

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

**STATİK İTME VE ZAMAN TANIM ALANINDA DİNAMİK  
ANALİZ YÖNTEMLERİNİN ZEMİN YAPI ETKİLEŞİMİ  
DİKKATE ALINARAK İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İSA SARIOĞLU**

**DENİZLİ, EKİM - 2020**

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



**STATİK İTME VE ZAMAN TANIM ALANINDA DİNAMİK  
ANALİZ YÖNTEMLERİNİN ZEMİN YAPI ETKİLEŞİMİ  
DİKKATE ALINARAK İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İSA SARIOĞLU**

**DENİZLİ, EKİM - 2020**

**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.**

**İSA SARIOĞLU**



## ÖZET

**STATİK İTME VE ZAMAN TANIM ALANINDA DİNAMİK ANALİZ  
YÖNTEMLERİNİN ZEMİN YAPI ETKİLEŞİMİ DİKKATE  
ALINARAK İNCELENMESİ  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İSA SARIOĞLU  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**(TEZ DANIŞMANI:DR. ÖĞR. ÜYESİ BAYRAM TANIK ÇAYCI)**

**DENİZLİ, EKİM - 2020**

Gerçekleştirilen çalışmanın amacı düşük ve orta yükseklikte betonarme binalarda statik ve dinamik analiz yöntemlerinin zemin-yapı etkileşimi ve ankastre mesnet kabulü dikkate alınarak incelenmesidir. Bu kapsamda 4, 8 ve 12 katlı düzenli çerçeve bina modelleri oluşturulmuştur. Kolon plastik mafsalları eksenel yük etkileşimli olarak dikkate alınmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modellerde farklı zemin rijitliğine sahip 4 farklı zemin profili kullanılmıştır. Gerçekleştirilen tez kapsamında 3 farklı yük deseni, 4 farklı zemin tipi ve 40 ivme kaydı için 45 statik ve 240 dinamik analiz gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, dikdörtgen itme deseninin dinamik analizden elde edilen taban kesme kuvvetlerini yansıtmakta başarılı olduğu görülse de ters üçgen ve mod1 itme desenleri deplasman taleplerinin tahmin edilmesinde daha başarılıdır. Yapıların düzenli taşıyıcı sisteme sahip olmasının de etkisi ile mod1 ve ters üçgen itme desenleri arasındaki farklar sınırlıdır. Ankastre mesnet ve yapı zemin etkileşimli modeller için elde edilen deplasman talepleri yüksek rijitliğe sahip zemin profilleri için benzer sonuçlar vermektedir. Düşük zemin rijitlikli zeminler içinse dinamik analizden elde edilen talepler ivme kaydının özelliklerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir ve kesin bir yargıya varılması mümkün değildir. Dikkat çeken bir başka durum ise, zemin-yapı etkileşiminin dikkate alınması durumunda, zemin rijitliği düştükçe eksenel yük oranlarının artmasıdır. Buna bağlı olarak kolon moment kapasiteleri artış göstermekte ve taban kesme kuvvetleri daha yüksek hesaplanmaktadır. Yapı rijitliğinin düşmesi ile yapı akma noktasının sağa kayması da elde edilen sonuçlar üzerinde etkili olduğu değerlendirilmektedir.

**ANAHTAR KELİMELER: ZEMİN YAPI ETKİLEŞİMİ, BETONARME YAPILAR, STATİK İTME ANALİZİ, ZAMAN TANIM ALANINDA ANALİZ**

## **ABSTRACT**

**INVESTIGATION OF STATIC PUSHOVER AND DYNAMIC TIME-  
HISTORY ANALYSIS METHODS CONSIDERING SOIL-STRUCTURE  
INTERACTION  
MSC THESIS  
İSA SARIOĞLU  
PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE  
CİVİL ENJİNERİNG**

**(SUPERVISOR:ASSIST PROF.DR. BAYRAM TANIK ÇAYCI)**

**DENİZLİ, OCTOBER 2020**

This study investigates static and dynamic analysis methods in low and medium height RC buildings considering soil-structure interaction. For this purpose, regular frame building models with 4, 8 and 12-story were modelled. Column plastic hinges were modelled with axial-load intractred. 4 different soil profiles with different soil stiffness were used in the soil-structure interaction models. Within the scope of the thesis, 45 static and 240 dynamic analyzes were carried. When the obtained results are evaluated, although it is seen that the rectangular load pattern is successful in reflecting the base shear forces obtained from the dynamic analysis, the inverted triangle and mod1 load patterns are more successful in predicting the displacement demands. The differences between mod1 and inverted triangle load patterns are limited due to the fact that the buildings have ragular structural system. The displacement demands obtained for the fixed base models and SSI models tend similar results for high stiffness soil profiles. For soils with low stiffness, the demands obtained from the dynamic analysis vary depending on the characteristics of the ground motion record and. Another imprortant result to be emphasis that if the soil-structure interaction is taken into account, the axial load ratios increase as the soil stiffness decreases. Accordingly, column moment capacities increase and base shear forces are calculated higher. It is considered that the shifting of the yield point of the structure with the decrease in the stiffness of the structure has an effect on the results obtained

**KEYWORDS: SOIL-STRUCTURE INTERACTION, RC  
STRUCTURES, PUSHOVER ANALYSIS, TIME HISTORY ANALYSIS**

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>vii</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>SEMBOL LİSTESİ</b> .....	<b>x</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>xi</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Amaç ve Kapsam.....	2
1.2 Literatür Özeti .....	3
1.2.1 Zaman Tanım Alanında Analiz ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	3
1.2.2 Statik İtme Analizi ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	6
1.2.3 Zemin-Yapı Etkileşimi ile İlgili Yapılan Çalışmalar .....	11
1.3 Organizasyon.....	14
<b>2. KULLANILAN BİNA ÖZELLİKLERİ VE MODELLEME</b> .....	<b>15</b>
2.1 Bina özellikleri .....	15
2.2 Zemin Özellikleri.....	20
<b>3. ANALİZ İÇİN KULLANILAN İVME KAYITLARI</b> .....	<b>23</b>
<b>4. ÇALIŞMADA KULLANILAN ANALİZ YÖNTEMLERİ</b> .....	<b>25</b>
4.1 Statik İtme (Pushover) Analizi .....	25
4.2 Doğrusal Olmayan Zaman Tanım Alanında Dinamik Analiz.....	26
<b>5. ZEMİN-YAPI ETKİLEŞİMİ</b> .....	<b>28</b>
<b>6. ANALİZ SONUÇLARI</b> .....	<b>30</b>
6.1 Giriş .....	30
6.2 Deplasman Taleplerinin Elde Edilmesi .....	30
6.2.1 Maksimum Deplasman Taleplerinin Elde Edilmesi.....	31
6.2.2 Maksimum Deplasman Talebi Anındaki Deplasman Profillerinin Elde Edilip Karşılaştırılması .....	38
6.2.3 Sonuçların Değerlendirilmesi .....	48
6.3 Görelî Kat Ötelenme Oranlarının Elde Edilip Karşılaştırılması .....	49
6.3.1 Maksimum Görelî Kat Ötelenme Oranlarının Elde Edilip Karşılaştırılması.....	49
6.3.2 Görelî Çatı Kat Ötelenme Oranlarının Elde Edilmesi.....	63
6.3.3 Görelî Çatı Kat Ötelenme Oranlarının Değişim Değerlerinin Karşılaştırılması.....	72
6.3.4 Sonuçların Değerlendirilmesi .....	79
6.4 Kapasite Eğrilerinin Elde Edilmesi .....	81
6.4.1 4 Katlı Modelin Kapasite Eğrilerinin Elde Edilmesi.....	82
6.4.2 8 Katlı Modelin Kapasite Eğrilerinin Elde Edilmesi.....	90
6.4.3 12 Katlı Modelin Kapasite Eğrilerinin Elde Edilmesi.....	99
6.4.4 Sonuçların Değerlendirilmesi .....	112
<b>7. SONUÇ VE ÖNERİLER</b> .....	<b>114</b>
7.1 Elde Edilen Bulgular.....	114
7.2 Gelecek Çalışmalar İçin Öneriler .....	116
<b>8. KAYNAKLAR</b> .....	<b>118</b>
<b>9. ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>123</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1: Zemin-yapı etkileşimi dikkate alınarak modellenen örnek bina .....	15
Şekil 2.2: 4 katlı model taşıyıcı elemanları.....	16
Şekil 2.3: 8 katlı model taşıyıcı elemanları.....	17
Şekil 2.4: 12 katlı model taşıyıcı elemanları.....	18
Şekil 2.5: 4 katlı Profil A Zemin modeli .....	21
Şekil 4.1: Statik İtme Analizinde kullanılan yük desenleri .....	26
Şekil 5.1: Sismik etkiler altında yapı zemin davranışın şematik olarak gösterilmesi (Kutaniş,2001) .....	29
Şekil 6.1: 4 katlı zemin-yapı etkileşimli modellerin deplasman profilleri .....	39
Şekil 6.2: 8 katlı zemin-yapı etkileşimli modellerin deplasman profilleri.....	40
Şekil 6.3: 12 katlı zemin-yapı etkileşimli modellerin deplasman profilleri .....	41
Şekil 6.4: 4 katlı ankastre modellerin deplasman profilleri .....	43
Şekil 6.5: 8 katlı ankastre modellerin deplasman profilleri.....	44
Şekil 6.6: 12 katlı ankastre modellerin deplasman profilleri .....	46
Şekil 6.7: 4 katlı zemin-yapı etkileşimli modellerin GKÖO profilleri.....	51
Şekil 6.8: 8 katlı zemin-yapı etkileşimli modellerin GKÖO profilleri.....	53
Şekil 6.9: 12 katlı zemin-yapı etkileşimli modellerin GKÖO profilleri.....	55
Şekil 6.10: 4 katlı ankastre modellerin GKÖO profilleri .....	57
Şekil 6.11: 8 katlı ankastre modellerin GKÖO profilleri .....	59
Şekil 6.12: 12 katlı ankastre modellerin GKÖO profilleri .....	61
Şekil 6.13: 4 katlı modellerin görelî çatı kat ötelenme oranları.....	64
Şekil 6.13 (Devam): 4 katlı modellerin görelî çatı kat ötelenme oranları.....	65
Şekil 6.14: 8 katlı modellerin görelî çatı kat ötelenme oranları.....	67
Şekil 6.14 (Devam): 8 katlı modellerin görelî çatı kat ötelenme oranları.....	68
Şekil 6.15: 12 katlı modellerin görelî çatı kat ötelenme oranları.....	69
Şekil 6.15 (Devam): 12 katlı modellerin görelî çatı kat ötelenme oranları.....	70
Şekil 6.16: 4 katlı görelî çatı kat ötelenme oranlarının değişim değerleri.....	74
Şekil 6.17: 8 katlı görelî çatı kat ötelenme oranlarının değişim değerleri.....	77
Şekil 6.18: 12 katlı görelî çatı kat ötelenme oranlarının değişim değerleri.....	80
Şekil 6.19: 4 katlı dikdörtgen statik itme ve ZTA kapasite eğrileri .....	83
Şekil 6.20: 4 katlı mod 1 statik itme ve ZTA kapasite eğrileri.....	85
Şekil 6.21: 4 katlı ters üçgen statik itme ve ZTA kapasite eğrileri.....	88
Şekil 6.22: 8 katlı dikdörtgen statik itme ve ZTA kapasite eğrileri.....	91
Şekil 6.23: 8 katlı mod 1 statik itme ve ZTA kapasite eğrileri.....	94
Şekil 6.24: 8 katlı ters üçgen statik itme ve ZTA kapasite eğrileri.....	97
Şekil 6.25: 12 katlı dikdörtgen statik itme ve ZTA kapasite eğrileri .....	100
Şekil 6.26: 12 katlı mod 1 statik itme ve ZTA kapasite eğrileri .....	103
Şekil 6.27: 12 katlı ters üçgen statik itme ve ZTA kapasite eğrileri .....	106
Şekil 6.28: 12 katlı ankastre ve Profil A, Profil B zemin-yapı etkileşimli modellerinin Vt – N grafiği.....	109
Şekil 6.29: 12 katlı ankastre ve Profil C, Profil D + FD zemin-yapı etkileşimli modellerinin Vt – N grafiği.....	110

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

Tablo 2.1: 4 katlı modelin taşıyıcı elemanlarının özellikleri .....	16
Tablo 2.2: 8 katlı modelin taşıyıcı elemanlarının özellikleri .....	18
Tablo 2.3: 12 katlı modelin taşıyıcı elemanlarının özellikleri.....	19
Tablo 2.4: Ankastre mesnet olarak modellenen binaların özellikleri .....	19
Tablo 2.5: Zemin-yapı etkileşimi dikkate alınarak modellenen binaların özellikleri .....	20
Tablo 2.6: Modellenen zemine ait özellikler.....	20
Tablo 2.7: Zemin Profilleri.....	21
Tablo 3.1: Çalışmada kullanılan deprem ivme kayıtları ve özellikleri.....	24
Tablo 6.1: Profil A ve Profil B için 4 katlı modelin maksimum deplasman talebi.....	31
Tablo 6.2: Profil C ve Profil D + FD için 4 katlı modelin maksimum deplasman talebi.....	33
Tablo 6.3: Profil A ve Profil B için 8 katlı modelin maksimum deplasman talebi.....	34
Tablo 6.4: Profil C ve Profil D + FD için 8 katlı modelin maksimum deplasman talebi.....	35
Tablo 6.5: Profil A ve Profil B için 12 katlı modelin maksimum deplasman talebi.....	36
Tablo 6.6: Profil C ve Profil D + FD için 12 katlı modelin maksimum deplasman talebi .....	37



## SEMBOL LİSTESİ

<b>B</b>	: Temel genişliği
<b>[C]</b>	: Sönüm Matrisi
<b>E</b>	: Elastisite Modülü
<b>FD</b>	: Forward Directivity (İleri Yönlleme)
<b>FEMA</b>	: Ulusal Acil Durum Yönetim Ajansı
<b>G</b>	: Kayma Modülü
<b>H<sub>y</sub></b>	: Yapı yüksekliği
<b>GKÖO</b>	: Göreli kat ötelenme oranı
<b>[K]</b>	: Rijitlik Matrisi
<b>[M]</b>	: Kütle Matrisi
<b>Θ</b>	: Temel dönme açısı
<b>ΘH<sub>y</sub></b>	: Temel dönmesi nedeniyle oluşan yatay yerdeğiştirme
<b>PGA</b>	: Peak Ground Acceleration(En Büyük Yer İvmesi)
<b>PGV</b>	: Peak Ground Velocity(En Yüksek Hız Değeri)
<b>Semap</b>	: Sargı Etkisi Modelleme Analiz Programı
<b>T<sub>1</sub></b>	: Binanın 1. doğal titreşim periyodu
<b>T<sub>4</sub></b>	: Binanın 4. doğal titreşim periyodu
<b>u<sub>b</sub><sup>t</sup></b>	: Temel tabanı toplam yatay yerdeğiştirmesi
<b>ü</b>	: Yer İvmesi
<b>V<sub>s,30</sub></b>	: Zeminin İlk 30 m Kesme Dalgası Hızı
<b>W</b>	: Bina sismik ağırlığı
<b>ZTA</b>	: Zaman Tanım Alanında Dinamik Analiz
<b>ZYE</b>	: Zemin-yapı Etkileşimi
<b>δ</b>	: Rölatif yapı yerdeğiştirmesi
<b>Δt</b>	: Bir durumda diğer duruma geçiş arasındaki zaman farkı

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitim süresince bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Bayram Tanık ÇAYCI başta olmak üzere bu yolda üzerimde emeği geçmiş tüm hocalarıma teşekkürü borç bilirim.

Tüm hayatım boyunca benden desteğini esirgemeyen ve her zaman varlıklarıyla bana güven veren ailem başta olmak üzere öğrenim ve çalışma hayatım boyunca her zaman yanımda olan arkadaşlarıma sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

# 1. GİRİŞ

Yapıların sismik etkiler altında davranışının incelenmesi amacıyla literatürde birçok yöntem bulunmaktadır. Uygulama basitliği nedeniyle mevcut birçok yönetmelikte yapıların doğrusal davranış gösterdiği kabulü ve statik analiz yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak şiddetli depremler altında yapıların elastik kalmadığı ve sismik etkilerin dinamik bir olgu olduğu bilinen bir gerçektir.

Deprem yönetmeliklerinde yer alan yapısal analizlerde genellikle temeller ankastre mesnet kabul edilerek çözüm yapılmakta ve temellerde yer değiştirme ve dönme olmadığı kabul edilmektedir. Depremin gerçekleştiği anda ise, bu durumun tam aksine temellerde çökme ve dönmeler oluşmaktadır. Dinamik bir yükleme olan deprem bir yapıyı etkilediğinde, yapı ve zemin birlikte hareket eder. Bu da birbirlerinin davranışını etkilemektedir. Bu nedenle yapının ve zeminin birbirinden yalıtıldığı kabulü ile gerçekleştirilen analizler her durumda gerçekçi sonuçlar vermemektedir.

Statik itme ve zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalar incelendiğinde, zemin-yapı etkileşiminin de dikkate alındığı sınırlı sayıda çalışma olduğu görülmektedir. Sismik etkiler altında yapı davranışının zemin-yapı etkileşimi dikkate alınarak incelenmesi önem arz etmektedir.

Gerçekleştirilen çalışmanın amacı statik itme ve zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemlerinin zemin-yapı etkileşimi dikkate alınarak incelenmesidir. Çalışmada düşük, orta ve yüksek katlı zemin-yapı etkileşimli ve ankastre mesnetli çerçeve modeller oluşturulmuş, farklı yük desenleri etki edilerek statik (pushover) itme analizleri ve doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analizler gerçekleştirilmiştir. Zemin özelliklerinin davranış üzerindeki etkilerinin araştırılabilmesi için analizlerde farklı rijitliklere sahip 4 zemin profili dikkate alınmıştır. Çalışma kapsamında zaman tanım alanında dinamik analiz için 40 adet deprem ivme kaydı kullanılmıştır. Yapıların doğrusal olmayan davranış özellikleri aksenal yükün de dikkate alındığı P-M mafsalları kullanılarak modellere yansıtılmıştır. P-Delta etkileri de analizlerde dikkate alınmıştır.

## 1.1 Amaç ve Kapsam

Doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemi yapı sismik davranışını incelenmesinde en gerçekçi yaklaşımdır. Ancak her bir depremin frekans içeriği ve dinamik özellikleri birbirinden farklı olacağından yapı performansının incelenebilmesi ancak çok sayıda ivme kaydının kullanılabilceği bir çalışma ile mümkün olabilmektedir. Bu sayı güncel yönetmeliklerde minimum 7 ile 11 arasında değişmektedir. Ayrıca ivme kaydının seçimi konusunda birçok kısıt bulunmaktadır.

Statik analiz yöntemlerinde ise tek itme analizi ile yapı davranışı daha kolay bir şekilde incelenebilmektedir. Ancak depremin dinamik bir olgu olması nedeniyle ne ölçüde gerçekçi sonuçların elde edilebileceği bir tartışma konusudur. Ayrıca statik itme deseninin sonuçlar üzerinde büyük etkisi bulunmaktadır.

Literatürde statik ve dinamik analiz yöntemlerinin karşılaştırıldığı birçok çalışma bulunmasına rağmen bu çalışmaların çok büyük bir kısmında ankastre mesnet kabulü kullanılmıştır. Dolayısıyla statik ve dinamik analiz yöntemleri arasında ne ölçüde farklılıkların olduğunun ortaya konmasının yanı sıra, ankastre mesnet kabulünün ve zemin-yapı etkileşiminin sonuçlar üzerindeki etkisinin ortaya konması büyük önem arz etmektedir.

Gerçekleştirilen tezin amacı düşük ve orta yükseklikte betonarme binalarda statik ve dinamik analiz yöntemlerinin zemin-yapı etkileşimi ve ankastre mesnet kabulü dikkate alınarak incelenmesidir. Bu kapsamda sismik açıdan riskli bölgelerde yer alan yapılar göz önüne alınarak 4, 8 ve 12 katlı üç boyutlu bina modelleri tasarlanmıştır. Tasarımları gerçekleştirilen 3 boyutlu binalardan kritik aksa ait iki boyutlu çerçeve modeller türetilmiştir. Zemin-yapı etkileşimli modellerde farklı rijitliğe sahip 4 farklı zemin profili dikkate alınmıştır. Oluşturulan modeller kullanılarak statik ve dinamik analizler gerçekleştirilmiştir. Statik analizlerde sıklıkla kullanılan ters üçgen, dikdörtgen ve baskın mod yük deseni dikkate alınmıştır. Zaman-tanım alanında dinamik analizlerde ise geçmiş yıkıcı depremlere ait 40 farklı ivme kaydı kullanılmıştır

Gerçekleştirilen analizler sonucunda elde edilen deplasman talepleri, görelî kat ötelenme oranları, taban kesme kuvvetleri gibi birçok parametre dikkate alınarak

statik analiz yönteminin dinamik analiz yöntemini ne ölçüde temsil edebildiği araştırılmıştır.

## **1.2 Literatür Özeti**

Yapıların deprem yükleri altındaki doğrusal olmayan davranışlarının belirlenmesinde doğrusal olmayan statik itme ve zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemleri en çok kullanılan yöntemlerdir. Bu yöntemlerle ilgili literatürde birçok çalışmalar yapılmıştır. Fakat zemin-yapı etkileşimi dikkate alınarak yapıların deprem yükleri altındaki doğrusal olmayan davranışlarının belirlenmesine ait az sayıda çalışma vardır.

Bu kısımda tezin içeriği ile uyumlu olarak, yapıların deprem yükleri altındaki doğrusal ve doğrusal olmayan davranışlarının belirlenmesinde kullanılan zaman tanım alanında analiz ile ilgili yapılan çalışmalar, statik itme analizi ile ilgili yapılan çalışmalar ve zemin-yapı etkileşimi ile ilgili yapılan çalışmalar özetlenmiştir.

### **1.2.1 Zaman Tanım Alanında Analiz ile İlgili Yapılan Çalışmalar**

Karaduman A. ve Döndüren M.S. , 2003 yılında yaptığı çalışmada çok katlı betonarme yapıların dinamik analizlerinden bahsetmişlerdir. Yaptıkları çalışmada farklı plan ve kat sayılarına sahip binalar üzerinde Kocaeli depremi yer ivme kayıtları kullanılarak zaman tanım alanında dinamik analiz yapılmış ve sonuçlar elde edilmiştir. Çıkan sonuçlarda modellerde seçilen bazı kolonlarda oluşan kolon kesit tesiri sonuçları ve katlarda oluşan burulma momenti sonuçları incelenmiştir.

Alemdar Z.F., 2003 yılında yaptığı yüksek lisans tezinde Kocaeli-Ambarlı (1999), Düzce (1999), Northridge (1994) ve Kobe (1995) depremlerinin deprem ivmesi kayıtlarına göre mevcut betonarme çerçeve sisteme sahip bir binanın doğrusal olmayan statik, doğrusal olmayan dinamik ve doğrusal dinamik deprem analizi metotları ile analizini yapmıştır. Araştırmaları sonucunda deprem etkisi altındaki yapının davranışının doğrusal olmadığı düşünerek doğrusal olmayan dinamik analiz yani doğrusal olmayan zaman tanım alanında hesap yöntemini kullanmış ve onun

sonuçları esas almıştır. Analizlerin sonucunda binaya etkiyen taban kesme kuvveti ve görelî kat ötelenmeleri, tüm deprem kayıtları için elde edilmiş ve birbirleri arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Yaptığı karşılaştırmalar sonucunda her bir deprem kaydının kendine özgü özelliklerini yansıttığı sonucuna ulaşmıştır.

Özmen H.B., 2005 yılında yaptığı hızlı değerlendirme yöntemlerinde kullanılan parametrelerin yapı performansı üzerindeki etkilerinin incelenmesi konulu tezinde, yumuşak kat, kısa kolon, kapalı çıkma ve yanal donatı miktarının 4 ve 7 katlı yapının performansı üzerindeki etkilerini 22 binaya ait 44 doğrusal olmayan statik ve 192 adet doğrusal dinamik analiz kullanılarak incelenmiştir. Bu tezde söz konusu parametrelerin hızlı değerlendirme yöntemlerinde kullanımı üzerine önerilerini sunmuştur.

Raheem, 2006 yılında yaptığı çalışmasında üç boyutlu olarak 8 ve 13 katlı bina modellerini tasarlamıştır. Bu modellere düşük, orta ve yüksek PGA seviyelerine sahip 9 adet deprem ivme kaydı kullanılarak zaman tanım alanında dinamik analiz yapmıştır. Bu araştırma kapsamında çarpışma etkisinin ivme –deplasman talepleri ve kesme kuvvetleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Korkmaz K.A. ve Kayhan A.H. , 2008 yılında yaptıkları çalışmada yer değiştirme esaslı yöntemlerin elastik ve zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemleriyle karşılaştırılması hakkında bir araştırma yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada örnek bir betonarme bina üzerinden iki yöntemin aralarındaki farklar açıklanmışlardır. Ayrıca bu çalışmada en büyük bina yer değiştirmesi açısından, kapasite spektrumu yöntemi, yer değiştirme katsayısı yöntemi, deprem yönetmeliği 2007’de öngörülen elastik yöntem ve zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemi ele alınıp, sonuçları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Seçme T. , 2009 yılında yaptığı yüksek lisans tezinde zaman tanım alanında elastik analizden bahsetmiştir. Bu analiz için bina üzerinde 3 deprem kaydı kullanmıştır. Yapılan bu analizleri tekrar eş değer deprem yüklerine çevirmiştir.

Çelik S. , 2011 yılında yaptığı çalışmada 2, 4 ve 7 katlı binaları üç boyutlu modellenerek doğrusal elastik zaman tanım alanında analiz yapmıştır. Bina modellemesinde 1975 ve 1998 Türk Deprem Yönetmeliği ve her bir yönetmelik

durumunda iki farklı beton sınıfı durumu ele alınmıştır. 12 adet üç boyutlu bina modelinin iki asal yönünde uygulanan 41 adet ivme kaydı ile toplam 984 adet zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan analiz yapmıştır. Analizler sonucunda taban kesme, tepe noktası deplasman ve maksimum görelî kat ötelenme talepleri elde ile maksimum görelî kat ötelenmesinin olduğu kat gibi parametreleri ulaşmıştır. Taban Kesme Kuvveti-Tepe Noktası Deplasman grafiklerinden verilen örnekler incelendiğinde 2 katlı binaların çoğunlukla elastik sınırlar içerisinde ya da elastik sınırlara yakın bölgede kaldığı gözlemlenmiş, 4 ve 7 katlı modeller elastik olmayan davranış gösterdiği sonucuna ulaşmıştır. Taban kesme kuvvetlerinin PGA ve PGV değerleri ile değişimine bakıldığında 2 katlı modellerin elastik bölgede kalması nedeniyle PGA ve PGV değerleri ile artan bir eğilim göstermiştir. Doğrusal elastik olmayan davranış gösteren 4 ve 7 katlı bina modellerinde dayanım değerlerine ulaşıldığı için PGA ve PGV değerleri ile taban kesme kuvveti arasında bir eğilim söz konusu değildir. Tepe noktası ötelenmesi değerlerinin bina yüksekliğine bölünmesi ile elde edilen tepe noktası ötelenme oranları sonuçları incelendiğinde, 2 katlı binalarda düşük olmakla birlikte 4 ve 7 katlı binalarda benzer değerlerin elde edildiği görülmüştür.

Önür Ö. , 2011 yılında yazdığı tezinde 2, 4 ve 7 katlı binaları üç boyutlu modellenerek doğrusal elastik zaman tanım alanında analiz yapmıştır. Bina modellemesinde 1975 ve 1998 Türk Deprem Yönetmelikleri ve her bir yönetmelik durumunda iki farklı beton sınıfı durumu ele almıştır. Analizlerde ileri yönlenme etkisine sahip 12 adet deprem, A tipi zemin grubuna ait deprem kayıtlarından 5 adet, B tipi zemin grubuna ait 9 adet, C tipi zemin grubuna ait 10 adet ve D tipi zemin grubuna ait 5 adet olmak üzere toplamda 41 adet gerçek deprem ivme kayıtları kullanmıştır. Çalışmada kullanılan deprem gruplarının ivme spektrumları oluşturmuş ve Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik 2007'deki 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan benzer zemin sınıfı ivme spektrumları ile karşılaştırmıştır. Bu karşılaştırmalar sonucunda D sınıfı zeminler üzerinde bulunan ivme kayıtlarının spektrumları dışında kalan gruplarda elde edilen ortalama spektrum değerlerinin yönetmelik ile uyumlu olduğu görülmüştür. 12 adet üç boyutlu bina modelinin iki asal yönünde uygulanan 41 adet ivme kaydı ile toplam 984 adet zaman tanım alanında doğrusal elastik analiz yapmıştır. Analiz sonuçlarından beton sınıfının yatay dayanım ve deplasman taleplerine etkisinin sınırlı olduğu sonucuna varmıştır.

Her bina grubu ve deprem grubuna göre modellerden elde edilen maksimum ve minimum deplasman taleplerinde ciddi bir saçılım olduğu, fakat bina modellerinin analizinde kullanılan deprem ivme kayıtlarının zemin tiplerine göre kendi içinde deplasman talepleri değerlendirildiğinde tutarlı bir eğilim olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca bina modellerinin zaman tanım alanında analiz sonucunda Taban Kesme Oranı, Tepe Noktası Ötelenme Oranı, Göreli Kat Ötelenme Oranı ve Maksimum Göreli Kat Ötelenme Oranının katlara göre olma sıklığına bakılmış ve modeller arasında karşılaştırılmıştır.

Efraimiadou vd. , 2013 yılında yaptıkları çalışmada 9 farklı ikili bina modelleri oluşturmuş, farklı yapı düzenlemelerinin etkisinin incelenmesi için modellerine 6 farklı yer ivme kaydı kullanarak doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz yapmıştır. Yapılan analiz sonucunda modellerin GKÖÖ değerleri, deplasman talepleri ve süneklik değerlerini birbirleriyle karşılaştırmıştır.

Kontoni ve Farghaly, 2018 yılında yaptığı çalışma kapsamında çok katlı bitişik nizamda farklı kat sayılarına ve farklı temel seviyelerine sahip binalar modellenmiştir. Bu binaları iki boyutlu olarak ankastre mesnet ve zemin yapı etkileşiminin dikkate alındığı model olarak tasarlamıştır. Bu modelleri zaman tanım alanında analizini yaparak, katlarda oluşan deplasmanları elde etmiştir. Yapılan analizin sonucunda yatay deplasmanların zemin yapı etkileşimi olan modellerde ankastre mesnet kullanılarak yapılan modellerden daha fazla deplasman yaptığı sonucuna ulaşmışlardır. Bu çalışmada oluşturulan modellerde hem çekiçleme hem yapı zemin etkileşiminin dikkate alınmış, farklı yükseklik ve farklı zemin seviyesindeki yapılarda zemin ve çarpışma etkilerinin birçok olumsuzluğa neden olduğu sonucuna varılmıştır.

### **1.2.2 Statik İtme Analizi ile İlgili Yapılan Çalışmalar**

Krawinkler H, 1996 yılında yayınladığı bir makalede statik itme analizinin nerede, ne zaman, ne için ve nasıl kullanılacağından bahsetmiştir.

Krawinkler H. ve Seneviratna, GDPK. , 1996 yılında yaptıkları çalışmada bir binanın performans değerlendirmesinde statik itme analizinin artıları ve eksilerinden



bahsetmişlerdir. Statik itme analizinin, yapısal sistem ve bileşenlerine tasarım yer hareketi tarafından uygulanan sismik talepler hakkında yeterli bilgi sağlayacağını düşünmüşlerdir. Bu çalışmada statik itme analizinin dayandırılacağı temel kavramları özetlemek, itme tahminlerinin doğruluğunu değerlendirmek, itme işleminin yeterli bilgi sağlayacağı koşulları belirlemek ve belki de daha önemlisi, itme tahminlerinin yetersiz olacağı durumları hatta yanıltıcı olduğu durumlardan bahsetmişlerdir.

Kim S. , D'Amore E. , 1999 yılında yaptıkları çalışmada depremler sırasında yapıların güvenliğinin değerlendirilmesinde bir araç olarak statik itme analizinin, yöntemleri ile önerilen metodolojinin değerlendirildiği bir çalışmayı eleştirel bir gözden değerlendirmişlerdir.

Gupta B. , Kunnath SK. , 2000 yılında yayınladıkları makalede 1994 Northridge depreminde güçlü yer hareketlerine maruz kalan binaların tepkisinin bir değerlendirmesi ile FEMA 273'te önerilen statik yöntemlerin potansiyel sınırlamalarından bahsetmişlerdir. Daha yüksek modların etkisini açıklayan ve FEMA yöntemlerinin eksikliklerinin üstesinden gelen yeni bir geliştirilmiş uyarlanabilir "modsal" bölgeye özgü spektrum tabanlı itme analizi önermişlerdir. Önerilen yöntemin özellikleri arasında geleneksel tepki spektrumu temelli analize benzerliği ve analiz sırasında yer hareketi karakteristiklerinin açık bir şekilde ele alınması yer almıştır. Önerilen yöntemin, sadece ayrıntılı bir doğrusal olmayan dinamik analiz tahmin edebileceği güç ve sertlikte süresizlikleri olan yapılar için bile, görelî kat ötelenmesi ve yapısal düzensizlikler gibi önemli tepki özelliklerini makul bir şekilde yakalayabildiği gösterilmiştir.

Mwafy A, Elnashai A. , 2001 yılında yaptıkları makalede, artımlı dinamik itme analizinden elde edilen 'dinamik itme' idealize edilmiş zarflarla karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Farklı özelliklere sahip 12 adet betonarme binaya doğal ve yapay deprem kayıtları etki edilerek analizler yapılmıştır. 12 adet betonarme binanın her biri için ayrıntılı bir iki boyutlu modelleme yaklaşımı kullanan yüzden fazla elastik olmayan dinamik analizlerin sonuçları, dinamik itme zarflarını geliştirmek ve bunları farklı yük desenleriyle statik itme sonuçları ile karşılaştırmak için kullanılmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunun büyük bir kısmında tanımlanmış bir yapı sınıfı için dinamik analizlerin hesaplanan idealize sonuçları ile statik itme sonuçları arasında iyi

bir korelasyon elde edilmiştir. Tutarsızlıklar olduğu analiz sonuçlarında, yanıtın Fourier genlik analizine dayanan kapsamlı araştırmalar yapılmış ve konservatif varsayımlar önerilmiştir.

Liao W. , Loh C-H. , Wan S. , 2001 yılında yazdıkları makalelerinde üç tane amaçları vardır. İlk amaç, yakın fay ve uzak alan yer hareketlerine maruz kalan betonarme bina yapısının dinamik davranışını karşılaştırmaktır. Bunun için çalışmada on iki katlı ve beş katlı betonarme yapıda moment dirençli çerçeveler seçilmiştir. Chi - Chi depremi, bu çalışmada hataya yakın deprem özelliklerini test etmek için ilk set olarak seçilmiştir. Ayrıca, karşılaştırma için uzak alandaki deprem özelliklerini test etmek üzere aynı sahadaki bir olayın başka bir deprem kaydı seçilmiştir. Doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizler sonucunda, sonuçlar faya yakın depremin uzak alan depremden çok daha fazla hasara yol açtığını gösterilmiştir. Bu çalışmanın ikinci amacı, doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizler ile süneklik talebi tahminlerini, itme analizi yöntemleri ile elde edilenlerle karşılaştırmaktır. Üçüncü amaç, bina yapısının temel kayma azaltma ve yer değiştirme amplifikasyonunun dinamik tepki özelliklerini daha fazla etkileyecek parametreleri araştırmaktır.

Elnashai AS. , 2001 yılında yaptığı çalışmada doğrusal olmayan statik itme analizinin uygulanmasındaki kritik konular tartışılmış ve elde edilen sonuçlar üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Deprem tasarımı ve değerlendirmesinde statik esnek olmayan analiz yöntemlerinin potansiyeli özellikle ölçeklendirilmiş kuvvetler altındaki elastik analizlerin aksine tanındığından, doğal eksiklikleri vardır. Yöntemin dinamik yanıt tahminine daha uygulanabilir olmasını sağlayacak olası gelişmeler incelenmektedir. Malzemelerin fiber modellenmesi çerçevesinde esneklik, geometrik doğrusal olmayanlık, tam çok-modlu, spektral amplifikasyon ve dönem uzamasının yayılmasını açıklayan tamamen uyarlamalı bir itme yöntemine yönelik yeni gelişmeler üzerinde çalışmalar yapmıştır. Bu gelişmeler doğrusal olmayan zaman tanım alanında analize her zamankinden daha yakın olan statik analiz sonuçlarına yol açmaktadır. Uygulamada sismik analiz için birincil araç olarak istihdamına olan güveni artıracak bu basit ve güçlü tekniğin iyileştirilmesi için büyük bir alan olduğu sonucuna varılmıştır.

Goel RK. , Chopra AK. , 2005 yılında yayınladığı makalesinde binaların sismik analizinde daha yüksek “mod” itme analizlerinin rolünü incelemişlerdir. Daha yüksek "mod" itme eğrilerinin, ilk "mod" veya diğer FEMA-356 kuvvet dağılımları tarafından algılanmayan plastik mafsal mekanizmalarını ortaya çıkardığı, ancak bu tamamen yerel mekanizmaların gerçekçi yer hareketleri sırasında gelişmesi muhtemel olmadığı görülmüştür. Ayrıca, bu çalışmada daha yüksek bir “mod” itme eğrisinin “tersine çevrilmesi” için gerekli koşullar da incelenmiştir. Daha yüksek bir "mod" itme eğrisinde "tersine çevirme" nin, bir mekanizmanın oluşturulmasından sonra, mekanizmanın alt kısmının üzerindeki sonuç kuvveti, çatının oluşumundan önceki yönün tersine hareket ettiği yönde olduğu bir mekanizmanın oluşmasından sonra ortaya çıkacağı ve bu tür "tersine çevirme" sadece daha yüksek "mod" itme analizlerinde ortaya çıkacağı sonucuna varılmıştır.

Papanikolaou VK, Elnashai AS, Pareja JF, 2006 yılında yayınladıkları makalelerinde sekiz farklı betonarme binaya geleneksel ve gelişmiş itme analizi yapıp, bu binaların metodoloji, plan ve yükseklik, yapısal süneklik ve yönlü etkilerdeki çeşitli düzensizlik seviyelerini bakımından karşılaştırmışlardır. Çeşitli seviyelerde izlenen kapsamlı bir dizi statik itme analizi sonuçları ulaşılmış ve yeni bir nicel ölçüm kullanılarak çeşitli güçlü hareket kayıtları altında doğrusal olmayan dinamik analizle karşılaştırılmıştır. Yapılan analizlerin sonucunda gelişmiş itme analizinin genellikle geleneksel itme işleminden üstün sonuçlar verdiği ortaya çıkmıştır. Ancak, çıkarılan sonucun tutarlılığı güvenilir değildir. Ayrıca, küresel yanıt parametresi karşılaştırmalarının genellikle performansın eksik ve bazen yanıltıcı bir sonuç verdiği bilinmektedir.

Kalkan E. , Kunnath SK. , 2007 yılında yayınladıkları makalede, çeşitli doğrusal olmayan statik yöntemlerin, kapsamlı bir doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizi sonucunda elde edilen deplasmanlar karşılaştırılarak tipik çelik ve betonarme binaların belirgin tepki özelliklerini tahmin etmedeki etkinliğini araştırılmıştır. Analitik çalışmadan elde edilen sonuçlar, Adaptif Modal Kombinasyon yönteminin, görelî kat ötelenmesi ve elemanın plastik dönmeleri gibi hesaplanan en yüksek tepe deplasmanları, çalışmada incelenen diğer doğrusal olmayan statik yöntemlerde daha tutarlı bir şekilde öngördüğünü gösterilmiştir.

Cavdar O. , Bayraktar A. , 2014 yılında yaptıkları çalışmada Türkiye'nin Van ilinde çökmüş betonarme bir konut binasının doğrusal olmayan sismik davranışı statik itme ve doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizler yaparak incelemişlerdir. Seçilen betonarme konut yapısı, 1975 Türk Deprem Yönetmeliği'ne (ABYYHY-1975) göre tasarlanmıştır. Bina ağır hasar görmüş ve 23 Ekim 2011'de Van depreminde yıkılmıştır. Bu binanın sismik performans değerlendirmesi yapılması için Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007 (DBYBHY-2007) yönetmeliği kullanılarak bina performansı bulunmuştur. Betonarme konut yapısı deprem yükleri altında DBYBHY-2007'ye çökme performansı göstermiştir.

İnel, M., Çaycı, B. T., Meral E., 2018 yılında yayınladıkları makalede doğrusal olmayan statik ve dinamik analizlerin uygulanabilirlik sınırlarını, avantajlarını ve dezavantajlarını daha iyi anlamak için mevcut alçak ve orta yükseklikteki betonarme binalar için itme ve doğrusal olmayan zaman alanı analizlerini karşılaştırmayı amaçlamışlardır. Yapılan çalışmada pre-modern ve modern Türkiye Deprem Yönetmeliğine göre tasarlanan 4 ve 7 katlı binalar, Türkiye'de bulunan 475'ten fazla gerçek konut binasının envanter sonuçlarına göre mevcut alçak ve orta yükseklikte betonarme binalar tasarlanmış ve zaman tanım alanında dinamik analiz ve statik itme (pushover) analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda itme analizinin, alçak ve orta katlı binalar için sırasıyla yaklaşık %1.5 ve %1 kat öteleme oranlarına karşılık gelen %1 ve %0.75'e kadar çatı ötelenme oranlarına kadar makul ölçüde iyi tahminler sağladığını görülmüş, bu sınırların ötesinde, itme analizinin yanıltıcı talep tahminleri verebildiği sonucuna ulaşılmıştır.

### 1.2.3 Zemin-Yapı Etkileşimi ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Whitman, 1969 yılında zemin-yapı etkileşimi üzerine çalışmalar yapmış, bu çalışmaları ile zemin- yapı etkileşiminin öncülerinden olmuştur.

Lysmer ve Kuhlemeyer, 1969 yılında yaptığı çalışmada vizkoz sınır şartları olarak adlandırdıkları bir yapay sınır modeli geliştirip, zemin-yapı sisteminin dinamik analizlerinde kaynaktan yansıyan dalgaların yapay sınırlara vurarak belli bir kısmının geriye yansması sonucunda ortama yansmasını engellemişlerdir. Bu model sayesinde yansımadan doğan hataları bertaraf etmişlerdir.

Aydınoglu N. , 1977 yılında yaptığı çalışmada zemin ortamı belirlenirken kullanılan alt sistem yaklaşımında zemin ortamını sürekli ortam ya da ayrık ortam olarak gruplandırmak yerine zemini karma bir ortam olarak ele alıp yaptığı işlemlerde bu şekilde kullanmıştır. Bu şekilde yaparak alt sistem yaklaşımında kullanılan iki modelin üstünlükleri de kullanmıştır. Ayrıca bu çalışmada belli bir derinliğe kadar zemini sonlu elemanlar ile kalan kısmını ise tek tabakalı sürekli bir ortam olarak kabul etmiş ve yapı-zemin modelini bu şekilde oluşturmuştur. Bu şekilde yaparak taban kayasını serbestlik derecesini artırmadan zeminde daha derin noktaya yerleştirmek mümkün olmaktadır. Bu şekilde model oluşturmak istediğimizde doğru sonuçlara ulaşabilmek için yatay doğrultuda sonlu elemanlar ağının yeterince uzatılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Zhang X. , Wegner J. L. , Haddow J. B. , 1999 yılındaki makalesinde, zaman tanım alanındaki üç boyutlu dinamik zemin-yapı etkileşiminin analizi için yeni bir sayısal prosedür önermişlerdir. Bu çalışmada, zemin doğrusal elastik bir katı model olarak modellenmiş, ancak geliştirilen yöntemler zeminde doğrusal olmayan ve zemindeki histeretik sönümlenmenin etkilerini görüldüğü sonucuna varılmıştır. Yapının sınırlı sonlu elemanlar yöntemiyle ve 8-21 değişken - düğümlü üç boyutlu izoparametrik veya altparametrik altı yüzlü eğrisel elemanlarla modellenmiştir. Analizde üç boyutlu bir Dinamik Zemin-Yapı Etkileşimi Analiz programı (DSSIA - 3D) geliştirilmiş, geliştirilen bilgisayar programı, üç boyutlu dinamik zemin-yapı etkileşiminin analizinde ve ayrıca üç boyutlu yüzey düzensizlikleri ile dalga saçılması ve kırınımının analizinde kullanılmıştır. Sayısal çalışmalar, yeni

prosedürün deprem mühendisliği için düşük ilgi frekansları içeren problemler için uygun ve çok verimli olduğunu görülmüştür.

Kutaniş M., 2001 yılında yaptığı doktora tez çalışmasında, sonlu elemanlar tekniği ile birlikte alt sistem yaklaşımını beraber kullanarak zemin-yapı dinamik etkileşimini incelemiştir. Bu şekilde yaparak uzak bölge ve yakın bölge olmak üzere zemin-yapı arakesitini iki parça halinde ayırmış ve modeline bu şekilde tasarlamıştır. Bu modellere doğrusal ve doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizler yapılarak elasto-plastik malzeme davranışları karşılaştırılmıştır. Yapılan analizlerin sonuçları değerlendirildiğinde sismik performans değerlendirmesinde zemin-yapı etkileşiminin, depremin periyot içeriğine zemin ve yapının dinamik özelliklerine bağlı olarak her zaman benzerliklerin bulunamayacağı belirtilmiştir.

Dutta SC ve Ray R, 2002 tarihli makalesinde, yapılar, temelleri ve temellerin altındaki toprak ortamı arasındaki bir etkileşim olduğunu, yapının gerçek davranışının yalnızca yapının dikkate alınmasından elde edilen sonuçlardan farklılık göstereceğini savunmuştur. Bu nedenle, önemli yapıların geliştirilmiş tasarımında zemin-yapı etkileşimli bir sistem için hesaplamalı geçerliliği, verimliliği ve doğruluğu olan makul bir model gerekli olduğunu savunmuştur. Makalede, bu amaçla literatürde mevcut olan olası alternatif modelleri bir araya getirmiş ve zeminin fiziksel modellenmesi üzerinde durmuştur.

Khalil L., Sadek M., ve Shahrour I. , 2007 yılındaki makalesinde zemin-yapı etkileşiminin binaların temel dönemi üzerindeki etkisi üzerinde çalışmışlardır. Hem zeminin hem de yapının davranışının elastik olduğu varsayılmış, zemin temel sistemi öteleme ve dönme ayırık yaylar kullanılarak modellenmiştir. Analiz ilk olarak tek katlı binalar için yapılar, zemin-yapı etkileşiminin binanın temel periyodu üzerindeki etkisinin, zemin-yapı bağıl sertliğine bağlı olduğunu gösterilmiştir. Analiz daha sonra çok katlı binalar için genişletilmiş, zemin-yapı bağıl sertliğinin bu tür karmaşık yapılar için de uygun olduğu görülmüştür. Bina analizlerinde temel frekansının hesaplanmasında zemin-yapı etkileşimi dikkate alınarak yapılması önerilmiştir.

Ganjavi B, Hao H, 2012 yılındaki makalesinde zemin-yapı etkileşimi etkileri dikkate alınmadan yapılan binalarda mevcut kod uyumlu tasarım yanal yük modelleri, sabit tabanın elastik davranışına dayanmakta, bu nedenle zemin-yapı

sistemlerinin sismik tasarımında böyle bir yük deseninin kullanılması uygun olmayacağını savunmuşlardır. Bu makalede zemin-yapı etkileşiminin alüvyon ve yumuşak topraklar üzerine kaydedilen 30 deprem grubuna maruz kalması sonucu 7200 doğrusal olmayan çok serbestlik dereceli sistemlerin yoğun parametrik analizleri, süneklik taleplerinin yükseklik bazında dağılımı, esnek olmayan davranış düzeyi, kat sayısı, sönümlenme modeli, sönüm oranı, yapısal gerilme sertleşmesi, deprem uyarımı, zemin esnekliği seviyesi, hasarın yükseklik bazında dağılımı (süneklik talebi) ve en-boy oranı yoğun bir şekilde araştırılmıştır.

Güllü (2014), tarafından yapılan çalışmada dinamik olarak zemin-yapı etkileşimi etkileri iki boyutlu sonlu elemanlar kullanarak incelenmiştir. 2 boyutlu çerçeve ve zemin sistemi SAP2000 programı ile modellenmiştir. Çalışma kapsamında, doğrudan yöntem ve nümerik analiz yöntemleri kullanılmıştır.

İnel, M., Çaycı, B. T., 2015 yılında gerçekleştirdikleri çalışma kapsamında üç boyutlu 7 katlı iki farklı betonarme binayı ABYYHY-1975 ve ABYYHY-1998 yönetmeliklerine göre tasarımı yaparak zemin-yapı etkileşimi ve ankastre mesnet kabulü dahilinde sismik taleplerini doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında analiz yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Zemin-yapı ortak sistemi analizleri doğrudan yöntem kullanılarak gerçekleştirmişlerdir. Yapılan analizlerin sonucunda zemin-yapı etkileşimi problemi hakkında herhangi bir genelleme yapamayıp zemin-yapı etkileşiminin karmaşık bir olgu olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Çaycı B.T., 2016 yılında gerçekleştirdiği doktora tez çalışmasında farklı rijitliklere sahip 4 farklı zemin tipini ele alarak 2, 4 ve 7 katlı 6 adet farklı bina modelini ABYYHY-1975 ve ABYYHY-1998 yönetmeliklerine göre tasarım yapmıştır. Tez kapsamında zemin etkisinin ihmal edilerek ankastre mesnet kabulü yapıldığı durumlar ve zemin etkisinde olduğu durumlar için doğrusal elastik olmayan ve doğrusal elastik zaman tanım alanında analizlerini SAP 2000 programı yardımıyla gerçekleştirmiştir. Ortalama kayma hızı değeri 750 m/s'den fazla olan zeminler üzerinde kaydedilen dünya üzerinde gerçekleşen 7 farklı deprem ivme kayıtları kullanılarak doğrusal elastik olmayan ve doğrusal elastik zaman tanım alanında analiz yapılmıştır. Yapılan analizlerin sonucunda doğrusal elastik davranış kabulünün zemin yapı etkilerinin doğru değerlendirilmesinde yetersiz kalabileceğini sonucuna varılmıştır. Doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında analiz

sonuçlarında ise zemin-yapı etkileşimi ile ankastre mesnet kabulü yapılan modellerinin ortalama sonuçları karşılaştırıldığında çıkan değerler arasında çok fazla bir fark olmadığı birbirine çok yakın sonuçlar verdiği görülmüştür.

### 1.3 Organizasyon

Tez kapsamında;

1. bölümde teze ait genel bilgiler, tezin amacı, tezin kapsamı ve bu çalışma ile ilgili literatür araştırılması verilmiştir.

2. bölümde çalışma kapsamında kullandığımız bina modellerinin özelliklerinden, nasıl modellendiğinden ve kullandığımız zemin modelinin özelliklerine yer verilmiştir.

3. bölümde oluşturduğumuz bina modellerine zaman tanım alanında analiz yapabilmek için kullandığımız ivme kayıtlarının özelliklerine yer verilmiştir.

4. bölümde çalışmada kullandığımız doğrusal olmayan analiz yöntemlerine yer verilmiştir. Kullanılan analiz yöntemlerinin özellikleri ve çalışmada nasıl kullanıldıklarından bahsedilmiştir.

5. bölümde zemin-yapı etkileşimi hakkında bilgilere yer verilmiştir.

6. bölümde oluşturduğumuz bina modellerine yapılan statik ve dinamik analiz sonuçlarına yer verilmiştir. Analiz sonuçlarının nasıl elde edildiğinden bahsedilmiş ve elde edilen bulgular birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

7. Bölümde yapılan analiz sonuçlarının genel bir değerlendirilmesi yapılarak gelecekte yapılacak çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

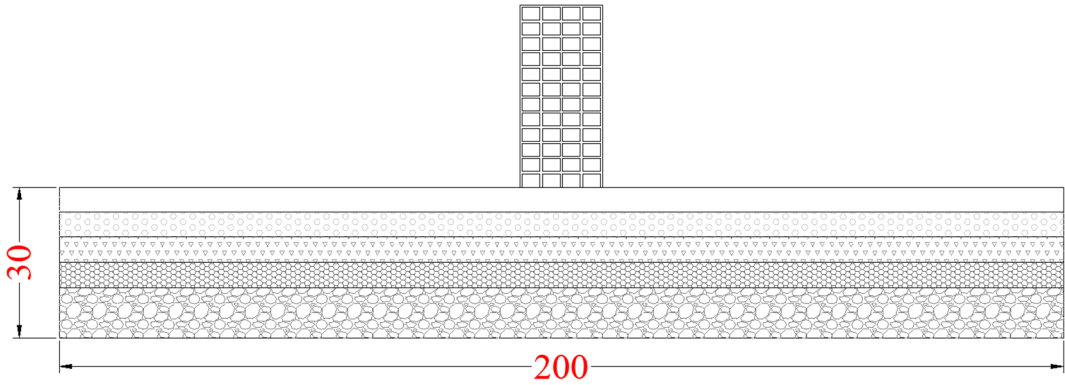


## 2. KULLANILAN BİNA ÖZELLİKLERİ VE MODELLEME

### 2.1 Bina özellikleri

Çalışma kapsamında doğrusal elastik olmayan davranış özellikleri dikkate alınarak 4, 8 ve 12 katlı binalar ankastre ve zemin-yapı etkileşimi dikkate alınarak modellenmiştir. Bu modellerin iki boyutlu betonarme çerçeve olarak hazırlanmış olup sismik açıdan riskli bölgelerde yer alan yapılar göz önüne alınarak tasarlanmıştır. Şekil 2.1’de örnek zemin-yapı etkileşimli model gösterilmiştir.

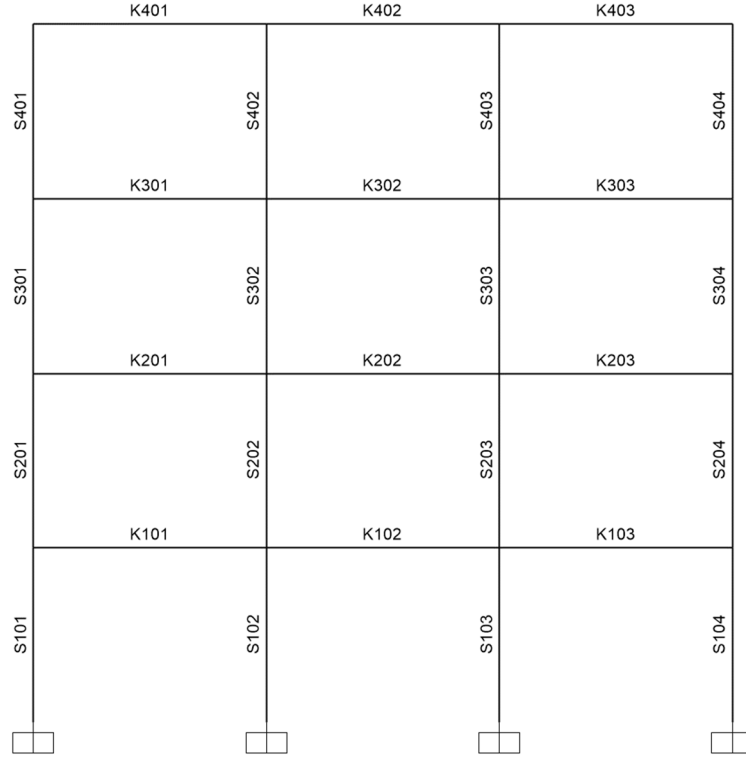
Tasarımda 4 katlı model için kat yükseklikleri 3 m ve kolonlar arası mesafe 4 m olmak üzere 3 açıklığa sahip bir model oluşturulmuştur. 8 katlı model için kat yükseklikleri 3 m ve kolonlar arası mesafe 4 m olmak üzere 4 açıklığa sahip bir model oluşturulmuştur. 12 katlı model için kat yükseklikleri 3 m ve kolonlar arası mesafe 4 m olmak üzere 5 açıklığa sahip bir model oluşturulmuştur. Yani oluşturduğumuz modellerde 4 katlı modeldeki binanın genişliği 12 m ve yüksekliği 12 m, 8 katlı modeldeki binanın genişliği 16 m ve yüksekliği 24 m, 12 katlı modeldeki binanın genişliği 20 m, yüksekliği 36 m olarak tasarlanmıştır.



Şekil 2.1: Zemin-yapı etkileşimi dikkate alınarak modellenen örnek bina

Gerçekleştirilen çalışmada kullanılan modellerin taşıyıcı elemanları Şekil 2.2, -2.4’te gösterilmiştir. 4 katlı modelde kolon ve kirişlerin özellikleri Tablo 2.1’de verilmiştir. Bu modeldeki kolonlar 30x50 cm ve 50x30 cm olarak tasarlanmış, beton

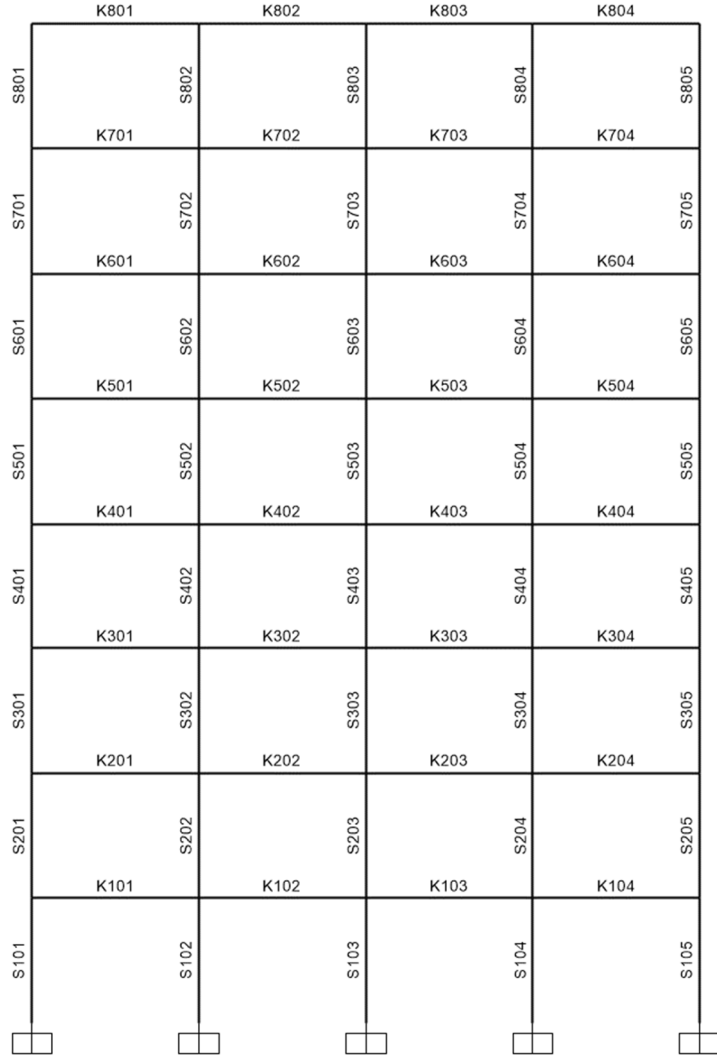
sınıfı olarak C25 donatı çeliği sınıfı olarak S420 kullanılmıştır. . Aynı malzeme özelliği kullanılarak modeldeki tüm kirişler 30x55 cm boyutlarında ve üzerlerinde 2 ton/m<sup>2</sup> yayılı yük etki edilerek tasarlanmıştır.



Şekil 2.2: 4 katlı model taşıyıcı elemanları

Tablo 2.1: 4 katlı modelin taşıyıcı elemanlarının özellikleri

Kolon Adı	Boyutlar		Beton Sınıfı	Donatı Çelik Sınıfı	Üstündeki Tekil Yük(ton)
	b(cm)	h(cm)			
S101-S401	50	30	C25	S420	4
S102-S402	50	30	C25	S420	4
S103-S403	50	30	C25	S420	4
S104-S404	30	50	C25	S420	4
Kiriş Adı	Boyutlar		Beton Sınıfı	Donatı Çelik Sınıfı	Üstündeki yayılı yük(ton/m <sup>2</sup> )
	b(cm)	h(cm)			
K101-K401	30	55	C25	S420	2
K102-K402	30	55	C25	S420	2
K103-K403	30	55	C25	S420	2

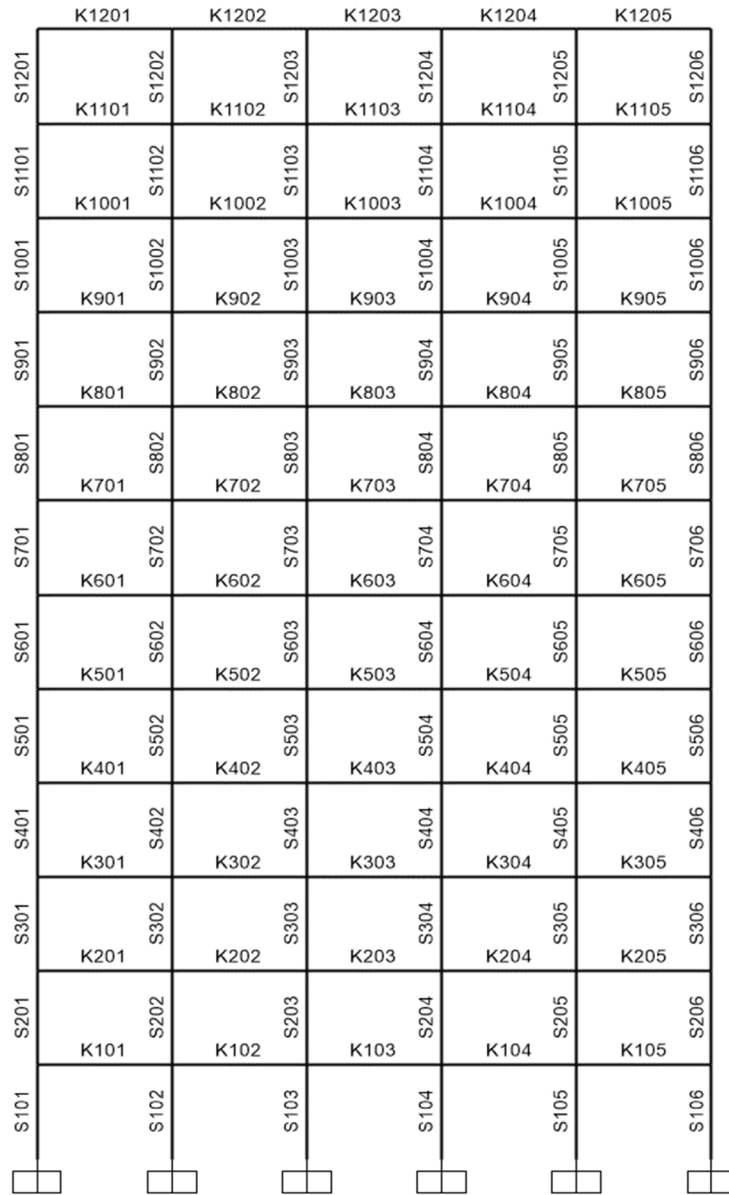


**Şekil 2.3:** 8 katlı model taşıyıcı elemanları

8 katlı modelde kullanılan kolon ve kirişlerin özellikleri Tablo 2.2’de verilmiştir. Bu modeldeki kolonlar 30x70 cm ve 70x30 cm olarak tasarlanmış, beton sınıfı olarak C25 donatı çeliği sınıfı olarak S420 kullanılmıştır. Tüm katlardaki kolonların üzerine 4 ton tekil yük etki edilmiştir. Aynı malzeme özelliği kullanılarak modeldeki tüm kirişler 30x60 cm boyutlarında ve üzerlerinde 2 ton/m<sup>2</sup> yayılı yük etki edilerek tasarlanmıştır.

**Tablo 2.2:** 8 katlı modelin taşıyıcı elemanlarının özellikleri

Kolon Adı	Boyutlar		Beton Sınıfı	Donatı Çelik Sınıfı	Üstündeki Tekil Yük(ton)
	b(cm)	h(cm)			
S101-S801	70	30	C25	S420	4
S102-S802	30	70	C25	S420	4
S103-S803	70	30	C25	S420	4
S104-S804	30	70	C25	S420	4
S105-S805	70	30	C25	S420	4
Kiriş Adı	Boyutlar		Beton Sınıfı	Donatı Çelik Sınıfı	Üstündeki yayılı yük(ton/m <sup>2</sup> )
	b(cm)	h(cm)			
K101-K801	30	60	C25	S420	2
K102-K802	30	60	C25	S420	2
K103-K803	30	60	C25	S420	2
K104-K804	30	60	C25	S420	2



**Şekil 2.4:** 12 katlı model taşıyıcı elemanları

12 katlı modelde kullanılan kolon ve kirişlerin özellikleri Tablo 2.3'te verilmiştir. Bu modeldeki kolonlar 30x70 cm ve 80x30 cm olarak tasarlanmış, beton sınıfı olarak C25 donatı çeliği sınıfı olarak S420 kullanılmıştır. Tüm katlardaki kolonların üzerine 4 ton tekil yük etki edilmiştir. Aynı malzeme özelliği kullanılarak modeldeki tüm kirişler 30x60 cm boyutlarında ve üzerlerinde 2 ton/m<sup>2</sup> yayılı yük etki edilerek tasarlanmıştır.

**Tablo 2.3:** 12 katlı modelin taşıyıcı elemanlarının özellikleri

Kolon Adı	Boyutlar		Beton Sınıfı	Donatı Çelik Sınıfı	Üstündeki Tekil Yük(ton)
	b(cm)	h(cm)			
S101-S1201	80	30	C25	S420	4
S102-S1202	30	70	C25	S420	4
S103-S1203	80	30	C25	S420	4
S104-S1204	80	30	C25	S420	4
S105-S1205	80	30	C25	S420	4
S106-S1206	30	70	C25	S420	4
Kiriş Adı	Boyutlar		Beton Sınıfı	Donatı Çelik Sınıfı	Üstündeki yayılı yük(ton/m <sup>2</sup> )
	b(cm)	h(cm)			
K101-K1201	30	60	C25	S420	2
K102-K1202	30	60	C25	S420	2
K103-K1203	30	60	C25	S420	2
K104-K1204	30	60	C25	S420	2
K105-K1205	30	60	C25	S420	2

Ankastre ve zemin-yapı etkileşimli binalara ait model özellikleri Tablo 2.4 ve 2.5'te verilmiştir. Tüm modeller için kat yüksekliği 3 metre alınmıştır. Kolon elemanlarda çatlama kesit rijitliği değeri 0.70 EI, kiriş elemanlarda ise 0.35 EI olarak tanımlanmıştır.

Sismik yapı ağırlıkları 4, 8 ve 12 katlı modeller için sırasıyla 160, 416 ve 768 ton hesaplanmıştır. Zemin rijitliğindeki düşüşe bağlı olarak zemin-yapı etkileşimli modeller için hesaplanan doğal titreşim periyodu değerleri artış göstermektedir.

**Tablo 2.4:** Ankastre mesnet olarak modellenen binaların özellikleri

Model adı	H (m)	W (ton)	T <sub>1</sub> (sn)	T <sub>4</sub> (sn)
4 katlı model	12	160	0.60	0.06
8 katlı model	24	416	1.20	0.14
12 katlı model	36	768	1.68	0.21

**Tablo 2.5:** Zemin-yapı etkileşimi dikkate alınarak modellenen binaların özellikleri

Model adı	Zemin	H (m)	W (ton)	T <sub>1</sub> (sn)	T <sub>4</sub> (sn)
4 katlı model	Profil A	12	160	0.61	0.08
	Profil B	12	160	0.64	0.10
	Profil C	12	160	0.70	0.14
	Profil D	12	160	0.78	0.17
8 katlı model	Profil A	24	416	1.23	0.14
	Profil B	24	416	1.30	0.18
	Profil C	24	416	1.41	0.23
	Profil D	24	416	1.54	0.25
12 katlı model	Profil A	36	768	1.76	0.21
	Profil B	36	768	1.89	0.25
	Profil C	36	768	2.10	0.33
	Profil D	36	768	2.35	0.35

Yapı modellerinin doğrusal olmayan davranış özellikleri kolon ve kiriş uçlarında tanımlanan plastik mafsallar yardımı ile modele yansıtılmıştır. Kolon elemanlar için P-M3 mafsalları Asce 41-13 kriterleri doğrusunda otomatik olarak tanımlanmıştır. Kiriş elemanlar içinse kullanıcı tanımlı M3 mafsalları kullanılmıştır. Kiriş mafsal bölgeleri için moment-eğrilik analizleri SEMAp programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizlerde Mander sargılı beton davranış modeli dikkate alınmıştır. Kolon elemanlarda P-M3 mafsallarının kullanılması ile dinamik analizlerde aksenal yük değişimine bağlı olarak moment kapasitesindeki değişim ve taban kesme kuvvetine olan etkileri incelenebilmiştir.

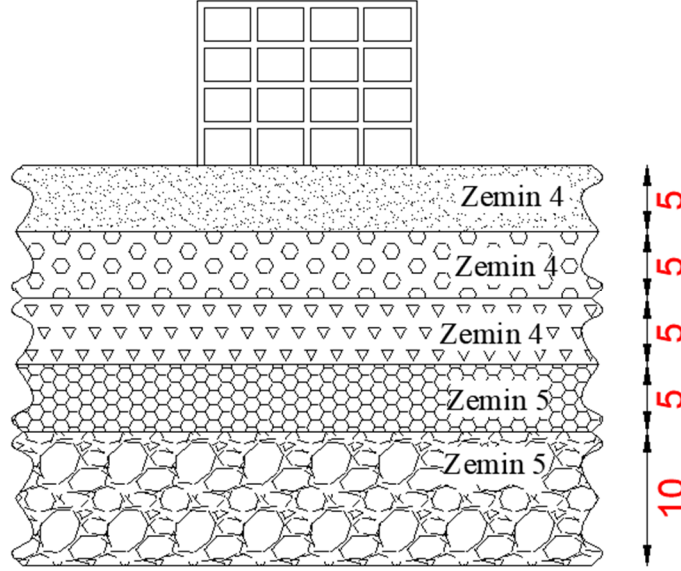
## 2.2 Zemin Özellikleri

Çalışma kapsamında zemin modeli iki boyutlu oluşturulup çok amaçlı yapısal analiz programı SAP2000 (Structural Analysis Program, CSI) kullanılarak modellenmiştir. Zemin ortamı boyutları X doğrultusunda 200 m ve Z doğrultusunda 30 m derinliğindedir. Analizlerde kullanılan zemin özellikleri Tablo 2.6’da verilmiştir.

**Tablo 2.6:** Modellenen zemine ait özellikler

Zemin	E (kN/m <sup>2</sup> )	Poisson oranı	G (kN/m <sup>2</sup> )
Zemin 1	50000	0.40	17857.14
Zemin 2	100000	0.40	35714.29
Zemin 3	200000	0.35	74074.07
Zemin 4	900000	0.30	346153.80
Zemin 5	3890000	0.25	1556000.00

Analizler için A, B, C ve D olmak üzere 4 farklı zemin profili oluşturulmuştur. Şekil 2.6’da gösterildiği gibi zemin profili 5 tabakadan oluşup her tabaka için Tablo 2.6’da verilen zemin özellikleri tanımlanmıştır.



Şekil 2.5: 4 katlı Profil A Zemin modeli

Her bir zemin profilinin tabakalarına tanımlanan zemin özellikleri Tablo 2.7’de verilmiştir. Oluşturulan zemin profilleri kullanılarak Şekil 2.2’de görüldüğü gibi 4, 8 ve 12 katlı toplam 12 adet zemin-yapı modeli oluşturulmuştur.

Tablo 2.7: Zemin Profilleri

Zemin	Derinlik(m)	A	B	C	DF
1. tabaka	5	Zemin 4	Zemin 3	Zemin 2	Zemin 1
2. tabaka	5-10	Zemin 4	Zemin 3	Zemin 2	Zemin 2
3. tabaka	10-15	Zemin 4	Zemin 3	Zemin 3	Zemin 2
4. tabaka	15-20	Zemin 5	Zemin 4	Zemin 3	Zemin 3
5. tabaka	20-30	Zemin 5	Zemin 4	Zemin 4	Zemin 3

Zemin ve yapınının bağlantı yüzeyinde rijit arayüz oluşturulmuştur. Kolonların birleştiği noktalara da “Body” tanımlayarak rijit ara yüz ve yapı modeli bağlantısı sağlanmıştır. Zemin-yapı ortak modeli analizleri ivme kaydı yalnızca üst yapı kütle noktalarında etki edilmiştir (Wilson, 2002). Böylece Denklem (2.1)’de tanımlanan dinamik denge denkleminin çözümünde ivmenin zemin kütle noktalarına etkimemesi sağlanarak zemin büyütmesinin talepler üzerindeki etkileri ihmal edilmiştir.

$$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K]\{u\} = -[M]\{\ddot{u}_g\} \quad (2.1)$$

$\{\ddot{u}\}$ : Yer ivmesi

$[M]$ : Yapı kütlesi

$[C]$ : Sönüm

$[K]$ : Rijitlik



### 3. ANALİZ İÇİN KULLANILAN İVME KAYITLARI

Tez kapsamında 40 adet birbirinde farklı deprem ivme kaydı kullanılmıştır. Kullanılan deprem ivme kayıtları PEER web sitesinin arşivinden elde edilmiştir.(PEER, <http://peer.berkeley.edu>)

Kullanılan deprem ivme kayıtlarının 13 adedi zemin grubuna bakılmaksızın Forward Directivity (İleri Yönleme) etkisi bulunan kayıtlardan oluşmaktadır. Diğer ivme kayıtları USGS zemin sınıflandırılması esas alınarak geçmiş depremlerden A, B, C ve D sınıfı zeminler üzerinde kaydedilen kayıtlardan oluşmaktadır. A grubu zemin tipinden 5 adet, B grubu zemin tipinden 7 adet, C grubu zemin tipinden 10 adet ve D grubu zemin tipinden 5 adet ivme kaydı kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan deprem ivme kayıtları ve özellikleri Tablo 3.1’de verilmiştir.

USGS sınıflandırma sisteminde belirlenme ölçütü, zemin rölatif sıklığı, dayanım, rijitlik, zeminin ilk 30 m kesme dalgası hızı ve en üst zemin tabakası kalınlığıdır. USGS sınıflandırma sisteminde A grubu kesme dalgası hızı 750 m/s ve üstü için, B grubu 360-750 m/s arası, C grubu 180-360 m/s ve D grubu 180 m/s ve altı içindir.

USGS’de verilen A grubu zeminler TBDY-2018’de ZA veya ZB zemin grubuna karşılık gelmektedir. B grubu zeminler, TBDY-2018’de ZC grubu zeminlere, C grubu zeminler ise TBDY-2018’de ZD grubu zeminlere karşılık gelmektedir. D grubu zeminler ise TBDY-2018’de ZE ve bazen de ZF grubu zeminlere karşılık geldiği söylenebilir. Bu eşleştirmeler her zemin için birebir uygunluk sağlamasa da genel olarak bu sonuçlara yakın sonuçlar verir.

**Tablo 3.1:** Çalışmada kullanılan deprem ivme kayıtları ve özellikleri

Setler	İvme kayıtları	Tarih	İstasyon	Bileşen	PGA (g)	PGV (m/s)	V <sub>30</sub> (m/sn)
A	İTALY-STU000	23.11.1980	Sturno	000	0.380	0.421	1000.0
	İTALY-STU270	23.11.1980	Sturno	270	0.251	0.370	1000.0
	KOCAELİ-İZT180	17.08.1999	İzmit	180	0.152	0.226	811.0
	LOMAP-G01090	18.10.1989	G. Array	90	0.473	0.339	1428.0
	NORTHR-PUL94	17.01.1994	P. Dam (u. Left)	194	1.285	1.035	2016.1
B	KOBE-NİS000	16.01.1995	Nishi-Akashi	000	0.358	0.527	609.0
	LANDERS-JOS090	28.06.1992	Joshua Tree	090	0.284	0.431	379.3
	LOMAP-HSP000	18.10.1989	H.S. Pine	000	0.371	0.624	370.8
	LOMAP-HSP090	18.10.1989	H.S. Pine	090	0.177	0.291	370.8
	LOMAP-WWC270	19.10.1989	Saratoga WVC	270	0.332	0.615	370.8
	NORTHR-PKC360	17.01.1994	Pacoima KC	360	0.433	0.512	508.1
	NORTHR-SPV360	18.01.1994	Sepulveda KC	360	0.939	0.759	380.1
C	İMPVALL-H-E05140	15.10.1979	El C. Array	140	0.220	0.389	205.6
	KOCAELİ-DZC180	17.08.1999	Düzce	180	0.312	0.589	281.9
	LANDERS-YER360	28.06.1992	Yermo Fire S.	360	0.152	0.296	353.6
	LOMAP-G03090	18/10/1889	G. Array	090	0.367	0.447	349.9
	NORTHR-CNP196	17.01.1994	Canoga Park	196	0.420	0.607	267.5
	NORTHR-TAR360	17.01.1994	Tarzana	360	0.990	0.773	257.2
	NORTHR-WİL180	17.01.1994	Hollywood W. A.	180	0.246	0.335	234.9
	PALMSPR-NPS210	8.07.1986	N. Palm Sp.	210	0.594	0.732	345.4
	SPİTAK-GUK000	7.12.1988	Gukasian	000	0.199	0.286	343.5
	WHİTTİER-A-EJS048	1.10.1987	Santa Fe Spr.	048	0.426	0.377	308.6
D + FD	CAPEMEND-PET90	25.04.1992	Petrolia	090	0.662	0.224	712.8
	DZC-BOL090	12.11.1999	Bolu	090	0.474	0.374	326.0
	ERZ-EW	13.03.1992	Erzincan	EW	0.822	0.620	274.5
	GAZLİ-GAZ000	17.05.1976	Karakyr	000	0.496	0.643	659.6
	İMPVALL-BRA315	15.10.1979	Brawley Air	315	0.608	0.654	208.7
	İMPVALL-H-E11230	15.10.1979	El C. Array	230	0.519	0.469	196.3
	KOBE-TAK090	16.01.1995	Takatori	090	0.509	0.372	256.0
	KOCAELİ-ATS000	17.08.1999	Ambarlı	000	0.249	0.404	175.0
	KOC-DZC270	17.08.1999	Düzce	270	0.358	0.473	276.0
	KOC-GBZ000	17.08.1999	Gebze	000	0.244	0.531	792.0
	LANDERS-LCN275	28.06.1992	Luceme	275	0.721	0.977	684.9
	LOMAP-LEX090	18.10.1989	Los Gatos Lex	090	0.433	0.863	1070.3
	LOMAP-TRİ090	18.10.1989	Treasure Island	090	0.159	0.327	155.1
	MORGAN-CYC285	24.04.1984	C. Lake Dam	285	1.298	0.808	597.1
	NORTHR-NWH360	17.01.1994	Newhall F.	360	0.590	0.969	269.1
	NORTHR-SYL090	17.01.1994	Sylmar Ol	090	0.604	0.781	440.5
	PARKF-C02065	28.06.1966	Cholame	065	0.476	0.750	184.8
	SUPERST-B-İCC000	24.11.1987	El Centro Imp. Co.	000	0.358	0.463	192.1

## 4. ÇALIŞMADA KULLANILAN ANALİZ YÖNTEMLERİ

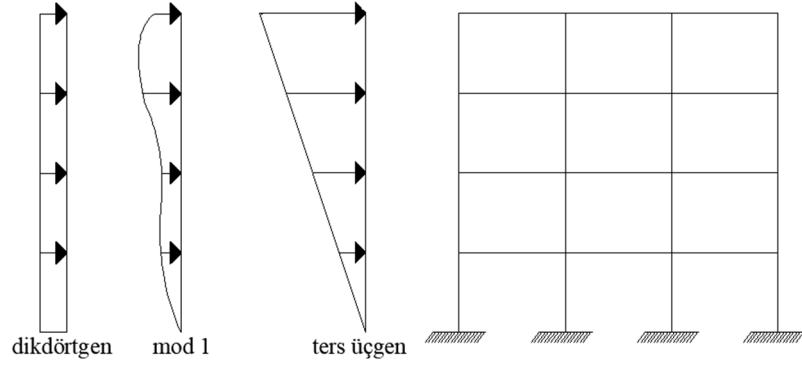
Gerçekleştirilen tez kapsamında zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemi ile statik analiz yöntemleri hem ankastre hem de zemin yapı etkileşimi dikkate alınarak karşılaştırılmıştır. Kullanılan yöntemler ve dikkate alınan statik itme desenleri bu bölümde tarif edilmiştir.

### 4.1 Statik İtme (Pushover) Analizi

Daha gerçekçi deprem değerlendirmeler yapabilmek amacıyla günümüzde birçok statik itme analizi yöntemi geliştirilmiş ve konuyla ilgili çalışmalar halen devam etmektedir.

Statik itme analiz yönteminin bir takım eksiklikleri mevcuttur. Örneğin çok güçlü bir teorik alt yapısı yoktur. Ayrıca yapının dinamik etkileşim doğası gereği ihmal edilmektedir. Analiz kuvvet bazlıdır ve önemli yapısal bozuklukların olması durumunda yanlış sonuçlar verebilmektedir (Lefort, 2000). Bu sorunların bir kısmı yüksek mod etkilerinin dikkate alınmaması durumunda daha da artmaktadır. Statik itme analizleri statik bir yaklaşım olduğu için zaman ve toplam enerji etkileri ihmal edilmektedir. Yapısal hasar, sadece yapının yanal yer değiştirmesinin fonksiyonudur. Dolayısıyla, statik itme analizi dinamik yüklemenin önemli etkilerini dikkate alamamaktadır. Ancak, tüm bu olumsuzluklara rağmen zaman tanım alanında dinamik analizin uygulamadaki zorlukları sebebiyle alternatif bir yöntem olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada Şekil 4.1’de gösterildiği gibi statik itme (pushover) analizi gerçekleştirilirken modellere mevcut deplasman kapasitesine ulaşmaya kadar ters üçgen, mod 1 ve dikdörtgen yük desenine etki edilerek yatay itme işlemi uygulanmıştır. Mod 1 yük deseni için SAP 2000 programından yük tipi olarak “mode” seçeneği işaretlenerek etki edilmiştir. ve dikdörtgen yük desenleri kat seviyelerinde etkitilmiştir.



**Şekil 4.1:** Statik İtme Analizinde kullanılan yük desenleri

## 4.2 Doğrusal Olmayan Zaman Tanım Alanında Dinamik Analiz

Doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analiz, belirli bir yer hareketinin zaman tanım alanındaki ivme kaydı ile yapıda meydana gelen elastik ötesi davranışı elde etmek için kullanılmaktadır (FEMA, 2005).

Uygulamadaki zorluklar sebebiyle doğrusal olmayan statik itme analizi daha çok tercih edilmesine rağmen zaman tanım alanında (ZTA) doğrusal olmayan dinamik analiz, daha önceden kaydedilmiş gerçek bir ivme kaydı ile yapıda meydana gelen elastik ötesi davranışı elde etmek için kullanılmaktadır.

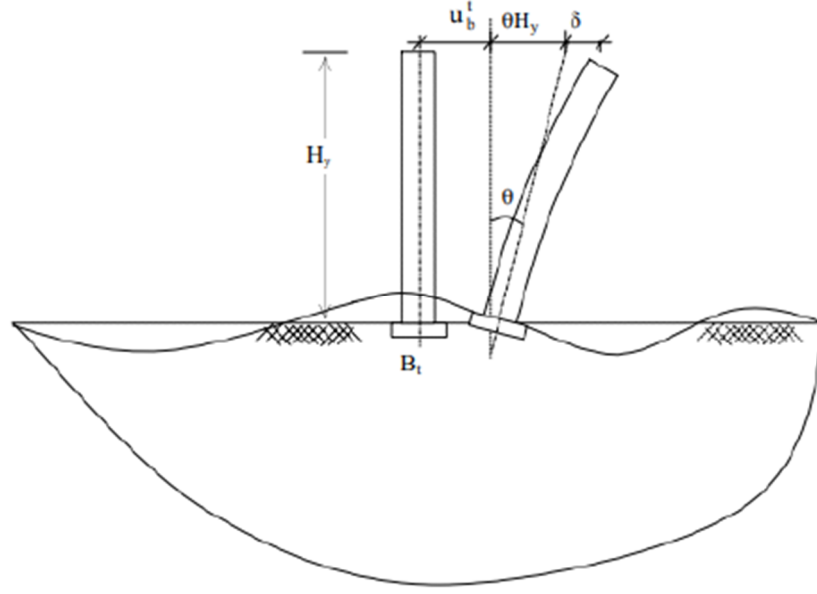
Hareket denklemleri, yapının kütle ve rijitlik karakteristiklerinin ifade edilmesi için gerekli olan serbestlik derecesi kadar kurulabilir. Yapının sismik davranışı önemli birkaç yanal yer değiştirme moduyla ifadelendirilebilir. Örneğin, deprem sırasında yapıların en büyük tepe yer değiştirmeleri, %90 mertebesinde ilk veya hakim moduyla belirlenebilmektedir. Bu nedenle hareket denklemini fiziksel halden doğal koordinatlara getirmek daha uygun olabilir. Matematiksel olarak doğrudan entegrasyon modeliyle zaman tanım alanında analiz yapılabilmektedir. Doğrudan entegrasyon yöntemi, zaman tanım alanında dinamik analizler için en doğru sonuçları veren yöntemdir. Bu yöntemde, dinamik yükler yapıya  $\Delta t$  zaman aralıklarında artımsal olarak etkililmektedir. Zaman tanım aralığında denklemlerin çözümü nümerik olarak doğrudan entegrasyon yöntemiyle gerçekleştirilmektedir.

Gerçekleştirilen tez çalışması kapsamında 40 adet ivme kaydı kullanılarak 12 adedi zemin-yapı etkileşimli, 3 adedi ankastre mesnetli olmak üzere toplam 15 farklı modele 240 adet doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analiz gerçekleştirilmiştir.

## 5. ZEMİN-YAPI ETKİLEŞİMİ

Deprem sırasında zemin tepkisinin yapı hareketini, yapı tepkisinin de zemin hareketini etkilediği bu duruma literatürde zemin-yapı etkileşimi denir. Bu etkileşimi daha iyi anlayabilmek için kaya zemine oturan bir yapı ile gevşek zemine oturtulmuş aynı yapıyı kıyaslamak gerekir. Kaya üzerinde inşa edilen yapılarda, deprem yatay hareketinden oluşan taban kesme kuvveti yapı tabanına doğrudan etki ettirilir. Bu durumda, yapıda oluşan eylemsizlik kuvvetleri tabandaki eylemsizlik kuvvetine yani yapının taban kesme kuvveti eşit olur. Bina temelinde taban kesme kuvvetinin yanında ayrıca bir devrilme momenti de oluşur. Eğer temel altındaki kaya veya zemin yeterince rijit ise temelde deprem hareketine bağlı fark deformasyon oluşmayacaktır. Temeldeki yatay deplasman, deprem hareketinin yatay deplasmanına eşit olduğundan, temel tabanında herhangi bir deformasyon oluşmaz. Gevşek zemine oturtulmuş aynı yapıda ise zemin-yapı etkileşimi nedeniyle deprem girdi hareketi ile yapı tabanındaki hareket birbirinden farklılık gösterecektir.

Mevcut deprem yönetmeliklerinde tasarım aşamasında yaygın olarak rijit mesnetli (ankastre) yapı modelleri kullanılmaktadır. Fakat zeminde oluşan temel dönmeleri yapı tepkisini değiştirmekte ve bu etkiler zemin rijitliği düştükçe artma eğilimi göstermektedir (NEHRP 2012). Zemin-yapı etkileşimli modellerde dikkate aldığımız yöntem Şekil 4.2’de şematize edilmiştir.



**Şekil 5.1:** Sismik etkiler altında yapı zemin davranışının şematik olarak gösterilmesi  
(Kutaniş,2001)

<b>B</b>	: Temel genişliği
<b>H<sub>y</sub></b>	: Yapı yüksekliği
<b>ΘH<sub>y</sub></b>	: Temel dönmesi nedeniyle oluşan yatay yerdeğiştirme
<b>u<sub>b</sub><sup>t</sup></b>	: Temel tabanı toplam yatay yerdeğiştirmesi
<b>W</b>	: Bina sismik ağırlığı
<b>δ</b>	: Rölatif yapı yerdeğiştirmesi
<b>Θ</b>	: Temel dönme açısı

Zemin-yapı etkileşimini içeren deprem hesaplarında zemin özelliklerinin ve üstyapının dinamik özelliklerine bağlı olmasının yanında, göz önüne alınan depremin gelişigüzel karakterine ve özellikle frekans içeriğine bağlı olarak da değişkenlik göstermektedir (Kutaniş 2001). Bu nedenle zemin-yapı etkileşimi probleminde genelleme yapılamaz.

Zemin-yapı etkileşiminde zemin etkisinin sismik davranışa olumlu bir etkisi olduğu düşünülmektedir. Ancak bu düşünce her durum için geçerli olamaz. Zeminin yumuşak olması ivme değerlerini arttırıcı yönde etki edebilir. Zemin ve yapı arasında gözlenen davranış farklılıkları nedeniyle temel dönmeleri ve zemin deformasyonları her durumda talepler üzerinde azaltıcı bir etkiye sahip değildir (İnel ve Çaycı, 2015).

## 6. ANALİZ SONUÇLARI

### 6.1 Giriş

Çalışma kapsamında 4, 8 ve 12 katlı binalar doğrusal elastik olmayan davranış özellikleri, ankastre ve zemin-yapı etkileşimi dikkate alınarak modellenmiştir. Kullanılan iki boyutlu betonarme çerçeve binalar TBDY-2018'e göre modellenen üç boyutlu yapı modelleri dikkate alınarak hazırlanmıştır. Kullanılan bina modellerinin zaman tanım alanında dinamik analiz ve farklı itme desenleri kullanılarak statik itme (pushover) analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda modellerdeki deplasman talepleri, görelî kat ötelenme oranları ve kapasite eğrileri elde edilmiş, statik ve dinamik analiz sonuçları karşılaştırılmıştır.

### 6.2 Deplasman Taleplerinin Elde Edilmesi

Bu bölümde statik ve dinamik analiz yöntemleri ile elde edilen deplasman talepleri karşılaştırılmıştır. Zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemine göre elde edilen talepler ivme kayıtlarının zemin özelliklerine bağılı olarak Profil A, Profil B, Profil C ve Profil D + FD olmak üzere dört gruba ayrılmıştır. D + FD profil grubunda ZD sınıfı zemin yüzeyinden elde edilmiş ivme kayıtlarının yanı sıra, zemin özelliklerinden bağımsız olarak ileri atımlı (Forward Directivity) ivme kayıtları da kullanılmıştır.

Deplasman talepleri hem ankastre hem de zemin-yapı etkileşimli (ZYE) modellerde her bir zemin profili için ayrı ayrı elde edilerek sonuçlar karşılaştırılmıştır. Örneğin Profil A ivme kayıtları sadece ZA sınıfı zemin özelliklerine sahip ZYE modellerinde kullanılmıştır. Dinamik analiz sonuçlarından elde edilen maksimum deplasman talebi sonuçları Bölüm 6.2.1.'de, statik ve dinamik analiz sonuçlarına ait deplasman profilleri karşılaştırması ise bölüm 6.2.2'de yer almaktadır.



### 6.2.1 Maksimum Deplasman Taleplerinin Elde Edilmesi

Çalışma kapsamında oluşturulan hem zemin-yapı etkileşimli hem de ankastre mesnetli modellerin zemin profiline göre gruplandırılarak zaman tanım alanında analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman talepleri Tablo 6.1 - Tablo 6.6 arasında verilmiştir.

4 katlı modeller için zemin profillerine ait deprem ivme kayıtları ile yapılan zaman tanım alanında analiz sonucunda zemin-yapı etkileşimi ve ankastre mesnetli modellere ait maksimum çatı katı deplasman talepleri Tablo 6.1 ve Tablo 6.2’de verilmiştir. Zemin- yapı etkileşimli modellerin sonuçları tablolarda ‘ZYE’ başlığı altında, ankastre modellerde ise ‘ankastre’ başlığı altında verilmiştir. Deprem ivme kayıtlarından elde edilen bu sonuçlar her zemin profili için ortalaması alınarak tablolara eklenmiştir.

Profil A için Tablo 6.1’de görüldüğü gibi zemin-yapı etkileşimli modelde maksimum deplasman talebi “NORTHR-PUL94” ivme kaydında görülmüş olup 166.93 mm, tüm deprem ivme kayıtları için ortalama maksimum deplasman değeri 72.95 mm’dir. Ankastre mesnetli modelde maksimum deplasman talebi “NORTHR-PUL94” ivme kaydında görülmüş olup 167.11 mm, tüm deprem ivme kayıtları için ortalama maksimum deplasman değeri 75.05 mm’dir.

**Tablo 6.1:** Profil A ve Profil B için 4 katlı modelin maksimum deplasman talebi

İvme Seti	Kayıt Adı	Maksimum Deplasman (mm)	
		ZYE	Ankastre
Profil A	İTALY-STU000	57.00	58.71
	İTALY-STU270	42.00	43.41
	KOCAELİ-İZT180	41.43	44.58
	LOMAP-G01090	57.39	61.46
	NORTHR-PUL94	166.93	167.11
	Ortalama	<b>72.95</b>	<b>75.05</b>
Profil B	KOBE-NİS000	89.58	91.63
	LANDERS-JOS090	70.53	60.43
	LOMAP-HSP000	139.13	137.62
	LOMAP-HSP090	44.32	46.68
	LOMAP-WWC270	71.58	73.17
	NORTHR-PKC360	109.02	106.54
	NORTHR-SPV360	170.05	163.83
	Ortalama	<b>99.17</b>	<b>97.13</b>

Profil B için Tablo 6.1’de görüldüğü gibi zemin-yapı etkileşimli modelde maksimum deplasman talebi “NORTHR-SPV360” ivme kaydında görülmüş olup 170.05 mm, tüm deprem ivme kayıtları için ortalama maksimum deplasman değeri 99.17 mm’dir. Ankastre mesnetli modelde maksimum deplasman talebi “NORTHR-SPV360” ivme kaydında görülmüş olup 163.83 mm, tüm deprem ivme kayıtları için ortalama maksimum deplasman değeri 97.13 mm’dir.

Profil C için Tablo 6.2’de görüldüğü gibi zemin-yapı etkileşimli modelde maksimum deplasman talebi “NORTHR-TAR360” ivme kaydında görülmüş olup 160.63 mm, tüm deprem ivme kayıtları için ortalama maksimum deplasman değeri 70.36 mm’dir. Ankastre mesnetli modelde maksimum deplasman talebi “NORTHR-TAR360” ivme kaydında görülmüş olup 122.96 mm, tüm deprem ivme kayıtları için ortalama maksimum deplasman değeri 68.66 mm’dir.

Profil D + FD için Tablo 6.2’de görüldüğü gibi zemin-yapı etkileşimli modelde maksimum deplasman talebi “KOBE-TAK090” ivme kaydında görülmüş olup 177.05 mm, tüm deprem ivme kayıtları için ortalama maksimum deplasman değeri 99.14 mm’dir. Ankastre mesnetli modelde maksimum deplasman talebi “NORTHR-NWH360” ivme kaydında görülmüş olup 209.96 mm, tüm deprem ivme kayıtları için ortalama maksimum deplasman değeri 94.68 mm’dir.

**Tablo 6.2:** Profil C ve Profil D + FD için 4 katlı modelin maksimum deplasman talebi

İvme Seti	Kayıt Adı	Maksimum Deplasman (mm)	
		ZYE	Ankastre
Profil C	İMPVALL-H-E05140	57.67	57.08
	KOCAELİ-DZC180	56.97	66.42
	LANDERS-YER360	30.82	26.31
	LOMAP-G03090	47.90	54.94
	NORTHR-CNP196	89.49	102.39
	NORTHR-TAR360	160.63	122.96
	NORTHR-WİL180	71.38	61.35
	PALMSPR-NPS210	74.97	62.47
	SPİTAK-GUK000	37.94	37.74
	WHİTTİER-A-EJS048	75.84	94.89
	Ortalama	<b>70.36</b>	<b>68.66</b>
Profil D+FD	CAPEMEND-PET90	25.39	43.17
	DZC-BOL090	163.95	114.34
	ERZ-EW	89.41	75.68
	GAZLİ-GAZ000	100.74	82.78
	İMPVALL-BRA315	36.33	52.99
	İMPVALL-H-E11230	79.39	54.29
	KOBE-TAK090	177.05	110.34
	KOCAELİ-ATS000	57.35	44.80
	KOC-DZC270	65.78	71.64
	KOC-GBZ000	44.62	45.95
	LANDERS-LCN275	78.97	68.11
	LOMAP-LEX090	169.04	131.62
	LOMAP-TRİ090	53.87	62.55
	MORGAN-CYC285	147.52	167.14
	NORTHR-NWH360	144.21	209.96
	NORTHR-SYL090	162.47	158.82
	PARKF-C02065	121.27	141.41
	SUPERST-B-İCC000	67.25	68.58
Ortalama	<b>99.14</b>	<b>94.68</b>	

8 katlı modeller için zemin profillerine ait deprem ivme kayıtları ile yapılan zaman tanım alanında analiz sonucunda zemin-yapı etkileşimi ve ankastre mesnetli binaların maksimum deplasman değerleri Tablo 6.3 ve Tablo 6.4’de verilmiştir.

Profil A için Tablo 6.3’de görüldüğü gibi zemin-yapı etkileşimli modelde maksimum deplasman talebi “NORTHR-PUL94” ivme kaydında görülmüş olup 245.97 mm, tüm deprem ivme kayıtları için ortalama maksimum deplasman değeri 147.58 mm’dir. Ankastre mesnetli modelde maksimum deplasman talebi

“NORTHR-PUL94” ivme kaydında görülmüş olup 242.41 mm, tüm deprem ivme kayıtları için ortalama maksimum deplasman değeri 137.95 mm’dir.

**Tablo 6.3:** Profil A ve Profil B için 8 katlı modelin maksimum deplasman talebi

İvme Seti	Kayıt Adı	Maksimum Deplasman (mm)	
		ZYE	Ankastre
Profil A	İTALY-STU000	140.86	95.45
	İTALY-STU270	160.53	171.13
	KOCAELİ-İZT180	85.79	81.01
	LOMAP-G01090	104.76	99.76
	NORTHR-PUL94	245.97	242.41
	Ortalama	<b>147.58</b>	<b>137.95</b>
Profil B	KOBE-NİS000	92.94	108.79
	LANDERS-JOS090	148.71	138.91
	LOMAP-HSP000	187.97	238.86
	LOMAP-HSP090	114.31	112.8
	LOMAP-WWC270	225.83	299.77
	NORTHR-PKC360	125.79	132.36
	NORTHR-SPV360	138.48	171.25
	Ortalama	<b>147.72</b>	<b>171.82</b>

Profil B için Tablo 6.3’de görüldüğü gibi zemin-yapı etkileşimli modelde maksimum deplasman talebi “LOMAP-WWC270” ivme kaydında görülmüş olup 225.83 mm, tüm deprem ivme kayıtları için ortalama maksimum deplasman değeri 147.72 mm’dir. Ankastre mesnetli modelde maksimum deplasman talebi “LOMAP-WWC270” ivme kaydında görülmüş olup 299.77 mm, tüm deprem ivme kayıtları için ortalama maksimum deplasman değeri 171.82 mm’dir.

Profil C için Tablo 6.4’de görüldüğü gibi zemin-yapı etkileşimli modelde maksimum deplasman talebi “NORTHR-TAR360” ivme kaydında görülmüş olup 288.99 mm, tüm deprem ivme kayıtları için ortalama maksimum deplasman değeri 146.29 mm’dir. Ankastre mesnetli modelde maksimum deplasman talebi “PALMSPR-NPS210” ivme kaydında görülmüş olup 239.55 mm, tüm deprem ivme kayıtları için ortalama maksimum deplasman değeri 152.99 mm’dir.

Profil D + FD için Tablo 6.4’de görüldüğü gibi zemin-yapı etkileşimli modelde maksimum deplasman talebi “KOBE-TAK090” ivme kaydında görülmüş olup 491.90 mm, tüm deprem ivme kayıtları için ortalama maksimum deplasman değeri 194.44 mm’dir. Ankastre mesnetli modelde maksimum

deplasman talebi “LOMAP-LEX090” ivme kaydında görülmüş olup 359.58 mm, tüm deprem ivme kayıtları için ortalama maksimum deplasman değeri 205.70 mm’dir.

**Tablo 6.4:** Profil C ve Profil D + FD için 8 katlı modelin maksimum deplasman talebi

İvme Seti	Kayıt Adı	Maksimum Deplasman (mm)	
		ZYE	Ankastre
Profil C	İMPVALL-H-E05140	130.67	121.61
	KOCAELİ-DZC180	101.89	128.4
	LANDERS-YER360	116.09	127.16
	LOMAP-G03090	194.20	178.91
	NORTHR-CNP196	193.24	202.68
	NORTHR-TAR360	288.99	217.11
	NORTHR-WİL180	105.28	133.13
	PALMSPR-NPS210	208.29	239.55
	SPİTAK-GUK000	61.80	95.69
	WHİTTİER-A-EJS048	62.47	85.66
	Ortalama	<b>146.29</b>	<b>152.99</b>
Profil D+FD	CAPEMEND-PET90	30.22	45.57
	DZC-BOL090	129.86	166.45
	ERZ-EW	178.79	268.9
	GAZLİ-GAZ000	216.68	189.9
	İMPVALL-BRA315	98.82	96.96
	İMPVALL-H-E11230	76.33	149.11
	KOBE-TAK090	491.90	336.89
	KOCAELİ-ATS000	80.50	105.2
	KOC-DZC270	275.71	233.44
	KOC-GBZ000	81.18	61.06
	LANDERS-LCN275	208.44	294.13
	LOMAP-LEX090	356.37	359.58
	LOMAP-TRİ090	157.79	89.93
	MORGAN-CYC285	202.15	248.33
	NORTHR-NWH360	258.19	321.16
	NORTHR-SYL090	283.89	331.13
	PARKF-C02065	244.36	263.15
	SUPERST-B-İCC000	128.80	141.66
	Ortalama	<b>194.44</b>	<b>205.70</b>

12 katlı modeller için zemin profillerine ait deprem ivme kayıtları ile yapılan zaman tanım alanında analiz sonucunda zemin-yapı etkileşimi ve ankastre mesnetli binaların maksimum deplasman değerleri Tablo 6.5 ve Tablo 6.6’de verilmiştir.

Profil A için Tablo 6.5’te görüldüğü gibi zemin-yapı etkileşimli modelde maksimum deplasman talebi “NORTHR-PUL94” ivme kaydında görülmüş olup 274.61 mm, tüm deprem ivme kayıtları için ortalama maksimum deplasman değeri 201.05 mm’dir. Ankastre mesnetli modelde maksimum deplasman talebi

“NORTHR-PUL94” ivme kaydında görülmüş olup 281.53 mm, tüm deprem ivme kayıtları için ortalama maksimum deplasman değeri 206.00 mm’dir.

**Tablo 6.5:** Profil A ve Profil B için 12 katlı modelin maksimum deplasman talebi

İvme Seti	Kayıt Adı	Maksimum Deplasman (mm)	
		ZYE	Ankastre
Profil A	İTALY-STU000	207.79	192.16
	İTALY-STU270	222.50	239.56
	KOCAELİ-İZT180	155.76	162.36
	LOMAP-G01090	144.60	154.37
	NORTHR-PUL94	274.61	281.53
	Ortalama	<b>201.05</b>	<b>206.00</b>
Profil B	KOBE-NİS000	125.69	156.02
	LANDERS-JOS090	194.54	250.03
	LOMAP-HSP000	289.20	267.16
	LOMAP-HSP090	134.34	137.73
	LOMAP-WWC270	179.78	205.92
	NORTHR-PKC360	197.89	186.44
	NORTHR-SPV360	220.51	203.35
	Ortalama	<b>191.71</b>	<b>200.95</b>

Profil B için Tablo 6.5’te görüldüğü gibi zemin-yapı etkileşimli modelde maksimum deplasman talebi “LOMAP-HSP000” ivme kaydında görülmüş olup 289.20 mm, tüm deprem ivme kayıtları için ortalama maksimum deplasman değeri 191.71 mm’dir. Ankastre mesnetli modelde maksimum deplasman talebi “LOMAP-HSP000” ivme kaydında görülmüş olup 267.16 mm, tüm deprem ivme kayıtları için ortalama maksimum deplasman değeri 200.95 mm’dir.

Profil C için Tablo 6.6’da görüldüğü gibi zemin-yapı etkileşimli modelde maksimum deplasman talebi “İMPVALL-H-E05140” ivme kaydında görülmüş olup 300.96 mm, tüm deprem ivme kayıtları için ortalama maksimum deplasman değeri 189.73 mm’dir. Ankastre mesnetli modelde maksimum deplasman talebi “NORTHR-CNP196” ivme kaydında görülmüş olup 379.22 mm, tüm deprem ivme kayıtları için ortalama maksimum deplasman değeri 217.60 mm’dir.

**Tablo 6.6:** Profil C ve Profil D + FD için 12 katlı modelin maksimum deplasman talebi

İvme Seti	Kayıt Adı	Maksimum Deplasman (mm)	
		ZYE	Ankastre
Profil C	İMPVALL-H-E05140	300.96	228.26
	KOCAELİ-DZC180	260.08	211.79
	LANDERS-YER360	98.50	138.66
	LOMAP-G03090	234.62	290.58
	NORTHR-CNP196	255.45	379.22
	NORTHR-TAR360	282.78	288.60
	NORTHR-WİL180	107.55	151.42
	PALMSPR-NPS210	217.13	269.16
	SPİTAK-GUK000	68.31	125.32
	WHİTTİER-A-EJS048	71.90	93.00
	Ortalama	<b>189.73</b>	<b>217.60</b>
Profil D+FD	CAPEMEND-PET90	37.34	43.97
	DZC-BOL090	248.12	187.83
	ERZ-EW	428.48	232.79
	GAZLİ-GAZ000	299.67	228.42
	İMPVALL-BRA315	144.14	152.33
	İMPVALL-H-E11230	152.15	140.70
	KOBE-TAK090	736.49	395.73
	KOCAELİ-ATS000	139.27	134.84
	KOC-DZC270	323.22	267.96
	KOC-GBZ000	125.49	125.06
	LANDERS-LCN275	429.42	258.79
	LOMAP-LEX090	427.52	454.02
	LOMAP-TRİ090	232.15	169.16
	MORGAN-CYC285	238.75	265.36
	NORTHR-NWH360	447.71	396.01
	NORTHR-SYL090	430.42	484.83
	PARKF-C02065	473.05	388.25
	SUPERST-B-İCC000	258.79	168.81
Ortalama	<b>309.57</b>	<b>249.71</b>	

Profil D + FD için Tablo 6.6’da görüldüğü gibi zemin-yapı etkileşimli modelde maksimum deplasman talebi “KOBE-TAK090” ivme kaydında görülmüş olup 736.49 mm, tüm deprem ivme kayıtları için ortalama maksimum deplasman değeri 309.57 mm’dir. Ankastre mesnetli modelde maksimum deplasman talebi “NORTHR-SYL090” ivme kaydında görülmüş olup 484.83 mm, tüm deprem ivme kayıtları için ortalama maksimum deplasman değeri 249.71 mm’dir.

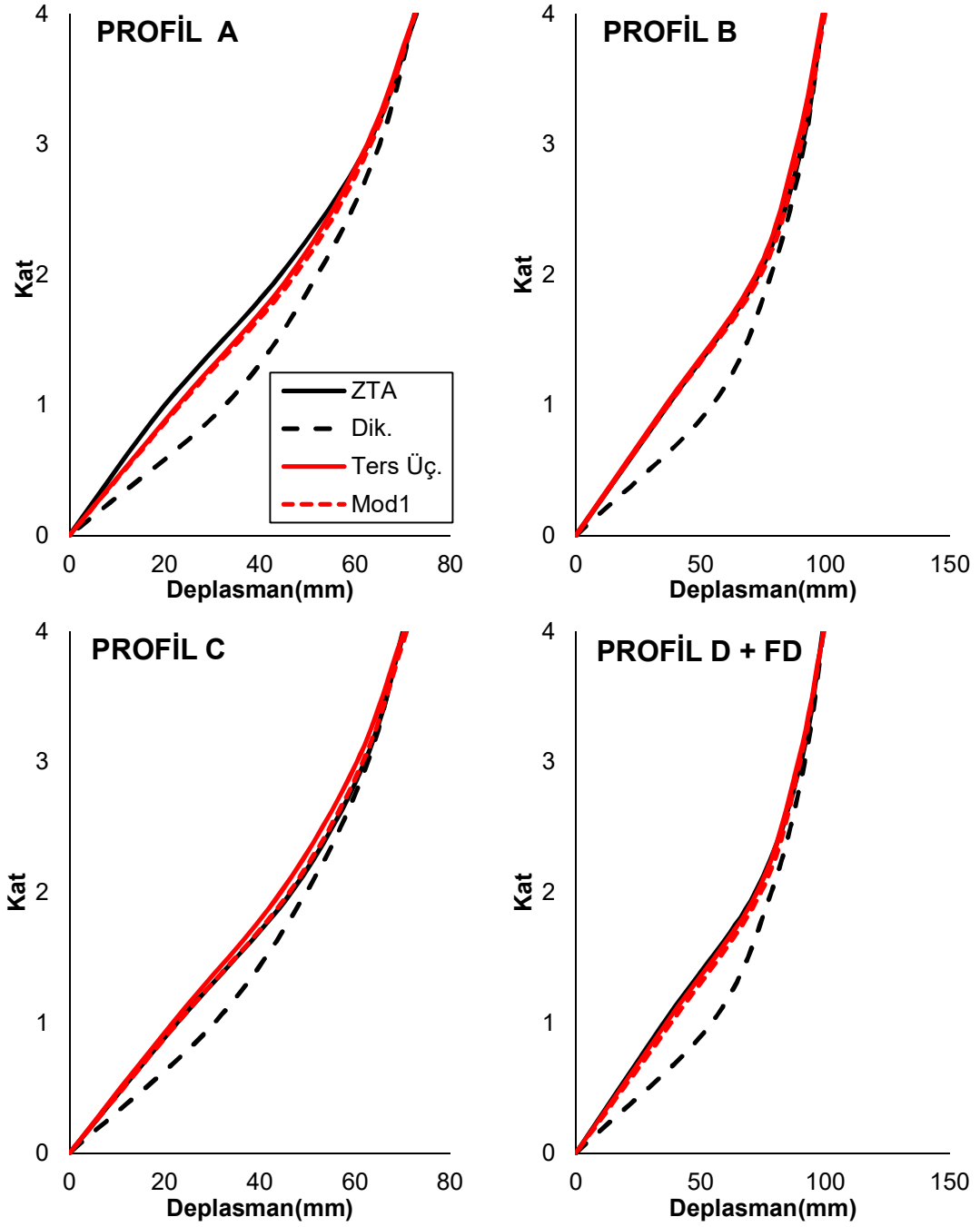
## 6.2.2 Maksimum Deplasman Talebi Anındaki Deplasman Profillerinin Elde Edilip Karşılaştırılması

Bu bölümde çalışma kapsamında oluşturulan hem zemin-yapı etkileşimli modellerin hem de ankastre mesnetli modellerin zemin profiline göre gruplandırılarak zaman tanım alanında analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman talepleri ve bu ana karşılık gelen statik itme (pushover) analiz sonucundaki deplasman profilleri karşılaştırılmıştır. Statik itme analizleri, ters üçgen, dikdörtgen ve mod1 yük desenleri uygulanarak üç farklı şekilde elde edilmiştir. Şekil 6.1-6.6'da elde edilen deplasman profillerinin karşılaştırılması yer almaktadır.

Şekillerde zemin profilleri için zaman tanım alanında analiz sonucunda maksimum deplasmanların ortalaması “ZTA” olarak belirtilmiştir. Aynı modellerin statik itme (pushover) analizi sonucunda elde edilen profiller dikdörtgen yük deseninin etkitildiği modellerin deplasman profilleri şekillerde “Dik.” olarak gösterilmiş, ters üçgen yük deseninin etkitildiği modellerin deplasman profilleri şekillerde “Ters Üç.” olarak gösterilmiş ve son olarak mod 1 yük deseninin etkitildiği modellerin deplasman profilleri şekillerde “Mod1” olarak gösterilmiştir.

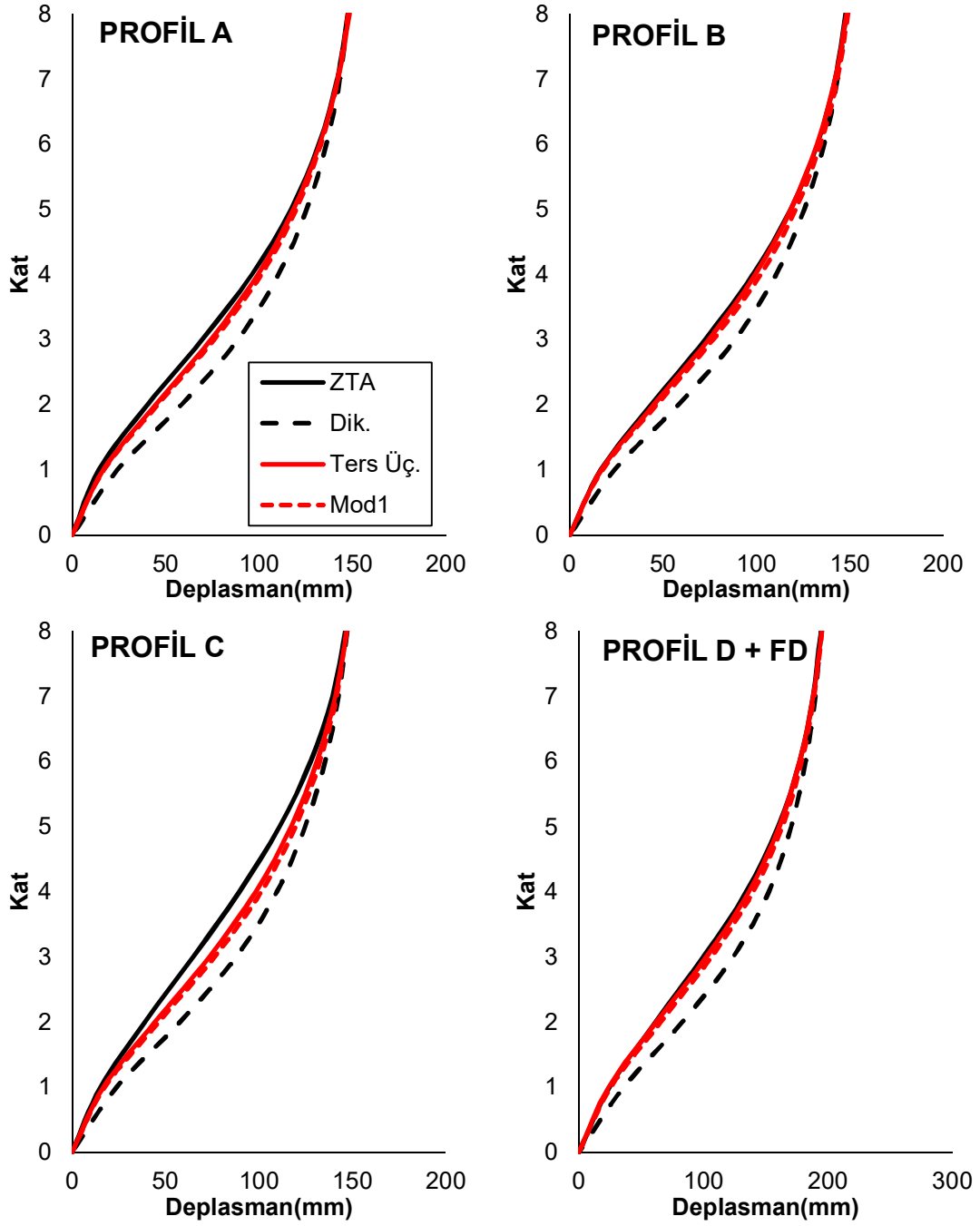
Örneğin Şekil 6.4'te Profil A zemin grubu için bu gruptaki deprem ivme kayıtları kullanılarak zaman tanım alanında analiz yapılmıştır. Bu analiz sonucunda bulunan maksimum deplasman değerlerinin ortalama değeri 72.95 mm'dir. Bu değeri dikdörtgen, ters üçgen ve mod 1 yük etkisi ile statik itme (pushover) analizinde elde edilen deplasman değerlerinden en yakın değeri seçip o andaki deplasman profilleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen deplasman profillerinde deplasman değerleri “mm” cinsinden verilmiştir.





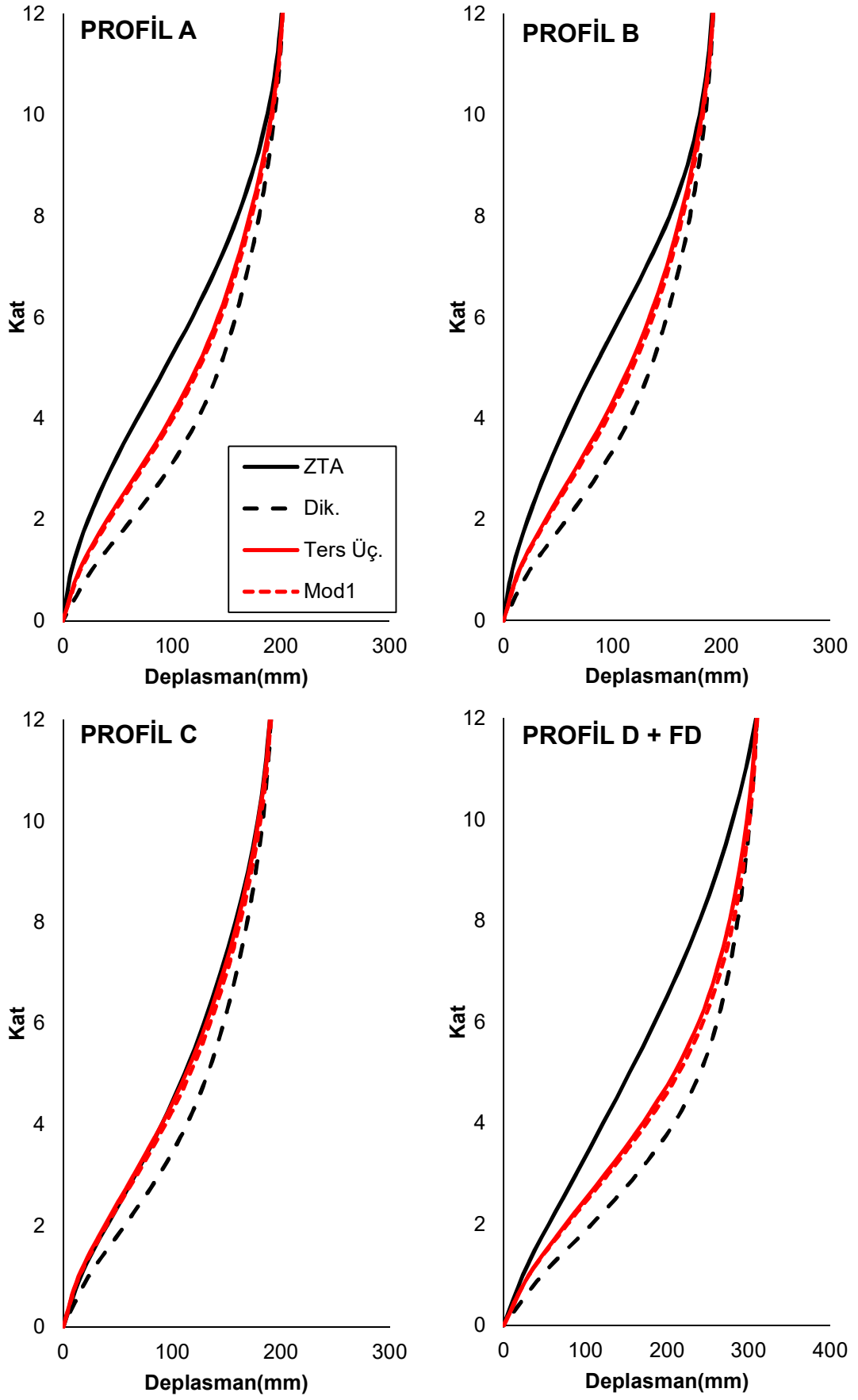
Şekil 6.1: 4 katlı zemin-yapı etkileşimli modellerin deplasman profilleri

Şekil 6.1’de görüldüğü gibi 4 katlı zemin-yapı etkileşimli modelde deplasman profilleri karşılaştırdığımızda “ZTA” deplasman profiline en yakın deplasman profili tüm zemin grupları için “Ters Üç.” ve “Mod1” deplasman profilleridir. Profil B ve Profil D + FD ’de bu benzerlik diğer zemin gruplarına göre daha fazladır.



Şekil 6.2: 8 katlı zemin-yapı etkileşimli modellerin deplasman profilleri

Şekil 6.2’de görüldüğü gibi 8 katlı zemin-yapı etkileşimli modelde deplasman profilleri karşılaştırdığımızda “ZTA” deplasman profiline en yakın deplasman profili tüm zemin grupları için “Ters Üç.” ve “Mod1” deplasman profilleridir. Profil B ve Profil D + FD ’de bu benzerlik diğer zemin gruplarına göre daha fazladır.



Şekil 6.3: 12 katlı zemin-yapı etkileşimli modellerin deplasman profilleri

Şekil 6.3’de görüldüğü gibi 12 katlı zemin-yapı etkileşimli modelde deplasman profilleri karşılaştırdığımızda “ZTA” deplasman profiline en yakın deplasman profili tüm zemin grupları için “Ters Üç.” ve “Mod1” deplasman profilleridir. Profil C bu benzerlik diğer zemin gruplarına göre daha fazladır.

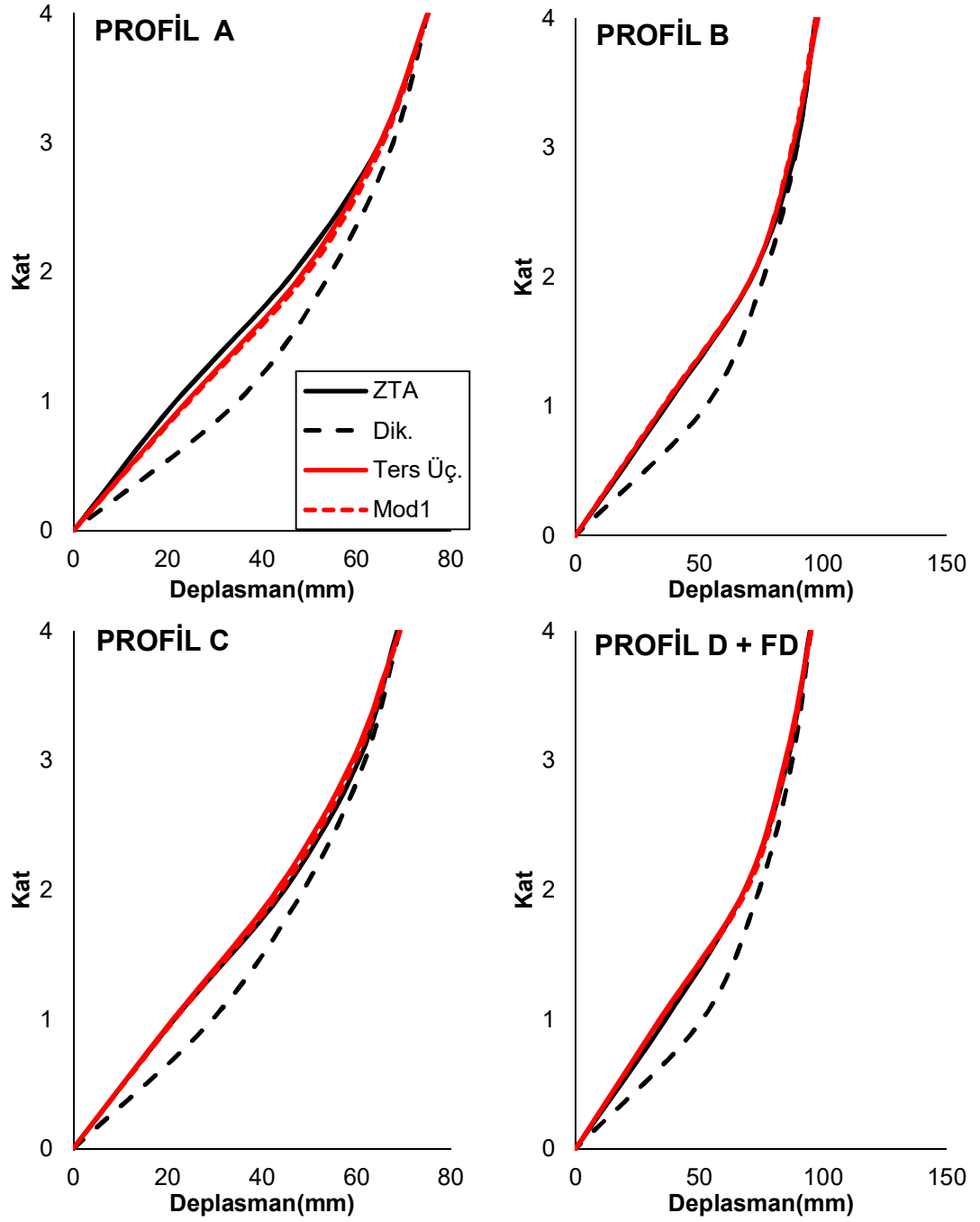
Her bir deprem ivme kaydı için maksimum deplasman talepleri dinamik analiz ile belirlenmiş, zemin profillerin göre gruplandırılarak ortalama değerleri alınmıştır. Bu talebe karşılık gelen statik analizdeki maksimum deplasman değeri alınmış ve bu andaki deplasman profili oluşturulmuştur. İncelenen tüm modellerde genel olarak statik itme (pushover) analizi sonucunda elde edilen deplasman değerlerinin zaman tanım alanındaki deplasman değerlerinden fazla olduğu görülmüştür.

Zemin-yapı etkileşimli modellere genel olarak baktığımızda zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda elde ettiğimiz deplasman profiline en yakın deplasman profili ters üçgen ve mod 1 yük deseni ile etki ettirdiğimiz statik itme (pushover) analizi sonucunda elde edilen deplasman profilidir. Statik itme (pushover) analizindeki yük desenlerinden elde edilen sonuçlarda tüm modellerde ters üçgen ve mod 1 deplasman profilleri birbirleri ile oldukça benzerdir. Dikdörtgen yük deseni etki edilmesi sonucunda yapılan statik itme (pushover) analizi sonucunda elde edilen deplasman profili diğer deplasman profilli değerlerinden daha büyük sonuçlar vermiştir.

Profil A zemin profili için ters üçgen ve mod 1 yük deseni kullanılarak yapılan statik analiz sonucunda elde edilen deplasman profilleri 4 ve 8 katlı modellerde dinamik analiz sonuçları ile oldukça benzerlik gösterirken 12 katlı modelde deplasman profillerinin arasındaki fark açılmıştır. Bu durum Profil B ve Profil D + FD zemin profilleri için de geçerlidir. Fakat Profil C için dinamik analiz sonucunda elde edilen deplasman profili ile statik analiz sonucundaki deplasman profillerinde 12 katlı modelde aralarındaki fark açılmamış aksine daha da yakınlaşmıştır.

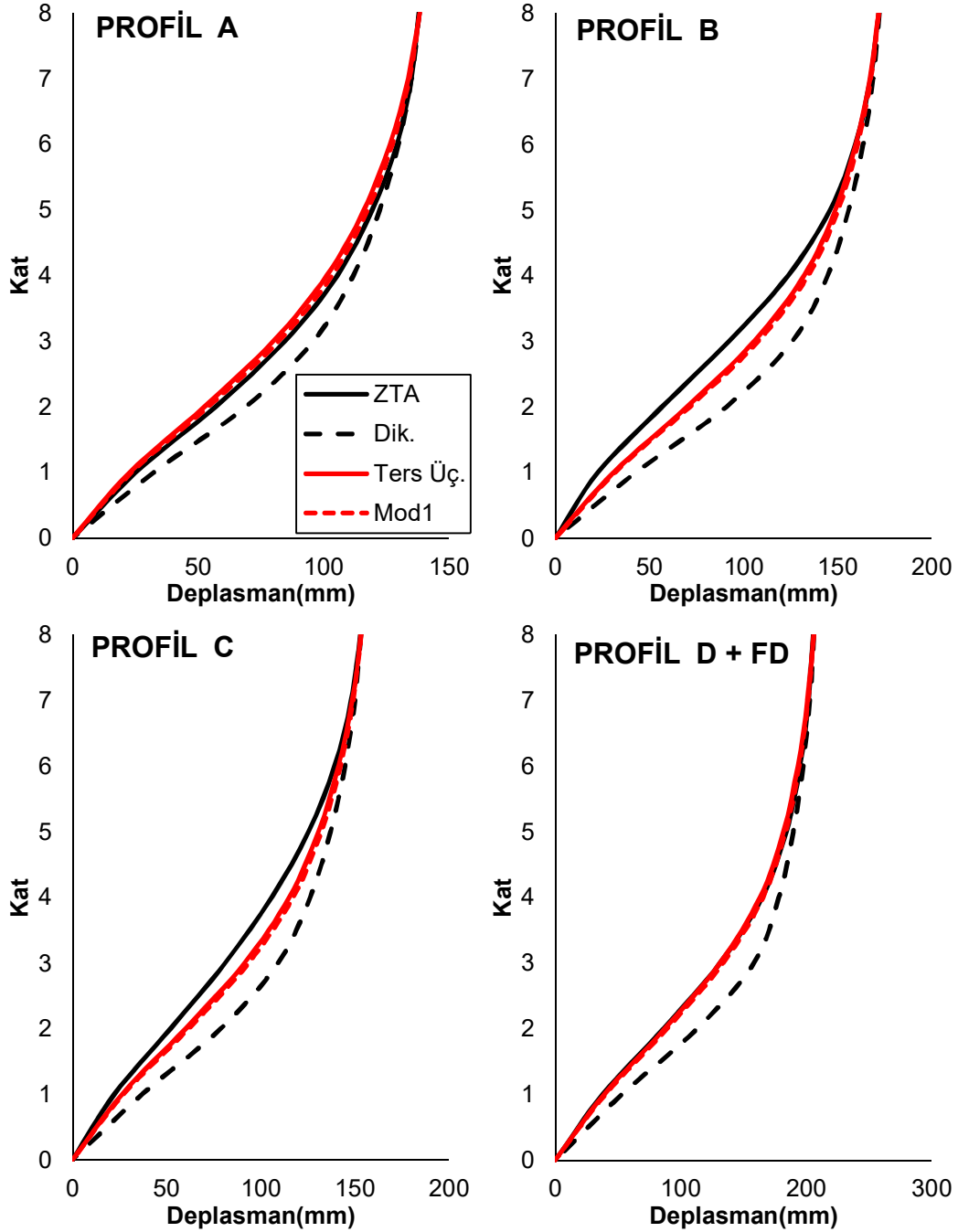
Şekil 6.4 – Şekil 6.6 arasında ankastre modellerin zemin profil gruplarındaki deprem ivme kayıtlarının etkisiyle yapılan zaman tanım alanında analizi sonucunda elde edilen maksimum deplasman değeri anındaki deplasman profillerini ve bu

deplasman değerine karşılık gelen statik itme analizi sonucundaki deplasman profilleri karşılaştırılmıştır.



şekil 6.4: 4 katlı ankastre modellerin deplasman profilleri

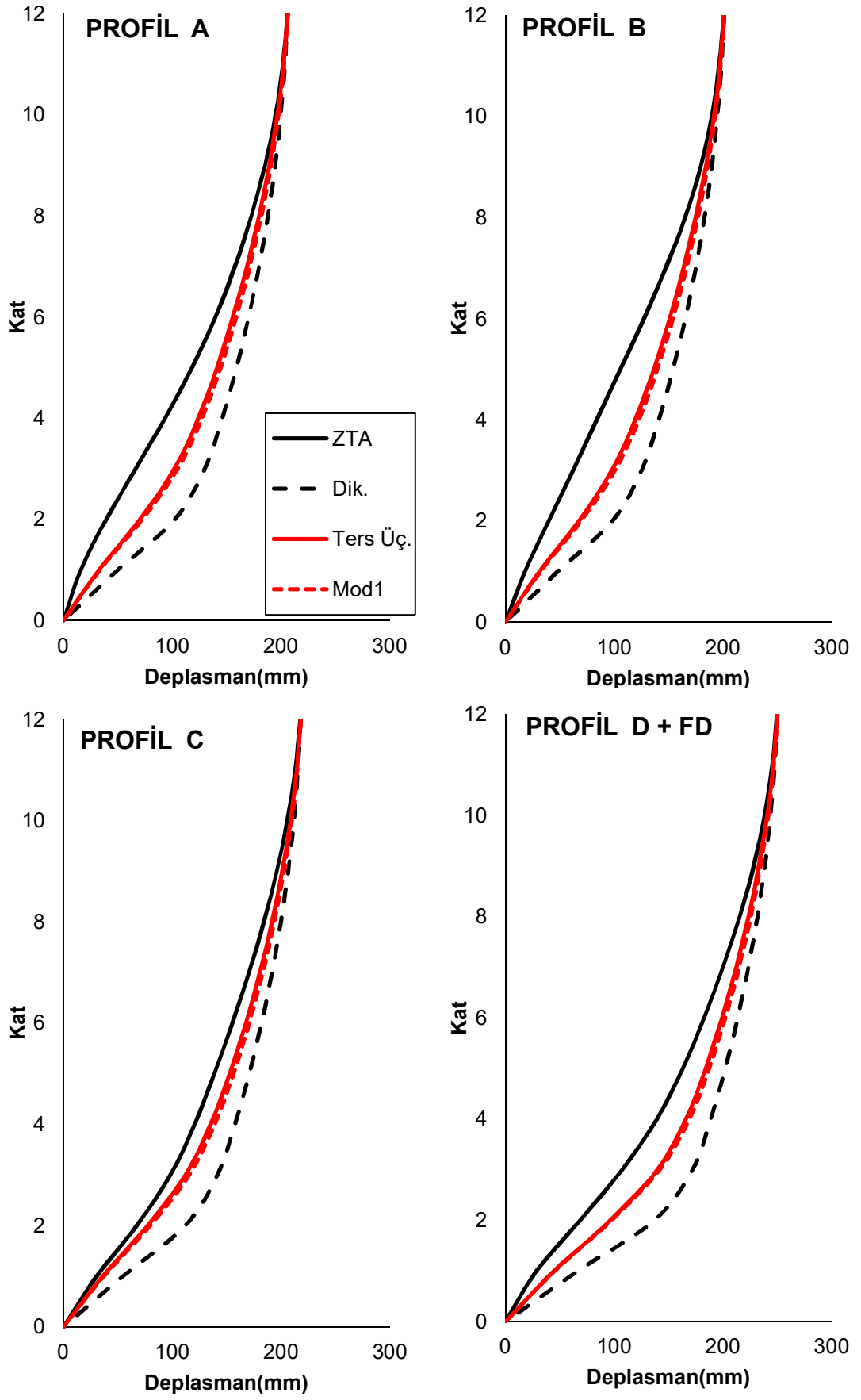
Şekil 6.4’de görüldüğü gibi 4 katlı ankastre modelde deplasman profilleri karşılaştırdığımızda “ZTA” deplasman profiline en yakın deplasman profili tüm zemin grupları için “Ters Üç.” ve “Mod1” deplasman profilleridir. Profil B, Profil C ve Profil D + FD ’de bu benzerlik diğer zemin gruplarına göre daha fazladır.



Şekil 6.5: 8 katlı ankastre modellerin deplasman profilleri

Şekil 6.5’de görüldüğü gibi 8 katlı ankastre modelde deplasman profilleri karşılaştırdığımızda “ZTA” deplasman profiline en yakın deplasman profili tüm

zemin grupları için “Ters Üç.” ve “Mod1” deplasman profilleridir. Profil A ve Profil D + FD 'de bu benzerlik diğer zemin gruplarına göre daha fazladır.



Şekil 6.6: 12 katlı ankastre modellerin deplasman profilleri



Şekil 6.6’da görüldüğü gibi 12 katlı ankastre modelde deplasman profilleri karşılaştırdığımızda “ZTA” deplasman profiline en yakın deplasman profili tüm zemin grupları için “Ters Üç.” ve “Mod1” deplasman profilleridir. Profil C bu benzerlik diğer zemin gruplarına göre daha fazladır.

Zemin-yapı etkileşimli modellerde olduğu gibi her bir deprem ivme kaydı için maksimum deplasman talepleri dinamik analiz ile belirlenmiş, zemin profillerin göre gruplandırılarak ortalama değerleri alınmıştır. Ankastre modelleri zemin profiline göre gruplandırmanın nedeni zemin-yapı etkileşimli modeller ile karşılaştırma yapabilmek için oluşturulmuştur. Bu talebe karşılık gelen statik analizdeki maksimum deplasman değeri alınmış ve bu andaki deplasman profili oluşturulmuştur. İncelenen tüm modellerde genel olarak statik itme (pushover) analizi sonucundan elde edilen deplasman değerlerinin zaman tanım alanındaki deplasman değerlerinden fazla olduğu görülmüştür.

Ankastre modellerde de zemin-yapı etkileşimli modellerdeki gibi zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda elde ettiğimiz deplasman profiline en yakın deplasman profili ters üçgen ve mod 1 yük deseni ile etki ettirdiğimiz statik itme (pushover) analizi sonucundan elde edilen deplasman profilidir. Statik itme (pushover) analizindeki yük desenlerinden elde edilen sonuçlarda tüm modellerde ters üçgen ve mod 1 deplasman profilleri birbirleri ile oldukça benzemektedir. Dikdörtgen yük deseni etki edilmesi sonucunda yapılan statik itme (pushover) analizi sonucundan elde edilen deplasman profili diğer deplasman profilli değerlerinden daha büyük sonuçlar vermiştir.

Profil A zemin profili için ters üçgen ve mod 1 yük deseni kullanılarak yapılan statik analiz sonucunda elde edilen deplasman profilleri 4 ve 8 katlı modellerde dinamik analiz sonuçları ile oldukça benzerlik gösterirken 12 katlı modelde deplasman profillerinin arasındaki fark açılmıştır. Bu durum Profil D + FD zemin profilleri için de geçerlidir. Profil B ve Profil C zemin profili için ters üçgen ve mod 1 yük deseni kullanılarak yapılan statik analiz sonucunda elde edilen deplasman profilleri 4 katlı modelde oldukça benzerlik gösterirken 8 ve 12 katlı modellerde fark gitgide açılmıştır.

### 6.2.3 Sonuçların Değerlendirilmesi

- 4 katlı modellerde zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda elde edilen deplasman profillerine, ters üçgen ve mod 1 yük deseni etkisi ile yapılan statik itme analizi sonucunda elde edilen deplasman profilleri daha uyumlu olduğu görülmüştür. Dikdörtgen yük deseni etkisi ile yapılan statik itme analizi sonucunda elde edilen deplasman profilleri diğer deplasman profillerine göre daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir.
- 4 katlı modellerde ankastre ve zemin-yapı etkileşimli modellerin statik ve dinamik analiz sonucunda oluşan deplasman profilleri arasında fark oldukça azdır.
- 8 katlı modellerde zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda elde edilen deplasman profillerine, ters üçgen ve mod 1 yük deseni etkisi ile yapılan statik itme analizi sonucunda elde edilen deplasman profilleri daha uyumlu olduğu görülmüştür. Dikdörtgen yük deseni etkisi ile yapılan statik itme analizi sonucunda elde edilen deplasman profilleri diğer deplasman profillerine göre daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir.
- 8 katlı Profil B zemin grubundaki ankastre modelde zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda elde edilen deplasman profili, farklı yük desenleri etkisi ile yapılan statik itme analizi sonucunda elde edilen deplasman profillerinden daha az sonuçlar vermiş, deplasman profilleri tam örtüşmemiştir. 8 katlı Profil B zeminine sahip zemin-yapı etkileşimli modelde ise bu ayrışma görülmemiş, bazı deplasman profilleri birbirine yakın sonuçlar vermişlerdir.
- 12 katlı modellerde zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda elde edilen deplasman profillerine, ters üçgen ve mod 1 yük deseni etkisi ile yapılan statik itme analizi sonucunda elde edilen deplasman profilleri daha uyumlu olduğu görülmüştür. Dikdörtgen yük deseni etkisi ile yapılan statik itme analizi sonucunda elde edilen deplasman profilleri diğer deplasman profillerine göre daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir.

- 12 katlı Profil C zemin grubundaki ankastre modelde zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda elde edilen deplasman profili, farklı yük desenleri etkisi ile yapılan statik itme analizi sonucunda elde edilen deplasman profillerinden daha az sonuçlar vermiş, deplasman profilleri tam örtüşmemiştir. 12 katlı Profil C zeminine sahip zemin-yapı etkileşimli modelde ise bu ayrışma görülmemiş, bazı deplasman profilleri birbirine yakın sonuçlar vermişlerdir.
- Tüm modellerde ters üçgen ve mod 1 yük deseni etkisi ile yapılan statik itme analizi sonucunda elde edilen deplasman profilleri birbirlerine çok benzer sonuçlar vermiştir. Bunun nedeninin analizlerde kullanılan modellerin düzenli bir bina olarak tasarlanmasıdır.
- Hem ankastre hem de zemin-yapı etkileşimli modellerde dinamik analiz sonucu oluşan deplasman profillerine en yakın, ters üçgen ve mod 1 yük deseni etkisi ile yapılan statik itme analizi sonucunda oluşan deplasman profilidir.

### **6.3 Görelî Kat Ötelenme Oranlarının Elde Edilip Karşılaştırılması**

Bu bölümde yaptığımız zaman tanım alanında analizler ve statik itme (Pushover) analizleri sonucunda elde edilen deplasman talepleri yardımıyla katlardaki görelî kat ötelenme oranları incelenmiştir. Analiz sonuçları zemin profilleri ve mesnet koşullarına göre gruplandırılarak tablolar ve grafikler oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar bu bölümün alt başlıkları olarak verilmiştir.

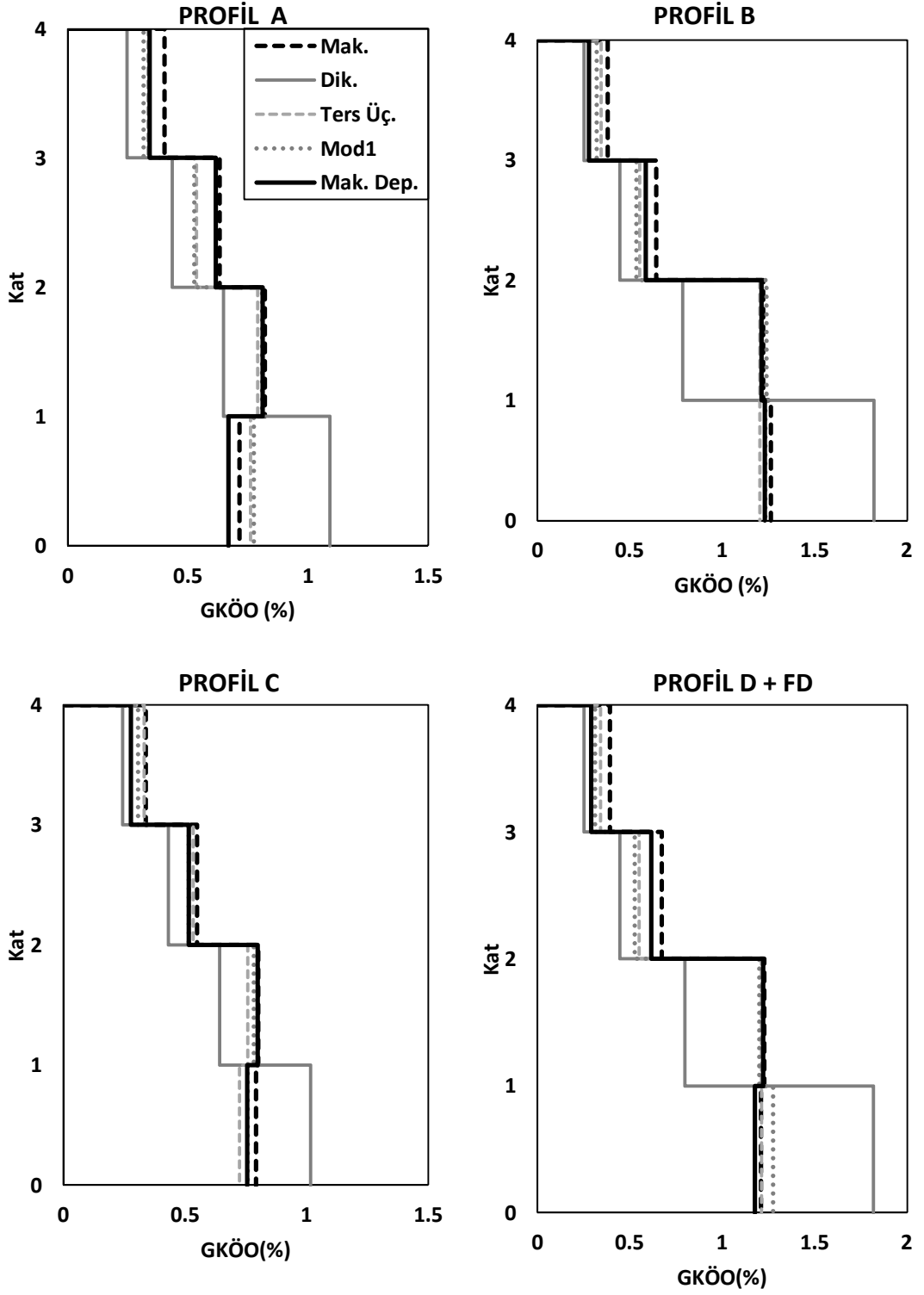
#### **6.3.1 Maksimum Görelî Kat Ötelenme Oranlarının Elde Edilip Karşılaştırılması**

Bu bölümde çalışma kapsamında oluşturulan hem zemin-yapı etkileşimli modellerin hem de ankastre mesnetli modellerin zemin profiline göre gruplandırılarak zaman tanım alanında analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman talepleri ve bu ana karşılık gelen statik itme (pushover) analiz

sonucundaki tüm katlardaki deplasman değerleri yardımıyla görelı kat ötelenme oranlarını (GKÖÖ) hesabı yapılmıştır. Bu hesapların katlara göre değişimi gösteren grafikler Şekil 6.7 - Şekil 6.12 arasında verilmiştir.

Yapılan grafiklerde zaman tanım alanında analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman talebi anındaki kat deplasmanlarına ait görelı kat ötelenme oranı “Mak. Dep.” olarak gösterilmiş, Bölüm 6.2.1’de bahsettiğimiz statik itme (Pushover) analizi sonucunda elde edilen maksimum deplasman talebi anındaki kat deplasmanlarına ait görelı kat ötelenme oranları dikdörtgen yük deseni için “Dik.” , ters üçgen yük deseni için “Ters Üç.” , mod 1 yük deseni için “Mod1” olarak şekillerde gösterilmiştir. Bu verilere ilave olarak tüm ivme kayıtlarının zaman tanım alanında analizi sonucunda her adım için görelı kat ötelenme oranı hesabı yapılmış, bu değerlerden maksimum olan değerler alınıp zemin profil gruplarına göre ortalaması alınarak grafiklerde “Mak.” olarak gösterilmiştir. Elde edilen görelı kat ötelenme oranlarının yüzdesi (%) alınarak grafiklerde katlara göre değişimi gösterilmiştir.

Şekil 6.7-Şekil 6.9 arasında zemin-yapı etkileşimli modellerin katlara göre görelı kat ötelenme oranları verilmiştir. Bu değerlerden grafiklerde ‘GKÖÖ(%)’ olarak bahsedilmiştir.



Şekil 6.7: 4 katlı zemin-yapı etkileşimli modellerin GKÖ profilleri

Şekil 6.7’de 4 katlı zemin-yapı etkileşimli modelin zemin profillerine göre gruplandırılarak görelî kat ötelenme oranları yüzde(%) olarak verilmiştir.

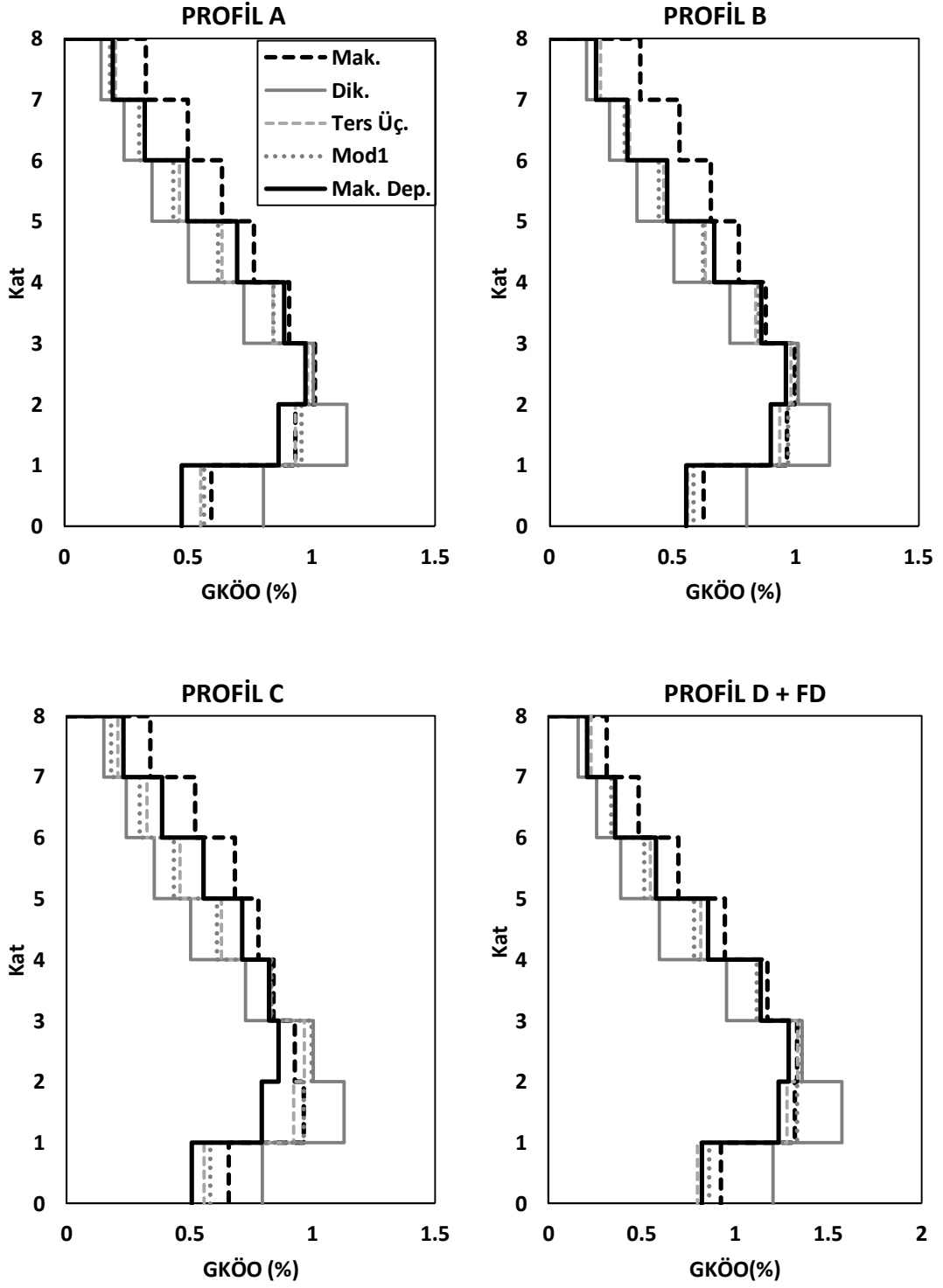
Profil A zemin profili için dinamik analiz sonucundan elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖÖ) “Mak” için %0.4-%0.82 arasında, “Mak. Dep.” için %0.34-%0.81 arasında değişmektedir. Yapılan statik analizler sonucunda elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖÖ) “Dik.” için %0.25-%1.09 arasında, “Ters Üç.” için %0.33-%0.79 ve “Mod1” için %0.31-%0.81 arasında değişmektedir.

Profil B zemin profili için dinamik analiz sonucundan elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖÖ) “Mak” için %0.38-%1.26 arasında, “Mak. Dep.” için %0.28-%1.23 arasında değişmektedir. Yapılan statik analizler sonucunda elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖÖ) “Dik.” için %0.25-%1.82 arasında, “Ters Üç.” için %0.34-%1.20 ve “Mod1” için %0.32-%1.24 arasında değişmektedir.

Profil C zemin profili için dinamik analiz sonucundan elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖÖ) “Mak” için %0.34-%0.80 arasında, “Mak. Dep.” için %0.28-%0.80 arasında değişmektedir. Yapılan statik analizler sonucunda elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖÖ) “Dik.” için %0.24-%1.01 arasında, “Ters Üç.” için %0.33-%0.75 ve “Mod1” için %0.31-%0.78 arasında değişmektedir.

Profil D + FD zemin profili için dinamik analiz sonucundan elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖÖ) “Mak” için %0.39-%1.23 arasında, “Mak. Dep.” için %0.29-%1.22 arasında değişmektedir. Yapılan statik analizler sonucunda elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖÖ) “Dik.” için %0.25-%1.82 arasında, “Ters Üç.” için %0.34-%1.21 ve “Mod1” için %0.31-%1.28 arasında değişmektedir.

4 katlı modellerde “Mak.”, “Mak. Dep.” “Terş Üç.” ve “Mod1” görelî kat ötelenme profilleri birbirlerine yakın sonuçlar vermiştir. “Dik.” görelî kat ötelenme profili tüm zeminlerde maksimum sonucu vermiştir. Maksimum görelî kat ötelenme oranları genelde modellerin 1. veya 2. katında hesap edilmiştir. Minimum görelî kat ötelenme oranları modellerin 4. katında hesap edilmiştir.



Şekil 6.8: 8 katlı zemin-yapı etkileşimli modellerin GKÖO profilleri

Şekil 6.8’de 8 katlı zemin-yapı etkileşimli modelin zemin profillerine göre gruplandırılarak görelî kat ötelenme oranları yüzde(%) olarak verilmiştir.

Profil A zemin profili için dinamik analiz sonucundan elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Mak” için %0.32-%1.01 arasında, “Mak. Dep.” için %0.20-%0.97 arasında değişmektedir. Yapılan statik analizler sonucunda elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Dik.” için %0.15-%1.14 arasında, “Ters Üç.” için %0.21-%0.98 ve “Mod1” için %0.18-%1.00 arasında değişmektedir.

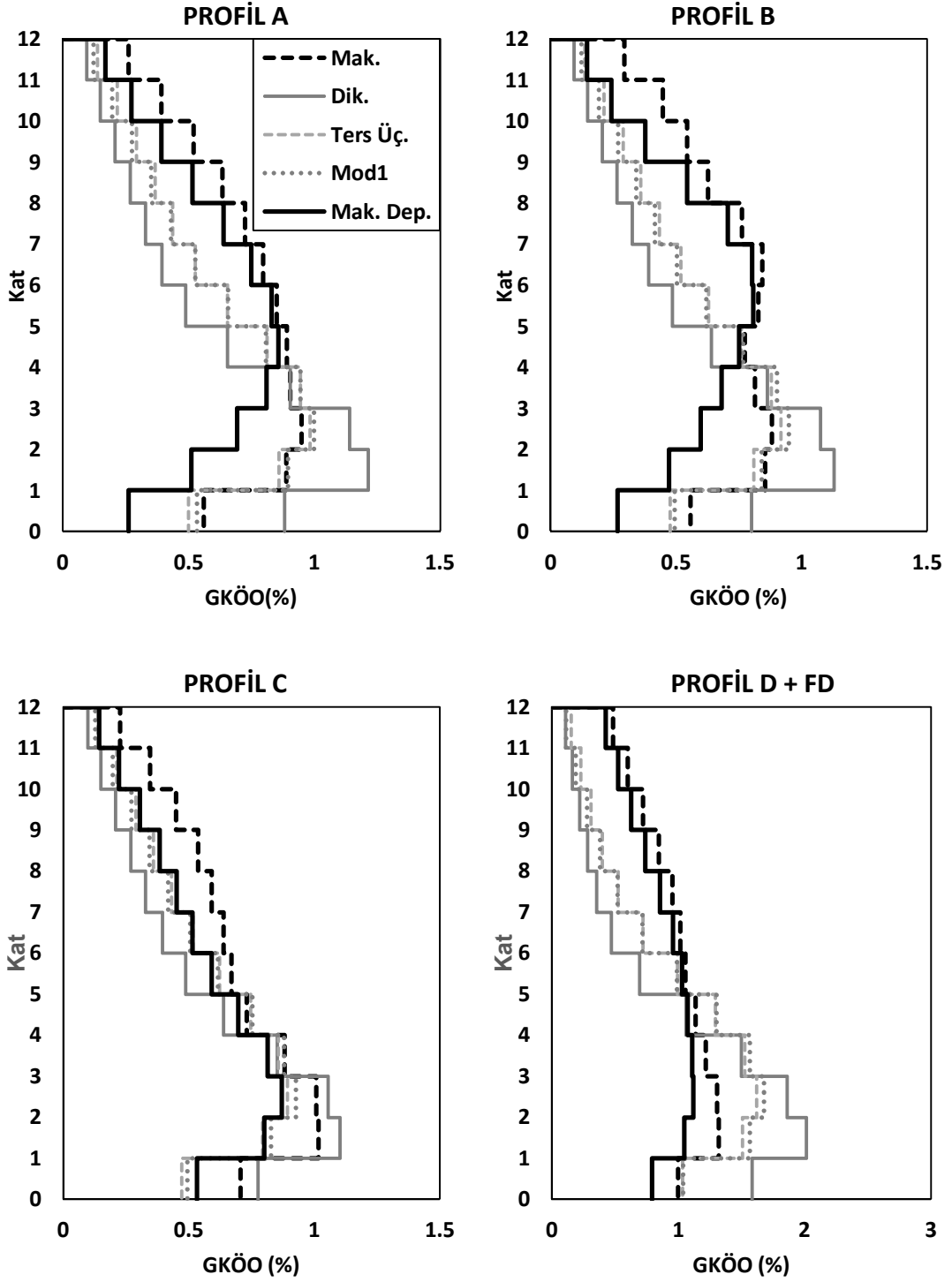
Profil B zemin profili için dinamik analiz sonucundan elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Mak” için %0.37-%1.00 arasında, “Mak. Dep.” için %0.19-%0.96 arasında değişmektedir. Yapılan statik analizler sonucunda elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Dik.” için %0.15-%1.14 arasında, “Ters Üç.” için %0.21-%0.98 ve “Mod1” için %0.18-%1.01 arasında değişmektedir.

Profil C zemin profili için dinamik analiz sonucundan elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Mak” için %0.34-%0.96 arasında, “Mak. Dep.” için %0.23-%0.86 arasında değişmektedir. Yapılan statik analizler sonucunda elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Dik.” için %0.15-%1.13 arasında, “Ters Üç.” için %0.21-%0.92 ve “Mod1” için %0.18-%1.00 arasında değişmektedir.

Profil D + FD zemin profili için dinamik analiz sonucundan elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Mak” için %0.31-%1.33 arasında, “Mak. Dep.” için %0.21-%1.28 arasında değişmektedir. Yapılan statik analizler sonucunda elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Dik.” için %0.16-%1.57 arasında, “Ters Üç.” için %0.23-%1.34 ve “Mod1” için %0.21-%1.36 arasında değişmektedir.

8 katlı modellerde “Dik.” görelî kat ötelenme profili tüm zeminlerde maksimum sonucu vermiştir. Maksimum görelî kat ötelenme oranları genelde modellerin 2. veya 3. katında hesap edilmiştir. Minimum görelî kat ötelenme oranları modellerin 8. katında hesap edilmiştir.





Şekil 6.9: 12 katlı zemin-yapı etkileşimli modellerin GKÖO profilleri

Şekil 6.9'da 12 katlı zemin-yapı etkileşimli modelin zemin profillerine göre gruplandırılarak görelî kat ötelenme oranları yüzde(%) olarak verilmiştir.

Profil A zemin profili için dinamik analiz sonucundan elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Mak” için %0.26-%0.94 arasında, “Mak. Dep.” için %0.17-%0.81 arasında değişmektedir. Yapılan statik analizler sonucunda elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Dik.” için %0.09-%1.21 arasında, “Ters Üç.” için %0.14-%0.98 ve “Mod1” için %0.12-%1.00 arasında değişmektedir.

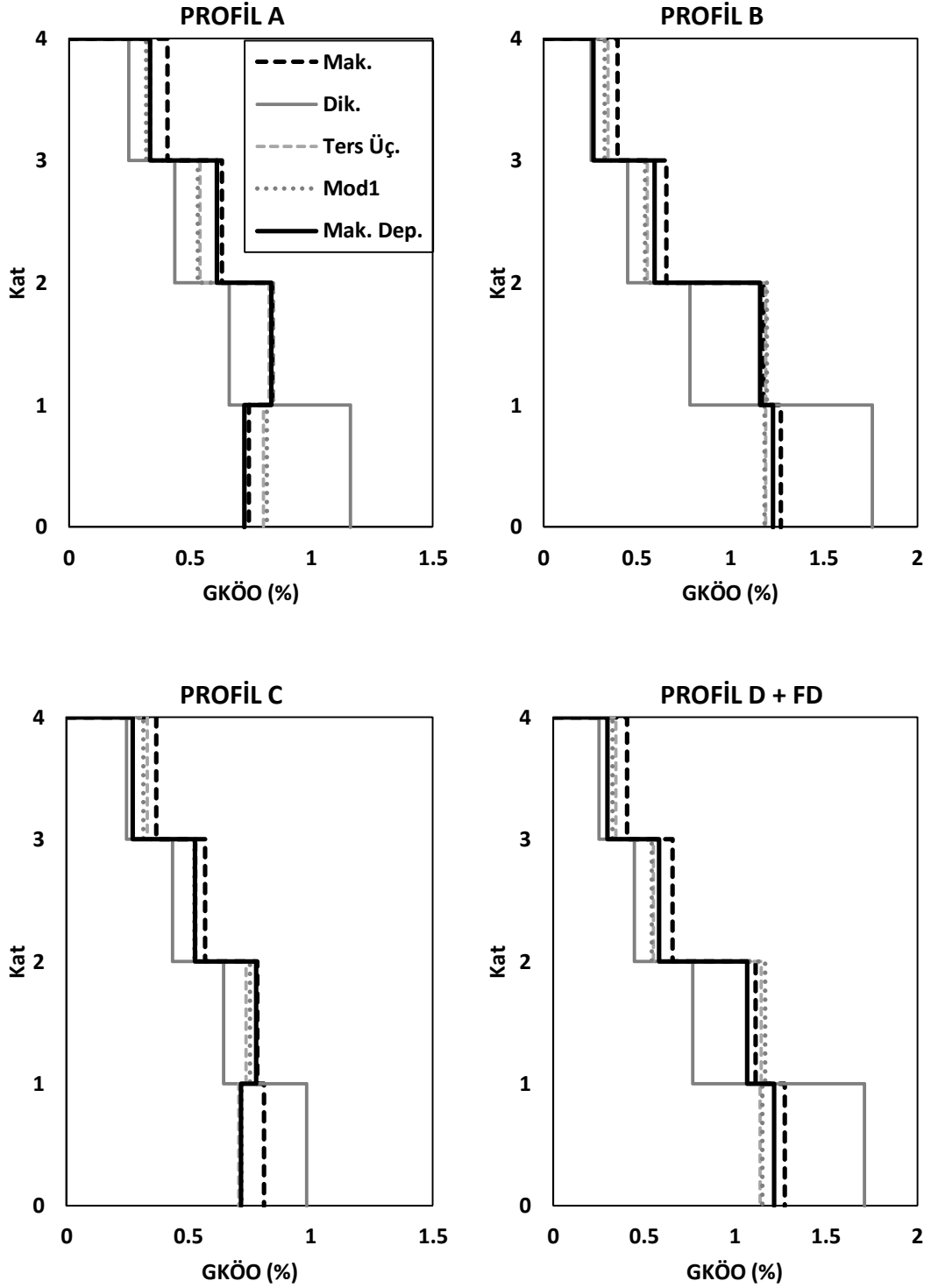
Profil B zemin profili için dinamik analiz sonucundan elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Mak” için %0.29-%0.88 arasında, “Mak. Dep.” için %0.14-%0.81 arasında değişmektedir. Yapılan statik analizler sonucunda elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Dik.” için %0.09-%1.12 arasında, “Ters Üç.” için %0.14-%0.92 ve “Mod1” için %0.12-%0.95 arasında değişmektedir.

Profil C zemin profili için dinamik analiz sonucundan elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Mak” için %0.23-%1.02 arasında, “Mak. Dep.” için %0.14-%0.87 arasında değişmektedir. Yapılan statik analizler sonucunda elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Dik.” için %0.10-%1.10 arasında, “Ters Üç.” için %0.14-%0.89 ve “Mod1” için %0.13-%0.93 arasında değişmektedir.

Profil D + FD zemin profili için dinamik analiz sonucundan elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Mak” için %0.48-%1.32 arasında, “Mak. Dep.” için %0.43-%1.12 arasında değişmektedir. Yapılan statik analizler sonucunda elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Dik.” için %0.11-%2.01 arasında, “Ters Üç.” için %0.15-%1.61 ve “Mod1” için %0.11-%1.68 arasında değişmektedir.

12 katlı modellerde “Dik.” görelî kat ötelenme profili tüm zeminlerde maksimum sonucu vermiştir. Maksimum görelî kat ötelenme oranları genelde modellerin 2., 3. veya 4. katında hesap edilmiştir. Minimum görelî kat ötelenme oranları modellerin 12. katında hesap edilmiştir.

Şekil 6.10-Şekil 6.12 arasında ankastre modellerin katlara göre görelî kat ötelenme oranları verilmiştir.



Şekil 6.10: 4 katlı ankastre modellerin GKÖ profilleri

Şekil 6.10'da 4 katlı ankastre modelin zemin profillerine göre gruplandırılarak görelî kat ötelenme oranları yüzde(%) olarak verilmiştir.

Profil A zemin profili için dinamik analiz sonucundan elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Mak” için %0.41-%0.84 arasında, “Mak. Dep.” için %0.33-%0.83 arasında değişmektedir. Yapılan statik analizler sonucunda elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Dik.” için %0.25-%1.16 arasında, “Ters Üç.” için %0.34-%0.82 ve “Mod1” için %0.32-%0.84 arasında değişmektedir.

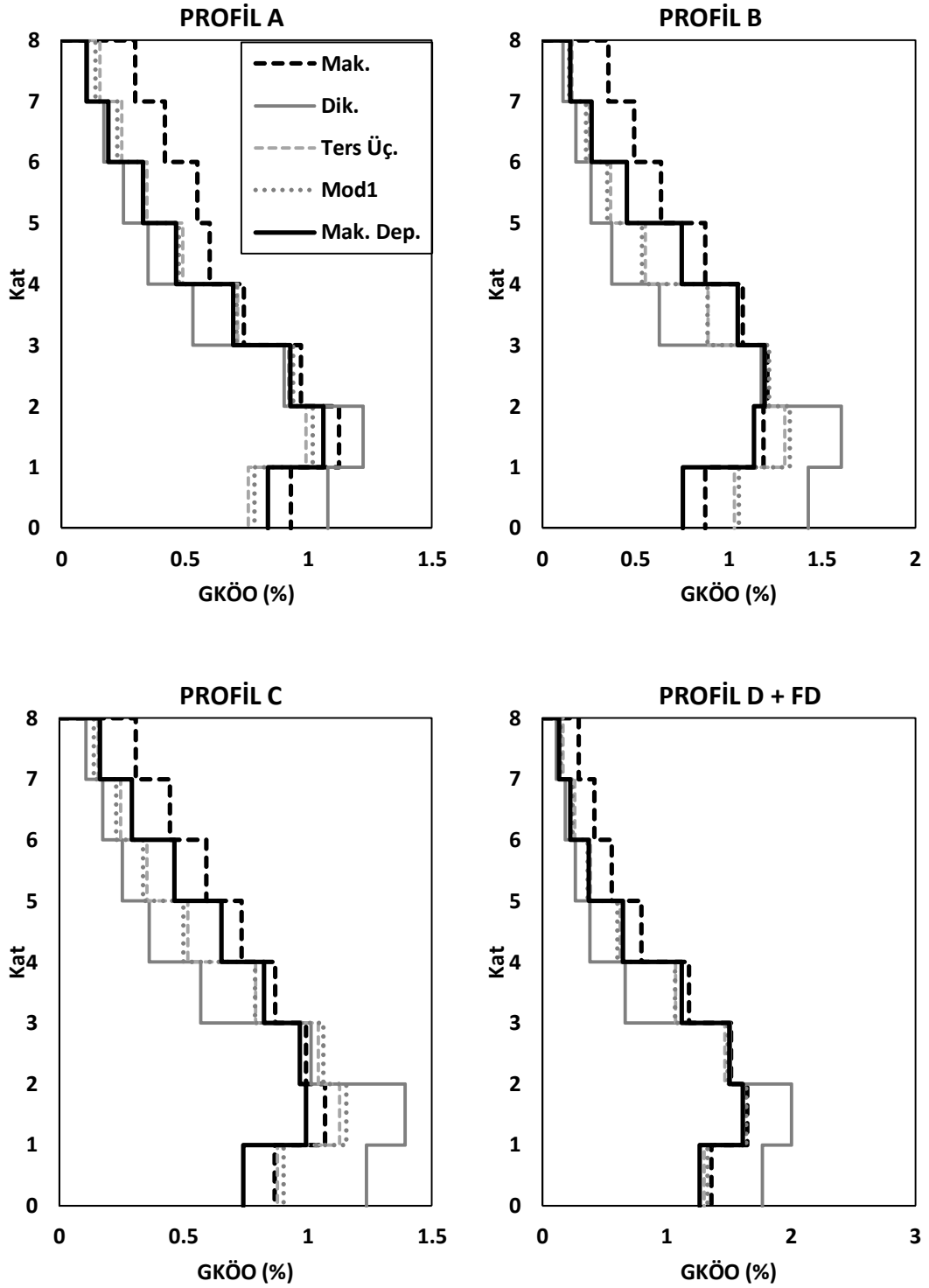
Profil B zemin profili için dinamik analiz sonucundan elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Mak” için %0.40-%1.17 arasında, “Mak. Dep.” için %0.26-%1.22 arasında değişmektedir. Yapılan statik analizler sonucunda elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Dik.” için %0.25-%1.75 arasında, “Ters Üç.” için %0.34-%1.19 ve “Mod1” için %0.33-%1.19 arasında değişmektedir.

Profil C zemin profili için dinamik analiz sonucundan elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Mak” için %0.37-%0.81 arasında, “Mak. Dep.” için %0.27-%0.77 arasında değişmektedir. Yapılan statik analizler sonucunda elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Dik.” için %0.25-%0.98 arasında, “Ters Üç.” için %0.33-%0.74 ve “Mod1” için %0.32-%0.75 arasında değişmektedir.

Profil D + FD zemin profili için dinamik analiz sonucundan elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Mak” için %0.41-%1.27 arasında, “Mak. Dep.” için %0.30-%1.21 arasında değişmektedir. Yapılan statik analizler sonucunda elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Dik.” için %0.25-%1.71 arasında, “Ters Üç.” için %0.34-%1.14 ve “Mod1” için %0.32-%1.16 arasında değişmektedir.

4 katlı modellerde “Mak.”, “Mak. Dep.” “Ters Üç.” ve “Mod1” görelî kat ötelenme profilleri birbirlerine yakın sonuçlar vermiştir. “Dik.” görelî kat ötelenme profili tüm zeminlerde maksimum sonucu vermiştir. Maksimum görelî kat ötelenme

oranları genelde modellerin 1. veya 2. katında hesap edilmiştir. Minimum görelî kat ötelenme oranları modellerin 4. katında hesap edilmiştir.



Şekil 6.11: 8 katlı ankastre modellerin GKÖO profilleri

Şekil 6.11’de 8 katlı ankastre modelin zemin profillerine göre gruplandırılarak görelî kat ötelenme oranları yüzde(%) olarak verilmiştir.

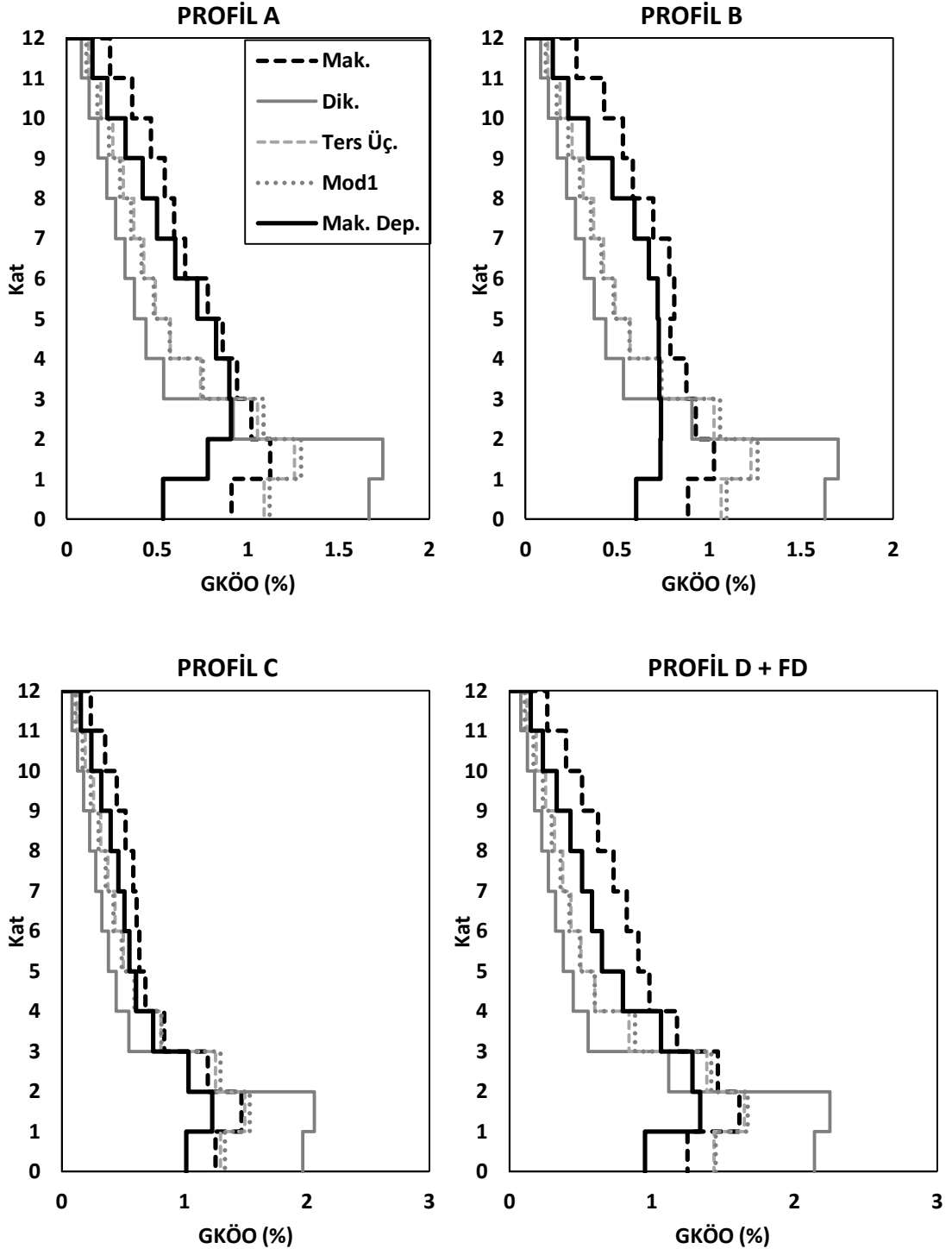
Profil A zemin profili için dinamik analiz sonucundan elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Mak” için %0.29-%1.12 arasında, “Mak. Dep.” için %0.10-%1.06 arasında değişmektedir. Yapılan statik analizler sonucunda elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Dik.” için %0.11-%1.22 arasında, “Ters Üç.” için %0.15-%0.99 ve “Mod1” için %0.14-%1.02 arasında değişmektedir.

Profil B zemin profili için dinamik analiz sonucundan elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Mak” için %0.35-%1.20 arasında, “Mak. Dep.” için %0.15-%1.19 arasında değişmektedir. Yapılan statik analizler sonucunda elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Dik.” için %0.11-%1.60 arasında, “Ters Üç.” için %0.16-%1.30 ve “Mod1” için %0.14-%1.33 arasında değişmektedir.

Profil C zemin profili için dinamik analiz sonucundan elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Mak” için %0.31-%1.07 arasında, “Mak. Dep.” için %0.16-%0.99 arasında değişmektedir. Yapılan statik analizler sonucunda elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Dik.” için %0.11-%1.32 arasında, “Ters Üç.” için %0.16-%1.13 ve “Mod1” için %0.14-%1.15 arasında değişmektedir.

Profil D + FD zemin profili için dinamik analiz sonucundan elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Mak” için %0.29-%1.64 arasında, “Mak. Dep.” için %0.13-%1.61 arasında değişmektedir. Yapılan statik analizler sonucunda elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Dik.” için %0.11-%2.00 arasında, “Ters Üç.” için %0.16-%1.61 ve “Mod1” için %0.14-%1.64 arasında değişmektedir.

8 katlı modellerde “Dik.” görelî kat ötelenme profili tüm zeminlerde maksimum sonucu vermiştir. Maksimum görelî kat ötelenme oranları genelde modellerin 2. veya 3. katında hesap edilmiştir. Minimum görelî kat ötelenme oranları modellerin 8. katında hesap edilmiştir.



Şekil 6.12: 12 katlı ankastré modellerin GKÖÖ profilleri

Şekil 6.12’de 12 katlı ankastre modelin zemin profillerine göre gruplandırılarak görelî kat ötelenme oranları yüzde(%) olarak verilmiştir.

Profil A zemin profili için dinamik analiz sonucundan elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Mak” için %0.24-%1.12 arasında, “Mak. Dep.” için %0.14-%0.91 arasında değişmektedir. Yapılan statik analizler sonucunda elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Dik.” için %0.08-%1.74 arasında, “Ters Üç.” için %0.12-%1.25 ve “Mod1” için %0.11-%1.29 arasında değişmektedir.

Profil B zemin profili için dinamik analiz sonucundan elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Mak” için %0.28-%1.02 arasında, “Mak. Dep.” için %0.15-%0.74 arasında değişmektedir. Yapılan statik analizler sonucunda elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Dik.” için %0.08-%1.70 arasında, “Ters Üç.” için %0.12-%1.23 ve “Mod1” için %0.11-%1.26 arasında değişmektedir.

Profil C zemin profili için dinamik analiz sonucundan elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Mak” için %0.23-%1.46 arasında, “Mak. Dep.” için %0.15-%1.23 arasında değişmektedir. Yapılan statik analizler sonucunda elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Dik.” için %0.08-%2.06 arasında, “Ters Üç.” için %0.12-%1.49 ve “Mod1” için %0.11-%1.53 arasında değişmektedir.

Profil D + FD zemin profili için dinamik analiz sonucundan elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Mak” için %0.26-%1.61 arasında, “Mak. Dep.” için %0.15-%1.34 arasında değişmektedir. Yapılan statik analizler sonucunda elde edilen veriler ile hesap edilen görelî kat ötelenme oranları(GKÖO) “Dik.” için %0.08-%2.25 arasında, “Ters Üç.” için %0.12-%1.65 ve “Mod1” için %0.11-%1.67 arasında değişmektedir.

12 katlı modellerde “Dik.” görelî kat ötelenme profili tüm zeminlerde maksimum sonucu vermiştir. Maksimum görelî kat ötelenme oranları genelde modellerin 2., 3. veya 4. katında hesap edilmiştir. Minimum görelî kat ötelenme oranları modellerin 12. katında hesap edilmiştir.



### 6.3.2 Görelî Çatı Kat Ötelenme Oranlarının Elde Edilmesi

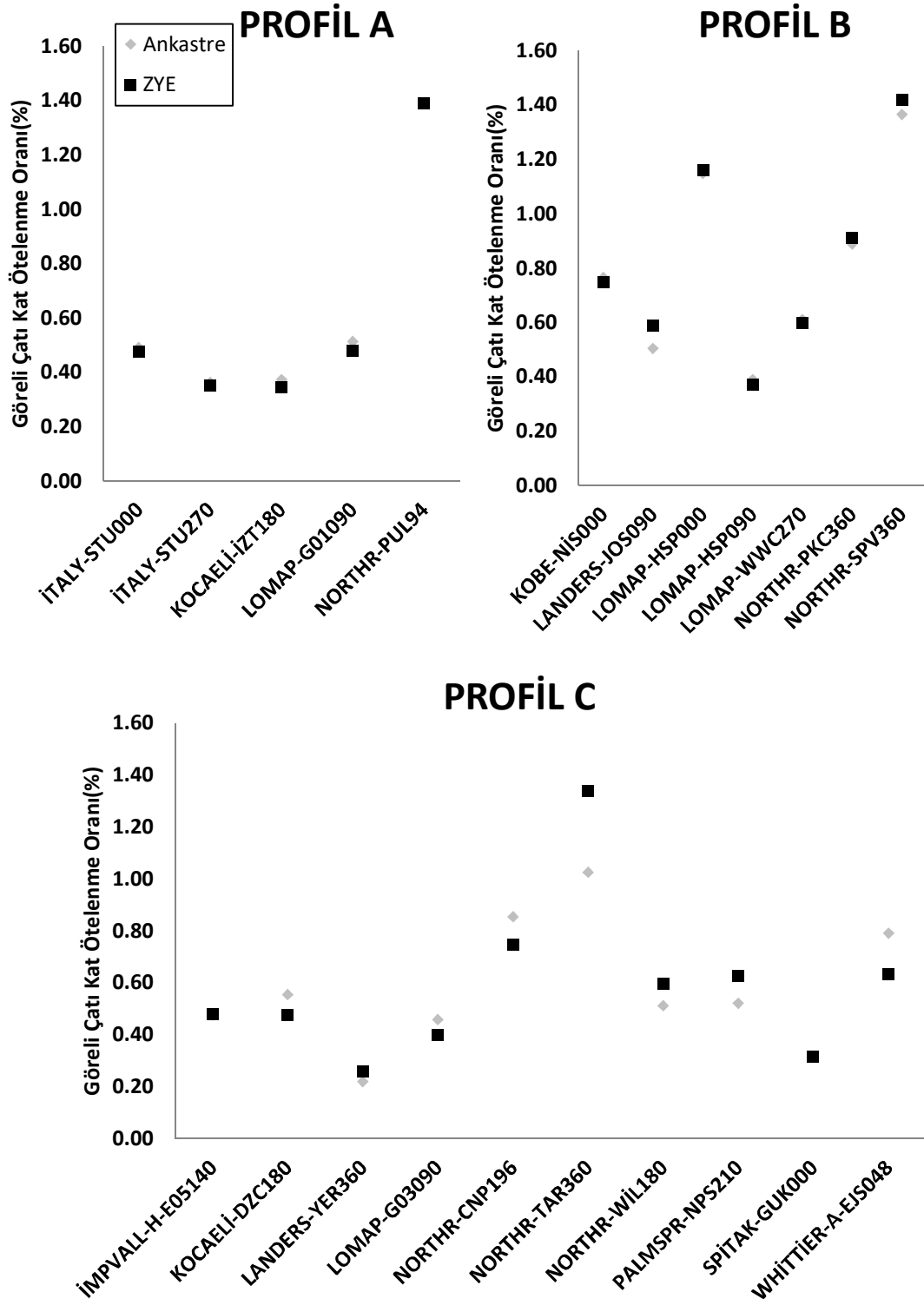
Bu bölümde ankastre ve zemin-yapı etkileşimli modellerin zemin profillerine göre gruplandırarak çatı kat deplasmanlarındaki görelî çatı kat ötelenme oranlarını karşılaştırılmıştır. Görelî çatı kat ötelenme oranları zaman tanım alanında analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasmanın bina yüksekliğine bölünerek elde edilen bir orandır. 4, 8 ve 12 katlı ankastre ve zemin-yapı etkileşimli modellerin zemin profillerine göre gruplandırılarak tüm ivme kayıtları için görelî çatı kat ötelenme oranları Şekil 6.13 – Şekil 6.15 arasında verilmiştir.

Şekil 6.13 – Şekil 6.15 arasında olan grafiklerde ankastre ve zemin-yapı etkileşimli modellerin tüm zemin profilleri için ayrı ayrı görelî kat ötelenme oranları verilmiş ve aralarındaki farklar gösterilmiştir. Şekillerde ankastre modellerden ‘Ankastre’ olarak bahsedilmiş, zemin-yapı etkileşimli modellerden de ‘ZYE’ olarak bahsedilmiştir. Çatı kat ötelenme oranları yüzdesi alınarak grafiklerde gösterilmiştir.

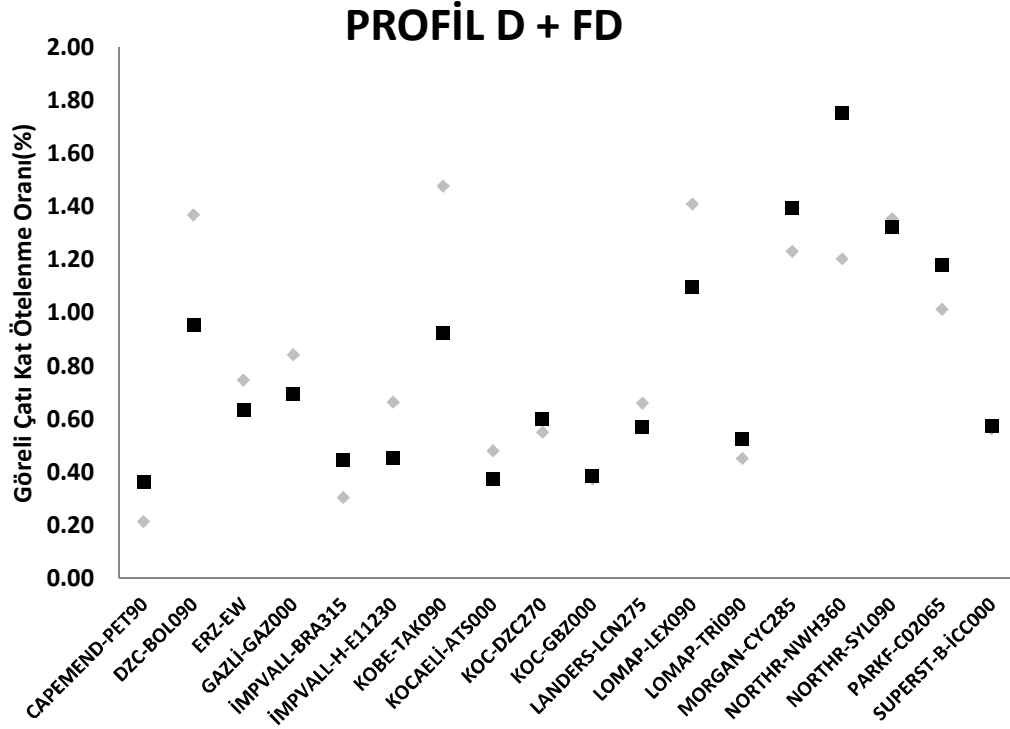
Tablo 6.7’de 4, 8 ve 12 katlı ankastre ve zemin-yapı etkileşimli modellerin zemin profillerine göre ortalama görelî çatı kat ötelenme oranları verilmiştir. En az görelî çatı kat öteleme oranı ortalaması 12 katlı Profil B ve Profil C zeminine sahip yapılarda %0.53 oranında görülmüştür. En fazla görelî çatı kat öteleme oranı ortalaması 8 katlı ankastre ve 12 katlı Profil D + FD zeminine sahip yapılarda %0.86 oranında görülmüştür.

**Tablo 6.7:** Görelî çatı kat ötelenme oranlarının ortalaması (%)

<i>Zemin Profili</i>	4 kat		8 kat		12 kat	
	Ankastre	ZYE	Ankastre	ZYE	Ankastre	ZYE
<b>Profil A</b>	0.63	0.59	0.57	0.61	0.57	0.56
<b>Profil B</b>	0.81	0.83	0.72	0.62	0.56	0.53
<b>Profil C</b>	0.57	0.59	0.64	0.61	0.6	0.53
<b>Profil D + FD</b>	0.79	0.83	0.86	0.81	0.69	0.86



Şekil 6.13: 4 katlı modellerin görelî çatı kat ötelenme oranları



Şekil 6.13 (Devam): 4 katlı modellerin görelî çatı kat ötelenme oranları

4 katlı modellerin Profil A zemin grubunda bulunan deprem ivme kayıtları ile yapılan zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda hem ankastre hem de zemin-yapı etkileşimli modellerin görelî çatı kat öteleme oranları en fazla “NORTHR-PUL94” ivme kaydında %1.39 olarak elde edilmiştir. En az oran ise “İTALY-STU270” ivme kaydında %0.35 olarak elde edilmiştir.

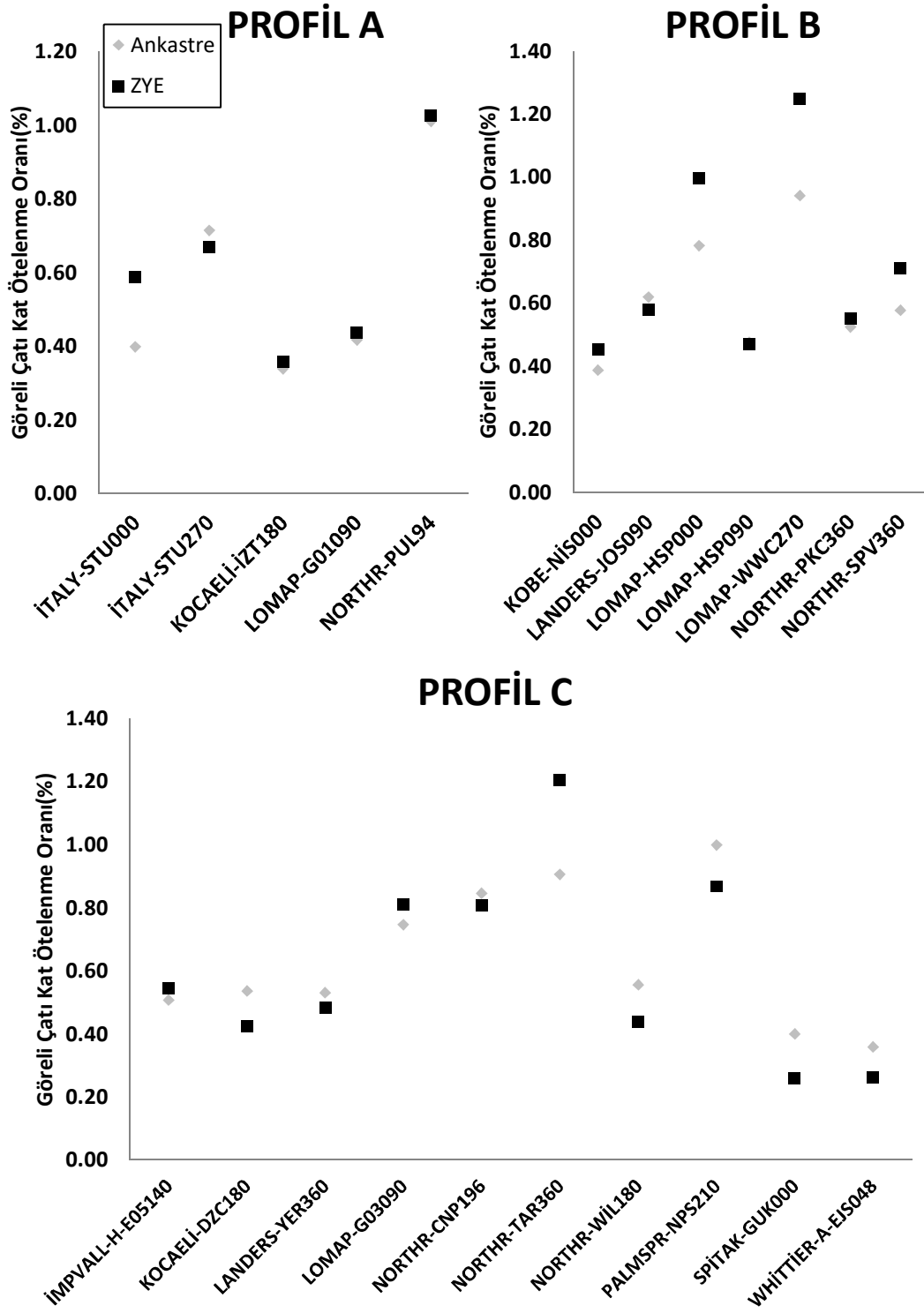
Profil B zemin grubunda bulunan deprem ivme kayıtları ile yapılan zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda görelî çatı kat öteleme oranları en fazla “NORTHR-SPV360” ivme kaydında ankastre model için %1.37 zemin-yapı etkileşimli model için %1.42 olarak elde edilmiştir. En az oran ise “LOMAP-HSP090” ivme kaydında ankastre model için %0.39 zemin-yapı etkileşimli model için %0.42 olarak elde edilmiştir.

Profil C zemin grubunda bulunan deprem ivme kayıtları ile yapılan zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda görelî çatı kat öteleme oranları en fazla “NORTHR-TAR360” ivme kaydında ankastre model için %1.02 zemin-yapı etkileşimli model için %1.34 olarak elde edilmiştir. En az oran ise “LANDERS-

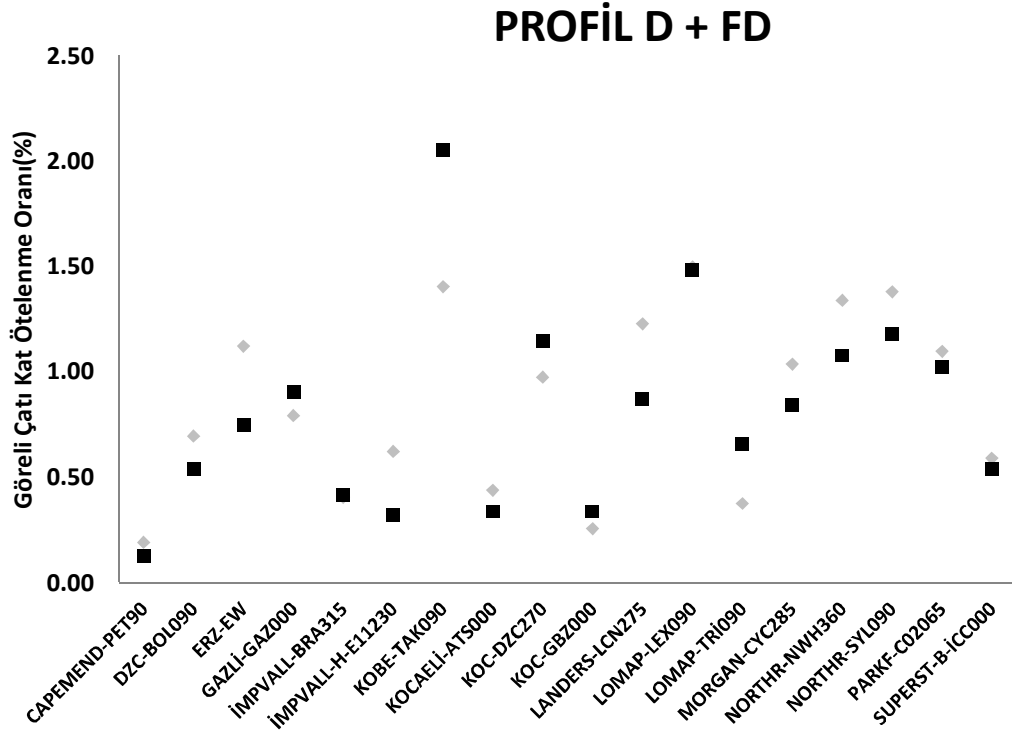
YER360” ivme kaydında ankastre model için %0.22 zemin-yapı etkileşimli model için %0.26 olarak elde edilmiştir.

Profil D + FD zemin grubunda bulunan deprem ivme kayıtları ile yapılan zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda görelî çatı kat öteleme oranları en fazla ankastre model için “NORTHR-NHW360” ivme kaydında %1.75, zemin-yapı etkileşimli model için “KOBE-TAK360” ivme kaydında %1.48 olarak elde edilmiştir. En az oran ise “CAPAMEND-PET090” ivme kaydında ankastre model için %0.36, zemin-yapı etkileşimli model için %0.22 olarak elde edilmiştir.

4 katlı modellerin Profil A zemin grubunda bulunan deprem ivme kayıtları ile yapılan zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda ankastre ve zemin-yapı etkileşimli modellerin görelî çatı kat öteleme oranları birbirlerine çok yakın hatta bazı deprem kayıtları için aynı sonuca ulaşılmıştır. Profil B zemin grubunda bulunan deprem ivme kayıtları ile yapılan zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda ankastre ve zemin-yapı etkileşimli modellerin görelî çatı kat öteleme oranları Profil A zemin grubundaki analiz sonuçları kadar olmasa da çoğu sonuçlar birbirine eşit veya yakın çıkmıştır. Profil C zemin grubu için ankastre ve zemin-yapı etkileşimli modellerin görelî çatı kat öteleme değerleri birbirinden uzaklaşmıştır. Profil D + FD zemin grubu için bu fark daha da açılmıştır. 4 katlı zemin-yapı etkileşimli modellerde görelî çatı kat öteleme oranı zemin zayıfladıkça ankastre mesnetli modeller aralarındaki fark artmıştır.



Şekil 6.14: 8 katlı modellerin görelî çatı kat ötelenme oranları



Şekil 6.14 (Devam): 8 katlı modellerin görelî çatı kat ötelenme oranları

8 katlı modellerin Profil A zemin grubunda bulunan deprem ivme kayıtları ile yapılan zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda görelî çatı kat öteleme oranları en fazla “NORTHR-PUL94” ivme kaydında ankastre model için %1.01 zemin-yapı etkileşimli model için %1.02 olarak elde edilmiştir. En az oran ise “KOCAELİ-İZT180” ivme kaydında ankastre model için %0.34 zemin-yapı etkileşimli model için %0.36 olarak elde edilmiştir.

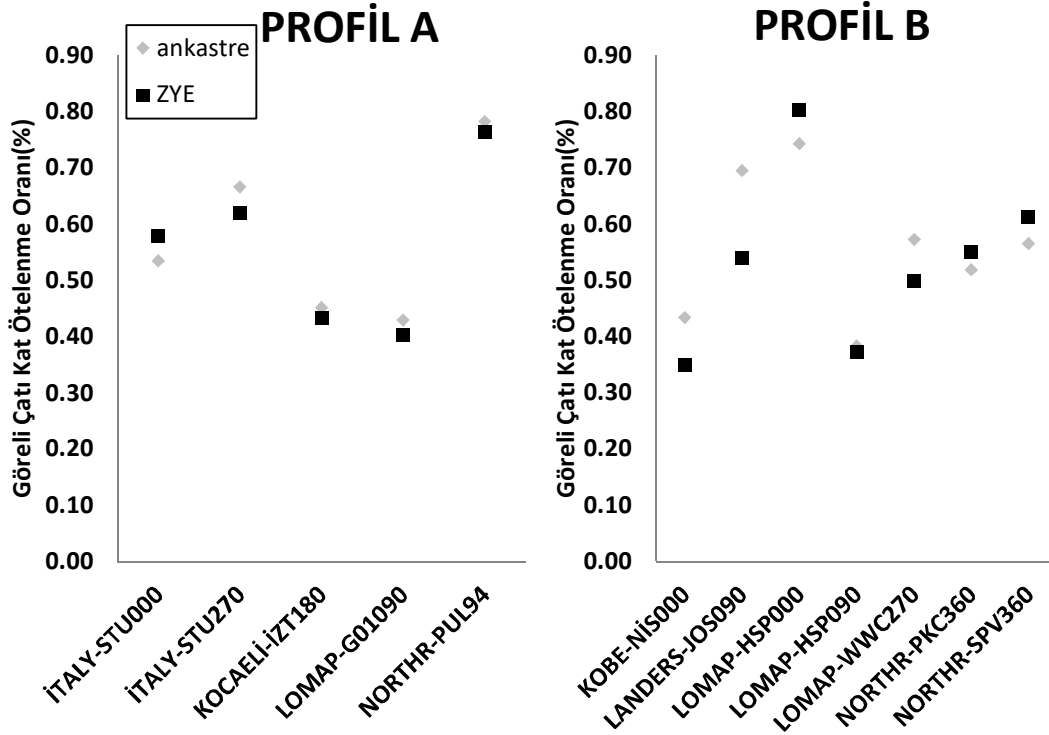
Profil B zemin grubunda bulunan deprem ivme kayıtları ile yapılan zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda görelî çatı kat öteleme oranları en fazla “LOMAP-WWC270” ivme kaydında ankastre model için %1.25 zemin-yapı etkileşimli model için %0.94 olarak elde edilmiştir. En az oran ise “KOBE-NİS000” ivme kaydında ankastre model için %0.45 zemin-yapı etkileşimli model için %0.39 olarak elde edilmiştir.

Profil C zemin grubunda bulunan deprem ivme kayıtları ile yapılan zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda görelî çatı kat öteleme oranları en fazla “PALMSPR-NPS210” ivme kaydında ankastre model için %1.00, zemin-yapı etkileşimli model için “NORTHR-TAR360” ivme kaydında %1.20 olarak elde

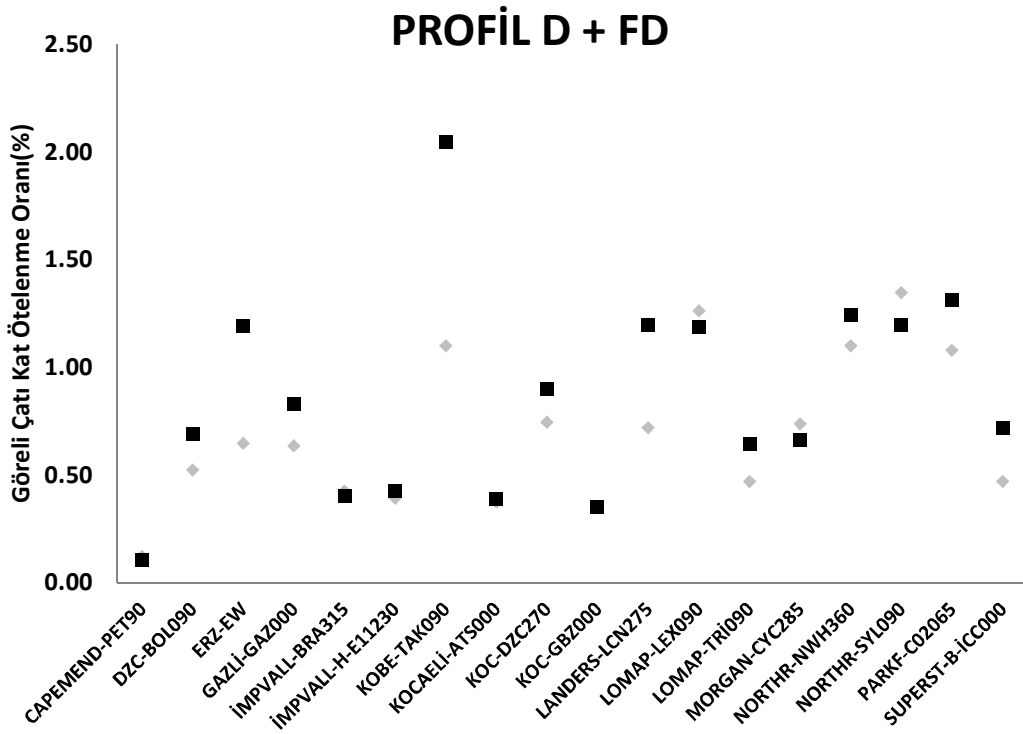
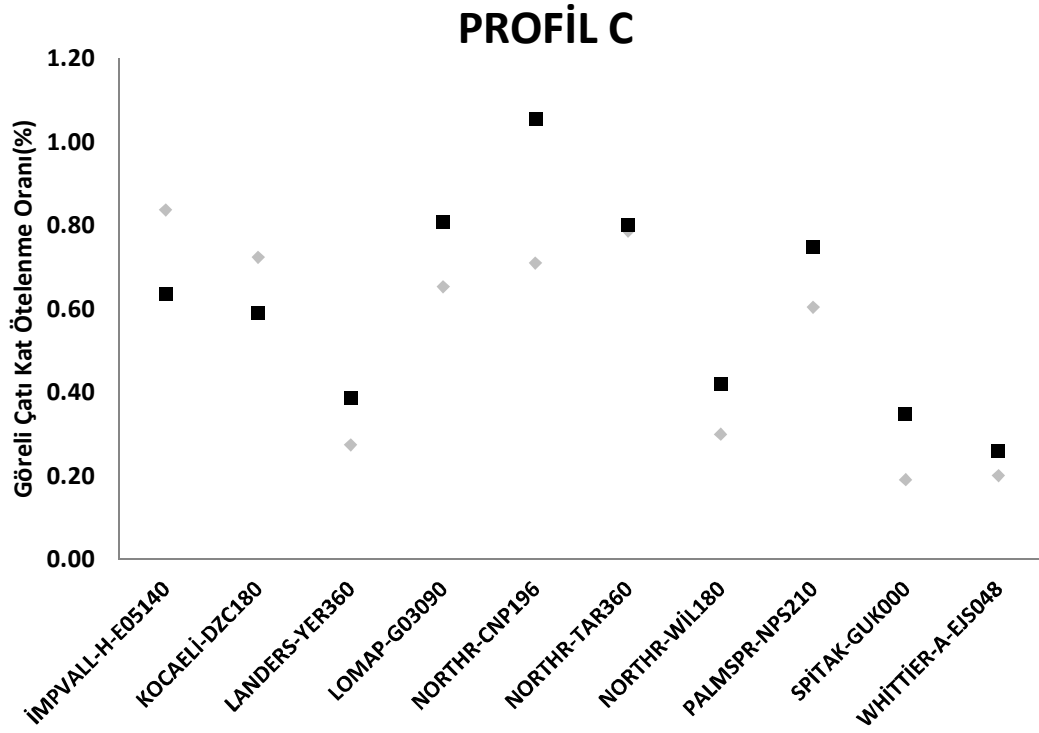
edilmiştir. En az oran ise “WHITTIER-A-EJS048” ivme kaydında ankastre model için %0.36, zemin-yapı etkileşimli model için %0.26 olarak elde edilmiştir.

Profil D + FD zemin grubunda bulunan deprem ivme kayıtları ile yapılan zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda görelî çatı kat öteleme oranları en fazla ankastre model için “LOMAP-LEX090” ivme kaydında %1.50, zemin-yapı etkileşimli model için “KOBE-TAK360” ivme kaydında %2.05 olarak elde edilmiştir. En az oran ise “CAPAMEND-PET090” ivme kaydında ankastre model için %0.19, zemin-yapı etkileşimli model için %0.13 olarak elde edilmiştir.

8 katlı zemin-yapı etkileşimli modellerde de görelî çatı kat öteleme oranı zemin zayıfladıkça ankastre mesnetli modellerle aralarındaki fark artmıştır.



Şekil 6.15: 12 katlı modellerin görelî çatı kat ötelenme oranları



Şekil 6.15 (Devam): 12 katlı modellerin görelî çatı kat ötelenme oranları

12 katlı modellerin Profil A zemin grubunda bulunan deprem ivme kayıtları ile yapılan zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda görelî çatı kat öteleme oranları en fazla “NORTHR-PUL94” ivme kaydında ankastre model için %0.78,



zemin-yapı etkileşimli model için %0.76 olarak elde edilmiştir. En az oran ise “LOMAP-G01090” ivme kaydında ankastre model için %0.43, zemin-yapı etkileşimli model için %0.40 olarak elde edilmiştir.

Profil B zemin grubunda bulunan deprem ivme kayıtları ile yapılan zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda görelî çatı kat öteleme oranları en fazla “LOMAP-HSP000” ivme kaydında ankastre model için %0.74, zemin-yapı etkileşimli model için %0.80 olarak elde edilmiştir. En az oran ise ankastre model için “LOMAP-HSP090” ivme kaydında %0.38, zemin-yapı etkileşimli model için “KOBE-NİS000” ivme kaydında %0.35 olarak elde edilmiştir.

Profil C zemin grubunda bulunan deprem ivme kayıtları ile yapılan zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda görelî çatı kat öteleme oranları en fazla “NORTHR-CNP196” ivme kaydında ankastre model için %1.05, zemin-yapı etkileşimli model için “İMPVALL-H-E05140” ivme kaydında %0.84 olarak elde edilmiştir. En az oran ise “WHİTTİER-A-EJS048” ivme kaydında ankastre model için %0.26, zemin-yapı etkileşimli model için “SPİTAK-GUK000” ivme kaydında %0.19 olarak elde edilmiştir.

Profil D + FD zemin grubunda bulunan deprem ivme kayıtları ile yapılan zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda görelî çatı kat öteleme oranları en fazla ankastre model için “NORTHR-SYL090” ivme kaydında %1.35, zemin-yapı etkileşimli model için “KOBE-TAK360” ivme kaydında %2.05 olarak elde edilmiştir. En az oran ise “CAPAMEND-PET090” ivme kaydında ankastre model için %0.12, zemin-yapı etkileşimli model için %0.10 olarak elde edilmiştir.

12 katlı zemin-yapı etkileşimli modellerde de görelî çatı kat öteleme oranı zemin zayıfladıkça ankastre mesnetli modelle aralarındaki fark artmıştır. Ayrıca kat sayısı artıkça da aralarında fark arttığı görülmüştür.

### 6.3.3 Görelî Çatı Kat Ötelenme Oranlarının Değişim Değerlerinin Karşılaştırılması

Zemin-yapı etkileşimli ve ankastre mesnetli modellerin görelî çatı kat deplasman oranları değerlerini birbirlerine oranlayarak aralarındaki değişim oranı hesap edilmiştir. Her bir ivme kaydı değeri için bu değişim oranları Şekil 6.16 – Şekil 6.19 arasında verilmiştir. Verilen grafiklerde görelî çatı kat deplasman oranlarının değişim değeri “ZYE/Ankastre” olarak gösterilmiştir. Tüm ivme kayıt değerleri zemin sınıflarına göre gruplandırılarak çatı kat deplasman oranları değişim değerlerinin ortalaması alınmış ve bu değerler grafiklerde kesikli çizgi olarak gösterilmiştir.

Şekil 6.16’da 4 katlı modelin görelî çatı kat deplasman oranlarının değişim değerleri verilmiştir.

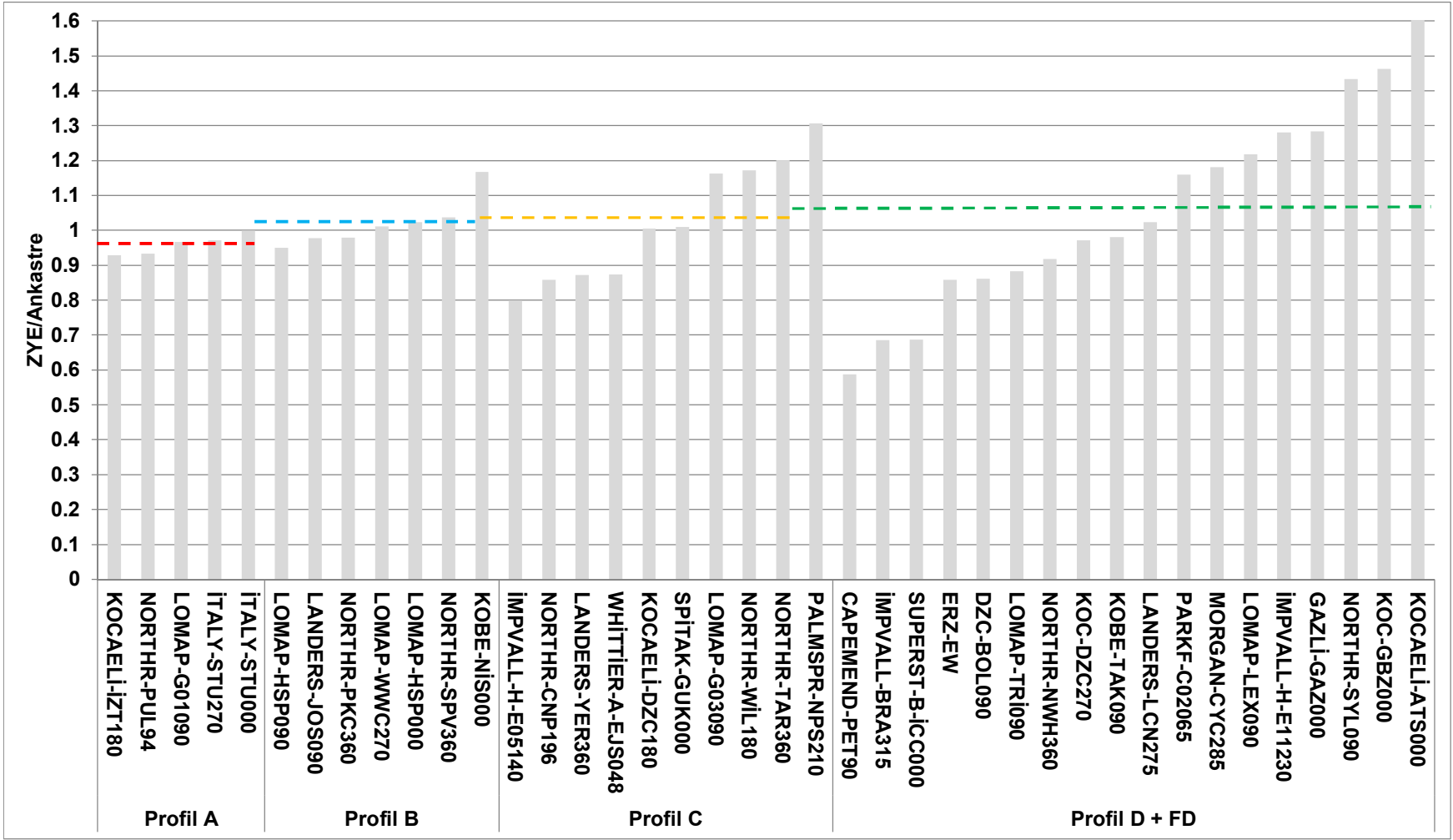
Profil A zemin grubu için ortalama değer “0.96” olarak hesaplanmış bu değerin altında 2 ivme kaydı, üstünde ise 3 ivme kaydı değeri olduğu görülmüştür. Çatı kat deplasman oranlarının değişim değerleri “1” değerinin üstüne hiç çıkmamıştır. Bu da zemin-yapı etkileşimli modellerin her deprem ivme kaydı için görelî çatı kat deplasman oranlarının ankastre modellere göre daha az olduğunu göstermektedir.

Profil B zemin grubu için ortalama değer “1.02” olarak hesaplanmış bu değerin altında 4 deprem ivme kaydı, üstünde ise 3 deprem ivme kaydı değeri olduğu görülmüştür. Çatı kat deplasman oranlarının değişim değerleri “1” değerinin üstüne 4 deprem ivme kaydı değeri çıkmıştır. Bu deprem ivme kayıtlarında zemin-yapı etkileşimli modelin görelî çatı kat deplasman oranı ankastre mesnetli modele göre fazladır. 3 deprem ivme kaydı değeri ise bu değerin altında kalmıştır. Bu deprem ivme kayıtlarında zemin-yapı etkileşimli modelin görelî çatı kat deplasman oranı ankastre mesnetli modele göre azdır.

Profil C zemin grubu için ortalama değer “1.03” olarak hesaplanmış bu değerin altında 6 deprem ivme kaydı, üstünde ise 4 deprem ivme kaydı değeri olduğu görülmüştür. Çatı kat deplasman oranlarının değişim değerleri “1” değerinin üstüne 6 deprem ivme kaydı değeri çıkmıştır. Bu deprem ivme kayıtlarında zemin-yapı

etkileşimli modelin görelî çatı kat deplasman oranı ankastre mesnetli modele göre fazladır. 4 deprem ivme kaydı değeri ise bu değerin altında kalmıştır. Bu deprem ivme kayıtlarında zemin-yapı etkileşimli modelin görelî çatı kat deplasman oranı ankastre mesnetli modele göre azdır.

Profil D + FD zemin grubu için ortalama değeri "1.06" olarak hesaplanmış bu değerin altında 10 deprem ivme kaydı, üstünde ise 8 deprem ivme kaydı değeri olduğu görülmüştür. Çatı kat deplasman oranlarının değeri "1" değeri üstüne 9 deprem ivme kaydı değeri çıkmıştır. Bu deprem ivme kayıtlarında zemin-yapı etkileşimli modelin görelî çatı kat deplasman oranı ankastre mesnetli modele göre fazladır. 9 deprem ivme kaydı değeri ise bu değerin altında kalmıştır. Bu deprem ivme kayıtlarında zemin-yapı etkileşimli modelin görelî çatı kat deplasman oranı ankastre mesnetli modele göre azdır.



Şekil 6.16: 4 katlı görelî çatı kat ötelenme oranlarının değışim değeri

Şekil 6.17’de 8 katlı modelin görelî çatı kat deplasman oranlarının değışim değeri verilmiştir.

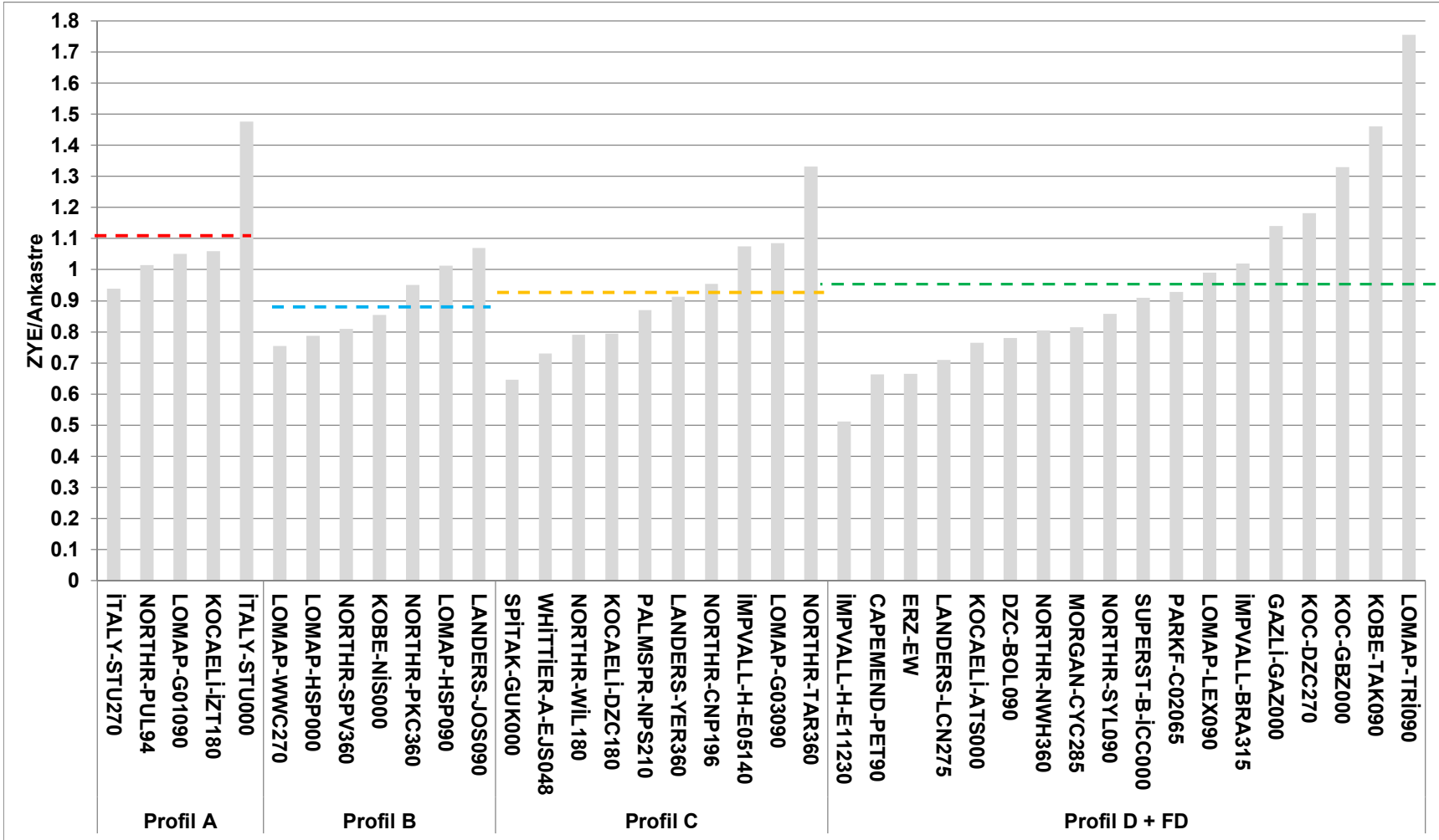
Profil A zemin grubu için ortalama değeri “1.11” olarak hesaplanmış bu değerin altında 4 ivme kaydı, üstünde ise 1 ivme kaydı değeri olduğu görülmüştür. Çatı kat deplasman oranlarının değışim değeri “1” değerinin üstüne 4 deprem ivme kaydı değeri çıkmıştır. Bu deprem ivme kayıtlarında zemin-yapı etkileşimli modelin görelî çatı kat deplasman oranı ankastre mesnetli modele göre fazladır. 1 deprem ivme kaydı değeri ise bu değerin altında kalmıştır. Bu deprem ivme kayıtlarında zemin-yapı etkileşimli modelin görelî çatı kat deplasman oranı ankastre mesnetli modele göre azdır.

Profil B zemin grubu için ortalama değeri “0.89” olarak hesaplanmış bu değerin altında 4 deprem ivme kaydı, üstünde ise 3 deprem ivme kaydı değeri olduğu görülmüştür. Çatı kat deplasman oranlarının değışim değeri “1” değerinin üstüne 2 deprem ivme kaydı değeri çıkmıştır. Bu deprem ivme kayıtlarında zemin-yapı etkileşimli modelin görelî çatı kat deplasman oranı ankastre mesnetli modele göre fazladır. 5 deprem ivme kaydı değeri ise bu değerin altında kalmıştır. Bu deprem ivme kayıtlarında zemin-yapı etkileşimli modelin görelî çatı kat deplasman oranı ankastre mesnetli modele göre azdır.

Profil C zemin grubu için ortalama değeri “0.92” olarak hesaplanmış bu değerin altında 6 deprem ivme kaydı, üstünde ise 4 deprem ivme kaydı değeri olduğu görülmüştür. Çatı kat deplasman oranlarının değışim değeri “1” değerinin üstüne 3 deprem ivme kaydı değeri çıkmıştır. Bu deprem ivme kayıtlarında zemin-yapı etkileşimli modelin görelî çatı kat deplasman oranı ankastre mesnetli modele göre fazladır. 7 deprem ivme kaydı değeri ise bu değerin altında kalmıştır. Bu deprem ivme kayıtlarında zemin-yapı etkileşimli modelin görelî çatı kat deplasman oranı ankastre mesnetli modele göre azdır.

Profil D + FD zemin grubu için ortalama değeri “0.96” olarak hesaplanmış bu değerin altında 11 deprem ivme kaydı, üstünde ise 7 deprem ivme kaydı değeri olduğu görülmüştür. Çatı kat deplasman oranlarının değışim değeri “1” değerinin üstüne 6 deprem ivme kaydı değeri çıkmıştır. Bu deprem ivme kayıtlarında zemin-

yapı etkileşimli modelin görelî çatı kat deplasman oranı ankastre mesnetli modele göre fazladır. 12 deprem ivme kaydı değeri ise bu değerin altında kalmıştır. Bu deprem ivme kayıtlarında zemin-yapı etkileşimli modelin görelî çatı kat deplasman oranı ankastre mesnetli modele göre azdır.



Şekil 6.17: 8 katlı görelî çatı kat ötelenme oranlarının değışim değeri

Şekil 6.18’de 12 katlı modelin görelî çatı kat deplasman oranlarının değışim değeri verilmiştir.

Profil A zemin grubu için ortalama değeri “0.98” olarak hesaplanmış bu değeri altında 4 ivme kaydı, üstünde ise 1 ivme kaydı değeri olduğu görülmüştür. Çatı kat deplasman oranlarının değışim değeri “1” değeri üstüne 1 deprem ivme kaydı değeri çıkmıştır. Bu deprem ivme kayıtlarında zemin-yapı etkileşimli modelin görelî çatı kat deplasman oranı ankastre mesnetli modele göre fazladır. 4 deprem ivme kaydı değeri ise bu değeri altında kalmıştır. Bu deprem ivme kayıtlarında zemin-yapı etkileşimli modelin görelî çatı kat deplasman oranı ankastre mesnetli modele göre azdır.

Profil B zemin grubu için ortalama değeri “0.95” olarak hesaplanmış bu değeri altında 3 deprem ivme kaydı, üstünde ise 4 deprem ivme kaydı değeri olduğu görülmüştür. Çatı kat deplasman oranlarının değışim değeri “1” değeri üstüne 3 deprem ivme kaydı değeri çıkmıştır. Bu deprem ivme kayıtlarında zemin-yapı etkileşimli modelin görelî çatı kat deplasman oranı ankastre mesnetli modele göre fazladır. 4 deprem ivme kaydı değeri ise bu değeri altında kalmıştır. Bu deprem ivme kayıtlarında zemin-yapı etkileşimli modelin görelî çatı kat deplasman oranı ankastre mesnetli modele göre azdır.

Profil C zemin grubu için ortalama değeri “0.86” olarak hesaplanmış bu değeri altında 7 deprem ivme kaydı, üstünde ise 3 deprem ivme kaydı değeri olduğu görülmüştür. Çatı kat deplasman oranlarının değışim değeri “1” değeri üstüne 2 deprem ivme kaydı değeri çıkmıştır. Bu deprem ivme kayıtlarında zemin-yapı etkileşimli modelin görelî çatı kat deplasman oranı ankastre mesnetli modele göre fazladır. 8 deprem ivme kaydı değeri ise bu değeri altında kalmıştır. Bu deprem ivme kayıtlarında zemin-yapı etkileşimli modelin görelî çatı kat deplasman oranı ankastre mesnetli modele göre azdır.

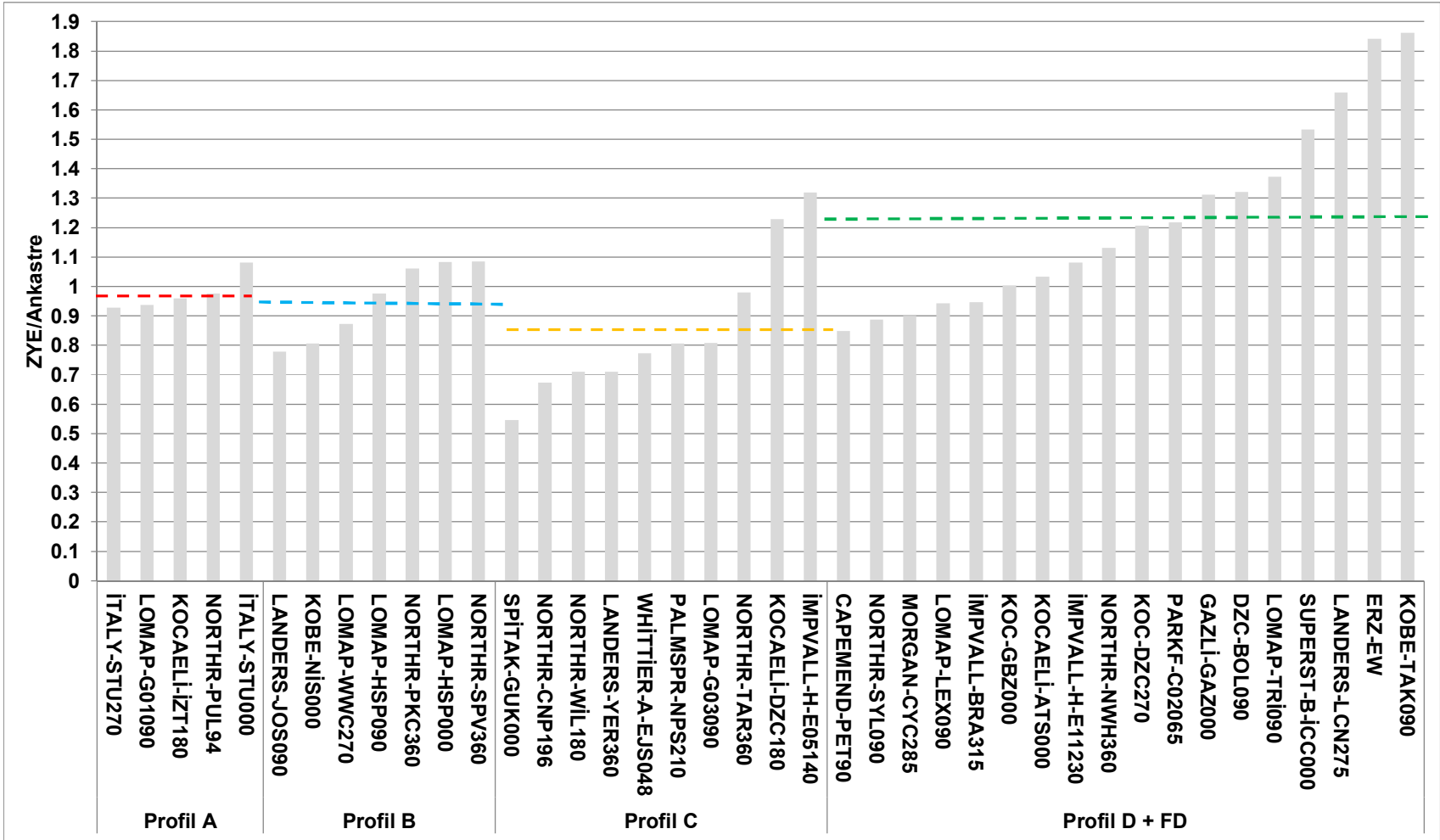
Profil D + FD zemin grubu için ortalama değeri “1.23” olarak hesaplanmış bu değeri altında 11 deprem ivme kaydı, üstünde ise 7 deprem ivme kaydı değeri olduğu görülmüştür. Çatı kat deplasman oranlarının değışim değeri “1” değeri üstüne 13 deprem ivme kaydı değeri çıkmıştır. Bu deprem ivme kayıtlarında zemin-yapı etkileşimli modelin görelî çatı kat deplasman oranı ankastre mesnetli modele



göre fazladır. 5 deprem ivme kaydı değeri ise bu değerin altında kalmıştır. Bu deprem ivme kayıtlarında zemin-yapı etkileşimli modelin görelî çatı kat deplasman oranı ankastre mesnetli modele göre azdır.

#### 6.3.4 Sonuçların Değerlendirilmesi

- Tüm modellerde zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda elde edilen GKÖO profillerine en uyumlu olan ters üçgen ve mod 1 yük deseni etkisi ile yapılan statik itme analizi sonucunda elde edilen GKÖO profilleridir. Dikdörtgen yük deseni etkisi ile yapılan statik itme analizi sonucunda elde edilen GKÖO profilleri diğer GKÖO profillerinde ayrı bir görüntü ortaya koymuştur.
- 12 katlı modellerde GKÖO profilleri içinde dikdörtgen yük deseni etkisi ile yapılan statik itme analizi sonucunda elde edilen GKÖO profillerinin diğer modellere göre çok büyük bir artış olduğu görülmüştür.



Şekil 6.18: 12 katlı görelî çatı kat ötelenme oranlarının değışim değeri

#### 6.4 Kapasite Eğrilerinin Elde Edilmesi

Bu bölümde zaman tanım alanında yapılan dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum taban kesme ve maksimum deplasman talepleri ile statik itme (pushover) analizi sonuçlarından elde edilen kapasite eğrilerinden bahsedilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen kapasite eğrileri zemin profilleri ve mesnet koşullarına göre gruplandırılarak grafikler oluşturulmuştur. 4, 8 ve 12 katlı modellerin kendi aralarında zaman tanım alanında analiz ve statik itme (pushover) analiz sonuçlarından elde edilen kapasite eğrileri karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar bu bölümün alt başlıkları olarak verilmiştir.

Elde edilen kapasite eğrisi grafiklerinde ankastre modellerin statik itme analiz sonuçları kesikli çizgi ve “Push. Ank.” şeklinde isimlendirilmiş, tüm ivme kayıtları için zaman tanım alanında analiz sonuçları üçgen nokta ve “ZTA Ank.” şeklinde isimlendirilmiştir. Zemin-yapı etkileşimli modellerin statik itme analiz sonuçları düz çizgi ve “Push. Zye” şeklinde isimlendirilmiş, tüm ivme kayıtları için zaman tanım alanında analiz sonuçları kare nokta ve “ZTA ZYE.” şeklinde isimlendirilmiştir.

Kapasite eğrilerinde x ekseninde elde edilen maksimum deplasmanı “mm” cinsinden verilmiş, y ekseninde de elde edilen maksimum taban kesme kuvveti “kN” cinsinden verilmiştir. Maksimum deplasman değeri Bölüm 6.2.1’de belirtildiği gibi elde edilmiş, statik itme analiz sonuçlarının her adımındaki değerlere grafiklerde yer verilmiştir. Zaman tanım alanında analiz sonuçları ise sadece ivme kayıtlarının maksimum olduğu andaki noktalara yer verilmiştir. Taban kesme kuvveti değerleri ise tüm modellerdeki en alt kolonlara etki eden kesme kuvveti değerlerinin toplamı alınmıştır. Statik itme analiz sonuçlarının her adımındaki değerlere grafiklerde yer verilmiştir. Zaman tanım alanında analiz sonuçları ise sadece ivme kayıtlarının maksimum olduğu andaki noktalara yer verilmiştir.

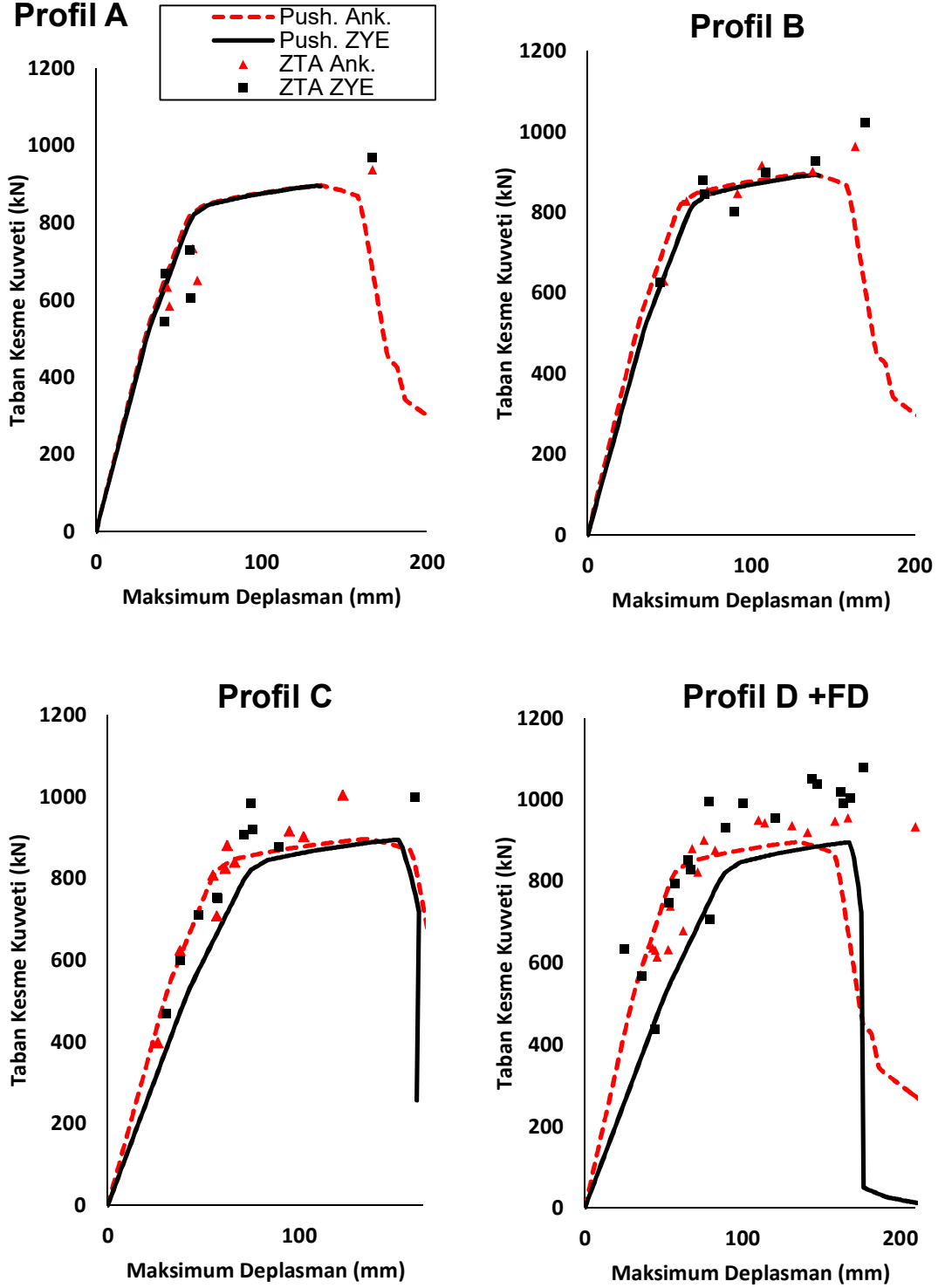
#### 6.4.1 4 Katlı Modelin Kapasite Eğrilerinin Elde Edilmesi

Bu bölümde 4 katlı modellerin zaman tanım alanında yapılan dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum taban kesme ve maksimum deplasman talepleri ile statik itme (pushover) analizi sonuçlarından kapasite eğrileri elde edilmiş ve birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

Şekil 6.19 'da dikdörtgen yayılı yük etki ettirdiğimiz statik itme analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrisi ile zaman tanım alanında analiz sonucunda elde edilen maksimum taban kesme ve maksimum deplasman talepleri her zemin profili için ayrı ayrı verilmiştir.

Profil A zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri ankastre ve zemin-yapı etkileşimli modellerde birbirlerine yakın sonuçlar vermişlerdir. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin altında 4 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 1 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite eğrisinin üzerine çıkmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin altında 3 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 1 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite eğrisinin üzerine çıkmıştır. Kalan 1 adet deprem ivme kaydı değerine kapasite eğrisi onun yaptığı deplasman değerine ulaşmadan analiz sonlanmıştır.

Profil B zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri zemin-yapı etkileşimli model ankastre modelden çok az miktarda taban kesme değerleri azalmıştır. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin altında 5 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 2 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite eğrisinin üzerine çıkmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 5 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 1 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite eğrisinin altında kalmıştır. Kalan 1 adet deprem ivme kaydı değerine kapasite eğrisi onun yaptığı deplasman değerine ulaşmadan analiz sonlanmıştır.



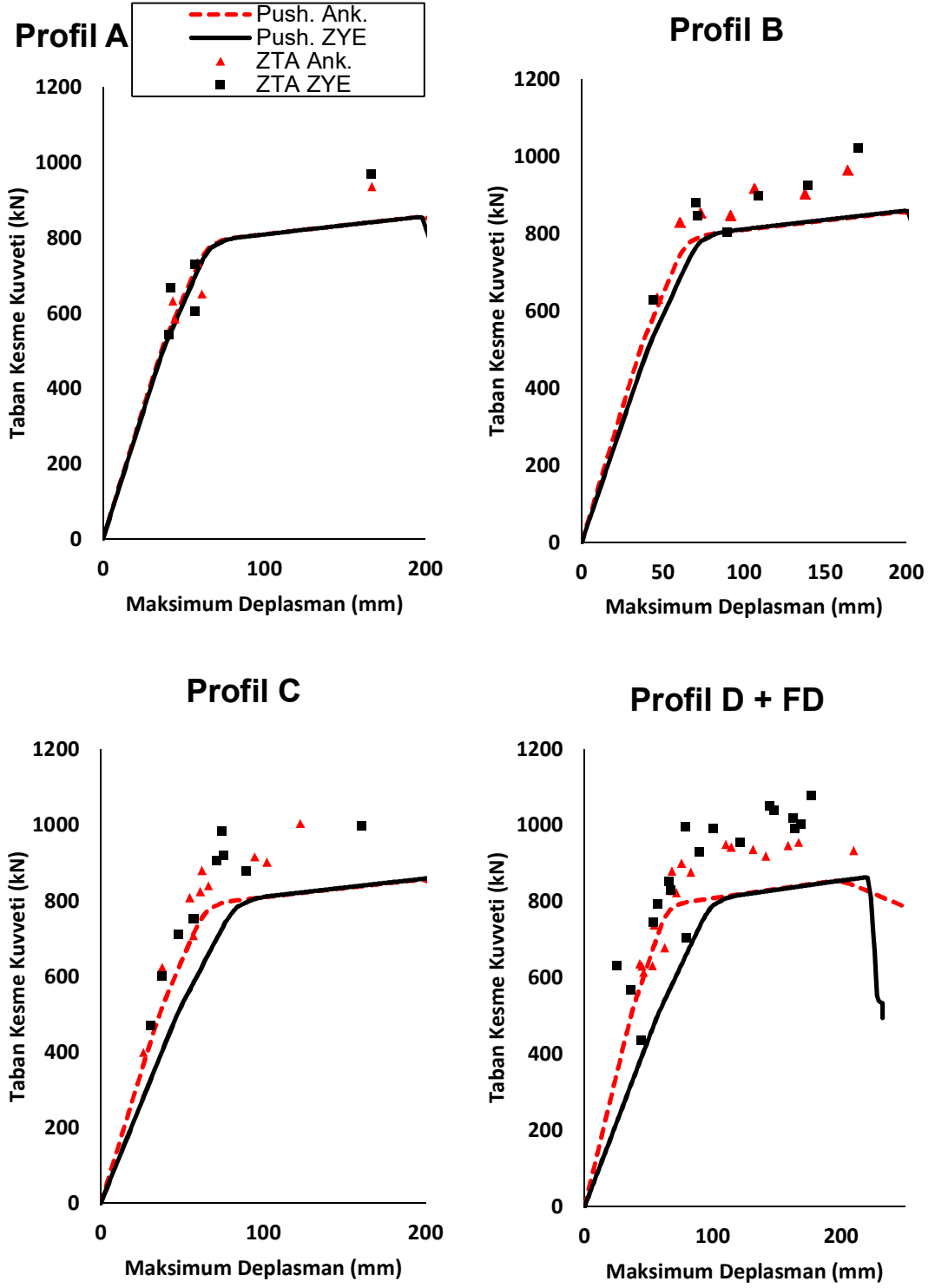
Şekil 6.19: 4 katlı dikdörtgen statik itme ve ZTA kapasite eğrileri

Profil C zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri zemin-yapı etkileşimli model ankastre modelden eşit deplasman anında daha az taban kesme değerleri almıştır. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen

kapasite eğrisinin altında 5 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 5 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite eğrisinin üzerine çıkmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 10 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır.

Profil D + FD zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri zemin-yapı etkileşimli model ankastre modelden eşit deplasman anında daha az taban kesme değerleri almıştır. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin altında 8 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 10 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite eğrisinin üzerine çıkmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 16 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 2 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite eğrisinin altında kalmıştır.

Şekil 6.19'da görüldüğü gibi en çok taban kesme kuvveti değeri tüm zeminlerde zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda ortaya çıkmıştır. Dikdörtgen yük deseninin etki ettiği statik analiz sonucunda oluşan kapasite eğrilerinde ise ankastre modellerin zemin-yapı etkileşimli modellerle ya tam olarak örtüştüğü ya da altında kaldığı görülmüştür.



Şekil 6.20: 4 katlı mod 1 statik itme ve ZTA kapasite eğrileri

Şekil 6.20 'de mod 1 yük deseni ile etki ettirdiğimiz statik itme analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrisi ile zaman tanım alanında analiz sonucunda maksimum taban kesme ve maksimum deplasman talepleri her zemin profili için ayrı ayrı verilmiştir.

Profil A zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri ankastre ve zemin-yapı etkileşimli modellerde birbirlerine yakın sonuçlar vermişlerdir. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin altında 2 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 3 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite eğrisinin üzerine çıkmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin altında 2 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 3 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite eğrisinin üzerine çıkmıştır.

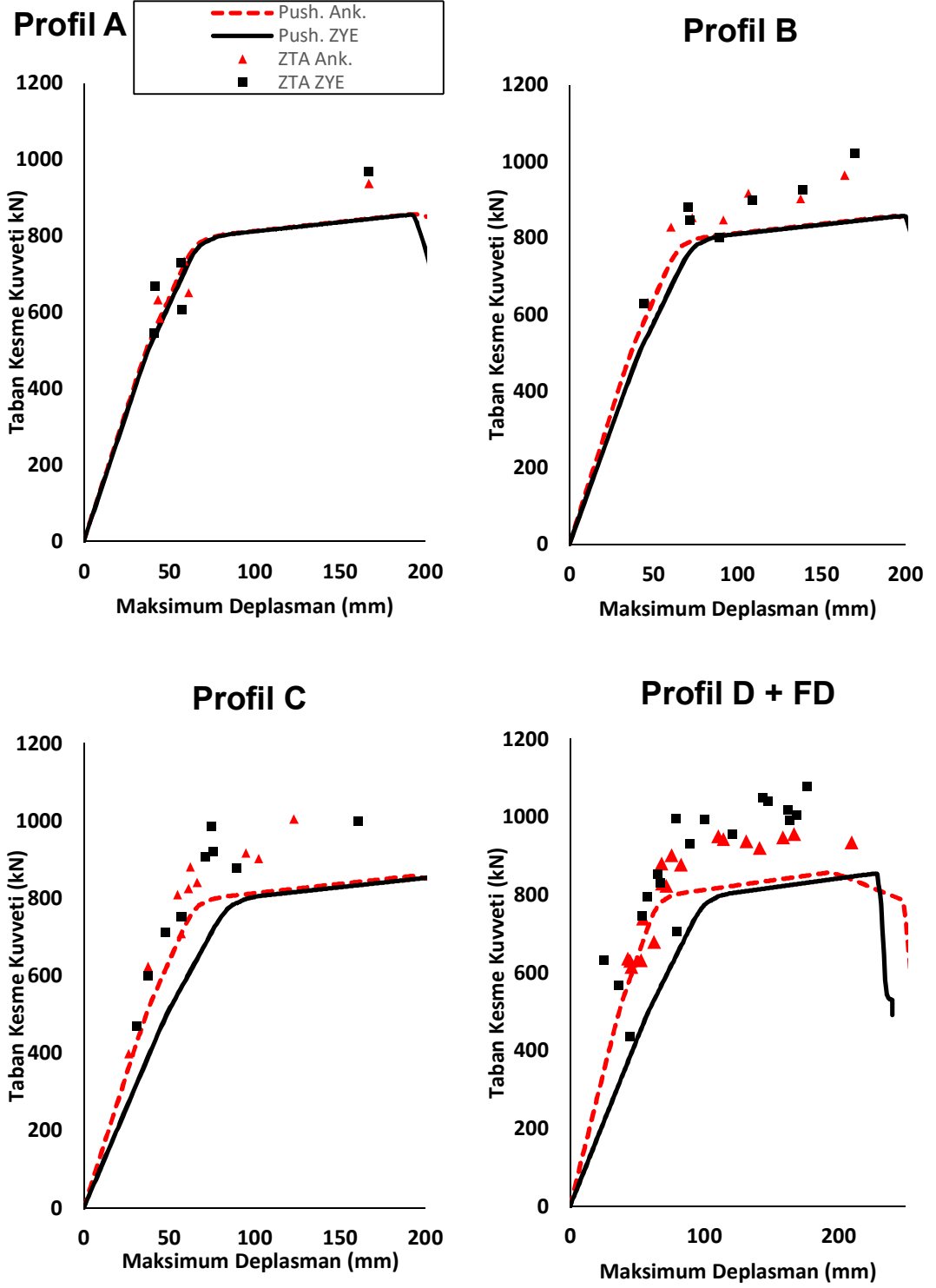
Profil B zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri zemin-yapı etkileşimli model ankastre modelden çok az miktarda maksimum taban kesme değerleri azalmıştır. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 7 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 6 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 1 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite eğrisinin altında kalmıştır.

Profil C zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri zemin-yapı etkileşimli model ankastre modelden eşit deplasman anında daha az taban kesme değerleri almıştır. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin altında 1 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 9 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite eğrisinin üzerine çıkmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 10 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır.



Profil D + FD zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri zemin-yapı etkileşimli model ankastre modelden eşit deplasman anında daha az taban kesme değerleri almıştır. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin altında 2 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 16 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite eğrisinin üzerine çıkmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 18 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır.

Şekil 6.20’de görüldüğü gibi en çok taban kesme kuvveti değeri tüm zeminlerde zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda ortaya çıkmıştır. Mod 1 yük deseninin etki ettiği statik analiz sonucunda oluşan kapasite eğrilerinde ise ankastre modellerin zemin-yapı etkileşimli modellerle ya tam olarak örtüştüğü ya da altında kaldığı görülmüştür.



Şekil 6.21: 4 katlı ters üçgen statik itme ve ZTA kapasite eğrileri

Şekil 6.21'de ters üçgen yük deseni ile etki ettirdiğimiz statik itme analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrisi ile zaman tanım alanında analiz sonucunda maksimum taban kesme ve maksimum deplasman talepleri her zemin profili için ayrı ayrı verilmiştir.

Profil A zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri ankastre ve zemin-yapı etkileşimli modellerde birbirlerine yakın sonuçlar vermişlerdir. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin altında 2 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 3 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite eğrisinin üzerine çıkmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin altında 2 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 3 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite eğrisinin üzerine çıkmıştır.

Profil B zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri zemin-yapı etkileşimli model ankastre modelden çok az miktarda maksimum taban kesme değerleri azalmıştır. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 7 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 6 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 1 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite eğrisinin altında kalmıştır.

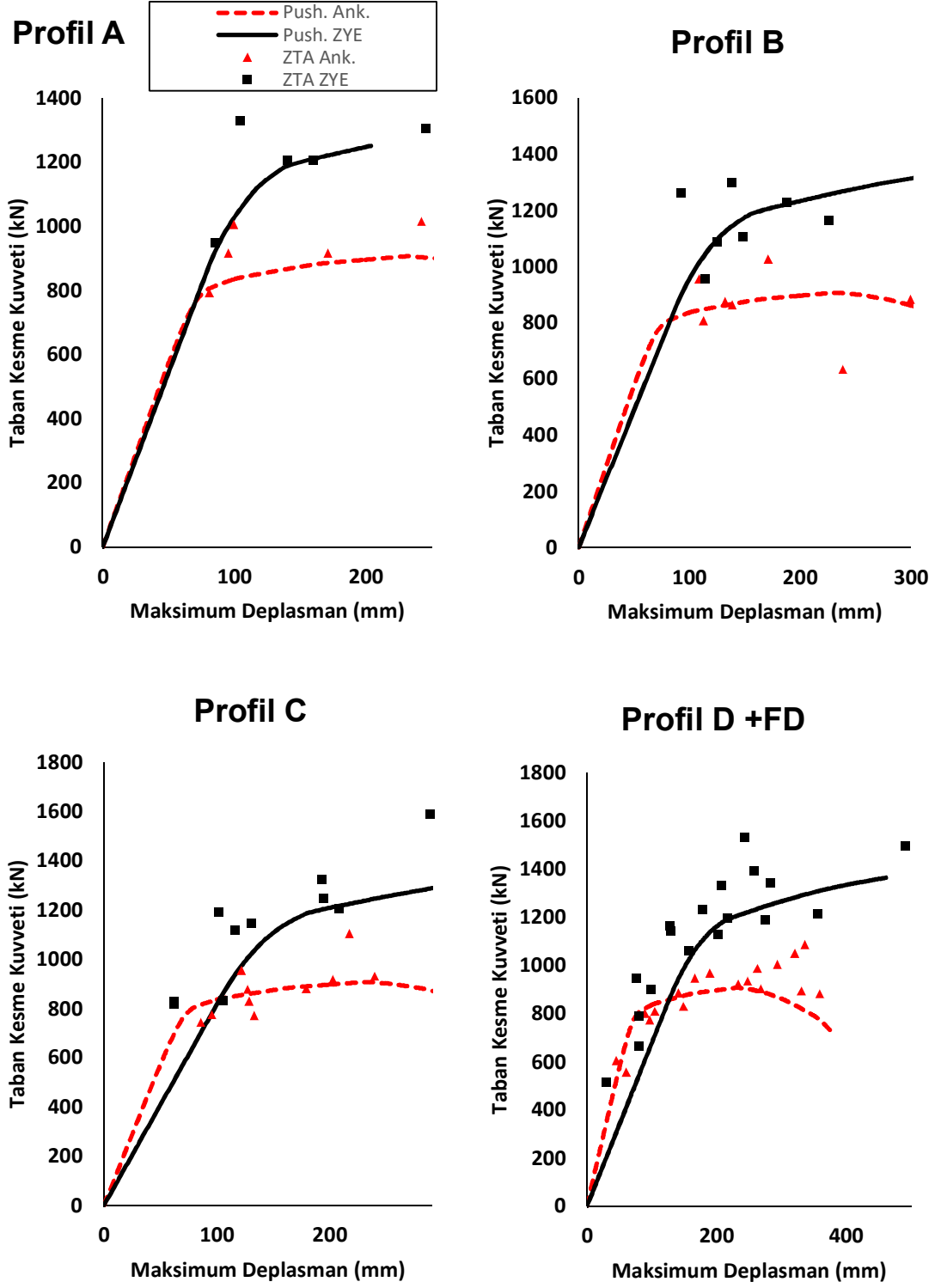
Profil C zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri zemin-yapı etkileşimli model ankastre modelden eşit deplasman anında daha az taban kesme değerleri almıştır. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin altında 1 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 9 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite eğrisinin üzerine çıkmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 10 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır.

Profil D + FD zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri zemin-yapı etkileşimli model ankastre modelden eşit deplasman anında daha az taban kesme değerleri almıştır. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin altında 2 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 16 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite eğrisinin üzerine çıkmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 18 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır.

Şekil 6.21’de görüldüğü gibi en çok taban kesme kuvveti değeri tüm zeminlerde zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda ortaya çıkmıştır. Ters üçgen yük deseninin etki ettiği statik analiz sonucunda oluşan kapasite eğrilerinde ise ankastre modellerin zemin-yapı etkileşimli modellerle ya tam olarak örtüştüğü ya da altında kaldığı görülmüştür.

#### **6.4.2 8 Katlı Modelin Kapasite Eğrilerinin Elde Edilmesi**

Bu bölümde 8 katlı modellerin zaman tanım alanında yapılan dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum taban kesme ve maksimum deplasman talepleri ile statik itme (pushover) analizi sonuçlarından kapasite eğrileri elde edilmiş ve birbirleri ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 6.22: 8 katlı dikdörtgen statik itme ve ZTA kapasite eğrileri

Şekil 6.22’de dikdörtgen yayılı yük etki ettirdiğimiz statik itme analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrisi ile zaman tanım alanında analiz sonucunda

elde edilen maksimum taban kesme ve maksimum deplasman talepleri her zemin profili için ayrı ayrı verilmiştir.

Profil A zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri ankastre ve zemin-yapı etkileşimli modellerde belirli deplasman anına kadar yaklaşık olarak aynı taban kesme kuvveti değerine sahip olmuşlar fakat bu andan itibaren zemin-yapı etkileşimli modelin taban kesme kuvveti bir miktar artıp sabit bir şekilde devam etmiş, ankastre model ise sabit şekilde devam etmiştir. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin altında 4 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 1 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite eğrisinin üzerine çıkmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 3 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 1 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite eğrisinin üzerine çıkmıştır. Kalan 1 adet deprem ivme kaydı değerine kapasite eğrisi onun yaptığı deplasman değerine ulaşmadan analiz sonlanmıştır.

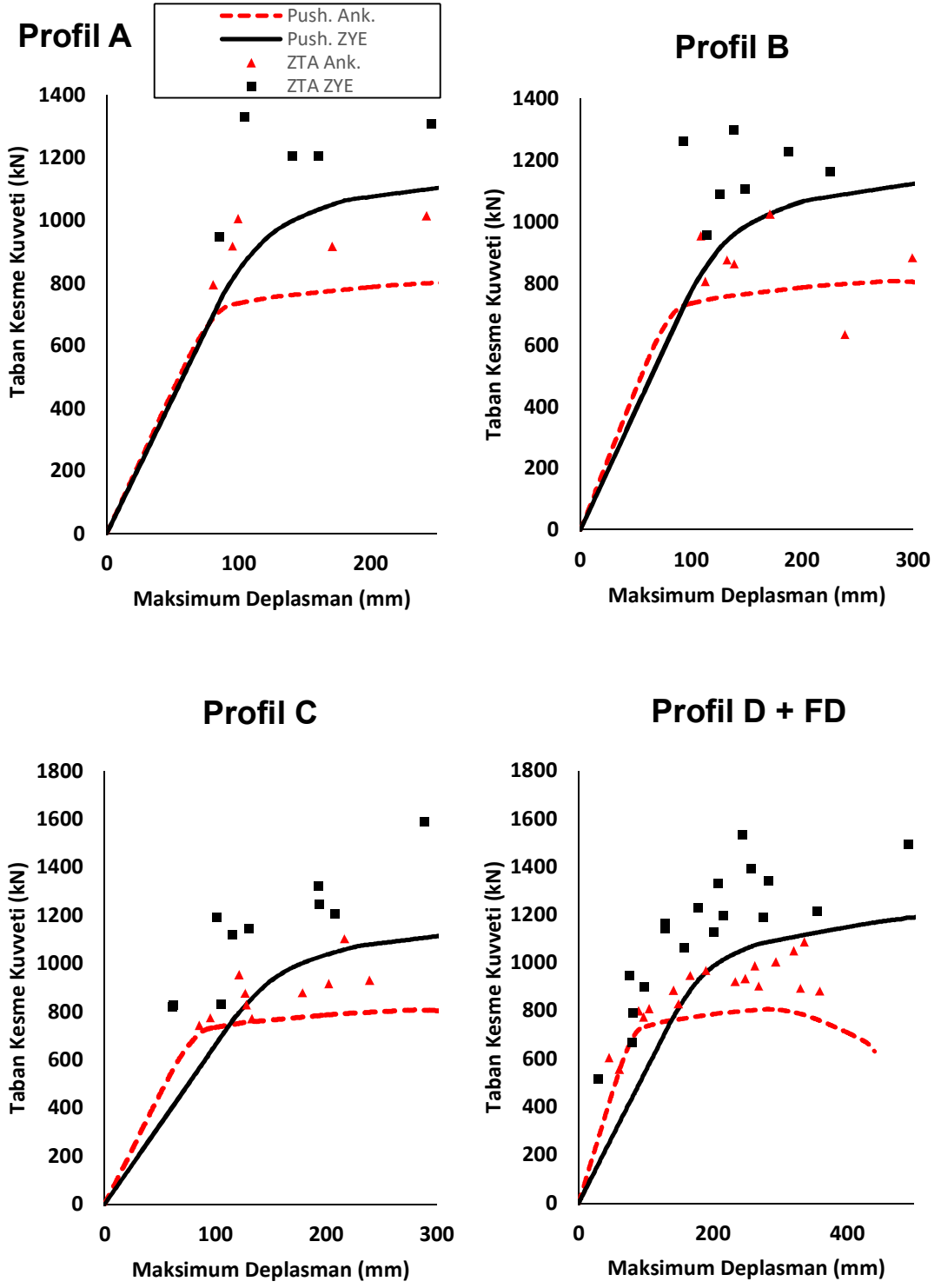
Profil B zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri belirli bir deplasman anına kadar zemin-yapı etkileşimli model ankastre modelden çok az miktarda taban kesme değerleri azalmış, bu andan itibaren zemin-yapı etkileşimli modelin taban kesme kuvveti bir miktar artıp sabit bir şekilde devam etmiş, ankastre model ise sabit şekilde devam etmiştir. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin altında 3 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 4 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite eğrisinin üzerine çıkmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin altında 4 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 3 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite eğrisinin üzerine çıkmıştır.

Profil C zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri belirli bir deplasman anına kadar zemin-yapı etkileşimli model ankastre modelden eşit deplasman anında daha az taban kesme değerleri almıştır fakat bu andan itibaren zemin-yapı etkileşimli modelin taban kesme kuvveti bir miktar artıp

sabit bir şekilde devam etmiş, ankastre model ise sabit şekilde devam etmiştir. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin altında 5 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 5 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite eğrisinin üzerine çıkmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 8 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 2 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite eğrisinin altında kalmıştır.

Profil D + FD zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri belirli bir deplasman anına kadar zemin-yapı etkileşimli model ankastre modelden eşit deplasman anında daha az taban kesme değerleri almıştır fakat bu andan itibaren zemin-yapı etkileşimli modelin taban kesme kuvveti bir miktar artıp sabit bir şekilde devam etmiş, ankastre model ise sabit şekilde devam etmiştir. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin altında 5 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 13 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite eğrisinin üzerine çıkmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 13 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 4 adet ise altında kalmıştır. Kalan 1 adet deprem ivme kaydı değerine kapasite eğrisi onun yaptığı deplasman değerine ulaşmadan analiz sonlanmıştır.

Şekil 6.22’de görüldüğü gibi en çok taban kesme kuvveti değeri tüm zeminlerde zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda ortaya çıkmıştır.



Şekil 6.23: 8 katlı mod 1 statik itme ve ZTA kapasite eğrileri



Şekil 6.23'de mod 1 yük deseni ile etki ettirdiğimiz statik itme analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrisi ile zaman tanım alanında analiz sonucunda elde edilen maksimum taban kesme ve maksimum deplasman talepleri her zemin profili için ayrı ayrı verilmiştir.

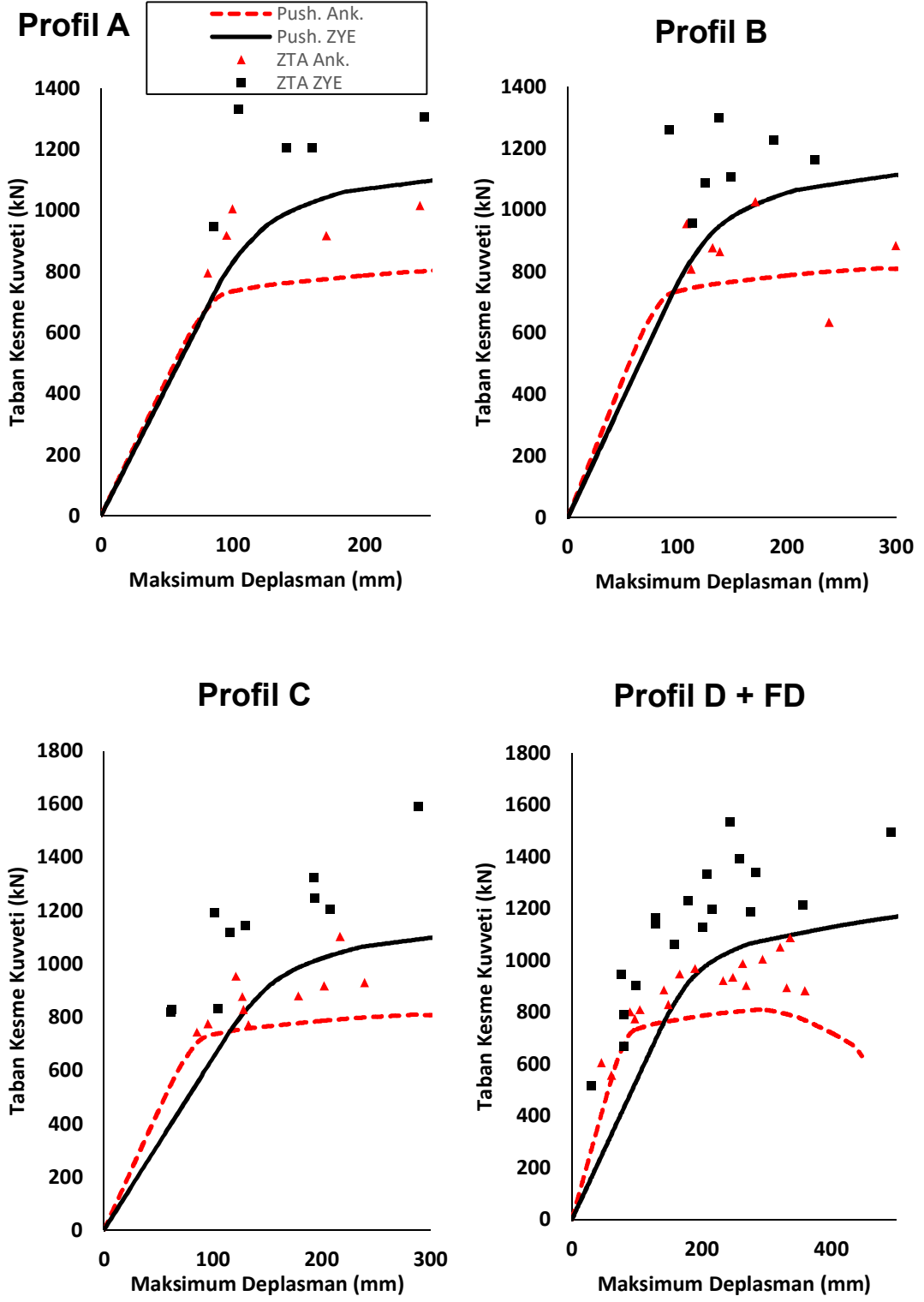
Profil A zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri ankastre ve zemin-yapı etkileşimli modellerde belirli deplasman anına kadar yaklaşık olarak aynı taban kesme kuvveti değerine sahip olmuşlar fakat bu andan itibaren zemin-yapı etkileşimli modelin taban kesme kuvveti bir miktar artıp sabit bir şekilde devam etmiş, ankastre model ise sabit şekilde devam etmiştir. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 5 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 5 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır

Profil B zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri belirli bir deplasman anına kadar zemin-yapı etkileşimli model ankastre modelden çok az miktarda taban kesme değerleri azalmış, bu andan itibaren zemin-yapı etkileşimli modelin taban kesme kuvveti bir miktar artıp sabit bir şekilde devam etmiş, ankastre model ise sabit şekilde devam etmiştir. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 6 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 1 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite eğrisinin altında kalmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 7 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır

Profil C zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri belirli bir deplasman anına kadar zemin-yapı etkileşimli model ankastre modelden eşit deplasman anında daha az taban kesme değerleri almıştır fakat bu andan itibaren zemin-yapı etkileşimli modelin taban kesme kuvveti bir miktar artıp sabit bir şekilde devam etmiş, ankastre model ise sabit şekilde devam etmiştir. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 10 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman

ve taban kesme değeri kalmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 10 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır.

Profil D + FD zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri belirli bir deplasman anına kadar zemin-yapı etkileşimli model ankastre modelden eşit deplasman anında daha az taban kesme değerleri almıştır fakat bu andan itibaren zemin-yapı etkileşimli modelin taban kesme kuvveti bir miktar artıp sabit bir şekilde devam etmiş, ankastre model ise sabit şekilde devam etmiştir. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 18 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 18 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır.



Şekil 6.24: 8 katlı ters üçgen statik itme ve ZTA kapasite eğrileri

Şekil 6.24'de ters üçgen yük deseni ile etki ettirdiğimiz statik itme analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrisi ile zaman tanım alanında analiz sonucunda elde edilen maksimum taban kesme ve maksimum deplasman talepleri her zemin profili için ayrı ayrı verilmiştir.

Profil A zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri ankastre ve zemin-yapı etkileşimli modellerde belirli deplasman anına kadar yaklaşık olarak aynı taban kesme kuvveti değerine sahip olmuşlar fakat bu andan itibaren zemin-yapı etkileşimli modelin taban kesme kuvveti bir miktar artıp sabit bir şekilde devam etmiş, ankastre model ise sabit şekilde devam etmiştir. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 5 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 5 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır

Profil B zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri belirli bir deplasman anına kadar zemin-yapı etkileşimli model ankastre modelden çok az miktarda taban kesme değerleri azalmış, bu andan itibaren zemin-yapı etkileşimli modelin taban kesme kuvveti bir miktar artıp sabit bir şekilde devam etmiş, ankastre model ise sabit şekilde devam etmiştir. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 6 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 1 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite eğrisinin altında kalmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 7 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır

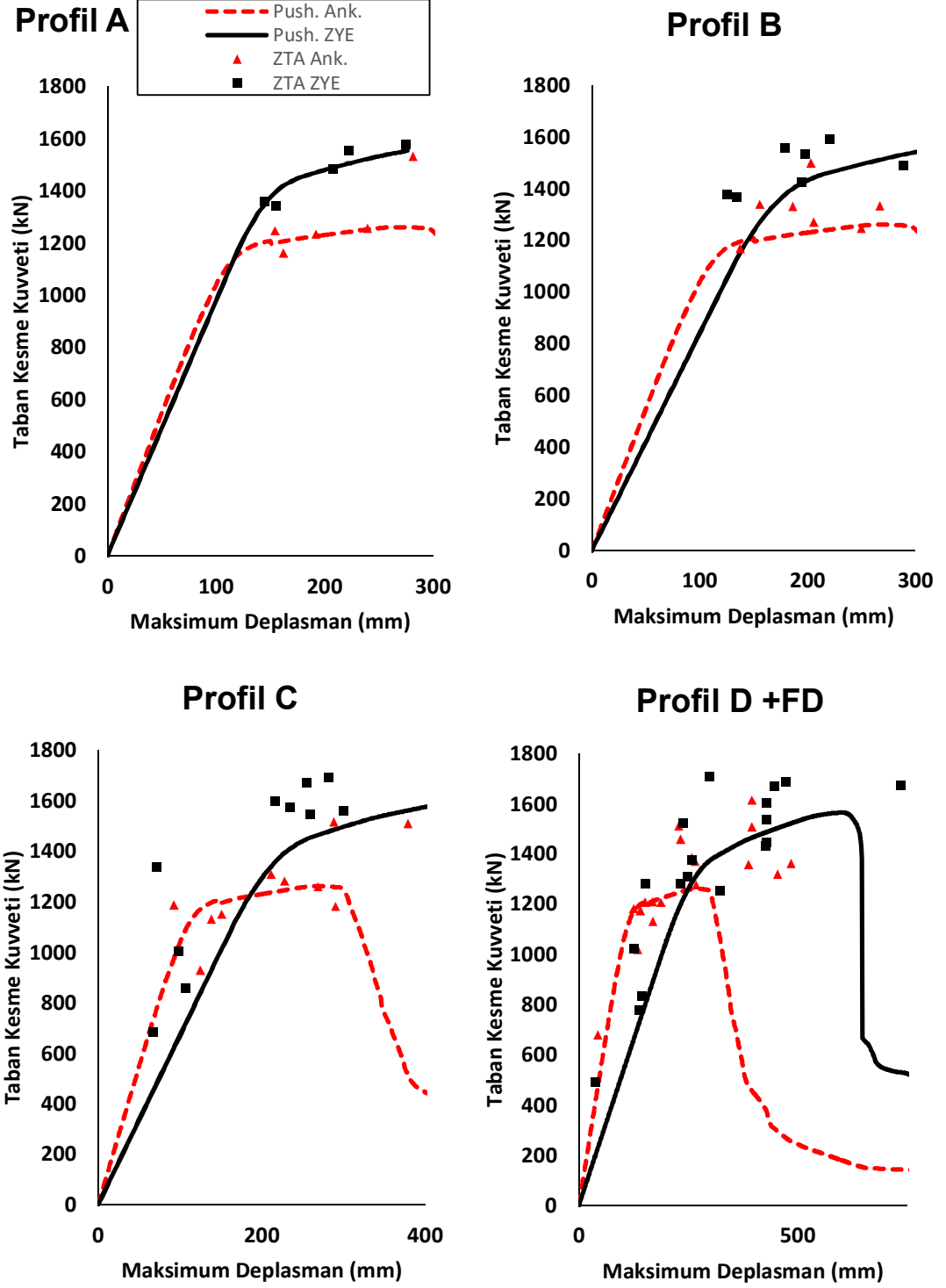
Profil C zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri belirli bir deplasman anına kadar zemin-yapı etkileşimli model ankastre modelden eşit deplasman anında daha az taban kesme değerleri almıştır fakat bu andan itibaren zemin-yapı etkileşimli modelin taban kesme kuvveti bir miktar artıp sabit bir şekilde devam etmiş, ankastre model ise sabit şekilde devam etmiştir. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 10 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman

ve taban kesme değeri kalmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 10 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır.

Profil D + FD zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri belirli bir deplasman anına kadar zemin-yapı etkileşimli model ankastre modelden eşit deplasman anında daha az taban kesme değerleri almıştır fakat bu andan itibaren zemin-yapı etkileşimli modelin taban kesme kuvveti bir miktar artıp sabit bir şekilde devam etmiş, ankastre model ise sabit şekilde devam etmiştir. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 18 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 18 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır.

#### **6.4.3 12 Katlı Modelin Kapasite Eğrilerinin Elde Edilmesi**

Bu bölümde 12 katlı modellerin zaman tanım alanında yapılan dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum taban kesme ve maksimum deplasman talepleri ile statik itme (pushover) analizi sonuçlarından kapasite eğrileri elde edilmiş ve birbirleri ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 6.25: 12 katlı dikdörtgen statik itme ve ZTA kapasite eğrileri

Şekil 6.25’de dikdörtgen yayılı yük deseni ile etki ettirdiğimiz statik itme analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrisi ile zaman tanım alanında analiz sonucunda elde edilen maksimum taban kesme ve maksimum deplasman talepleri her zemin profili için ayrı ayrı verilmiştir.

Profil A zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri ankastre ve zemin-yapı etkileşimli modellerde belirli deplasman anına kadar yaklaşık olarak aynı taban kesme kuvveti değerine sahip olmuşlar fakat bu andan itibaren zemin-yapı etkileşimli modelin taban kesme kuvveti bir miktar artıp sabit bir şekilde devam etmiş, ankastre model ise sabit şekilde devam etmiştir. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 4 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 1 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite eğrisinin altında kalmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 2 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. Kalan 3 adet deprem ivme kaydı değerine kapasite eğrisi altında kalmıştır.

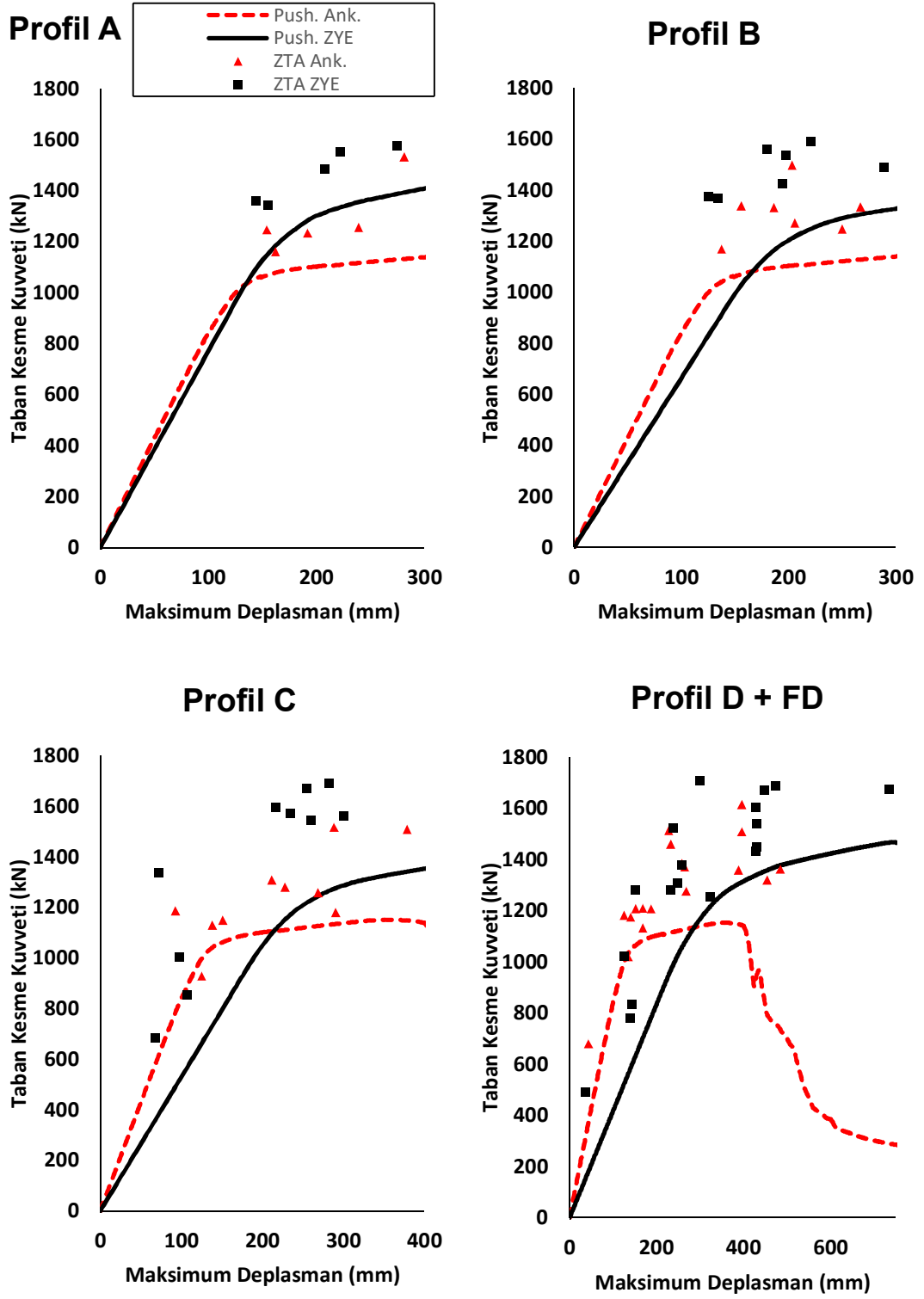
Profil B zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri belirli bir deplasman anına kadar zemin-yapı etkileşimli model ankastre modelden çok az miktarda taban kesme değerleri azalmış, bu andan itibaren zemin-yapı etkileşimli modelin taban kesme kuvveti bir miktar artıp sabit bir şekilde devam etmiş, ankastre model ise sabit şekilde devam etmiştir. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 5 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 2 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite eğrisinin altında kalmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 6 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. Kalan 1 adet deprem ivme kaydı değerine kapasite eğrisi altında kalmıştır.

Profil C zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri belirli bir deplasman anına kadar zemin-yapı etkileşimli model ankastre modelden eşit deplasman anında daha az taban kesme değerleri almıştır fakat bu andan itibaren zemin-yapı etkileşimli modelin taban kesme kuvveti bir miktar artıp sabit bir şekilde devam etmiş, ankastre model ise sabit şekilde devam etmiştir. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin altında 5 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 5 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite

eğrisinin üzerine çıkmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 10 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır

Profil D + FD zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri belirli bir deplasman anına kadar zemin-yapı etkileşimli model ankastre modelden eşit deplasman anında daha az taban kesme değerleri almıştır fakat bu andan itibaren zemin-yapı etkileşimli modelin taban kesme kuvveti bir miktar artıp sabit bir şekilde devam etmiş, ankastre model ise sabit şekilde devam etmiştir. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin altında 6 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 12 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite eğrisinin üzerine çıkmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 15 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. Kalan 3 adet deprem ivme kaydı değerine kapasite eğrisi altında kalmıştır.





Şekil 6.26: 12 katlı mod 1 statik itme ve ZTA kapasite eğrileri

Şekil 6.26'da mod 1 yük deseni ile etki ettirdiğimiz statik itme analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrisi ile zaman tanım alanında analiz sonucunda elde edilen maksimum taban kesme ve maksimum deplasman talepleri her zemin profili için ayrı ayrı verilmiştir.

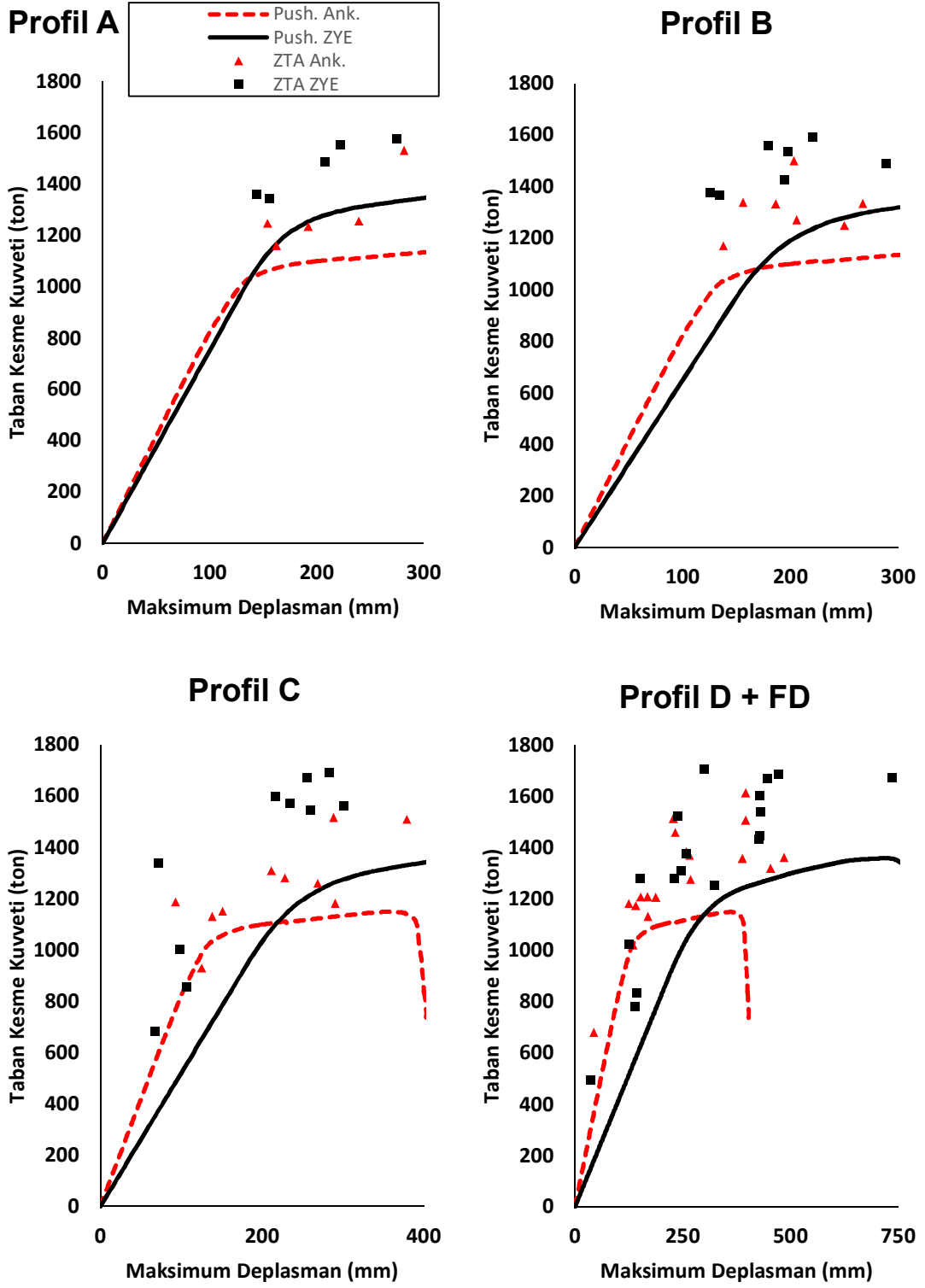
Profil A zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri ankastre ve zemin-yapı etkileşimli modellerde belirli deplasman anına kadar yaklaşık olarak aynı taban kesme kuvveti değerine sahip olmuşlar fakat bu andan itibaren zemin-yapı etkileşimli modelin taban kesme kuvveti bir miktar artıp sabit bir şekilde devam etmiş, ankastre model ise sabit şekilde devam etmiştir. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 5 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 5 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır.

Profil B zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri belirli bir deplasman anına kadar zemin-yapı etkileşimli model ankastre modelden çok az miktarda taban kesme değerleri azalmış, bu andan itibaren zemin-yapı etkileşimli modelin taban kesme kuvveti bir miktar artıp sabit bir şekilde devam etmiş, ankastre model ise sabit şekilde devam etmiştir. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 7 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 7 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır.

Profil C zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri belirli bir deplasman anına kadar zemin-yapı etkileşimli model ankastre modelden eşit deplasman anında daha az taban kesme değerleri almıştır fakat bu andan itibaren zemin-yapı etkileşimli modelin taban kesme kuvveti bir miktar artıp sabit bir şekilde devam etmiş, ankastre model ise sabit şekilde devam etmiştir. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 9 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 1 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite

eğrisinin altında kalmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 10 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır

Profil D + FD zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri belirli bir deplasman anına kadar zemin-yapı etkileşimli model ankastre modelden eşit deplasman anında daha az taban kesme değerleri almıştır fakat bu andan itibaren zemin-yapı etkileşimli modelin taban kesme kuvveti bir miktar artıp sabit bir şekilde devam etmiş, ankastre model ise sabit şekilde devam etmiştir. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 17 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 1 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite eğrisinin altında kalmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 18 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır.



Şekil 6.27: 12 katlı ters üçgen statik itme ve ZTA kapasite eğrileri

Şekil 6.27'de ters üçgen yük deseni ile etki ettirdiğimiz statik itme analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrisi ile zaman tanım alanında analiz sonucunda elde edilen maksimum taban kesme ve maksimum deplasman talepleri her zemin profili için ayrı ayrı verilmiştir.

Profil A zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri ankastre ve zemin-yapı etkileşimli modellerde belirli deplasman anına kadar yaklaşık olarak aynı taban kesme kuvveti değerine sahip olmuşlar fakat bu andan itibaren zemin-yapı etkileşimli modelin taban kesme kuvveti bir miktar artıp sabit bir şekilde devam etmiş, ankastre model ise sabit şekilde devam etmiştir. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 5 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 5 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır.

Profil B zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri belirli bir deplasman anına kadar zemin-yapı etkileşimli model ankastre modelden çok az miktarda taban kesme değerleri azalmış, bu andan itibaren zemin-yapı etkileşimli modelin taban kesme kuvveti bir miktar artıp sabit bir şekilde devam etmiş, ankastre model ise sabit şekilde devam etmiştir. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 7 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 7 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır.

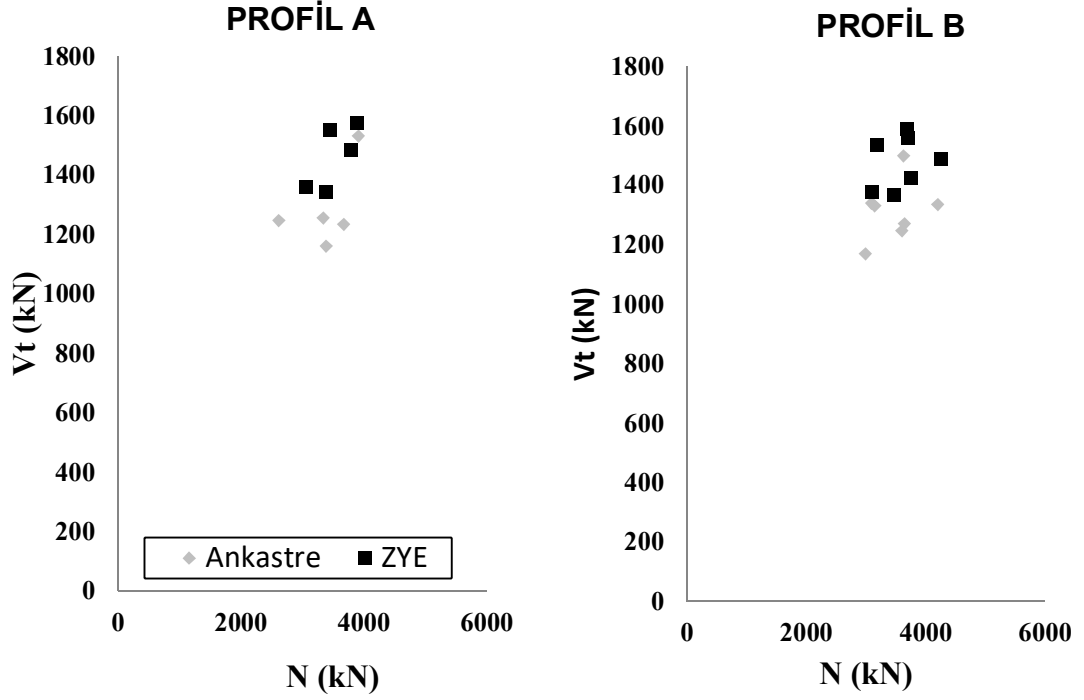
Profil C zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri belirli bir deplasman anına kadar zemin-yapı etkileşimli model ankastre modelden eşit deplasman anında daha az taban kesme değerleri almıştır fakat bu andan itibaren zemin-yapı etkileşimli modelin taban kesme kuvveti bir miktar artıp sabit bir şekilde devam etmiş, ankastre model ise sabit şekilde devam etmiştir. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 9 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 1 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite

eğrisinin altında kalmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 10 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır

Profil D + FD zemin profili için statik analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrileri belirli bir deplasman anına kadar zemin-yapı etkileşimli model ankastre modelden eşit deplasman anında daha az taban kesme değerleri almıştır fakat bu andan itibaren zemin-yapı etkileşimli modelin taban kesme kuvveti bir miktar artıp sabit bir şekilde devam etmiş, ankastre model ise sabit şekilde devam etmiştir. Ankastre modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 15 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır. 1 adet deprem ivme kaydı değeri ise kapasite eğrisinin altında kalmıştır. Kalan 1 adet deprem ivme kaydı değerine kapasite eğrisi onun yaptığı deplasman değerine ulaşmadan analiz sonlanmıştır. Zemin-yapı etkileşimli modelde statik analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisinin üstünde 18 adet deprem ivme kaydının dinamik analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman ve taban kesme değeri kalmıştır.

12 katlı modellerde zemin-yapı etkileşimli modellerin zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda elde edilen taban kesme kuvveti değerleri statik (pushover) itme analizi sonucunda elde edilen kapasite eğrisinin oldukça üzerine çıkmıştır. Bu durumun eksenel kuvvet ile bağlantısının olup olmadığının araştırılması için modelin en alt katındaki kolonların zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda elde edilen toplam eksenel kuvvetleri bulunmuştur. Bu kuvvetler tüm ivme kayıtları için hesap edilmiş, her bir zemin grubuna göre Şekil 6.28 – Şekil 6.31 arasındaki grafiklerde taban kesme kuvvetine göre değişimi gösterilmiştir.

Şekil 6.28’de 12 katlı ankastre ve Profil A zemin grubuna sahip zemin-yapı etkileşimli modelin “A” zemin grubu ivme kayıtlarının analizi sonucunda elde edilen taban kesme kuvveti ( $V_t$ ) – eksenel kuvvet ( $N$ ) grafiği verilmiştir. Ayrıca Şekil 6.28’de 12 katlı ankastre ve Profil B zemin grubuna sahip zemin-yapı etkileşimli modelin “B” zemin grubu ivme kayıtlarının analizi sonucunda elde edilen taban kesme kuvveti ( $V_t$ ) – eksenel kuvvet ( $N$ ) grafiği verilmiştir.



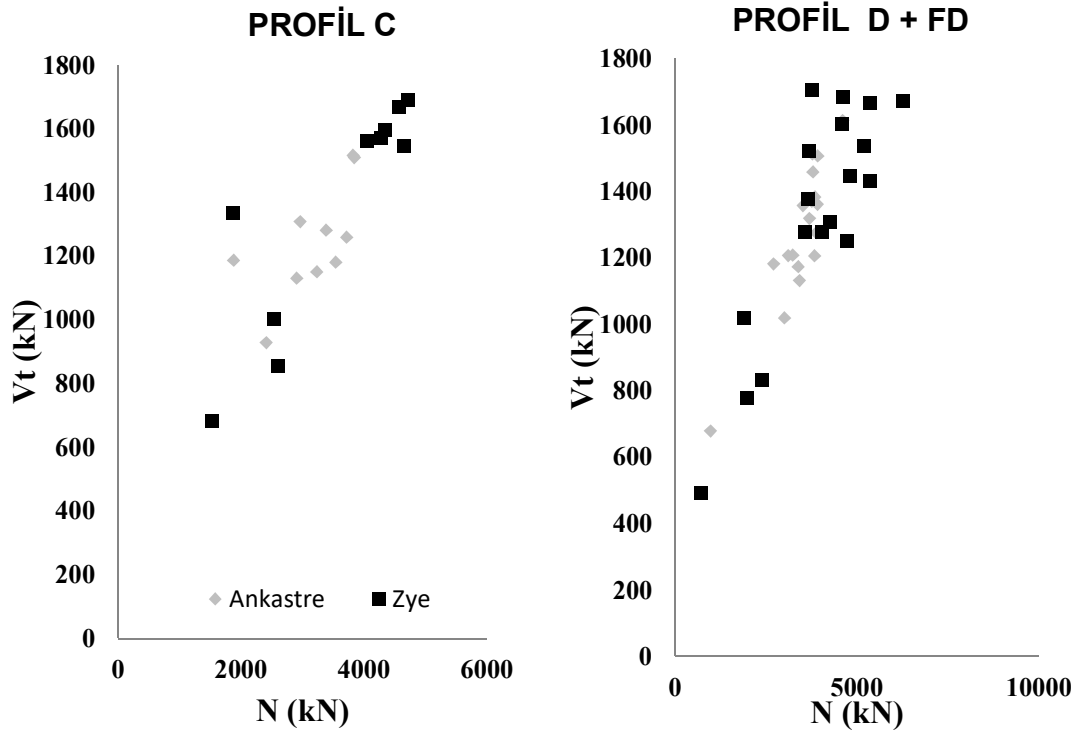
Şekil 6.28: 12 katlı ankastre ve Profil A, Profil B zemin-yapı etkileşimli modellerinin  $V_t - N$  grafiği

Şekil 6.28’de görüldüğü gibi “A” zemin grubu ivme kayıtlarının analizi sonucunda zemin-yapı etkileşimli modellerin taban kesme kuvveti ankastre modellere göre fazladır. Aynı şekilde aksenal kuvvet değerleri de ankastre modellere göre çok az miktarda da olsa fazladır. Zemin-yapı etkileşimli modellerde aksenal kuvvet değerlerinin fazla olması kolonlarda moment kapasitesinin artmasına neden olmakta, buna bağlı olarak da taban kesme kuvvetleri artmaktadır. Bu yüzden zemin-yapı etkileşimli modellerin zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda elde edilen taban kesme kuvveti değerleri statik (pushover) itme analizi sonucunda elde edilen kapasite eğrisinin oldukça üzerine çıkmıştır.

Şekil 6.28’de görüldüğü gibi “B” zemin grubu ivme kayıtlarının analizi sonucunda zemin-yapı etkileşimli modellerin taban kesme kuvveti ankastre modellere göre fazladır. Aynı şekilde aksenal kuvvet değerleri de ankastre modellere göre çok az miktarda da olsa fazladır. Zemin-yapı etkileşimli modellerde aksenal kuvvet değerlerinin fazla olması kolonlarda moment kapasitesinin artmasına neden olmakta, buna bağlı olarak da taban kesme kuvvetleri artmaktadır. Bu yüzden zemin-yapı etkileşimli modellerin zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda elde

edilen taban kesme kuvveti değerleri statik (pushover) itme analizi sonucunda elde edilen kapasite eğrisinin oldukça üzerine çıkmıştır.

şekil 6.29’da 12 katlı ankaste ve Profil C zemin grubuna sahip zemin-yapı etkileşimli modelin “C” zemin grubu ivme kayıtlarının analizi sonucunda elde edilen taban kesme kuvveti ( $V_t$ ) – aksenal kuvvet ( $N$ ) grafiği verilmiştir. Ayrıca şekil 6.29’da 12 katlı ankaste ve Profil D + FD zemin grubuna sahip zemin-yapı etkileşimli modelin “D” zemin grubu ve “FD” ivme kayıtlarının analizi sonucunda elde edilen taban kesme kuvveti ( $V_t$ ) – aksenal kuvvet ( $N$ ) grafiği verilmiştir.



şekil 6.29: 12 katlı ankaste ve Profil C, Profil D + FD zemin-yapı etkileşimli modellerinin  $V_t - N$  grafiği

şekil 6.29’da gorlduğu gibi “C” zemin grubu ivme kayıtlarının analizi sonucunda zemin-yapı etkileşimli modellerin taban kesme kuvveti ankaste modellere gore fazladır. Aynı şekilde aksenal kuvvet değerleri de ankaste modellere gore oldukça fazladır. Zemin rijitliği dştuğe aksenal kuvvet değerleri zemin-yapı etkileşimli modellerde daha çok artığı gorlmştur. Zemin-yapı etkileşimli



modellerde aksenal kuvvet değerlerinin fazla olması kolonlarda moment kapasitesinin artmasına neden olmakta, buna bağlı olarak da taban kesme kuvvetleri artmaktadır. Bu yzden zemin-yapı etkileşimli modellerin zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda elde edilen taban kesme kuvveti değerleri statik (pushover) itme analizi sonucunda elde edilen kapasite eğrisinin oldukça üzerine çıkmıştır.

Şekil 6.29’da görüldüğü gibi “d” zemin grubu ve “FD” ivme kayıtlarının analizi sonucunda zemin-yapı etkileşimli modellerin taban kesme kuvveti ankastre modellere göre fazladır. Aynı şekilde aksenal kuvvet değerleri de ankastre modellere göre oldukça fazladır. Zemin rijitliği düştükçe aksenal kuvvet değerleri zemin-yapı etkileşimli modellerde daha çok artığı görülmüştür. Zemin-yapı etkileşimli modellerde aksenal kuvvet değerlerinin fazla olması kolonlarda moment kapasitesinin artmasına neden olmakta, buna bağlı olarak da taban kesme kuvvetleri artmaktadır. Bu yzden zemin-yapı etkileşimli modellerin zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda elde edilen taban kesme kuvveti değerleri statik (pushover) itme analizi sonucunda elde edilen kapasite eğrisinin oldukça üzerine çıkmıştır.

12 katlı zemin-yapı etkileşimli modellerde aksenal kuvvet değerlerinin ankastre modellere göre fazla olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Aralarındaki farkın zemin rijitliği düştükçe artığı görülmüştür. Aksenal kuvvet değerlerinin artması kolonlarda moment kapasitesini arttırdığından taban kesme kuvvetleri oldukça yüksek çıkmıştır.

#### 6.4.4 Sonuçların Değerlendirilmesi

- Tüm modellerde zemin rijitliği düştükçe kapasite eğrilerinin rijitliğinin düştüğü görülmüştür.
- 4 katlı ankastre modellerde zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda elde edilen kapasite değerleri, statik itme analizi sonucunda elde edilen kapasite eğrilerine yakın noktalarda oluşmuştur.
- 4 katlı zemin-yapı etkileşimli modellerde zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda elde edilen kapasite değerleri, statik itme analizi sonucunda elde edilen kapasite eğrilerinin üzerinde yoğunlaşmıştır. Elde edilen taban kesme değerleri bir miktar fazladır.
- 4 katlı Profil A zemin-yapı etkileşimli modelde bir ivme kaydının zaman tanım alanında dinamik analizi sonucu elde edilen deplasman değeri dikdörtgen yük deseni etkisi ile statik itme analizi sonucunda elde edilen kapasite eğrisini aşmaktadır.
- 8 katlı ankastre ve zemin-yapı etkileşimli modellerde statik itme analizi sonucunda elde edilen kapasite eğrileri tam olarak örtüşmemektedir. Zemin-yapı etkileşimli modellerin taban kesme değerleri bir miktar fazla gelmektedir.
- 8 katlı Profil A ve Profil D + FD zemin-yapı etkileşimli modellerde bir ivme kaydının zaman tanım alanında dinamik analizi sonucu elde edilen deplasman değeri dikdörtgen yük deseni etkisi ile statik itme analizi sonucunda elde edilen kapasite eğrisini aşmaktadır.
- 12 katlı modellerde zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda elde edilen kapasite değerleri, dikdörtgen yük deseni etkisi ile statik itme analizi sonucunda elde edilen kapasite eğrilerine yakın noktalarda oluşmuştur.
- 12 katlı modellerde zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda elde edilen kapasite değerleri, ters üçgen ve mod 1 yük deseni etkisi ile statik itme analizi sonucunda elde edilen kapasite eğrilerinin üzerindedir. Statik itme analizi sonucundaki taban kesme değerleri

zaman tanım alanında dinamik analiz sonucundaki taban kesme deęerlerinden dūşüktür.

- 12 katlı Profil A zemin-yapı etkileşimli modelde bir ivme kaydının zaman tanım alanında dinamik analizi sonucu elde edilen deplasman değeri dikdörtgen yük deseni etkisi ile statik itme analizi sonucunda elde edilen kapasite eğrisini aşmaktadır.
- 12 katlı zemin-yapı etkileşimli modellerde zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda elde edilen kapasite değerleri, statik itme analizi sonucunda elde edilen kapasite eğrilerinin üstüne çıkmıştır. Bu durumun nedeni aksenal kuvvetlerin değişimidir.

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

### 7.1 Elde Edilen Bulgular

Gerçekleştirilen tez çalışması kapsamında statik itme ve dinamik analiz yöntemlerinden elde edilen sismik talepler karşılaştırılmıştır. 4, 8 ve 12 katlı 2-boyutlu ve düzenli çerçeve yapı modellerinin kullanıldığı çalışmada ankastre mesnet ve zemin yapısı etkileşimi dikkate alınmıştır. Taleplerin daha gerçekçi hesaplanabilmesi için kolon plastik mafsalları aksel yük etkileşimli olarak tanımlanmıştır. Çalışma kapsamında 4 farklı zemin tipi, 3 farklı mod deseni ve 40 farklı ivme kaydı için toplam 24 statik itme analizi, 240 dinamik analiz gerçekleştirilmiş olup elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

- 4 katlı modellerde maksimum deplasman değeri Profil A zemin tipi için ankastre mesnetli modelde, Profil B, Profil C ve Profil D + FD zemin tipleri için maksimum deplasman değeri zemin-yapı etkileşimli modellerden elde edilmiştir.
- 8 katlı modellerde maksimum deplasman değeri Profil A zemin tipi için zemin-yapı etkileşimli modelde, Profil B, Profil C ve Profil D + FD zemin tipleri için maksimum deplasman değeri ankastre mesnetli modellerden elde edilmiştir.
- 12 katlı modellerde maksimum deplasman değeri Profil A, Profil B ve Profil C zemin tipleri için ankastre mesnetli modellerde, Profil D + FD zemin tipi için maksimum deplasman değeri zemin-yapı etkileşimli modelden elde edilmiştir.
- Ters üçgen ve mod 1 yük deseninin etki edildiği statik (pushover) itme analizleri sonucunda elde edilen deplasman profilleri birbirlerine çok yakın sonuçlar vermiştir.
- 4, 8 ve 12 katlı ankastre ve zemin-yapı etkileşimli modellerde zaman tanım alanında dinamik analiz sonucu elde edilen deplasman profillerine en çok benzeyen ters üçgen ve mod 1 yük etkisiyle yapılan statik analiz sonucundaki deplasman profilidir.

- Tüm modellerde zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda elde edilen görelî kat ötelenme oranlarına en uyumlu olan ters üçgen ve mod 1 yük etkisiyle yapılan statik analiz sonucundaki görelî kat ötelenme oranlarıdır.
- Profil D + FD zemin grubu için zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda elde edilen görelî kat ötelenme oranlarına en uyumlu olan ters üçgen yük etkisiyle yapılan statik analiz sonucundaki görelî kat ötelenme oranlarıdır.
- Ankastre mesnetli modellerde zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda elde edilen “mak. ve mak. Dep” GKÖO değerleri zemin-yapı etkileşimli modellere göre daha fazladır.
- 4 katlı modellerde maksimum görelî kat ötelenme oranı 1. ve 2. katlarda görülmüştür. Minimum görelî kat ötelenme oranı ise 4. katta görülmüştür.
- 8 katlı modellerde maksimum görelî kat ötelenme oranı 2. ve 3. katlarda görülmüştür. Minimum görelî kat ötelenme oranı ise 8. katta görülmüştür.
- 12 katlı modellerde maksimum görelî kat ötelenme oranı 2. 3. ve 4. katlarda görülmüştür. Minimum görelî kat ötelenme oranı ise 12. katta görülmüştür.
- Zemin-yapı etkileşimli modellerde görelî çatı kat öteleme oranı zemin rijitliği azaldıkça ankastre mesnetli modellerle aralarındaki fark artmıştır. Ayrıca kat sayısı artıkça da aralarındaki farkın arttığı sonucuna ulaşılmıştır.
- Ankastre mesnetli modellerde zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda elde edilen kapasite noktaları statik itme (pushover) eğrisinin etrafında yayılım göstermiştir. Zemin-yapı etkileşimli modellerde zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda elde edilen kapasite noktaları statik itme (pushover) eğrisinden daha uzak bir yerde yayılım göstermiştir.
- 4 katlı ankastre ve zemin-yapı etkileşimli modeller zeminin rijitliği artıkça statik itme (pushover) eğrileri birbirleri ile örtüşmektedir.

- Diğer zemin gruplarına göre daha rijit olan Profil A zemin grubundaki ankastre ve zemin-yapı etkileşimli modellerin statik itme (pushover) eğrileri akma noktasına kadar birbiri ile örtüşmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, dikdörtgen itme deseninin dinamik analizden elde edilen taban kesme kuvvetlerini yansıtmakta başarılı olduğu görülse de deplasman talepleri ters üçgen ve mod1 itme desenleri ile daha başarılı tahmin edilebilmektedir. Yapıların düzenli taşıyıcı sisteme sahip olmasının da etkisi ile mod1 ve ters üçgen itme desenleri arasındaki farklar sınırlıdır. Ankastre mesnet ve yapı-zemin etkileşimli modeller için elde edilen deplasman talepleri yüksek rijitliğe sahip zemin profilleri için benzer sonuçlar vermektedir. Düşük zemin rijitlikli zeminler içinse dinamik analizden elde edilen talepler ivme kaydının özelliklerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir ve kesin bir yargıya varılması mümkün değildir.

Dikkat çeken bir başka durum ise, zemin-yapı etkileşiminin dikkate alınması durumunda, zemin rijitliği düştükçe eksenel yük oranlarının artmasıdır. Buna bağlı olarak kolon moment kapasiteleri artış göstermekte ve taban kesme kuvvetleri daha yüksek hesaplanmaktadır. Yapı rijitliğinin düşmesi ile yapı akma noktasının sağa kayması da elde edilen sonuçlar üzerinde etkili olduğu değerlendirilmektedir.

### 7.1.1 Gelecek Çalışmalar İçin Öneriler

Gerçekleştirilen çalışma sonucunda gelecek çalışmalar için tavsiye edilen öneriler bu bölümde maddeler halinde verilmektedir.

- Gerçekleştirilen çalışmada 2 boyutlu bina modeli kullanılmıştır. Gelecek çalışmalarda üç boyutlu mevcut bina modelleri kullanılarak statik ve dinamik analizler karşılaştırılabilir.
- Bazı zemin gruplarında deprem ivme kaydı sayısı TBDY-2018 yönetmeliğine yetersizdir. İvme kaydı sayısının artırılması sonuçların daha gerçekçi incelenmesine imkân verebilir.
- Kullanılan yapı modelleri düzenli taşıyıcı sisteme sahiptir. Yapısal düzensizliklerin dikkate alındığı çalışmalar gerçekleştirilebilir.

- Statik itme analizlerinde mod desenlerinin sabit olduğu kabul edilmiştir. Değişken desenli itme analizi yöntemlerinin ve yüksek mod etkilerinin dikkate alındığı çalışmalar gerçekleştirilebilir.
- Statik ve dinamik analiz sonucunda yapıda oluşan hasar dağılımları birbirleri ile kıyas yapılarak incelenebilir.

## 8. KAYNAKLAR

ASCE/SEI 41-13. Seismic Rehabilitation Standards Committee. Seismic Rehabilitation of Existing Buildings. American Society of Civil Engineers, Reston, (2014).

Alemdar Z.F. , “Binaların deprem analizlerinde kullanılan farklı metodların sonuçlarının karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul, (2003).

Aydinoğlu, N., “Üstyapı-zemin ortak sisteminin deprem hesabı” Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul, (1977).

Cavdar O. , Bayraktar A. , “Pushover and nonlinear time history analysis evaluation of a RC building collapsed during the Van (Turkey) earthquake on October 23 2011”, *Nat Hazards*, 70(1),657–673,(2014).

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

Çelik S. , “Düşük ve orta yükseklikteki binaların deplasman taleplerinin doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizle belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, (2011).

Dutta SC, Ray R, “Critical review on idealization and modeling for interaction among soil–foundation-structure system” , *Department of Applied Mechanics*, Bengal Engineering College (Deemed University), Howrah 711 103, West Bengal, India (2002).

Efraimiadou, S., Hatzigeorgiou, G.D. and Beskos, D.E., “ Structural pounding between adjacent buildings subjected to strong ground motions. Part I: The effect of



different structures arrangement” , *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 42, 1509-1528, (2013).

Elnashai AS. , “Advanced inelastic static (pushover) analysis for earthquake applications”, *Struct Eng Mech*, 12(1),51–69,(2001).

Ganjavi B , Hao H, “A parametric study on the evaluation of ductility demand distribution in multi-degree-of-freedom systems considering soil–structure interaction effects” *School of Civil and Resource Engineering*, The University of Western Australia, 35 Stirling Highway, Crawley, WA 6009, Australia, (2012).

Goel RK. , Chopra AK. , “Role of higher-“mode” pushover analyses in seismic analysis of buildings”, *Earthq Spectra* , 21(4),1027–1041, (2005).

Gupta B. , Kunnath SK. , “Adaptive spectra-based pushover procedure for seismic evaluation of structures”, *Earthq Spectra*, 16(2),367–391,(2000)

Güllü, Hamza., Pala, M., “On the resonance effect by dynamic soil structure interaction: a revelation study” , *Nat. Hazards*, 72, 827-847, (2014).

İnel, M., Çaycı, B. T., “Mevcut Betonarme Binalarda Zemin Yapı Etkileşiminin Sismik Davranış Üzerindeki Etkileri”, *3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismik Konferansı*, İzmir, (2015).

İnel, M., Çaycı, B.T., Meral, E., “Betonarme Binaların Lineer Olmayan Statik ve Dinamik Analizleri”, *Int J Civ Eng* 16, 1241–1259, (2018).

Kalkan E. , Kunnath SK. , Assessment of current nonlinear static procedures for seismic evaluation of buildings. *Eng Struct* 29(3),305–316, (2007).

Karaduman A. ve Döndüren M. S. , “Planda değişik geometriye sahip çok katlı betonarme yapıların zaman-tanım aralığında dinamik analizi”, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi Konya, (2003).

Khalil L. , Sadek M. , ve Shahrour I, “Influence of the soil–structure interaction on the fundamental period of buildings” *Laboratoire de Mecanique de Lille (UMR*

8107) , *Universite des Sciences et Technologies de Lille* , Villeneuve d'Ascq, F-59655, France (2007).

Kim S. , D'Amore E. , “Push-over analysis procedure in earthquake engineering”, *Earthq Spectra*, 15(6),417–434 , (1999).

Kontoni, D.P.N., Farghaly A.A., “Seismic Response of Adjacent Unequal Buildings Subjected to Double Pounding Considering Soil-Structure Interaction ” , *Computation*, 6 , (2018).

Korkmaz K.A., Kayhan A.H. , “Yer değiştirme esaslı yöntemlerin elastik ve zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemleriyle karşılaştırılması”, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(1), 7-13,(2008).

Krawinkler H, “Pushover analysis: why how when, and when not to use it”, *In: Proceedings of 1996 convention, structural engineers association of California*, p. 17–36, Maui, Hawaii (1996).

Krawinkler H. , Seneviratna GDPK. , “Pros and cons of a pushover analysis of seismic performance evaluation”, *US-Japan Seminar on Innovations in Stability Concepts and Methods for Seismic Design in Structural Steel HONOLULU, HAWAII* (1996).

Kutaniş, M., “Yapı-Zemin Dinamik Etkileşimi”, Doktora Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Sakarya*, (2001).

Liao W. , Loh C-H. , Wan S. , “Earthquake responses of RC moment frames subjected to near-fault ground motions”, *Struct Des Tall Spec Build*, 10(3),219–229,(2001).

Lysmer J., and Kuhlemeyer, R.L., “Finite Dynamic Model for Infinite Media”, *Journal of the Engineering Mechanics Division*, Vol. 95, No. EM4, pp. 859-877 , (1969).

Mwafy A. , Elnashai A. , “Static pushover versus dynamic collapse analysis of RC buildings”, *Eng Struct*, 23(5),407–424,(2001).

Önür Ö. , “Düşük ve orta yükseklikteki betonarme yapıların deplasman taleplerinin doğrusal elastik zaman tanım alanında analizle belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi , *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, (2011).

Özmen H. B. , “Hızlı değerlendirme yöntemlerinde kullanılan parametrelerin yapı performansı üzerindeki etkilerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, (2005).

Papanikolaou VK. , Elnashai AS. , "Pareja JF. , “Evaluation of conventional and adaptive pushover analysis II: comparative results”, *J Earthq Eng*, 10(1),127–151, (2006).

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

Raheem, S.E.A, “Seismic Pounding Between Adjacent Building Structures” , *Electronic Journal of Structural Engineering*, 6, 66-74, (2006).

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

Seçme T. , Zaman tanım alanında davranış spektrumunun incelenmesi, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yapı Bilim Dalı/ Yüksek Lisans Tezi, (2009).

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

TBDY, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, (2018).

TS-498, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, (1987).

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

Whitman, R.V., “The current status of soil dynamics”, *Applied Mechanics Reviews*, 22, 66-74, (1969).

Zhang X , Wegner J. L. , Haddow J. B. “Three-dimensional dynamic soil–structure interaction analysis in the time domain” , *Department of Mechanical Engineering*, University of Victoria PO Box 3055, Victoria, B.C., CANADA V8W 3P6 (1999)

## 9. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İsa SARIOĞLU

Doğum Yeri ve Tarihi : DENİZLİ / 04.07.1995

Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi

Elektronik posta : isarioglu13@yandex.com

İletişim Adresi :Hisar Mahallesi Köyiçi sk. No:36 D:2  
Merkezefendi / DENİZLİ