

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ÇOK KATLI BETONARME BİNALARIN SİSMİK  
PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**SADULLAH KABAKUŞAK**

**DENİZLİ, ARALIK - 2017**

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**ÇOK KATLI BETONARME BİNALARIN SİSMİK  
PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**SADULLAH KABAKUŞAK**

**DENİZLİ, ARALIK - 2017**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

SADULLAH KABAKUŞAK tarafından hazırlanan "ÇOK KATLI BETONARME BİNALARIN SİSMİK PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ" adlı tez çalışmasının savunma sınavı 29.11.2017 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman  
PROF.DR. MEHMET İNEL

  
.....


Üye  
PROF. DR. RECEP BİRGÜL

  
.....

Üye  
YRD. DOÇ. DR. BAYRAM TANIK ÇAYCI

  
.....

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun  
27.12.2017 tarih ve ...51/20... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

  
.....

Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**Bu tez alışması Pamukkale niversitesi tarafından 2017FEBE028  
nolu proje ile desteklenmiştir.**

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

SADULLAH KABAKUŞAK

*S. Kabakuşak*

## ÖZET

**ÇOK KATLI BETONARME BİNALARIN SİSMİK  
PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
SADULLAH KABAKUŞAK  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. MEHMET İNEL)

**DENİZLİ, ARALIK - 2017**

Gerçekleştirilen çalışmada, çok katlı betonarme binaların sismik performanslarını değerlendirmek amacıyla, DBYBHY-2007 şartlarına göre tasarlanan 15 katlı perdeli-çerçeve taşıyıcı sisteme sahip betonarme gerçek bir binanın doğrusal elastik olmayan dinamik ve statik analiz yöntemleri kullanılarak sismik davranışı incelenmiştir. Bu amaçla çatı deplasman talebi, görelî kat ötelenme oranları, deplasman profilleri, taban kesme kuvveti, plastik mafsal hasar dağılımı gibi birçok parametre dikkate alınarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Tez çalışmasında modelleme ve analizler için SAP 2000 analiz programı kullanılmıştır. 21 adet gerçek deprem ivme kaydı kullanılarak yapılan doğrusal elastik olmayan dinamik analizler sonucu elde edilen talepler, üç farklı itme deseni kullanılarak elde edilen kapasiteler ile kıyaslanmış ve değerlendirmeler yapılmıştır. Ayrıca doğrusal elastik olmayan statik analizler için kullanılan dikdörtgen, eşdeğer deprem yükü ve modal itme desenleri ile elde edilen kapasiteler kendi arasında kıyaslanmış, avantaj ve dezavantajları ortaya konmuştur. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, kullanılan binanın simetrik olmayan geometrisi sebebiyle oluşan rijitlik farklılıkları, x ve y yönünde statik ve dinamik analizler ile elde edilen kapasite ve talepler üzerinde doğrudan etkilidir. Statik analizler ile en yüksek kapasite değeri her iki yönde de dikdörtgen itme deseni ile elde edilirken, en düşük kapasite değerine modal itme analizi ile ulaşılmıştır. Ayrıca daha yüksek periyoda ve daha düşük rijitliğe sahip olan x yönünde p-delta etkilerinin daha etkin olduğu belirlenmiştir. Dinamik analiz yöntemlerinin doğası gereği sonuçlar ivme kaydının frekans içeriği ve dinamik özelliklerinden doğrudan etkilenmektedir. Statik ve dinamik analiz sonuçları karşılaştırıldığında aynı çatı deplasman değerinde dahi büyük davranışsal farklar olduğu gözlenmiştir.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Çok Katlı Betonarme Binaların Sismik Performansı, Dinamik Analiz, Doğrusal Olmayan Analiz, Statik İtme Analizi, Zaman Tanım Alanında Analiz

## **ABSTRACT**

### **SEISMIC PERFORMANCE EVALUATION OF MULTI-STORY REINFORCED CONCRETE BUILDINGS**

**MSC THESIS**

**SADULLAH KABAKUŞAK**

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE**

**CIVIL ENGINEERING**

**(SUPERVISOR: PROF. DR. MEHMET İNEL)**

**DENİZLİ, DECEMBER 2017**

In this study, seismic performance evaluation of an existing 15-story shear walled frame building was carried out using nonlinear static and dynamic analysis methods. For this purpose, many parameters including roof displacement demand, interstory drift ratio, displacement profile, base force and plastic hinge damage ratio were taken into account. Sap2000 analysis program were used for static and dynamic analyses. 21 different real ground motion records were used during dynamic analyses. The results of nonlinear dynamic and static analyses were compared. Nonlinear static analyses were performed by using three different load pattern; rectangular, equivalent lateral load, modal. The effect of load pattern types on static analysis were also evaluated and the advantages or disadvantages of patterns were revealed. The results indicate that the difference of stiffness capacity of x and y direction of building is directly influential on obtained seismic demands and capacity curves. The highest capacity curve was calculated with rectangle load pattern. Inversely lowest capacity curve was calculated with using modal load pattern. It is also observed that p-delta effects are more predominant for obtained results for x direction of buildings which has lower stiffness capacity compared to y direction. It can be said that dynamic analysis results are directly affected by frequency content of ground motion records as well as dynamic interaction between input motion and structure. The results of static and dynamic analysis method vary remarkably even under the same target displacement demand.

**KEYWORDS:** Seismic Performance of Multi-Story Reinforced Concrete Buildings, Dynamic Analysis, Nonlinear Analysis, Static Pushover Analysis, Time History Analysis

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
ŞEKİL LİSTESİ .....	v
TABLO LİSTESİ .....	xvii
SEMBOL LİSTESİ .....	xix
ÖNSÖZ.....	xx
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1 Amaç ve Kapsam.....	2
1.2 Literatür Özeti .....	3
1.3 Tezin Organizasyonu.....	8
<b>2. MODELLEME VE ANALİZ YÖNTEMLERİ .....</b>	<b>10</b>
2.1 Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri .....	10
2.1.1 Statik İtme Analizi (Pushover) .....	11
2.1.1.1 Talep Hesabı ve Performans Noktasının Bulunması .....	12
2.1.2 Zaman Tanım Alanında Dinamik Analiz (Time History) .....	20
2.2 Model Özellikleri .....	22
2.3 Doğrusal Elastik Olmayan Modelleme .....	25
2.3.1 Betonarme Elemanlarda Doğrusal Elastik Olmayan Davranış....	25
2.3.2 Plastik Mafsalların Özellikleri ve Tanımlanması .....	27
2.3.3 Betonarme Kesitlerin Eğilme Rijitlikleri.....	29
<b>3. DEPREM İVME KAYITLARI.....</b>	<b>30</b>
3.1 Kullanılan Deprem İvme Kayıtlarının Özellikleri.....	30
3.2 İvme Kayıtlarına Ait Spektrumların Elde Edilmesi .....	32
<b>4. ANALİZ SONUÇLARI .....</b>	<b>33</b>
4.1 Giriş .....	33
4.2 Statik İtme Analizi ile Bina Kapasitesinin Elde Edilmesi.....	34
4.3 Bina Performansının Belirlenmesi .....	41
4.3.1 Performans Noktasının Bulunması .....	41
4.3.2 Plastik Mafsallarda Dağılımı ve Bina Hasar Durumu .....	43
4.3.3 DBYBHY-2007'e Göre Bina Performans Seviyesinin Belirlenmesi .....	46
4.4 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Dinamik Analiz İle Çatı Deplasmanlarının Elde Edilmesi .....	49
4.5 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Dinamik Analizler ile Taban Kesme Kuvveti/Sismik Ağırlık (V/W) Oranlarının Elde Edilmesi....	60
4.6 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Dinamik Analizler ile Ortalama Deplasman Profillerinin Elde Edilmesi .....	72
4.7 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Dinamik Analizler ile Maksimum Göreli Kat Ötelenme Oranlarının Elde Edilmesi .....	73
4.8 Doğrusal Olmayan Statik ve Dinamik Analiz Sonuçlarının Kıyaslanması .....	75
4.8.1 Giriş .....	75
4.8.2 Doğrusal Elastik Olmayan Statik ve Dinamik Analizler Sonucu Elde Edilen Talep ve Kapasitelerin Kıyaslanması.....	75



4.8.3	Deplasman Profillerinin Kıyaslanması .....	83
4.8.4	Görelî Kat Ötelenme Oranlarının Kıyaslanması.....	90
4.8.5	Plastik Mafsâl Hasar Sınırlarının Kıyaslanması .....	97
<b>5.</b>	<b>ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....</b>	<b>116</b>
5.1	Giriş .....	116
5.2	Ortalama Deplasman Profilleri Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	117
5.3	Görelî Kat Ötelenme Oranı Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	121
5.4	Plastik Mafsâl Hasar Sınırlarının Değerlendirilmesi.....	129
<b>6.</b>	<b>SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>135</b>
6.1	Elde Edilen Bulgular .....	135
6.2	Gelecek Çalışmalar İçin Öneriler .....	137
<b>7.</b>	<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>138</b>
<b>8.</b>	<b>EKLER.....</b>	<b>142</b>
EK A.1	CAPEMEND-PET090 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar .....	142
EK A.2	DZC-BOL090 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar .....	144
EK A.3	ERZ-EW İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar .....	147
EK A.4	KOBE-TAK090 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar .....	149
EK A.5	KOCAELİ-DZC270 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar.....	151
EK A.6	LANDERS-LCN275 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar.....	153
EK A.7	LOMAP-LEX090 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar .....	155
EK A.8	MORGAN-CYC285 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar .....	157
EK A.9	NORTHR-NWH360 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar .....	159
EK A.10	NORTHR-SYL090 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar .....	161
EK A.11	GAZLI-GAZ000 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar .....	163
EK A.12	IMPVALL-H-E05140 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar....	165
EK A.13	KOBE-NIS000 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar .....	167
EK A.14	KOCAELİ-DZC180 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar.....	169
EK A.15	LOMAP-HSP000 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar .....	171
EK A.16	NORTHR-CNP196 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar .....	173
EK A.17	NORTHR-PKC360 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar .....	175
EK A.18	NORTHR-PUL194 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar .....	177
EK A.19	NORTHR-SPV360 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar.....	179
EK A.20	NORTHR-TAR360 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar.....	181
EK A.21	PALSPR-NPS210 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar .....	183
<b>9.</b>	<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>185</b>

# ŞEKİL LİSTESİ

## Sayfa

Şekil 1.1: Organizasyon şeması.....	9
Şekil 2.1: Taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirmesi ilişkisi .....	11
Şekil 2.2: İtme desenleri .....	12
Şekil 2.3: Kapasite spektrumunun oluşturulması .....	13
Şekil 2.4: Elastik hesap spektrumunun dönüştürülmesi .....	14
Şekil 2.5: Performans noktasının bulunması .....	15
Şekil 2.6: Performans Noktasının Bulunması ( $T_1^{(1)} \geq T_B$ ).....	18
Şekil 2.7: Performans Noktasının Bulunması ( $T_1^{(1)} < T_B$ ).....	19
Şekil 2.8: Performans Noktasının Bulunması ( $T_1^{(1)} < T_B$ ).....	20
Şekil 2.9: Kat kalıp planı .....	24
Şekil 2.10: Model 3 boyutlu görünümü.....	24
Şekil 2.11: Betonarme bir kesitin moment-eğrilik ilişkisi (Celep, 2007).....	26
Şekil 2.12: Eğrilik yoğunlaşması ve yığılı plastik mafsal kabulü .....	26
Şekil 2.13: Dayanım deformasyon ilişkisi.....	28
Şekil 3.1: Kullanılan ivme kayıtlarına ait %5 sönüm oranı için elde edilen spektral ivme grafikleri .....	32
Şekil 4.1: X yönü bina kapasite eğrisinin p-delta etkisi dikkate alınmadığı durum ve dikdörtgen itme deseni kullanılarak elde edilmesi.....	35
Şekil 4.2: X yönü bina kapasite eğrisinin p-delta etkisi dikkate alındığı durum ve dikdörtgen itme deseni kullanılarak elde edilmesi.....	35
Şekil 4.3: X yönü bina kapasite eğrisinin p-delta etkisi dikkate alınmadığı durum ve eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılarak elde edilmesi.....	36
Şekil 4.4: X yönü bina kapasite eğrisinin p-delta etkisi dikkate alındığı durum ve eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılarak elde edilmesi.....	36
Şekil 4.5: X yönü bina kapasite eğrisinin p-delta etkisi dikkate alınmadığı durum ve modal itme deseni kullanılarak elde edilmesi .....	37
Şekil 4.6: X yönü bina kapasite eğrisinin p-delta etkisi dikkate alındığı durum ve modal itme deseni kullanılarak elde edilmesi .....	37
Şekil 4.7: Y yönü bina kapasite eğrisinin p-delta etkisi dikkate alınmadığı durum ve dikdörtgen itme deseni kullanılarak elde edilmesi.....	38
Şekil 4.8: Y yönü bina kapasite eğrisinin p-delta etkisi dikkate alındığı durum ve dikdörtgen itme deseni kullanılarak elde edilmesi.....	38
Şekil 4.9: Y yönü bina kapasite eğrisinin p-delta etkisi dikkate alınmadığı durum ve eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılarak elde edilmesi.....	39
Şekil 4.10: Y yönü bina kapasite eğrisinin p-delta etkisi dikkate alındığı durum ve eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılarak elde edilmesi.....	39
Şekil 4.11: Y yönü bina kapasite eğrisinin p-delta etkisi dikkate alınmadığı durum ve modal itme deseni kullanılarak elde edilmesi .....	40
Şekil 4.12: Y yönü bina kapasite eğrisinin p-delta etkisi dikkate alındığı durum ve modal itme deseni kullanılarak elde edilmesi .....	40
Şekil 4.13: X yönü kapasite eğrisi-spektral yer değiştirme talebi .....	42

<b>Şekil 4.14:</b> Y yönü kapasite eğrisi-spektral yer değiştirme talebi .....	42
<b>Şekil 4.15:</b> X yönü çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsallarda dağılımı .....	44
<b>Şekil 4.16:</b> Y yönü çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsallarda dağılımı .....	45
<b>Şekil 4.17:</b> Capemend-Pet090 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri .....	50
<b>Şekil 4.18:</b> Dzc-Bol090 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri .....	50
<b>Şekil 4.19:</b> Erzincan-Ew x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri .....	51
<b>Şekil 4.20:</b> Kobe-Tak090 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri .....	51
<b>Şekil 4.21:</b> Kocaeli-Dzc270 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri .....	52
<b>Şekil 4.22:</b> Landers-Lcn275 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri .....	52
<b>Şekil 4.23:</b> Lomax-Lex090 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri .....	53
<b>Şekil 4.24:</b> Morgan-Cyc285 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri .....	53
<b>Şekil 4.25:</b> Northr-Nwh360 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri .....	54
<b>Şekil 4.26:</b> Northr-Syl090 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri .....	54
<b>Şekil 4.27:</b> Gazlı-Gaz000 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri .....	55
<b>Şekil 4.28:</b> Impvall-H-E05140 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri .....	55
<b>Şekil 4.29:</b> Kobe-Nis000 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri .....	56
<b>Şekil 4.30:</b> Kocaeli-Dzc180 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri .....	56
<b>Şekil 4.31:</b> Lomax-Hsp000 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri .....	57

<b>Şekil 4.32:</b> Northr-Cnp196 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri .....	57
<b>Şekil 4.33:</b> Northr-Pkc360 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri .....	58
<b>Şekil 4.34:</b> Northr-Pul194 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri .....	58
<b>Şekil 4.35:</b> Northr-Spv360 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri .....	59
<b>Şekil 4.36:</b> Northr-Tar360 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri .....	59
<b>Şekil 4.37:</b> Palmspr-Nps210 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri .....	60
<b>Şekil 4.38:</b> Capemend-Pet090 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri .....	61
<b>Şekil 4.39:</b> Dzc-Bol090 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri .....	62
<b>Şekil 4.40:</b> Erzincan-Ew x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri .....	62
<b>Şekil 4.41:</b> Kobe-Tak090 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri .....	63
<b>Şekil 4.42:</b> Kocaeli-Dzc270 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri .....	63
<b>Şekil 4.43:</b> Landers-Lcn275 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri .....	64
<b>Şekil 4.44:</b> Lomap-Lex090 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri .....	64
<b>Şekil 4.45:</b> Morgan-Cyc285 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri .....	65
<b>Şekil 4.46:</b> Northr-Nwh360 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri .....	65
<b>Şekil 4.47:</b> Northr-Syl090 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri .....	66
<b>Şekil 4.48:</b> Gazlı-Gaz000 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri .....	66
<b>Şekil 4.49:</b> Impvall-H-E05140 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri .....	67
<b>Şekil 4.50:</b> Kobe-Nıs000 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri .....	67
<b>Şekil 4.51:</b> Kocaeli-Dzc180 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri .....	68
<b>Şekil 4.52:</b> Lomap-Hsp000 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri .....	68
<b>Şekil 4.53:</b> Northr-Cnp196 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri .....	69

<b>Şekil 4.54:</b> Northr-Pkc360 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri .....	69
<b>Şekil 4.55:</b> Northr-Pul194 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri .....	70
<b>Şekil 4.56:</b> Northr-Spv360 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri .....	70
<b>Şekil 4.57:</b> Northr-Tar360 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri .....	71
<b>Şekil 4.58:</b> Palmspr-Nps210 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri .....	71
<b>Şekil 4.59:</b> X ve Y yönü, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için ortalama deplasman profilleri grafikleri .....	73
<b>Şekil 4.60:</b> X ve Y yönü p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için ortalama görel kat ötelenme oranları grafikleri .....	74
<b>Şekil 4.61:</b> X yönü dikdörtgen itme deseni, p-delta'sız durum talep-kapasite grafiği .....	77
<b>Şekil 4.62:</b> X yönü dikdörtgen itme deseni, p-deltalı durum talep-kapasite grafiği .....	77
<b>Şekil 4.63:</b> X yönü eşdeğer deprem yükü itme deseni, p-delta'sız durum talep-kapasite grafiği .....	78
<b>Şekil 4.64:</b> X yönü eşdeğer deprem yükü itme deseni, p-deltalı durum talep-kapasite grafiği .....	78
<b>Şekil 4.65:</b> X yönü modal itme deseni, p-delta'sız durum talep-kapasite grafiği .....	79
<b>Şekil 4.66:</b> X yönü modal itme deseni, p-deltalı durum talep-kapasite grafiği .....	79
<b>Şekil 4.67:</b> Y yönü dikdörtgen itme deseni, p-delta'sız durum talep-kapasite grafiği .....	80
<b>Şekil 4.68:</b> Y yönü dikdörtgen itme deseni, p-deltalı durum talep-kapasite grafiği .....	80
<b>Şekil 4.69:</b> Y yönü eşdeğer deprem yükü itme deseni, p-delta'sız durum talep-kapasite grafiği .....	81
<b>Şekil 4.70:</b> Y yönü eşdeğer deprem yükü itme deseni, p-deltalı durum talep-kapasite grafiği .....	81
<b>Şekil 4.71:</b> Y yönü modal itme deseni, p-delta'sız durum talep-kapasite grafiği .....	82
<b>Şekil 4.72:</b> Y yönü modal itme deseni, p-deltalı durum talep-kapasite grafiği .....	82
<b>Şekil 4.73:</b> X yönü, dikdörtgen itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analiz sonuçlarının p-delta etkisinin dikkate alınıp alınmadığı durum için deplasman profillerinin kıyaslanması .....	84
<b>Şekil 4.74:</b> X yönü, eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analiz sonuçlarının p-delta etkisinin dikkate alınıp alınmadığı durum için deplasman profillerinin kıyaslanması .....	85
<b>Şekil 4.75:</b> X yönü, modal itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analiz sonuçlarının p-delta etkisinin dikkate alınıp alınmadığı durum için deplasman profillerinin kıyaslanması .....	85

<b>Şekil 4.76:</b> Y yönü, dikdörtgen itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analiz sonuçlarının p-delta etkisinin dikkate alınıp alınmadığı durum için deplasman profillerinin kıyaslanması .....	86
<b>Şekil 4.77:</b> Y yönü, eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analiz sonuçlarının p-delta etkisinin dikkate alınıp alınmadığı durum için deplasman profillerinin kıyaslanması .....	86
<b>Şekil 4.78:</b> Y yönü, modal itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analiz sonuçlarının p-delta etkisinin dikkate alınıp alınmadığı durum için deplasman profillerinin kıyaslanması .....	87
<b>Şekil 4.79:</b> X yönü p-delta'sız durumda, a) Northr-Nwh360 b) Landers-Lcn275, ivme kayıtları ile statik analiz sonucu elde edilen deplasman profillerinin kıyaslanması .....	88
<b>Şekil 4.80:</b> X yönü p-deltalı durumda, a) Northr-Nwh360 b) Landers-Lcn275, ivme kayıtları ile statik analiz sonucu elde edilen deplasman profillerinin kıyaslanması .....	89
<b>Şekil 4.81:</b> Y yönü p-delta'sız durumda, a) Northr-Nwh360 b) Landers-Lcn275, ivme kayıtları ile statik analiz sonucu elde edilen deplasman profillerinin kıyaslanması .....	89
<b>Şekil 4.82:</b> Y yönü p-deltalı durumda, a) Northr-Nwh360 b) Landers-Lcn275, ivme kayıtları ile statik analiz sonucu elde edilen deplasman profillerinin kıyaslanması .....	90
<b>Şekil 4.83:</b> X yönü, dikdörtgen itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analiz sonuçlarının p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durumlar için görelî kat ötelenme oranlarının kıyaslanması.....	92
<b>Şekil 4.84:</b> X yönü, eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analiz sonuçlarının p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durumlar için görelî kat ötelenme oranlarının kıyaslanması.....	92
<b>Şekil 4.85:</b> X yönü, modal itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analiz sonuçlarının p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durumlar için görelî kat ötelenme oranlarının kıyaslanması .....	93
<b>Şekil 4.86:</b> Y yönü, dikdörtgen itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analiz sonuçlarının p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durumlar için görelî kat ötelenme oranlarının kıyaslanması.....	93
<b>Şekil 4.87:</b> Y yönü, eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analiz sonuçlarının p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durumlar için görelî kat ötelenme oranlarının kıyaslanması.....	94
<b>Şekil 4.88:</b> Y yönü, modal itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analiz sonuçlarının p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durumlar için görelî kat ötelenme oranlarının kıyaslanması .....	94
<b>Şekil 4.89:</b> X yönü p-delta'sız durumda, a) Northr-Nwh360 b) Landers-Lcn275, ivme kayıtları ile statik analiz sonucu elde edilen GKÖÖ kıyaslanması .....	95

<b>Şekil 4.90:</b> X yönü p-deltalı durumda, a) Northr-Nwh360 b) Landers-Lcn275, ivme kayıtları ile statik analiz sonucu elde edilen GKÖO kıyaslanması .....	96
<b>Şekil 4.91:</b> Y yönü p-delta'sız durumda, a) Northr-Nwh360 b) Landers-Lcn275, ivme kayıtları ile statik analiz sonucu elde edilen GKÖO kıyaslanması .....	97
<b>Şekil 4.92:</b> Y yönü p-deltalı durumda, a) Northr-Nwh360 b) Landers-Lcn275, ivme kayıtları ile statik analiz sonucu elde edilen GKÖO kıyaslanması .....	97
<b>Şekil 4.93:</b> X yönü p-delta'sız durum için statik analiz ile elde edilen (Northr-Nwh360 ivme kaydı ile elde edilen maksimum çatı deplasmanı altında), çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsalsal dağılımı .....	100
<b>Şekil 4.94:</b> X yönü p-delta'sız durum için Northr-Nwh360 ivme kaydı kullanılarak dinamik analiz ile elde edilen, çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsalsal dağılımı.....	101
<b>Şekil 4.95:</b> X yönü p-delta'sız durum için statik analiz ile elde edilen (Landers-Lcn275 ivme kaydı ile elde edilen maksimum çatı deplasmanı altında), çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsalsal dağılımı .....	102
<b>Şekil 4.96:</b> X yönü p-delta'sız durum için Landers-Lcn275 ivme kaydı kullanılarak dinamik analiz ile elde edilen, çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsalsal dağılımı.....	103
<b>Şekil 4.97:</b> X yönü p-deltalı durum için statik analiz ile elde edilen (Northr-Nwh360 ivme kaydı ile elde edilen maksimum çatı deplasmanı altında), çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsalsal dağılımı .....	104
<b>Şekil 4.98:</b> X yönü p-deltalı durum için Northr-Nwh360 ivme kaydı kullanılarak dinamik analiz ile elde edilen, çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsalsal dağılımı .....	105
<b>Şekil 4.99:</b> X yönü p-deltalı durum için statik analiz ile elde edilen (Landers-Lcn275 ivme kaydı ile elde edilen maksimum çatı deplasmanı altında), çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsalsal dağılımı .....	106
<b>Şekil 4.100:</b> X yönü p-deltalı durum için Landers-Lcn275 ivme kaydı kullanılarak dinamik analiz ile elde edilen, çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsalsal dağılımı .....	107
<b>Şekil 4.101:</b> Y yönü p-delta'sız durum için statik analiz ile elde edilen (Northr-Nwh360 ivme kaydı ile elde edilen maksimum çatı deplasmanı altında), çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsalsal dağılımı .....	108
<b>Şekil 4.102:</b> Y yönü p-delta'sız durum için Northr-Nwh360 ivme kaydı kullanılarak dinamik analiz ile elde edilen, çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsalsal dağılımı .....	109
<b>Şekil 4.103:</b> Y yönü p-delta'sız durum için statik analiz ile elde edilen (Landers-Lcn275 ivme kaydı ile elde edilen maksimum çatı deplasmanı altında), çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsalsal dağılımı .....	110

<b>Şekil 4.104:</b> Y yönü p-delta'sız durum için Landers-Lcn275 ivme kaydı kullanılarak dinamik analiz ile elde edilen, çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsal dağılımı .....	111
<b>Şekil 4.105:</b> Y yönü p-deltalı durum için statik analiz ile elde edilen (Northr-Nwh360 ivme kaydı ile elde edilen maksimum çatı deplasmanı altında), çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsal dağılımı .....	112
<b>Şekil 4.106:</b> Y yönü p-deltalı durum için Northr-Nwh360 ivme kaydı kullanılarak dinamik analiz ile elde edilen, çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsal dağılımı .....	113
<b>Şekil 4.107:</b> Y yönü p-deltalı durum için statik analiz ile elde edilen (Landers-Lcn275 ivme kaydı ile elde edilen maksimum çatı deplasmanı altında), çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsal dağılımı .....	114
<b>Şekil 4.108:</b> Y yönü p-deltalı durum için Landers-Lcn275 ivme kaydı kullanılarak dinamik analiz ile elde edilen, çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsal dağılımı .....	115
<b>Şekil A.1:</b> Capemend-Pet090 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	142
<b>Şekil A.2:</b> Capemend-Pet090 ivme kaydı altında x yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	143
<b>Şekil A.3:</b> Capemend-Pet090 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	143
<b>Şekil A.4:</b> Capemend-Pet090 ivme kaydı altında y yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	144
<b>Şekil A.5:</b> Dzc-Bol090 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	144
<b>Şekil A.6:</b> Dzc-Bol090 ivme kaydı altında x yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	145
<b>Şekil A.7:</b> Dzc-Bol090 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	145
<b>Şekil A.8:</b> Dzc-Bol090 ivme kaydı altında y yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	146
<b>Şekil A.9:</b> Erz-Ew ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	147
<b>Şekil A.10:</b> Erz-Ew ivme kaydı altında x yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	147
<b>Şekil A.11:</b> Erz-Ew ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	148



<b>Şekil A.12:</b> Erz-Ew ivme kaydı altında y yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	148
<b>Şekil A.13:</b> Kobe-Tak090 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	149
<b>Şekil A.14:</b> Kobe-Tak090 ivme kaydı altında x yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	149
<b>Şekil A.15:</b> Kobe-Tak090 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	150
<b>Şekil A.16:</b> Kobe-Tak090 ivme kaydı altında y yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	150
<b>Şekil A.17:</b> Kocaeli-Dzc270 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	151
<b>Şekil A.18:</b> Kocaeli-Dzc270 ivme kaydı altında x yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	151
<b>Şekil A.19:</b> Kocaeli-Dzc270 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	152
<b>Şekil A.20:</b> Kocaeli-Dzc270 ivme kaydı altında y yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	152
<b>Şekil A.21:</b> Landers-Lcn275 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	153
<b>Şekil A.22:</b> Landers-Lcn275 ivme kaydı altında x yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	153
<b>Şekil A.23:</b> Landers-Lcn275 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	154
<b>Şekil A.24:</b> Landers-Lcn275 ivme kaydı altında y yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	154
<b>Şekil A.25:</b> Lomap-Lex090 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	155
<b>Şekil A.26:</b> Lomap-Lex090 ivme kaydı altında x yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	155
<b>Şekil A.27:</b> Lomap-Lex090 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	156

<b>Şekil A.28:</b> Lomap-Lex090 ivme kaydı altında y yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	156
<b>Şekil A.29:</b> Morgan-Cyc285 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	157
<b>Şekil A.30:</b> Morgan-Cyc285 ivme kaydı altında x yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	157
<b>Şekil A.31:</b> Morgan-Cyc285 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	158
<b>Şekil A.32:</b> Morgan-Cyc285 ivme kaydı altında y yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	158
<b>Şekil A.33:</b> Northr-Nwh360 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	159
<b>Şekil A.34:</b> Northr-Nwh360 ivme kaydı altında x yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	159
<b>Şekil A.35:</b> Northr-Nwh360 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	160
<b>Şekil A.36:</b> Northr-Nwh360 ivme kaydı altında y yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	160
<b>Şekil A.37:</b> Northr-Syl090 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	161
<b>Şekil A.38:</b> Northr-Syl090 ivme kaydı altında x yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	161
<b>Şekil A.39:</b> Northr-Syl090 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	162
<b>Şekil A.40:</b> Northr-Syl090 ivme kaydı altında y yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	162
<b>Şekil A.41:</b> Gazlı-Gaz000 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	163
<b>Şekil A.42:</b> Gazlı-Gaz000 ivme kaydı altında x yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	163
<b>Şekil A.43:</b> Gazlı-Gaz000 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	164

<b>Şekil A.44:</b> Gazlı-Gaz000 ivme kaydı altında y yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	164
<b>Şekil A.45:</b> Impvall-H-E05140 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	165
<b>Şekil A.46:</b> Impvall-H-E05140 ivme kaydı altında x yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	165
<b>Şekil A.47:</b> Impvall-H-E05140 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	166
<b>Şekil A.48:</b> Impvall-H-E05140 ivme kaydı altında y yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	166
<b>Şekil A.49:</b> Kobe-Nıs000 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	167
<b>Şekil A.50:</b> Kobe-Nıs000 ivme kaydı altında x yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	167
<b>Şekil A.51:</b> Kobe-Nıs000 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	168
<b>Şekil A.52:</b> Kobe-Nıs000 ivme kaydı altında y yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	168
<b>Şekil A.53:</b> Kocaeli-Dzc180 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	169
<b>Şekil A.54:</b> Kocaeli-Dzc180 ivme kaydı altında x yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	169
<b>Şekil A.55:</b> Kocaeli-Dzc180 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	170
<b>Şekil A.56:</b> Kocaeli-Dzc180 ivme kaydı altında y yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	170
<b>Şekil A.57:</b> Lomap-Hsp000 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	171
<b>Şekil A.58:</b> Lomap-Hsp000 ivme kaydı altında x yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	171
<b>Şekil A.59:</b> Lomap-Hsp000 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	172

<b>Şekil A.60:</b> Lomap-Hsp000 ivme kaydı altında y yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	172
<b>Şekil A.61:</b> Northr-Cnp196 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	173
<b>Şekil A.62:</b> Northr-Cnp196 ivme kaydı altında x yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	173
<b>Şekil A.63:</b> Northr-Cnp196 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	174
<b>Şekil A.64:</b> Northr-Cnp196 ivme kaydı altında y yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	174
<b>Şekil A.65:</b> Northr-Pkc360 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	175
<b>Şekil A.66:</b> Northr-Pkc360 ivme kaydı altında x yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	175
<b>Şekil A.67:</b> Northr-Pkc360 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	176
<b>Şekil A.68:</b> Northr-Pkc360 ivme kaydı altında y yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	176
<b>Şekil A.69:</b> Northr-Pul194 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	177
<b>Şekil A.70:</b> Northr-Pul194 ivme kaydı altında x yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	177
<b>Şekil A.71:</b> Northr-Pul194 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	178
<b>Şekil A.72:</b> Northr-Pul194 ivme kaydı altında y yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	178
<b>Şekil A.73:</b> Northr-Spv360 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	179
<b>Şekil A.74:</b> Northr-Spv360 ivme kaydı altında x yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	179
<b>Şekil A.75:</b> Northr-Spv360 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	180

<b>Şekil A.76:</b> Northr-Spv360 ivme kaydı altında y yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	180
<b>Şekil A.77:</b> Northr-Tar360 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	181
<b>Şekil A.78:</b> Northr-Tar360 ivme kaydı altında x yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	181
<b>Şekil A.79:</b> Northr-Tar360 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	182
<b>Şekil A.80:</b> Northr-Tar360 ivme kaydı altında y yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	182
<b>Şekil A.81:</b> Palmspr-Nps210 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	183
<b>Şekil A.82:</b> Palmspr-Nps210 ivme kaydı altında x yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	183
<b>Şekil A.83:</b> Palmspr-Nps210 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	184
<b>Şekil A.84:</b> Palmspr-Nps210 ivme kaydı altında y yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili .....	184

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 2.1:</b> $C_0$ katsayısı için bina kat sayısına bağlı önerilen değerler.....	16
<b>Tablo 2.2:</b> Modele ait özellikler .....	23
<b>Tablo 2.3:</b> Modal analiz sonuçları.....	25
<b>Tablo 2.4:</b> Kesit hasar sınırlarına göre izin verilen şekil değiştirme üst sınırları.....	29
<b>Tablo 2.5:</b> Betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri.....	29
<b>Tablo 3.1:</b> Kullanılan ivme kayıtlarına ait özellikler .....	31
<b>Tablo 4.1:</b> Katlara göre x yönü giriş hasar durumu.....	47
<b>Tablo 4.2:</b> Katlara göre y yönü giriş hasar durumu.....	47
<b>Tablo 4.3:</b> Katlara göre x yönü kolon hasar durumu.....	48
<b>Tablo 4.4:</b> Katlara göre y yönü kolon hasar durumu.....	48
<b>Tablo 5.1:</b> X yönünde dikdörtgen itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analizlerin deplasman profili değerleri (mm).....	118
<b>Tablo 5.2:</b> Y yönünde dikdörtgen itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analizlerin deplasman profili değerleri (mm).....	118
<b>Tablo 5.3:</b> X yönünde eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analizlerin deplasman profili değerleri (mm).....	119
<b>Tablo 5.4:</b> Y yönünde eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analizlerin deplasman profili değerleri (mm).....	119
<b>Tablo 5.5:</b> X yönünde modal itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analizlerin deplasman profili değerleri (mm).....	120
<b>Tablo 5.6:</b> Y yönünde modal itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analizlerin deplasman profili değerleri (mm).....	120
<b>Tablo 5.7:</b> X yönünde dikdörtgen itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analizlerin görel kat ötelenme oranı değerleri (%) .....	123
<b>Tablo 5.8:</b> Y yönünde dikdörtgen itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analizlerin görel kat ötelenme oranı değerleri (%) .....	124
<b>Tablo 5.9:</b> X yönünde eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analizlerin görel kat ötelenme oranı değerleri (%).....	125
<b>Tablo 5.10:</b> Y yönünde eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analizlerin görel kat ötelenme oranı değerleri (%).....	126
<b>Tablo 5.11:</b> X yönünde modal itme deseni kullanılarak yapılan statik analizi ile dinamik analizlerin görel kat ötelenme oranı değerleri (%) .....	127

<b>Tablo 5.12:</b> Y yönünde modal itme deseni kullanılarak yapılan statik analizi ile dinamik analizlerin görece kat ötelenme oranı değerleri (%).....	128
<b>Tablo 5.13:</b> X yönü, p-delta'sız durumda kiriş hasar sınırlarının kıyaslanması .....	130
<b>Tablo 5.14:</b> X yönü, p-delta'lı durumda kiriş hasar sınırlarının kıyaslanması .....	131
<b>Tablo 5.15:</b> X yönü, p-delta'sız durumda kolon hasar sınırlarının kıyaslanması .....	131
<b>Tablo 5.16:</b> X yönü, p-delta'lı durumda kolon hasar sınırlarının kıyaslanması .....	132
<b>Tablo 5.17:</b> Y yönü, p-delta'sız durumda kiriş hasar sınırlarının kıyaslanması .....	132
<b>Tablo 5.18:</b> Y yönü, p-delta'lı durumda kiriş hasar sınırlarının kıyaslanması .....	133
<b>Tablo 5.19:</b> Y yönü, p-delta'sız durumda kolon hasar sınırlarının kıyaslanması .....	133
<b>Tablo 5.20:</b> Y yönü, p-delta'lı durumda kolon hasar sınırlarının kıyaslanması .....	134

## SEMBOL LİSTESİ

<b>DBYBHY:</b>	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
$(EI)_e$	: Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
$(EI)_o$	: Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği
$f_{ck}$	: Beton karakteristik basınç dayanımı
<b>G</b>	: Ölü yük
<b>GÇ</b>	: Göçme Sınırı
<b>GKÖ</b>	: Göreli Kat Ötelenmesi
<b>GKÖO</b>	: Göreli Kat Ötelenme Oranı
<b>GV</b>	: Güvenlik Sınırı
<b>h</b>	: Kesit boyutu
<b>İYBDY</b>	: İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği
$L_p$	: Plastik mafsal boyu
$M_{cr}$	: Kesitte çatlama oluşturan eğilme momenti
<b>MN</b>	: Minimum Hasar Sınırı
$M_u$	: Kesitin eğilme momenti taşıma gücü
$M_y$	: Kesitin akma momenti
<b>Q</b>	: Hareketli yük
<b>R</b>	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
<b>T</b>	: Binanın birinci doğal titreşim periyodu
<b>W</b>	: Bina sismik ağırlığı
$\epsilon$	: Birim şekil değiştirme
$\epsilon_c$	: Beton basınç birim şekil değiştirmesi
$\epsilon_{cg}$	: En dış çekirdek lifi basınç birim şekil değiştirmesi
$\epsilon_{cu}$	: En üst çekirdek beton lifi için izin verilen maksimum şekil değiştirme değeri
$\epsilon_s$	: Çelik donatı birim şekil değiştirmesi
$\epsilon_{su}$	: Donatı kopma uzaması
$\Theta_y$	: Eşdeğer akma eğriliği
$\Theta_u$	: Plastik eğrilik



## ÖNSÖZ

Yüksek Lisans eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım tez danışmanım, değerli hocam Prof. Dr. Mehmet İNEL'e teşekkürlerimi sunmaktan büyük mutluluk duyarım.

Bu çalışma süresince her konuda desteğini gördüğüm, bilgi ve tecrübeleriyle yoluma ışık tutan değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Bayram Tanık ÇAYCI'ya teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ayrıca tez çalışmam boyunca bilgi ve tecrübelerinden sıkça faydalandığım değerli meslektaşım İnşaat Mühendisi Doğan GÜDÜK'e, verilerin işlenmesi aşamalarında yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşım İnşaat Mühendisi İrmak AVCI'ya ve değerli büyüğüm, meslektaşım İnşaat Mühendisi Oktay ÖZENİR'e teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her anında maddi ve manevi her konuda beni destekleyen kıymetli aileme ve her zaman yanımda olan sevgili nişanlım, hayat ışığım Funda Derya DARAN'a sonsuz teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

# 1. GİRİŞ

Depremler dünyanın varoluş sürecinden bu yana insanlığı ve çevresel yapıyı etkileyen önlenemez doğal afetlerdendir. Ülkemiz dünyanın önemli deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya kuşağı üzerinde yer almaktadır. Ülkemizin, karmaşık jeolojik yapısı ve jeodinamik konumundan dolayı çok sayıda aktif fay bulunmaktadır. Türkiye Diri Fay Haritasına göre ülkeyi boydan boya kat eden Kuzey Anadolu Fayı, Doğu Anadolu Fayı ile Doğu Anadolu, Marmara ve Ege bölgeleri ile ülkemizde deprem riski en yüksek olan alanlardır. Ülkemizin çok katlı betonarme yapı stokunun önemli bir kısmını oluşturan Marmara ve Ege bölgelerinin bu deprem riski en yüksek alanlarda bulunması çok katlı binaların performans olarak değerlendirilmesinin önemini ortaya çıkarmaktadır.

Deprem bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliği'nde (DBYBHY-2007) mevcut yapıların performanslarının belirlenmesinde artımsal statik itme analizi yöntemi temel alınmaktadır. Ancak bilindiği gibi, sismik yer hareketleri dinamik bir yüklemidir ve yapıda zamana bağlı olarak değişen iç kuvvetler oluşmasına neden olmaktadır. Bununla dinamik analiz yöntemlerinin çözümü özellikle doğrusal olmayan davranışının dikkate alınması ile statik analize oranla çok daha fazla zaman alıcıdır. Ayrıca dinamik denge denkleminin çözümü sırasında oluşması muhtemel yakınsama problemleri ortaya çıkabilmektedir. Literatürde en gerçekçi analiz yöntemi olarak belirtilmekle birlikte, zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilen sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır.

Bu sebeple mevcut yapılara etkiyen sismik taleplerin zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan dinamik analiz yöntemi ile belirlenmesi ve bu taleplerin artımsal statik analiz yöntemlerinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılması, statik analizin avantaj ve dezavantajlarının ortaya konabilmesi açısından büyük önem arz etmektedir.

## 1.1 Amaç ve Kapsam

Çalışmanın amacı, DBYBHY-2007 şartlarına göre tasarlanmış çok katlı betonarme gerçek bir yapının deprem davranışının doğrusal elastik olmayan statik ve dinamik analiz yöntemleri kullanılarak belirlenmesi ve bu yöntemlerin avantaj ve dezavantajlarının ortaya konmasıdır.

Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan dinamik analiz literatürde en gerçekçi analiz yöntemi olarak belirtilmekle birlikte, bu yöntemin çok zaman alması, yoğun emek gerektirmesi ve olası yakınsama sorunları nedeniyle literatürde yapılan çalışma sayısı sınırlıdır. Ayrıca ülkemizde, mevcut binaların performans olarak değerlendirilmesinde DBYBHY-2007’de de temel alınan artımsal statik itme analizi yöntemi ile elde edilen taleplerin zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan dinamik analiz yöntemleri ile elde edilen talepler ile kıyaslandığı kısıtlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışma ile bu boşluğun doldurulması amaçlanmaktadır.

Tez kapsamında çok katlı betonarme binaların sismik performanslarını değerlendirmek amacıyla, DBYBHY-2007 şartlarına göre tasarlanan 15 katlı perde-çerçeve taşıyıcı sisteme sahip betonarme gerçek bir binanın doğrusal elastik olmayan dinamik ve statik analiz yöntemleri kullanılarak sismik davranışı incelenmiştir. Bu amaçla çatı deplasman talebi, görelî kat ötelenme oranları, deplasman profilleri, taban kesme kuvveti, plastik mafsallarda hasar dağılımı gibi bir çok parametre dikkate alınarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Tez çalışmasında modelleme ve analizler için SAP 2000 analiz programı kullanılmıştır.

Ayrıca çalışmada kullanılan artımsal statik itme analizleri, dikdörtgen, eşdeğer deprem yükü ve modal desenler kullanılarak p-delta etkilerinin dikkate alınmadığı ve alındığı durumlar için ayrı ayrı analiz edilmiş ve sonuçlar bu desenlere göre değerlendirilmiştir.

Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan dinamik analizlerde, PEER veri tabanından (Pacific Earthquake Engineering Research Center Ground Motion Database) seçilen gerçek depremlere ait 21 adet ivme kaydı kullanılmıştır. İvme kayıtları geçmiş çalışmalarda kullanılan ve ülkemizde gerçekleşen yıkıcı depremleri de içerecek şekilde seçilmiştir.

## 1.2 Literatür Özeti

Yapılan çalışmada doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleri kullanılarak, ülkemiz mevcut yüksek yapı stokunu da temsil eden 15 katlı perdeli-çerçeve taşıyıcı sisteme sahip betonarme model referans alınıp çok katlı betonarme binaların sismik performansları değerlendirilmiştir.

Bununla birlikte kullanılan analiz yöntemleri ve ülkemiz yapı stokunun karakteristiği ile ilgili tespitlere yer veren belli başlı bazı çalışmalar aşağıda verilmiştir:

Mevcut yapıların deprem performanslarının değerlendirilmesinde doğrusal elastik olmayan statik analiz yöntemi kullanılmaktadır. Statik itme analizi olarak da bilinen bu yöntem yapıların kuvvet ve şekil deformasyon kapasitelerinin hesaplanmasında etkili olmasına rağmen, yüksek modların etkinliğinin ve depremlerin karakteristik özelliklerinin tam olarak yansıtılamaması nedeniyle sismik taleplerin belirlenmesinde zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan dinamik analiz yöntemi daha gerçekçi sonuçlar vermektedir (Krawinkler ve Seneviratna 1998).

Krawinkler ve Seneviratna., statik itme analizinin yapıların sismik performanslarının belirlenmesinde artı ve eksi yönlerinin araştırıldığı bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Statik itme analizinin elastik analiz yöntemleri ile belirlenmesi güç olan kat mekanizması, elemanlar üzerinde oluşan büyük şekil değiştirmeler, dayanım düzensizliği ve gevrek elemanların sismik performansa etkileri gibi davranış biçimlerinin dikkate alınmasında oldukça yararlı olduğunun altı çizmişlerdir. Diğer taraftan statik itme analizi yöntemi ile deformasyon taleplerinin özellikle yüksek mod etkilerinin önem arz ettiği durumlarda oldukça hatalı sonuç verebileceği değerlendirilmişlerdir. Statik itme analizi ile sadece ilk lokal göçme mekanizmasının hesaplanabilir oluşunun, bu adım sonrası yapının dinamik özelliklerindeki değişimin göz ardı edilmesine neden olduğu belirtilmiştir (Krawinkler ve Seneviratna 1998).

Mwafy ve Elnashai, yapmış oldukları çalışmada statik itme analizi ve doğrusal elastik olmayan dinamik analiz yöntemlerini kıyaslamışlardır. Statik itme analizleri için farklı itme desenleri kullanmışlardır. Referans olarak orta-yüksek katlı farklı karakteristik özelliklere sahip 12 adet çerçeve taşıyıcı sisteme sahip betonarme model kullanmış ve sonuçlar kıyaslanmıştır (Mwafy ve Elnashai 2000).

M. Sami Döndüren yapmış olduğu çalışmada çerçeve perde sistemli çeşitli geometrilere ve zemin kat yüksekliklerine sahip 15 katlı toplam 28 adet model üzerinde zaman tanım alanında dinamik analizler ile modellerin yer değiştirme, periyot, taban kesme, devrilme momenti ve katlardaki burulma düzensizliği durumlarını araştırmıştır. Yapılan analitik çalışmalar sonucunda deprem riskinin yüksek olduğu bölgelerde perde sistemler, değişik geometrideki planlardan ise daire şeklindeki modelin en uygun çözüm olduğunu belirlemiştir (Döndüren 2003).

Korkmaz ve Düzgün, yapmış oldukları çalışmada betonarme yapıların performanslarının belirlenmesinde kullanılan doğrusal olmayan statik artımsal itme analizlerini, doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analizler ile karşılaştırarak değerlendirmişlerdir. Bu amaçla periyotları farklı üç açıklıklı 3.5.8 ve 15 katlı dört betonarme çerçeve yapıyı ele almış ve bu çerçeve yapılar için dikdörtgen, üçgen ve parabol yük etkileri altında doğrusal olmayan statik artımsal itme analizlerini yapmışlardır. Statik artımsal itme analizlerini, farklı 50 deprem verisi ile yapılan zaman tanım alanında dinamik analiz sonuçlarıyla kıyaslamışlardır. Sonuç olarak en uygun yükleme tipini dikdörtgen olarak belirlemişler ancak statik artımsal itme analizinin çok katlı yapılarda dinamik analiz sonuçlarından farklı sonuçlar verdiği sonucuna ulaşmışlardır (Korkmaz ve Düzgün 2006).

Korkmaz tarafından yapılan çalışmada çok katlı betonarme yapılar ele alınmış ve bu yapılar için yapılan artımsal itme analizlerinin doğrulukları üzerinde çalışılmıştır. Farklı yük dağılımları altında, çok katlı betonarme çerçeve yapıların artımsal itme analiz sonuçları incelenmiştir. Çalışmada 10, 12, 14 katlı ve 16 katlı betonarme çerçeve yapı ele alınmış ve artımsal itme analizi için dikdörtgen ve üçgen yük dağılımları uygulanmıştır. Zaman tanım alanında dinamik analizlerinde 30 farklı deprem verisi kullanılmıştır. Çok katlı betonarme yapılar için artımsal itme ve zaman tanım alanında dinamik analiz sonuçları, artımsal itme analizlerinin kullanılabilirliklerinin değerlendirilmesi amacı ile karşılaştırılmıştır (Korkmaz 2006).

Kalkan ve Kunnath yaptıkları çalışmada, yönetmeliklerce tanımlı statik itme analizinin, yüksek mod etkisi gibi dinamik analiz yöntemlerinde gözlenen davranış özelliklerini yansıtmakta yetersiz olduğu, statik ve dinamik analiz yöntemleri arasındaki davranış farklılıklarının yakın kaynaklı (near-fault) ivme kayıtlarının kullanılması durumunda daha da arttığını vurgulamışlardır. Ancak dinamik analize en yakın sonuçların 'adaptive pushover' yöntemleri ile elde edildiğini belirtmişlerdir (Kalkan ve Kunnath 2007).

İnel ve diğ., Eşdeğer Tek Serbestlik Dereceli ve çok katlı üç boyutlu modeller ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemini kullanarak yaptığı çalışmada iki yöntemle hesaplanan deplasman taleplerini karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak eşdeğer tek serbestlik dereceli modellerden elde edilen deplasman taleplerinin çok serbestlik dereceli modellerden elde edilen değerlerin üzerinde olduğu değerlendirilmiştir (İnel ve diğ. 2010).

Penelis ve Papanikolaou, Eurocode'a göre tasarlanmış 16 katlı betonarme çerçeve taşıyıcı sisteme sahip bir bina üzerinde yaptıkları çalışmada, doğrusal elastik olmayan statik ve dinamik sonuçlarını kıyaslayarak performans değerlendirmesi yapmışlardır (Penelis ve Papanikolaou 2010).

Causevic ve Mitrovic, yapmış oldukları çalışmada statik itme analizi ve doğrusal elastik olmayan dinamik analiz yöntemlerini kıyaslamışlardır. 8 katlı çerçeve taşıyıcı sisteme sahip betonarme model üzerinde farklı itme desenleri kullanarak yaptıkları statik itme analizleri için N2 doğrusal ötesi statik metot (Eurocode 8), doğrusal ötesi statik yöntem NSP (FEMA356) ve geliştirilmiş kapasite spektrum yöntemi CSM (FEMA440) yöntemlerini kullanmışlardır. Farklı desenler ve yöntemler kullanarak elde ettikleri statik itme analizi sonuçlarını kendi aralarında ve doğrusal elastik olmayan dinamik analiz sonuçları ile kıyaslamışlardır (Causevic ve Mitrovic 2010).

Tuğba Başot, yapmış olduğu yüksek lisans çalışmasında DBYBHY ile yürürlüğe girmesi planlanan İYBDY'in esasları mevcut 1975 tarihli Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY) esaslarına boyutlandırılmış bodrum katları dâhil 25 katlı betonarme yüksek binayı irdelemiştir (Başot 2010).

Barboros Gözütok, yapmış olduğu yüksek lisans çalışmasında betonarme çekirdek ve ereve taşıyıcı sisteme sahip 65 katlı yüksek bir yapının zaman tanım alanında doğrusal olmayan özömlene yöntemi kullanılarak deprem performansının belirlenmesi ve performans değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir (Gözütok 2011).

İnel ve diğ., düşük ve orta yükseklikteki betonarme binaların deprem performanslarını etkileyen faktörlerin araştırıldığı bir TÜBİTAK Projesi gerçekleştirmişlerdir. Proje kapsamında Denizli, Aydın, İzmir, İstanbul ve Muğla gibi 1. derece deprem bölgesinde yer alan yaklaşık 500 binaya ait mevcut binaya ait projeler elde edilerek bir veri tabanı oluşturulmuştur. Envanter alışması sonuçlarının yansıtılmasıyla hazırlanan 528 adet 3-B binanın iki asal yönü için doğrusal olmayan statik itme analizi yöntemi ile 1056 adet kapasite eğrisi elde edilerek DBYBHY, 2007’de verilen değişik performans seviyelerine karşılık gelen kapasiteleri belirlenmiştir. Kat sayısının, malzeme özellikleri eleman detaylandırmasının (etriye aralığı), yumuşak kat, kapalı çıkma ve kısa kolon gibi düzensizliklerin davranış üzerindeki etkileri kapasite eğrileri üzerinden irdelenmiştir. Eşdeğer-TSD sistem yaklaşımıyla 264 adet gerçek kayıt için 278784 adet zaman tanım alanında analizle doğrusal olmayan deplasman talepleri elde edilmiştir ve değerlendirilmiştir (İnel ve diğ. 2011).

Özmen ve diğ., kat sayısı, farklı yönetmelik şartları, farklı hasar durumları, beton dayanımı, yanal donatı detaylandırması ve dolgu duvar dayanımı parametrelerini dikkate alınıp alınmaması durumlarını göz önünde bulundurup 432 adet üç boyutlu bina modelinden artımsal itme analizi ile iki asal yönde 864 kapasite eğrisi elde etmişlerdir. Bu eğrilerin her biri tek serbestlik dereceli sisteme indirgenerek farklı yer ivmesi ve özelliğe sahip 264 gerçek deprem ivme kaydı kullanılarak doğrusal olmayan yer değiştirme talepleri hesaplanmıştır. Elde edilen analiz sonuçları ile farklı özellikteki binaların farklı hasar durumları için doğrusal olmayan yer değiştirme kapasiteleri, yönetmelik ve gerçek deprem ivme kaydı yer değiştirme talepleri, yatay dayanım değerleri, bunların yapı periyodu ile ilişkisi değerlendirilmiştir (Özmen ve diğ. 2011).

Arda Karabulut yapmış olduğu yüksek lisans çalışmasında, 2007 Türk Deprem Yönetmeliği'ne ve TS-500'e uygun olarak tasarlanmış üç farklı betonarme binayı doğrusal olmayan statik analiz yöntemlerine göre incelemiş, daha sonra elde edilen sonuçları doğrusal olmayan dinamik analiz sonuçları ile karşılaştırmıştır. Doğrusal olmayan statik analizler, 2007 Türk Deprem Yönetmeliği'nde bahsedilen Eşdeğer Deprem Yüğü yöntemi ile Artımsal İtme Analizi ve FEMA 440 raporunda bahsedilen Eşdeğer Doğrusallaştırma yöntemleridir. Doğrusal olmayan dinamik analizler için 2007 Türk Deprem Yönetmeliği'nde bahsedilen zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemini kullanmıştır (Karabulut 2011).

Sinem Çelik yapmış olduğu yüksek lisans çalışmasında düşük ve orta yükseklikteki betonarme binaların deplasman taleplerini zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan hesap yöntemi kullanarak araştırmıştır. Dört farklı zemin grubuna üzerinde kaydedilen toplam 41 adet ivme kaydının kullanıldığı çalışmada binanın deplasman talepleri üzerinde durularak, binaların deplasman taleplerinin depreme bağlı değişkenliği vurgulanmıştır (Çelik 2012).

Oral Berkay Beşikçi yapmış olduğu yüksek lisans çalışmasında yumuşak kat düzensizliğine sahip düşük ve orta yükseklikteki betonarme binaların deplasman taleplerini zaman tanım alanında elastik olmayan hesap yöntemi kullanarak araştırmıştır. Dört farklı zemin grubuna üzerinde kaydedilen toplam 41 adet ivme kaydının kullanıldığı çalışma sonucunda yumuşak kat düzensizliğine sahip betonarme yapıların sismik davranışlarının birçok parametreden etkilenen karmaşık bir olgu olduğunun altı çizilmiştir (Beşikçi 2013).

Çavdar ve Bayraktar, 23 Ekim 2011 Van Depremi sırasında göçen 6 katlı betonarme bir yapıyı statik itme analizi ve zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan dinamik analiz yöntemlerini kullanarak analiz etmişlerdir. 1975 yönetmeliğine göre inşa edilen yapının oldukça yetersiz performans gösterdiği belirtilen çalışmada, statik itme analizi ile elde edilen hasar oranının zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan analiz yönteminden daha düşük hesaplandığının altı çizilmektedir (Çavdar ve Bayraktar 2014).



### **1.3 Tezin Organizasyonu**

Tez çalışmasının;

1.bölümünde teze ait genel bilgiler, tezin amacı ve kapsamı ve literatürde yer alan bazı çalışmalar yer almaktadır.

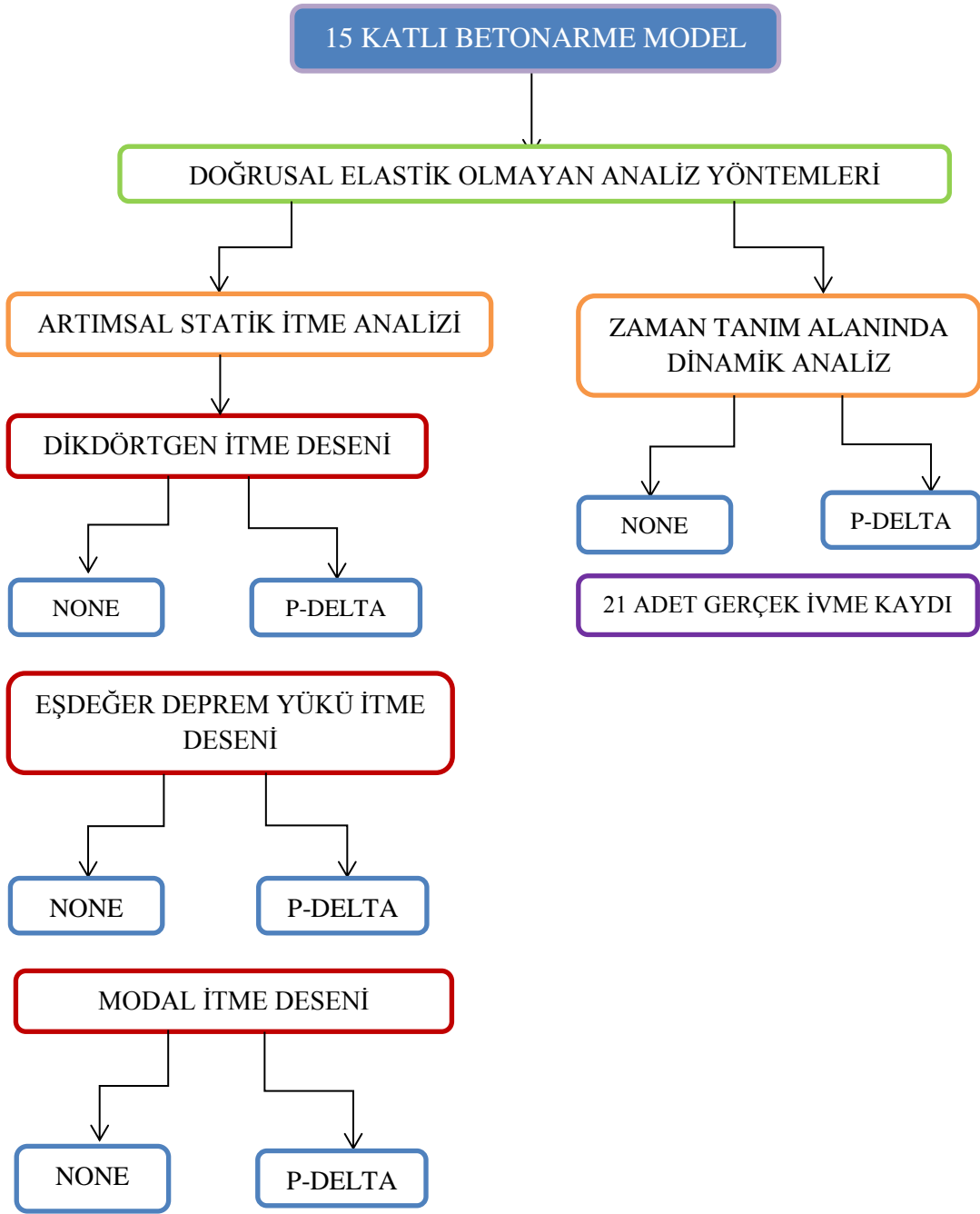
2.bölümde tez çalışmasında kullanılan model yapıya ait özellikler, modelleme teknikleri ve analiz yöntemlerinden bahsedilmiştir.

3.bölümde zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizler için kullanılan gerçek deprem ivme kayıtlarından bahsedilmiş ve bunların özellikleri sunulmuştur.

4.bölümde bina performans seviyesi belirlenmiş ve doğrusal olmayan statik ve dinamik analiz yöntemleri ile elde edilen verilen kıyaslanmış ve değerlendirmeler yapılmıştır.

5.bölümde ise elde edilen verilen neticesinde analiz sonuçları değerlendirilmiştir.

6.bölümde genel sonuçlar ve değerlendirmeler yapılmıştır.



Şekil 1.1: Organizasyon şeması

## 2. MODELLEME VE ANALİZ YÖNTEMLERİ

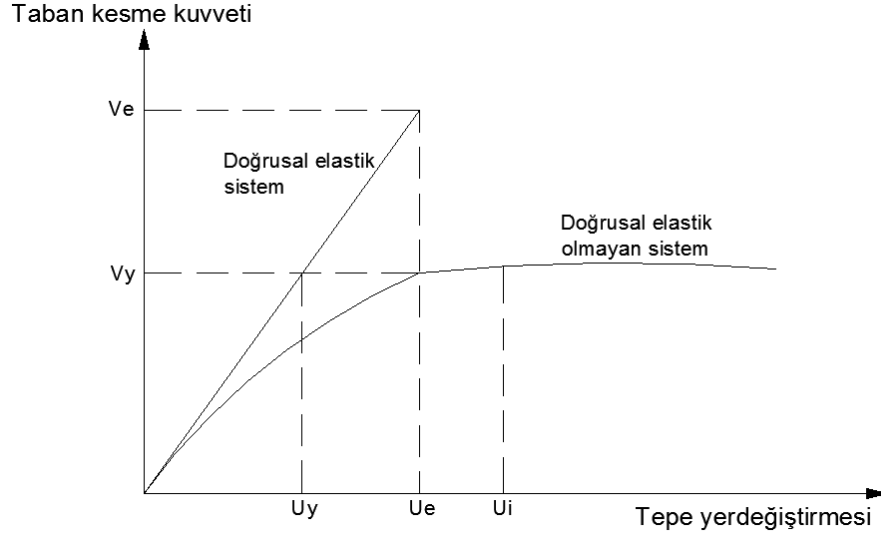
### 2.1 Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri

DBYBHY-2007’de, mevcut binaların yapısal performanslarının değerlendirilmesinde kullanılan doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri için temel alınan iki ayrı eşdeğer statik hesap yöntemi vardır. Bu yöntemler doğrusal elastik sistemler için kullanılan eşdeğer deprem yükü ve mod birleştirme yöntemlerinin doğrusal elastik olmayan sistemlere uygulanmalarıdır.

Doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin doğrusal elastik hesap yöntemlerine göre en önemli avantajı, artan yükler altında yapısal elemanlar sırayla kapasitelerine ulaştıkça bu elemanlar tarafından taşınamayan yüklerin diğer elemanlara dağılmasına izin vermesidir. Bu olay yeniden dağılım olarak adlandırılır. Bu şekilde ortaya çıkan iç kuvvet dağılımı daha gerçekçi olarak hesaplanabilmektedir. Deprem etkisi altında performans değerlendirmesine esas teşkil eden doğrusal elastik olmayan sisteme ait maksimum yer değiştirmeler, tasarım depremi altında yaklaşık yöntemlerle tahmin edilebilmektedir. Bu yöntemlerin en yaygın olanı eşit yer değiştirme kuralıdır (Aydinoğlu ve diğ. 2012).

Doğrusal elastik olmayan hesap yönteminde, doğrusal elastik yöntemine göre daha çok parametreye ihtiyaç duyulur ve bu yöntem taşıyıcı sistemin düzensizliğinden daha çok etkilenir (Celep 2007). DBYBHY-2007’de doğrusal elastik olmayan hesap yöntemi için yığılı plastik davranış modeli esas alınmıştır. Basit eğilme durumunda plastik mafsal hipotezine karşı gelen bu modelde, çubuk eleman olarak idealleştirilen kiriş, kolon ve perde türü taşıyıcı sistem elemanlarındaki iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekil değiştirmelerin düzgün yayılı biçimde olduğu varsayılmaktadır. Bu yöntem de yapısal elemanların dayanım değerlerine ulaşması durumu dikkate alınır. Ayrıca taşıyıcı sistem elemanları, artan yük etkilerini plastik deformasyon yaparak yani hasar oluşumuna izin vererek karşılar. (Şekil 2.1). Bu durum, yapısal elemanların maksimum yük etkilerine maruz kaldığı bölgelerine

tanımlanan plastik mafsallar yardımıyla gerçekleşir. Plastik mafsal hipotezi ve diğer doğrusal elastik olmayan analiz parametreleri bu bölümde yer alan doğrusal elastik olmayan modelleme başlığı altında detaylı olarak ele alınmıştır.



**Şekil 2.1:** Taban kesme kuvveti-tepe yer değıştirmesi ilişkisi

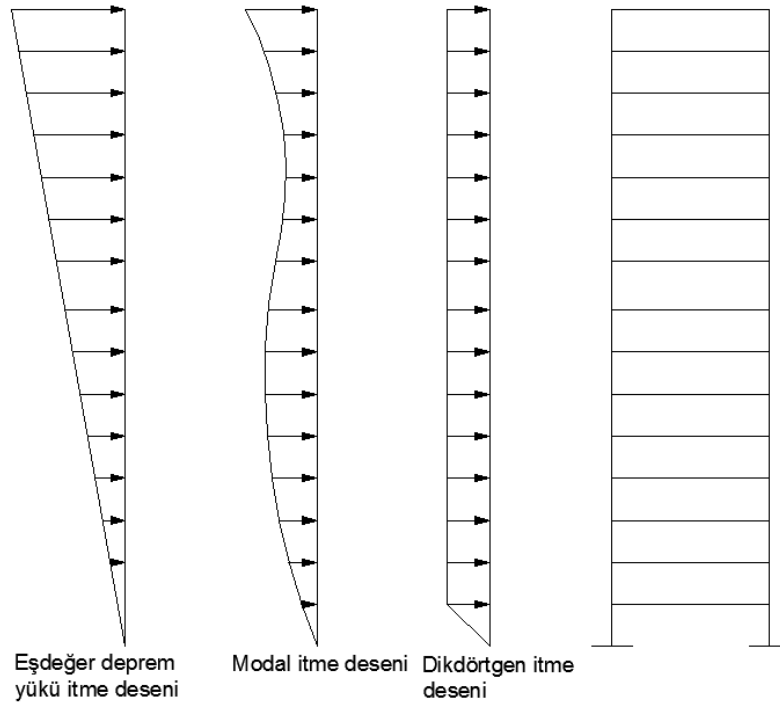
### 2.1.1 Statik İtme Analizi (Pushover)

Doğrusal ötesi analiz yöntemlerinden olan ve DBYBHY-2007’de de mevcut yapıların performanslarının belirlenmesinde temel alınan bu yöntem, belirli bir yük dağılımı altında bir yapıyı, stabilitesi bozulana dek adım adım itmek olarak tanımlanır. Bu yöntemde, yapıların taban kesme kuvveti-çatı deplasmanı ilişkisini gösteren kapasite eğrileri elde edilir.

Statik itme analizinin ilk adımlarında yapı doğrusal elastik davranacak ve belirli bir adım sonra plastik mafsallar oluşmaya başlayacaktır. Özellikle plastik mafsalların kolonlarda oluşması ile yapı tamamen plastik davranış sergilemeye başlayacaktır. Eğer taşıyıcı sistem eleman plastik mafsallarının pekleşme özelliği varsa bu durum yapının kapasite eğrisine de yansıtacak, plastik durumda artan yatay yükler altında yapının yanal kapasitesi az da olsa artmaya devam edecektir (Aydınöğlü ve diğ. 2012). Bu analiz yönteminin en hassas noktası yapıya uygulanan kuvvet dağılımıdır. Yöntemin tanımlandığı ATC40’da, farklı itme desenleri sunulmuştur. Sunulan bu itme desenleri şunlardır:

- Yatay yükün tamamı en üst kat seviyesinden etkililir.
- DBYYHY-2007’de de tanımlanan eşdeğer deprem yüküne göre hesaplanan taban kesme kuvveti, çatıya ilave yük konulmadan her kat seviyesine ayrı ayrı etkililir.
- Birinci modun baskın olduğu binalarda, hakim mod şekli ile kat kütlelerinin çarpımının oranları olan yatay yüklerin kat seviyelerine etki ettirilmesi diğer bir itme deseni olarak tanımlanır.

Tez çalışması kapsamında statik itme analizi desenleri olarak, dikdörtgen itme deseni, eşdeğer deprem yükü itme deseni ve modal itme deseni kullanılmıştır (Şekil 2.2).



**Şekil 2.2:** İtme desenleri

### 2.1.1.1 Talep Hesabı ve Performans Noktasının Bulunması

Statik itme analizi sonucu elde edilen kapasite eğrisi binanın farklı deprem yüklemeleri altındaki davranışını sergilemektedir. Herhangi bir deprem etkisi altında binanın hangi deplasman ve taban kesme kuvveti seviyelerine kadar zorlanacağını kapasite eğrisine bakarak anlamak mümkün değildir. Dolayısıyla belirli bir deprem

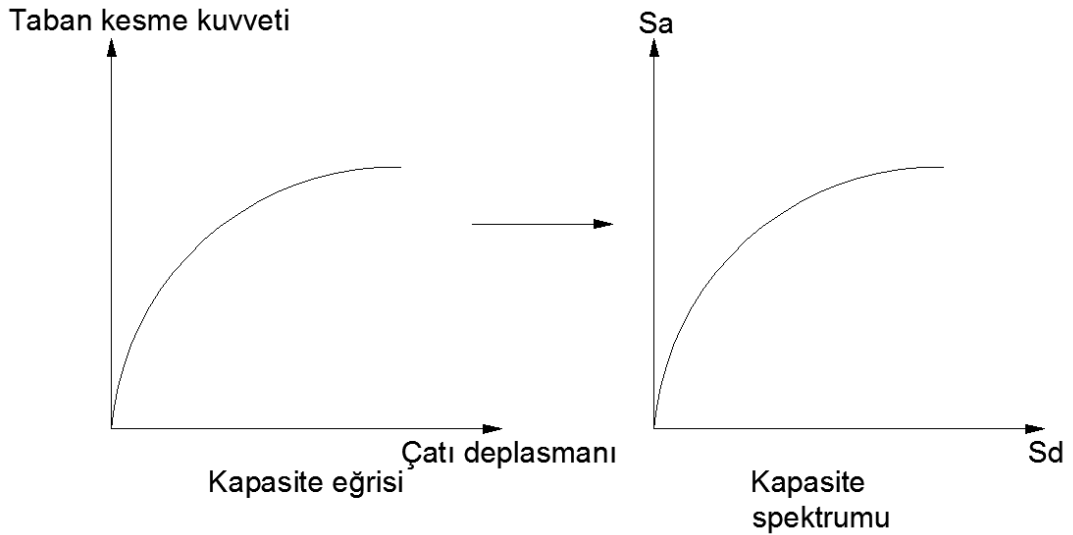
yüklemesini temsil eden etkilerin hesaplanabilmesi için basitleştirilmiş bazı ara yöntemler vardır. Bu yöntemlerden bazıları şu şekildedir:

- Kapasite Spektrum Yöntemi (ATC-40)
- Deplasman Katsayıları Yöntemi (FEMA-356)
- DBYBHY-2007'e Göre Performans Noktasının Bulunması

Kapasite Spektrum Yöntemi (ATC-40): Bu yöntemde, öngörülen bir deprem yüklemesinin tepki spektrumu olarak temsil edilmesi ve bu spektrumun kapasite eğrisi ile karşılaştırılması yoluyla yapıda oluşabilecek etkileri yaklaşık olarak hesaplanması amaçlanır. Bu yöntemde çok serbestlik dereceli sistemlerin tek serbestlik derecesine indirgenerek söz konusu deprem etkisinin kapasite eğrisinin oluşmasındaki hangi yükleme aşamasına karşılık geldiği belirlenir. Yapının kapasite eğrisi üzerinde bu aşamaya karşılık gelen nokta performans noktası olarak belirlenir.

Kapasite Spektrum Yönteminin aşamaları şu şekildedir:

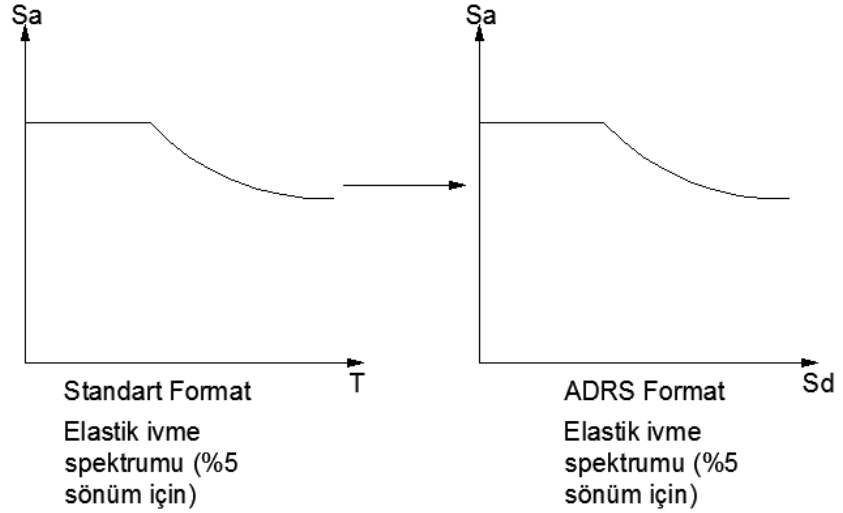
1. Statik itme analizi sonucu elde edilen kapasite eğrisi, kapasite spektrumuna dönüştürülür.



**Şekil 2.3:** Kapasite spektrumunun oluşturulması

2. Deprem etkisi yüzde 5 sönüm oranına göre hesaplanmış bir spektrum ile gösterilir (Elastik Hesap Spektrumu). Elastik hesap spektrumu yer hareketinin yaratacağı talebi gösterir.

3. Elastik hesap spektrumu Sa-T formatından, Sa-Sd ADRS (İvme Deplasman Tepki Spektrumu) formatına dönüştürülür.



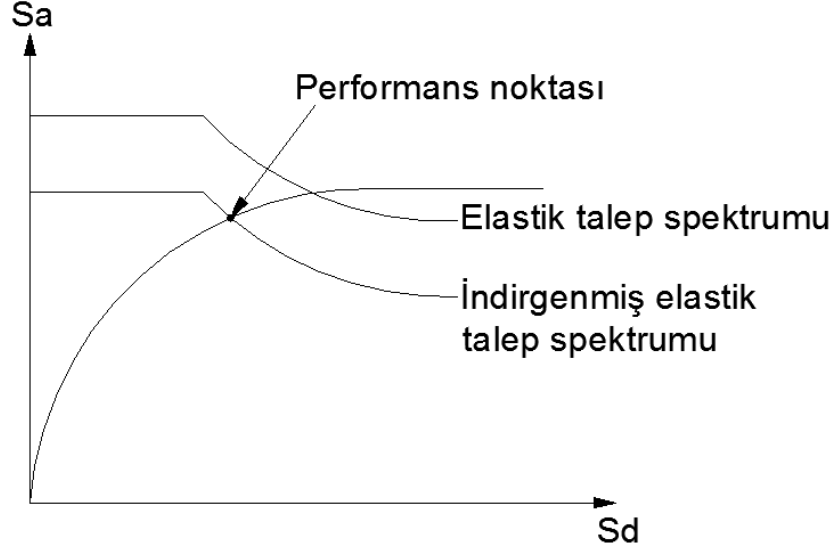
**Şekil 2.4:** Elastik hesap spektrumunun dönüştürülmesi

4. ADRS formatına dönüştürülen elastik hesap spektrumu ile kapasite eğrisi aynı grafik üzerinde çizilir.

5. Binanın bu deprem talebi altında göstermesi beklenen performans noktası belirlenir.

6. Bina, belirlenen performans noktasına kadar deplasman yaptığında çevrimsel olarak sönümleyeceği enerji bulunur. Bulunan bu sönüm viskoz sönüm ile toplanarak, yapının bu deplasman seviyesine geldiğinde yapacağı sönüm miktarı bulunur.

7. Elastik hesap spektrumu, artan yer değiştirmelerden dolayı meydana gelecek efektif sönüm artışları göz önüne alınarak azaltılır. Azaltılmış elastik hesap spektrumu ile binanın kapasite eğrisinin çakıştığı nokta performans noktası olarak tanımlanır.



**Şekil 2.5:** Performans noktasının bulunması

Deplasman Katsayıları Yöntemi (FEMA-356): Bu yöntem, önceden tanımlanmış deprem yer hareketi altında yapıdan istenen deplasman talebi ve yapının yatay yük taşıma kapasitesinin birbirine bağımlı olduğu esasına dayanmaktadır. Bu yöntemde elastik hesap spektrumu ile kapasite eğrisi kullanarak bir performans noktası hesaplamak için önerilmektedir. Performans noktasına karşılık gelen bina tepe noktası deplasmanı ( $\delta_t$ ) aşağıdaki bağıntıdan elde edilir.

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a (T_e^2 / 4\pi^2) g \quad (2.1)$$

Bu bağıntıda,

$C_0$ : Eşdeğer tek dereceli sistemin spektral deplasmanını çok serbestlik dereceli sistemin tepe noktası deplasmanı ile ilişkilendiren modal katılım katsayısıdır. Modal analiz sonucu elde edilebilen bu katsayı için bina kat sayısına bağlı olarak Tablo 2.1'deki değerler kullanılabilir. Tablodaki ara değerler doğrusal enterpolasyonla hesaplanabilir.



**Tablo 2.1:**  $C_0$  katsayısı için bina kat sayısına bağılı önerilen değerler

Kat sayısı	$C_0$
1	1.0
2	1.2
3	1.3
5	1.4
>10	1.5

$C_1$ : Tek serbestlik dereceli sistem için hesaplanan elastik deplasmanın, elastik olmayan deplasmana dönüştürülmesini sağlayan katsayıdır.

$$T_e \geq T_s \text{ için } C_1 = 1.0,$$

$$T_e < T_s \text{ için } C_1 = (1.0 + (R-1)(T_s/T_e))/R \quad (2.2)$$

Yukarıdaki bağıntıda  $T_e$  yapının hesap doğrultusundaki saniye cinsinden etkili periyodudur.  $T_s$  ise elastik hesap spektrumunun karakteristik periyodu olarak adlandırılıp, sabit ivme bölgesinden sabit hız bölgesine geçiş periyodunu göstermektedir.  $R$  ise spektrum azaltma katsayısı olarak tanımlanıp, elastik dayanımın elastik olmayan akma dayanımına oranıdır.

$C_2$ : Yük-yer değiştirme çevrimsel eğrilerinin maksimum yer değiştirme davranışı üzerindeki etkisini temsil eden bir katsayıdır. Bu değer doğrusal olmayan analizlerde 1.0 olarak alınabilir.

$C_3$ : Dinamik P-delta etkisini dikkate almak için uygulanan düzeltme katsayısı olup, kapasite eğrisi elastik sınır ötesi eğimi pozitif olan yapılar için 1.0 alınır.

$S_a$ : Elastik hesap spektrumunda yapı etkili periyoduna karşılık gelen spektral ivme değeridir.

$g$ : Yerçekimi ivme değeridir.

Ülkemizde yürürlükte olan DBYBHY-2007'de de performans noktasının belirlenmesi için öngörülen yöntem deplasman katsayıları yöntemine dayanmaktadır.

DBYBHY-2007'e Göre Performans Noktasının Bulunması: Doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yer değiştirme,  $S_{di1}$ , itme analizinin ilk adımında, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) moda ait  $T_1^{(1)}$  başlangıç periyoduna karşı gelen doğrusal elastik (linear) spektral yer değiştirme  $S_{de1}$ 'e bağlı olarak elde edilir, Denklem (2.3)

$$S_{di1} = C_{R1} S_{de} \quad (2.3)$$

Doğrusal elastik (linear) spektral yer değiştirme  $S_{de1}$ , itme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivme  $S_{ae1}$ 'den hesaplanır:

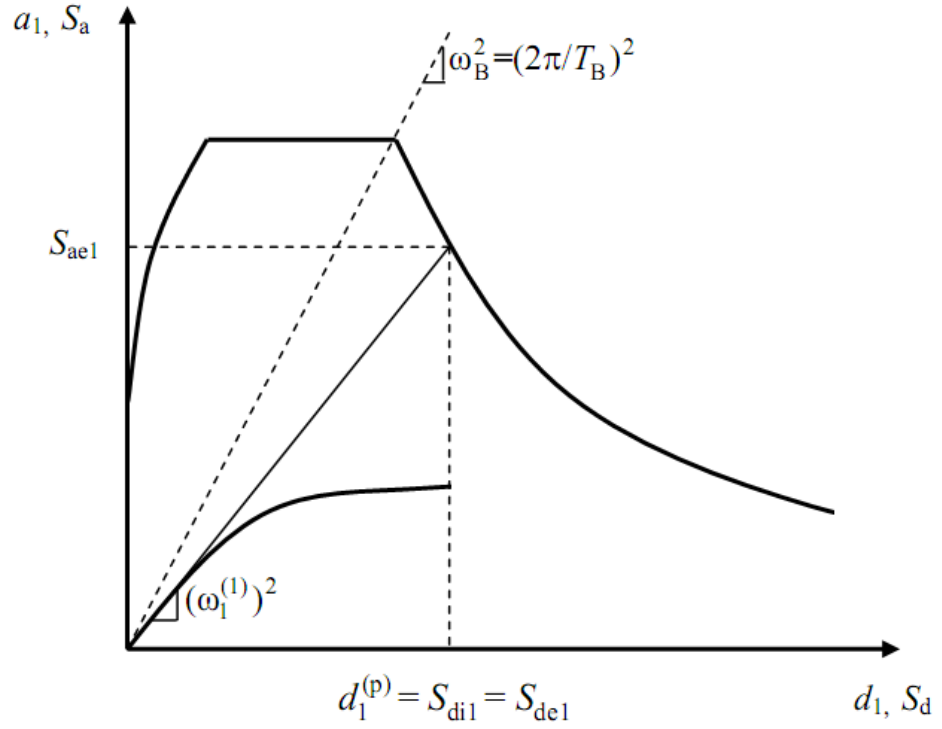
$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(w_1^{(1)})^2} \quad (2.4)$$

Spektral yer değiştirme oranı  $C_{R1}$ , başlangıç periyodu  $T_1(1)$ 'in değerine ( $T_1(1)=2\pi/w_1(1)$ ) bağlı olarak belirlenir.  $T_1(1)$  başlangıç periyodunun, ivme spektrumundaki karakteristik periyot  $T_B$ 'ye eşit veya daha uzun olması durumunda ( $T_1(1) \geq T_B$  veya  $(w_1^{(1)})^2 \leq w_B^2$ ), doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yer değiştirme  $S_{di1}$ , eşit yer değiştirme kuralı uyarınca doğal periyodu yine  $T_1(1)$  olan eşlenik doğrusal elastik sisteme ait doğrusal elastik spektral yer değiştirme  $S_{de1}$ 'e eşit alınır. Buna göre spektral yer değiştirme oranı:

$$C_{R1} = 1 \quad (2.5)$$

olarak tanımlanır,

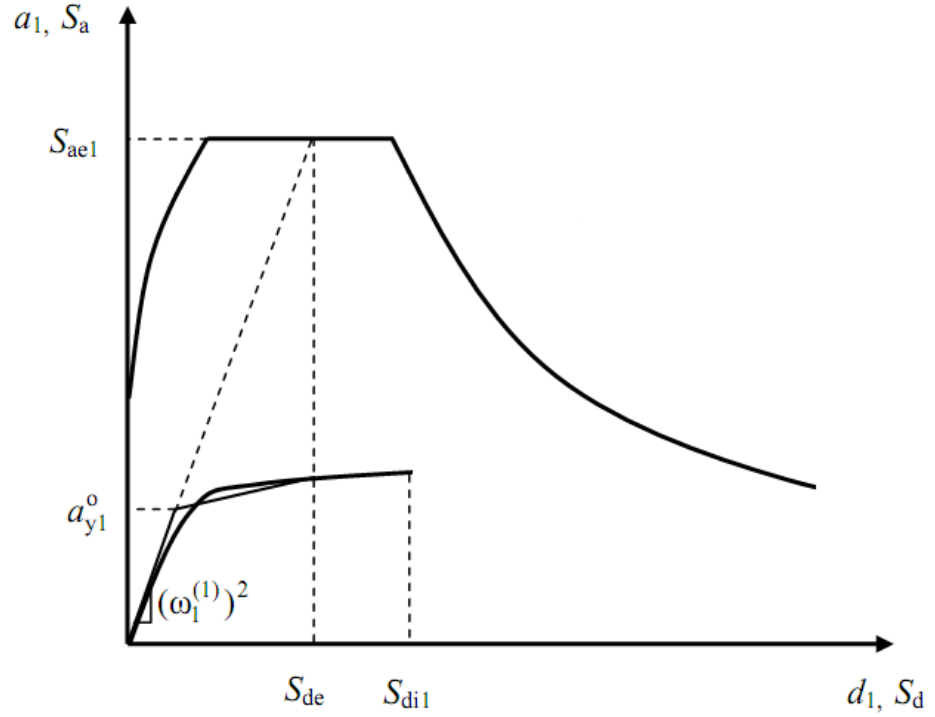
Şekil2.6'da birinci (hakim) titreşim moduna ait ve koordinatları  $(d_1, a_1)$  olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları spektral yer değiştirme ( $S_d$ )-spektral ivme ( $S_a$ ) olan davranış spektrumu bir arada gösterilmiştir.



**Şekil 2.6:** Performans Noktasının Bulunması ( $T_1^{(1)} \geq T_B$ )

Spektral yer değiştirme oranı  $C_{R1}$ ,  $T_1^{(1)}$  başlangıç periyodunun ivme spektrumundaki karakteristik periyot  $T_B$ 'den daha kısa olması durumunda ( $T_1^{(1)} < T_B$  veya  $(w_1^{(1)})^2 > w_B^2$ ) ise ardışık yaklaşımla aşağıdaki şekilde hesaplanır:

a) İtme analizi sonucunda elde edilen modal kapasite diyagramı, Şekil 2,7'de görüldüğü gibi, yaklaşık olarak iki doğrulu (bi-linear) bir diyagrama dönüştürülür. Bu diyagramın başlangıç doğrusunun eğimi, itme analizinin ilk adımındaki ( $i=1$ ) doğrunun eğimi olan birinci moda ait öz değere,  $(w_1^{(1)})^2$ , eşit alınır ( $T_1^{(1)} = 2\pi / (w_1^{(1)})$ ).



**Şekil 2.7:** Performans Noktasının Bulunması ( $T_1^{(1)} < T_B$ )

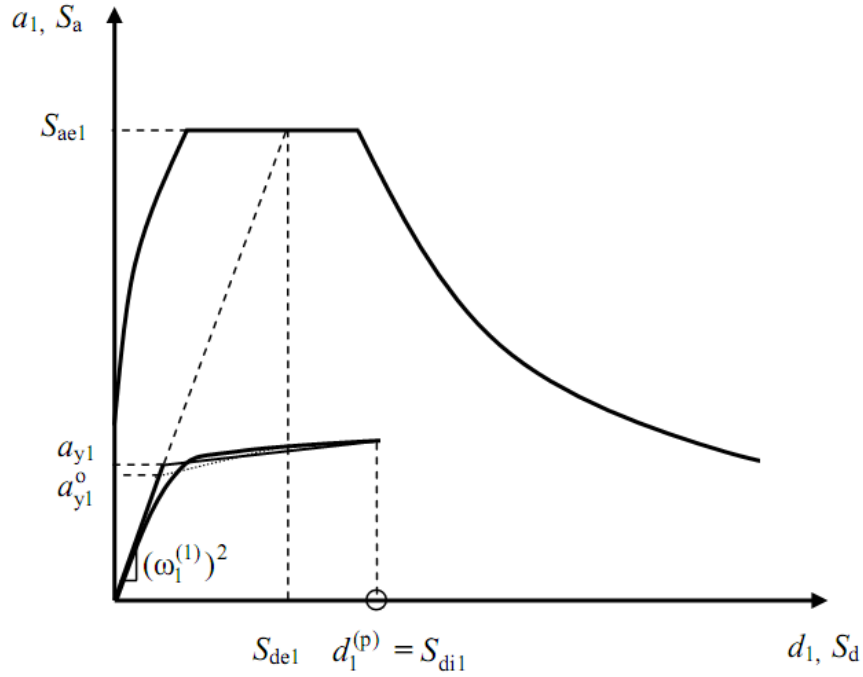
b) Ardışık yaklaşımın ilk adımında  $C_{R1}=1$  kabulü yapılarak, eşdeğer akma noktasının koordinatları eşit alanlar kuralı ile belirlenir. Şekil 2.7’de görülen  $a_{y1}^o$  esas alınarak aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$C_{R1} = \frac{1 + (R_{y1} - 1)T_B/T_1^{(1)}}{R_{y1}} \geq 1 \quad (2.6)$$

Denklem (2.6)’da  $R_{y1}$  birinci moda ait dayanım azaltma katsayısını göstermektedir:

$$R_{y1} = \frac{S_{ae1}}{a_{y1}} \quad (2.7)$$

c) Denklem (2.6) ile bulunan  $C_{R1}$  kullanılarak, Denklem (2.3)'e göre hesaplanan  $S_{d1}$  esas alınarak eşdeğer akma noktasının koordinatları, Şekil 2.8'de gösterildiği üzere, eşit alanlar kuralı ile yeniden belirlenir ve bunlara göre  $a_{y1}$ ,  $R_{y1}$  ve  $C_{R1}$  tekrar hesaplanır. Ardışık iki adımda elde edilen sonuçların kabul edilebilir ölçüde birbirlerine yaklaştıkları adımda ardışık yaklaşıma son verilir.



Şekil 2.8: Performans Noktasının Bulunması ( $T_1^{(1)} < T_B$ )

### 2.1.2 Zaman Tanım Alanında Dinamik Analiz (Time History)

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yönteminin amacı, taşıyıcı sistemdeki doğrusal elastik olmayan davranış göz önüne alınarak sistemin hareket denkleminin adım adım entegre edilmesidir. Analiz sırasında her bir zaman artımında sistemde meydana gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvetler ile bu büyüklüklerin deprem istemine karşı gelen maksimum değerleri hesaplanır (DBYBHY-2007).

Zaman tanım alanında doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemi yapıların deprem yüklerine karşı davranışını inceleyen ve en çok kullanılan

yöntemlerden biridir. Yapılar deprem yükleri altında lineer davranmadıkları için bu yöntemin kullanılması daha uygundur (Aydınöglu 2003).

Ancak zaman tanım alanında doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinde en önemli nokta uygun deprem kayıtlarının seçilmesi ve ölçeklendirilmesidir. Bir deprem kaydının seçilebilmesi için depremin büyüklüğü, fay tipi, faya olan mesafe, yerel zemin koşulları, yırtılma yönü ve kaydın spektral içeriği göz önüne alınmalıdır (Fahjan 2008).

DBYBHY-2007’de, bina ve bina türü yapıların zaman tanım alanında doğrusal ve doğrusal olmayan deprem hesabı için yapay yollarla üretilen, daha önce kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketlerinin kullanılması önerilmektedir. Kullanılan deprem kayıtlarının aşağıdaki özellikleri taşıması istenir:

- Kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, binanın birinci doğan titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmayacaktır.
- Üretilen deprem yer hareketinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması  $A_0g$ ’den daha küçük olmayacaktır
- Yapay olarak üretilen her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerlerinin ortalaması, göz önüne alınan deprem doğrultusundaki birinci (hakim) periyot  $T_1$ ’e göre  $0.2T_1$  ile  $2T_1$  arasındaki periyotlar için yönetmelik kapsamında tanımlanan elastik spektral ivme değeri ( $S_{ae}(T)$ ) değerlerinin %90’ından daha az olmayacaktır.
- Zaman tanım alanında yapılacak deprem hesabı için kaydedilmiş depremler veya kaynak ve dalga yayılımı özellikleri fiziksel olarak benzeştirilmiş yer hareketleri kullanılabilir. Bu tür yer hareketleri üretilirken yerel zemin koşulları da göz önüne alınacaktır. Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş yer hareketlerinin kullanılması durumunda en az üç deprem yer hareketi üretilecek ve bunlar yukarıda ilk üç maddede anlatılan tüm koşulları sağlayacaktır.
- Zaman tanım alanında doğrusal veya doğrusal olmayan hesapta, üç yer hareketi kullanılması durumunda sonuçların maksimumu, en az yedi yer hareketi kullanılması durumunda ise sonuçların ortalaması tasarım için esas alınacaktır (DBYBHY-2007).

Herhangi bir deprem yer hareketi etkisi altında, tek serbestlik dereceli bir sistemin sönümlü zorlanmış titreşimine ait hareket denklemi aşağıda denklem (2.8)'de verilmiştir.

$$m\ddot{u}(t) + c\dot{u}(t) + ku(t) = -m\ddot{u}_g(t) \quad (2.8)$$

$$c = 2mw\xi \quad (2.9a)$$

$$\frac{k}{m} = w_n^2 \quad (2.9b)$$

Denklem (2.8)'de  $m$  sistemin kütesini,  $c$  sönüm katsayısını,  $k$  ise yatay rijitliği göstermektedir.  $\ddot{u}(t)$ ,  $\dot{u}(t)$  ve  $u(t)$  değerleri ise sırasıyla kütlelerin zamana bağlı yer değiştirmesi, hızı ve ivmesidir.  $\ddot{u}_g(t)$  yer hareketinin ivmesini temsil etmektedir. Denklem (2.8)'in her iki tarafı  $m$  (sistemin kütlesi)'ne bölünüp Denklem (2.9a) ve (2.9b)'deki gerekli dönüşümler yapıldığında Denklem (2.11) elde edilir.

$$\ddot{u}(t) + 2w_n\xi\dot{u}(t) + w_n^2u(t) = -\ddot{u}_g(t) \quad (2.10)$$

Denklem (2.10)'de görülen  $w_n$  açılmal frekansı ifade etmektedir ve yapının doğal titreşim periyodu  $T$  ile arasında  $T=(2\pi)/w$  ilişkisi vardır.  $\xi$  ise sönüm oranı olarak ifade edilir ve betonarme yapılar için %5 olduğu varsayılır.

Denklem (2.10)'da verilen dinamik denge denkleminin çözümü ile yer ivmesi  $\ddot{u}_g(t)$  altında yapıda oluşan yer değiştirme  $u(t)$ , zamana bağlı olarak bulunabilir. Talepler altında yapıda oluşan iç kuvvetler de zamana bağlı olarak belirlenebilir (Kırçıl ve diğ. 2005).

## 2.2 Model Özellikleri

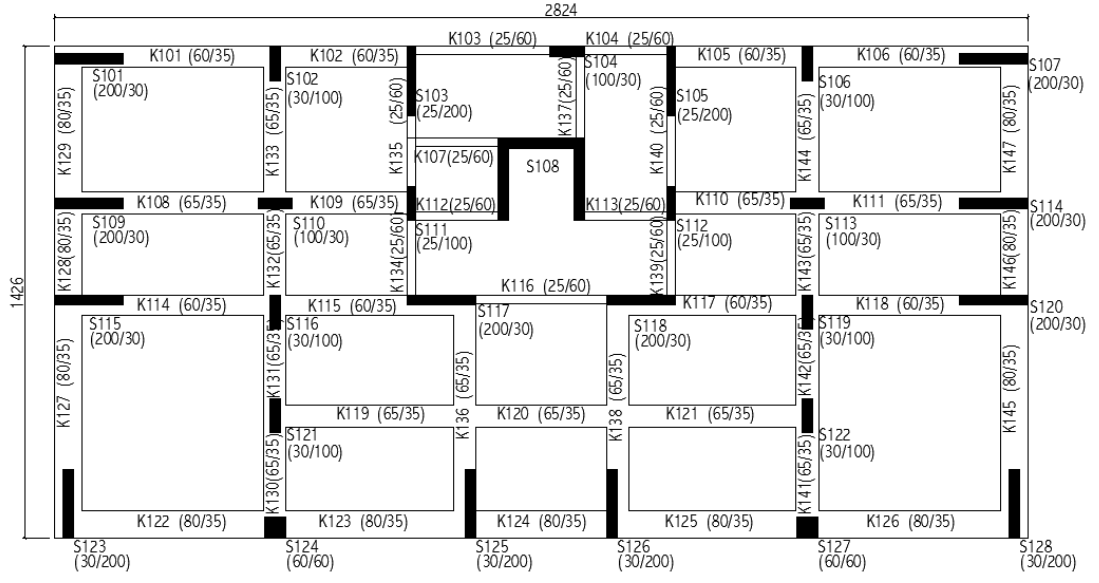
Tez kapsamında çok katlı betonarme binaların sismik performanslarını değerlendirmek amacıyla, yerinde uygulanmış, DBYBHY-2007 şartlarına göre tasarlanan 15 katlı perdeli-çerçeve taşıyıcı sisteme sahip betonarme gerçek bir model kullanılmıştır. Kullanılan bina, 3 boyutlu perde-kolon-kiriş çerçeve sistem olarak modellenmiştir.

Modelleme ve analizler için SAP2000 analiz programı kullanılmıştır. Modele ait özellikler Tablo 2.2’de, kat kalıp planı ve model 3 boyutlu görünümü Şekil 2.9-2.10’ da verilmiştir.

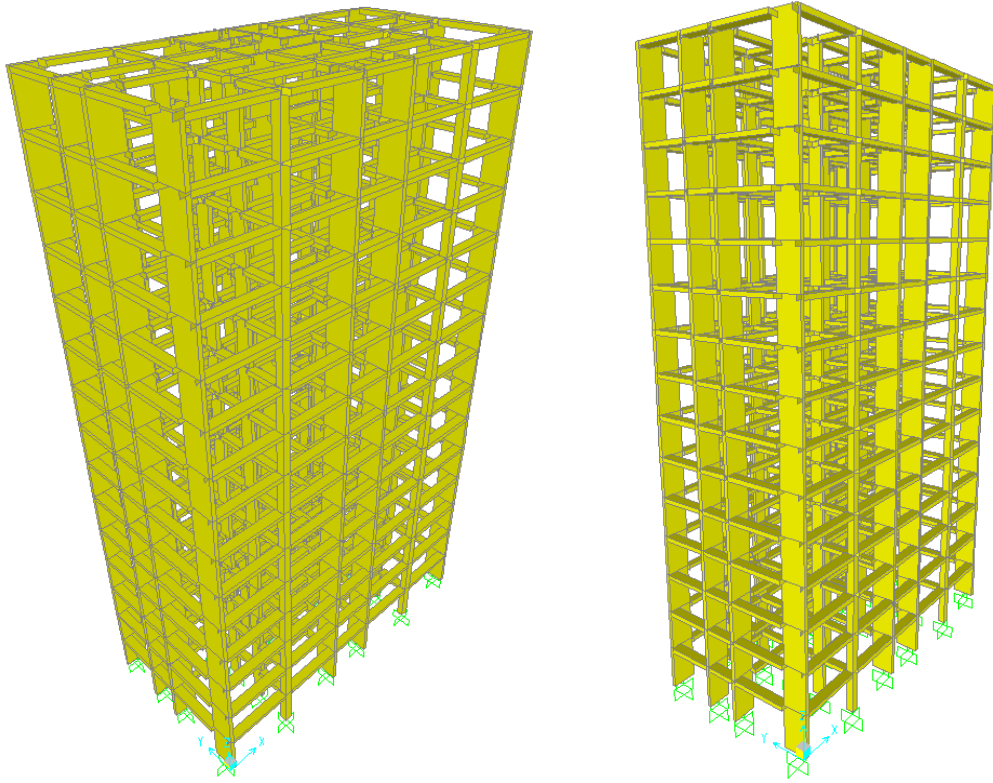
**Tablo 2.2:** Modele ait özellikler

Kat Sayısı		15
Bina Ölçüleri	X yönü	28.24 m
	Y yönü	14.26 m
	Z yönü (yükseklik)	49.7 m
Kat Yüksekliği		3.3m, 3.5m
Malzeme Özellikleri	Beton Sınıfı	C30/37
	Çelik Sınıfı	S420 (BÇIII)
Tasarım Yükleri	Hareketli yük (Normal Kat)	0.350 t/m <sup>2</sup> , 0.200 t/m <sup>2</sup>
	Hareketli yük (Çatı Katı)	0.150 t/m <sup>2</sup>
	Ölü Yük (Normal Kat)	0.375 t/m <sup>2</sup>
	Ölü Yük (Çatı Katı)	0.313 t/m <sup>2</sup>
	Duvar Yükü	0.300 t/m <sup>2</sup>
	Hareketli Yük Azaltma Katsayısı (n)	0.3
Zemin Özellikleri	Tasarım Yerel Zemin Sınıfı	Z2 (TA=0.15s, TB=0.4s)
Deprem Bölgesi	1. Derece	0.4g
W (g+nq)	Sismik Ağırlık	7072 ton
Kolon ve Kiriş Kesit Özellikleri		Donatı ve Etriye Özellikleri
Kolon	200/30	6Ø22+16Ø18, Ø8/10/20
	30/200	6Ø22+16Ø18, Ø8/10/20
	30/100	6Ø20+8Ø14, Ø8/10/20
	100/30	6Ø20+8Ø14, Ø8/10/20
	25/200	4Ø20+16Ø12, Ø8/10/20
	60/60	12Ø16+8Ø16, Ø8/10/20
Kiriş	60/35	5Ø12, Ø8/10/20
	80/35	7Ø12, Ø8/10/20
	25/60	3Ø12, Ø8/10/20
	65/35	5Ø12, Ø8/10/20





**Şekil 2.9:** Kat kalıp planı



**Şekil 2.10:** Model 3 boyutlu görünümü

Ayrıca, yapılan modal analiz sonucu yapıya ait periyot, X ve Y yönlerinin kütle katılım oranlarına ait bilgiler Tablo 2.3'te verilmiştir.

**Tablo 2.3:** Modal analiz sonuçları

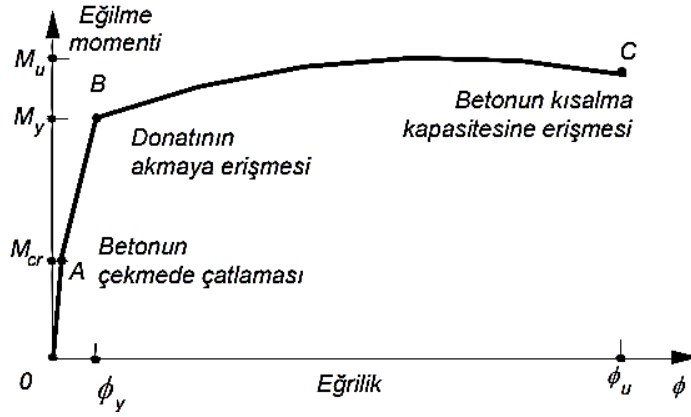
Mod No	Periyot (s)	KÜTLE KATILIM ORANI			
		X	Y	X toplam	Y toplam
1	2.388539	0.2989	0.00011	0.2989	0.0001097
2	1.988717	0.0062	0.7369	0.3052	0.737
3	1.951294	0.4417	0.0086	0.7469	0.7456
4	0.751965	0.0369	1.07E-05	0.7837	0.7457
5	0.592519	0.0003935	0.1246	0.7841	0.8703
6	0.573083	0.0838	0.000526	0.8679	0.8708
7	0.407836	0.0134	2.76E-06	0.8814	0.8708
8	0.300166	0.00008599	0.0465	0.8814	0.9173
9	0.285914	0.0353	8.94E-05	0.9168	0.9174
10	0.261708	0.0084	2.31E-06	0.9252	0.9174
11	0.185842	0.00002917	0.0265	0.9252	0.944
12	0.182141	0.0022	5.48E-06	0.9274	0.944

## 2.3 Doğrusal Elastik Olmayan Modelleme

### 2.3.1 Betonarme Elemanlarda Doğrusal Elastik Olmayan Davranış

Bir betonarme kesitte basit eğilme altında, eğilme momentinin küçük olduğu anda betonda basınç ve çekme gerilmeleri oluşur. Bu anda betonarme kesitteki donatı elastik durumdadır ve artan kuvvet altında eğilme momentinin artmasıyla çekme bölgesindeki beton çatlaklar ve çekme gerilmeleri donatı tarafından karşılanır. Eğilme momenti artmaya devam ettikçe beton doğrusal olmayan davranış sergiler, donatı ise akma anına ve akma gerilmesine ulaşır. Beton çatladığı anda kesitte küçük de olsa doğrusal olmayan moment-eğrilik ilişkisi gözlenir. Akma anından sonra donatı plastik şekil değiştirmeye başlar ve kesitin basınç bölgesindeki beton nihai kısalma değerine ulaştığı anda betonarme kesit taşıma gücü durumuna ulaşır. Basınç bölgesindeki betonun nihai kısalma kapasitesine ulaştığı an ile donatının akıp plastik şekil değiştirmeye başladığı an betonarme kesitin sünekliliği olarak adlandırılır. Süneklilik, kesitte akma anından sonra dayanımında çok fazla kayıp olmadan, hasar alarak enerji tüketebilme yeteneğidir.

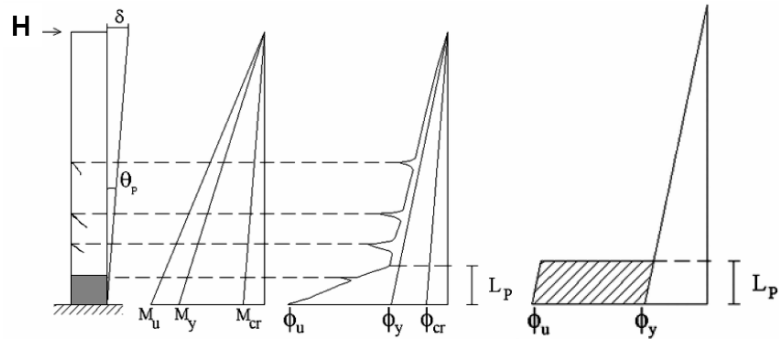
Moment-eğrilik ilişkisi betonarme kesitlerde süneklilik ile ilgili önemli bir kavramdır ve kesitin sünekliliği, nihai eğrilik değerinin donatının akma anındaki eğriliğine bölünmesi ile elde edilir. Şekil 2.12’de betonarme bir kesitte temsili olarak bir moment eğrilik ilişkisi gösterilmiş ve betonarme kesite ait sünekliliğin bulunması da Denklem (2.11)’de verilmiştir.



Şekil 2.11: Betonarme bir kesitin moment-eğrilik ilişkisi (Celep, 2007)

$$\mu = \phi_u / \phi_y \quad (2.11)$$

Şiddetli depremlerde binanın elastik bölgede kalması mümkün değildir. Binaın göçme durumuna geçmemesi için enerji tüketmesi gerekmektedir. Bu enerji tüketimi binanın yeterli sünekliliğe sahip olmasıyla ilgilidir. Sabit moment altında, kesitteki birim dönmeler arttıkça plastik mafsallaşma olayı oluşur. Enerji tüketiminin büyük bölümü taşıyıcı elemanların uç bölgelerinde yani kesitlerin en çok zorlanan bölgelerinde oluşan bu plastik mafsallar ile gerçekleşir. Şekil 2.12’de artan yatay yük altında konsol bir kolonun tabanında oluşan plastik mafsallaşma gösterilmektedir.



Şekil 2.12: Eğrilik yoğunlaşması ve yığılı plastik mafsal kabulü

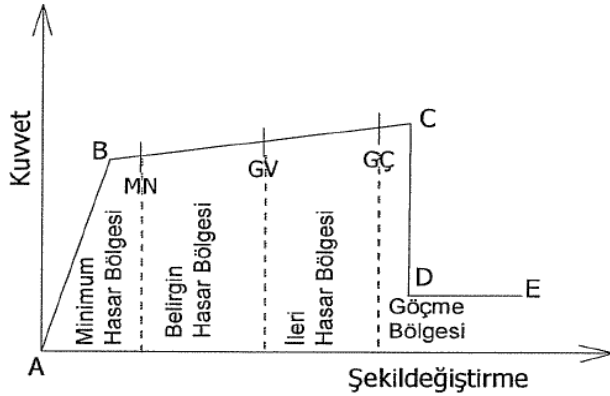
Artan yük etkisi altında kolon mesnedinden başlayarak kesitte  $M_{cr}$  (çatlama momenti) olduğu anda kesitte çatlaklar oluşmaya başlar (Şekil 2.12). Çatlaklar oluştuğunda kesit etkili yüksekliği azaldığı için kesitin eylemsizlik momenti azalır ve bu durumdan dolayı eğriliklerde sıçrama oluşur. Eğrilik artışları kesit akma momenti  $M_y$ 'e ulaştıktan, nihai dayanım olan  $M_u$  değerine gelene kadar devam eder ve kesit geçme durumuna gelir. Şekil 2.12'de gösterilen  $\theta_{cr}$ ,  $\theta_y$ ,  $\theta_u$  sırasıyla kesitin çatlama, akma ve nihai moment dayanımına ulaştığı andaki eğrilik değerleridir.  $L_p$  ise kesitin plastik mafsallık boyunu göstermektedir ve DBYBHY-2007'nin ilgili bölümü esasınca hesaplanır. Doğrusal elastik olmayan çözümler yapılırken elemanların kesitlerine ait moment-eğrilik ilişkilerinden elde edilen dönme değerlerine göre hesaplanan plastik mafsallar ve bunların yerleri tanımlanır.

DBYBHY-2007, tasarım depremi (50 yılda gelme olasılığı %10 olan deprem) altında binaların elastik sınırlar içerisinde kalmayacağını ve elemanlarda oluşacak hasarın belirli sınırlar içerisinde kalmasını öngörür. Yapı elemanlarının sünek davranış göstereceği kabul edilerek, bu davranış göz önünde bulundurularak elastik deprem yükleri R katsayısı ile azaltılmaktadır.

### 2.3.2 Plastik Mafsalların Özellikleri ve Tanımlanması

Tez çalışması kapsamında kullanılan modelin doğrusal elastik olmayan davranışının modellenmesinde DBYBHY-2007'e göre belirlenen şartlar esas alınmıştır. Doğrusal elastik olmayan modelleme için eleman uçlarına plastik mafsallar tanımlanmıştır. Kesitlerin moment-eğrilik ilişkileri elde edilirken beton gerilme-şekil değiştirme ilişkileri için Mander sargılı beton modeli kullanılmıştır (Mander ve diğ. 1988). Donatı çeliği için birim şekil değiştirme-dayanım ilişkisi DBYBHY-2007 esasınca belirlenmiştir. Plastik mafsalların olduğu kesitler için beton dayanımı, kesit özellikleri, donatı özellikleri ve kesit içindeki yerleşimi, enine donatıya ait özellikler ve yerleşim aralığı bilgileri tanımlanarak SEMAp (Özmen ve diğ. 2007; TÜBİTAK 105M024, 2008) yazılımı kullanılarak moment-eğrilik ilişkileri belirlenmiş ve plastik mafsallar üretilmiştir.

Plastik mafsalların ilgili kesitlere tanımlanabilmesi için Şekil 2.13’de verilen B,C,D,E noktaları ve performans kriterleri için MN, GV ve GÇ noktalarının koordinatları SAP 2000 programının ilgili alanına girilmiştir. SEMAp programı yardımıyla türetilen plastik mafsallara ait veriler SAP 2000 programında modelin ilgili kesitlerine tanımlanmıştır. Plastik mafsal boyu  $L_p$  kesitin deprem doğrultusundaki derinliğinin yarısı olarak belirlenmiştir (DBYBHY-2007).



**Şekil 2.13:** Dayanım deformasyon ilişkisi

Kesit ‘A’ ve ‘B’ noktaları arasında elastik sınırlar içerisindedir. Kesitin akma dayanımına ulaştığı nokta ‘B’ noktasıdır. Bu nokta kesitin akma dayanımı ve eğilme rijitliği ile belirlenir. ‘B’ ve ‘C’ noktaları arasında azalan kesit rijitliği temsil edilmekte ve doğrusal sınır ötesi davranış gösterilmektedir. Kesit ‘C’ noktasına geldiğinde göçme durumundadır. ‘C’ ve ‘D’ noktaları arasında ise kesit dayanımında ani düşüş gerçekleşir ve bu bölgede kapasite kaybı yaşanır. Tez çalışmasında ‘D’ noktasının dayanım değeri FEMA-356 ve ATC-40 ‘da belirtildiği gibi akma dayanımının %20’si olarak alınmıştır (FEMA-356, 2000; ATC-40, 1996). ‘D’ ve ‘E’ noktaları arasında kalan bölge betonarme elemanların doğrusal olmayan davranışını yansıtmaktadır. Son olarak kesit ‘E’ noktasına geldiğinde kapasitesini tamamen kaybettiği varsayılmaktadır.

Şekil 2.14’de gösterilen B ve C noktaları arasındaki kesit düzeyindeki hasar sınırları olan MN (Minimum Hasar Sınırı), GV (Güvenlik Sınırı) ve GÇ (Göçme Sınırı)’nın beton ve donatı çeliğine bağlı limit değerleri Tablo 2.4’de verilmiştir.

**Tablo 2.4:** Kesit hasar sınırlarına göre izin verilen şekil değiştirme üst sınırları

Nokta	Beton Birim Deformasyonu ( $\epsilon_c$ )	Çelik Birim Deformasyonu ( $\epsilon_s$ )
B	Akma Dayanımı ve Eğilme Rijitliği Belirler	
MN	$(\epsilon_{cu})_{MN} = 0.0035$	$(\epsilon_s)_{MN} = 0.01$
GV	$(\epsilon_{cg})_{GV} = 0.0035 + 0.010(\rho_s / \rho_m) \leq 0.0135$	$(\epsilon_s)_{GV} = 0.04$
GC	$(\epsilon_{cg})_{GC} = 0.0040 + 0.014(\rho_s / \rho_m) \leq 0.0180$	$(\epsilon_s)_{GC} = 0.06$
C-D	$(\epsilon_{cg})_C = 0.03$	$(\epsilon_s)_C = 0.5 \cdot \epsilon_{su}$
E	$(\epsilon_{cg})_D = 0.04$	$(\epsilon_s)_D = \epsilon_{su}$

Tablo 2.4’de verilen  $\epsilon_{cu}$  kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesini,  $\epsilon_{cg}$  etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesini,  $\epsilon_s$  donatı çeliği birim şekil değiştirmesi,  $\epsilon_{su}$  donatı çeliğinin nihai birim şekil değiştirmesini,  $\rho_s$  kesitte bulunan enine donatının hacimsel oranını ve  $\rho_{sm}$  DBYBHY-2007’de belirtildiği gibi kesitte bulunması gereken enine donatının hacimsel oranını ifade etmektedir.

### 2.3.3 Betonarme Kesitlerin Eğilme Rijitlikleri

Eğilme rijitliği betonarme kesitlerde, yapı sistemi içindeki kuvvetlerin dağılımı ve oluşan yatay deplasmanlar açısından önemli bir yer tutmaktadır. Bu çalışmada eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri  $(EI)_e$  DBYBHY-2007’e göre belirlenmiştir. Kolonlarda etkin eğilme rijitliğinin azaltılması aksenal kuvvetin çekme bölgesini küçültmesinden dolayı kirişlere göre daha azdır. DBYBHY-2007’e göre çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri bağıntıları Tablo 2.5’de verilmiştir.

**Tablo 2.5:** Betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri

Kirişlerde	Kolonlarda	
$(EI)_e = 0.40 (EI)_o$	$N/(A_c f_{ck}) \leq 0.10$ ise;	$N/(A_c f_{ck}) \geq 0.40$ ise;
	$(EI)_e = 0.40 (EI)_o$	$(EI)_e = 0.80 (EI)_o$

Tablo2.5’de yer alan  $(EI)_o$  çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği  $(EI)_e$  ise çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliğini göstermektedir. Kolonlarda aksenal yük ara değerleri için enterpolasyon yapılmıştır.

### **3. DEPREM İVME KAYITLARI**

#### **3.1 Kullanılan Deprem İvme Kayıtlarının Özellikleri**

Tez çalışması kapsamında, PEER (Pacific Earthquake Engineering Research Center Ground Motion Database) veri tabanından seçilen gerçek depremlere ait farklı etki ve özelliklere sahip 21 adet ivme kaydı kullanılmıştır (PEER, <http://peer.berkeley.edu/>). İvme kayıtları geçmiş çalışmalarda kullanılan ve ülkemizde gerçekleşen yıkıcı depremleri de içerecek şekilde seçilmiştir.

Çalışma kapsamında kullanılan İleri Yönlenme (Forward Directivity) özelliğine sahip deprem ivme kayıtlarının seçimi ayrı bir çalışma alanının konusudur. Yapılan literatür araştırması sonucunda elde edilen veriler ışığında ileri yönlenme özelliğine sahip olduğu bir ya da daha fazla kaynakta belirtilen ivme kayıtları seçilmiştir.

USGS zemin sınıflandırmasına göre değerlendirildiğinde ivme kayıtlarından 6 tanesi B zemin grubuna, 5 tanesi C zemin grubuna dahildir. Diğer 10 adet ivme kaydı ise hangi zemin grubuna dahil olduğuna bakılmaksızın İleri Yönlenmeli (Forward Directivity) etkisi olan ivme kayıtlarıdır. B ve C zemin grupları, DBYBHY-2007'ye göre verilen yerel zemin sınıfı özellikleri ile tamamen uymamakla beraber sırasıyla Z2 ve Z3 yerel zemin sınıflarıyla benzeştiği varsayılmıştır. Belirleme ölçütü, zemin relatif sıklığı, dayanım, rijitlik, zeminin ilk 30 m kesme dalgası hızı ve en üst zemin tabakası kalınlığıdır. USGS zemin sınıflandırma sisteminde B grubu kesme dalgası hızı 360-750 m/s arası için, C grubu zeminlerde 180-360 m/s içindir. Bu koşullar çerçevesinde B grubu Z2 yerel zemin sınıfını ve C gurubu Z3 yerel zemin sınıfını temsil etmektedir.

Kullanılan ivme kayıtları ve özellikleri Tablo 3.1'de verilmiştir.

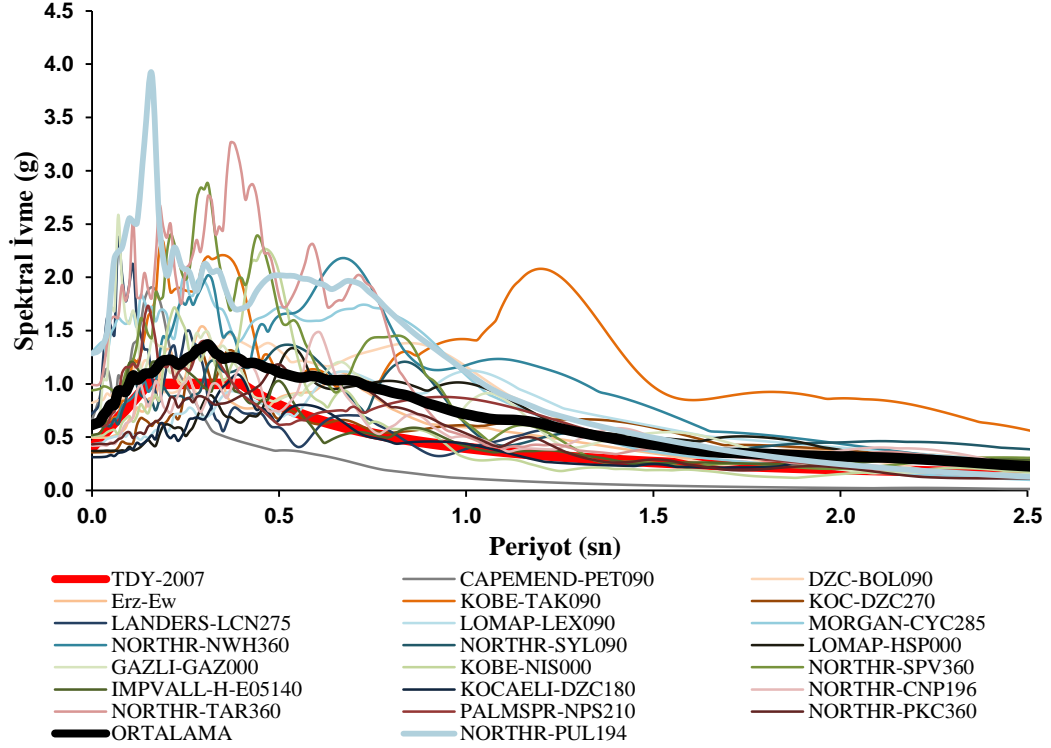
**Tablo 3.1:** Kullanılan ivme kayıtlarına ait özellikler

Özellik	No	Deprem Adı	Tarih	İstasyon	Bileşen	PGA (g)	PGV (cm/sn)	Vs30 (m/sn)
FD	1	Capemend	25.04.1992	Petrolia	90	0.662	89.7	712.8
	2	Düzce	12.11.1999	Bolu	90	0.822	62.1	326.0
	3	Erzincan	13.03.1992	Erzincan	East	0.496	64.3	274.5
	4	Kobe	16.01.1995	Takatori	90	0.616	120.7	256.0
	5	Kocaeli	17.01.1999	Duzce	270	0.358	46.4	276
	6	Landers	28.06.1992	Lucerne	275	0.721	97.6	684.9
	7	LomaPrieta	18.08.1989	Los GatosLex	90	0.508	72.798	1070.3
	8	Morgan Hill	24.04.1984	Coyote Lake Dam	285	1.298	80.8	597.10
	9	Northridge	17.01.1994	Newhall-Fire	360	0.59	97.2	269.10
	10	Northridge	17.01.1994	Sylmar Ol	90	0.604	78.2	440.5
A	11	Northridge	17.01.1994	Pacoima Dam	194	0.519	46.9	2016.1
B	12	Gazli	17.05.1976	Karakyr	0	0.608	65.4	659.6
	13	Kobe	16.01.1995	Nishi-Akashi	0	0.509	37.3	609
	14	LomaPrieta	18.10.1989	H.S.Pine	0	0.371	62.4	370.8
	15	Northridge	17.01.1994	Sepulveda V.A	360	0.939	76.6	380.1
	16	Northridge	17.01.1994	Canoga Park	196	0.42	60.8	267.5
C	17	ImperialValley	15.10.1995	El-Centro	140	0.519	46.9	205.6
	18	Kocaeli	17.08.1999	Duzce	180	0.312	58.8	276
	19	Northridge	17.01.1994	Tarzana	360	0.99	113.6	257.2
	20	Northridge	17.01.1994	Pacoima KC	360	0.433	51.5	508.1
	21	N.Palmsp.	8.07.1986	N.Palmsp.	210	0.594	73.3	345.4



### 3.2 İvme Kayıtlarına Ait Spektrumların Elde Edilmesi

Tez çalışması kapsamında kullanılan tüm depremlerin %5 sönüm değeri için hesaplanmış elastik tepki spektrumları ve bu spektrumların ortalaması ile birlikte DBYBHY-2007'e göre 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan Z2 yerel zemin sınıfına ait elastik ivme spektrumu aynı grafik üzerinde Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Kullanılan ivme kayıtlarına ait %5 sönüm oranı için elde edilen spektral ivme grafikleri

## 4. ANALİZ SONUÇLARI

### 4.1 Giriş

Çok katlı betonarme bir yapının deprem davranışının doğrusal olmayan statik ve dinamik analiz yöntemleri kullanılarak belirlenmesi ve bu yöntemlerin avantaj ve dezavantajlarının ortaya konması amacıyla DBYBHY-2007 şartlarına göre tasarlanmış 15 katlı betonarme bir model SAP 2000 analiz programında modellenmiş ve toplamda 96 adet doğrusal elastik olmayan analiz yapılmıştır. Yapılan doğrusal elastik olmayan statik ve dinamik analizler neticesinde bina kapasiteleri, çatı deplasman talepleri, görelî kat ötelenme oranları, deplasman profilleri, taban kesme kuvvetleri ve plastik mafsâl dağılımları elde edilmiş ve bu parametreler statik ve dinamik analiz sonuçlarına göre kıyaslanıp değerlendirilmiştir. Ayrıca yapılan analizler de ikinci mertebe etkileri de (p-delta) göz önünde bulundurulmuştur.

Statik itme analizleri için 3 ayrı itme deseni kullanılmış ve sonuçlar bu itme desenlerine göre ayrı ayrı elde edilmiş ve değerlendirilmiştir.

Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan dinamik analizler, PEER veri tabanından (Pacific Earthquake Engineering Research Center Ground Motion Database) seçilen, geçmiş çalışmalarda da kullanılan ve ülkemizde gerçekleşen yıkıcı depremleri de içeren gerçek depremlere ait 21 adet ivme kaydı kullanılarak sismik talepler elde edilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

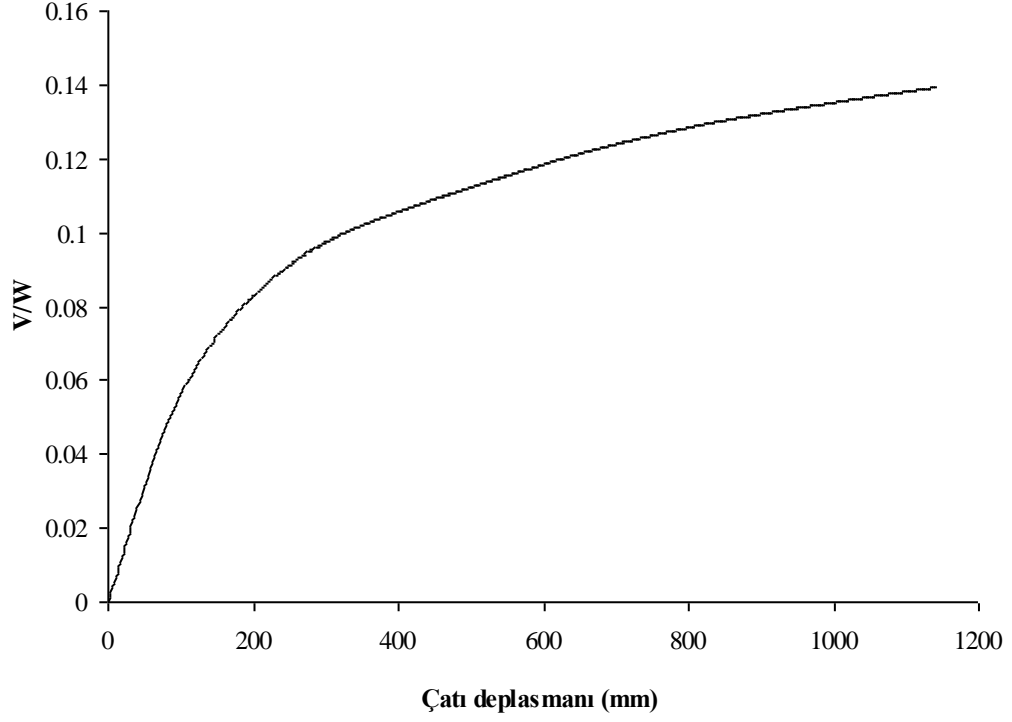
Ayrıca zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan dinamik analiz yöntemi ile belirlenen sismik talepler artımsal statik analiz yöntemlerinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış ve yöntemlerin avantaj, dezavantajları ortaya konmuştur.

## 4.2 Statik İtme Analizi ile Bina Kapasitesinin Elde Edilmesi

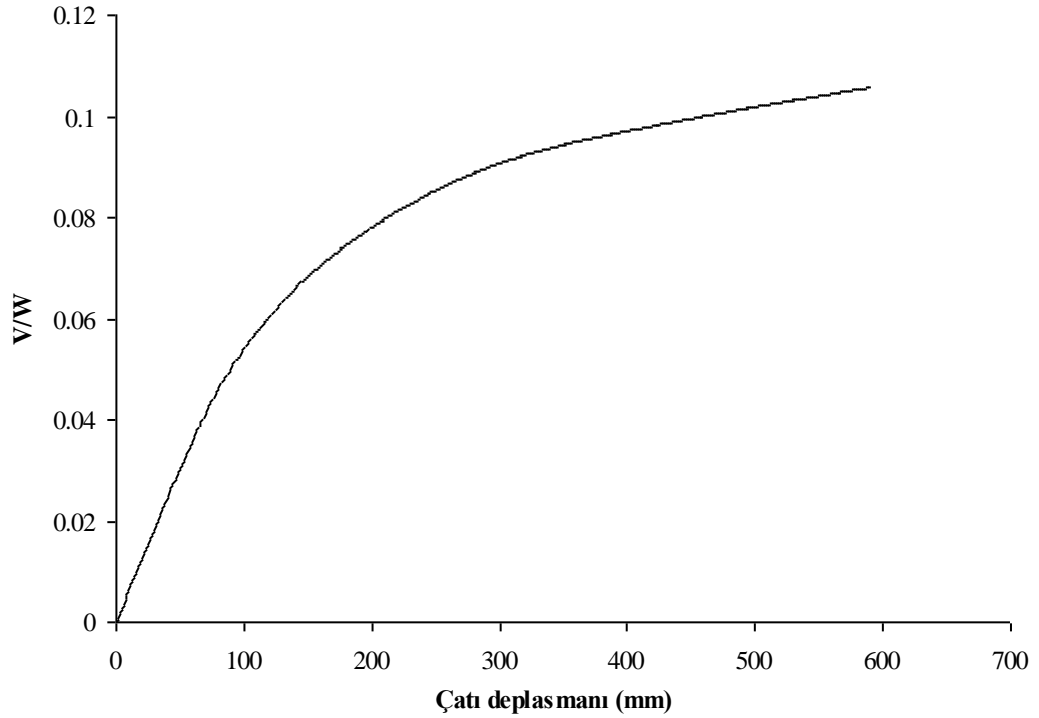
Tez çalışması kapsamında, bina kapasitesini belirlemek amacı ile doğrusal elastik olmayan statik itme analizleri, dikdörtgen itme deseni, eşdeğer deprem yükü itme deseni ve modal itme deseni kullanılarak iki farklı yönde ayrı ayrı uygulanmıştır. Ayrıca analizlerde p delta etkilerinin dahil edilmediği durum ile beraber ikinci merteye etkileri (p-delta)'de doğrusal elastik olmayan analizlerde göz önünde bulundurulduğu durumlar ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Sonuçlar taban kesme kuvvetinin bina sismik ağırlığına oranı-çatı deplasmanı olarak ele alınmıştır (V/W). Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde üç itme deseni içinde farklı sonuçlar gözlemlenmiştir. Şekil 4.1-4.12'de üç desen, iki yön ve p-delta etkilerinin analizlere dahil edilip edilmemesine göre V/W oranı-çatı deplasman grafikleri verilmiştir.

Şekil 4.1-4.2 incelendiğinde x yönünde en büyük deplasman ve V/W oranı p-delta etkilerinin dikkate alınmadığı durum ve dikdörtgen itme deseni altında gözlemlenmiştir. Ayrıca p-delta etkilerinin bu yönde V/W oranında %4, çatı katı deplasmanında ise ciddi oranda düşüşe sebep olduğu görülmektedir. Şekil 4.3-4.4'te eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılarak elde edilen bina kapasitesi, dikdörtgen itme desenine göre daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Ancak P-delta etkisinin x yönünde dikdörtgen itme deseninde daha etkili olduğu görülmüştür. Şekil 4.5-4.6'da görüldüğü üzere x yönünde modal itme deseni kullanılarak elde edilen kapasitelerin diğer itme desenlerine oranla daha düşük seviyede kaldığı belirlenmiştir. Ayrıca bu itme deseni için p-delta etkilerinin kapasitede önemli bir düşüşe sebep olduğu görülmektedir.

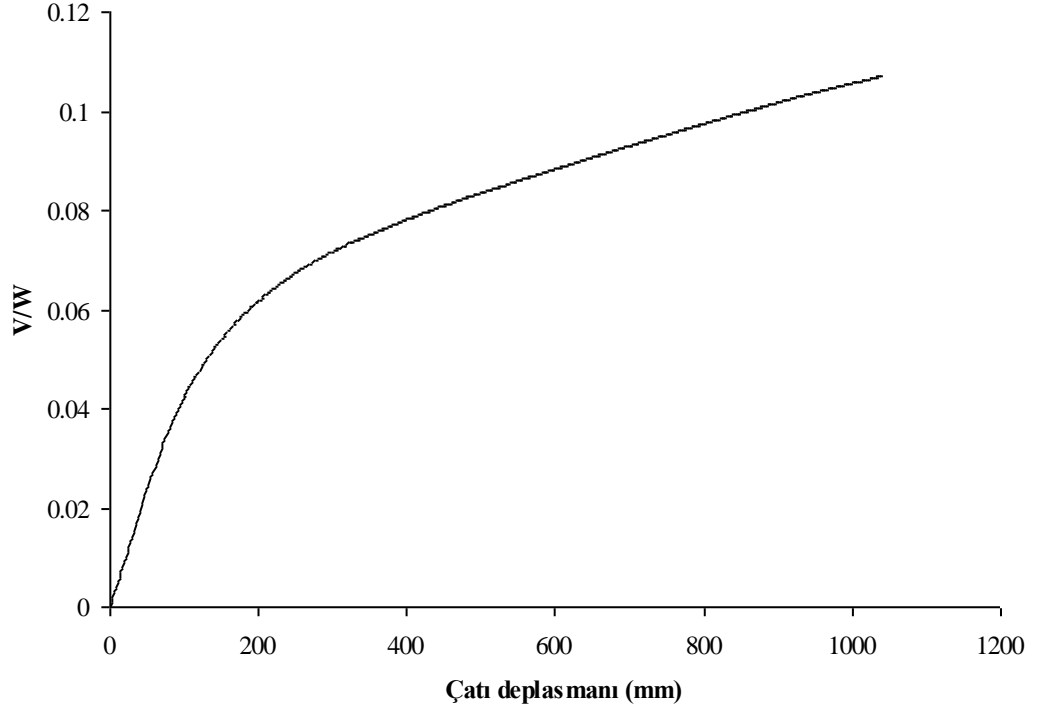
Y yönünde ise her yük deseni için p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durumlarda çatı katı deplasmanları arasındaki farkın sınırlı düzeyde kaldığı görülmüştür. Özellikle x yönünde yapılan analizlerde modal yük deseni ile elde edilen kapasitelerin, diğer itme desenlerinden elde edilen kapasitelerin altında kaldığı görülmektedir. Ayrıca modal itme deseni için p-delta etkisinin hem V/W oranları için hem de çatı deplasmanı için x yönünde daha fazla etkili olduğu söylenebilir. Ancak her üç itme deseni için de, iki yönde akma deplasmanlarının birbirine yakın, 100-200 mm arasında olduğu görülmektedir.



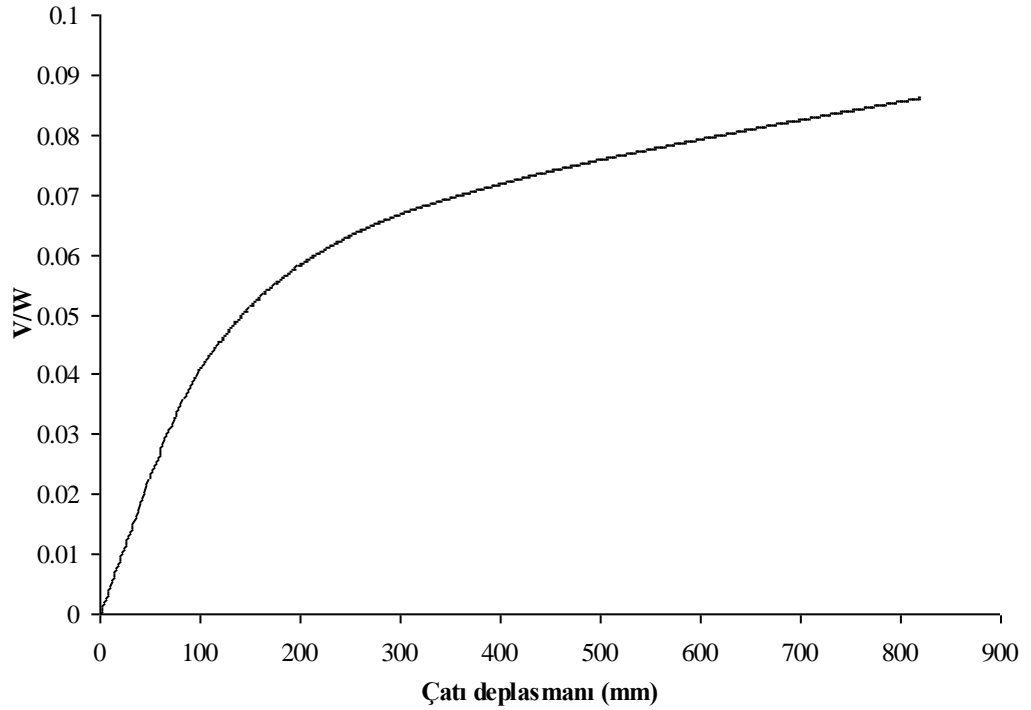
**Şekil 4.1:** X yönü bina kapasite eğrisinin p-delta etkisi dikkate alınmadığı durum ve dikdörtgen itme deseni kullanılarak elde edilmesi



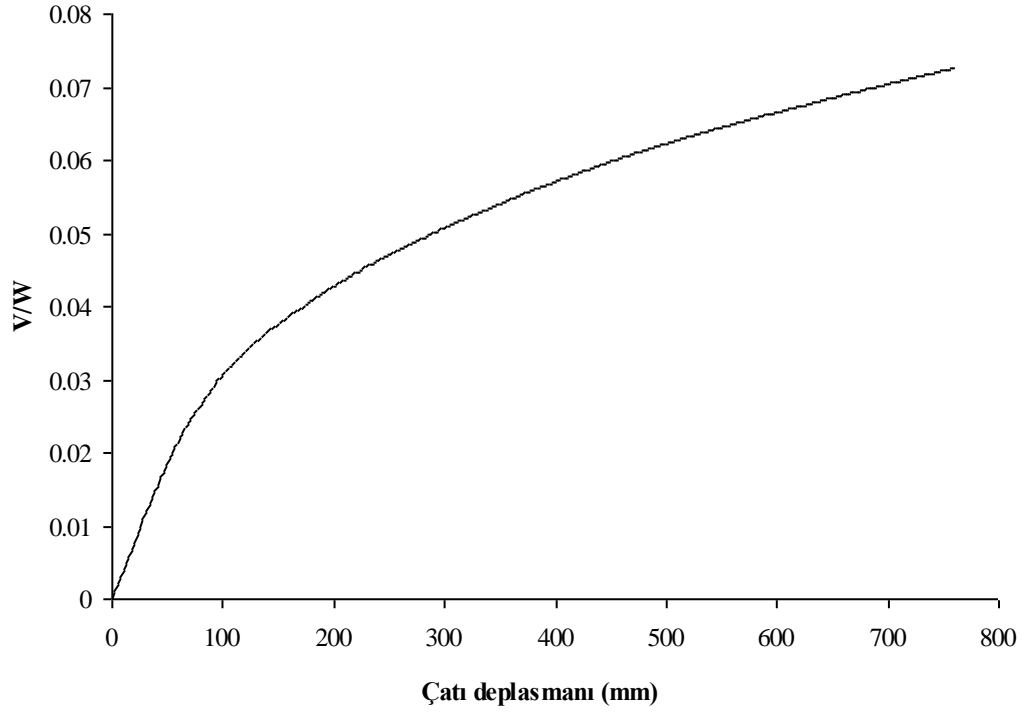
**Şekil 4.2:** X yönü bina kapasite eğrisinin p-delta etkisi dikkate alındığı durum ve dikdörtgen itme deseni kullanılarak elde edilmesi



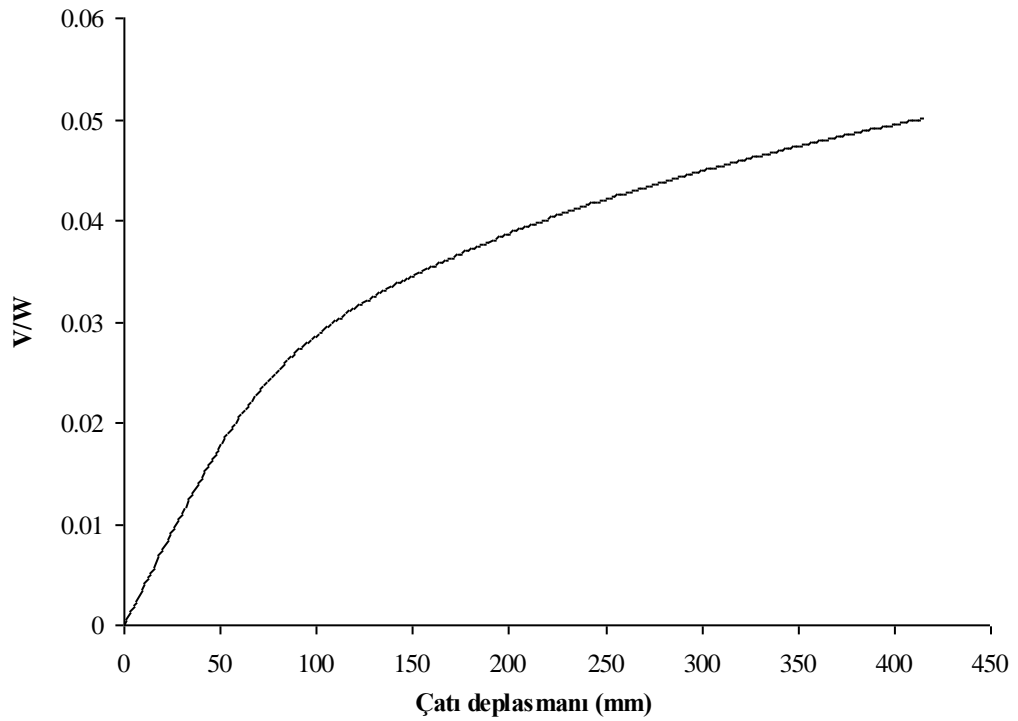
**Şekil 4.3:** X yönü bina kapasite eğrisinin p-delta etkisi dikkate alınmadığı durum ve eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılarak elde edilmesi



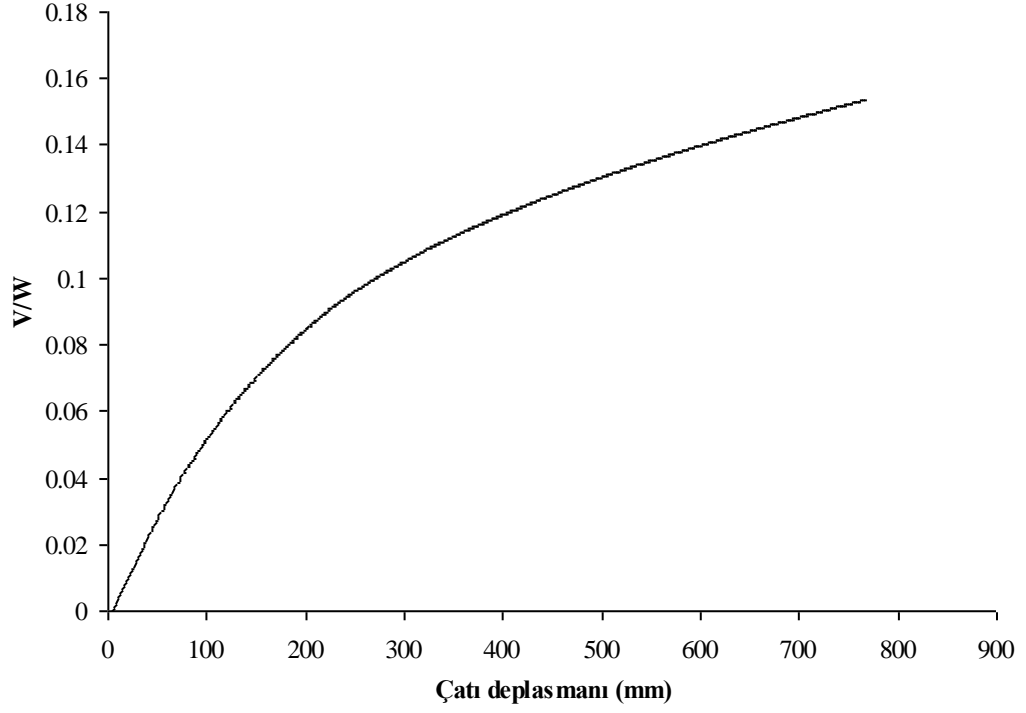
**Şekil 4.4:** X yönü bina kapasite eğrisinin p-delta etkisi dikkate alındığı durum ve eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılarak elde edilmesi



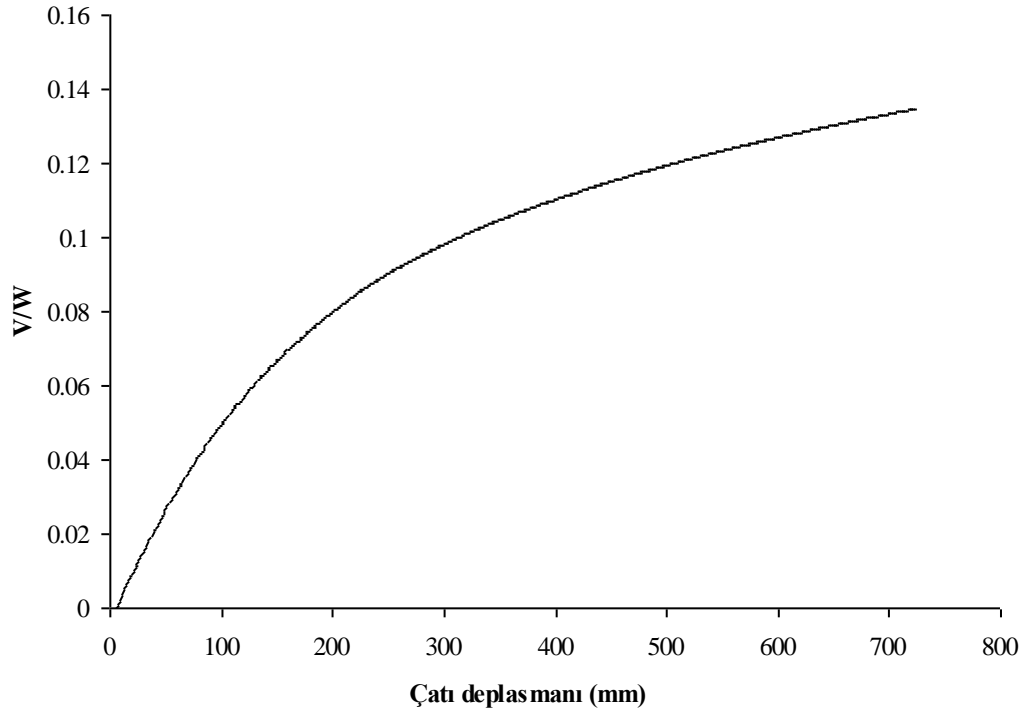
**Şekil 4.5:** X yönü bina kapasite eğrisinin p-delta etkisi dikkate alınmadığı durum ve modal itme deseni kullanılarak elde edilmesi



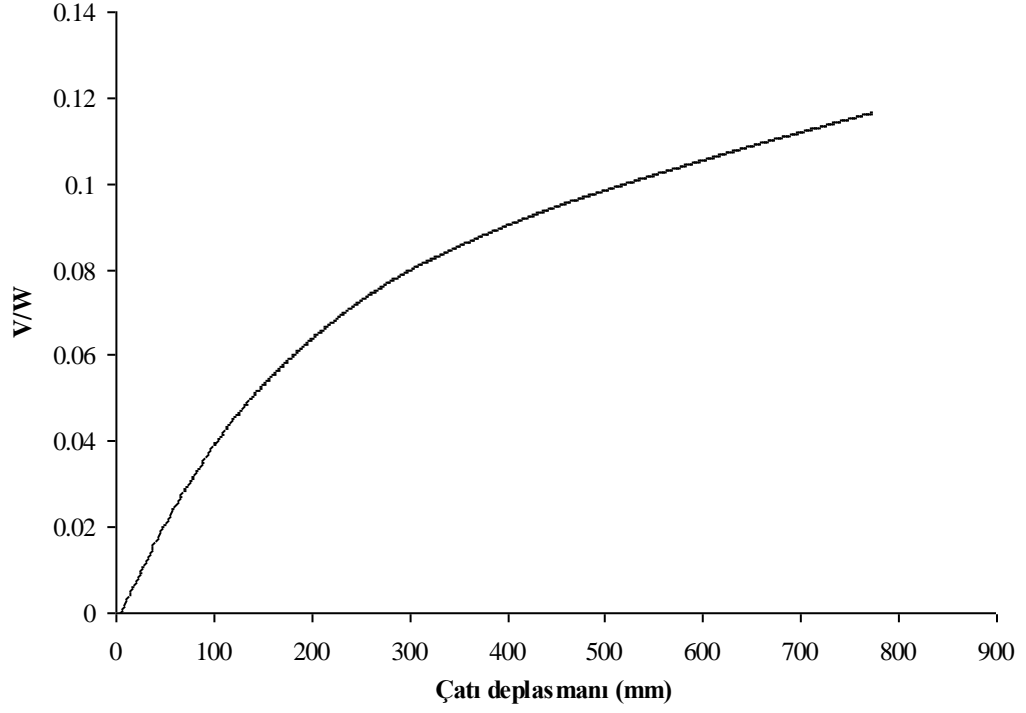
**Şekil 4.6:** X yönü bina kapasite eğrisinin p-delta etkisi dikkate alındığı durum ve modal itme deseni kullanılarak elde edilmesi



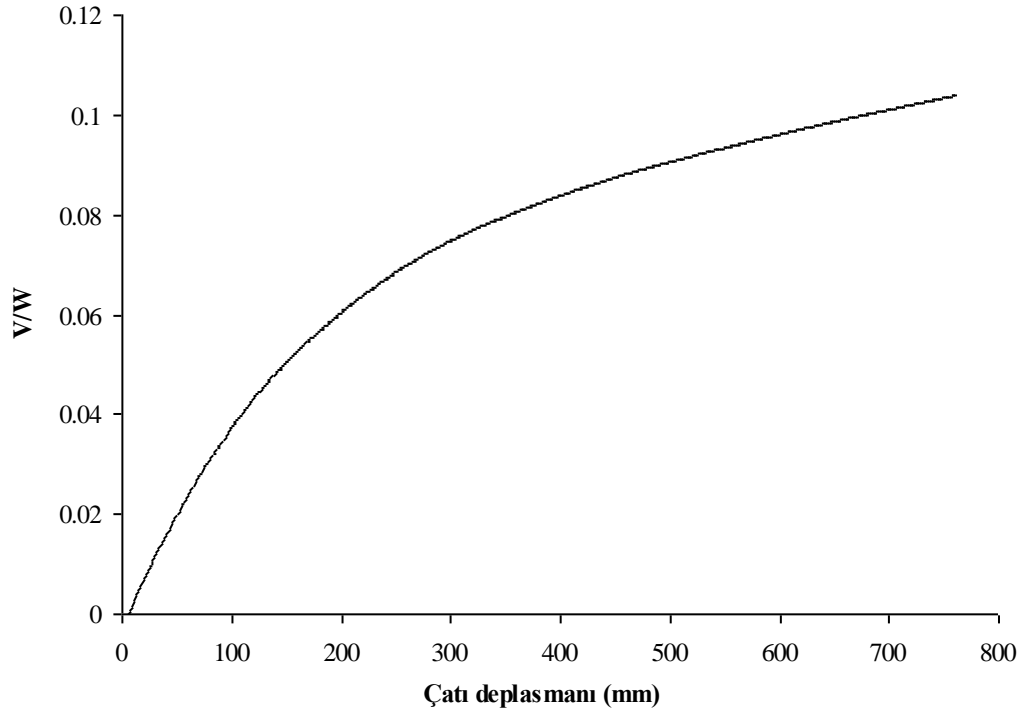
**Şekil 4.7:** Y yönü bina kapasite eğrisinin p-delta etkisi dikkate alınmadığı durum ve dikdörtgen itme deseni kullanılarak elde edilmesi



**Şekil 4.8:** Y yönü bina kapasite eğrisinin p-delta etkisi dikkate alındığı durum ve dikdörtgen itme deseni kullanılarak elde edilmesi

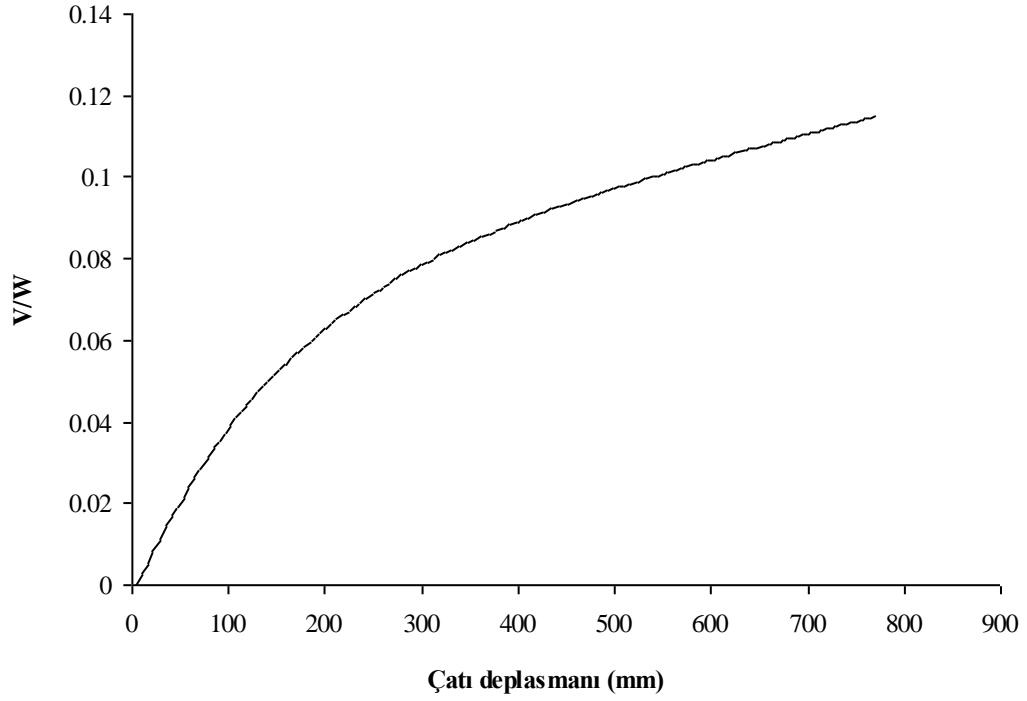


**Şekil 4.9:** Y yönü bina kapasite eğrisinin p-delta etkisi dikkate alınmadığı durum ve eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılarak elde edilmesi

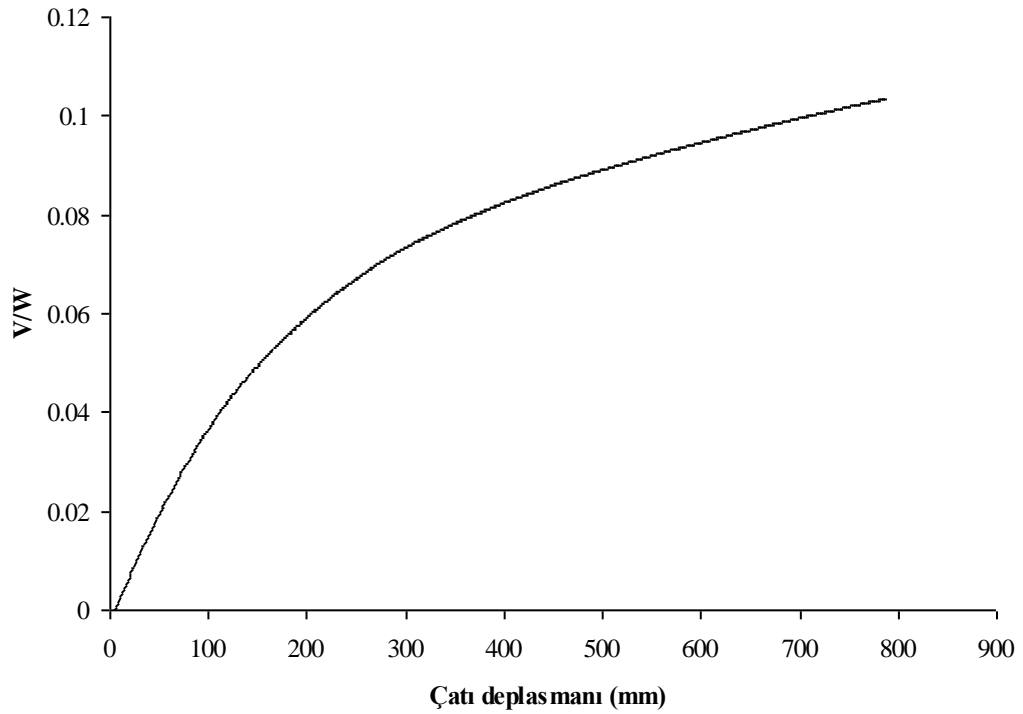


**Şekil 4.10:** Y yönü bina kapasite eğrisinin p-delta etkisi dikkate alındığı durum ve eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılarak elde edilmesi





**Şekil 4.11:** Y yönü bina kapasite eğrisinin p-delta etkisi dikkate alınmadığı durum ve modal itme deseni kullanılarak elde edilmesi



**Şekil 4.12:** Y yönü bina kapasite eğrisinin p-delta etkisi dikkate alındığı durum ve modal itme deseni kullanılarak elde edilmesi

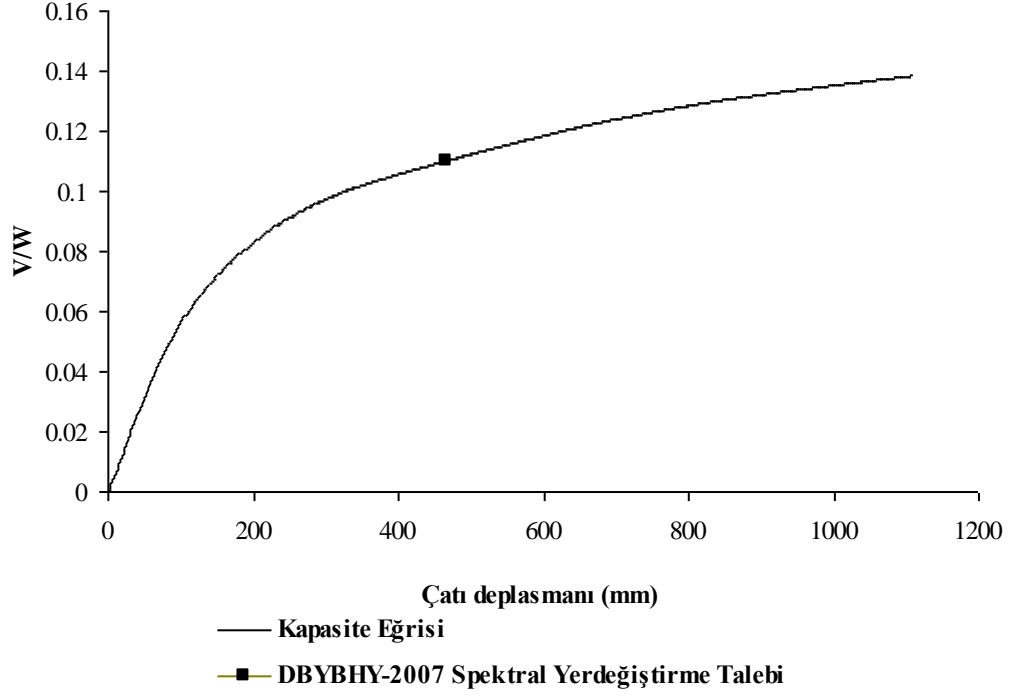
### 4.3 Bina Performansının Belirlenmesi

#### 4.3.1 Performans Noktasının Bulunması

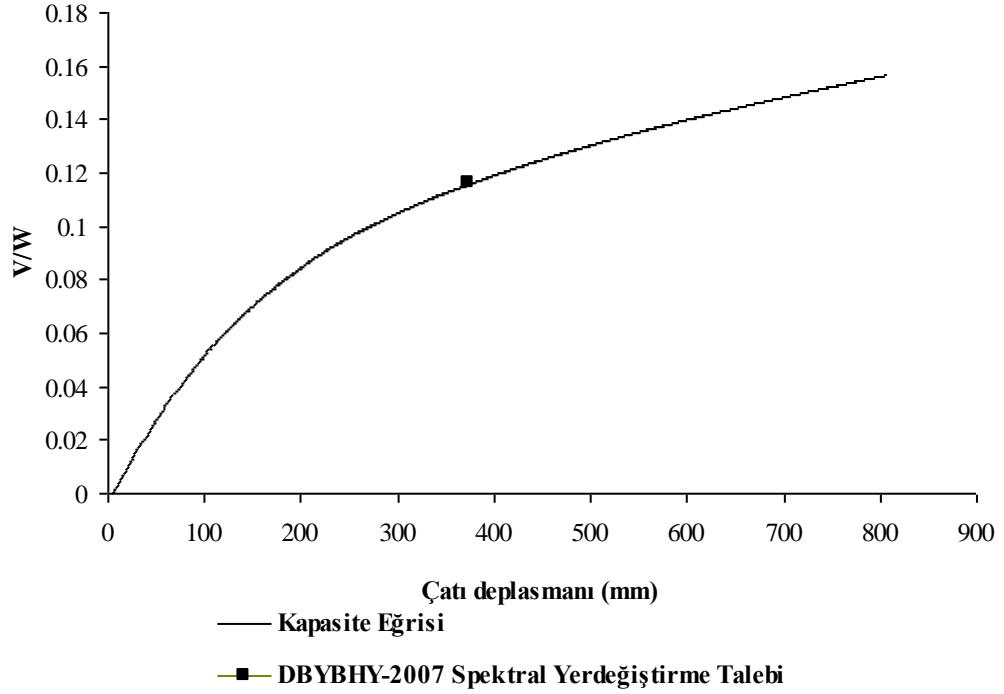
Yapılan analitik çalışmalar sonucunda, DBYBHY-2007'e göre doğrusal elastik olmayan spektral yer değiştirme talebi (performans noktası) x yönü için 466 mm, y yönü için 374 mm olarak belirlenmiştir. Daha sonra bina bu deplasman değerlerine kadar tekrar itilmiş ve oluşan hasar durumu göz önüne alınarak DBYBHY-2007 esaslarına göre bina performansı belirlenmiştir. Şekil 4.13-4.14'te binanın kapasite eğrisi üzerinde performans noktası gösterilmiştir.

Tez kapsamında kullanılan referans bina planda simetrik bir geometriye sahip değildir (bkz. Şekil 2.9). Dolayısıyla bina, x ve y yönü için farklı periyot kütle katılım oranı değerlerine sahiptir (Tablo 2.3). Taşıyıcı perde elemanların yerleşimi, sayısı ve plandaki doğrultu mesafesi göz önünde bulundurulduğunda x yönü daha uzun bir periyot değerine sahiptir ve dolayısıyla daha az rijittir. Açısal frekans değeri de periyot değerine bağlı olarak daha küçüktür ( $T_1^{(1)}=2\pi/(w_1^{(1)})$ ). Ayrıca yapılan statik itme analizleri neticesinde de x ve y yönleri için farklı kapasite eğrileri elde edilmiştir. Tüm bu parametreler göz önüne alındığında x ve y yönü için farklı doğrusal elastik olmayan spektral yer değiştirme talepleri olacağı açıktır.

DBYBHY-2007 esas alınarak yapılan bina performans değerlendirmesi, yukarıda açıklanan sebepler neticesinde x ve y yönü için ayrı ayrı ele alınmış ve kritik olan durumlar göz önüne alınarak bina performansı belirlenmiştir.



Şekil 4.13: X yönü kapasite eğrisi-spektral yer değiştirme talebi



Şekil 4.14: Y yönü kapasite eğrisi-spektral yer değiştirme talebi

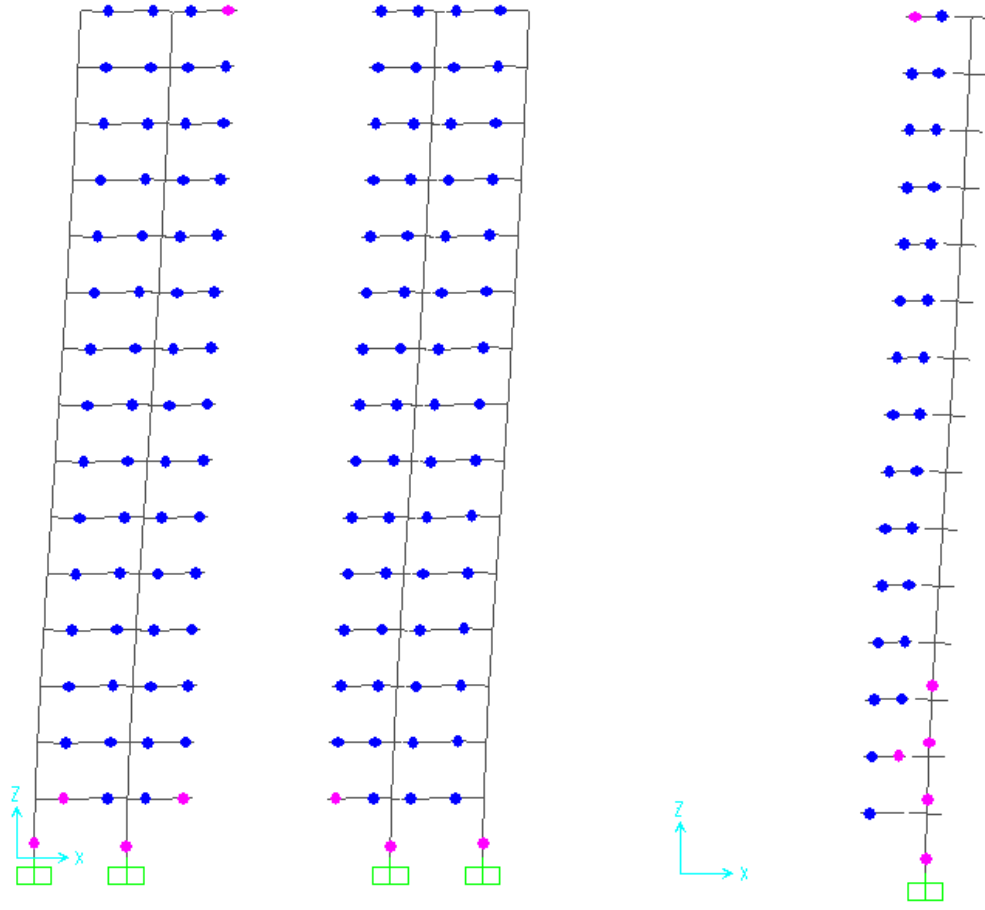
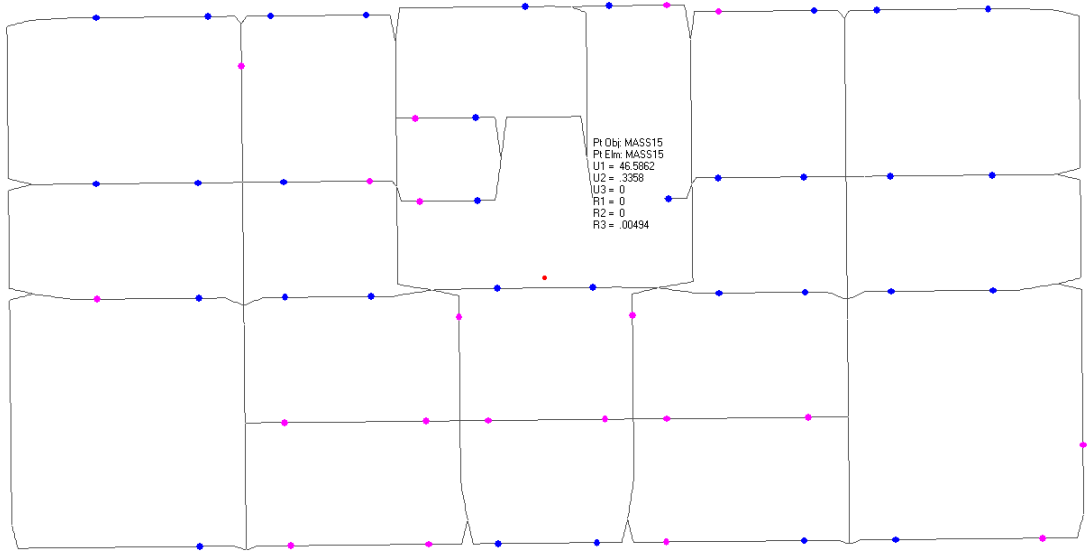
### 4.3.2 Plastik Mafsal Dağılımı ve Bina Hasar Durumu

Tez çalışması kapsamında yapılan doğrusal elastik olmayan statik itme analizleri neticesinde önceki bölümde anlatıldığı üzere x ve y yönleri için spektral deplasman talebi bulunmuş ve model bina bu deplasman değerlerine kadar tekrar itilmiş ve analiz neticesinde oluşan plastik mafsal dağılımına göre hasar durumu belirlenmiştir. İki ayrı yönde yapılan statik itme analizleri neticesinde oluşan plastik mafsal dağılımı Şekil 4.15-4.16’da verilmiştir.

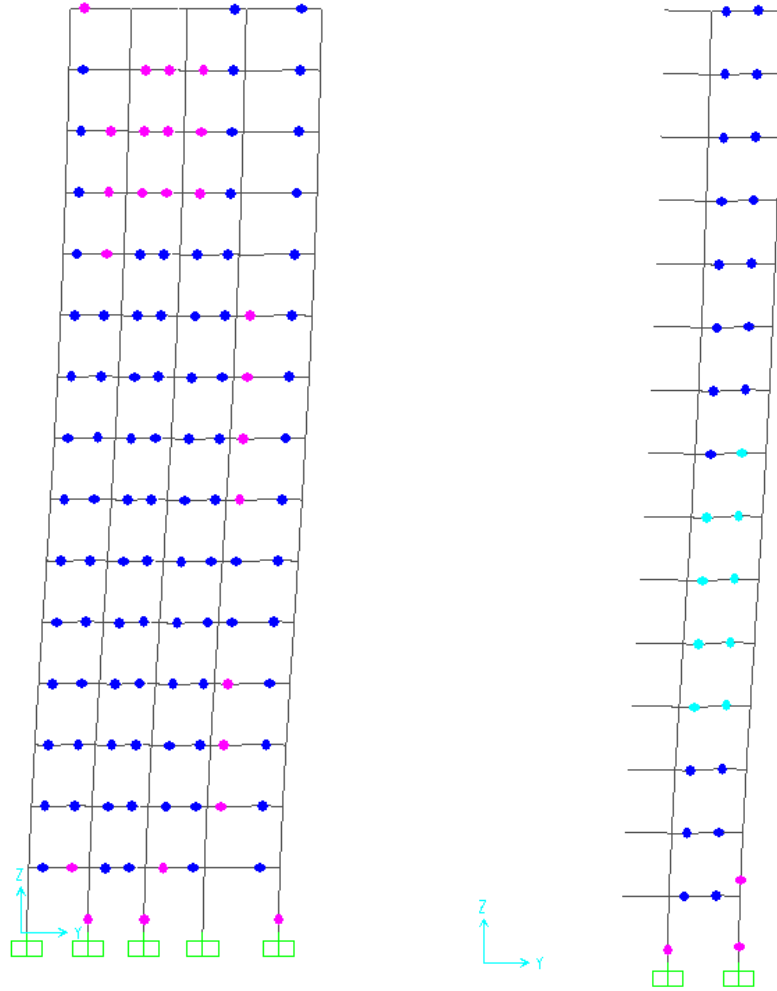
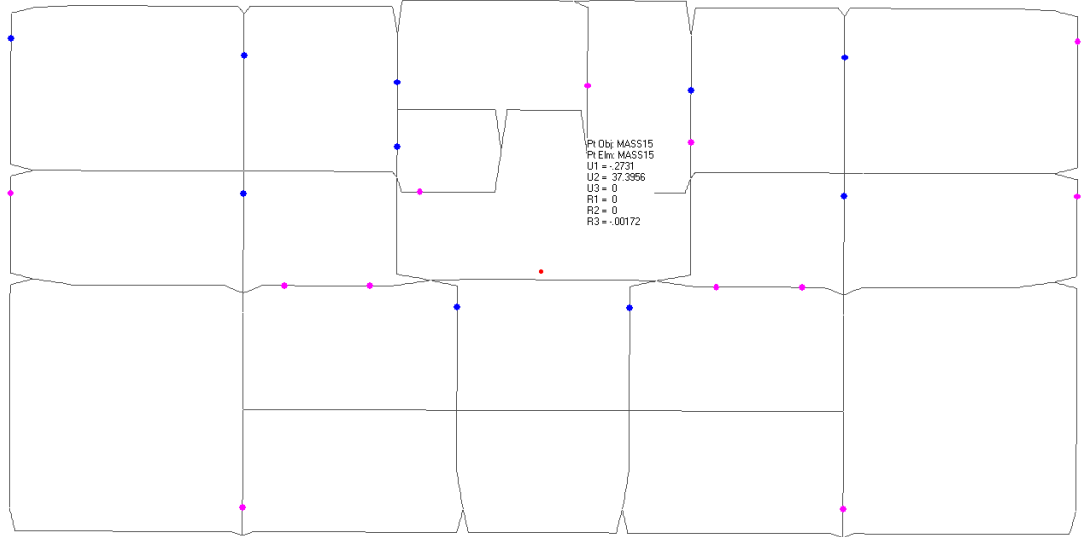
Şekil 4.15-4.16 incelendiğinde, x ve y yönlerinde elde edilen performans noktasına kadar yapılan statik itme analizleri sonucunda kolonlardaki hasar durumu sınırlı seviyede kalmıştır. X yönünde tüm kolonlar Minimum Hasar seviyesinde kalırken, y yönünde sadece 1.katta kolonların %7.14 ‘ü Belirgin Hasar seviyesine geçmiştir. X yönünde 1.katta kolonların %39.28’i, y yönünde ise %50’si Minimum Hasar Bölgesindedir (Tablo 4.4).

Aynı şekilde kirişler için Şekil 4.15-4.16 incelendiğinde hasar seviyesinin her iki yön için de baskın olarak Belirgin Hasar Bölgesinde olduğu görülmektedir. Ancak y yönü 4-8. katlarda kirişlerin %2.13’ünün İleri Hasar Bölgesine geçtiği görülmektedir (Tablo 4.2). Her iki yönde de kirişlerde orta katlarda Belirgin Hasar seviyesi oranı yükselirken bu durumun x yönünde daha fazla olduğu görülmektedir (Tablo 4.1-4.2). Özellikle üst katlarda bu farkın daha da açıldığı gözlemlenmiştir. X yönünde kirişlerde İleri Hasar Bölgesine geçen eleman bulunmazken, her iki yönde de kirişlerin tamamı Göçme Bölgesinin altında kalmıştır. Aynı şekilde kolonlarında tamamı Göçme Bölgesinin altında kalmıştır.

Genel olarak bina performans noktasına ait plastik mafsal dağılımları değerlendirildiğinde, taşıyıcı elemanların hasar düzeyleri belirli sınırlar (Minimum Hasar ve Belirgin Hasar seviyeleri) içerisindedir.



**Şekil 4.15:** X yönü çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsall dağılımı



Şekil 4.16: Y yönü çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsall dağılımı

### 4.3.3 DBYBHY-2007'e Göre Bina Performans Seviyesinin Belirlenmesi

Yapılan statik itme analizleri sonucunda binanın plastik mafsal dağılımı ve hasar durumu belirlenmiştir. Tablo 4.1-4.2'de kirişlerin, Tablo 4.3-4.4'de ise kolonların, x ve y yönünde yapılan statik itme analizleri neticesinde oluşan hasar durumlarının katlara göre dağılımı verilmiştir. DBYBHY-2007'e göre konut yapıları, 50 yılda gelme olasılığı %10 olan deprem (tasarım depremi) için 'Can Güvenliği' performans seviyesini sağlamak durumundadır. DBYBHY-2007'e göre aşağıdaki koşulları sağlayan binaların 'Can Güvenliği' performans seviyesini sağladığı kabul edilmektedir:

- a) Herhangi bir katta, uygulanan deprem doğrultusunda yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %30'u ve kolonların aşağıdaki (b) paragrafında tanımlanan kadari İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.
- b) İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta İleri Hasar Bölgesindeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.
- c) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir (Doğrusal elastik yöntemle hesapta, alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden kolonların kirişlerden daha güçlü olma koşulunu sağlayan kolonlar bu hesaba dahil edilmezler) (DBYBHY-2007).

**Tablo 4.1:** Katlara göre x yönü kiriş hasar durumu

Kat No	Minimum Hasar	Belirgin Hasar	İleri Hasar	Göçme Bölgesi	Toplam Kiriş Sayısı
15	%17.02	%46.80	%0.00	%0.00	47
14	%10.63	%57.44	%0.00	%0.00	47
13	%8.51	%57.44	%0.00	%0.00	47
12	%8.51	%57.44	%0.00	%0.00	47
11	%6.38	%57.44	%0.00	%0.00	47
10	%8.51	%57.44	%0.00	%0.00	47
9	%14.89	%57.44	%0.00	%0.00	47
8	%19.14	%57.44	%0.00	%0.00	47
7	%21.27	%57.44	%0.00	%0.00	47
6	%23.40	%59.57	%0.00	%0.00	47
5	%29.78	%59.57	%0.00	%0.00	47
4	%29.78	%59.57	%0.00	%0.00	47
3	%31.91	%57.44	%0.00	%0.00	47
2	%31.91	%57.44	%0.00	%0.00	47
1	%27.65	%48.93	%0.00	%0.00	47

**Tablo 4.2:** Katlara göre y yönü kiriş hasar durumu

Kat No	Minimum Hasar	Belirgin Hasar	İleri Hasar	Göçme Bölgesi	Toplam Kiriş Sayısı
15	%21.27	%19.15	%0.00	%0.00	47
14	%25.53	%25.53	%0.00	%0.00	47
13	%21.27	%29.79	%0.00	%0.00	47
12	%21.27	%31.91	%0.00	%0.00	47
11	%14.89	%38.29	%0.00	%0.00	47
10	%12.76	%40.42	%0.00	%0.00	47
9	%10.63	%42.55	%0.00	%0.00	47
8	%17.02	%40.42	%2.13	%0.00	47
7	%14.89	%42.55	%2.13	%0.00	47
6	%17.02	%42.55	%2.13	%0.00	47
5	%19.14	%42.55	%2.13	%0.00	47
4	%21.27	%40.42	%2.13	%0.00	47
3	%14.89	%42.55	%0.00	%0.00	47
2	%17.02	%40.42	%0.00	%0.00	47
1	%10.63	%38.29	%0.00	%0.00	47



**Tablo 4.3:** Katlara göre x yönü kolon hasar durumu

Kat No	Minimum Hasar	Belirgin Hasar	İleri Hasar	Göçme Bölgesi	Toplam Kolon Sayısı
15	%14.28	%0.00	%0.00	%0.00	28
14	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	28
13	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	28
12	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	28
11	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	28
10	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	28
9	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	28
8	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	28
7	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	28
6	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	28
5	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	28
4	%3.57	%0.00	%0.00	%0.00	28
3	%7.14	%0.00	%0.00	%0.00	28
2	%7.14	%0.00	%0.00	%0.00	28
1	%39.28	%0.00	%0.00	%0.00	28

**Tablo 4.4:** Katlara göre y yönü kolon hasar durumu

Kat No	Minimum Hasar	Belirgin Hasar	İleri Hasar	Göçme Bölgesi	Toplam Kolon Sayısı
15	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	28
14	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	28
13	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	28
12	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	28
11	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	28
10	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	28
9	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	28
8	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	28
7	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	28
6	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	28
5	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	28
4	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	28
3	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	28
2	%7.14	%0.00	%0.00	%0.00	28
1	%50.00	%7.14	%0.00	%0.00	28

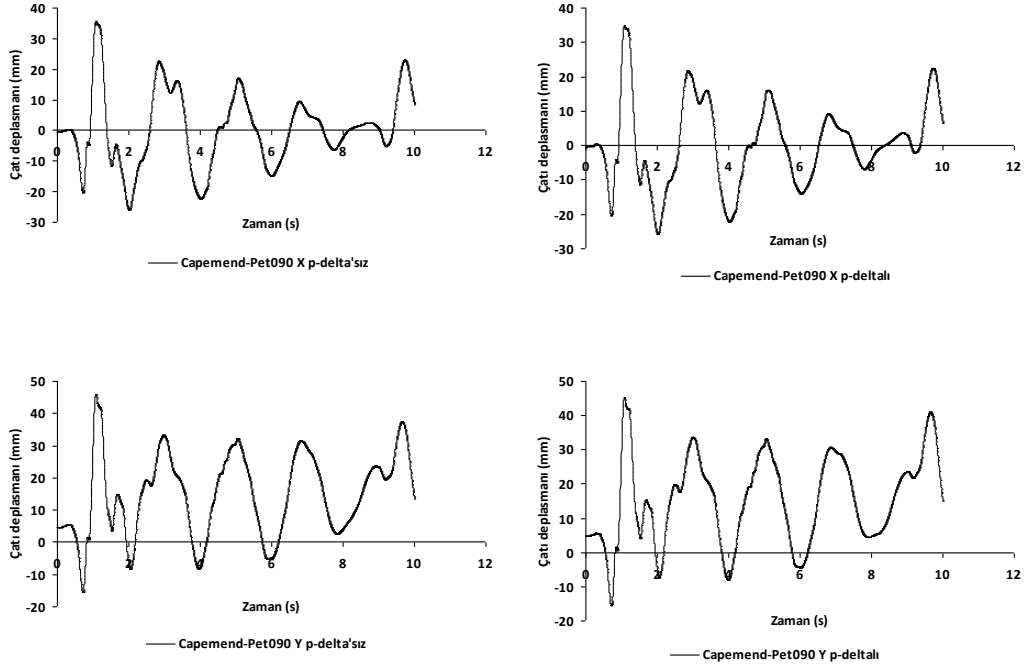
- Tablo 4.1-4.2’de görüldüğü gibi herhangi bir katta kirişlerin en fazla %2.13’ü İleri Hasar Bölgesindedir.
- Tablo 4.3-4.4’de görüldüğü gibi herhangi bir katta İleri Hasar Bölgesini geçen kolon bulunmamaktadır. Y yönünde yapılan statik itme analizleri sonucunda kolonların en fazla %7.14’ü Belirgin Hasar Bölgesindedir.
- Diğer taşıyıcı elemanların tümü en fazla Belirgin Hasar Bölgesindedir.

Tüm bu sonuçlar değerlendirildiğinde, bina DBYBHY-2007 ‘e göre ‘Can Güvenliği’ performans seviyesini sağlamaktadır.

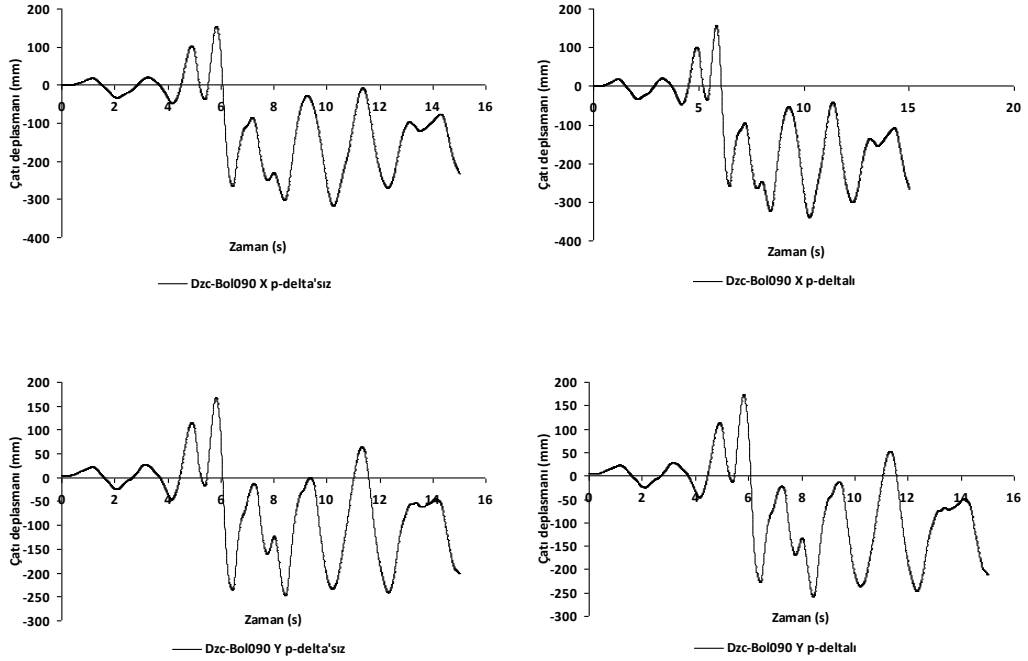
#### **4.4 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Dinamik Analiz İle Çatı Deplasmanlarının Elde Edilmesi**

Tez çalışması kapsamında, 21 adet gerçek deprem ivme kaydıyla iki yönde ve p-delta etkilerinin de ayrıca analizlere dahil edilmesi ile gerçekleştirilen zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizler sonucunda binanın çatı deplasmanı-zaman grafikleri elde edilmiştir (Şekil 4.17-4.37).

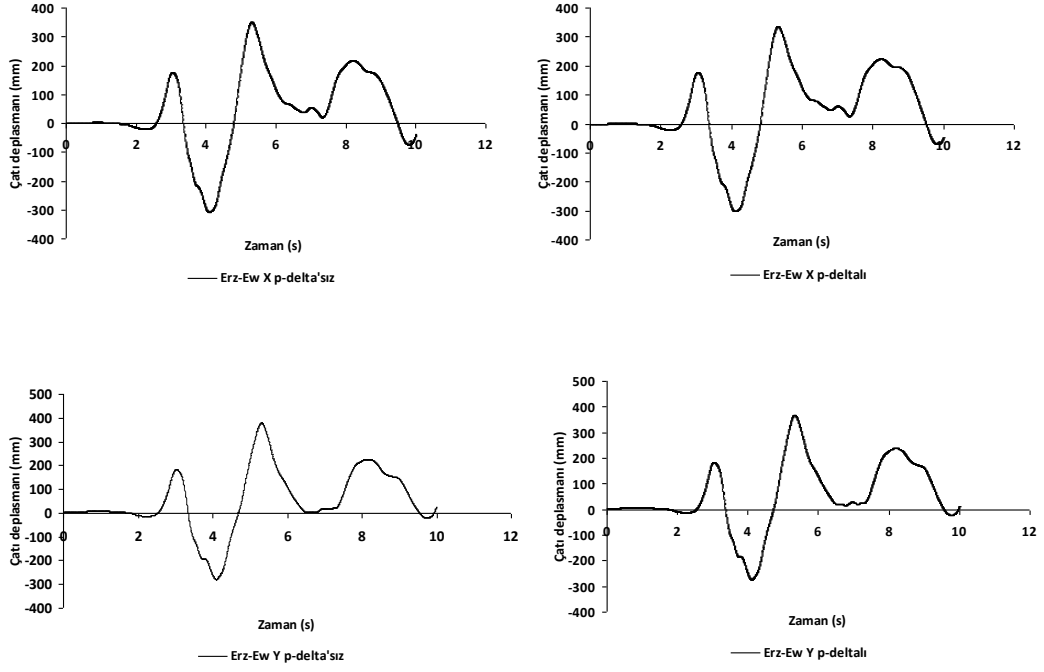
Analiz sonuçları değerlendirildiğinde, en fazla deplasman talebi Northr-Nwh360 depreminde, en az deplasman talebi ise Capemend-Pet090 depreminde ortaya çıkmıştır. Ayrıca x yönü çatı deplasman talebinin y yönüne göre daha fazla olduğu ve p-delta etkisinin deplasman talepleri üzerinde çok büyük değişikliklere yol açmadığı gözlemlenmiştir. Özellikle ileri yönlenmeli (Forward Directivity) tipi depremlerin deplasman talepleri üzerinde daha fazla etkili olduğu belirlenmiştir. İleri yönlenmeli (Forward Directivity) tipi depremler arasında en fazla çatı deplasman talebi x yönünde p-delta etkisinin dikkate alınmadığı durum için Northr-Nwh360 depremi altında 671.38 mm, en az çatı deplasman talebi ise x yönünde p-delta etkisinin dikkate alınmadığı durum için 35.55 mm ile Capemend-Pet090 depremi altında elde edilmiştir. İleri yönlenmeli olmayan depremler arasında en fazla çatı deplasman talebi x yönünde p-delta etkisinin dikkate alınmadığı durum için 500.73 mm ile Lomap-Hsp000, en az çatı deplasman talebi ise y yönü p-deltalı durumda Northr-Pkc360 depremi altında 189.39 mm olarak elde edilmiştir.



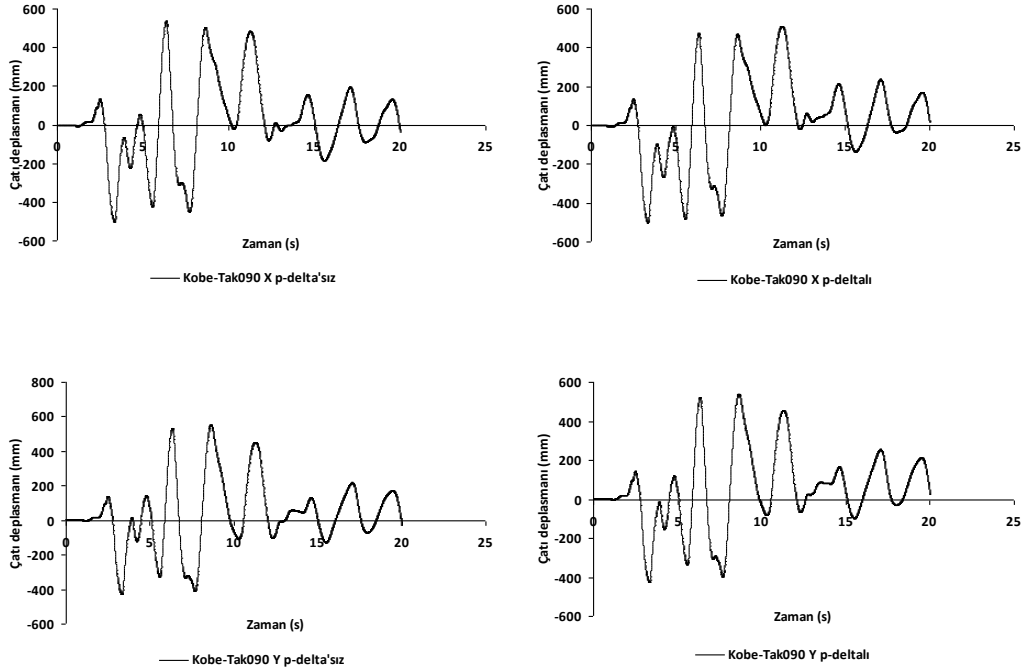
**Şekil 4.17:** Capemend-Pet090 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri



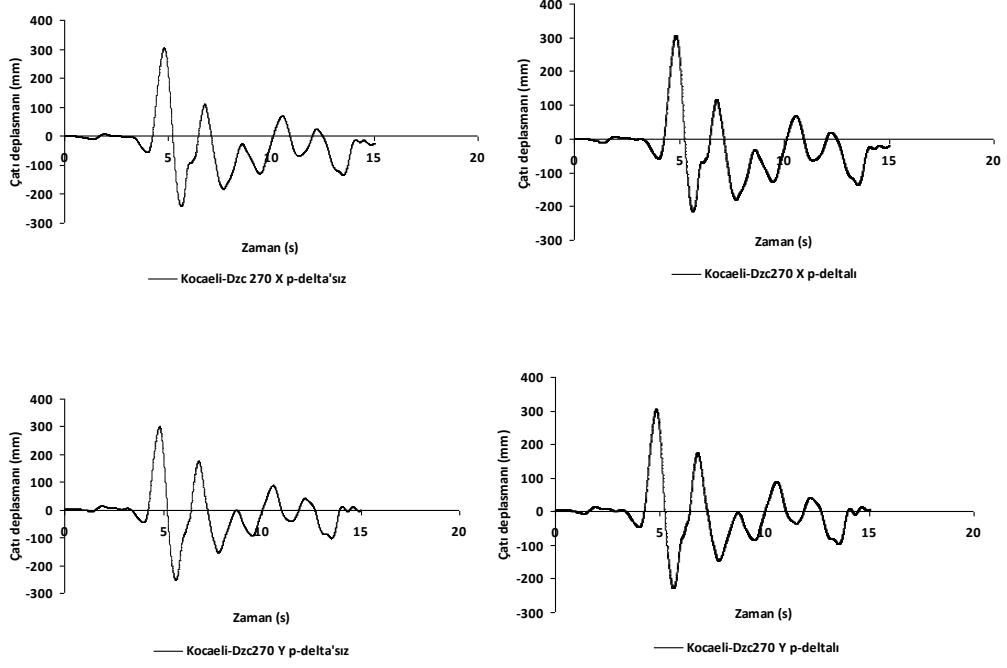
**Şekil 4.18:** Dzc-Bol090 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri



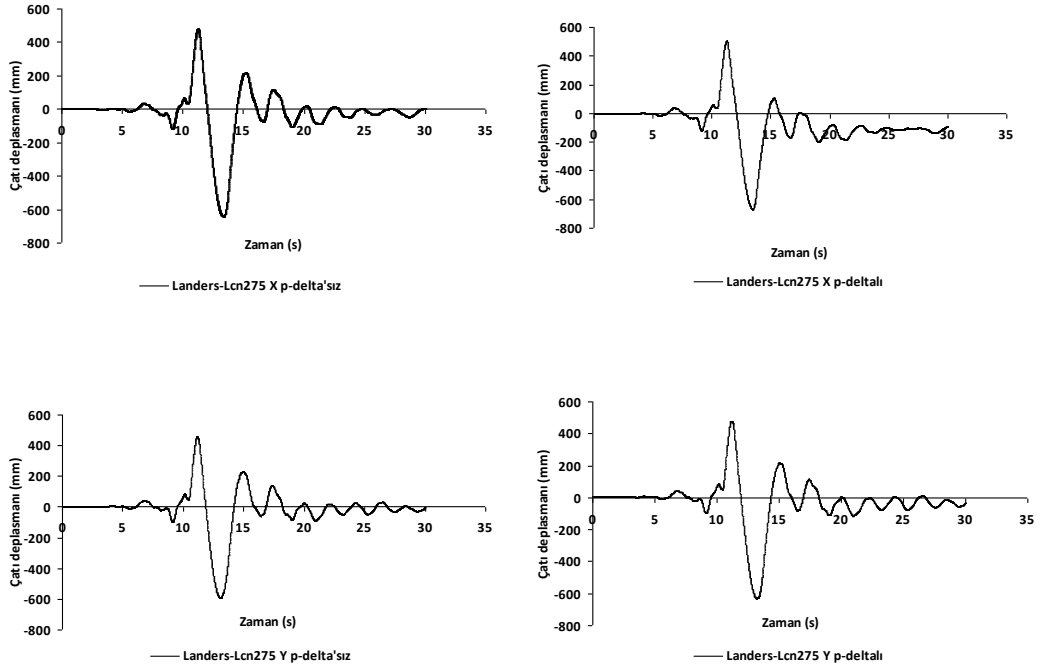
**Şekil 4.19:** Erzincan-Ew x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri



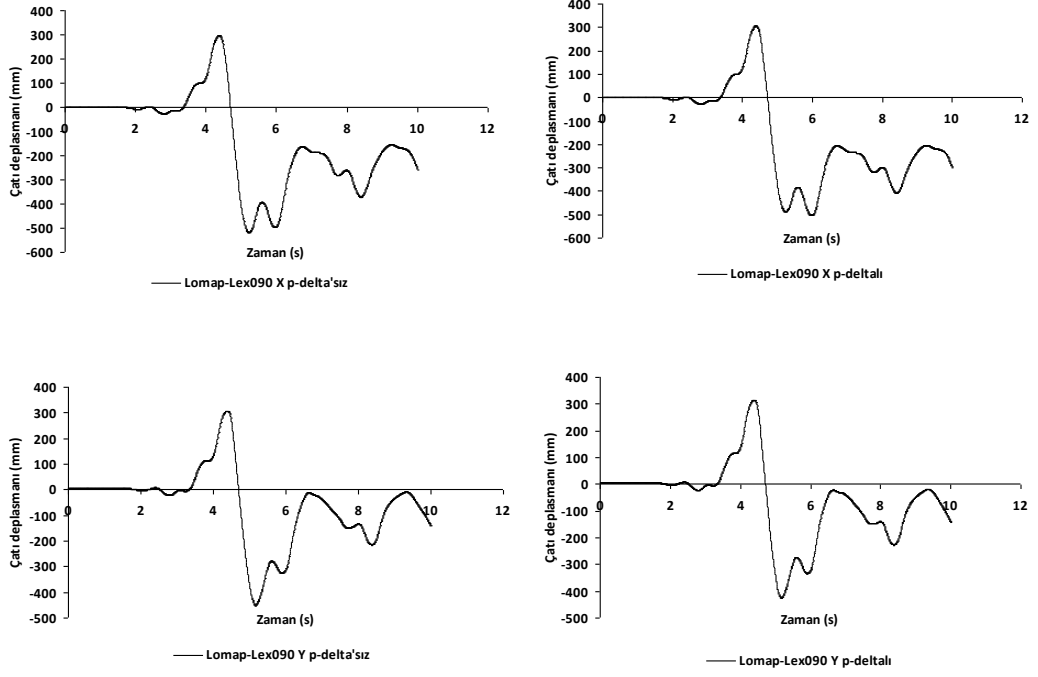
**Şekil 4.20:** Kobe-Tak090 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri



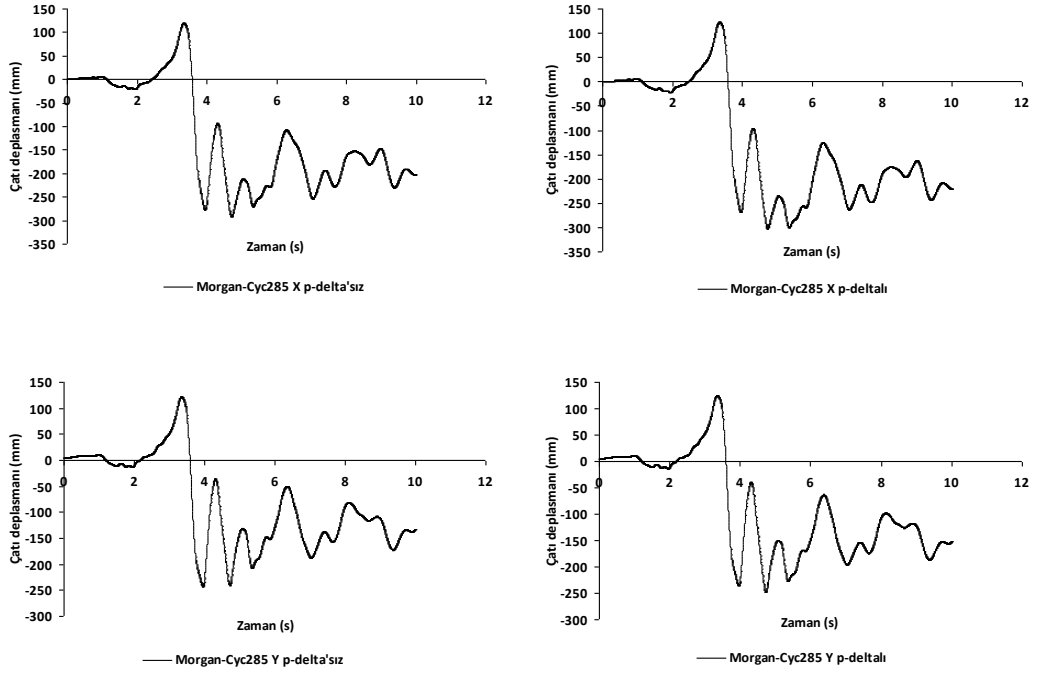
**Şekil 4.21:** Kocaeli-Dzc270 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri



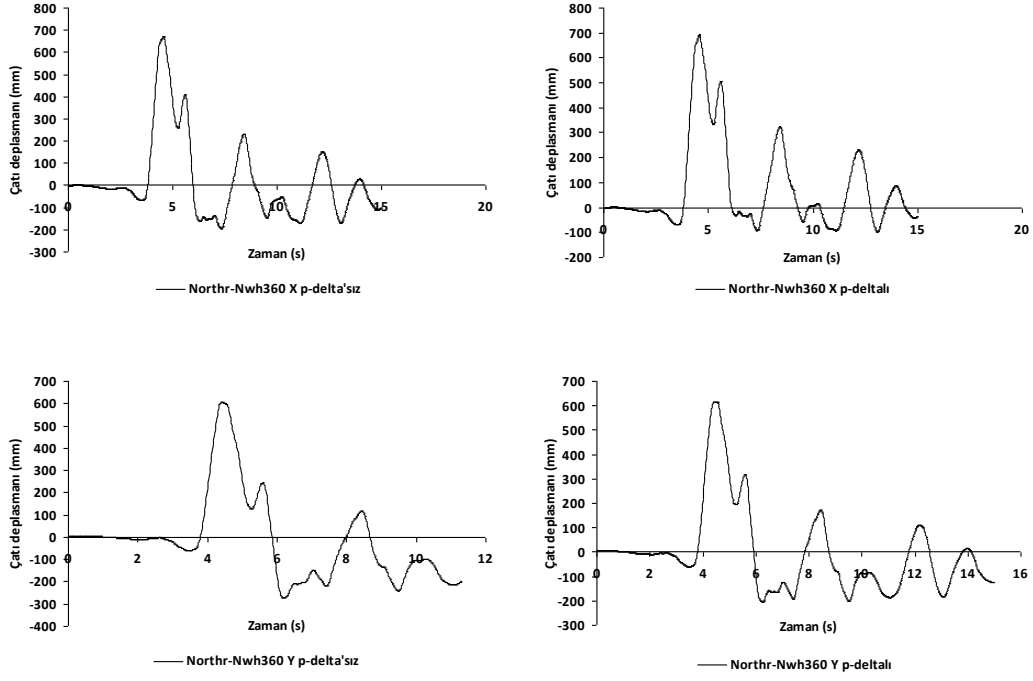
**Şekil 4.22:** Landers-Lcn275 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri



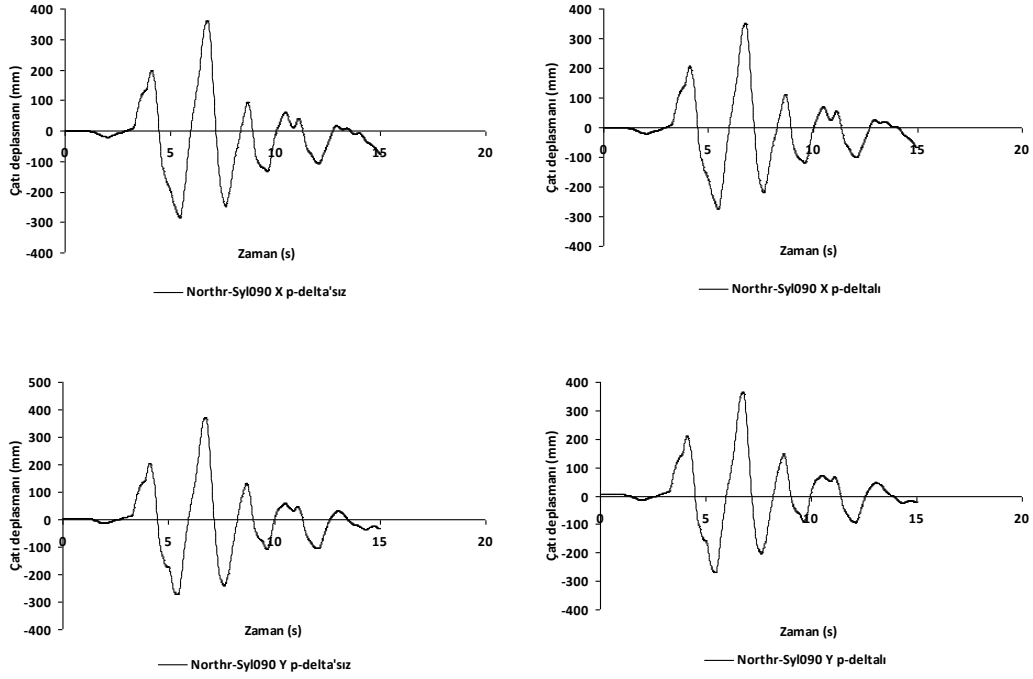
**Şekil 4.23:** Lomap-Lex090 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri



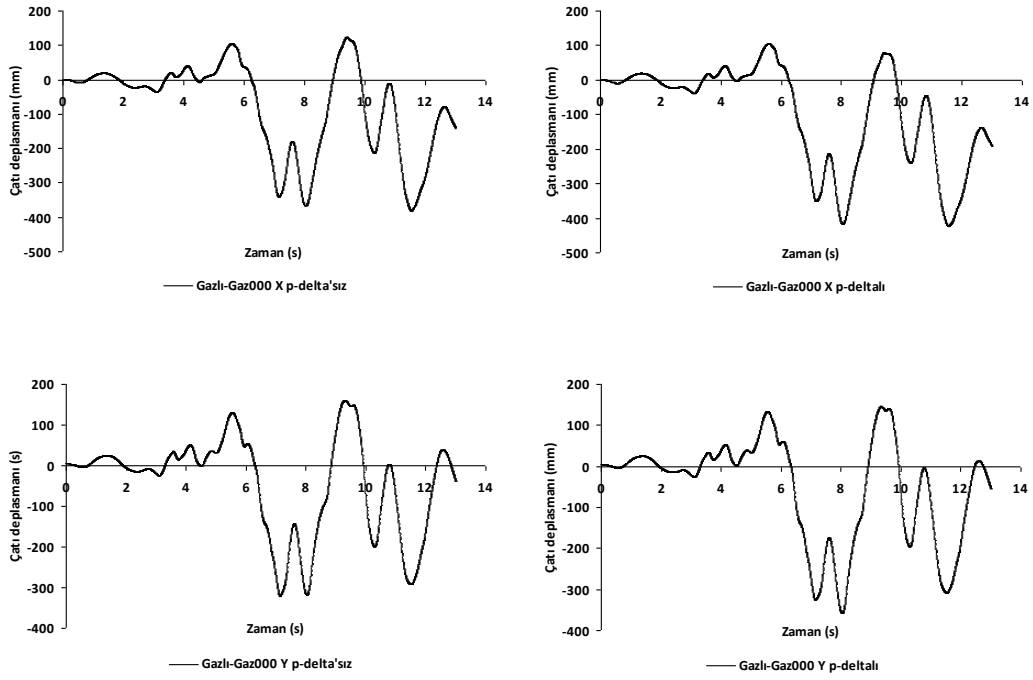
**Şekil 4.24:** Morgan-Cyc285 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri



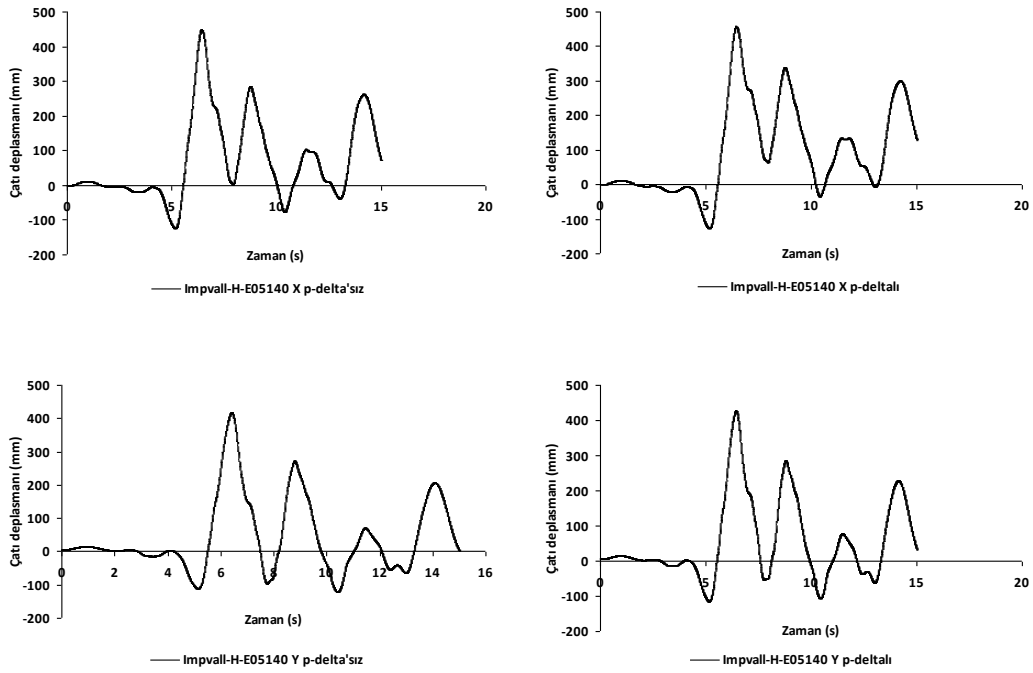
**Şekil 4.25:** Northr-Nwh360 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri



**Şekil 4.26:** Northr-Syl090 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri

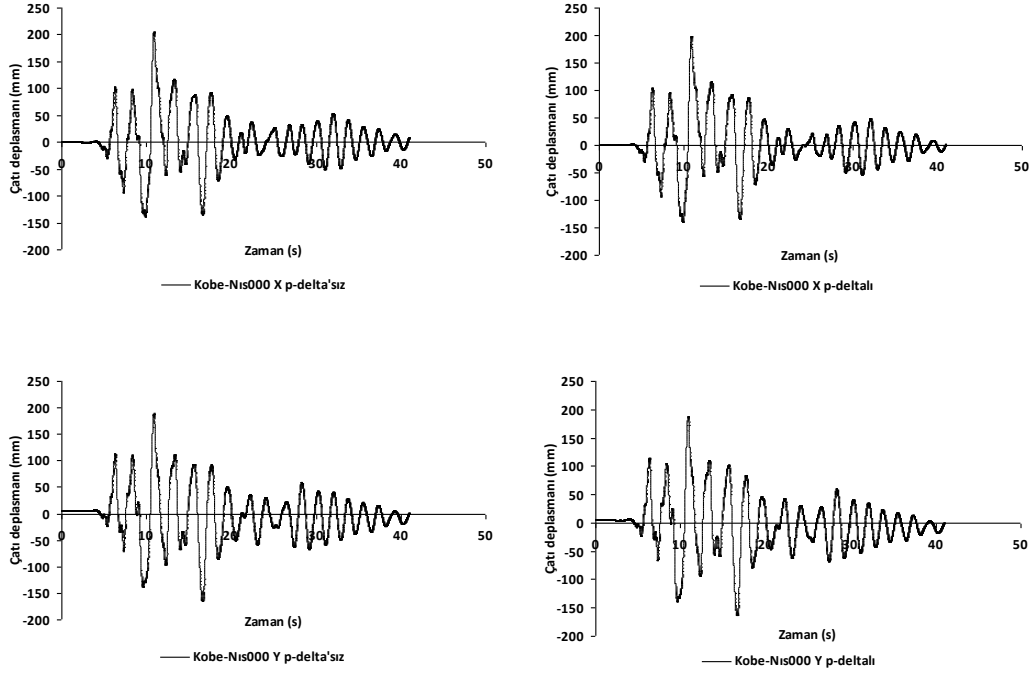


**Şekil 4.27:** Gazlı-Gaz000 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri

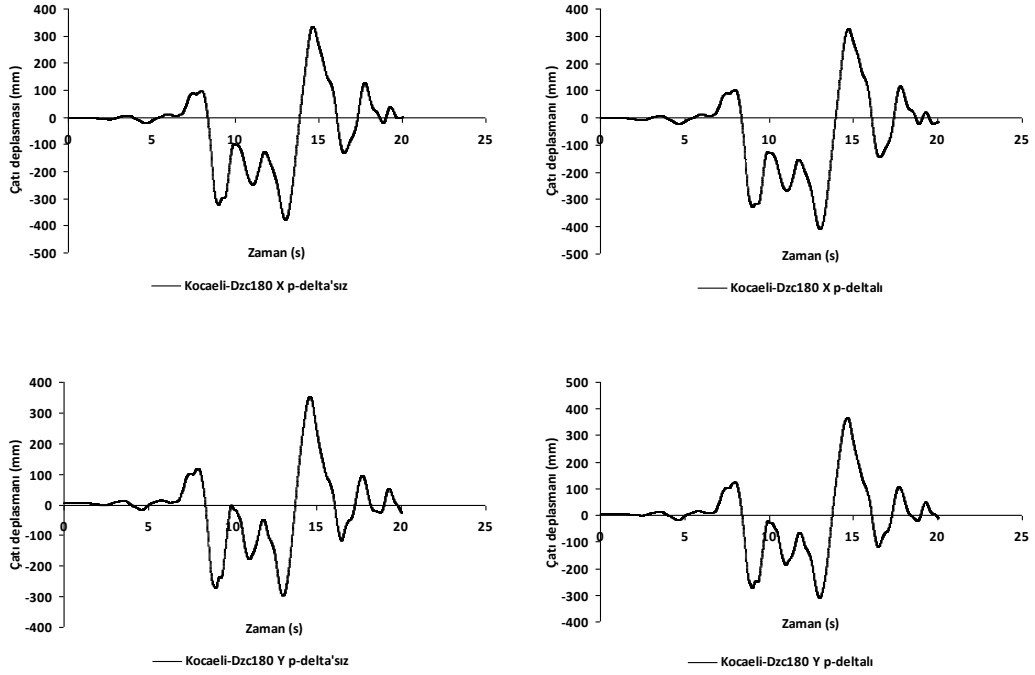


**Şekil 4.28:** Impvall-H-E05140 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri

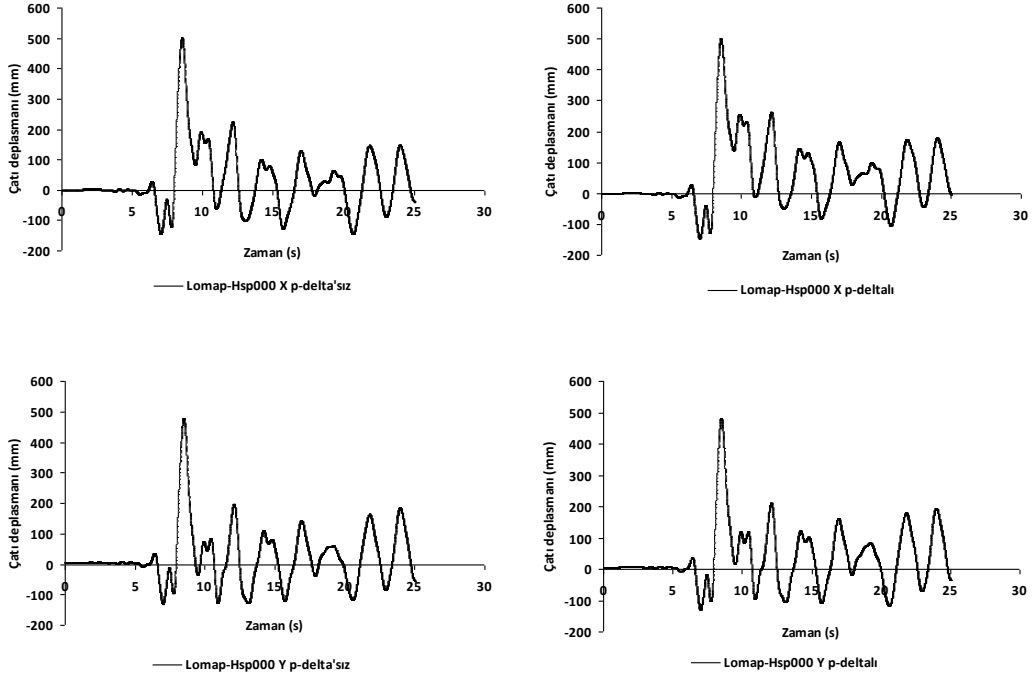




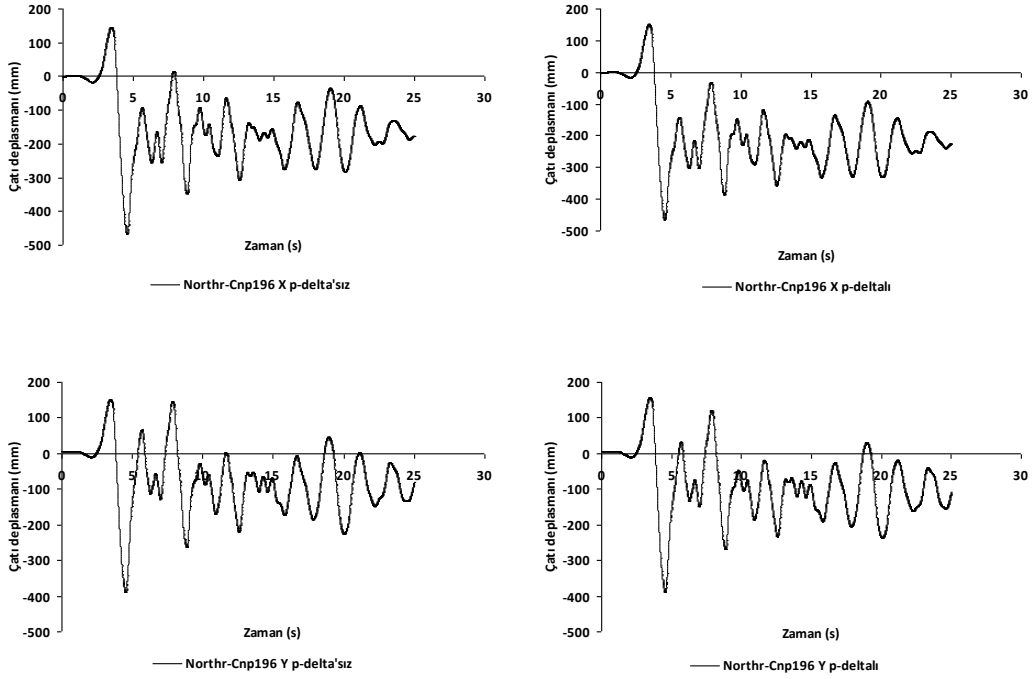
**Şekil 4.29:** Kobe-Nis000 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri



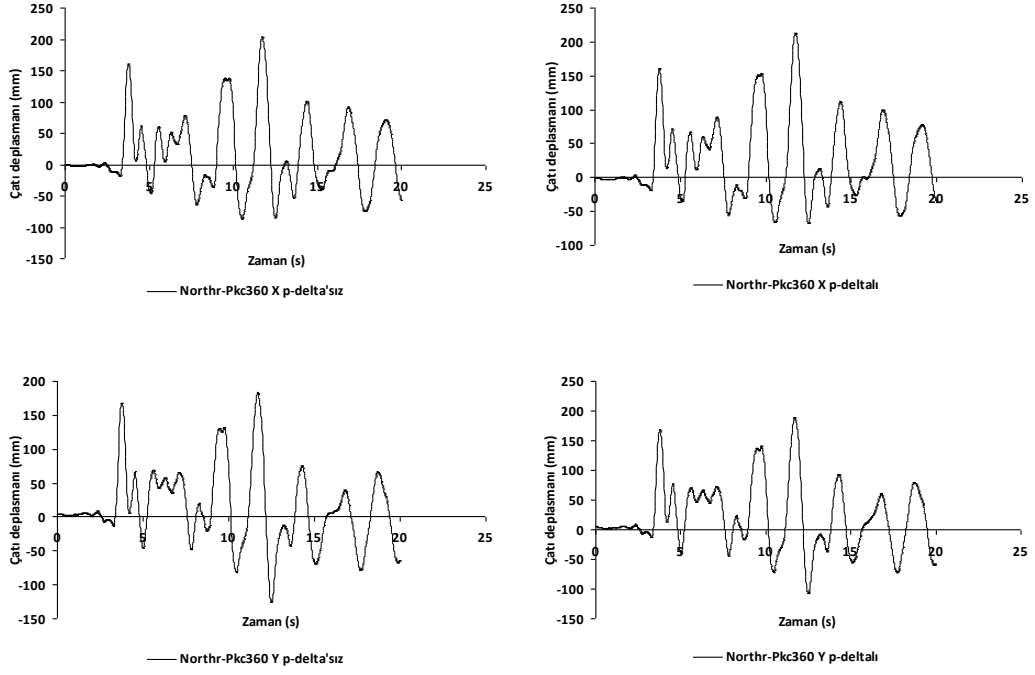
**Şekil 4.30:** Kocaeli-Dzc180 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri



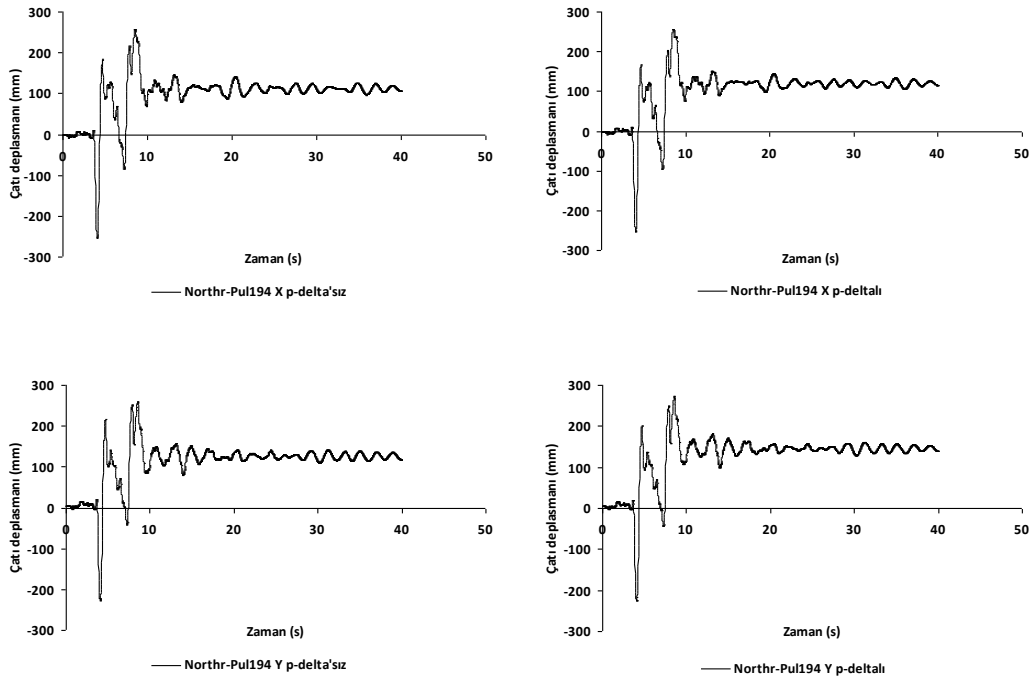
**Şekil 4.31:** Lomap-Hsp000 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri



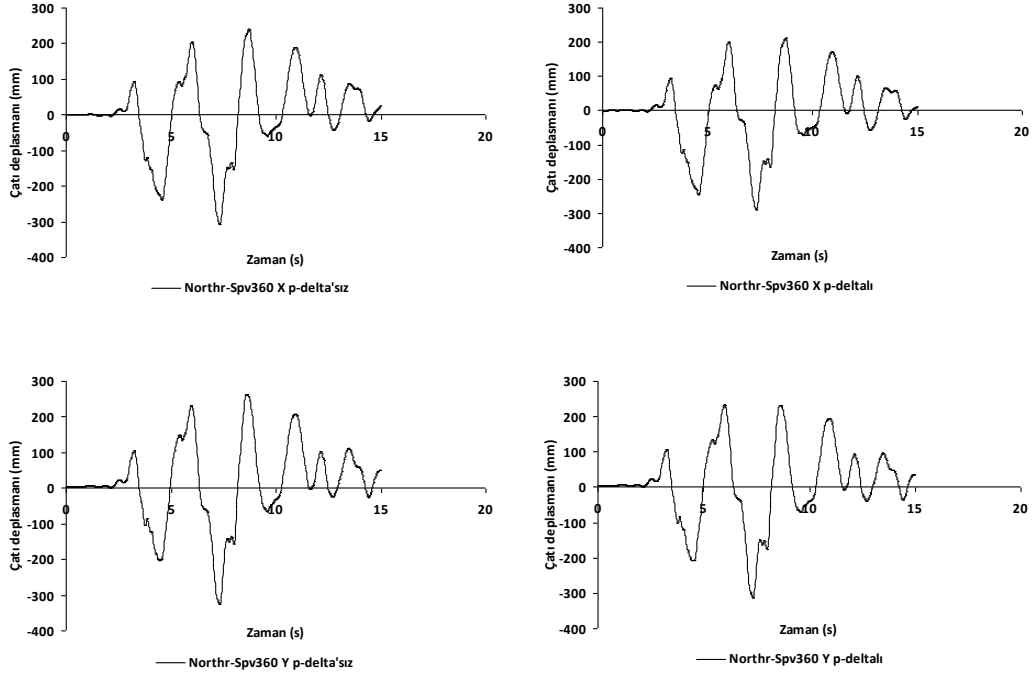
**Şekil 4.32:** Northr-Cnp196 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri



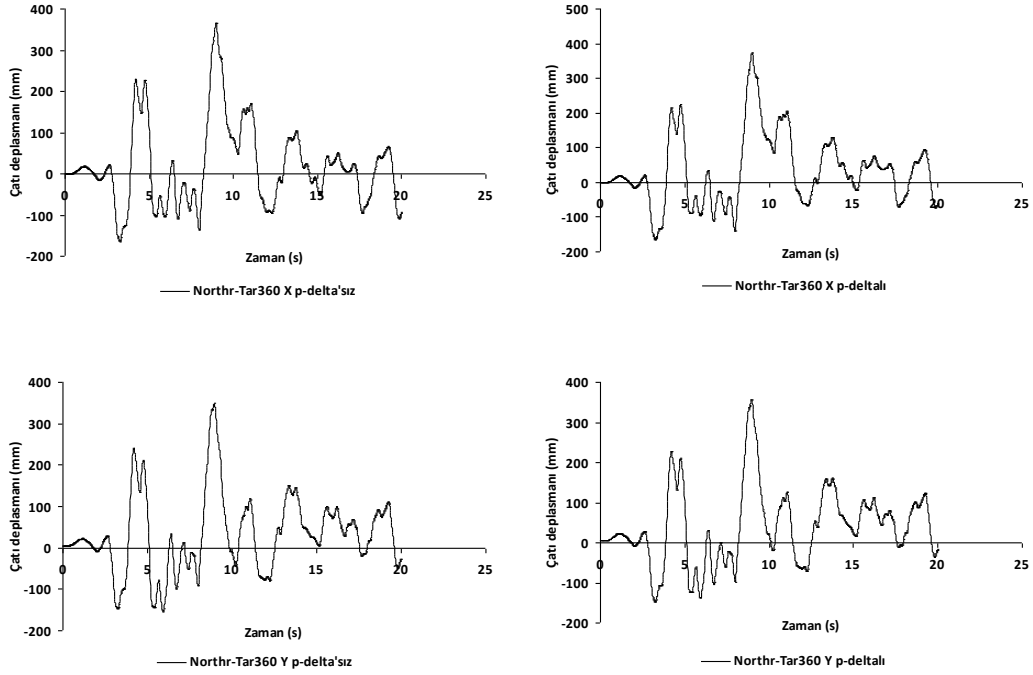
**Şekil 4.33:** Northr-Pkc360 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri



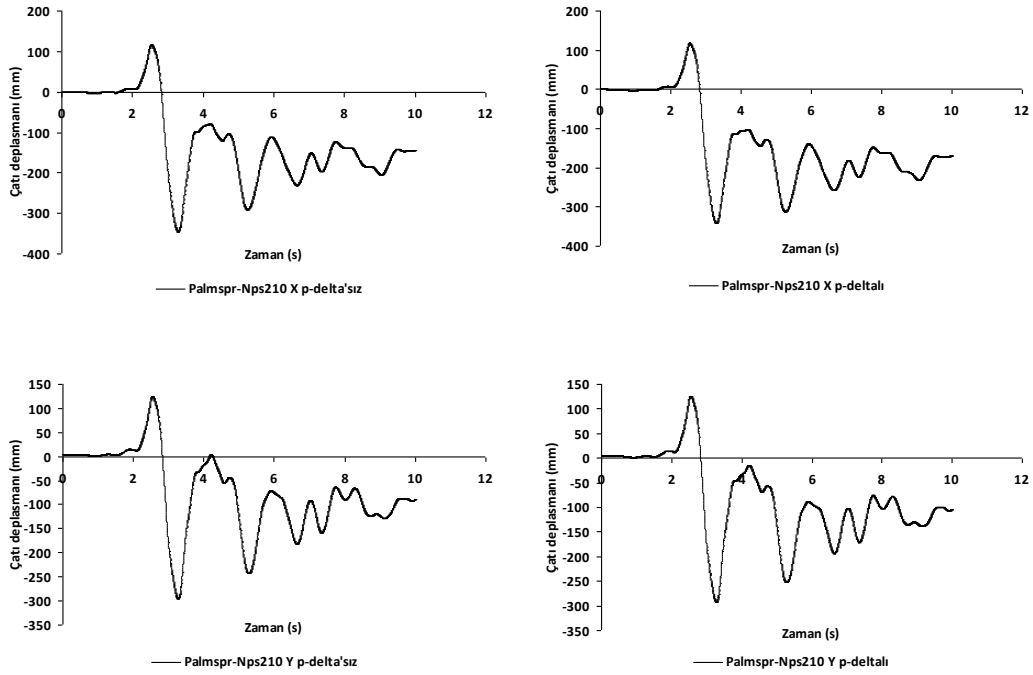
**Şekil 4.34:** Northr-Pul194 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri



**Şekil 4.35:** Northr-Spv360 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri



**Şekil 4.36:** Northr-Tar360 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri

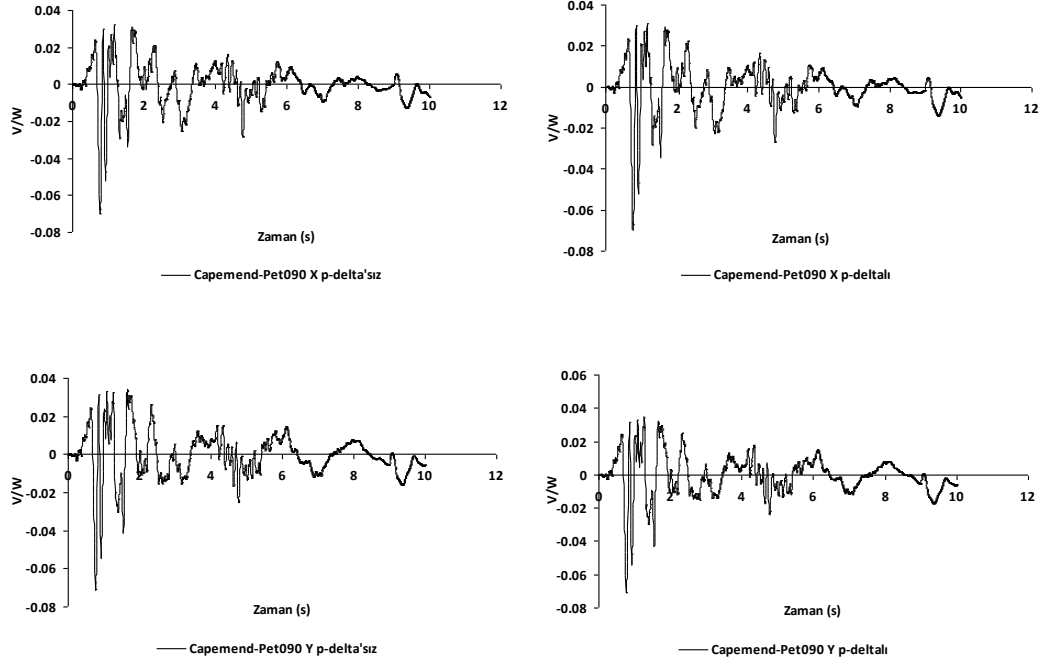


**Şekil 4.37:** Palmspr-Nps210 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için çatı deplasmanı-zaman grafikleri

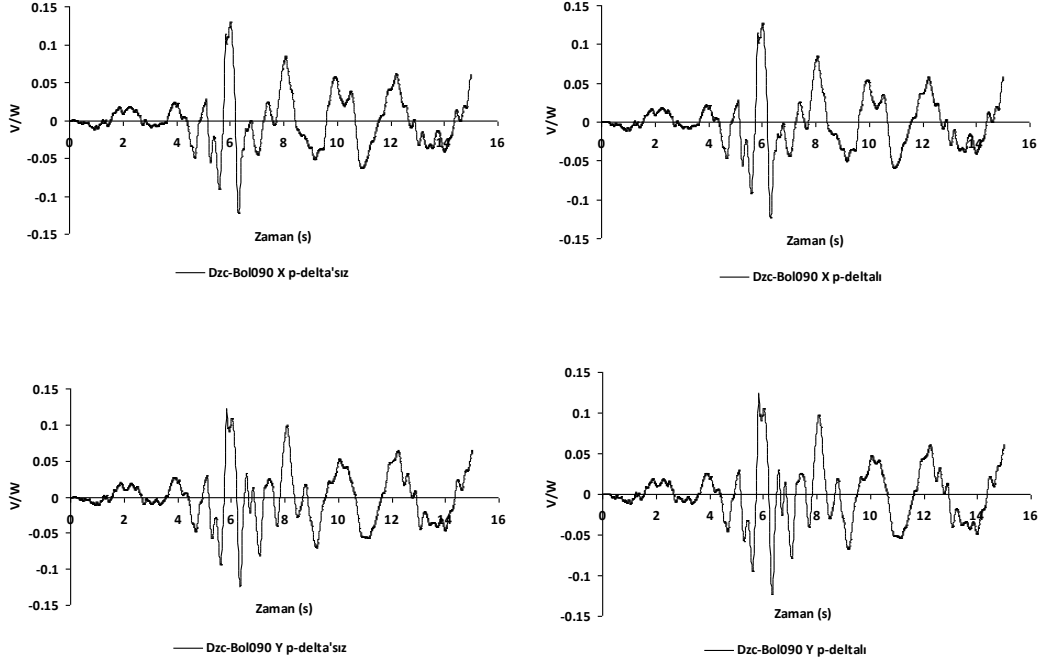
#### 4.5 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Dinamik Analizler ile Taban Kesme Kuvveti/Sismik Ağırlık (V/W) Oranlarının Elde Edilmesi

Tez çalışması kapsamında 21 adet gerçek deprem ivme kayıtları ile yapılan zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizler sonucunda elde edilen taban kesme kuvvetlerinin, bina sismik ağırlığı ( $w$ )'ye oranları her bir deprem için x ve y yönünde, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durumlar için zamana bağlı değişim grafikleri Şekil 4.38-4.58'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, zamana bağlı V/W oranının en fazla Northr-Nwh360 depreminde, en az Capemend-Pet090 depreminde ortaya çıktığı görülmüştür. Ayrıca x yönü kesme kuvveti talebinin y yönüne göre daha fazla olduğu ve p-delta etkisinin kesme kuvveti talepleri üzerinde çok büyük değişikliklere yol açmadığı gözlemlenmiştir. Özellikle ileri yönlenmeli (Forward Directivity) tipi depremlerin kesme kuvveti talepleri üzerinde daha fazla etkili olduğu belirlenmiştir. İleri yönlenmeli (Forward Directivity) tipi depremler arasında en fazla kesme kuvveti/sismik ağırlık talebi x yönünde p-delta etkilerinin dikkate alınmadığı durum

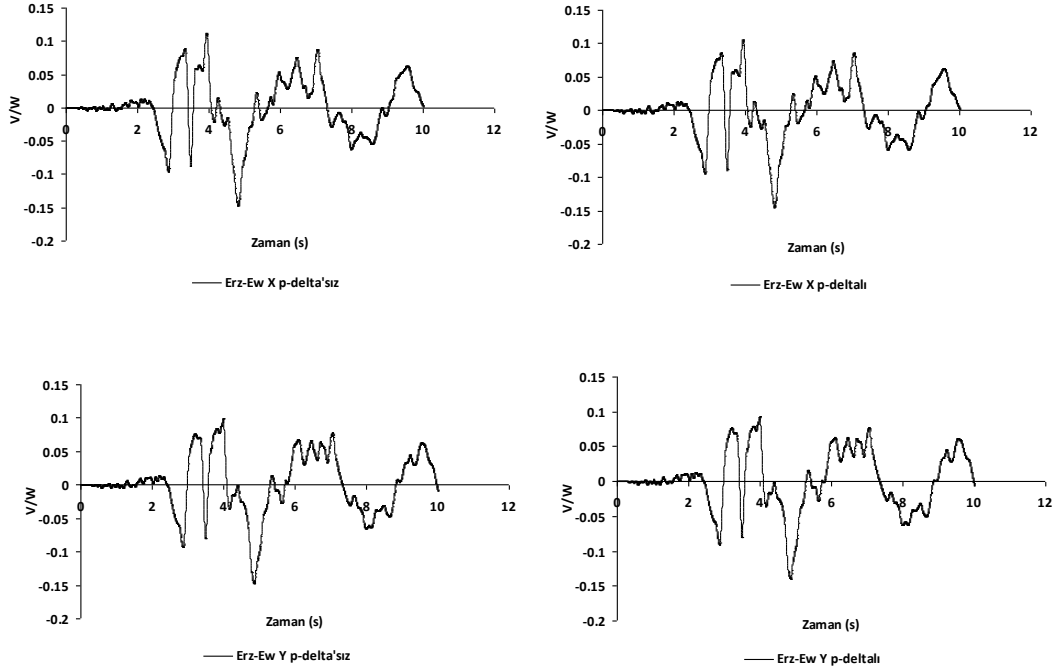
için Northr-Nwh360 depremi altında %18.4, en az kesme kuvveti/sismik ağırlık talebi ise x yönünde p-delta'lı durum için %3.04 ile Capemend-Pet090 depremi altında elde edilmiştir. İleri yönlenmeli olmayan depremler arasında en fazla V/W oranı x yönünde p-delta etkilerinin dikkate alınmadığı durum için %19.1 ile Northr-Pul194, en az V/W oranı ise y yönü p-delta'lı durumda Northr-Pkc360 depremi altında %8.6 olarak elde edilmiştir.



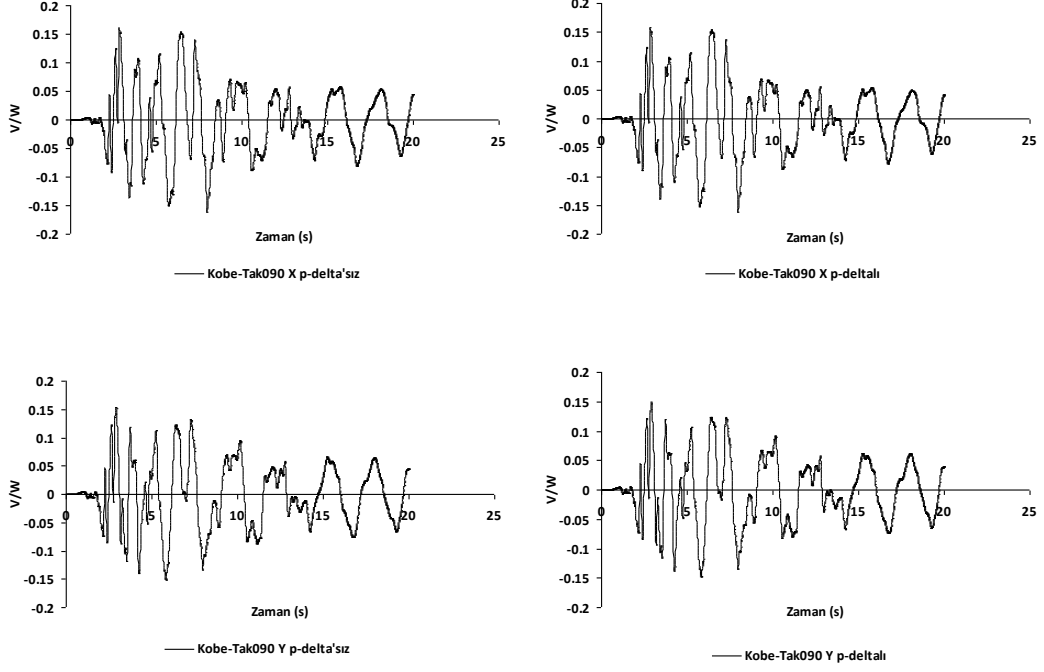
**Şekil 4.38:** Capemend-Pet090 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri



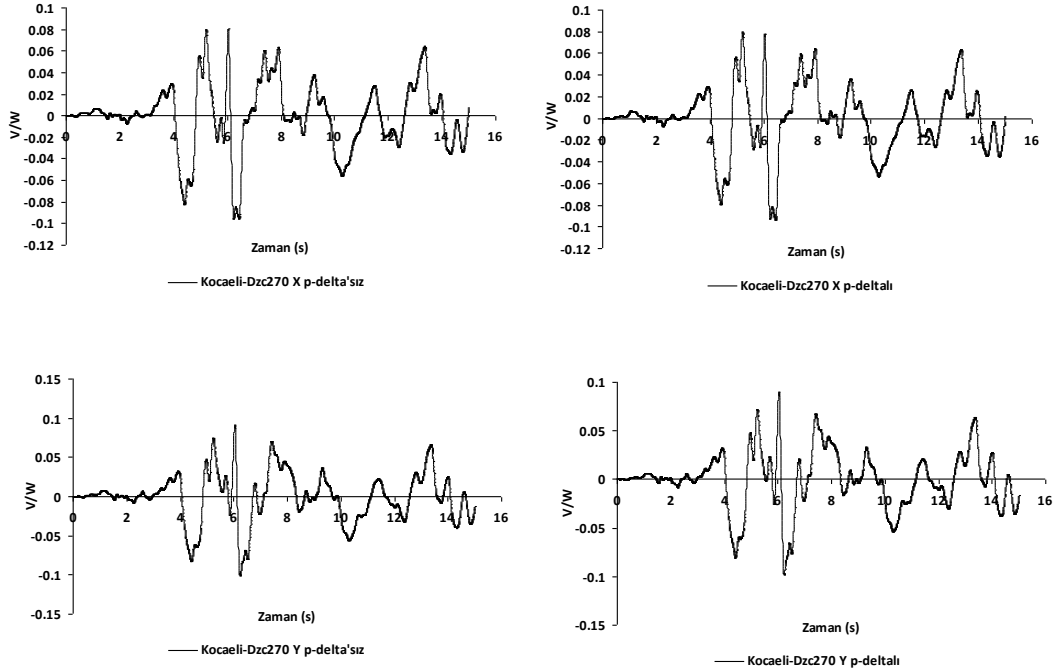
**Şekil 4.39:** Dzc-Bol090 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri



**Şekil 4.40:** Erzincan-Ew x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri

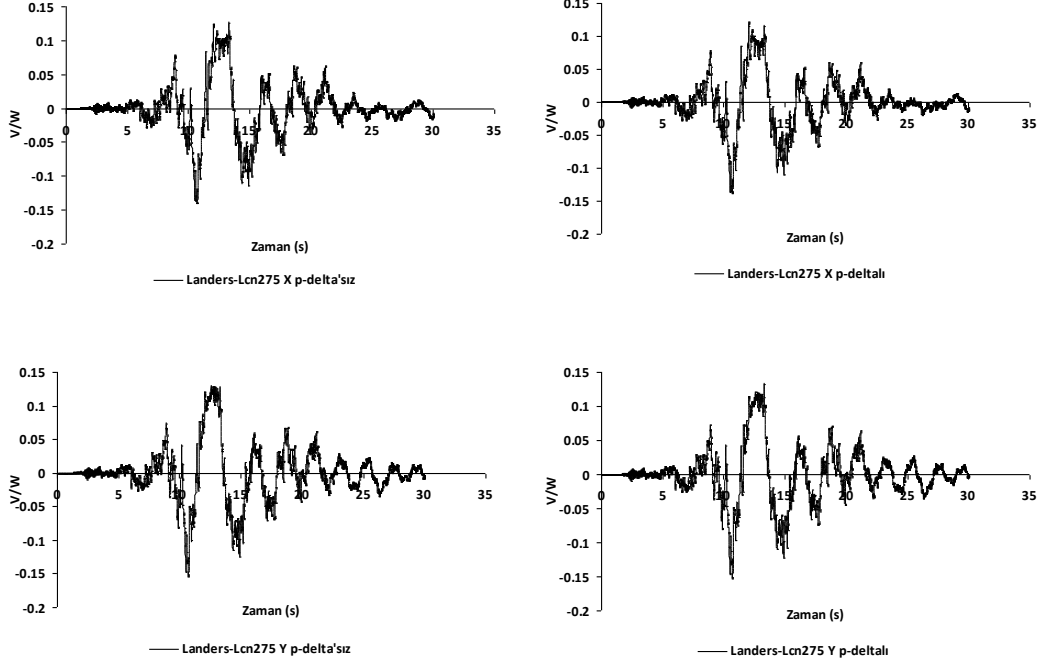


**Şekil 4.41:** Kobe-Tak090 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri

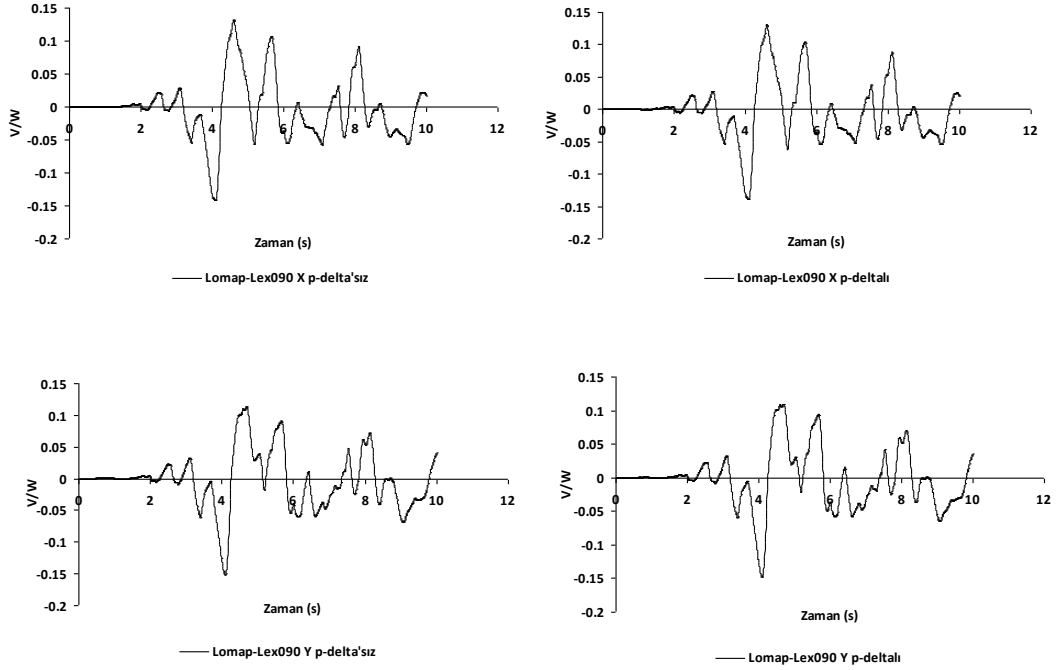


**Şekil 4.42:** Kocaeli-Dzc270 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri

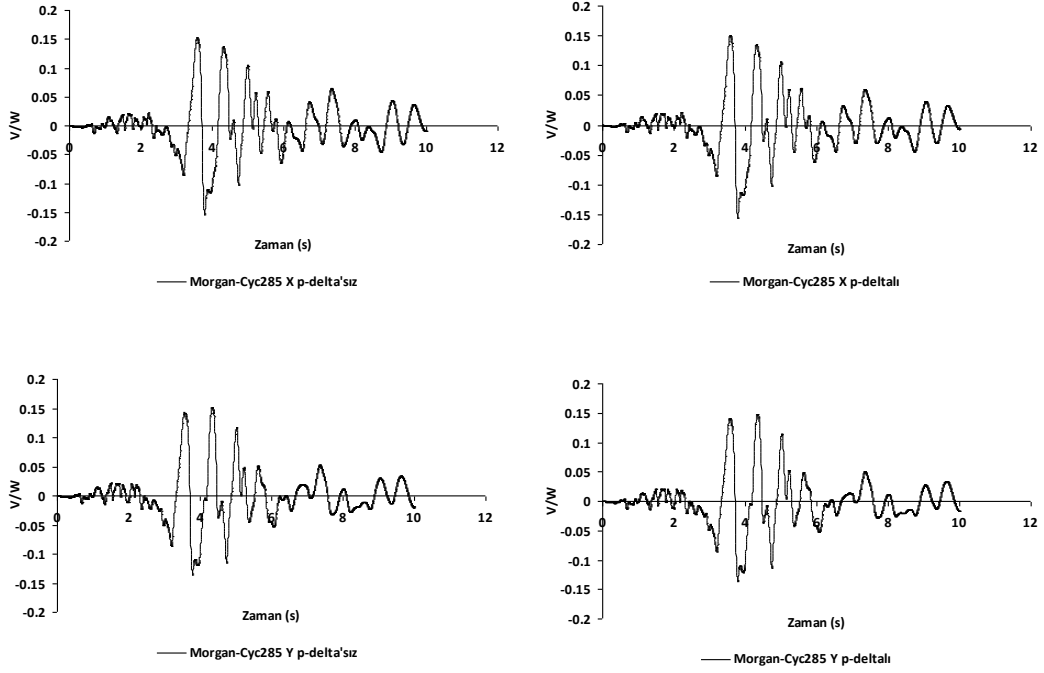




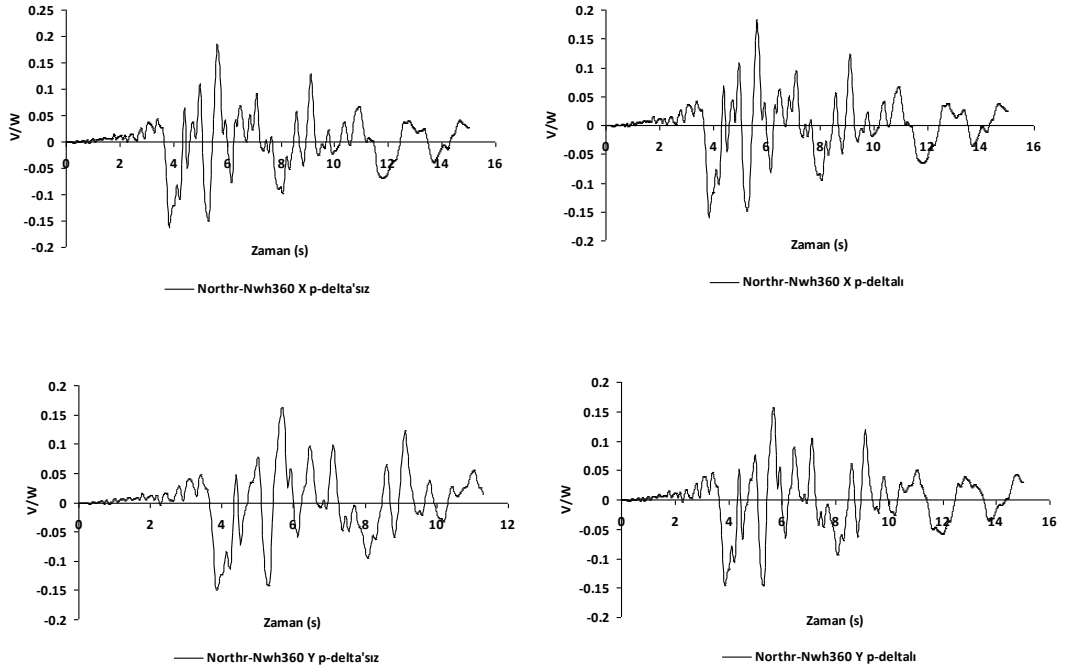
Şekil 4.43: Landers-Lcn275 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri



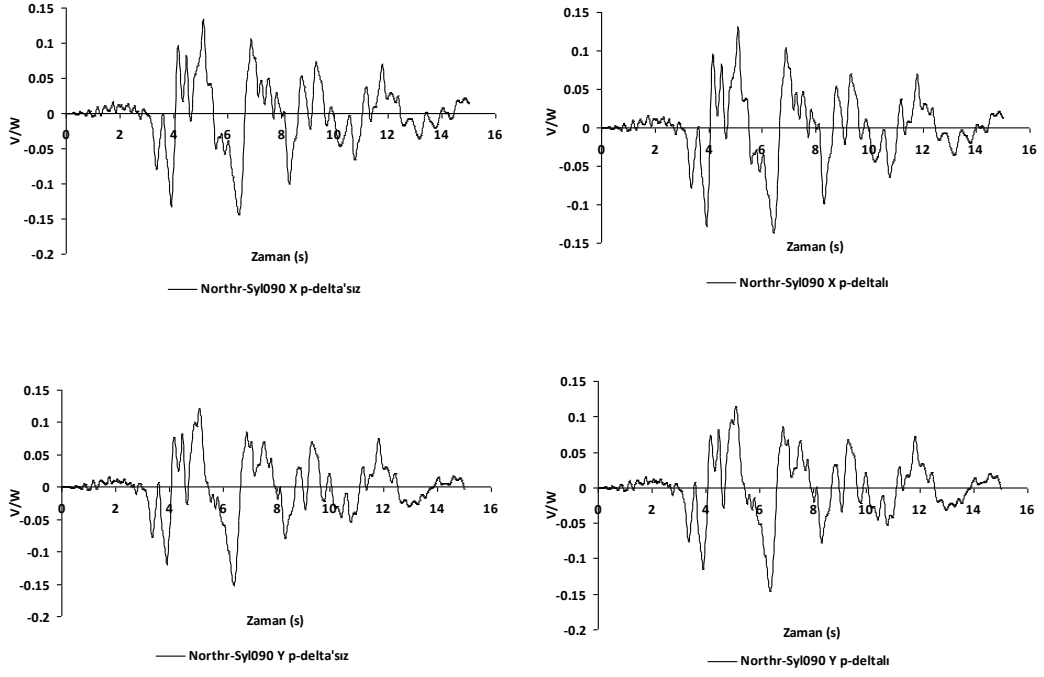
Şekil 4.44: Lomap-Lex090 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri



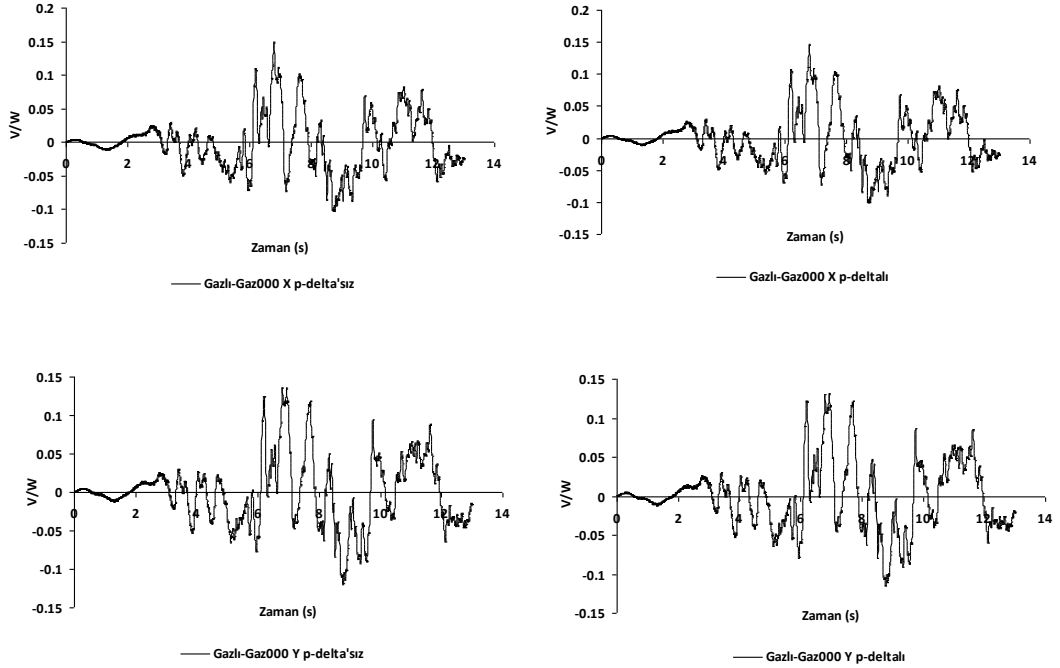
**Şekil 4.45:** Morgan-Cyc285 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri



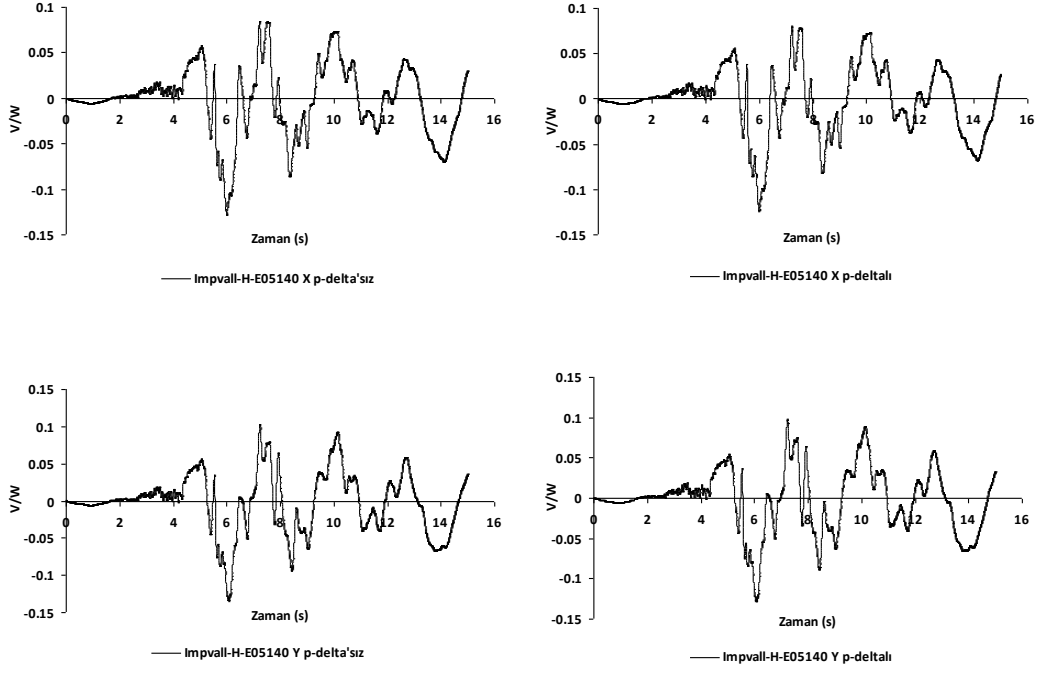
**Şekil 4.46:** Northr-Nwh360 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri



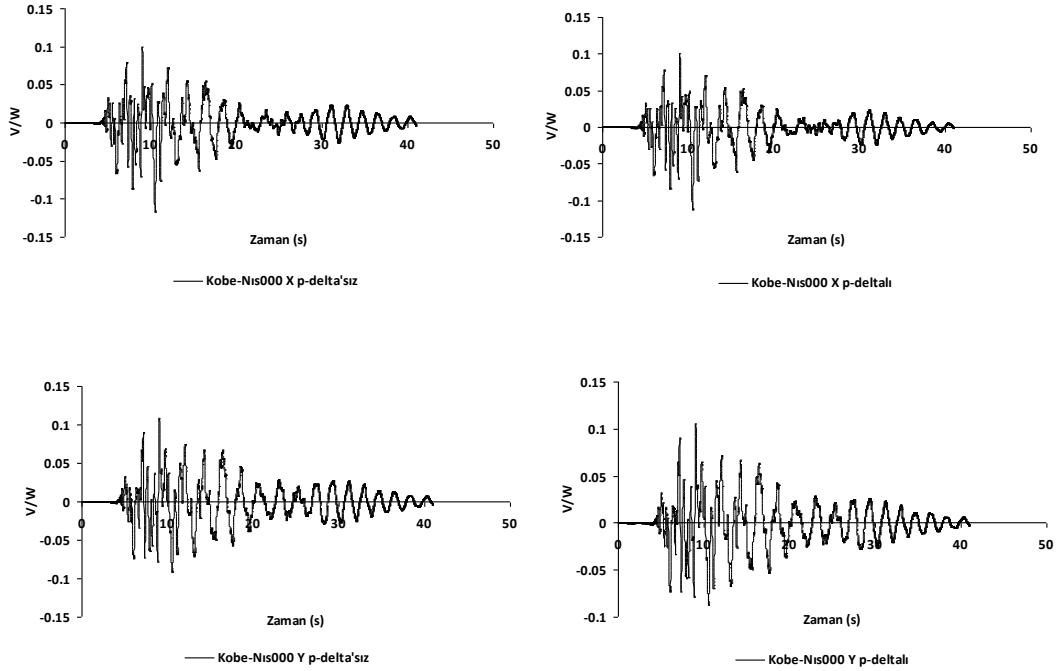
**Şekil 4.47:** Northr-Syl090 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri



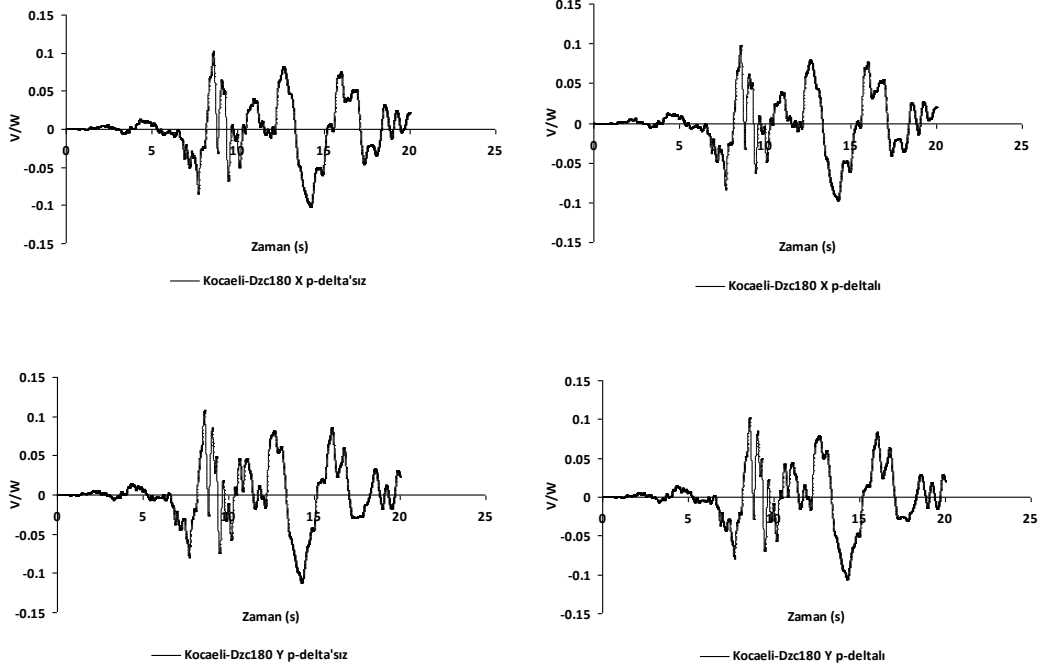
**Şekil 4.48:** Gazlı-Gaz000 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri



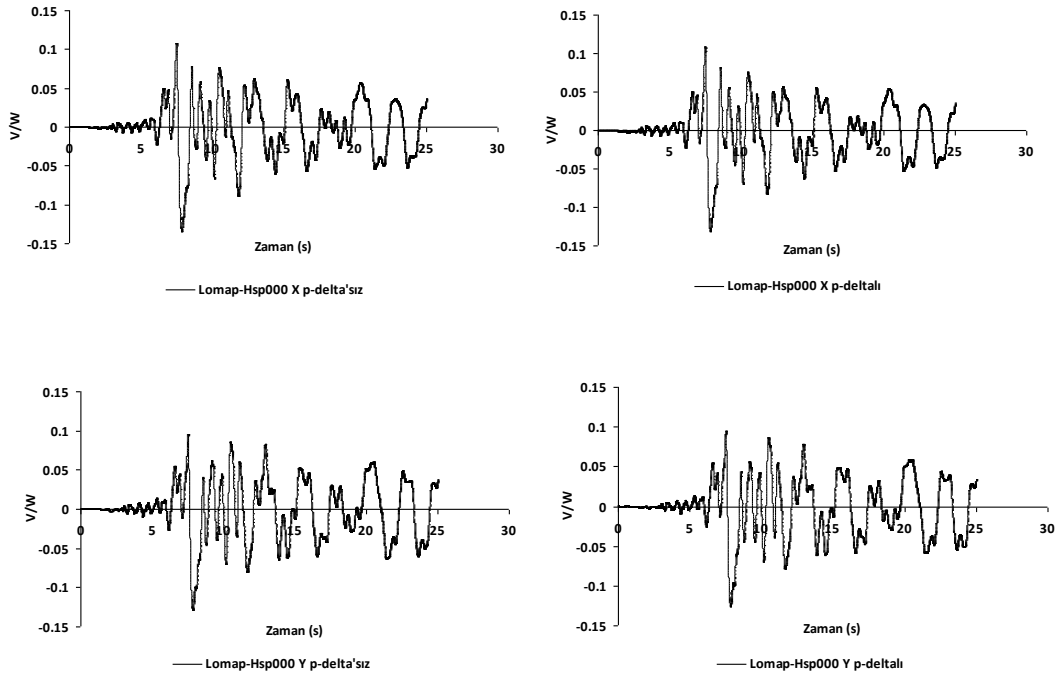
**Şekil 4.49:** Impvall-H-E05140 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri



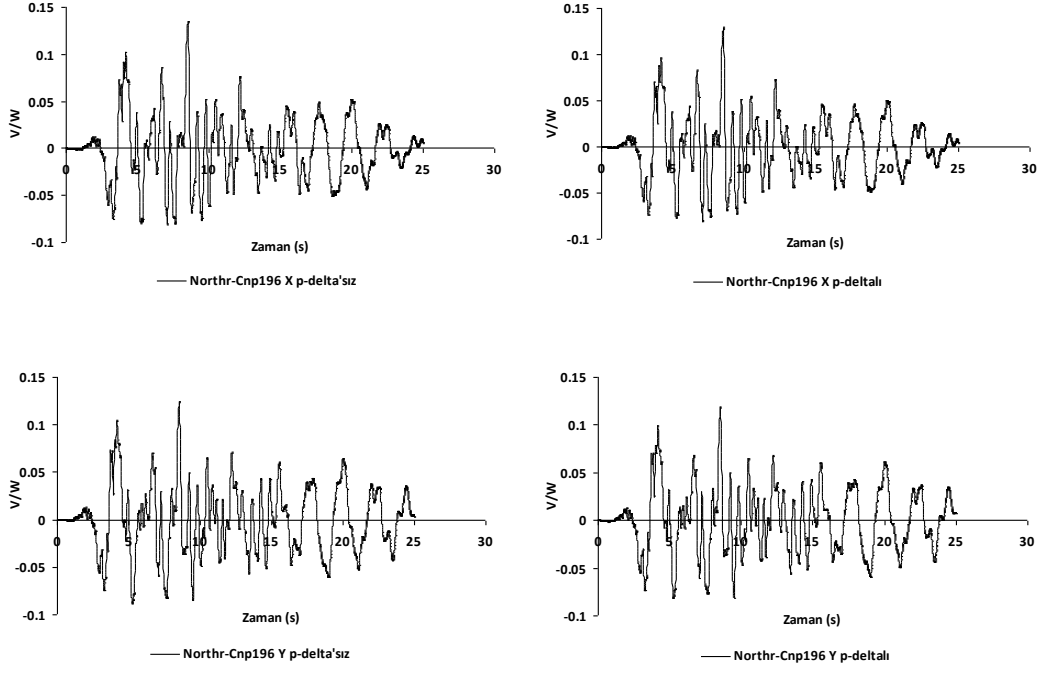
**Şekil 4.50:** Kobe-Nis000 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri



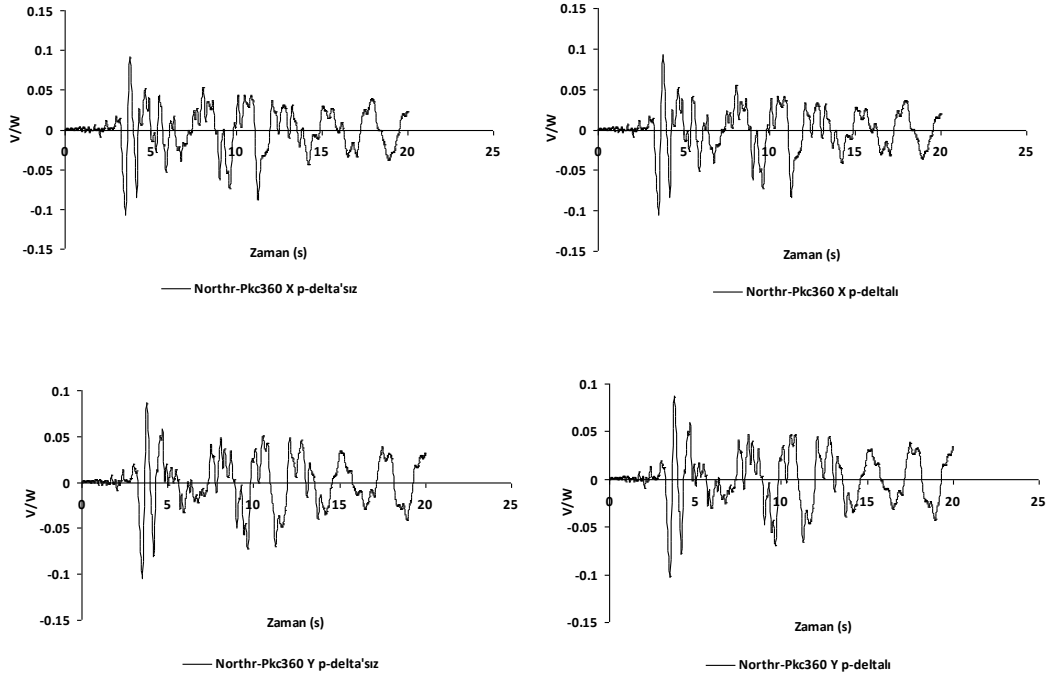
**Şekil 4.51:** Kocaeli-Dzc180 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri



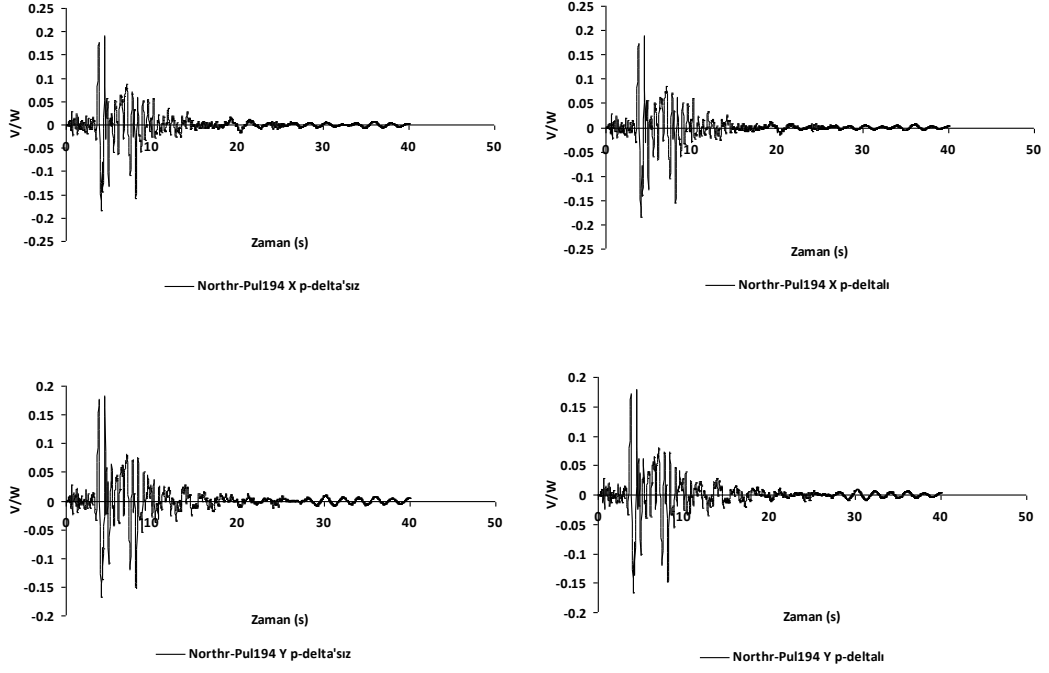
**Şekil 4.52:** Lomap-Hsp000 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri



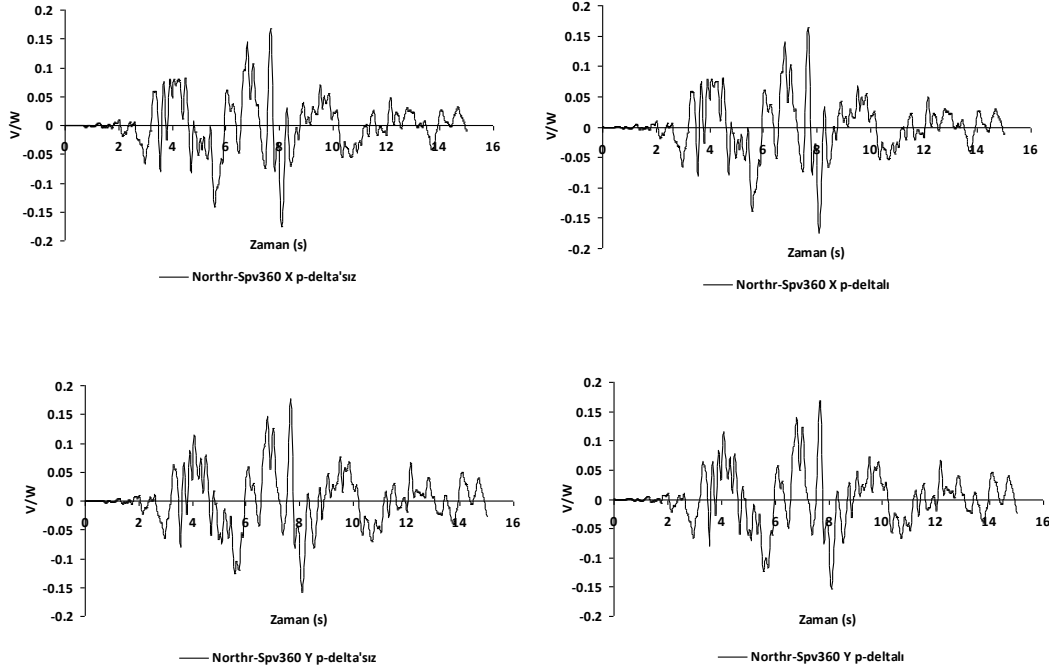
**Şekil 4.53:** Northr-Cnp196 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri



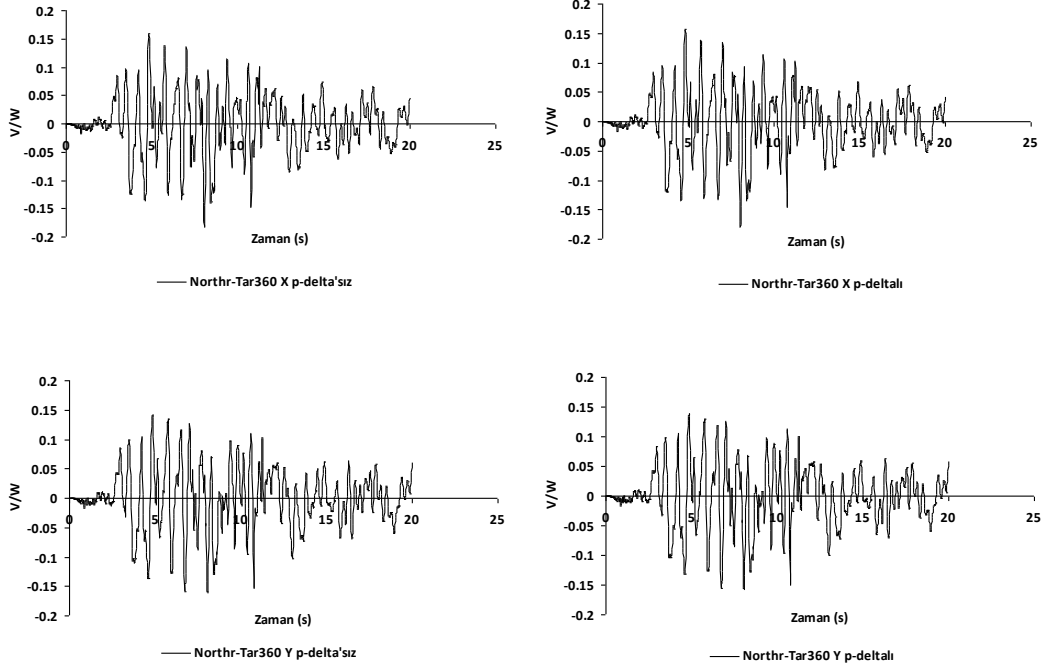
**Şekil 4.54:** Northr-Pkc360 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri



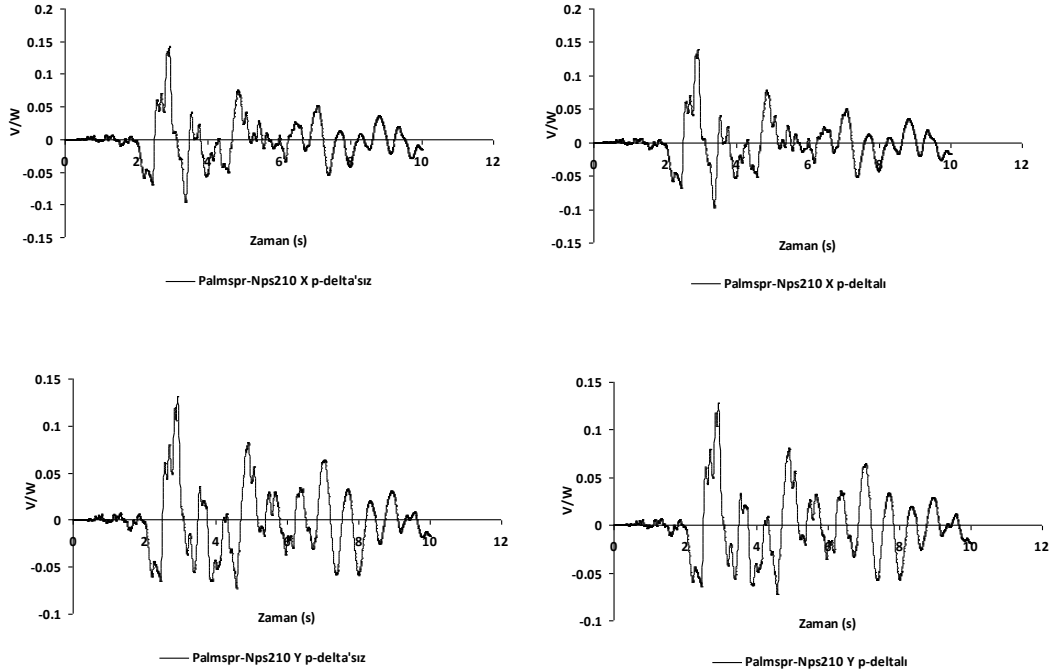
**Şekil 4.55:** Northr-Pul194 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri



**Şekil 4.56:** Northr-Spv360 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri



**Şekil 4.57:** Northr-Tar360 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri



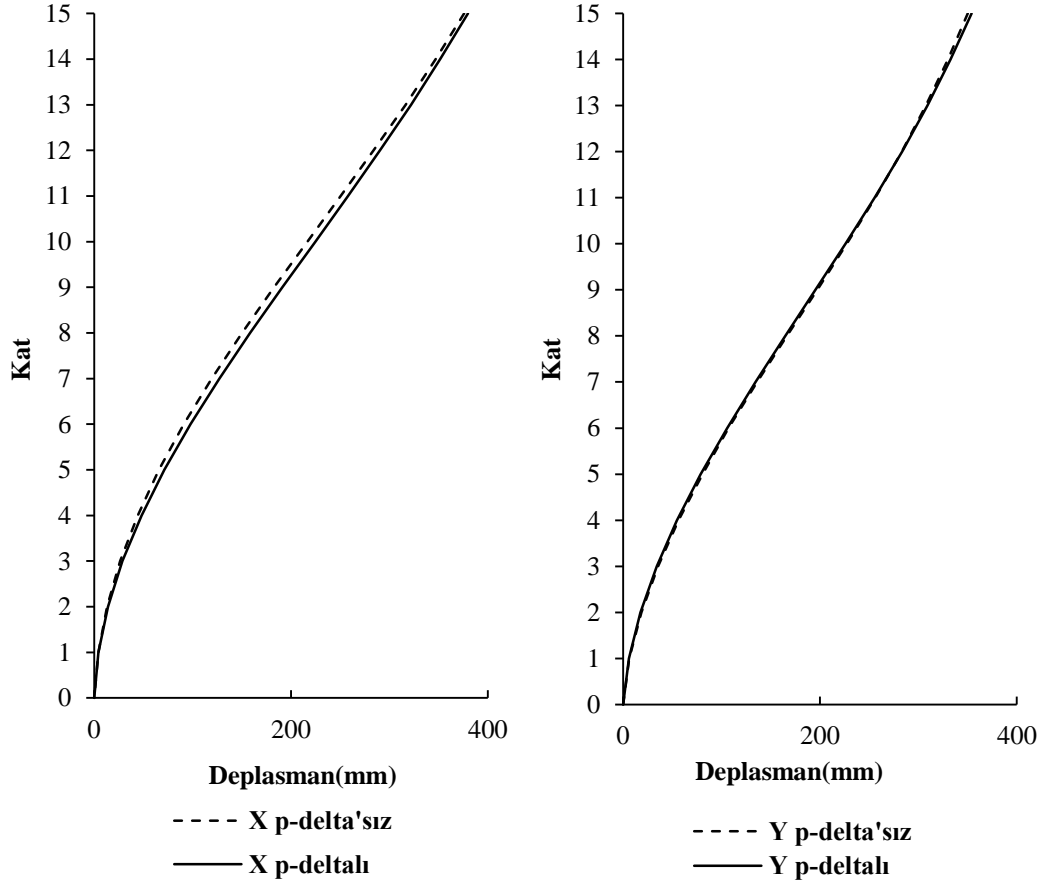
**Şekil 4.58:** Palmspr-Nps210 x ve y yönleri, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için V/W oranı grafikleri



#### **4.6 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Dinamik Analizler ile Ortalama Deplasman Profillerinin Elde Edilmesi**

Tez kapsamında kullanılan model ve her bir deprem ivme kaydı için çatı katı deplasman talebinin maksimum olduğu ana ait deplasman profilleri elde edilmiştir. Kullanılan modelin her bir deprem ivme kaydı için maksimum çatı deplasmanına ulaştığı ana ait deplasman profillerinin ortalamaları x ve y yönü, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durumlar için kıyaslanmıştır (Şekil 4.59). Deplasman profilleri, deplasman taleplerinin katlar arasındaki dağılımlarının bir göstergesidir. Birbirine yakın çatı deplasman talepleri altında deplasman profilleri farklılık gösterebilir. Bu sebeple, deplasman profilleri yaklaşımlar arası farklılıkların daha kapsamlı olarak incelenmesine olanak tanımaktadır.

Şekil 4.59 incelendiğinde her iki yönde de p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durumlarda deplasman profilleri arasındaki farkın sınırlı düzeyde kaldığı görülmektedir. Özellikle y yönünde deplasman profilleri arasında fark ortaya çıkmadığı söylenebilir. Her iki yönde de çatı katı deplasmanlarının ortalamaları birbirine yakın değerler olup yaklaşık 400 mm olarak elde edilmiştir. Ayrıca her bir ivme kaydı sonucuna ait deplasman profilleri ekler kısmında verilmiştir.



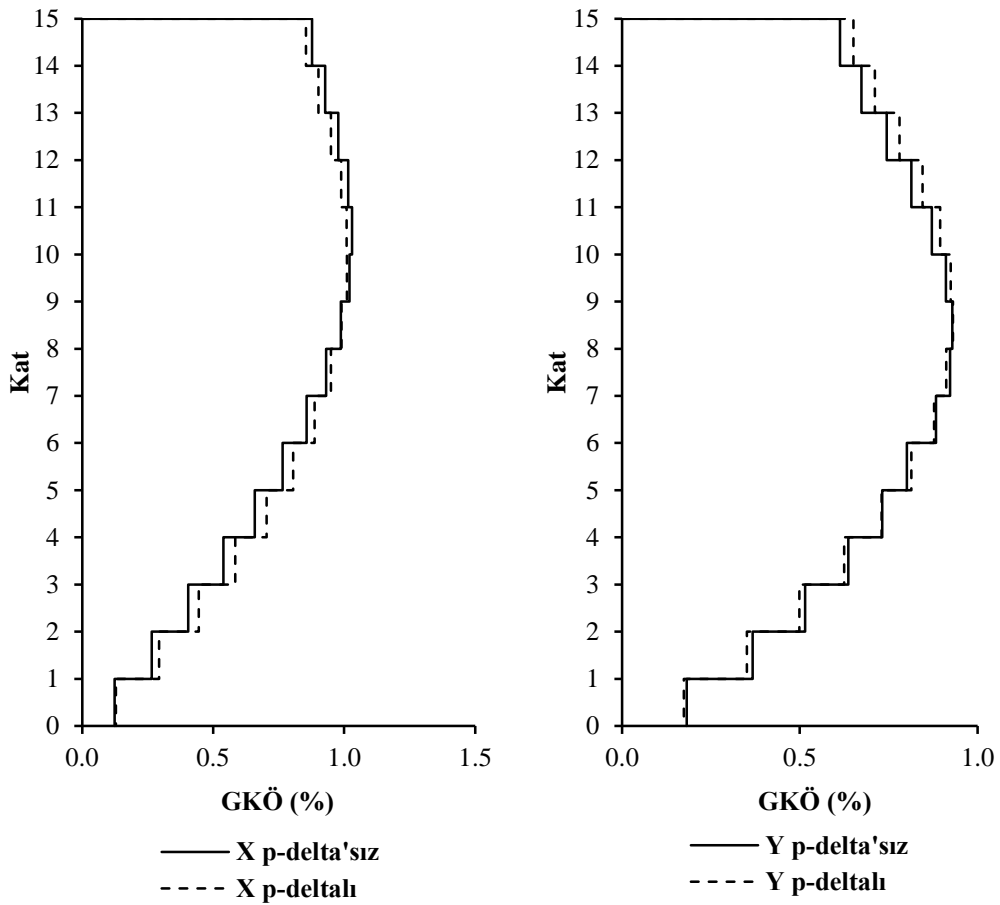
**Şekil 4.59:** X ve Y yönü, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için ortalama deplasman profilleri grafikleri

#### 4.7 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Dinamik Analizler ile Maksimum Göreli Kat Ötelenme Oranlarının Elde Edilmesi

Tez çalışması kapsamında kullanılan modele ait göreli kat ötelenme oranları hesaplanmış ve her iki yönde p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durumlar için kıyaslamalar yapılmıştır. Sismik performansın değerlendirilmesi ve katlar arasındaki şekil değiştirme farklılıklarının ortaya konması ve daha detaylı incelenebilmesi açısından maksimum göreli kat ötelenme oranı önemli bir parametredir (Çaycı 2016).

Şekil 4.60'da x ve y yönleri için p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durumda maksimum göreli kat ötelenme oranları grafikleri verilmiştir. Şekil 4.60 incelendiğinde her iki yönde de maksimum göreli kat ötelenme oranının 9.katta %1 olarak ortaya çıktığı görülmektedir. Ayrıca x ve y yönündeki maksimum

görelî kat ötelenme oranları arasındaki farkların sınırlı düzeyde kaldığı belirlenmiştir. Dinamik analiz yöntemleri ile elde edilen sonuçlar, kullanılan ivme kayıtlarının frekans içeriğinden doğrudan etkilenmektedir. Bu nedenle kullanılan her bir deprem ivme kaydına ait sonuçların değerlendirilmesi bir takım zorluklar içermektedir. Yapılan bu tez çalışmasının birincil amacı yöntemler arasındaki farklılıkların ortaya konmasıdır. Bu sebeple genel eğilimin daha anlaşılır gözlenebilmesi için görelî kat ötelenme oranları ortalamalar cinsinden verilmiştir. Her bir ivme kaydı sonucuna ait görelî kat ötelenme oranları ekler kısmında verilmiştir.



**Şekil 4.60:** X ve Y yönü p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durum için ortalama görelî kat ötelenme oranları grafikleri

## **4.8 Doğrusal Olmayan Statik ve Dinamik Analiz Sonuçlarının Kıyaslanması**

### **4.8.1 Giriş**

Tez çalışması kapsamında, DBYBHY-2007' e göre tasarlanmış çok katlı perdeli-çerçevesi sisteme sahip gerçek bir betonarme binanın deprem davranışı ve sismik performansı doğrusal olmayan statik ve dinamik analiz yöntemleri ile değerlendirilmiş, sonuçlar kıyaslanmış, avantaj ve dezavantajları ortaya konmuştur.

Doğrusal elastik olmayan statik analizler, üç farklı itme desenine göre yapılmış ayrıca p-delta etkisi de analizlerde göz önünde bulundurulmuştur. Doğrusal elastik olmayan statik analizler neticesinde elde edilen kapasiteler, 21 adet gerçek deprem ivme kayıtları kullanılarak yapılan doğrusal elastik olmayan dinamik analizler sonucunda elde edilen talepler ile kıyaslanmış ve değerlendirmeler yapılmıştır. Bu bölümde doğrusal elastik olmayan statik ve dinamik analizler ile elde edilen sonuçlar neticesinde elde edilen çatı deplasman talepleri, görelî kat ötelenme oranları, deplasman profilleri, taban kesme kuvveti, plastik mafsal hasar dağılımları kıyaslanarak yöntemler arası avantaj ve dezavantajlar ortaya konmuştur. Doğrusal elastik olmayan statik ve dinamik analizler, iki farklı yönde, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durumlar göz önünde bulundurularak yapılmıştır.

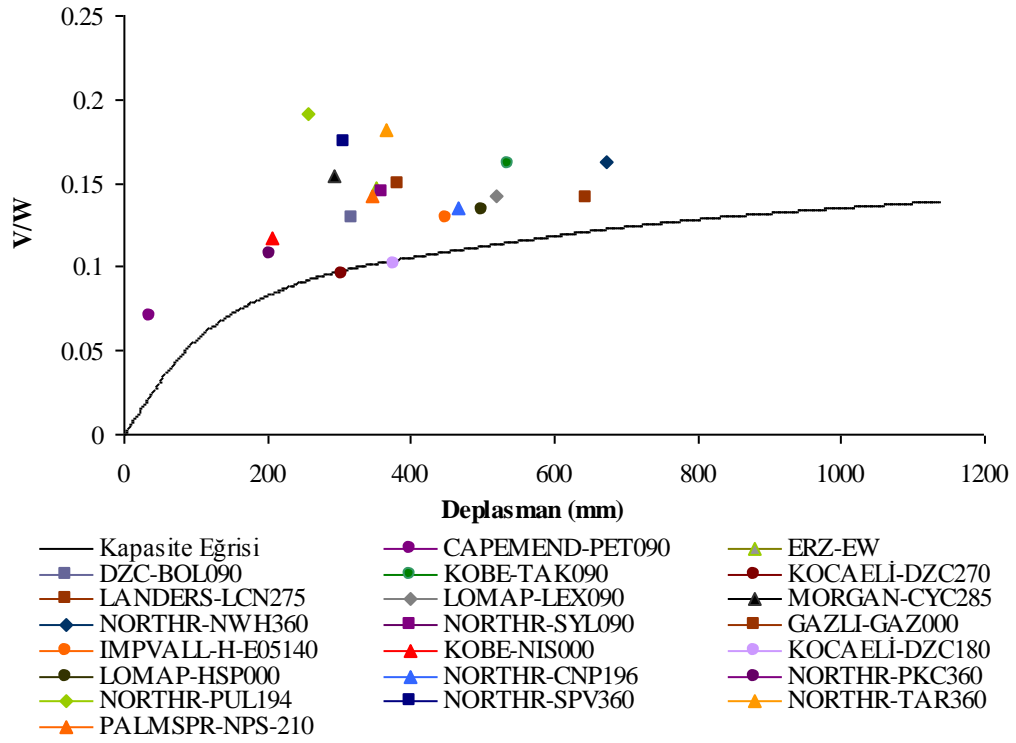
### **4.8.2 Doğrusal Elastik Olmayan Statik ve Dinamik Analizler Sonucu Elde Edilen Talep ve Kapasitelerin Kıyaslanması**

Tez çalışması kapsamında doğrusal elastik olmayan statik analizler, iki yönde ve üç farklı itme desenine göre yapılmış ayrıca p-delta etkileri de analizlerde göz önünde bulundurulmuştur. Farklı itme desenleri kullanılarak yapılan doğrusal elastik olmayan statik analizler neticesinde elde edilen kapasiteler, 21 adet gerçek deprem ivme kayıtları kullanılarak yapılan doğrusal elastik olmayan dinamik analizler sonucunda elde edilen talepler ile kıyaslanmış ve değerlendirmeler yapılmıştır.

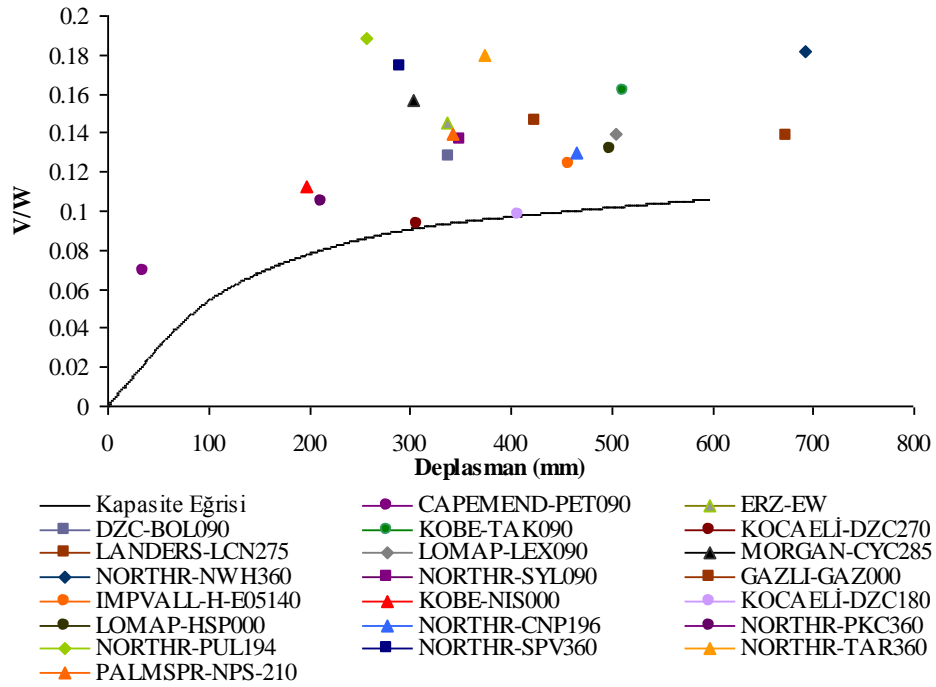
Şekil 4.61-4.72’de, x ve y yönünde, üç farklı itme desenine göre p-delta etkilerinin dikkate alınıp alınmaması durumları için elde edilen kapasiteler ile 21 adet gerçek deprem ivme kaydı kullanılarak yapılan doğrusal elastik olmayan dinamik analizler sonucu elde edilen taleplerin kıyaslanmaları verilmiştir. Kapasite eğrileri oluşturulurken elde edilen taban kesme kuvvetleri, bina sismik ağırlığına oranı olarak verilmiştir (V/W). Şekil 4.61 incelendiğinde x yönünde p-delta etkilerinin dikkate alınmadığı durum için yapılan dinamik analizler ile elde edilen deplasman talepleri, dikdörtgen itme deseni deseni kullanılarak elde edilen bina deplasman kapasitesinin altında kalmıştır. Northr-Nwh360 depremi ve Landers-Lcn275 depremi deplasman talebi en yüksek depremlerdir. Northr-Pul194 depremi ise %20 ile kuvvet talebi en yüksek depremdir. Şekil 4.61 genel olarak değerlendirildiğinde tüm depremler bina deplasman kapasitesinin altında kalmıştır. Şekil 4.62’de p-delta etkisinin bina kapasitesinde önemli bir azalmaya sebep olduğu görülmektedir. Özellikle Northr-Nwh360 ve Landers-Lcn275 depremleri ile elde edilen deplasman talepleri bina deplasman kapasitesinin üzerinde kalmıştır. Şekil4.63 incelendiğinde x yönünde p-delta etkilerinin dikkate alınmadığı durum için yapılan dinamik analizler ile elde edilen deprem deplasman talepleri, eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılarak elde edilen bina deplasman kapasitesinin altında kalmıştır. Şekil 4.64’de p-delta etkisi bina kapasitesinde önemli bir azalmaya sebep olsa da tüm deprem deplasman talepleri bina kapasitesinin altındadır. Şekil 4.65’da ise en düşük bina kapasite değerinin elde edildiği modal itme deseninde p-delta etkilerinin dikkate alınmadığı durumda tüm deprem deplasman talepleri kapasitenin altında kalsa da, Şekil 4.66’da p-delta etkilerinin sebep olduğu kapasite düşüşü ile deplasman taleplerinin %34’ü bina deplasman kapasitesinin üstündedir.

Şekil 4.67-4.72’de y yönünde yapılan analizlerde üç farklı itme deseni için bina kapasiteleri arasındaki fark sınırlı düzeyde kalmıştır. P-delta etkileri bu yönde özellikle deplasman kapasiteleri üzerinde x yönüne göre daha az etkili olmuştur. Y yönünde de dikdörtgen itme deseni bina kapasitesi üzerinde en etkili itme deseni olmuştur (Şekil 4.67-4.68). Ancak y yönünde modal itme deseni ile elde edilen bina kapasiteleri, x yönüne göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Y yönünde de Northr-Nwh360 ve Landers-Lcn275 depremleri deplasman talepleri üzerinde en etkili depremler olduğu görülmüştür. Ancak y yönünde elde edilen tüm deprem deplasman

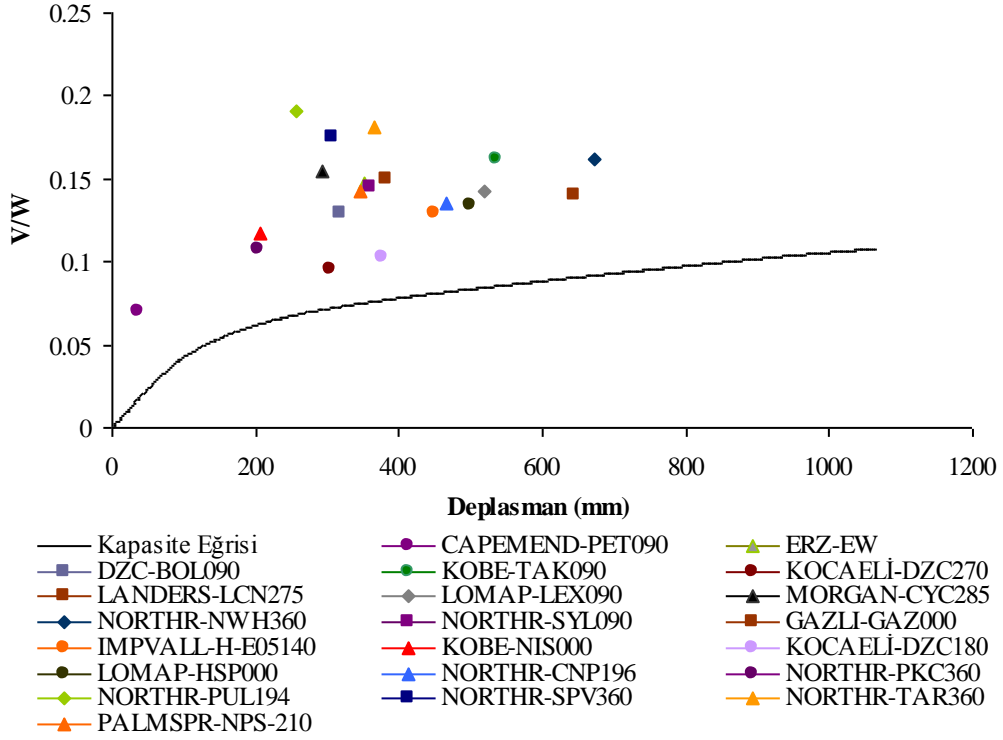
talepleri, üç farklı itme deseni için de elde edilen bina deplasman kapasitelerinin altında kalmıştır.



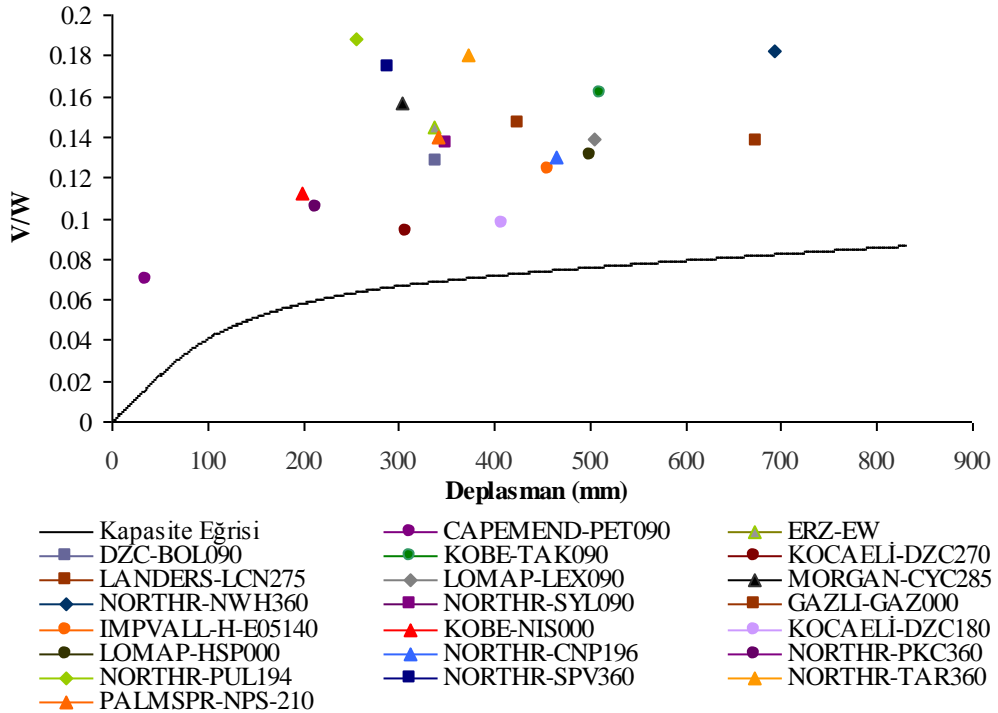
Şekil 4.61: X yönü dikdörtgen itme deseni, p-delta'sız durum talep-kapasite grafiği



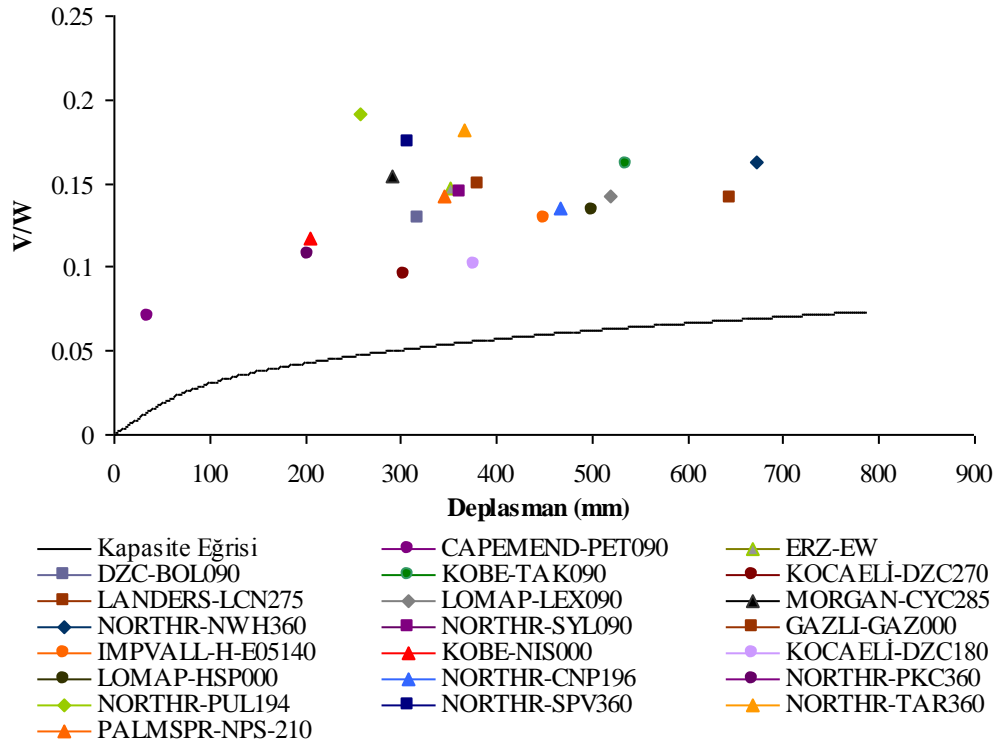
Şekil 4.62: X yönü dikdörtgen itme deseni, p-delta'lı durum talep-kapasite grafiği



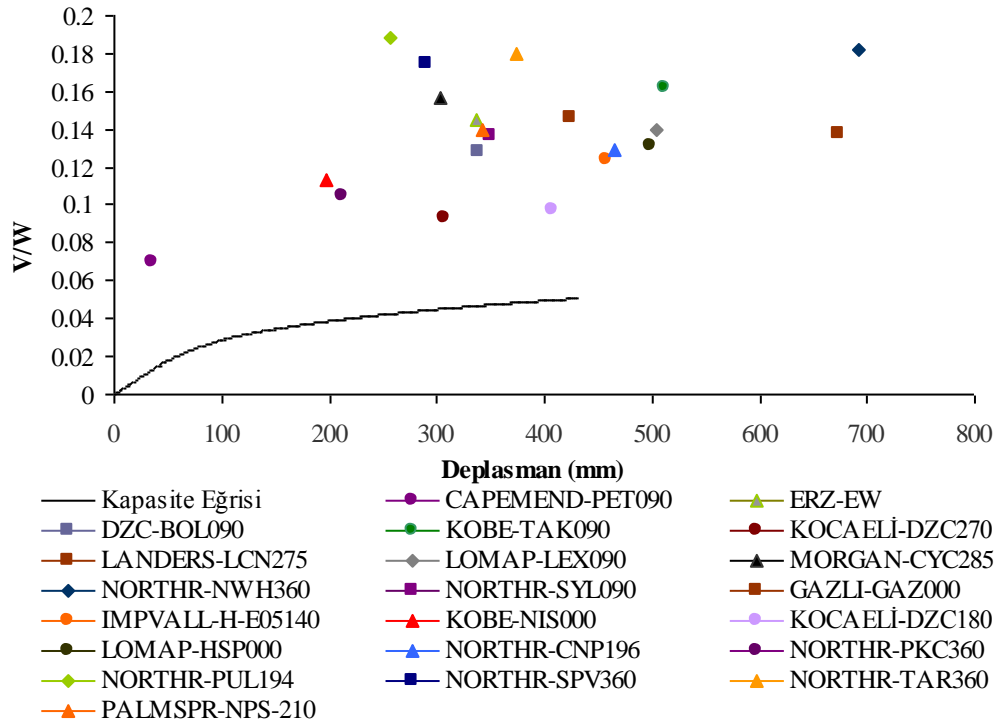
Şekil 4.63: X yönü eşdeğer deprem yükü itme deseni, p-delta'sız durum talep-kapasite grafiği



Şekil 4.64: X yönü eşdeğer deprem yükü itme deseni, p-delta'lı durum talep-kapasite grafiği

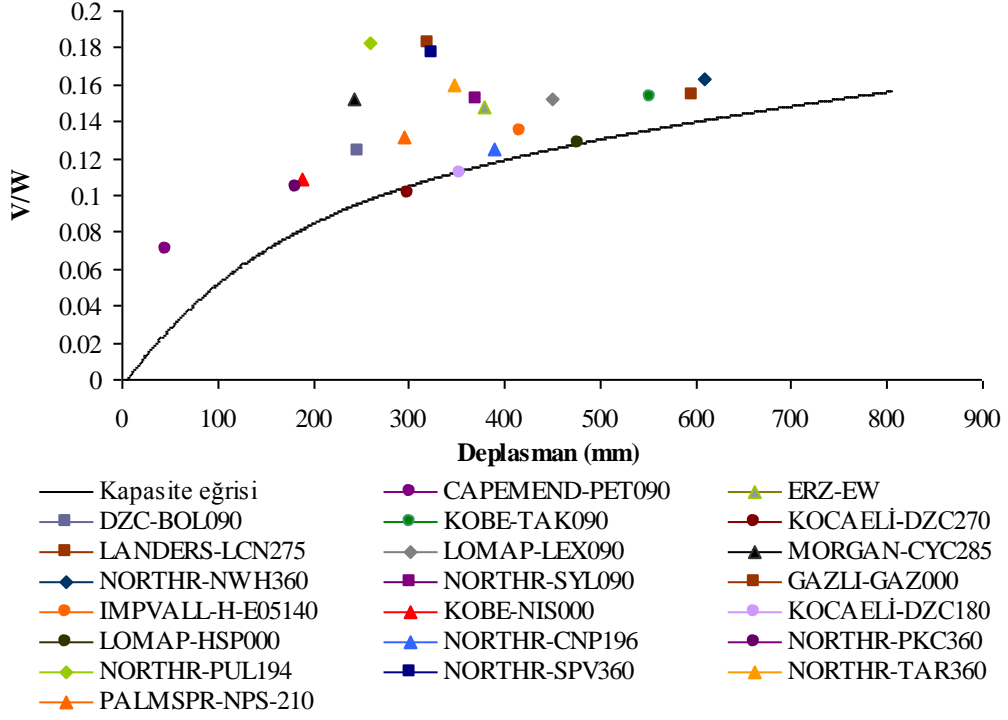


Şekil 4.65: X yönü modal itme deseni, p-delta'sız durum talep-kapasite grafiği

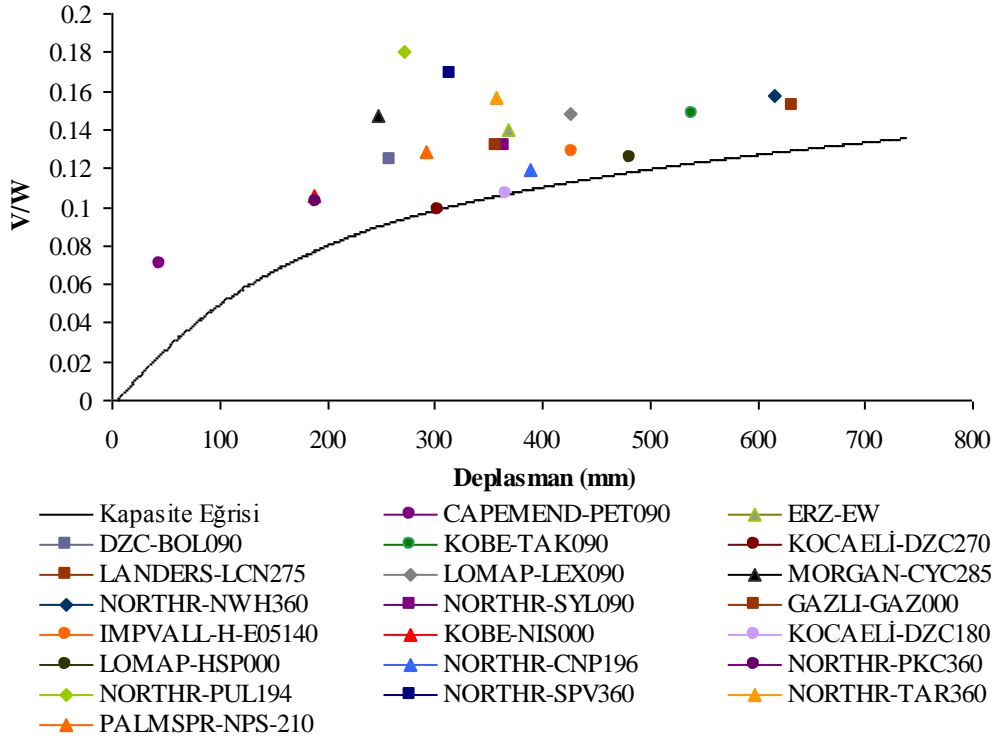


Şekil 4.66: X yönü modal itme deseni, p-delta'lı durum talep-kapasite grafiği

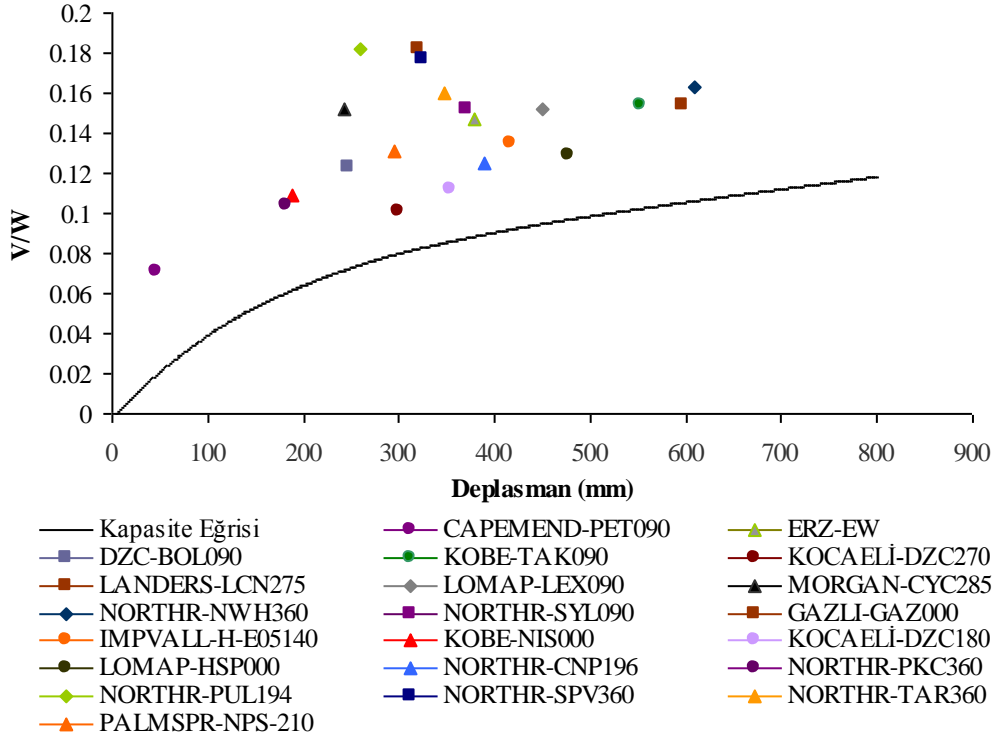




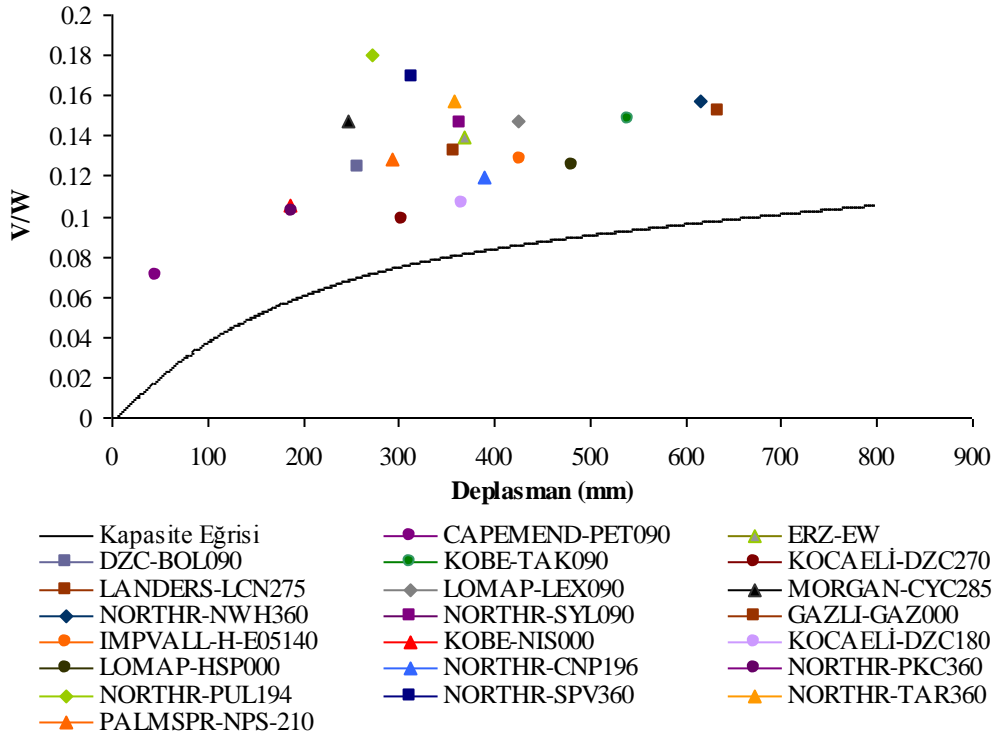
Şekil 4.67: Y yönü dikdörtgen itme deseni, p-delta'sız durum talep-kapasite grafiği



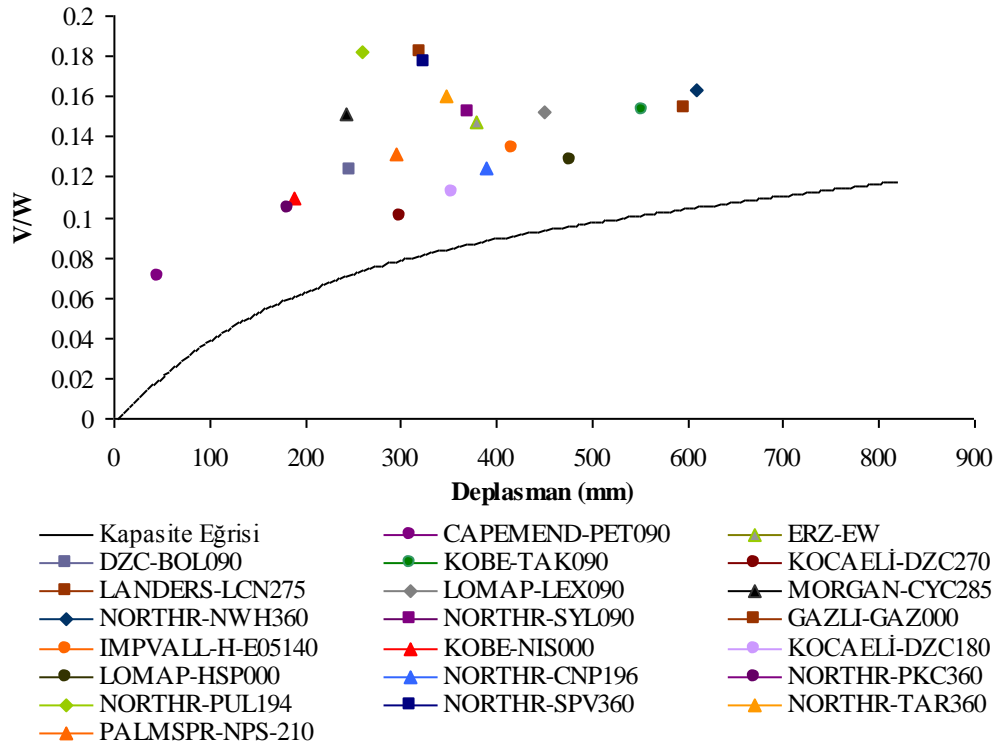
Şekil 4.68: Y yönü dikdörtgen itme deseni, p-delta'lı durum talep-kapasite grafiği



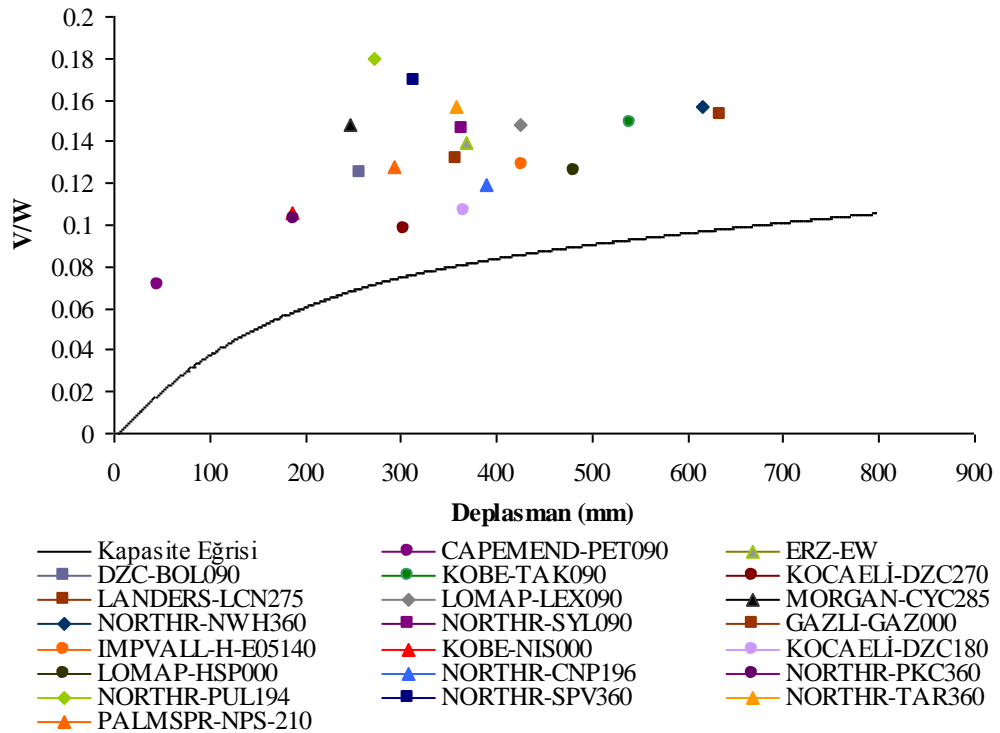
Şekil 4.69: Y yönü eşdeğer deprem yükü itme deseni, p-delta'sız durum talep-kapasite grafiği



Şekil 4.70: Y yönü eşdeğer deprem yükü itme deseni, p-delta'lı durum talep-kapasite grafiği



Şekil 4.71: Y yönü modal itme deseni, p-delta'sız durum talep-kapasite grafiği



Şekil 4.72: Y yönü modal itme deseni, p-delta'lı durum talep-kapasite grafiği

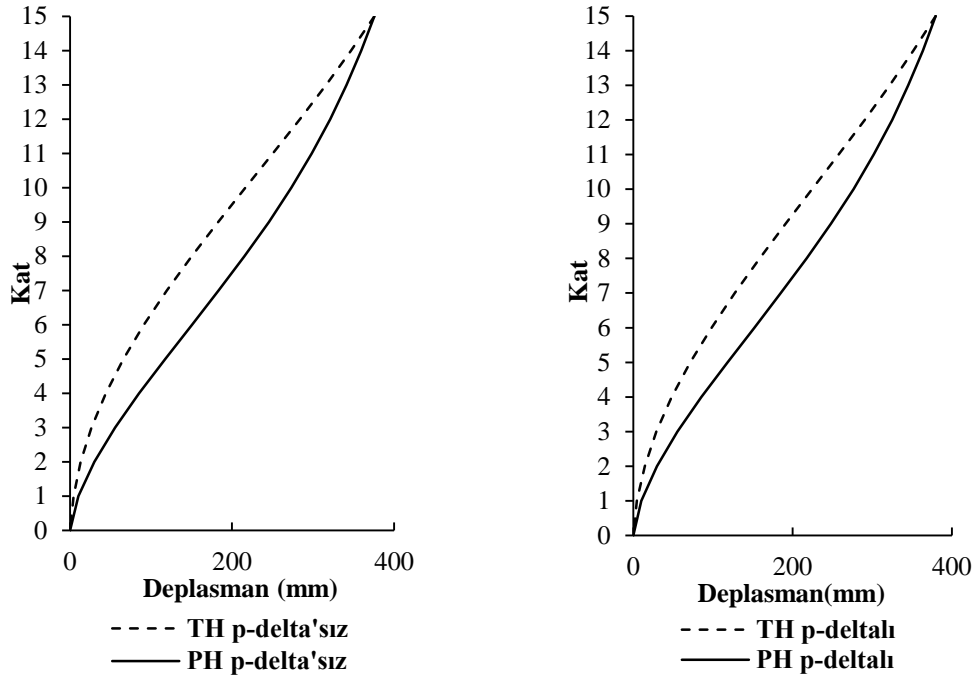
### 4.8.3 Deplasman Profillerinin Kıyaslanması

Tez kapsamında kullanılan her bir deprem ivme kaydı için çatı katı deplasman talebinin maksimum olduğu ana ait deplasman profilleri elde edilmiştir. Deplasman profilleri, taleplerin katlar arası dağılımlarının bir göstergesidir. Kullanılan modelin her bir deprem ivme kaydı için maksimum çatı deplasmanına ulaştığı ana ait deplasman profillerinin ortalamaları, x ve y yönü, p-delta etkisinin dikkate alınıp alınmadığı durumlar için, üç farklı itme deseni kullanılarak yapılan doğrusal olmayan statik itme analizleri sonucunda elde edilen deplasman profilleri ile kıyaslanmıştır (Şekil 4.73-4.78). Şekil 4.73-4.78'de TH (Time History) doğrusal elastik olmayan dinamik analizler sonucu elde edilen ortalama deplasman profillerini, PH (Pushover) ise doğrusal elastik olmayan statik analizler sonucu elde edilen ortalama deplasman profillerini göstermektedir.

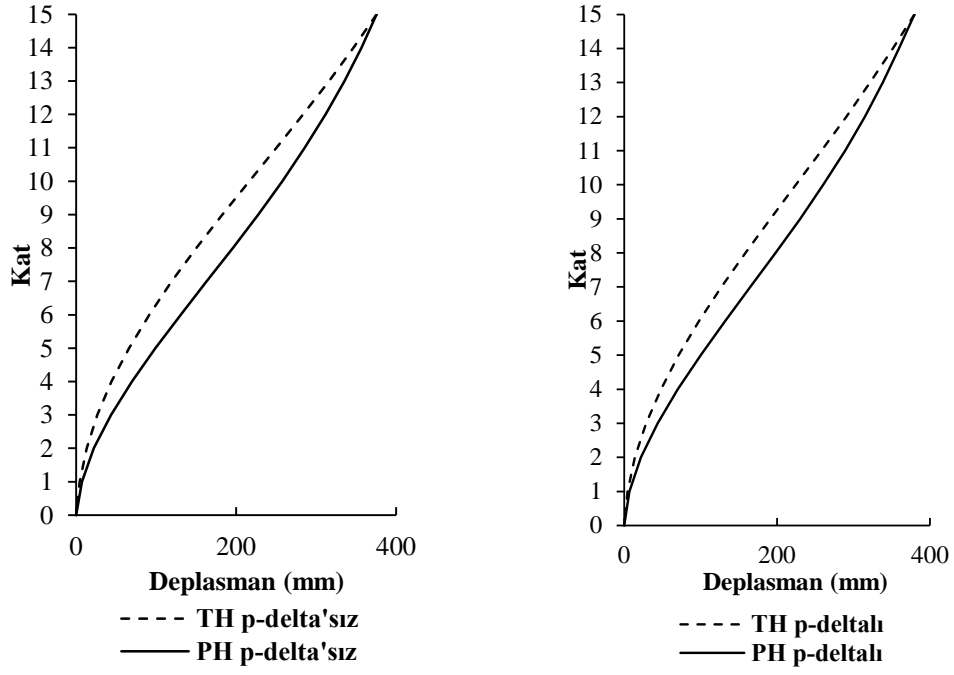
Şekil 4.73-4.75 incelendiğinde, x yönünde dinamik analizlerden elde edilen tüm katlardaki deplasman değerleri, statik analizler ile elde edilen deplasman değerlerinin altında kaldığı görülmektedir. Ayrıca p-delta etkilerinin her iki yönde de deplasman profilleri üzerinde büyük farklara yol açmadığı söylenebilir. Dikdörtgen itme deseni kullanılarak yapılan statik itme analizleri ile dinamik analizler arasındaki fark, statik analizlerde eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılarak elde edilen farka oranla daha yüksektir (Şekil 4.73-4.74). Deplasman profilleri arasında en büyük fark modal itme deseni kullanılarak yapılan statik itme analizleri ile dinamik analizler arasında 8. katta meydana gelmiştir (Şekil 4.75).

Şekil 4.76-4.78'de görüldüğü üzere y yönünde de dinamik analizlerden elde edilen tüm katlardaki deplasman değerleri, statik analizler ile elde edilen deplasman değerlerinin altında kalmıştır. Bu yönde dikdörtgen itme deseni kullanılarak yapılan statik itme analizleri ile dinamik analizler arasındaki deplasman profilleri farkı ve statik itme analizleri için eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılarak elde edilen fark kıyaslandığında aradaki farkın x yönüne göre sınırlı seviyede kaldığı görülmüştür (Şekil 4.76-4.77). Modal itme deseni kullanılarak yapılan statik analizler ile dinamik analizler arasındaki deplasman profilleri farkı x yönünde, maksimum farkın oluştuğu 8.katta, 55.25mm daha yüksek değere sahiptir. (Şekil 4.78). Bu durum iki yön arasındaki periyot ve rijitlik farkları ile açıklanabilir.

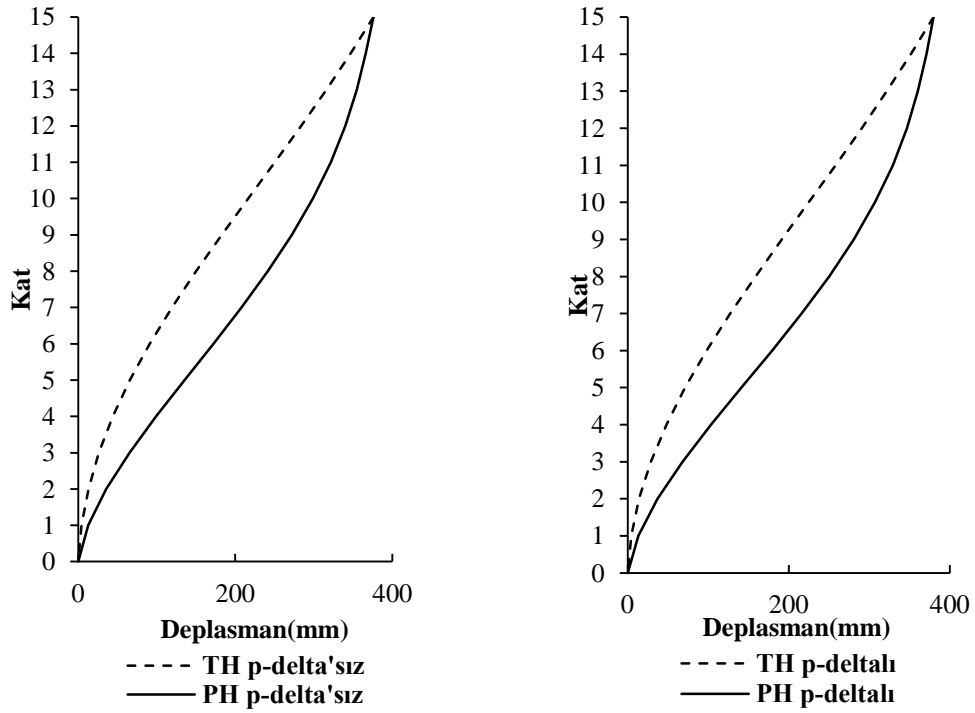
Ayrıca bu bölümde dinamik analizler sonucu en yüksek çatı deplasman taleplerinin elde edildiği Northr-Nwh360 ve Landers-Lcn275 ivme kayıtları ile aynı çatı deplasmanı altında eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılarak yapılan statik itme analizleri ile elde edilen deplasman profilleri kıyaslanmıştır (Şekil 4.79-4.82). Kıyaslamalar değerlendirildiğinde deplasman profillerinin ivme kayıtlarının frekans içeriğine göre değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Şekil 4.79-4.80’de x yönünde statik ve dinamik analizler arasındaki farkın orta katlarda açıldığı görülmektedir. Ayrıca bu yönde p-delta etkilerinin deplasman profilleri üzerindeki etkisi sınırlıdır. Şekil 4.81-82’de y yönünde ise statik ve dinamik analizler arasında deplasman profilleri farkı x yönüne göre daha düşük değerdedir. Ayrıca bu yönde de p-delta etkilerinin deplasman profilleri üzerindeki etkisi sınırlı seviyede kalmıştır.



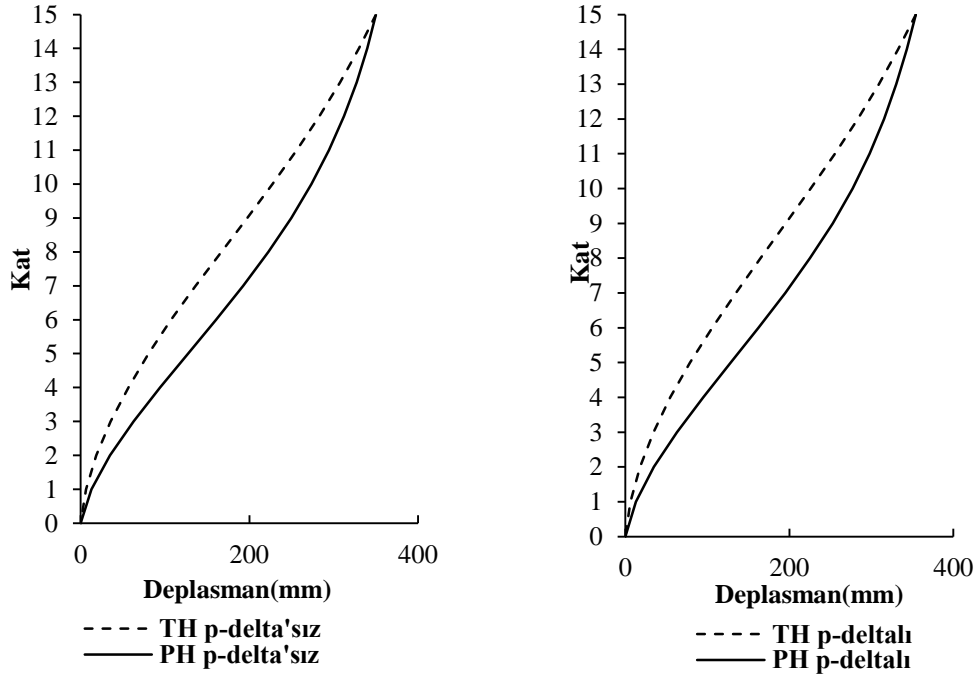
**Şekil 4.73:** X yönü, dikdörtgen itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analiz sonuçlarının p-delta etkisinin dikkate alınıp alınmadığı durum için deplasman profillerinin kıyaslanması



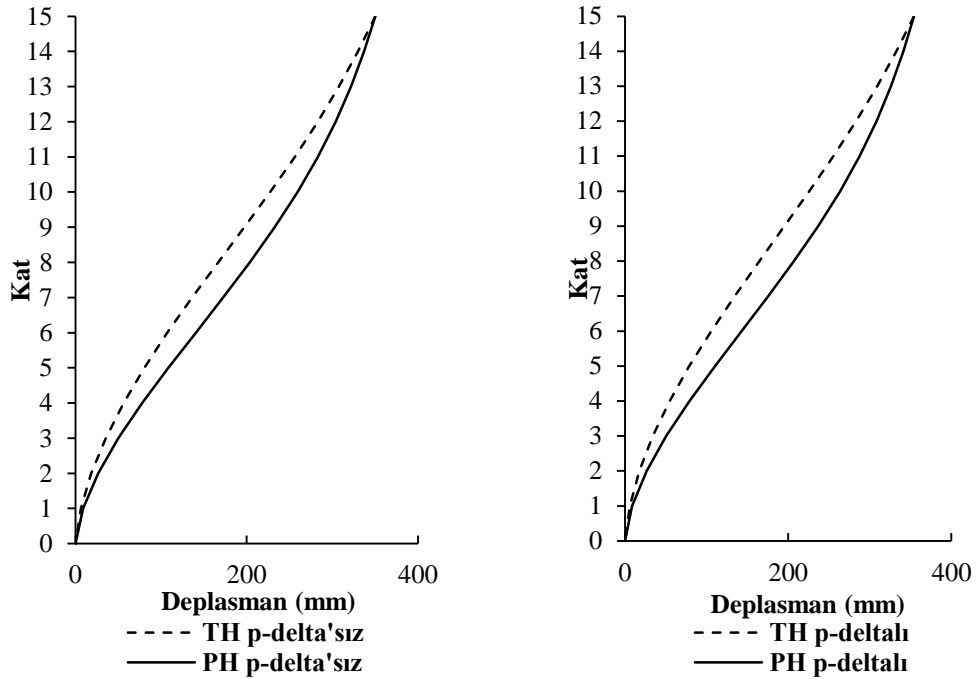
**Şekil 4.74:** X yönü, eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analiz sonuçlarının p-delta etkisinin dikkate alınıp alınmadığı durum için deplasman profillerinin kıyaslanması



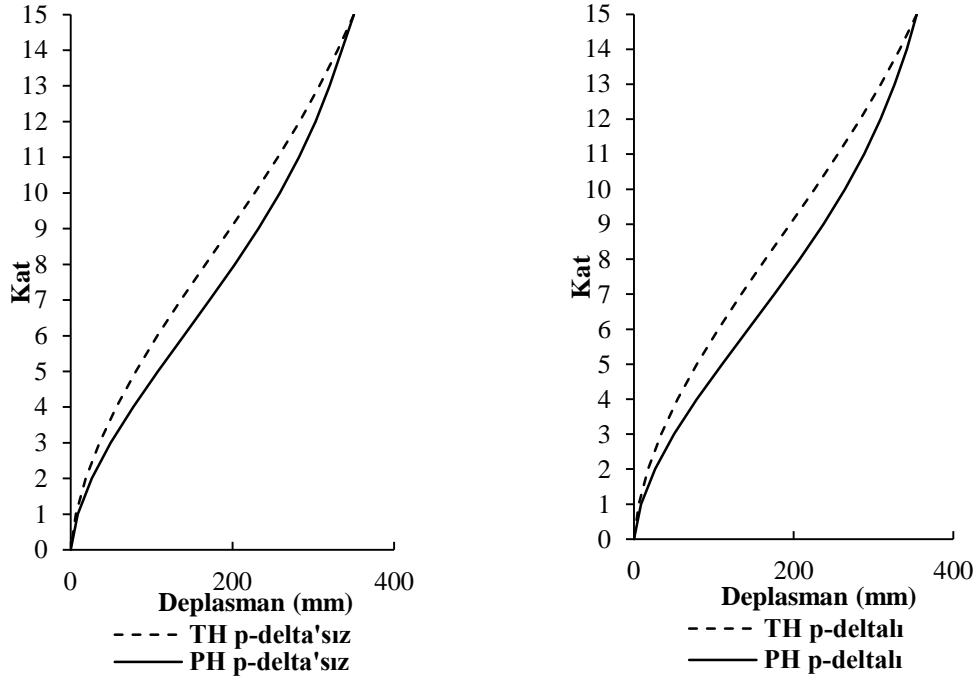
**Şekil 4.75:** X yönü, modal itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analiz sonuçlarının p-delta etkisinin dikkate alınıp alınmadığı durum için deplasman profillerinin kıyaslanması



**Şekil 4.76:** Y yönü, dikdörtgen itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analiz sonuçlarının p-delta etkisinin dikkate alınıp alınmadığı durum için deplasman profillerinin kıyaslanması



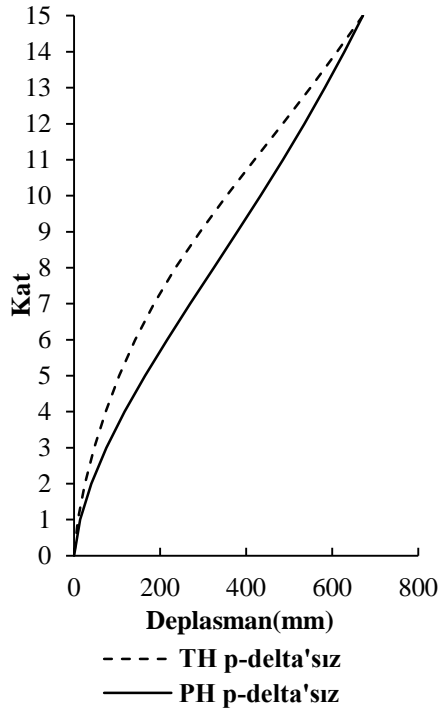
**Şekil 4.77:** Y yönü, eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analiz sonuçlarının p-delta etkisinin dikkate alınıp alınmadığı durum için deplasman profillerinin kıyaslanması



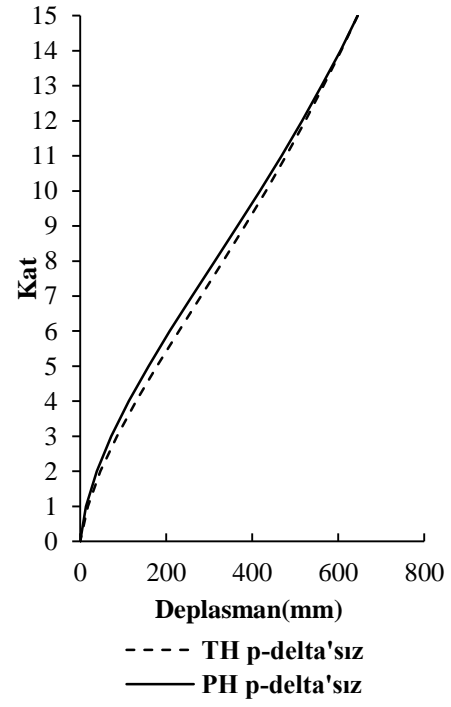
**Şekil 4.78:** Y yönü, modal itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analiz sonuçlarının p-delta etkisinin dikkate alınıp alınmadığı durum için deplasman profillerinin kıyaslanması



a)

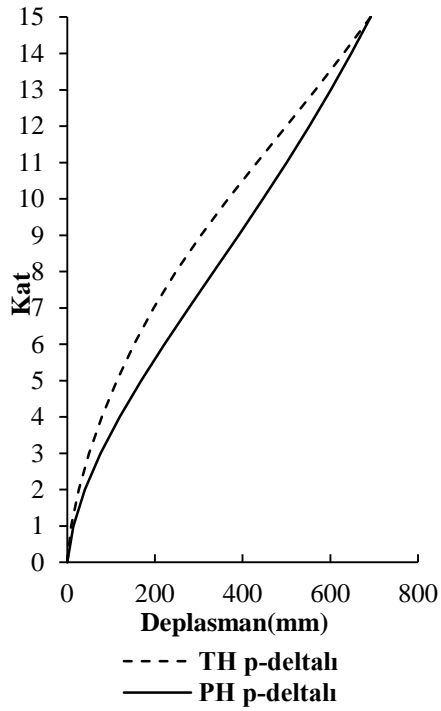


b)

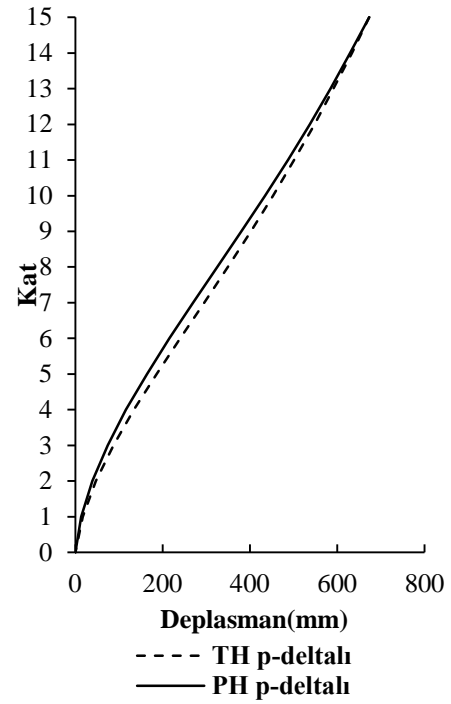


**Şekil 4.79:** X yönü p-delta'sız durumda, a) Northr-Nwh360 b) Landers-Lcn275, ivme kayıtları ile statik analiz sonucu elde edilen deplasman profillerinin kıyaslanması

a)

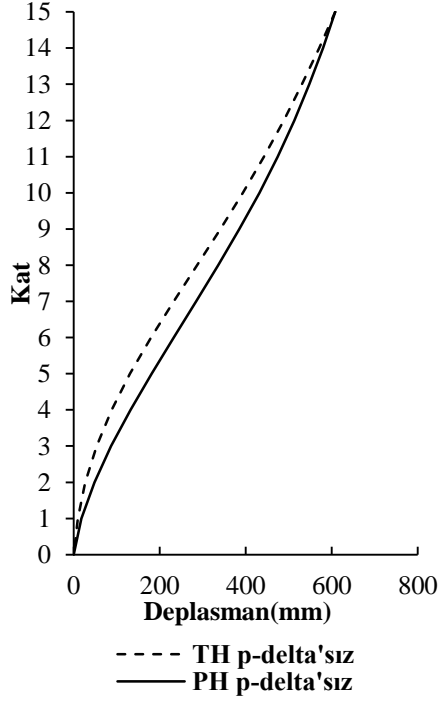


b)

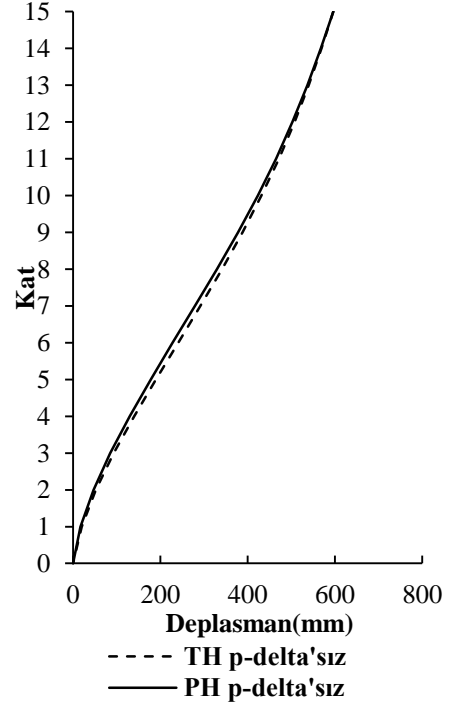


**Şekil 4.80:** X yönü p-detalı durumda, a) Northr-Nwh360 b) Landers-Lcn275, ivme kayıtları ile statik analiz sonucu elde edilen deplasman profillerinin kıyaslanması

a)

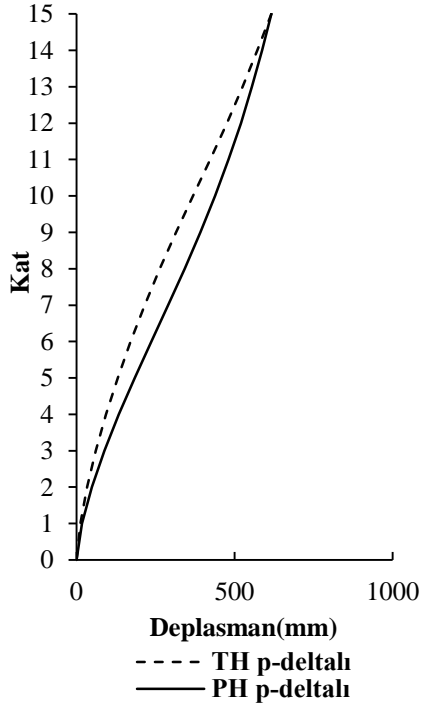


b)

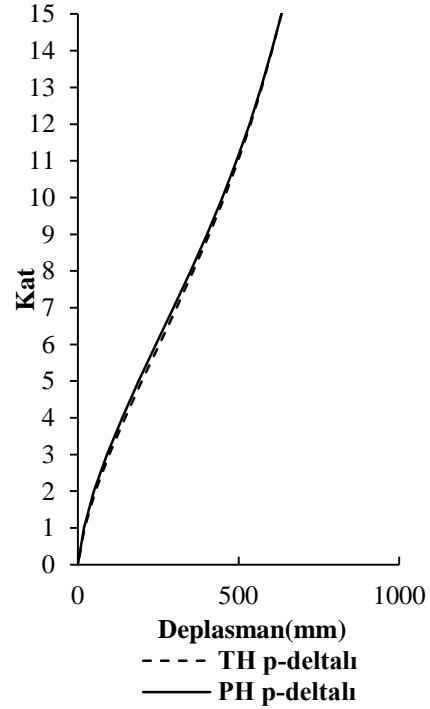


**Şekil 4.81:** Y yönü p-delta'sız durumda, a) Northr-Nwh360 b) Landers-Lcn275, ivme kayıtları ile statik analiz sonucu elde edilen deplasman profillerinin kıyaslanması

a)



b)



**Şekil 4.82:** Y yönü p-deltaı durumda, a) Northr-Nwh360 b) Landers-Lcn275, ivme kayıtları ile statik analiz sonucu elde edilen deplasman profillerinin kıyaslanması

#### 4.8.4 Göreli Kat Ötelenme Oranlarının Kıyaslanması

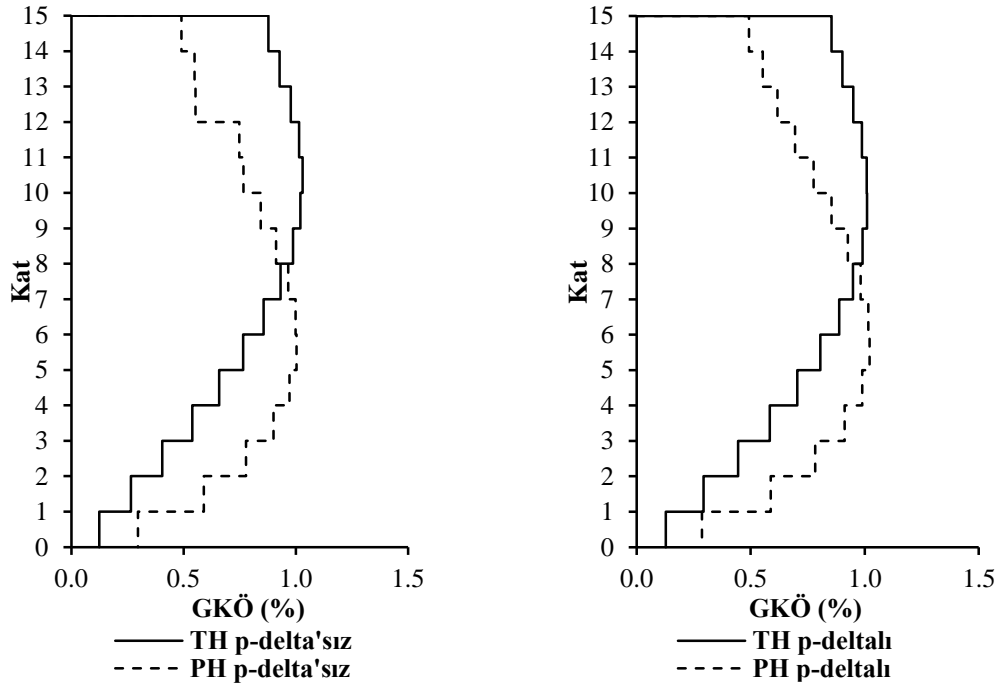
Tez çalışması kapsamında kullanılan modele ait, her iki yönde, p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durumlar için ortalama göreli kat ötelenme oranları hesaplanmıştır. Üç farklı itme deseni kullanılarak yapılan doğrusal elastik olmayan statik analizler ile 21 adet gerçek deprem ivme kayıtları kullanılarak yapılan dinamik analiz sonuçları kıyaslanmıştır (Şekil 4.83-4.88). Sismik performansın değerlendirilmesi ve katlar arasındaki şekil değiştirme farklılıklarının ortaya konması ve daha detaylı incelenebilmesi açısından maksimum göreli kat ötelenme oranı önemli bir parametredir. Şekil 4.83-4.84 incelendiğinde x yönünde dikdörtgen itme deseni ve eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılarak elde edilen göreli kat ötelenme oranları arasındaki fark sınırlı seviyede kalmıştır. Ayrıca p-delta etkilerinin her iki yönde de GKÖO üzerinde büyük farklara yol açmadığı gözlemlenmiştir. Maksimum GKÖO doğrusal elastik olmayan statik analizler ile 5.katta %1 olarak elde edilmiştir. Ancak aynı GKÖO değeri doğrusal elastik olmayan dinamik analizler

ile 10.katta elde edilmiştir (Şekil 4.83-4.84). Dinamik analizler, kullanılan ivme kayıtlarının dinamik özellikleri (frekans içeriği), dinamik büyütme, yüksek mod etkisi gibi özelliklerden doğrudan etkilenmektedir. Diğer analiz yöntemi statik olarak itildiği için değerler kuvvet talebinin maksimum olduğu alt katlarda yoğunlaşmaktadır. Doğrusal elastik olmayan statik ve dinamik analizler ile elde edilen GKÖO değerlerinin farklı katlarda oluşması bu şekilde açıklanabilir. Şekil 4.85’de modal itme deseni ile elde edilen maksimum GKÖO 5.katta %1.15 değerine ulaşmıştır. Her üç itme deseni kullanılarak ve her iki yönde yapılan doğrusal elastik olmayan statik analizler ile elde edilen GKÖO değerleri, 8.katta doğrusal elastik olmayan dinamik analizler ile elde edilen GKÖO ile kesişmektedir.

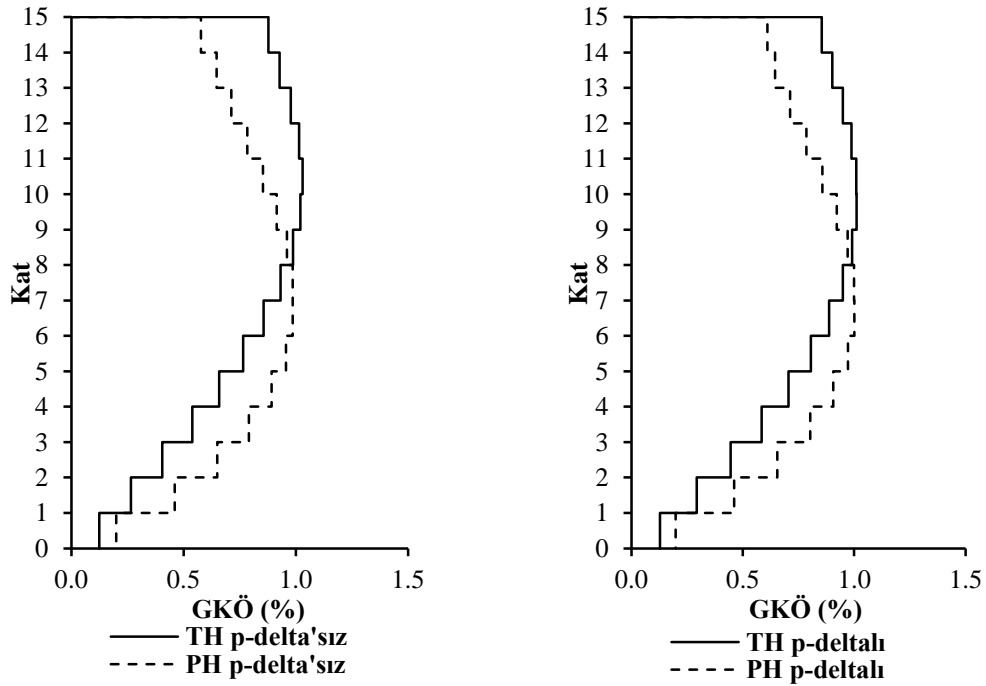
Şekil 4.86-4.88’de y yönüne ait grafikler incelendiğinde doğrusal elastik olmayan dinamik analizler ile elde edilen maksimum GKÖO değerinin 7.katta %0.91’e düştüğü görülmektedir. Ayrıca doğrusal elastik olmayan statik analizler ile elde edilen maksimum GKÖO değerinin dikdörtgen itme deseni için 4.katta %1, eşdeğer deprem yükü ve modal itme desenleri için 5.katta %1 değerine ulaştığı gözlemlenmiştir. Modal itme deseni ile elde edilen sonuçlar kıyaslandığında, sistemin simetrik bir geometriye sahip olmamasından dolayı x ve y yönlerinde ki periyot ve rijitlik farklarından dolayı daha yüksek periyot ve daha düşük rijitliğe sahip olan x yönünde modal itme deseni sonuçlar üzerinde daha etkilidir (Şekil 4.85 ve Şekil 4.88).

Ayrıca bu bölümde dinamik analizler sonucu en yüksek çatı deplasman taleplerinin elde edildiği Northr-Nwh360 ve Landers-Lcn275 ivme kayıtları ile aynı çatı deplasmanı altında eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılarak yapılan statik itme analizleri ile elde edilen GKÖO kıyaslanmıştır (Şekil 4.89-4.92). Şekil 4.89.(a)’da maksimum GKÖO değeri TH için 11.katta %2 iken bu değer PH için 7.katta %1.6’dır. Ancak Şekil 4.89.(b)’de TH ile elde edilen maksimum GKÖO değeri 6.katta elde edilmiştir. Yani GKÖO değerlerinin kullanılan ivme kaydının dinamik özelliklerinden etkilendiği söylenebilir. Ayrıca p-delta etkilerinin bu yönde etkisi sınırlı seviyede kalmıştır (Şekil 4.90). Şekil 4.91 (a)’da y yönünde TH için maksimum GKÖO değeri 7.katta %1.8 olarak hesaplanmıştır. PH için ise bu değer 6.katta %1.6’dır. Şekil 4.91 (b)’de ise PH ve TH arasındaki GKÖO farkı sınırlı seviyede kalmıştır. Şekil 4.92 (a) incelendiğinde p-delta etkilerinin TH sonuçları

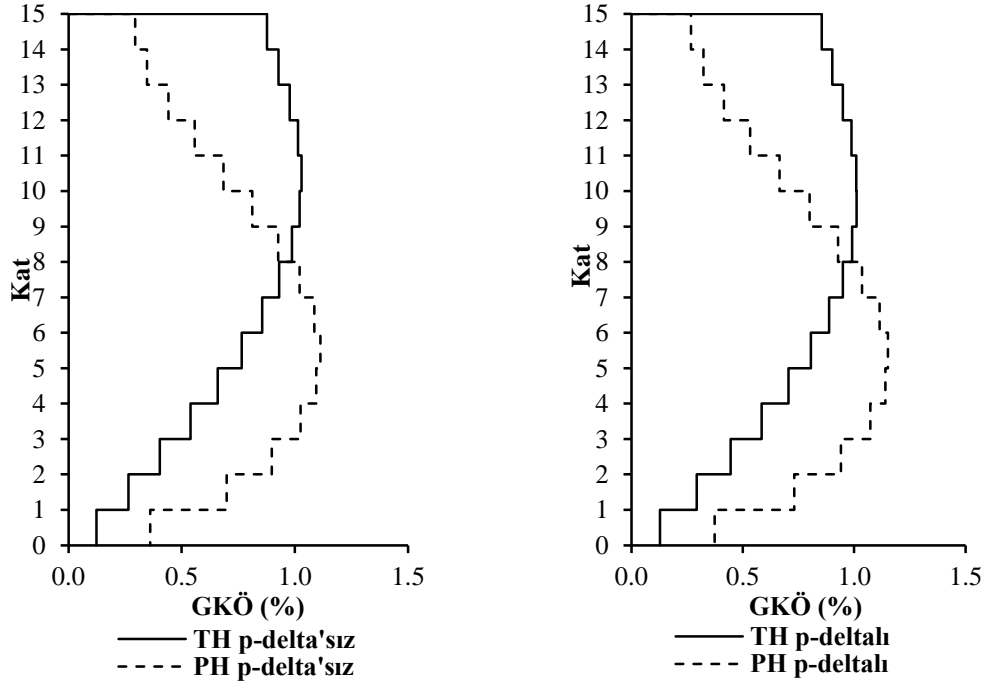
üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Ancak Şekil 4.92 (b)'de p-delta etkilerinin GKÖ üzerindeki etkinliğinin çok düşük değerde kaldığı belirlenmiştir.



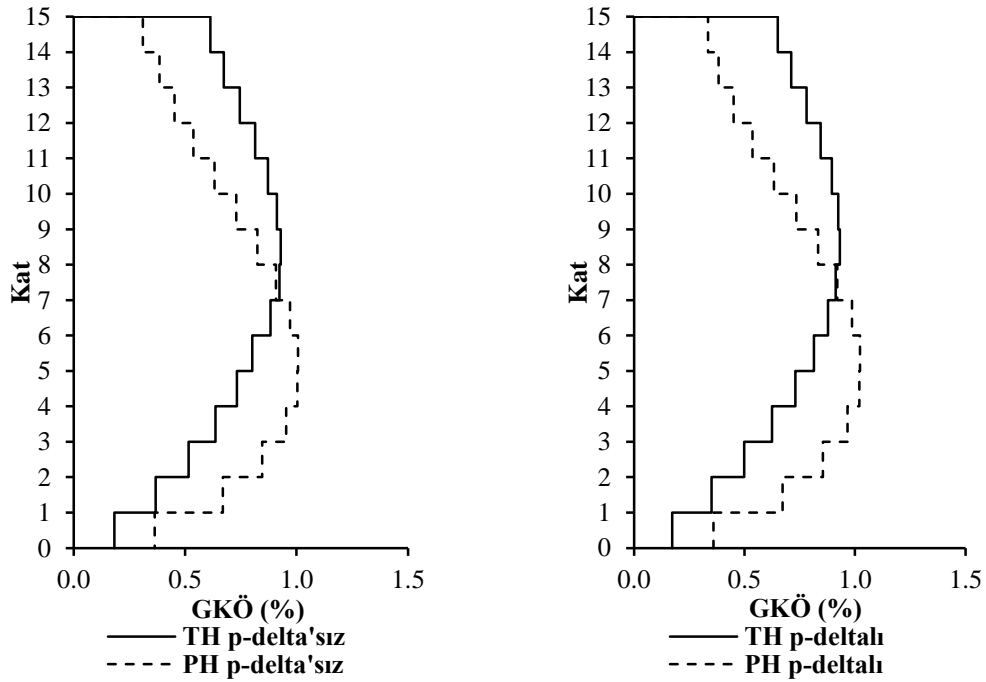
Şekil 4.83: X yönü, dikdörtgen itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analiz sonuçlarının p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durumlar için görel kat ötelenme oranlarının kıyaslanması



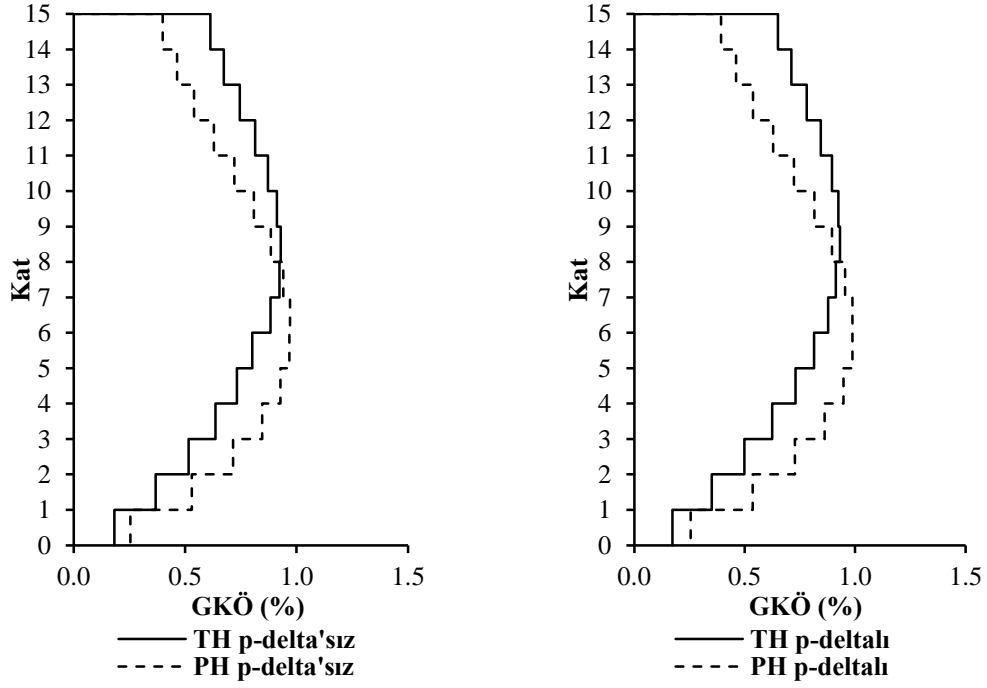
Şekil 4.84: X yönü, eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analiz sonuçlarının p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durumlar için görel kat ötelenme oranlarının kıyaslanması



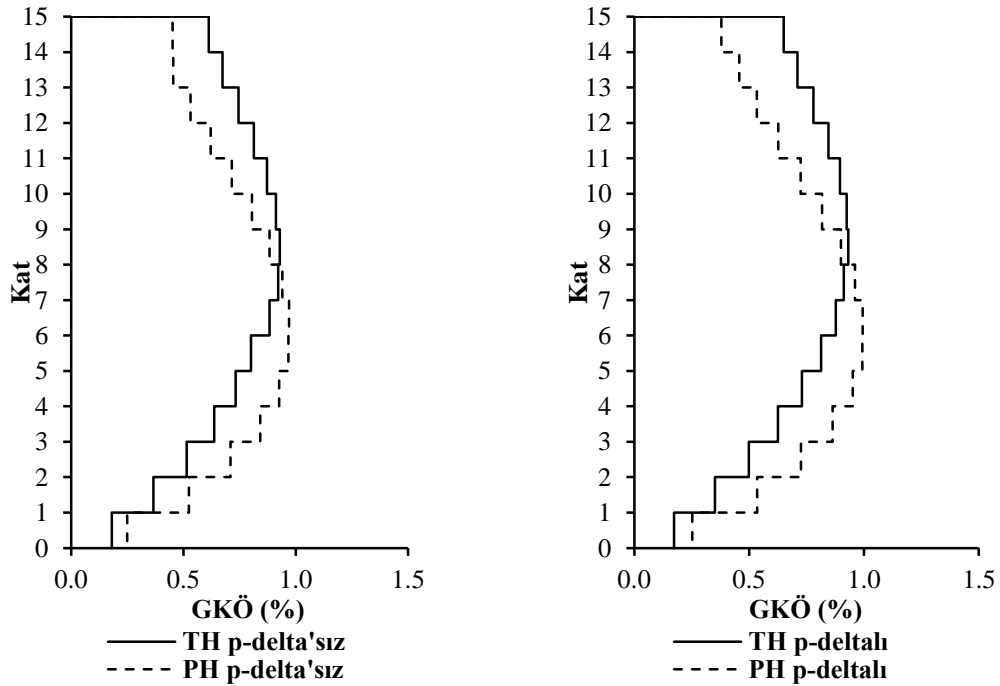
**Şekil 4.85:** X yönü, modal itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analiz sonuçlarının p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durumlar için görel kat ötelenme oranlarının kıyaslanması



**Şekil 4.86:** Y yönü, dikdörtgen itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analiz sonuçlarının p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durumlar için görel kat ötelenme oranlarının kıyaslanması

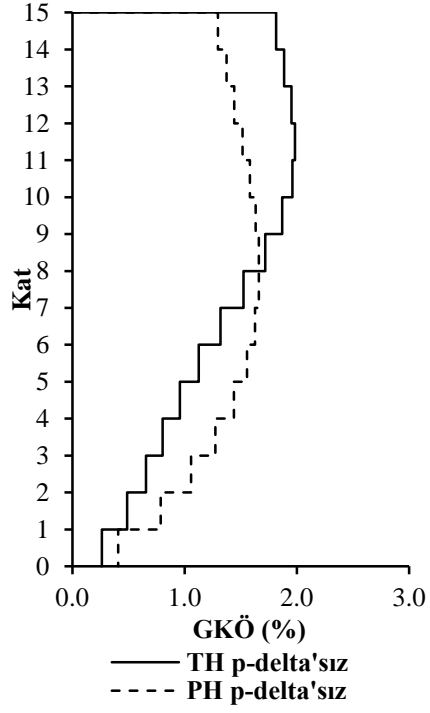


**Şekil 4.87:** Y yönü, eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analiz sonuçlarının p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durumlar için görel kat ötelenme oranlarının kıyaslanması

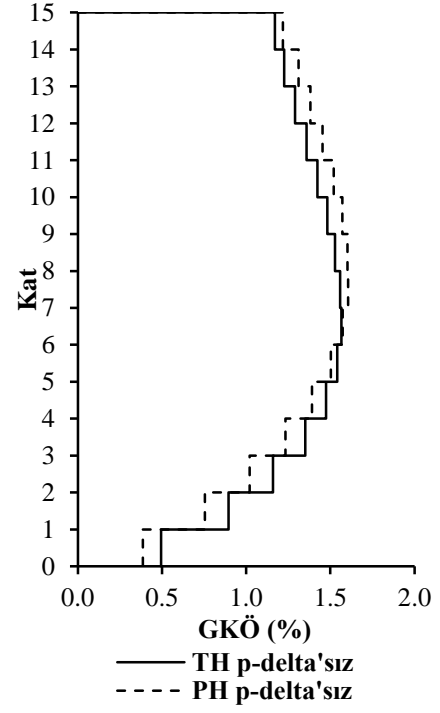


**Şekil 4.88:** Y yönü, modal itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analiz sonuçlarının p-delta etkilerinin dikkate alındığı ve alınmadığı durumlar için görel kat ötelenme oranlarının kıyaslanması

a)



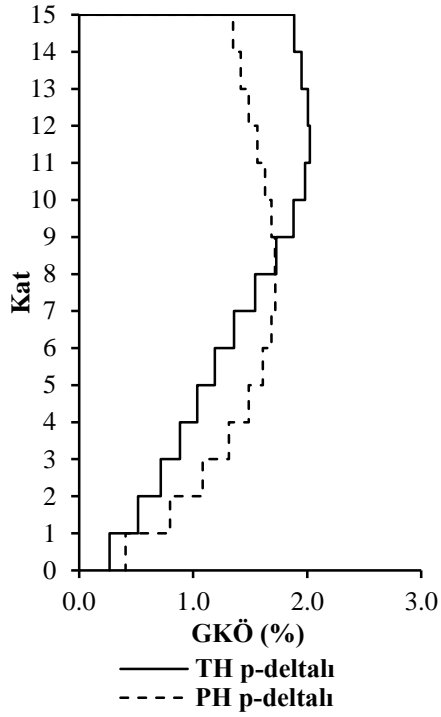
b)



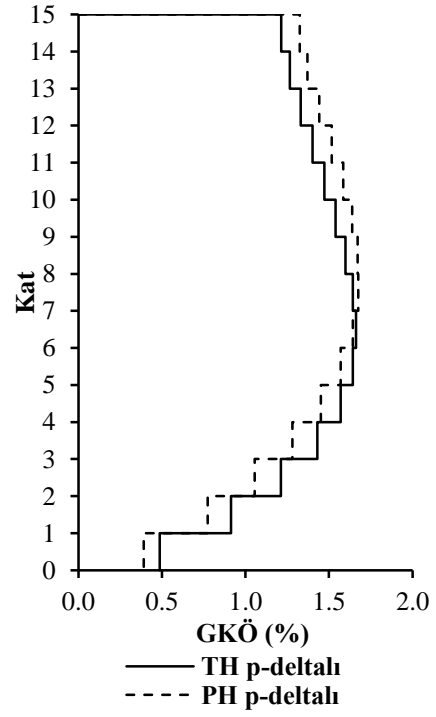
**Şekil 4.89:** X yönü p-delta'sız durumda, a) Northr-Nwh360 b) Landers-Lcn275, ivme kayıtları ile statik analiz sonucu elde edilen GKÖ kıyaslanması



a)

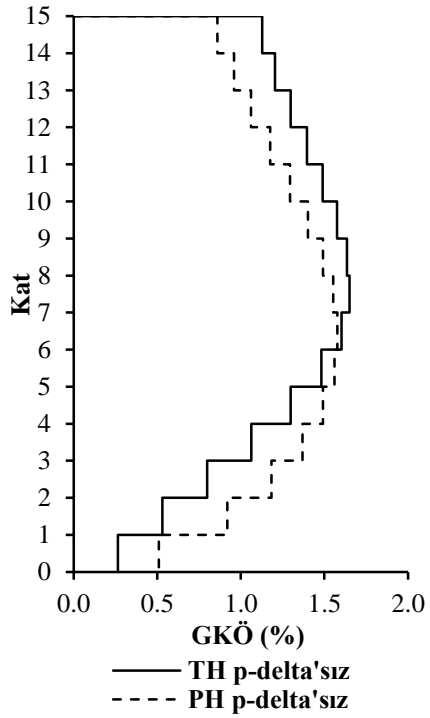


b)

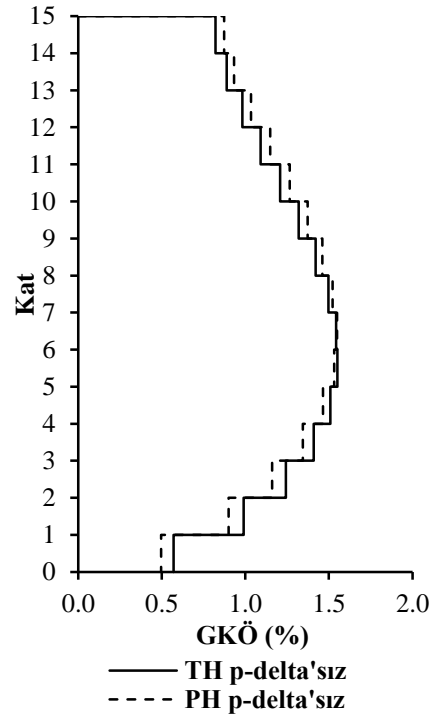


Şekil 4.90: X yönü p-delta durumu, a) Northr-Nwh360 b) Landers-Lcn275, ivme kayıtları ile statik analiz sonucu elde edilen GKÖ kıyaslanması

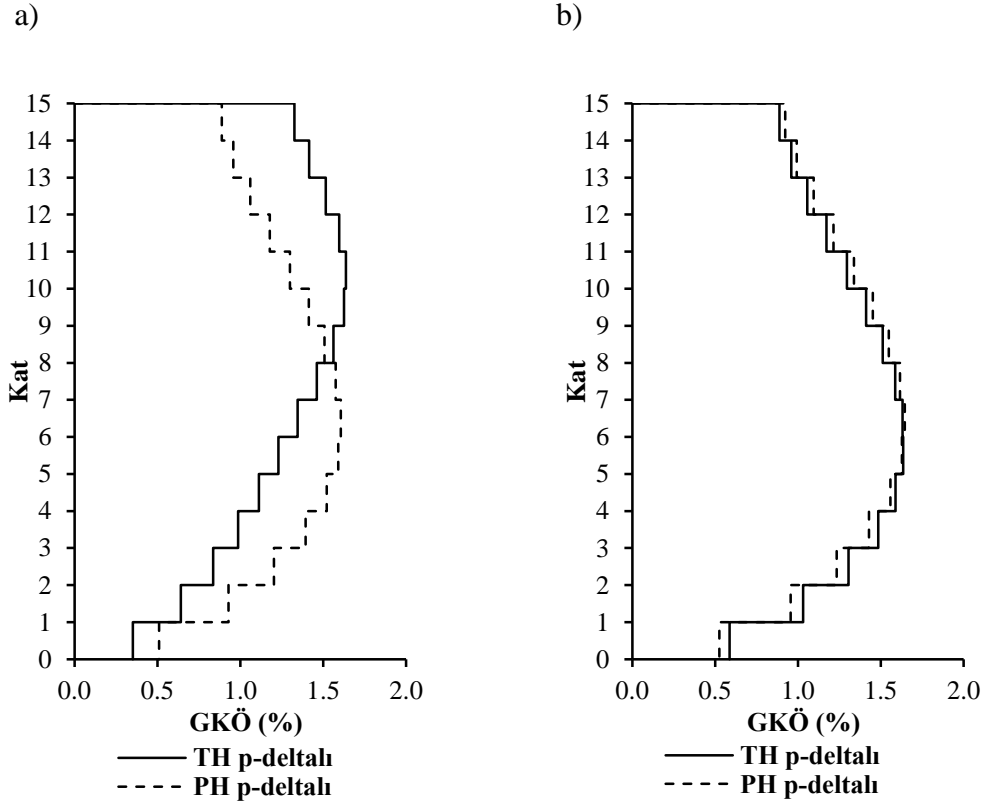
a)



b)



**Şekil 4.91:** Y yönü p-delta'sız durumda, a) Northr-Nwh360 b) Landers-Lcn275, ivme kayıtları ile statik analiz sonucu elde edilen GKÖO kıyaslanması



**Şekil 4.92:** Y yönü p-delta'lı durumda, a) Northr-Nwh360 b) Landers-Lcn275, ivme kayıtları ile statik analiz sonucu elde edilen GKÖO kıyaslanması

#### 4.8.5 Plastik Mafsal Hasar Sınırlarının Kıyaslanması

Plastik mafsal hasar dağılımları, yapısal elemanlar (kolonlar ve kirişler) üzerinde oluşan şekil değiştirme taleplerinin daha kapsamlı incelenmesine olanak tanımaktadır. Dinamik analizler, kullanılan ivme kayıtlarının dinamik özelliklerinden doğrudan etkilenmektedir. Özellikle kullanılan yer ivmelerinin frekans içeriği, yapıların dinamik özellikleri göz önüne alındığında, yapıda oluşan hasarlarda doğrudan etkili bir parametredir. Bu bölümde, doğrusal elastik olmayan statik analizler sonucu ortaya çıkan plastik mafsal hasar dağılımları ile doğrusal elastik olmayan dinamik analizler sonucu elde edilen plastik mafsal hasar dağılımları kıyaslanmış ve değerlendirmeler yapılmıştır (Şekil 4.93-4.108). Kolon ve kiriş elemanlara ait hasar dağılımları ayrı ayrı değerlendirilerek statik ve dinamik analizlerin davranış üzerindeki etkileri irdelenmiştir.

Doğrusal elastik olmayan dinamik analizler ile plastik mafsallı hasar dağılımlarını incelemek amacıyla en yüksek çatı deplasmanı taleplerinin görüldüğü Landers-Lcn275 ve Northr-Nwh360 ivme kayıtları, doğrusal elastik olmayan statik analizler için de eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılmıştır. Doğrusal elastik olmayan dinamik analizler ile elde edilen maksimum deplasman anındaki plastik mafsallı hasar dağılımı ile aynı deplasman anında doğrusal elastik olmayan statik analiz ile elde edilen plastik mafsallı hasar dağılımları kıyaslanmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

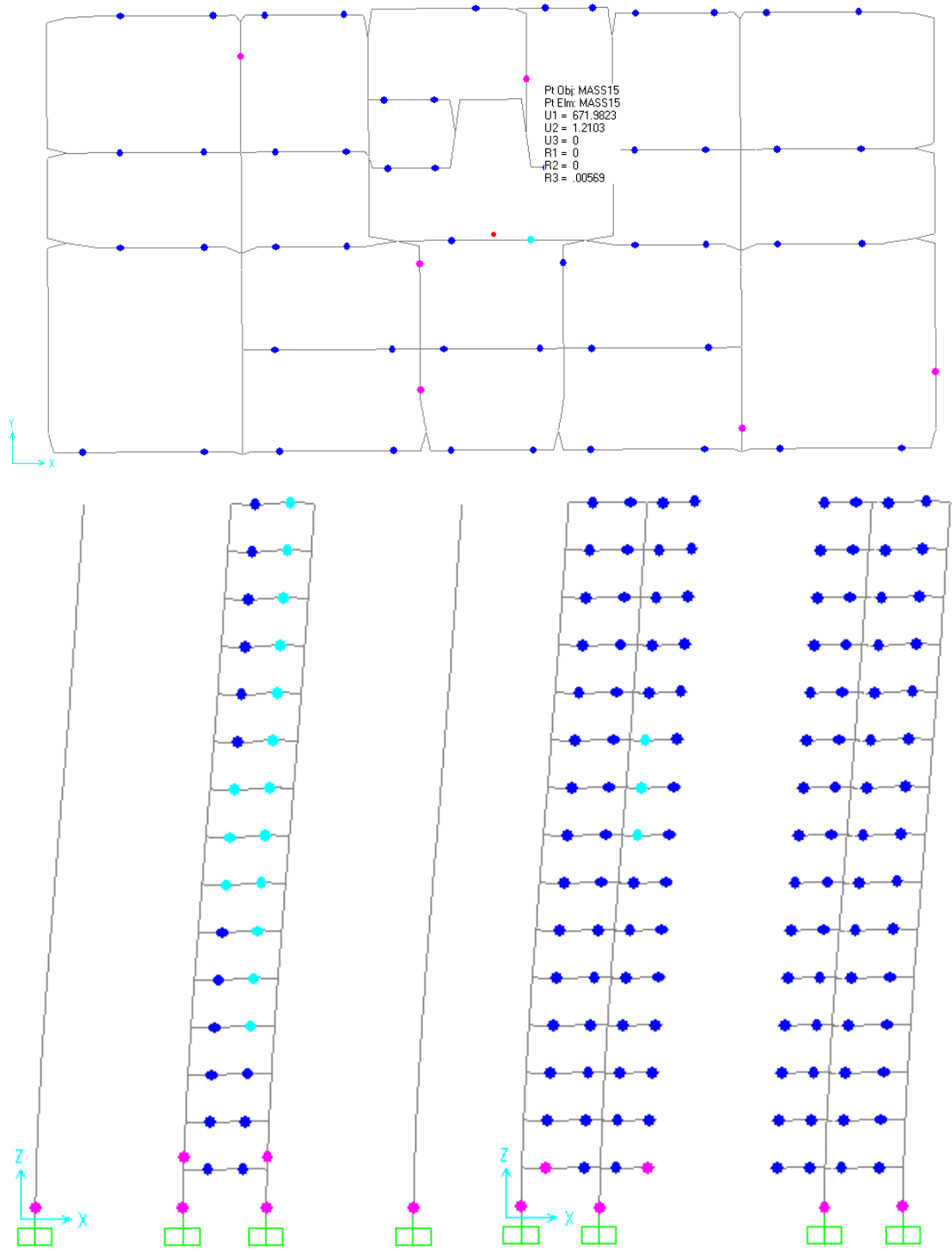
Şekil 4.93-4.96 incelendiğinde, x yönü p-delta etkilerinin dikkate alınmadığı durum için kolonlarda, statik ve dinamik analizlerin her ikisi için de hasar seviyesi, alt katlarda ve minimum hasar düzeyindedir. Kirişler için ise yapı sistemindeki düzensizlik faktörü göz önüne alındığında, dinamik analizler ile elde edilen sonuçların daha etkili olduğu görülmektedir. Statik ve dinamik analizlerin her ikisi içinde 4. kattan sonra kirişlerdeki hasar seviyesinin İleri Hasar Bölgesine geçtiği görülmektedir. Özellikle Northr-Nwh360 ivme kaydı kullanılarak yapılan dinamik analizlerin kirişler üzerinde daha etkili olduğu, 10-12.katlardaki kirişlerin Göçme Bölgesinde olduğu görülmektedir (Şekil 4.94). Şekil 4.97-4.100'de ise x yönünde p-delta etkisinin analizlere dahil edildiği durum için kıyaslamalar verilmiştir. Verilen şekiller incelendiğinde p-delta etkisinin statik analizler üzerindeki etkisinin sınırlı seviyede kaldığı görülmektedir. Ancak orta katlarda İleri Hasar Bölgesine geçen kiriş sayısının p-delta etkilerinin dikkate alınmadığı duruma göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Aynı şekilde dinamik analizler içinde x yönünde p-delta etkisinin sınırlı seviyede kaldığı görülmektedir. Ancak Landers-Lcn275 ivme kaydı kullanılarak yapılan dinamik analizlerde, p-delta etkisiyle beraber 1.katta bazı kolonların Belirgin Hasar Bölgesine geçtiği ve 2.katta bazı kolonlarda Minimum Hasar düzeyinde plastik mafsallı oluşumu gözlemlenmiştir.

Şekil 4.101-4.104 incelendiğinde y yönünde p-delta etkilerinin dikkate alınmadığı durum için, her iki analiz yöntemi içinde kolonlarda elde edilen hasar seviyeleri sınırlı seviyede kalmış, özellikle alt katlarda (1-4.katlar arası) Minimum Hasar olarak yoğunlaşmıştır. Ancak kirişler ele alındığında özellikle 4-10. katlarda bulunan bazı kirişler statik analiz yöntemi ile İleri hasar Bölgesinde iken, dinamik analizler sonucu Göçme Bölgesine geçmiştir. Dinamik analizlerin statik analize göre

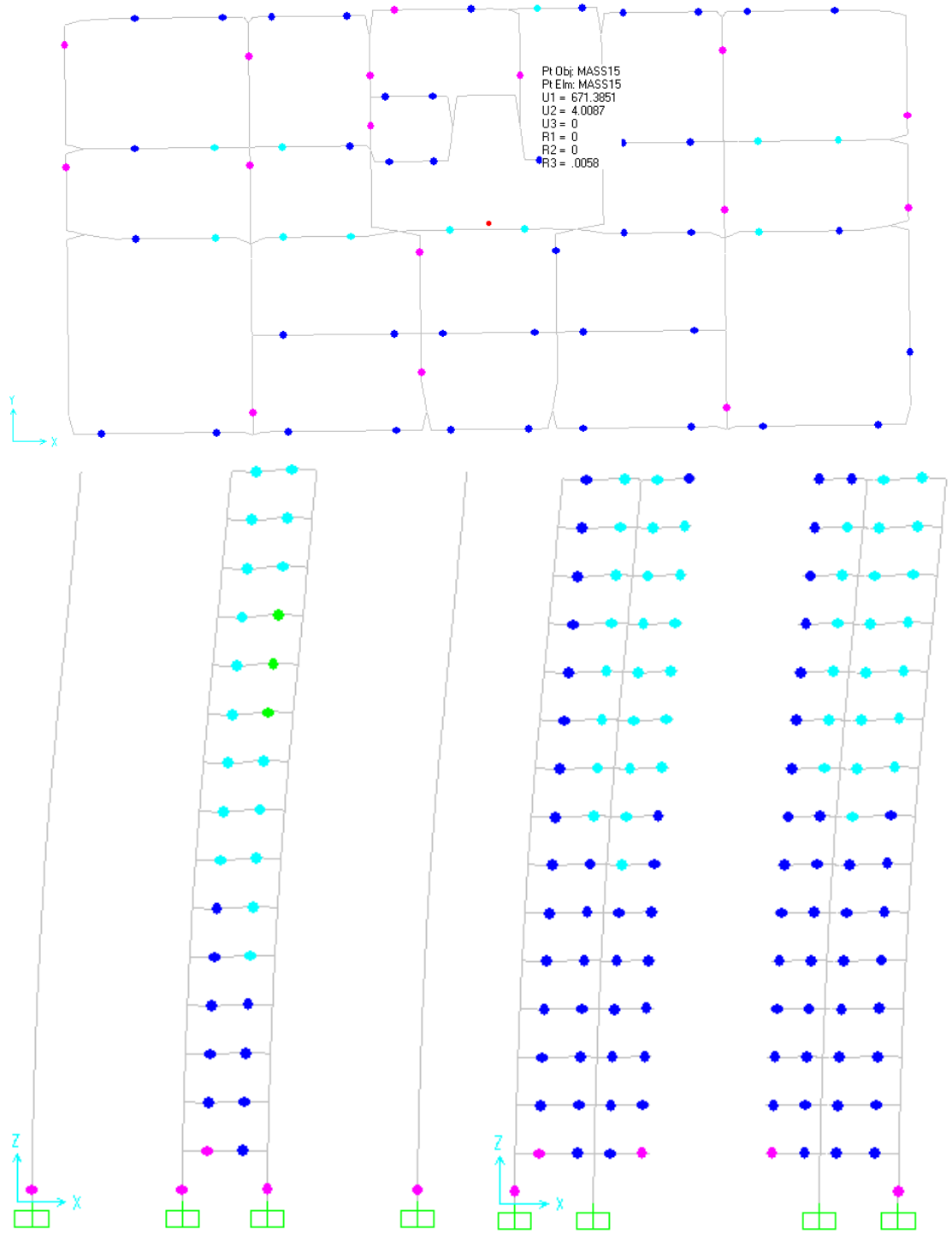
bu yönde de plastik mafsalsal hasar dağılımları üzerinde daha fazla etkili olduğu söylenebilir. Ancak Şekil 4.92-4.93 incelendiğinde aynı yönde iki farklı ivme kaydı kullanılarak yapılan analizler sonucu elde edilen hasar dağılımlarının farklı olduğu görülmektedir. Bu durum dinamik analizlerin doğası gereği yapıda oluşan hasarların kullanılan kayıtların frekans içeriğinden, süresinden ve şiddetinden doğrudan etkilenmesi olarak açıklanabilir.

Şekil 4.105-4.108'de ise y yönü için p-delta etkilerinin hasar dağılımı üzerindeki etkileri görülmektedir. P-delta etkilerinin bu yönde statik analizler için hasar dağılımları üzerindeki etkileri sınırlıyken, dinamik analizler için durum daha farklıdır. Özellikle 4-12.katlar arasındaki kolonlar, p-delta etkileri ile alt ve üst bölgelerinde Minimum Hasar Bölgesine geçmiştir (Şekil 4.106). Sonuç olarak p-delta etkilerinin dinamik analizler üzerinde daha etkili olduğu söylenebilir.

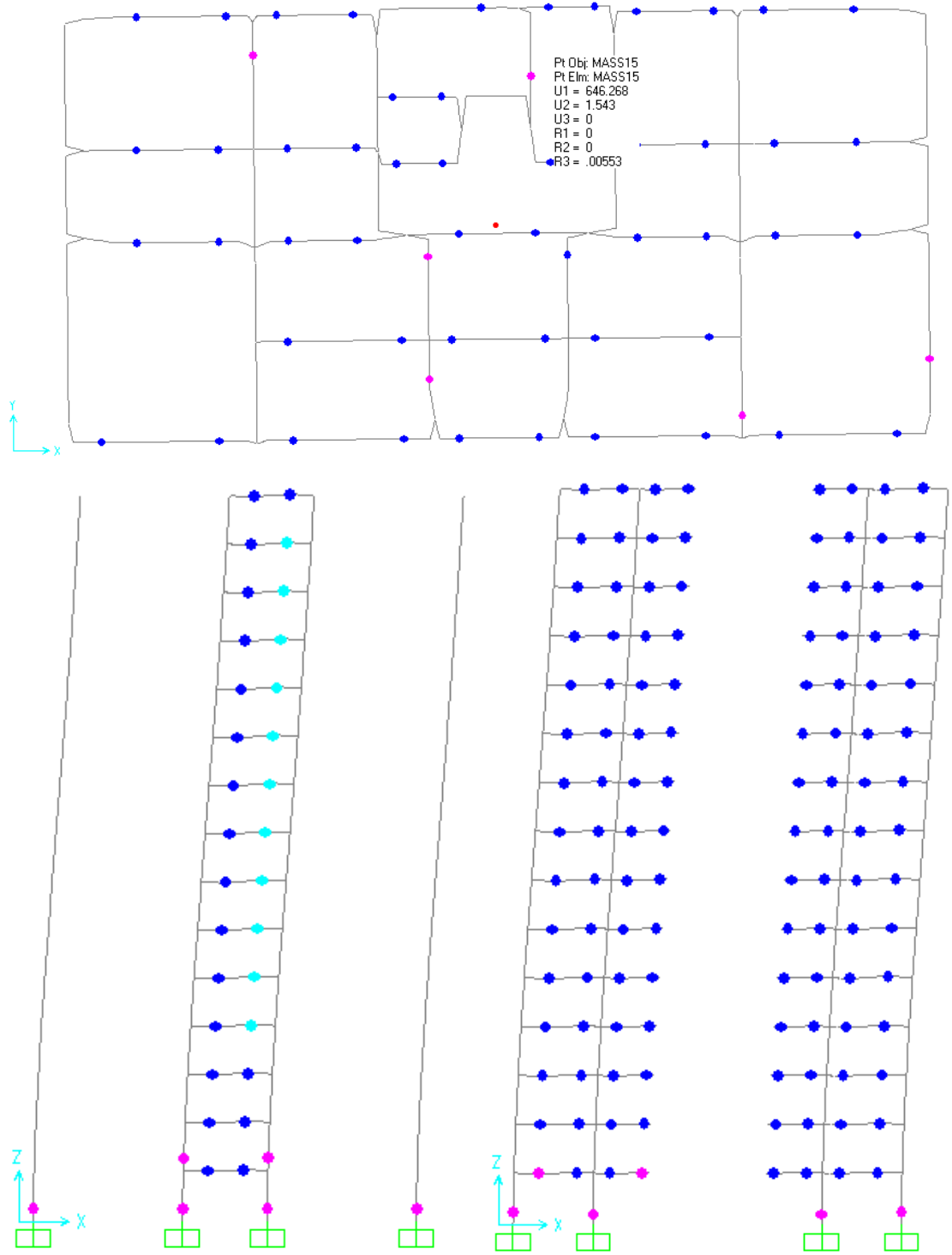
Genel olarak değerlendirildiğinde, dinamik analizler sonucu oluşan hasarlar, kullanılan ivme kayıtlarının süresi, şiddeti ve frekans içeriğine göre farklılıklar göstermektedir. Statik analiz yöntemlerinde durum bu kadar karmaşık değildir. Dolayısıyla analiz yöntemleri arasındaki bu farklılıklar plastik mafsalsal hasar dağılımlarını da doğrudan etkilemektedir.



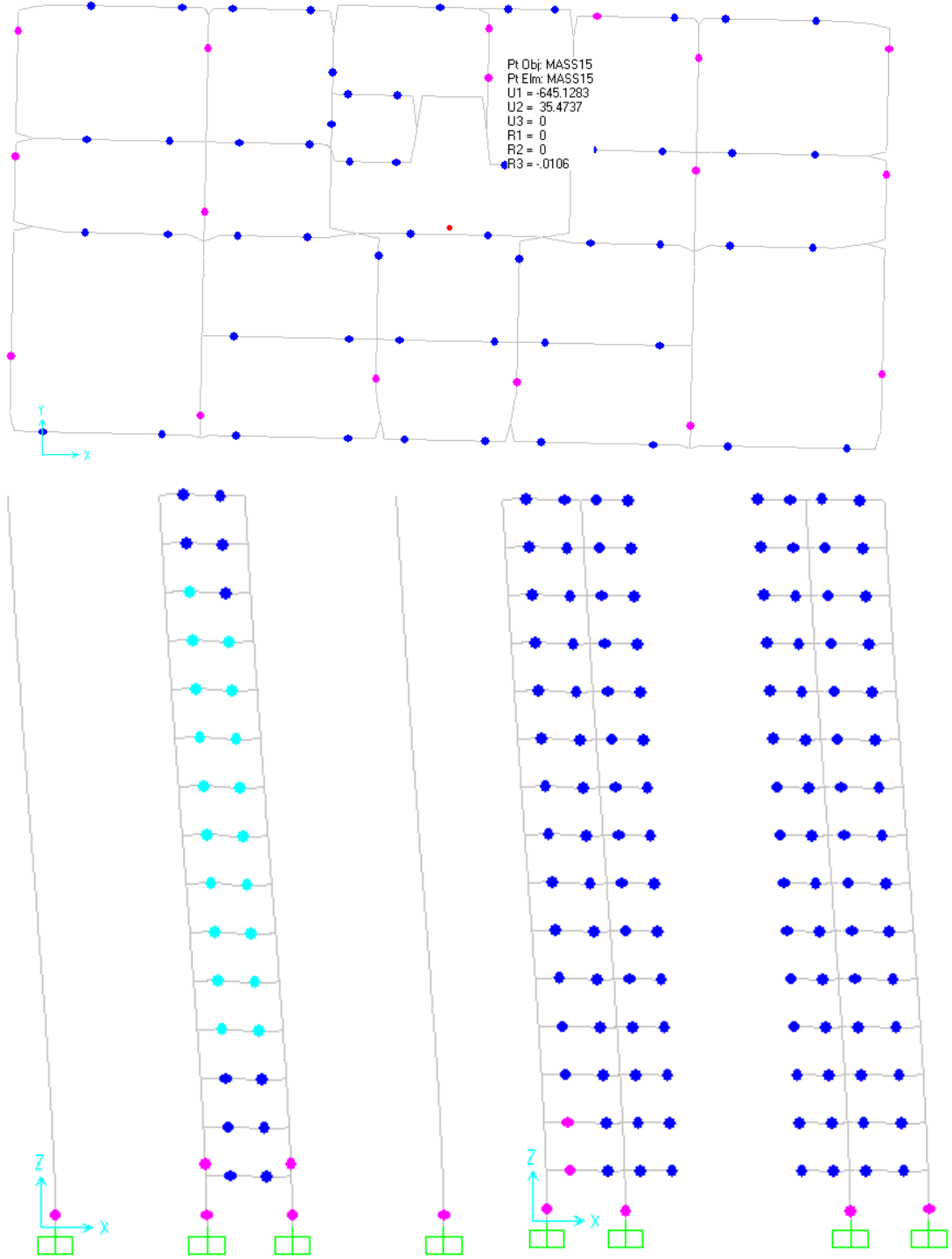
**Şekil 4.93:** X yönü p-delta'sız durum için statik analiz ile elde edilen (Northr-Nwh360 ivme kaydı ile elde edilen maksimum çatı deplasmanı altında), çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsıl dağılımı



**Şekil 4.94:** X yönü p-delta'sız durum için Northr-Nwh360 ivme kaydı kullanılarak dinamik analiz ile elde edilen, çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsalları dağılımı

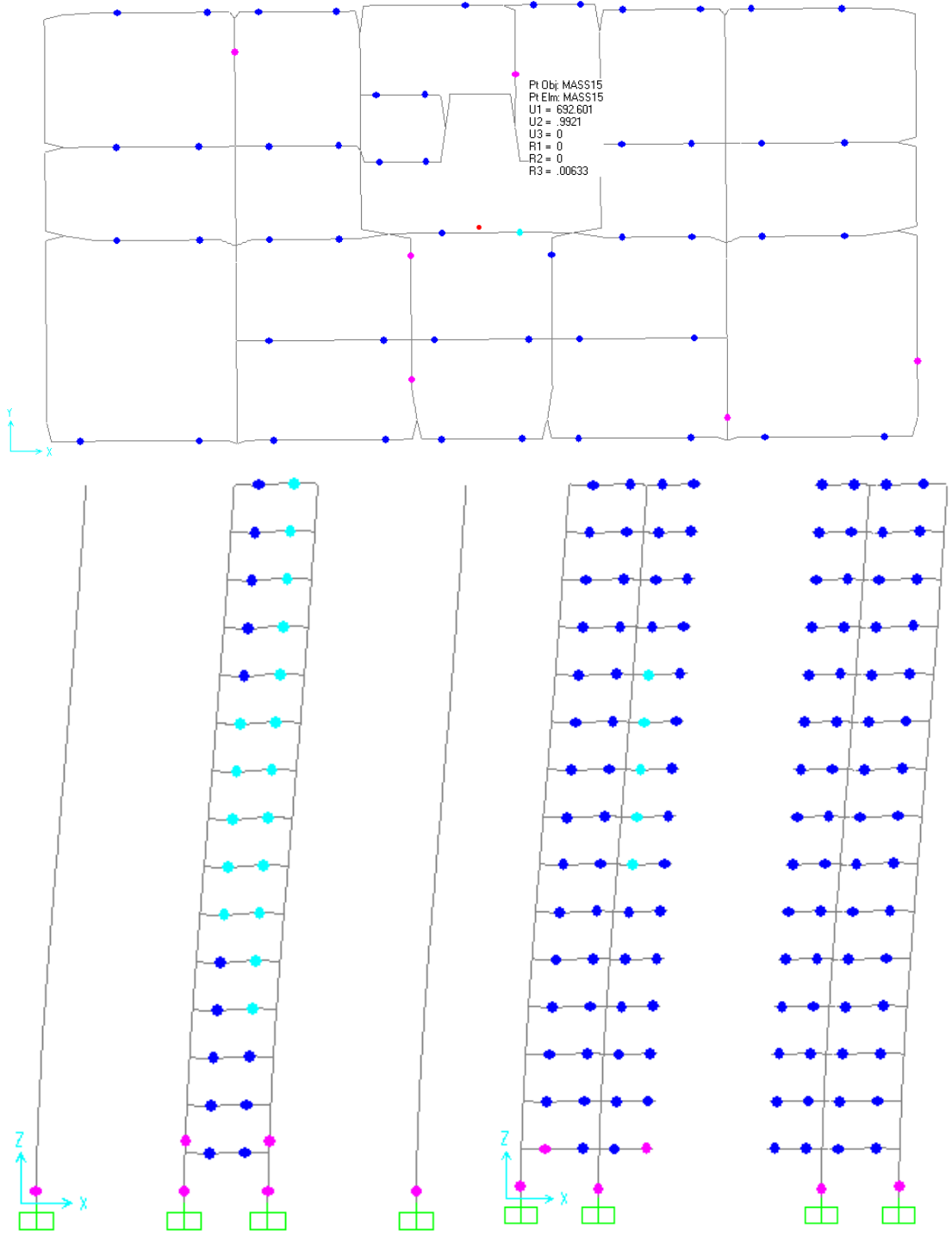


**Şekil 4.95:** X yönü p-delta'sız durum için statik analiz ile elde edilen (Landers-Lcn275 ivme kaydı ile elde edilen maksimum çatı deplasmanı altında), çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsıl dağılımı

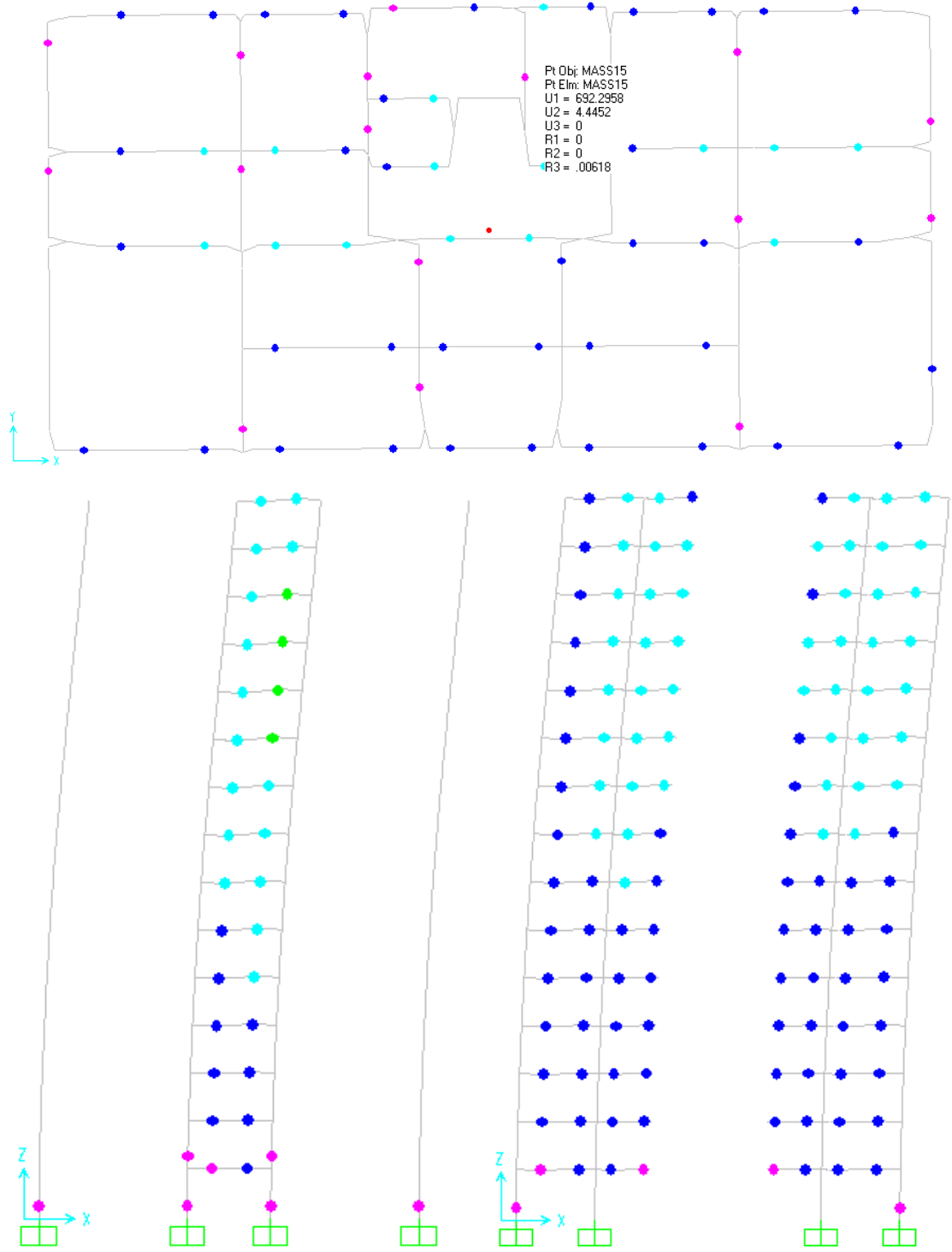


**Şekil 4.96:** X yönü p-delta'sız durum için Landers-Lcn275 ivme kaydı kullanılarak dinamik analiz ile elde edilen, çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsıl dağılımı

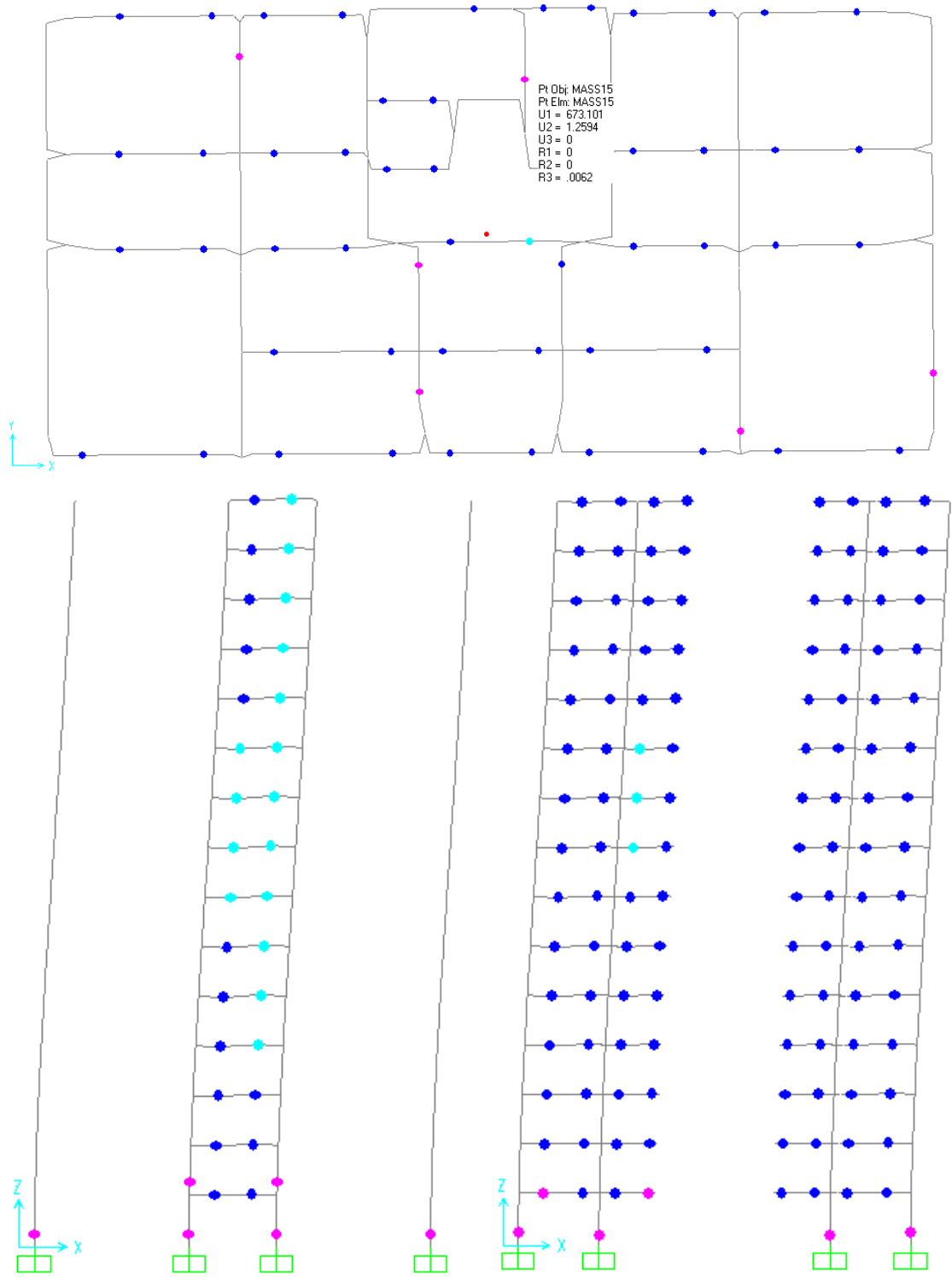




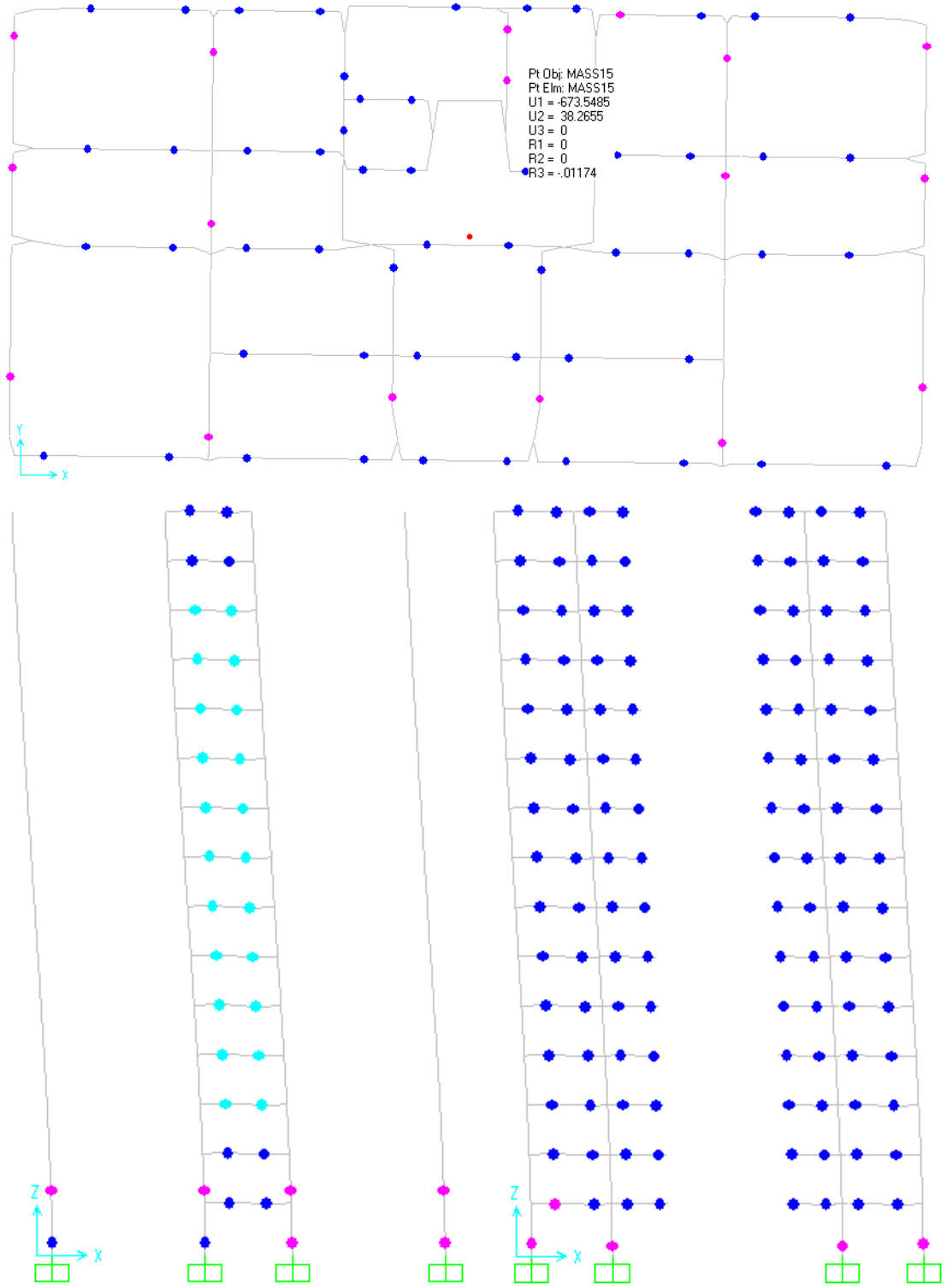
**Şekil 4.97:** X yönü p-deltaı durum için statik analiz ile elde edilen (Northr-Nwh360 ivme kaydı ile elde edilen maksimum çatı deplasmanı altında), çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsıl dağılımı



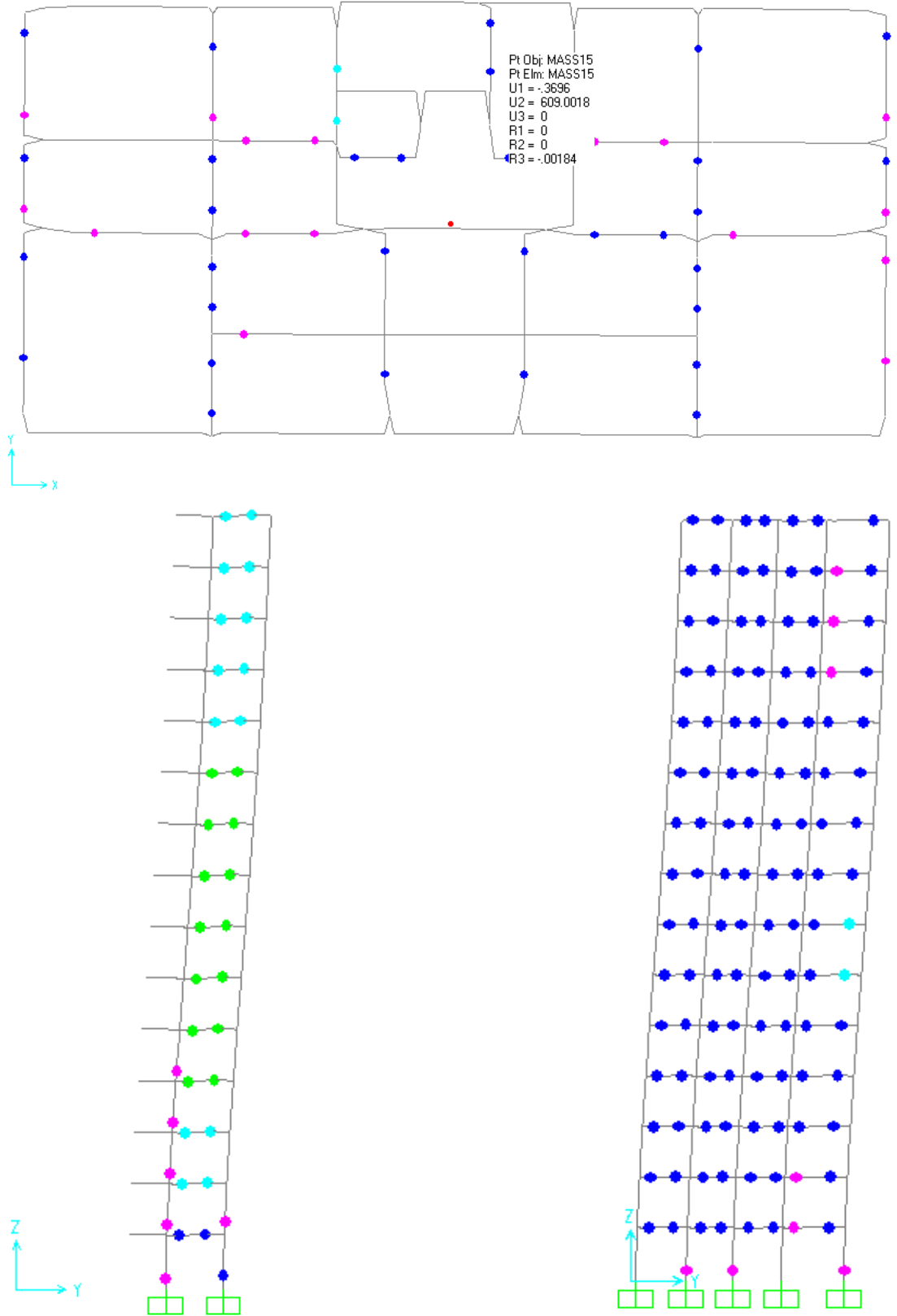
**Şekil 4.98:** X yönü p-deltalı durum için Northr-Nwh360 ivme kaydı kullanılarak dinamik analiz ile elde edilen, çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsall dağılımı



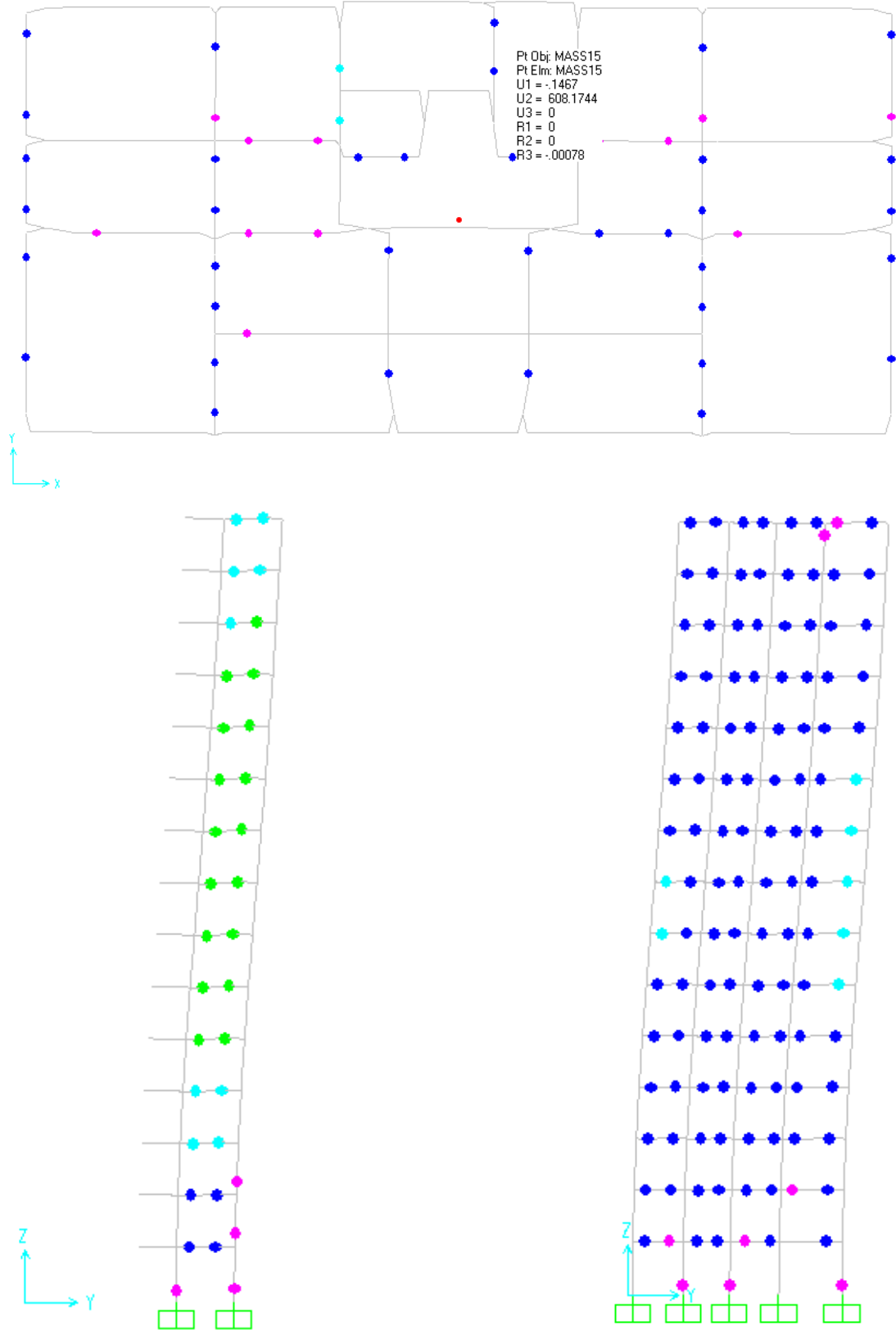
**Şekil 4.99:** X yönü p-deltaı durum için statik analiz ile elde edilen (Landers-Lcn275 ivme kaydı ile elde edilen maksimum çatı deplasmanı altında), çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsıl dağılımı



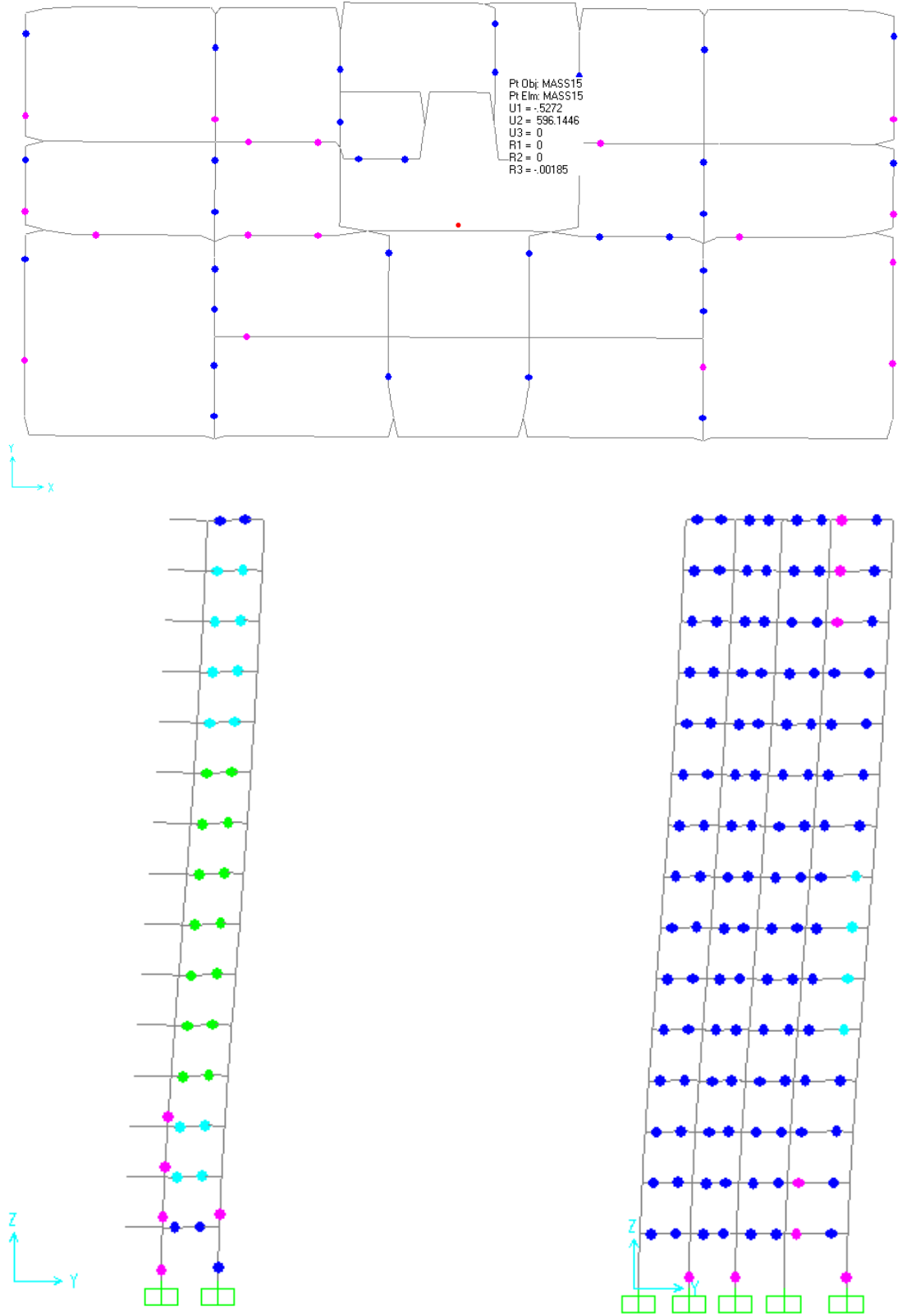
**Şekil 4.00:** X yönü p-deltalı durum için Landers-Lcn275 ivme kaydı kullanılarak dinamik analiz ile elde edilen, çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsalları dağılımı



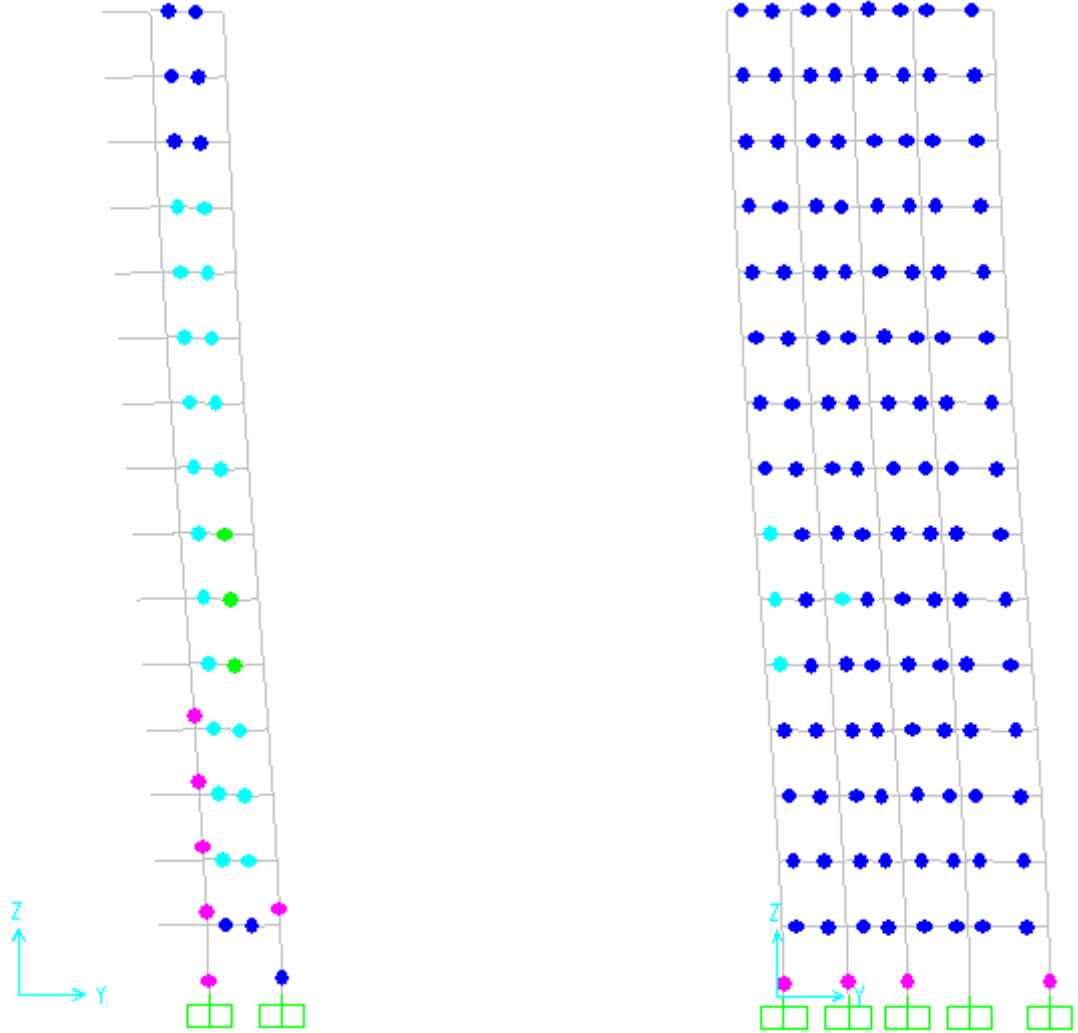
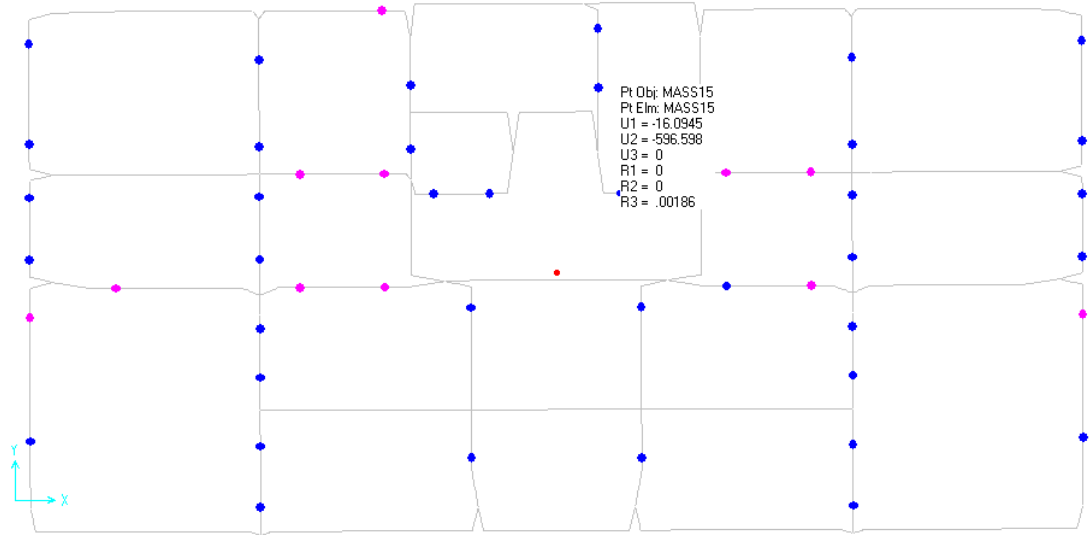
**Şekil 4.101:** Y yönü p-delta'sız durum için statik analiz ile elde edilen (Northr-Nwh360 ivme kaydı ile elde edilen maksimum çatı deplasmanı altında), çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsıl dağılımı



**Şekil 4.102:** Y yönü p-delta'sız durum için Northr-Nwh360 ivme kaydı kullanılarak dinamik analiz ile elde edilen, çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsall dağılımı

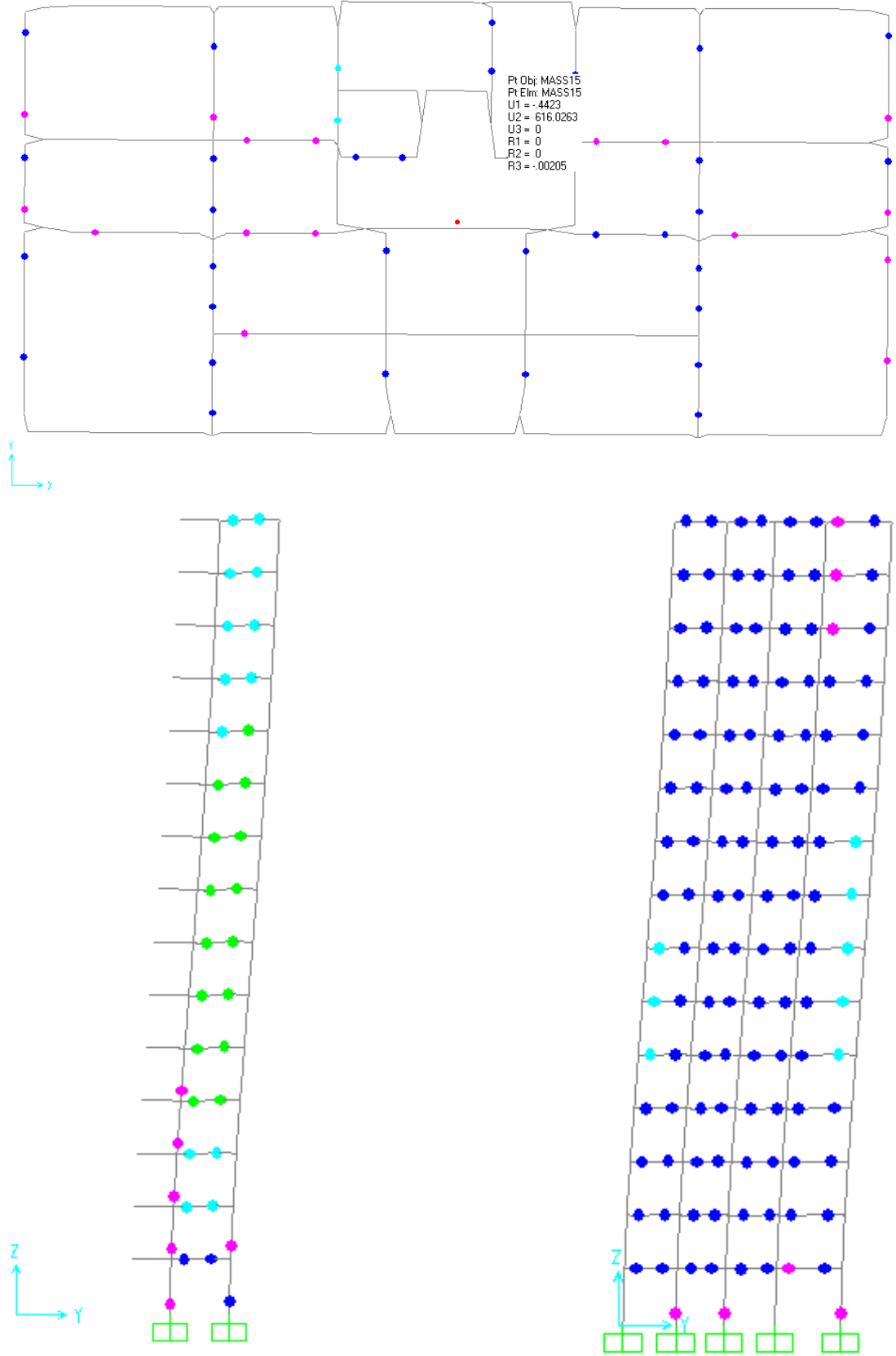


**Şekil 4.103:** Y yönü p-delta'sız durum için statik analiz ile elde edilen (Landers-Lcn275 ivme kaydı ile elde edilen maksimum çatı deplasmanı altında), çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsal dağılımı

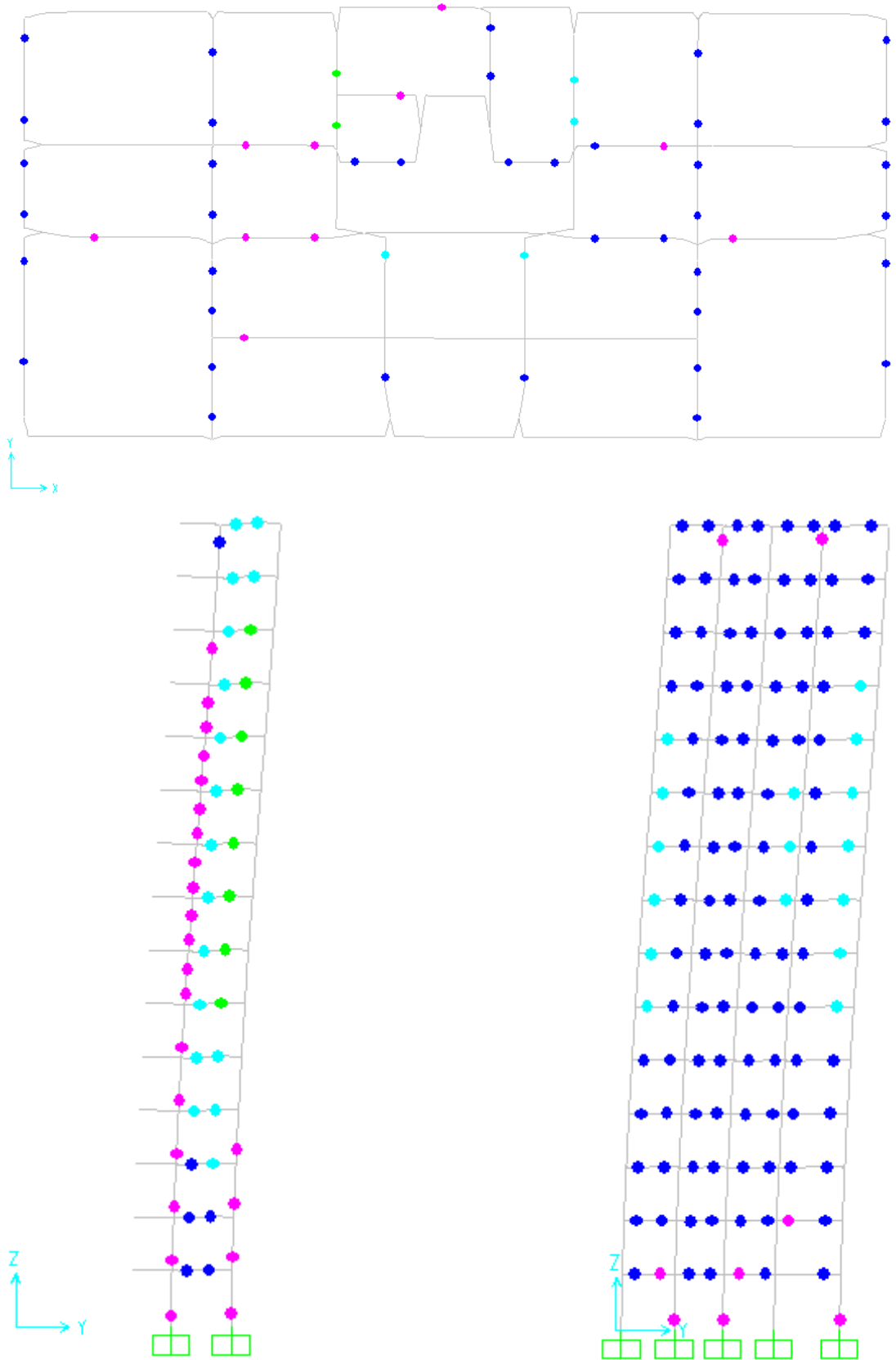


**Şekil 4.104:** Y yönü p-delta'sız durum için Landers-Lcn275 ivme kaydı kullanılarak dinamik analiz ile elde edilen, çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsall dağılımı

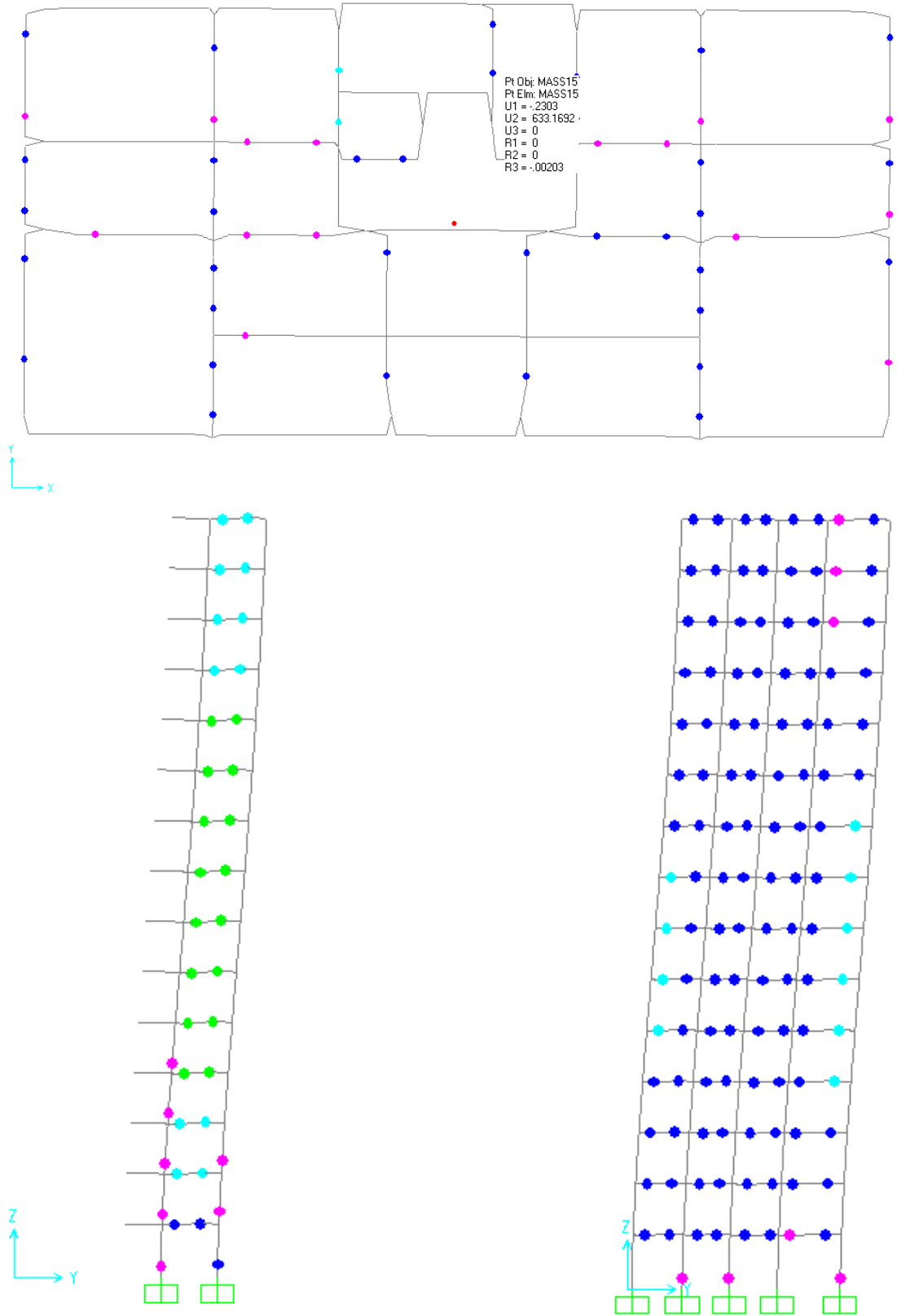




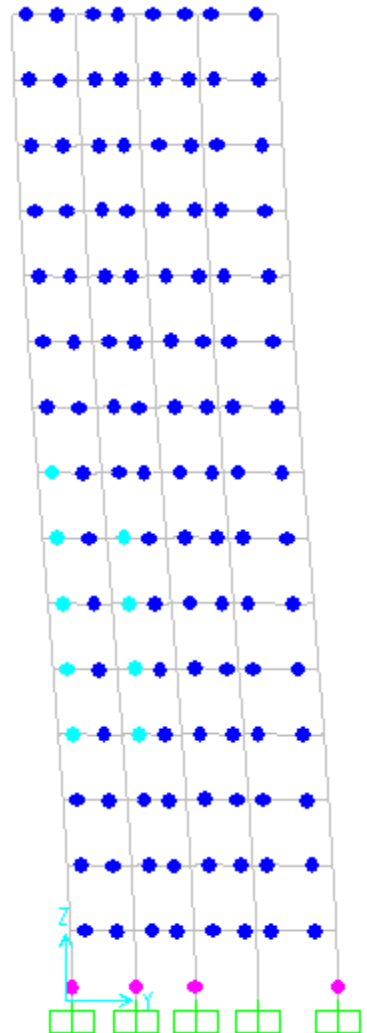
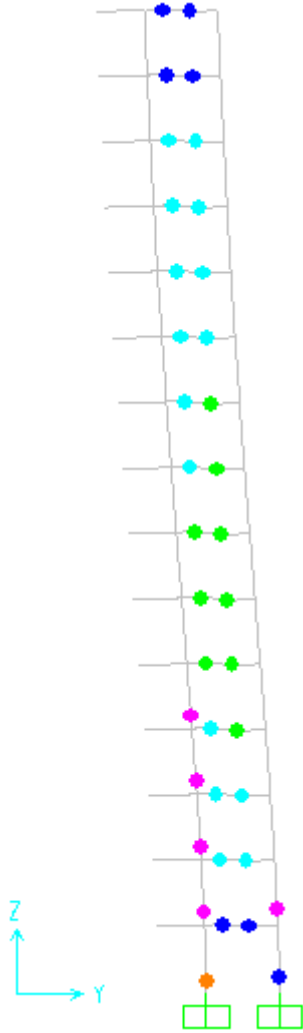
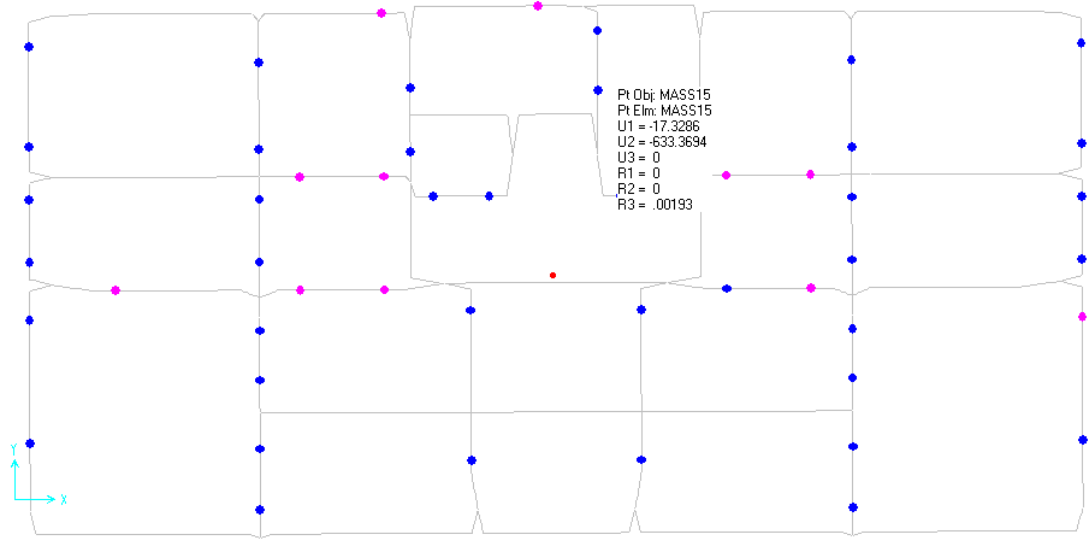
**Şekil 4.105:** Y yönü p-deltalı durum için statik analiz ile elde edilen (North-Nwh360 ivme kaydı ile elde edilen maksimum çatı deplasmanı altında), çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsals dağılımı



**Şekil 4.106:** Y yönü p-deltalı durum için Northr-Nwh360 ivme kaydı kullanılarak dinamik analiz ile elde edilen, çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsals dağılımı



**Şekil 4.107:** Y yönü p-deltaı durum için statik analiz ile elde edilen (Landers-Lcn275 ivme kaydı ile elde edilen maksimum çatı deplasmanı altında), çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsıl dağılımı



**Şekil 4.108:** Y yönü p-daltalı durum için Landers-Lcn275 ivme kaydı kullanılarak dinamik analiz ile elde edilen, çatı katı planı ve kesitlerde plastik mafsıl dağılımı

## 5. ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

### 5.1 Giriş

Çok katlı betonarme gerçek bir binanın deprem davranışının doğrusal elastik olmayan statik ve dinamik analiz yöntemleri kullanılarak belirlenmesi ve bu yöntemlerin avantaj ve dezavantajlarının ortaya konması amacıyla DBYBHY-2007 şartlarına göre tasarlanmış 15 katlı betonarme bir model SAP 2000 analiz programında modellenmiş iki farklı yönde ve p-delta etkilerinin analizlere dahil edilip edilmemesine göre toplamda 96 adet doğrusal elastik olmayan analiz yapılmıştır. Yapılan doğrusal elastik olmayan statik ve dinamik analizler neticesinde bina kapasiteleri, çatı deplasman talepleri, görelî kat ötelenme oranları, deplasman profilleri, taban kesme kuvvetleri ve plastik mafsâl hasar dağılımları elde edilmiş ve bu parametreler statik ve dinamik analiz sonuçlarına göre kıyaslanıp değerlendirilmiştir.

Bu bölümde, yukarıda belirtilen parametreler için analiz sonuçlarından elde edilen değerler tablolar halinde verilmiş ve değerlendirmeleri yapılmıştır.

## 5.2 Ortalama Deplasman Profilleri Sonuçlarının Değerlendirilmesi

21 adet gerçek deprem ivme kayıtları kullanılarak her iki yönde ve p-delta etkilerinin analizlere dahil edilip edilmemesine göre ayrı ayrı yapılan doğrusal olmayan dinamik analizler ile elde edilen maksimum ortalama deplasman değerleri ve üç farklı itme deseni kullanılarak yapılan doğrusal olmayan statik itme analizleri ile elde edilen deplasman profilleri değerleri Tablo 5.1-5.6'da verilmiştir. Statik itme analizleri ile elde edilen deplasman profilleri, dinamik analizlerden elde edilen maksimum çatı deplasmanı değerine ulaştığı andaki değerlerdir.

Tablo 5.1-5.2'de x ve y yönünde p-delta etkisinin dikkate aldığı ve alınmadığı durum için dikdörtgen itme deseni kullanılarak yapılan statik itme analizleri ile elde edilen deplasman profili değerleri ve dinamik analiz sonuçlarının kıyaslanması verilmiştir. Statik analizler ile elde edilen deplasman değerlerinin, dinamik analizlere göre daha fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca p-delta etkileri ile her iki yöndeki deplasman değerlerinin her katta bir miktar arttığı görülse de, deplasman değerleri arasındaki maksimum fark x yönünde p-delta etkisinin dikkate alınmadığı durum için 8.katta 65.086 mm, p-detalı durum için yine 8.katta 59.083 mm olarak belirlenmiştir. Y yönünde ise maksimum fark p-delta etkisinin dikkate alınmadığı durum için 7.katta 56.314 mm'dir. Ancak p-delta etkileri ile beraber bu fark 8.katta 60.417 mm değerine yükselmiştir.

Tablo 5.3'de ise eşdeğer deprem yükü itme deseni ile x yönünde p-delta etkisinin dikkate alınmadığı durumda statik ve dinamik analizler ile elde edilen deplasman değerleri arasındaki maksimum fark 8.katta 45.654 mm, p-detalı durumda ise yine 8.katta 39.612 mm'dir. Tablo 5.4'de Y yönünde ise maksimum fark p-delta etkisinin dikkate alınmadığı durumda 8.katta 36.811 mm, p-detalı durumda ise yine 8.katta 42.337 mm olarak belirlenmiştir.

Tablo 5.5'de ise modal itme deseni ile x yönünde p-delta etkisinin dikkate alınmadığı durumda statik ve dinamik analizler ile elde edilen deplasman değerleri arasındaki maksimum fark 8.katta 91.394 mm, p-detalı durumda ise yine 8.katta 91.60 mm'dir. Tablo 5.6'da y yönünde ise maksimum fark p-delta etkisinin dikkate alınmadığı durumda 8.katta 36.143 mm, p-detalı durumda ise yine 8.katta 42.844 mm olarak belirlenmiştir.

**Tablo 5.1:** X yönünde dikdörtgen itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analizlerin deplasman profili değerleri (mm)

KAT	TH p-delta'sız	PH p-delta'sız	KAT	TH p-delta'lı	PH p-delta'lı
15	375.79	375.79	15	379.75	379.75
14	346.83	359.61	14	351.56	363.52
13	316.22	341.52	13	321.81	345.29
12	283.95	321.28	12	290.47	324.90
11	250.46	298.56	11	257.87	301.99
10	216.47	273.25	10	224.57	276.41
9	182.78	245.40	9	191.24	248.20
8	150.21	215.30	8	158.56	217.65
7	119.47	183.42	7	127.25	185.23
6	91.21	150.47	6	97.96	151.69
5	65.96	117.37	5	71.37	118.00
4	44.21	85.28	4	48.13	85.39
3	26.40	55.55	3	28.84	55.28
2	13.09	29.85	2	14.16	29.44
1	4.33	10.31	1	4.48	10.03
0	0.00	0.00	0	0.00	0.00

**Tablo 5.2:** Y yönünde dikdörtgen itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analizlerin deplasman profili değerleri (mm)

KAT	TH p-delta'sız	PH p-delta'sız	KAT	TH p-delta'lı	PH p-delta'lı
15	350.11	350.11	15	354.12	354.12
14	329.87	339.90	14	332.64	343.06
13	307.64	327.20	13	309.18	330.43
12	283.06	312.27	12	283.43	315.55
11	256.19	294.56	11	255.53	297.84
10	227.42	273.73	10	226.00	276.93
9	197.34	249.66	9	195.49	252.68
8	166.66	222.47	8	164.77	225.18
7	136.21	192.53	7	134.66	194.82
6	107.05	160.49	6	105.68	162.26
5	80.61	127.30	5	78.82	128.51
4	56.45	94.19	4	54.73	94.86
3	35.44	62.72	3	34.11	62.96
2	18.46	34.80	2	17.66	34.77
1	6.35	12.71	1	6.07	12.59
0	0.00	0.00	0	0.00	0.00

**Tablo 5.3:** X yönünde eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analizlerin deplasman profili değerleri (mm)

KAT	TH p-delta'sız	PH p-delta'sız	KAT	TH p-delta'lı	PH p-delta'lı
15	375.79	375.79	15	379.75	379.75
14	346.83	356.72	14	351.56	359.60
13	316.22	335.38	13	321.81	338.31
12	283.95	311.86	12	290.47	314.81
11	250.46	285.97	11	257.87	288.89
10	216.47	257.78	10	224.57	260.60
9	182.78	227.58	9	191.24	230.20
8	150.21	195.86	8	158.56	198.18
7	119.47	163.30	7	127.25	165.21
6	91.21	130.75	6	97.96	132.18
5	65.96	99.19	5	71.37	100.12
4	44.21	69.74	4	48.13	70.22
3	26.40	43.62	3	28.84	43.75
2	13.09	22.19	2	14.16	22.14
1	4.33	6.99	1	4.48	6.92
0	0.00	0.00	0	0.00	0.00

**Tablo 5.4:** Y yönünde eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analizlerin deplasman profili değerleri (mm)

KAT	TH p-delta'sız	PH p-delta'sız	KAT	TH p-delta'lı	PH p-delta'lı
15	350.11	350.11	15	354.12	354.12
14	329.87	336.93	14	332.64	341.17
13	307.64	321.63	13	309.18	325.94
12	283.06	303.83	12	283.43	308.18
11	256.19	283.10	11	255.53	287.44
10	227.42	259.32	10	226.00	263.56
9	197.34	232.64	9	195.49	236.65
8	166.66	203.47	8	164.77	207.10
7	136.21	172.44	7	134.66	175.57
6	107.05	140.43	6	105.68	142.95
5	80.61	108.49	5	78.82	110.36
4	56.45	77.87	4	54.73	79.10
3	35.44	49.98	3	34.11	50.65
2	18.46	26.40	2	17.66	26.67
1	6.35	8.90	1	6.07	8.95
0	0.00	0.00	0	0.00	0.00



**Tablo 5.5:** X yönünde modal itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analizlerin deplasman profili değerleri (mm)

KAT	TH p-delta'sız	PH p-delta'sız	KAT	TH p-delta'lı	PH p-delta'lı
15	375.79	375.79	15	379.75	379.75
14	346.83	366.06	14	351.56	370.97
13	316.22	354.61	13	321.81	360.31
12	283.95	340.04	12	290.47	346.61
11	250.46	321.61	11	257.87	329.05
10	216.47	299.00	10	224.57	307.13
9	182.78	272.21	9	191.24	280.75
8	150.21	241.60	8	158.56	250.16
7	119.47	207.89	7	127.25	216.00
6	91.21	172.04	6	97.96	179.24
5	65.96	135.31	5	71.37	141.23
4	44.21	99.18	4	48.13	103.58
3	26.40	65.34	3	28.84	68.18
2	13.09	35.69	2	14.16	37.13
1	4.33	12.64	1	4.48	13.04
0	0.00	0.00	0	0.00	0.00

**Tablo 5.6:** Y yönünde modal itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analizlerin deplasman profili değerleri (mm)

KAT	TH p-delta'sız	PH p-delta'sız	KAT	TH p-delta'lı	PH p-delta'lı
15	350.11	350.11	15	354.12	354.12
14	329.87	335.19	14	332.64	341.59
13	307.64	320.19	13	309.18	326.52
12	283.06	302.67	12	283.43	308.88
11	256.19	282.16	11	255.53	288.20
10	227.42	258.54	10	226.00	264.30
9	197.34	231.95	9	195.49	237.31
8	166.66	202.80	8	164.77	207.61
7	136.21	171.76	7	134.66	175.89
6	107.05	139.72	6	105.68	143.07
5	80.61	107.78	5	78.82	110.30
4	56.45	77.21	4	54.73	78.93
3	35.44	49.43	3	34.11	50.45
2	18.46	26.02	2	17.66	26.50
1	6.35	8.73	1	6.07	8.86
0	0.00	0.00	0	0.00	0.00

### 5.3 Görelî Kat Ötelenme Oranı Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Tez kapsamında kullanılan modele ait görelî kat ötelenme oranları hesaplanmıştır. Kullanılan 21 adet ivme kaydı için dinamik analizler ile elde edilen maksimum çatı deplasmanı anına ait hesaplanan ortalama GKÖÖ ile üç farklı desen kullanılarak yapılan statik itme analizleri sonucu elde edilen GKÖÖ değerleri Tablo 5.7-5.12'de verilmiştir. Doğrusal olmayan statik analizler ile elde edilen GKÖÖ değerleri, dinamik analizler ile elde edilen maksimum ortalama çatı deplasman değeri anı için hesaplanmıştır. Tablo 5.7-5.12'de TH (Time History) doğrusal olmayan dinamik analizler sonucu elde edilen GKÖÖ'nü, PH (Pushover) ise doğrusal olmayan statik analizler sonucu elde edilen GKÖÖ'nü göstermektedir.

Tablo 5.7-5.8'de x ve y yönünde p-delta etkisinin dikkate alındığı ve alınmadığı durumlar için dikdörtgen itme deseni kullanılarak yapılan statik itme analizleri ve dinamik analizler ile elde edilen GKÖÖ sonuçlarının kıyaslanması verilmiştir. Tablo 5.7'de y yönünde p-delta etkisinin dikkate alınmadığı durumda TH için maksimum GKÖÖ değeri 10 ve 11.katta %1.03 iken, PH için maksimum GKÖÖ değeri 5. ve 6.katta %1.003'dür. P-deltalı durumda ise TH için maksimum GKÖÖ değeri 9. ve 10.katta %1.01 iken, PH için maksimum GKÖÖ değeri 5. ve 6.katta %1.021'dir. Tablo 5.8'de y yönünde p-delta etkisinin dikkate alınmadığı durumda TH için maksimum GKÖÖ değeri 8. ve 9.katta %0.930 iken, PH için maksimum GKÖÖ değeri 5. ve 6.katta %1.006'dir. P-deltalı durumda ise TH için maksimum GKÖÖ değeri 8. ve 9.katta %0.931 iken, PH için maksimum GKÖÖ değeri 5. ve 6.katta %1.023'dür.

Tablo 5.9-5.10'da ise eşdeğer deprem yükü deseni kullanılarak yapılan statik itme analizleri ve dinamik analizler ile elde edilen GKÖÖ sonuçlarının kıyaslanması verilmiştir. Tablo 5.9'da x yönü, p-delta etkisinin dikkate alınmadığı durumda TH için maksimum GKÖÖ değeri 10 ve 11.katta %1.03 iken, PH için maksimum GKÖÖ değeri 6, 7 ve 8. katlarda %0.987'dir. P-deltalı durumda ise TH için maksimum GKÖÖ değeri 9. ve 10.katta %1.01 iken, PH için maksimum GKÖÖ değeri 6. ve 7.katta %1.001'dir. Tablo 5.10'da Y yönünde p-delta etkisinin dikkate alınmadığı durumda TH için maksimum GKÖÖ değeri 8. ve 9.katta %0.930 iken, PH için maksimum GKÖÖ değeri 6. ve 7.katta %0.97'dir. P-deltalı durumda ise TH için

maksimum GKÖO değeri 8. ve 9.katta %0.931 iken, PH için maksimum GKÖO değeri 5., 6. ve 7.katlarda %0.988'dir.

Tablo 5.11-5.12'de modal yük deseni kullanılarak yapılan statik itme analizleri ve dinamik analizler ile elde edilen GKÖO sonuçlarının kıyaslanması verilmiştir. Tablo 5.11'de X yönü, p-delta etkisinin dikkate alınmadığı durumda TH için maksimum GKÖO değeri 10. ve 11.katta %1.03 iken, PH için maksimum GKÖO değeri 5. ve 6. katlarda %1.113'dür. P-delta durumunda ise TH için maksimum GKÖO değeri 9. ve 10.katta %1.01 iken, PH için maksimum GKÖO değeri 5. ve 6.katta %1.152'dir. Tablo 5.12'de Y yönünde p-delta etkisinin dikkate alınmadığı durumda TH için maksimum GKÖO değeri 8. ve 9.katta %0.930 iken, PH için maksimum GKÖO değeri 6. ve 7.katta %0.971'dir. P-delta durumunda ise TH için maksimum GKÖO değeri 8. ve 9.katta %0.931 iken, PH için maksimum GKÖO değeri 6. ve 7.katlarda %0.994'dür.

**Tablo 5.7:** X yönünde dikdörtgen itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analizlerin görelî kat ötelenme oranı değerleri (%)

KAT	TH p-delta'sız	PH p-delta'sız	KAT	TH p-deltalı	PH p-deltalı
15	0.000	0.000	15	0.000	0.000
15	0.877	0.490	15	0.854	0.492
14	0.877	0.490	14	0.854	0.492
14	0.928	0.548	14	0.901	0.552
13	0.928	0.548	13	0.901	0.552
13	0.978	0.553	13	0.950	0.618
12	0.978	0.553	12	0.950	0.618
12	1.015	0.749	12	0.988	0.694
11	1.015	0.749	11	0.988	0.694
11	1.030	0.767	11	1.009	0.775
10	1.030	0.767	10	1.009	0.775
10	1.021	0.844	10	1.010	0.855
9	1.021	0.844	9	1.010	0.855
9	0.987	0.912	9	0.990	0.926
8	0.987	0.912	8	0.990	0.926
8	0.931	0.966	8	0.949	0.982
7	0.931	0.966	7	0.949	0.982
7	0.857	0.998	7	0.888	1.016
6	0.857	0.998	6	0.888	1.016
6	0.765	1.003	6	0.806	1.021
5	0.765	1.003	5	0.806	1.021
5	0.659	0.972	5	0.704	0.988
4	0.659	0.972	4	0.704	0.988
4	0.539	0.901	4	0.584	0.912
3	0.539	0.901	3	0.584	0.912
3	0.404	0.779	3	0.445	0.783
2	0.404	0.779	2	0.445	0.783
2	0.265	0.590	2	0.293	0.588
1	0.265	0.590	1	0.293	0.588
1	0.124	0.296	1	0.128	0.286
0	0.124	0.296	0	0.128	0.286

**Tablo 5.8:** Y yönünde dikdörtgen itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analizlerin görelî kat ötelenme oranı değerleri (%)

KAT	TH p-delta'sız	PH p-delta'sız	KAT	TH p-deltalı	PH p-deltalı
15	0.000	0.000	15	0.000	0.000
15	0.613	0.309	15	0.651	0.335
14	0.613	0.309	14	0.651	0.335
14	0.673	0.385	14	0.711	0.383
13	0.673	0.385	13	0.711	0.383
13	0.745	0.452	13	0.781	0.451
12	0.745	0.452	12	0.781	0.451
12	0.814	0.537	12	0.845	0.537
11	0.814	0.537	11	0.845	0.537
11	0.872	0.631	11	0.895	0.634
10	0.872	0.631	10	0.895	0.634
10	0.912	0.729	10	0.924	0.735
9	0.912	0.729	9	0.924	0.735
9	0.930	0.824	9	0.931	0.833
8	0.930	0.824	8	0.931	0.833
8	0.923	0.907	8	0.912	0.920
7	0.923	0.907	7	0.912	0.920
7	0.884	0.971	7	0.878	0.986
6	0.884	0.971	6	0.878	0.986
6	0.801	1.006	6	0.814	1.023
5	0.801	1.006	5	0.814	1.023
5	0.732	1.003	5	0.730	1.020
4	0.732	1.003	4	0.730	1.020
4	0.637	0.954	4	0.625	0.967
3	0.637	0.954	3	0.625	0.967
3	0.515	0.846	3	0.498	0.854
2	0.515	0.846	2	0.498	0.854
2	0.367	0.670	2	0.351	0.672
1	0.367	0.670	1	0.351	0.672
1	0.182	0.363	1	0.174	0.360
0	0.182	0.363	0	0.174	0.360

**Tablo 5.9:** X yönünde eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analizlerin görel kat ötelenme oranı değerleri (%)

KAT	TH p-delta'sız	PH p-delta'sız	KAT	TH p-detalı	PH p-detalı
15	0.000	0.000	15	0.000	0.000
15	0.877	0.578	15	0.854	0.611
14	0.877	0.578	14	0.854	0.611
14	0.928	0.647	14	0.901	0.645
13	0.928	0.647	13	0.901	0.645
13	0.978	0.713	13	0.950	0.712
12	0.978	0.713	12	0.950	0.712
12	1.015	0.785	12	0.988	0.785
11	1.015	0.785	11	0.988	0.785
11	1.030	0.854	11	1.009	0.857
10	1.030	0.854	10	1.009	0.857
10	1.021	0.915	10	1.010	0.921
9	1.021	0.915	9	1.010	0.921
9	0.987	0.961	9	0.990	0.970
8	0.987	0.961	8	0.990	0.970
8	0.931	0.987	8	0.949	0.999
7	0.931	0.987	7	0.949	0.999
7	0.857	0.987	7	0.888	1.001
6	0.857	0.987	6	0.888	1.001
6	0.765	0.956	6	0.806	0.971
5	0.765	0.956	5	0.806	0.971
5	0.659	0.892	5	0.704	0.906
4	0.659	0.892	4	0.704	0.906
4	0.539	0.791	4	0.584	0.802
3	0.539	0.791	3	0.584	0.802
3	0.404	0.649	3	0.445	0.655
2	0.404	0.649	2	0.445	0.655
2	0.265	0.461	2	0.293	0.461
1	0.265	0.461	1	0.293	0.461
1	0.124	0.200	1	0.128	0.198
0	0.124	0.200	0	0.128	0.198

**Tablo 5.10:** Y yönünde eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analizlerin görelî kat ötelenme oranı değerleri (%)

KAT	TH p-delta'sız	PH p-delta'sız	KAT	TH p-delta'lı	PH p-delta'lı
15	0.000	0.000	15	0.000	0.000
15	0.613	0.400	15	0.651	0.393
14	0.613	0.400	14	0.651	0.393
14	0.673	0.464	14	0.711	0.461
13	0.673	0.464	13	0.711	0.461
13	0.745	0.539	13	0.781	0.538
12	0.745	0.539	12	0.781	0.538
12	0.814	0.628	12	0.845	0.629
11	0.814	0.628	11	0.845	0.629
11	0.872	0.721	11	0.895	0.724
10	0.872	0.721	10	0.895	0.724
10	0.912	0.808	10	0.924	0.815
9	0.912	0.808	9	0.924	0.815
9	0.930	0.884	9	0.931	0.895
8	0.930	0.884	8	0.931	0.895
8	0.923	0.940	8	0.912	0.955
7	0.923	0.940	7	0.912	0.955
7	0.884	0.970	7	0.878	0.988
6	0.884	0.970	6	0.878	0.988
6	0.801	0.968	6	0.814	0.988
5	0.801	0.968	5	0.814	0.988
5	0.732	0.928	5	0.730	0.947
4	0.732	0.928	4	0.730	0.947
4	0.637	0.845	4	0.625	0.862
3	0.637	0.845	3	0.625	0.862
3	0.515	0.715	3	0.498	0.727
2	0.515	0.715	2	0.498	0.727
2	0.367	0.530	2	0.351	0.537
1	0.367	0.530	1	0.351	0.537
1	0.182	0.254	1	0.174	0.256
0	0.182	0.254	0	0.174	0.256

**Tablo 5.11:** X yönünde modal itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analizlerin görelî kat ötelenme oranı değerleri (%)

KAT	TH p-delta'sız	PH p-delta'sız	KAT	TH p-deltalı	PH p-deltalı
15	0.000	0.000	15	0.000	0.000
15	0.877	0.295	15	0.854	0.266
14	0.877	0.295	14	0.854	0.266
14	0.928	0.347	14	0.901	0.323
13	0.928	0.347	13	0.901	0.323
13	0.978	0.442	13	0.950	0.415
12	0.978	0.442	12	0.950	0.415
12	1.015	0.558	12	0.988	0.532
11	1.015	0.558	11	0.988	0.532
11	1.030	0.685	11	1.009	0.664
10	1.030	0.685	10	1.009	0.664
10	1.021	0.812	10	1.010	0.799
9	1.021	0.812	9	1.010	0.799
9	0.987	0.927	9	0.990	0.927
8	0.987	0.927	8	0.990	0.927
8	0.931	1.022	8	0.949	1.035
7	0.931	1.022	7	0.949	1.035
7	0.857	1.086	7	0.888	1.114
6	0.857	1.086	6	0.888	1.114
6	0.765	1.113	6	0.806	1.152
5	0.765	1.113	5	0.806	1.152
5	0.659	1.095	5	0.704	1.141
4	0.659	1.095	4	0.704	1.141
4	0.539	1.026	4	0.584	1.073
3	0.539	1.026	3	0.584	1.073
3	0.404	0.898	3	0.445	0.941
2	0.404	0.898	2	0.445	0.941
2	0.265	0.699	2	0.293	0.730
1	0.265	0.699	1	0.293	0.730
1	0.124	0.361	1	0.128	0.372
0	0.124	0.361	0	0.128	0.372



**Tablo 5.12:** Y yönünde modal itme deseni kullanılarak yapılan statik analiz ile dinamik analizlerin görel kat ötelenme oranı değerleri (%)

KAT	TH p-delta'sız	PH p-delta'sız	KAT	TH p-delta'lı	PH p-delta'lı
15	0.000	0.000	15	0.000	0.000
15	0.613	0.452	15	0.651	0.380
14	0.613	0.452	14	0.651	0.380
14	0.673	0.454	14	0.711	0.457
13	0.673	0.454	13	0.711	0.457
13	0.745	0.531	13	0.781	0.534
12	0.745	0.531	12	0.781	0.534
12	0.814	0.621	12	0.845	0.627
11	0.814	0.621	11	0.845	0.627
11	0.872	0.716	11	0.895	0.724
10	0.872	0.716	10	0.895	0.724
10	0.912	0.806	10	0.924	0.818
9	0.912	0.806	9	0.924	0.818
9	0.930	0.883	9	0.931	0.900
8	0.930	0.883	8	0.931	0.900
8	0.923	0.941	8	0.912	0.961
7	0.923	0.941	7	0.912	0.961
7	0.884	0.971	7	0.878	0.994
6	0.884	0.971	6	0.878	0.994
6	0.801	0.968	6	0.814	0.993
5	0.801	0.968	5	0.814	0.993
5	0.732	0.926	5	0.730	0.951
4	0.732	0.926	4	0.730	0.951
4	0.637	0.842	4	0.625	0.863
3	0.637	0.842	3	0.625	0.863
3	0.515	0.709	3	0.498	0.726
2	0.515	0.709	2	0.498	0.726
2	0.367	0.524	2	0.351	0.534
1	0.367	0.524	1	0.351	0.534
1	0.182	0.249	1	0.174	0.253
0	0.182	0.249	0	0.174	0.253

#### 5.4 Plastik Mafsal Hasar Sınırlarının Değerlendirilmesi

Tez çalışması kapsamında iki yönde ve p-delta etkilerinin analizlere dahil edilip edilmemesine göre ayrı ayrı yapılan doğrusal elastik olmayan statik ve dinamik analizler ile kolon ve kirişler için plastik mafsal hasar sınırları belirlenmiş ve analiz yöntemleri arasında kıyaslamalar yapılmıştır (Tablo 5.13-5.20). Doğrusal elastik olmayan dinamik analizler için hasar sınırları her iki yönde en yüksek çatı deplasman değerinin elde edildiği Northr-Nwh360 deprem ivme kaydına göre hesaplanmıştır. Doğrusal elastik olmayan statik analizler için ise eşdeğer deprem yükü itme deseni kullanılmıştır.

Tablo 5.13’de x yönü p-delta etkisinin dikkate alınmadığı durum için kiriş hasar sınırlarının yöntemler arası kıyaslaması verilmiştir. Dinamik analiz bu yönde kiriş hasar sınırları üzerinde daha etkili olduğu görülmektedir. Özellikle 10-12.katlarda dinamik analizler ile kirişlerin %2.12 si Göçme Bölgesinde olmasına rağmen statik analiz ile göçme bölgesinde kiriş eleman yoktur. Dinamik analiz ile İleri Hasar Bölgesinde maksimum hasar 13.katta %34.04, statik analiz ile 8.katta %19.14’dür. Ayrıca bu yönde p-delta etkilerinin kiriş hasar sınırları üzerindeki etkisi statik analizler için sınırlı seviyede kalsa da, dinamik analizler için üst katlarda İleri Hasar Bölgesinde etkili olmuştur (Tablo 5.14).

Tablo 5.15 incelendiğinde x yönü p-delta etkisinin dikkate alınmadığı durumda dinamik analizlerin kolon hasar sınırları üzerinde, statik analizlere göre daha etkili olduğu görülmüştür. Kolon elemanların tamamı p-delta etkisinin dikkate alınmadığı durumda Minimum Hasar ve Belirgin Hasar Bölgesindedir. Ancak bu durum p-delta etkileri ile değişmektedir. 2.katta kolonların %3.33’ü dinamik analizler ile İleri Hasar Bölgesine geçmiştir (Tablo 5.16). Fakat yine de genel olarak değerlendirildiğinde p-delta etkilerinin kolon hasar sınırları üzerindeki etkisi sınırlı seviyede kalmıştır.

Tablo 5.17-5.18’de ise y yönü için kolon ve kirişlere ait hasar sınırlarının karşılaştırılması verilmiştir. Bu yönde de dinamik analizler, statik analizlere göre daha etkilidir. Tablo 5.17 incelendiğinde p-delta etkisinin dikkate alınmadığı durumda 6.-10.katlarda dinamik analiz ile kirişlerin maksimum %4.25’i Göçme bölgesindedir. Fakat bu durum statik analizlerde %2.12’de kalmıştır. Dinamik

analizler ile 7.ve 8. katta kirişlerin maksimum %14.89'u İleri Hasar Bölgesinde iken, statik analizlerde 6.katta maksimum %14.89'dur. Tablo 5.18 incelendiğinde p delta etkilerinin statik analizler için etkisinin sınırlı düzeyde kaldığı görülmektedir. Fakat dinamik analizler için durum farklıdır. Özellikle 11.-13.katlarda dinamik analizler ile p-delta etkisinin dikkate alınmadığı durumda kirişlerin %2.12'si Göçme Bölgesinde iken, bu oran p-delta etkileri ile %4.25'e yükselmiştir. P-delta etkisinin dikkate alınmadığı durumda dinamik analizler için 14. ve 15. katta Göçme Bölgesinde kiriş bulunmazken, p-delta etkileri ile bu oran %2.12'ye yükselmiştir.

Y yönünde, p-delta etkisinin dikkate alınmadığı durum ve p-delta etkileri altında kolon hasar sınırlarının kıyaslanması Tablo 5.19-5.20'de verilmiştir. Kolonların tamamı Minimum Hasar Bölgesi ve Belirgin Hasar Bölgesindedir. Tablo 5.19'da p-delta etkisinin dikkate alınmadığı durum için dinamik analiz sonucu kolonların maksimum %46.66'sı Minimum Hasar Bölgesinde iken, statik analizler ile bu değer yine 1.katta %33.33'dür. Tablo 5.20 incelendiğinde p-delta etkilerinin statik analiz ile elde edilen hasar sınırları üzerindeki etkisinin sınırlı olduğu görülmektedir. Ancak dinamik analizler için durum farklıdır. Özellikle üst katlarda p-delta etkisi ile hasar sınırları artmıştır. 15. katta p-delta etkisi ile kolonların %3.33'ü Belirgin Hasar Bölgesine geçmiştir.

**Tablo 5.13:** X yönü, p-delta'sız durumda kiriş hasar sınırlarının kıyaslanması

Kat No	MİNİMUM HASAR		BELİRGİN HASAR		İLERİ HASAR		GÖÇME BÖLGESİ	
	Statik	Dinamik	Statik	Dinamik	Statik	Dinamik	Statik	Dinamik
15	%10.63	%27.65	%53.31	%42.55	%2.13	%17.02	%0.00	%0.00
14	%14.89	%21.28	%53.31	%40.42	%2.13	%29.78	%0.00	%0.00
13	%12.76	%21.28	%53.31	%36.17	%2.13	%34.04	%0.00	%0.00
12	%12.76	%27.65	%53.31	%31.91	%4.25	%31.91	%0.00	%2.12
11	%17.02	%25.53	%51.06	%34.04	%8.51	%31.91	%0.00	%2.12
10	%14.89	%23.40	%42.55	%38.29	%17.02	%31.91	%0.00	%2.12
9	%19.14	%23.40	%42.55	%40.42	%17.02	%31.91	%0.00	%0.00
8	%21.27	%27.66	%40.42	%40.42	%19.14	%27.66	%0.00	%0.00
7	%29.78	%31.91	%44.68	%42.55	%14.89	%19.14	%0.00	%0.00
6	%29.78	%29.78	%46.80	%55.31	%12.76	%4.25	%0.00	%0.00
5	%31.91	%25.53	%57.44	%57.44	%2.12	%2.12	%0.00	%0.00
4	%31.91	%21.27	%57.44	%59.57	%2.12	%0.00	%0.00	%0.00
3	%29.78	%21.27	%59.57	%57.44	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
2	%29.78	%21.27	%57.44	%57.44	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
1	%19.15	%17.02	%57.44	%48.93	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00

**Tablo 5.14:** X yönü, p-delta durumunda kiriş hasar sınırlarının kıyaslanması

Kat No	MİNİMUM HASAR		BELİRGİN HASAR		İLERİ HASAR		GÖÇME BÖLGESİ	
	Statik	Dinamik	Statik	Dinamik	Statik	Dinamik	Statik	Dinamik
15	%10.63	%27.65	%55.31	%34.04	%2.12	%25.53	%0.00	%0.00
14	%14.89	%21.27	%55.31	%38.29	%2.12	%31.91	%0.00	%0.00
13	%10.63	%23.4	%55.31	%36.17	%4.25	%31.91	%0.00	%2.12
12	%10.63	%25.53	%51.06	%31.91	%8.51	%34.04	%0.00	%2.12
11	%14.89	%25.53	%42.55	%31.91	%17.02	%36.17	%0.00	%2.12
10	%19.14	%19.14	%42.55	%40.42	%19.14	%34.04	%0.00	%2.12
9	%19.14	%19.14	%40.42	%44.68	%19.14	%31.91	%0.00	%0.00
8	%23.4	%27.65	%38.29	%38.29	%21.27	%29.78	%0.00	%0.00
7	%29.78	%31.91	%42.55	%42.55	%21.27	%19.15	%0.00	%0.00
6	%31.91	%29.78	%51.06	%51.06	%14.89	%8.51	%0.00	%0.00
5	%29.78	%25.53	%57.44	%57.44	%4.25	%2.12	%0.00	%0.00
4	%29.78	%23.40	%59.57	%59.57	%2.12	%0.00	%0.00	%0.00
3	%31.91	%21.27	%57.44	%57.44	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
2	%31.91	%21.27	%57.44	%57.44	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
1	%17.02	%14.89	%51.06	%51.06	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00

**Tablo 5.15:** X yönü, p-delta'sız durumda kolon hasar sınırlarının kıyaslanması

Kat No	MİNİMUM HASAR		BELİRGİN HASAR		İLERİ HASAR		GÖÇME BÖLGESİ	
	Statik	Dinamik	Statik	Dinamik	Statik	Dinamik	Statik	Dinamik
15	%3.33	%0.00	%3.33	%6.66	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
14	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
13	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
12	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
11	%0.00	%3.33	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
10	%0.00	%6.66	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
9	%0.00	%6.66	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
8	%0.00	%6.66	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
7	%0.00	%6.66	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
6	%3.33	%3.33	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
5	%3.33	%3.33	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
4	%3.33	%6.66	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
3	%4.25	%6.66	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
2	%13.33	%6.66	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
1	%36.66	%30.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00

**Tablo 5.16:** X yönü, p-delta'lı durumda kolon hasar sınırlarının kıyaslanması

Kat No	MİNİMUM HASAR		BELİRGİN HASAR		İLERİ HASAR		GÖÇME BÖLGESİ	
	Statik	Dinamik	Statik	Dinamik	Statik	Dinamik	Statik	Dinamik
15	%3.33	%0.00	%3.33	%6.66	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
14	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
13	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
12	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
11	%0.00	%0.00	%0.00	%3.33	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
10	%0.00	%3.33	%0.00	%3.33	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
9	%0.00	%3.33	%0.00	%3.33	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
8	%0.00	%3.33	%0.00	%3.33	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
7	%0.00	%3.33	%0.00	%3.33	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
6	%3.33	%6.66	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
5	%3.33	%0.00	%0.00	%3.33	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
4	%3.33	%3.33	%0.00	%3.33	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
3	%6.66	%3.33	%0.00	%3.33	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
2	%10.00	%10.00	%3.33	%0.00	%0.00	%3.33	%0.00	%0.00
1	%36.66	%30.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00

**Tablo 5.17:** Y yönü, p-delta'sız durumda kiriş hasar sınırlarının kıyaslanması

Kat No	MİNİMUM HASAR		BELİRGİN HASAR		İLERİ HASAR		GÖÇME BÖLGESİ	
	Statik	Dinamik	Statik	Dinamik	Statik	Dinamik	Statik	Dinamik
15	%14.89	%12.76	%42.55	%42.55	%2.12	%4.25	%0.00	%0.00
14	%12.76	%14.89	%44.68	%38.29	%2.12	%8.51	%0.00	%0.00
13	%12.76	%17.02	%40.42	%38.29	%6.38	%6.38	%0.00	%2.12
12	%14.89	%21.27	%38.29	%38.29	%8.51	%6.38	%0.00	%2.12
11	%21.27	%21.27	%38.29	%38.29	%8.51	%6.38	%0.00	%2.12
10	%23.40	%23.40	%38.29	%34.04	%6.38	%8.51	%2.12	%4.25
9	%23.40	%23.40	%38.29	%29.78	%6.38	%12.76	%2.12	%4.25
8	%21.27	%21.27	%38.29	%29.78	%8.51	%14.89	%2.12	%4.25
7	%21.27	%21.27	%31.91	%29.78	%12.76	%14.89	%4.25	%4.25
6	%21.27	%23.40	%31.91	%31.91	%14.89	%10.63	%2.12	%4.25
5	%21.27	%23.40	%36.17	%38.29	%10.63	%6.38	%2.12	%2.12
4	%23.40	%23.40	%36.17	%36.17	%6.38	%8.51	%2.12	%0.00
3	%23.40	%19.15	%36.17	%40.42	%8.51	%4.25	%0.00	%0.00
2	%17.02	%17.02	%40.42	%42.55	%2.12	%0.00	%0.00	%0.00
1	%10.63	%8.51	%40.42	%40.42	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00

**Tablo 5.18:** Y yönü, p-deltalı durumda kiriş hasar sınırlarının kıyaslanması

Kat No	MİNİMUM HASAR		BELİRGİN HASAR		İLERİ HASAR		GÖÇME BÖLGESİ	
	Statik	Dinamik	Statik	Dinamik	Statik	Dinamik	Statik	Dinamik
15	%14.89	%14.89	%42.55	%40.42	%2.12	%6.38	%0.00	%2.12
14	%12.76	%21.27	%44.68	%38.29	%2.12	%6.38	%0.00	%2.12
13	%12.76	%21.27	%40.42	%36.17	%6.38	%6.38	%0.00	%4.25
12	%14.89	%21.27	%38.29	%34.04	%8.51	%8.51	%0.00	%4.25
11	%21.27	%21.27	%38.29	%29.78	%6.38	%14.89	%2.12	%4.25
10	%21.27	%21.27	%38.29	%23.40	%6.38	%21.27	%2.12	%4.25
9	%23.40	%21.27	%36.17	%23.40	%8.51	%21.27	%2.12	%4.25
8	%21.27	%21.27	%36.17	%21.27	%10.63	%21.27	%2.12	%4.25
7	%21.27	%21.27	%31.91	%29.78	%12.76	%14.89	%4.25	%4.25
6	%21.27	%21.27	%31.91	%29.78	%12.76	%14.89	%4.25	%4.25
5	%21.27	%23.40	%31.91	%38.29	%14.89	%6.38	%2.12	%2.12
4	%21.27	%23.40	%38.29	%36.17	%6.38	%8.51	%2.12	%0.00
3	%23.40	%19.14	%36.17	%40.42	%8.51	%4.25	%0.00	%0.00
2	%19.14	%17.02	%40.42	%42.55	%2.12	%0.00	%0.00	%0.00
1	%12.76	%8.51	%40.42	%40.42	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00

**Tablo 5.19:** Y yönü, p-delta'sız durumda kolon hasar sınırlarının kıyaslanması

Kat No	MİNİMUM HASAR		BELİRGİN HASAR		İLERİ HASAR		GÖÇME BÖLGESİ	
	Statik	Dinamik	Statik	Dinamik	Statik	Dinamik	Statik	Dinamik
15	%0.00	%10.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
14	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
13	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
12	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
11	%0.00	%3.33	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
10	%0.00	%3.33	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
9	%3.33	%3.33	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
8	%3.33	%3.33	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
7	%3.33	%3.33	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
6	%3.33	%3.33	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
5	%6.66	%10.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
4	%6.66	%10.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
3	%13.33	%16.66	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
2	%20.00	%16.66	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
1	%33.33	%46.66	%20.00	%6.66	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00

**Tablo 5.20:** Y yönü, p-deltalı durumda kolon hasar sınırlarının kıyaslanması

Kat No	MİNİMUM HASAR		BELİRGİN HASAR		İLERİ HASAR		GÖÇME BÖLGESİ	
	Statik	Dinamik	Statik	Dinamik	Statik	Dinamik	Statik	Dinamik
15	%0.00	%0.00	%0.00	%3.33	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
14	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
13	%0.00	%3.33	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
12	%0.00	%3.33	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
11	%0.00	%6.66	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
10	%0.00	%3.33	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
9	%3.33	%6.66	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
8	%3.33	%6.66	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
7	%3.33	%6.66	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
6	%3.33	%13.33	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
5	%6.66	%13.33	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
4	%6.66	%13.33	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
3	%13.33	%16.66	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
2	%23.33	%16.66	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00
1	%33.33	%46.66	%20.00	%6.66	%0.00	%0.00	%0.00	%0.00

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

### 6.1 Elde Edilen Bulgular

Çok katlı betonarme binaların sismik performanslarını değerlendirmek amacıyla, DBYBHY-2007 şartlarına göre tasarlanan 15 katlı perdeli-çerçeve taşıyıcı sisteme sahip betonarme gerçek bir binanın, doğrusal elastik olmayan dinamik ve statik analiz yöntemleri kullanılarak sismik davranışı incelenmiştir. Bu amaçla çatı deplasman talebi, görelî kat ötelenme oranları, deplasman profilleri, taban kesme kuvveti, plastik mafsallarda hasar dağılımı gibi bir çok parametre dikkate alınarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. 21 adet gerçek deprem ivme kaydı kullanılarak yapılan zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan dinamik analizler ile üç farklı itme deseni kullanılarak yapılan doğrusal elastik olmayan statik itme analizleri sonucu elde edilen veriler kıyaslanıp, yöntemler arası değerlendirmeler yapılmıştır.

Çalışmadan elde edilen bulgular aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

- Kullanılan binanın simetrik olmayan geometrisi sebebiyle oluşan periyot ve rijitlik farklılıkları, x ve y yönünde statik ve dinamik analizler ile elde edilen kapasite ve talepler üzerinde doğrudan etkilidir.
- İtme analizlerinde bina taban kesme kapasitesinin düşük olması perde modellemesi ile ilgili olup dayanım kapasitesi olması gerekenden daha düşük bulunmuştur. Bu durum dayanım kapasitesinin doğru tahmin edilmesini olumsuz etkilemiştir. Ancak deplasman profilleri ile ilgili kıyaslamalar üzerindeki etkisi sınırlıdır.
- Üç farklı itme deseni kullanılarak her iki yönde yapılan doğrusal elastik olmayan statik analizler sonucu, en yüksek kapasite değeri her iki yönde de dikdörtgen itme deseni ile elde edilirken, en düşük kapasite değeri modal itme deseni kullanılarak yapılan analizler sonucu elde edilmiştir.



- Dikdörtgen itme deseni ile elde edilen kapasite değerleri ile dinamik analiz sonucu elde edilen talepler birbirlerine yakın sonuçlar vermiştir. Ancak modal itme deseni ile elde edilen kapasite değerleri dinamik analiz sonucu elde edilen taleplerin oldukça altında kalmıştır. Bu çalışma sonucunda, yüksek katlı binalar için dikdörtgen itme deseni en etkili ve en uygun kuvvet modeli olarak belirlenmiştir. Modal itme deseni yüksek katlı binalar için önerilmemektedir.
- P-delta etkilerinin, her üç itme deseni için de bina kapasitesi üzerinde, daha yüksek periyoda ve daha düşük rijitliğe sahip olan x yönünde daha etkili olduğu görülmüştür.
- Yapısal elemanlarda oluşan plastik mafsalların kat içinde ve katlar arası dağılımı dinamik analiz yöntemlerinin doğası gereği kullanılan ivme kaydının frekans içeriği, süresi ve şiddetinden doğrudan etkilenmektedir. Bu durum dinamik analiz yöntemleri ile bina deprem davranışı hakkında kesin bir sonuca ulaşmayı zorlaştırmaktadır. Ancak aynı çatı deplasmanı altında statik ve dinamik analizler arasında plastik mafsallarda hasar durumları kıyaslandığında dinamik analizlerin hasar oluşumunda daha etkili olduğu görülmüştür.
- Doğrusal elastik olmayan statik ve dinamik analizler ile elde edilen ortalama deplasman profilleri aynı çatı deplasman değeri altında kıyaslanmış ve tüm katlarda statik analizler ile elde edilen değerler dinamik analizlere göre daha yüksek hesaplanmıştır. Ayrıca deplasman profilleri arasındaki en yüksek fark modal itme deseni kullanılarak yapılan statik analizler ve dinamik analizler ile elde edilen deplasman profilleri arasında hesaplanmıştır.
- Doğrusal elastik olmayan statik ve dinamik analizler arasındaki GKÖO değerlendirildiğinde statik analizlerden elde edilen değerler alt katlarda yoğunlaşırken, dinamik analiz sonuçları üst katlarda maksimum değerlere ulaşmıştır. Dinamik analizler, kullanılan ivme kayıtlarının dinamik özellikleri (frekans içeriği), dinamik büyütme, yüksek mod etkisi gibi özelliklerden doğrudan etkilenmektedir. Diğer analiz yöntemi statik olarak itildiği için değerler kuvvet talebinin maksimum olduğu alt katlarda yoğunlaşmaktadır. Doğrusal elastik

olmayan statik ve dinamik analizler ile elde edilen GKÖÖ değerlerinin farklı katlarda oluşması bu şekilde açıklanabilir.

## 6.2 Gelecek Çalışmalar İçin Öneriler

Gerçekleştirilen çalışma kapsamında 15 katlı perdeli-çerçeve taşıyıcı sisteme sahip betonarme bir bina modellenmiş ve doğrusal elastik olmayan statik ve dinamik analizlerle bina performansı belirlenmiş ve binanın deprem davranışı değerlendirilmiştir. Ancak özellikle dinamik analizlerden elde edilen sonuçlar kullanılan ivme kayıtlarının frekans içeriği, şiddeti ve süresi gibi dinamik parametrelere göre değişkenlik gösterdiği için, tek bir model üzerinde genel bir değerlendirme yapmak oldukça güçtür.

Bu sebeple:

- Model sayısının artırılması,
- Daha fazla ivme kaydı kullanılması,
- Farklı taşıyıcı sistemler kullanılması,
- Kat sayısının artırılması,
- Dolgu duvar etkisinin sisteme dahil edilmesi,
- Yumuşak kat etkisinin sisteme dahil edilmesi,

gibi farklı durumlarla çok katlı betonarme binaların sismik davranışları hakkında daha genel yorumlar yapmak mümkündür.

## 7. KAYNAKLAR

Aydinoğlu, M.N., Celep, Z., Özer, E. ve Sucuoğlu, H., “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik Açıklamalar ve Örnekler Kitabı”, İstanbul, (2012).

ATC40 Seismic Evaluation And Retrofit Of Concrete Buildings, *Applied Technology Council*, California, (1996).

Barboros, G., “Betonarme Yüksek Bir Yapının Deprem Performansının Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Çözümleme Yöntemi Kullanılarak Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul. (2011).

Başot, T., “Betonarme Yüksek Bir Binada DBYBHY İle İYBDY İlkelerinin Doğrusal Olmayan Dinamik Çözümleme İle Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2010).

Beşikçi, O.B., “Düşük ve Orta Yükseklikteki Yumuşak Katlı Binaların Deplasman Taleplerinin Doğrusal Elastik Olmayan Zaman Tanım Alanında Analizle Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, (2013).

Canbay, E., Ersoy, U., Özcebe, G., Sucuoğlu, H. ve Wasti, S.T., Binalar İçin Deprem Mühendisliği Temel İlkeler, Ankara: Bizim Büro Basımevi, (2008).

Causevic, M., Mitrovic, S., “Comparison Between Nonlinear Dynamic and Static Seismic Analysis of Structures According To European and US Provisions”, *Bull Earthquake Eng.*, 10518-010-9199-1, (2010).

Celep, Z., “Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme”, İstanbul: İhlas Gazetecilik, (2007).

Çavdar, Ö., Bayraktar, A., “Pushover and Nonlinear Time History Analysis Evaluation of a RC Building Collapsed During The Van (Turkey) Earthquake On October 23. 2011”, *Natural Hazards*, 70, 657-673, (2014).

Çaycı, B.T., “Yapı Zemin Etkileşiminin Mevcut Binaların Sismik Performansı Üzerindeki Etkileri”, Doktora Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, (2016).

Çelik, S. “Düşük Ve Orta Yükseklikteki Binaların Deplasman Taleplerinin Doğrusal Elastik Olmayan Zaman Tanım Alanında Analizle Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, (2011).

DBYBHY-2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, *Bayındırlık ve İskân Bakanlığı*, Ankara, (2007).

Döndüren, M.S., “Planda Değişik Geometriye Sahip Çok Katlı Betonarme Yapıların Zaman-Tanım Aralığında Dinamik Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul. (2011).

FEMA-356, Prestandard and Commentary for Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington, (2000).

İnel, M., Şenel, Ş.M. ve Özmen, H.B., “Düşük ve Orta Yükseklikteki Betonarme Yapıların Deprem Performanslarını Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi”, *Tübitak Proje No:107M569*, (2011).

İnel, M., Özmen, H.B., Çelik, S. Ve Onur, O., “Comparison of “Equivalent” SDOF and 3-D Models for Nonlinear Seismic Displacement Demand Estimates”, *9th International Congress on Advances in Civil Engineering*, Bildiri No:085, (2010).

Kalkan, E., Kunnath, S.K., “Assessment of Current Nonlinear Static Procedures For Seismic Evaluation Of Buildings”, *Engineering Structures*, 29, 305-316, (2007).

Karabulut, A., “TDY2007 Yönetmeliği ve Fema 440 Raporunda Tanımlanan Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemlerinin Mevcut Betonarme Binalar İçin Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul. (2011).

Korkmaz, K.A., Düzgün, M., “Statik Artımsal İtme Analizinde Kullanılan Yük Dağılımlarının Değerlendirilmesi”, *İMO Teknik Dergi*, 255, 3873-3878, (2006).

Korkmaz, A., “Çok Katlı Betonarme Çerçeve Yapıların Artımsal İtme Analizleri”, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Kütahya, (2006).

Krawinkler, H., Seneviratna, G.D.P.K., “Pros and Cons Of A Pushover Analysis of Seismic Performance Evaluation”, *Engineering Structures*, vol 20, 452-464, (1998).

Mander, J.B., Priestley, M.J.N. and Park, R., “Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete”, *ASCE: Journal of Structural Engineering*, 114(8),1804-1826, (1988).

Mwafy, A.M., Elnashai, A.S., “Static Pushover Versus Dynamic Collapse Analysis of RC Buildings”, *Engineering Structures*, 23, 407-424, (2001).

Özmen, H.B., İnel, M. ve Şenel, Ş.M., “Mevcut Türk Betonarme Yapı Stoğu Dayanım ve Deformasyon Özellikleri”, *Yedinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, (2011).

Peer, 15 June 2014, <http://peer.berkeley.edu>, (2011).

Penelis, G.G., Papanikolaou, V.K., “Nonlinear Static and Dynamic Behavior Of A 16-Story Torsionally Sensitive Building Designed According To Eurocodes”, *Journal Of Earthquake Engineering*, 14, 706-725, (2010).

SAP2000 ,CSI., Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures Basic Analysis Reference Manual, Berkeley, USA, (2013).

Semap, Sargı Etkisi Modelleme Analiz Programı; Tubitak Proje No: 105M024, (2008).

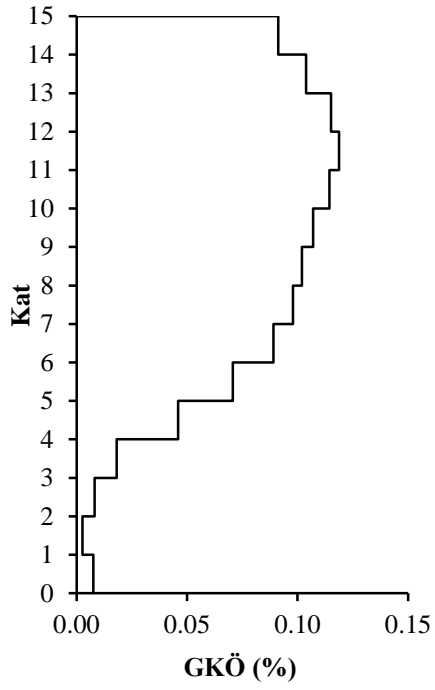
TS-500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (2000).

# **EKLER**

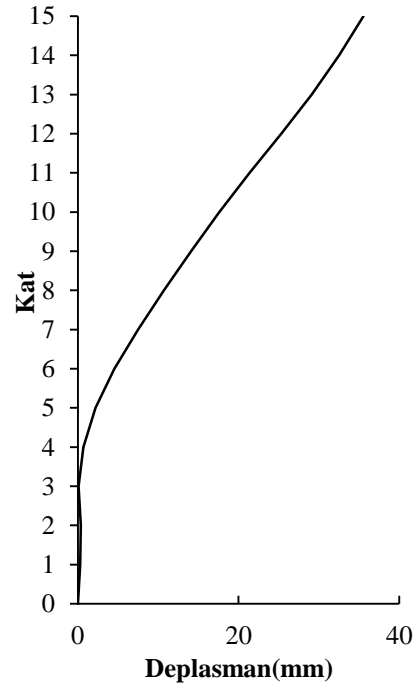
## 8. EKLER

### EK A.1 CAPEMEND-PET090 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar

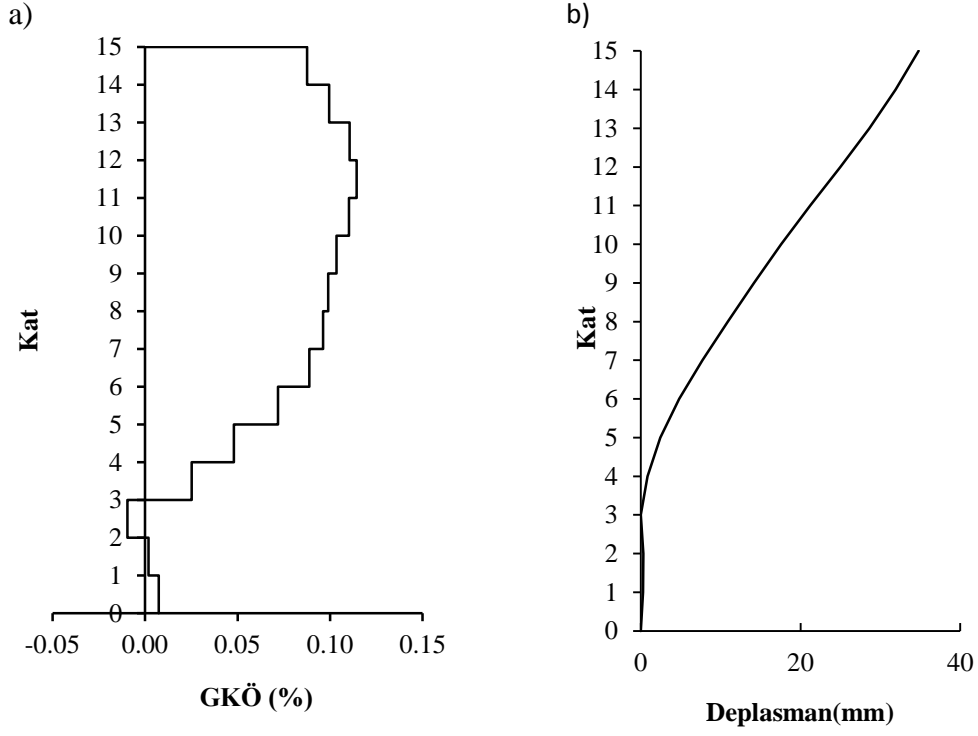
a)



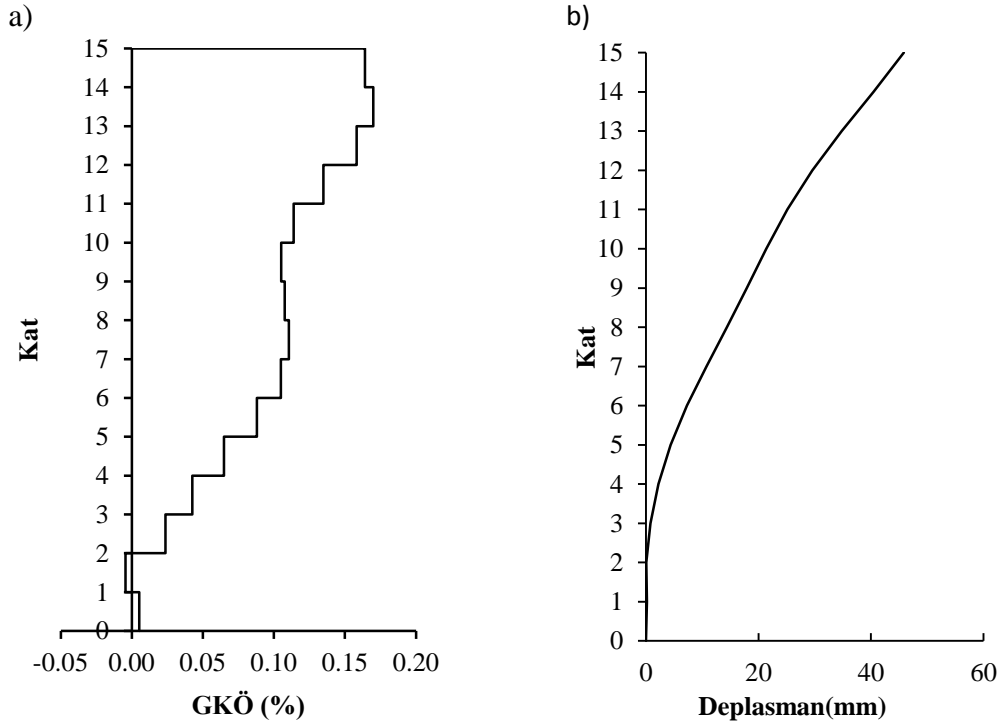
b)



**Şekil A.1:** Capemend-Pet090 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

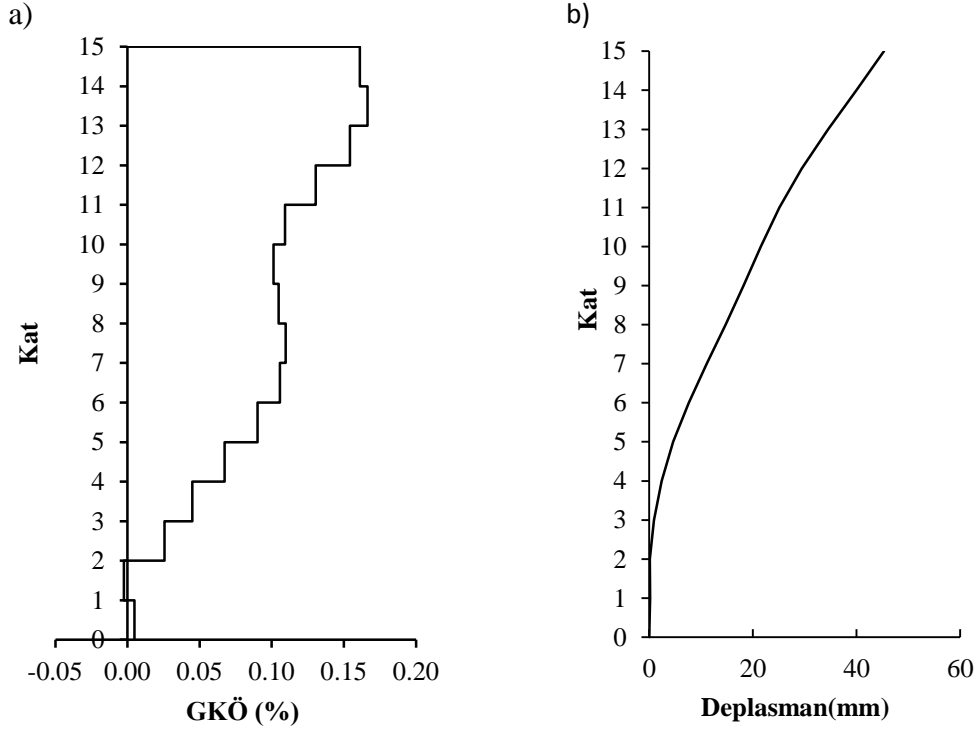


**Şekil A.2:** Capemend-Pet090 ivme kaydı altında x yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili



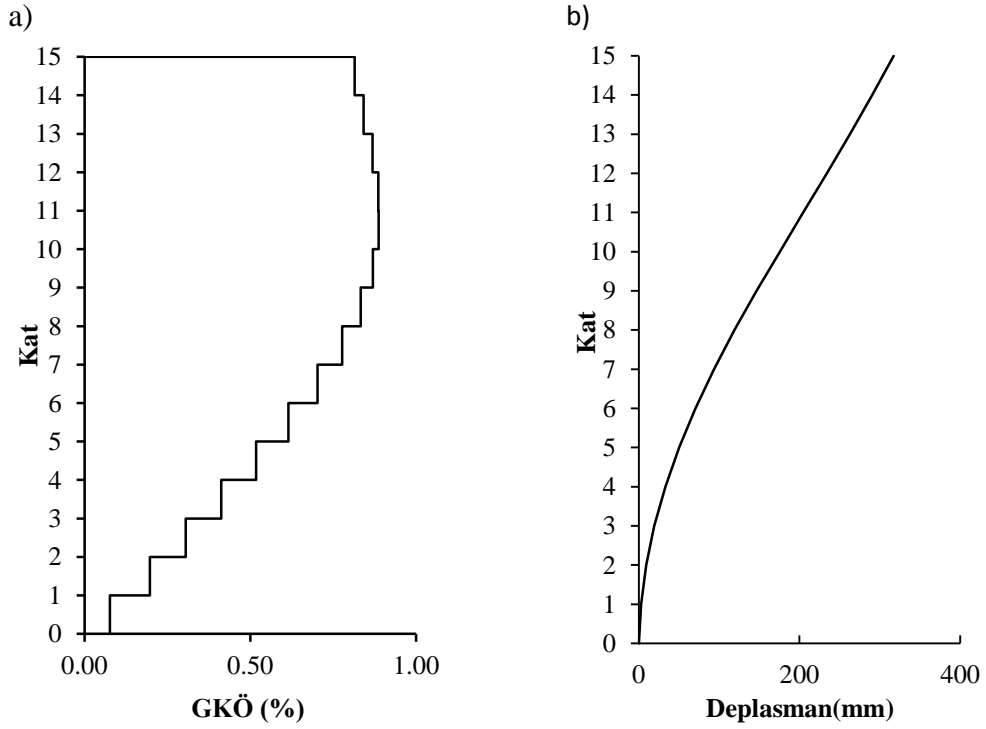
**Şekil A.3:** Capemend-Pet090 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili



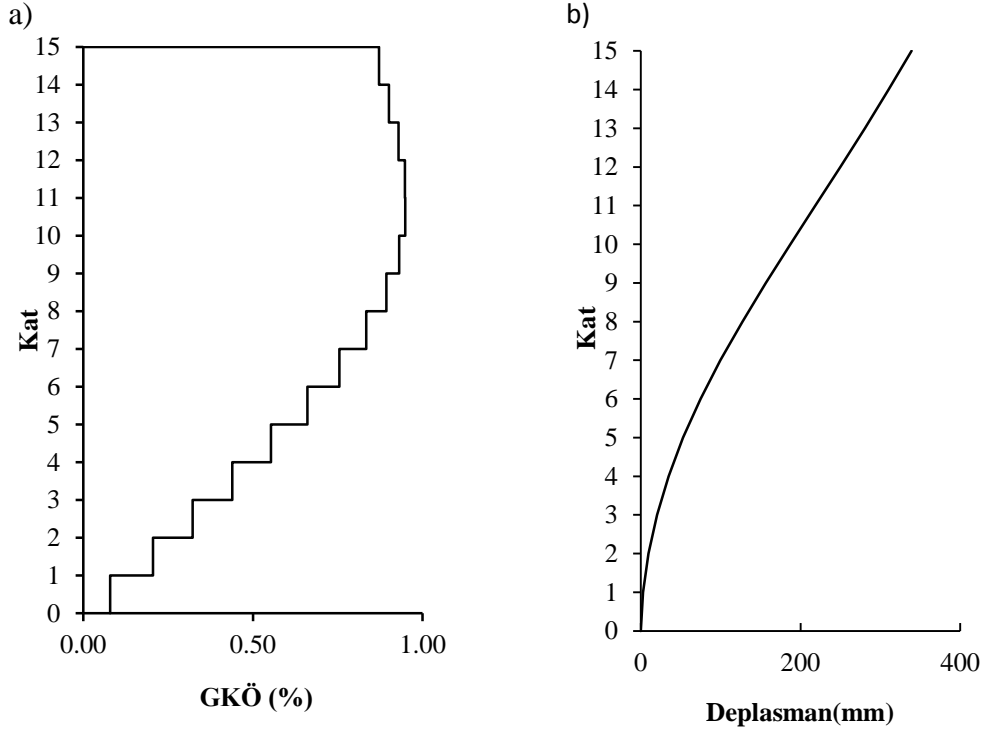


**Şekil A.4:** Capemend-Pet090 ivme kaydı altında y yönü p-deltaı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

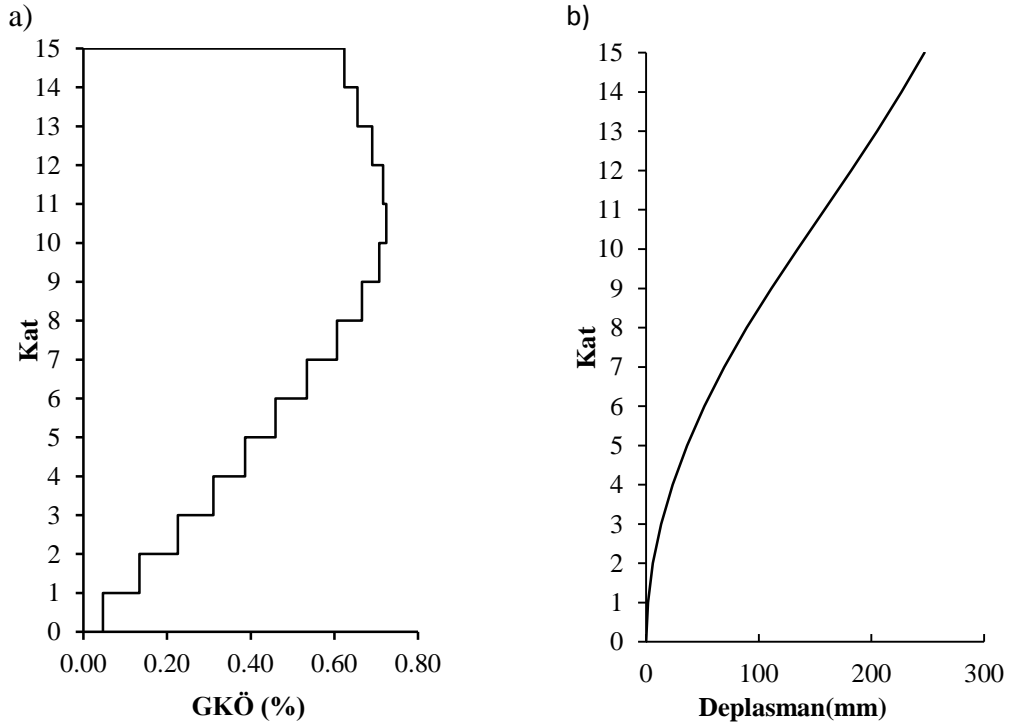
#### **EK A.2 DZC-BOL090 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar**



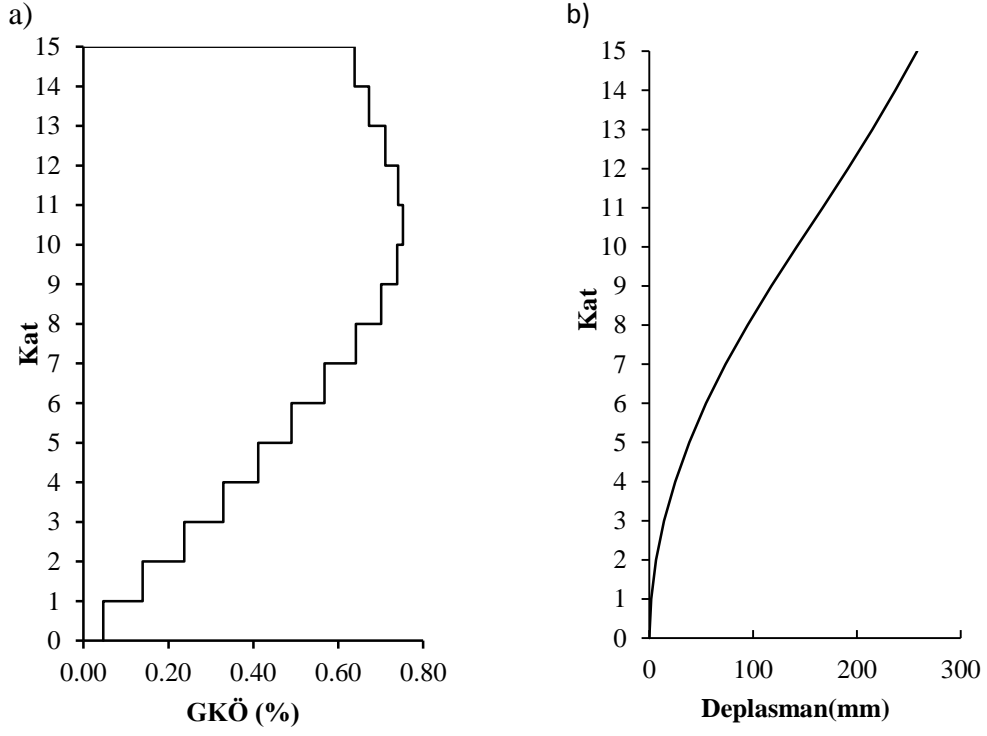
**Şekil A.5:** Dzc-Bol090 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili



**Şekil A.6:** Dzc-Bol090 ivme kaydı altında x yönü p-delta'lı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

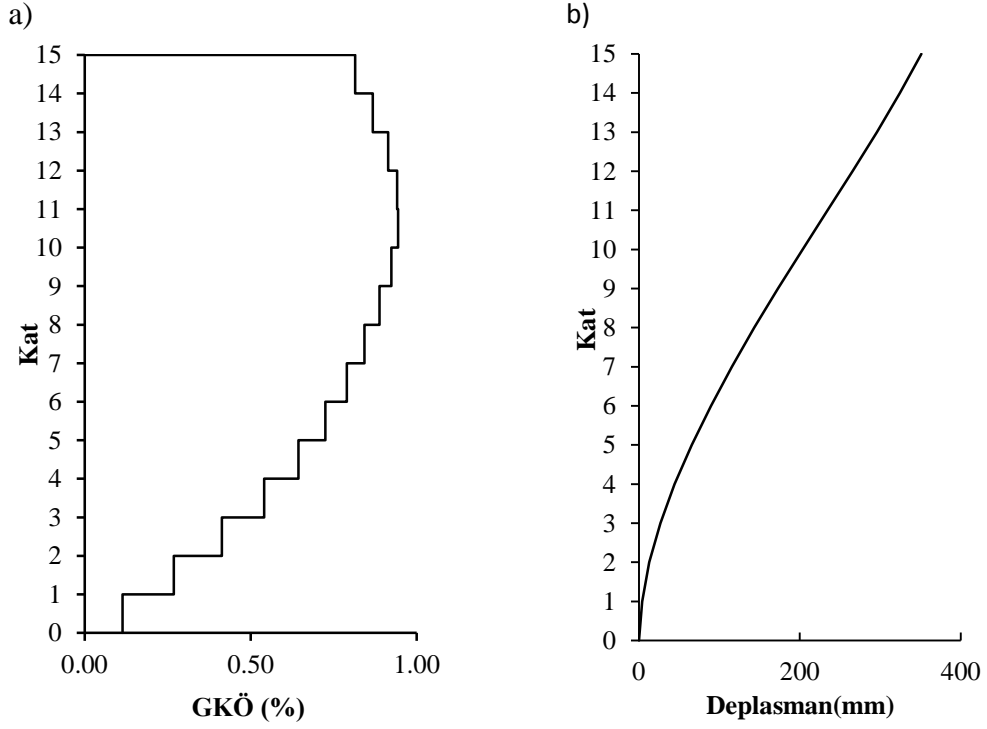


**Şekil A 7:** Dzc-Bol090 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

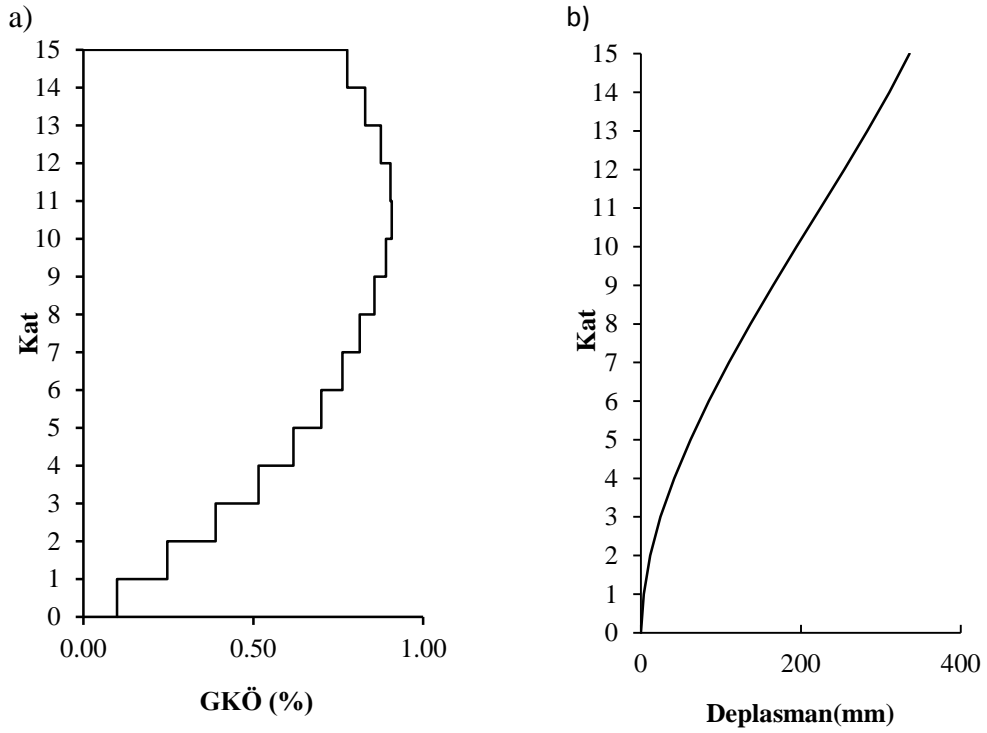


**Şekil A.8:** Dzc-Bol090 ivme kaydı altında y yönü p-deltaı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

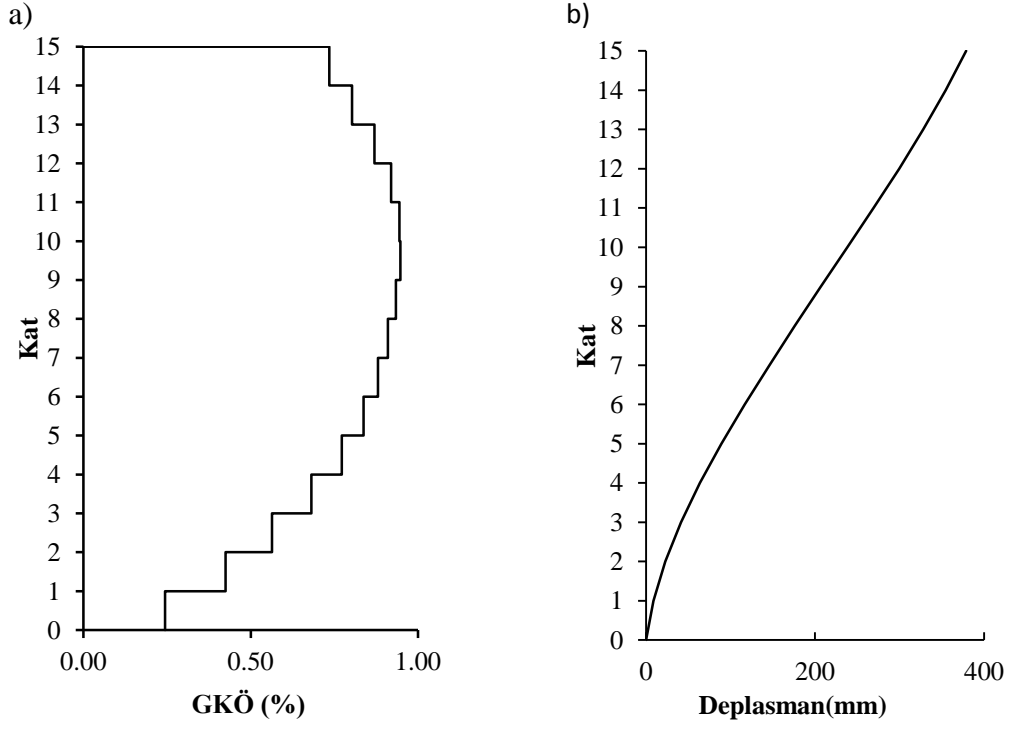
### EK A.3 ERZ-EW İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar



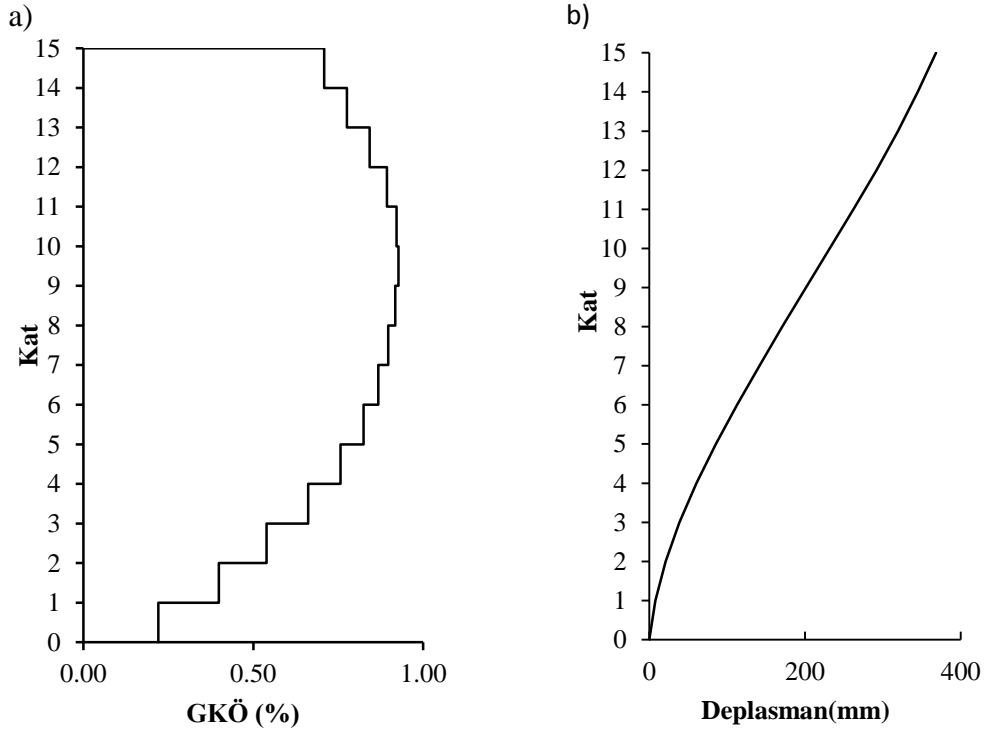
**Şekil A.9:** Erz-Ew ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili



**Şekil A.10:** Erz-Ew ivme kaydı altında x yönü p-delta'lı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

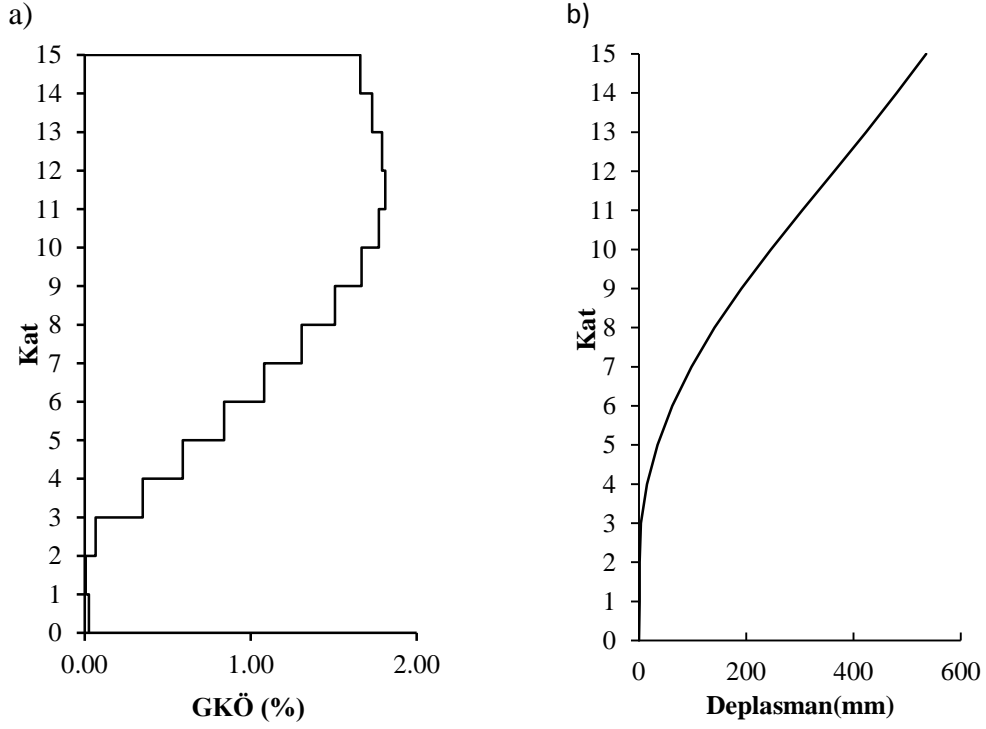


**Şekil A.11:** Erz-Ew ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

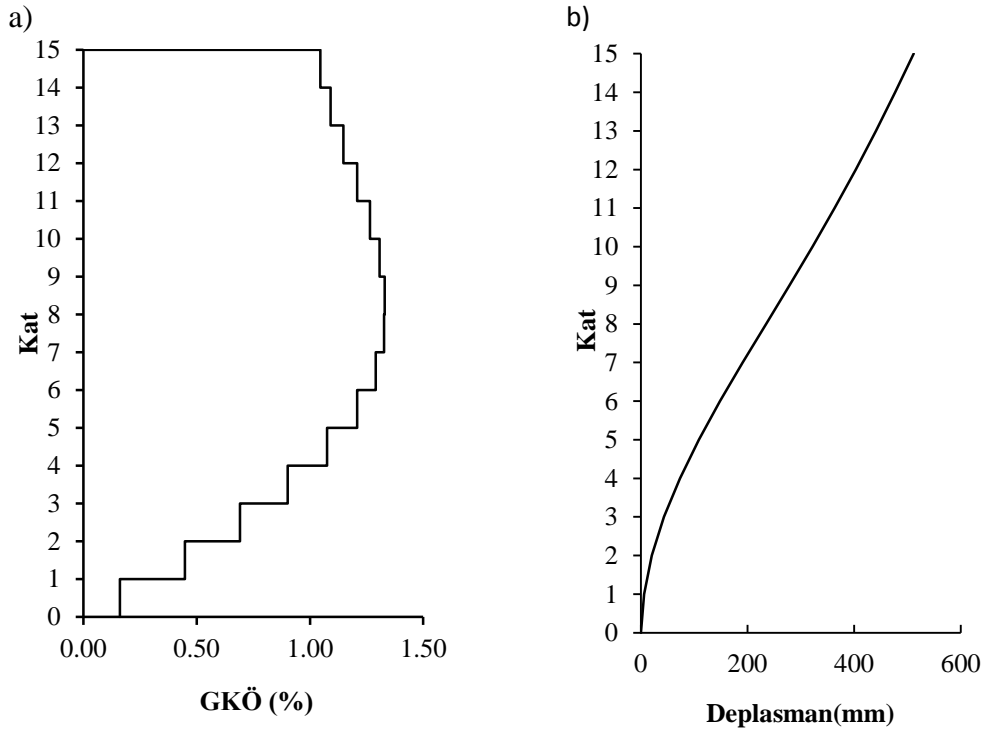


**Şekil A.12:** Erz-Ew ivme kaydı altında y yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

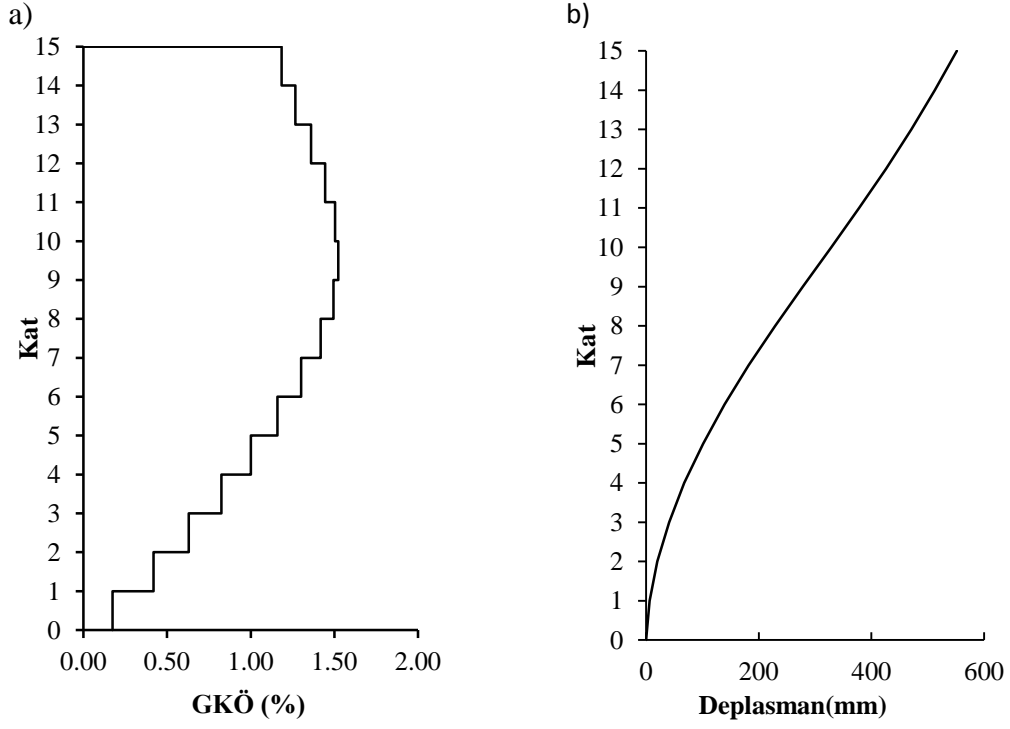
## EK A.4 KOBE-TAK090 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar



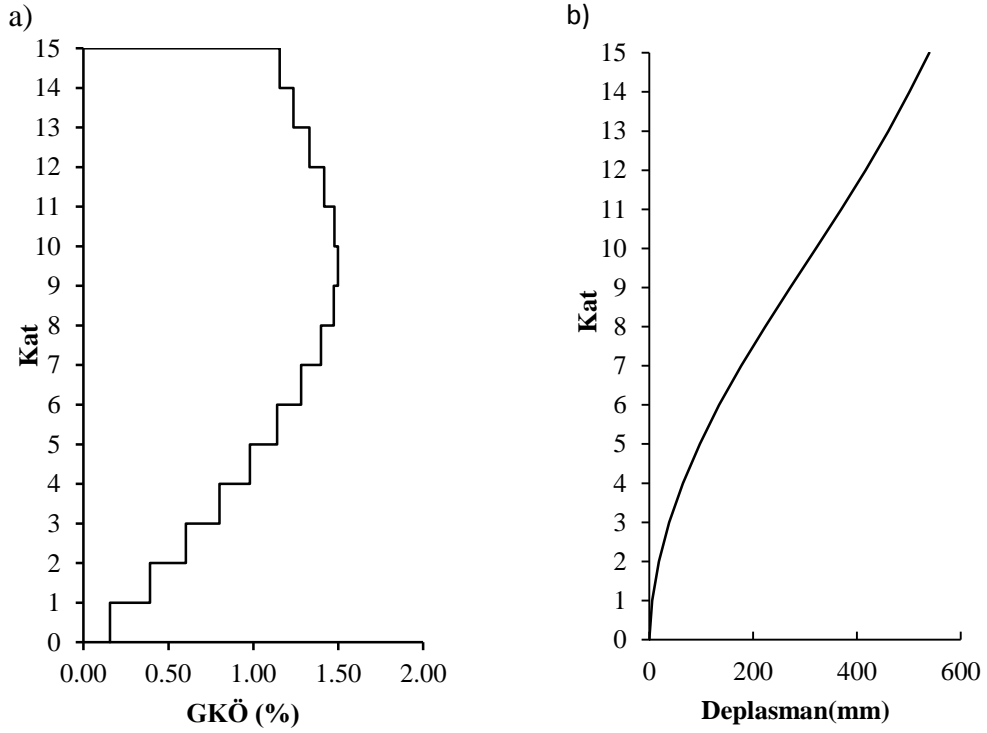
Şekil A.13: Kobe-Tak090 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili



Şekil A.14: Kobe-Tak090 ivme kaydı altında x yönü p-delta'lı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

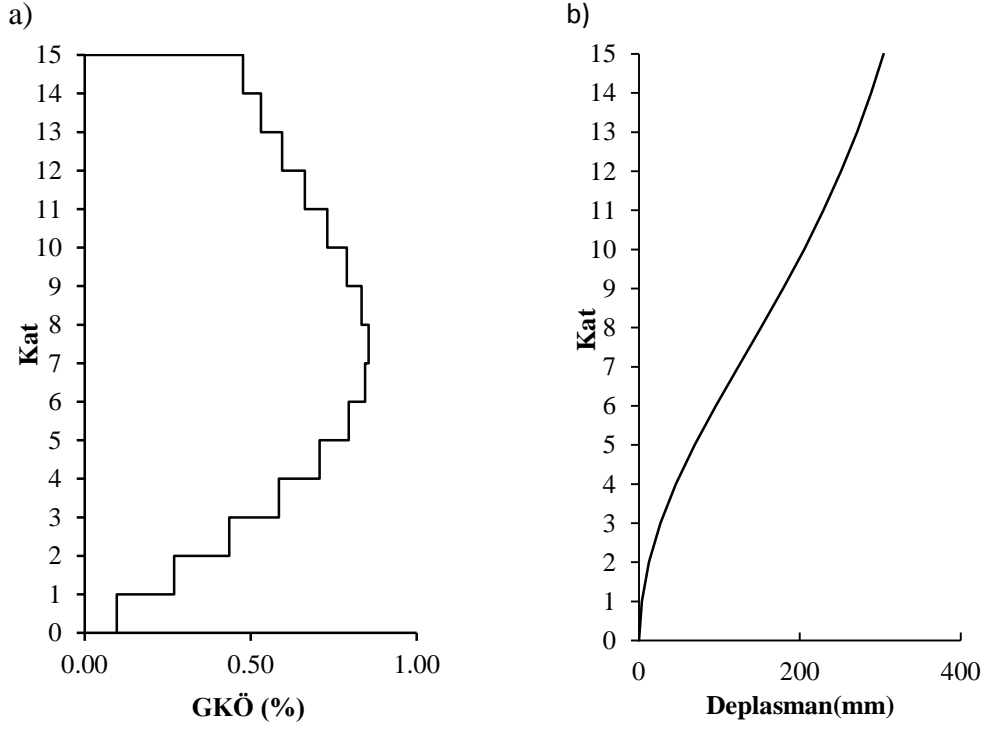


**Şekil A.15:** Kobe-Tak090 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

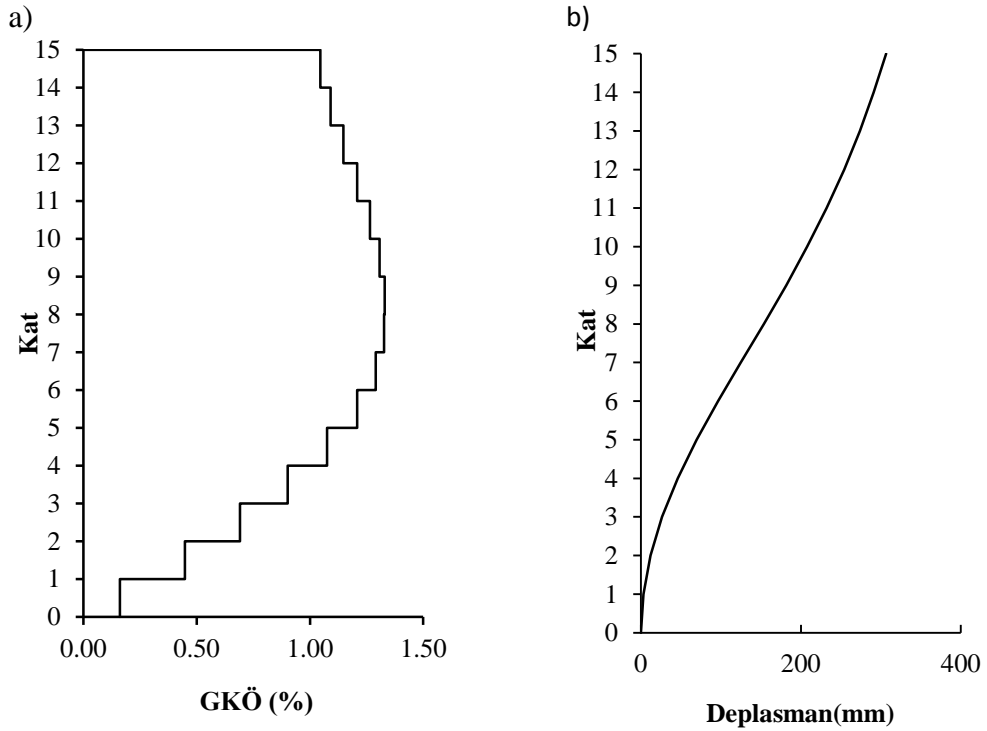


**Şekil A.16:** Kobe-Tak090 ivme kaydı altında y yönü p-delta'lı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

## EK A.5 KOCAELİ-DZC270 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar

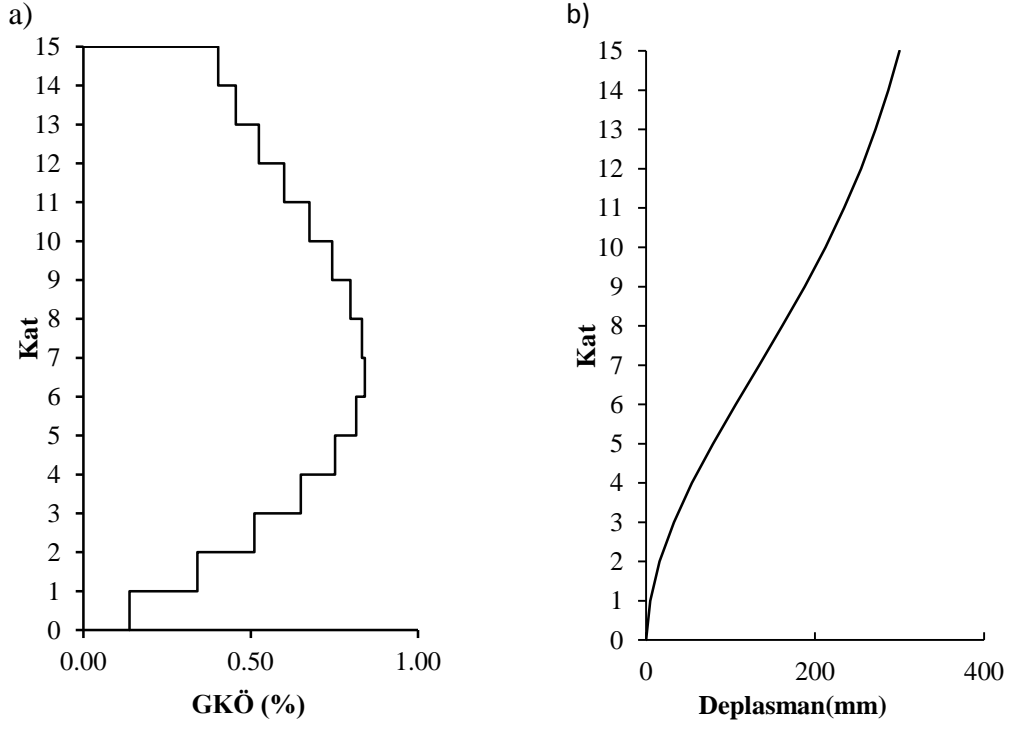


**Şekil A.17:** Kocaeli-Dzc270 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

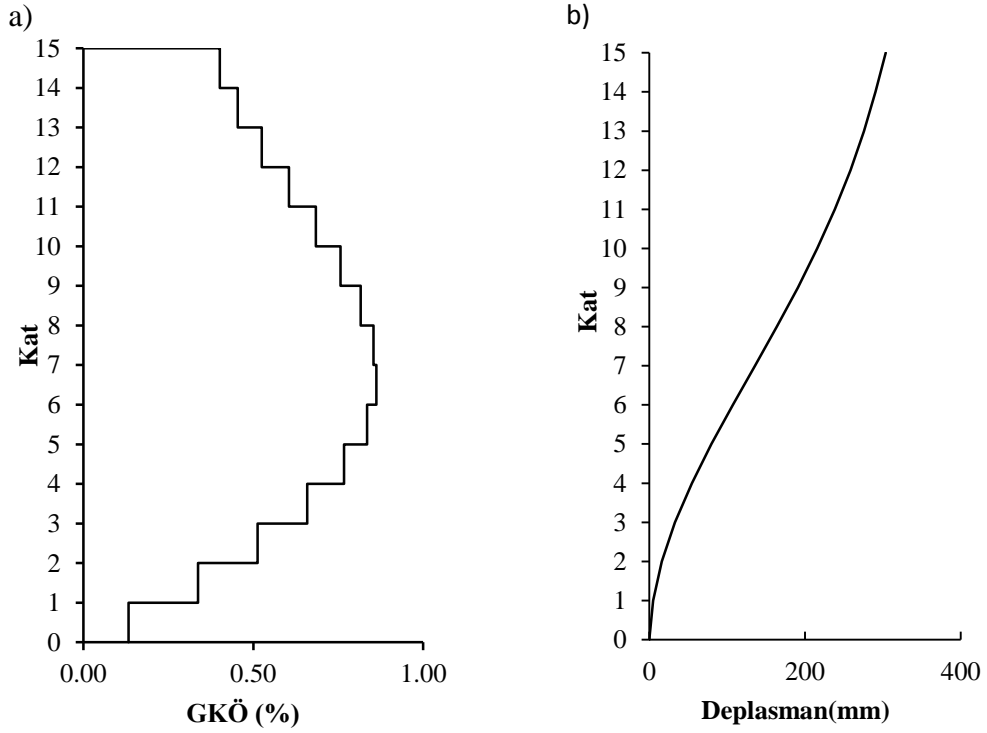


**Şekil A.18:** Kocaeli-Dzc270 ivme kaydı altında x yönü p-delta'lı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili



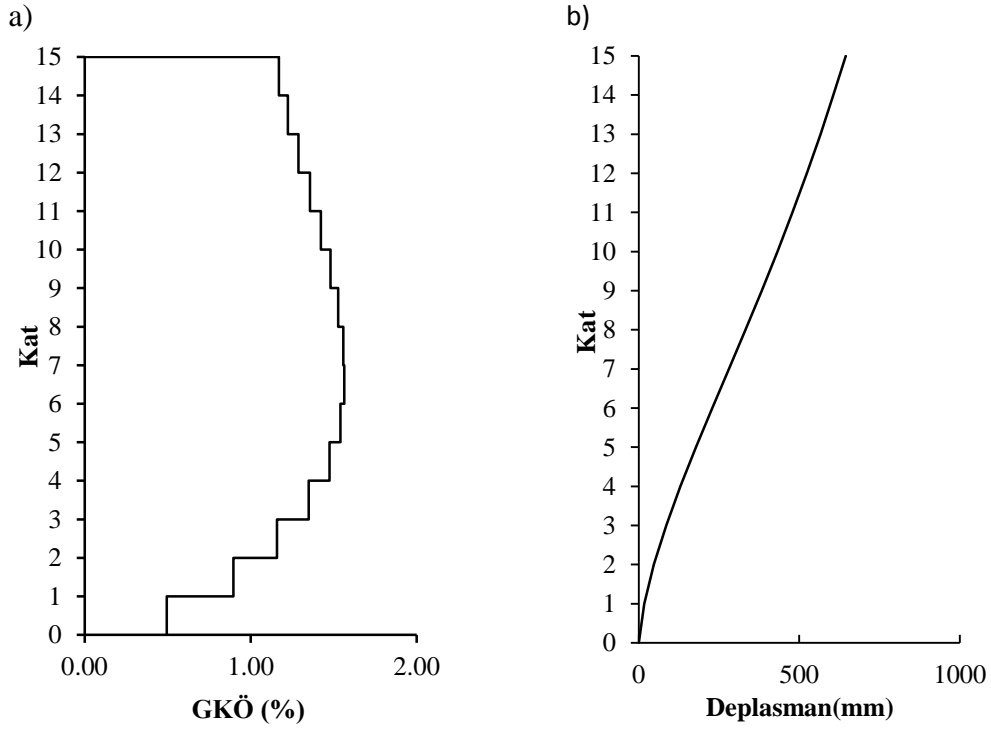


**Şekil A.19:** Kocaeli-Dzc270 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

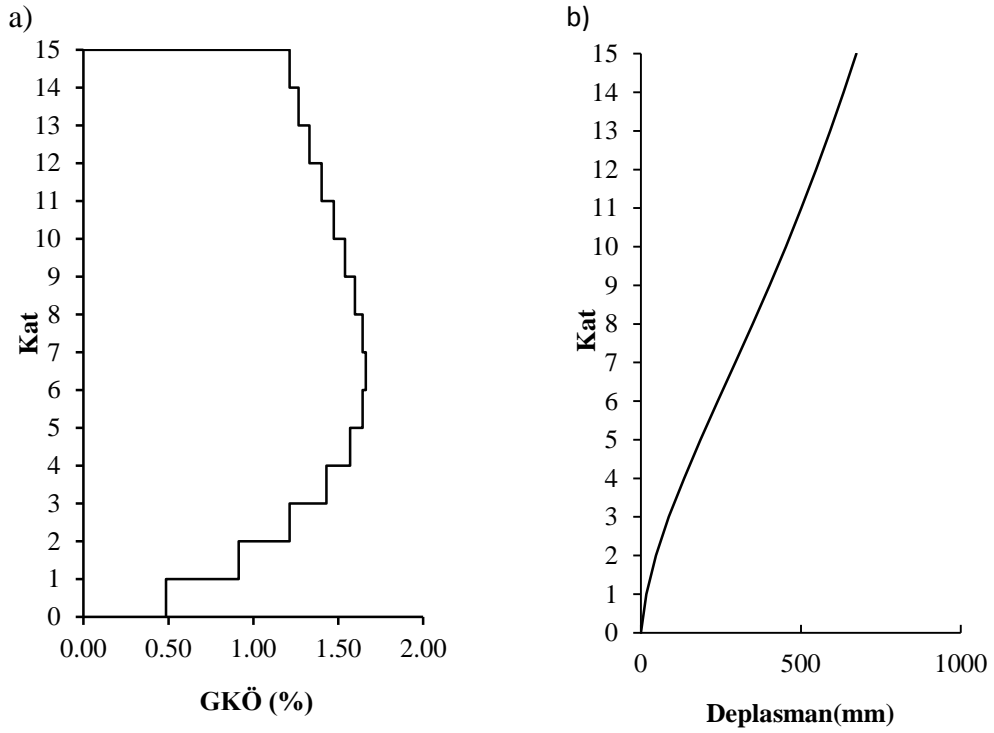


**Şekil A.20:** Kocaeli-Dzc270 ivme kaydı altında y yönü p-delta'lı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

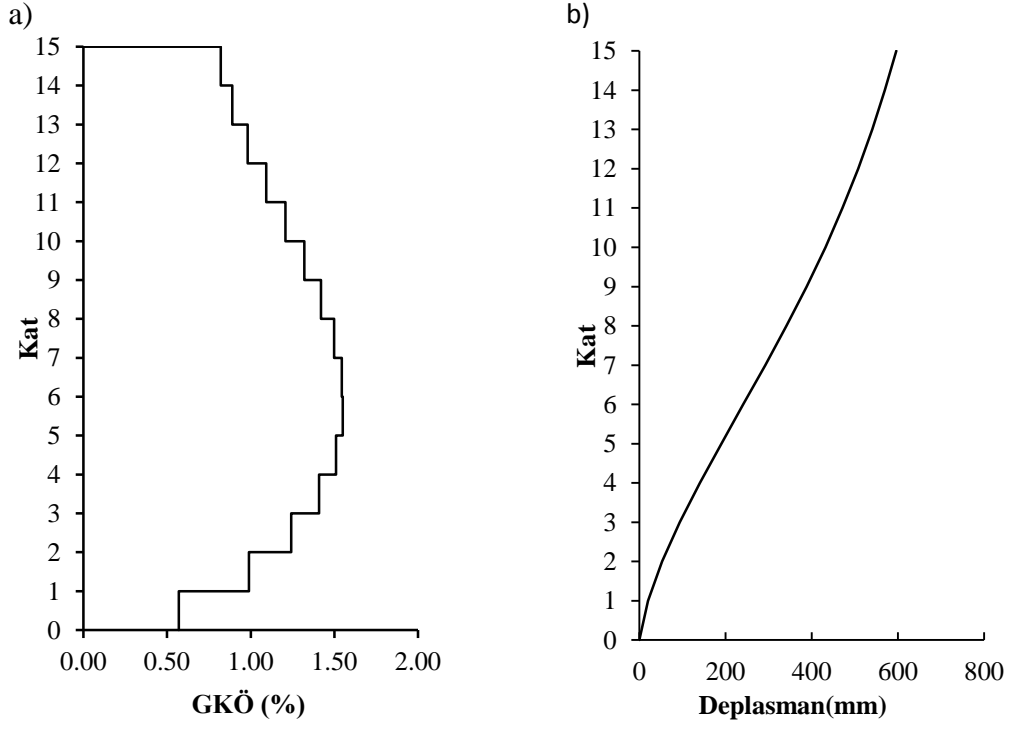
## EK A.6 LANDERS-LCN275 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar



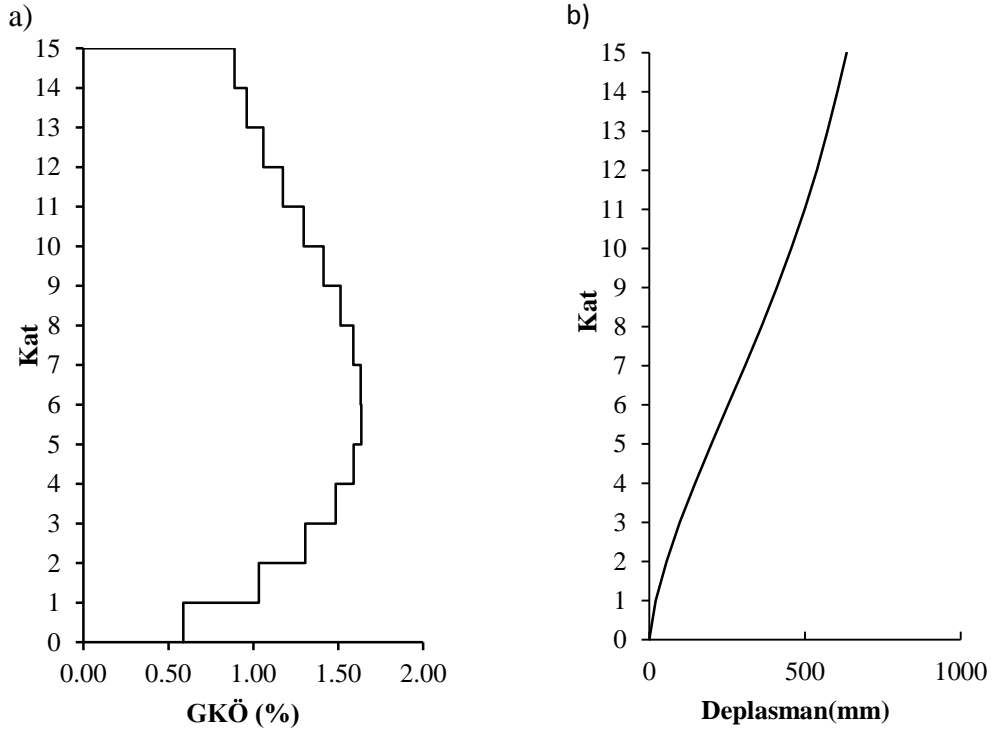
**Şekil A.21:** Landers-Lcn275 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili



**Şekil A.22:** Landers-Lcn275 ivme kaydı altında x yönü p-delta'lı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

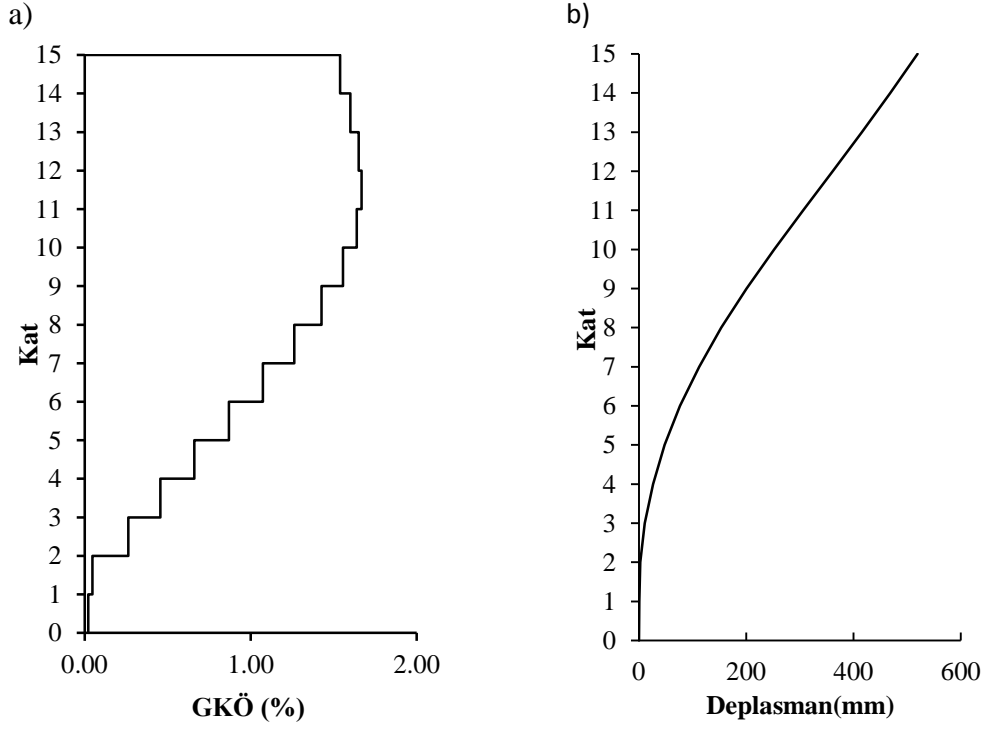


**Şekil A.23:** Landers-Lcn275 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

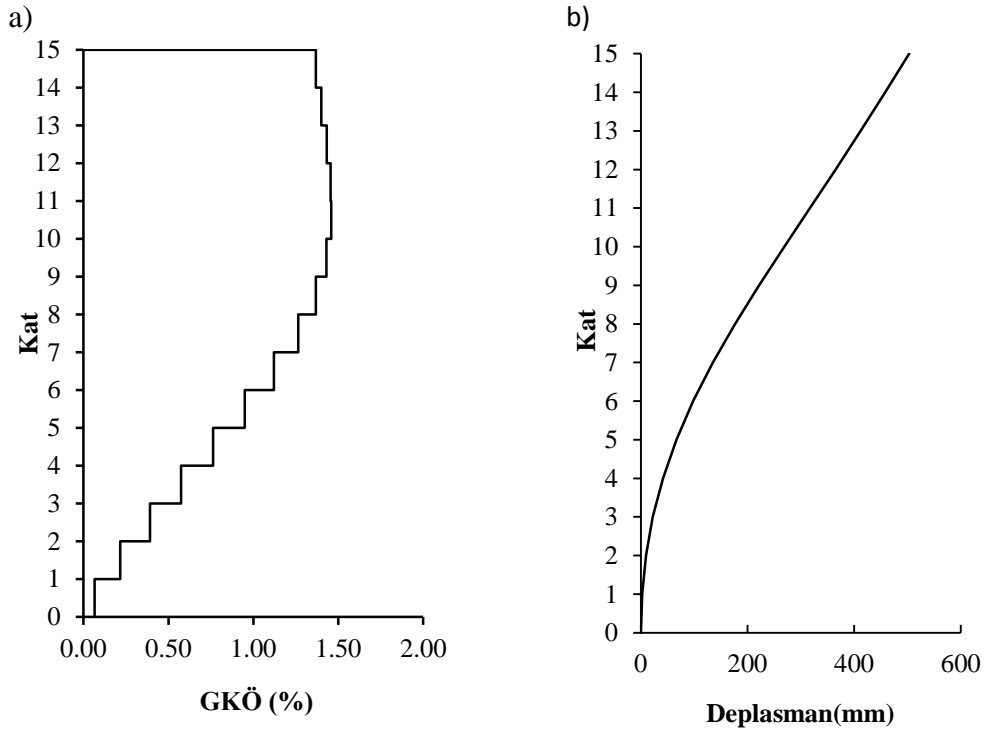


**Şekil A.24:** Landers-Lcn275 ivme kaydı altında y yönü p-delta'lı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

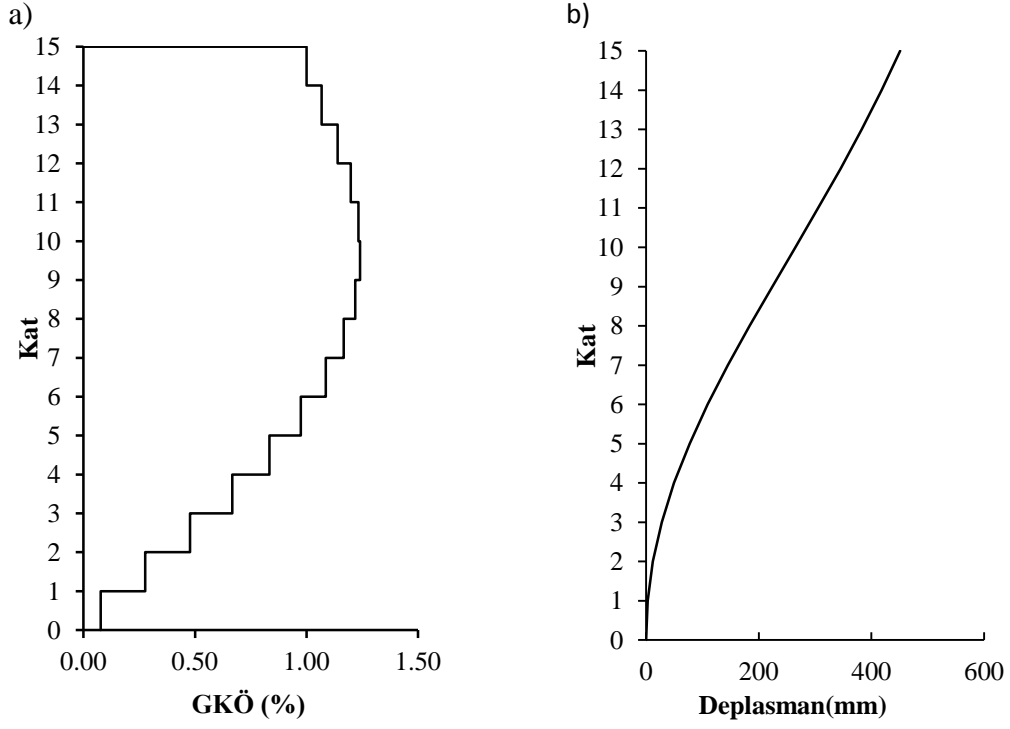
## EK A.7 LOMAP-LEX090 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar



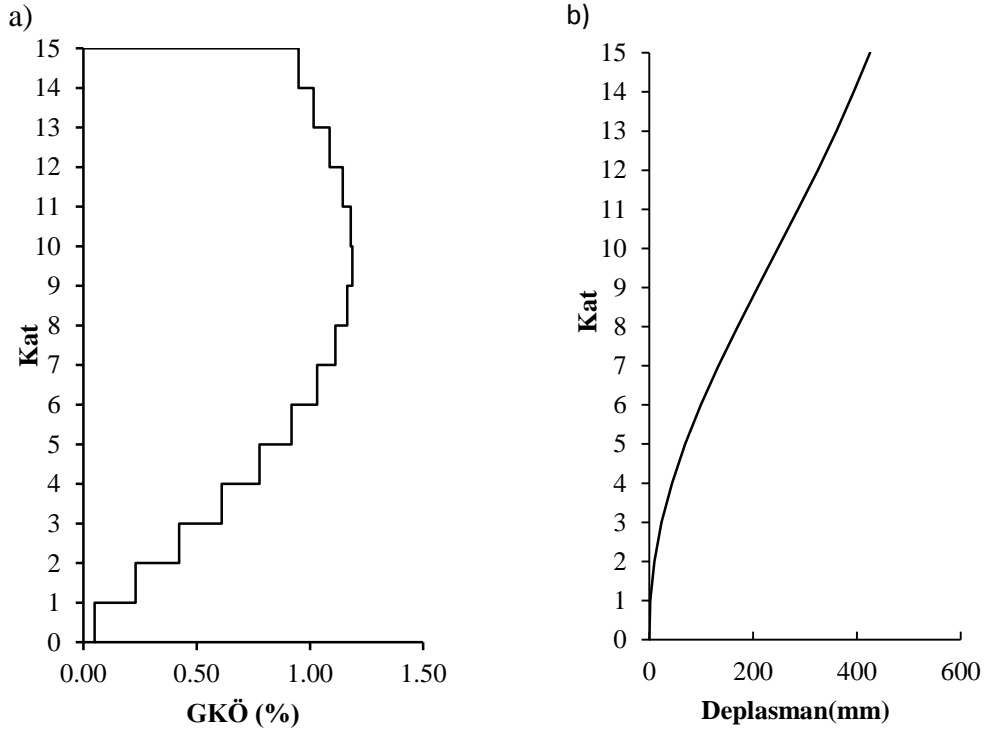
**Şekil A.25:** Lomap-Lex090 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili



**Şekil A.26:** Lomap-Lex090 ivme kaydı altında x yönü p-delta'lı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

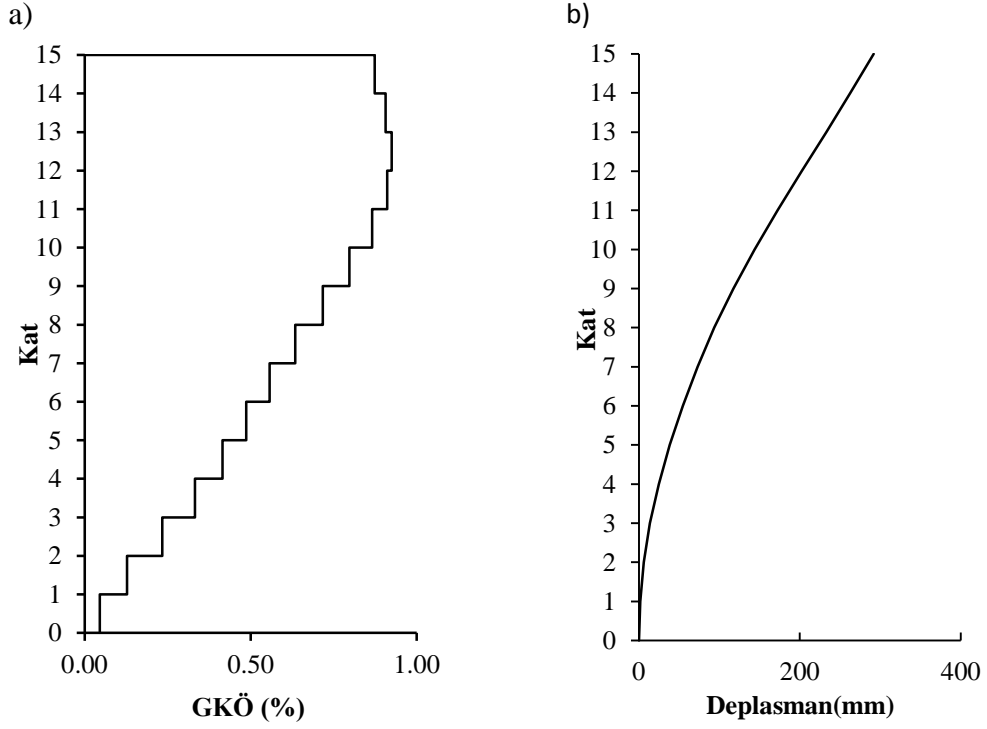


**Şekil A.27:** Lomap-Lex090 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

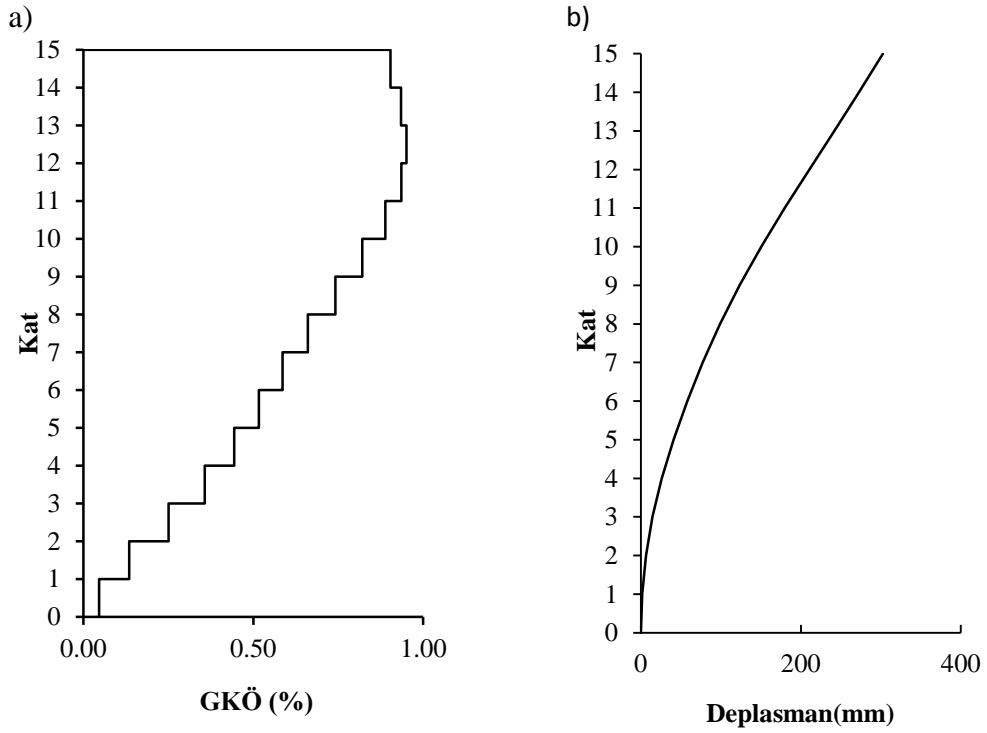


**Şekil A.28:** Lomap-Lex090 ivme kaydı altında y yönü p-delta'lı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

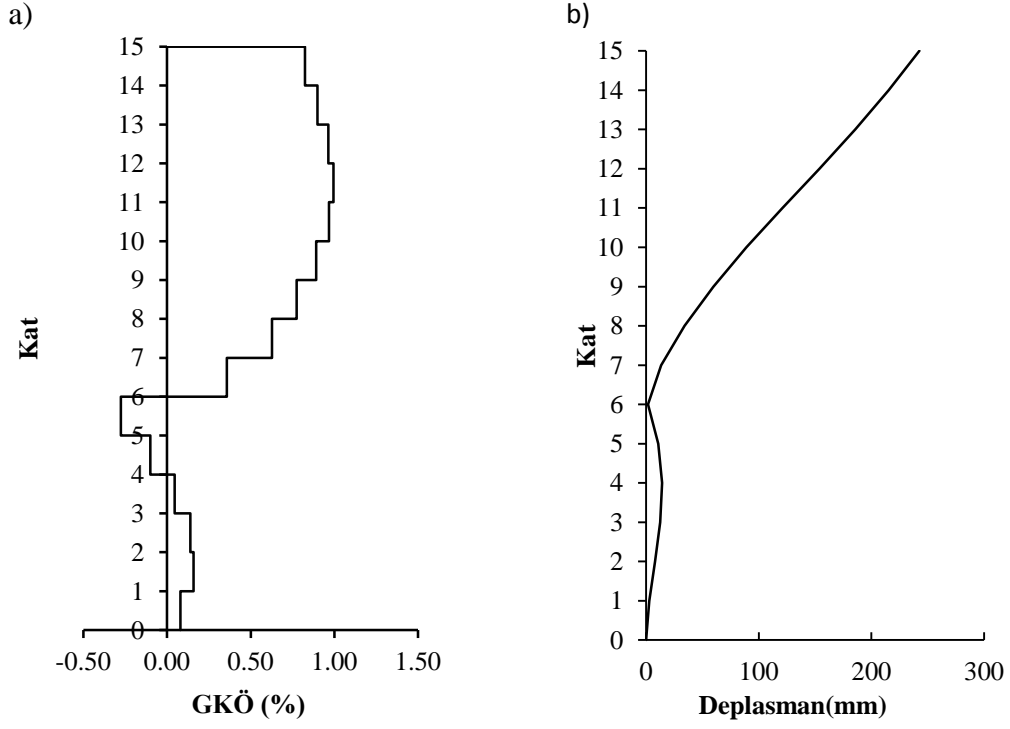
## EK A.8 MORGAN-CYC285 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar



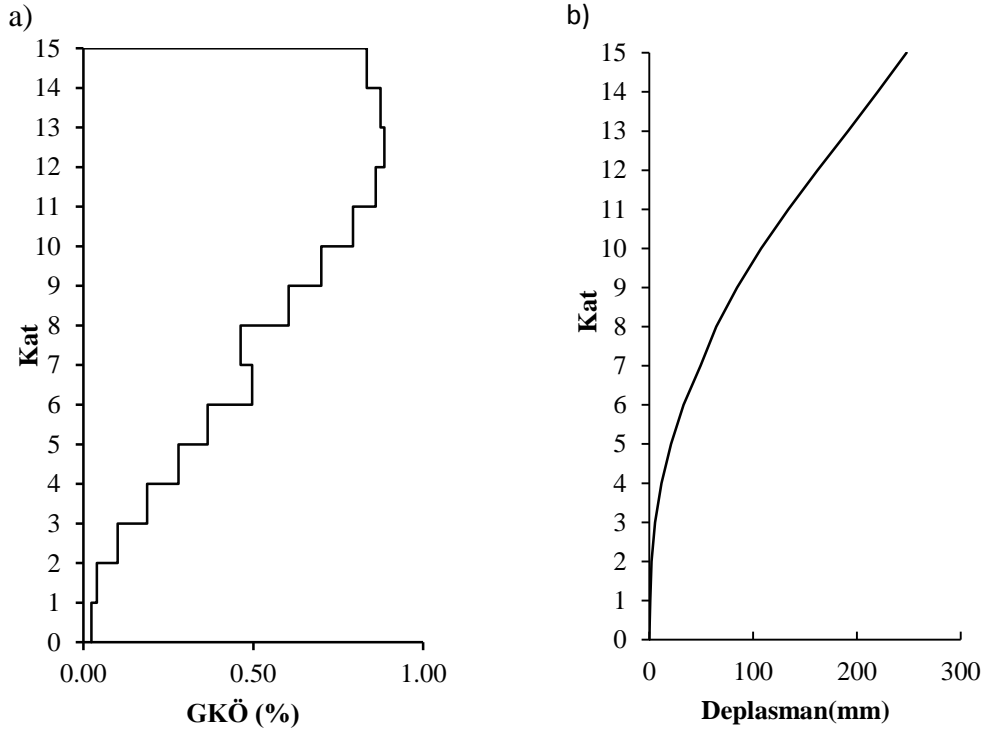
**Şekil A.29:** Morgan-Cyc285 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili



**Şekil A.30:** Morgan-Cyc285 ivme kaydı altında x yönü p-delta'lı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

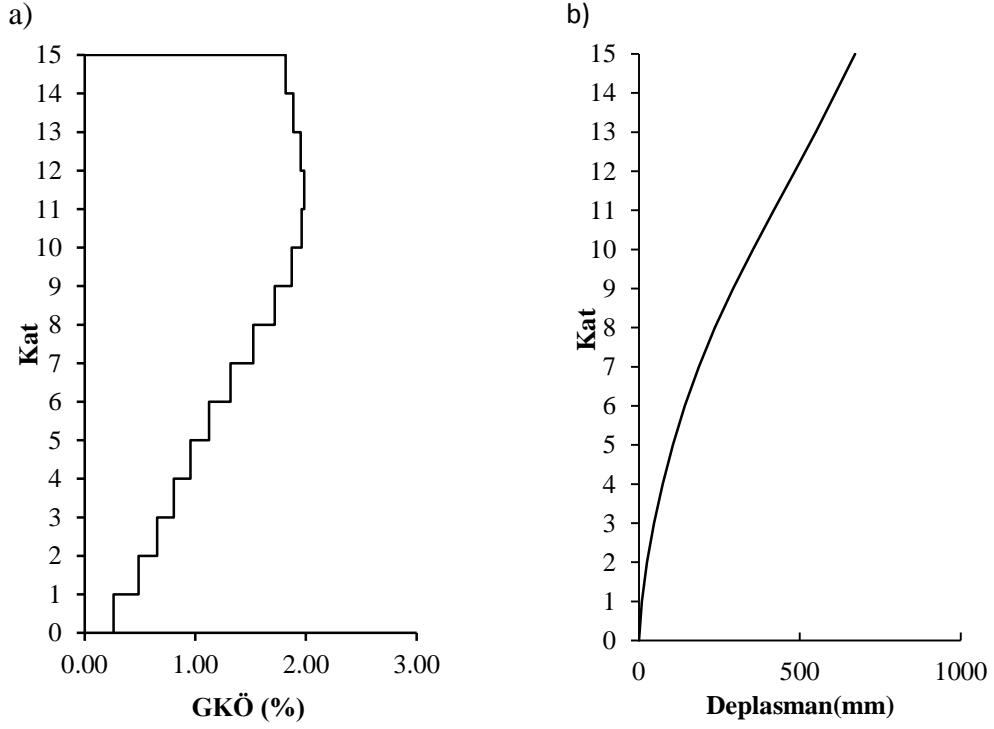


**Şekil A.31:** Morgan-Cyc285 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

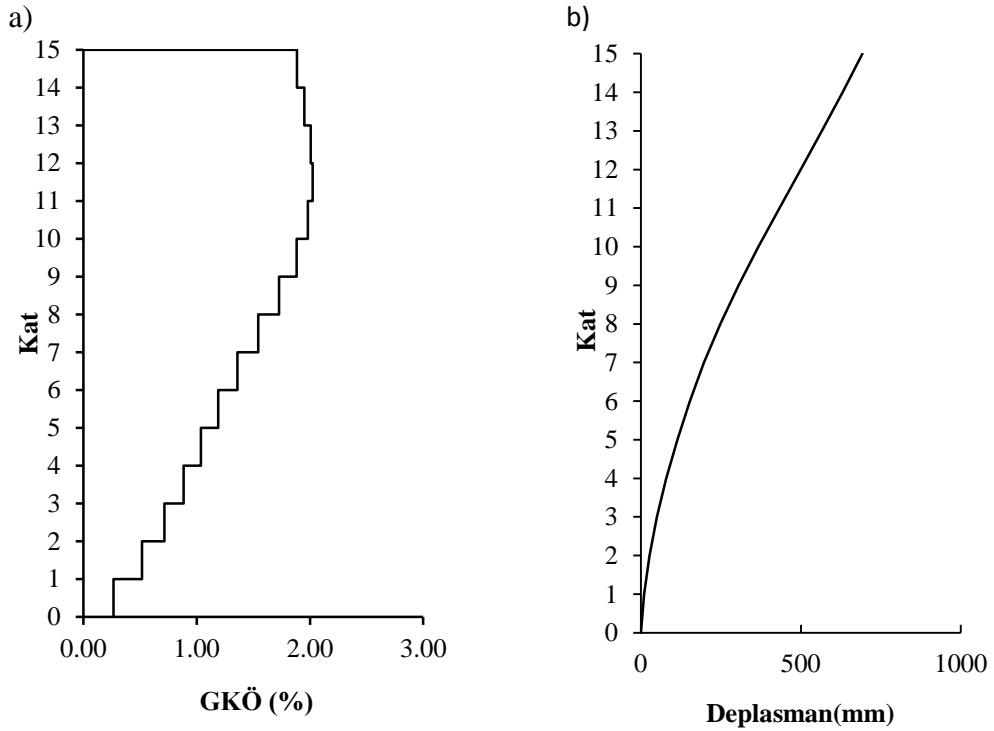


**Şekil A.32:** Morgan-Cyc285 ivme kaydı altında y yönü p-delta'lı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

## EK A.9 NORTHR-NWH360 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar

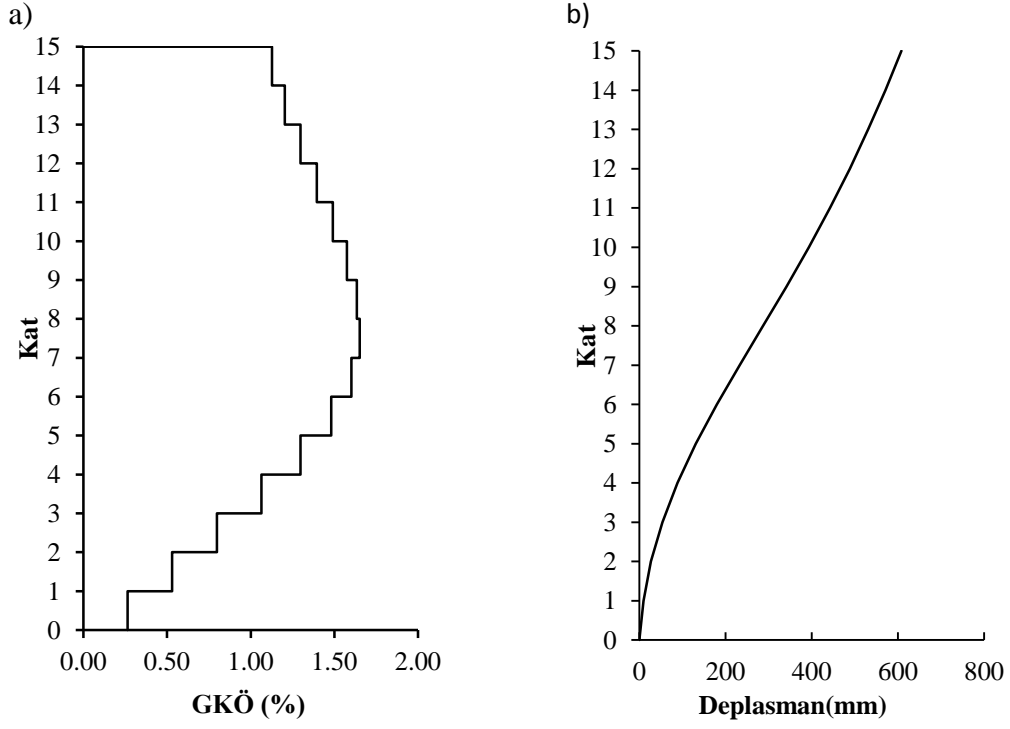


**Şekil A.33:** Northr-Nwh360 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

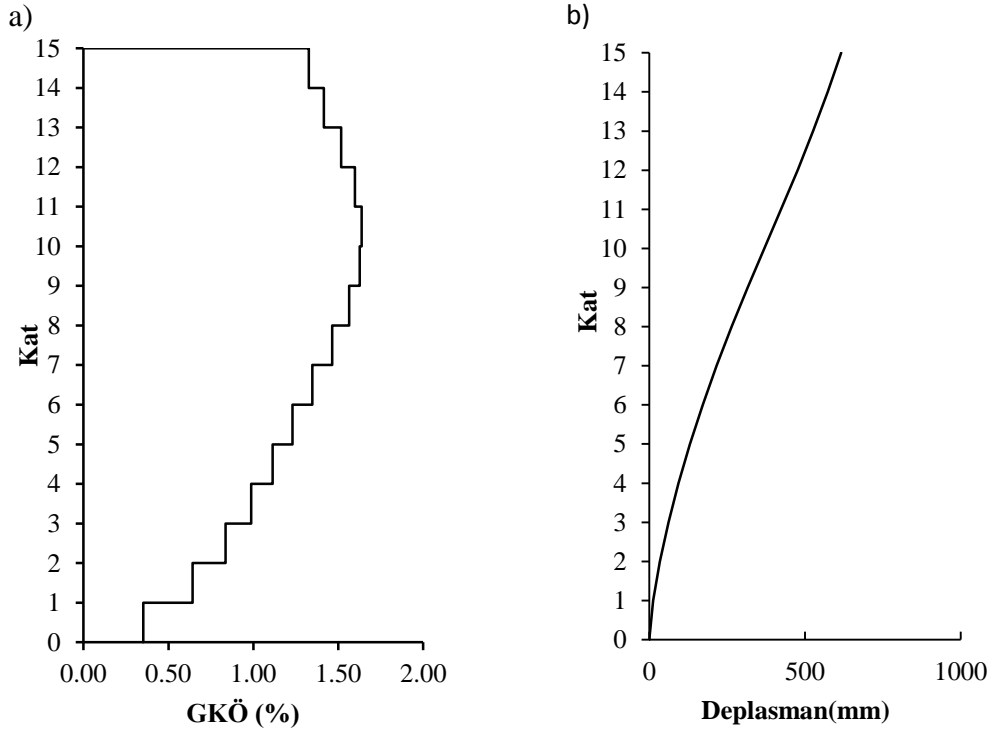


**Şekil A.34:** Northr-Nwh360 ivme kaydı altında x yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili



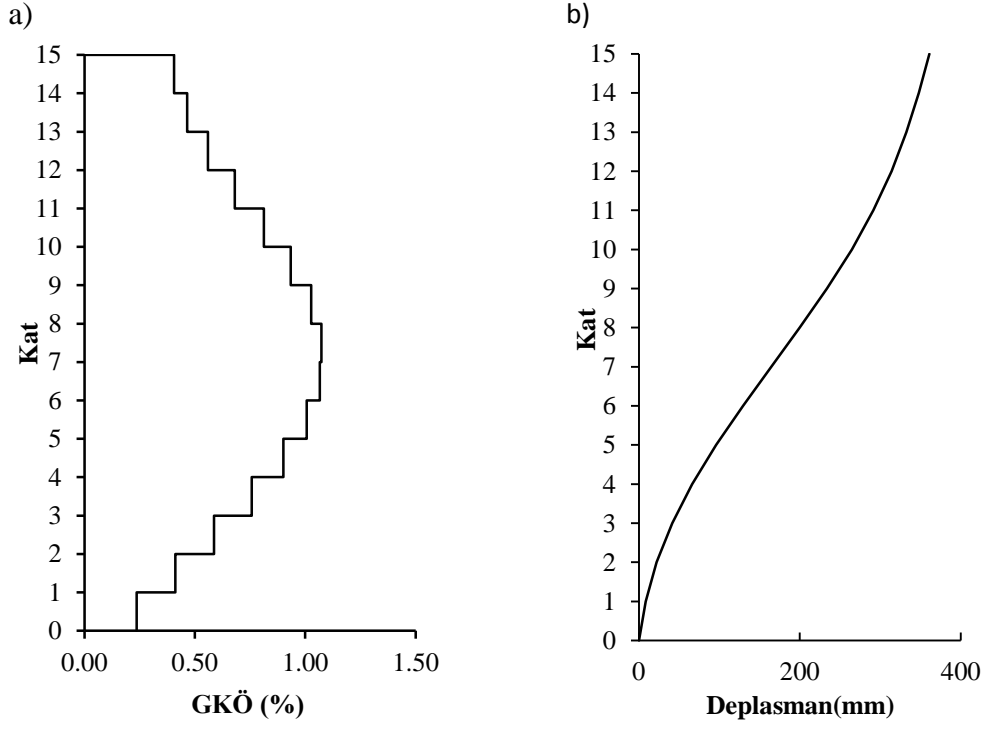


**Şekil A.35:** Northr-Nwh360 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

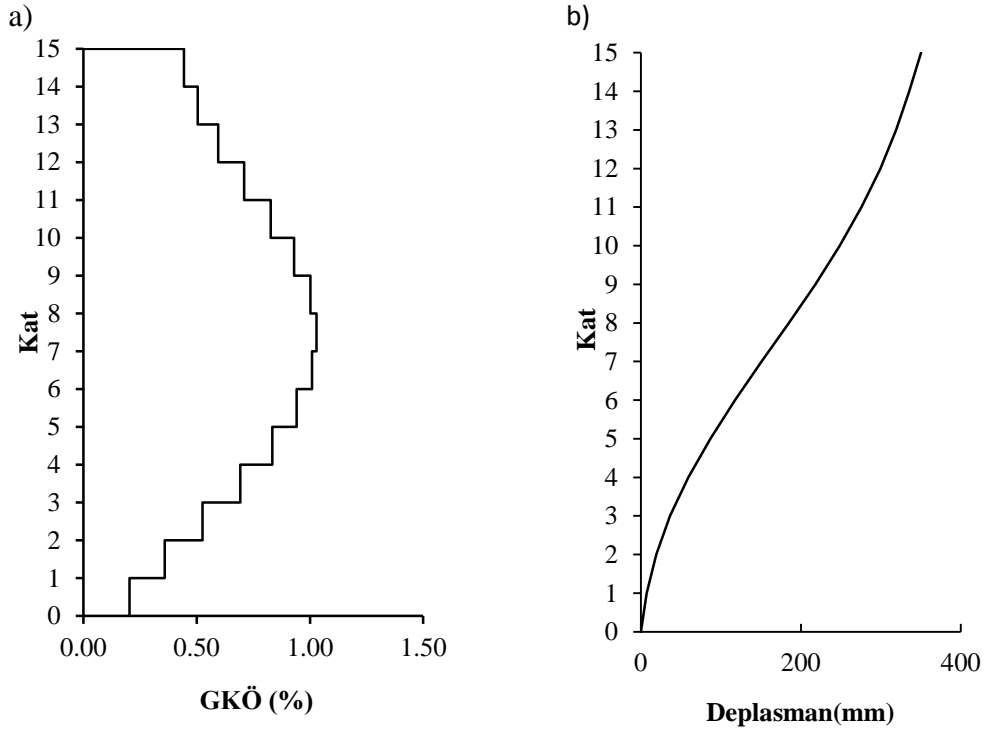


**Şekil A.36:** Northr-Nwh360 ivme kaydı altında y yönü p-delta'lı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

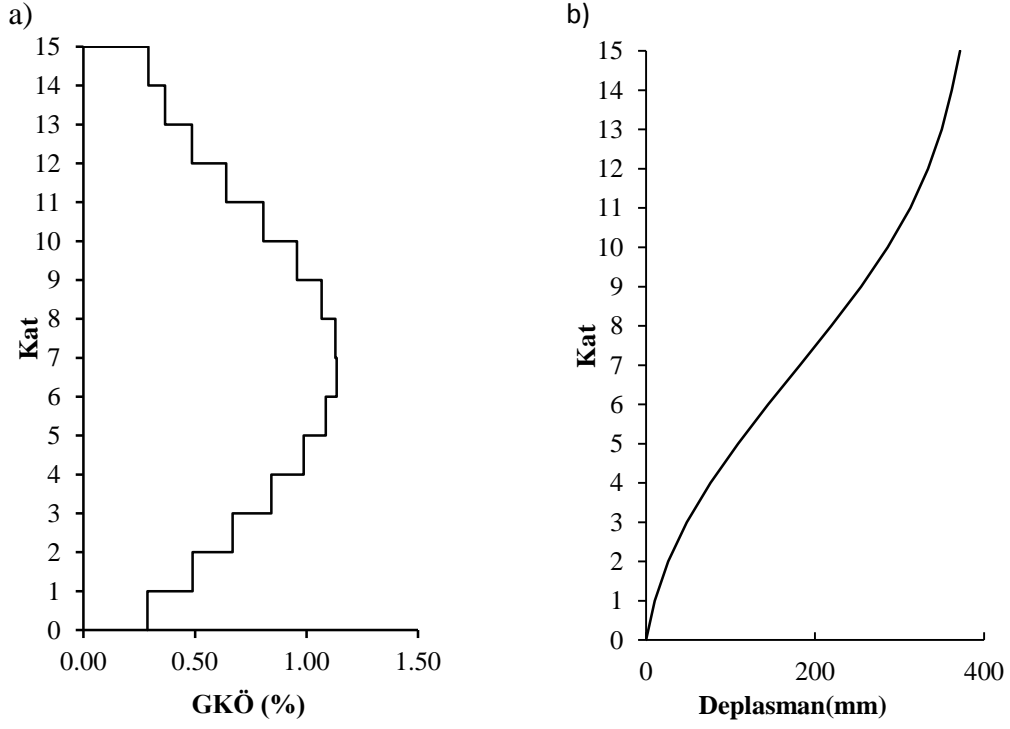
## EK A.10 NORTH- SYL090 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar



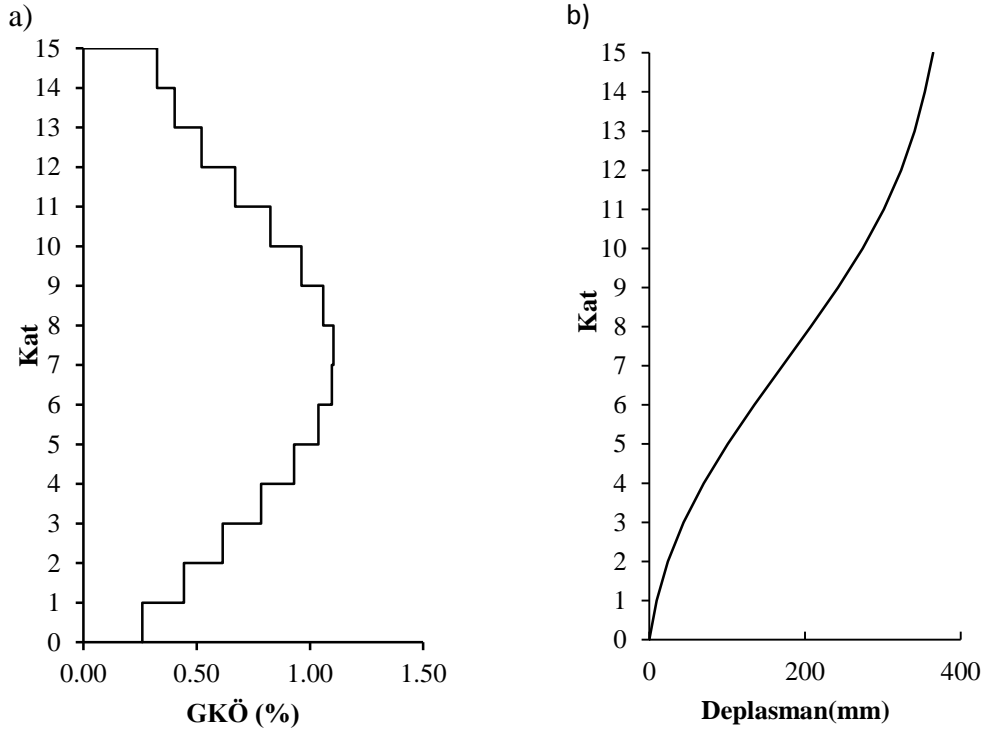
**Şekil A.37:** Northr-Syl090 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili



**Şekil A.38:** Northr-Syl090 ivme kaydı altında x yönü p-delta'lı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

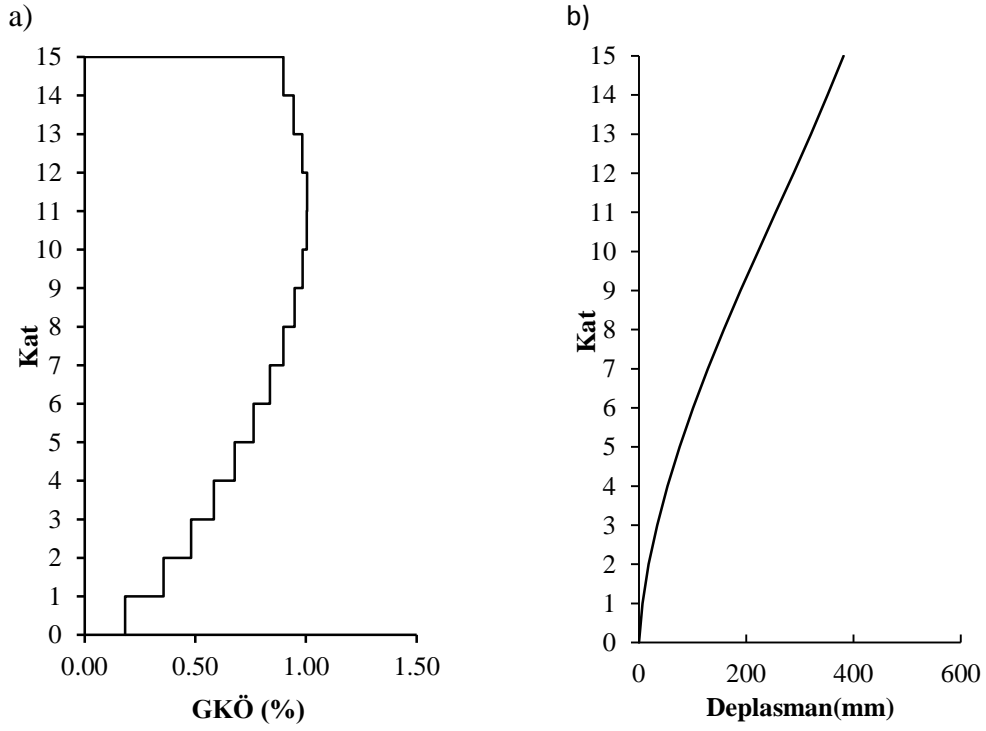


**Şekil A.39:** Northr-Syl090 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

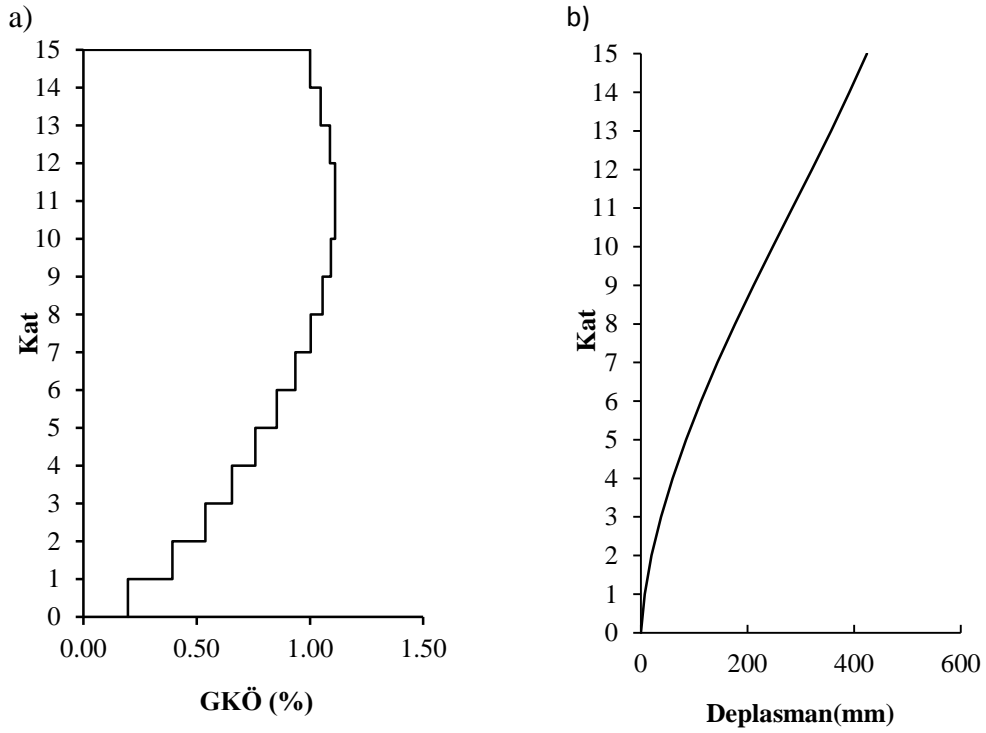


**Şekil A.40:** Northr-Syl090 ivme kaydı altında y yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

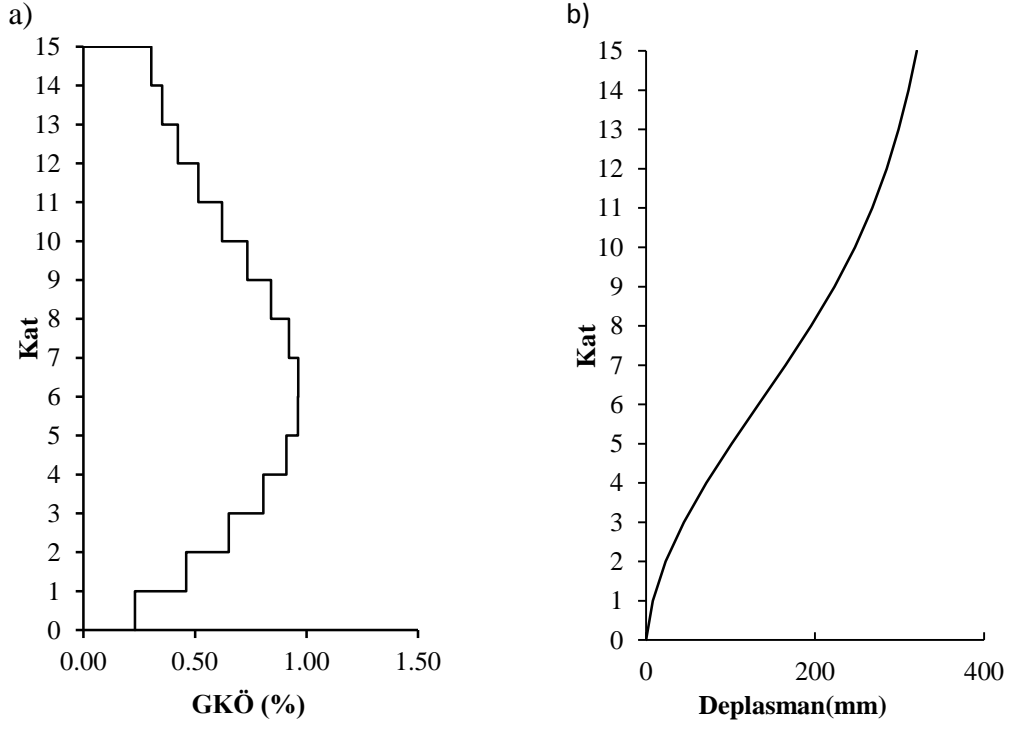
## EK A.11 GAZLI-GAZ000 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar



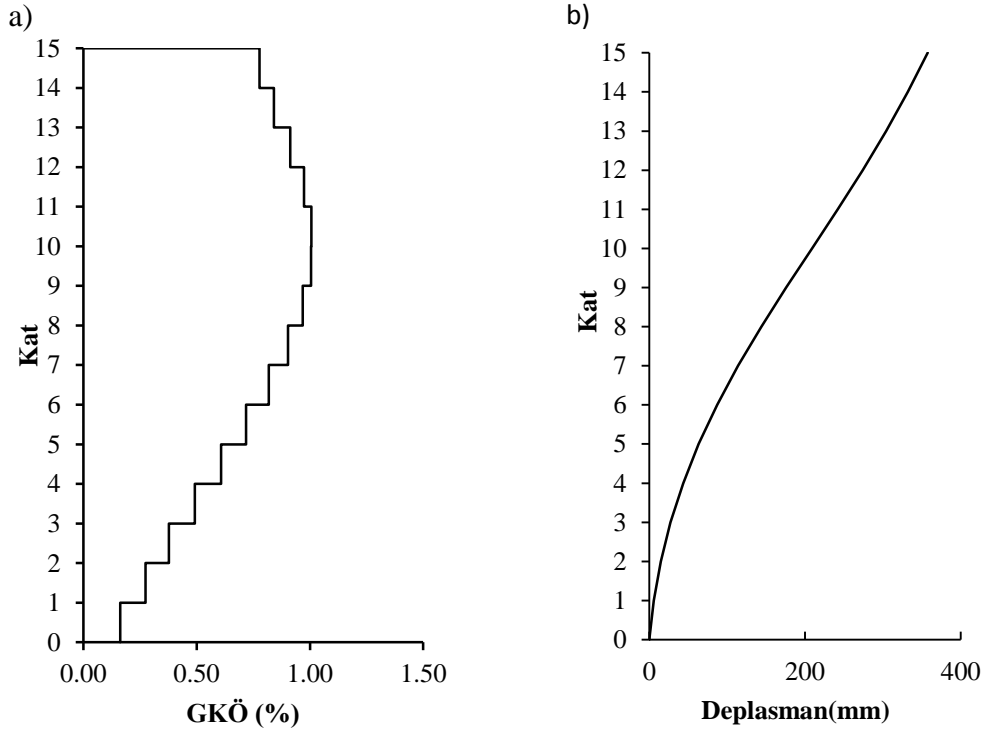
**Şekil A.41:** Gazlı-Gaz000 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili



**Şekil A.42:** Gazlı-Gaz000 ivme kaydı altında x yönü p-delta'lı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

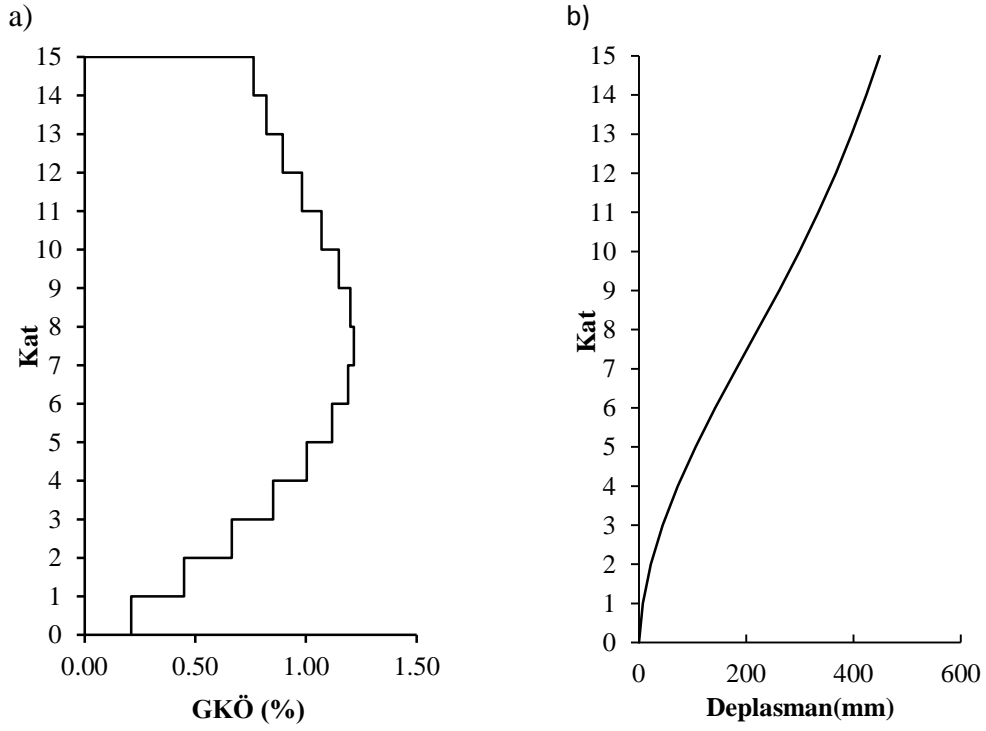


**Şekil A.43:** Gazlı-Gaz000 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

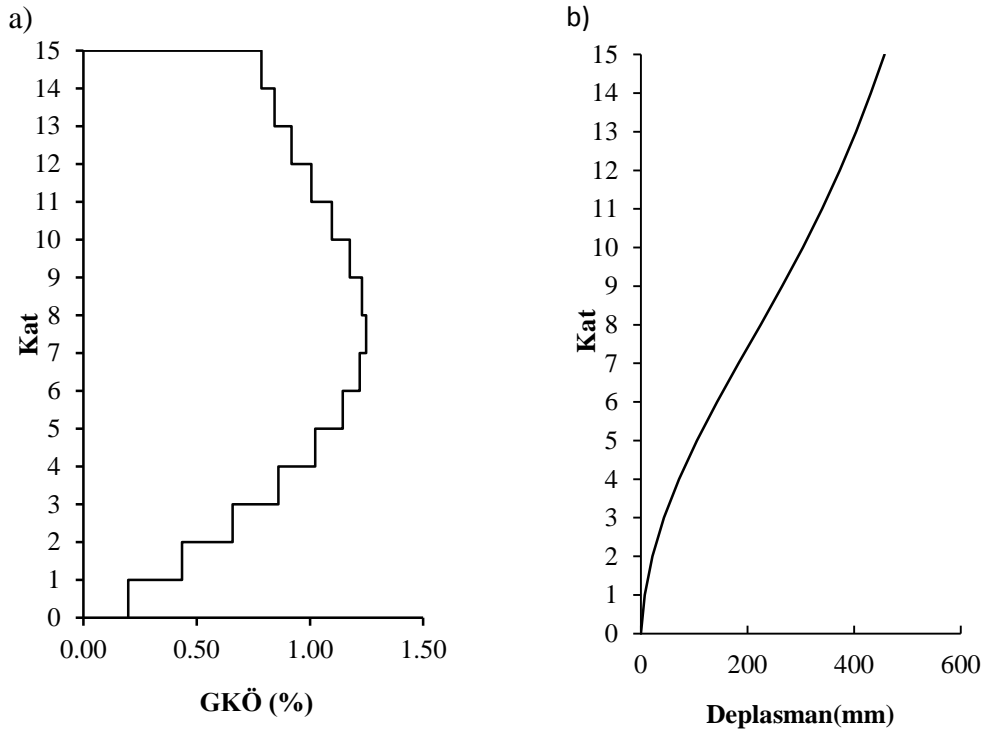


**Şekil A.44:** Gazlı-Gaz000 ivme kaydı altında y yönü p-delta'lı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

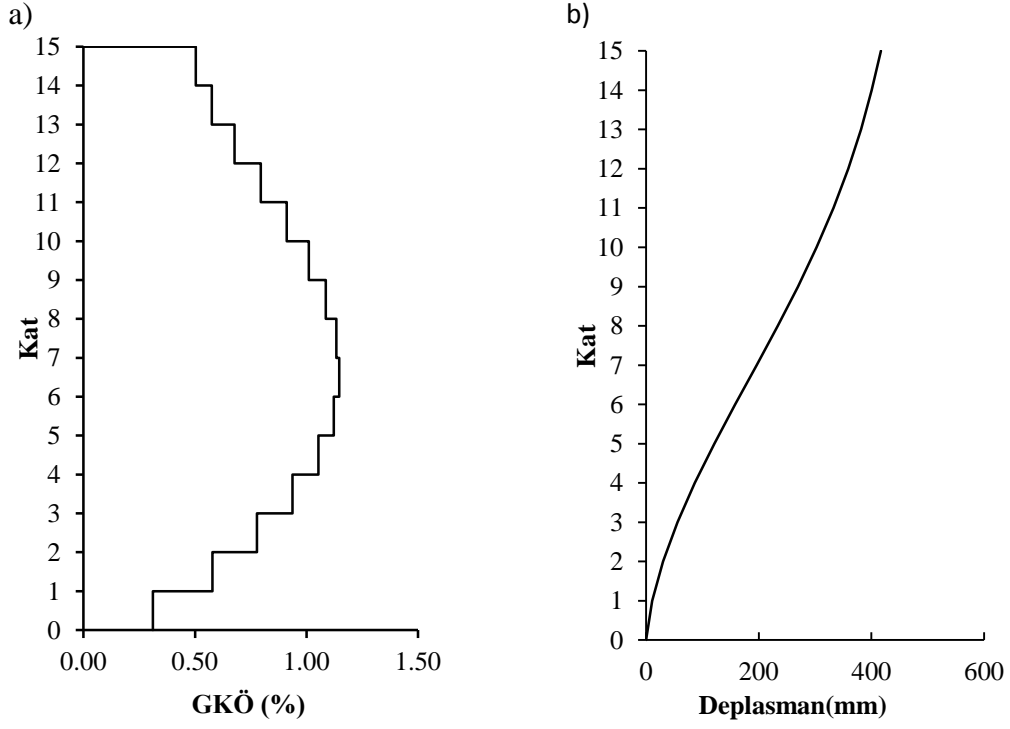
## EK A.12 IMPVALL-H-E05140 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar



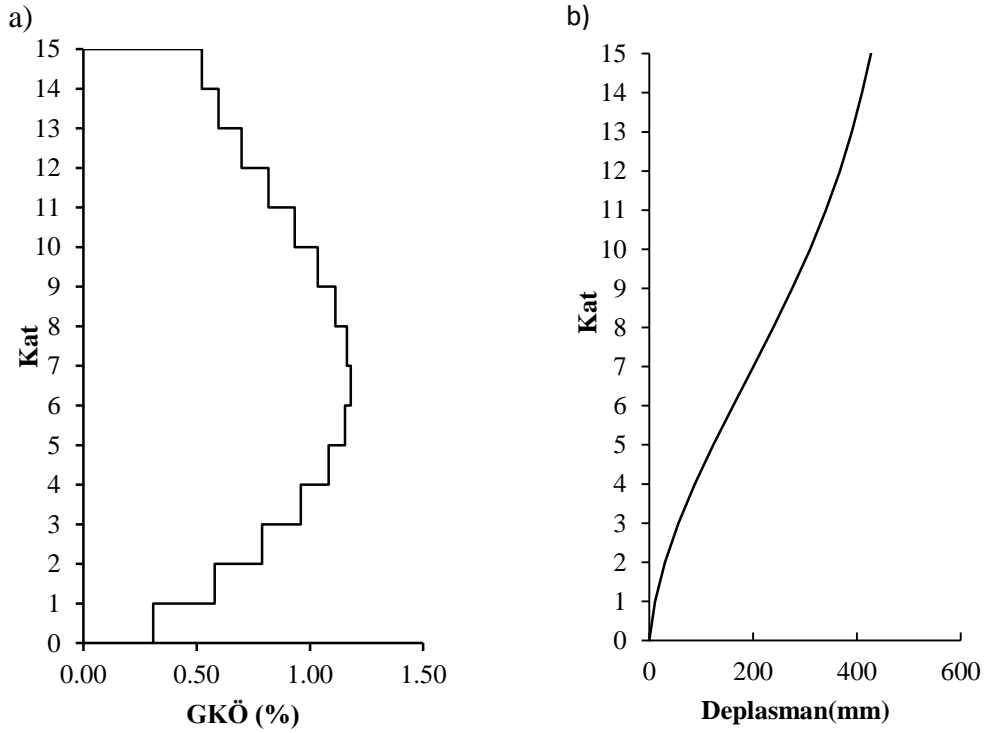
**Şekil A.45:** Impvall-H-E05140 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili



**Şekil A.46:** Impvall-H-E05140 ivme kaydı altında x yönü p-delta'lı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

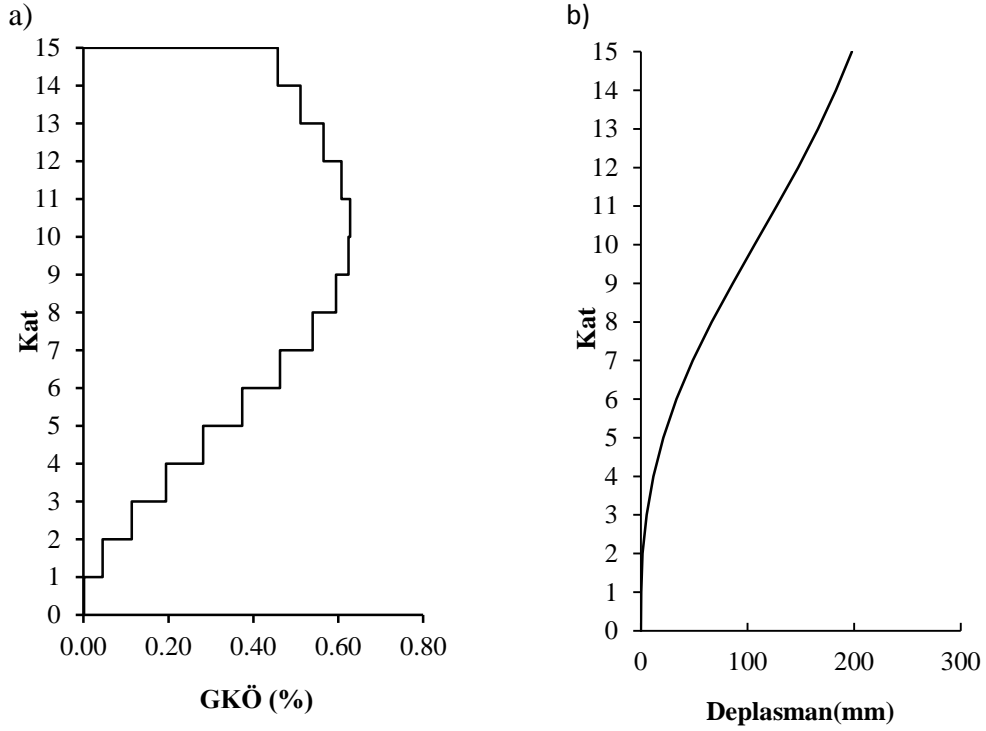
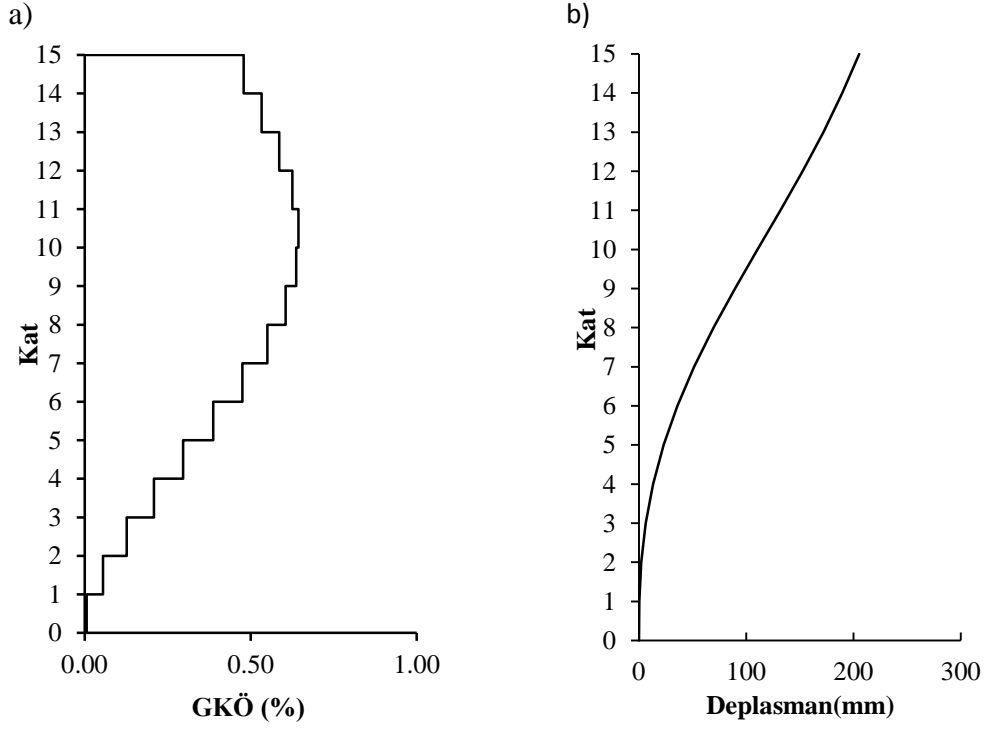


**Şekil A.47:** Impvall-H-E05140 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

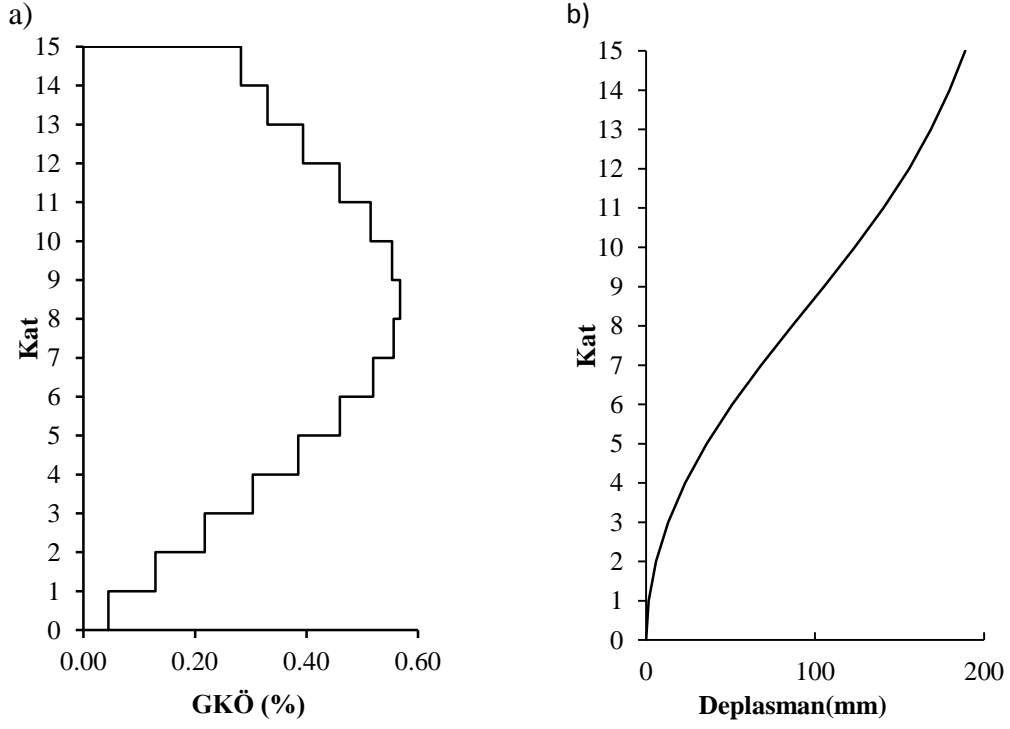


**Şekil A.48:** Impvall-H-E05140 ivme kaydı altında y yönü p-delta'lı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

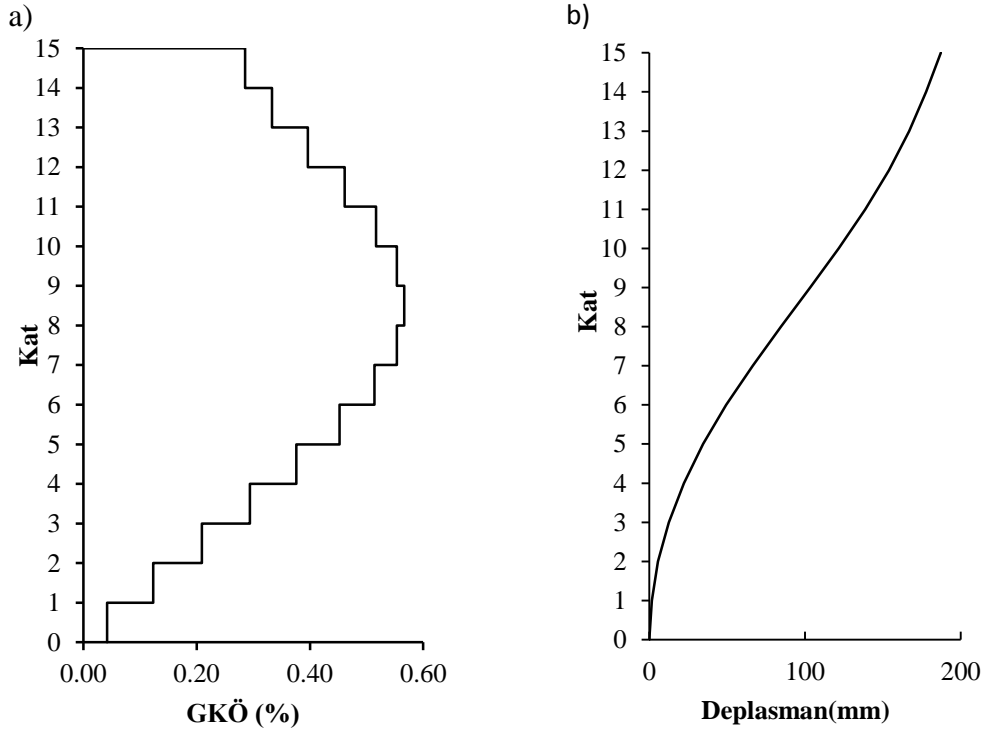
## EK A.13 KOBE-NIS000 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar





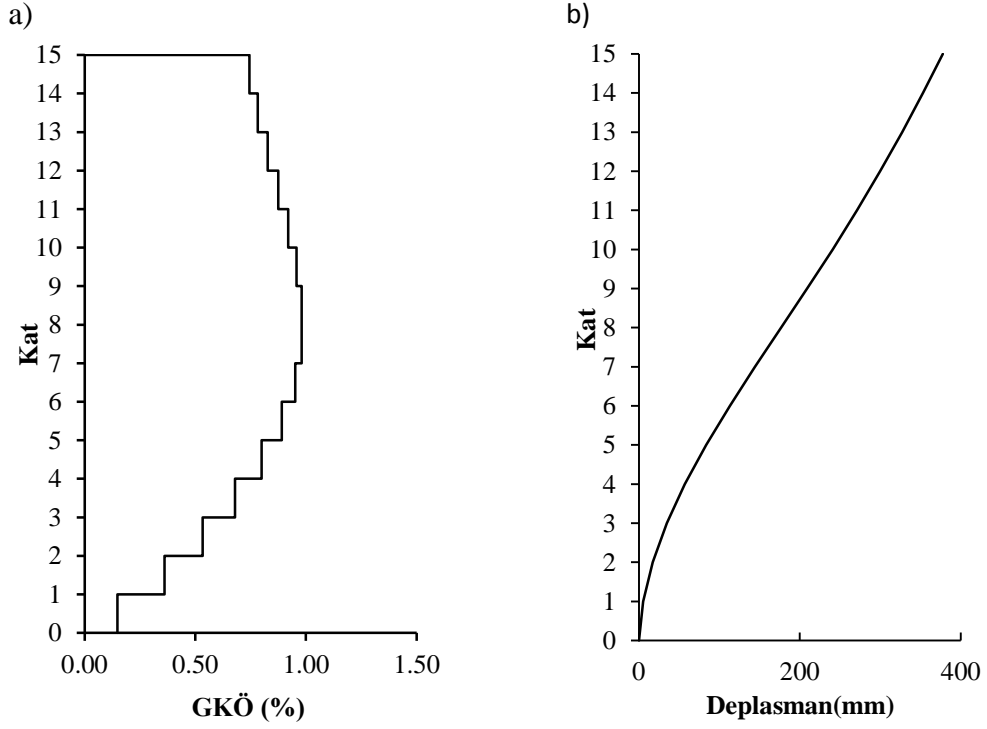


**Şekil A.51:** Kobe-Nis000 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

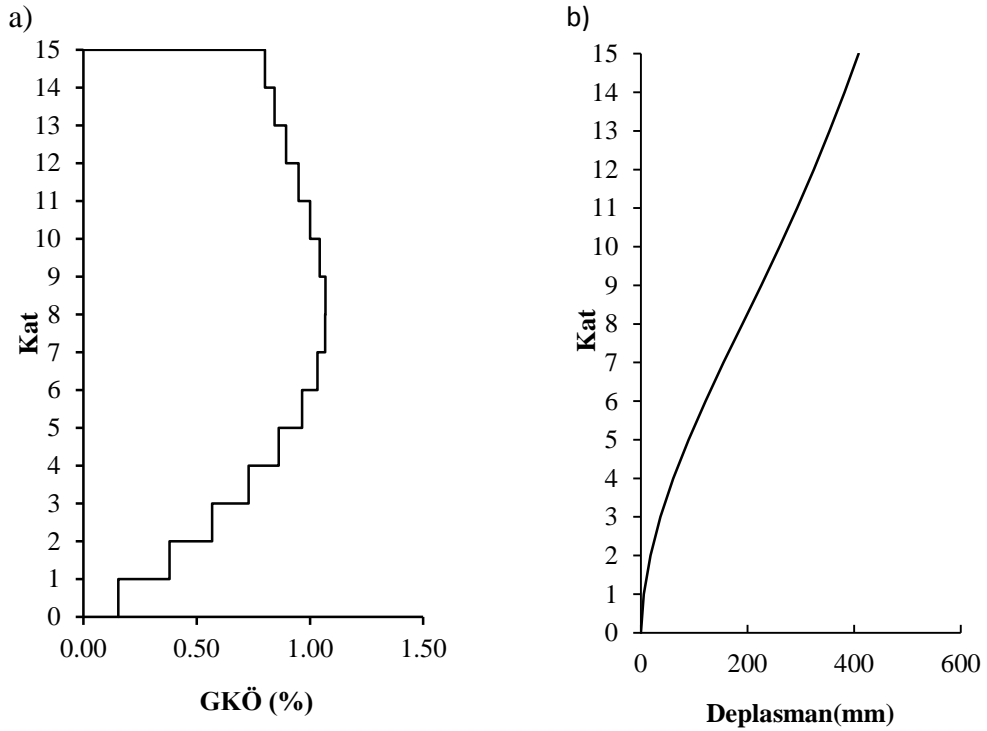


**Şekil A.52:** Kobe-Nis000 ivme kaydı altında y yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

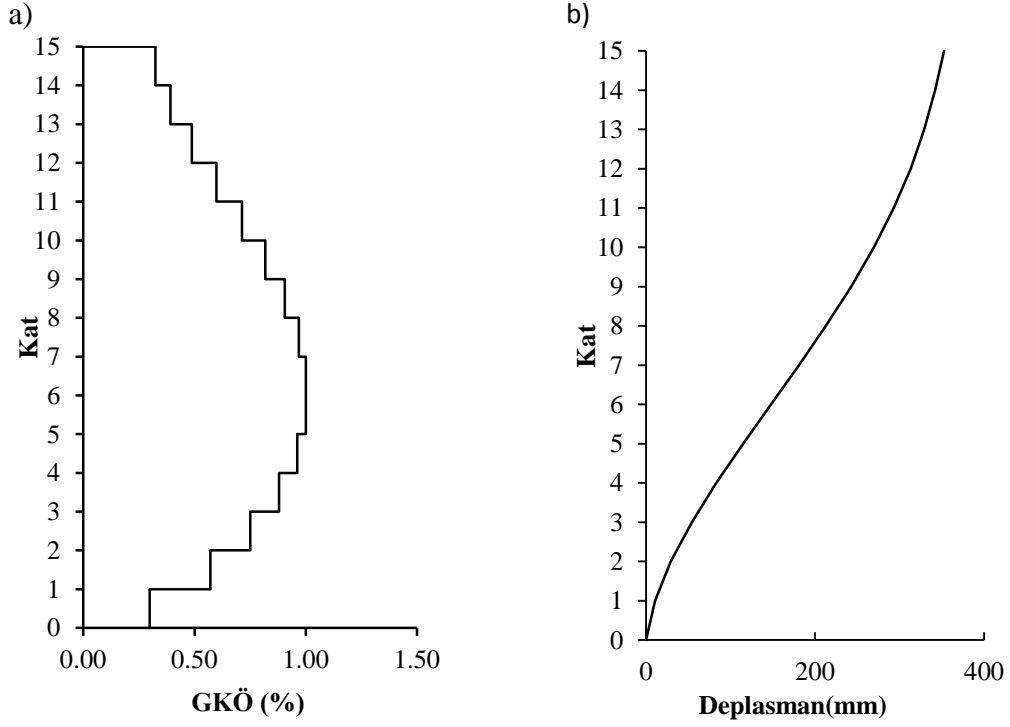
## EK A.14 KOCAELİ-DZC180 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar



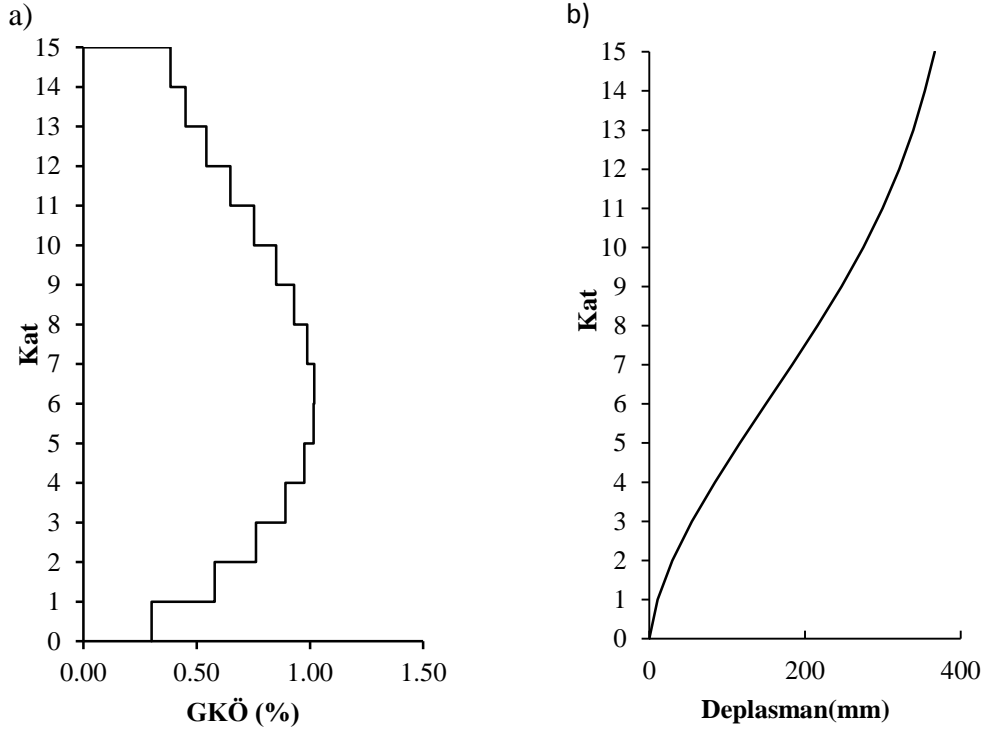
**Şekil A.53:** Kocaeli-Dzc180 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili



**Şekil A.54:** Kocaeli-Dzc180 ivme kaydı altında x yönü p-delta'lı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

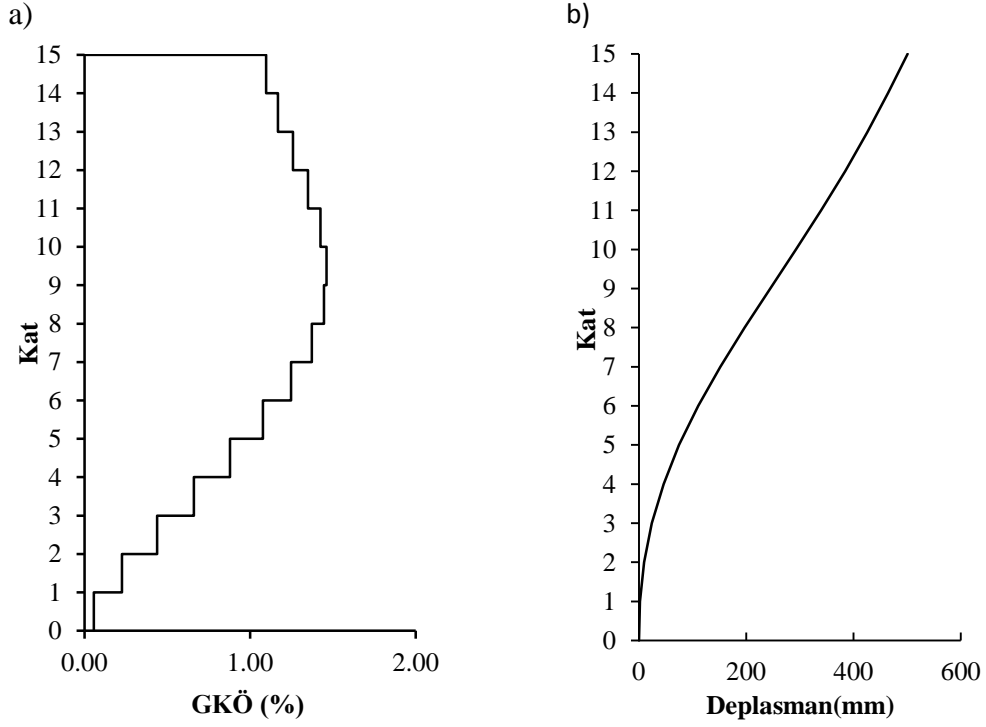


**Şekil A.55:** Kocaeli-Dzc180 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

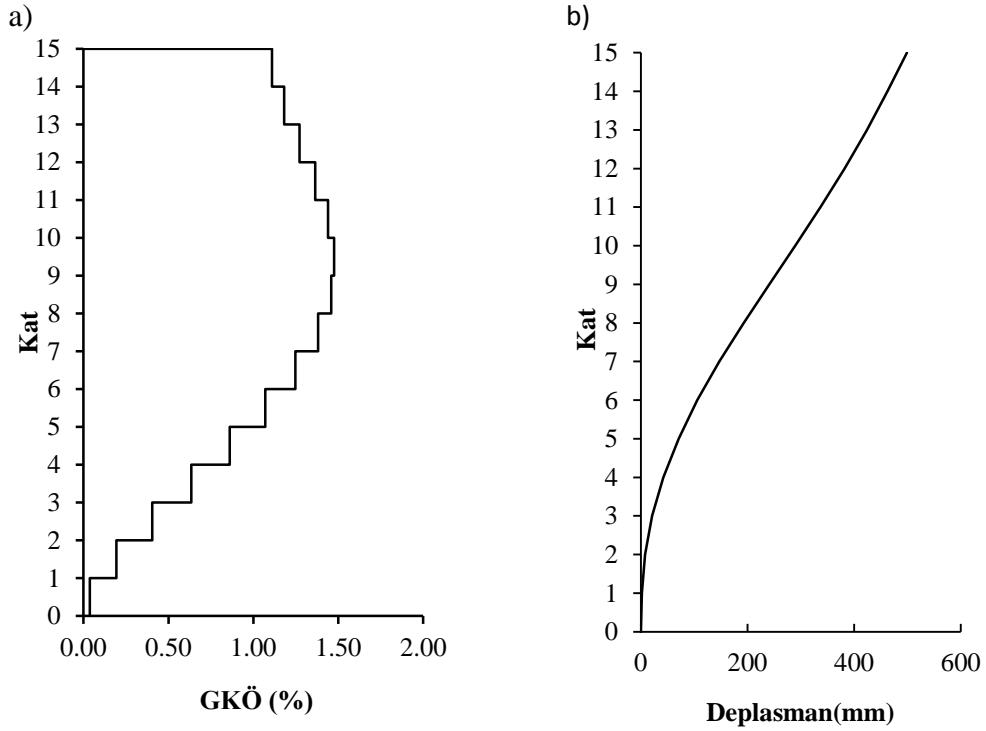


**Şekil A.56:** Kocaeli-Dzc180 ivme kaydı altında y yönü p-delta'lı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

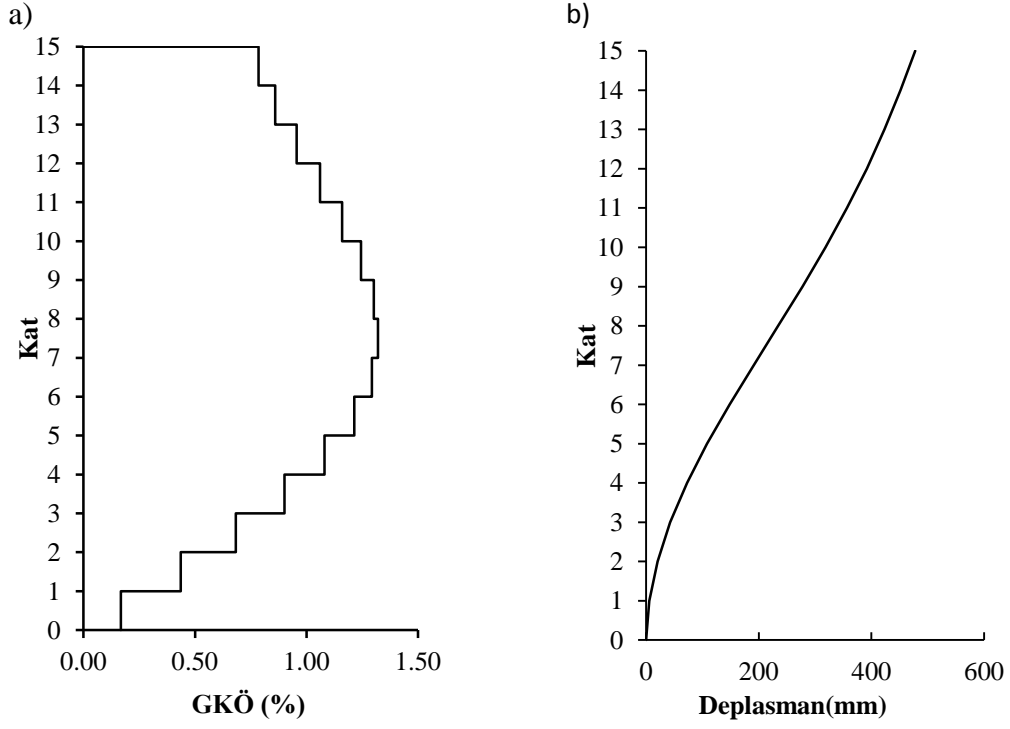
## EK A.15 LOMAP-HSP000 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar



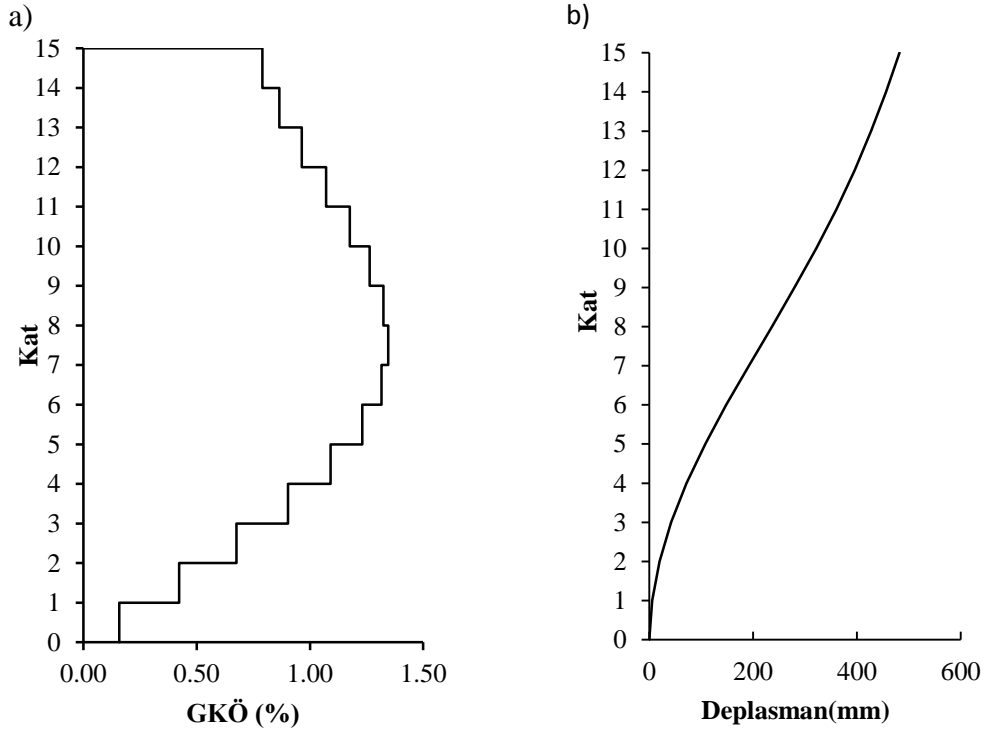
Şekil A.57: Lomap-Hsp000 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili



Şekil A.58: Lomap-Hsp000 ivme kaydı altında x yönü p-delta'lı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

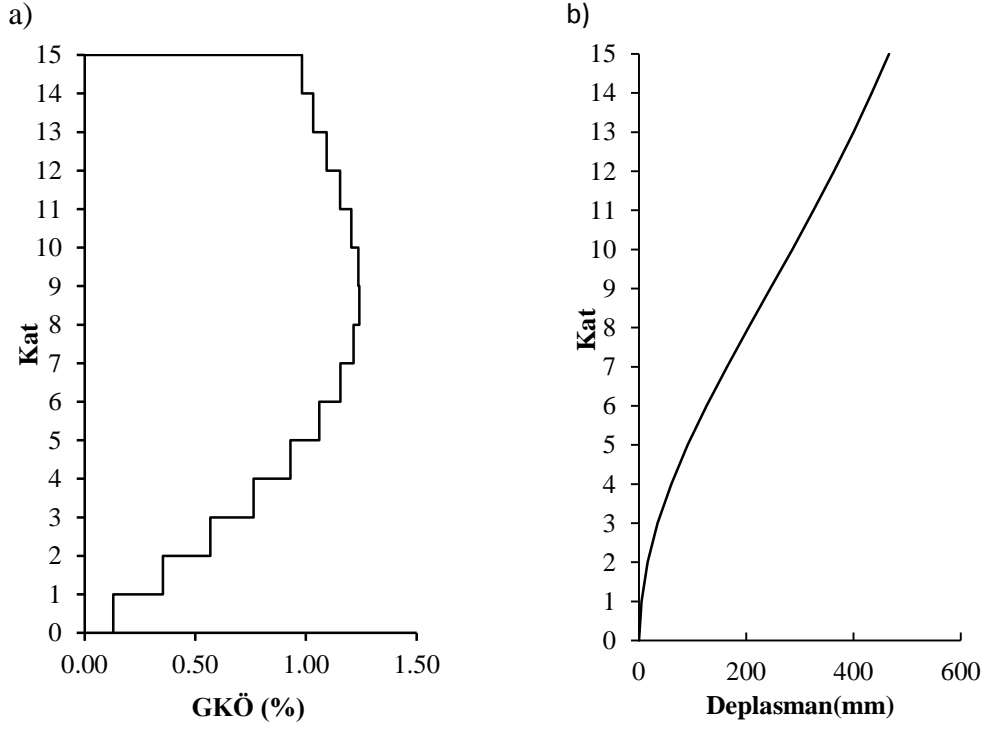


**Şekil A.59:** Lomap-Hsp000 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

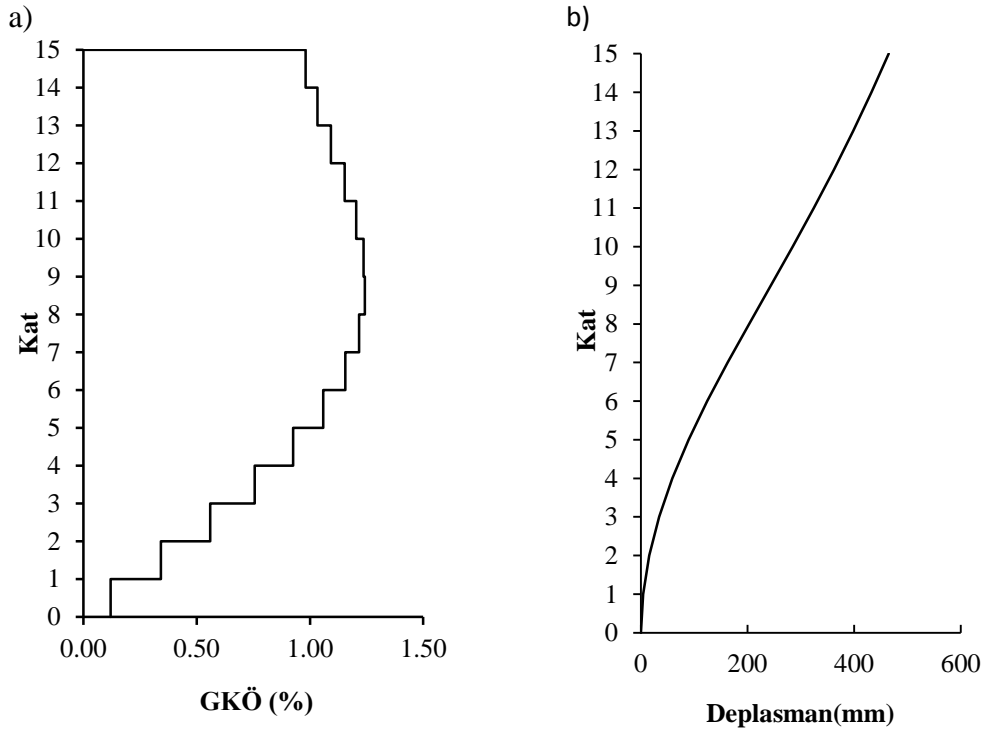


**Şekil A.60:** Lomap-Hsp000 ivme kaydı altında y yönü p-delta'lı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

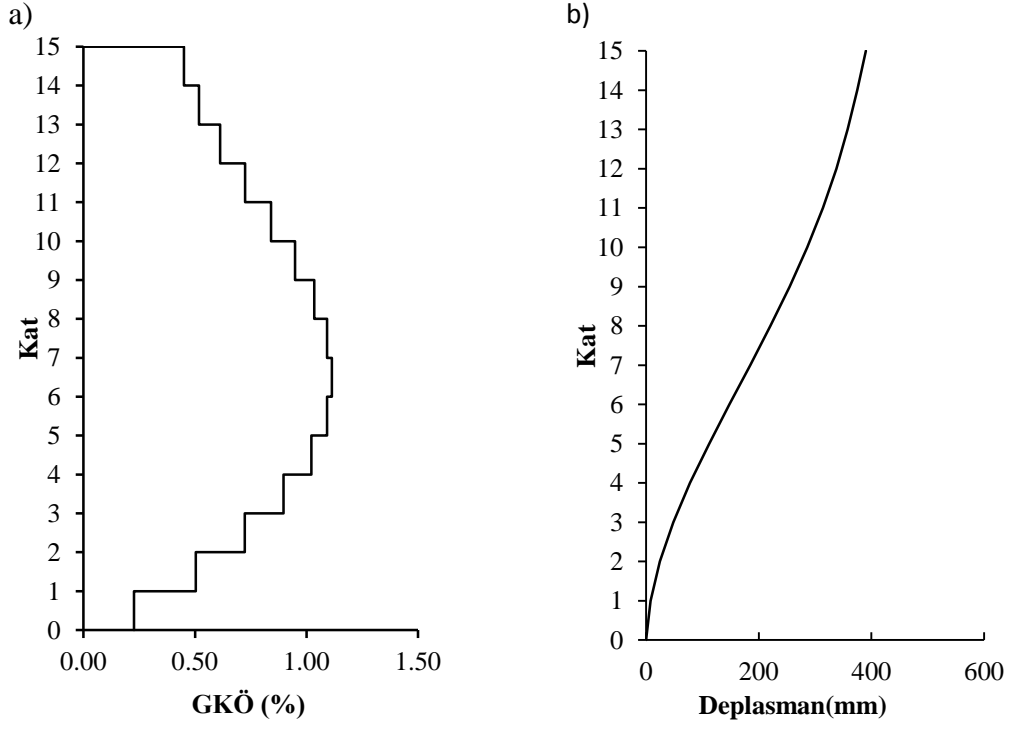
## EK A.16 NORTH-CPN196 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar



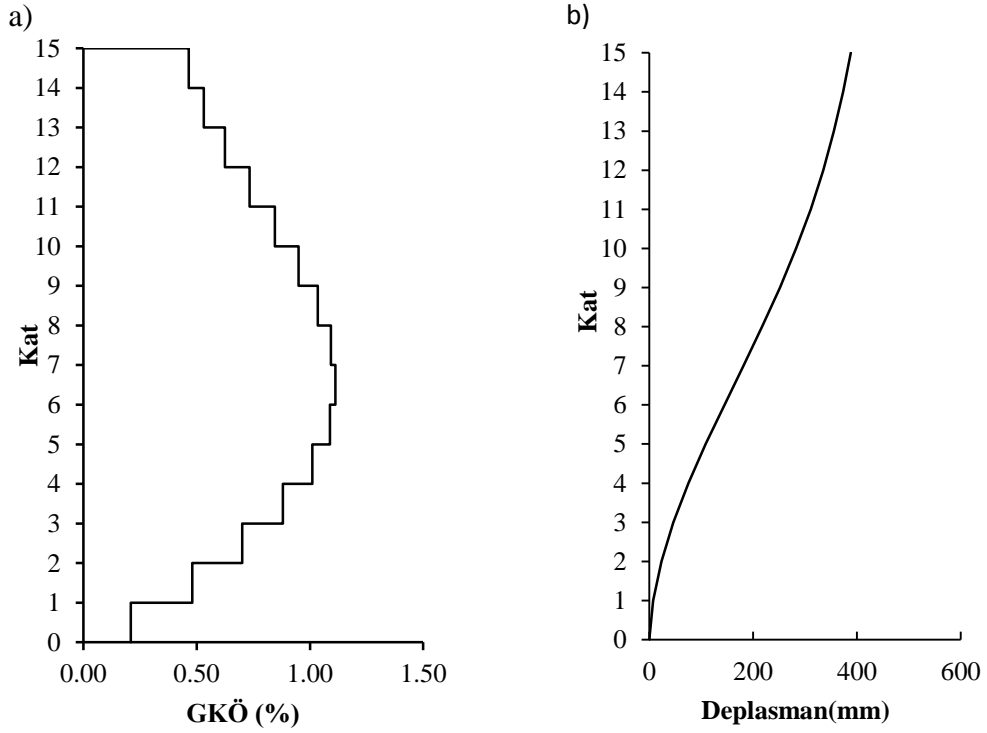
**Şekil A.61:** Northr-Cnp196 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili



**Şekil A.62:** Northr-Cnp196 ivme kaydı altında x yönü p-delta'lı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

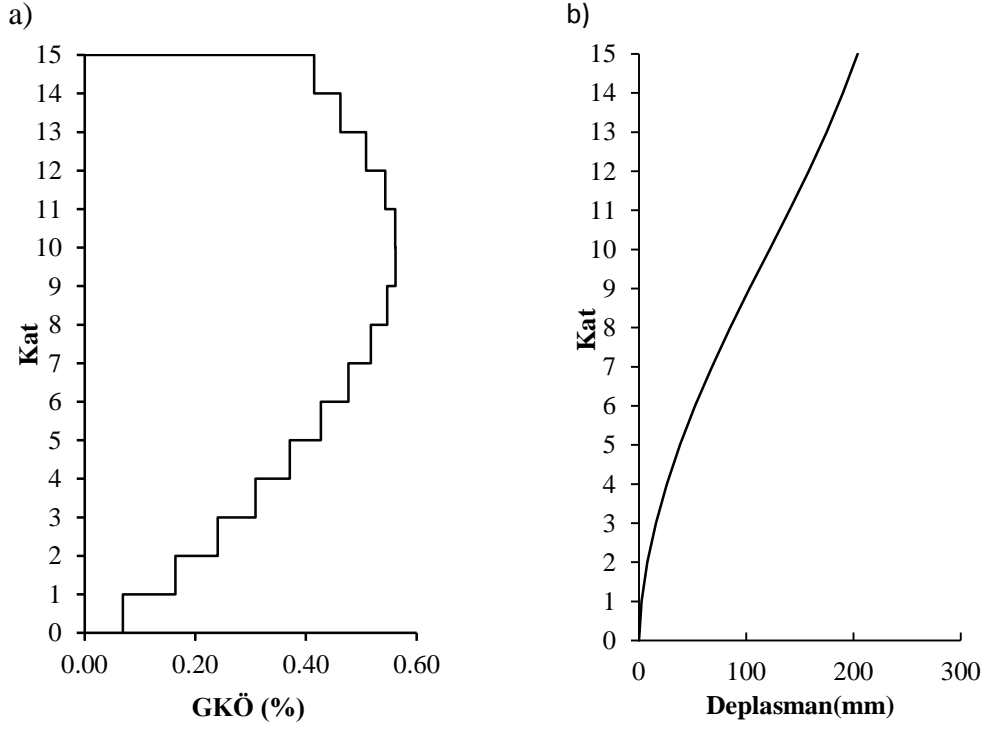


**Şekil A.63:** Northr-Cnp196 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

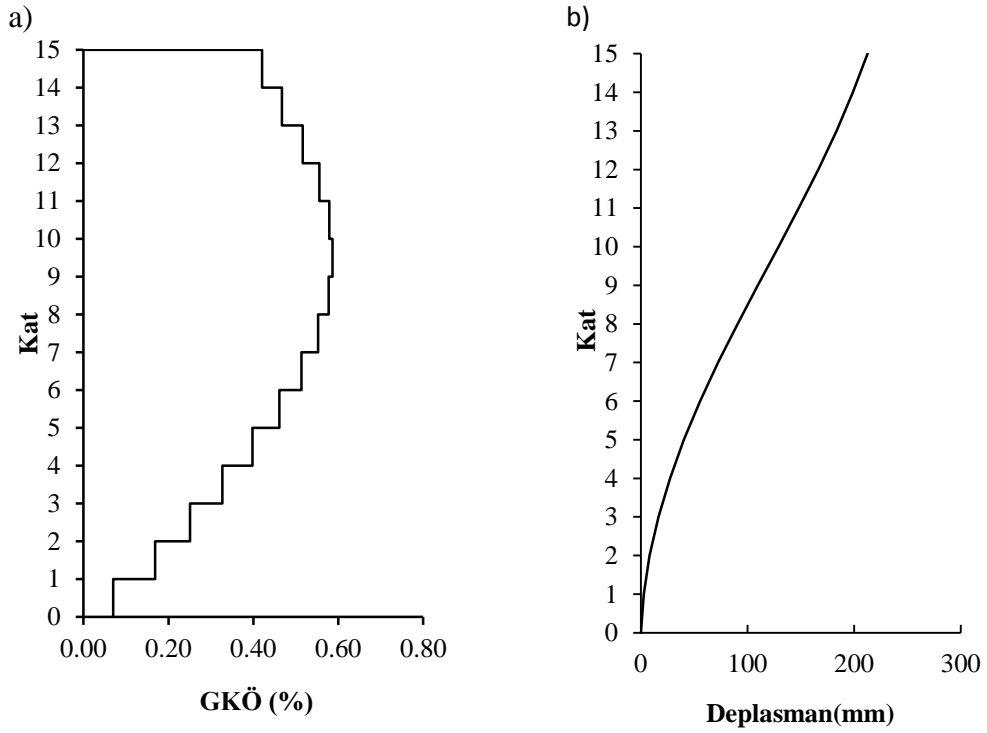


**Şekil A.64:** Northr-Cnp196 ivme kaydı altında y yönü p-delta'lı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

## EK A.17 NORTHR-PKC360 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar

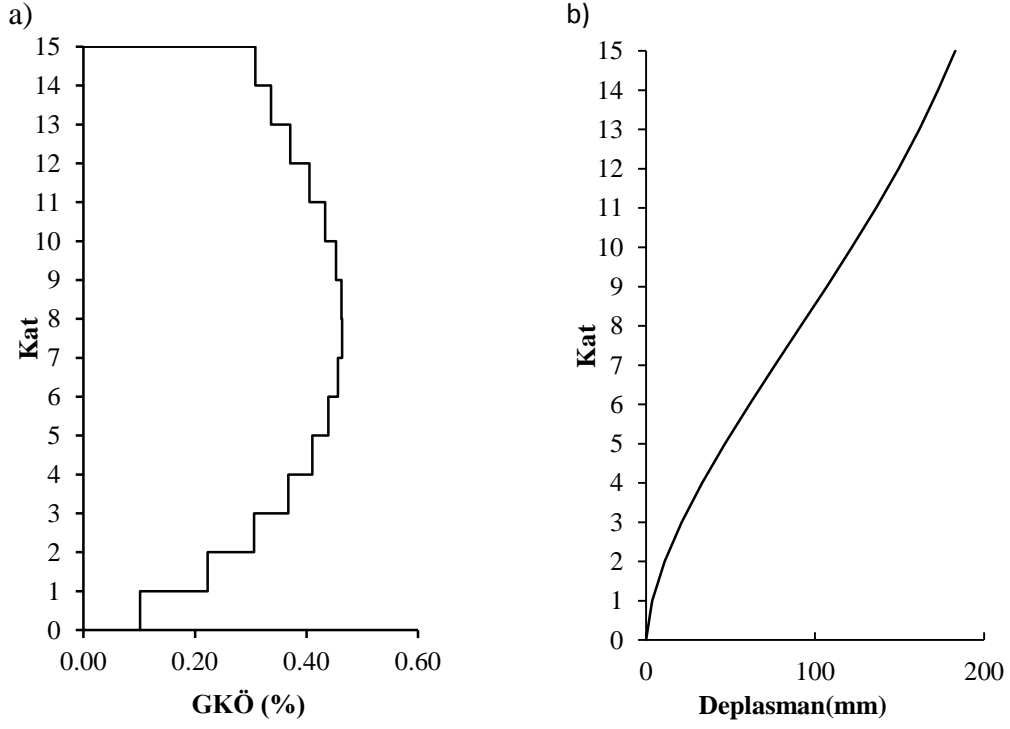


**Şekil A.65:** Northr-Pkc360 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

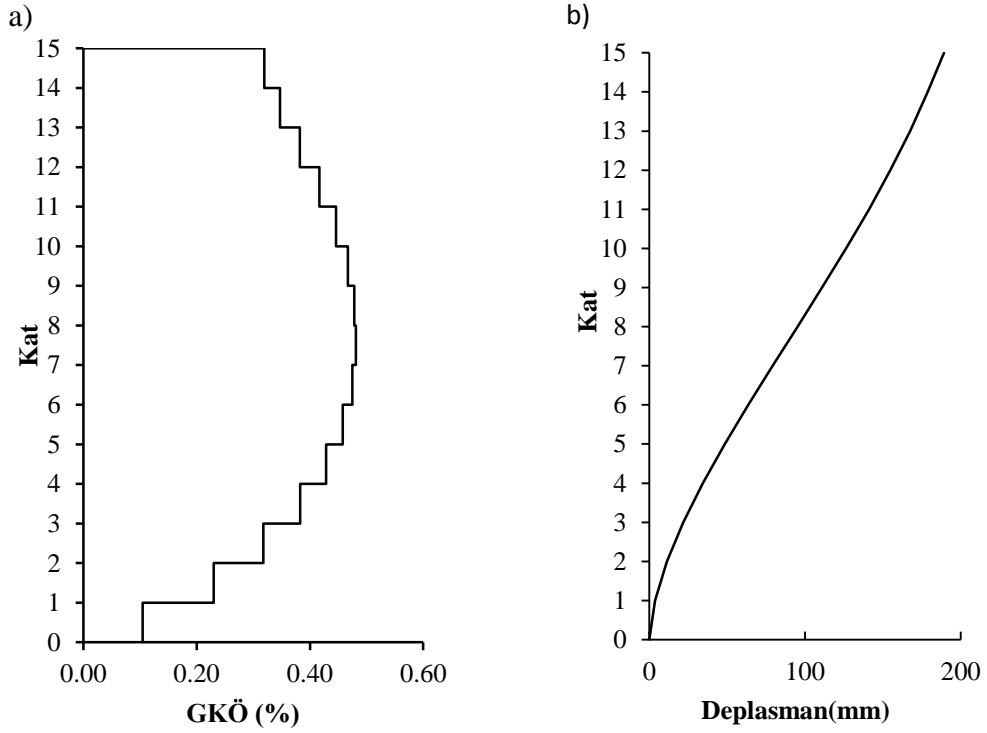


**Şekil A.66:** Northr-Pkc360 ivme kaydı altında x yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili



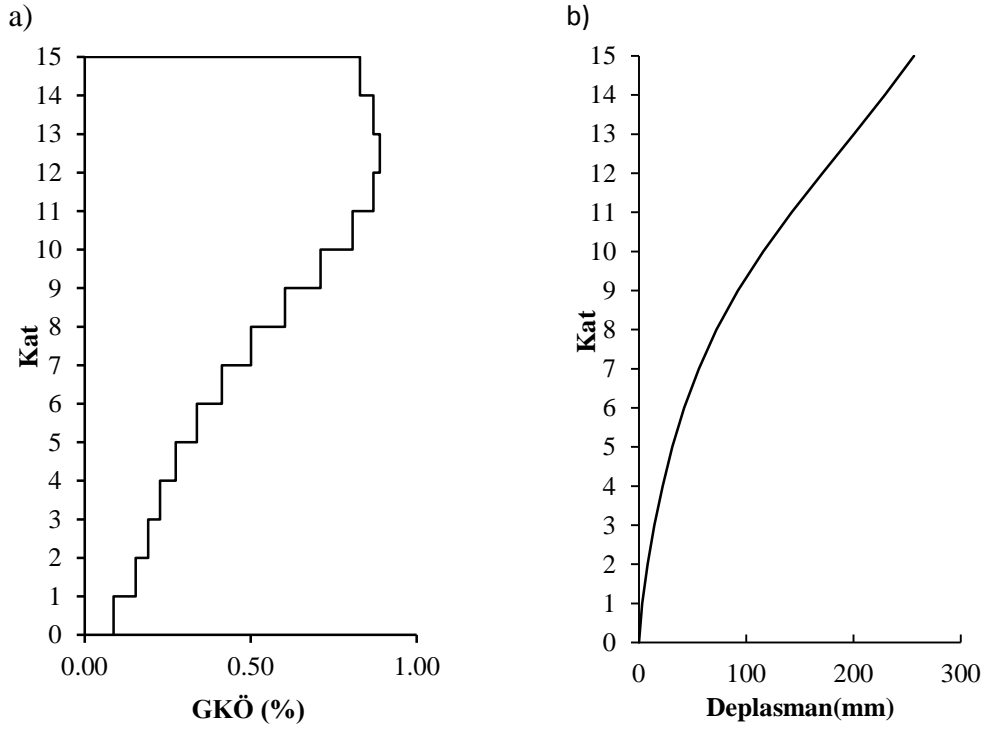


**Şekil A.67:** Northr-Pkc360 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

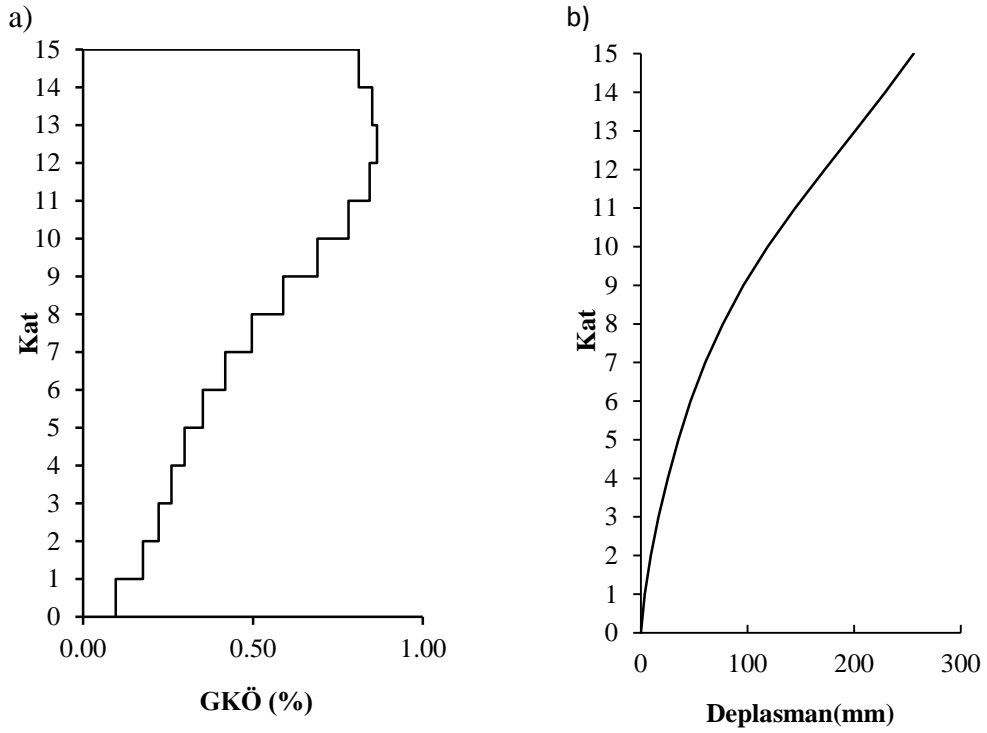


**Şekil A.68:** Northr-Pkc360 ivme kaydı altında y yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

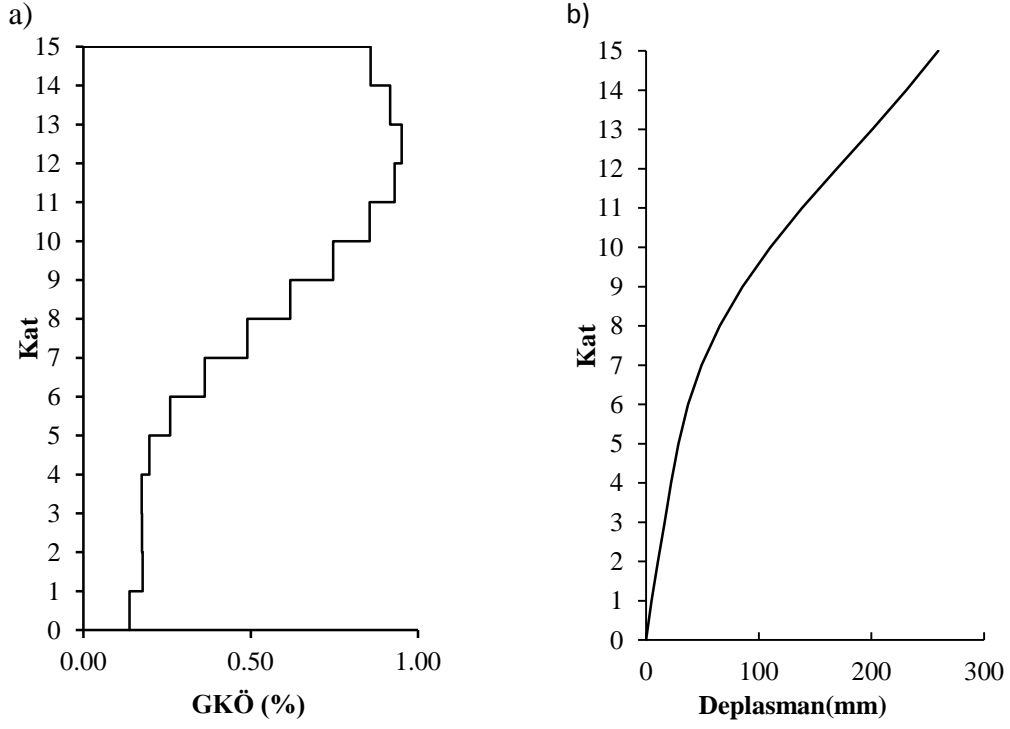
## EK A.18 NORTHR-PUL194 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar



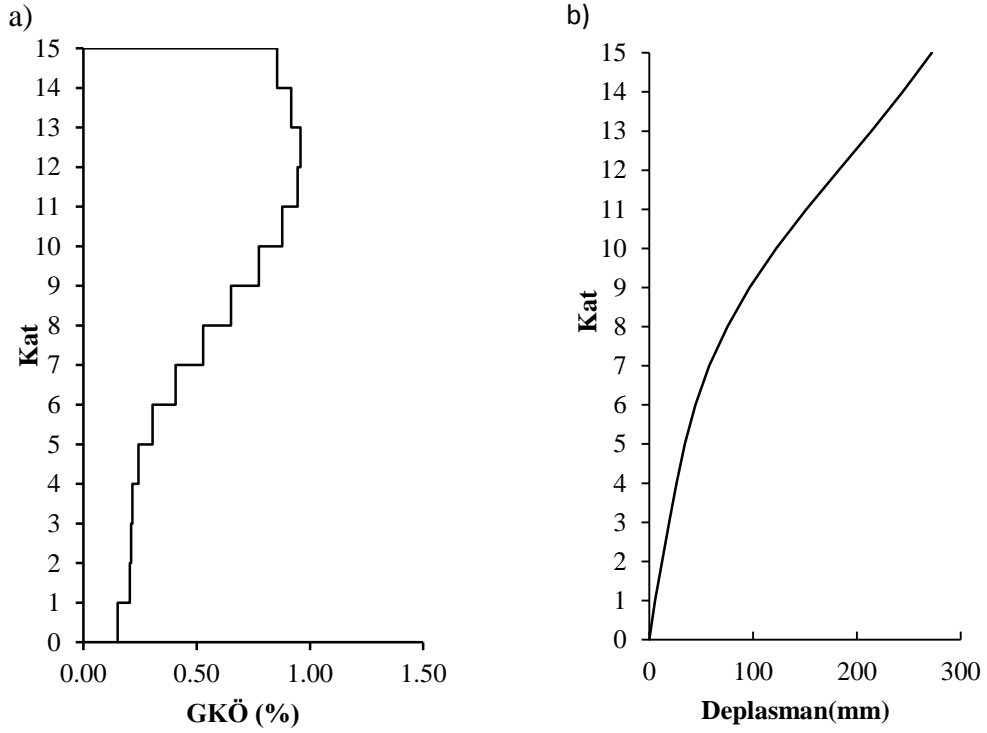
**Şekil A.69:** Northr-Pul194 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili



**Şekil A.70:** Northr-Pul194 ivme kaydı altında x yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

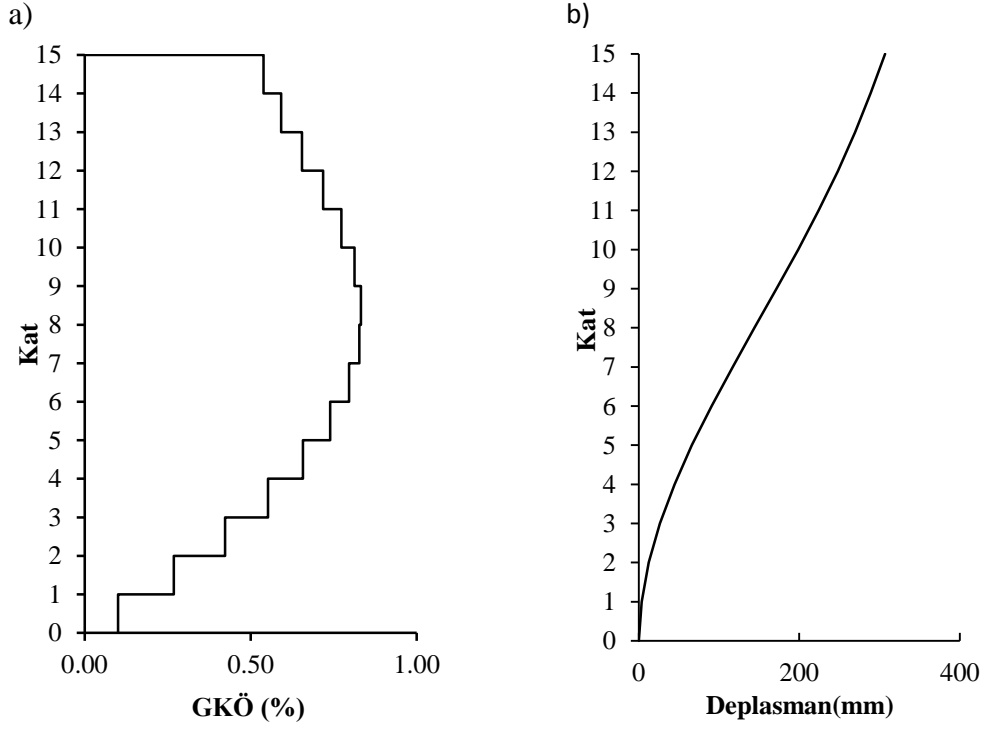


**Şekil A.71:** Northr-Pul194 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

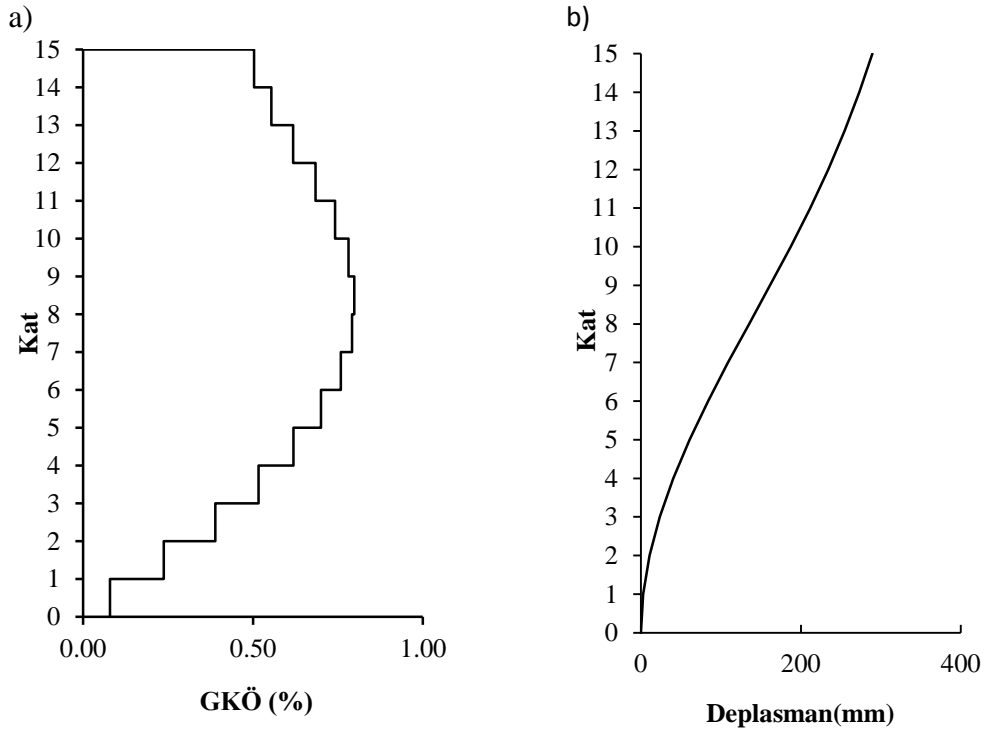


**Şekil A.72:** Northr-Pul194 ivme kaydı altında y yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

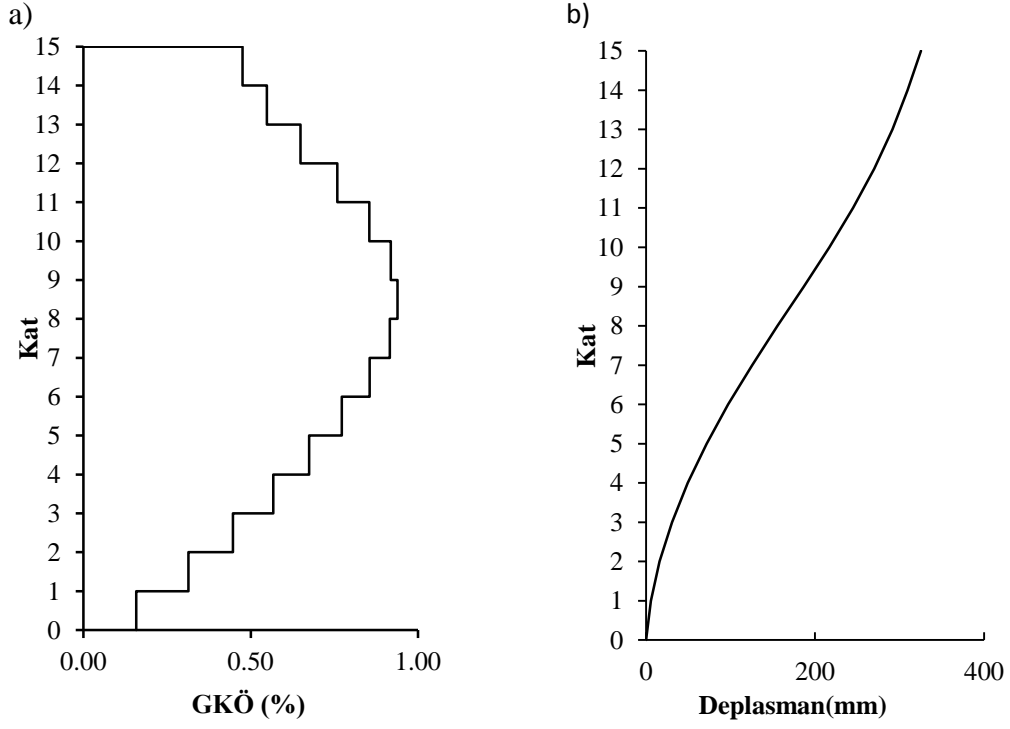
## EK A.19 NORTH-SPV360 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar



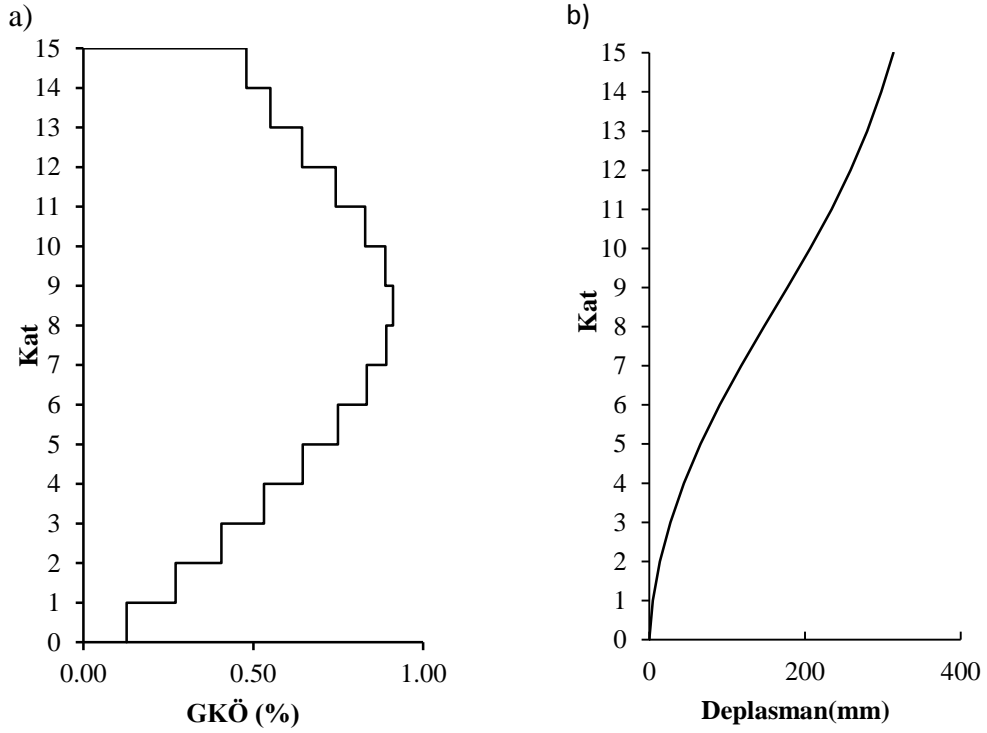
**Şekil A.73:** Northr-Spv360 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili



**Şekil A.74:** Northr-Spv360 ivme kaydı altında x yönü p-delta'lı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

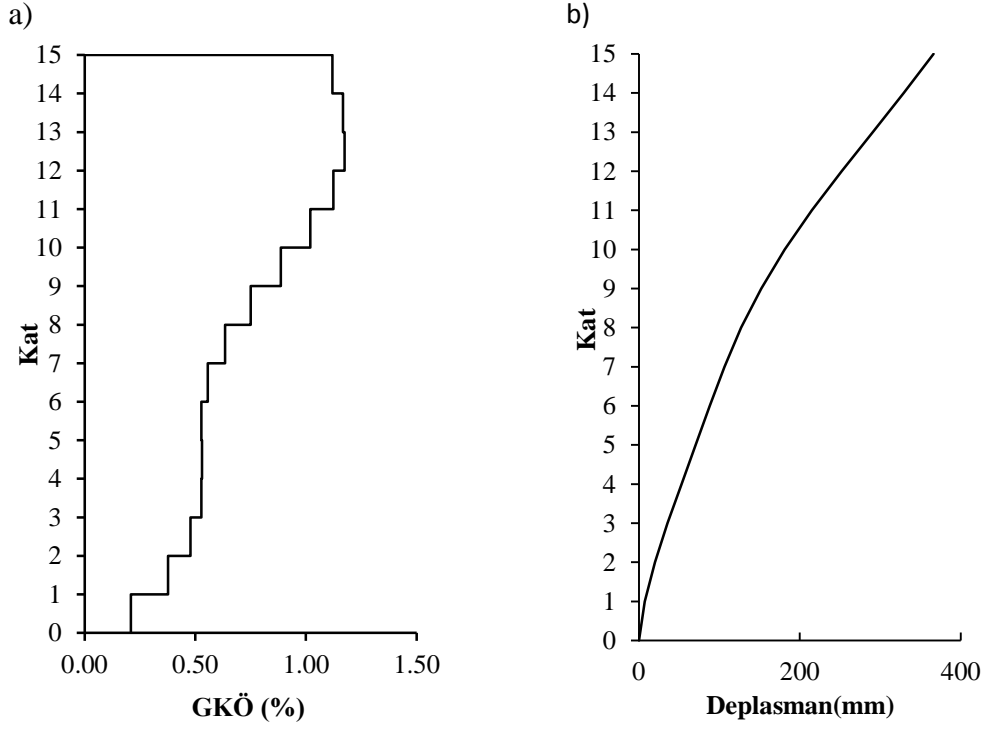


**Şekil A.75:** Northr-Spv360 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

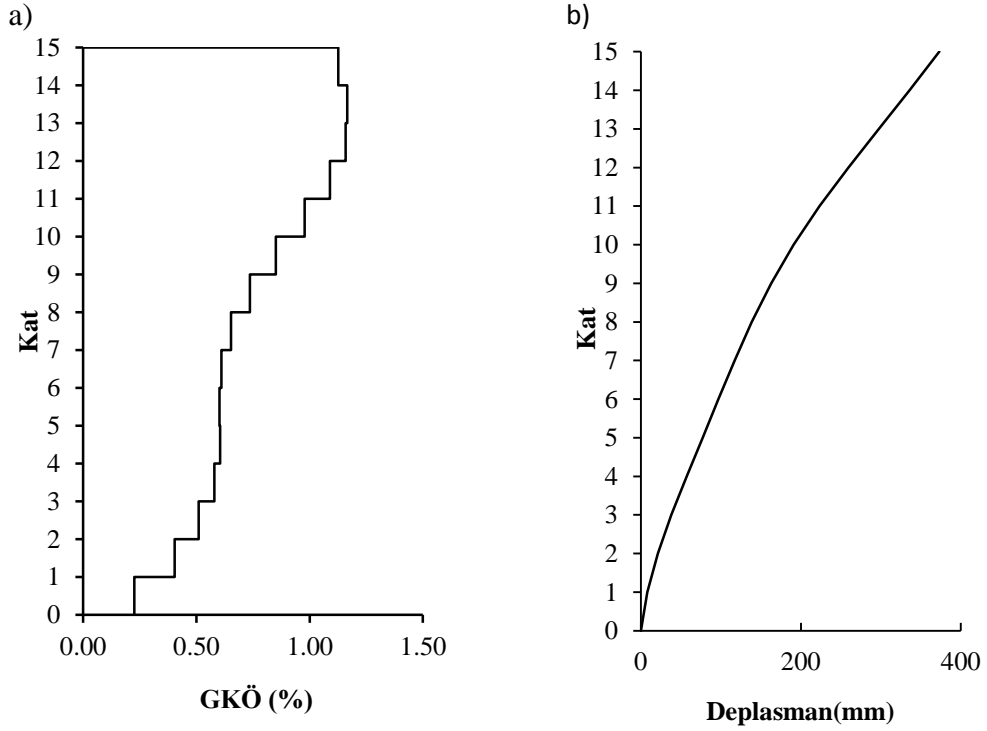


**Şekil A.76:** Northr-Spv360 ivme kaydı altında y yönü p-delta'lı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

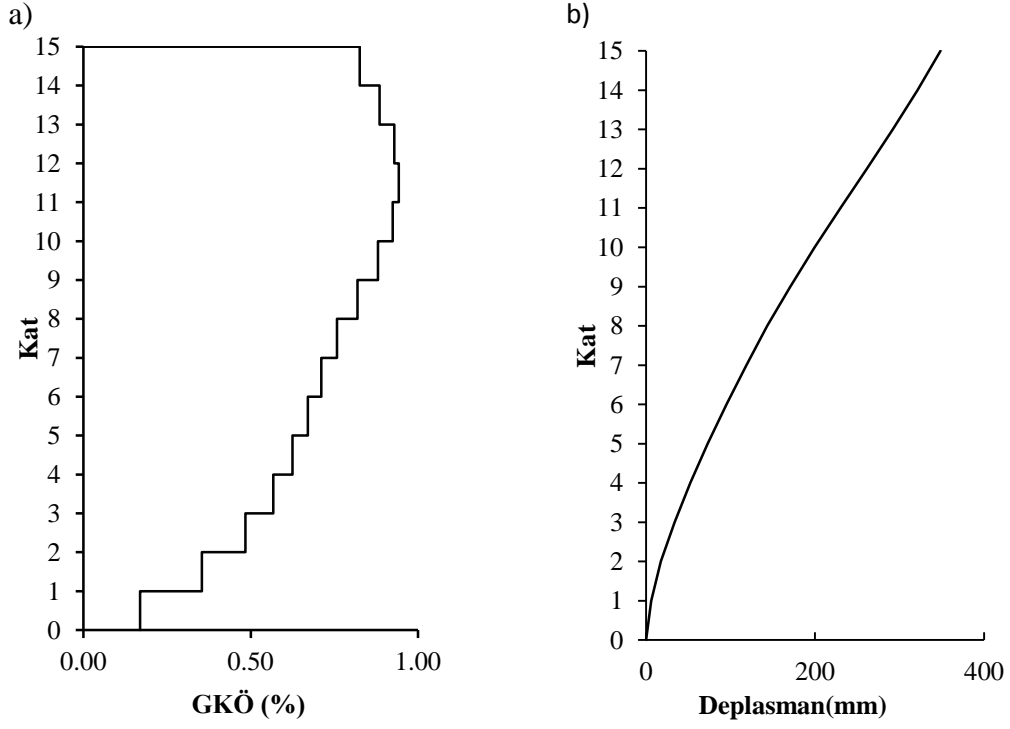
## EK A.20 NORTH-THR-TAR360 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar



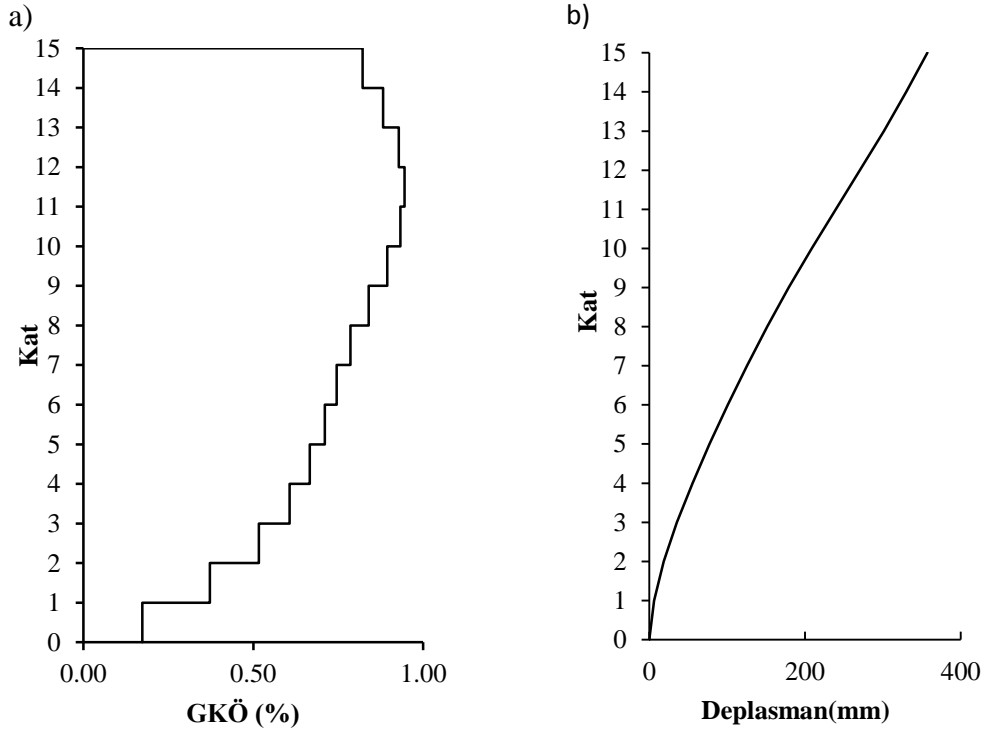
Şekil A.77: North-Thr-Tar360 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili



Şekil A.78: North-Thr-Tar360 ivme kaydı altında x yönü p-delta'lı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

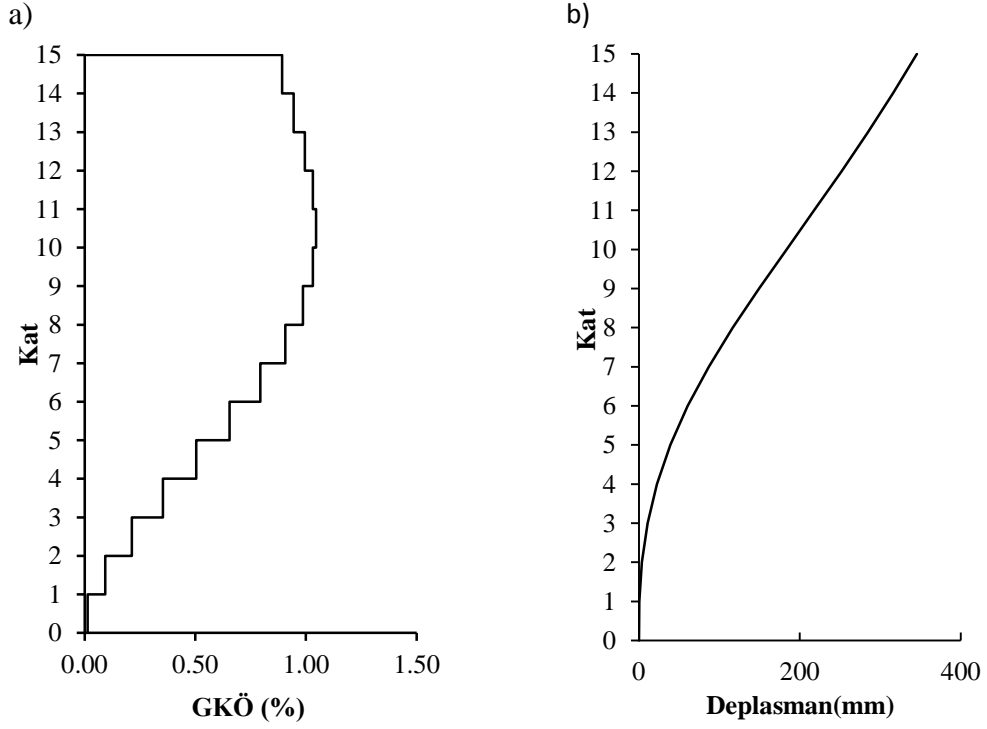


**Şekil A.79:** Northr-Tar360 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

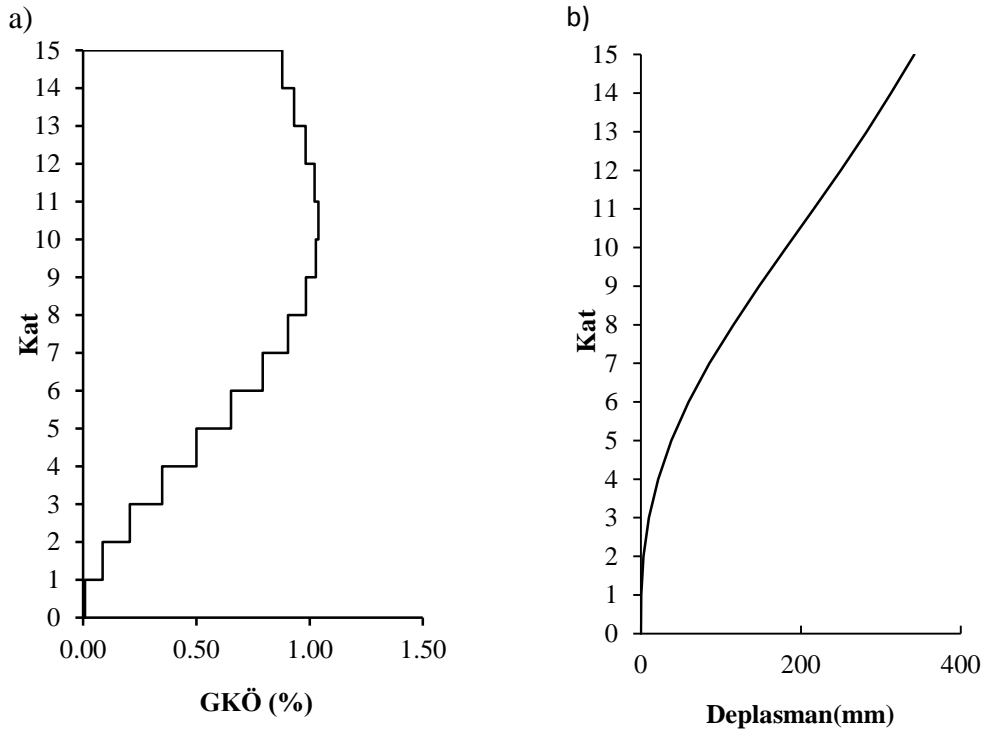


**Şekil A.80:** Northr-Tar360 ivme kaydı altında y yönü p-delta'lı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

## EK A.21 PALSPR-NPS210 İvme Kaydı İçin Elde Edilen Sonuçlar

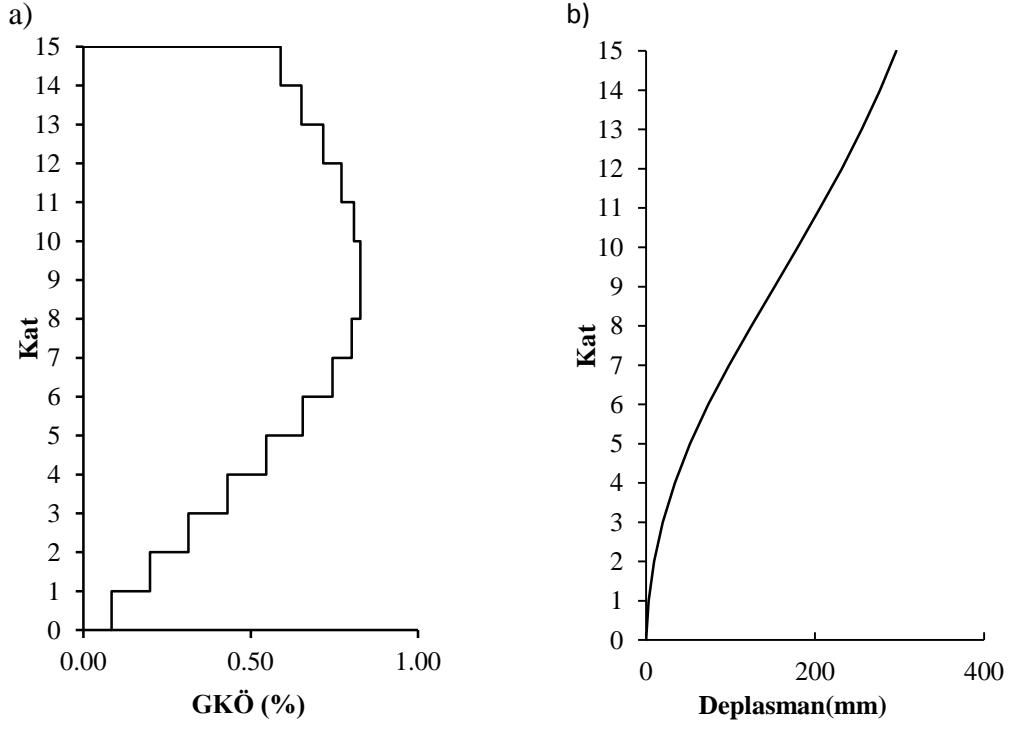


**Şekil A.81:** Palmspr-Nps210 ivme kaydı altında x yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

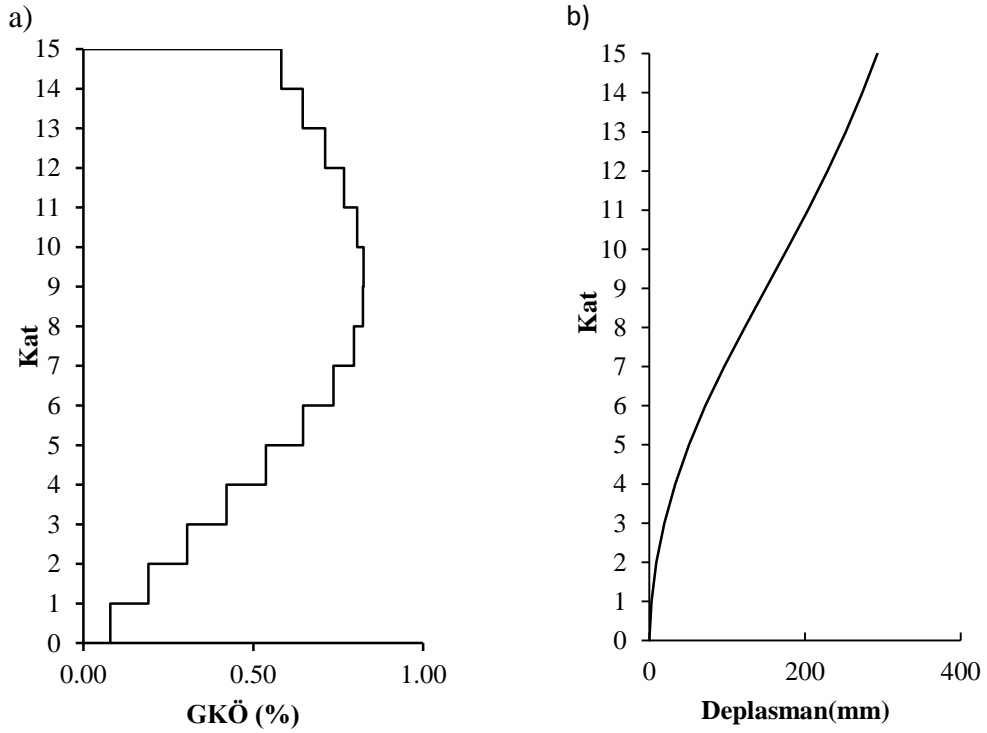


**Şekil A.82:** Palmspr-Nps210 ivme kaydı altında x yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili





**Şekil A.83:** Palmspr-Nps210 ivme kaydı altında y yönü p-delta'sız durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili



**Şekil A.84:** Palmspr-Nps210 ivme kaydı altında y yönü p-deltalı durumda doğrusal olmayan analiz a) GKÖ oranlarının katlara göre dağılımı b) Deplasman profili

## 9. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Sadullah Kabakuşak

Doğum Yeri ve Tarihi : Antalya, 07.08.1991

Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi

Elektronik posta : sadullah.kabakusak@gmail.com

İletişim Adresi :Ahatlı Mahallesi 3137 Sokak No:23/A Kat:2  
Daire:6 Kepez/Antalya