

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

**YAPILARIN SİSMİK DAVRANIŞININ ÇEKİÇLEME ETKİSİ  
VE ZEMİN YAPI ETKİLEŞİMİ DİKKATE ALINARAK  
ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MUSTAFA AKPINAR**

**DENİZLİ, TEMMUZ - 2019**

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



**YAPILARIN SİSMİK DAVRANIŞININ ÇEKİÇLEME ETKİSİ  
VE ZEMİN YAPI ETKİLEŞİMİ DİKKATE ALINARAK  
ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MUSTAFA AKPINAR**

**DENİZLİ, TEMMUZ - 2019**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

MUSTAFA AKPINAR tarafından hazırlanan "YAPILARIN SİSMİK DAVRANIŞININ ÇEKİÇLEME ETKİSİ VE ZEMİN YAPI ETKİLEŞİMİ DİKKATE ALINARAK ARAŞTIRILMASI" adlı tez çalışmasının savunma sınavı 11.07.2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

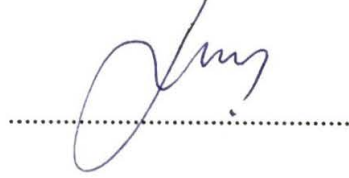
Danışman  
Dr. Öğr. Üyesi Bayram Tanık ÇAYCI  
Pamukkale Üniversitesi



Üye  
Prof. Dr. Mehmet İNEL  
Pamukkale Üniversitesi



Üye  
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet PALANCI  
İstanbul Arel Üniversitesi



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun  
17/07/2019.. tarih ve 29/08..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Uğur YÜCEL ✓.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**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.**



**MUSTAFA AKPINAR**

## ÖZET

**YAPILARIN SİSMİK DAVRANIŞININ ÇEKİÇLEME ETKİSİ VE ZEMİN  
YAPI ETKİLEŞİMİ DİKKATE ALINARAK ARAŞTIRILMASI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MUSTAFA AKPINAR  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

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

**DENİZLİ, TEMMUZ - 2019**

Ülkemizde kent nüfusunun yoğun olduğu büyük şehirlerde, şehir merkezindeki arazi maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle bitişik olarak inşa edilmiş düşük ve orta katlı birçok yapı bulunmaktadır. Bitişik nizam olarak inşa edilmiş bu yapılar arasında yeterli boşluk oranı bırakılmamakta ve geçmiş depremlerde gözlemlendiği gibi sismik etkiler altında ciddi hasarlar meydana gelebilmektedir. Ancak, mevcut yapılarının sismik performansının belirlenmesi ve binaların tasarımı aşamalarında çoğunlukla çekiçleme etkileri ihmal edilmektedir. Çekiçleme etkilerinin dikkate alındığı sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır ve çoğunda zemin-yapı etkileri ihmal edilmektedir. Gerçekleştirilen çalışmanın amacı çekiçleme düzensizliğinin yapı davranışı üzerindeki etkilerinin zemin-yapı etkileşimi dikkate alınarak incelenmesidir. Bu kapsamda 4, 8, 12 ve 16 katlı iki boyutlu çerçeve bina modelleri kullanılarak çekiçleme etkileri 4 farklı rijitliğe sahip zemin tipi altında incelenmiştir. Sonuçlar ankastre mesnetli modellerle karşılaştırılmıştır. Modelleme sırasında bitişik binaların bağlantısı link elemanlar ile sağlanmıştır. Kullanılan link elemanlar doğrusal (lineer) yay modeline göre tasarlanmıştır. 15 farklı ivme kaydının kullanıldığı çalışmada toplamda 440 farklı zaman-tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, deplasman talepleri, görelî kat ötelenme oranı, link kuvvetleri ve kat kesme kuvvetleri incelenmiştir. İncelemeler sonucunda çekiçleme düzensizliğinin deplasman taleplerini, kesit hasarlarını ve görelî kat ötelenme oranlarını çoğunlukla olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Bazı durumlarda komşu bina nedeniyle deplasman taleplerinin sınırlandırılmasına karşın, çarpışma etkileri nedeniyle talep dağılımları olumsuz yönde etkilenmektedir. Ayrıca yönetmelikte kullanılan minimum boşluk oranı değerleri birçok deprem kaydı altında aşılmıştır.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Bitişik Nizam, Çekiçleme, Zemin Yapı Etkileşimi, Doğrusal Olmayan Analiz, Sismik Performans, Orta ve Yüksek Katlı Yapılar

## **ABSTRACT**

### **THE INVESTIGATION OF SEISMIC BEHAVIOR OF BUILDING STRUCTURES CONSIDERING POUNDING EFFECTS AND SOIL- STRUCTURE INTERACTION**

**MSC THESIS**

**MUSTAFA AKPINAR**

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE**

**CIVIL ENGINEERING**

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

**DENİZLİ, JULY 2019**

There are great number of low- and mid-rise structures built adjacent in Turkey due to the high cost of land in the city center. These buildings, which were constructed as adjacent, have inadequate distance and it can cause serious damage under seismic effects as observed in past earthquakes. The interaction between adjacent buildings is not considered during seismic design stage or performance assessment of existing structures for most of cases. There are limited number of studies considered pounding effect in literature. But soil-structure interaction is neglected in these studies. The aim of this study is to evaluate the effect of pounding irregularity on seismic behavior of building structures considering soil-structure interaction. For this purpose, the pounding effects are investigated with using 4-, 8-, 12 and 16-story two-dimensional building models on four different soil profiles that have different stiffness. The outcomes are also compared with fixed-base models (non-SSI). The connection of adjacent buildings was made with link members (gap) by considering linear spring model. Nonlinear time-history analyses were performed with using 15-different real ground-motion records which were taken from destructive earthquakes occurred in the past. Various number of parameters including displacement demands, interstory drift ratios (IDR), link forces and shear forces. 440 different nonlinear time-history analyses were performed during the study when all cases are considered. It's concluded that, the pounding irregularity have negative influence on seismic demands, section damage levels and IDR values for most cases. Even though the displacement demands limited by adjacent building for some conditions, the pattern of seismic demands throughout the height, still affected in negative way. It's also observed that the required distance between the adjacent buildings defined in seismic codes were exceeded for most of ground-motion records.

**KEYWORDS:** Adjacent Structure, Pounding, Soil-Structur Interaction, Nonlinear Analysis, Seismic Performance, Medium and Hing Rise RC Buildings.

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
ŞEKİL LİSTESİ .....	v
TABLO LİSTESİ .....	viii
SEMBOL LİSTESİ .....	ix
ÖNSÖZ.....	x
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı .....	1
1.2 Literatür Özeti .....	3
1.3 Organizasyon .....	7
<b>2. ZEMİN YAPI ETKİLEŞİMİ VE YÖNTEM.....</b>	<b>8</b>
2.1 Zemin Yapı Etkileşimi ve Çekiçleme Davranışı .....	8
2.2 Doğrusal Elastik Olmayan Modelleme ve Plastik Mafsalları Tanımı .....	9
2.3 İvme Kayıtları.....	13
2.3.1 Kullanılan Deprem İvme Kayıtları ve Özellikleri .....	13
2.3.2 İvme Spektrumlarının Bulunması .....	14
2.3.2.1 Set 1 Deprem Kayıtları.....	14
2.3.2.2 Set 2 Deprem Kayıtları.....	16
2.3.2.3 Set 3 Deprem Kayıtları.....	17
2.3.3 Kullanılan Kayıtların Ortalaması .....	19
<b>3. MODELLEME VE ANALİZ .....</b>	<b>21</b>
3.1 Genel .....	21
3.2 Zemin Özellikleri .....	22
3.3 Bina Özellikleri .....	24
3.4 Çekiçleme Modeli Özellikleri .....	25
3.5 Link Eleman Özellikleri .....	26
3.6 DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 Deprem Derzleri .....	28
<b>4. ANALİZ SONUÇLARI .....</b>	<b>29</b>
4.1 Genel .....	29
4.2 Deplasman Sonuçlarının Karşılaştırılması .....	35
4.2.1 Çatı Katı Deplasman Sonuçlarının Karşılaştırılması .....	35
4.2.2 Maksimum Çatı Katı Deplasman Talebinin Oluştugu An İçin Deplasman Profillerinin Karşılaştırılması .....	40
4.2.3 Maksimum Çatı Katı Deplasmanı.....	54
4.2.4 Maksimum Çatı Katı Deplasman Farkları .....	58
4.3 Görelî Kat Ötelenme Oranlarının Karşılaştırılması.....	68
4.3.1 4 Katlı Yapı İçin Ortalama Görelî Kat Ötelenme Oranlarının Karşılaştırılması .....	71
4.3.2 8 Katlı Yapı İçin Ortalama Görelî Kat Ötelenme Oranlarının Karşılaştırılması .....	74
4.3.3 12 Katlı Yapı İçin Ortalama Görelî Kat Ötelenme Oranlarının Karşılaştırılması .....	78
4.3.4 16 Katlı Yapı İçin Ortalama Görelî Kat Ötelenme Oranlarının Karşılaştırılması .....	83

4.4	Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması .....	85
4.5	Link Eleman Sonuçları .....	89
4.5.1	Sismik Etkiler Altında Çarpışma Mesafelerinin Elde Edilmesi ..	89
4.5.2	Sismik Etkiler Altında Çarpışma Etkisinde Oluşan Kuvvetler....	91
4.6	Mafsal Dağılımlarının Çarpışmalı ve Çarpışmasız Modellerde Karşılaştırılması.....	93
<b>5.</b>	<b>SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>98</b>
5.1	Elde Edilen Bulgular .....	98
5.2	Gelecek Çalışmalar İçin Öneriler .....	100
<b>6.</b>	<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>102</b>
<b>7.</b>	<b>EKLER .....</b>	<b>105</b>
	EK A Çarpışmalı/Çarpışmasız Çatı Deplasman Oranlarının Setlere Göre Ortalamaları .....	105
	EK B Çarpışmalı/Çarpışmasız Görelî Kat Ötelenme Oranlarının Setlere Göre Ortalamaları .....	110
<b>8.</b>	<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>115</b>



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1: Organizasyon şeması.....	7
Şekil 2.1: Sismik etkiler altında yapı zemin davranışın şematik olarak gösterilmesi (Kutanis,2001) .....	8
Şekil 2.2: Simav depreminde çekiçleme etkisiyle kalıcı hasar görmüş bina (Ozmen ve diğ., 2011).....	9
Şekil 2.3: Konsol kolon için eğrilik yoğunlaşması ve plastik mafsalları.....	10
Şekil 2.4: Kesit hasar bölgeleri ve dayanım deformasyon ilişkisi.....	11
Şekil 2.5: Landers-YER depremi a) Deprem kaydı, b) Elastik ivme spektrumu .....	14
Şekil 2.7: Spitak-GUK depremi a) Deprem kaydı, b) Elastik ivme spektrumu	15
Şekil 2.8: Lomap-HSP depremi a) Deprem kaydı, b) Elastik ivme spektrumu	15
Şekil 2.9: İtaly-STU depremi a) Deprem kaydı, b) Elastik ivme spektrumu ...	15
Şekil 2.10: Kocaeli-DZC depremi a) Deprem kaydı, b) Elastik ivme spektrumu .....	16
Şekil 2.11: Chichi-TCU45 depremi a) Deprem kaydı, b) Elastik ivme spektrumu .....	16
Şekil 2.12: Kobe-NİS depremi a) Deprem kaydı, b) Elastik ivme spektrumu .	16
Şekil 2.13: Landers-JOS depremi a) Deprem kaydı, b) Elastik ivme spektrumu .....	17
Şekil 2.14: North-PKC depremi a) Deprem kaydı, b) Elastik ivme spektrumu	17
Şekil 2.15: Düzce-BOLU depremi a) Deprem kaydı, b) Elastik ivme spektrumu .....	17
Şekil 2.16: North-SYLMAR depremi a) Deprem kaydı, b) Elastik ivme spektrumu .....	18
Şekil 2.17: Erzincan-EW depremi a) Deprem kaydı, b) Elastik ivme spektrumu .....	18
Şekil 2.18: North-TAR depremi a) Deprem kaydı, b) Elastik ivme spektrumu .....	18
Şekil 2.19: Kobe-TAK depremi a) Deprem kaydı, b) Elastik ivme spektrumu	18
Şekil 2.20: Set 1 deprem kayıtları.....	19
Şekil 2.21: Set 2 deprem kayıtları.....	20
Şekil 2.22: Set 3 deprem kayıtları.....	20
Şekil 3.1: Yapı zemin etkileşimi örnek ikili bilgisayar modeli .....	21
Şekil 3.2: Ankastre örnek ikili model .....	22
Şekil 3.3: Zemin tipi 2 için ikili çarpışma modeli .....	24
Şekil 3.4: Çekiçleme etkisinin araştırılmasında kullanılacak ikili modeller ....	26
Şekil 3.5: Doğrusal elastik model için kuvvet – şekil değiştirme ilişkisi.....	27
Şekil 3.6: Link eleman modeli .....	27
Şekil 4.1: İkili zemin ve ankastre modellerin çarpışma doğrultuları .....	30
Şekil 4.2: ERZ-EW deprem kaydı için 1216Z1 modeli deplasman profili .....	31
Şekil 4.3: ERZ-EW depremi 1216Z1 modeli için elde edilen sonuçlar .....	32
Şekil 4.4: NORTH-PKC depremi 812Z1 modeli için deplasman profilleri ..	33
Şekil 4.5: NORTH-PKC 812Z1 kombinasyonu için elde edilen sonuçlar ....	34
Şekil 4.6: 48Z1 kombinasyonu Chichi ivme kaydı için 4 katlı bina çatı katı deplasman grafiği .....	36

<b>Şekil 4.7:</b> 48Z1 kombinasyonu Chichi ivme kaydı için 8 katlı bina çatı katı deplasman grafiği .....	37
<b>Şekil 4.8:</b> 812Z1 kombinasyonu Kobe-TAK ivme kaydı için 8 katlı bina çatı katı deplasman grafiği .....	37
<b>Şekil 4.9:</b> 812Z1 kombinasyonu Kobe-TAK ivme kaydı için 12 katlı bina çatı katı deplasman grafiği .....	38
<b>Şekil 4.10:</b> 1216Z1 kombinasyonu Kobe-Nis ivme kaydı için 12 katlı bina çatı katı deplasman grafiği .....	38
<b>Şekil 4.11:</b> 1216Z1 kombinasyonu Kobe-Nis ivme kaydı için 16 katlı bina çatı katı deplasman grafiği .....	39
<b>Şekil 4.12:</b> A1216Z1 kombinasyonu Erz-EW ivme kaydı için 12 katlı bina çatı katı deplasman grafiği .....	39
<b>Şekil 4.13:</b> A1216Z1 kombinasyonu Erz-EW ivme kaydı için 16 katlı bina çatı katı deplasman grafiği .....	40
<b>Şekil 4.14:</b> Ortalama deplasman profilleri 4-8 kombinasyonu 4 katlı yapı.....	41
<b>Şekil 4.15:</b> Ortalama deplasman profilleri 4-12 kombinasyonu 4 katlı yapı....	42
<b>Şekil 4.16:</b> Ortalama deplasman profilleri 4-8 kombinasyonu 8 katlı yapı.....	44
<b>Şekil 4.17:</b> Ortalama deplasman profilleri 8-12 kombinasyonu 8 katlı yapı....	46
<b>Şekil 4.18:</b> Ortalama deplasman profilleri 4-12 kombinasyonu 12 katlı yapı..	47
<b>Şekil 4.19:</b> Ortalama deplasman profilleri 8-12 kombinasyonu 12 katlı yapı..	49
<b>Şekil 4.20:</b> Ortalama deplasman profilleri 12-16 kombinasyonu 12 katlı yapı	51
<b>Şekil 4.21:</b> Ortalama deplasman profilleri 12-16 kombinasyonu 16 katlı yapı	52
<b>Şekil 4.22:</b> ERZ-EW deprem ivme kaydı için ankastre 812 modeli zamana bağlı deplasman değerleri.....	57
<b>Şekil 4.23:</b> 48 modeli 4 katlı yapı için ortalama görelî kat ötelenme oranları..	71
<b>Şekil 4.24:</b> 412 modeli 4 katlı yapı için ortalama görelî kat ötelenme oranları	73
<b>Şekil 4.25:</b> 48 modeli 8 katlı yapı için ortalama görelî kat ötelenme oranları..	75
<b>Şekil 4.26:</b> 812 modeli 8 katlı yapı için ortalama görelî kat ötelenme oranları	76
<b>Şekil 4.27:</b> 412 modeli 12 katlı yapı için ortalama görelî kat ötelenme oranları .....	78
<b>Şekil 4.28:</b> 812 modeli 12 katlı yapı için ortalama görelî kat ötelenme oranları .....	80
<b>Şekil 4.29:</b> 1216 modeli 12 katlı yapı için ortalama görelî kat ötelenme oranları .....	81
<b>Şekil 4.30:</b> 1216 modeli 16 katlı yapı için ortalama görelî kat ötelenme oranları .....	83
<b>Şekil 4.31:</b> ZYE modelleri için katlara göre ortalama taban kesme kuvvetleri	86
<b>Şekil 4.32:</b> Ankastre modelleri için katlara göre ortalama taban kesme kuvvetleri.....	88
<b>Şekil 4.33:</b> KOBE-TAK deprem ivme kaydı için 812 modelinde çarpmalı durum için hasar dağılımları .....	94
<b>Şekil 4.34:</b> KOBE-TAK deprem ivme kaydı için 812 modelinde çarpışmasız durum için hasar dağılımları .....	96
<b>Şekil A.1:</b> 48 kombinasyonu Z1 için çarpışmalı/çarpışmasız deplasman oranları ortalaması a) 4 Katlı bina b) 8 Katlı bina.....	105
<b>Şekil A.2:</b> 48 kombinasyonu Z2 için çarpışmalı/çarpışmasız deplasman oranları ortalaması a) 4 Katlı bina b) 8 Katlı bina.....	105
<b>Şekil A.3:</b> 412 kombinasyonu Z1 için çarpışmalı/çarpışmasız deplasman oranları ortalaması a) 4 Katlı bina b) 12 Katlı bina.....	106

<b>Şekil A.4:</b> 412 kombinasyonu Z2 için çarpışmalı/çarpışmasız deplasman oranları ortalaması a) 4 Katlı bina b) 12 Katlı bina.....	106
<b>Şekil A.5:</b> 812 kombinasyonu Z1 için çarpışmalı/çarpışmasız deplasman oranları ortalaması a) 8 Katlı bina b) 12 Katlı bina.....	107
<b>Şekil A.6:</b> 812 kombinasyonu Z2 için çarpışmalı/çarpışmasız deplasman oranları ortalaması değerleri a) 8 Katlı bina b) 12 Katlı bina .....	107
<b>Şekil A.7:</b> 1216 kombinasyonu Z1 için çarpışmalı/çarpışmasız deplasman oranları ortalaması a) 12 Katlı bina b) 16 Katlı bina.....	108
<b>Şekil A.8:</b> 1216 kombinasyonu Z2 için çarpışmalı/çarpışmasız deplasman oranları ortalaması a) 12 Katlı bina b) 16 Katlı bina.....	108
<b>Şekil A.9:</b> Düşük ve yüksek katlı binaların konumlarına göre genel çarpışmalı/çarpışmasız deplasman oranı ortalama değeri a) Z1 için solda konumlanmış bina ortalamaları b) Z1 için sağda konumlanmış bina ortalamaları c) Z2 için solda konumlanmış bina ortalamaları d) Z2 için sağda konumlanmış bina ortalamaları.....	109
<b>Şekil B.1:</b> 48 kombinasyonu Z1 için görel kat ötelenme oranları ortalama çarpışmalı/çarpışmasız değerleri a) 4 Katlı bina b) 8 Katlı bina..	110
<b>Şekil B.2:</b> 48 kombinasyonu Z2 için görel kat ötelenme oranları ortalama çarpışmalı/çarpışmasız değerleri a) 4 Katlı bina b) 8 Katlı bina..	110
<b>Şekil B.3:</b> 412 kombinasyonu Z1 için görel kat ötelenme oranları ortalama çarpışmalı/çarpışmasız değerleri a) 4 Katlı bina b) 12 Katlı bina .....	111
<b>Şekil B.4:</b> 412 kombinasyonu Z2 için görel kat ötelenme oranları ortalama çarpışmalı/çarpışmasız değerleri a) 4 Katlı bina b) 12 Katlı bina.....	111
<b>Şekil B.5:</b> 812 kombinasyonu Z1 için görel kat ötelenme oranları ortalama çarpışmalı/çarpışmasız değerleri a) 8 Katlı bina b) 12 Katlı bina .....	112
<b>Şekil B.6:</b> 812 kombinasyonu Z2 için görel kat ötelenme oranları ortalama çarpışmalı/çarpışmasız değerleri a) 8 Katlı bina b) 12 Katlı Bina .....	112
<b>Şekil B.7:</b> 1216 kombinasyonu Z1 için görel kat ötelenme oranları ortalama çarpışmalı/çarpışmasız değerleri a) 12 Katlı bina b) 16 Katlı bina.....	113
<b>Şekil B.8:</b> 1216 kombinasyonu Z2 için görel kat ötelenme oranları ortalama çarpışmalı/çarpışmasız değerleri a) 12 Katlı bina b) 16 Katlı bina.....	113
<b>Şekil B.9:</b> Düşük ve yüksek katlı binaların konumlarına göre genel çarpışmalı/çarpışmasız görel kat oranı ortalama değeri a) Z1 için solda konumlanmış bina ortalamaları b) Z2 için sağda konumlanmış bina ortalamaları c) Z1 için solda konumlanmış bina ortalamaları d) Z2 için sağda konumlanmış bina ortalamaları.....	114

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 2.1:</b> Kesit hasar sınırlarına göre izin verilen şekil değiştirme sınırları ..	11
<b>Tablo 2.2:</b> Çatlamış kesit için eğilme rijitliği.....	12
<b>Tablo 2.3:</b> Kullanılan depremlerin ivme kayıtları ve özellikleri.....	13
<b>Tablo 3.1:</b> Zemin özellikleri.....	22
<b>Tablo 3.2:</b> Zemin tipleri .....	23
<b>Tablo 3.3:</b> Bina özellikleri.....	25
<b>Tablo 3.4:</b> DBYBHY-2007 2.10.3.2 koşulları için bırakılması minimum derz .....	28
<b>Tablo 4.1:</b> Model kombinasyonu 4-8 için çatı katı deplasman sonuçları.....	54
<b>Tablo 4.2:</b> Model kombinasyonu 4-12 için çatı katı deplasman sonuçları.....	55
<b>Tablo 4.3:</b> Model kombinasyonu 8-12 için çatı katı deplasman sonuçları.....	55
<b>Tablo 4.4:</b> Model kombinasyonu 12-16 için çatı katı deplasman sonuçları.....	56
<b>Tablo 4.5:</b> Zemin sınıfı 1 için deplasman farkları (ZYE) .....	58
<b>Tablo 4.6:</b> Zemin sınıfı 2 için deplasman farkları (ZYE) .....	60
<b>Tablo 4.7:</b> Zemin sınıfı 1 için deplasman farkları (Ank.) .....	63
<b>Tablo 4.8:</b> Zemin sınıfı 2 için deplasman farkları (Ank.) .....	64
<b>Tablo 4.9:</b> Çarpışmalı ve çarpışmasız modeller arasındaki maksimum deplasman farkları .....	66
<b>Tablo 4.10:</b> Çarpışmalı ve çarpışmasız modeller arasındaki maksimum deplasman farkları .....	67
<b>Tablo 4.11:</b> Kombinasyon 48 için mutlak maksimum görelî kat ötelenme oranları .....	69
<b>Tablo 4.12:</b> Kombinasyon 412 için mutlak maksimum görelî kat ötelenme oranları .....	69
<b>Tablo 4.13:</b> Kombinasyon 812 için mutlak maksimum görelî kat ötelenme oranları .....	70
<b>Tablo 4.14:</b> Kombinasyon 1216 için mutlak maksimum görelî kat ötelenme oranları .....	70
<b>Tablo 4.15:</b> ZYE modelleri için ortalama taban kesme kuvvetleri .....	85
<b>Tablo 4.16:</b> Ankastre modeller için ortalama taban kesme kuvvetleri.....	87
<b>Tablo 4.17:</b> Ortalama mutlak maksimum taban kesme kuvvetleri.....	88
<b>Tablo 4.18:</b> Zemin yapı modellerine ait çarpışma mesafeleri.....	89
<b>Tablo 4.19:</b> Ankastre modellerine ait çarpışma mesafeleri.....	90
<b>Tablo 4.20:</b> Ankastre modellerine ait çarpışma mesafeleri.....	90
<b>Tablo 4.21:</b> Zemin yapı modellerine ait çarpışma kuvvetleri .....	91
<b>Tablo 4.22:</b> Ankastre modellerine ait çarpışma kuvvetleri .....	92
<b>Tablo 4.23:</b> A812 kombinasyonu 8 katlı yapı KOBE-TAK deprem ivme kaydı sonucu hasar alan eleman dağılımları .....	93
<b>Tablo 4.24:</b> A812 kombinasyonu 12 katlı yapı KOBE-TAK deprem ivme kaydı sonucu hasar alan eleman dağılımları .....	95
<b>Tablo 4.25:</b> Çarpışmalı ve çarpışmasız durum için hasar dağılımları.....	96

## SEMBOL LİSTESİ

<b>M</b>	: Eğilme momenti
<b>M<sub>cr</sub></b>	: Kesitte çatlama oluşturan eğilme momenti
<b>M<sub>u</sub></b>	: Kesitin eğilme momenti taşıma gücü
<b>M<sub>y</sub></b>	: Kesitin akma momenti
<b>T</b>	: Binanın 1. doğal titreşim periyodu
<b>δ</b>	: Şekil değiştirme
<b>Ø<sub>y</sub></b>	: Eşdeğer akma eğriliği
<b>Ø<sub>u</sub></b>	: Plastik eğrilik
<b>Ø<sub>cr</sub></b>	: Çatlama eğriliği
<b>L<sub>p</sub></b>	: Plastik mafsal boyu
<b>ε</b>	: Birim şekil değiştirmesi
<b>ε<sub>c</sub></b>	: Beton basınç birim şekil değiştirmesi
<b>ε<sub>s</sub></b>	: Yapı çeliği çekme birim uzaması
<b>ε<sub>cu</sub></b>	: Sargılı beton maksimum şekil değiştirmesi
<b>ε<sub>cg</sub></b>	: Dış çekirdek lifi basınç birim şekil değiştirmesi
<b>ε<sub>su</sub></b>	: Yapı çeliği kopma birim uzaması
<b>f<sub>y</sub></b>	: Yapı çeliği akma dayanımı
<b>f<sub>u</sub></b>	: Yapı çeliği kopma dayanımı
<b>EI</b>	: Eğilme rijitliği
<b>(EI)<sub>e</sub></b>	: Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
<b>(EI)<sub>o</sub></b>	: Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği
<b>A<sub>c</sub></b>	: Kolonun brüt kesit alanı
<b>f<sub>ck</sub></b>	: Beton karakteristik basınç dayanımı
<b>E</b>	: Elastisite modülü
<b>W</b>	: Bina sismik ağırlığı
<b>ü<sub>g</sub></b>	: Yer ivmesi
<b>[C]</b>	: Sönüm matrisi
<b>[K]</b>	: Rijitlik matrisi
<b>[M]</b>	: Kütle matrisi
<b>K</b>	: Yay rijitliği
<b>F<sub>c</sub></b>	: Çarpışma sonucu oluşan kuvvet
<b>g<sub>p</sub></b>	: İki model arası boşluk miktarı
<b>ρ<sub>sm</sub></b>	: DBYBHY-2007'e göre kesitte bulunması gereken hacimsel enine donatı oranı

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitim süresince bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım tez danışmanım Dr. Öğr. Ü. Bayram Tanık ÇAYCI ve Prof. Dr. Mehmet İNEL 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 dostlarıma sonsuz sevgi ve şükranlarımı sunarım.

Ayrıca yüksek lisans çalışmalarım boyunca her daim desteğini eksik etmeyen kıymetli dostum İlkay BALIKÇI'ya teşekkür ederim.

# 1. GİRİŞ

Ülkemiz mevcut yapı stoku incelendiğinde, yoğun kent nüfusu sebebiyle konut tipi yapıların önemli bir kısmının bitişik nizamlı inşa edildiği görülmektedir. Bu yapıların büyük çoğunluğu yetersiz boşluk oranı ile inşa edilmiştir. Yetersiz boşluk oranına sahip binaların şiddetli depremler esnasında farklı dinamik davranış göstermeleri nedeniyle çarpışma ihtimali bulunmaktadır. Gerçekleşen bu durum literatürde çekiçleme etkisi (pounding effect) olarak geçmektedir. Yakın geçmişte ülkemizde gerçekleşen yıkıcı depremler incelendiğinde çekiçleme davranışı nedeniyle hasar alan ve hatta yıkılan birçok betonarme binanın olduğu bilinmektedir (Kocaeli 1999, Simav 2011, Erciş 2011.).

Çekiçleme davranışı ile ilgili geçmişte gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde, sınırlı sayıda çalışmada zemin-yapı etkileşiminin dikkate alındığı görülmektedir. Temel davranışının ihmal edildiği ankastre mesnet kabulü, yüksek rijitliğe sahip zeminler için makul sonuçlar verse de zemin rijitliği düştükçe meydana gelen deformasyonlar nedeniyle yapı davranışı önemli ölçüde değişmektedir.

Gerçekleştirilen çalışmada, yetersiz boşluk oranına sahip binaların davranış özellikleri zemin-yapı etkileşimi dikkate alınarak incelenmiştir. Çalışmada en gerçekçi analiz yöntemi olan zaman-tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemi kullanılmıştır. Böylece çekiçleme etkilerinin sismik davranış üzerindeki etkileri detaylı bir şekilde araştırılarak, pratik mühendislik uygulamaları ve yönetmeliklere katkı ve öneri sunulması hedeflenmiştir.

## 1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı

Tezin kapsamı, yetersiz boşluk oranıyla inşa edilmiş düşük, orta ve yüksek katlı betonarme binaların sismik davranışlarının çekiçleme etkisi ve zemin yapı etkileşimi dikkate alınarak incelenmesidir.

Tez kapsamında, aynı kat yüksekliğine sahip olan çerçeve modelleri kullanılmıştır. Yapılar SAP2000 programı kullanılarak modellenmiştir. Analizler, geçmişte meydana gelmiş 15 farklı deprem kaydı kullanılarak doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Araştırma kapsamında yapıların plastik şekil değiştirme özellikleri taşıyıcı eleman uçlarında tanımlanan plastik mafsalları kullanarak dikkate alınmıştır. Tez kapsamında kullanılan modeller deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik (DBYBHY-2007) dikkate alınarak elde edilmiştir. Ayrıca zemin-yapı etkileşimi dikkate alınarak elde edilen sonuçların ankastre mesnetli modellerle kıyaslanması yapılmıştır. Zemin-Yapı etkileşimi incelenmesi adına 4 farklı zemin tipi kullanılmıştır.

Çekiçleme etkilerinin incelenmesi için farklı kat sayısına sahip binalar kullanılarak ikili bina kombinasyonları hazırlanmıştır. Çekiçleme etkilerinin görünebilmesi için modelleme aşamasında yapılar arasında 2 cm boşluk bırakılmıştır. Bu boşluk oranına sahip sonuçlar ile 50 cm boşluk oranlı modeller karşılaştırılarak çekiçleme etkileri incelenmiştir. Oluşturulan modellerin 15 farklı deprem için elde edilen sonuçları için; göreceli kat ötelenmeleri, tepe deplasmanları, taban kesme kuvvetleri ve bina çarpışma kuvveti büyüklüğü gibi birçok parametre dikkate alınarak modellerin sismik davranışları incelenmiştir.

Gerçekleştirilen bina modelleri zemin-yapı etkileşimli ve ankastre mesnet kabulüne göre hazırlanarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizleri gerçekleştirilmiştir. Böylece çekiçleme etkileri iki farklı yaklaşım kullanılarak incelenmiş, ankastre mesnet kabulünün geçerliliği araştırılmıştır.

Çalışma kapsamında 4 farklı bina için hazırlanan ikili kombinasyonlar kullanılarak 4 farklı zemin tipi ve iki farklı boşluk oranı için toplam 440 farklı zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz gerçekleştirilmiştir.



## 1.2 Literatür Özeti

Literatürde çekiçleme ve zemin davranışının etkileri deneysel, analitik (nümerik) ve gözlemsel olarak incelenmiştir. Fakat literatür taraması sonucunda görülmüştür ki çekiçleme etkisinin zemin yapı etkileşimiyle birlikte incelendiği çalışma sayısı oldukça az durumdadır. Bunun yanında çalışmalarda kullanılan deprem sayısının yetersizliği tezin önemini belirtmektedir. Tez kapsamında 15 adet deprem ivme kaydı kullanılarak zemin yapı etkileşimiyle birlikte çekiçleme etkilerinin de gözlemlendiği zaman tanım alanında analizler yapılmıştır. Araştırma konusu ile ilgili çalışmalar aşağıda kronolojik olarak sıralanmıştır.

1. Kutanis (2001), çalışma kapsamında 12, 24 ve 45 metre yüksekliğindeki üst yapılar kullanarak yapı zemin etkileşimi problemini, zaman tanım alanında iki boyutlu uzayda sonlu elemanlar tekniği ve alt sistem yaklaşımını kullanarak araştırmıştır. Zemin yapı ortak sistemi yakın ve uzak bölge olmak üzere iki bölgeye ayrılarak elde edilmiştir. Araştırma kapsamında 3 farklı deprem ivme kaydı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçların modelleme sırasında kullanılan zemin ve üstyapı dinamik özelliklerine bağlı olduğu gibi kullanılan deprem kaydının frekans içeriğine bağlı olarak değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir.

2. Soybal (2006), tarafından yüksek lisans tezi olarak yapılan çalışmada sıkıştırılmış granüller toprak zemin kullanılarak zemin ve üst yapının depreme karşı davranışının incelenmesi amaçlanmıştır. Zemin incelenmesinde sıvılaştıran ve sıvılaşmayan zemin için numune örnekleri kullanılmıştır. İncelemeler kapsamında modellemeler plaxis programı kullanılarak yapılmıştır. Modellemelerin ardından sismik etkilerin araştırılması adına Adapazarı deprem ivme kaydı kullanılarak analizler yapılmıştır. Zamana bağlı olarak elde edilen deplasman sonuçları değerlendirilmiştir.

3. Raheem (2006), çalışmasında 3B olarak 8 ve 13 katlı bina modellerini incelemiştir. Bu kapsamda binalar lineer ve nonlineer olarak farklı boşluk oranına sahip gap elemanlar kullanılarak birbirlerine bağlanmıştır. Bu yöntem ile çarpışmalı

durum etkileri incelenmiştir. Araştırmada düşük, orta ve yüksek PGA seviyelerine sahip 9 adet deprem kullanılarak zaman tanım alanında dinamik analiz yapılmıştır. Boşluksuz, 12 cm boşluklu ve 25 cm boşluklu kombinasyonlarla yapılan araştırma kapsamında çarpışma etkisinin ivme – deplasman talepleri ve kesme kuvvetleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

4. Doğan ve Günaydın (2009), tarafından yapılan çalışma kapsamında ülkemizde yaşanmış depremler ve bu depremlerde bitişik nizamlı inşa edilmiş binalarda çekişleme etkilerini incelemiştir. Bu kapsamda hazırladığı çerçeve modellerle farklı darbe noktalarında analizler yapmış ve analiz sonuçlarını değerlendirmiştir. Kat seviyelerinde meydana gelen çarpışmaların bu bölgenin rijit olması sebebiyle enerji transferinin daha fazla olduğunu gözlemlemiştir. Sonuç olarak, çarpışma kuvvetlerinin büyük olmalarından dolayı tamamen soğurulmadığını gözlemlemiştir. Bitişik nizam olarak inşa edilmiş binalar arasına elastik malzemeler koyulmasını önermiştir.

5. Efraimiadou vd. (2013<sup>a</sup>), çalışması kapsamında 9 farklı ikili bina modellemiştir. Farklı yapı düzenlemelerinin etkisinin incelenmesi için modelleri 6 farklı yer ivme kaydı kullanarak doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz ile incelemiştir. Çarpışma durumları için modellemede farklı kat yüksekliklerine sahip binalar kullanarak çarpışma hareketleri kat seviyesinde olmadığı durumlar için irdelenmiştir. Ayrıca araştırma kapsamında modellerin IDR değerleri, deplasman talepleri ve süneklik değerlerini incelemiştir. Çoğu durumda bitişik nizam yapıların çarpışma etkisi olumsuz etkileri yaratmaktadır. Bu yüzden çekişleme etkisi faydalı olmaktan ziyade zararlıdır.

6. Efraimiadou vd. (2013<sup>b</sup>), çalışması kapsamında 9 farklı ikili bina modellemiştir. Modeller 5 farklı deprem ivme kaydı kullanılarak doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz ile incelenmiştir. Çoğul deprem etkileri altında değerlendirmeler yapılmıştır. Yapıların davranışındaki etkisini belirleyebilmek için iki yapı arasında 4 farklı boşluk oranı dikkate alınmıştır. Art arda gelen iki deprem yer hareketi sonucunda oluşan hasara herhangi bir iyileştirme uygulanamadığından dolayı yapıda önemli hasar birikimlerine yol açmıştır. Çatı katı maksimum deplasmanı, kolonların sünekliği, kalıcı deplasmanlar gibi parametreler incelenmiştir. Çoğu

durumda çoğul depremlerin etkisi tek deprem etkisi ile kıyaslandığında daha zarar verici olduğu görülmüştür.

7. Jameel (2013), ele aldığı çalışma kapsamında farklı yapı yüksekliğine sahip bitişik nizamlı yapıların deprem davranışı altında çekiçleme etkilerinin incelenmesini amaçlamıştır. Modeller 4 ve 7 katlı olup birbirleri ile bağlanarak çarpışmalı ve çarpışmasız durumlar incelenmiştir. İnceleme kapsamında 25 mm, 125 mm ve 250 mm olarak 3 farklı gap modeli oluşturulmuştur. İncelemeler sırasında zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz (nonlinear time history analysis) yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca araştırma kapsamında kolon-kiriş çubuk eleman davranışı ile kolon-kiriş ve döşemenin birlikte incelendiği modeller karşılaştırılmıştır. Bu kapsamdaki incelemelerde deplasman talep değişimleri gözlemlenmiştir.

8. 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.

9. Altinel (2015), yürüttüğü çalışma kapsamında mevcut yapı stokunu temsil eden 75 ve 98 yönetmeliğine göre tasarlanmış 4 ve 7 katlı olmak üzere orta yükseklikteki yapıları 8 adet çekiçleme kombinasyonu altında incelemiştir. İnceleme kapsamında doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemini kullanmıştır. Çekiçleme etkisini incelemek adına doğrusal yay modellerinin kat seviyelerinden bağlantılarını sağlamıştır. Modeller sıralı binalar kullanılarak oluşturmuştur. Çalışma sonuçlarında kat kesme kuvvetleri, deplasman ve plastik mafsallarda hasar dağılımlarının farklarını incelemiştir. Analizler sonucu elde edilen sıkışma miktarlarını DBYBHY-2007'ye göre tanımlanan minimum sınırlar ile karşılaştırmıştır. Bu kıyaslamaların sonucunda ciddi miktarda veride sınır değerlerinin aşıldığını tespit etmiştir.

10. Kamal (2016), tarafından yapılan çalışma kapsamında mevcut bina stokunun yansıtıldığı orta katlı binalarda çekiçlemenin bina davranışı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Doğrusal olmayan 4 ve 7 katlı modeller, doğrusal yaylar ile aynı kat seviyelerinden bağlanarak 4 farklı ikili bina kombinasyonu oluşturulmuştur. Bu binalar arasında 3 farklı boşluk mesafesi bırakılarak deplasman talepleri, görel kat

ötenme oranları ve hasar dağılımları incelenmiştir. Çarpışma yönünde deplasman taleplerinin sınırlandırıldığını ve serbest yönde arttığı belirtilmiştir. Ayrıca çekiçlemenin plastik mafsallardaki hasar dağılımında oluşturduğu farklara dikkat çekilmiştir.

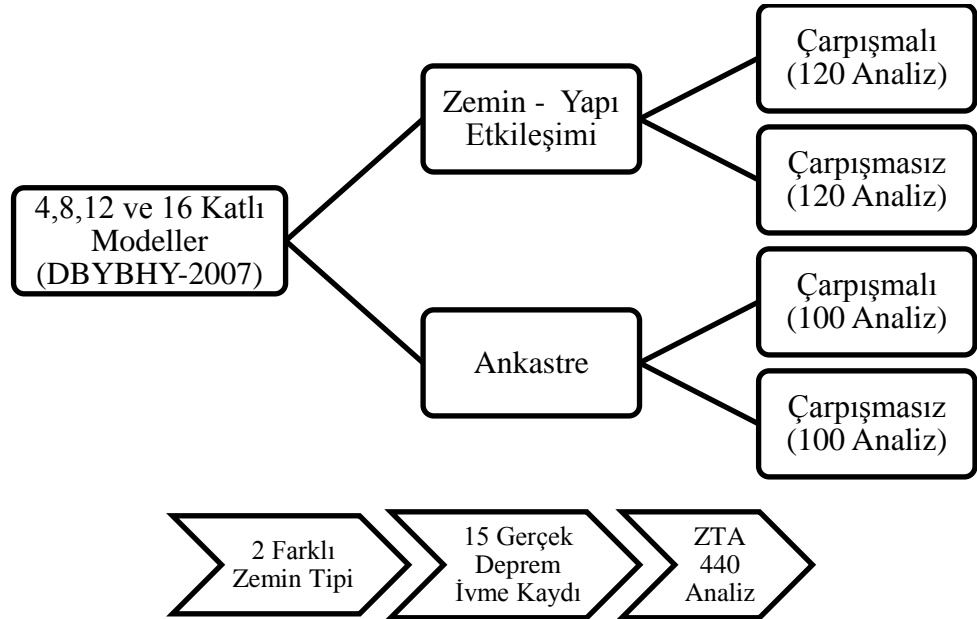
11. Çaycı (2016), tarafından ele alınan çalışma kapsamında 1975 ve 1998 yönetmeliklerine göre tasarlanan 2,4 ve 7 katlı binalar üç boyutlu olarak modellenerek incelenmiştir. Çalışma kapsamında farklı özelliklere sahip 4 adet zemin tipi doğrudan yöntem (direct method) kullanılarak modellenmiştir. Modellerin incelenmesi doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan davranış özellikleri dikkate alınarak iki farklı şekilde elde edilmiştir. Zemin etkilerinin kıyaslanması açısından ankastre modeller oluşturulmuştur. Gerçekçi sonuçlar elde etmek için 7 farklı gerçek ivme kaydı kullanılarak zaman tanım alanında doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan analizler ile incelenmiştir. Bu kapsamda kullanılan deprem kayıtları kesme dalgası hızı 750 m/s'den büyük olan zeminler üzerinde elde edilen kayıtlardan alınmıştır.

12. Kontoni and Farghaly (2018), tarafından yapılan çalışma kapsamında farklı kat sayılarına ve farklı temel seviyelerine sahip çok katlı bitişik nizamda modellenmiş ikili yapılarda çekiçleme etkileri incelenmiştir. İki boyutlu olarak ankastre mesnet ve zemin yapı etkileşiminin dikkate alındığı modeller üzerinde çalışılmıştır. Analizler sırasında zaman tanım alanında analiz yöntemi kullanılmıştır. Modellemelerde yapıların birleştirilmesinde özel eleman tanımlanarak Kelvin-Voigt modeli ile gap eleman birlikte kullanılmıştır. Yatay deplasmanların ankastre duruma göre zemin yapı etkileşimi olan modellerde daha yüksek geldiği görülmüştür. Sonuç olarak hem çekiçleme hem yapı zemin etkileşiminin dikkate alındığı tezde özellikle farklı yükseklik ve farklı zemin seviyesindeki yapılarda zemin ve çarpışma etkilerinin birçok olumsuzluğa neden olduğu görülmüştür. Bu etkilerin modelleme sırasında dikkate alınması önem arz etmektedir.

### 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 araştırılan zemin-yapı etkileşimi ve çekiçleme etkileri hakkında genel bilgilere yer verilmiştir. Doğrusal elastik olmayan analiz ve zaman tanım alanında analiz için kullanılan depremler hakkında genel bilgilere yer verilmiştir.
3. Bölümde tez kapsamında kullanılan modelleme ile ilgili genel özellikler, bina özellikleri, zemin özellikleri ve ikili modellemelere yer verilmiştir. Ardından 2007 ve 2018 deprem yönetmelikleri karşılaştırılmıştır.
4. Bölümde tez kapsamında yapılmış olan 440 adet analiz sonuçları incelenmiş ve değerlendirilmesi yapılmıştır.
5. Bölümde 440 analiz ışığında elde edilen sonuçlar ve bu sonuçların genel bir değerlendirilmesi yapılarak gelecekte yapılacak çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.



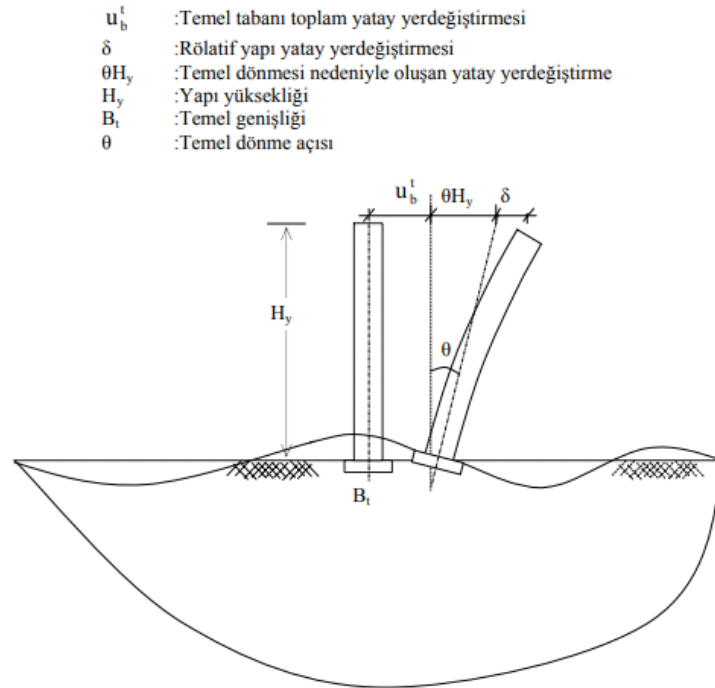
Şekil 1.1: Organizasyon şeması

## 2. ZEMİN YAPI ETKİLEŞİMİ VE YÖNTEM

### 2.1 Zemin Yapı Etkileşimi ve Çekiçleme Davranışı

Sismik açıdan oldukça aktif bir bölgede yer alan ülkemizde geçmişte meydana gelen depremler büyük can ve mal kaybına neden olmuştur. Bu can ve mal kayıplarının önemli kısmı yapım ve tasarım aşamasında yapılan yanlışlıklardan kaynaklanmaktadır. Bu tez kapsamında tasarım sırasında ve yapım aşamasında planlanmayan ya da göz ardı edilen zemin davranışı ve çekiçleme düzensizliği incelenmiştir.

Mevcut yönetmeliklerde 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). Tasarım aşamasında dikkate alınmayan zemin etkisi Şekil 2.1’de zemin yapı etkileşimi şematize edilmiştir.



**Şekil 2.1:** Sismik etkiler altında yapı zemin davranışının şematik olarak gösterilmesi (Kutanis,2001)

Şekil 2.1’de görüldüğü gibi zemin deformasyonlarına bağlı olarak temelde ötelenmeler ve dönmeler meydana gelmekte, yapı davranışını etkilemektedir. Gerçekleştirilen tez kapsamında çekiçleme etkileri ve zemin-yapı etkileşimi birlikte dikkate alınarak yapıların sismik davranışları araştırılmıştır.

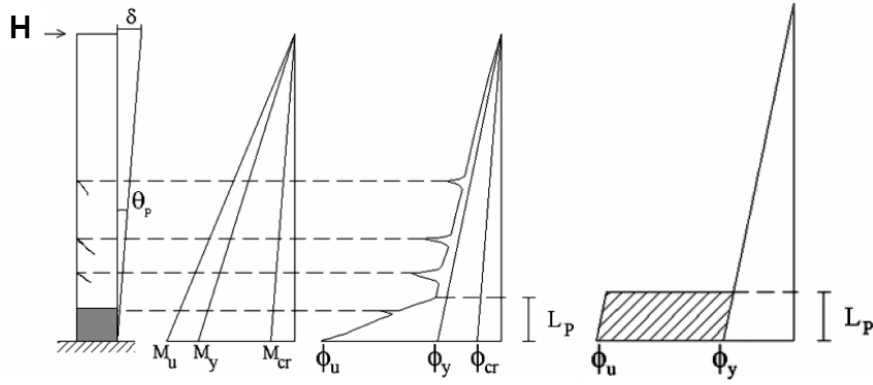


**Şekil 2.2:** Simav depreminde çekiçleme etkisiyle kalıcı hasar görmüş bina (Ozmen ve diğ., 2011)

Şekil 2.2’de yakın tarihte Simav depreminde meydana gelmiş olan tipik çekiçleme hasarı görülmektedir. Özellikle yumuşak kat düzensizliği ile birlikte çekiçleme davranışı sonrası binaların hasar düzeyleri önemli ölçüde artmakta hatta yıkılabilmektedir. Ayrıca yüksek sismik talepler altında kötü zemin koşulları da hasar düzeylerini etkilemektedir. Tüm bu veriler ışığında zemin-yapı etkileşimi ve çekiçleme davranışının önemli sonuçlar yarattığı söylenebilir.

## 2.2 Doğrusal Elastik Olmayan Modelleme ve Plastik Mafsal Tanımı

Kiriş kolon elemanlarının uç noktalarında elastik deformasyon kapasitesinin aşılmasıyla birlikte plastik deformasyonlar meydana gelir. Bu yüzden plastik deformasyon davranışının incelenmesi ve hesaplamalara dahil edilmesi daha doğru sonuçlara ulaşılmasını sağlar. Şekil 2.3’te artan yatay yük altında konsol bir kolonun tabanında oluşan plastik mafsal davranışı şematize edilmiştir.



**Şekil 2.3:** Konsol kolon için eğrilik yoğunlaşması ve plastik mafsalları

Doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz için, modellemelerde 2007 deprem yönetmeliğine uygun olarak SAP2000 yazılımı yardımıyla eleman uçlarına mafsallar tanımlanmıştır. Plastik mafsallar en kritik kesit için moment eğrilik değerleri hesaplanarak elde edilmiştir. Mafsallar SAP2000 programına el ile tanımlanmıştır. Tanımlamalarda moment eğrilik ilişkileri için Mander sargılı beton modeli kullanılmıştır (Mander ve diğ., 1988).

Plastik mafsalları boyu:

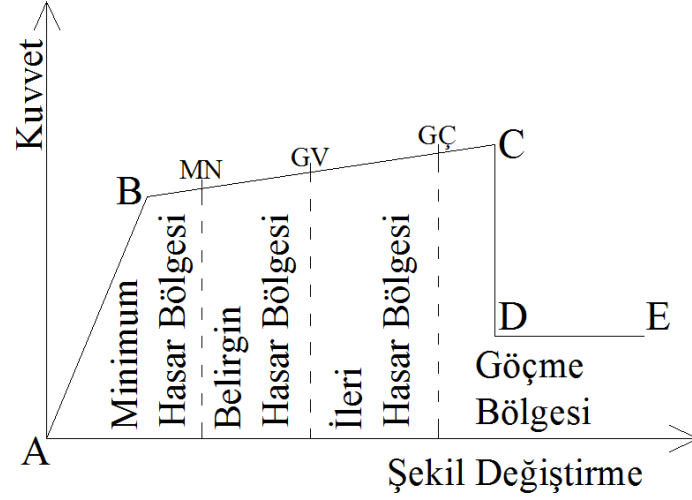
$$L_p = \frac{H}{2} \text{ olarak tanımlanmıştır.}$$

Her eleman için gerilme-şekil değiştirme grafikleri plastik mafsalları hesabında kullanılmak üzere elde edilmiştir. Gerilme-şekil değiştirme grafikleri elde edilirken SEMAp (Özmen vd. 2007; TÜBİTAK105M024) yazılımından yararlanılarak moment-eğrilik değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen değerler SAP2000 programında kullanılmak üzere moment-eğrilik değerlerinden moment-dönme değerlerine dönüştürülmüştür.

Mafsalları tanımlamasında kullanılan moment-eğrilik ilişkilerini hasar sınırları Şekil 2.4'te verilmiştir. Şekilde eğilme mafsalları hasar sınırları B, C, D, E ve performans kriterleri MN, GV, GÇ olarak ifade edilmiştir. Kesit için 'B' noktası akma sınırını ifade etmektedir ve B noktasına ulaşan kesit için C noktasına kadar olan davranış doğrusal olmayan davranış olarak tanımlanır. B noktasına ulaşmadan önceki bölge ise kesitimizin sünek davranış gösterdiği bölgedir.



B-C aralığındaki bölgede ise kesitin doğrusal olmayan davranışı için deprem yönetmeliğine göre tanımlanan MN, GV, GÇ performans kriterleri gösterilmiştir. C noktasına ulaşan kesitin hızlıca kapasite kaybettiği kabul edilir. Bu nokta da FEMA-356 ve ATC-40 dokümanlarında belirtildiği gibi dayanım değeri akma dayanımının %20'si seviyelerine gelir. E noktasında kesit kapasitesinin tamamını kaybederek yük taşıyamaz hale gelir.



**Şekil 2.4:** Kesit hasar bölgeleri ve dayanım deformasyon ilişkisi

Çalışma kapsamında belirlenen çelik ve beton birim deformasyon sınırları DBYBHY-2007'de verilen formül ve değerler kullanılmıştır. Plastik bölgedeki kesit performans hasar sınırları MN (Minimum Hasar Sınırı), GV (Güvenlik Sınırı) ve GÇ (Göçme Sınırı) olarak isimlendirilmiştir. Bu değerler aşağıda Tablo 2.1'da verilmiştir.

**Tablo 2.1:** Kesit hasar sınırlarına göre izin verilen şekil değiştirme sınırları

Nokta	Beton Birim Deformasyonu ( $\epsilon_c$ )	Çelik Birim Deformasyonu ( $\epsilon_s$ )
<b>B</b>	<b>Akma dayanımı ve eğilme rijitliği belirle</b>	
<b>MN</b>	$(\epsilon_{cu})MN = 0.0035$	$(\epsilon_s)MN = 0.01$
<b>GV</b>	$(\epsilon_{cg})GV = 0.0035 + 0.010(\rho_s / \rho_{sm}) < 0.0135$	$(\epsilon_s)GV = 0.04$
<b>GC</b>	$(\epsilon_{cg})GC = 0.0040 + 0.014(\rho_s / \rho_{sm}) < 0.0180$	$(\epsilon_s)GC = 0.06$
<b>C-D</b>	$(\epsilon_{cg})C = 0.03$	$(\epsilon_s)C = 0.5 \epsilon_{su}$
<b>E</b>	$(\epsilon_{cg})D = 0.04$	$(\epsilon_s)D = \epsilon_{su}$

DBYBHY-2007'de 7.6.9 bölümde verilen değerler yukarıda tablo haline getirilmiştir. Buradaki  $\rho_{sm}$  değeri DBYBHY-2007'de belirtildiği gibi kesitte bulunması gereken enine donatının hacimsel oranını ifade etmektedir.

Yapı elemanlarında hasar aldıkları zaman oluşan çatlaklar sebebiyle rijitlik kaybı oluşur. Bu rijitlik kayıpları çatlak derinliğine ve eksenel yük miktarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu sebeple yapılan çalışmada kolon ve kirişlere değişken etkin eğilme rijitliği tanımlanmıştır. Bu tanımlamalar DBYBHY-2007’de verilen kurallar ile elde edilmiştir. Kolon ve kiriş için etkin eğilme rijitliği Tablo 2.2’de verilmiştir.

**Tablo 2.2:** Çatlamış kesit için eğilme rijitliği

$N/(A_c F_{ck})$	$\leq 0.10$	$\geq 0.40$
<b>Kiriş</b>	0.4 (EI) <sub>o</sub>	
<b>Kolon</b>	0.4 (EI) <sub>o</sub>	0.8 (EI) <sub>o</sub>

\*Kolonlar için ara değerler enterpolasyon yapılarak elde edilmiştir.

## 2.3 İvme Kayıtları

### 2.3.1 Kullanılan Deprem İvme Kayıtları ve Özellikleri

Çalışma kapsamında 15 adet deprem ivme kaydı kullanılmıştır. Kullanılan 15 adet deprem ivme kaydı PEER web sitesinin arşivinden elde edilmiştir (PEER, <http://peer.berkeley.edu/>). Kullanılan 5 adet deprem İleri Yönlendirmeli (Forward Directivity) olarak seçilmiştir. Kullanılan ivme kayıtları Tablo 2.3’de verilmiştir.

**Tablo 2.3:** Kullanılan depremlerin ivme kayıtları ve özellikleri

SETLER	No	Deprem Adı	Tarih	İstasyon	Bileşen	Büyük­lük Mw	PGA (g)	PGV (cm/sn)	Vs30 (m/sn)
SET 1	1	Landers	28/06/92	Yermo Fire Station	360	7.3	0.152	29.70	353.63
	2	Kocaeli	17/08/99	Izmit	180	7.4	0.152	22.60	811
	3	Spitak	07/12/88	Gukasian	000	6.77	0.199	28.60	343.53
	4	Loma Pri.	18/10/89	H.S. Pine	090	6.93	0.177	29.10	370.8
	5	Italy	23/11/80	Sturno	000	6.9	0.251	37.00	382.0
SET 2	6	Kocaeli	17/08/99	Düzce	180	7.4	0.312	58.85	281.9
	7	Chi-Chi	20/09/99	TCU45	W	7.62	0.474	37.39	704.6
	8	Kobe	16/01/95	Nishi-Akashi	000	6.9	0.509	37.30	609
	9	Landers	28/06/92	Joshua Tree	090	7.28	0.284	43.20	379.3
	10	Northridge	17.01.1994	Pacoima KC	360	6.7	0.433	51.23	508.1
SET 3 (Forward Directivity)	11	Düzce	12/11/99	Bolu	090	7.14	0.822	62.10	293.6
	12	Northridge	17/01/94	Sylmar OI	090	6.69	0.604	78.10	440.5
	13	Erzincan	13/03/92	Erzincan	EW	6.8	0.496	64.30	274.5
	14	Northridge	17/01/94	Tarzana	360	6.69	0.990	77.26	257.2
	15	Kobe	16/01/95	Takatori	090	6.9	0.616	120.72	256.0

Seçilen kayıtlardan set 1 ve set 2’de bulunan 10 adet deprem ivme kaydı 2 farklı binasız zemin modeline etki edilerek analiz edilmiştir. Böylece zemin yüzeyinden büyütülmüş deprem ivme kayıtları elde edilmiştir.

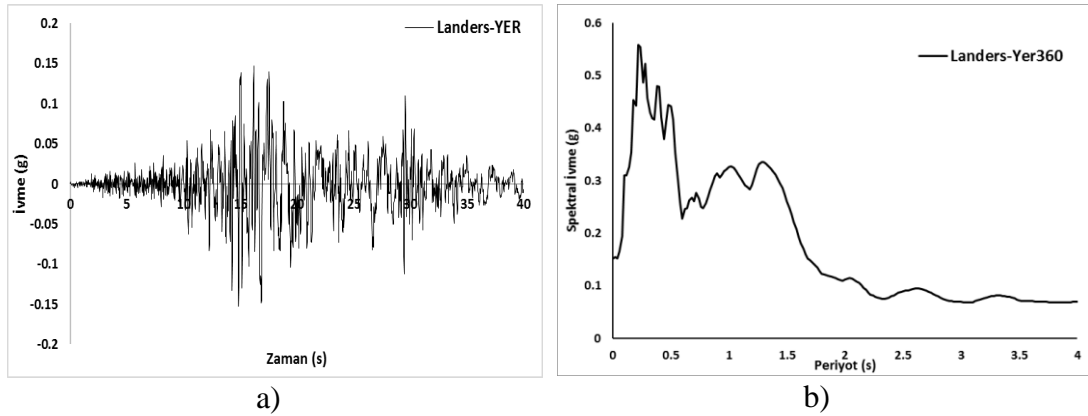
Kullanılan 5 adet ivme kaydı ise bina modellerine direk olarak etki edilmiş olan ileri yönlenme (Forward Directivity) özelliğine sahip ivme kayıtlarından seçilmiştir. Bu 5 deprem ise set 3 deprem ivme kayıtlarını oluşturmaktadır. Set 3 grubu ivme kayıtlarında herhangi bir zemin büyütmesi uygulanmamıştır.

### 2.3.2 İvme Spektrumlarının Bulunması

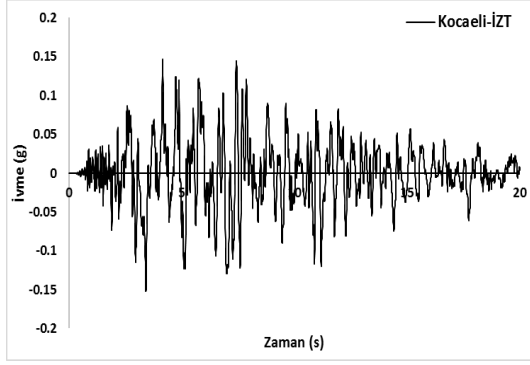
Araştırma kapsamında kullanılan ivme kayıtlarının, ivme-zaman grafikleri ve %5 sönüm için hesaplanmış elastik talep spektrumları set 1 depremleri için Şekil 2.5-Şekil 2.9’de, set 2 depremleri için Şekil 2.10-Şekil 2.14’de, set 3 depremleri için ise Şekil 2.15-Şekil 2.19’de verilmiştir.

Setler için elde edilen talep spektrumlarının ortalama değerleri DBYBHY-2007 ile karşılaştırılması set 1 deprem ivme kayıtları için Şekil 2.20’de, set 2 kayıtları için Şekil 2.21’de, set 3 kayıtları için ise Şekil 2.22’de verilmiştir.

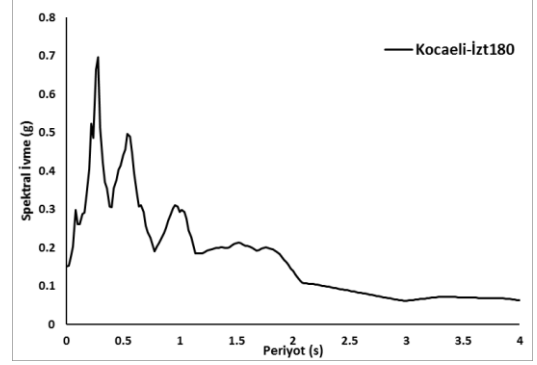
#### 2.3.2.1 Set 1 Deprem Kayıtları



Şekil 2.5: Landers-YER depremi a) Deprem kaydı, b) Elastik ivme spektrumu

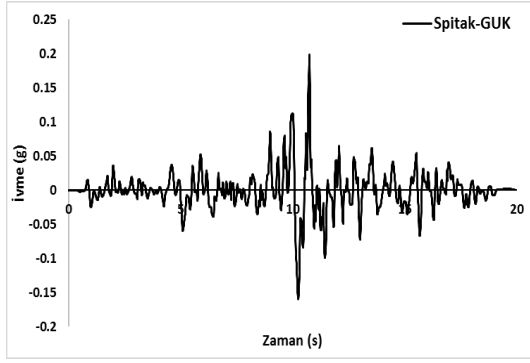


a)

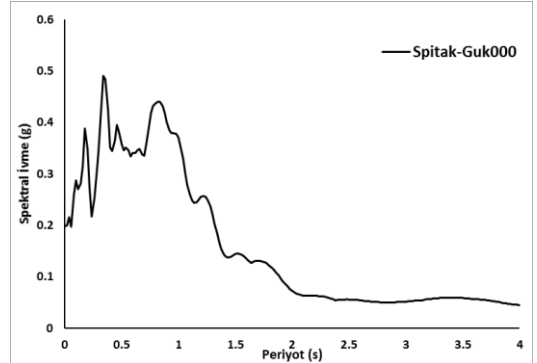


b)

**Şekil 2.6:** Kocaeli-İZT depremi a) Deprem kaydı, b) Elastik ivme spektrumu

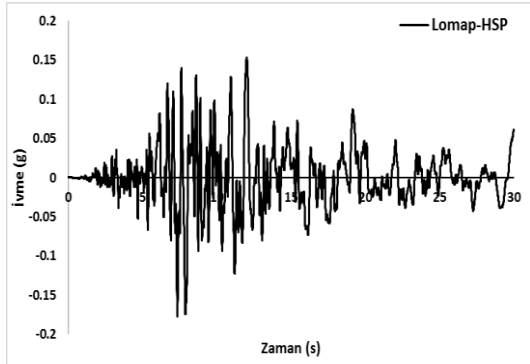


a)

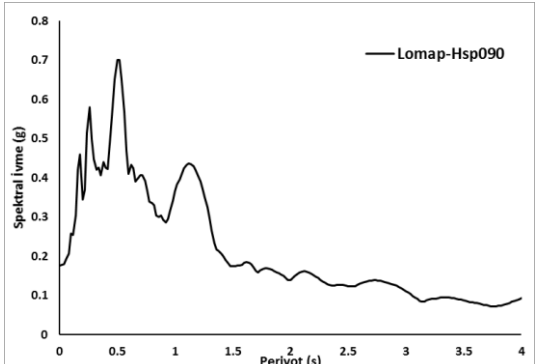


b)

**Şekil 2.7:** Spitak-GUK depremi a) Deprem kaydı, b) Elastik ivme spektrumu

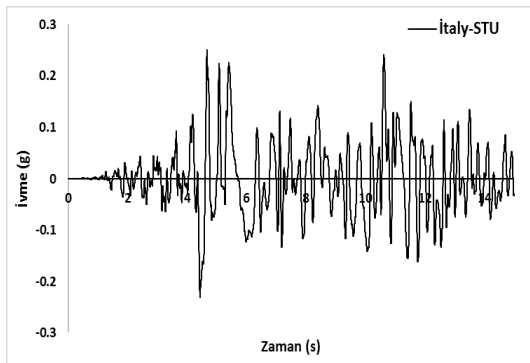


a)

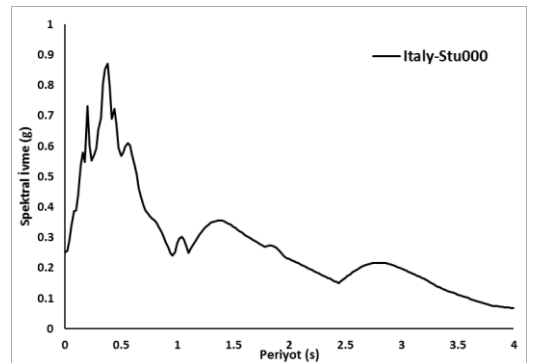


b)

**Şekil 2.8:** Lomap-HSP depremi a) Deprem kaydı, b) Elastik ivme spektrumu



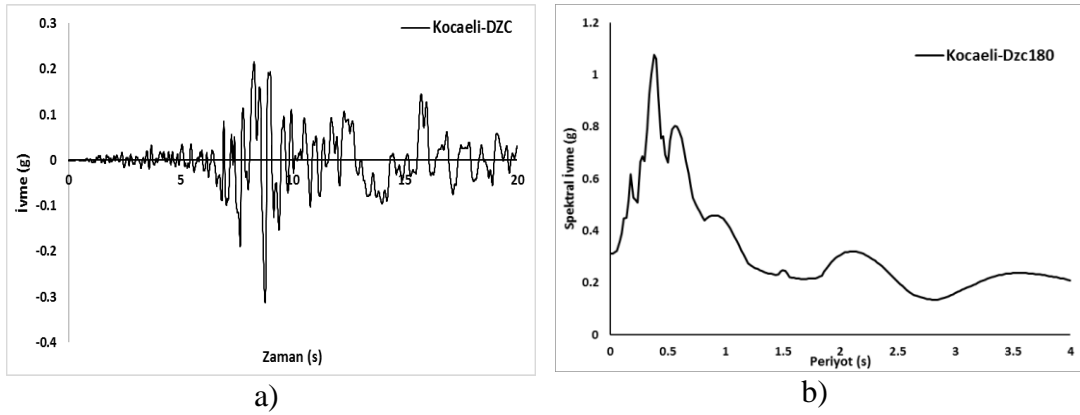
a)



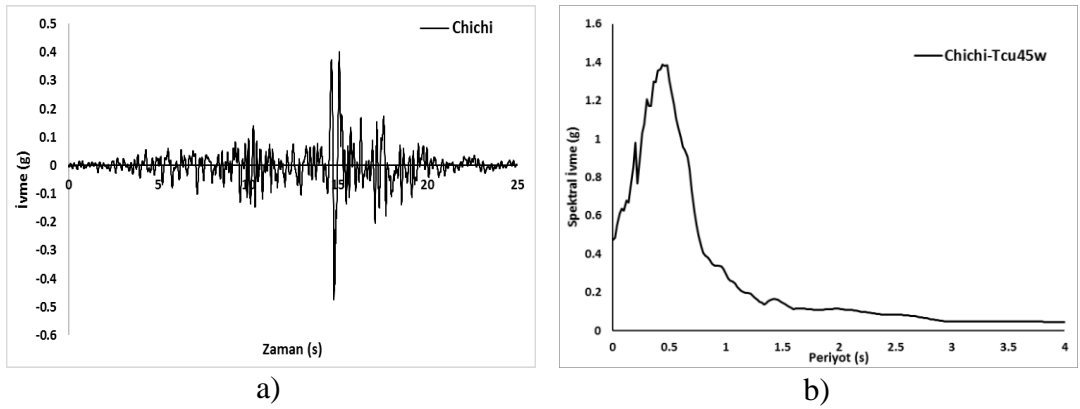
b)

**Şekil 2.9:** İtaly-STU depremi a) Deprem kaydı, b) Elastik ivme spektrumu

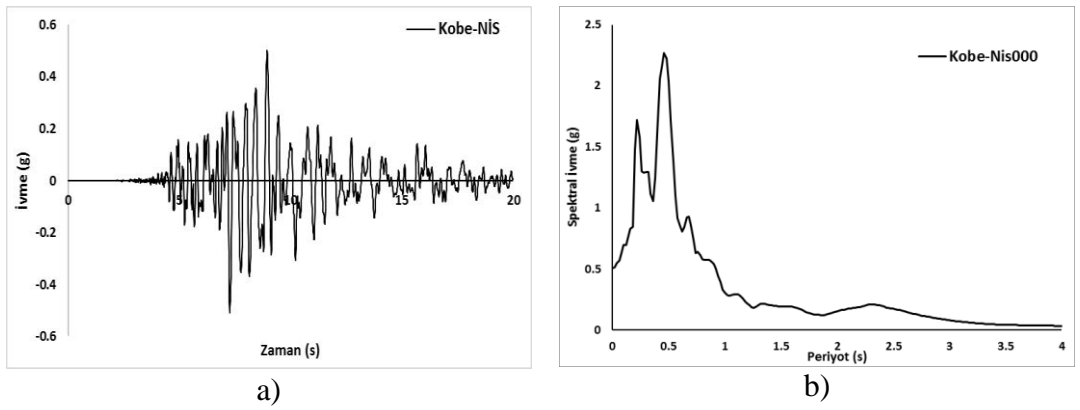
### 2.3.2.2 Set 2 Deprem Kayıtları



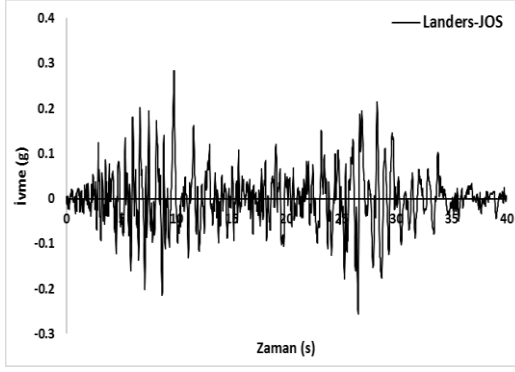
Şekil 2.10: Kocaeli-DZC depremi a) Deprem kaydı, b) Elastik ivme spektrumu



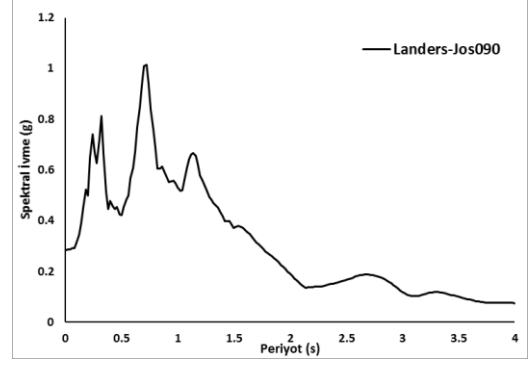
Şekil 2.11: Chichi-TCU45 depremi a) Deprem kaydı, b) Elastik ivme spektrumu



Şekil 2.12: Kobe-NİS depremi a) Deprem kaydı, b) Elastik ivme spektrumu

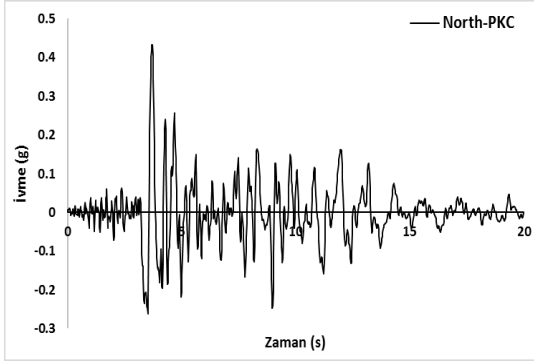


a)

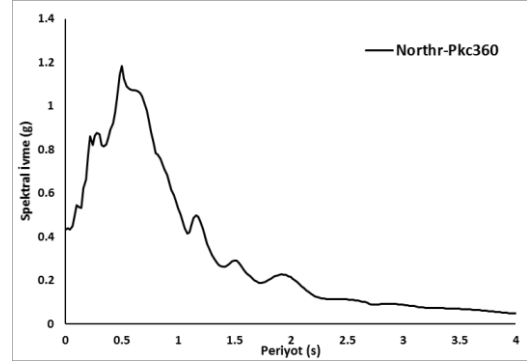


b)

Şekil 2.13: Landers-JOS depremi a) Deprem kaydı, b) Elastik ivme spektrumu



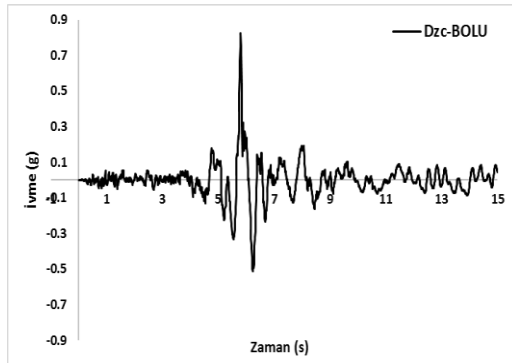
a)



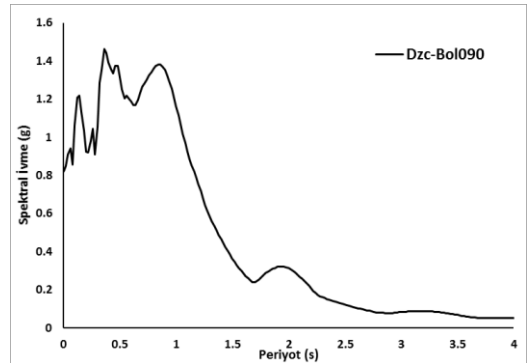
b)

Şekil 2.14: North-PKC depremi a) Deprem kaydı, b) Elastik ivme spektrumu

### 2.3.2.3 Set 3 Deprem Kayıtları

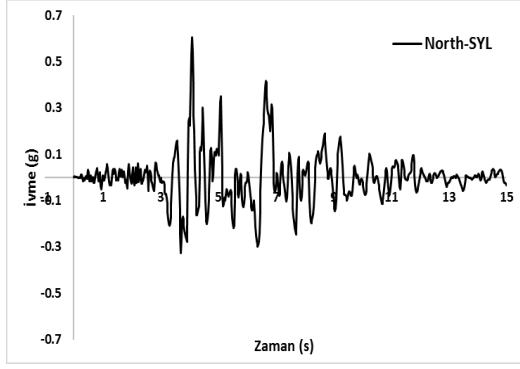


a)

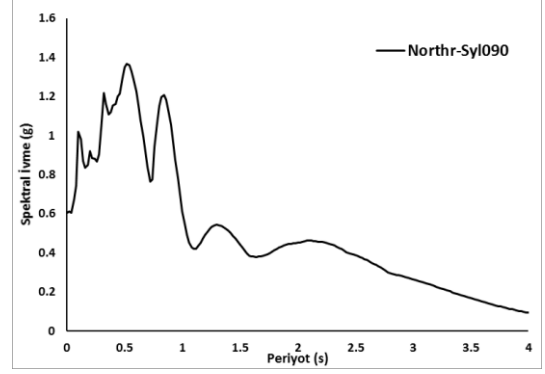


b)

Şekil 2.15: Düzce-BOLU depremi a) Deprem kaydı, b) Elastik ivme spektrumu

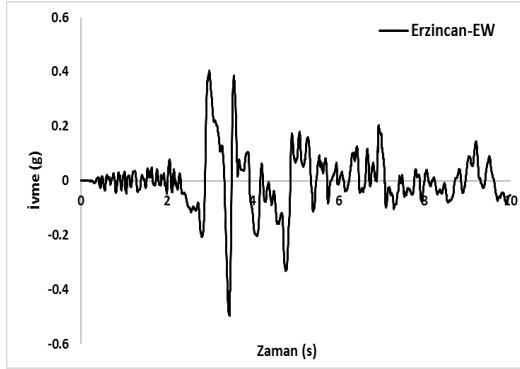


a)

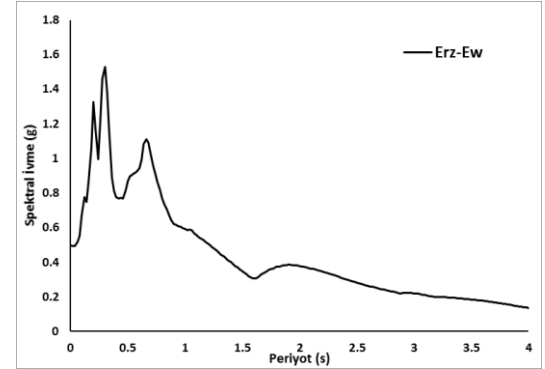


b)

Şekil 2.16: North-SYLMAR depremi a) Deprem kaydı, b) Elastik ivme spektrumu

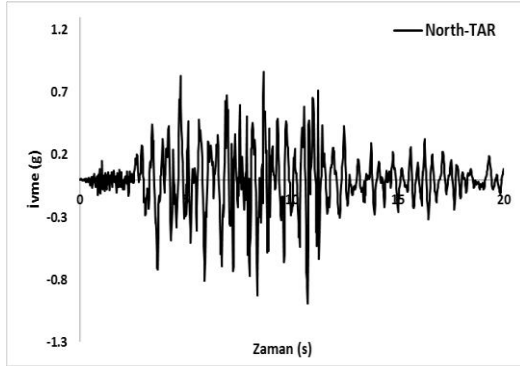


a)

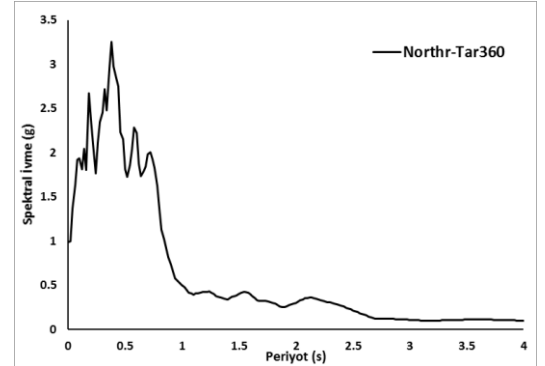


b)

Şekil 2.17: Erzincan-EW depremi a) Deprem kaydı, b) Elastik ivme spektrumu

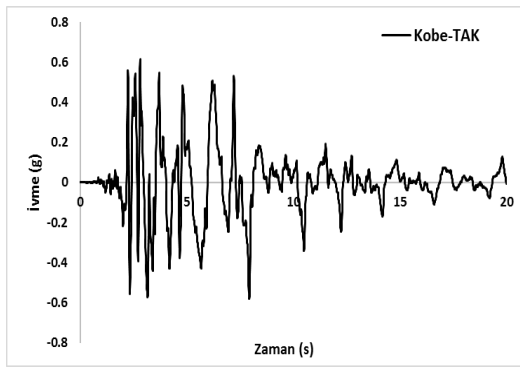


a)

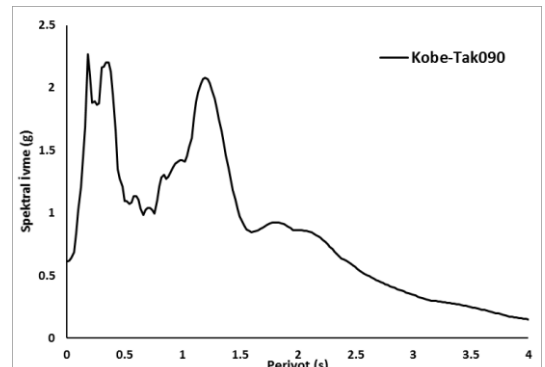


b)

Şekil 2.18: North-TAR depremi a) Deprem kaydı, b) Elastik ivme spektrumu



a)



b)

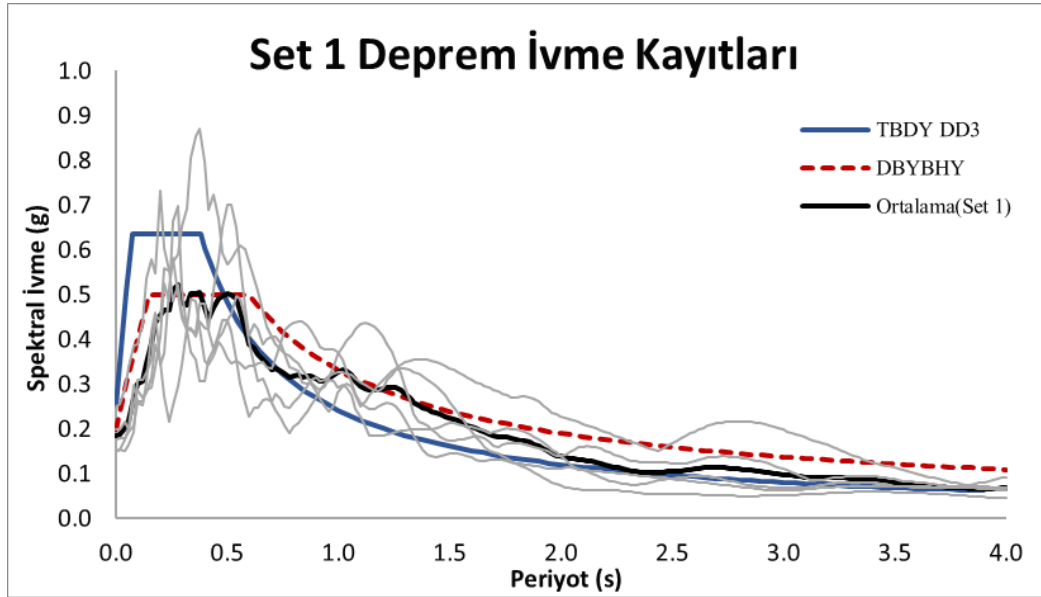
Şekil 2.19: Kobe-TAK depremi a) Deprem kaydı, b) Elastik ivme spektrumu



### 2.3.3 Kullanılan Kayıtların Ortalaması

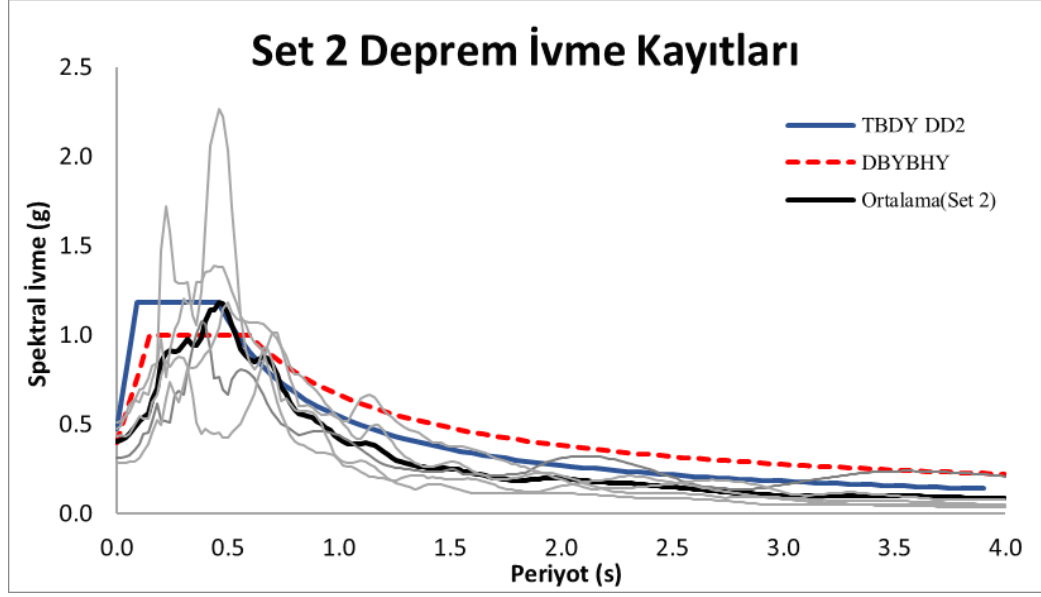
Kullanılan depremler için hesaplanmış olan elastik tepki spektrumları ve ortalamaları Şekil 2.20-2.22’de gösterilmiştir.

Seçilen ivme kayıtlarının herhangi bir yönetmelik spektrumu ile uyumlu olması için özel bir çaba harcanmamıştır. Ancak TBDY-2018’de tanımlı spektrum hesabı dikkate alındığında Denizli Çınar meydanından ZD zemin sınıfı kabul edilmesi durumunda Set1’in DD-3, Set 2’nin DD-2 ve Set-3’ün DD-1 sınıfı deprem spektrumları ile uyumlu olduğu söylenebilir. Ayrıca DBYBHY-2007’ye göre de spektral ivme hesabı yapılmıştır. Bu hesaplamada, etkin yer ivme katsayısı 0.4 ve yerel zemin sınıfı Z3 parametreleriyle 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem set 3 ile, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem set 2 ile, 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan değerler set 1 deprem ivme kayıtlarıyla uyumlu gelmiştir.



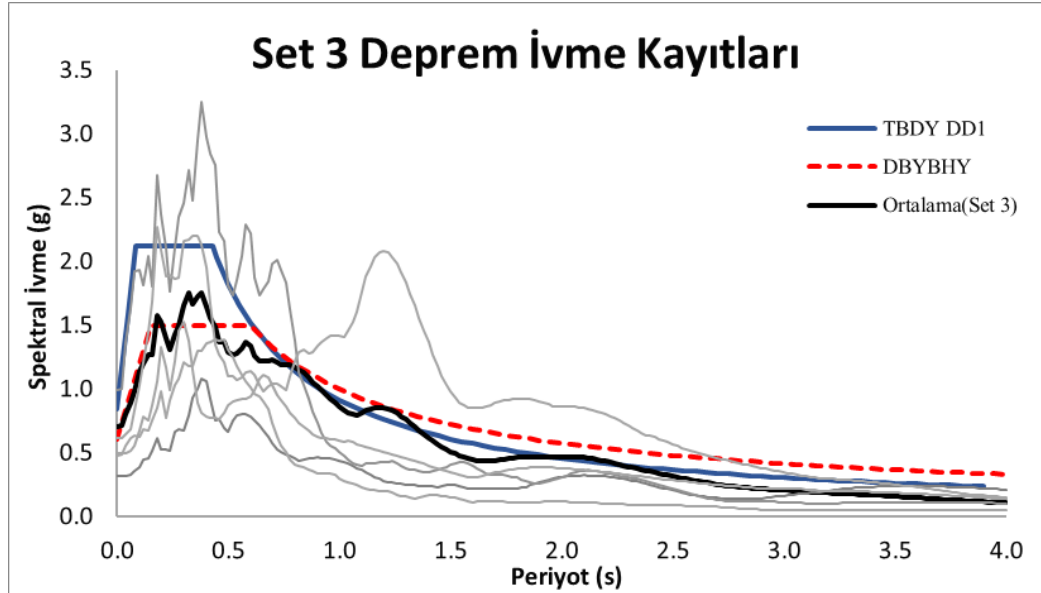
Şekil 2.20: Set 1 deprem kayıtları

Şekil 2.20’de set 1 deprem kayıtları ve bu kayıtların ortalama değerleri verilmiştir. Grafikte TBDY-2018 değerleri DD-3 depremleri için ZD zemin sınıfında, DBYBHY-2007 değerleri Z3 zemin sınıfı için etkin yer ivmesi 0.4 alınarak gerçekleşme ihtimali %50 olan depremler için elde edilmiştir.



**Şekil 2.21:** Set 2 deprem kayıtları

Aynı karşılaştırma set 2 deprem kayıtları ve bu kayıtların ortalama değerleri için verilmiştir. Grafikte TBDY-2018 değerleri DD2 depremleri için ZD zemin sınıfında, DBYBHY-2007 değerleri Z3 zemin sınıfı için etkin yer ivmesi 0.4 alınarak gerçekleşme ihtimali %10 olan depremler için elde edilmiştir.



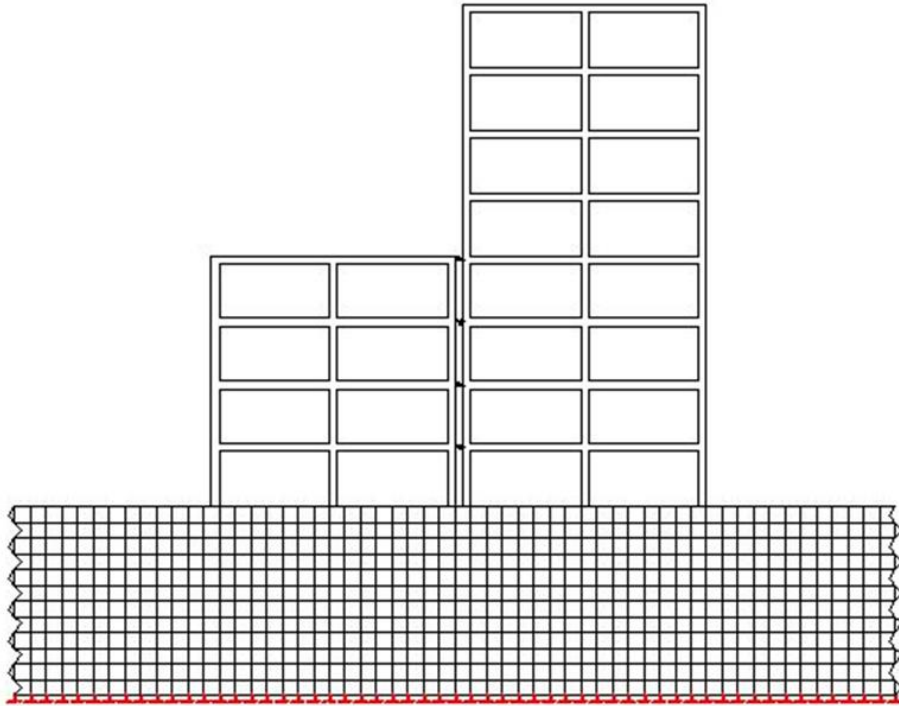
**Şekil 2.22:** Set 3 deprem kayıtları

Son olarak set 3 deprem kayıtları ve bu kayıtların ortalama değerleri verilmiştir. Grafikte TBDY-2018 değerleri DD1 depremleri için ZD zemin sınıfında, DBYBHY-2007 değerleri Z3 zemin sınıfı için etkin yer ivmesi 0.4 alınarak gerçekleşme ihtimali %2 olan depremler için elde edilmiştir.

### 3. MODELLEME VE ANALİZ

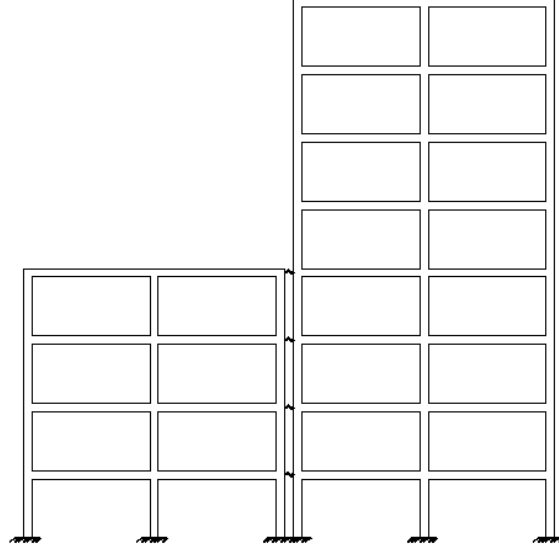
#### 3.1 Genel

Çalışma kapsamında doğrusal elastik olmayan davranış özellikleri dikkate alınarak 4-8-12 ve 16 katlı binalar modellenmiştir. Tasarlanan çerçeve yapılar farklı kombinasyonlar türetilerek ikili modeller olarak tasarlanmıştır. Bu modeller yapı zemin etkileşimi (Şekil 3.1) ve ankastre (Şekil 3.2) olarak karşılaştırılmıştır.



**Şekil 3.1:** Yapı zemin etkileşimi örnek ikili bilgisayar modeli

İkili modeller oluşturulurken iki farklı boşluk oranının olduğu kabul edilmiştir. Bunlardan birincisi tipik olarak yetersiz boşluk oranı ile inşa edilmiş binaları temsil eden 2 cm'dir. Yetersiz boşluk oranının 2 cm kabul edilmesinin nedeni, binalar arasına yerleştirilen strafor malzemesinin kalınlığının yaklaşık olarak bu mertebede olmasıdır. İkinci olarak hiçbir durumda çarpışmanın gerçekleşmeyeceği kadar büyük oranda boşluk oranı bırakılarak (50 cm) bina analizleri yenilenmiştir. Böylece hem çarpışmalı durum ile çarpışmasız durum arasındaki davranış farkları incelenmiş, hem de link elemanlardaki sıkışma oranları incelenerek çarpışma olmaması için güvenli boşluk oranı incelenmiştir.



**Şekil 3.2:** Ankastré örnek ikili model

### 3.2 Zemin Özellikleri

Çalışmada zemin profilleri modellenirken Structural Analysis Program (Sap2000) programından faydalanılmıştır. Zemin ortamı boyutları Y doğrultusunda 225 metre ve 30 metre derinliğindedir. Analizlerde kullanılan zemin özellikleri Tablo 3.1’de verilmektedir.

**Tablo 3.1:** Zemin özellikleri

ZEMİN	E	Poisson Oranı	W
	$\text{kN/m}^2$	$\text{kN/m}^2$	$\text{kN}\cdot\text{m}$
Soil 1	50000	0.4	16
Soil 2	100000	0.4	16
Soil 3	200000	0.35	17.65
Soil 4	900000	0.3	19.61

Analizler için iki farklı zemin profili oluşturulmuştur. Zemin profilleri 5 tabakadan oluşup toplamda 30 metre derinliğe sahiptir. Zemin 1 ve zemin 2 için kullanılan zemin tipleri Tablo 3.2’de verilmiştir.

**Tablo 3.2:** Zemin tipleri

Zemin	Derinlik (m)	Zemin Tipi 1	Zemin Tipi 2
Z1	0-5	S1	S2
Z2	5-10	S2	S2
Z3	10-15	S2	S3
Z4	15-20	S3	S3
Z5	20-30	S3	S4

Zemin-yapı etkileşimli analizler gerçekleştirilirken, zemin kütleli olarak solid ortamda modellenmiştir. Ancak ivme kaydı yalnızca üst yapı kütle noktalarında etkilmiştir (Wilson, 2002). Böylece Denklem (3.1)'de tanımlanan dinamik denge denkleminin çözümünde zemin kütlesi dikkate alınmamış, ancak temel yüzeyinde meydana gelen deformasyon ve ötelenmelerin hesabında zeminin ataleti dikkate alınmıştır. Bu yaklaşımla zemin-yapı etkileşimi problemi mümkün olan en gerçekçi şekilde ve en az analiz süresi ile kütleli olarak çözülmüştür.

$$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K]\{u\} = -[M]\{\ddot{u}_g\} \quad (3.1)$$

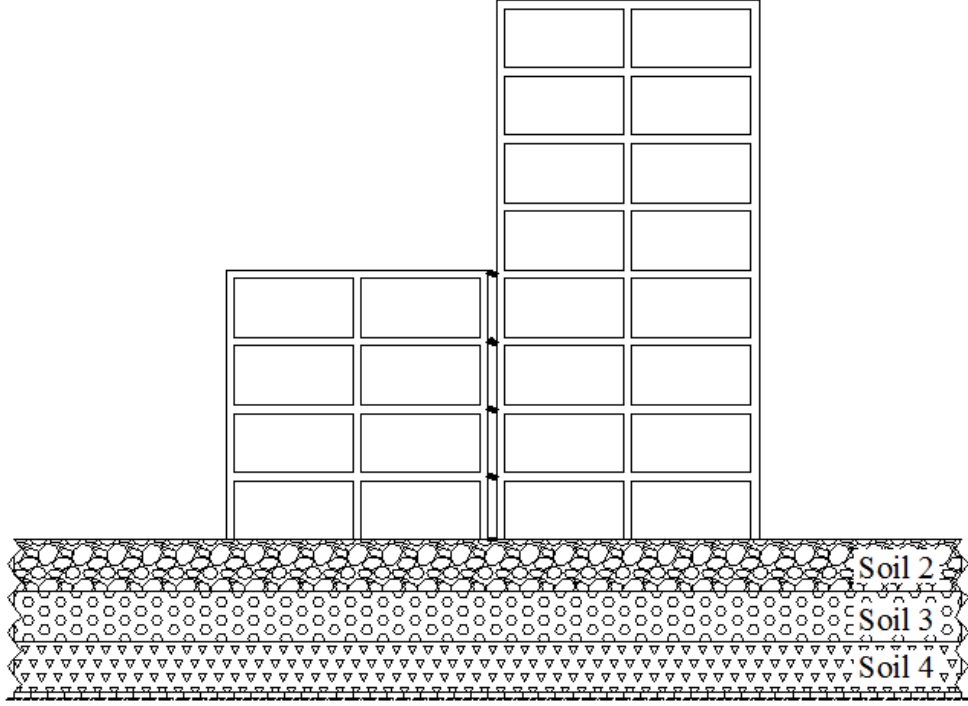
$\{\ddot{u}\}$ : Yer ivmesi

$[M]$ : Yapı kütlesi

$[C]$ : Sönüm

$[K]$ : Rijitlik

İkili bina ve zemin modelinin şematize edilmiş hali Şekil 3.3'de verilmiştir.



**Şekil 3.3:** Zemin tipi 2 için ikili çarpışma modeli

### 3.3 Bina Özellikleri

Çalışma kapsamında kullanılan modeller mevcut yapı stokunu temsil edecek şekilde çerçeve sistem olarak tasarlanmıştır. Bina modellerinin kat sayıları 4, 8, 12 ve 16 olarak belirlenmiştir. Bu 4 farklı kat sayısına sahip modeller DBYBHY-2007'ye göre boyutlandırılarak tasarlanmıştır. Beton sınıfı olarak C35 beton sınıfı kabul edilmiştir.

Ülkemizin bina stokunun büyük çoğunluğunun 1. Derece deprem bölgesi ve Z3 zemin sınıfı üzerinde inşa edildiği öngörülerek tasarımlar yapılmıştır.

DBYBHY-2007'ye göre aynı kat yüksekliklerine sahip 4 farklı çekiçleme modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan çekiçleme modellerinde kullanılan 4, 8, 12 ve 16 katlı modellerin özellikleri Tablo 3.3 'da verilmiştir.

**Tablo 3.3:** Bina özellikleri

Parametre	Özellik	DBYBHY-2007			
		4	8	12	16
Kat Sayısı		4	8	12	16
Bina Ölçüleri	Z yönü	12m	24m	36m	48m
	Kat Yüksekliği	3m		3m	
Malzeme Özellikleri	Beton Sınıfı	C35	C35	C35	C35
	Çelik Sınıfı	S420 (BÇIII)	S420 (BÇIII)	S420 (BÇIII)	S420 (BÇIII)
	Hareketli Yük Azaltma Katsayısı (n)	0.3			
Zemin Özellikleri	Yerel Zemin Sınıfı	Z3 (TA=0.15 sn, TB=0.6 sn)			
Deprem Bölgesi	1. Derece	0.4g			

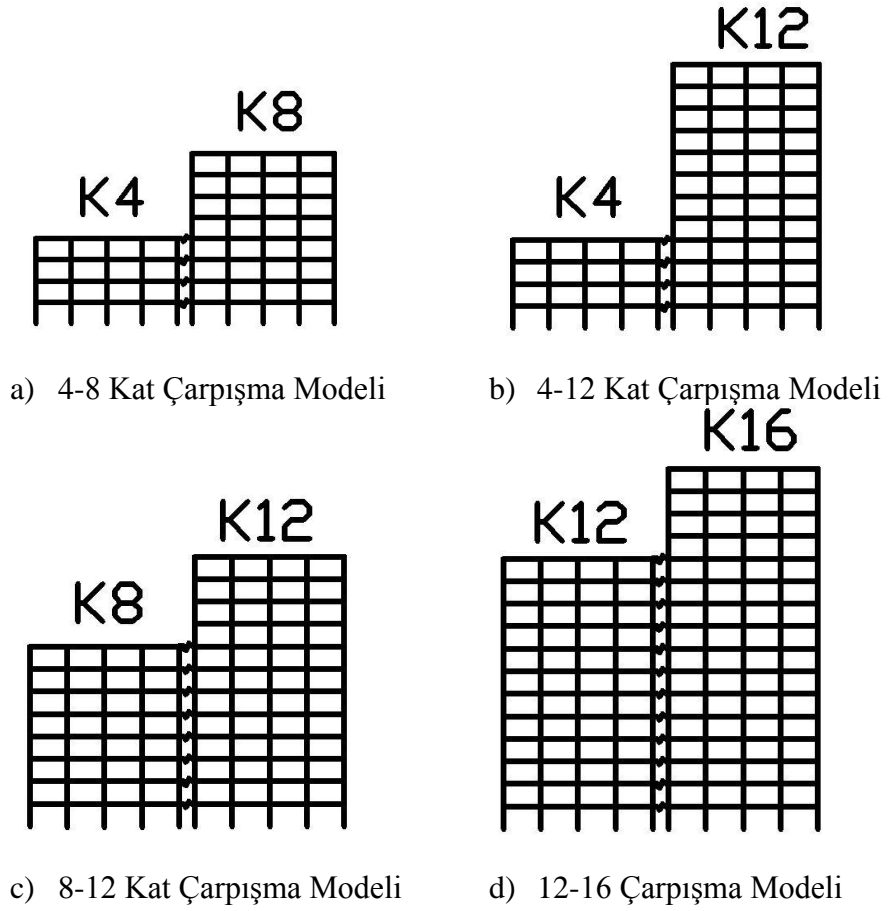
### 3.4 Çekiçleme Modeli Özellikleri

Yapılan çalışma kapsamında yapıların çarpışmalı ve çarpışmasız durum için sismik etkiler altındaki davranışlarını değerlendirmek amacıyla modeller oluşturulmuştur. Çekiçleme modelleri 4 farklı ikili bina sistemi kullanılarak elde edilmiştir. Çekiçleme modelleri Şekil 3.4’te verilmiştir. İkili modeller oluşturulurken iki farklı boşluk oranının olduğu kabul edilmiştir. Bunlardan birincisi tipik olarak yetersiz boşluk oranı ile inşa edilmiş binaları temsil eden 2 cm’dir. Yetersiz boşluk oranının 2 cm kabul edilmesinin nedeni, binalar arasına yerleştirilen strafor malzemesinin kalınlığının yaklaşık olarak bu mertebede olmasıdır. İkinci olarak hiçbir durumda çarpışmanın gerçekleşmeyeceği kadar büyük oranda boşluk oranı bırakılarak (50 cm) bina analizleri yenilenmiştir. Böylece hem çarpışmalı durum ile çarpışmasız durum arasındaki davranış farkları incelenmiş, hem de link elemanlardaki sıkışma oranları incelenerek çarpışma olmaması için güvenli boşluk oranı belirlenmiştir. Model isimlendirmesi;

48Z1:

48: 4 ve 8 katlı yapıların çarpışma durumunda 4 katlı yapının sonuçları

Z1: Zemin kombinasyonu 1 şeklinde yapılmıştır.

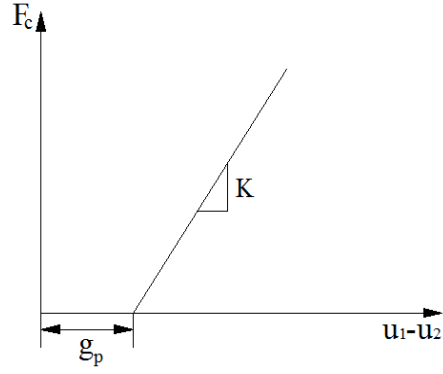


**Şekil 3.4:** Çekiçleme etkisinin araştırılmasında kullanılacak ikili modeller

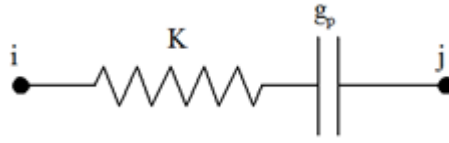
### 3.5 Link Eleman Özellikleri

İkili binalar modellenirken bağlantıları SAP2000 programında Link (gap) elemanlar kullanılarak bilgisayara tanımlanmıştır. Bu elemanlar sayesinde binalar arasında bırakılacak boşluk miktarı tanımlanmaktadır. Link elemanların tanımlanmasında doğrusal (lineer) yay modellemesi kullanılmıştır. Bu modellemede boşluk oranı aşıldığı zaman aşılma miktarına bağlı olarak binalara kuvvet aktarır. Burada tanımlanan boşluk oranına bağlı olarak binalar arasındaki boşluk miktarı sıfırdan küçük olduğunda link elemanlarda kuvvet oluşur. Çarpışma sırasında oluşan kuvvetler binalara aktarılır. Bu prensiple çarpışmanın olduğu zamanı ve bu çarpışma dolayısıyla oluşan kuvvet elde edilebilmektedir.





**Şekil 3.5:** Doğrusal elastik model için kuvvet – şekil değiştirme ilişkisi



**Şekil 3.6:** Link eleman modeli

**Şekil 3.6'**de gösterilen i ve j uçlarından bağlanmış doğrusal yay modelinde;

K: Yay rijitliği (Elastik)

Fc: Çarpışma sonucu oluşan kuvvet

gp: İki model arası boşluk miktarı

u1-u2: İki bina arası deplasman farkı

Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'da verilen doğrusal yay modeli için kullanılan rijitlik değerinin yapılan literatür araştırmaları sonucu 2626 kN/mm ile 8753 kN/mm (15000 kips/in ile 50000 kips/in) aralığında değiştiği görülmüştür. Kuvvet tabanlı doğrusal yay modeli rijitliğinin, çarpışmanın olduğu ilgili elemanların aksenal rijitliğinden büyük olması gerekmektedir (Maison ve Kasai, 1990). Yay rijitliği aşağıdaki Denklem (3.2) dikkate alınarak hesaplanmıştır.

$$K = \frac{EA}{L} \times 35 \quad (3.2)$$

Yapılan çalışmada çarpışma kuvvetinin bir kısmının doğrusal ötesi davranış ile sönmüneceği varsayılmıştır. Bu kapsamda kullanılan modeller için yay rijitliğinin eksenel rijitliğin 35 katı (yaklaşık 2942 kN/mm) alınması uygun görülmüştür.

### 3.6 DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 Deprem Derzleri

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (2007)'de bölüm 2.10.3 Deprem Derzleri başlığı altında bitişik olarak inşa edilmiş bina ve yapı bloklarının çarpışmasını önlemek için gerekli minimum boşluk değeri 2 farklı denklem ile tanımlanmıştır. Bu iki farklı sınırdan en kritik olanı kullanılır.

İlk sınır taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve binalardan elde edilen yer değiştirmelerin karelerine bağlı olarak elde edilir. Bu sınır yönetmelikte 2.10.3.1 paragrafında verilmiştir.

İkinci sınır bina yüksekliğine bağlı olarak elde edilir. Bu sınır yönetmelikte 2.10.3.2 paragrafında verilmiştir. Bina yüksekliğinin 6 m'ye kadar olduğu durumlarda en az 30 mm olacak ve 6 m değerinden sonraki her 3 m yükseklik için en az 10 mm eklenecektir. Araştırma kapsamında kullanılan modeller için bu sınırlar aşağıda Tablo 3.4'de hesaplanmıştır.

**Tablo 3.4:** DBYBHY-2007 2.10.3.2 koşulları için bırakılması minimum derz

Kat Sayısı	Bina Yüksekliği (m)	Minimum Deprem Derzi Boşluğu (mm)
4	12	50
8	24	90
12	36	130
16	48	170

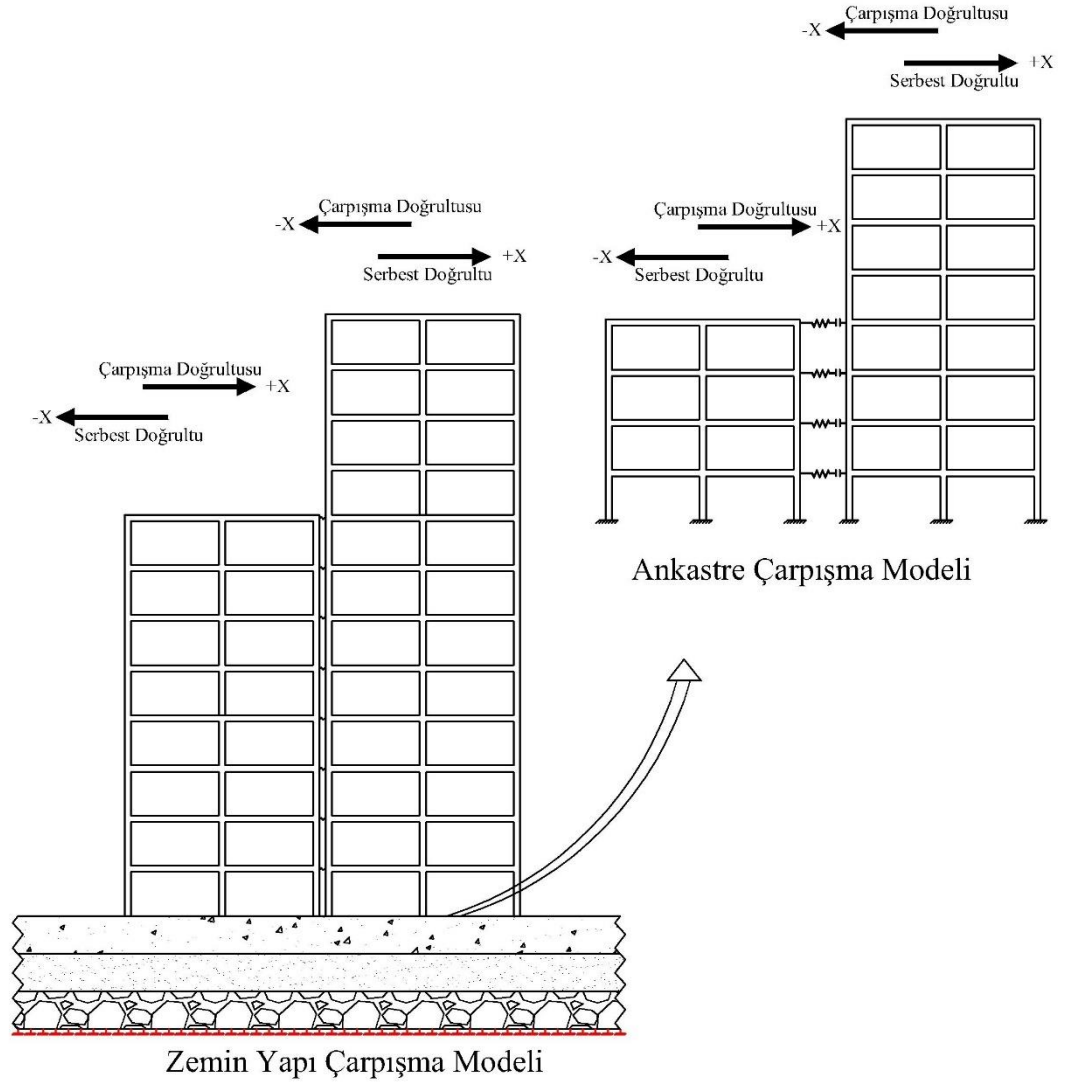
Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde (TBDY-2018), DBYBHY-2007'den farklı olarak I katsayısı kullanılarak  $\alpha$  katsayısı elde edilmiştir. Kullanılan modeller için I katsayısı 1 olduğu için TBDY sınırları DBYBHY-2007 ile aynı olarak elde edilir.

## 4. ANALİZ SONUÇLARI

### 4.1 Genel

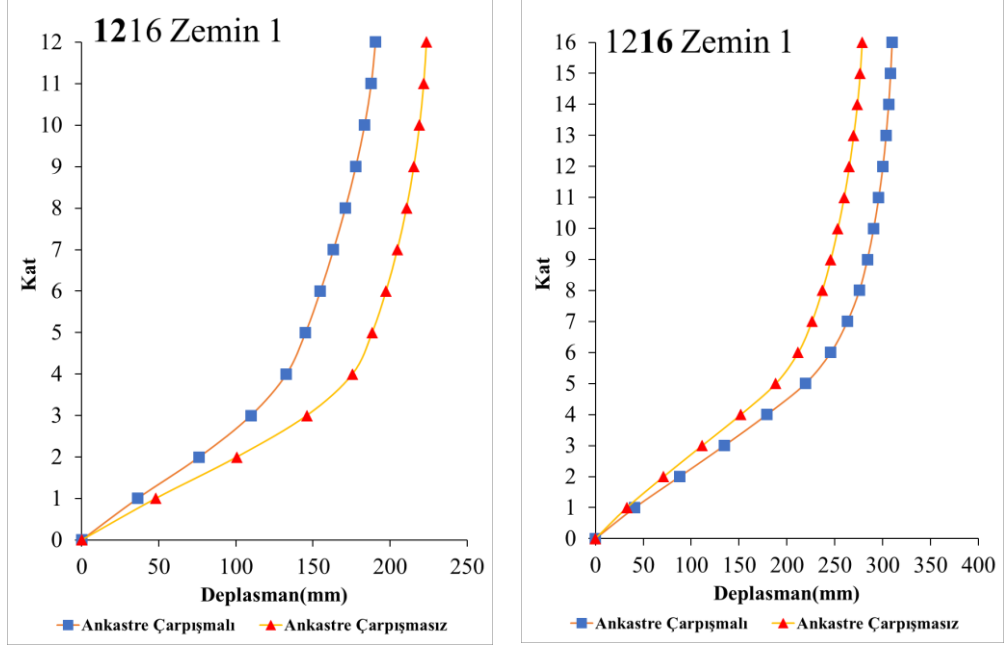
Çalışma kapsamında mevcut betonarme bina stokunu temsil eden çarpışmalı ve çarpışmasız iki farklı boşluk oranına olan ikili modeller oluşturulmuştur. Kat sayıları farklı olan iki modelin birleştirilmesiyle 4 farklı kombinasyon oluşturulmuş ve 15 farklı ivme kaydı kullanılarak 440 adet zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan dinamik analiz yapılmıştır. Bölüm 4 kapsamında ikili bina modellerinde çekiçleme etkisinin bina davranışı üzerindeki etkileri farklı mesnet tipleri ve farklı zemin tipleri için değerlendirilmiştir. İkili modellerde solda bulunan düşük kat sayısına sahip bina için +X çarpışma doğrultusu iken -X serbest doğrultudur. Sağda bulunan yüksek kat sayısına sahip bina için +X serbest doğrultu iken -X çarpışma doğrultudur (Şekil 4.1).

Yapılan analizler sonucunda ikili bina modellerinin sismik davranış altında çarpışmaları sonucunda oluşan etkileri incelenmiştir. İncelemeler kapsamında iki farklı boşluk oranına bakılarak çatı katı deplasman talepleri, maksimum çatı katı deplasmanın olduğu andaki deplasman profilleri ve görel kat ötelenme profilleri, link eleman sıkışmaları ve link elemanlarda oluşan kuvvetler incelenmiştir. Bu bölümde maksimum çatı deplasmanı anı için oluşan deplasman profilleri, çatı katında oluşan deplasman talepleri ve link eleman sonuçlarına genel kapsamda değinilmiştir. Sonuçların detaylı olarak incelenmesi Bölüm 4'te bulunan ilgili alt başlıklar altında yapılmıştır.



**Şekil 4.1:** İkili zye ve ankastre modellerin çarpışma doğrultuları

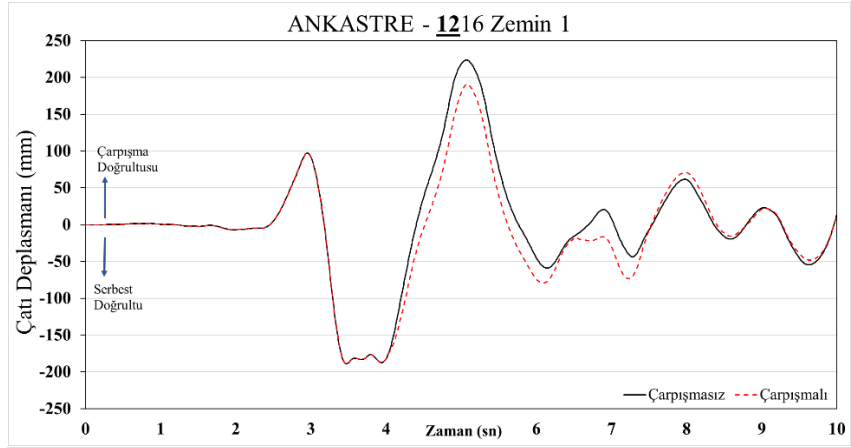
Ankastre mesnetli 1216 kombinasyonu için ERZ-EW depremi kullanılarak elde edilen maksimum çatı katı deplasmanı olduğu andaki deplasman profilleri Şekil 4.2’de verilmiştir. Analiz sonuçlarının daha detaylı incelenebilmesi amacıyla çatı katı deplasman talepleri ve link kuvvetleri Şekil 4.3’te verilmiştir.



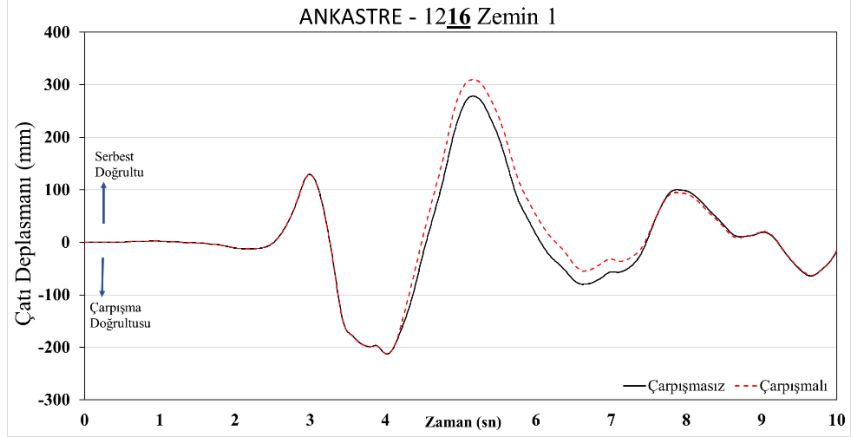
Şekil 4.2: ERZ-EW deprem kaydı için 1216Z1 modeli deplasman profili

Şekil 4.3’de ERZ-EW depremi için ilk çarpışmanın 4,035 saniyede meydana geldiği görülmektedir. Sonuçlar değerlendirildiğinde depremin özelliklerine göre çekişleme etkileri nedeniyle bir doğrultuda deplasman talepleri artarken diğer doğrultuda deplasman taleplerinin azaldığı görülmüştür. Bunun temel nedeni binaların genellikle çarpışma yönünde deplasman talepleri kısıtlanırken serbest doğrultuda deplasman taleplerinde artış oluşmasıdır. Nitekim ERZ-EW deprem ivme kaydı içinde ilk çarpışmanın oluşmasının ardından deplasman taleplerindeki değişimlerden görüleceği gibi düşük kat sayısına sahip yapının çarpışma doğrultusunda deplasman talebi kısıtlanırken, yüksek kat sayısına sahip olan yapının serbest doğrultuda deplasman talebi artmıştır. Link kuvvetlerinin yaptığı her pikin çarpışma anı olduğu söylenebilir. Buna göre 12. katta analiz boyunca toplam 2 farklı çarpışma meydana gelmiş ve en büyük link kuvveti 2300 kN olarak bulunmuştur.

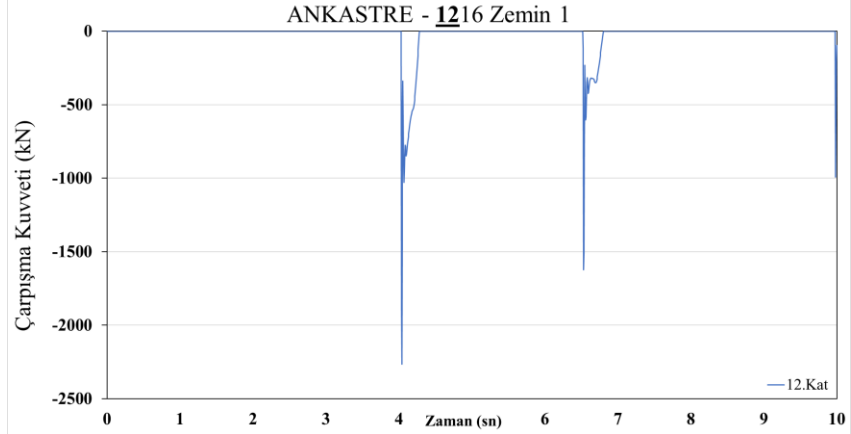
a) 12 Katlı Bina İçin Çatı  
Deplasman – Zaman  
Grafığı



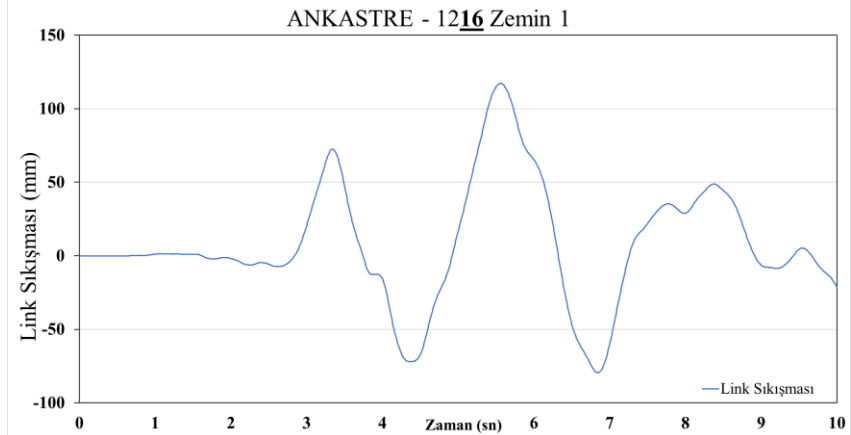
b) 16 Katlı Bina İçin Çatı  
Deplasman – Zaman  
Grafığı



c) Mak. Çarpışma  
Kuvvetinin Oluştuğu Kat  
İçin Kuvvet-Zaman

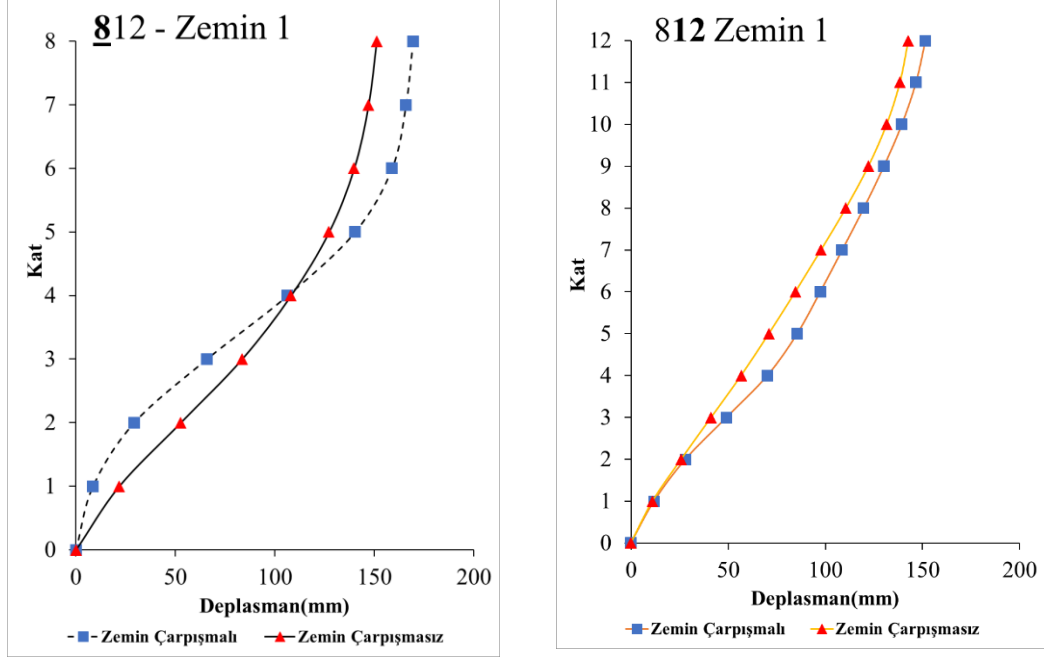


d) Mak. link sıkışmasının  
olduğu kat için link  
sıkışma – zaman grafiği



Şekil 4.3: ERZ-EW depremi 1216Z1 modeli için elde edilen sonuçlar

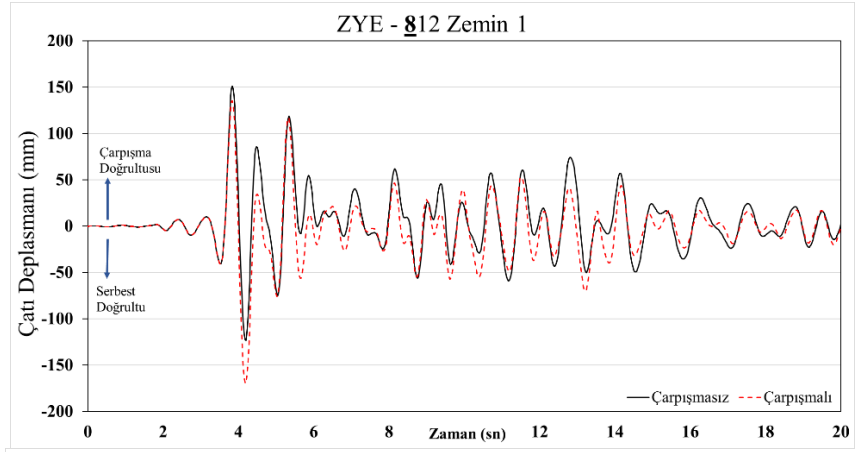
North-PKC depremi için ise sonuçların değerlendirmesi zemin modellemesi için verilmiştir (Şekil 4.4 - Şekil 4.5). Bu deprem için ilk çarpışma 3.7 saniyesinde gerçekleşmiş olup şiddeti maksimum seviyede değildir. Bu çarpışma 8 katlı yapıda çarpma doğrultusunu kısıtlamıştır. Fakat bu çarpışma sebebiyle serbest doğrultuda oluşacak maksimum deplasmanda artış olmuştur.



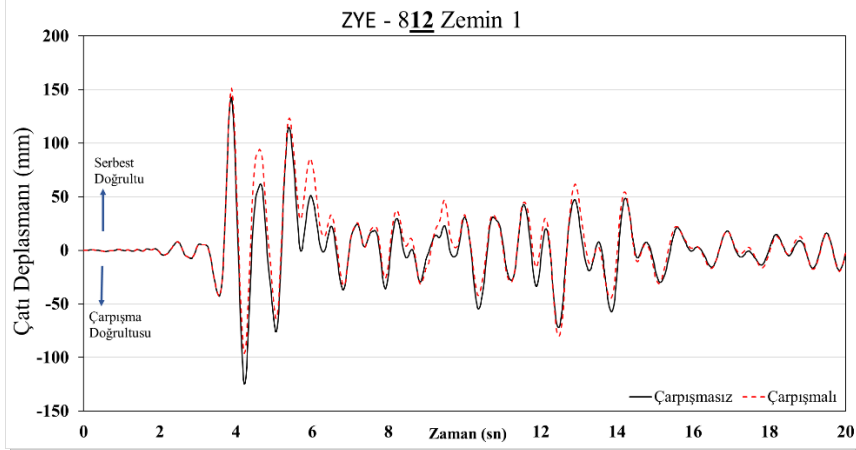
**Şekil 4.4:** NORTH-PKC depremi 812Z1 modeli için deplasman profilleri

12 katlı yapı ise çarpışma anında serbest doğrultuda hareket ettiği için deplasman talebinde artış gözlemlenmiştir. Sonuç olarak çarpışma etkisi ile yapıda oluşan deplasman taleplerinde çarpışma yönüne bağlı olarak sınırlandırma veya artış gözlemlenmektedir. Link kuvvetleri incelendiğinde 6 ve 8. katta analiz boyunca toplam 12 farklı çarpışma meydana gelmiş ve en büyük link kuvveti 2600 kN olarak bulunmuştur. Depremin ve yapının dinamik özelliklerine bağlı olarak çarpışmanın meydana geldiği kat, çarpışma sayısı ve meydana gelen kuvvet büyük değişkenlik gösterebilmektedir.

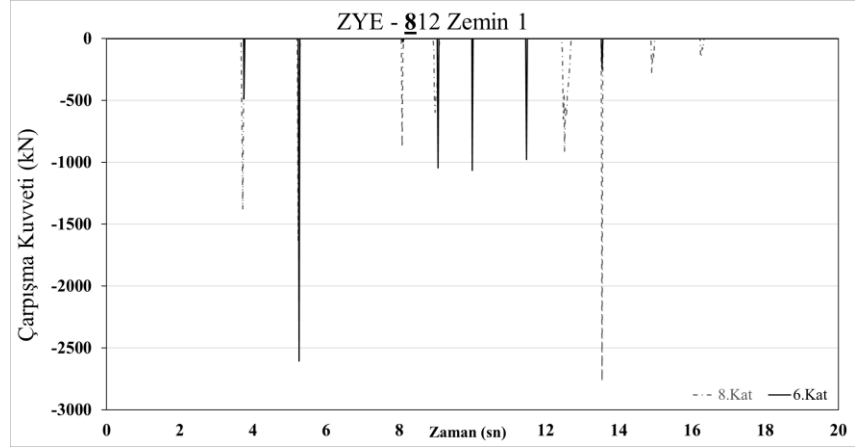
a) 8 Katlı Bina İçin Çatı  
Deplasman – Zaman Grafiği



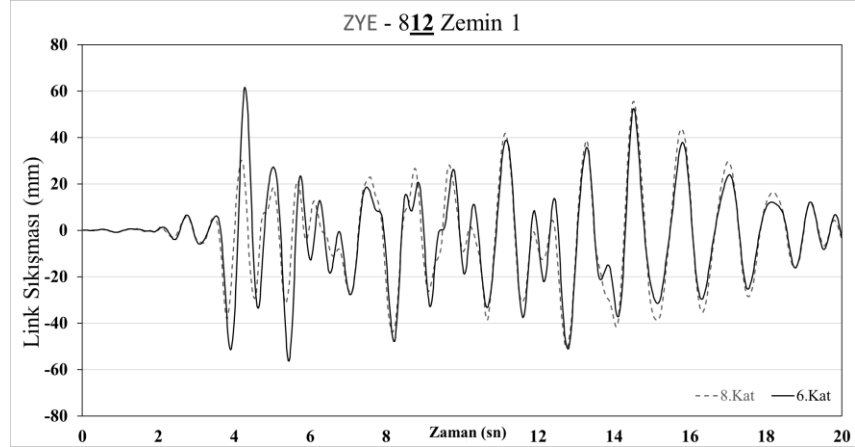
b) 12 Katlı Bina İçin Çatı  
Deplasman – Zaman Grafiği



c) Maksimum Çarpışma  
Kuvvetinin Oluştuğu Kat İçin  
Kuvvet-Zaman Grafiği



d) Maksimum link sıkışmasının  
olduğu kat için link sıkışma –  
zaman grafiği



Şekil 4.5: NORTH-PCR 812Z1 kombinasyonu için elde edilen sonuçlar



## 4.2 Deplasman Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bu bölümde çarpışma etkilerinin deplasman taleplerini nasıl değiştirdiği incelenmiştir. Tüm deprem ivme kayıtları ve kombinasyonlar için elde edilen bulgular bu bölümün alt başlıkları altında verilmiştir.

### 4.2.1 Çatı Katı Deplasman Sonuçlarının Karşılaştırılması

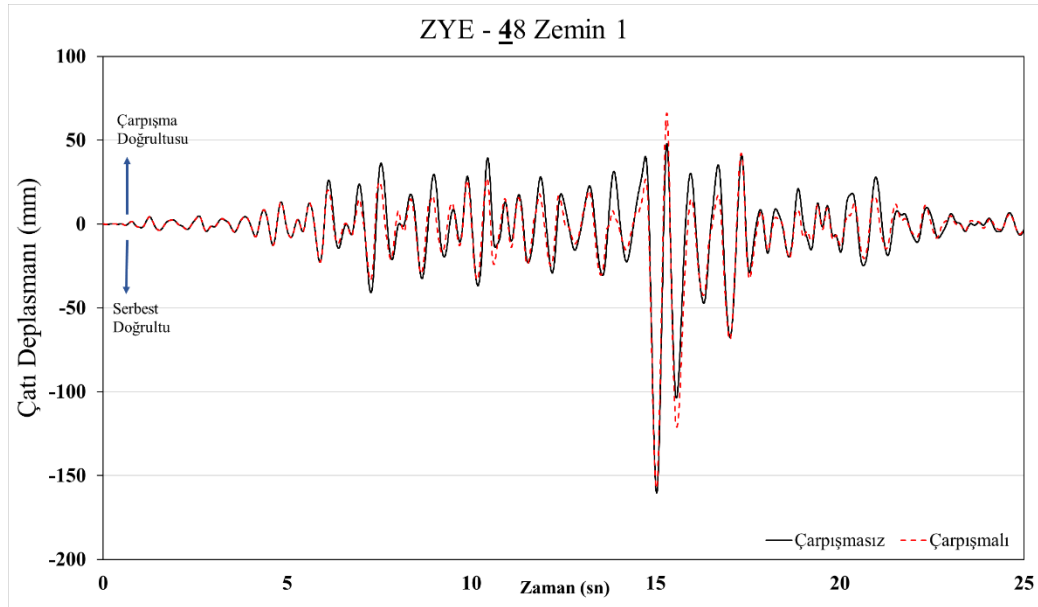
Bu bölümde çatı katı deplasmanları çarpışmalı ve çarpışmasız durumlar için incelenmiştir. Bölüm kapsamında tüm model ve deprem ivme kayıtları (880 adet) için grafiklerin verilmesi yerine farklı kombinasyon, farklı mesnet tipi ve farklı depremler kullanılmaya özen gösterilmiştir. İncelenen sonuçların grafikleri Şekil 4.6 - Şekil 4.13 aralığında verilmiştir. Deplasman değerleri mm cinsinden elde edilmiştir. Zamana bağlı olarak verilen sonuçların çarpışma doğrultusu ve serbest doğrultuları grafikler üzerinde belirtilmiştir. Böylece çatı katı deplasmanının zamana bağlı olarak detaylı incelenmesi yapılmıştır. Ayrıca tüm deprem ivme kayıtları için çatı katı maksimum deplasmanları Bölüm 4.2.3’de tablolar halinde verilmiştir.

İnceleme kapsamında verilen grafik başlıkları model isimlerini belirtmektedir. Altı çizili ve kalın olarak yazılan sayılar çatı deplasmanı alınan binayı vurgulamaktadır. Sonuçlar Bölüm 3.2’de gösterilen zemin tipi 1 ve zemin tipi 2 için verilmiştir. (ZYE-48 Zemin 1: Zemin tipi 1 için 4 ve 8 katlı modellerin oluşturduğu ikili modellerden 8 katlı yapıya ait sonuç olduğunu göstermektedir).

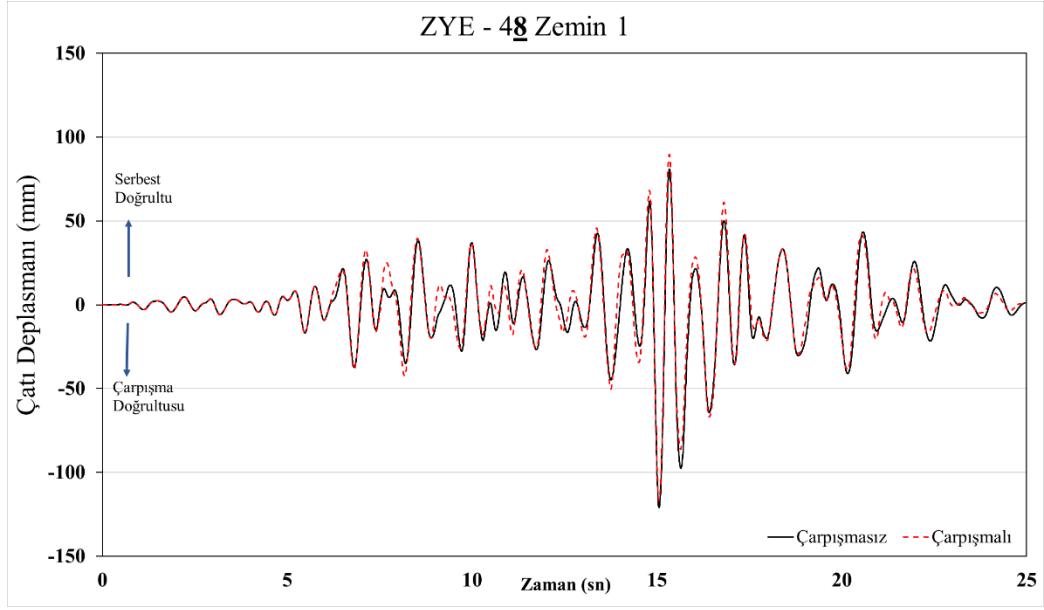
Şekil 4.6 - Şekil 4.13’te seçilen depremler için zamana bağlı çatı katı deplasman talepleri verilmiştir. İncelemeler sonucunda çoğu deprem ivme kaydı için çarpışmalı durumda çarpışma doğrultusunda deplasmanın sınırlandığı gözlemlenmiştir. Fakat serbest doğrultudaki deplasman sonuçları incelendiğinde çarpışma oluşan modelde deplasman taleplerinin arttığı söylenebilir. Çarpışma ile yer değiştirme doğrultusu her zaman aynı olmaması nedeniyle çekiçleme etkisi talepleri azaltabilmektedir. Geçmişte yapılan bazı çalışmalarda çekiçleme davranışının kimi durumlarda kalıcı ötelenmeleri sınırlandırarak sismik davranışa olumlu katkılar sağlayabileceğini belirtilmektedir (Efraimiadou vd., 2013).

Çekiçleme davranışı ile çarpışma doğrultusunda sınırlı oranda deplasman taleplerinde azalma meydana gelse bile, oluşan ani kuvvetler nedeniyle görelî kat ötelenmelerinde ve deplasman profillerinde ciddi düzensizlikler meydana gelmekte, elemanlar kapasitelerini tüketebilmektedir. Bu nedenle deplasman taleplerinde azalma meydana gelse bile, bunun yapı davranışına olumlu bir katkısının olacağını söylemek çoğu durumda mümkün değildir.

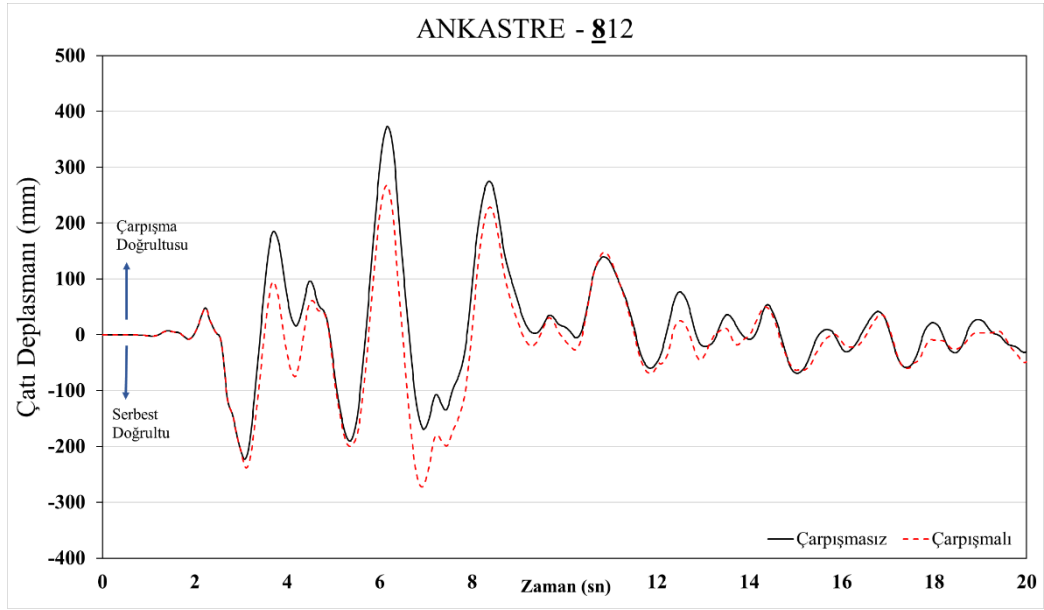
Çekiçleme davranışı ile çekiçleme oluşmayan durumun incelendiği çarpışmalı/çarpışmasız çatı deplasmanı oranlarının setlere göre ortalamalarının elde edildiği grafikler EK A bölümünde verilmiştir.



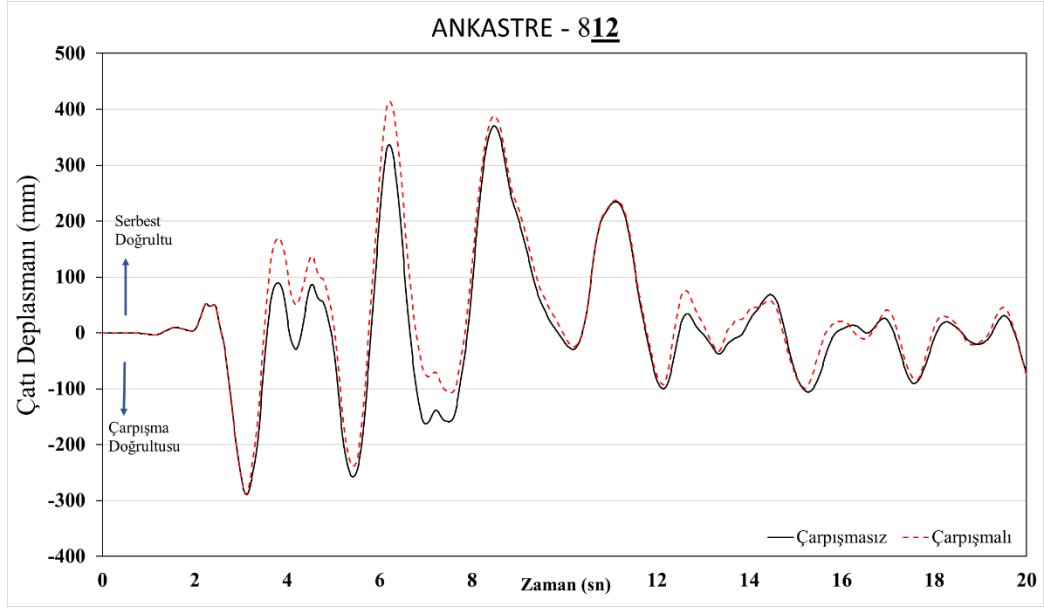
**Şekil 4.6:** 48Z1 kombinasyonu Chichi ivme kaydı için 4 katlı bina çatı katı deplasman grafiği



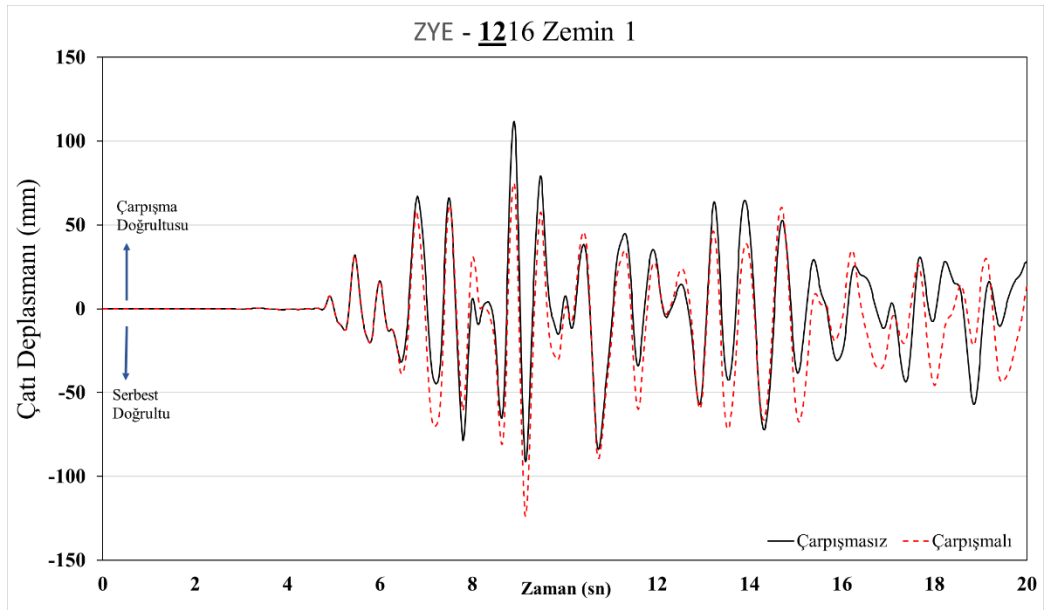
**Şekil 4.7:** 48Z1 kombinasyonu Chichi ivme kaydı için 8 katlı bina çatı katı deplasman grafiği



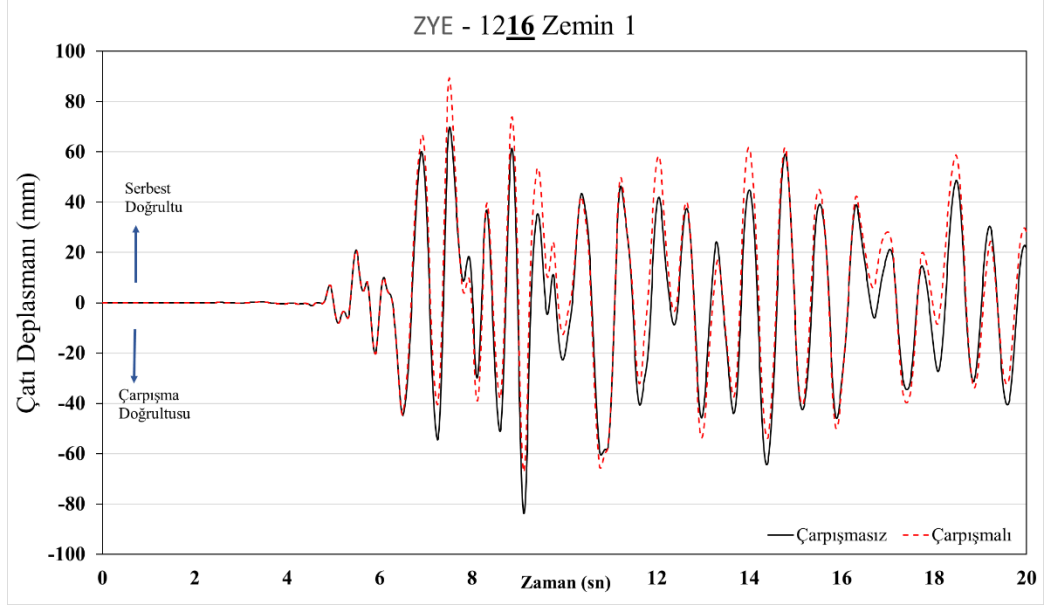
**Şekil 4.8:** 812Z1 kombinasyonu Kobe-TAK ivme kaydı için 8 katlı bina çatı katı deplasman grafiği



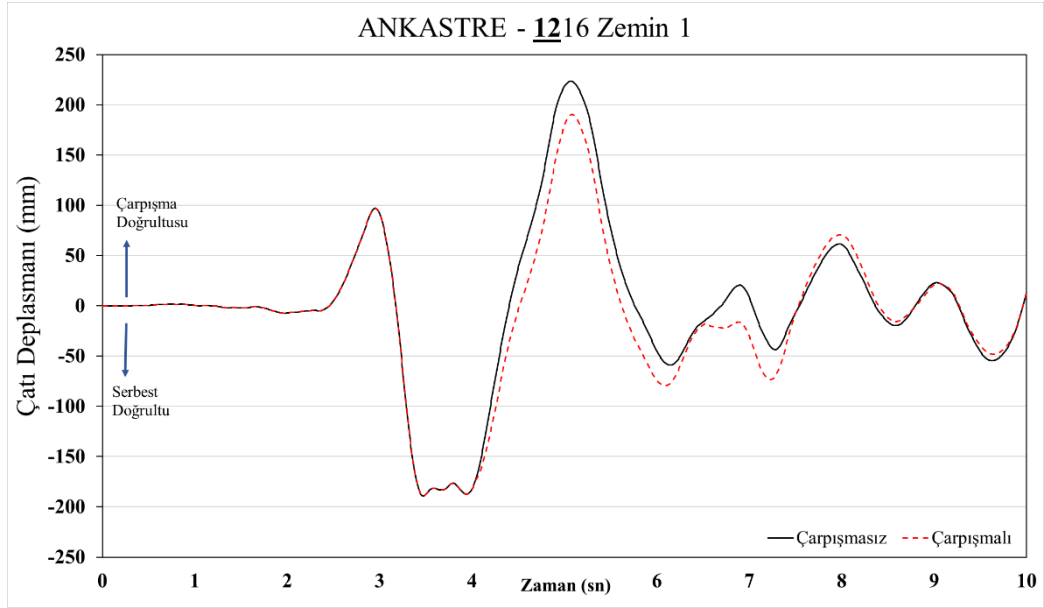
Şekil 4.9: 812Z1 kombinasyonu Kobe-TAK ivme kaydı için 12 katlı bina çatı katı deplasman grafiği



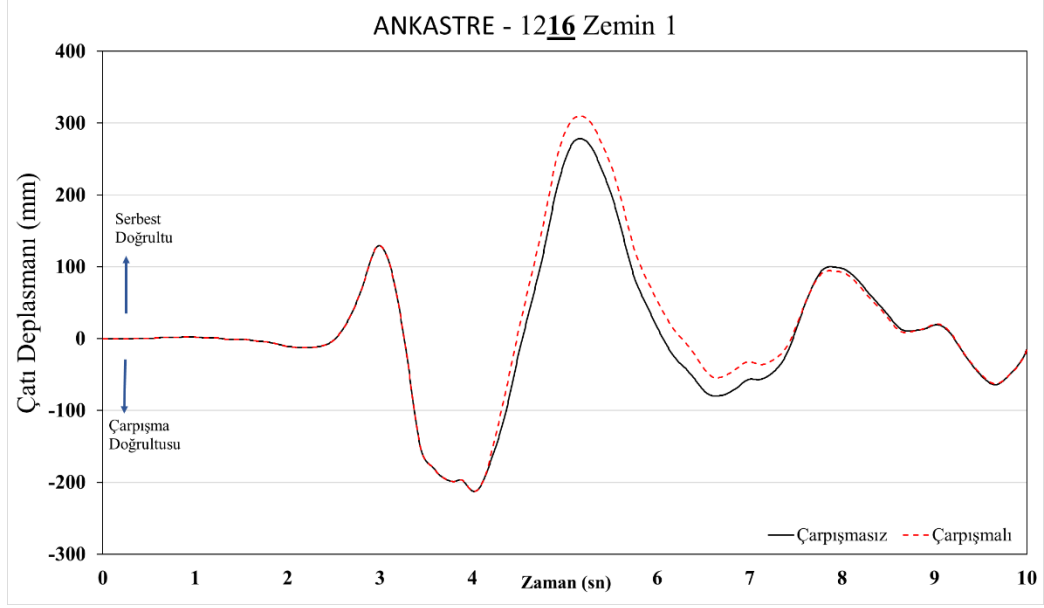
Şekil 4.10: 1216Z1 kombinasyonu Kobe-Nis ivme kaydı için 12 katlı bina çatı katı deplasman grafiği



Şekil 4.11: 1216Z1 kombinasyonu Kobe-Nis ivme kaydı için 16 katlı bina çatı katı deplasman grafiği



Şekil 4.12: A1216Z1 kombinasyonu Erz-EW ivme kaydı için 12 katlı bina çatı katı deplasman grafiği



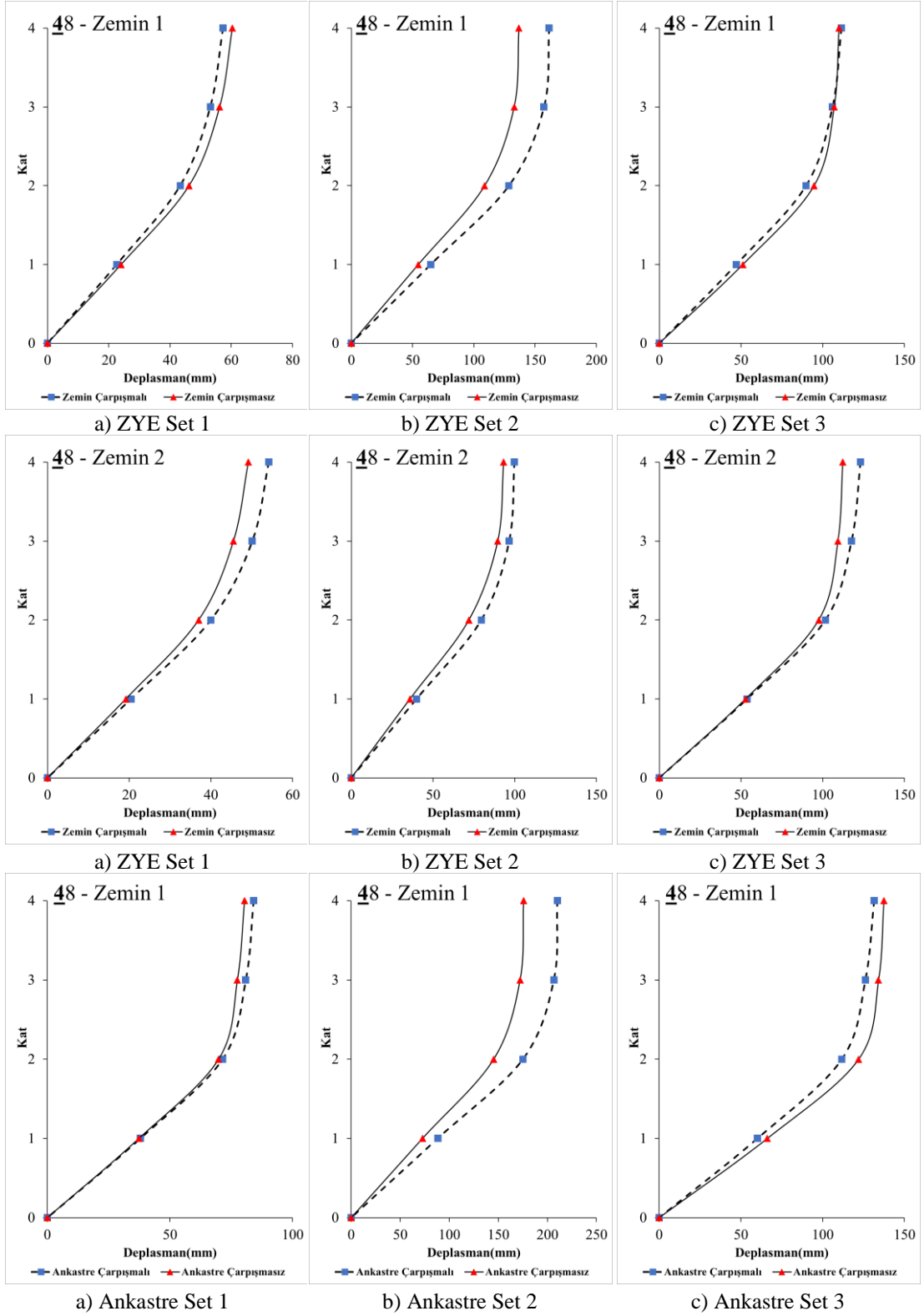
**Şekil 4.13:** A1216Z1 kombinasyonu Erz-EW ivme kaydı için 16 katlı bina çatı katı deplasman grafiği

#### 4.2.2 Maksimum Çatı Katı Deplasman Talebinin Oluştuğu An İçin Deplasman Profillerinin Karşılaştırılması

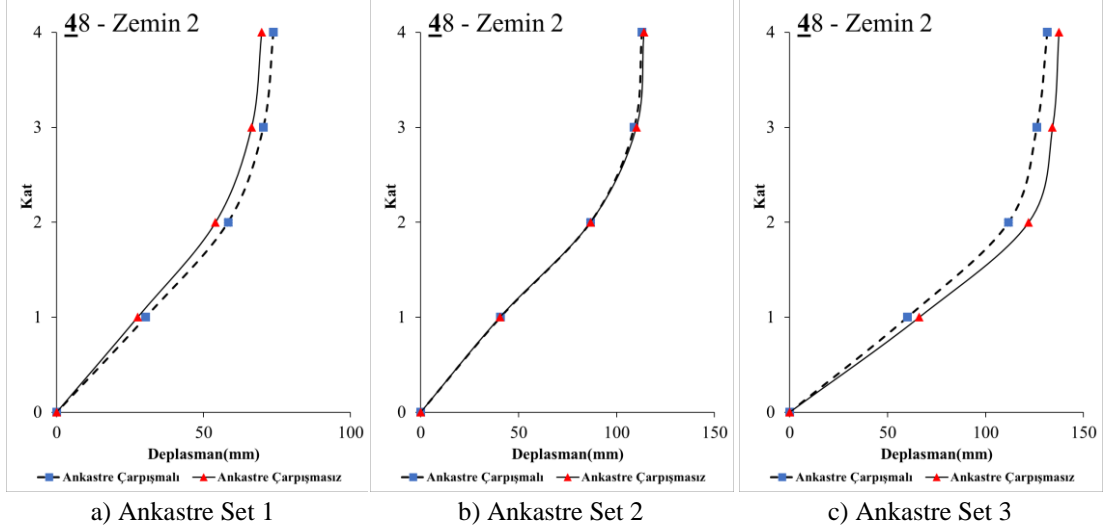
Araştırma kapsamında tüm depremler için çatı katı deplasmanının maksimum olduğu anda binaya ait deplasman profilleri elde edilmiştir. Her model kombinasyonu için setlere göre deplasman profillerinin ortalamaları kıyaslanmıştır.

Şekil 4.14’de **48** modeli için 4 katlı yapıda hesaplanan deplasman profillerinin setlere göre ortalama değerleri verilmiştir. Hesaplanan maksimum ortalama çatı katı deplasman talebi set 2’nin ortalamasından elde edilmiştir. Bu değer çarpışmalı zye modeli için 161.31 mm, çarpışmasız zye modeli için 136.74 mm, çarpışmalı ankastre modeli için 210.27 mm ve çarpışmasız ankastre model için 175.82 mm olarak zemin sınıfı 1’den elde edilmiştir.

Zemin tipi 2 için ise en büyük deplasman değeri set 3 kayıtlarının ortalamasından çarpışmalı zye modeli için 123.09 mm, çarpışmasız zye modeli için 112.29 mm, çarpışmalı ankastre modeli için 131.43 mm ve çarpışmasız ankastre model için 137.37 mm olarak elde edilmiştir.



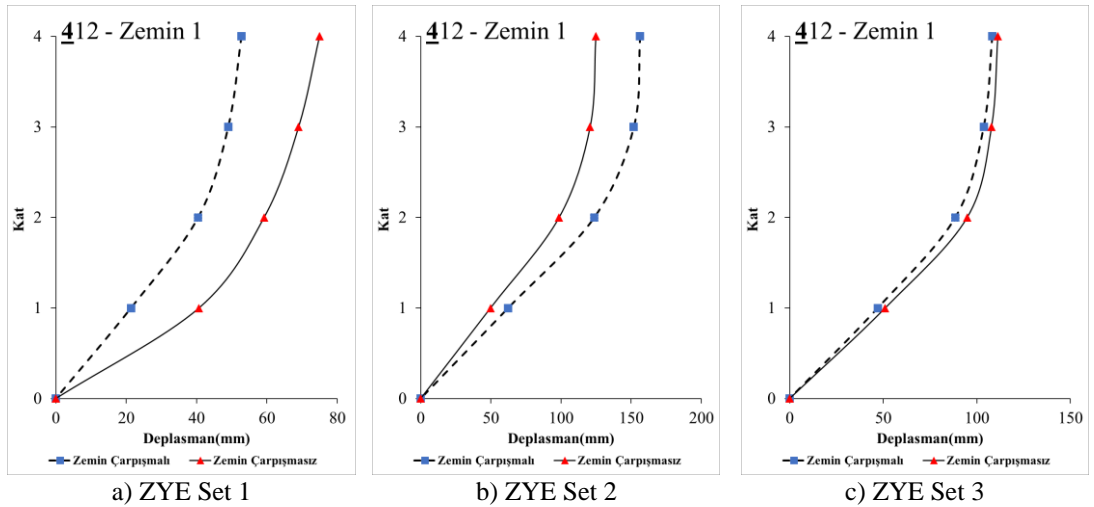
Şekil 4.14: Ortalama deplasman profilleri 4-8 kombinasyonu 4 katlı yapı



**Şekil 4.14 (Devam):** Ortalama deplasman profilleri 4-8 kombinasyonu 4 katlı yapı

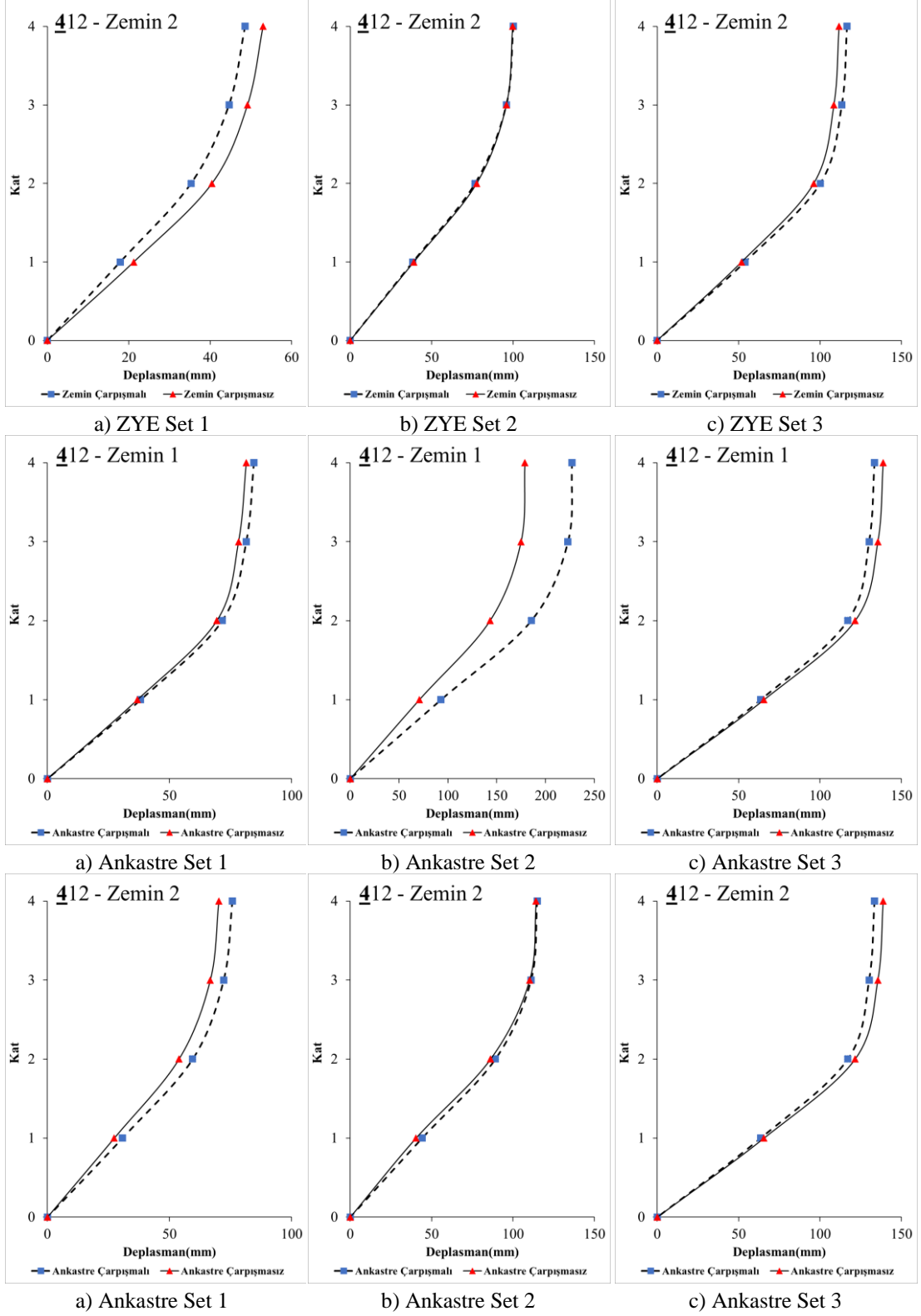
Şekil 4.15'te 412 modeli için 4 katlı yapıda hesaplanan deplasman profillerinin setlere göre ortalama değerleri verilmiştir. Hesaplanan maksimum çatı katı deplasmanı set 2 deprem ivme kaydından elde edilmiştir. Bu değer çarpışmalı zye modeli için 156.26 mm, çarpışmasız zye modeli için 124.73 mm, çarpışmalı ankaestre modeli için 227.27 mm ve çarpışmasız ankaestre model için 178.94 mm olarak zemin sınıfı 1'den elde edilmiştir.

Zemin tipi 2 için ise en büyük deplasman değeri set 3 deprem kayıtlarının ortalamasından çarpışmalı zye modeli için 116.56 mm, çarpışmasız zye modeli için 111.73 mm, çarpışmalı ankaestre modeli için 133.57 mm ve çarpışmasız ankaestre model için 138.78 mm olarak elde edilmiştir.



**Şekil 4.15:** Ortalama deplasman profilleri 4-12 kombinasyonu 4 katlı yapı

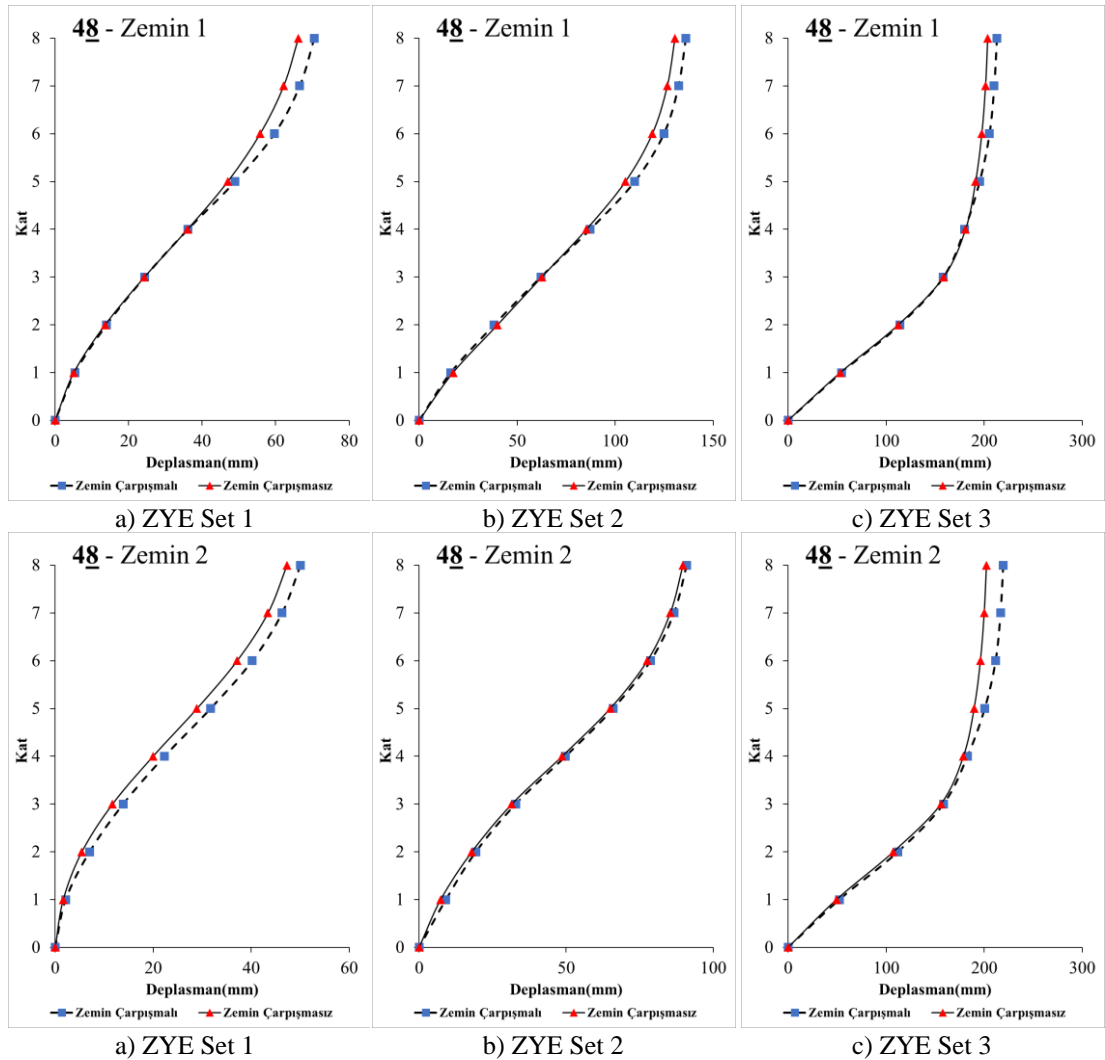




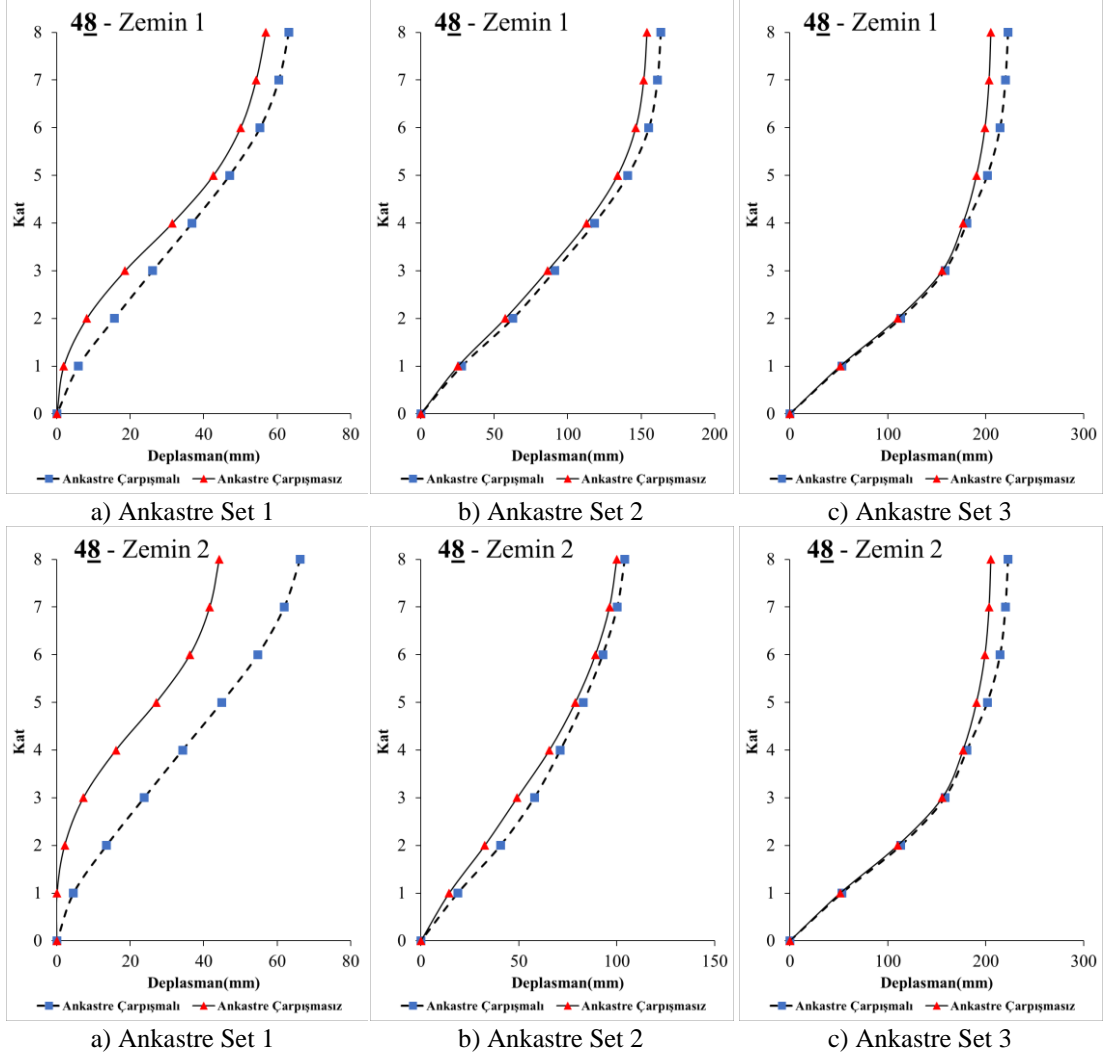
**Şekil 4.15 (Devam):** Ortalama deplasman profilleri 4-12 kombinasyonu 4 katlı yapı

Şekil 4.16'da 48 modeli için 8 katlı yapıda hesaplanan deplasman profillerinin setlere göre ortalama değerleri verilmiştir. Hesaplanan maksimum çatı katı deplasmanı set 3 deprem ivme kaydından elde edilmiştir. Bu değer çarpışmalı zye modeli için 212.86 mm, çarpışmasız zye modeli için 203.57 mm, çarpışmalı ankastre modeli için 223.00 mm ve çarpışmasız ankastre model için 205.38 mm olarak zemin sınıfı 1'den elde edilmiştir.

Zemin tipi 2 için ise en büyük deplasman değeri set 3 deprem kayıtlarının ortalamasından çarpışmalı zye modeli için 219.61 mm, çarpışmasız zye modeli için 202.34 mm, çarpışmalı ankastre modeli için 223.00 mm ve çarpışmasız ankastre model için 205.38 mm olarak elde edilmiştir.



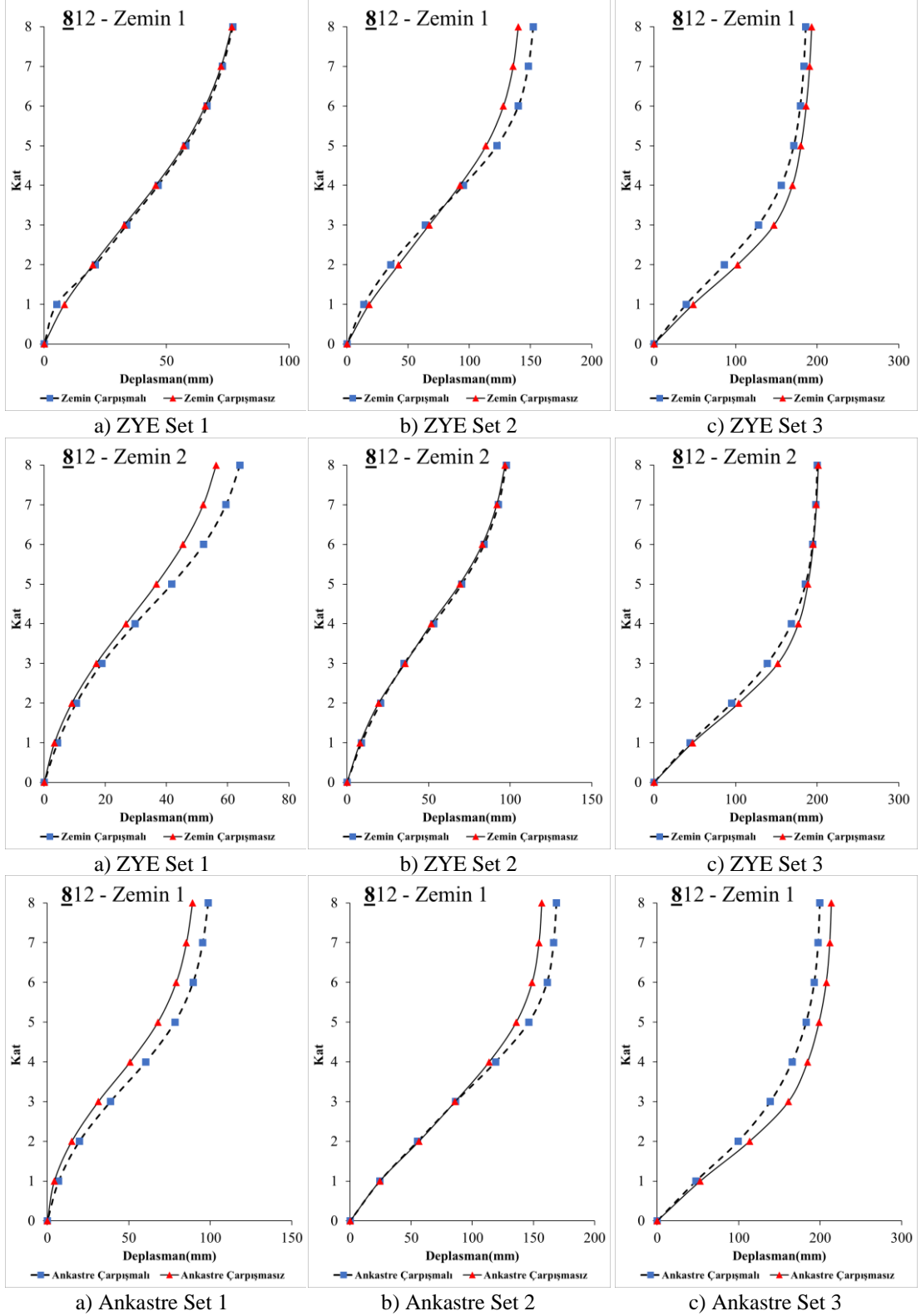
Şekil 4.16: Ortalama deplasman profilleri 4-8 kombinasyonu 8 katlı yapı



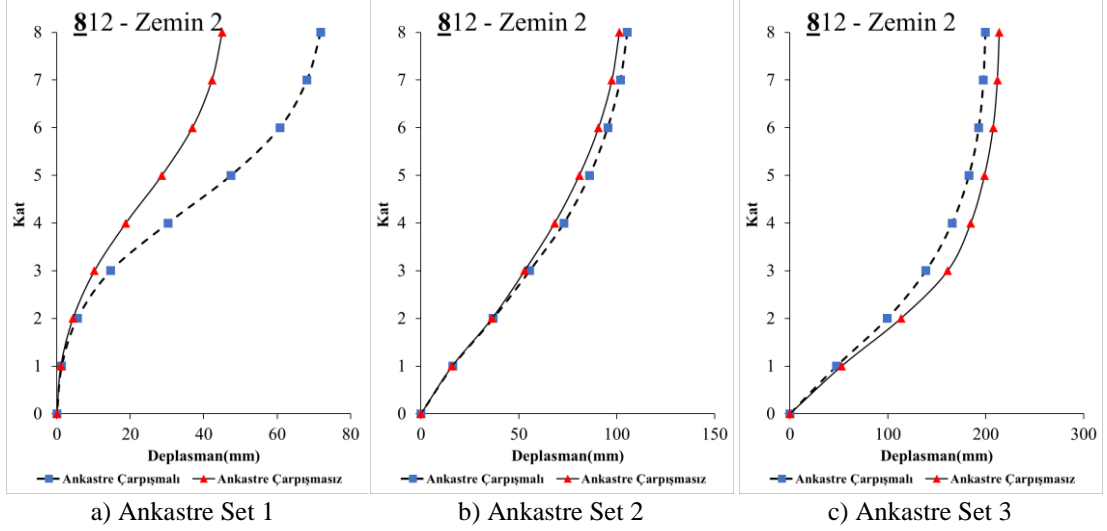
**Şekil 4.16 (Devam):** Ortalama deplasman profilleri 4-8 kombinasyonu 8 katlı yapı

Şekil 4.17’de 812 modeli için 8 katlı yapıda hesaplanan deplasman profillerinin setlere göre ortalama değerleri verilmiştir. Hesaplanan maksimum çatı katı deplasmanı set 3 deprem ivme kaydından elde edilmiştir. Bu değer çarpışmalı zye modeli için 186.16 mm, çarpışmasız zye modeli için 193.23 mm, çarpışmalı ankastré modeli için 199.81 mm ve çarpışmasız ankastré model için 214.02 mm olarak zemin sınıfı 2’den elde edilmiştir.

Zemin tipi 1 için ise en büyük deplasman değeri set 3 deprem kayıtlarının ortalamasından çarpışmalı zye modeli için 200.13 mm, çarpışmasız zye modeli için 201.25 mm, çarpışmalı ankastré modeli için 199.81 mm ve çarpışmasız ankastré model için 214.02 mm olarak elde edilmiştir.

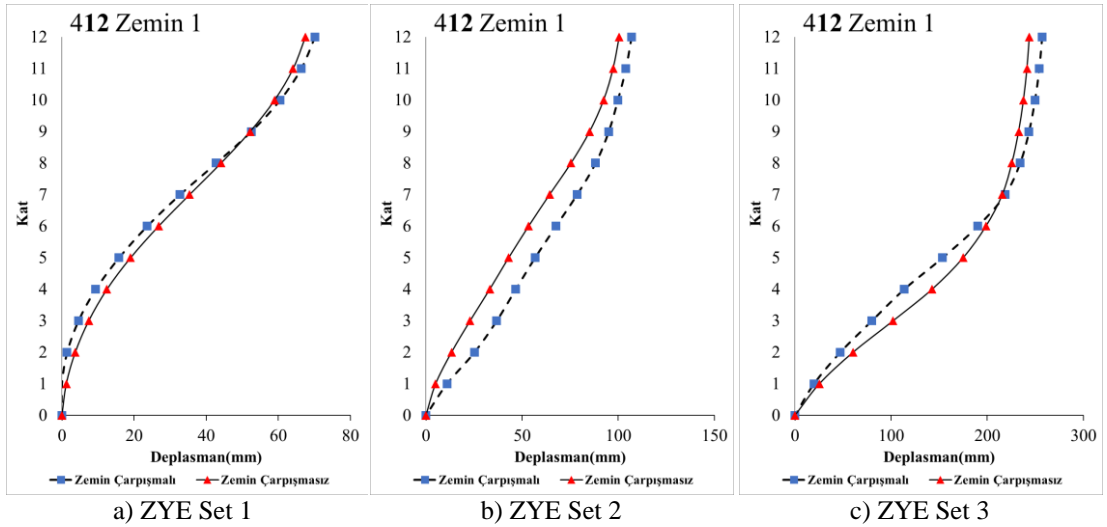


**Şekil 4.17:** Ortalama deplasman profilleri 8-12 kombinasyonu 8 katlı yapı

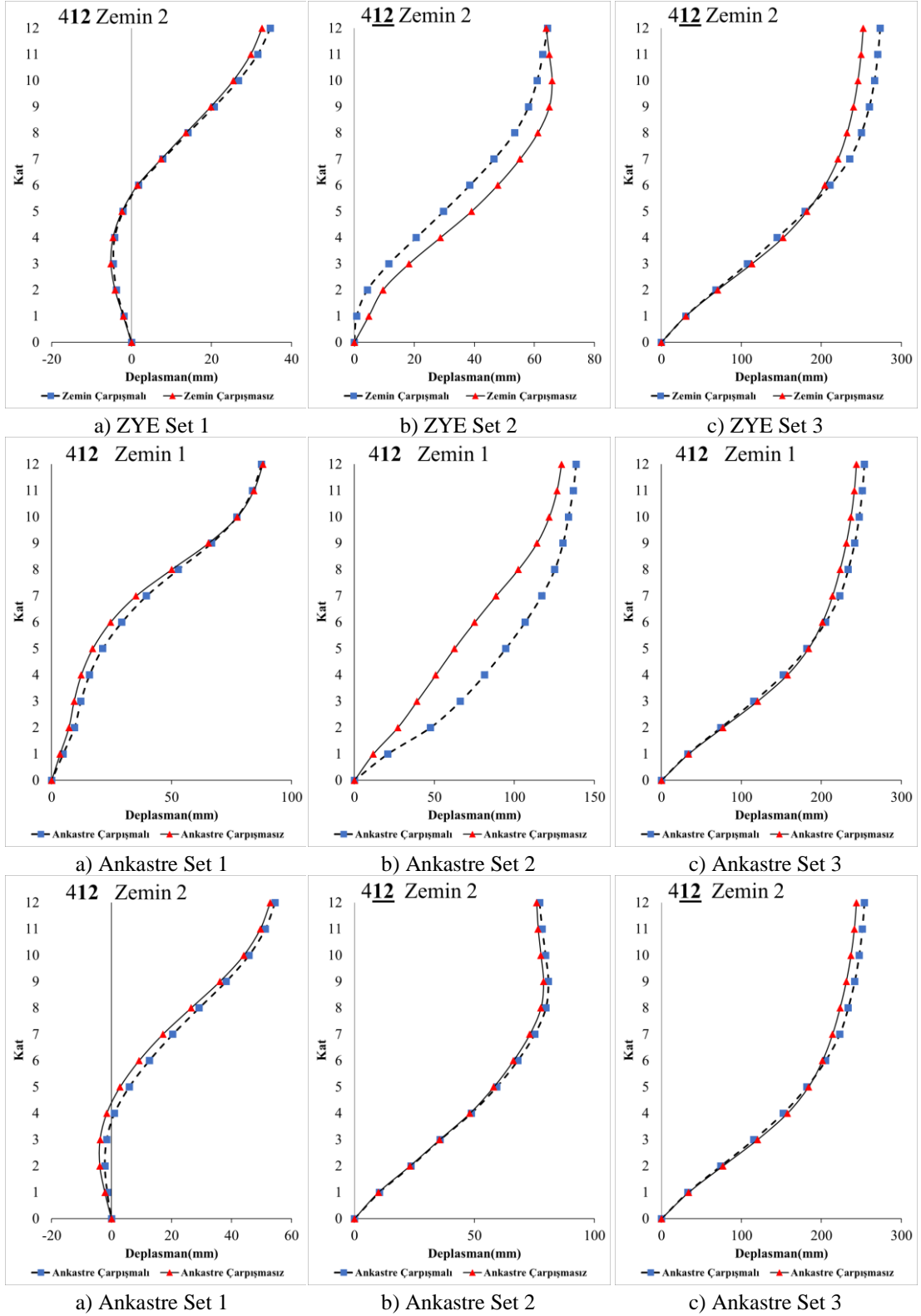


**Şekil 4.17 (Devam):** Ortalama deplasman profilleri 8-12 kombinasyonu 8 katlı yapı

Şekil 4.18’de **412** modeli için 12 katlı yapıda hesaplanan deplasman profillerinin setlere göre ortalama değerleri verilmiştir. Hesaplanan maksimum çatı katı deplasmanı set 3 deprem ivme kaydından elde edilmiştir. Bu değer çarpışmalı zye modeli için 273.46 mm, çarpışmasız zye modeli için 252.29 mm, çarpışmalı ankastre modeli için 253.70 mm ve çarpışmasız ankastre model için 243.92 mm olarak zemin sınıfı 2’den elde edilmiştir. Zemin tipi 1 için ise en büyük deplasman değeri set 3 deprem kayıtlarının ortalamasından çarpışmalı zye modeli için 257.04 mm, çarpışmasız zye modeli için 243.89 mm, çarpışmalı ankastre modeli için 253.70 mm ve çarpışmasız ankastre model için 243.92 mm olarak elde edilmiştir.



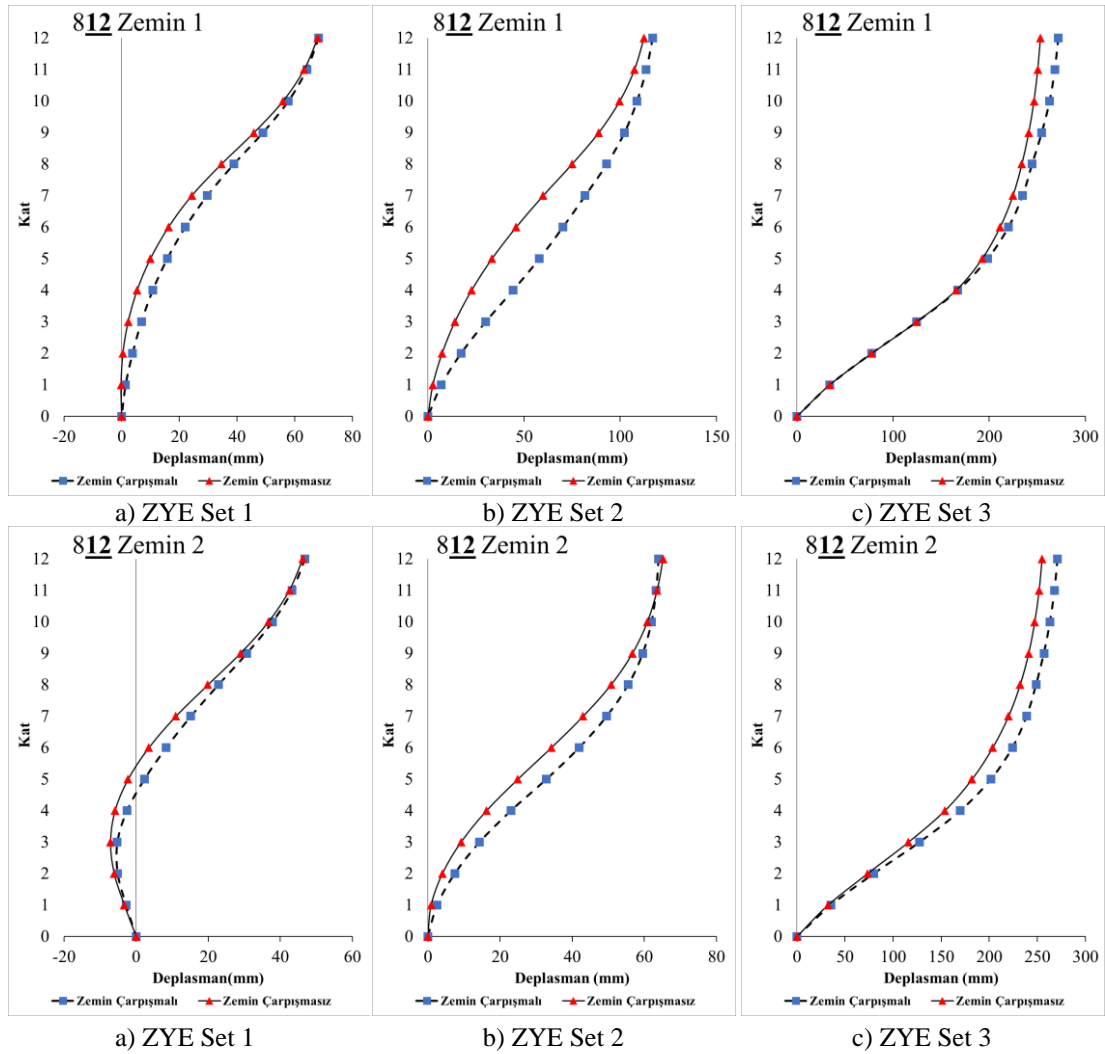
**Şekil 4.18:** Ortalama deplasman profilleri 4-12 kombinasyonu 12 katlı yapı



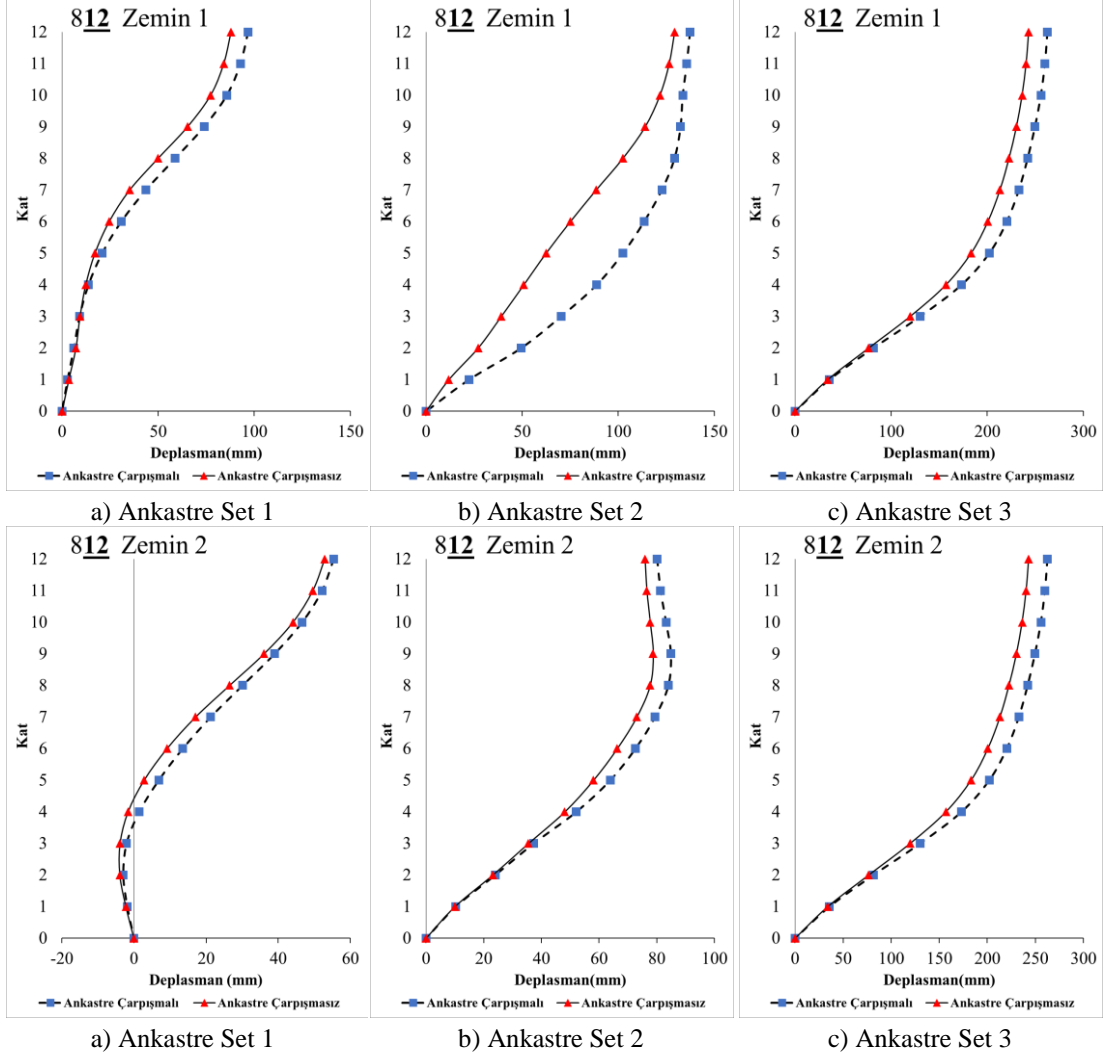
**Şekil 4.18 (Devam):** Ortalama deplasman profilleri 4-12 kombinasyonu 12 katlı yapı

Şekil 4.19'da **812** modeli için 12 katlı yapıda hesaplanan deplasman profillerinin setlere göre ortalama değerleri verilmiştir. Hesaplanan maksimum çatı katı deplasmanı set 3 deprem ivme kaydından elde edilmiştir. Bu değer çarpışmalı zye modeli için 271.12 mm, çarpışmasız zye modeli için 254.85 mm, çarpışmalı ankastre modeli için 262.61 mm ve çarpışmasız ankastre model için 243.15 mm olarak zemin sınıfı 2'den elde edilmiştir.

Zemin tipi 1 için ise en büyük deplasman değeri set 3 deprem kayıtlarının ortalamasından çarpışmalı zye modeli için 271.79 mm, çarpışmasız zye modeli için 253.26 mm, çarpışmalı ankastre modeli için 262.61 mm ve çarpışmasız ankastre model için 243.15 mm olarak elde edilmiştir.



**Şekil 4.19:** Ortalama deplasman profilleri 8-12 kombinasyonu 12 katlı yapı

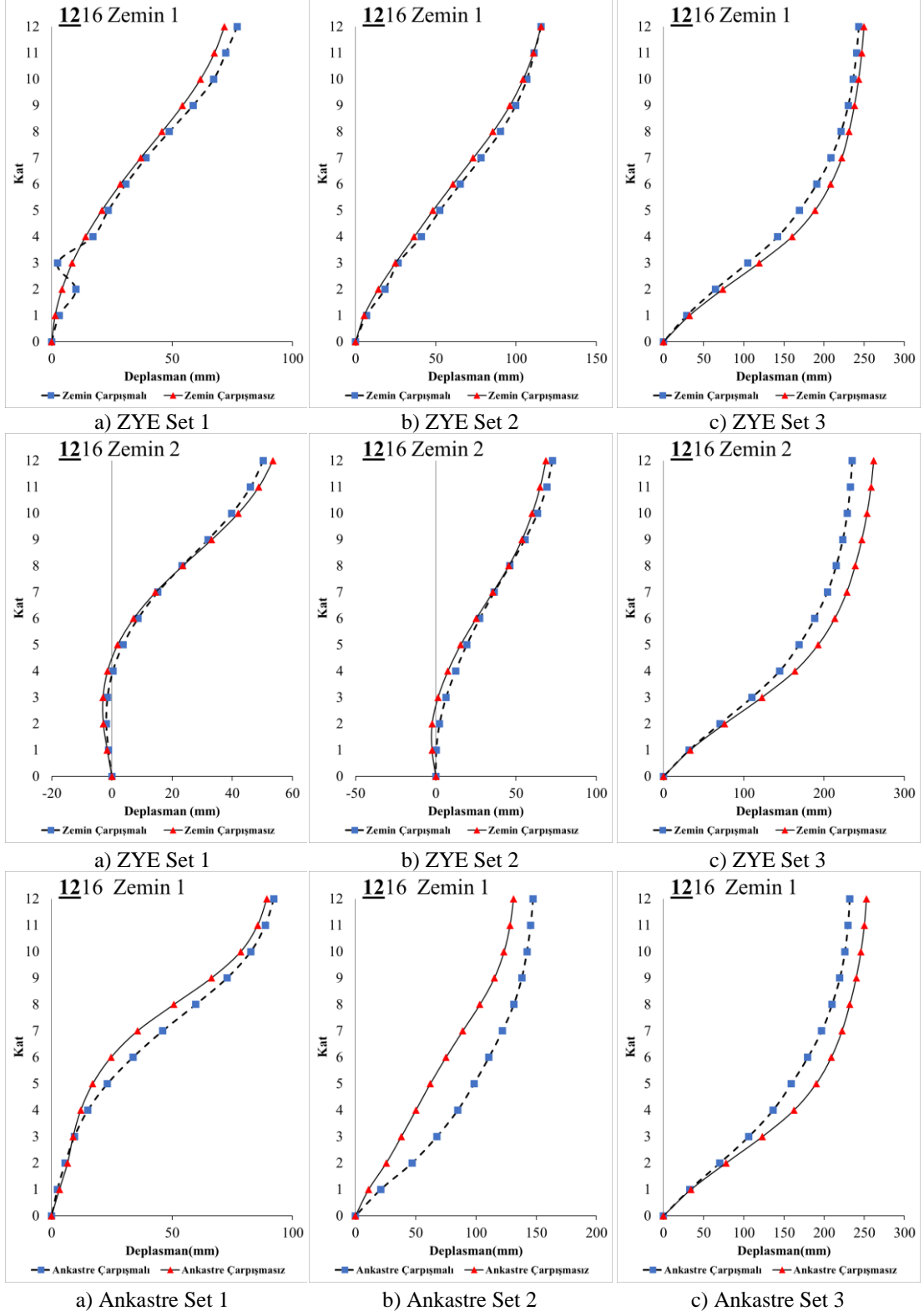


**Şekil 4.19 (Devam):** Ortalama deplasman profilleri 8-12 kombinasyonu 12 katlı yapı

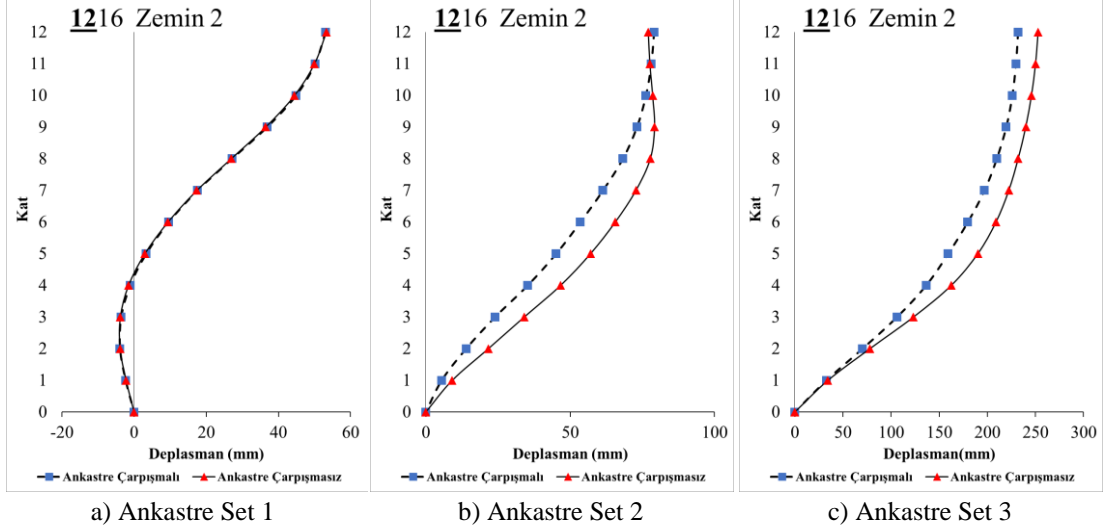
Şekil 4.20’de 1216 modeli için 12 katlı yapıda hesaplanan deplasman profillerinin setlere göre ortalama değerleri verilmiştir. Hesaplanan maksimum çatı katı deplasmanı set 3 deprem ivme kaydından elde edilmiştir. Bu değer çarpışmalı zye modeli için 243.45 mm, çarpışmasız zye modeli için 249.84 mm, çarpışmalı ankastr modeli için 231.73 mm ve çarpışmasız ankastr model için 252.87 mm olarak zemin sınıfı 1’den elde edilmiştir.

Zemin tipi 2 için ise en büyük deplasman değeri set 3 deprem kayıtlarının ortalamasından çarpışmalı zye modeli için 235.17 mm, çarpışmasız zye modeli için 262.04 mm, çarpışmalı ankastr modeli için 231.73 mm ve çarpışmasız ankastr model için 252.87 mm olarak elde edilmiştir.



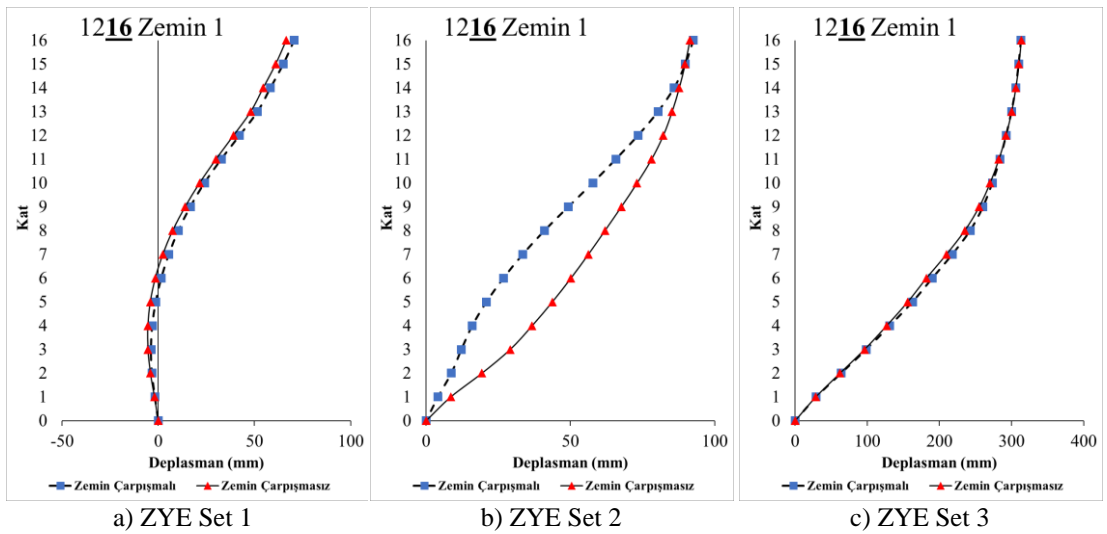


Şekil 4.20: Ortalama deplasman profilleri 12-16 kombinasyonu 12 katlı yapı

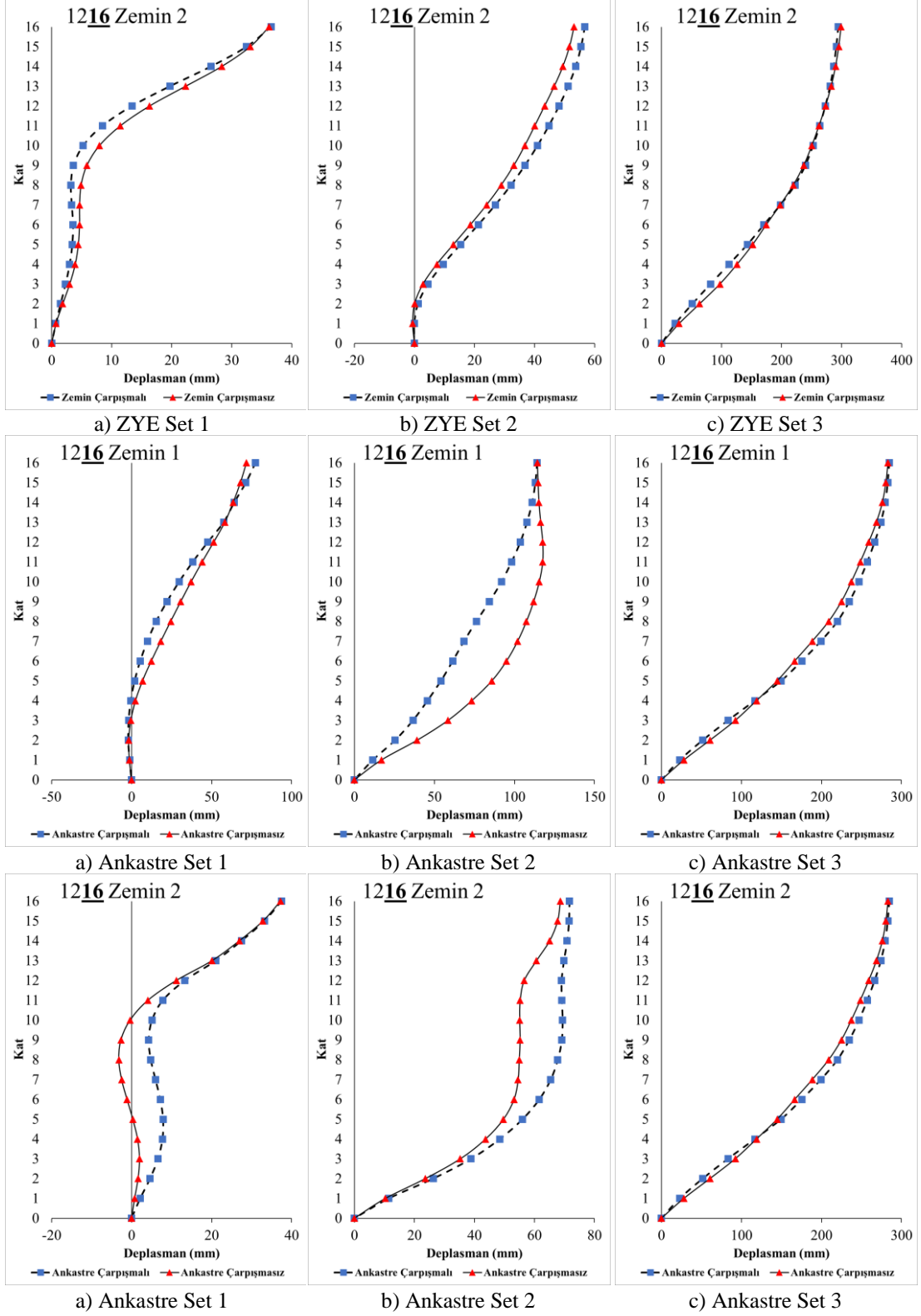


**Şekil 4.20 (Devam):** Ortalama deplasman profilleri 12-16 kombinasyonu 12 katlı yapı

Şekil 4.21’de **1216** modeli için 16 katlı yapıda hesaplanan deplasman profillerinin setlere göre ortalama değerleri verilmiştir. Hesaplanan maksimum çatı katı deplasmanı set 3 deprem ivme kaydından elde edilmiştir. Bu değer çarpışmalı zye modeli için 313.17 mm, çarpışmasız zye modeli için 313.41 mm, çarpışmalı ankaestre modeli için 284.93 mm ve çarpışmasız ankaestre model için 283.25 mm olarak zemin sınıfı 1’den elde edilmiştir. Zemin tipi 2 için ise en büyük deplasman değeri set 3 deprem kayıtlarının ortalamasından çarpışmalı zye modeli için 294.61 mm, çarpışmasız zye modeli için 299.41 mm, çarpışmalı ankaestre modeli için 284.93 mm ve çarpışmasız ankaestre model için 283.25 mm olarak elde edilmiştir.



**Şekil 4.21:** Ortalama deplasman profilleri 12-16 kombinasyonu 16 katlı yapı



**Şekil 4.21 (Devam):** Ortalama deplasman profilleri 12-16 kombinasyonu 16 katlı yapı

### 4.2.3 Maksimum Çatı Katı Deplasmanı

Yapılan çalışmada kullanılan tüm deprem ivme kayıtları ve kombinasyonlarda elde edilen yapının çatı katında oluşan maksimum deplasman değerleri Tablo 4.1 - Tablo 4.4'de verilmiştir. Bu kapsamda yapılarda oluşan deplasmanların elde edildiği doğrultunun -X ya da + X olması önem arz etmektedir. Nitekim düşük kat seviyesine sahip yapıda -X yönü serbest yön iken yüksek katlı yapıda +X serbest yönü ifade etmektedir.

**Tablo 4.1:** Model kombinasyonu 4-8 için çatı katı deplasman sonuçları

Kombinasyon Model kat sayısı Mesnet koşulu Çarpışma Durumu				SET1					SET2					SET3				
				ITALY-STU000	KOCAELİ-İZT	LOMAP-HSP090	LANDERS-YER360	SPITAK-GUK000	CHİCHİ-TCU	KOBE-NİS	LANDERS-JOS	NORTHR-PKC360	KOCAELİ-DZC180	DZC-BOL090	NORTHR-SYL090	ERZ-EW	KOBE-TAK	NORTH-TOR
				Değerler mm cinsinden verilmiştir														
4 - 8 ZEMİN 1	4 Katlı Bina	ZYE	Var	-67	-49	-90	-42	-38	-157	-216	-129	-204	-99	-138	35	-79	-243	-62
			Yok	72	52	74	53	-52	-160	-169	95	-169	-90	-126	78	-42	-235	-69
		Ank.	Var	-90	-77	-130	-60	-64	-221	-236	-189	-246	-158	-138	68	-90	-259	-102
			Yok	90	70	91	84	67	-205	-180	-136	-191	-167	-159	104	-66	-262	-96
	8 Katlı Bina	ZYE	Var	82	69	75	50	-77	-117	145	137	166	-116	159	210	-166	423	106
			Yok	-65	62	-70	54	-79	-121	-147	122	151	-111	157	206	-174	374	-107
		Ank.	Var	108	80	100	87	100	-135	175	148	211	147	161	219	176	416	-143
			Yok	102	77	93	74	92	-129	-160	140	193	148	152	188	180	355	-152
4 - 8 ZEMİN 2	4 Katlı Bina	ZYE	Var	-94	-41	-58	-47	-30	-104	-113	-55	<b>-129</b>	-98	-140	66	-91	-241	-77
			Yok	63	-38	-57	-50	37	-98	-111	-52	<b>-129</b>	76	-114	79	-52	-237	-79
		Ank.	Var	-121	-53	-85	-71	38	-125	139	-56	-156	-88	-138	68	-90	-259	-102
			Yok	-119	-46	-70	-60	53	-123	141	-60	-131	115	-159	104	-66	-262	-96
	8 Katlı Bina	ZYE	Var	72	-35	48	44	-52	-89	98	-62	<b>-92</b>	-115	161	230	-179	420	107
			Yok	59	33	51	47	-48	-89	99	-65	<b>-92</b>	-104	149	198	-185	367	112
		Ank.	Var	81	-47	73	68	63	-107	126	-69	112	107	-161	219	-176	416	-143
			Yok	77	51	-69	70	56	-110	117	-68	-106	-100	-152	188	-180	355	-152

**Tablo 4.2:** Model kombinasyonu 4-12 için çatı katı deplasman sonuçları

Kombinasyon		SET1					SET2					SET3													
		Model kat sayısı	Mesnet koşulu	Çarpışma Durumu			ITALY-STU000	KOCAELİ-İZT	LOMAP-HSP090	LANDERS-YER360	SPITAK-GUK000	CHİCHİ-TCU	KOBE-NİS	LANDERS-JOS	NORTHR-PKC360	KOCAELİ-DZC180	DZC-BOL090	NORTHR-SYL090	ERZ-EW	KOBE-TAK	NORTH-TOR				
4 - 12 ZEMİN 1		Değerler mm cinsinden verilmiştir																							
		4 Katlı Bina	ZVE	Var	-58	38	-78	-39	-51	-147	-203	-153	-198	-81	-114	-55	<b>-49</b>	-258	-66						
Yok	62			52	-152	43	65	-130	-154	106	-153	81	-104	107	<b>-49</b>	-236	-60								
Ank.	Var		-94	-79	-118	67	-65	-221	-268	-211	-264	-171	-159	74	<b>-66</b>	-263	-105								
	Yok		92	71	92	85	67	-208	-182	-138	-196	-171	-160	105	<b>-66</b>	-265	-98								
12 Katlı Bina	ZVE	Var	84	59	62	-67	79	61	107	140	147	-81	-138	342	-201	432	-173								
		Yok	-75	65	-64	-59	73	-60	100	125	136	-81	-135	263	221	422	-177								
	Ank.	Var	101	75	72	92	98	-108	140	130	197	-118	146	349	201	386	-186								
		Yok	-96	-79	-83	91	92	-103	-114	-121	190	-118	152	291	211	372	-193								
4 - 12 ZEMİN 2		Değerler mm cinsinden verilmiştir																							
		4 Katlı Bina	ZVE	Var	-65	-44	-54	-46	34	<b>-90</b>	-109	-61	<b>-134</b>	-107	-118	64	<b>-57</b>	-255	-89						
Yok	74			-44	-54	-46	47	<b>-90</b>	-106	-64	<b>-134</b>	-107	-96	84	<b>-57</b>	-245	-76								
Ank.	Var		-130	-56	-80	-67	45	-124.2	-138	-60	-163	90	-159	74	<b>-66</b>	-263	-105								
	Yok		-120	-47	-70	-61	54	-124	136	-61	-134	116	-160	105	<b>-66</b>	-265	-98								
12 Katlı Bina	ZVE	Var	47	28	-38	30	32	<b>-51</b>	-56	78	<b>73</b>	-65	-156	386	214	420	-191								
		Yok	41	28	-37	29	28	<b>-51</b>	76	57	<b>73</b>	-64	-140	299	229	401	-193								
	Ank.	Var	67	52	58	45	51	-59	94	59	102	-72	146	349	201	386	-186								
		Yok	61	54	58	44	47	-59	83	64	101	-72	152	291	211	372	-193								

**Tablo 4.3:** Model kombinasyonu 8-12 için çatı katı deplasman sonuçları

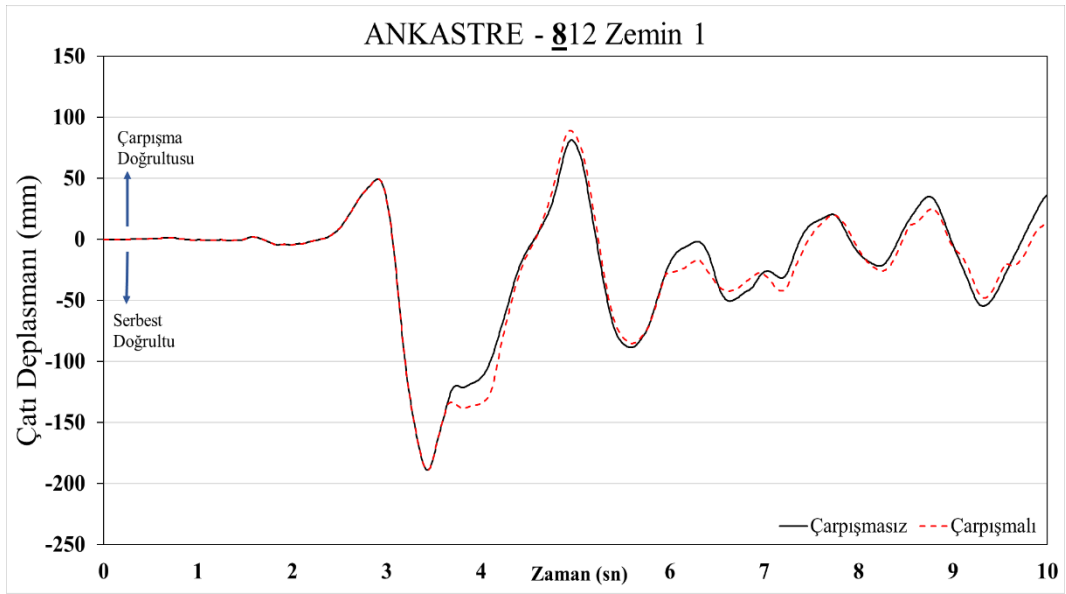
Kombinasyon		SET1					SET2					SET3													
		Model kat sayısı	Mesnet koşulu	Çarpışma Durumu			ITALY-STU000	KOCAELİ-İZT	LOMAP-HSP090	LANDERS-YER360	SPITAK-GUK000	CHİCHİ-TCU	KOBE-NİS	LANDERS-JOS	NORTHR-PKC360	KOCAELİ-DZC180	DZC-BOL090	NORTHR-SYL090	ERZ-EW	KOBE-TAK	NORTH-TOR				
8 - 12 ZEMİN 1		Değerler mm cinsinden verilmiştir																							
		8 Katlı Bina	ZVE	Var	-77	-68	-83	-66	-92	-128	-163	-174	-169	-127	-181	188	<b>-152</b>	295	-114						
Yok	81			69	-82	-66	-86	-140	-142	133	151	-134	134	184	<b>-152</b>	380	115								
Ank.	Var		98	-92	-118	-76	-110	-165	-179	-151	-189	-161	-200	177	<b>-189</b>	-273	-161								
	Yok		104	-79	90	75	97	-131	-162	144	197	-149	-151	199	<b>-189</b>	373	-158								
12 Katlı Bina	ZVE	Var	80	-65	63	70	64	-102	105	138	151	88	149	352	224	448	-186								
		Yok	-84	66	-67	61	63	-99	-114	116	143	90	-135	257	244	413	-217								
	Ank.	Var	-106	-81	-73	114	112	99	127	146	199	-116	185	325	199	414	-189								
		Yok	-96	-78	-83	90	92	-104	-114	-121	190	-118	152	290	210	370	-193								
8 - 12 ZEMİN 2		Değerler mm cinsinden verilmiştir																							
		8 Katlı Bina	ZVE	Var	-71	-72	-73	52	-52	<b>-95</b>	-113	-55	-114	-112	-200	198	<b>-175</b>	-273	-154						
Yok	67			53	63	51	-48	<b>-95</b>	100	-76	-101	-114	-138	196	<b>-175</b>	370	127								
Ank.	Var		-81	-76	-84	70	49	-109.4	118	-63	-133	-104	-200	177	<b>-189</b>	-273	-161								
	Yok		78	52	69	72	58	-108.9	119	-70	106	-103	-151	199	<b>-189</b>	373	-158								
12 Katlı Bina	ZVE	Var	52	51	50	45	36	<b>-57</b>	-67	52	78	-66	170	368	224	427	-167								
		Yok	52	-55	49	40	36	<b>-57</b>	-70	53	-79	-67	-136	295	241	395	-208								
	Ank.	Var	61	60	55	47	55	-63	95	72	102	-69	185	325	199	414	-189								
		Yok	61	54	58	44	47	-59	83	64	101	-72	152	290	210	370	-193								

**Tablo 4.4:** Model kombinasyonu 12-16 için çatı katı deplasman sonuçları

				SET1					SET2					SET3						
Kombinasyon				ITALY-STU000	KOCAELI-İZT	LOMAP-HSP090	LANDERS-YER360	SPIITAK-GUK000	CHICHI-TCU	KOBE-NİS	LANDERS-JOS	NORTHR-PKC360	KOCAELI-DZC180	DZC-BOL090	NORTHR-SYL090	ERZ-EW	KOBE-TAK	NORTH-TOR		
Model kat sayısı				Değerler mm cinsinden verilmiştir																
Mesnet koşulu																				
Çarpışma Durumu																				
12 - 16 ZEMİN 1	12 Katlı Bina	ZYE	Var	-82	-61	-81	-67	-94	-88	-124	-121	-150	-95	-197	-258	205	335	-222		
			Yok	83	67	-67	-56	85	-79	112	143	150	-94	-142	250	235	433	-190		
		Ank.	Var	-90	-102	-96	-83	90	-151	-137	-145	-181	-123	-204	-200	190	337	-228		
			Yok	-98	-80	-86	93	91	-103	-117	-124	193	-119	154	300	224	390	-197		
	16 Katlı Bina	ZYE	Var	-83	-53	77	60	81	-66	89	104	118	86	-182	-292	364	473	-255		
			Yok	-82	-50	69	55	76	-65	-84	-94	118	-96	-219	-359	323	427	-239		
		Ank.	Var	79	-70	63	78	98	87	136	101	159	87	-151	284	310	425	-255		
			Yok	79	-67	61	69	83	-90	-123	-110	159	89	-199	-297	278	396	-245		
	12 - 16 ZEMİN 2	12 Katlı Bina	ZYE	Var	50	-53	-64	-45	<b>39</b>	-59	-65	-69	-95	-76	-209	-223	201	328	-214	
				Yok	61	63	-55	50	<b>39</b>	-58	-58	66	-84	-77	141	301	247	413	-208	
			Ank.	Var	61	-50	-63	-45	46	-58	84	-76	101	-76	-204	-200	190	337	-228	
				Yok	61	55	59	44	47	-60	84	67	102	-72	154	300	224	390	-197	
16 Katlı Bina		ZYE	Var	37	-39	-35	36	35	<b>43</b>	50	68	<b>64</b>	59	-184	264	337	445	-243		
			Yok	-38	-36	-38	33	35	<b>43</b>	45	-60	<b>64</b>	54	-223	-340	290	406	-238		
		Ank.	Var	44	-33	34	28	49	-55	110	58	76	59	-151	284	310	425	-255		
			Yok	44	-38	27	30	46	-62	-96	-51	76	59	-199	-297	278	396	-245		

Elde edilen bulgular sonucunda Bölüm 2.3.3’de verilen deprem spektrumlarına göre çatı katı deplasmanları set 1, set 2 ve set 3 depremleri için ayrı ayrı analiz edilmiştir. Depremlerden elde edilen çatı katı deplasmanlarının set ortalamaları 8, 12 ve 16 katlı yapılar için set 3>set 2> set 1 iken 4 katlı binada set 2> set 3> set 1 şeklinde elde edilmiştir. Bu durum deprem frekans içeriği ve deprem özellikleriyle açıklanmaktadır. Farklı titreşim periyotlarına sahip tek serbestlik dereceli sistemlere aynı deprem uygulandığı zaman her sistem kendi titreşim özelliği ile cevap vermelidir. Bundan dolayı aynı deprem kaydı için farklı sistemlerde farklı talepler dinamik analizin doğası gereği meydana gelebilmektedir (Sucuoğlu, 2008).

Tablo 4.1 - Tablo 4.4’de verilen sonuçlarda maksimum çatı katı deplasmanlarında bazı durumlarda çarpışmalı ve çarpışmasız sonuçların aynı geldiği gözlemlenmiştir. Bu durumun oluşma sebebinin açıklanabilmesi için örnek olarak Şekil 4.22’de ERZ-EW deprem ivme kaydı için zamana bağlı deplasman değerleri verilmiştir. 8 katlı yapı için verilen maksimum deplasman değerinin çarpışmadan önce oluştuğu görülmektedir. Ardından oluşan çarpışmalar zaman zaman kısıtlayıcı yönde kalmıştır.



**Şekil 4.22:** ERZ-EW deprem ivme kaydı için ankastre 812 modeli zamana bağlı deplasman değerleri

Yapı sismik davranışı açısından deprem frekans içeriği oldukça önem arz etmektedir. Sismik etkiler altında yapılacak yapı tasarımlarda bölgede oluşmuş deprem karakteristikleri incelenmeli ve benzer içerikli depremler kullanılarak tasarım yapılmalıdır.

#### 4.2.4 Maksimum Çatı Katı Deplasman Farkları

İkili modellerin sismik etkiler altındaki davranışlarını incelerken çatı katı deplasman taleplerinin +X ve -X doğrultuları için mutlak maksimum değerleri elde edilmiştir. Bu değerler Tablo 4.5 - Tablo 4.8 aralığında verilmiştir. Elde edilen değerler 15 farklı ivme kaydı, 2 farklı zemin sınıfı ve 4 farklı ikili modeller olarak verilmiştir. Sağ bina yüksek kat yapısına sahip, sol bina olarak adlandırılan bina düşük kat sayısına sahip binayı temsil etmektedir. Fark değeri çarpışmalı modelin mutlak deplasmanından çarpışmasız modelin mutlak deplasman değerinin çıkartılmasıyla, oran değeri ise elde edilen farkların çarpışma oluşmayan durum deplasmanına oranlanmasıyla elde edilmiştir. Bu sayede serbest ve çarpışma doğrultusundaki talep değişimlerinin gözlemlenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen deplasman farkı değerleri negatif ise değerler sınırlandırmayı, pozitif ise deplasman talep artışını ifade etmektedir.

**Tablo 4.5:** Zemin sınıfı 1 için deplasman farkları (ZYE)

Deprem	Fark	Bina	Model									
			48		412		812		1216			
			-X	+X	-X	+X	-X	+X	-X	+X		
SET 1	Zemin Yapı Etkileşimi	ITALY-STU000	Fark (mm)	Sol	16.60	-18.61	2.36	-10.99	8.19	-13.59	7.97	-28.61
				Sağ	8.21	16.77	6.47	14.98	-7.60	10.88	0.02	12.40
			Oran (%)	Sol	32.71	-25.85	4.28	-17.69	11.90	-16.86	10.74	-34.48
				Sağ	12.57	25.71	8.57	21.85	-9.08	15.74	0.02	19.17
			Fark (mm)	Sol	-0.11	-3.15	-0.16	-14.40	17.16	-23.80	6.92	-22.99
				Sağ	0.27	6.93	5.31	-5.72	7.13	-5.53	2.94	3.60
		Oran (%)	Sol	-0.23	-6.11	-0.42	-27.54	33.71	-34.32	12.82	-34.26	
			Sağ	0.65	11.18	10.28	-8.77	12.37	-8.42	5.86	9.36	
		Fark (mm)	Sol	27.13	-35.46	-74.11	-78.90	0.61	-19.27	13.56	0.86	
			Sağ	-0.45	7.16	-3.00	3.25	-9.20	8.64	-8.78	8.46	
		Oran (%)	Sol	43.25	-48.06	-48.65	<b>-61.74</b>	0.74	-25.86	20.20	1.43	
			Sağ	-0.64	10.60	-4.69	5.58	-13.82	15.81	-12.89	12.34	
	Fark (mm)	Sol	-8.51	-13.86	-0.34	-7.13	-0.40	-5.96	10.85	-0.65		
		Sağ	-5.12	-4.49	7.81	4.78	-3.44	9.09	0.34	4.39		
	Oran (%)	Sol	-16.97	-26.35	-0.87	-16.62	-0.60	-10.13	19.26	-1.16		
		Sağ	-9.66	-8.27	13.15	9.80	-7.00	14.93	0.76	8.03		
	Fark (mm)	Sol	-13.49	-4.33	4.08	-34.93	6.25	-3.58	17.46	-12.52		
		Sağ	-1.92	6.78	6.25	5.67	-9.18	0.45	-13.00	4.87		
	Oran (%)	Sol	-26.00	-13.47	8.62	-53.69	7.31	-6.47	22.74	-14.72		
		Sağ	-2.44	12.44	9.58	7.72	-16.97	0.71	-18.13	6.37		



**Tablo 4.5 (Devam):** Zemin sınıfı 1 için deplasman farkları (ZYE)

Deprem		Fark	Bina	Model								
				48		412		812		1216		
				-X	+X	-X	+X	-X	+X	-X	+X	
SET 2	Zemin Yapı Etkileşimi	CHICHI	Fark (mm)	Sol	-2.93	18.30	17.32	-12.49	-12.04	11.42	9.40	-1.23
				Sağ	-4.39	8.83	0.16	1.46	2.98	-0.79	0.41	4.37
			Oran (%)	Sol	-1.83	38.20	13.36	-22.22	-8.58	15.07	11.90	-1.80
				Sağ	-3.63	10.92	0.26	2.46	3.02	-1.03	0.63	8.88
		KOBE	Fark (mm)	Sol	47.38	-16.51	49.68	-19.25	21.56	13.65	32.44	-36.70
				Sağ	-26.48	23.65	0.51	6.32	-23.67	-5.93	-16.63	19.46
			Oran (%)	Sol	28.03	-12.70	32.34	-14.43	15.23	10.89	35.58	-32.81
				Sağ	-18.00	19.56	0.61	6.30	-20.84	-5.34	-19.83	27.82
		LANDERS-JOS	Fark (mm)	Sol	36.33	-29.39	59.55	-34.09	57.32	-34.15	6.40	-34.95
				Sağ	0.75	14.63	-5.88	14.76	-14.72	21.78	2.84	17.96
			Oran (%)	Sol	39.30	-31.07	64.05	-32.18	49.07	-25.65	5.58	-24.49
				Sağ	0.63	11.94	-6.08	11.82	-12.94	18.80	3.02	20.75
		NORTH-PKC360	Fark (mm)	Sol	35.02	-27.64	44.55	-49.10	46.10	-15.82	36.55	-9.16
				Sağ	-21.34	15.77	-21.16	10.32	-28.69	8.72	-20.04	-0.08
			Oran (%)	Sol	20.67	-23.65	29.09	-34.13	37.37	-10.47	32.21	-6.09
				Sağ	-19.31	10.47	-22.06	7.56	-22.96	6.11	-24.57	-0.07
		KOCALI-DZC180	Fark (mm)	Sol	9.22	-38.26	10.28	-28.52	-6.73	-13.77	1.03	1.36
				Sağ	4.87	0.42	-0.65	0.25	0.63	-2.07	-10.01	11.47
Oran (%)	Sol		10.22	-49.64	14.57	-35.07	-5.04	-17.00	1.10	1.68		
	Sağ		4.39	0.71	-0.80	0.33	0.73	-2.29	-10.46	16.49		
SET 3	Zemin Yapı Etkileşimi	DZC-BOL090	Fark (mm)	Sol	11.91	-15.65	9.29	-39.66	59.54	-56.74	55.15	-27.67
				Sağ	8.95	2.62	2.76	-11.45	-36.55	37.22	-37.26	32.86
			Oran (%)	Sol	9.48	-34.79	8.90	-60.46	48.85	-42.31	38.97	-20.94
				Sağ	8.18	1.67	2.04	-8.80	-26.98	33.34	-17.00	23.75
		NORTH-SYL090	Fark (mm)	Sol	-6.30	-42.35	8.75	-52.49	12.25	3.78	82.62	<b>-124.13</b>
				Sağ	-11.89	4.11	-21.12	78.23	-59.07	<b>94.61</b>	-66.55	37.99
			Oran (%)	Sol	-19.34	-54.56	18.86	-49.22	19.57	2.05	47.03	-49.74
				Sağ	-14.22	1.99	-12.39	29.69	-34.08	36.74	-18.56	19.00
		ERZ-EW	Fark (mm)	Sol	37.17	-14.76	0.00	-16.83	0.00	21.81	0.00	-30.30
				Sağ	-7.71	-4.23	4.79	-22.46	0.01	-20.27	0.64	40.42
			Oran (%)	Sol	<b>88.03</b>	-46.43	0.00	-51.92	0.00	30.18	0.00	-12.90
				Sağ	-4.44	-7.23	2.44	-10.14	0.00	-8.31	0.35	12.51
		KOBE-TAK	Fark (mm)	Sol	7.88	-9.12	21.65	-30.08	64.71	-85.02	0.00	-97.75
				Sağ	-41.50	48.78	0.04	9.65	-1.64	35.14	0.00	46.31
			Oran (%)	Sol	3.35	-6.04	9.17	-20.29	31.75	-22.36	0.00	-22.56
				Sağ	-19.17	13.03	0.01	2.29	-0.58	8.51	0.00	10.86
		NORTH-TOR	Fark (mm)	Sol	-7.23	-6.40	5.91	-11.72	8.14	-43.61	32.20	-26.47
				Sağ	-13.45	9.59	-4.37	19.53	-30.19	33.17	15.88	38.89
Oran (%)	Sol		-10.44	-13.44	9.83	-20.24	7.69	-37.79	16.94	-21.64		
	Sağ		-12.52	9.93	-2.46	17.26	-13.94	31.56	6.63	22.67		

Tablo 4.5 ve Tablo 4.6’da zemin yapı etkileşimli modeller için zemin 1 ve zemin 2 grubu sonuçlarının değerleri verilmiştir. Tablo 4.5’te zemin grubu 1 dikkate alınarak verilen değerler için NORTH- SYL090 ivme kaydı kullanılarak yapılan zaman tanım alanında analiz sonucunda 2 cm boşluk mesafesi bırakıldığı durumda 8-12 modeli için 12 katlı yapıda serbest doğrultuda 94.61 mm deplasman artışına, 12-16 modeli için 12 katlı yapıda 124.13 mm deplasman talebinde sınırlanmaya neden olmuştur.

Değerlerin daha doğru bir şekilde anlaşılması amacıyla maksimum deplasman talep artışı ve maksimum talep sınırlandırma yüzdesine bakacak olursak, ERZ-EW deprem ivme kaydı için 4-8 ikili modeli için 4 katlı yapıda serbest doğrultuda %88.03’lük bir deplasman talep artışına, LOMAP-HSP090 deprem ivme kaydı için 4-12 ikili modelinde 4 katlı yapı için çarpışma doğrultusunda %61.74 oranında bir deplasman talep sınırlandırmasına sebep olmuştur.

**Tablo 4.6:** Zemin sınıfı 2 için deplasman farkları (ZYE)

Deprem	Fark	Bina	Model									
			48		412		812		1216			
			-X	+X	-X	+X	-X	+X	-X	+X		
SET 1	Zemin Yapı Etkileşim	ITALY-STU000	Fark (mm)	Sol	36.84	-24.26	28.85	-20.04	16.74	-5.23	-11.97	-10.30
			Sağ	-4.79	13.36	0.43	5.85	-2.82	-0.14	-4.09	5.80	
		Oran (%)	Sol	63.92	-38.38	79.40	-26.97	30.78	-7.83	-21.92	-17.00	
		Sağ	-10.46	22.81	1.17	14.36	-5.60	-0.26	-10.68	18.72		
		KOCAELI-İZT	Fark (mm)	Sol	2.84	0.58	-0.64	-0.13	30.58	-17.36	-5.17	-22.39
			Sağ	4.99	-1.31	-0.46	-0.06	-10.22	1.02	3.37	6.60	
	Oran (%)	Sol	7.37	1.83	-1.44	-0.42	73.19	-33.05	-8.93	-35.74		
	Sağ	16.82	-4.01	-1.68	-0.20	-18.43	2.04	9.40	27.04			
	LOMAP-HSP090	Fark (mm)	Sol	0.72	-1.99	0.66	-4.58	10.78	-14.13	8.76	-7.44	
		Sağ	1.67	-3.24	0.07	-0.50	-3.13	1.78	-2.84	7.66		
	Oran (%)	Sol	1.25	-4.65	1.23	-11.17	17.24	-22.41	15.83	-14.11		
	Sağ	3.83	-6.35	0.19	-1.38	-6.73	3.67	-7.46	30.80			
LANDERS-YER360	Fark (mm)	Sol	-2.36	2.09	0.60	0.43	9.08	0.77	7.02	-9.67		
	Sağ	-1.04	-2.93	1.50	1.34	-0.58	5.20	0.00	2.65			
Oran (%)	Sol	-4.76	5.69	1.31	1.30	28.74	1.52	18.33	-19.25			
Sağ	-3.43	-6.30	6.21	4.59	-1.63	13.05	0.00	7.93				
SPİTAK-GUK000	Fark (mm)	Sol	-2.30	-8.41	4.68	-13.52	3.82	-0.82	3.89	0.00		
	Sağ	4.44	10.63	1.17	3.16	-0.72	0.18	0.05	-0.02			
Oran (%)	Sol	-7.12	-22.51	18.31	-28.73	8.00	-2.10	14.93	0.00			
Sağ	9.28	35.86	4.45	11.14	-2.61	0.51	0.29	-0.07				

**Tablo 4.6 (Devam):** Zemin sınıfı 2 için deplasman farkları (ZYE)

Deprem		Fark	Bina	Model								
				48		412		812		1216		
				-X	+X	-X	+X	-X	+X	-X	+X	
SET 2	Zemin Yapı Etkileşimi	CHİCHİ	Fark (mm)	Sol	5.96	-2.64	0.00	-0.71	0.00	0.00	1.28	-1.31
				Sağ	0.26	-2.03	0.00	-0.10	0.00	8.97	0.00	0.00
			Oran (%)	Sol	6.09	-3.57	0.00	-0.80	0.00	0.00	2.21	-3.15
				Sağ	0.30	-2.59	0.00	-0.23	0.00	21.54	0.00	0.00
		KOBE	Fark (mm)	Sol	2.57	0.70	3.24	-0.76	16.60	-8.22	6.44	-5.93
				Sağ	0.70	-0.28	-16.47	-23.64	-2.62	-0.02	0.46	4.73
			Oran (%)	Sol	2.32	0.78	3.05	-0.83	17.25	-8.21	11.03	-11.31
				Sağ	0.81	-0.29	-22.79	-31.29	-3.74	-0.04	1.17	10.44
		LANDERS-JOS	Fark (mm)	Sol	2.70	-10.56	-2.66	-21.95	-20.08	-16.75	18.61	-9.71
				Sağ	-3.28	2.46	33.43	21.24	-7.68	-1.15	1.96	9.89
			Oran (%)	Sol	5.18	-24.98	-4.16	-37.58	-26.60	-24.99	37.05	-14.77
				Sağ	-5.05	4.65	<b>83.30</b>	37.49	-16.41	-2.16	3.28	16.87
		NORTH-PKC360	Fark (mm)	Sol	0.00	-4.08	0.00	0.00	12.89	-0.09	11.26	0.00
				Sağ	0.00	0.00	0.00	0.00	-4.78	0.01	-3.22	0.00
			Oran (%)	Sol	0.00	-7.71	0.00	0.00	12.77	-0.11	13.45	0.00
				Sağ	0.00	0.00	0.00	0.00	-6.06	0.02	-6.77	0.00
		KOCAELİ-DZC180	Fark (mm)	Sol	25.56	-36.08	0.07	-0.25	-2.06	2.70	-0.80	-9.21
				Sağ	10.10	19.42	0.62	0.14	-1.19	2.77	-2.45	4.42
Oran (%)	Sol		35.19	-47.24	0.07	-0.52	-1.81	6.62	-1.05	-15.33		
	Sağ		9.67	51.00	0.98	0.29	-1.78	4.80	-5.39	8.16		
SET 3	Zemin Yapı Etkileşimi	DZC-BOL090	Fark (mm)	Sol	26.39	-45.15	21.59	-62.79	62.30	-52.95	73.37	-37.19
				Sağ	-4.03	11.75	16.39	-8.41	-45.35	46.83	-39.55	22.70
			Oran (%)	Sol	23.16	-69.20	22.49	<b>-70.06</b>	45.23	-38.54	53.96	-26.44
				Sağ	-3.08	7.87	11.71	-6.65	-33.45	37.94	-17.70	17.04
		NORTH-SYL090	Fark (mm)	Sol	-8.50	-13.17	-7.44	-20.05	4.00	2.70	78.16	<b>-158.36</b>
				Sağ	-14.36	32.06	-31.52	<b>86.67</b>	-29.71	72.40	-78.05	83.23
			Oran (%)	Sol	-20.65	-16.58	-18.79	-23.81	5.72	1.38	53.92	-52.59
				Sağ	-18.79	16.20	-22.23	28.95	-21.55	24.53	-22.94	45.92
		ERZ-EW	Fark (mm)	Sol	38.61	-15.76	0.00	-2.23	0.00	14.73	0.00	-45.92
				Sağ	-5.81	-19.12	4.95	-14.87	0.00	-17.07	0.01	47.18
			Oran (%)	Sol	73.90	-33.96	0.00	-4.94	0.00	17.24	0.00	-18.58
				Sağ	-3.14	-25.57	2.65	-6.50	0.00	-7.09	0.00	16.27
		KOBE-TAK	Fark (mm)	Sol	4.15	-10.04	9.27	-69.31	59.40	-101.74	0.00	-84.73
				Sağ	-39.25	53.40	1.42	19.18	0.78	32.04	0.00	39.42
			Oran (%)	Sol	1.75	-6.72	3.78	-45.76	27.75	-27.46	0.00	-20.51
				Sağ	-17.91	14.55	0.51	4.79	0.28	8.11	0.00	9.72
		NORTH-TOR	Fark (mm)	Sol	-1.99	-8.14	13.35	3.44	33.20	-38.83	5.64	-21.42
				Sağ	-15.28	-5.08	-1.52	50.80	-40.72	38.21	4.73	59.84
Oran (%)	Sol		-2.53	-13.42	17.57	5.11	27.57	-30.52	2.71	-18.19		
	Sağ		-13.92	-4.51	-0.79	45.96	-19.62	35.49	1.99	46.10		

Tablo 4.6’da zemin grubu 2 dikkate alınarak verilen değerler için NORTHRSYL090 ivme kaydı kullanılarak yapılan zaman tanım alanında analiz sonucunda 2 cm boşluk mesafesi bırakıldığı durumda 4-12 modeli için 12 katlı yapıda serbest doğrultuda 83.30 mm deplasman artışı, 12-16 modeli için 12 katlı yapı için çarpışma doğrultusunda 158.36 mm deplasman talebinde sınırlanma gözlenmiştir.

Deplasman talep farklarının çarpışmasız modellerine oranları yüzde cinsinden incelendiğinde, LANDERS-JOS deprem ivme kaydı için 4-12 ikili modeli için 12 katlı yapıda %88.30 oranında bir deplasman talep artışına, DZC-BOL090 deprem ivme kaydı için 4-12 ikili modelinde 4 katlı yapı için çarpışma doğrultusunda %70.06 oranında bir deplasman talep sınırlamasına sebep olmuştur.

Çarpışma etkilerinin deplasman talepleri üzerindeki farkları ve değişim oranlarını ankastre mesnetli modeller için ise Tablo 4.7 ve Tablo 4.8’de verilmiştir. Zemin grubu 1’den elde edilen depremler ile yapılan zaman tanım alanında analizler sonucunda Tablo 4.7’te NORTHRSYL090 kaydı ile yapılan analizler sonucunda 1216 katlı model için 12 katlı yapıda 143.36 mm kısıtlama meydana gelirken aynı deprem kaydı için 16 katlı bina serbest doğrultuda 112.44 mm’lik bir deplasman farkına sebep olmuştur.

Deplasman talep farklarının maksimum oranına bakılacak olursa, maksimum talep artış oranı 12 katlı bina için serbest doğrultuda %77.26 DZC-BOL090 deprem kaydından elde edilmiştir. Maksimum talep kısıtlanma oranı ise 12 katlı yapıda NORTHRSYL090 deprem ivme kaydı için %47.81 olarak belirlenmiştir.

**Tablo 4.7:** Zemin sınıfı 1 için deplasman farkları (Ank.)

Deprem		Fark	Bina	Model								
				48		412		812		1216		
				-X	+X	-X	+X	-X	+X	-X	+X	
SET 1	Ankastre	ITALY-STU000	Fark (mm)	Sol	17.35	-11.18	20.64	-13.63	13.03	-5.63	-7.83	-12.05
			Sağ	1.57	5.50	-8.45	8.37	9.76	10.23	-4.03	-0.39	
		Oran (%)	Sol	23.97	-12.35	28.31	-14.79	15.26	-5.41	-8.01	-12.83	
			Sağ	1.85	5.37	-8.80	9.02	10.18	11.04	-5.55	-0.49	
		KOCAELI-IZT	Fark (mm)	Sol	12.47	-10.66	13.95	-6.72	12.52	-11.77	22.37	-17.13
			Sağ	-1.70	2.59	-11.66	2.52	2.22	1.85	2.54	1.23	
		Oran (%)	Sol	19.28	-15.31	21.43	-9.52	15.76	-14.95	27.96	-23.10	
			Sağ	-2.24	3.35	-14.84	3.49	2.83	2.56	3.79	2.44	
		LOMAP-HSP090	Fark (mm)	Sol	53.79	-29.73	40.62	-20.51	33.13	1.55	10.66	-8.52
			Sağ	3.90	7.70	-13.76	-2.15	-10.45	-2.05	-1.45	2.21	
		Oran (%)	Sol	70.79	-32.51	52.20	-22.21	39.18	1.72	12.46	-11.55	
			Sağ	4.79	8.32	-16.50	-2.92	-12.55	-2.78	-2.65	3.65	
		LANDERS-YER360	Fark (mm)	Sol	0.71	-27.70	-0.93	-18.74	12.19	-14.83	16.62	-37.18
			Sağ	-3.15	13.31	6.29	1.37	-5.35	23.25	1.25	8.52	
		Oran (%)	Sol	1.19	-33.15	-1.54	-21.97	19.07	-19.80	25.17	-40.11	
			Sağ	-5.18	17.94	9.79	1.51	-8.33	25.71	2.09	12.30	
		SPITAK-GUK000	Fark (mm)	Sol	1.53	-19.01	2.16	-16.43	34.56	-22.33	20.96	-0.64
			Sağ	-6.36	7.62	-8.55	6.07	-11.70	19.78	-8.89	15.16	
Oran (%)	Sol	2.47	-28.49	3.43	-24.47	45.87	-22.99	34.84	-0.71			
	Sağ	-8.22	8.26	-14.36	6.62	-19.65	21.57	-14.66	18.29			
SET 2	Ankastre	CHİCHİ	Fark (mm)	Sol	16,07	-8,66	12,85	-1,73	33,55	-28,54	48,28	-3,41
			Sağ	6,23	-8,59	4,73	1,46	-9,07	1,64	-20,69	-2,34	
		Oran (%)	Sol	7,83	-13,02	6,19	-2,58	25,61	-22,18	47,04	-3,45	
			Sağ	4,83	-6,67	4,57	1,50	-8,76	1,69	-22,88	-2,61	
		KOBE	Fark (mm)	Sol	56,16	-23,20	86,40	-35,37	16,75	-9,87	20,32	-19,26
			Sağ	-25,34	31,04	-4,33	30,32	-6,32	17,63	-9,13	22,00	
		Oran (%)	Sol	31,20	-15,03	47,54	-22,75	10,34	-6,71	17,37	-16,78	
			Sağ	-15,82	21,54	-3,78	27,65	-5,53	16,12	-7,43	19,28	
		LANDERS-JOS	Fark (mm)	Sol	53,19	-39,59	73,73	-11,12	24,23	-30,07	20,60	-9,70
			Sağ	-5,27	8,33	2,40	10,38	-7,04	26,51	-22,90	7,01	
		Oran (%)	Sol	39,10	-30,76	53,52	-8,47	19,04	-20,82	16,62	-8,01	
			Sağ	-4,22	5,96	1,99	8,70	-5,83	22,23	-20,75	7,47	
		NORTH-PKC360	Fark (mm)	Sol	55,84	-40,20	67,59	-42,98	66,94	-24,49	71,27	-15,31
			Sağ	-30,51	18,16	-26,60	6,94	-36,99	8,89	-10,20	0,04	
		Oran (%)	Sol	29,29	-24,76	34,41	-26,25	55,07	-12,42	64,86	-7,95	
			Sağ	-24,44	9,40	-24,05	3,65	-33,40	4,67	-14,07	0,03	
		KOCAELI-DZC180	Fark (mm)	Sol	-9,01	-45,65	0,19	-38,37	12,58	6,90	3,95	-8,75
			Sağ	-0,80	21,09	0,05	8,76	-1,59	3,16	-2,24	-1,46	
Oran (%)	Sol	-5,39	-43,09	0,11	-35,81	8,45	7,35	3,31	-8,27			
	Sağ	-0,54	22,37	0,04	8,19	-1,34	2,95	-2,56	-1,64			

**Tablo 4.7 (Devam):** Zemin sınıfı 1 için deplasman farkları (Ank.)

Deprem		Fark	Bina	Model								
				48		412		812		1216		
				-X	+X	-X	+X	-X	+X	-X	+X	
SET 3	Ankastre	DZC- BOL090	Fark (mm)	Sol	-21.30	-20.13	-1.13	-14.18	48.11	-47.00	88.94	-46.21
			Sağ	8.94	0.44	11.22	-5.95	-26.80	33.23	-47.69	9.27	
		Oran (%)	Sol	-13.38	-44.37	-0.70	-31.46	31.76	-33.61	<b>77.26</b>	-29.99	
		Sağ	5.89	0.33	9.54	-3.90	-22.73	21.84	-23.99	6.89		
		NORTH- SYL090	Fark (mm)	Sol	-15.23	-36.05	-21.18	-30.48	11.85	-21.83	73.71	<b>-143.36</b>
			Sağ	-6.41	30.78	-14.13	58.08	-17.48	35.38	-69.53	<b>112.44</b>	
	Oran (%)	Sol	-23.70	-34.58	-32.52	-29.05	13.88	-10.98	58.51	<b>-47.81</b>		
	Sağ	-7.83	16.34	-11.56	19.97	-14.34	12.20	-23.39	65.63			
	ERZ-EW	Fark (mm)	Sol	24.48	-12.80	0.00	-18.44	0.00	7.77	0.00	-33.23	
		Sağ	-3.47	-18.21	-0.04	-10.03	0.00	-10.96	0.00	31.44		
	Oran (%)	Sol	37.31	-30.64	0.00	-44.21	0.00	9.56	0.00	-14.85		
	Sağ	-1.93	-23.75	-0.02	-4.75	0.00	-5.21	0.00	11.29			
	KOBE-TAK	Fark (mm)	Sol	-3.08	-4.52	-1.90	-73.17	49.96	-105.08	0.00	-53.26	
		Sağ	-39.36	60.67	-0.59	14.21	-0.81	43.50	0.00	28.22		
	Oran (%)	Sol	-1.17	-2.93	-0.72	-47.44	22.43	-28.19	0.00	-13.66		
	Sağ	-18.61	17.08	-0.20	3.82	-0.28	11.74	0.00	7.12			
	NORTH- TOR	Fark (mm)	Sol	6.29	-23.75	7.46	-15.19	2.82	4.44	30.96	-1.26	
		Sağ	-8.82	2.24	-7.40	37.62	-3.84	11.46	9.96	46.69		
Oran (%)	Sol	6.55	-28.63	7.64	-18.17	1.78	5.05	15.73	-1.11			
Sağ	-5.81	2.65	-3.82	34.02	-1.99	10.39	4.06	34.04				

**Tablo 4.8:** Zemin sınıfı 2 için deplasman farkları (Ank.)

Deprem		Fark	Bina	Model								
				48		412		812		1216		
				-X	+X	-X	+X	-X	+X	-X	+X	
SET 1	Ankastre	ITALY- STU000	Fark (mm)	Sol	2,91	-2,07	10,27	0,50	19,16	-6,50	4,88	-0,36
			Sağ	-3,19	3,34	-2,37	5,67	-6,07	0,43	-2,17	-0,30	
		Oran (%)	Sol	2,46	-4,49	8,56	1,07	30,91	-8,29	11,22	-0,59	
		Sağ	-5,09	4,33	-5,47	9,31	-14,04	0,70	-5,70	-0,68		
		KOCAELI- IZT	Fark (mm)	Sol	6,76	-2,49	9,74	-2,80	24,89	-13,05	1,45	-9,32
			Sağ	-2,39	-6,06	-3,00	-2,29	-1,96	5,62	-5,08	4,85	
	Oran (%)	Sol	14,71	-5,59	20,92	-6,20	48,73	-25,21	2,96	-16,85		
	Sağ	-4,88	-11,87	-6,16	-4,24	-4,04	10,41	-13,21	17,82			
	LOMAP- HSP090	Fark (mm)	Sol	14,50	-11,39	9,69	-4,21	16,33	0,34	14,54	-8,77	
		Sağ	-10,97	4,90	3,81	-0,02	-1,25	-3,64	1,21	6,90		
	Oran (%)	Sol	20,57	-17,83	13,83	-6,49	24,12	0,50	30,19	-14,97		
	Sağ	-15,88	7,19	8,01	-0,03	-2,64	-6,25	4,56	25,90			
	LANDERS- YER360	Fark (mm)	Sol	11,31	0,60	6,27	-0,68	21,98	-2,46	4,13	-6,25	
		Sağ	1,62	-1,83	-0,33	1,43	-2,18	2,64	-3,05	-2,70		
	Oran (%)	Sol	18,80	1,14	10,30	-1,27	52,84	-3,40	10,20	-14,13		
	Sağ	3,91	-2,62	-0,83	3,26	-5,59	6,02	-10,35	-8,91			
	SPITAK- GUK000	Fark (mm)	Sol	-0,04	-15,08	0,83	-8,44	0,67	-8,95	5,34	-0,39	
		Sağ	1,16	7,47	0,00	3,26	0,00	7,54	0,00	2,66		
Oran (%)	Sol	-0,13	-28,21	2,41	-15,71	1,54	-15,56	15,97	-0,83			
Sağ	2,70	13,35	0,00	6,88	0,00	15,87	0,00	5,76				

**Tablo 4.8 (Devam):** Zemin sınıfı 2 için deplasman farkları (Ank.)

Deprem		Fark	Bina	Model								
				48		412		812		1216		
				-X	+X	-X	+X	-X	+X	-X	+X	
SET 2	Ankastre	CHİCHİ	Fark (mm)	Sol	1.88	-3.37	0.16	-0.09	0.48	-5.22	-2.37	-1.09
			Sağ	-3.03	1.44	0.12	1.86	4.33	0.82	-6.52	3.84	
		Oran (%)	Sol	1.52	-4.00	0.13	-0.11	0.44	-5.87	-3.94	-2.14	
			Sağ	-2.76	1.68	0.21	3.73	7.39	1.65	-10.59	8.69	
		KOBE	Fark (mm)	Sol	8.94	-1.78	9.78	-17.91	6.97	-1.58	4.19	0.02
			Sağ	0.85	9.22	-6.58	10.48	-2.65	12.19	-8.05	21.74	
		Oran (%)	Sol	7.03	-1.26	7.62	-13.18	6.65	-1.32	5.62	0.02	
			Sağ	0.83	7.88	-8.95	12.59	-3.61	14.66	-8.41	24.73	
	LANDERS-JOS	Fark (mm)	Sol	-4.24	-17.85	-1.26	-18.39	-7.40	5.62	29.44	-1.96	
		Sağ	0.67	6.37	-1.87	-5.07	1.66	7.93	6.99	15.57		
	Oran (%)	Sol	-7.02	-31.28	-2.07	-31.74	-10.54	9.87	62.82	-2.91		
		Sağ	0.99	11.16	-3.99	-7.88	3.54	12.35	13.75	36.35		
	NORTH-PKC360	Fark (mm)	Sol	24.63	-14.15	28.93	-15.85	28.23	-4.37	17.45	-0.62	
		Sağ	-15.42	8.75	-4.99	1.10	-12.60	0.50	-10.65	0.00		
	Oran (%)	Sol	18.77	-16.45	21.59	-18.21	26.86	-4.14	22.76	-0.60		
		Sağ	-14.56	8.46	-6.58	1.09	-16.61	0.49	-17.28	0.00		
KOCALİ-DZC180	Fark (mm)	Sol	23.14	-40.59	18.20	-26.42	1.59	1.35	3.46	0.49		
	Sağ	7.41	5.64	-0.30	0.55	-3.64	10.03	-1.97	0.13			
Oran (%)	Sol	35.58	-35.44	27.78	-22.74	1.55	2.66	4.79	1.01			
	Sağ	7.41	11.03	-0.42	1.14	-5.04	20.91	-4.53	0.22			
SET 3	Ankastre	DZC-BOL090	Fark (mm)	Sol	-21.30	-20.13	-1.13	-14.18	48.11	-47.00	88.94	-46.21
			Sağ	8.94	0.44	11.22	-5.95	-26.80	33.23	-47.69	9.27	
		Oran (%)	Sol	-13.38	-44.37	-0.70	-31.46	31.76	-33.61	<b>77.26</b>	-29.99	
			Sağ	5.89	0.33	9.54	-3.90	-22.73	21.84	-23.99	6.89	
		NORTH-SYL090	Fark (mm)	Sol	-15.23	-36.05	-21.18	-30.48	11.85	-21.83	73.71	<b>-143.36</b>
			Sağ	-6.41	30.78	-14.13	58.08	-17.48	35.38	-69.53	<b>112.44</b>	
		Oran (%)	Sol	-23.70	-34.58	-32.52	-29.05	13.88	-10.98	58.51	<b>-47.81</b>	
			Sağ	-7.83	16.34	-11.56	19.97	-14.34	12.20	-23.39	65.63	
	ERZ-EW	Fark (mm)	Sol	24.48	-12.80	0.00	-18.44	0.00	7.77	0.00	-33.23	
		Sağ	-3.47	-18.21	-0.04	-10.03	0.00	-10.96	0.00	31.44		
	Oran (%)	Sol	37.31	-30.64	0.00	-44.21	0.00	9.56	0.00	-14.85		
		Sağ	-1.93	-23.75	-0.02	-4.75	0.00	-5.21	0.00	11.29		
	KOBE-TAK	Fark (mm)	Sol	-3.08	-4.52	-1.90	-73.17	49.96	-105.08	0.00	-53.26	
		Sağ	-39.36	60.67	-0.59	14.21	-0.81	43.50	0.00	28.22		
	Oran (%)	Sol	-1.17	-2.93	-0.72	-47.44	22.43	-28.19	0.00	-13.66		
		Sağ	-18.61	17.08	-0.20	3.82	-0.28	11.74	0.00	7.12		
NORTH-TOR	Fark (mm)	Sol	6.29	-23.75	7.46	-15.19	2.82	4.44	30.96	-1.26		
	Sağ	-8.82	2.24	-7.40	37.62	-3.84	11.46	9.96	46.69			
Oran (%)	Sol	6.55	-28.63	7.64	-18.17	1.78	5.05	15.73	-1.11			
	Sağ	-5.81	2.65	-3.82	34.02	-1.99	10.39	4.06	34.04			

Tablo 4.5 - Tablo 4.8 aralığında zemin yapı etkileşimi ve mesnet tipine göre verilen değerlerin maksimum değerleri Tablo 4.9 ve Tablo 4.10'da özet olarak verilmiştir.

Tablo 4.9'da tüm deprem ivme kayıtları için çarpışmalı ve çarpışmasız modellerin deplasman farklarının maksimum artış ve maksimum azalma değerleri mm cinsinden verilmiştir. En çok azalma ve artış değerleri NORTH-SYL090 deprem ivme kaydından elde edilen değerlerdir.

**Tablo 4.9:** Çarpışmalı ve çarpışmasız modeller arasındaki maksimum deplasman farkları

Mesnet Tipi	Zemin Grubu	BİNA	Değişim	Model							
				48		412		812		1216	
				-X	+X	-X	+X	-X	+X	-X	+X
Zemin Yapı Etkileşimi	Z1	SOL	Artış	47.38	18.30	59.55	-	64.71	21.81	82.62	1.36
			Azalma	-13.49	-42.35	-74.11	-78.90	-12.04	-85.02	-	-124.13
		SAĞ	Artış	8.95	48.78	7.81	78.23	7.13	94.61	15.88	46.31
			Azalma	-41.50	-4.49	-21.16	-22.46	-59.07	-20.27	-66.55	-
	Z2	SOL	Artış	38.61	2.09	28.85	3.44	62.30	14.73	78.16	-
			Azalma	-8.50	-45.15	-7.44	-69.31	-20.08	-101.74	-11.97	<b>-158.36</b>
SAĞ		Artış	10.10	53.40	33.43	86.67	0.78	72.40	4.73	83.23	
		Azalma	-39.25	-19.12	-31.52	-23.64	-45.35	-17.07	-78.05	-	
Ankastre	Z1	SOL	Artış	56.16	-	86.40	-	66.94	7.77	88.94	-
			Azalma	-21.30	-45.65	-21.18	-73.17	-	-105.08	-7.83	-143.36
		SAĞ	Artış	8.94	60.67	11.22	58.08	9.76	43.50	9.96	<b>112.44</b>
			Azalma	-39.36	-18.21	-26.60	-10.03	-36.99	-10.96	-69.53	-2.34
	Z2	SOL	Artış	24.63	0.60	28.93	0.50	49.96	7.77	88.94	0.49
			Azalma	-21.30	-40.59	-21.18	-73.17	-7.40	-105.08	-2.37	-143.36
		SAĞ	Artış	8.94	60.67	11.22	58.08	4.33	43.50	9.96	112.44
			Azalma	-39.36	-18.21	-14.13	-10.03	-26.80	-10.96	-69.53	-2.70

Tablodaki değerler mm cinsinden deplasman farkı değerleridir.

Tablo 4.10'da tüm deprem ivme kayıtları için çarpışmalı ve çarpışmasız modellerin deplasman farkları oranının maksimum artış ve maksimum azalma değerleri yüzde cinsinden verilmiştir. Genel toplamda maksimum azalma %70.06 ile DZC-BOL ivme kaydı için 412 modelde 4 katlı bina için çarpışma doğrultusunda oluşmuştur. Maksimum artış ise %88.03 ile ERZ-EW depreminde 48 modelinde 4 katlı bina için serbest doğrultuda oluşmuştur.



**Tablo 4.10:** Çarpışmalı ve çarpışmasız modeller arasındaki maksimum deplasman farkları

Mesnet Tipi	Zemin Grubu	BİNA	Değişim	Model							
				48		412		812		1216	
				-X	+X	-X	+X	-X	+X	-X	+X
Zemin Yapı Etkileşimi	Z1	SOL	Artış	<b>88.03</b>	38.20	64.05	-14.43	49.07	30.18	47.03	1.68
			Azalma	-26.00	-54.56	-48.65	-61.74	-8.58	-42.31	0.00	-49.74
		SAĞ	Artış	12.57	25.71	13.15	29.69	12.37	36.74	6.63	27.82
			Azalma	-19.31	-8.27	-22.06	-10.14	-34.08	-8.42	-24.57	-0.07
	Z2	SOL	Artış	73.90	5.69	79.40	5.11	73.19	17.24	53.96	-
			Azalma	-20.65	-69.20	-18.79	<b>-70.06</b>	-26.60	-38.54	-21.92	-52.59
		SAĞ	Artış	16.82	51.00	83.30	45.96	0.28	37.94	9.40	46.10
			Azalma	-18.79	-25.57	-22.79	-31.29	-33.45	-7.09	-22.94	-0.07
Ankastre	Z1	SOL	Artış	70.79	-2.93	53.52	-2.58	55.07	9.56	77.26	-0.71
			Azalma	-23.70	-44.37	-32.52	-47.44	0.00	-33.61	-8.01	-47.81
		SAĞ	Artış	5.89	22.37	9.79	34.02	10.18	25.71	4.06	65.63
			Azalma	-24.44	-23.75	-24.05	-4.75	-33.40	-5.21	-23.99	-2.61
	Z2	SOL	Artış	37.31	1.14	27.78	1.07	52.84	9.87	<b>77.26</b>	1.01
			Azalma	-23.70	-44.37	-32.52	-47.44	-10.54	-33.61	-3.94	-47.81
		SAĞ	Artış	7.41	17.08	9.54	34.02	7.39	21.84	13.75	65.63
			Azalma	-18.61	-23.75	-11.56	-7.88	-22.73	-6.25	-23.99	-8.91

Tablodaki değerler % cinsinden deplasman oranıdır.

Elde edilen tüm değerler incelenip ortalama değerleri karşılaştırıldığı zaman bina modellerinin çarpışma doğrultusunda deplasman sınırlandırılması oluşturmaktayken serbest doğrultuda ciddi deplasman artışlarına neden olduğu görülmüştür. Çarpışma etkisiyle katlar arasında oluşan deplasman farklarının IDR profillerindeki olumsuz etkileri ise önem arz etmektedir.

### 4.3 Görelî Kat Ötelenme Oranlarının Karşılaştırılması

Görelî kat ötelenme oranının incelenmesi katlar arası şekil değiştirme farkının kıyaslanması ve sismik performansın değerlendirilmesi açısından gereklidir. Katlar arası yer değiştirme farkının büyük olduğu durumlarda oluşacak olan ikinci mertebeli momentlerinin etkileri yapı hasarlarında arttırıcı yönde önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle GKÖO (Görelî Kat Ötelenme Oranı) kısıtlanmalıdır. Bu tez kapsamında incelenen modeller için farklı katlarda oluşan çarpışmalar etkisiyle yapı hareketinde düzensizlikler oluşabilmektedir. Katlar arasında oluşan düzensiz davranışlar görelî kat ötelenmelerinde olumsuz etkiler yaratabilmektedir.

Tez kapsamında çarpışmalı ve çarpışmasız olarak modellenmesi yapılan farklı bina yüksekliğine sahip çerçeve sistemler için tüm katlara ait olan görelî kat ötelenme oranları Bölüm 4.2.3’de verilen maksimum çatı deplasmanı taleplerinin oluştuğu anda oluşan deplasman profilleri kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen maksimum GKÖ oranı değerleri Tablo 4.11 - Tablo 4.14 aralığında verilmiştir.

Dinamik analiz yöntemlerinin sonuçlar üzerindeki etkisi deprem ivme kaydının frekans içeriğinden doğrudan etkilenmektedir. Bu nedenle her deprem ivme kaydının incelenmesi zorluklar içermektedir. Tez kapsamında çekiçleme düzensizliğinin davranış özellikleri incelenmesi açısından ortalamalar cinsinden veriler elde edilmiştir. Elde edilen değerler tüm deprem ivme kayıtları için incelendikten sonra aralarında benzer özelliklere sahip olan deprem ivme kayıtları için setler halinde ortalamaları alınmıştır. Deprem ivme kayıtları setler halinde Bölüm 2.3’te verilmiştir. Elde edilen ortalama değerler bu bölüm kapsamında incelenmiştir. Her kat sayısı için hesaplanan GKÖ değerleri Bölüm 4.3.1 – Bölüm 4.3.4’te karşılaştırmalı olarak yer verilmiştir.

Çekiçleme davranışı ile çekiçleme oluşmayan durumun incelendiği çekiçlemeli/çekiçlemesiz maksimum görelî kat ötelenmesi oranlarının setlere göre ortalamalarının elde edildiği grafikler EK B bölümünde verilmiştir.

**Tablo 4.11:** Kombinasyon 48 için mutlak maksimum görelî kat ötelenme oranları

Kombinasyon				SET1	SET2	SET3												
Model kat sayısı	Mesnet koşulu	Çarpışma Durumu		ITALY-STU000	KOCAELI-IZT	LOMAP-HSP090	LANDERS-YER	SPITAK-GUK	CHİCHI-TCU	KOBE-NIS	LANDERS-JOS	NORTHR-PKC	KOCAELI-DZC	DZC-BOL090	NORTHR-SYL	ERZ-EW	KOBE-TAK	NORTH-TOR
Değerler % cinsinden verilmiştir																		
4 - 8 ZEMİN 1	4 Katlı Bina	ZYE	Var	0.95	0.62	1.22	0.52	0.47	2.13	2.88	1.89	2.77	1.41	2.20	0.39	0.88	3.68	0.86
			Yok	1.00	0.63	1.02	0.65	0.70	2.17	2.24	1.50	2.28	1.27	1.99	1.27	0.63	3.65	0.99
		Ank	Var	1.36	1.18	1.96	0.88	0.93	3.14	3.34	2.93	3.43	2.34	2.23	1.08	0.97	4.26	1.51
			Yok	1.37	1.06	1.48	1.30	1.01	2.89	2.52	1.95	2.72	2.50	2.53	1.75	0.96	4.35	1.43
	8 Katlı Bina	ZYE	Var	0.49	0.42	0.55	0.26	0.59	0.82	1.07	1.07	1.13	0.66	1.64	2.00	1.13	4.36	0.85
			Yok	0.39	0.40	0.42	0.32	0.47	0.78	1.22	0.90	1.03	0.66	1.45	2.09	1.54	3.91	0.97
		Ank	Var	0.77	0.53	0.77	0.48	0.69	0.96	1.60	1.13	1.72	0.95	1.46	1.80	1.24	4.72	0.92
			Yok	0.75	0.53	0.73	0.55	0.70	0.97	1.60	1.10	1.52	0.98	1.36	1.68	1.48	4.21	1.13
4 - 8 ZEMİN 2	4 Katlı Bina	ZYE	Var	1.27	0.53	0.77	0.56	0.32	1.32	1.50	0.79	1.80	1.41	2.27	1.03	1.02	3.68	1.11
			Yok	0.97	0.52	0.76	0.59	0.41	1.27	1.45	0.76	1.80	0.95	1.81	1.27	0.79	3.73	1.20
		Ank	Var	1.63	0.75	1.10	1.00	0.57	1.70	2.00	0.81	2.23	1.12	2.23	1.08	0.97	4.26	1.51
			Yok	1.64	0.64	0.92	0.75	0.66	1.67	2.00	0.90	1.82	1.51	2.53	1.75	0.96	4.35	1.43
	8 Katlı Bina	ZYE	Var	0.53	0.21	0.28	0.25	0.42	0.52	0.59	0.36	0.77	0.67	1.72	1.95	1.28	4.50	0.65
			Yok	0.37	0.24	0.30	0.32	0.30	0.52	0.58	0.37	0.77	0.64	1.47	1.92	1.62	3.96	0.77
		Ank	Var	0.49	0.30	0.41	0.38	0.38	0.63	1.33	0.43	0.82	0.78	1.46	1.80	1.24	4.72	0.92
			Yok	0.48	0.27	0.66	0.55	0.45	0.63	1.18	0.46	0.92	0.82	1.36	1.68	1.48	4.21	1.13

**Tablo 4.12:** Kombinasyon 412 için mutlak maksimum görelî kat ötelenme oranları

Kombinasyon				SET1	SET2	SET3												
Model kat sayısı	Mesnet koşulu	Çarpışma Durumu		ITALY-STU000	KOCAELI-IZT	LOMAP-HSP090	LANDERS-YER	SPITAK-GUK000	CHİCHI-TCU	KOBE-NIS	LANDERS-JOS	NORTHR-PKC	KOCAELI-DZC	DZC-BOL090	NORTHR-SYL	ERZ-EW	KOBE-TAK	NORTH-TOR
Değerler % cinsinden verilmiştir																		
4 - 12 ZEMİN 1	4 Katlı Bina	ZYE	Var	0.82	0.51	1.07	0.48	0.67	1.93	2.68	2.27	2.68	1.11	1.77	0.71	0.70	3.91	0.76
			Yok	0.81	0.67	3.84	0.50	0.95	1.69	2.01	1.68	2.03	1.20	1.63	1.76	0.70	3.60	0.81
		Ank	Var	1.42	1.19	1.72	1.04	1.00	3.02	3.69	3.12	3.59	2.47	2.55	1.22	0.97	4.25	1.60
			Yok	1.34	1.05	1.46	1.29	1.01	2.82	2.49	1.91	2.61	2.46	2.52	1.75	0.97	4.27	1.43
	12 Katlı Bina	ZYE	Var	0.40	0.23	0.40	0.31	0.36	0.50	0.86	0.61	0.69	0.41	0.72	2.04	1.42	2.23	0.77
			Yok	0.32	0.25	0.34	0.23	0.33	0.28	0.74	0.65	0.50	0.41	0.70	1.72	1.41	2.56	1.05
		Ank	Var	0.56	0.50	0.40	0.51	0.51	0.49	1.49	0.85	1.34	0.53	0.81	1.85	1.55	2.15	1.21
			Yok	0.59	0.58	0.34	0.58	0.54	0.50	0.49	0.69	1.01	0.53	0.80	1.66	1.68	2.44	1.37
4 - 12 ZEMİN 2	4 Katlı Bina	ZYE	Var	0.86	0.58	0.73	0.55	0.39	1.14	1.34	0.86	1.84	1.41	1.90	1.05	0.86	3.91	1.28
			Yok	1.11	0.59	0.71	0.54	0.60	1.14	1.37	0.90	1.84	1.41	1.52	1.37	0.86	3.79	1.11
		Ank	Var	1.77	0.81	1.10	0.85	0.62	1.66	1.81	0.84	2.24	1.28	2.55	1.22	0.97	4.25	1.60
			Yok	1.62	0.64	0.90	0.75	0.66	1.66	1.92	0.89	1.78	1.52	2.52	1.75	0.97	4.27	1.43
	12 Katlı Bina	ZYE	Var	0.30	0.21	0.31	0.21	0.16	0.36	0.53	0.35	0.33	0.35	0.91	2.00	1.76	2.34	0.90
			Yok	0.30	0.16	0.31	0.20	0.16	0.36	0.94	0.27	0.33	0.35	0.81	1.65	1.86	2.62	1.14
		Ank	Var	0.34	0.35	0.28	0.27	0.38	0.61	1.06	0.32	0.45	0.54	0.81	1.85	1.55	2.15	1.21
			Yok	0.32	0.35	0.35	0.31	0.40	0.61	1.12	0.32	0.38	0.54	0.80	1.66	1.68	2.44	1.37

**Tablo 4.13:** Kombinasyon 812 için mutlak maksimum görelî kat ötelenme oranları

Kombinasyon				SET1					SET2					SET3					
Model kat sayısı	Mesnet koşulu	Çarpışma Durumu		ITALY-STU000	KOCAELİ-İZT	LOMAP-HSP090	LANDERS-YER	SPITAK-GUK000	CHİCHİ-TCU	KOBE-NİS	LANDERS-JOS	NORTHR-PKC	KOCAELİ-DZC	DZC-BOL090	NORTHR-SYL	ERZ-EW	KOBE-TAK	NORTH-TOR	
Değerler % cinsinden verilmiştir																			
8-12 ZEMİN 1	8 Katlı Bina	ZYE	Var	0.45	0.47	0.53	1.00	0.54	0.85	1.03	1.25	1.35	0.77	1.42	1.82	1.29	2.69	0.65	
			Yok	0.48	0.42	0.48	0.34	0.49	0.87	1.12	1.06	1.03	0.77	1.21	1.84	1.29	4.00	0.73	
		Ank	Var	0.74	0.67	1.07	0.54	0.86	1.03	1.59	1.32	1.45	0.98	1.66	1.54	1.55	2.80	1.15	
			Yok	0.76	0.57	0.71	0.54	0.75	0.98	1.58	1.13	1.53	0.92	1.35	1.77	1.55	4.30	1.18	
	12 Katlı Bina	ZYE	Var	0.40	0.34	0.33	0.36	0.27	0.41	0.74	0.68	0.70	0.37	0.68	2.23	1.71	2.91	0.78	
			Yok	0.31	0.41	0.54	0.40	0.30	0.40	0.49	0.70	0.51	0.52	0.62	1.73	1.92	2.60	1.06	
		Ank	Var	0.63	0.49	0.40	0.54	0.57	1.07	1.39	0.78	1.11	0.53	1.00	1.92	1.54	2.88	1.19	
			Yok	0.59	0.58	0.34	0.58	0.54	0.50	0.49	0.69	1.01	0.53	0.80	1.65	1.67	2.43	1.37	
	8-12 ZEMİN 2	8 Katlı Bina	ZYE	Var	0.51	0.40	0.41	0.36	0.30	0.55	0.63	0.30	0.89	0.69	1.65	1.77	1.53	2.56	1.06
				Yok	0.40	0.30	0.36	0.34	0.28	0.55	0.73	0.41	0.81	0.68	1.21	1.84	1.53	4.02	0.88
			Ank	Var	0.72	0.47	0.72	0.54	0.44	0.66	1.16	0.50	1.04	0.71	1.66	1.54	1.55	2.80	1.15
				Yok	0.49	0.28	0.45	0.57	0.45	0.64	1.18	0.50	0.73	0.76	1.35	1.77	1.55	4.30	1.18
12 Katlı Bina		ZYE	Var	0.32	0.32	0.26	0.38	0.20	0.30	0.47	0.22	0.37	0.47	0.83	2.20	1.80	2.80	0.96	
			Yok	0.30	0.39	0.32	0.38	0.23	0.30	0.50	0.24	0.46	0.47	0.75	1.71	1.94	2.54	1.12	
		Ank.	Var	0.39	0.32	0.34	0.28	0.40	0.58	1.24	0.33	0.57	0.57	1.00	1.92	1.54	2.88	1.19	
			Yok	0.32	0.35	0.35	0.31	0.40	0.61	1.12	0.32	0.38	0.54	0.80	1.65	1.67	2.43	1.37	

**Tablo 4.14:** Kombinasyon 1216 için mutlak maksimum görelî kat ötelenme oranları

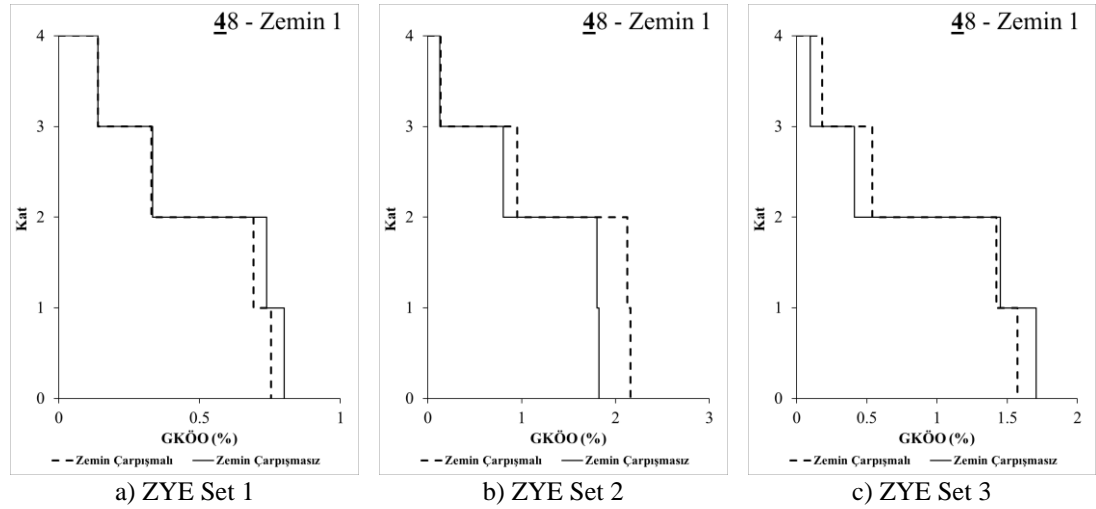
Kombinasyon				SET1					SET2					SET3					
Model kat sayısı	Mesnet koşulu	Çarpışma Durumu		ITALY-STU000	KOCAELİ-İZT	LOMAP-HSP090	LANDERS-YER	SPITAK-GUK000	CHİCHİ-TCU	KOBE-NİS	LANDERS-JOS	NORTHR-PKC	KOCAELİ-DZC	DZC-BOL090	NORTHR-SYL	ERZ-EW	KOBE-TAK	NORTH-TOR	
Değerler % cinsinden verilmiştir																			
12 - 16 ZEMİN 1	12 Katlı Bina	ZYE	Var	0.38	0.28	0.56	0.98	1.15	0.42	1.11	0.48	0.74	0.72	0.85	1.74	1.44	1.74	1.26	
			Yok	0.32	0.26	0.36	0.18	0.37	0.37	0.70	0.61	0.53	0.43	0.58	1.66	1.79	2.67	0.96	
		An	Var	0.48	0.49	0.50	0.51	0.51	1.18	1.64	0.66	0.76	0.54	0.98	1.53	1.33	1.80	1.63	
			Yok	0.59	0.57	0.33	0.60	0.53	0.50	0.49	0.71	0.98	0.53	0.81	1.69	1.76	2.55	1.36	
	16 Katlı Bina	ZYE	Var	0.45	0.33	0.33	0.26	0.29	0.33	0.42	0.40	0.38	0.43	0.67	1.92	1.57	2.04	1.17	
			Yok	0.43	0.32	0.29	0.24	0.29	0.31	1.10	0.33	0.45	0.44	0.77	2.51	1.41	1.95	0.93	
		An	Var	0.35	0.45	0.31	0.20	0.37	0.36	1.17	0.42	0.69	0.43	0.63	0.98	1.56	1.86	1.31	
			Yok	0.35	0.23	0.32	0.27	0.37	0.70	1.78	0.29	0.69	0.44	0.67	2.32	1.35	1.84	0.89	
	12 - 16 ZEMİN 2	12 Katlı Bina	ZYE	Var	0.23	0.27	0.49	0.24	0.22	0.46	0.43	0.25	0.60	0.43	0.91	1.56	1.41	1.75	1.57
				Yok	0.29	0.37	0.48	0.26	0.22	0.33	0.43	0.28	0.56	0.47	0.62	1.68	2.01	2.72	1.17
			An	Var	0.33	0.42	0.34	0.35	0.37	0.24	0.85	0.45	0.39	0.50	0.98	1.53	1.33	1.80	1.63
				Yok	0.32	0.36	0.36	0.30	0.39	0.55	1.10	0.33	0.39	0.53	0.81	1.69	1.76	2.55	1.36
16 Katlı Bina		ZYE	Var	0.25	0.16	0.28	0.32	0.22	0.16	0.29	0.34	0.32	0.21	0.64	0.89	1.61	1.90	1.09	
			Yok	0.33	0.14	0.27	0.12	0.22	0.16	0.30	0.36	0.32	0.22	0.71	2.48	1.33	1.92	0.98	
		Ank.	Var	0.43	0.25	0.32	0.30	0.37	0.62	1.45	0.19	0.41	0.29	0.63	0.98	1.56	1.86	1.31	
			Yok	0.33	0.29	0.28	0.36	0.42	0.64	1.18	0.21	0.41	0.34	0.67	2.32	1.35	1.84	0.89	

### 4.3.1 4 Katlı Yapı İçin Ortalama Görelî Kat Ötelenme Oranlarının Karşılaştırılması

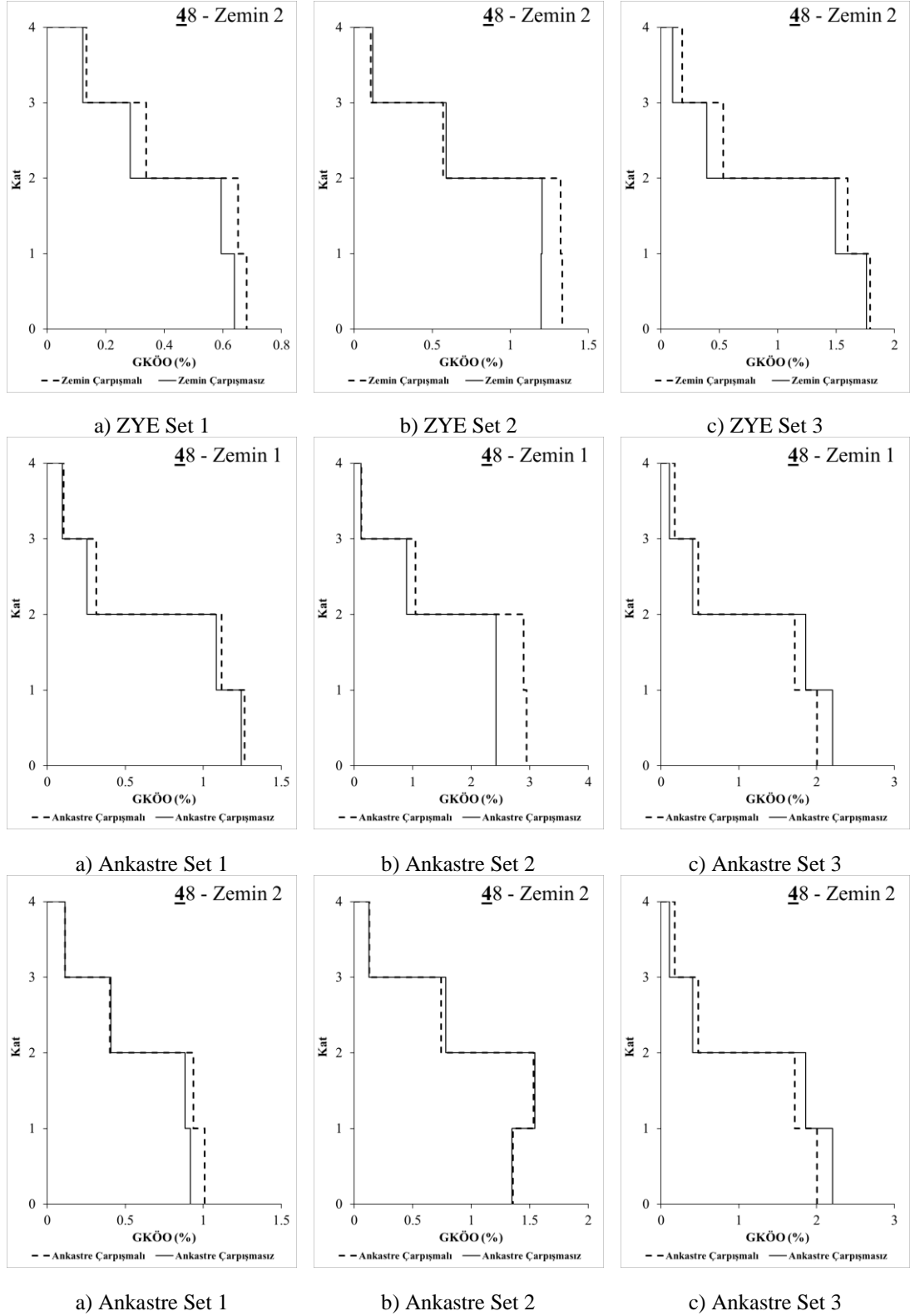
4 katlı yapıda 48 ve 412 modelleri 1 ve 2 numaralı zemin sınıfları için incelemeler yapılmıştır.

48 modeli için maksimum çatı katı deplasmanının olduğu an göz önüne alınarak hesaplanan GKÖO değerleri Şekil 4.23’de verilmiştir. Hesaplanan en büyük GKÖO set 2 deprem ivme kaydından elde edilmiştir. Bu değer çarpışmalı zye modeli için %2.16, çarpışmasız zye modeli için %1.82, çarpışmalı ankastre modeli için %2.94 ve çarpışmasız ankastre model için % 2.43 olarak zemin sınıfı 1’den elde edilmiştir.

Zemin tipi 2 için ise en büyük GKÖO değeri set 3 deprem kayıtlarının ortalamasından çarpışmalı zye modeli için %1.79, çarpışmasız zye modeli için %1.76, çarpışmalı ankastre model için %2.00 ve çarpışmasız ankastre model için %2.20 olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.23: 48 modeli 4 katlı yapı için ortalama görelî kat ötelenme oranları

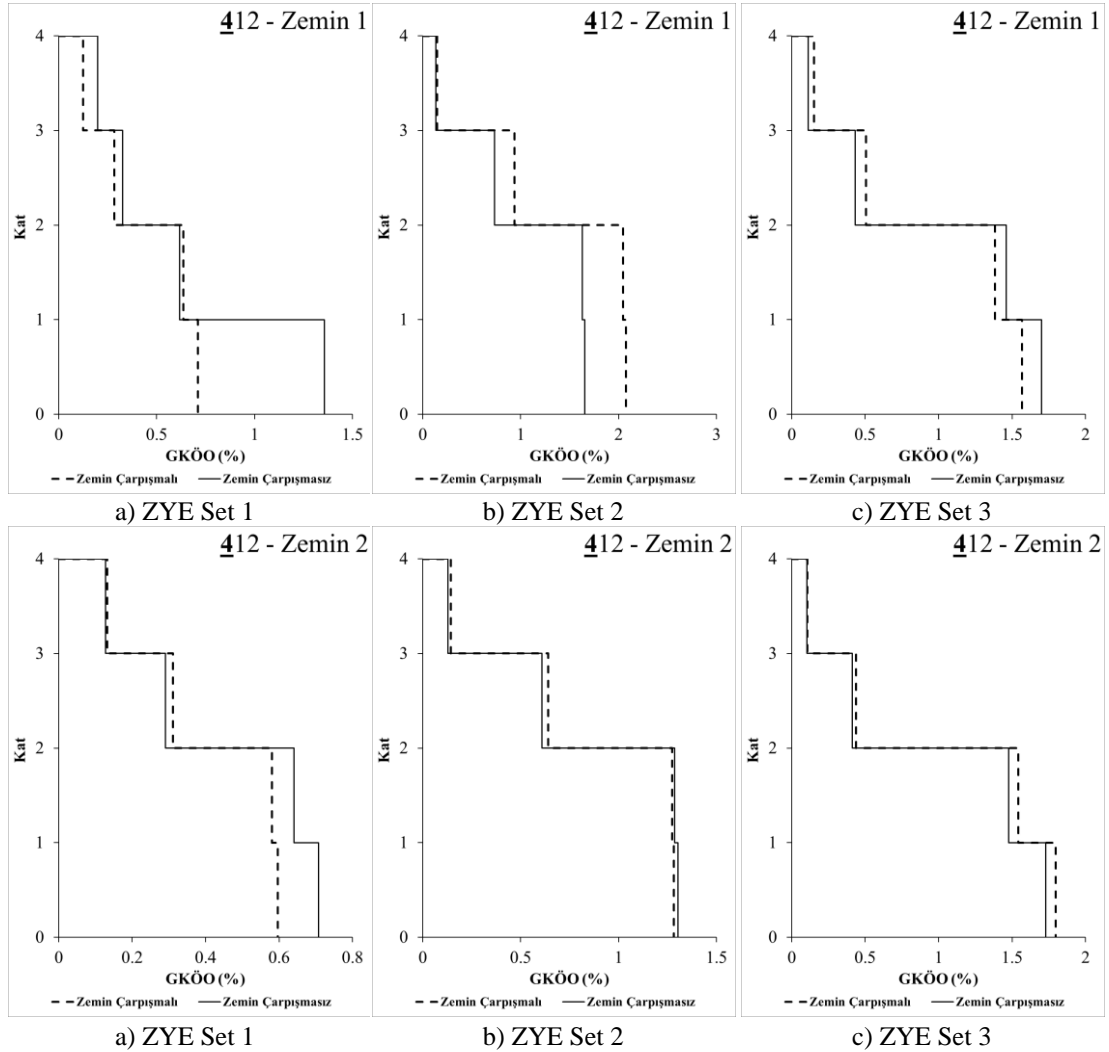


**Şekil 4.23 (Devam):** 48 modeli 4 katlı yapı için ortalama görelî kat ötelenme oranları

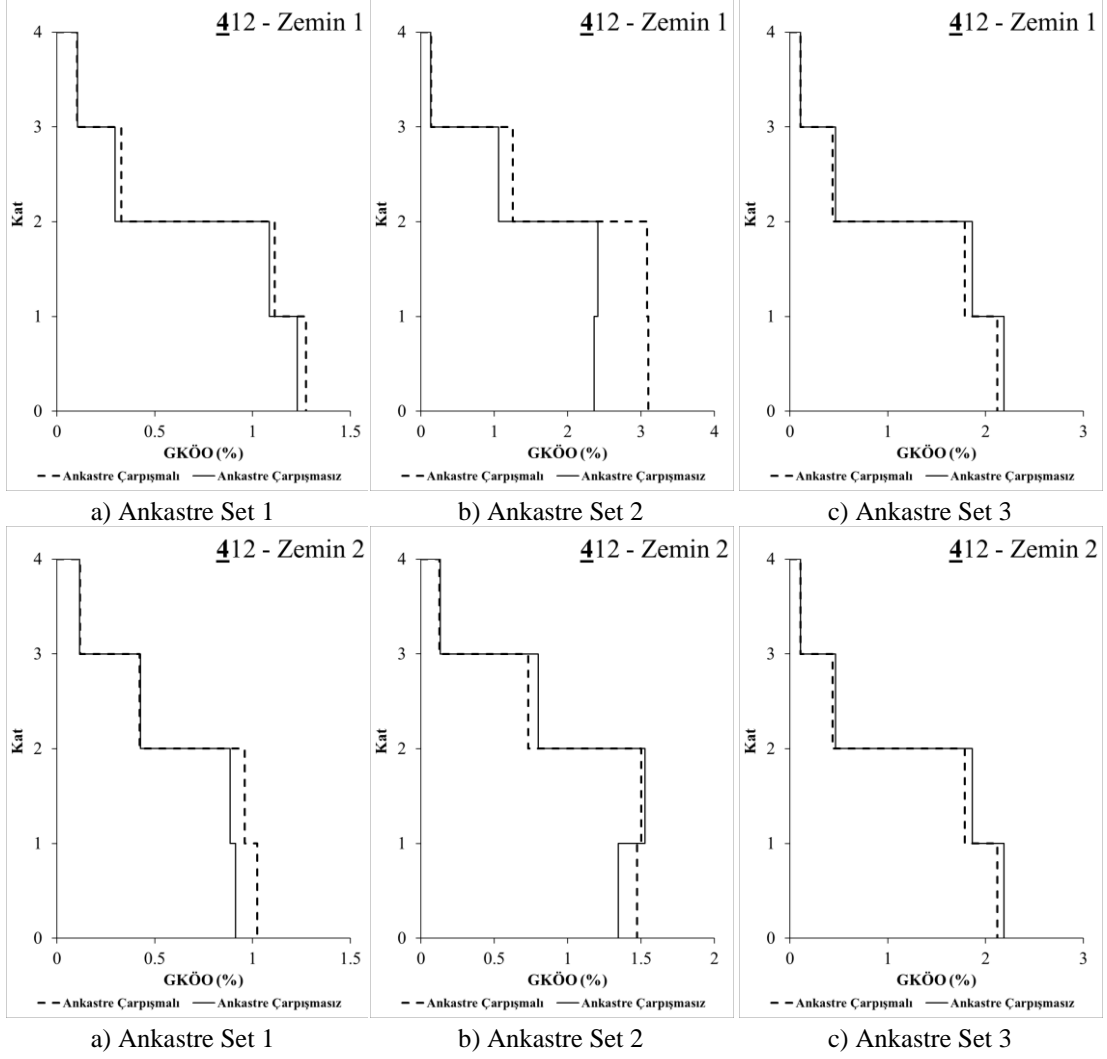
412 modeli için maksimum çatı katı deplasmanının oluştuğu an göz önüne alınarak hesaplanan GKÖÖ değerleri Şekil 4.24'te verilmiştir. Hesaplanan en büyük GKÖÖ set 2 deprem ivme kaydından elde edilmiştir. Bu değer çarpışmalı zye modeli

için %2.08, çarpışmasız zye modeli için %1.66, çarpışmalı ankastre modeli için %3.10 ve çarpışmasız ankastre model için %2.41 olarak zemin sınıfı 1'den elde edilmiştir.

Zemin tipi 2 için ise en büyük GKÖO değeri set 3 deprem kayıtlarının ortalamasından çarpışmalı zye modeli için %1.80, çarpışmasız zye modeli için %1.73, çarpışmalı ankastre modeli için %2.12 ve çarpışmasız ankastre model için % 2.19 olarak zemin sınıfı 1'den elde edilmiştir.



**Şekil 4.24:** 412 modeli 4 katlı yapı için ortalama görel kat ötelenme oranları



**Şekil 4.24 (Devam):** 412 modeli 4 katlı yapı için ortalama göreli kat ötelenme oranları

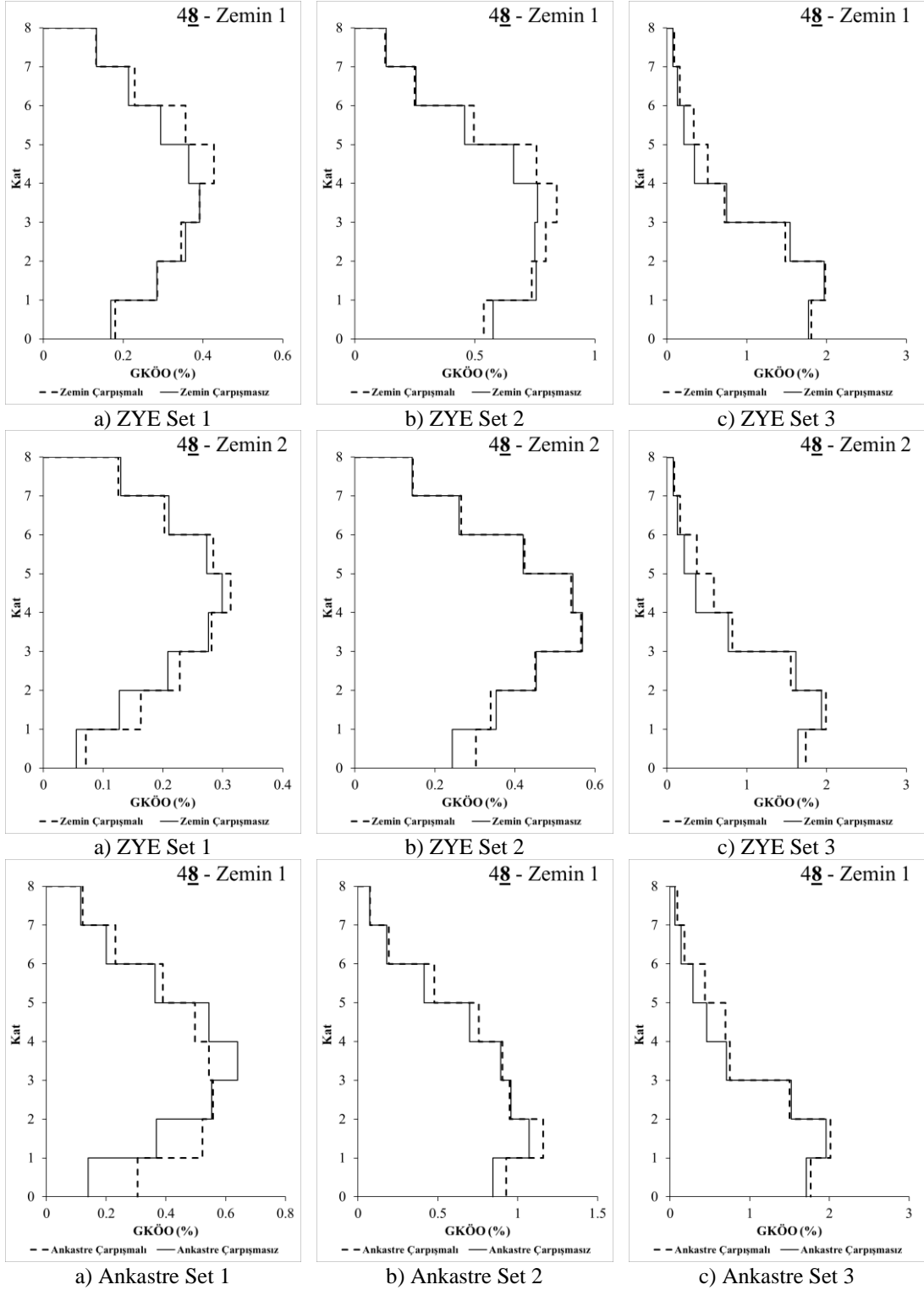
### 4.3.2 8 Katlı Yapı İçin Ortalama Göreli Kat Ötelenme Oranlarının Karşılaştırılması

48 ve 812 modelleri için 8 katlı yapıda zemin sınıfı 1 ve 2 için elde edilen ortalama göreli kat ötelenme grafikleri bu başlık altında verilmiştir.

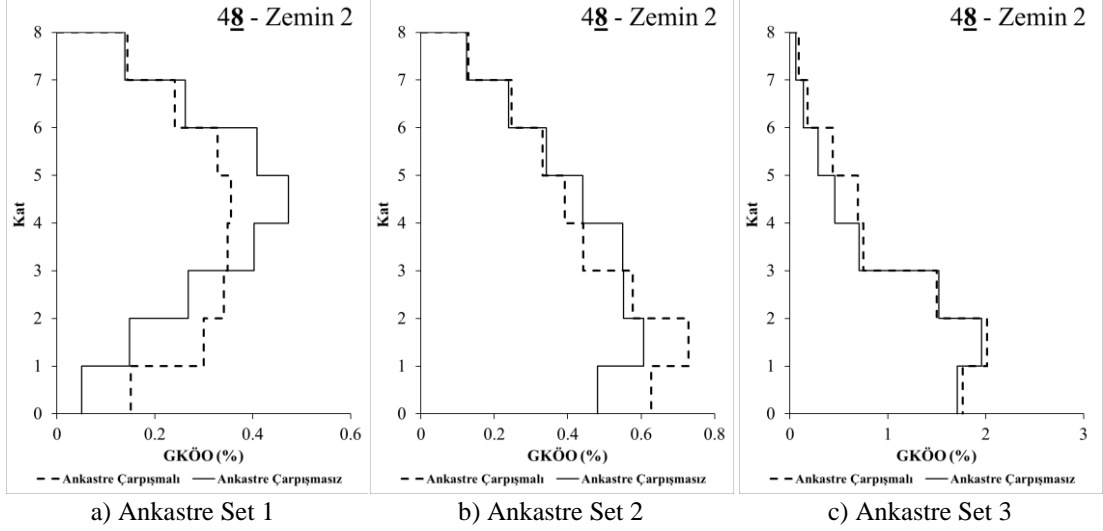
48 modeli için maksimum çatı katı deplasmanın oluştuğu an göz önüne alınarak hesaplanan GKÖ değerleri Şekil 4.25'te verilmiştir. Hesaplanan en büyük GKÖ set 3 deprem ivme kaydından elde edilmiştir. Bu değer çarpışmalı zye modeli için %1.99, çarpışmasız zye modeli için %1.93, çarpışmalı ankastre modeli için %2.01 ve çarpışmasız ankastre model için %1.96 olarak zemin sınıfı 2'den elde edilmiştir.



Zemin tipi 1 için ise en büyük GKÖO değeri set 3 deprem kayıtlarının ortalamasından çarpışmalı zye modeli için %1.98, çarpışmasız zye modeli için %1.97, çarpışmalı ankastre modeli için %2.01 ve çarpışmasız ankastre model için % 1.96 olarak elde edilmiştir.



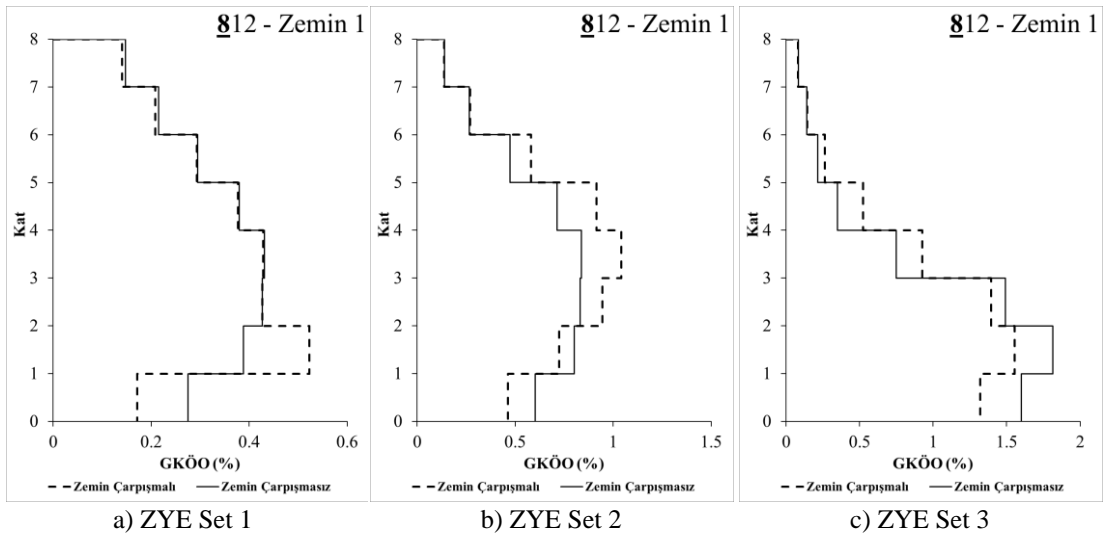
Şekil 4.25: 48 modeli 8 katlı yapı için ortalama görel kat ötelenme oranları



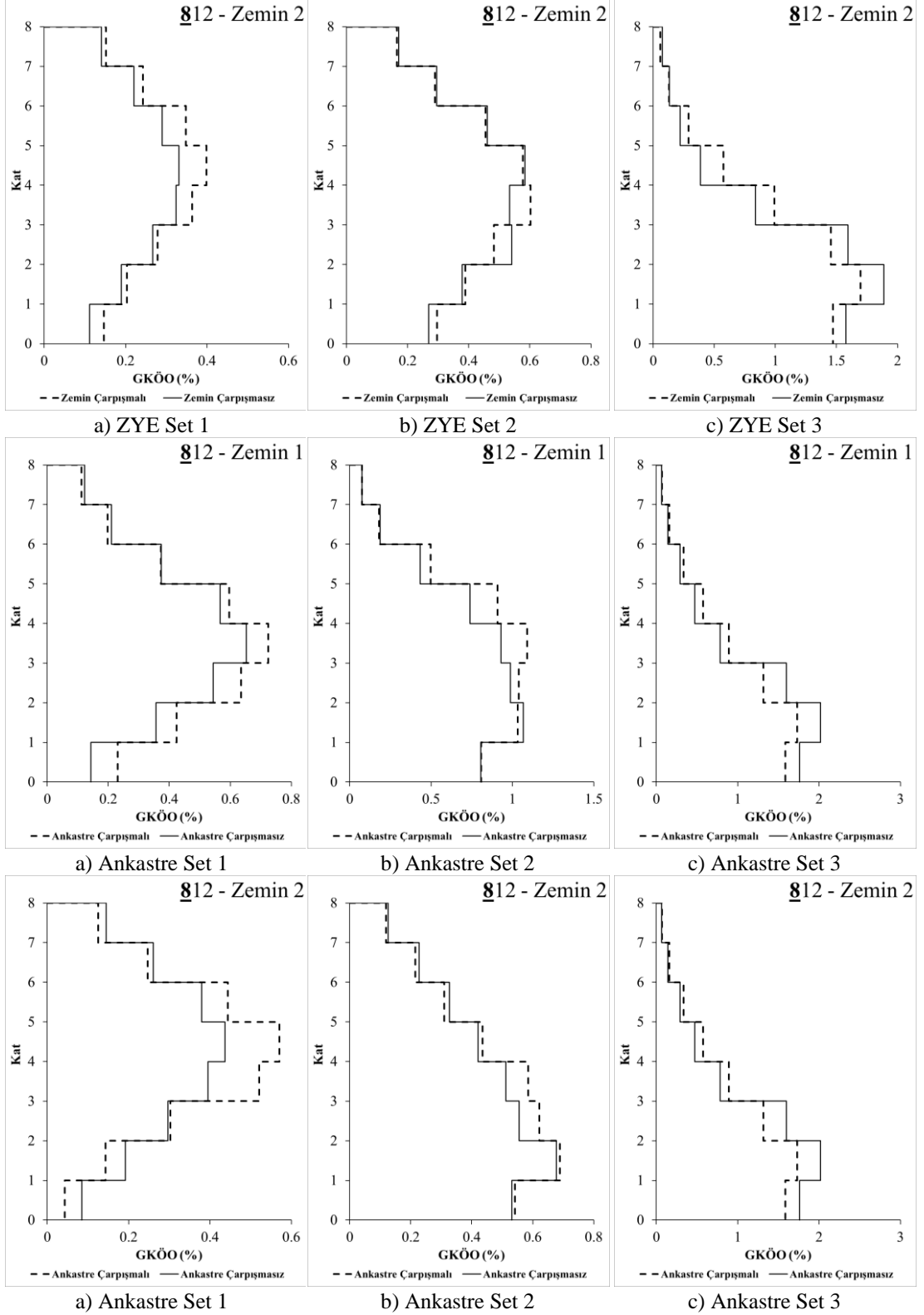
**Şekil 4.25 (Devam):** 48 modeli 8 katlı yapı için ortalama görel kat ötelenme oranları

812 modeli için maksimum çatı katı deplasmanının olduğu an göz önüne alınarak hesaplanan GKÖÖ değerleri Şekil 4.26’te verilmiştir. Hesaplanan en büyük GKÖÖ set 3 deprem ivme kaydından elde edilmiştir. Bu değer çarpışmalı zye modeli için %1.69, çarpışmasız zye modeli için %1.88, çarpışmalı ankastre modeli için %1.73 ve çarpışmasız ankastre model için %2.02 olarak zemin sınıfı 2’den elde edilmiştir.

Zemin tipi 1 için ise en büyük GKÖÖ değeri set 3 deprem kayıtlarının ortalamasından çarpışmalı zye modeli için %1.55, çarpışmasız zye modeli için %1.81, çarpışmalı ankastre modeli için %1.73 ve çarpışmasız ankastre model için %2.02 olarak elde edilmiştir.



**Şekil 4.26:** 812 modeli 8 katlı yapı için ortalama görel kat ötelenme oranları

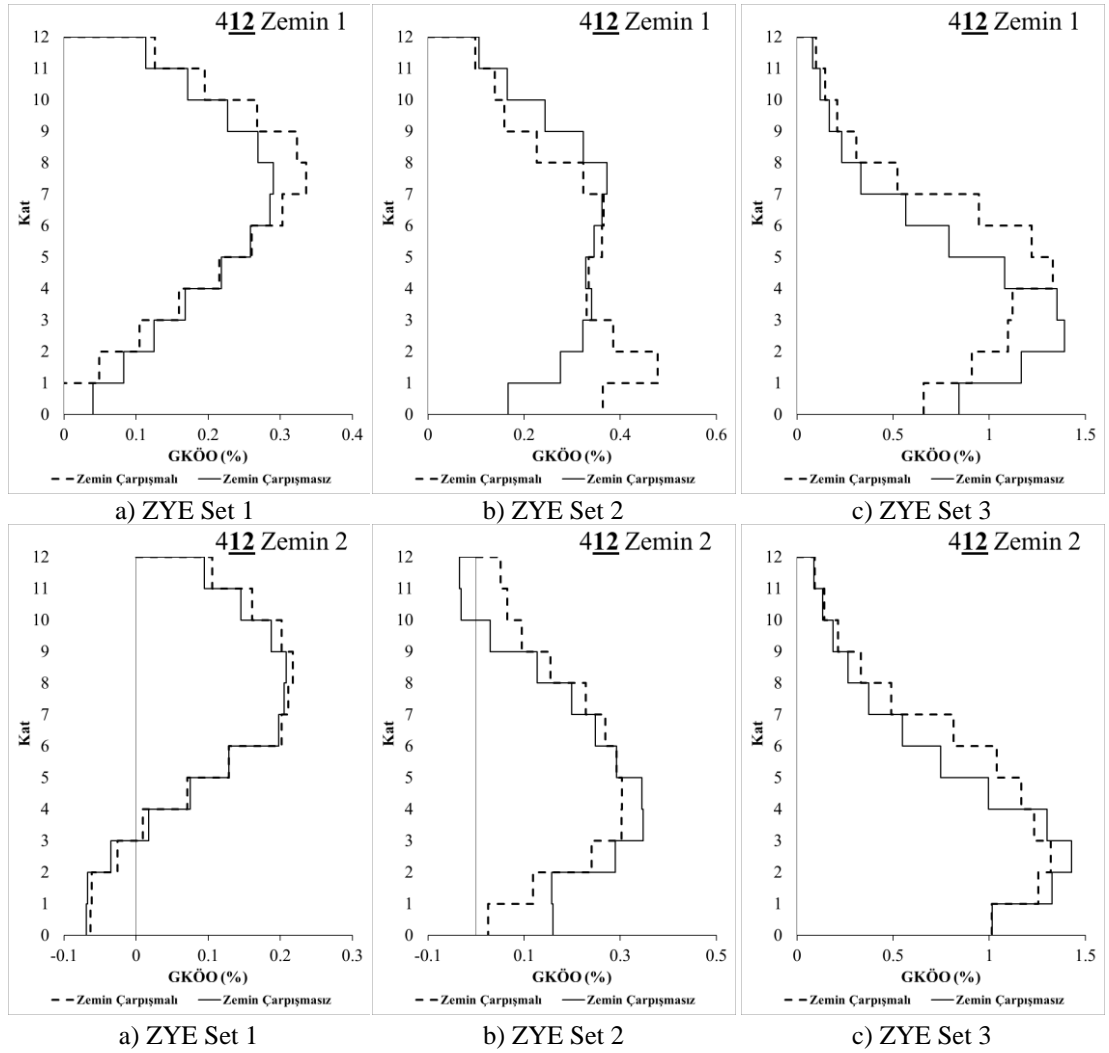


**Şekil 4.26 (Devam):** 812 modeli 8 katlı yapı için ortalama göreli kat ötelenme oranları

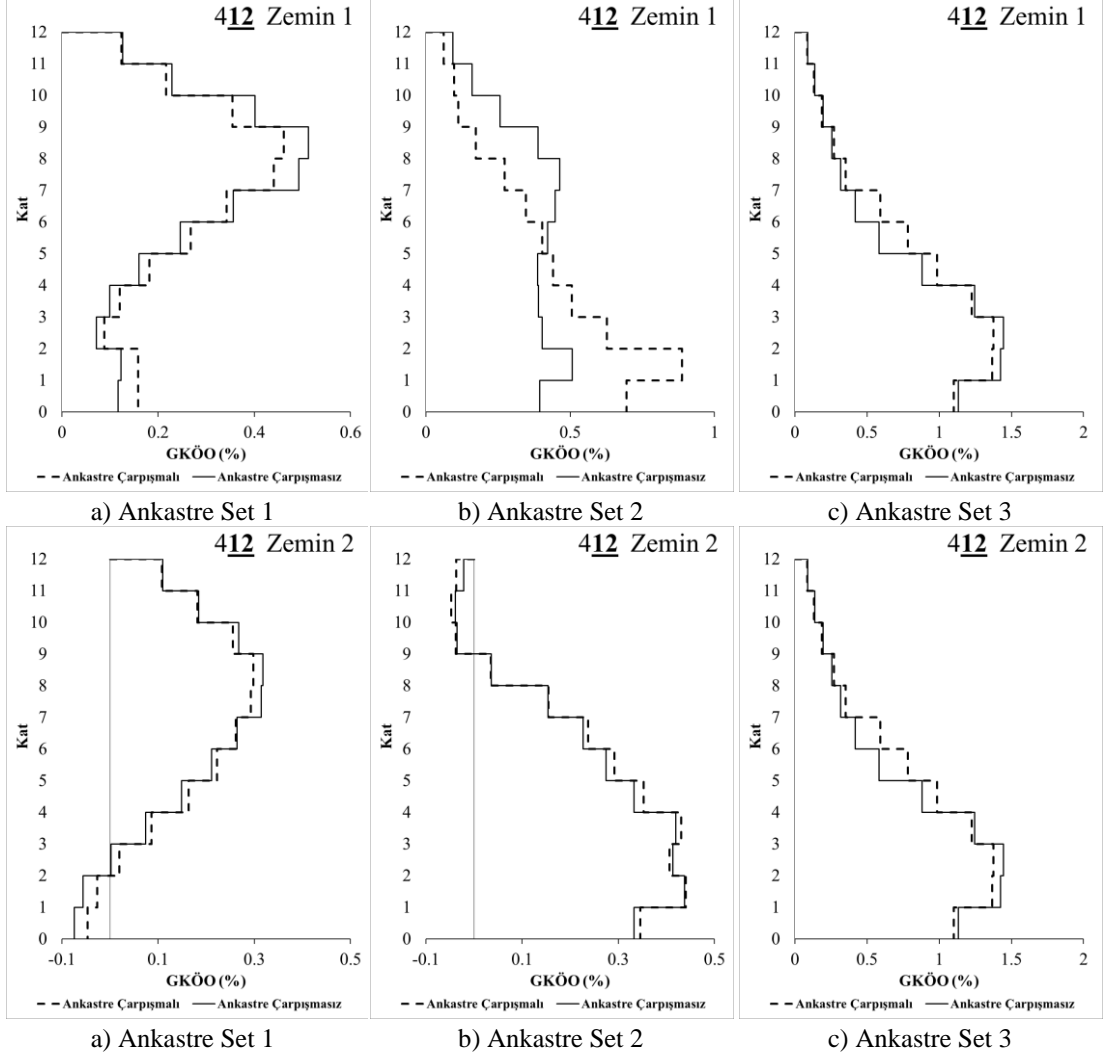
### 4.3.3 12 Katlı Yapı İçin Ortalama Görelî Kat Ötelenme Oranlarının Karşılaştırılması

412 modeli için maksimum çatı katı deplasmanının oluştuğu an göz önüne alınarak hesaplanan GKÖO değerleri Şekil 4.27’de verilmiştir. Hesaplanan en büyük GKÖO set 3 deprem ivme kaydından elde edilmiştir. Bu değer çarpışmalı zye modeli için %1.32, çarpışmasız zye modeli için %1.42, çarpışmalı ankastre modeli için %1.37 ve çarpışmasız ankastre model için %1.44 olarak zemin sınıfı 2’den elde edilmiştir.

Zemin tipi 1 için ise en büyük GKÖO değeri set 3 deprem kayıtları ortalamasından çarpışmalı zye modeli için %1.33, çarpışmasız zye modeli için %1.39, çarpışmalı ankastre modeli için %1.37 ve çarpışmasız ankastre model için %1.44 olarak elde edilmiştir.



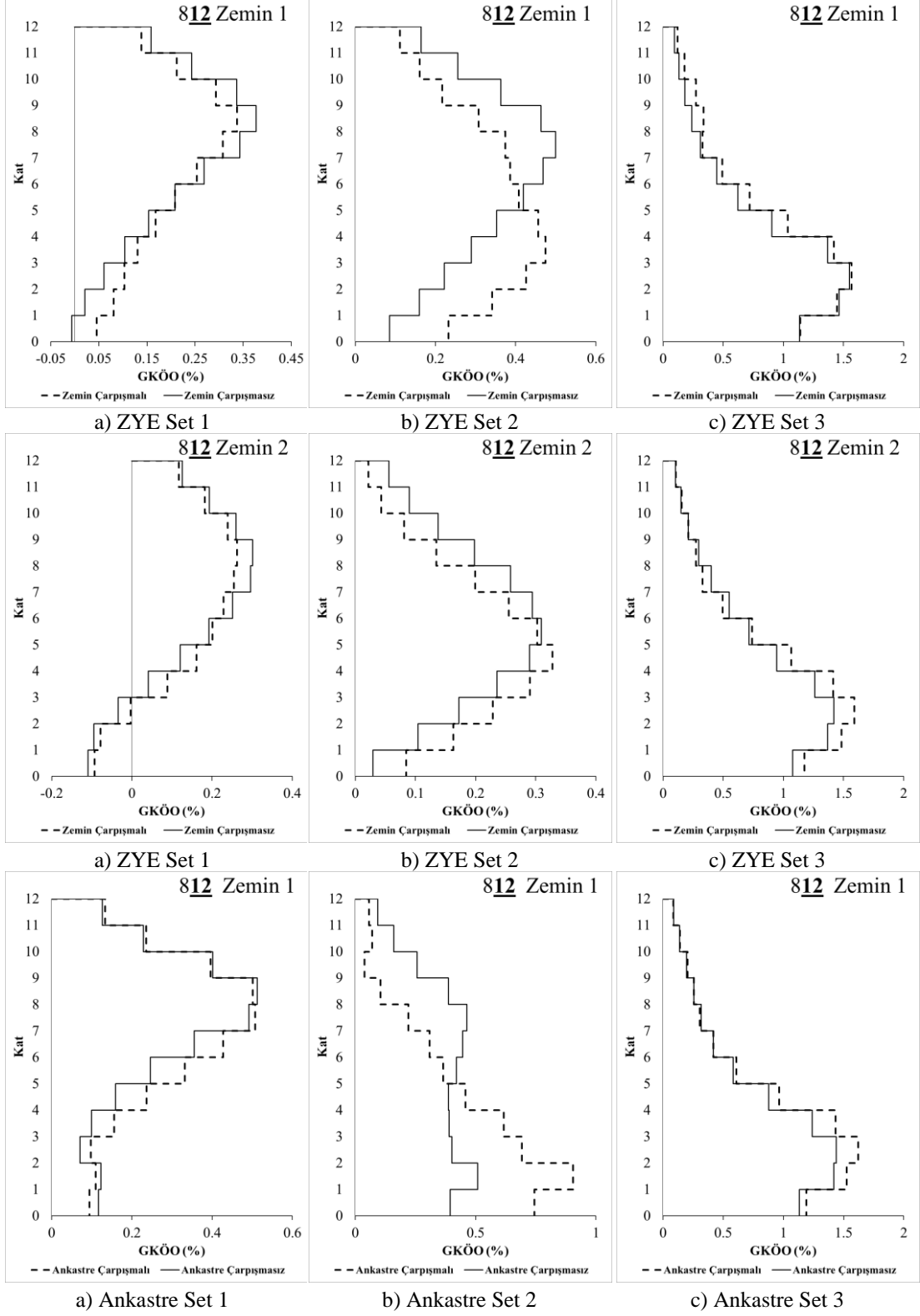
Şekil 4.27: 412 modeli 12 katlı yapı için ortalama görelî kat ötelenme oranları



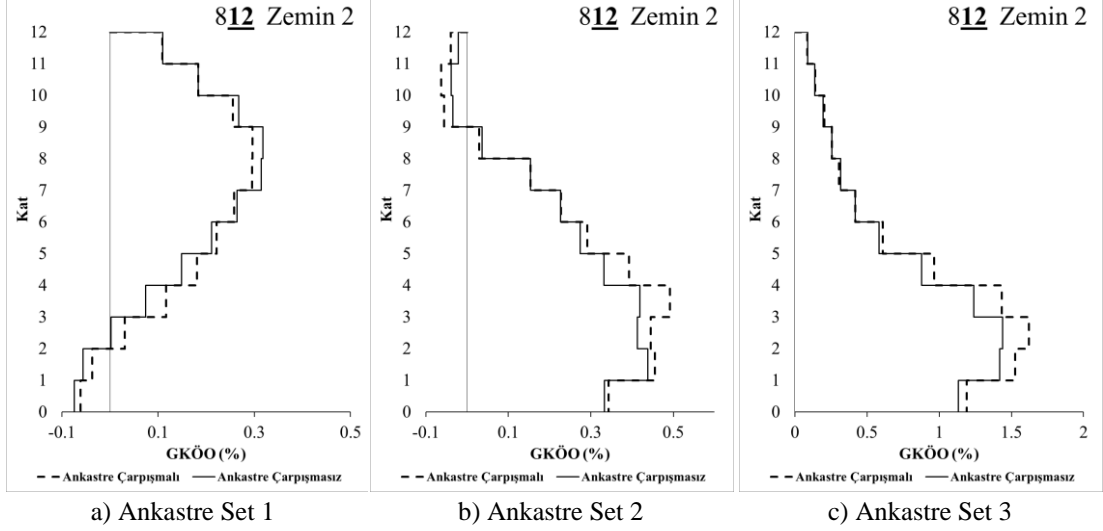
**Şekil 4.27(Devam):** 412 modeli 12 katlı yapı için ortalama göreli kat ötelenme oranları

812 modeli için maksimum çatı katı deplasmanının olduğu an göz önüne alınarak hesaplanan GKÖÖ değerleri Şekil 4.28’de verilmiştir. Hesaplanan en büyük GKÖÖ set 3 deprem ivme kaydından elde edilmiştir. Bu değer çarpışmalı zye modeli için %1.59, çarpışmasız zye modeli için %1.42, çarpışmalı ankastre modeli için %1.62 ve çarpışmasız ankastre model için %1.44 olarak zemin sınıfı 2’den elde edilmiştir.

Zemin tipi 1 için ise en büyük GKÖÖ değeri set 3 deprem kayıtlarının ortalamasından çarpışmalı zye modeli için %1.57, çarpışmasız zye modeli için %1.55, çarpışmalı ankastre modeli için %1.62 ve çarpışmasız ankastre model için %1.44 olarak elde edilmiştir.



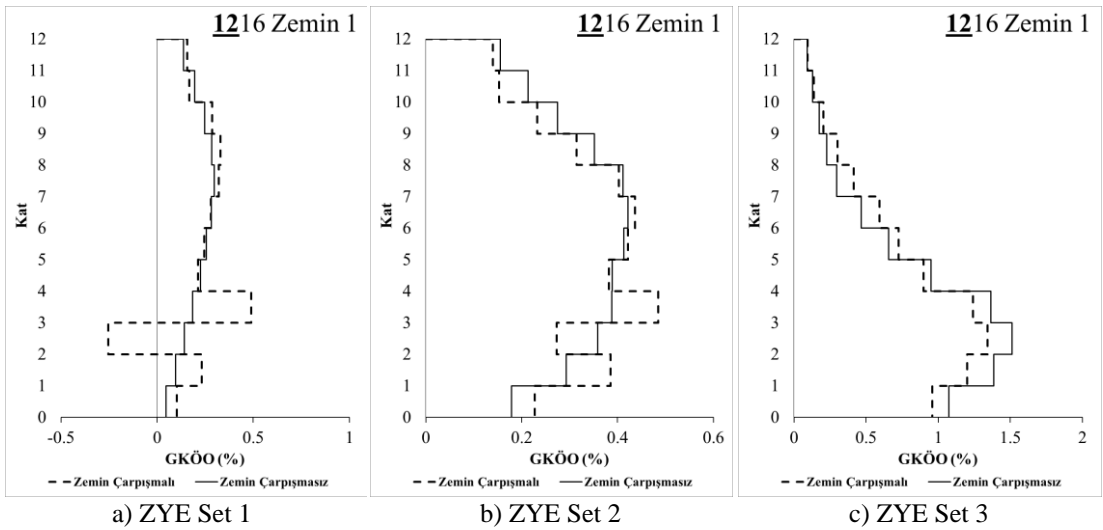
Şekil 4.28: 812 modeli 12 katlı yapı için ortalama görel kat ötelenme oranları



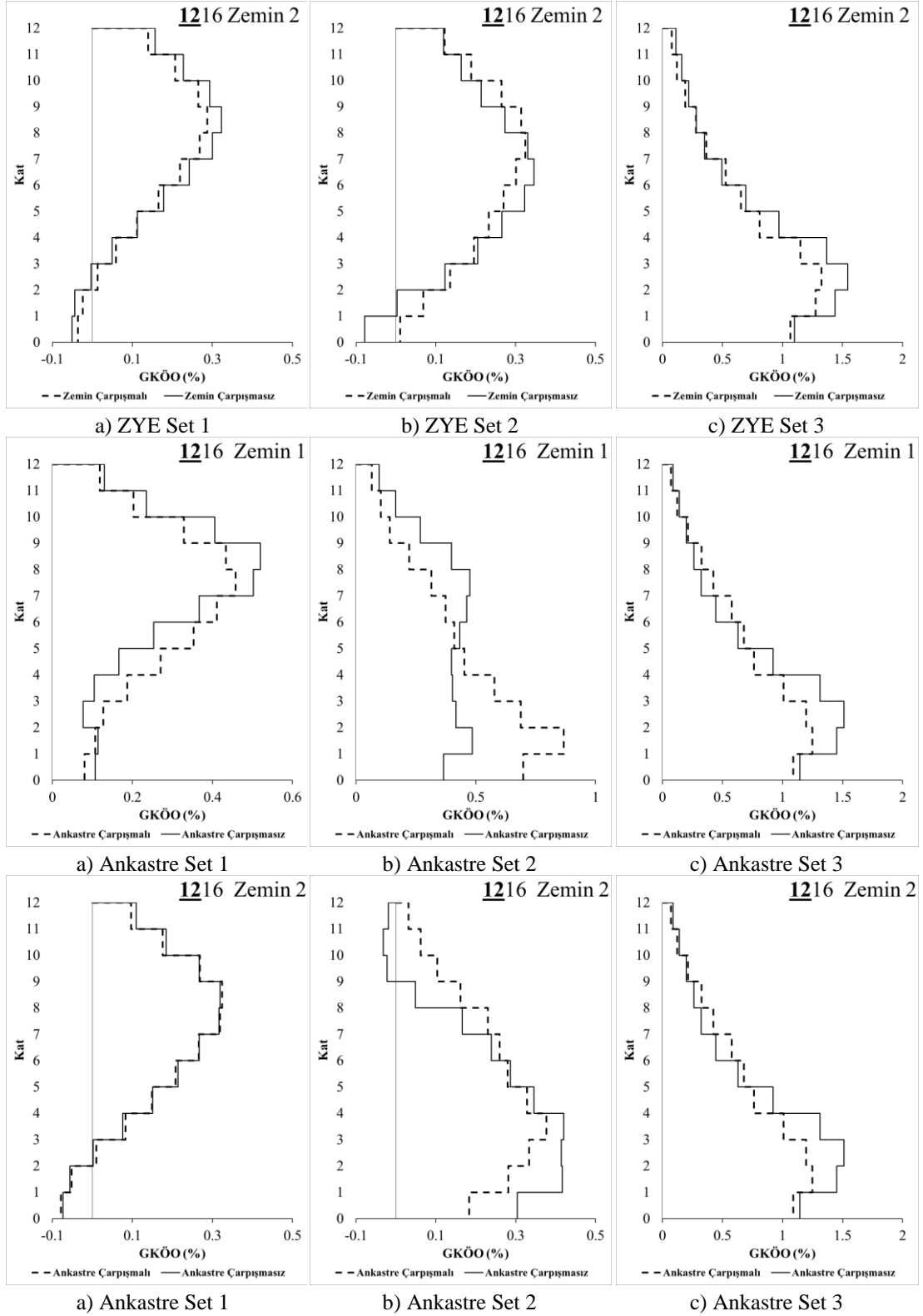
**Şekil 4.28(Devam):** 812 modeli 12 katlı yapı için ortalama görece kat ötelenme oranları

1216 modeli için maksimum çatı katı deplasmanının olduğu an göz önüne alınarak hesaplanan GKÖO değerleri Şekil 4.29’da verilmiştir. Hesaplanan en büyük GKÖO set 3 deprem ivme kaydından elde edilmiştir. Bu değer çarpışmalı zye modeli için %1.32, çarpışmasız zye modeli için %1.54, çarpışmalı ankastre modeli için %1.25 ve çarpışmasız ankastre model için %1.51 olarak zemin sınıfı 2’den elde edilmiştir.

Zemin tipi 1 için ise en büyük GKÖO değeri set 3 deprem kayıtlarının ortalamasından çarpışmalı zye modeli için %1.34, çarpışmasız zye modeli için %1.51, çarpışmalı ankastre modeli için %1.25 ve çarpışmasız ankastre model için %1.51 olarak elde edilmiştir.



**Şekil 4.29:** 1216 modeli 12 katlı yapı için ortalama görece kat ötelenme oranları



**Şekil 4.29 (Devam):** 1216 modeli 12 katlı yapı için ortalama görelî kat ötelenme oranları

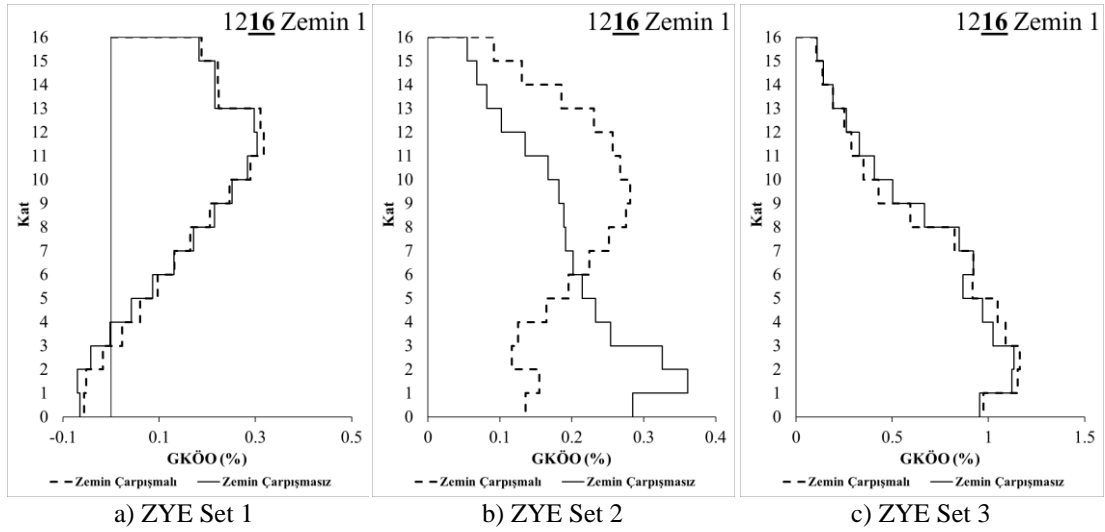


#### 4.3.4 16 Katlı Yapı İçin Ortalama Görelî Kat Ötelenme Oranlarının Karşılaştırılması

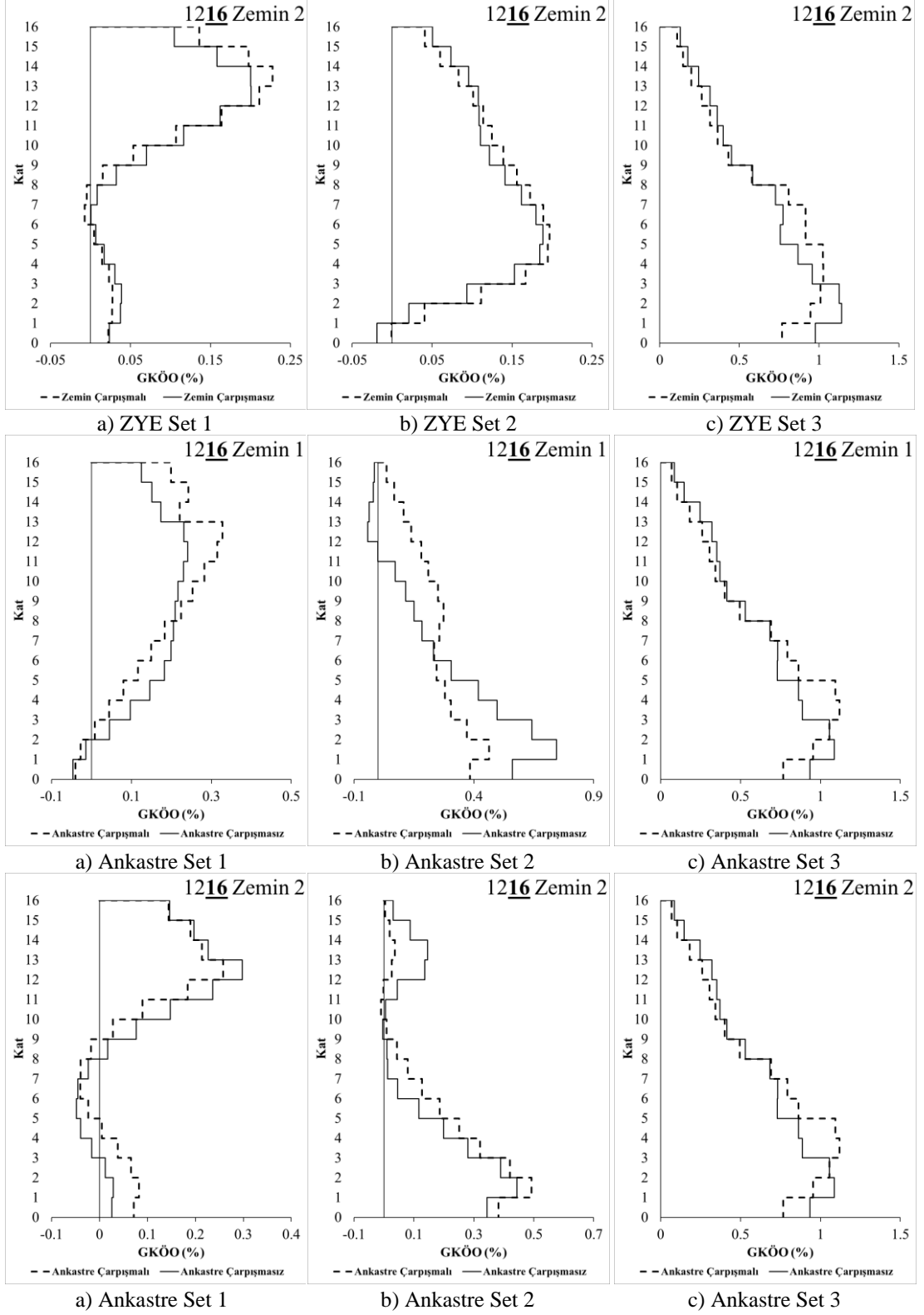
1216 modeli için 16 katlı yapıda zemin sınıfı 1 ve 2 için elde edilen ortalama görelî kat ötelenme grafikleri bu başlık altında verilmiştir.

1216 modeli için maksimum çatı katı deplasmanının olduğu an göz önüne alınarak hesaplanan GKÖO değerleri Şekil 4.30'da verilmiştir. Hesaplanan en büyük GKÖO set 3 deprem ivme kaydından elde edilmiştir. Bu değer çarpışmalı zye modeli için %1.16, çarpışmasız zye modeli için %1.13, çarpışmalı ankastre modeli için %1.12 ve çarpışmasız ankastre model için %1.09 olarak zemin sınıfı 1'den elde edilmiştir.

Zemin tipi 2 için ise en büyük GKÖO değeri set 3 deprem kayıtları ortalamasından çarpışmalı zye modeli için %1.02, çarpışmasız zye modeli için %1.14, çarpışmalı ankastre modeli için %1.12 ve çarpışmasız ankastre model için %1.09 olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.30: 1216 modeli 16 katlı yapı için ortalama görelî kat ötelenme oranları



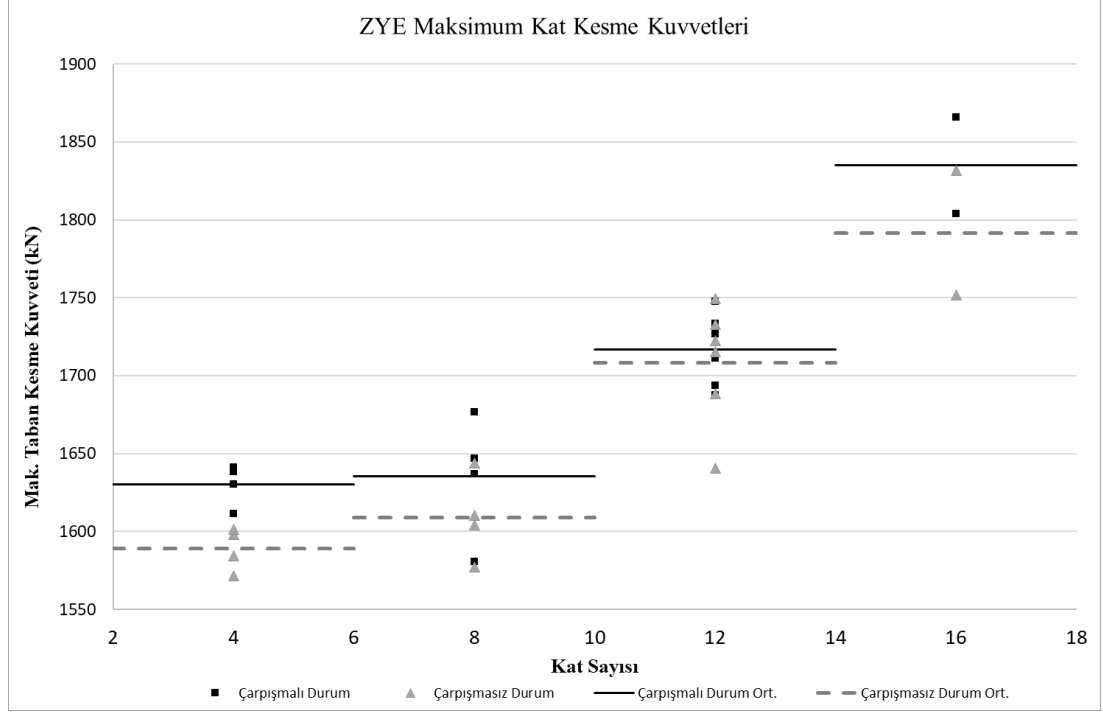
**Şekil 4.30 (Devam):** 1216 modeli 16 katlı yapı için ortalama görelî kat ötelenme oranları

#### 4.4 Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Yapılan analizler sonucunda gerçek ivme kayıtları kullanılarak elde edilen sonuçların her zaman adımı için mutlak maksimumları hesaplanmıştır. Tüm deprem kayıtlarının ortalaması alınarak sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçların ortalamaları Tablo 4.15 ile Tablo 4.16’da verilmiştir. Bu ortalamalar kullanılarak elde edilen veriler Şekil 4.31 ile Şekil 4.32’de yapı kat sayısına bağlı olarak çarpışmalı ve çarpışmasız durum için ortalama değerlerle karşılaştırılmıştır.

**Tablo 4.15:** ZYE modelleri için ortalama taban kesme kuvvetleri

	Yapı Kat Sayısı	Model	Zemin Grubu	Maksimum Taban Kesmesi	Maksimum Taban Kesmesi
				Çarpışmalı (kN)	Çarpışmasız (kN)
Zemin Yapı Etkileşimi	4 Katlı	48	Zemin 1	1638.2	1598.0
		48	Zemin 2	1630.5	1584.3
		412	Zemin 1	1641.0	1601.6
		412	Zemin 2	1611.2	1571.8
	8 Katlı	48	Zemin 1	1676.7	1643.8
		48	Zemin 2	1637.0	1604.1
		812	Zemin 1	1646.7	1610.4
		812	Zemin 2	1580.7	1577.2
	12 Katlı	412	Zemin 1	1733.4	1722.5
		412	Zemin 2	1687.4	1640.8
		812	Zemin 1	1747.5	1749.3
		812	Zemin 2	1693.7	1732.9
		1216	Zemin 1	1726.8	1715.6
		1216	Zemin 2	1711.2	1688.4
	16 Katlı	1216	Zemin 1	1804.0	1751.7
		1216	Zemin 2	1865.9	1831.7



**Şekil 4.31:** ZYE modelleri için katlara göre ortalama taban kesme kuvvetleri

ZYE modelleri için Şekil 4.4.1 değerlendirildiğinde, çarpışmalı ve çarpışmasız durum için maksimum taban kesme kuvvetlerinin model ve kat sayılarına göre ortalamaları alınmıştır. Çarpışmalı durum için elde edilen mutlak kesmenin ortalaması çarpışmasız durumda oluşan ortalama kesme kuvvetinden daha yüksek gelmiştir. Ortalama değerler elde edilirken ilk önce yapı kat sayısına göre 15 deprem ivme kaydı sonuçlarının ortalaması alınmıştır. Daha sonra elde edilen sonuçlar kat sayısına göre kendi arasında tekrar ortalamaları alınarak kıyaslanmıştır. Alınan bu ortalamaların sayısal değerleri Tablo 4.17’de verilmiştir.

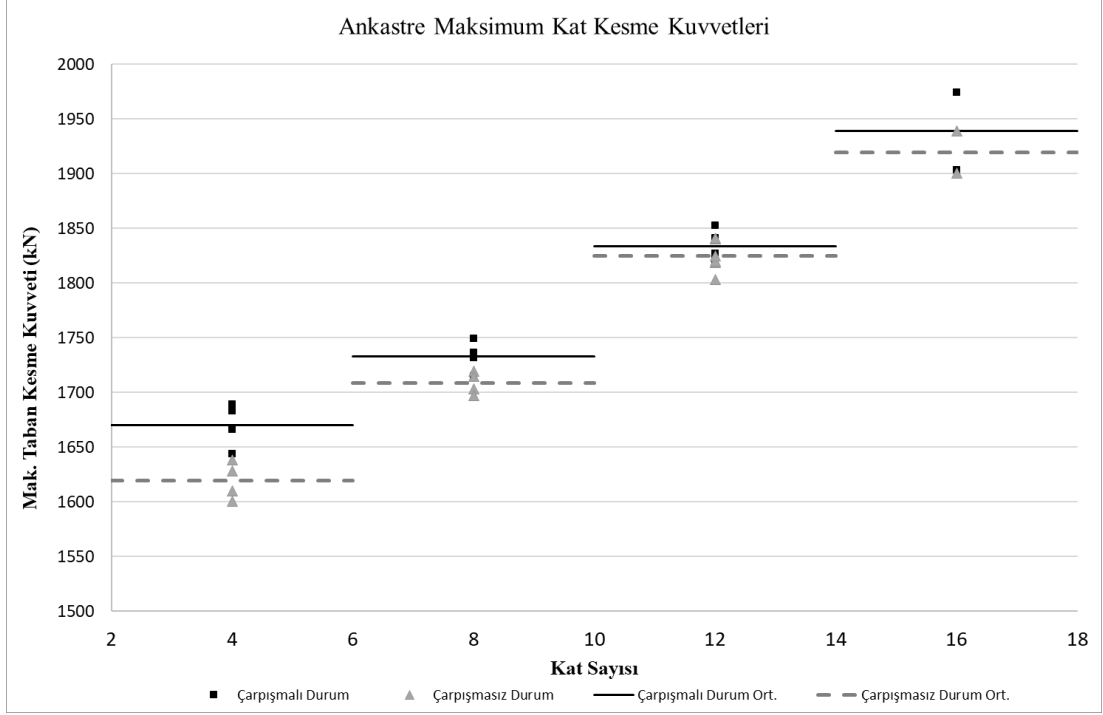
Çarpışmalı durum için mutlak maksimum taban kesmesi 2049.5 kN olarak 16 katlı yapı için LANDERS-JOS090 depreminden, çarpışmasız durum için mutlak maksimum taban kesmesi 2057.3 kN olarak KOBE-NİS000 depreminde elde edilmiştir. Bu bölüm kapsamında sadece ortalama değerlere yer verilmiştir. Zemin yapı etkileşimi incelenen modeller için çarpışma etkileri dikkate alınan modeller ve alınmayan modeller arasındaki taban kesme kuvveti talep farkı 4 katlı yapı için %2.53, 8 katlı yapı için %1.61, 12 katlı yapı için %0.49 ve 16 katlı yapı için %2.36 olarak elde edilmiştir.

**Tablo 4.16:** Ankastre modeller için ortalama taban kesme kuvvetleri

	Yapı Kat Sayısı	Model	Zemin Grubu	Maksimum Taban Kesmesi	Maksimum Taban Kesmesi
				Çarpışmalı (kN)	Çarpışmasız (kN)
ANKASTRE	4 Katlı	48	Zemin 1	1688.9	1638.1
		48	Zemin 2	1665.9	1610.1
		412	Zemin 1	1682.8	1628.4
		412	Zemin 2	1643.9	1600.5
	8 Katlı	48	Zemin 1	1749.0	1703.3
		48	Zemin 2	1731.8	1719.2
		812	Zemin 1	1736.6	1696.8
		812	Zemin 2	1714.7	1714.9
	12 Katlı	412	Zemin 1	1852.7	1840.2
		412	Zemin 2	1819.5	1818.7
		812	Zemin 1	1840.8	1841.4
		812	Zemin 2	1826.7	1820.0
		1216	Zemin 1	1839.8	1824.8
		1216	Zemin 2	1823.9	1803.4
	16 Katlı	1216	Zemin 1	1974.5	1938.9
		1216	Zemin 2	1903.2	1900.6

ZYE modelleri için Şekil 4.31’de elde edilen değerler Şekil 4.32’de Ankastre sistem için elde edilmiştir. Ankastre mesnet için; çarpışmalı durumda mutlak maksimum taban kesmesi KOBE-NİS000 depreminden 2144.4 kN, çarpışmasız durumda oluşan mutlak maksimum taban kesme değeri ise KOBE-NİS000 depreminde 2134.8 kN olarak kayda geçmiştir.

Ankastre mesnetli modeller için çarpışma etkileri dikkate alınan modeller ve alınmayan modeller arasındaki taban kesme kuvveti talep farkı 4 katlı yapı için %3.06, 8 katlı yapı için %1.41, 12 katlı yapı için %0.50 ve 16 katlı yapı için %0.99 olarak elde edilmiştir.



**Şekil 4.32:** Ankastre modelleri için katlara göre ortalama taban kesme kuvvetleri

Şekil 4.31 ve Şekil 4.32’de çarpışmalı ve çarpışmasız durumlar için yapı kat sayısına göre elde edilen mutlak maksimum taban kesme kuvvetlerinin ortalama değerleri Tablo 4.17’te verilmiştir.

**Tablo 4.17:** Ortalama mutlak maksimum taban kesme kuvvetleri

Yapı Kat Sayısı	Ankastre		ZYE	
	Mutlak Maksimum Taban Kesmesi (kN)			
	Çarpışmalı	Çarpışmasız	Çarpışmalı	Çarpışmasız
4 Kat	1670.4	1619.3	1630.2	1588.9
8 Kat	1733.0	1708.6	1635.3	1608.8
12 Kat	1833.9	1824.7	1716.7	1708.3
16 Kat	1938.9	1919.7	1834.9	1791.7

## 4.5 Link Eleman Sonuçları

### 4.5.1 Sismik Etkiler Altında Çarpışma Mesafelerinin Elde Edilmesi

Yürütülen tez kapsamında çarpışmasız modelde çarpışmasız durumdaki binaların hareketleri incelenmiştir. Çarpışmanın oluşmadığı çarpışmasız modelde 50 cm temsili bir boşluk oranı bırakılmıştır. Çarpışmasız modelden elde edilen link sonuçlarında hiçbir kuvvet oluşmamıştır. Elde edilen değerler link elemanda tanımlanan boşluk miktarındaki zamana bağlı değişimleri göstermektedir. Elde edilen verilerin pozitif olması binalar arasındaki artan mesafeyi ifade etmektedir. Negatif değerler ise link elemanlardaki sıkışmayı yani yapıların birbirlerine yaklaşmasını ifade etmektedir.

**Tablo 4.18:** Zemin yapı modellerine ait çarpışma mesafeleri

Kombinasyon	SET1					SET2					SET3				
	ITALY-STU000	KOCAELİ-İZT	LOMAP-HSP090	LANDERS-YER360	SPIITAK-GUK000	CHICHI-TCU	KOBE-NİS	LANDERS-İOS	NORTHR-PKC360	KOCAELİ-DZC180	DZC-BOL090	NORTHR-SYL090	ERZ-EW	KOBE-TAK	NORTH-TOR
	Değerler mm cinsinden verilmiştir														
ZYE 48Z1	57.5	44.3	58.4	51.1	76.8	53.5	65.0	96.4	66.3	75.6	79.8	71.6	175.5	<b>203.5</b>	67.2
	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	2.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat
ZYE 48Z2	44.4	35.2	35.6	36.6	49.2	39.8	38.0	56.5	36.1	72.2	117.0	62.9	180.2	<b>203.4</b>	74.9
	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	2.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat
ZYE 41Z2Z1	52.5	53.2	71.7	42.2	71.1	43.2	76.4	83.6	95.5	76.1	78.3	133.8	116.0	<b>235.8</b>	123.6
	4.Kat	4.Kat	3.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	3.Kat	3.Kat	3.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat
ZYE 41Z2Z2	53.6	28.7	34.5	22.5	41.7	34.0	33.5	53.5	31.8	21.9	102.7	104.9	124.3	<b>249.3</b>	138.4
	3.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	3.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat
ZYE 81Z2Z1	62.0	63.6	49.7	61.1	51.2	37.7	56.3	80.8	59.4	43.2	129.1	140.2	76.2	166.9	<b>237.2</b>
	6.Kat	6.Kat	6.Kat	8.Kat	7.Kat	6.Kat	6.Kat	6.Kat	5.Kat	6.Kat	8.Kat	8.Kat	8.Kat	3.Kat	8.Kat
ZYE 81Z2Z2	31.7	45.9	38.4	31.3	28.6	26.7	38.8	57.3	42.7	33.3	95.6	123.6	53.0	166.0	<b>226.0</b>
	6.Kat	6.Kat	6.Kat	8.Kat	5.Kat	5.Kat	5.Kat	6.Kat	5.Kat	8.Kat	8.Kat	8.Kat	8.Kat	3.Kat	8.Kat
ZYE 121Z6Z1	56.3	51.2	46.8	40.1	36.6	39.9	48.9	76.3	70.9	57.6	161.6	<b>303.1</b>	122.4	188.3	150.8
	7.Kat	12.Kat	7.Kat	12.Kat	7.Kat	5.Kat	11.Kat	12.Kat	10.Kat	9.Kat	12.Kat	12.Kat	12.Kat	5.Kat	12.Kat
ZYE 121Z6Z2	45.5	45.0	32.1	37.7	26.9	30.2	41.2	45.6	43.1	37.0	176.2	<b>316.4</b>	112.6	185.9	126.8
	12.Kat	5.Kat	12.Kat	12.Kat	5.Kat	11.Kat	12.Kat	12.Kat	11.Kat	12.Kat	12.Kat	12.Kat	12.Kat	5.Kat	12.Kat

Tablodaki değerler maksimum sıkışmanın olduğu zamanda ilgili link elemanda oluşan sıkışma miktarıdır.

Tablo 4.18’de zemin yapı modelleri için elde edilen sıkışma miktarları verilmektedir. Zemin yapı etkileşiminin incelendiği modellerde 4 link elemana sahip modellerde maksimum sıkışma miktarı 249.3 mm, 8 link elemanlı modellerde 237.2 mm, 12 link elemanlı modellerde 316.4 mm olarak elde edilmiştir.

**Tablo 4.19:** Ankastre modellerine ait çarpışma mesafeleri

Kombinasyon	SET1					SET2					SET3				
	ITALY-STU000	KOCAELİ-İZT	LOMAP-HSP090	LANDERS-YER360	SPITAK-GUK000	CHİCHİ-TCU	KOBE-NİS	LANDERS-JOS	NORTHR-PKC360	KOCAELİ-DZC180	DZC-BOL090	NORTHR-SYL090	ERZ-EW	KOBE-TAK	NORTH-TOR
	Değerler mm cinsinden verilmiştir														
Ank. 48Z1	62.3	59.0	67.1	61.6	61.1	59.8	68.6	90.0	66.1	67.4	92.7	56.6	151.9	<b>180.1</b>	76.3
	2.Kat	3.Kat	2.Kat	2.Kat	4.Kat	4.Kat	3.Kat	2.Kat	2.Kat	2.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat
Ank. 48Z2	35.4	40.8	40.5	35.8	40.8	32.0	42.5	53.6	39.4	95.7	92.7	56.6	151.9	<b>180.1</b>	76.3
	3.Kat	4.Kat	3.Kat	3.Kat	3.Kat	3.Kat	3.Kat	4.Kat	2.Kat	3.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat
Ank. 412Z1	68.9	47.7	63.2	57.0	64.4	54.4	83.6	79.5	80.2	78.6	53.5	78.6	129.4	<b>241.6</b>	127.1
	4.Kat	3.Kat	4.Kat	3.Kat	4.Kat	4.Kat	2.Kat	3.Kat	2.Kat	2.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat
Ank. 412Z2	33.2	31.6	38.4	31.1	34.8	30.7	41.2	55.8	45.3	78.4	53.5	78.6	129.4	<b>241.6</b>	127.1
	4.Kat	4.Kat	4.Kat	3.Kat	4.Kat	3.Kat	3.Kat	3.Kat	2.Kat	3.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat
Ank. 812Z1	64.1	48.5	59.1	52.2	68.3	44.7	67.8	86.0	76.1	57.1	83.1	105.5	45.3	<b>184.8</b>	148.5
	6.Kat	6.Kat	6.Kat	6.Kat	5.Kat	4.Kat	5.Kat	6.Kat	5.Kat	6.Kat	8.Kat	8.Kat	8.Kat	3.Kat	8.Kat
Ank. 812Z2	38.0	37.0	31.5	31.4	38.5	27.3	29.5	47.2	43.3	34.9	83.1	105.5	45.3	<b>184.8</b>	148.5
	6.Kat	6.Kat	6.Kat	6.Kat	5.Kat	4.Kat	5.Kat	6.Kat	5.Kat	6.Kat	8.Kat	8.Kat	8.Kat	3.Kat	8.Kat
Ank. 1216Z1	68.6	66.3	41.2	74.4	45.4	56.5	75.0	65.2	58.6	45.0	155.4	<b>264.0</b>	79.4	154.1	124.9
	9.Kat	11.Kat	6.Kat	10.Kat	6.Kat	11.kat	11.Kat	10.Kat	9.Kat	12.Kat	12.Kat	12.kat	12.Kat	5.Kat	12.Kat
Ank. 1216Z2	34.2	37.2	41.6	38.4	28.7	35.1	43.5	45.5	37.1	41.4	155.4	<b>264.0</b>	79.4	154.1	124.9
	5.Kat	5.Kat	11.Kat	11.Kat	11.Kat	10.Kat	11.Kat	11.Kat	11.Kat	11.Kat	12.Kat	12.kat	12.Kat	5.Kat	12.Kat

Tablo 4.19’de ankastre mesnetli modeller için elde edilen sıkışma miktarları verilmiştir. Ankastre mesnetli durumda ise 4 link elemana sahip modellerde maksimum sıkışma miktarı 241.6 mm, 8 link elemanlı modellerde 184.8 mm, 12 link elemanlı modellerde 264.0 mm olarak elde edilmiştir.

**Tablo 4.20:** Ankastre modellerine ait çarpışma mesafeleri

Bina Yüksekliği (m)	Deprem Derzi Boşluğu (mm)	Elde Edilen Maksimum Sıkışma (mm)	
		Zemin Yapı	Ankastre
12	50	249.3	241.6
24	90	237.2	184.8
36	130	316.4	264.0

Tablo 4.20’de yönetmelikte koyulması zorunlu olan minimum deprem derzleri ile modellerden elde edilen maksimum sonuçlar verilmiştir.



#### 4.5.2 Sismik Etkiler Altında Çarpışma Etkisinde Oluşan Kuvvetler

Çarpışma gerçekleşen modellerde yapılar arasındaki boşluk oranı 20 mm olarak belirlenmiştir. İkili modeller arasındaki mesafe 0 mm olduğunda yani link elemanındaki sıkışma değeri 20 mm değerine ulaştığı anda link elemanlarda kuvvet oluşmaya başlamaktadır. Oluşan kuvvetlerin elde edilmesi ile ilgili detaylı bilgi Bölüm 3.5’te verilmiştir. Bu çalışma prensibi sayesinde elde ettiğimiz kuvvetler Tablo 4.21 verilmiştir.

**Tablo 4.21:** Zemin yapı modellerine ait çarpışma kuvvetleri

Kombinasyon	SET1					SET2					SET3				
	ITALY-STU000	KOCAELİ-İZT	LOMAP-HSP090	LANDERS-YER360	SPITAK-GUK000	CHİCHİ-TCU	KOBE-NİS	LANDERS-JOS	NORTHR-PKC360	KOCAELİ-DZC180	DZC-BOL090	NORTHR-SYL090	ERZ-EW	KOBE-TAK	NORTH-TOR
	Değerler mm cinsinden verilmiştir														
ZYE 48Z1	-3623	-3677	-3762	-5928	-4667	-4256	-2667	-6404	-3760	-3498	-3549	-4604	-4213	-4081	-5322
	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	3.Kat	2.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat
ZYE 48Z2	-4161	-3688	-2295	-2701	-3420	-5158	-5340	-5852	-1965	-7051	-4337	-3700	-4991	-6658	-4811
	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	3.Kat	3.Kat	4.Kat	2.Kat	2.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat
ZYE 412Z1	-3134	-3046	-4154	-3199	-3286	-2215	-5615	-8103	-4379	-4681	-4843	-6036	-6016	-4798	-3030
	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	3.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat
ZYE 412Z2	-2666	-1858	-2847	-1092	-2046	-3657	-3976	-3560	-2143	-785	-4164	-2085	-4806	-6088	-3915
	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat
ZYE 812Z1	-2458	-2686	-3171	-4094	-2700	-2971	-4032	-4630	-2771	-3759	-4547	-5610	-3826	-3707	-5475
	8.Kat	8.Kat	8.Kat	5.Kat	8.Kat	6.Kat	8.Kat	5.Kat	8.Kat	6.Kat	8.Kat	8.Kat	8.Kat	8.Kat	8.Kat
ZYE 812Z2	-2177	-2771	-2673	-1808	-875	-2325	-3259	-2952	-1652	-2679	-4996	-4516	-3373	-4131	-5773
	5.Kat	7.Kat	6.Kat	8.Kat	5.Kat	7.Kat	5.Kat	5.Kat	8.Kat	5.Kat	8.Kat	5.Kat	8.Kat	8.Kat	7.Kat
ZYE 1216Z1	-2658	-2543	-3522	-1527	-2117	-1518	-3072	-4412	-5696	-2931	-3900	-3971	-2064	-5523	-6257
	12.Kat	12.Kat	5.Kat	6.Kat	6.Kat	6.Kat	10.Kat	5.Kat	12.Kat	5.Kat	9.Kat	12.Kat	9.Kat	12.Kat	12.Kat
ZYE 1216Z2	-2585	-2892	-3064	-1872	-1972	-1644	-2554	-3335	-3121	-2942	-5102	-3337	-2649	-4403	-2985
	9.Kat	5.Kat	5.Kat	12.Kat	12.Kat	11.Kat	11.Kat	8.Kat	11.Kat	12.Kat	12.Kat	11.Kat	3.Kat	12.Kat	12.Kat

Tablo 4.21’da zemin yapı modelleri için elde edilen sonuçlar verilmiştir. Bu tabloda 812Z1 modeli için NORTHR-PKC deprem ivme kaydından elde edilen 2771 kN değerindeki kuvvet yaklaşık 14. saniyedeki çarpışma anında oluşmuştur (Şekil 4.5).

**Tablo 4.22:** Ankastre modellerine ait çarpışma kuvvetleri

Kombinasyon	SET1					SET2					SET3				
	ITALY-STU000	KOCAELI-IZT	LOMAP-HSP090	LANDERS-YER360	SPITAK-GUK000	CHICHI-TCU	KOBE-NIS	LANDERS-JOS	NORTHR-PKC360	KOCAELI-DZC180	DZC-BOL090	NORTHR-SYL090	ERZ-EW	KOBE-TAK	NORTH-TOR
	Değerler mm cinsinden verilmiştir														
Ank. 4821	-4774	-4289	-4543	-4426	-3656	-5121	-4166	-7995	-3521	-4881	-5719	-3539	-5006	-3442	-4167
	2.Kat	2.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	2.Kat	4.Kat	2.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat
Ank. 4822	-3548	-4859	-3817	-3408	-3603	-4061	-4471	-4279	-5820	-3847	-5719	-3539	-5006	-3442	-4167
	3.Kat	3.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	3.Kat	3.Kat	4.Kat	2.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat
Ank. 412Z1	-6753	-4113	-4541	-3520	-4288	-4141	-5718	-6690	-3521	-4756	-4828	-2870	-4878	-4519	-2762
	3.Kat	3.Kat	3.Kat	4.Kat	2.Kat	3.Kat	4.Kat	2.Kat	4.Kat	3.Kat	3.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat
Ank. 412Z2	-2262	-2816	-2922	-1954	-1959	-3014	-2193	-5452	-3228	-5501	-4828	-2870	-4878	-4519	-2762
	4.Kat	3.Kat	4.Kat	3.Kat	3.Kat	3.Kat	3.Kat	4.Kat	2.Kat	3.Kat	3.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat	4.Kat
Ank. 812Z1	-3233	-3309	-3923	-3238	-3897	-3610	-3628	-5102	-3513	-3771	-3298	-3428	-3543	-4838	-5090
	8.Kat	7.Kat	8.Kat	8.Kat	8.Kat	6.Kat	5.Kat	5.Kat	5.Kat	5.Kat	8.Kat	5.Kat	8.Kat	8.Kat	8.Kat
Ank. 812Z2	-2576	-2795	-2279	-1672	-2334	-2748	-2806	-3336	-2256	-2767	-3298	-3428	-3543	-4838	-5090
	8.Kat	7.Kat	8.Kat	8.Kat	8.Kat	6.Kat	5.Kat	5.Kat	5.Kat	5.Kat	8.Kat	5.Kat	8.Kat	8.Kat	8.Kat
Ank. 1216Z1	-3374	-3079	-3220	-4213	-4066	-3133	-4061	-4183	-3899	-1967	-4443	-4498	-2265	-3405	-2159
	9.Kat	11.Kat	7.Kat	5.Kat	5.Kat	12.Kat	12.Kat	12.Kat	12.Kat	5.Kat	12.Kat	12.Kat	12.Kat	5.Kat	12.Kat
Ank. 1216Z2	-2533	-3039	-2943	-2407	-2452	-2437	-3123	-4443	-3105	-2101	-4443	-4498	-2265	-3405	-2159
	11.Kat	12.Kat	12.Kat	12.Kat	12.Kat	5.Kat	12.Kat	12.Kat	12.Kat	11.Kat	12.Kat	12.Kat	12.Kat	5.Kat	12.Kat

Tablo 4.22’de ankastre modeller için elde edilen sonuçlar ve maksimum kuvvetin oluştuğu link elemanın bulunduğu katın değeri verilmiştir. Bu tabloda 1216C1 modeli için ERZ-EW deprem ivme kaydından elde edilen 2265 kN değerindeki kuvvet yaklaşık 4. saniyedeki çarpışma anında oluşmuştur (Şekil 4.3).

#### 4.6 Mafsal Dağılımlarının Çarpışmalı ve Çarpışmasız Modellerde Karşılaştırılması

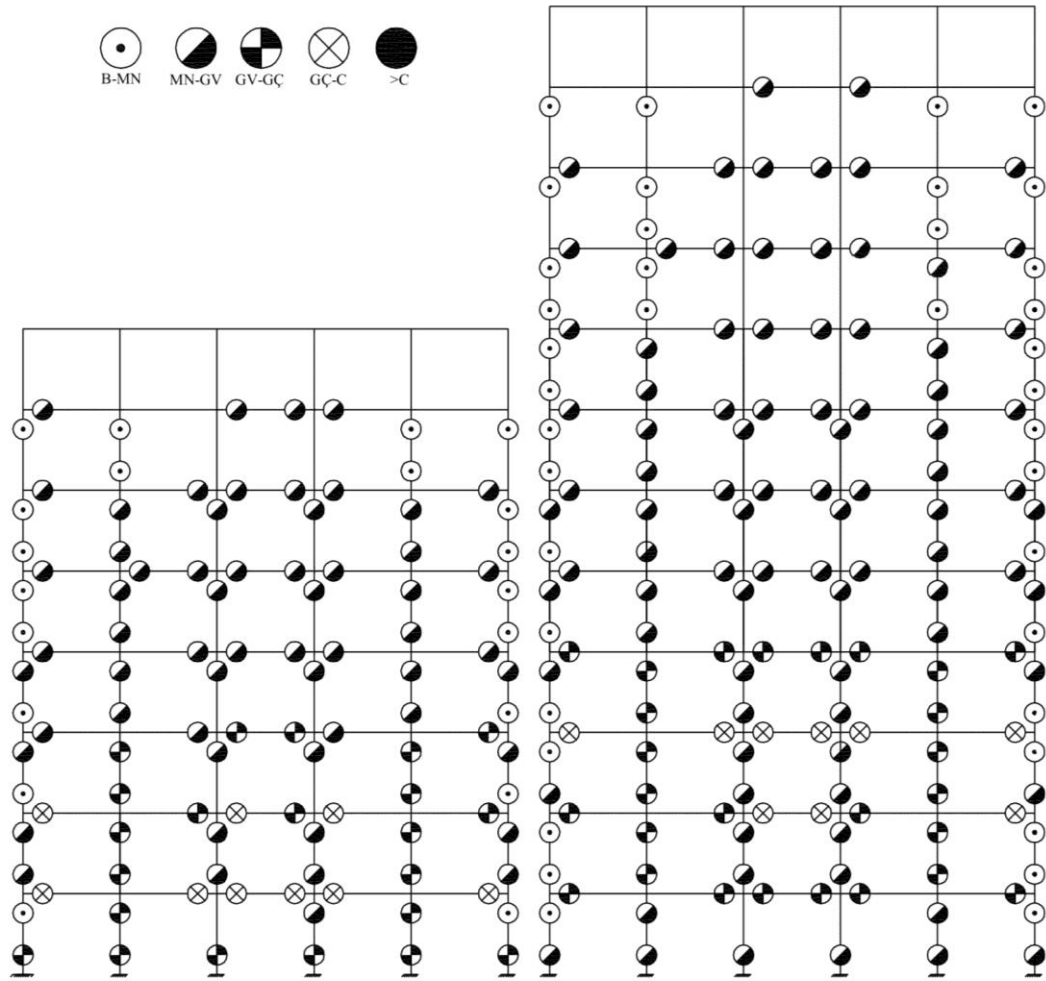
Çalışma kapsamında doğrusal olmayan davranışın incelenmesi için DBYBHY-2007 sınır şartlarına göre plastik mafsallar kolon ve kiriş uç bölgelerine tanımlanmıştır. Eleman uç bölgelerine tanımlanan plastik mafsallar sayesinde analiz boyunca oluşan hasar durumları gözlemlenmiştir. Çekiçleme etkisi altında olan modellerde oluşan kuvvet ve değişen deplasman talepleri nedeniyle hasar dağılımlarında farklılıklar oluşmuştur.

Çekiçleme davranışı sebebiyle oluşacak hasar değişimlerinin değerlendirilmesi için Kobe-TAK deprem ivme kaydı kullanılarak elde edilen plastik mafsallar bu başlık kapsamında incelenmiştir. İnceleme kapsamında seçilen A812 kombinasyonlu model için elde edilen mafsal hasar sonuçları çarpışmalı durum için Şekil 4.33'te çarpışmanın oluşmadığı durum için Şekil 4.34'te verilmiştir. Hasar sınırları için kullanılan semboller yine şekil üzerinde verilmiştir.

**Tablo 4.23:** A812 kombinasyonu 8 katlı yapı KOBE-TAK deprem ivme kaydı sonucu hasar alan eleman dağılımları

Kat	Boşluk Oranı	KOLON (%)						Kiriş (%)					
		<B	B-MN	MIN-GV	GV-GÇ	GÇ-C	>C	<B	B-MN	MIN-GV	GV-GÇ	GÇ-C	>C
1	2 CM	8	17	8	67	-	-	40	-	-	-	60	-
	50 CM	8	17	8	33	33	-	40	-	-	-	60	-
2	2 CM	-	-	67	33	-	-	40	-	-	30	30	-
	50 CM	-	-	67	-	33	-	40	-	-	20	30	10
3	2 CM	17	17	33	33	-	-	40	-	30	30	-	-
	50 CM	17	17	-	50	17	-	40	-	60	-	-	-
4	2 CM	17	17	67	-	-	-	40	-	60	-	-	-
	50 CM	17	17	67	-	-	-	40	-	60	-	-	-
5	2 CM	17	33	50	-	-	-	30	-	70	-	-	-
	50 CM	25	25	50	-	-	-	30	-	70	-	-	-
6	2 CM	17	33	50	-	-	-	40	-	60	-	-	-
	50 CM	33	67	-	-	-	-	40	-	60	-	-	-
7	2 CM	50	50	-	-	-	-	60	-	40	-	-	-
	50 CM	67	33	-	-	-	-	90	-	10	-	-	-
8	2 CM	100	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-
	50 CM	100	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-

8 katlı yapı için katlara göre eleman hasar dağılımları Tablo 4.23’de verilmiştir. Hasar alan elemanlar kattaki toplam eleman sayısına oranlanarak yüzde cinsinden elde edilmiştir. Düşük kat sayısına sahip yapıda kolon elemanlarda üst katlara çıkıldıkça hasar alan elemanların sayısal olarak arttığı gözlemlenmektedir. Kiriş elemanlar için ise 7. Katta 3 adet elemanın fazladan hasar aldığı görülmektedir. Ayrıca kiriş elemanlarda alt katlarda çarpışmalı durumda kesit hasar sınırlarının belirgin hasar bölgesinden ileri hasar bölgesine geçtiği görülmektedir.



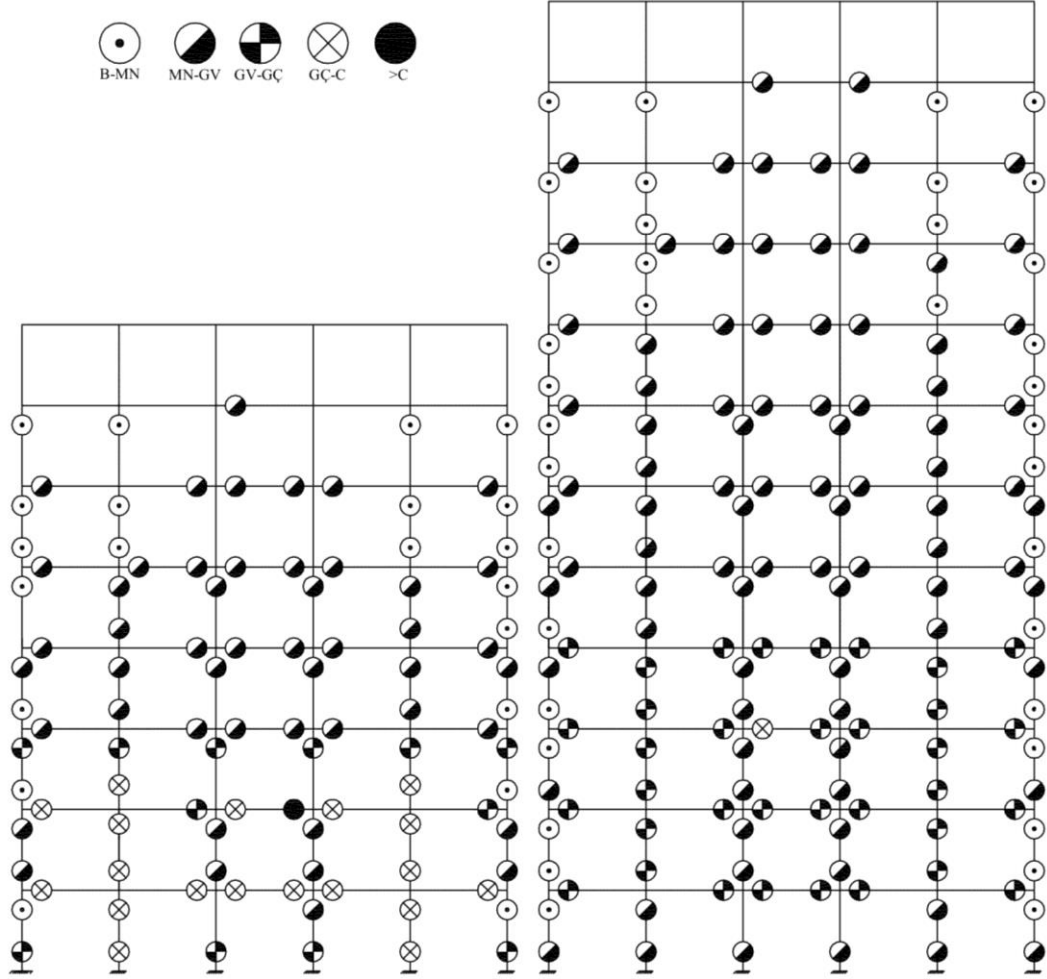
**Şekil 4.33:** KOBE-TAK deprem ivme kaydı için 812 modelinde çarpmalı durum için hasar dağılımları

Yüksek kat sayısına sahip olan yapı için hasar dağılımlarının yüzdesel değerleri Tablo 4.24’de verilmiştir. Çarpışma davranışı 12 katlı yapıda kolon elemanlarında 9. katta hasar alan eleman sayısında artışa neden olmuştur. Yüksek katlı yapıda kiriş elemanlarda 2. Katta 2 eleman ileri hasardan göçme konumuna, 3. Katta ise 5 eleman ileri hasardan göçme konumuna geçmiştir.

**Tablo 4.24:** A812 kombinasyonu 12 katlı yapı KOBE-TAK deprem ivme kaydı sonucu hasar alan eleman dağılımları

Kat	Boşluk Oranı	KOLON (%)						KİRİŞ (%)					
		<B	B-MN	MN-GV	GV-GÇ	GÇ-C	>C	<B	B-MN	MN-GV	GV-GÇ	GÇ-C	>C
1	2 CM	17	17	67	-	-	-	40	-	-	60	-	-
	50 CM	17	17	67	-	-	-	40	-	-	60	-	-
2	2 CM	0	33	33	33	-	-	40	-	-	30	30	-
	50 CM	0	33	33	33	-	-	40	-	-	60	-	-
3	2 CM	0	17	50	33	-	-	40	-	-	-	60	-
	50 CM	0	17	50	33	-	-	40	-	-	50	10	-
4	2 CM	0	17	50	33	-	-	40	-	-	60	-	-
	50 CM	0	17	50	33	-	-	40	-	-	60	-	-
5	2 CM	17	17	67	-	-	-	40	-	60	-	-	-
	50 CM	17	17	67	-	-	-	40	-	60	-	-	-
6	2 CM	17	17	67	-	-	-	40	-	60	-	-	-
	50 CM	17	17	67	-	-	-	40	-	60	-	-	-
7	2 CM	17	33	50	-	-	-	40	-	60	-	-	-
	50 CM	17	33	50	-	-	-	40	-	60	-	-	-
8	2 CM	33	33	33	-	-	-	40	-	60	-	-	-
	50 CM	33	33	33	-	-	-	40	-	60	-	-	-
9	2 CM	33	58	8	-	-	-	30	-	70	-	-	-
	50 CM	50	42	8	-	-	-	30	-	70	-	-	-
10	2 CM	50	50	-	-	-	-	40	-	60	-	-	-
	50 CM	50	50	-	-	-	-	40	-	60	-	-	-
11	2 CM	67	33	-	-	-	-	80	-	20	-	-	-
	50 CM	67	33	-	-	-	-	80	-	20	-	-	-
12	2 CM	100	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-
	2 CM	100	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-

Çarpışmanın olduğu ikili model ile çarpışmasız modellerdeki mafsal dağılımları incelendiğinde modeller arasındaki hasar dağılım farkları belirgin bir şekilde görülmektedir.



**Şekil 4.34:** KOBE-TAK deprem ivme kaydı için 812 modelinde çarpışmasız durum için hasar dağılımları

Tablo 4.23 ve Tablo 4.24’de verilen sonuçların incelenmesiyle çarpışma etkisinin plastik mafsallarda artışa sebep olduğu belirlenmiştir. Çarpışmalı durum için plastik mafsallarda oluşan eleman sayısında çarpışma olmayan duruma göre artış olduğu gözlenmiştir. Bu sonuçlar Tablo 4.25’de hasar alan eleman yüzdesi olarak verilmiştir.

**Tablo 4.25:** Çarpışmalı ve çarpışmasız durum için hasar dağılımları

8 Katlı Model	Çarpışma	Hasar Alan Kolon (%)	Hasar Alan Kiriş (%)	12 Katlı Model	Çarpışma	Hasar Alan Kolon (%)	Hasar Alan Kiriş (%)
	Var	%71.87	%51.25		Var	%70.75	%51.25
Yok	%66.75	%47.5	Yok	%66.42	%51.25		
Değişim Miktarı	%7.7 Artış	%7.9 Artış	Değişim Miktarı	%1.9 Artış	Sabit		

\*Tablo 4.25’de plastik bölgeye geçen eleman adetinin toplam eleman adetine oranlamasıyla kolon ve kiriş elemanlarda plastik mafsallık yüzdesi bulunmuştur.

Ayrıca çarpışmalı durumda plastik mafsallık oluşan eleman yüzdesindeki artışa ek olarak hasar sınırlarında kritik değişimler oluşmuştur. 12 katlı bina için hasar alan elemanların dağılımında önemli farklılıklar söz konusudur. 12 katlı yapıda 2. Katta %30’luk kısım GV-GÇ hasar seviyesinden GÇ-C hasar seviyesine çıkmıştır. 8 katlı binada ise çarpışma etkisiyle kiriş hasar sınırlarında artış gözlemlenirken ilk katlardaki kolonlarda çarpışma etkisiyle sınırlanan deplasman talebi nedeniyle hasar sınırlarında azalma olduğu anlaşılmıştır.

Sismik etkiler altında çekiçleme etkisinin kesit hasar sınırlarında sebep olduğu değişimleri daha iyi karşılaştırabilmek adına mafsallık dağılımları bu bölümde verilmiştir. Ayrıca ankastre 812 kombinasyonu için Kobe-TAK deprem kaydı kullanılarak elde edilen çatı katı deplasmanlarının zamana bağlı değişimleri Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’de verilmiştir. Verilen sonuçların deplasman talebi değerlendirilmesi yine aynı bölüm içinde (Bölüm 4.2) yapılmıştır.

Tüm deprem ivme kayıtlarından elde edilen sonuçlar incelendiği zaman çarpışmalı durum için mafsallık hasarlarının arttığını söyleyebiliriz. Oluşan plastik mafsallık hasar dağılımı ve çarpışma davranışı depremin karakteristik özelliklerine göre değişiklik gösterebilmektedir. Özetlemek gerekirse çarpışma etkisinin sonucu olarak artan taleplerin elemanlardaki hasar seviyelerini ve hasar alan eleman sayısını arttırdığı görülmüştür.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

### 5.1 Elde Edilen Bulgular

Gerçekleştirilen çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmektedir:

- Çatı katı deplasman talepleri çekiçleme etkileri nedeniyle depremin karakteristik özelliklerine, şiddetli çarpışmanın gerçekleştiği doğrultuya ve binaların dinamik özelliklerine bağlı olarak artıp azalmaktadır. Bu nedenle ortalama değerler incelendiğinde, çekiçleme etkilerinin gerçekçi bir şekilde değerlendirilmesi güçleşmektedir.
- Genellikle çekiçleme etkilerine bağlı olarak çarpışmanın gerçekleşmediği serbest doğrultuda taleplerde artış, çarpışmanın gerçekleştiği doğrultuda taleplerde azalma meydana gelmektedir.
- Sonuçlar incelendiğinde çekiçleme etkileri nedeniyle zemin-yapı etkileşimli modelde sismik talepler serbest doğrultuda %88'e kadar artış göstermekteyken, çarpışma doğrultusunda %70'e kadar azalmaktadır.
- Aynı değerler ankastre modeller için %77'ye kadar artış, %47'ye kadar azalma olarak hesaplanmıştır.
- Zemin-yapı etkileşimli ve ankastre modeller karşılaştırıldığında, meydana gelen talep değişimleri hakkında genellemeler yapmak mümkün görülmemektedir. Farklı ivme kayıtları altında ZYE ve ankastre model talep oranları artış ya da azalış gösterebilmektedir.
- İki yaklaşım arasındaki farklılık beklendiği gibi zemin rijitliği arttıkça azalmaktadır.
- Göreli kat ötelenme oranları incelendiğinde çekiçleme etkilerinin yapı davranışı üzerindeki etkileri daha gerçekçi bir şekilde görülmektedir. Deplasman taleplerinin azalıp artmasından bağımsız olarak, taleplerin katlara dağılımı çekiçleme davranışından önemli ölçüde etkilenmektedir. Hem maksimum göreli kat ötelenme oranları hem de hesaplandığı kat seviyesi çekiçleme etkileri ile değişmektedir.



- Modellemeler için Göreli Kat Ötelenme Oranları deprem bazında incelendiğinde sonuçların çok kritik olduğu görülmüştür. Deprem bazında, çarpışma dolayısıyla GKÖ oranı değerinin ankastre mesnetli model için 2.34 kata kadar arttığı görülmüştür.
- Farklı model ve deprem ivme kayıtları için çekiçleme davranışlarının yapılardaki mafsal davranışları üzerindeki etkileri incelenmiştir. İncelemeler sonucunda hasar dağılımındaki artış açıkça görülmüştür. Tez kapsamında 812 modeli için Kobe-TAK090 deprem ivme kaydının mafsal sonuçları verilmiştir. Bu model için 8 katlı yapıda mafsal oluşan kolon elemanlarının sayısında %7.7 artış, kiriş elemanlarında ise %7.9 artış görülmüştür. Ayrıca birçok kiriş ve kolon elemanlarda hasar seviyelerinde artışlar oluşmuştur. Mafsal artışları özellikle çarpışmanın şiddetli ve çok olduğu üst katlarda görülmüştür.
- Aynı model için 12 katlı yapıda sayısal olarak mafsal oluşan kolon eleman sayısında %1,9 artış olmasına rağmen kiriş elemanda herhangi bir artış görülmemiştir. Ancak kiriş elemanlarda ve kolon elemanlarda hasar sınırlarının arttığı görülmüştür. Hasar alan elemanlar ileri hasar seviyesinden göçme konumuna geçmiştir.
- Çarpışmanın oluşmadığı modellerden elde edilen link sıkışmaları ile yönetmelik 2.10.3.2 paragrafında verilen minimum boşluk oranı değerleri karşılaştırılmıştır. Özellikle düşük katlı yapılar için neredeyse tüm depremlerde bu sınırın aşıldığı görülmüştür. Yüksek katlı yapılarda ise deprem frekans içeriğine bağlı olarak set 1 ve set 2 deplasman taleplerinin düşük gelmesi sebebiyle sınır durumunun aşılmadığı gözlemlenmektedir. Fakat set 3 deprem ivme kayıtları için yönetmelik sınırları yeterli gelmemektedir.
- Deprem bazında maksimum sıkışma miktarlarındaki değişim incelendiği zaman Northr-SYL090 deprem kaydı için 1216 kombinasyonunda yönetmelik sınır değerinin zemin yapı modeli için 2,43 kat, ankastre mesnet sonuçlarında 2.03 katlık bir aşılma söz konusu olduğu görülmüştür.

Zemin yapı etkileşimi zemin ve üst yapı modelleme özelliklerine ve deprem frekans içeriğine bağlı olarak değişkenlik gösterebilen karmaşık bir olgudur. Doğrusal

olmayan analizlerin deprem bazında incelenmesi sonucunda zemin yapı modeli zeminde meydana gelen dönmeler sebebiyle ankastre mesnetli modele göre dikkat çekici düzeyde kritik talep sonuçları oluşturmuştur. Çoğu durumda bitişik nizam yapıların çarpışması sonucu oluşan ani kuvvet değişimleri ve buna bağlı olarak katlar arasında oluşan düzensizlik olumsuz etkiler yaratmaktadır. Çekiçleme davranışı nedeniyle çatı katı deplasman davranışında serbest ve çarpışma yönlerine bağlı olarak ciddi artış ve azalmaların olduğu gözlemlenmiştir. Bu yüzden çekiçleme etkisinin faydalı olmaktan ziyade zararlı olduğu anlaşılmıştır.

## 5.2 Gelecek Çalışmalar İçin Öneriler

Yürütülen çalışma kapsamında elde edilen veriler ışığında, çekiçleme davranışının zemin yapı etkileşimi göz önüne alınarak araştırılmasından sonraki çalışmalar için öneriler aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Çalışma kapsamında binaların bağlantısında kullanılan link elemanlar doğrusal (lineer) yay modeline göre tasarlanmıştır. Yürütülebilecek diğer çalışmaların kapsamında farklı bağlantı tipleri ile modelleme yapılarak analizler gerçekleştirilebilir.
- Modellerde kullanılan yapıların kat seviyeleri eşit yükseklikte olup çarpışma bağlantısı kat kotlarından yapılmıştır. Mevcut betonarme stokunun incelemesi yapıldığında her zaman binaların kat seviyeleri eşit olmadığı görülecektir. İleriki çalışmalarda kat yükseklikleri farklı yapılar seçilerek çarpışma etkisi daha gerçekçi olarak incelenebilir.
- Tez kapsamında modellenen binalardan sol bina düşük kat sayısına, sağ tarafta bulunan bina ise yüksek kat sayısına sahip olmak üzere ikili modeller ile analizler yapılmıştır. Gelecekteki çalışmaların konusu olarak sıralı binaların sayısı arttırılabilir.
- Kullanılan deprem ivme kaydının sayısı arttırılabilir ve değişik tiplerde elde edilmiş deprem ivme kayıtları kullanılabilir.
- Yapıda oluşan hasar dağılımları her deprem ivme kaydı için detaylı olarak incelenebilir.

- 3B modeller kullanılarak burulma düzensizliğinin yansıtılabileceği modeller oluşturulabilir. Böylece burulma düzensizliği ile birlikte çekiçleme davranışının etkileri birlikte incelenebilir.
- Modellerde gerçekleşen maksimum çarpışma kuvvetinin olduğu an için her bir katta oluşan kesme kuvveti değişimleri incelenebilir.

## 6. KAYNAKLAR

Altinel, O., “Mevcut Sıralı Binalarda Çekiçlemenin Sismik Performans Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *PAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, (2015).

Canbay, E., Ersoy, U., Özcebe, G, Sucuoğlu, H., Wasti, S.T., “*Binalar İçin Deprem Mühendisliği Temel İlkeleri*”, Ankara, (2008).

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

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

Doğan, M., Günaydın, A., “Pounding Of Adjacent RC Buildings During Seismic Loads”, *Journal of Engineering and Architecture Faculty of Eskişehir Osmangazi University*, 22 (1), 129-145, (2009).

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).

Efraimiadou, S., Hatzigeorgiou, G.D. and Beskos, D.E., “Structural pounding between adjacent buildings subjected to strong ground motions. Part II: The effect of multiple earthquakes”, *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 42, 1529-1545, (2013).

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., Kamal, M. ve Altinel, O., “Orta Katlı Mevcut Betonarme Yapılarda Çekiçleme Davranışının İncelenmesi”, *3.Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, İzmir, (2015).

Jameel, M., Islam A.B.M.S., Hussain, R.R., Hasan, S.D., Khaleel, M., “Non-Linear FEM Analysis Of Seismic İnduced Pounding Between Neighbouring Multi-Storey Structures”, *Latin American Journal of Solids and Structures*, 10, 921-939, (2013).

Kontoni, D.P.N., Farghaly A.A., “Seismic Response of Adjacent Unequal Buildings Subjected to Double Pounding Considering Soil-Structure Interaction”, *Computation*, 6 (1), (2018)

Kutunis, M., “Yapı-Zemin Dinamik Etkileşimi”, Doktora Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yapı Anabilim Dalı, Sakarya, (2001).

Maison, B.F., Kasai., “Analysis for type of structural pounding”, *ASCE Journal of Structural Engineering*, 116 (4), 957-975, (1990).

NEHRP., “Soil-Structure Interaction For Building Structures”, NIST GCR 12-917-21., (2012)

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).

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

Soyal, L., “Deprem Koşullarında Yapı-Zemin Etkileşimi ve Zemin İyileştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Kültür Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yapı Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2006).

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

TS498, *Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, (1987).

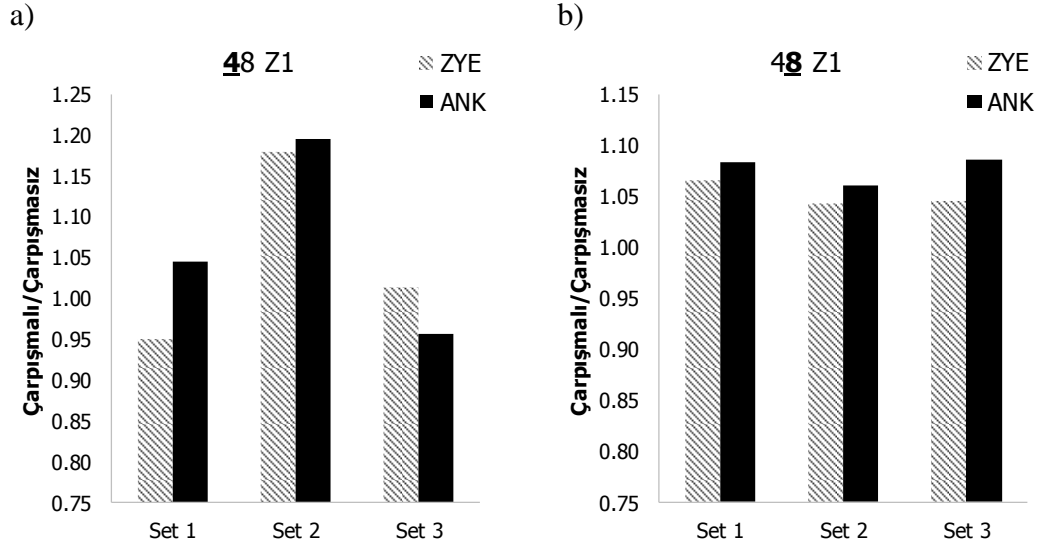
TS-500, *Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, (2000).

Wilson, E.L., *Three-Dimensional Static and Dynamic Analysis of Structures*, Computers and Structures Inc., 234- 249, (2002)

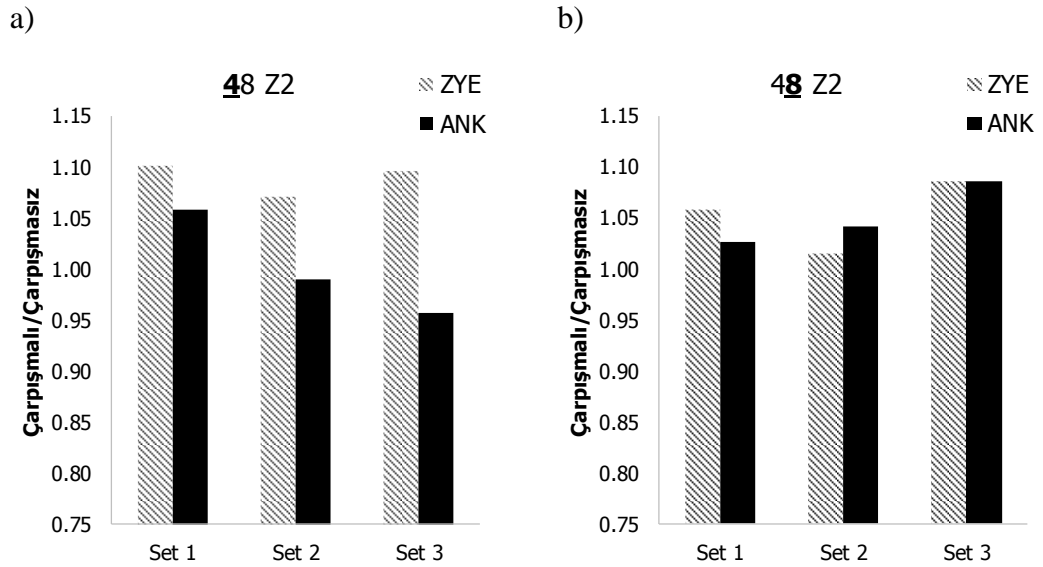
# **EKLER**

## 7. EKLER

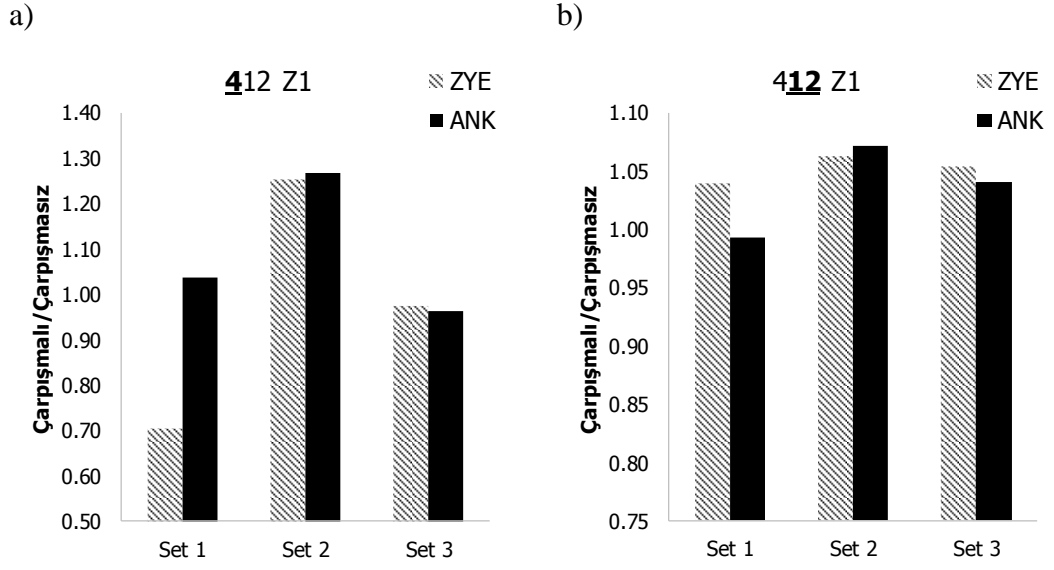
### EK A Çarpışmalı/Çarpışmasız Çatı Deplasman Oranlarının Setlere Göre Ortalamaları



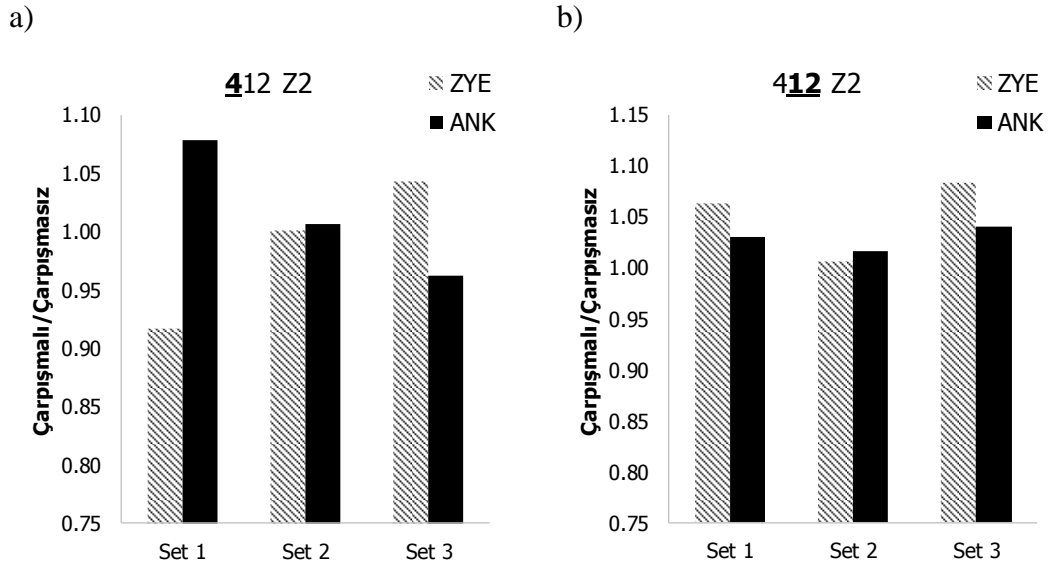
Şekil A.1: 48 kombinasyonu Z1 için çarpışmalı/çarpışmasız deplasman oranları ortalaması a) 4 Katlı bina b) 8 Katlı Bina



Şekil A.2: 48 kombinasyonu Z2 için çarpışmalı/çarpışmasız deplasman oranları ortalaması a) 4 Katlı bina b) 8 Katlı Bina

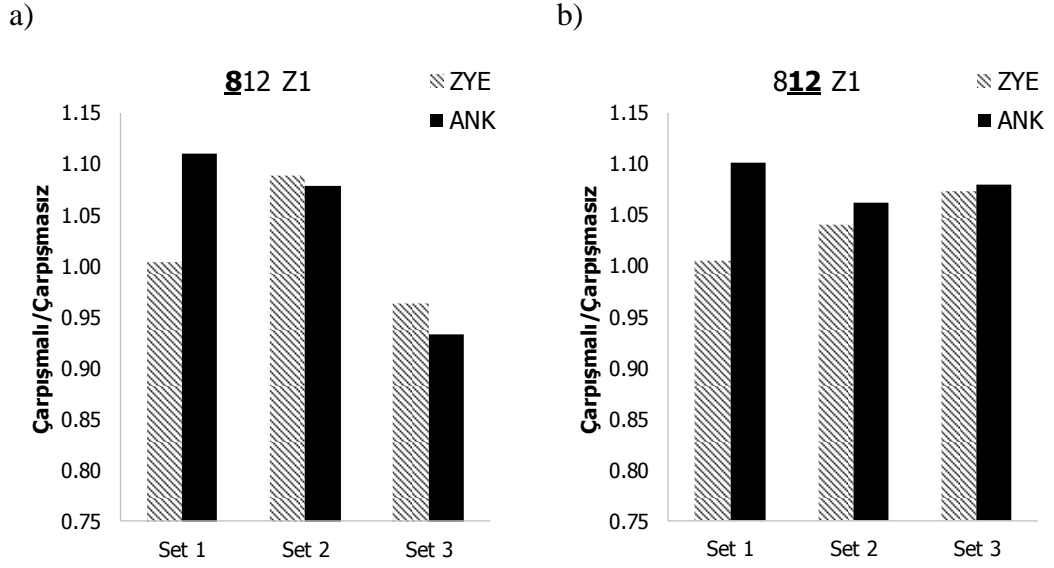


**Şekil A.3:** 412 kombinasyonu Z1 için çarpışmalı/çarpışmasız deplasman oranları ortalaması a) 4 Katlı bina b) 12 Katlı Bina

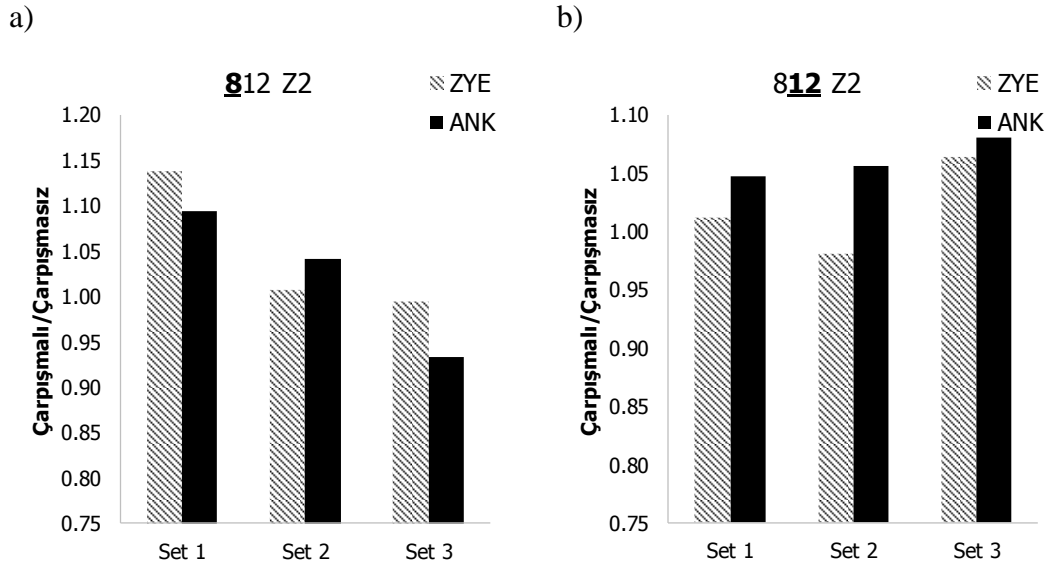


**Şekil A.4:** 412 kombinasyonu Z2 için çarpışmalı/çarpışmasız deplasman oranları ortalaması a) 4 Katlı bina b) 12 Katlı Bina

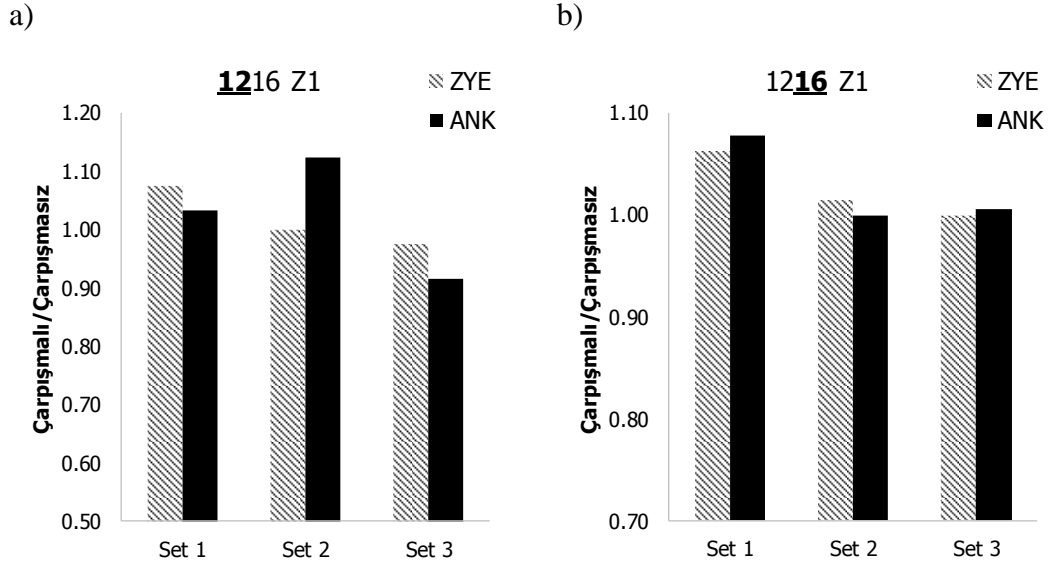




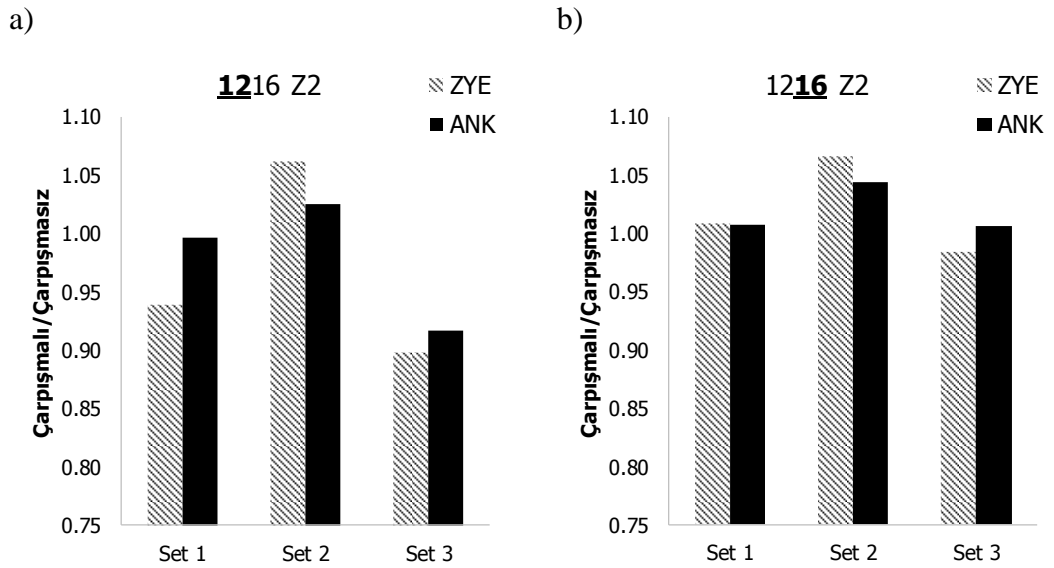
**Şekil A.5:** 812 kombinasyonu Z1 için çarpışmalı/çarpışmasız deplasman oranları ortalaması a) 8 Katlı bina b) 12 Katlı Bina



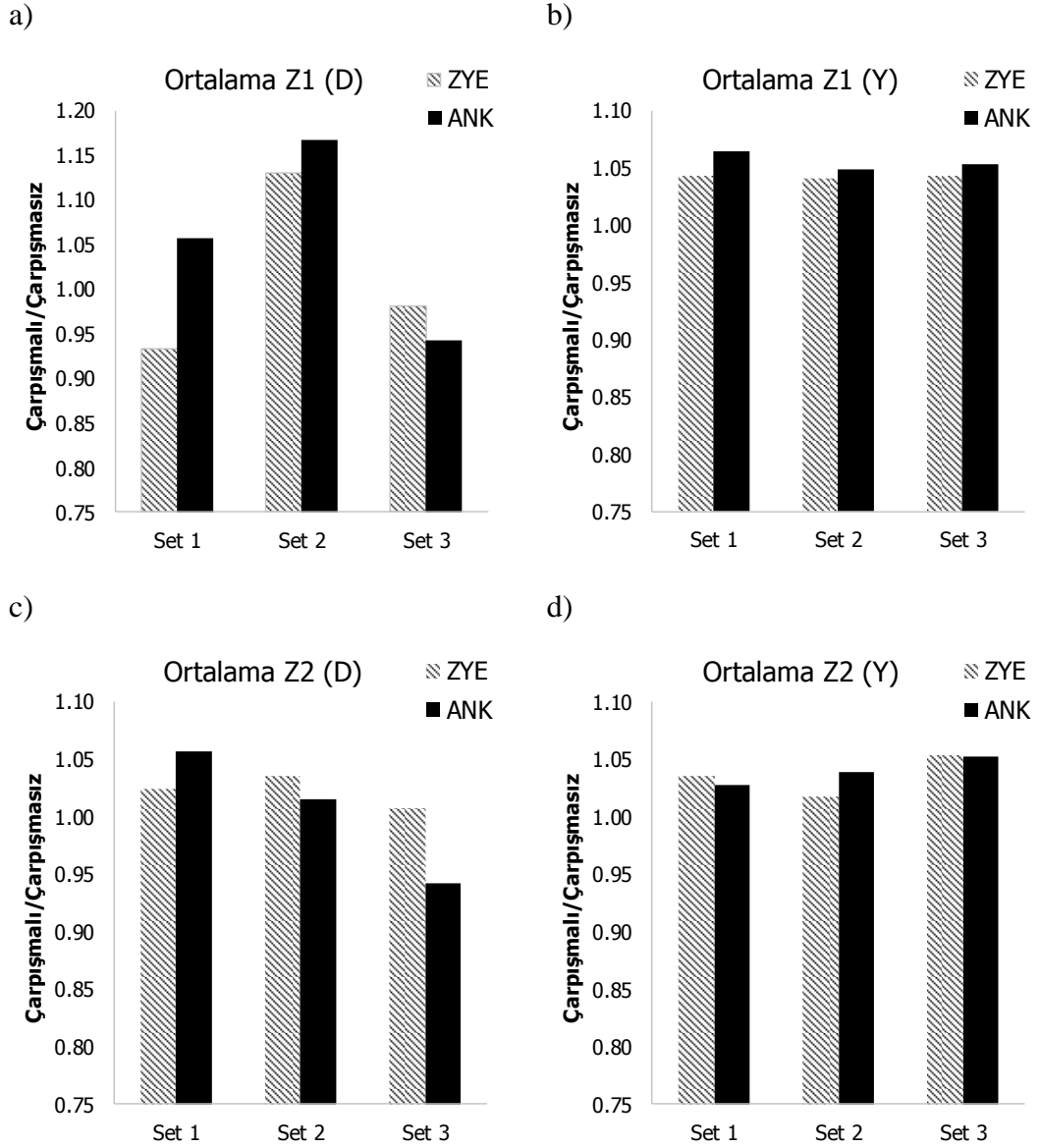
**Şekil A.6:** 812 kombinasyonu Z2 için çarpışmalı/çarpışmasız deplasman oranları ortalaması değerleri a) 8 Katlı bina b) 12 Katlı Bina



**Şekil A.7:** 1216 kombinasyonu Z1 için çarpışmalı/çarpışmasız deplasman oranları ortalaması a) 12 Katlı bina b) 16 Katlı Bina

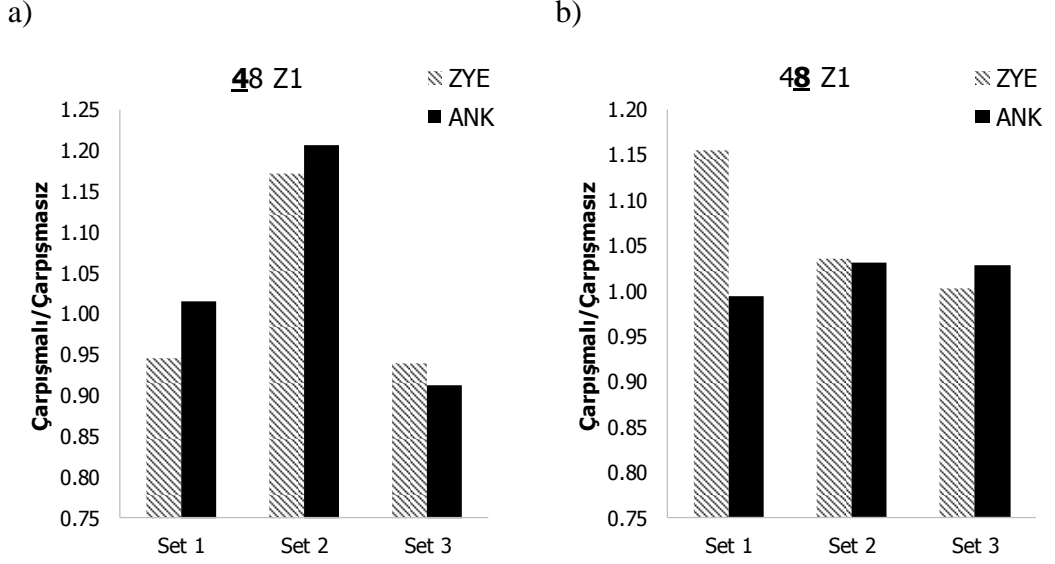


**Şekil A.8:** 1216 kombinasyonu Z2 için çarpışmalı/çarpışmasız deplasman oranları ortalaması a) 12 Katlı bina b) 16 Katlı Bina

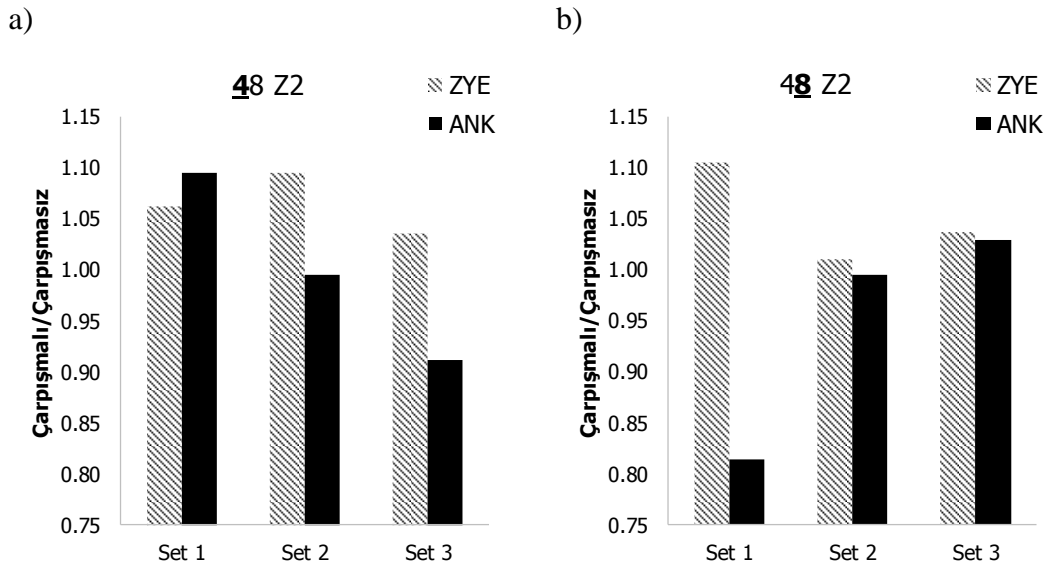


**Şekil A.9:** Düşük ve yüksek katlı binaların konumlarına göre genel çarpışmalı/çarpışmasız deplasman oranı ortalama değeri a) Z1 için solda konumlanmış bina ortalamaları b) Z1 için sağda konumlanmış bina ortalamaları c) Z2 için solda konumlanmış bina ortalamaları d) Z2 için sağda konumlanmış bina ortalamaları

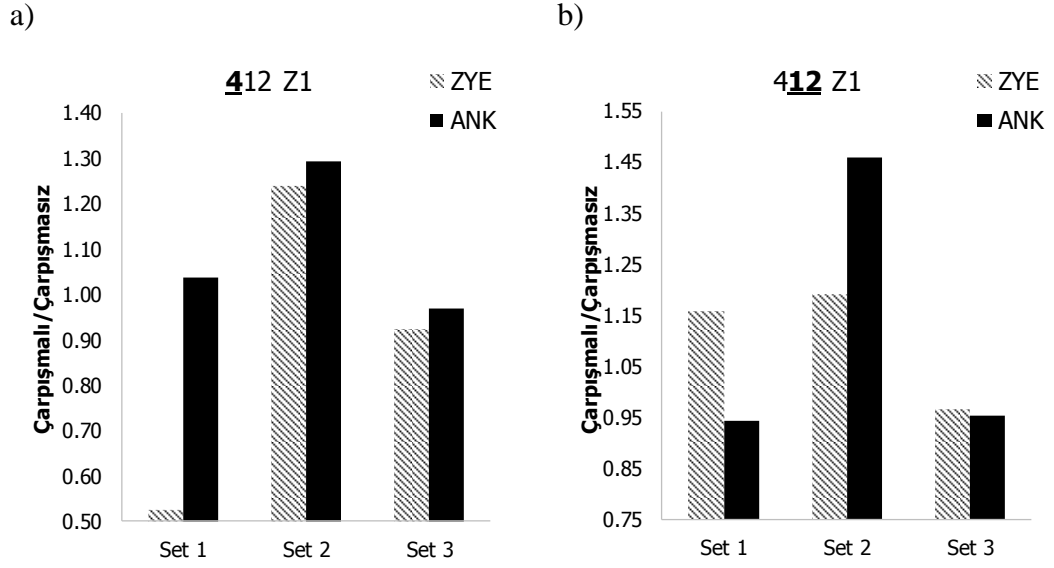
**EK B Çarpışmalı/Çarpışmasız Görelî Kat Ötelenme Oranlarının Setlere Göre Ortalamaları**



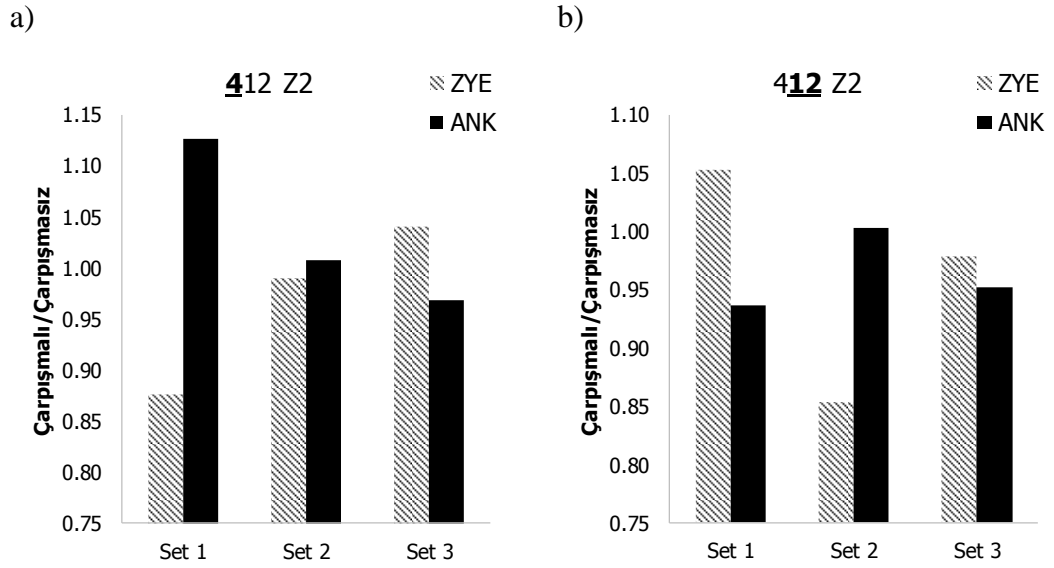
**Şekil B.1:** 48 kombinasyonu Z1 için görelî kat ötelenme oranları ortalama çarpışmalı/çarpışmasız değerleri a) 4 Katlı bina b) 8 Katlı Bina



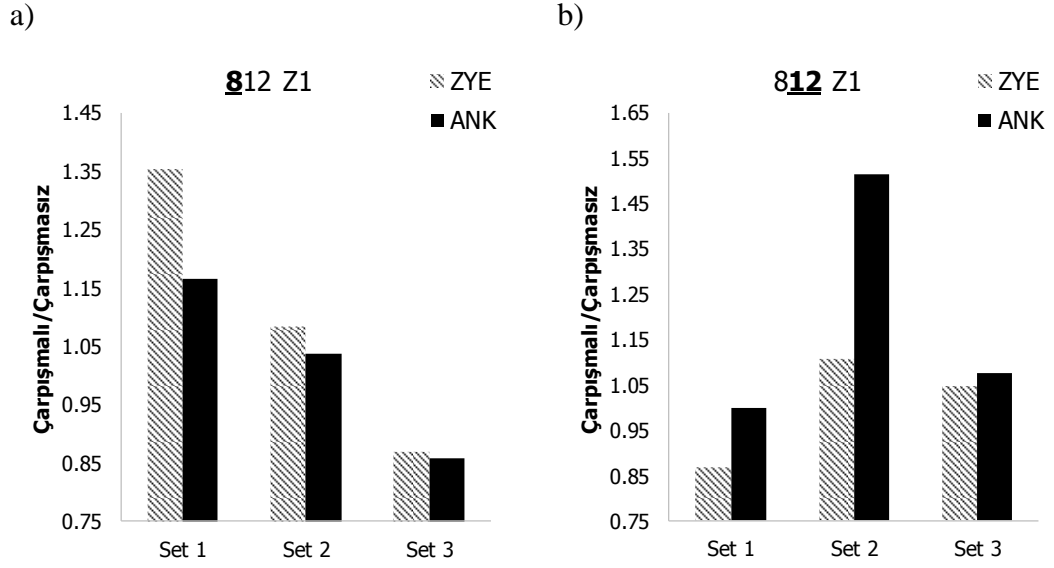
**Şekil B.2:** 48 kombinasyonu Z2 için görelî kat ötelenme oranları ortalama çarpışmalı/çarpışmasız değerleri a) 4 Katlı bina b) 8 Katlı Bina



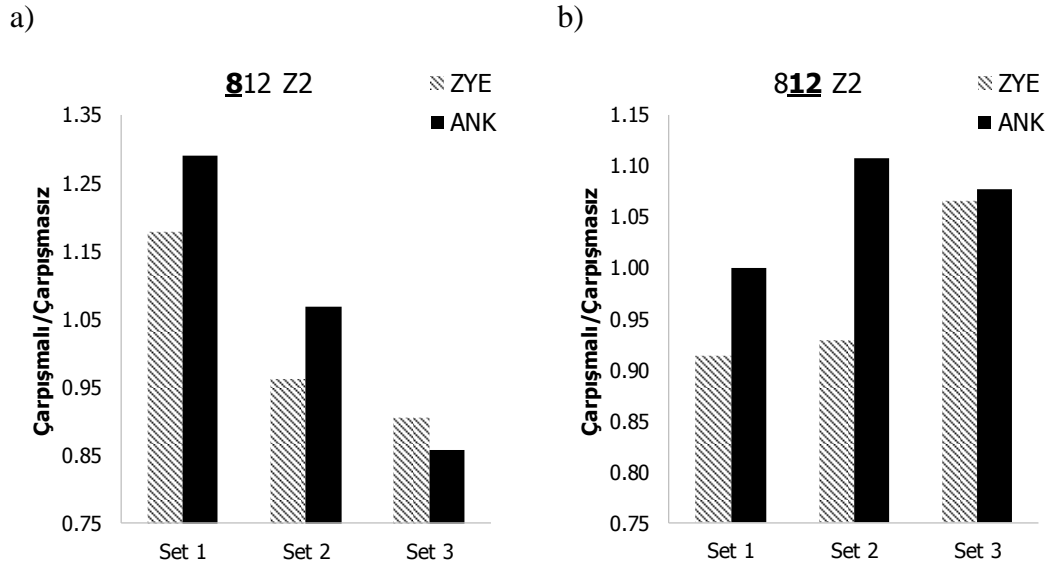
**Şekil B.3:** 412 kombinasyonu Z1 için görel kat ötelenme oranları ortalama çarpımalı/çarpımsız değerleri a) 4 Katlı bina b) 12 Katlı Bina



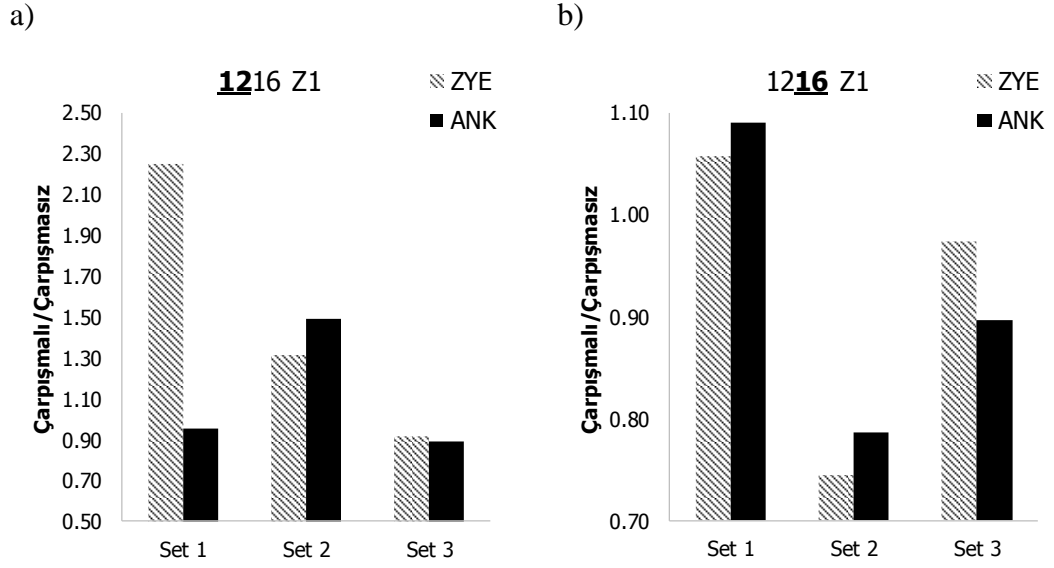
**Şekil B.4:** 412 kombinasyonu Z2 için görel kat ötelenme oranları ortalama çarpımalı/çarpımsız değerleri a) 4 Katlı bina b) 12 Katlı Bina



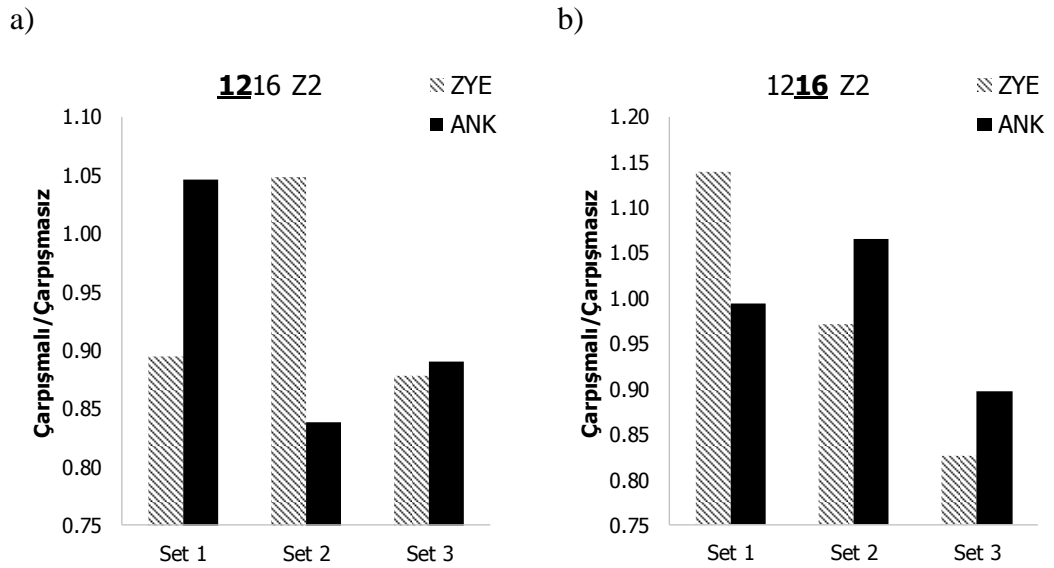
**Şekil B.5:** 812 kombinasyonu Z1 için görece kat ötelenme oranları ortalama çarpışmalı/çarpışmasız değerleri a) 8 Katlı bina b) 12 Katlı Bina



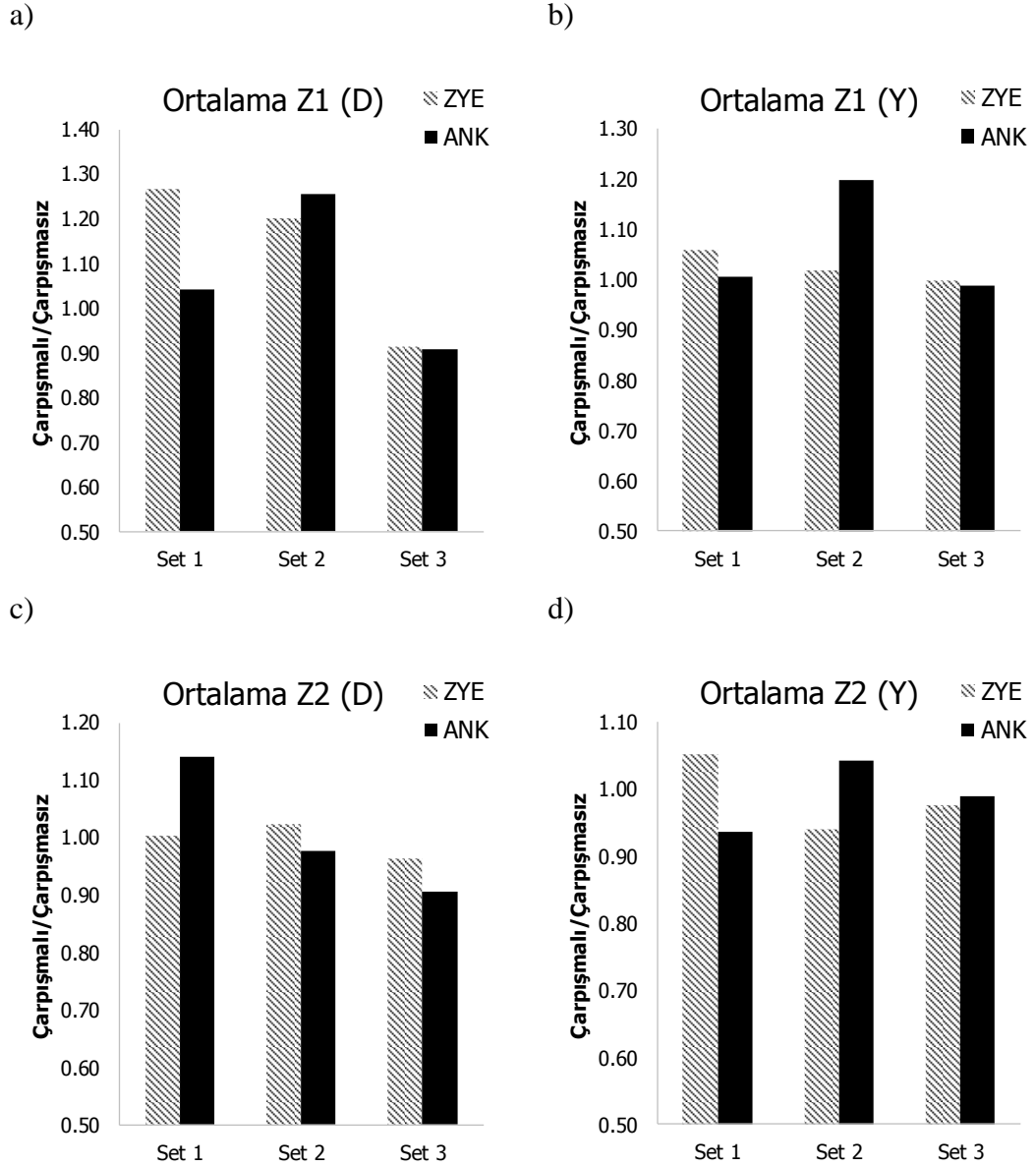
**Şekil B.6:** 812 kombinasyonu Z2 için görece kat ötelenme oranları ortalama çarpışmalı/çarpışmasız değerleri a) 8 Katlı bina b) 12 Katlı Bina



**Şekil B.7:** 1216 kombinasyonu Z1 için görel kat ötelenme oranları ortalama çarpışmalı/çarpışmasız değerleri a) 12 Katlı bina b) 16 Katlı Bina



**Şekil B.8:** 1216 kombinasyonu Z2 için görel kat ötelenme oranları ortalama çarpışmalı/çarpışmasız değerleri a) 12 Katlı bina b) 16 Katlı Bina



**Şekil B.9:** Düşük ve yüksek katlı binaların konumlarına göre genel çarpışmalı/çarpışmasız görelî kat oranı ortalama değeri a) Z1 için solda konumlanmış bina ortalamaları b) Z2 için sağda konumlanmış bina ortalamaları c) Z1 için solda konumlanmış bina ortalamaları d) Z2 için sağda konumlanmış bina ortalamaları



## 8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mustafa AKPINAR

Doğum Yeri ve Tarihi : 27/11/1995

Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi

Elektronik posta : mustafaakpinr@gmail.com

İletişim Adresi : Aksoy Mah. 1735 sk. No: 87 İç Kapı No: 8  
KARŞIYAKA / İZMİR