

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

**EK DIŞ MERKEZLİKLİ BİNALARDA BURULMANIN DEPREM  
DAVRANIŞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ESRA ÖZER**

**DENİZLİ, OCAK - 2016**

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



**EK DIŞ MERKEZLİKLİ BİNALARDA BURULMANIN DEPREM  
DAVRANIŞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ESRA ÖZER**

**DENİZLİ, OCAK – 2016**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

ESRA ÖZER tarafından hazırlanan “EK DIŞ MERKEZLİKLI BİNALARDA BURULMANIN DEPREM DAVRANIŞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 28.01.2016 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.

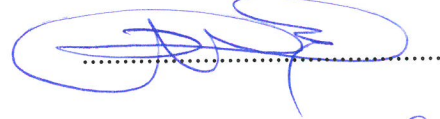
Jüri Üyeleri

İmza

Danışman  
Prof. Dr. Mehmet İNEL  
Pamukkale Üniversitesi



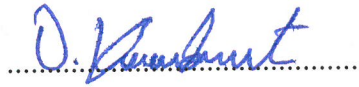
Üye  
Prof. Dr. Fuat DEMİR  
Süleyman Demirel Üniversitesi



Üye  
Doç. Dr. Ali Haydar KAYHAN  
Pamukkale Üniversitesi



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 03.02.2016 tarih ve 05/13..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.




Prof. Dr. Orhan KARABULUT

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**Bu tez çalışması Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından 2014FBE068 nolu proje ile desteklenmiştir.**

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



Esra Özer

## ÖZET

### EK DIŞ MERKEZLİKLI BİNALARDA BURULMANIN DEPREM DAVRANIŞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ESRA ÖZER

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŐMANI: PROF. DR. MEHMET İNEL)

DENİZLİ, OCAK - 2016

Ülkemizde son otuz yılda yaşanan depremler sonrası yapılan değerlendirmeler mevcut orta yükseklikli betonarme binaların sismik performanslarının yetersiz olduğunu göstermiştir. Yetersiz sismik performansın nedenlerinden biri de yapı geometrisi ve rijitlik dağılımına bağlı olarak gelişen burulma davranışdır. Bu nedenle mevcut binaların deprem performansları ve burulma davranışlarını en gerçekçi şekilde değerlendirmek büyük önem arz etmektedir. Çalışmanın amacı orta yükseklikteki betonarme binalarda ek dış merkezlik nedeniyle oluşan burulma davranışının sismik performans üzerindeki etkilerinin zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemi ile değerlendirilmesidir. Bu amaç doğrultusunda mevcut yapı sokunun ortalama özelliklerini yansıtan, her biri 1975 ve 1998 Afet Yönetmeliklerine göre ayrı ayrı tasarlanan, 4 ve 7 katlı referans bina modelleri ile bu binalara çeşitli şekillerde farklı eksantrisite oranları verilen bina modelleri doğrusal olmayan davranış yansıtacak şekilde 3-B olarak modellenmiştir. Referans binalarda kolon boyutu, kolon yönü veya kolon boyutu ile kolon yönünün değiştirilmesi ile oluşturulan farklı eksantrisite oranlarında her bina grubu için altışar adet model oluşturulmuştur. SAP2000 programı kullanılarak dört bina grubu için oluşturulan 24 adet model ve çalışmada kullanılan 12 adet deprem kaydı ile toplam 288 adet zaman tanım alanında dinamik analiz gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda binaların çatı deplasman ve görel kat ötelenme talepleri ile burulma katsayıları hesaplanmıştır. Elde edilen veriler kullanılarak eksantrisite oranlarına göre binaların sismik performansları ve burulma davranışları değerlendirilmiştir. Binanın burulma düzensizliği katsayısı arttıkça görel kat ötelenme değerlerinin arttığı, en büyük görel ötelenmelerin genellikle binanın alt katlarında oluştuğu, analizlerde yönetmelikte verilen görel kat ötelenme sınırı olan %2 değerinin aşıldığı, eksantrisite nedeniyle oluşan burulma katsayılarının 1975 yönetmeliğine göre tasarlanan 4 katlı binalarda daha kritik olduğu, eksantrisite oranlarının 1 ile 1.993 arasında değiştiiği ve yönetmelikte burulma düzensizliğ için verilen 2 sınırının oldukça yüksek bir değer olduğu ve revize edilmesi gerektiği gözlenmiştir.

**ANAHTAR KELİMELEER:** Burulma, Doğrusal Olmayan Analiz, Ek Dış Merkezlik, Görel Kat Ötelenme Oranı, Maksimum Deplasman Talebi, Zaman Tanım Alanında Analiz

## **ABSTRACT**

### **THE EFFECT OF TORSION ON SEISMIC BEHAVIOR OF BUILDINGS WITH ADDITIONAL ECCENTRICITY**

**MSC THESIS**

**ESRA OZER**

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE**

**CIVIL ENGINEERING**

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

**DENİZLİ, JANUARY, 2016**

The evaluation of building damages in Turkey following moderate and strong earthquakes last three decades emphasized inadequate seismic performance of existing mid-rise reinforced concrete buildings. Torsion due to geometric or stiffness irregularity is one of reasons for inadequate performance. Therefore, seismic performance and torsional behaviour evaluation of existing buildings are extremely important. This study aims to evaluate the effect of torsion on seismic behaviour of existing mid-rise buildings with additional eccentricity using nonlinear time history analysis. The average structural properties of existing 4 and 7-story building called as “reference buildings” are used and designed per 1975 and 1998 Turkish Earthquake Codes to represent mid-rise reinforced concrete buildings. These buildings are given different additional eccentricities for torsion. The reference and other buildings with additional eccentricities are modelled as 3-D to reflect nonlinear behaviour. Five different models with different additional eccentricities are obtained by changing column direction, dimensions or both column direction and dimensions in addition to the reference model for each building group. Total of 24 building models are subjected to 12 different ground motions resulting in 288 nonlinear time history analyses using SAP2000 analysis program. Roof displacement and interstory drift ratio demands and torsional irregularity coefficient values are computed using obtained results. The results showed that the interstory drift ratios increase as torsional irregularity coefficient increases. Besides, the interstory drift ratios are obtained at the lower stories of the buildings. The analyses also illustrate that 2% interstory drift ratio limit provided in 2007 Turkish Earthquake Code is exceeded and the highest torsional irregularity coefficients are observed for the 4-story buildings per 1975 TEC. The variation of the torsional irregularity coefficients between 1.0 and 1.993 indicates that the torsional irregularity limit value of 2 needs to be revised.

**KEYWORDS:** Additional Eccentricity, Interstory Drift Ratio, Maximum Displacement Demand, , Nonlinear Analysis, Time History Analysis, Torsion.

# 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>v</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>xi</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>SEMBOL LİSTESİ</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>xiv</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Amaç ve Kapsam .....	2
1.2 Literatür Taraması .....	3
1.3 Tezin Organizasyonu .....	5
<b>2. KULLANILAN BİNA ÖZELLİKLERİ VE MODELLEME</b> .....	<b>7</b>
2.1 Genel .....	7
2.2 Burulma Düzensizliği .....	7
2.3 Referans Bina Modellerinin Özellikleri .....	10
2.4 Ek Dış Merkezlik Verilen Bina Modellerinin Özellikleri .....	13
2.5 Doğrusal Olmayan Modelleme ve Plastik Mafsalların Tanımlanması .....	15
<b>3. ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL OLMAYAN DİNAMİK ANALİZ VE DEPREM İVME KAYITLARI</b> .....	<b>19</b>
3.1 Genel .....	19
3.2 Kullanılan Deprem İvme Kayıtlarının Özellikleri .....	19
<b>4. DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN ZAMAN TANIM ALANINDA DİNAMİK ANALİZ</b> .....	<b>22</b>
4.1 Giriş .....	22
4.2 Analiz Parametreleri .....	22
4.3 Analiz Sonuçlarından Elde Edilen Parametreler .....	23
4.4 Analiz Sonuçlarından Elde Edilen Bulgular .....	23
4.4.1 Tepe Noktası Deplasmanları .....	23
4.4.2 Görelî Ötelenmenin Maksimum Olduğu Katın Deplasmanları ...	38
4.4.3 Katlararası Görelî Öteleme (IDR) Profilleri .....	52
4.4.4 Rijit Kenar ve Sünek Kenar Maksimum Deplasman Profilleri ...	56
4.4.5 Eksantrisitenin Mafsal Dağılımı Üzerindeki Etkisi .....	58
<b>5. ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ</b> .....	<b>60</b>
5.1 Giriş .....	60
5.2 Görelî Kat Ötelenme Oranları ve Burulma Katsayıları .....	60
5.3 Çatı Katının Yaptığı Deplasmana Göre Burulma Katsayıları .....	68
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER</b> .....	<b>73</b>
6.1 Çalışmada Elde Edilen Sonuçlar .....	73
6.2 Sonraki Yapılabilecek Çalışmalar İle İlgili Öneriler .....	76
<b>7. KAYNAKLAR</b> .....	<b>77</b>
<b>8. EKLER</b> .....	<b>81</b>
EK A Modellere Ait Çatı Katı Deplasman Talepleri .....	81



EK B Modeller Ait IDR Katı Deplasman Talepleri .....	117
EK C Modeller Ait IDR Profilleri .....	153
EK D 1975 Yönetmeliği 4 Katlı Model 1 ve Model 5 İçin Her Katta Rijit ve Sünek Kenarlara Ait Maksimum Deplasman Talepleri.....	162
EK E Yapılan Deplasmana Göre Kritik Modeller .....	165
EK F Ek Dış Merkezlik Verilen Binalarda Kolon Yön veya Boyutlarında Yapılan Değişiklikler .....	166
<b>9. ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>176</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1: Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışması durumunda oluşan burulma (DBYBHY-2007) .....	8
Şekil 2.2: Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışması durumunda oluşan burulma(Yüksel, 2008).....	9
Şekil 2.3: 4 katlı referans binaya ait kalıp planı .....	11
Şekil 2.4: 7 katlı referans binaya ait kalıp planı .....	12
Şekil 2.5: Eşdeğer deprem yükünün %5 ek dış merkezlik dikkate alındığında uygulanması gereken noktalar(DBYBHY-2007).....	14
Şekil 2.6: Yığılı plastik mafsal hipotezi.....	15
Şekil 2.7: Tipik dayanım-şekil değiştirme ilişkisi .....	16
Şekil 2.8: Göçmesiz mafsal dayanım şekil değiştirme ilişkisi .....	17
Şekil 3.1: Kullanılan ivme kayıtlarının %5 sönüm için elastik ivme spektrumları.....	21
Şekil 4.1: Etkiyen deprem doğrultusuna göre dikkate alınan köşe noktaları.....	24
Şekil 4.2: 1975 4 katlı bina modellerinin Y doğrultusunda Erzincan-Ew ivme kaydı altında çatı katı deplasman talepleri .....	25
Şekil 4.3: 1998 4 katlı bina modellerinin Y doğrultusunda Erzincan-Ew ivme kaydı altında çatı katı deplasman talepleri .....	26
Şekil 4.4: 1975 7 katlı bina modellerinin X doğrultusunda Erzincan-Ew ivme kaydı altında çatı katı deplasman talepleri .....	27
Şekil 4.5: 1998 7 katlı bina modellerinin X doğrultusunda Erzincan-Ew ivme kaydı altında çatı katı deplasman talepleri .....	28
Şekil 4.6: 1975 4 katlı bina modellerinin Y doğrultusunda Northridge-Tar360 ivme kaydı altında çatı katı deplasman talepleri .....	29
Şekil 4.7: 1998 4 katlı bina modellerinin Y doğrultusunda Northridge-Tar360 ivme kaydı altında çatı katı deplasman talepleri .....	30
Şekil 4.8: 1975 7 katlı bina modellerinin X doğrultusunda Northridge-Tar360 ivme kaydı altında çatı katı deplasman talepleri .....	31
Şekil 4.9: 1998 7 katlı bina modellerinin X doğrultusunda Northridge-Tar360 ivme kaydı altında çatı katı deplasman talepleri .....	32
Şekil 4.10: 1975 4 katlı bina modellerinin Y doğrultusunda Northridge-Syl090 ivme kaydı altında çatı katı deplasman talepleri.....	33
Şekil 4.11: 1998 4 katlı bina modellerinin Y doğrultusunda Northridge-Syl090 ivme kaydı altında çatı katı deplasman talepleri.....	34
Şekil 4.12: 1975 7 katlı bina modellerinin X doğrultusunda Northridge-Syl090 ivme kaydı altında çatı katı deplasman talepleri.....	35
Şekil 4.13: 1998 7 katlı bina modellerinin X doğrultusunda Northridge-Syl090 ivme kaydı altında çatı katı deplasman talepleri.....	36
Şekil 4.14: 1975 4 katlı bina modellerinin Erzincan-Ew ivme kaydı altında IDR katı deplasman talepleri.....	39
Şekil 4.15: 1998 4 katlı bina modellerinin Erzincan-Ew ivme kaydı altında IDR katı deplasman talepleri.....	40

Şekil 4.16: 1975 7 katlı bina modellerinin Erzincan-Ew ivme kaydı altında IDR katı deplasman talepleri .....	41
Şekil 4.17: 1998 7 katlı bina modellerinin Erzincan-Ew ivme kaydı altında IDR katı deplasman talepleri .....	42
Şekil 4.18: 1975 4 katlı bina modellerinin Northridge-Tar360 ivme kaydı altında IDR katı deplasman talepleri .....	43
Şekil 4.19: 1998 4 katlı bina modellerinin Northridge-Tar360 ivme kaydı altında IDR katı deplasman talepleri .....	44
Şekil 4.20: 1975 7 katlı bina modellerinin Northridge-Tar360 ivme kaydı altında IDR katı deplasman talepleri .....	45
Şekil 4.21: 1998 7 katlı bina modellerinin Northridge-Tar360 ivme kaydı altında IDR katı deplasman talepleri .....	46
Şekil 4.22: 1975 4 katlı bina modellerinin Northridge-Syl090 ivme kaydı altında IDR katı deplasman talepleri .....	47
Şekil 4.23: 1998 4 katlı bina modellerinin Northridge-Syl090 ivme kaydı altında IDR katı deplasman talepleri .....	48
Şekil 4.24: 1975 7 katlı bina modellerinin Northridge-Syl090 ivme kaydı altında IDR katı deplasman talepleri .....	49
Şekil 4.25: 1998 7 katlı bina modellerinin Northridge-Syl090 ivme kaydı altında IDR katı deplasman talepleri .....	50
Şekil 4.26: Erz-Ew ivme kaydı için 1975 ve 1998 yönetmeliklerine göre 4 ve 7 katlı bina modellerinin IDR profilleri .....	53
Şekil 4.27: Northridge-Tar360 ivme kaydı için 1975 ve 1998 yönetmeliklerine göre 4 ve 7 katlı bina modellerinin IDR profilleri .....	54
Şekil 4.28: Northridge-Syl090 ivme kaydı için 1975 ve 1998 yönetmeliklerine göre 4 ve 7 katlı bina modellerinin IDR profilleri .....	55
Şekil 4.29: 1975 4 katlı model 1 ve model 5 için seçilen ivme kayılarında rijit ve sünek kenara ait deplasman profilleri .....	57
Şekil 4.30: 1975 7 katlı model 3’de Loma Prieta-Hsp000 deprem kaydı için hasar dağılımı .....	59
Şekil 5.1: 4 katlı 1975 ve 1998 yönetmeliğine göre tasarlanan binaların burulma katsayısı dağılımları .....	66
Şekil 5.2: 7 katlı 1975 ve 1998 yönetmeliğine göre tasarlanan binaların burulma katsayısı dağılımları .....	67
Şekil 5.3: 1975 4 katlı bina modelleri için deplasman talebi oranları .....	69
Şekil 5.4: 1998 4 katlı bina modelleri için deplasman talebi oranları .....	69
Şekil 5.5: 1975 7 katlı bina modelleri için deplasman talebi oranları .....	70
Şekil 5.6: 1998 7 katlı bina modelleri için deplasman talebi oranları .....	70
Şekil 5.7: 4 katlı 1975 ve 1998 yönetmeliklerine göre çatı katı deplasmanı ile burulma katsayısı arasındaki ilişki .....	71
Şekil 5.8: 7 katlı 1975 ve 1998 yönetmeliklerine göre çatı katı deplasmanı ile burulma katsayısı arasındaki ilişki .....	71
Şekil A.1: Capemend-Pet090 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri .....	81
Şekil A.2: Gazlı-Gaz000 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri .....	82

Şekil A.3: Impvall-H-E05140 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	83
Şekil A.4: Koc-Dzc180 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	84
Şekil A.5: Koc-Dzc270 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	85
Şekil A.6: Lomap-Hsp000 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	86
Şekil A.7: Northr-Pkc360 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	87
Şekil A.8: Northr-Spv360 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	88
Şekil A.9: Palmspr-Nps210 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	89
Şekil A.10: Capemend-Pet090 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	90
Şekil A.11: Gazlı-Gaz000 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	91
Şekil A.12: Impvall-H-E05140 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	92
Şekil A.13: Koc-Dzc180 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	93
Şekil A.14: Koc-Dzc270 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	94
Şekil A.15: Lomap-Hsp000 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	95
Şekil A.16: Northr-Pkc360 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	96
Şekil A.17: Northr-Spv360 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	97
Şekil A.18: Palmspr-Nps210 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	98
Şekil A.19: Capemend-Pet090 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	99
Şekil A.20: Gazlı-Gaz000 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	100
Şekil A.21: Impvall-H-E05140 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	101
Şekil A.22: Koc-Dzc180 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	102
Şekil A.23: Koc-Dzc270 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	103
Şekil A.24: Lomap-Hsp000 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	104
Şekil A.25: Northr-Pkc360 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	105
Şekil A.26: Northr-Spv360 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	106
Şekil A.27: Palmspr-Nps210 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	107

Şekil A.28: Capemend-Pet090 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	108
Şekil A.29: Gazlı-Gaz000 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	109
Şekil A.30: Impvall-H-E05140 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	110
Şekil A.31: Koc-Dzc180 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	111
Şekil A.32: Koc-Dzc270 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	112
Şekil A.33: Lomap-Hsp000 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	113
Şekil A.34: Northr-Pkc360 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	114
Şekil A.35: Northr-Spv360 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	115
Şekil A.36: Palmspr-Nps210 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri.....	116
Şekil B.1: Capemend-Pet090 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	117
Şekil B.2: Gazlı-Gaz000 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	118
Şekil B.3: Impvall-H-E05140 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	119
Şekil B.4: Koc-Dzc180 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	120
Şekil B.5: Koc-Dzc270 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	121
Şekil B.6: Lomap-Hsp000 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	122
Şekil B.7: Northr-Pkc360 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	123
Şekil B.8: Northr-Spv360 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	124
Şekil B.9: Palmspr-Nps210 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	125
Şekil B.10: Capemend-Pet090 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	126
Şekil B.11: Gazlı-Gaz000 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	127
Şekil B.12: Impvall-H-E05140 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	128
Şekil B.13: Koc-Dzc180 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	129
Şekil B.14: Koc-Dzc270 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	130
Şekil B.15: Lomap-Hsp000 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	131

Şekil B.16: Northr-Pkc360 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	132
Şekil B.17: Northr-Spv360 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	133
Şekil B.18: Palmspr-Nps210 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	134
Şekil B.19: Capemend-Pet090 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	135
Şekil B.20: Gazlı-Gaz000 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	136
Şekil B.21: Impvall-H-E05140 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	101
Şekil B.22: Koc-Dzc180 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	102
Şekil B.23: Koc-Dzc270 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	103
Şekil B.24: Lomap-Hsp000 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	104
Şekil B.25: Northr-Pkc360 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	105
Şekil B.26: Northr-Spv360 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	106
Şekil B.27: Palmspr-Nps210 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	107
Şekil B.28: Capemend-Pet090 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	108
Şekil B.29: Gazlı-Gaz000 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	109
Şekil B.30: Impvall-H-E05140 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	110
Şekil B.31: Koc-Dzc180 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	111
Şekil B.32: Koc-Dzc270 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	112
Şekil B.33: Lomap-Hsp000 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	113
Şekil B.34: Northr-Pkc360 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	114
Şekil B.35: Northr-Spv360 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	115
Şekil B.36: Palmspr-Nps210 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri.....	116
Şekil C.1: Capemend-Pet090 deprem kaydı için katlara ait IDR profilleri ....	153
Şekil C.2: Gazlı-Gaz000 deprem kaydı için katlara ait IDR profilleri .....	154
Şekil C.3: Impvall-H-E05140 deprem kaydı için katlara ait IDR profilleri ...	155
Şekil C.4: Koc-Dzc180 deprem kaydı için katlara ait IDR profilleri .....	156
Şekil C.5: Koc-Dzc270 deprem kaydı için katlara ait IDR profilleri .....	157
Şekil C.6: Lomap-Hsp000 deprem kaydı için katlara ait IDR profilleri.....	158

Şekil C.7: Northr-Pkc360 deprem kaydı için katlara ait IDR profilleri.....	159
Şekil C.8: Northr-Spv360 deprem kaydı için katlara ait IDR profilleri .....	160
Şekil C.9: Palmspr-Nps210 deprem kaydı için katlara ait IDR profilleri.....	161
Şekil D.1: Capemend-Pet090, Gazlı-Gaz000, Impvall-H-E05140 depremleri için rijit ve sünek kenarların deprem talepleri .....	153
Şekil D.2: Koc-Dzc180, Koc-Dzc270, Lomap-Hsp000 depremleri için rijit ve sünek kenarların deprem talepleri.....	154
Şekil D.3: Northr-Pkc360, Northr-Spv360, Palmspr-Nps210 depremleri için rijit ve sünek kenarların deprem talepleri.....	155
Şekil F.1: 1975 4 katlı model 2 için yönü değişen kolonlar.....	166
Şekil F.2: 1998 4 katlı model 2 için yönü değişen kolonlar.....	166
Şekil F.3: 1975 7 katlı model 2 için yönü değişen kolonlar.....	167
Şekil F.4: 1998 7 katlı model 2 için yönü değişen kolonlar.....	167
Şekil F.5: 1975 4 katlı model 3 için boyutu değişen kolonlar.....	168
Şekil F.6: 1998 4 katlı model 3 için boyutu değişen kolonlar.....	168
Şekil F.7: 1975 7 katlı model 3 için boyutu değişen kolon.....	169
Şekil F.8: 1998 7 katlı model 3 için boyutu değişen kolon.....	169
Şekil F.9: 1975 4 katlı model 4 için boyutu değişen kolon.....	170
Şekil F.10: 1998 4 katlı model 4 için yönü değişen kolonlar.....	166
Şekil F.11: 1998 4 katlı model 2 için yönü değişen kolonlar.....	166
Şekil F.12: 1975 7 katlı model 2 için yönü değişen kolonlar.....	167
Şekil F.13: 1998 7 katlı model 2 için yönü değişen kolonlar.....	167
Şekil F.14: 1975 4 katlı model 3 için boyutu değişen kolonlar.....	168
Şekil F.15: 1998 4 katlı model 3 için boyutu değişen kolonlar.....	168
Şekil F.16: 1975 7 katlı model 3 için boyutu değişen kolon.....	169
Şekil F.17: 1998 7 katlı model 3 için boyutu değişen kolon.....	169
Şekil F.18: 1975 4 katlı model 4 için boyutu değişen kolon.....	170
Şekil F.19: 1998 7 katlı model 3 için boyutu değişen kolon.....	169
Şekil F.20: 1975 4 katlı model 4 için boyutu değişen kolon.....	170

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

Tablo 2.1: Referans binaların tasarımında kullanılan değerler .....	11
Tablo 2.2: Referans binaların ağırlık ve rijitlik merkezi koordinatları.....	12
Tablo 2.3:1975 modelleri deprem talepleri .....	12
Tablo 2.4:1998 modelleri deprem talepleri.....	13
Tablo 2.5: Bina modellerine ait eksantrisite oranları.....	13
Tablo 2.6: Eğilme mafsalı hasar sınır kriterleri.....	18
Tablo 3.1: Çalışmada kullanılan deprem ivme kayıtları ve özellikleri.....	20
Tablo 4.1: Modellerin kat, beton sınıfı, yönetmelik durumları ve dikkate alınan doğrultuları.....	22
Tablo 4.2: Çatı kat mutlak maksimum deplasmanlarına göre kritik modelin belirlenmesi.....	37
Tablo 4.3: Çatı Katında Kritik Köşe Deplasman Farkının Maksimum Deplasmana Oranı (%).....	37
Tablo 4.4: Çatı kat mutlak maksimum deplasmanlarına göre kritik modelin belirlenmesi.....	38
Tablo 4.5: IDR katı mutlak maksimum deplasmanlarına göre kritik modelin belirlenmesi.....	51
Tablo 4.6: Çatı kat mutlak maksimum deplasmanlarına göre kritik modelin belirlenmesi.....	52
Tablo 4.7: Seçilen ivme kayıtları için maksimum görelî ötelenmeler ve kritik katlar .....	56
Tablo 4.8: Kolon elemanların hasar sınırlarındaki dağılımı .....	58
Tablo 5.1: 1975 4 katlı bina modelleri için burulma katsayıları .....	61
Tablo 5.2: 1998 4 katlı bina modelleri için burulma katsayıları .....	62
Tablo 5.3: 1975 7 katlı bina modelleri için burulma katsayıları .....	63
Tablo 5.4: 1998 7 katlı bina modelleri için burulma katsayıları .....	64
Tablo 5.5: Bina rijitliklerine göre ortalama burulma katsayıları.....	68



## KISALTMALAR

<b>ABYYHY</b>	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
<b>DBYBHY</b>	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
<b>USGS</b>	: United States Geological Survey
<b>ZTA</b>	: Zaman Tanım Alanında
<b>FEMA</b>	: Federal Emergency Management Agency
<b>EUROCODE</b>	: European Standards
<b>UBC</b>	: Uniform Building Code
<b>3B</b>	: 3 Boyutlu
<b>IDR</b>	: Interstory Drift Ratio
<b>MN</b>	: Minimum Hasar Sınırı
<b>GV</b>	: Güvenlik Sınırı
<b>GÇ</b>	: Göçme Sınırı
<b>ATC-40</b>	: Applied Technology Council
<b>FD</b>	: Forward Directivity
<b>PGA</b>	: Pig Ground Acceleration
<b>PGV</b>	: Pig Ground Velocity
<b>Vs30</b>	: Kayma Dalga Hızı
<b>TDY</b>	: Türk Deprem Yönetmeliği
<b>HHT</b>	: Hilber-Hughes-Taylor
<b>ASCE</b>	: American Society of Civil Engineering

## SEMBOL LİSTESİ

$(\Delta_i)_{ort}$	: İlgili kattaki ortalama görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{max}$	: İlgili kattaki maksimum görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{min}$	: İlgili kattaki minimum görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{min}$	: İlgili kattaki minimum görelî kat ötelemesi
$d_i$	: Binanın $i$ 'inci katında deprem yüklemesine göre hesaplanan yer değiştirmelerdir.
$d_{i-1}$	: Binanın $i-1$ 'inci katında deprem yüklemesine göre hesaplanan yer değiştirmelerdir.
$h_{kat}$	: Kat Yüksekliği
$\eta_{bi}$	: Binanın $i$ 'inci katında hesaplanan burulma katsayısı
$(ED)_e$	: Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
$(ED)_0$	: Çatlamamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
$N_D$	: Deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu düşey yükler altında kolon veya perdede oluşan aksenal kuvvet
$A_c$	: Kolonun brüt kesit alanı
$f_{cm}$	: Mevcut beton dayanımı
$T_A, T_B$	: Spektrum Karakteristik Periyotları [s]
$A_0$	: Etkin Yer İvmesi Katsayısı
$g$	: Yerçekimi ivmesi ( $9.81 \text{ m/s}^2$ )
$G$	: Ağırlık Merkezi
$R$	: Rijitlik Merkezi
$S$	: Yapı Dinamik Katsayısı
$K$	: Yapı Tipi Katsayısı
$F/W$	: Bina yatay dayanımının ağırlığa oranı
$S(T)$	: Spektrum Katsayısı
$A(T)$	: Spektral İvne Katsayısı
$e$	: Eksantrisite oranı
$D_i$	: Eşdeğer Deprem Yüku Yöntemi'nde burulma düzensizliği olan binalar için $i$ 'inci katta $\pm \%5$ ek dışmerkezliğe uygulanan büyütme katsayısı
$L_p$	: Plastik mafsal boyu
$M_{cr}$	: Kesit çatlama momenti
$M_y$	: Kesit akma momenti
$M_u$	: Kesit nihai momenti
$\phi_{cr}$	: Kesit çatlama eğriliği
$\phi_y$	: Kesit akma momenti
$\phi_u$	: Kesit kopma momenti
$M_u$	: Kesit nihai momenti
$\epsilon_{cg}$	: Etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim Őekildeęiřtirmesi
$\epsilon_{cu}$	: Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim Őekildeęiřtirmesi
$\epsilon_s$	: Donatı çeliği birim Şekil değiştirmesi
$\rho_s$	: Kesitte mevcut bulunan enine donatının hacimsel oranı
$\rho_{sm}$	: Kesitte mevcut bulunması gereken enine donatının hacimsel oranı

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim boyunca katkılarını ve emeğini esirgemeyen, tez çalışmalarım boyunca bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım değerli hocam Prof.Dr. Mehmet İNEL' e teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmam boyunca yardımına başvurduğum İnş. Yük. Müh. Bayram Tanık ÇAYCI'ya, bölüm hocalarıma ve çalışma arkadaşlarım İnş. Yük. Müh. Şamil KARAGÖZ ve Arş. Gör. Muhammet KAMAL'a teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca maddi manevi her türlü desteği sağlayan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması, 2014FBE068 nolu proje kapsamında Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Katkılarından dolayı Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi' ne teşekkürlerimi sunarım.

**Esra ÖZER**

# 1. GİRİŞ

Ülkemizin son otuz yılda maruz kaldığı orta ve büyük ölçekteki depremler çok büyük can kaybı ve maddi hasara neden olmuştur. Meydana gelen can ve mal kayıpları ise ülkemiz yapı stokunun büyük bir bölümünü oluşturan sekiz katın altında yüksekliğe sahip “orta yükseklikteki” binaların oluşturduğu betonarme yapıların yetersiz sismik performansları üzerinde çalışmayı gerekli kılmıştır (Adalier ve Aydingün 2001; Doğangün 2004; Ozcebe 2004; Sezen ve diğ. 2003; Yakut ve diğ. 2005).

Ülkemiz yapı stokunun büyük bir kısmını oluşturan orta yükseklikteki binaların çoğunluğu Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik-1975 (ABYYHY-1975), bir kısmı da Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik-1998 (ABYYHY-1998) koşulları dikkate alınarak inşa edilmiştir (ABYYHY-1975, 1975, DBYBHY-2007, 2007). Deprem sonrası yapılan gözlem ve araştırmalarda yapı geometrisi ve rijitlik dağılımına bağlı olarak binalarda burulma düzensizliğinin olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada, mevcut binaları temsil edecek şekilde seçilen (referans) binaların deprem performanslarını ve burulma davranışlarını yüksek modların etkisi nedeniyle en gerçekçi şekilde değerlendirmek için zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemi kullanılmıştır.

Zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemi binaya deprem süresince belli bir yönde deprem yüklemesinin etkilmesi ile gerçekleştirilir. Böylelikle depremlerin frekans içeriği ve yüklemenin dinamik karakteri daha iyi yansıtılır. Bu sebeple yönetmelikte yer alan statik itme analizine karşı üstünlüğünden söz edilebilir. Ayrıca analizler oldukça emek yoğun ve bilgisayar programlarında uzun zaman alan bir yöntem olduğu için bu alanda yapılan çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Çok sayıda örnek yapı seçimi ve deprem kaydıyla yapılan doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında dinamik analizlerin, mevcut binaların burulma davranışlarını en gerçekçi açıdan incelemenin literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Çalışma kapsamında; yaklaşık 450 mevcut bina üzerinde yapılan envanter çalışmasından (Inel vd. 2009) elde edilen verilerle oluşturulmuş 3-B modellenmiş

düzenli (referans) binalar ile bu binalara 5 farklı şekilde eksantrisite oranlarının verildiği 3-B bina modelleri kullanılmıştır. Bu şekilde 3-5 katlı yapıları temsilen 4, 6-8 katlı yapıları temsilen 7 katlı bina modelleri 1975 ve 1998 yönetmeliklerine uygun olarak oluşturulup, bu bina modellerinin sismik performansları ve burulma davranışları değerlendirilmiştir.

## 1.1 Amaç ve Kapsam

Çalışmanın amacı; ülkemiz yapı stokunun büyük bir kısmını oluşturan orta yükseklikteki betonarme binaların sismik performansları ile yapı geometrisi ve rijitlik dağılımına bağlı olarak gelişen burulma davranışının zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemi ile değerlendirilmesidir.

ülkemiz yapı stokunun büyük bir kısmını oluşturan orta yükseklikteki betonarme binalar ile bu binalara belirli oranlarda ek dış merkezlik verilmesi ile oluşturulan bina modellerinin; yapı geometrisi ve rijitlik dağılımına bağlı olarak gelişen burulma düzensizliğinin zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemi ile değerlendirilmesidir.

Bu amaç kapsamında orta yükseklikteki yaklaşık 450 adet mevcut bina üzerinde yapılan envanter çalışması ile (İnel vd. 2009) elde edilen bina özellikleri çalışmadaki modellere aktararak, oluşturulan ve göz önünde bulundurulmuş mevcut bina stokunu temsil edecek özellikte düzenli olarak düşünülen ve çalışma kapsamında “referans” olarak isimlendirilen binalar ile bu binalara çeşitli şekillerde %5, %10 ve %25 oranlarında ek dış merkezlik verilen 3-B binalar ele alınmıştır. Kullanılan bina modellerinde 4 katlı modeller 3-5 katlı mevcut binaları ve 7 katlı modeller 6, 7 ve 8 katlı mevcut binaları temsil etmektedir. Bu çalışmada, hiçbir düzensizlik içermeyen 4 ve 7 katlı çerçeve taşıyıcı sisteme sahip doğrusal elastik olmayan 2 referans bina modeli (model 1); ABYYHY-1975 ve ABYYHY-1998’e göre 1. derece deprem bölgesinde Z3 sınıfı zemin üzerinde olduğu varsayılarak tasarlanmıştır. Buna ek olarak oluşturulan bina modellerine ise sadece kolon yönlerinin değiştirilmesiyle (model 2) %10; tek kolonun yön ve boyutunun değiştirilmesiyle (model 3-4-5) %5, %10 ve %25; hem kolon yönleri hem de bir

kolonun yön ve boyutunun değiştirilmesiyle (model 6) %25 ek dış merkezlik verilmiştir.

Kullanılmış olan ivme kayıtları ise; kendi içerisinde zemin sınıfının, yapının deprem davranışına etkisini görmek amacıyla USGS zemin sınıflandırması göz önüne alınarak 4 adet B grubu, 4 adet C grubu ayrıca zemin gurubuna bakılmaksızın İleri Yönlenme Etkisi (Forward Directivity) bulunan 4 adet ivme kaydı ile beraber toplam 12 adet ölçeklendirilmemiş deprem ivme kaydından oluşmaktadır.

Referans binalar ve beş farklı eksantrisite oranı dikkate alınarak 4 ve 7 katlı binaların her biri için toplam 6 adet model ve iki farklı deprem yönetmeliği dikkate alındığında; 24 adet 3-B bina, 12 adet deprem kaydı ile toplam 288 adet zaman tanım alanında dinamik analiz yapılmıştır. Yapılan analizlerden elde edilen deplasman talepleri ile görelî kat ötelenmeleri ve burulma katsayıları, referans binalar ve belirli oranda eksantrisiteye sahip binalar için hesaplanıp, karşılaştırılmıştır.

## 1.2 Literatür Taraması

Bahmani et al. (2014); direkt deplasman metodu daha önce burulma davranışı göstermeyen binalarda uygulandığı için, planda büyük burulma düzensizliğine sahip çok katlı binalarda da deplasmana dayalı tasarımının uygulanabildiğini göstermek için; 3 katlı elastik betonarme çerçeve bina ile 10 katlı elastik ötesi davranış gösteren çelik çaprazlı çerçeve modellere her iki yönde %10'dan fazla eksantrisite verilerek etkisi muhtemel özellikle spektral ivmeye uygun ölçekli bir deprem kaydı kullanmışlardır. Bu yolla burulmalı binalar için deplasmana dayalı tasarım genelleştirilmiştir, 1977 yılında Kan ve Chopra tarafından temelleri oluşturulan burulma ve mod kaynaklı deformasyonların etkisi birbirinden ayrılmıştır. Zaman tanım alanında(ZTA) dinamik analize ihtiyaç duyulmadan kompleks bir bina tasarlamak için doğru bir yaklaşım olduğu ifade edilmiştir.

Khoshnoudian et al. (2014); ardışık modal pushover analizi ile aynı anda depremin 2 yatay bileşeni altında, 2 yönde asimetrik çelik çaprazlı modellerin eleman uçlarında plastik mafsallar tanımlanarak sismik taleplerini tahmin etmeyi amaçlamışlardır. Ardışık modal pushover analizinin doğruluğu farklı binalar

kullanılarak değerlendirilmiş ve geleneksel modal pushover analizi ve lineer olmayan ZTA analiz sonuçları referans alınan FEMA ile kıyaslanmıştır. Bunun için binaların rijit ve sünek kenarlarının yaptığı maksimum deplasmanlar, görelı ötelenmeler ve plastik mafsal dönmelerine bakılmıştır. Yüksek mod etkilerinin dikkate alındığı ardışık modal pushover analizinin kullanımı, referans alınan FEMA ile kıyaslandığında deplasman ve görelı ötelenmeleri daha gerçekçi hesapladığı; geleneksel itme analiziyle kıyaslandığında ise binanın rijit kenarındaki plastik mafsal dönmelerini tahmin etmede daha gerçekçi sonuçlar verdiği belirtilmiştir.

Stathopoulos et al. (2005); tek katlı model ya da kiriş modeli ile yapılan çalışmaların aksine daha gerçekçi sonuçlar elde etmek için çok katlı çerçeve sistemden oluşan modeller ile nonlinear burulma davranışını incelemişlerdir. 2 yönde deprem hareketine maruz bırakılan 3 ve 5 katlı modeller aracılığıyla eksantrik çok katlı betonarme çerçeve yapıların inelastik deprem davranışını incelemişlerdir. Hem Eurocode-8(EC-8) hem de UBC-97 yönetmeliklerine göre tasarlanan bina modelleri kullanılmıştır. Elastik kenardaki çerçevelerde inelastik deformasyonlar artarken; rijit kenardaki çerçevelerde inelastik deformasyonlar azalmıştır. Taleplerin dengesiz dağılımına rağmen yürürlükte bulunan tasarım yönetmeliklerinin yeniden araştırılması gerektiği sonucuna varmışlardır. Hatta bu sonuçlar çok katlı yapıların inelastik davranışlarının temel niteliklerini tahmin etmek için yetersiz olduğu düşünölen tek katlı çerçevelerden elde edilen sonuçlara zıt düşmektedir.

De Stefano et al. (2006); iki yönde deprem hareketine maruz kalan 6 katlı yönetmelik şartlarına uygun olarak tasarlanmış çerçeve bina üstünde çalışmıştır. Çalışmada eleman kesitinde aşırı dayanımın etkisi incelenmiştir. Bu karakteristikteki gerçek binaların, tek katlı binalardan elde edilen sonuçlara göre beklenenden farklı sünelik taleplerinin dağılımına neden olabildiği görölmüştür. Özellikle de üst katların sünelik talepleri, sünek kenarlarda rijit kenarlara kıyasla çok daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır.

Chopra et al. (2004); modal analizden elde ettikleri sonuçlarla yatay kuvvete ek olarak burulma davranışının dinamik etkilerini oluşturan burulma momentlerini her katta uygulayarak modal pushover analizini geliştirmeyi amaçlamışlardır. Bu amaç doğrultusunda burulma titreşim periyodu farklı olan 4 yapısal sistem kullanılmıştır. Çalışmaların sonucunda modal pushover analizinin simetrik binalarda

doğru sonuçlar verdiği, ancak asimetrik plana sahip olan binalarda sonuçların incelenmesi gerektiğini ifade etmişlerdir.

Penelis et al. (2005); doğrusal olmayan statik itme analizinde binaların inelastik burulma davranışlarını modellemeyi amacıyla 3B itme analizini dinamik elastik spektral analizler için tanımlanan spektral yük vektörüne uygulamışlardır. Hem serbest titreşim modu hem de burulma modu birleştirilerek genelleştirilen eşdeğer tek serbestlik dereceli sistem aracılığıyla davranış belirlenmiştir. 2 tane tek katlı 2 tane tek yönde simetrik çok katlı bina üzerinde yöntemin geçerliliği gösterilmiştir. Tek katlı binadan elde edilen sonuç nonlinear dinamik analizden elde edilen sonucun yaklaşık %10 daha fazla hesaplanırken, çok katlı tek yönde simetrik binanın sonuçları yaklaşık %20 daha fazla gelmiştir. Ancak bu büyük farkın 3B doğrusal olmayan modelin inelastik davranışında bazı parametrelerde yapılan kabulün de etkili olduğu belirtilmiştir.

### **1.3 Tezin Organizasyonu**

Tez çalışmasının; 1.bölümünde, tez ile ilgili genel bilgiler, tezin amacı, kapsamı ve literatür bilgisinden bahsedilmiştir.

2.bölümde, çalışmada kullanılan model binalara ait özellikler, plastik mafsalların tanımlanması ve atanması hakkında bilgi verilmiştir.

3.bölümde, tez kapsamında kullanılan deprem ivme kayıtlarının özellikleri verilmiş ve elastik tepki spektrumları elde edilmiştir.

4.bölümde, zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz ve bununla ilgili kullanılan parametreler sunulmuştur. Ayrıca analiz sonuçlarından elde edilen deplasman taleplerinin yanı sıra hesaplanan görelî kat ötelenmelerinin(Interstory Drift Ratio-IDR) ve bina burulma katsayılarının değerlendirilmesine ilişkin özet niteliğinde örnekler verilmiştir.

5.bölümde, tez kapsamında yapılan doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında dinamik analizde, göz önünde bulundurulmuş tüm parametrelerin sonucunda



elde edilen veriler referans bina modelleri ve ek dış merkezliğe sahip modellerle karşılaştırılmalı olarak sunulmuştur.

6.bölümde, çalışma kapsamında elde edilen bulguların genel değerlendirmesine yer verilmiştir.

## **2. KULLANILAN BİNA ÖZELLİKLERİ VE MODELLEME**

### **2.1 Genel**

Mevcut bina stokunu yansıtan binaların, sismik davranış açısından dayanım ve şekil değiştirme kapasitesinin doğru belirlenebilmesi için; bu binalara ait kolon-kiriş boyutları, boyuna ve enine donatı miktarları gibi yapısal parametrelerinin doğru bir şekilde belirlenmesi ve modellere yansıtılması gerekir. Bu etkenlerden dolayı binaların modellenmesinde İnel ve diğ.(2009) tarafından yapılan envanter çalışması dikkate alınmıştır.

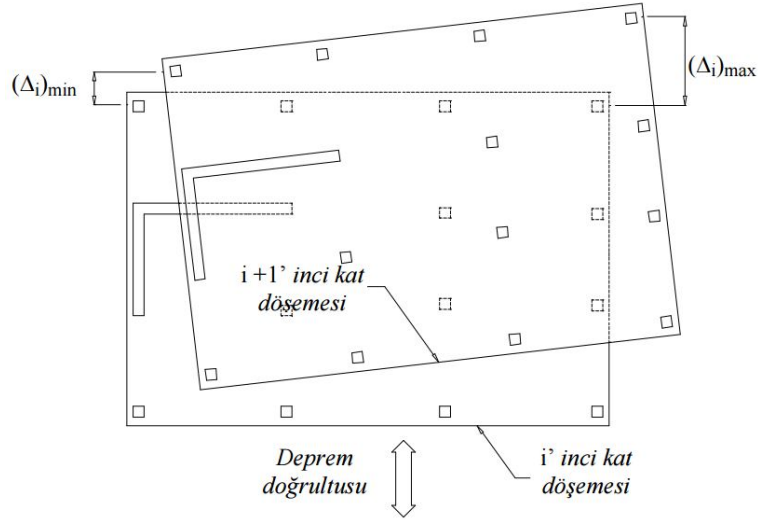
Envanter çalışmasında elde edilen parametreler ile oluşturulan 4 ve 7 katlı referans binalar bu çalışmada kullanılmıştır. ABYYHY-1975 ve ABYYHY-1998 yönetmelikleri olmak üzere iki farklı yönetmelik ve bu yönetmeliklerle uyumlu beton basınç dayanımı ve donatı sınıfı dikkate alınmıştır. ABYYHY-1975'e göre tasarlanan bina modellerinde S220 donatı sınıfı, ABYYHY-1998'e göre tasarlanan bina modellerinde S420 donatı sınıfı kullanılmıştır. Beton dayanımı; 1975 yönetmeliğine göre modellenen yapılarda C16, 1998 yönetmeliğine göre modellenen yapılarda ise C25 olarak kullanılmıştır. Her modelin yanal donatı detaylandırılması tabi olduğu yönetmelik şartına uygun olarak hazırlanmıştır.

Mevcut binalarda burulma davranışının etkilerini görebilmek için; referans olarak isimlendirilen herhangi bir düzensizliği olmayan binaların ağırlık ve rijitlik merkezleri arasındaki mesafe tek doğrultuda belirli oranlarda arttırılarak ek dış merkezlik verilmiştir.

### **2.2 Burulma Düzensizliği**

Depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken, planda düzensizlik oluşturan durumlar ve bunlarla ilgili öngörülen koşullar belirtilmiştir (DBYBHY-2007).

DBYBHY-2007’ de A1 düzensizliği olarak da adlandırılan, yapı geometrisi ve rijitlik dağılımına bağlı olarak gelişen, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden burulma düzensizliği katsayısı  $\eta_{bi}$ ’ nin 1.2’ den büyük olması durumunda oluşan burulma düzensizliğidir.



**şekil 2.1:** Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışması durumunda oluşan burulma (DBYBHY-2007)

Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışması durumunda ek dış merkezlik etkileri göz önüne alınmaksızın;

$$(\Delta_i)_{ort} = \frac{(\Delta_i)_{max} - (\Delta_i)_{min}}{2} \quad (2.1)$$

$(\Delta_i)_{max}$ = İlgili kattaki maksimum görelî kat ötelemesi

$(\Delta_i)_{min}$ = İlgili kattaki minimum görelî kat ötelemesi

$(\Delta_i)_{ort}$ = İlgili kattaki ortalama görelî kat ötelemesi

İki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden görelî kat ötelemesi:

$$\Delta_i = \frac{(d_i - d_{i-1})}{h_{kat}} \quad (2.2)$$

$d_i$ ; her bir deprem doğrultusu için binanın  $i$ ' inci ve  $d_{i-1}$  ( $i-1$ )'inci katının köşe noktalarında, deprem yüklemesine göre hesaplanan yatay yer değiştirmelerdir.  $h_{kat}$ ; görelî kat ötelenmesinin hesaplandığı katın yüksekliğidir.

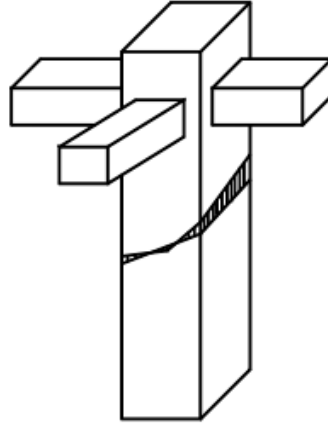
Burulma düzensizliği katsayısı:

$$\eta_{bi} = \frac{(\Delta_i)_{max}}{(\Delta_i)_{ort}} \quad (2.3)$$

Burulma düzensizliği durumu:

$$\eta_{bi} > 1.2 \quad (2.4)$$

Burulma düzensizliği olması durumunda kolonlarda gözlemlenebilecek muhtemel burulma çatlakları Şekil 2.2' de gösterilmiştir. Gevrek kırılma gurubuna giren bu tür kırılma da kolonun birbirine komşu iki yüzünde diyagonal çekme çatlakları oluşurken diğer iki yüzünde diyagonal olarak betonda ezilmeler olur (Yüksel 2008).



**Şekil 2.2:** Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışması durumunda oluşan burulma(Yüksel 2008)

### 2.3 Referans Bina Modellerinin Özellikleri

Orta yükseklikteki mevcut binaları temsil eden referans bina modelleri, tipik kolon-kiriş betonarme çerçeve binalardır. Modellerin hazırlanmasından önce İnel ve diğ. (2009) tarafından yaklaşık 450 bina üzerinde başta Denizli olmak üzere İzmir, Aydın, İstanbul ve Muğla gibi 1. Derece deprem bölgelerinde yapılan detaylı alan ve arşiv araştırma çalışmasında binaların yapısal özelliklerini oluşturan parametrelerin değer ve dağılımları incelenerek hazırlanan bina modellerinden 1975 ve 1998 yönetmeliklerine uygun olan 4 ve 7 katlı bina modelleri seçilmiştir. Her iki yönetmelik için seçilen binalar aynı mimariye sahip olup kalıp planları Şekil 2.3 ve 2.4'te gösterilmiştir. Modellerle ilgili özellikler Tablo 2.1' de verilmiştir.

Eğilme etkisindeki betonarme elemanların akma öncesi doğrusal davranışları için, DBYBHY-2007'de verilen çatlama kesite ait etkin eğilme rijitlikleri kullanılmıştır. Bunlar;

a)Kirişler için:

$$(EI)_e = 0.40(EI)_0$$

b)Kolonlar için:

$$N_D/(A_c f_{cm}) \leq 0.10 \text{ olması durumunda; } (EI)_e = 0.40(EI)_0$$

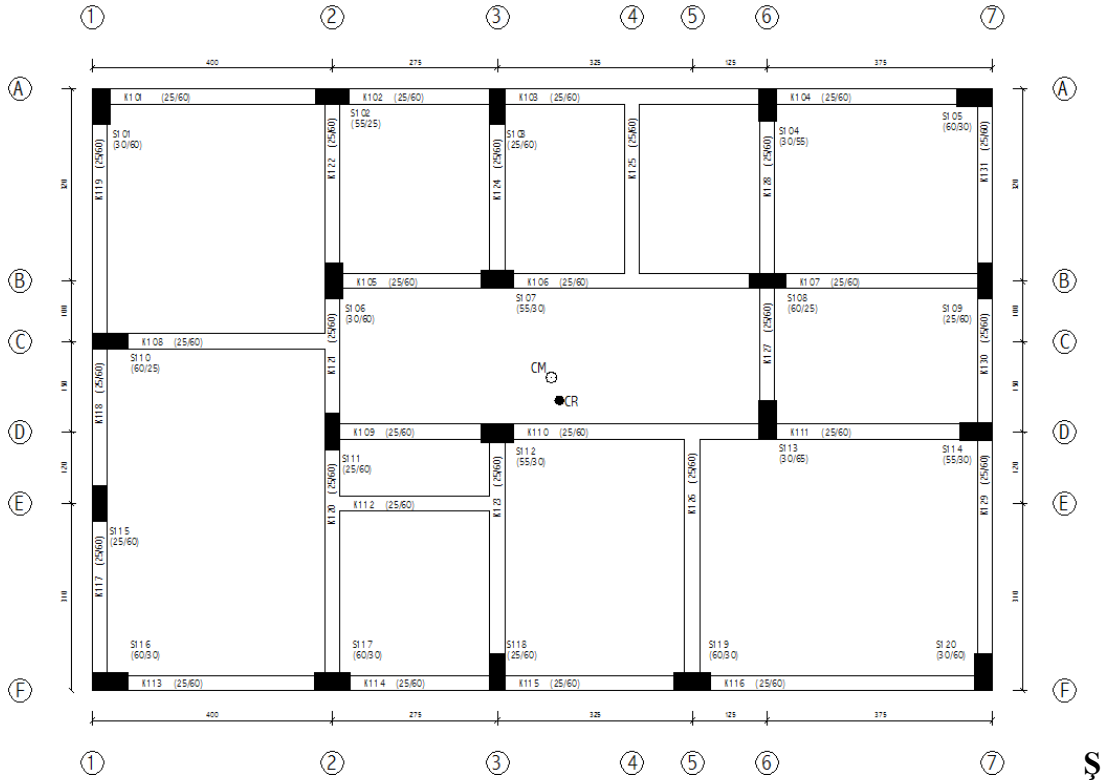
$$N_D/(A_c f_{cm}) \geq 0.40 \text{ olması durumunda; } (EI)_e = 0.80(EI)_0 \text{ 'dir.}$$

Eksenel basınç kuvveti olan  $N_D$ 'nin ara değerleri doğrusal enterpolasyon yapılarak hesaplanmıştır.

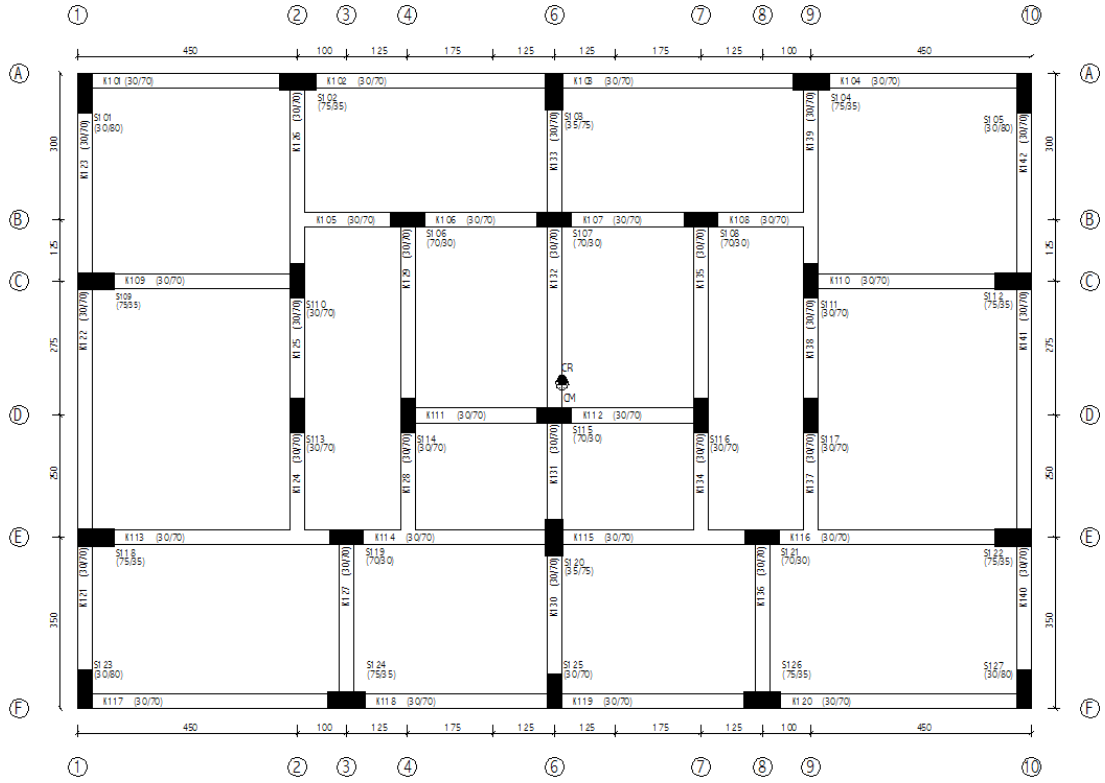
Mevcut binalarda üst katlara doğru küçülen kolon boyutları modellere yansıtılmıştır.

**Tablo 2.1:** Referans binaların tasarımında kullanılan değerler

Özellik Türü	Özellik	Değerler			
		4 Katlı		7 Katlı	
Genel	Kat Sayısı	4 Katlı		7 Katlı	
	Tasarım Yönetmeliği	4-75	4-98	7-75	7-98
Geometrik Özellikler	X-Boyut	15 m		19.5 m	
	Y-Boyut	10 m		13 m	
	Kat Yüksekliği	2.8 m		2.8 m	
	Bina Yüksekliği	11.2 m		19.6 m	
Malzeme Özellikleri	Beton Sınıfı	C16	C25	C16	C25
	Çelik Sınıfı	S220 (BÇI)	S420 (BÇIII)	S220 (BÇI)	S420 (BÇIII)
Yük Tanımları	Hareketli Y.(Normal Kat)	0.200 t/m <sup>2</sup>		0.200 t/m <sup>2</sup>	
	Hareketli Yük (Çatı Kat)	0.150 t/m <sup>2</sup>		0.150 t/m <sup>2</sup>	
	Ölü Yük (Normal Kat)	0.375 t/m <sup>2</sup>		0.375 t/m <sup>2</sup>	
	Ölü Yük (Çatı Kat)	0.313 t/m <sup>2</sup>		0.314 t/m <sup>2</sup>	
	Duvar Yükü	0.300 t/m <sup>2</sup>		0.300 t/m <sup>2</sup>	
	Hareketli Yük Azaltma Katsayısı	0.3			
Zemin Özellikleri	Yerel Zemin Sınıfı	Z3 (T <sub>A</sub> =0.15 sn., T <sub>B</sub> =0.6 sn.)			
Deprem Bölgesi	1.Derece	A <sub>0</sub> =0.4g			



**Şekil 2.3:** 4 katlı referans binaya ait kalıp planı



**Şekil 2.4:** 7 katlı referans binaya ait kalıp planı

Referans bina modellerine ait ağırlık(G) ve rijitlik(R) merkezi koordinatları Tablo 2.2’ de verilmiştir.

**Tablo 2.2:** Referans binaların ağırlık ve rijitlik merkezi koordinatları

Bina Adı	G		R	
	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)
4-75	7.61	5.2	7.69	5.22
4-98	7.66	5.2	7.78	4.82
7-75	9.88	6.65	9.88	6.85
7-98	9.91	6.66	9.91	6.72

Referans modellerin 1975 ve 1998 Yönetmelikleri’ ne göre tasarımda dikkate alınan deprem taleplerinin bina ağırlıklarına oranı Tablo 2.3 ve 2.4’ de verilmiştir.

**Tablo 2.3:**1975 modelleri deprem talepleri

Bina	Periyot	S	K	F/W
4-75	0.53	1.00	1.00	0.10
7-75	0.84	1.00	1.00	0.10

Tabloda yer alan S, yapı dinamik katsayısı, K, yapı tipi katsayısını göstermektedir.

**Tablo 2.4:**1998 modelleri deprem talepleri

Bina	Periyot	S(T)	A(T)	R	F/W
4-98	0.40	2.5	1.00	8	0.125
7-98	0.63	2.5	1.00	8	0.125

Tabloda yer alan S(T), tepki spektrumu katsayısını, A(T), spektral ivme değerini ve R, taşıyıcı sistem davranış katsayısını, F/W bina yatay dayanımının ağırlığa oranını göstermektedir.

#### 2.4 Ek Dış Merkezlik Verilen Bina Modellerinin Özellikleri

Ek dış merkezliğin binanın burulma davranışı üzerindeki etkisini görebilmek amacıyla referans binaların kolon yönleri ve/veya kolon boyutları değiştirilerek beş bina seti oluşturulmuştur. Her bina seti için değiştirilen kolon yön veya boyutu ile farklı şekillerde farklı eksantrisite oranları elde edilmiştir.

Bu bina setleri içinde; mevcut kolonların yönleri değiştirilerek %10, sadece bir kolonun boyutu değiştirilerek %5, %10 ve %25, hem kolon yönleri hem de tek kolonun boyutu değiştirilerek %25 eksantrisiteye sahip bina modelleri mevcuttur. Tablo 2.5’ de kullanılan bina modellerinin özellikleri verilmiştir. Değişen kolon yönü ve boyutuna göre elde edilen binaya ait kalıp planları Ek F’de sunulmuştur.

**Tablo 2.5:** Bina modellerine ait eksantrisite oranları

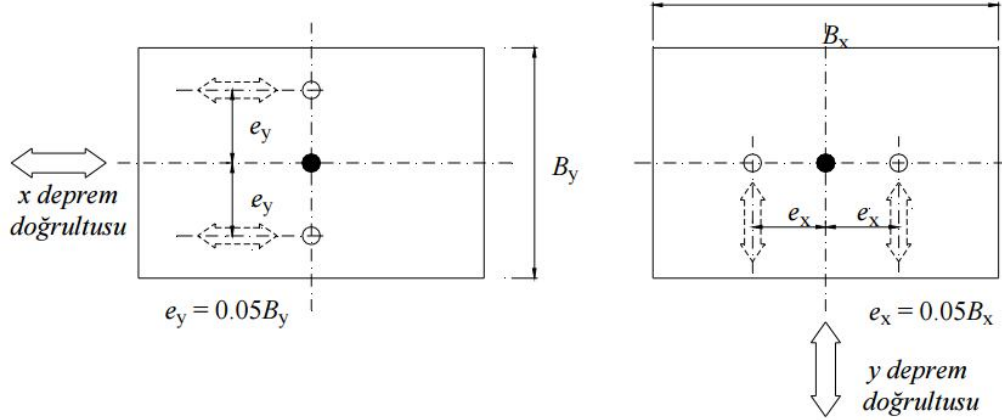
MODEL ADI:	ÖZELLİK:
Model 1	Referans (%0 eksantrisitesi olan binalar)
Model 2	Kolon yönleri değiştirilerek %10 eksantrisite verilen binalar
Model 3	Tek kolonun yön ve boyutu değiştirilerek %5 eksantrisite verilen binalar
Model 4	Tek kolonun yön ve boyutu değiştirilerek %10 eksantrisite verilen binalar
Model 5	Tek kolonun yön ve boyutu değiştirilerek %25 eksantrisite verilen binalar
Model 6	Kolon yönleri ve tek kolonun boyutu değiştirilerek %25 eksantrisite verilen binalar

Ek dış merkezlik (eksantrisite); binamıza gelen yatay deprem kuvvetinin etkidiği ağırlık merkezi ile bu yüklemeye binamızın dayanım ve rijitliği mertebesinde tepki verdiği rijitlik merkezi arasındaki mesafenin, binanın deprem doğrultusuna dik yöndeki boyutuna oranının yüzde cinsinden ifadesidir.

DBYBHY-2007’ye göre döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yer değiştirme bileşeni ile düşey eksen etrafındaki dönme, bağımsız yer değiştirme bileşenleri olarak göz önüne alınır. Her



katta belirlenen eşdeğer deprem yükleri, ek dış merkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi amacı ile göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun ilgili modelin eksantrisite oranı kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara ( $\pm\%5-10-25$ ) ve ayrıca kat kütle merkezine uygulanması esasına dayanmaktadır.



**Şekil 2.5:** Eşdeğer deprem yükünün %5 ek dış merkezlik dikkate alındığında uygulanması gereken noktalar(DBYBHY-2007)

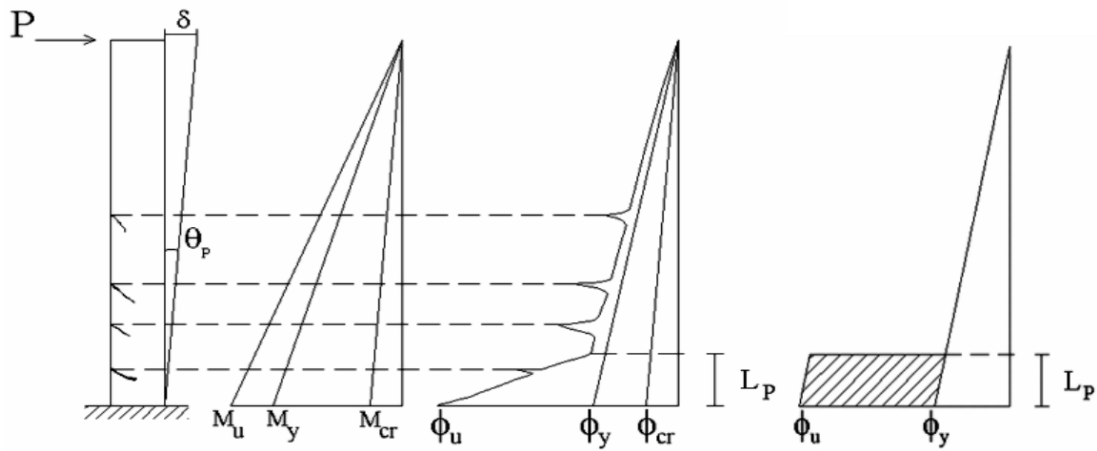
Eş değer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalarda DBYBHY-2007'ye göre binanın herhangi bir i'inci katında burulma türü düzensizliğin bulunması halinde  $1.2 < n_{bi} \leq 2$  olmak koşuluyla bu katta uygulanan ek dış merkezlik, her iki deprem doğrultusu için  $D_i$  katsayısı ile çarpılarak büyütülmektedir.

$$D_i = \left( \frac{n_{bi}}{1.2} \right)^2 \quad (2.5)$$

Çalışmada ise eşdeğer deprem yükü yönteminden ziyade zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemini kullanmak için geçmiş depremlerden farklı karakteristikte ve farklı maksimum yer ivme değerine sahip 12 adet orta ve kuvvetli deprem ivme kaydı kullanılmıştır. Paket program yardımıyla yapılan analiz sonuçlarından farklı eksantrisite oranlarına sahip bina modellerinin burulma katsayıları elde edilmiştir.

## 2.5 Doğrusal Olmayan Modelleme ve Plastik Mafsalların Tanımlanması

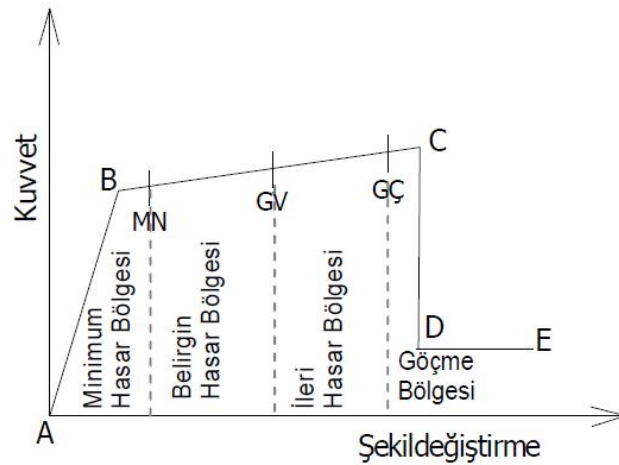
Bina modellerinin sismik performanslarının ve burulma davranışlarının belirlenmesi amacıyla doğrusal olmayan modeller 2007 Deprem Yönetmeliği (DBYBHY-2007 2007) dikkate alınarak hazırlanmıştır. Doğrusal elastik olmayan davranışın modellere yansıtılması için eleman uçlarında yönetmeliğe uygun şekilde plastik mafsallar tanımlanmıştır. Mafsalların tanımlanmasında her elemanın kritik kesitinin moment eğrilik ilişkileri, sargı bölgelerinde yönetmeliğe uygun donatı tipi (nervürlü/nervürsüz), düzeni ve aralığı dikkate alınarak Mander sargılı beton modeli kullanılarak hesaplanmıştır (Mander vd. 1988). Beton sınıfı olarak 1975 yönetmeliğine göre modellenen binalarda C16 (orta kalite), 1998 yönetmeliğine göre modellenen binalarda C25 (yüksek kalite) öngörülmüştür. Kolon boyutlarının büyütülmesiyle belli bir eksantrisite oranı verilen modellerde de ilgili elemanın kritik kesiti için aynı işlem SEMAp (Özmen vd. 2007 TÜBİTAK 105M024 2008) yazılımında tekrarlanmıştır. Moment-eğrilik ilişkileri ile kritik kesitlere ait nihai şekil değiştirme kriterleri ve kesitin deprem doğrultusundaki boyutuna göre hesaplanan plastik mafsal boyları ( $L_p=h/2$ , DBYBHY-2007 2007) kullanılarak elemanların plastik dönme kapasitesi ve mafsal özellikleri belirlenmiş, SAP2000 programında analiz yapılmadan önce ilgili kesitlerde tanımlanabilecek hale getirilmiştir. Böylece mevcut yapı stokunda sıkça görülebilen düşük beton dayanımının binanın sismik performansına ve burulma davranışına olan etkisi de incelenmiştir.



Şekil 2.6: Yiğilı plastik mafsal hipotezi

Şekil 2.6' da artan yatay P kuvveti altında konsol bir kolonun ankastre ucunda oluşan plastik mafsallaşma gösterilmiştir. Artan yatay kuvvet ile kolon tabanından oluşan moment, kesit çatlama momentine ( $M_{cr}$ ) ulaştığı anda kesitte çatlaklar oluşur. Çatlaklar sebebiyle kesitin yüksekliği azaldığından kesit ataleti düşer ve bu sebeple eğrilik değerlerinde bir sıçrama gerçekleşir. Kesit akma momentinden ( $M_y$ ) nihai dayanıma ( $M_u$ ) ulaşmaya kadar bu eğrilik artışları devam eder. Eğrilik artışları ise bu dayanım değerlerine tekabül edecek şekilde sırasıyla  $\phi_{cr}$ ,  $\phi_y$ ,  $\phi_u$  ile gösterilmiştir.

Plastik mafsalların kesitlere tanımlanmasında Şekil 2.7' de verilen B, C, D, E ve performans kriterleri için MN, GV, GÇ noktalarının eğrilik değerleri bilinmelidir. Eğilme mafsallarında bu noktaların tanımlanması kesitlere ait moment-eğrilik ilişkilerinin bilinmesini gerektirir. Bu amaçla her bir elemanın kritik kesitinde kullanılan enine donatının miktarı ve beton dayanımına göre sargılı beton birim deformasyon-dayanım ilişkisi belirlenmiştir. Çelik birim deformasyon-dayanım ilişkisi ise DBYBHY-2007'de önerilen haliyle kullanılmıştır. Elemanlarda kullanılan malzemenin(beton ve çelik) şekil değiştirme-dayanım ilişkileri dikkate alınarak elde edilen moment-eğrilik ilişkisi ve belirlenen süneklik kriterleri kullanılarak eğilme mafsallarının nihai şekil değiştirme kapasite değerleri belirlenmiştir.



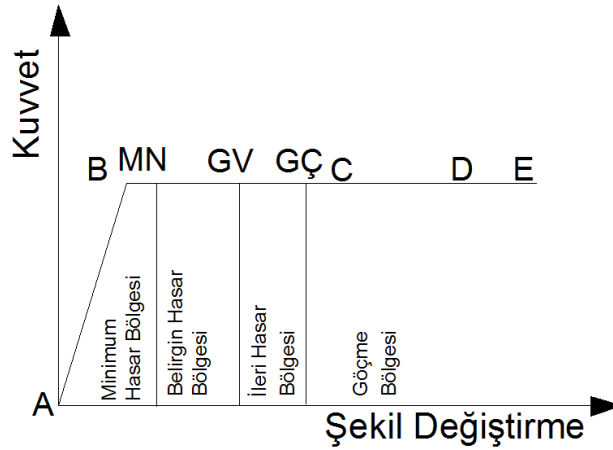
Şekil 2.7: Tipik dayanım-şekil değiştirme ilişkisi

Modelleme ve analizlerde kullanılan SAP2000 yazılımında istenilen özellikte mafsalları doğrudan tanımlamamız mümkün değildir. Yazılımda plastik mafsalları tanımlamada kullanılan noktaların dönme veya eğrilik değerlerinin girilmesi

gerekmektedir. Bina modellerindeki kritik kesitlerde moment-eğrilik analizi gerektiren bu hesaplamalar, SEMAp yazılımı ile DBYBHY-2007'ye uygun şekilde gerçekleştirilmiştir.

Kesitin akma dayanımı ve eğilme rijitliği ile belirlenen “B” noktası; kesitin akma noktasıdır. B noktasına kadar kesitteki davranış doğrusal iken; bu noktadan sonra kesitte doğrusal ötesi davranış hâkim olmaya başlamaktadır. “B”-“C” noktaları arasında kesit kapasitesi korunmakta veya pekleşme olmaktadır. “C” noktası ise kesitin göçme konumuna geldiği andır. Bu noktadan sonra kapasitede belli bir oranda düşüş meydana gelir ve “D” noktasına ulaşılır. “D” noktasının dayanım değeri FEMA-356 ve ATC-40 dokümanlarında akma dayanımının %20’ si olarak belirlenmiştir (FEMA-356 2000 ve ATC-40 1996). “D”-“E” noktaları arasında düşen kapasite bir süre daha korunurken “E” noktasına gelindiğinde kapasitenin tamamen sıfır olduğu varsayılmaktadır.

Ancak burulma davranışındaki talepleri görebilmek için model binaların mafsalları Şekil 2.8’ deki gibi göçmesiz olarak tanımlanmıştır. Göçmeli mafsaldan farklı olarak bu tanımlamada “C”, “D” ve “E” noktalarında dayanım kaybı bulunmamaktadır.



**Şekil 2.8:** Göçmesiz mafsal dayanım şekil değiştirme ilişkisi

MN (Minimum Hasar Sınırı), GV (Güvenlik Sınırı), GÇ (Göçme Sınırı) için beton ve donatı çeliği birim deformasyonuna bağlı yönetmelik sınır şartları Tablo 2.6’ da verildiği şekliyle modellemede dikkate alınmıştır.

**Tablo 2.6:** Eğilme mafsalı hasar sınır kriterleri

	Beton Birim Şekil Değişirnesi ( $\epsilon_c$ )	Çelik Birim Şekil Değişirnesi ( $\epsilon_s$ )
B	Akma dayanımı ve eğilme rijitliği belirler.	
MN	$(\epsilon_{cu})_{MN} = 0.0035$	$(\epsilon_s)_{MN} = 0.01$
GV	$(\epsilon_{cg})_{GV} = 0.0035 + 0.0100(\rho_s/\rho_{sm}) \leq 0.0135$	$(\epsilon_s)_{GV} = 0.04$
GÇ	$(\epsilon_{cg})_{GV} = 0.0040 + 0.0140(\rho_s/\rho_{sm}) \leq 0.0180$	$(\epsilon_s)_{GÇ} = 0.06$

Kolon ve kirişlere moment mafsallarının yanı sıra kesme mafsalları da tanımlanmıştır. Tanımlanan bu kesme mafsallarında, moment mafsallarından farklı olarak süneklik hesaplanmamış, kesme kapasitesine ulaşan elemanın göçme konumuna geldiği varsayılmıştır. Kesme kapasiteleri ise TS500'e (2000) göre hesaplanmıştır.

### **3. ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL OLMAYAN DİNAMİK ANALİZ VE DEPREM İVME KAYITLARI**

#### **3.1 Genel**

DBYBHY-2007’de mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi ile ilgili 7. Bölüm kapsamında doğrusal olmayan analiz tiplerinden bir tanesi de Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemidir. Tez çalışmasında, ele alınan bina modellerinin burulma davranışlarının incelemesinde bu analiz yöntemi depremin yüksek mod etkisi altında sismik talebini gerçeğe en yakın tahmin edebileceği için kullanılmıştır.

Uygulamadaki zorluklar sebebiyle doğrusal olmayan artımsal itme analizi daha çok tercih edilmesine rağmen zaman tanım alanında (ZTA) doğrusal olmayan dinamik analiz, daha önceden kaydedilmiş gerçek bir ivme kaydı ile yapıda meydana gelen elastik ötesi davranışı elde etmek için kullanılmaktadır. Depremlerin frekans içeriği ve yüklemenin dinamik karakterini (tersinir yükleme etkisini) en gerçekçi şekilde yansıtmasından dolayı yönetmelikte yer alan metoda göre üstünlüğünden söz edilebilir. Tez kapsamında tüm bu nedenlerden dolayı binanın burulma davranışını incelemek amacıyla farklı karakteristikte deprem kayıtları kullanılarak zaman tanım alanında dinamik analiz yapılmıştır.

#### **3.2 Kullanılan Deprem İvme Kayıtlarının Özellikleri**

Analizlerde PEER web sitesinden alınan 12 adet farklı karakteristikte gerçek ivme kaydı kullanılmıştır (PEER, <http://peer.berkeley.edu>).

USGS zemin sınıflandırması dikkate alınarak ivme kayıtlarının 4 tanesi B zemin grubu, 4 tanesi C zemin grubu 4 tanesi de zemin grubuna bakılmaksızın İleri Yönlenme Etkisi (Forward Directivity) bulunan ivme kayıtlarından seçilmiştir. USGS’ de verilen A, B, C ve D grubu zeminler ile DBYBHY-2007’de belirtilen

zemin tiplerinin(Z1, Z2, Z3 ve Z4) kayma dalgası hızlarından yararlanılarak birbirleriyle en uygun eşleştirmeler yapılmaya çalışılmıştır. Buna göre Z1, A grubu; Z2, B grubu; Z3, C grubu; Z4, D grubu zemin özelliklerini temsil ettiği düşünülmüştür.

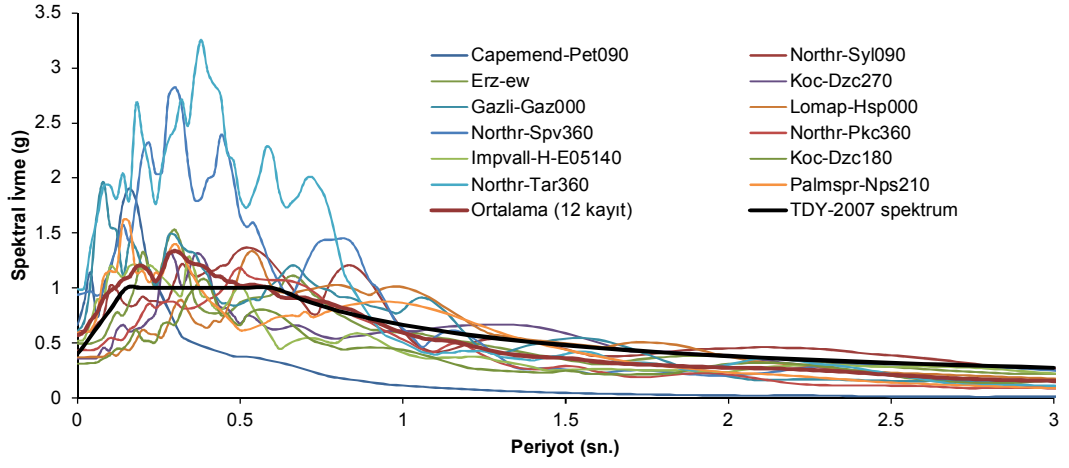
USGS zemin sınıflandırması zeminin en üst 30 m' lik tabakasının ortalama kesme dalgası hızına göre yapılmaktadır. Ortalama kesme hızı 750m/s' den büyük olan zeminler A grubu, 750-360 m/s arası B grubu, 360-180 m/s arası C grubu, 180 m/s'den düşük zeminler ise D grubunda yer almaktadır. Çalışma kapsamında kullanılan ölçeklendirilmemiş deprem ivme kayıtları ile ilgili özellikler Tablo 3.1' de verilmiştir. İleri yönlendirme etkisi bulunan deprem seti oluşturulurken; farklı bir çalışma alanı olduğu için literatür araştırması ile ileri yönlendirme etkisi olduğu kesin olarak bir ve daha fazla kaynakta belirtilen ivme kayıtlarının seçilmesine dikkat edilmiştir.

Değişik zemin grupları üzerindeki deprem kayıtları seçilirken, PGA aralığının çeşitliliğine dikkat edilmiş ve aynı aralıkta seçilen ivme kayıtlarının en büyük ve en küçük PGA değerlerinin çok uç değerler olmamasına da dikkat edilmiştir.

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

	No	Deprem	Tarih	İstasyon	Bileşen	PGA (g)	PGV (cm/s)	Vs30 (m/s)
FD	1	Cape Mendocino	25.04.1992	Petrolia	090	0.662	89.7	712.8
	2	Northridge	17.01.1994	Sylmar O.	090	0.604	78.2	440.5
	3	Erzincan	13.03.1992	Erzincan	EW	0.496	64.3	274.5
	4	Kocaeli	17.08.1999	Duzce	270	0.358	46.4	276
B	5	Gazli	17.05.1976	Karakyr	000	0.608	65.4	659.6
	6	Loma Prieta	18.10.1989	Hollister - S&P	000	0.371	62.4	370.8
	7	Northridge	17.01.1994	Sepulveda VA	360	0.939	76.6	380.1
	8	Northridge	17.01.1994	Pacoima KC	360	0.433	51.5	508.1
C	9	Imperial Valley	15.10.1979	El CA #5	140	0.519	46.9	205.6
	10	Kocaeli	17.08.1999	Duzce	180	0.312	58.8	276
	11	Northridge	17.01.1994	Tarzana C.H	360	0.99	113.6	257.2
	12	N. Palm Springs	08.07.1986	North P.S	210	0.594	73.3	345.4

Şekil 3.1' de kullanılan ivme kayıtlarının %5 sönüm için elastik talep spektrumları, bunların ortalamaları ve DBYBHY-2007'ye göre 1.derece deprem bölgesi Z3 zemin sınıfı üstünde 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem için spektrum eğrileri verilmiştir. Kullanılan ivme kayıtlarının spektrumlarında yayılım fazla iken, ortalamalarına bakıldığında DBYBHY-2007' ye göre çizilen spektrum eğrisine oldukça yakın olduğu görülmektedir.



Şekil 3.1: Kullanılan ivme kayıtlarının %5 sönüm için elastik ivme spektrumları



## 4. DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN ZAMAN TANIM ALANINDA DİNAMİK ANALİZ

### 4.1 Giriş

Çalışma kapsamında kullanılan 24 adet 3-B bina modeli X veya Y doğrultusunda kat sayısı, beton dayanımı, yönetmelik gibi parametreleri dikkate alınacak şekilde doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında dinamik analize tabi tutulmuştur. USGS zemin sınıflandırması göz önüne alınarak 4 adet B grubu, 4 adet C grubu ayrıca zemin gurubuna bakılmaksızın İleri Yönlenme Etkisi (Forward Directivity) bulunan 4 adet ivme kaydı olmak üzere toplam 12 adet ölçeklendirilmemiş deprem ivme kaydı kullanılmıştır. Modellerde göz önüne alınan beton basınç dayanım değerleri mevcut yapıları yansıtacak şekilde 1975 yönetmeliğine göre inşa edilen binalarda C16 (16 MPa) , 1998 yönetmeliğine göre inşa edilen binalarda C25 (25 MPa) olarak dikkate alınmıştır. Tez kapsamında kullanılan modellerin kat sayısı, yapım yönetmeliği, beton basınç dayanımı ve değerlendirmeye alınan zayıf doğrultusuna göre değişimi Tablo 4.1’ de gösterilmiştir.

**Tablo 4.1:** Modellerin kat, beton sınıfı, yönetmelik durumları ve dikkate alınan doğrultuları

Kat Sayısı	Yönetmelik	Beton Sınıfı	Yön
4 Kat	1975	C16	Y
	1998	C25	
7 Kat	1975	C16	X
	1998	C25	

### 4.2 Analiz Parametreleri

Modellerin serbest titreşim periyotlarını öğrenebilmek için dinamik analizden önce SAP2000 programında 24 adet bina modeli için modal analiz yapılmıştır. ZTA dinamik analiz metodu olarak Hilber-Hughes-Taylor alpha (HHT) metodu kullanılmıştır. Bu metot için entegrasyon parametreleri olarak  $\gamma=0.5$  (Gamma),

$\beta=0.25$  (Beta),  $\alpha$  (alpha) ise her bina modeli 12 deprem seti içinde aynı olacak şekilde -0.3 ile 0 aralığında tanımlanmıştır.  $\alpha=0$  değeri için Newmark ortalama ivme metoduna eşdeğer sonuç elde edilir, fakat bu değer yüksek frekans modlarında (deprem ivme kaydının zaman aralığından daha az ya da benzer aralıkta olduğu modlarda) aşırı titreşimlere neden olabilir. Bu yüzden en iyi sonuçlar mümkün mertebedeki en küçük zaman aralıklı ivme kayıtlarında ve  $\alpha$ 'nın 0' a en yakın değerinde elde edilir (User's Manual for SAP2000). Analiz başlangıcında modellere düşey yükler etkitildikten sonra yatay deprem yüklemesi olarak gerçek ivme kayıtlarına bağlı deprem yükleri 4 katlı modeller için binanın Y doğrultusunda, 7 katlı modeller için binanın X doğrultusunda uygulanmıştır. Analizlerde P-Delta etkileri dikkate alınmamıştır.

### **4.3 Analiz Sonuçlarından Elde Edilen Parametreler**

Zaman tanım alanında dinamik analizi yapılan modellerin sonuçları elde edilmiş ve değerlendirilmesi yapılmıştır. Analizler sonucunda modellerin her katında köşe noktaları ve ağırlık merkezlerinin yaptığı deplasman değerleri referans ve ek dış merkezliğin verildiği binalar için ayrı ayrı elde edilmiştir.

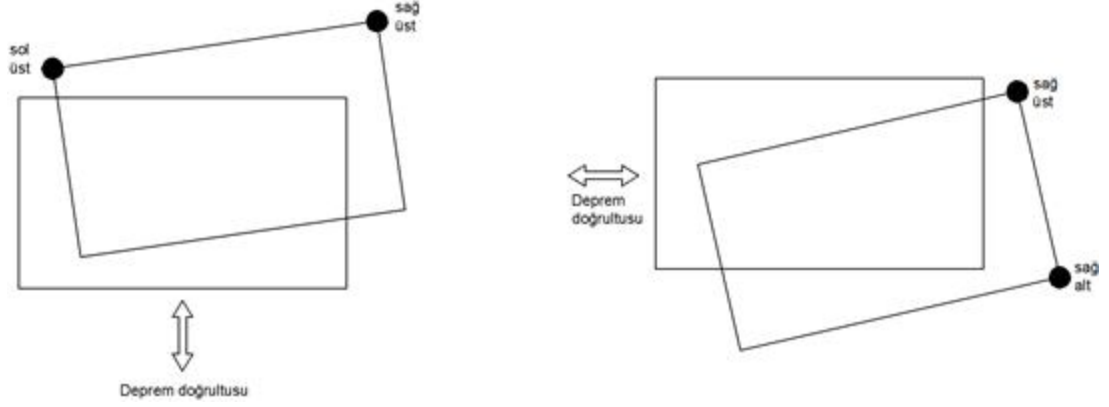
### **4.4 Analiz Sonuçlarından Elde Edilen Bulgular**

Elde edilen deplasman taleplerinden, katların ağırlık merkezi dikkate alınarak en büyük görelî kat ötelenme oranları ve bu en büyük oranın hangi katta olduğu belirlenmiştir. En büyük görelî kat ötelenmesinin olduğu kat için ivme kaydının uygulandığı zaman içerisinde oluşan burulma katsayıları eksantrisite oranlarına göre her bina modeli için hesaplanıp tablo ve grafikler halinde bu bölümde verilmiştir.

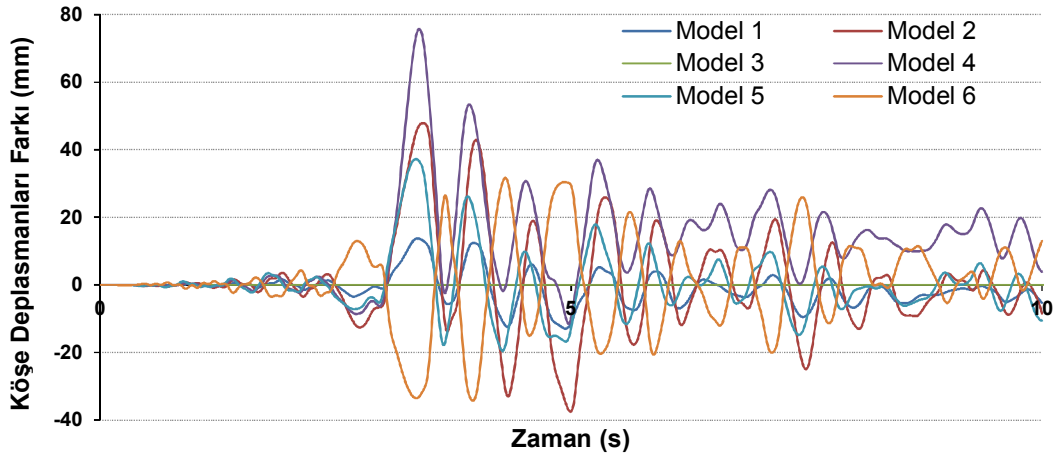
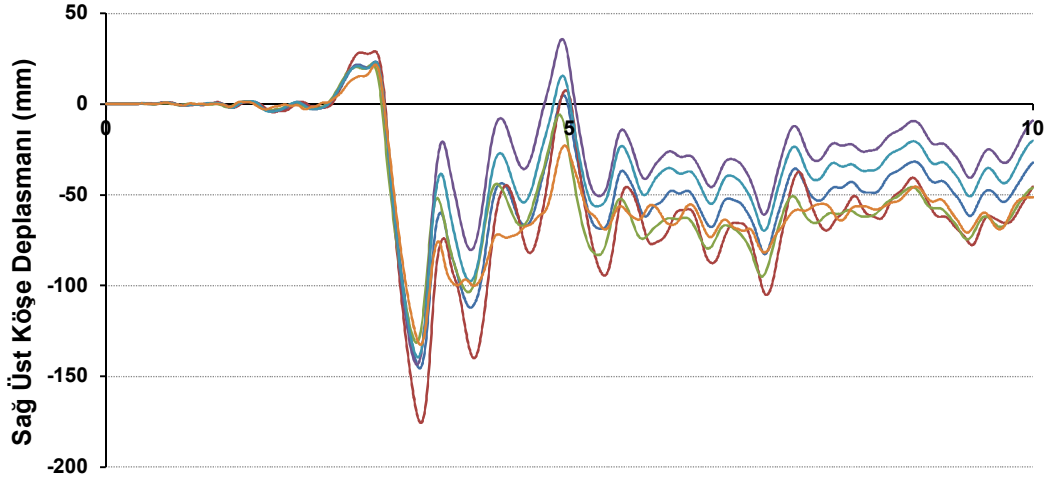
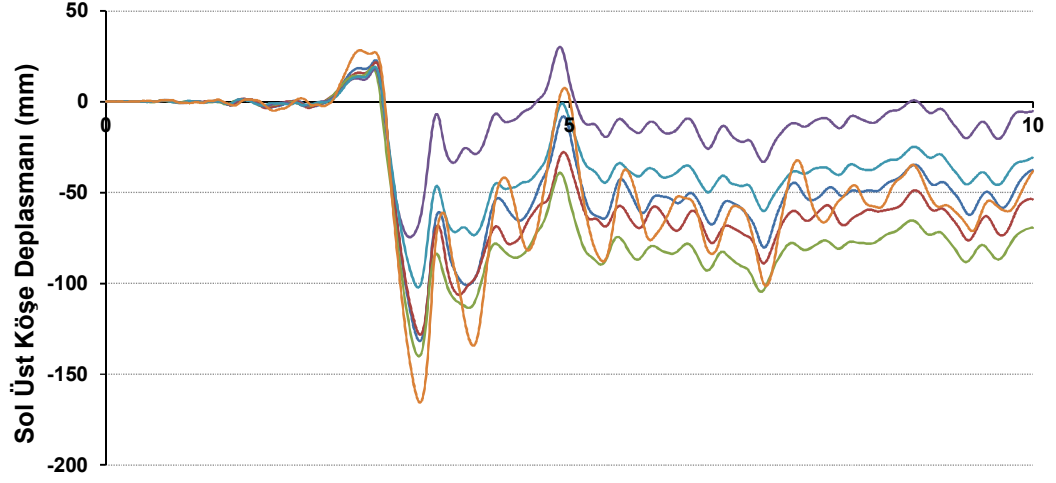
#### **4.4.1 Tepe Noktası Deplasmanları**

Ek dış merkezliğin dikkate alındığı modeller ile referans bina modellerinin zamana bağlı çatı katlarının yaptığı deplasman talepleri grafiklerle karşılaştırılmalı şekilde seçilen 3 ivme kaydı için verilmiştir (Şekil 4.2-4.13). Deprem doğrultusuna

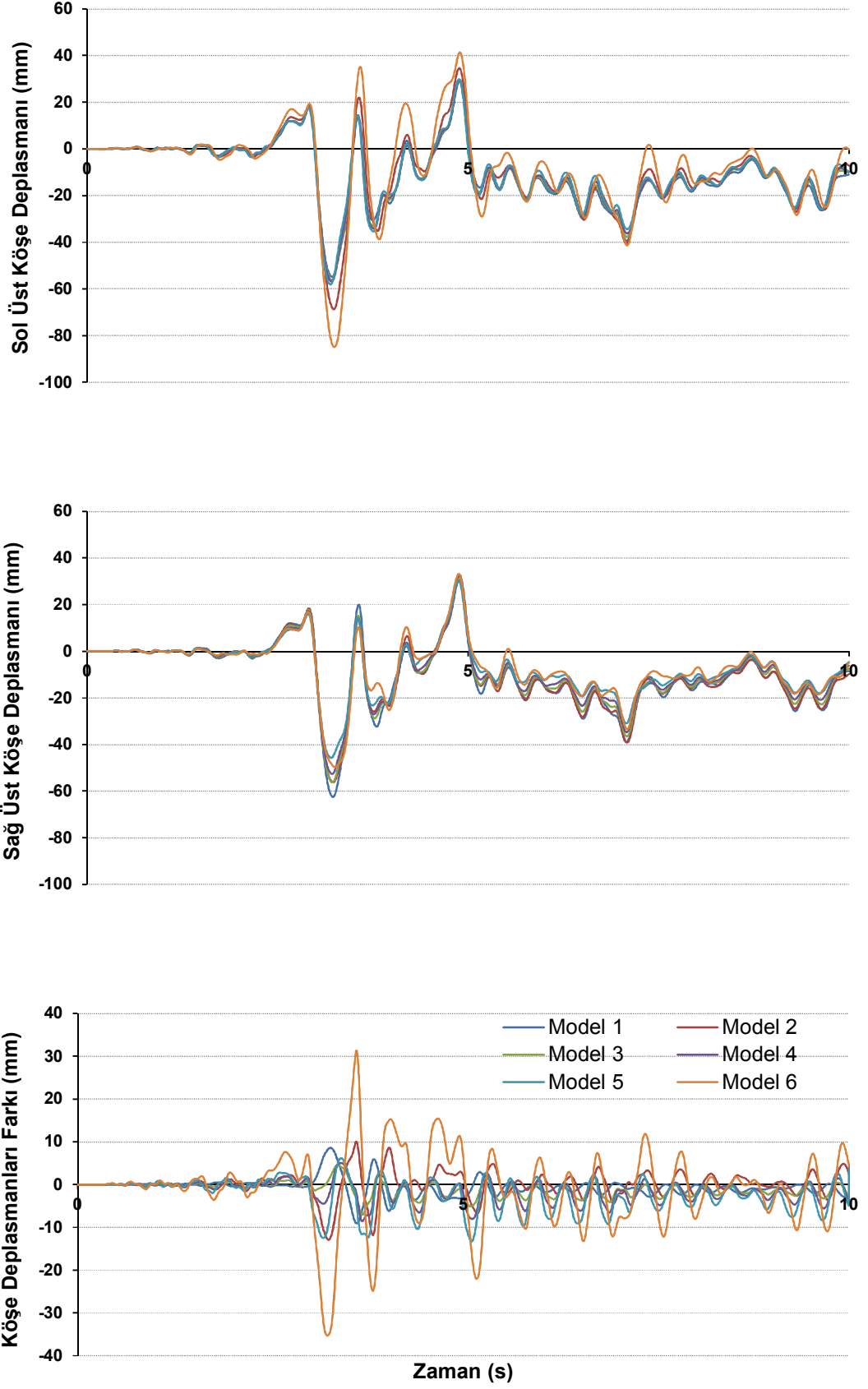
göre dikkate alınan köşe noktalarının değişimi Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Y doğrultusunda deprem etkilenen 4 katlı binaların sol üst köşe ve sağ üst köşe noktalarının yaptığı deplasmanlar dikkate alınırken; X doğrultusunda deprem etkilenen 7 katlı binalarda sağ üst köşe ve sağ alt köşelerin yaptığı deplasmanlar dikkate alınmıştır.



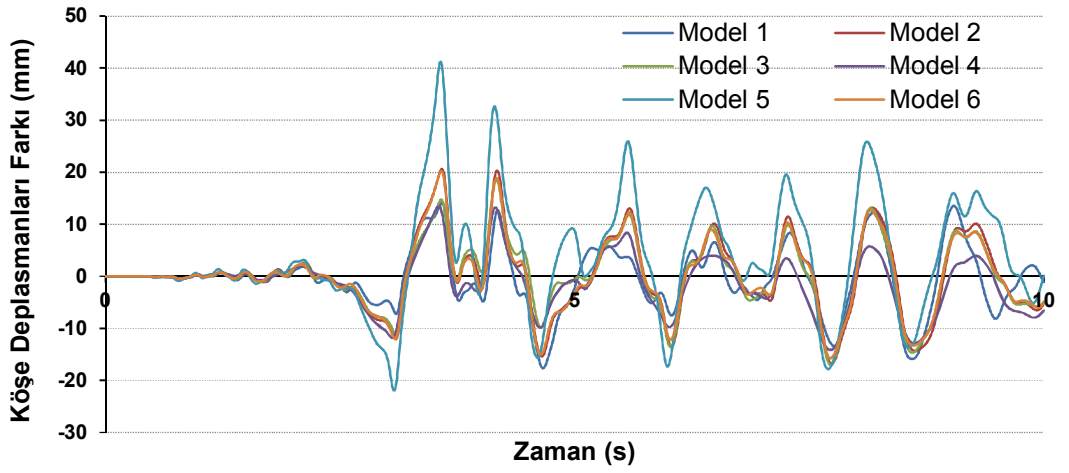
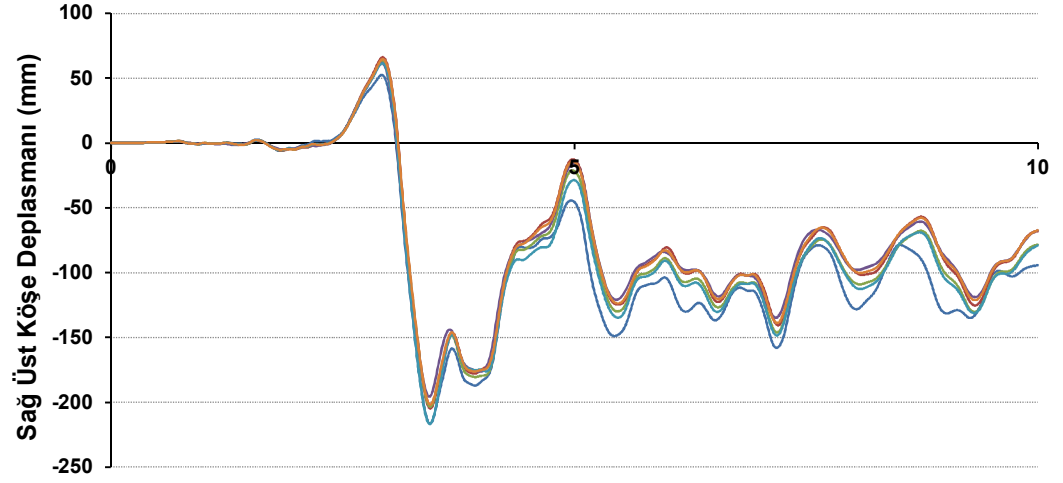
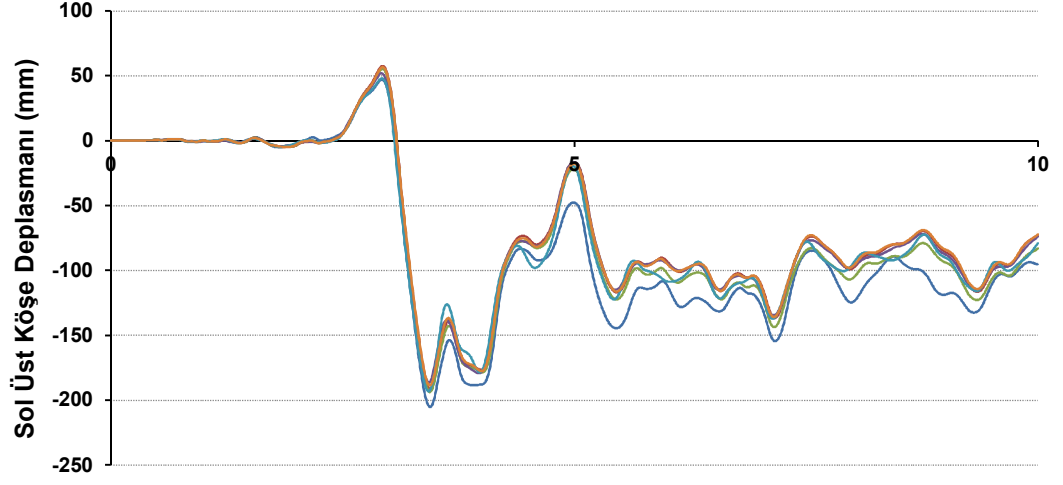
**Şekil 4.1:** Etkiyen deprem doğrultusuna göre dikkate alınan köşe noktaları



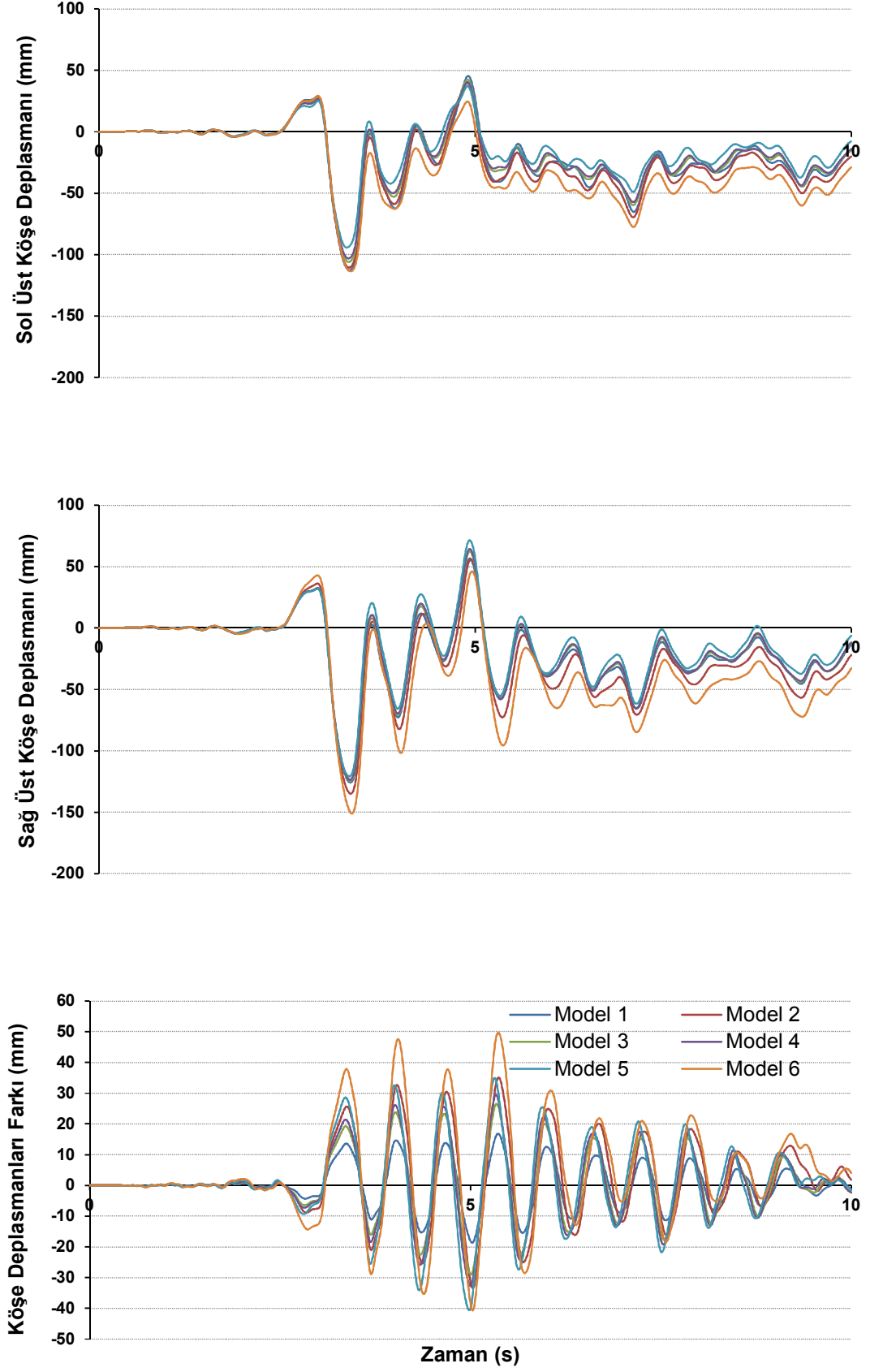
Şekil 4.2: 1975 4 katlı bina modellerinin Y doğrultusunda Erzincan-Ew ivme kaydı altında çatı katı deplasman talepleri



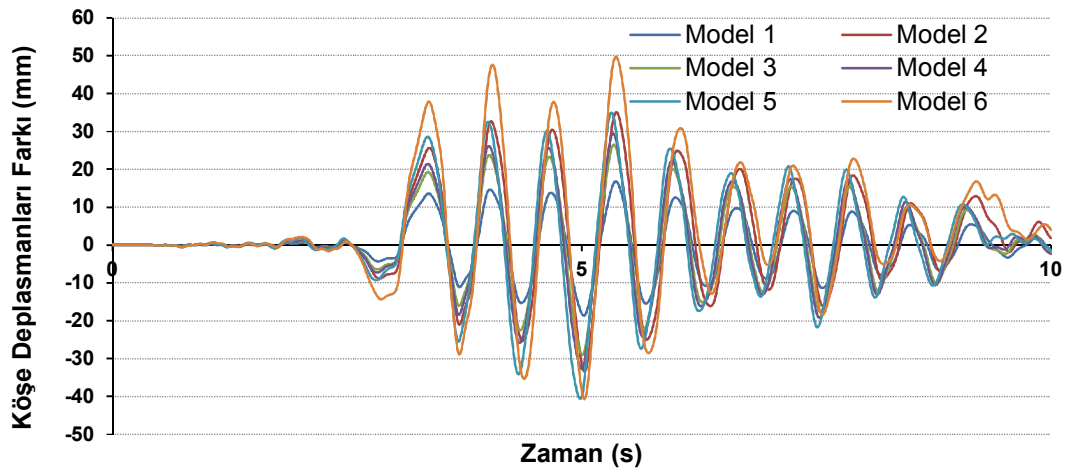
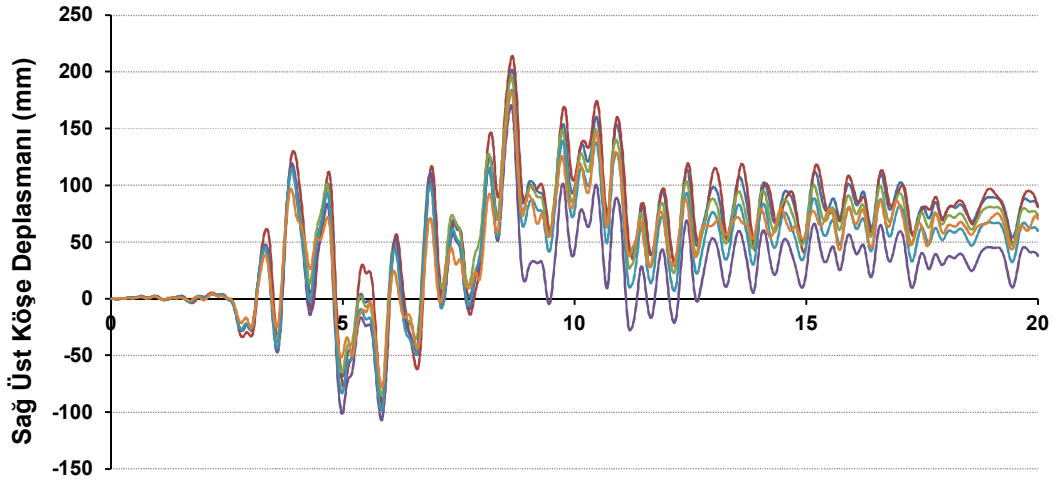
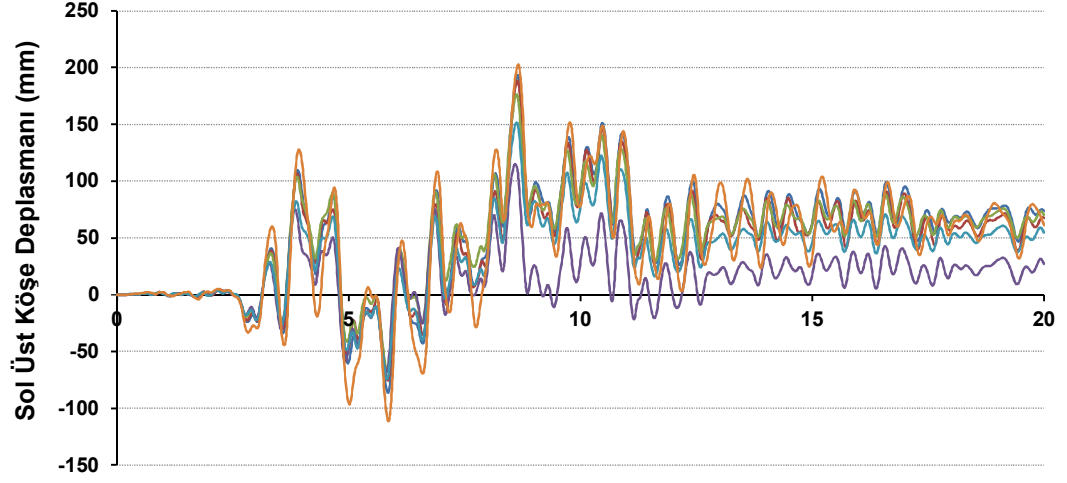
Şekil 4.3: 1998 4 katlı bina modellerinin Y doğrultusunda Erzincan-Ew ivme kaydı altında çatı katı deplasman talepleri



Şekil 4.4: 1975 7 katlı bina modellerinin X doğrultusunda Erzincan-Ew ivme kaydı altında çatı katı deplasman talepleri

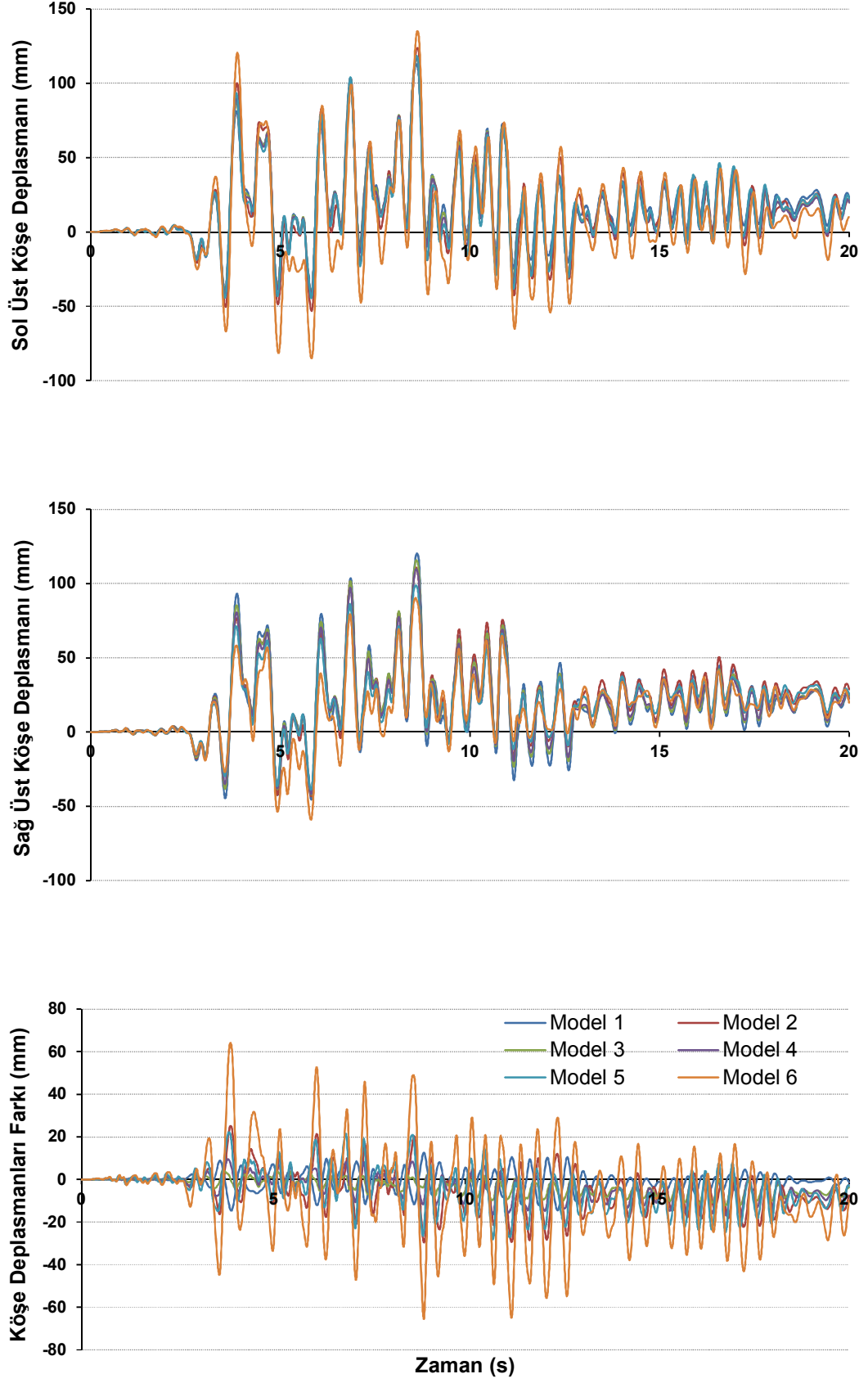


Şekil 4.5: 1998 7 katlı bina modellerinin X doğrultusunda Erzincan-Ew ivme kaydı altında çatı katı deplasman talepleri

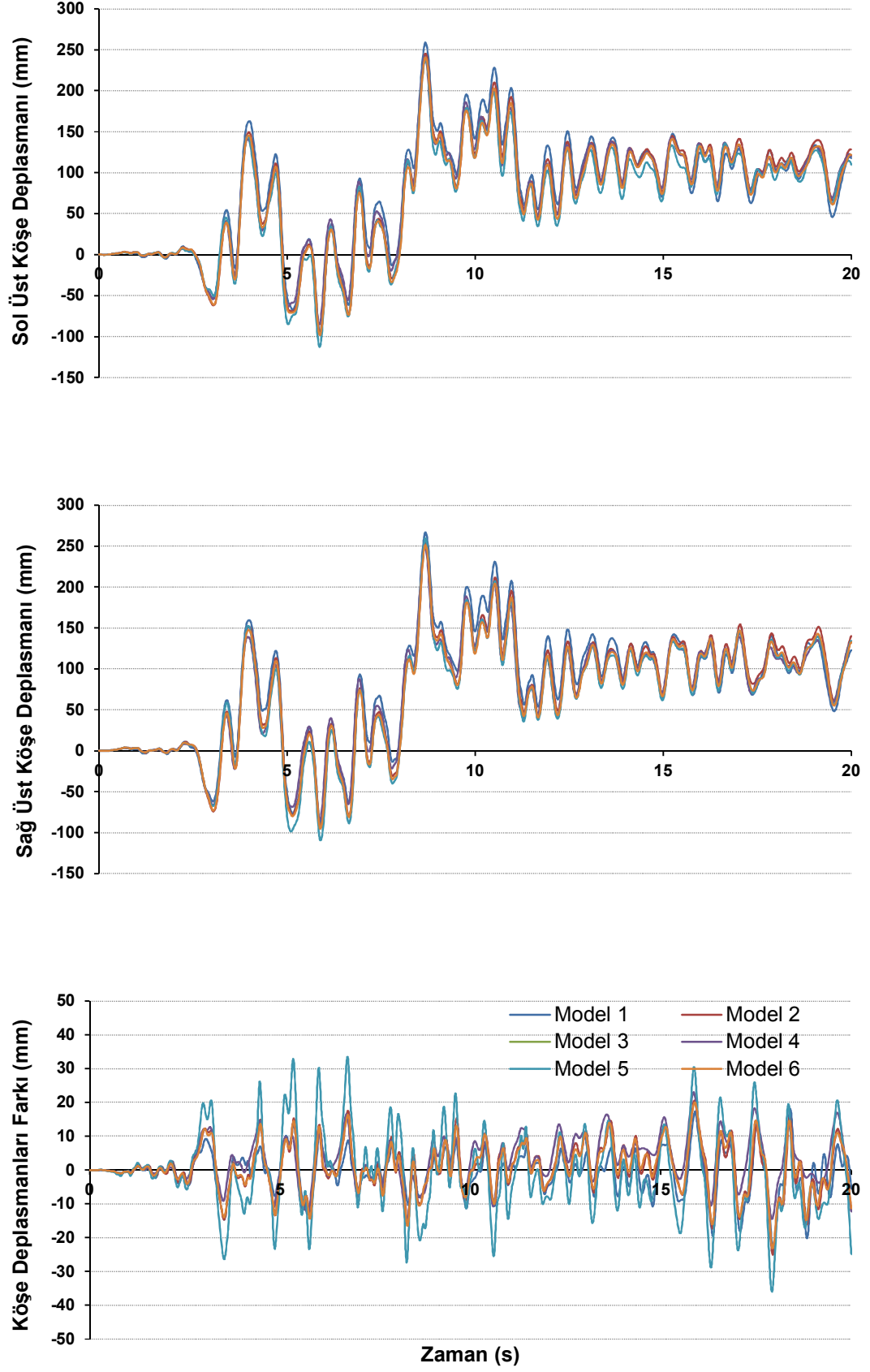


Şekil 4.6: 1975 4 katlı bina modellerinin Y doğrultusunda Northridge-Tar360 ivme kaydı altında çatı katı deplasman talepleri

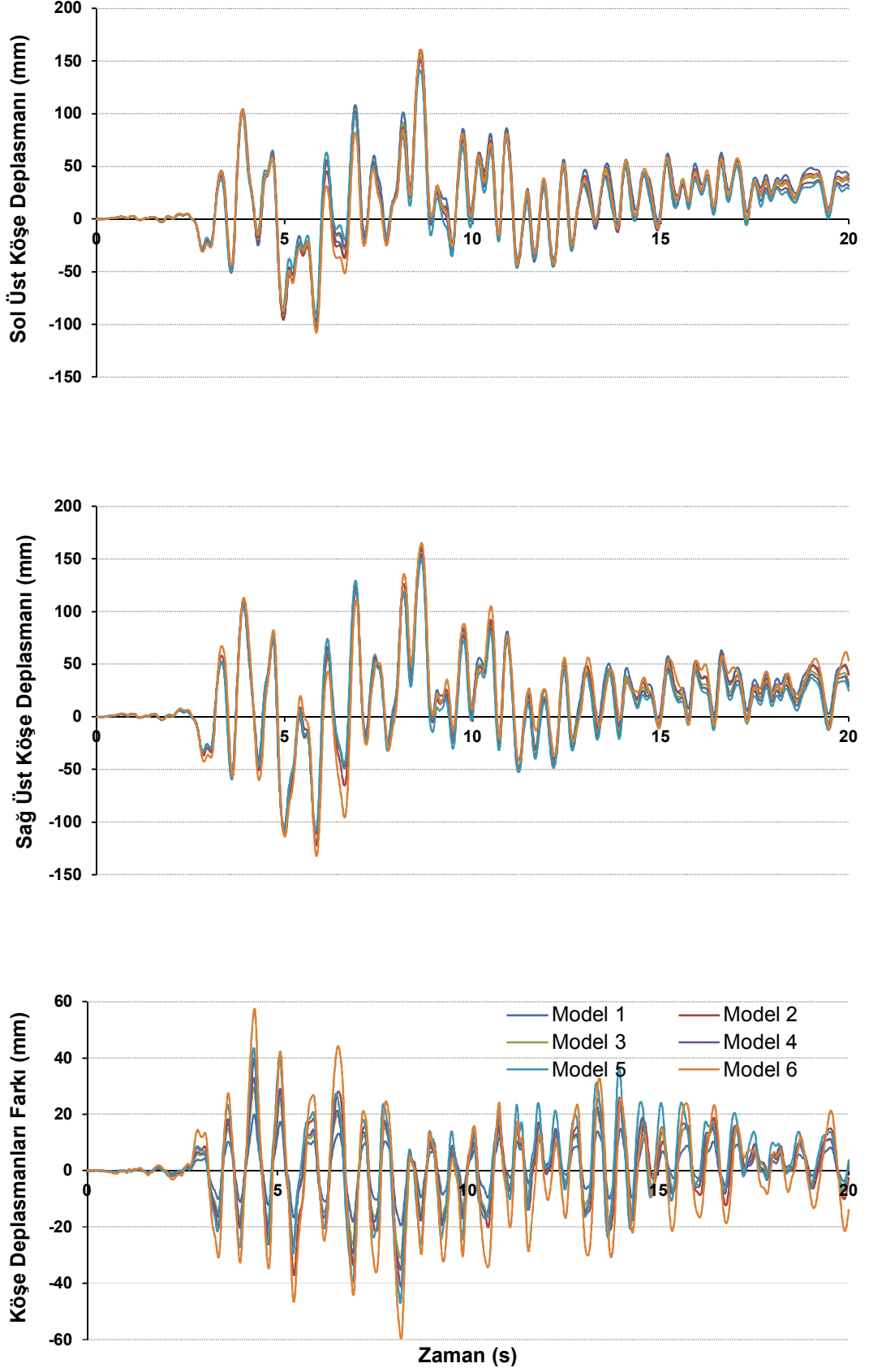




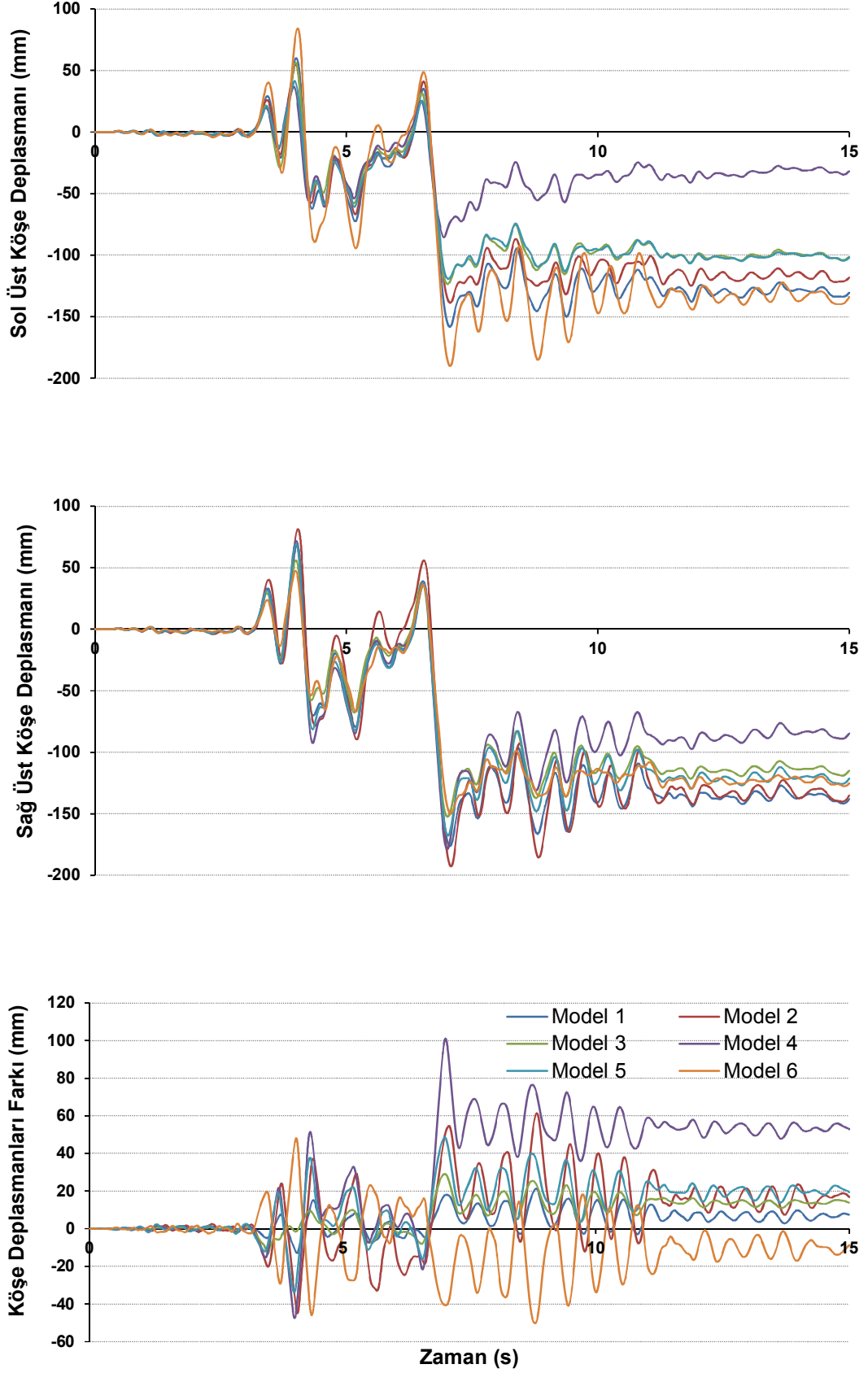
Şekil 4.7: 1998 4 katlı bina modellerinin Y doğrultusunda Northridge-Tar360 ivme kaydı altında çatı katı deplasman talepleri



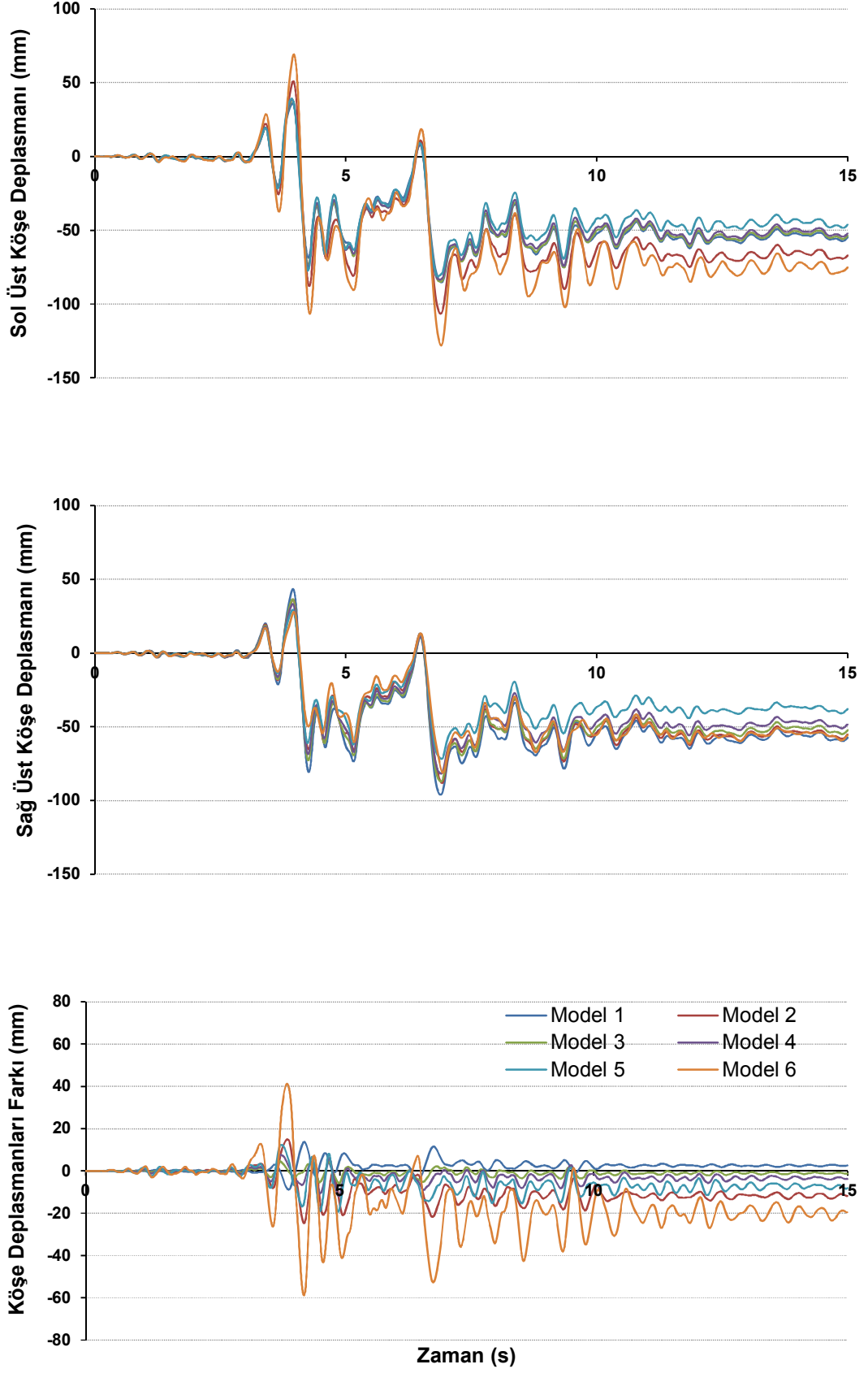
Şekil 4.8: 1975 7 katlı bina modellerinin X doğrultusunda Northridge-Tar360 ivme kaydı altında çatı katı deplasman talepleri



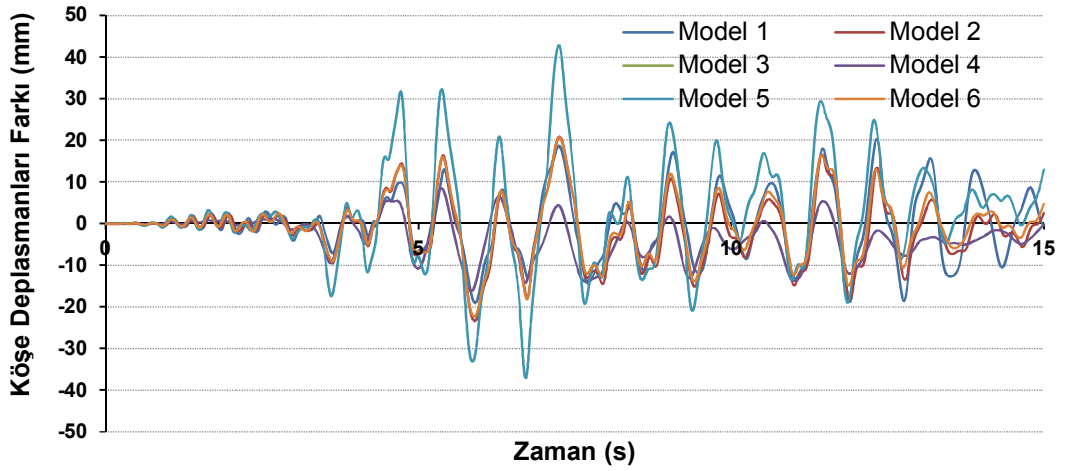
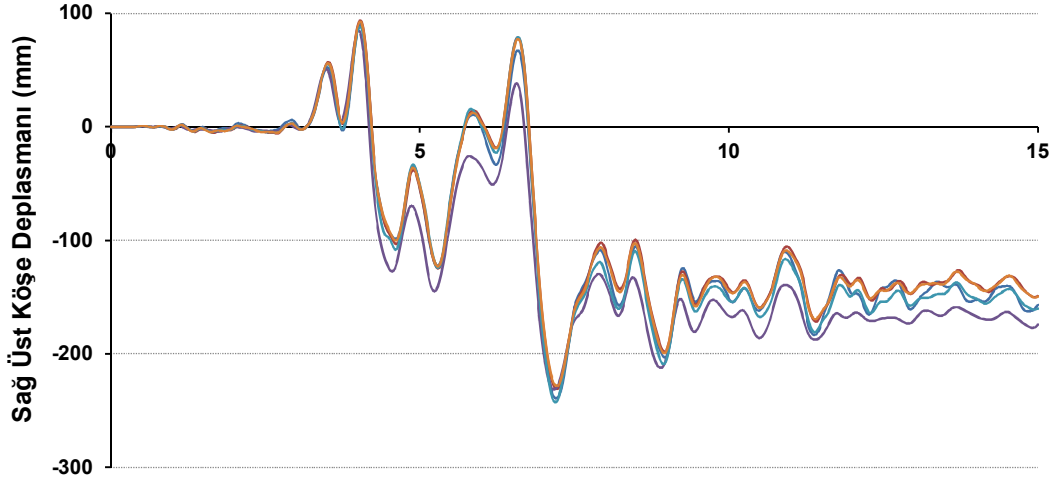
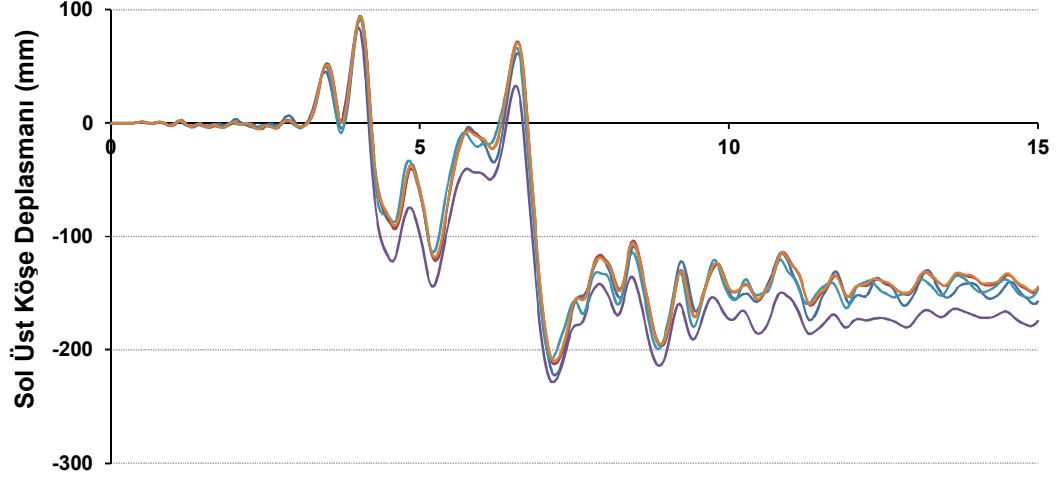
Şekil 4.9: 1998 7 katlı bina modellerinin X doğrultusunda Northridge-Tar360 ivme kaydı altında çatı katı deplasman talepleri



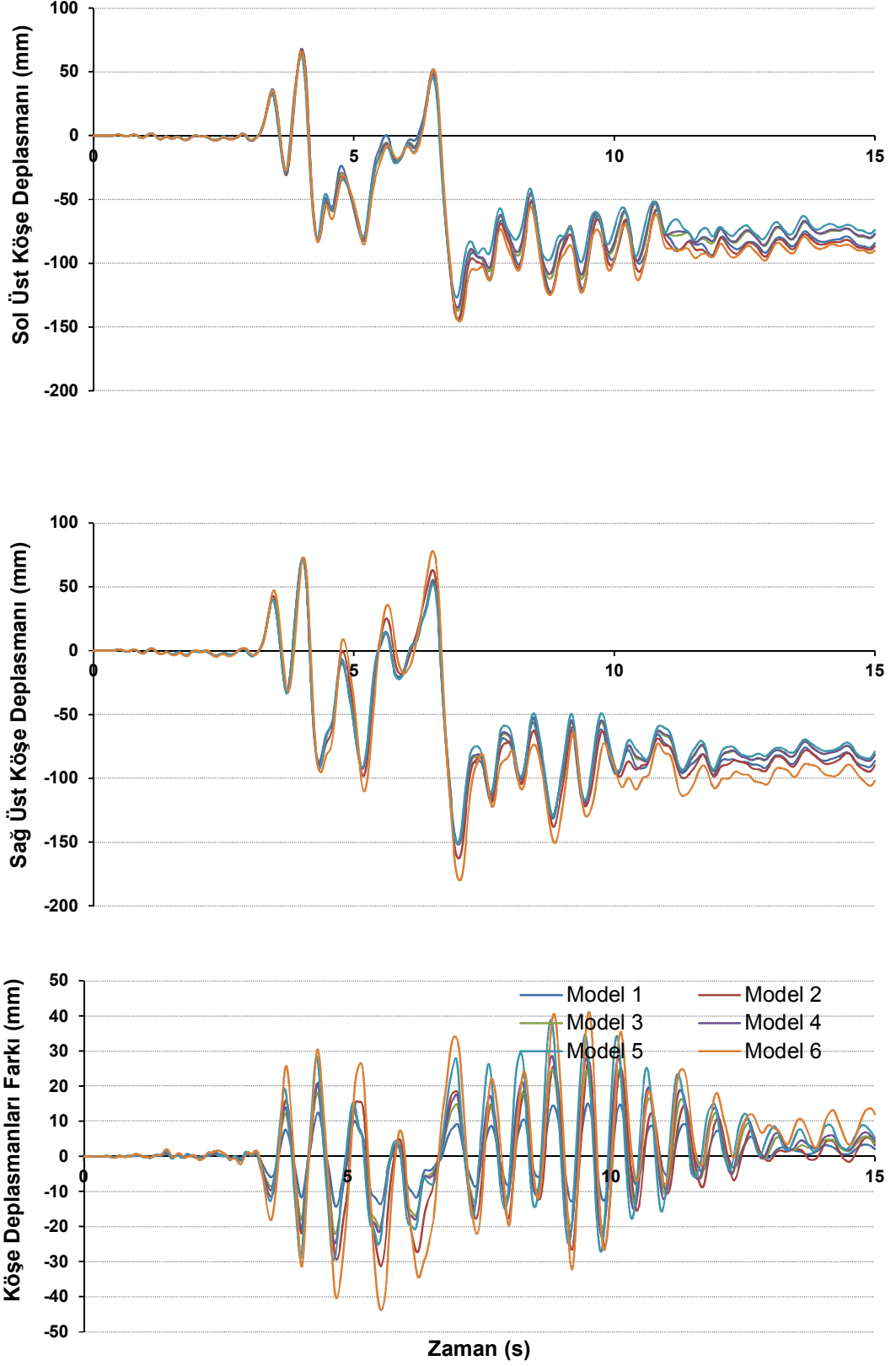
Şekil 4.10: 1975 4 katlı bina modellerinin Y doğrultusunda Northridge-Syl090 ivme kaydı altında çatı katı deplasman talepleri



Şekil 4.11: 1998 4 katlı bina modellerinin Y doğrultusunda Northridge-Syl090 ivme kaydı altında çatı katı deplasman talepleri



Şekil 4.12: 1975 7 katlı bina modellerinin X doğrultusunda Northridge-Syl090 ivme kaydı altında çatı katı deplasman talepleri



Şekil 4.13: 1998 7 katlı bina modellerinin X doğrultusunda Northridge-Sy1090 ivme kaydı altında çatı katı deplasman talepleri

**Tablo 4.2:** Çatı kat mutlak maksimum deplasmanlarına göre kritik modelin belirlenmesi

Bina	Depremler	Çatı Katı Kritik Köşe Maksimum Deplasmanlar(mm)						$\Delta_{max}$ (mm)	Kritik Model
		Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6		
1975 4 Katlı	Erz-Ew	145.63	175.69	131.43	143.48	139.48	132.65	175.69	Model 2
	Northr-Tar360	201.96	214.23	195.99	170.60	184.03	182.27	214.23	Model 2
	Northr-Syl090	176.33	192.86	152.43	178.62	167.76	149.99	192.86	Model 2
1998 4 Katlı	Erz-Ew	54.83	68.80	56.24	56.87	58.06	84.89	84.89	Model 6
	Northr-Tar360	112.97	123.64	116.29	117.08	118.34	135.00	135.00	Model 6
	Northr-Syl090	85.35	106.53	84.93	83.46	81.21	128.07	128.07	Model 6
1975 7 Katlı	Erz-Ew	47.67	46.87	45.57	43.18	45.83	44.70	47.67	Model 1
	Northr-Tar360	267.09	255.83	-	249.81	259.70	251.48	267.09	Model 1
	Northr-Syl090	103.97	109.51	107.11	98.52	109.61	109.48	109.61	Model 5
1998 7 Katlı	Erz-Ew	125.81	134.99	124.51	123.63	120.87	151.10	151.10	Model 6
	Northr-Tar360	161.03	159.58	156.13	154.44	150.07	165.26	165.26	Model 6
	Northr-Syl090	151.98	162.73	150.97	150.98	151.20	179.93	179.93	Model 6

**Tablo 4.3:** Çatı Katında Kritik Köşe Deplasman Farkının Maksimum Deplasmana Oranı (%)

Bina	Depremler	Çatı Katında Kritik Köşe Max.Deplasman Farkının Max.Deplasmana Oranı (%)						$\Delta_{max}(\%)$	Kritik Model
		Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6		
1975 4 Katlı	Erz-Ew	9.47	27.26	26.28	52.81	26.70	25.83	52.81	Model 4
	Northr-Tar360	4.50	6.03	3.62	5.02	7.22	19.36	19.36	Model 6
	Northr-Syl090	10.02	10.70	12.21	7.93	24.56	13.45	24.56	Model 5
1998 4 Katlı	Erz-Ew	34.02	51.07	51.61	57.52	69.95	58.53	69.95	Model 5
	Northr-Tar360	21.04	52.95	23.52	57.87	34.32	39.27	57.87	Model 4
	Northr-Syl090	17.22	27.86	14.43	131.40	121.51	70.52	131.40	Model 4
1975 7 Katlı	Erz-Ew	50.07	53.49	0.00	53.35	78.49	51.81	78.49	Model 5
	Northr-Tar360	7.45	16.10	-	14.10	18.13	23.73	23.73	Model 6
	Northr-Syl090	20.48	55.97	27.09	102.48	44.16	45.82	102.48	Model 4
1998 7 Katlı	Erz-Ew	10.91	18.34	4.69	9.69	15.95	38.96	38.96	Model 6
	Northr-Tar360	12.60	14.66	0.00	10.51	28.51	13.52	28.51	Model 5
	Northr-Syl090	9.89	19.15	16.39	18.94	25.73	24.32	25.73	Model 5

Şekil 4.2-4.13'te verilen grafikler incelendiğinde çatı katı köşe noktası deplasman taleplerinin belirli saniyelerden sonra yatay eksenden uzaklaştığı ve kalıcı deformasyonların olduğu gözlenmektedir. 4 katlı 1975 yönetmeliğine göre modellenen binaların ilgili deprem kayıtları altında çatı katlarının 15 cm'e kadar kalıcı deformasyon yaptığı görülürken, 1998 yönetmeliğine göre modellenen binalar en fazla 7.5 cm' lik kalıcı deformasyon yapmıştır. 7 katlı modellere gelindiğinde ise 1975 yönetmeliğine göre modellenen binaların ilgili deprem kayıtları altında çatı katlarının 17.5 cm'e kadar kalıcı deformasyon yaptığı görülürken, 1998 yönetmeliğine göre modellenen binalar en fazla 10.5 cm' lik kalıcı deformasyon yaptığı görülmüştür. Kat sayısı arttıkça kalıcı deformasyonlar artmıştır. Aynı kat sayısı göz önüne alındığında 1975 yönetmeliğine göre modellenen binalar, 1998 yönetmeliğine göre modellenen binalardan daha çok kalıcı deformasyon yapmıştır.



Çalışmada kullanılan 4 ve 7 katlı modeller incelendiğinde 3 deprem kaydı için kritik modeller Tablo 4.2’ de de verildiği gibi sırasıyla model 2, model 6, model 1 ve model 6 olarak göze çarpmaktadır. Model 6 ile tasarlanan binaların eksantrisite oranları diğer modellerin eksantrisite oranına göre yüksek olmasına rağmen en yüksek deplasman taleplerinin farklı modellerde oluşmasının nedeni modellerin rijitliği ile ilişkilendirilmiştir. Bina rijitliği arttıkça gerçek deprem kaydı ile yapılan ZTA dinamik analiz sonucu binanın yaptığı maksimum deplasman değeri azalmıştır. Tablo 4.3 tede bina modellerine ait eksantrisite oranları, rijitlik değerleri ile 1 ve 3. moda ait periyot değerleri verilmiştir.

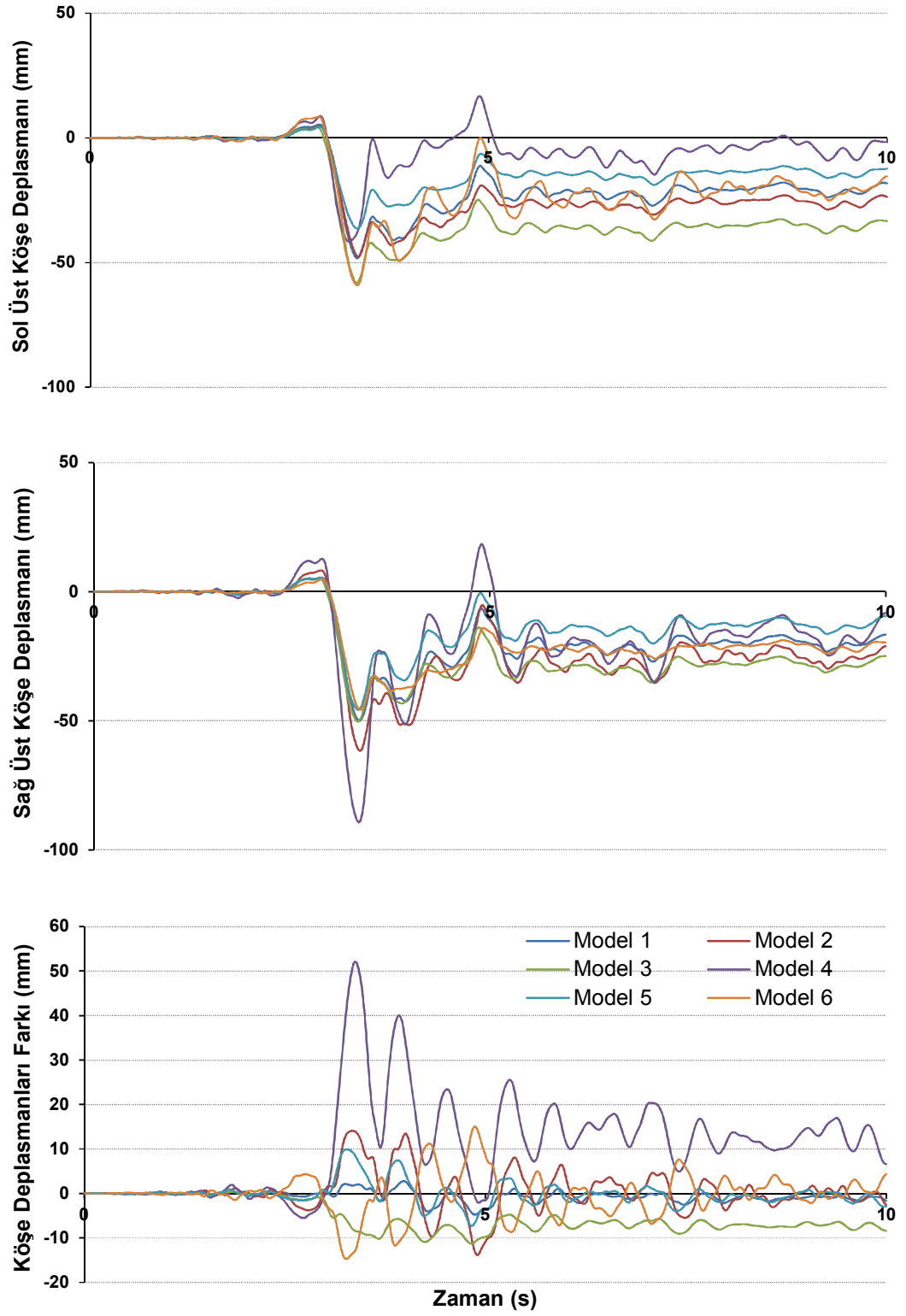
**Tablo 4.4:** Çatı kat mutlak maksimum deplasmanlarına göre kritik modelin belirlenmesi

	Model	e (%)	k (N/mm)	k/k <sub>max</sub>	T <sub>1</sub> (sn)	T <sub>3</sub> (sn)
1975 4 Katlı	Model 1	0	2204051	0.317	0.53	0.47
	Model 2	10	2091587	0.300	0.59	0.46
	Model 3	5	2585568	0.371	0.52	0.42
	Model 4	10	3060331	0.440	0.52	0.38
	Model 5	25	5189847	0.745	0.52	0.34
	Model 6	25	2922192	0.420	0.60	0.40
1998 4 Katlı	Model 1	0	2970583	0.427	0.40	0.36
	Model 2	10	2784152	0.400	0.42	0.37
	Model 3	5	3318245	0.477	0.39	0.34
	Model 4	10	3988879	0.573	0.39	0.33
	Model 5	25	6962913	1.000	0.39	0.29
	Model 6	25	3460951	0.497	0.48	0.32
1975 7 Katlı	Model 1	0	10022053	0.253	0.84	0.77
	Model 2	10	9955758	0.252	0.85	0.75
	Model 3	5	11639937	0.294	0.84	0.75
	Model 4	10	15568540	0.394	0.84	0.73
	Model 5	25	39555686	1.000	0.84	0.69
	Model 6	25	19938268	0.504	0.83	0.74
1998 7 Katlı	Model 1	0	14577196	0.369	0.63	0.58
	Model 2	10	16236391	0.410	0.66	0.57
	Model 3	5	15927088	0.403	0.63	0.56
	Model 4	10	17778710	0.449	0.63	0.55
	Model 5	25	28183633	0.713	0.63	0.53
	Model 6	25	14085567	0.356	0.70	0.55
*T <sub>1</sub> :İlgili yöndeki doğal titreşim modu						
*T <sub>3</sub> :Burulma modu						
*k <sub>max</sub> :4 ve 7 katlı binaların kendi içinde maksimum rijitlik değerleri.						

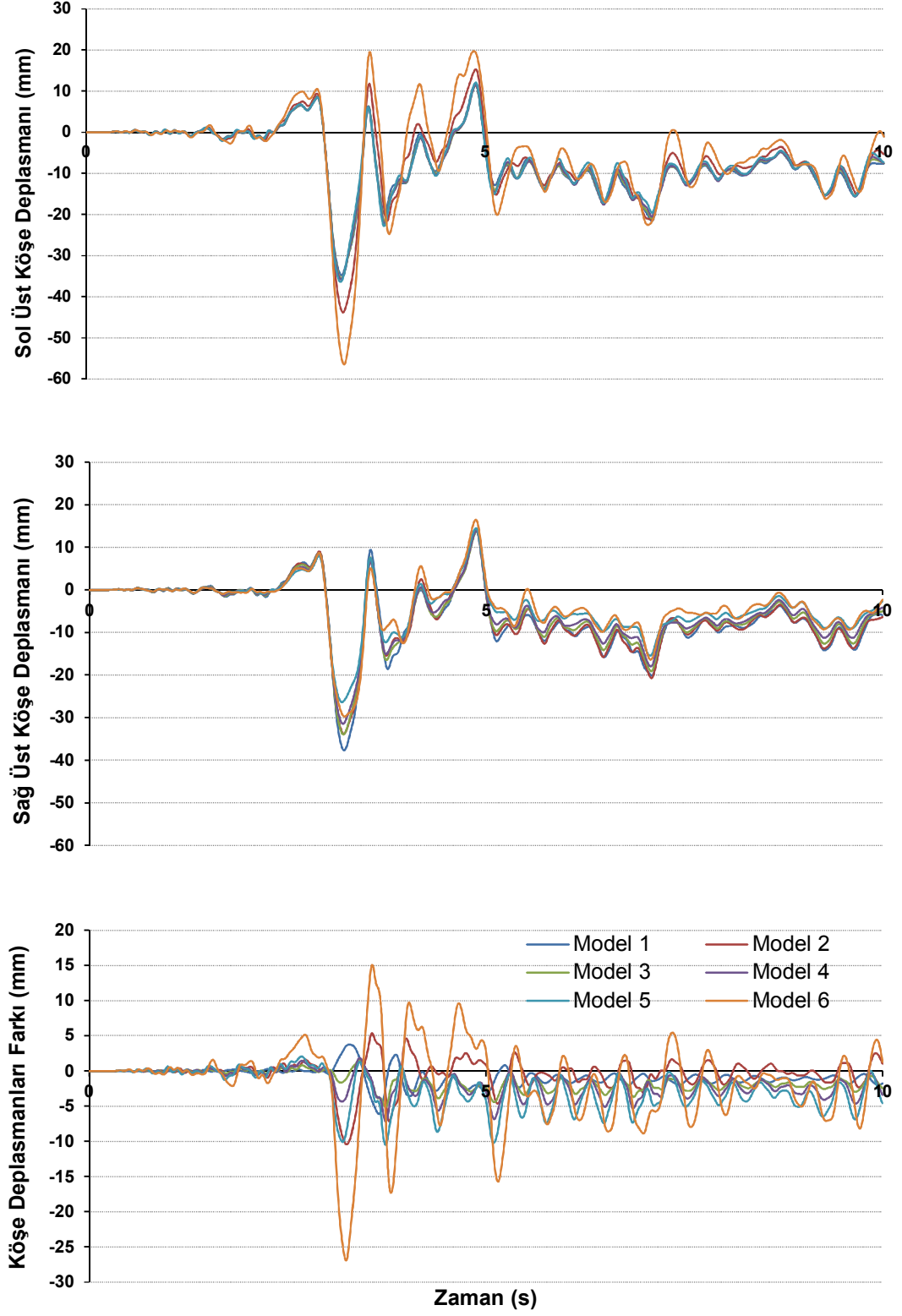
#### 4.4.2 Göreli Ötelenmenin Maksimum Olduğu Katın Deplasmanları

Görelî ötelenmenin maksimum olduğu katı bulabilmek için, birbirine komşu olan iki katın ağırlık merkezlerinin deprem yüklemesi altında yaptığı maksimum deplasmanların farkı ilgili katın yüksekliğine bölünmüştür. Her kat düzeyinde hesaplanan göreli ötelenmeler dikkate alınarak maksimum değerin olduğu kat (IDR

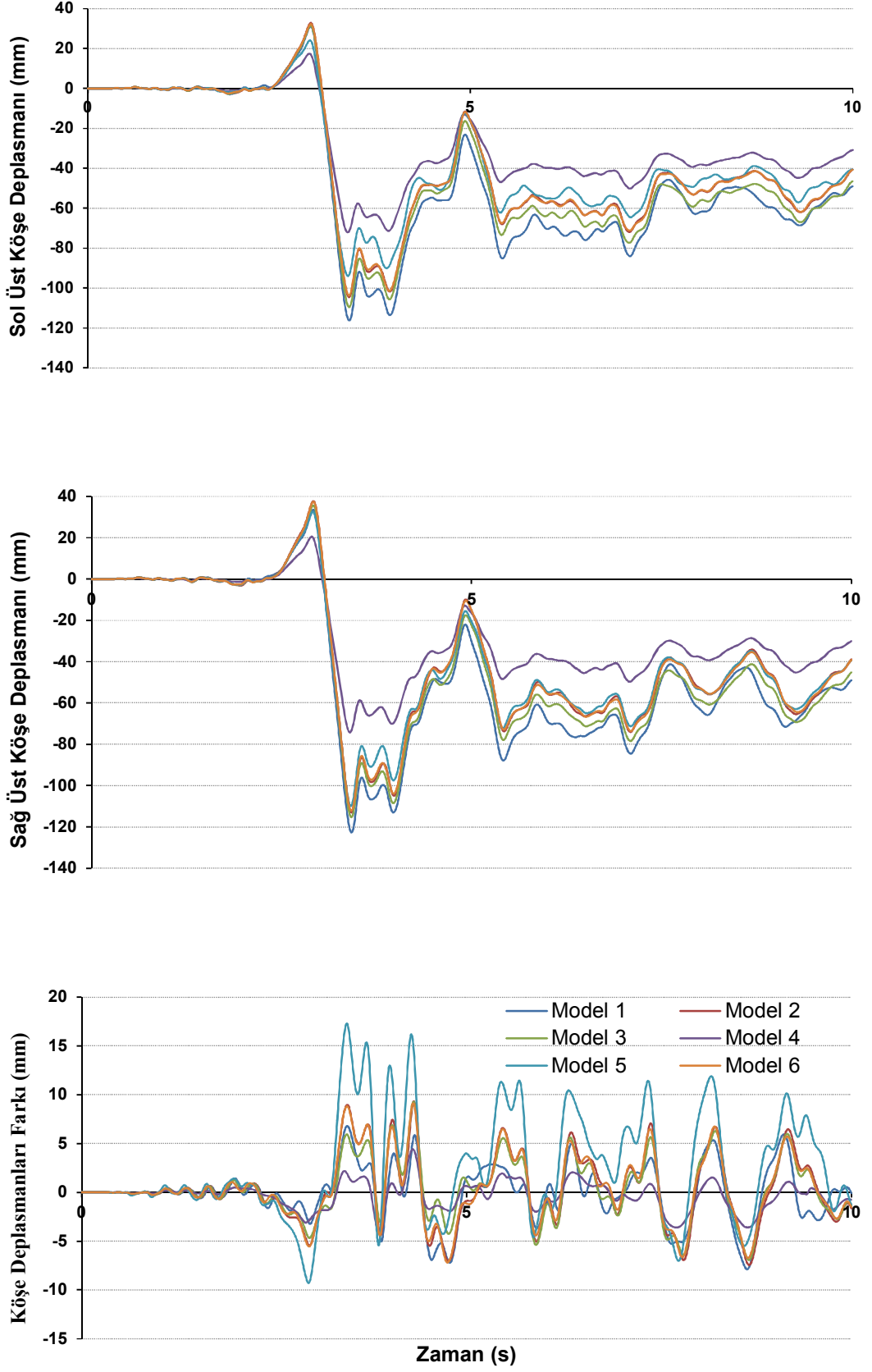
katı) belirlenmiştir. Aynı deprem yüklemesi altında her modelin belirlenen kritik katına(IDR katı) ait deplasman talepleri Şekil 4.14-4.25' te gösterilmiştir.



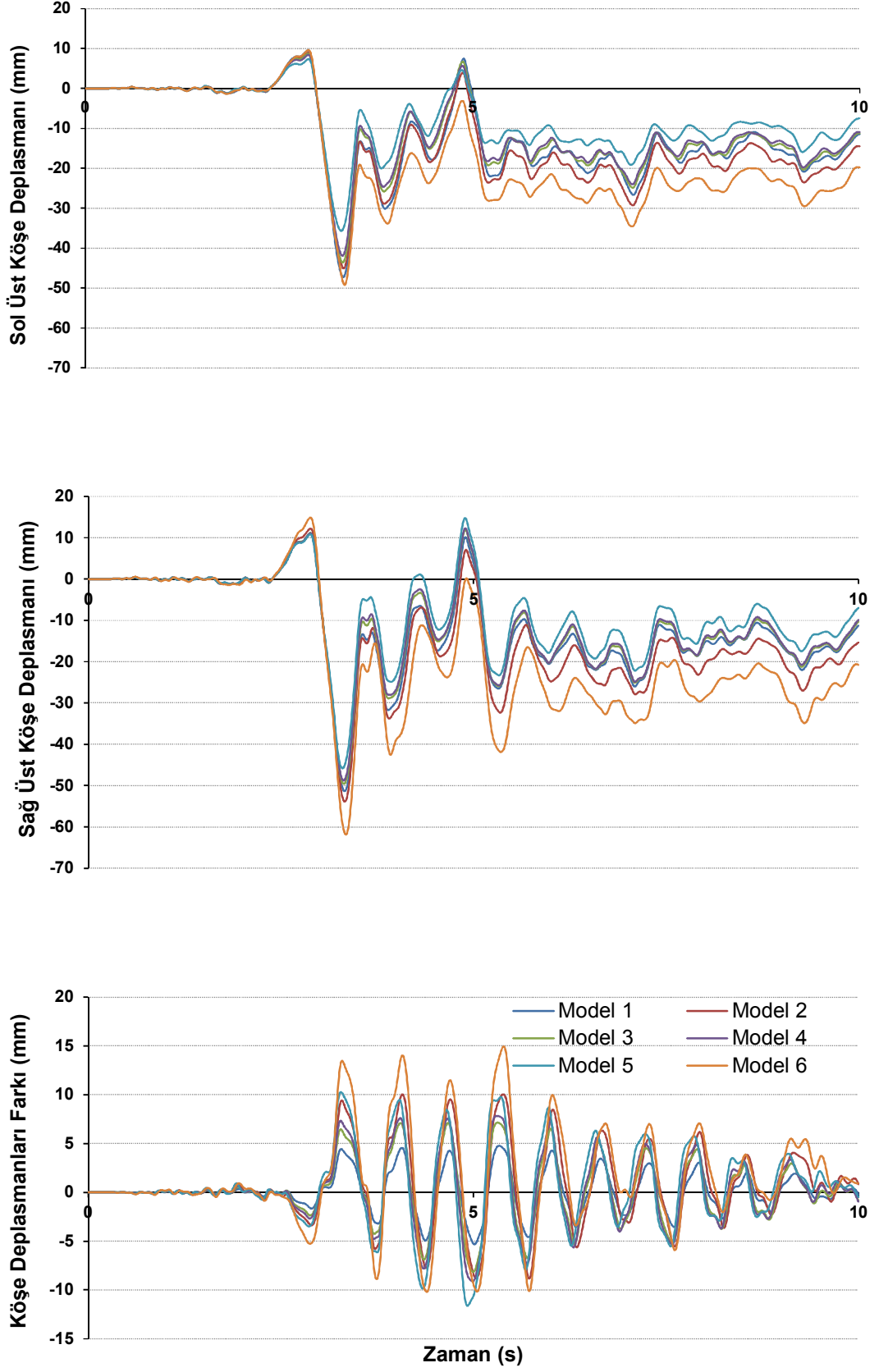
Şekil 4.14: 1975 4 katlı bina modellerinin Erzincan-Ew ivme kaydı altında IDR katı deplasman talepleri



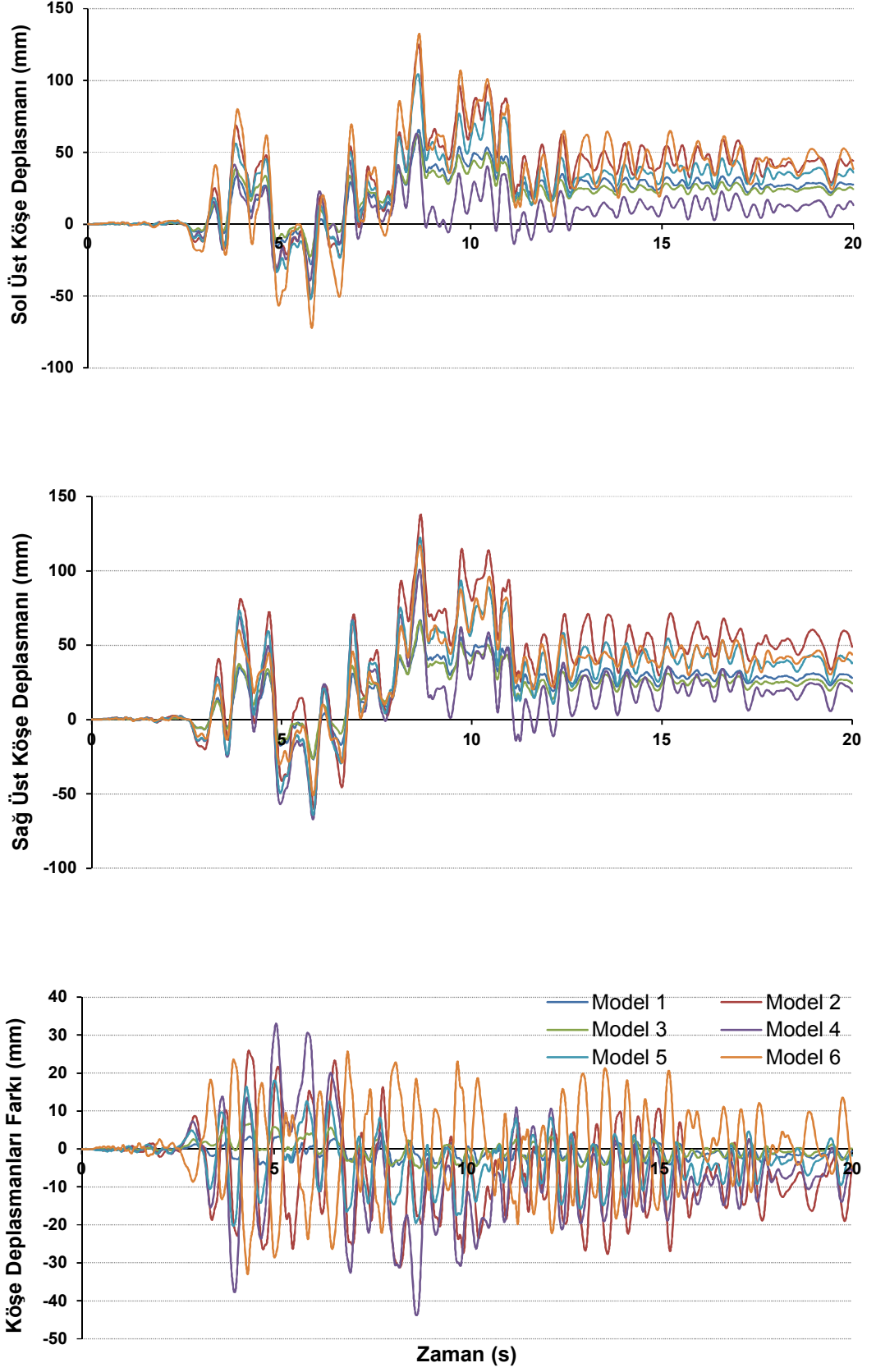
Şekil 4.15: 1998 4 katlı bina modellerinin Erzincan-Ew ivme kaydı altında IDR katı deplasman talepleri



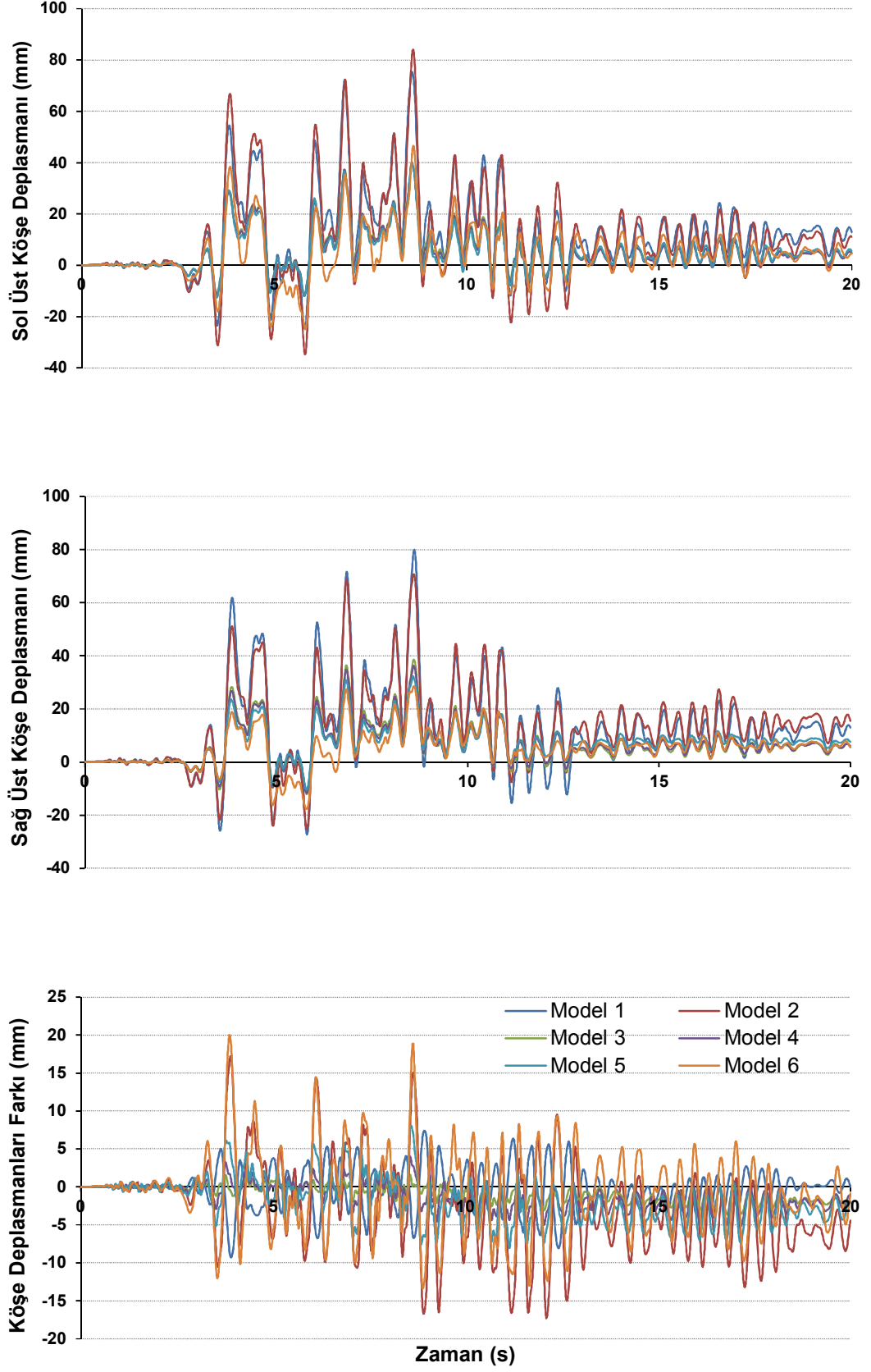
Şekil 4.16: 1975 7 katlı bina modellerinin Erzincan-Ew ivme kaydı altında IDR katı deplasman talepleri



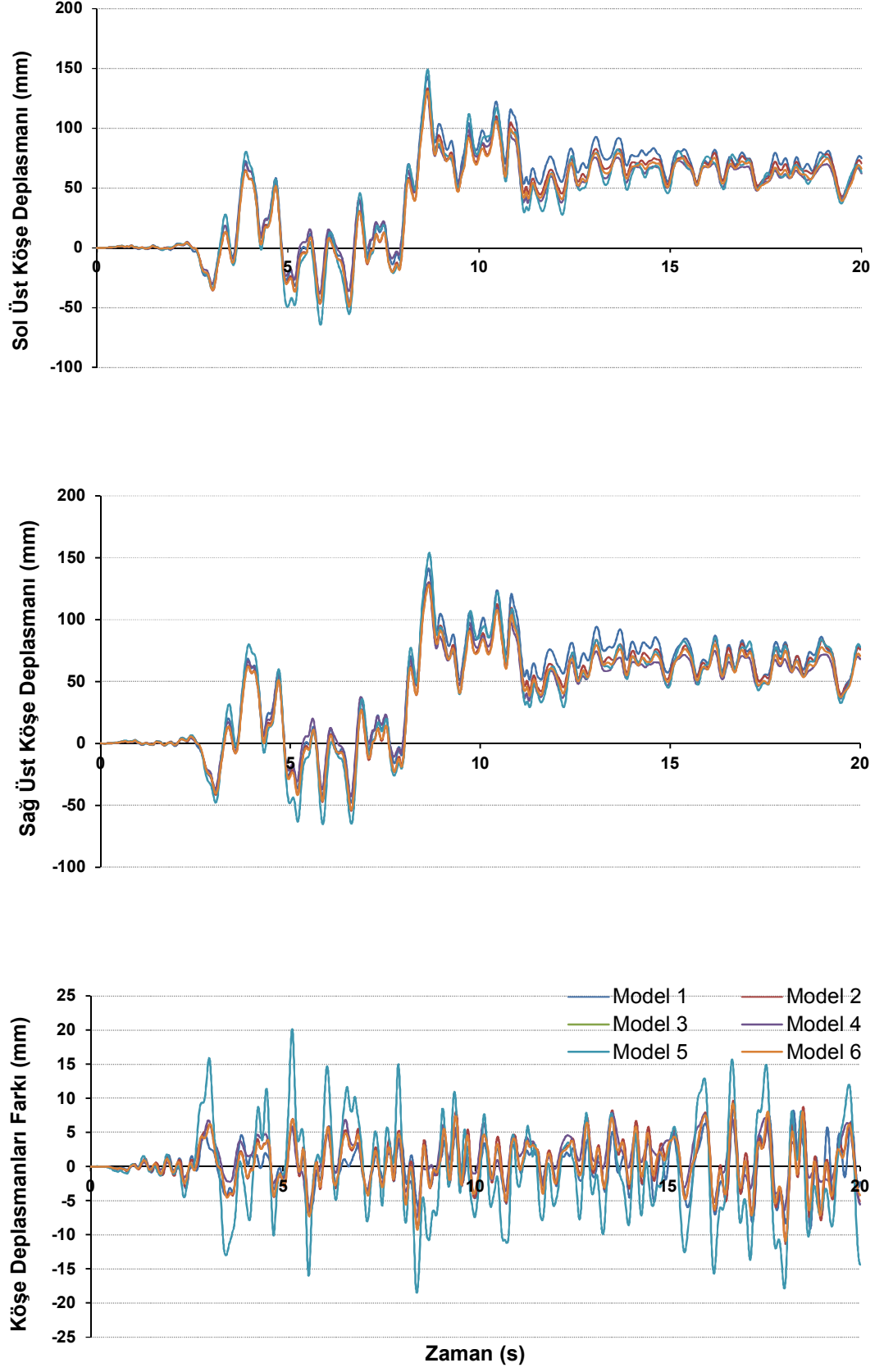
Şekil 4.17: 1998 7 katlı bina modellerinin Erzincan-Ew ivme kaydı altında IDR katı deplasman talepleri



Şekil 4.18: 1975 4 katlı bina modellerinin Northridge-Tar360 ivme kaydı altında IDR katı deplasman talepleri

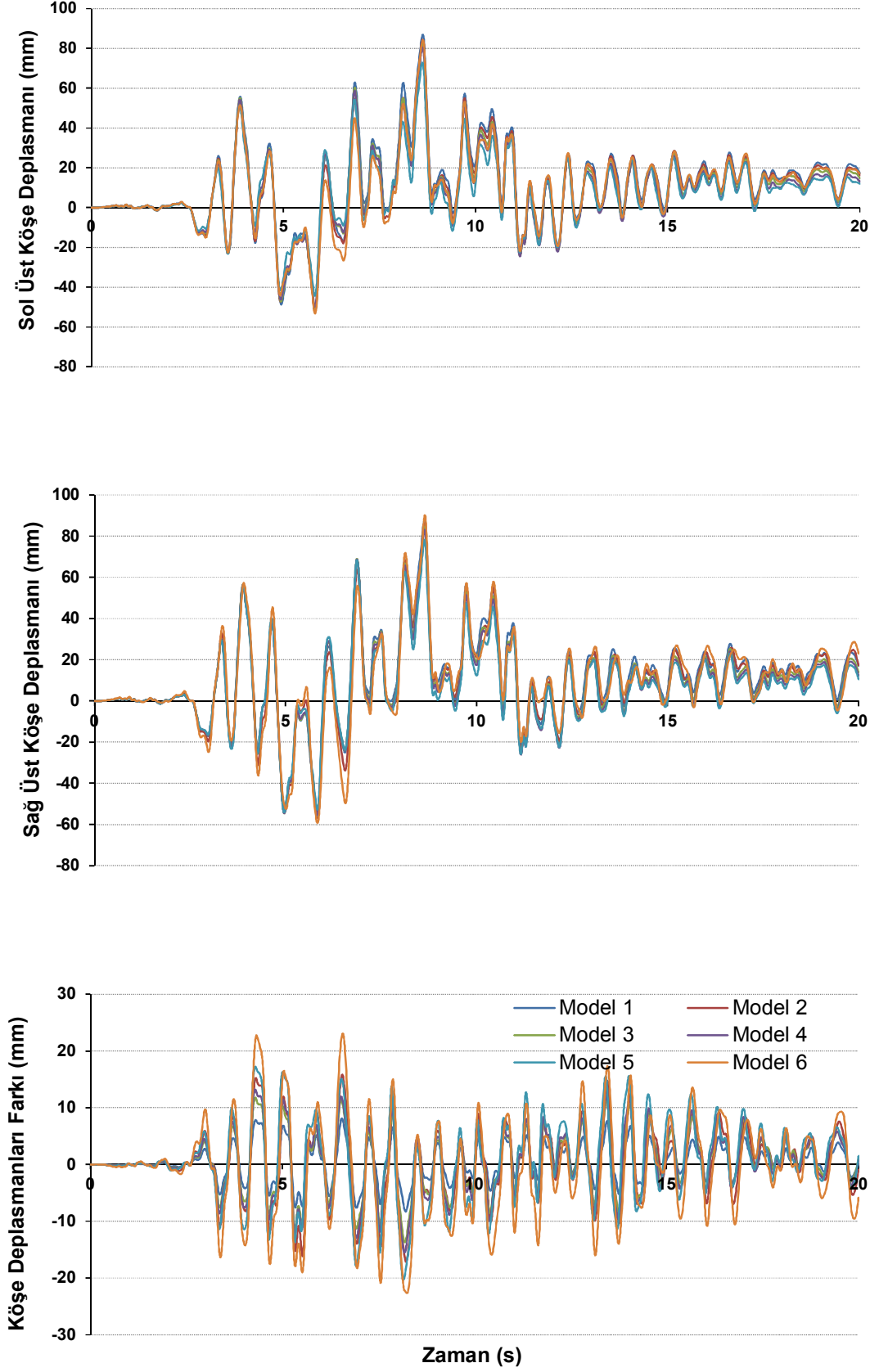


Şekil 4.19: 1998 4 katlı bina modellerinin Northridge-Tar360 ivme kaydı altında IDR katı deplasman talepleri

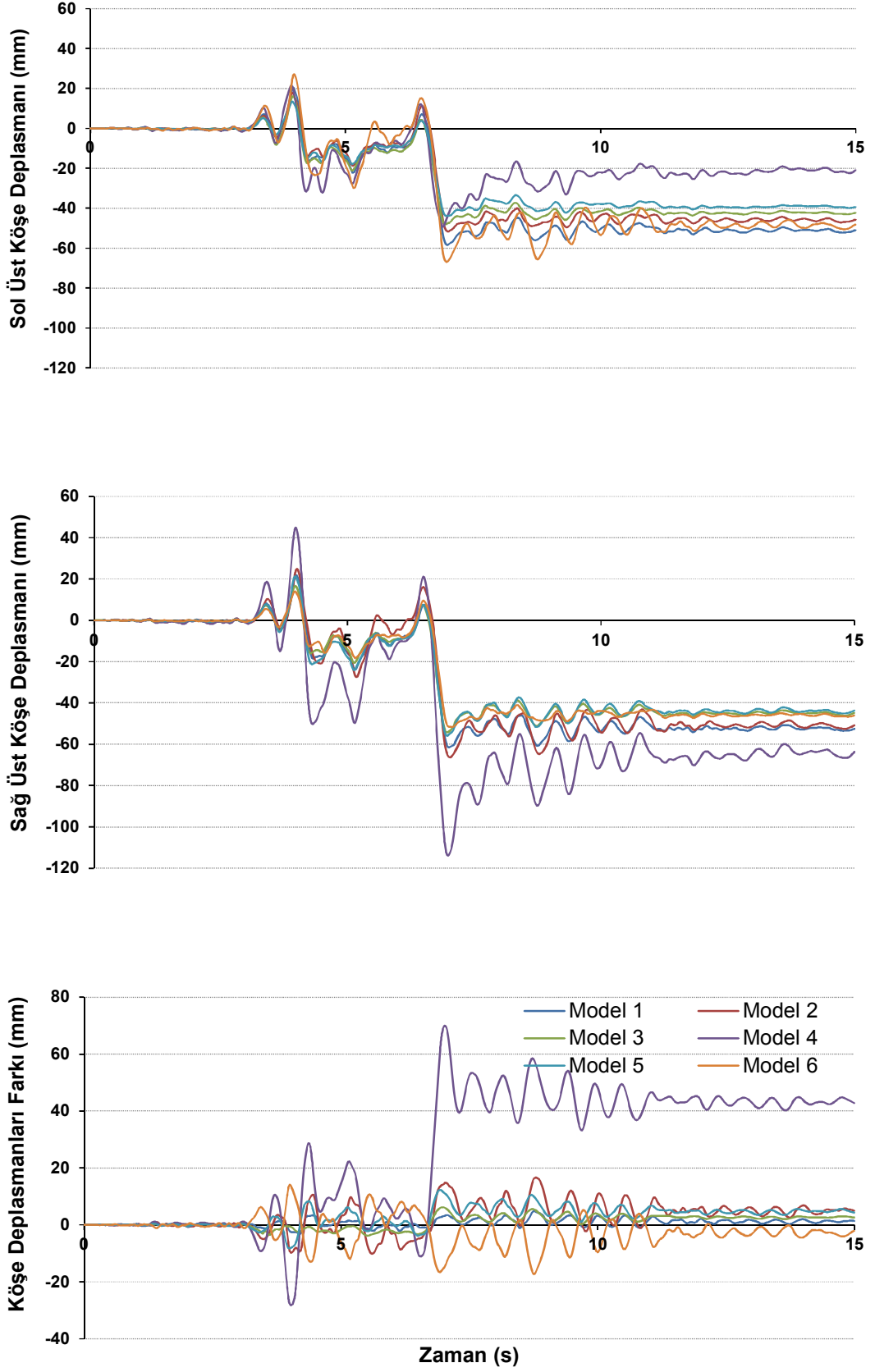


Şekil 4.20: 1975 7 katlı bina modellerinin Northridge-Tar360 ivme kaydı altında IDR katı deplasman talepleri

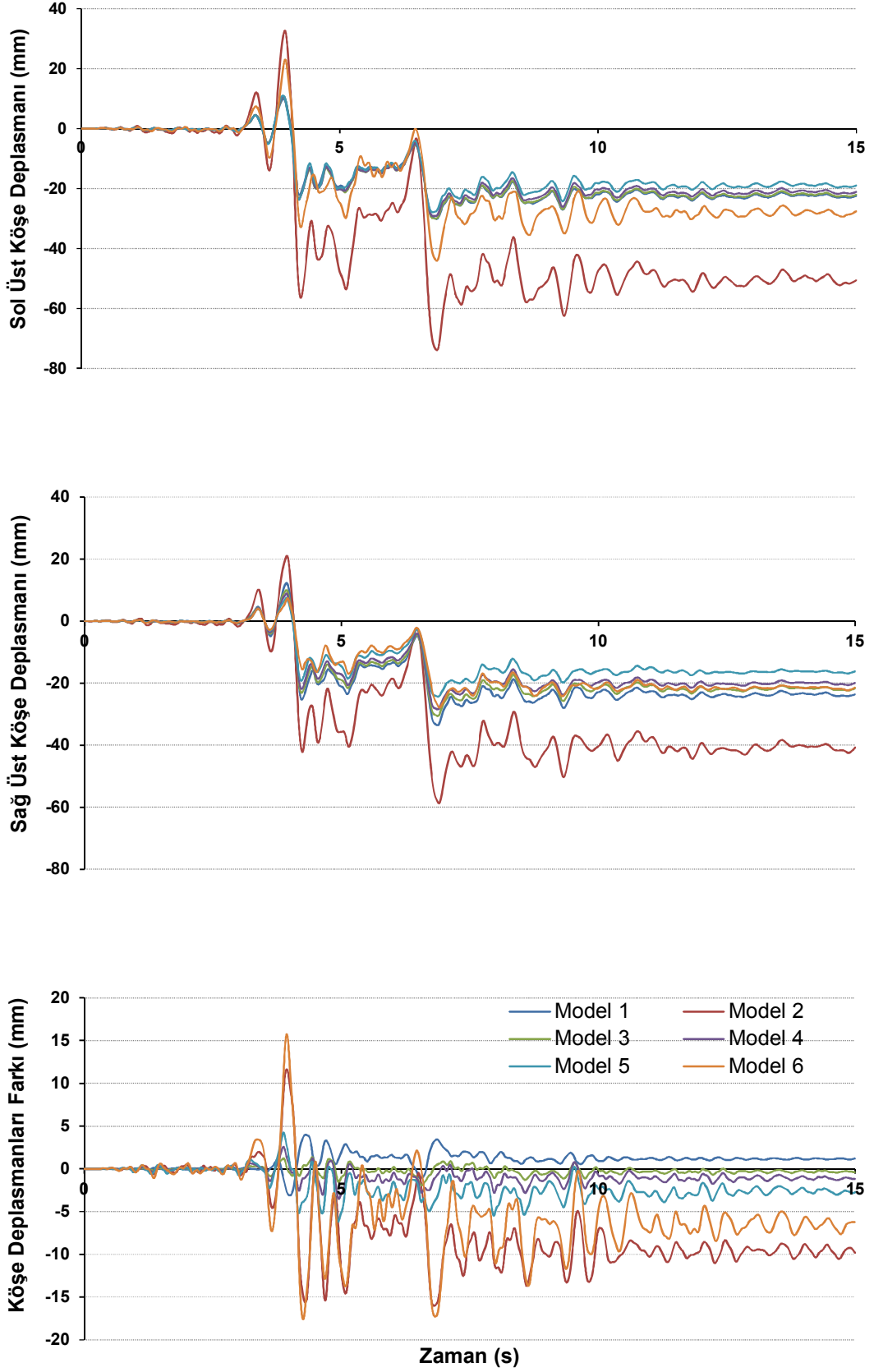




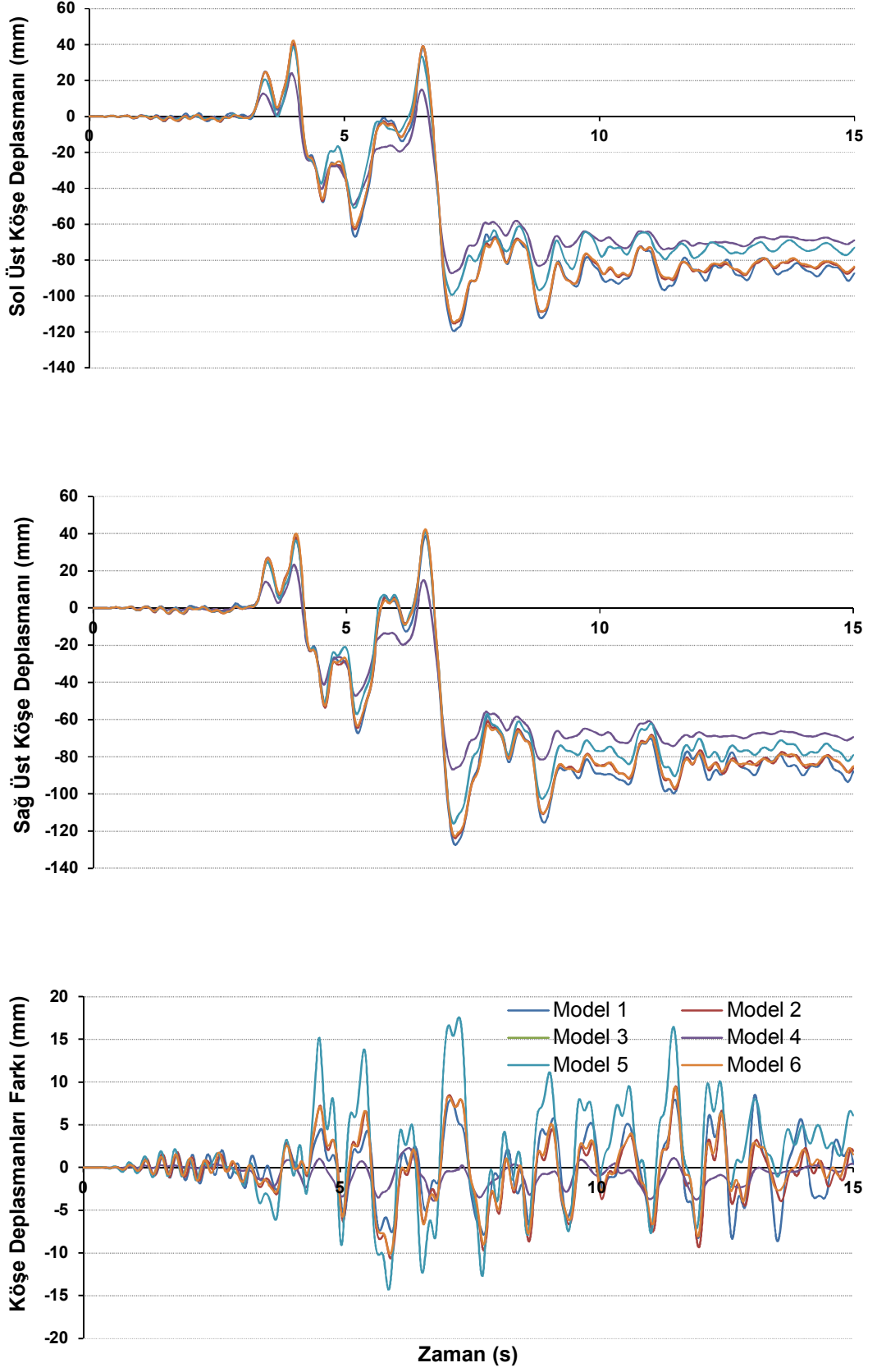
Şekil 4.21: 1998 7 katlı bina modellerinin Northridge-Tar360 ivme kaydı altında IDR katı deplasman talepleri



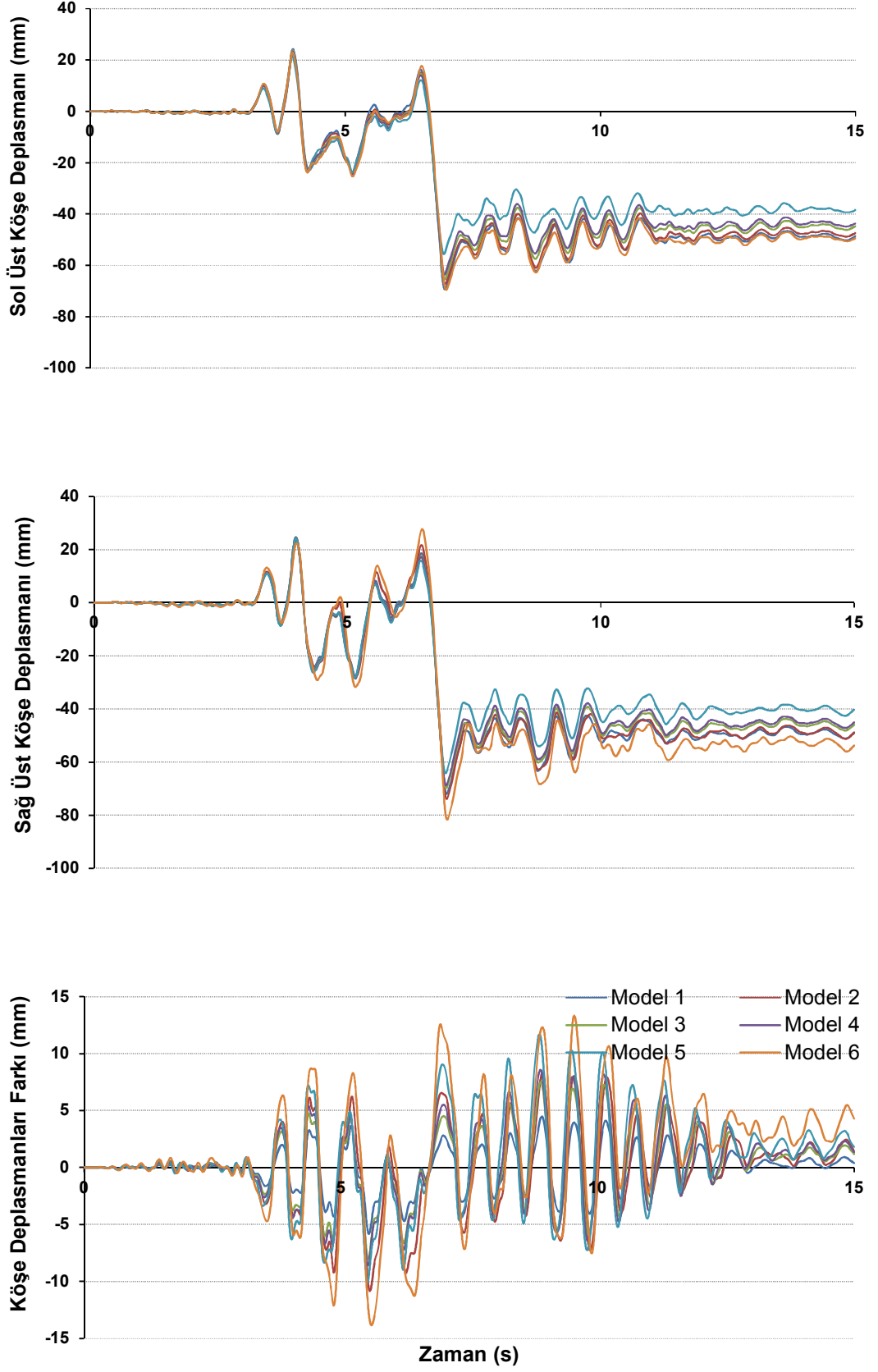
Şekil 4.22: 1975 4 katlı bina modellerinin Northridge-Syl090 ivme kaydı altında IDR katı deplasman talepleri



Şekil 4.23: 1998 4 katlı bina modellerinin Northridge-Syl090 ivme kaydı altında IDR katı deplasman talepleri



Şekil 4.24: 1975 7 katlı bina modellerinin Northridge-Syl090 ivme kaydı altında IDR katı deplasman talepleri



Şekil 4.25: 1998 7 katlı bina modellerinin Northridge-Syl090 ivme kaydı altında IDR katı deplasman talepleri

**Tablo 4.5:** IDR katı mutlak maksimum deplasmanlarına göre kritik modelin belirlenmesi

Bina	Depremler	IDR Kat Kritik Köşe Maksimum Deplasmanlar(mm)						$\Delta_{max}$ (mm)	Kritik Model
		model 1	model 2	model 3	model 4	model 5	model 6		
1975 4 Katlı	Erz-Ew	50.02	61.65	50.23	89.26	45.66	45.76	89.26	Model 4
	Northr-Tar360	66.95	137.78	65.99	100.65	122.40	117.03	137.78	Model 2
	Northr-Syl090	61.45	66.32	54.19	113.87	55.85	51.64	113.87	Model 4
1998 4 Katlı	Erz-Ew	34.75	43.82	35.49	35.79	36.41	56.47	56.47	Model 6
	Northr-Tar360	75.21	84.00	39.70	39.89	40.31	46.63	84.00	Model 2
	Northr-Syl090	30.16	73.98	30.04	29.20	27.89	44.18	73.98	Model 2
1975 7 Katlı	Erz-Ew	122.65	113.00	115.25	74.24	109.89	112.11	122.65	Model 1
	Northr-Tar360	141.39	130.26	-	129.70	153.95	128.24	153.95	Model 5
	Northr-Syl090	50.61	69.58	49.04	53.36	101.22	69.61	101.22	Model 5
1998 7 Katlı	Erz-Ew	51.34	53.87	49.55	48.75	45.78	61.85	61.85	Model 6
	Northr-Tar360	87.60	86.37	84.60	83.19	78.33	90.18	90.18	Model 6
	Northr-Syl090	71.99	73.89	69.73	68.71	64.27	81.57	81.57	Model 6

Grafikler incelendiğinde görelî ötelenmenin en yüksek olduğu katın köşe noktalarında da, çatı kat köşe noktalarında olduğu gibi deplasman taleplerinde belirli saniyelerden sonra yatay eksenden uzaklaşma ve kalıcı deformasyonlar olduğu görülmektedir.

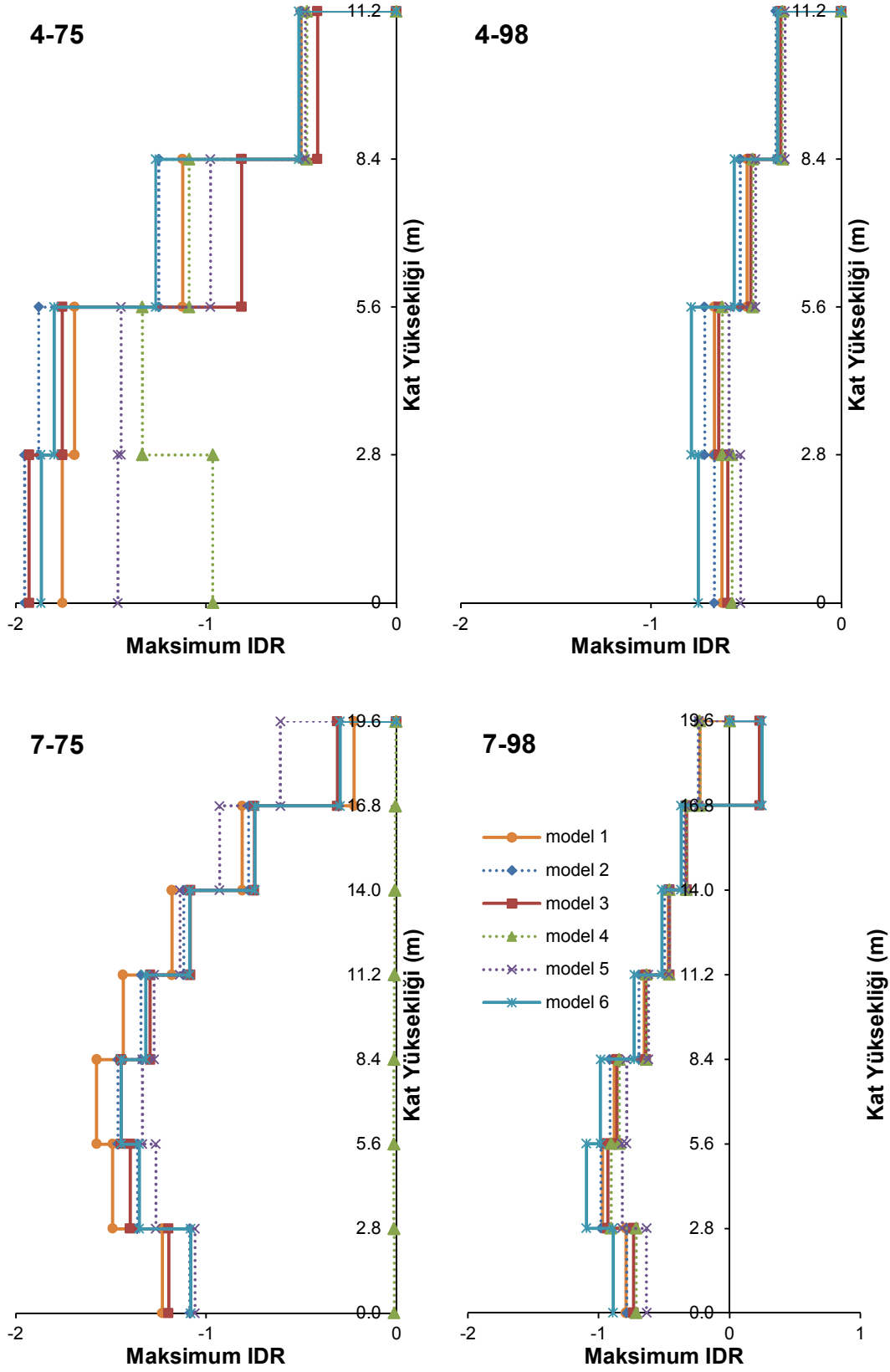
1975 4 katlı,1998 4 katlı,1975 7 katlı, 1998 7 katlı modeller incelendiğinde 3 deprem kaydı için kritik modeller Tablo 4.4’ te de verildiği gibi sırasıyla model 4, model 2, model 5 ve model 6’dır. Model 6 ile tasarlanan binaların eksantrisite oranları diğer modellerin eksantrisite oranına göre yüksek olmasına rağmen en yüksek deplasman taleplerinin farklı modellerde oluşmasının nedeni çatı kat deplasman modellerinden farklı olarak bu binaların burulma katsayılarıyla ilişkilendirilmiştir. Binanın burulma rijitliği azaldıkça(burulma katsayısı arttıkça) gerçek deprem kaydı ile yapılan ZTA dinamik analiz sonucu binanın IDR katında yaptığı maksimum deplasman değeri artmıştır. Tablo 4.5’ de yukarda seçilen deprem kayıtlarına ait bina modellerinin maksimum görelî ötelenmenin olduğu kat ile bu kata ait burulma katsayıları verilmiştir.

**Tablo 4.6:** Çatı kat mutlak maksimum deplasmanlarına göre kritik modelin belirlenmesi

Bina	Depremler	Model 1		Model 2		Model 3		Model 4		Model 5		Model 6	
		IDR Katı	$\eta_b$	IDR Katı	$\eta_b$	IDR Katı	$\eta_b$	IDR Katı	$\eta_b$	IDR Katı	$\eta_b$	IDR Katı	$\eta_b$
1975 4 Kat	Erz-Ew	1	1.265	1	1.570	1	1.286	2	1.651	1	1.414	1	1.900
	Northr-Tar360	2	1.177	2	1.870	1	1.295	2	1.658	2	1.428	2	1.602
	Northr-Syl090	1	1.142	1	1.504	1	1.223	2	1.788	1	1.347	1	1.565
1998 4 Kat	Erz-Ew	2	1.081	2	1.127	2	1.143	2	1.194	2	1.300	2	1.561
	Northr-Tar360	2	1.219	2	1.520	1	1.149	1	1.220	1	1.334	1	1.573
	Northr-Syl090	1	1.182	2	1.271	1	1.101	1	1.153	1	1.244	1	1.560
1975 7 Kat	Erz-Ew	3	1.103	3	1.133	3	1.111	2	1.079	3	1.259	3	1.132
	Northr-Tar360	3	1.136	3	1.154	-	-	3	1.156	4	1.312	3	1.141
	Northr-Syl090	3	1.121	3	1.154	-	-	2	1.075	3	1.343	3	1.157
1998 7 Kat	Erz-Ew	2	1.148	2	1.305	2	1.237	2	1.262	2	1.323	2	1.354
	Northr-Tar360	3	1.124	3	1.321	3	1.212	3	1.245	3	1.365	3	1.408
	Northr-Syl090	2	1.097	2	1.246	2	1.136	2	1.150	2	1.228	2	1.355

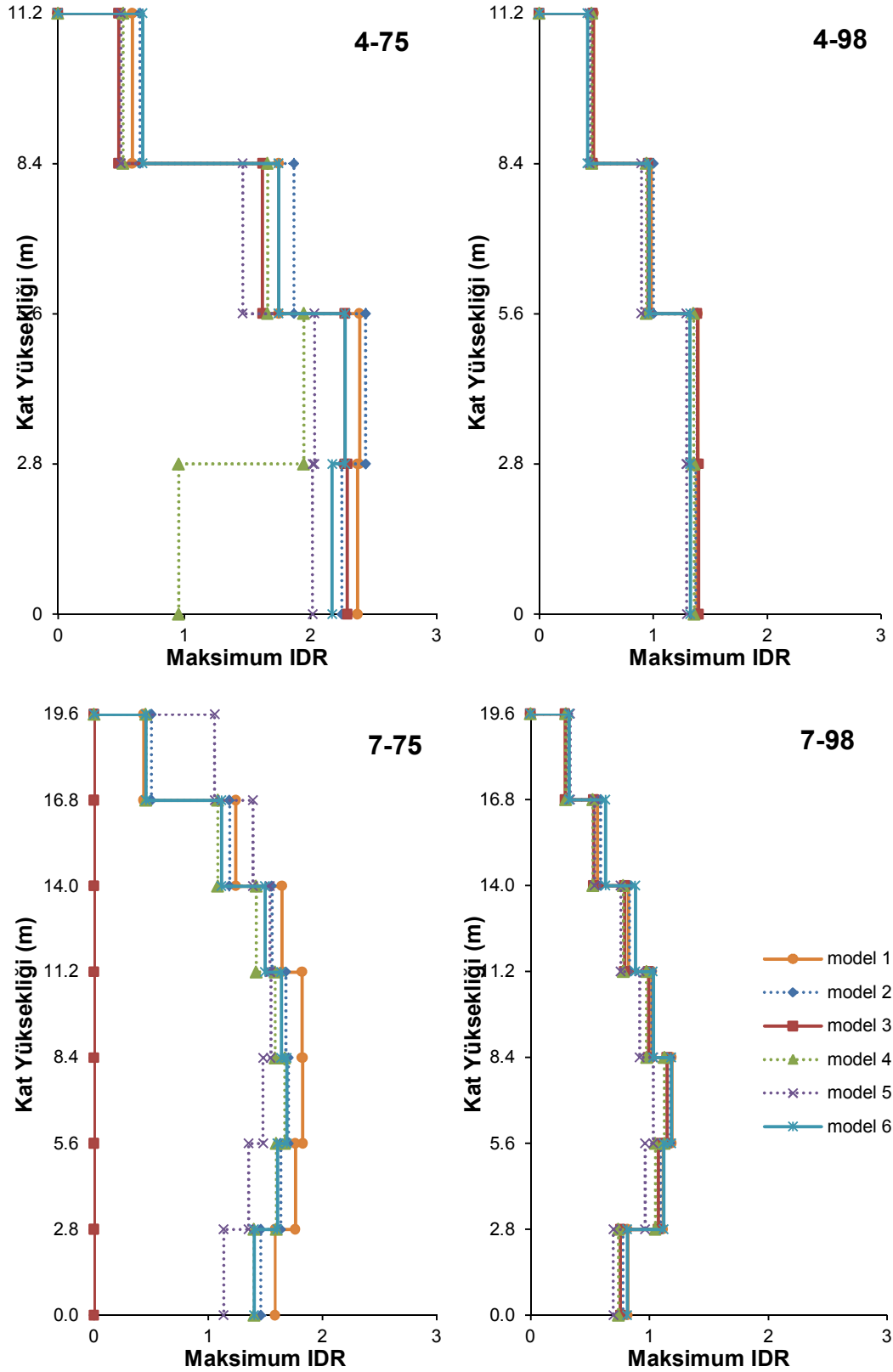
#### 4.4.3 Katlararası Görelî Öteleme (IDR) Profilleri

Binalara ait burulma katsayıları DBYBHY-2007'ye göre en büyük görelî kat ötelenmesinin olduğu kat için hesaplanması gerekmektedir. Bu açıdan deplasman talebi büyük depremlerden 3 tanesi için görelî ötelenme (Interstory Drift Ratio-IDR) değerleri her katın ağırlık merkezinin yaptığı deplasmana göre hesaplanmış ve Şekil 4.26-4.28' de bina yüksekliği boyunca profil olarak grafikler halinde sunulmuştur. Her modele göreli kat ötelenmesinin maksimum değerleri ile modeller arasındaki maksimum değer ve bu değerin hangi katta olduğu bilgileri özet olarak Tablo 4.6' da verilmiştir.

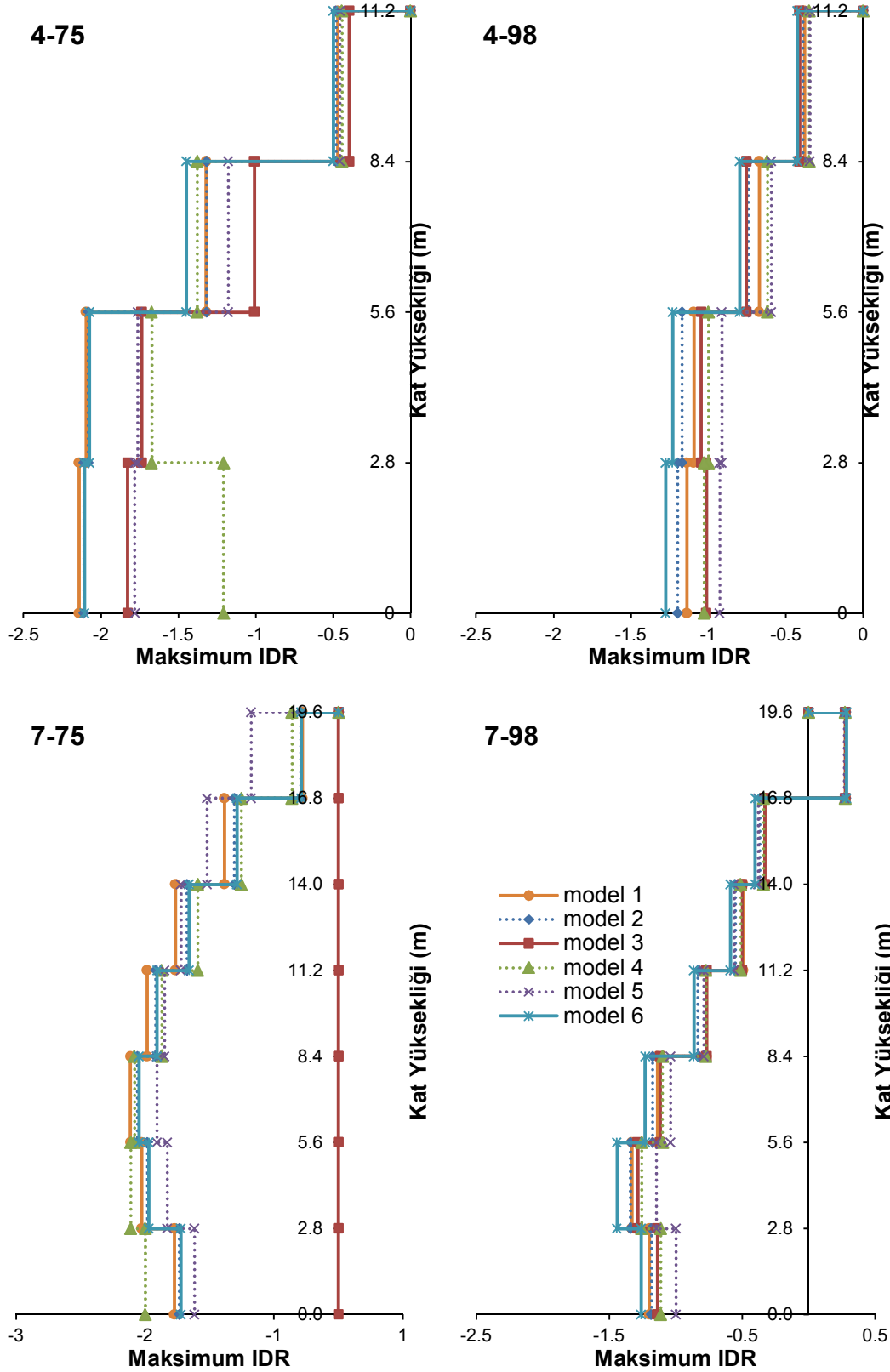


Şekil 4.26: Erz-Ew ivme kaydı için 1975 ve 1998 yönetmeliklerine göre 4 ve 7 katlı bina modellerinin IDR profilleri





Şekil 4.27: Northridge-Tar360 ivme kaydı için 1975 ve 1998 yönetmeliklerine göre 4 ve 7 katlı bina modellerinin IDR profilleri



Şekil 4.28: Northridge-Syl090 ivme kaydı için 1975 ve 1998 yönetmeliklerine göre 4 ve 7 katlı bina modellerinin IDR profilleri

**Tablo 4.7:** Seçilen ivme kayıtları için maksimum görelî ötelenmeler ve kritik katlar

Deprem	Bina	Maksimum Görelî Ötelenmeler(%)						Max IDR	Kritik Model	Kritik Kat
		Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6			
Erzincan Ew	1975-4 Kat	1.75	1.95	1.93	1.34	1.47	1.87	1.95	model 2	1
	1998-4 Kat	0.67	0.72	0.64	0.63	0.59	0.79	0.79	model 6	2
	1975-7 Kat	1.58	1.46	1.45	0.01	1.34	1.45	1.58	model 1	3
	1998-7 Kat	0.97	0.98	0.93	0.91	0.82	1.09	1.09	model 6	2
Northridge Tar-360	1975-4 Kat	2.39	2.44	2.29	1.95	2.03	2.27	2.44	model 2	2
	1998-4 Kat	1.39	1.38	1.40	1.36	1.29	1.32	1.40	model 3	1
	1975-7 Kat	1.83	1.70	-	1.67	1.55	1.69	1.83	model 1	4
	1998-7 Kat	1.19	1.18	1.15	1.13	1.03	1.18	1.19	model 1	3
Northridge Sy1090	1975-4 Kat	2.14	2.11	1.83	1.67	1.78	2.11	2.14	model 1	1
	1998-4 Kat	1.14	1.20	1.05	1.03	0.93	1.28	1.28	model 6	1
	1975-7 Kat	1.61	1.56	0.00	1.61	1.41	1.55	1.61	model 1	3
	1998-7 Kat	1.33	1.34	1.28	1.26	1.15	1.44	1.44	model 6	2

Tablo 4.6 incelediğinde %2.44 değerine kadar ulaşan maksimum görelî ötelenmeleri görülmektedir. Bu durum DBYBHY-2007'ye göre maksimum görelî ötelenme sınırı olan %2 değerinin aşıldığını gösterir. Görelî ötelenmeler açısından kritik kat genellikle alt katlarda oluşmaktadır.

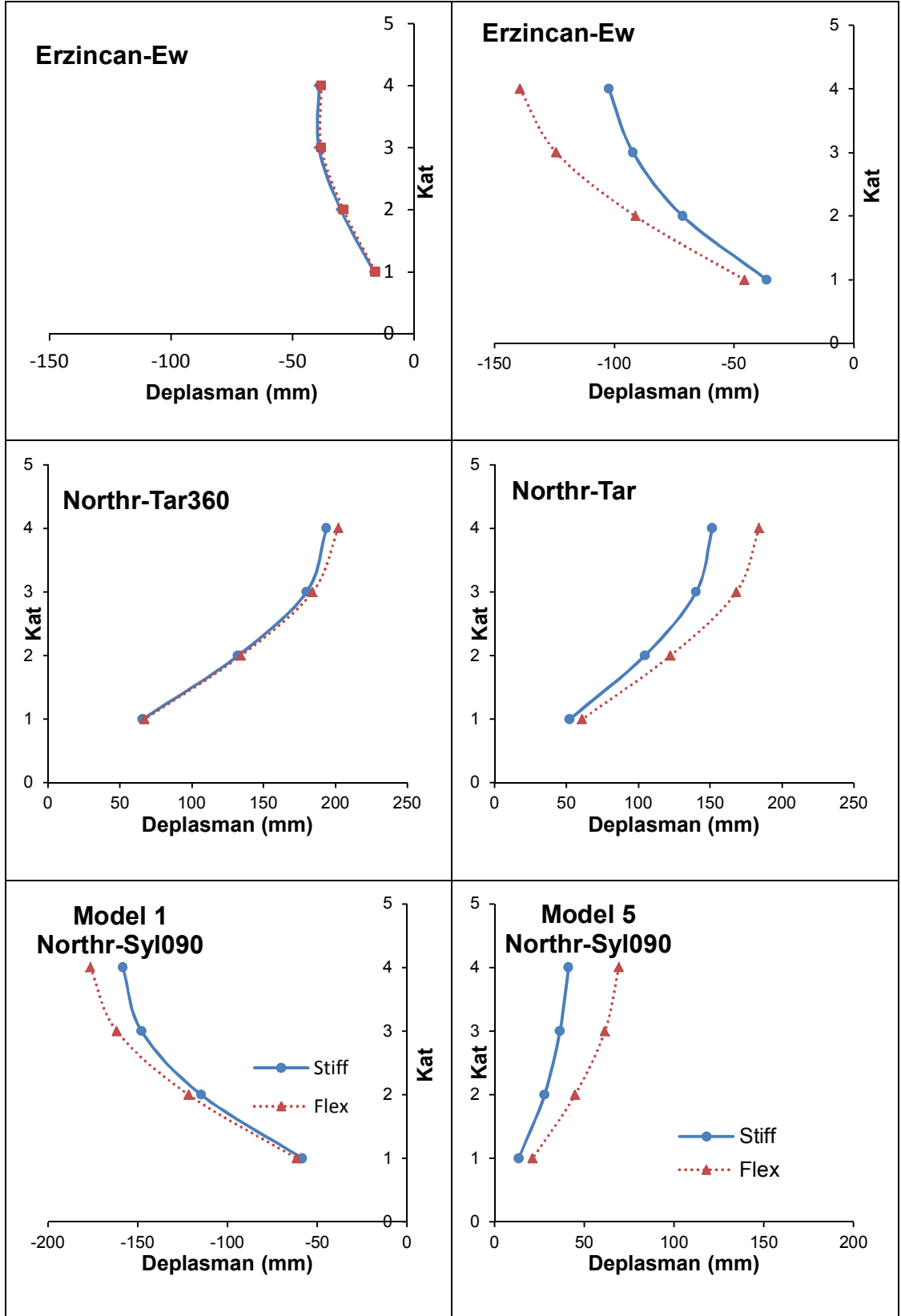
Grafikler incelendiğinde ise hem 4 katlı hem de 7 katlı modeller için 1975 yönetmeliğine göre modellenen binalarda 1998 yönetmeliğine göre modellenen binalardan daha fazla görelî ötelenme değerleri bulunmaktadır.

Kullanılan 12 ivme kaydı için görelî ötelenmeler açısından 1975 yönetmeliğine göre modellenen binalarda hem 4 katlı hem de 7 katlı binalar için kritik model 1 iken; 1998 yönetmeliğine göre modellenen binalarda kritik model 6'dır.

#### 4.4.4 Rijit Kenar ve Sünek Kenar Maksimum Deplasman Profilleri

Kolon yönü veya boyutunda yapılan değişikliklere bağılı olarak rijitlik merkezi binanın hangi köşesine yaklaştı ise, o köşe noktası daha rijit, diğerk köşe noktası ise daha sünek davranış göstermiştir.

1975 4 katlı referans model (model 1) ile sadece tek kolonun yön ve boyutu değiştirilerek %25 eksantrisiteye sahip bina modelinin (model 5) rijit ve sünek kenarlarına ait deplasman profilleri seçilen 3 deprem kaydı için aşağıda Şekil 4.29' da verilmiştir.



Şekil 4.29: 1975 4 katlı model 1 ve model 5 için seçilen ivme kayılarında rijit ve sünek kenara ait deplasman profilleri

Şekilde verilen deplasman profilleri incelendiğinde sünek kenarın yaptığı deplasman her zaman rijit kenarın yaptığı deplasmandan daha fazla olduğu, referans modellerde köşeler arası deplasman farkının az olduğu ve sadece tek kolonun yön ve boyutu değiştirilerek %25 eksantrisiteye sahip bina modelinde ise köşeler arası deplasman farklarının açıldığı görülmektedir. Üst katlara çıktıkça deplasman farklarının daha da arttığı açıktır. Şekilde depremlere göre rijit ve sünek kenar arasındaki farkların değiştiği ve en büyük farkın Erzincan deprem kaydı altında olduğu görülmektedir.

#### 4.4.5 Eksantrisitenin Mafsallı Dağılımı Üzerindeki Etkisi

Doğrusal elastik olmayan 3-B bina modellerinin elastik olmayan davranışları eleman uçlarına atanan plastik mafsallar yardımı ile tanımlanmıştır. Plastik mafsallı kesitlere ait birim şekil değiştirme sınır değerleri DBYBHY-2007’de belirtildiği gibi hesaplanmıştır.

Eksantrisitenin mafsallı dağılımı üzerindeki etkisini görebilmek amacıyla en kritik olan 1975 4 katlı bina modellerinde, maksimum deplasman talebine göre seçilen 3 deprem ivme kaydı için hasar sınırlarına bakılmıştır. Tablo 4. 7’de seçilen 3 deprem kaydı için hasar sınırlarındaki kolon eleman sayıları verilmiştir.

**Tablo 4.8:** Kolon elemanların hasar sınırlarındaki dağılımı

1975 4 Kat	Kat	MODEL 1				MODEL 2				MODEL 6			
		B MN	MN GV	GV GÇ	GÇ C	B MN	MN GV	GV GÇ	GÇ C	B MN	MN GV	GV GÇ	GÇ C
Erz-Ew	1	-	16	4	-	-	11	6	3	-	10	9	1
	2	16	4	-	-	13	5	2	-	11	4	1	-
	3	15	5	-	-	9	11	-	-	11	9	-	-
	4	5	-	-	-	6	-	-	-	10	-	-	-
North- Tar360	1	-	5	5	10	-	6	8	6	2	7	4	5
	2	14	5	1	-	12	6	-	-	9	5	1	1
	3	2	18	-	-	1	19	-	-	3	17	-	-
	4	15	-	-	-	16	1	-	-	12	3	-	-
North- Sy090	1	-	7	9	4	-	9	7	3	-	7	6	7
	2	10	9	1	-	10	7	1	2	10	6	1	1
	3	4	16	-	-	6	12	1	-	1	18	-	-
	4	2	-	-	-	6	-	-	-	10	-	-	-

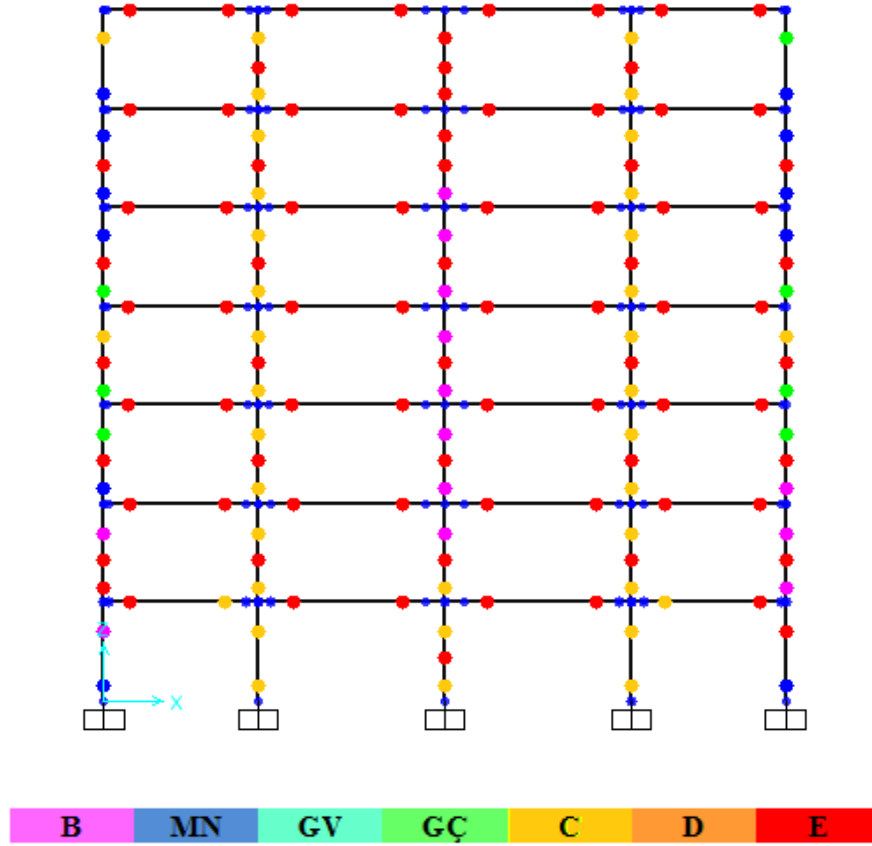
Modellere ait hasar dağılımları incelendiğinde; Erzincan deprem kaydında 1.kat için model 2 ve model 6’nın model 1’e göre kolon elemanlarında oluşan hasar

dağılımı GV-GÇ aralığında sırasıyla %10 ve %25 artarken, GÇ-C aralığında ise %15 ve %5 artmaktadır.

Northridge-Tar360 depremi için 1.katta GV-GÇ aralığında model 1'e göre model 2'de %15 artarken, model 6'da %5 azalmaktadır. GÇ-C aralığında ise yine model 1'e göre sırasıyla %20 ve %25 azalmaktadır.

Northridge-Syl090 depremi için 1. Katta model 1'e göre model 2 ve model 6 için GV-GÇ aralığında %10,%15 azalma görülürken; GÇ-C aralığında model 2 için %5 azalma gözlenirken, Model 6 için %15 artış bulunmaktadır.

Hasar dağılımının şematik gösterimi 1975 7 katlı model 3 için Şekil 4.30' da verilmiştir. Modelde boyutunu değiştirdiğimiz kolon elemanın kapasitesinde yeterli artış sağlanamadığından hem boyutu değişen kolon elemanda hem de aynı aksdaki kolon elemanlarda kesme hasarları meydana gelmiştir. Bunun giderilmesi için kolon elemanın donatı miktarı DBYBHY-2007' ye uygun şekilde arttırılmıştır.



Şekil 4.30: 1975 7 katlı model 3'de Loma Prieta-Hsp000 deprem kaydı için hasar dağılımı

## 5. ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

### 5.1 Giriş

Çalışma kapsamında bulunan 4 ve 7 katlı bina modelleri gerçek ivme kayıtları kullanılarak zaman tanım alanında dinamik analiz yapılmıştır. Analiz sonucu elde veriler kullanılarak çatı katı deplasman değerleri ve görelî kat ötelenmeleri hesaplanmıştır. Görelî kat ötelenmesinin maksimum olduğu kat için burulma katsayıları binanın burulma davranışını ve sismik performansını değerlendirmek amacıyla hesaplanmıştır. Elde edilen bu parametrelerin mutlak maksimum ve ortalama gibi istatistiksel değerleri hesaplanarak deprem yönetmeliği ve kat sayısı açısından irdelenmiştir. Bu verilerin belirlenebilmesi için 4 adet ileri yönlenme etkisi bulunan, USGS zemin sınıflandırmasına göre 4 adet B grubundan ve 4 adet C grubundan olmak üzere toplam 12 adet ölçeklendirilmemiş ivme kaydı kullanılmıştır.

### 5.2 Görelî Kat Ötelenme Oranları ve Burulma Katsayıları

Her katın ağırlık merkezinin yaptığı deplasmana göre, mutlak değerce maksimum görelî ötelenme oranları 1975 ve 1998 yönetmeliği için 4 ve 7 katlı bina modellerinde hesaplanmıştır. Maksimum görelî ötelenmenin olduğu kat belirlenmiştir. Belirlenen maksimum görelî ötelenmenin olduğu kat için DBYBHY-2007' ye uygun olarak burulma katsayıları hesaplanmıştır. Tablo 5.1-5.4'te 1975 ve 1998 yönetmeliklerine göre tasarlanan sırasıyla 4 ve 7 katlı modellerin kritik katında(IDR katı), her deprem kaydı için hesaplanan görelî ötelenme, burulma katsayıları ile birlikte ortalama, maksimum ve minimum görelî ötelenme oranları ve burulma katsayıları verilmiştir.

**Tablo 5.1: 1975 4 katlı bina modelleri için burulma katsayıları**

1975-4 Katlı Bina Modelleri																		
Depremler	Model 1			Model 2			Model 3			Model 4			Model 5			Model 6		
	IDR Katı	IDR (%)	n <sub>bi</sub>	IDR Katı	IDR (%)	n <sub>bi</sub>	IDR Katı	IDR (%)	n <sub>bi</sub>	IDR Katı	IDR (%)	n <sub>bi</sub>	IDR Katı	IDR (%)	n <sub>bi</sub>	IDR Katı	IDR (%)	n <sub>bi</sub>
Capemend-Pet090	3	0.42	1.146	3	0.00	1.565	3	0.36	1.277	3	0.36	1.421	2	0.33	1.152	3	0.39	1.647
Erz-Ew	1	1.75	1.265	1	1.95	1.570	1	1.93	1.286	2	1.34	1.651	1	1.47	1.414	1	1.87	1.900
Gazli-Gaz000	1	1.09	1.229	3	0.01	1.825	2	0.86	1.283	2	0.89	1.575	2	0.89	1.403	2	0.90	1.495
Impvall-H-E05140	2	1.03	1.107	2	0.69	1.558	-	-	-	2	0.55	1.437	2	0.56	1.372	2	0.63	1.493
Koc-Dzc180	2	0.74	1.199	2	0.69	1.731	-	-	-	2	0.57	1.451	2	0.54	1.369	2	0.70	1.471
Koc-Dzc270	1	0.88	1.163	2	0.72	1.520	-	-	-	2	0.64	1.359	2	0.62	1.293	2	0.68	1.473
Lomap-Hsp000	2	1.51	1.166	2	1.69	1.615	1	1.75	1.285	2	1.36	1.816	1	1.37	1.359	1	1.63	1.579
Northr-Pkc360	1	1.04	1.174	2	1.04	1.659	-	-	-	2	1.08	1.516	2	0.97	1.411	2	1.08	1.487
Northr-Spv360	2	1.53	1.171	2	1.15	1.801	-	-	-	2	1.34	1.495	2	1.24	1.313	2	1.22	1.839
Northr-Syl090	1	2.14	1.142	1	2.11	1.504	1	1.83	1.223	2	1.67	1.788	1	1.78	1.347	1	2.11	1.565
Northr-Tar360	2	2.39	1.177	2	2.44	1.870	1	2.29	1.295	2	1.95	1.658	2	2.03	1.428	2	2.27	1.602
Palmspr-Nps210	1	1.37	1.178	1	1.64	1.710	-	-	-	2	1.00	1.590	1	1.13	1.505	1	1.59	1.702
Ortalama	-	1.32	1.176	-	1.18	1.661	-	1.50	1.275	-	1.06	1.563	-	1.08	1.364	-	1.26	1.604
Maksimum	-	2.39	1.265	-	2.44	1.870	-	2.29	1.295	-	1.95	1.816	-	2.03	1.505	-	2.27	1.900
Minimum	-	0.42	1.107	-	0.00	1.504	-	0.36	1.223	-	0.36	1.359	-	0.33	1.152	-	0.39	1.471



**Tablo 5.2:** 1998 4 katlı bina modelleri için burulma katsayıları

1998-4 Katlı Bina Modelleri																		
Depremler	Model 1			Model 2			Model 3			Model 4			Model 5			Model 6		
	IDR Katı	IDR (%)	n <sub>bi</sub>	IDR Katı	IDR (%)	n <sub>bi</sub>	IDR Katı	IDR (%)	n <sub>bi</sub>	IDR Katı	IDR (%)	n <sub>bi</sub>	IDR Katı	IDR (%)	n <sub>bi</sub>	IDR Katı	IDR (%)	n <sub>bi</sub>
Capemend-Pet090	3	0.31	1.036	3	0.31	1.129	3	0.29	1.000	3	0.28	1.000	3	0.27	1.000	3	0.32	1.484
Erz-Ew	2	0.67	1.081	2	0.72	1.127	2	0.64	1.143	2	0.63	1.194	2	0.59	1.300	2	0.79	1.561
Gazli-Gaz000	2	0.62	1.106	2	0.67	1.290	2	0.61	1.084	2	0.60	1.140	2	0.57	1.253	2	0.78	1.480
Impvall-H-E05140	3	0.33	1.100	2	0.34	1.225	2	0.32	1.091	2	0.31	1.163	2	0.29	1.000	2	0.46	1.626
Koc-Dzc180	2	0.30	1.067	2	0.33	1.215	2	0.28	1.000	2	0.28	1.000	2	0.27	1.000	2	0.37	1.656
Koc-Dzc270	2	0.47	1.111	2	0.48	1.176	2	0.46	1.075	2	0.44	1.133	2	0.43	1.265	2	0.52	1.432
Lomap-Hsp000	2	0.77	1.155	2	0.88	1.185	2	0.71	1.099	2	0.68	1.099	2	0.61	1.177	2	1.03	1.518
Northr-Pkc360	2	0.88	1.106	2	0.94	1.192	2	0.84	1.084	2	0.81	1.113	2	0.76	1.172	2	1.01	1.402
Northr-Spv360	2	1.08	1.185	2	1.13	1.319	2	1.05	1.112	2	1.03	1.195	2	1.01	1.338	2	1.21	1.552
Northr-Syl090	1	1.14	1.182	2	1.20	1.271	1	1.05	1.101	1	1.03	1.153	1	0.93	1.244	1	1.28	1.560
Northr-Tar360	2	1.39	1.219	2	1.38	1.520	1	1.40	1.149	1	1.36	1.220	1	1.29	1.334	1	1.32	1.573
Palmspr-Nps210	2	0.52	1.093	2	0.57	1.149	2	0.49	1.100	2	0.48	1.158	2	0.47	1.294	2	0.60	1.436
Ortalama	-	0.71	1.120	-	0.75	1.233	-	0.68	1.087	-	0.66	1.131	-	0.62	1.198	-	0.81	1.523
Maksimum	-	1.39	1.219	-	1.38	1.520	-	1.40	1.149	-	1.36	1.220	-	1.29	1.338	-	1.32	1.656
Minimum	-	0.30	1.036	-	0.31	1.127	-	0.28	1.000	-	0.28	1.000	-	0.27	1.000	-	0.32	1.402

**Tablo 5.3: 1975 7 katlı bina modelleri için burulma katsayıları**

1975-7 Katlı Bina Modelleri																		
Depremler	Model 1			Model 2			Model 3			Model 4			Model 5			Model 6		
	IDR Katı	IDR (%)	n <sub>bi</sub>	IDR Katı	IDR (%)	n <sub>bi</sub>	IDR Katı	IDR (%)	n <sub>bi</sub>	IDR Katı	IDR (%)	n <sub>bi</sub>	IDR Katı	IDR (%)	n <sub>bi</sub>	IDR Katı	IDR (%)	n <sub>bi</sub>
Capemend-Pet090	6	0.34	1.162	6	0.30	1.236	6	0.30	1.183	6	0.27	1.182	6	0.27	1.388	6	0.28	1.189
Erz-Ew	3	1.58	1.103	3	1.46	1.133	3	1.45	1.111	2	0.01	1.079	3	1.34	1.259	3	1.45	1.132
Gazli-Gaz000	3	1.06	1.119	3	1.03	1.158	3	0.94	1.115	3	0.95	1.196	3	0.84	1.361	3	1.01	1.156
Impvall-H-E05140	2	0.67	1.133	2	0.59	1.161	2	0.65	1.095	2	0.59	1.135	3	0.49	1.324	2	0.58	1.161
Koc-Dzc180	3	0.62	1.157	3	0.63	1.183	5	1.49	1.863	3	0.54	1.183	5	0.48	1.362	3	0.61	1.179
Koc-Dzc270	3	1.35	1.174	3	1.28	1.240	3	1.17	1.090	2	1.23	1.165	3	0.98	1.431	3	1.25	1.232
Lomap-Hsp000	3	1.52	1.222	3	1.51	1.221	2	1.49	1.157	5	2.10	1.612	3	1.31	1.396	3	1.50	1.204
Northr-Pkc360	3	0.85	1.260	3	0.80	1.208	-	-	-	3	0.69	1.118	3	0.70	1.408	3	0.79	1.210
Northr-Spv360	3	0.79	1.160	4	0.77	1.236	3	0.75	1.214	3	0.69	1.311	6	0.68	1.450	4	0.76	1.220
Northr-Syl090	3	1.61	1.121	3	1.56	1.154	-	-	-	2	1.61	1.075	3	1.41	1.343	3	1.55	1.157
Northr-Tar360	3	1.83	1.136	3	1.70	1.154	-	-	-	3	1.67	1.156	4	1.55	1.312	3	1.69	1.141
Palmspr-Nps210	3	1.78	1.190	3	1.67	1.260	3	1.60	1.197	-	-	-	3	1.47	1.315	3	1.64	1.249
Ortalama	-	1.24	1.161	-	1.18	1.195	-	1.19	1.225	-	1.01	1.201	-	1.02	1.362	-	1.17	1.186
Maksimum	-	1.83	1.260	-	1.70	1.260	-	1.60	1.863	-	2.10	1.612	-	1.55	1.450	-	1.69	1.249
Minimum	-	0.34	1.103	-	0.30	1.133	-	0.30	1.090	-	0.01	1.075	-	0.27	1.259	-	0.28	1.132

**Tablo 5.4:** 1998 7 katlı bina modelleri için burulma katsayıları

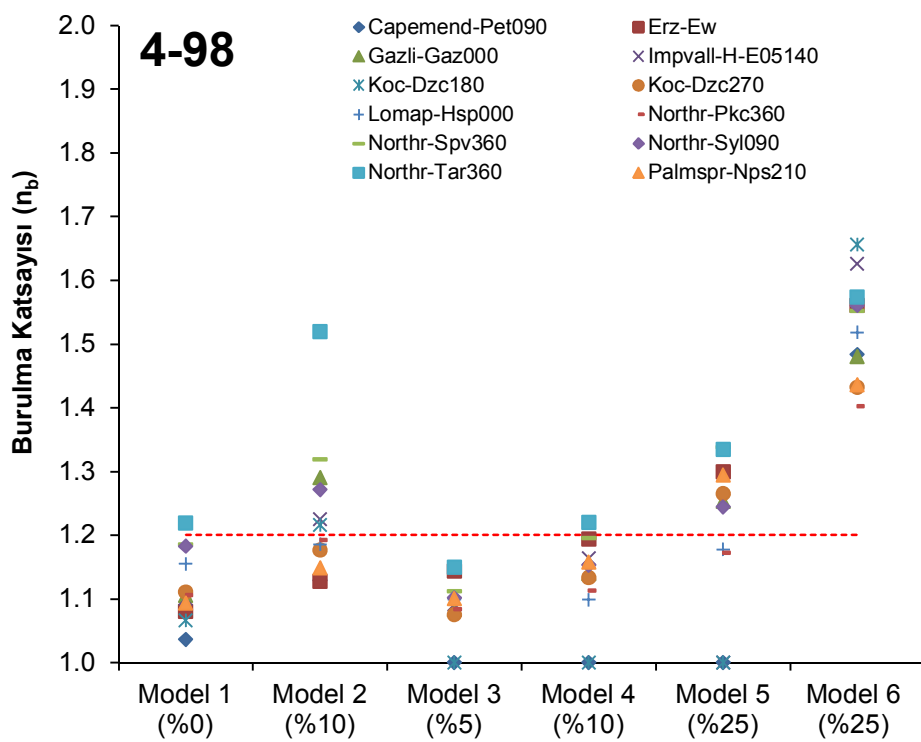
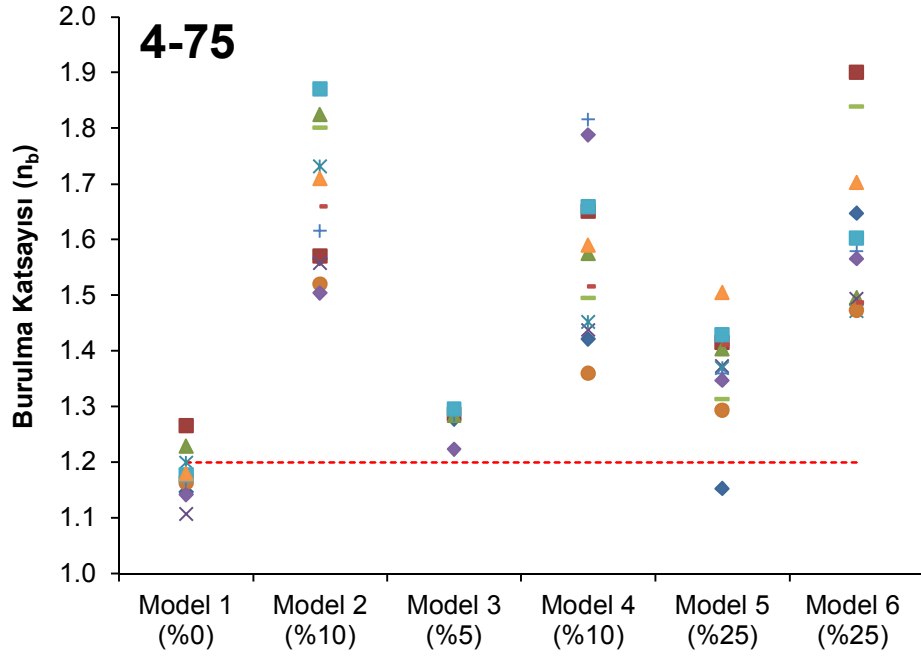
1975-7 Katlı Bina Modelleri																		
Depremler	Model 1			Model 2			Model 3			Model 4			Model 5			Model 6		
	IDR Katı	IDR (%)	n <sub>bi</sub>	IDR Katı	IDR (%)	n <sub>bi</sub>	IDR Katı	IDR (%)	n <sub>bi</sub>	IDR Katı	IDR (%)	n <sub>bi</sub>	IDR Katı	IDR (%)	n <sub>bi</sub>	IDR Katı	IDR (%)	n <sub>bi</sub>
Capemend-Pet090	5	0.24	1.000	5	0.24	1.000	5	0.23	1.000	5	0.23	1.000	5	0.23	1.000	5	0.24	1.000
Erz-Ew	2	0.97	1.148	2	0.98	1.305	2	0.93	1.237	2	0.91	1.262	2	0.82	1.323	2	1.09	1.354
Gazli-Gaz000	3	0.57	1.185	3	0.56	1.359	3	0.56	1.287	3	0.55	1.326	3	0.53	1.460	2	0.61	1.477
Impvall-H-E05140	4	0.35	1.036	4	0.35	1.103	3	0.35	1.102	3	0.35	1.127	3	0.34	1.155	2	0.40	1.278
Koc-Dzc180	3	0.46	1.153	3	0.46	1.282	3	0.44	1.241	3	0.43	1.263	3	0.39	1.292	3	0.48	1.993
Koc-Dzc270	3	0.45	1.128	3	0.45	1.248	3	0.44	1.184	3	0.44	1.205	3	0.41	1.280	2	0.51	1.353
Lomap-Hsp000	2	1.10	1.147	2	1.09	1.238	2	1.06	1.215	2	1.04	1.239	2	0.96	1.251	2	1.14	1.386
Northr-Pkc360	3	0.88	1.098	3	0.89	1.200	3	0.87	1.144	3	0.85	1.162	3	0.81	1.231	3	0.90	1.308
Northr-Spv360	3	1.05	1.150	3	1.04	1.306	3	1.03	1.212	3	1.02	1.250	3	0.97	1.364	4	0.97	1.456
Northr-Syl090	2	1.33	1.097	2	1.34	1.246	2	1.28	1.136	2	1.26	1.150	2	1.15	1.228	2	1.44	1.355
Northr-Tar360	3	1.19	1.124	3	1.18	1.321	3	1.15	1.212	3	1.13	1.245	3	1.03	1.365	3	1.18	1.408
Palmspr-Nps210	2	0.81	1.141	2	0.80	1.260	2	0.80	1.199	2	0.78	1.218	2	0.72	1.360	2	0.86	1.369
Ortalama	-	0.78	1.117	-	0.78	1.239	-	0.76	1.181	-	0.75	1.204	-	0.70	1.276	-	0.82	1.395
Maksimum	-	1.33	1.185	-	1.34	1.359	-	1.28	1.287	-	1.26	1.326	-	1.15	1.460	-	1.44	1.993
Minimum	-	0.24	1.000	-	0.24	1.000	-	0.23	1.000	-	0.23	1.000	-	0.23	1.000	-	0.24	1.000

Tablolar incelendiğinde aynı ivme kaydı için modeller arasındaki değişkenliğin olduğu açıktır. Bu değişkenliğin bir kısmı burulma kaynaklı olmakla birlikte bir kısmı da yapının değişen rijitliği nedeni ile oluşmaktadır. Ancak bu değişkenlik ivme kayıtları arasında oluşan deplasman talebi farklılıklarının yanında küçük kalmaktadır. Bazı ivme kayıtlarının taleplerinin bütün bina grupları için yüksek olduğu aşıkardır.

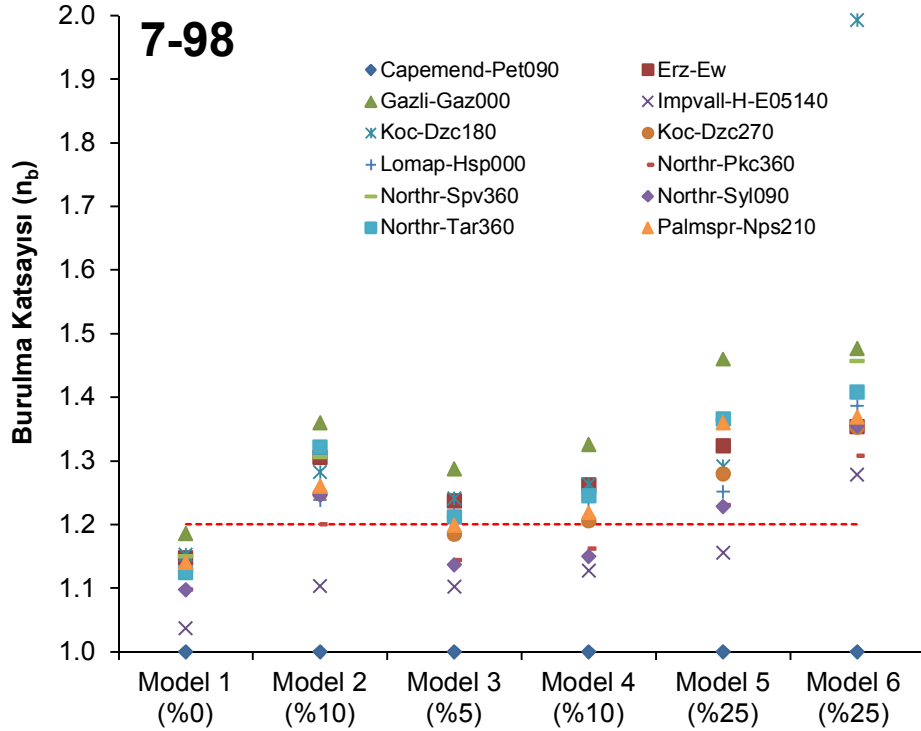
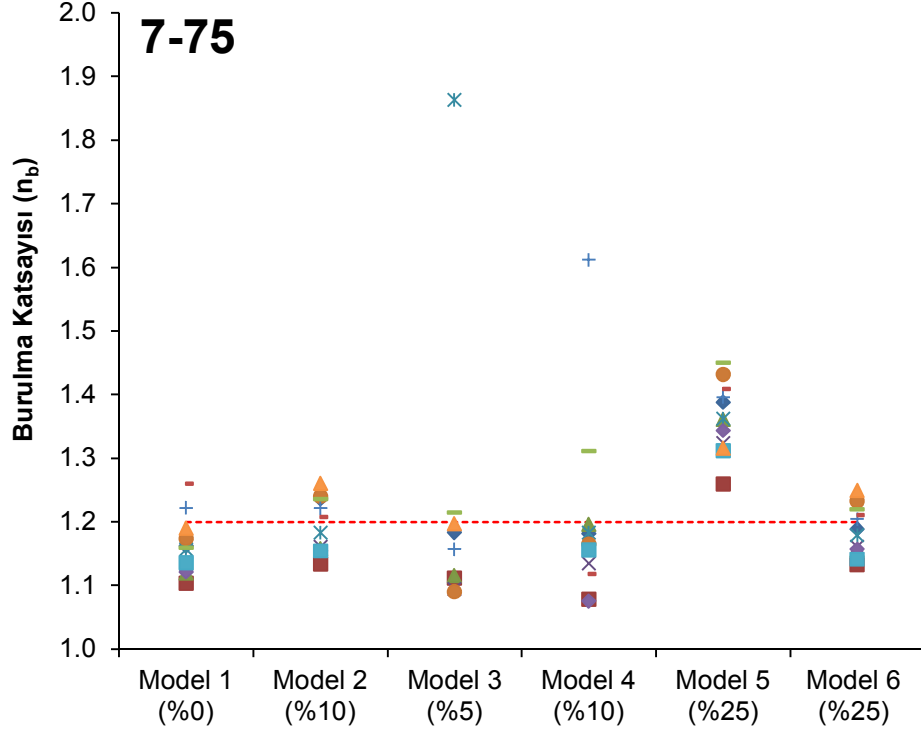
Veriler incelendiğinde kat sayısı ve eksantrisite oranlarından bağımsız olarak yıl gruplarına göre 1975 yönetmeliğine göre tasarlanan binalarda görelî ötelenme oranları 1998 yönetmeliğine göre tasarlanan binaların görelî ötelenme oranlarından daha büyüktür. Kat sayısı dikkate alındığında, 1975 yönetmeliğine göre tasarlanan binalarda 4 katlı modellerin %70,8'i 7 katlı modellerin görelî ötelenmelerinden daha fazla iken, 1998 yönetmeliğine göre tasarlanan binalarda ise 4 katlı modellerin %45,8'i 7 katlı modellerin görelî ötelenmelerinden daha fazladır. Ayrıca maksimum görelî ötelenmeleri mutlak değerce 1975 yönetmeliğine göre tasarlanan binalarda DBYBHY-2007'de verilen %2 sınırını aşmaktadır. 1975 4 katlı bina modelleri için yapılan analizlerin %11,1' i bu sınır değeri aşarken 1975 7 katlı bina modellerinde bu oran %1,4' tür.

Tablolar incelendiğinde en büyük görelî ötelenmeler alt katlarda oluşmakta ve çeşitli eksantrisite oranlarına göre burulma katsayıları 1.00 ile 1.993 değerleri arasında değişmektedir. 288 adet zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda bina modellerinin seçilen ivme kayıtları için %46.2' si DBYBHY-2007'ye göre burulma düzensizliğine sahiptir. Bunların %14.9' u ağırlık ve rijitlik merkezlerinin çakışık olduğu kabul edilen referans bina modellerine aittir.

Şekil 5.1 ve 5.2'de sırasıyla 4 ve 7 katlı binaların eksantrisite oranlarına göre burulma katsayılarının dağılımı verilmiştir. Eksantrisite nedeniyle oluşan burulma katsayılarının özellikle 1975 yönetmeliğine göre tasarlanan 4 katlı binalarda kritik olduğu açıkça görülmektedir. Her iki yönetmelik dikkate alındığında istisnalar olmakla birlikte 4 katlı binalarda model 2 ve model 6, 7 katlı binalarda ise model 5 daha yüksek burulma katsayıları vermektedir.



Şekil 5.1: 4 katlı 1975 ve 1998 yönetmeliğine göre tasarlanan binaların burulma katsayısı dağılımları



**Şekil 5.2:** 7 katlı 1975 ve 1998 yönetmeliğine göre tasarlanan binaların burulma katsayısı dağılımları

Yukarıda verilen şekiller incelendiğinde genel eğilim eksantrisite oranı arttıkça binalara ait burulma katsayılarında genel olarak bir artış olduğu şeklindedir.

Ancak kolon boyutu veya yönlerinin değişimine bağlı olarak, binaların rijitliklerinin değişmesiyle bu eğilim bozulmaktadır. Rijitliği yüksek olan binalarda eksantrisite oranı artsa bile hesaplanan burulma katsayıları genellikle daha düşük gelmektedir.

Ayrıca zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemiyle yapılan 288 adet analizin sonucunda elde edilen bina burulma katsayılarının %20.1' i (58 adedi) eşdeğer deprem yükü yöntemi ile performans değerlendirebilme şartı olan 1.4 değerini geçmektedir.

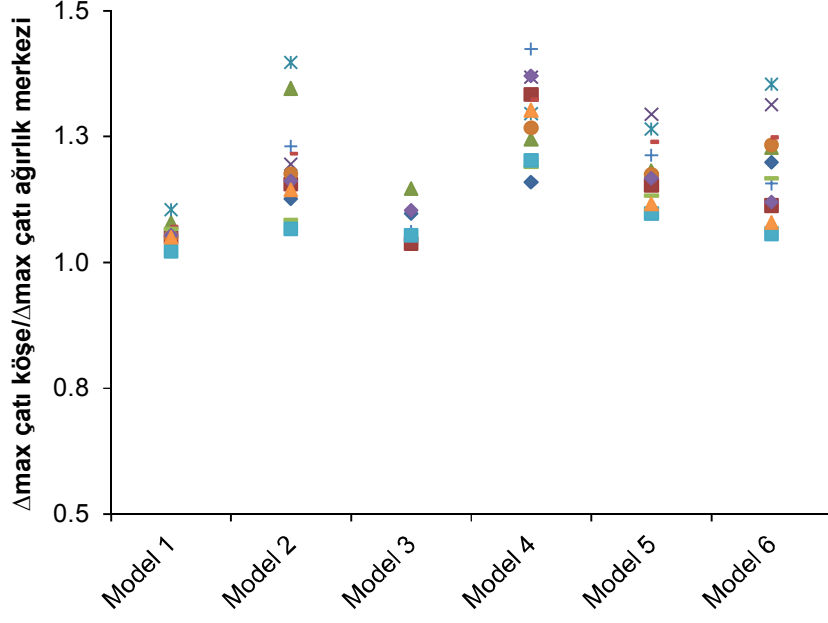
**Tablo 5.5:** Bina rijitliklerine göre ortalama burulma katsayıları

Modeller		Model 1		Model 2		Model 3		Model 4		Model 5		Model 6	
		k/k <sub>max</sub>	$\eta_{bi,ort}$	k/k <sub>max</sub>	$\eta_{bi,ort}$	k/k <sub>max</sub>	$\eta_{bi,ort}$	k/k <sub>max</sub>	$\eta_{bi,ort}$	k/k <sub>max</sub>	$\eta_{bi,ort}$	k/k <sub>max</sub>	$\eta_{bi,ort}$
4 Kat	1975	0.317	1.176	0.300	1.661	0.371	0.637	0.440	1.563	0.745	1.364	0.420	1.604
	1998	0.427	1.120	0.400	1.233	0.477	1.087	0.573	1.131	1.000	1.198	0.497	1.523
7 Kat	1975	0.253	1.161	0.252	1.195	0.294	0.919	0.394	1.101	1.000	1.362	0.504	1.186
	1998	0.369	1.117	0.410	1.239	0.403	1.181	0.449	1.204	0.713	1.276	0.356	1.395

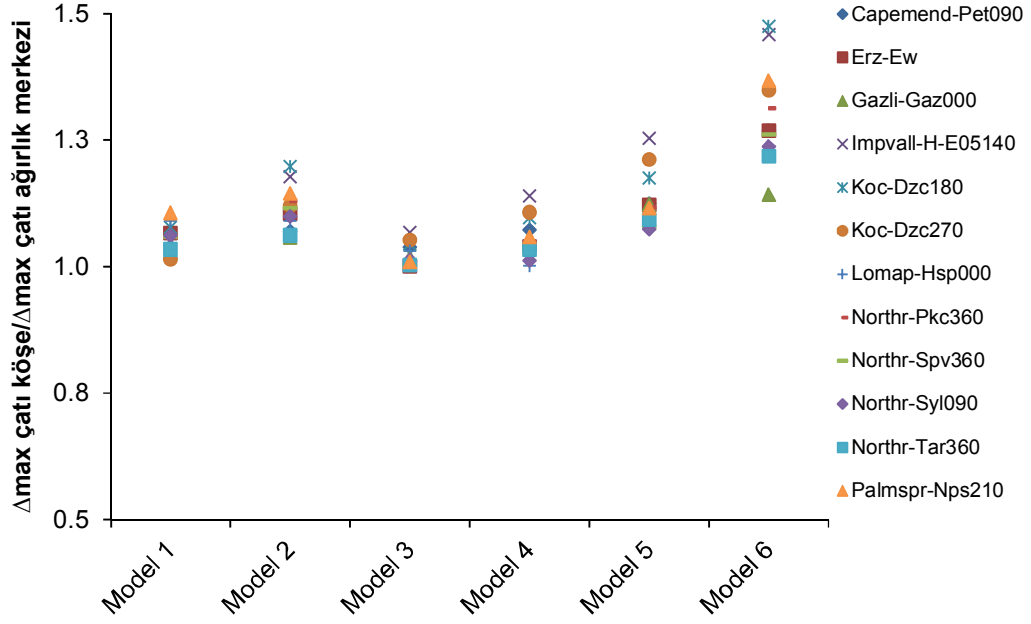
Tablo 5.10'da eksantrisite oranı, kat sayısı ve proje yönetmeliği aynı olan modeller kendi içinde kıyaslanmıştır. %10 ek dış merkezlikli model 2 ve model 4 karşılaştırıldığında aynı eksantrisite oranına sahip olmalarına rağmen model 4'ün rijitliği model 2'ye göre daha fazla olduğu için elde edilen burulma katsayısı model 4'te daha küçüktür. Benzer kıyaslama model 5 ve model 6 için de yapılabilmektedir. Buna bağlı olarak tek kolonun yön ve boyutunun değiştirildiği yani rijitliğin binanın tek tarafında toplandığı bina modellerinde, çok sayıda kolonun yön ve boyutunun değiştirilerek rijitliğin binada kısmen homojen olarak dağıtıldığı modellere göre burulma katsayıları daha küçüktür.

### 5.3 Çatı Katının Yaptığı Deplasmana Göre Burulma Katsayıları

Eksantrisite oranlarına göre bina deplasman taleplerini karşılaştırmak amacıyla her bir modelin çatı katında köşe noktası ve ağırlık merkezlerinin yaptığı maksimum deplasman değerleri birbirlerine oranlanmış ve maksimum deplasman yapan köşe noktası için elde edilen oran dikkate alınarak Şekil 5.3, Şekil 5.4, Şekil 5.5 ve Şekil 5.6 oluşturulmuştur.

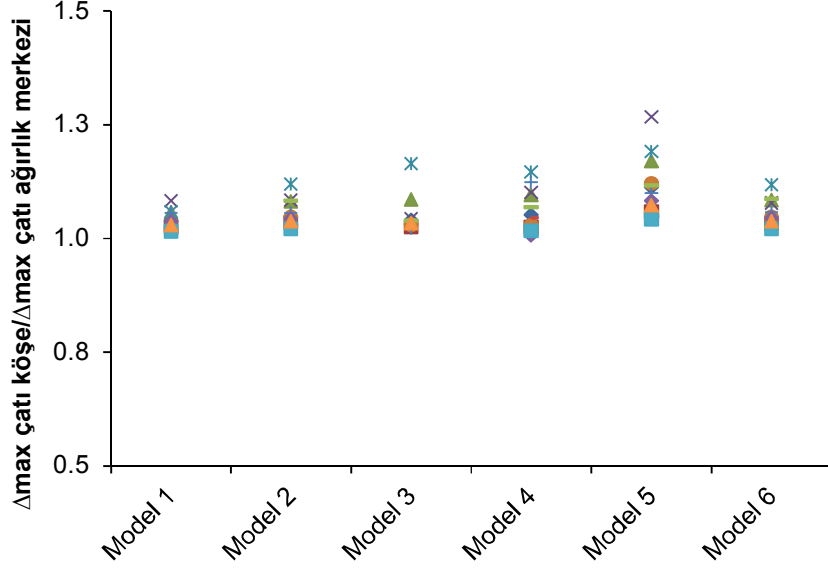


Şekil 5.3: 1975 4 katlı bina modelleri için deplasman talebi oranları

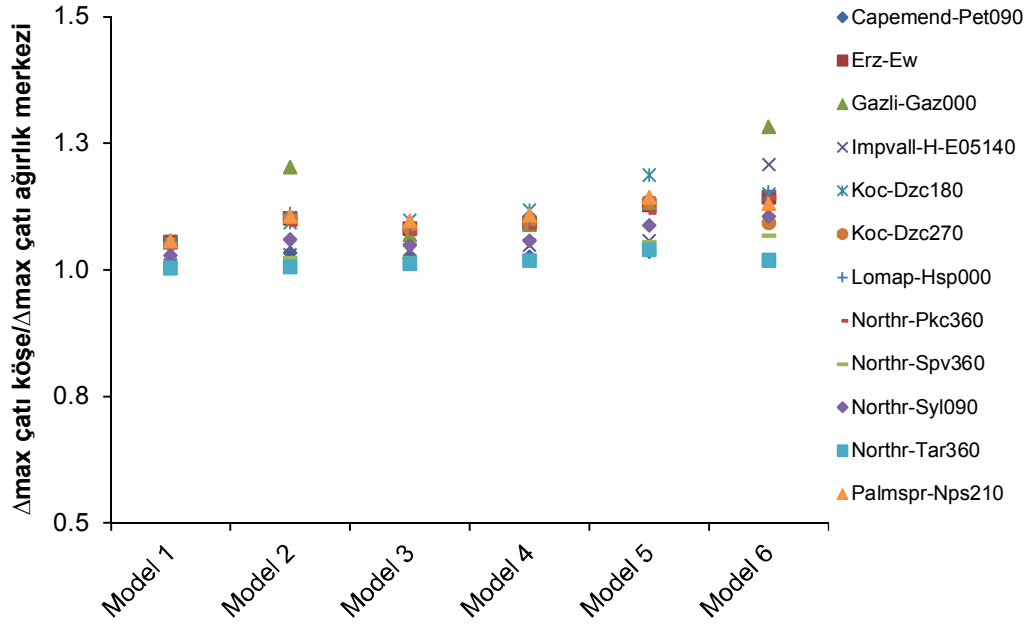


Şekil 5.4: 1998 4 katlı bina modelleri için deplasman talebi oranları





Şekil 5.5: 1975 7 katlı bina modelleri için deplasman talebi oranları

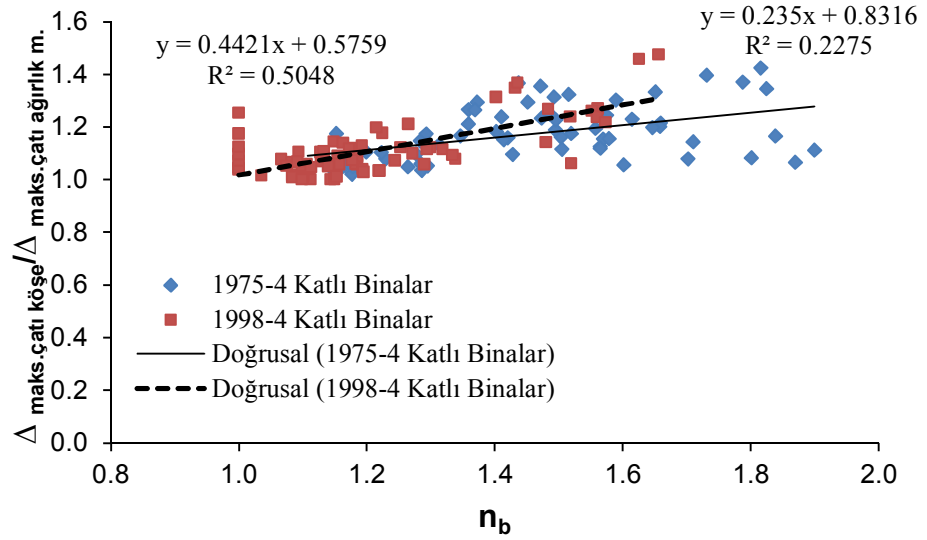


Şekil 5.6: 1998 7 katlı bina modelleri için deplasman talebi oranları

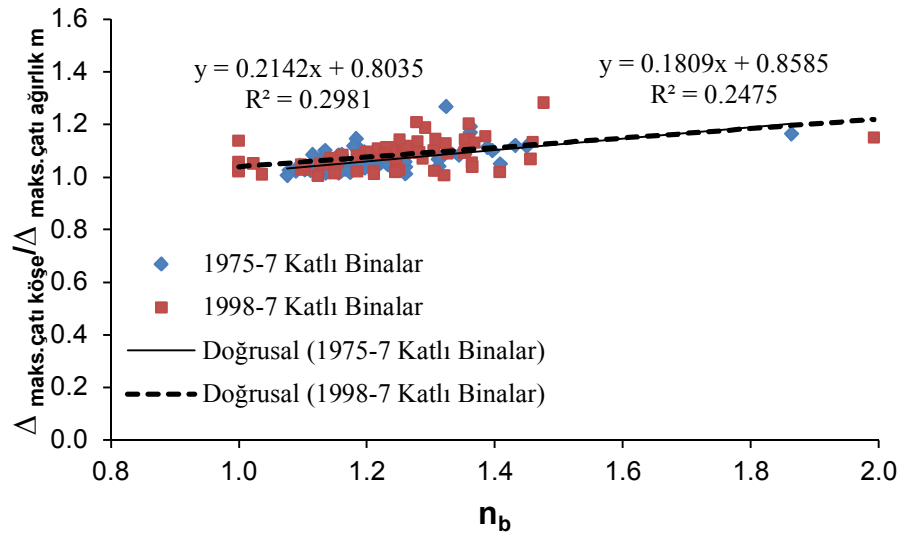
Çatı katında köşe noktasının yaptığı maksimum deplasmanın, yine çatı katının ağırlık merkezinin yaptığı maksimum deplasmana oranı ek dış merkezlik verilen binalarda incelendiğinde 1975 yönetmeliğine göre yapılan 4 katlı binalarda geniş bir saçılım görülmektedir. En az saçılım ise 1975 yönetmeliği 7 katlı binalardadır. Kat sayıları göz önüne alındığında ise 4 katlı binaların köşe noktaları ile ağırlık merkezi arasındaki deplasman oranlarının daha büyük olduğu dikkat

çekmektedir. Genel eğilime bakıldığında eksantrisite oranı arttıkça genellikle bu oranda da artış meydana geldiği görülmekle birlikte net bir eğilimden bahsetmek zordur.

Elde edilen bu oran değerlerinin binalara ait burulma katsayıları ile korelasyonunu incelemek için Şekil 5.7 ve Şekil 5.8 oluşturulmuştur.



Şekil 5.7: 4 katlı 1975 ve 1998 yönetmeliklerine göre çatı katı deplasmanı ile burulma katsayısı arasındaki ilişki



Şekil 5.8: 7 katlı 1975 ve 1998 yönetmeliklerine göre çatı katı deplasmanı ile burulma katsayısı arasındaki ilişki

4 katlı binalar için; 1975 yönetmeliğine göre yapılan binaların korelasyon katsayısı 0.2275 iken 1998 yönetmeliğine göre yapılan binaların korelasyon katsayısı 0.5048' dir.

7 katlı binalar için; 1975 yönetmeliğine göre yapılan binaların korelasyon katsayısı 0.2475 iken 1998 yönetmeliğine göre yapılan binaların korelasyon katsayısı 0.2981' dir.

Korelasyon katsayıları karşılaştırıldığında 1998 yönetmeliğine göre modellenen binaların çatı katı deplasman oranları ile bina burulma katsayıları arasındaki ilişki 1975 yönetmeliğine göre modellenen binalardan daha yüksek hesaplanmaktadır.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

### 6.1 Çalışmada Elde Edilen Sonuçlar

Tez çalışmasında ülkemiz yapı stokunun büyük bir kısmını oluşturan orta yükseklikteki betonarme binaların sismik performansları ile yapı geometrisi ve rijitlik dağılımına bağlı olarak gelişen burulma davranışının zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemi ile değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Mevcut yapıların ortalama özelliklerini (İnel ve diğ. 2009) taşıyan ve 1975 ve 1998 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik çerçevesinde tasarlanan 4 ve 7 katlı binalarda yönetmeliklerle uyumlu beton basınç dayanımı ve donatı sınıfı kullanılmıştır. Ayrıca binaların 1. Derece deprem bölgesinde Z3 sınıfı zemin üzerinde olduğu varsayılmıştır. Modellenen referans binaların, ağırlık ve rijitlik merkezleri birbirine çok yakın olduğundan, eksantrisite oranlarının %0 olduğu kabul edilmiştir. Ek dış merkezlik verilen diğer modeller ise referans binaların kolon yönleri ve/veya kolon boyutları değiştirilerek oluşturulmuştur. Referans binalar (model 1) %0, sadece kolon yönlerinin değiştirildiği binalar (model 2) %10; tek kolonun yön ve boyutunun değiştirildiği binalar (model 3-4-5) %5, %10 ve %25; hem kolon yönleri hem de bir kolonun yön ve boyutunun değiştirildiği binalar (model 6) %25 ek dış merkezliğe sahiptirler. 12 adet deprem ivme kaydı altında, 4 ve 7 katlı binaların her birinde eksantrisite oranlarına göre 6 farklı model ve iki farklı deprem yönetmeliği göz önüne alındığında; 24 adet model için toplam 288 adet zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz SAP2000 programı kullanılarak yapılmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen veriler kullanılarak binaların çatı deplasman ve görel kat ötelenme talepleri, burulma düzensizliği katsayısı ve hasar dağılımlarının eksantrisite oranlarına göre değişimleri kıyaslanarak elde edilen bulgular aşağıda özetlenmiştir.

- Çatı katı deplasman taleplerinin zamanla değişimi incelendiğinde; eksantrisite vermek amacıyla bina rijitliğinde oluşan artış gerçek deprem kaydı ile yapılan ZTA dinamik analiz sonucu binanın çatı katı maksimum deplasman taleplerini eksantrisite oranındaki artışa rağmen azaltmaktadır.

- Tez içerisinde IDR katı olarak ifade edilen “görelî kat ötelenmelerinin maksimum olduğu kat” deplasman taleplerinin zamanla değişimi incelendiğinde; binanın burulma rijitliği azaldıkça (burulma katsayısı arttıkça) gerçek deprem kaydı ile yapılan ZTA dinamik analiz sonucu binanın IDR katında yaptığı maksimum deplasman talepleri artmaktadır.
- 1975 yönetmeliğine göre modellenen binalarda 1998 yönetmeliğine göre modellenen binalardan daha fazla deplasman ve görelî ötelenme talepleri elde edilmiştir.
- Kat sayısı arttıkça kalıcı deformasyon miktarlarının arttığı, aynı kat sayısı göz önüne alındığında ise ABYYHY-1975 yönetmeliğine göre modellenen binaların, ABYYHY-1998 yönetmeliğine göre modellenen binalardan daha çok kalıcı deformasyon yaptığı görülmüştür.
- En büyük görelî ötelenmeleri genellikle modellerin alt katlarında oluşmaktadır.
- %2.44 değerine ulaşan görelî kat ötelenme oranı ile, DBYBHY-2007’ de verilen %2 görelî ötelenme sınırının aşıldığı ve B2 türü düzensizliğinin oluştuğu görülmüştür. 1975 4 katlı bina modelleri için yapılan analizlerin %11,1’ i bu sınır değerini aşarken, 1975 7 katlı bina modellerinde bu oranı aşan analizler sadece %1,4’ tür.
- Aynı ivme kaydı için kritik modeller arasındaki değişkenliğin bir kısmı burulma kaynaklı olmakla birlikte bir kısmı da yapının değişen rijitliği nedeni ile oluşmaktadır. Ancak bu değişkenlik ivme kayıtları arasında oluşan deplasman talebi farklılıklarının yanında küçük kalmaktadır. Bazı ivme kaydı taleplerinin bütün bina grupları için yüksek olduğu aşıkardır.
- Kat sayısı dikkate alındığında, 1975 yönetmeliğine göre tasarlanan binalarda 4 katlı modellerin %70,8’i 7 katlı modellerin görelî ötelenmelerinden daha fazla iken, 1998 yönetmeliğine göre tasarlanan binalarda ise 4 katlı modellerin %45,8’i 7 katlı modellerin görelî ötelenmelerinden daha fazladır. Bu durum 1998 yönetmeliğinin 4 katlı binaların performanslarında ciddi bir iyileştirme sağladığını açıkça göstermektedir.
- Sünek kenarın yaptığı deplasman her zaman rijit kenarın yaptığı deplasmandan daha büyük olarak hesaplanmıştır. Üst katlara çıkıldıkça deplasman farklarının daha da arttığı gözlemlenmiştir.

- Eksantrisite oranı arttıkça binanın sünek kenarının yaptığı deplasman ile rijit kenarının yaptığı deplasman arasındaki fark artmaktadır. ABYYHY-1975 yönetmeliğine göre 4 katlı Gazlı-Gaz000 deprem kaydı altında %25 eksantrisiteye sahip model 5' in sünek kenarı rijit kenarına göre maksimum %58 daha fazla deplasman yaparken (1. katta); aynı deprem kaydı altında %0 eksantrisiteye sahip olduğu kabul edilen model 1' in sünek kenarı rijit kenarına göre maksimum %14 daha fazla deplasman yaptığı (4. katta) görülmüştür.
- Eksantrisite nedeniyle oluşan burulma katsayılarının özellikle 1975 yönetmeliğine göre tasarlanan 4 katlı binalarda kritik olduğu belirlenmiştir.
- Eksantrisite oranı arttıkça binalara ait burulma katsayılarında genel olarak bir artış meydana gelmiştir. Ancak rijitliği yüksek olan binalarda eksantrisite oranı artsa bile hesaplanan burulma katsayıları genellikle daha düşük gelmektedir.
- Eksantrisite oranlarına göre burulma katsayıları 1.000-1.993 değerleri arasında değişmektedir. Bunların %14.9' u referans binalara ait olmak üzere toplam %46.2' si DBYBHY-2007'ye göre burulma düzensizliğine sahiptir.
- Bina burulma katsayılarının %20.1'i eşdeğer deprem yükü yöntemi ile bina performanslarını değerlendirme şartı olan 1.4 değerini aşmaktadır.
- Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanma şartı olan 2 değerine ulaşan hiçbir model bulunmamaktadır. Tüm bu nedenlerden dolayı eşdeğer deprem yükü yöntemi birçok bina açısından geçerliliği olan bir yöntemdir. Ancak %25 eksantrisite ile bina rijitliğinin homojen olarak dağıtıldığı (tasarım açısından uygulanabilirliği pek de mümkün olmayan) modellerde bile burulma katsayısı olarak en fazla 1.993 değeri elde edildiği için; eşdeğer deprem yükü yönteminin çok gerçekçi olmayan sınır şartı değeri küçültülmelidir.
- Eksantrisite oranı aynı olan fakat rijitlik dağılımı değişen modeller kıyaslandığında; rijitliğin hemen hemen homojen şekilde dağıtıldığı modellerde (model2 ve model 6) ; rijitliğin binanın tek tarafında toplandığı modellere göre (model 4 ve model 5) daha fazla burulma katsayıları elde edilmiştir. Çünkü rijitliğin homojen olarak dağıtıldığı düşünülen modellerin rijitlikleri daha düşük, dolayısıyla periyotları daha büyük elde edilmiştir.

- %25 eksantrisite ile tasarım açısından uygulanabilirliği pek de mümkün olmayan modellerden sonra, burulma açısından en tehlike modelleme %25 eksantrisite ile bina rijitliğinin tek tarafta toplandığı modellerdir. Bu yüzden uygulamada sıkça rastladığımız asansörü çevreleyen perde duvarların özellikle binanın kenar bölgelerine yakın olarak projelendirilmesinden kaçınılmalıdır.

## 6.2 Sonraki Yapılabilecek Çalışmalar İle İlgili Öneriler

- Tez kapsamında kullanılan 4 ve 7 katlı binalara ilave olarak farklı kat sayıları da kullanılarak incelenen parametre değerlerinin kat sayısı ile değişimi bulunabilir.
- Modellere iki yönde eksantrisite ve deprem kaydı uygulanarak plastik mafsalsal dönmelerine bakılabilir.
- Ülkemiz yapı stokunda rastlanan kapalı çıkma, yumuşak kat gibi yapısal düzensizlik oluşturan parametreler modellere yansıtılarak deprem talebi altındaki burulma davranışları incelenebilir.
- Zemin-yapı etkileşiminin dikkate alındığı modeller ile burulma davranışı incelenebilir.

## 7. KAYNAKLAR

**ABYYHY-1975**, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, *Bayındırlık ve İskân Bakanlığı*, Ankara, (2007).

**ABYYHY-1998**, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, *Bayındırlık ve İskân Bakanlığı*, Ankara, (1998).

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

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

**FEMA-440**, Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures, *Federal Emergency Management Agency*, Washington, (2005).

**European Committee for Standardisation Eurocode 8**, *Design Provisions for Reinforced Concrete Buildings*, Lisbon, 1993

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

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

**SAP2000 V-15.2.1 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).

**TÜBİTAK 105M024**, Betonarme Elemanların Doğrusal Ötesi Davranışlarının Bilgisayar Ortamında Modellenmesi, TÜBİTAK Projesi Raporu, Denizli, (2008).

**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).

**USGS**, Implications for Earthquake Risk Reduction in the United States from the Kocaeli, Turkey, Earthquake of August 17, 1999, Virginia, (1999).

**Inel, M., Cayci, B.T., Ozer, E.**, “The Effect of Potential Torsion on Seismic Response of Regular Mid Rise RC Buildings”, *Second European Conference on Earthquake Engineering and Seismology*, 24-29 Ağustos 2014, Istanbul, (2014).



- Inel M, Ozmen HB, Şenel ŞM, Kayhan AH (2009)**, “Mevcut Betonarme Binaların Yapısal Özelliklerinin Belirlenmesi”, *International Earthquake Symposium of Sakarya*, Sakarya, Turkey. [in Turkish]
- Kilar Vand Fajfar P (1997)**., “Simple Push-Over Analysis of Asymmetrical Buildings”, *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, Vol. 22-2, 233-249
- Ladjinovic DjZ and Folic RJ (2008)**, “Seismic Analysis of Asymmetric In Plan Buildings”, *14th World Conference on Earthquake Engineering*, 05-01, Paper No: 0480
- Miranda B, MacRea GA, Yeow TZ, Beyer K (2012)**, “Torsional Considerations in Building Seismic Design”, 2012 *NZSEE*, Paper No: 055,
- Newmark NM (1969)**, “Torsion in Symmetrical Buildings”, *4Th World Conference on Earthquake Engineering*, Vol.2, A3.19-A3.-32
- Ozmen G (2002)**, “Torsional Irregularity in Symmetric Structures”, *Teknik Dergi*, Vol. 13-4, 2789-2801
- Paulay T (2001)**, “Some Design Principles Relevant to Torsional Phenomena in Ductile Buildings”, *Journal Of Earthquake Engineering*, Vol. 5-3, 273-308
- Stefano MD, Pintucchi B (2007)**, “A Review of Research on Seismic Behavior of Irregular Building Structures Since 2002”, *Bull Earthquake Eng* (2008) 6:285-308
- Khoshnoudian F, Kiani M, Yang TY**, “ A New Pushover Procedure for Two-Way Asymmetric-Plan Tall Buildings Under Bidirectional Earthquakes”, *20 November 2013 in Wiley Online Library*
- Vidic T, Fajfar P, Fischinger M.**, “Consistent inelastic design spectra: strength and displacement” *Earthquake Engineering and Structural Dynamics* 1994; 23:507–521
- Kan, C. L., and Chopra, A. K. (1977)**, “Elastic earthquake analysis of torsionally coupled multistory buildings.” *Earthquake Eng. Struct. Div.*, 5(4), 395–412.
- Bahmani, W. Lindt, Thang N. Dao (2014)**, “Displacement-Based Design of Buildings with Torsion:Theory and Verification” DOI: 10.1061/ (ASCE)ST.1943-541X.0000896
- Penelis and Kappos(2005)**, “3D Pushover Analysis: The Issue of Torsion”, *12th European Conference on Earthquake Engineering Paper Reference 015*
- Stathopoulos KG, Anagnostopoulos SA (2005)**, Inelastic torsion of multi-storey buildings under earthquake excitations. *Earthq Eng Struct Dyn* 34:1449–1465
- UBC-1997**, Uniform Building Code International Conference of Building Officials, Whittier, California, U.S.A.,1997 (Latest Edition: International Building Code-IBC-2000)

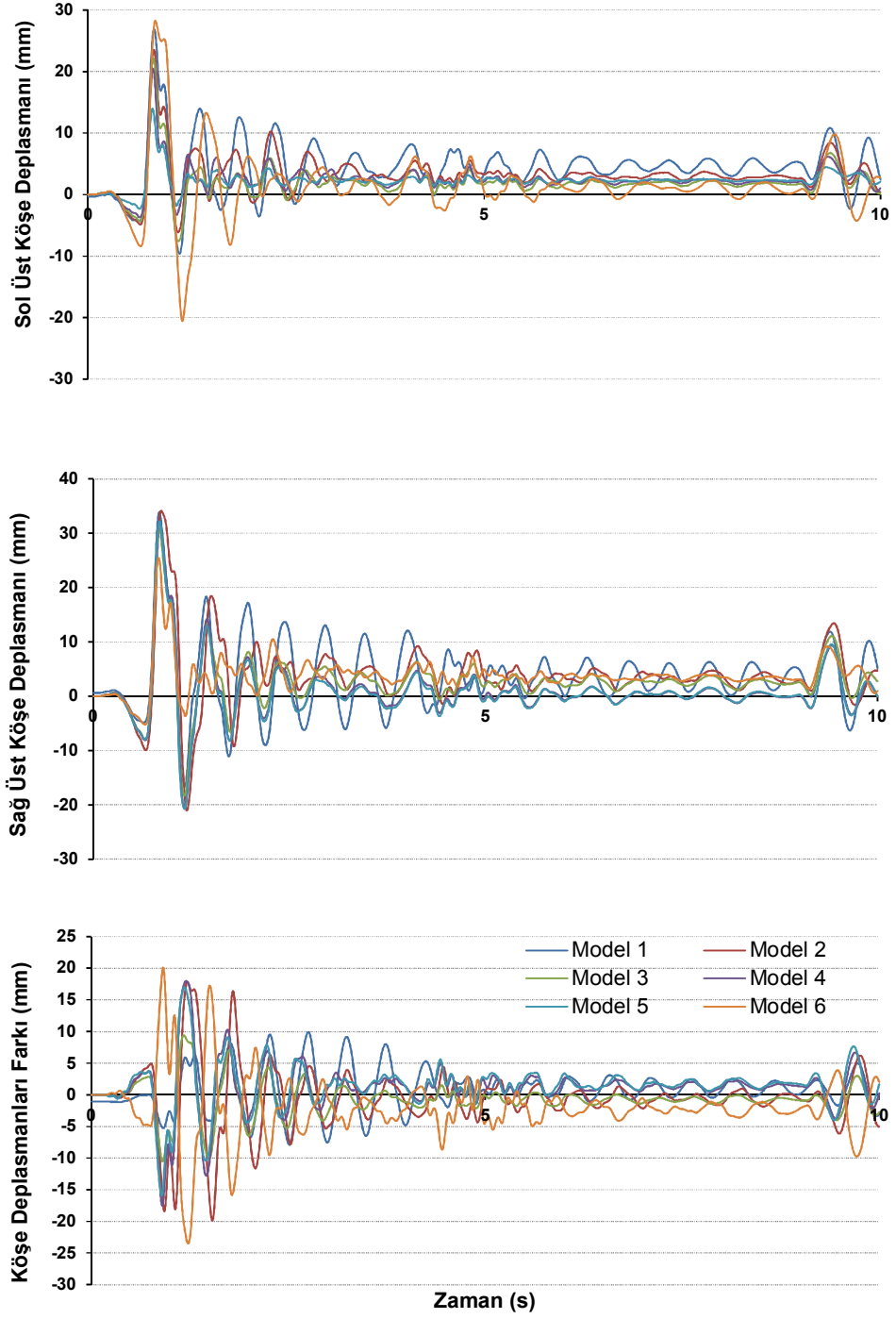
**De Stefano M, Marino EM, Rossi PP (2006)**, Effect of overstrength on the seismic behaviour of multi-storey regularly asymmetric buildings. *Bull Earthquake Eng* 4(1):23–42

**Chopra AK, Goel GK (2004)** A modal push over analysis procedure to estimate seismic demands for unsymmetric-plan buildings. *Earthq Eng Struct Dyn* 33:903–927

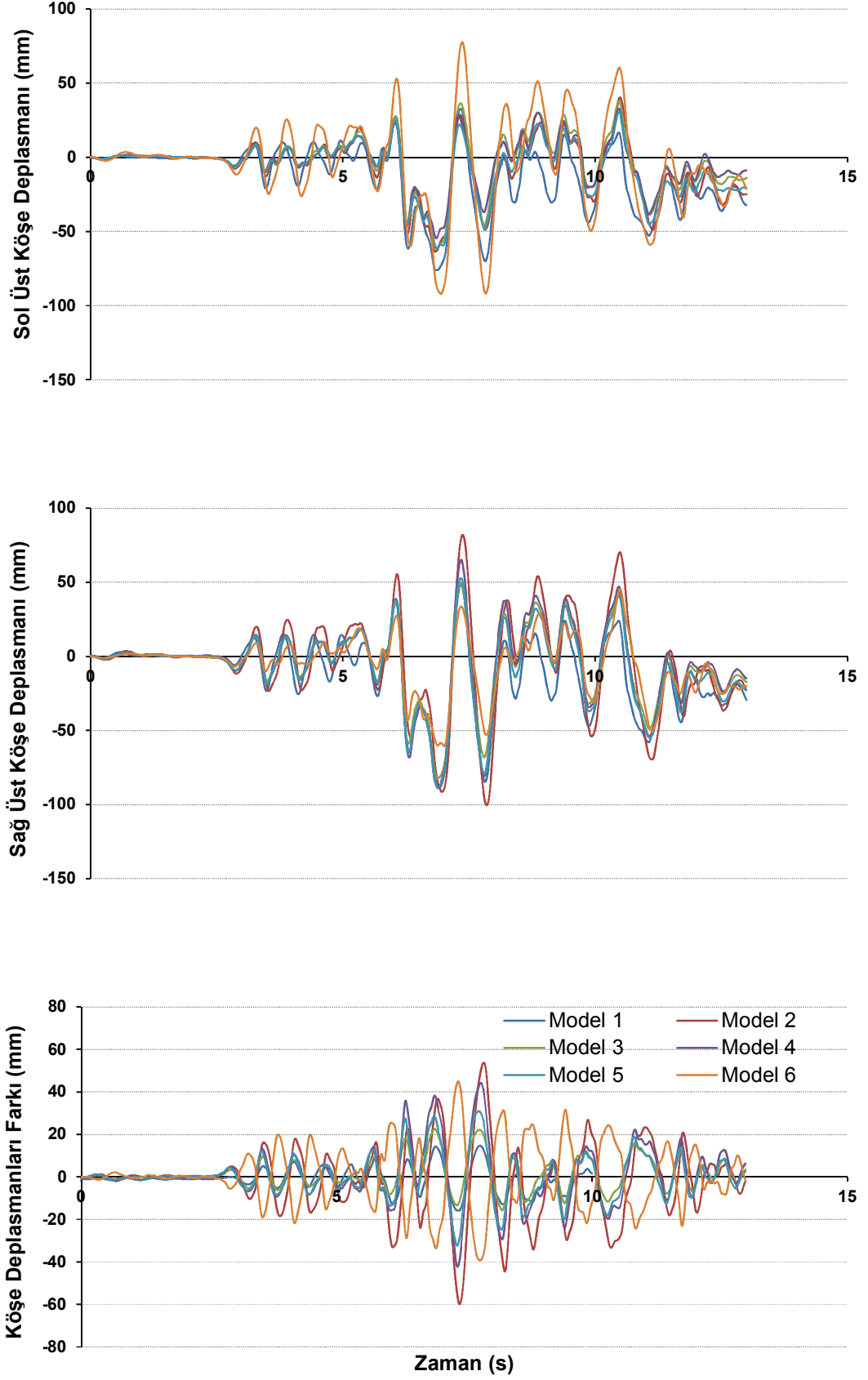
# **EKLER**

## 8. EKLER

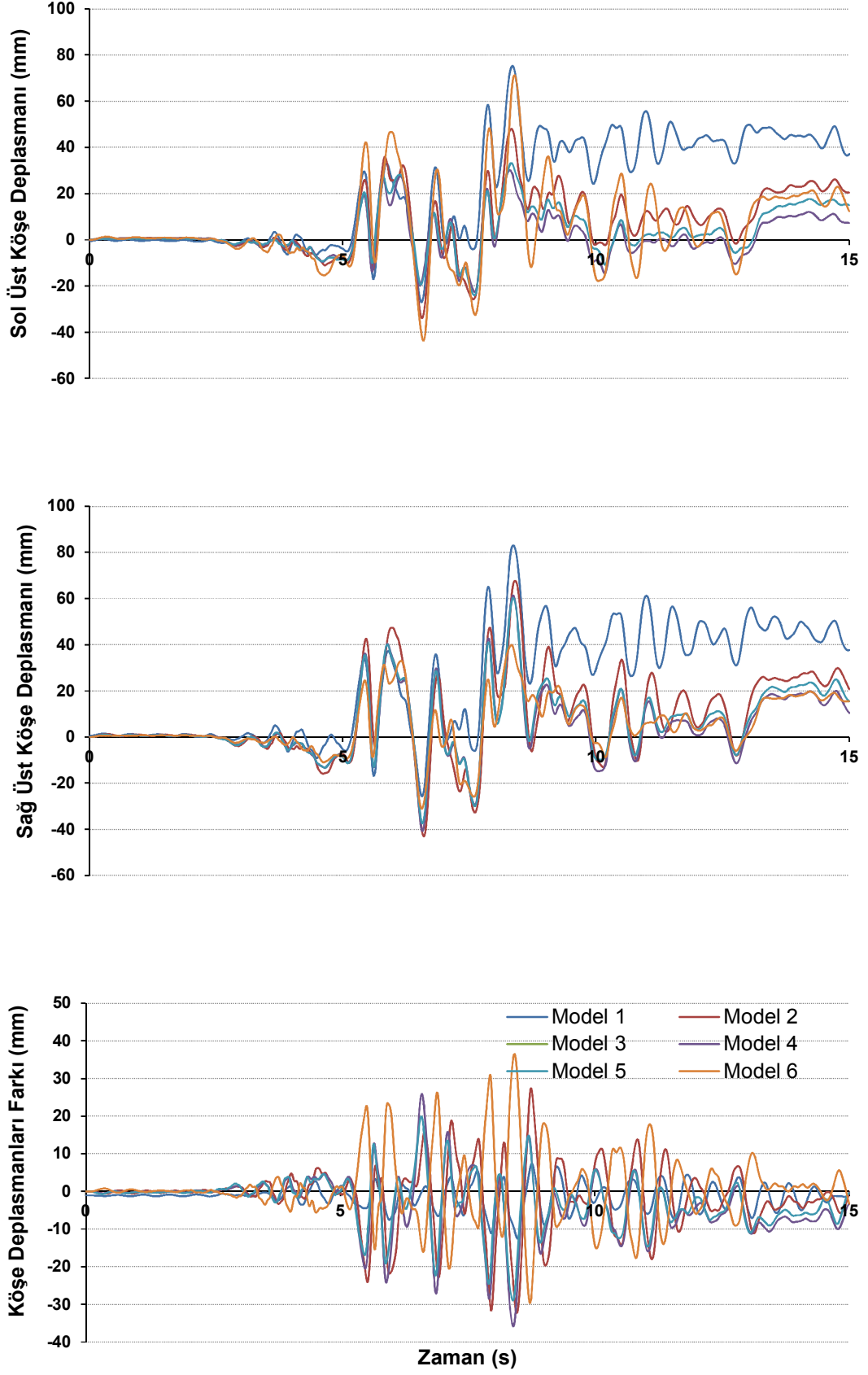
### EK A Modellere Ait Çatı Katı Deplasman Talepleri



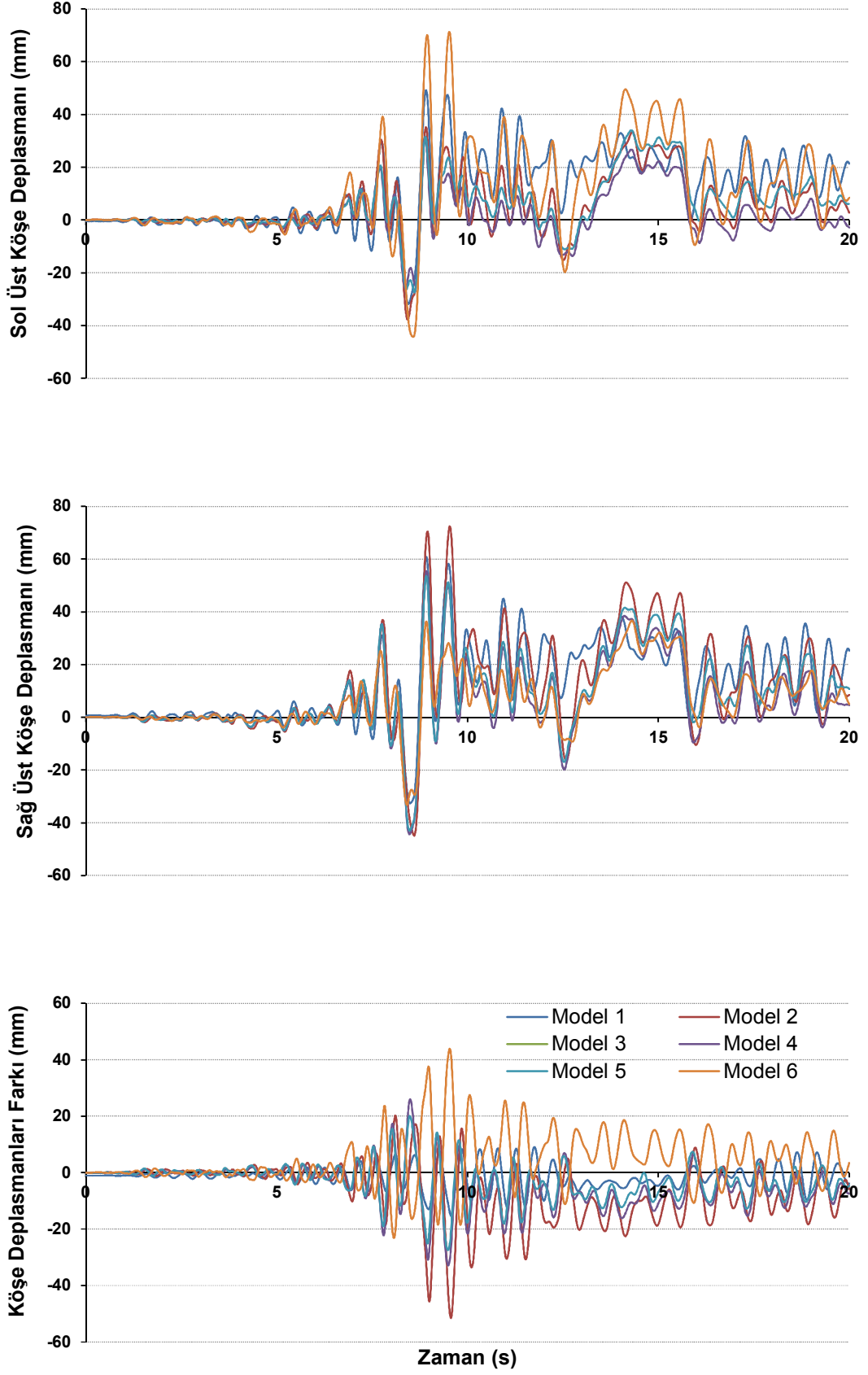
Şekil A.1: Capemend-Pet090 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri



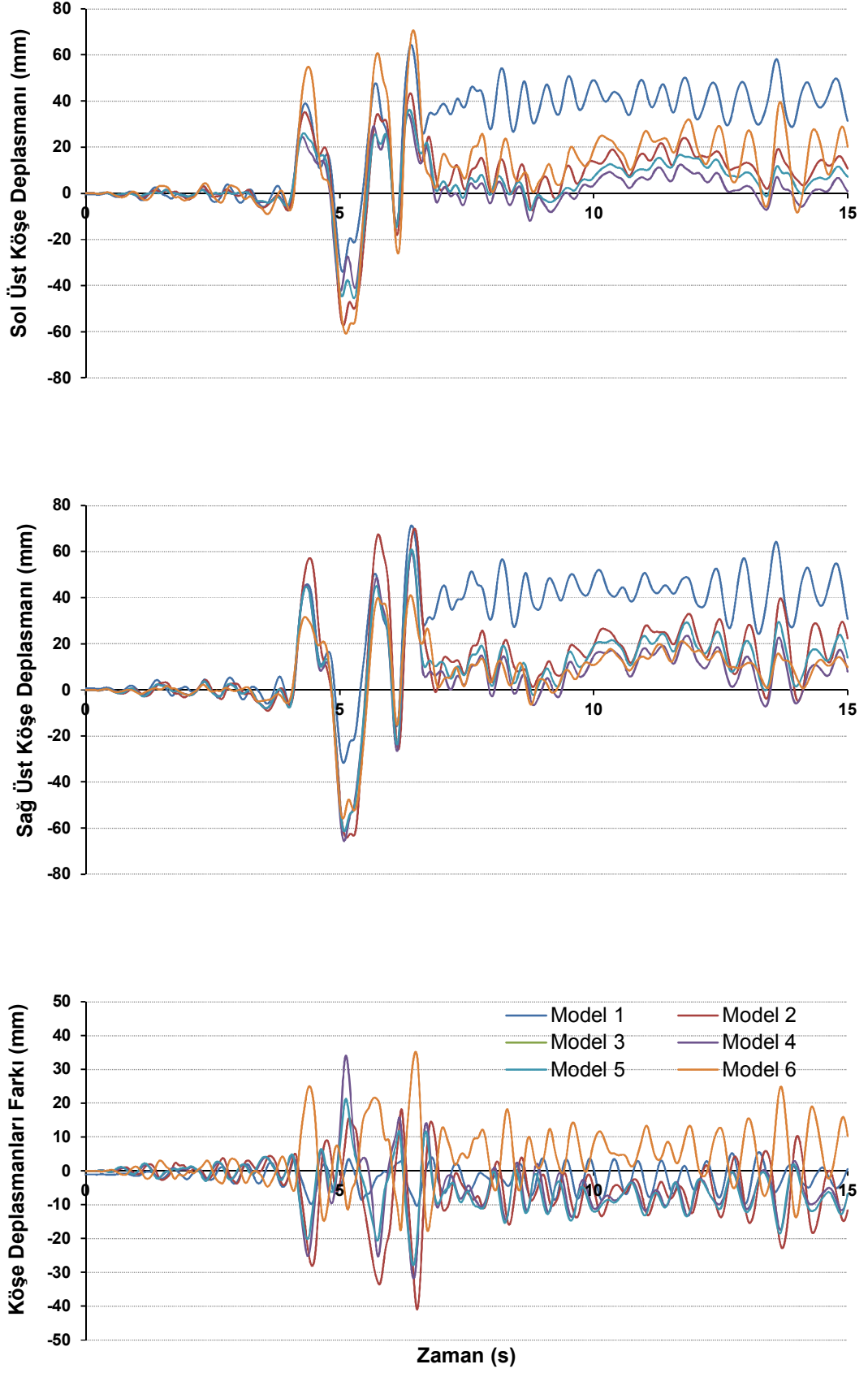
Şekil A.2: Gazlı-Gaz000 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri



Şekil A.3: Impvall-H-E05140 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri

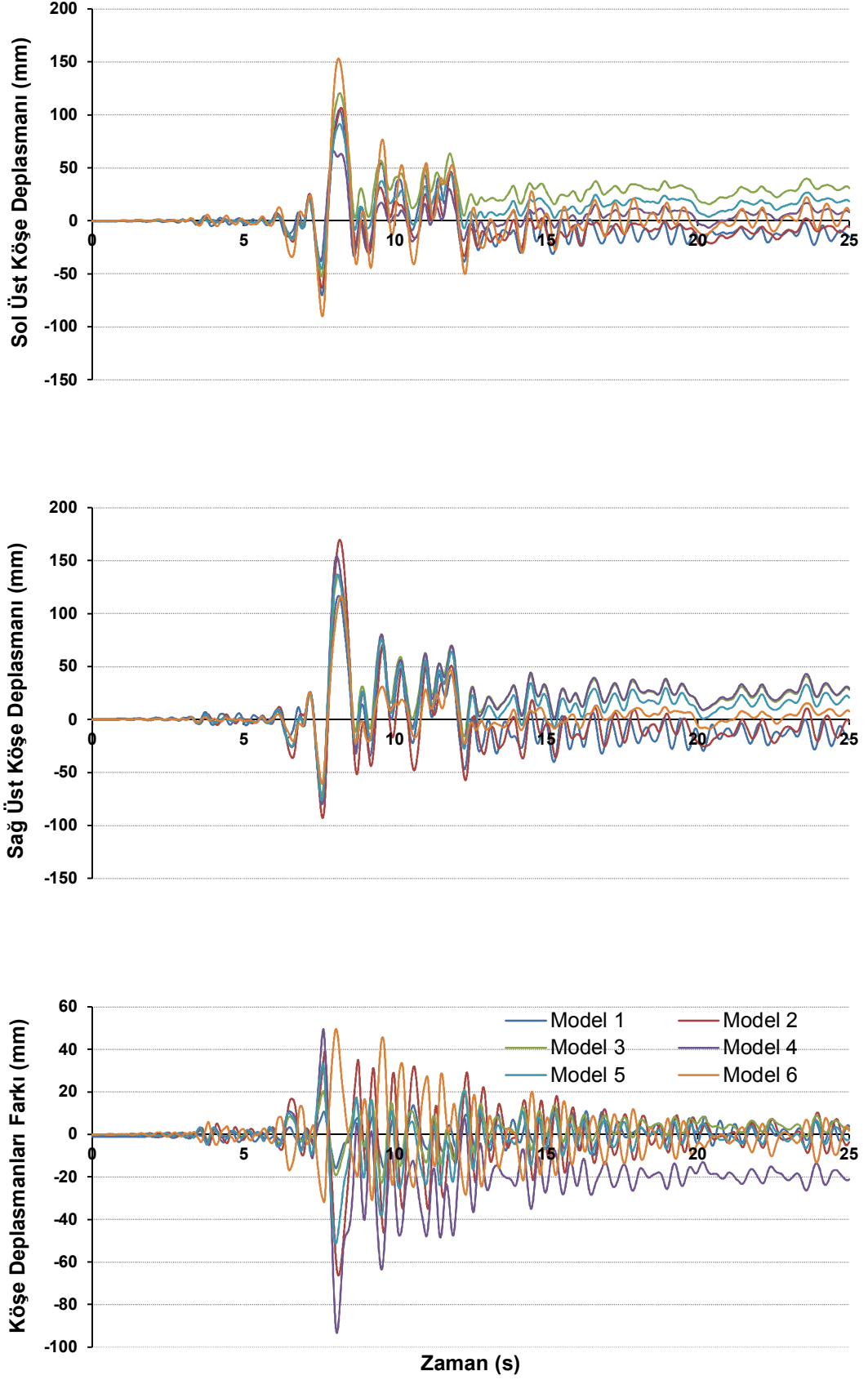


Şekil A.4: Koc-Dzc180 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri

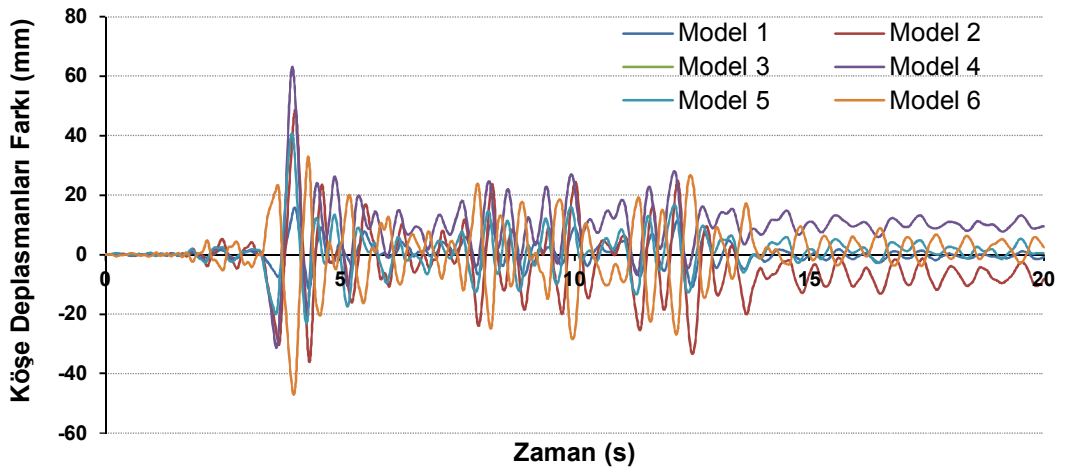
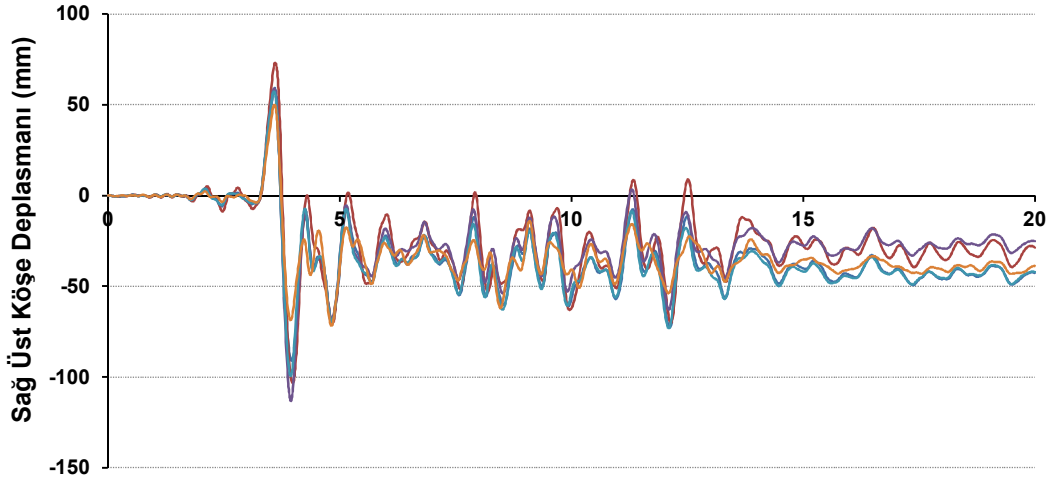
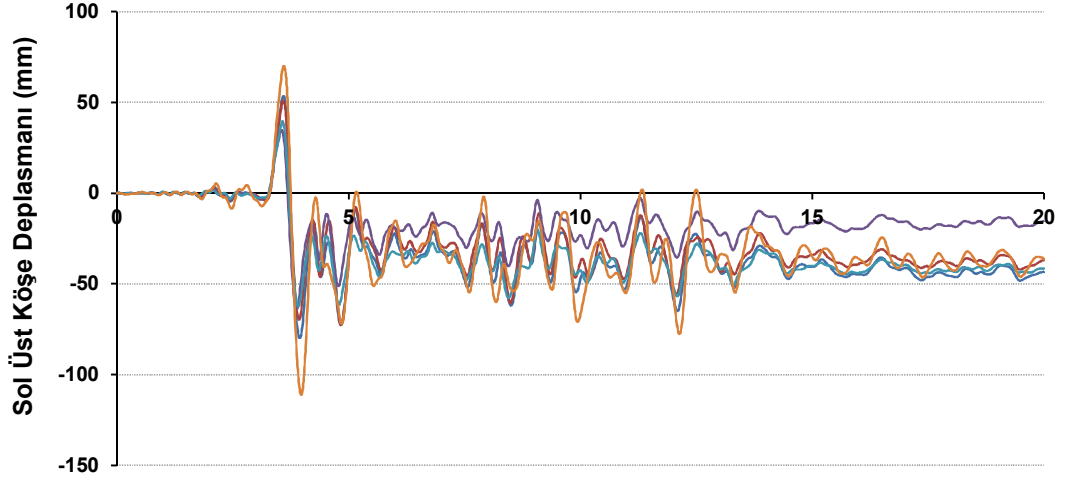


Şekil A.5: Koc-Dzc270 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri

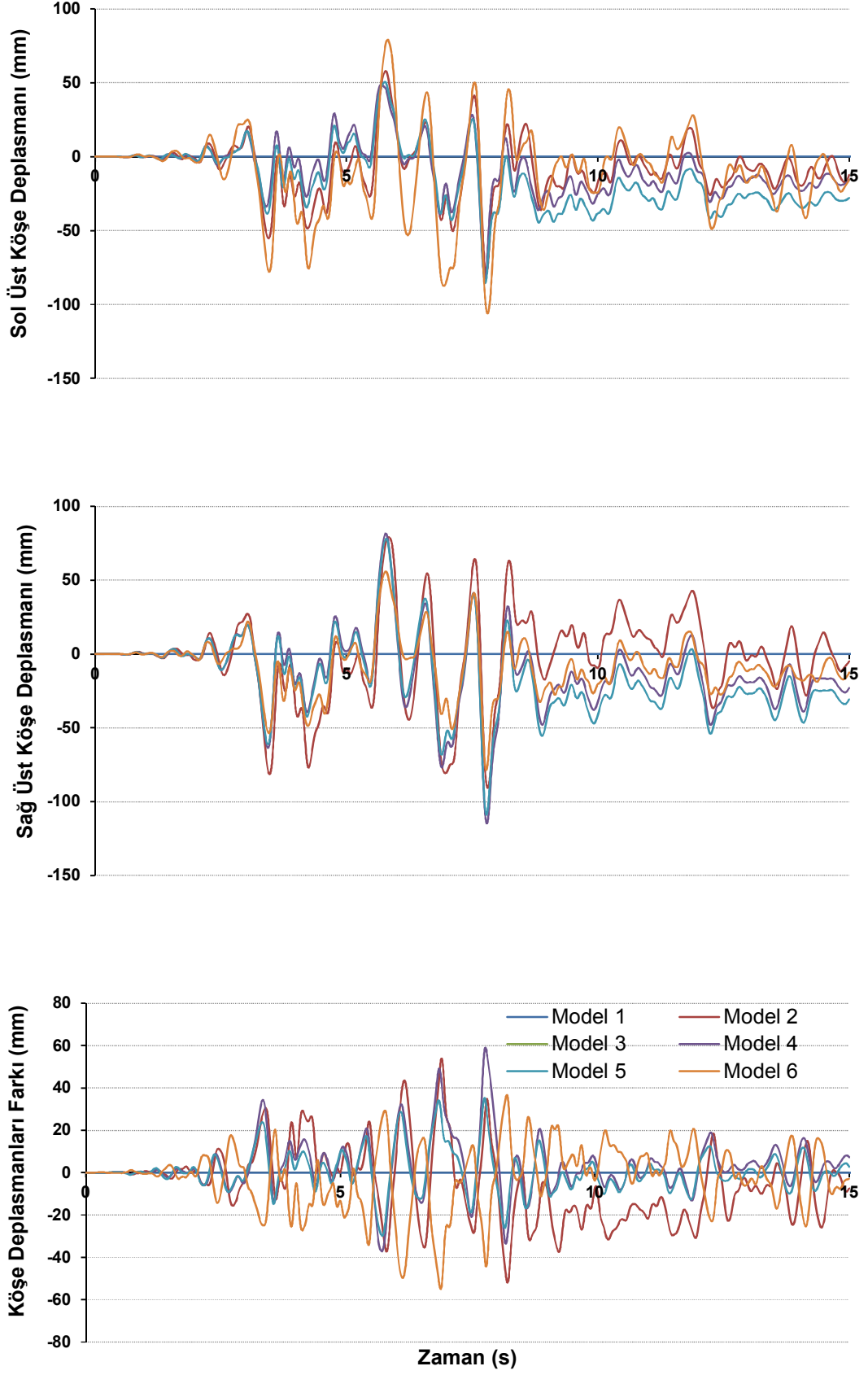




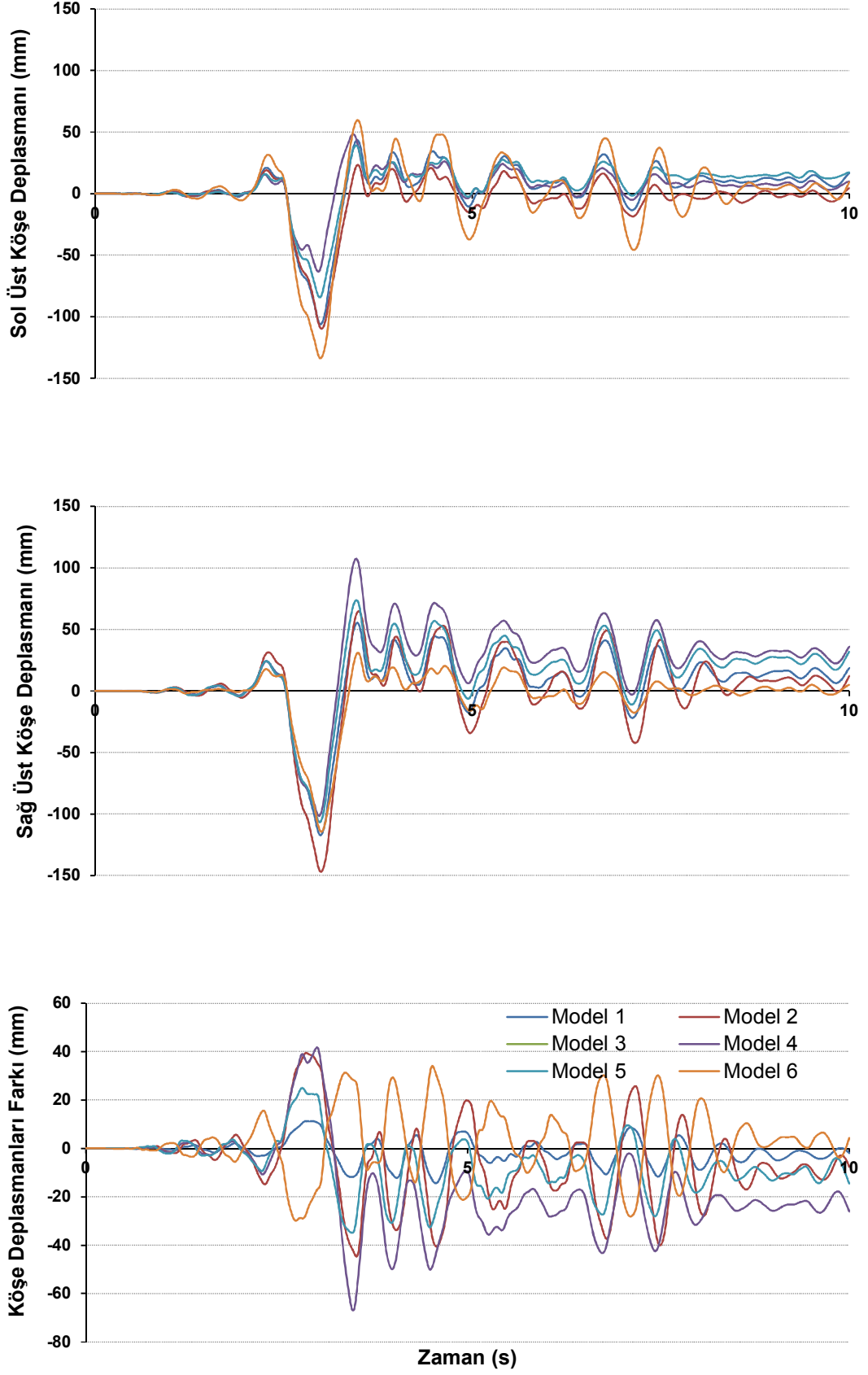
Şekil A.6: Lomap-Hsp000 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri



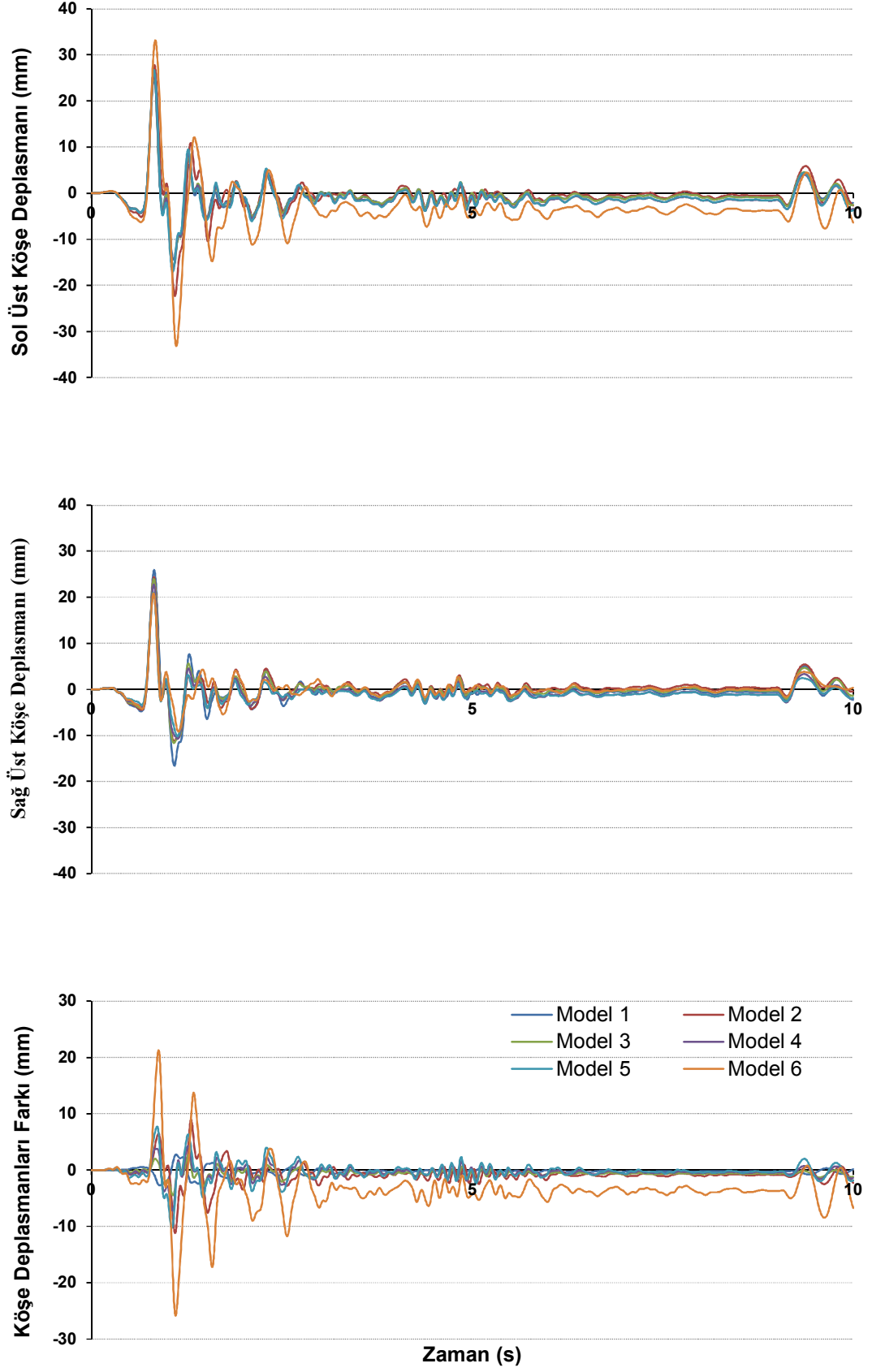
Şekil A.7: Northr-Pkc360 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri



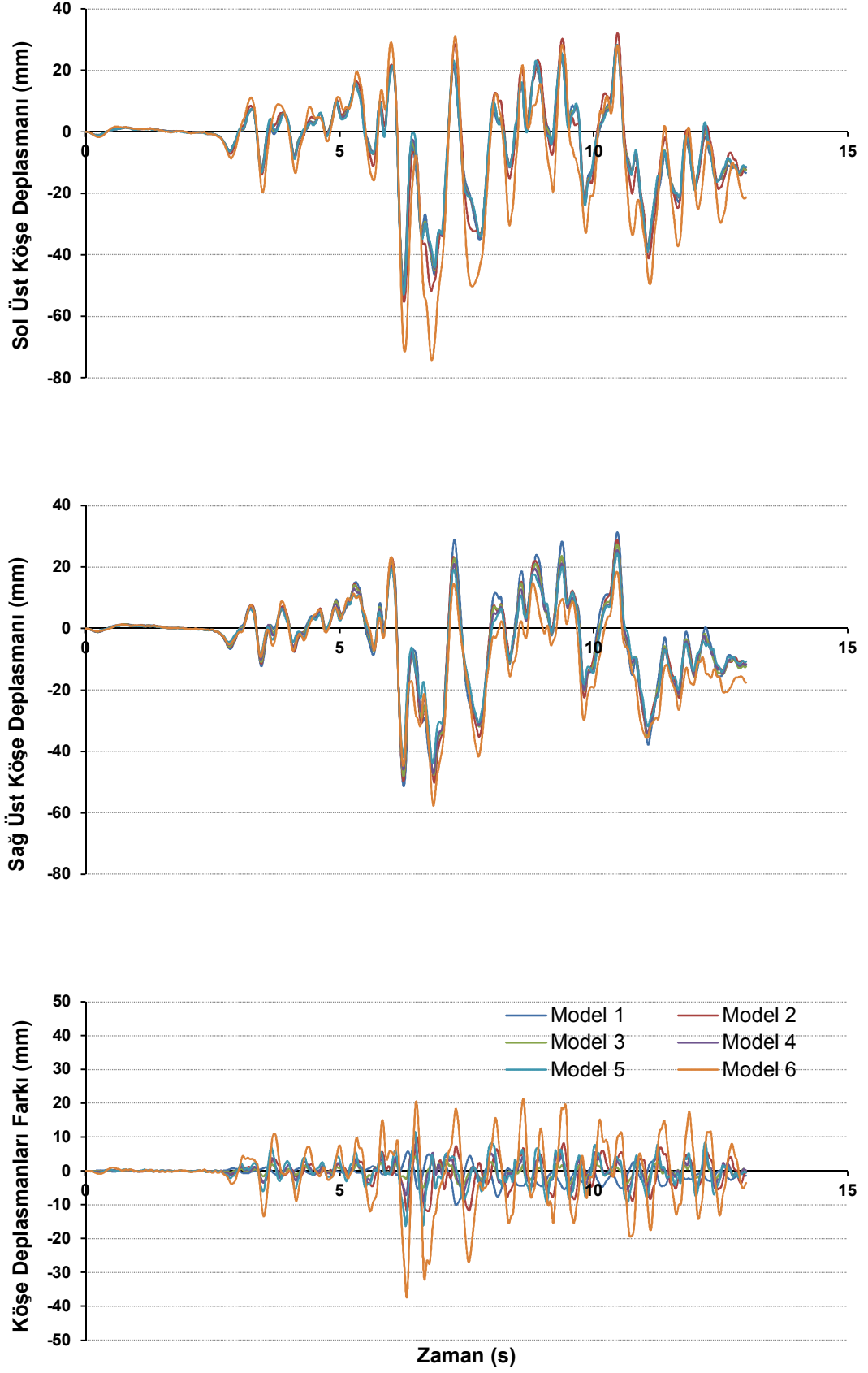
Şekil A.8: Northr-Spv360 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri



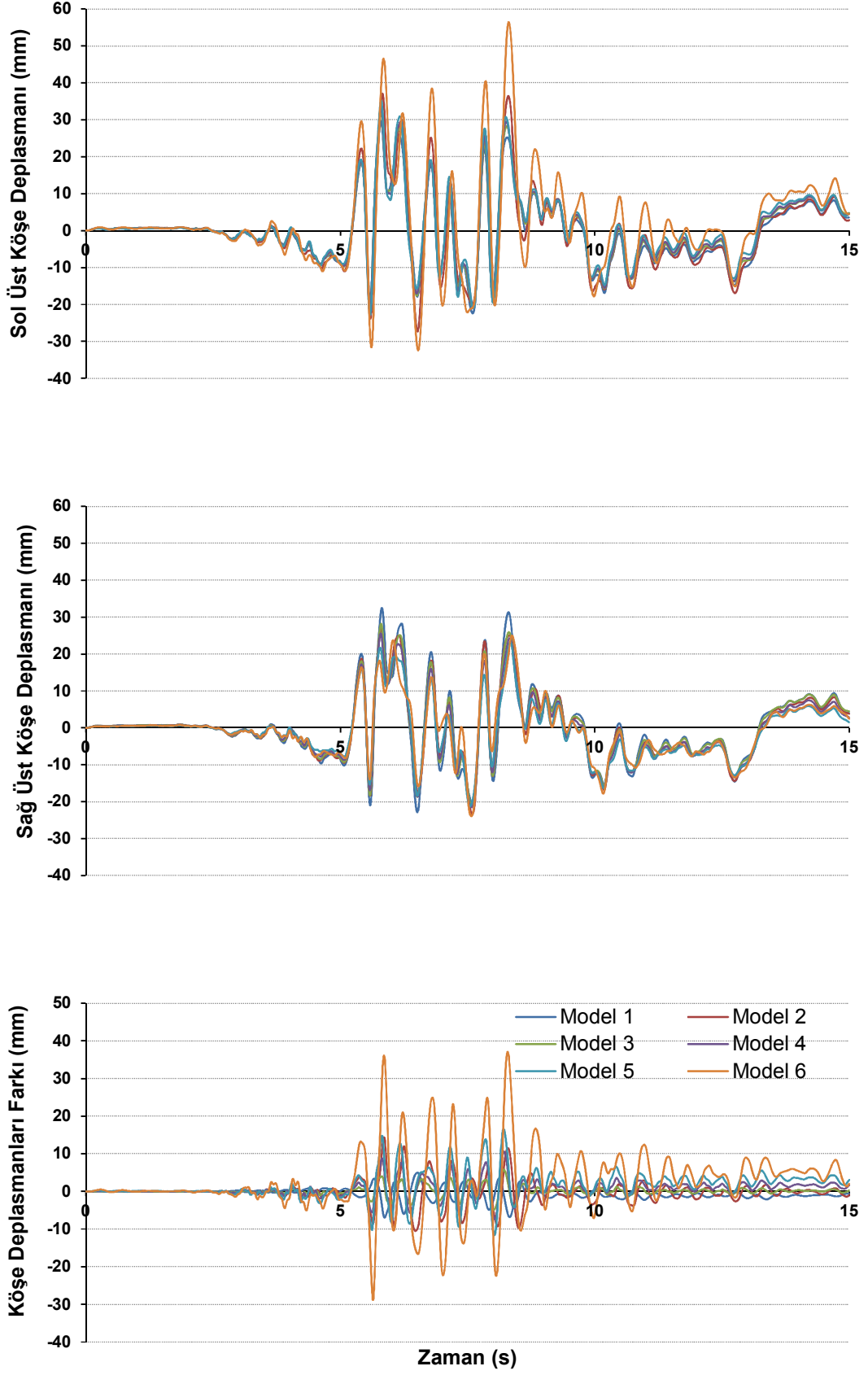
Şekil A.9: Palmspr-Nps210 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri



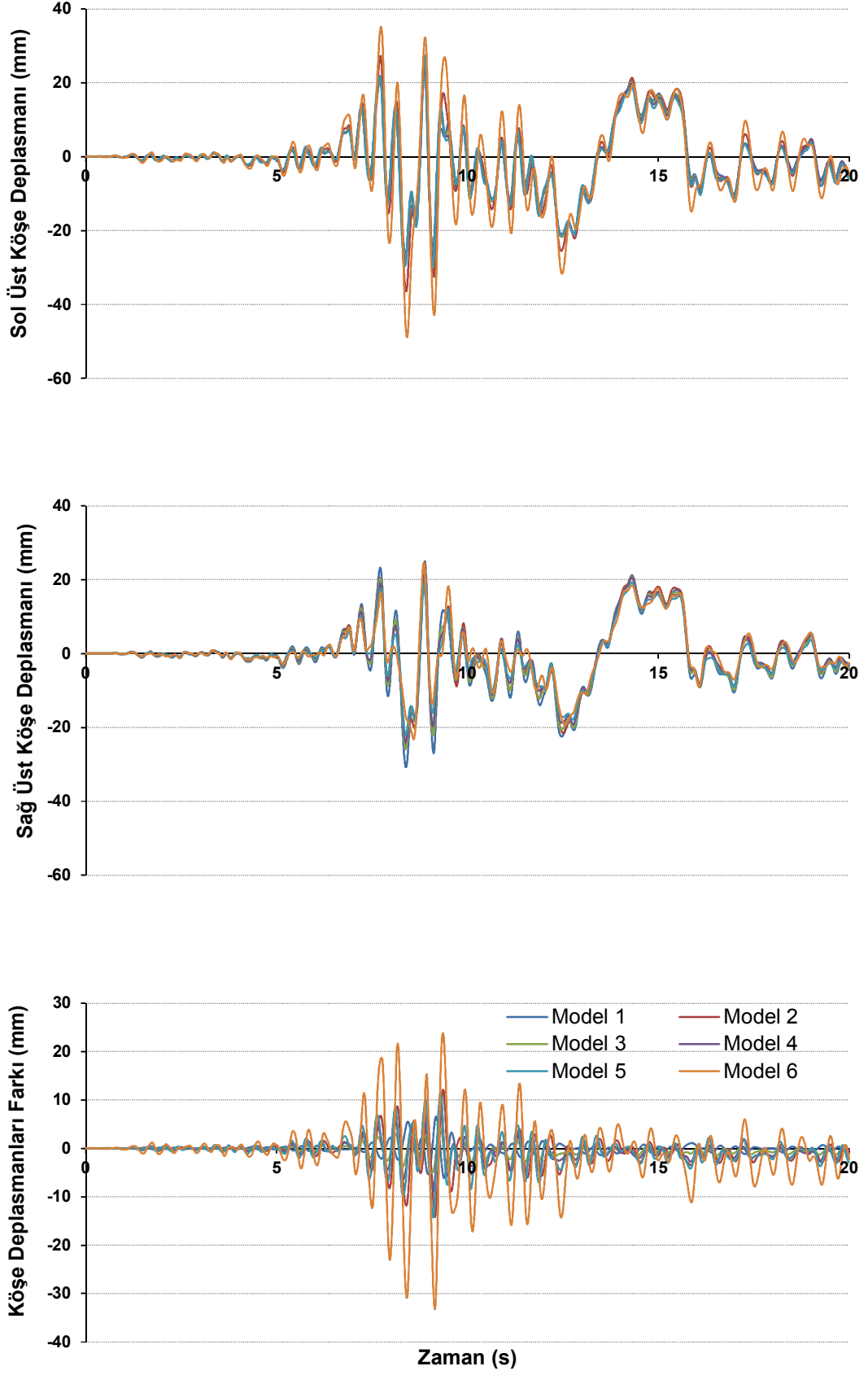
Şekil A.10: Capemend-Pet090 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri



Şekil A.11: Gazlı-Gaz000 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri

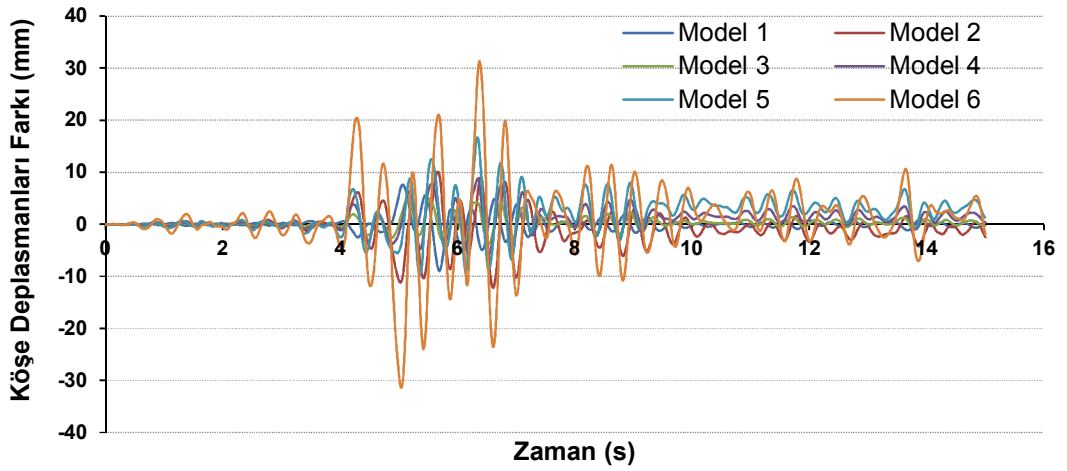
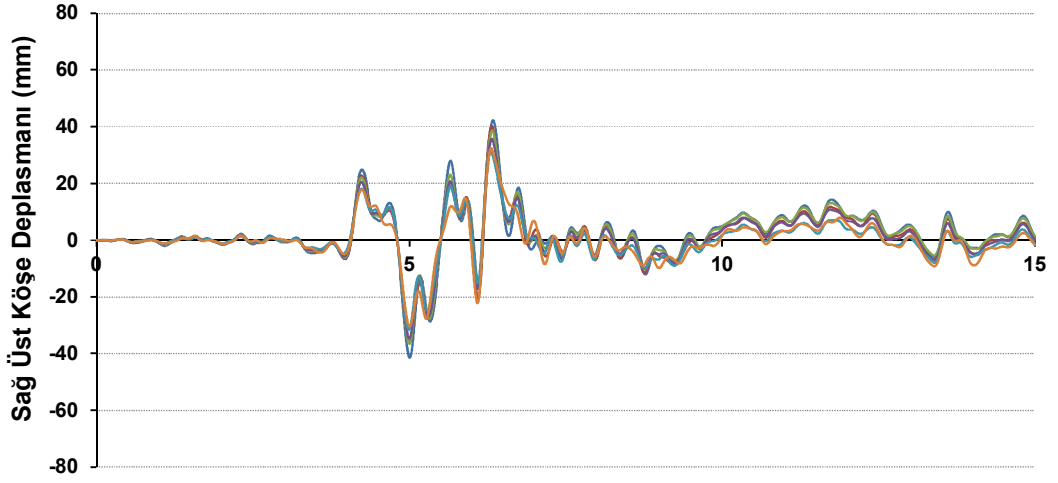
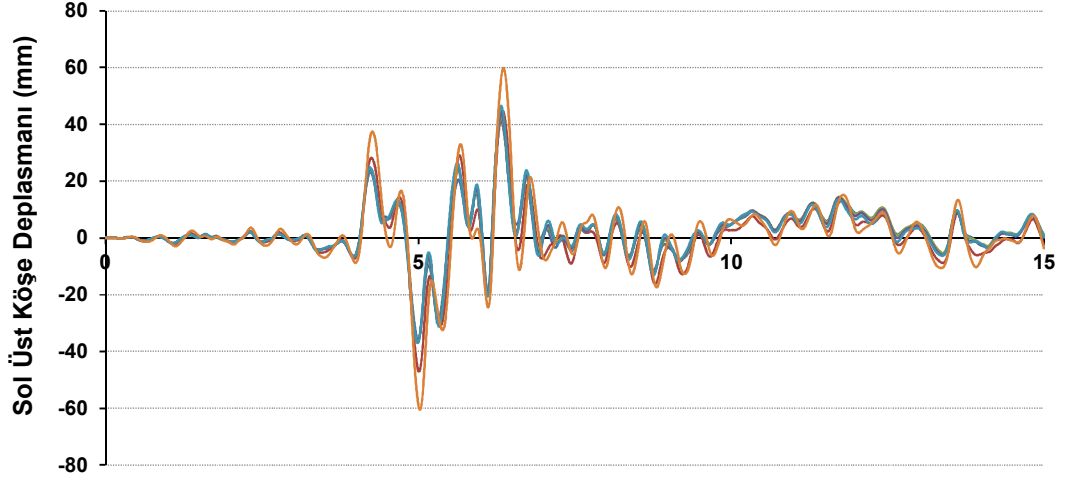


Şekil A.12: Impvall-H-E05140 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri

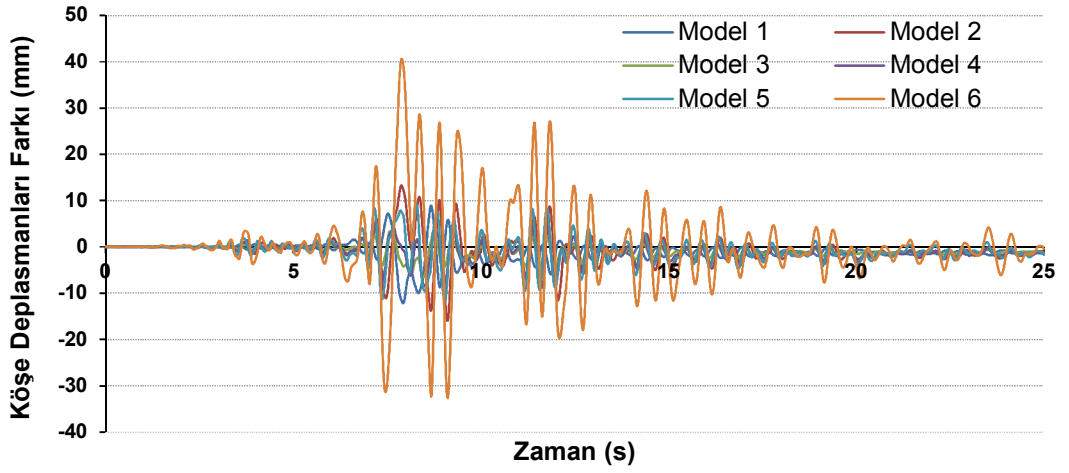
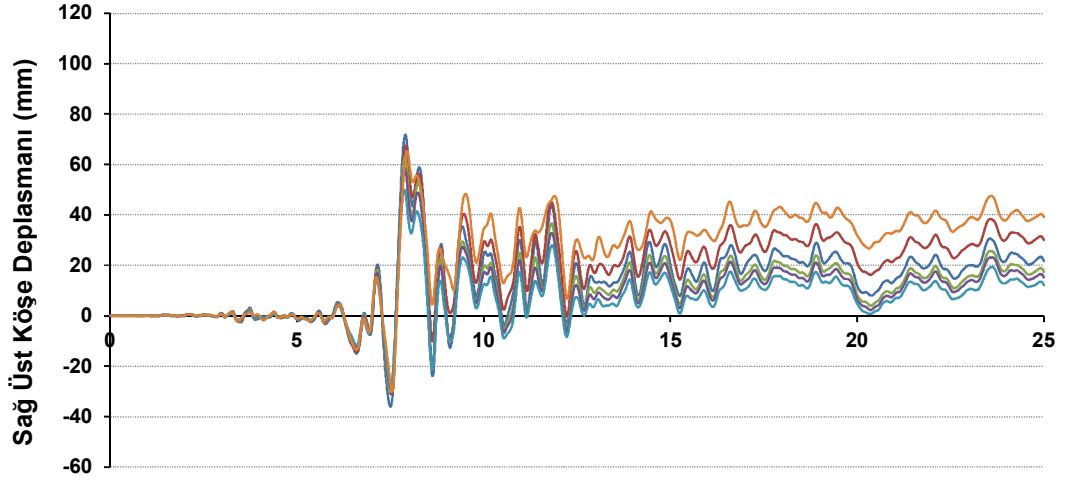
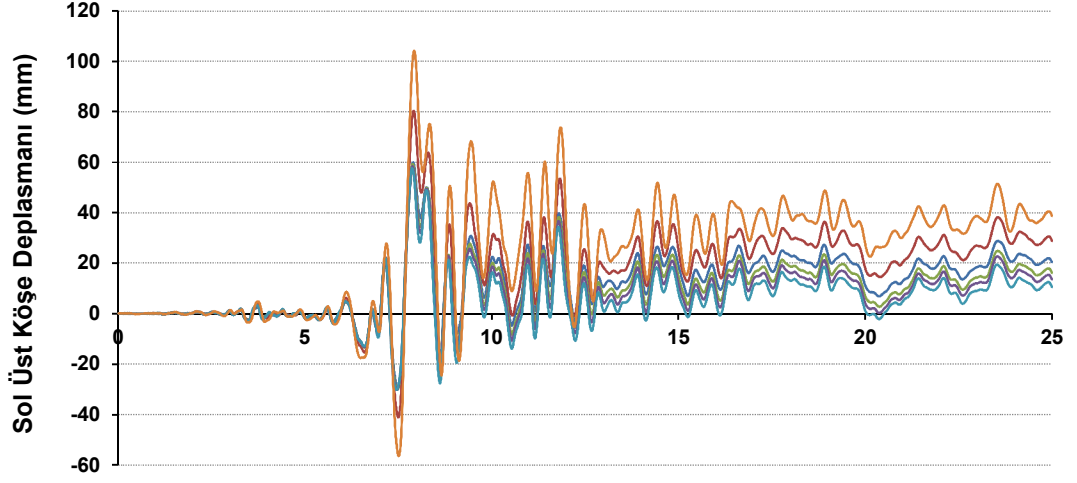


Şekil A.13: Koc-Dzc180 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri

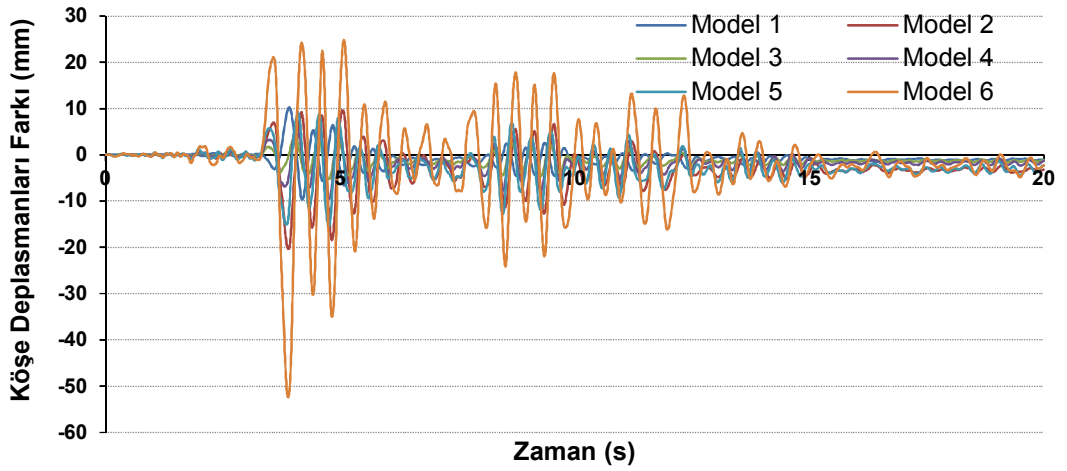
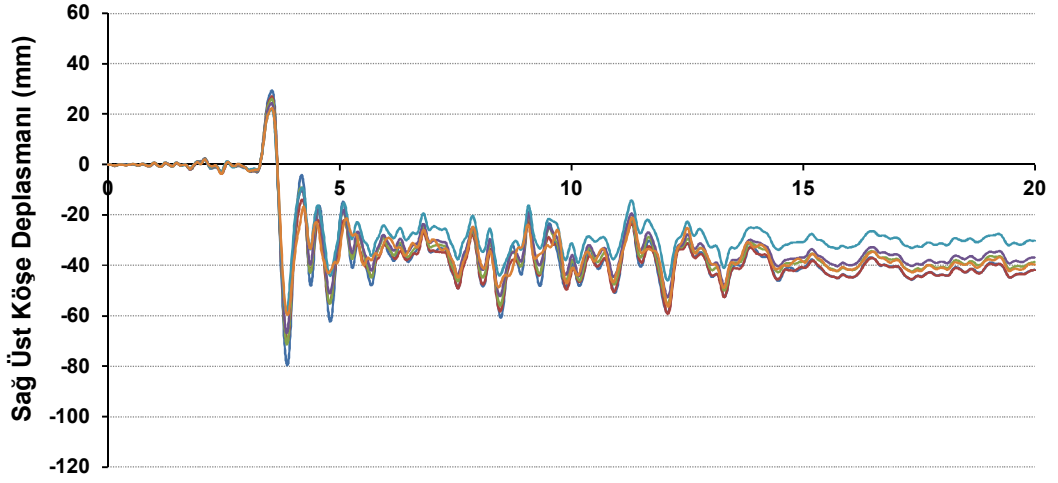
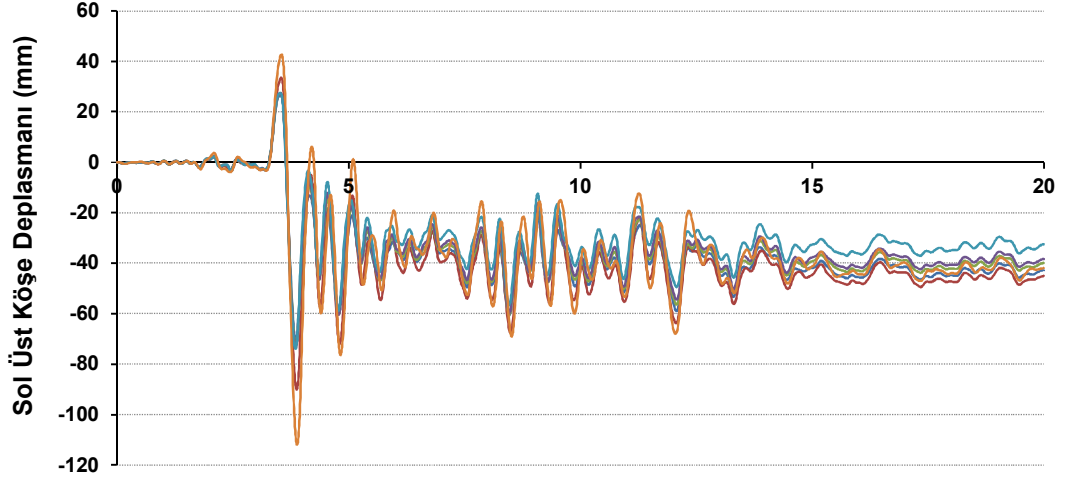




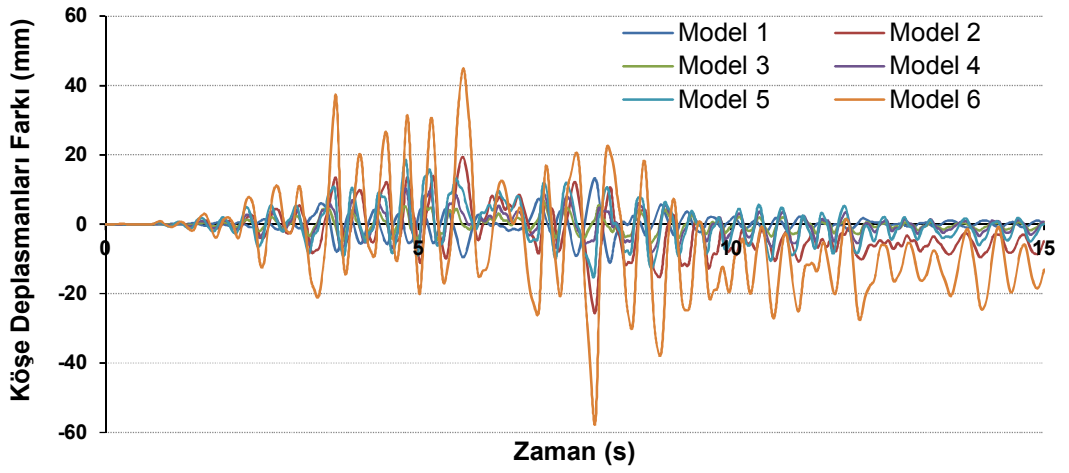
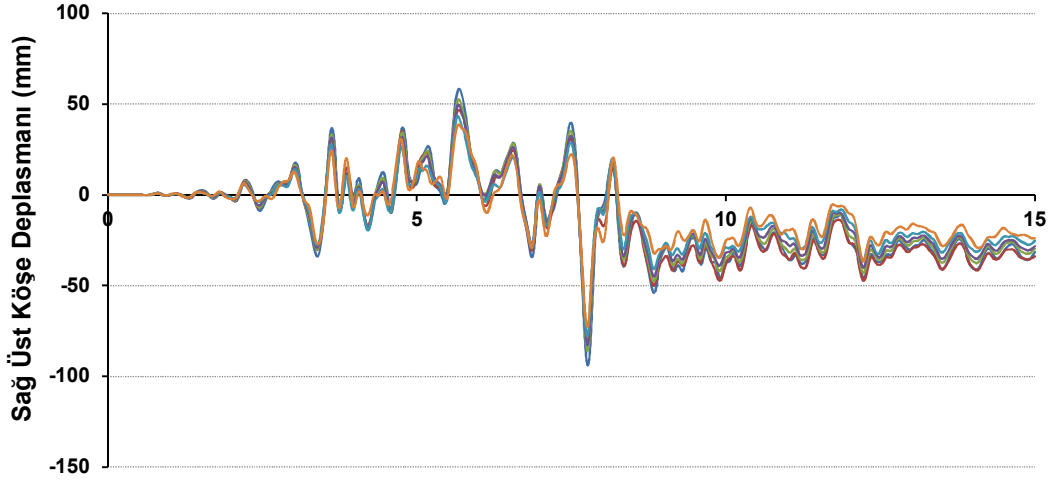
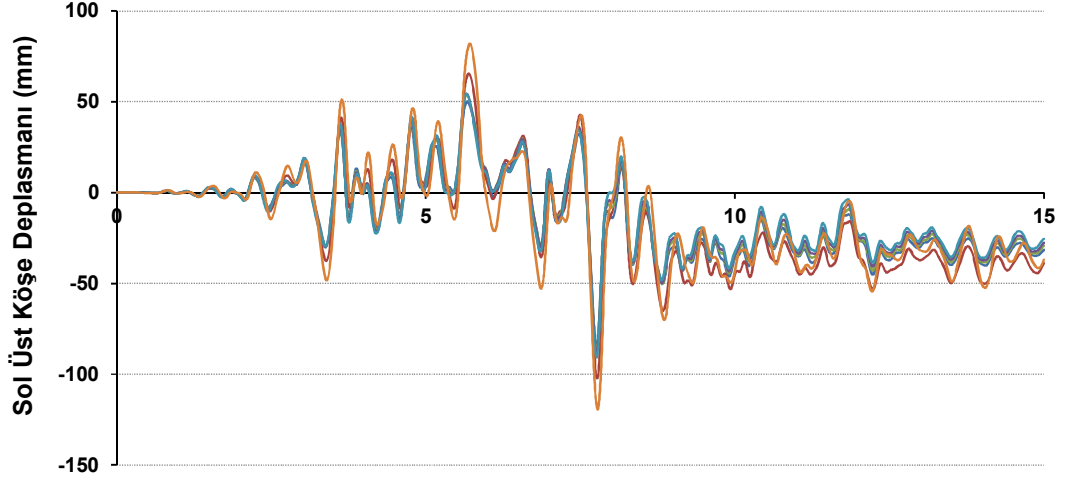
Şekil A.14: Koc-Dzc270 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri



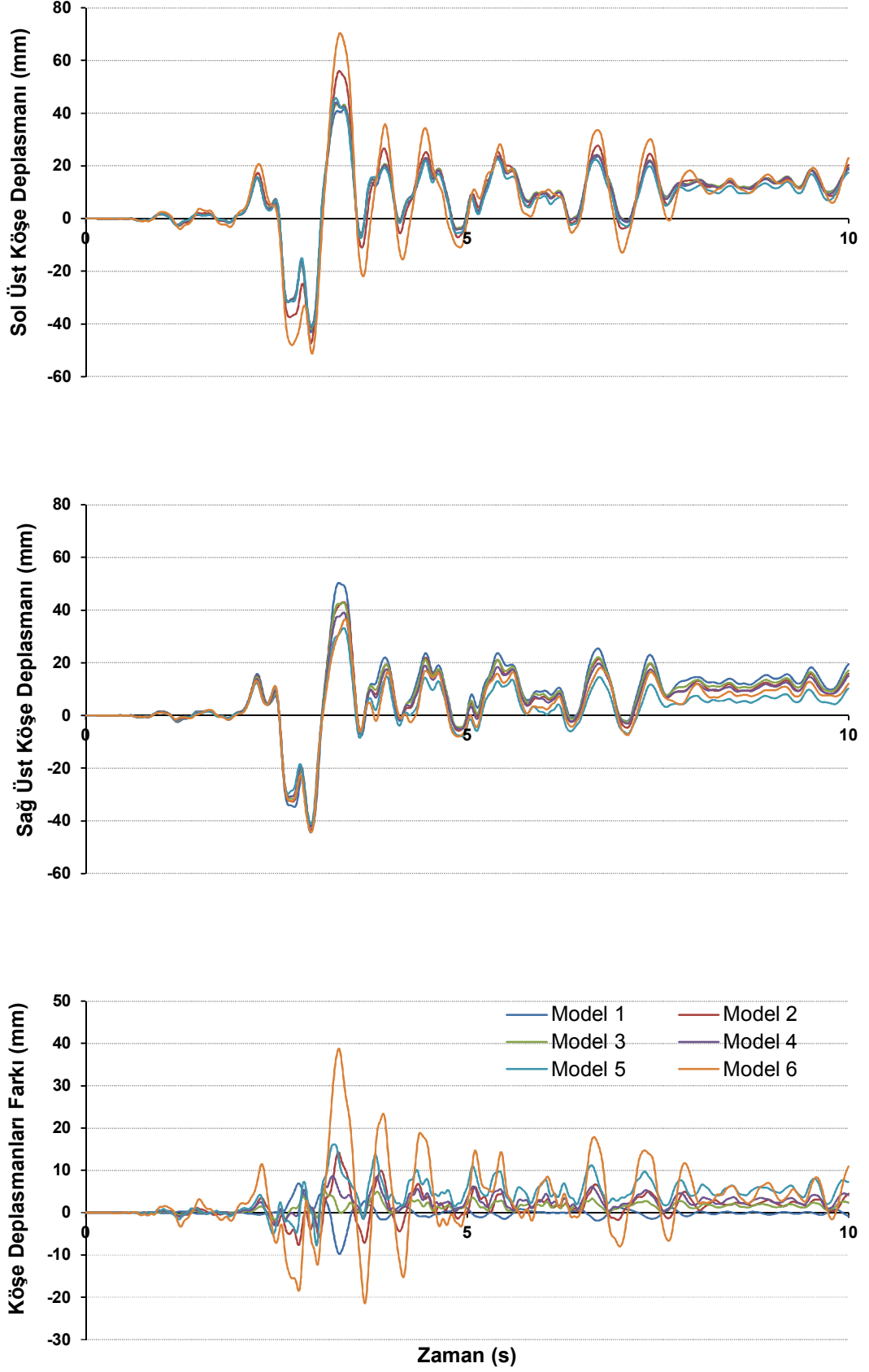
Şekil A.15: Lomap-Hsp000 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri



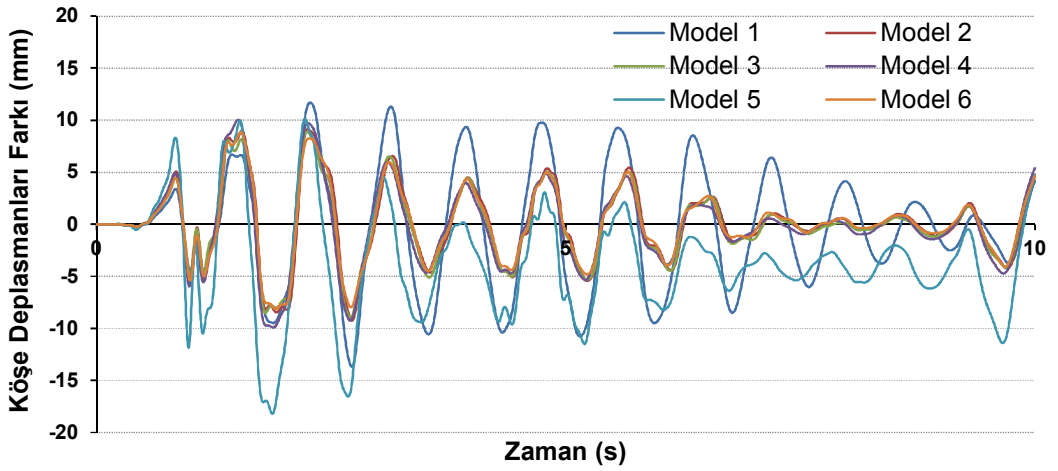
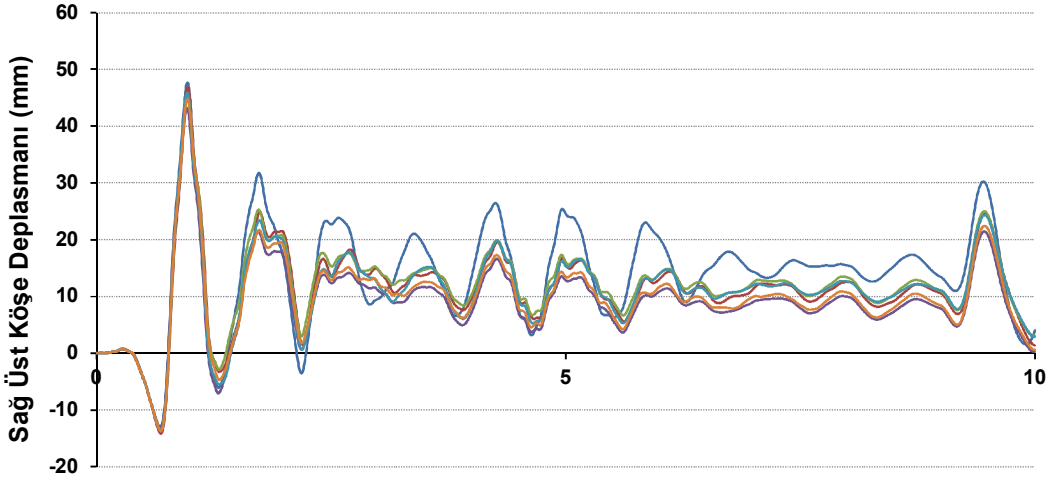
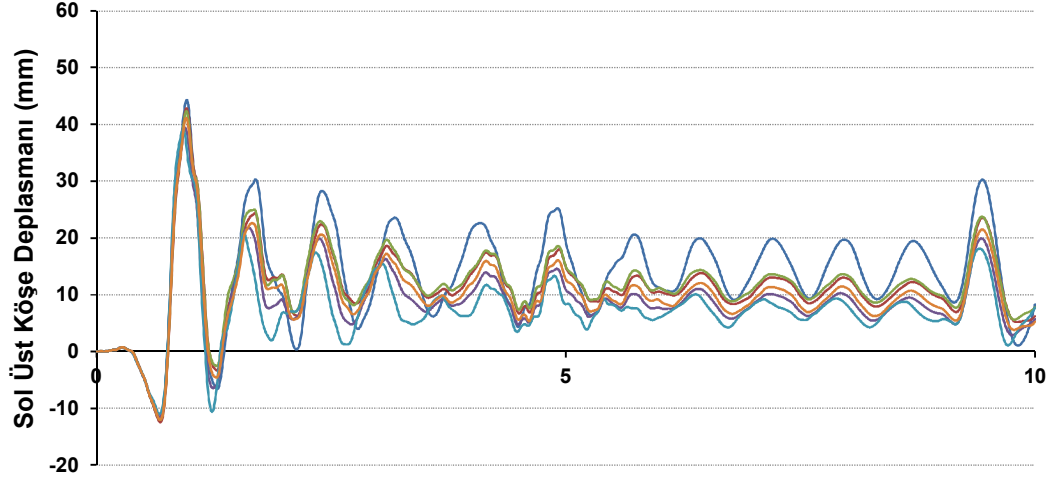
Şekil A.16: Northr-Pkc360 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri



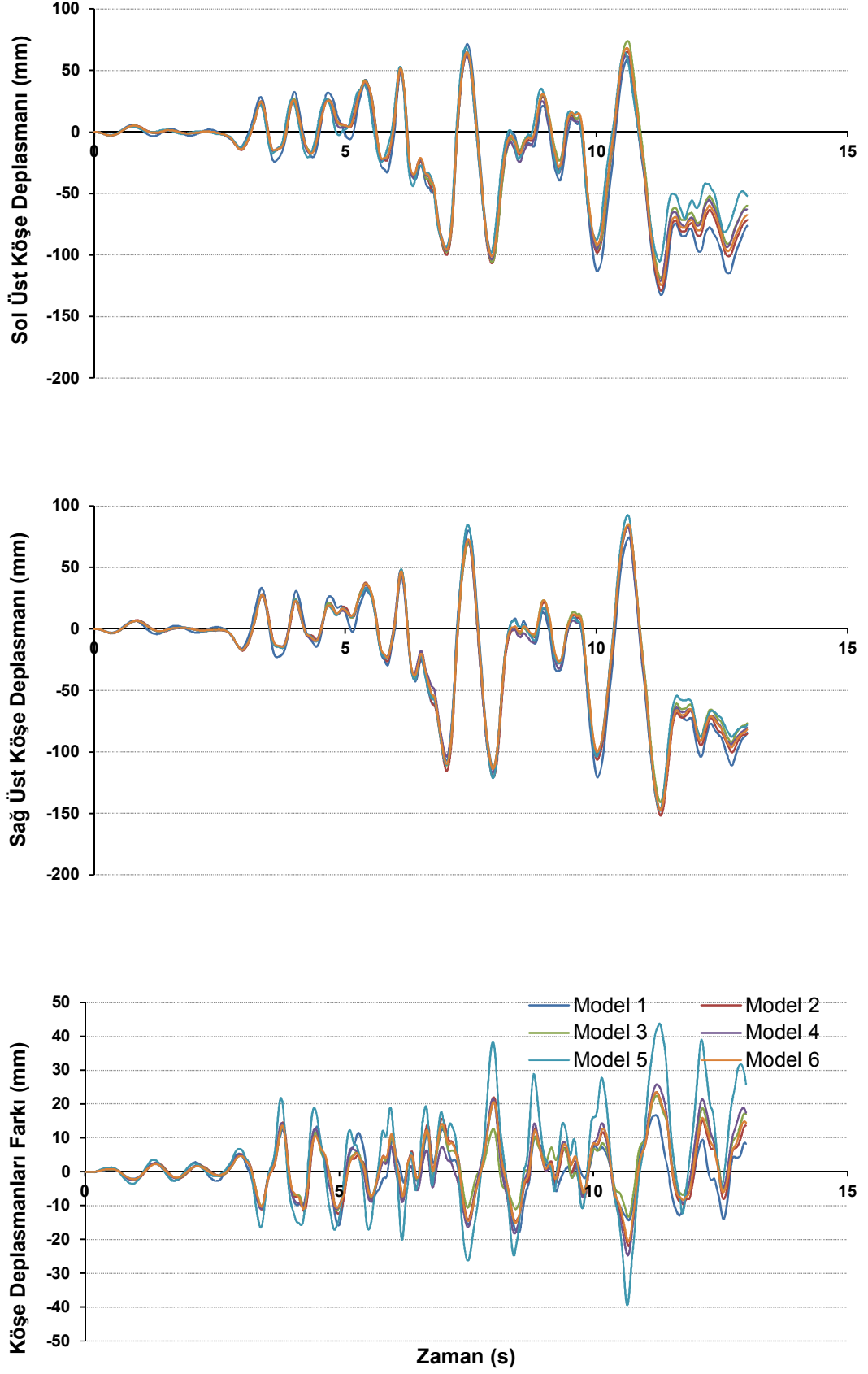
Şekil A.17: Northr-Spv360 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri



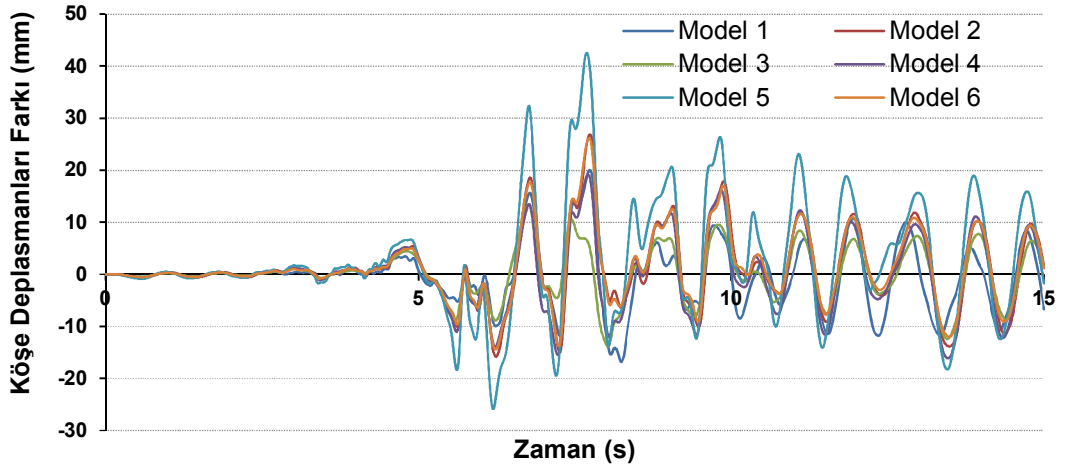
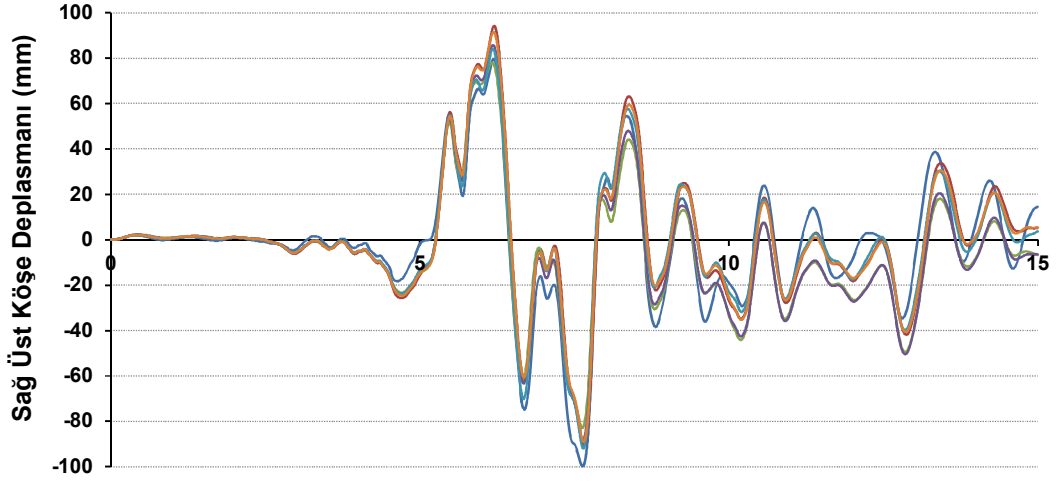
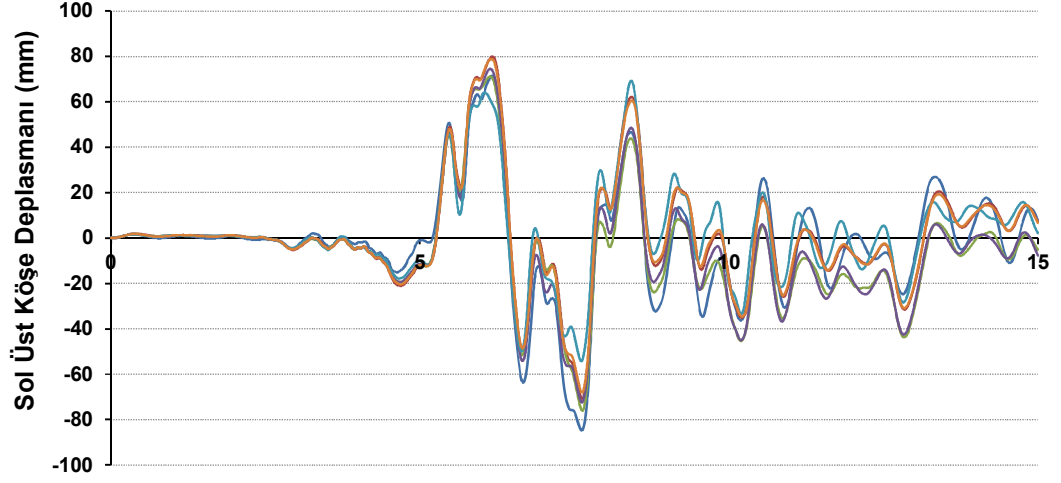
Şekil A.18: Palmspr-Nps210 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri



Şekil A.19: Capemend-Pet090 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri

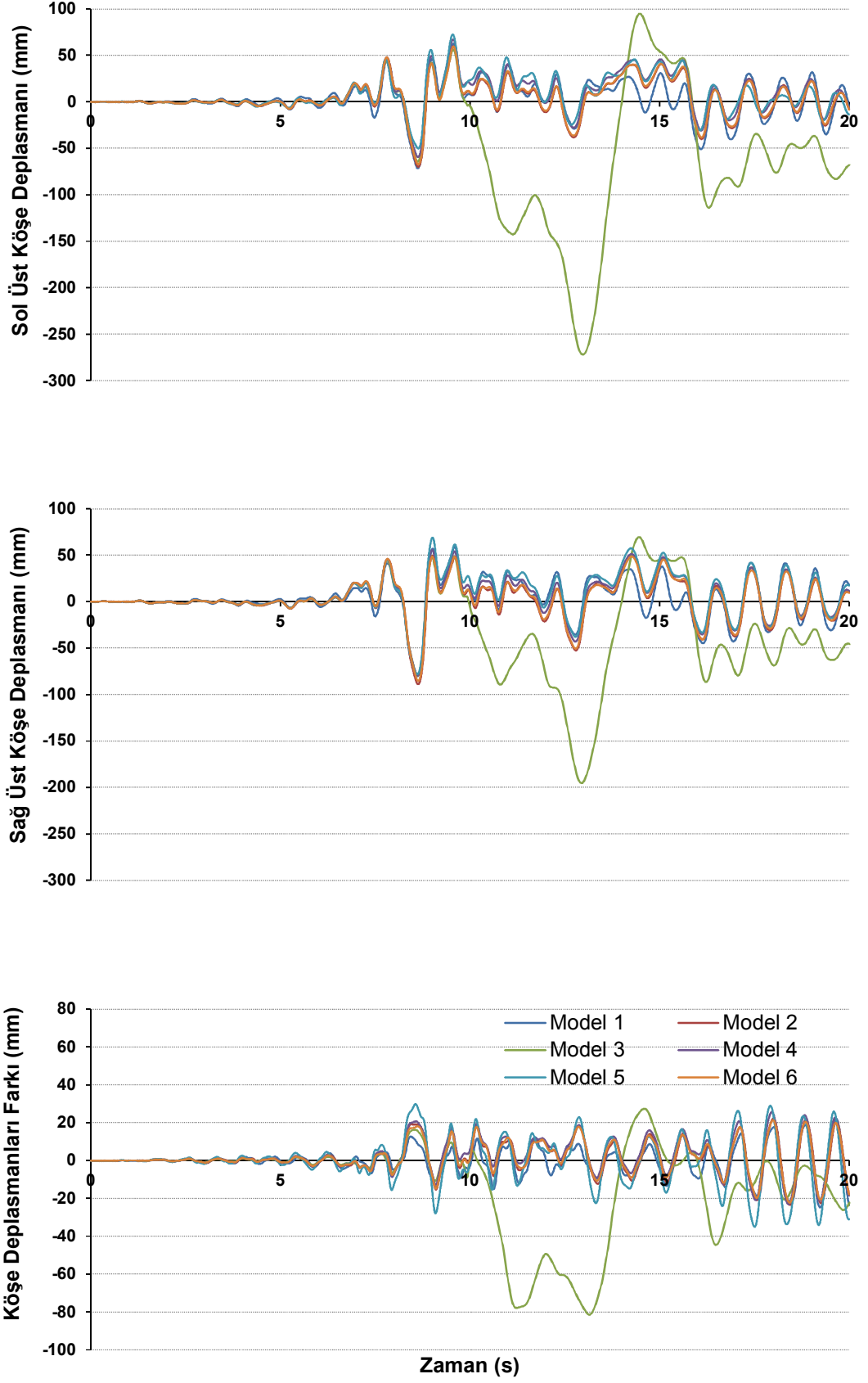


Şekil A.20: Gazlı-Gaz000 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri

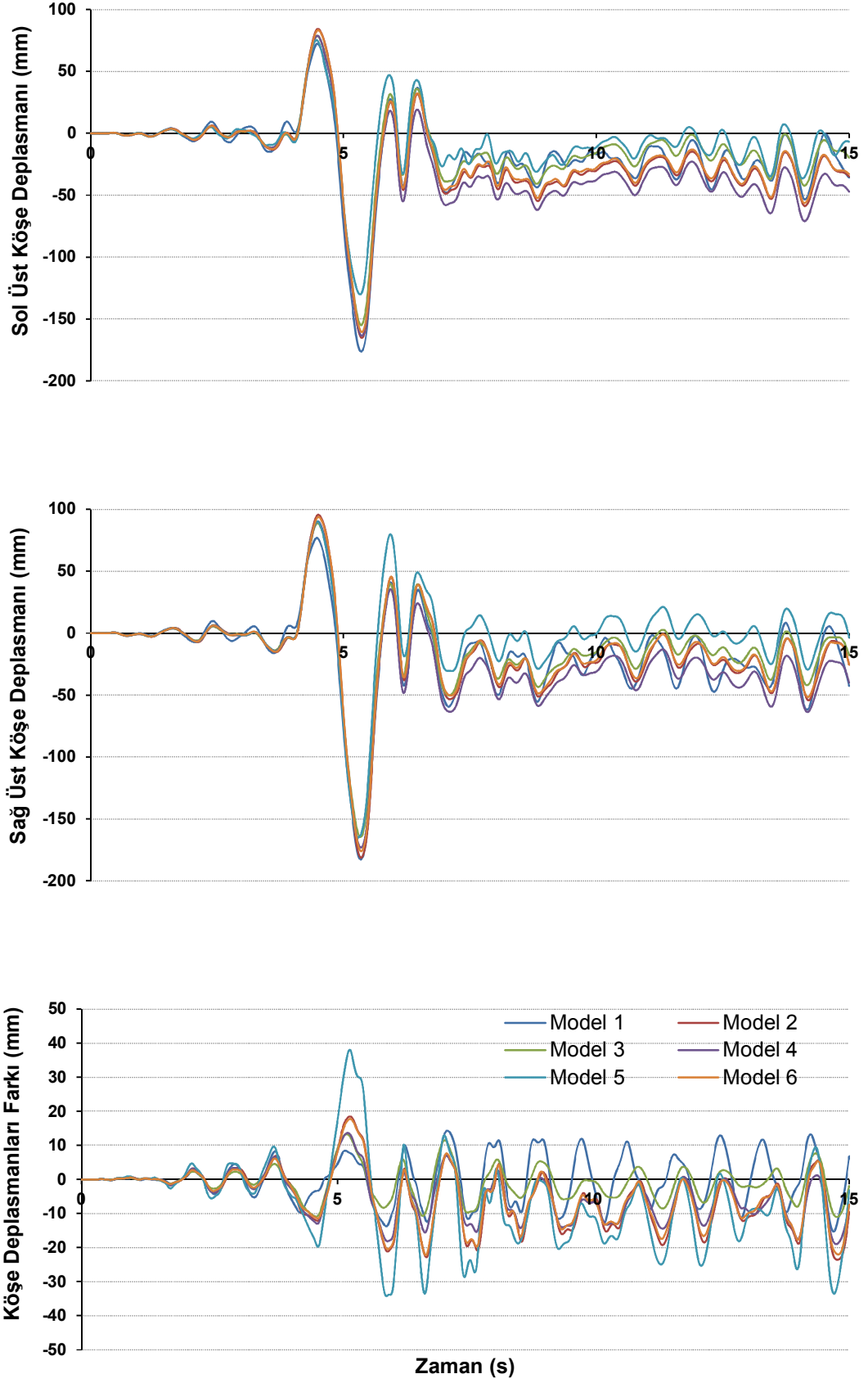


Şekil A.21: Impvall-H-E05140 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri

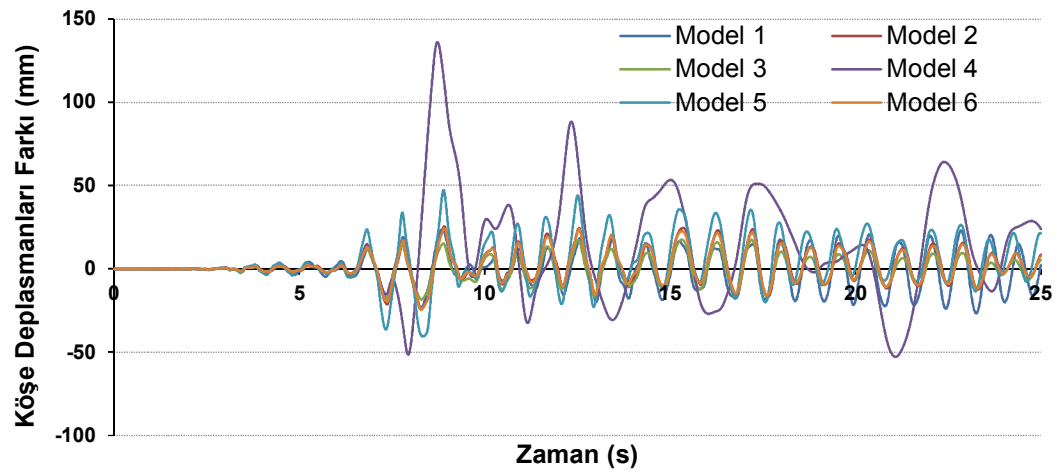
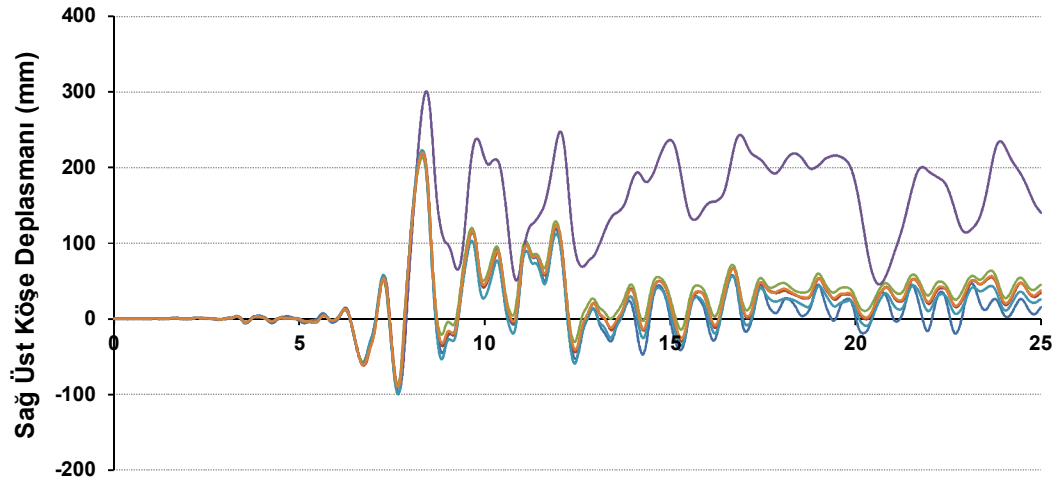
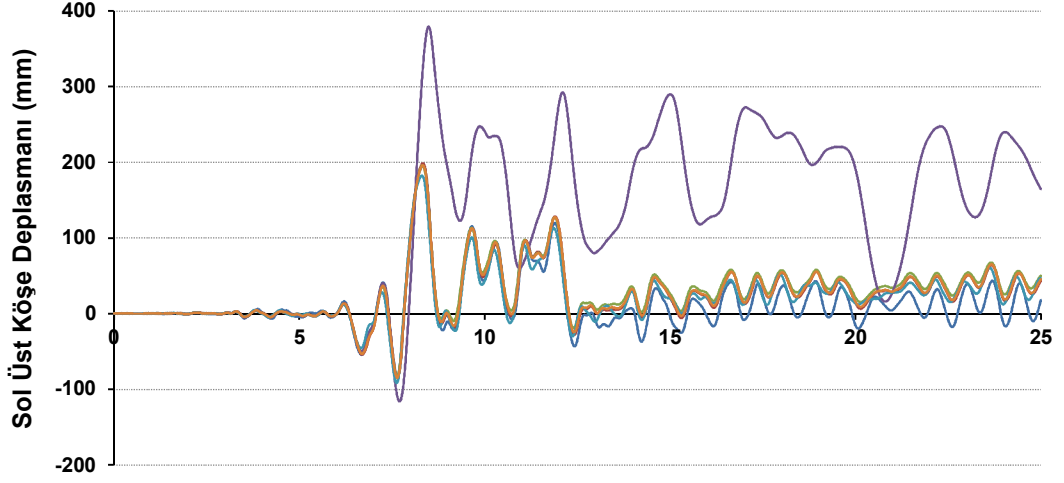




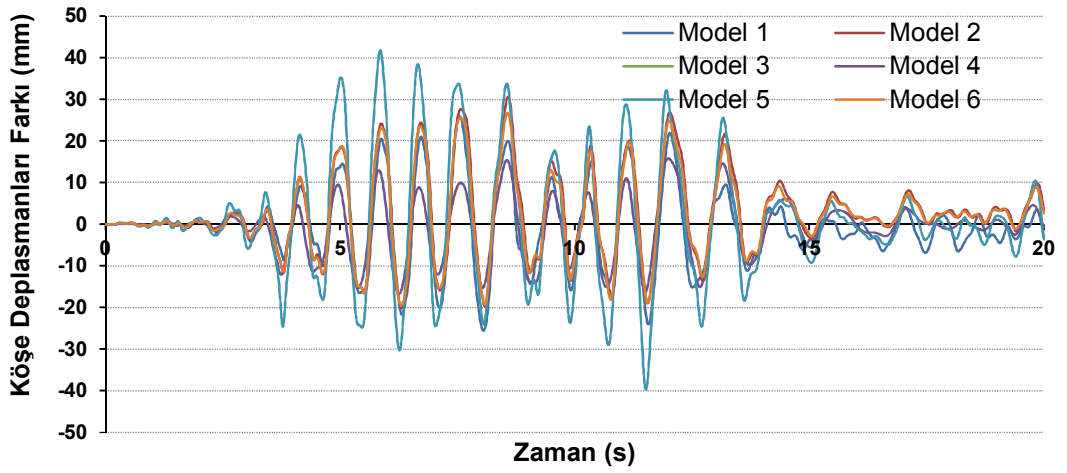
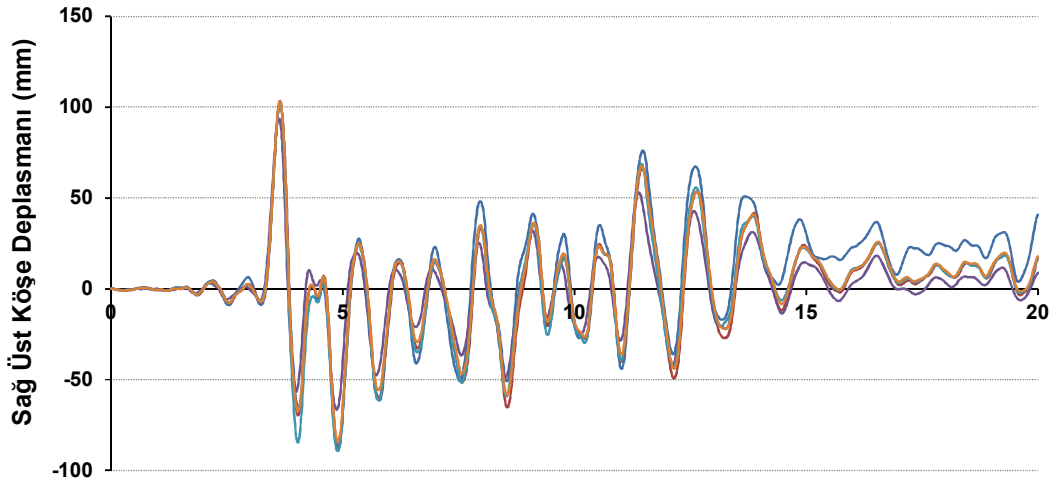
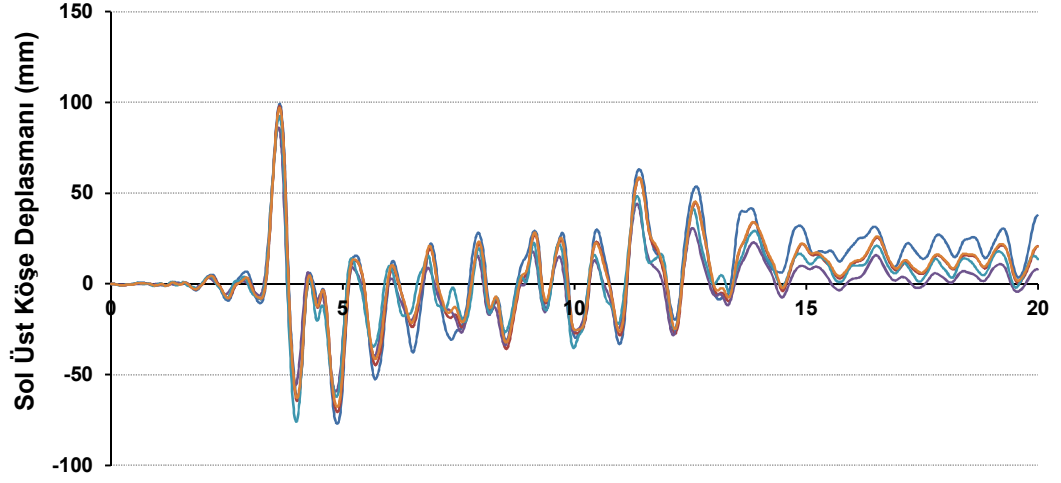
Şekil A.22: Koc-Dzc180 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri



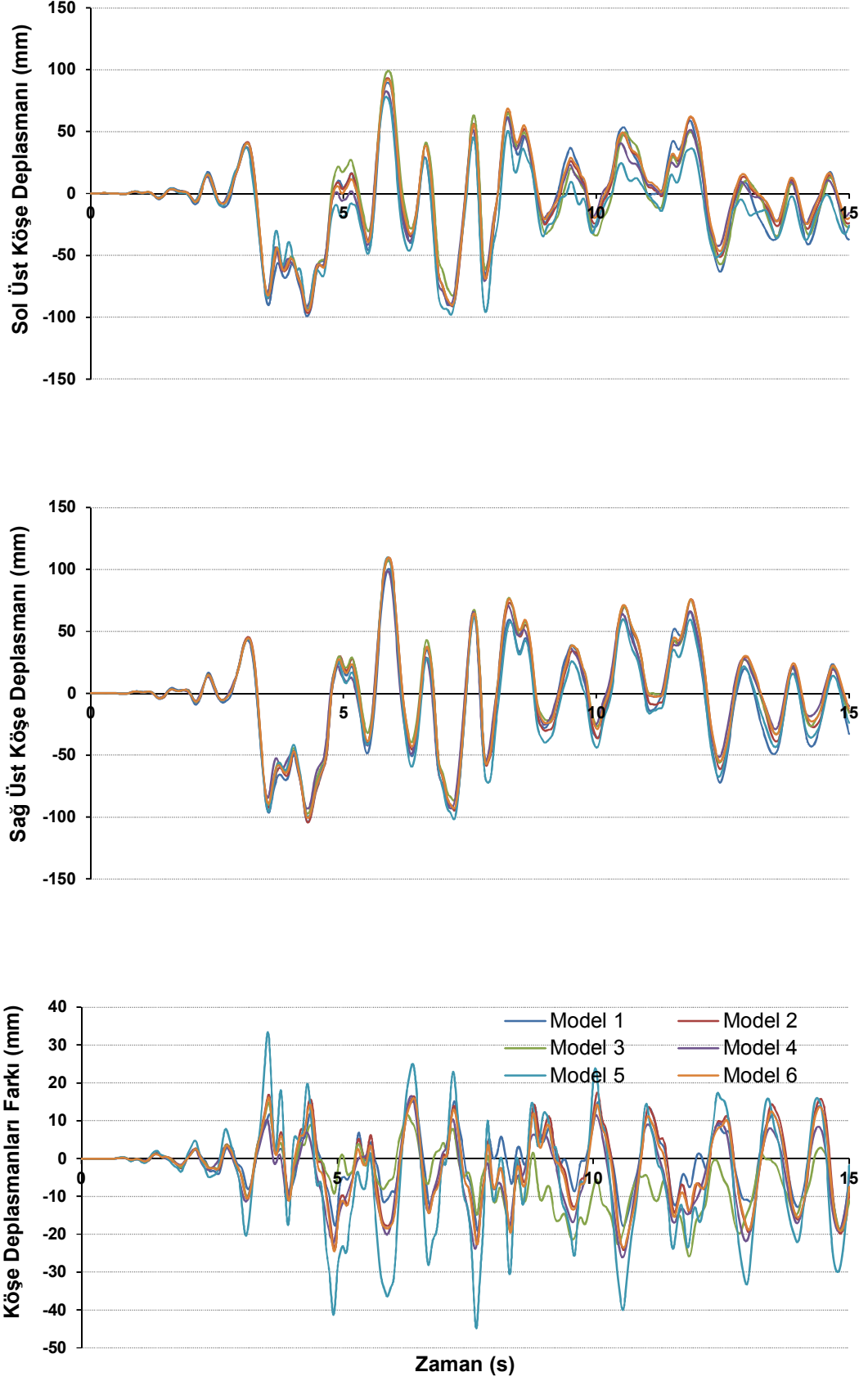
Şekil A.23: Koc-Dzc270 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri



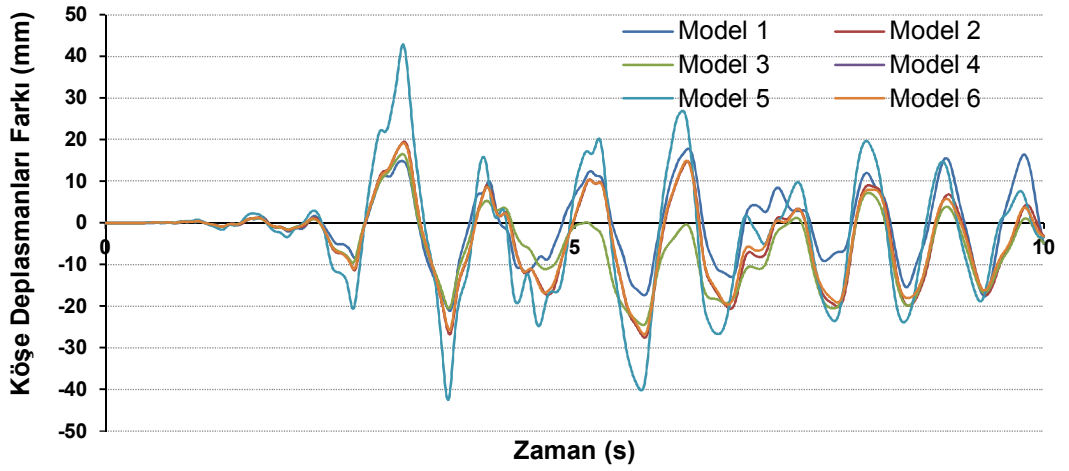
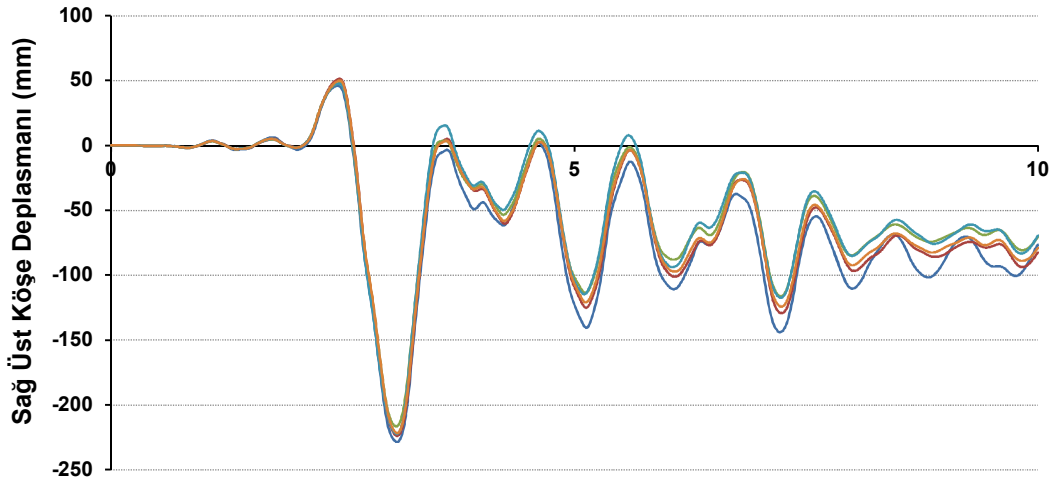
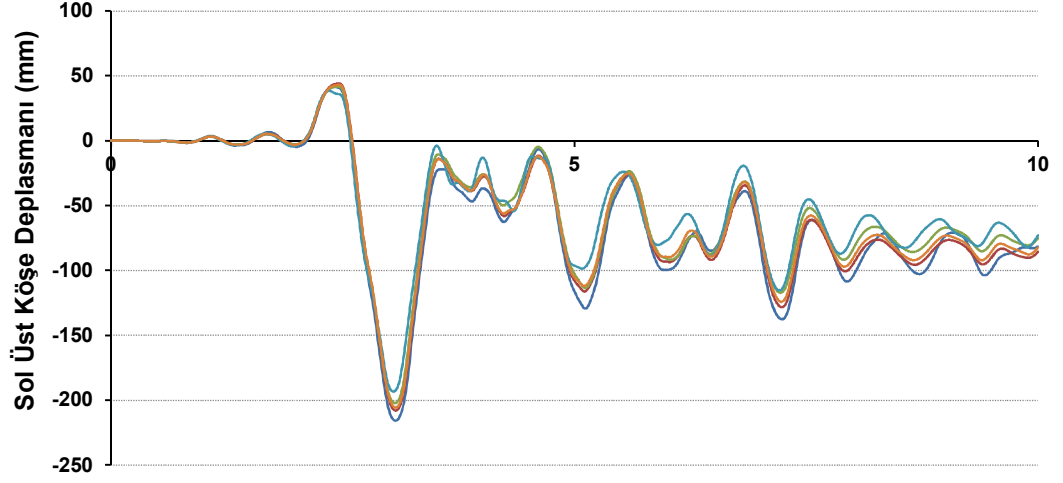
Şekil A.24: Lomap-Hsp000 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri



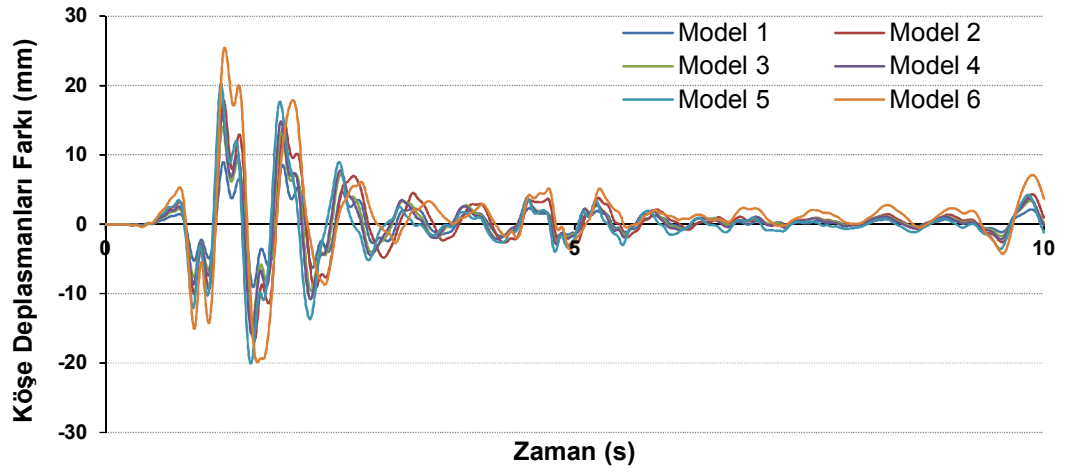
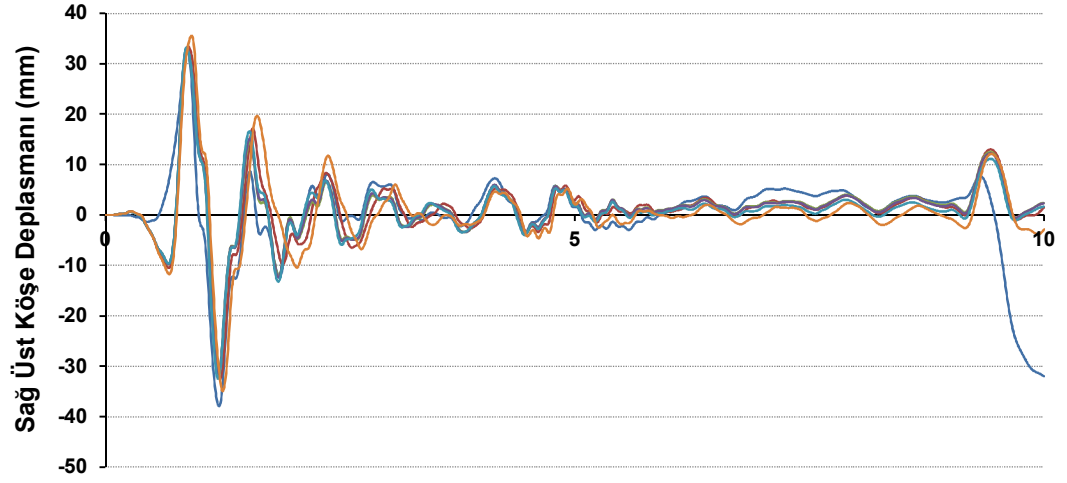
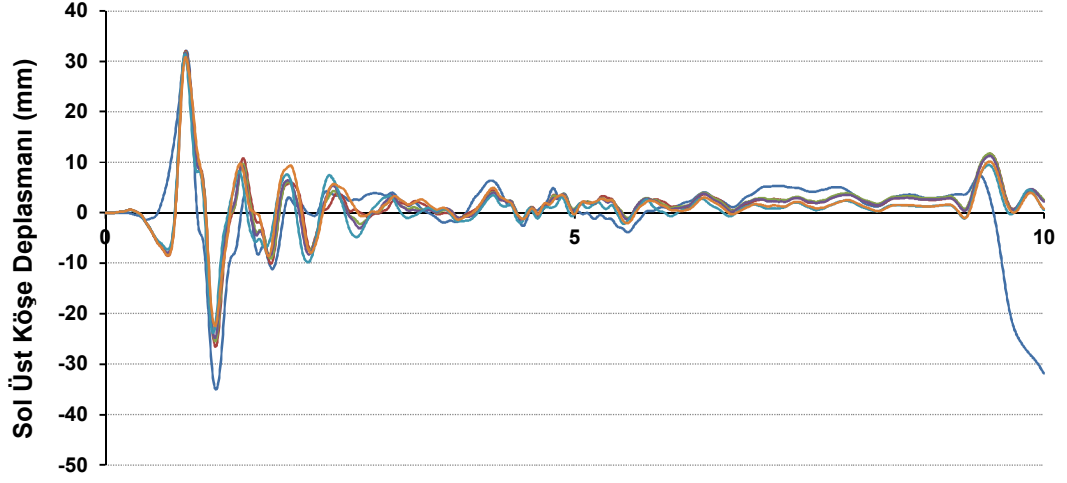
Şekil A.25: Northr-Pkc360 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri



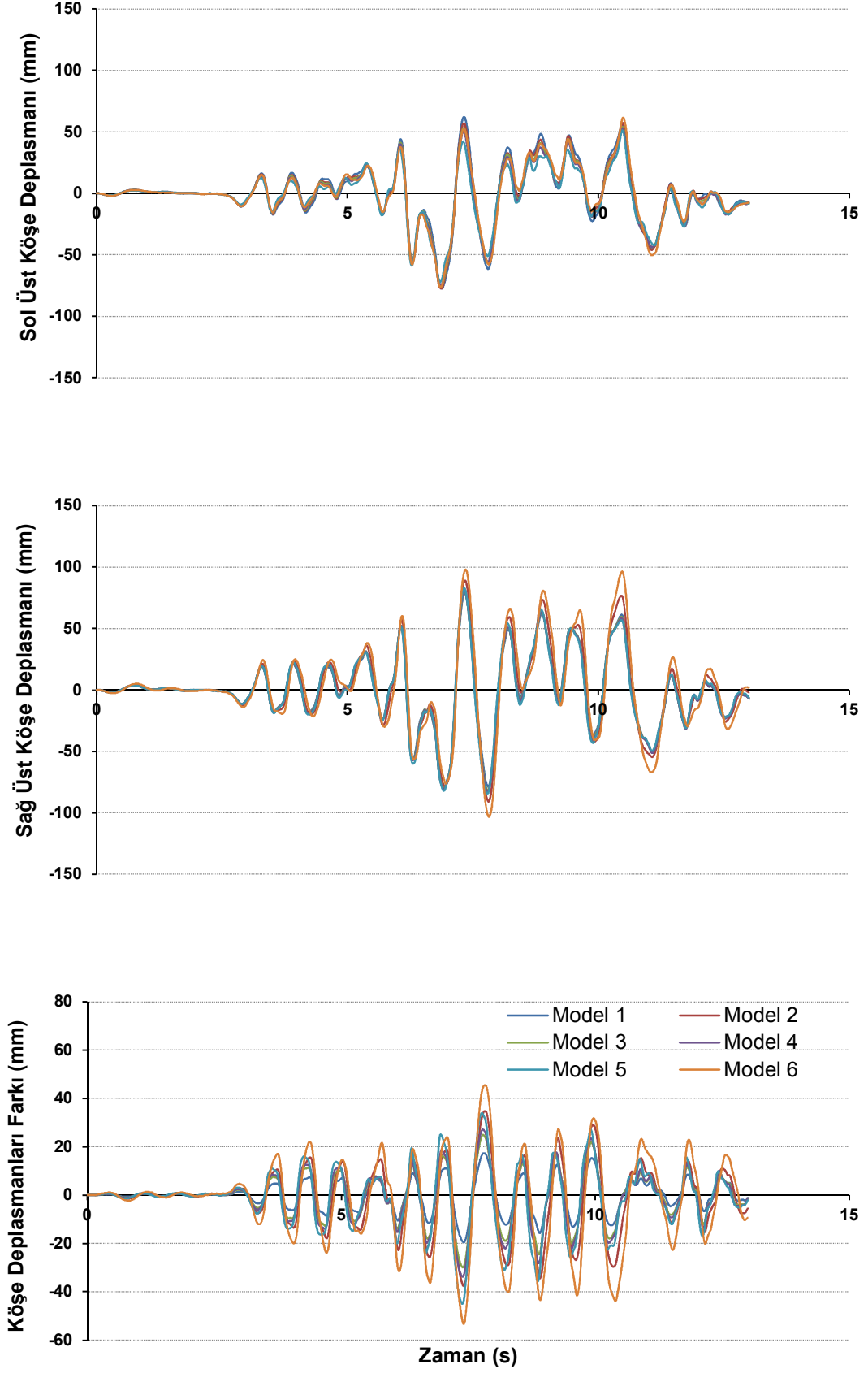
Şekil A.26: Northr-Spv360 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri



Şekil A.27: Palmspr-Nps210 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri

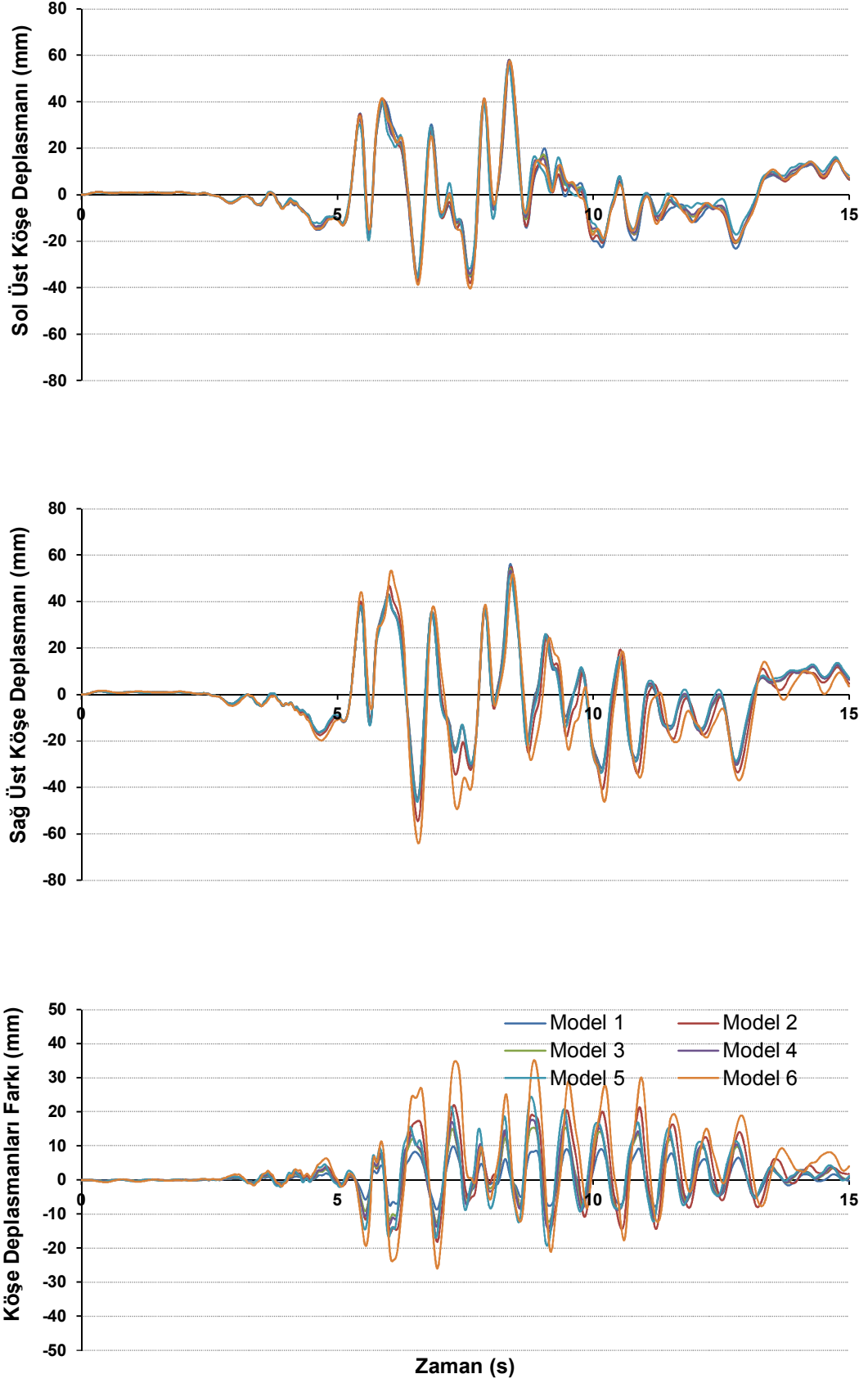


Şekil A.28: Capemend-Pet090 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri

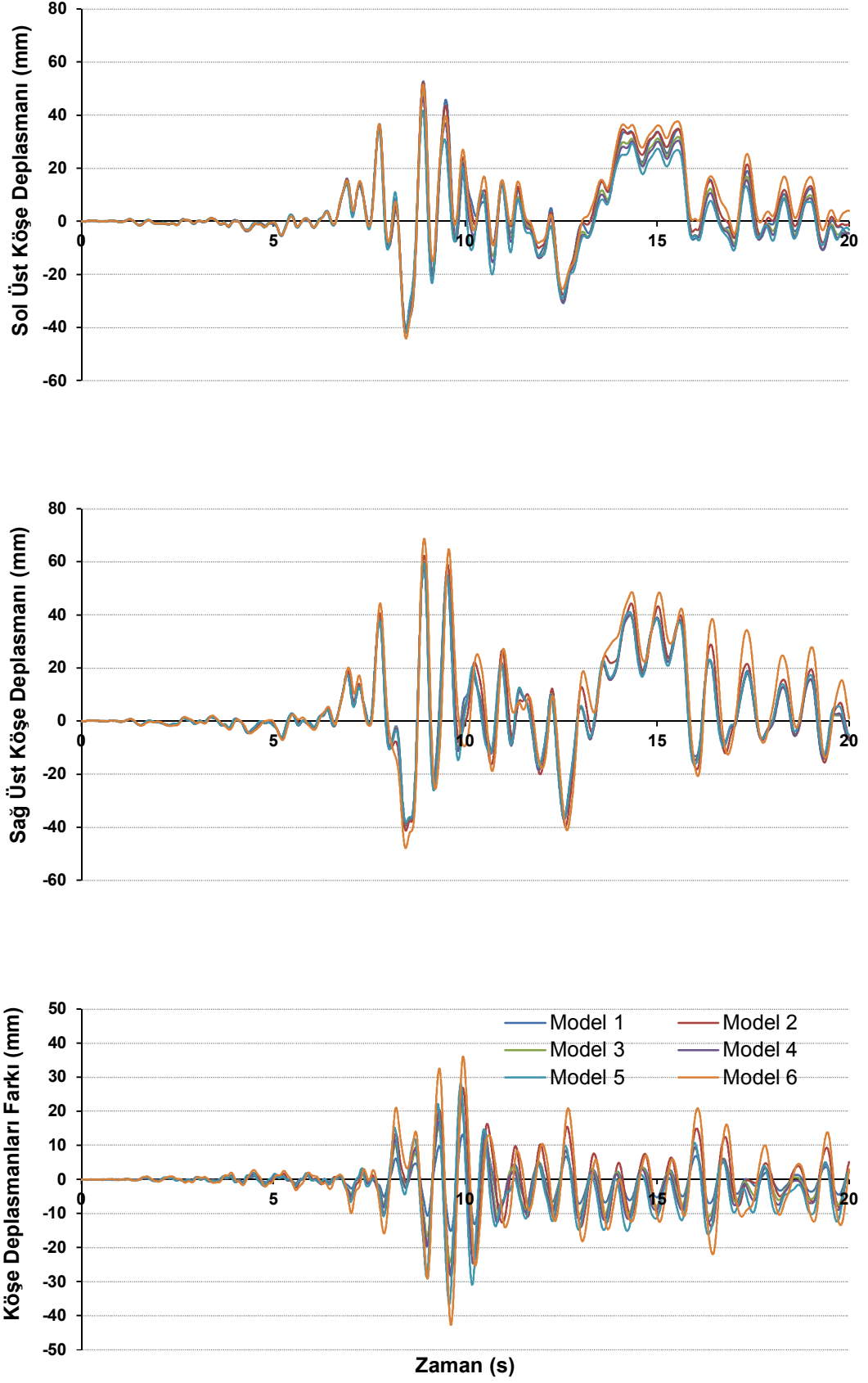


Şekil A.29: Gazlı-Gaz000 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri

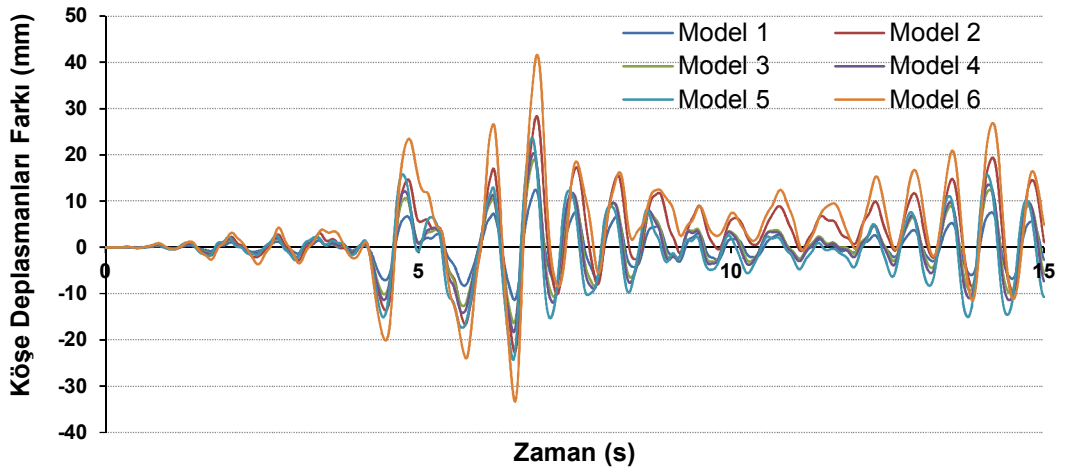
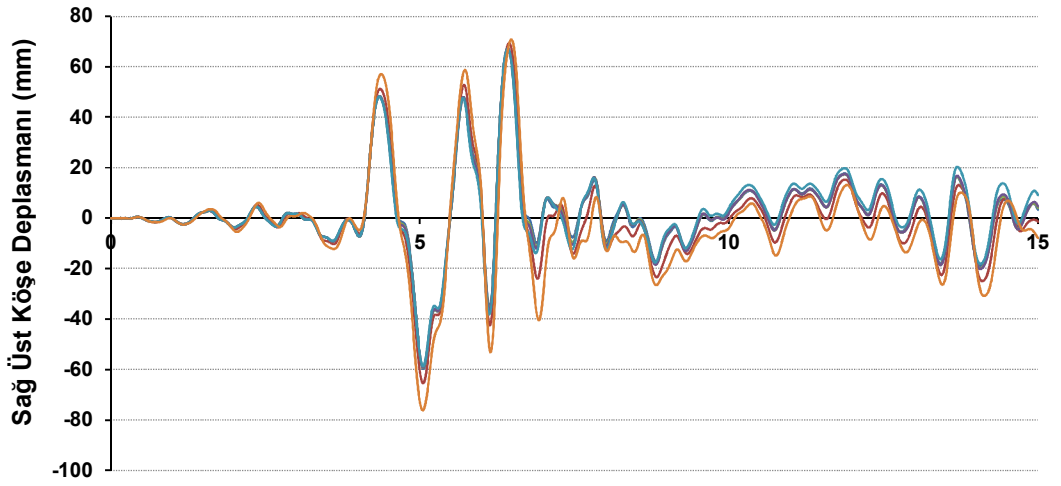
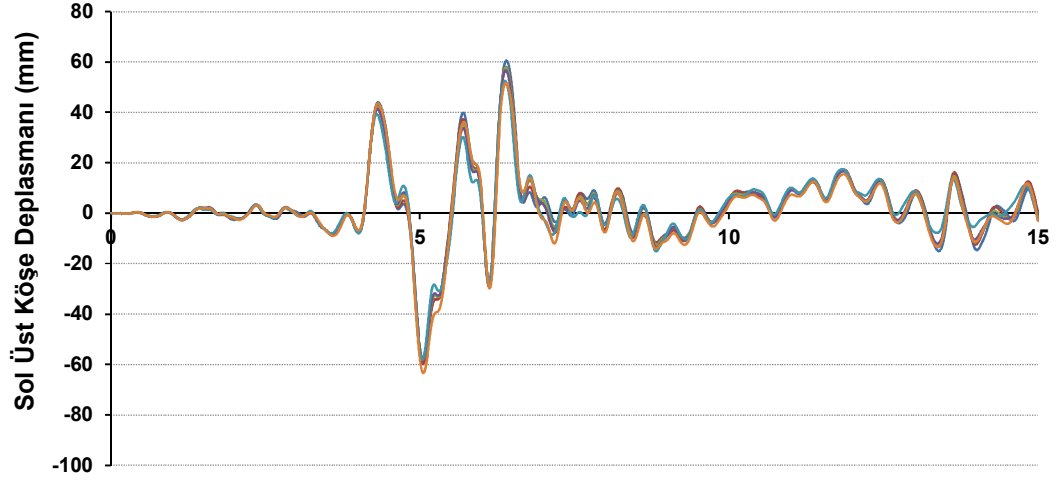




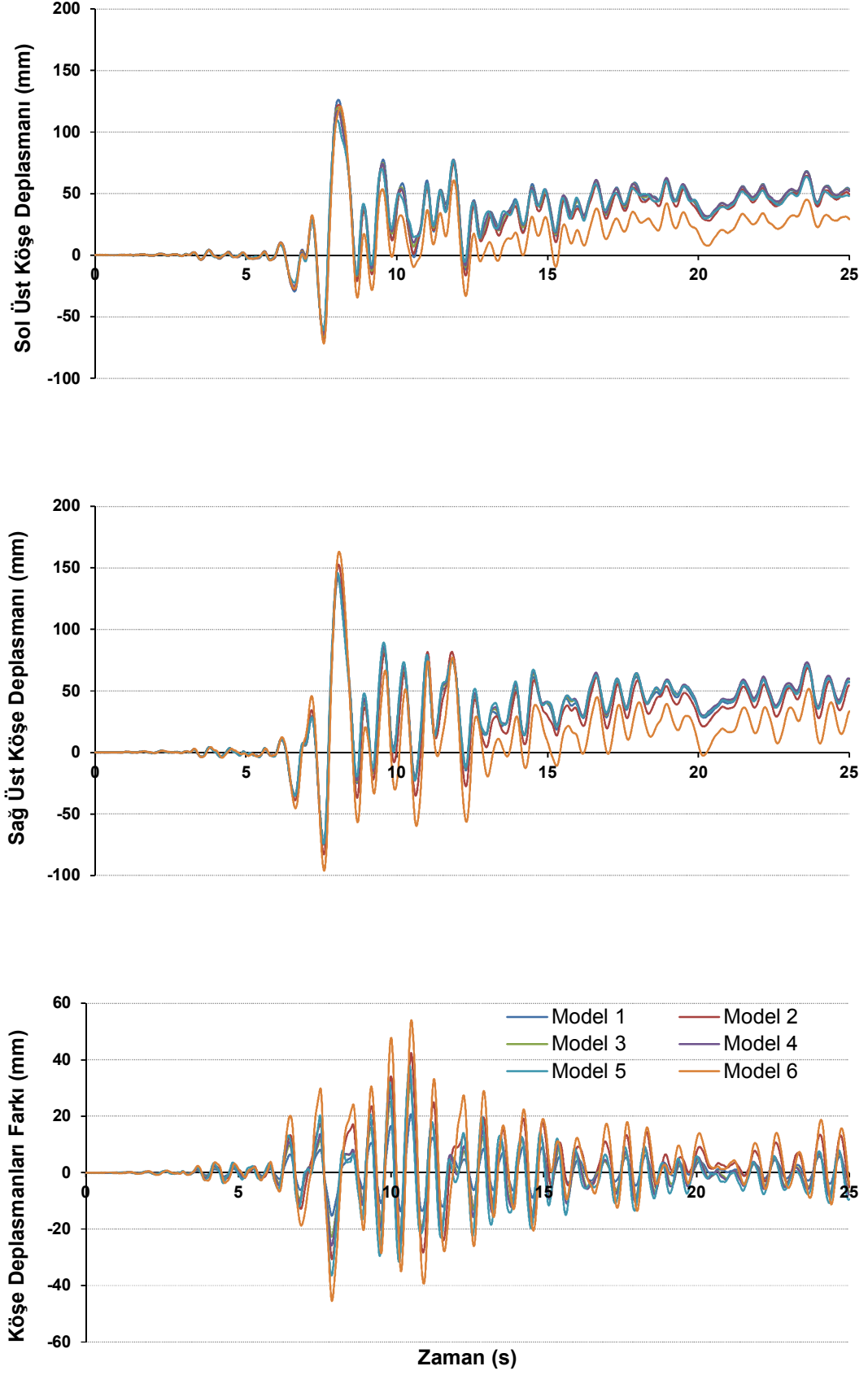
Şekil A.30: Impvall-H-E05140 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri



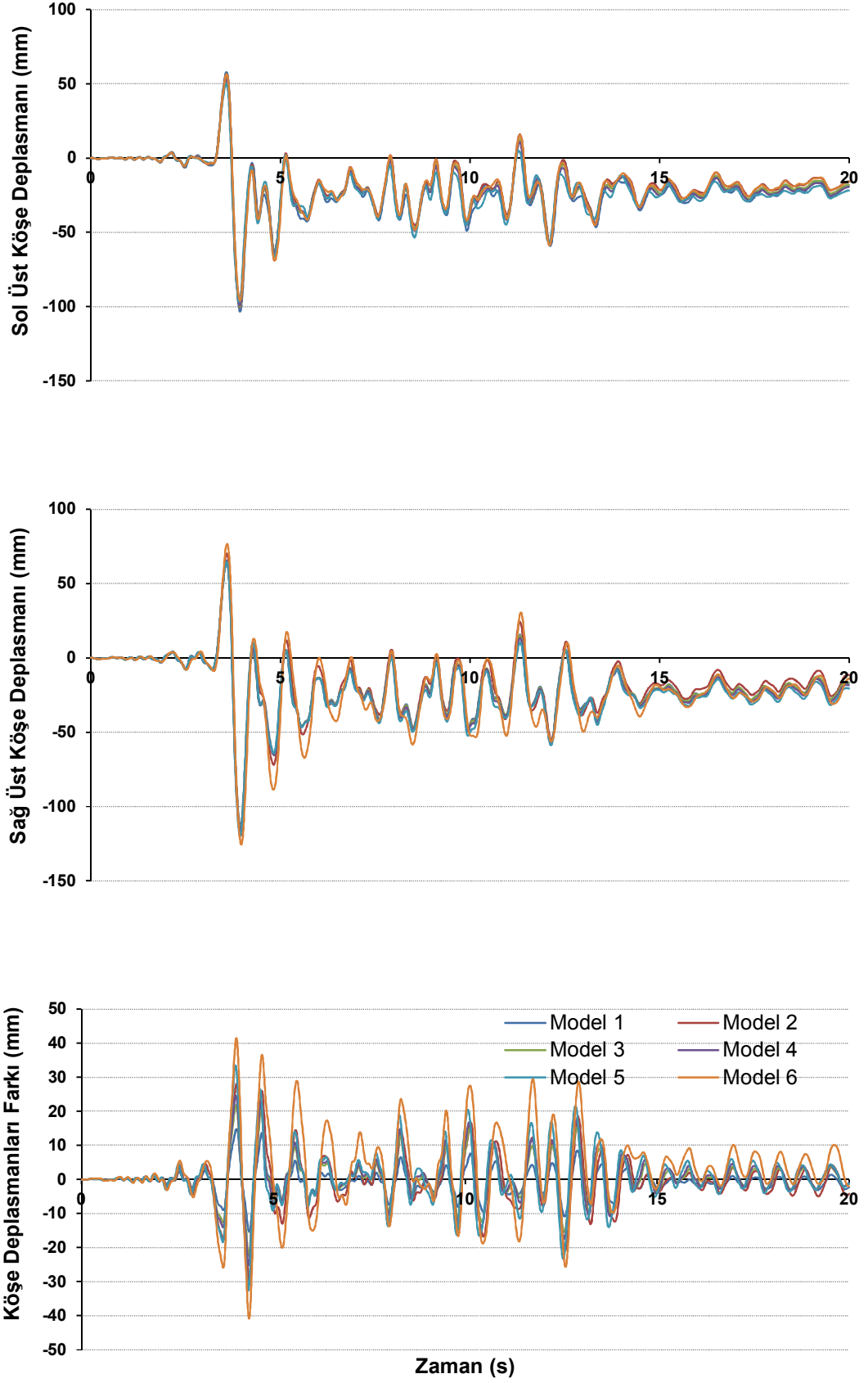
Şekil A.31: Koc-Dzc180 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri



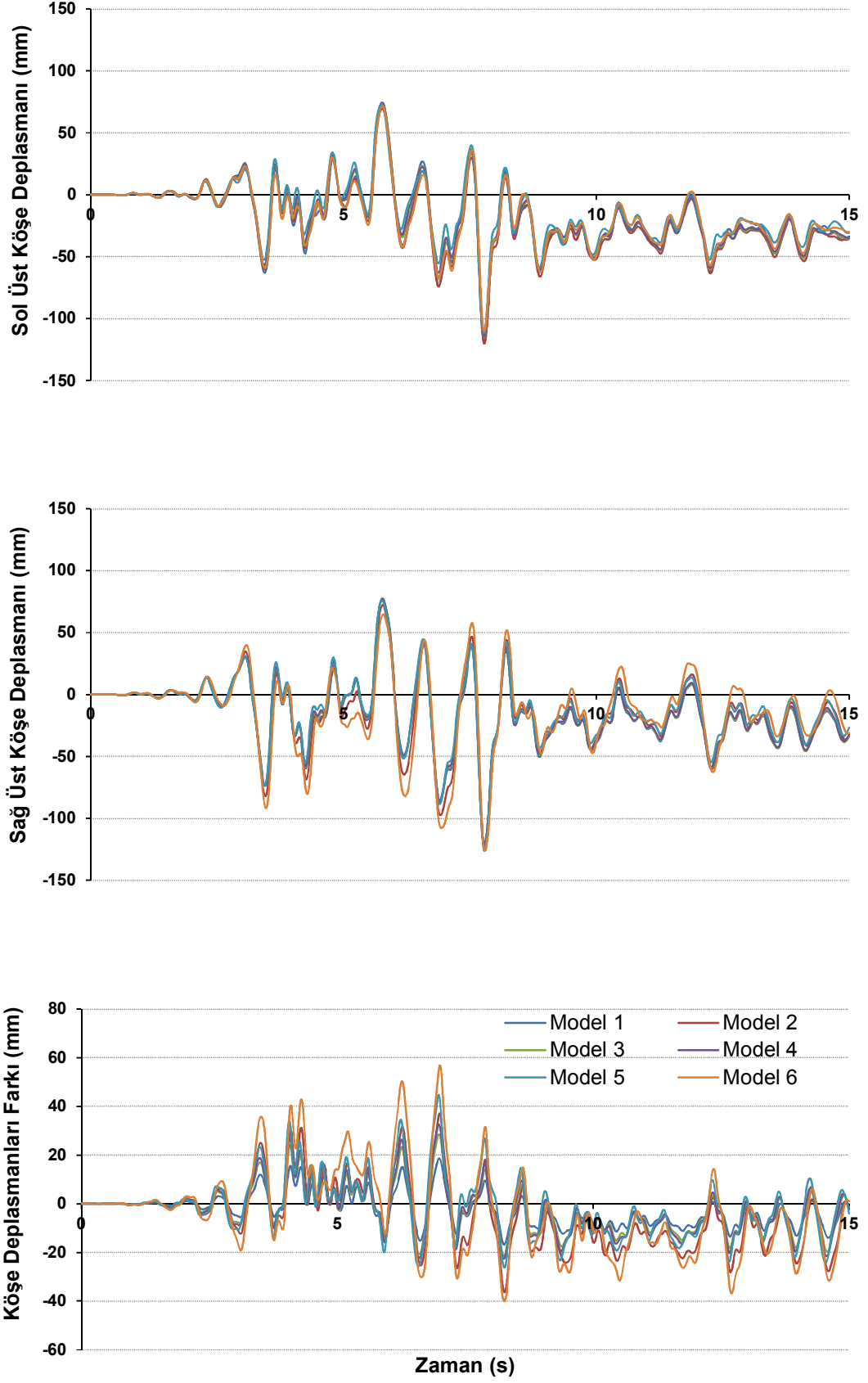
Şekil A.32: Koc-Dzc270 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri



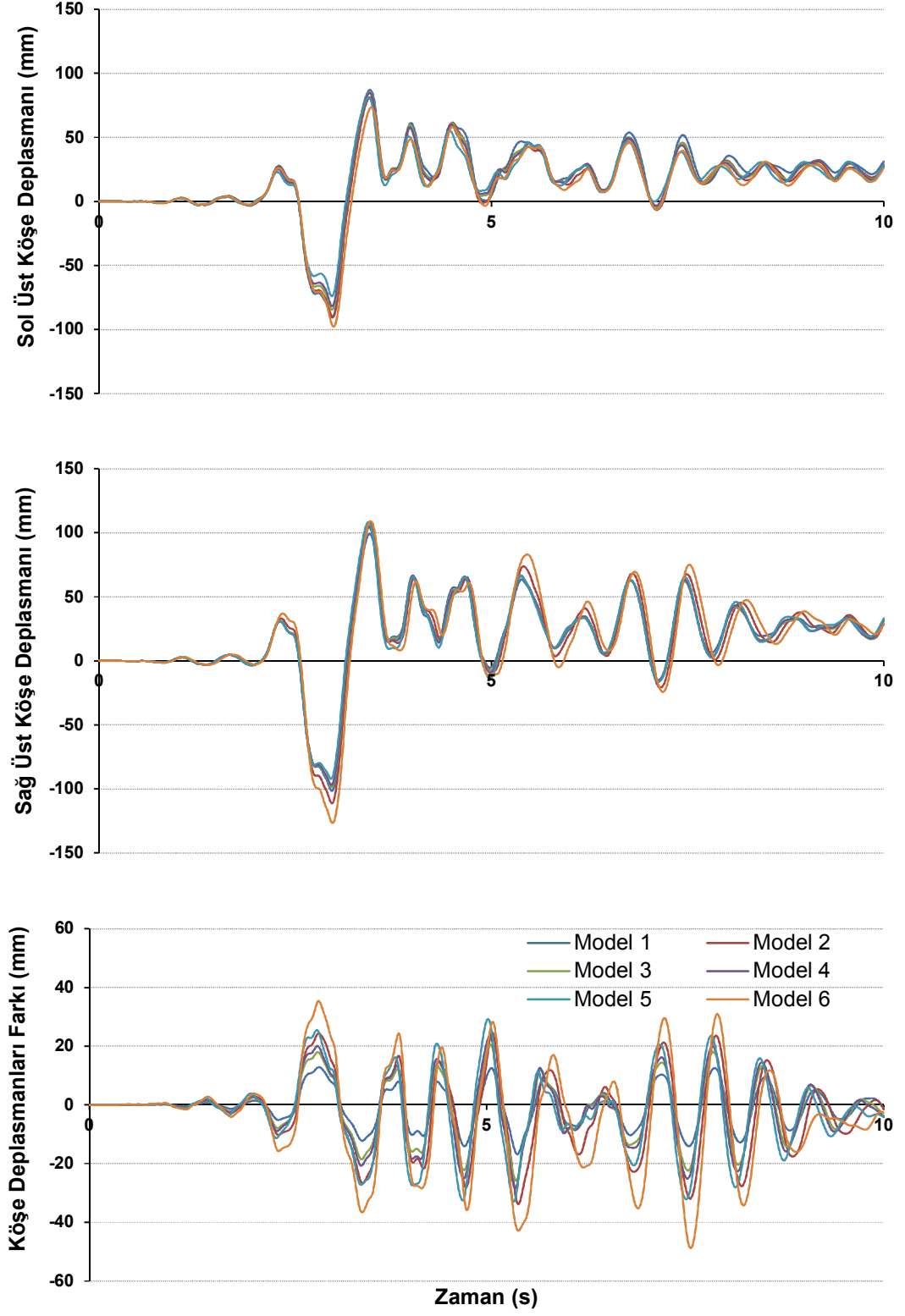
Şekil A.33: Lomap-Hsp000 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri



Şekil A.34: Northr-Pkc360 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri

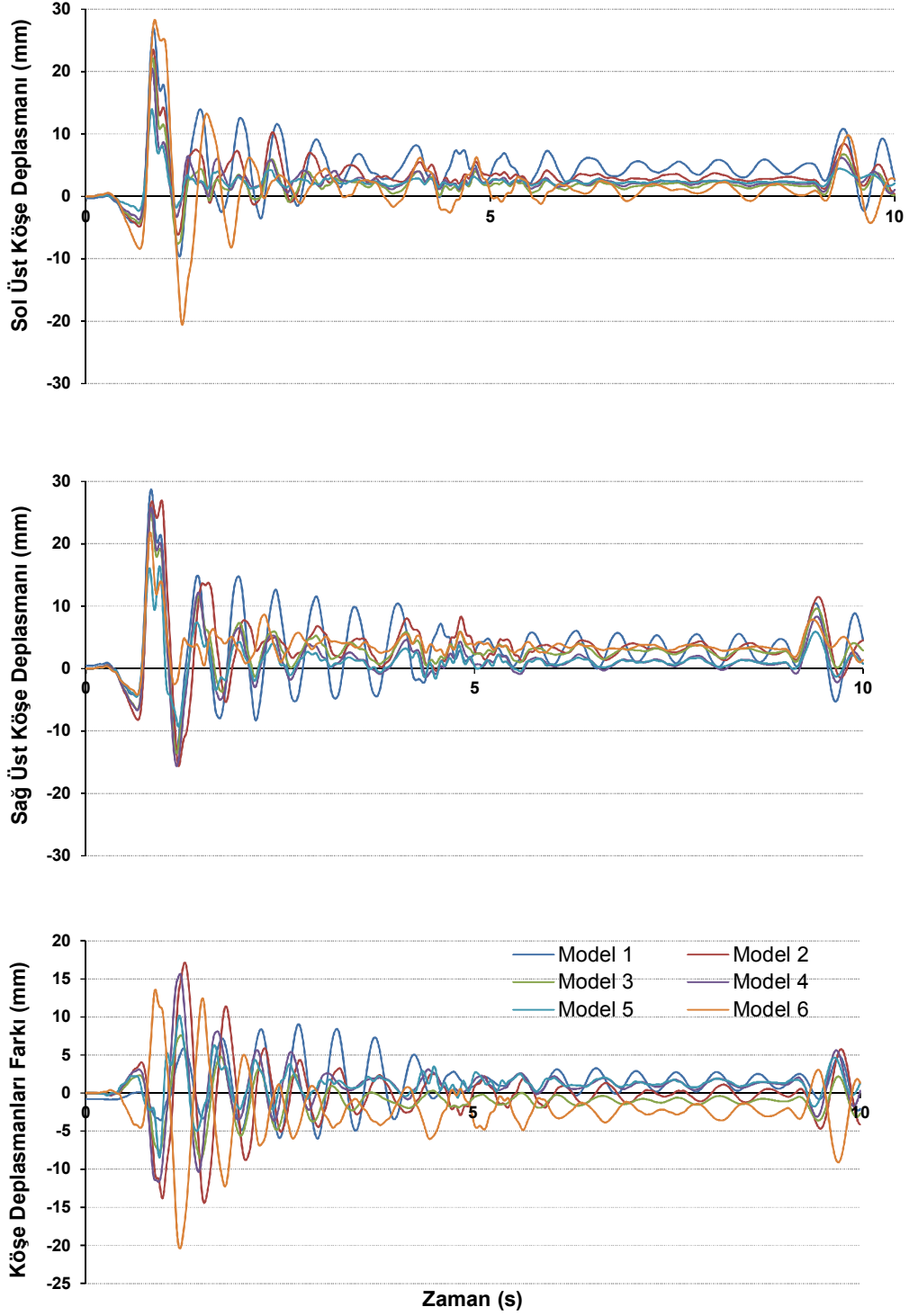


Şekil A.35: Northr-Spv360 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri



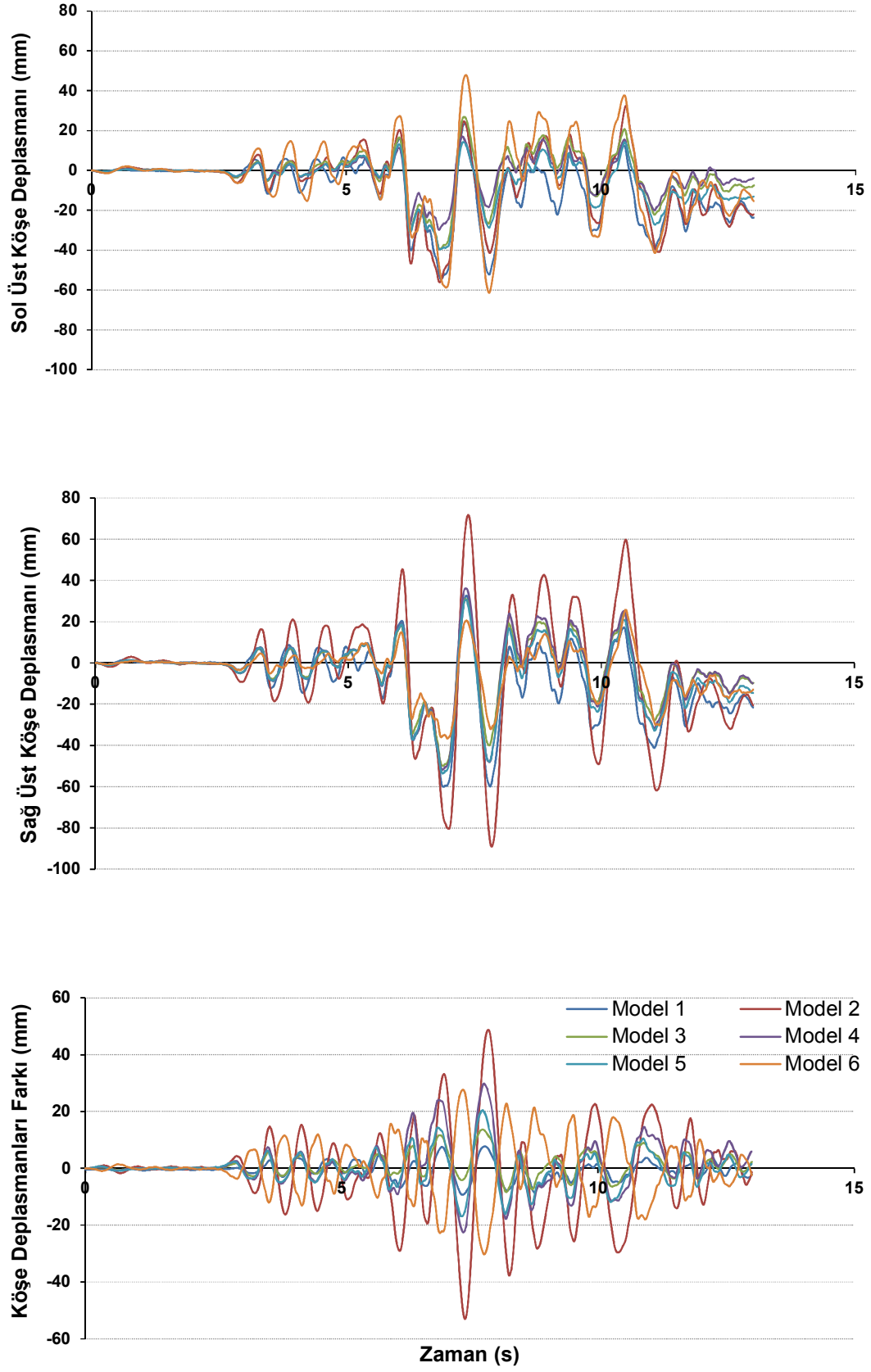
Şekil A.36: Palmspr-Nps210 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait çatı katı deplasman talepleri

## EK B Modellere Ait IDR Katı Deplasman Talepleri

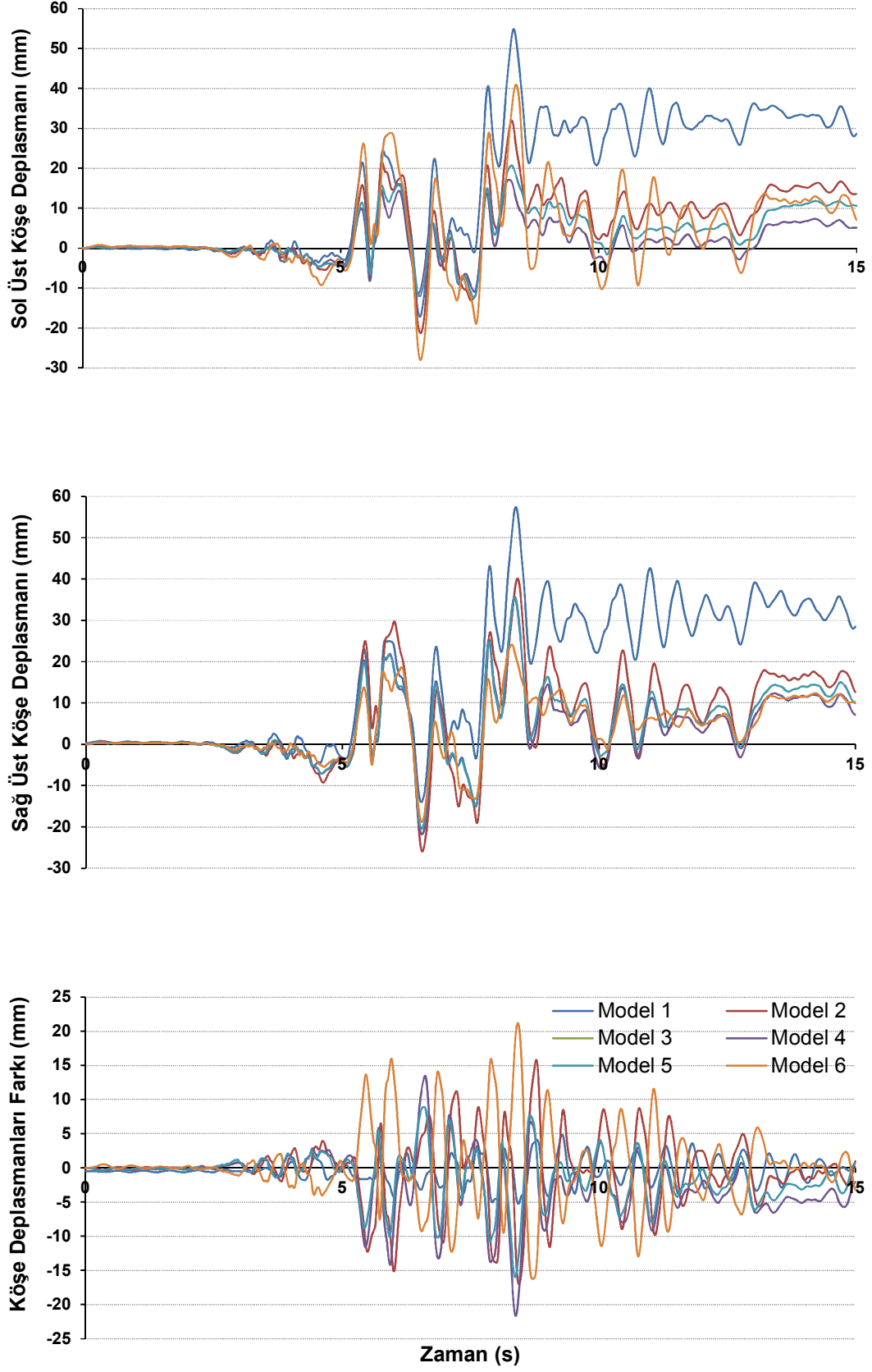


Şekil B.1: Capemend-Pet090 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri

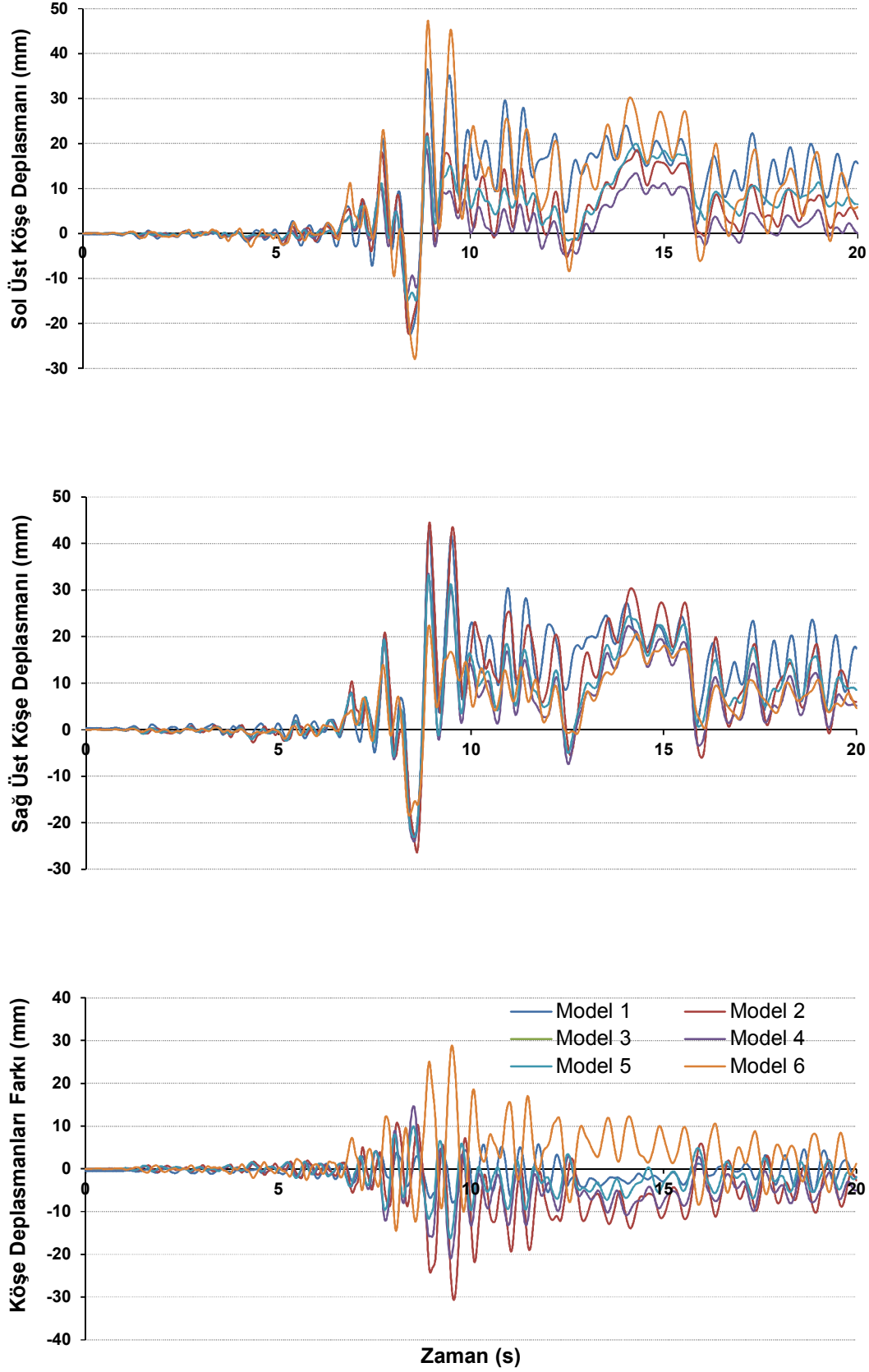




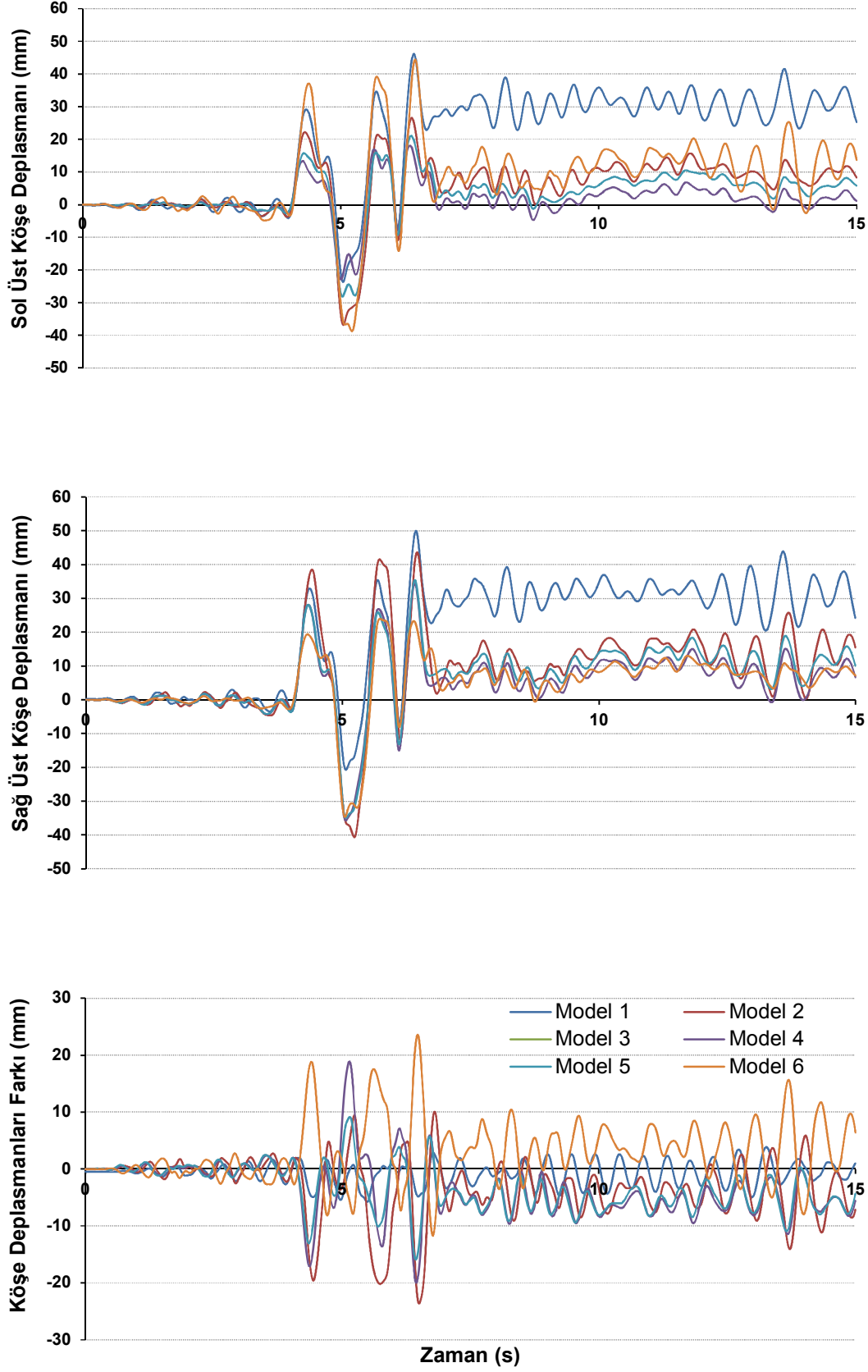
Şekil B.2: Gazlı-Gaz000 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri



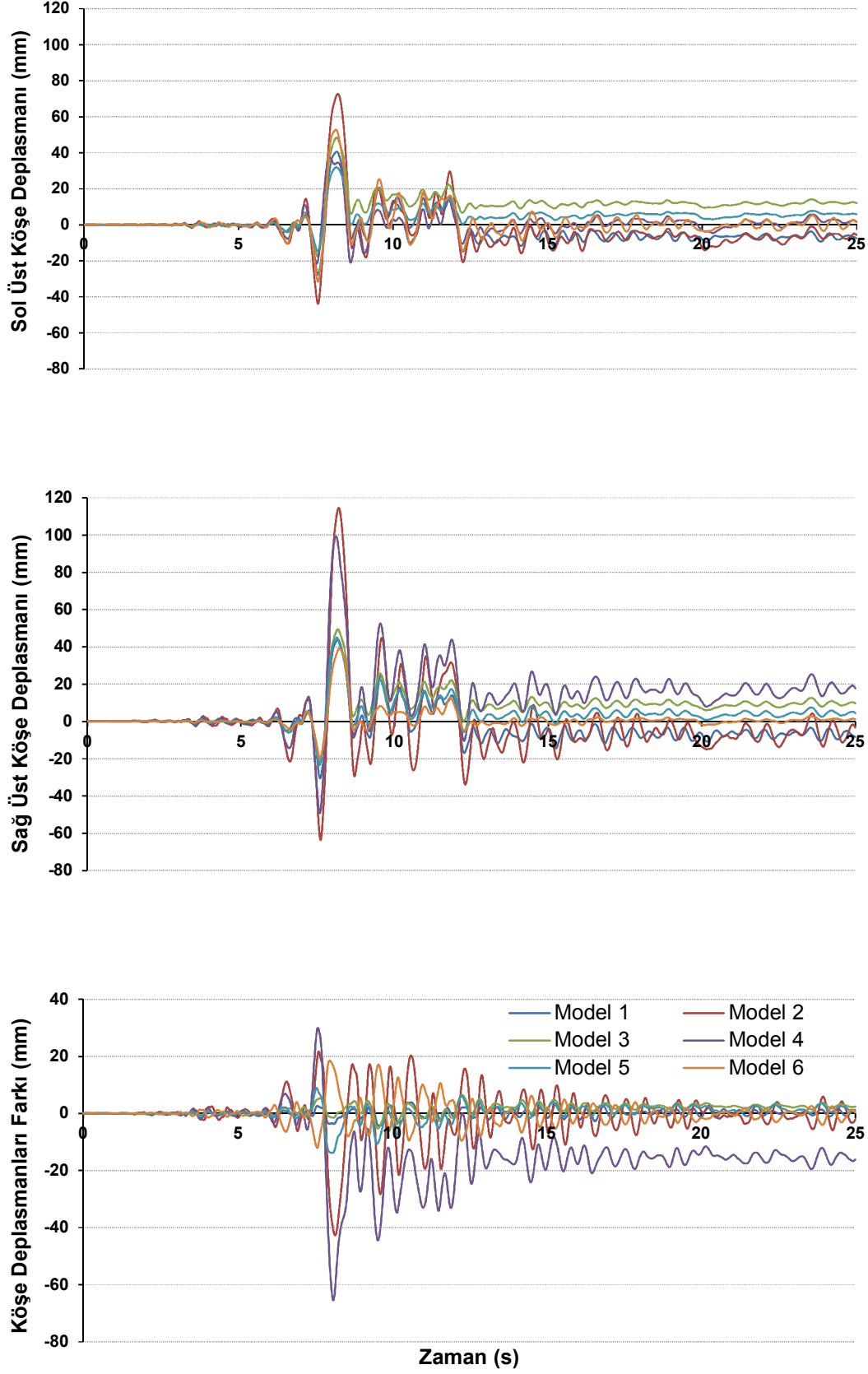
Şekil B.3: Impvall-H-E05140 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri



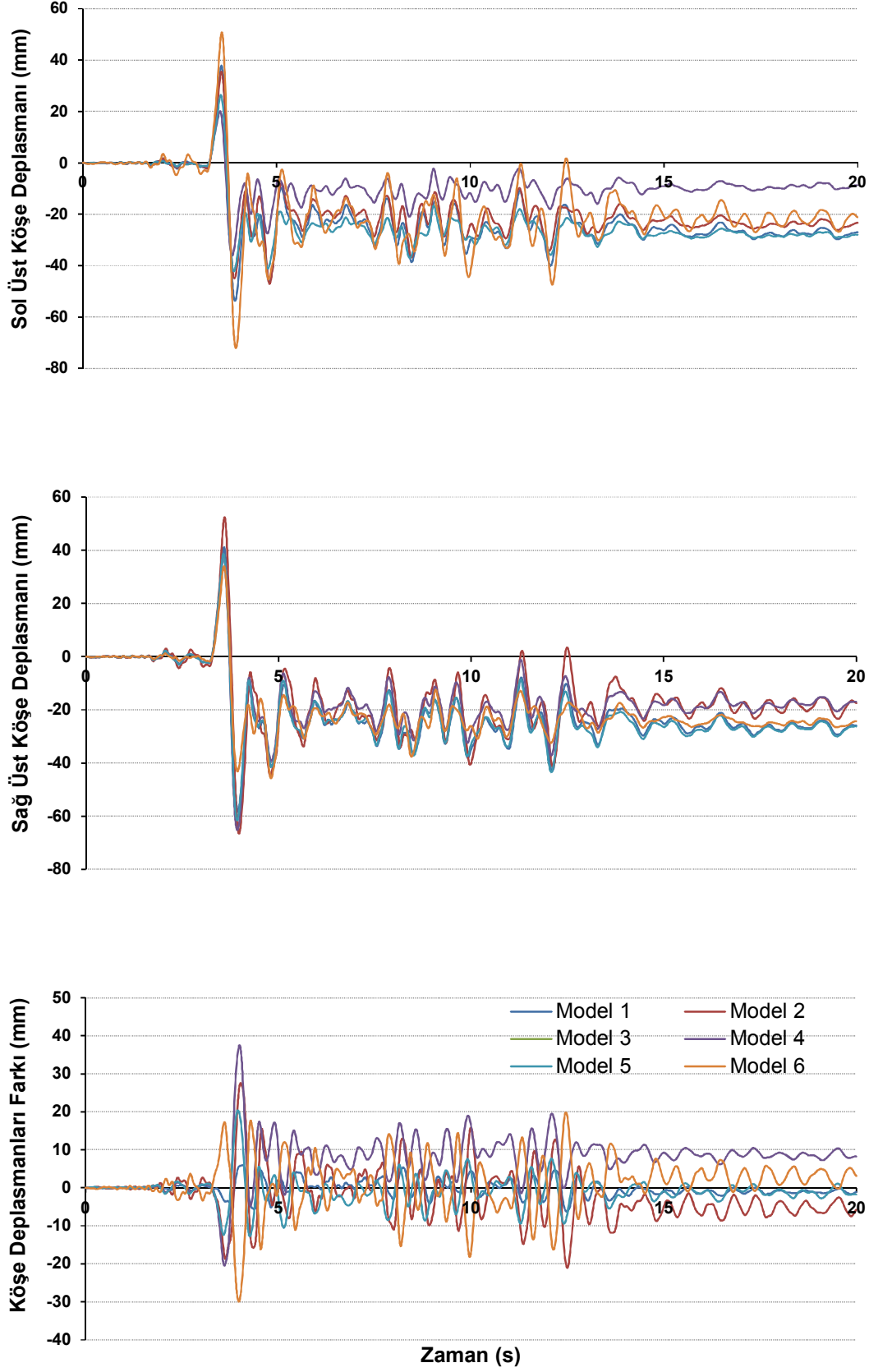
Şekil B.4: Koc-Dzc180 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri



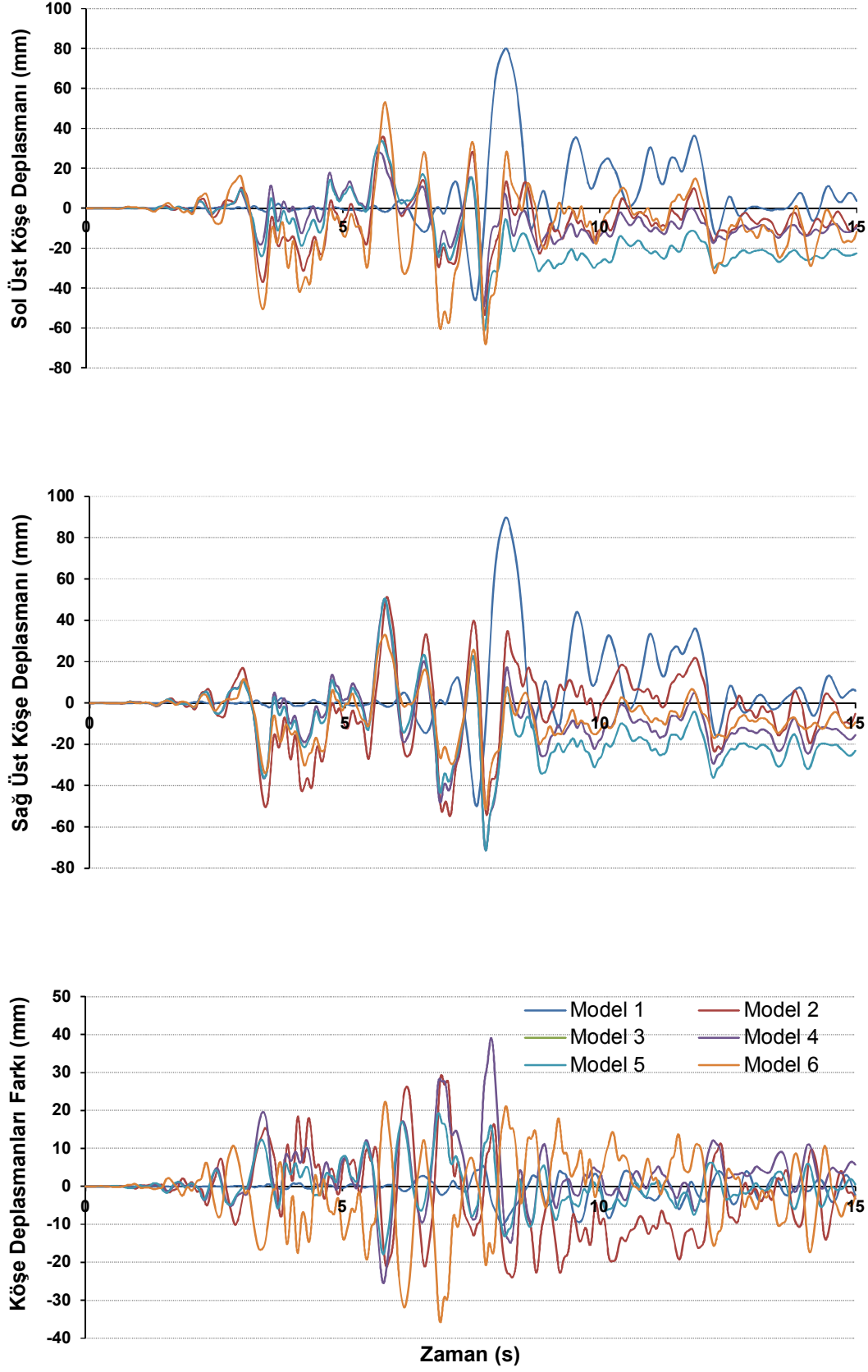
Şekil B.5: Koc-Dzc270 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri



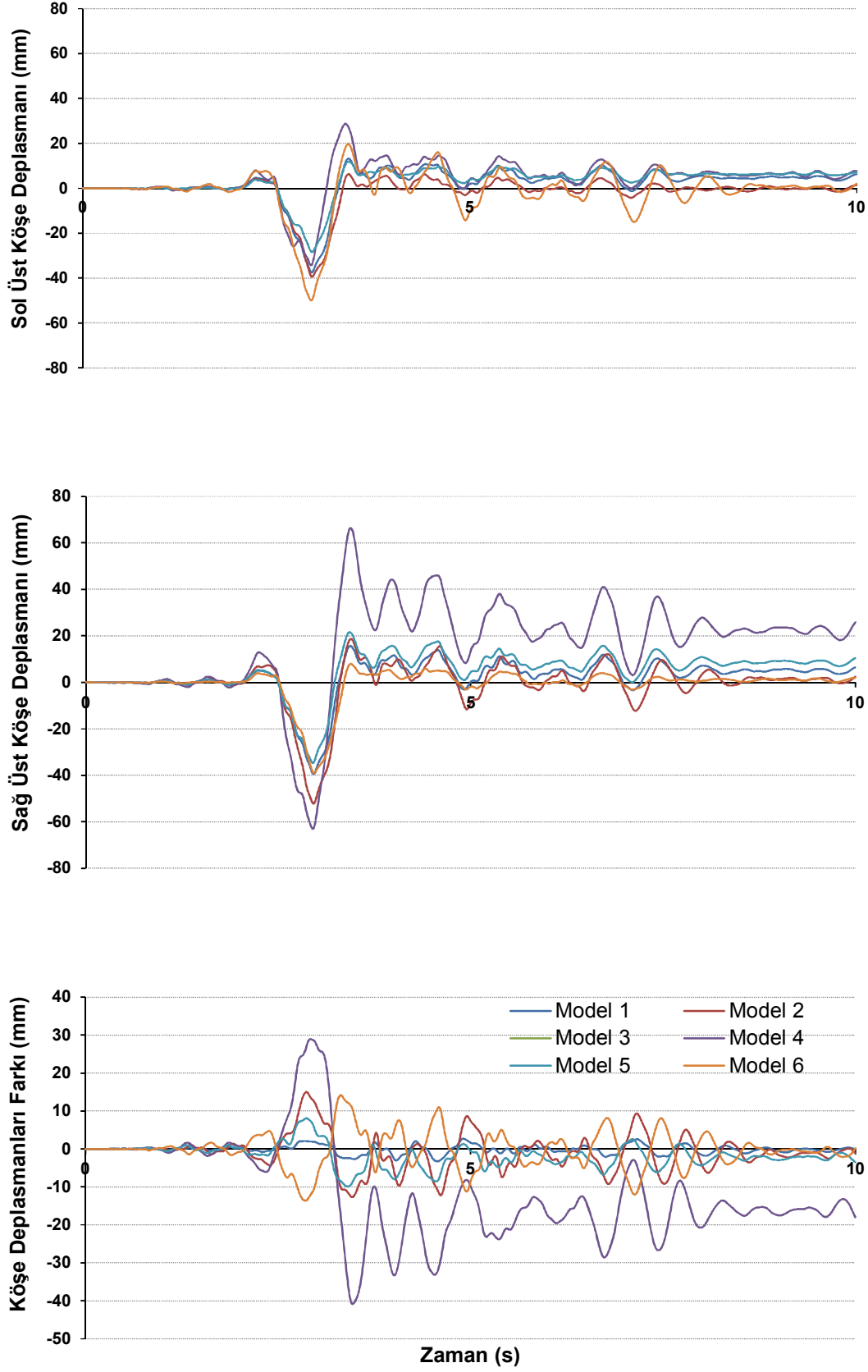
Şekil B.6: Lomap-Hsp000 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri



Şekil B.7: Northr-Pkc360 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri

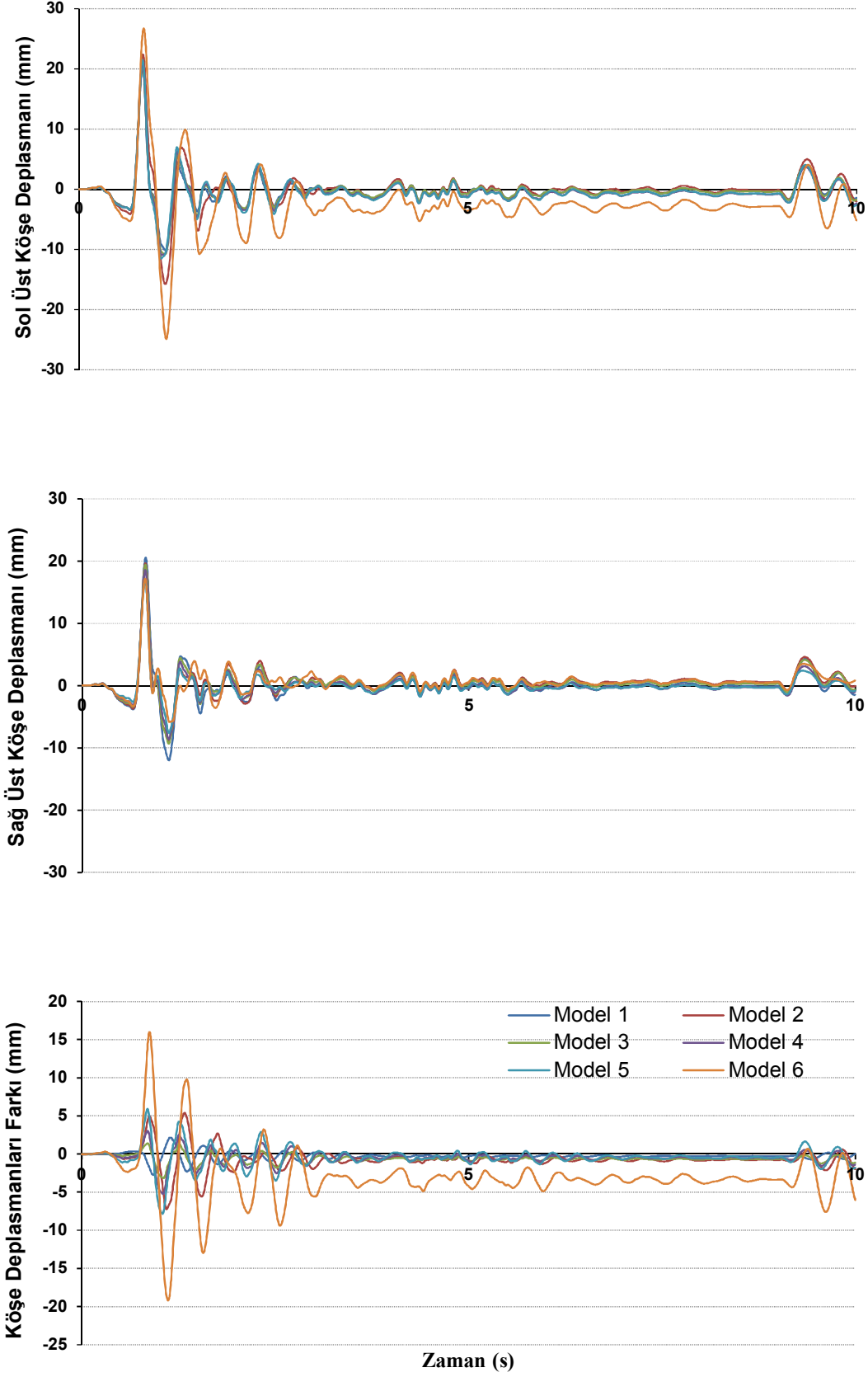


Şekil B.8: Northr-Spv360 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri

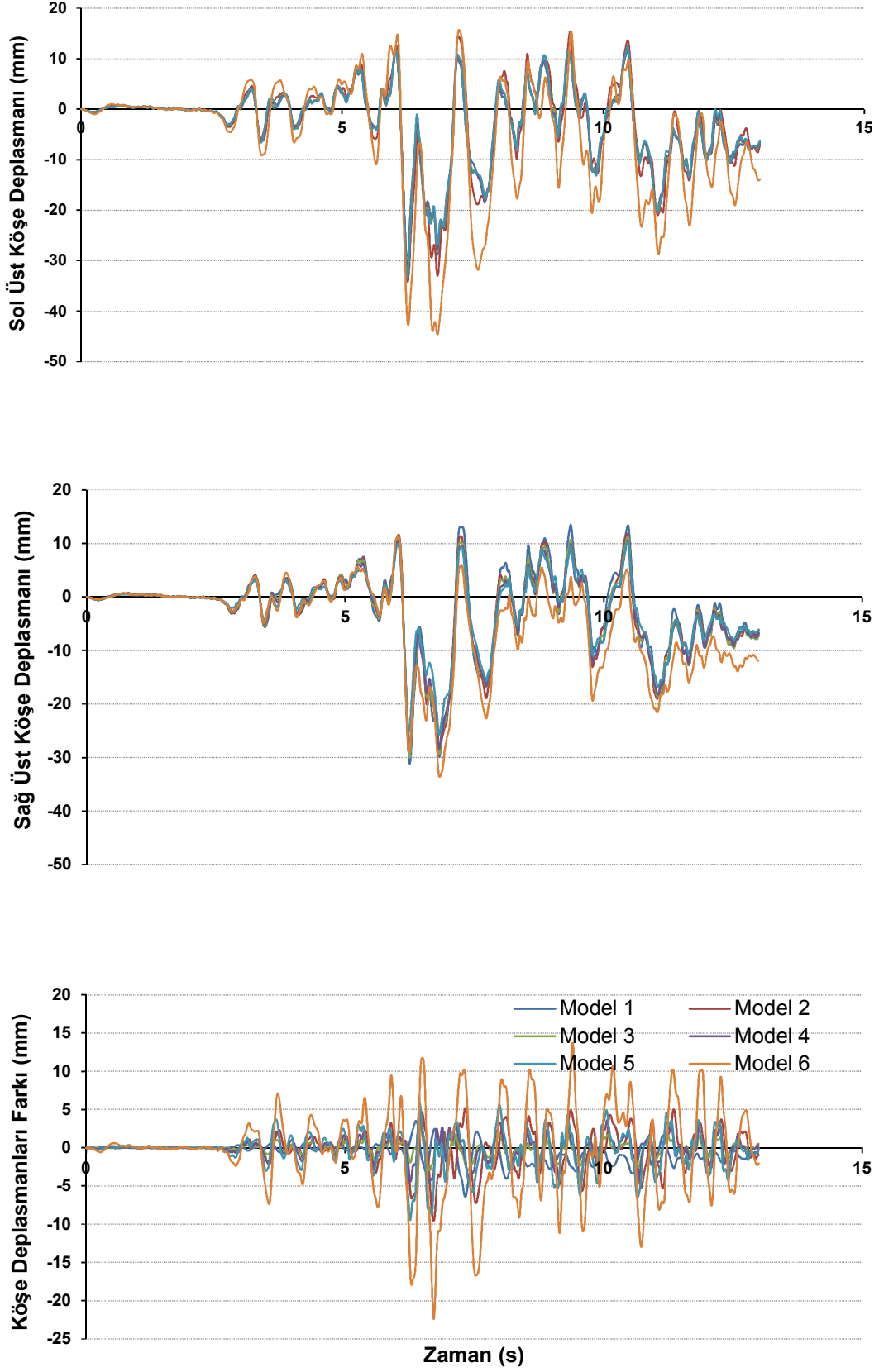


Şekil B.9: Palmspr-Nps210 ivme kaydı altında 1975 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri

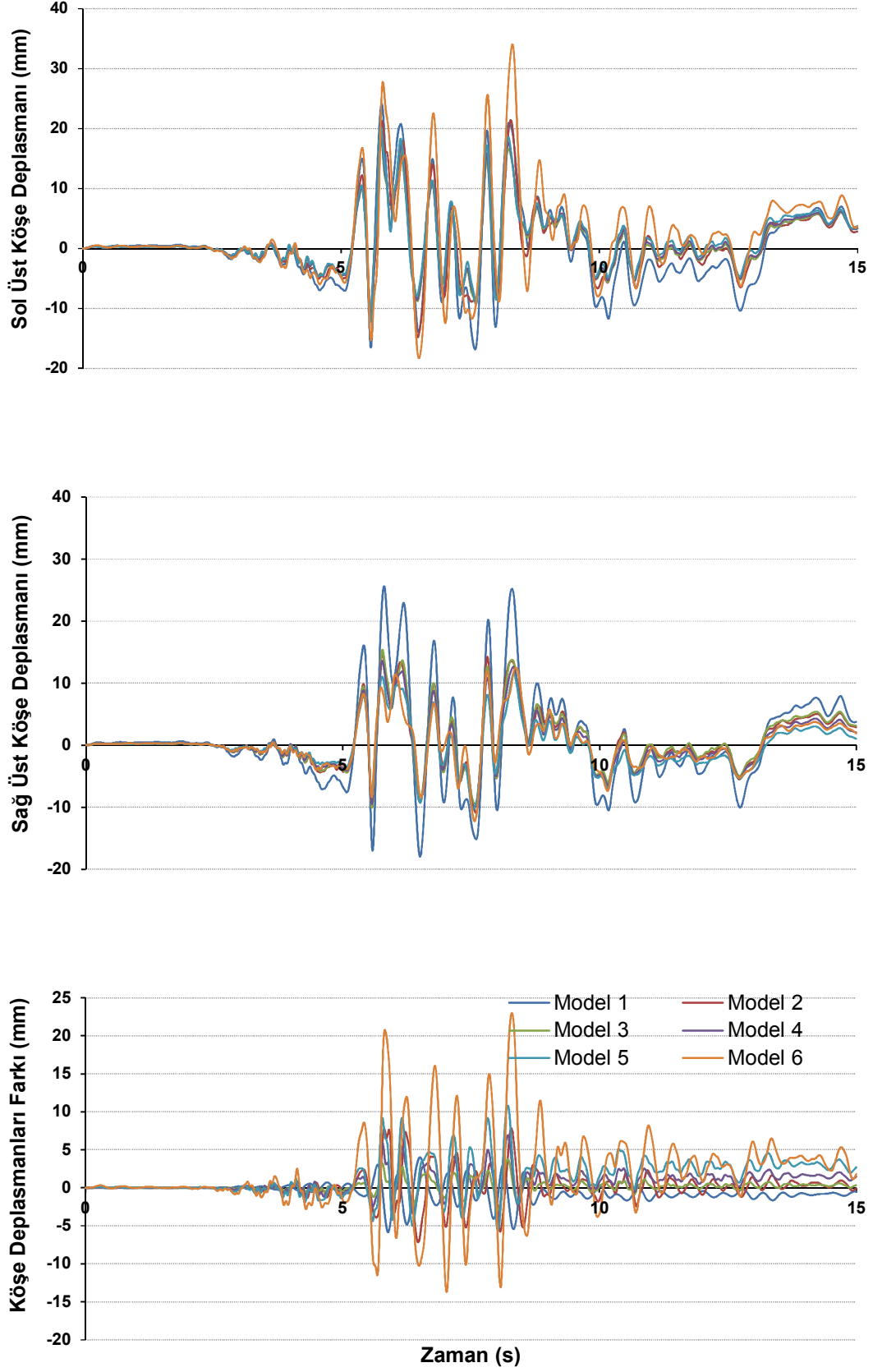




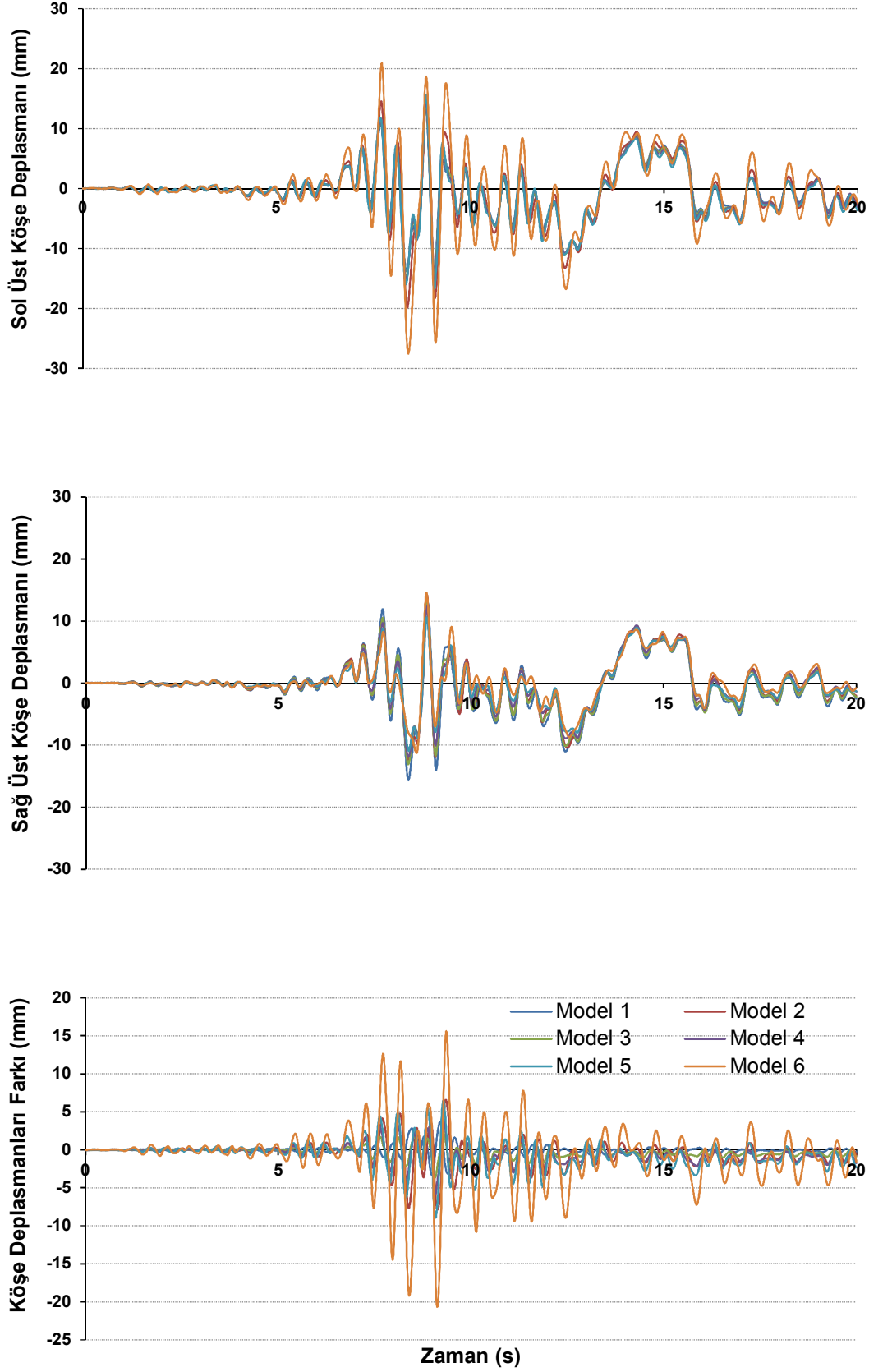
Şekil B.10: Capemend-Pet090 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri



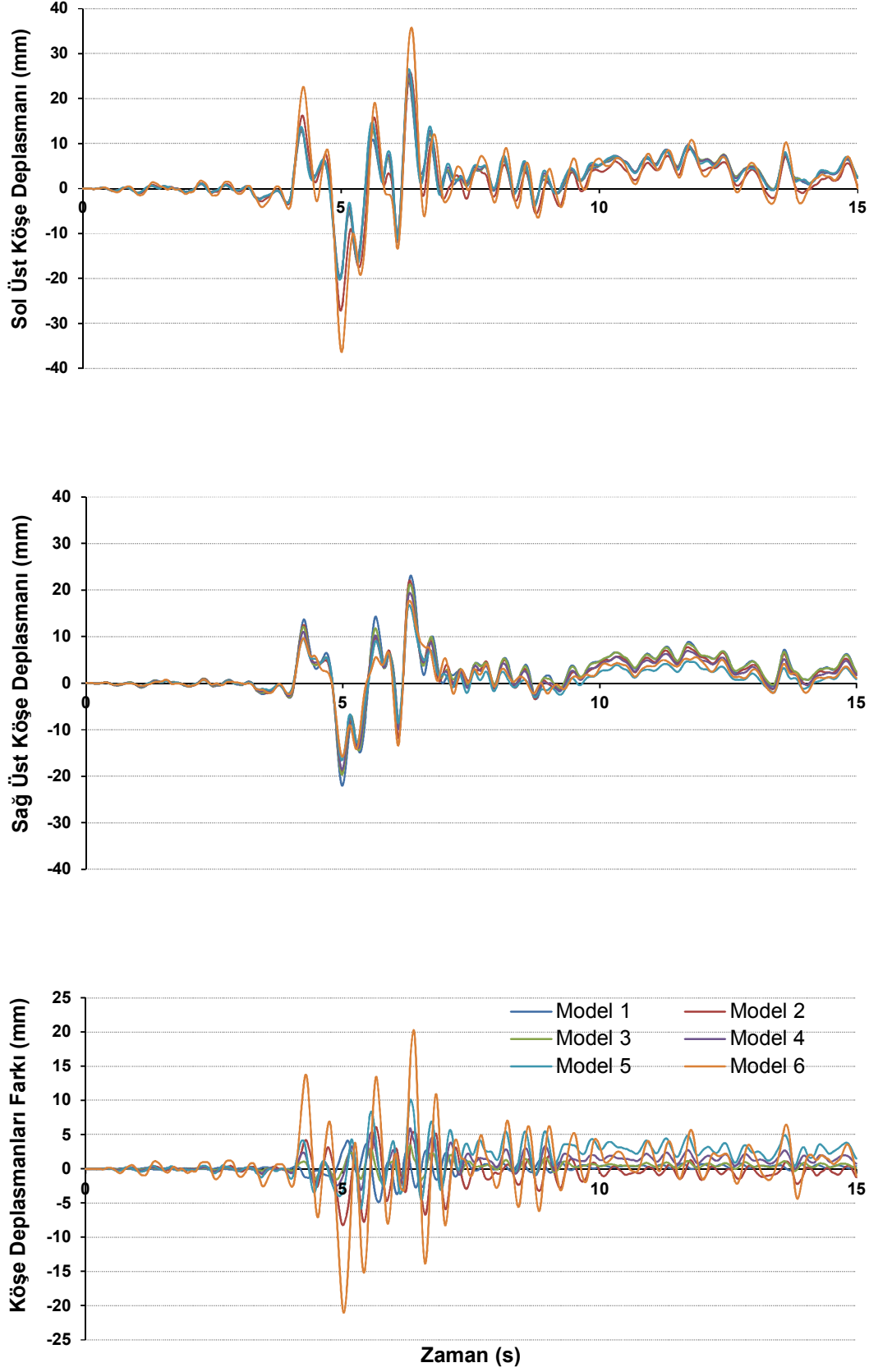
Şekil B.11: Gazlı-Gaz000 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri



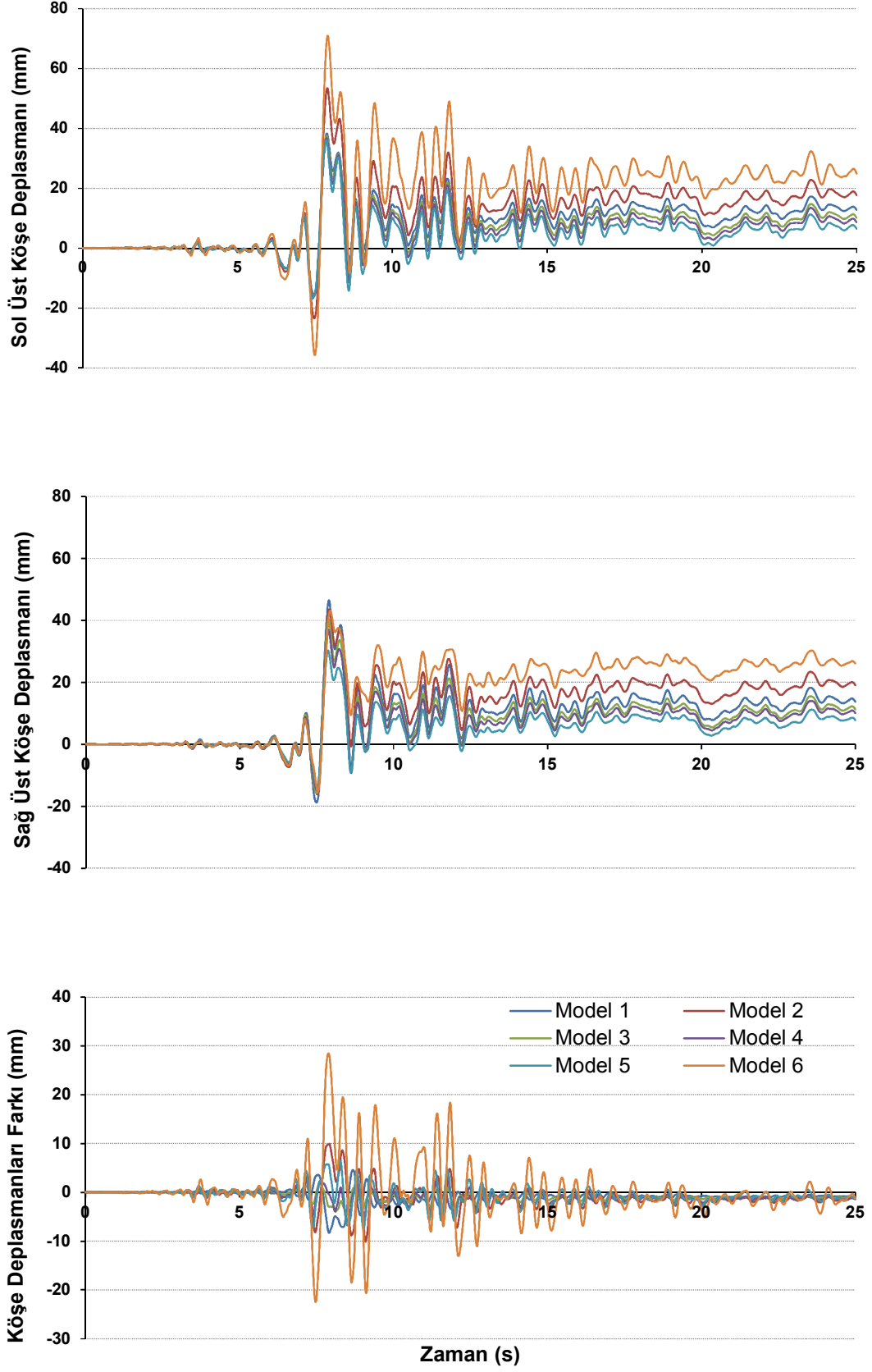
Şekil B.12: Impvall-H-E05140 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri



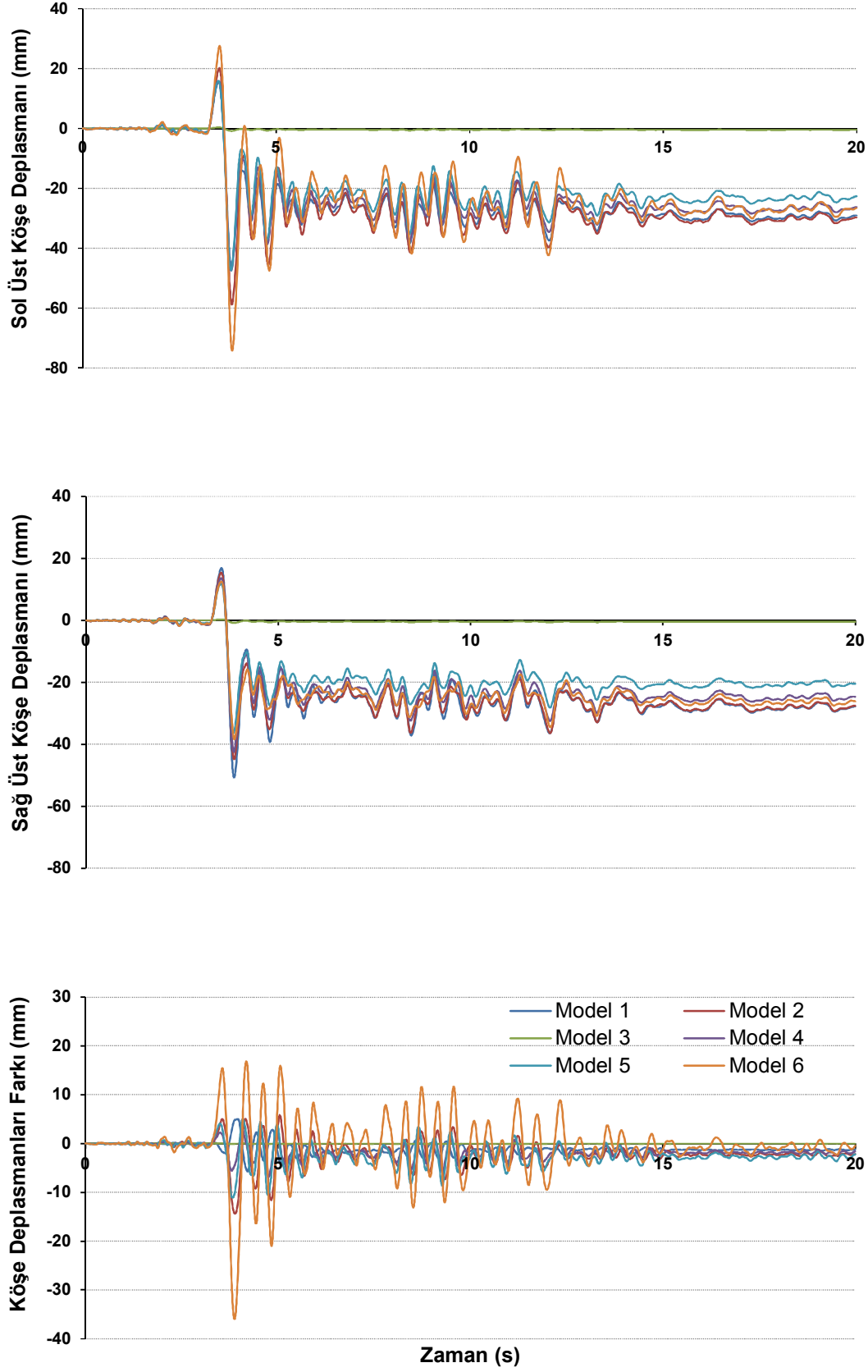
Şekil B.13: Koc-Dzc180 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri



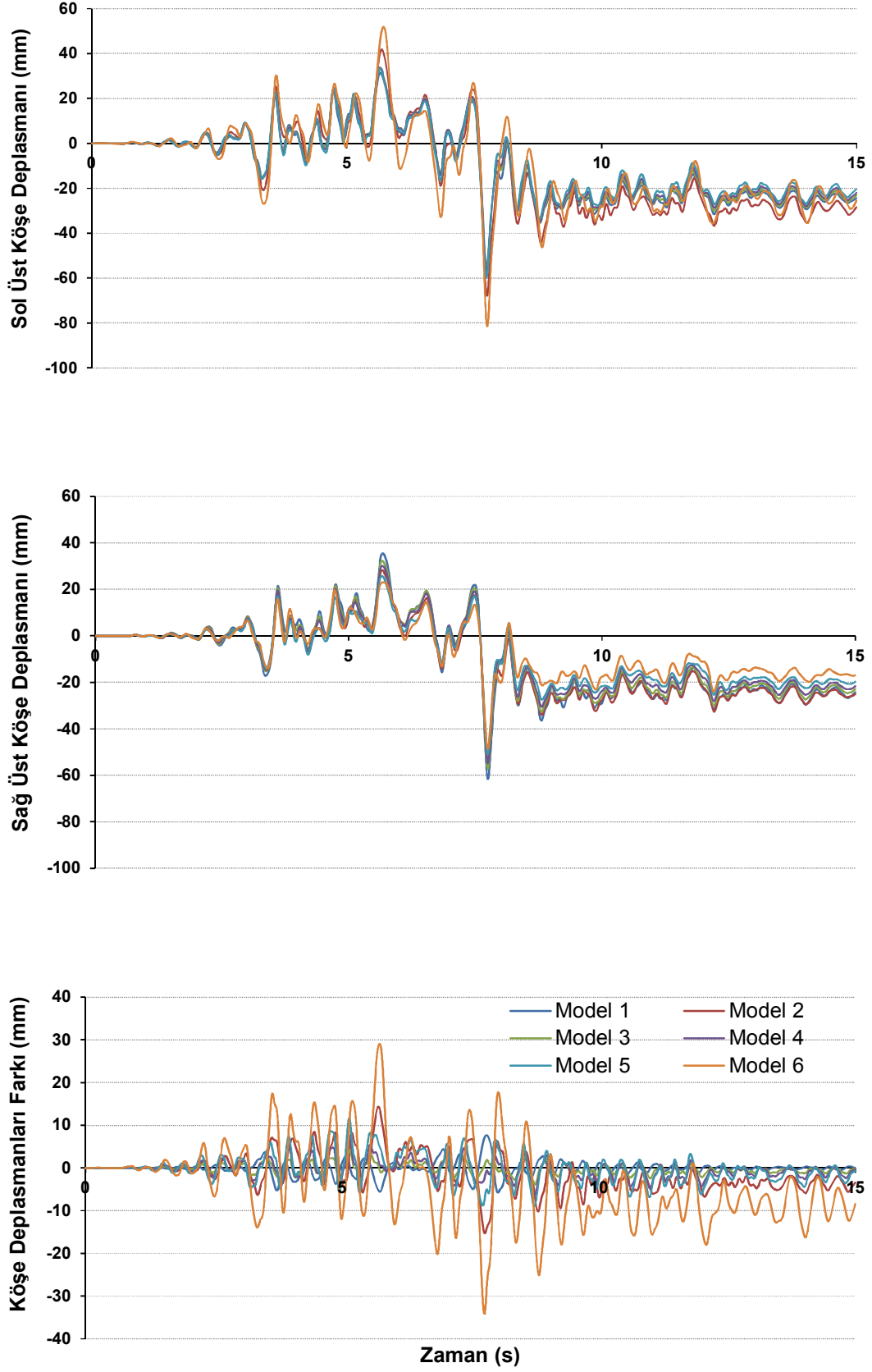
Şekil B.14: Koc-Dzc270 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri



Şekil B.15: Lomap-Hsp000 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri

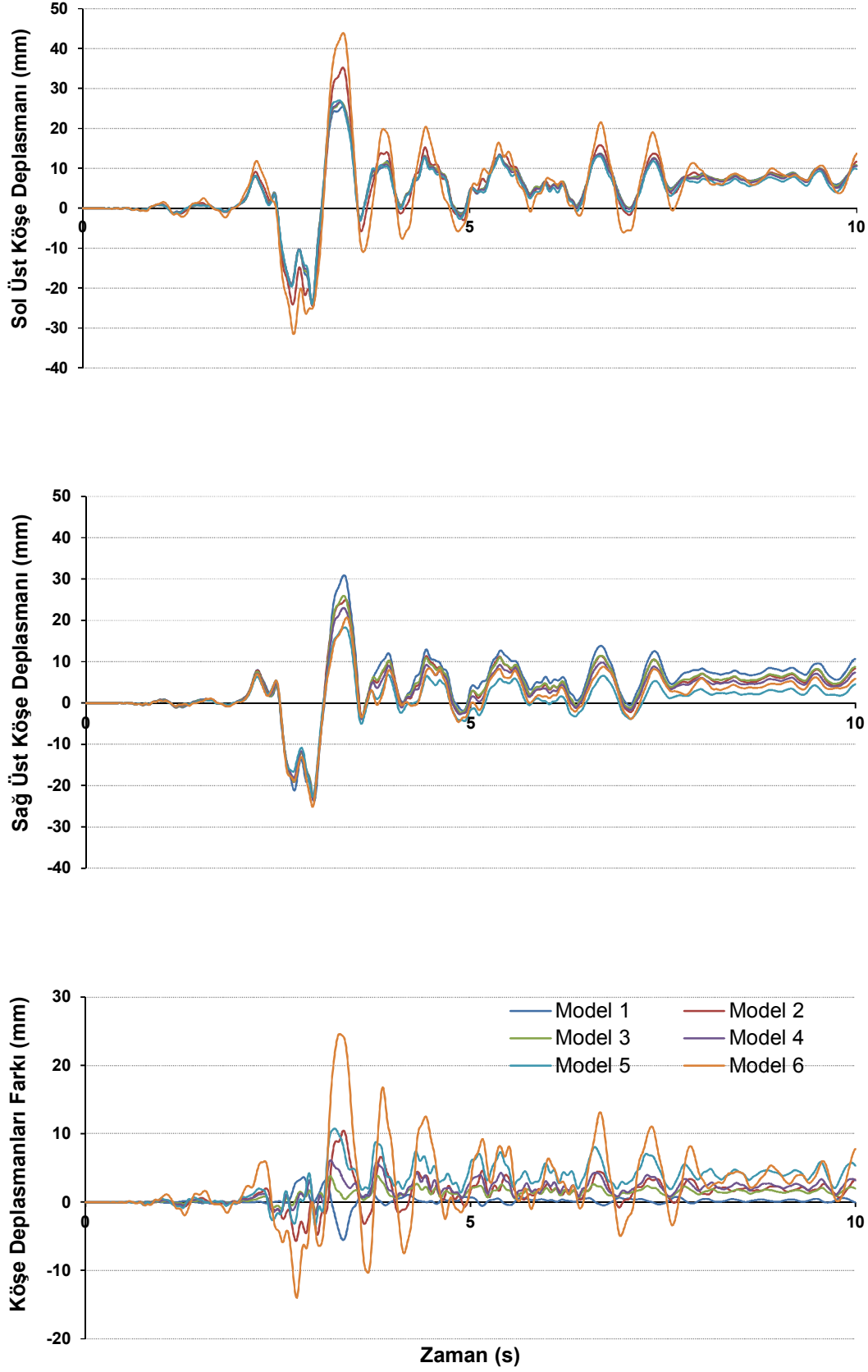


Şekil B.16: Northr-Pkc360 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri

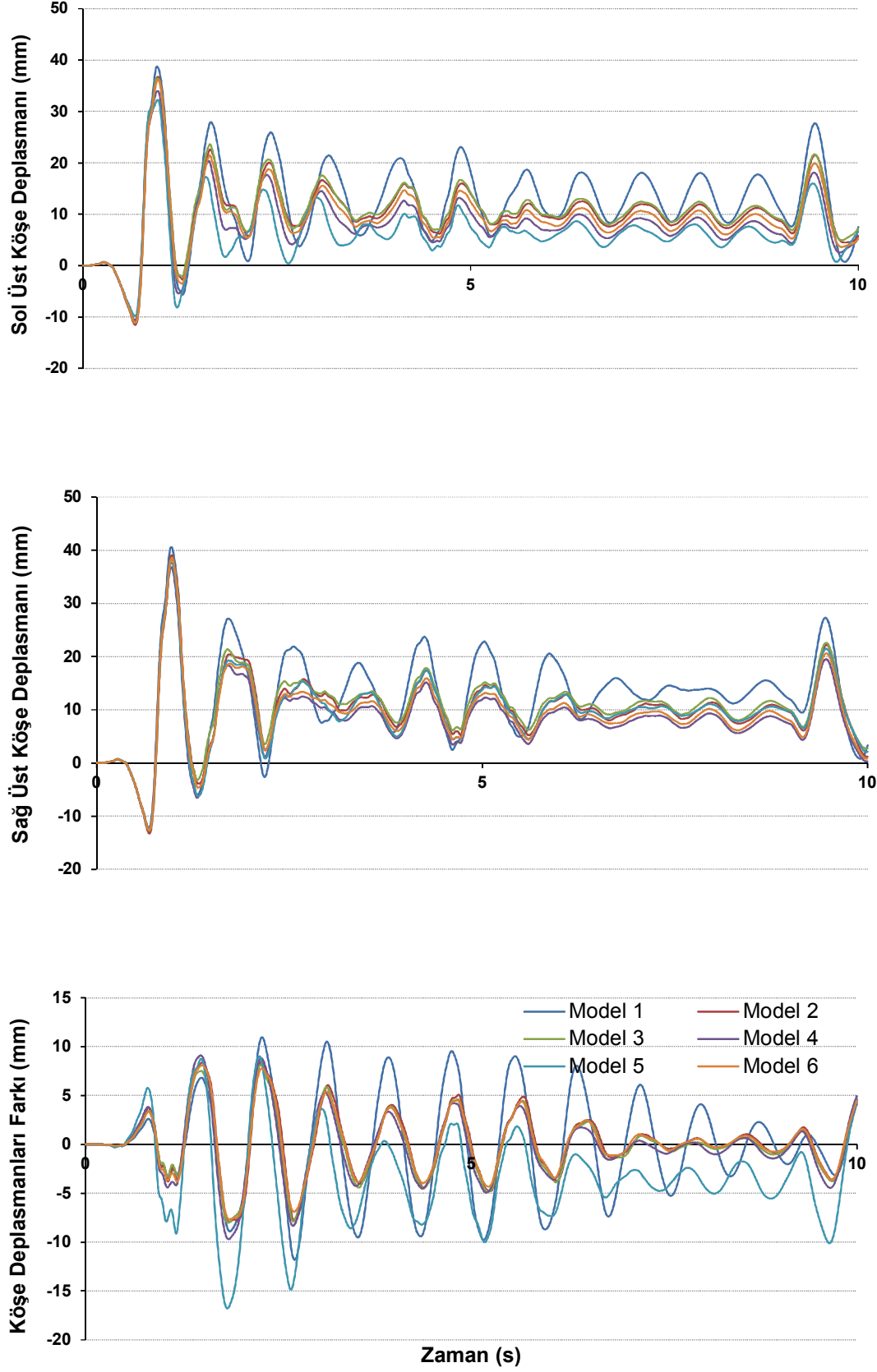


Şekil B.17: Northr-Spv360 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri

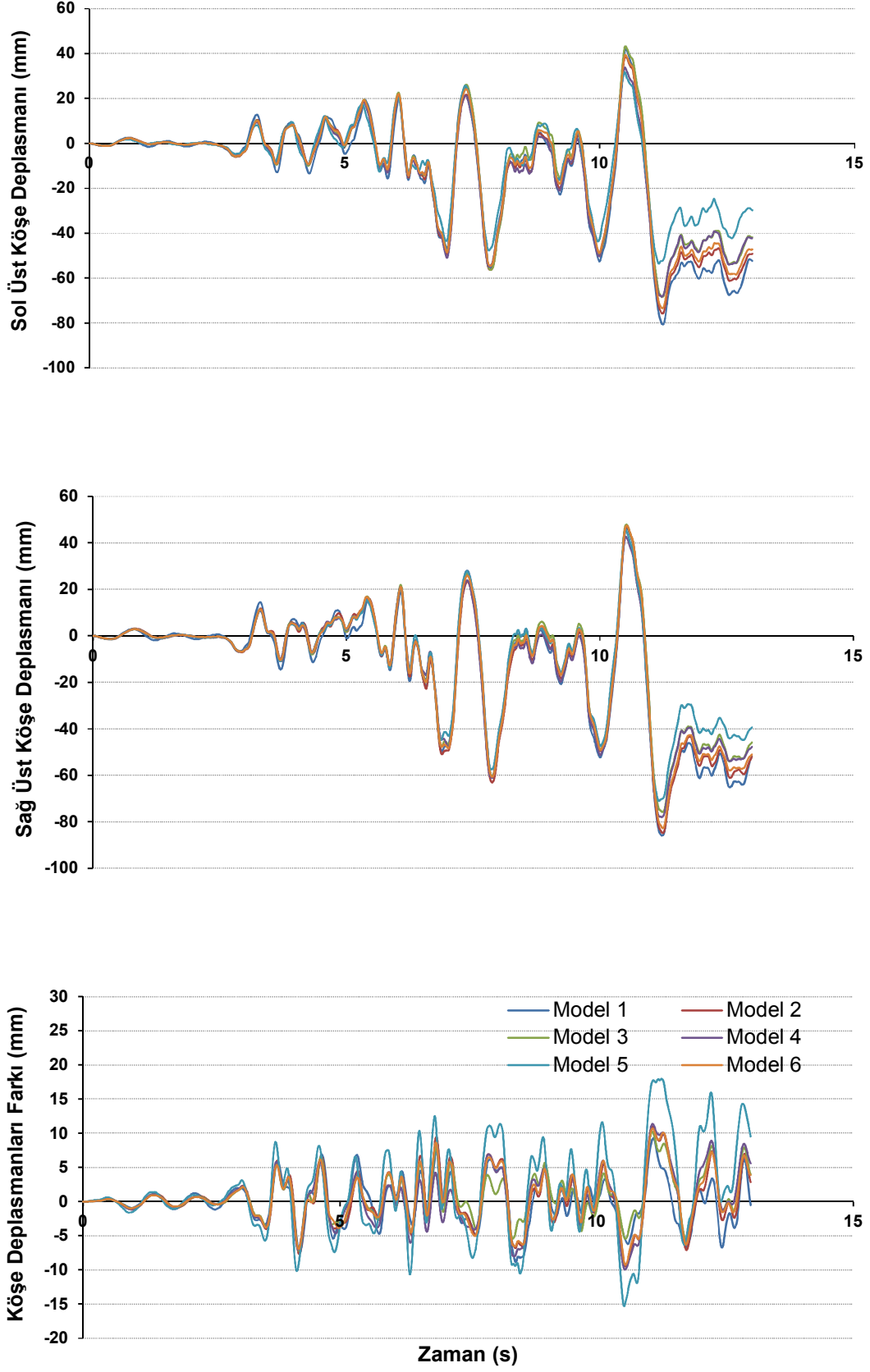




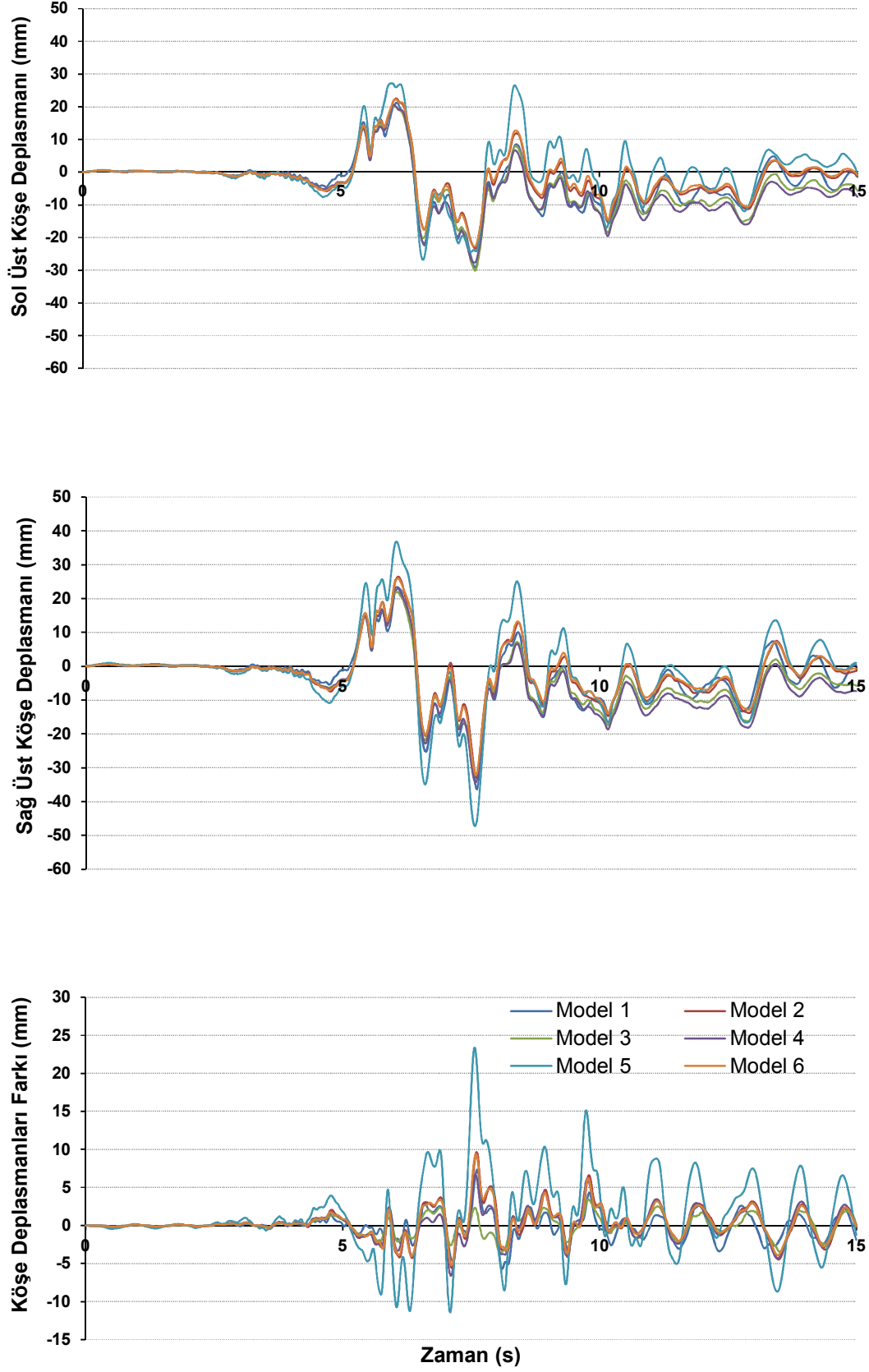
Şekil B.18: Palmspr-Nps210 ivme kaydı altında 1998 4 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri



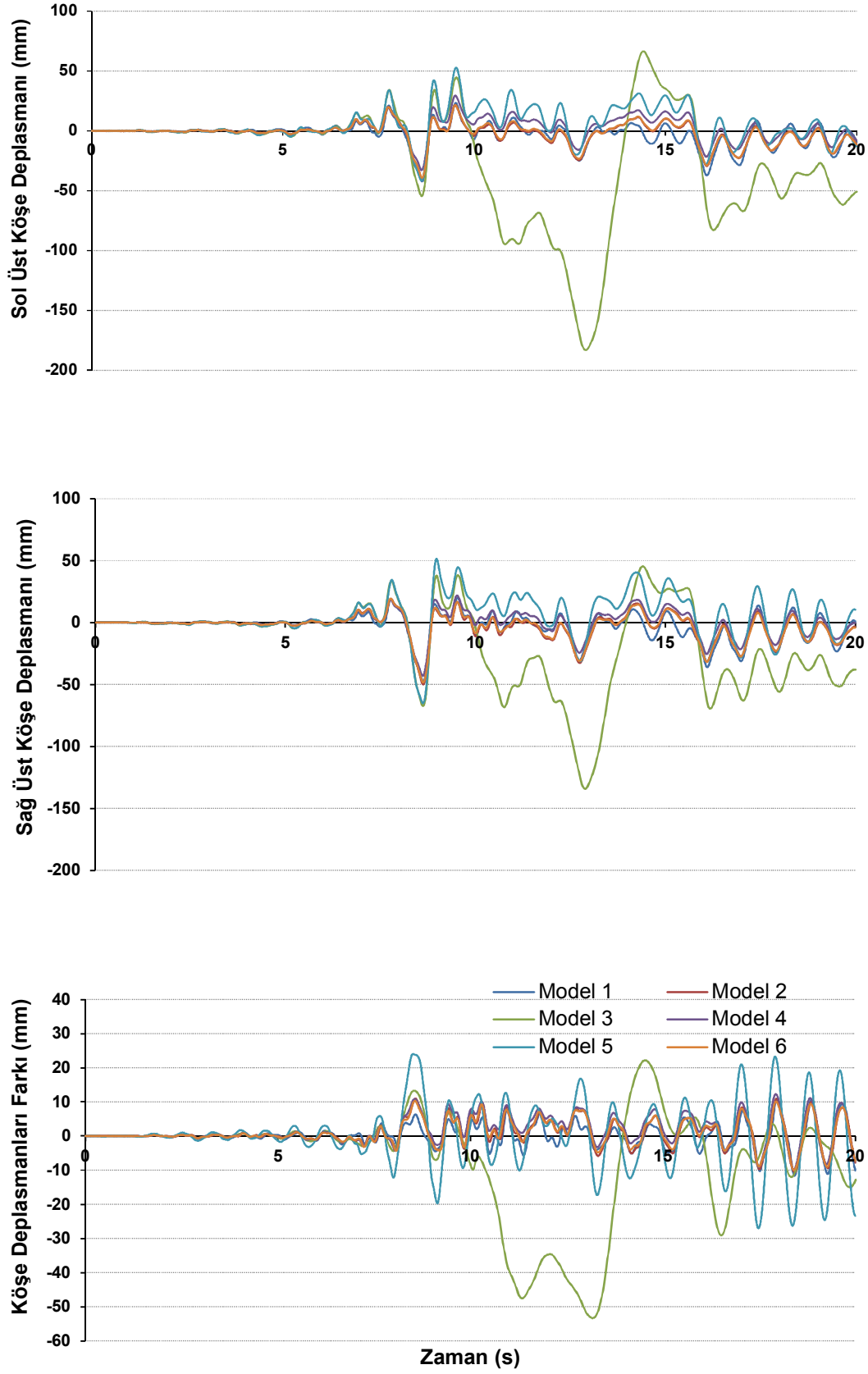
Şekil B.19: Capemend-Pet090 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri



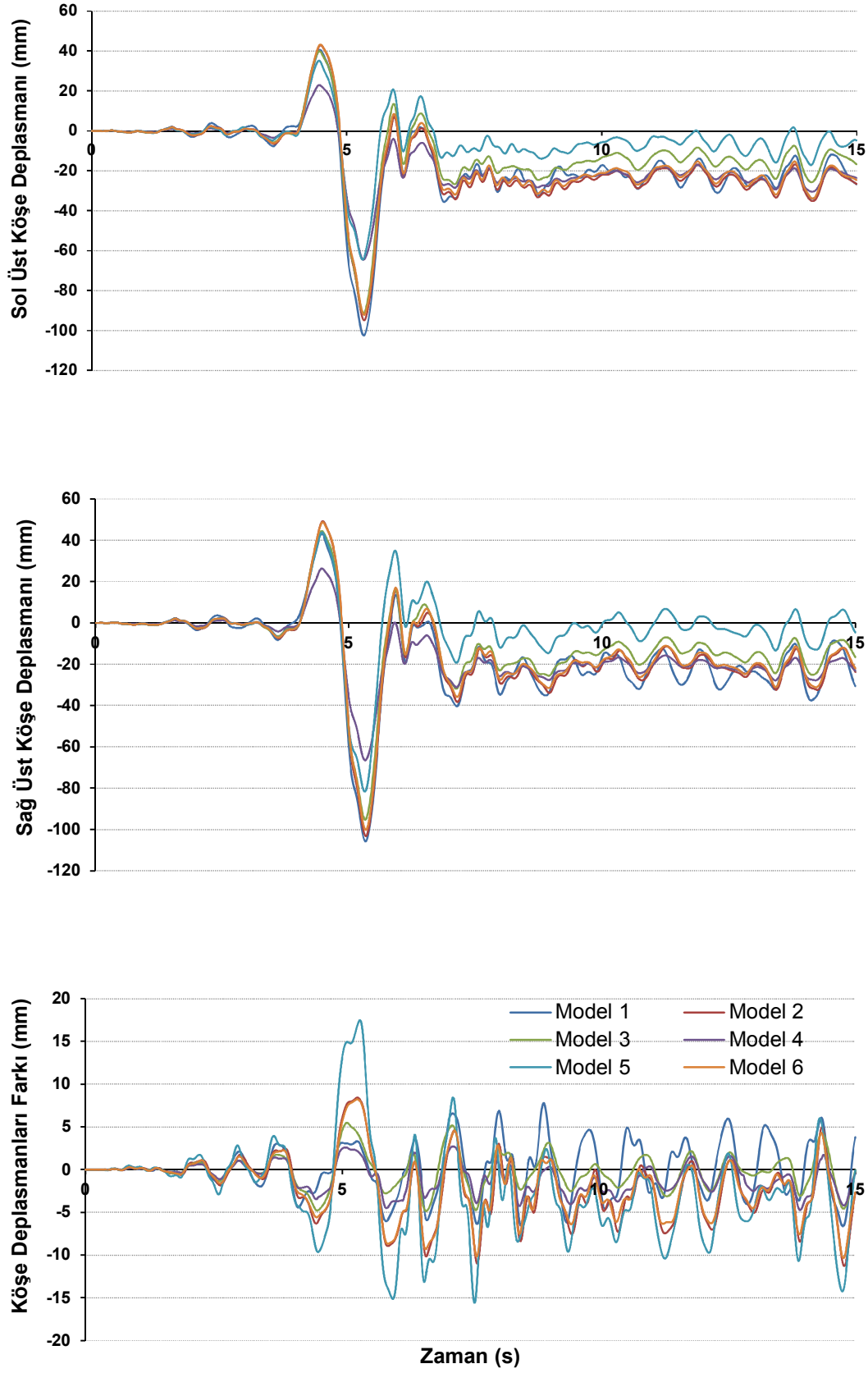
Şekil B.20: Gazlı-Gaz000 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri



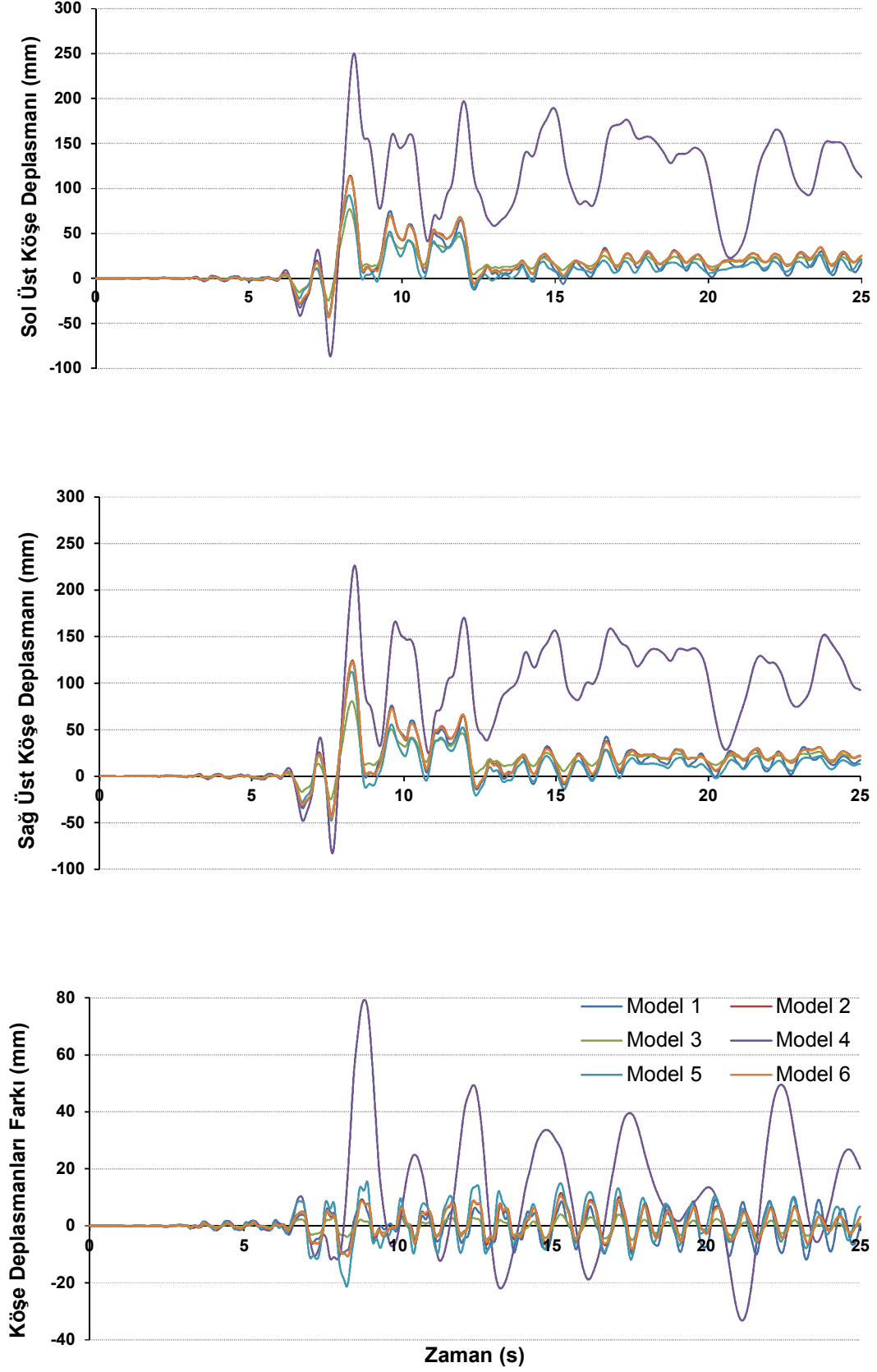
Şekil B.21: Impvall-H-E05140 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri



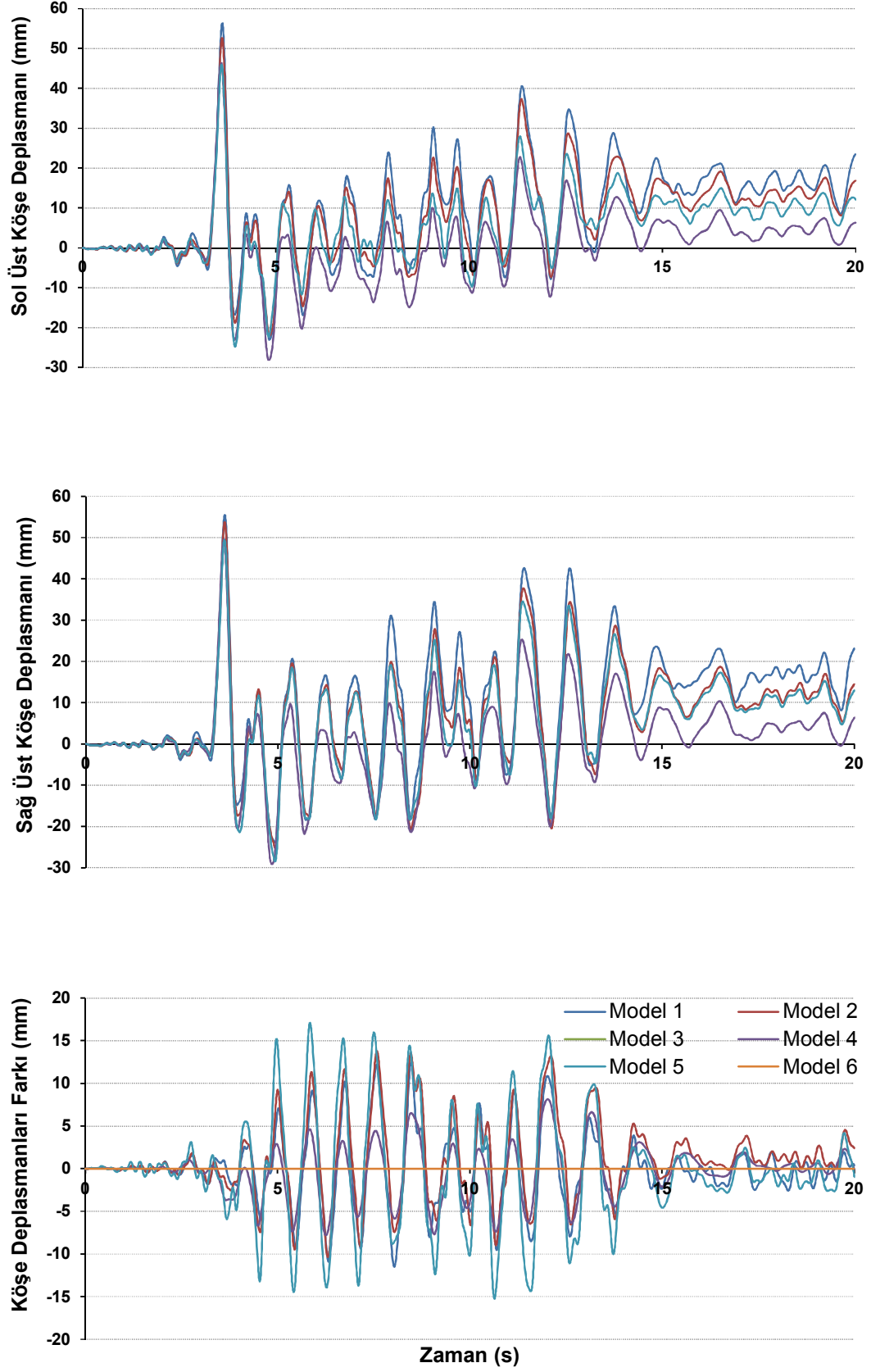
Şekil B.22: Koc-Dzc180 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri



Şekil B.23: Koc-Dzc270 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri

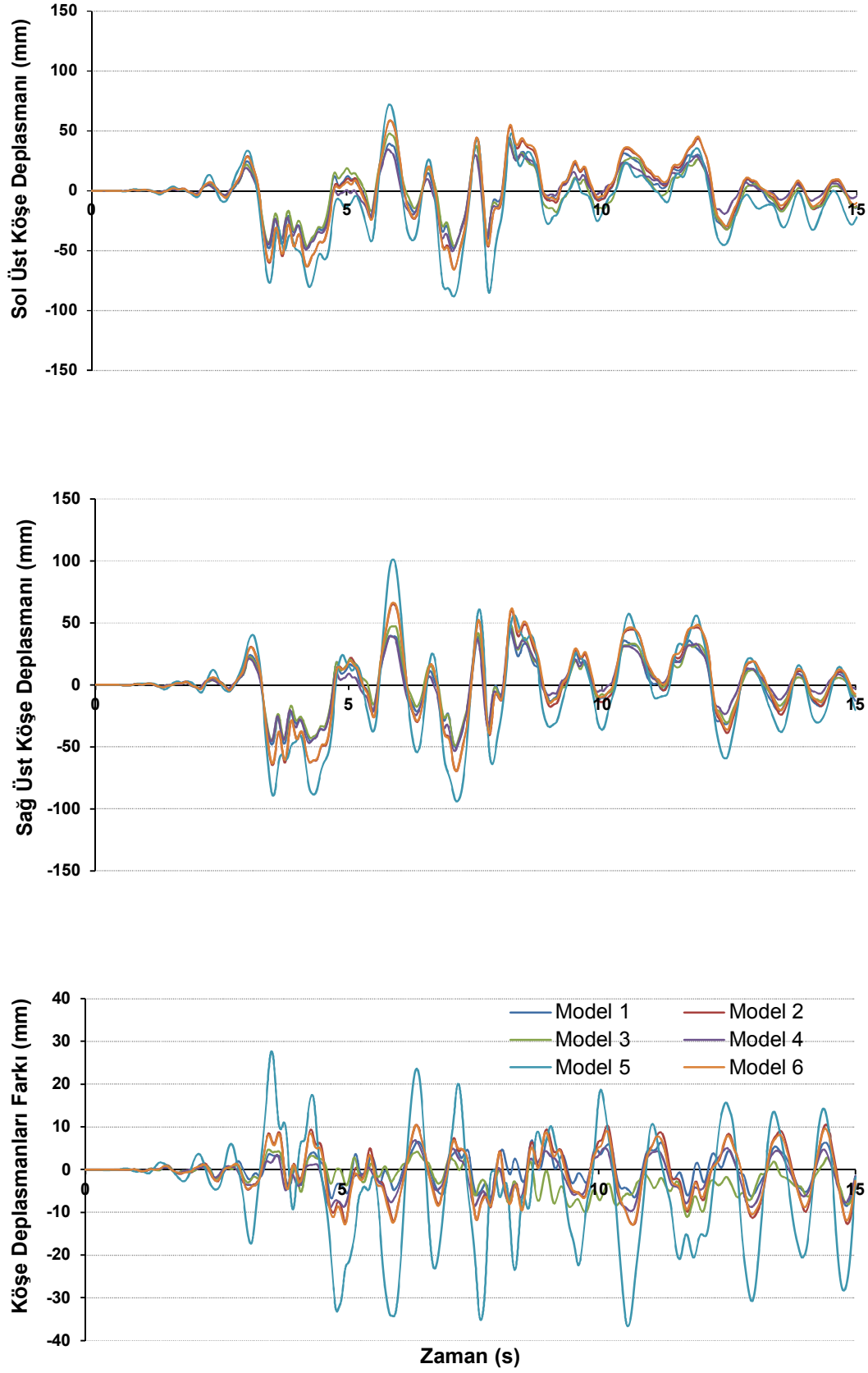


Şekil B.24: Lomap-Hsp000 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri

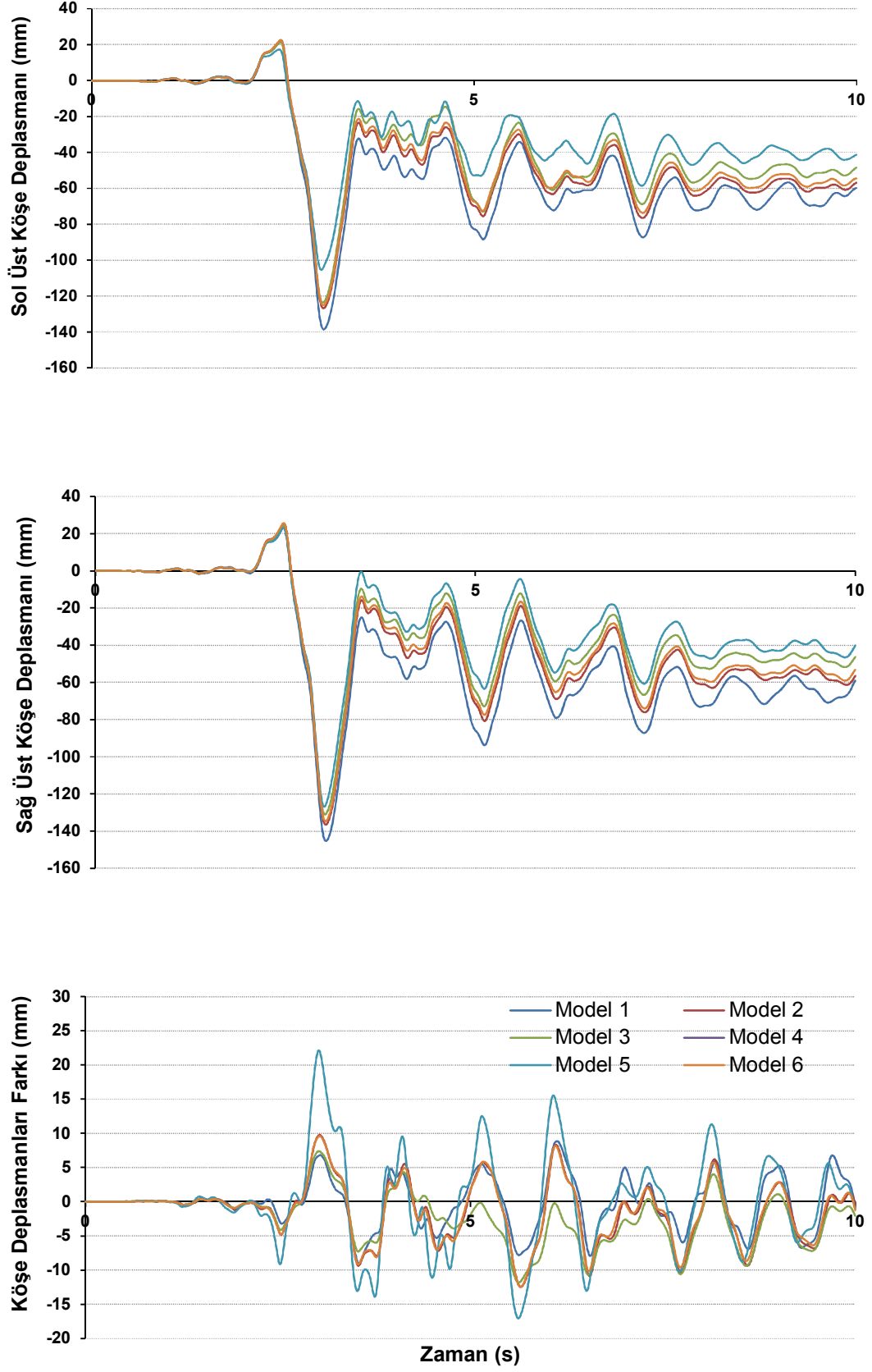


Şekil B.25: Northr-Pkc360 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri

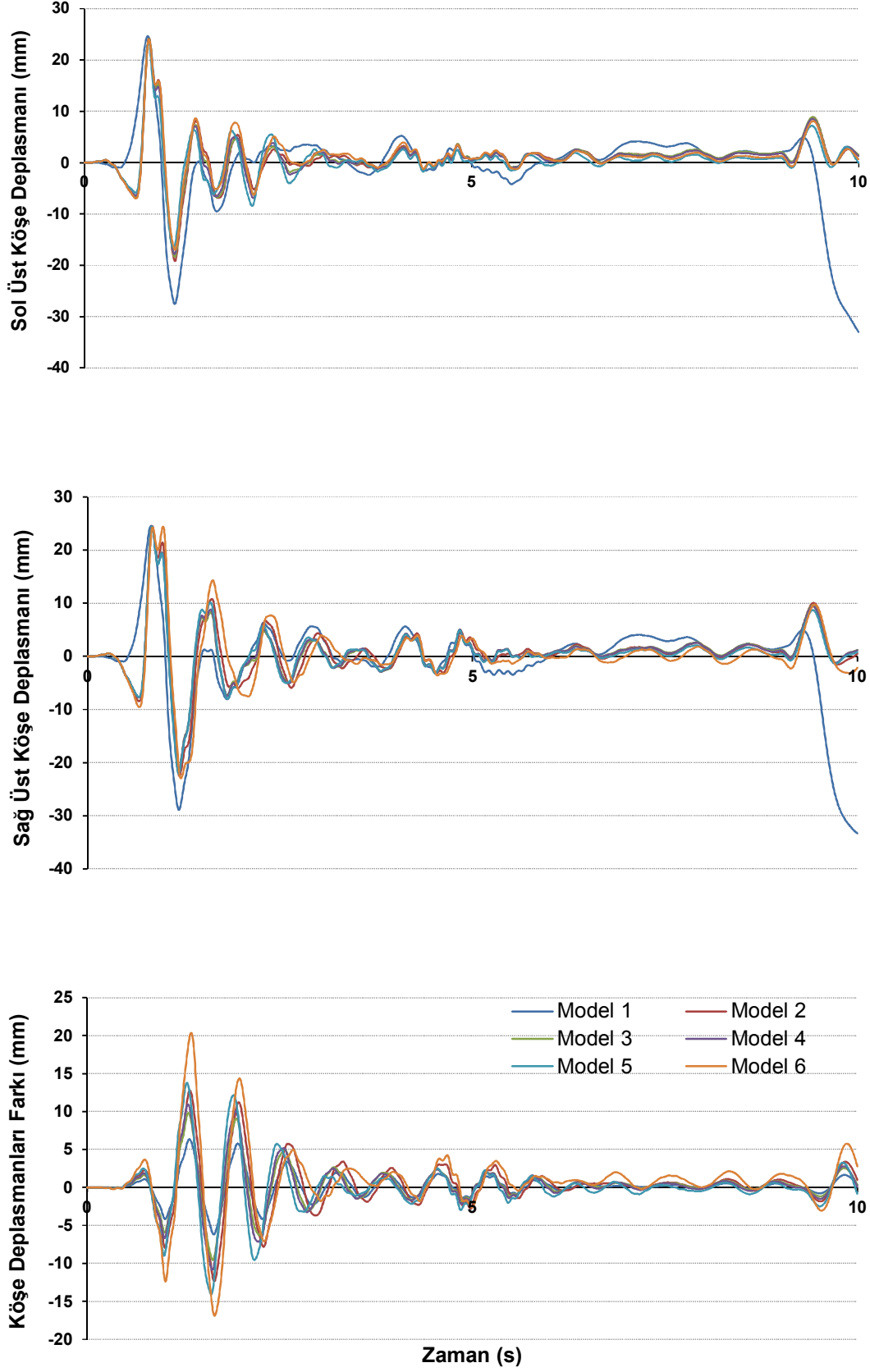




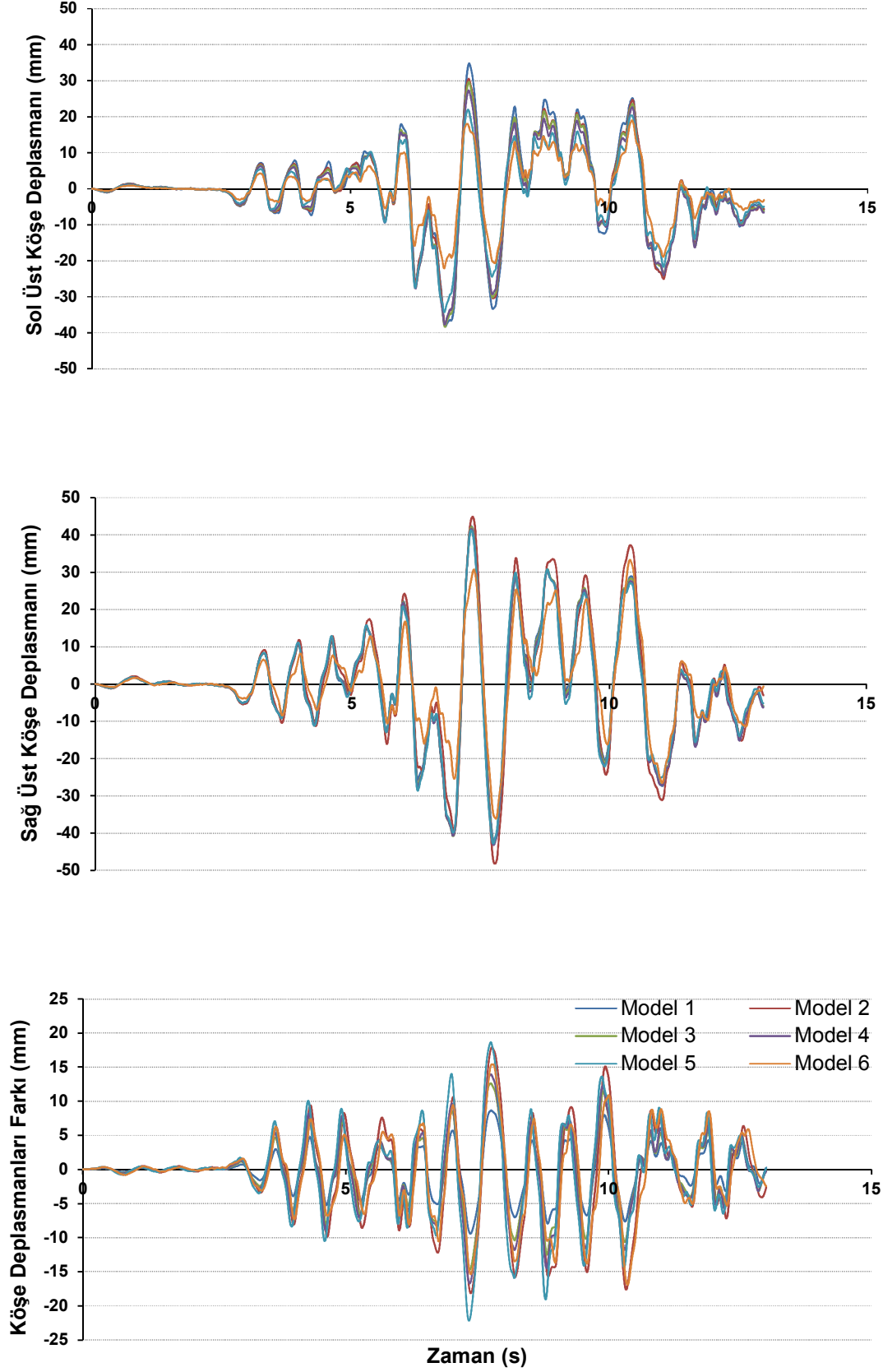
Şekil B.26: Northr-Spv360 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri



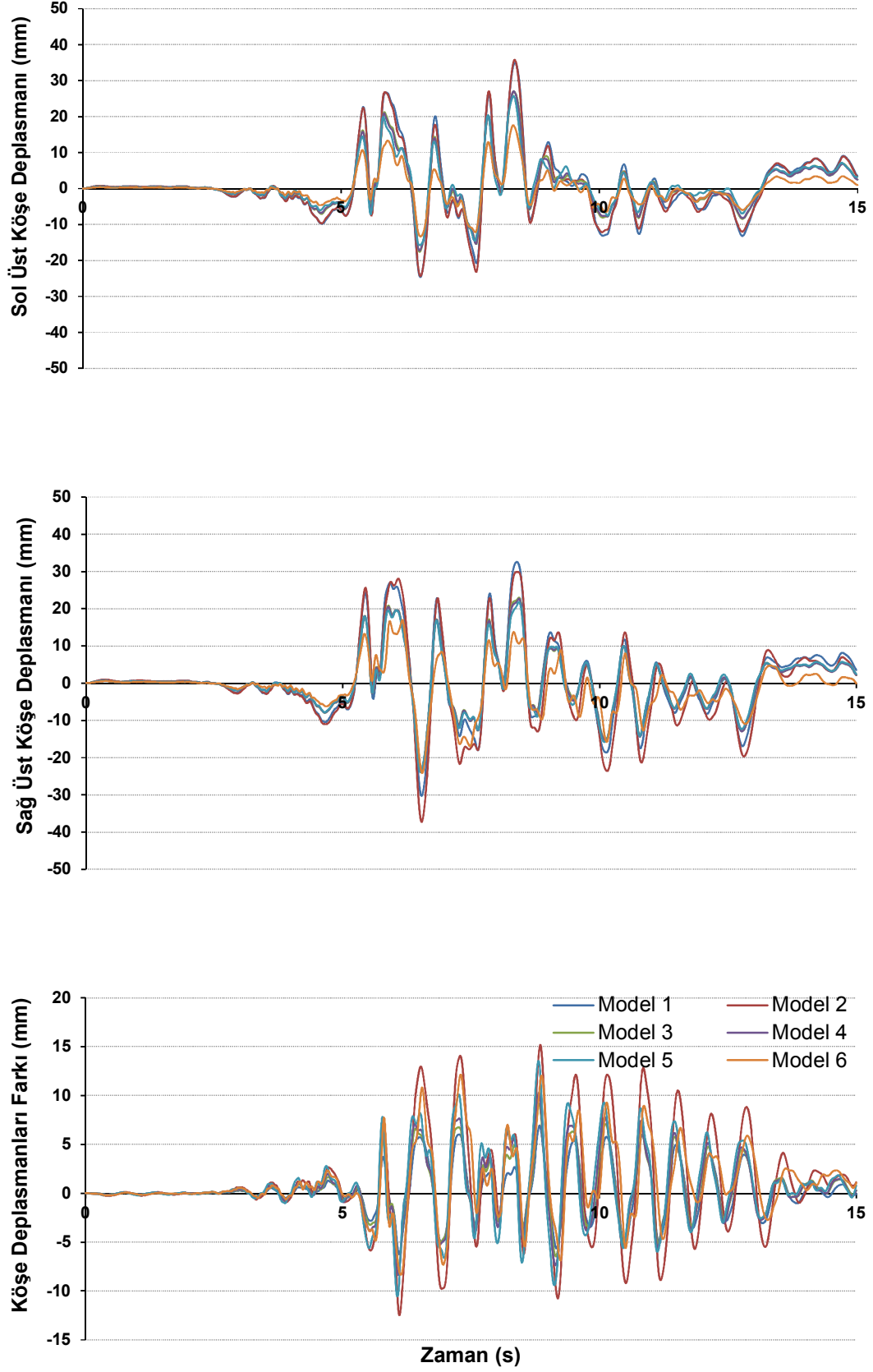
Şekil B.27: Palmspr-Nps210 ivme kaydı altında 1975 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri



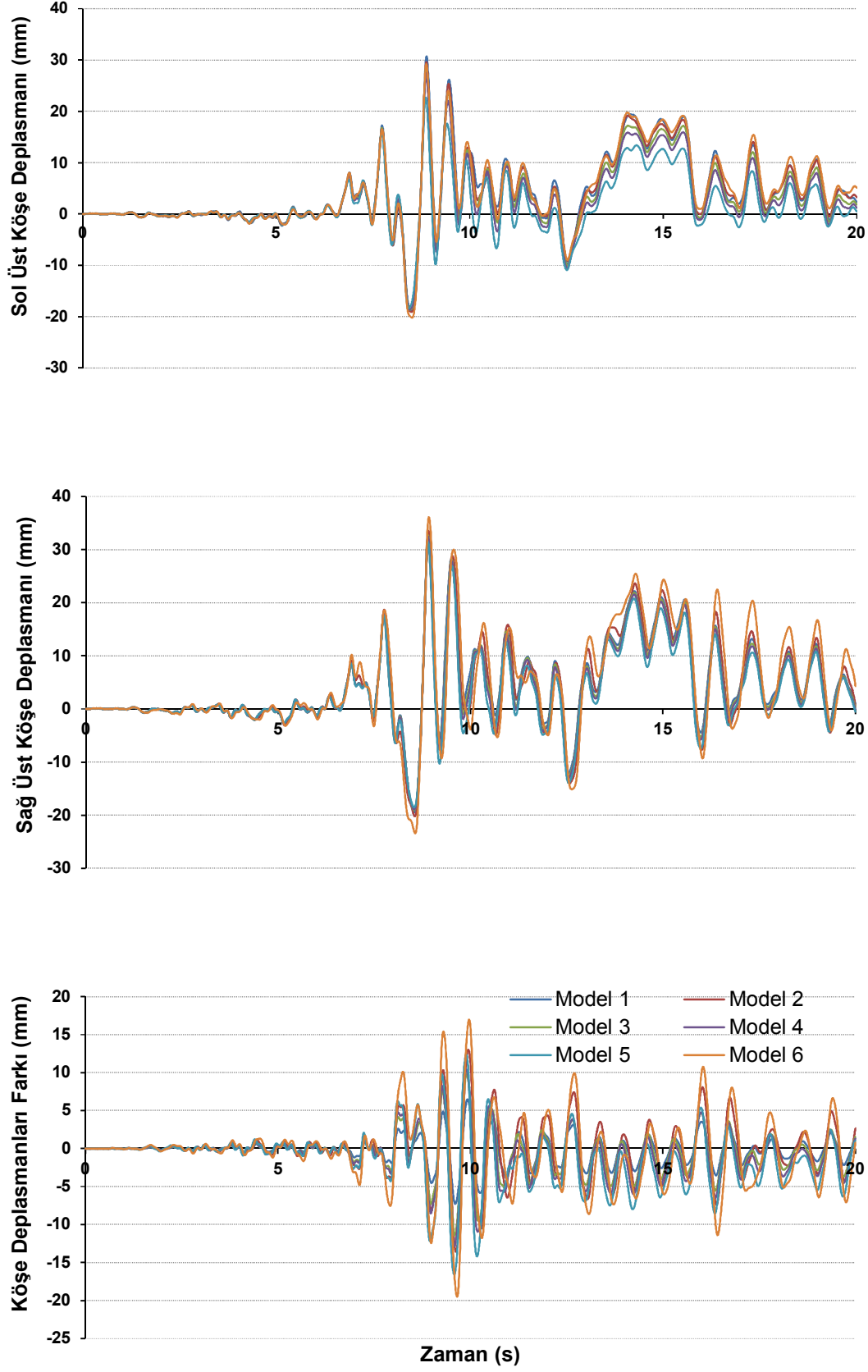
Şekil B.28: Capemend-Pet090 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri



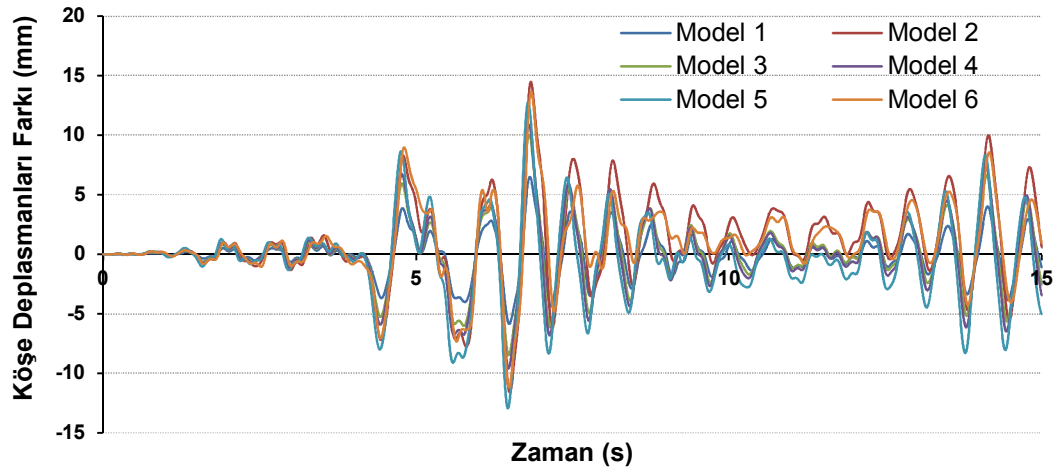
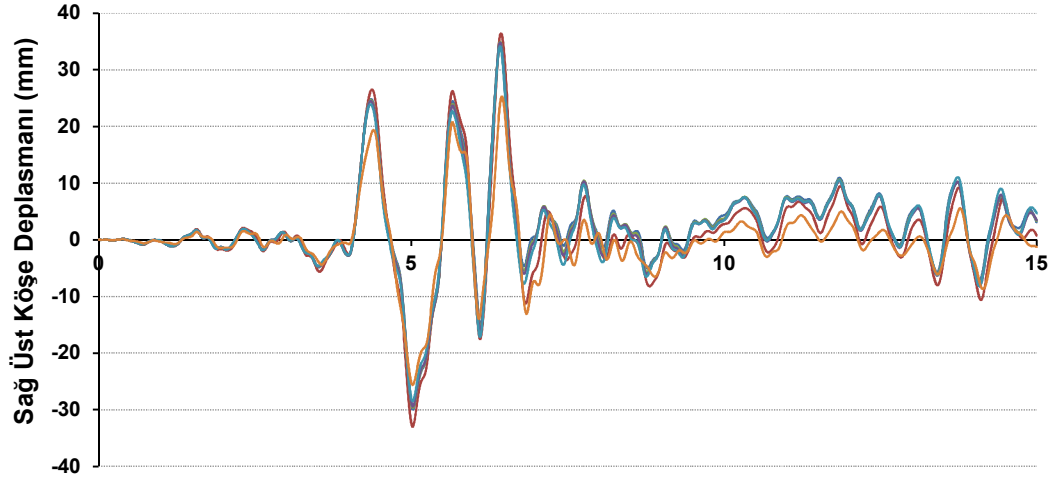
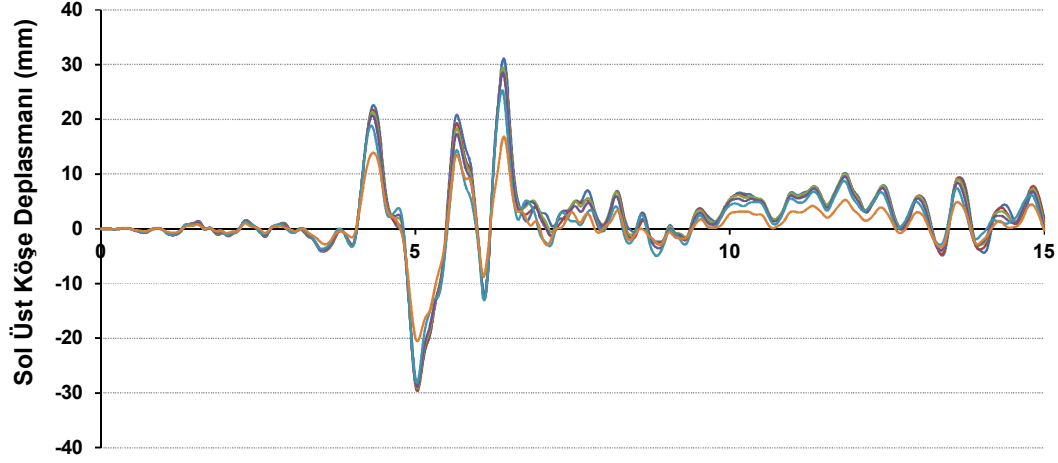
Şekil B.29: Gazlı-Gaz000 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri



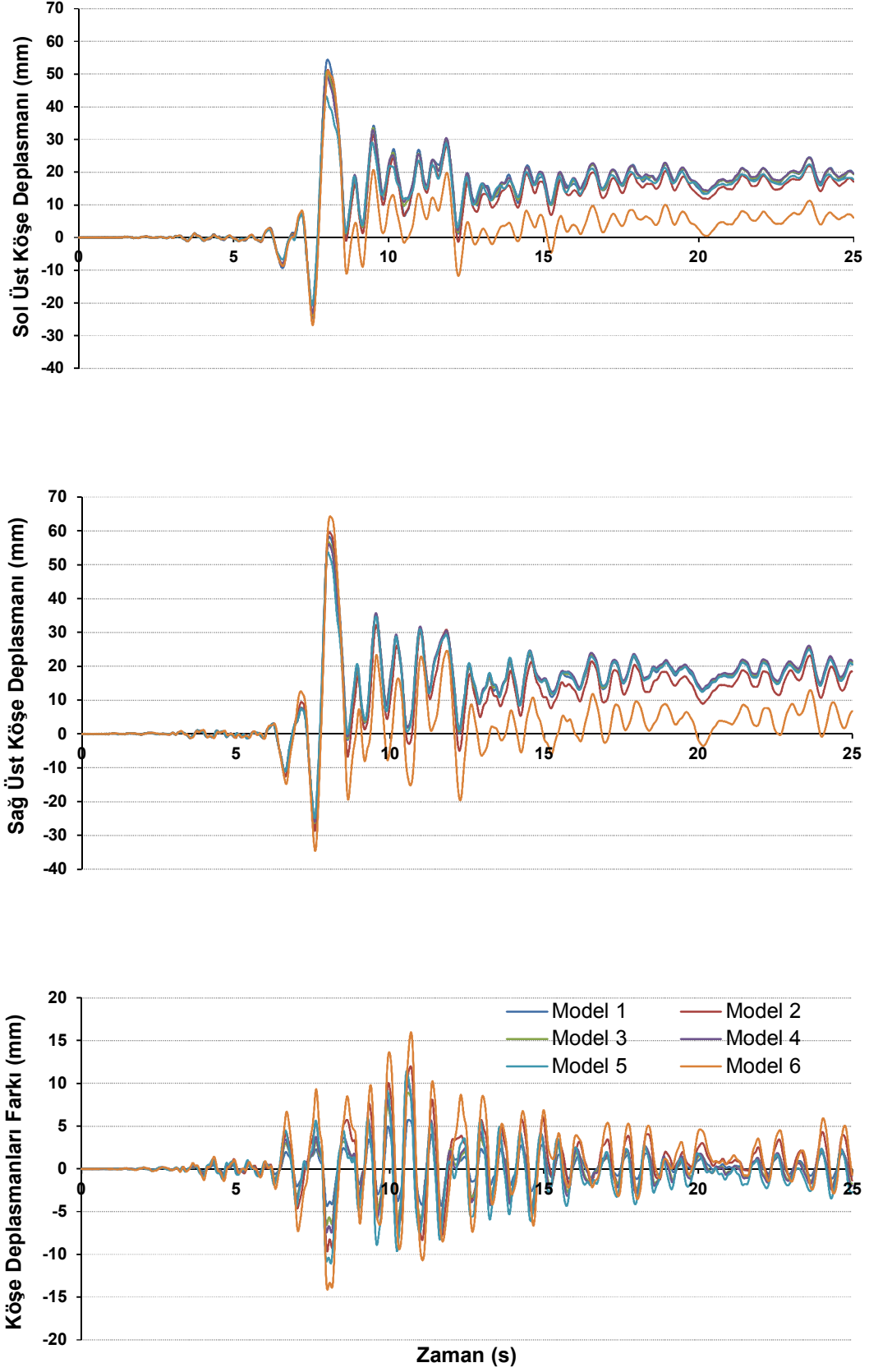
Şekil B.30: Impvall-H-E05140 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri



Şekil B.31: Koc-Dzc180 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri

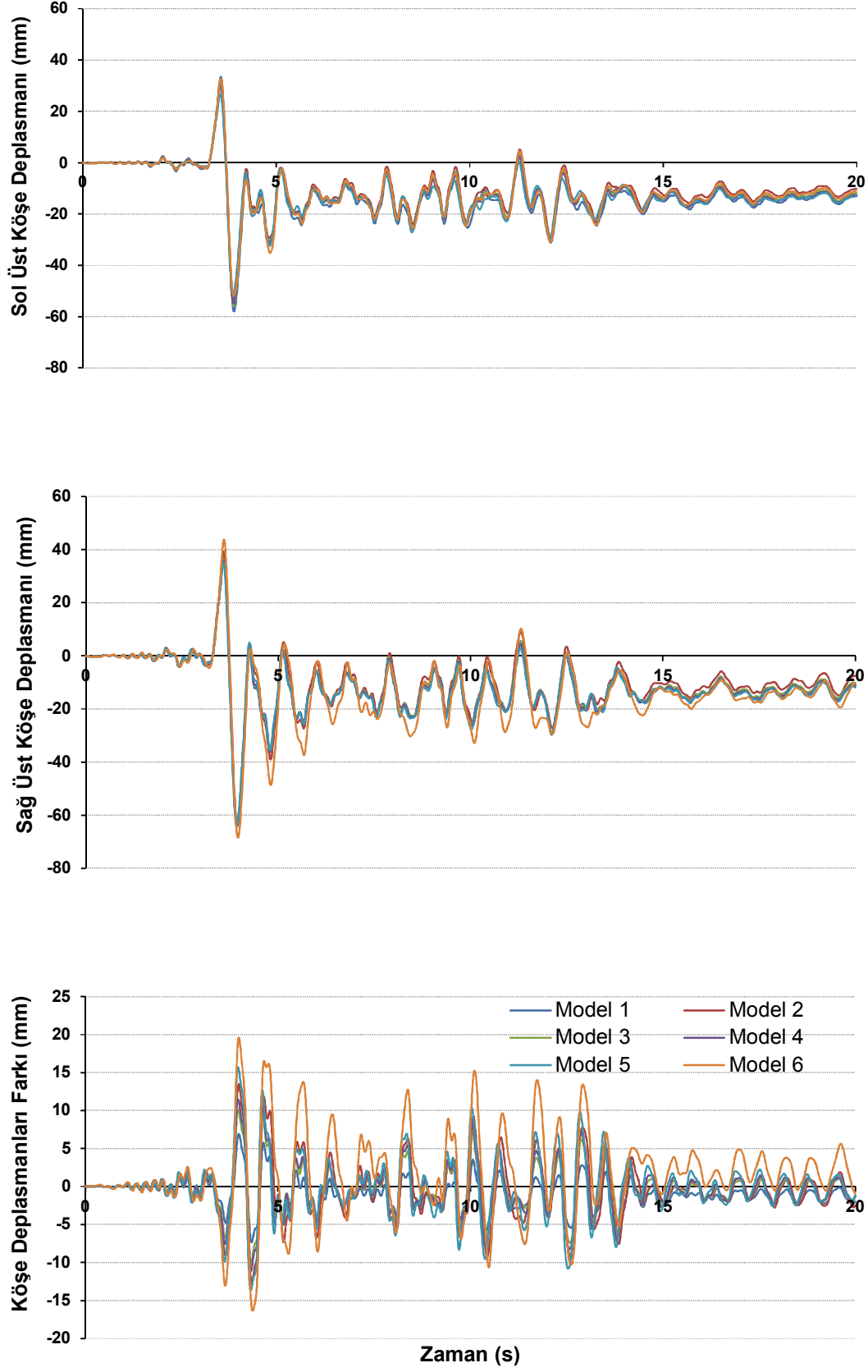


Şekil B.32: Koc-Dzc270 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri

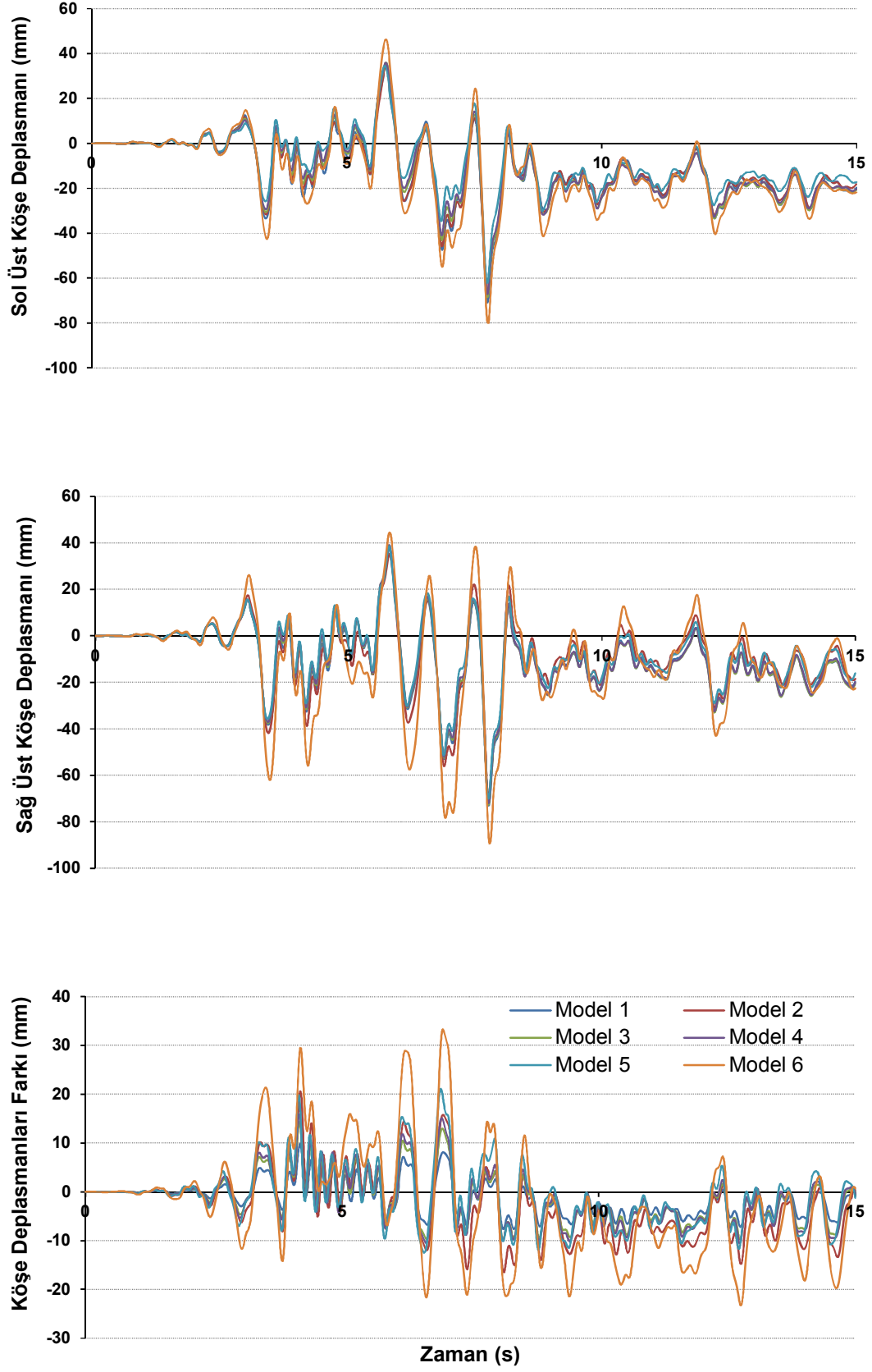


Şekil B.33: Lomap-Hsp000 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri

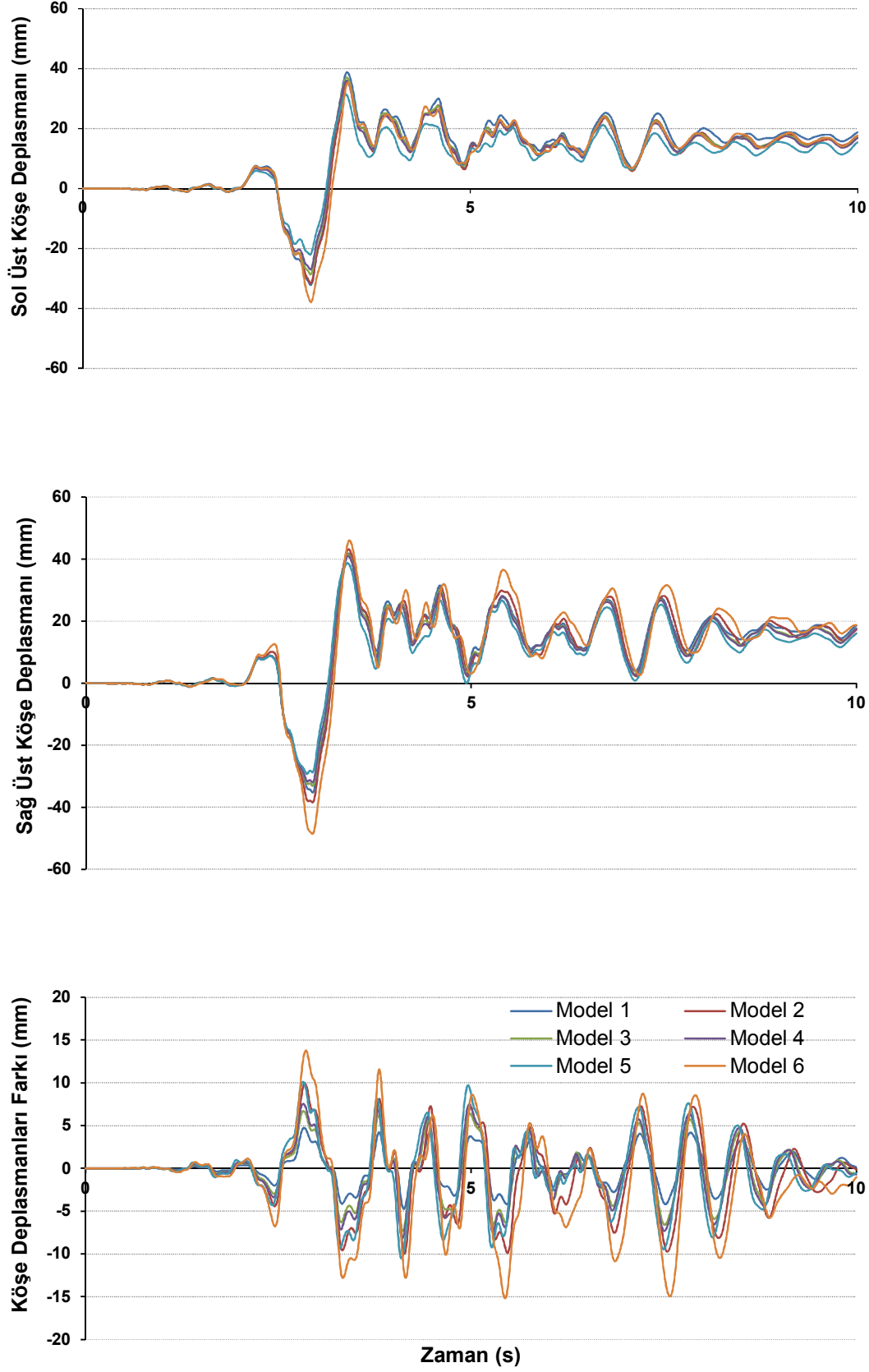




Şekil B.34: Northr-Pkc360 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri

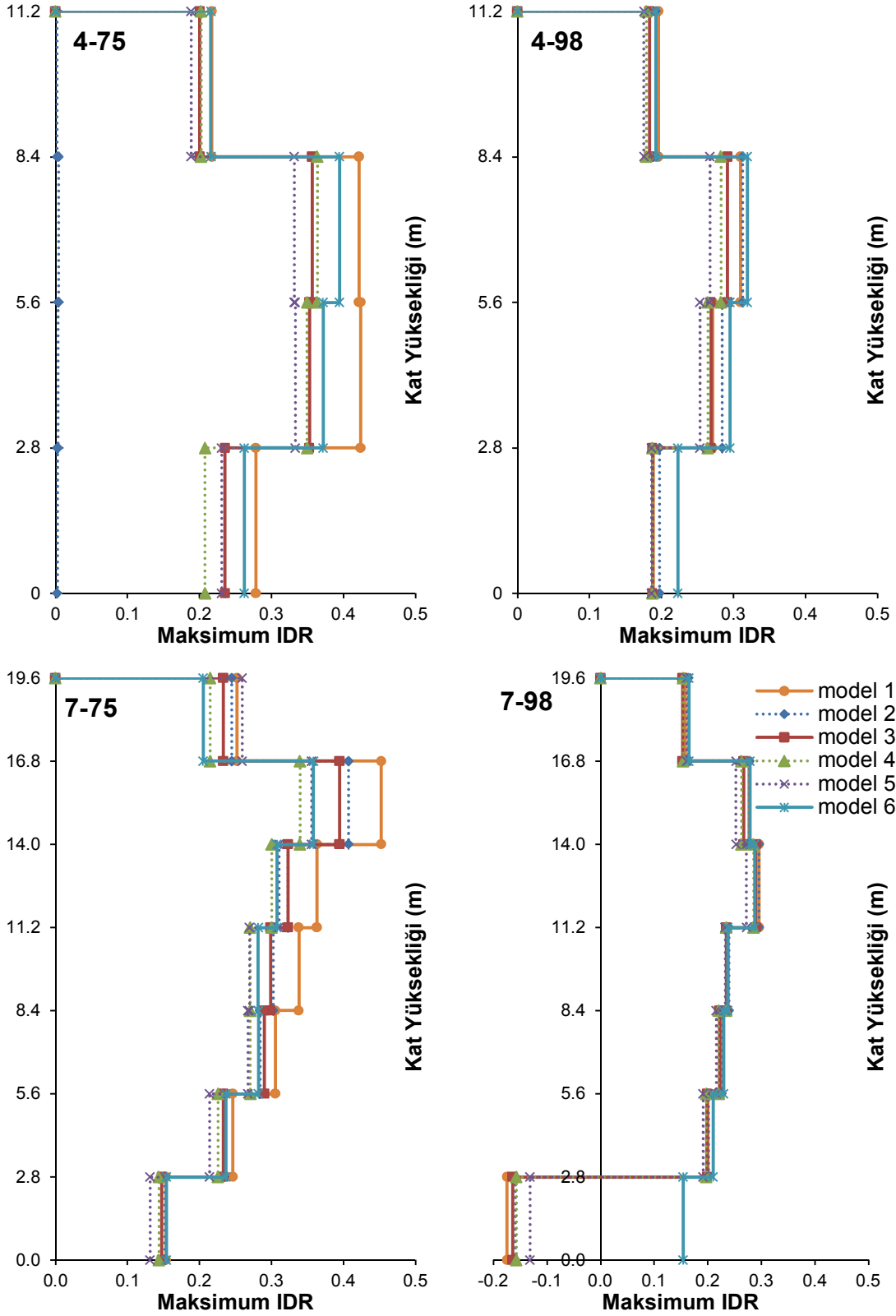


Şekil B.35: Northr-Spv360 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri

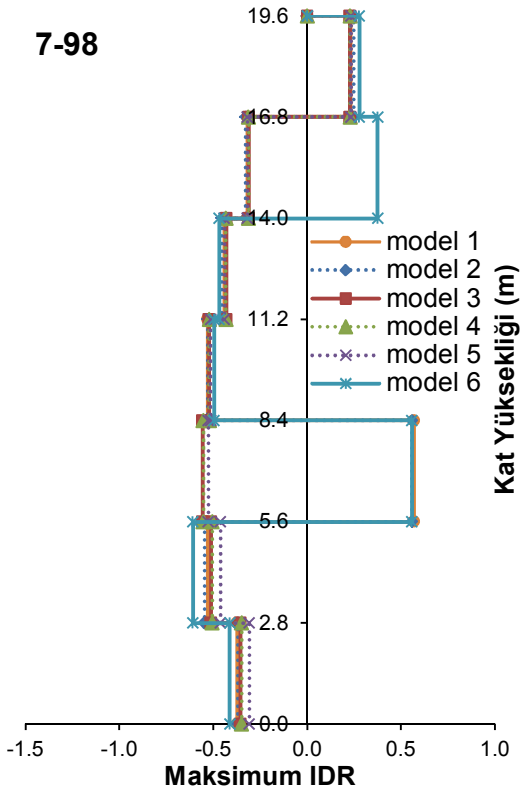
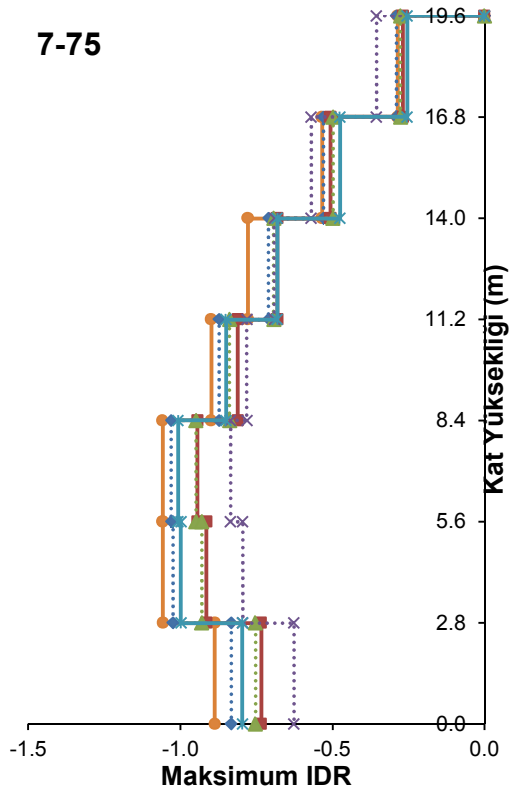
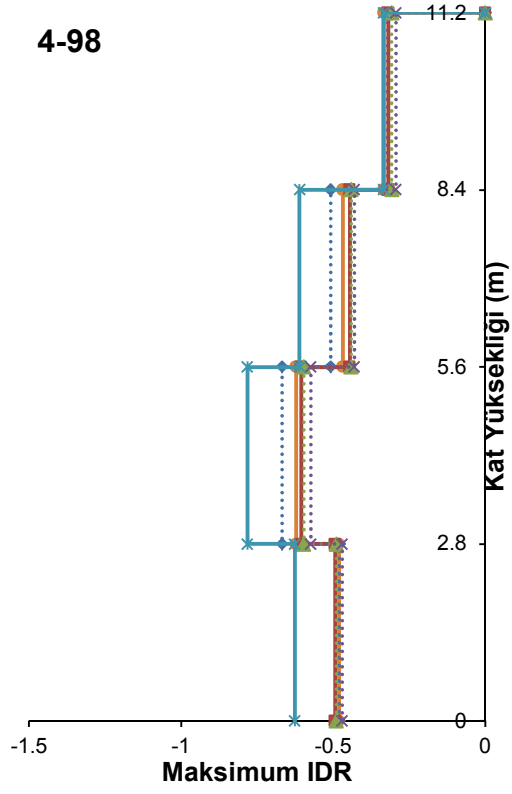
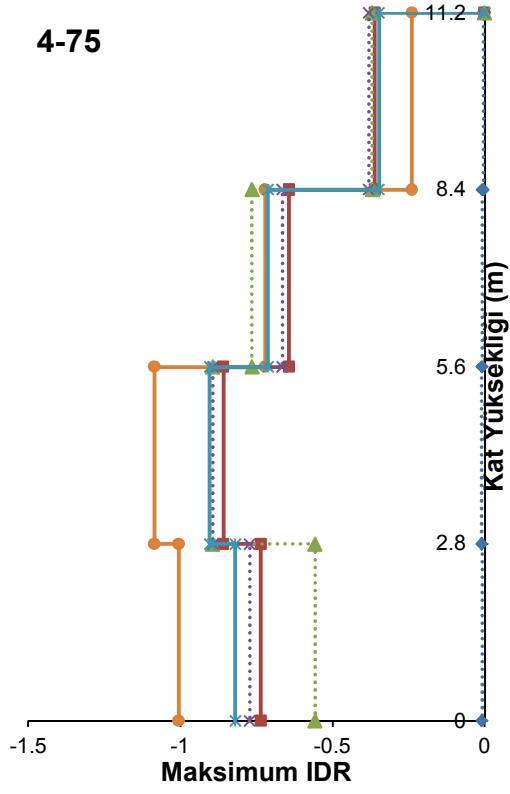


Şekil B.36: Palmspr-Nps210 ivme kaydı altında 1998 7 katlı modellere ait IDR katı deplasman talepleri

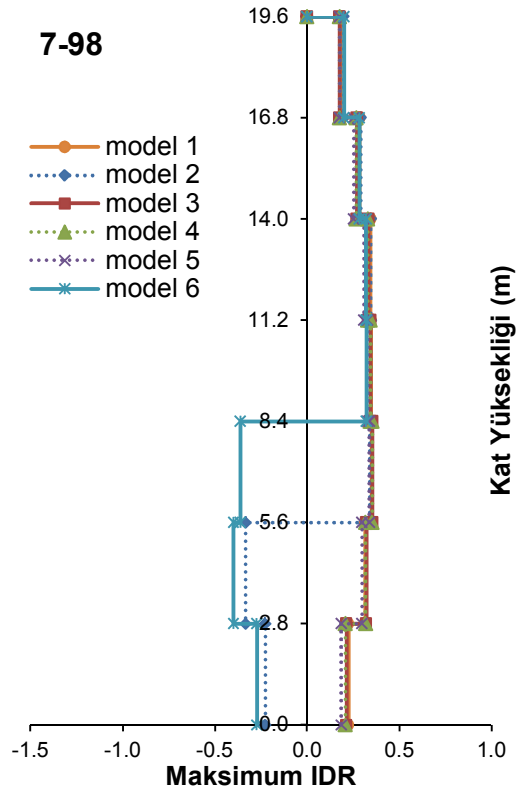
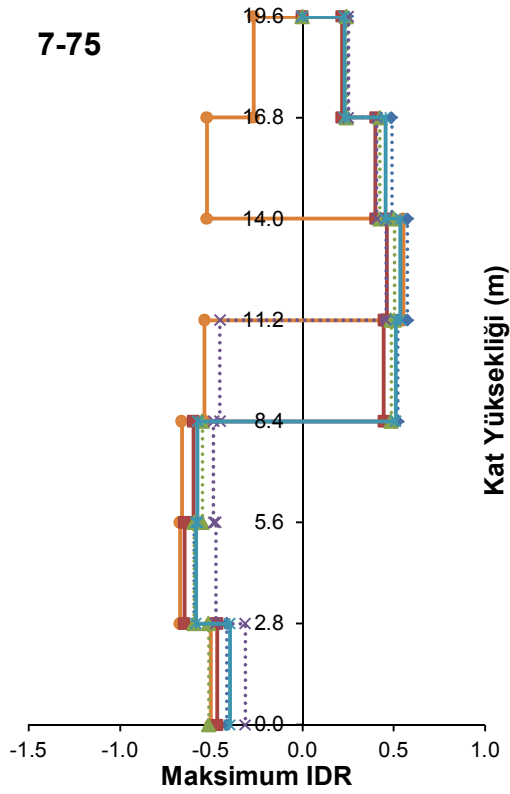
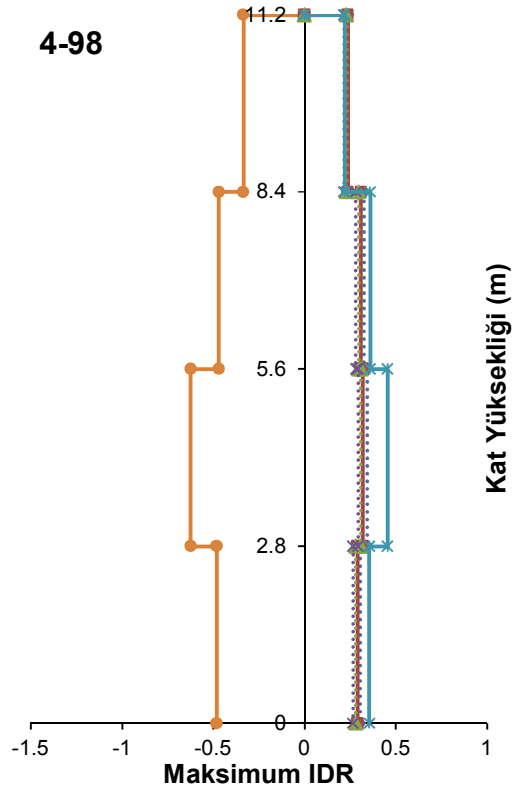
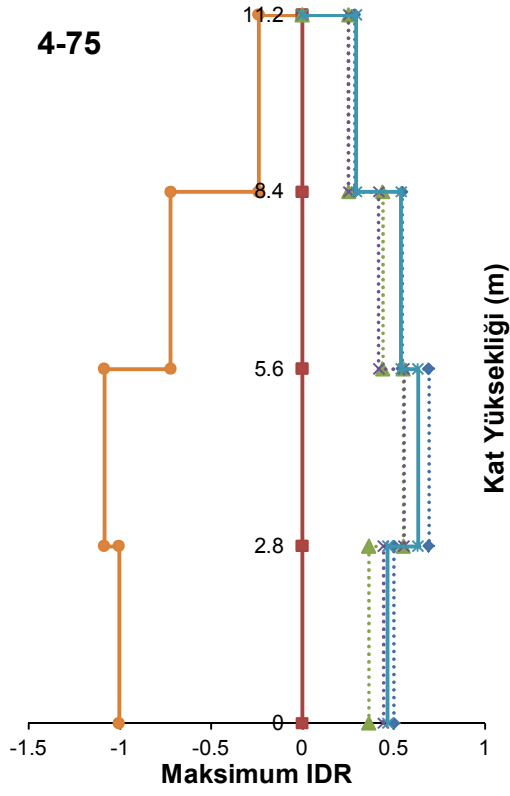
### EK C Modellere Ait IDR Profilleri



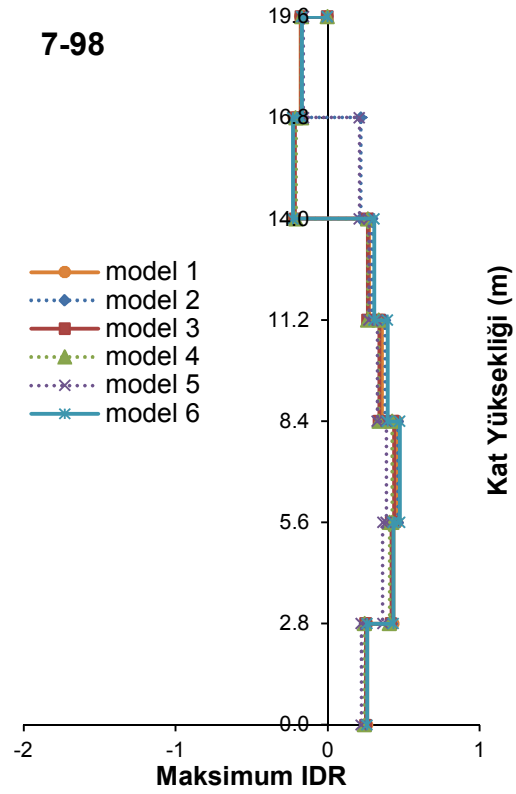
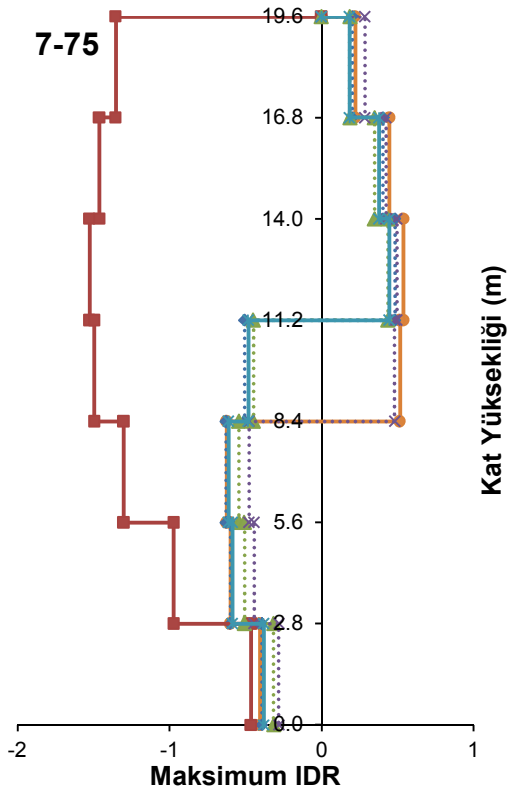
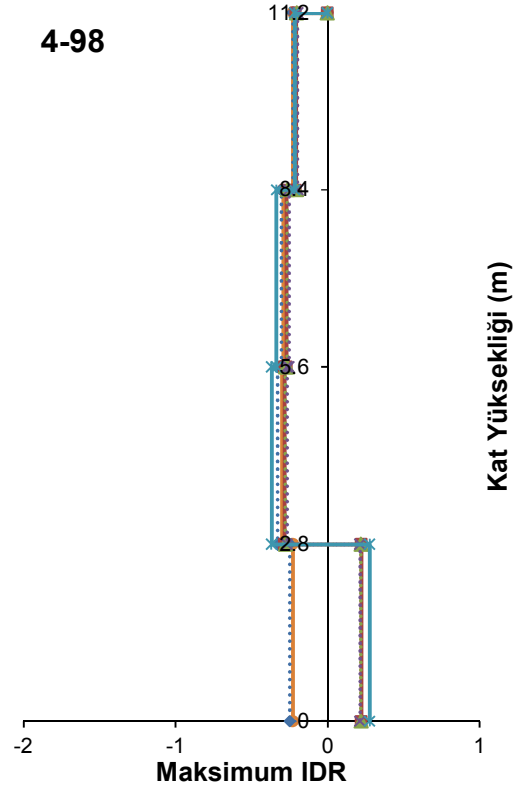
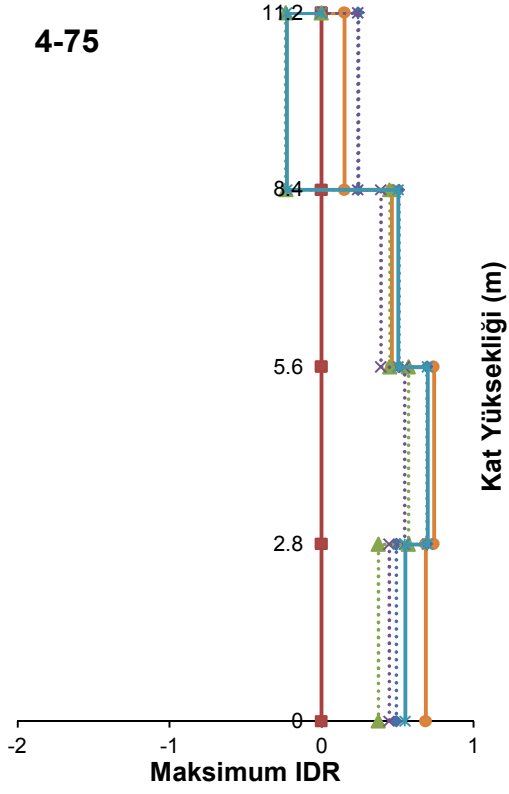
Şekil C.37: Capemend-Pet090 deprem kaydı için katlara ait IDR profilleri



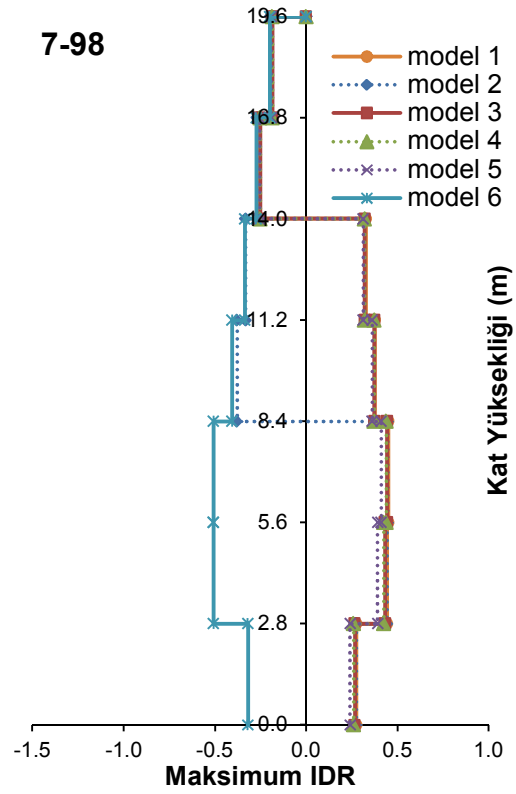
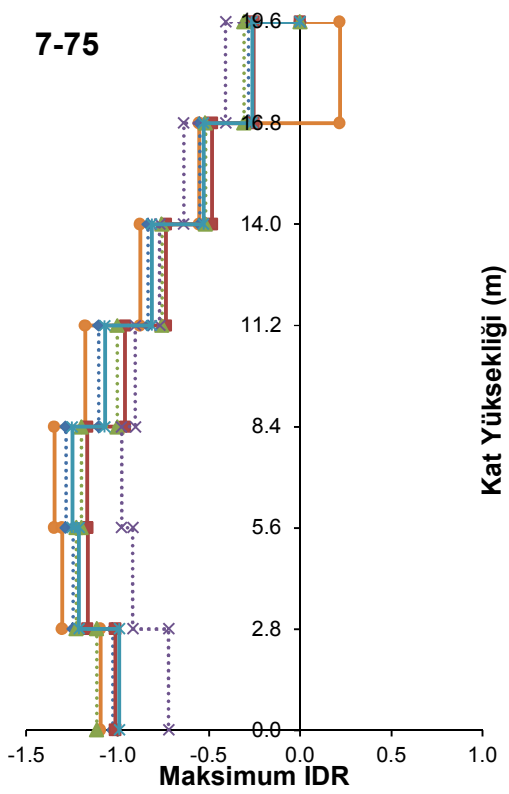
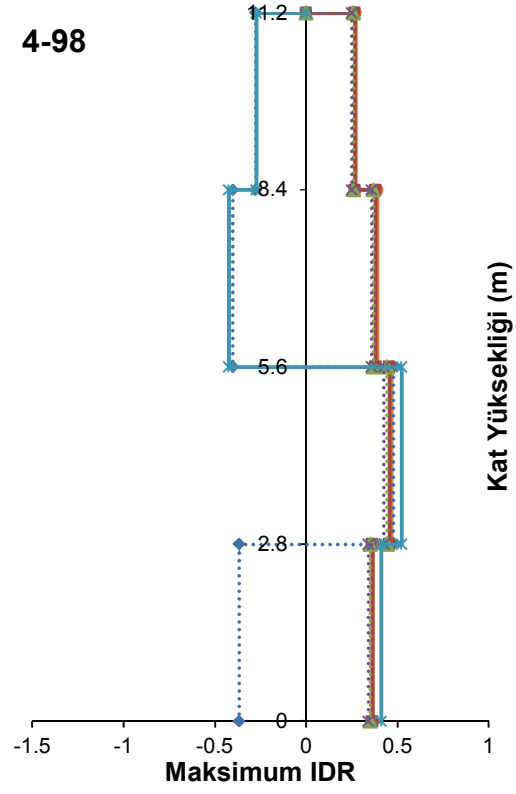
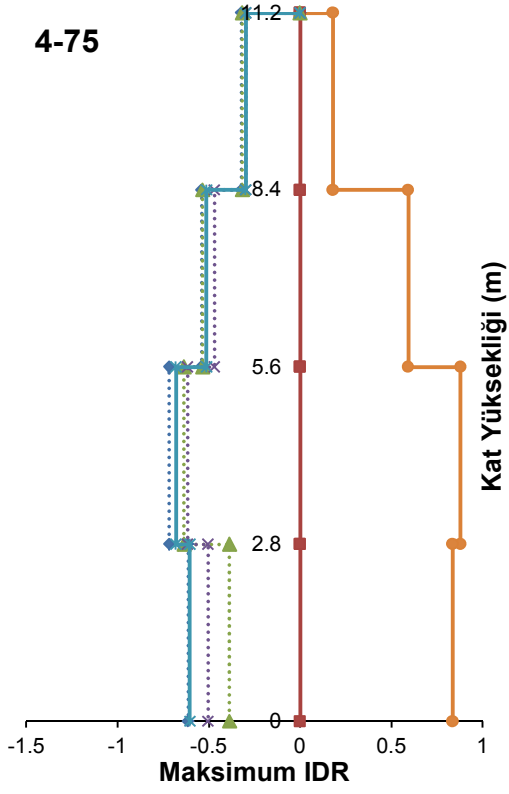
Şekil C.38: Gazlı-Gaz000 deprem kaydı için katlara ait IDR profilleri



Şekil C.39: Impvall-H-E05140 deprem kaydı için katlara ait IDR profilleri

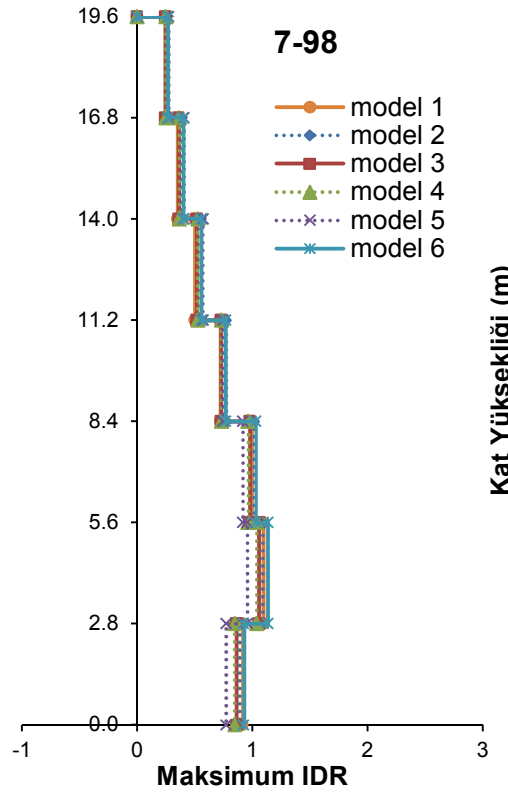
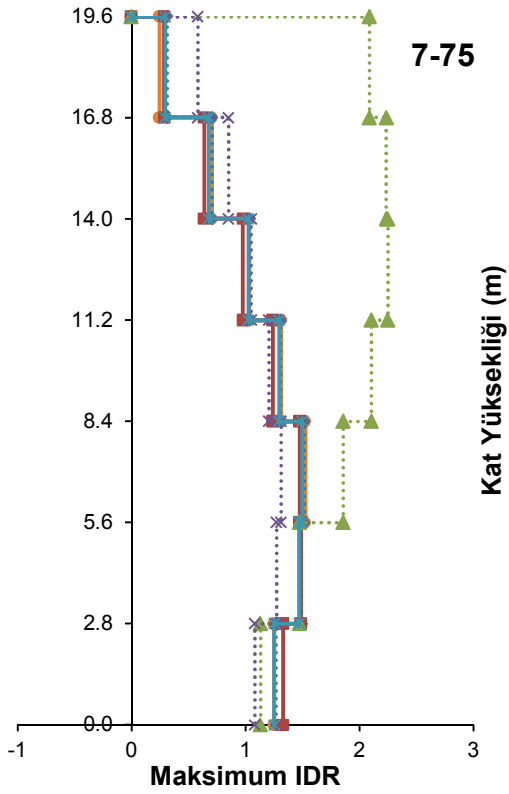
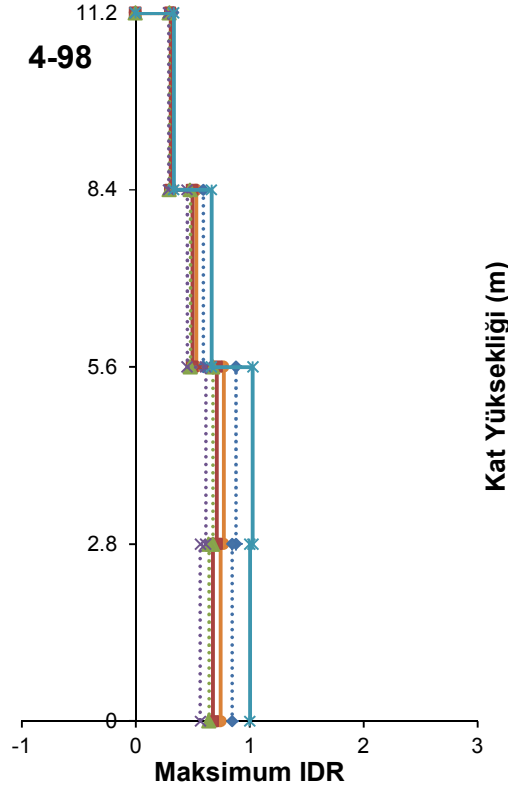
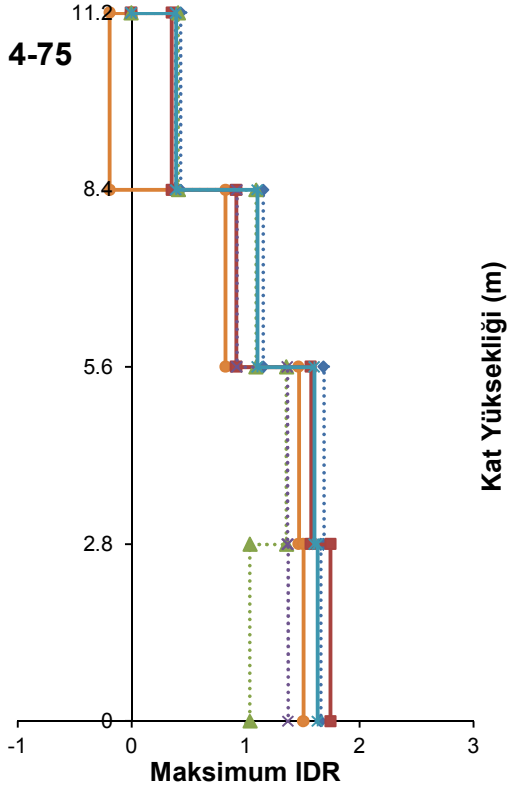


Şekil C.40: Koc-Dzc180 deprem kaydı için katlara ait IDR profilleri

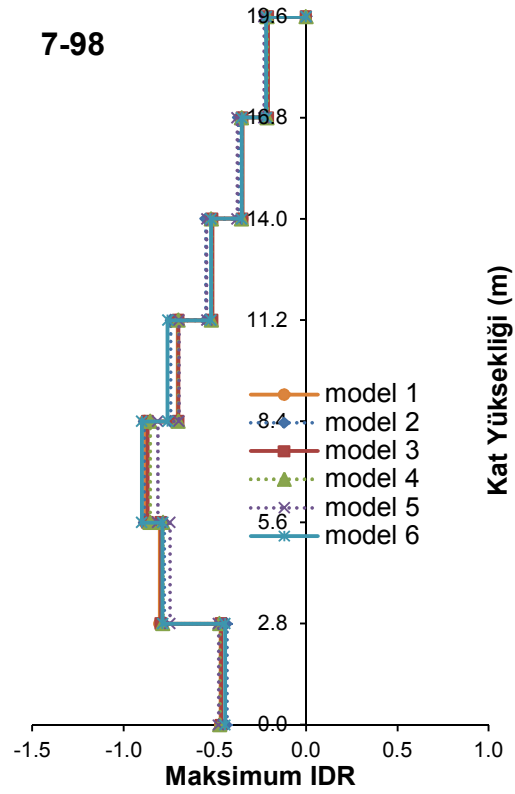
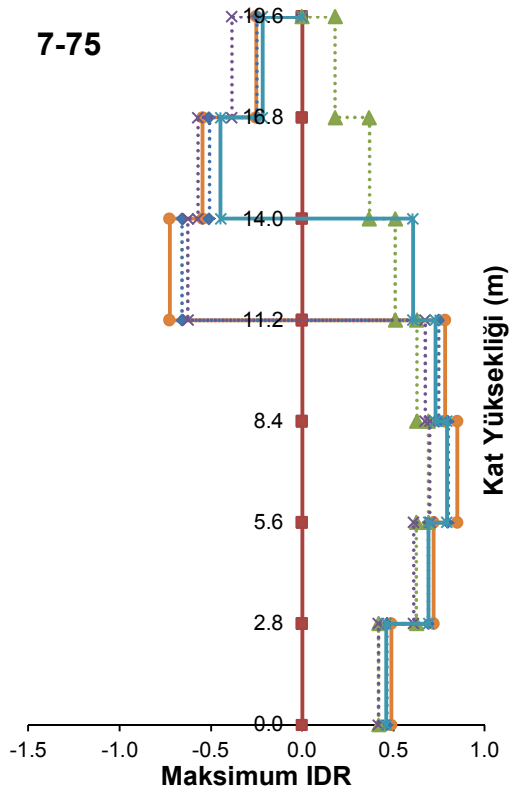
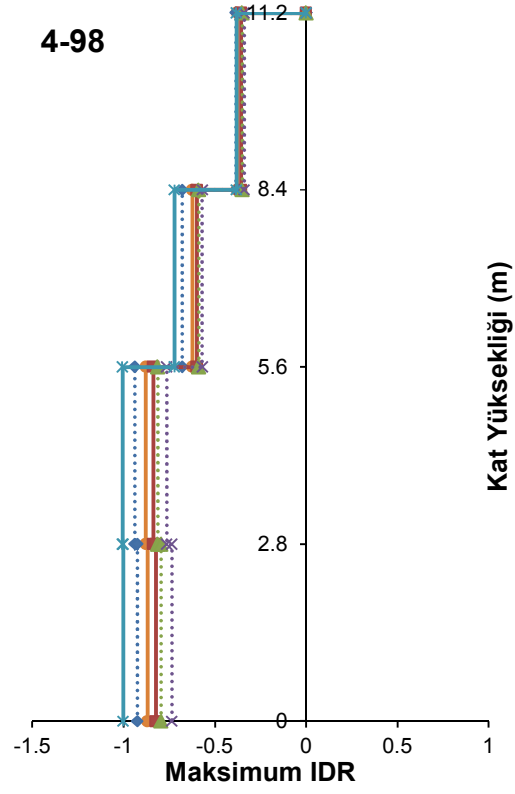
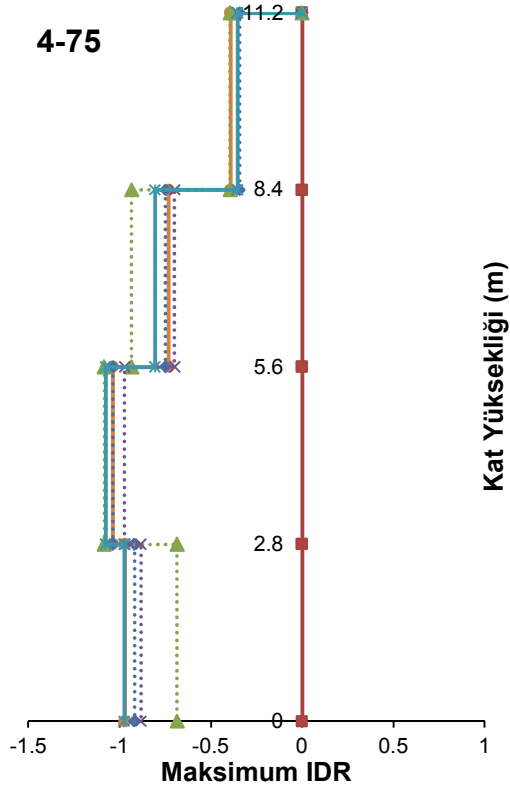


Şekil C.41: Koc-Dzc270 deprem kaydı için katlara ait IDR profilleri

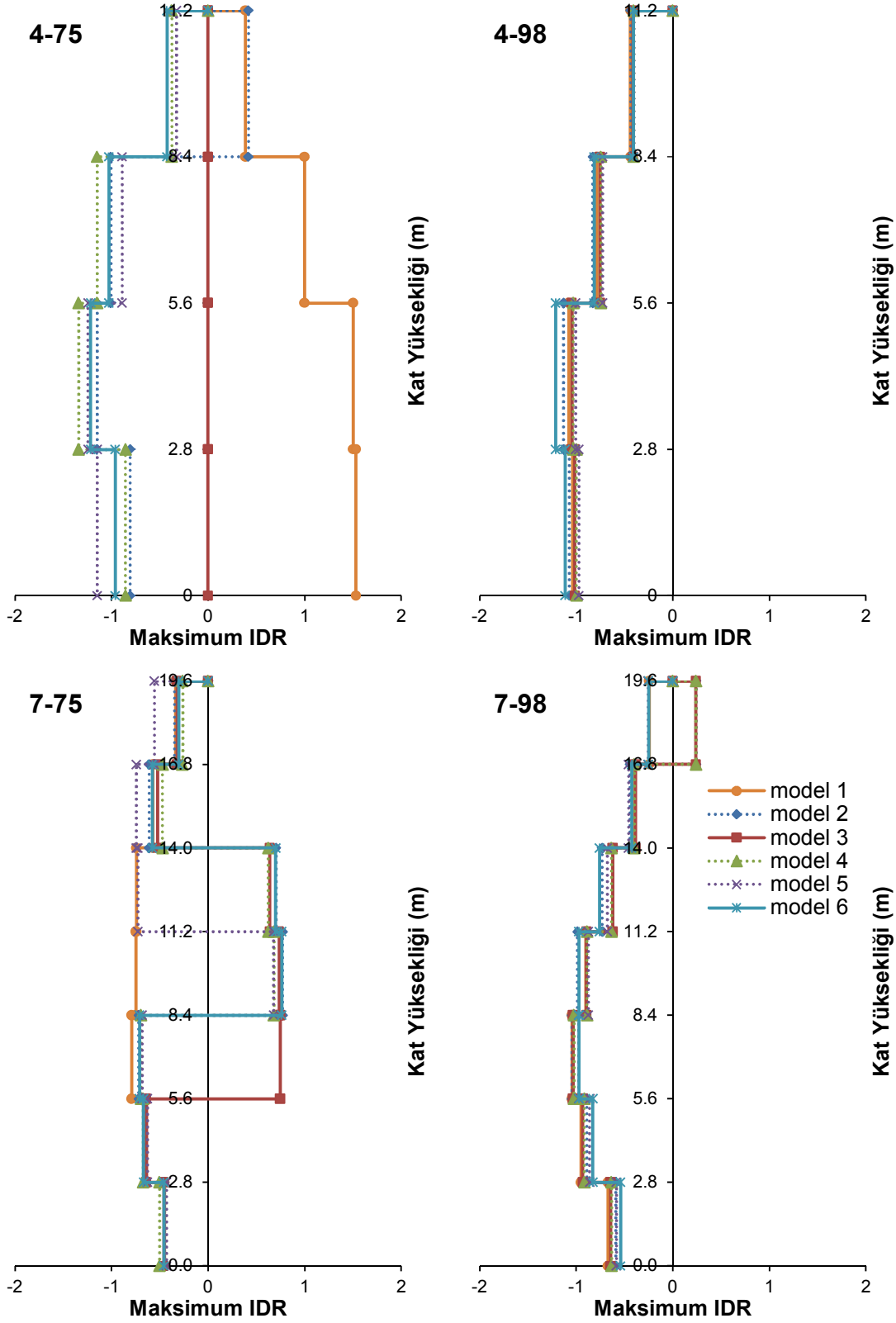




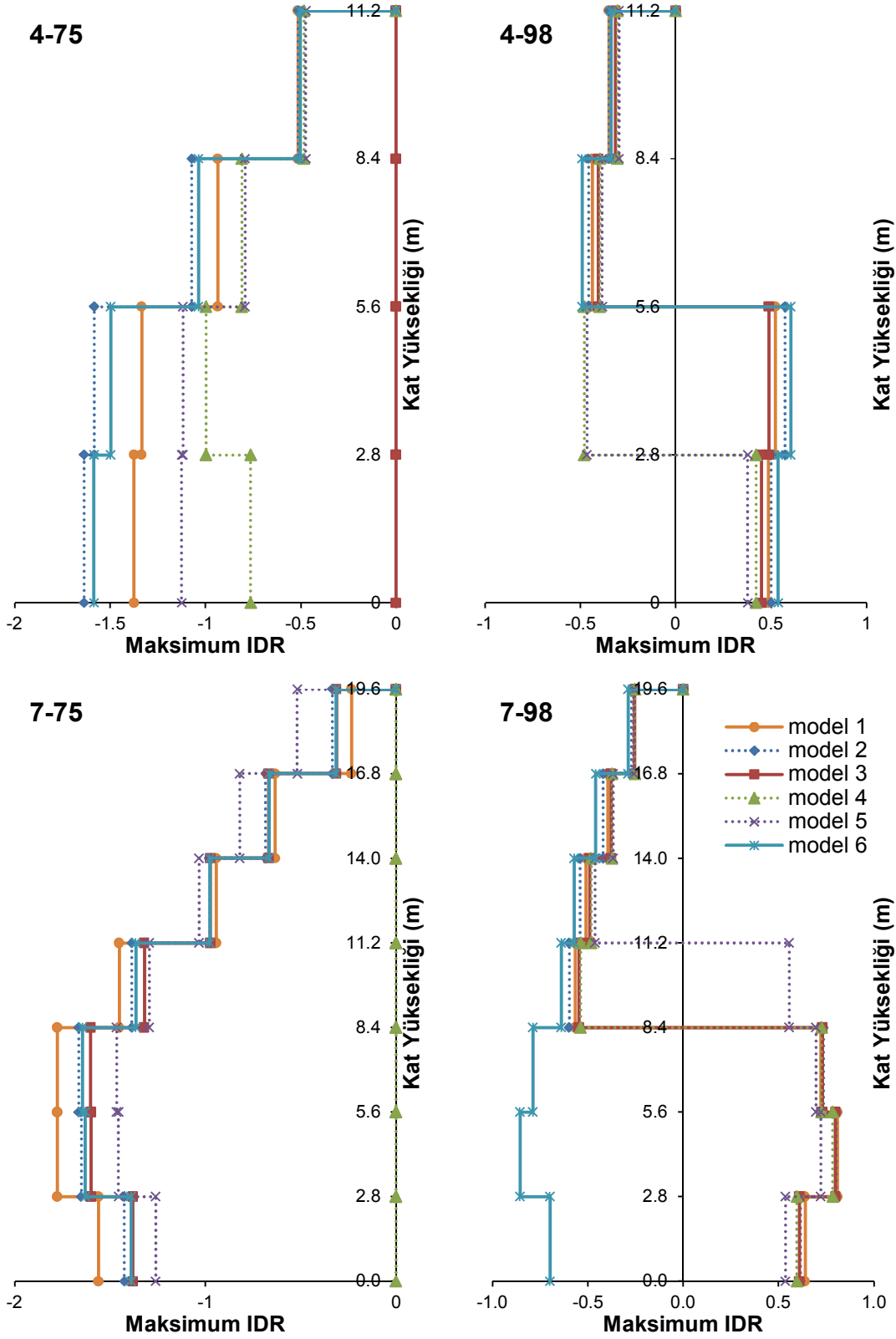
Şekil C.42: Lomap-Hsp000 deprem kaydı için katlara ait IDR profilleri



Şekil C.43: Northr-Pkc360 deprem kaydı için katlara ait IDR profilleri

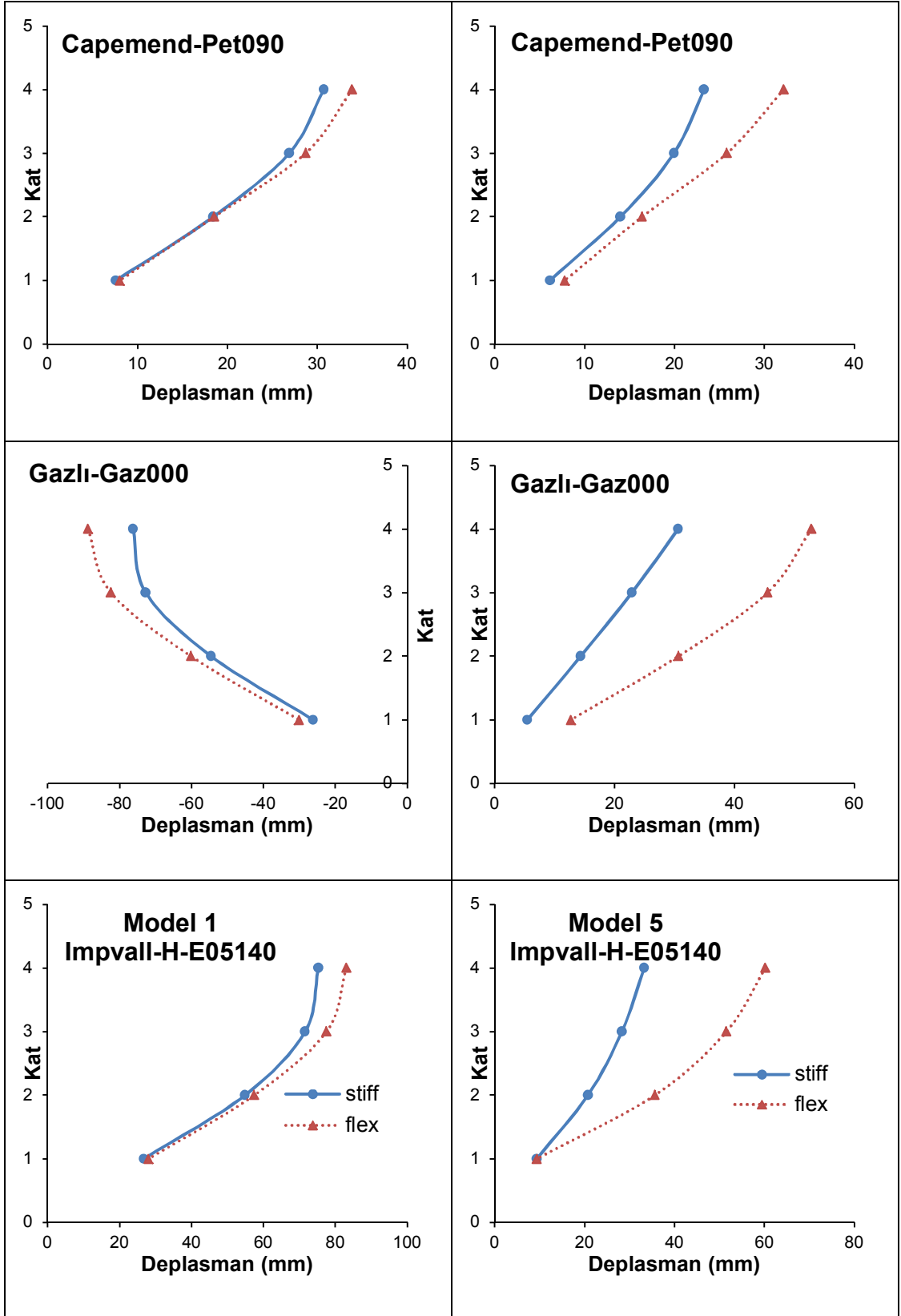


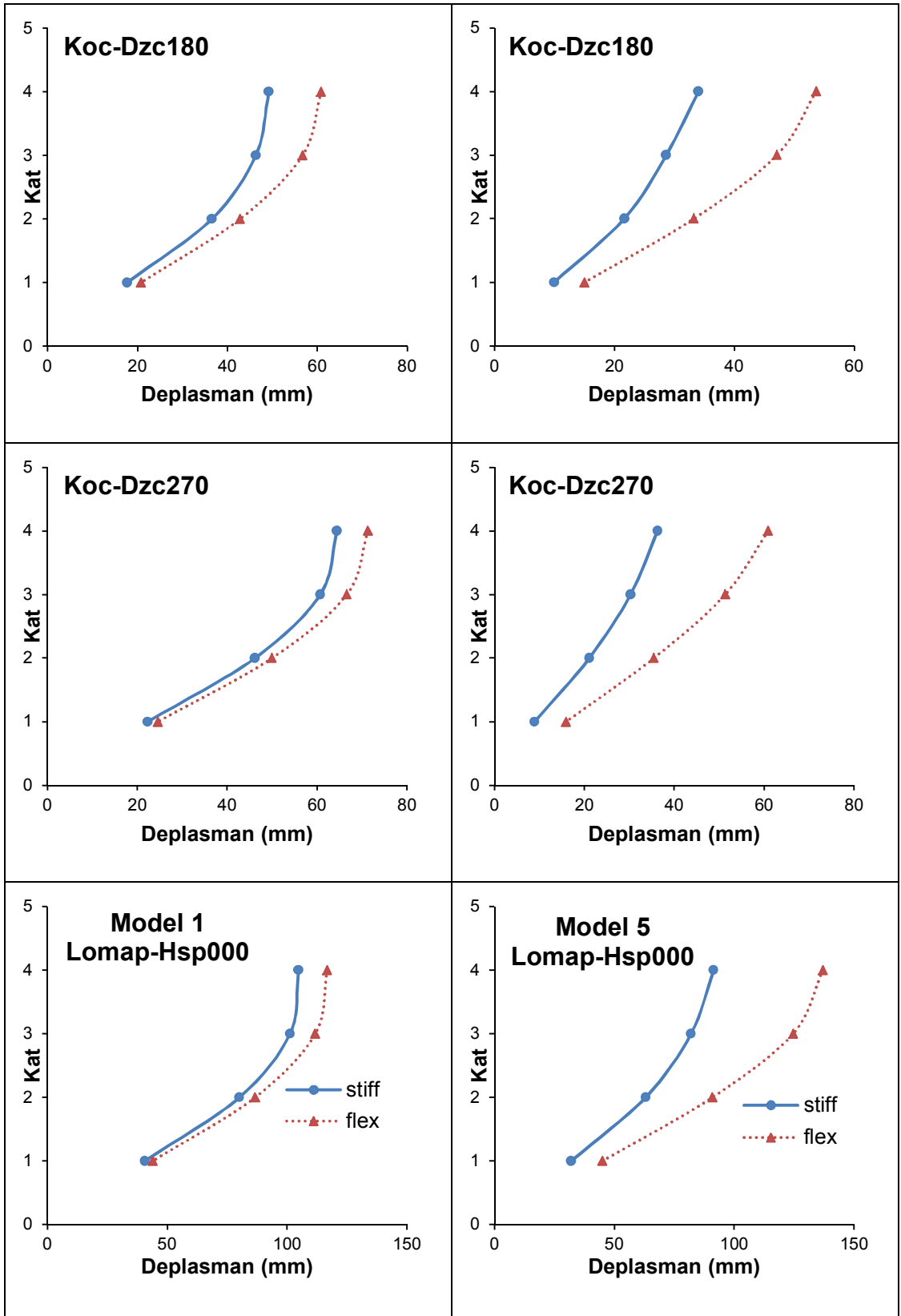
Şekil C.44: Northr-Spv360 deprem kaydı için katlara ait IDR profilleri

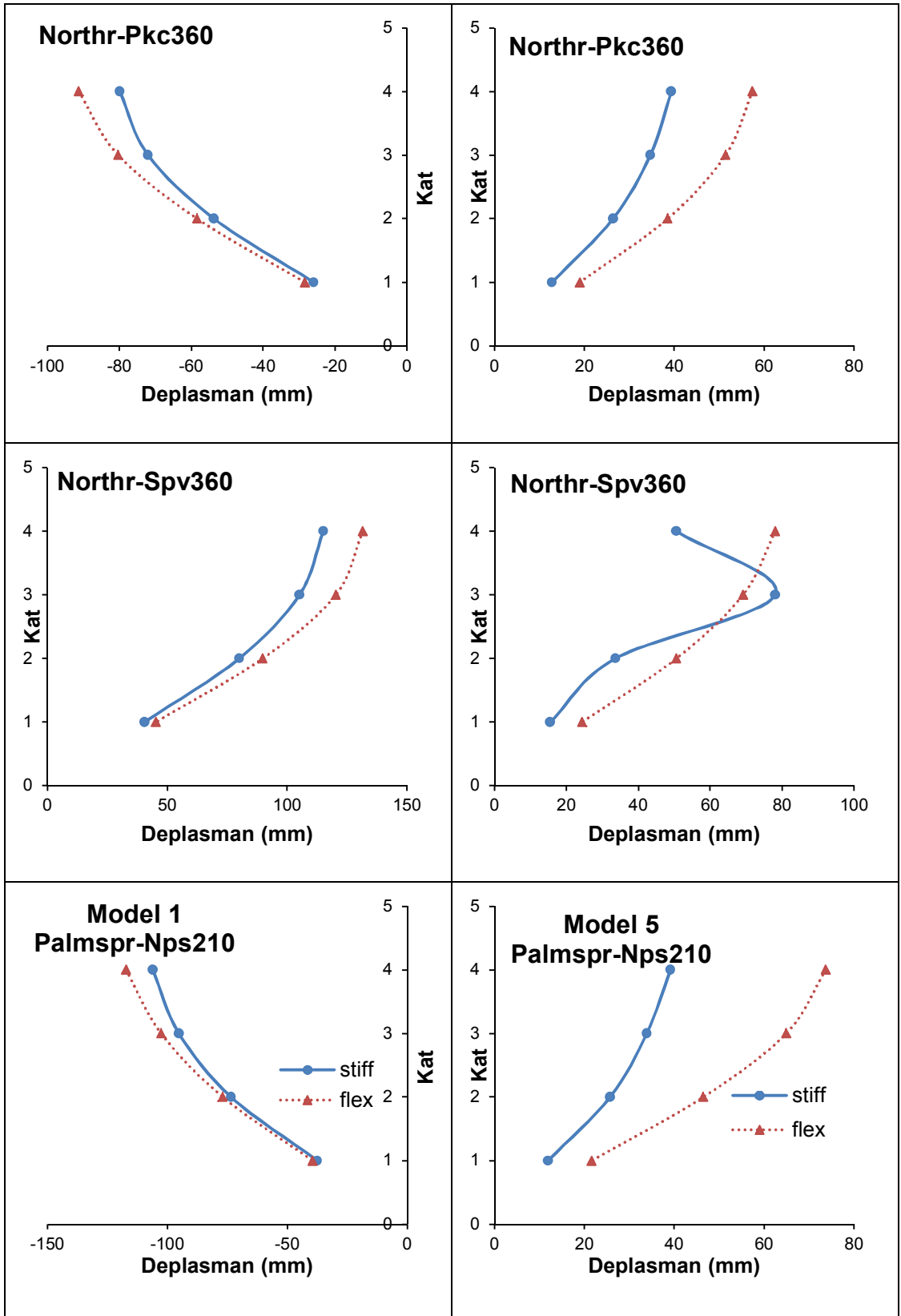


Şekil C.45: Palmspr-Nps210 deprem kaydı için katlara ait IDR profilleri

**EK D 1975 Yönetmeliği 4 Katlı Model 1 ve Model 5 İçin Her Katta Rijit ve Sünek Kenarlara Ait Maksimum Deplasman Telepleri**







## EK E Yapılan Deplasmana Göre Kritik Modeller

**Tablo E.1:** Çatı katının yaptığı deplasmana göre belirlenen kritik modeller

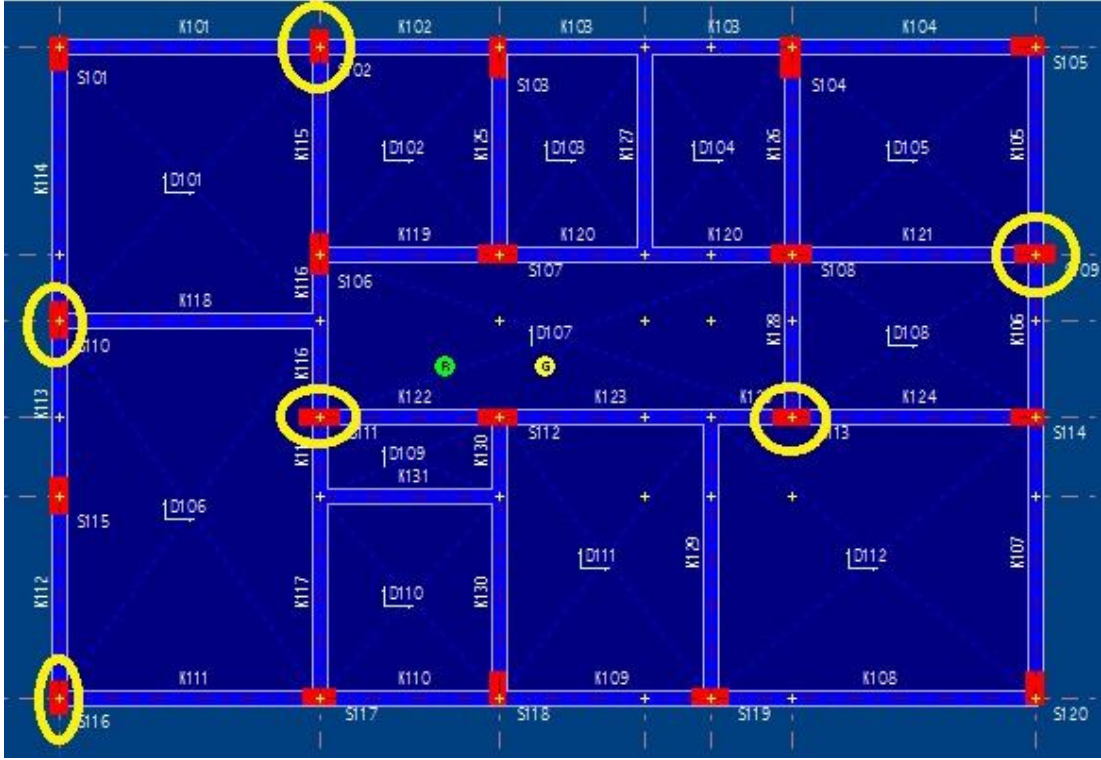
Çatı Katı Deplasmanlarına Göre				
Depremler	4 Katlı		7 Katlı	
	1975	1998	1975	1998
Capemend-Pet090	Model 2	Model 6	Model 1	Model 1
Erz-Ew	Model 2	Model 6	Model 1	Model 6
Gazli-Gaz000	Model 2	Model 6	Model 2	Model 6
Impvall-H-E05140	Model 1	Model 6	Model 1	Model 6
Koc-Dzc180	Model 2	Model 6	Model 3	Model 6
Koc-Dzc270	Model 1	Model 6	Model 1	Model 6
Lomap-Hsp000	Model 2	Model 6	Model 4	Model 6
Northr-Pkc360	Model 4	Model 6	Model 5	Model 6
Northr-Spv360	Model 1	Model 6	Model 2	Model 2
Northr-Syl090	Model 2	Model 6	Model 5	Model 6
Northr-Tar360	Model 2	Model 6	Model 1	Model 6
Palmspr-Nps210	Model 2	Model 6	Model 1	Model 6

**Tablo E.2:** IDR katının yaptığı deplasmana göre belirlenen kritik modeller

Çatı Katı Deplasmanlarına Göre				
Depremler	4 Katlı		7 Katlı	
	1975	1998	1975	1998
Capemend-Pet090	Model 1	Model 6	Model 1	Model 1
Erz-Ew	Model 4	Model 6	Model 1	Model 6
Gazli-Gaz000	Model 2	Model 6	Model 1	Model 2
Impvall-H-E05140	Model 1	Model 6	Model 5	Model 2
Koc-Dzc180	Model 2	Model 6	Model 3	Model 6
Koc-Dzc270	Model 1	Model 6	Model 1	Model 2
Lomap-Hsp000	Model 2	Model 6	Model 4	Model 6
Northr-Pkc360	Model 2	Model 6	Model 1	Model 6
Northr-Spv360	Model 1	Model 6	Model 1	Model 6
Northr-Syl090	Model 4	Model 2	Model 5	Model 6
Northr-Tar360	Model 2	Model 2	Model 5	Model 6
Palmspr-Nps210	Model 4	Model 6	Model 1	Model 6



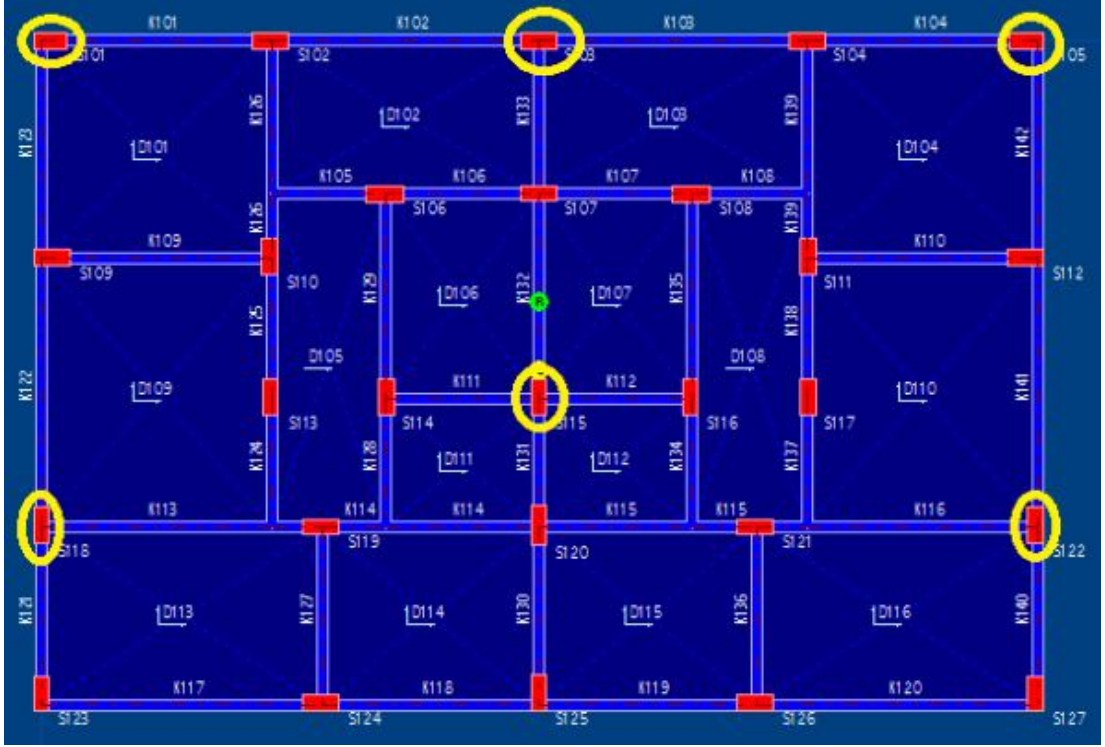
**EK F Ek Dış Merkezlik Verilen Binalarda Kolon Yön veya Boyutlarında Yapılan Değişiklikler**



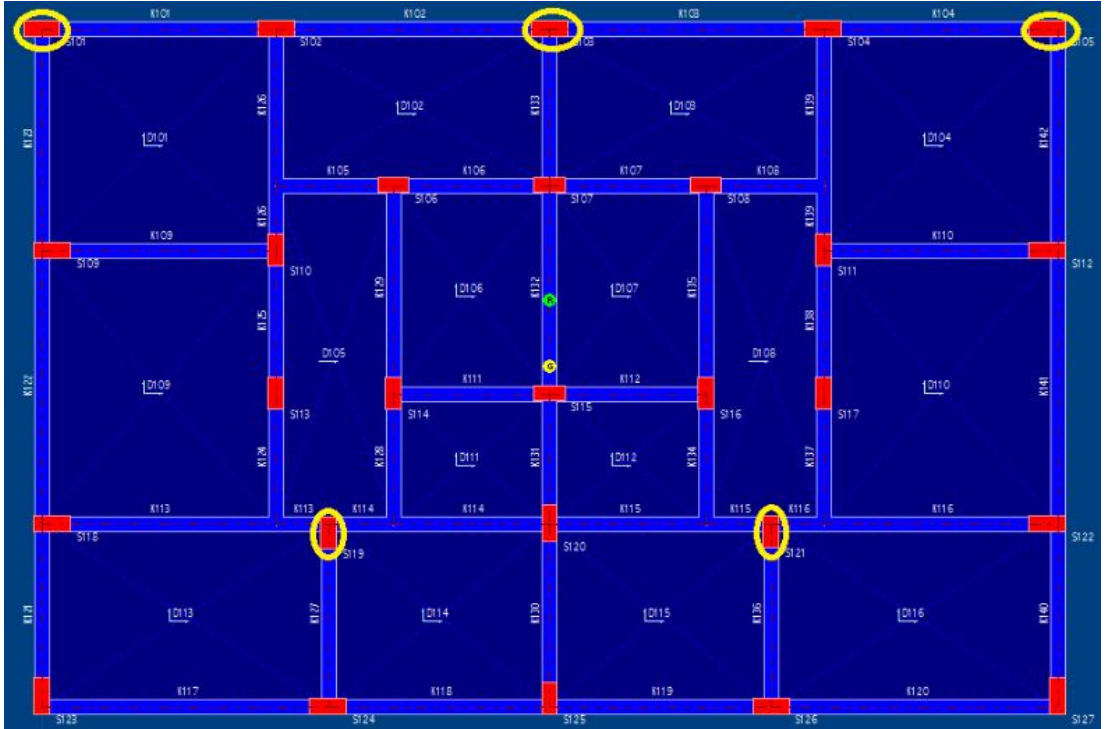
**Şekil F.46:** 1975 4 katlı model 2 için yönü değişen kolonlar



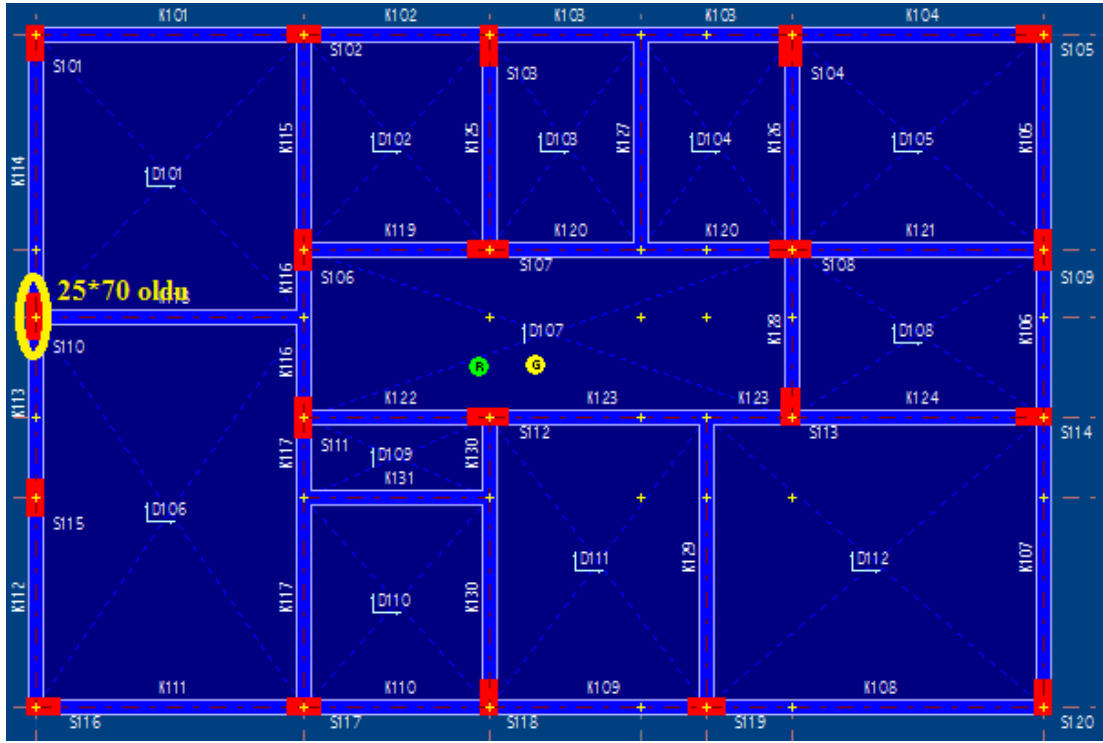
**Şekil F.47:** 1998 4 katlı model 2 için yönü değişen kolonlar



Şekil F.48: 1975 7 katlı model 2 için yönü değişen kolonlar



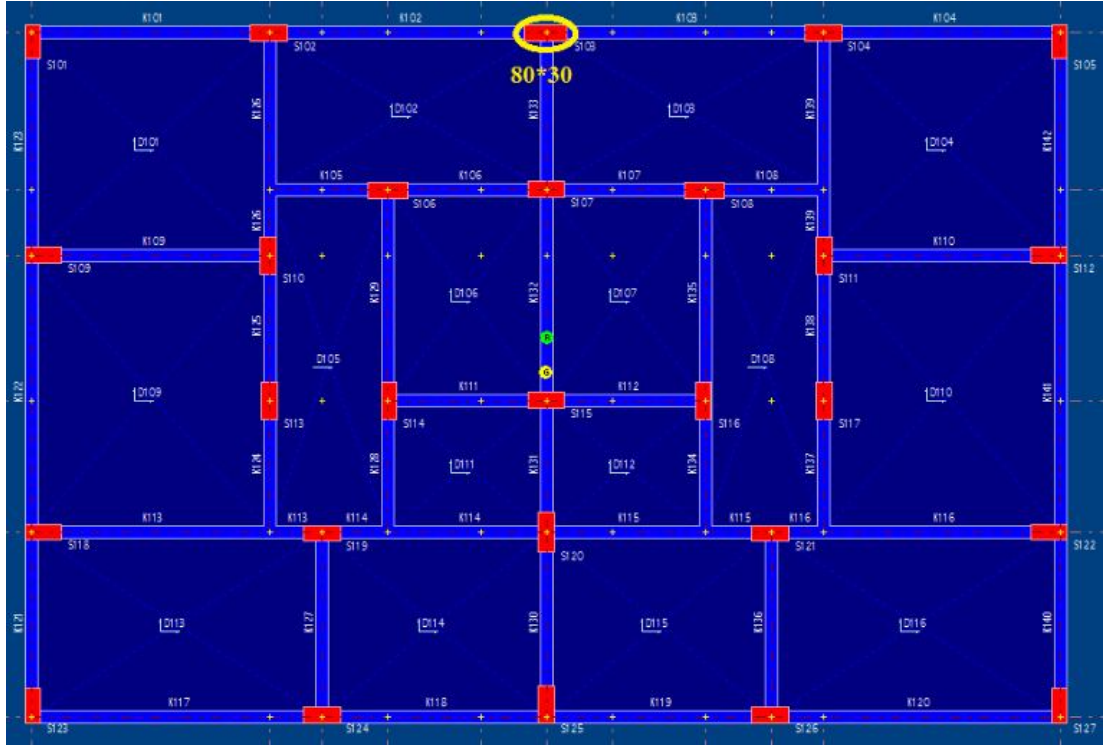
Şekil F.49: 1998 7 katlı model 2 için yönü değişen kolonlar



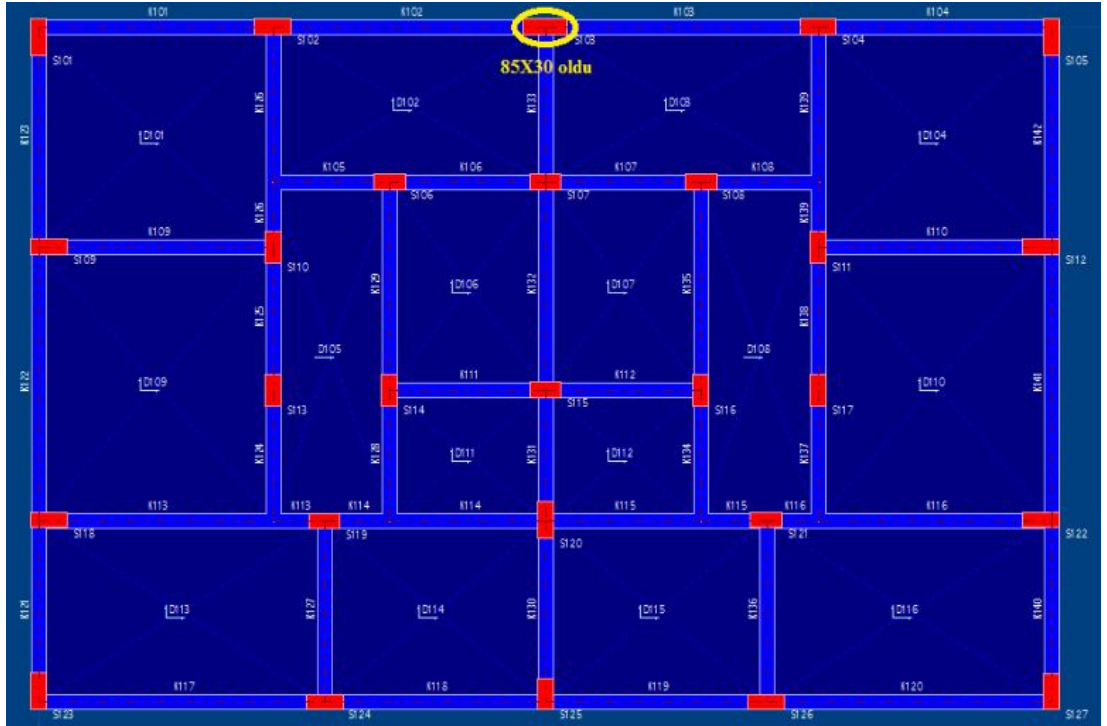
Şekil F.50: 1975 4 katlı model 3 için boyutu değişen kolonlar



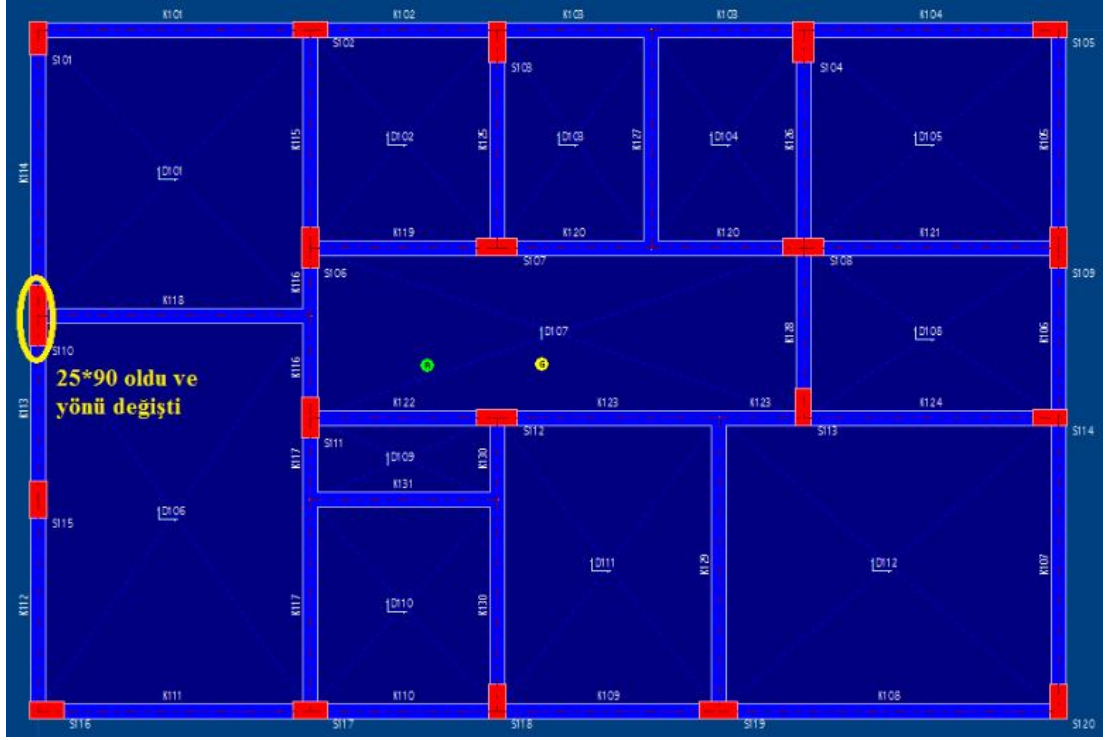
Şekil F.51: 1998 4 katlı model 3 için boyutu değişen kolonlar



Şekil F.52: 1975 7 katlı model 3 için boyutu değişen kolon



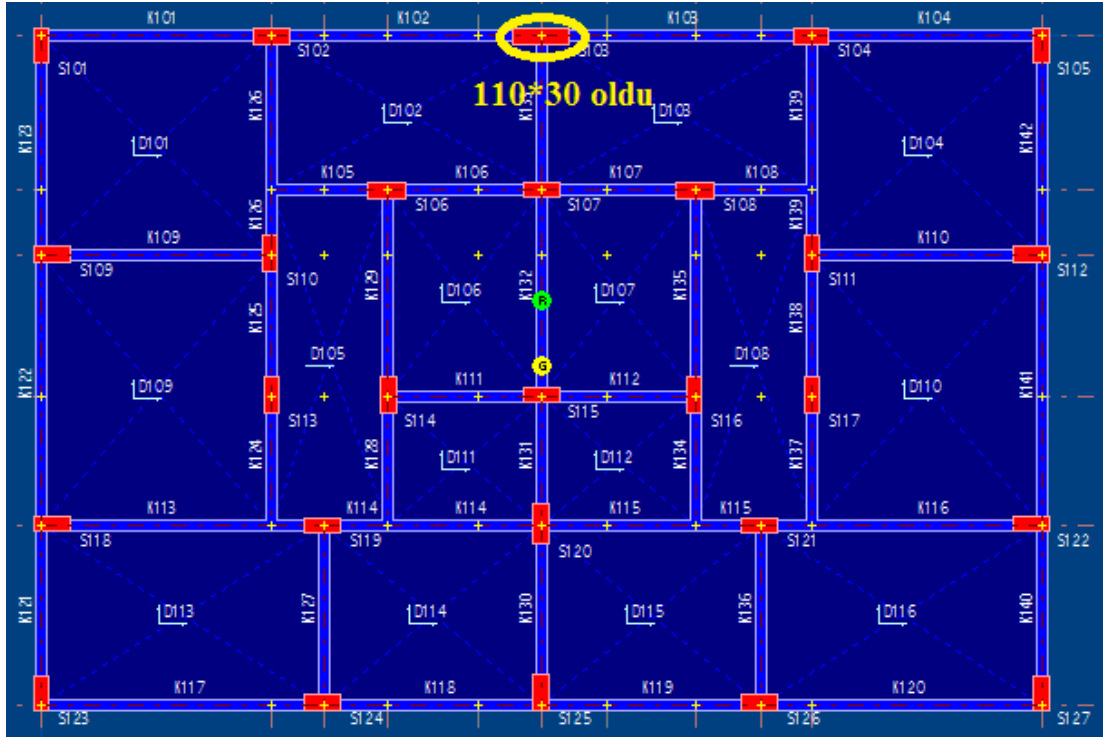
Şekil F.53: 1998 7 katlı model 3 için boyutu değişen kolon



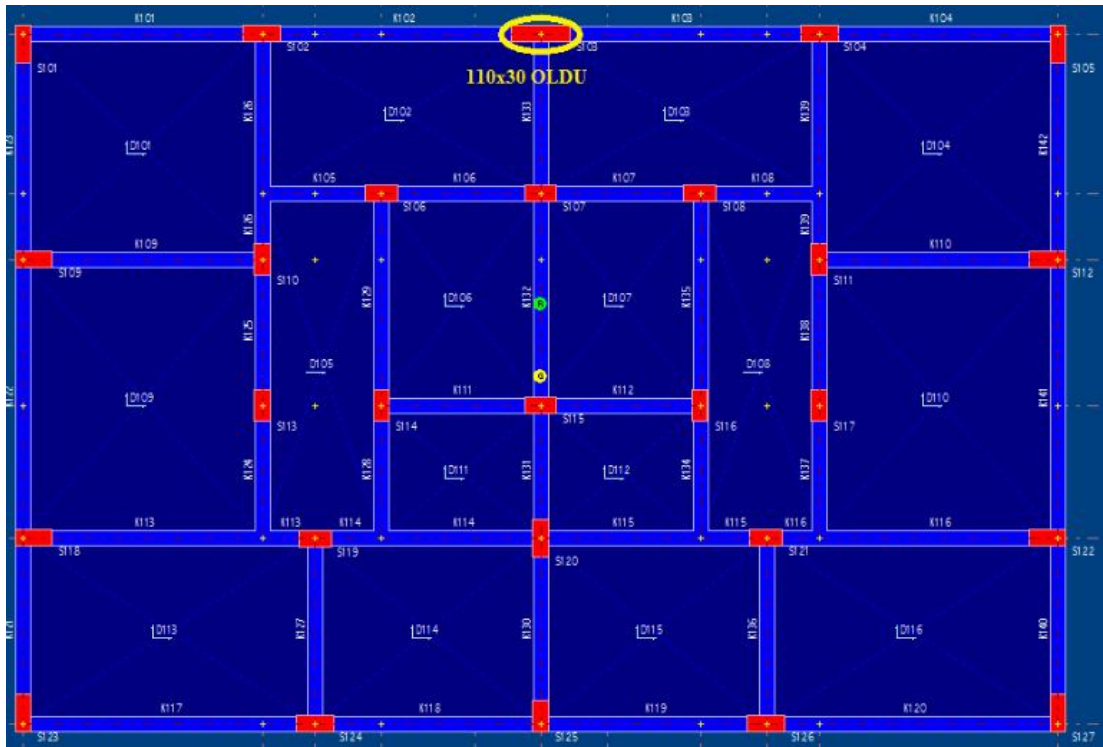
Şekil F.54: 1975 4 katlı model 4 için boyutu değişen kolon



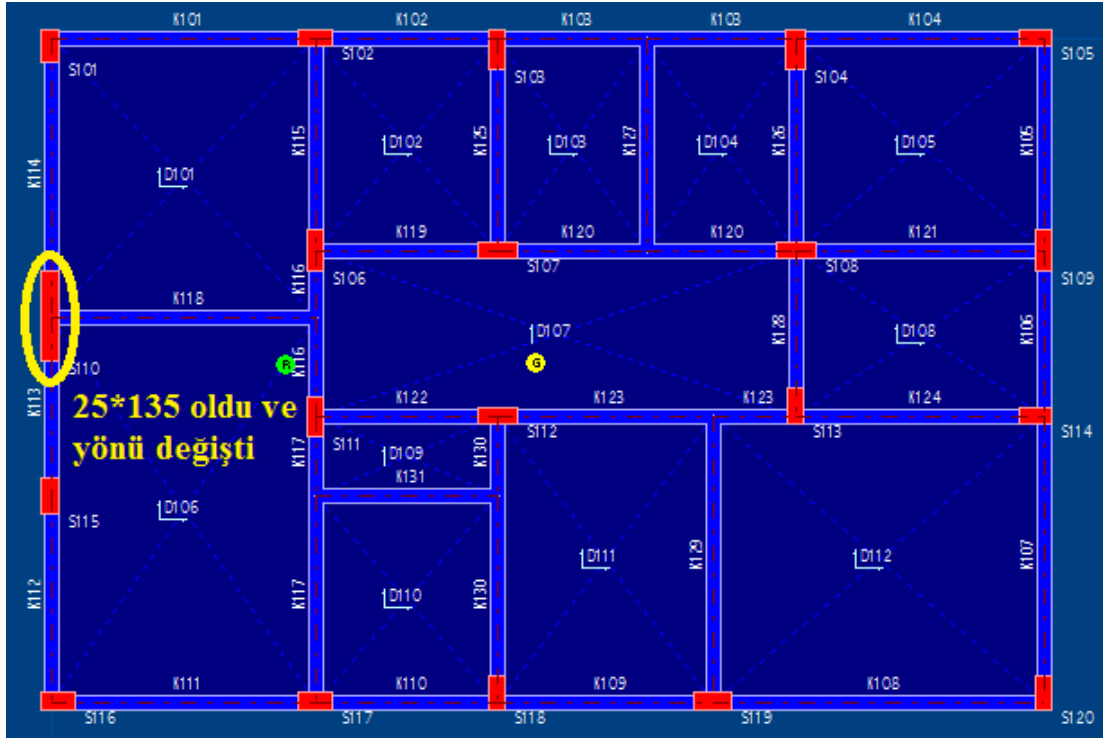
Şekil F.37: 1998 4 katlı model 4 için boyutu değişen kolon



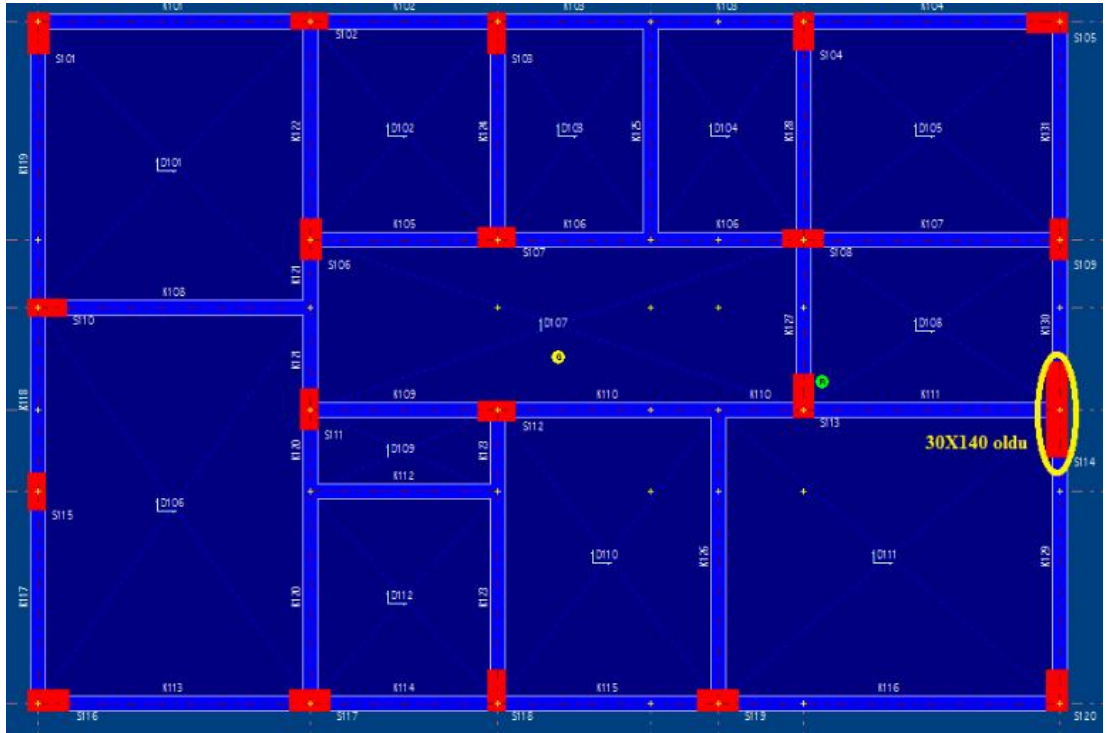
Şekil F.38: 1975 7 katlı model 4 için boyutu değişen kolon



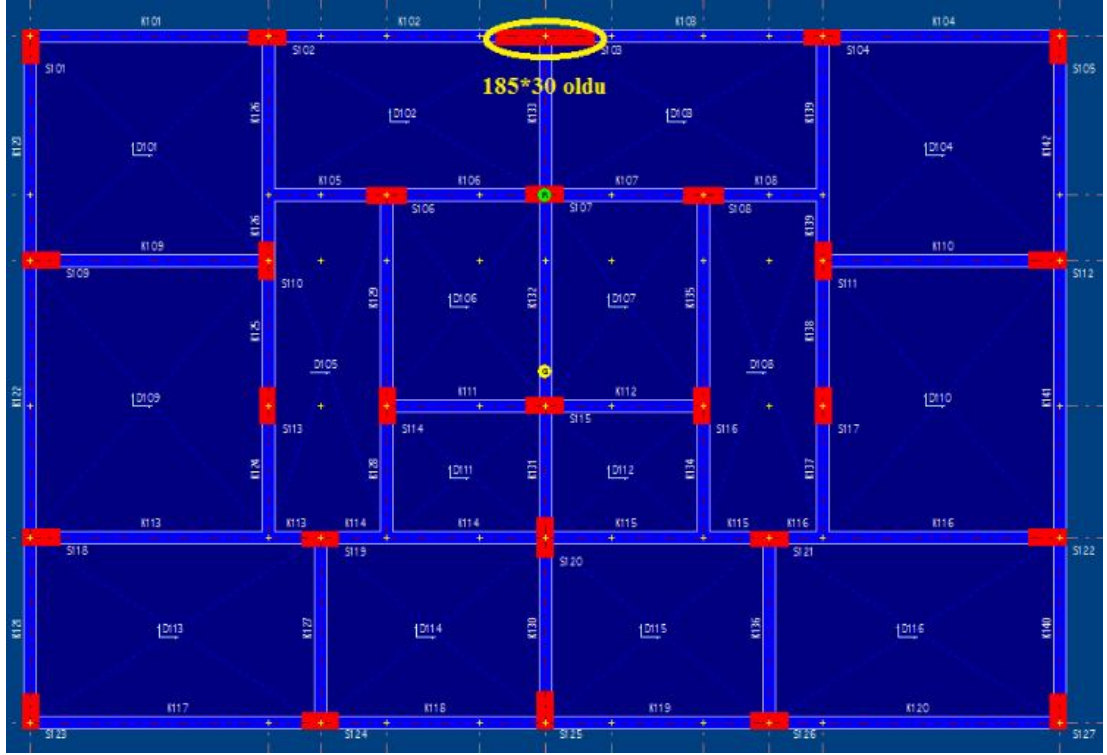
Şekil F.39: 1998 7 katlı model 4 için boyutu değişen kolon



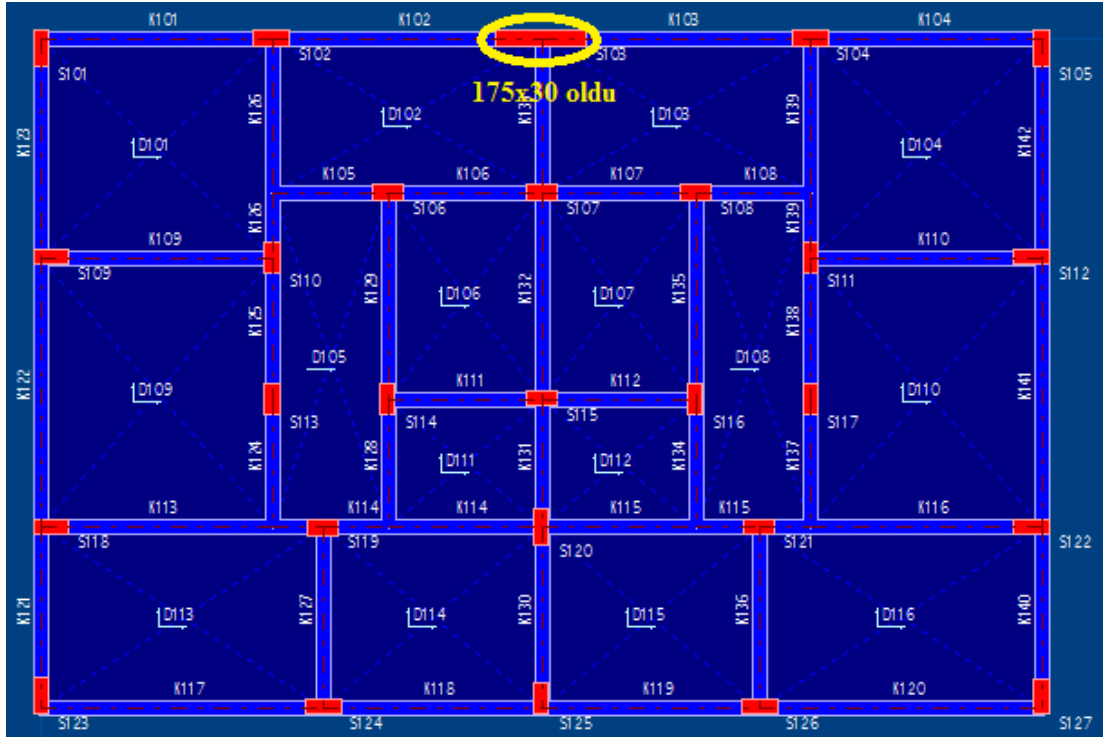
Şekil F.40: 1975 4 katlı model 5 için boyutu değişen kolon



Şekil F.41: 1998 4 katlı model 5 için boyutu değişen kolon

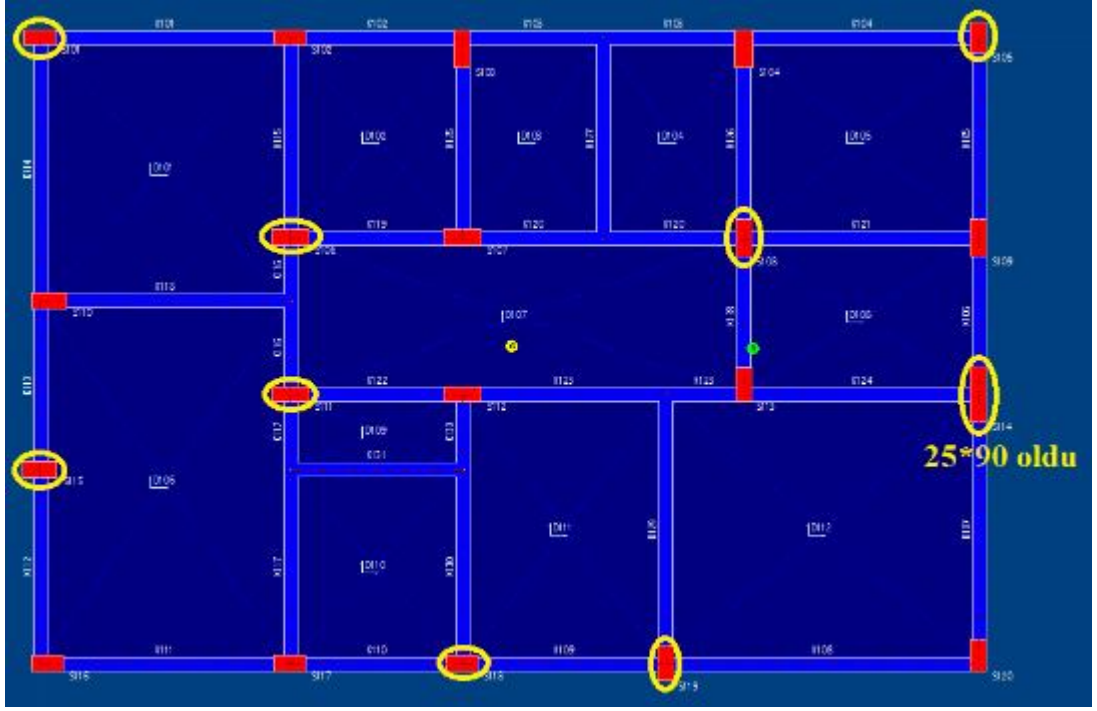


Şekil F.42: 1975 7 katlı model 5 için boyutu değişen kolon



Şekil F.43: 1998 7 katlı model 5 için boyutu değişen kolon

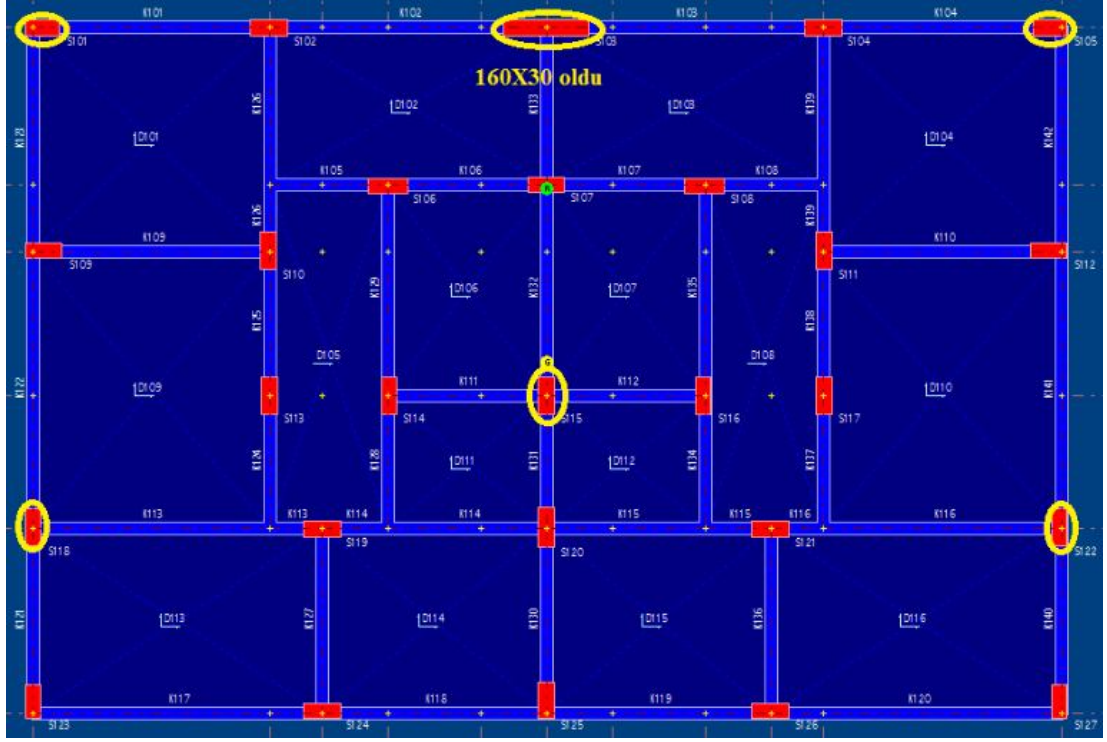




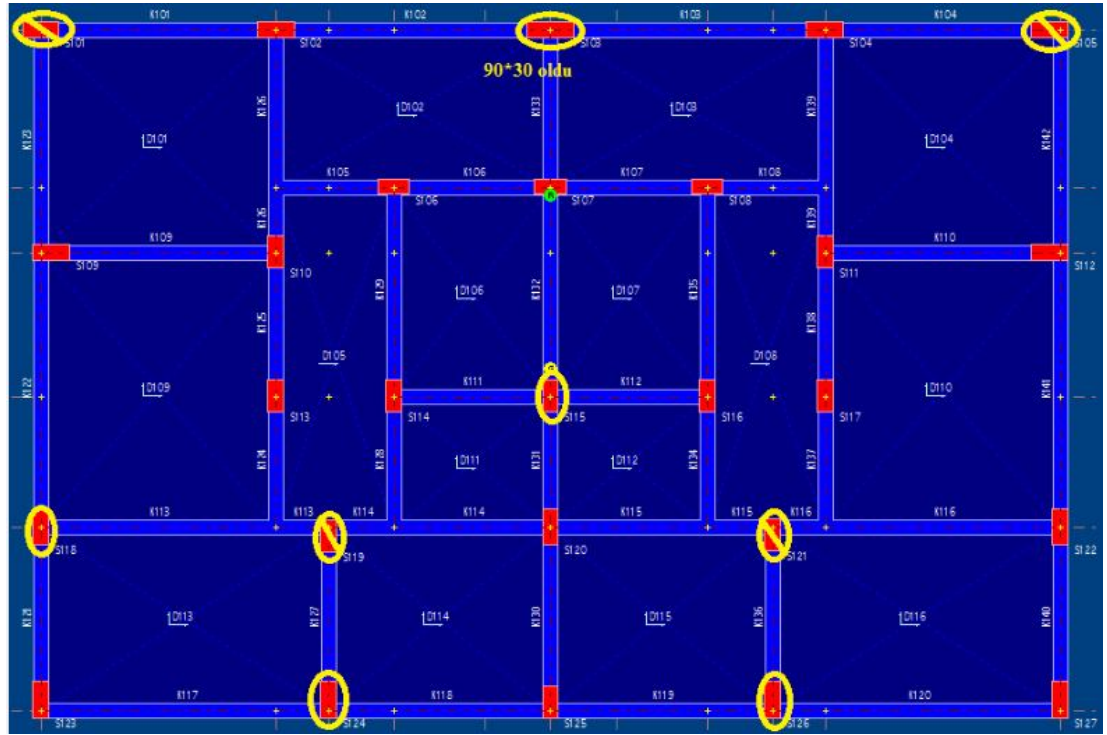
Şekil F.44: 1975 4 katlı model 6 için yönü veya boyutu değişen kolonlar



Şekil F.45: 1998 4 katlı model 6 için yönü veya boyutu değişen kolonlar



Şekil F.46: 1975 7 katlı model 6 için yönü veya boyutu değişen kolonlar



Şekil F.47: 1998 7 katlı model 6 için yönü veya boyutu değişen kolonlar

## 9. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Esra ÖZER

Doğum Yeri ve Tarihi : Akşehir 10/06/1991

Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi

Elektronik posta : esraozer91@hotmail.com

İletişim Adresi : Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi  
B Blok İnşaat Mühendisliği Bölümü

### Konferans Listesi :

- **Inel, M., Cayci, B.T., Ozer, E.**, “The Effect of Potential Torsion on Seismic Response of Regular Mid Rise RC Buildings”, *Second European Conference on Earthquake Engineering and Seismology*, 24-29 Ağustos 2014, İstanbul, (2014).
- **Inel, M., Cayci, B.T., Ozer, E.**, Mevcut Betonarme Binalarda Dinamik Bütmenin Sismik Davranış Üzerindeki Etkileri