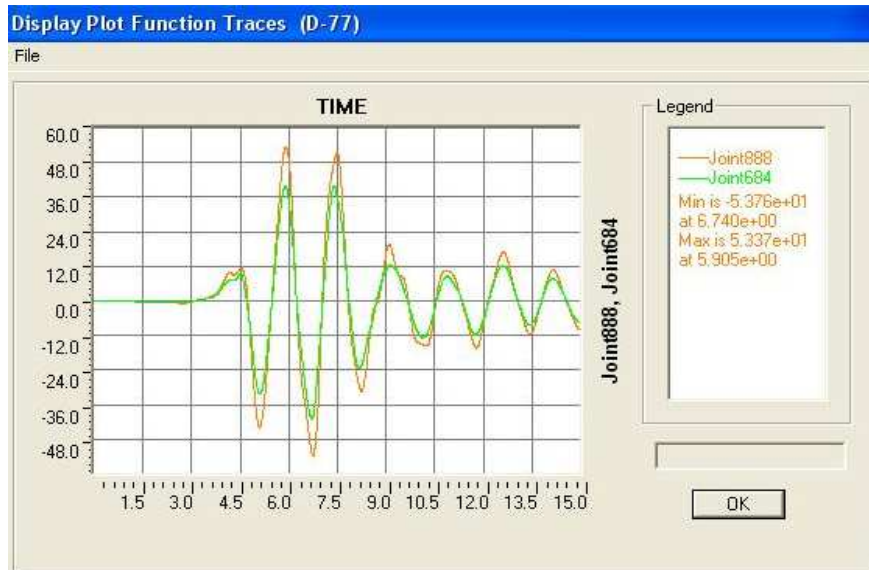
Gerçekleştirilen analizlerden dört grupta yer alan kırk tanesinde ivme kaydının PGV değeri değişken alınmıştır. Gruplardaki kayıtlar PGV değeri 20 cm/sn ile 40 cm/sn, ikincisinde 40 cm/sn ile 60 cm/sn, üçüncüsünde 60 cm/sn ile 80 cm/sn, dördüncüsünde ise 80 cm/sn'den büyük olacak sıralanmıştır. Kalan kırk analizin yirmi tanesinde yönelim etkisi (YE) içeren ve içermeyen onar kayıt ile iki grup, son yirmi tanesinde ise zemin sınıfına (C ve D) göre onar kayıt içeren iki grup oluşturulmuştur. Bahsedilen gruplarda yer alan ivme kayıtları ile toplam seksen adet zaman tanım alanında dinamik analiz gerçekleştirilmiştir.

Yapı analizinin amacı yapının dış etkiler altında güvenliğinin sağlanmasıdır. Bu amacı gerçekleştirmek için elemanlarında oluşan kesme kuvveti, eğilme momenti gibi kesit zorları analiz ile elde edilerek kesit kapasitesi ile karşılaştırılmaktadır. Bundan başka yapının kat seviyelerinde yaptığı deplasmanlar elde edilerek yönetmeliklerin belirlediği bazı sınır değerler ile kıyaslanarak yapının durumu hakkında karar verilmektedir. Bu sebeple, çalışmada kapsamında bir deprem kaydı için yapılan dinamik analizler sonucunda her bir adımda elemanlarda oluşan kesme kuvveti (V) ve eğilme momenti (M) değerleri elde edilmiştir (Şekil 4.5). Bundan başka, yapının katlarında oluşan yatay deplasmanlar (Δ) da elde edilmiştir (Şekil 4.6). Zaman tanım alanında yapılan dinamik analizlerin sonucuna göre, katlarda oluşan toplam kesme kuvveti ve eğilme momentini elde edebilmek için her bir hesap adımında katta bulunan tüm kolonların alt ve üst ucunda oluşan kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri toplanmıştır. Sonrasında ise her bir hesap adımında elde edilen toplamların mutlak değer olarak en büyüğü alınarak yapının o katından oluşan toplam kat kesme kuvveti ve toplam kat eğilme momenti olarak belirlenmiştir. Bina türü yapılarda, yapının kat seviyelerinde oluşan deplasmanlar ile tepe deplasmanı, yapı açısından önemlidir. Bu sebeple analizler sonucunda elde edilen bir diğer parametre yapı kat düzlemlerinde oluşan yatay deplasmanlar ve tepe deplasmanıdır. Yapı katlarında oluşan yatay deplasmanlar ile tepe deplasmanı rijit diyafram olarak kabul edilen katta bulunan herhangi bir düğümün deplasmanı olarak her bir adımda doğrudan elde edilmiştir. Her bir hesap adımında elde edilen yatay deplasmanların mutlak değer olarak en büyük olanı o katta oluşan yatay deplasman olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.5. Her bir hesap adımında elde edilen eleman iç kuvvetleri

Yönetmeliklerde bina türü yapıların katlarında oluşan göreceli kat ötelemelerine (δ) ilişkin bazı sınırlamalara yer verilmiştir. Bu sebeple bir yapının göreceli kat ötelemesinin bilinmesi önemlidir. Çalışmada, göreceli kat ötelemelerini elde etmek için her bir hesap adımında bulunan kat yatay deplasmanları bir altta yer alan katın yatay deplasmanından çıkartılarak o katta oluşan yatay deplasman elde edilmiş ve bu deplasmanların mutlak değer olarak en büyüğünün kat yüksekliğine bölünmesi ile de katın göreceli kat ötelemesi bulunmuştur.



Şekil 4.6. Hesap adımlarında elde edilen kat yatay deplasmanları

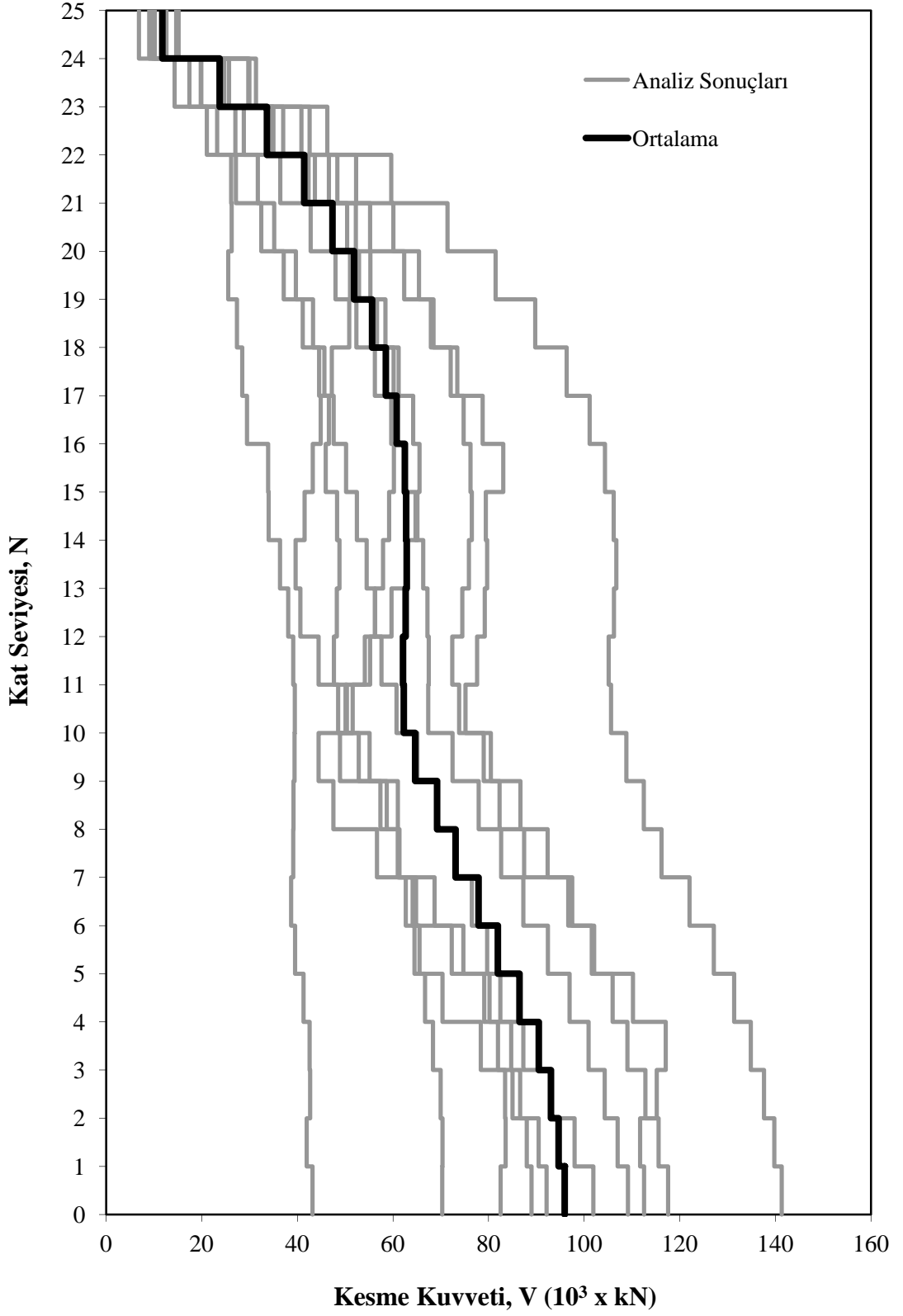
4.2. Analiz Sonuçlarının Kıyaslanması İçin Elde Edilen Eğriler

Özellikleri değişen kayıtlar ile yapılan analizlere göre elde edilen yapı tepkisinin değişimini görebilmek amacıyla sonuçların kıyaslanması gereklidir. Sonuçların kıyaslanabilmesi için yukarıda yapılan açıklamalar çerçevesinde her kayıt için Kesme Kuvveti (V),- Eğilme Momenti (M), Kat Ötelemesi (Δ) ve Göreceli Kat Ötelemesi (δ) değerlerinin Kat Seviyesi (N) ile değişimi grafikleri elde edilmiştir. Her kayıt için oluşturulan eğrilerin ortalaması alınarak elde edilen o gruba ait ortalama değerler de ayrıca gösterilmiştir. Sonrasında ivme kayıtlarının PGV, YE içeriği ve zemin sınıfına göre oluşturulan grupları kıyaslanarak da seçilen değişkenlerin yapı tepkisinde sebep olduğu değişimler ortaya konmuştur.

4.3. PGV Değeri Değişen Kayıt Gruplarının Analiz Sonuçları

Bu bölümde ivme kaydının PGV değişiminin yapı davranışına etkisine ilişkin eğriler verilmiştir. Bu bağlamda, Şekil 4.7’de PGV değerleri 20 cm/sn ile 40 cm/sn arasında değişen gruba (PGV₂₀₋₄₀) ilişkin Kat Seviyesi (N) - Kesme Kuvveti (V) değişimi eğrisi sunulmuştur. Grupta yer alan kayıtlarda en küçük PGV değerine sahip Tabas-İran depreminin Dayhook (TI-D) kayıdır. Bu kayıta PGV değeri 20,60 cm/sn olarak gerçekleşmiştir. Gruptaki, PGV değeri en büyük olan kayıt ise Chi-Chi depreminin ALS (CC-ALS) kayıdır. Bu kayıta PGV değeri 39,30 cm/sn olarak gerçekleşmiştir. En küçük PGV değerine sahip olan TI-D kaydında en büyük kesme kuvveti (V_{max}) binanın en alt katında $70,34 \times 10^3$ kN olarak gerçekleşmiştir. Bu kayıta oluşan en küçük kesme kuvveti değeri (V_{min}) ise $10,15 \times 10^3$ kN olmuştur. Grupta yer alan en büyük PGV değerine sahip olan CC-ALS kaydından elde edilmiş V_{max} değeri ise $141,34 \times 10^3$ kN olarak yapının en alt katında elde edilmiştir. Buna karşılık bu kayıttan elde edilmiş V_{min} değeri $15,03 \times 10^3$ kN olarak gerçekleşmiştir. Grupta yer alan en büyük PGV değerine sahip CC-ALS kaydından elde edilen kesme kuvveti değeri grupta elde edilen V_{max} olurken, maksimum değeri en küçük olan kesme kuvveti, PGV değeri en küçük olan TI-D kaydı yerine PGV değeri TI-D kaydına göre daha büyük olan Norridge depreminin Hollywood Coldwater (N-HCC) kaydında oluşmuştur.

20 cm/sn < PGV < 40cm/sn



Şekil 4.7. 20 cm/sn < PGV < 40 cm/sn olan kayıt grubu N-V değişimi

PGV değeri 25,00 cm/sn olan N-HCC kaydında oluşan V_{max} yapının en alt katında $43,19 \times 10^3$ kN olarak gerçekleşmiş iken bu kayıttaki V_{min} $9,01 \times 10^3$ kN olmuştur. Bu gruptan elde edilen sonuçlar Tablo 4.2’de toplu halde verilmiştir.

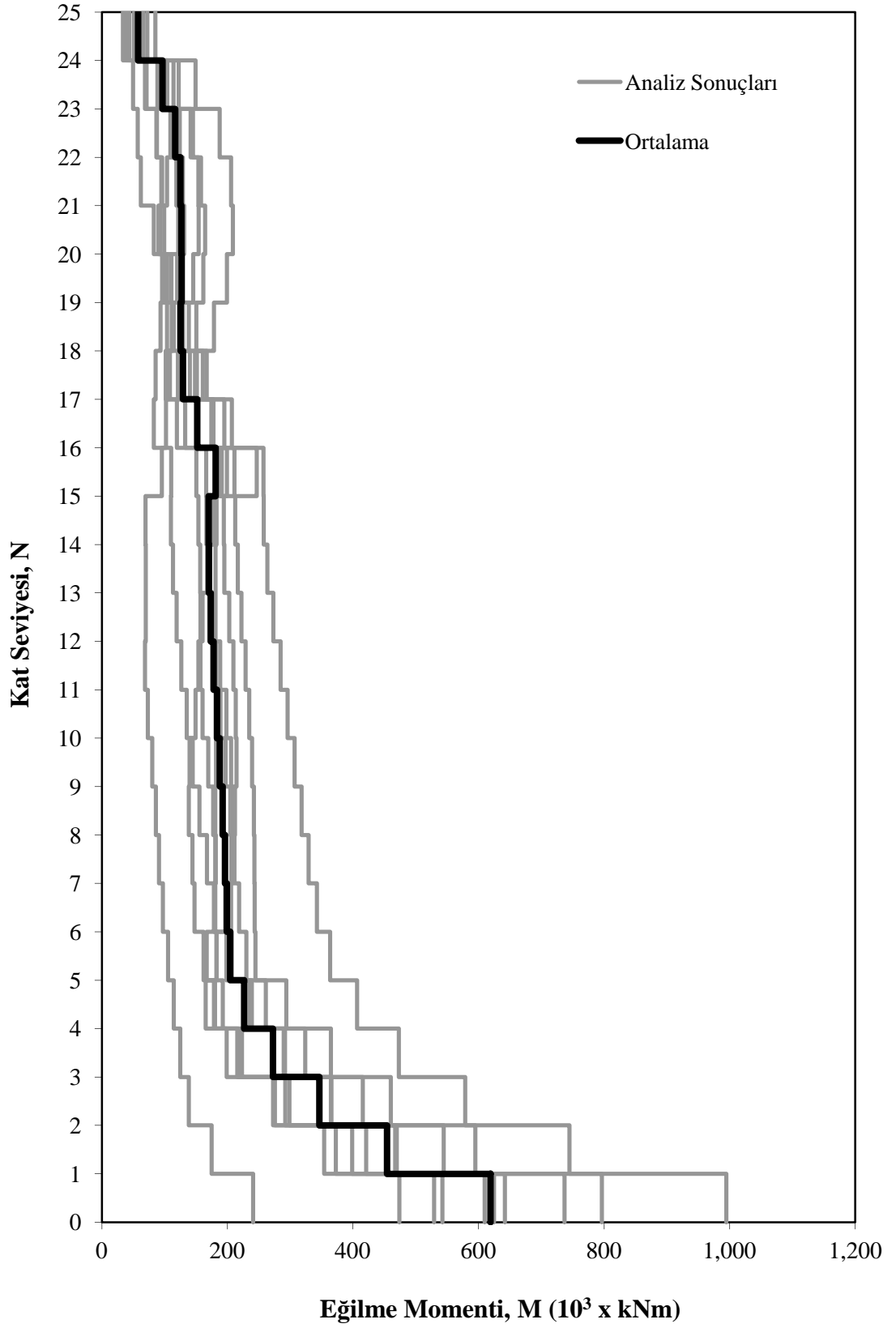
Şekil 4.7’de ayrıca, PGV_{20-40} grubu kayıtlarının sonuçlarının ortalaması da verilmiştir. Bu eğride V_{max} değeri $96,46 \times 10^3$ kN olarak yapının en alt katında oluşmuş buna karşılık V_{min} değeri ise $11,66 \times 10^3$ kN olarak gerçekleşmiştir. Grupta elde edilen sonuçların tümü değerlendirildiğinde, bazı kayıtlarda istisna olarak PGV değeri daha düşük olan kayıtlardan yüksek olanlara göre daha büyük kesme kuvvetleri elde edilmesine rağmen, genel anlamda kayıtların PGV değerinin artışıyla kesme kuvvetlerinin de arttığı söylenebilmektedir.

Şekil 4.8’de, PGV_{20-40} grubuna ilişkin eğilme momenti - kat seviyesi eğrisi verilmiştir. Grupta en küçük PGV değerine sahip TI-D kaydında oluşan momentin maksimum değeri (M_{max}) $473,69 \times 10^3$ kNm olarak bina en alt katında gerçekleşmiş iken bu kayıttaki minimum moment değeri (M_{min}) $43,87 \times 10^3$ kNm olmuştur. Grupta PGV değeri en büyük olan CC-ALS kaydında oluşan $M_{max}=994,52 \times 10^3$ kNm olarak yapı en alt katında gerçekleşmiştir. Bu kayıttaki M_{min} ise $85,41 \times 10^3$ kNm olmuştur. Gruptaki en düşük M_{max} , PGV değeri en küçük olan TI-D kaydı yerine PGV değeri TI-D kaydına göre daha büyük olan N-HCC kaydında gerçekleşmiştir.

Tablo 4.2. PGV değeri 20-40 cm/sn arasında değişen gruba ilişkin sonuçlar

PGV 20-40 cm/sn	V_{max} kNx10 ³	V_{min} kNx10 ³	M_{max} kNm x10 ³	M_{min} kNm x10 ³	Δ_{max} m	Δ_{min} m	δ_{max} 10 ⁻³	δ_{min} 10 ⁻³
TI-D	70,34	10,15	473,69	43,87	0,143	0,000	2,89	0,68
N-SVR	92,14	15,13	529,30	65,84	0,151	0,000	3,31	0,83
N-HCC	43,19	9,01	240,96	33,69	0,137	0,000	2,31	0,51
CC-TCU	84,12	5,84	540,24	36,24	0,187	0,000	3,13	0,78
LP-C	101,93	12,48	609,71	57,20	0,196	0,000	4,16	0,89
IV-C	109,16	9,71	736,90	51,49	0,234	0,000	4,18	1,08
N-CP	117,03	14,66	641,90	72,44	0,310	0,000	5,72	1,35
CC-CHY029	83,59	12,58	796,54	65,94	0,263	0,000	5,12	1,13
K-K	121,76	12,03	608,54	48,68	0,216	0,000	5,24	1,02
CC-ALS	141,34	15,03	994,52	85,41	0,413	0,000	7,34	1,43
ORTALAMA	96,46	11,66	617,23	56,08	0,225	0,000	4,34	0,97

20 cm/sn < PGV < 40 cm/sn

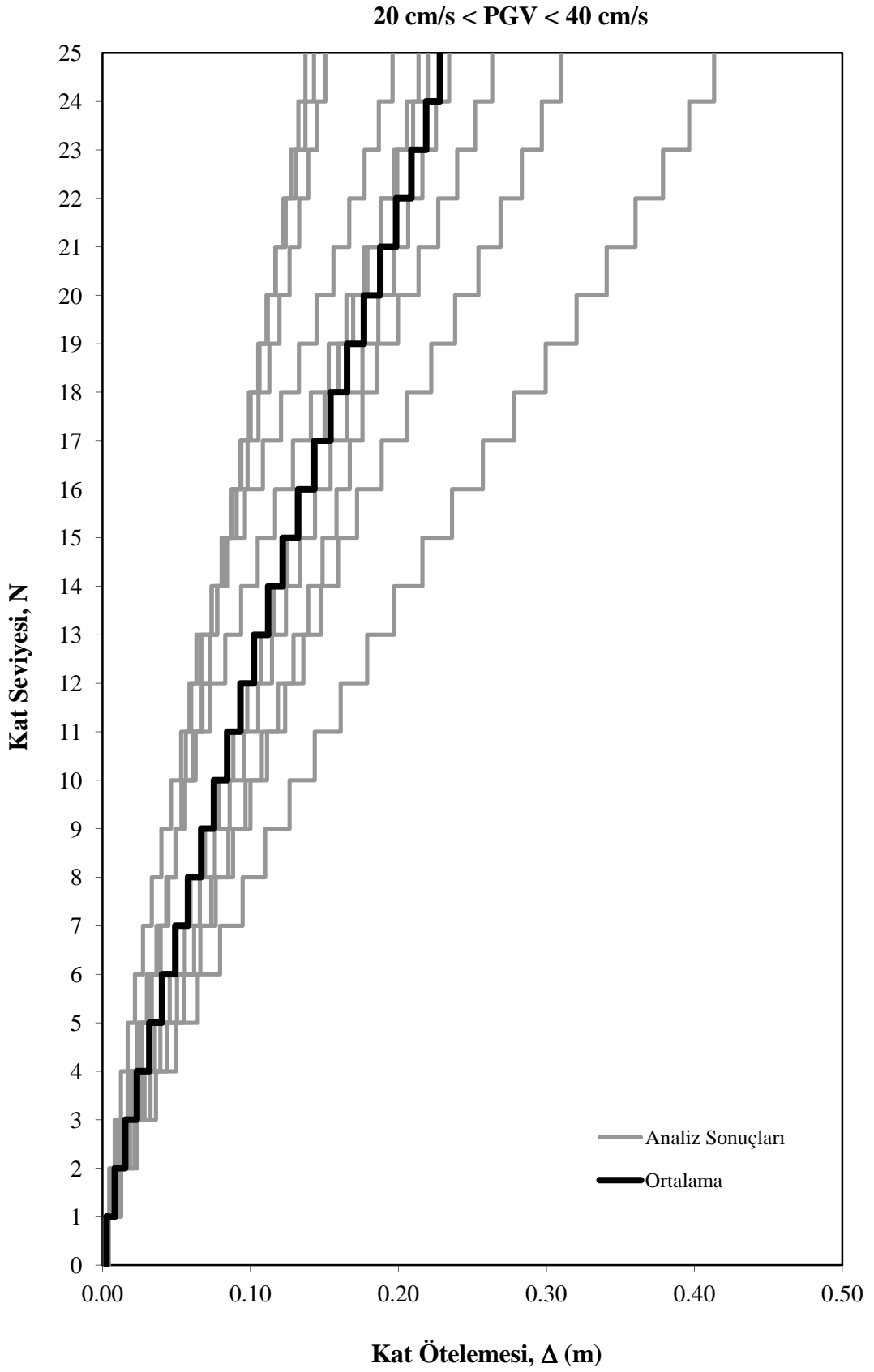


Şekil 4.8. 20 cm/sn < PGV < 40 cm/sn olan kayıt grubu N–M değişimi

N-HCC kaydında elde edilen M_{max} değeri $240,96 \times 10^3$ kNm iken, M_{min} değeri $33,69 \times 10^3$ kNm olmuştur. Grupta yer alan kayıtlardan elde edilen sonuçlara göre elde edilen ortalama eğride M_{max} değerinin $617,23 \times 10^3$ kNm olarak binanın en alt katında oluşmuş, buna karşılık ortalama M_{min} değerinin ise $56,08 \times 10^3$ kNm olarak gerçekleşmiştir.

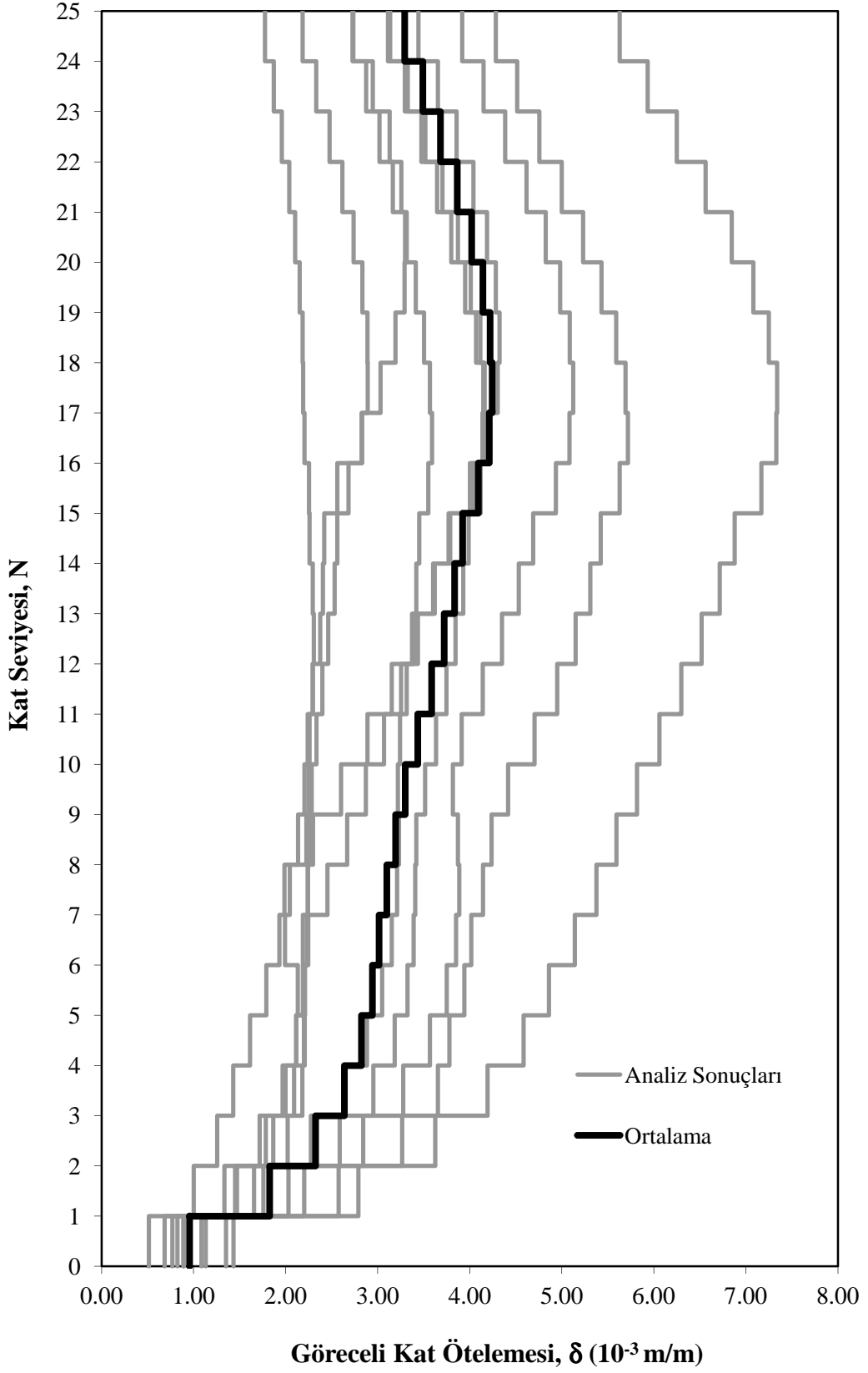
Şekil 4.9'da, PGV değerleri 20 cm/sn ile 40 cm/sn arasında değişen deprem kayıt grubuna ilişkin olarak edilen kat ötelemesi değerlerinin kat seviyesi ile değişimi verilmiştir. Grupta yer alan deprem kayıtlarında en küçük PGV değerine sahip TI-D kaydında oluşan kat ötelemesinin maksimum değeri (Δ_{max}) 0,143 m olarak bina tepe noktasında gerçekleşmiştir. Grubun en büyük PGV değerine sahip CC-ALS kaydında ise bina tepe deplasmanı (Δ_{max}) 0,413 m olarak gerçekleşmiştir. Tepe deplasmanının en küçük değeri (Δ_{min}) ise grubun üçüncü kaydı olan N-HCC kaydında gerçekleşmiş ve tepe deplasmanının aldığı değer 0,137 m olmuştur. Gruplara ilişkin analizlerin sonucuna göre elde edilen ortalama Δ_{max} ise 0,225 m olarak gerçekleşmiştir. Her bir analizde ve ortalama eğride Δ_{max} değeri beklendiği gibi yapının en üst kotunda yani tepe noktasında gerçekleşmiştir.

Şekil 4.10'da, PGV değerleri 20 cm/sn ile 40 cm/sn arasında gruba ilişkin göreceli kat ötelemesi değerlerinin kat seviyesi ile değişimi verilmiştir. Grupta yer alan deprem kayıtlarında en küçük PGV değerine sahip olan kayıt olan TI-D kaydında oluşan göreceli kat ötelemesinin maksimum (δ_{max}) değeri $2,89 \times 10^{-3}$ m/m iken bu kayıta oluşan minimum göreceli kat ötelemesi (δ_{min}) değeri $0,68 \times 10^{-3}$ m/m olarak gerçekleşmiştir. Grupta yer alan ve PGV değeri en büyük olan CC-ALS kaydında oluşan δ_{max} değeri $7,34 \times 10^{-3}$ m/m, δ_{min} değeri ise $1,43 \times 10^{-3}$ m/m olarak gerçekleşmiştir. Grupta yer alan kayıtlardan δ_{max} değeri en küçük olanı ise PGV değeri 25,00 cm/sn olan N-HCC kaydında meydana gelmiştir. Bu kayıttan elde edilen δ_{max} değeri $2,31 \times 10^{-3}$ m/m, buna karşılık olarak bu kayıta oluşan δ_{min} değeri ise $0,51 \times 10^{-3}$ m/m olarak gerçekleşmiştir, Bu grupta ortalama δ_{max} değeri $4,34 \times 10^{-3}$ m/m, δ_{min} değeri ise $0,97 \times 10^{-3}$ m/m olmuştur.



Şekil 4.9. 20 cm/sn <PGV< 40 cm/sn olan kayıt grubu N – Δ değişimi

20 cm/sn < PGV < 40 cm/sn



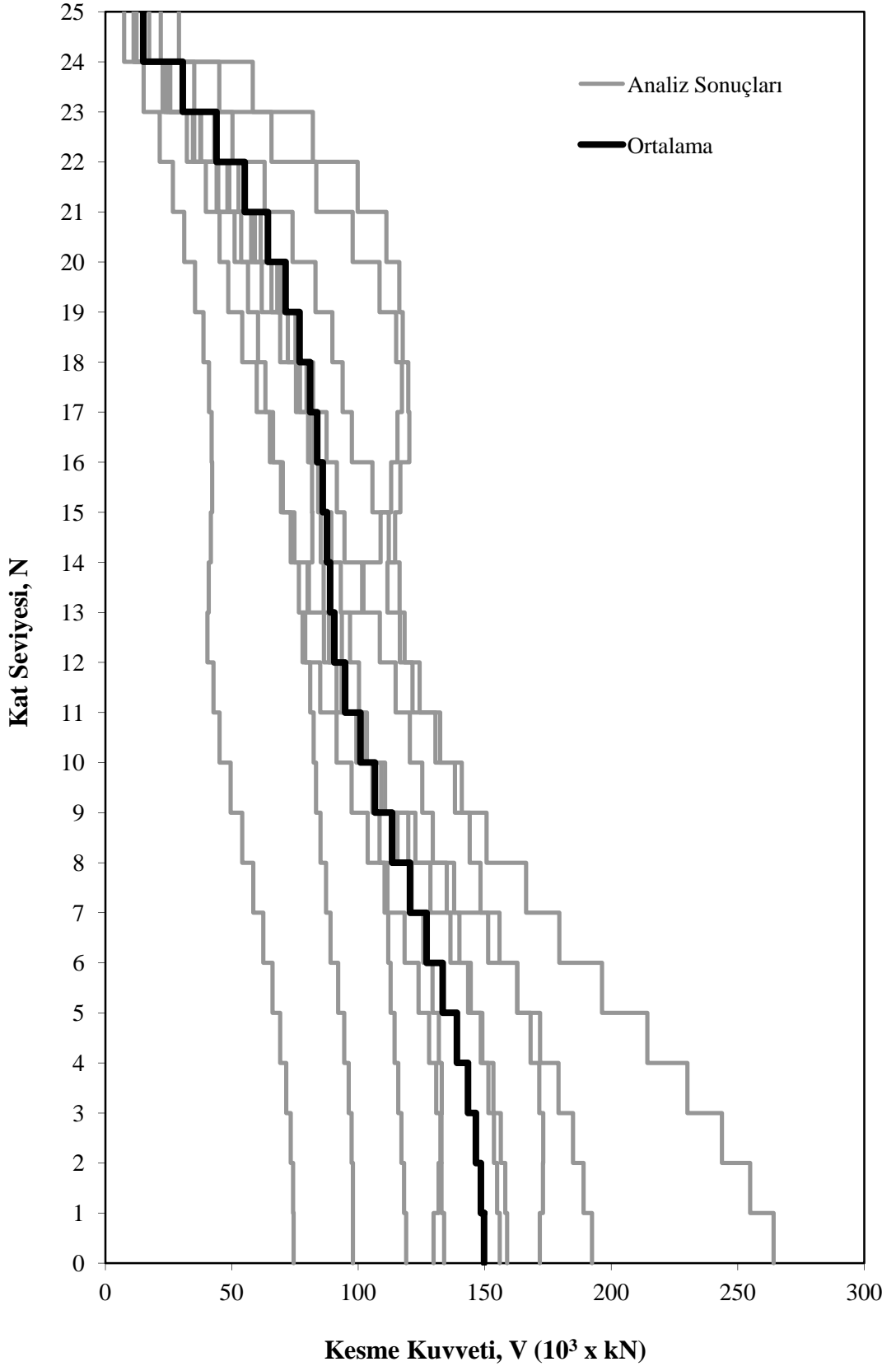
Şekil 4.10. 20 cm/sn < PGV < 40 cm/sn olan kayıt grubu N – δ değişimi

Şekil 4.11’de, PGV değerleri 40 cm/sn ile 60 cm/sn arasında olan gruba (PGV₄₀₋₆₀) ilişkin kesme kuvveti değerlerinin kat seviyesi ile birlikte değişimi verilmiştir. PGV₄₀₋₆₀ grubunda en küçük PGV değerine sahip olan kayıt 1999 yılında meydana gelen Kocaeli depreminin Sakarya (K-S) kayıdır. Bu kaydın PGV değeri 41,80 cm/sn olarak gerçekleşmiştir. Grupta yer alan ve PGV değeri en büyük olan kayıt ise 1999 yılında meydana gelen Düzce depreminin Düzce istasyonundan (D-D) alınmış kayıttır. Grupta yer alan bu kayıt için PGV değeri ise 60,00 cm/sn olarak gerçekleşmiştir. En küçük PGV değerine sahip olan K-S kaydında V_{max} binanın en alt katında $83,24 \times 10^3$ kN olarak gerçekleşmiştir. Bu kayıta oluşan V_{min} değeri ise $8,20 \times 10^3$ kN olmuştur. Bu değerler sırasıyla grupta yer alan en küçük V_{max} ve V_{min} değerleri olmuştur. Tablo 4.3’de PGV değeri 40-60 cm/sn arasında değişen grupta elde edilen sonuçların tamamı verilmiştir. Grupta yer alan en büyük PGV değerine sahip olan D-D kaydından elde edilmiş V_{max} değeri $158,81 \times 10^3$ kN ile yapının en alt katında elde edilmiştir. Buna karşılık bu kayıttan elde edilmiş V_{min} değeri de $15,20 \times 10^3$ kN olarak gerçekleşmiştir. Grupta yer alan yer hareketlerinden yedincisi olan 1999 Düzce depreminin Bolu (D-B) kaydının, 000 bileşeninde PGV değeri 56,49 cm/sn iken bu kayıta V_{max} değeri $264,17 \times 10^3$ kN olmuştur. Bu kayıta oluşan V_{min} değeri ise $29,14 \times 10^3$ kN olarak gerçekleşmiştir. Bu kayıttan elde edilen V_{max} ve V_{min} grupta elde edilen en büyük maksimum ve en büyük minimumlar olmuştur.

Tablo 4.3. PGV değeri 40-60 cm/sn arasında değişen gruba ilişkin sonuçlar

PGV 40-60 cm/sn	V_{max} kNx10 ³	V_{min} kNx10 ³	M_{max} kNm x10 ³	M_{min} kNm x10 ³	Δ_{max} m	Δ_{min} m	δ_{max} 10 ⁻³	δ_{min} 10 ⁻³
K-S	83,24	8,20	632,92	39,64	0,218	0,000	3,80	0,84
L-JT	155,91	12,18	1.130,93	70,71	0,412	0,000	6,50	1,61
IV-BC	192,34	21,88	1.220,45	114,74	0,332	0,000	7,54	1,77
CC-CHY024	118,93	11,26	896,78	64,77	0,387	0,000	6,30	1,28
N-LD	132,98	12,00	953,46	61,60	0,306	0,000	5,13	1,31
IV-ECA4	173,10	17,33	1.228,43	89,41	0,426	0,000	7,19	1,72
D-B	264,17	29,14	1.644,61	135,05	0,437	0,000	7,53	2,41
CC-TCU82	97,85	11,23	710,73	54,13	0,302	0,000	5,02	0,99
K-D	133,89	12,39	923,37	68,44	0,298	0,000	5,48	1,32
D-D	158,81	15,20	1.100,30	72,68	0,342	0,000	6,03	1,56
ORTALAMA	150,66	15,08	1.044,20	77,12	0,346	0,000	5,97	1,48

40 cm/sn < PGV < 60 cm/sn



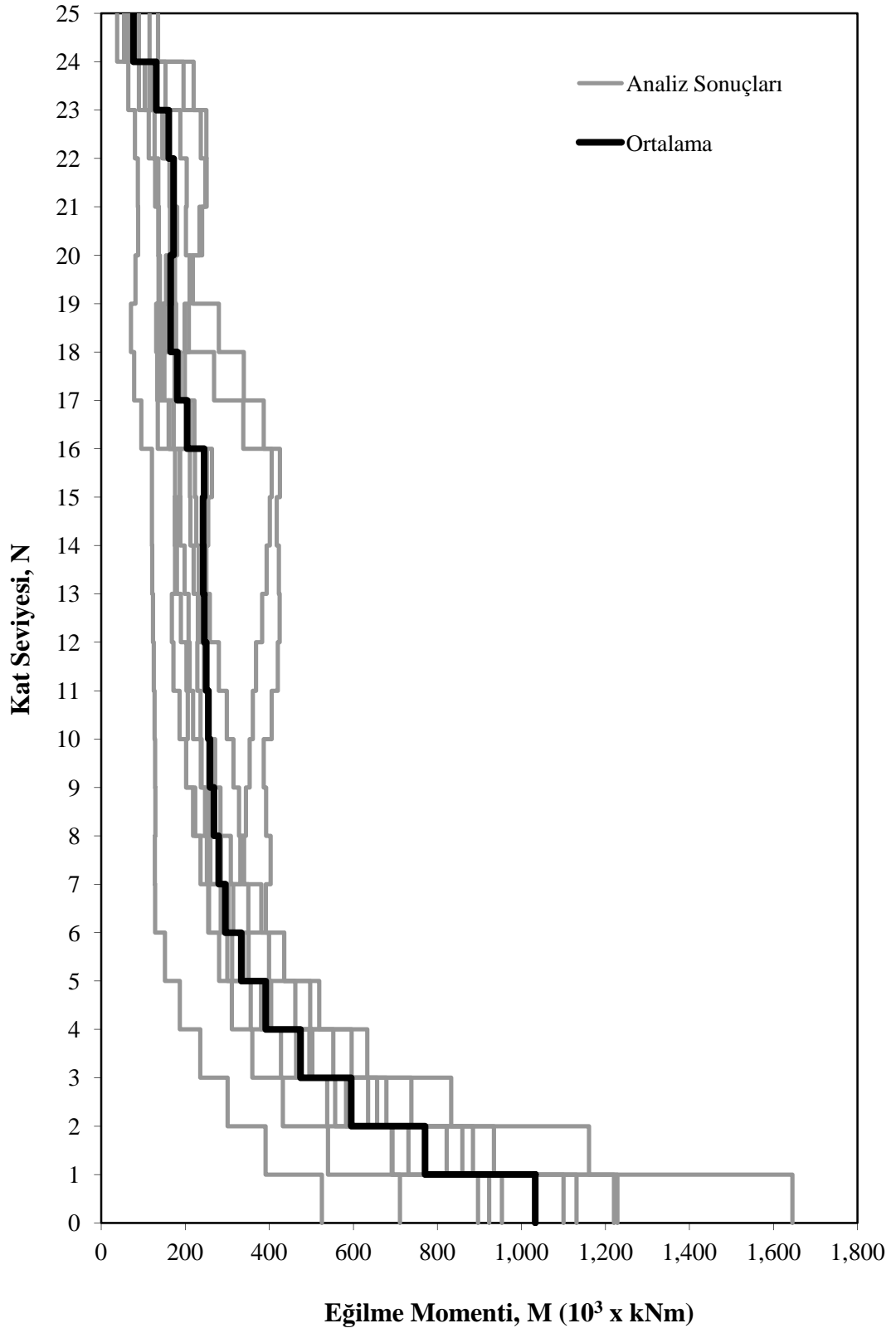
Şekil 4.11. 40 cm/sn < PGV < 60 cm/sn olan kayıt grubu N–V değişimi

Şekil 4.11’de ayrıca, grupta yer alan on adet deprem kaydı ile gerçekleştirilen analizlerden elde edilen sonuçların ortalaması alınarak ulaşılan ortalama kesme kuvveti eğrisi de verilmiştir. Ortalama eğride V_{max} değeri $150,66 \times 10^3$ kN olarak yapının en alt katında oluşmuş buna karşılık ortalama V_{min} değeri ise $15,08 \times 10^3$ kN olarak gerçekleşmiştir.

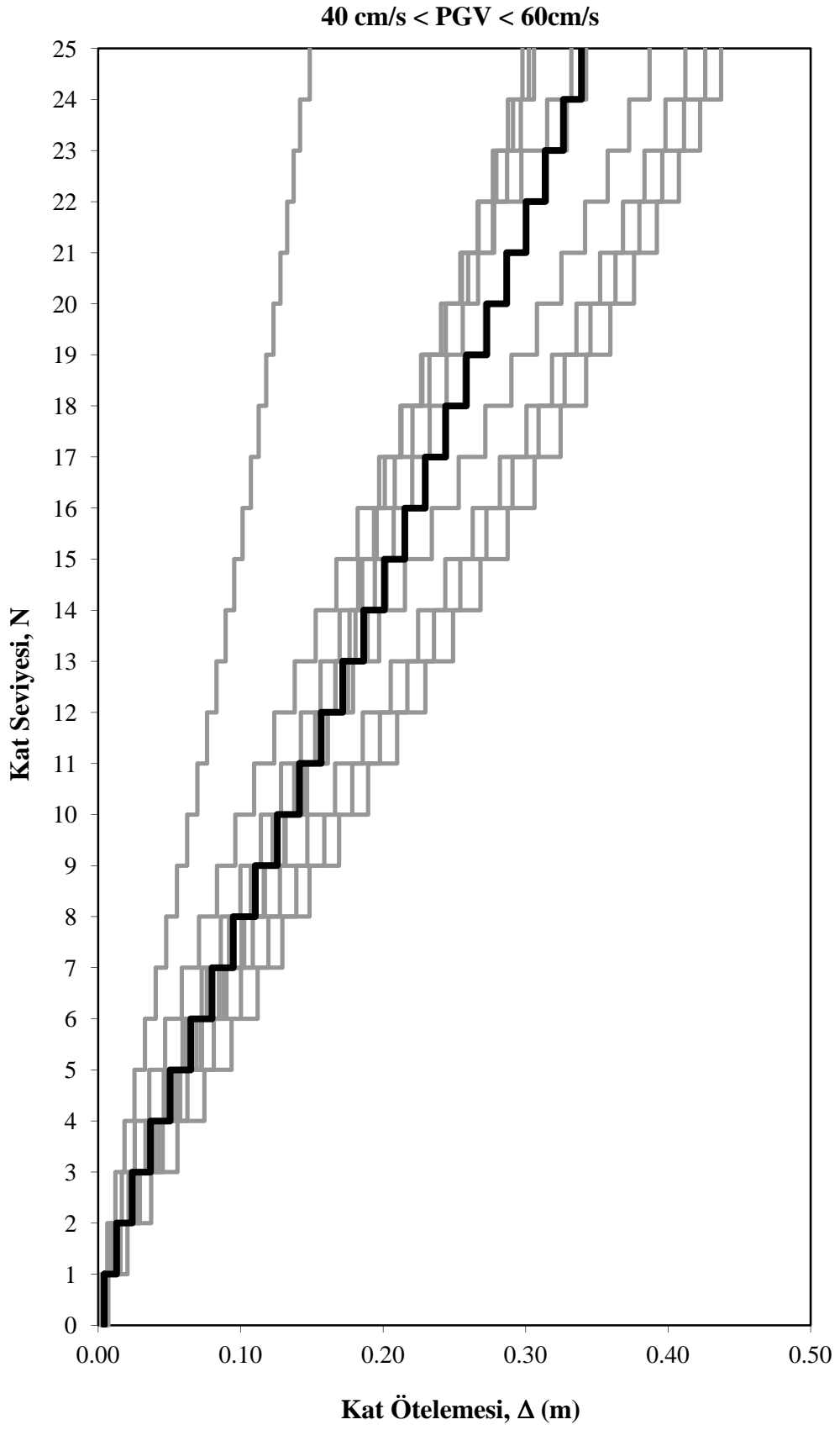
Şekil 4.12’de, PGV_{40-60} grubuna ilişkin eğilme momenti değerlerinin kat seviyesi ile değişimi grafiği verilmiştir. Grupta yer alan deprem kayıtlarında en küçük PGV değerine sahip K-S kaydında oluşan M_{max} değeri $632,92 \times 10^3$ kNm olarak bina en alt katında gerçekleşmiş iken bu kayıta oluşan M_{min} değeri $39,64 \times 10^3$ kNm olmuştur. Analizler sonucunda elde edilen en küçük M_{min} ve M_{max} değerleri bahsedilen bu ilk kayıta oluşmuştur. Grupta yer alan PGV değeri en büyük olan D-D kaydında oluşan M_{max} değeri $1.100,30 \times 10^3$ kNm olarak yapı en alt katında gerçekleşmiştir. Bu kayıta oluşan M_{min} değeri ise $72,68 \times 10^3$ kNm olmuştur. Grupta yer alan kayıtlarda M_{max} değeri yedinci sıradaki D-B kaydında oluşmuş ve bu kayıttan elde edilen M_{max} değeri $1.644,61 \times 10^3$ kNm, M_{min} değeri ise $135,05 \times 10^3$ kNm olarak gerçekleşmiştir. PGV değeri 40 cm/sn ile 60 cm/sn arasında değişen bu grupta yer alan tüm kayıtlardan elde edilen eğilme momentlerinin ortalaması alındığında M_{max} değerinin $1.044,20 \times 10^3$ kNm olarak yapının en alt katında oluştuğu görülmektedir. Grupta oluşan M_{max} değerine karşılık oluşan M_{min} değeri ise $77,12 \times 10^3$ kNm olmuştur.

Şekil 4.13’de, PGV değerleri 40 cm/sn ile 60 cm/sn arasında değişen gruba ait kat öteleme ile kat seviyesi değişimi grafikleri verilmiştir. Gruptaki, en küçük PGV değerine sahip olan K-S kaydında Δ_{max} değeri 0,218 m olarak gerçekleşmiştir. Bu değerler grup içinde yer alan kayıtlardan elde edilmiş en küçük Δ_{max} değeri olmuştur. Grubun en büyük PGV değerine sahip olan kaydı olan D-D kaydında ise Δ_{max} değeri 0,342 m olarak gerçekleşmiştir. En büyük Δ_{max} değeri ise grubun yedinci kaydı olan D-B kaydında gerçekleşmiş ve Δ_{max} değeri 0,426 m olmuştur. Gruba ilişkin ortalama eğriye göre elde edilen Δ_{max} değeri ise 0,346 m olmuştur. Her bir analizde ve ortalama eğride en büyük kat ötelenmesi değeri beklendiği gibi yapının en üst kotunda yani tepe noktasında gerçekleşmiştir.

40 cm/sn < PGV < 60 cm/sn



Şekil 4.12. 40 cm/sn < PGV < 60 cm/sn olan kayıt grubu N –M değişimi

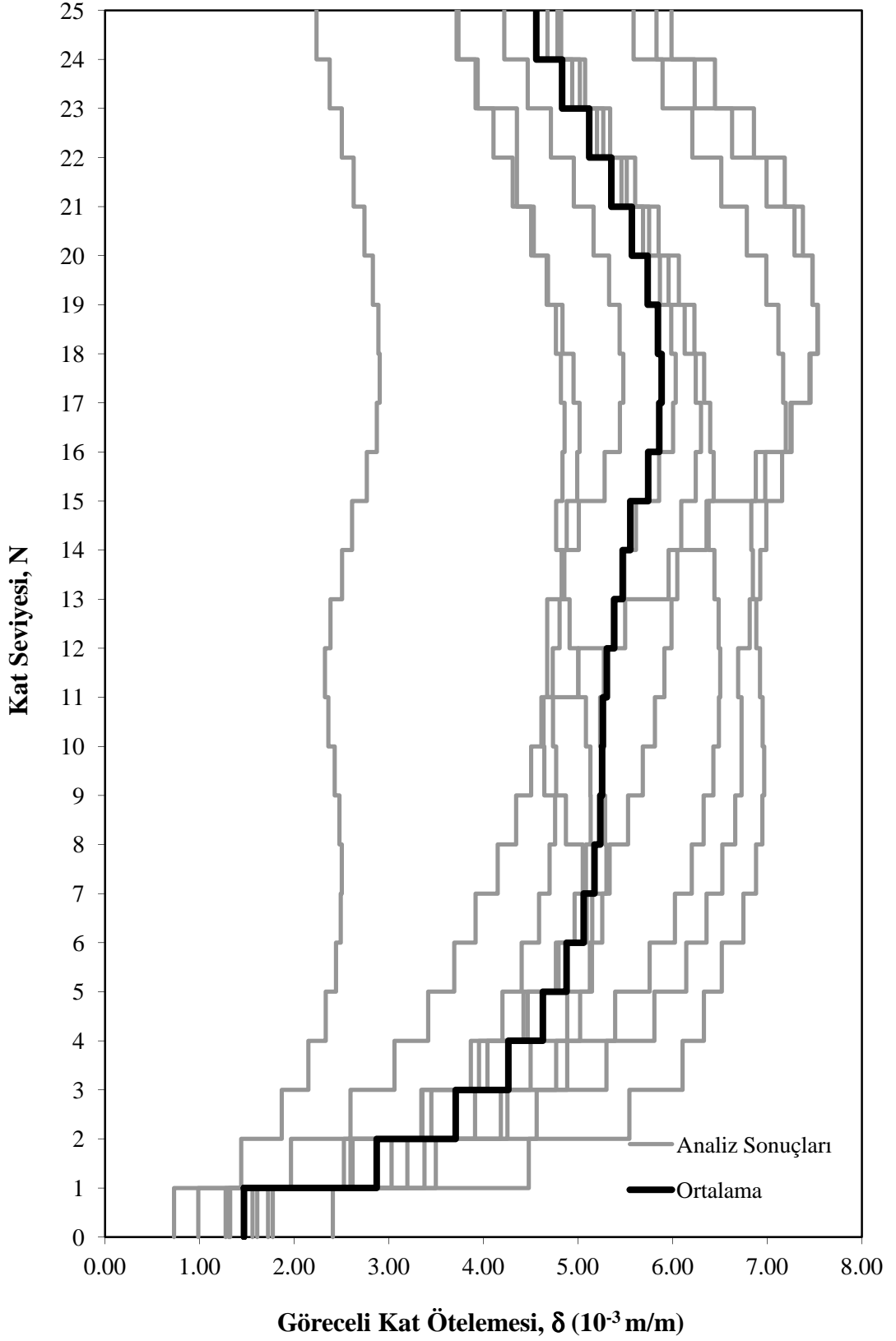


Şekil 4.13. 40 cm/sn < PGV < 60 cm/sn olan kayıt grubu N – Δ değişimi

Şekil 4.14’de, PGV değerleri 40 cm/sn ile 60 cm/sn arasında değişen kayıt grubuna ilişkin göreceli kat ötelemesi değerlerinin kat seviyesi ile değişimi verilmiştir. Grupta yer alan kayıtlarda en küçük PGV değerine sahip olan K-S kaydında oluşan δ_{\max} değeri $3,80 \times 10^{-3}$ m/m iken bu kayıta oluşan δ_{\min} değeri $0,84 \times 10^{-3}$ m/m olarak gerçekleşmiştir. Bu değerler grupta oluşan en küçük δ_{\max} ve δ_{\min} değerleri olmuştur. Grupta yer alan ve PGV değeri en büyük olan D-D kaydında oluşan δ_{\max} değeri $6,03 \times 10^{-3}$ m/m, δ_{\min} değeri ise $1,56 \times 10^{-3}$ m/m olarak gerçekleşmiştir. Grupta en büyük δ_{\max} değeri, grubun yedinci kaydı olan ve PGV değeri 56,40 cm/sn olarak gerçekleşen D-B kaydında meydana gelmiştir. Bu kayıttan elde edilen δ_{\max} değeri $7,53 \times 10^{-3}$ m/m, δ_{\min} değeri ise $2,41 \times 10^{-3}$ m/m olarak gerçekleşmiştir. Bu grupta ortalama δ_{\max} değeri $5,97 \times 10^{-3}$ m/m, ortalama δ_{\min} değeri ise $1,48 \times 10^{-3}$ m/m olmuştur.

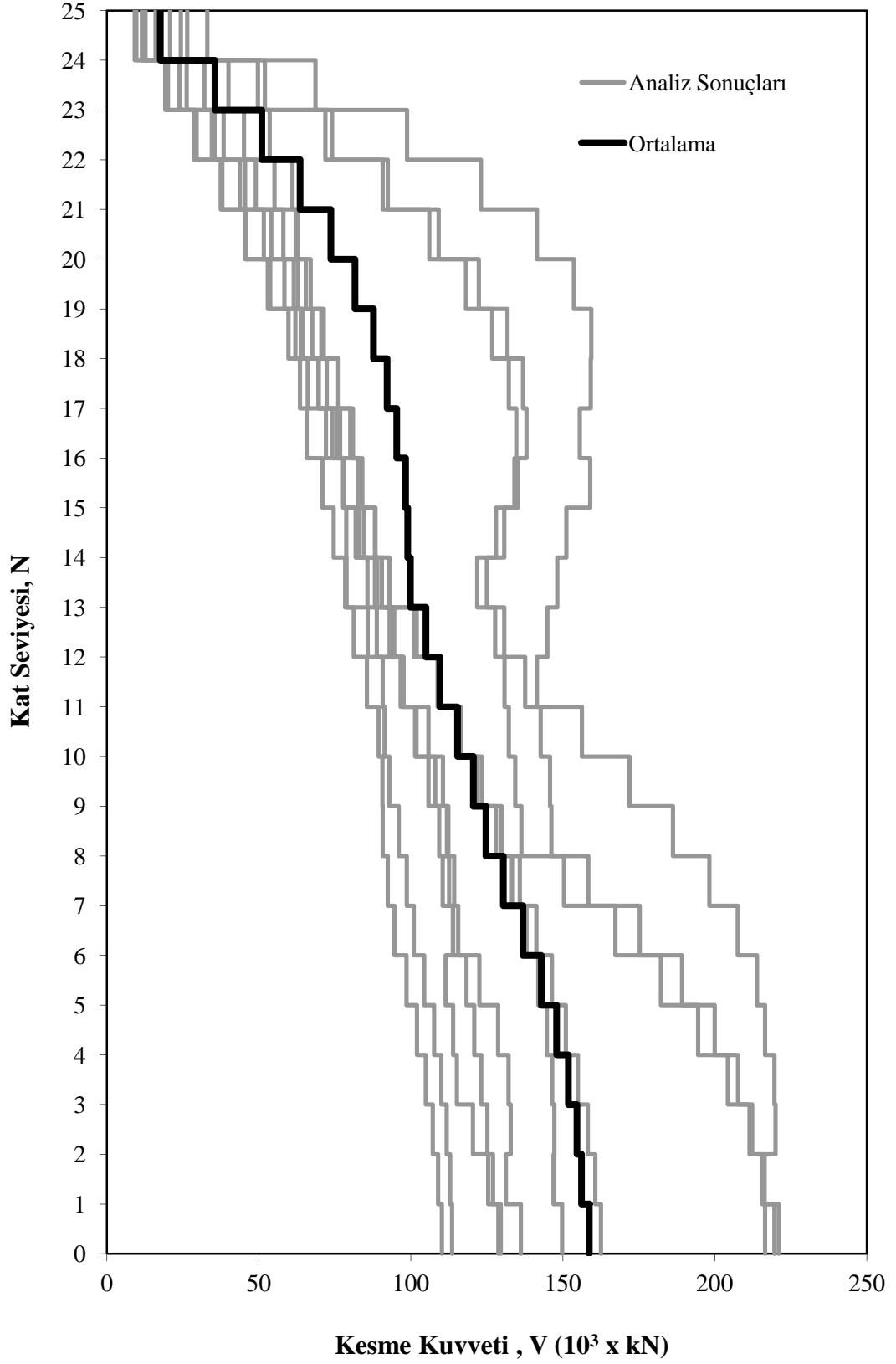
Şekil 4.15’de, PGV değerleri 60 cm/sn ile 80 cm/sn arasında değişen gruba ilişkin kesme kuvveti değerlerinin kat seviyesi ile birlikte değişimi verilmiştir. Grupta yer alan deprem kayıtlarında en küçük PGV değerine sahip olan kayıt 1994 yılında meydana gelen Northridge depreminin Saticoy St (N-NSS) kaydının, 180 bileşenidir. Bu kayıt için PGV değeri 61,50 cm/sn olarak gerçekleşmiştir. Grupta PGV değeri en büyük olan kayıt ise 1999 yılında meydana gelen Kocaeli depreminin Sakarya istasyonundan (K-S) alınmış kayıttır. Bu kayıt için PGV değeri 79,80 cm/sn olarak gerçekleşmiştir. En küçük PGV değerine sahip olan N-NSS kaydında V_{\max} değeri binanın en alt katında $219,58 \times 10^3$ kN olarak gerçekleşmiştir. Bu kayıta oluşan V_{\min} ise $24,25 \times 10^3$ kN olmuştur. Grupta yer alan en büyük PGV değerine sahip olan K-S kaydında V_{\max} değeri $149,71 \times 10^3$ kN olarak yapının en alt katında oluşmuştur. Buna karşılık bu kayıttan elde edilen V_{\min} değeri de $12,66 \times 10^3$ kN olarak gerçekleşmiştir. Bu grupta, PGV değeri 62,80 cm/sn olan 1999 Northridge depreminin Mulhol (N-M) kaydında oluşan V_{\max} değeri $220,99 \times 10^3$ kN olarak elde edilmiş ve bu değer grupta oluşan en büyük V_{\max} olmuştur. N-M kaydında oluşan V_{\min} değeri ise $33,03 \times 10^3$ kN olmuştur. Grupta yer alan kayıtlardan elde edilen ortalama V_{\max} değeri $158,76 \times 10^3$ kN, ortalama V_{\min} değeri ise $17,52 \times 10^3$ kN olmuştur. Bu grupta oluşan tüm iç kuvvet ve deplasman değerleri Tablo 4.4’de sunulmuştur.

40 cm/sn < PGV < 60 cm/sn



Şekil 4.14. 40 cm/sn < PGV < 60 cm/sn olan kayıt grubu N – δ değişimi

60 cm/sn < PGV < 80 cm/sn



Şekil 4.15. 60 cm/sn < PGV < 80 cm/sn olan kayıt grubu N – V değişimi

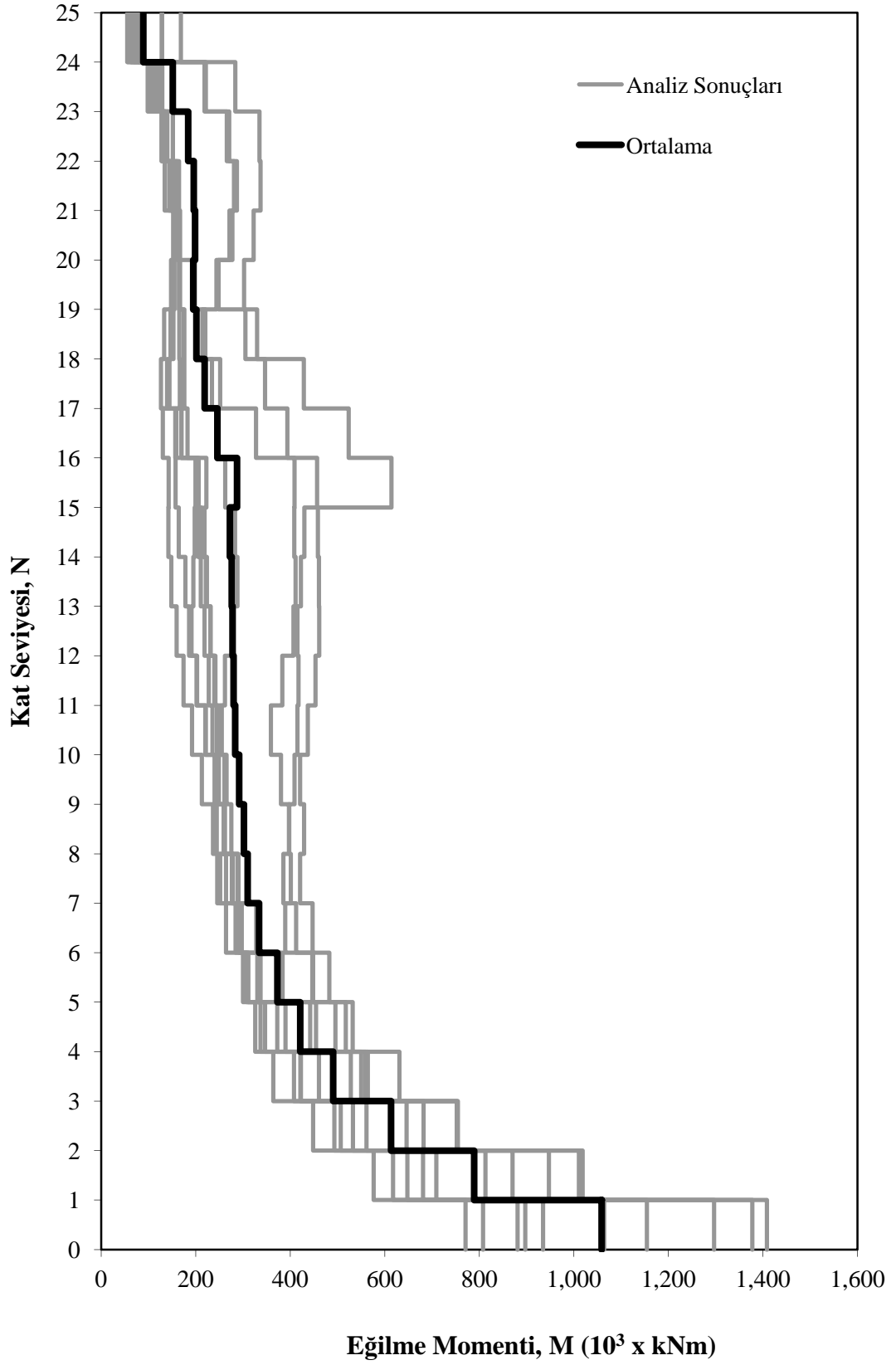
Tablo 4.4. PGV değeri 60-80 cm/sn arasında değişen gruba ilişkin sonuçlar

PGV 60-80 cm/sn	V_{max} kNx10 ³	V_{min} kNx10 ³	M_{max} kNm x10 ³	M_{min} kNm x10 ³	Δ_{max} m	Δ_{min} m	δ_{max} 10 ⁻³	δ_{min} 10 ⁻³
N-NSS	219,58	24,25	1.408,02	127,77	0,454	0,000	9,24	2,00
N-M	220,99	33,03	1.296,40	168,43	0,631	0,000	11,60	2,73
K-Y	110,19	11,56	770,77	62,32	0,315	0,000	5,44	1,07
CC-TCU101	113,58	11,65	807,80	64,24	0,310	0,000	5,27	1,10
CC-TCU071	136,17	20,74	896,99	80,02	0,278	0,000	4,73	1,26
IV-ECDA	129,56	16,00	880,52	77,83	0,295	0,000	5,53	1,28
CC-TCU063	128,77	9,12	934,59	55,96	0,356	0,000	5,63	1,31
IV-ECA4	162,49	9,71	1.154,44	54,77	0,383	0,000	6,07	1,64
N-TCH	216,56	26,44	1.377,33	128,73	0,429	0,000	8,82	2,21
K-S	149,71	12,66	1.063,94	70,17	0,379	0,000	6,17	1,49
ORTALAMA	158,76	17,52	1.059,08	89,02	0,383	0,000	6,80	1,61

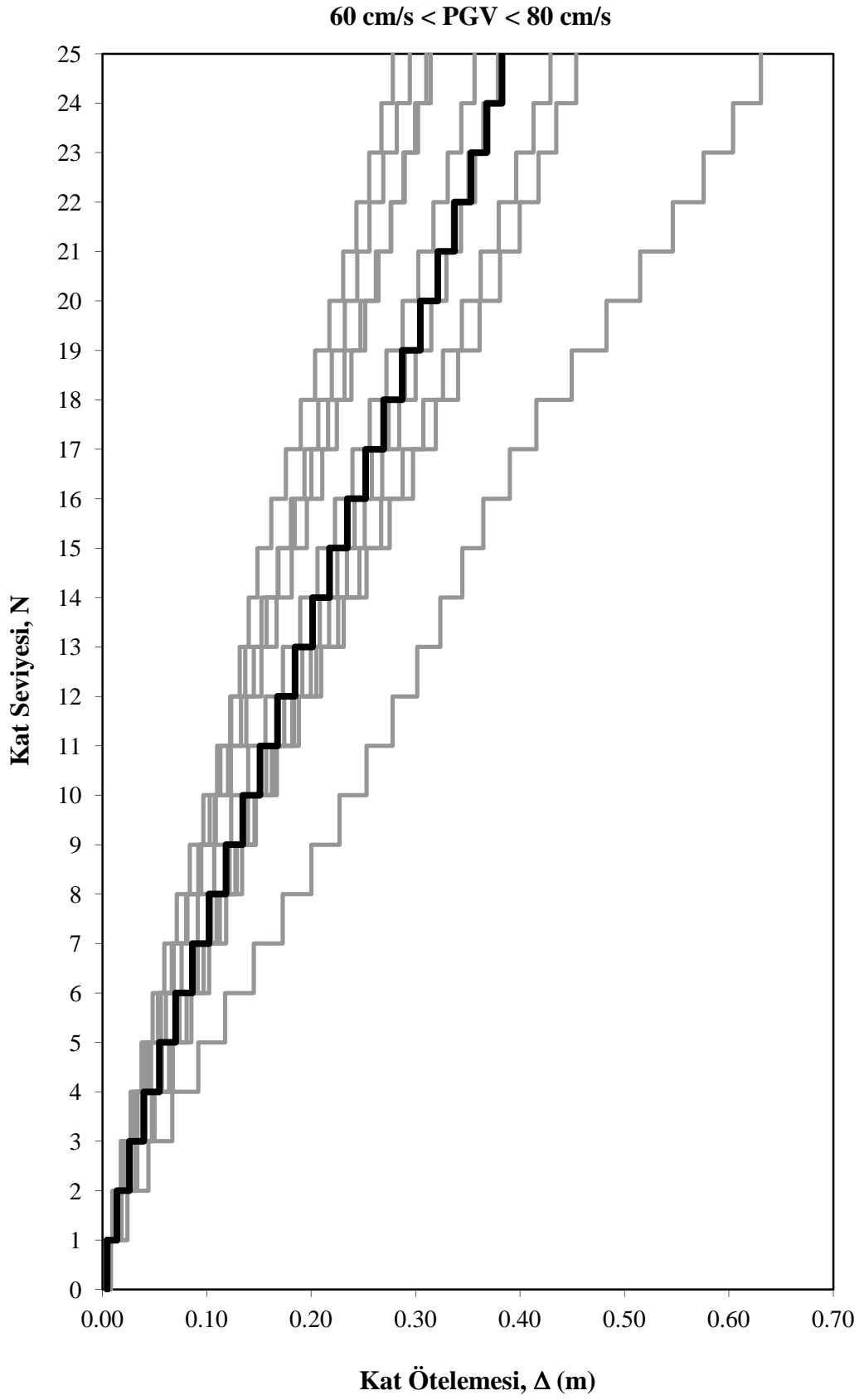
Şekil 4.16'da, PGV değerleri 60 cm/sn ile 80 cm/sn arasında değişen gruba ilişkin eğilme momenti değerlerinin kat seviyesi ile değişimi verilmiştir. Grupta yer alan deprem kayıtlarında en küçük PGV değerine sahip olan kayıt 1994 yılında meydana gelen Northridge depreminin Saticoy St (N-NSS) kaydında M_{max} değeri $1.408,02 \times 10^3$ kNm, M_{min} değeri ise $127,77 \times 10^3$ kNm olmuştur. Bu kayıttaki M_{max} grupta oluşan en büyük eğilme momenti değeri olmuştur. Grubun en büyük PGV değerine sahip olan K-S kaydında oluşan M_{max} değeri $1.063,94 \times 10^3$ kNm iken, buna mukabil bu kayıta oluşan M_{min} değeri $70,17 \times 10^3$ kNm olmuştur. Bu grupta oluşan en küçük M_{max} değeri ise Kocaeli depreminin Yarımca (K-Y) kaydında gerçekleşmiş ve bu kayıttan elde edilen M_{max} değeri $770,77 \times 10^3$ kNm, M_{min} değeri ise $62,32 \times 10^3$ kNm olmuştur. Grupta yer alan kayıtlardan elde edilen sonuçlara göre ulaşılan ortalama eğriden elde edilen M_{max} binanın en alt katında $1.059,08 \times 10^3$ kNm olarak gerçekleşmiştir. Buna karşılık bu grupta ortalama M_{min} değeri ise $89,02 \times 10^3$ kNm olarak gerçekleşmiştir.

Şekil 4.17'de, PGV değerleri 60 cm/sn ile 80 cm/sn arasında değişen gruba ilişkin kat ötelemesi değerlerinin kat seviyesi ile değişimi grafiği verilmiştir. Grupta yer alan deprem kayıtlarında en küçük PGV değerine sahip N-NSS kaydında oluşan Δ_{max} değeri 0,454 m olarak gerçekleşmiştir. Grubun en büyük PGV değerine sahip K-S kaydında ise Δ_{max} 0,379 m olarak gerçekleşmiştir.

60 cm/sn < PGV < 80 cm/sn



Şekil 4.16. 60 cm/sn < PGV < 80 cm/sn olan kayıt grubu N – M değişimi

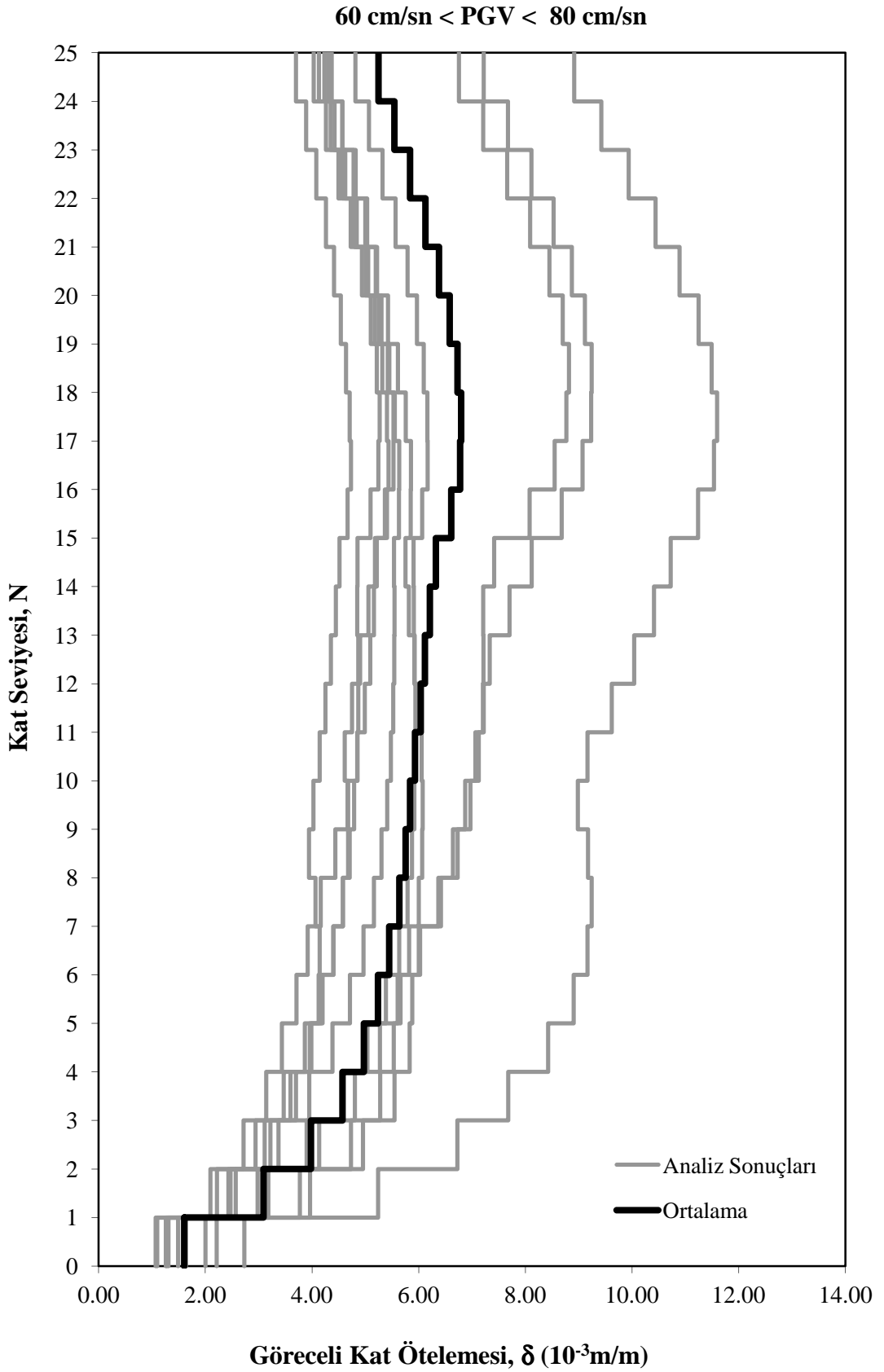


Şekil 4.17. 60 cm/sn < PGV < 80 cm/sn olan kayıt grubu N – Δ değişimi

Grupta oluşan en küçük Δ_{\max} küçük değeri PGV değeri 69,40 cm/sn olan Chi-Chi depreminin TCU071 kaydında 0,278 m olmuştur. Kat ötelemesinin en büyük Δ_{\max} değeri ise Northridge depreminin (N-M) kaydında 0,631 m olarak gerçekleşmiştir. Gruba ilişkin analizler sonucuna göre elde edilen ortalama Δ_{\max} değeri ise 0,383 m olarak gerçekleşmiştir. Her bir analizde ve ortalama eğride en büyük kat ötelenmesi değeri beklendiği gibi yapının en üst kotunda yani tepe noktasında gerçekleşmiştir.

Şekil 4.18'de, PGV değerleri 60 cm/sn ile 80 cm/sn arasında değişen kayıt grubuna ilişkin göreceli kat ötelemesi (δ) değerlerinin kat seviyesi (N) ile değişimi verilmiştir. Grupta en küçük PGV değerine sahip N-NSS kaydında oluşan göreceli δ_{\max} değeri $9,24 \times 10^{-3}$ m/m iken, bu kayıta oluşan δ_{\min} değeri $2,00 \times 10^{-3}$ m/m olarak gerçekleşmiştir. Grupta PGV değeri en büyük olan K-S kaydında oluşan δ_{\max} değeri $6,17 \times 10^{-3}$ m/m, bu kayıta δ_{\min} değeri ise $1,49 \times 10^{-3}$ m/m olarak gerçekleşmiştir. Grupta yer alan kayıtlarda δ_{\max} en küçük değerini Chi-Chi depreminin TCU071 kaydında almış ve bu kayıttan elde edilen δ_{\max} değeri $4,73 \times 10^{-3}$ m/m, buna karşılık kayıttaki δ_{\min} değeri $1,26 \times 10^{-3}$ m/m olmuştur. Gruptaki en büyük δ_{\max} Northridge depreminin Mulhol (N-M) kaydında $11,60 \times 10^{-3}$ m/m olarak gerçekleşmiştir. Buna karşılık bu kayıta oluşan δ_{\min} değeri $2,73 \times 10^{-3}$ m/m olmuştur. Bu grupta ortalama eğriden elde edilen δ_{\max} değeri $4,24 \times 10^{-3}$ m/m, δ_{\min} değeri ise $0,96 \times 10^{-3}$ m/m olarak gerçekleşmiştir.

Şekil 4.19'da, PGV > 80 cm/sn olan gruba ilişkin kesme kuvveti, kat seviyesi değişimi grafikleri verilmiştir. Grupta yer alan kayıtlarda en küçük PGV değerine sahip olanı 1995 yılında meydana gelen Kobe depreminin KJMA (K-K) kaydının, 000 bileşenidir. Bu kayıt için PGV değeri 81,30 cm/sn olarak gerçekleşmiştir. Bu kayıta V_{\max} değeri $327,25 \times 10^3$ kN, V_{\min} değeri ise $28,03 \times 10^3$ kN olmuştur. Grupta PGV değeri en büyük olan Kobe depreminin Takatori istasyonundan (K-T) alınmış kaydın 000 bileşenidir. Bu kayıt için PGV değeri ise 127,10 cm/sn olarak gerçekleşmiştir. En küçük PGV değerine sahip olan K-T kaydında V_{\max} değeri $593,77 \times 10^3$ kN iken, V_{\min} değeri $45,65 \times 10^3$ kN olmuştur.



Şekil 4.18. 60 cm/sn < PGV < 80 cm/sn olan kayıt grubu N – δ değişimi

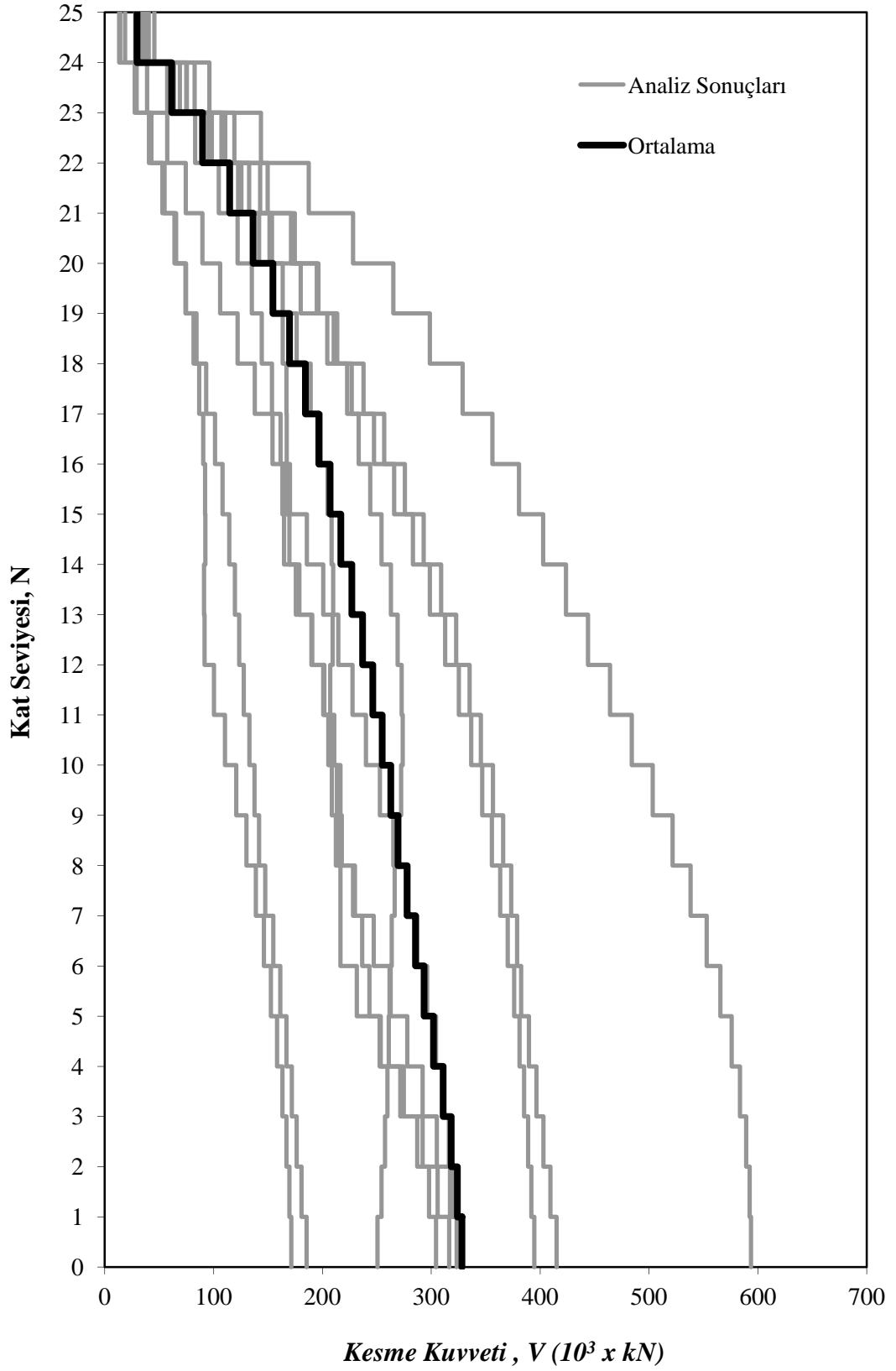
K-T kaydında elde edilen V_{max} değeri grupta elde edilmiş en büyük V_{max} değeri olmuştur. Grupta yer alan kayıtlardan elde edilen V_{max} 'ın en küçük değeri 1979 Imperial Valley depreminin El Centro Array #5 (IV-ECA5) kaydında $171,28 \times 10^3$ kN olarak oluşmuştur. Bu kayıttaki V_{min} değeri $14,15 \times 10^3$ kN olarak gerçekleşmiştir. Şekil 4.20'de verilen grafikte görülen ortalama kesme kuvveti eğrisinde yapıda oluşan ortalama V_{max} değeri $328,24 \times 10^3$ kN, ortalama V_{min} değeri ise $29,74 \times 10^3$ kN olarak gerçekleşmiştir. Bu grupta oluşmuş tüm iç kuvvet ve deplasmanlar Tablo 4.5'de verilmiştir.

Şekil 4.20'de, PGV değerleri 80 cm/sn değerinden büyük olan kayıtlardan oluşmuş gruba ilişkin eğilme momenti - kat seviyesi değişimi grafikleri verilmiştir. Grupta yer alan deprem kayıtlarında en küçük PGV değerine sahip Kobe depreminin KJMA (K-K) kaydında oluşan M_{max} değeri $2.219,73 \times 10^3$ kNm, M_{min} değeri ise $147,06 \times 10^3$ kNm olmuştur. Grupta PGV değeri en yüksek olan Kobe depreminin Takatori (K-T) kaydında oluşan M_{max} değeri $4.380,17 \times 10^3$ kNm, M_{min} değeri ise $274,03 \times 10^3$ kNm olmuştur. Grupta, M_{max} değerinin en küçük olduğu kayıt Imperial Valley depreminin El Centro Array #5 (IV-ECA5) kaydı olup, bu kayıta oluşan M_{max} değeri $1.196,74 \times 10^3$ kNm, M_{min} değeri ise $78,40 \times 10^3$ kNm olmuştur. Grupta yer alan kayıtlardan elde edilen ortalama eğride M_{max} binanın en alt katında $2.310,67 \times 10^3$ kNm oluşmuştur. Ortalama eğride elde edilen M_{min} değeri ise $164,29 \times 10^3$ kNm olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 4.5. PGV değeri 80 cm/sn'den büyük olan gruba ilişkin sonuçlar

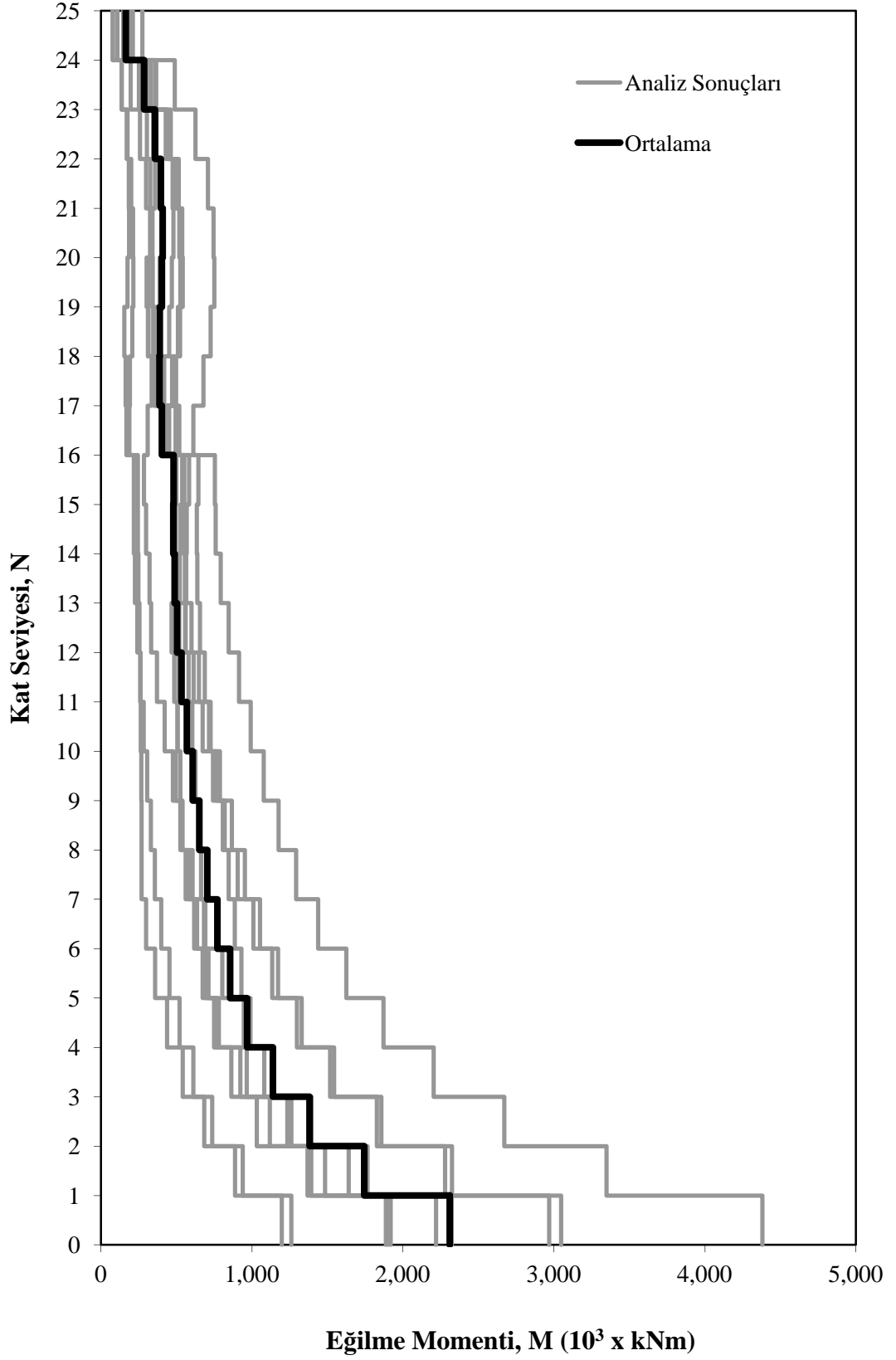
PGV > 80 cm/sn	V_{max} kNx10 ³	V_{min} kNx10 ³	M_{max} kNm x10 ³	M_{min} kNm x10 ³	Δ_{max} m	Δ_{min} m	δ_{max} 10 ⁻³	δ_{min} 10 ⁻³
K-K	327,25	28,03	2.219,73	147,06	0,654	0,000	11,62	3,17
E-E	323,43	18,67	2.323,79	108,61	0,837	0,000	13,03	3,44
CC-TCU075	185,40	13,17	1.261,21	77,08	0,478	0,000	7,76	1,79
IV-ECA5	171,28	14,15	1.196,74	78,40	0,358	0,000	6,44	1,59
N-NFS	304,26	34,01	1.918,56	170,67	0,635	0,000	11,46	2,83
CC-CHY080-N	316,54	37,31	1.902,38	183,77	0,278	0,000	13,97	2,85
CC-CHY080-E	273,67	40,48	1.887,13	210,58	0,886	0,000	16,19	2,56
SH-PTS	415,21	36,00	3.047,78	207,63	1,239	0,000	20,01	4,22
CC-TCU052	394,74	29,97	2.969,26	185,03	1,206	0,000	19,33	4,05
K-T	593,77	45,65	4.380,17	274,03	1,702	0,000	27,50	6,11
ORTALAMA	328,24	29,74	2.310,67	164,29	0,827	0,000	14,65	3,26

PGV > 80 cm/sn



Şekil 4.19. PGV > 80 cm/sn olan kayıt grubu N – V değişimi

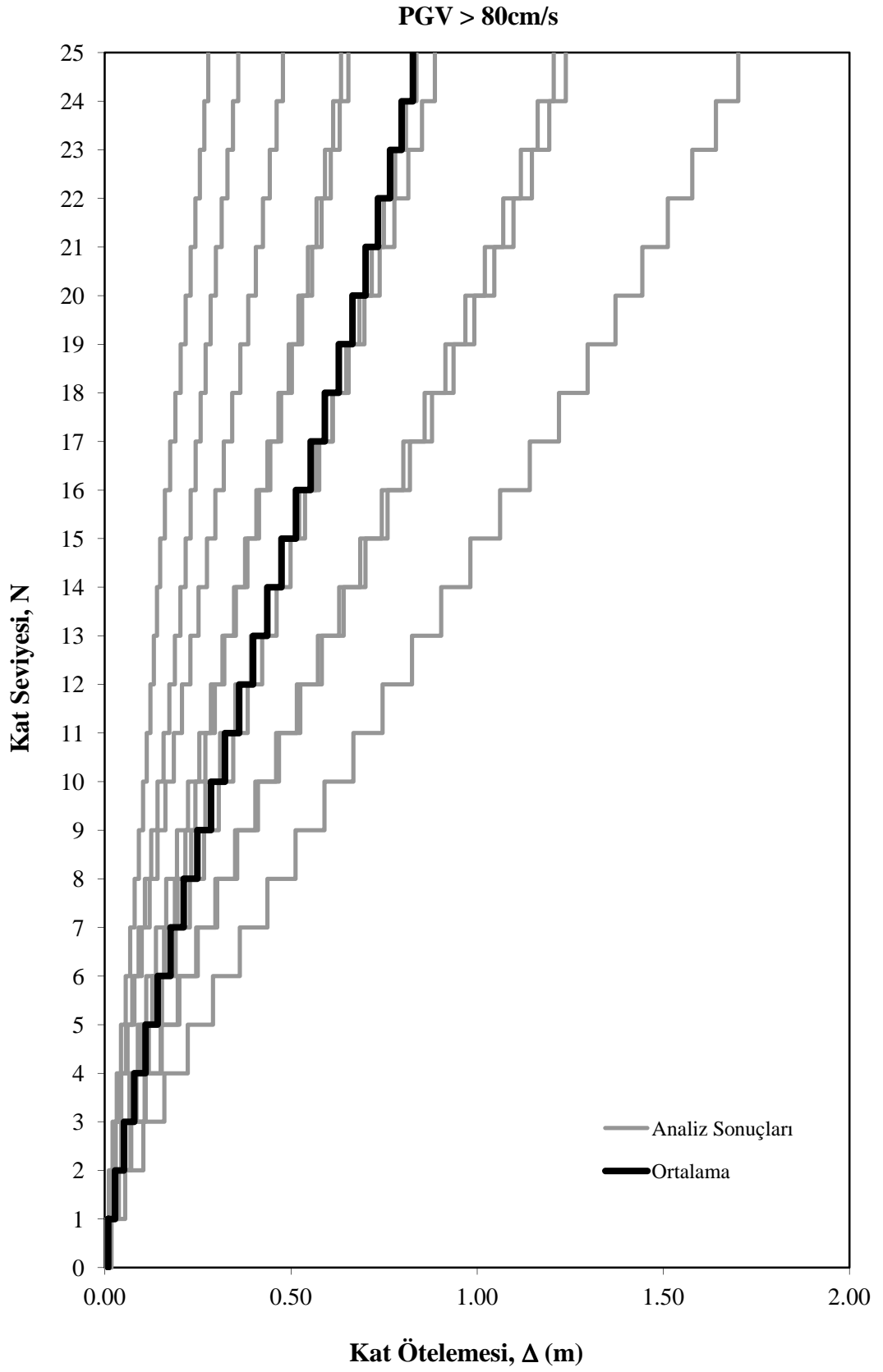
PGV > 80 cm/sn



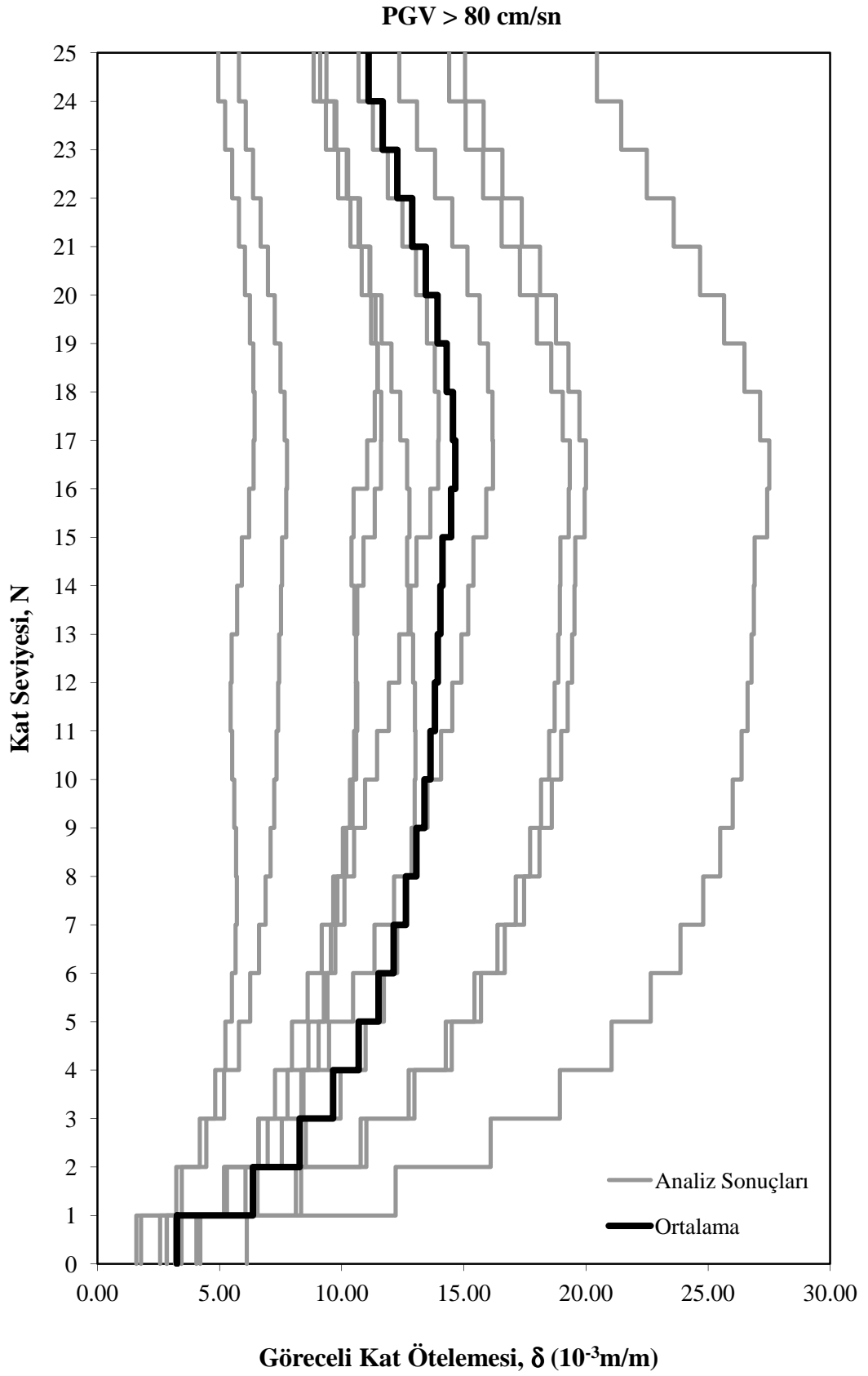
Şekil 4.20. PGV > 80 cm/sn olan kayıt grubu N – M değişimi

Şekil 4.21’de PGV değerleri 80 cm/sn’den büyük olan gruba ilişkin kat ötelemesi - kat seviyesi grafikleri verilmiştir. Grupta yer alan deprem kayıtlarında en küçük PGV değerine sahip K-K kaydında oluşan Δ_{max} değeri 0,654 m olarak gerçekleşmiştir. Grubun en büyük PGV değerine sahip K-T kaydında ise Δ_{max} değeri 1,702 m olarak gerçekleşmiştir. K-T kaydında elde edilen bu değer grupta oluşan en büyük Δ_{max} olmuştur. IV-ECA5 kaydında ise Δ_{max} en küçük değerini almış ve bu kayıta oluşan Δ_{max} değeri 0,358 m olmuştur. PGV > 80 cm/sn olan gruba ilişkin ortalama kat ötelemesi – kat seviyesi değişimi eğrisinde, ortalama Δ_{max} değeri ise 0,827 m olarak gerçekleşmiştir. Her bir analizde ve kat ötelemesi – kat seviyesi değişimi ortalama eğrisinde Δ_{max} değeri beklendiği gibi yapının tepe noktasında oluşmuştur.

Şekil 4.22’de, ivme kayıtlarının PGV değeri 80 cm/sn’den büyük olan kayıt grubuna ilişkin göreceli kat ötelemesi (δ) değerlerinin kat seviyesi (N) ile değişimine ilişkin grafikler verilmiştir. Grupta en küçük PGV değerine sahip olan Kobe depreminin KJMA istasyonundan alınmış olan (K-K) kaydında oluşan δ_{max} değeri $11,62 \times 10^{-3}$ m/m olmuştur. Aynı kayıta oluşan δ_{min} değeri ise $3,17 \times 10^{-3}$ m/m olarak gerçekleşmiştir. Grupta yer alan ve PGV değeri 127,10 cm/sn ile en büyük olan Kobe depreminin Takatori (K-T) kaydında oluşan δ_{max} değeri $27,50 \times 10^{-3}$ m/m, bu kayıttaki δ_{min} değeri ise $6,11 \times 10^{-3}$ m/m olarak gerçekleşmiştir. Bu kayıta elde edilen δ_{max} elde edilen en büyük δ_{max} değeri olmuştur. Grupta yer alan kayıtlardan elde edilen δ_{max} , en küçük değerini Imperial Valley depreminin El Centro Array#5 istasyonunda kaydedilen IV-ECA5 kaydında almış ve kayıta elde edilen δ_{max} değeri $6,44 \times 10^{-3}$ m/m olmuştur. Bu kayıta elde edilen δ_{min} değeri ise $1,59 \times 10^{-3}$ m/m olarak gerçekleşmiştir. PGV > 80 cm/sn olan bu kayıt grubunda yer alan on adet deprem kayıt grubu için yapılan analizler sonucunda elde edilen değerlerin ortalaması alınarak ulaşılan ortalama göreceli kat ötelemesi – kat seviyesi değişimi eğrisinde δ_{max} değeri $14,65 \times 10^{-3}$ m/m olmuştur. Bu grupta oluşan ortalama δ_{min} değeri ise $3,26 \times 10^{-3}$ m/m olmuştur.



Şekil 4.21. PGV > 80 cm/sn olan kayıt grubu N – Δ değişimi

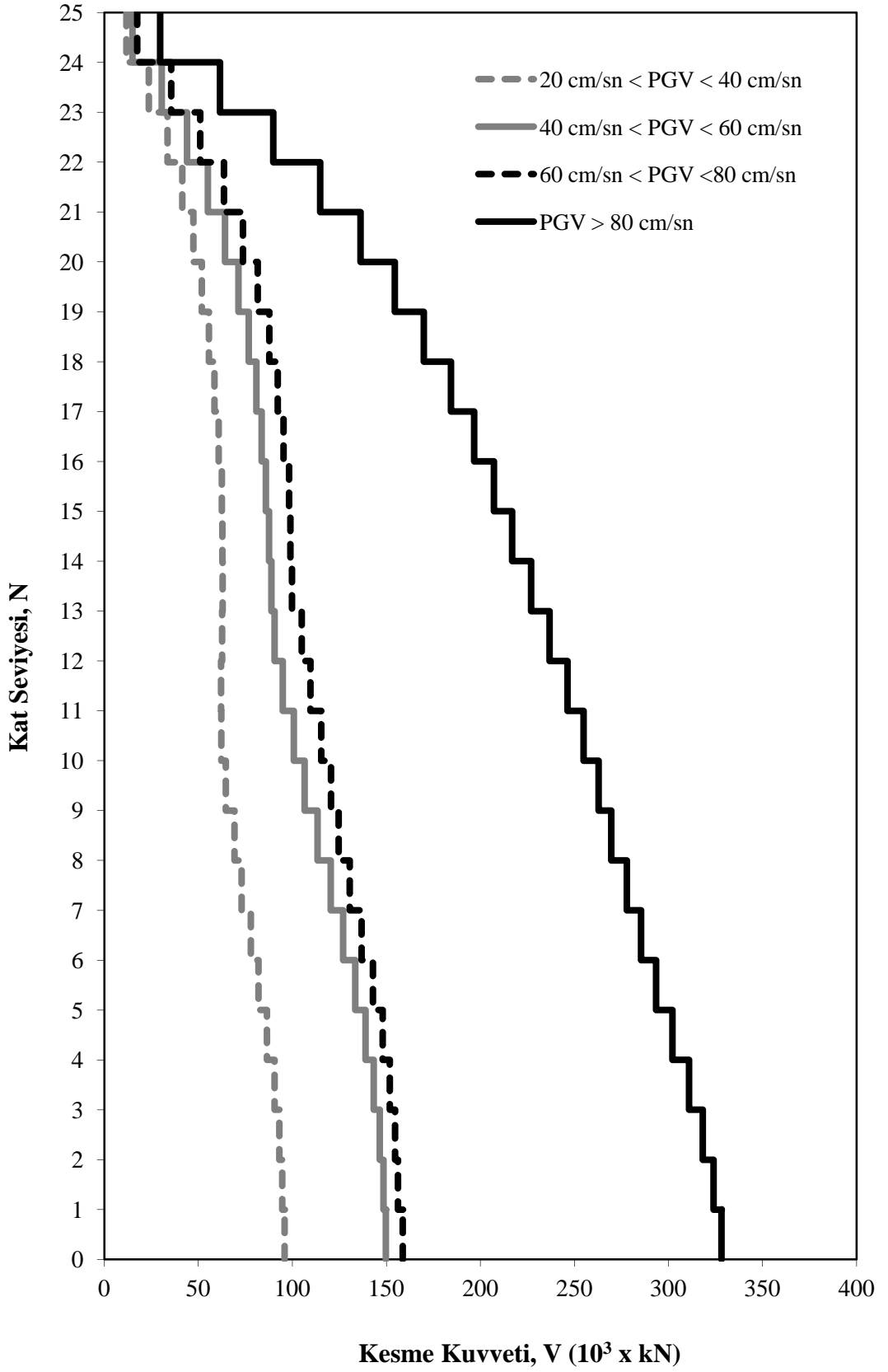


Şekil 4.22. PGV > 80 cm/sn olan kayıt grubu N – δ değişimi

4.4. PGV Değeri Değişen Kayıt Grupları Sonuçlarının Karşılaştırılması

Deprem yönetmeliklerinde [26,28] zaman tanım alanında analiz için çoğunlukla belli sayıdaki deprem kaydının ortalamasının alınması ile kontrol edilecek yapı parametresine ulaşılması istenmektedir. Bu sebeple çalışmada her bir grup için on adet deprem kaydı alınmış ve bu kayıtlar ile zaman tanım alanında analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın 4.3. bölümünde her bir grup için elde edilen kesme kuvveti, eğilme momenti, kat ötelemesi ve göreceli kat ötelemesi kat seviyesi eğrileri ile bunların ortalaması olan eğriler sunulmuştur. Bu bölümde her grup için elde edilen ortalama kesme kuvveti, eğilme momenti, kat ötelenmesi ve göreceli kat ötelenmesi, kat seviyesi eğrileri birbirleri kıyaslanarak tartışılmıştır.

Şekil 4.23'de, $20 \text{ cm/sn} < \text{PGV} < 40 \text{ cm/sn}$, $40 \text{ cm/sn} < \text{PGV} < 60 \text{ cm/sn}$, $60 \text{ cm/sn} < \text{PGV} < 80 \text{ cm/sn}$ ve $\text{PGV} > 80 \text{ cm/sn}$ olan dört adet deprem kayıt grubundan elde edilen ortalama Kesme Kuvveti (V) – Kat Seviyesi (N) eğrileri verilmiştir. Şekilde gösterilen açık renkli kesikli eğri PGV değeri 20 cm/sn ile 40 cm/sn arasında değişen kayıt grubunun ortalaması olarak elde edilmiştir. Bu eğride ortalama en büyük kesme kuvveti değeri (V_{\max}) yapının en alt katında oluşmuş ve $96,46 \times 10^3 \text{ kN}$ değerini almıştır. Bununla birlikte minimum kesme kuvveti değeri (V_{\min}) yapının en üst katında oluşmuş ve $11,66 \times 10^3 \text{ kN}$ değerini almıştır. Şekilde açık renkli düz çizgi ile gösterilen eğri ise PGV değeri 40 cm/sn ile 60 cm/sn arasında değişen kayıt grubunun ortalaması olarak elde edilmiştir. Bu eğride V_{\max} yapının en alt katında oluşmuş ve maksimum değer $150,66 \times 10^3 \text{ kN}$ olmuştur. Bu eğride elde edilen V_{\min} ise yine yapının en üst katında oluşmuş ve $15,08 \times 10^3 \text{ kN}$ değerini almıştır. Şekilde koyu renkli kesikli çizgi ile gösterilen eğri ise PGV değeri 60 cm/sn ile 80 cm/sn arasında değişen kayıt grubuna ilişkin olarak elde edilmiştir. Bu grupta elde edilen V_{\max} yapının en alt katında oluşmuş ve $158,76 \times 10^3 \text{ kN}$ değerini almıştır. Bu grupta oluşan V_{\min} değeri ise $17,52 \times 10^3 \text{ kN}$ olarak yapı en üst katında gerçekleşmiştir. Şekilde koyu renkli düz çizgi ile gösterilen eğri $\text{PGV} > 80 \text{ cm/sn}$ olan kayıt grubuna ilişkin olarak verilmiştir. Bu grupta oluşan V_{\max} yapının en alt katında $328,24 \times 10^3 \text{ kN}$ olarak oluşmuştur.

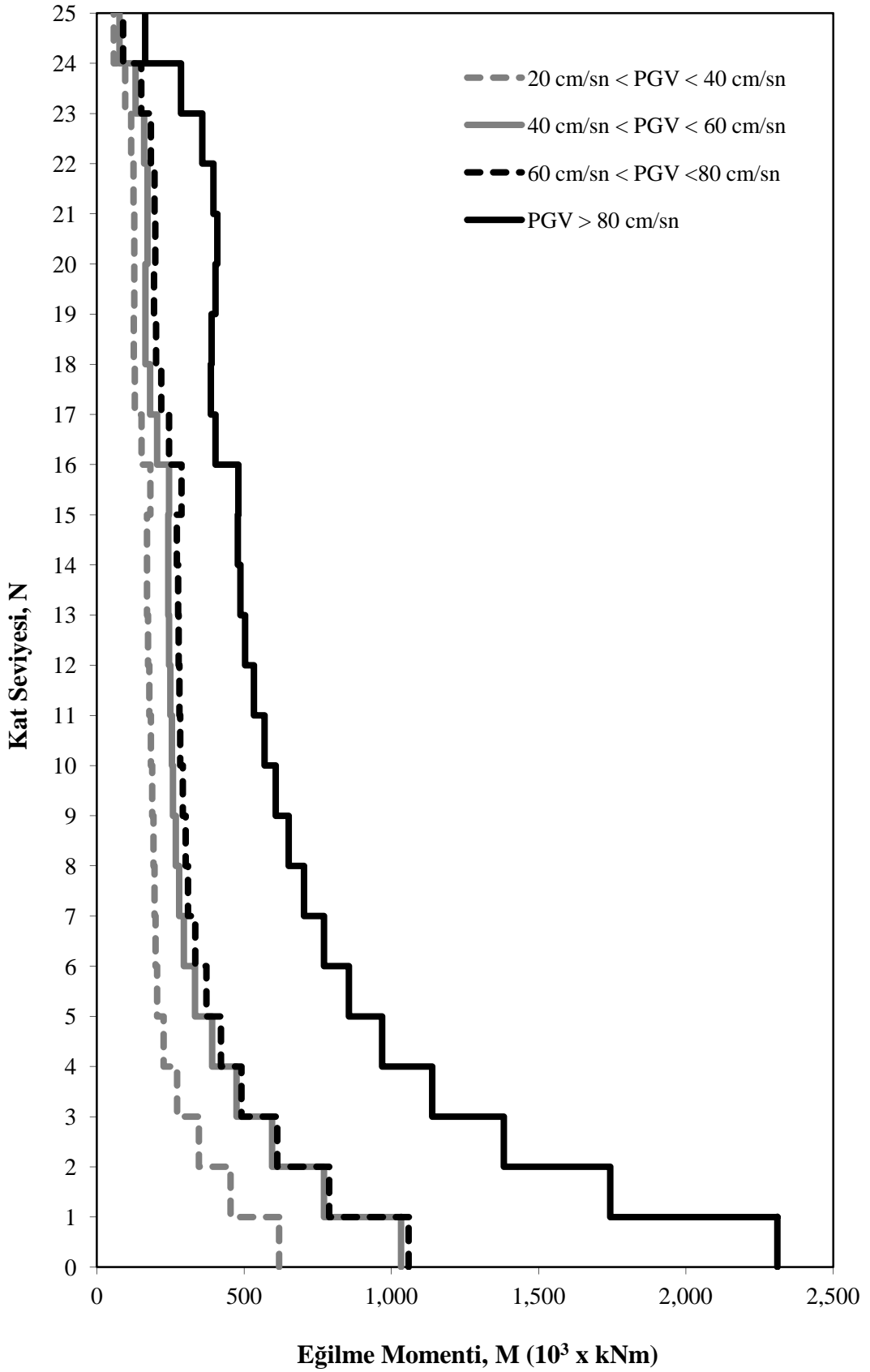


Şekil 4.23. PGV değerleri değişen kayıt gruplarının N – V değişimi

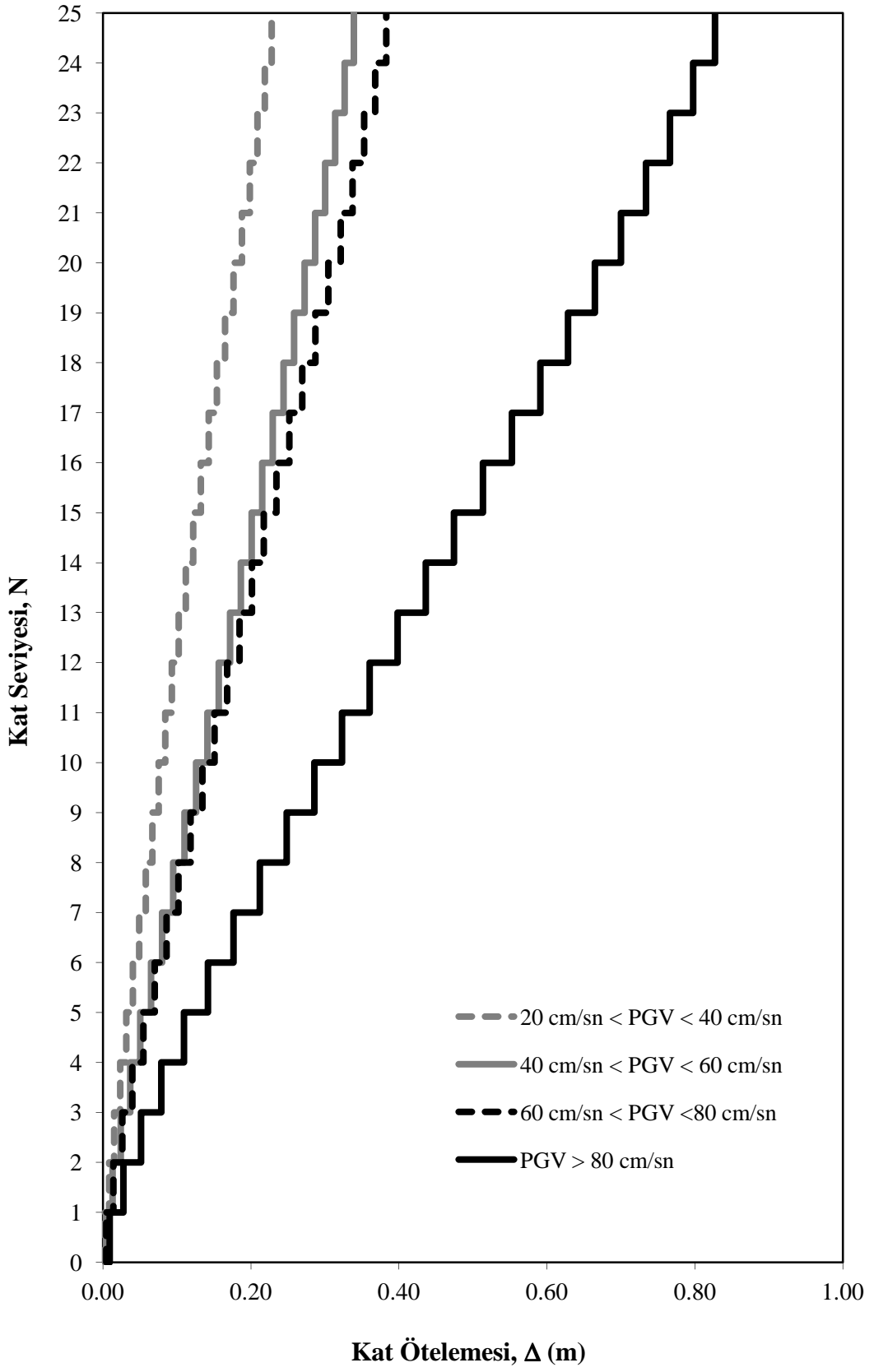
PGV > 80 cm/sn olan grupta oluşan V_{min} değeri ise yapının en üst katında $29,74 \times 10^3$ kN olarak oluşmuştur. Genel olarak Şekil 4.23'e bakıldığında zaman tanım alanında kullanılan deprem kayıtlarının PGV değeri arttıkça her bir katta oluşan kesme kuvvetinin de buna bağlı olarak arttığı görülmektedir. Bu artış PGV değerleri aralığı daha büyük olan son grupta daha da belirginleşmektedir.

Şekil 4.24'te, dört gruba ilişkin olarak elde edilen ortalama Eğilme Momenti (M) – Kat Seviyesi (N) eğrileri verilmiştir. Şekildeki açık renkli kesikli eğri PGV₂₀₋₄₀ kayıt grubunun ortalaması olarak elde edilmiştir. Bu eğride M_{max} değeri yapının en alt katında oluşmuş ve $617,23 \times 10^3$ kNm değerini almıştır. Gruptaki M_{min} değeri ise yapının en üst katında $56,08 \times 10^3$ kNm olarak oluşmuştur. Şekilde açık renkli düz çizgi ile gösterilen eğri ise PGV değerleri 40 cm/sn ile 60 cm/sn arasında değişen kayıt grubunun ortalaması olarak elde edilmiştir. Bu eğride M_{max} yapının en alt katında oluşmuş ve maksimum değer $1.044,20 \times 10^3$ kNm olmuştur. Bu eğride elde edilen M_{min} değeri ise yine yapının en üst katında oluşmuş ve $77,12 \times 10^3$ kNm değerini almıştır. Şekilde koyu renkli kesikli çizgi ile gösterilen eğri ise PGV değeri 60 cm/sn ile 80 cm/sn arasında değişen kayıt grubuna ilişkin olarak elde edilen eğilme momenti eğrisidir. Bu gruptaki M_{max} değeri yapının en alt katında $1.059,08 \times 10^3$ kNm olarak gerçekleşmiştir. Bu grupta oluşan M_{min} değeri ise $89,02 \times 10^3$ kNm olarak yapı en üst katında oluşmuştur. Şekilde koyu renkli düz çizgi ile gösterilen eğri PGV > 80 cm/sn olan kayıt grubuna ilişkin olup bu grupta M_{max} değeri $2.310,67 \times 10^3$ kNm olmuştur. Grupta oluşan M_{min} ise $164,29 \times 10^3$ kNm değerini almıştır. Genel olarak Şekil 4.24'e bakıldığında zaman tanım alanında kullanılan deprem kayıtlarının PGV değerlerinin artması ile birlikte her bir katta oluşan eğilme momentlerinin buna bağlı olarak arttığı görülmektedir. Bahsedilen bu artış PGV değerleri aralığı daha büyük olan PGV > 80 cm/sn olan son grupta daha da belirgin hale gelmektedir.

Şekil 4.25'de, gruplara ilişkin olarak belirlenen ortalama Kat Ötelemesi (Δ) – Kat Seviyesi (N) eğrileri verilmiştir. Şekilde gösterilen açık renkli kesikli eğri PGV değeri 20 cm/sn ile 40 cm/sn arasında olan grubun ortalaması olarak elde edilmiştir.



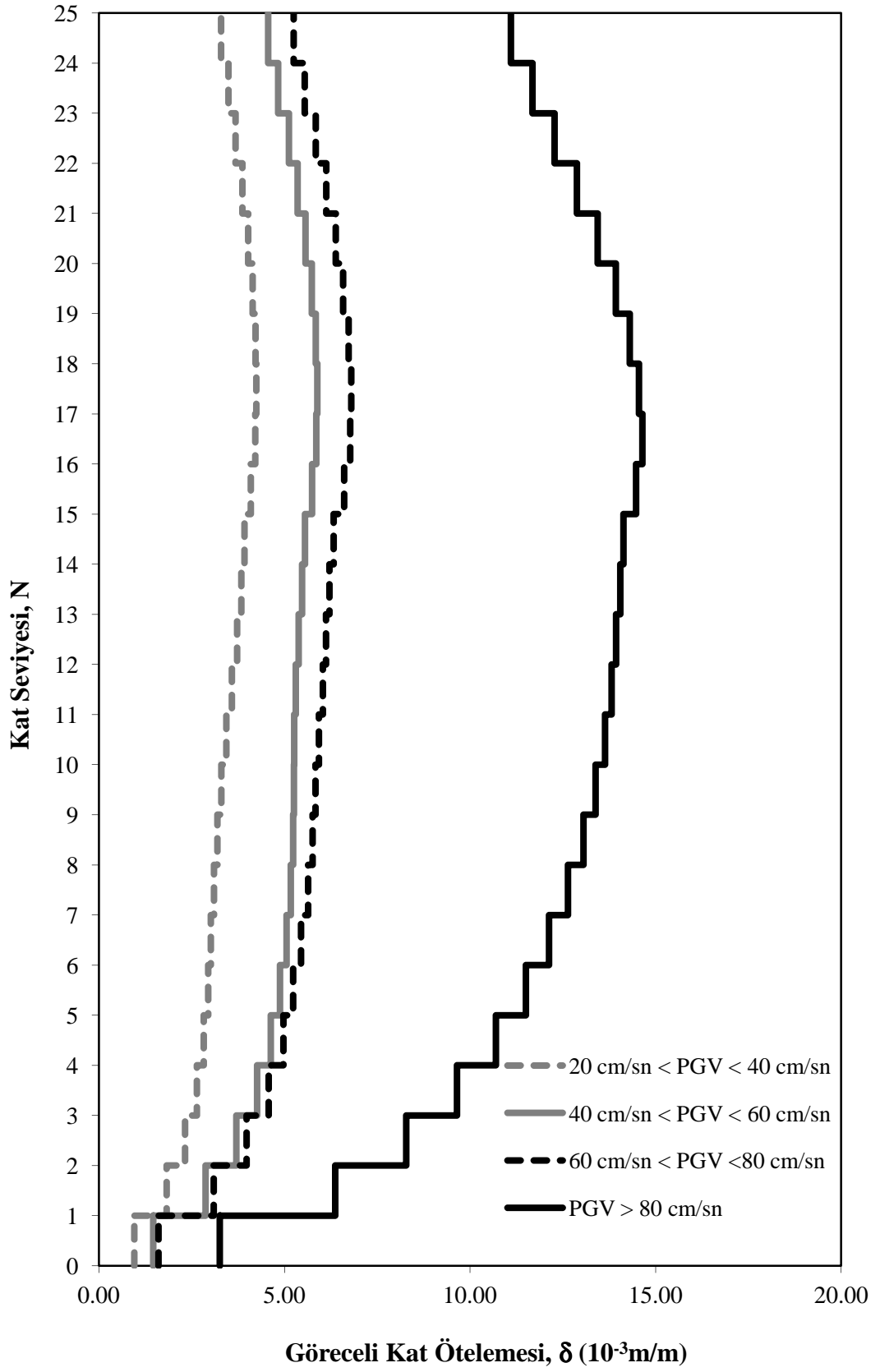
Şekil 4.24. PGV değerleri değişen kayıt gruplarının N – M değişimi



Şekil 4.25. PGV değerleri değişen kayıt gruplarının $N - \Delta$ değişimi

Şekil 4.25’de verilen açık renkli kesikli eğride Δ_{\max} değeri 0,225 m olmuştur. Şekilde açık renkli düz çizgi ile gösterilen eğri ise PGV değerleri 40 cm/sn ile 60 cm/sn arasında değişen kayıt grubunun ortalaması olarak elde edilmiştir. Bu eğride Δ_{\max} ise 0,346 m olarak gerçekleşmiştir. Şekilde koyu renkli kesikli çizgi ile gösterilen eğri ise PGV değeri 60 cm/sn ile 80 cm/sn arasında değişen kayıt grubuna ilişkin olarak elde edilen kat ötelemesi eğrisidir. Bu gruptaki Δ_{\max} değeri 0,383 m olarak gerçekleşmiştir. Şekilde koyu renkli düz çizgi ile gösterilen eğri PGV > 80 cm/sn olan kayıt grubuna ilişkin olup bu grupta Δ_{\max} değeri 0,827 m olarak oluşmuştur. Şekil 4.25’de sunulan eğriler bir arada değerlendirildiğinde kayıtların PGV değeri arttıkça her bir katta oluşan kat ötelemesi değerinin buna bağlı olarak arttığı ve kat ötelemesinin maksimum değerinin yapı tepe noktasında olduğu görülmektedir. Eğrilere göre kat ötelemesi artışının PGV değerleri aralığı daha büyük olan son grupta daha da belirginleştiği göze çarpmaktadır.

Şekil 4.26’da, gruplara ilişkin ortalama $\delta - N$ eğrileri verilmiştir. Şekildeki açık renkli kesikli eğri PGV₂₀₋₄₀ kayıt grubuna ait olup bu grupta δ_{\max} değeri $4,34 \times 10^{-3}$ m/m, δ_{\min} değeri ise $0,97 \times 10^{-3}$ m/m olarak gerçekleşmiştir. Bu grupta δ_{\max} yapının 17. katında, δ_{\min} ise 1. katında gerçekleşmiştir. Şekilde açık renkli düz çizgi ile gösterilen eğri PGV değerleri 40 cm/sn ile 60 cm/sn arasında değişen kayıt grubuna ait olup eğride δ_{\max} yapının 17. katında $5,97 \times 10^{-3}$ m/m, δ_{\min} ise 1. katında $1,48 \times 10^{-3}$ m/m olarak gerçekleşmiştir. Koyu renkli kesikli çizgi ile gösterilen eğri ise PGV değeri 60 cm/sn ile 80 cm/sn arasında değişen kayıt grubuna ilişkin olarak elde edilen göreceli kat ötelemesi eğrisidir. Bu eğride δ_{\max} değeri yapının 17. katında $6,80 \times 10^{-3}$ m/m, δ_{\min} ise en alt katında $1,61 \times 10^{-3}$ m/m olarak gerçekleşmiştir. Şekilde koyu renkli düz çizgi ile gösterilen eğri PGV > 80 cm/sn olan kayıt grubuna ilişkin olup bu grupta oluşan δ_{\max} değeri $14,65 \times 10^{-3}$ m/m olarak yapının 16. katında oluşmuştur. Bu grupta oluşan δ_{\min} ise yapının 1. katında $3,26 \times 10^{-3}$ m/m olarak gerçekleşmiştir. Genel olarak kayıtların PGV değeri arttıkça göreceli kat ötelemelerinin arttığı gözlemlenmektedir. Bu gruplarda gözlemlenen bir diğer dikkat çekici davranış ise δ_{\max} değerinin yüksek modların etkisiyle 16-17. kat seviyelerinde oluşmasıdır.



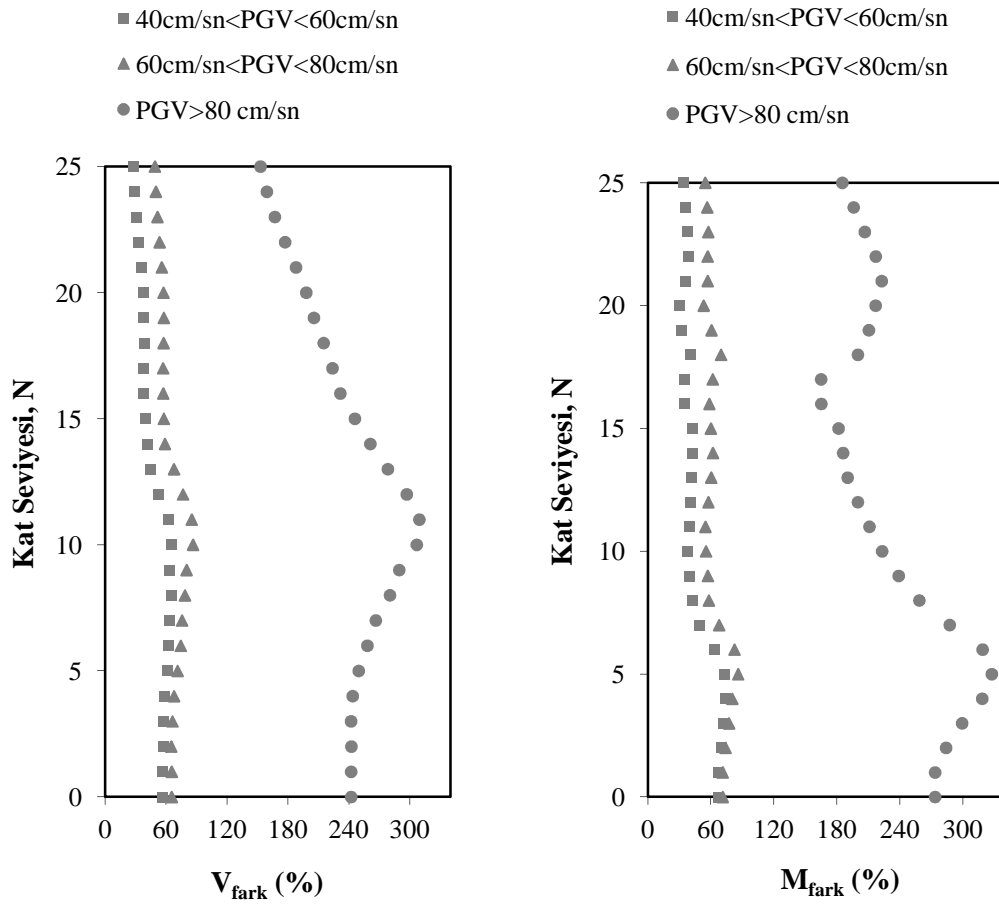
Şekil 4.26. PGV değerleri değişen kayıt gruplarının $N - \delta$ değişimi

4.5. Bölüme İlişkin Sonuçlar

Analizde kullanılan deprem kayıtlarının PGV değerinin değiştiği bu bölümde dört ayrı kayıt grubu kullanılmıştır. İlk kayıt grubu PGV değeri 20 cm/sn ile 40 cm/sn arasında değişen on adet kayıttan oluşturulmuştur. Bu grupta PGV değeri 20 cm/sn'den büyük 40 cm/sn'den küçük olan kayıtlar olabildiğince homojen olacak şekilde en büyük ve en küçük PGV değerleri arasında dağılacak şekilde seçilmiştir. Benzer olarak ikinci ve üçüncü kayıt grubu da 40 cm/sn ile 60 cm/sn ve 60 cm/sn ile 80 cm/sn arasında homojen olarak dağıtılan on adet kayıttan oluşturulmuştur. Analizlerde kullanılan dördüncü grupta ise PGV değeri 80 cm/sn'den büyük olan on adet kayıt seçilmiştir. Bu grupta yer alan kayıtlardan beş tanesinin PGV değeri 80 cm/sn ile 100 cm/sn olacak şekilde beş tanesinin PGV değeri ise 100 cm/sn ile 127,10 cm/sn arasında olacak şekilde seçilmiştir. Seçilen bu gruplar ile yapılan analizler sonucunda her bir analize ilişkin yapı Kat Seviyesi (N) ile katların Kesme Kuvveti (V), Eğilme Momenti (M), Kat Ötelemesi (Δ) ve Göreceli Kat Ötelemesi (δ) değişimi eğrileri elde edilmiştir. Bunun akabinde gruplarda yer alan kayıtlardan elde edilmiş eğrilerin ortalaması alınmak suretiyle gruplara ilişkin ortalama N - V, N - M, N - Δ ve N - δ eğrileri elde edilmiştir. Gruplara ilişkin elde edilen bu ortalama eğrilerin karşılaştırılması ile de PGV değeri değişiminin sonuçlara etkisi belirlenmiştir.

Şekil 4.27'de PGV değişiminin yapı katlarında kesme kuvveti (V) ve eğilme momenti (M) açısından sebep olduğu farklar oransal olarak verilmiştir. Bu grafiklerde PGV değeri 40 - 60 cm/sn (PGV_{40-60}), 60 - 80 cm/sn (PGV_{60-80}) arasında değişen gruplar ve 80 cm/sn ($PGV_{>80}$)'den büyük olan grup ile PGV değeri 20 - 40 cm/sn (PGV_{20-40}) arasında değişen gruptan elde edilen V ve M değerleri ile kıyaslanmıştır.

Şekil 4.27 (a)'da PGV_{20-40} grubu ile PGV_{40-60} grubunun kıyaslandığı Kat Seviyesi (N) - Kesme Kuvveti Farkı (V_{fark}) eğrisi verilmiştir. Bu eğriye göre PGV_{40-60} grubunda elde edilen taban kesme kuvveti PGV_{20-40} grubundan elde edilenlere göre %56 daha büyük olmuştur.



Şekil 4.27. PGV değerlerine göre; a-) N - V_{fark} değişimi, b-) N - M_{fark} değişimi

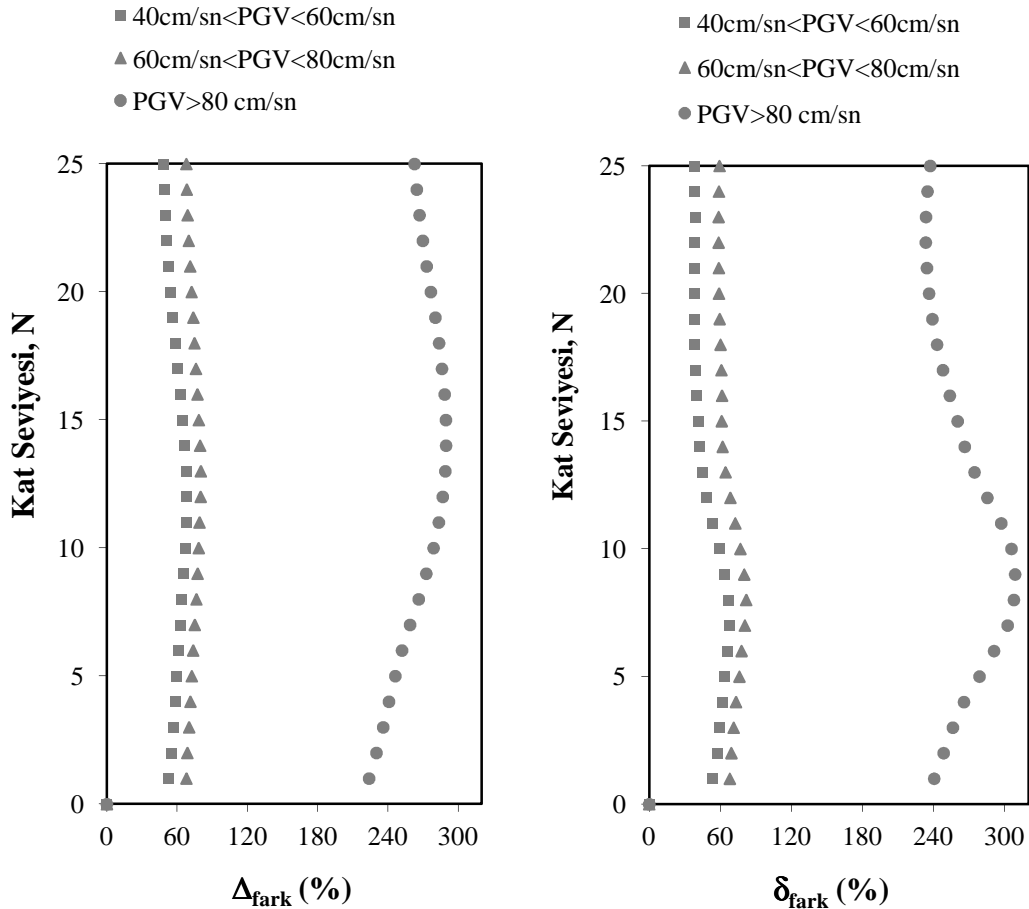
Benzer olarak yapının 25. katında elde edilen V_{fark} ise PGV_{40-60} grubunda %28 daha büyük olarak gerçekleşmiştir. Bu katta elde edilen bu fark iki grup arasındaki minimum fark olmuştur. İki grup arasındaki en büyük V_{fark} ise yapının 8. katında gerçekleşmiş ve bu katta PGV_{40-60} grubundan elde edilen V_{fark} değeri diğer gruba göre %65 daha büyük olmuştur. Şekil 4.27 (a)'da verilen PGV_{20-40} grubu ile PGV_{60-80} grubunun kıyaslandığı eğriye göre PGV_{60-80} grubunda elde edilen taban kesme kuvveti PGV_{20-40} grubundan elde edilenlere göre %65 daha büyük olmuştur. Bu eğriye göre yapının son katında V_{fark} değeri PGV_{60-80} grubunda %49 daha büyük olmuştur. Son katta elde edilen bu fark eğride elde edilen minimum fark olmuştur. İki eğri arasında oluşan en büyük fark ise yapının 11. katında oluşmuş ve bu katta PGV_{60-80} eğrisinde elde edilen değer PGV_{20-40} eğrisine göre %85 daha büyük olmuştur. Şekil 4.27 (a)'da verilen son eğri ise $PGV_{>80}$ eğrisi ile PGV_{20-40} eğrisi arasındaki farka ilişkindir.

Bu eğriye göre taban kesme kuvveti $PGV_{>80}$ eğrisinde %242 daha fazla olmuştur. Benzer olarak yapının son katında elde edilen V_{fark} ise $PGV_{>80}$ eğrisinde %153 daha fazla olmuştur. Son katta elde edilen bu fark grupları arasındaki en küçük fark olarak gerçekleşmiştir. Bu iki grup arasında elde edilen en büyük fark ise %307 olarak yapının 12. katında gerçekleşmiştir.

Şekil 4.27 (b)'de PGV_{20-40} grubu ile PGV_{40-60} grubunun kıyaslandığı Kat Seviyesi (N) – Eğilme Momenti (M_{fark}) eğrisi verilmiştir. Bu eğriye göre PGV_{40-60} grubunda elde edilen eğilme momenti PGV_{20-40} grubundan elde edilenlere göre %67 daha büyük olmuştur. Yapının son katında elde edilen M_{fark} değeri ise PGV_{40-60} grubunda %34 daha büyük olarak gerçekleşmiştir. İki grup arasındaki minimum fark ise yapının 20. katında gerçekleşmiş ve bu katta PGV_{40-60} grubundan elde edilen eğilme momenti değeri diğer gruba göre %30 daha büyük olmuştur. Eğriye göre iki grup arasındaki en büyük M_{fark} ise yapının 4. katında gerçekleşmiş ve bu katta PGV_{40-60} grubundan elde edilen M_{fark} değeri diğer gruba göre %74 daha büyük olmuştur. Şekil 4.27 (b)'de verilen PGV_{20-40} grubu ile PGV_{60-80} grubunun kıyaslandığı eğriye göre PGV_{60-80} grubunda elde edilen taban eğilme momenti PGV_{20-40} grubundan elde edilenlere göre %71 daha büyük olmuştur. Bu eğriye göre yapının son katındaki M_{fark} değeri PGV_{60-80} grubunda %54 daha büyük olmuştur. İki grup arasındaki minimum fark ise yapının 20. katında gerçekleşmiş ve bu katta PGV_{60-80} grubundan elde edilen eğilme momenti değeri diğer gruba göre %53 daha büyük olmuştur. İki eğri arasında oluşan en büyük fark ise yapının 5. katında oluşmuş ve bu katta PGV_{60-80} eğrisinde elde edilen değer PGV_{20-40} eğrisine göre %86 daha büyük olmuştur. Şekil 4.27 (b)'de verilen son eğri ise $PGV_{>80}$ grubu ile PGV_{20-40} grubu arasındaki farka ilişkindir. Bu eğriye göre taban eğilme momenti $PGV_{>80}$ eğrisinde %273 daha fazla olmuştur. Benzer olarak yapının son katında elde edilen M_{fark} ise $PGV_{>80}$ eğrisinde %185 daha fazla olmuştur. İki grup arasındaki minimum fark ise yapının 17. katında gerçekleşmiş ve bu katta $PGV_{>80}$ grubundan elde edilen eğilme momenti değeri diğer gruba göre %165 daha büyük olmuştur. Bu iki grup arasında elde edilen en büyük fark ise %327 olarak yapının 5. katında gerçekleşmiştir.

Şekil 4.28'de PGV değişiminin kat ötelemesi (Δ) ve göreceli kat ötelemesi (δ) açısından sebep olduğu farklar oransal olarak verilmiştir. Bu grafiklerde PGV_{40-60} , PGV_{60-80} ve $PGV_{>80}$ gruplarından elde edilen Δ ve δ değerleri PGV_{20-40} elde edilen değerler ile kıyaslanmıştır.

Şekil 4.28 (a)'da yer alan PGV_{20-40} grubu ile PGV_{40-60} grubunun kıyaslandığı $N - \Delta_{\text{fark}}$ eğrisine göre, yapının tepe noktasındaki kat ötelemesi PGV_{40-60} grubunda PGV_{20-40} grubuna göre %49 daha büyük olmuştur. İki grup arasındaki en büyük kat ötelemesi farkı ise yapının 12. katında gerçekleşmiş ve PGV_{40-60} grubunda elde edilen kat ötelemesi %68 daha büyük olmuştur. Şekil 4.28 (a)'da verilen ikinci eğri olan PGV_{20-40} grubu ile PGV_{60-80} grubunun kıyaslandığı eğriye göre PGV_{60-80} grubunda elde edilen tepe noktası ötelenmesi PGV_{20-40} grubundan elde edilenlere göre %68 daha büyük olmuş ve bu değer eğrideki minimum kat ötelemesi farkı olmuştur.



Şekil 4.28. PGV değerlerine göre; a-) $N - \Delta_{\text{fark}}$ değişimi, b-) $N - \delta_{\text{fark}}$ değişimi

PGV₂₀₋₄₀ ve PGV₆₀₋₈₀ eğrileri arasında meydana gelen maksimum Δ_{fark} ise yapının 13. katında oluşmuş ve bu katta PGV₆₀₋₈₀ eğrisinde elde edilen değer PGV₂₀₋₄₀ eğrisine göre %80 daha büyük olmuştur. Şekil 4.28 (a)'da verilen son eğri olan PGV₂₀₋₄₀ grubu ile PGV_{>80} grubunun kıyaslandığı eğriye göre PGV_{>80} grubunda elde edilen tepe noktası ötelenmesi PGV₂₀₋₄₀ grubundan elde edilenlere göre %263 daha büyük olmuştur. İki eğri arasındaki minimum kat ötelemesi farkı ise yapının 1. katında gerçekleşmiş ve PGV_{>80} grubundan elde edilen kat ötelemesi %224 daha büyük olmuştur. İki grup arasındaki en büyük kat ötelemesi farkı ise yapının 14. katında gerçekleşmiş ve PGV_{>80} grubunda elde edilen kat ötelemesi %290 daha büyük olmuştur.

Şekil 4.28 (b)'de yer alan PGV₂₀₋₄₀ grubu ile PGV₄₀₋₆₀ gruplarına ilişkin N - δ_{fark} eğrisine göre, iki grup arasında oluşan minimum δ_{fark} yapının son katında oluşmuş ve PGV₄₀₋₆₀ grubundaki göreceli kat ötelemesi değeri %38 daha fazla olmuştur. Bu iki grup arasında oluşan maksimum δ_{fark} ise yapının 7. katında oluşmuş ve PGV₄₀₋₆₀ grubundaki göreceli kat ötelemesi değeri %68 daha büyük olmuştur. Şekil 4.28 (b)'de verilen ikinci eğri olan PGV₂₀₋₄₀ grubu ile PGV₆₀₋₈₀ grubunun karşılaştırıldığı eğriye göre, iki grup arasında oluşan minimum δ_{fark} yapının 22. katında oluşmuş ve PGV₆₀₋₈₀ grubundan elde edilen göreceli kat ötelemesi değeri %59 daha fazla olmuştur. Bu iki grup arasında oluşan maksimum δ_{fark} ise yapının 8. katında oluşmuş ve PGV₆₀₋₈₀ grubundan elde edilen göreceli kat ötelemesi değeri %82 daha büyük olmuştur. Şekil 4.28 (b)'de verilen son eğri ise PGV₂₀₋₄₀ ve PGV_{>80} grubunun kıyaslanmasına ilişkindir. Bu eğriye göre iki grup arasında oluşan minimum δ_{fark} yapının 22. katında oluşmuş ve PGV_{>80} grubundan elde edilen göreceli kat ötelemesi değeri %233 daha fazla olmuştur. Bu iki grup arasında oluşan maksimum δ_{fark} ise yapının 9. katında oluşmuş ve PGV_{>80} grubundan elde edilen göreceli kat ötelemesi değeri %309 daha büyük olmuştur.

Çalışmanın bu bölümünde gerçekleştirilen analizlerden elde edilen kesme kuvveti, eğilme momenti, kat ötelemesi ve göreceli kat ötelemeleri eğrileri ve bu analizde kullanılan PGV değerleri farklı aralıkta olan PGV₂₀₋₄₀, PGV₄₀₋₆₀, PGV₆₀₋₈₀ ve PGV_{>80} kayıt grupları bir arada değerlendirilerek aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Dinamik analizde kullanılan PGV değerine göre oluşturulmuş gruplar en düşük PGV değerine sahip PGV_{20-40} grubuyla kıyaslandığında PGV_{40-60} grubundan elde edilen kat kesme kuvvetinin %65, PGV_{60-80} grubundan elde edilenin %85, $PGV_{>80}$ grubundan elde edilenin ise %307 oranında daha büyük olduğu belirlenmiştir.

Gruplardan elde edilen momentler birbiri ile kıyaslandığında PGV_{40-60} grubundan elde edilen kat eğilme momentlerinin PGV_{20-40} grubundan elde edilene göre %74, PGV_{60-80} grubundan elde edilene göre %86, $PGV_{>80}$ grubundan elde edilene göre ise %327 oranında büyük olduğu belirlenmiştir.

Elde edilen kat ötelemelerine göre kıyaslama yapıldığında PGV_{40-60} grubundan elde edilen kat ötelemesinin PGV_{20-40} grubuna göre %68, PGV_{60-80} grubundan elde edilenin %80, $PGV_{>80}$ grubundan elde edilenin ise %290 düzeyinde farklar oluşturabildiği tespit edilmiştir.

Göreceli kat ötelemesi sonuçlarına göre değerlendirme yapıldığında PGV_{40-60} grubundan elde edilen göreceli kat ötelemesinin PGV_{20-40} grubuna göre %68, PGV_{60-80} grubundan elde edilenin %82, $PGV_{>80}$ grubundan elde edilenin ise %309 düzeyinde daha büyük farklar meydana getirdiği görülmüştür.

PGV değerine göre oluşturulan deprem kayıtlarından elde edilen kesme kuvveti, eğilme momenti, kat ötelemesi ve göreceli kat ötelemesi sonuçları bir arada değerlendirildiğinde kaydın PGV değeri arttıkça yapıda oluşan iç kuvvetler ile ötelenmelerin %300 mertebesine varan oranlarda arttığı görülmektedir. Bu sebeple yüksek yapıların dinamik analizinde kullanılacak deprem kayıtlarının PGV değeri olabildiğince yüksek seçilmelidir.

5. İVME KAYDI YE İÇERİĞİNİN YAPI DAVRANIŞINA ETKİSİ

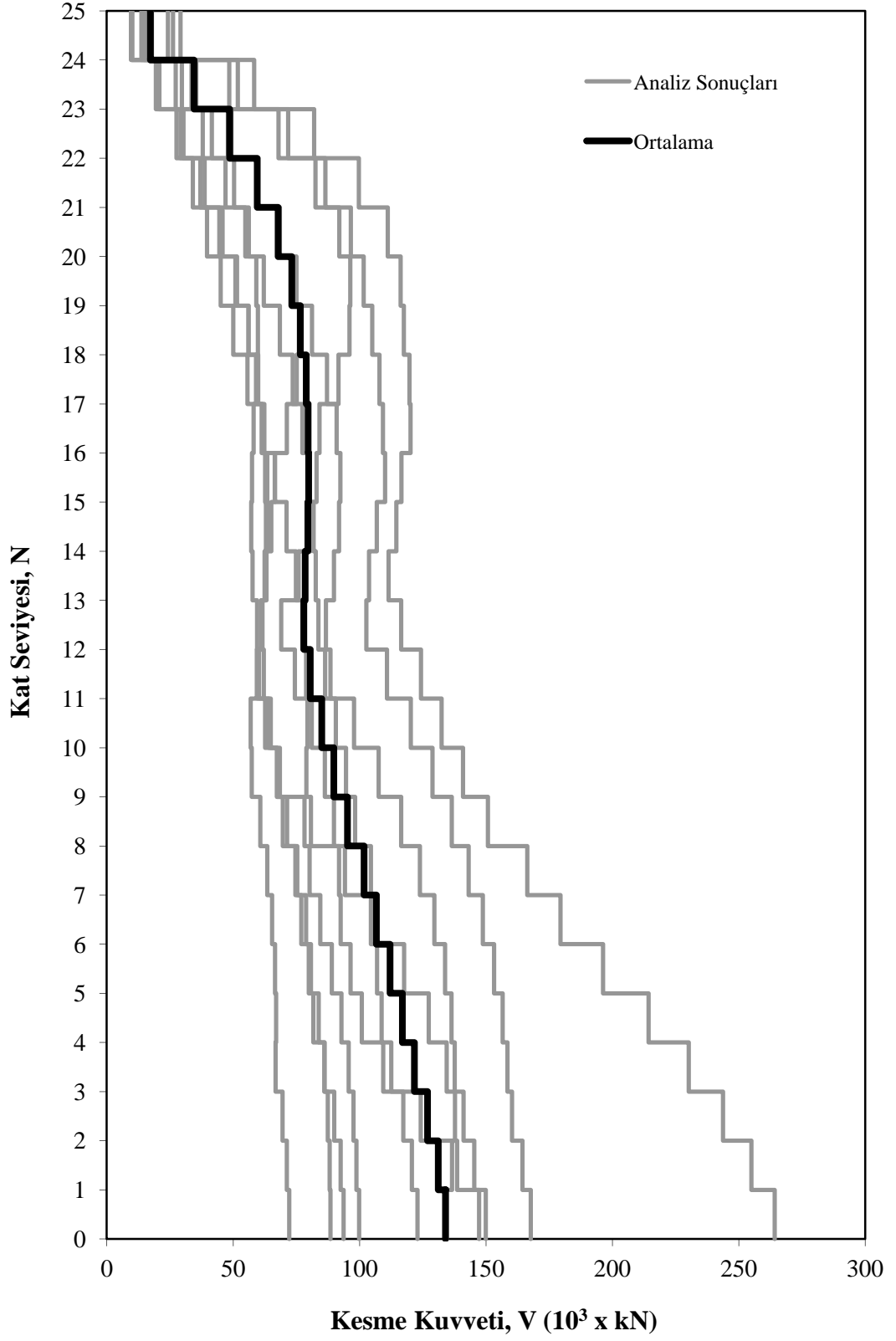
Bu bölümde öncelikle Yönelim Etkisi (YE) içeriği değişen deprem kayıtları ile yapılan analizlerin sonuçları sunulmuştur. Sonrasında bu kayıt gruplarının kendi arasında kıyaslaması yapılmış ve bölüme ilişkin sonuçlar verilmiştir.

5.1. YE İçeriği Değişen Kayıt Gruplarının Analiz Sonuçları

Yakın saha kaynaklı yer hareketlerinin, uzak saha kaynaklılara göre davranış farklılıkları oluşturduğu genel bir kanı olmakla birlikte bu farklılığın kaydın sadece yakın sahadan alınmış olması ile mi yoksa başka bir özelliği ile mi olduğu henüz tam olarak ortaya konamamıştır. Çalışmanın bu bölümünde, yakın sahadan kaydedilmiş on adet kayıt içeren iki grup oluşturulmuştur. Gruplardan ilkinde YE içermeyen tepe yer hızı (PGV) 28,6 cm/sn ile 121,2 cm/sn, tepe yer ivmesi (PGA) 0,22 cm/sn² ile 0,85 cm/sn², moment büyüklüğü (M_w) 6,5 le 7,6 arasında değişen ve zemin sınıfı (B,C,D) gruplarından olan kayıtlar seçilmiştir. İkinci kayıt grubunda ise YE içeren tepe yer hızı (PGV) 40,8 cm/sn ile 176,7 cm/sn, tepe yer ivmesi (PGA) 0,22g ile 1,5g, moment büyüklüğü (M_w) 6,5 le 7,6 arasında değişen ve zemin sınıfı (B, C, D) olan kayıtlar seçilmiştir.

Şekil 5.1’de, YE içermeyen gruba ilişkin Kat Seviyesi (N) - Kesme Kuvveti (V) değişimi grafikleri verilmiştir. Grupta verilen kayıtlardan en küçük V_{max} oluşturanı B zemin sınıfından kaydedilen, PGA değeri 0,85g, moment büyüklüğü $M_w=7,5$, PGV değeri 121,2 cm/sn olan Tabas-İran (TI-T) kayıdır. Bu kayıta V_{max} değeri $72,21 \times 10^3$ kN olarak gerçekleşmiştir. TI-T kaydında oluşan V_{min} ise $10,09 \times 10^3$ kN olmuştur. Grupta en büyük kesme kuvveti D zemin sınıfından kaydedilen ve PGV değeri 56,4 cm/sn olan Düzce depreminin Bolu istasyonundan alınmış olan (D-B) kayıdır. Bu kayıta oluşan V_{max} değeri $264,22 \times 10^3$ kN olarak gerçekleşmiştir. D-B kaydında oluşan V_{min} ise $29,15 \times 10^3$ kN olmuştur.

YE İÇermeyen Kayıtlar



Şekil 5.1. YE içermeyen kayıt grubu N – V değişimi

Şekil 5.1’de, YE içermeyen gruptan elde edilen ortalama V_{max} değeri $134,07 \times 10^3$ kN olarak oluşmuş iken, V_{min} değeri ise $17,22 \times 10^3$ kN olarak gerçekleşmiştir.

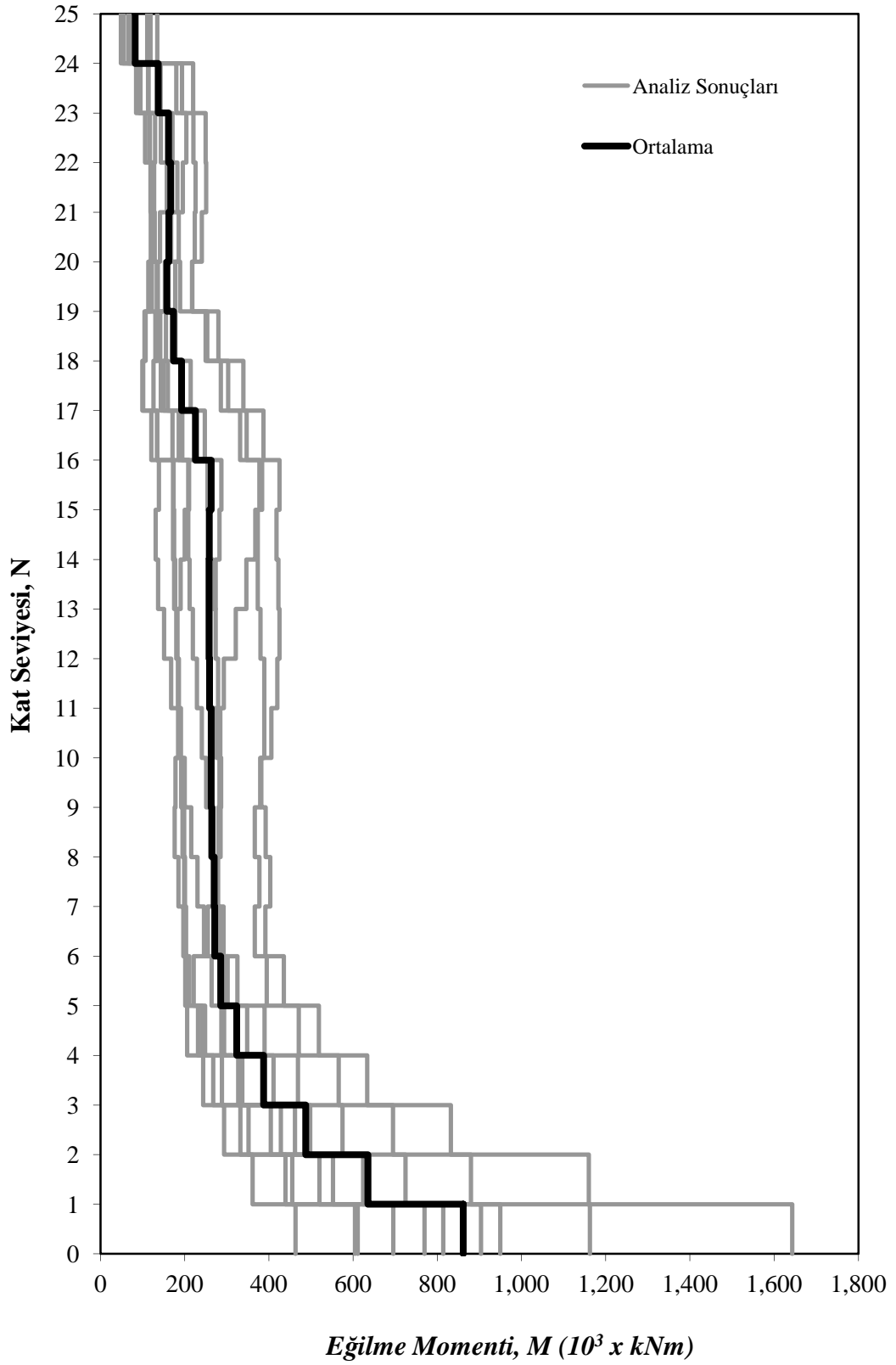
Şekil 5.2’de, YE içermeyen gruba ilişkin Kat Seviyesi (N) – Eğilme Momenti (M) değişimi grafikleri verilmiştir. Grupta yer alan kayıtlardan en küçük M_{max} meydana getireni TI-T kaydı olup bu kayıta oluşan M_{max} değeri $462,97 \times 10^3$ kNm olarak gerçekleşmiştir. Aynı kayıta oluşan M_{min} ise $55,18 \times 10^3$ kNm olmuştur. Grupta en büyük eğilme momenti Düzce depreminin Bolu istasyonundan alınmış (D-B) kaydında oluşmuş ve oluşan M_{max} $1.642,91 \times 10^3$ kNm olarak gerçekleşmiştir. D-B kaydında oluşan M_{min} ise $135,08 \times 10^3$ kNm olmuştur. Gruptan elde edilen ortalama M_{max} değeri $861,61 \times 10^3$ kNm olarak oluşmuş, buna karşılık M_{min} değeri $82,17 \times 10^3$ kNm olarak gerçekleşmiştir.

Şekil 5.3’de, YE içermeyen gruba ilişkin N – Δ değişimi grafikleri verilmiştir. Grupta yer alan kayıtların tamamında Δ_{max} yapının tepe noktasında oluşmuştur. Sunulan grafiklere göre en küçük Δ_{max} değerinin, 1989 yılında meydana gelen Loma Prieta depreminin C zemin sınıfında yer alan Gilroy Gavilan Coll (LP-GGC) istasyonundan kaydedilen, PGA değeri 0,38g, moment büyüklüğü $M_w=7,0$, PGV değeri 28,6 cm/sn olan kaydında oluştuğu görülmektedir. Bahsedilen LP-GGC kaydında oluşan Δ_{max} değeri ise 0,183 m olarak gerçekleşmiştir. YE içermeyen gruba ilişkin elde edilen tüm sonuçlar Tablo 5.1’de verilmiştir.

Tablo 5.1. YE içermeyen gruba ilişkin sonuçlar

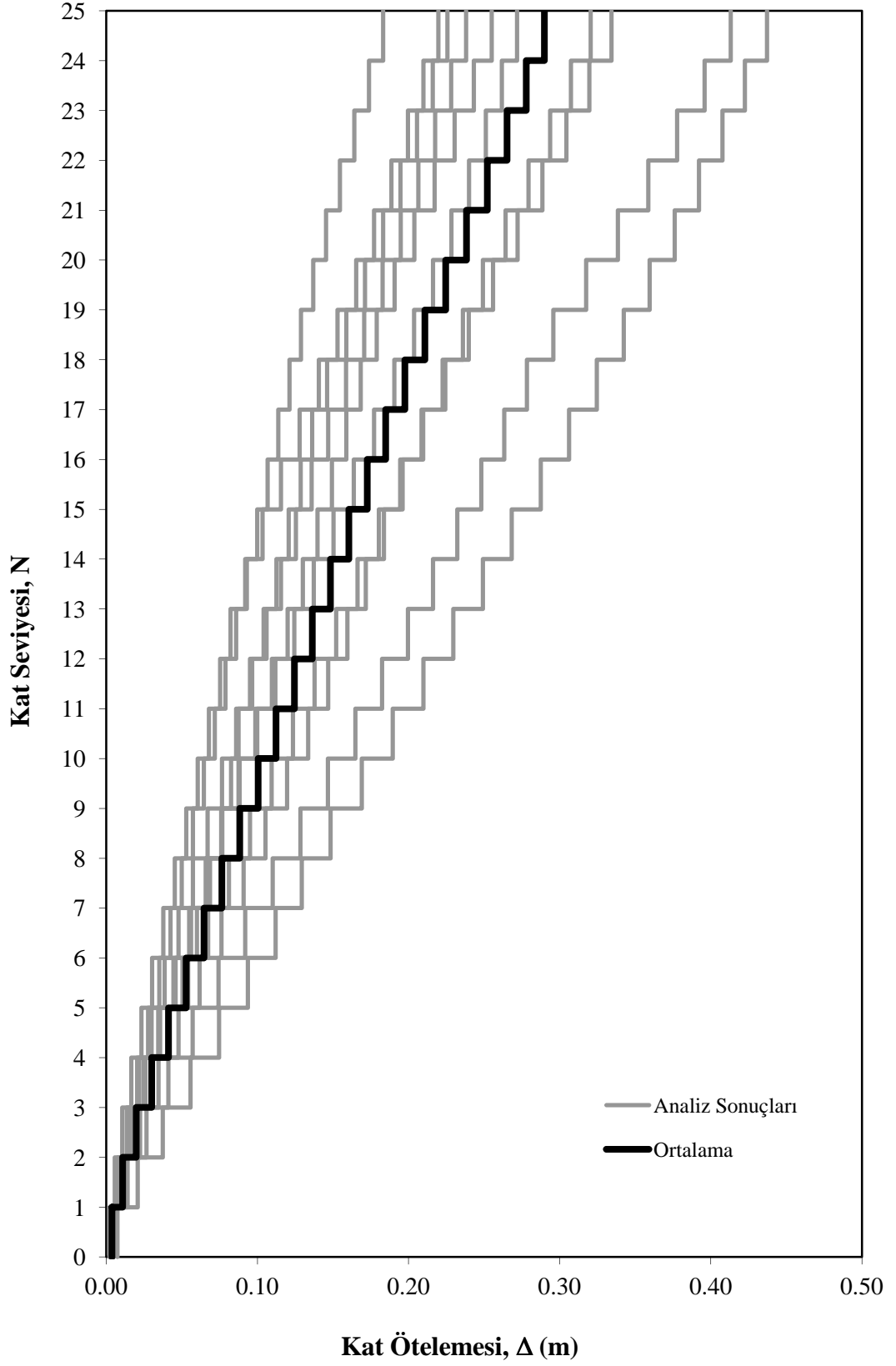
	V_{max} kNx10 ³	V_{min} kNx10 ³	M_{max} kNm x10 ³	M_{min} kNm x10 ³	Δ_{max} m	Δ_{min} m	δ_{max} 10 ⁻³	δ_{min} 10 ⁻³
IV-ECA2	137,72	16,55	949,38	84,43	0,334	0,000	6,29	1,35
CC-TCU84	122,87	13,72	813,89	65,81	0,320	0,000	5,66	1,14
LP-C	149,94	24,23	769,61	110,85	0,255	0,000	5,40	1,23
K-İ	99,79	9,63	695,42	48,65	0,272	0,000	4,52	0,99
N-PKC	147,29	17,86	903,84	81,15	0,238	0,000	4,66	1,33
LP-GGC	93,65	14,88	604,51	69,36	0,183	0,000	4,05	0,87
IV-BA	88,47	9,90	611,04	52,43	0,226	0,000	4,28	0,87
N-NFS	167,74	26,19	1.162,51	118,72	0,413	0,000	7,44	1,63
TI-T	72,21	10,09	462,97	55,18	0,220	0,000	4,25	0,67
D-B	264,22	29,15	1.642,91	135,08	0,437	0,000	7,53	2,42
ORTALAMA	134,07	17,22	861,61	82,17	0,290	0,000	5,37	1,25

YE İçermeyen Kayıtlar



Şekil 5.2. YE içermeyen kayıt grubu N – M değişimi

YE İçermeyen Kayıtlar



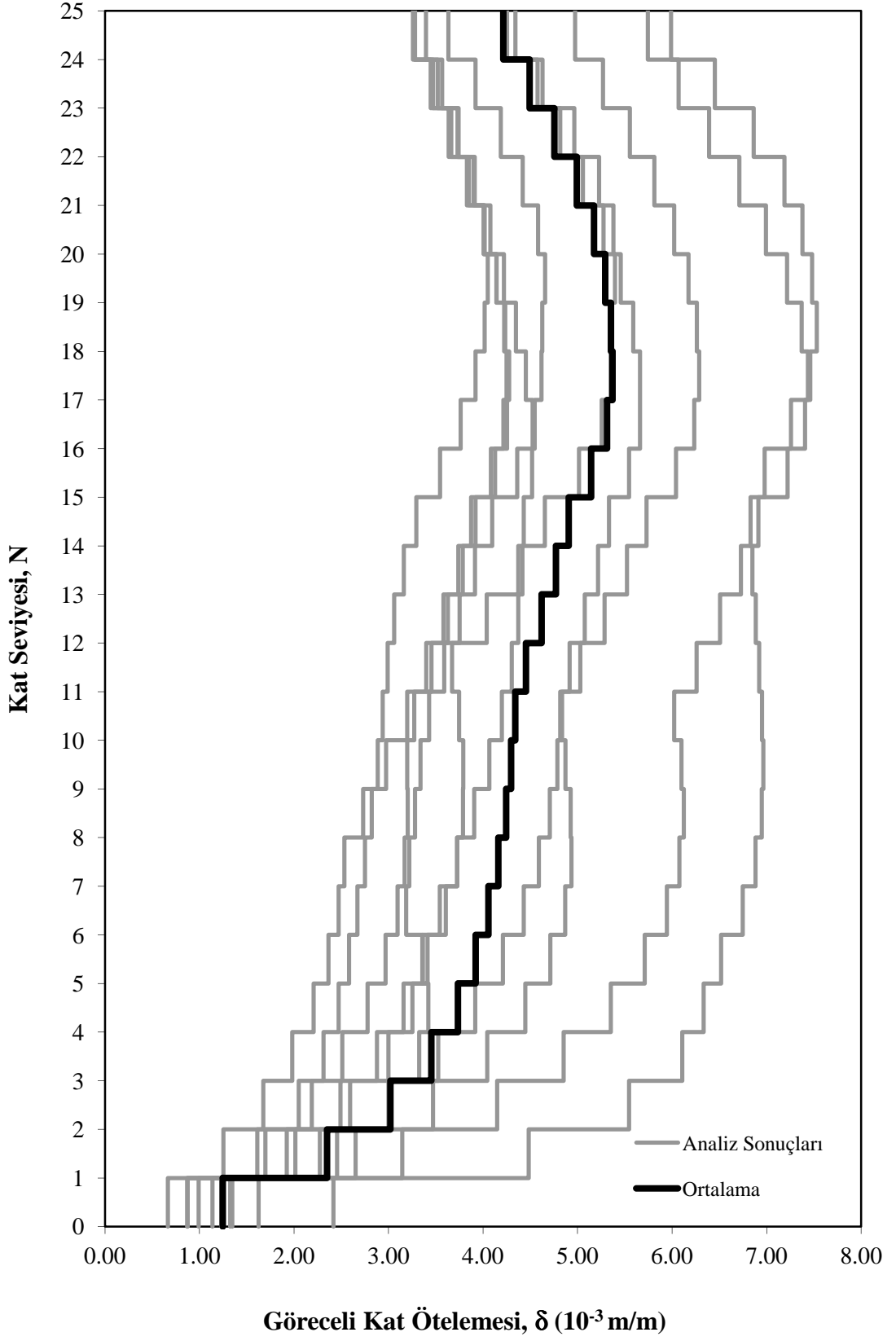
Şekil 5.3. YE içermeyen kayıt grubu N – Δ değişimi

Şekil 5.3’de verilen YE içermeyen gruptaki en büyük Δ_{max} ise 1999 yılında Türkiye’de meydana gelen Düzce depreminin Bolu istasyonundan alınmış (D-B) kaydında oluşmuştur. D-B kaydında oluşan Δ_{max} değeri 0,437 m olarak gerçekleşmiştir. Gruptan elde edilen ortalama Δ_{max} ise 0,290 m olmuştur.

Şekil 5.4’de, YE içermeyen gruba ilişkin Kat Seviyesi (N) – Göreceli Kat Ötelemesi (δ) değişimi grafikleri verilmiştir. Gruba ilişkin analizlere göre en küçük δ_{max} değeri Loma Prieta depreminin Gilroy Gavilan Coll istasyonundan alınan (LP-GGC) kaydında oluşmuş ve bu kayıta oluşan δ_{max} değeri $4,05 \times 10^{-3}$ m/m olmuştur. LP-GGC kaydında oluşan δ_{min} değeri ise $0,87 \times 10^{-3}$ m/m olarak gerçekleşmiştir. Gruptaki en büyük δ_{max} Düzce depreminin Bolu istasyonundan alınmış (D-B) kaydında oluşmuş ve D-B kaydında oluşan δ_{max} değeri $7,53 \times 10^{-3}$ m/m olmuştur. Buna karşılık D-B kaydında oluşan δ_{min} değeri ise $2,42 \times 10^{-3}$ m/m olarak gerçekleşmiştir. Gruptan elde edilen her bir kaydın ortalamasının alınması ile elde edilen ortalama δ_{max} değeri $5,37 \times 10^{-3}$ m/m, ortalama δ_{min} değeri ise $1,25 \times 10^{-3}$ m/m olarak elde edilmiştir.

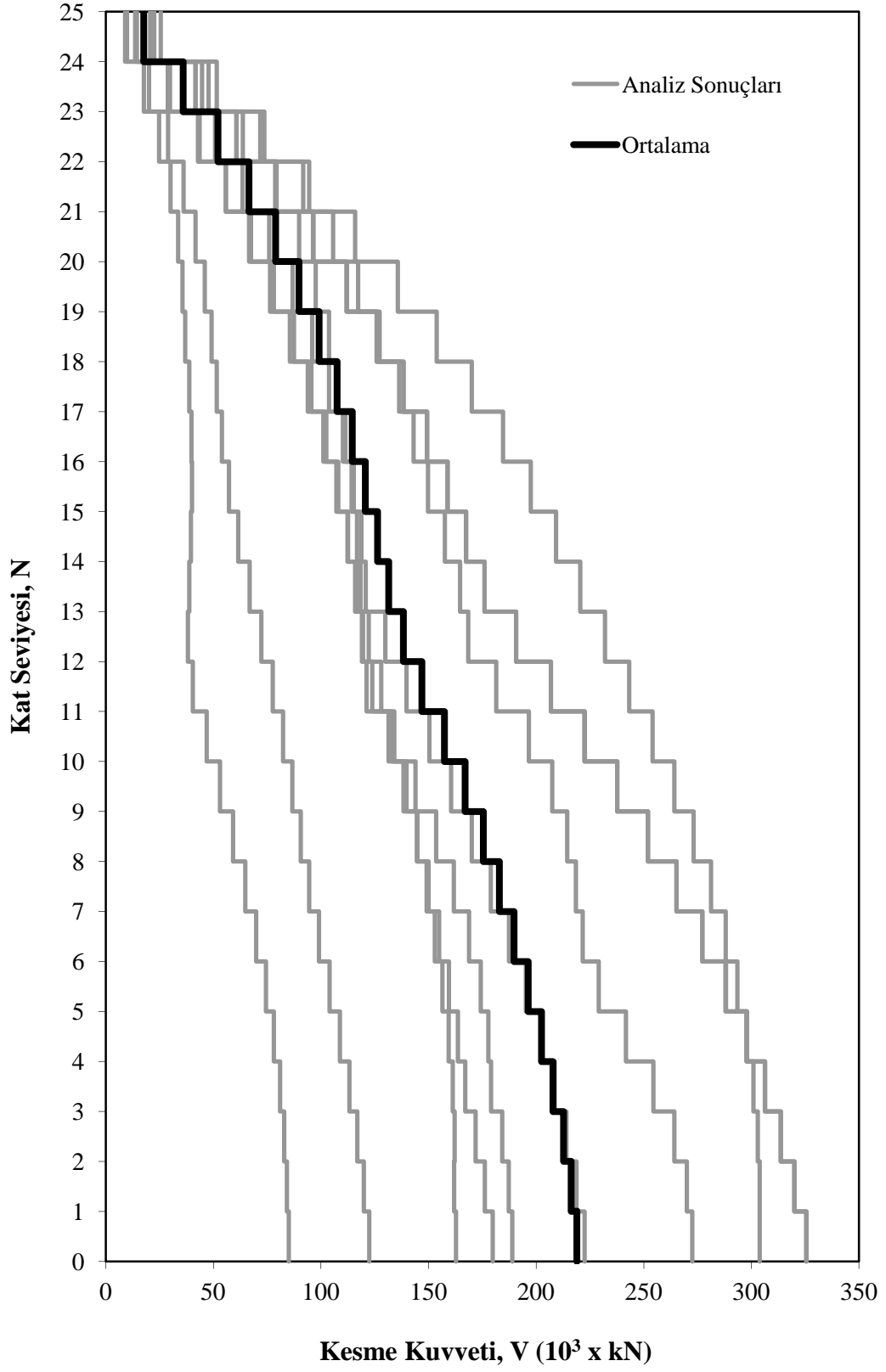
Şekil 5.5’de, YE içeren gruba ilişkin Kat Seviyesi (N) - Kesme Kuvveti (V) değişimi grafikleri verilmiştir. Grupta yer alan kayıtlardan en küçük V_{max} oluşturanı C zemin sınıfından kaydedilen ve PGA değeri 0,24g, moment büyüklüğü $M_w=7,5$, PGV değeri 50,3 cm/sn olan Kocaeli depreminin Gebze istasyonundan elde edilmiş (K-G) kayıtdır. Bu kayıttan elde edilen V_{max} değeri $85,08 \times 10^3$ kN olarak gerçekleşmiştir. K-G kaydında oluşan V_{min} değeri ise $8,91 \times 10^3$ kN olmuştur. Grupta oluşan en büyük V_{max} ise 1999 yılında meydana gelen C zemin sınıfından kaydedilen ve PGA değeri 0,57g, moment büyüklüğü $M_w=7,6$, PGV değeri 176,7 cm/sn olan Chi-Chi depreminin TCU068 istasyonundan (CC-TCU068) alınmış kayıta meydana gelmiştir. Bahsedilen CC-TCU068 kaydında oluşan V_{max} değeri $325,65 \times 10^3$ kN olarak gerçekleşmiştir. Bu kayıta oluşan V_{min} değeri ise $20,78 \times 10^3$ kN olarak elde edilmiştir. Tüm analizlerin ortalaması olarak elde edilen gruba ilişkin ortalama V_{max} değeri $218,92 \times 10^3$ kN olmuştur. Ortalama eğriden elde edilen V_{min} değeri ise $17,63 \times 10^3$ kN olarak gerçekleşmiştir. Tablo 5.2’de YE içeren gruba ait tüm sonuçlar verilmiştir.

YE İçermeyen Kayıtlar



Şekil 5.4. YE içermeyen kayıt grubu N – δ değişimi

YE İÇEREN KAYITLAR



Şekil 5.5. YE içeren kayıt grubu N – V değişimi

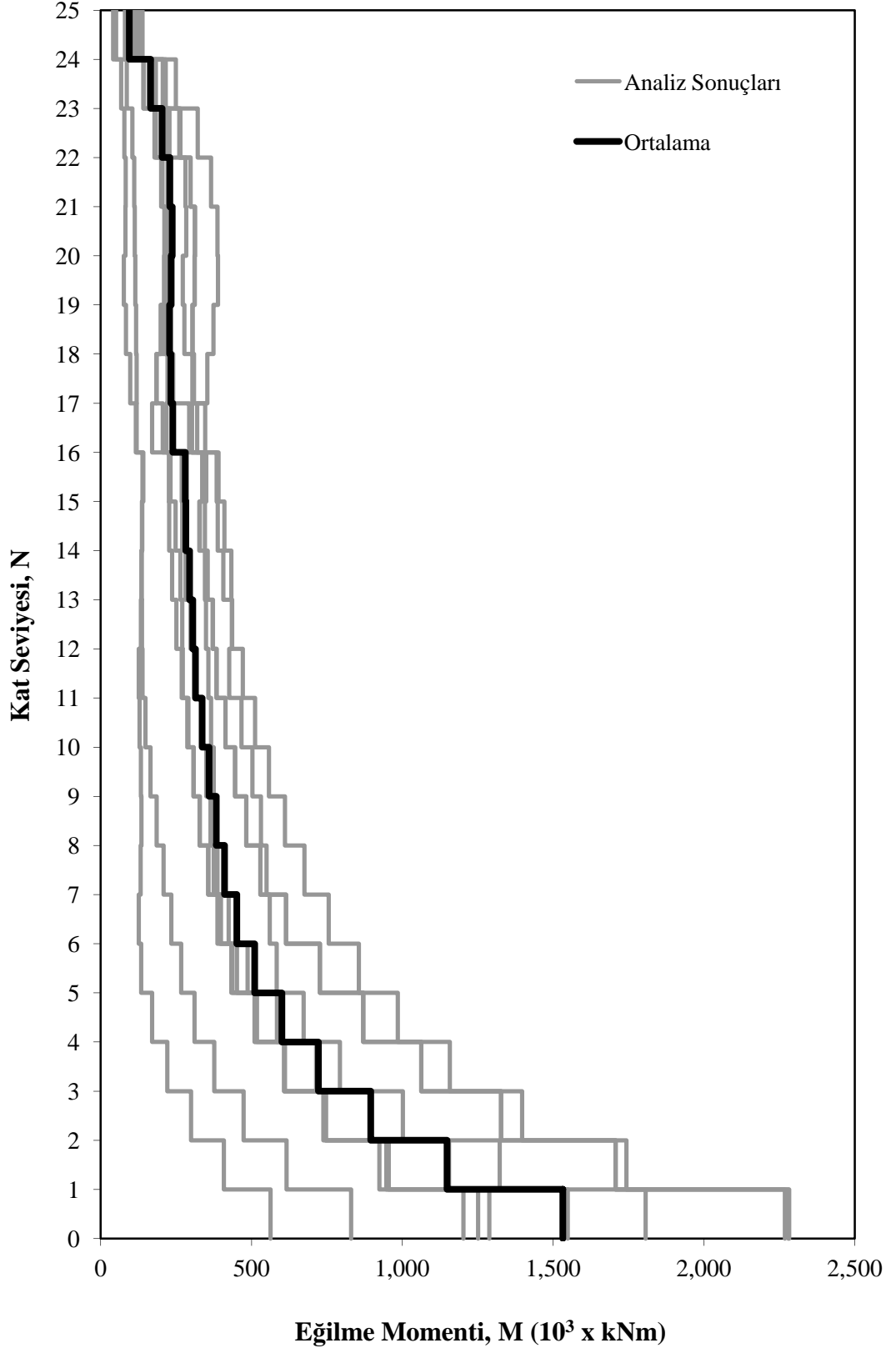
Tablo 5.2. YE içeren gruba ilişkin sonuçlar

	V_{max} kNx10 ³	V_{min} kNx10 ³	M_{max} kNm x10 ³	M_{min} kNm x10 ³	Δ_{max} m	Δ_{min} m	δ_{max} 10 ⁻³	δ_{min} 10 ⁻³
N-PKC	303,86	22,53	2.267,89	139,00	0,887	0,000	14,17	3,15
CC-TCU68	325,65	20,78	2.282,13	116,02	0,736	0,000	11,62	3,21
LP-SWVC	162,75	14,38	1.202,35	81,02	0,469	0,000	7,70	1,68
CC-CHY28	85,08	8,91	563,42	41,38	0,412	0,000	6,50	1,61
LP-C	179,86	13,69	1.251,18	80,92	0,468	0,000	7,72	1,76
IV-HPO	122,50	9,90	830,24	51,22	0,249	0,000	4,12	1,22
CM-P	188,90	22,10	1.288,29	109,32	0,391	0,000	7,46	1,83
CM-CM	325,53	20,78	2.279,86	115,89	0,736	0,000	11,62	3,21
CC-TCU103	272,54	25,52	1.806,58	128,14	0,572	0,000	10,28	2,59
LP-SAA	222,54	17,70	1.547,89	91,37	0,483	0,000	8,02	2,21
ORTALAMA	218,92	17,63	1.531,98	95,43	0,540	0,000	8,91	2,25

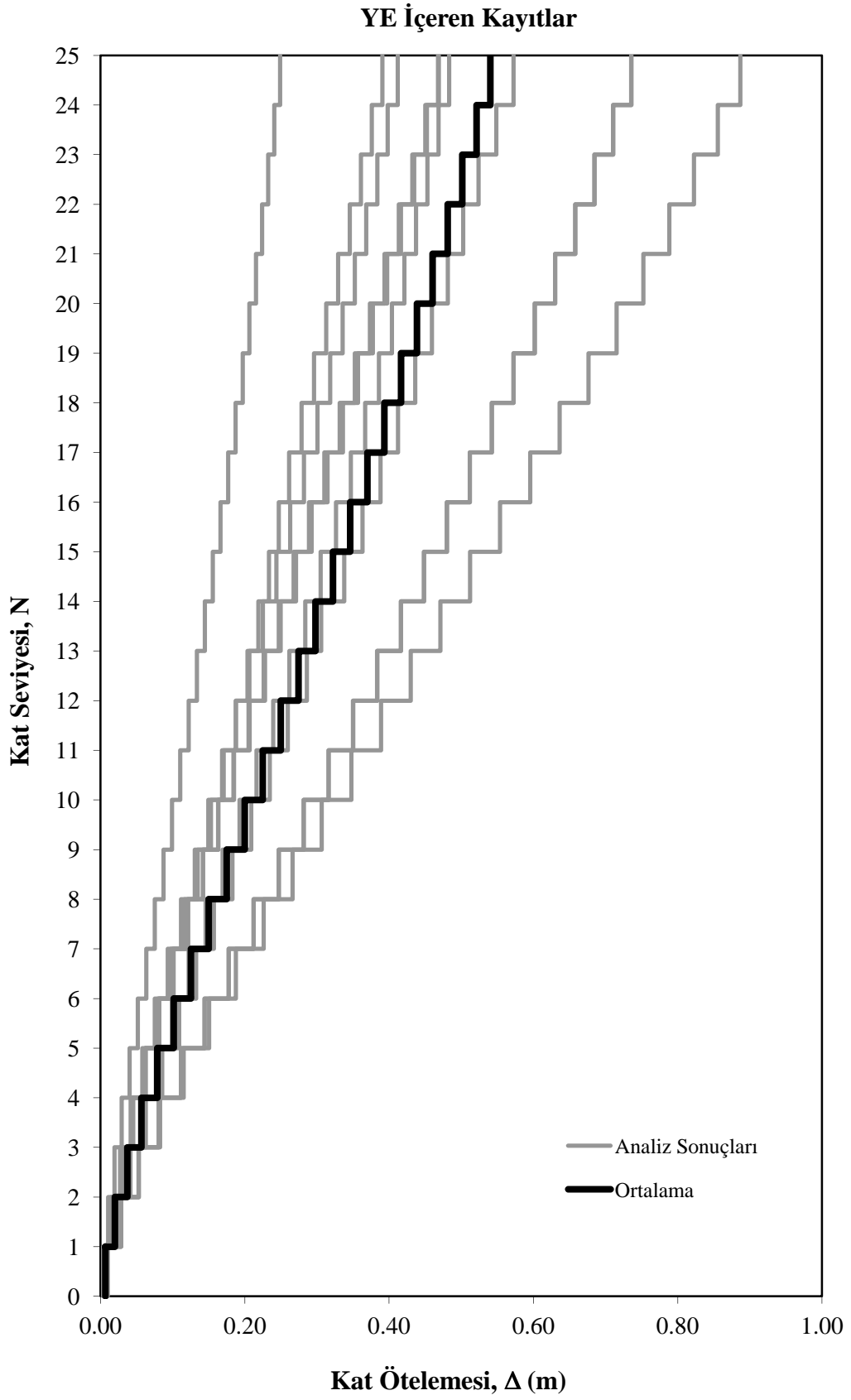
Şekil 5.6'da, YE içeren gruba ilişkin Kat Seviyesi (N) – Eğilme Momenti (M) değişimi grafikleri verilmiştir. Grupta yer alan kayıtlardan en küçük M_{max} değerini oluşturan kayıt 1999 Kocaeli depreminin Gebze istasyonundan elde edilmiş (K-G) kaydı olmuştur. K-G kaydından elde edilen M_{max} değeri $563,42 \times 10^3$ kNm olarak gerçekleşmiştir. Bu kayıttan elde edilen M_{min} değeri ise $41,38 \times 10^3$ kNm olmuştur. Bu grupta en büyük M_{max} değeri 1999 yılında Tayvan'da meydana gelen Chi-Chi depreminin TCU068 istasyonundan alınmış olan CC-TCU068 kaydı olmuştur. Bahsedilen CC-TCU068 kaydında oluşan M_{max} değeri $2.282,13 \times 10^3$ kNm olarak gerçekleşmiştir. Bahsedilen CC-TCU068 kaydında oluşan M_{min} değeri ise $116,02 \times 10^3$ kNm olarak elde edilmiştir. Bu gruba ilişkin olarak bulunan ortalama eğilme momenti eğrisinde ise ortalama M_{max} değeri $1.531,98 \times 10^3$ kNm olarak bulunmuştur. Ayrıca bu gruptan elde edilen ortalama M_{min} değeri ise $95,43 \times 10^3$ kNm olmuştur.

Şekil 5.7'de, YE içeren gruba ilişkin Kat Seviyesi (N) – Kat Ötelemesi (Δ) değişimi grafikleri verilmiştir. Grupta yer alan kayıtlarda en küçük Δ_{max} değeri 1979 yılında meydana gelen Imperial Valley depreminin Holtville Post Office (IV-HPO) kaydında oluşmuştur. Bu kayıt C sınıfındaki zeminden kaydedilmiş ve kaydın PGA değeri 0,22g, moment büyüklüğü $M_w=6,5$, PGV değeri 49,8 cm/sn olarak gerçekleşmiştir.

YE İçeren Kayıtlar



Şekil 5.6. YE içeren kayıt grubu N – M değişimi



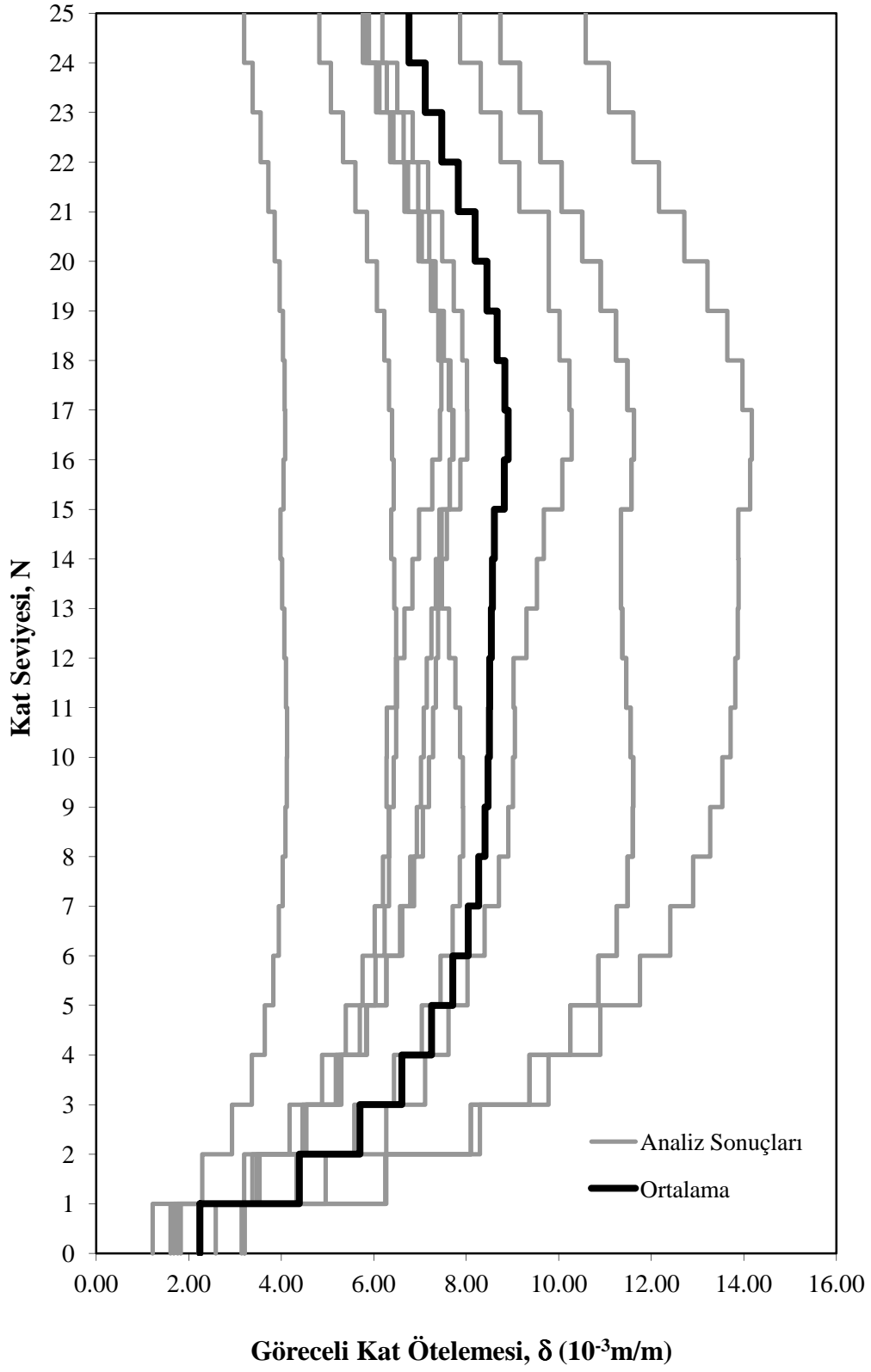
Şekil 5.7. YE içeren kayıt grubu N – Δ değişimi

Şekil 5.7’de sonuçları verilen grupta en küçük Δ_{\max} değeri 0,249 m olarak elde edilmiştir. Bu gruptaki en büyük Δ_{\max} değeri ise 1994 Northridge depreminin Newhall-W. Pico Canyon (N-NWPC) kaydında oluşmuştur. Bahsedilen N-NWPC kaydında Δ_{\max} değeri 0,887 m olarak gerçekleşmiştir. YE içeren kayıtların yer aldığı bu gruptaki tüm analizlere göre elde edilen ortalama eğride oluşan ortalama Δ_{\max} değeri ise 0,540 m olarak gerçekleşmiştir. Grupta elde edilen tüm Δ_{\max} değerleri beklendiği yapı tepe noktasında oluşmuştur.

Şekil 5.8’de, YE içeren gruba ilişkin Kat Seviyesi (N) – Göreceli Kat Ötelemesi (δ) değişimi grafikleri verilmiştir. Gruba ilişkin analizlere en küçük δ_{\max} Imperial Valley depreminin Holtville Post Office (IV-HPO) kaydında oluşmuştur. IV-HPO kaydında oluşan δ_{\max} değeri $4,12 \times 10^{-3}$ m/m olarak gerçekleşmiştir. IV-HPO kaydında oluşan δ_{\min} değeri ise $1,22 \times 10^{-3}$ m/m olarak elde edilmiştir. Grupta en büyük δ_{\max} değeri 1994 yılında meydana gelen Northridge depreminin Newhall – W. Pico Canyon (N-NWPC) kaydında oluşmuştur. Bahsedilen N-NWPC kaydı D zemin sınıfından kaydedilmiş ve kaydın PGA değeri 0,45g, moment büyüklüğü $M_w=6,7$, PGV değeri 92,8 cm/sn olmuştur. Bu kayıta δ_{\max} değeri $14,17 \times 10^{-3}$ m/m olmuştur. N-NWPC kaydında oluşan δ_{\min} değeri ise $3,15 \times 10^{-3}$ m/m olarak gerçekleşmiştir. Gruptan elde edilen ortalama N - δ eğrisine göre ortalama δ_{\max} değeri $8,91 \times 10^{-3}$ m/m olmuştur. Bahsedilen eğriden elde edilen ortalama δ_{\min} değeri ise $2,25 \times 10^{-3}$ m/m olarak gerçekleşmiştir.

YE içeren ve içermeyen yakın saha kaynaklı kayıtların yer aldığı gruplara ilişkin sonuçların sunulduğu bu bölümde, analizlerden elde edilen kesme kuvveti, eğilme momenti, kat ötelemesi ve göreceli kat ötelemesi ile kat seviyesinin değişimi grafikleri verilerek elde edilen en büyük ve en küçük iç kuvvet ve deplasmanlar belirtilmiştir. Bundan sonraki bölümde YE içeren ve içermeyen gruplardan elde edilen ortalama kesme kuvveti, eğilme momenti, kat ötelemesi ve göreceli kat ötelemesi eğrileri kıyaslanarak, YE içeriğinin yapı tepkisinde sebep olduğu değişimler ortaya konmuştur.

YE İÇEREN KAYITLAR

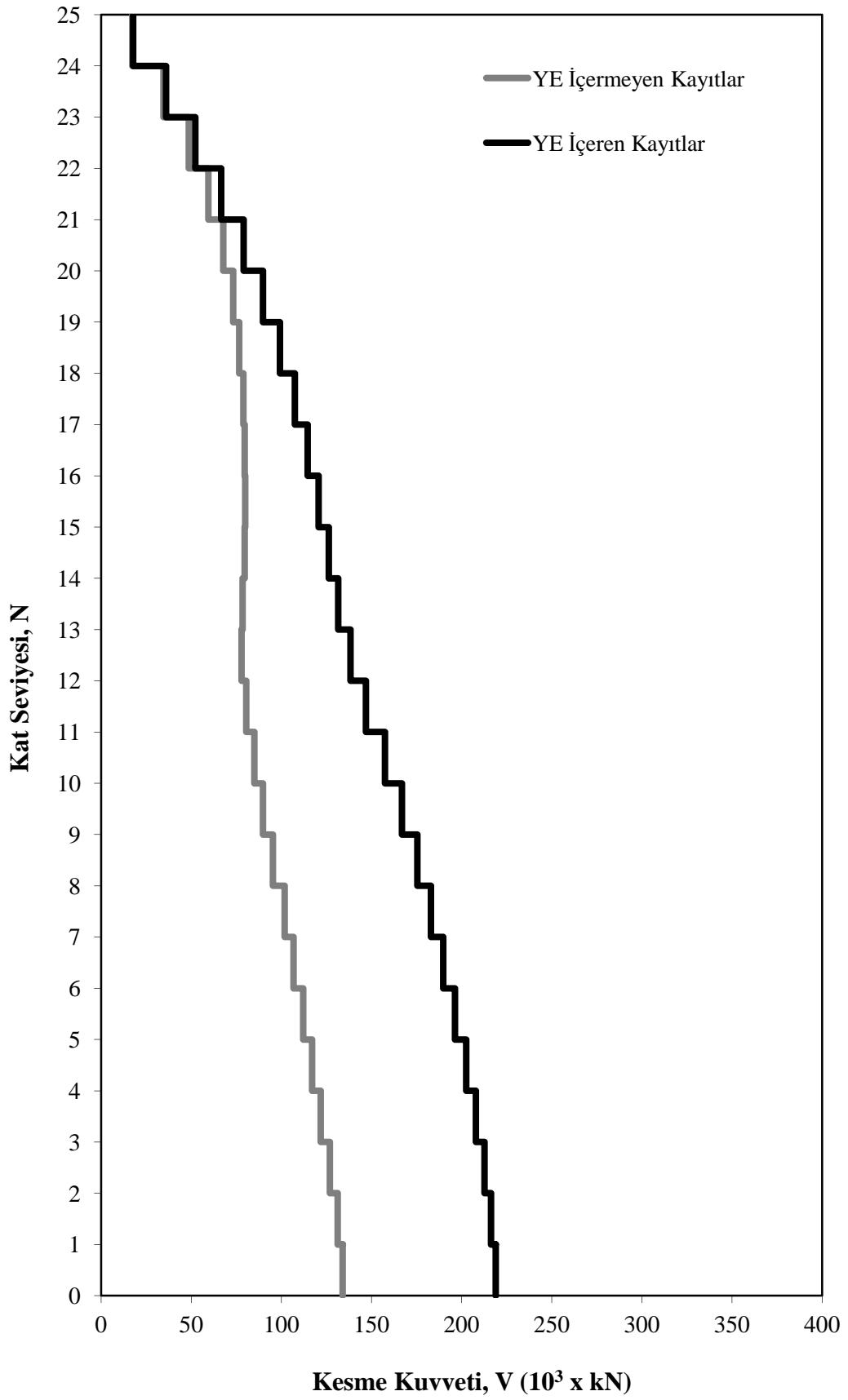


Şekil 5.8. YE içeren kayıt grubu N – δ değişimi

5.2. YE İçeriği Değişen Kayıt Grupları Sonuçlarının Karşılaştırılması

Yüksek yapılar ile ilgili deprem yönetmeliklerinde [26,27], zaman tanım alanında yapılacak dinamik analizlerde kullanılacak deprem kayıtlarının içinde YE içeren kayıtların da bulunması önerilmektedir. Bu sebeple çalışmanın bu bölümünde YE içeren ve içermeyen on adet deprem kaydından oluşan iki grup oluşturularak bu kayıtlar ile zaman tanım alanında analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın 5.1. bölümünde her bir grup için elde edilen Kesme Kuvveti (V), Eğilme Momenti (M), Kat Ötelemesi (Δ) ve Göreceli Kat Ötelemesi (δ) değerlerinin Kat Seviyesi (N) ile değişimi eğrileri verilmiştir. Bundan başka bahsesilen eğriler yanında her bir eğrinin ortalamasının alınması ile elde edilen ortalama eğriler sunulmuştur. Bu bölümde ise her bir grup için elde edilen ortalama N - V, N - M, N - Δ ve N - δ eğrileri birbirleri ile kıyaslanarak tartışılmıştır.

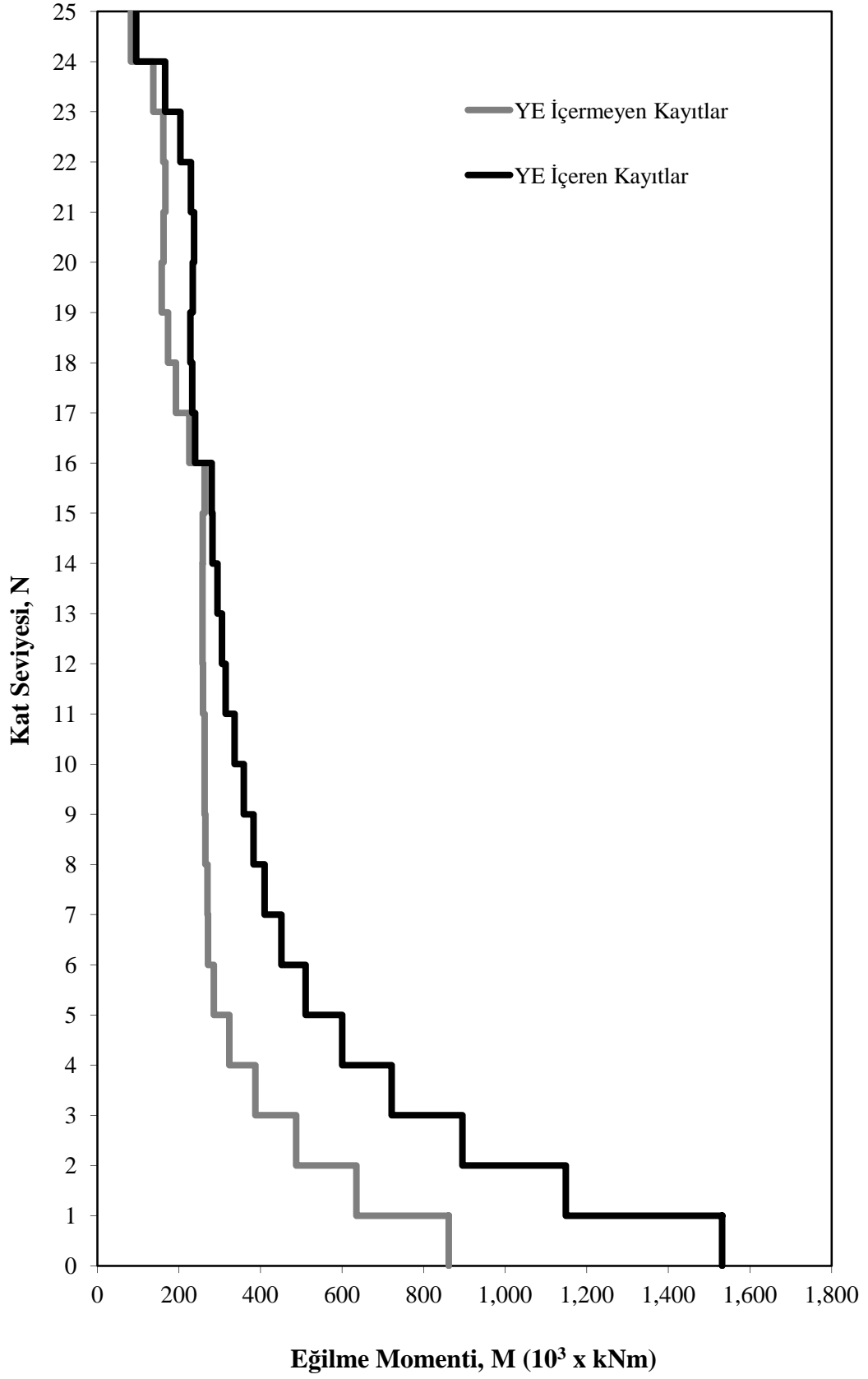
Şekil 5.9'da, YE içeren ve içermeyen iki deprem kayıt grubundan elde edilen ortalama Kat Seviyesi (N) - Kesme Kuvveti (V) eğrileri verilmiştir. Şekilde gösterilen açık renkli eğri YE içermeyen kayıt grubunun ortalaması olarak elde edilmiştir. YE içeren gruba ilişkin eğride V_{max} değeri yapının en alt katında oluşmuş ve $134,07 \times 10^3$ kN olarak gerçekleşmiştir. Bunun yanında grupta elde edilen V_{min} değeri yapının en üst katında oluşmuş ve $17,22 \times 10^3$ kN değerini almıştır. Şekil 5.9'da gösterilen koyu renkli eğri ise YE içeren kayıt grubunun ortalaması olarak elde edilmiştir. Bu eğride V_{max} değeri yapının en alt katında oluşmuş ve maksimum değer $218,92 \times 10^3$ kN olmuştur. Bahsedilen eğride elde edilen V_{min} değeri ise yine yapının en üst katında oluşmuş ve $17,63 \times 10^3$ kN değerini almıştır. Şekilden de görüldüğü gibi her iki grupta oluşan kesme kuvveti değeri yapı tabanından yukarıya doğru oldukça farklı değerler almıştır. Bu eğrilere göre YE içeren kayıtlardaki kesme kuvvetleri, 20. kata kadar belirgin olarak YE içermeyen elde edilenlere göre daha büyük olmuştur. Yapının 20. katından sonra eğriler birbirine yaklaşılmaya başlamış ve son katta hemen hemen aynı değerleri almıştır.



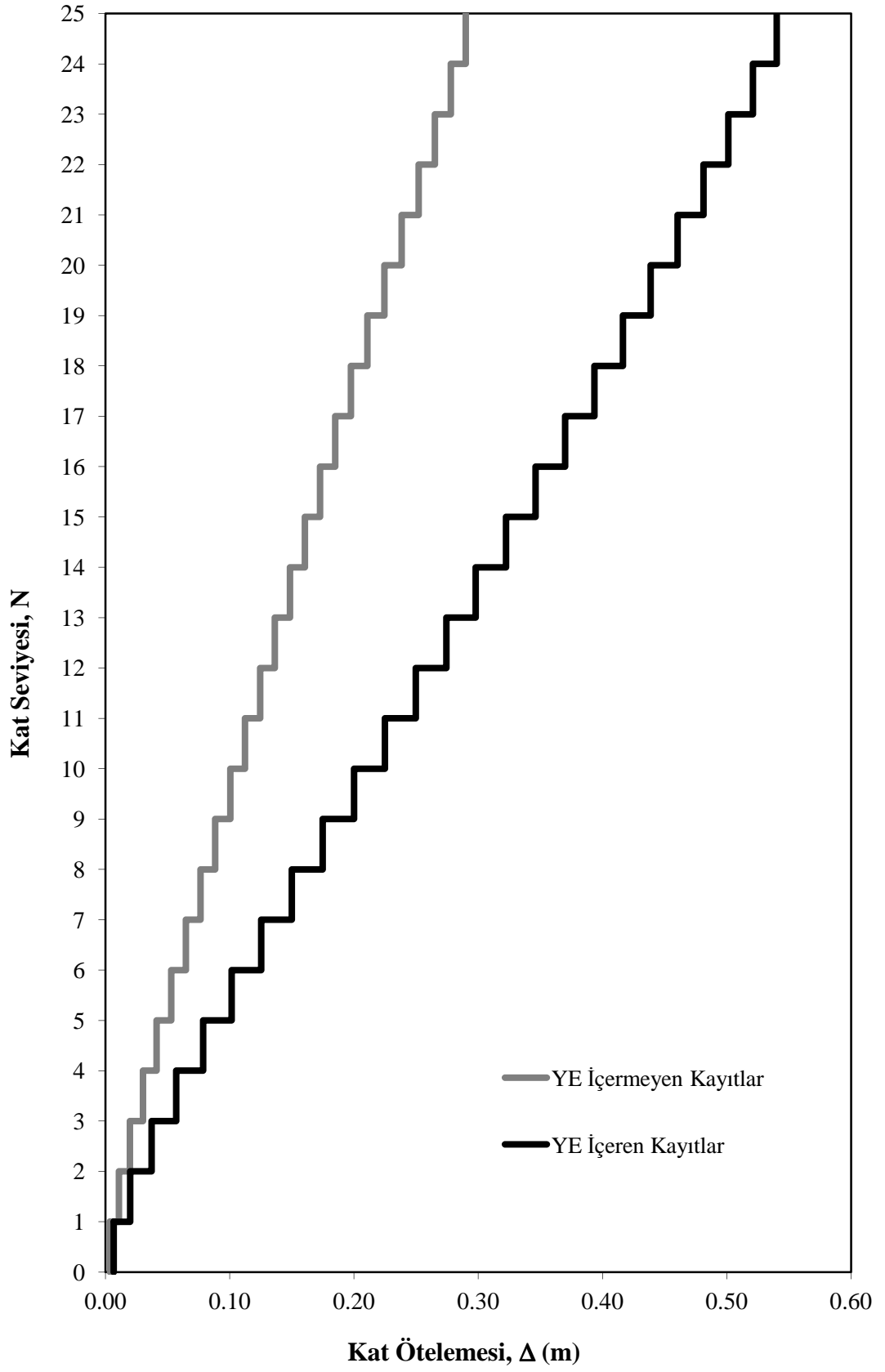
Şekil 5.9. YE içeriğine göre N – V değişimi

Şekil 5.10'da, YE içeren ve içermeyen deprem kayıt gruplarından elde edilen ortalama $N - M$ eğrileri verilmiştir. Şekilde gösterilen açık renkli eğri YE içermeyen kayıt grubunun ortalaması olarak elde edilmiştir. Bu eğride M_{max} değeri yapının en alt katında $861,61 \times 10^3$ kNm olarak oluşmuştur. Bu grupta oluşan M_{min} değeri yapının en üst katında oluşmuş ve $82,17 \times 10^3$ kNm değerini almıştır. Şekilde gösterilen koyu renkli eğri ise YE içeren kayıt grubunun ortalaması olarak elde edilmiştir. Bahsedilen eğride M_{max} değeri yapının en alt katında oluşmuş ve maksimum değer $1.531,98 \times 10^3$ kNm olmuştur. Bu eğride elde edilen M_{min} değeri ise yine yapının en üst katında oluşmuş ve $95,43 \times 10^3$ kNm değerini almıştır. Şekilden de görüldüğü gibi her iki grupta oluşan eğilme momenti değeri yapı tabanından yukarıya doğru oldukça farklı değerler almıştır, YE içeren deprem grubunda oluşan eğilme momentleri yapının özellikle ilk 8 katında YE içermeyen deprem kayıtlarının bulunduğu grupta oluşanlara göre oldukça yüksek olmuştur. Yapıda oluşan eğilme momentleri 8. kattan sonra birbirine yaklaştırmaya başlamış, yapının 15. katında hemen hemen aynı değere ulaşmıştır. Yapının 15. katında oluşan bu durum 16. ve 17. katlarda da varlığını sürdürmüştür. Yapının 17. katından sonra 22. katına kadar, gruplarda oluşan eğilme momentleri YE içeren grupta oluşan momentler daha büyük olacak şekilde yüksek modların etkisiyle ayrılaşmıştır. Yapının 22. katından sonra ise gruplardaki eğilme momentleri yine birbirine yaklaştırmaya başlamış ve 25. katta tekrar aynı değere ulaşmıştır.

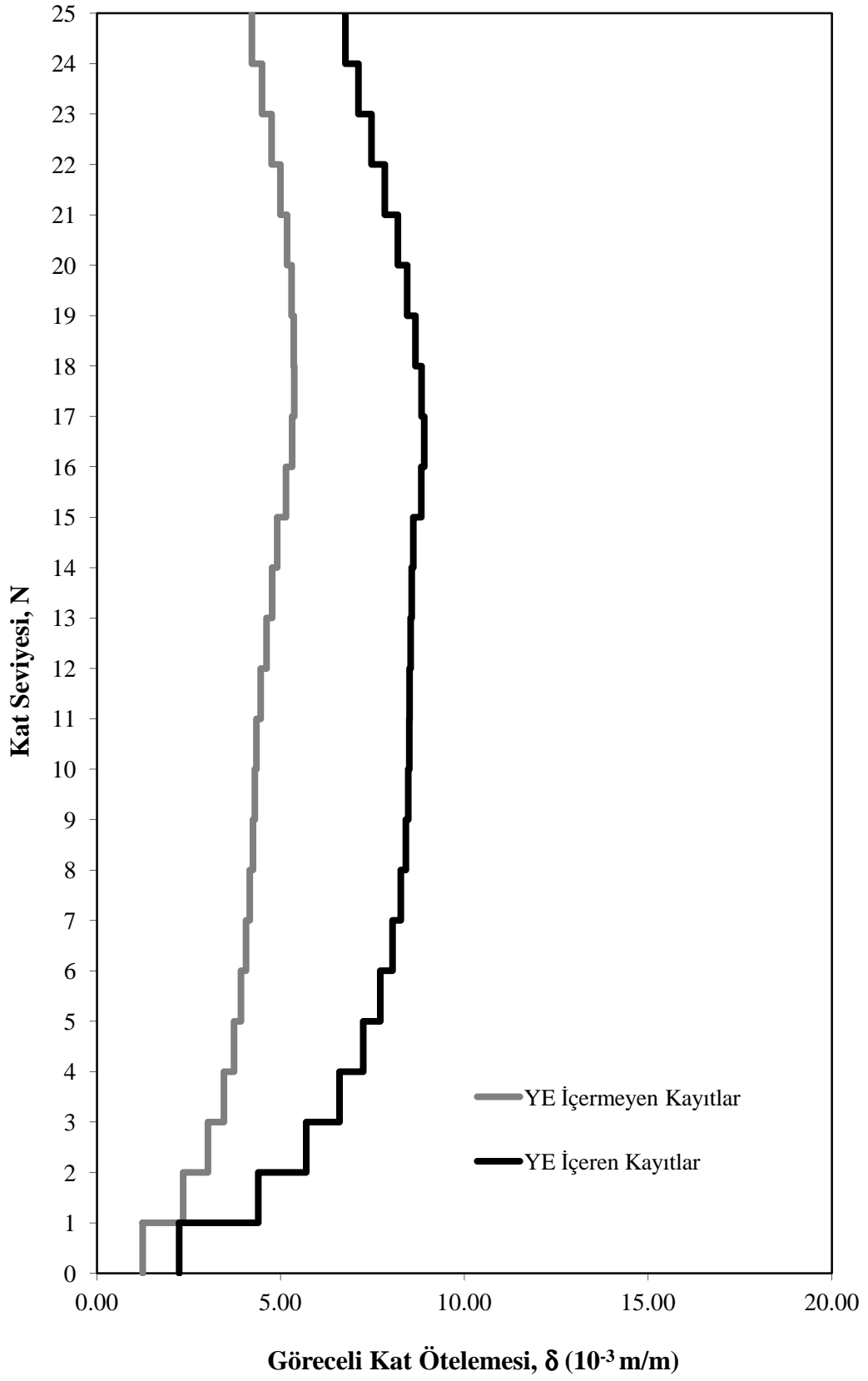
Şekil 5.11'de, YE içeren ve içermeyen deprem kayıt gruplarından elde edilen ortalama $N - \Delta$ eğrileri verilmiştir. Şekilde gösterilen açık renkli eğri YE içermeyen kayıt grubunun ortalaması olarak elde edilmiştir. Bu eğride elde edilen Δ_{max} değeri yapının en üst katında oluşmuş ve 0,290 m değerini almıştır. Şekilde koyu renkli gösterilen eğri ise YE içeren kayıt grubunun ortalaması olarak elde edilmiştir. YE içeren kayıt grubunun ortalama olarak elde edilen bu eğride Δ_{max} değeri de yapının en üst katında oluşmuş ve eğerideki maksimum değer 0,540 m olmuştur. Şekil 5.12'de, YE içeren ve içermeyen deprem kayıt gruplarından elde edilen ortalama $N - \delta$ eğrileri verilmiştir.



Şekil 5.10. YE içeriğine göre N – M değişimi



Şekil 5.11. YE içeriğine göre N – Δ değişimi



Şekil 5.12. YE içeriğine göre N – δ değişimi

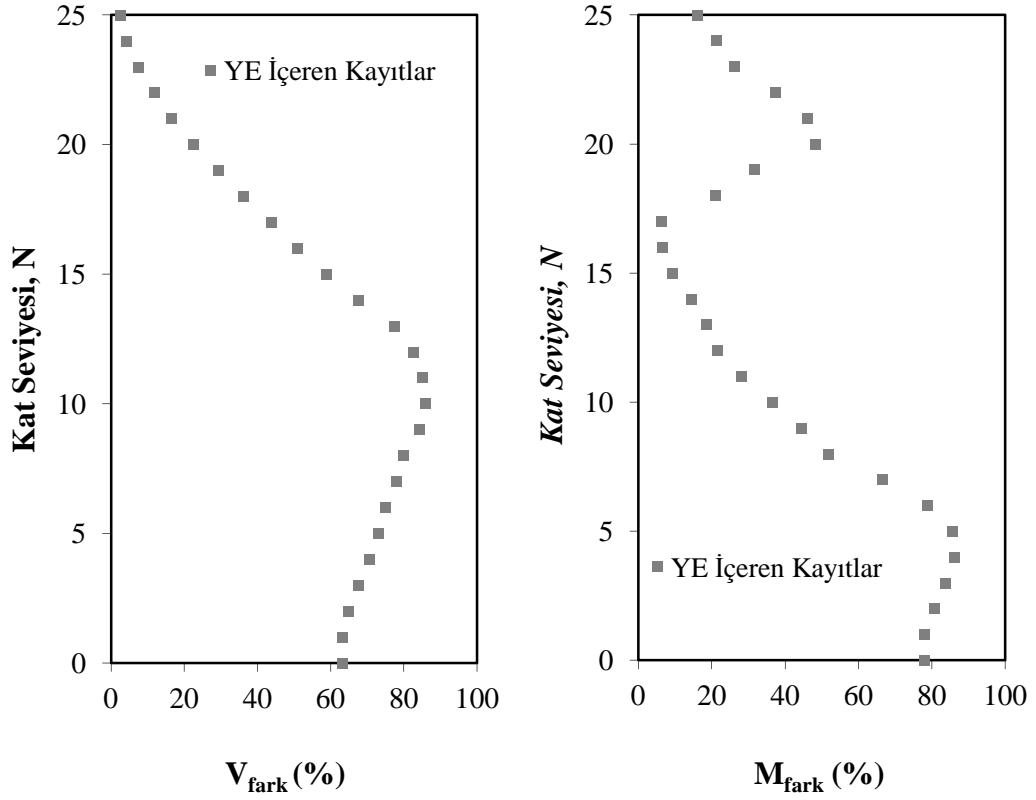
Şekil 5.12’de gösterilen açık renkli eğri YE içermeyen kayıt grubunun ortalaması olarak elde edilmiştir. Bu grupta en büyük göreceli kat ötelemesi değeri δ_{max} , $5,37 \times 10^{-3}$ m/m, en küçük göreceli kat ötelemesi değeri δ_{min} ise $1,25 \times 10^{-3}$ m/m olarak gerçekleşmiştir. Bu grupta δ_{max} yapının 17 ve 19. katları arasında, δ_{min} ise 1. katında gerçekleşmiştir. Şekilde koyu renk çizgi ile gösterilen eğri YE içeren kayıt grubuna ilişkin olup bu eğride δ_{max} yapının 17. katında $8,91 \times 10^{-3}$ m/m olarak, δ_{min} ise yapının 1. katında $2,25 \times 10^{-3}$ m/m olarak gerçekleşmiştir. Genel olarak Şekil 5.12’ye bakıldığında deprem kayıtlarının YE içermesi durumunda göreceli kat ötelemelerinin arttığı görülmektedir.

5.3. Bölüme İlişkin Sonuçlar

Bu bölümde, zaman tanım alanında analizde kullanılan yakın saha deprem gruplarında YE içeren ve içermeyen olmak üzere iki farklı kayıt grubu kullanılmıştır. Bu gruplarda PGV değerleri, geniş bir bantta değişen, zemin grubu B, C ve D olacak şekilde farklı sınıflarda ve deprem moment büyüklüğü (M_w) 6,5 ve 7,6 arasında değişecek şekilde seçilmiştir. Seçilen bu kayıt grupları ile yapılan analizler sonucunda her bir analize ilişkin olarak yapının N – V, N – M, N - Δ ve N - δ eğrileri elde edilmiştir. Bunun akabinde gruplarda yer alan kayıtlardan elde edilmiş eğrilerin ortalaması alınmak suretiyle gruplara ilişkin ortalama eğriler elde edilmiştir. Gruplara ilişkin elde edilen bu ortalama eğrilerin karşılaştırılması ile de kayıt gruplarının YE içeriğinin sonuçlara etkisi belirlenmiştir.

Şekil 5.13’de YE içeriğinin yapı katlarında kesme kuvveti (V) ve eğilme momenti (M) açısından sebep olduğu farklar oransal olarak verilmiştir. Bu grafiklerde YE içeren kayıt grubundan elde edilen değerler, YE içermeyen gruptan elde edilenlerle kıyaslanmıştır.

Şekil 5.13 (a)’da, YE içeren kayıt grubunun YE içermeyen grup ile kıyaslandığı Kat Seviyesi (N) - Kesme Kuvveti Farkı (V_{fark}) eğrisi verilmiştir. Bu eğriye göre YE içeren gruptan elde edilen taban kesme kuvveti, YE içermeyen gruptan elde edilenlere göre %63 daha büyük olmuştur.



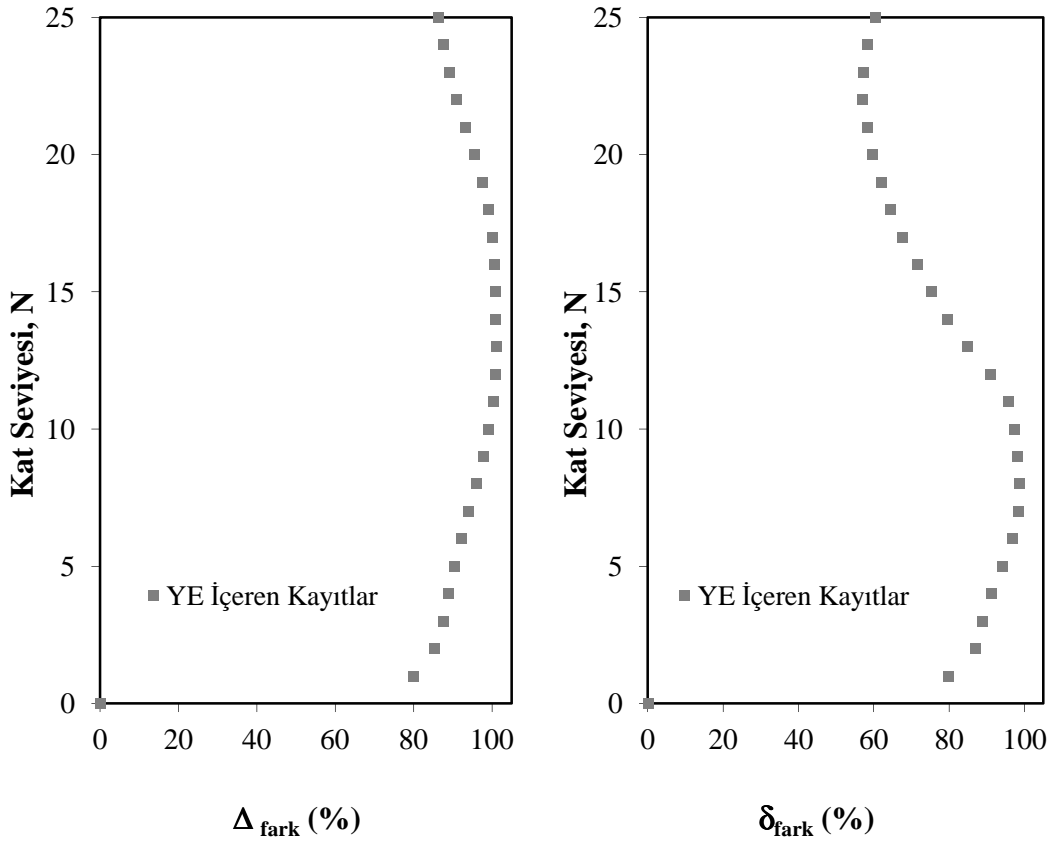
Şekil 5.13. YE içeriğine göre; a-) N - V_{fark} değişimi, b-) N - M_{fark} değişimi

Bahsedilen eğriye göre yapının 25. katında elde edilen V_{fark} ise YE içeren grupta %2 daha büyük olarak gerçekleşmiştir. Bu katta elde edilen bu fark iki grup arasındaki minimum fark olmuştur. İki grup arasındaki en büyük V_{fark} ise yapının 10. katında gerçekleşmiş ve bu katta YE içeren gruptan elde edilen V_{fark} değeri diğer gruba göre %86 daha büyük olmuştur.

Şekil 5.13 (b)'de YE içeren ve içermeyen grupların kıyaslandığı N - M_{fark} eğrisi verilmiştir. Bu eğriye göre YE içeren gruptan elde edilen taban eğilme momenti YE içermeyen gruptan elde edilenlere göre %78 daha büyük olmuştur. Yapının son katında elde edilen M_{fark} değeri ise YE içeren grupta %16 daha büyük olarak gerçekleşmiştir. İki grup arasındaki minimum fark ise yapının 16. katında gerçekleşmiş ve bu katta YE içeren gruptan elde edilen eğilme momenti değeri diğer gruba göre %6 daha büyük olmuştur. Eğriye göre iki grup arasındaki en büyük M_{fark} ise yapının 4. katında gerçekleşmiş ve bu katta YE içeren gruptan elde edilen M_{fark} değeri, diğer gruba göre %86 daha büyük olmuştur.

Şekil 5.14'de, YE içeriğine göre kat ötelemesi (Δ) ve göreceli kat ötelemesi (δ) farkları verilmiştir. Şekil 5.14 (a)'da yer alan N - Δ_{fark} eğrisine göre, yapının tepe noktasındaki kat ötelemesi YE içeren grupta, YE içermeyen gruba göre %86 daha büyük olmuştur. İki grup arasındaki minimum Δ_{fark} ise yapının 1. katından gerçekleşmiş ve bu katta YE içeren gruptaki kat ötelemesi değeri %80 daha fazla olmuştur. İki grup arasındaki maksimum Δ_{fark} ise yapının 13. katında gerçekleşmiş ve YE içeren gruptaki kat ötelemesi değeri, içermeyene göre %101 daha büyük olmuştur.

Şekil 5.14 (b)'de yer alan YE içeren ve içermeyen grubun kıyaslandığı N - δ_{fark} eğrisine göre, gruplar arasındaki minimum δ_{fark} yapının 22. katında oluşmuş ve YE içeren gruptan elde edilen göreceli kat ötelemesi değeri %57 daha büyük olmuştur. Bahsedilen bu iki grup arasındaki maksimum δ_{fark} ise yapının 8. katında oluşmuş ve YE içeren gruptaki göreceli kat ötelemesi değeri %99 daha büyük olmuştur.



Şekil 5.14. YE içeriğine göre; a-) N - Δ_{fark} değişimi, b-) N - δ_{fark} değişimi

Çalışmanın bu bölümünde gerçekleştirilen analizlerden elde edilen kesme kuvveti, eğilme momenti, kat ötelemesi ve göreceli kat ötelemeleri eğrileri ve bu analizde kullanılan yönelim etkisi (YE) içeren ve içermeyen kayıt grupları bir arada değerlendirilerek aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Kaydın YE içeriğine göre oluşturulmuş grupların sonuçları kıyaslandığında YE içeren gruplardan elde edilen kat kesme kuvvetlerinin, YE içermeyen gruplardan elde edilenlere göre %86 oranında daha büyük gerçekleşebildiği görülmüştür.

YE içeriğine göre oluşturulmuş gruplardan elde edilen eğilme momentleri kıyaslandığında ise YE içeren grupta oluşan eğilme momentlerinin, diğer gruba göre %86'ya varan oranlarda büyük olabildiği belirlenmiştir.

Kat ötelemelerine göre kıyaslama yapıldığında YE içeren gruptan elde edilen kat ötelemesinin YE içermeyen gruptan elde edilene göre %101 oranında daha büyük olabildiği gözlemlenmiştir.

Göreceli kat ötelemesi sonuçlarına göre değerlendirme yapıldığında ise YE içeren gruptan elde edilen göreceli kat ötelemesinin diğerine göre %99 oranında daha büyük olduğu tespit edilmiştir.

Kaydın YE içeriğine göre oluşturulan gruplardan elde edilen kesme kuvveti, eğilme momenti, kat ötelemesi ve göreceli kat ötelemesi sonuçları göz önüne alındığında kaydın YE içermesi durumunda yapıda oluşan iç kuvvetler ile ötelenmelerin %100'e varan oranlarda arttığı görülmektedir. Bu sebeple yüksek yapıların dinamik analizinde kullanılacak deprem kayıtlarının YE içermesi analiz sonuçları açısından önem arz etmektedir.

6. İVME KAYDI ZEMİN SINIFININ YAPI DAVRANIŞINA ETKİSİ

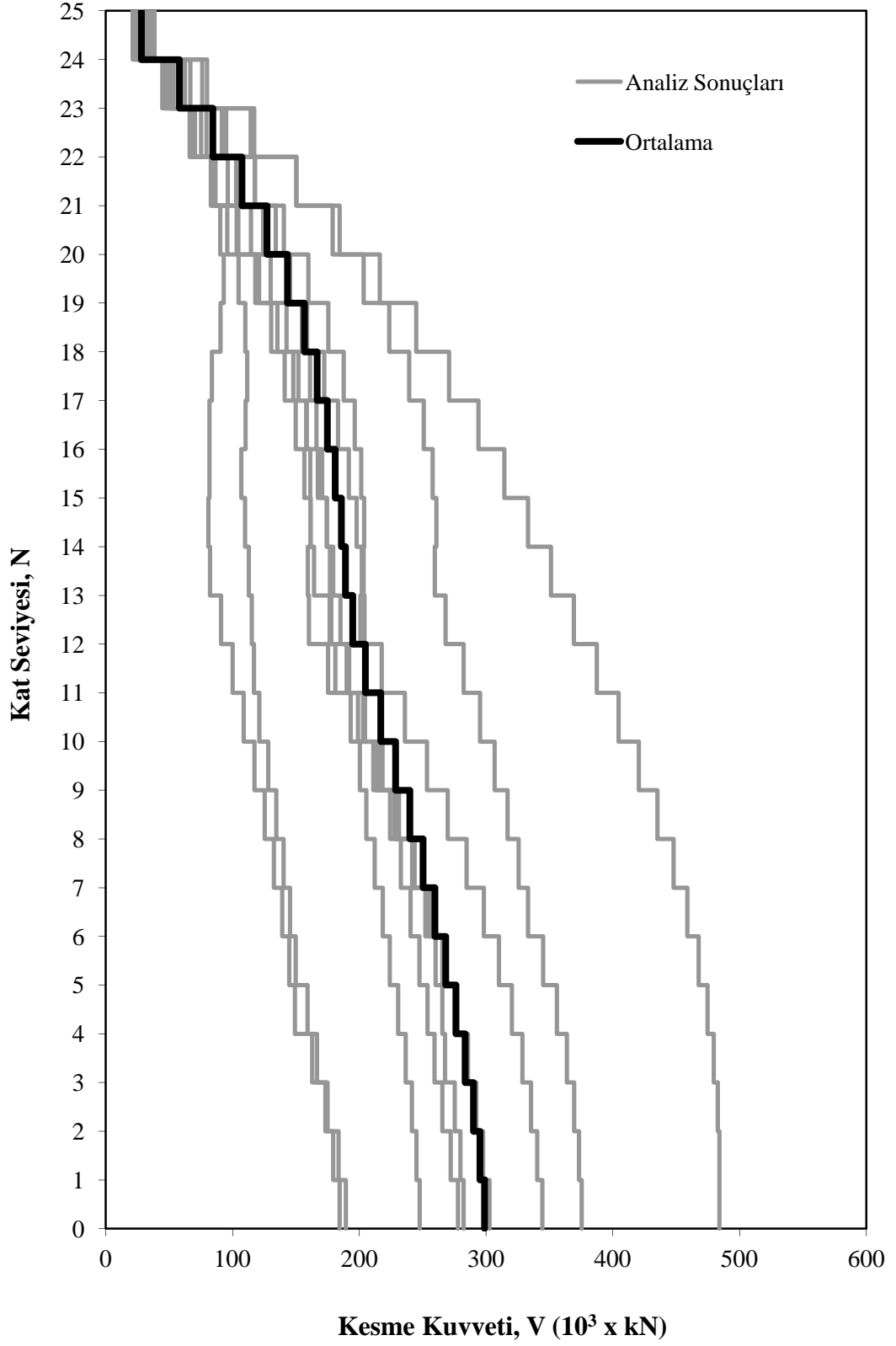
Bu bölümde öncelikle zemin sınıfı (zemin dalgası kayma hızı) değişen deprem kayıtları ile yapılan analizlerin sonuçları sunulmuştur. Sonrasında da zemin sınıfı değişimlerine göre kayıt grupları kıyaslanmış ve bölüme ilişkin sonuçlar verilmiştir.

6.1. Zemin Sınıfı Değişen Kayıt Gruplarının Analiz Sonuçları

Yapının bulunduğu zemin sınıfının yapı davranışı üzerine etkisinin olduğu bilinmesine rağmen bu farklılığın yapıyı ve özellikle yüksek yapıları ne düzeyde etkilediği henüz tam olarak ortaya konamamıştır. Çalışmanın bu bölümünde, yakın sahadan kaydedilmiş onar adet kayıt ile iki grup oluşturulmuştur. Oluşturulan kayıt gruplarından ilkinde zemin dalgası kayma hızı (V_s) 180 m/sn ile 360 m/sn arasında olan D grubu, ikincisinde ise zemin dalgası kayma hızı (V_s) 360 m/sn ile 760 m/sn arasında olan C grubu zeminlerden kaydedilmiş kayıtlar alınmıştır. İlk kayıt grubunda yer alan kayıtların tepe yer hızı (PGV) 40,8 cm/sn ile 115,0 cm/sn, tepe yer ivmesi (PGA) 0,20 g ile 0,82 g, moment büyüklüğü (M_w) 6,5 ile 7,6 arasında değişmektedir. İkinci kayıt grubunda ise yer alan kayıtların tepe yer hızı (PGV) 42,4 cm/sn ile 176,7 cm/sn, maksimum yer ivmesi (PGA) 0,13 g ile 1,5 g, moment büyüklüğü (M_w) 6,5 ile 7,6 arasında değişmektedir.

Çalışmanın dördüncü bölümünde yapılan açıklamalara göre Kat Seviyesi (N) – Kesme Kuvveti (V), Kat Seviyesi (N) – Eğilme Momenti (M), Kat Seviyesi (N) – Kat Ötelemesi (Δ) ve Kat Seviyesi (N) – Göreceli Kat Ötelemesi (δ) grafikleri oluşturulmuştur. Şekil 6.1’de, V_s değeri 180 m/sn ile 360 m/sn arasında değişen D zemin grubunda olan gruba ilişkin N – V değişimi grafikleri verilmiştir. Grupta yer alan kayıtlardan en büyük V_{max} değerini 1994 yılında meydana gelen, PGA değeri 0,45 g, moment büyüklüğü $M_w=6,7$, PGV değeri 92,8 cm/sn olan Northridge depreminin Newhall WPC kaydı (N-NWPC) olmuştur.

180 m/sn < V_s < 360 m/sn (D Zemin Sınıfı)



Şekil 6.1. 180 m/sn < V_s < 360 m/sn olan kayıt grubu N – V değişimi

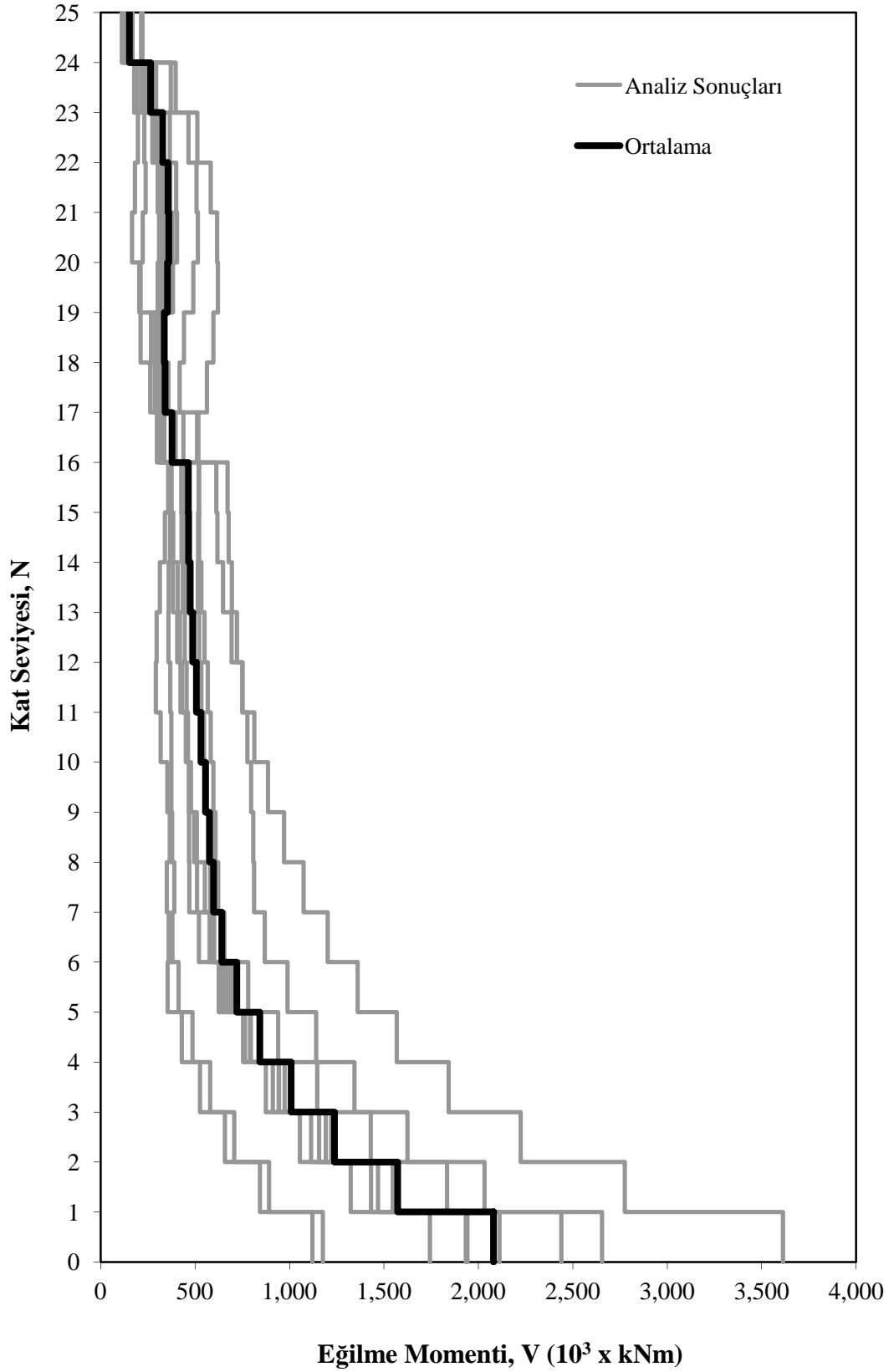
Zemin dalgası kayma hızı 180 m/sn ile 360 m/sn arasında D zemin sınıfında yer alan N-NWPC kaydında oluşan V_{max} değeri $484,20 \times 10^3$ kN olarak gerçekleşmiştir. N-NWPC kaydında oluşan V_{min} değeri ise $35,85 \times 10^3$ kN olmuştur. Bu grupta küçük V_{max} oluşturan kayıt PGA değeri 0,82 g, moment büyüklüğü $M_w=7,1$, PGV değeri 62,1 cm/sn olan 1999 yılında Türkiye’de meydana gelen Düzce depreminin Bolu istasyonundan elde edilmiş (D-B) kaydı olmuştur. D-B kaydında oluşan V_{max} değeri ise $184,44 \times 10^3$ kN olarak gerçekleşmiştir. D-B kaydında oluşan V_{min} değeri ise $22,61 \times 10^3$ kN olmuştur. Gruptan elde edilen ortalama V_{max} ise $298,87 \times 10^3$ kN olarak oluşmuş iken, ortalama V_{min} değeri $28,16 \times 10^3$ kN olmuştur. Tablo 6.1’de, D zemin sınıfında yer alan kayıtlardan elde edilmiş iç kuvvet ve deplasmanlara ilişkin tüm sonuçlar bir arada verilmiştir.

Şekil 6.2’de, zemin dalgası kayma hızı değeri 180 m/sn ile 360 m/sn arasında değişen D zemin grubundan elde edilmiş kayıtlardan oluşmuş gruba ilişkin kat seviyesi (N) – Eğilme Momenti (M) değişimi grafikleri verilmiştir. Grupta yer alan kayıtlardan en büyük M_{max} oluşturanı Northridge depreminin Newhall WPC kaydı (N-NWPC) olmuştur. N-NWPC kaydında oluşan M_{max} değeri $3.612,45 \times 10^3$ kNm olarak gerçekleşmiştir. Aynı kayıta oluşan M_{min} değeri ise $221,13 \times 10^3$ kNm olmuştur.

Tablo 6.1. D zemin sınıfından kayıtlardan oluşan gruba ilişkin sonuçlar

	V_{max} kNx10 ³	V_{min} kNx10 ³	M_{max} kNm x10 ³	M_{min} kNm x10 ³	Δ_{max} m	Δ_{min} m	δ_{max} 10 ⁻³	δ_{min} 10 ⁻³
D-B	184,44	22,61	1.175,76	114,95	0,448	0,000	7,59	1,74
N-NWPC	484,20	35,85	3.612,45	221,13	1,409	0,000	22,51	5,00
CC-CHY101	344,41	30,02	2.439,01	168,07	0,780	0,000	13,95	3,46
CC-TCU101	375,57	38,52	2.654,12	213,36	1,023	0,000	17,43	3,72
N-CCWLC	189,37	25,91	1.121,71	111,36	0,347	0,000	5,84	1,63
E-E	277,97	21,19	1.941,48	125,29	0,724	0,000	11,95	2,73
IV-ECD	282,24	32,98	1.933,52	163,23	0,584	0,000	11,14	2,75
IV-ECA5	299,90	24,80	2.075,04	137,30	0,627	0,000	11,25	2,94
IV-ECA7	247,73	25,58	1.743,58	148,80	0,778	0,000	13,49	2,48
D-D	302,85	24,09	2.112,57	124,27	0,657	0,000	10,92	3,02
ORTALAMA	298,87	28,16	2.080,92	152,78	0,737	0,000	12,57	2,95

180 m/sn < V_s < 360 m/sn (D Zemin Sınıfı)

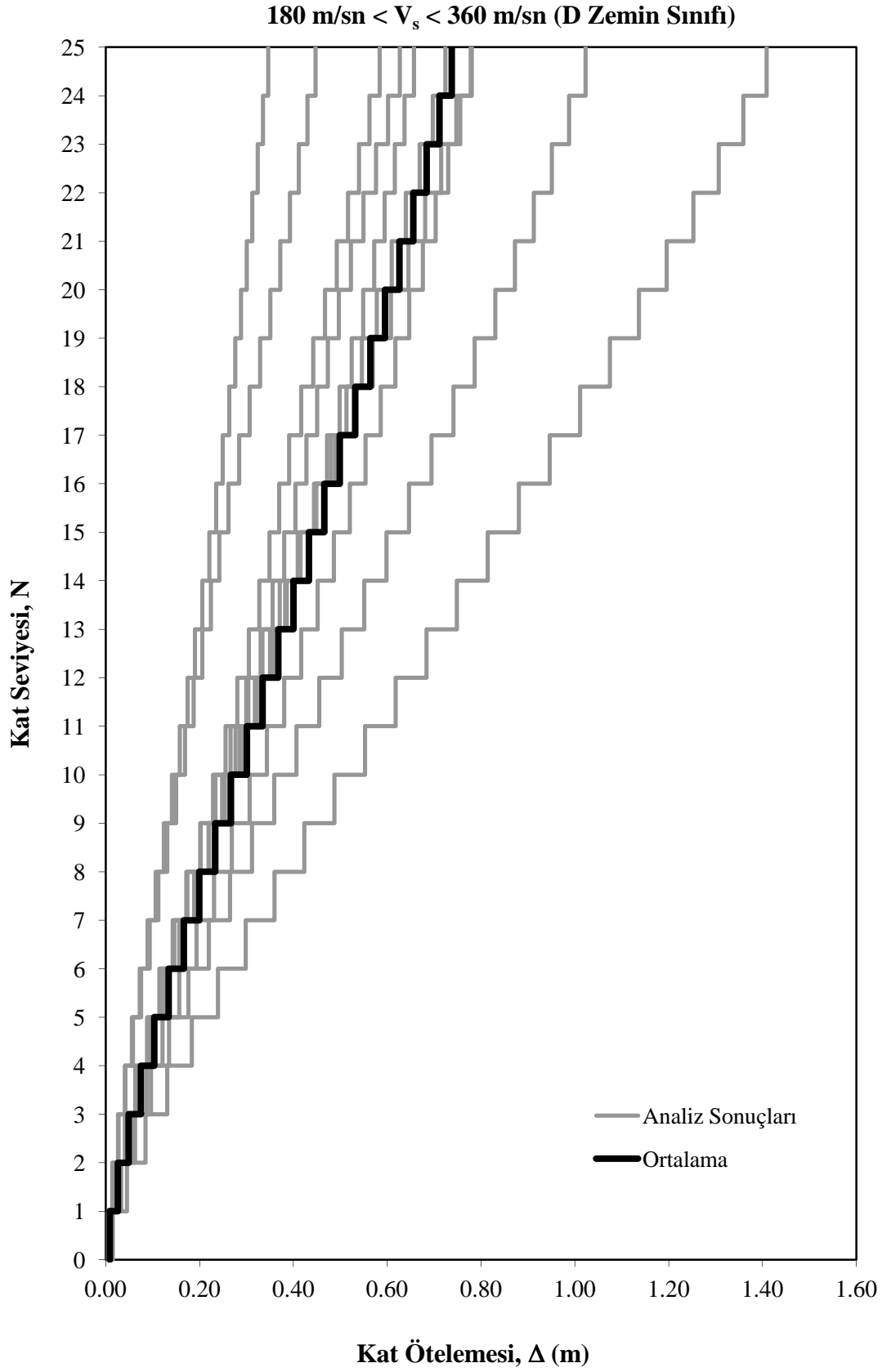


Şekil 6.2. 180 m/sn < V_s < 360 m/sn olan kayıt grubu N – M değişimi

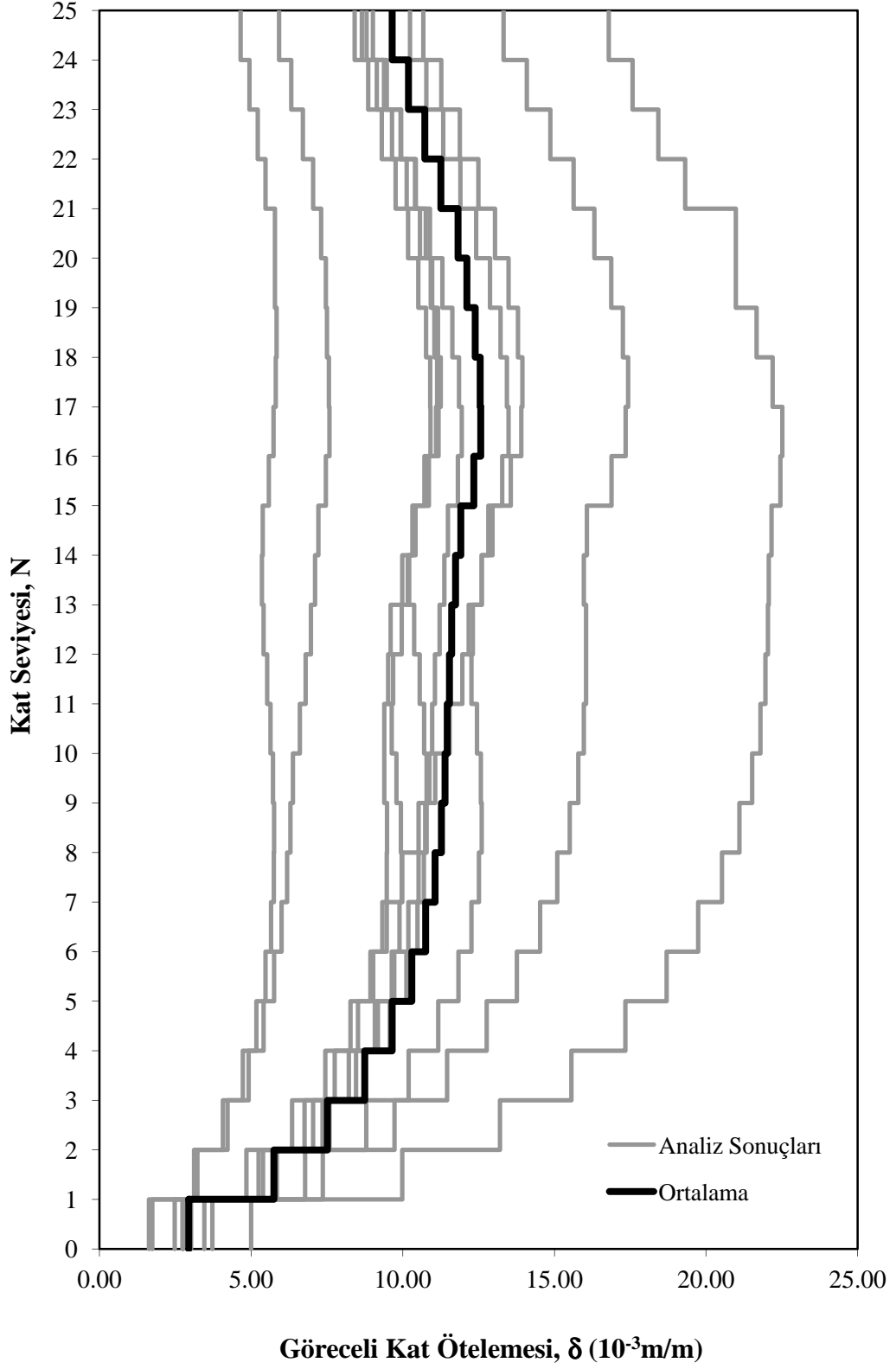
Şekil 6.2’de sonuçları verilen kayıt grubunun ortalaması olarak elde edilen eğriye göre ortalama M_{max} değeri $2.080,92 \times 10^3$ kNm olarak gerçekleşmiş iken ortalama M_{min} değeri $152,78 \times 10^3$ kNm olmuştur.

Şekil 6.3’de, zemin dalgası kayma hızı, V_s değeri 180 m/sn ile 360 m/sn arasında değişen D zemin grubunda olan gruba ilişkin Kat Seviyesi (N) –Kat Ötelemesi (Δ) değişimi grafikleri verilmiştir. Grupta yer alan kayıtlardan en büyük kat ötelemesi, Δ_{max} oluşturanı Northridge depreminin Newhall WPC kaydı (N-NWPC) olmuş ve bu kayıttaki oluşan Δ_{max} değeri 1,409 m olarak gerçekleşmiştir. Bu grupta yer alan depremlerden en küçük Δ_{max} oluşturanı ise Northridge depreminin Canyon Country - W Lost Cany (N-CCWLC) kaydı olmuştur. N-CCWLC kaydında oluşan Δ_{max} değeri 0,347 m olarak gerçekleşmiştir. Tüm kayıtlarda en büyük kat ötelemesi beklendiği gibi yapı en üst katında oluşmuştur. Zemin dalgası kayma hızı V_s değeri 180 m/sn ile 360 m/sn arasında değişen grupta yer alan kayıtların sonuçlarının ortalaması olarak elde edilen eğriye göre ortalama Δ_{max} değeri ise 0,737 m olarak gerçekleşmiştir.

Şekil 6.4’de, zemin dalgası kayma hızı 180 m/sn ile 360 m/sn arasında değişen D zemin grubunda olan gruba ilişkin Kat Seviyesi (N) – Göreceli Kat Ötelemesi (δ) değişimi grafikleri verilmiştir. Gruba ilişkin analizlere göre en küçük δ_{max} değeri Northridge depreminin Canyon Country - W Lost Cany (N-CCWLC) kaydında oluşmuştur. Buna göre N-CCWLC oluşan δ_{max} değeri $5,84 \times 10^{-3}$ m/m olmuştur. N-CCWLC kaydında oluşan δ_{min} değeri ise $1,63 \times 10^{-3}$ m/m olarak gerçekleşmiştir. Gruptaki en büyük δ_{max} değeri Northridge depreminin Newhall WPC istasyonundan alınmış N-NWPC kaydında oluşmuş ve bu kayıttaki δ_{max} değeri $22,51 \times 10^{-3}$ m/m olarak elde edilmiştir. Buna karşılık N-NWPC kaydında oluşan δ_{min} değeri ise $5,00 \times 10^{-3}$ m/m olmuştur. Grupta yer alan tüm analizler sonucunda elde edilen sonuçların ortalaması alınarak oluşturulan ortalama N - δ eğrisine göre ortalama δ_{max} değeri $12,57 \times 10^{-3}$ m/m olarak oluşmuştur. Buna karşılık ortalama δ_{min} değeri ise $2,95 \times 10^{-3}$ m/m olarak gerçekleşmiştir.



180 m/sn < V_s < 360 m/sn (D Zemin Sınıfı)



Şekil 6.4. 180 m/sn < V_s < 360 m/sn olan kayıt grubu N – δ değişimi

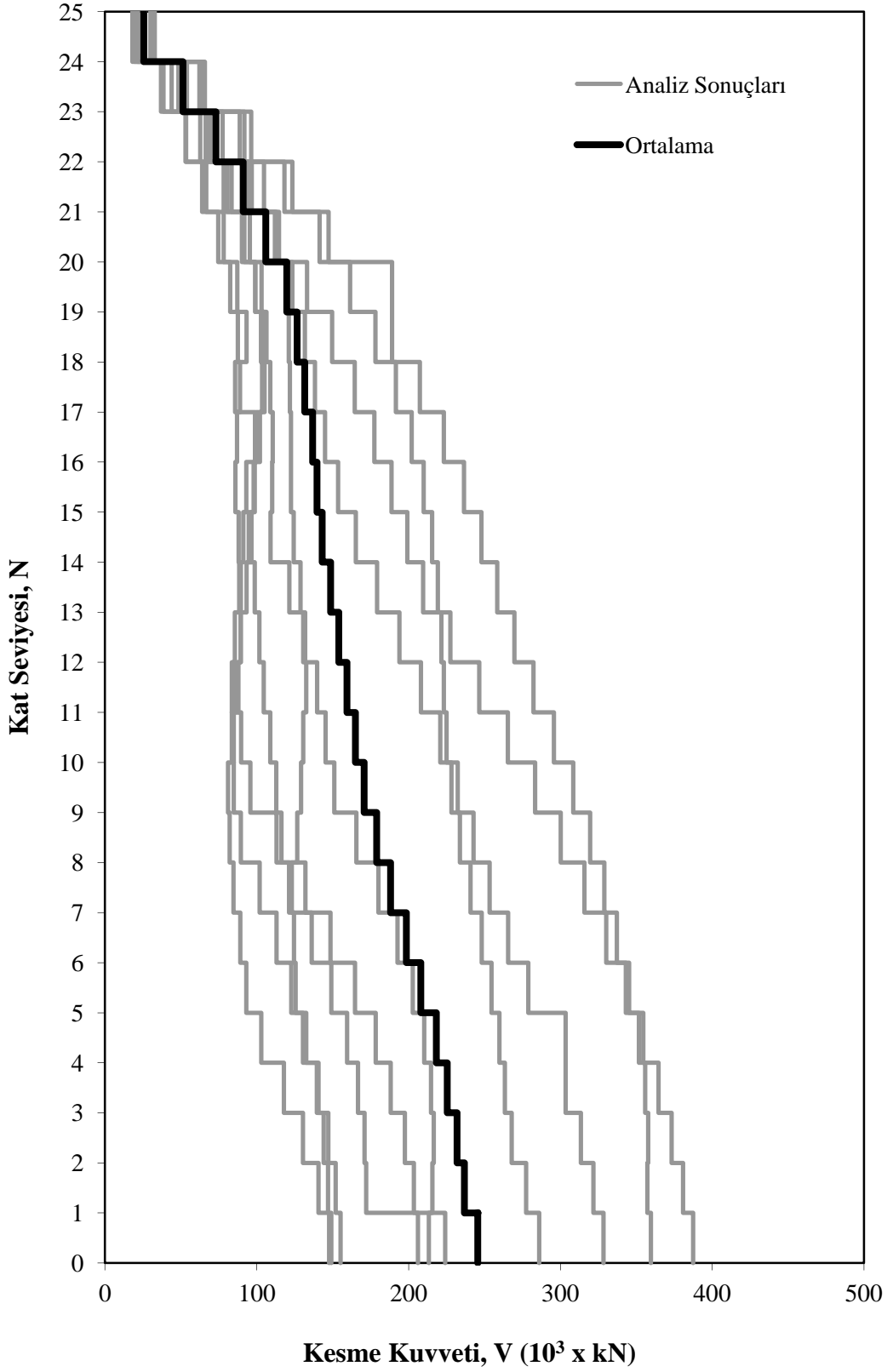
Şekil 6.5’de, zemin kayma dalgası hız değeri 360 m/sn ile 760 m/sn arasında değişen C zemin grubunda olan gruba ilişkin N - V değişimi grafikleri verilmiştir. Grupta yer alan kayıtlardan en büyük V_{max} oluşturanı 1999 yılında meydana gelen ve PGA değeri 0,57 g, moment büyüklüğü $M_w=7,6$, PGV değeri 176,7 cm/sn olan Chi-Chi depreminin TCU068 kaydı (CC-TCU068) olmuştur. CC-TCU068 kaydında V_{max} değeri $387,38 \times 10^3$ kN olarak gerçekleşmiştir. CC-TCU068 kaydında oluşan V_{min} değeri ise $24,49 \times 10^3$ kN olmuştur. Grupta en küçük V_{max} oluşturan kayıt ise PGA değeri 0,59 g, moment büyüklüğü $M_w=7,0$, PGV değeri 48,4 cm/sn olan 1992 yılında meydana gelen Cape Mendocino depreminin Petrolia istasyonundan elde edilmiş (CM-P) kaydı olmuştur. Bu kayıta oluşan V_{max} değeri ise $147,65 \times 10^3$ kN olarak gerçekleşmiştir. CM-P kaydında oluşan V_{min} değeri ise $18,07 \times 10^3$ kN olmuştur. Gruptan elde edilen ortalama eğriden elde edilen V_{max} değeri $245,73 \times 10^3$ kN iken, V_{min} değeri $25,43 \times 10^3$ kN olarak gerçekleşmiştir. C zemin sınıfından kayıtlar içeren bu gruba ilişkin tüm sonuçlar Tablo 6.2’de verilmiştir.

Şekil 6.6’da, C zemin grubundan kaydedilen kayıtlardan oluşan gruba ilişkin Kat Seviyesi (N) - Eğilme Momenti (M) değişimi grafikleri verilmiştir. Grupta yer alan kayıtlardan en büyük M_{max} değerini oluşturanı Chi-Chi depreminin TCU068 kaydı (CC-TCU068) olmuştur. Bahsedilen CC-TCU068 kaydında M_{max} değeri $2.718,25 \times 10^3$ kNm olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 6.2. C zemin sınıfından kayıtlardan oluşan gruba ilişkin sonuçlar

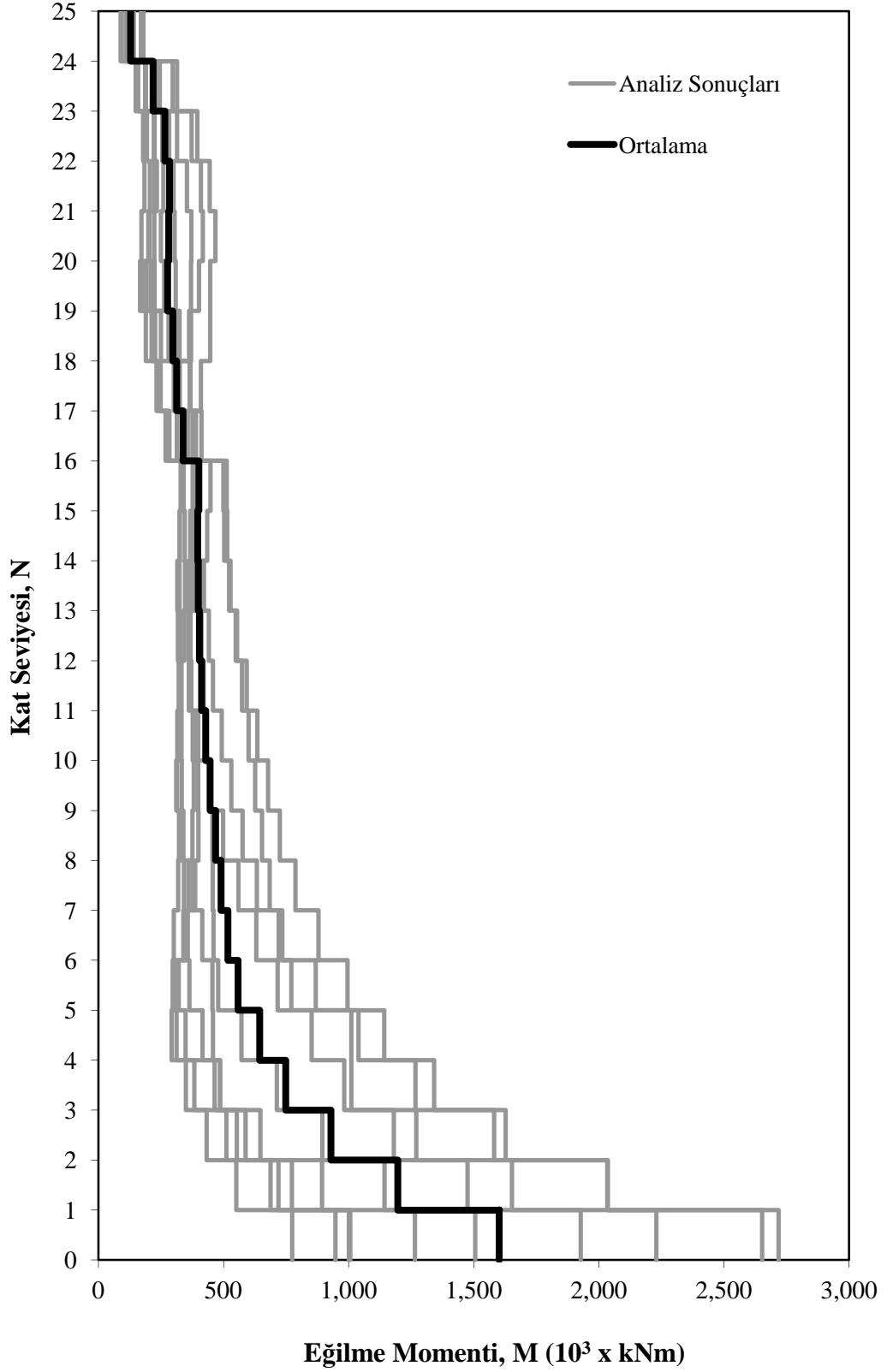
	V_{max} kNx10 ³	V_{min} kNx10 ³	M_{max} kNm x10 ³	M_{min} kNm x10 ³	Δ_{max} m	Δ_{min} m	δ_{max} 10 ⁻³	δ_{min} 10 ⁻³
N-PKC	206,21	25,00	1.265,13	113,55	0,333	0,000	6,52	1,86
CC-TCU68	387,38	24,49	2.718,25	137,30	0,877	0,000	13,85	3,82
LP-SWVC	359,60	31,79	2.652,12	179,40	1,032	0,000	16,96	3,70
CC-CHY28	224,16	24,63	1.006,39	112,59	0,399	0,000	7,47	1,58
LP-C	149,18	19,49	773,69	88,07	0,297	0,000	5,70	1,22
IV-HPO	328,49	26,52	2.229,29	137,26	0,667	0,000	11,06	3,24
CM-P	147,65	18,07	946,64	92,52	0,349	0,000	6,83	1,36
CM-CM	155,26	32,70	1.000,40	140,74	0,308	0,000	7,19	1,46
CC-TCU103	286,08	29,91	1.927,15	169,49	0,818	0,000	14,53	2,72
LP-SAA	216,51	21,69	1.505,72	110,52	0,449	0,000	7,95	2,21
ORTALAMA	245,73	25,43	1.602,48	128,14	0,553	0,000	9,72	2,32

360 m/sn < V_s < 760 m/sn (C Zemin Sınıfı)



Şekil 6.5. 360 m/sn < V_s < 760 m/sn olan kayıt grubu N – V değişimi

360 m/sn < V_s < 760 m/sn (C Zemin Sınıfı)



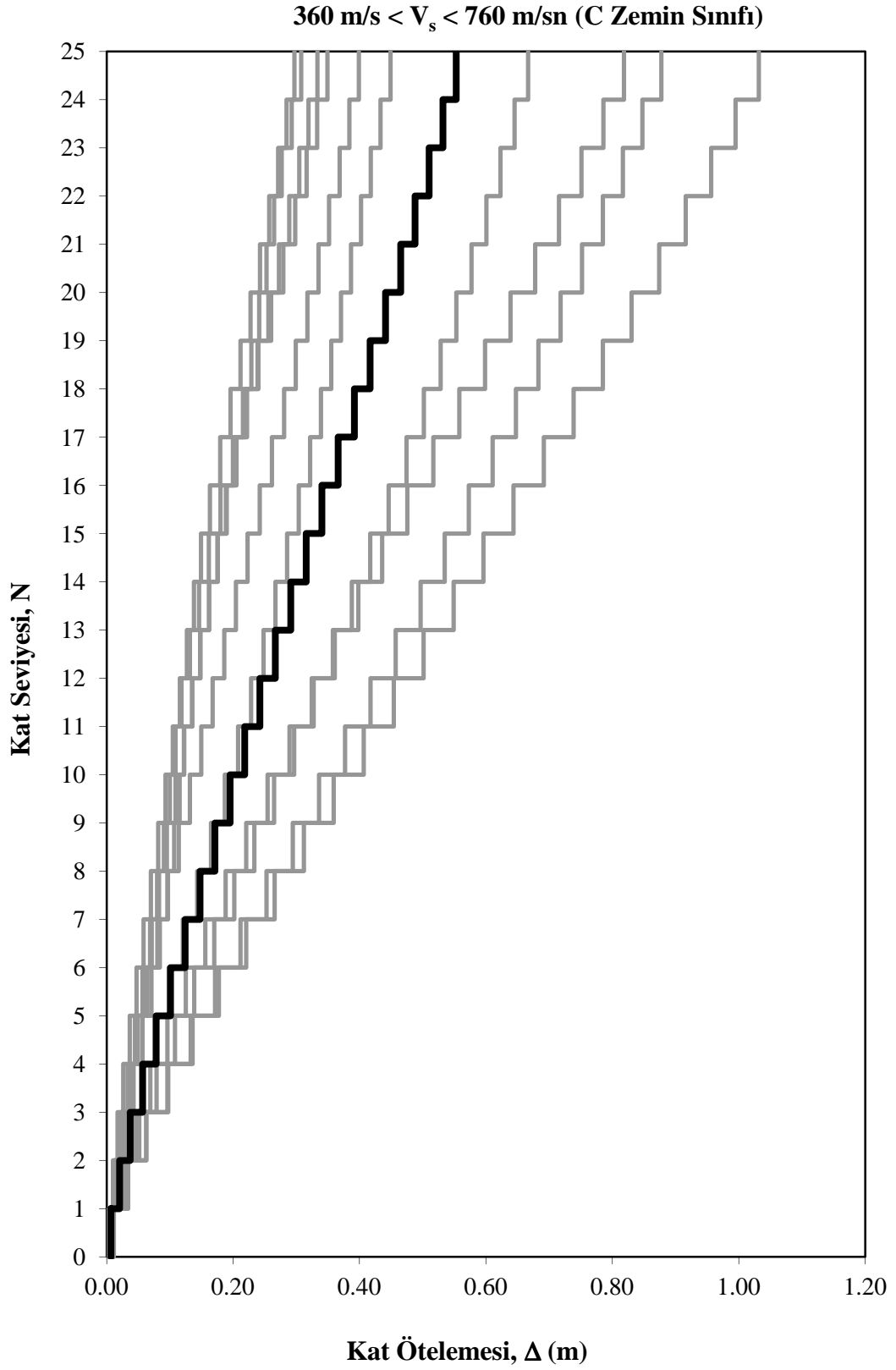
Şekil 6.6. 360 m/sn < V_s < 760 m/sn olan kayıt grubu N – M değişimi

Bu grupta yer alan CC-TCU068 kaydında oluşan M_{\min} değeri ise $137,30 \times 10^3$ kNm olmuştur. Gruba ilişkin olarak elde edilen ortalama eğriye göre ortalama M_{\max} değeri $1.602,48 \times 10^3$ kNm olarak gerçekleşmiştir. Bu eğride oluşan ortalama M_{\min} ise $128,14 \times 10^3$ kNm olmuştur.

Şekil 6.7’de, C zemin grubunda olan gruba ilişkin Kat Seviyesi (N) – Kat Ötelemesi (Δ) değişimi grafikleri verilmiştir. Grupta yer alan kayıtlardan en büyük Δ_{\max} oluşturanı Chi-Chi depreminin TCU068 kaydı (CC-TCU068) olmuş ve bu kayıta oluşan Δ_{\max} değeri 0,877 m olarak gerçekleşmiştir. Bu gruptaki Δ_{\min} değeri 1989 yılında meydana gelen Loma Prieta depreminin Carrolitas (LP-C) kaydında oluşmuştur. LP-C kaydında oluşan Δ_{\max} ise 0,297 m olmuştur. C zemin sınıfında yer alan kayıtlardan oluşan bu grupta tüm kayıtların ortalaması olarak elde edilen eğriye göre ortalama Δ_{\max} değeri ise 0,553 m olarak gerçekleşmiştir. Grupta yer alan tüm kayıtlarda Δ_{\max} yapının en üst katında yani tepe noktasında oluşmuştur.

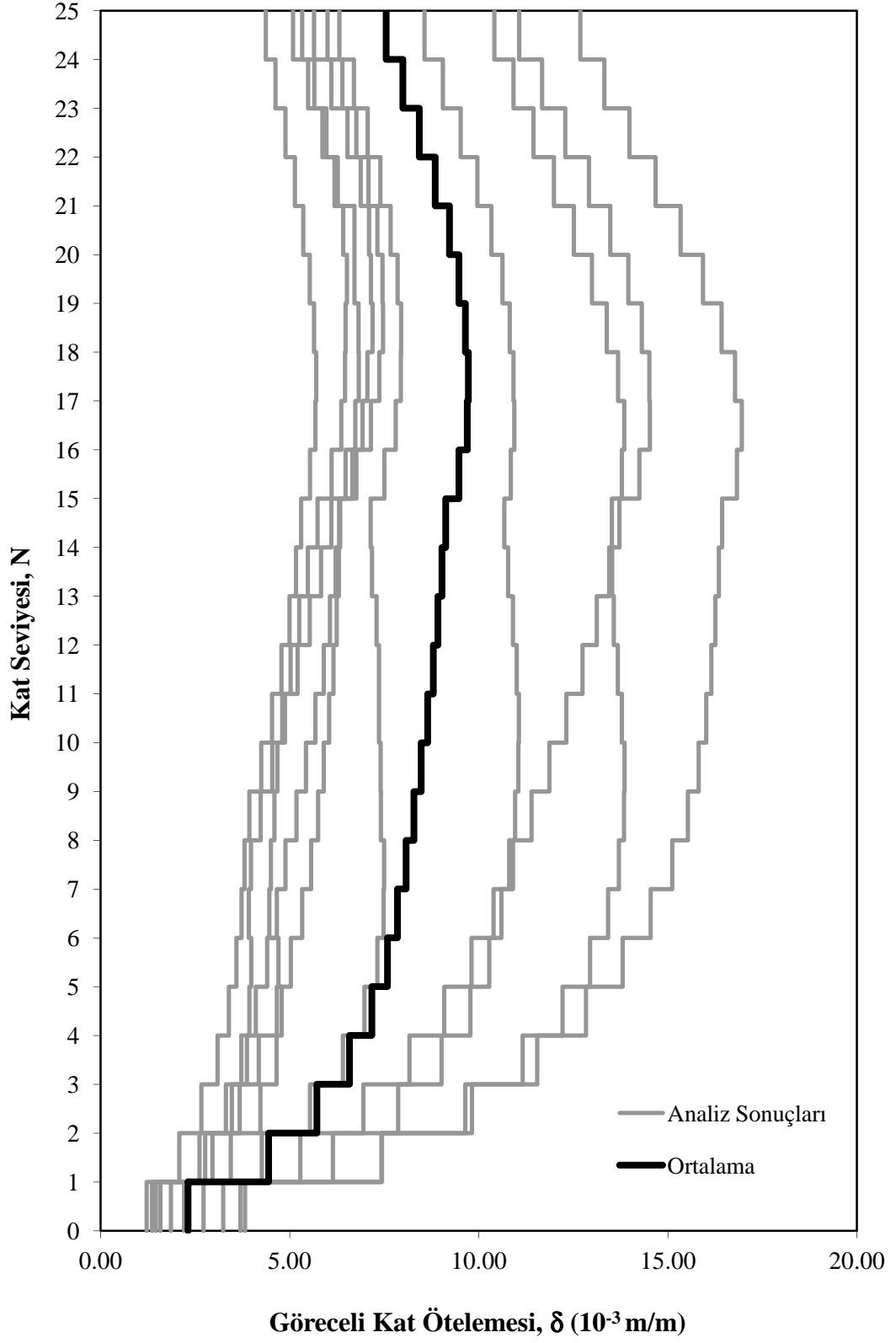
Şekil 6.8’de, zemin dalgası kayma hızı 180 m/sn ile 360 m/sn arasında değişen C zemin grubunda olan gruba ilişkin Kat Seviyesi (N) – Göreceli Kat Ötelemesi (δ) değişimi grafikleri verilmiştir. Analizlere göre maksimum göreceli kat ötelemesi, δ_{\max} ’ın en küçük değeri Loma Prieta depreminin Carrolitas (LP-C) kaydında oluşmuştur. Bahsedilen LP-C kaydında oluşan δ_{\max} değeri $5,70 \times 10^{-3}$ m/m olmuştur. LP-C kaydında oluşan δ_{\min} değeri ise $1,22 \times 10^{-3}$ m/m olarak gerçekleşmiştir. Gruptaki en büyük δ_{\max} Loma Prieta depreminin Saratoga W Valley Coll (LP-SWVC) kaydında oluşmuş ve bu kayıta oluşan δ_{\max} değeri $16,96 \times 10^{-3}$ m/m olmuştur. Buna karşılık LP-SWVC kaydında oluşan δ_{\min} değeri ise $3,70 \times 10^{-3}$ m/m olmuştur. Gruba ilişkin ortalama eğriye göre ortalama δ_{\max} değeri $9,72 \times 10^{-3}$ m/m, ortalama δ_{\min} değeri ise $2,32 \times 10^{-3}$ m/m olarak gerçekleşmiştir.

Bu bölümde sunulan kayma dalgası hızı değişen (C ve D zemin sınıfından elde edilen) kayıt gruplarına ilişkin ortalama grafikler çalışmanın sonraki bölümünde kıyaslanarak zemin durumunun yapı davranışına etkisi ortaya konmuştur.



Şekil 6.7. 360 m/sn < V_s < 760 m/sn olan kayıt grubu N – Δ değişimi

360 m/sn < V_s < 760 m/sn (C Zemin Sınıfı)

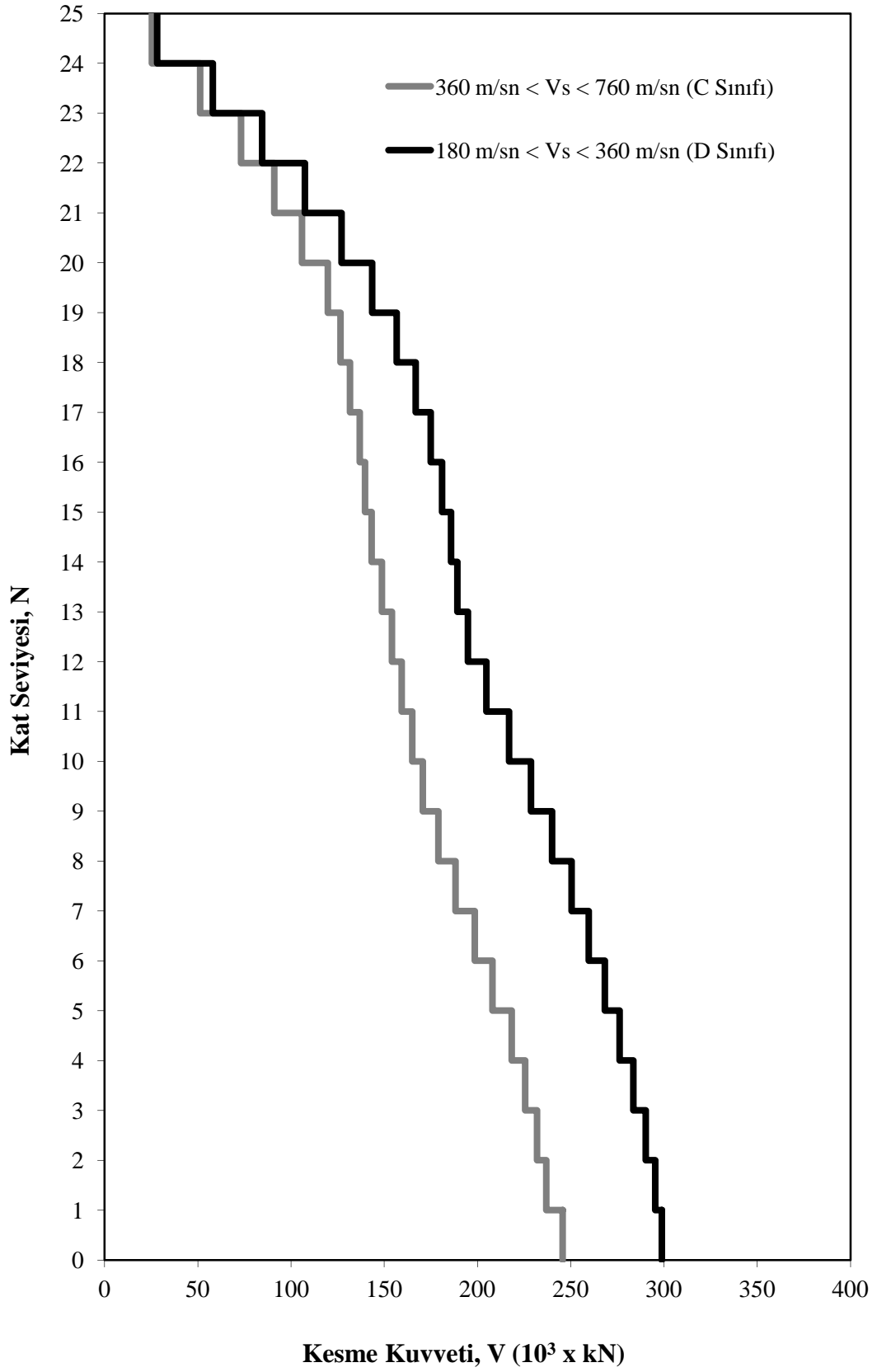


Şekil 6.8. 360 m/sn < V_s < 760 m/sn olan kayıt grubu N – δ değişimi

6.2. Zemin Sınıfı Değişen Kayıt Gruplarının Sonuçlarının Karşılaştırılması

Çalışmanın bu bölümünde zemin dalgası kayma hızı (V_s) 180 m/sn ile 360 m/sn arasında değişen D grubu zeminden elde edilen kayıtlar ve V_s değeri 360 m/sn ile 760 m/sn arasında değişen C grubu zeminlerden kaydedilmiş kayıtlardan oluşan iki ayrı kayıt grubu oluşturulmuş ve bu gruplar ile zaman tanım alanında dinamik analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın 6.1. bölümünde her bir grup için analizlerden elde edilen Kesme Kuvveti (V), Eğilme Momenti (M), Kat Ötelemesi (Δ) ve Göreceli Kat Ötelemesi (δ) değerlerinin Kat Seviyesi (N) ile değişimi eğrileri ve bu eğrilerin ortalamasının alınması ile elde edilen ortalama eğriler sunulmuştur. Bu bölümde ise her bir grup için elde edilen ortalama N – V, N – M, N – Δ ve N – δ eğrileri birbirleri ile kıyaslanarak tartışılmıştır.

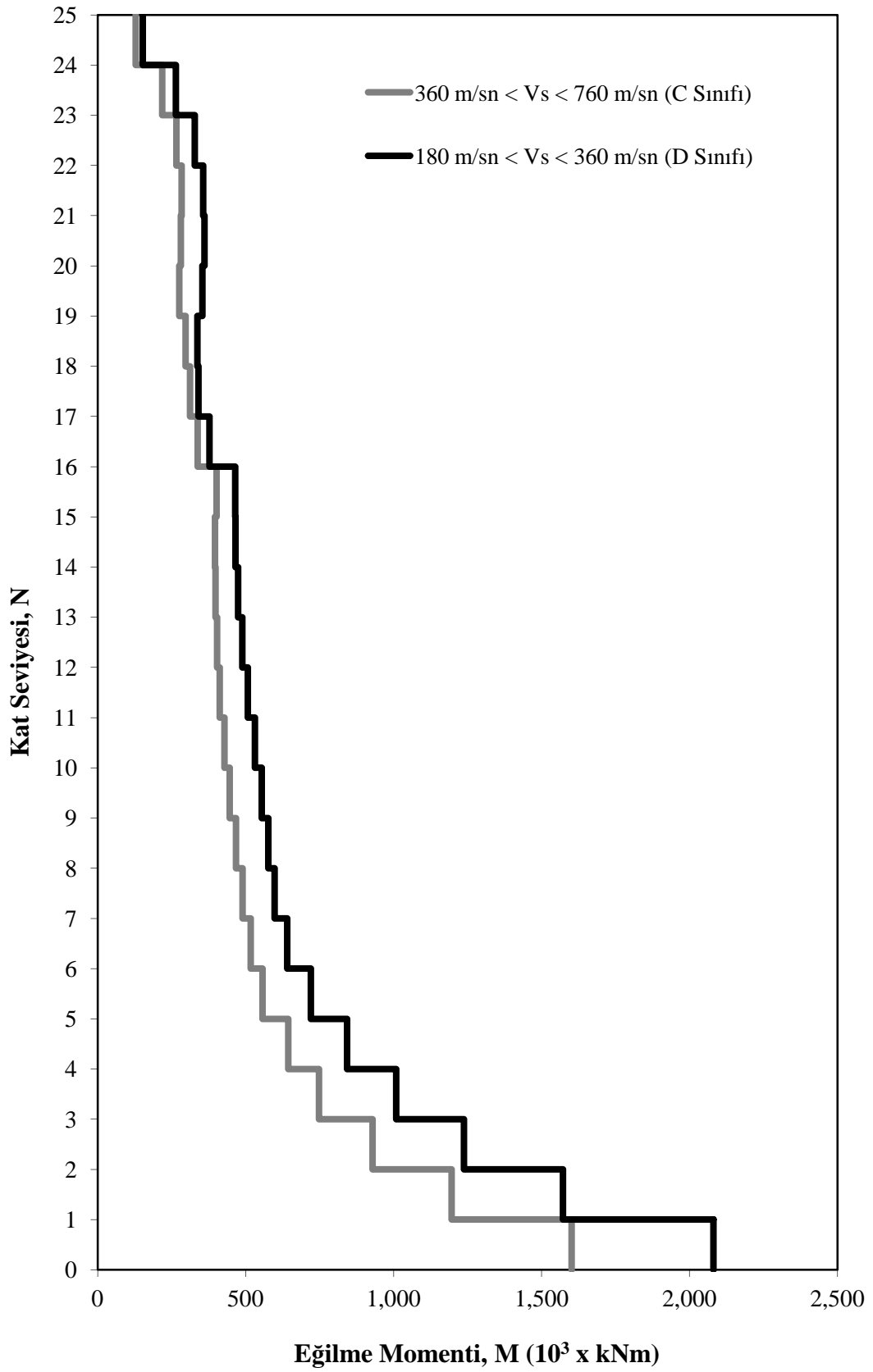
Şekil 6.9’da, C ve D zemin grubundan olan iki kayıt grubundan elde edilen ortalama Kat Seviyesi (N) - Kesme Kuvveti (V) eğrileri verilmiştir. Şekilde gösterilen açık renkli eğri zemin dalgası kayma hızı 360 m/sn ile 760 m/sn arasında değişen C grubu kayıt grubunun ortalaması olarak elde edilmiştir. Bu eğride ortalama V_{max} değeri yapının en alt katında oluşmuş ve $245,73 \times 10^3$ kN değerini almıştır. Bu grupta elde edilen ortalama V_{min} değeri yapının en üst katında oluşmuş ve aldığı değer $25,43 \times 10^3$ kN olmuştur. Şekilde koyu renkli gösterilen eğri ise zemin dalgası kayma hızı 180 m/sn ile 360 m/sn arasında değişen D grubu zeminden elde edilmiş kayıt grubundan elde edilmiş sonuçları göstermektedir. Bu eğride V_{max} değeri yine yapının en alt katında oluşmuş ve elde edilen V_{max} değeri $298,87 \times 10^3$ kN olmuştur. Bu eğride elde edilen V_{min} değeri ise yine yapının en üst katında oluşmuş ve $28,16 \times 10^3$ kN değerini almıştır. Şekilden de görüldüğü gibi her iki grupta oluşan kesme kuvveti değeri yapı tabanından yukarıya doğru oldukça farklı değerler almıştır. Burada, D grubu zeminden elde edilen deprem grubunda oluşan kesme kuvvetleri yapının özellikle ilk yirmi katında C grubundan elde edilmiş deprem kayıtlarından oluşan kayıt grubunda elde edilenlere göre oldukça büyük değerler almıştır. Ancak, yapının yirminci katından sonraki katlarda oluşan kesme kuvvetleri birbirine yaklaşmaya başlamış ve yapının son katında hemen hemen aynı değere ulaşmıştır.



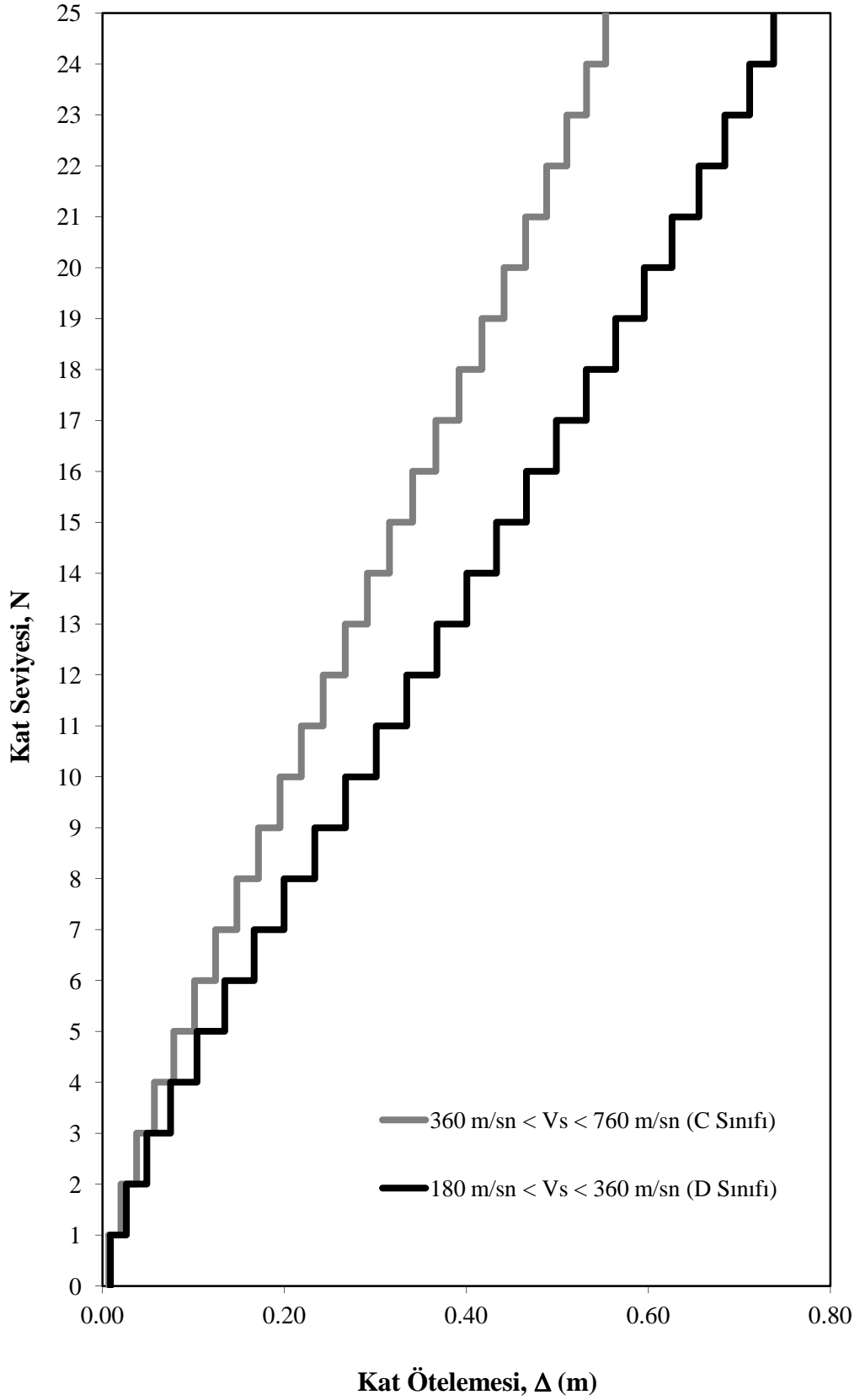
Şekil 6.9. Zemin dalgası kayma hızı değişen gruplarının N – V değişimi

Şekil 6.10'da, C ve D zemin grubun kaydedilmiş kayıtlardan oluşan iki grubun ortalama Kat Seviyesi (N) - Eğilme Momenti (M) eğrileri verilmiştir. Şekilde gösterilen açık renkli eğri zemin dalgası kayma hızı 360 m/sn ile 760 m/sn arasında değişen C grubu kayıt grubunun ortalaması olarak elde edilmiştir. Bu eğride M_{max} değeri yapının en alt katında oluşmuş ve $1.602,48 \times 10^3$ kNm değerini almıştır. Bu grupta oluşan M_{max} değeri yapının en üst katında oluşmuş ve $128,14 \times 10^3$ kNm değerini almıştır. Şekilde gösterilen koyu renkli eğri ise zemin dalgası kayma hızı 180 m/sn ile 360 m/sn arasında değişen D grubu zeminden elde edilen kayıt grubunun ortalaması olarak elde edilmiştir. Bu eğride M_{max} değeri yapının en alt katında oluşmuş ve maksimum değer $2.080,92 \times 10^3$ kNm olmuştur. Bu eğride elde edilen M_{min} değeri ise yapının en üst katında oluşmuş ve $152,78 \times 10^3$ kNm değerini almıştır. Şekilden de görüldüğü gibi her iki grupta oluşan eğilme momenti değerleri yapı tabanından yukarıya doğru oldukça farklı değerler almıştır. Bununla birlikte D grubu zeminden alınan kayıtlardan elde edilen eğilme momentleri yapının özellikle ilk on katında, C grubu zeminden alınan kayıtlardan oluşan grupta elde edilenlere göre oldukça yüksek değerler almıştır. Yapıda oluşan eğilme momentleri yapının 12. katından sonra birbirine yaklaşmaya başlamış ve yapının 16. katında hemen hemen aynı değere ulaşmıştır. Yapının 16. katında oluşan bu durum 17, 18 ve 19. katlarda da varlığını sürdürmüştür. Yapının 19. katından sonra 23. kata kadar, D grubu zeminden elde edilmiş kayıtlardan oluşmuş grupta oluşan eğilme momentleri, C grubu zeminden elde edilmiş kayıtlardan oluşmuş gruptakine göre daha büyük olacak şekilde yüksek modların etkisiyle ayrılaşmıştır. Yapının 23. katından sonra ise gruplardaki eğilme momentleri yine birbirine yaklaşmaya başlamış ve 25. katta tekrar aynı değere ulaşmıştır. Şekle göre, genel anlamda D grubu zeminlerden elde edilen kayıtlardan elde edilen sonuçların C grubu zeminlerden elde edilen sonuçlara göre daha büyük değerler aldığı söylenebilecektir.

Şekil 6.11'de, C grubu zeminden elde edilmiş kayıt grubu ve D zemin grubundan olan iki kayıt grubundan elde edilen ortalama Kat Seviyesi (N) – Kat Ötelemesi (Δ) eğrileri verilmiştir.



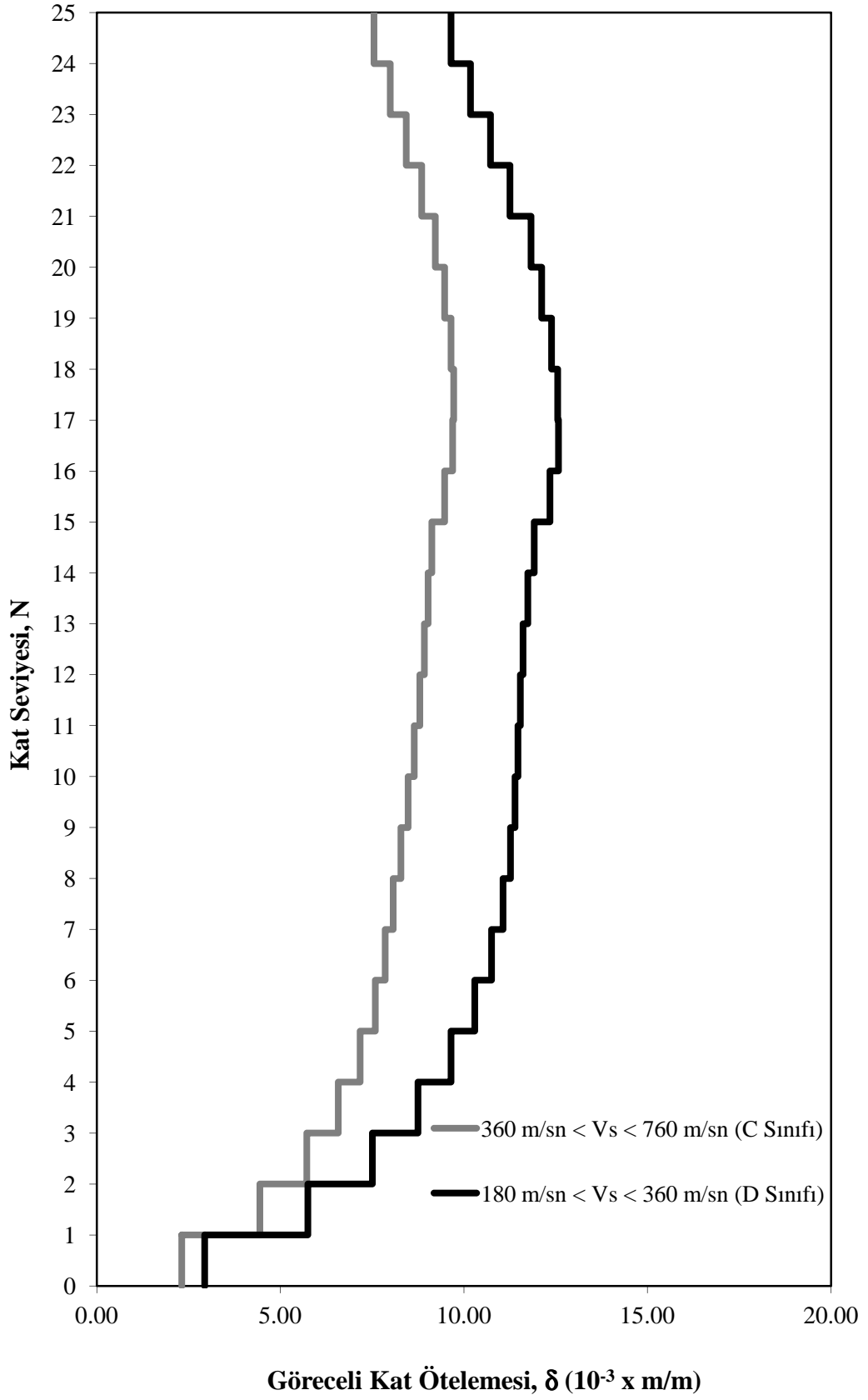
Şekil 6.10. Zemin dalgası kayma hızı değişen gruplarının N – M değişimi



Şekil 6.11. Zemin dalgası kayma hızı değişen grupların $N - \Delta$ değişimi

Şekil 6.11’de gösterilen açık renkli eğri kayma dalgası hızı 360 m/sn ile 760 m/sn arasında değişen C grubu zeminden elde edilmiş kayıt grubunun ortalaması olarak elde edilmiştir. Bu eğriye göre yapıda elde edilen maksimum kat ötelemesi değeri, Δ_{max} yapının en üst katında oluşmuş ve 0,553 m değerini almıştır. Şekilde koyu renkli gösterilen eğri ise kayma dalgası hızı 180 m/sn ile 360 m/sn arasında değişen D grubu zeminden elde edilmiş kayıt grubunun ortalaması olarak bulunmuştur. D grubundan elde edilen kayıtların alındığı gruba ilişkin olarak verilen koyu renkli bu egride maksimum kat ötelemesi Δ_{max} yapının en üst katında 0,737 m olarak oluşmuştur. Şekle göre kaydın alındığı zeminin kayma dalgası hızı azaldıkça yapı katlarında ve tepe noktasında oluşan deplasmanların arttığı söylenebilmektedir.

Şekil 6.12’de, zemin dalgası kayma hızı 360 m/sn ile 760 m/sn arasında değişen C grubu zeminden elde edilmiş kayıt grubu ve zemin dalgası kayma hızı 180 m/sn ile 360 m/sn arasında değişen D grubu zeminden elde edilmiş iki kayıt grubunun sonuçları olan Kat Seviyesi (N) – Göreceli Kat Ötelemesi (δ) eğrileri verilmiştir. Şekilde gösterilen açık renkli eğri C grubu zeminden elde edilen kayıt grubunun ortalaması olarak elde edilmiştir. Bu grupta maksimum göreceli kat ötelemesi olan δ_{max} değeri $9,72 \times 10^{-3}$ m/m olarak bulunmuştur. Bu egride minimum göreceli kat ötelemesi olan δ_{min} değeri ise $2,32 \times 10^{-3}$ m/m olarak gerçekleşmiştir. Bu grupta δ_{max} yapının 17 ve 18. katlarında, δ_{min} ise 1. katında gerçekleşmiştir. Şekilde koyu renk çizgi ile gösterilen eğri D grubu zeminde elde edilmiş kayıt grubuna ilişkindir. D grubu zemine ilişkin olarak elde edilen bu egride δ_{max} yapının 16 ve 17. katlarında $12,57 \times 10^{-3}$ m/m olarak gerçekleşmiştir. Bu egrideki δ_{min} ise yapının 1. katında $2,95 \times 10^{-3}$ m/m olarak elde edilmiştir. C ve D grubu zeminlerden oluşan kayıtlar için elde edilmiş sonuçların verildiği Şekil 6.12’ye genel olarak bakıldığında deprem kayıtlarının kayma dalgası hızı 180 m/sn ile 360 m/sn arasında değişen D grubu zeminden elde edilen kayıtlarda, göreceli kat ötelemelerinin kayma dalgası hızı 360 m/sn ile 760 m/sn arasında değişen C grubu zeminde alınan kayıtlara göre göreceli kat ötelemelerinin arttığı gözlemlenmiştir.



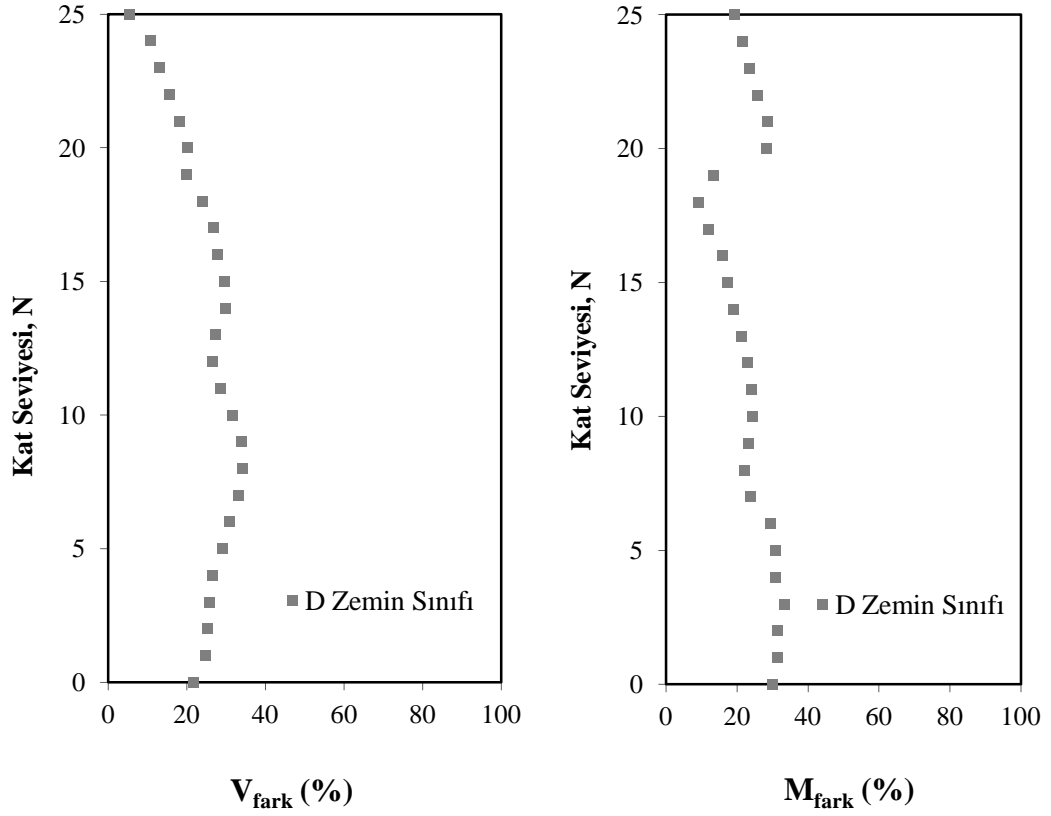
Şekil 6.12. Zemin dalgası kayma hızı değişen grupların N – δ değişimi

6.3. Bölüme İlişkin Sonuçlar

Bu bölümde sunulan sonuçları elde etmek için, kayma dalgası hızı 360 m/sn ile 760 m/sn arasında değişen C grubu zeminler ile kayma dalgası hızı 180 m/sn ile 360 m/sn arasında değişen D grubu zeminlerden elde edilerek iki farklı kayıt grubu kullanılmıştır. Kullanılan gruplarda deprem kaydının PGV, PGA, PGD değerleri geniş bir bantta, deprem moment büyüklüğü ise (M_w) 6,5 ve 7,6 arasında olacak şekilde seçilmiştir. Seçilen bu kayıt grupları ile yapılan dinamik analizler sonucunda her bir analize ilişkin olarak yapının Kat Seviyesi (N) - Kesme Kuvveti (V), Kat Seviyesi (N) - Eğilme Momenti (M), Kat Seviyesi (N) - Kat Ötelemesi (Δ) ve Kat Seviyesi (N) - Göreceli Kat Ötelemesi (δ) eğrileri elde edilmiştir. Bunun akabinde gruplarda yer alan kayıtlardan elde edilmiş eğrilerin ortalaması alınmak suretiyle gruplara ilişkin ortalama N – V, N – M, N - Δ ve N - δ eğrileri elde edilmiştir. Gruplara ilişkin elde edilen bu ortalama eğrilerin karşılaştırılması ile de kayıt gruplarının zemin dalgası kayma hızının (zemin sınıfının) sonuçlara etkisi belirlenmiştir.

Şekil 6.13’de zemin dalgası kayma hızı 180 m/sn ile 360 m/sn arasında değişen (D zemin sınıfından) grup ile kayma hızı 360 m/sn ile 760 m/sn arasında değişen (C zemin sınıfından) gruplar arasındaki kesme kuvveti (V) ve eğilme momenti (M) farkları verilmiştir.

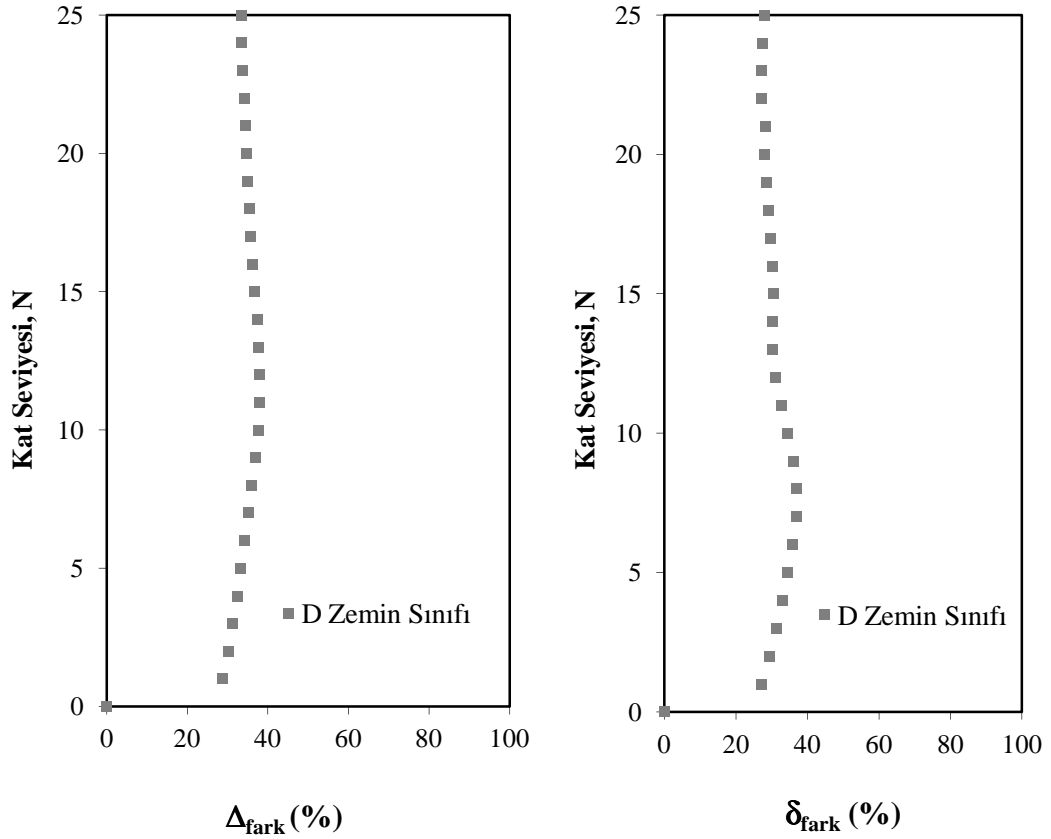
Şekil 6.13 (a)’da, D ve C zemin sınıflarının kıyaslandığı N - V_{fark} eğrisi verilmiştir. Bu eğriye göre D zemin sınıfındaki gruptan elde edilen taban kesme kuvveti, C zemin sınıfındaki gruptan elde edilenlere göre %22 daha büyük olmuştur. Bahsedilen eğriye göre yapının 25. katında elde edilen V_{fark} değeri ise D zemin sınıfındaki grupta %6 daha büyük olarak gerçekleşmiştir. Bu katta elde edilen fark D ve C zemin sınıfları arasındaki minimum fark olmuştur. İki grup arasındaki en büyük V_{fark} ise yapının 8. katında gerçekleşmiş ve bu katta D zemin sınıfındaki gruptan elde edilen V_{fark} değeri, C zemin sınıfındakine göre %34 daha büyük olmuştur.



Şekil 6.1.3. Zemin sınıfına göre; a-) N – V_{fark} değişimi, b-) N – M_{fark} değişimi

Şekil 6.13 (b)'de D ve C zemin sınıfından oluşan grupların kıyaslandığı N - M_{fark} eğrisi verilmiştir. Bu eğriye göre D zemin sınıfındaki gruptan elde edilen taban eğilme momenti, C zemin sınıfındaki gruptan elde edilenlere göre %30 daha büyük olmuştur. Yapının son katında elde edilen M_{fark} değeri ise D zemin sınıfından oluşan grupta %19 daha büyük olarak gerçekleşmiştir. İki grup arasındaki minimum fark ise yapının 18. katında gerçekleşmiş ve bu katta D zemin sınıfından oluşan gruptan elde edilen eğilme momenti değeri, diğer gruba göre %9 daha büyük olmuştur. Eğriye göre iki grup arasındaki en büyük M_{fark} ise yapının 3. katında gerçekleşmiş ve bu katta D zemin sınıfından oluşan gruptan elde edilen M_{fark} değeri, diğer gruba göre %33 daha büyük olmuştur.

Şekil 6.14'de, zemin sınıfına göre kat ötelemesi (Δ) ve göreceli kat ötelemesi (δ) farkları verilmiştir. Şekil 6.14 (a)'da yer alan N - Δ _{fark} eğrisine göre, yapının tepe deplasmanı D zemin sınıfında, C sınıfına göre %33 daha büyük olmuştur.



Şekil 6.14. Zemin sınıfına göre; a-) N - Δ_{fark} değişimi, b-) N - δ_{fark} değişimi

İki grup arasındaki minimum Δ_{fark} ise yapının 1. katından gerçekleşmiş ve bu katta D zemin sınıfındaki kat ötelemesi değeri %29 daha fazla olmuştur. İki grup arasındaki maksimum Δ_{fark} ise yapının 11. katında gerçekleşmiş ve D zemin sınıfındaki kat ötelemesi değeri, C zemin sınıfına göre %39 daha büyük olmuştur.

Şekil 6.14 (b)'de yer alan D ve C zemin sınıfından kayıtların oluşturduğu grupların kıyaslandığı N - δ_{fark} eğrisine göre, gruplar arasındaki minimum δ_{fark} yapının 22. katında oluşmuş ve D zemin sınıfındaki gruptan elde edilen göreceli kat ötelemesi değeri %27 daha büyük olmuştur. Bahsedilen bu iki grup arasındaki maksimum δ_{fark} ise yapının 8. katında oluşmuş ve D zemin sınıfındaki göreceli kat ötelemesi değeri %37 daha büyük olmuştur.

Çalışmanın bu bölümünde gerçekleştirilen analizlerden elde edilen kesme kuvveti, eğilme momenti, kat ötelemesi ve göreceli kat ötelemeleri eğrileri ve bu analizde

kullanılan zemin dalgası kayma hızı farklı kayıt grupları bir arada değerlendirilerek aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Kaydın alındığı zeminin kayma dalgası hızına (zemin sınıfına) göre oluşturulmuş grupların sonuçları göz önüne alındığında kayma dalgası hızı 180 m/sn ile 360 m/sn arasında değişen D zemin sınıfından alınan kayıtlardan oluşan gruptan elde edilen kat kesme kuvvetlerinin, kayma dalgası hızı 360 m/sn ile 760 m/sn arasında değişen C zemin sınıfından kaydedilen kayıtlardan oluşan gruba göre %34 oranında daha büyük gerçekleştiği görülmüştür.

Zemin sınıfına göre oluşturulan gruplardan elde edilen eğilme momentleri kıyaslandığında D zemin sınıfından gruptan hesaplanan değerlerin, diğer gruba göre %33'e varan oranlarda büyük olabildiği gözlemlenmiştir.

Kat ötelemelerine göre kıyaslama yapıldığında D zemin sınıfından alınan kayıtlardan oluşan gruptan elde edilen kat ötelemesinin C sınıfına %39'a varan oranda büyük olabildiği belirlenmiştir.

Zemin sınıfı değişen gruplarda göreceli kat ötelemesi sonuçlarına göre değerlendirme yapıldığında ise D zemin sınıfından elde edilen değerlerin C zemin sınıfındakilere göre %37'ye kadar daha büyük olduğu tespit edilmiştir.

Deprem kaydının alındığı zeminin kayma dalgası hızı azaldıkça yapı katlarında oluşan iç kuvvetler ile ötelenmelerin yaklaşık %40'a varan oranlarda arttığı gözlemlenmiştir.

Zemin dalgası kayma hızı değişen gruplarda, zemin sınıfları arasında %40'a varan farklılıklar oluşabilmektedir. Bu sebeple, daha gerçekçi yapı tepkisinin elde edilmesi için yapının bulunduğu alana uygun kayıt seçilmesi sonuçların güvenilirliği açısından yararlı olacaktır.

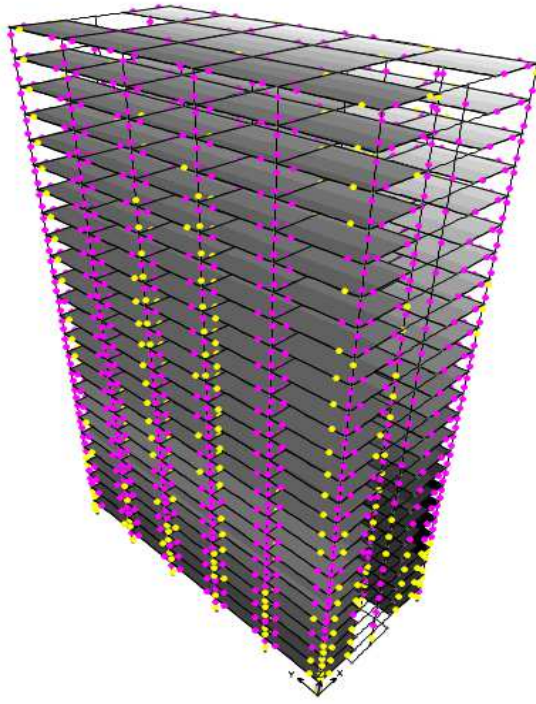
6.4. Yapı Kesitlerinde Oluşan Hasarlar

Yapılan analizler sonucunda yapıda doğrusal olamayan davranış için tanımlanmış mafsalların hasar düzeyleri örnek olarak $PGV_{>80}$ olan kayıt setinde yer alan Kobe depreminin KJMA istasyonundan alınmış kayıt için bu bölümde verilmiştir. Şekil 6.15 ve 6.16'da yapının analiz sonrasındaki görünüşleri verilmiştir. Şekil 6.15 (a)'da yapının analiz sonrasındaki üç boyutlu görünümü sunulmuştur. Şekil 6.15 (b)'de ise yapının 3-3 aksında görülen hasar dağılımı verilmiştir. Şekil 6.16 (a)'da D-D aksında, Şekil 6.16 (b)'de ise 5-5 aksındaki hasar dağılımı verilmiştir. Şekillerde açık renkli verilen kesitler doğrusallığı kaybolarak kalıcı hasar alan mafsalları göstermektedir. Tüm akslarda yer alan kolon ve kirişlerde doğrusallığı kaybolarak plastikleşen (hasar alan) kesit sayısı belirlenerek sonuçları Tablo 6.3'de verilmiştir.

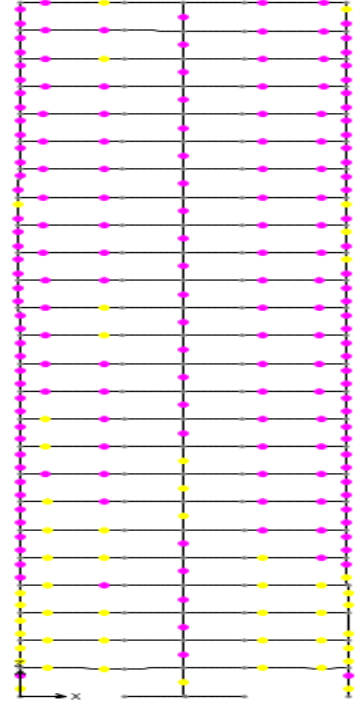
Tablo 6.3. Kat taşıyıcı elemanlarında plastikleşen kesit sayıları

Kat	Plastikleşen Kesit Sayıları			Kat	Plastikleşen Kesit Sayıları		
	Kiriş	Kolon	Toplam		Kiriş	Kolon	Toplam
1	13	38	51	14	14	10	24
2	12	28	40	15	17	12	29
3	13	26	39	16	16	13	29
4	11	26	37	17	13	13	26
5	11	16	27	18	15	14	29
6	13	6	19	19	14	11	25
7	11	5	16	20	17	9	26
8	13	6	19	21	24	10	34
9	16	4	20	22	26	8	34
10	14	4	18	23	29	7	36
11	18	5	23	24	33	6	39
12	17	5	22	25	35	6	41
13	18	7	25				

Tablo 6.3'de verilen plastikleşen kesit sayısının kat seviyesi ile değişimi grafikleri elde edilmiştir (Şekil 6.17). Şekil 6.17 (a)'da verilen kiriş hasarlar sayılarını gösteren grafiğe göre zemin kat kirişlerinde 13 adet plastik mafsal olduğu görülmektedir. Yapının 4, 5 ve 7. kat kirişlerinde oluşan plastik mafsal sayısı 11 adet olmuş ve bu tüm katlarda elde edilen en düşük plastik mafsal sayısı olmuştur. Şekil 17 (a)'da verilen grafikte yapının 20. katından sonraki katlarında oluşan plastik mafsal sayısının artarak son katta toplam 35'e ulaştığı görülmektedir.

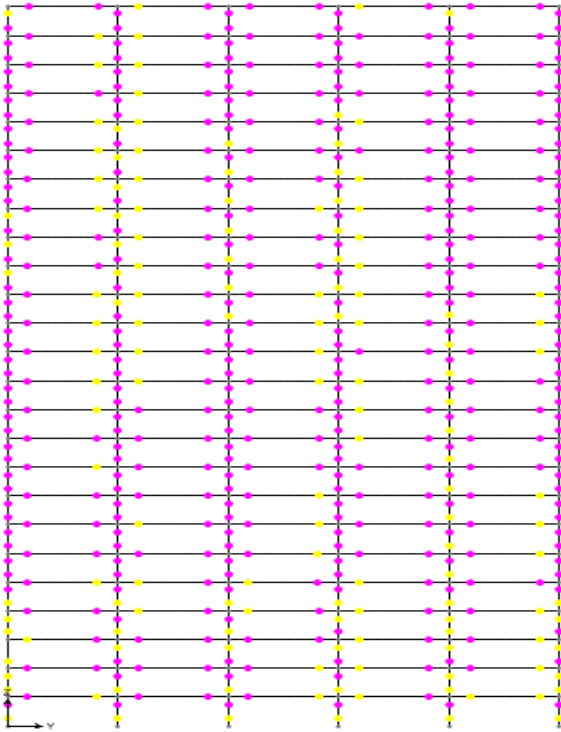


(a)

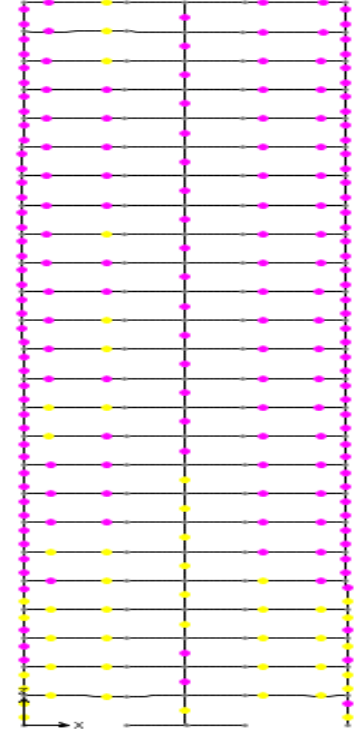


(b)

Şekil 6.15. Analiz sonrası yapı görünümü (a) üç boyutlu görünüm (b) 3-3 aksı elemanları hasar dağılımı



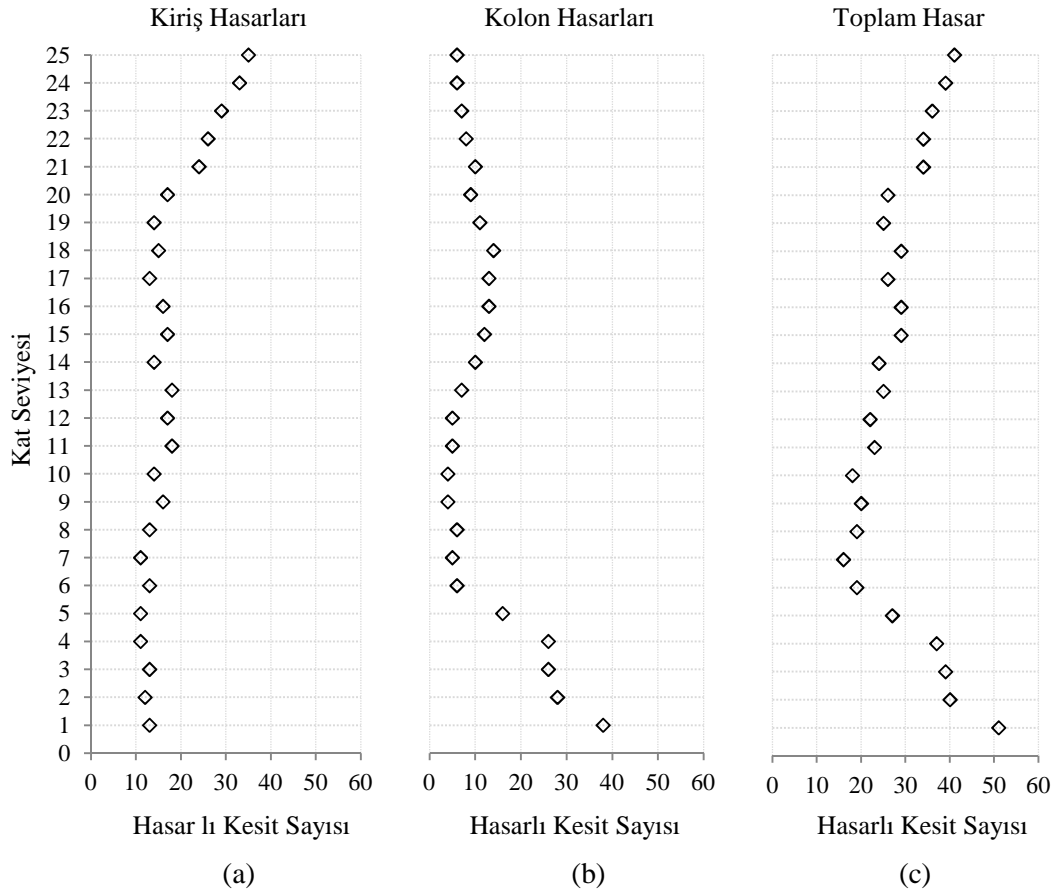
(a)



(b)

Şekil 6.16. Yapı elemanları hasar dağılımı (a) D-D aksı elemanları için (b) 5-5 aksı elemanları

Şekil 17 (b)'de verilen grafiğe göre ise zemin kat kolonlarında 35 adet plastik mafsallı oluştuğu anlaşılmaktadır. Yapının 2. katında, 28, 3. ve 4. katlarında 26, 5. katında 16 adet kolon plastik mafsallı oluşmuş, bu kattan sonra plastik mafsallı sayısı 6'ya düşmüş ve yapının 15. ve 19. katları arasında plastik mafsallı sayısının artma eğilimi göstermiştir. Yapının 20. katından sonra ise kolonlarda oluşan plastik mafsallı sayısı azalmaya başlamış ve yapının son iki katında 6'ya düşmüştür. Şekil 17 (c)'de verilen kiriş ve kolonlarda oluşan mafsalların toplanması ile elde edilene toplam hasar eğrisine göre de yapının 1. katında oluşan plastik mafsallı sayısı 51 adet ile en büyük değeri almıştır. Toplamda oluşan plastik mafsallı sayısı 6. katta 19'a düşmüş ve 11. kata kadar bu seviyede kalmıştır. Yapının 11. katından sonra ise artma eğilimi göstermiş ve yapının son 5 katından sonra artarak son katta 41 adet olmuştur. Tüm grafikler bir arada değerlendirildiğinde oluşan hasarların iç kuvvetlerin daha büyük olduğu özellikle alt katlarda biriktiği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 6.17. Kat seviyelerindeki hasarlar a-) Kirişler b-) Kolonlar c-) Toplam

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemi yapıların çözümlenmesinde en güvenilir yöntem olarak kabul edilmesine rağmen, bu yöntemin güvenilirliğinin analizde kullanılacak ivme kaydının içeriğine bağlı olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada şuna kadar ihmal edilen, yüksek yapıların zaman tanım alanından dinamik analizinde kullanılacak uygun ivme kaydının niteliğini tespiti amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda çalışma kapsamında betonarme bir yapı seçilerek, yapının zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz için yapının üç boyutlu analitik modeli oluşturulmuş ve bu modelde yapının zemine ankastre bağlandığı kabul edilmiş, ayrıca düşey yapı elamanlarının tamamı çubuk eleman olarak modellenmiştir. Yapıdaki doğrusal olmayan davranış için yığılı plastisite kabulü yapılmış kolon, kiriş ve perde gibi taşıyıcı elemanların uç bölgelerinde plastik mafsallar tanımlanmıştır. Mafsal bölgesindeki kesit davranışı için yaygın olarak kullanılan sargılı ve sargısız beton davranış modelleri ile çelik davranış modelleri alınarak kesit kapasiteleri belirlenmiş ve bu kesit kapasiteleri modele yansıtılmıştır.

Zaman tanım alanında yapılan dinamik analizin en önemli parametresi kullanılacak ivme kaydının niteliği olduğundan çalışmada kapsamında yapılacak dinamik analizlerde kullanılacak kayıt özellikleri değişken alınmıştır. Bu bağlamda deprem kaydının tepe yer hızı (PGV), yönelim etkisi (YE) ve kaydın alındığı zeminin kayma dalgası hızı (zemin sınıfı) farklı olan kayıt grupları oluşturulmuştur.

PGV değeri değişen kayıtların kullanıldığı ilk grup analizde on adet kayıttan oluşan dört ayrı grup oluşturulmuştur. Oluşturulan gruplardan ilkinde PGV değerleri 20 cm/sn ile 40 cm/sn, ikincisinde 40 cm/sn ile 60 cm/sn, üçüncüsünde

ise 60 cm/sn ile 80 cm/sn arasında homojen değişecek, son grupta 80 cm/sn'den büyük olacak şekilde seğilmiştir.

İkinci grup analizde kullanılan kayıt grupları, kaydın YE iğeriğine göre oluşturulmuştur. Buna göre YE içeren on adet kayıt ile ilk grup, YE içermeyen kayıtlardan oluşan on adet kayıt ile de ikinci grup oluşturulmuştur.

Üçüncü ve son grup analizlerde ise YE içeren kayıtlardan zemin kayma dalgası hızına göre ayrılan iki ayrı kayıt grubu oluşturulmuştur. İlk gruptaki kayıtlar kayma dalgası hızı 360 m/sn ile 760 m/sn arasında değişen C grubu zeminlerden, ikinci gruptaki kayıtlar ise kayma dalgası hızı 180 m/sn ile 360 m/sn arasında değişen D grubu zeminlerden kaydedilmiş olanlar arasından seğilmiştir. Bu iki grupta yer alan kayıtlar 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem tasarım spektrumuna göre zaman tanım alanında belli bir periyot aralığında ölçeklenmiştir.

Seçilen kayıt gruplarında yer alan ivme kayıtları kullanılarak yapının doğrusal olmayan dinamik analizleri geręekleřtirilmiřtir. Yapılan analizler sonucunda kayıtların, her bir hesap adımı için yapının düşey taşıyıcı elemanlarında oluşturduğu kesme kuvveti ve eğilme momentleri ile kat yatay deplasmanları elde edilmiştir. Her hesap adımında, katlardaki tüm düşey taşıyıcı elemanlarda oluşan iç kuvvetler toplanarak katlarda oluşan maksimum toplam kesme kuvveti (V) ile maksimum toplam eğilme momenti (M) değerleri elde edilmiştir. Benzer olarak kayıtların her biri için hesap adımlarında kat seviyelerinde oluşan en büyük yatay ötelenmeler (Δ) elde edilmiştir. Bunun akabinde yatay kat ötelenmelerinin kat yüksekliğine bölünmesi ile en büyük göreceli kat ötelenmeleri (δ) belirlenmiştir. Belirlenen bu parametrelerin yapının kat seviyelerindeki değişimini görmek amacıyla her analiz için kesme kuvveti (V), eğilme momenti (M), kat ötelenmesi (Δ) ve göreceli kat ötelenmesi (δ) değerlerinin kat seviyesi (N) ile değişimini gösteren eğriler oluşturulmuştur. Bunun sonrasında gruplarda yer alan kayıtların sonuçlarına göre oluşturulan bu eğrilerin ortalaması alınarak ortalama eğriler elde edilmiştir. Her analiz grubu için belirlenen ortalama eğriler kendi içinde

karşılaştırılarak seçilen analiz değişkeninin yapı davranışına etkisi ortaya konarak sonuçları tartışılmıştır. Yapılan bu açıklamalara göre elde edilen veriler ve bu verilerin değerlendirilmesi neticesinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Dinamik analizde kullanılan PGV değerine göre oluşturulmuş gruplar en düşük PGV değerine sahip PGV_{20-40} grubuyla kıyaslandığında PGV_{40-60} grubundan elde edilen kat kesme kuvvetinin %65, PGV_{60-80} grubundan elde edilenin %85, $PGV_{>80}$ grubundan elde edilenin ise %307 oranında daha büyük olduğu belirlenmiştir.

Gruplardan elde edilen momentler birbiri ile kıyaslandığında PGV_{40-60} grubundan elde edilen kat toplam eğilme momentlerinin PGV_{20-40} grubuna göre %74, PGV_{60-80} grubundan elde edilenin %86, $PGV_{>80}$ grubundan elde edilenin ise %327'ye varan oranda daha büyük olduğu görülmüştür.

Elde edilen kat ötelemelerine göre kıyaslama yapıldığında PGV_{40-60} grubundan elde edilen kat ötelemesinin PGV_{20-40} grubuna göre %68, PGV_{60-80} grubundan elde edilenin %80, $PGV_{>80}$ grubundan elde edilenin ise %290 düzeyinde daha büyük olduğu tespit edilmiştir.

Göreceli kat ötelemesi sonuçlarına göre değerlendirme yapıldığında PGV_{40-60} grubundan elde edilen göreceli kat ötelemesinin PGV_{20-40} grubuna göre %68, PGV_{60-80} grubundan elde edilenin %82, $PGV_{>80}$ grubundan elde edilenin ise %309 düzeyinde daha büyük etkiler meydana getirdiği görülmüştür.

PGV değerine göre oluşturulan deprem kayıtlarından elde edilen kesme kuvveti, eğilme momenti, kat ötelemesi ve göreceli kat ötelemesi sonuçları bir arada değerlendirildiğinde kaydın PGV değeri arttıkça yapıda oluşan iç kuvvetler ile ötelenmelerin %300 mertebesine varan oranlarda arttığı görülmektedir. Bu sebeple yüksek yapıların dinamik analizinde kullanılacak deprem kayıtlarının PGV değeri olabildiğince yüksek seçilmelidir.

Kaydın YE içeriğine göre oluşturulmuş grupların sonuçları kıyaslandığında DE içeren gruplardan elde edilen kat kesme kuvvetlerinin, YE içermeyen gruplardan elde edilenlere göre %86 oranında daha büyük gerçekleşebildiği görülmüştür.

YE içeriğine göre oluşturulmuş gruplardan elde edilen eğilme momentleri kıyaslandığında ise YE içeren grupta oluşan eğilme momentlerinin, diğer gruba göre %86'ya varan oranlarda büyük olabildiği belirlenmiştir.

Kat ötelemelerine göre kıyaslama yapıldığında YE içeren gruptan elde edilen kat ötelemesinin YE içermeyen gruptan elde edilene göre %101 oranında daha büyük olabildiği gözlemlenmiştir.

Göreceli kat ötelemesi sonuçlarına göre değerlendirme yapıldığında ise YE içeren gruptan elde edilen göreceli kat ötelemesinin diğerine göre %99 oranında daha büyük olduğu tespit edilmiştir.

Kaydın YE içeriğine göre oluşturulan gruplardan elde edilen kesme kuvveti, eğilme momenti, kat ötelemesi ve göreceli kat ötelemesi sonuçları göz önüne alındığında kaydın YE içermesi durumunda yapıda oluşan iç kuvvetler ile ötelemelerin %100'e varan oranlarda arttığı görülmektedir. Bu sebeple yüksek yapıların dinamik analizinde kullanılacak deprem kayıtlarının YE içermesi analiz sonuçlarının güvenilirliği açısından önem arz etmektedir.

Kaydın alındığı zeminin kayma dalgası hızına (zemin sınıfına) göre oluşturulmuş grupların sonuçları göz önüne alındığında kayma dalgası hızı 180 m/sn ile 360 m/sn arasında değişen D zemin sınıfından alınan kayıtlardan oluşan gruptan elde edilen kat kesme kuvvetlerinin, kayma dalgası hızı 360 m/sn ile 760 m/sn arasında değişen C zemin sınıfından kaydedilen kayıtlardan oluşan gruba göre %34 oranında daha büyük gerçekleşebildiği görülmüştür.

Zemin sınıfına göre oluşturulan gruplardan elde edilen eğilme momentleri kıyaslandığında D zemin sınıfından gruptan hesaplanan değerlerin, diğer gruba göre %33'e varan oranlarda büyük olabildiği gözlemlenmiştir.

Kat ötelemelerine göre kıyaslama yapıldığında D zemin sınıfından alınan kayıtlardan oluşan gruptan elde edilen kat ötelemesinin C sınıfına %39'a varan oranda büyük olabildiği belirlenmiştir.

Zemin sınıfı değişen gruplarda göreceli kat ötelemesi sonuçlarına göre değerlendirme yapıldığında ise D zemin sınıfından elde edilen değerlerin C zemin sınıfındakilere göre %37'ye kadar daha büyük olduğu tespit edilmiştir.

Deprem kaydının alındığı zeminin kayma dalgası hızı azaldıkça yapı katlarında oluşan iç kuvvetler ile ötelenmelerin yaklaşık %40'a varan oranlarda arttığı gözlemlenmiştir.

Kaydın alındığı zeminin dalga hızına göre oluşturulan gruplardan elde edilen kesme kuvveti, eğilme momenti, kat ötelemesi ve göreceli kat ötelemesi sonuçları göz önüne alındığında kaydın kayma dalgası hızı azaldıkça oluşan iç kuvvetler ile ötelenmelerin %40'a varan oranlarda arttığı görülmektedir. Bu sebeple yüksek yapıların dinamik analizinde kullanılacak deprem kayıtlarının yapının bulunduğu alana uygun seçilmesi daha güvenilir yapı tepkisinin elde edilmesi açısından yararlı olacaktır.

Yapıda oluşan hasarların genellikle kat eğilme momentlerinin daha büyük olduğu alt katlar ile yüksek mod etkileri sebebiyle eğilme momentlerinin büyüdüğü üst katlarda biriktiği görülmüştür.

Çalışma kapsamında elde edilen tüm veriler bir arada değerlendirildiğinde deprem kaydının PGV değerinin sonuçlar üzerinde oldukça baskın bir etkisinin olduğu, PGV değerleri büyüdükçe kesme kuvveti, eğilme momenti gibi iç kuvvetler ile ötelenmelerin arttığı görülmektedir. Bununla birlikte deprem kaydının YE içeriği

de bahsedilen sonuçları etkilemekte ve YE içeren gruplarda iç kuvvetler ve ötelenmeler daha büyük olmaktadır. Dinamik analizde kullanılacak kaydın alındığı zemin sınıfı da analiz sonuçlarını etkileyen bir diğer faktör olarak karşımıza çıkmakta ve zeminin kayma dalgası hızı azaldıkça iç kuvvetler ile ötelenmelerin arttığı gözlemlenmektedir. Analizlerden elde edilen bu veriler çerçevesinde yüksek yapıların dinamik analizinde kullanılacak kayıtların PGV değerlerinin olabildiğince yüksek olması, YE içermesi ve kaydın alındığı zemin sınıfının yapının bulunduğu sahanın zemin sınıfına uygun olması ile yapıda oluşacak tepkilerin gerçeğe daha yakın tahmin edilmesi mümkün olacaktır.

Zaman tanım alanında analizde kullanılacak kayıtların seçiminde depremin büyüklüğü, kayıt yerinin fay yüzey kırığına olan mesafesi, zemin sınıfı, fayın kırılma mekanizması ve seçilen kayıt grubunun tek bir kayıt tarafından baskılanmamasının göz önüne alınması gereken hususlar olduğu bilinmektedir. Ancak, bu çalışmadan elde edilen sonuçlar göz önüne alındığında, yüksek yapılar ile ilgili yapılacak zaman tanım alanında analizlerde, bahsedilen kayıt seçim kriterlerine ilave olarak kaydın PGV değeri ile YE içeriği gibi kriterlerin de dikkate alınmasının daha gerçekçi yapı tepkisinin elde edilmesi adına önemli olduğu görülmektedir.

Bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçların yüksek yapıların tasarımı ve değerlendirilmesini uğraşı edinen araştırmacı ve uygulamacılara fayda sağlayacağı düşünülmektedir. Çalışmanın devamında, bu çalışmadan elde edilen sonuçların yüksek yapıların performansına etkisinin ne düzeyde olacağı konusunun araştırılmasının yararlı olacağı öngörülmektedir. Ayrıca, analizde yakın saha kaynaklı ivme kaydının iki bileşeninin kullanılması, farklı zeminlerden elde edilen kayıtlar ile bu çalışma kapsamında ele alınan ivme kaydı karakteristiklerinden farklı özellikleri olan kayıtların kullanılması ile ulaşılabilecek sonuçların yüksek yapılar ile ilgili eksik olan bilgilerin elde edilmesini sağlayacağı öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Celep Z., Kumbasar N., *Yapı Dinamiği ve Deprem Mühendisliğine Giriş*, Sema Matbaacılık, İstanbul, 1996.
- [2] Jonathan D. B., Adrian R. M., Characterization of forward-directivity ground motions in the near-fault region, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 2004, **24**, 815–828.
- [3] Gazetas G., Garini M. E., Anastasopoulos I. and Georgarakos T., Effects of Near-Fault Ground Shaking on Sliding Systems, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 2009, **135**(12), 1906-1921.
- [4] Liao W. I., Loh C. H., Wan S., Earthquake responses of RC moment frames subjected to near-fault ground motions, *Structural Design of Tall Building*, 2001, **10**(3), 219–229.
- [5] Ventura C. E., Archila M., Bebamzadeh A. and Liam W. D. F., Large coseismic displacements and tall buildings, *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 2011, **20**, 85–99.
- [6] Uniform Building Code (UBC), International Conference of Building Official, Whittier, California, USA, 1997, 1234–1253.
- [7] Eurocode 8, Design Provisions for Earthquake Resistance of Structure, (ENV 1998-1, CEN), Brussels, Belgium, 1994, 854–876.
- [8] Ministry of Construction, Code for Seismic Design of Buildings (GB50011-2001), Beijing, China, 2001.
- [9] Yang P., Li Y. M., Lai M., A new method for selecting inputting waves for time-history analysis, *Tumu Gongcheng Xuebao*, 2000, **33**(6), 33–37.
- [10] Lee L. H., Lee H. H., Han S. W., Method of selecting design earthquake ground motions for tall buildings, *Structural Design of Tall Buildings*, 2000, **9**(3), 201–213.
- [11] Malhotra P. K., Strong-motion records for site-specific analysis, *Earthquake Spectra*, 2003, **19**(3), 557–578.
- [12] Naeim F., Alimoradi A., Pezeshk S., Selection and scaling of ground motion time histories for structural design using genetic algorithms, *Earthquake Spectra*, 2004, **20**(2), 413–426.

- [13] Chang-Hai Z., Li-Li X., A new approach of selecting real input ground motions for seismic design: The most unfavourable real seismic design ground motions, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 2007, **36**, 1009-1027.
- [14] Anderson J. C., Bertero V. V., Uncertainties in establishing design earthquakes, *Journal of Structural Engineering (ASCE)*, 1987, **113**(8), 1709-1724.
- [15] Applied Technology Council (ATC), Tentative Provisions for the Development of Seismic Regulations for Buildings, ATC-06, Redwood City, California, 1978.
- [16] Bommer J. J. and Acevedo A. B., The Use of Real Earthquake Accelerograms as Input to Dynamic Analysis, *Journal of Earthquake Engineering*, 2004, **8**(1), 43-92.
- [17] Bertero V. V., Mahin S. A., Herrera R. A., A seismic design implications of near fault San Fernando earthquake records, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 1978, **6**, 31-42.
- [18] Anderson J. C., Bertero V. V., Uncertainties in establishing design earthquakes, *Journal of Structural Engineering*, 1987, **113**, 1709-1724.
- [19] Kalkan E., Kunnath S., Effects of fling step and forward directivity on seismic response of buildings, *Earthquake Spectra*, 2006, **22**(2), 367-390.
- [20] Özdemir Z., Fahjan Y. M., Gerçek Deprem Kayıtlarının Tasarım Spektrumlarına Uygun Olarak Zaman ve Frekans Tanım Alanlarında Ölçekleme Yöntemlerinin Karşılaştırılması, 6. *Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, 16-20 Ekim 2007.
- [21] Gasparini D., SIMQKE: A Program for Artificial Motion Generation, PhD Dissertation, Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 1976.
- [22] Carballo J. E., Cornell C. A., Probabilistic Seismic Demand Analysis: Spectrum Matching and Design, Department of Civil and Environmental Engineering, Stanford University, Report No. RMS-41, 2000.
- [23] Huang Y. N., Performance Assessment of Conventional and Base-Isolated Nuclear Power Plants for Earthquake and Blast Loadings, PhD Thesis, Department of Civil, Structural and Environmental Engineering, State University of New York at Buffalo, 2008.
- [24] Özdemir G., Response of Isolated Structures under Bi-Directional Excitations of Near-Field Ground Motions, PhD Thesis, The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University, Ankara, 2010.

- [25] Nikolaou A. S., A GIS Platform for Earthquake Risk Analysis, PhD Dissertation, State University of New York at Buffalo, 1998.
- [26] ASCE, American Society of Civil Engineers, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, Standard ASCE/SEI 7-05, Reston, VA. 2005.
- [27] İstanbul Yüksek Binalar Taslak Deprem Yönetmeliği, *İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı*, 2008.
- [28] Türk Deprem Yönetmeliği, *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara, 2007.
- [29] Constantinou M. C., Whittaker A. S., Fenz D. M. and Apostolakis G., *Seismic Isolation of Bridges*, Department of Civil, Structural and Environmental Engineering, State University of New York at Buffalo, 2007.
- [30] Huang Y. N., Whittaker A. S. and Constantinou M. C., Seismic Demands on Secondary Systems in Conventional and Isolated Nuclear Power Plants, *Proceedings Eighth US National Conference on Earthquake Engineering*, Earthquake Engineering Research Institute, San Francisco, California, 2006.
- [31] Shome N., Cornell C. A., Bazzurro P. and Carballo J. E., Earthquakes, Records and Nonlinear Responses, *Earthquake Spectra*, 1998, **14**(3), 469-500.
- [32] Haselton C. B. and Baker J. W., Ground Motion Intensity Measures for Collapse Capacity Prediction: Choice of Optimal Spectral Period and Effect of Spectral Shape, *Proceedings of the Eighth US National Conference on Earthquake Engineering*, San Francisco, California, 2006.
- [33] Stewart J. P., Chiou S. J., Bray J. D., Graves R. W., Somerville P. G. and Abrahamson N.A., Ground Motion Evaluation Procedures for Performance-Based Design, PEER Report 2001/09, *Pacific Earthquake Engineering Research Center*, University of California, Berkeley, 2001.
- [34] Priestley M. J. N., Amaris A., Dynamic amplification of seismic moments and shear forces in cantilever walls, In Proceedings, *FIB Symposium, Concrete Structures in Seismic Regions*, Athens, Greece, 2003.
- [35] El Sheikh A., Ghobarah A., Elgohary M., Effect of near-fault ground motion on the response of concrete structures, In: Proceedings of the International Symposium on Seismic Evaluation on Existing Nuclear Facilities, *International Atomic Energy Agency*, Vienna, IAEA-CN-106/46, 2003.
- [36] Maffei J., Presentation for LA Tall Buildings Structural Design Council, Rutherford & Chekene: Oakland, CA. 2005.

- [37] Kalkan E., Kunnath S. H., Assessment of current nonlinear static procedures for seismic evaluation of buildings, *Engineering Structures*, 2007, **29**, 305–316.
- [38] Memari A. M., Motlagh A. S., Scanlon A., Seismic evaluation of an existing reinforced concrete framed tube building based on inelastic dynamic analysis, *Engineering Structures*, 2000, **22**, 621–637.
- [39] Mander J. B., Priestley. M. J. N and Park. R., Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete, *Journal of Structural Engineering (ASCE)*, 1998, **114**, 1804-1826.
- [40] Mander J. B., Priestley M. J. N. and Park R., Observed stress-strain behaviour confined concrete, *Journal of Structural Engineering (ASCE)*, 1988, **114**(8), 1827-1849.
- [41] XTRACT v3.0.8 Section Analysis Program (2013), Educational Version, Imbsen Software Systems, CA.
- [42] <http://www.csiberkeley.com/sap2000/> (Ziyaret Tarihi: 12 Şubat 2013).
- [43] AASHTO, 1999, American Association of State Highway and Transportation Officials, Guide Specification for Seismic Isolation Design, Washington, DC.
- [44] EN 8, 2005, Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance Part 2: Bridges, EN 1998-2.
- [45] Stewart J. P., Chiou S. J., Bray J. D., Graves R. W., Somerville P. G. and Abrahamson N. A., Ground Motion Evaluation Procedures for Performance-Based Design, PEER Report 2001/09, *Pacific Earthquake Engineering Research Center*, University of California, Berkeley, 2001.
- [46] Bommer J. J. and Acevedo A. B., The Use of Real Earthquake Accelerograms as Input to Dynamic Analysis, *Journal of Earthquake Engineering*, 2004, **8**(1), 43-92.
- [47] Baker J. W. and Cornell C. A., A Vector-Valued Ground Motion Intensity Measure Consisting of Spectral Acceleration and Epsilon, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 2005, **34**(10), 1193-1217.
- [48] Iervolino I. and Cornell C. A., Record Selection for Nonlinear Seismic Analysis of Structures, *Earthquake Spectra*, 2005, **21**(3), 685-713.
- [49] Bazzurro P. and Cornell C. A., Seismic Hazard Analysis of Nonlinear Structures, I: Methodology, *Journal of Structural Engineering (ASCE)*, 1994, **120**(11), 3320-3344.

- [50] Bazzurro P. and Cornell C. A., Seismic Hazard Analysis of Nonlinear Structures,II:Applications, *Journal of Structural Engineering (ASCE)*, 1994, **120**(11), 3345-3365.
- [51] Shome N., 1999, Probabilistic Seismic Demand Analysis of Nonlinear Structures, Department of Civil and Environmental Engineering, Stanford University, 320p, <http://www.stanford.edu/group/rms/> (Ziyaret Tarihi: 13 Mart 2012).
- [52] Carballo J. E., 2000, Probabilistic Seismic Demand Analysis: Spectrum Matching and Design, Department of Civil and Environmental Eng., Stanford University, 259p, <http://www.stanford.edu/group/rms/> (Ziyaret Tarihi: 13 Mart 2012).
- [53] Luco N., 2002, Probabilistic Seismic Demand Analysis, SMRF Connection Fractures and Near-Source Effect, PhD Thesis, Department of Civil and Env. Eng., Stanford Univ., <http://www.stanford.edu/group/rms/> (Ziyaret Tarihi: 13 Mart 2012).
- [54] Medina R. A.,Seismic Demands for Nondeteriorating Frame Structures and Their Dependence on Ground Motion, PhD Thesis, Department of Civil and Environmental Eng., Stanford University, 2002.
- [55] Jalayer F., 2003, Direct Probabilistic Seismic Analysis: Implementing Non-Linear Dynamic Assessments, PhD Thesis, Department of Civil and Environmental Eng., Stanford Uni., <http://www.stanford.edu/group/rms/> (Ziyaret Tarihi: 13 Haziran 2012).
- [56] Douglas J., Earthquake Ground Motion Estimation Using Strong Motion Records: A Review of Equations for the Estimation of Peak Ground Acceleration and Response Spectral Ordinates, *Earth Science Reviews*, 2003, (61), 43-104.
- [57] Bommer J. J., Douglas J. and Strasser F. O., Style-of-Faulting in Ground-Motion Prediction Equations, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 2003, **1**(2), 171-203.
- [58] Maeim F., Kelly J. M., *Design of Seismic Isolated Structures: Ferom Theory to Practice*, Jahn Wiley & Sons, 1999.
- [59] Reiter L., *Earthquake Hazard Analysis: Issues and Insights*, Colombia University Press, 1990.
- [60] Bommer J. J., Scott S. G., Sarma S. K., Hazard-Consistent Earthquake Scenarios, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 2000, **19**, 219-231.
- [61] Fahjan M. Y., Türkiye Deprem Yönetmeliği (DBYBHY 2007) Tasarım İvme Spektrumuna Uygun Gerçek Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklenmesi, *İMO Teknik Dergi*, 2008, 4423-4444.

- [62] Bommer J. J., Acevedo A. B., Douglas J., The Selection and Scaling of Real Earthquake Accelerograms for Use in Seismic Design and Assessment, *Proceedings of ACI International Conference on Seismic Bridge Design and Retrofit*, American Concrete Institute, 2003.
- [63] Consortium of Organizations For Strong Ground Motion Observation Systems (COSMOS), <http://www.cosmos-eq.org/> (Ziyaret Tarihi: 12 Aralık 2011).
- [64] Pasific Earthquake Engineering Research Center (PEER) Strong Motion Database, <http://peer.berkeley.edu/smcat/> (Ziyaret Tarihi: 11 Ekim 2012).
- [65] Vanmarcke E. H., Representation of Earthquake Ground Motion: Scaled Accelerograms and Equivalent Response Spectra, State-of-the-Art for Assessing Earthquake Hazards in the United States, Report 14, Miscellaneous Paper S-73-1, *US Army Corps of Engineers*, Vicksburg, Mississippi, 1979.
- [66] Krinitzky E. L. and Chang F. K., Specifying Peak Motions for Design Earthquakes, State-of-the-Art for Assessing Earthquake Hazards in the United States, Report 7, Miscellaneous Paper S-73-1, *US Army Corps of Engineers*, Vicksburg, Mississippi, 1977.
- [67] Vanmarcke E. H., State-of-the-Art for Assessing Earthquake Hazards in the United States: Representation of Earthquake Ground Motions – Scaled Accelerograms and Equivalent Response Spectra, Miscellaneous Paper S-73-1, Report 14, *US Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station*, Vicksburg, Mississippi, 1979.
- [68] Malhotra P. K., Strong-Motion Records for Site-Specific Analysis, *Earthquake Spectra*, 2003, **19**(3), 557-578.
- [69] Hancock J., Bommer J. J. and Stafford P. J., Numbers of Scaled and Matched Accelerograms Required for Inelastic Dynamic Analyses, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 2008, **37**, 1585-1607.
- [70] Fahjan Y., Akbaş B., Siyahi B., Ölçeklenmiş Gerçek Deprem Kayıtları ile Yapıların Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Dinamik Analizleri, *1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, 11-14 Ekim 2011, Ankara.
- [71] An Alternative Procedure for Seismic Analysis and Design of Tall Buildings Located in The Los Angeles Region, *Los Angeles Tall Buildings Structural Design Council*, 2011 Edition.
- [72] Guidelines for Performance-Based Seismic Design of Tall Buildings, *Pacific Earthquake Engineering Research Center*, Version 1.0. November 2010.
- [73] Building Seismic Safety Council (BSSC), 2003, “NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other

Structures”, 2003 Edition, Report Nos. FEMA 450, Federal Emergency Management Agency, Washington, DC.

- [74] Metin A., Inelastic Deformation Demands on Moment-Resisting Frame Structures, PhD Thesis, Department of Civil Engineering, Middle East Technical University, 2006.
- [75] Mavroeidis G. P., Modeling and Simulation of Near-Fault Strong Ground Motions for Earthquake Engineering Applications, PhD Thesis, Department of Civil, Structural and Environmental Engineering, State University of New York at Buffalo, 2004.
- [76] Günay M. S., An Equivalent Linearization Procedure for Seismic Response Prediction of MDOF Systems, PhD Thesis, Department of Civil Engineering, Middle East Technical University, 2008.
- [77] Günay M. S., Sucuoğlu H., An improvement to linear-elastic procedures for seismic performance assessment, *Earthquake and Structural Dynamics*, 2010, **39**, 907–931.
- [78] Celep Z., Kumbasar N., *Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*, Beta Dağıtım, İstanbul, 2004.
- [79] Ozdemir G., Constantinou M. C., Evaluation of equivalent lateral force procedure in estimating seismic isolator displacements, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 2010, **30**, 1036–1042.
- [80] CSI Analysis Reference Manual for SAP2000, ETABS, SAFE, <http://docs.csiamerica.com/manuals/etabs/> (Ziyaret Tarihi: 11 Ekim 2010).

EKLER

EK-A. KESİTLERİN KAPASİTELERİ

Tablo A.1. Kolon ve kirişlere ilişkin kesit analizi sonuçları

Kesit	P (kN)	M _y (kN.m)	φ _y (1/m)	M _u (kN.m)	φ _u (1/m)
1. kat kolon	2.286	4.965	1,542E-3	7.079	60,99E-3
2. kat kolon	2.172	4.883	1,534E-3	7.009	60,65E-3
3. kat kolon	2.062	4.811	1,527E-3	6.939	60,42E-3
4. kat kolon	1.954	4.735	1,520E-3	6.864	60,25E-3
5. kat kolon	1.850	4.661	1,512E-3	6.798	60,09E-3
6. kat kolon	1.748	4.585	1,505E-3	6.748	59,11E-3
7. kat kolon	1.648	4.517	1,499E-3	6.676	58,90E-3
8. kat kolon	1.550	4.447	1,492E-3	6.603	58,74E-3
9. kat kolon	1.453	4.374	1,485E-3	6.530	58,62E-3
10. kat kolon	1.358	4.307	1,478E-3	6.459	58,51E-3
11. kat kolon	1.266	4.237	1,471E-3	6.391	58,43E-3
12. kat kolon	1.175	4.172	1,465E-3	6.325	58,35E-3
13. kat kolon	1.086	4.105	1,458E-3	6.259	58,27E-3
14. kat kolon	998	4.043	1,452E-3	6.195	58,06E-3
15. kat kolon	911	3.981	1,445E-3	6.125	57,88E-3
16. kat kolon	831	3.074	1,870E-3	4.749	74,25E-3
17. kat kolon	743	3.022	1,860E-3	4.698	74,13E-3
18. kat kolon	666	2.978	1,852E-3	4.653	74,04E-3
19. kat kolon	590	2.938	1,844E-3	4.609	73,87E-3
20. kat kolon	515	2.892	1,835E-3	4.564	73,63E-3
21. kat kolon	436	2.845	1,826E-3	4.516	73,41E-3
22. kat kolon	354	2.801	1,818E-3	4.465	73,22E-3
23. kat kolon	269	2.748	1,808E-3	4.413	73,06E-3
24. kat kolon	180	2.697	1,798E-3	4.358	72,92E-3
25. kat kolon	91	2.642	1,787E-3	4.304	72,48E-3
1-15. kat kiriş	0	523	3,506E-3	694	0,1435
16-25. kat kiriş	0	487	3,785E-3	645	0,1544

Tablo A.2. Perdelere (900 cm) ilişkin kesit analizi sonuçları

Kesit	P (kN)	M _y (kN.m)	φ _y (1/m)	M _u (kN.m)	φ _u (1/m)
1. kat perde (900cm)	3.649	2.196	6,071E-3	2.891	0,2633
2. kat perde (900cm)	3.512	2.174	6,062E-3	2.869	0,2633
3. kat perde (900cm)	3.396	2.153	6,053E-3	2.848	0,2633
4. kat perde (900cm)	3.267	2.132	6,043E-3	2.828	0,2632
5. kat perde (900cm)	3.135	2.110	6,034E-3	2.805	0,2632
6. kat perde (900cm)	3.001	2.087	6,024E-3	2.783	0,2632
7. kat perde (900cm)	2.863	2.064	6,014E-3	2.760	0,2632
8. kat perde (900cm)	2.724	2.040	6,003E-3	2.737	0,2632
9. kat perde (900cm)	2.583	2.017	5,993E-3	2.713	0,2632
10. kat perde (900cm)	2.439	1.993	5,983E-3	2.690	0,2632
11. kat perde (900cm)	2.294	1.968	5,972E-3	2.665	0,2632
12. kat perde (900cm)	2.177	1.939	5,959E-3	2.635	0,2631
13. kat perde (900cm)	1.997	1.918	5,951E-3	2.615	0,2631
14. kat perde (900cm)	1.846	1.893	5,940E-3	2.590	0,2631
15. kat perde (900cm)	1.694	1.868	5,929E-3	2.566	0,2631
16. kat perde (900cm)	1.557	1.845	5,919E-3	2.542	0,2631
17. kat perde (900cm)	1.392	1.817	5,907E-3	2.515	0,2631
18. kat perde (900cm)	1.252	1.794	5,897E-3	2.491	0,2631
19. kat perde (900cm)	1.110	1.770	5,886E-3	2.469	0,2631
20. kat perde (900cm)	968	1.746	5,876E-3	2.444	0,2630
21. kat perde (900cm)	819	1.721	5,865E-3	2.419	0,2630
22. kat perde (900cm)	663	1.695	5,854E-3	2.394	0,2630
23. kat perde (900cm)	502	1.667	5,842E-3	2.366	0,2630
24. kat perde (900cm)	334	1.640	5,830E-3	2.338	0,2630
25. kat perde (900cm)	166	1.612	5,818E-3	2.311	0,2630

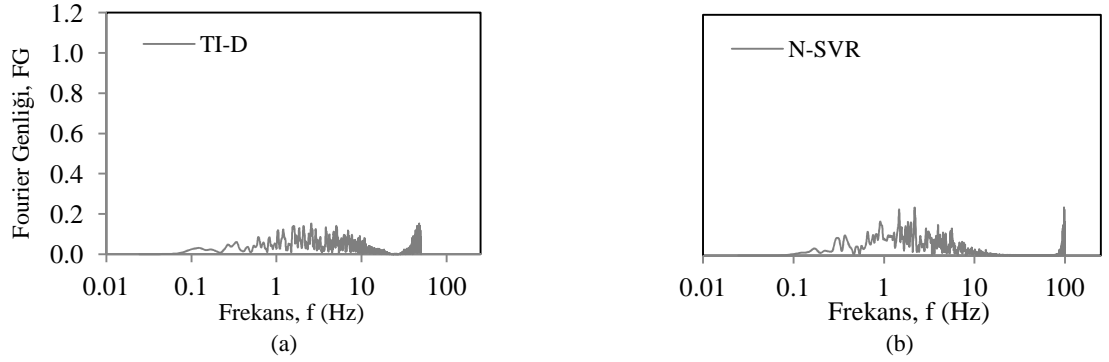
Tablo A.3. Perdelere (750 cm) ilişkin kesit analizi sonuçları

Kesit	P (kN)	M _y (kN.m)	φ _y (1/m)	M _u (kN.m)	φ _u (1/m)
1. kat perde (750cm)	3.041	20,54E+3	0,3443E-3	28,68E+3	14,06E-3
2. kat perde (750cm)	2.934	20,22E+3	0,3435E-3	28,30E+3	14,05E-3
3. kat perde (750cm)	2.830	19,90E+3	0,3427E-3	27,95E+3	14,05E-3
4. kat perde (750cm)	2.722	19,57E+3	0,3419E-3	27,56E+3	14,04E-3
5. kat perde (750cm)	2.612	19,23E+3	0,3410E-3	27,18E+3	14,03E-3
6. kat perde (750cm)	2.501	18,89E+3	0,3402E-3	26,81E+3	14,03E-3
7. kat perde (750cm)	2.386	18,51E+3	0,3393E-3	26,39E+3	14,02E-3
8. kat perde (750cm)	2.270	18,16E+3	0,3384E-3	25,99E+3	14,00E-3
9. kat perde (750cm)	2.152	17,79E+3	0,3375E-3	25,58E+3	13,99E-3
10. kat perde (750cm)	2.033	17,44E+3	0,3366E-3	25,15E+3	13,98E-3
11. kat perde (750cm)	1.912	17,05E+3	0,3356E-3	24,74E+3	13,96E-3
12. kat perde (750cm)	1.764	16,60E+3	0,3345E-3	24,19E+3	13,95E-3
13. kat perde (750cm)	1.664	16,30E+3	0,3337E-3	23,86E+3	13,94E-3
14. kat perde (750cm)	1.538	15,90E+3	0,3327E-3	23,38E+3	13,93E-3
15. kat perde (750cm)	1.412	15,49E+3	0,3316E-3	22,96E+3	13,92E-3
16. kat perde (750cm)	1.298	15,14E+3	0,3306E-3	22,53E+3	13,91E-3
17. kat perde (750cm)	1.160	14,70E+3	0,3294E-3	22,03E+3	13,90E-3
18. kat perde (750cm)	1.043	14,33E+3	0,3284E-3	21,63E+3	13,89E-3
19. kat perde (750cm)	925	13,95E+3	0,3273E-3	21,21E+3	13,88E-3
20. kat perde (750cm)	807	13,59E+3	0,3262E-3	20,78E+3	13,87E-3
21. kat perde (750cm)	682	13,17E+3	0,3250E-3	20,34E+3	13,86E-3
22. kat perde (750cm)	553	12,75E+3	0,3238E-3	19,88E+3	13,86E-3
23. kat perde (750cm)	418	12,32E+3	0,3225E-3	19,41E+3	13,85E-3
24. kat perde (750cm)	278	11,89E+3	0,3213E-3	18,89E+3	13,84E-3
25. kat perde (750cm)	138	11,44E+3	0,3198E-3	18,40E+3	13,83E-3

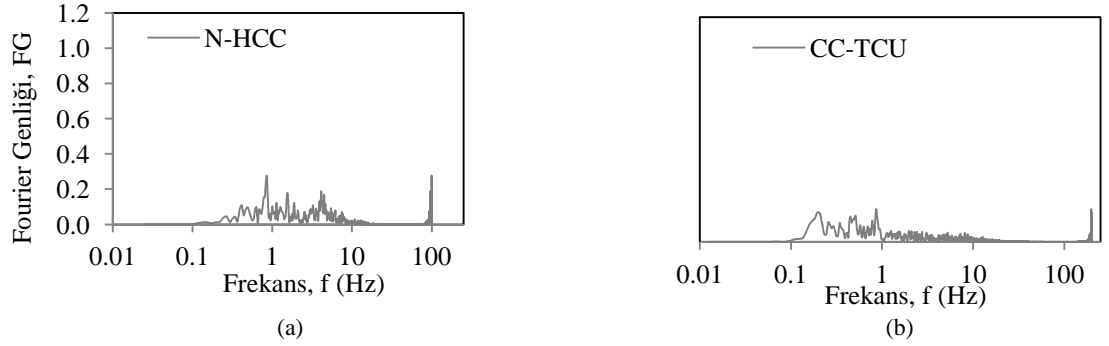
Tablo A.4. Perdeler (250 cm) ilişkin kesit analizi sonuçları

Kesit	P (kN)	M _y (kN.m)	φ _y (1/m)	M _u (kN.m)	φ _u (1/m)
1. kat perde (250cm)	1.014	6.623	1,154E-3	10,46E+3	45,48E-3
2. kat perde (250cm)	978	6.591	1,152E-3	10,42E+3	45,45E-3
3. kat perde (250cm)	943	6.561	1,151E-3	10,39E+3	45,42E-3
4. kat perde (250cm)	907	6.527	1,149E-3	10,35E+3	45,40E-3
5. kat perde (250cm)	871	6.497	1,148E-3	10,31E+3	45,37E-3
6. kat perde (250cm)	834	6.463	1,146E-3	10,28E+3	45,35E-3
7. kat perde (250cm)	795	6.424	1,144E-3	10,24E+3	45,33E-3
8. kat perde (250cm)	757	6.394	1,143E-3	10,19E+3	45,31E-3
9. kat perde (250cm)	717	6.357	1,141E-3	10,15E+3	45,29E-3
10. kat perde (250cm)	678	6.318	1,139E-3	10,12E+3	45,27E-3
11. kat perde (250cm)	637	6.282	1,137E-3	10,08E+3	45,25E-3
12. kat perde (250cm)	588	6.237	1,135E-3	10,02E+3	45,23E-3
13. kat perde (250cm)	555	6.209	1,133E-3	9,988	45,21E-3
14. kat perde (250cm)	513	6.165	1,131E-3	9,940	45,19E-3
15. kat perde (250cm)	471	6.128	1,129E-3	9,903	45,17E-3
16. kat perde (250cm)	433	6.096	1,127E-3	9,859	45,15E-3
17. kat perde (250cm)	387	6.050	1,125E-3	9,814	45,13E-3
18. kat perde (250cm)	348	6.016	1,123E-3	9,778	45,12E-3
19. kat perde (250cm)	308	5.974	1,121E-3	9,733	45,10E-3
20. kat perde (250cm)	269	5.942	1,119E-3	9,695	45,08E-3
21. kat perde (250cm)	227	5.902	1,117E-3	9,648	45,06E-3
22. kat perde (250cm)	184	5.859	1,115E-3	9,604	45,04E-3
23. kat perde (250cm)	139	5.819	1,113E-3	9,559	45,03E-3
24. kat perde (250cm)	93	5.770	1,113E-3	9,513	45,01E-3
25. kat perde (250cm)	46	5.730	1,108E-3	9,460	44,99E-3

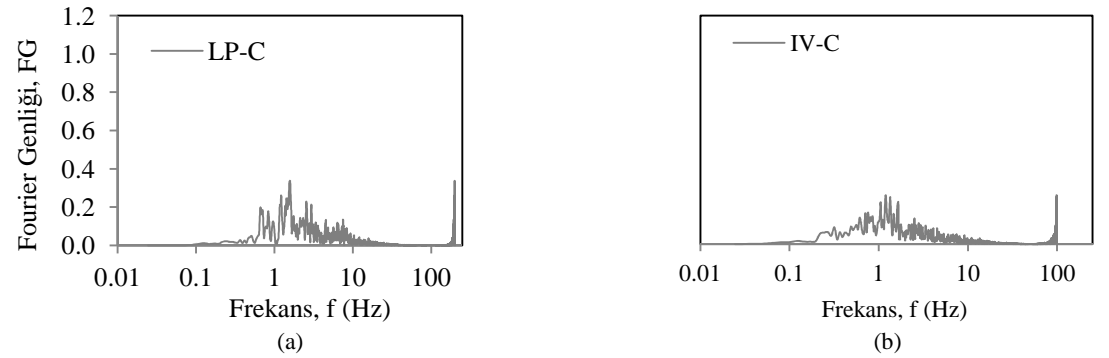
EK-B. DEPREM KAYITLARI FOURIER GENLİK SPEKTRUMLARI



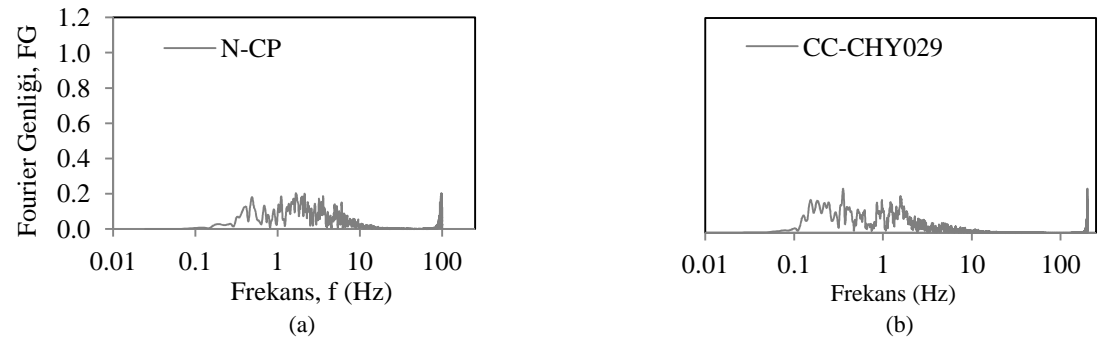
Şekil B.1. PGV₂₀₋₄₀ grubu a-) TD-I kaydı FGS; b-) N-SVR kaydı FGS



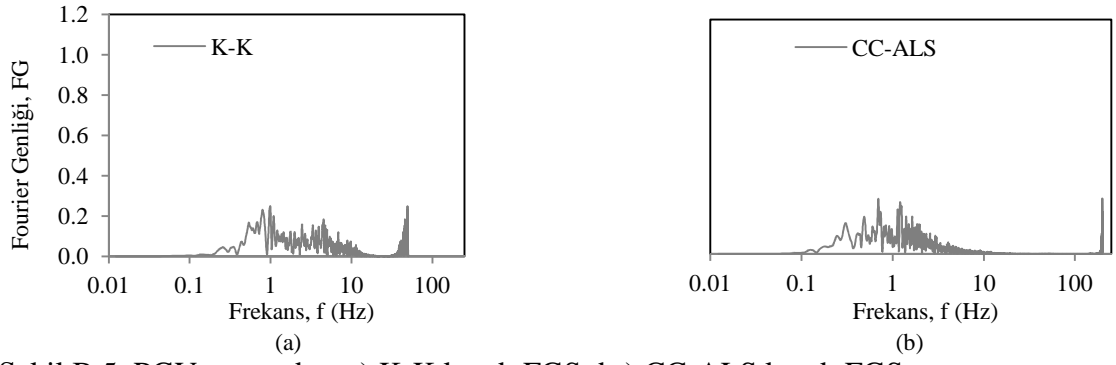
Şekil B.2. PGV₂₀₋₄₀ grubu a-) N-HCC kaydı FGS; b-) CC-TCU kaydı FGS



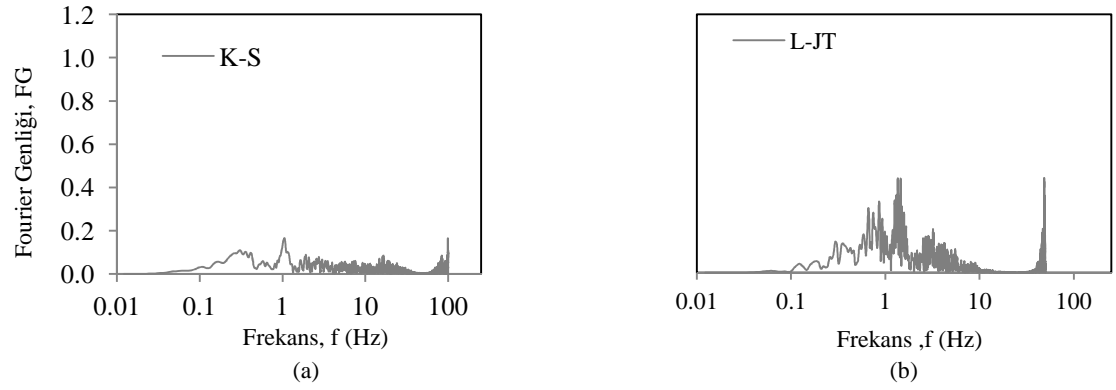
Şekil B.3. PGV₂₀₋₄₀ grubu a-) LP-C kaydı FGS; b-) IV-C kaydı FGS



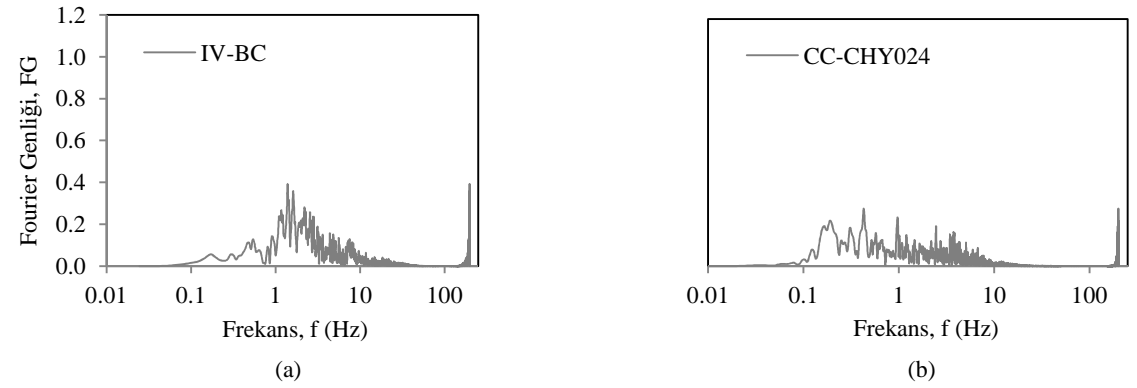
Şekil B.4. PGV₂₀₋₄₀ grubu a-) N-CP kaydı FGS; b-) CC-CHY029 kaydı FGS



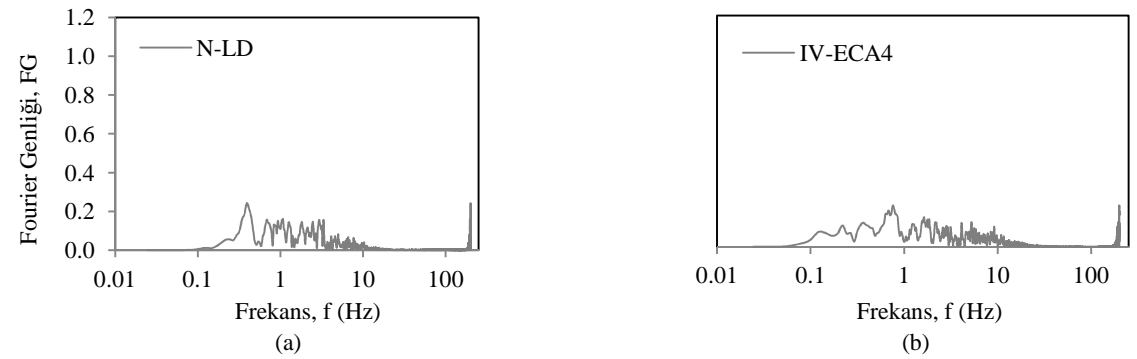
Şekil B.5. PGV₂₀₋₄₀ grubu a-) K-K kaydı FGS; b-) CC-ALS kaydı FGS



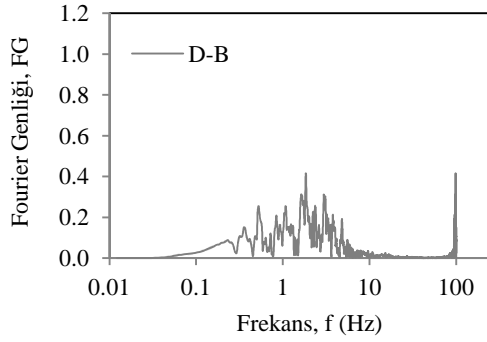
Şekil B.6. PGV₄₀₋₆₀ grubu a-) K-S kaydı FGS; b-) L-JT kaydı FGS



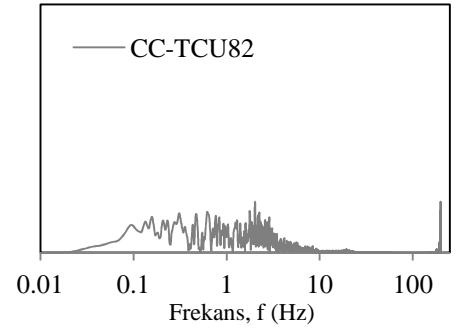
Şekil B.7. PGV₄₀₋₆₀ grubu a-) IV-BC kaydı FGS; b-) CC-CHY024 kaydı FGS



Şekil B.8. PGV₄₀₋₆₀ grubu a-) N-LD kaydı FGS; b-) IV-ECA4 kaydı FGS

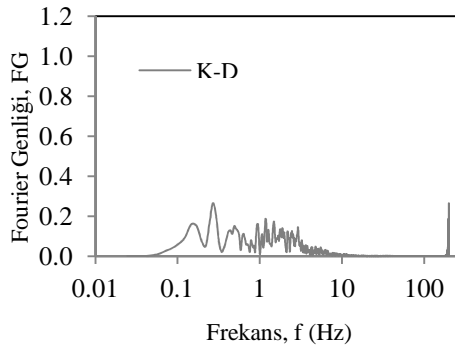


(a)

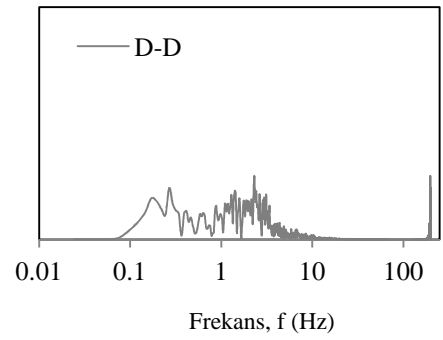


(b)

Şekil B.9. PGV₄₀₋₆₀ grubu a-) D-B kaydı FGS; b-)CC-TCU82 kaydı FGS

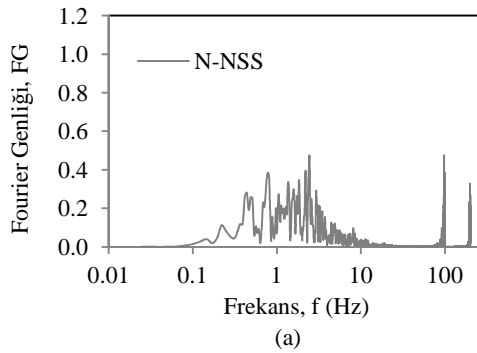


(a)

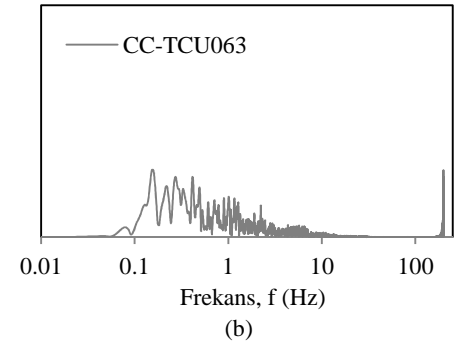


(b)

Şekil B.10.PGV₄₀₋₆₀ grubu a-) K-D kaydı FGS; b-) L-JT kaydı FGS

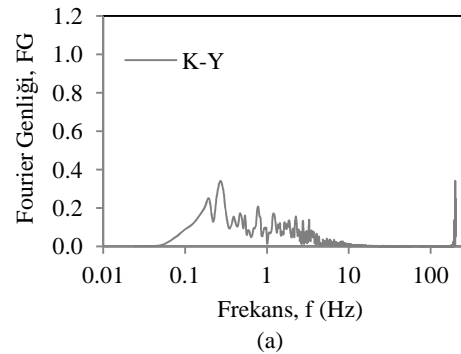


(a)

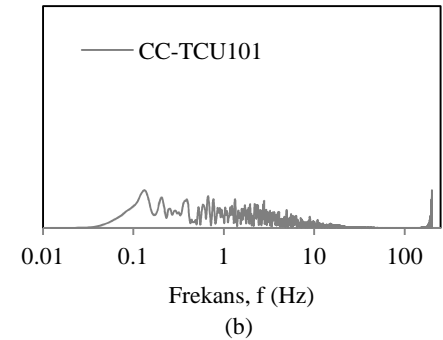


(b)

Şekil B.11. PGV₆₀₋₈₀ grubu a-) N-NSS kaydı FGS; b-) N-M kaydı FGS

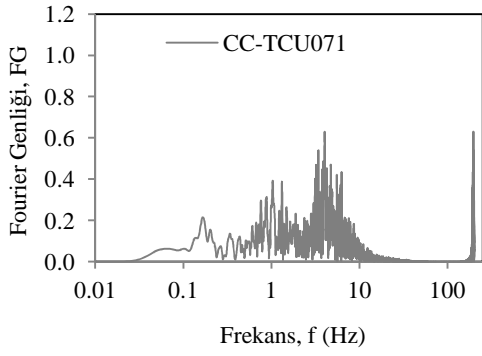


(a)

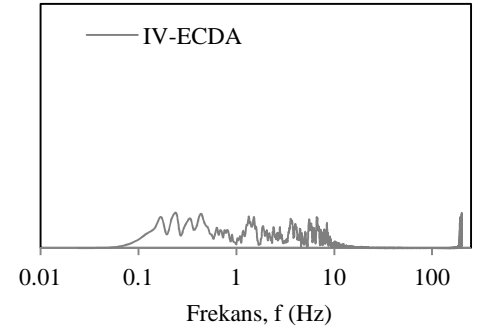


(b)

Şekil B.12. PGV₆₀₋₈₀ grubu a-) K-Y kaydı FGS; b-) CC-TCU101 kaydı FGS

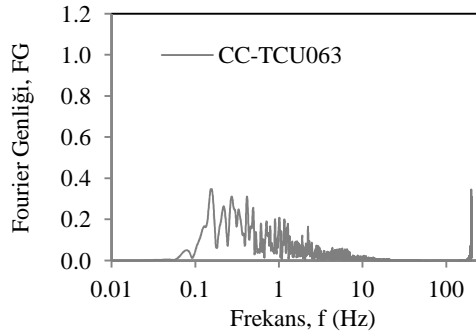


(a)

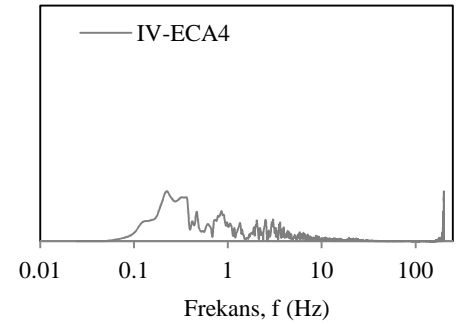


(b)

Şekil B.13. PGV₆₀₋₈₀ grubu a-)CC-TCU071 kaydı FGS; b-)IV-ECDA kaydı FGS

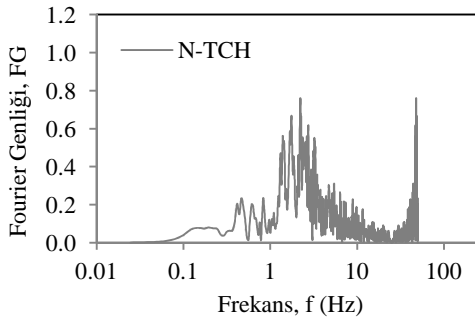


(a)

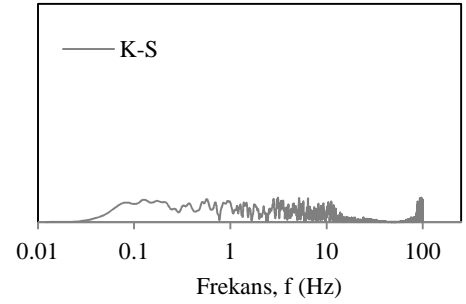


(b)

Şekil B.14.PGV₆₀₋₈₀ grubu a-)CC-TCU63 kaydı FGS; b-) IV-ECA4 kaydı FGS

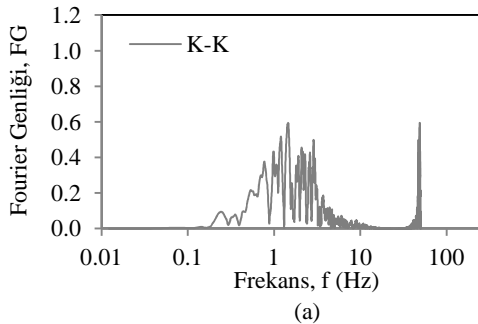


(a)

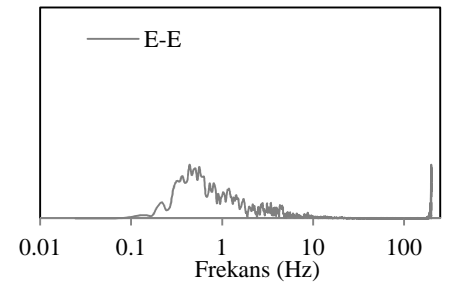


(b)

Şekil B.15. PGV₆₀₋₈₀ grubu a) N-TCH kaydı FGS; b-) K-S kaydı FGS

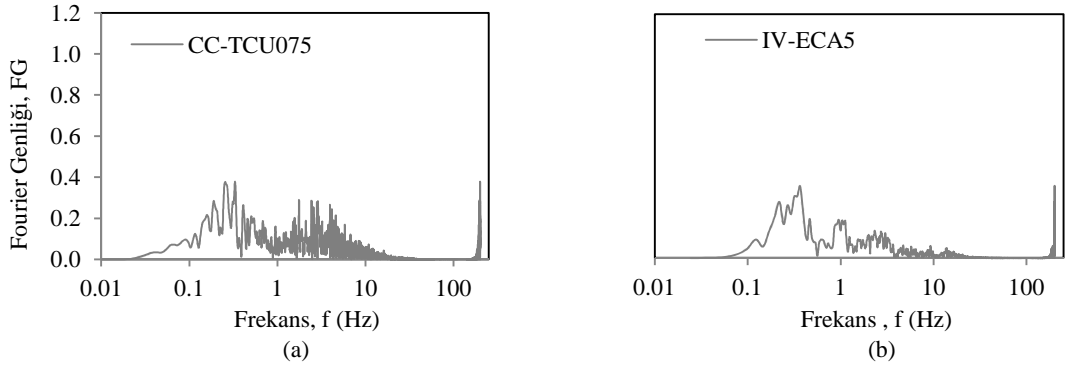


(a)

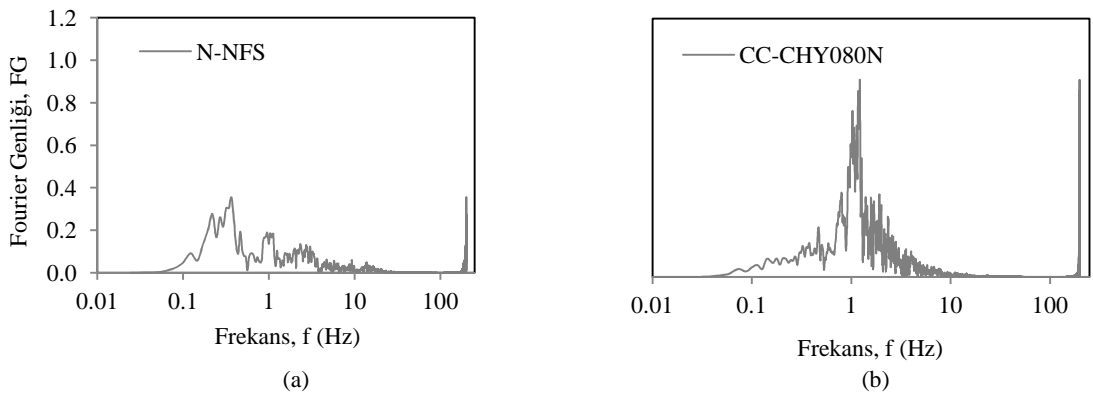


(b)

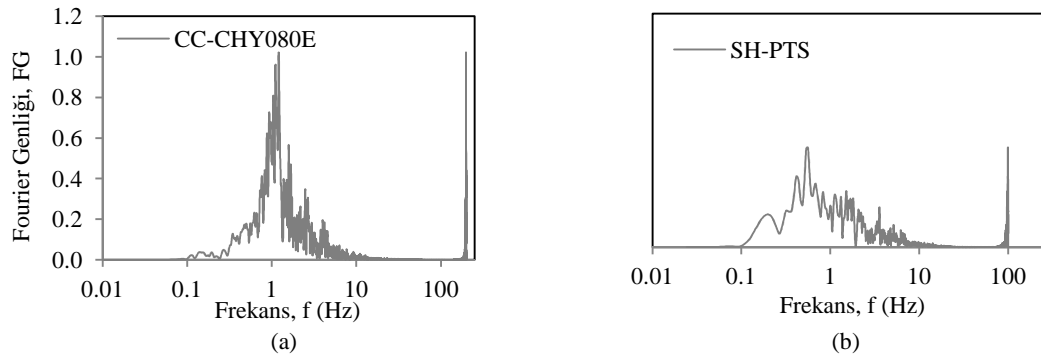
Şekil B.16. PGV_{>80} grubu a-) K-K kaydı FGS; b-) E-E kaydı FGS



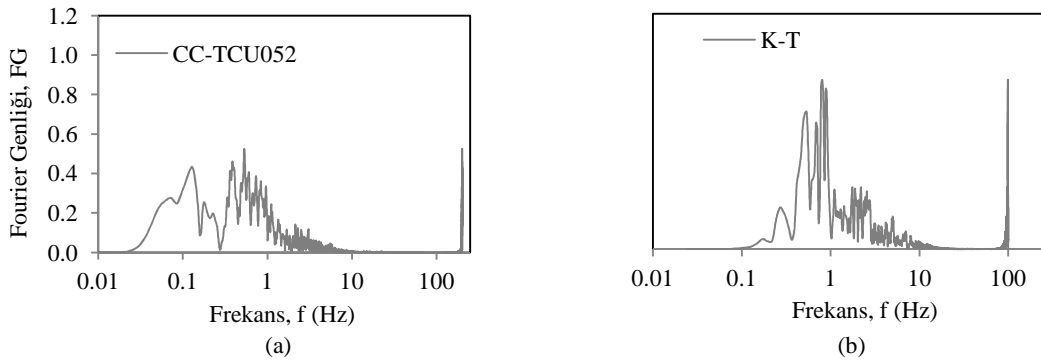
Şekil B.17. PGV_{>80} grubu a-) CC-TCU075 kaydı FGS; b-) IV-ECA5 kaydı FGS



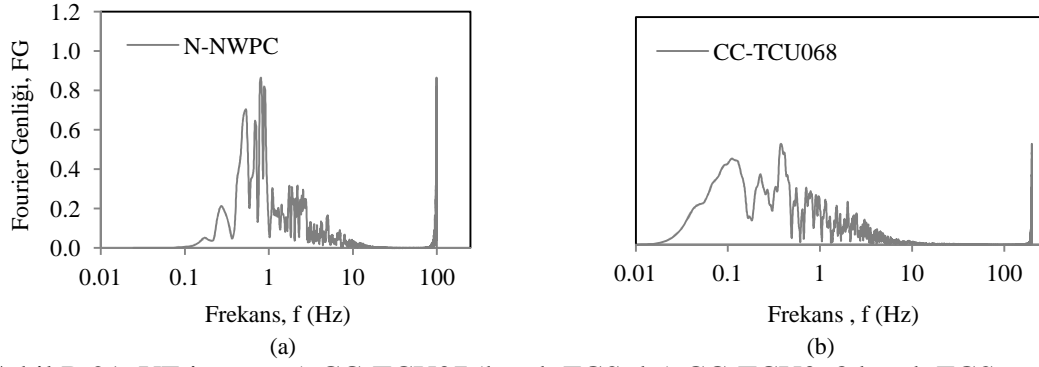
Şekil B.18. PGV_{>80} grubu a-) N-NFS kaydı FGS; b-) CC-CHY080N kaydı FGS



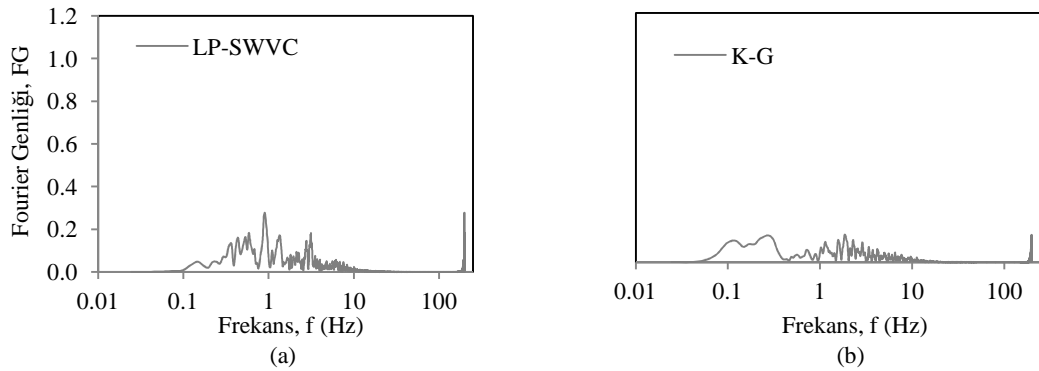
Şekil B.19. PGV_{>80} grubu a-) CC-CHY080E kaydı FGS; b-) K-S kaydı FGS



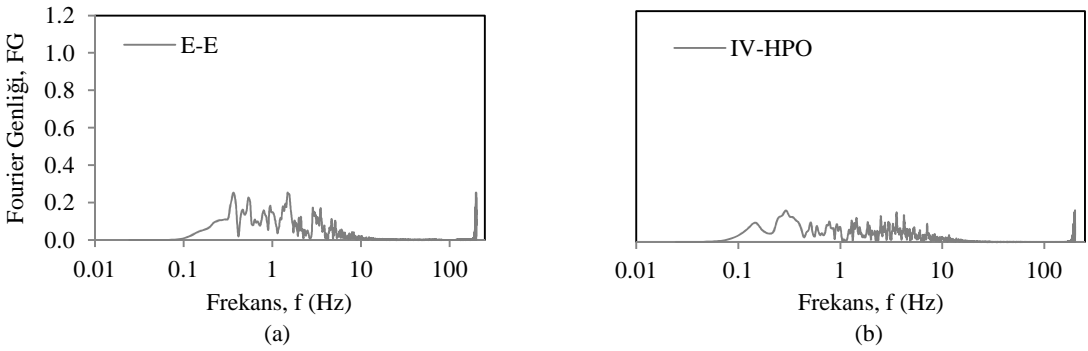
Şekil B.20. PGV_{>80} grubu a-) CC-TCU052 kaydı FGS; b-) K-T kaydı FGS



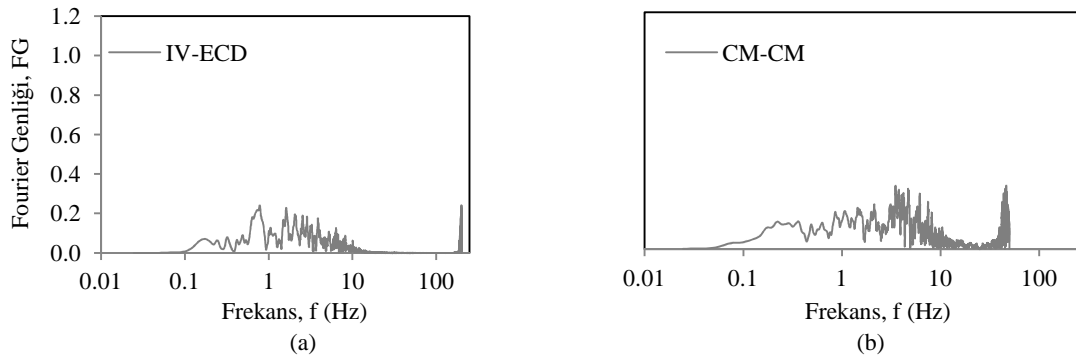
Şekil B.21. YE içeren a-) CC-TCU075 kaydı FGS; b-) CC-TCU068 kaydı FGS



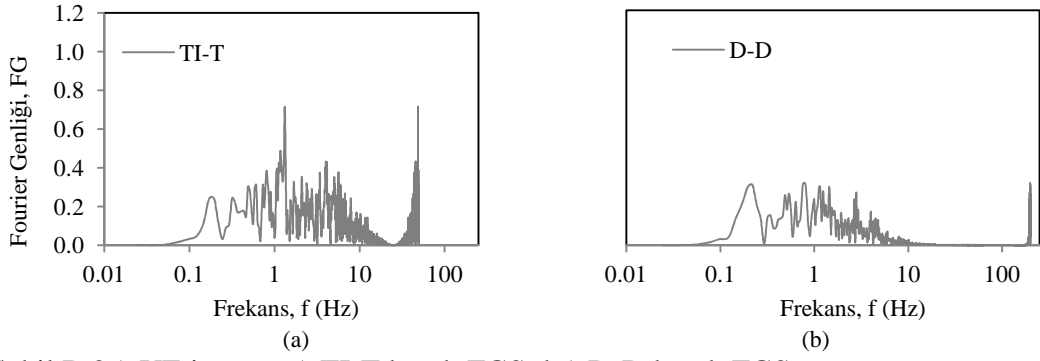
Şekil B.22. YE içeren a-) LP-SWVC kaydı FGS; b-) K-G kaydı FGS



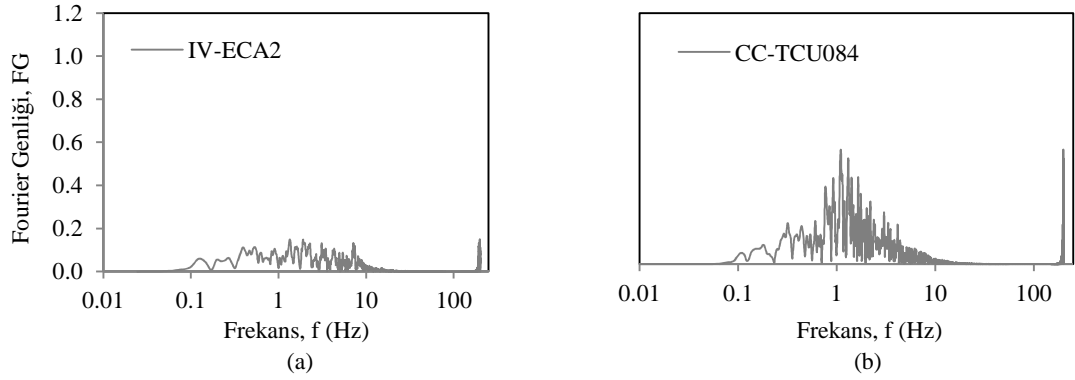
Şekil B.23. YE içeren a-) E-E kaydı FGS; b-) IV-HPO kaydı FGS



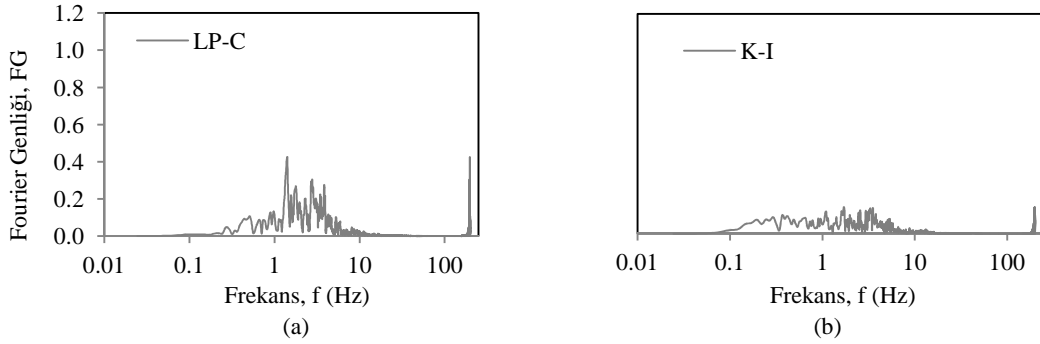
Şekil B.24. YE içeren a-) IV-ECD kaydı FGS; b-) CM-CM kaydı FGS



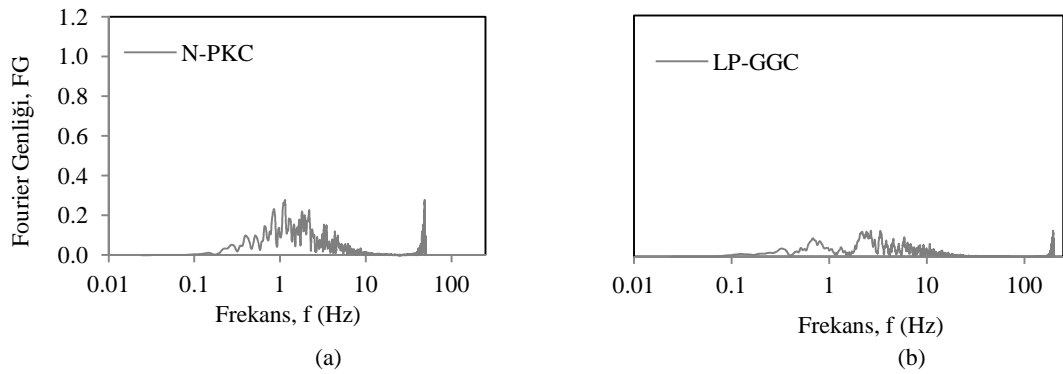
Şekil B.25. YE içeren a-) TI-T kaydı FGS; b-) D-D kaydı FGS



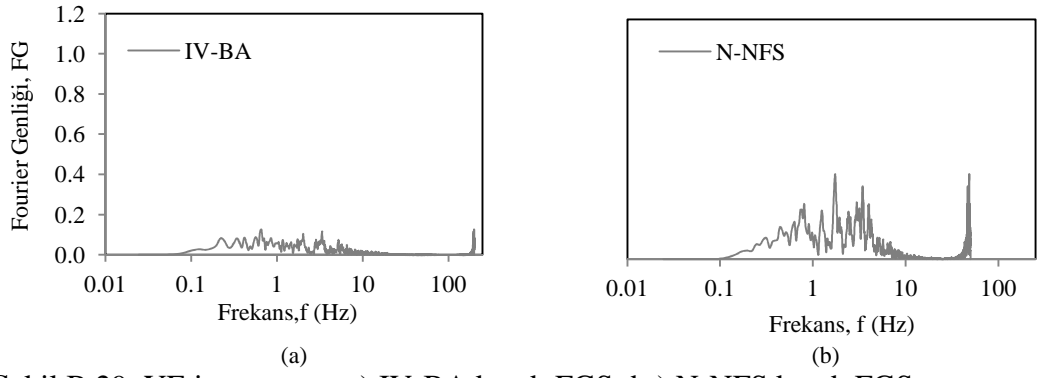
Şekil B.26. YE içermeyen a-) IV-ECA2 kaydı FGS; b-) CC-TCU084 kaydı FGS



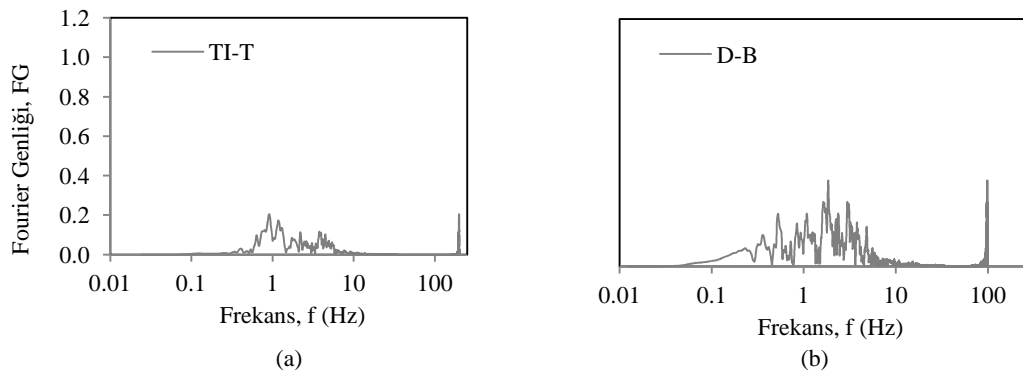
Şekil B.27. YE içermeyen a-) LP-C kaydı FGS; b-) K-I kaydı FGS



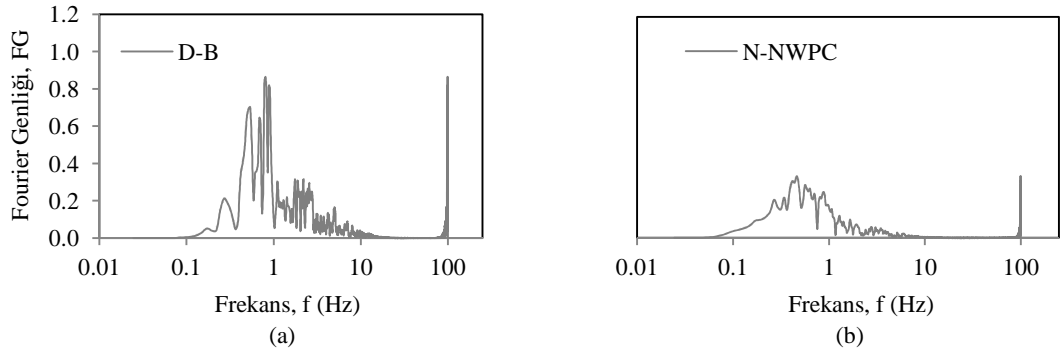
Şekil B.28. YE içermeyen a-) N-PKC kaydı FGS; b-) LP-GGC kaydı FGS



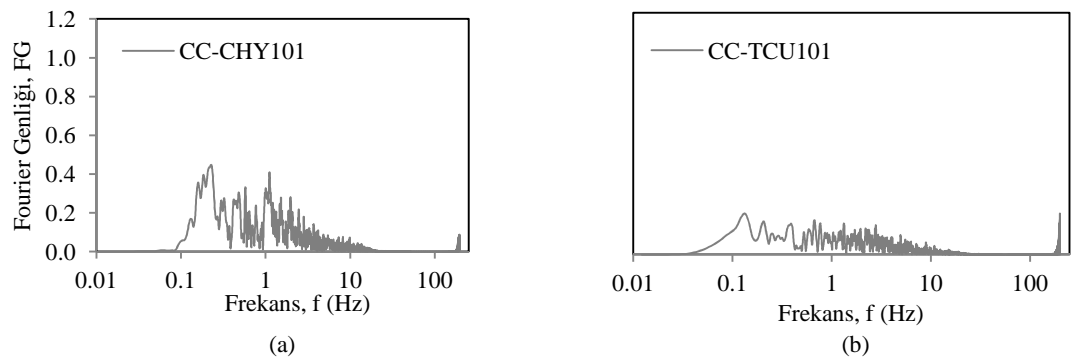
Şekil B.29. YE içermeyen a-) IV-BA kaydı FGS; b-) N-NFS kaydı FGS



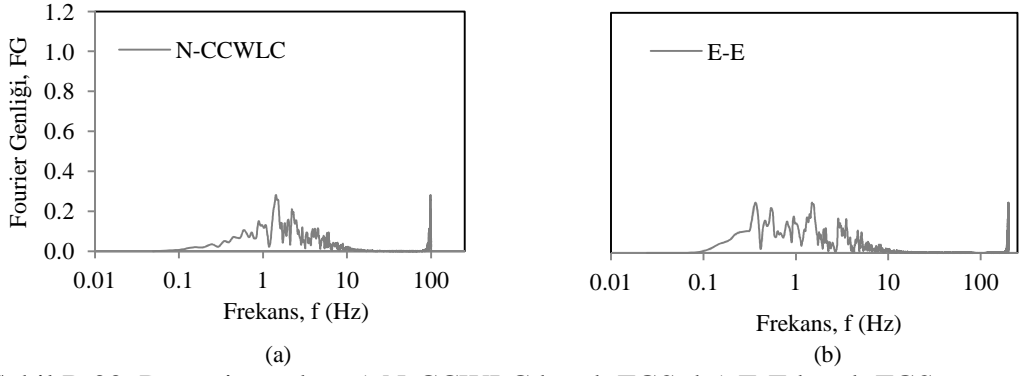
Şekil B.30. YE içermeyen a-) TI-T kaydı FGS; b-) D-B kaydı FGS



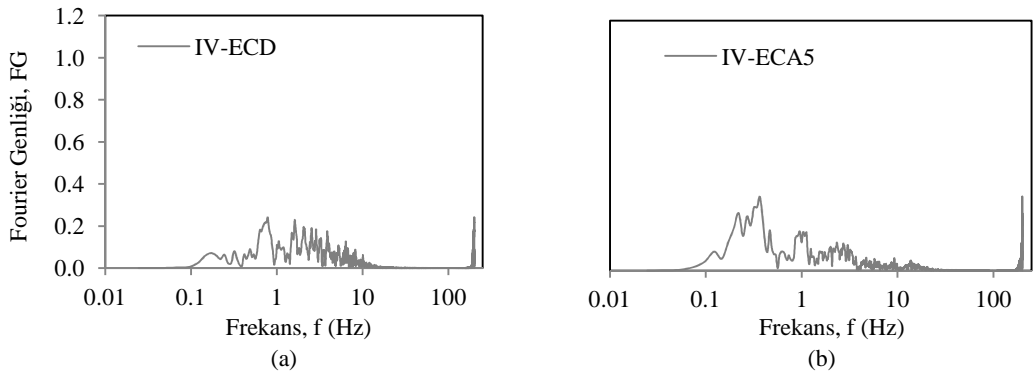
Şekil B.31. D zemin grubu a-) D-B kaydı FGS; b-) N-NWPC kaydı FGS



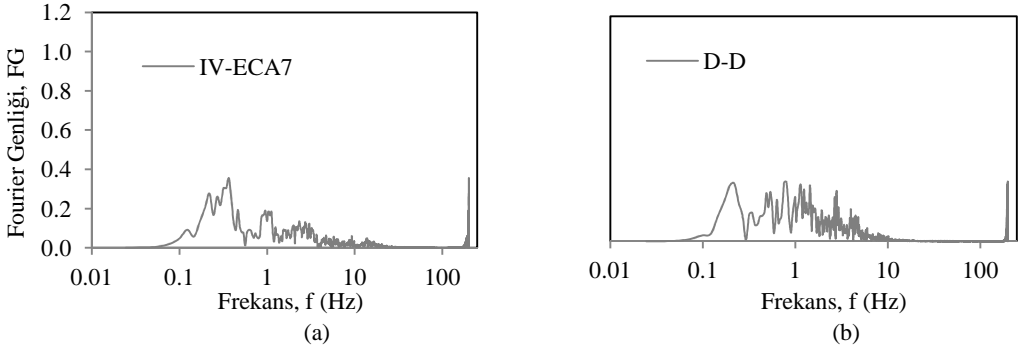
Şekil B.32. D zemin grubu a-) CC-CHY101 kaydı FGS; b-) CC-TCU101 kaydı FGS



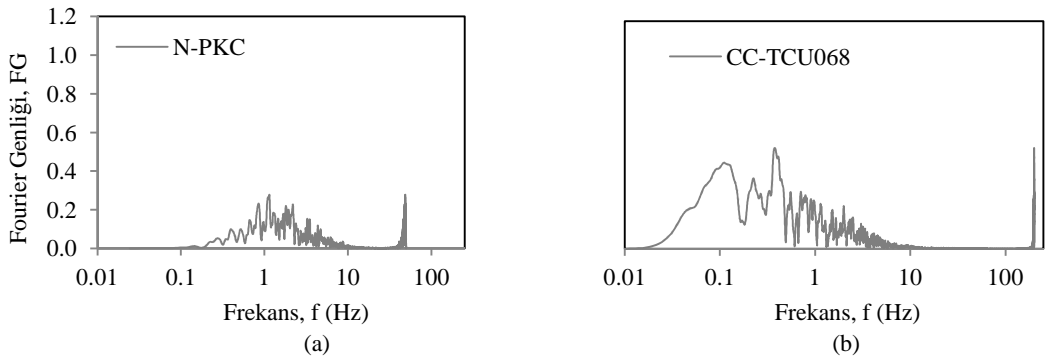
Şekil B.33. D zemin grubu a-) N-CCWLC kaydı FGS; b-) E-E kaydı FGS



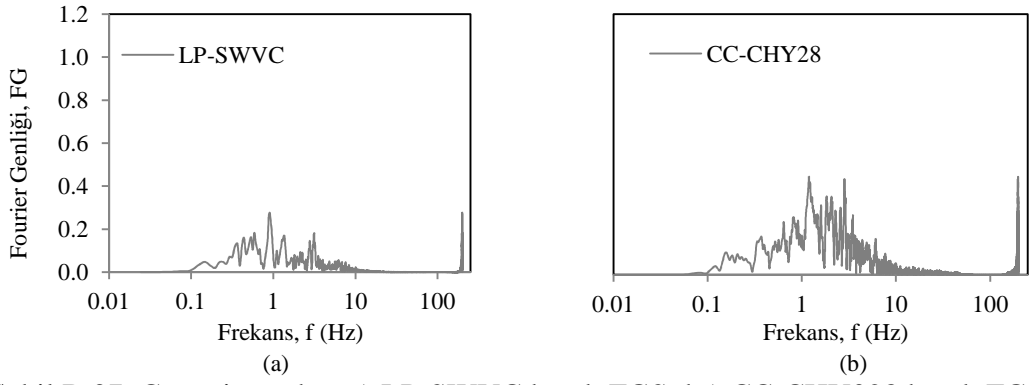
Şekil B.34. D zemin grubu a-) IV-ECD kaydı FGS; b-) IV-ECA5 kaydı FGS



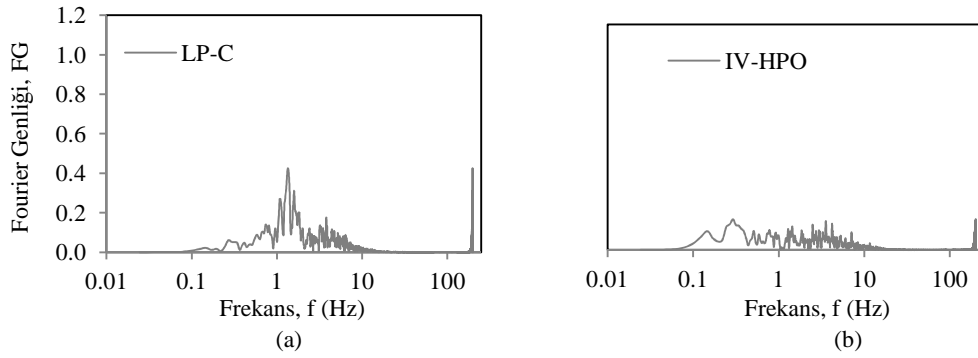
Şekil B.35. D zemin grubu a-) IV-ECA7 kaydı FGS; b-) D-D kaydı FGS



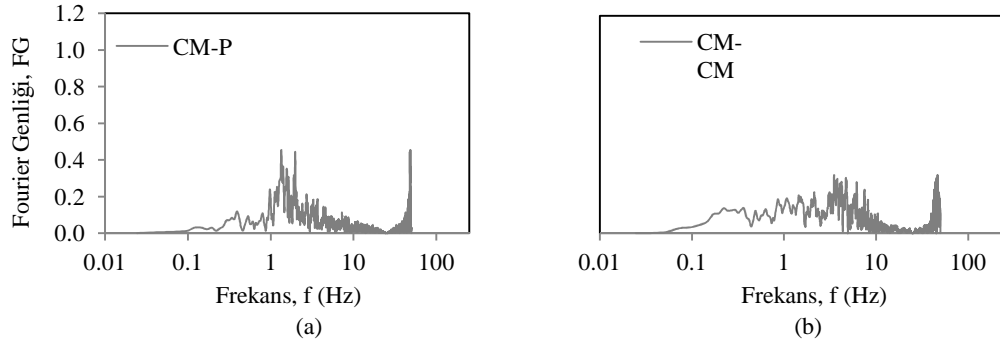
Şekil B.36. C zemin grubu a-) N-PKC kaydı FGS; b-) CC-TCU068 kaydı FGS



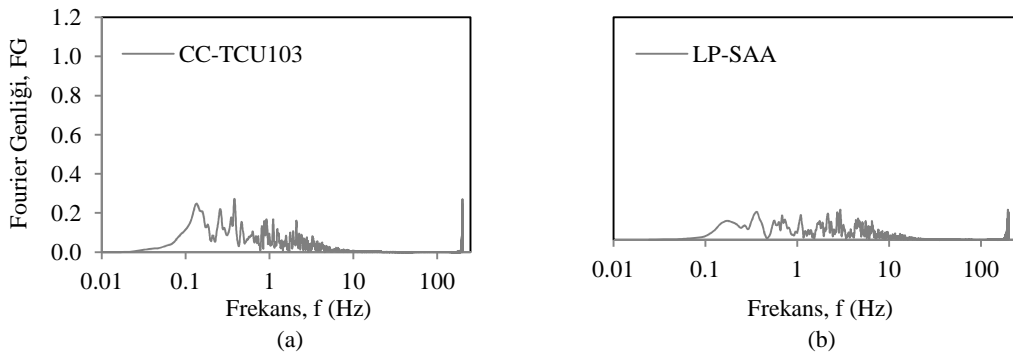
Şekil B.37. C zemin grubu a-) LP-SWVC kaydı FGS; b-) CC-CHY028 kaydı FGS



Şekil B.38. C zemin grubu a-) LP-C kaydı FGS; b-) IV-HPO kaydı FGS



Şekil B.39. C zemin grubu a-) CM-P kaydı FGS; b-) CM-CM kaydı FGS



Şekil B.40. C zemin grubu a-) CC-TCU103 kaydı FGS; b-) LP-SAA kaydı FGS

Tablo B.1. Deprem kayıtlarının maksimum fourier genliğine karşı gelen frekans değerleri

PGV₂₀₋₄₀	f₁ (Hz)	f₂ (Hz)	FG_{max}	PGV₄₀₋₆₀	f₁ (Hz)	f₂ (Hz)	FG_{max}
TI-D	2,6	47,4	0,15	K-S	1,1	98,9	0,16
N-SVR	2,2	97,8	0,24	L-JT	1,4	48,7	0,44
N-HCC	0,9	99,1	0,27	IV-BC	1,4	198,6	0,39
CC-TCU	0,9	199,1	0,17	CC-CHY024	0,4	199,6	0,28
LP-C	1,6	198,4	0,34	N-LD	0,4	199,6	0,24
IV-C	1,2	98,8	0,26	IV-ECA4	0,8	199,3	0,21
N-CP	1,7	98,3	0,20	D-B	1,9	98,2	0,42
CC-CHY029	0,4	199,6	0,25	CC-TCU82	2,0	198,0	0,25
K-K	1,0	49,0	0,25	K-D	0,3	199,7	0,26
CC-ALS	0,7	199,3	0,28	D-D	2,3	197,7	0,33
PGV₆₀₋₈₀	f₁ (Hz)	f₂ (Hz)	FG_{max}	PGV_{>80}	f₁ (Hz)	f₂ (Hz)	FG_{max}
N-NSS	2,4	97,6	0,47	K-K	1,5	48,6	0,60
N-M	1,9	98,1	0,57	E-E	0,4	199,6	0,30
K-Y	0,3	199,7	0,34	CC-TCU075	0,3	199,7	0,38
CC-TCU101	0,1	199,9	0,20	IV-ECA5	0,4	199,6	0,35
CC-TCU071	4,0	196,0	0,63	N-NFS	0,4	199,6	0,35
IV-ECDA	0,3	199,8	0,17	CC-CHY080-N	1,2	198,8	0,92
CC-TCU063	0,2	199,8	0,35	CC-CHY080-E	1,2	198,8	1,02
IV-ECA4	0,2	199,8	0,25	SH-PTS	0,6	199,4	0,51
N-TCH	2,2	47,8	0,76	CC-TCU052	0,5	199,5	0,53
K-S	3,1	96,9	0,14	K-T	0,8	99,2	0,86
YE içermeyen	f₁ (Hz)	f₂ (Hz)	FG_{max}	YE içeren	f₁ (Hz)	f₂ (Hz)	FG_{max}
IV-ECA2	1,9	198,1	0,15	N-PKC	0,8	99,2	0,86
CC-TCU84	1,1	198,9	0,55	CC-TCU68	0,4	199,6	0,53
LP-C	1,42	198,6	0,42	LP-SWVC	0,9	199,1	0,28
K-İ	1,71	198,3	0,15	CC-CHY28	1,9	198,1	0,13
N-PKC	1,15	48,9	0,28	LP-C	0,4	199,6	0,25
LP-GGC	2,68	197,3	0,13	IV-HPO	0,3	199,7	0,16
IV-BA	0,66	199,3	0,12	CM-P	0,8	199,2	0,24
N-NFS	1,73	48,3	0,43	CM-CM	3,5	46,5	0,32
TI-T	0,9	199,1	0,20	CC-TCU103	1,3	48,7	0,71
D-B	1,84	98,2	0,42	LP-SAA	0,8	199,2	0,32
D grubu zemin	f₁ (Hz)	f₂ (Hz)	FG_{max}	C grubu zemin	f₁ (Hz)	f₂ (Hz)	FG_{max}
D-B	0,8	99,2	0,86	N-PKC	1,2	48,9	0,28
N-NWPC	0,5	99,5	0,34	CC-TCU68	0,4	199,6	0,53
CC-CHY101	0,2	199,8	0,45	LP-SWVC	0,9	199,1	0,28
CC-TCU101	0,1	199,9	0,20	CC-CHY28	1,2	199,8	0,45
N-CCWLC	1,4	98,6	0,28	LP-C	1,3	198,7	0,43
E-E	0,4	199,6	0,25	IV-HPO	0,3	199,7	0,16
IV-ECD	0,8	199,2	0,24	CM-P	1,3	48,7	0,45
IV-ECA5	0,4	199,6	0,35	CM-CM	3,5	46,5	0,32
IV-ECA7	0,4	199,6	0,35	CC-TCU103	0,4	199,6	0,27
D-D	0,8	199,2	0,32	LP-SAA	3,0	197,1	0,16

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Uluslararası Dergi Yayınları (SCI-SCI EXP)

- [1] Okay F., **Engin S.**, Torsional behavior of steel fiber reinforced concrete beams, *Construction and Building Materials*, 2012, **28**, 269-275.

Uluslararası Konferans Yayınları

- [1] Öztürk O., **Engin S.**, Temiz T., Opan M., Öner A., Predicting of the Compressive and Flexural Strength of Ground Granulated Blast Furnace Slag Concrete by Using Artificial Neural Network, *9th International Congress on Advanced in Civil Engineering*, Karadeniz Technical University, Trabzon, Turkey, 27-30 September 2010.
- [2] **Engin S.**, Okay F., Effect of Addition of Steel Fibers on Cracking Load of Reinforced Concrete Beams Under the Effect of Torsion, *International Earthquake Symposium*, Kocaeli, Turkey, 17-19 August 2009.
- [3] Öner A., Öztürk O., **Engin S.**, Fire Performance of Chemical Admixtures In Cement Mortars, *International Earthquake Symposium*, Kocaeli, Turkey, 17-19 August 2009.
- [4] Okay F., Beyen K., **Engin S.**, Examination of Reliability of Linear Dynamic Analysis on Structures of Different Heights, *International Earthquake Symposium*, Kocaeli, Turkey, 17-19 August 2009.
- [5] Okay F., **Engin S.**, A Study on the Variation of Cracks and Cross Sectional Capacities of Fiber Added Reinforced Concrete Beams Under the Effect of Simple Torsion, *International Sakarya Earthquake Symposium*, Sakarya, Turkey, 1-3 October 2009.
- [6] Okay F., Özden Ş., **Engin S.**, Çelik Lif Katkılı Normal Dayanımlı Beton İle Üretilmiş Betonarme Kirişlerin Burulma Davranışı, *Yedinci Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Turkey, 2006.

Ulusal Konferans Yayınları

- [1] **Engin S.**, Meydanlı Atalay H., 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği ve 4857 Sayılı İş Kanunu'na Göre Yapı Denetiminde İş Güvenliği, *4. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu*, Konya, 1-3 Kasım 2013.

- [2] **Engin S.**, Meydanlı Atalay H., Yapı Denetim Kuruluşlarının İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Açısından Sorumlulukları, *3. Yapı Denetimi Sempozyumu*, Diyarbakır, 5-6 Ekim 2013.
- [3] Meydanlı Atalay H., **Engin S.**, Yapı Denetiminin İstihdama Katkısı, *4. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu*, Diyarbakır, 1-3 Kasım 2013.
- [4] **Engin S.**, Okay F., Çelik Lif Katkılı Betonarme Kirişlerde Boyuna Donatı Değişiminin Burulma Kapasitesine Etkisi, *XVI. Ulusal Mekanik Kongresi*, Kayseri, 22-26 Haziran 2009.
- [5] **Engin S.**, Meydanlı Atalay H., Okay F., İnşaat Mühendisliği Bölümü Öğrencilerinin Performansını Etkileyen Faktörlerin Değerlendirilmesi, *1. İnşaat Mühendisliği Sempozyumu*, Antalya, 6-7 Kasım 2009.
- [6] **Engin S.**, Öztürk O., Öner A., İnşaat İşlerinde Meydana Gelen İş Kazalarının Sebep ve Sonuçlarının İrdelenmesi, *İş Sağlığı ve Güvenliği Sempozyumu*, Sakarya, 13-14 Kasım 2009.
- [7] Arsoy S., **Engin S.**, Keskin E., Killi Zemine Oturan Derzsiz Bir Köprüdeki Sıcaklık Değişiminin Parametrik İrdelenmesi, *Köprü ve Viyadükler Sempozyumu*, Antalya, 29-30 Kasım 2007.
- [8] Çukdar A., Meydanlı Atalay H., Akpınar E., **Engin S.**, Öztürk O., Okay F., Özden Ş., Tarihi Kocaeli Savcılık Binası Analiz ve Güçlendirilmesi, *Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu (YOGS 2006)*, Denizli, 7-8 Aralık 2006.

ÖZGEÇMİŞ

Serkan ENGİN, lisans derecesini 2000 yılında Kocaeli Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden, yüksek lisans derecesini 2005 yılında Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'ndan almıştır. İkinci yüksek lisans eğitimini Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İşçi Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı'nda 2013 yılından beri sürdürmektedir. Mezuniyetinden sonra kısa bir süre bir kamu kuruluşunda inşaat mühendisi olarak çalışmış olup, 2001 yılından itibaren Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır. İlgili alanları arasında yüksek yapıların tasarım ve analizi, çelik lifli betonlar, deneysel betonarme ve işçi sağlığı ve güvenliği konuları bulunmaktadır.