

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

**DÜŞÜK VE ORTA YÜKSEKLİKTEKİ BETONARME  
BİNALARDA YUMUŞAK KAT DÜZENSİZLİĞİNİN VE  
ZEMİN YAPI ETKİLEŞİMİNİN ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**BETÜL ÇOMAKLI**

**DENİZLİ, TEMMUZ - 2019**

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



**DÜŞÜK VE ORTA YÜKSEKLİKTEKİ BETONARME**  
**BİNALARDA YUMUŞAK KAT DÜZENSİZLİĞİNİN VE**  
**ZEMİN YAPI ETKİLEŞİMİNİN ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**BETÜL ÇOMAKLI**

**DENİZLİ, TEMMUZ - 2019**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

BETÜL ÇOMAKLI tarafından hazırlanan “DÜŞÜK VE ORTA YÜKSEKLİKTEKİ BETONARME BİNALARDA YUMUŞAK KAT DÜZENSİZLİĞİNİN VE ZEMİN YAPI ETKİLEŞİMİNİN 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.

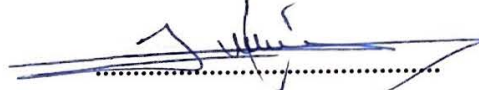
Jüri Üyeleri

İmza

Danışman  
Prof. Dr. Mehmet İNEL

  
.....

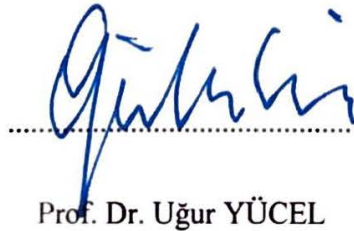
Üye  
Doç. Dr. Fatih ÇETİŞLİ

  
.....

Üye  
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet PALANCI

  
.....

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun  
31./07/2019 tarih ve ...31./12... 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.**



**BETÜL ÇOMAKLI**

## ÖZET

**DÜŞÜK VE ORTA YÜKSEKLİKTEKİ BETONARME BİNALARDA  
YUMUŞAK KAT DÜZENSİZLİĞİNİN VE ZEMİN YAPI  
ETKİLEŞİMİNİN ARAŞTIRILMASI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BETÜL ÇOMAKLI  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. MEHMET İNEL)**

**DENİZLİ, TEMMUZ - 2019**

Ülkemizde kent nüfusunun yoğun olduğu şehirlerde konut binalarının önemli bir kısmında zemin katlar ticari amaçla kullanılmaktadır. Bu gerekçe ile, zemin katlar diğer katlara oranla daha yüksek tasarlanmaktadır. Bu durum yumuşak kat düzensizliğine neden olabilmektedir. Gerçekleştirilen çalışmada zemin kat yüksekliğine bağlı yumuşak kat düzensizliği davranışı zemin-yapı etkileşimi dikkate alınarak araştırılmıştır. Bu kapsamda 4, 8 ve 12 katlı betonarme çerçeve binalar modellenerek zemin kat yüksekliği 3, 3.5 ve 4 metre olarak 3 farklı şekilde DBYBHY-2007 kriterlerine göre tasarlanmıştır. Hazırlanan modeller zemin yapı etkileşimli ve ankastre mesnet kabulü ile iki farklı şekilde oluşturulmuştur. Farklı rijitliğe sahip 3 zemin tipi ve 15 adet farklı gerçek deprem ivme kaydı kullanılarak ankastre ve zemin yapı etkileşimli modeller için toplamda doğrusal olmayan 720 dinamik ve 9 adet statik analiz gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde zemin kat yüksekliğindeki artış ile birlikte taleplerin zemin katta yoğunlaştığı görülmektedir. Sismik taleplerin bir katta yoğunlaşması durumunda toplam çatı katı yer değiştirmesi azalsa bile eleman bazında hasar yoğunluğu artış göstermekte ve kat mekanizmasına neden olabilmektedir. Kat yüksekliğindeki artış ile birlikte modellerin doğal titreşim periyodu da değiştiği için, ivme kayıtlarının karakteristik özellikleri de sonuçlar üzerinde belirleyicidir. Zemin-yapı etkileşimli modellerde özellikle düşük rijitliğe sahip zemin profili dikkate alındığında ankastre modellere kıyasla hesaplanan talepler dikkat çekici oranda değişmektedir. İki yaklaşım arasındaki farklar beklendiği gibi zemin rijitliği arttıkça azalmaktadır. Sonuç olarak zemin kat yüksekliğindeki artış nedeniyle meydana gelen yumuşak kat düzensizliği hasar düzeylerini ve mekanizma riskini arttırmaktadır. Ankastre mesnet kabulü ise her durumda gerçekçi sonuçlar vermemektedir.

**ANAHTAR KELİMELER:**Yumuşak Kat Düzensizliği, Zemin-Yapı Etkileşimi, Doğrusal Olmayan Analiz, Betonarme Binalar

## **ABSTRACT**

### **INVESTIGATION OF SOFT STOREY IRREGULARITY AND SOIL STRUCTURE INTERACTION IN LOW AND MEDIUM RISE REINFORCED CONCRETE STRUCTURES**

**MSC THESIS**

**BETÜL ÇOMAKLI**

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE**

**CIVIL ENGINEERING**

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

**DENİZLİ, JULY 2019**

Ground story of buildings in many crowded cities with dense population is generally used for commercial purposes. Therefore, the ground-stories are designed to be higher than the other floors. This may cause soft-story irregularity. This study aims to investigate the soft-story irregularity behavior due to the ground-story height considering soil-structure interaction. For this purpose, 4, 8 and 12 story reinforced concrete frame buildings having 3, 3.5 and 4.0 meters ground story heights were modeled according to 2007 Turkish Earthquake Code TEC-2007. The behavior of buildings with soil-structure interaction is compared to the behavior of buildings with fixed base. A total of 720 nonlinear dynamic and 9 nonlinear static analyses were performed for the fixed base and soil-structure interaction models using three different soil profile with different stiffness and 15 different real ground-motion records. When the obtained results are evaluated, it can be said that the seismic demands are concentrated at the ground story as the the ground story height is increased. The damage level of structural members at the ground story also increases with the story-mechanism even if roof level displacement demands decrease. As the natural vibration period of the models changes with the increase in story-height, the characteristics of the ground-motion records are also effective on the results. The comparison of soil structure interaction and fixed base models shows that the differences in displacement demands increase as the soil stiffness decreases. The differences between the two approaches are negligible for the stiffer soils. The outcomes of this study illustrates that the soft floor irregularity due to the ground story height increases the damage levels and mechanism risk of the reinforced concrete buildings. Besides, the use of fixed base models is not a realistic assumption in certain cases.

**KEYWORDS:** Soft-Story Irregularity, Soil-Structure Interaction, Nonlinear Analysis, RC Buildings

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>xiv</b>
<b>SEMBOL LİSTESİ</b> .....	<b>xvi</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>xvii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı .....	2
1.2 Literatür Araştırması ve Özeti .....	3
1.3 Organizasyon .....	9
<b>2. ZEMİN YAPI ETKİLEŞİMİ VE YUMUŞAK KAT DÜZENSİZLİĞİ</b> 11	
2.1 Yumuşak Kat Düzensizliği.....	11
2.1.1 DBYBHY-2007 Deprem Yönetmeliğinde Yumuşak Kat Düzensizliği .....	14
2.2 Zemin Yapı Etkileşimi .....	16
2.2.1 Kinematik Etkileşim .....	19
2.2.2 Eylemsizlik Etkileşimi .....	20
<b>3. MODELLEME VE ANALİZ</b> .....	<b>21</b>
3.1 Genel .....	21
3.1.1 Çalışma Kapsamındaki Bina Modelleri .....	21
3.1.2 Doğrusal Elastik Olmayan Modelleme .....	23
3.1.3 Zemin Ortamının Modellenmesi.....	25
3.2 İvme Kayıtları ve Özellikleri.....	28
3.3 Doğrusal Elastik Olmayan Zaman Tanım Alanında Dinamik Analiz .....	32
3.3.1 Genel.....	32
3.3.2 Analiz Sonucu Elde Edilen Veriler ve Yöntem .....	33
3.4 Doğrusal Elastik Olmayan Statik İtme Analizi .....	34
3.4.1 Genel.....	34
3.4.2 Doğrusal Elastik Olmayan Statik İtme Analizi ve Yöntemi.....	35
<b>4. ANALİZ SONUÇLARI</b> .....	<b>36</b>
4.1 Gerçekleştirilen Analizler.....	36
4.2 Ortalama Deplasman Profillerinin Karşılaştırılması .....	37
4.2.1 12 Katlı Çerçeve Bina Modeli İçin Deplasman Profillerinin Karşılaştırılması .....	38
4.2.1.1 Z1 Zeminine Ait Deplasman Profillerinin Karşılaştırılması... 38	
4.2.1.2 Z2 Zeminine Ait Deplasman Profillerinin Karşılaştırılması... 40	
4.2.1.3 Z3 Zeminine Ait Deplasman Profillerinin Karşılaştırılması... 42	
4.2.2 8 Katlı Çerçeve Bina Modeli İçin Deplasman Profillerinin Karşılaştırılması .....	45
4.2.2.1 Z1 Zeminine Ait Deplasman Profillerinin Karşılaştırılması... 45	
4.2.2.2 Z2 Zeminine Ait Deplasman Profillerinin Karşılaştırılması... 47	
4.2.2.3 Z3 Zeminine Ait Deplasman Profillerinin Karşılaştırılması... 49	
4.2.3 4 Katlı Çerçeve Bina Modeli İçin Deplasman Profillerinin Karşılaştırılması .....	51

4.2.3.1	Z1 Zeminine Ait Deplasman Profillerinin Karşılaştırılması...	51
4.2.3.2	Z2 Zeminine Ait Deplasman Profillerinin Karşılaştırılması...	54
4.2.3.3	Z3 Zeminine Ait Deplasman Profillerinin Karşılaştırılması...	56
4.3	Ortalama Görelî Kat Ötelenme Oranı Grafiklerinin Karşılaştırılması.....	58
4.3.1	12 Katlı Çerçeve Modele Ait Oluşturulan Görelî Kat Ötelenme Oranının Karşılaştırılması.....	59
4.3.1.1	Z1 Zemin Profili İçin Elde Edilmiş Görelî Kat Ötelenme Oranı Grafiklerinin Karşılaştırılması .....	59
4.3.1.2	Z2 Zemin Profili İçin Elde Edilmiş Görelî Kat Ötelenme Oranı Grafiklerinin Karşılaştırılması .....	60
4.3.1.3	Z3 Zemin Profili İçin Elde Edilmiş Görelî Kat Ötelenme Oranı Grafiklerinin Karşılaştırılması .....	61
4.3.2	8 Katlı Çerçeve Modele Ait Oluşturulan Görelî Kat Ötelenme Oranının Karşılaştırılması.....	63
4.3.2.1	Z1 Zemin Profili İçin Oluşturulan Görelî Kat Ötelenme Oranı Grafiklerinin Karşılaştırılması .....	63
4.3.2.2	Z2 Zemin Profili İçin Oluşturulan Görelî Kat Ötelenme Oranı Grafikleri.....	64
4.3.2.3	Z3 Zemin Profili İçin Oluşturulan Görelî Kat Ötelenme Oranı Grafikleri.....	66
4.3.3	4 Katlı Çerçeve Modele Ait Oluşturulan Görelî Kat Ötelenme Oranının Karşılaştırılması.....	67
4.3.3.1	Z1 Zemin Profili İçin Oluşturulan Görelî Kat Ötelenme Oranı Grafikleri.....	67
4.3.3.2	Z2 Zemin Profili İçin Oluşturulan Görelî Kat Ötelenme Oranı Grafikleri.....	69
4.3.3.3	Z3 Zemin Profili İçin Oluşturulan Görelî Kat Ötelenme Oranı Grafikleri.....	70
4.4	Maksimum Çatı Deplasman Taleplerinin Karşılaştırılması .....	72
4.4.1	12 Katlı Çerçeve Bina Modeli Maksimum Çatı Deplasmanları ..	72
4.4.2	8 Katlı Çerçeve Bina Modeli Maksimum Çatı Deplasmanları ....	75
4.4.1	4 Katlı Çerçeve Bina Modeli Maksimum Çatı Deplasmanları ....	78
4.5	Maksimum Görelî Kat Ötelenme Oranları Karşılaştırılması .....	81
4.5.1	12 Katlı Bina Modeline Ait Oranlar .....	82
4.5.2	8 Katlı Bina Modeline Ait Oranlar .....	85
4.5.3	4 Katlı Bina Modeline Ait Oranlar .....	87
4.6	Zemin Katta Oluşan Maksimum Görelî Kat Ötelenme Oranı.....	89
4.7	Zemin-Yapı Etkileşimli ve Ankastre Çerçeve Modellerinin Ortalama Deplasman ve Görelî Kat Ötelenme Oranının Karşılaştırılması ...	96
4.7.1	Ortalama Maksimum Deplasman Değerlerinin Oranı .....	96
4.7.1.1	Elde Edilen Oranlara Ait Tablolar .....	96
4.7.1.2	Elde Edilen Oranlara Ait Grafikler .....	97
4.7.2	Ortalama Maksimum Görelî Kat Ötelenme Değerleri.....	99
4.7.2.1	Elde Edilen Oranlara Oluşturulan Tablolar.....	99
4.7.2.2	Elde Edilen Oranlara Ait Grafikler .....	100



4.8	Zaman Tanım Alanında Analizi Plastik Mafsalsal Hasar Sonuçları ....	102
4.8.1	12 Katlı Bina Modeline Ait Plastik Mafsalsal Hasar Dağılımları..	104
4.8.2	8 Katlı Bina Modeline Ait Plastik Mafsalsal Hasar Dağılımları....	108
4.8.3	4 Katlı Bina Modeline Ait Plastik Mafsalsal Hasar Dağılımları....	111
4.9	Doğrusal Elastik Olmayan Statik İtme Analizi Sonuçları.....	114
4.9.1	12 Katlı Betonarme Çerçeve Model .....	114
4.9.2	8 Katlı Betonarme Çerçeve Model .....	115
4.9.3	4 Katlı Betonarme Çerçeve Model .....	117
4.9.4	Statik İtme Analizi Sonucunda Elde Edilen Hasar Dağılımı .....	118
<b>5.</b>	<b>SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>130</b>
5.1	Elde Edilen Bulgular .....	130
5.2	Gelecek Çalışmalar İçin Öneriler .....	134
<b>6.</b>	<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>135</b>
<b>7.</b>	<b>EKLER.....</b>	<b>140</b>
	EK A Doğrusal Elastik Olmayan Zaman Tanım Alanında Analizi Deplasman Profili Sonuçları.....	140
	EK B Doğrusal Elastik Olmayan Zaman Tanım Alanında Analizi Plastik Mafsalsal Hasar Dağılımı Sonuçları .....	147
	<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>171</b>

# ŞEKİL LİSTESİ

## Sayfa

<b>Şekil 1.1:</b> Oluşturulan analizlerin şeması .....	3
<b>Şekil 1.2:</b> Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan analiz sayısı.....	3
<b>Şekil 1.3:</b> Deprem ivme kayıtların gruplandırılma şeması .....	3
<b>Şekil 1.4:</b> Yapılan analizlerin şeması.....	9
<b>Şekil 1.5:</b> Organizasyon şeması.....	10
<b>Şekil 2.1:</b> Göreli kat ötelemesi.....	12
<b>Şekil 2.2:</b> Mekanizma oluşumu a)Yumuşak kat göçme mekanizması, b) İdeal çerçeve göçme mekanizması.....	12
<b>Şekil 2.3:</b> 1995 Kobe depreminde bir binanın göçmesi.....	13
<b>Şekil 2.4:</b> Yumuşak kat düzensizliği nedeniyle zemin katı çökmüş bir bina görüntüsü, Van depremi 2011 (İnel ve diğ., 2012) .....	13
<b>Şekil 2.5:</b> İlk katı yumuşak kat sebebiyle çökmüş bina.....	14
<b>Şekil 2.6:</b> Rijit mesnetli basitleştirilmiş yapı modeli.....	17
<b>Şekil 2.7:</b> Esnek mesnetli basitleştirilmiş yapı modeli .....	18
<b>Şekil 2.8:</b> 1964 Niigata depremi sonrasında zemin sıvılaşması sebebiyle oluşan hasarlar .....	19
<b>Şekil 2.9:</b> 1999 Kocaeli depremi sonrasında Adapazarı'nda zemin etkisi sebebiyle oluşan yapısal hasara tipik örnek .....	19
<b>Şekil 3.1:</b> Modellenen binalara ait kalıp planı .....	22
<b>Şekil 3.2:</b> Sünek davranış .....	23
<b>Şekil 3.3:</b> Plastik mafsalsal kabulü.....	24
<b>Şekil 3.4:</b> Genelleştirilmiş yük deformasyon ilişkisi.....	25
<b>Şekil 3.5:</b> Örnek zemin profili görüntüsü .....	26
<b>Şekil 3.6:</b> Z1 zemin profili için 12 katlı zemin yapı etkileşimli bina modeli ....	27
<b>Şekil 3.7:</b> Z2-Z3 zemin profilleri için 8 katlı zemin yapı etkileşimli bina modeli.....	27
<b>Şekil 3.8:</b> Yüzeyden alınan ivme kaydının basitleştirilmiş görseli.....	29
<b>Şekil 3.9:</b> Yüzeyden alınan ivme kaydının binaya aktarılmasının basitleştirilmiş görseli .....	29
<b>Şekil 3.10:</b> Zemin yapı etkileşimli model ve ankastre model gösterimi.....	29
<b>Şekil 3.11:</b> Set 1 depremlerine ait ivme kayıtlarının %5 sönüm oranı için elde edilen elastik ivme spektrumları.....	30
<b>Şekil 3.12:</b> Set 2 depremlerine ait ivme kayıtlarının %5 sönüm oranı için elde edilen elastik ivme spektrumları.....	30
<b>Şekil 3.13:</b> Set 3 depremlerine ait ivme kayıtlarının %5 sönüm oranı için elde edilen elastik ivme spektrumları.....	31
<b>Şekil 3.14:</b> Her bir set için elde edilen ivme kayıtlarının %5 sönüm oranı için elde edilen elastik ivme spektrumlarının ve 2007 Türk Deprem Yönetmeliğine ait elastik ivme spektrumunun karşılaştırılması .....	31
<b>Şekil 3.15:</b> Oluşan deplasmanların gösterimi .....	33
<b>Şekil 3.16:</b> Nonlineer teori ile kapasite eğrisinin eldesi (İrtem ve diğ., 2002).....	35
<b>Şekil 4.1:</b> 12 katlı bina modelinin set 1 depremleri için Z1 zemin profiline ait deplasman profillerinin karşılaştırılması .....	38



<b>Şekil 4.27:</b> 4 katlı bina modelinin set 3 depremleri için Z3 zemin profiline ait deplasman profillerinin karşılaştırılması.....	57
<b>Şekil 4.28:</b> 12 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z1 zemin profiline göreli kat ötelenme oranı karşılaştırılması .....	59
<b>Şekil 4.29:</b> 12 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z1 zemin profiline göreli kat ötelenme oranı karşılaştırılması .....	60
<b>Şekil 4.30:</b> 12 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z2 zemin profiline göreli kat ötelenme oranı karşılaştırılması .....	61
<b>Şekil 4.31:</b> 12 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z2 zemin profiline göreli kat ötelenme oranı karşılaştırılması .....	61
<b>Şekil 4.32:</b> 12 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z3 zemin profiline göreli kat ötelenme oranı karşılaştırılması .....	62
<b>Şekil 4.33:</b> 12 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z3 zemin profiline göreli kat ötelenme oranı karşılaştırılması .....	62
<b>Şekil 4.34:</b> 8 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z1 zemin profiline göreli kat ötelenme oranı karşılaştırılması .....	64
<b>Şekil 4.35:</b> 8 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z1 zemin profiline göreli kat ötelenme oranı karşılaştırılması .....	64
<b>Şekil 4.36:</b> 8 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z2 zemin profiline göreli kat ötelenme oranı karşılaştırılması .....	65
<b>Şekil 4.37:</b> 8 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z2 zemin profiline göreli kat ötelenme oranı karşılaştırılması .....	66
<b>Şekil 4.38:</b> 8 katlı zemin-yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z3 zemin profiline göreli kat ötelenme oranı karşılaştırılması .....	67
<b>Şekil 4.39:</b> 8 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z3 zemin profiline göreli kat ötelenme oranı karşılaştırılması .....	67
<b>Şekil 4.40:</b> 4 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z1 zemin profiline göreli kat ötelenme oranı karşılaştırılması .....	68
<b>Şekil 4.41:</b> 4 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z1 zemin profiline göreli kat ötelenme oranı karşılaştırılması .....	69
<b>Şekil 4.42:</b> 4 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z2 zemin profiline göreli kat ötelenme oranı karşılaştırılması .....	70
<b>Şekil 4.43:</b> 4 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z2 zemin profiline göreli kat ötelenme oranı karşılaştırılması .....	70
<b>Şekil 4.44:</b> 4 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z3 zemin profiline göreli kat ötelenme oranı karşılaştırılması .....	71
<b>Şekil 4.45:</b> 4 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z3 zemin profiline göreli kat ötelenme oranı karşılaştırılması .....	71
<b>Şekil 4.46:</b> 12 katlı çerçeve bina modelinin Z1 zemin profili için hesaplanan maksimum çatı deplasman talepleri .....	73
<b>Şekil 4.47:</b> 12 katlı çerçeve bina modelinin Z2 zemin profili için hesaplanan maksimum çatı deplasman talepleri .....	74
<b>Şekil 4.48:</b> 12 katlı çerçeve bina modelinin Z3 zemin profili için hesaplanan maksimum çatı deplasman talepleri .....	75
<b>Şekil 4.49:</b> 8 katlı çerçeve bina modelinin Z1 zemin profili için hesaplanan maksimum çatı deplasman talepleri .....	76
<b>Şekil 4.50:</b> 8 katlı çerçeve bina modelinin Z2 zemin profili için hesaplanan maksimum çatı deplasman talepleri .....	77
<b>Şekil 4.51:</b> 8 katlı çerçeve bina modelinin Z3 zemin profili için hesaplanan maksimum çatı deplasman talepleri .....	78

<b>Şekil 4.52:</b> 4 katlı çerçeve bina modelinin Z1 zemin profili için hesaplanan maksimum çatı deplasman talepleri .....	79
<b>Şekil 4.53:</b> 4 katlı çerçeve bina modelinin Z2 zemin profili için hesaplanan maksimum çatı deplasman talepleri .....	80
<b>Şekil 4.54:</b> 4 katlı çerçeve bina modelinin Z3 zemin profili için hesaplanan maksimum çatı deplasman talepleri .....	81
<b>Şekil 4.55:</b> 12 katlı binanın Z1 zemin profilinde zemin kat yüksekliği 3.5 m ve 4 m olan modellerin zemin kat yüksekliği 3 m olan modellere göre maksimum GKÖ(%) değerlerinin oranı .....	83
<b>Şekil 4.56:</b> 12 katlı binanın Z2 zemin profilinde zemin kat yüksekliği 3.5 m ve 4 m olan modellerin zemin kat yüksekliği 3 m olan modellere göre maksimum GKÖ(%) değerlerinin oranı .....	84
<b>Şekil 4.57:</b> 12 katlı binanın Z3 zemin profilinde zemin kat yüksekliği 3.5 m ve 4 m olan modellerin zemin kat yüksekliği 3 m olan modellere göre maksimum GKÖ(%) değerlerinin oranı .....	84
<b>Şekil 4.58:</b> 8 katlı binanın Z1 zemin profilinde zemin kat yüksekliği 3.5 m ve 4 m olan modellerin zemin kat yüksekliği 3 m olan modellere göre maksimum GKÖ(%) değerlerinin oranı .....	85
<b>Şekil 4.59:</b> 8 katlı binanın Z2 zemin profilinde zemin kat yüksekliği 3.5 m ve 4 m olan modellerin zemin kat yüksekliği 3 m olan modellere göre maksimum GKÖ(%) değerlerinin oranı .....	86
<b>Şekil 4.60:</b> 8 katlı binanın Z3 zemin profilinde zemin kat yüksekliği 3.5 m ve 4 m olan modellerin zemin kat yüksekliği 3 m olan modellere göre maksimum GKÖ(%) değerlerinin oranı .....	87
<b>Şekil 4.61:</b> 4 katlı binanın Z1 zemin profilinde zemin kat yüksekliği 3.5 m ve 4 m olan modellerin zemin kat yüksekliği 3 m olan modellere göre maksimum GKÖ(%) değerlerinin oranı .....	88
<b>Şekil 4.62:</b> 4 katlı binanın Z2 zemin profilinde zemin kat yüksekliği 3.5 m ve 4 m olan modellerin zemin kat yüksekliği 3 m olan modellere göre maksimum GKÖ(%) değerlerinin oranı .....	88
<b>Şekil 4.63:</b> 4 katlı binanın Z3 zemin profilinde zemin kat yüksekliği 3.5 m ve 4 m olan modellerin zemin kat yüksekliği 3 m olan modellere göre maksimum GKÖ(%) değerlerinin oranı .....	89
<b>Şekil 4.64:</b> 12 katlı çerçeve bina modeli için zemin katta oluşan maksimum görelî kat ötelenme oranının karşılaştırılması .....	91
<b>Şekil 4.65:</b> 8 katlı çerçeve bina modeli için zemin katta oluşan maksimum görelî kat ötelenme oranının karşılaştırılması .....	93
<b>Şekil 4.66:</b> 4 katlı çerçeve bina modeli için zemin katta oluşan maksimum görelî kat ötelenme oranının karşılaştırılması .....	94
<b>Şekil 4.67:</b> 12 katlı çerçeve bina modelinin zemin profilinde maksimum ortalama deplasman oranının karşılaştırılması .....	97
<b>Şekil 4.68:</b> 8 katlı çerçeve bina modelinin zemin profilinde maksimum ortalama deplasman oranının karşılaştırılması .....	98
<b>Şekil 4.69:</b> 4 katlı çerçeve bina modelinin zemin profilinde maksimum ortalama deplasman oranının karşılaştırılması .....	99
<b>Şekil 4.70:</b> 12 katlı çerçeve bina modelinin zemin profilinde maksimum ortalama görelî kat ötelenme oranlarının karşılaştırılması .....	101
<b>Şekil 4.71:</b> 8 katlı çerçeve bina modelinin zemin profilinde maksimum ortalama görelî kat ötelenme oranlarının karşılaştırılması .....	101

<b>Şekil 4.72:</b> 4 katlı çerçeve bina modelinin zemin profilinde maksimum ortalama görelî kat ötelenme oranlarının karşılaştırılması.....	102
<b>Şekil 4.73:</b> Hasar sınırları gösterge biçimleri .....	103
<b>Şekil 4.74:</b> Hasar bölgeleri .....	103
<b>Şekil 4.75:</b> Zemin kat yüksekliği 3 m olan 12 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları.....	105
<b>Şekil 4.76:</b> Zemin kat yüksekliği 4 m olan 12 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları.....	106
<b>Şekil 4.77:</b> Zemin kat yüksekliği 3 m olan 12 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları.....	107
<b>Şekil 4.78:</b> Zemin kat yüksekliği 4 m olan 12 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları.....	108
<b>Şekil 4.79:</b> Zemin kat yüksekliği 3 m olan 8 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları.....	109
<b>Şekil 4.80:</b> Zemin kat yüksekliği 4 m olan 8 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları.....	110
<b>Şekil 4.81:</b> Zemin kat yüksekliği 3 m olan 8 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları.....	110
<b>Şekil 4.82:</b> Zemin kat yüksekliği 4 m olan 8 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları.....	111
<b>Şekil 4.83:</b> Zemin kat yüksekliği 3 m olan 4 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları.....	112
<b>Şekil 4.84:</b> Zemin kat yüksekliği 4 m olan 4 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları .....	112
<b>Şekil 4.85:</b> Zemin kat yüksekliği 3 m olan 4 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları.....	113
<b>Şekil 4.86:</b> Zemin kat yüksekliği 4 m olan 4 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları.....	113
<b>Şekil 4.87:</b> 12 katlı çerçeve bina modelinin farklı zemin kat yüksekliklerine ait kapasite eğrilerinin karşılaştırılması.....	115
<b>Şekil 4.88:</b> 8 katlı çerçeve bina modelinin farklı zemin kat yüksekliklerine ait kapasite eğrilerinin karşılaştırılması.....	116
<b>Şekil 4.89:</b> 4 katlı çerçeve bina modelinin farklı zemin kat yüksekliklerine ait kapasite eğrilerinin karşılaştırılması.....	118
<b>Şekil 4.90:</b> Zemin kat yüksekliği 3 m olan 4 katlı ankastre çerçeve model hasar dağılımı .....	124
<b>Şekil 4.91:</b> Zemin kat yüksekliği 3.5 m olan 4 katlı ankastre çerçeve model hasar dağılımı .....	124

<b>Şekil 4.92:</b> Zemin kat yüksekliği 4 m olan 4 katlı ankastre çerçeve model hasar dağılımı .....	125
<b>Şekil 4.93:</b> Zemin kat yüksekliği 3 m olan 8 katlı ankastre çerçeve model hasar dağılımı .....	125
<b>Şekil 4.94:</b> Zemin kat yüksekliği 3.5 m olan 8 katlı ankastre çerçeve model hasar dağılımı .....	126
<b>Şekil 4.95:</b> Zemin kat yüksekliği 4 m olan 8 katlı ankastre çerçeve model hasar dağılımı .....	126
<b>Şekil 4.96:</b> Zemin kat yüksekliği 3 m olan 12 katlı ankastre çerçeve model hasar dağılımı .....	127
<b>Şekil 4.97:</b> Zemin kat yüksekliği 3.5 m olan 12 katlı ankastre çerçeve model hasar dağılımı .....	128
<b>Şekil 4.98:</b> Zemin kat yüksekliği 4 m olan 12 katlı ankastre çerçeve model hasar dağılımı .....	129
<b>Şekil A.1:</b> 12 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z1 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması .....	140
<b>Şekil A.2:</b> 12 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z1 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması .....	140
<b>Şekil A.3:</b> 12 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z2 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması .....	141
<b>Şekil A.4:</b> 12 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z2 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması .....	141
<b>Şekil A.5:</b> 12 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z3 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması .....	141
<b>Şekil A.6:</b> 12 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z3 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması .....	142
<b>Şekil A.7:</b> 8 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z1 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması .....	142
<b>Şekil A.8:</b> 8 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z1 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması .....	142
<b>Şekil A.9:</b> 8 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z2 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması .....	143
<b>Şekil A.10:</b> 8 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z2 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması .....	143
<b>Şekil A.11:</b> 8 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z3 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması .....	143
<b>Şekil A.12:</b> 8 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z3 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması .....	144
<b>Şekil A.13:</b> 4 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z1 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması .....	144
<b>Şekil A.14:</b> 4 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z1 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması .....	144
<b>Şekil A.15:</b> 4 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z2 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması .....	145
<b>Şekil A.16:</b> 4 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z2 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması .....	145
<b>Şekil A.17:</b> 4 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z3 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması .....	145
<b>Şekil A.18:</b> 4 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z3 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması .....	146

<b>Şekil B.1:</b> Zemin kat yüksekliği 3 m olan 12 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları .....	155
<b>Şekil B.2:</b> Zemin kat yüksekliği 3.5 m olan 12 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları .....	156
<b>Şekil B.3:</b> Zemin kat yüksekliği 4 m olan 12 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları .....	157
<b>Şekil B.4:</b> Zemin kat yüksekliği 3 m olan 12 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları .....	158
<b>Şekil B.5:</b> Zemin kat yüksekliği 3.5 m olan 12 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları .....	159
<b>Şekil B.6:</b> Zemin kat yüksekliği 4 m olan 12 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları .....	160
<b>Şekil B.7:</b> Zemin kat yüksekliği 3.5 m olan 12 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları .....	161
<b>Şekil B.8:</b> Zemin kat yüksekliği 3.5 m olan 12 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları .....	162
<b>Şekil B.9:</b> Zemin kat yüksekliği 3 m olan 8 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları .....	163
<b>Şekil B.10:</b> Zemin kat yüksekliği 3.5 m olan 8 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları .....	163
<b>Şekil B.11:</b> Zemin kat yüksekliği 4 m olan 8 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları .....	164
<b>Şekil B.12:</b> Zemin kat yüksekliği 3 m olan 8 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları .....	164
<b>Şekil B.13:</b> Zemin kat yüksekliği 3.5 m olan 8 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları .....	165
<b>Şekil B.14:</b> Zemin kat yüksekliği 4 m olan 8 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları .....	165
<b>Şekil B.15:</b> Zemin kat yüksekliği 3.5 m olan 8 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları .....	166
<b>Şekil B.16:</b> Zemin kat yüksekliği 3.5 m olan 8 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları .....	166



<b>Şekil B.17:</b> Zemin kat yüksekliği 3 m olan 4 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları .....	167
<b>Şekil B.18:</b> Zemin kat yüksekliği 3,5 m olan 4 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları .....	167
<b>Şekil B.19:</b> Zemin kat yüksekliği 4 m olan 4 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları .....	167
<b>Şekil B.20:</b> Zemin kat yüksekliği 3 m olan 4 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları .....	168
<b>Şekil B.21:</b> Zemin kat yüksekliği 3.5 m olan 4 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları .....	168
<b>Şekil B.22:</b> Zemin kat yüksekliği 4 m olan 4 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları .....	169
<b>Şekil B.23:</b> Zemin kat yüksekliği 3.5 m olan 4 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları .....	169
<b>Şekil B.24:</b> Zemin kat yüksekliği 3.5 m olan 4 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları .....	170

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 2.1:</b> Eşdeğer deprem yük hesabı veri tablosu.....	15
<b>Tablo 2.2:</b> Eşdeğer deprem yükü yönteminde kullanılan parametreler .....	15
<b>Tablo 2.3:</b> DBYBHY-2007 koşullarına göre rijitlik düzensizliği katsayısı hesabı.....	16
<b>Tablo 3.1:</b> Modellere ait genel bilgiler.....	21
<b>Tablo 3.2:</b> Modellere ait periyot değerleri .....	22
<b>Tablo 3.3:</b> Katman özellikleri.....	27
<b>Tablo 3.4:</b> Zemin çeşitlerinin özellikleri.....	27
<b>Tablo 3.5:</b> Analizlerde kullanılan deprem ivme kayıtları .....	28
<b>Tablo 4.1:</b> Analizler sonucu elde edilen parametreler.....	36
<b>Tablo 4.2:</b> Setlere göre elde edilen ortalama maksimum çatı katı deplasman değerleri.....	37
<b>Tablo 4.3:</b> Setlere göre elde edilen maksimum görelî kat ötelenme oranı .....	58
<b>Tablo 4.4:</b> Ortalama maksimum çatı katı deplasman değerleri.....	72
<b>Tablo 4.5:</b> Zemin kat yüksekliği durumuna göre elde edilen görelî kat ötelenme oranları değerleri (%).....	82
<b>Tablo 4.6:</b> Zemin kat için elde edilen maksimum ortalama görelî kat ötelenme oranı değerleri (%).....	91
<b>Tablo 4.7:</b> 12 Katlı modeller için ZYE/ankastre maksimum çatı deplasmanı oranı.....	96
<b>Tablo 4.8:</b> 8 Katlı modeller için ZYE/ankastre maksimum çatı deplasmanı oranı.....	96
<b>Tablo 4.9:</b> 4 Katlı modeller için ZYE/ankastre maksimum çatı deplasmanı oranı.....	97
<b>Tablo 4.10:</b> 12 katlı modeller için ZYE/ankastre maksimum görelî kat oranı.....	99
<b>Tablo 4.11:</b> 8 katlı modeller için ZYE/ankastre maksimum görelî kat oranı.....	100
<b>Tablo 4.12:</b> 4 katlı modeller için ZYE/ankastre maksimum görelî kat oranı.....	100
<b>Tablo 4.13:</b> 12 katlı çerçeve model için elde edilen akma noktası değerleri.....	114
<b>Tablo 4.14:</b> 12 katlı çerçeve model için elde edilen rijitlik değerleri .....	114
<b>Tablo 4.15:</b> 12 katlı çerçeve model için akma noktasında oluşan taban kesme değerleri oranı .....	114
<b>Tablo 4.16:</b> 8 katlı çerçeve model için elde edilen akma noktası değerleri ...	116
<b>Tablo 4.17:</b> 8 katlı çerçeve model için elde edilen rijitlik değerleri .....	116
<b>Tablo 4.18:</b> 8 katlı çerçeve model için akma noktasında oluşan taban kesme değerleri oranı .....	116
<b>Tablo 4.19:</b> 4 katlı çerçeve model için elde edilen akma noktası değerleri ...	117
<b>Tablo 4.20:</b> 4 katlı çerçeve model için elde edilen rijitlik değerleri .....	117
<b>Tablo 4.21:</b> 4 katlı çerçeve model için akma noktasında oluşan taban kesme değerleri oranı .....	117
<b>Tablo 4.22:</b> Zemin kat yüksekliğinin artması ile elde edilen dayanım azalma miktarı .....	118

<b>Tablo 4.23:</b> 12 katlı ankastre model için kolon elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı .....	120
<b>Tablo 4.24:</b> 12 katlı ankastre model için kolon elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı (%) .....	120
<b>Tablo 4.25:</b> 12 katlı ankastre model için kiriş elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı .....	120
<b>Tablo 4.26:</b> 12 katlı ankastre model için kiriş elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı (%) .....	121
<b>Tablo 4.27:</b> 8 katlı ankastre model için kolon elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı .....	121
<b>Tablo 4.28:</b> 8 katlı ankastre model için kolon elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı (%) .....	122
<b>Tablo 4.29:</b> 8 katlı ankastre model için kiriş elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı .....	122
<b>Tablo 4.30:</b> 8 katlı ankastre model için kiriş elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı (%) .....	122
<b>Tablo 4.31:</b> 4 katlı ankastre model için kolon elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı .....	123
<b>Tablo 4.32:</b> 4 katlı ankastre model için kolon elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı (%) .....	123
<b>Tablo 4.33:</b> 4 katlı ankastre model için kiriş elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı .....	123
<b>Tablo 4.34:</b> 4 katlı ankastre model için kiriş elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı (%) .....	124
<b>Tablo B.1:</b> 12 katlı model için kolon elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı.....	147
<b>Tablo B.2:</b> 12 katlı model kolon elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımları (%) .....	148
<b>Tablo B.3:</b> 12 katlı model için kiriş elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı.....	148
<b>Tablo B.4:</b> 12 katlı model kiriş elemanları plastik mafsalsal hasar dağılımı (%).....	149
<b>Tablo B.5:</b> 8 katlı model için kolon elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı.....	150
<b>Tablo B.6:</b> 8 katlı model için kolon elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı (%).....	151
<b>Tablo B.7:</b> 8 katlı model için kiriş elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı.....	151
<b>Tablo B.8:</b> 8 katlı model için kiriş elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı (%).....	152
<b>Tablo B.9:</b> 4 katlı model için kolon elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı.....	152
<b>Tablo B.10:</b> 4 katlı model için kolon elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı (%).....	153
<b>Tablo B.11:</b> 4 katlı model için kiriş elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı.....	153
<b>Tablo B.12:</b> 4 katlı mode l için kiriş elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı (%).....	154

## SEMBOL LİSTESİ

$L_p$	:	Plastik Mafsals Boyu
$h$	:	Kesit Derinliği
$V_e$	:	Kolon, kiriş, perde elemanlarında enine donatı hesabında esas alınan kesme kuvveti
$V_r$	:	Kolon, kiriş, perde kesitinin kesme dayanımı
$W$	:	Binanın Toplam Ağırlığı
$I$	:	Bina Önem Katsayısı
$A_0$	:	Etkin Yer İvmesi Katsayısı
$V_t$	:	Taban Kesme Kuvveti
$A(T_1)$	:	Spektral İvme Katsayısı
$T_1$	:	Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodu
$N$	:	Binanın Temel Üstünden İtibaren Toplam Kat Sayısı
$R_a(T_1)$	:	Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
$H_i$	:	Binanın İ'inci Katının Temel Üstünden İtibaren Ölçülen Yüksekliği
$W_i$	:	Binanın İ'inci Katının, Hareketli Yük Katılım Katsayısı Kullanılarak Hesaplanan Ağırlığı
$F_i$	:	Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde İ'inci Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüğü
$\Delta F_N$	:	Binanın N'inci Katına Etkiyen Ek Eşdeğer Deprem Yüğü
$\Delta_i$	:	Binanın İ'inci Katındaki Azaltılmış Görelî Kat Ötelenmesi
$h_i$	:	Binanın İ'inci Katının Kat Yüksekliği
$\eta_{ki}$	:	İ'inci Katta Tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı
$M$	:	Eğilme Momenti
$M_{cr}$	:	Kesitte çatlama oluşturan eğilme momenti
$M_u$	:	Kesitin eğilme momenti taşıma gücü
$M_y$	:	Kesitin akma momenti
$\theta_y$	:	Eşdeğer akma eğriliği
$\theta_u$	:	Plastik eğrilik
$m$	:	Kütle
$c$	:	Sönüm
$k$	:	Rijitlik
$\ddot{u}_g$	:	Yer İvmesi
$U_T$	:	Toplam Deplasman
$U_B$	:	Binaya Kalan Deplasman
$U_X$	:	Zemin Etkisi Sebebiyle Oluşan Deplasman
$U_0$	:	Temel Dönmesi Sebebiyle Oluşan Deplasman

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim boyunca bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım ve tez süreci boyunca desteğini esirgemeyen tez danışmanım sayın Prof. Dr. Mehmet İNEL'e teşekkürlerimi sunmaktan büyük mutluluk duyarım.

Bu süreç boyunca her türlü yardım ve desteğini esirgemeyen bilgi ve tecrübeleriyle bu yolda daha rahat ilerlememi sağlayan Dr. Öğr. Üyesi Bayram Tanık ÇAYCI' ya, Arş. Gör. Esra ÖZER'e, değerli dostlarım İnş. Yük. Müh. İlkay BALIKÇI ve İnş. Yük. Müh. Mustafa AKPINAR'a, çalışma arkadaşlarıma ve üzerimde emeği olan tüm hocalarıma teşekkürlerimi borç bilirim.

Öğrenimim süresince desteklerini asla esirgemeyen maddi manevi açıdan daima yanımda olarak fedakarlıkları ile hep ileri yönde adım atmamı sağlayan aileme teşekkürlerimi sunmaktan kıvanç duyarım.

Bu süreç boyunca her daim yanımda olan kıymetli dostum Diyetisyen Fatma Kileci'ye teşekkürlerimi sunmaktan büyük mutluluk duyarım.

# 1. GİRİŞ

Ülkemiz sismik açıdan oldukça aktif bir kuşakta yer almaktadır. Geçmişte gerçekleşen yıkıcı depremler sonucunda yaşanan can ve mal kayıpları sismik açıdan güvenli ve ekonomik yapı tasarımını ön plana çıkarmaktadır.

Yapılan gözlem ve değerlendirmeler, çeşitli ticari nedenlerle daha yüksek inşa edilen zemin katlarda sismik etkiler altında daha büyük hasar oluşumunun meydana geldiğini göstermektedir. Zemin katın diğer katlara oranla daha yüksek inşa edilmesi, eğilme rijitliğini azaltmakta, zemin kat seviyesinde beklenenden çok daha yoğun hasar oluşumuna neden olabilmektedir. Yumuşak kat düzensizliği olarak da adlandırılan bu olgu nedeniyle yapıda kat mekanizması oluşması durumunda toptan göçmeye neden olabilecek düzeye ulaşan hasarlar oluşmaktadır.

Yapıların doğrusal olmayan sismik davranışları incelenirken statik ve dinamik olmak üzere iki farklı analiz yöntemi tercih edilmektedir. Dinamik analiz yöntemleri zamana bağlı olarak sismik taleplerin yapıya doğrudan uygulanması yaklaşımına dayandığı için, taleplerin hesaplanmasında kullanılan en gerçekçi yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Ancak doğrusal elastik olmayan dinamik analiz yöntemleri statik yöntemlere oranla daha büyük iş gücü gerektirmekte ve zaman alıcıdır.

Tasarım aşamasında yapılan kabullerden birisi de bina mesnetlerinin ankastre olarak modellenmesidir. Gerçekte ise, sismik etkiler altında yapı tabanı ankastre davranmamakta, zeminde meydana gelen deformasyonlar nedeniyle yapı davranışı etkilenmektedir. Zemin-yapı etkileşimi olarak adlandırılan bu olgu, çoğu durumda ihmal edilmektedir.

Çalışma kapsamında 4, 8 ve 12 katlı 3 adet betonarme çerçeve taşıyıcı sisteme sahip bina kullanılarak 3 m, 3.5 m ve 4 m zemin kat yüksekliğine sahip toplam 9 farklı yeni model 2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBHBHY-2007) kriterlerine göre hazırlanmıştır ve analizler için toplam 15 farklı ivme kaydı kullanılmıştır.

Literatürde zemin-yapı etkileşimi ve yumuşak kat düzensizliğinin birlikte ele alınarak binaların sismik performansına etkisinin incelendiği çok az sayıda örnek olduğu için bu çalışmanın literatüre önemli katkı yapacağı düşünülmektedir.

## 1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı

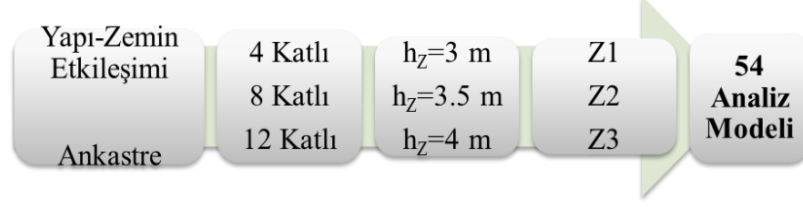
Gerçekleştirilen tezin amacı, zemin kat yüksekliği normal kat yüksekliğinden farklı olan düşük ve orta yükseklikteki betonarme çerçeve binaların zemin-yapı etkisi altında belirlenen farklı deprem ivme kayıtları etkisinde sismik davranışlarının incelenmesidir.

Çalışma kapsamında, farklı zemin tipleri belirlenerek oluşturulan zemin-yapı etkileşimli modellerinin zemin kat yükseklikleri değiştirilerek bu binaların deplasman taleplerini, görelî kat ötelenmelerini ve plastik mafsal hasar dağılımlarını elde etmek amacıyla doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında dinamik analizler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca ankastre modeller üzerinde doğrusal elastik olmayan statik itme analizleri gerçekleştirilerek kapasite eğrileri elde edilmiştir. Elde edilen eğriler sonucunda modeller arasındaki dayanım farklılığı kıyaslanmıştır.

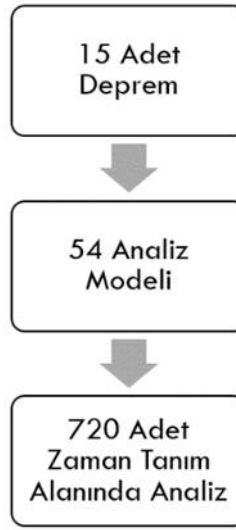
Gerçekleştirilen çalışmada, günümüzdeki yapı stokunu temsil eden 4, 8, 12 katlı betonarme çerçeve binaların modellenmesinde DBYBHY-2007 dikkate alınmıştır. Kat yüksekliği 3 m olarak modellenen çerçeve binaların zemin kat yüksekliği 3,5 m ve 4 m olarak değiştirilerek model türetimi yapılmıştır. Modellenen binalar DBYBHY-2007 içinde tanımlı yumuşak kat düzensizliği esasına göre incelenmiştir. Kullanılan zemin profillerinde yumuşak, orta ve sert zemin ayrımı yapılarak 3 farklı zemin profili oluşturulmuştur. Bu zemin profillerinde zemin etkisinin üstyapıya etkisini incelemek amacıyla kayma dalga hızı 100 m/s ile 800 m/s aralığında değişen 5 farklı zemin çeşidi kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında 54 adet farklı modelde toplamda 720 adet doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında dinamik analiz, 9 adet doğrusal elastik olmayan statik itme analizi gerçekleştirilerek toplamda 729 adet analiz yapılmıştır. Kullanılan analizlerde ana kayadan alınmış 15 adet deprem ivme kaydı kullanılmıştır

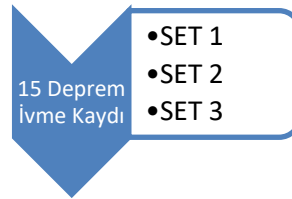
ve bu kayıtlar 3 set halinde gruplandırılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Oluşturulan analizlerle ilgili parametreler Şekil 1.1- Şekil 1.3'te verilmiştir.



Şekil 1.1: Oluşturulan analizlerin şeması



Şekil 1.2: Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan analiz sayısı



Şekil 1.3: Deprem ivme kayıtlarının gruplandırılma şeması

## 1.2 Literatür Araştırması ve Özeti

Literatür araştırması sonucunda yumuşak kat düzensizliği ve zemin-yapı etkileşimine dair çalışmalar aşağıda verilmiştir.



Whitman, 1969 yılında yaptığı çalışma sonucunda zemin yapı problemi üzerine yoğunlaşmıştır.

Lysmer ve Kuhlemeyer, 1969 yılında gerçekleştirdikleri çalışma sonucunda viskoz sınır şartlarını geliştirmişlerdir.

Mustafa Kutanis, 2001 tarihli doktora tez çalışmasında, zemin-yapı dinamik etkileşimini incelemek için sonlu elemanlar tekniği ile birlikte altsistem yaklaşımını kullanmıştır. Bu amaç kapsamında zemin-yapı arakesitini uzak bölge ve yakın bölge olarak iki parça halinde ayırmıştır. Zaman tanım alanında analizler gerçekleştirilerek doğrusal ve doğrusal olmayan elasto-plastik malzeme davranışları karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde zemin-yapı etkileşiminin depremin frekans içeriğine zemin ve yapının dinamik özelliklerine bağlı olarak sismik performans değerlendirmesinde her zaman benzerlik bulunamayacağı belirtilmiştir.

Çağlar ve diğ. (2005); yaptıkları çalışma kapsamında 5 adet betonarme binanın 6 farklı zemin durumu için deprem etkisi altındaki davranışını incelemiştir. Analizlerde zaman tanım alanında sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Yapı-zemin modelinin dinamik analizleri 1999 Marmara deprem kaydı kullanılarak SAP2000 programı ile gerçekleştirilmiştir. Dinamik analiz sonucunda zemin kayma dalga hızının ( $V_s$ 'nin) büyük olduğu zemin çeşitlerinde üst yapının tepe noktasının daha az yer değiştirme yaptığı bu nedenle zemin çeşidinin dikkate alınması gerektiği gözlemlenmiştir.

Garip, 2005 tarihli yüksek lisans çalışmasında deprem etkisindeki betonarme yapıların davranışında zemin özelliklerinin etkisini incelemek için sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak zaman tanım alanında dinamik analizler gerçekleştirmiştir. Araştırma kapsamında aynı rijitlikte olan 5 farklı betonarme binanın 6 farklı zemin profilindeki davranışı incelenmiştir. Çalışma sonuçlarında zemin kayma dalga hızının ve yer altı su seviyesinin üst yapıya etkisinin önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

Korkmaz ve diğ.(2005); Antalya yöresinde görülen yumuşak kat düzensizliği ve dolgu duvarların betonarme yapıların deprem davranışına etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada elastik ötesi statik itme analizi yöntemi kullanılmıştır.

Analizler sonucunda kapasite eğrileri, kat yatay yer değiştirmeleri, görelî kat ötelemeleri, katlardaki maksimum plastik dönmeler ve plastikleşen kesitlerin sistemdeki dağılımları göz önünde bulundurulmuştur. Çalışma kapsamında 10 katlı betonarme bir çerçeve 6 farklı tipte modellenmiştir.

Korkmaz ve diğ., 2010 yılında gerçekleştirdikleri çalışmada 10 katlı betonarme çerçeve bir binanın 16 adet farklı tipte modellenmesini yaparak yumuşak kat düzensizliğinin yapısal davranışa etkisini incelemeyi amaçlamışlardır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda kat yüksekliği farklılığı ve alt katlardaki dolgu duvarın çeşitli sebeplerle kaldırılmasının yapının deprem davranışında olumsuz etki yaptığı gözlemlenmiştir.

Bırol, 2010 yılında yüksek lisans tez çalışmasında farklı karakteristik özelliklere sahip 3 adet betonarme binanın zemin kat yüksekliklerini arttırarak ve doğrusal elastik analiz yöntemini kullanarak yumuşak kat düzensizliğinin betonarme binaların performansına etkisini incelemiştir. Çalışma sonucunda düzensizliğe sahip çerçeve binalarda görelî kat ötelemelerinin etkili olduğunu gözlemlenmiştir.

Karasu, 2011 yılında yüksek lisans tez çalışmasında yumuşak kat düzensizliğine sahip binaların performans analizlerini eşdeğer deprem yükü yöntemi ve artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemlerini kullanarak gerçekleştirmiştir. Çalışma kapsamında binada normal katlarda dolgu duvar bulunması ancak zemin katta çeşitli sebeplerden dolayı kaldırılması durumunun ve zemin kat yüksekliğinin normal katlara göre yüksek olması durumunun yapının performansına etkileri irdelenmiştir.

Aydemir, 2011 yılında doktora tez çalışmasında 5 ayrı zemin profili için tek serbestlik ve çok serbestlik dereceli sistemlerin deprem davranışı üzerindeki etkilerini incelemiştir. 64 adet deprem kaydı kullanılarak zemin-yapı etkileşiminin dikkate alındığı ve alınmadığı durumlar için zaman tanım alanında analizler gerçekleştirilmiştir.

Beşikçi, 2013 yılında hazırladığı yüksek lisans tezinde farklı yükseklikteki 3-B bina modellerini ABYYHY-1975 ve ABYYHY-1998 deprem yönetmeliklerine göre ve farklı beton dayanımlarını dikkate alarak 12 adet yumuşak kat düzensizliğine sahip bina modeli ile analizler yapmıştır. Elde edilen bulgular sonucunda ise 1975 ve

1988 yönetmeliğine göre tasarlanan binalar karşılaştırıldığında 1975 yönetmeliğine uygun tasarlanan binalarda yumuşak kat düzensizliği etkilerinin daha belirgin olduğunu gözlemlenmiştir.

Sandıkçı, 2014 tarihli yüksek lisans tez çalışmasında 3, 6 ve 12 katlı perdeli ve perdesiz çerçeve betonarme binaları modellemiş ve 3.0 m olan zemin kat yüksekliğini 4.0, 5.0 m olarak arttırmıştır. Toplamda 54 adet yapı modelinin dinamik analizlerini SAP2000 programı yardımıyla gerçekleştirmiştir. Analiz sonuçlarını incelediğinde ise dolgu duvar varlığının yumuşak kat düzensizliğini önemli ölçüde etkilediğini gözlemiştir. Rijitlik farkı sebebiyle üst katlarda rölatif ötelenmeler küçülerek ötelenmenin yoğunluğunun yumuşak katta olması durumu bu düzensizlik çeşidinin önemini belirtmektedir.

İnel ve diğ., 2015 yılında gerçekleştirdikleri çalışma kapsamında ABYYHY-1975 ve ABYYHY-1998 yönetmeliklerine göre tasarımılandırılan 3B 7 katlı iki farklı betonarme binanın zemin-yapı etkileşimi ve ankastre mesnet kabulü dahilinde sismik taleplerini doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında analiz yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Zemin-yapı ortak sistemi analizleri doğrudan yöntem kullanılarak gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen bulgulara göre zemin-yapı etkileşimi probleminin genelleme yapılamayacak kadar karmaşık bir olgu olduğu sonucuna varılmıştır.

Oreta ve Dya, 2015 yılında yaptıkları çalışmada 5 katlı bir bina modeli kullanmışlardır. Bu bina modelinde her bir katın yüksekliği aynı ve 3 m'dir. Yumuşak kat düzensizliğini incelemek için zemin kat yüksekliği 3.38, 3.50, 4.00, 4.50, 5.00, 5.50 ve 6.00 olmak üzere 7 farklı yükseklik olarak çeşitlendirmişlerdir. Bina analiz yöntemi olarak ise doğrusal elastik olmayan statik itme analizi yöntemini kullanmışlardır. Analizler sonucunda ise kuvvetlerin düşük rijitliğe sahip olan zemin katta yoğunlaştığını gözlemiştirlerdir.

Işık ve Özdemir, 2016 yılında zemin kat yüksekliğinin normal katlara nazaran farklılık göstermesi durumunun yapı performansına etkisini araştırmayı amaçlamışlardır. Binada bütün kat planlarını aynı olarak tasarlamışlar ancak 5. katın kat yükseklik değerinin farklı olacak şekilde modelleme yapmışlardır. Değerlendirme sonucunda ise ilk hasarın kat yüksekliğinin farklı olduğu katta olduğunu

gözlemlenmesi kat yükseklik farkının yapı performansına etkisinin önemini göstermektedir.

Çaycı, 2016 tarihli doktora tez çalışmasında farklı rijitliklere sahip 4 farklı zemin tipini ele alarak ABYYHY-1975 ve ABYYHY-1998 yönetmeliklerine göre 2, 4 ve 7 katlı 6 adet farklı bina modeli oluşturmuştur. Tez kapsamında zemin etkisinde olduğu durumlar ve zemin etkisinin ihmal edilerek ankastre mesnet kabulü yapıldığı durumlar için doğrusal elastik olmayan ve doğrusal elastik zaman tanım alanında analizlerini gerçekleştirmiştir. Analizlerde  $V_s > 750$  m/s olan zeminler üzerinde kaydedilen 7 farklı gerçek ivme kaydı kullanılmıştır. Değerlendirmeler sonucunda doğrusal elastik davranış kabulünün zemin yapı etkilerinin doğru değerlendirilmesinde yetersiz kalabileceği gözlemlenmiştir. Doğrusal elastik olmayan ankastre mesnet kabulü ile ZYE modellerinin ortalama sonuçları karşılaştırıldığında değerlerin kabul edilebilir derecede birbirine yakın olduğu görülmüştür.

Kutunis ve diğ., 2016 yılında gerçekleştirdikleri çalışmada 4 katlı betonarme çerçeve bir binada zemin kat yüksekliğinin değiştirilip diğer normal katlarının yüksekliğinin eşit olduğu bir model tasarlamışlardır. Modellenen binadan kapasite eğrileri elde edilmesi ile çökme mekanizmalarında yumuşak kat etkisinin oldukça belirgin olduğu gözlemlenmiştir.

Climent ve Paez, 2017 yılında gerçekleştirdikleri çalışmada sünek olmayan betonarme çerçevelerin üst katlarda bulunan yumuşak kat düzensizliğine neden olan dolgu duvar etkisini azaltmaya yardımcı enerji temelli bir tasarım yöntemi araştırarak öneride bulunmuşlardır. Çalıştıkları teknik yalnızca ilk kata müdahale etmektedir. Çalışmadaki hedefleri histeretik sönümleyiciler yardımıyla plastik deformasyonları sınırlandırmak ve maksimum yanal yer değiştirmeyi öngörülen değerlerle sınırlandırmaktır. Bu çalışma düşük ve orta katlı binaların sismik iyileştirilmesi için kullanılması için amaçlanmıştır. Bu doğrultuda çalışmalarında 3, 6 ve 9 katlı olmak üzere 3 adet model kullanmışlardır. Her model için 1. kat yüksekliği 4.5 m tasarlanmışken diğer normal katlar 3 m olarak tasarlamışlardır. Yapılan doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizleri için 30 adet ivme kaydı kullanılmıştır. Analiz sonuçlarını değerlendiklerinde 30 adet zemin ivme kaydına maruz kalmış güçlendirilmiş yapıların performansının tatmin edici olduğunu gözlemlemişlerdir.

Çetinkaya ve diğ., 2017 yılında yaptıkları çalışmada 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi sonrasında can ve mal kaybına yol açan yapısal hasarlarının kalın alüvyol tabakalardan oluşan yumuşak zeminler üzerinde kurulmuş kentlerde yoğunlaştığını gözlemlenmeleri sonucunda temel empedans fonksiyonları yardımıyla yapı-temel-zemin dinamik etkileşimi göz önünde bulundurularak Adapazarı bölgesi zemin özellikleri doğrultusunda köprü ayağı-zemin sisteminin deprem etkisindeki dinamik davranışı temel sönümüne bağlı olarak incelemişlerdir. Çalışmaları sonucunda yapının zemine rijit bağlı olması durumunun yapı-zemin etkileşimli duruma göre dikkate alınacak tasarım kuvvetinin %40 a kadar azaldığını gözlemişlerdir. Ayrıca zayıf zemin üzerine konumlanmış düşük periyoda sahip yapılarda tasarım kuvveti üzerindeki değişimlerin ciddi boyutlara ulaşacağına dikkat çekerek binaların tasarım hesaplarında kullanılan davranış spektrum eğrilerinin yapı-temel-zemin etkileşim etkileri göz önünde bulundurularak düzenlenmesi ve bu şekilde kullanılmasını önermişlerdir.

Garip, 2017 yılında gerçekleştirdiği çalışmada yumuşak sert zemin etkisinin yumuşak kat düzensizliğine sahip betonarme binalarda yapı davranışını nasıl değiştirdiğini incelemiştir. Bu amaç doğrultusunda sonlu elemanlar prensibini ele alan SAP2000 programında doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında dinamik analizlerini gerçekleştirmiştir. Çalışma kapsamında 2 farklı zemin altyapı modeli ve iki farklı üstyapı modeli kullanmıştır. Üstyapı modelinde zemin kat yüksekliği 3 m ve 6 m olarak çeşitlendirilmiş normal kat yüksekliği ise bütün katlarda eşit ve 3 m olarak tasarlanmıştır. Deprem etkisindeki davranışı belirlemek amacıyla 3 adet farklı deprem ivme kaydı kullanmıştır. Elde ettiği bulgular sonucunda ise zemin kat yüksekliğindeki artışın görece kat ötelemelerini arttırdığını gözlemlemiştir.

Sotiriadis ve diğ., 2017 yılında yaptıkları çalışma kapsamında doğrusal olmayan zemin-temel-yapı etkileşiminin 3 boyutlu betonarme binaların sismik performansının farklı zemin tiplerindeki etkisini incelemişlerdir. Bu doğrultuda 9 adet bina modeli, 2 farklı zemin tipi ve 65 adet deprem ivme kaydı kullanarak doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında analiz gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda ise deprem yer hareketinin frekans içeriği, binanın yapısal sistemi, toprak esnekliği ve deprem yoğunluğunun önemine dikkat çekmişlerdir.

Avcı, 2018 yılında gerçekleştirdiği yüksek lisans tez çalışması kapsamında 10 katlı üç boyutlu betonarme bir bina modelinin zemin kat yüksekliğini 2.8, 3.5 ve 4.5 metre olarak çeşitlendirerek ve bina sismik davranışına dolgu duvar etkisini incelemek amacıyla dolgu duvar rijitlik katkısı olan ve olmayan olarak toplamda 6 farklı modelleme yapmıştır. Çalışmasında 20 farklı gerçek deprem ivme kaydı kullanarak doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında ve statik itme analizlerini gerçekleştirerek yumuşak kat düzensizliği durumunda binanın sismik performansını incelemiştir. Sonuç olarak zemin kat yüksekliğinin artması sonucunda kat mekanizması oluşmasına sebebiyet verdiğini gözlemlemiştir.

### 1.3 Organizasyon

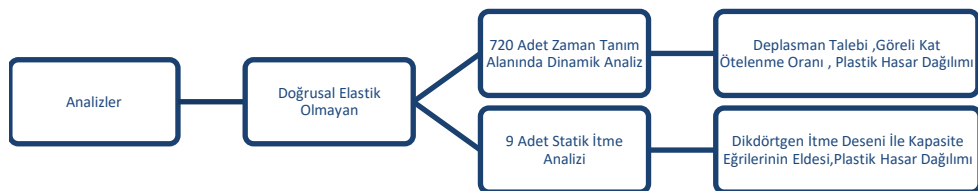
Tez çalışmasının 1. Bölümünde teze ait genel bilgiler, tezin konusu, amaç ve kapsamı ile literatür içinde yer alan çalışmaların özeti geçilmiştir.

2. Bölümde “Zemin-Yapı Etkileşimi” ve “Yumuşak Kat Düzensizliği” hakkında genel olarak bilgi verilerek DBYBHY-2007 yönetmeliğinin yumuşak kat düzensizliği için belirttiği esaslar yer almaktadır.

3. Bölümde kullanılan yöntem, model özellikleri, zemin profilleri ve seçilen ivme kayıtları hakkında bilgiler verilmektedir.

4. Bölümde analiz sonuçlarından elde edilen veriler ve yapılan karşılaştırmalar yer almaktadır.

5. Bölümde ise elde edilen sonuçlar doğrultusunda ortaya çıkan bulguların genel değerlendirilmesi yapılmaktadır. Tez organizasyon şeması Şekil 1.4 ve Şekil 1.5’te verilmiştir.



Şekil 1.4: Yapılan analizlerin şeması



**Şekil 1.5:** Organizasyon şeması

## 2. ZEMİN YAPI ETKİLEŞİMİ VE YUMUŞAK KAT DÜZENSİZLİĞİ

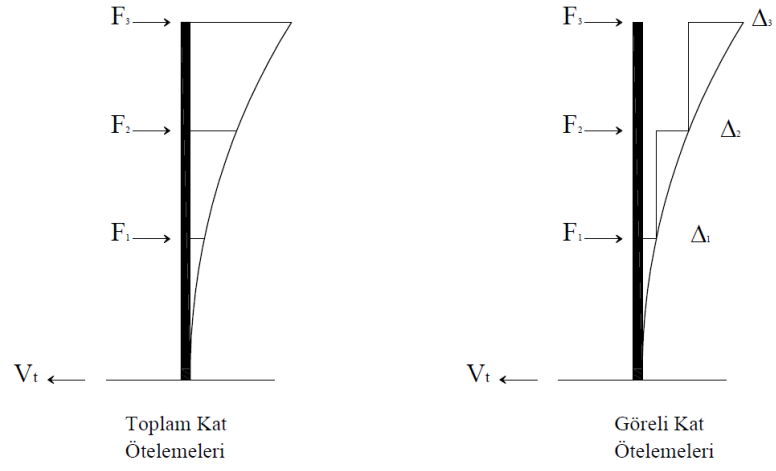
### 2.1 Yumuşak Kat Düzensizliği

Deprem dinamik bir olaydır ve yerkürede biriken gerilmelerin enerjiye dönüşerek açığa çıkmasına denir. Ancak deprem davranışının yapıya etkisi sadece yer hareketine bağlı değildir. Aynı zamanda yapının özelliklerine de bağlıdır. Yapıda mevcut bulunan düzensizlikler depremin yapıya etkisini olumsuz yönde etkiler. Son yıllarda gerçekleşen depremlerde bu düzensizlikler içinde yapıda hasarlara yol açanlardan biri de komşu katlar arası rijitlik düzensizliğidir. Bu düzensizliğe aynı zamanda görelî (rölatif) kat ötelemelerinden dolayı tehlike katı düzensizliği ve DBYBHY-2007 yönetmeliğinde belirtildiği gibi B2 türü düzensizliği de denir.

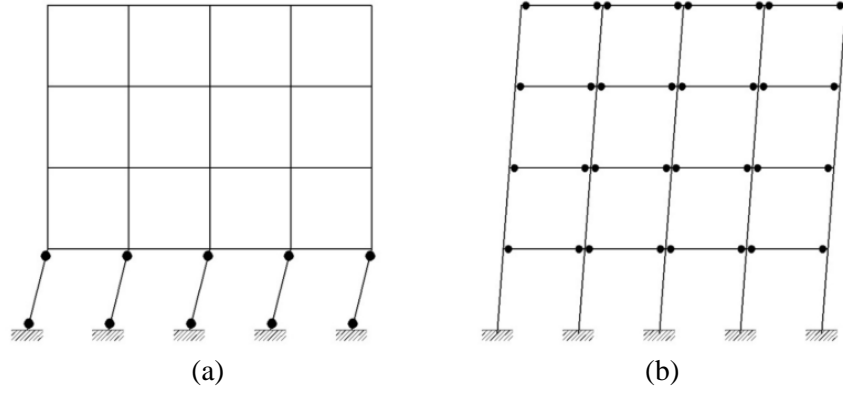
Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği çoğunlukla ticari amaçlara yönelik zemin katlarda oluşur. Bu doğrultuda diğer normal katlardan farklı olarak eleman en kesit boyutları sabit tutularak zemin kat yüksekliği daha yüksek inşa edilmekte veya daha geniş bir alana sahip olmak için duvar örülmemektedir. Bu şekilde yumuşak kat oluşumuna elverişli bir kat mevcut ise yapının yapacağı yer değiştirmenin büyük çoğunluğu sadece bu katta meydana gelmektedir.

Yumuşak kat düzensizliği için en önemli parametre görelî kat ötelenmesidir. Görelî kat ötelenmesi birbirine komşu iki kat arasındaki yer değiştirme farkı olarak tanımlanır (Şekil 2.1). Yumuşak kat mekanizması oluşup oluşmama durumu örnekleri Şekil 2.2’de verilmektedir. Geçmişte yaşanan depremlerde gözlenen yumuşak kat hasarı örnekleri Şekil 2.3-Şekil 2.5’te verilmiştir.





Şekil 2.1: Göreli kat ötelemesi



Şekil 2.2: Mekanizma oluşumu a)Yumuşak kat göçme mekanizması, b) İdeal çerçeve göçme mekanizması



**Şekil 2.3:** 1995 Kobe depreminde bir binanın göçmesi



**Şekil 2.4:** Yumuşak kat düzensizliği nedeniyle zemin katı çökmüş bir bina görüntüsü, Van depremi 2011 (İnel ve diğ., 2012)



Şekil 2.5: İlk katı yumuşak kat sebebiyle çökmüş bina

### 2.1.1 DBYBHY-2007 Deprem Yönetmeliğinde Yumuşak Kat Düzensizliği

Türk deprem yönetmeliğinde komşu katlar arası rijitlik düzensizliği için belirli koşullar 2. bölümde belirtilmiştir. Yumuşak kat düzensizliği olarak da bilinen bu düzensizlik; birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir  $i$ 'inci kattaki ortalama görelî kat ötelenmesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelenmesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı  $\eta_{ki}$ 'nin 2.0'den fazla olması durumudur (DBYBHY, 2007).

$$\eta_{ki} = \frac{(\Delta_i/h_i)_{ort}}{(\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}} \quad (2.1)$$

$$\eta_{ki} = \frac{(\Delta_i/h_i)_{ort}}{(\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}} \quad (2.2)$$

$\Delta_i$ : Binanın  $i$ 'inci katındaki azaltılmış görelî kat ötelenmesi

$(\Delta_i)_{ort}$ : Binanın  $i$ 'inci katındaki azaltılmış görelî kat ötelenmesi

$h_i$ : Binanın  $i$ 'inci katının kat yüksekliği

$\eta_{ki}$ :  $i$ 'inci katta tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı

Çalışma kapsamında kullanılan 4, 8 ve 12 binalar için ve farklı zemin kat yükseklikleri için eşdeğer deprem yükü yöntemi ile ilgili parametreler Tablo 2.1’de verilmiştir. Eşdeğer deprem yükü hesabında kullanılan parametreler Tablo 2.2’de tanımlanmıştır.

Tablo 2.1’de özetlenen parametreler ve denklem (2.3)-(2.6) kullanılarak katlara gelen kuvvetler hesaplanmıştır.

SAP2000 programında modellenen binaların kat seviyelerinde uygulanan bu kuvvetler ile kat seviyelerinde oluşan deplasmanlar elde edilmiştir. Kat deplasmanları kullanılarak kat görelî ötelenmeleri ve denklem (2.1)-(2.2) kullanılarak rijitlik düzensizliği katsayıları hesaplanarak Tablo 2.3’te verilmiştir.

**Tablo 2.1:** Eşdeğer deprem yük hesabı veri tablosu

Eşdeğer Deprem Yükü Hesabı İçin Kullanılan Parametreler									
Zemin Kat Yüksekliği	3.0 m			3.5 m			4.0 m		
Kat Sayısı	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Ankastre Çerçeve Model Periyot Değerleri	0.480	0.965	1.420	0.516	0.998	1.449	0.556	1.037	1.481
S(T)	2.50	1.71	1.25	2.50	1.66	1.24	2.50	1.61	1.21
Yerel Zemin Sınıfı	Z3 (TA=0.15s, TB=0.6s)								
Deprem Bölgesi	1. Derece Deprem Bölgesi (A <sub>0</sub> =0.4 g)								
R	8								

Kullanılan bina modellerine ait kalıp planı 3. Bölümde verilmiştir.

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (2.3)$$

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_0 IW \quad (2.4)$$

$$\Delta F_N = 0.0075 N V_t \quad (2.5)$$

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_j^N w_j H_j} \quad (2.6)$$

**Tablo 2.2:** Eşdeğer deprem yükü yönteminde kullanılan parametreler

W= Binanın Toplam Ağırlığı	I=Bina Önem Katsayısı	A <sub>0</sub> = Etkin Yer İvmesi Katsayısı
V <sub>t</sub> = Taban Kesme Kuvveti	A(T <sub>1</sub> )=Spektral İvme Katsayısı	T <sub>1</sub> =Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodu
N=Binanın Temel Üstünden İtibaren Toplam Kat Sayısı	R <sub>a</sub> (T <sub>1</sub> )= Deprem Yükü Azaltma Katsayısı	H <sub>i</sub> = Binanın İ'inci Katının Temel Üstünden İtibaren Ölçülen Yüksekliği
W <sub>i</sub> =Binanın İ'inci Katının, Hareketli Yük Katılım Katsayısı Kullanılarak Hesaplanan Ağırlığı	F <sub>i</sub> =Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde İ'inci Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükü	ΔF <sub>N</sub> = Binanın N'inci Katına Etkiyen Ek Eşdeğer Deprem Yükü

**Tablo 2.3:** DBYBHY-2007 koşullarına göre rijitlik düzensizliği katsayısı hesabı

Model	H <sub>zemin kat</sub>						Model	H <sub>zemin kat</sub>							
	Kat numarası	3.0 m		3.5 m		4.0 m		Kat numarası	3.0 m		3.5 m		4.0 m		
		$\eta_{ki1}$	$\eta_{ki2}$	$\eta_{ki1}$	$\eta_{ki2}$	$\eta_{ki1}$			$\eta_{ki2}$	$\eta_{ki1}$	$\eta_{ki2}$	$\eta_{ki1}$	$\eta_{ki2}$	$\eta_{ki1}$	$\eta_{ki2}$
12 Katlı	12	-	0.71	-	0.71	-	0.71	8 Katlı	8	-	0.65	-	0.65	-	0.65
	11	1.41	0.78	1.41	0.79	1.41	0.79		7	1.54	0.76	1.53	0.76	1.53	0.76
	10	1.28	0.84	1.27	0.84	1.27	0.84		6	1.32	0.83	1.32	0.83	1.32	0.83
	9	1.19	0.88	1.19	0.88	1.19	0.88		5	1.2	0.88	1.2	0.88	1.2	0.88
	8	1.14	0.92	1.14	0.92	1.14	0.92		4	1.13	0.94	1.13	0.94	1.14	0.93
	7	1.09	0.95	1.09	0.95	1.09	0.95		3	1.06	1.04	1.07	1	1.07	0.96
	6	1.05	0.96	1.05	0.96	1.05	0.96		2	0.97	1.52	1	1.33	1.04	1.18
	5	1.04	0.99	1.04	0.99	1.04	0.99		1	0.66	-	0.75	-	0.85	-
	4	1.01	1	1.01	1	1.01	0.99		4	-	0.64	-	0.64	-	0.63
	3	1	1.12	1	1.07	1.01	1.04		3	1.56	0.82	1.57	0.79	1.59	0.75
	2	0.89	1.65	0.93	1.47	0.97	1.33		2	1.22	1.35	1.27	1.17	1.33	1.03
	1	0.61	-	0.68	-	0.75	-		1	0.74	-	0.85	-	0.97	-
4 Katlı															

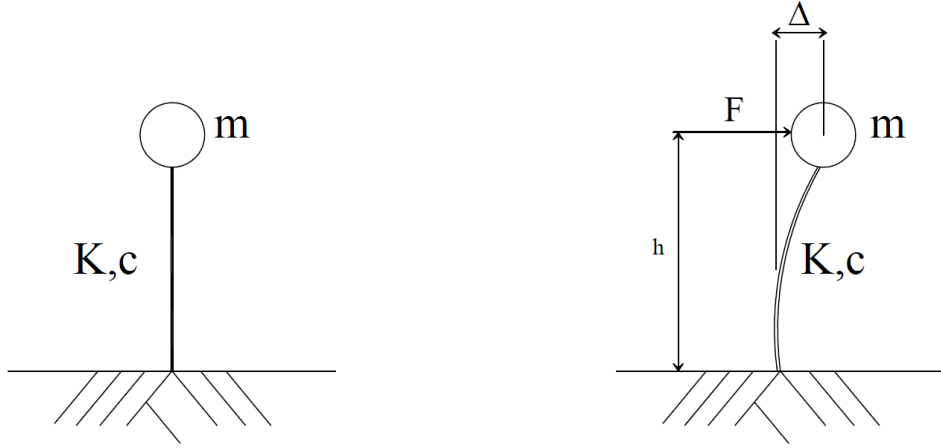
Tablo 2.3’de bulunan değerler sonucunda DBYBHY-2007 yönetmeliğine göre her bir modelde “2.0” değerini geçen bir sonuç olmadığı için yumuşak kat düzensizliği bulunmamıştır.

## 2.2 Zemin Yapı Etkileşimi

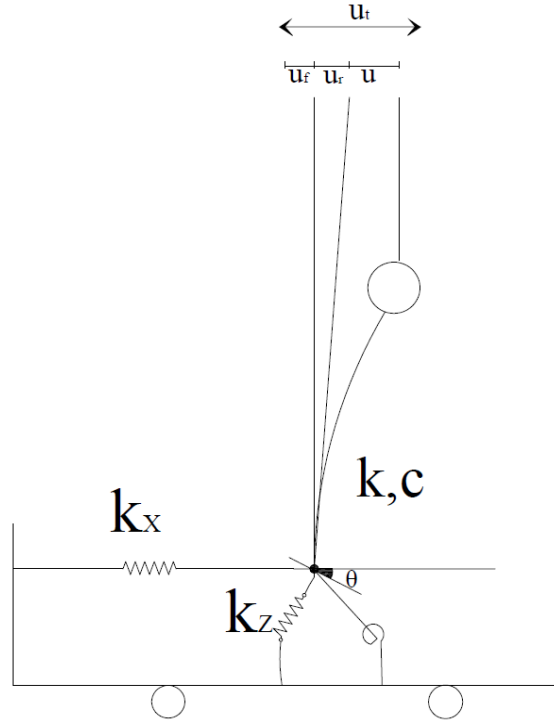
Yapıların varlığından etkilenmeyen yer hareketlerine açık arazi hareketleri denilmektedir. Yapının inşa edildiği zemin çeşitliliği farklı sonuçlar doğurur. Eğer yapı sert bir kaya üzerine inşa edilmiş ise deprem yüklemesi anında, kayanın oldukça yüksek rijitliği sayesinde kaya hareketi açık arazidekine çok yakın bir aralıkta kalır. Bu şekilde kaya üzerine inşa edilmiş yapılar “ sabit tabanlı yapılar” olarak isimlendirilmektedir. Ancak aynı yapının yumuşak bir zemin üzerine oturması durumunda temel açık arazi hareketinin sebep olduğu deformasyonlara uyum sağlayamaz ve yapı tabanı hareketi açık arazi hareketinden farklı olur. Ancak bilindiği üzere yapının kendisine ait dinamik tepkisi zeminde deformasyonlara sebep olmaktadır. Bu şekilde zemin ve yapının birbirinin hareketini etkilediği duruma zemin-yapı etkileşimi denir (Kramer, 1996). Zemin yapı etkileşiminde olası problemler iki durumda daha çok karşımıza çıkmaktadır. Bunlardan birincisi yumuşak zemin üzerine oturmuş ağır veya çok ağır yapılar olması iken ikinci durum

ise çok sert zeminler üzerine oturtulmuş hafif yapılardır. Her ne kadar sert zemin üzerine oturmuş hafif yapının etkisi oldukça küçük olsa da yumuşak zemin üzerine oturmuş ağır yapının doğuracağı sonuçlar çok ciddi olabilir.

Zemin yapı etkileşiminin kritik etkilerinin ifadesinde rijit ve esnek temelli yapı modellerine ait basitleştirilmiş gösterim Şekil 2.6 ve Şekil 2.7’de verilmiştir. Esnek mesnetli yapı modelinde oluşan taleplerin bir kısmı temel seviyesinde rijitliklerine bağlı olarak sönümlenmektedir. Bu durum radyasyon sönümü olarak adlandırılmaktadır. Esnek temelli yapı modeli incelendiğinde sistemde oluşan toplam yer değiştirme hareketi ( $U_t$ ), zemin deformasyonları ( $U_f$ ), temel dönmesi ( $U_r$ ) ve yapı şekil değiştirmesi ( $U$ ) değerlerinin toplamına eşittir. Ancak rijit mesnetli yapı modelinde temelde oluşan dönme ve deformasyonlar ihmal edilmektedir.



Şekil 2.6: Rijit mesnetli basitleştirilmiş yapı modeli



Şekil 2.7: Esnek mesnetli basitleştirilmiş yapı modeli

Deprem mühendisliğinde binaların sismik performanslarının incelemesi yapısal analizler ile mümkün olmaktadır. Ancak çoğunlukla bu analizler ankastre mesnetli yapı modelleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Modellerin ankastre mesnetli olarak tasarımılandırılması sonucunda zemin etkisi dikkate alınmayarak temelde meydana gelecek dönme ve deplasmanlar ihmal edilmektedir. Ancak üstyapı belirli bir zemin ortamı üzerine oturmuş bulunması sebebiyle zemin üstyapı ile göz önüne alınmalıdır (Aydinoğlu 1977).

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

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

Zemin etkisi sonucunda geçmiş depremlerde oluşan hasar görüntüleri Şekil 2.8 ve Şekil 2.9’ da verilmiştir.



Şekil 2.8: 1964 Niigata depremi sonrasında zemin sıvılaşması sebebiyle oluşan hasarlar



Şekil 2.9: 1999 Kocaeli depremi sonrasında Adapazarı’nda zemin etkisi sebebiyle oluşan yapısal hasara tipik örnek

### 2.2.1 Kinematik Etkileşim

Kinematik etkileşim temel sistem rijitliğinin açık arazi hareketlerine karşı koyarak engel oluşturduğu durumlarda ortaya çıkar. Kinematik etkileşim sistem rijitliğinin dışında yapı ve temel kütesinden de doğru orantılı olarak etkilenir.



Rijit temel davranışına sebebiyle yüzey dalgalarının bir kısmı yansiyarak saçılmaktadır. Kinematik etkileşim, yüksek frekans içeriğine sahip dalgaların genliklerini düşüren bir etki gösterir. Bu nedenle, temel altında, serbest yüzeye göre düşük frekans içeriğine sahip dalga oluşumu gözlenmektedir. Kinematik etkileşim yapı kütlesi ve rijit temel alanı arttıkça etkisini arttırmaktadır (Çaycı 2016).

### **2.2.2 Eylemsizlik Etkileşimi**

Titreşime maruz kalan bir yapıda burulma, eğilme momenti ve kesme kuvveti oluşur. Bu talepler sonucunda temel-zemin etkileşim arakesitinde deplasman ve dönmeler oluşur. Oluşan bu deplasman ve dönmeler sonucunda sistem davranışını önemli ölçüde etkileyecek şekilde enerji absorbe edilir. Bu enerji tüketimi yapının kendi ataletinden kaynaklandığı için eylemsizlik (ataletsel etkileşim) olarak adlandırılır. Kısacası ataletsel etkileşim, yapının dinamik tepkisiyle oluşan kuvvetler zemine iletildiği takdirde temel hareketi oluştuğunda gözlemlenmektedir.

### 3. MODELLEME VE ANALİZ

#### 3.1 Genel

##### 3.1.1 Çalışma Kapsamındaki Bina Modelleri

Çalışma kapsamında DBYBHY-2007 şartlarına uygun, sistem yapısı betonarme çerçeveden oluşan 4, 8 ve 12 katlı 3 adet bina modeli kullanılmıştır. Oluşturulan bina modellerine ait kalıp planı Şekil 3.1’de verilmiştir. Bu modellerin mimari özellikleri aynıdır fakat hazırlanan bu modellerde günümüzde ticari amaçlara dayanarak zemin kat yüksekliğinin daha yüksek tasarlandığı yapı stokunu yansıtmayı amaçlayan binaların zemin kat yüksekliği 3 m, 3.5 m, 4 m olarak çeşitlendirilmiştir. Zemin yapısı etkileşimli ve ankastre mesnetli modeller oluşturularak zemin etkisindeki yapının sismik davranışı araştırılmıştır.

**Tablo 3.1:** Modellere ait genel bilgiler

Modeller	4 Katlı			8 Katlı			12 Katlı		
Zemin Kat Yüksekliği(m)	3	3.5	4	3	3.5	4	3	3.5	4
Bina Yüksekliği(m)	12	12.5	13	24	24.5	25	36	36.5	37
Bina Sismik Ağırlık(kN)	2329.59	2353	2376.4	4659.2	4682.6	4706	7010.11	7036.1	7062.09
Beton Sınıfı(MPa)	35								
Çelik Sınıfı (MPa)	S420(BÇIII)								
Yerel Zemin Sınıfı	Z3 ( $T_A=0.15s$ , $T_B=0.6s$ )								
Deprem Bölgesi	1. Derece Deprem Bölgesi ( $A_0=0.4 g$ )								



Şekil 3.1: Modellenen binalara ait kalıp planı

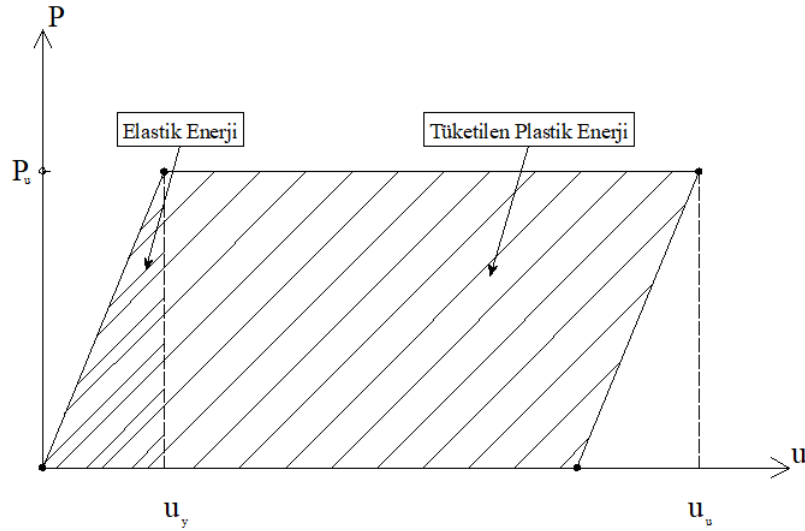
Tablo 3.2: Modellere ait periyot değerleri

MODELLER		Periyot (s)			
		Zemin Profili	4 Katlı	8 Katlı	12 Katlı
Zemin Kat Yüksekliği 3m	Ankastre	Z1	0.48	0.96	1.42
		Z2			
		Z3			
	Zemin-Yapı	Z1	0.75	1.19	1.70
		Z2	0.62	1.10	1.61
		Z3	0.53	1.03	1.53
Zemin Kat Yüksekliği 3.5m	Ankastre	Z1	0.52	1.00	1.45
		Z2			
		Z3			
	Zemin-Yapı	Z1	0.76	1.22	1.72
		Z2	0.64	1.13	1.64
		Z3	0.56	1.07	1.56
Zemin Kat Yüksekliği 4m	Ankastre	Z1	0.56	1.04	1.48
		Z2			
		Z3			
	Zemin-Yapı	Z1	0.78	1.25	1.76
		Z2	0.67	1.17	1.67
		Z3	0.60	1.11	1.59

### 3.1.2 Doğrusal Elastik Olmayan Modelleme

Binaların sismik performansı incelenirken genellikle doğrusal elastik davranış kabulü yapılmaktadır. Ancak bu kabul sonucunda gerçeğe nazaran taleplerde azalma görülmektedir (Çaycı, 2016). Bu sebeple analizler doğrusal elastik olmayan davranış kabulüne uygun şekilde gerçekleştirilmiştir.

Doğrusal elastik olmayan yöntemde elemana gelen yük arttıkça belli bir müddet elastik davranış gösterir ancak akma sınırına ulaşıldığı anda eleman sünekliliğine bağlı olarak sabit sayılabilecek yük altında deplasman yapmaya devam eder (Şekil 3.2). Eleman deformasyon kapasitesine ulaştığı anda ise bu durum sonlanır. Sünek tasarımdaki amaç ise sistemde oluşan hasarların kontrollü bir şekilde oluşmasını sağlamaktır.

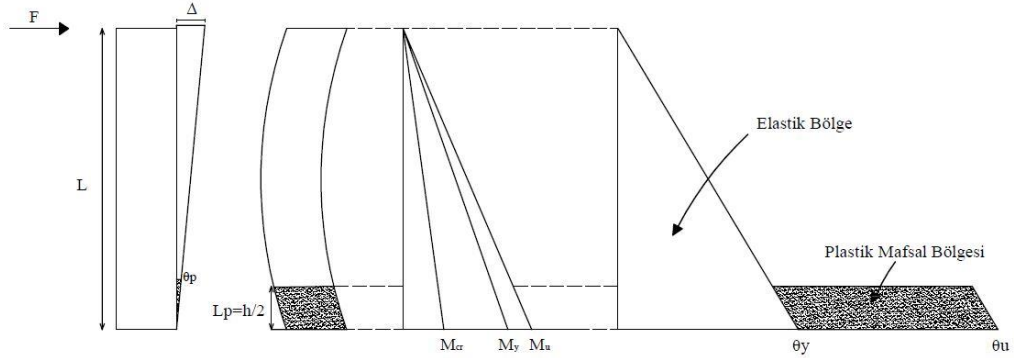


Şekil 3.2: Sünek davranış

Doğrusal elastik olmayan davranış özellikleri eleman uçlarına tanımlanan plastik mafsallar yoluyla modele aktarılır. Plastik mafsallar deprem etkisindeki bir sistemde en çok zorlanan kısım olması sebebiyle kolon ve kirişlerin uçlarında meydana gelir. Deprem mühendisliğinde mafsallaşmanın ilk olarak kirişlerde oluşması beklenir çünkü kirişler kolon elemanlara göre daha sünektir. Aksi takdirde yapı gevrek kırılmaya maruz kalır ve geçer.

Bir kiriş elemanı için düşünüldüğünde; ilk olarak mesnette oluşan plastik mafsal kesit sünek olarak düzenlendiği takdirde yük artarken, orta mesnette oluşan plastik mafsalda moment mesnet eğilme momenti değerinde sabit kalır ve plastik

dönme ortaya çıkar. Mesnet momenti değişmezken açıklık momentinde yük artımı sebebiyle artış meydana gelir. Açıklık eğilme momenti kapasitesine erişilmesi ile sistem yük taşıyamayacak duruma gelir (Celep, 2017).



**Şekil 3.3:** Plastik mafsal kabulü

Şekil 3.3'te kesit boyutları b ve h olan L uzunluğundaki eleman F yanal kuvveti etkisindedir. Kesit akma momentine ulaştığı anda plastik davranışa geçiş yapar.  $\phi_y$ , bu momente karşılık gelen eğrilik değerini gösterir. Kesit moment kapasitesine ulaştığı anda ise enerji sönmüleyemez ve kesitin deformasyon yapabilme yeteneği son bulur. Moment kapasitesine ulaşıldığı andaki eğrilik değeri ise  $\phi_u$  ile ifade edilir. Plastik mafsal hipotezinde elde edilen eğrilik değerlerinden oluşan dönme ve deplasmanlar hesap edilir. Bu hesaplamalarda ise DBYBHY-2007' de önerilen (3.1) denklemindeki  $L_p$  (plastik mafsal boyutu) kullanılır.

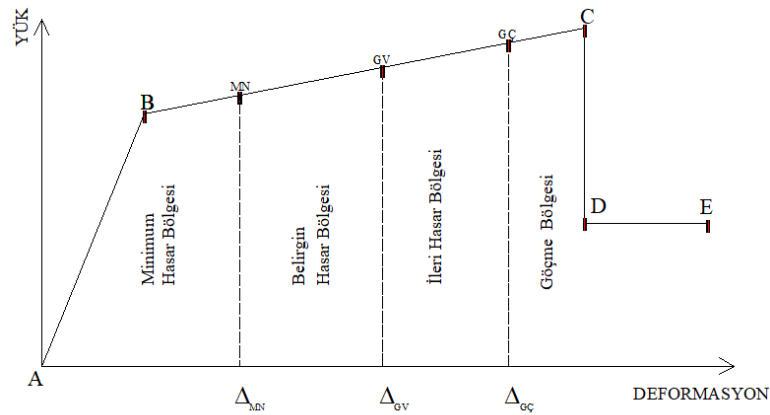
$$L_p = 0.5 * h \quad (3.1)$$

$L_p$ : Plastik Mafsal Boyu

h: Kesit Derinliği

Bir plastik mafsalda eleman yük deformasyon ilişkileri Şekil 3.4' te gösterildiği gibi doğrusal eğriler yardımıyla belirlenir. AB eğrisi doğrusal davranışı gösterirken BC eğrisi doğrusal sınır ötesi davranışı gösterir. DE eğrisi ise kalan sınırlı kapasiteyi temsil eder. "C" noktası eğride göçme noktası olarak bilinir ve bu noktadan sonra dayanımda ani bir düşüş gerçekleşerek akma dayanımının %20' si değerine ulaşılır (FEMA-356 2000; ATC-40 1996). CD eğrisi anında kapasite bir süre daha korunur ve E noktasına ulaşıldığı anda kapasitenin tamamı kaybedilir. MN

GV GÇ noktaları ise performans kriterleri için belirlenen noktalardır. Şekil 3.4'te görülen “B”-“MN” noktaları arası minimum hasar bölgesini, “MN”-“GV” noktaları arası belirgin hasar bölgesini, , “GV”-“GÇ” noktaları arası ileri hasar bölgesini, “GÇ”-“E” noktaları arası göçme bölgesini temsil eder. Bu şekilde eğilme mafsallarının deformasyon kapasiteleri belirlenmiştir. Bina modellerinde DBYBHY-2007 yönetmeliği koşullarına göre kesme mafsalı tanımlanmamıştır. Çünkü DBYBHY-2007 yönetmeliğine göre “ $V_r \geq V_e$ ” koşulu sağlanmalıdır. Burada  $V_e$ ; kolon, kiriş, perde elemanlarında enine donatı hesabında esas alınan kesme kuvveti iken  $V_r$ ; kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımını belirtmektedir.



Şekil 3.4: Genelleştirilmiş yük deformasyon ilişkisi

Mafsal tanımlanması için gerekli olan elemanların kritik kesitlerinin moment eğrilik ilişkileri SEMAp (Özmen ve diğ. 2007; TÜBİTAK 105M024, 2008) yazılımı aracılığıyla Mander sargılı beton modeli ile hesaplanmıştır (Mander ve diğ., 1988). Her eleman için ayrı ayrı bulunan moment eğrilik ilişkileri sonucunda dönme kapasiteleri ve mafsal özellikleri belirlenerek modelde mevcut olan kolon ve kiriş uçlarına mafsallar tanımlanmıştır.

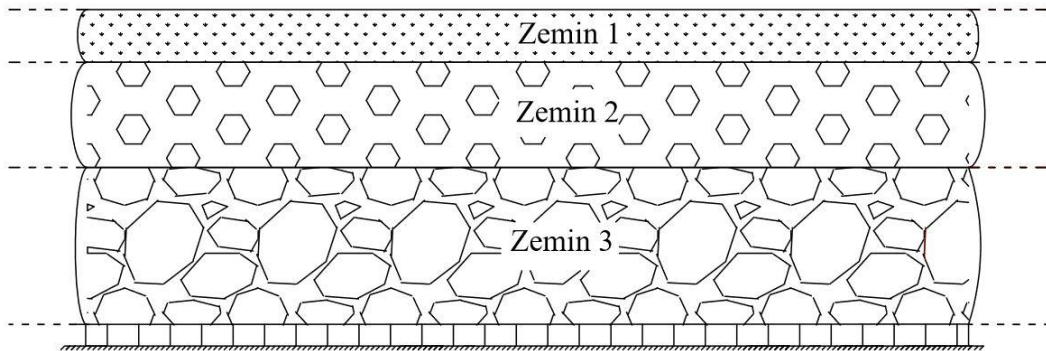
### 3.1.3 Zemin Ortamının Modellenmesi

Çalışma kapsamında zemin profilleri kütleli ve doğrusal elastik olarak solid ortamda Sap2000 programı yardımıyla modellenmiştir. Ancak ivme kaydı sadece üst yapı kütle noktalarında etkilmiştir. Böylece temel düzeyinde meydana gelen deformasyonların hesabında zeminin ataleti dikkate alınmıştır. Modelleme de zemin profillerini doğrusal olarak tasarımılandırılmasının sebebi 2012 yılında National

Eartquake Hazard Reduction Program (NEHRP) aracılığıyla National Institute of Standards and Technology (NIST) mühendislik laboratuvarı için hazırlanan “Soil-Structure Interaction for Building Structures” adlı raporun “2.4.1” numaralı bölümünde belirtildiği gibi çabuk mafsallaşan bir üstyapı modeli mevcut ise ve zemin-yapı modelinde rijit temel kullanılmış ise zemin davranışında dikkate değer doğrusal olmayan davranış söz konusu olmayabilir. Bu tip durumlar için eşdeğer elastik analizin kullanılması önerilmektedir.

Zemin yapı etkileşimini Sap2000 programı aracılığıyla incelenirken CSI geliştirme mühendisi Dr. Bob Morris’e ait öneriler göz önünde bulundurulmuştur. Bu öneriler kullanılarak “kx” adında bir yük deseni tanımlanmıştır ve binadaki elemanlara atanmıştır. “kx” adlı yüklemde ölçek katsayısı olarak  $1/g$  kullanılmıştır. Burada  $g$ , yer çekimi sabitidir. Kullanılan yaklaşımda “kx” aracılığı ile deprem kuvvetleri sadece binaya aktarılmıştır.

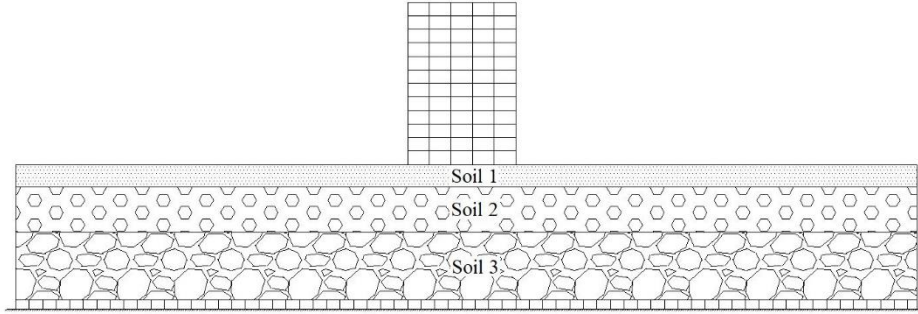
Modellenen zemin profili 30 m derinlikte ve 200 m genişliktedir. Zemin profilinin boyutu yeterli ölçüde uzun olması sebebiyle viskoz sınır şartları kullanılmamıştır. Zemin profili 3 farklı zemin çeşidi içermektedir. Zeminin yumuşak ya da sert olması halinde binanın davranışında değişimler olacağı literatürde önceki çalışmalarda gözlenmiştir. Bu davranış farklılıklarını incelemek için zemin profili 3 farklı kombinasyon halinde çeşitlendirilmiştir (Şekil 3.5).



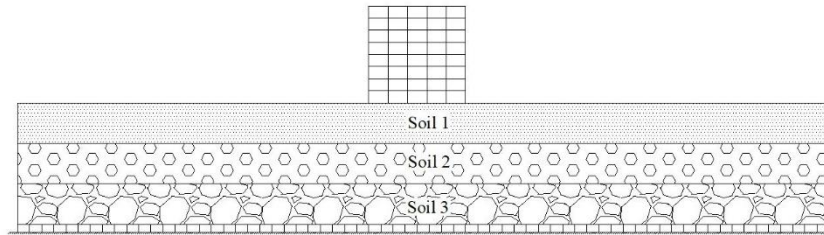
Şekil 3.5: Örnek zemin profili görüntüsü

Örnek olarak belirtilen Şekil 3.6 ve Şekil 3.7’de verilen farklı derinlikteki zemin katmanlarına ait özellikler Tablo 3.3’te verilmiştir. Zemin modellenirken 5

farklı derinlik seviyesinde katmanlar belirlenmiştir. Z1, Z2 ve Z3 için 5 farklı zemin çeşidinin kombinasyonları kullanılarak farklı derinliklerde zemin tabakaları oluşturulmuştur. Oluşturulan kombinasyonlarda kullanılan zemin çeşitleri Tablo 3.4'de verilmektedir.



Şekil 3.6: Z1 zemin profili için 12 katlı zemin yapı etkileşimli bina modeli



Şekil 3.7: Z2-Z3 zemin profilleri için 8 katlı zemin yapı etkileşimli bina modeli

Tablo 3.3: Katman özellikleri

ZEMİN	Z1	Z2	Z3
Katman 1(0-5 m)	S1	S2	S3
Katman 2(5-10 m)	S2		
Katman 3(10-15 m)		S3	S4
Katman 4(15-20 m)	S3		
Katman 5(20-30 m)		S4	S5

Tablo 3.4: Zemin çeşitlerinin özellikleri

ZEMİN	E kN/m <sup>2</sup>	Poisson Oranı	W kN*m	Vs m/s
S1	50000	0.4	16	125
S2	100000	0.4	16	150
S3	200000	0.35	17.65	200
S4	900000	0.3	19.61	400
S5	3890000	0.25	21.57	800



### 3.2 İvme Kayıtları ve Özellikleri

Çalışma kapsamında, 15 adet farklı özelliklere sahip gerçek deprem ivme kaydı kullanılmıştır. Kullanılan bu deprem ivme kayıtları PEER (Pacific Earthquake Engineering Research Center Ground Motion Database) web sitesinden alınmıştır, (PEER, <http://peer.berkeley.edu>).

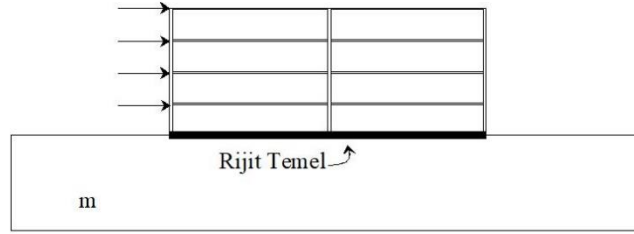
**Tablo 3.5:** Analizlerde kullanılan deprem ivme kayıtları

SETLER	No	Deprem Adı	Tarih	İstasyon	Bileşen	Büyükölük	PGA (g)	PGV (cm/sn)	Vs30 (m/sn)	Arias Intensity (m/s)
SET 1	1	Landers	28.06.1992	Yermo Fire Station	360	M <sub>w</sub> =7.3	0.152	29.70	353.63	0.9
	2	Kocaeli	17.08.1999	Izmit	180	M <sub>w</sub> =7.4	0.152	22.60	811	0.8
	3	Spitak	7.12.1988	Gukasian	000	M <sub>w</sub> =6.77	0.199	28.60	343.53	0.3
	4	Loma Pri.	18.10.1989	H.S. Pine	090	M <sub>w</sub> =6.93	0.177	29.10	370.8	2.2
	5	Italy	23.11.1980	Sturmo	000	M <sub>w</sub> =6.9	0.251	37.00	382.0	0.1
SET 2	6	Kocaeli	17.08.1999	Düzce	180	M <sub>w</sub> =7.4	0.312	58.85	281.9	1.3
	7	Chi-Chi	20.09.1999	TCU45	W	M <sub>w</sub> =7.62	0.474	37.39	704.6	1.3
	8	Kobe	16.01.1995	Nishi-Akashi	000	M <sub>w</sub> =6.9	0.509	37.30	609	3.4
	9	Landers	28.06.1992	Joshua Tree	090	M <sub>w</sub> =7.28	0.284	43.20	379.3	2.3
	10	Northridge	17.01.1994	Pacoima KC	360	M <sub>w</sub> =6.7	0.433	51.23	508.1	1.8
SET 3	11	Düzce	12.11.1999	Bolu	090	M <sub>w</sub> =7.14	0.822	62.10	293.6	3.7
	12	Northridge	17.01.1994	Sylmar Ol	090	M <sub>w</sub> =6.69	0.604	78.10	440.5	2.55
	13	Erzincan	13.03.1992	Erzincan	EW	M <sub>w</sub> =6.8	0.496	64.30	274.5	1.69
	14	Northridge	17.01.1994	Tarzana	360	M <sub>w</sub> =6.69	0.990	77.26	257.2	16.41
	15	Kobe	16.01.1995	Takatori	090	M <sub>w</sub> =6.9	0.616	120.72	256.0	8.7

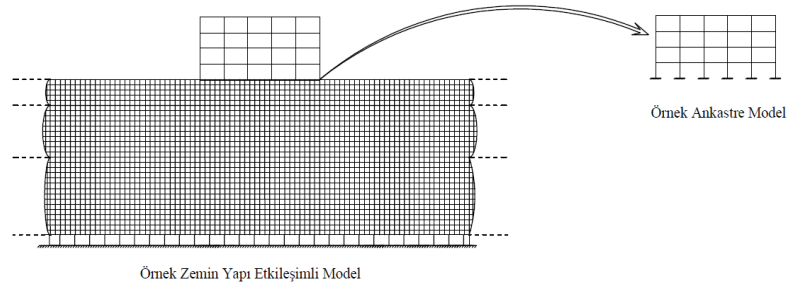
Kullanılan deprem ivme kayıtları modellerde sebep olduğu hasar büyüklüklerine göre Tablo 3.5' te belirtildiği gibi 3 farklı set halinde ayrılmıştır. Set 3 depremleri bina modellerine direkt etkililirken diğer depremler önce 3 farklı zemin modellerine etkililerek doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında analiz gerçekleştirilmiştir ve analiz sonucunda zemin profilinden elde edilen yüzey ivme kaydı alınmıştır (Şekil 3.8). Ardından elde edilen ivme kayıtları sadece binaya etkililmiştir (Şekil 3.9). Aynı yüzey kayıtları ankastre modellere de etkililerek zemin-yapı ve ankastre mesnetli modeller arasındaki sismik davranış farkı incelenmiştir. Örnek ankastre ve zemin-yapı etkileşimli model örnekleri Şekil 3.10' da verilmiştir.



Şekil 3.8: Yüzeiden alınan ivme kaydının basitleştirilmiş görseli

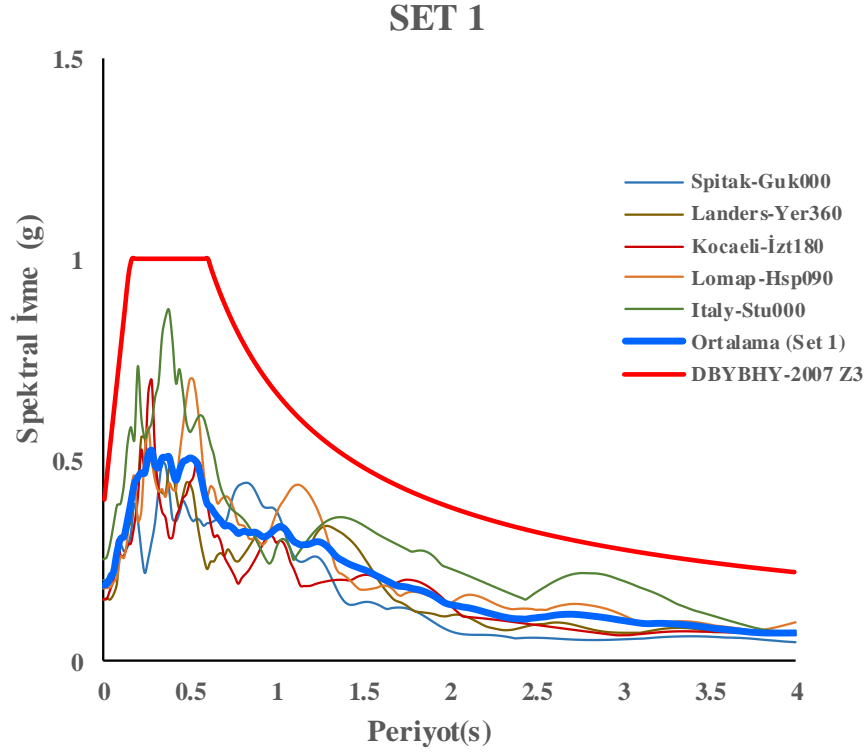


Şekil 3.9: Yüzeiden alınan ivme kaydının binaya aktarılmasının basitleştirilmiş görseli

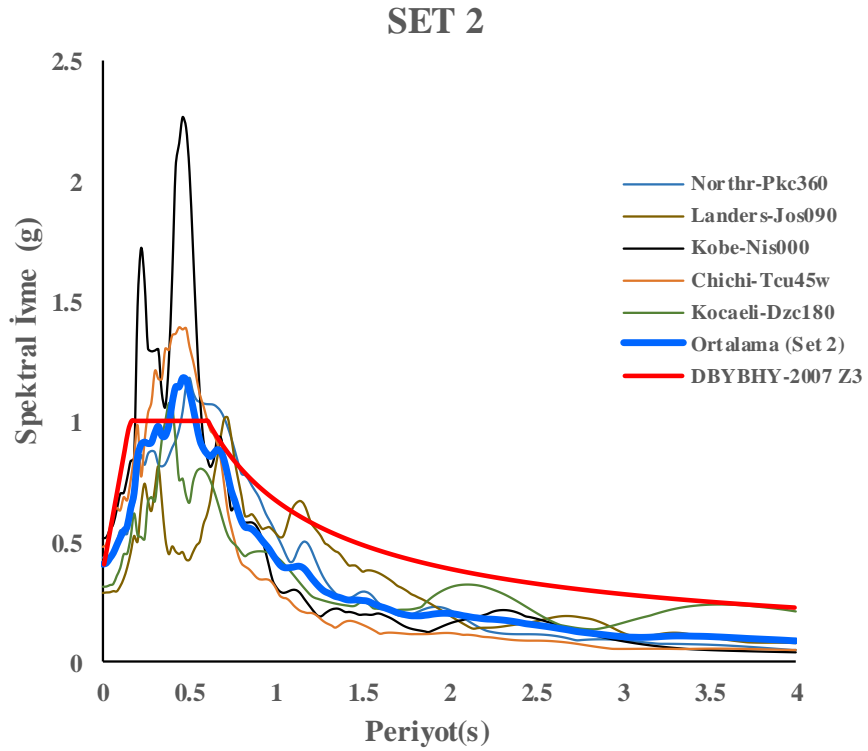


Şekil 3.10: Zemin yapı etkileşimli model ve ankastre model gösterimi

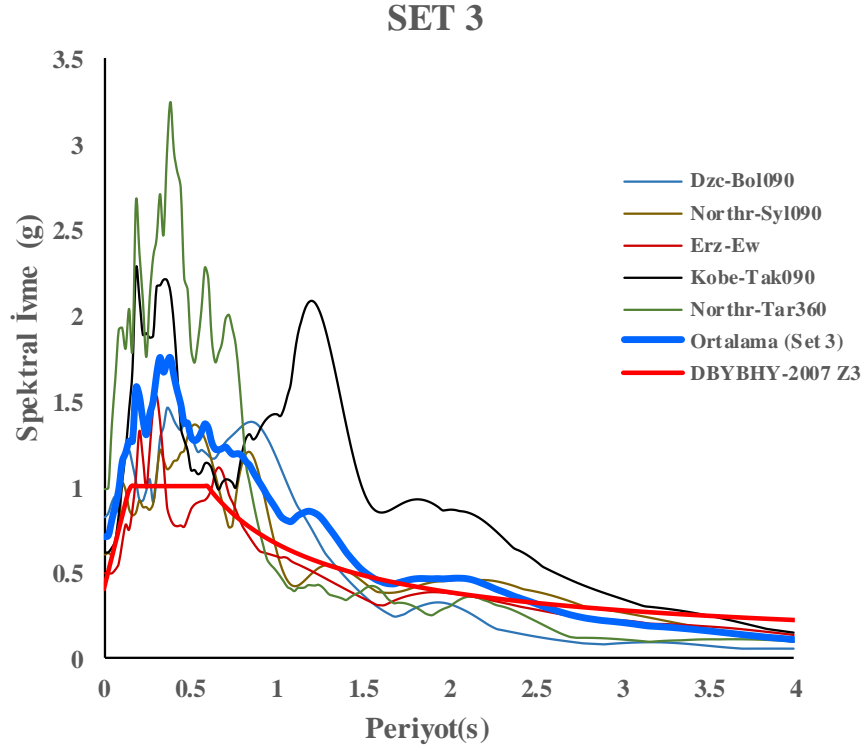
Çalışma kapsamında kullanılan ivme kayıtlarının %5 sönüm için elastik ivme spektrumları Şekil 3.11-Şekil 3.13 arasında yer almaktadır. DBYHBY-2007' ye göre hesaplanan spektral ivme-periyot eğrisi 1. deprem bölgesinde bulunan, Z3 yerel zemin sınıfına ait ve bina önem katsayısı değeri 1 için elde edilmiştir.



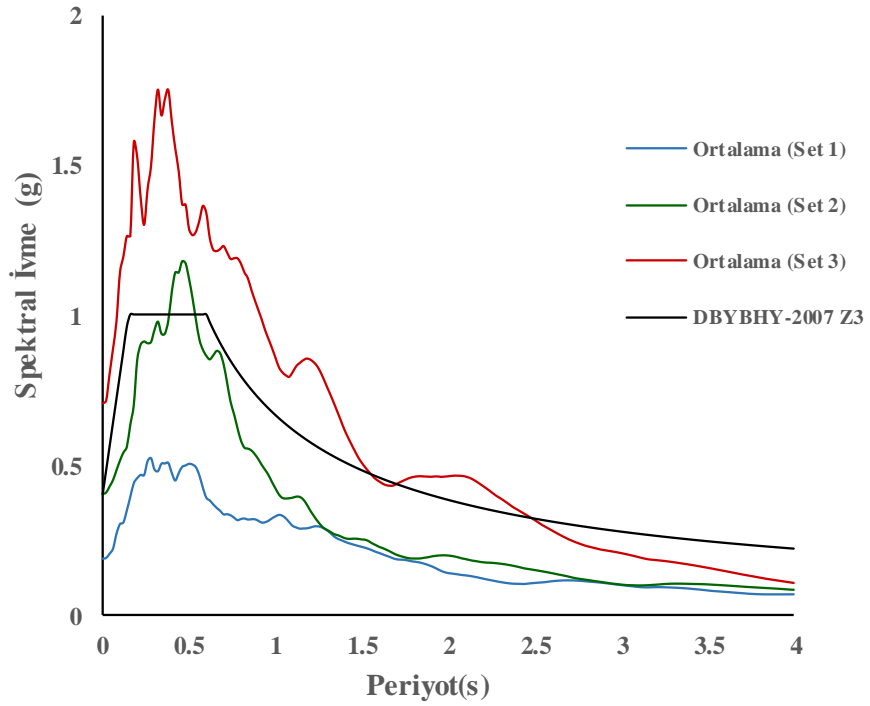
Şekil 3.11: Set 1 depremlerine ait ivme kayıtlarının %5 sönüm oranı için elde edilen elastik ivme spektrumları



Şekil 3.12: Set 2 depremlerine ait ivme kayıtlarının %5 sönüm oranı için elde edilen elastik ivme spektrumları



**Şekil 3.13:** Set 3 depremlerine ait ivme kayıtlarının %5 sönüm oranı için elde edilen elastik ivme spektrumları



**Şekil 3.14:** Her bir set için elde edilen ivme kayıtlarının %5 sönüm oranı için elde edilen elastik ivme spektrumlarının ve 2007 Türk Deprem Yönetmeliğine ait elastik ivme spektrumunun karşılaştırılması

Şekil 3.14' te verilen setler arası karşılaştırma grafiğinde set 1 depremlerinin ortalama grafiğinin maksimum spektral ivme değeri DBYHBY-2007 yönetmeliğinin altında kalmıştır. Set 2 ve set 3 depremlerinde ise DBYHBY-2007 yönetmeliğinin üzerinde kalmıştır. Ayrıca set 1 depremlerinin maksimum ortalama spektral ivme değeri 0.5 g olarak, set 2 depremleri için ortalama spektral ivme değeri 1.2 g ve set 3 depremleri için ortalama spektral ivme değeri 1.8 g olarak elde edilmiştir. Bu durum set 1 depremlerinin neden olduğu deplasman değerlerinin set 2 ve set 3 depremlerine göre daha düşük olmasını açıklamaktadır.

### **3.3 Doğrusal Elastik Olmayan Zaman Tanım Alanında Dinamik Analiz**

#### **3.3.1 Genel**

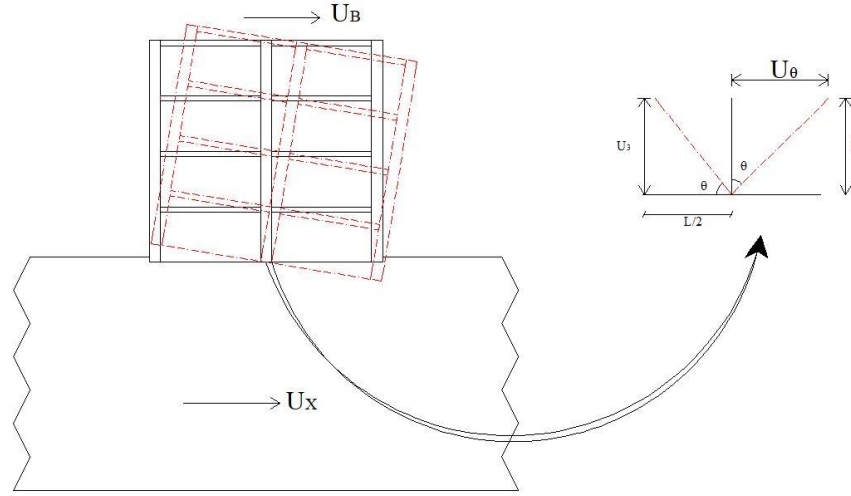
Doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında analiz yöntemi diğer yöntemler içinde gerçekçilik açısından büyük avantaj sağlarken iş yükünün fazla olması sebebiyle oldukça zor bir yöntemdir.

Doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında hesap yönteminde kullanılan deprem kaydı ile zorlanan yapıda atalet kuvvetleri oluşur. Böyle bir dinamik etki altındaki taşıyıcı sistem için (3. 2) eşitliğinde belirtilen dinamik denge denklemi zaman ile bağıntılı olarak çözümlenir ve sisteme ait bütün şekil değiştirmeleri, deplasmanları ve kesit iç etkileri bulunur. Daha sonra elde edilen verilerle sisteme ait her bir eleman için plastik mafsal dönmesi, beton ve donatıya ait birim uzama/kısalma talepleri belirlenir. Çözümü oldukça kapsamlı olan bu yöntemde sonuçlar dikkatli bir şekilde yorumlanmalıdır ve olabildiğince çok sayıda deprem ivme kaydıyla çözüm yapılması durumunda daha sağlıklı sonuçlar alınır.

$$m\ddot{u}(t) + c\dot{u}(t) + ku(t) = -m\ddot{u}_g(t) \quad (3. 2)$$

### 3.3.2 Analiz Sonucu Elde Edilen Veriler ve Yöntem

Çalışma kapsamında Sap2000 programı aracılığıyla 720 adet dinamik analiz gerçekleştirilmiştir. Bu analizler ışığında her bir bina modeline ait deplasman talepleri elde edilmiştir. Zemin yapı etkileşimi dikkate alınan modellerde elde edilen deplasman değeri zemin katkısı ile oluşan deplasman değeri ve temel dönmesi sebebiyle oluşan deplasman değerlerini içerdiği için binaya kalan deplasman değeri (3.3) eşitliğinde belirtildiği gibi elde edilmiştir.



Şekil 3.15: Oluşan deplasmanların gösterimi

$$U_T - U_X - U_\theta = U_B \quad (3.3)$$

$U_T$ =Toplam deplasman

$U_B$  =Binaya kalan deplasman

$U_X$  = Zemin etkisi sebebiyle oluşan deplasman

$U_\theta$ = Temel dönmesi sebebiyle oluşan deplasman

Temel dönmesi sebebiyle oluşan deplasmanda etkili olan parametreler Şekil 3.15 'te belirtilerek hesabı için (3.4) denkliği kullanılmıştır.

$$x = \frac{(2 * U_3 * h)}{L} \quad (3.4)$$

$h$ = Zemine göre yükseklik (her kat için ayrı olarak hesap edilir.)

$U_3$ = Temelde oluşan dönme

$L$ = Bina temeli genişliği

$x$ = Temelde oluşan dönmenin sebep olduğu deplasman değeri

Zemin-yapı etkileşimli çerçeve modellerde zemin kat yüksekliği çeşitliliği göz önünde bulundurularak binaya kalan deplasman hesabı sonucunda maksimum çatı katı deplasman talebi tespit edilerek o andaki deplasman değerleri ile her kata ait görelî kat ötelenme oranı elde edilmiştir. Bu işlemler her bir deprem için ayrı ayrı yapılmıştır ve setler halinde gruplandırılan depremlerin ortalama değerleri elde edilmiştir. Böylece ortalama değerler üzerinden konuşularak daha sağlıklı bir inceleme yapılması amaçlanmıştır. Ortalama değerlere, deplasman ve görelî kat ötelenme oranlarına ait grafikler 4. bölümde verilmiştir.

### **3.4 Doğrusal Elastik Olmayan Statik İtme Analizi**

#### **3.4.1 Genel**

Doğrusal elastik olmayan statik itme analizi en çok güvenilen ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin içinde en çok tercih edilen bir diğer yöntemdir.

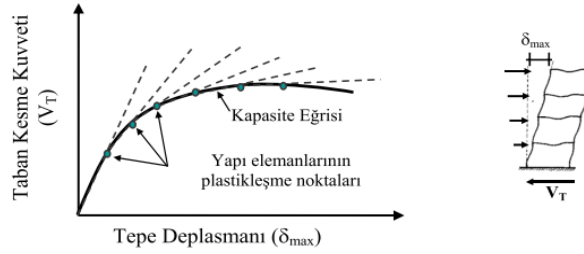
Doğrusal olmayan statik analiz yöntemleri temel olarak, yapının yatay kuvvet dayanımını temsil eden yatay kuvvet-deplasman ilişkisinin malzeme ve geometri değişimi bakımından lineer olmayan teoriye göre elde edilmesine ve bunun çeşitli parametrelere göre değerlendirilmesine dayanmaktadır (İrtem ve diğ., 2002).

Statik itme analizi ile toplam yatay yükü en üst noktanın yerdeğiştirmesi arasındaki ilişki elde edilir. Analiz sonucunda elde edilen statik itme eğrisi, tamamen bina özelliklerine bağılı olup, taşıyıcı sistemin doğrusal olmayan davranış ile karşıladığı bir  $V_x$  yatay kuvveti altında oluşan  $U_x$  yatay yer değiştirmesi arasındaki

ilişkiyi gösterir. Statik itme eğrisinde yatay kuvvet arttıkça plastik şekil değiştirmeler ve yatay yerdeğiştirmeler büyümekte ve sistemde hasar artmaktadır (Celep, 2017).

Statik itme eğrisi (Kapasite Eğrisi) yapıya ait zayıf elemanlar ve bu elemanların kritik bölgelerinde oluşabilecek mekanizma çeşitleri ve tüm taşıyıcı sistemin ve sistemdeki her bir elemanın deformasyon taleplerini verir.

Yapıya ait kapasite eğrisi çizdirilirken her yük değeri için toplam taban kesme kuvveti ( $V_T$ ) ve bu değere karşılık gelen en üst kat yatay deplasmanı (tepe deplasmanı) karşılaştırılır (Şekil 3.16).



Şekil 3.16: Nonlineer teori ile kapasite eğrisinin eldesi (İrtem ve diğ., 2002)

### 3.4.2 Doğrusal Elastik Olmayan Statik İtme Analizi ve Yöntemi

Çalışma kapsamında yumuşak kat düzensizliğinin bina kapasitesine olan etkisini incelemek amacıyla ankastre çerçeve bina modellerinin her biri için dikdörtgen itme deseni kullanılarak doğrusal olmayan statik itme analizleri gerçekleştirilmiştir.

Analizler sonucunda her bir bina ve zemin kat yüksekliği için kapasite eğrileri ayrı ayrı elde edilerek karşılaştırılmıştır. Böylece sistemlere ait yumuşak kat düzensizliğinin akma noktasındaki deplasman değerlerine, taban kesme kuvvet değerlerine, sistem rijitliğine ve plastik mafsallarda hasar dağılımına etkisi incelenmiştir. Elde edilen kapasite eğrileri 4. bölümde verilmiştir.



## 4. ANALİZ SONUÇLARI

### 4.1 Gerçekleştirilen Analizler

Tez kapsamında zemin yapı etkileşimli ve ankastre bina modelleri kullanılarak zemin kat yükseklikleri 3 m, 3.5 m ve 4 m olarak değiştirilerek çeşitlendirilen 9 farklı betonarme çerçeve bina modeli için 15 farklı ivme kaydı dikkate alınarak 720 adet doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında dinamik analiz gerçekleştirilmiştir. Ankastre modellerde zemin modellerinde elde edilen yüzey ivme kayıtları kullanılmıştır. Zemin yapı etkileşimli modeller için zemin modelinden alınan yüzey ivme kayıtları sadece binaya verilmiştir. Böylece her iki yaklaşımda bulunan farklılıklar ve bu farklılıkların yumuşak kat düzensizliğine olan etkisi daha gerçekçi bir şekilde incelenebilmiştir. Ayrıca yumuşak kat düzensizliğinin bina kapasitesine olan etkisini incelemek amacıyla toplamda 9 adet doğrusal elastik olmayan statik itme analizleri gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen itme analizlerinde dikdörtgen itme deseni kullanılmıştır. Analizler sonucunda elde edilen parametreler Tablo 4.1’ de verilmiştir.

**Tablo 4.1:** Analizler sonucu elde edilen parametreler

Analizler	Elde Edilen Parametreler	
Doğrusal Elastik Olmayan Zaman Tanım Alanında Dinamik Analiz	Deplasman Talep Değerleri	Karşılaştırmalar İçin Tablolar
	Görelî Kat Ötelenme Değerleri	
	Deplasman Profilleri	
	Görelî Kat Ötelenme Profilleri	
	Mafsal Görüntüleri	
	Zemin Yüksekliklerinin Deplasman ve Görelî Kat Ötelenmelerinin Karşılaştırılması	
Doğrusal Elastik Olmayan Statik İtme Analizi	Kapasite Eğrileri	
	Mafsal Görüntüleri	

## 4.2 Ortalama Deplasman Profillerinin Karşılaştırılması

Çalışma kapsamında oluşturulan deplasman profillerinde her bir deprem ivme kaydı için elde edilen maksimum çatı katı deplasman olduğu andaki deplasman talepleri kullanılmıştır. Oluşturulan grafiklerde elde edilen maksimum deplasman taleplerinin setlere ayırdığımız depremlere göre ortalamaları alınarak yumuşak kat düzensizliği incelenmiştir.

Farklı bina modeli ve zemin profillerine ait farklı zemin kat yüksekliği durumunda deplasman profillerinin karşılaştırılması EK A'da verilmektedir. Ek A'da verilen deplasman talepleri incelendiğinde zemin katta oluşan deplasman değerlerinin zemin kat yüksekliği arttıkça arttığı gözlemlenmiştir. Zemin yapı ve ankastre modellere ait deplasman profillerinin karşılaştırılması Şekil 4.1-Şekil 4.27 arasında verilmiştir. Setlere göre elde edilen ortalama maksimum çatı katı deplasman değerleri Tablo 4.2 'de verilmektedir.

**Tablo 4.2:** Setlere göre elde edilen ortalama maksimum çatı katı deplasman değerleri

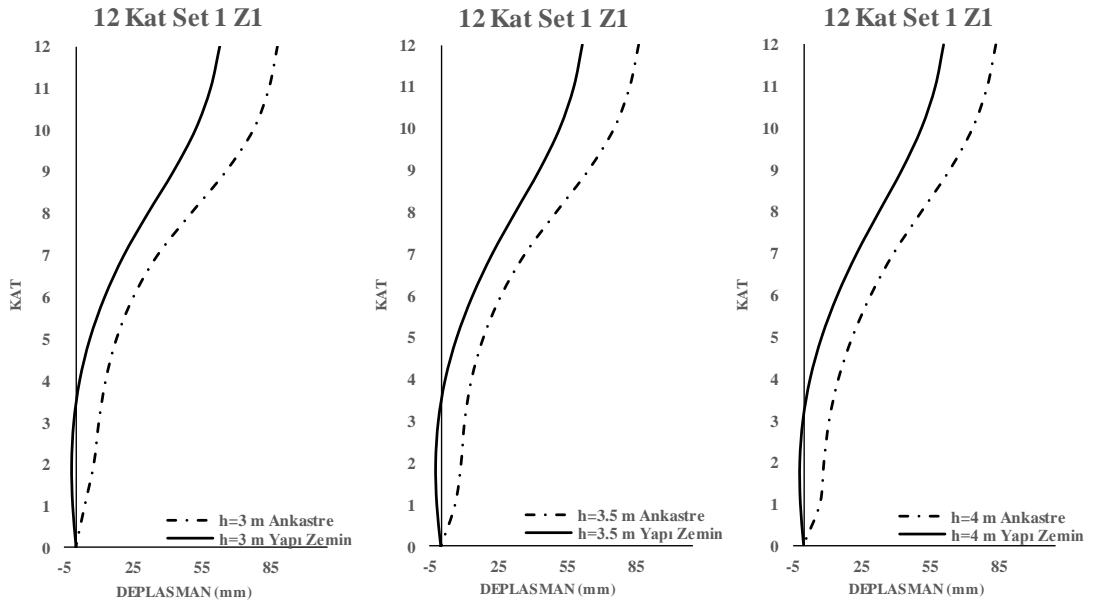
Ortalama Maksimum Çatı Katı Deplasman (mm)											
Zemin Profili	Modeller	12 Katlı Model			8 Katlı Model			4 Katlı Model			
	Zemin Kat Yüksekliği	3 m	3.5 m	4 m	3 m	3.5 m	4 m	3 m	3.5 m	4 m	
Z1	SET 1	ZYE	62.77	61.50	60.88	65.86	65.60	65.43	63.27	61.50	60.29
		ANKASTRE	88.60	86.45	83.77	88.28	87.21	86.65	80.76	77.78	72.71
	SET 2	ZYE	106.88	103.35	99.92	136.04	131.39	127.62	130.72	130.20	130.38
		ANKASTRE	129.42	127.92	125.73	154.72	154.88	153.75	166.44	103.57	96.94
	SET 3	ZYE	243.84	236.65	233.13	196.48	198.57	198.02	114.71	125.02	140.20
		ANKASTRE	246.69	242.78	230.42	210.38	202.75	197.33	124.67	131.08	141.60
Z2	SET 1	ZYE	41.85	39.57	36.80	49.31	47.73	47.24	52.15	48.39	47.16
		ANKASTRE	53.17	51.65	49.32	65.72	65.72	63.27	67.52	57.77	57.76
	SET 2	ZYE	60.04	58.01	56.71	89.63	86.28	83.60	100.45	98.16	95.57
		ANKASTRE	78.31	76.96	77.57	99.95	99.22	97.08	110.21	103.57	96.94
	SET 3	ZYE	250.20	243.16	231.22	194.58	194.40	196.60	110.48	125.84	147.08
		ANKASTRE	246.69	242.78	230.42	210.38	202.75	197.33	124.67	131.08	141.60
Z3	SET 1	ZYE	13.18	13.71	14.04	15.51	14.25	13.52	21.80	20.50	20.27
		ANKASTRE	19.17	18.82	19.44	19.12	18.27	17.22	33.86	27.84	24.08
	SET 2	ZYE	22.70	22.40	22.04	39.08	26.68	25.46	40.50	39.40	37.77
		ANKASTRE	32.13	30.73	29.53	32.60	31.25	29.85	44.62	45.55	43.78
	SET 3	ZYE	245.56	239.20	227.27	202.01	197.79	196.46	119.81	126.82	144.04
		ANKASTRE	246.69	242.78	230.42	210.38	202.75	197.33	124.67	131.08	141.60

## 4.2.1 12 Katlı Çerçeve Bina Modeli İçin Deplasman Profillerinin Karşılaştırılması

### 4.2.1.1 Z1 Zeminine Ait Deplasman Profillerinin Karşılaştırılması

12 katlı çerçeve bina için zemin yapı etkileşimli ve ankastre modellerinin Z1 zemin profiline ait deplasman sonuçları Şekil 4.1-Şekil 4.3 arasında verilmektedir. Grafikler incelendiğinde zemin kat yüksekliği 4 m ve 3.5 m olan bina modellerinde zemin kat yüksekliği 3 m olan bina modellerine göre çatı deplasman taleplerinde azalma görülürken zemin kat deplasman taleplerinde artış olduğu gözlemlenmiştir.

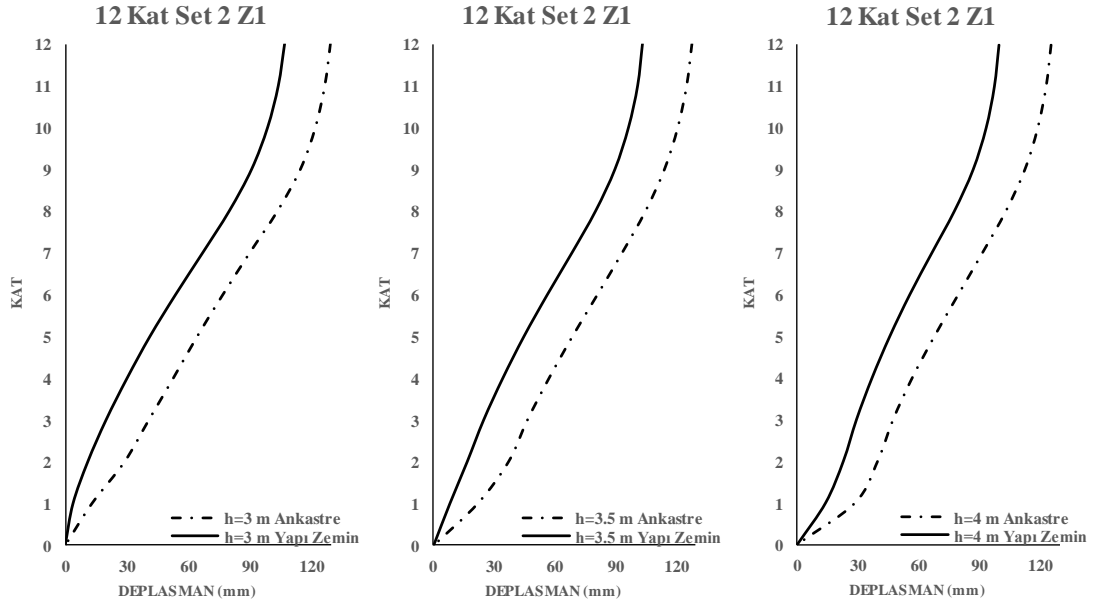
Şekil 4.1’de verilen ZYE modellere ait çatı deplasman talepleri set 1 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 62 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 60 mm olarak hesaplanmıştır. Ankastre modellere ait çatı deplasman talepleri incelendiğinde set 1 depremleri için zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 88 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 83 mm olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.1: 12 katlı bina modelinin set 1 depremleri için Z1 zemin profiline ait deplasman profillerinin karşılaştırılması

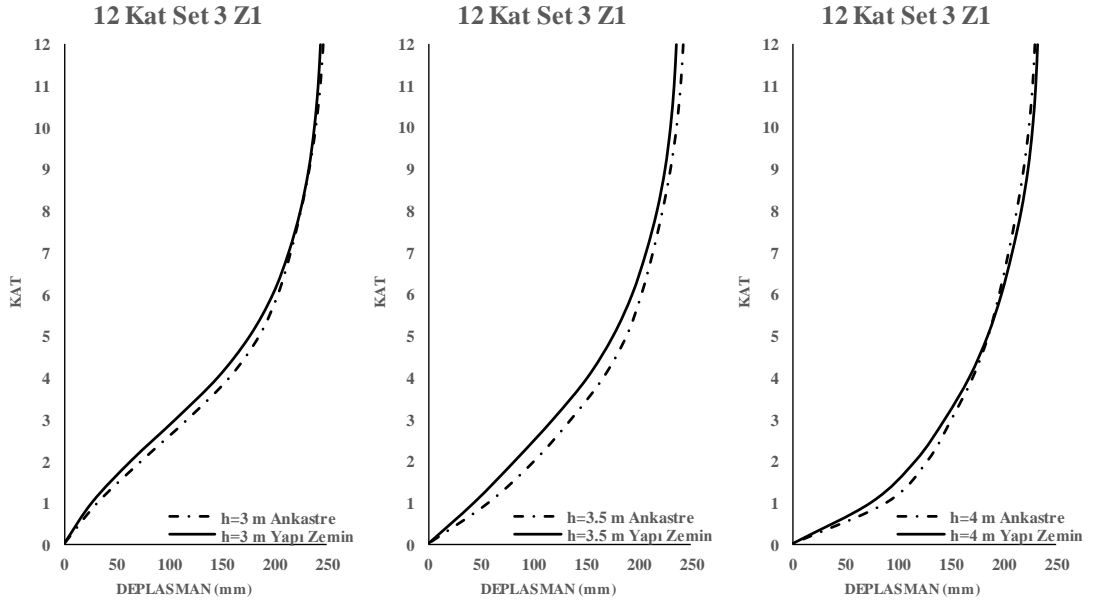
Şekil 4.2’de verilen ZYE modellere ait çatı deplasman talepleri set 2 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 106 mm

olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 99 mm olarak hesaplanmıştır. Ankastre modellere ait çatı deplasman talepleri set 2 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 129 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 125 mm olarak hesaplanmıştır.



**Şekil 4.2:** 12 katlı bina modelinin set 2 depremleri için Z1 zemin profiline ait deplasman profillerinin karşılaştırılması

Şekil 4.3'te verilen ZYE modellere ait çatı deplasman talepleri set 3 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 243 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 233 mm olarak hesaplanmıştır. Ankastre modellere ait çatı deplasman talepleri set 3 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 246 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 230 mm olarak hesaplanmıştır.

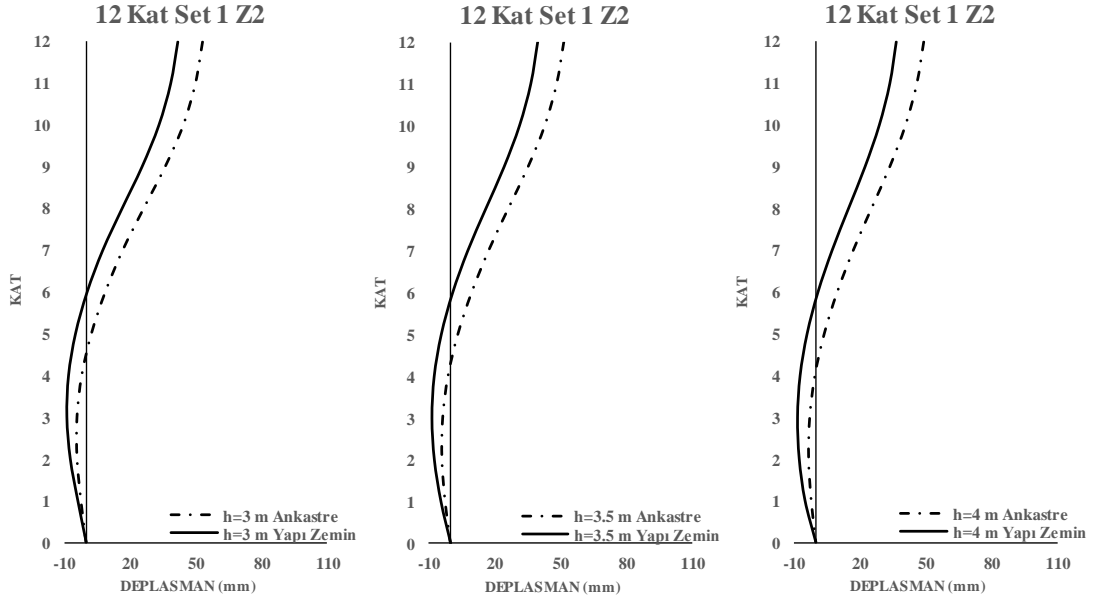


**Şekil 4.3:** 12 katlı bina modelinin set 3 depremleri için Z1 zemin profiline ait deplasman profillerinin karşılaştırılması

#### 4.2.1.2 Z2 Zeminine Ait Deplasman Profillerinin Karşılaştırılması

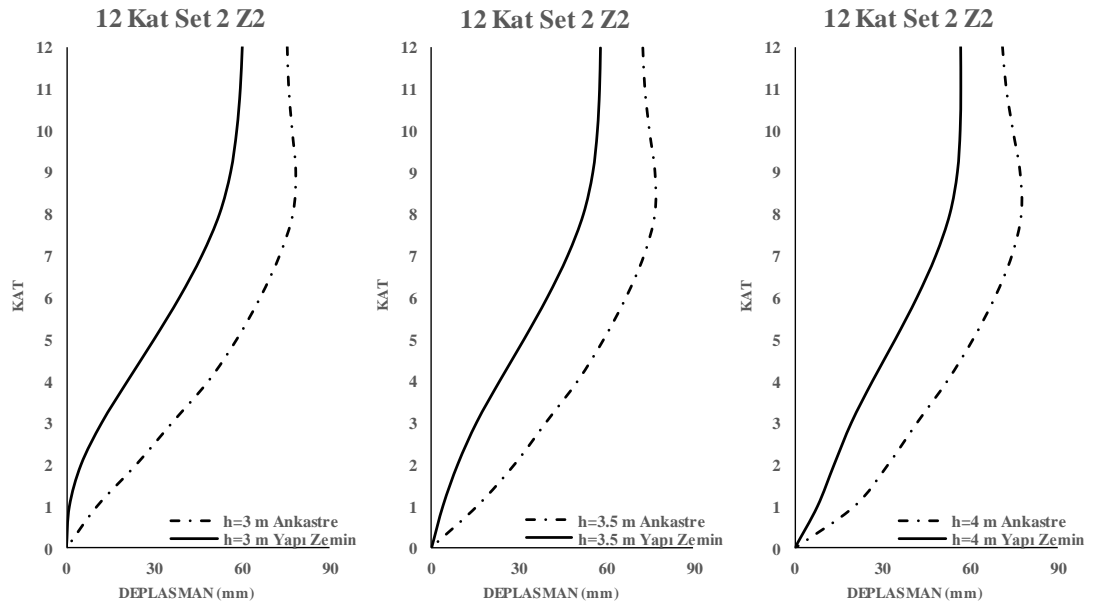
12 katlı çerçeve bina için zemin yapı etkileşimli ve ankastre modellerinin Z2 zemin profiline ait deplasman sonuçları Şekil 4.4-Şekil 4.6 arasında verilmektedir. Grafikler incelendiğinde zemin kat yüksekliği 4 m ve 3.5 m olan bina modellerinde zemin kat yüksekliği 3 m olan bina modellerine göre çatı deplasman taleplerinde azalma görülürken zemin kat deplasman taleplerinde artış olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 4.4'te verilen ZYE modellere ait çatı deplasman talepleri set 1 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 41 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 36 mm olarak hesaplanmıştır. Ankastre modellere ait çatı deplasman talepleri set 1 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 53 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 49 mm olarak hesaplanmıştır.



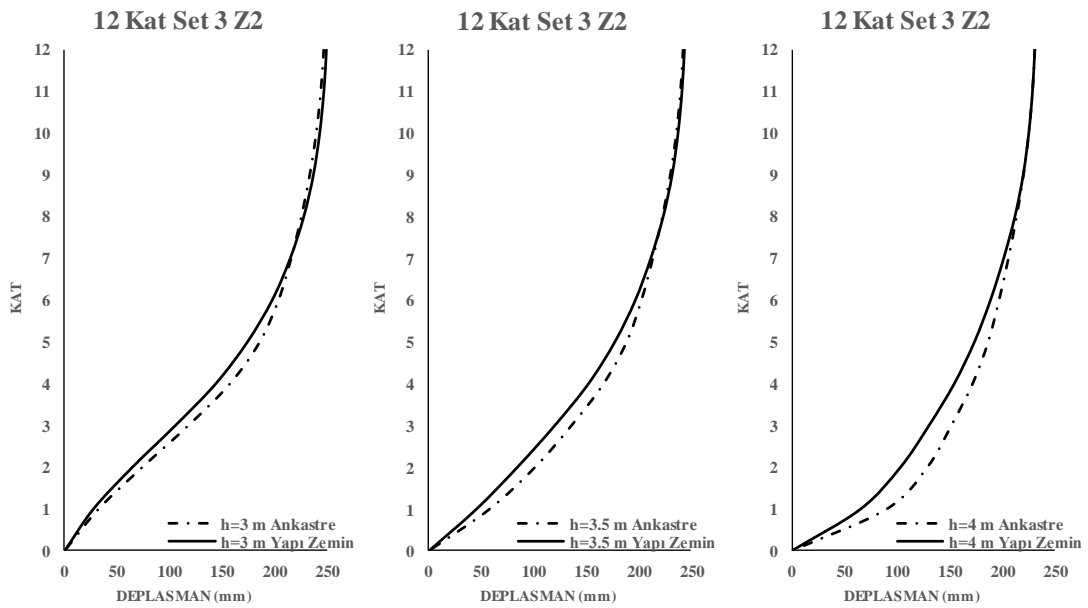
**Şekil 4.4:** 12 katlı bina modelinin set 1 depremleri için Z2 zemin profiline ait deplasman profillerinin karşılaştırılması

Şekil 4.5'te verilen ZYE modellere ait çatı deplasman talepleri set 2 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 60 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 56 mm olarak hesaplanmıştır. Ankastr modellere ait çatı deplasman talepleri set 2 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 78 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 77 mm olarak hesaplanmıştır.



**Şekil 4.5:** 12 katlı bina modelinin set 2 depremleri için Z2 zemin profiline ait deplasman profillerinin karşılaştırılması

Şekil 4.6’da verilen ZYE modellere ait çatı deplasman talepleri set 3 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 250 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 231 mm olarak hesaplanmıştır. Ankastre modellere ait çatı deplasman talepleri set 3 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 246 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 230 mm olarak hesaplanmıştır.



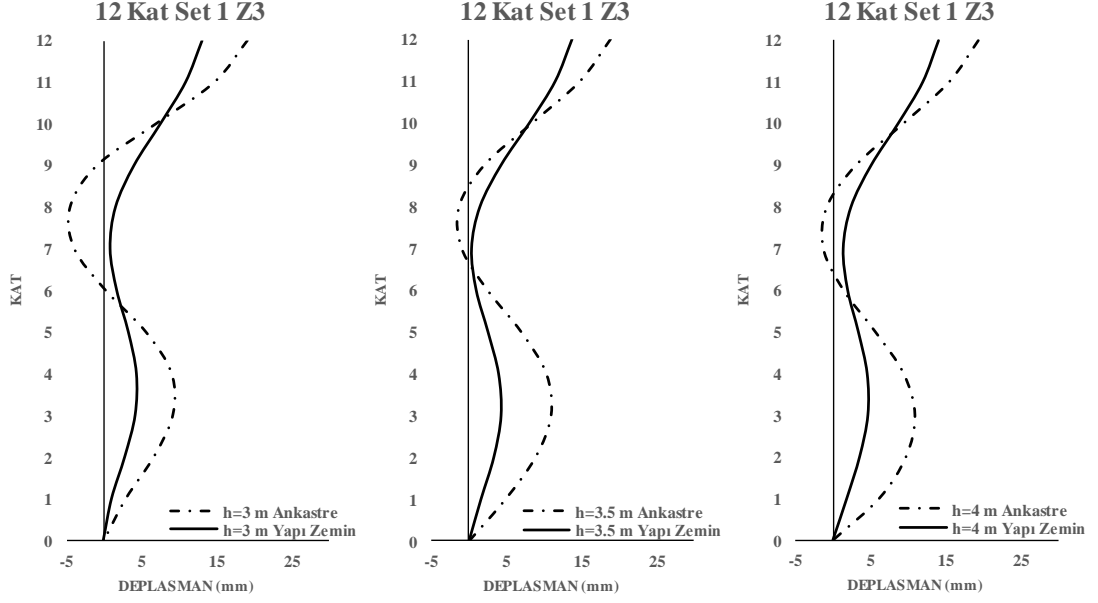
**Şekil 4.6:** 12 katlı bina modelinin set 3 depremleri için Z2 zemin profiline ait deplasman profillerinin karşılaştırılması

#### 4.2.1.3 Z3 Zeminine Ait Deplasman Profillerinin Karşılaştırılması

12 katlı çerçeve bina için zemin yapı etkileşimli ve ankastre modellerinin Z3 zemin profiline ait deplasman sonuçları Şekil 4.7-Şekil 4.9 arasında verilmektedir. Grafikler incelendiğinde set 1 ve set 2 depremlerinde zemin kat yüksekliği artması ile çatı deplasman taleplerinde oluşan farklılık oldukça düşük seviyede hesaplanmıştır. Ancak set 3 depremlerinde (vurucu depremler) zemin kat yüksekliğinin artması ile çatı deplasmanları azalmaktadır.

Şekil 4.7’de verilen ZYE modellere ait çatı deplasman talepleri set 1 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 13 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 14 mm olarak

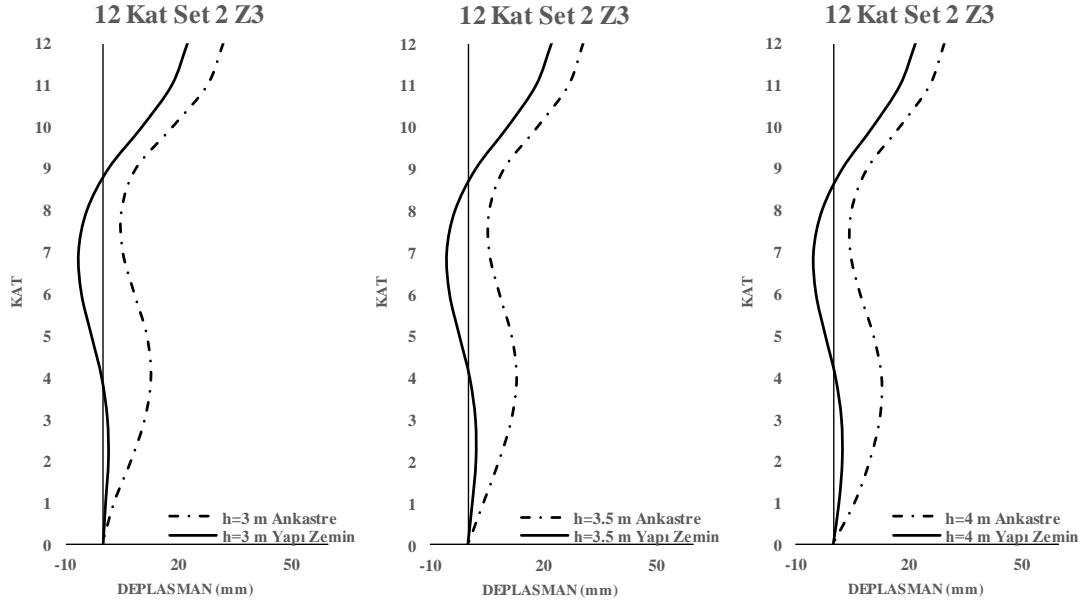
hesaplanmıştır. Ankastre modellere ait çatı deplasman talepleri set 1 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 19 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 19 mm olarak hesaplanmıştır.



**Şekil 4.7:** 12 katlı bina modelinin set 1 depremleri için Z3 zemin profiline ait deplasman profillerinin karşılaştırılması

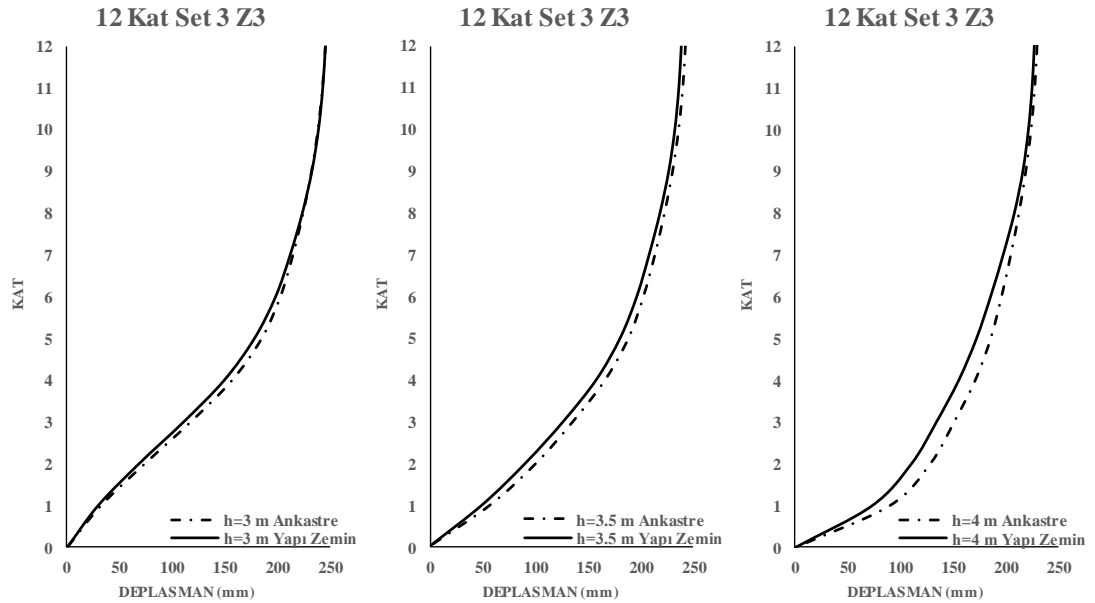
Şekil 4.8’de verilen ZYE modellere ait çatı deplasman talepleri set 2 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 22 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 22 mm olarak hesaplanmıştır. Ankastre modellere ait çatı deplasman talepleri set 2 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 32 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 29 mm olarak hesaplanmıştır.





**Şekil 4.8:** 12 katlı bina modelinin set 2 depremleri için Z3 zemin profiline ait deplasman profillerinin karşılaştırılması

Şekil 4.9’da verilen ZYE modellere ait çatı deplasman talepleri set 3 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 245 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 227 mm olarak hesaplanmıştır. Ankastré modellere ait çatı deplasman talepleri set 3 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 246 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 230 mm olarak hesaplanmıştır.



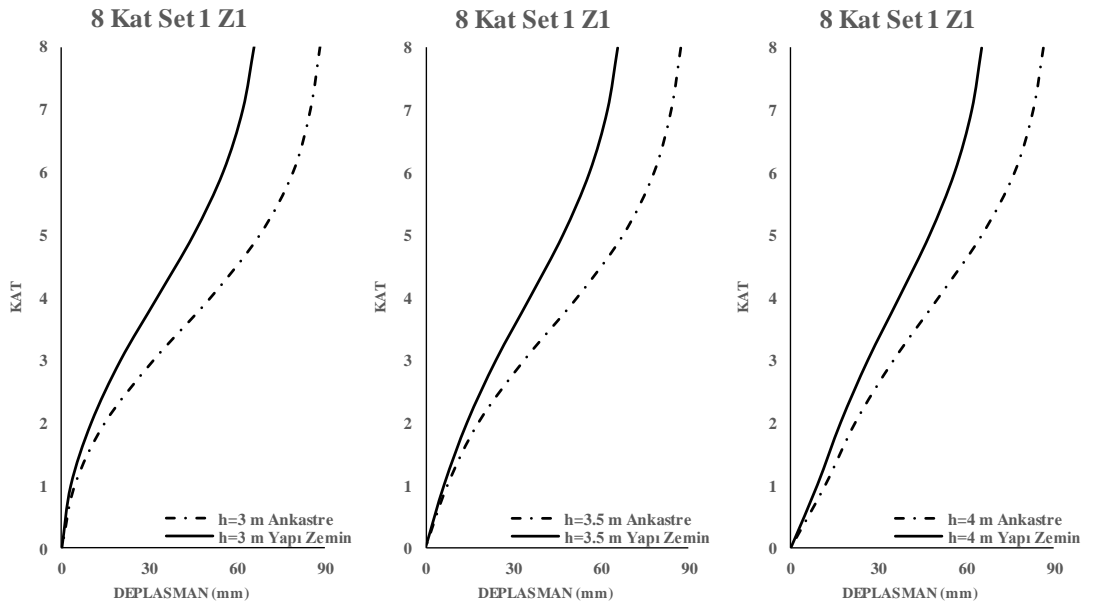
**Şekil 4.9:** 12 katlı bina modelinin set 3 depremleri için Z3 zemin profiline ait deplasman profillerinin karşılaştırılması

## 4.2.2 8 Katlı Çerçeve Bina Modeli İçin Deplasman Profillerinin Karşılaştırılması

### 4.2.2.1 Z1 Zeminine Ait Deplasman Profillerinin Karşılaştırılması

8 katlı çerçeve bina için zemin yapı etkileşimli ve ankastre modellerinin Z1 zemin profiline ait deplasman sonuçları Şekil 4.10-Şekil 4.12 arasında verilmektedir.

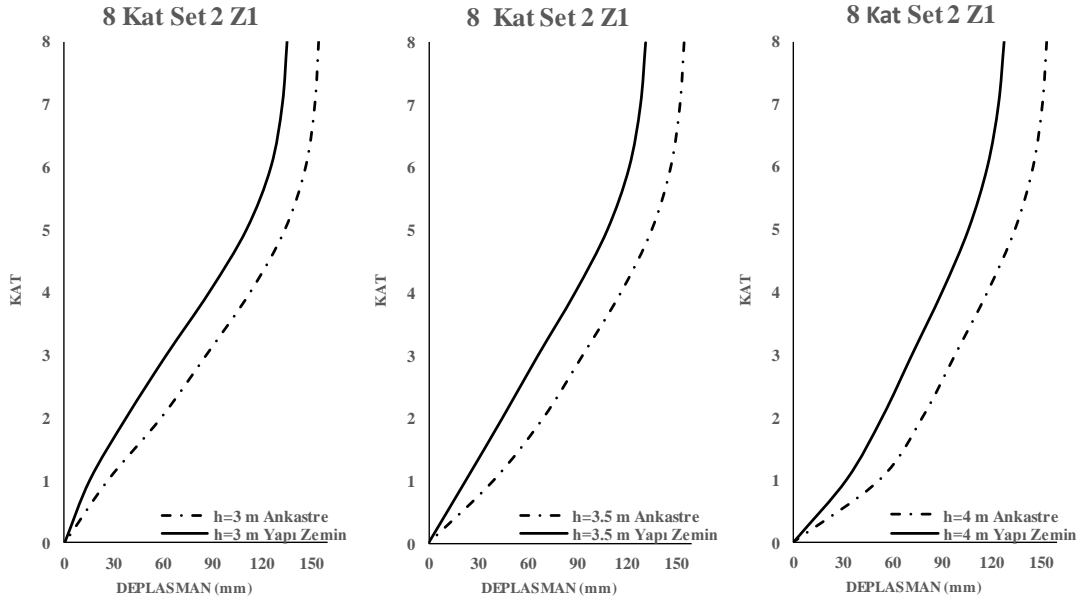
Şekil 4.10'da verilen ZYE modellere ait çatı deplasman talepleri set 1 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 65,8 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 65,4 mm olarak hesaplanmıştır. Ankastre modellere ait çatı deplasman talepleri set 1 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 88 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 86 mm olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.10: 8 katlı bina modelinin set 1 depremleri için Z1 zemin profiline ait deplasman profillerinin karşılaştırılması

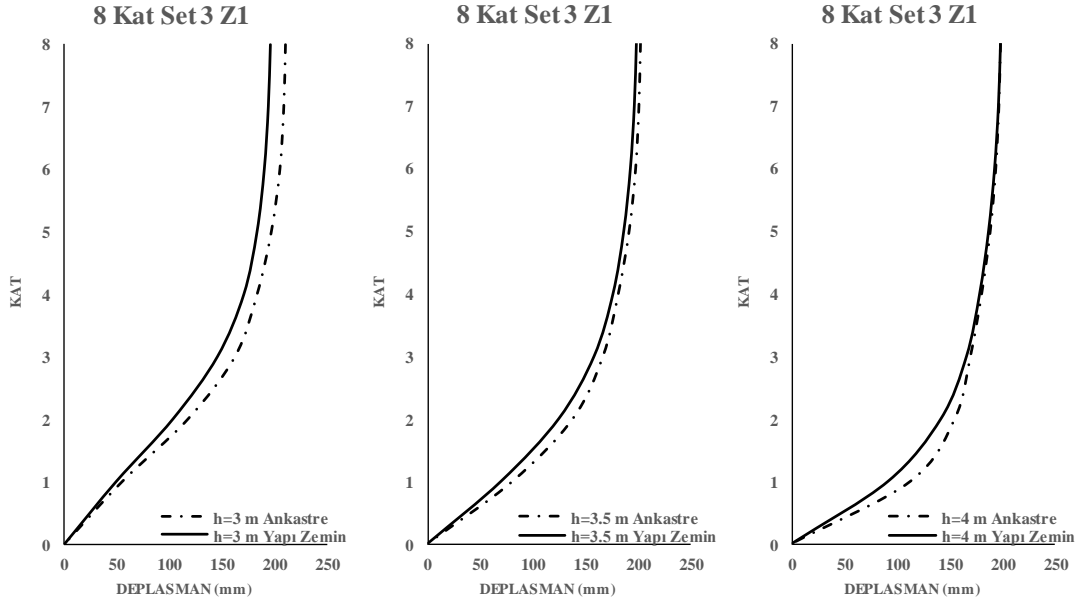
Şekil 4.11'de verilen ZYE modellere ait çatı deplasman talepleri set 2 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 136 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 127 mm olarak hesaplanmıştır. Ankastre modellere ait çatı deplasman talepleri set 2

depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 154 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 153 mm olarak hesaplanmıştır.



**Şekil 4.11:** 8 katlı bina modelinin set 2 depremleri için Z1 zemin profiline ait deplasman profillerinin karşılaştırılması

Şekil 4.12’de verilen ZYE modellere ait çatı deplasman talepleri set 3 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 196 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 198 mm olarak hesaplanmıştır. Ankastr modellere ait çatı deplasman talepleri set 3 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 210 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 197 mm olarak hesaplanmıştır.

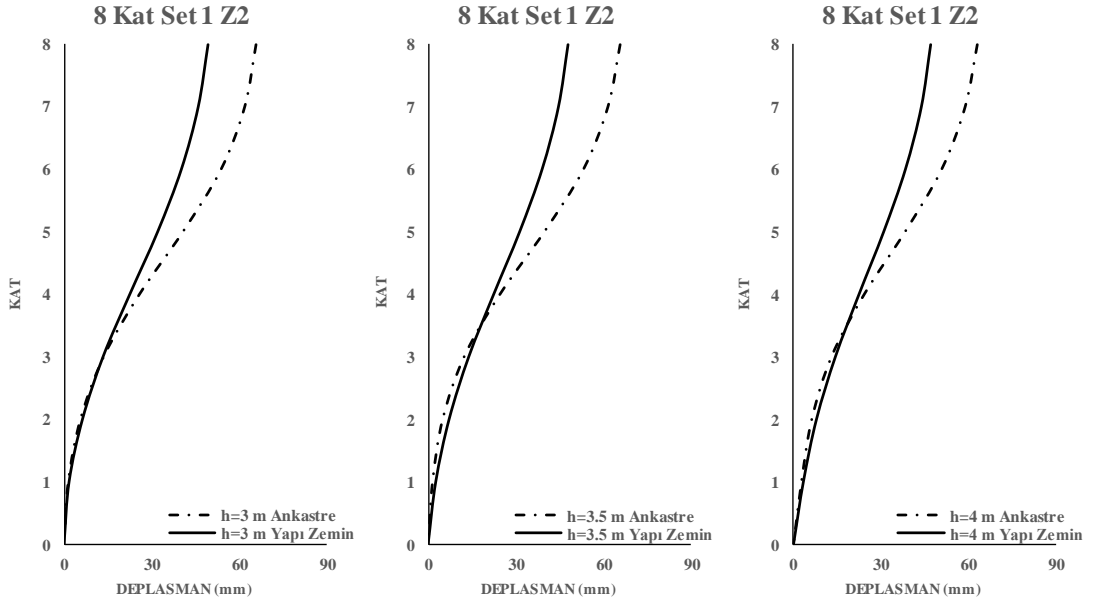


**Şekil 4.12:** 8 katlı bina modelinin set 3 depremleri için Z1 zemin profiline ait deplasman profillerinin karşılaştırılması

#### 4.2.2.2 Z2 Zeminine Ait Deplasman Profillerinin Karşılaştırılması

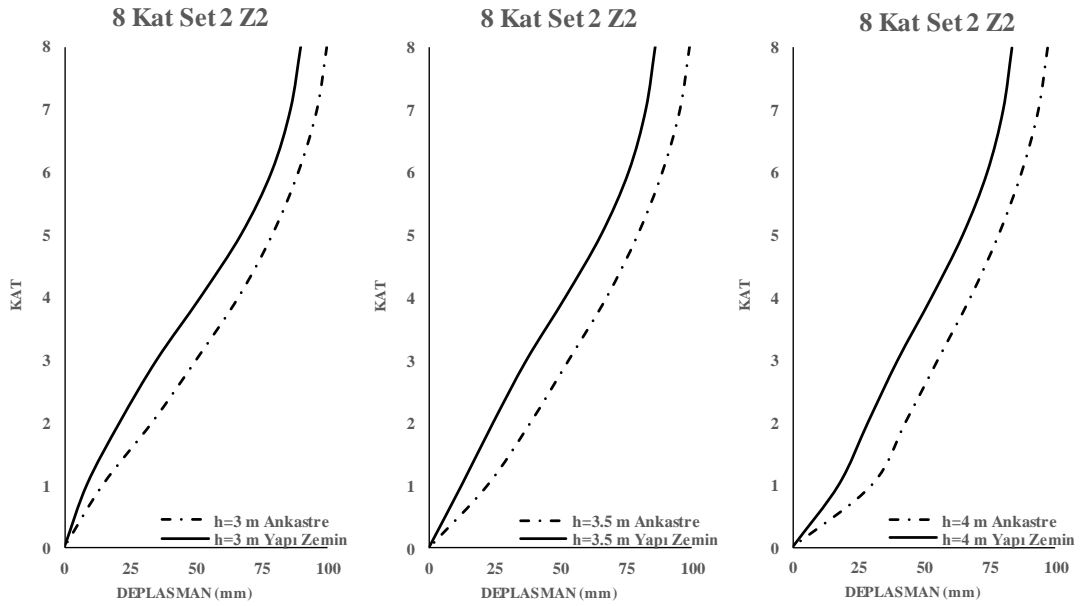
8 katlı çerçeve bina için zemin yapı etkileşimli ve ankastr modellerinin Z2 zemin profiline ait deplasman sonuçları Şekil 4.13-Şekil 4.15 arasında verilmektedir.

Şekil 4.13'te verilen ZYE modellere ait çatı deplasman talepleri set 1 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 49 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 47 mm olarak hesaplanmıştır. Ankastr modellere ait çatı deplasman talepleri set 1 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 65 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 63 mm olarak hesaplanmıştır.



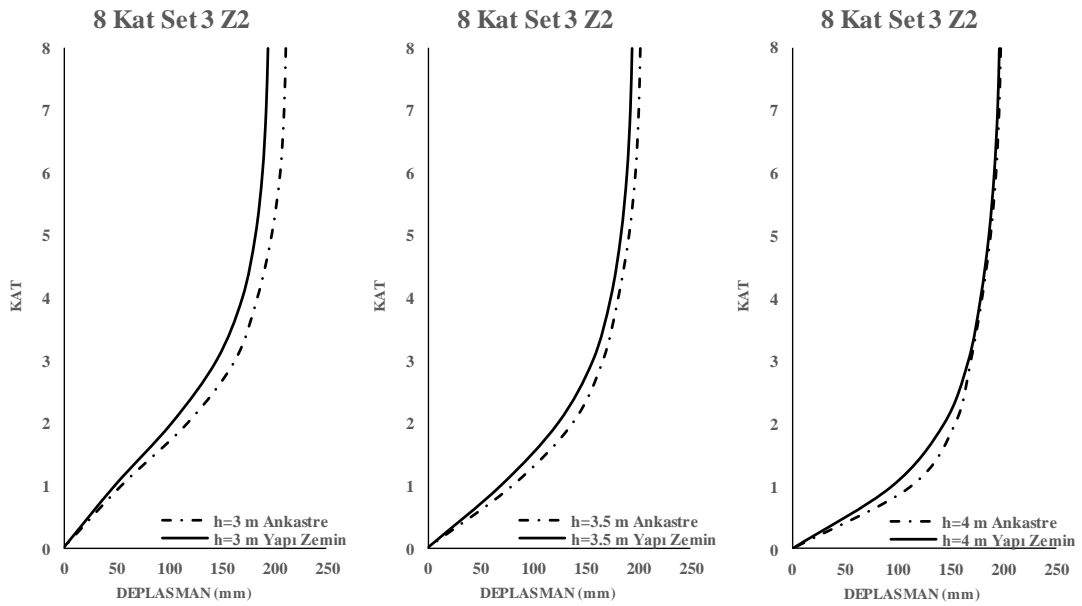
**Şekil 4.13:** 8 katlı bina modelinin set 1 depremleri için Z2 zemin profiline ait deplasman profillerinin karşılaştırılması

Şekil 4.14'te verilen ZYE modellere ait çatı deplasman talepleri set 2 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 89 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 83 mm olarak hesaplanmıştır. Ankastré modellere ait çatı deplasman talepleri set 2 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 99 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 97 mm olarak hesaplanmıştır.



**Şekil 4.14:** 8 katlı bina modelinin set 2 depremleri için Z2 zemin profiline ait deplasman profillerinin karşılaştırılması

Şekil 4.15'te verilen ZYE modellere ait çatı deplasman talepleri set 3 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 194 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 196 mm olarak hesaplanmıştır. Ankastre modellere ait çatı deplasman talepleri set 3 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 210 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 197 mm olarak hesaplanmıştır.

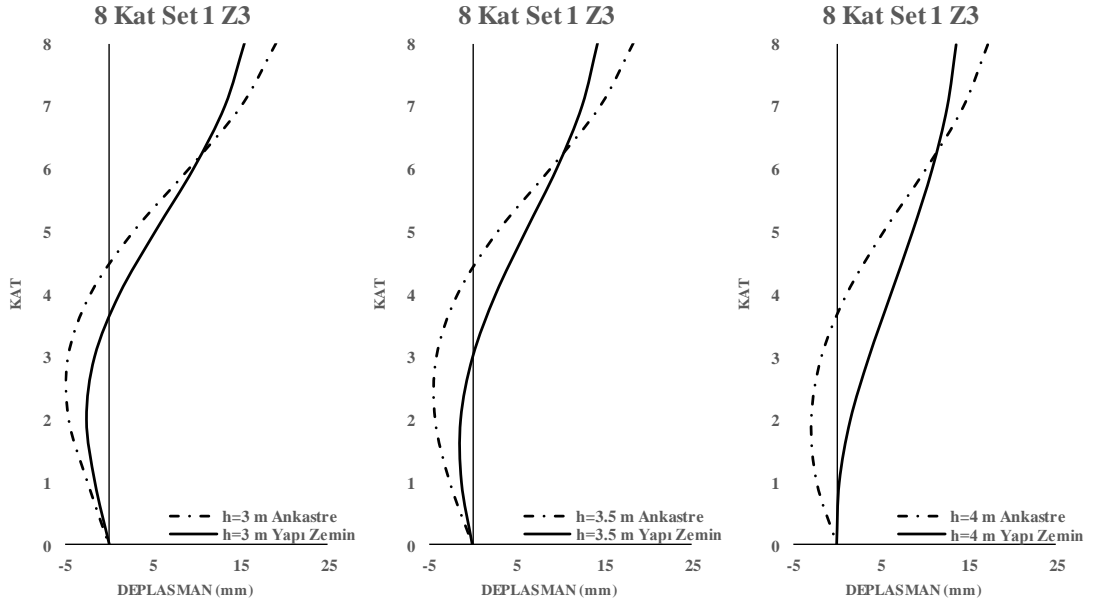


Şekil 4.15: 8 katlı bina modelinin set 3 depremleri için Z2 zemin profiline ait deplasman profillerinin karşılaştırılması

#### 4.2.2.3 Z3 Zeminine Ait Deplasman Profillerinin Karşılaştırılması

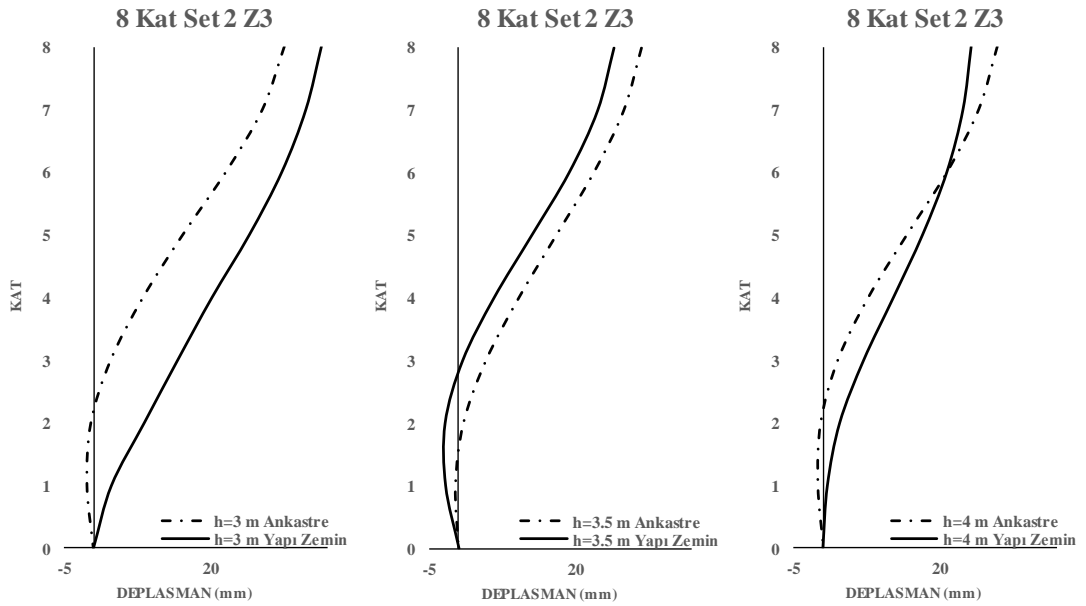
8 katlı çerçeve bina için zemin yapı etkileşimli ve ankastre modellerinin Z3 zemin profiline ait deplasman sonuçları Şekil 4.16-Şekil 4.18 arasında verilmektedir.

Şekil 4.16'da verilen ZYE modellere ait çatı deplasman talepleri set 1 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 15 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 13 mm olarak hesaplanmıştır. Ankastre modellere ait çatı deplasman talepleri set 1 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 19 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 17 mm olarak hesaplanmıştır.



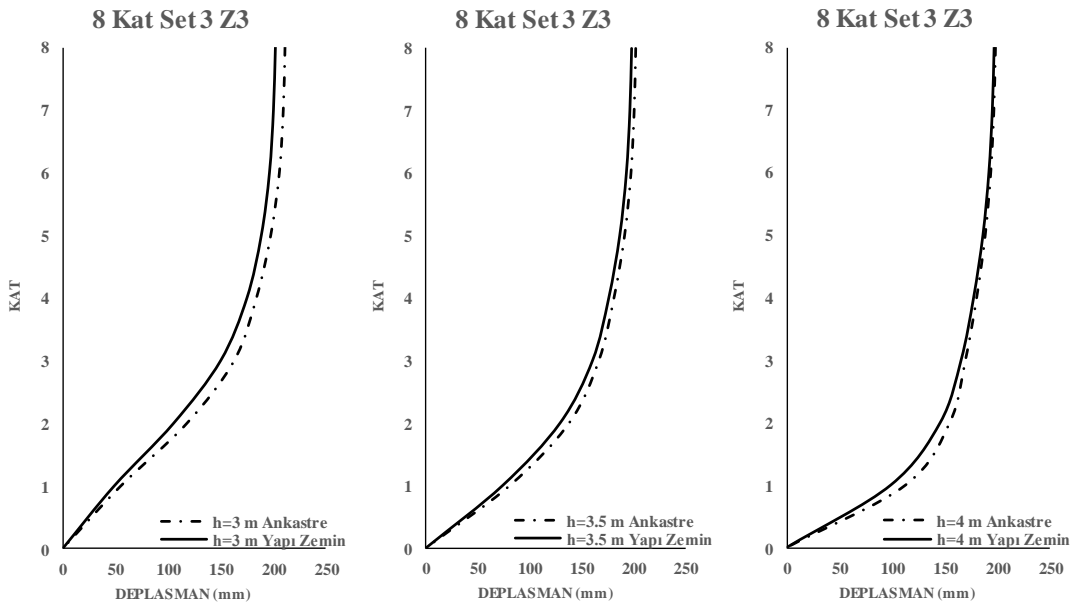
**Şekil 4.16:** 8 katlı bina modelinin set 1 depremleri için Z3 zemin profiline ait deplasman profillerinin karşılaştırılması

Şekil 4.17’de verilen ZYE modellere ait çatı deplasman talepleri set 2 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 39 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 25 mm olarak hesaplanmıştır. Ankastré modellere ait çatı deplasman talepleri set 2 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 32 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 29 mm olarak hesaplanmıştır.



**Şekil 4.17:** 8 katlı bina modelinin set 2 depremleri için Z3 zemin profiline ait deplasman profillerinin karşılaştırılması

Şekil 4.18’de verilen ZYE modellere ait çatı deplasman talepleri set 3 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 202 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 196 mm olarak hesaplanmıştır. Ankastre modellere ait çatı deplasman talepleri set 3 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 210 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 197 mm olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.18: 8 katlı bina modelinin set 3 depremleri için Z3 zemin profiline ait deplasman profillerinin karşılaştırılması

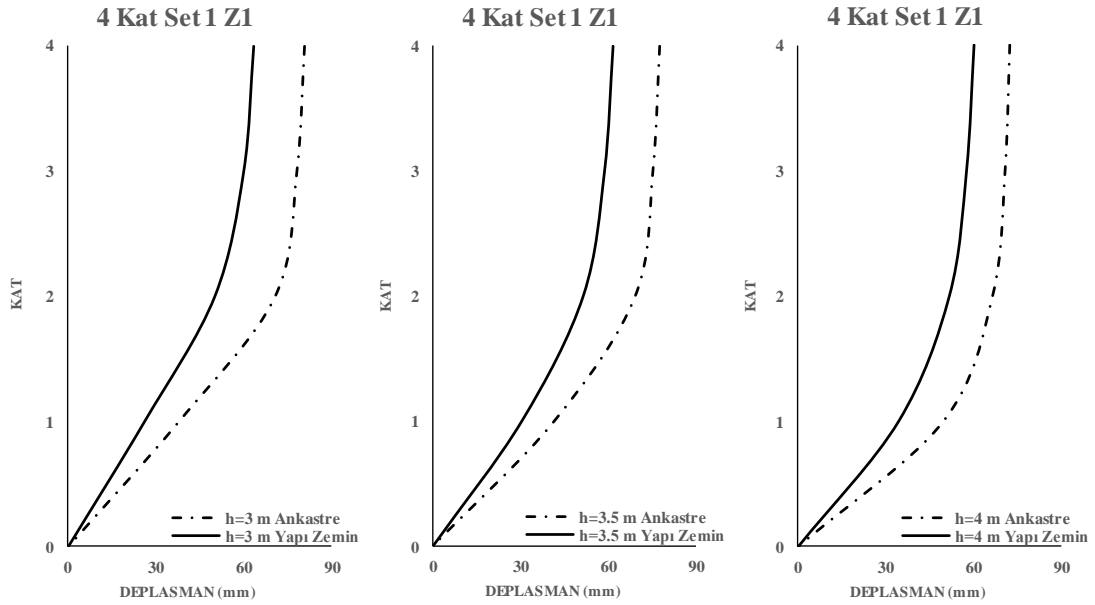
#### 4.2.3 4 Katlı Çerçeve Bina Modeli İçin Deplasman Profillerinin Karşılaştırılması

##### 4.2.3.1 Z1 Zeminine Ait Deplasman Profillerinin Karşılaştırılması

4 katlı çerçeve bina için zemin yapı etkileşimli ve ankastre modellerinin Z1 zemin profiline ait deplasman sonuçları Şekil 4.19-Şekil 4.21 arasında verilmektedir. Grafikler incelendiğinde set 3 depremleri sonucunda elde edilen çatı deplasman talepleri zemin kat yüksekliği arttıkça artış göstermektedir.

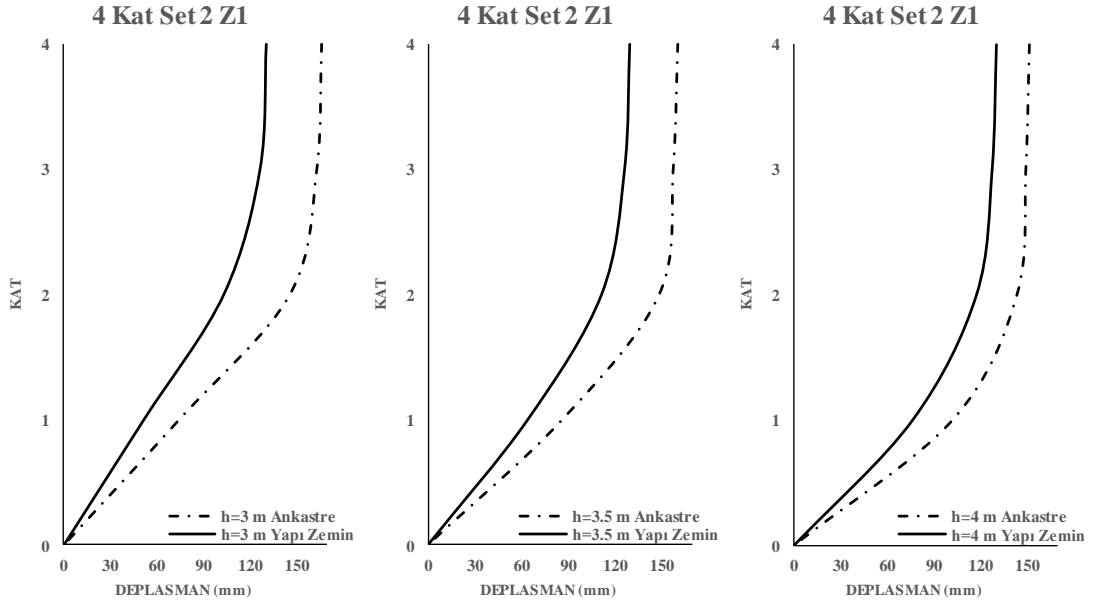


Şekil 4.19’da verilen ZYE modellere ait çatı deplasman talepleri set 1 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 63 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 60 mm olarak hesaplanmıştır. Ankastre modellere ait çatı deplasman talepleri set 1 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 80 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 72 mm olarak hesaplanmıştır.



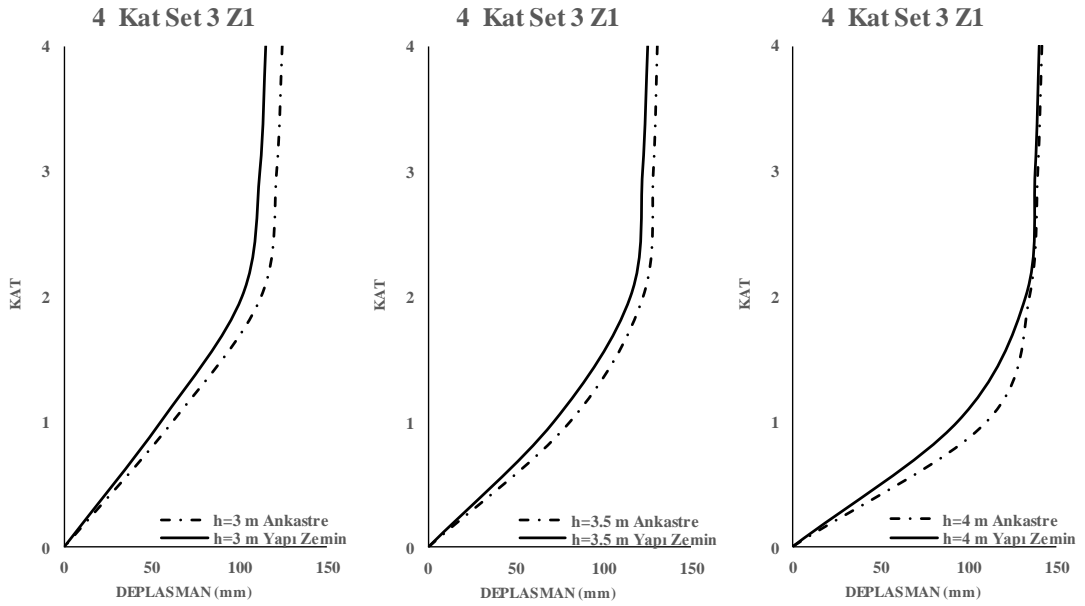
**Şekil 4.19:** 4 katlı bina modelinin set 1 depremleri için Z1 zemin profiline ait deplasman profillerinin karşılaştırılması

Şekil 4.20’de verilen ZYE modellere ait çatı deplasman talepleri set 2 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 130 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 130 mm olarak hesaplanmıştır. Ankastre modellere ait çatı deplasman talepleri set 2 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 166 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 151 mm olarak hesaplanmıştır.



**Şekil 4.20:** 4 katlı bina modelinin set 2 depremleri için Z1 zemin profiline ait deplasman profillerinin karşılaştırılması

Şekil 4.21’de verilen ZYE modellere ait çatı deplasman talepleri set 3 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 114 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 140 mm olarak hesaplanmıştır. Ankastré modellere ait çatı deplasman talepleri set 3 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 124 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 141 mm olarak hesaplanmıştır.

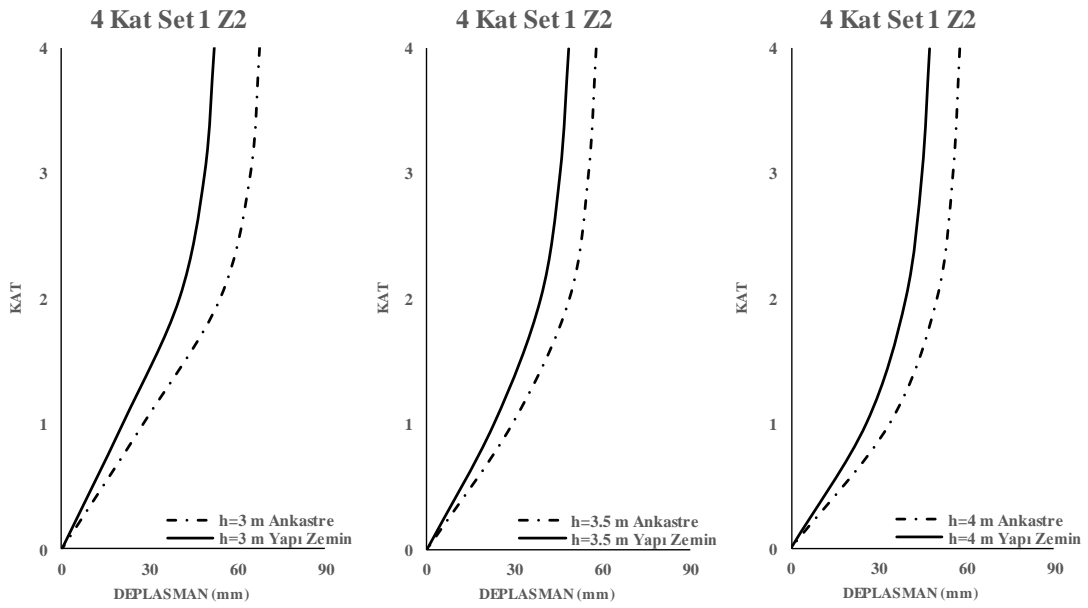


**Şekil 4.21:** 4 katlı bina modelinin set 3 depremleri için Z1 zemin profiline ait deplasman profillerinin karşılaştırılması

#### 4.2.3.2 Z2 Zeminine Ait Deplasman Profillerinin Karşılaştırılması

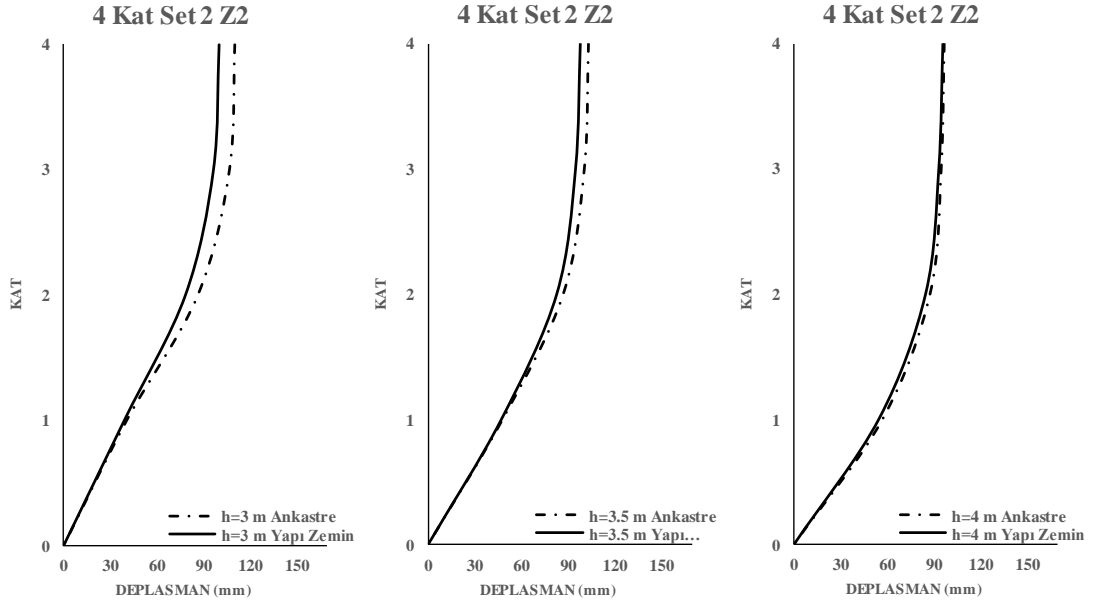
4 katlı çerçeve bina için zemin yapı etkileşimli ve ankastre modellerinin Z2 zemin profiline ait deplasman sonuçları Şekil 4.22-Şekil 4.24 arasında verilmektedir. Grafikler incelendiğinde set 3 depremleri sonucunda elde edilen çatı deplasman talepleri zemin kat yüksekliği arttıkça artış göstermektedir.

Şekil 4.22’de verilen ZYE modellere ait çatı deplasman talepleri set 1 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 52 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 47 mm olarak hesaplanmıştır. Ankastre modellere ait çatı deplasman talepleri set 1 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 67 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 57 mm olarak hesaplanmıştır.



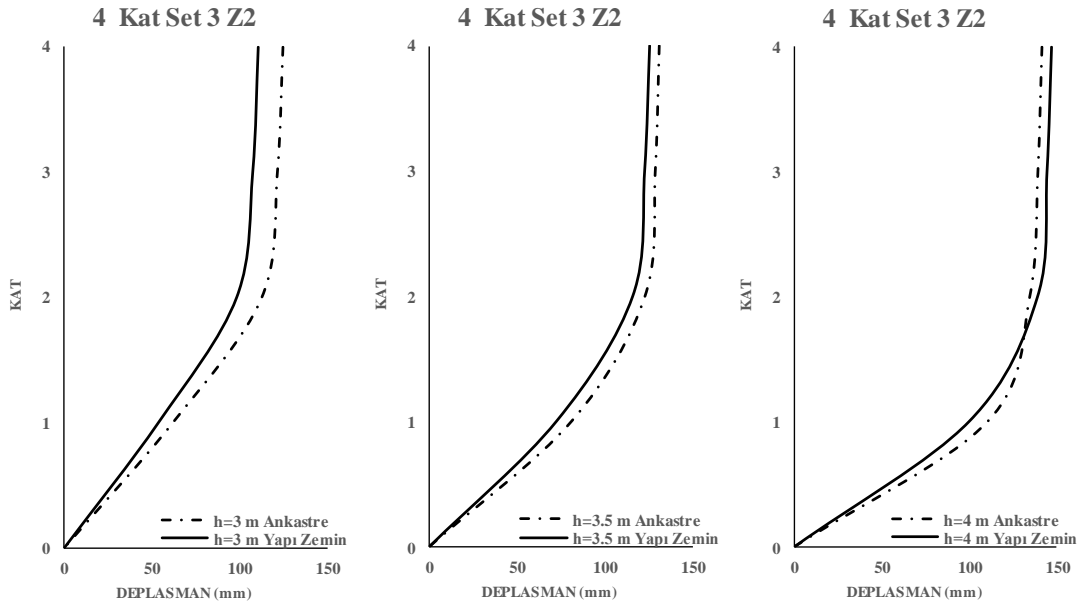
Şekil 4.22: 4 katlı bina modelinin set 1 depremleri için Z2 zemin profiline ait deplasman profillerinin karşılaştırılması

Şekil 4.23’te verilen ZYE modellere ait çatı deplasman talepleri set 2 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 100 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 95 mm olarak hesaplanmıştır. Ankastre modellere ait çatı deplasman talepleri set 2 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 110 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 96 mm olarak hesaplanmıştır.



**Şekil 4.23:** 4 katlı bina modelinin set 2 depremleri için Z2 zemin profiline ait deplasman profillerinin karşılaştırılması

Şekil 4.24'te verilen ZYE modellere ait çatı deplasman talepleri set 3 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 110 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 147 mm olarak hesaplanmıştır. Ankastré modellere ait çatı deplasman talepleri set 3 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 124 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 141 mm olarak hesaplanmıştır.

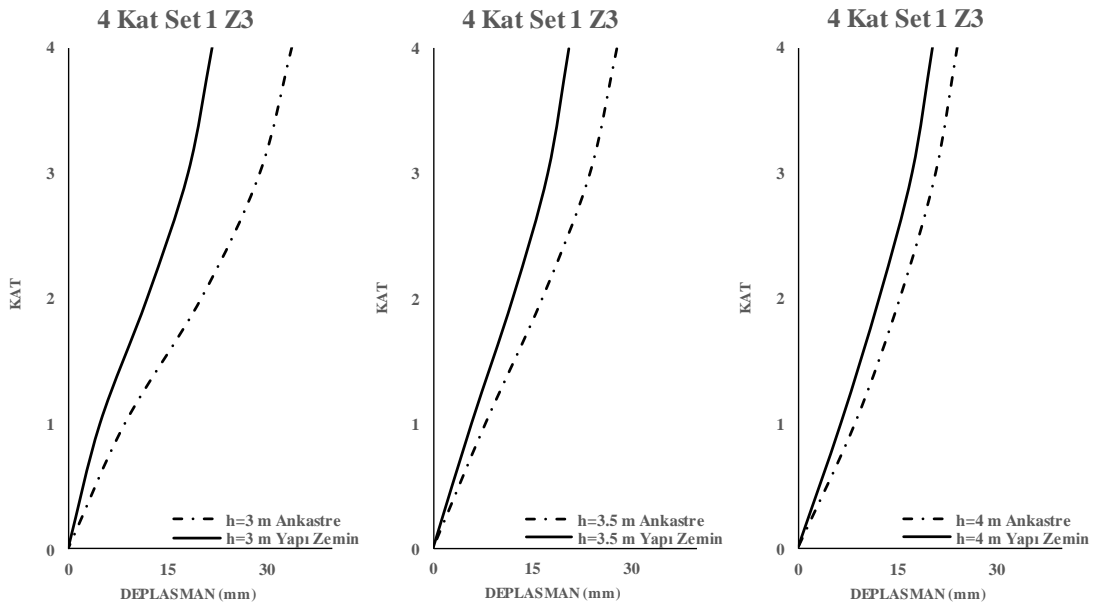


**Şekil 4.24:** 4 katlı bina modelinin set 3 depremleri için Z2 zemin profiline ait deplasman profillerinin karşılaştırılması

#### 4.2.3.3 Z3 Zeminine Ait Deplasman Profillerinin Karşılaştırılması

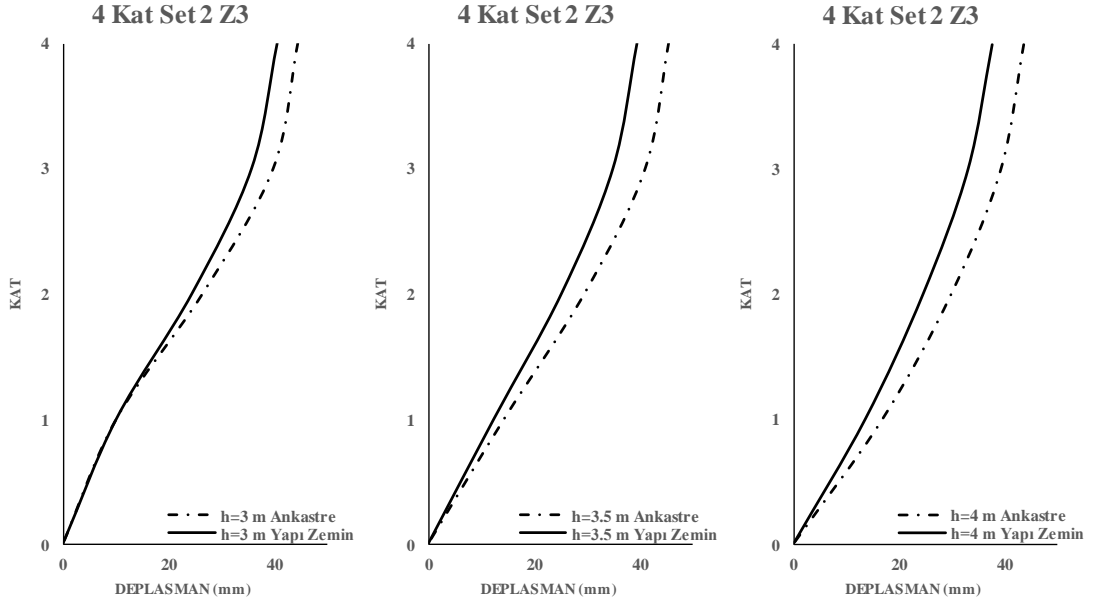
4 katlı çerçeve bina için zemin yapı etkileşimli ve ankastre modellerinin Z3 zemin profiline ait deplasman sonuçları Şekil 4.25-Şekil 4.27 arasında verilmektedir. Grafikler incelendiğinde set 3 depremleri sonucunda elde edilen çatı deplasman talepleri zemin kat yüksekliği arttıkça artış göstermektedir.

Şekil 4.25'te verilen ZYE modellere ait çatı deplasman talepleri set 1 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 21 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 20 mm olarak hesaplanmıştır. Ankastre modellere ait çatı deplasman talepleri set 1 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 33 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 24 mm olarak hesaplanmıştır.



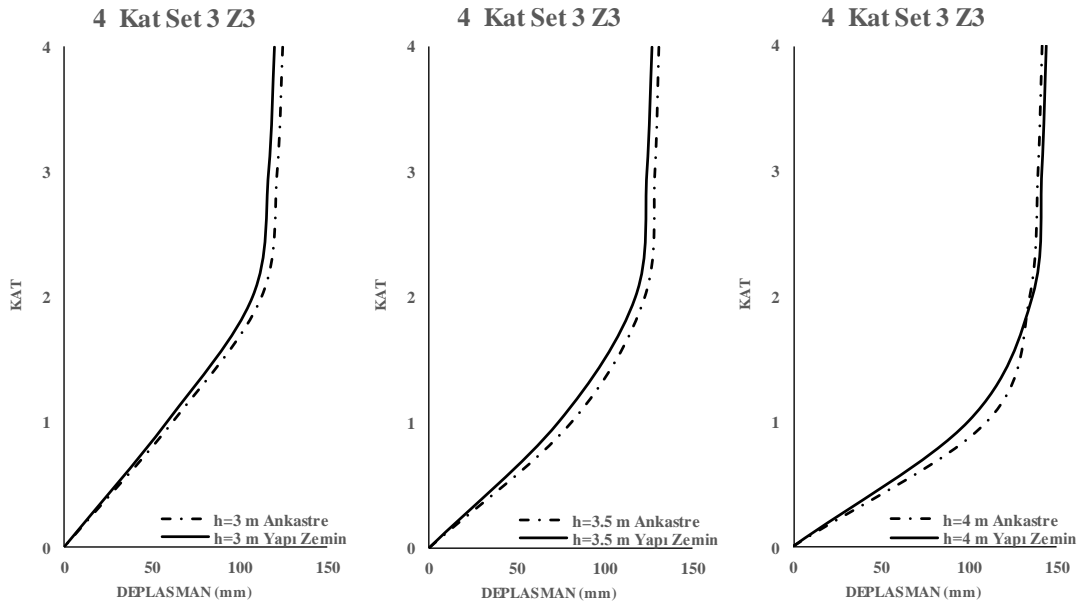
Şekil 4.25: 4 katlı bina modelinin set 1 depremleri için Z3 zemin profiline ait deplasman profillerinin karşılaştırılması

Şekil 4.26'da verilen ZYE modellere ait çatı deplasman talepleri set 2 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 40 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 37 mm olarak hesaplanmıştır. Ankastre modellere ait çatı deplasman talepleri set 2 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 44 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 43 mm olarak hesaplanmıştır.



**Şekil 4.26:** 4 katlı bina modelinin set 2 depremleri için Z3 zemin profiline ait deplasman profillerinin karşılaştırılması

Şekil 4.27’de verilen ZYE modellere ait çatı deplasman talepleri set 3 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 119 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 144 mm olarak hesaplanmıştır. Ankastré modellere ait çatı deplasman talepleri set 3 depremleri için incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde 124 mm olarak elde edilmiştir. Aynı değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 141 mm olarak hesaplanmıştır.



**Şekil 4.27:** 4 katlı bina modelinin set 3 depremleri için Z3 zemin profiline ait deplasman profillerinin karşılaştırılması

### 4.3 Ortalama Görelî Kat Ötelenme Oranı Grafiklerinin Karşılaştırılması

Çalışma kapsamında oluşturulan deplasman profillerinde her bir deprem ivme kaydı için elde edilen maksimum çatı katı deplasman olduğu andaki deplasman talepleri kullanılmıştır. Elde edilen deplasman taleplerinin önce her bir deprem için ayrı ayrı görelî kat ötelenme oranı bulunmuştur. Ardından setlere ayırdığımız depremlere göre ortalamaları alınarak yumuşak kat düzensizliği incelemek amacıyla görelî kat ötelenme oranı grafikleri oluşturulmuştur. Farklı bina modeli ve zemin profillerine ait farklı zemin kat yüksekliği durumunda ortalama görelî kat ötelenme oranı grafikleri Şekil 4.28- Şekil 4.45 arasında verilmiştir.

Setlere göre elde edilen maksimum görelî kat ötelenme oranı değerleri Tablo 4.3'te verilmektedir.

**Tablo 4.3:** Setlere göre elde edilen maksimum görelî kat ötelenme oranı

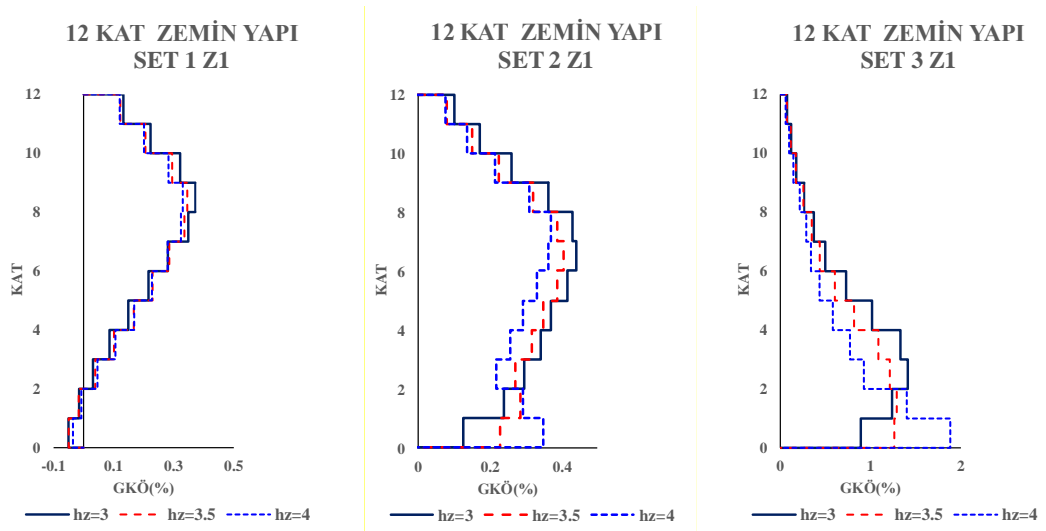
Ortalama Maksimum Görelî Kat Ötelenme Oranı (%)											
Zemin Profilleri	Modeller	12 Katlı Model			8 Katlı Model			4 Katlı Model			
	Zemin Kat Yüksekliği	3 m	3.5 m	4 m	3 m	3.5 m	4 m	3 m	3.5 m	4 m	
Z1	SET 1	ZYE	0.37	0.35	0.33	0.42	0.39	0.36	0.87	0.87	0.86
		ANKASTRE	0.51	0.47	0.41	0.65	0.60	0.51	1.26	1.19	1.25
	SET 2	ZYE	0.44	0.41	0.37	0.87	0.75	0.80	1.72	1.84	1.91
		ANKASTRE	0.53	0.62	0.72	1.08	1.13	1.31	2.48	1.37	1.43
	SET 3	ZYE	1.41	1.29	1.88	1.80	2.00	2.29	1.83	2.04	2.35
		ANKASTRE	1.46	1.66	2.25	2.08	2.32	2.81	2.06	2.32	2.76
Z2	SET 1	ZYE	0.30	0.28	0.25	0.32	0.29	0.28	0.70	0.65	0.64
		ANKASTRE	0.33	0.30	0.28	0.49	0.51	0.47	0.93	0.83	0.85
	SET 2	ZYE	0.30	0.28	0.26	0.55	0.49	0.44	1.32	1.35	1.36
		ANKASTRE	0.45	0.45	0.51	0.63	0.64	0.76	1.53	1.37	1.43
	SET 3	ZYE	1.37	1.30	1.64	1.80	1.99	2.37	1.79	2.07	2.50
		ANKASTRE	1.46	1.66	2.25	2.08	2.32	2.81	2.06	2.32	2.76
Z3	SET 1	ZYE	0.12	0.12	0.12	0.15	0.12	0.08	0.24	0.21	0.19
		ANKASTRE	0.26	0.21	0.21	0.21	0.20	0.16	0.39	0.29	0.23
	SET 2	ZYE	0.30	0.28	0.27	0.21	0.22	0.17	0.48	0.42	0.37
		ANKASTRE	0.33	0.30	0.29	0.25	0.21	0.23	0.55	0.51	0.43
	SET 3	ZYE	1.41	1.43	1.83	1.88	2.11	2.47	1.95	2.10	2.50
		ANKASTRE	1.46	1.66	2.25	2.08	2.32	2.81	2.06	2.32	2.76

### 4.3.1 12 Katlı Çerçeve Modele Ait Oluşturulan Görelî Kat Ötelenme Oranının Karşılaştırılması

#### 4.3.1.1 Z1 Zemin Profili İçin Elde Edilmiş Görelî Kat Ötelenme Oranı Grafiklerinin Karşılaştırılması

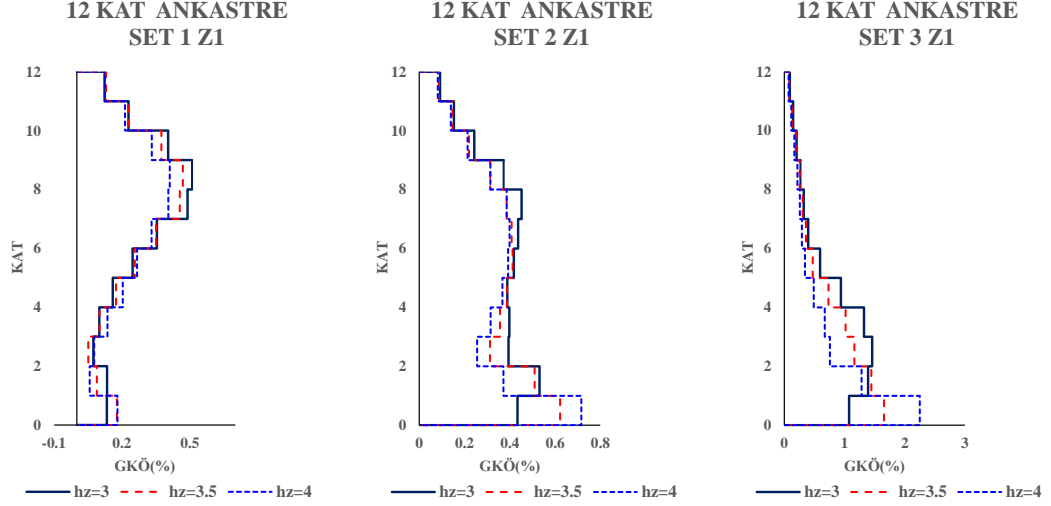
12 katlı betonarme çerçeve bina modeline ait Z1 zemin profili için oluşan görelî kat ötelenme oranlarının grafikleri Şekil 4.28-Şekil 4.29 arasında verilmektedir. Grafikler incelendiğinde set 1 depremlerine ait en büyük görelî kat ötelenme oranı %0.32-0.51, set 2 depremlerine ait görelî kat ötelenme oranı %0.37-0.72 ve set 3 depremleri sonucunda bulunan en büyük görelî kat ötelenme oranı ise %1.29-2.25 aralığında değişmektedir. Setler arasında en çok yumuşak kat düzensizliği mekanizması oluşan deprem setinin 3. set olduğu gözlemlenmiştir. Set 3 depremlerinin grafiklerinde de açıkça görüldüğü gibi zemin kat yüksekliği 4 m ve 3.5 m olan modellerde en büyük görelî kat ötelenme oranı zemin katta yoğunlaşmıştır.

Z1 zemin profili için 12 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve modeller ile ankastre modellerde oluşan maksimum görelî kat ötelenme miktarı karşılaştırıldığında ankastre çerçeve modellerde bu oranın yüksek olduğu görülmüştür. Ankastre çerçeve modellerdeki bu artış miktarı zemin yapı etkileşimli modellere göre %3-93 aralığındadır.



Şekil 4.28: 12 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z1 zemin profilinde görelî kat ötelenme oranı karşılaştırılması



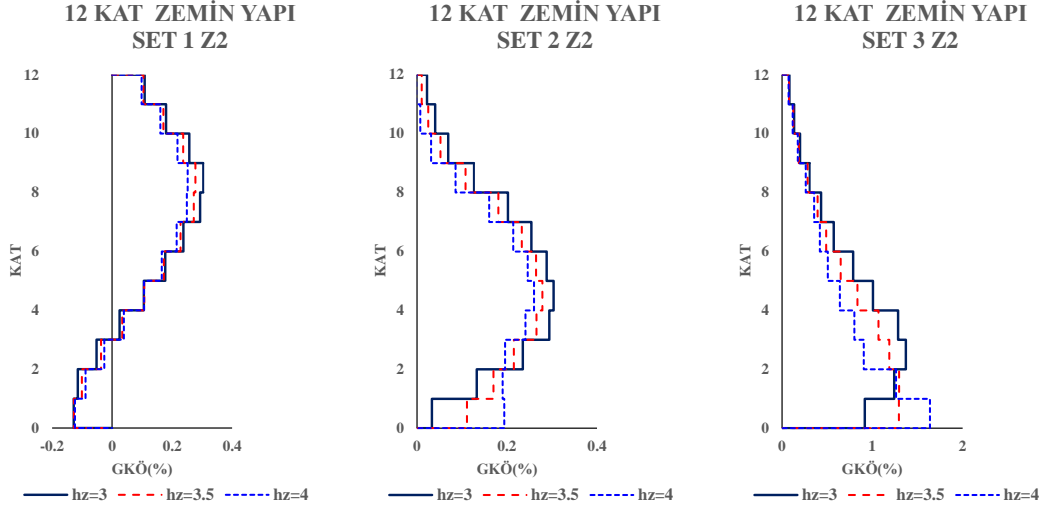


**Şekil 4.29:** 12 katlı ancastre çerçeve bina modelinin Z1 zemin profilinde görelî kat ötelenme oranı karşılaştırılması

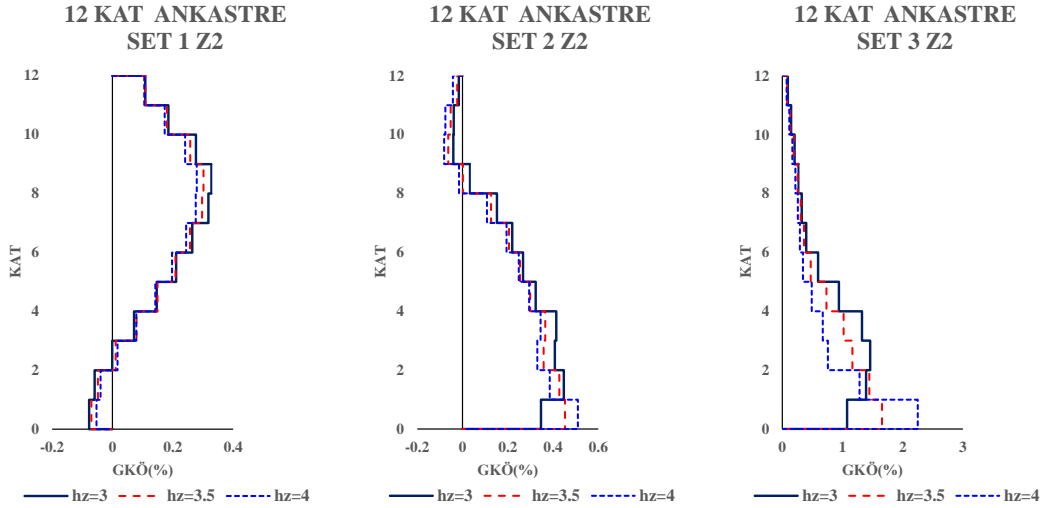
#### 4.3.1.2 Z2 Zemin Profili İçin Elde Edilmiş Görelî Kat Ötelenme Oranı Grafiklerinin Karşılaştırılması

12 katlı betonarme çerçeve bina modeline ait Z2 zemin profili için oluşan görelî kat ötelenme oranlarının grafikleri Şekil 4.30-Şekil 4.31 arasında verilmektedir. Grafikler değerlendirildiğinde set 1 depremlerinde en büyük görelî kat ötelenme oranı %0.25-0.32 arasında değişirken, set 2 depremlerinde %0.25-0.50 arasında ve set 3 depremlerinde bu oran %1.29-2.25 aralığında hesaplanarak bütün setler içinden en çok yumuşak kat düzensizliği mekanizması oluşan deprem setinin 3. set olduğu gözlemlenmiştir. Set 3 depremlerinin grafiklerinde de açıkça görüldüğü gibi zemin kat yüksekliği 4 m ve 3.5 m olan modellerde en büyük görelî kat ötelenme oranı zemin katta yoğunlaşmıştır.

Z2 zemin profili için 12 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve modeller ile ancastre modellerde oluşan maksimum görelî kat ötelenme miktarı karşılaştırıldığında ancastre çerçeve modellerde bu oranın yüksek olduğu görülmüştür. Ancastre çerçeve modellerdeki bu artış miktarı zemin yapı etkileşimli modellere göre %7-96 aralığındadır.



**Şekil 4.30:** 12 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z2 zemin profilinde görel kat ötelenme oranı karşılaştırılması



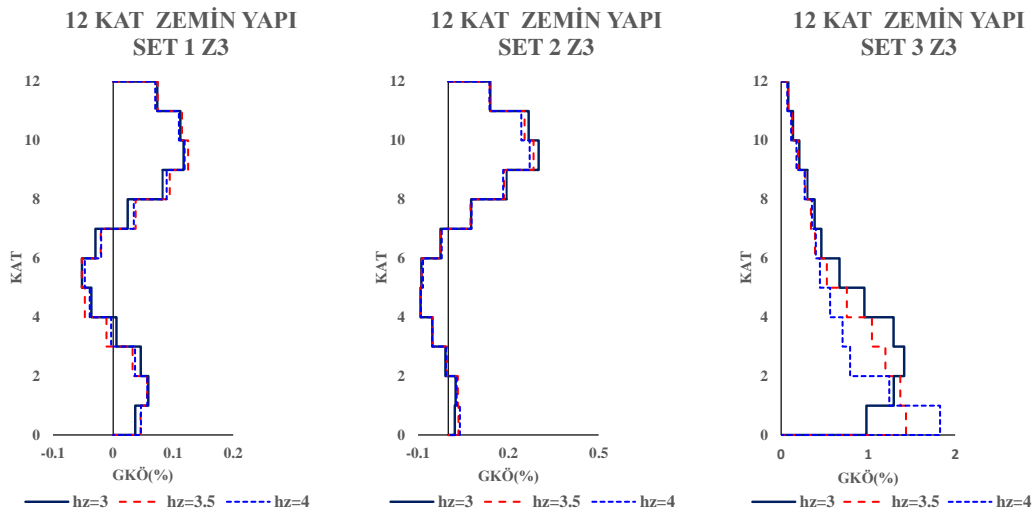
**Şekil 4.31:** 12 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z2 zemin profilinde görel kat ötelenme oranı karşılaştırılması

### 4.3.1.3 Z3 Zemin Profili İçin Elde Edilmiş Görel Kat Ötelenme Oranı Grafiklerinin Karşılaştırılması

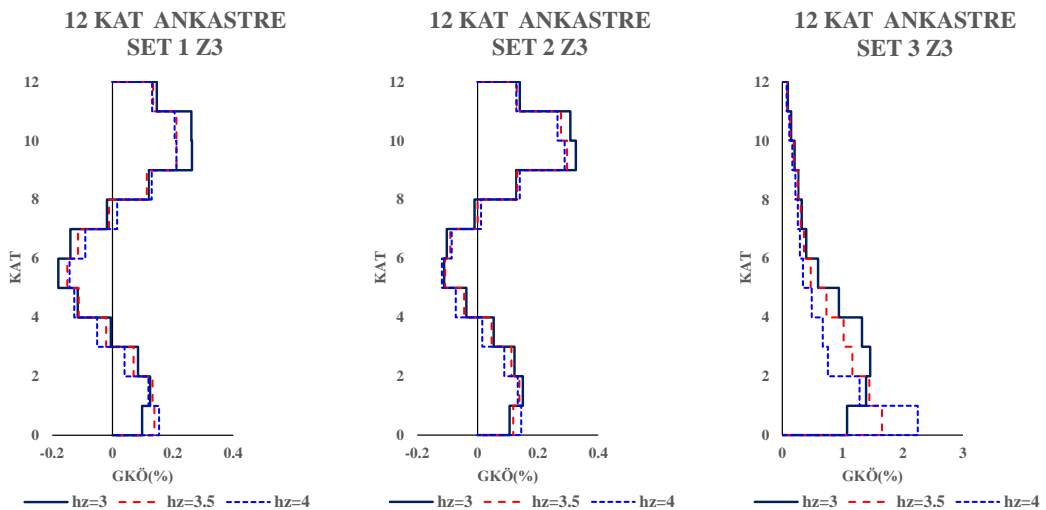
12 katlı betonarme çerçeve bina modeline ait Z3 zemin profili için oluşan görel kat ötelenme oranlarının grafikleri Şekil 4.32-Şekil 4.33 arasında verilmektedir. Grafikler değerlendirildiğinde set 1 depremlerinde en büyük görel kat ötelenme oranı %0.11-0.26 arasında değişirken, set 2 depremlerinde %0.27-0.32 arasında ve set 3 depremlerinde bu oran %1.41-2.25 aralığında hesaplanarak bütün setler içinden en çok yumuşak kat düzensizliği mekanizması oluşan deprem setinin 3.

set olduğu gözlenmiştir. Set 3 depremlerinin grafiklerinde de açıkça görüldüğü gibi zemin kat yüksekliği 4 m ve 3.5 m olan modellerde en büyük görel kat ötelenme oranı zemin katta yoğunlaşmıştır.

Z3 zemin profili için 12 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve modeller ile ankastre modellerde oluşan maksimum görel kat ötelenme miktarı karşılaştırıldığında ankastre çerçeve modellerde bu oranın yüksek olduğu görülmüştür. Ankastre çerçeve modellerdeki bu artış miktarı zemin yapı etkileşimli modellere göre %3-123 aralığındadır.



**Şekil 4.32:** 12 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z3 zemin profilinde görel kat ötelenme oranı karşılaştırılması



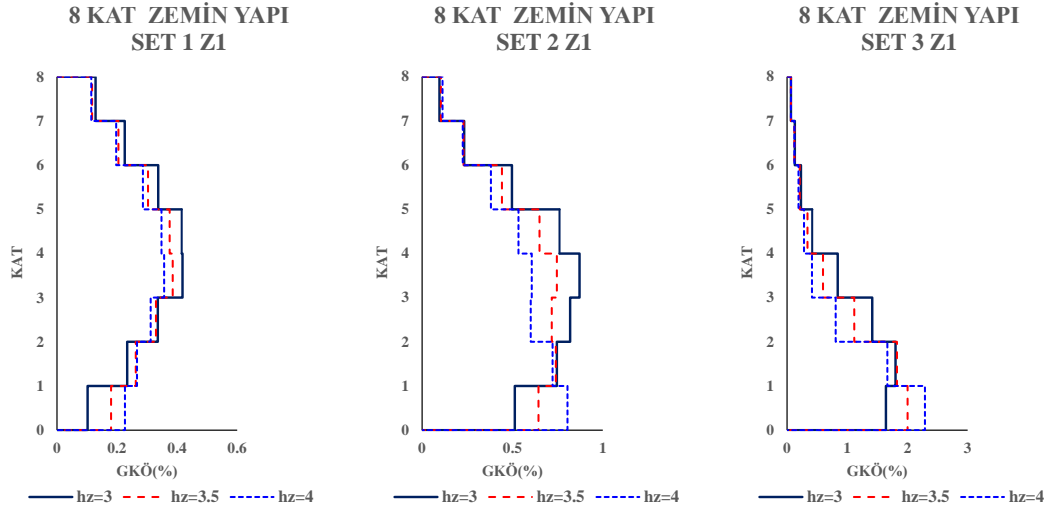
**Şekil 4.33:** 12 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z3 zemin profilinde görel kat ötelenme oranı karşılaştırılması

### **4.3.2 8 Katlı Çerçeve Modele Ait Oluşturulan Görelî Kat Ötelenme Oranının Karşılaştırılması**

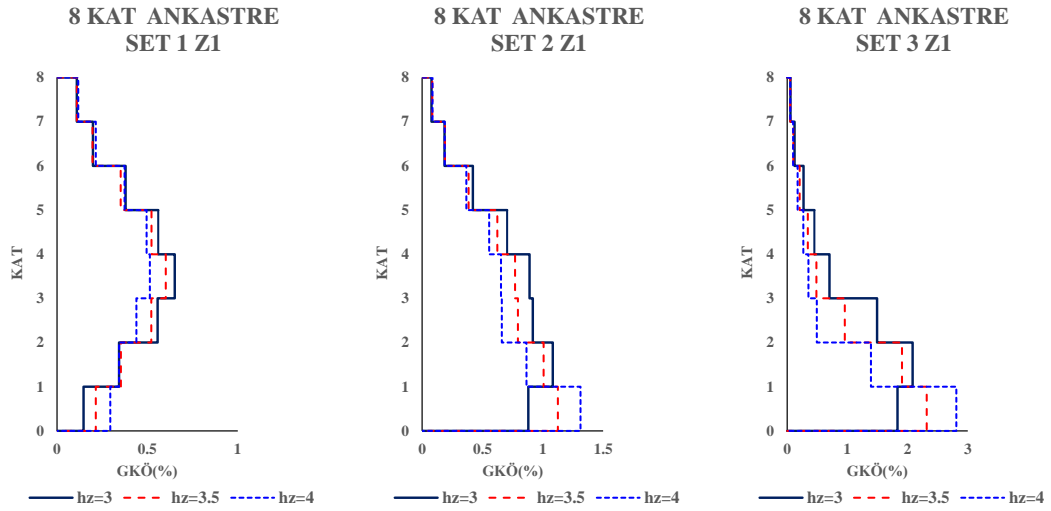
#### **4.3.2.1 Z1 Zemin Profili İçin Oluşturulan Görelî Kat Ötelenme Oranı Grafiklerinin Karşılaştırılması**

8 katlı betonarme çerçeve bina modeline ait Z1 zemin profili için oluşan görelî kat ötelenme oranlarının grafikleri Şekil 4.34-Şekil 4.35 arasında verilmektedir. Grafikler değerlendirildiğinde set 1 depremlerinde en büyük görelî kat ötelenme oranı %0.35-0.65 arasında değişirken, set 2 depremlerinde %0.74-1.31 arasında ve set 3 depremlerinde bu oran %1.8-2.81 aralığında hesaplanmıştır. Bütün setler içinden en büyük GKÖ(%) sahip deprem seti 3. deprem seti iken yumuşak kat düzensizliği mekanizması oluşan durumlar içinde 8 katlı ankastre çerçeve modelde set 2 depremlerinin ankastre modeli dikkat çekerken set 3 depremlerinde ise ankastre modelin yanında zemin yapı etkileşimli modelde de mekanizma oluştuğu gözlemlenmiştir. Grafiklerden de açıkça görüldüğü gibi mekanizmanın oluştuğu durumlarda zemin kat yüksekliği 4 m ve 3.5 m olan modellerde en büyük görelî kat ötelenme oranı zemin katta yoğunlaşmıştır.

Z1 zemin profili için 8 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve modeller ile ankastre modellerde oluşan maksimum görelî kat ötelenme miktarı karşılaştırıldığında ankastre çerçeve modellerde bu oranın yüksek olduğu görülmüştür. Ankastre çerçeve modellerdeki bu artış miktarı zemin yapı etkileşimli modellere göre %15-63 aralığındadır.



**Şekil 4.34:** 8 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z1 zemin profilinde görelî kat ötelenme oranı karşılaştırılması



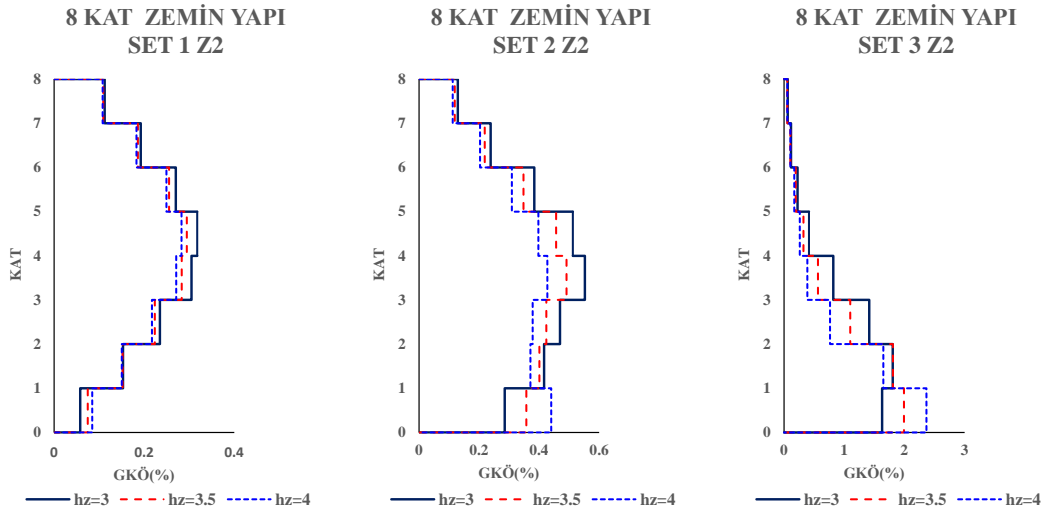
**Şekil 4.35:** 8 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z1 zemin profilinde görelî kat ötelenme oranı karşılaştırılması

### 4.3.2.2 Z2 Zemin Profili İçin Oluşturulan Görelî Kat Ötelenme Oranı Grafikleri

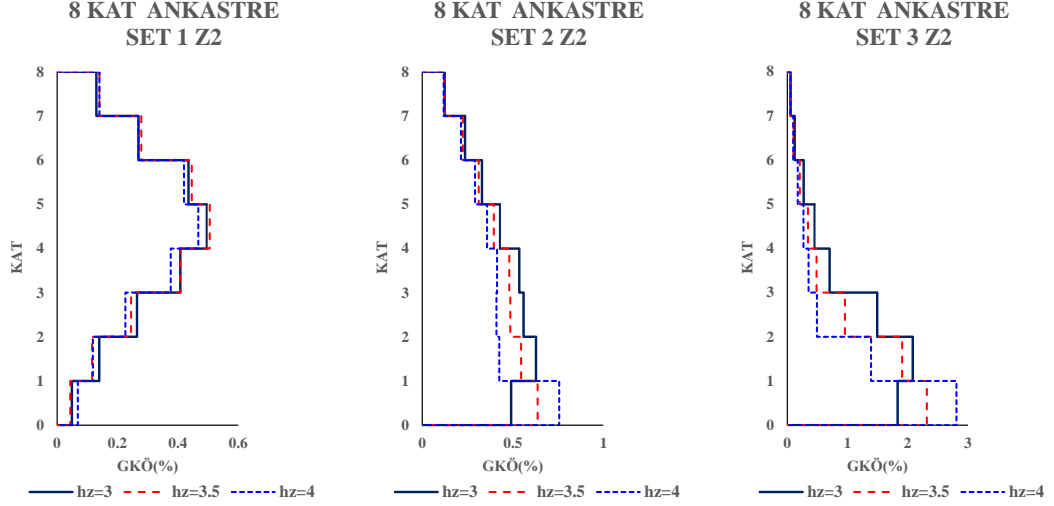
8 katlı betonarme çerçeve bina modeline ait Z2 zemin profili için oluşan görelî kat ötelenme oranlarının grafikleri Şekil 4.36-Şekil 4.37 arasında verilmektedir. Grafikler değerlendirildiğinde set 1 depremlerinde en büyük görelî kat ötelenme oranı %0.29-0.50 arasında değişirken, set 2 depremlerinde %0.44-0.75 arasında ve set 3 depremlerinde bu oran % 1.80-2.81 aralığında hesaplanmıştır. Bütün

setler içinden en büyük GKÖ(%) sahip deprem seti 3. deprem seti iken yumuşak kat düzensizliği mekanizması oluşan durumlar içinde 8 katlı ankastre çerçeve modelde set 2 depremlerinin ankastre modeli dikkat çekerken set 3 depremlerinde ise ankastre modelin yanında zemin yapı etkileşimli modelde de mekanizma oluştuğu gözlemlenmiştir. Grafiklerden de açıkça görüldüğü gibi mekanizmanın oluştuğu durumlarda zemin kat yüksekliği 4 m ve 3.5 m olan modellerde en büyük görelî kat ötelenme oranı zemin katta yoğunlaşmıştır.

Z2 zemin profili için 8 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve modeller ile ankastre modellerde oluşan maksimum görelî kat ötelenme miktarı karşılaştırıldığında ankastre çerçeve modellerde bu oranın yüksek olduğu görülmüştür. Ankastre çerçeve modellerdeki bu artış miktarı zemin yapı etkileşimli modellere göre %13-71 aralığındadır.



**Şekil 4.36:** 8 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z2 zemin profilinde görelî kat ötelenme oranı karşılaştırılması

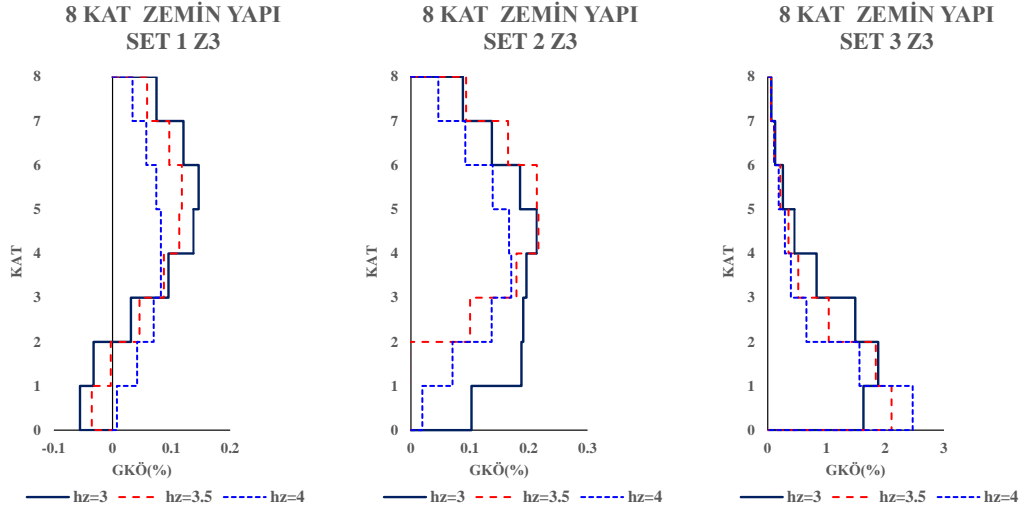


**Şekil 4.37:** 8 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z2 zemin profilinde görelî kat ötelenme oranı karşılaştırılması

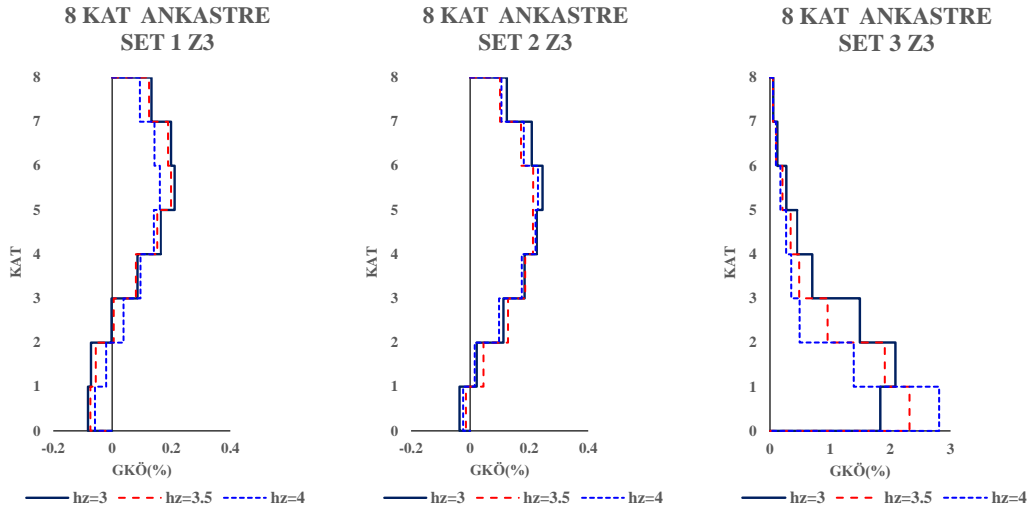
#### 4.3.2.3 Z3 Zemin Profili İçin Oluşturulan Görelî Kat Ötelenme Oranı Grafikleri

8 katlı betonarme çerçeve bina modeline ait Z3 zemin profili için oluşan görelî kat ötelenme oranlarının grafikleri Şekil 4.38-Şekil 4.39 arasında verilmektedir. Grafikler değerlendirildiğinde set 1 depremlerinde en büyük görelî kat ötelenme oranı %0.08-0.21 arasında değişirken, set 2 depremlerinde %0.17-0.24 arasında ve set 3 depremlerinde bu oran % 1.87-2.81 aralığında hesaplanmıştır. Bütün setler içinden en büyük GKÖ(%) sahip deprem seti 3. deprem seti iken yumuşak kat düzensizliği mekanizması oluşan durumlar sadece set 3 depremlerinde gözlemlenmiştir. Z1 ve Z2 zeminlerine göre Z3 zemin profilinde daha az mekanizma oluşmasının sebebi ise bu zeminin daha sert bir profil olmasındandır.

Z3 zemin profili için 8 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve modeller ile ankastre modellerde oluşan maksimum görelî kat ötelenme miktarı karşılaştırıldığında ankastre çerçeve modellerde bu oranın yüksek olduğu görülmüştür. Ankastre çerçeve modellerdeki bu artış miktarı zemin yapı etkileşimli modellere göre % 14-96 aralığındadır.



**Şekil 4.38:** 8 katlı zemin-yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z3 zemin profilinde görel kat ötelenme oranı karşılaştırılması



**Şekil 4.39:** 8 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z3 zemin profilinde görel kat ötelenme oranı karşılaştırılması

### 4.3.3 4 Katlı Çerçeve Modele Ait Oluşturulan Görel Kat Ötelenme Oranının Karşılaştırılması

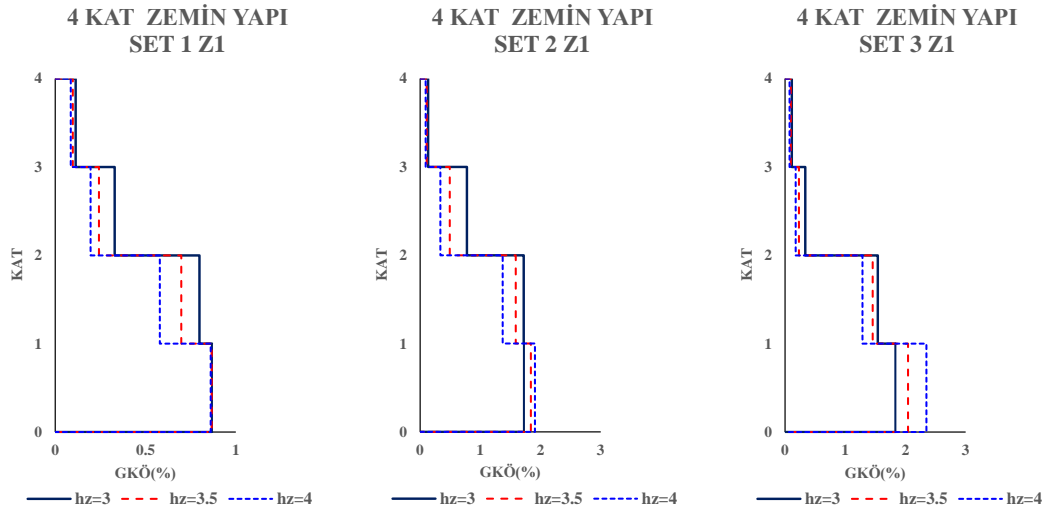
#### 4.3.3.1 Z1 Zemin Profili İçin Oluşturulan Görel Kat Ötelenme Oranı Grafikleri

4 katlı betonarme çerçeve bina modeline ait Z1 zemin profili için oluşan görel kat ötelenme oranlarının grafikleri Şekil 4.40-Şekil 4.41 arasında

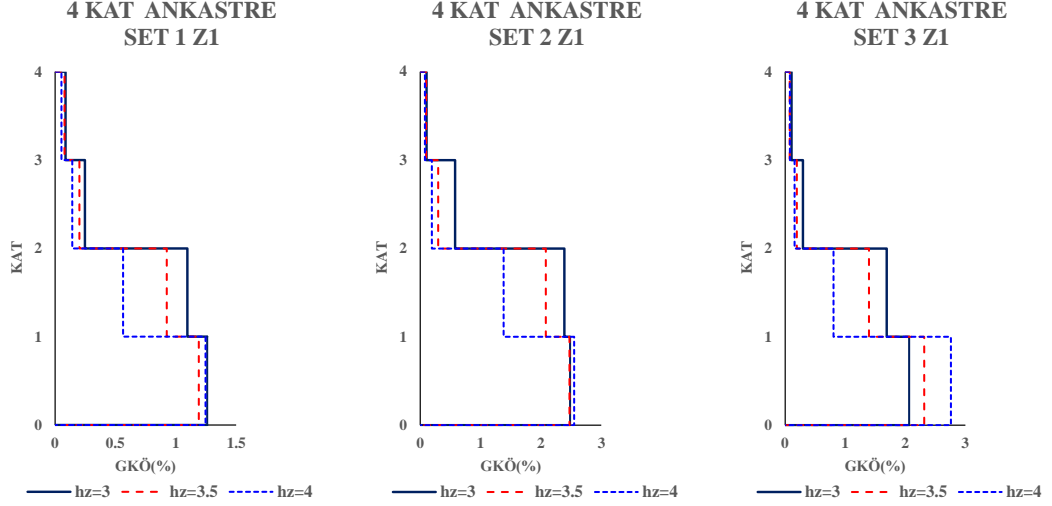


verilmektedir. Grafikler değerlendirildiğinde set 1 depremlerinde en büyük görece kat ötelenme oranı %0.86-1.26 arasında değişirken, set 2 depremlerinde %1.72-2.54 arasında ve set 3 depremlerinde bu oran %1.83-2.76 aralığında hesaplanmıştır. Bütün setler içinden yumuşak kat düzensizliği mekanizması oluşan durumlar içinde set 2 ve set 3 depremlerinin ankastre ve zemin yapısı etkileşimli modelleri dikkat çekmektedir.

Z1 zemin profili için 4 katlı zemin yapısı etkileşimli çerçeve modeller ile ankastre modellerde oluşan maksimum görece kat ötelenme miktarı karşılaştırıldığında ankastre çerçeve modellerde bu oranın yüksek olduğu görülmüştür. Ankastre çerçeve modellerdeki bu artış miktarı zemin yapısı etkileşimli modellere göre %12-45 aralığındadır.



**Şekil 4.40:** 4 katlı zemin yapısı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z1 zemin profilinde görece kat ötelenme oranı karşılaştırılması

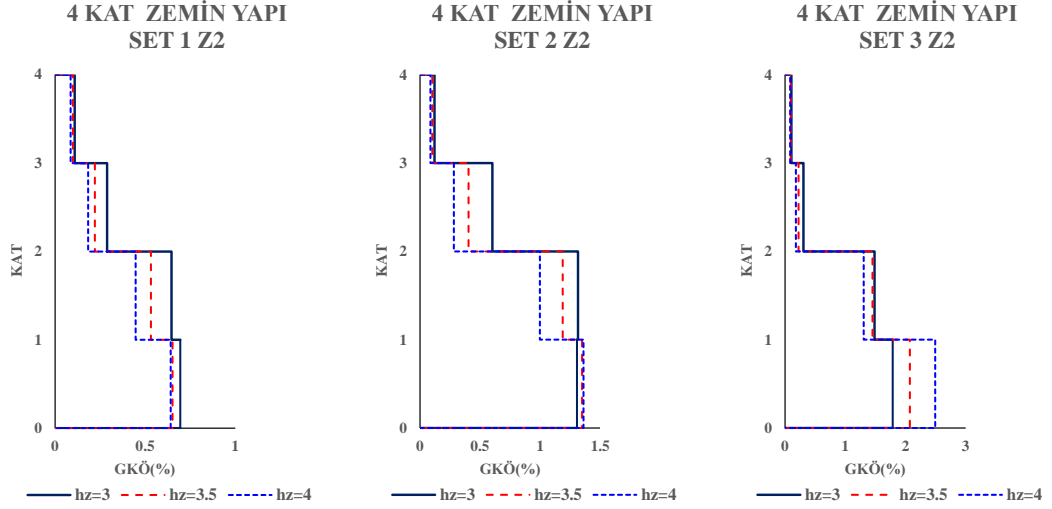


**Şekil 4.41:** 4 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z1 zemin profilinde görelî kat ötelenme oranı karşılaştırılması

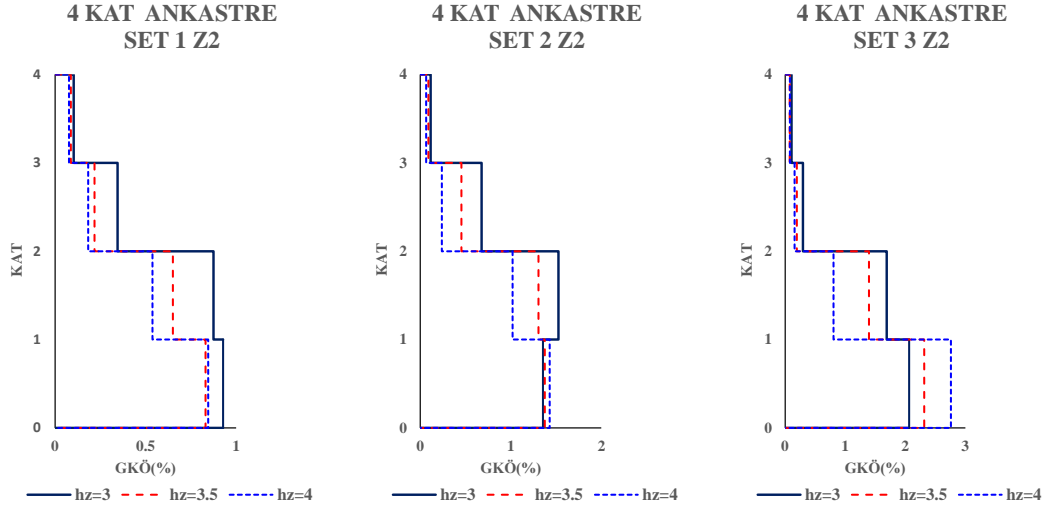
#### 4.3.3.2 Z2 Zemin Profili İçin Oluşturulan Görelî Kat Ötelenme Oranı Grafikleri

4 katlı betonarme çerçeve bina modeline ait Z2 zemin profili için oluşan görelî kat ötelenme oranlarının grafikleri Şekil 4.42-Şekil 4.43 arasında verilmektedir. Grafikler değerlendirildiğinde set 1 depremlerinde en büyük görelî kat ötelenme oranı %0.64-0.92 arasında değişirken, set 2 depremlerinde %1.31-1.52 arasında ve set 3 depremlerinde bu oran %1.78-2.76 aralığında hesaplanmıştır. Bütün setler içinden yumuşak kat düzensizliği mekanizması oluşan durumlar içinde set 2 ve set 3 depremlerin ankastre ve zemin yapı etkileşimli modelleri dikkat çekmektedir.

Z2 zemin profili için 4 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve modeller ile ankastre modellerde oluşan maksimum görelî kat ötelenme miktarı karşılaştırıldığında ankastre çerçeve modellerde bu oranın yüksek olduğu görülmüştür. Ankastre çerçeve modellerdeki bu artış miktarı zemin yapı etkileşimli modellere göre %1-33 aralığındadır.



**Şekil 4.42:** 4 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z2 zemin profilinde görelî kat ötelenme oranı karşılaştırılması



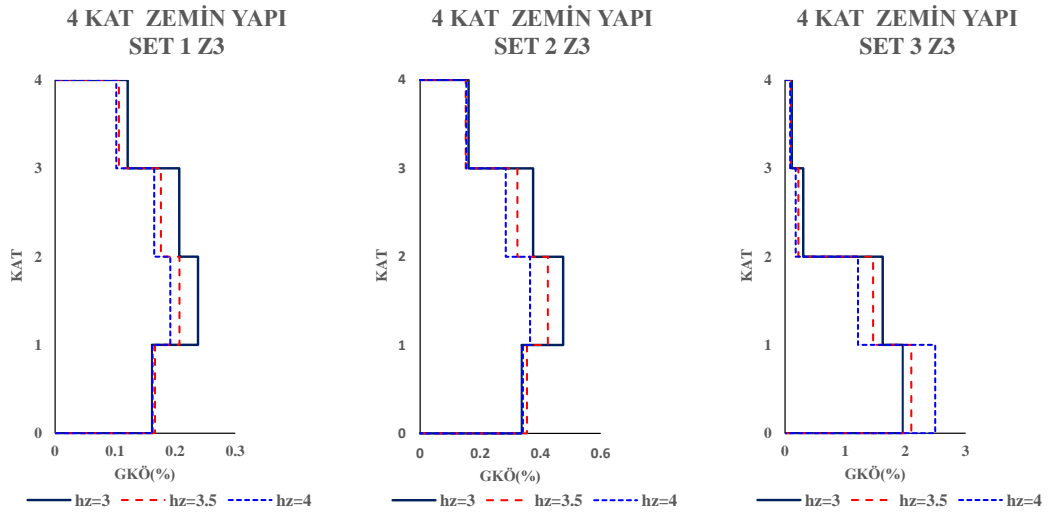
**Şekil 4.43:** 4 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z2 zemin profilinde görelî kat ötelenme oranı karşılaştırılması

### 4.3.3.3 Z3 Zemin Profili İçin Oluşturulan Görelî Kat Ötelenme Oranı Grafikleri

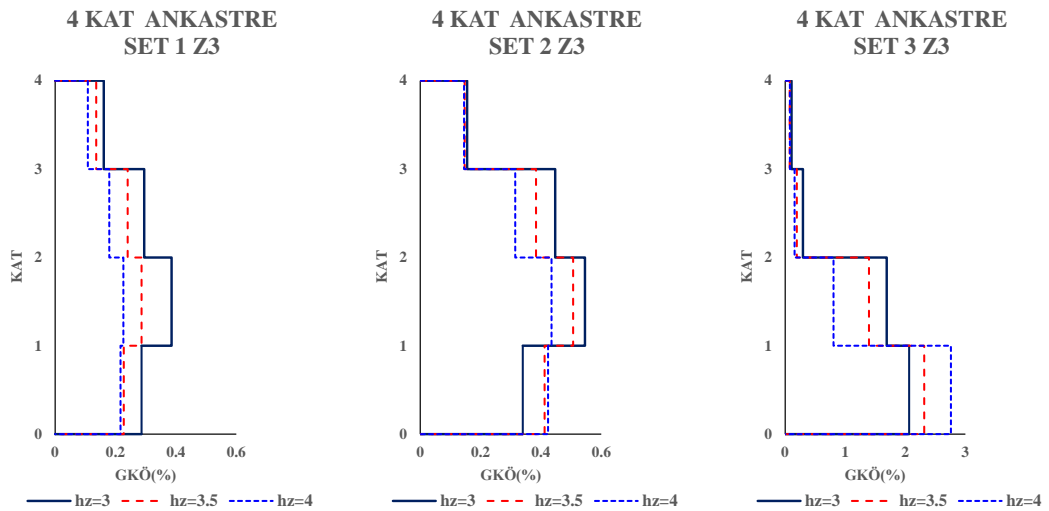
4 katlı betonarme çerçeve bina modeline ait Z3 zemin profili için oluşan görelî kat ötelenme oranlarının grafikleri Şekil 4.44-Şekil 4.45 arasında verilmektedir. Grafikler değerlendirildiğinde set 1 depremlerinde en büyük görelî kat ötelenme oranı %0.19-0.38 arasında değişirken, set 2 depremlerinde %0.36-0.54 arasında ve set 3 depremlerinde bu oran % 1.95-2.76 aralığında hesaplanmıştır. Setler

içinden yumuşak kat düzensizliği mekanizması sadece set 3 depremlerinde oluşmuştur.

Z3 zemin profili için 4 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve modeller ile ankastre modellerde oluşan maksimum göreceli kat ötelenme miktarı karşılaştırıldığında ankastre çerçeve modellerde bu oranın yüksek olduğu görülmüştür. Ankastre çerçeve modellerdeki bu artış miktarı zemin yapı etkileşimli modellere göre %5-62 aralığındadır.



Şekil 4.44: 4 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z3 zemin profilinde göreceli kat ötelenme oranı karşılaştırılması



Şekil 4.45: 4 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z3 zemin profilinde göreceli kat ötelenme oranı karşılaştırılması

Genel olarak grafiklerin incelenmesi sonucunda set 1 depremlerinde yumuşak kat düzensizliği etkisi düşük seviyededir. Ancak set 3 depremlerinin hepsinde bu düzensizlik kritik seviyelere gelmektedir.

#### 4.4 Maksimum Çatı Deplasman Taleplerinin Karşılaştırılması

Bütün modeller için doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında analizler gerçekleştirildikten sonra her bir deprem ivme kaydı için elde edilen en büyük çatı deplasman talep değerlerinin karşılaştırılmasına ait grafikler Şekil 4.46 ve Şekil 4.54 arasında verilmiştir. Elde edilen ortalama maksimum çatı katı deplasman değerleri Tablo 4.4'te verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde zemin rijitliği arttıkça oluşan ortalama maksimum çatı deplasman taleplerinin azaldığı görülmektedir. Ayrıca ankastre modellerde zemin yapısı etkileşimli modellere göre daha fazla çatı deplasmanı olduğu gözlemlenmiştir.

**Tablo 4.4:** Ortalama maksimum çatı katı deplasman değerleri

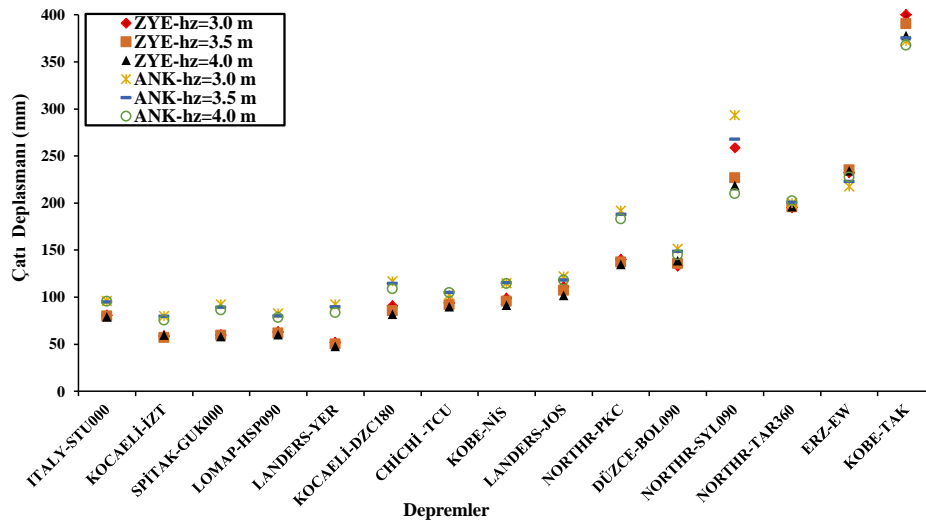
Kat Sayısı	Zemin Profili	Zemin-Yapı Etkileşimli Model			Ankastre Model		
		3 m	3.5 m	4 m	3 m	3.5 m	4 m
4	Z1	102.90	105.58	110.29	123.96	123.21	121.91
	Z2	87.70	90.80	96.60	100.80	97.47	98.77
	Z3	60.70	62.24	67.36	67.72	68.15	69.82
8	Z1	132.79	131.85	130.35	151.13	148.28	145.91
	Z2	111.17	109.47	109.15	125.35	122.56	119.23
	Z3	85.53	79.57	78.48	87.37	84.09	81.47
12	Z1	137.83	133.83	131.31	154.90	152.38	146.64
	Z2	117.36	113.58	108.23	125.09	122.40	116.95
	Z3	93.82	91.77	87.78	99.33	97.44	93.13

##### 4.4.1 12 Katlı Çerçeve Bina Modeli Maksimum Çatı Deplasmanları

12 katlı betonarme çerçeve bina modeli için elde edilen deplasman talepleri Şekil 4.46'da verilmektedir. Grafik incelendiğinde zemin yapısı etkileşimli çerçeve sistemde Z1 zemin profili için en büyük çatı katı deplasman değeri zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde Kobe-Tak depreminde karşımıza çıkmaktadır. Bu değer 39.9 cm olarak hesaplanmıştır. Zemin kat yüksekliği arttıkça maksimum çatı katı

deplasman azalarak zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 37.7 cm olarak hesaplanmıştır. 15 adet deprem için zemin kat yüksekliğinin etkisini görmek amacı ile maksimum çatı katı deplasman farkları incelendiğinde en fazla farkın Northr-Syl090 depreminde %15 oranında olduğu gözlemlenmiştir. Ankastre çerçeve sistemde Z1 zemin profili için en büyük çatı katı deplasman değeri zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde Kobe-Tak depreminde karşımıza çıkmaktadır ve bu değer 37.1 cm olarak hesaplanmıştır. Zemin kat yüksekliği arttıkça maksimum çatı katı deplasman azalarak zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 36.7 cm olarak hesaplanmıştır. 15 adet deprem için zemin kat yüksekliği durumları arasındaki farklar incelendiğinde maksimum çatı katı deplasman farkı en fazla Northr-Syl090'da %28 oranındadır.

## 12 KAT Z1

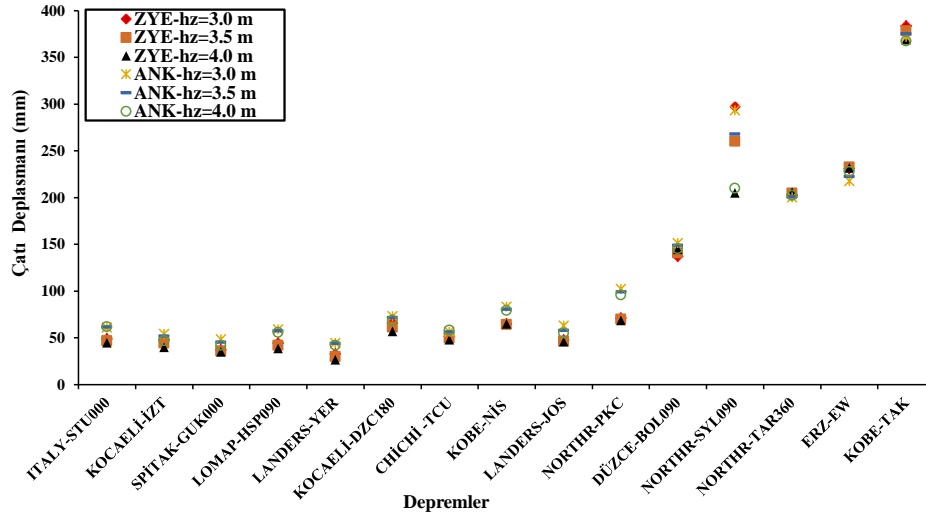


**Şekil 4.46:** 12 katlı çerçeve bina modelinin Z1 zemin profili için hesaplanan maksimum çatı deplasman talepleri

12 katlı betonarme çerçeve bina modeli için elde edilen deplasman talepleri Şekil 4.47'de verilmektedir. Grafik incelendiğinde zemin yapı etkileşimli çerçeve sistemde Z2 zemin profili için en büyük çatı katı deplasman değeri zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde Kobe-Tak depreminde karşımıza çıkmaktadır. Bu değer 38.3 cm olarak hesaplanmıştır. Zemin kat yüksekliği arttıkça maksimum çatı katı deplasman azalarak zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 36.9 cm olarak hesaplanmıştır. 15 adet deprem için zemin kat yüksekliği durumları arasındaki farklar incelendiğinde maksimum çatı katı deplasman farkı en fazla Northr-

Syl090'da %31 oranındadır. Ankastre çerçeve sistem Z2 zemin profili için en büyük çatı katı deplasman değeri zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde Kobe-Tak depreminde karşımıza çıkmaktadır ve bu değer Şekil 4.46'da verilen ankastre deplasman sonucu ile aynıdır. Çünkü Kobe-Tak depremi direk olarak binaya etkililmiş depremlerdendir. Bu sebeple set 3 depremlerinde ankastre modellerde oluşan deplasman talebi sonuçlarında farklılık yoktur.

## 12 KAT Z2

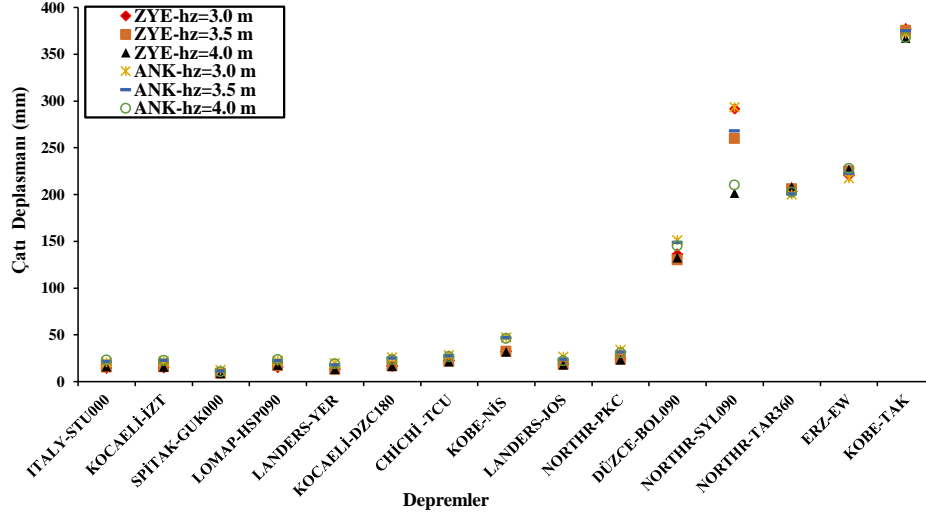


Şekil 4.47: 12 katlı çerçeve bina modelinin Z2 zemin profili için hesaplanan maksimum çatı deplasman talepleri

12 katlı betonarme çerçeve bina modeli için elde edilen deplasman talepleri Şekil 4.48'de verilmektedir. Grafik incelendiğinde zemin yapı etkileşimli çerçeve sistemde Z3 zemin profili için en büyük çatı katı deplasman değeri zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde Kobe-Tak depreminde karşımıza çıkmaktadır. Bu değer 37.6 cm olarak hesaplanmıştır. Zemin kat yüksekliği arttıkça maksimum çatı katı deplasman azalarak zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 36.7 cm olarak hesaplanmıştır. 15 adet deprem için 3 zemin kat yüksekliği durumu için değerler incelendiğinde maksimum çatı katı deplasman farkı en fazla Northr-Syl090'da %30 oranında yüksek elde edilmiştir. Ankastre çerçeve sistemde Z3 zemin profili için en büyük çatı katı deplasman değeri zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde Kobe-Tak depreminde karşımıza çıkmaktadır. Bu değer Şekil 4.46'da verilen ankastre deplasman sonucu ile aynıdır. Her bir deprem için zemin kat yüksekliği açısından değerler incelendiğinde maksimum çatı katı deplasman farkı en fazla Northr-Syl090'da oluşmuştur. Northr-Syl090 depremi direk binaya etkitilen depremler

arasında olduğu için ankastre modellerin her birinde aynı deplasmana sebep olmuştur.

## 12 KAT Z3



Şekil 4.48: 12 katlı çerçeve bina modelinin Z3 zemin profili için hesaplanan maksimum çatı deplasman talepleri

Üç zemin profili durumu için elde edilen değerler sonucunda zemin-yapı etkileşimli ve ankastre modellerde belirtilen depremler dışında ciddi bir fark bulunmamıştır ve zemin kat yüksekliğine göre maksimum çatı katı deplasmanlarının ortalama değerleri birbirlerine oldukça yakın olarak elde edilmiştir. Ortalama değerleri büyükten küçüğe sırasıyla zemin kat yüksekliği 3, 3.5 ve 4 m olarak bulunmuştur (bkz. Tablo 4.4).

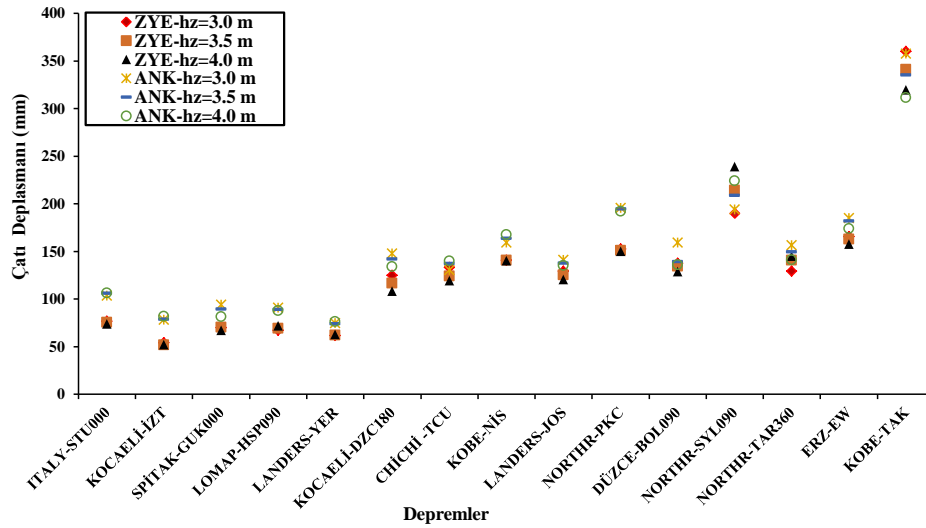
### 4.4.2 8 Katlı Çerçeve Bina Modeli Maksimum Çatı Deplasmanları

8 katlı betonarme çerçeve bina modeli için elde edilen deplasman talepleri Şekil 4.49'da verilmektedir. Grafik incelendiğinde zemin yapı etkileşimli çerçeve sistemde Z1 zemin profili için en büyük çatı katı deplasman değeri zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde Kobe-Tak depreminde karşımıza çıkmaktadır ve bu değer 35.9 cm olarak hesaplanmıştır. Zemin kat yüksekliği arttıkça maksimum çatı katı deplasman azalarak zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 31.9 cm olarak hesaplanmıştır. Ankastre çerçeve sistemde Z1 zemin profili için en büyük çatı katı



deplasman değeri zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde Kobe-Tak depreminde karşımıza çıkmaktadır. Bu değer 35.7 cm olarak hesaplanmıştır. Zemin kat yüksekliği arttıkça maksimum çatı katı deplasman değeri azalarak zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 31.1 cm olarak hesaplanmıştır.

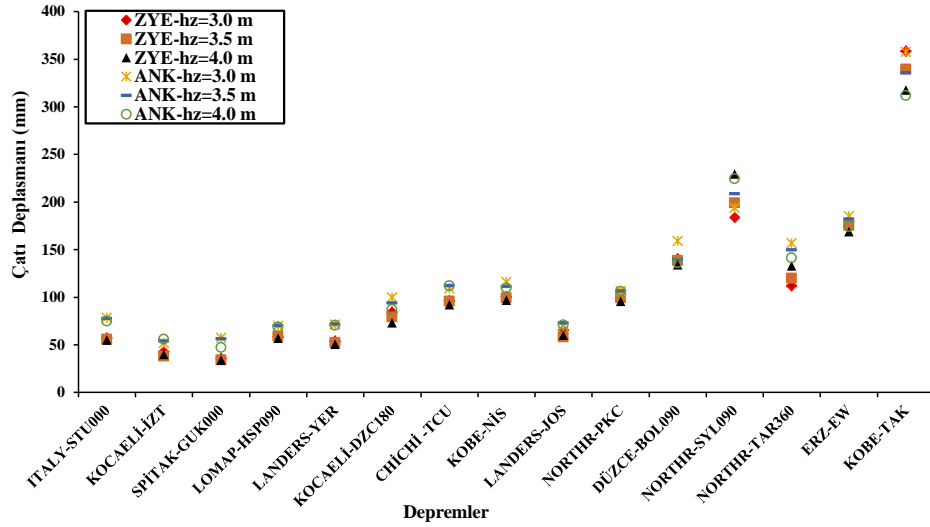
## 8 KAT Z1



Şekil 4.49: 8 katlı çerçeve bina modelinin Z1 zemin profili için hesaplanan maksimum çatı deplasman talepleri

8 katlı betonarme çerçeve bina modeli için elde edilen deplasman talepleri Şekil 4.50’de verilmektedir. Grafik incelendiğinde zemin yapı etkileşimli çerçeve sistemde Z2 zemin profili için en büyük çatı katı deplasman değeri zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde Kobe-Tak depreminde karşımıza çıkmaktadır ve bu değer 35.8 cm olarak hesaplanmıştır. Zemin kat yüksekliği arttıkça maksimum çatı katı deplasman değeri azalarak zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 31.7 cm olarak hesaplanmıştır. Ankastrer çerçeve sistemde Z2 zemin profili için en büyük çatı katı deplasman değeri zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde Kobe-Tak depreminde karşımıza çıkmaktadır. Set 3 depremleri direk olarak binaya etkilediği için ve ankastrer modellerde zemin modeli bulunmadığı için ankastrer modellerin her birinde Kobe-Tak depreminde aynı deplasman oluşmuştur.

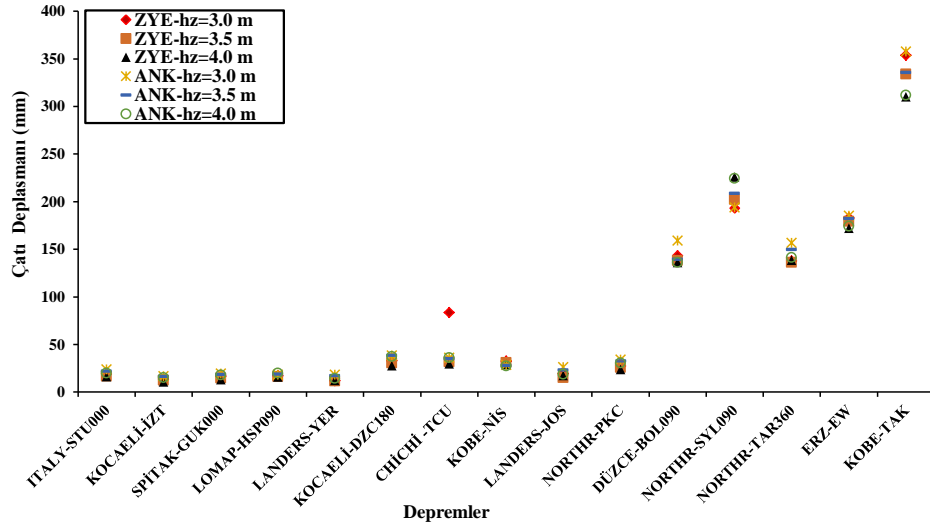
## 8 KAT Z2



**Şekil 4.50:** 8 katlı çerçeve bina modelinin Z2 zemin profili için hesaplanan maksimum çatı deplasman talepleri

8 katlı betonarme çerçeve bina modeli için elde edilen deplasman talepleri Şekil 4.51’de verilmektedir. Grafik incelendiğinde zemin yapı etkileşimli çerçeve sistemde Z3 zemin profili için en büyük çatı katı deplasman değeri zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde Kobe-Tak depreminde karşımıza çıkmaktadır ve bu değer 35.3 cm olarak hesaplanmıştır. Zemin kat yüksekliği arttıkça maksimum çatı katı deplasman değeri azalarak zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 31.0 cm olarak hesaplanmıştır. Ankastrer çerçeve sistemde Z3 zemin profili için en büyük çatı katı deplasman değeri zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde Kobe-Tak depreminde karşımıza çıkmaktadır ve Z1, Z2 zemin profili için bulunan değer ile aynıdır.

## 8 KAT Z3

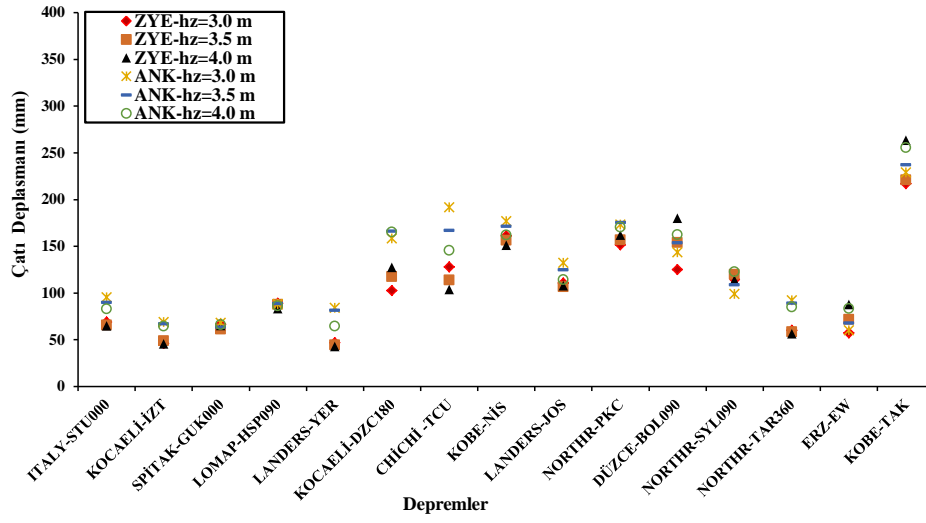


Şekil 4.51: 8 katlı çerçeve bina modelinin Z3 zemin profili için hesaplanan maksimum çatı deplasman talepleri

### 4.4.1 4 Katlı Çerçeve Bina Modeli Maksimum Çatı Deplasmanları

4 katlı betonarme çerçeve bina modeli için elde edilen deplasman talepleri Şekil 4.52’de verilmektedir. Grafik incelendiğinde zemin yapı etkileşimli çerçeve sistemde Z1 zemin profili için en büyük çatı katı deplasman değeri zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde Kobe-Tak depreminde karşımıza çıkmaktadır. Bu değer 26.3 cm olarak hesaplanmıştır. Ankastre çerçeve sistemde Z1 zemin profili için en büyük çatı katı deplasman değeri zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde Kobe-Tak depreminde karşımıza çıkmaktadır. Bu değer 25.5 cm olarak hesaplanmıştır.

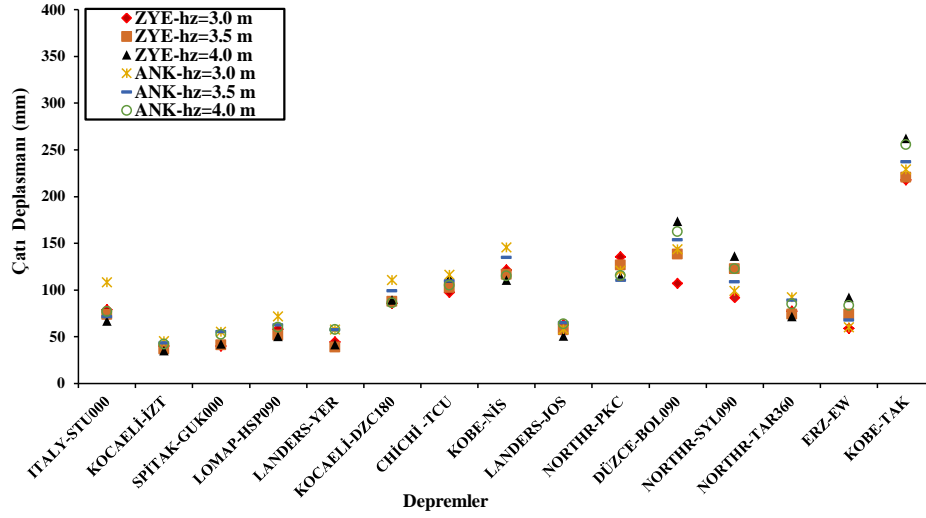
## 4 KAT Z1



Şekil 4.52: 4 katlı çerçeve bina modelinin Z1 zemin profili için hesaplanan maksimum çatı deplasman talepleri

4 katlı betonarme çerçeve bina modeli için elde edilen deplasman talepleri Şekil 4.53'te verilmektedir. Grafik incelendiğinde zemin yapı etkileşimli çerçeve sistemde Z2 zemin profili için en büyük çatı katı deplasman değeri zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde Kobe-Tak depreminde karşımıza çıkmaktadır. Bu değer 26.2 cm olarak hesaplanmıştır. Ankastre çerçeve sistemde Z2 zemin profili için en büyük çatı katı deplasman değeri zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde Kobe-Tak depreminde karşımıza çıkmaktadır.

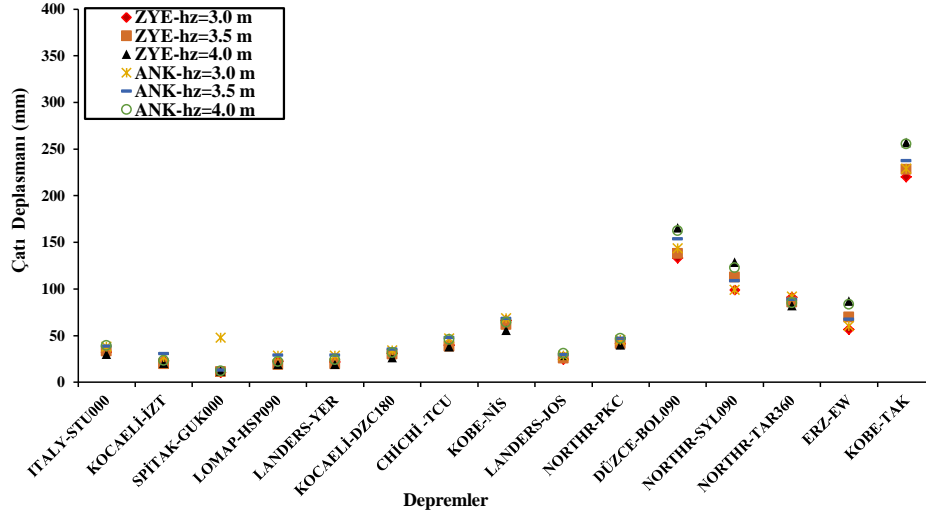
## 4 KAT Z2



Şekil 4.53: 4 katlı çerçeve bina modelinin Z2 zemin profili için hesaplanan maksimum çatı deplasman talepleri

4 katlı betonarme çerçeve bina modeli için elde edilen deplasman talepleri Şekil 4.54'te verilmektedir. Grafik incelendiğinde zemin yapısı etkileşimli çerçeve sistemde Z3 zemin profili için en büyük çatı katı deplasman değeri zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde Kobe-Tak depreminde karşımıza çıkmaktadır. Bu değer 25.7 cm olarak hesaplanmıştır. Ankastré çerçeve sistemde Z3 zemin profili için en büyük çatı katı deplasman değeri 4 katlı ankastré model için Z1 ve Z2 zemin profillerinde olduğu gibi zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde Kobe-Tak depreminde oluşmaktadır.

## 4 KAT Z3



Şekil 4.54: 4 katlı çerçeve bina modelinin Z3 zemin profili için hesaplanan maksimum çatı deplasman talepleri

### 4.5 Maksimum Görelî Kat Ötelenme Oranları Karşılaştırılması

Gerçekleştirilen doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz sonrasında elde edilen maksimum görelî kat ötelenme oranlarında zemin kat yüksekliği etkisini incelemek amacıyla zemin kat yüksekliği 3.5 m ve 4 m olması durumundaki elde edilen maksimum GKÖ(%) sonuçları zemin kat yüksekliği 3 m olması durumundaki elde edilen maksimum GKÖ(%) birbirine oranlanmıştır. Sonuçlar yüzde cinsinden değerlendirilerek Şekil 4.55-Şekil 4.63 grafikleri oluşturulmuştur. Elde edilen maksimum ortalama görelî kat ötelenme oranlarının zemin kat yüksekliği durumlarına göre oranlanmasının yüzde cinsinden değerleri Tablo 4.5'te verilmiştir.

**Tablo 4.5:** Zemin kat yüksekliği durumuna göre elde edilen görelî kat ötelenme oranları değerleri (%)

Model	Kat Sayısı	Zemin Profili	3.5 m/3 m	4 m/3 m
ZYE	4	Z1	105.92	112.03
		Z2	104.61	112.92
		Z3	100.06	103.91
	8	Z1	98.51	103.02
		Z2	100.27	109.21
		Z3	92.27	96.40
	12	Z1	96.03	107.66
		Z2	95.78	99.49
		Z3	101.39	105.30
Ankastre	4	Z1	101.75	112.83
		Z2	101.00	108.39
		Z3	96.31	95.84
	8	Z1	100.93	111.23
		Z2	105.72	114.23
		Z3	100.92	105.52
	12	Z1	100.97	111.56
		Z2	96.12	104.98
		Z3	94.40	103.04

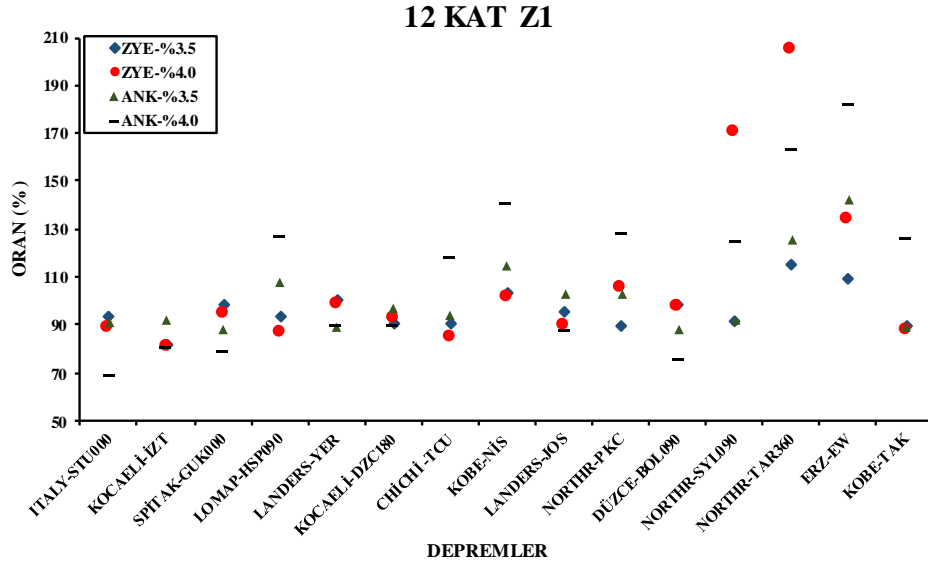
Tablo 4.5 incelendiğinde zemin kat yüksekliği 4 m olan değerlerin zemin kat yüksekliği 3 m olan değerlere göre oranlanması sonucunda elde edilen 18 adet oranın %83.33'ünde artış gözlemlenmiştir. Bu oran zemin kat yüksekliği 3.5 m durumunda daha düşüktür.

Yüzdeler arasında belirli bir söylemde bulunulamamasının sebebi 15 adet farklı depremde zemin kat yüksekliğinin farklı olmasının yumuşak kat düzensizliği mekanizması oluşturmaya yetecek seviyede olmamasına bağlanabilir. Ayrıca aynı deprem ivme kaydı sonuçlarında binaların sismik performansındaki bu değişiklik binaların ve deprem ivme kayıtlarının karakteristik özelliklerine bağlanabilir.

#### 4.5.1 12 Katlı Bina Modeline Ait Oranlar

Şekil 4.55'te verilen zemin yapı etkileşimli modellerde oranlanmış değerlerden en büyüğü Northr-Tar depreminin zemin kat yüksekliği 4 m olan 12 katlı çerçeve modelde gerçekleşmiştir. Set 3 depremlerinde genelinde zemin kat yüksekliği 3 m olan görelî kat ötelenme oranı değerinin 1.5-2 katı aralığında ve diğer depremlerde bu oranlar zemin kat yüksekliği 3.5 m olan ve 4 m olan modeller için birbirine oldukça yakın ve %-20 ile %5 i aralığında kalmaktadır. 12 katlı ankastre çerçeve modellerde oranlanmış değerlerden en büyüğü bütün zemin profilleri için

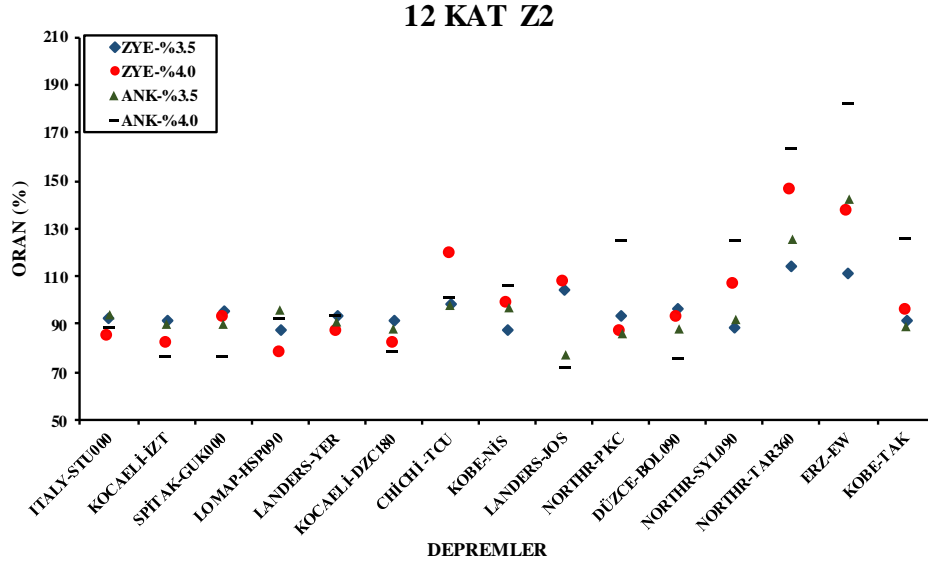
Erz-Ew depreminin zemin kat yüksekliği 4 m olan modelinde oluşmuştur ve bu değer 181 olarak bulunmuştur.



**Şekil 4.55:** 12 katlı binanın Z1 zemin profilinde zemin kat yüksekliği 3.5 m ve 4 m olan modellerin zemin kat yüksekliği 3 m olan modellere göre maksimum GKÖ(%) değerlerinin oranı

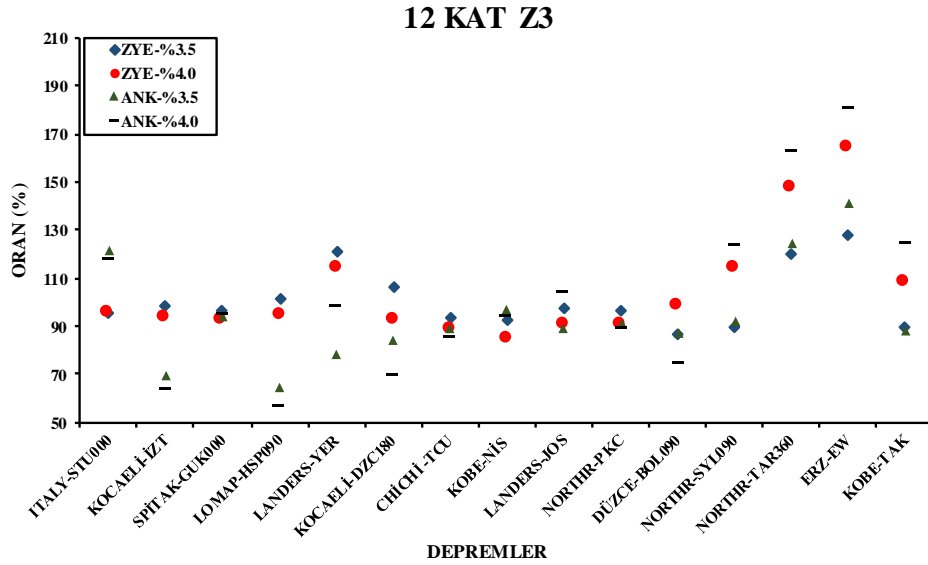
Şekil 4.56'da verilen zemin yapı etkileşimli modeller için oranlanmış değerlerden en büyüğü Z1 zemin profilinde olduğu gibi Z2 zemin profilinde de Northr-Tar depreminin zemin kat yüksekliği 4 m olan modelinde oluşmuştur. Set 3 depremlerinde genelinde zemin kat yüksekliği 3 m olan görelî kat ötelenme oranı değerinin %5 eksiği ile 1.5 katı aralığındadır. Diğer depremlerde bu oranlar zemin kat yüksekliği 3.5 m olan ve 4 m olan modeller için birbirine oldukça yakın olarak %-20 ile %5 aralığında kalmaktadır. Set 2 ve set 1 değerlerinin 100'den az olması bu depremlerin yumuşak kat düzensizliğinde olan etkilerinin az olduğunu burada da göstermektedir. 12 katlı ankastre çerçeve modellerde oranlanmış değerlerden en büyüğü bütün zemin profilleri için Erz-Ew depreminin zemin kat yüksekliği 4 m olan modelinde oluşmuştur ve bu değer 181 olarak bulunmuştur.





**Şekil 4.56:** 12 katlı binanın Z2 zemin profilinde zemin kat yüksekliği 3.5 m ve 4 m olan modellerin zemin kat yüksekliği 3 m olan modellere göre maksimum GKÖ(%) değerlerinin oranı

Şekil 4.57’de verilen zemin yapı etkileşimli modeller için oranlanmış değerlerden en büyüğü Erz-Ew depreminin zemin kat yüksekliği 4 m olan 12 katlı çerçeve modelinde oluşmuştur ve bu değer 165 olarak bulunmuştur. 12 katlı ankastre çerçeve modellerde oranlanmış değerlerden en büyüğü bütün zemin profilleri için Erz-Ew depreminin zemin kat yüksekliği 4 m olan modelinde oluşmuştur ve bu değer 181 olarak bulunmuştur.

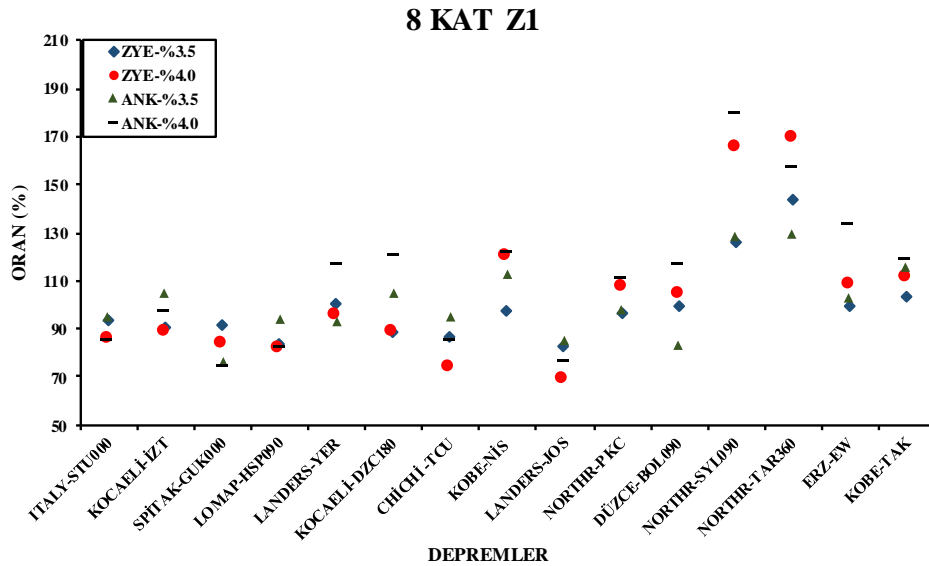


**Şekil 4.57:** 12 katlı binanın Z3 zemin profilinde zemin kat yüksekliği 3.5 m ve 4 m olan modellerin zemin kat yüksekliği 3 m olan modellere göre maksimum GKÖ(%) değerlerinin oranı

Şekil 4.55-Şekil 4.57 genel olarak incelendiğinde set 1 ve set 2 depremlerinde zemin kat yüksekliğinin etkisi düşük bulunmuştur ancak set 3 depremlerinde zemin kat yüksekliğinin farklı olması durumunun etkisi kritik seviyededir.

#### 4.5.2 8 Katlı Bina Modeline Ait Oranlar

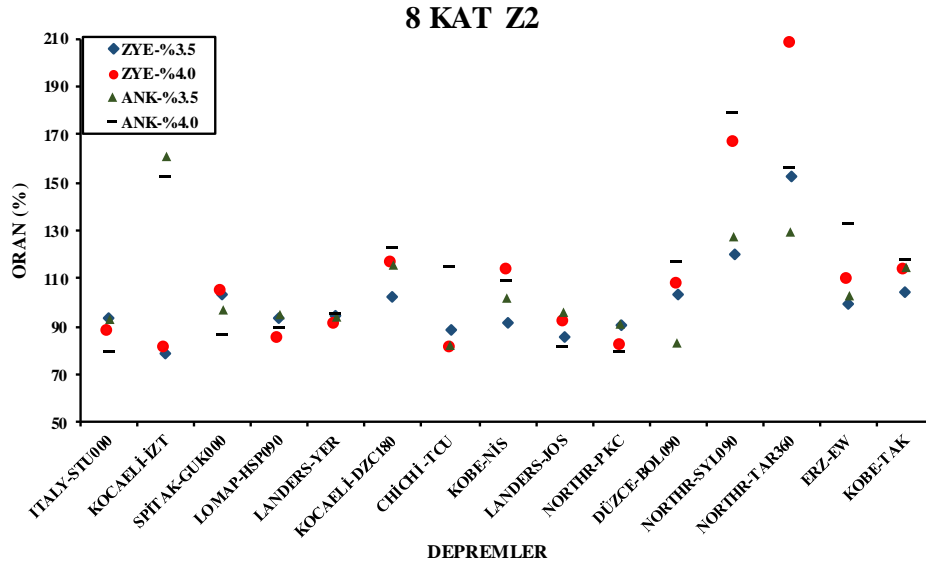
Şekil 4.58’de verilen zemin yapı etkileşimli modellerde set 3 depremlerinin büyük çoğunluğunda zemin kat yüksekliğinin artması görece kat ötelenme oranını arttırmıştır. Aynı zamanda set 1 ve set 2 depremleri sonucunda 8 katlı bina modellerinin de 12 katlı modelde olduğu gibi zemin kat yüksekliğinin artmasından etkilenmediği görülmektedir. En büyük oran Northr-Tar depremine aittir ve zemin kat yüksekliği 4 m olan modelin 3 m olan modele göre %69 değerindeki artışa sahiptir. Ankastre modeller için inceleme yapıldığında bütün zemin profilleri için en büyük oran set 3 depremlerinden Northr-Syl depremine aittir ve %79 oranında artış söz konusudur.



**Şekil 4.58:** 8 katlı binanın Z1 zemin profilinde zemin kat yüksekliği 3.5 m ve 4 m olan modellerin zemin kat yüksekliği 3 m olan modellere göre maksimum GKÖ(%) değerlerinin oranı

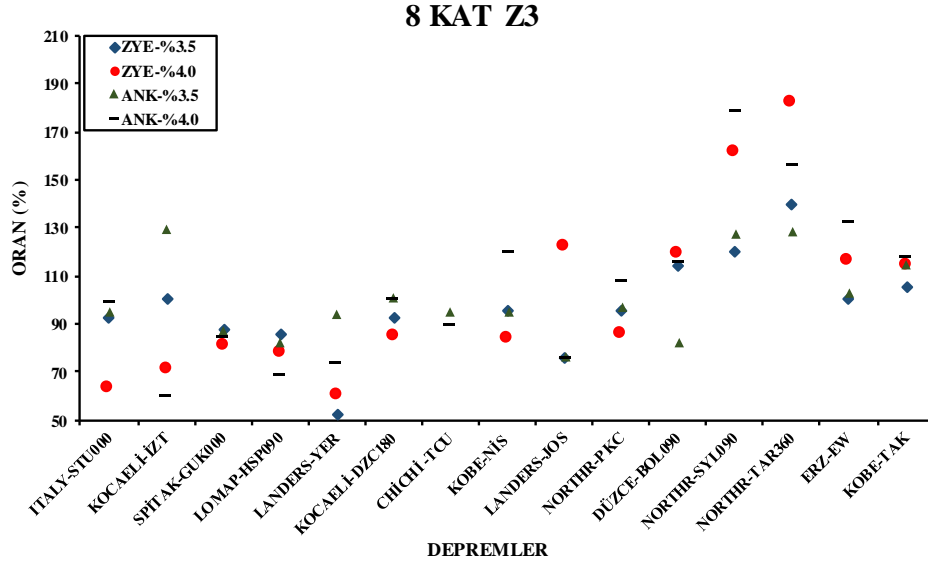
Şekil 4.59’da verilen zemin yapı etkileşimli modellerde en büyük oran Northr-Tar360 depreminde oluşmuştur. Zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde oluşan maksimum görece kat ötelenme zemin kat yüksekliği 3 m olan modele göre iki kat artmıştır. Ayrıca set 1 ve set 2 depremlerinde zemin kat yüksekliği 4 m olan

modellerin %30'unda maksimum görel kat ötelenmesi zemin kat yüksekliği 3 m olan modellerden yüksek gelmiştir. Bu durum set 1 ve set 2 depremlerinde yumuşak kat düzensizliğinin daha az olduğunu bir kez daha göstermiştir. Ankastre modeller için inceleme yapıldığında bütün zemin profilleri için en büyük oran set 3 depremlerinden Northr-Syl depremine aittir ve %79 oranında artış oluşmuştur.



**Şekil 4.59:** 8 katlı binanın Z2 zemin profilinde zemin kat yüksekliği 3.5 m ve 4 m olan modellerin zemin kat yüksekliği 3 m olan modellere göre maksimum GKÖ(%) değerlerinin oranı

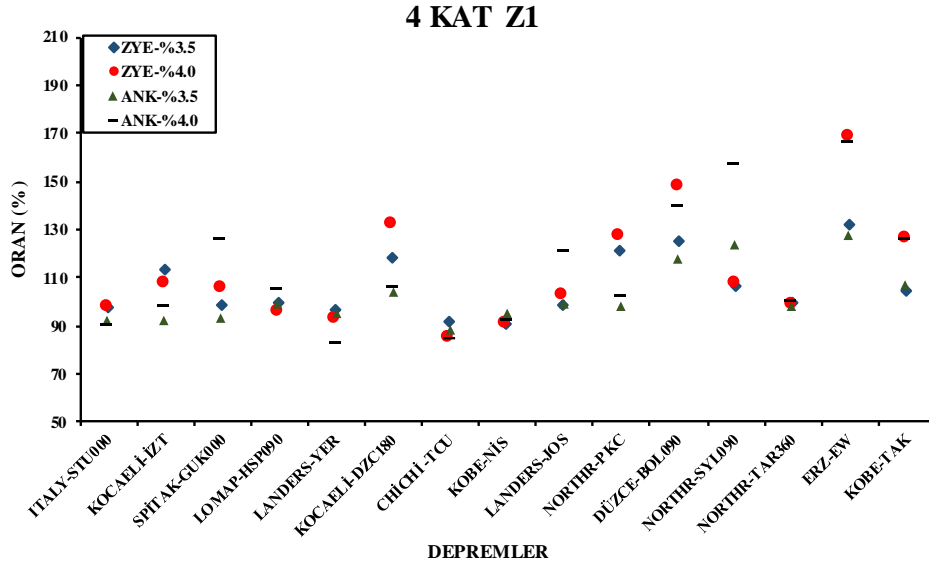
Şekil 4.60'da verilen zemin yapı etkileşimli modellerde set 3 depremlerinin her birinde zemin kat yüksekliğinin artması sonucunda görel kat ötelenme oranı da artmıştır. En büyük oran yine Northr-Tar depremine aittir ve bu oran 182 olarak hesaplanmıştır. Ankastre modeller için inceleme yapıldığında bütün zemin profilleri için en büyük oran set 3 depremlerinden Northr-Syl depremine aittir ve %79 oranında artış oluşmuştur.



**Şekil 4.60:** 8 katlı binanın Z3 zemin profilinde zemin kat yüksekliği 3.5 m ve 4 m olan modellerin zemin kat yüksekliği 3 m olan modellere göre maksimum GKÖ(%) değerlerinin oranı

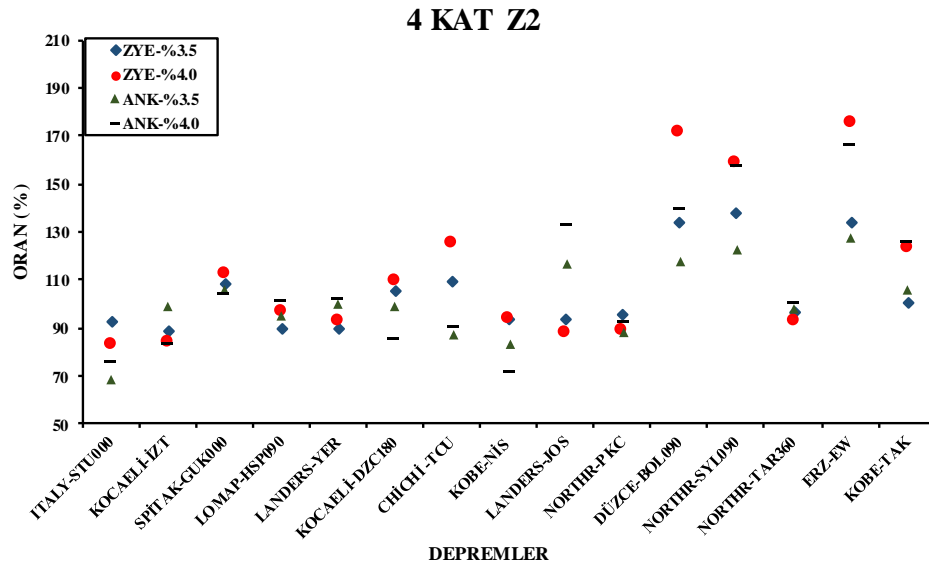
#### 4.5.3 4 Katlı Bina Modeline Ait Oranlar

Şekil 4.61’de verilen zemin yapı etkileşimli modellerde görelî kat ötelenme oranında ki en büyük artış %68 değerinde Erz-Ew depreminde oluşmuştur. Ankastre modellerde 3 zemin koşulu için en büyük oran set 3 depremlerinden Erz-Ew depreminde oluşmuştur. Bu değer zemin kat yüksekliği 4 m olan modellerde elde edilmiştir ve zemin kat yüksekliği 3 m olan modellere göre %65 oranında artış söz konusudur.



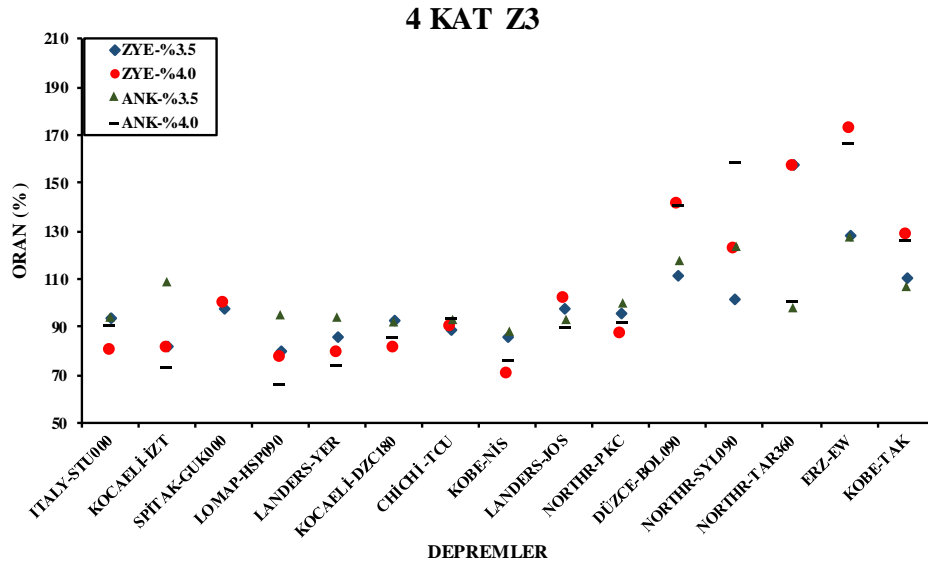
**Şekil 4.61:** 4 katlı binanın Z1 zemin profilinde zemin kat yüksekliği 3.5 m ve 4 m olan modellerin zemin kat yüksekliği 3 m olan modellere göre maksimum GKÖ(%) değerlerinin oranı

Şekil 4.62’de verilen zemin yapı etkileşimli modellerde görelî kat ötelenme oranında ki en büyük artış %75 değerinde Erz-Ew depreminde oluşmuştur. Ankastre modellerde 3 zemin koşulu için en büyük oran set 3 depremlerinden Erz-Ew depreminde oluşmuştur.



**Şekil 4.62:** 4 katlı binanın Z2 zemin profilinde zemin kat yüksekliği 3.5 m ve 4 m olan modellerin zemin kat yüksekliği 3 m olan modellere göre maksimum GKÖ(%) değerlerinin oranı

Şekil 4.63'te verilen zemin yapı etkileşimli modellerde görelî kat ötelenme oranında ki en büyük artış %72 değerinde Erz-Ew depreminde oluşmuştur. Ankastre modellerde 3 zemin koşulu için en büyük oran Erz-Ew depreminde oluşmuştur.



Şekil 4.63: 4 katlı binanın Z3 zemin profilinde zemin kat yüksekliği 3.5 m ve 4 m olan modellerin zemin kat yüksekliği 3 m olan modellere göre maksimum GKÖ(%) değerlerinin oranı

#### 4.6 Zemin Katta Oluşan Maksimum Görelî Kat Ötelenme Oranı

Analizler sonucunda 15 adet deprem ivme kaydı için zemin katta oluşan maksimum görelî kat ötelenme oranları Tablo 4.6' da verilmiştir.

12 katlı bina modeli için Şekil 4.64'te zemin yapı etkileşimli ve ankastre modeller için zemin katta oluşan maksimum görelî kat ötelenme oranları verilmektedir. Grafik incelendiğinde en büyük değerlerin set 3 depremleri etkisinde olduğu görülmektedir.

12 katlı ZYE Z1 modelinde en büyük GKÖ (%) Northr-Syl090 depreminde %2.7 olarak hesaplanmıştır. Bu en büyük GKÖ (%) değeri aynı model için Z2 zemininde Kobe-Tak depreminde %2.45 olarak hesaplanırken Z3 zemininde Kobe-Tak depreminde %2.77 olarak hesaplanmıştır. 12 katlı ankastre modelinin Z1, Z2 ve Z3 zeminleri için en büyük GKÖ (%) Kobe-Tak depreminde %3.23 olarak hesaplanmıştır. Yumuşak kat düzensizliği açısından grafikler incelendiğinde en

büyük ortalama görelî kat ötelenme oranı zemin kat yüksekliği 4 m olan modellerde oluşmuştur.

8 katlı bina modeli için Şekil 4.65'te zemin yapı etkileşimli ve ankastre modeller için zemin katta oluşan maksimum görelî kat ötelenme oranları verilmektedir. Grafik incelendiğinde zemin katta oluşan maksimum görelî kat ötelenme oranları içinden en büyük değerler set 3 depremleri etkisinde oluşmuştur.

8 katlı ZYE Z1 modelinde en büyük GKÖ (%) Kobe-Tak depreminde %3.98 olarak hesaplanmıştır. Bu en büyük GKÖ (%) değeri aynı model için Z2 zemininde Kobe-Tak depreminde %4.13 olarak hesaplanırken Z3 zemininde Kobe-Tak depreminde %4.42 olarak hesaplanmıştır. 8 katlı ankastre modelinin Z1, Z2 ve Z3 zeminleri için en büyük GKÖ (%) Kobe-Tak depreminde %5 olarak hesaplanmıştır. Yumuşak kat düzensizliği açısından grafikler incelendiğinde en büyük ortalama görelî kat ötelenme oranı zemin kat yüksekliği 4 m olan modellerde oluşmuştur.

4 katlı bina modeli için Şekil 4.66'da zemin yapı etkileşimli ve ankastre modeller için zemin katta oluşan maksimum görelî kat ötelenme oranları verilmektedir. Grafik incelendiğinde zemin katta oluşan maksimum görelî kat ötelenme oranları içinden en büyük değerler set 3 depremleri etkisinde oluşmuştur.

4 katlı ZYE Z1 modelinde en büyük GKÖ (%) Kobe-Tak depreminde %4.42 olarak hesaplanmıştır. Bu en büyük GKÖ (%) değeri aynı model için Z2 zemininde Kobe-Tak depreminde %4.48 olarak hesaplanırken Z3 zemininde Kobe-Tak depreminde %4.49 olarak hesaplanmıştır. 4 katlı ankastre modelinin Z1, Z2 ve Z3 zeminleri için en büyük GKÖ (%) Kobe-Tak depreminde %5 olarak hesaplanmıştır.

Yumuşak kat düzensizliği açısından grafikler incelendiğinde en büyük ortalama görelî kat ötelenme oranı zemin kat yüksekliği 4 m olan modellerde oluşmuştur.

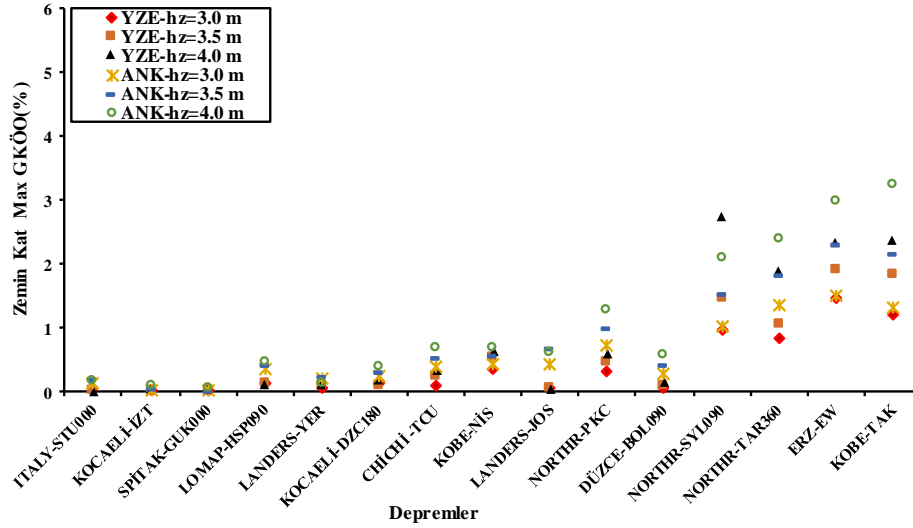
Tablo 4.6 incelendiğinde ankastre modellerde elde edilen maksimum ortalama görelî kat ötelenme oranı değerleri ZYE modellerdeki değerlerden daha büyük elde edilmiştir. Ayrıca zemin kat yüksekliği arttıkça hesaplanan ortalama maksimum GKÖ (%) değerlerinin de arttığı oldukça ortadadır. Kat sayısı arttıkça

elde edilen bu GKÖ (%) değerleri azalmaktadır. En büyük ortalama GKÖ (%) değerleri 4 katlı modellerde gözlemlenmiştir.

**Tablo 4.6:** Zemin kat için elde edilen maksimum ortalama görel kat ötelenme oranı değerleri (%)

MODEL	Kat Sayısı	Zemin Profili	3 m	3.5 m	4 m
ZYE	4	Z1	1.47	1.58	1.71
		Z2	1.26	1.36	1.50
		Z3	0.82	0.87	1.00
	8	Z1	0.75	0.94	1.11
		Z2	0.66	0.81	0.97
		Z3	0.65	0.74	0.87
	12	Z1	0.37	0.53	0.76
		Z2	0.40	0.55	0.69
		Z3	0.36	0.51	0.65
Ankastre	4	Z1	1.94	1.99	2.19
		Z2	1.45	1.51	1.68
		Z3	0.90	0.99	1.13
	8	Z1	0.95	1.22	1.47
		Z2	0.80	1.01	1.21
		Z3	0.65	0.82	1.00
	12	Z1	0.55	0.82	1.05
		Z2	0.51	0.73	0.94
		Z3	0.43	0.64	0.85

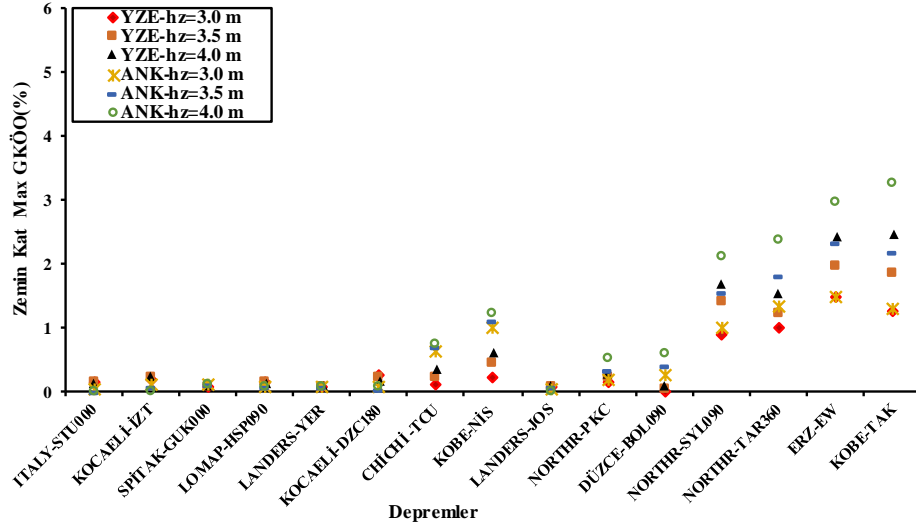
## 12 KAT Z1



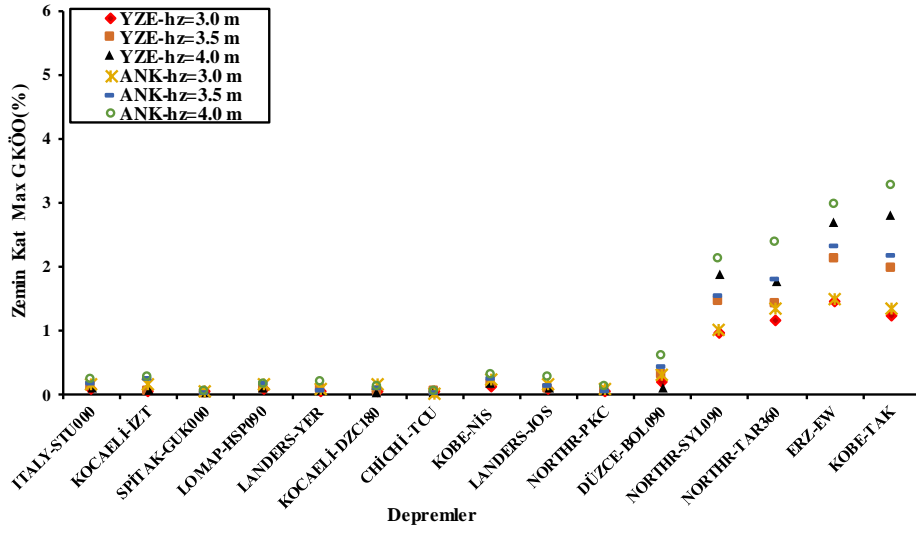
**Şekil 4.64:** 12 katlı çerçeve bina modeli için zemin katta oluşan maksimum görel kat ötelenme oranının karşılaştırılması



## 12 KAT Z2

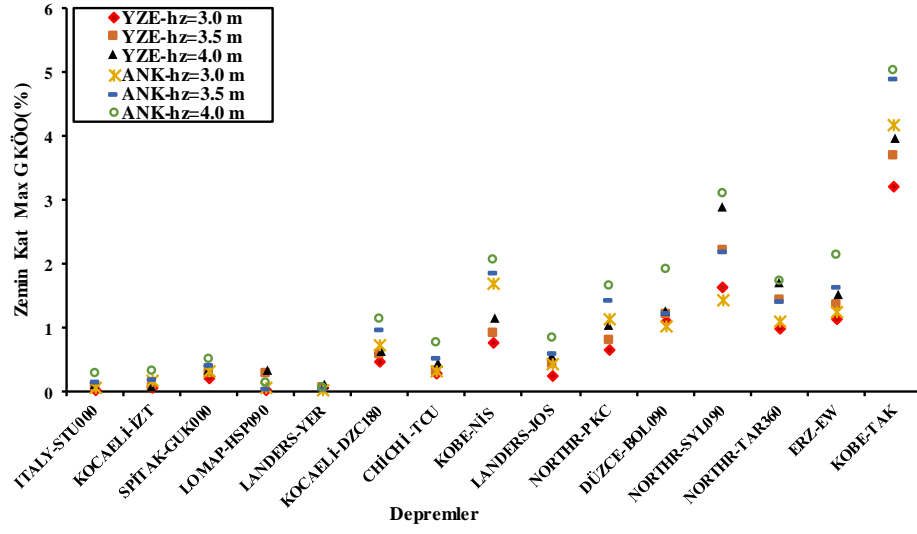


## 12 KAT Z3

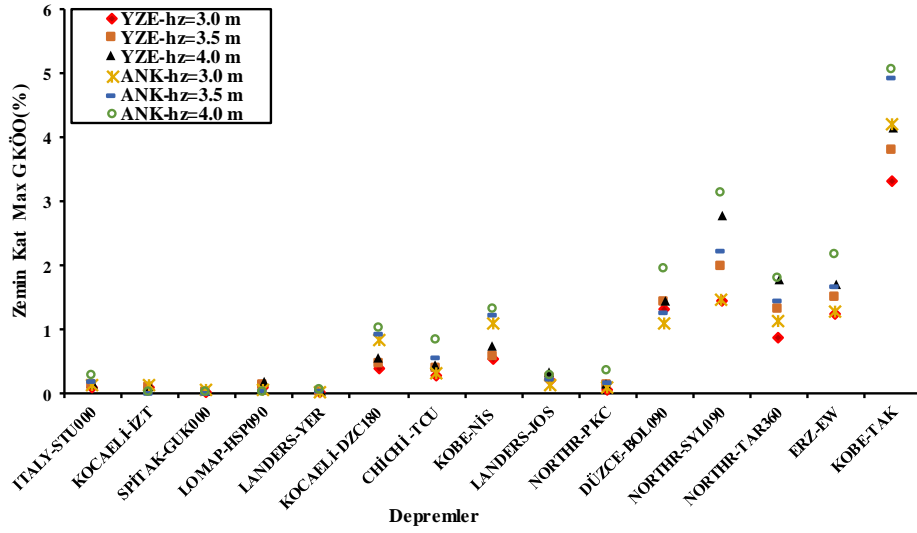


Şekil 4.64 (devam) :12 katlı çerçeve bina modeli için zemin katta oluşan maksimum görelî kat ötelenme oranının karşılaştırılması

## 8 KAT Z1

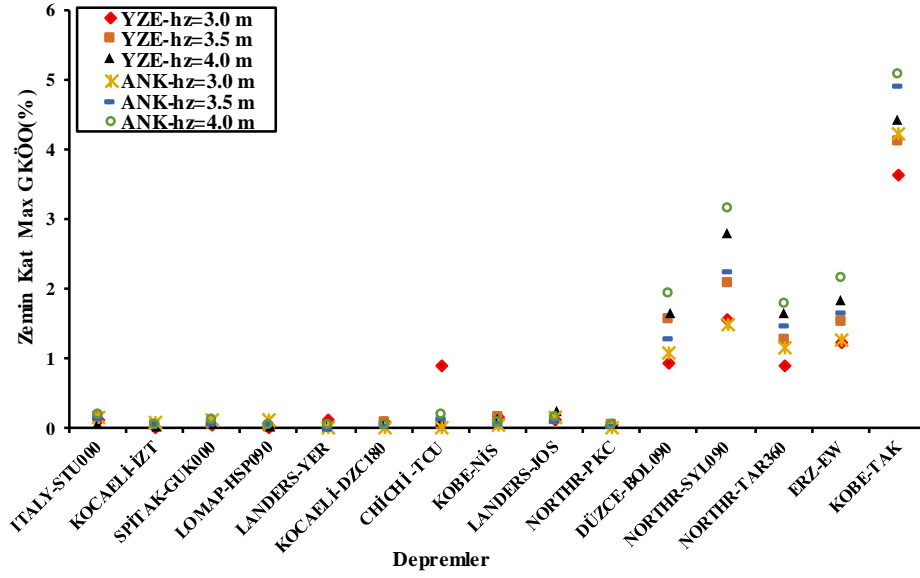


## 8 KAT Z2



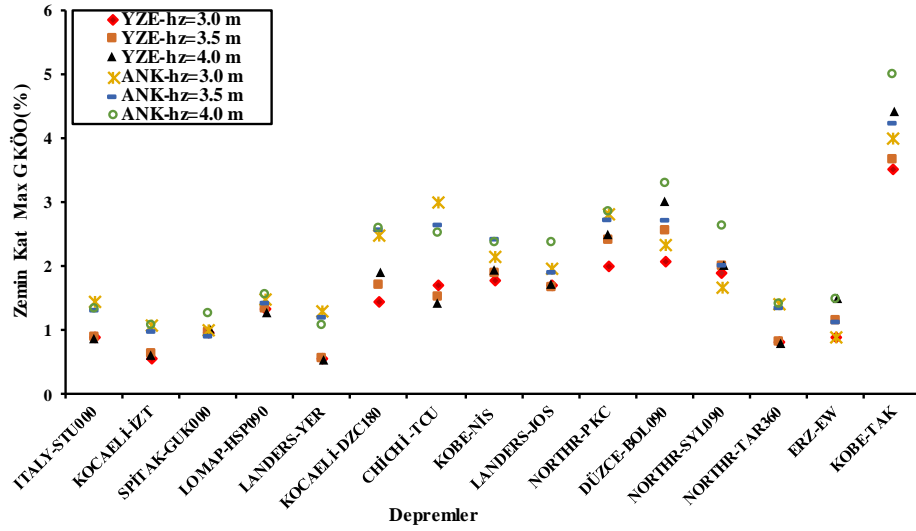
Şekil 4.65: 8 katlı çerçeve bina modeli için zemin katta oluşan maksimum görelî kat ötelenme oranının karşılaştırılması

## 8 KAT Z3



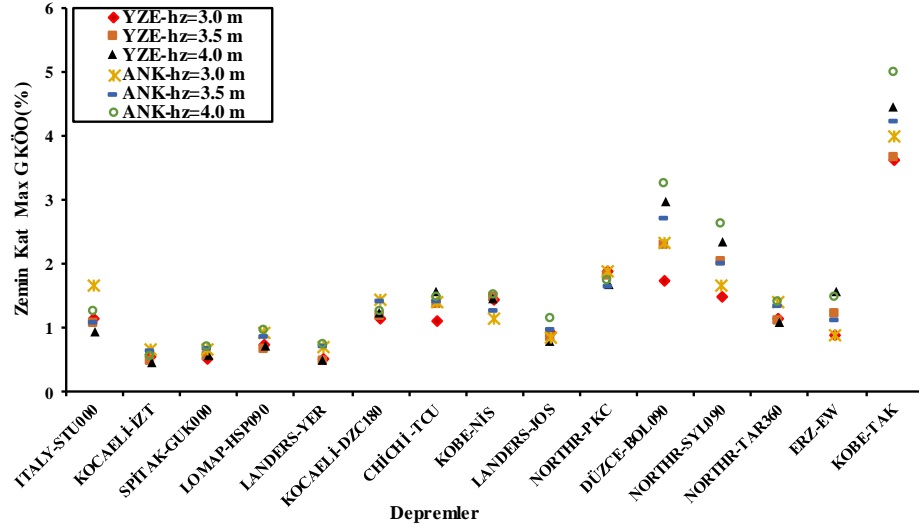
Şekil 4.65 (devam) : 8 katlı çerçeve bina modeli için zemin katta oluşan maksimum görelî kat ötelenme oranının karşılaştırılması

## 4 KAT Z1

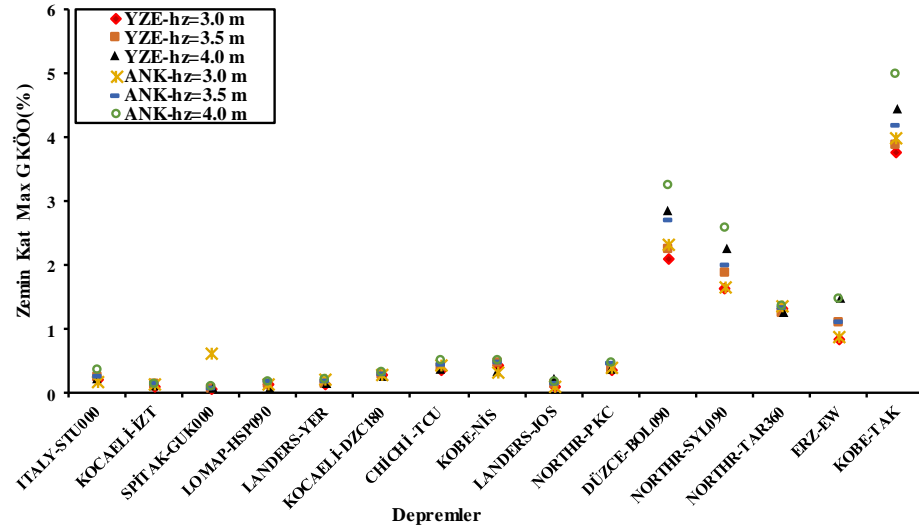


Şekil 4.66: 4 katlı çerçeve bina modeli için zemin katta oluşan maksimum görelî kat ötelenme oranının karşılaştırılması

### 4 KAT Z2



### 4 KAT Z3



Şekil 4.66 (devam) : 4 katlı çerçeve bina modeli için zemin katta oluşan maksimum görelî kat ötelenme oranının karşılaştırılması

## 4.7 Zemin-Yapı Etkileşimli ve Ankastre Çerçeve Modellerinin Ortalama Deplasman ve Görelî Kat Ötelenme Oranının Karşılaştırılması

### 4.7.1 Ortalama Maksimum Deplasman Değerlerinin Oranı

#### 4.7.1.1 Elde Edilen Oranlara Ait Tablolar

Zemin yapı etkileşimli modellerden elde edilen deplasman taleplerinin ankastre modellerden elde edilen deplasman taleplerine oranı sonucu elde edilen veriler Tablo 4.7, Tablo 4.8 ve Tablo 4.9’da verilmektedir.

**Tablo 4.7:** 12 Katlı modeller için ZYE/ankastre maksimum çatı deplasmanı oranı

Zemin Kat Yüksekliği	Zemin	Set 1	Set 2	Set 3
3 m	Z1	0.708	0.826	0.988
	Z2	0.787	0.767	1.014
	Z3	0.688	0.707	0.995
3.5 m	Z1	0.711	0.808	0.795
	Z2	0.766	0.754	1.002
	Z3	0.728	0.729	0.746
4 m	Z1	0.727	0.795	1.012
	Z2	0.746	0.731	1.003
	Z3	0.722	0.746	0.986

**Tablo 4.8:** 8 Katlı modeller için ZYE/ankastre maksimum çatı deplasmanı oranı

Zemin Kat Yüksekliği	Zemin	Set 1	Set 2	Set 3
3 m	Z1	0.746	0.879	0.934
	Z2	0.928	1.144	0.925
	Z3	0.811	1.199	0.960
3.5 m	Z1	0.752	0.848	0.830
	Z2	0.924	1.121	0.959
	Z3	0.780	0.854	0.853
4 m	Z1	0.755	0.830	1.003
	Z2	0.958	1.078	0.996
	Z3	0.785	0.853	0.996

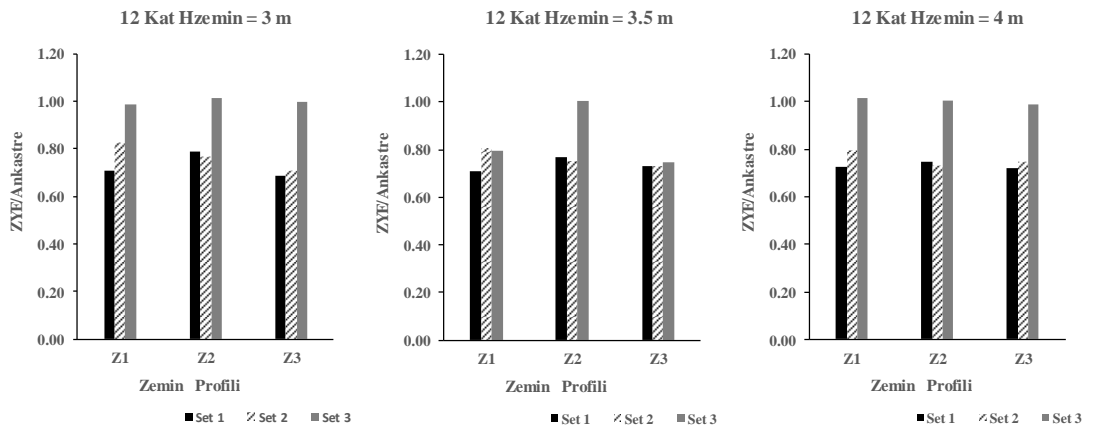
**Tablo 4.9:** 4 Katlı modeller için ZYE/ankastre maksimum çatı deplasmanı oranı

Zemin Kat Yüksekliği	Zemin	Set 1	Set 2	Set 3
3 m	Z1	0.783	0.785	0.920
	Z2	0.772	0.911	0.886
	Z3	0.644	0.908	0.961
3.5 m	Z1	0.791	0.810	0.861
	Z2	0.838	0.948	0.960
	Z3	0.736	0.865	0.863
4 m	Z1	0.829	0.861	0.990
	Z2	0.816	0.986	1.039
	Z3	0.842	0.863	1.017

#### 4.7.1.2 Elde Edilen Oranlara Ait Grafikler

12 katlı bina modellerine ait maksimum çatı deplasmanlarının zemin yapı etkileşimli modeldeki değerinin ankastre modeldeki değerlere göre birbirine oranlanması ile oluşturulan grafikler Şekil 4.67’de verilmektedir. Set 2 ve set 1 depremlerinin her 3 zemin profili için aynı şekilde ankastre modellerde daha fazla çatı deplasmanı elde edilmiştir. Set 3 depremlerinde ise her üç zemin kat yüksekliği için toplamda 4 adet durumda oran 1’den büyük gelmiştir (bkz. Tablo 4.7).

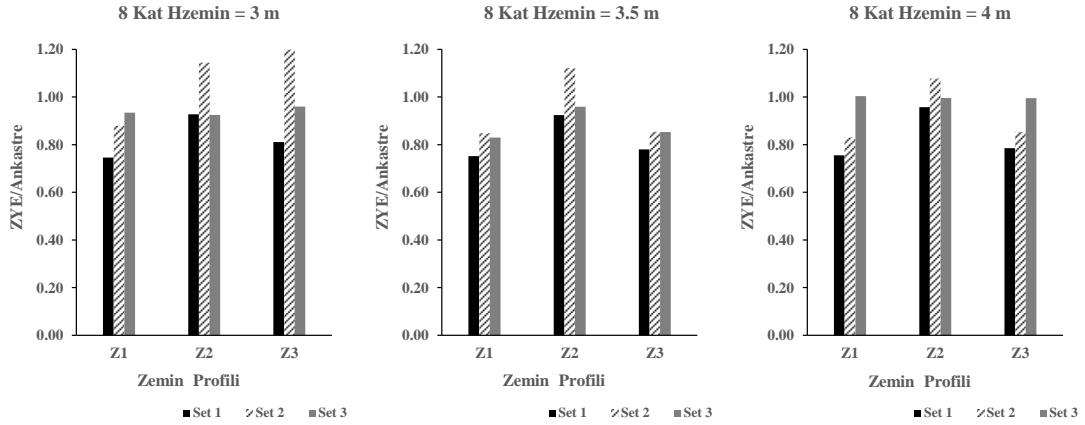
En büyük oran zemin kat yüksekliği 3 m olan modeller için 1.014 olarak hesaplanmıştır. Bu değer zemin kat yüksekliği 3.5 m olan modeller için 1.002 olurken 4 m için 1.012 olarak elde edilmiştir.



**Şekil 4.67:** 12 katlı çerçeve bina modelinin zemin profilinde maksimum ortalama deplasman oranının karşılaştırılması

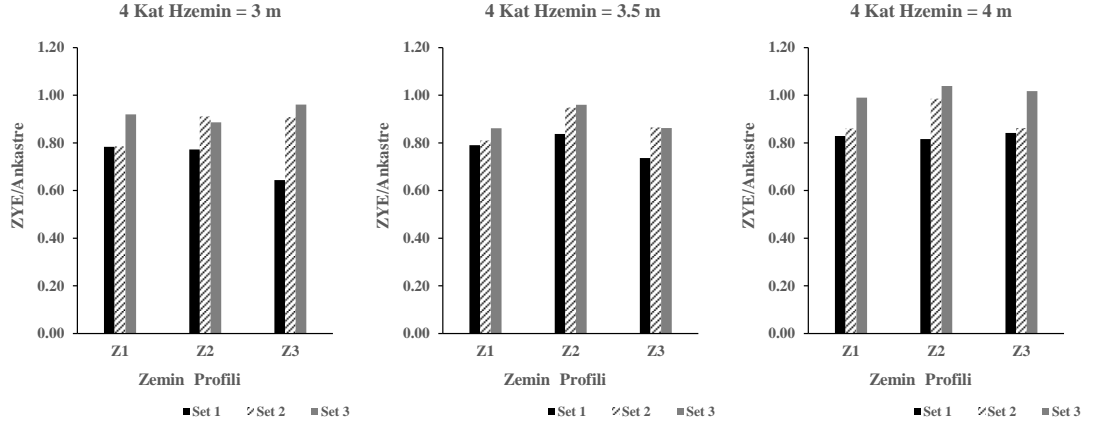
8 katlı bina modellerine ait maksimum çatı deplasmanlarının zemin yapı etkileşimli modeldeki değerinin ankastre modeldeki değerlere göre oranlanması

sonucu elde edilen grafikler Şekil 4.68’de verilmektedir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde 12 katlı modellerden farklı olarak 8 katlı modellerde set 2 depremlerinde de 1’in üzerinde değer elde edilmiştir. En büyük oran zemin kat yüksekliği 3 m olan modeller için 1.99 olarak hesaplanmıştır. Bu değer zemin kat yüksekliği 3.5 m olan modeller için 1.12, 4 m için 1.078 olarak elde edilmiştir.



**Şekil 4.68:** 8 katlı çerçeve bina modelinin zemin profilinde maksimum ortalama deplasman oranının karşılaştırılması

4 katlı bina modellerine ait maksimum çatı deplasmanlarının zemin yapı etkileşimli modeldeki değerinin ankastre modeldeki değerlere göre birbirine oranlanması ile oluşturulan grafikler Şekil 4.69’da verilmektedir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde 4 katlı modellerde sadece set 3 depremlerinde 1’in üzerinde değer elde edilmiştir ve bu değerler zemin kat yüksekliği 4 m olan koşullardan elde edilmiştir (bkz. Tablo 4.9). En büyük oran zemin kat yüksekliği 3 m ve 3.5 m olan modeller için 0.96 olarak hesaplanırken zemin kat yüksekliği 4 m olan modeller için bu değer 1.04 olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.69: 4 katlı çerçeve bina modelinin zemin profilinde maksimum ortalama deplasman oranının karşılaştırılması

## 4.7.2 Ortalama Maksimum Görelî Kat Ötelenme Değerleri

### 4.7.2.1 Elde Edilen Oranlara Oluşturulan Tablolar

Zemin yapı etkileşimli modellerden elde edilen deplasman taleplerinin ankastre modellerden elde edilen deplasman taleplerine oranı sonucu elde edilen değerler Tablo 4.10, Tablo 4.11 ve Tablo 4.12’de verilmektedir.

Tablo 4.10: 12 katlı modeller için ZYE/ankastre maksimum görelî kat oranı

Zemin Kat Yüksekliği	Zemin	Set 1	Set 2	Set 3
3 m	Z1	0.730	0.828	0.967
	Z2	0.929	0.678	0.938
	Z3	0.447	0.924	0.967
3.5 m	Z1	0.738	0.653	0.517
	Z2	0.920	0.616	0.782
	Z3	0.589	0.957	0.941
4 m	Z1	0.804	0.517	0.836
	Z2	0.903	0.510	0.728
	Z3	0.564	0.941	0.812



**Tablo 4.11:** 8 katlı modeller için ZYE/ankastre maksimum görelî kat oranı

Zemin Kat Yüksekliği	Zemin	Set 1	Set 2	Set 3
3 m	Z1	0.642	0.805	0.865
	Z2	0.642	0.879	0.866
	Z3	0.691	0.871	0.902
3.5 m	Z1	0.641	0.662	0.613
	Z2	0.583	0.771	0.861
	Z3	0.591	1.015	0.741
4 m	Z1	0.695	0.613	0.815
	Z2	0.605	0.583	0.842
	Z3	0.510	0.741	0.877

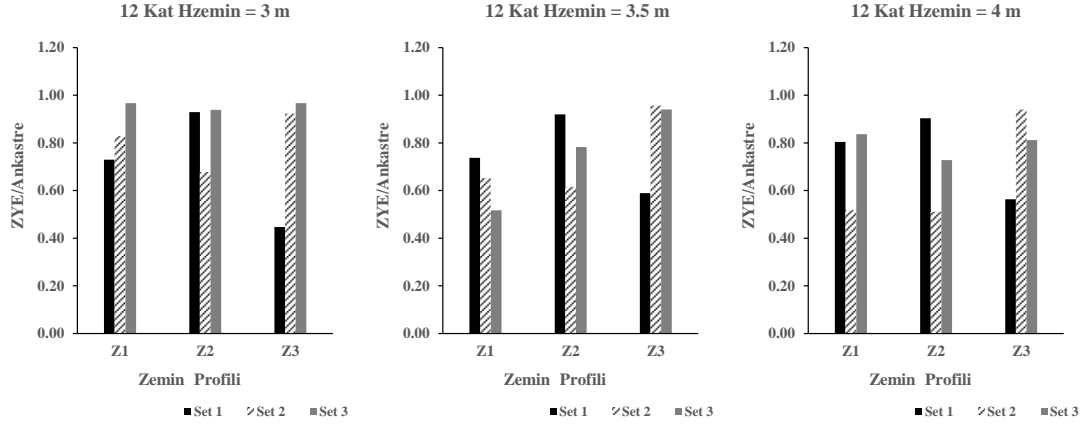
**Tablo 4.12:** 4 katlı modeller için ZYE/ankastre maksimum görelî kat oranı

Zemin Kat Yüksekliği	Zemin	Set 1	Set 2	Set 3
3 m	Z1	0.688	0.694	0.888
	Z2	0.750	0.862	0.866
	Z3	0.616	0.872	0.947
3.5 m	Z1	0.729	0.745	0.749
	Z2	0.784	0.983	0.895
	Z3	0.723	0.838	0.840
4 m	Z1	0.690	0.749	0.851
	Z2	0.758	0.953	0.904
	Z3	0.850	0.840	0.904

#### 4.7.2.2 Elde Edilen Oranlara Ait Grafikler

12 katlı bina modellerine ait maksimum görelî kat ötelenme oranının zemin yapı etkileşimli modeldeki değeri nin ankastre modeldeki değere göre birbirine oranlanması ile oluşturulan grafikler Şekil 4.70'de verilmektedir. En büyük orana sahip deprem seti zemin kat yüksekliği 3 m olması durumunda set 3 depremlerinde oluşmuştur ve bu değeri 0.967 olarak hesaplanmıştır. Zemin kat yüksekliği 3.5 m ve 4 m olan modeller için en büyük oran sırasıyla 0.957-0.941 olarak set 2 depremlerinde elde edilmiştir.

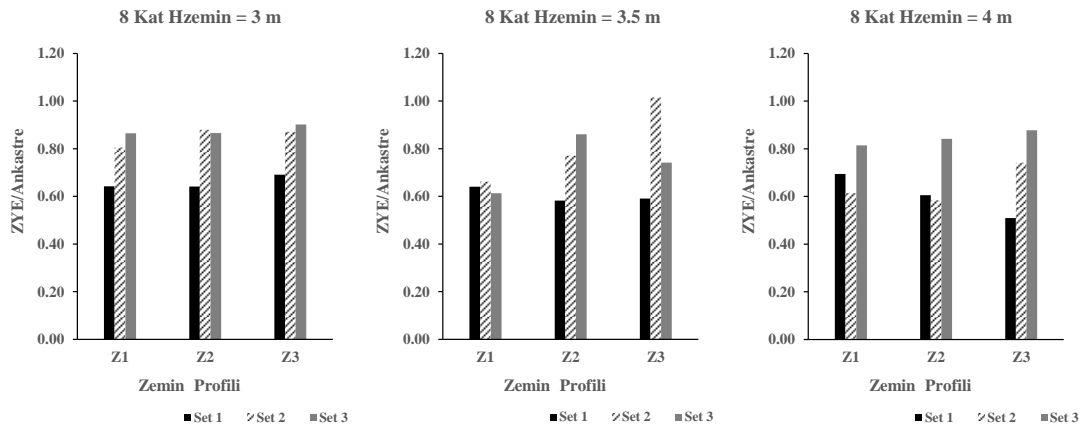
Elde edilen oranlar incelendiğinde 12 katlı bina modeli için bütün koşullarda maksimum görelî kat ötelenme oranı ankastre modellerde daha fazla oluştuğu görülmüştür (bkz. Tablo 4.10).



**Şekil 4.70:** 12 katlı çerçeve bina modelinin zemin profilinde maksimum ortalama görelî kat ötelenme oranlarının karşılaştırılması

8 katlı bina modellerine ait maksimum görelî kat ötelenme oranının zemin yapı etkileşimli modeldeki değerinin ankastre modeldeki değerlere göre birbirine oranlanması ile oluşturulan grafikler Şekil 4.71’de verilmektedir. En büyük orana sahip deprem seti zemin kat yüksekliği 3 m ve 4 m olması durumunda set 3 depremlerinde oluşmuştur ve bu değerler sırasıyla 0.902-0.877 ‘dir. Zemin kat yüksekliği 3.5 m olan modeller için bu değer 1.015 olarak set 2 depremlerinde elde edilmiştir.

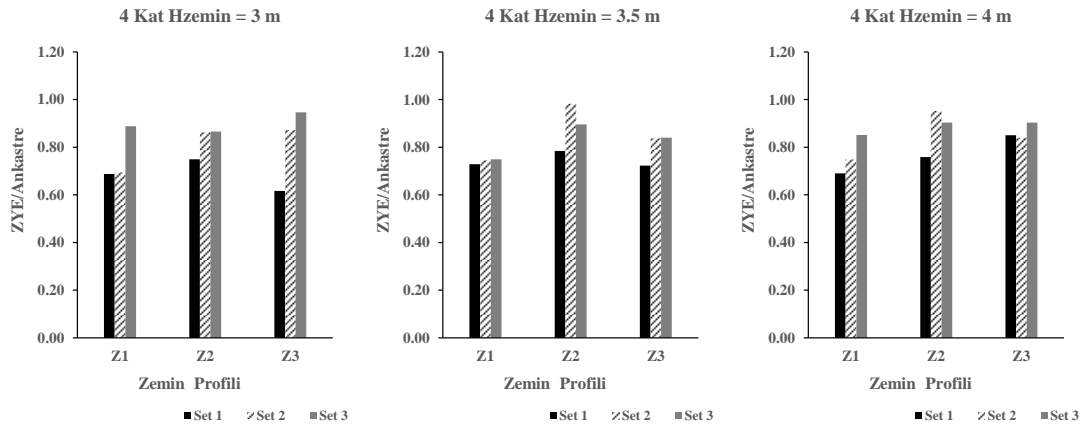
Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde sadece 1 adet oran 1’in üzerinde gelmiştir diğer sonuçların hepsi 1’in altında kalarak ankastre modellerde daha fazla maksimum görelî kat ötelenme oranı elde edildiği gözlemlenmiştir (bkz. Tablo 4.11).



**Şekil 4.71:** 8 katlı çerçeve bina modelinin zemin profilinde maksimum ortalama görelî kat ötelenme oranlarının karşılaştırılması

4 katlı bina modellerine ait maksimum görelî kat ötelenme oranının zemin yapı etkileşimli modeldeki değeriñin ankastre modeldeki değere göre birbirine oranlanması ile oluşturulan grafikler Şekil 4.72’de verilmektedir. En büyük oran zemin kat yüksekliği 3.5 m ve 4 m olması durumunda set 2 depremlerinde oluşmuştur ve bu değeriñler sırasıyla 0.983-0.953 ‘dir. Zemin kat yüksekliği 3 m olan modeller için bu değeriñer 0.947 olarak set 3 depremlerinde elde edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde 1’in üzerinde bir değeriñer olmadığı saptanmıştır. Bu durum yine ankastre modellerde daha fazla görelî kat ötelenme oranı oluştuğunu göstermektedir (bkz. Tablo 4.12).



Şekil 4.72: 4 katlı çerçeve bina modelinin zemin profilinde maksimum ortalama görelî kat ötelenme oranlarının karşılaştırılması

#### 4.8 Zaman Tanım Alanında Analizi Plastik Mafsal Hasar Sonuçları

Plastik mafsal hasar dağılımı yapının elemanlarının dinamik bir yükleme anında oluşacak şekil değıştirmelerini yorumlamamızı sağlar. Bu açıdan bütün modellere ait deprem yüklemesi anında oluşan mafsal hasar dağılımına ait tablolar ve elde edilen mafsal dağılım görüntülerinin bir kısmı EK B’de verilmiştir. Tez kapsamında kullanılan deprem ivme kaydı sayısının fazla olması ve parametre çeşidinin geniş kapsamlı olması sebebiyle bu bölümde sadece örnek olarak Kobe-Tak depremi sonucunda oluşan mafsal dağılımı Z1(rijitliği en düşük zemin) için verilmiştir.

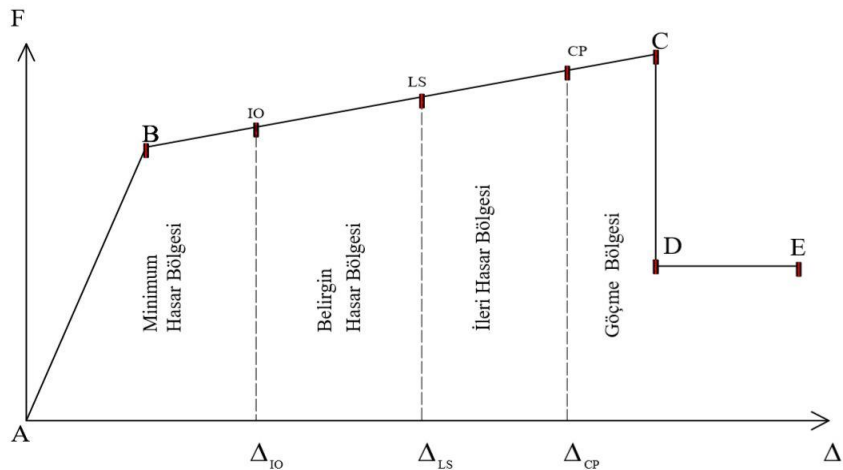
Plastik mafsal hasar dağılımında oluşan hasar sınırları açısından değerlendirmeler yapılmıştır. Bu değerlendirmelerde yumuşak kat düzensizliği ve zemin yapı etkileşimi göz önünde bulundurulmuştur.

Hasar sınırları değerlendirilirken Sap2000 programında kullanılan B, IO, LS, CP, C noktaları kullanılmıştır. Bu noktaların içinden B noktası akma sınırını göstermektedir. IO, LS, CP noktaları ise DBYBHY-2007 yönetmeliğinde bölüm 7.6.9’da belirtilen MN, GV, GÇ kesit hasar sınırlarıdır, C noktası ise kesit şekil değiştirme hasar sınırı olarak tanımlanmaktadır (Şekil 4.74). Elde edilen plastik mafsal hasar dağılımı görüntülerinde C seviyesini geçen plastik mafsal bulunmamaktadır. Ancak zemin kat yüksekliği farklılığı göz önünde bulundurularak incelendiğinde üst katlarda oluşan hasar dağılımı azalsa bile zemin katta yoğunlaşma olduğu gözlenmiştir.

12, 8 ve 4 katlı modellere ait plastik mafsal hasar dağılımları incelendiğinde kritik hasar oluşma seviyesinin en fazla 4 katlı modellerde olduğu gözlenmiştir. Plastik mafsal hasar sınırları gösterimi Şekil 4.73’te verilmiştir.



Şekil 4.73: Hasar sınırları gösterme biçimleri



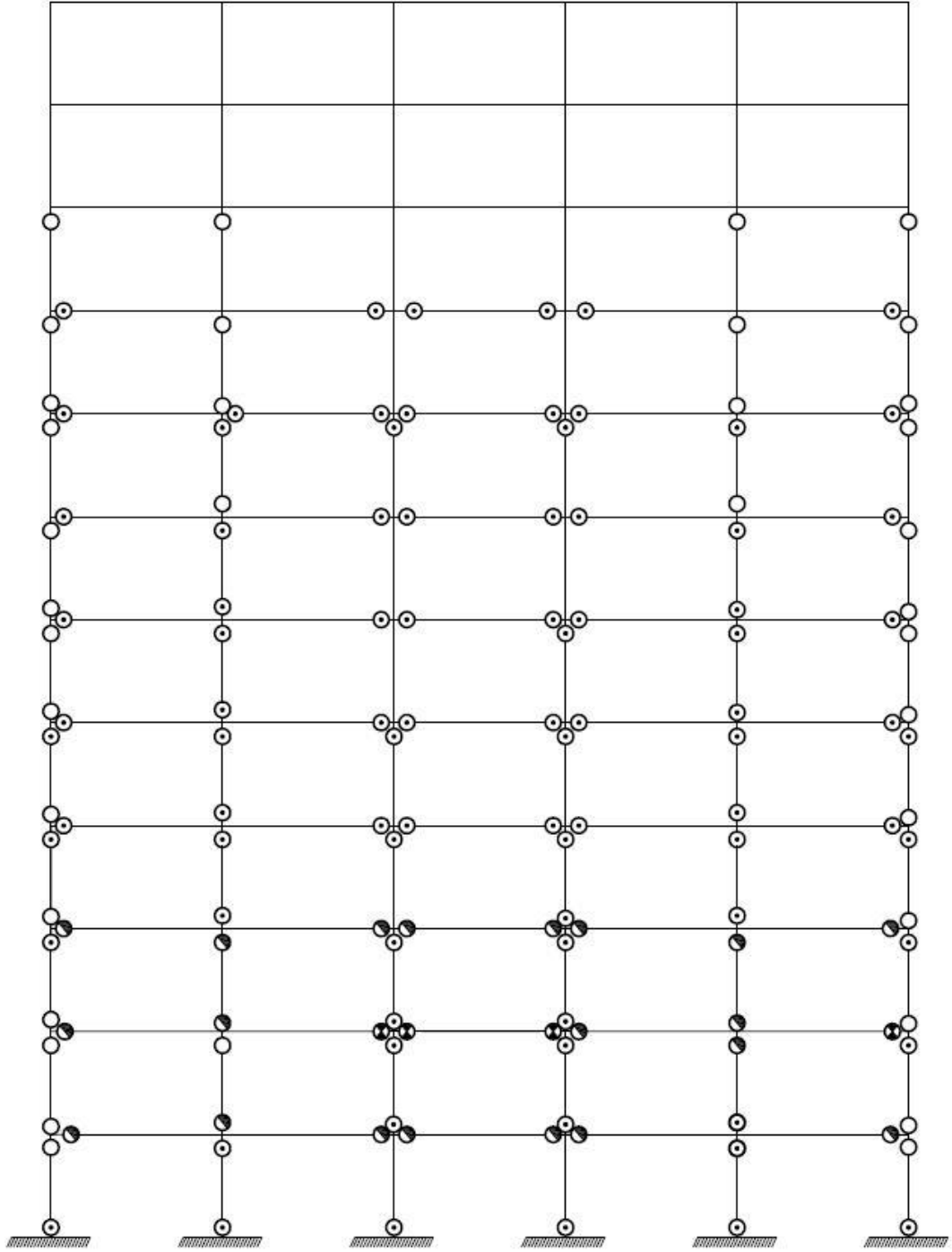
Şekil 4.74: Hasar bölgeleri

#### 4.8.1 12 Katlı Bina Modeline Ait Plastik Mafsalsal Hasar Dağılımları

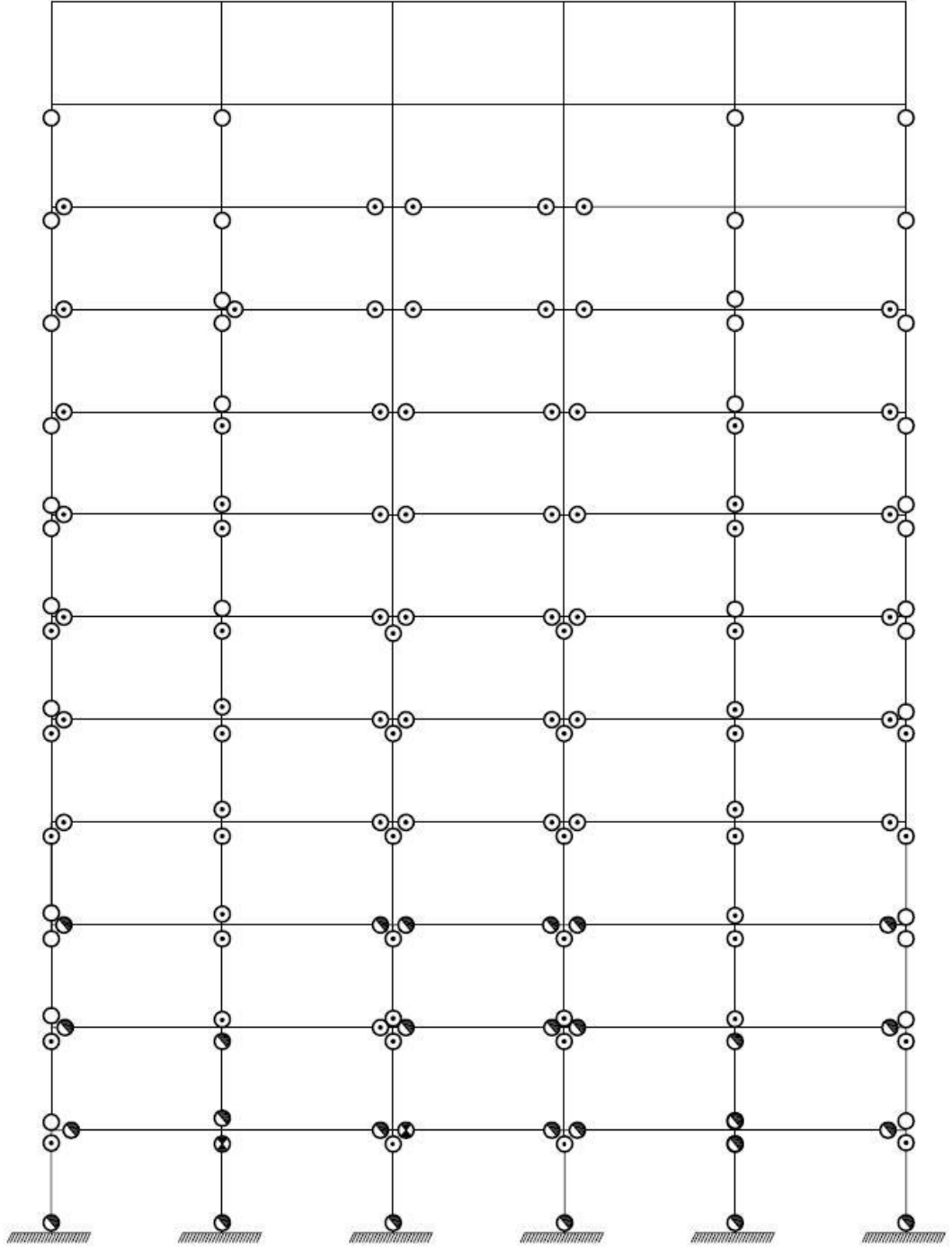
12 katlı model için oluşan mafsalsal dağılımı görüntüleri Şekil 4.75-Şekil 4.78 arasında verilmiştir. Şekiller değerlendirildiğinde kolon elemanlarda oluşan hasarlarda özellikle zemin katta artış söz konusudur. Kobe-Tak depremi için Şekil 4.75 ve Şekil 4.76 incelendiğinde ankastre modellerde zemin kat kolonları zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde o kattaki kolon mafsalsal bölgelerinin %17 'si MH bölgesinde, %58 BH bölgesinde elde edilmiştir. Zemin kat yüksekliği 4 m olan model için aynı değerlere göz atıldığında o kattaki kolonların %33 BH bölgesinde, %58'i İH bölgesinde ve %8'lik bir kısmı GB'ne geçmiştir.

Zemin yapı etkileşimli modellerde Kobe-Tak depremi için Şekil 4.77 ve Şekil 4.78 incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde o kattaki kolon mafsalsal bölgelerinin %17 'si MH bölgesinde, %67 BH bölgesinde elde edilmiştir. Zemin kat yüksekliği 4 m olan model için bu değerler zemin kattaki kolonların %17 BH bölgesinde, %67'i İH bölgesinde ve %17'lik bir kısmı GB bölgesinde olarak elde edilmiştir.

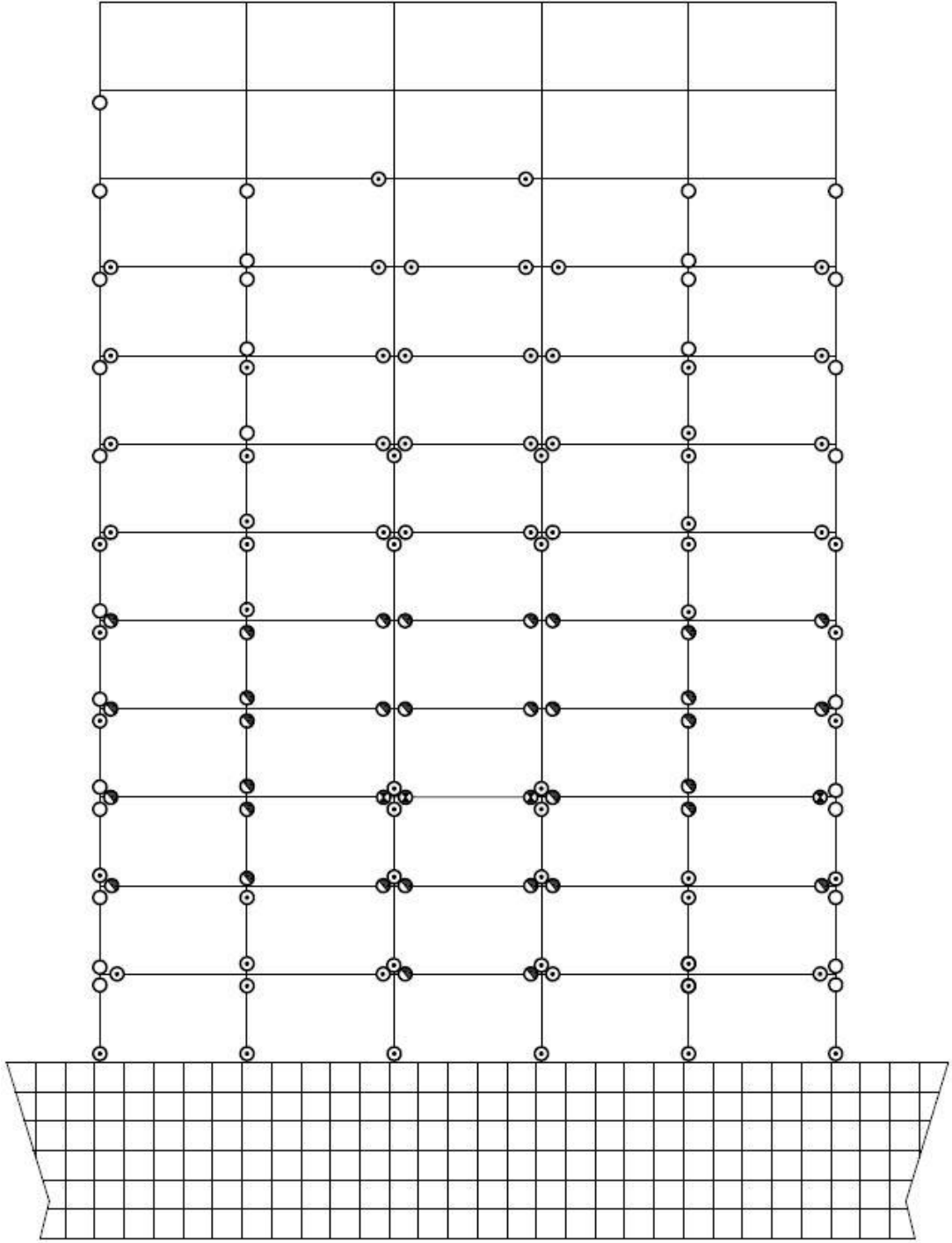
Kirişlerde oluşan mafsallar incelendiğinde de benzer durumlar oluşarak zemin kat yüksekliği 4 m olan modellerde hasarın arttığı görülmüştür. Örneğin; 12 katlı ankastre model için Şekil 4.75 ve Şekil 4.76 incelendiğinde Kobe-Tak depreminde yine zemin katta oluşan kiriş mafsallarının %60'ı İH bölgesinde iken zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde zemin kattaki kiriş mafsallarının %50 'si İH bölgesinde kalıyor iken % 10'luk bir kısmı GB'ne geçmiştir. Zemin yapı etkileşimli modeller için Şekil 4.77 ve Şekil 4.78 incelendiğinde Kobe-Tak depreminde birinci katta oluşan kiriş mafsallarının %40'ı BH bölgesinde, %20'si BH bölgesinde iken zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde 1. kattaki kiriş mafsallarının %60 'si İH bölgesinde bulunmaktadır.



**Şekil 4.75:** Zemin kat yüksekliği 3 m olan 12 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları

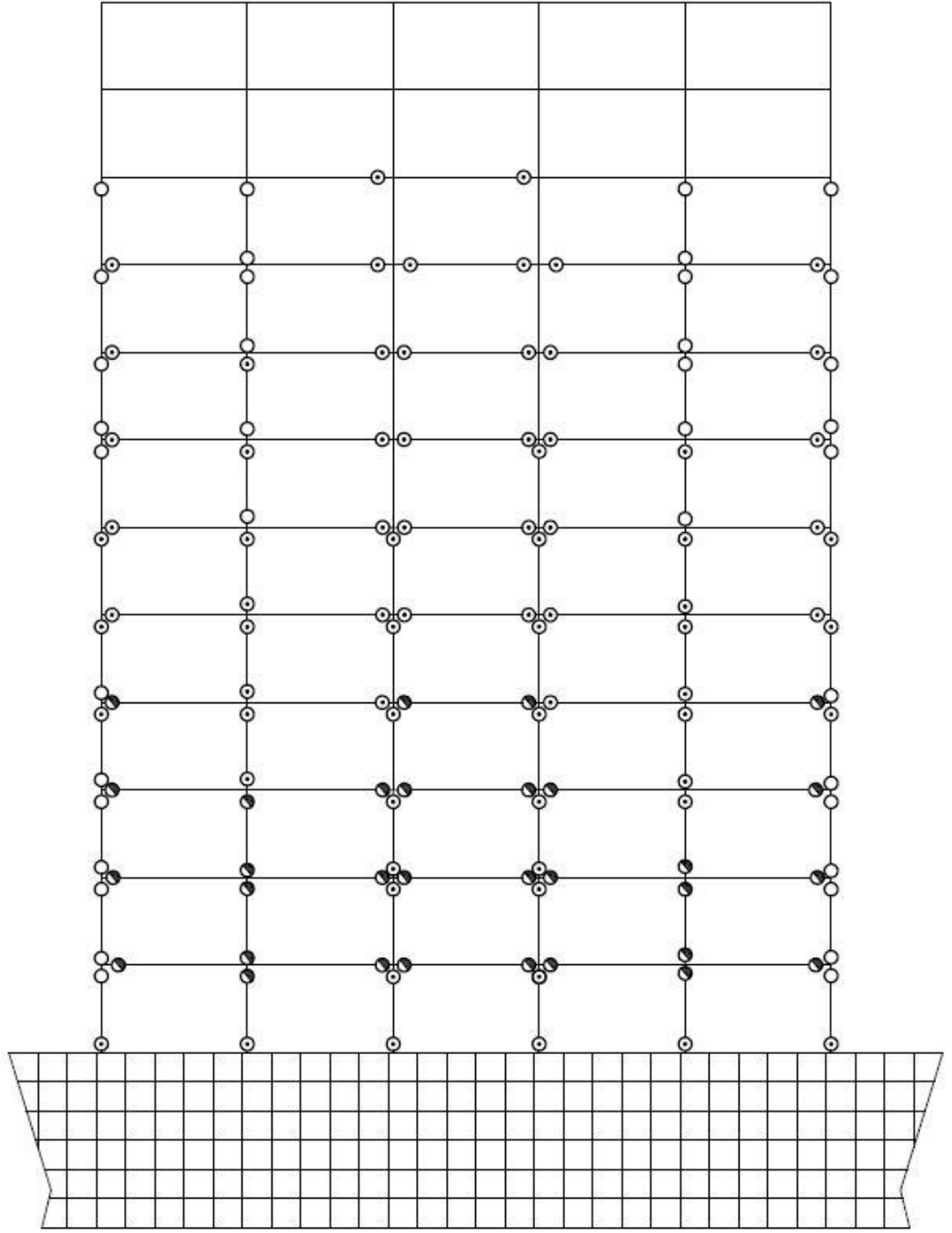


**Şekil 4.76:** Zemin kat yüksekliği 4 m olan 12 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları



**Şekil 4.77:** Zemin kat yüksekliği 3 m olan 12 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları





**Şekil 4.78:** Zemin kat yüksekliği 4 m olan 12 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları

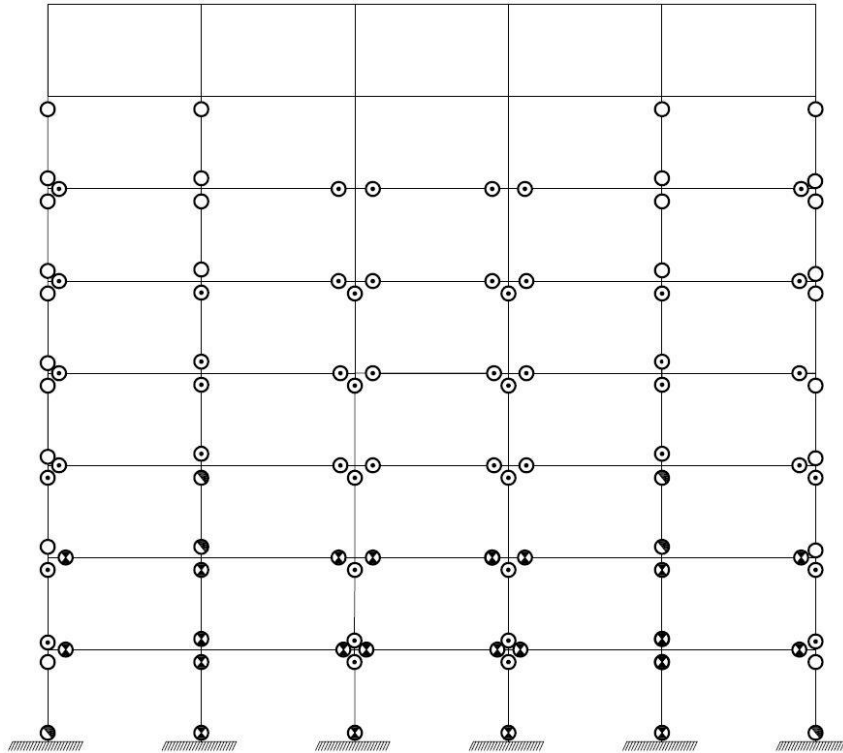
#### 4.8.2 8 Katlı Bina Modeline Ait Plastik Mafsal Hasar Dağılımları

Şekil 4.79-Şekil 4.82 arasında 8 katlı modellerde oluşan hasar dağılımı Kobe-Tak depremi için elde edilmiştir. Şekiller incelendiğinde kolon elemanlarda oluşan

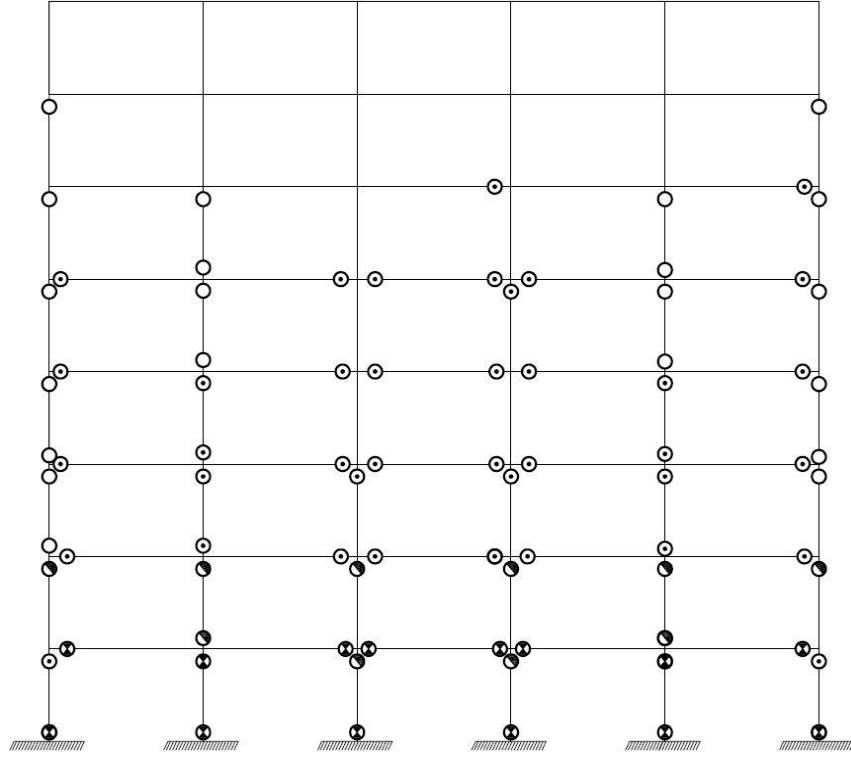
hasarlarda özellikle zemin katta artış söz konusudur. Kobe-Tak depremi için Şekil 4.79 ve Şekil 4.80 'de verilen ankastre modellerin zemin kat kolonlarında oluşan mafsalsal dağılımı değerlendirilmiştir. Zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde o kattaki kolon mafsalsal bölgelerinin %17 'si MH bölgesinde, %17'si BH bölgesinde, %17'si İH bölgesinde ve %50'si GB bölgesinde elde edilmiştir. Zemin kat yüksekliği 4 m olan model için aynı değerlere göz atıldığında o kattaki kolonların %17'si BH bölgesinde, %17'si İH bölgesinde ve %67'si GB bölgesine geçmiştir.

Zemin yapı etkileşimli modeller için Şekil 4.81 ve Şekil 4.82 incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde o kattaki kolon mafsalsal bölgelerinin %50 'si İH bölgesinde, %17 GB bölgesinde elde edilmiştir. Zemin kat yüksekliği 4 m olan model için bu değerler zemin kattaki kolonların %33'ü BH bölgesinde, %17'i İH bölgesinde ve %50'lik bir kısmı GB bölgesinde olarak elde edilmiştir.

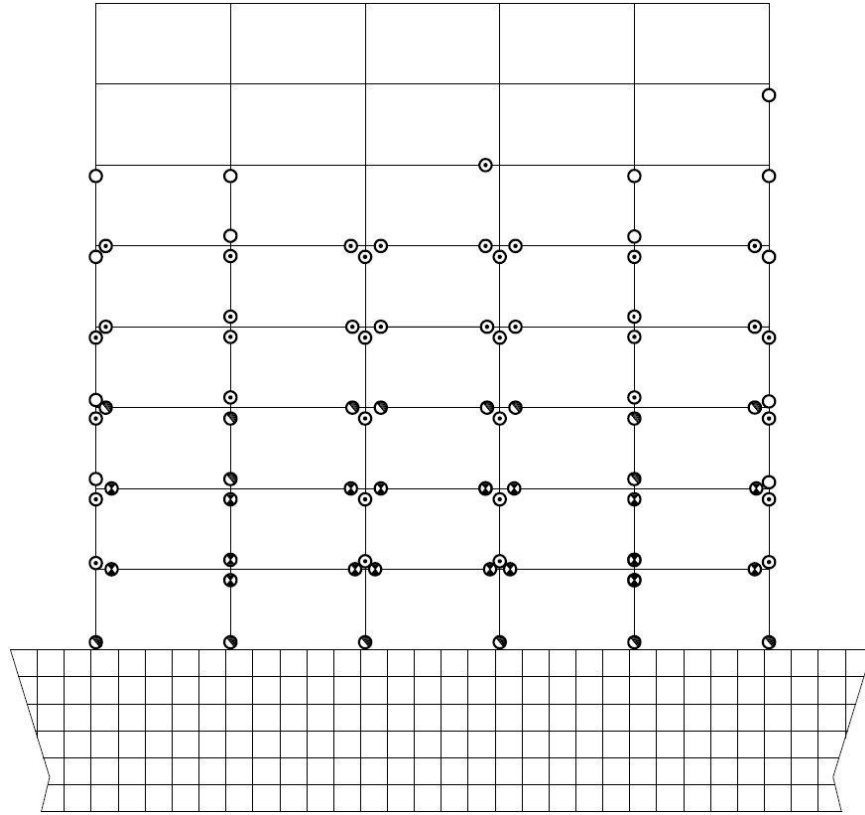
Kiriş elemanlar için oluşan mafsalsal hasarların incelendiğinde zemin kat yüksekliğinin gittikçe artması ile oluşan mafsalsal hasarlarında ciddi bir değişiklik görülmemiştir. Ancak kolonlar için zemin kat yüksekliği farklılığı önem kazanarak hasar dağılımını dikkate alınacak şekilde değiştirdiği görülmektedir.



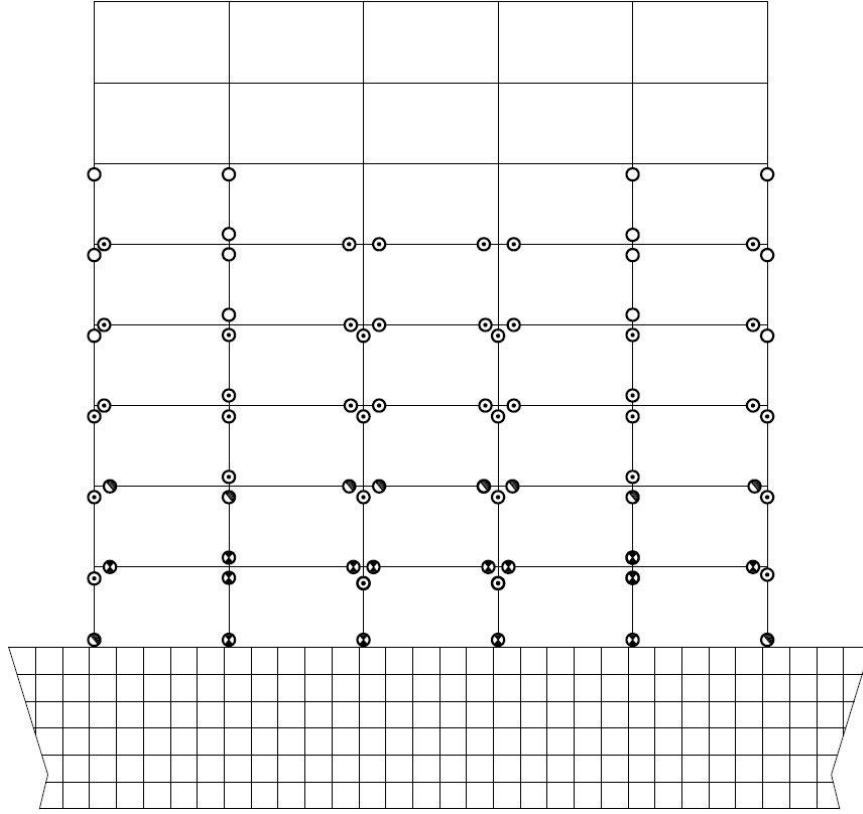
**Şekil 4.79:** Zemin kat yüksekliği 3 m olan 8 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları



**Şekil 4.80:** Zemin kat yüksekliği 4 m olan 8 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları



**Şekil 4.81:** Zemin kat yüksekliği 3 m olan 8 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları



**Şekil 4.82:** Zemin kat yüksekliği 4 m olan 8 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları

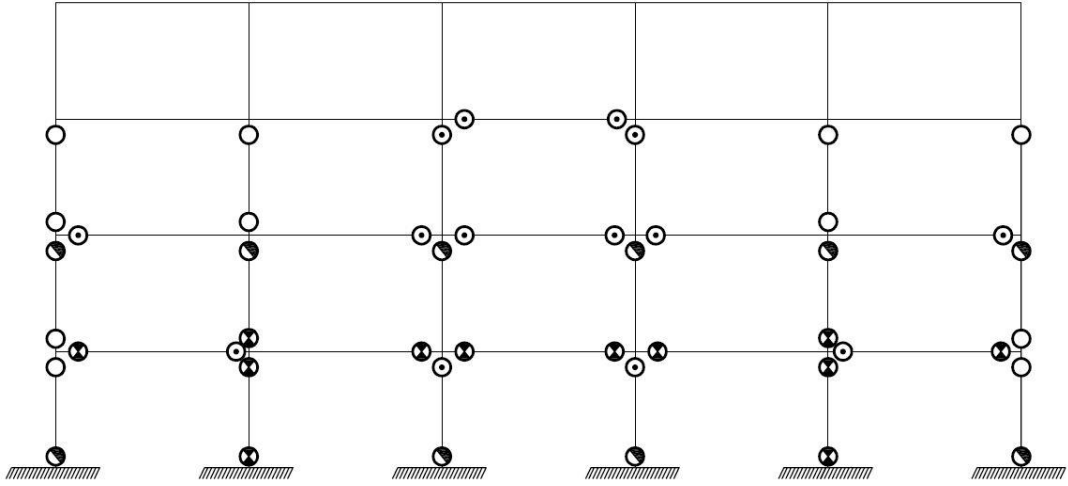
### 4.8.3 4 Katlı Bina Modeline Ait Plastik Mafsal Hasar Dağılımları

Şekil 4.83-Şekil 4.86 arasında 4 katlı modellerde Kobe-Tak depremi için oluşan hasar dağılımı verilmiştir. Şekiller değerlendirildiğinde kolon elemanlarda oluşan hasarlarda özellikle zemin katta artış söz konusudur. Kobe-Tak depremi için Şekil 4.83 ve Şekil 4.84 'te verilen ankastre modellerde zemin kat kolonları incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde o kattaki kolon mafsal bölgelerinin %17'si MH bölgesinde, %17'si BH bölgesinde, %33'ü İH bölgesinde ve %33'ü GB bölgesinde elde edilmiştir. Zemin kat yüksekliği 4 m olan model için aynı değerlere göz atıldığında o kattaki kolonların %33'ü İH bölgesinde, %67'si GB bölgesinde geçmiştir.

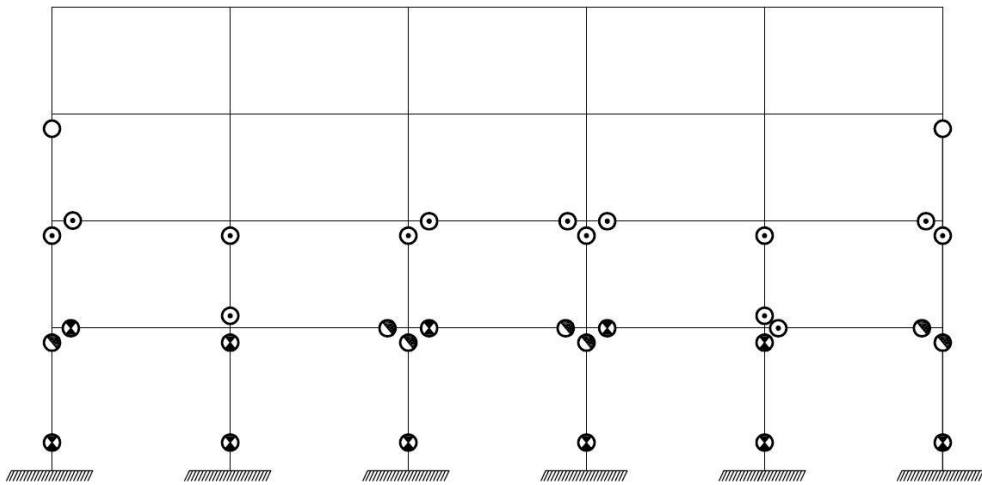
Zemin yapı etkileşimli modeller için Şekil 4.85 ve Şekil 4.86 incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde o kattaki kolon mafsal bölgelerinin %8'i BH bölgesinde, %33'ü İH bölgesinde ve %33'ü GB bölgesinde bulunmaktadır. Zemin

kat yüksekliği 4 m olan model için bu değerler zemin kattaki kolonların %33'ü BH bölgesinde, %67'si bölgesinde olarak elde edilmiştir.

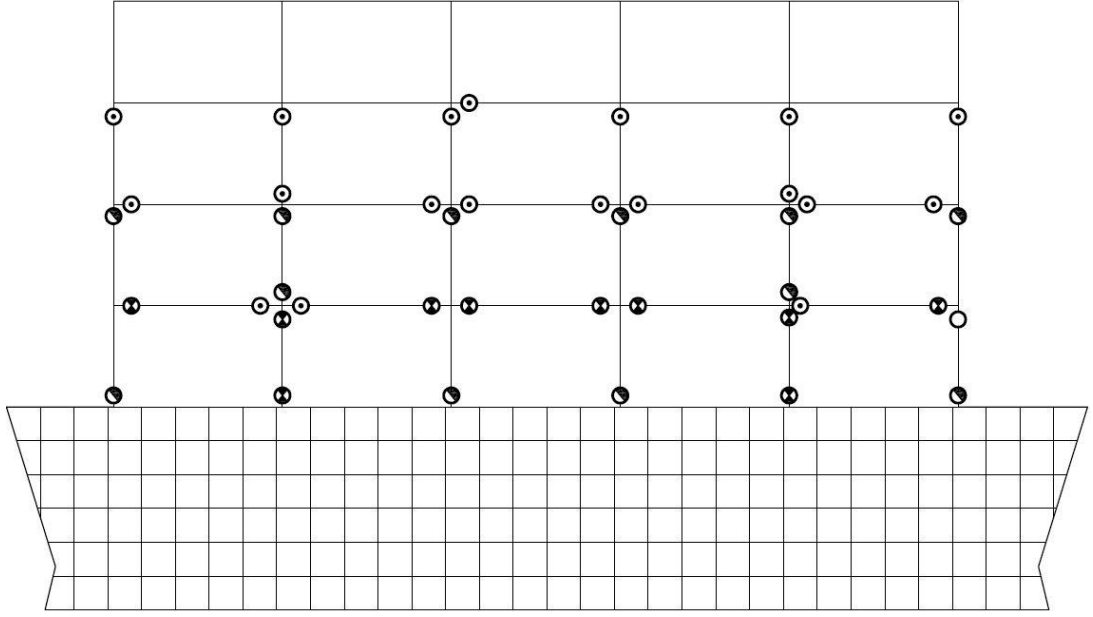
Kobe-Tak depremi için ankastre modellerde zemin kat kirişleri incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde o kattaki kiriş mafsal bölgelerinin %17'si BH bölgesinde ve %50'si GB bölgesindedir. Zemin kat yüksekliği 4 m olan model için bu değerler zemin kattaki o kattaki kirişlerin %8'i BH bölgesinde, %25'i İH bölgesinde ve %25'i GB bölgesinde olarak elde edilmiştir. Zemin yapı etkileşimli model için ise zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde o kattaki kiriş mafsal bölgelerinin %25'i BH bölgesinde ve %50'si GB bölgesindedir. Zemin kat yüksekliği 4 m olan model için bu değerler zemin kattaki kirişlerin %25'i BH bölgesinde, %50'i İH bölgesinde olarak elde edilmiştir.



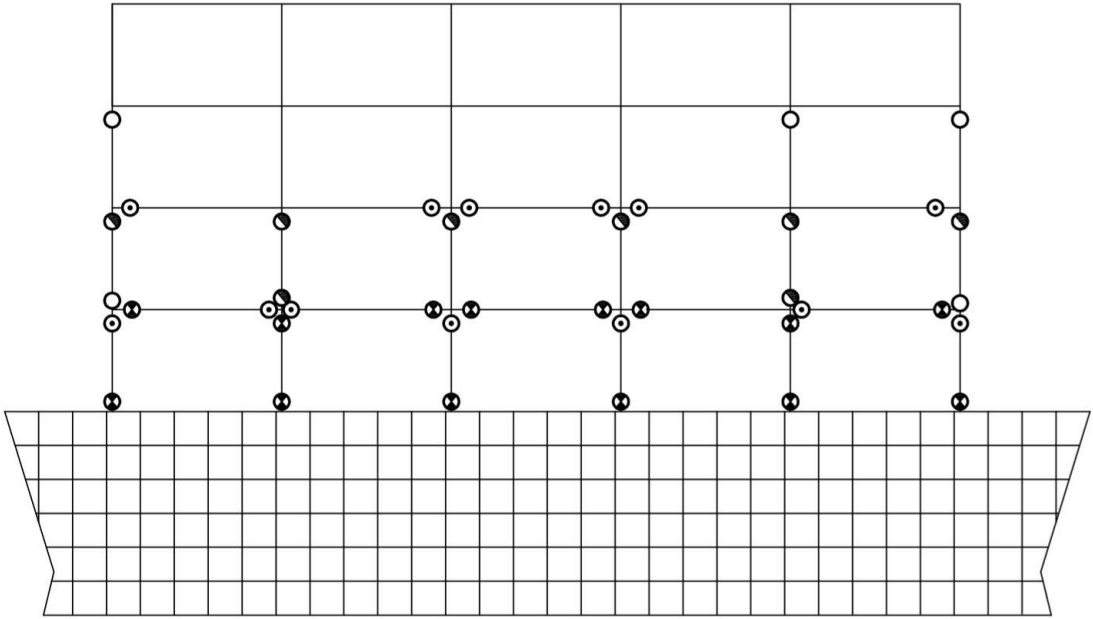
Şekil 4.83: Zemin kat yüksekliği 3 m olan 4 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları



Şekil 4.84: Zemin kat yüksekliği 4 m olan 4 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları



**Şekil 4.85:** Zemin kat yüksekliği 3 m olan 4 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları



**Şekil 4.86:** Zemin kat yüksekliği 4 m olan 4 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları

## 4.9 Doğrusal Elastik Olmayan Statik İtme Analizi Sonuçları

### 4.9.1 12 Katlı Betonarme Çerçeve Model

12 katlı ankastre modele ait gerçekleştirilen statik itme analizi sonucu elde edilen sonuçlar Tablo 4.13-Tablo 4.15 arasında verilmiştir. Elde edilen 12 katlı modele ait kapasite eğrisi Şekil 4.87’de verilmiştir.

Tablo 4.13’te verilen akma noktası değerleri incelendiğinde zemin kat yüksekliği arttıkça oluşan deplasman değerleri ve taban kesme kuvvetinde azalım gerçekleşmektedir ve en büyük taban kesme kuvveti 12 katlı ankastre 3 m zemin kat yüksekliğine sahip modelde 1772 kN olarak hesaplanmıştır. Zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde bu değer 1400 kN olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.14 incelendiğinde elde edilen en düşük rijitliğin zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde olduğu görülmektedir.

Tablo 4.15 incelendiğinde zemin kat yüksekliği 4 m olan modelin 3 m olan modele göre oranı zemin kat yüksekliği 3.5 m olan modelden daha düşük hesaplanmıştır.

**Tablo 4.13:** 12 katlı çerçeve model için elde edilen akma noktası değerleri

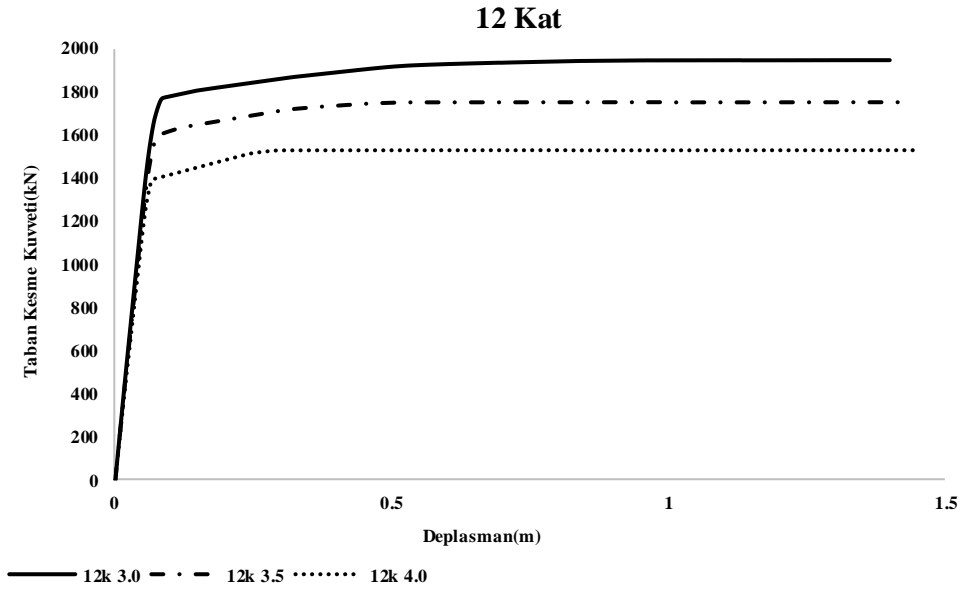
12 Katlı Binanın Akma Noktasındaki Değerleri			
Zemin Kat Yüksekliği	3 m	3.5 m	4 m
Deplasman (m)	0.084	0.0837	0.0752
Taban Kesme Kuvveti (kN)	1772.16	1602.31	1400.46

**Tablo 4.14:** 12 katlı çerçeve model için elde edilen rijitlik değerleri

Rijitlik		
3 m	3.5 m	4 m
21092.16	19132.93	18615.65

**Tablo 4.15:** 12 katlı çerçeve model için akma noktasında oluşan taban kesme değerleri oranı

Taban Kesme Kuvveti Değerlerinin Birbirine Göre Oranı	
3.5/3.0	4.0/3.0
0.9	0.79



**Şekil 4.87:** 12 katlı çerçeve bina modelinin farklı zemin kat yüksekliklerine ait kapasite eğrilerinin karşılaştırılması

#### 4.9.2 8 Katlı Betonarme Çerçeve Model

8 katlı ankastre modele ait gerçekleştirilen statik itme analizi sonucu elde edilen sonuçlar Tablo 4.16-Tablo 4.18 arasında verilmiştir. Elde edilen 8 katlı modele ait kapasite eğrisi Şekil 4.88’de verilmiştir.

8 katlı ankastre modele ait gerçekleştirilen statik itme analizi sonucunda Tablo 4.16’da verilen sonuçlar değerlendirildiğinde en büyük taban kesme kuvveti 8 katlı ankastre 3 m zemin kat yüksekliğine sahip modelde 1700 kN olarak hesaplanmıştır. Zemin kat yüksekliği 4m olan modelde bu değer 1326.5 kN olarak hesaplanmıştır.

8 katlı modele ait akma noktası değerleri incelendiğinde 12 katlı ankastre modelde olduğu gibi zemin kat yüksekliği arttıkça oluşan deplasman değerleri ve taban kesme kuvvetinde azalmaya başlamıştır ve Tablo 4.17 incelendiğinde elde edilen en düşük rijitliğin zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde olduğu görülmektedir.



Tablo 4.18 incelendiğinde zemin kat yüksekliği 4 m olan modelin 3 m olan modele göre oranı zemin kat yüksekliği 3.5 m olan modelden daha düşük hesaplanmıştır.

**Tablo 4.16:** 8 katlı çerçeve model için elde edilen akma noktası değerleri

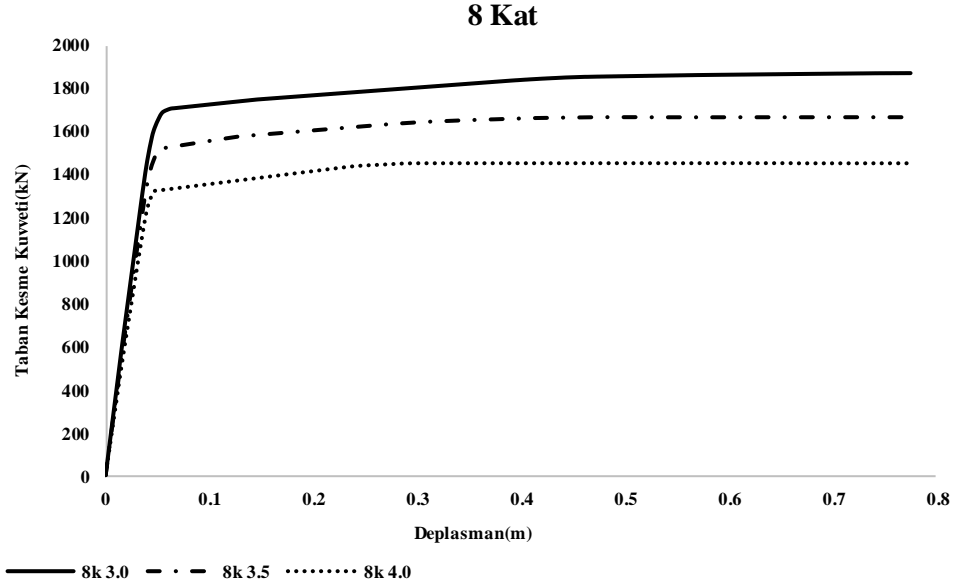
8 Katlı Bina'nın Akma Noktasındaki Değerleri			
Zemin Kat Yüksekliği	3 m	3.5 m	4 m
Deplasman (m)	0.059	0.057	0.05
Taban Kesme Kuvveti (kN)	1700.13	1519.01	1326.57

**Tablo 4.17:** 8 katlı çerçeve model için elde edilen rijitlik değerleri

Rijitlik		
3 m	3.5 m	4 m
28986.8	26870.9	26733.5

**Tablo 4.18:** 8 katlı çerçeve model için akma noktasında oluşan taban kesme değerleri oranı

Taban Kesme Kuvveti Değerlerinin Birbirine Göre Oranı	
3.5/3.0	4.0/3.0
0.89	0.78



**Şekil 4.88:** 8 katlı çerçeve bina modelinin farklı zemin kat yüksekliklerine ait kapasite eğrilerinin karşılaştırılması

### 4.9.3 4 Katlı Betonarme Çerçeve Model

4 katlı ankastre modele ait gerçekleştirilen statik itme analizi sonucu elde edilen sonuçlar Tablo 4.19-Tablo 4.21 arasında verilmiştir. Elde edilen 4 katlı modele ait kapasite eğrisi Şekil 4.89’da verilmiştir.

4 katlı ankastre modele ait gerçekleştirilen statik itme analizi sonucunda Tablo 4.19’da verilen sonuçlar değerlendirildiğinde en büyük taban kesme kuvveti 4 katlı ankastre 3 m zemin kat yüksekliğine sahip modelde 1604 kN olarak hesaplanmıştır. Zemin kat yüksekliği 4m olan modelde bu değer 1230 kN olarak hesaplanmıştır.

4 katlı modele ait akma noktası değerleri incelendiğinde 12 ve 8 katlı ankastre modellerde olduğu gibi zemin kat yüksekliği arttıkça oluşan deplasman değerleri ve taban kesme kuvvetinde azalış gerçekleşmektedir. Tablo 4.20 incelendiğinde elde edilen en düşük rijitliğin zemin kat yüksekliği 4 m olan modelde olduğu görülmektedir.

Tablo 4.21 incelendiğinde zemin kat yüksekliği 4 m olan modelin 3 m olan modele göre oranı zemin kat yüksekliği 3.5 m olan modelden daha düşük hesaplanmıştır.

**Tablo 4.19:** 4 katlı çerçeve model için elde edilen akma noktası değerleri

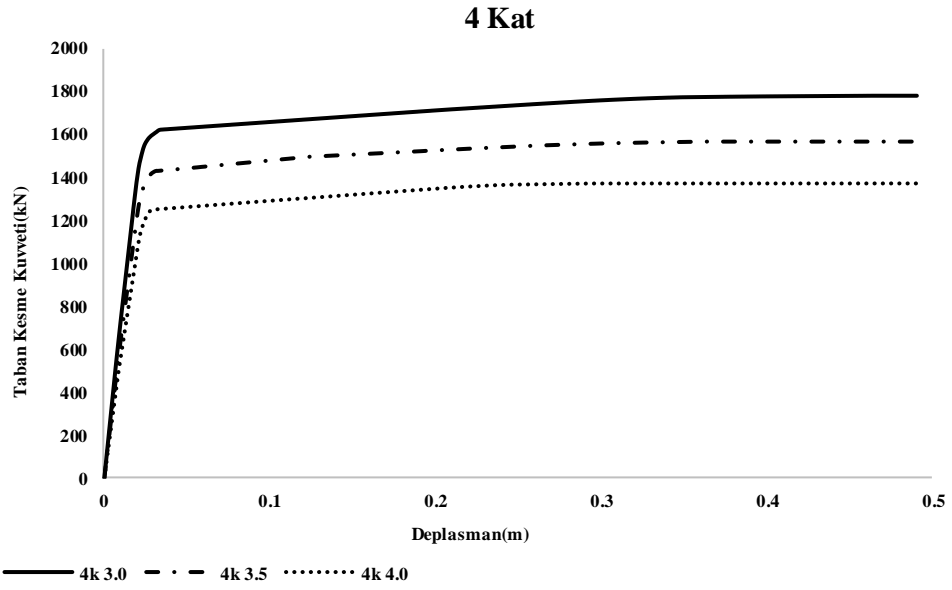
4 Katlı Binaın Akma Noktasındaki Değerleri			
Zemin Kat Yüksekliği	3 m	3.5 m	4 m
Deplasman (m)	0.03	0.028	0.026
Taban Kesme Kuvveti (kN)	1604.7	1415.5	1230

**Tablo 4.20:** 4 katlı çerçeve model için elde edilen rijitlik değerleri

Rijitlik		
3 m	3.5 m	4 m
54350.9	50299.3	46486.7

**Tablo 4.21:** 4 katlı çerçeve model için akma noktasında oluşan taban kesme değerleri oranı

Taban Kesme Kuvveti Değerlerinin Birbirine Göre Oranı	
3.5/3.0	4.0/3.0
0.88	0.77



**Şekil 4.89:** 4 katlı çerçeve bina modelinin farklı zemin kat yüksekliklerine ait kapasite eğrilerinin karşılaştırılması

**Tablo 4.22:** Zemin kat yüksekliğinin artması ile elde edilen dayanım azalma miktarı

H <sub>zemin kat</sub>	Dayanım Azalma Miktarı (%)		
	4 Katlı	8 Katlı	12 Katlı
3.5 m	7.5	7.3	9.29
4 m	14.5	7.8	11.74

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde en büyük taban kesme kuvveti 12 katlı modelde elde edilmiştir. En küçük taban kesme kuvveti ise 4 katlı ankastre modelde elde edilmiştir. Tablo 4.22 incelendiğinde zemin kat yüksekliği arttıkça dayanımdaki azalma en çok 4 katlı modelde %14.5 oranında gerçekleşirken en az 8 katlı zemin kat yüksekliği 3.5 m olan modelde %7.3 oranında gerçekleşmektedir.

#### 4.9.4 Statik İtme Analizi Sonucunda Elde Edilen Hasar Dağılımı

Ankastre çerçeve bina modellerinin her biri için dikdörtgen itme deseni kullanılarak gerçekleştirilen statik analizler sonucunda bina yüksekliğinin %3'ü kadar deplasman oluştuğu anda her 3 zemin kat yüksekliği içinde mafsal görüntüleri alınarak zemin kat yüksekliği farklılığının etkisi incelenmiştir.

Oluşan plastik mafsal dağılımları kolon ve kirişler için ayrı ayrı incelenerek Tablo 4.23-Tablo 4.34 arasında verilmiştir. Elde edilen mafsal dağılım görüntülerinin

Sap2000 programına eşdeğer göstergeler oluşturularak Autocad programı yardımıyla çizilmiştir. Bu göstergeler Şekil 4.73'te verilmiştir.

12 katlı bina için Şekil 4.96, Şekil 4.97 ve Şekil 4.98'de verilen plastik mafsalları hasar dağılımı değerlendirildiğinde zemin kat yüksekliği arttıkça üst katlarda oluşan hasar azalırken zemin katta yoğunlaşma oluşarak zemin kattaki kolon mafsallarının hepsinin göçme bölgesine geçmesine sebep olmaktadır. Bu durum 8 ve 4 katlı ankastre modellerde oluşmaktadır.

12 katlı bina modeli için Tablo 4.23 ve Tablo 4.24 incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde zemin katta oluşan kolon mafsalları hasarlarının %8'i GB, %67'si ise C noktasını geçerek kapasite aşımına uğramaktadır. Zemin kat yüksekliği 3.5 m ve 4 m olan modellerde ise zemin kat kolonlarının %100'ü C noktasını geçmektedir. Aynı model için Tablo 4.25 ve Tablo 4.26 incelendiğinde kiriş mafsallarında kolonların tam tersi bir etki oluşarak zemin kat yüksekliği arttıkça kirişlerde oluşan mafsalları hasarı azalmaktadır.

8 katlı bina modeli Tablo 4.27 ve Tablo 4.28 incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde zemin katta oluşan kolon mafsalları hasarlarının %17'si BH, %67'si ise C noktasını geçerek kapasite aşımına uğramaktadır. Zemin kat yüksekliği 3.5 m ve 4 m olan modellerde ise zemin kat kolonlarının %100'ü C noktasını geçmektedir. Tablo 4.29 ve Tablo 4.30 incelendiğinde 8 katlı modelde de 12 katlı modelde olduğu gibi zemin kat yüksekliği arttıkça kirişlerde oluşan mafsalları hasarı azalmaktadır. Her 3 zemin kat yüksekliği için 8 katlı modelden elde edilen plastik mafsalları hasar dağılımları Şekil 4.93, Şekil 4.94 ve Şekil 4.95'te verilmektedir.

4 katlı bina modeli için Tablo 4.31 ve Tablo 4.32 incelendiğinde zemin kat yüksekliği 3 m olan modelde zemin katta oluşan kolon mafsalları hasarlarının %33'ü BH, %67'si ise C noktasını geçerek kapasite aşımına uğramaktadır. Zemin kat yüksekliği 3.5 m ve 4 m olan modellerde ise zemin kat kolonlarının %100'ü C noktasını geçmektedir. Tablo 4.33 ve Tablo 4.34 incelendiğinde 4 katlı modelde de 8 ve 12 katlı modellerde olduğu gibi zemin kat yüksekliği arttıkça kirişlerde oluşan mafsalları hasarı azalmaktadır. Her 3 zemin kat yüksekliği için 4 katlı modelden elde edilen plastik mafsalları hasar dağılımları Şekil 4.90, Şekil 4.91 ve Şekil 4.92'de verilmektedir.

Statik itme analizi sonucunda elde edilen plastik mafsalsal hasar dağılımı görüntüleri Şekil 4.90-Şekil 4.98 arasında verilmektedir.

**Tablo 4.23:** 12 katlı ankastre model için kolon elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı

Kolon Hasar Dağılımı													
Kat	Hzemin kat	MH	BH	İH	GB	>C	Kat	Hzemin kat	MH	BH	İH	GB	>C
1	3 m	-	-	-	1	8	7	3 m	-	-	-	-	-
	3.5 m	-	-	-	-	12		3.5 m	-	-	-	-	-
	4 m	-	-	-	-	12		4 m	-	-	-	-	-
2	3 m	1	-	-	1	8	8	3 m	-	-	-	-	-
	3.5 m	1	-	2	6	-		3.5 m	-	-	-	-	-
	4 m	6	-	-	-	-		4 m	-	-	-	-	-
3	3 m	-	4	-	4	-	9	3 m	-	-	-	-	-
	3.5 m	6	-	-	-	-		3.5 m	-	-	-	-	-
	4 m	4	-	-	-	-		4 m	-	-	-	-	-
4	3 m	-	8	-	-	-	10	3 m	-	-	-	-	-
	3.5 m	4	-	-	-	-		3.5 m	-	-	-	-	-
	4 m	-	-	-	-	-		4 m	-	-	-	-	-
5	3 m	4	-	-	-	-	11	3 m	-	-	-	-	-
	3.5 m	-	-	-	-	-		3.5 m	-	-	-	-	-
	4 m	-	-	-	-	-		4 m	-	-	-	-	-
6	3 m	-	-	-	-	-	12	3 m	-	-	-	-	-
	3.5 m	-	-	-	-	-		3.5 m	-	-	-	-	-
	4 m	-	-	-	-	-		4 m	-	-	-	-	-

**Tablo 4.24:** 12 katlı ankastre model için kolon elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı (%)

Kolon Hasar Dağılımı (%)													
Kat	Hzemin kat	MH	BH	İH	GB	>C	Kat	Hzemin kat	MH	BH	İH	GB	>C
1	3 m	0	0	0	8	67	7	3 m	0	0	0	0	0
	3.5 m	0	0	0	0	100		3.5 m	0	0	0	0	0
	4 m	0	0	0	0	100		4 m	0	0	0	0	0
2	3 m	8	0	0	8	67	8	3 m	0	0	0	0	0
	3.5 m	8	0	17	50	0		3.5 m	0	0	0	0	0
	4 m	50	0	0	0	0		4 m	0	0	0	0	0
3	3 m	0	33	0	33	0	9	3 m	0	0	0	0	0
	3.5 m	50	0	0	0	0		3.5 m	0	0	0	0	0
	4 m	33	0	0	0	0		4 m	0	0	0	0	0
4	3 m	0	67	0	0	0	10	3 m	0	0	0	0	0
	3.5 m	0	0	0	0	0		3.5 m	0	0	0	0	0
	4 m	0	0	0	0	0		4 m	0	0	0	0	0
5	3 m	33	0	0	0	0	11	3 m	0	0	0	0	0
	3.5 m	0	0	0	0	0		3.5 m	0	0	0	0	0
	4 m	0	0	0	0	0		4 m	0	0	0	0	0
6	3 m	0	0	0	0	0	12	3 m	0	0	0	0	0
	3.5 m	0	0	0	0	0		3.5 m	0	0	0	0	0
	4 m	0	0	0	0	0		4 m	0	0	0	0	0

**Tablo 4.25:** 12 katlı ankastre model için kiriş elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı

Kiriş Hasar Dağılımı													
Kat	Hzemin kat	MH	BH	İH	GB	>C	Kat	Hzemin kat	MH	BH	İH	GB	>C
1	3 m	-	1	-	-	6	7	3 m	-	-	-	-	-
	3.5 m	-	-	-	6	-		3.5 m	-	-	-	-	-
	4 m	-	6	-	-	-		4 m	-	-	-	-	-
2	3 m	-	1	-	6	-	8	3 m	-	-	-	-	-
	3.5 m	-	5	-	-	-		3.5 m	-	-	-	-	-
	4 m	-	1	-	-	-		4 m	-	-	-	-	-
3	3 m	-	-	5	1	-	9	3 m	-	-	-	-	-
	3.5 m	-	3	-	-	-		3.5 m	-	-	-	-	-
	4 m	-	-	-	-	-		4 m	-	-	-	-	-

**Tablo 4.25 (devam) : 12 katlı ankastre model için kiriş elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı**

Kiriş Hasar Dağılımı													
Kat	Hzemin kat	MH	BH	İH	GB	>C	Kat	Hzemin kat	MH	BH	İH	GB	>C
4	3 m	-	2	-	-	-	10	3 m	-	-	-	-	-
	3.5 m	-	-	-	-	-		3.5 m	-	-	-	-	-
	4 m	-	-	-	-	-		4 m	-	-	-	-	-
5	3 m	-	-	-	-	-	11	3 m	-	-	-	-	-
	3.5 m	-	-	-	-	-		3.5 m	-	-	-	-	-
	4 m	-	-	-	-	-		4 m	-	-	-	-	-
6	3 m	-	-	-	-	-	12	3 m	-	-	-	-	-
	3.5 m	-	-	-	-	-		3.5 m	-	-	-	-	-
	4 m	-	-	-	-	-		4 m	-	-	-	-	-

**Tablo 4.26: 12 katlı ankastre model için kiriş elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı (%)**

Kiriş Hasar Dağılımı (%)													
Kat	Hzemin kat	MH	BH	İH	GB	>C	Kat	Hzemin kat	MH	BH	İH	GB	>C
1	3 m	0	8	0	0	50	7	3 m	0	0	0	0	0
	3.5 m	0	0	0	50	0		3.5 m	0	0	0	0	0
	4 m	0	50	0	0	0		4 m	0	0	0	0	0
2	3 m	0	8	0	50	0	8	3 m	0	0	0	0	0
	3.5 m	0	42	0	0	0		3.5 m	0	0	0	0	0
	4 m	0	8	0	0	0		4 m	0	0	0	0	0
3	3 m	0	0	42	8	0	9	3 m	0	0	0	0	0
	3.5 m	0	25	0	0	0		3.5 m	0	0	0	0	0
	4 m	0	0	0	0	0		4 m	0	0	0	0	0
4	3 m	0	17	0	0	0	10	3 m	0	0	0	0	0
	3.5 m	0	0	0	0	0		3.5 m	0	0	0	0	0
	4 m	0	0	0	0	0		4 m	0	0	0	0	0
5	3 m	0	0	0	0	0	11	3 m	0	0	0	0	0
	3.5 m	0	0	0	0	0		3.5 m	0	0	0	0	0
	4 m	0	0	0	0	0		4 m	0	0	0	0	0
6	3 m	0	0	0	0	0	12	3 m	0	0	0	0	0
	3.5 m	0	0	0	0	0		3.5 m	0	0	0	0	0
	4 m	0	0	0	0	0		4 m	0	0	0	0	0

**Tablo 4.27: 8 katlı ankastre model için kolon elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı**

Kolon Hasar Dağılımı													
Kat	Hzemin kat	MH	BH	İH	GB	>C	Kat	Hzemin kat	MH	BH	İH	GB	>C
1	3 m	-	2	-	-	8	5	3 m	-	-	-	-	-
	3.5 m	-	-	-	-	12		3.5 m	-	-	-	-	-
	4 m	-	-	-	-	12		4 m	-	-	-	-	-
2	3 m	2	-	-	4	4	6	3 m	-	-	-	-	-
	3.5 m	-	-	6	2	-		3.5 m	-	-	-	-	-
	4 m	6	-	-	-	-		4 m	-	-	-	-	-
3	3 m	-	-	4	4	-	7	3 m	-	-	-	-	-
	3.5 m	6	-	-	-	-		3.5 m	-	-	-	-	-
	4 m	-	-	-	-	-		4 m	-	-	-	-	-
4	3 m	4	-	-	-	-	8	3 m	-	-	-	-	-
	3.5 m	-	-	-	-	-		3.5 m	-	-	-	-	-
	4 m	-	-	-	-	-		4 m	-	-	-	-	-

**Tablo 4.28:** 8 katlı ankastre model için kolon elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı (%)

Kolon Hasar Dağılımı (%)													
Kat	Hzemin kat	MH	BH	İH	GB	>C	Kat	Hzemin kat	MH	BH	İH	GB	>C
1	3 m	0	17	0	0	67	5	3 m	0	0	0	0	0
	3.5 m	0	0	0	0	100		3.5 m	0	0	0	0	0
	4 m	0	0	0	0	100		4 m	0	0	0	0	0
2	3 m	17	0	0	33	33	6	3 m	0	0	0	0	0
	3.5 m	0	0	50	17	0		3.5 m	0	0	0	0	0
	4 m	50	0	0	0	0		4 m	0	0	0	0	0
3	3 m	0	0	33	33	0	7	3 m	0	0	0	0	0
	3.5 m	50	0	0	0	0		3.5 m	0	0	0	0	0
	4 m	0	0	0	0	0		4 m	0	0	0	0	0
4	3 m	33	0	0	0	0	8	3 m	0	0	0	0	0
	3.5 m	0	0	0	0	0		3.5 m	0	0	0	0	0
	4 m	0	0	0	0	0		4 m	0	0	0	0	0

**Tablo 4.29:** 8 katlı ankastre model için kiriş elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı

Kiriş Hasar Dağılımı													
Kat	Hzemin kat	MH	BH	İH	GB	>C	Kat	Hzemin kat	MH	BH	İH	GB	>C
1	3 m	-	2	-	-	6	5	3 m	-	-	-	-	-
	3.5 m	-	-	-	6	-		3.5 m	-	-	-	-	-
	4 m	-	6	-	-	-		4 m	-	-	-	-	-
2	3 m	-	-	-	3	3	6	3 m	-	-	-	-	-
	3.5 m	-	6	-	-	-		3.5 m	-	-	-	-	-
	4 m	-	1	-	-	-		4 m	-	-	-	-	-
3	3 m	-	1	-	-	-	7	3 m	-	-	-	-	-
	3.5 m	-	-	-	-	-		3.5 m	-	-	-	-	-
	4 m	-	-	-	-	-		4 m	-	-	-	-	-
4	3 m	-	-	-	-	-	8	3 m	-	-	-	-	-
	3.5 m	-	-	-	-	-		3.5 m	-	-	-	-	-
	4 m	-	-	-	-	-		4 m	-	-	-	-	-

**Tablo 4.30:** 8 katlı ankastre model için kiriş elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı (%)

Kiriş Hasar Dağılımı (%)													
Kat	Hzemin kat	MH	BH	İH	GB	>C	Kat	Hzemin kat	MH	BH	İH	GB	>C
1	3 m	0	17	0	0	50	5	3 m	0	0	0	0	0
	3.5 m	0	0	0	50	0		3.5 m	0	0	0	0	0
	4 m	0	50	0	0	0		4 m	0	0	0	0	0
2	3 m	0	0	0	25	25	6	3 m	0	0	0	0	0
	3.5 m	0	50	0	0	0		3.5 m	0	0	0	0	0
	4 m	0	8	0	0	0		4 m	0	0	0	0	0
3	3 m	0	8	0	0	0	7	3 m	0	0	0	0	0
	3.5 m	0	0	0	0	0		3.5 m	0	0	0	0	0
	4 m	0	0	0	0	0		4 m	0	0	0	0	0
4	3 m	0	0	0	0	0	8	3 m	0	0	0	0	0
	3.5 m	0	0	0	0	0		3.5 m	0	0	0	0	0
	4 m	0	0	0	0	0		4 m	0	0	0	0	0

**Tablo 4.31:** 4 katlı ankastre model için kolon elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı

Kolon Hasar Dağılımı						
Kat	Hzemin kat	MH	BH	İH	GB	>C
1	3 m	-	4	-	-	8
	3.5 m	-	-	-	-	12
	4 m	-	-	-	-	12
2	3 m	-	-	-	6	2
	3.5 m	-	-	8	-	-
	4 m	6	-	-	-	-
3	3 m	2	-	-	-	-
	3.5 m	-	-	-	-	-
	4 m	-	-	-	-	-
4	3 m	-	-	-	-	-
	3.5 m	-	-	-	-	-
	4 m	-	-	-	-	-

**Tablo 4.32:** 4 katlı ankastre model için kolon elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı (%)

Kolon Hasar Dağılımı (%)						
Kat	Hzemin kat	MH	BH	İH	GB	>C
1	3 m	0	33	0	0	67
	3.5 m	0	0	0	0	100
	4 m	0	0	0	0	100
2	3 m	0	0	0	50	17
	3.5 m	0	0	67	0	0
	4 m	50	0	0	0	0
3	3 m	17	0	0	0	0
	3.5 m	0	0	0	0	0
	4 m	0	0	0	0	0
4	3 m	0	0	0	0	0
	3.5 m	0	0	0	0	0
	4 m	0	0	0	0	0

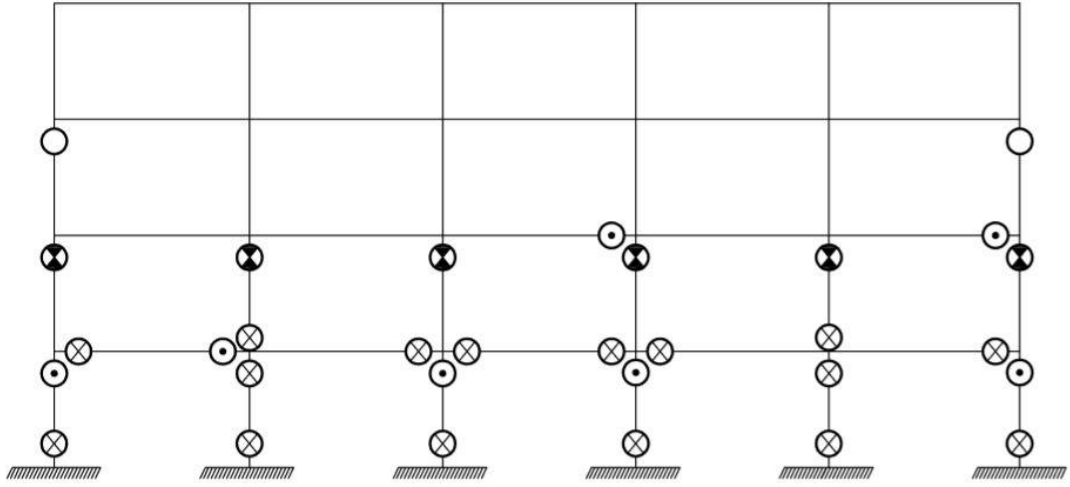
**Tablo 4.33:** 4 katlı ankastre model için kiriş elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı

Kiriş Hasar Dağılımı						
Kat	Hzemin kat	MH	BH	İH	GB	>C
1	3 m	-	1	-	-	6
	3.5 m	-	-	-	6	-
	4 m	-	6	-	-	-
2	3 m	-	2	-	-	-
	3.5 m	-	1	-	-	-
	4 m	-	-	-	-	-
3	3 m	-	-	-	-	-
	3.5 m	-	-	-	-	-
	4 m	-	-	-	-	-
4	3 m	-	-	-	-	-
	3.5 m	-	-	-	-	-
	4 m	-	-	-	-	-

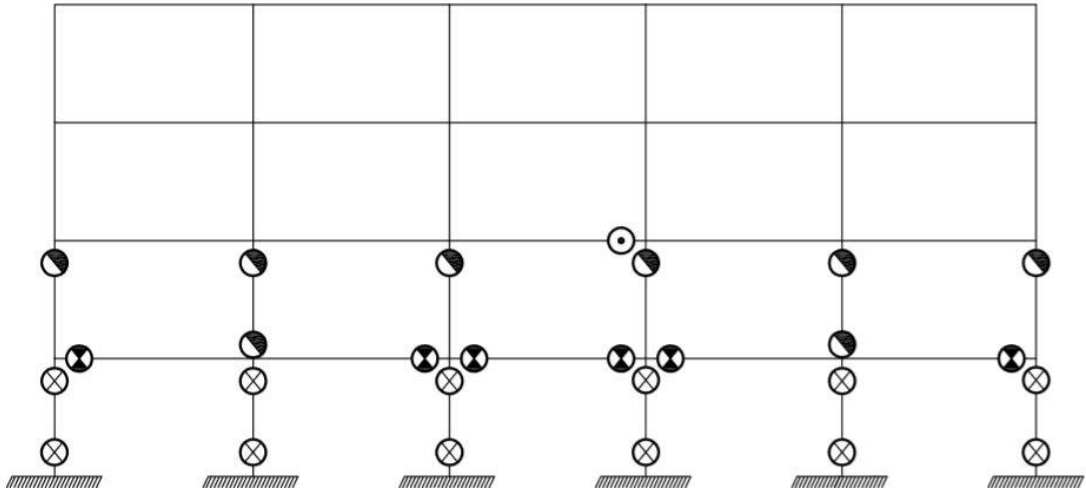


**Tablo 4.34:** 4 katlı ankastre model için kiriş elemanlarına ait plastik mafsallarda hasar dağılımı (%)

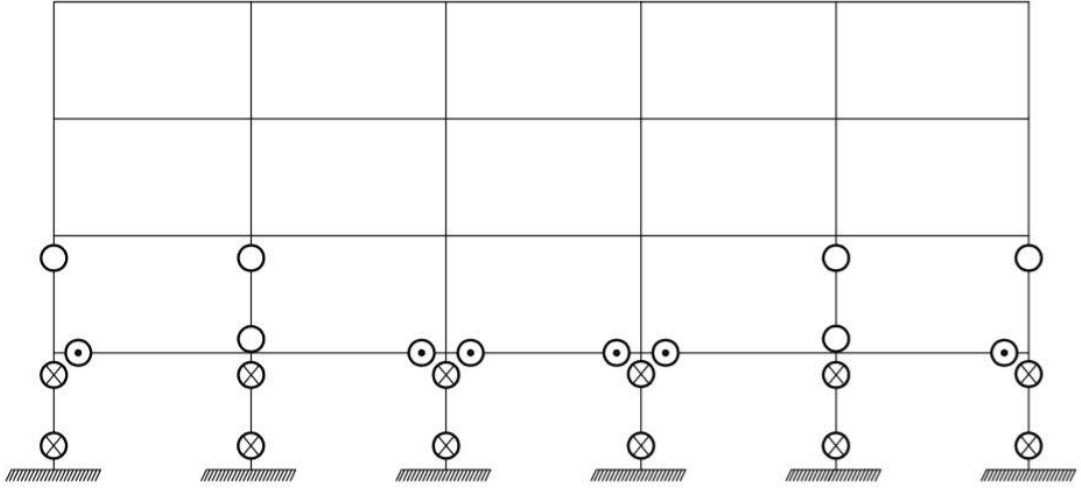
Kiriş Hasar Dağılımı (%)						
Kat	Hızın kat	MH	BH	İH	GB	>C
1	3 m	0	8	0	0	50
	3.5 m	0	0	0	50	0
	4 m	0	50	0	0	0
2	3 m	0	17	0	0	0
	3.5 m	0	8	0	0	0
	4 m	0	0	0	0	0
3	3 m	0	0	0	0	0
	3.5 m	0	0	0	0	0
	4 m	0	0	0	0	0
4	3 m	0	0	0	0	0
	3.5 m	0	0	0	0	0
	4 m	0	0	0	0	0



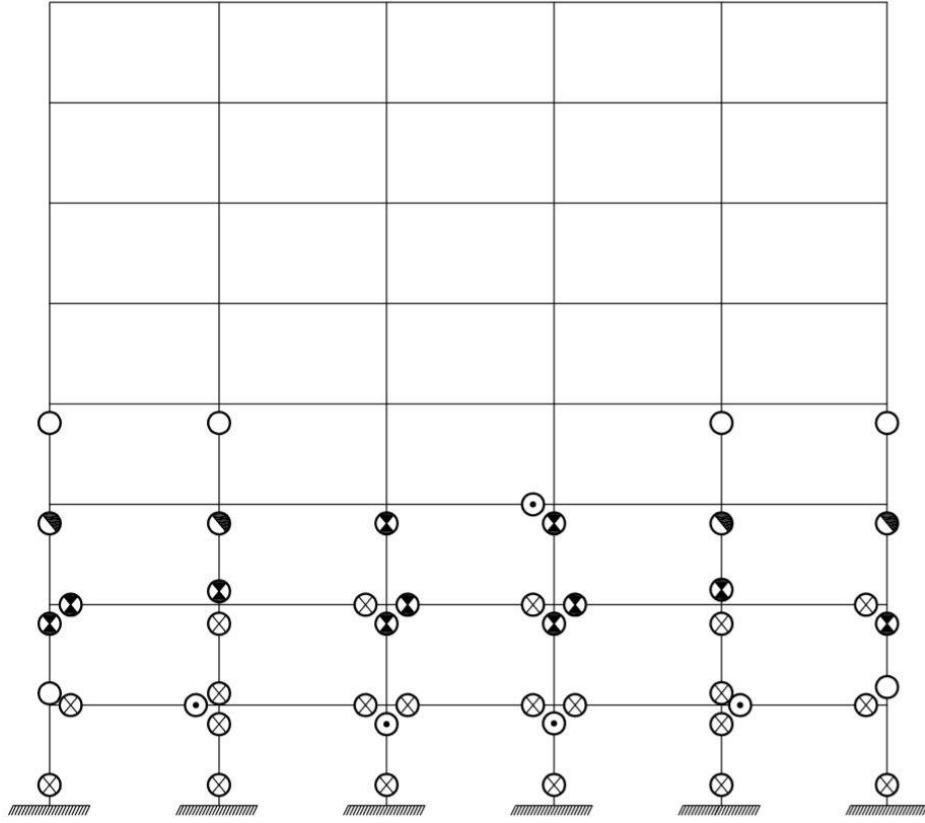
**Şekil 4.90:** Zemin kat yüksekliği 3 m olan 4 katlı ankastre çerçeve model hasar dağılımı



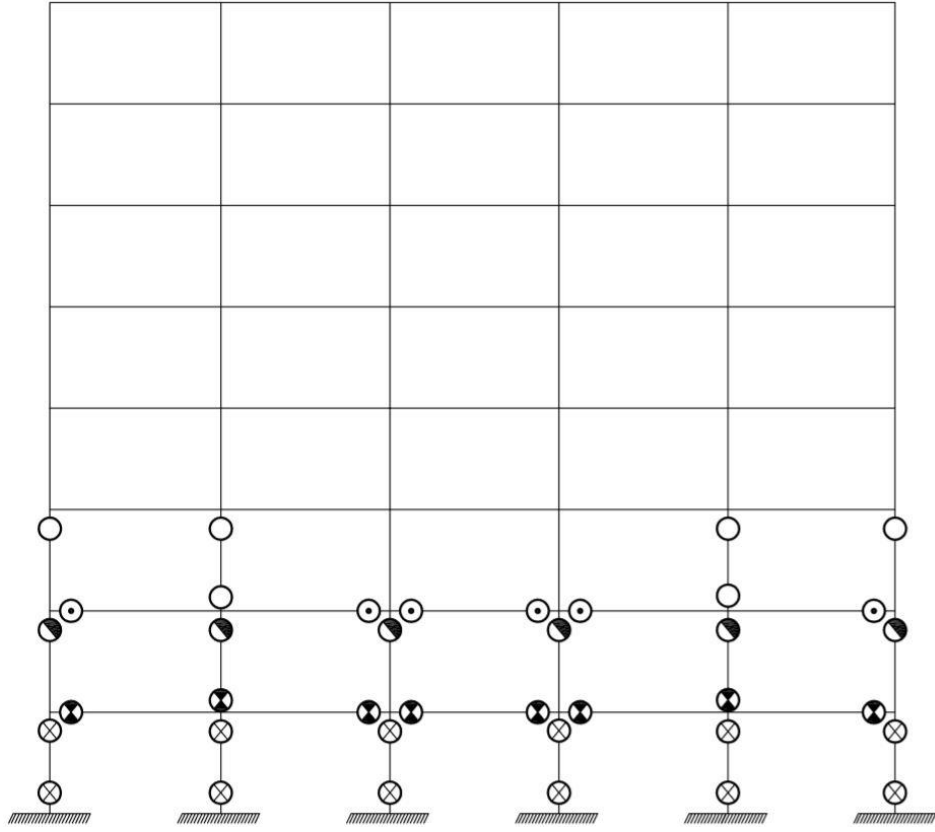
**Şekil 4.91:** Zemin kat yüksekliği 3.5 m olan 4 katlı ankastre çerçeve model hasar dağılımı



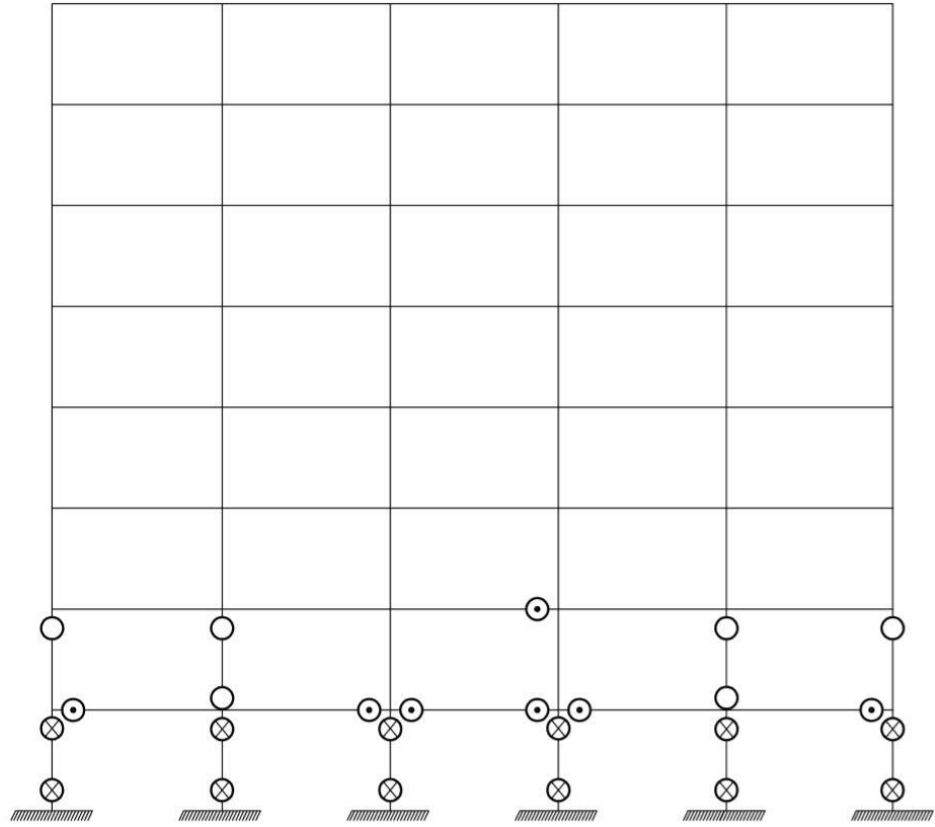
**Şekil 4.92:** Zemin kat yüksekliği 4 m olan 4 katlı ankastre çerçeve model hasar dağılımı



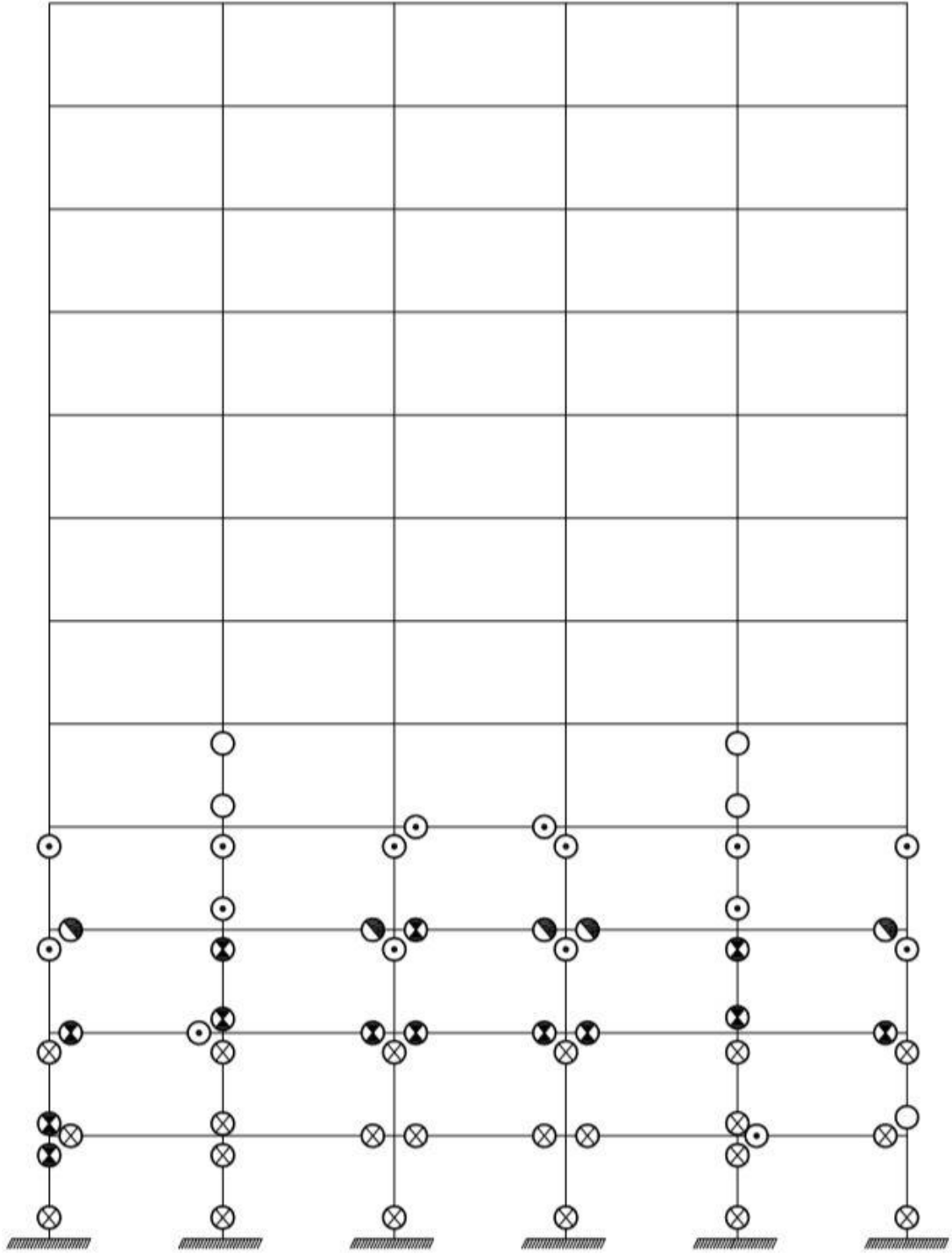
**Şekil 4.93:** Zemin kat yüksekliği 3 m olan 8 katlı ankastre çerçeve model hasar dağılımı



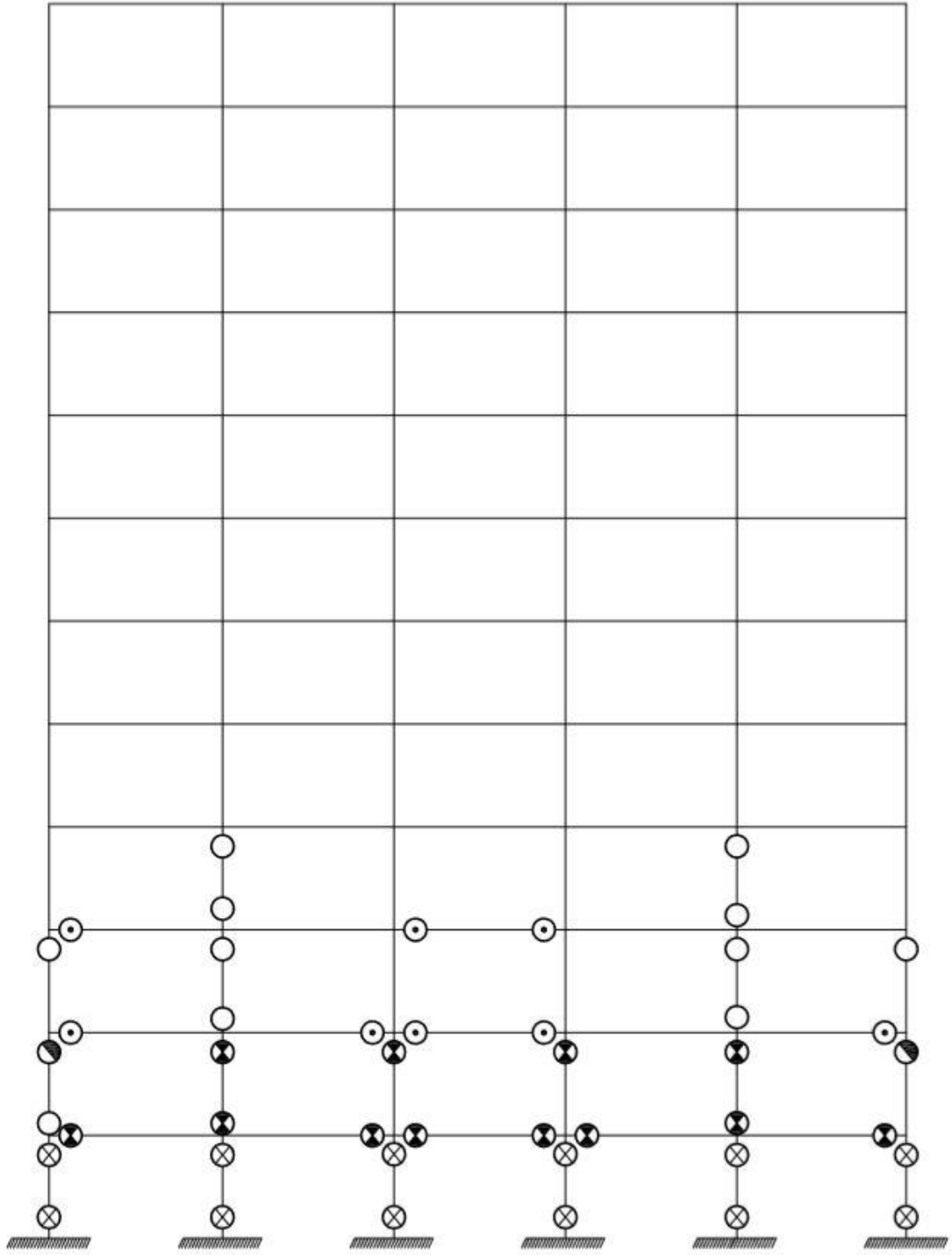
Şekil 4.94: Zemin kat yüksekliği 3.5 m olan 8 katlı ankastre çerçeve model hasar dağılımı



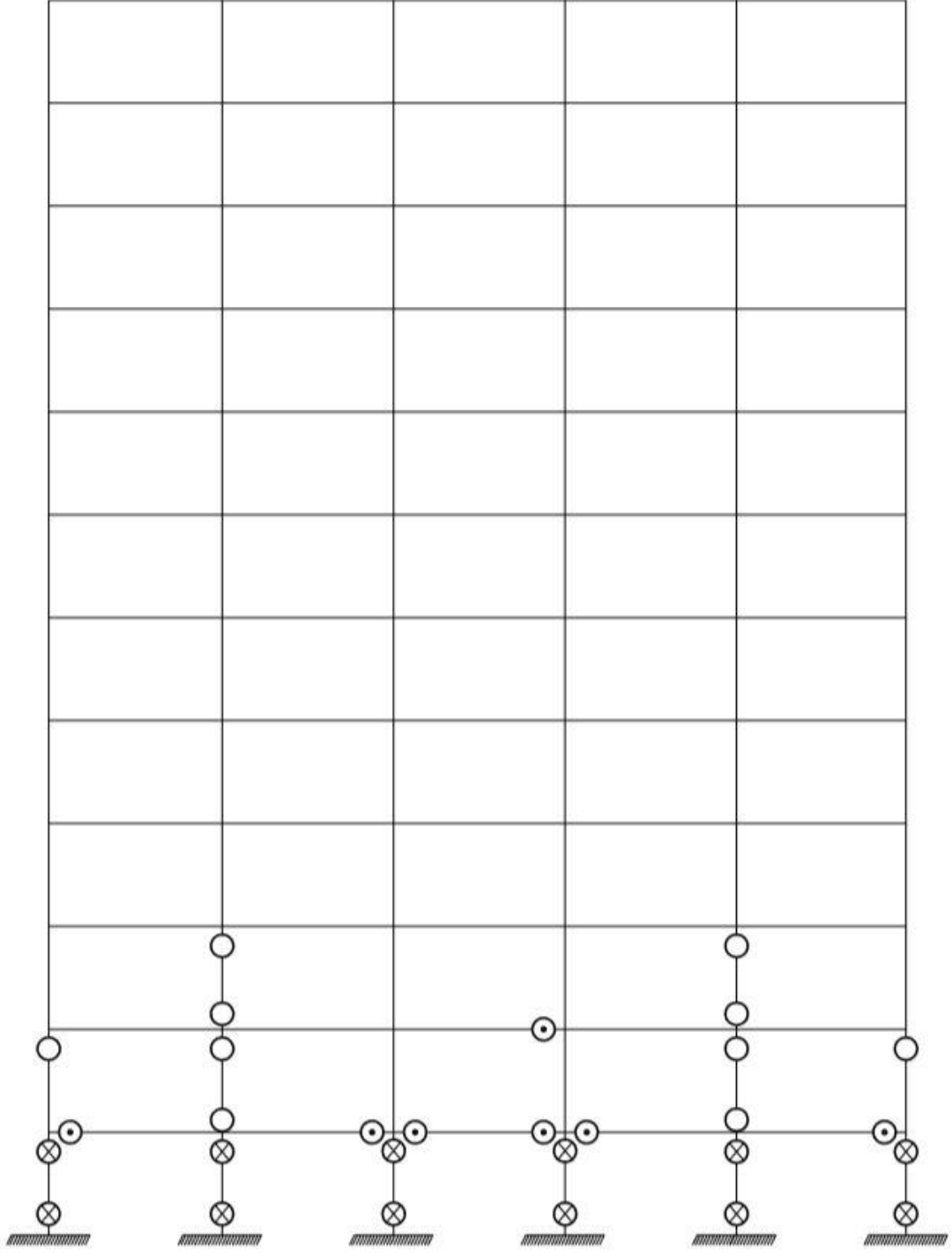
Şekil 4.95: Zemin kat yüksekliği 4 m olan 8 katlı ankastre çerçeve model hasar dağılımı



Şekil 4.96: Zemin kat yüksekliği 3 m olan 12 katlı ankastre çerçeve model hasar dağılımı



Şekil 4.97: Zemin kat yüksekliği 3.5 m olan 12 katlı ankastre çerçeve model hasar dağılımı



**Şekil 4.98:** Zemin kat yüksekliği 4 m olan 12 katlı ankastre çerçeve model hasar dağılımı

Bir binanın kolonlarının sünekliği eğilme etkisi altında kirişlere göre daha azdır. Artan zemin kat kolon yüksekliği ile binaya ait eğilme rijitliğindeki azalma sebebiyle oluşan hasarın büyük bir çoğunluğu yumuşak kata yoğunlaşarak o katın kolonlarının kırılmasına ve yapının aniden yıkılmasına sebebiyet verir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

### 5.1 Elde Edilen Bulgular

Çalışma kapsamında düşük ve orta yükseklikteki betonarme çerçeve binalarda zemin kat yüksekliği çeşitlendirilerek yumuşak kat düzensizliğinin incelenmesinde zemin etkisi de göz önünde bulundurularak analizler gerçekleştirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda DBYBHY-2007 yönetmeliği dikkate alınarak 4, 8 ve 12 katlı bina modelleri elde edilmiştir. Her bir bina modelinde normal kat yüksekliği 3 metre olup sabit bırakılarak zemin kat yüksekliği 3, 3.5 ve 4 metre olarak çeşitlendirilmiştir. Elde edilen bu bina modelleri 3 farklı zemin profili için incelemeye alınarak 15 adet gerçek deprem ivme kaydı kullanılarak 720 adet farklı doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında analiz gerçekleştirilmiştir. Ayrıca zemin kat yüksekliği farklılığının bina kapasitesine etkisini değerlendirebilmek adına 9 adet dikdörtgen itme deseni ile doğrusal elastik olmayan statik itme analizi gerçekleştirilmiştir.

Çalışma sonucunda elde edilen bulgular şu şekildedir:

- ◆ Binalarda oluşan deformasyonlar göz önünde bulundurularak kullanılan depremler etkilerine göre üç sette gruplanmıştır. Deplasman talebi düşük depremler set 1’de gruplanırken talep değeri en yüksek olanlar set 3 olarak gruplandırılmıştır. Birbirine yakın PGA değerlerine sahip depremler ortak incelendiğinde birbirine benzer sonuçlar vermektedir ancak depremlerin binalar üzerine olan etkisinde binaların kendi karakteristik özellikleri de etkili olduğu için bu konuda genelleme yapılamaz.
- ◆ Deprem ivme kayıtlarının setlere göre ayrılması sonucunda elde edilen bulgularda 12 katlı bina modeli için oluşan maksimum deplasman talepleri karşılaştırıldığında zemin kat yüksekliği arttıkça zemin katta oluşan deplasman talebi yaklaşık 1.3-7 kat

arasında artmaktadır. En büyük çatı deplasman değeri set 3 depremlerinde oluşmaktadır.

- ◆ 8 katlı bina modeline ait maksimum çatı katı deplasman talepleri incelendiğinde ankastre ile ZYE modeller arasındaki fark set 1 ve set 2 depremlerinde %2-34 arasında ankastre modellerde artış olurken set 3 depremlerinde %1-8 arasında fark oluşarak ankastre modellerde daha fazla çatı deplasman talebi oluşmaktadır. Bu durumun sebebi set 1 ve set 2 depremlerinin önce zemin profillerine etkililerek ardından bina modellerine etkililmesi sonucunda oluşan farklılıktan kaynaklanmaktadır. Set 3 depremlerinde ise bu farkın düşük olmasının sebebi gerçek deprem ivme kaydının önce zemine verilmeden binaya verilmesindedir.
- ◆ 4 katlı bina modeline ait maksimum çatı katı deplasman talepleri incelendiğinde ankastre ile ZYE modeller arasındaki fark set 1 ve set 2 depremlerinde %5-55 arasında ankastre modellerde artış olurken set 3 depremlerinde %1-12 arasında fark oluşarak ankastre modellerde daha fazla çatı deplasman talebi oluşmaktadır.
- ◆ 12 ve 8 katlı modellerde görelî kat ötelenme oranları incelendiğinde set 3 depremleri altında ankastre modeller en yüksek değerleri vermektedir. Ayrıca yumuşak kat düzensizliğı mekanizması set 3 depremlerinde net olarak görülebilmektedir.
- ◆ 4 katlı modeller için en yüksek görelî kat ötelenme oranları ankastre modellerde görülmektedir. Yumuşak kat düzensizliğı mekanizması Z1 zemininde set 2 ve set 3 depremlerinin ankastre ve ZYE modellerinde oluşurken Z2 zemininde set 2 depremlerinde ZYE modelde ve set 3 depremlerinde ankastre ve ZYE modellerde oluşmaktadır, Z3 zemininde ise sadece set 3 depremlerinde mekanizma oluşmaktadır.
- ◆ 15 adet gerçek deprem ivme kaydının ortalama maksimum çatı deplasman talebi değerlendirildiğinde 8 ve 12 katlı modellerde zemin kat yüksekliğı arttıkça ortalama çatı deplasman değerleri



azalmaktadır.4 katlı modellerde ise bu durum karmaşık bir hal almaktadır. Ancak ankastre modellere ait ortalama maksimum çatı katı deplasman 3 farklı bina yüksekliği içinde ZYE modele göre daha yüksek gelmektedir. Ayrıca beklenildiği gibi zemin rijitliği arttıkça elde edilen ortalama çatı deplasman değerleri azalmaktadır.

- ◆ 15 adet gerçek deprem ivme kaydından elde edilen ortalama GKÖ(%) değerlerinin zemin kat yüksekliği 4 m olan ve 3.5 m modellerin zemin kat yüksekliği 3 m olan modellere göre oranlanması sonucunda hesaplanan ortalama GKÖ(%) oranları değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme ile 4 katlı ankastre modelin Z3 zeminine ait sonucunda her koşulda zemin kat yüksekliği 4 m olan modelin zemin kat yüksekliği 3 m olan modele oranı zemin kat yüksekliği 3.5 m olan modelin zemin kat yüksekliği 3m olan modele oranına göre daha yüksek olduğu gözlemlenmektedir.
- ◆ 15 adet deprem ivme kaydının zemin katta oluşan GKÖ(%) değerlerinin zemin kat yüksekliği arttıkça kritik seviyelere geldiği görülmektedir. 15 adet depremin ortalama görelî kat ötelenme oranları bina yüksekliğine göre farklılık göstermektedir ve zemin katta oluşan en büyük ortalama görelî kat ötelenme oranı 4 katlı bina modellerinde oluşmaktadır.
- ◆ Doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda yapısal elemanlarda oluşan plastik mafsalların kat içinde ve bina düzeyinde dağılımı incelendiğinde zemin kat yüksekliği arttıkça üst katlara ait elemanlarda hasar seviyesi azalsa bile zemin kat elemanlarında oluşan hasar seviyesinin arttığı görülmektedir.
- ◆ Doğrusal elastik olmayan statik itme analizi sonucunda zemin kat yüksekliği arttıkça binaların dayanım değerlerinde etkili bir azalma görülmektedir. Zemin kat yüksekliği 3.5 m olan modeller için bu azalım miktarı %7.3-9.29 arasında değişirken, zemin kat yüksekliği 4 m olan modeller için bu azalım miktarı %7.8-14.5 arasında değişmektedir. Bu analiz sonucunda elde edilen bina

düzeyinde oluşan plastik mafsallık hasar dağılımını zemin kat yüksekliği fazla olan katlara yoğunlaşarak üst katlarda hasar seviyesinin azaldığı görülmektedir.

- ◆ Beklenildiği gibi zemin rijitliği arttıkça binalarda oluşan deplasman talepleri ve yumuşak kat mekanizmasının oluşma olasılığı azalmaktadır.

Sonuç olarak DBYBHY-2007 yönetmeliğine göre yumuşak kat düzensizliği koşulları sağlansa bile zemin kat yüksekliğinin bina kat yüksekliğinden farklı olarak arttırılması yapıların sismik davranışını oldukça etkili şekilde değiştirerek binaların hasar görmesine hatta göçmesine sebebiyet verebilir. Ayrıca deprem ivme kayıtlarının kendilerine ait karakteristik özellikleri olması sebebiyle ve zemin özelliklerine bağlı olarak binalarda farklı sismik performans elde edilmesinin dışında binanın kendisine ait modelleme özelliklerinin de sismik performans üzerinde etkisi oldukça kritiktir. Bu sebeple değerlendirilen durumlar karmaşık bir hal alarak genelleme yapılamayacak seviyelere gelmektedir.

## 5.2 Gelecek Çalışmalar İçin Öneriler

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

- Çalışma kapsamında 3 farklı zemin profili oluşturularak çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Daha derin bir araştırma yapmak amacıyla zemin profili sayısı artırılabilir.
- Modellemede sadece zemin kat yüksekliği değiştirilmiştir. Gelecek planlarda zemin kat yüksekliğinin dışında dolgu duvar etkisi de göz önünde bulundurularak daha geniş bir araştırma gerçekleştirilebilir. Ayrıca çalışma kapsamında 3, 3.5, 4 m olarak 3 farklı zemin kat yüksekliği kullanmıştır. Değiştirilen zemin kat yüksekliği çeşitlendirilerek daha kapsamlı çalışmalar elde edilebilir.
- Gerçekleştirilen çalışmada yalnızca zemin kat yüksekliği değiştirilmiştir ancak bazı durumlarda üst katlara ait kat yüksekliği çeşitlilik göstermektedir. Bu sebeple üst katlara ait yükseklik çeşitlendirilerek komşu katlar arası rijitlik düzensizliği incelenebilir.
- Çalışma kapsamında 15 adet deprem ivme kaydı kullanılmıştır. Kullanılan deprem ivme kaydı sayısı artırılabilir.
- Zemin yapısı etkileşimi göz önünde bulundurularak farklı analiz yöntemleri kullanılarak araştırma daha kapsamlı hale getirilebilir.

## 6. KAYNAKLAR

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

Avcı, I., “Orta Yükseklikteki Betonarme Binada Yumuşak Kat Düzensizliğinin Doğrusal Elastik Olmayan Dinamik Analizle Araştırılması”, Doktora Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Denizli, (2018).

Aydemir, M. E., “Zemin Yapı Etkileşiminin Yapısal Davranış Parametreleri Üzerine Etkisi”, Doktora Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul, (2011).

Aydınoglu, M. N., “Üstyapı-Zemin Ortak Sistemin Deprem Hesabı”, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul, (1977).

Benavent-Climent, A., Mota-Páez. S., “Earthquake retrofitting of R/C frames with soft first story using hysteretic dampers: Energy-based design method and evaluation”, *Engineering Structures*, 137, 19-32,(2017).

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

Biröl, T., “Yumuşak Kat Düzensizliğinin Betonarme Bina Performansına Etkisi Üzerine Bir İnceleme”, Yüksek Lisans Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Balıkesir, (2010).

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

Celep, Z., *Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış Çözümleme*, İstanbul: Beta Basım Yayın Dağıtım A.Ş., (2017).

Çağlar, N., Garip, Z. Ş., Yaman, Z. D., “ Deprem Etkisindeki Betonarme Yapılarda Yapı-Zemin Etkileşimi”, *Deprem sempozyumu*, Kocaeli,(2005)

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

Çetinkaya, M. Y., Çelebi, E., Kırtel, O., “Yapı-Temel-Zemin Sismik Etkileşim Probleminin Adapazarı Bölgesi İçin Empedans Fonksiyonları Yardımıyla Analizi”, *Politeknik Dergisi*, 20,(2), 325-332, (2017).

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

Demir, F., Erkan, K. T., Dilmaç, H. and Tekeli, H., “Mevcut Betonarme Binaların Doğrusal Elastik ve Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri İle İncelenmesi Üzerine Bir Değerlendirme”, 2. *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismik Konferansı*, Hatay, (2013)

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

Garip, Z. Ş., “Deprem Etkisindeki Betonarme Yapılarda Yapı-Zemin Etkileşimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Sakarya, (2005).

Garip, Z. Ş., “Yumuşak Kat Düzensizliği Olan Betonarme Binalarda Yapı Zemin Etkileşimi”, *International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science*, Baku- Azerbaijan, (2003)

Işık, E., Özdemir, M. and Kutanis, M., “Farklı zemin kat yüksekliklerinin yapı performansına etkisi”, *Mühendislik Dergisi*, 7, (3), 445-454,(2016).

Işık, E., Özdemir, M., “Normal Kat Yüksekliğinin Farklı Olması Durumunda Yapı Performansının İncelenmesi”, *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6, (1), 98-106,(2017).

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

İrtem, E., Türker, K., Hasgül, U., “Türk Deprem Yönetmeliğinin Performans Hedeflerinin Lineer Olmayan Statik Analiz Yöntemleri ile Değerlendirilmesi”, *Türkiye İnşaat Mühendisliği XVII. Teknik Kongre ve Sergisi*, (2003)

Karasu, T. O., “Yumuşak Kat Düzensizliği Bulunan Betonarme Bir Yapının TDY 2007’ye Göre Performans Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Manisa, (2011).

Korkmaz, A., Uçar T., “Yumuşak Kat Düzensizliğinin Betonarme Binaların Deprem Davranışında Etkisi”, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 11, (2), 65-76, (2006).

Korkmaz, K. A., Uçar T. ve Düzgün M., “Yapısal Düzensizlikleri Olan Betonarme Yapıların Deprem Davranışlarının Değerlendirilmesi”, *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22, (2), 123-138, (2010).

Kramer, S. L., *Geotechnical Earthquake Engineering*, New Jersey: Prentice-Hall, (1996).

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

Lysmer, J. and Kuhlemeyer, R.L., “Finite dynamic model for infinite media”, *Journal of Engineering Mechanics Division*, ASCE, 95(4), 759–877, (1969).

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

Oreata, A. W. C. and Dya, A. F. C., “Seismic Vulnerability Assessment Of Soft Story Irregular Buildings Using Pushover Analysis”, *Procedia Engineering*, 125, 925-932, (2015).

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

Sandıkcı, T., “Bina Türü Betonarme Bir Yapıda Yumuşak Kat ve Burulma Düzensizliği İlişkisinin İncelenmesi ”, Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Trabzon, (2014).

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)

Sotiriadis, D., Kostinakis, K. and Morfidis, K.,“ Effects Of Nonlinear Soil–Structure–Interaction On Seismic Damage Of 3d Buildings On Cohesive And Frictional Soils”, *Bull Earthquake Eng*, 15,(9), 3581-3610, (2017).

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).

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

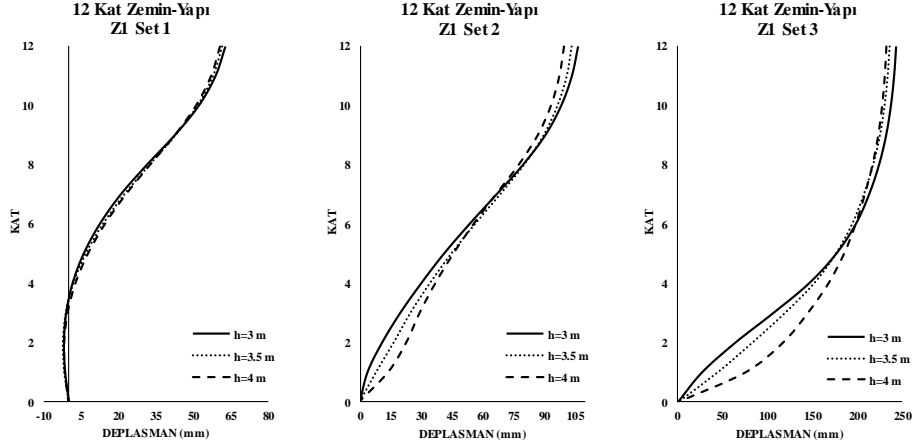
Wilson, E.L., *Three-Dimensional Static and Dynamic Analysis of Structures*, Computers and Structures Inc., 234- 249, (2002)

# **EKLER**

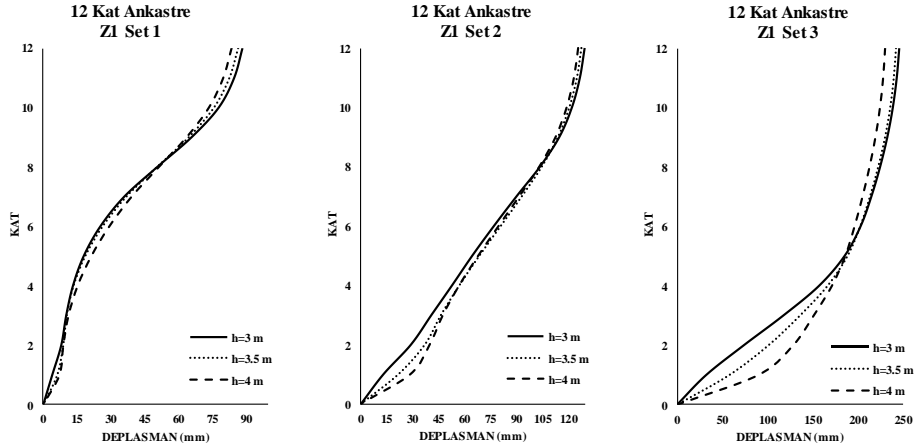


## 7. EKLER

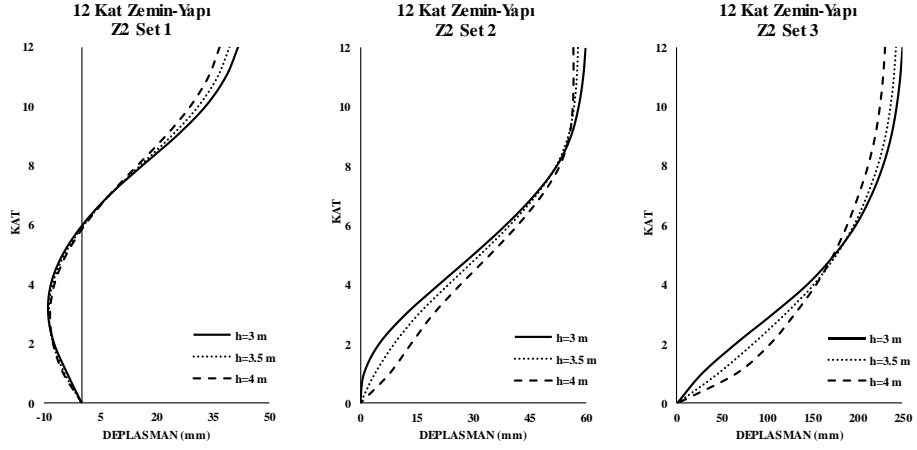
### EK A Doğrusal Elastik Olmayan Zaman Tanım Alanında Analizi Deplasman Profili Sonuçları



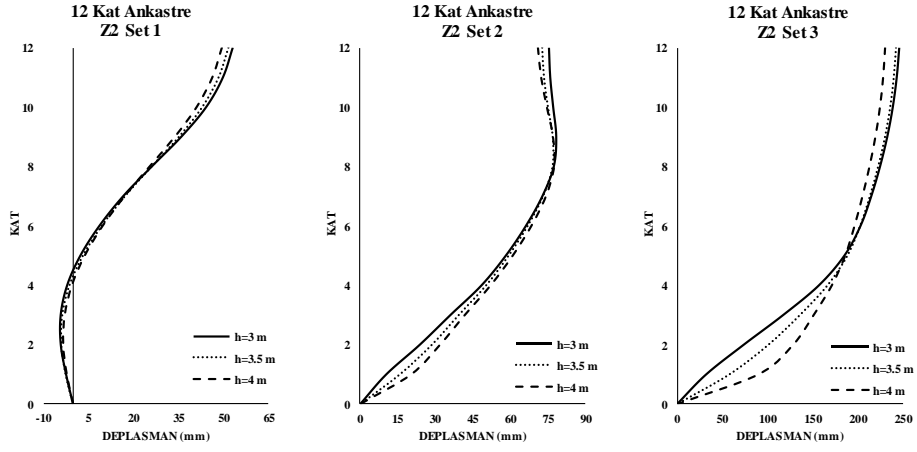
Şekil A.1: 12 katlı zemin-yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z1 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması



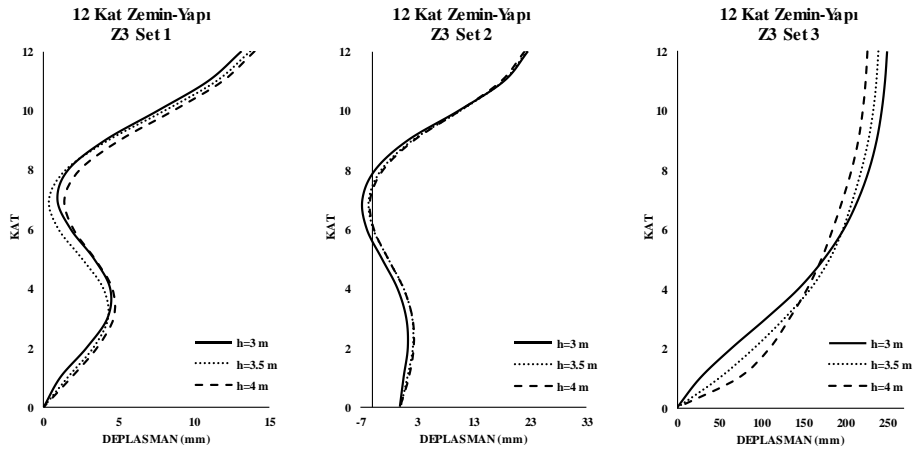
Şekil A.2: 12 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z1 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması



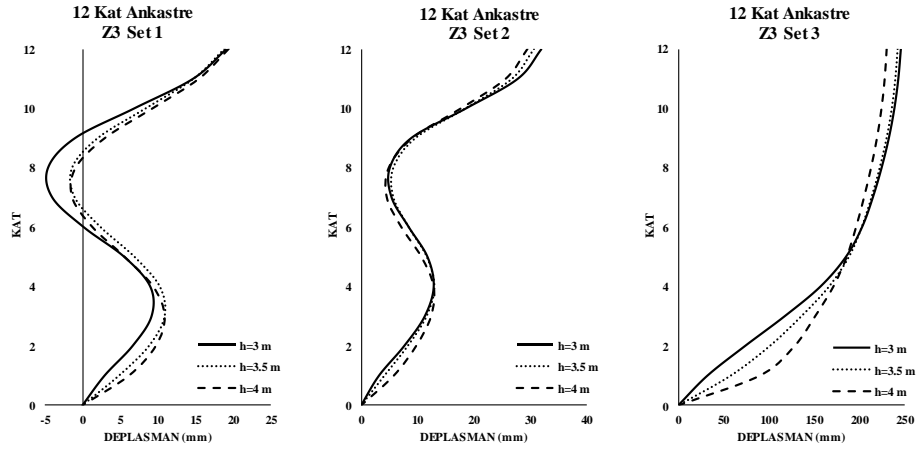
Şekil A.3: 12 katlı zemin-yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z2 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması



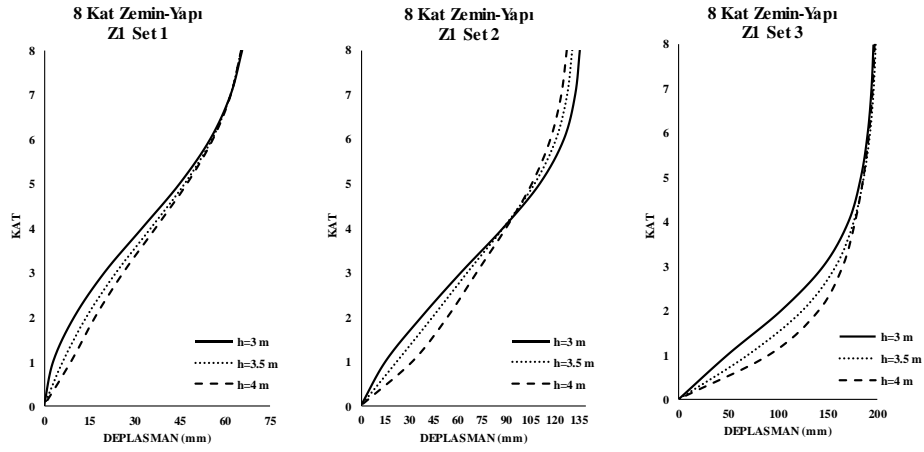
Şekil A.4: 12 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z2 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması



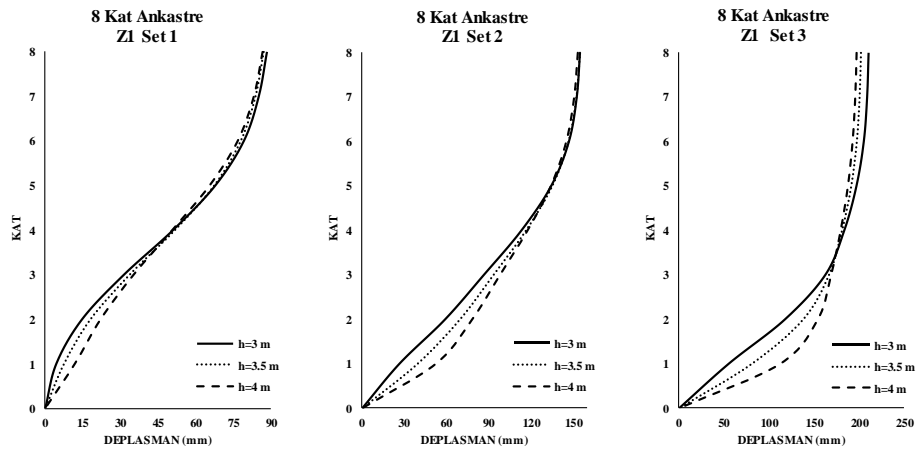
Şekil A.5: 12 katlı zemin-yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z3 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması



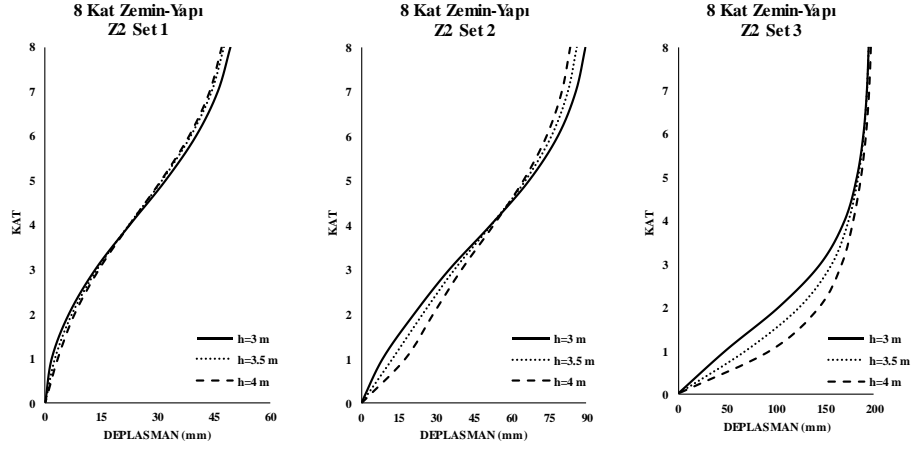
Şekil A.6: 12 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z3 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması



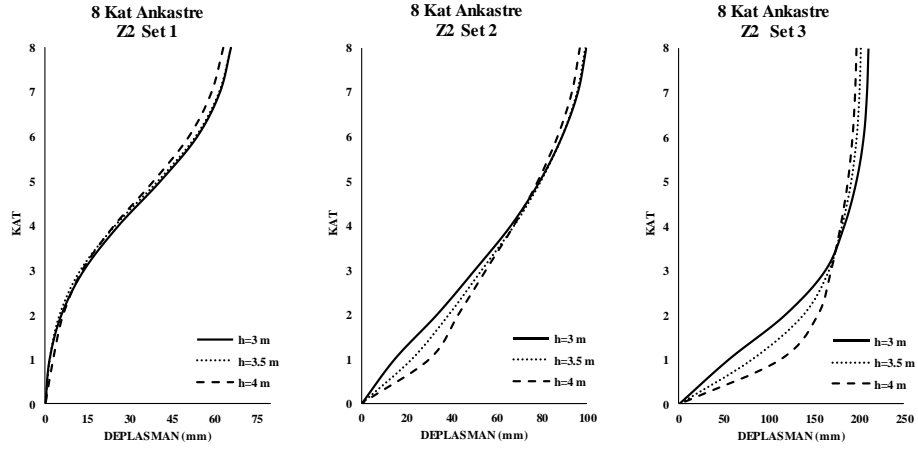
Şekil A.7: 8 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z1 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması



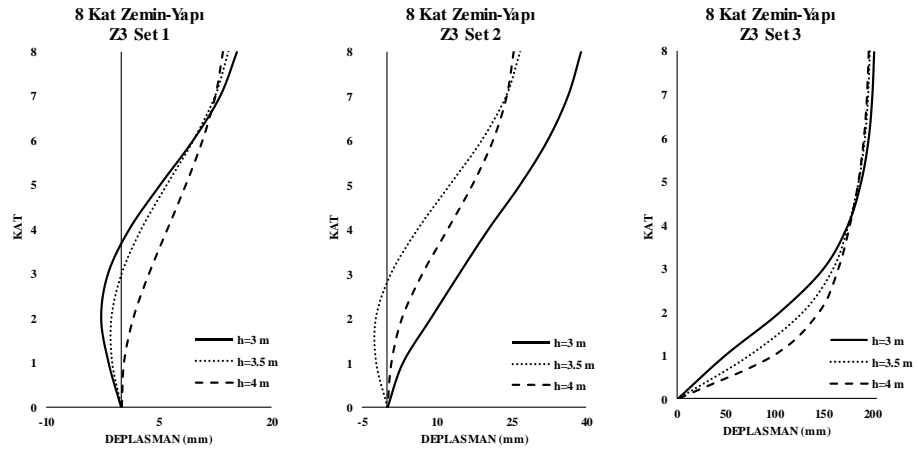
Şekil A.8: 8 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z1 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması



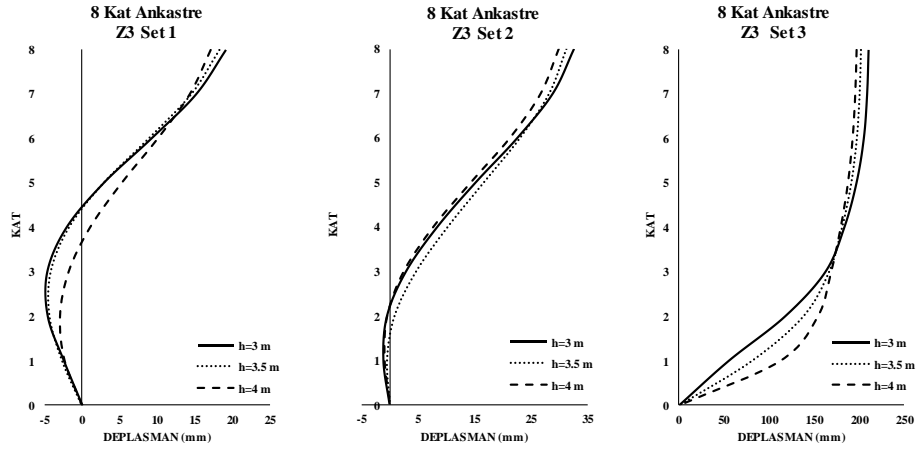
Şekil A.9: 8 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z2 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması



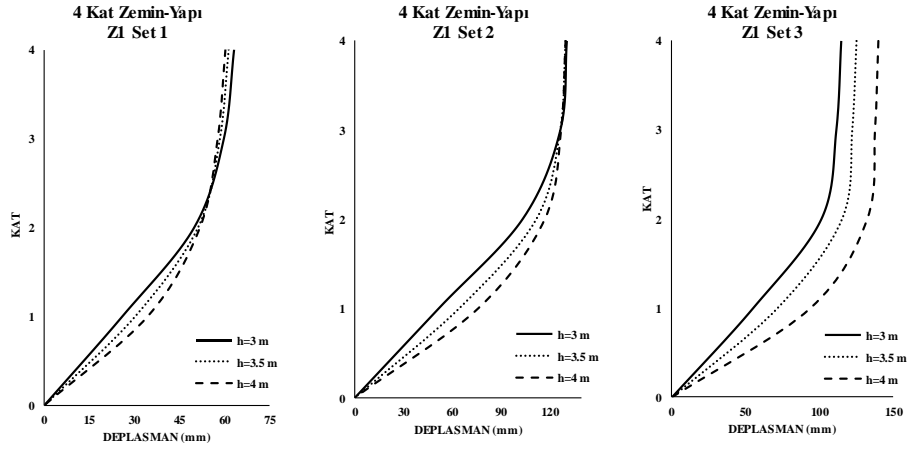
Şekil A.10: 8 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z2 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması



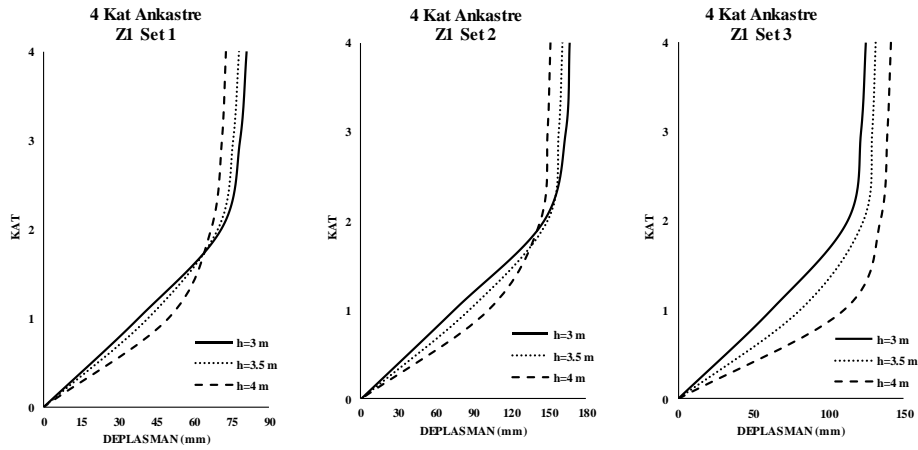
Şekil A.11: 8 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z3 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması



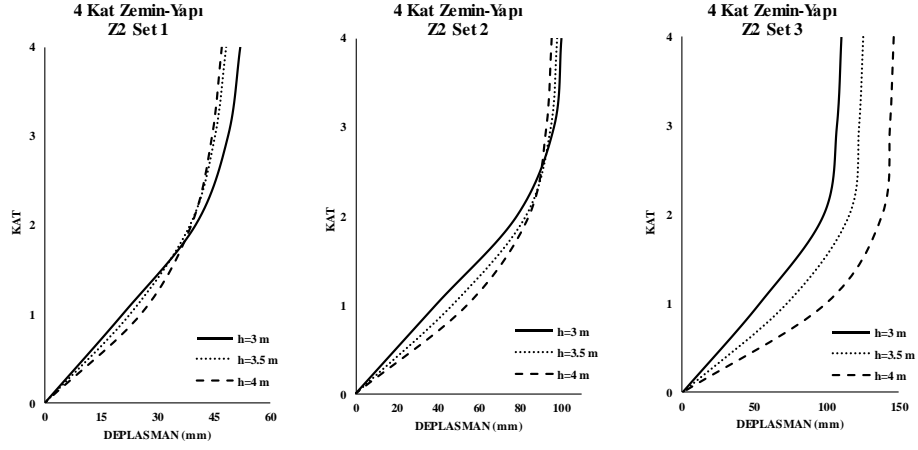
Şekil A.12: 8 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z3 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması



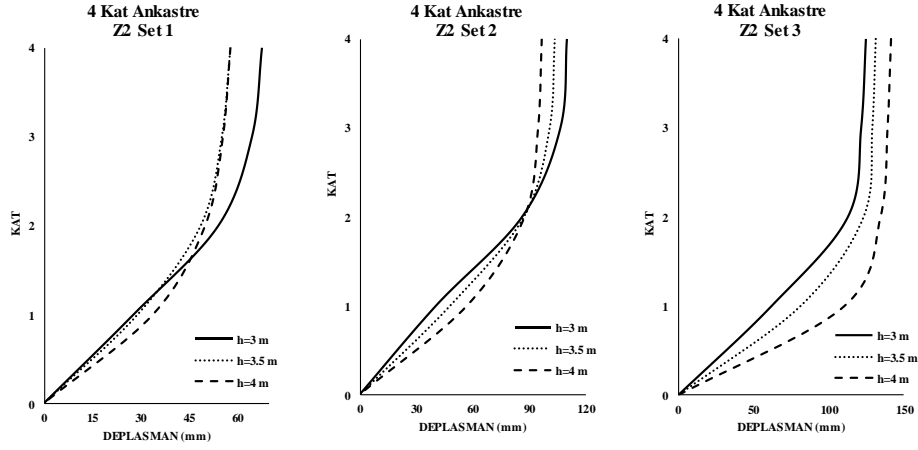
Şekil A.13: 4 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z1 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması



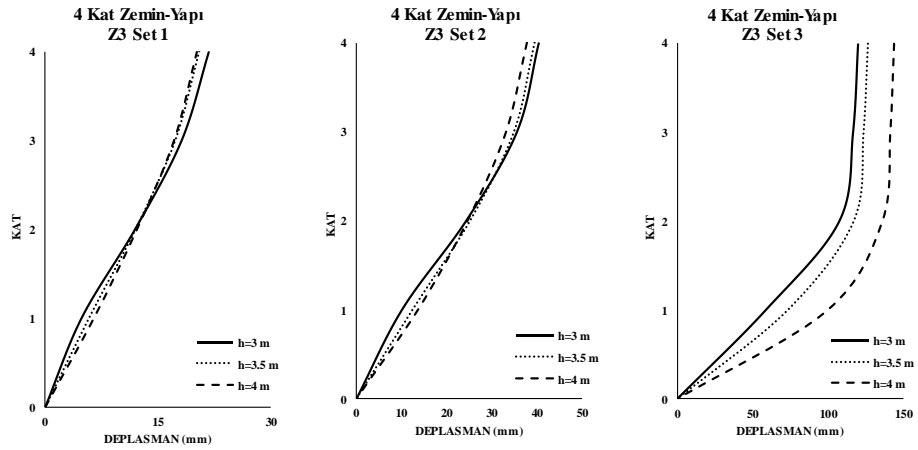
Şekil A.14: 4 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z1 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması



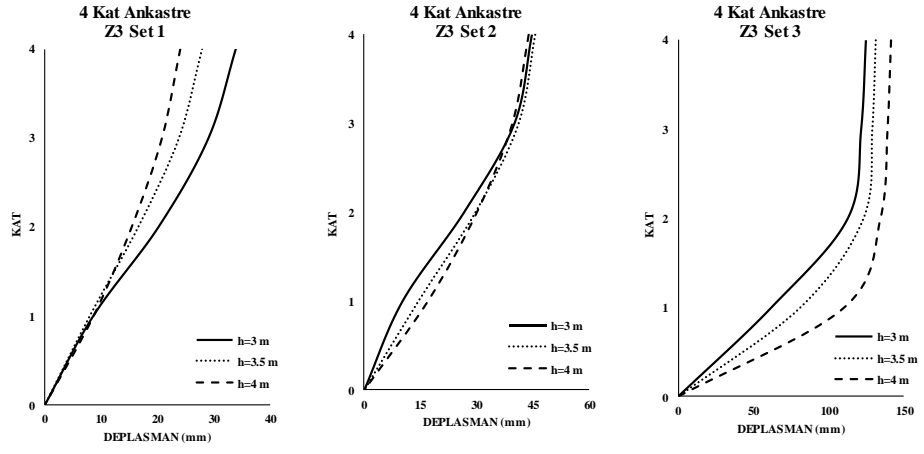
Şekil A.15: 4 katlı zemin-yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z2 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması



Şekil A.16: 4 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z2 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması



Şekil A.17: 4 katlı zemin-yapı etkileşimli çerçeve bina modelinin Z3 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması



**Şekil A.18:** 4 katlı ankastre çerçeve bina modelinin Z3 zemin profilinde deplasman profillerinin karşılaştırılması

## EK B Doğrusal Elastik Olmayan Zaman Tanım Alanında Analizi Plastik Mafsalsal Hasar Dağılımı Sonuçları

**Tablo B.1:** 12 katlı model için kolon elemanlarına ait plastik mafsal hasar dağılımı

Hasar Sınırı Dağılımı																					
		Ankastre				ZYE						Ankastre				ZYE					
Kat	Hzemin kat	Deprem	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB	Kat	Hzemin kat	Deprem	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB
1	3 m	Düzce-Bol	1	8	-	-	1	8	-	-	7	3 m	Düzce-Bol	4	6	-	-	4	6	-	-
		Kobe-Tak	2	7	-	-	2	8	-	-			Kobe-Tak	4	4	-	-	2	6	-	-
	3.5 m	Düzce-Bol	2	10	-	-	2	10	-	-		3.5 m	Düzce-Bol	4	6	-	-	4	6	-	-
		Kobe-Tak	1	7	4	-	2	8	-	-			Kobe-Tak	4	4	-	-	3	5	-	-
	4 m	Düzce-Bol	-	12	-	-	-	12	-	-		4 m	Düzce-Bol	4	6	-	-	2	6	-	-
		Kobe-Tak	-	4	7	1	2	8	2	-			Kobe-Tak	6	2	-	-	4	3	-	-
2	3 m	Düzce-Bol	4	8	-	-	4	4	-	-	8	3 m	Düzce-Bol	3	6	-	-	4	6	-	-
		Kobe-Tak	4	6	2	-	4	6	-	-			Kobe-Tak	4	4	-	-	3	3	-	-
	3.5 m	Düzce-Bol	4	6	-	-	4	6	-	-		3.5 m	Düzce-Bol	3	5	-	-	3	6	-	-
		Kobe-Tak	2	6	4	-	4	4	4	-			Kobe-Tak	5	3	-	-	5	3	-	-
	4 m	Düzce-Bol	4	6	-	-	4	6	-	-		4 m	Düzce-Bol	1	1	-	-	2	6	-	-
		Kobe-Tak	2	4	4	-	4	2	4	-			Kobe-Tak	4	4	-	-	6	1	-	-
3	3 m	Düzce-Bol	4	6	-	-	4	4	-	-	9	3 m	Düzce-Bol	6	6	-	-	6	-	-	-
		Kobe-Tak	2	6	4	-	2	7	3	-			Kobe-Tak	8	-	-	-	6	-	-	-
	3.5 m	Düzce-Bol	4	6	-	-	4	4	-	-		3.5 m	Düzce-Bol	6	-	-	-	6	2	-	-
		Kobe-Tak	2	6	4	-	2	6	4	-			Kobe-Tak	5	1	-	-	6	-	-	-
	4 m	Düzce-Bol	4	6	-	-	8	-	-	-		4 m	Düzce-Bol	6	-	-	-	6	2	-	-
		Kobe-Tak	4	8	-	-	4	5	3	-			Kobe-Tak	6	-	-	-	6	-	-	-
4	3 m	Düzce-Bol	4	8	-	-	4	5	-	-	10	3 m	Düzce-Bol	4	-	-	-	3	-	-	-
		Kobe-Tak	2	9	-	-	2	4	4	-			Kobe-Tak	4	-	-	-	6	-	-	-
	3.5 m	Düzce-Bol	4	7	-	-	6	2	-	-		3.5 m	Düzce-Bol	3	-	-	-	2	-	-	-
		Kobe-Tak	2	6	4	-	2	6	4	-			Kobe-Tak	6	-	-	-	6	-	-	-
	4 m	Düzce-Bol	4	6	-	-	6	-	-	-		4 m	Düzce-Bol	2	-	-	-	3	-	-	-
		Kobe-Tak	2	8	-	-	2	8	-	-			Kobe-Tak	6	-	-	-	6	-	-	-
5	3 m	Düzce-Bol	4	8	-	-	4	6	-	-	11	3 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	1	-	-	-
		Kobe-Tak	2	8	-	-	2	2	4	-			Kobe-Tak	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.5 m	Düzce-Bol	4	8	-	-	2	6	-	-		3.5 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kobe-Tak	2	8	-	-	2	8	-	-			Kobe-Tak	4	-	-	-	-	-	-	-
	4 m	Düzce-Bol	4	7	-	-	2	6	-	-		4 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kobe-Tak	-	8	-	-	2	8	-	-			Kobe-Tak	4	-	-	-	-	-	-	-
6	3 m	Düzce-Bol	4	8	-	-	4	6	-	-	12	3 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kobe-Tak	4	5	-	-	1	8	-	-			Kobe-Tak	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.5 m	Düzce-Bol	4	8	-	-	3	6	-	-		3.5 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kobe-Tak	2	8	-	-	1	8	-	-			Kobe-Tak	-	-	-	-	-	-	-	-
	4 m	Düzce-Bol	4	7	-	-	2	6	-	-		4 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kobe-Tak	3	7	-	-	-	8	-	-			Kobe-Tak	-	-	-	-	-	-	-	-



**Tablo B.2:** 12 katlı model kolon elemanlarına ait plastik mafsal hasar dağılımları (%)

Hasar Sınırı Dağılımı(%)																					
Kat	Hzemin kat	Deprem	Ankastre				ZYE				Kat	Hzemin kat	Deprem	Ankastre				ZYE			
			MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB				MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
1	3 m	Düzce-Bol	8	67	0	0	8	67	0	0	7	3 m	Düzce-Bol	33	50	0	0	33	50	0	0
		Kobe-Tak	17	58	0	0	17	67	0	0			Düzce-Bol	33	33	0	0	17	50	0	0
	3.5 m	Düzce-Bol	17	83	0	0	17	83	0	0		3.5 m	Düzce-Bol	33	50	0	0	33	50	0	0
		Kobe-Tak	8	58	33	0	17	67	0	0			Kobe-Tak	33	33	0	0	25	42	0	0
	4 m	Düzce-Bol	0	100	0	0	0	100	0	0		4 m	Düzce-Bol	33	50	0	0	17	50	0	0
		Kobe-Tak	0	33	58	8	17	67	17	0			Kobe-Tak	50	17	0	0	33	25	0	0
2	3 m	Düzce-Bol	33	67	0	0	33	33	0	0	8	3 m	Düzce-Bol	25	50	0	0	33	50	0	0
		Kobe-Tak	33	50	17	0	33	50	0	0			Kobe-Tak	33	33	0	0	25	25	0	0
	3.5 m	Düzce-Bol	33	50	0	0	33	50	0	0		3.5 m	Düzce-Bol	25	42	0	0	25	50	0	0
		Kobe-Tak	17	50	33	0	33	33	33	0			Kobe-Tak	42	25	0	0	42	25	0	0
	4 m	Düzce-Bol	33	50	0	0	33	50	0	0		4 m	Düzce-Bol	8	8	0	0	17	50	0	0
		Kobe-Tak	17	33	33	0	33	17	33	0			Kobe-Tak	33	33	0	0	50	8	0	0
3	3 m	Düzce-Bol	33	50	0	0	33	33	0	0	9	3 m	Düzce-Bol	50	50	0	0	50	0	0	0
		Kobe-Tak	17	50	33	0	17	58	25	0			Kobe-Tak	67	0	0	0	50	0	0	0
	3.5 m	Düzce-Bol	33	50	0	0	33	33	0	0		3.5 m	Düzce-Bol	50	0	0	0	50	17	0	0
		Kobe-Tak	17	50	33	0	17	50	33	0			Kobe-Tak	42	8	0	0	50	0	0	0
	4 m	Düzce-Bol	33	50	0	0	67	0	0	0		4 m	Düzce-Bol	50	0	0	0	50	17	0	0
		Kobe-Tak	33	67	0	0	33	42	25	0			Kobe-Tak	50	0	0	0	50	0	0	0
4	3 m	Düzce-Bol	33	67	0	0	33	42	0	0	10	3 m	Düzce-Bol	33	0	0	0	25	0	0	0
		Kobe-Tak	17	75	0	0	17	33	33	0			Kobe-Tak	33	0	0	0	50	0	0	0
	3.5 m	Düzce-Bol	33	58	0	0	50	17	0	0		3.5 m	Düzce-Bol	25	0	0	0	17	0	0	0
		Kobe-Tak	17	50	33	0	17	50	33	0			Kobe-Tak	50	0	0	0	50	0	0	0
	4 m	Düzce-Bol	33	50	0	0	50	0	0	0		4 m	Düzce-Bol	17	0	0	0	25	0	0	0
		Kobe-Tak	17	67	0	0	17	67	0	0			Kobe-Tak	50	0	0	0	50	0	0	0
5	3 m	Düzce-Bol	33	67	0	0	33	50	0	0	11	3 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	17	67	0	0	17	17	33	0			Kobe-Tak	0	0	0	0	8	0	0	0
	3.5 m	Düzce-Bol	33	67	0	0	17	50	0	0		3.5 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	17	67	0	0	17	67	0	0			Kobe-Tak	33	0	0	0	0	0	0	0
	4 m	Düzce-Bol	33	58	0	0	17	50	0	0		4 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	0	67	0	0	17	67	0	0			Kobe-Tak	33	0	0	0	0	0	0	0
6	3 m	Düzce-Bol	33	67	0	0	33	50	0	0	12	3 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	33	42	0	0	8	67	0	0			Kobe-Tak	0	0	0	0	0	0	0	0
	3.5 m	Düzce-Bol	33	67	0	0	25	50	0	0		3.5 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	17	67	0	0	8	67	0	0			Kobe-Tak	0	0	0	0	0	0	0	0
	4 m	Düzce-Bol	33	58	0	0	17	50	0	0		4 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	25	58	0	0	0	67	0	0			Kobe-Tak	0	0	0	0	0	0	0	0

**Tablo B.3:** 12 katlı model için kiriş elemanlarına ait plastik mafsal hasar dağılımı

Hasar Sınırı Dağılımı																					
Kat	Hzemin kat	Deprem	Ankastre				ZYE				Kat	Hzemin kat	Deprem	Ankastre				ZYE			
			MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB				MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
1	3 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	6	-	-	7	3 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	6	-	-
		Kobe-Tak	-	-	6	-	-	4	2	-			Kobe-Tak	-	6	-	-	-	6	-	-
	3.5 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	6	-	-		3.5 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	6	-	-
		Kobe-Tak	-	-	6	-	-	-	6	-			Kobe-Tak	-	6	-	-	-	6	-	-
	4 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	6	-	-		4 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	6	-	-
		Kobe-Tak	-	-	5	1	-	-	6	-			Kobe-Tak	-	6	-	-	-	6	-	-
2	3 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	6	-	-	8	3 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	6	-	-
		Kobe-Tak	-	-	2	4	-	-	6	-			Kobe-Tak	-	7	-	-	-	6	-	-
	3.5 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	6	-	-		3.5 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	6	-	-
		Kobe-Tak	-	-	6	-	-	-	6	-			Kobe-Tak	-	6	-	-	-	6	-	-
	4 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	5	-	-		4 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	6	-	-
		Kobe-Tak	-	1	5	-	-	-	6	-			Kobe-Tak	-	6	-	-	-	6	-	-
3	3 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	6	-	-	9	3 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	5	-	-
		Kobe-Tak	-	-	6	-	-	-	2	4			Kobe-Tak	-	6	-	-	-	6	-	-
	3.5 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	6	-	-		3.5 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	6	-	-
		Kobe-Tak	-	-	5	1	-	-	5	1			Kobe-Tak	-	7	-	-	-	6	-	-
	4 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	5	-	-		4 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	6	-	-
		Kobe-Tak	-	-	6	-	-	-	6	-			Kobe-Tak	-	7	-	-	-	6	-	-

**Tablo B.3 (devam):** 12 katlı model için kiriş elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı

Hasar Sınırı Dağılımı																					
Kat	Hzemin kat	Deprem	Ankastre				ZYE				Kat	Hzemin kat	Deprem	Ankastre				ZYE			
			MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB				MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB
4	3 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	6	-	-	10	3 m	Düzce-Bol	-	2	-	-	-	-	-	-
		Kobe-Tak	-	6	-	-	-	-	6	-			Kobe-Tak	-	-	-	-	-	-	2	-
	3.5 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	6	-	-		3.5 m	Düzce-Bol	-	2	-	-	-	-	-	-
		Kobe-Tak	-	-	6	-	-	-	6	-			Kobe-Tak	-	6	-	-	-	-	2	-
	4 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	6	-	-		4 m	Düzce-Bol	-	1	-	-	-	-	-	-
		Kobe-Tak	-	6	-	-	-	2	4	-			Kobe-Tak	-	5	-	-	-	-	2	-
5	3 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	6	-	-	11	3 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kobe-Tak	-	6	-	-	-	-	6	-			Kobe-Tak	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.5 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	6	-	-		3.5 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kobe-Tak	-	6	-	-	-	6	-	-			Kobe-Tak	-	-	-	-	-	-	-	-
	4 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	6	-	-		4 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kobe-Tak	-	6	-	-	-	6	-	-			Kobe-Tak	-	-	-	-	-	-	-	-
6	3 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	6	-	-	12	3 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kobe-Tak	-	6	-	-	-	6	-	-			Kobe-Tak	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.5 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	6	-	-		3.5 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kobe-Tak	-	6	-	-	-	6	-	-			Kobe-Tak	-	-	-	-	-	-	-	-
	4 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	6	-	-		4 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kobe-Tak	-	6	-	-	-	6	-	-			Kobe-Tak	-	-	-	-	-	-	-	-

**Tablo B.4:** 12 katlı model kiriş elemanları plastik mafsalsal hasar dağılımı (%)

Hasar Sınırı Dağılımı(%)																					
Kat	Hzemin kat	Deprem	Ankastre				ZYE				Kat	Hzemin kat	Deprem	Ankastre				ZYE			
			MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB				MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB
1	3 m	Düzce-Bol	0	60	0	0	0	60	0	0	7	3 m	Düzce-Bol	0	60	0	0	0	60	0	0
		Kobe-Tak	0	0	60	0	0	40	20	0			Kobe-Tak	0	60	0	0	0	60	0	0
	3.5 m	Düzce-Bol	0	60	0	0	0	60	0	0		3.5 m	Düzce-Bol	0	60	0	0	0	60	0	0
		Kobe-Tak	0	0	60	0	0	0	60	0			Kobe-Tak	0	60	0	0	0	60	0	0
	4 m	Düzce-Bol	0	60	0	0	0	60	0	0		4 m	Düzce-Bol	0	60	0	0	0	60	0	0
		Kobe-Tak	0	0	50	10	0	0	60	0			Kobe-Tak	0	60	0	0	0	60	0	0
2	3 m	Düzce-Bol	0	60	0	0	0	60	0	0	8	3 m	Düzce-Bol	0	60	0	0	0	60	0	0
		Kobe-Tak	0	0	20	40	0	0	60	0			Kobe-Tak	0	70	0	0	0	60	0	0
	3.5 m	Düzce-Bol	0	60	0	0	0	60	0	0		3.5 m	Düzce-Bol	0	60	0	0	0	60	0	0
		Kobe-Tak	0	0	60	0	0	0	60	0			Kobe-Tak	0	60	0	0	0	60	0	0
	4 m	Düzce-Bol	0	60	0	0	0	50	0	0		4 m	Düzce-Bol	0	60	0	0	0	60	0	0
		Kobe-Tak	0	10	50	0	0	0	60	0			Kobe-Tak	0	60	0	0	0	60	0	0
3	3 m	Düzce-Bol	0	60	0	0	0	60	0	0	9	3 m	Düzce-Bol	0	60	0	0	0	50	0	0
		Kobe-Tak	0	0	60	0	0	0	20	40			Kobe-Tak	0	60	0	0	0	60	0	0
	3.5 m	Düzce-Bol	0	60	0	0	0	60	0	0		3.5 m	Düzce-Bol	0	60	0	0	0	60	0	0
		Kobe-Tak	0	0	50	10	0	0	50	10			Kobe-Tak	0	70	0	0	0	60	0	0
	4 m	Düzce-Bol	0	60	0	0	0	50	0	0		4 m	Düzce-Bol	0	60	0	0	0	60	0	0
		Kobe-Tak	0	0	60	0	0	0	60	0			Kobe-Tak	0	70	0	0	0	60	0	0
4	3 m	Düzce-Bol	0	60	0	0	0	60	0	0	10	3 m	Düzce-Bol	0	20	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	0	60	0	0	0	0	60	0			Kobe-Tak	0	0	0	0	0	20	0	0
	3.5 m	Düzce-Bol	0	60	0	0	0	60	0	0		3.5 m	Düzce-Bol	0	20	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	0	0	60	0	0	0	60	0			Kobe-Tak	0	60	0	0	0	20	0	0
	4 m	Düzce-Bol	0	60	0	0	0	60	0	0		4 m	Düzce-Bol	0	10	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	0	60	0	0	0	20	40	0			Kobe-Tak	0	50	0	0	0	20	0	0
5	3 m	Düzce-Bol	0	60	0	0	0	60	0	0	11	3 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	0	60	0	0	0	0	60	0			Kobe-Tak	0	0	0	0	0	0	0	0
	3.5 m	Düzce-Bol	0	60	0	0	0	60	0	0		3.5 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	0	60	0	0	0	60	0	0			Kobe-Tak	0	0	0	0	0	0	0	0
	4 m	Düzce-Bol	0	60	0	0	0	60	0	0		4 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	0	60	0	0	0	60	0	0			Kobe-Tak	0	0	0	0	0	0	0	0

**Tablo B.4 (devam):** 12 katlı model giriş elemanları plastik mafsal hasar dağılımı (%)

Hasar Sınırı Dağılımı																							
			Ankastre				ZYE							Ankastre				ZYE					
Kat	Hzemin kat	Deprem	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB	Kat	Hzemin kat	Deprem	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB		
6	3 m	Düzce-Bol	0	60	0	0	0	60	0	0	12	3 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	0	60	0	0	0	60	0	0			Kobe-Tak	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3.5 m	Düzce-Bol	0	60	0	0	0	60	0	0		3.5 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	0	60	0	0	0	60	0	0			Kobe-Tak	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4 m	Düzce-Bol	0	60	0	0	0	60	0	0		4 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	0	60	0	0	0	60	0	0			Kobe-Tak	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Tablo B.5:** 8 katlı model için kolon elemanlarına ait plastik mafsal hasar dağılımı

Hasar Sınırı Dağılımı																						
			Ankastre				ZYE							Ankastre				ZYE				
Kat	Hzemin kat	Deprem	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB	Kat	Hzemin kat	Deprem	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB	
1	3 m	Düzce-Bol	1	8	-	-	-	8	-	-	5	3 m	Düzce-Bol	7	-	-	-	6	-	-	-	-
		Kobe-Tak	2	2	2	6	-	-	6	2			Kobe-Tak	3	6	-	-	2	6	-	-	-
	3.5 m	Düzce-Bol	2	10	-	-	2	9	-	-		3.5 m	Düzce-Bol	6	-	-	-	6	-	-	-	-
		Kobe-Tak	-	4	-	8	2	2	3	5			Kobe-Tak	2	6	-	-	4	4	-	-	-
	4 m	Düzce-Bol	-	12	-	-	2	10	-	-		4 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	5	-	-	-	-
		Kobe-Tak	-	2	2	8	-	4	2	6			Kobe-Tak	6	1	-	-	6	-	-	-	-
2	3 m	Düzce-Bol	-	12	-	-	2	10	-	-	6	3 m	Düzce-Bol	6	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kobe-Tak	-	8	-	4	-	8	-	4			Kobe-Tak	8	-	-	-	6	-	-	-	
	3.5 m	Düzce-Bol	2	8	-	-	2	8	-	-		3.5 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Kobe-Tak	2	-	4	4	2	4	-	4			Kobe-Tak	8	-	-	-	6	-	-	-	
	4 m	Düzce-Bol	-	8	-	-	-	8	-	-		4 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Kobe-Tak	-	-	8	-	-	4	2	2			Kobe-Tak	6	-	-	-	6	-	-	-	
3	3 m	Düzce-Bol	2	8	-	-	2	8	-	-	7	3 m	Düzce-Bol	2	-	-	-	-	-	-	-	
		Kobe-Tak	2	4	4	-	2	4	4	-			Kobe-Tak	8	-	-	-	1	-	-	-	
	3.5 m	Düzce-Bol	-	8	-	-	3	7	-	-		3.5 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Kobe-Tak	2	8	-	-	-	6	2	-			Kobe-Tak	4	-	-	-	-	-	-	-	
	4 m	Düzce-Bol	2	6	-	-	2	6	-	-		4 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Kobe-Tak	3	6	-	-	-	8	-	-			Kobe-Tak	2	-	-	-	-	-	-	-	
4	3 m	Düzce-Bol	2	6	-	-	2	6	-	-	8	3 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Kobe-Tak	4	6	-	-	2	8	-	-			Kobe-Tak	-	-	-	-	-	-	-		
	3.5 m	Düzce-Bol	6	2	-	-	2	6	-	-		3.5 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Kobe-Tak	4	6	-	-	-	9	-	-			Kobe-Tak	-	-	-	-	-	-	-		
	4 m	Düzce-Bol	6	-	-	-	6	-	-	-		4 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Kobe-Tak	4	4	-	-	2	6	-	-			Kobe-Tak	-	-	-	-	-	-	-		

**Tablo B.6:** 8 katlı model için kolon elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı (%)

Hasar Sınırı Dağılımı (%)																					
Kat	Hzemin kat	Deprem	Ankastre				ZYE				Kat	Hzemin kat	Deprem	Ankastre				ZYE			
			MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB				MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB
1	3 m	Düzce-Bol	8	67	0	0	0	67	0	0	5	3 m	Düzce-Bol	58	0	0	0	50	0	0	0
		Kobe-Tak	17	17	17	50	0	0	50	17			50	0	0						
	3.5 m	Düzce-Bol	17	83	0	0	17	75	0	0		3.5 m	Düzce-Bol	50	0	0	0	50	0	0	0
		Kobe-Tak	0	33	0	67	17	17	25	42			Kobe-Tak	17	50	0	0	33	33	0	0
	4 m	Düzce-Bol	0	100	0	0	17	83	0	0		4 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	42	0	0	0
		Kobe-Tak	0	17	17	67	0	33	17	50			Kobe-Tak	50	8	0	0	50	0	0	0
2	3 m	Düzce-Bol	0	100	0	0	17	83	0	0	6	3 m	Düzce-Bol	50	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	0	67	0	33	0	67	0	33			Kobe-Tak	67	0	0	0	50	0	0	0
	3.5 m	Düzce-Bol	17	67	0	0	17	67	0	0		3.5 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	17	0	33	33	17	33	0	33			Kobe-Tak	67	0	0	0	50	0	0	0
	4 m	Düzce-Bol	0	67	0	0	0	67	0	0		4 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	0	0	67	0	0	33	17	17			Kobe-Tak	50	0	0	0	50	0	0	0
3	3 m	Düzce-Bol	17	67	0	0	17	67	0	0	7	3 m	Düzce-Bol	17	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	17	33	33	0	17	33	33	0			Kobe-Tak	67	0	0	0	8	0	0	0
	3.5 m	Düzce-Bol	0	67	0	0	25	58	0	0		3.5 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	17	67	0	0	0	50	17	0			Kobe-Tak	33	0	0	0	0	0	0	0
	4 m	Düzce-Bol	17	50	0	0	17	50	0	0		4 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	25	50	0	0	0	67	0	0			Kobe-Tak	17	0	0	0	0	0	0	0
4	3 m	Düzce-Bol	17	50	0	0	17	50	0	0	8	3 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	33	50	0	0	17	67	0	0			Kobe-Tak	0	0	0	0	0	0	0	0
	3.5 m	Düzce-Bol	50	17	0	0	17	50	0	0		3.5 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	33	50	0	0	0	75	0	0			Kobe-Tak	0	0	0	0	0	0	0	0
	4 m	Düzce-Bol	50	0	0	0	50	0	0	0		4 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	33	33	0	0	17	50	0	0			Kobe-Tak	0	0	0	0	0	0	0	0

**Tablo B.7:** 8 katlı model için kiriş elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı

Hasar Sınırı Dağılımı																					
Kat	Hzemin kat	Deprem	Ankastre				ZYE				Kat	Hzemin kat	Deprem	Ankastre				ZYE			
			MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB				MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB
1	3 m	Düzce-Bol	-	1	5	-	-	6	-	-	5	3 m	Düzce-Bol	-	5	-	-	-	3	-	-
		Kobe-Tak	-	-	-	6	-	-	-	6			-	-							
	3.5 m	Düzce-Bol	-	-	6	-	-	6	-	-		3.5 m	Düzce-Bol	-	4	-	-	-	3	-	-
		Kobe-Tak	-	-	6	-	-	-	6	-			Kobe-Tak	-	6	-	-	-	6	-	-
	4 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	6	-	-		4 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	3	-	-
		Kobe-Tak	-	-	-	6	-	-	-	6			Kobe-Tak	-	6	-	-	-	6	-	-
2	3 m	Düzce-Bol	-	-	6	-	-	6	-	-	6	3 m	Düzce-Bol	-	1	-	-	-	-	-	
		Kobe-Tak	-	-	-	6	-	-	-	6			Kobe-Tak	-	6	-	-	-	1	-	-
	3.5 m	Düzce-Bol	-	2	4	-	-	6	-	-		3.5 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	
		Kobe-Tak	2	-	-	4	-	-	4	2			Kobe-Tak	-	5	-	-	-	1	-	-
	4 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	6	-	-		4 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	
		Kobe-Tak	-	6	-	-	-	-	6	-			Kobe-Tak	-	6	-	-	-	-	-	-
3	3 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	6	-	-	7	3 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	
		Kobe-Tak	-	6	-	-	-	-	6	-			Kobe-Tak	-	-	-	-	-	-	-	
	3.5 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	6	-	-		3.5 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	
		Kobe-Tak	-	6	-	-	-	6	-	-			Kobe-Tak	-	-	-	-	-	-	-	
	4 m	Düzce-Bol	-	4	-	-	-	6	-	-		4 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	
		Kobe-Tak	-	6	-	-	-	6	-	-			Kobe-Tak	-	2	-	-	-	-	-	
4	3 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	6	-	-	8	3 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	
		Kobe-Tak	-	6	-	-	-	6	-	-			Kobe-Tak	-	-	-	-	-	-	-	
	3.5 m	Düzce-Bol	-	5	-	-	-	6	-	-		3.5 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	
		Kobe-Tak	-	6	-	-	-	6	-	-			Kobe-Tak	-	-	-	-	-	-	-	
	4 m	Düzce-Bol	-	2	-	-	-	5	-	-		4 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	
		Kobe-Tak	-	6	-	-	-	6	-	-			Kobe-Tak	-	-	-	-	-	-	-	

**Tablo B.8:** 8 katlı model için giriş elemanlarına ait plastik mafsal hasar dağılımı (%)

Hasar Sınırı Dağılımı (%)																					
Kat	Hzemin kat	Deprem	Ankastre				ZYE				Kat	Hzemin kat	Deprem	Ankastre				ZYE			
			MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB				MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB
1	3 m	Düzce-Bol	0	10	50	0	0	60	0	0	5	3 m	Düzce-Bol	0	50	0	0	0	30	0	0
		Kobe-Tak	0	0	0	60	0	0	0	60			Kobe-Tak	0	60	0	0	0	60	0	0
	3.5 m	Düzce-Bol	0	0	60	0	0	60	0	0		3.5 m	Düzce-Bol	0	40	0	0	0	30	0	0
		Kobe-Tak	0	0	0	60	0	0	0	60			Kobe-Tak	0	60	0	0	0	60	0	0
	4 m	Düzce-Bol	0	60	0	0	0	60	0	0		4 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	30	0	0
		Kobe-Tak	0	0	0	60	0	0	0	60			Kobe-Tak	0	60	0	0	0	60	0	0
2	3 m	Düzce-Bol	0	0	60	0	0	60	0	0	6	3 m	Düzce-Bol	0	10	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	0	0	0	60	0	0	0	60			Kobe-Tak	0	60	0	0	0	10	0	0
	3.5 m	Düzce-Bol	0	20	40	0	0	60	0	0		3.5 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	20	0	0	40	0	0	40	20			Kobe-Tak	0	50	0	0	0	10	0	0
	4 m	Düzce-Bol	0	60	0	0	0	60	0	0		4 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	0	60	0	0	0	0	60	0			Kobe-Tak	0	60	0	0	0	0	0	0
3	3 m	Düzce-Bol	0	60	0	0	0	60	0	0	7	3 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	0	60	0	0	0	0	60	0			Kobe-Tak	0	0	0	0	0	0	0	0
	3.5 m	Düzce-Bol	0	60	0	0	0	60	0	0		3.5 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	0	60	0	0	0	60	0	0			Kobe-Tak	0	0	0	0	0	0	0	0
	4 m	Düzce-Bol	0	40	0	0	0	60	0	0		4 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	0	60	0	0	0	60	0	0			Kobe-Tak	0	20	0	0	0	0	0	0
4	3 m	Düzce-Bol	0	60	0	0	0	60	0	0	8	3 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	0	60	0	0	0	60	0	0			Kobe-Tak	0	0	0	0	0	0	0	0
	3.5 m	Düzce-Bol	0	50	0	0	0	60	0	0		3.5 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	0	60	0	0	0	60	0	0			Kobe-Tak	0	0	0	0	0	0	0	0
	4 m	Düzce-Bol	0	20	0	0	0	50	0	0		4 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	0	60	0	0	0	60	0	0			Kobe-Tak	0	0	0	0	0	0	0	0

**Tablo B.9:** 4 katlı model için kolon elemanlarına ait plastik mafsal hasar dağılımı

Hasar Sınırı Dağılımı										
Kat	Hzemin kat	Deprem	Ankastre				ZYE			
			MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB
1	3 m	Düzce-Bol	2	4	6	-	2	6	1	-
		Kobe-Tak	2	2	4	4	1	-	4	4
	3.5 m	Düzce-Bol	-	4	8	-	-	4	8	-
		Kobe-Tak	-	4	-	8	-	4	4	4
	4 m	Düzce-Bol	-	-	12	-	-	4	8	-
		Kobe-Tak	-	-	4	8	-	4	-	8
2	3 m	Düzce-Bol	2	8	-	-	-	8	-	-
		Kobe-Tak	2	-	6	2	-	-	8	-
	3.5 m	Düzce-Bol	-	7	-	-	-	8	-	-
		Kobe-Tak	2	-	8	-	-	-	8	-
	4 m	Düzce-Bol	-	8	-	-	-	8	-	-
		Kobe-Tak	-	8	-	-	2	-	8	-
3	3 m	Düzce-Bol	6	2	-	-	6	2	-	-
		Kobe-Tak	7	2	-	-	-	8	-	-
	3.5 m	Düzce-Bol	6	-	-	-	6	2	-	-
		Kobe-Tak	6	-	-	-	6	2	-	-
	4 m	Düzce-Bol	2	-	-	-	4	-	-	-
		Kobe-Tak	2	-	-	-	3	-	-	-
4	3 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kobe-Tak	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.5 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kobe-Tak	-	-	-	-	-	-	-	-
	4 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kobe-Tak	-	-	-	-	-	-	-	-

**Tablo B.10:** 4 katlı model için kolon elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı (%)

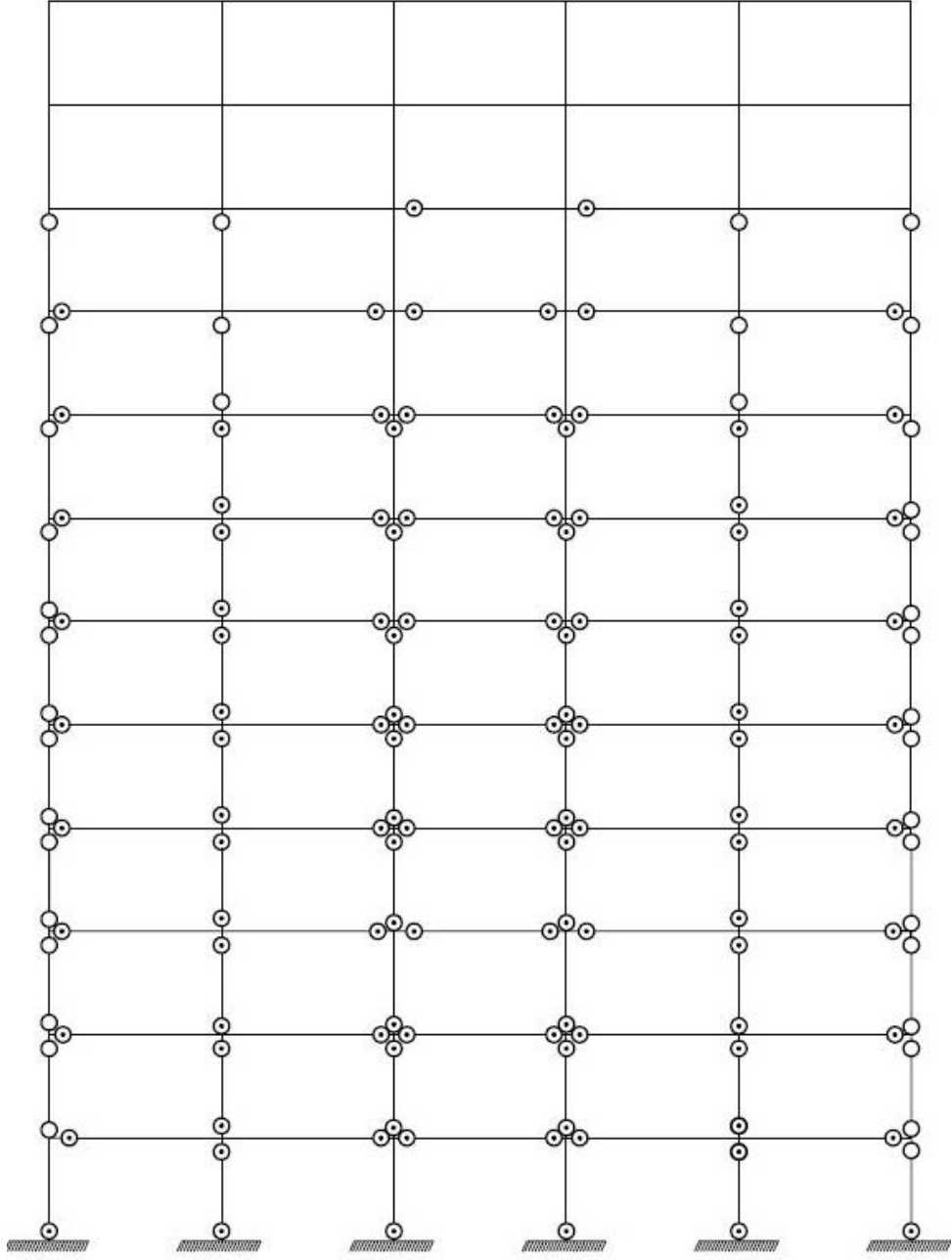
Hasar Sınırı Dağılımı (%)										
Kat	Hzemin kat	Deprem	Ankastre				ZYE			
			MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB
1	3 m	Düzce-Bol	17	33	50	0	17	50	8	0
		Kobe-Tak	17	17	33	33	8	0	33	33
	3.5 m	Düzce-Bol	0	33	67	0	0	33	67	0
		Kobe-Tak	0	33	0	67	0	33	33	33
	4 m	Düzce-Bol	0	0	100	0	0	33	67	0
		Kobe-Tak	0	0	33	67	0	33	0	67
2	3 m	Düzce-Bol	17	67	0	0	0	67	0	0
		Kobe-Tak	17	0	50	17	0	0	67	0
	3.5 m	Düzce-Bol	0	58	0	0	0	67	0	0
		Kobe-Tak	17	0	67	0	0	0	67	0
	4 m	Düzce-Bol	0	67	0	0	0	67	0	0
		Kobe-Tak	0	67	0	0	17	0	67	0
3	3 m	Düzce-Bol	50	17	0	0	50	17	0	0
		Kobe-Tak	58	17	0	0	0	67	0	0
	3.5 m	Düzce-Bol	50	0	0	0	50	0	0	0
		Kobe-Tak	50	0	0	0	50	17	0	0
	4 m	Düzce-Bol	17	0	0	0	33	0	0	0
		Kobe-Tak	17	0	0	0	25	0	0	0
4	3 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	0	0	0	0	0	0	0	0
	3.5 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	0	0	0	0	0	0	0	0
	4 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	0	0	0	0	0	0	0	0

**Tablo B.11:** 4 katlı model için kiriş elemanlarına ait plastik mafsalsal hasar dağılımı

Hasar Sınırı Dağılımı										
Kat	Hzemin kat	Deprem	Ankastre				ZYE			
			MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB
1	3 m	Düzce-Bol	-	1	2	4	-	2	5	1
		Kobe-Tak	-	2	-	6	-	3	-	6
	3.5 m	Düzce-Bol	-	-	5	1	-	1	3	3
		Kobe-Tak	-	2	-	6	-	3	-	6
	4 m	Düzce-Bol	-	3	3	-	-	-	5	1
		Kobe-Tak	-	1	3	3	-	3	6	-
2	3 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	6	-	-
		Kobe-Tak	-	6	-	-	-	7	-	-
	3.5 m	Düzce-Bol	-	6	-	-	-	6	-	-
		Kobe-Tak	-	6	-	-	-	8	-	-
	4 m	Düzce-Bol	-	3	-	-	-	6	-	-
		Kobe-Tak	-	5	-	-	-	6	-	-
3	3 m	Düzce-Bol	-	2	-	-	-	-	-	-
		Kobe-Tak	-	2	-	-	-	1	-	-
	3.5 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kobe-Tak	-	2	-	-	-	-	-	-
	4 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kobe-Tak	-	-	-	-	-	-	-	-
4	3 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kobe-Tak	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.5 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kobe-Tak	-	-	-	-	-	-	-	-
	4 m	Düzce-Bol	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kobe-Tak	-	-	-	-	-	-	-	-

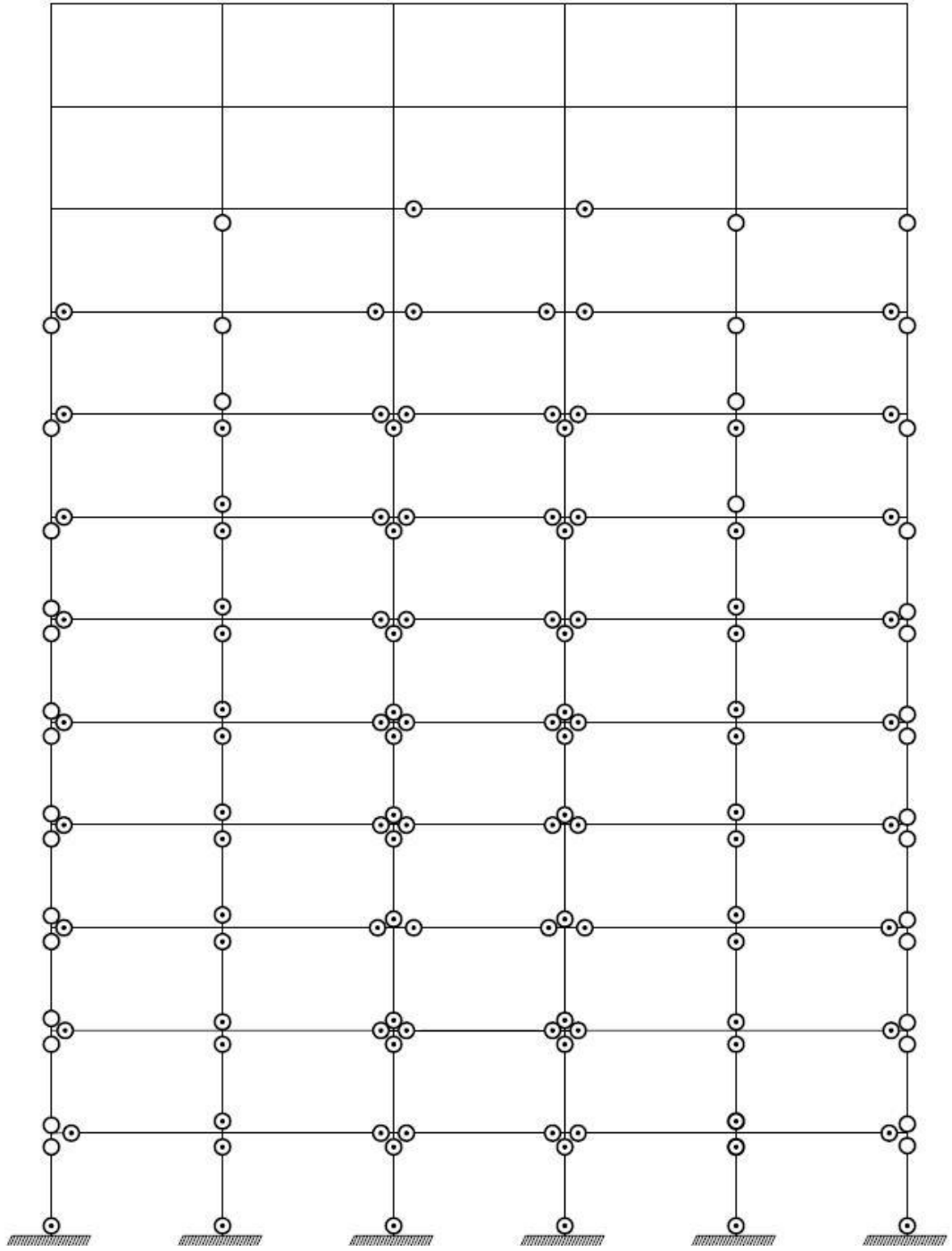
**Tablo B.12:** 4 katlı mode I için kiriş elemanlarına ait plastik mafsal hasar dağılımı (%)

Hasar Sınırı Dağılımı (%)										
Kat	Hzemin kat	Deprem	Ankastre				ZYE			
			MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB
1	3 m	Düzce-Bol	0	8	17	33	0	17	42	8
		Kobe-Tak	0	17	0	50	0	25	0	50
	3.5 m	Düzce-Bol	0	0	42	8	0	8	25	25
		Kobe-Tak	0	17	0	50	0	25	0	50
	4 m	Düzce-Bol	0	25	25	0	0	0	42	8
		Kobe-Tak	0	8	25	25	0	25	50	0
2	3 m	Düzce-Bol	0	50	0	0	0	50	0	0
		Kobe-Tak	0	50	0	0	0	58	0	0
	3.5 m	Düzce-Bol	0	50	0	0	0	50	0	0
		Kobe-Tak	0	50	0	0	0	67	0	0
	4 m	Düzce-Bol	0	25	0	0	0	50	0	0
		Kobe-Tak	0	42	0	0	0	50	0	0
3	3 m	Düzce-Bol	0	17	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	0	17	0	0	0	8	0	0
	3.5 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	0	17	0	0	0	0	0	0
	4 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	0	0	0	0	0	0	0	0
4	3 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	0	0	0	0	0	0	0	0
	3.5 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	0	0	0	0	0	0	0	0
	4 m	Düzce-Bol	0	0	0	0	0	0	0	0
		Kobe-Tak	0	0	0	0	0	0	0	0

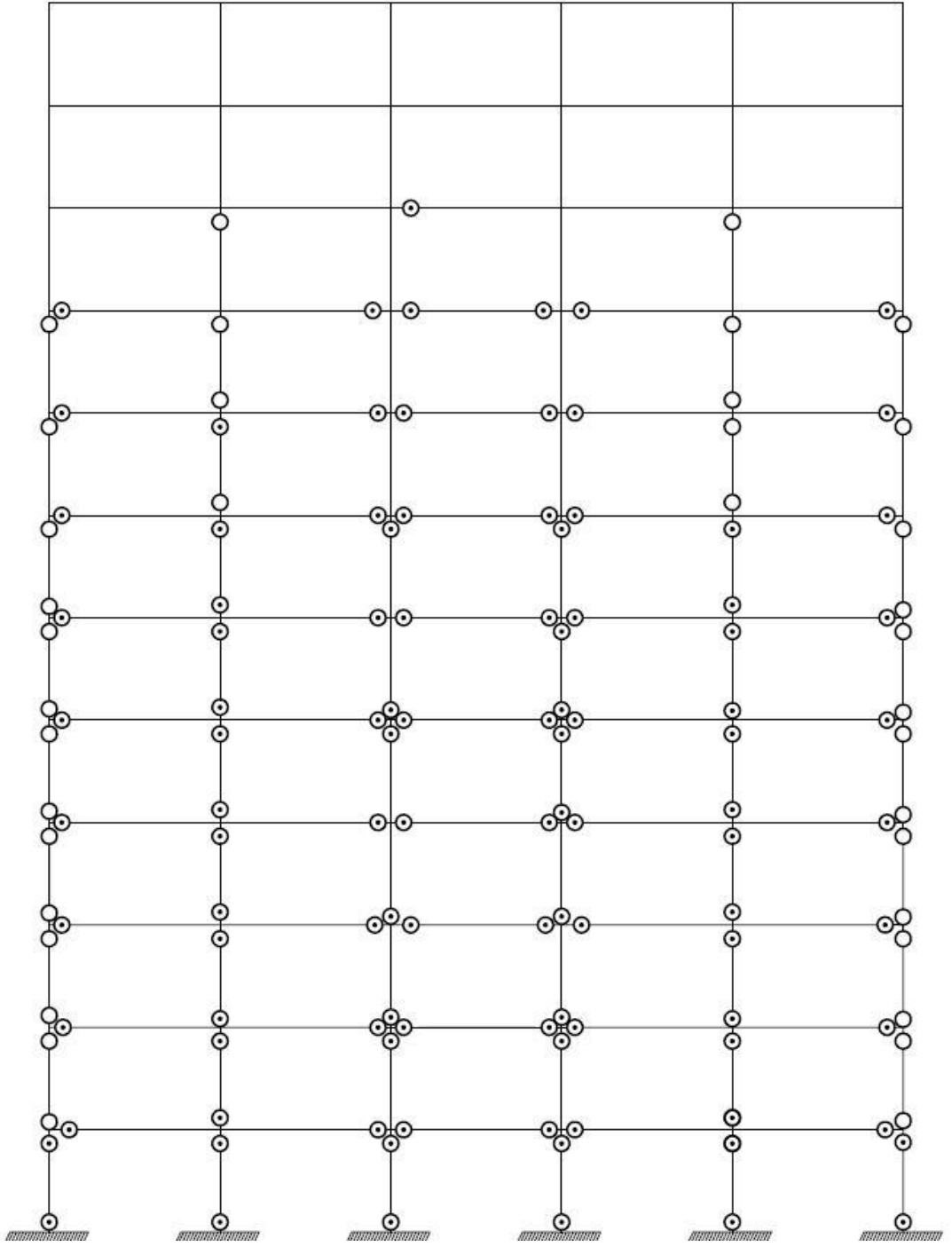


**Şekil B.1:** Zemin kat yüksekliği 3 m olan 12 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları

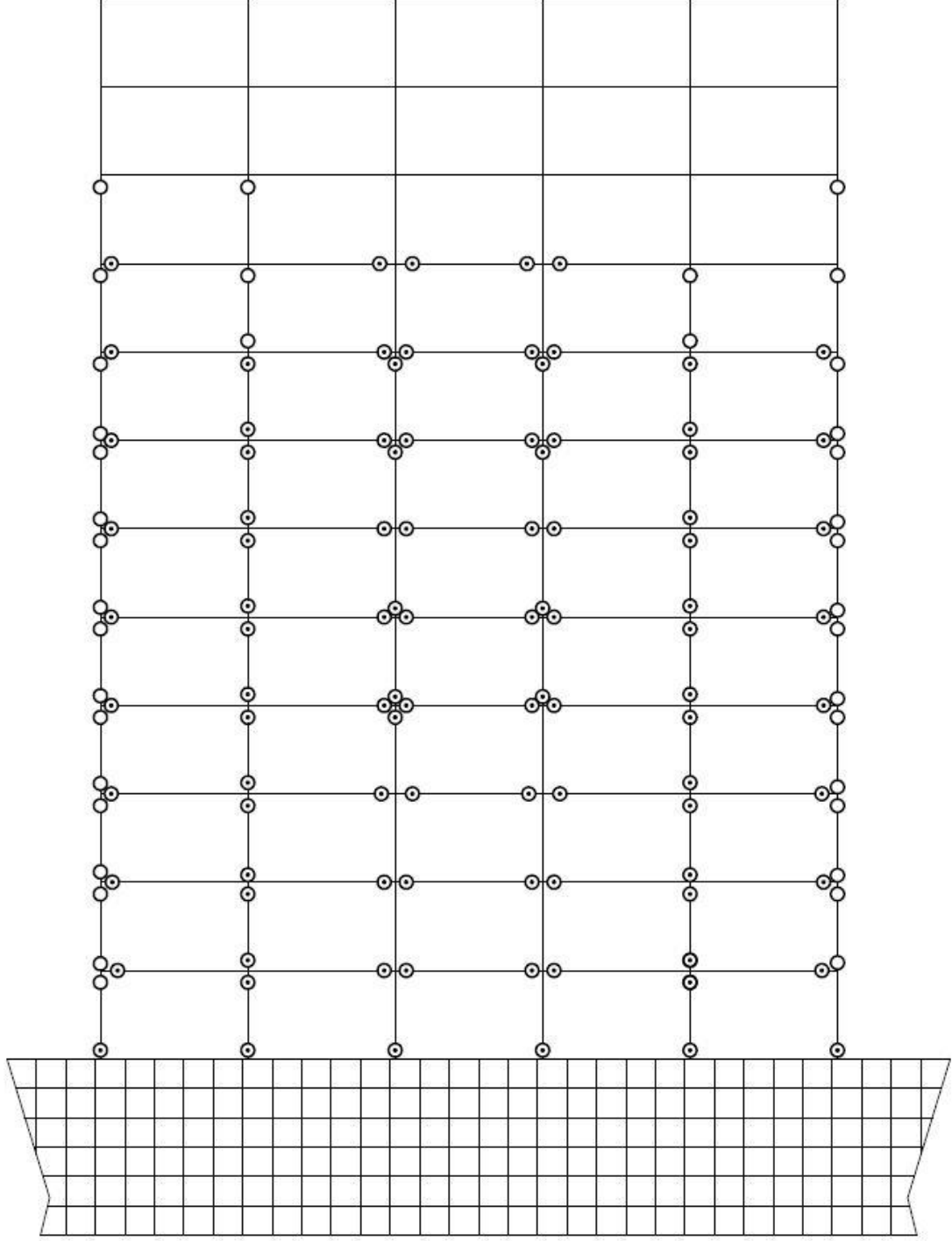




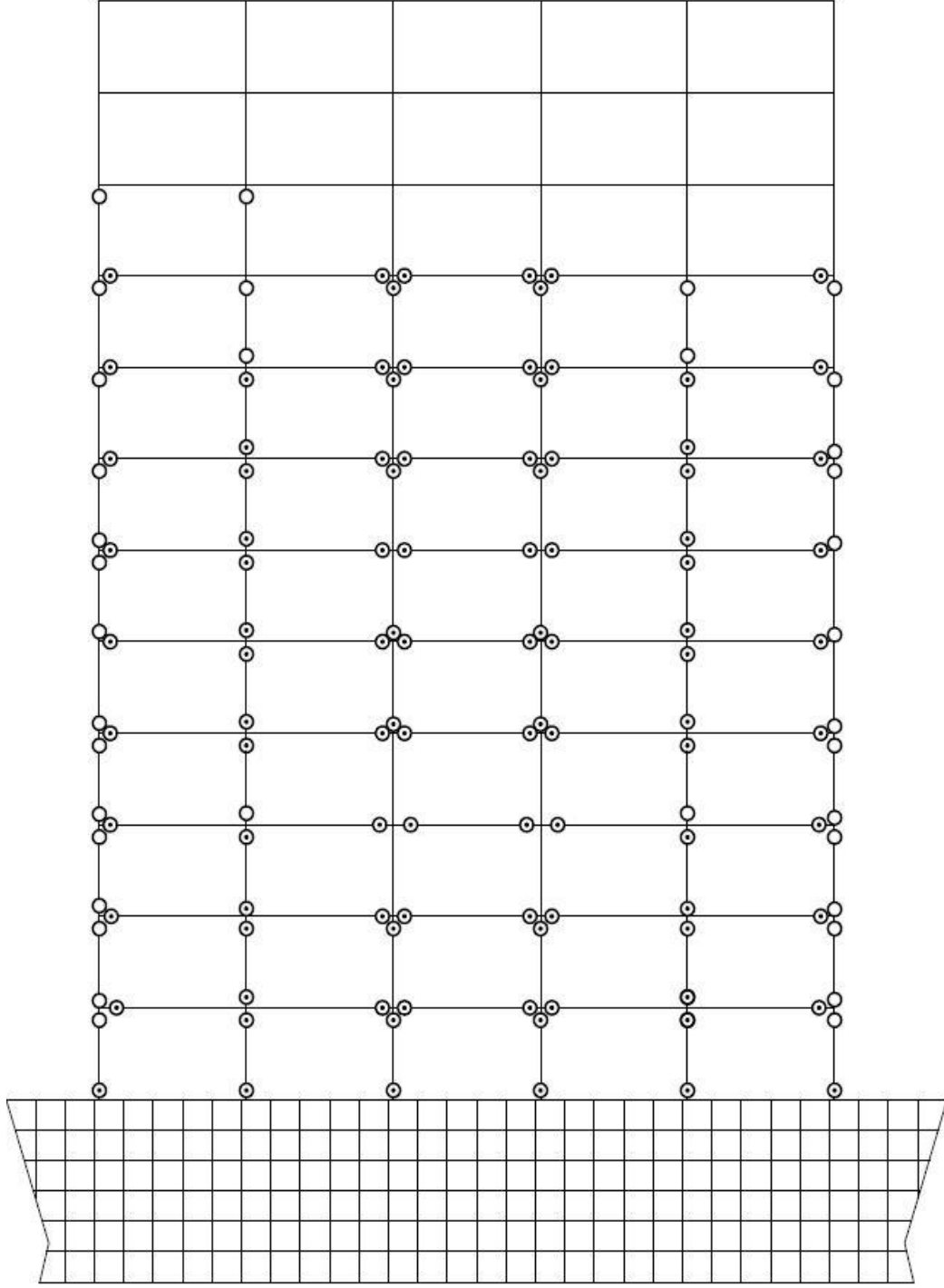
**Şekil B.2:** Zemin kat yüksekliği 3.5 m olan 12 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları



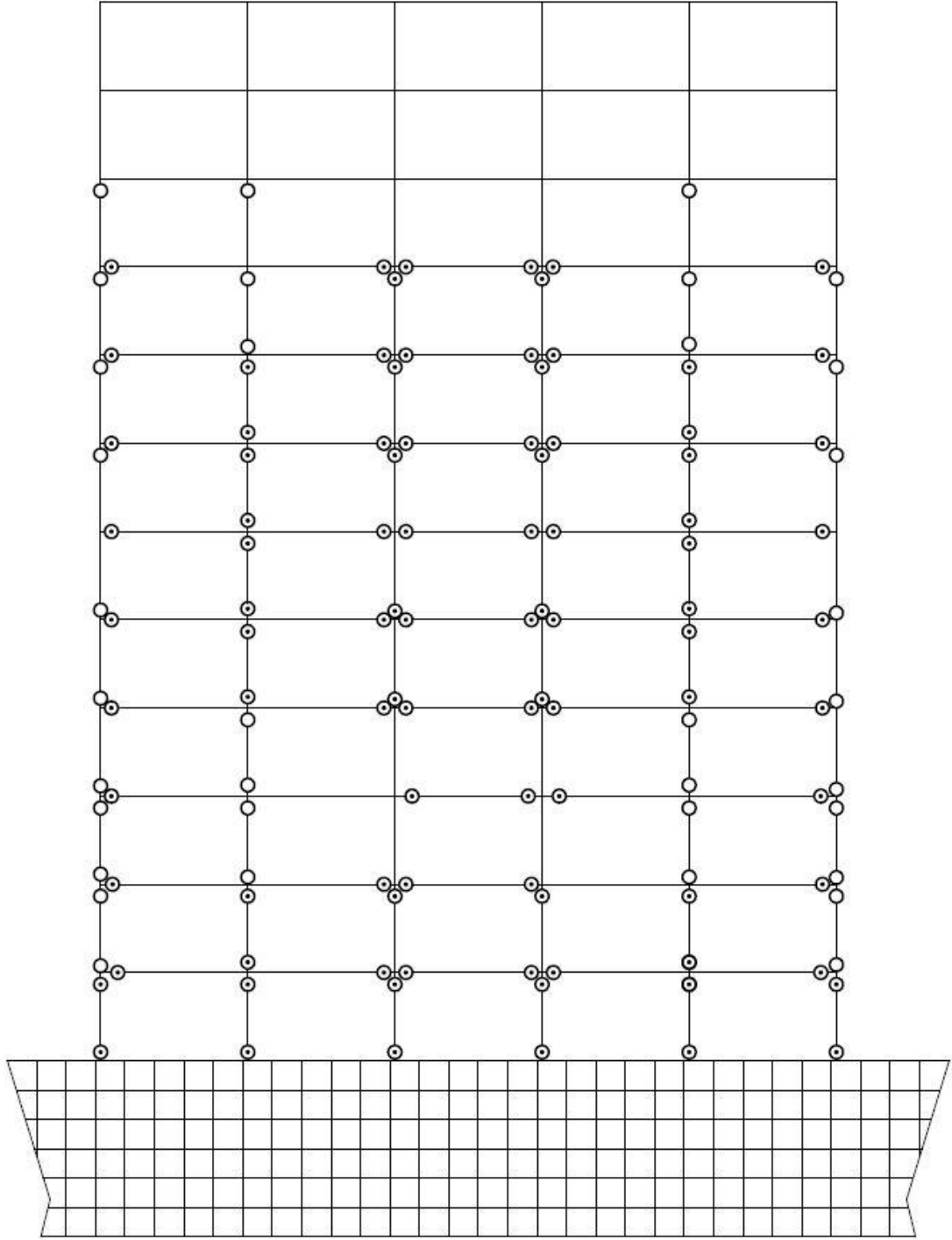
**Şekil B.3:** Zemin kat yüksekliği 4 m olan 12 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları



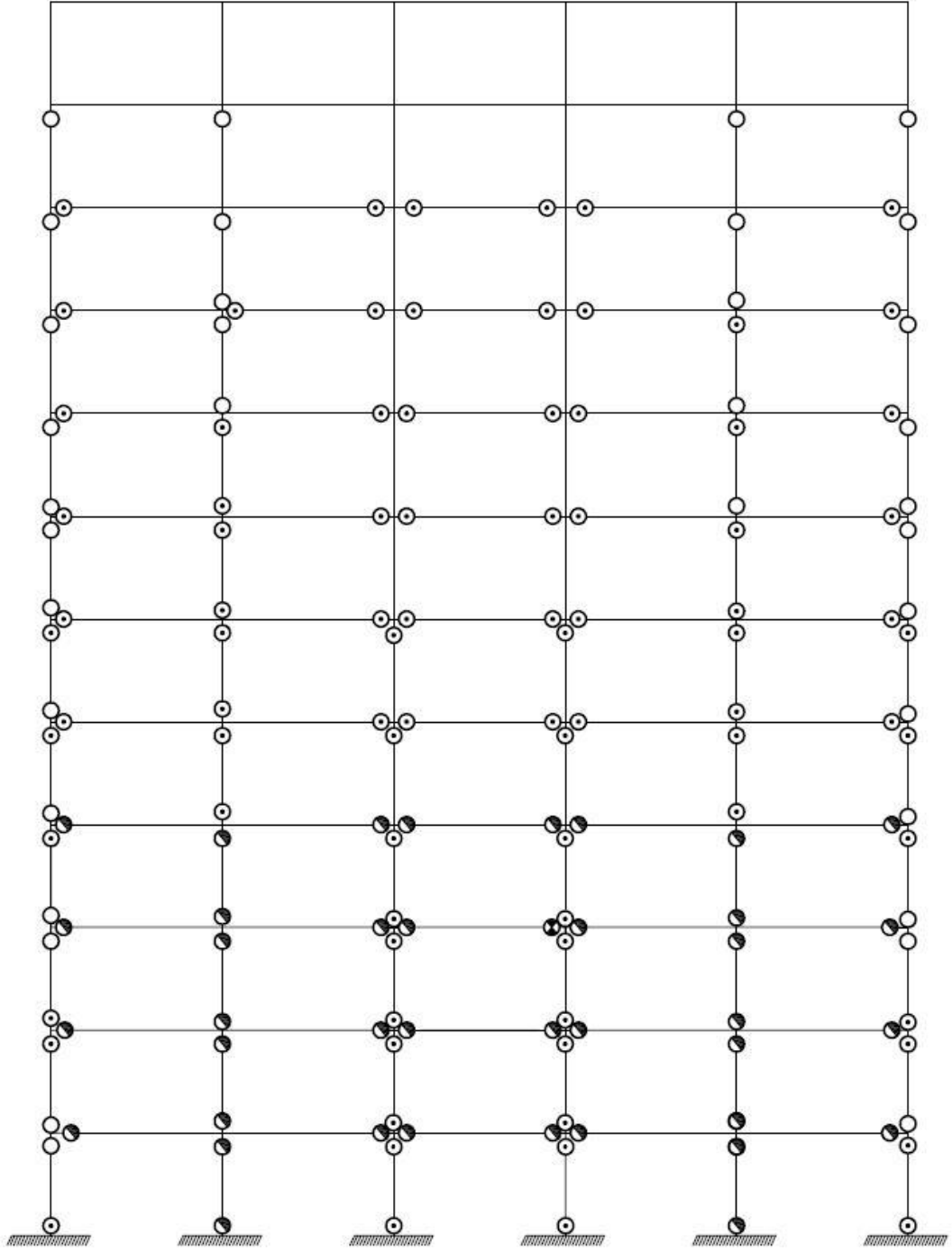
**Şekil B.4:** Zemin kat yüksekliği 3 m olan 12 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları



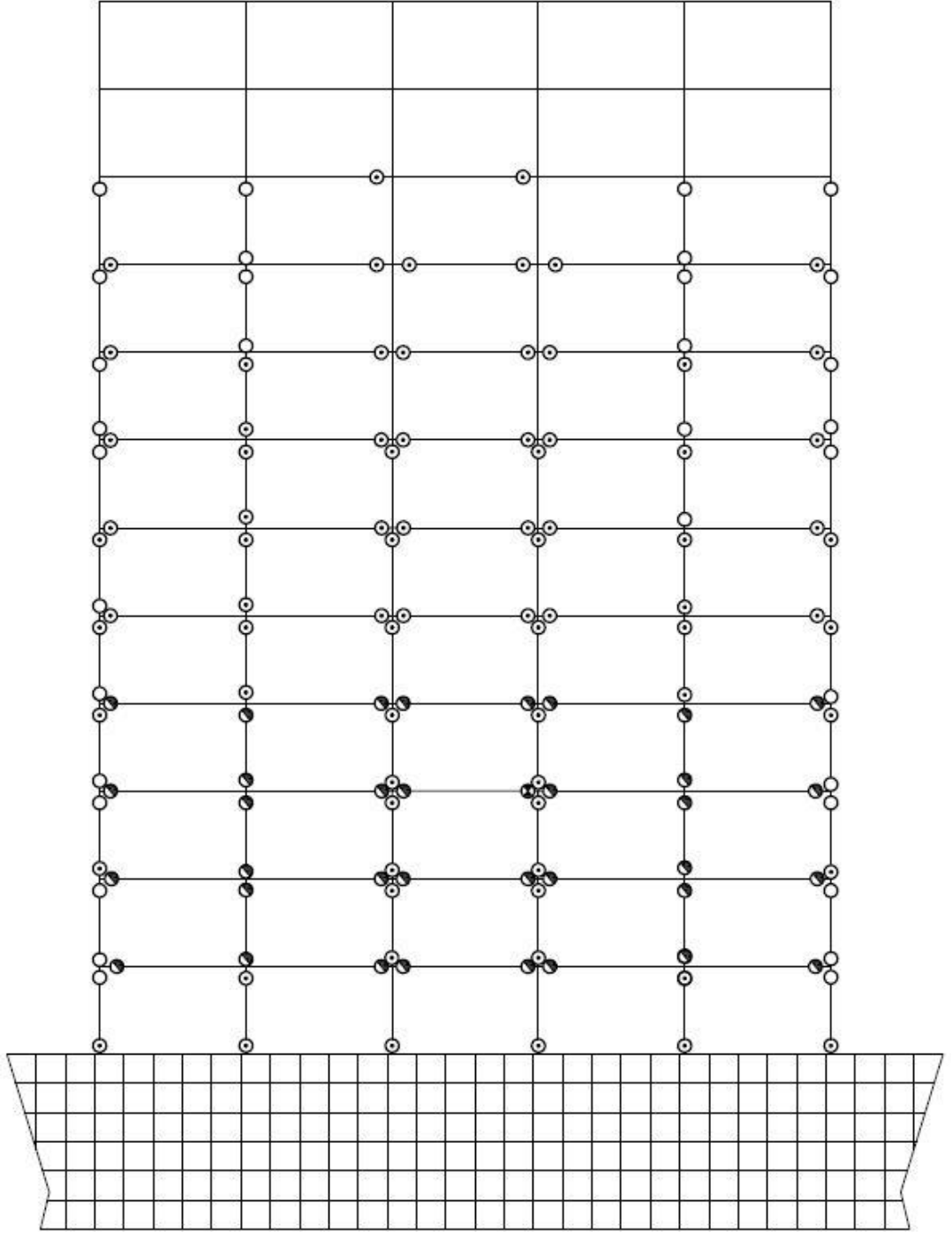
**Şekil B.5:** Zemin kat yüksekliği 3.5 m olan 12 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları



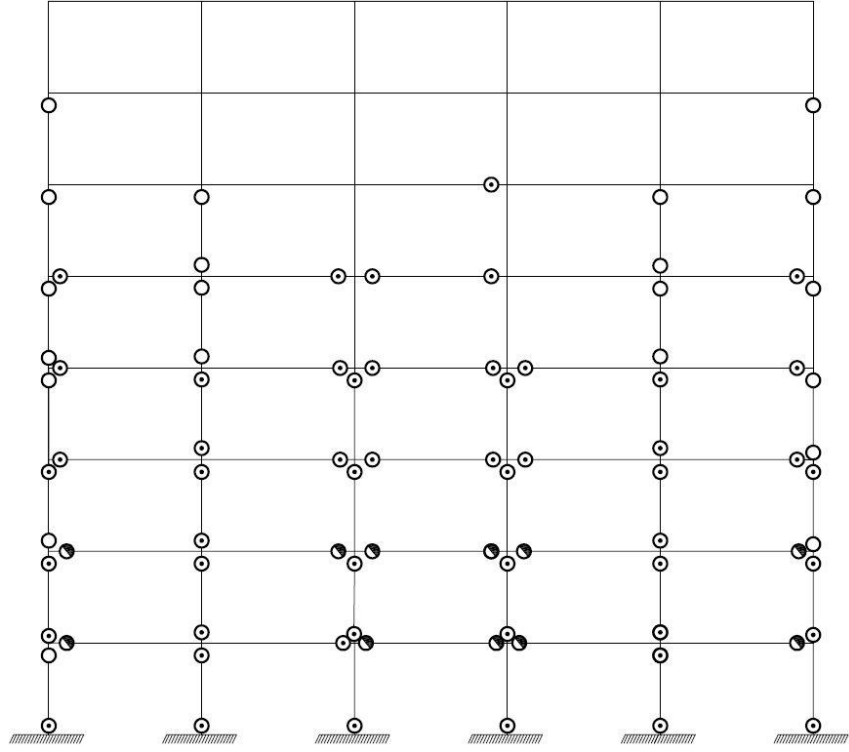
**Şekil B.6:** Zemin kat yüksekliği 4 m olan 12 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları



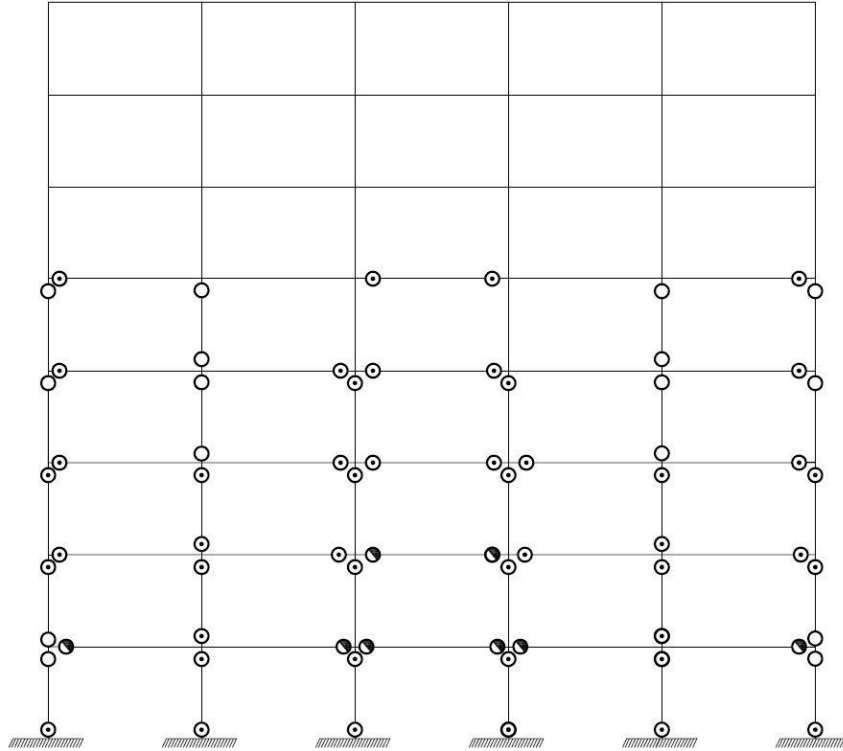
**Şekil B.7:** Zemin kat yüksekliği 3.5 m olan 12 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları



**Şekil B.8:** Zemin kat yüksekliği 3.5 m olan 12 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları

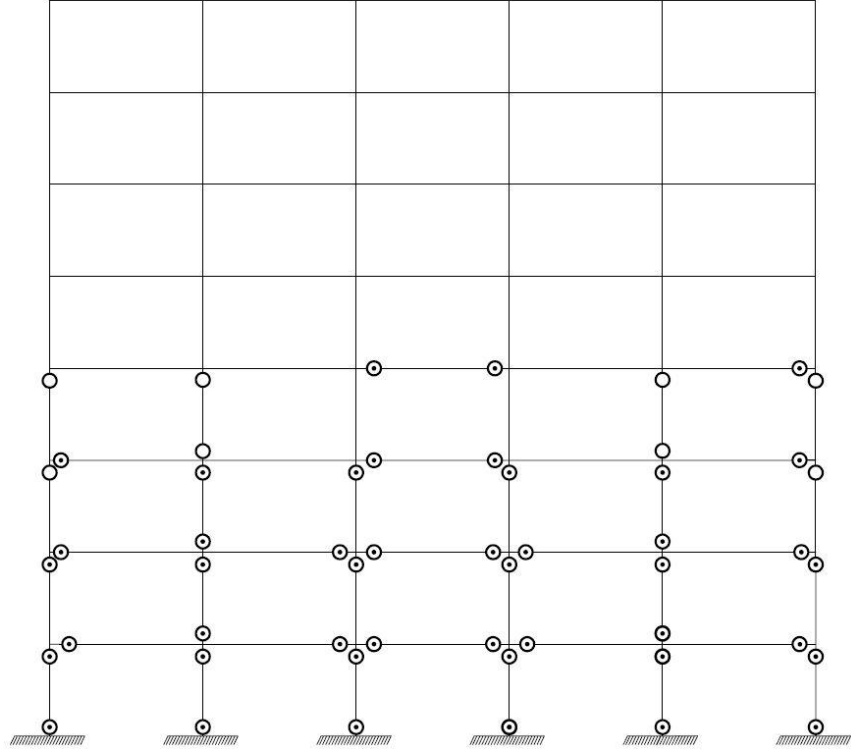


**Şekil B.9:** Zemin kat yüksekliği 3 m olan 8 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları

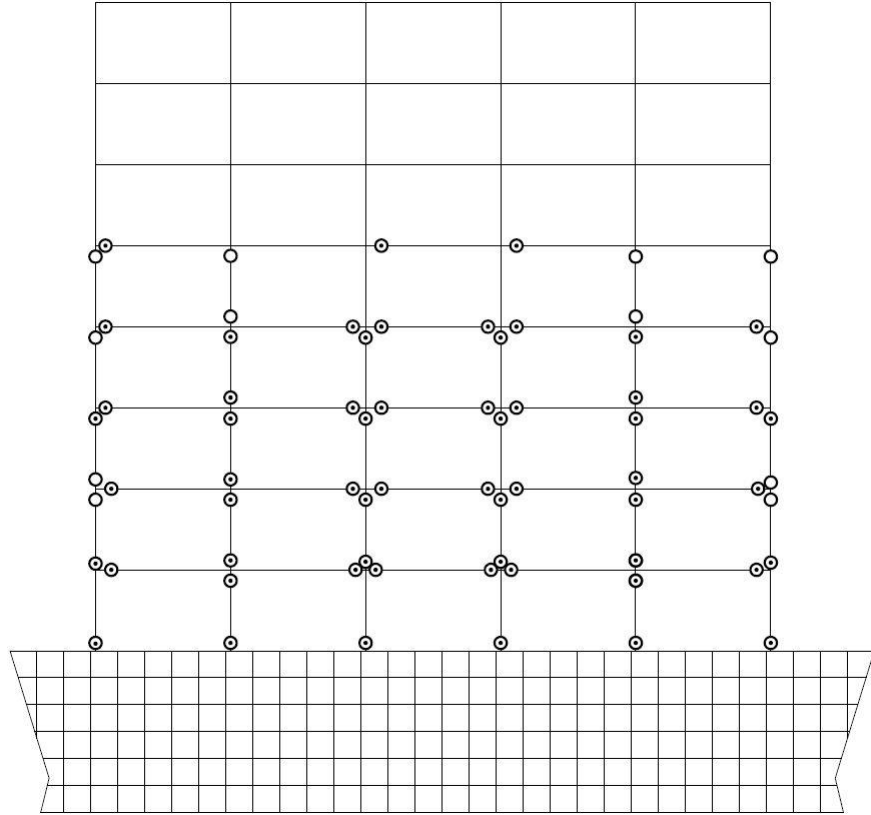


**Şekil B.10:** Zemin kat yüksekliği 3.5 m olan 8 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları

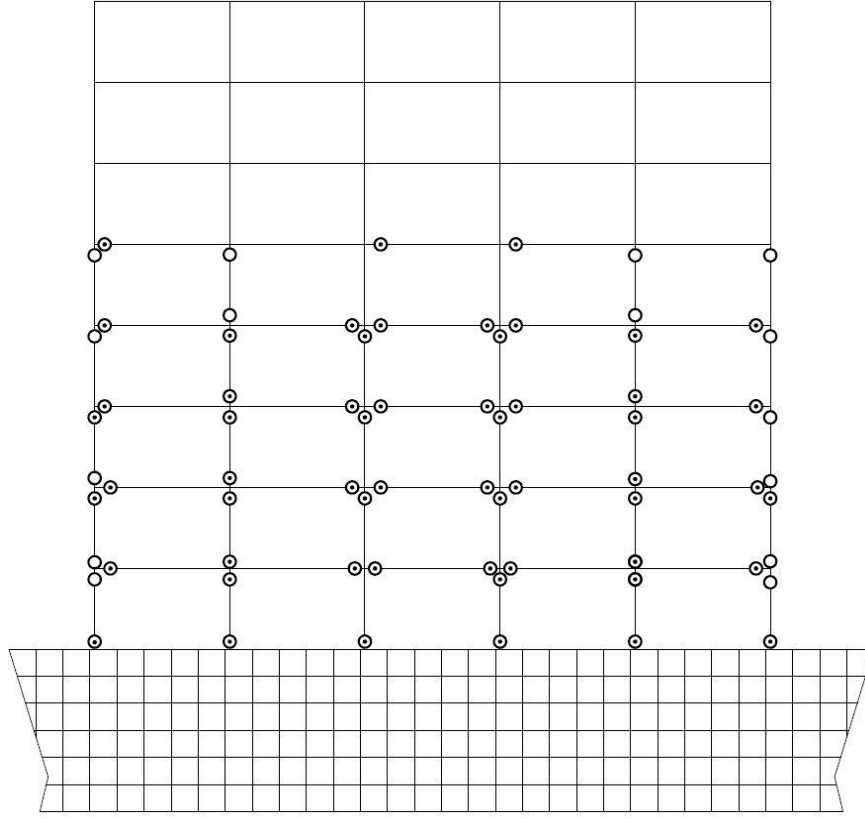




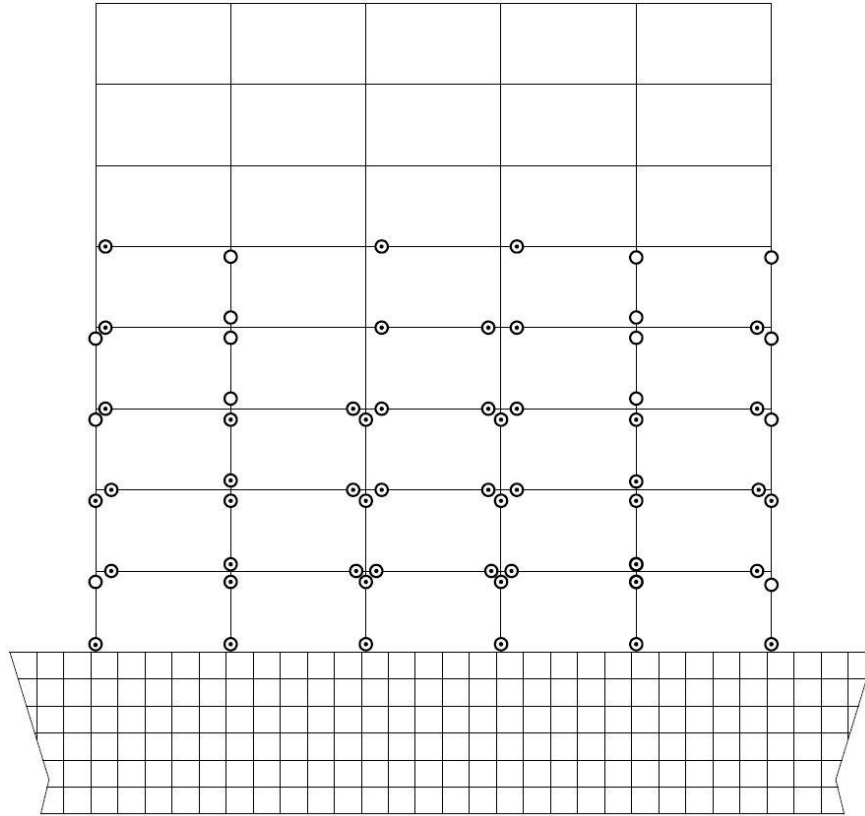
**Şekil B.11:** Zemin kat yüksekliği 4 m olan 8 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları



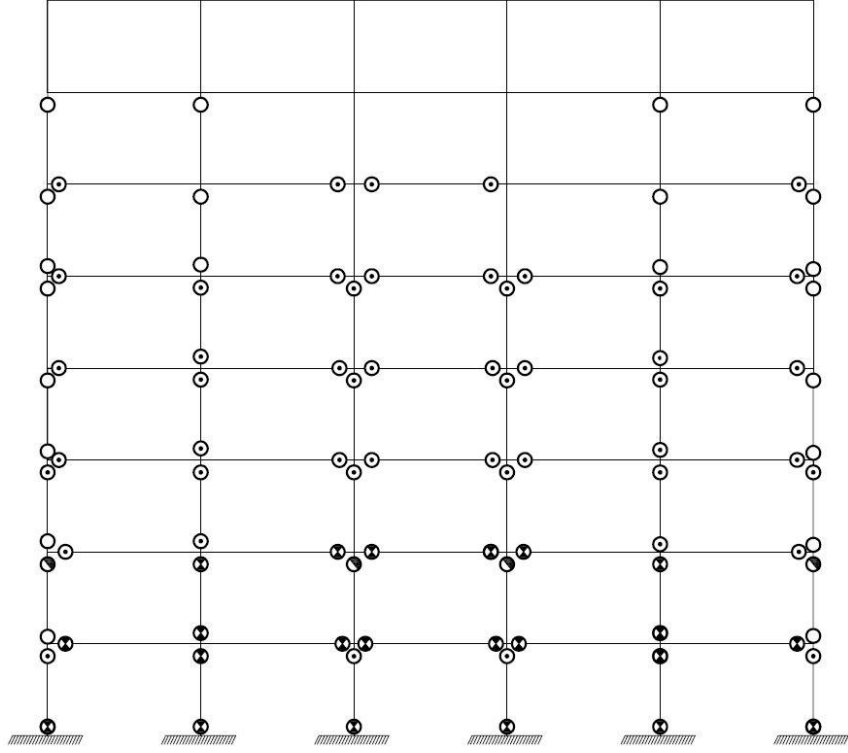
**Şekil B.12:** Zemin kat yüksekliği 3 m olan 8 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları



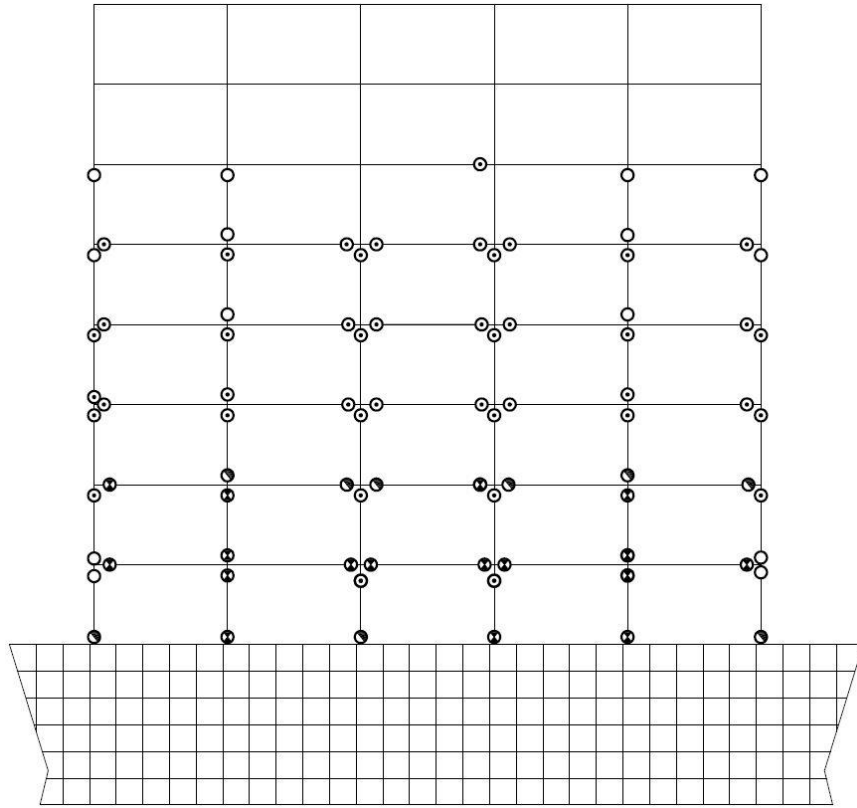
**Şekil B.13:** Zemin kat yüksekliği 3.5 m olan 8 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları



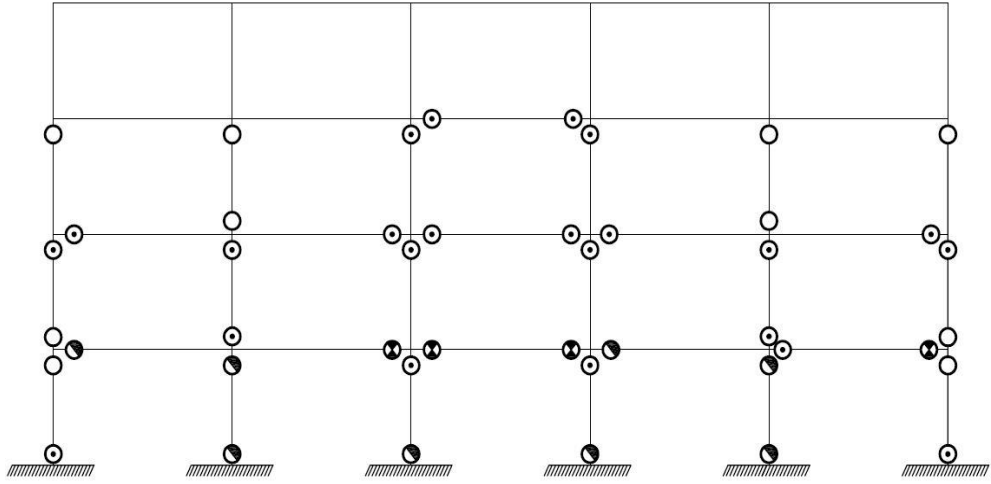
**Şekil B.14:** Zemin kat yüksekliği 4 m olan 8 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları



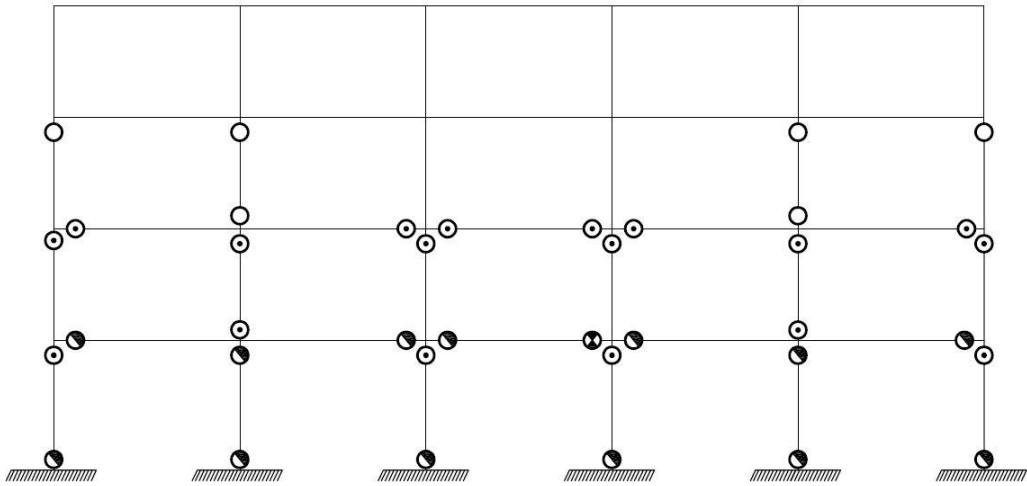
**Şekil B.15:** Zemin kat yüksekliği 3.5 m olan 8 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları



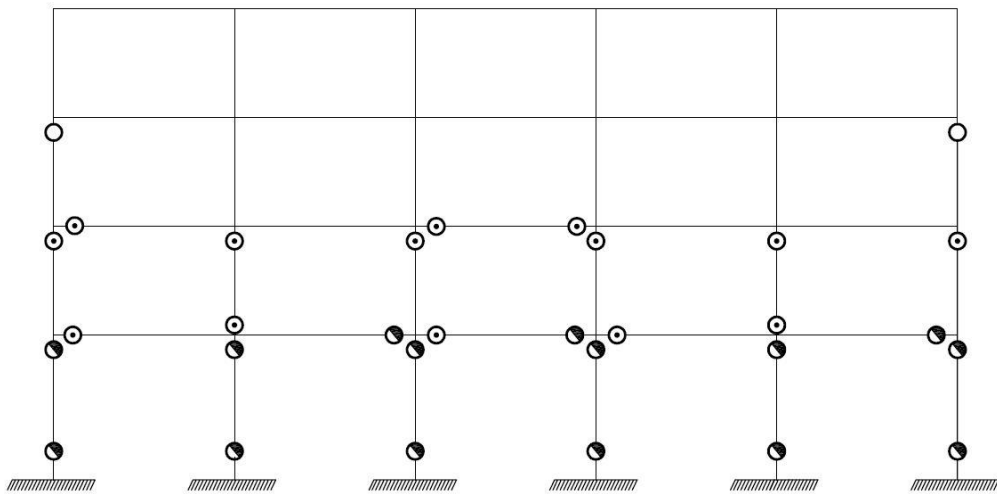
**Şekil B.16:** Zemin kat yüksekliği 3.5 m olan 8 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları



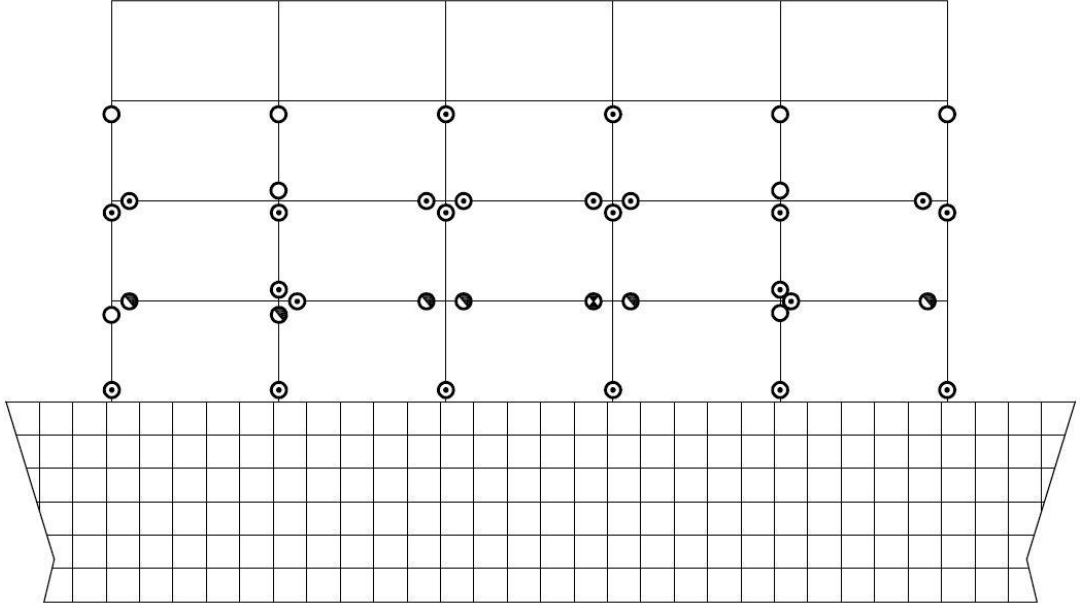
**Şekil B.17:** Zemin kat yüksekliği 3 m olan 4 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları



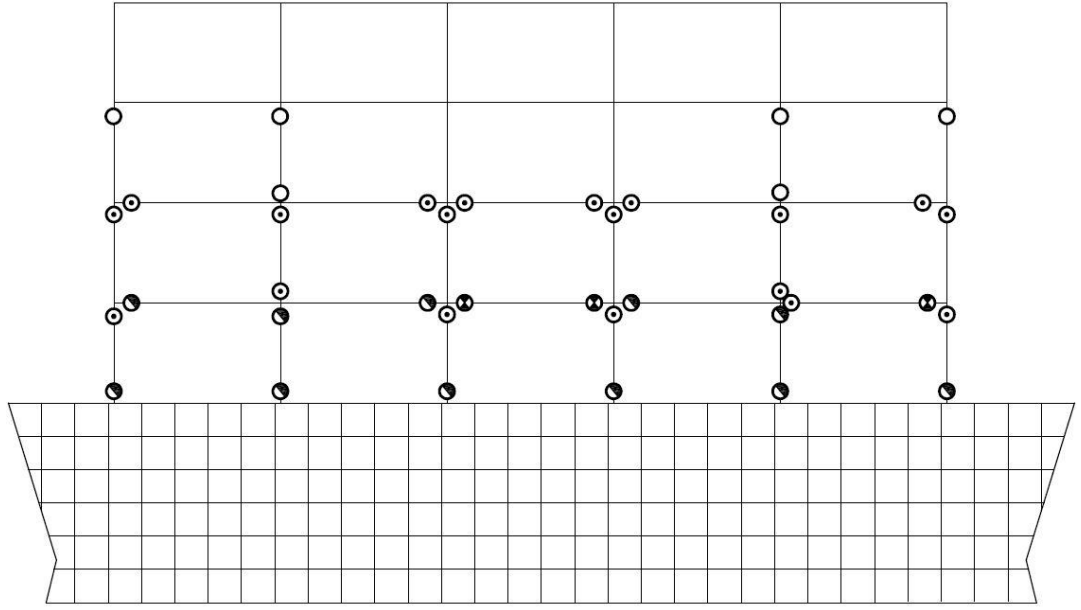
**Şekil B.18:** Zemin kat yüksekliği 3,5 m olan 4 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları



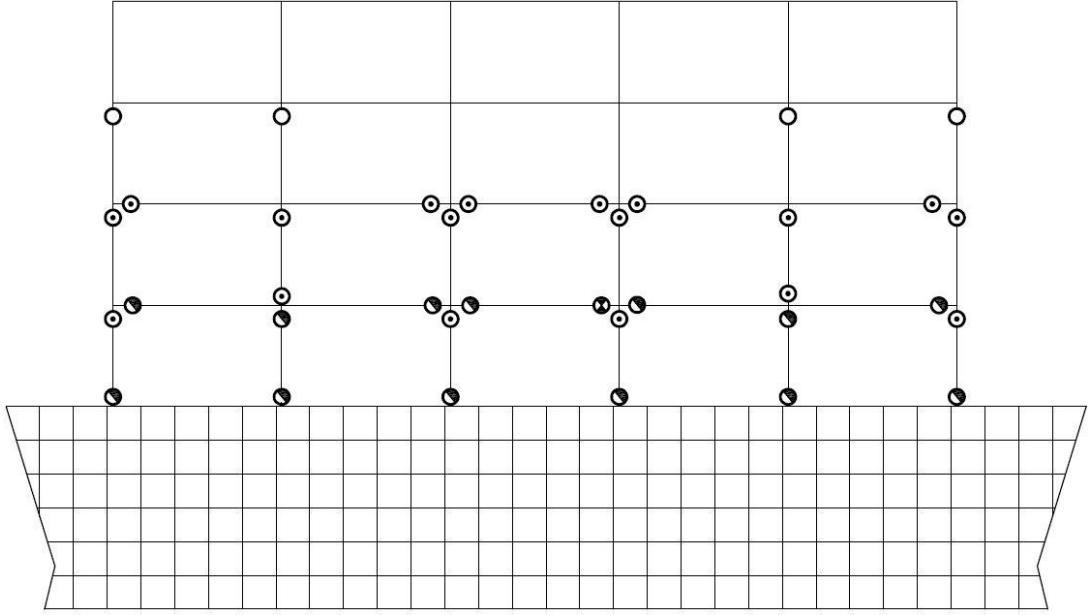
**Şekil B.19:** Zemin kat yüksekliği 4 m olan 4 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları



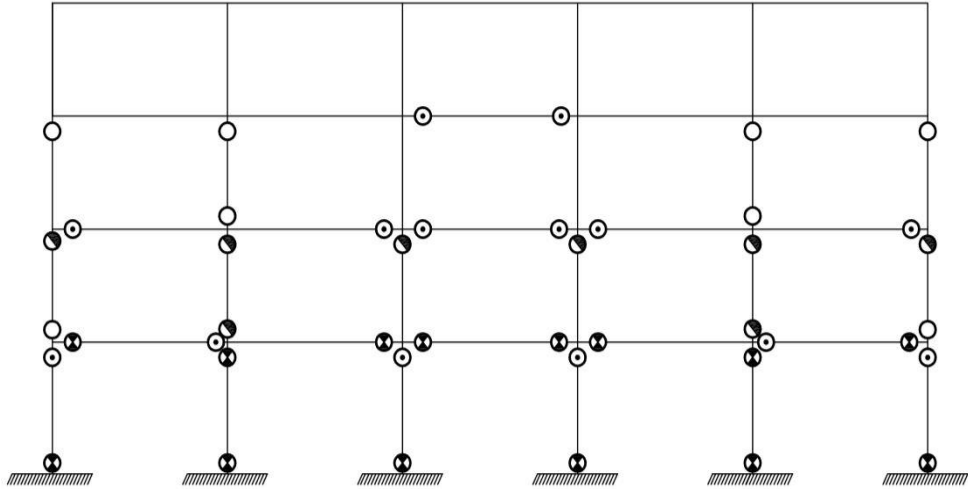
**Şekil B.20:** Zemin kat yüksekliği 3 m olan 4 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları



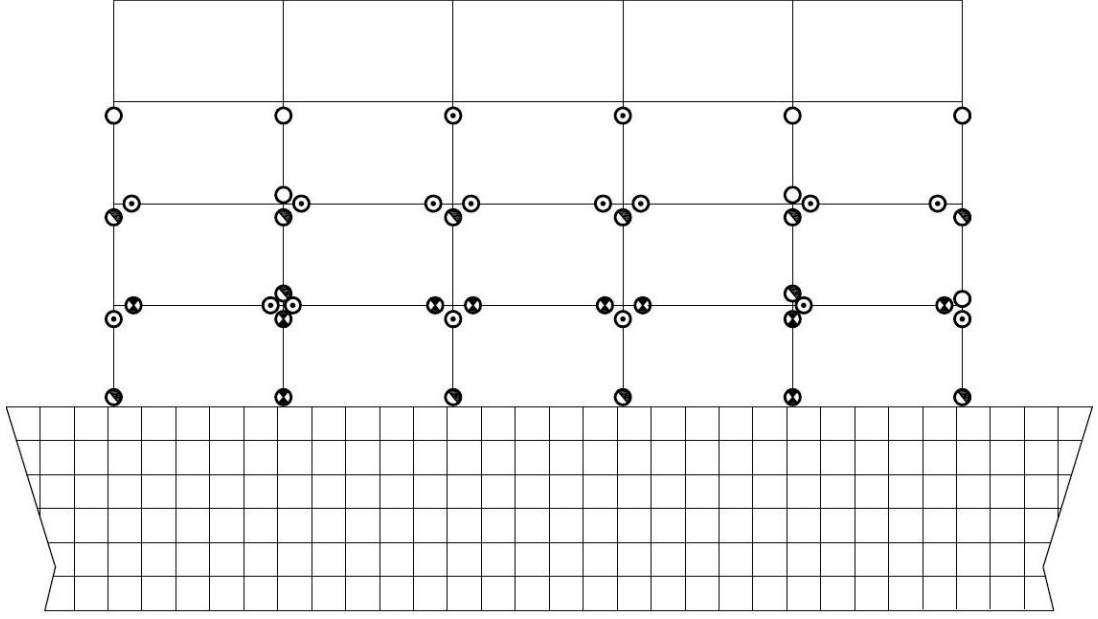
**Şekil B.21:** Zemin kat yüksekliği 3.5 m olan 4 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları



**Şekil B.22:** Zemin kat yüksekliği 4 m olan 4 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Düzce-Bol deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları



**Şekil B.23:** Zemin kat yüksekliği 3.5 m olan 4 katlı ankastre çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları



**Şekil B.24:** Zemin kat yüksekliği 3.5 m olan 4 katlı zemin yapı etkileşimli çerçeve model Z1 zemini Kobe-Tak deprem ivme kaydı için elde edilen plastik hasar sınırları

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Betül ÇOMAKLI

Doğum Yeri ve Tarihi : 13.05.1994

Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi

Elektronik posta :bcomakli13@gmail.com

İletişim Adresi : Adalet Mah. 10115. Sk. Barlas Apt. Kat:3  
Daire:5 Merkezefendi/DENİZLİ