

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

**MEVCUT BİR BETONARME BİNANIN SİSMİK  
PERFORMANSININ ÇEKİÇLEME ETKİLERİ DİKKATE  
ALINARAK İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**GİZEM İŞİKHAN**

**DENİZLİ, TEMMUZ - 2019**

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



**MEVCUT BİR BETONARME BİNANIN SİSMİK  
PERFORMANSININ ÇEKİÇLEME ETKİLERİ DİKKATE  
ALINARAK İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**GİZEM İŞİKHAN**

**DENİZLİ, TEMMUZ - 2019**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

Gizem IŞIKHAN tarafından hazırlanan “MEVCUT BİR BETONARME BİNANIN SİSMİK PERFORMANSININ ÇEKİÇLEME ETKİLERİ DİKKATE ALINARAK İNCELENMESİ” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 11.07.2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman

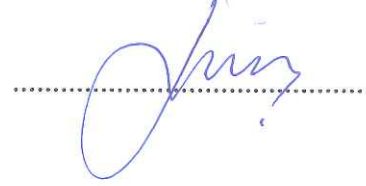
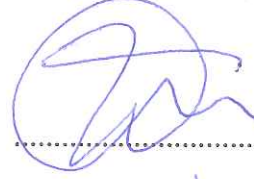
Dr. Öğr. Üyesi Bayram Tanık ÇAYCI

Üye

Doç. Dr. Fatih ÇETİŞLİ

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet PALANCI



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun **17/07/2019** tarih ve **29/09** sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Uğur YÜCEL ✓

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

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

**GİZEM İŞİKHAN**



## ÖZET

### MEVCUT BİR BETONARME BİNANIN SİSMİK PERFORMANSININ ÇEKİCİ ETKİLERİ DİKKATE ALINARAK İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GİZEM İŞIKHAN

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

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

DENİZLİ, TEMMUZ - 2019

Farklı zemin oturmaları, sıcaklık değişimleri ve deprem etkileri nedeniyle bina blokları veya binalar arasında derz boşlukları bırakılmaktadır. Deprem etkileri nedeniyle gerekli olan minimum derz boşluğu mesafeleri Türk Deprem Yönetmeliğinde tanımlanmaktadır. Ancak özellikle bina blokları arasında yönetmelikçe tanımlı minimum deprem derzi mesafeleri çoğunlukla dikkate alınmamaktadır. Yetersiz boşluk oranı nedeniyle deprem etkileri altında binaların çarpışabileceği, bu nedenle hasar oranlarında ciddi artışların meydana gelebileceği bilinmektedir. Gerçekleştirilen tezin amacı, çekiçleme davranışı olarak da adlandırılan bu olgunun, çok bloklu mevcut bir yapıda etkilerinin incelenmesidir. Bu kapsamda 3 bloktan oluşan betonarme bir yapı projesinde öngörüldüğü derz mesafesi ile üç boyutlu olarak modellenerek, geçmişte gerçekleşen şiddetli depremlere ait 11 farklı ivme kaydı kullanılarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bloklar arasında 50 cm boşluk bırakılarak yeni bir model daha oluşturulmuş, çarpışmanın gerçekleşmemesi için bırakılması gereken güvenli boşluk mesafesi değerleri araştırılmıştır. Elde edilen veriler incelendiğinde çekiçleme etkileri nedeniyle yapıda gelen sismik taleplerin ve katlara dağılımının büyük oranda etkilendiği söylenebilir. Çatı deplasman taleplerinin komşu bloklar nedeniyle sınırlandığı durumlarda dahi katlar arası görelî ötelenme oranlarında ciddi artışlar gözlenebilmektedir. Yapı projesinde tanımlanan 5 cm derz boşluğu bırakılması durumunda 1 deprem kaydı dışındaki bütün analizlerde çarpışma gerçekleşmektedir. Çarpışmanın olmaması için gerekli boşluk mesafesi kullanılan ivme kayıtları için yaklaşık 21 cm olarak hesaplanmıştır.

ANAHTAR KELİMELELER: Çekiçleme etkisi, betonarme binalar, doğrusal olmayan davranış

## **ABSTRACT**

### **THE INVESTIGATION OF THE SEISMIC PERFORMANCE OF AN EXISTING RC BUILDING BY CONSIDERING POUNDING EFFECTS.**

**MSC THESIS**

**GİZEM İŞIKHAN**

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE**

**CİVİL ENGINEERING**

**(SUPERVISOR:DR. ASSISTANT PROFESSOR BAYRAM TANIK ÇAYCI)**

**DENİZLİ, JULY 2019**

Building blocks or buildings may be built with gaps due to different ground settlements, temperature changes and seismic effects. The minimum gap distances required due to earthquake effects are defined in the Turkish Earthquake Code. However, especially the building blocks are not designed according to the minimum joint gap defined by the seismic codes. It is known that adjacent buildings may collide under earthquake effects due to insufficient gap ratio, therefore serious increases in damage rates may occur. The aim of this thesis is to investigate the effects of this phenomenon, which is also called pounding effect, in an existing multi - block structure. For this purpose, three-dimensional 3-block reinforced concrete structure is modelled with predicted gap in project. The non-linear time history analyses are performed with using 11 different ground motion records taken from intensive earthquakes occurred in the past. In addition, a new model was created by leaving a gap of 50 cm between the blocks, and the safe gap distance values required to be left to avoid collision were investigated. When the obtained data is examined, it can be said that the seismic demands and distribution by floors are highly influenced by pounding effects. Even in cases where roof displacement demands are limited by existing of neighboring blocks, a significant increase in relative displacement rates can be observed. In the case of leaving 5 cm gap space defined in the project, collisions occur in all analyzes except 1 ground motion record. The safe gap distance required for to avoid of collision is calculated as approximately 20 cm for the ground motion records used.

**KEYWORDS:**Pounding effect, Rc Buildings, nonlinear behavior

# 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>iv</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>SEMBOL LİSTESİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>viii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. LİTERATÜR ÖZETİ</b> .....	<b>3</b>
<b>3. MODELLEME VE ANALİZ YÖNTEMİ</b> .....	<b>6</b>
3.1 Bina Bilgileri.....	6
3.2 Doğusal Olmayan Davranış.....	8
3.3 Doğusal Olmayan Modelleme.....	9
3.4 Modellerin Birleştirilmesi.....	9
3.5 Kullanılan İvme Kayıtları.....	11
<b>4. ANALİZ SONUÇLARI</b> .....	<b>12</b>
4.1 Güvenli Boşluk Mesafesinin Araştırılması.....	12
4.2 Çatı Kat Deplasmanlarının İrdelenmesi.....	22
4.3 Deplasman Profillerinin Karşılaştırılması.....	40
4.4 IDR Grafikleri.....	55
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER</b> .....	<b>72</b>
5.1 Sonuçlar.....	72
5.2 Öneriler.....	73
<b>6. KAYNAKLAR</b> .....	<b>74</b>
<b>7. ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>76</b>

# ŞEKİL LİSTESİ

## Sayfa

Şekil 1.1: Deprem Derz Mesafesi .....	1
Şekil 3.1: Yapının şematik en kesiti .....	6
Şekil 3.2: Yapının üç boyutlu görüntüsü .....	6
Şekil 3.3: İdealize plastik mafsal davranışı .....	9
Şekil 3.4: Doğrusal elastik yay modeli .....	10
Şekil 3.5: Kullanılan ivme kayıtlarına ait spektrum grafikleri .....	11
Şekil 4.1: DZC-BOL090 Depremi Link Deformasyon Grafiği.....	15
Şekil 4.2: ERZ-EW Depremi Link Deformasyon Grafiği.....	15
Şekil 4.3: GAZLI-GAZ Depremi Link Deformasyon Grafiği.....	16
Şekil 4.4: KOBE-NIS Depremi Link Deformasyon Grafiği .....	16
Şekil 4.5: KOBE-TAK Depremi Link Deformasyon Grafiği.....	17
Şekil 4.6: KOC DZC Depremi Link Deformasyon Grafiği.....	17
Şekil 4.7: LANDERS LCN Depremi Link Deformasyon Grafiği.....	19
Şekil 4.8: MORGAN CYC Depremi Link Deformasyon Grafiği.....	19
Şekil 4.9: NORTH SYL Depremi Link Deformasyon Grafiği.....	20
Şekil 4.10: NORTH TAR Depremi Link Deformasyon Grafiği .....	20
Şekil 4.11: PALM SPR Depremi Link Deformasyon Grafiği.....	21
Şekil 4.12: PALM SPR Depremi Link Deformasyon Grafiği.....	22
Şekil 4.13: DZC-BOL090 Blokların Deplasman Durumları.....	25
Şekil 4.14: ERZ-EW Blokların Deplasman Durumları .....	26
Şekil 4.15: GAZLI-GAZ000 Blokların Deplasman Durumları.....	27
Şekil 4.16: KOBE-NIS000 Blokların Deplasman Durumları .....	29
Şekil 4.17: KOBE-TAK090 Blokların Deplasman Durumları.....	30
Şekil 4.18: KOCAELİ-DZC180 Blokların Deplasman Durumları .....	31
Şekil 4.19: LANDERS-LCN275 Blokların Deplasman Durumları .....	33
Şekil 4.20: MORGAN-CYC275 Blokların Deplasman Durumları.....	34
Şekil 4.21: NORTH-SYL090 Blokların Deplasman Durumları.....	35
Şekil 4.22: NORTH-TAR360 Blokların Deplasman Durumları .....	37
Şekil 4.23: PALMSPR-NPS210 Blokların Deplasman Durumları .....	38
Şekil 4.24: DZC-BOL Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profili.....	42
Şekil 4.25: ERZ-EW Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profili .....	43
Şekil 4.26: GAZLI-GAZ Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profili.....	44
Şekil 4.27: KOBE-NIS Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profili .....	45
Şekil 4.28: KOBE-TAK Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profili.....	47
Şekil 4.29: KOC-DZC Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profili .....	48
Şekil 4.30: LANDERS-LCN Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profili ...	49
Şekil 4.31: MORGAN-CYC Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profili....	50
Şekil 4.32: NORTH-SYL Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profili .....	52
Şekil 4.33: NORTH-TAR Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profili .....	53
Şekil 4.34: PALMSPR-NPS Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profili ....	54
Şekil 4.35: DZC-BOL Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Max. GKÖ Dağılımı.....	57
Şekil 4.36: ERZ-EW Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Max. GKÖ Dağılımı .....	58
Şekil 4.37: GAZLI-GAZ Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profili.....	59
Şekil 4.38: KOBE-NIS Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Max. GKÖ Dağılımı .....	60
Şekil 4.39: KOBE-TAK Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Max. GKÖ Dağılımı.....	62



<b>Şekil 4.40:</b> KOCAELİ-DCZ Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Max. GKÖ Dağılımı	63
<b>Şekil 4.41:</b> LANDERS-LCN Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Max. GKÖ Dağılımı	64
<b>Şekil 4.42:</b> MORGAN-CYC Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Max. GKÖ Dağılımı	65
<b>Şekil 4.43:</b> NORTH-SYL Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Max. GKÖ Dağılımı ....	67
<b>Şekil 4.44:</b> NORTH-TAR Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Max. GKÖ Dağılımı....	68
<b>Şekil 4.45:</b> PALMSPR-NPS Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Max. GKÖ Dağılımı	69
<b>Şekil 4.46:</b> Max. çatı katı deplasman talebi ile Max. GKÖ karşılaştırılması .....	71

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 3.1:</b> Beton Sınıfı Özellikleri.....	7
<b>Tablo 3.2:</b> Yapıda Kullanılan Donatı Çeliği Özellikleri .....	7
<b>Tablo 3.3:</b> Kullanılan ivme kayıtları .....	11
<b>Tablo 4.1:</b> Link Deformasyon Tablosu .....	13
<b>Tablo 4.2:</b> Maksimum Çatı Katı Deplasman Tablosu.....	39
<b>Tablo 4.3:</b> Göreli Kat Ötelemeleri.....	55

## SEMBOL LİSTESİ

$\Delta$	: Yapının en üst katının yer değiştirme mesafesi
$\Delta_y$	: Elastik yer değiştirme sınırı
$\Delta_p$	: Toplam plastik yer değiştirme değeri
$M_u$	: Maksimum moment kapasitesi
$M_y$	: Akma moment kapasitesi
$\phi_u$	: Plastik eğrilik sınırı
$\phi_y$	: Elastik eğrilik sınırı
$d$	: Derz mesafesi
$f_{ck}$	: Beton karakteristik basınç dayanımı
$f_{ctk}$	: Beton karakteristik aksenal çekme dayanımı
$f_{cd}$	: Beton tasarım basınç dayanımı
$f_{ctd}$	: Beton tasarım aksenal çekme dayanımı
$\mu_c$	: Beton Poisson Oranı
$G$	: Kayma Modülü
$\alpha_t$	: Isıl Genleşme Katsayısı
$f_{yk}$	: Donatı karakteristik akma dayanımı
$f_{yd}$	: Donatı tasarım akma dayanımı
$F_{su}$	: Kopma Dayanımı
$\epsilon_{su}$	: Kopma Uzaması
$E_s$	: Çelik Elastisite Modülü
$EI$	: Eğilme rijitliği

## ÖNSÖZ

Büyük kat alanına sahip yapılarda farklı zemin oturmaları, deprem ve ısı genleşme gibi etkiler nedeniyle derz boşlukları bırakılmaktadır. Ancak derz boşluğu ile inşa edilen blokların statik hesaplarında olası çarpışma etkileri ihmal edilmekte, bloklar ayrı olarak projelendirilmektedir. Derz boşluğunun yetersiz olması durumunda ise, şiddetli sismik etkiler altında bloklarda ciddi çarpışma etkileri meydana gelmektedir. Çekiçleme düzensizliği olarak da adlandırılan bu durum blokların sismik davranışlarını ve hasar dağılımını önemli ölçüde değiştirebilmektedir.

Gerçekleştirilen çalışmada mevcut, 3 bloktan oluşan betonarme bir kamu yapısı statik projeler doğrultusunda Sap2000 programında modellenerek 11 adet deprem kaydı için zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler gerçekleştirilmiştir. Bloklar Gap elemanlar ile bağlanarak birbirleri ile olan etkileşimleri dikkate alınmıştır.

Çalışma kapsamında blokların etkileşimli ve etkileşimsiz olarak modellendiği durumlar karşılaştırılarak, muhtemel çarpışma etkilerinin sismik davranışları üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ayrıca herhangi bir çarpışma olmaması için gerekli minimum boşluk mesafesi hesaplanmıştır.

Elde edilen sonuçların sahada sıklıkla uygulanan çok bloklu yapıların deprem anında birbirlerinden nasıl etkilendiği konusunda pratik mühendislik uygulamalarına ve mevcut literatüre katkı sağlayacağına inanılmaktadır.

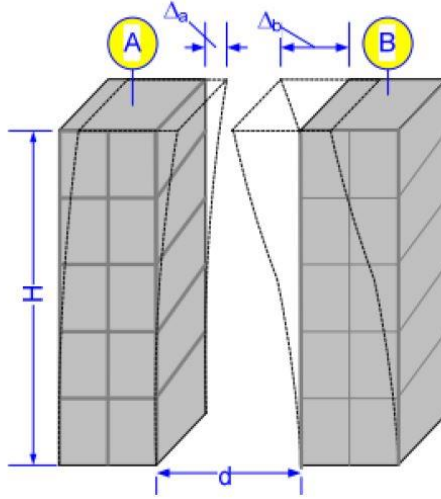
Çalışma sürecinde desteğini tarafımdan esirgemeyen Tez Danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Bayram Tanık ÇAYCI' ya teşekkürü borç bilirim.

Eğitim hayatım boyunca her türlü maddi ve manevi desteğini esirgemeyen aileme ve eşim Burak IŞIKHAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

## 1. GİRİŞ

Yapıların yatay hareketlerinin birbirleri üzerinde etkilerini ortadan kaldırmak adına bırakılan boşluklara deprem derzi ya da dilatasyon denmektedir. Bu boşluklar yapıların deprem anında gerekli deplasman taleplerini birbirlerine çarpmadan karşılayabilmeleri gerekçesi ile bırakılmaktadır.

Şekil 1' de gösterilen A ve B binasının deprem anında birbiri ile etkileşime girmeden salınım yapabilmeleri için aşağıdaki koşulları gerçekleştirebilmelidir;



Şekil 1.1: Deprem Derz Mesafesi

$\Delta_a$  : A Bloğun deprem anında gerçekleştirdiği deplasman

$\Delta_b$  : B Bloğun deprem anında gerçekleştirdiği deplasman

$d$  : A Blok ve Blok arasındaki derz mesafesi

$$d > \Delta_a + \Delta_b \quad (1.1)$$

Deprem kuşığı üzerinde yer alan ülkemizde, özellikle büyük şehirlerdeki sınırlı arazi kullanımı ve ekonomik nedenler ile bitişik nizam olarak yapılan yapılarda da söz konusu deprem derzleri bırakılmaktadır. Büyük taban alanına sahip yapılarda ise ısı genleşme, farklı zemin oturması v.b. etkilerin ortadan kaldırılması adına yapının uygun hatlardan bölünerek derz uygulaması yapılmaktadır.

Söz konusu deprem derzlerinin mesafesi genel itibarı ile yürürlükteki yönetmelikler çerçevesinde statik yöntemler ile belirlenmektedir. Ancak yapıların deprem etkileri altında doğrusal olmayan davranış sergiledikleri durumlar göz önüne alındığında, statik yöntemler ile belirlenen deprem derz mesafelerinin yeterli olmadığı gözlenmektedir (Altinel 2015, Kamal 2016). Yaşanan birçok deprem sonrası yapılan hasar tespit çalışmalarında yetersiz deprem derz boşlukları nedeni ile çekiçleme etkilerine maruz kalarak yıkılmış veya hasar görmüş yapılar gözlenmiştir. Özellikle kat kotları farklı olan bitişik nizam yapılarda, ağır kütleli rijit katların bitişik yapıdaki dış kolonlara kolaylıkla yıkıcı etki yapabileceği aşikardır.

Gerçekleştirilen çalışmada Antalya İlinde mevcut, 3 bloktan oluşan çok katlı betonarme bir kamu yapısı statik projeler doğrultusunda Sap2000 programında modellenerek 11 adet deprem kaydı için zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizleri gerçekleştirilmiştir. Bloklar Gap elemanlar ile bağlanarak birbirleri ile olan etkileşimleri dikkate alınmıştır.

Çalışma kapsamında blokların etkileşimli ve etkileşimsiz olarak modellendiği durumlar karşılaştırılarak, muhtemel çarpışma etkilerinin sismik davranışları üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ayrıca herhangi bir çarpışma olmaması için gerekli minimum boşluk mesafesi hesaplanmıştır.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

Çekişleme etkilerinin önemini ortaya koyan ilk çalışma 1985 Mexico City depreminden sonra yapılmıştır. Gözlemsel olarak deprem hasarlarının nedenleri üzerine yapılan çalışma sonucunda yapıların yarıya yakınında çekişleme etkilerinin gözlemlendiği tespit edilmiştir (Rosenblueth ve Meli 1986).

1989 Loma Prieta depremi akabinde gözlemsel bir çalışma yürüten Kasai ve Maison (1996), yapı hasar nedenleri içerisinde 200' den fazla binada çekişleme etkilerinin gözlemlendiğini dile getirmişlerdir.

Jankowski (2009), Olive View hastanesine bitişik olarak teşkil edilen merdiven kulesinin hasar nedenleri ile ilgili bir araştırma yürütmüş, sonuç olarak taşıyıcı sistemi daha rijit olan hastane binasının çekişleme etkileri ile merdiven kulesinin hasar gördüğü tespitinde bulunmuştur.

2011 yılında meydana gelen Christchurch depreminin akabinde Chouw ve Hao (2011), tarafından yürütülen gözlemsel çalışmalarda bina ve köprülerde çekişleme etkileri tespiti yapmışlardır.

19 Mayıs 2011 yılında Kütahya Simav' da meydana gelen 5,9 büyüklüğündeki deprem akabinde bölgede hasar nedenleri ile ilgili incelemelerde bulunan Özmen ve diğ. (2013) yapı hasar nedenleri arasında çekişleme etkisi hasarlarının bulunduğunu gözlemlemişlerdir.

Papadrakakis ve Mouzakis (1995), sıfır aralıklı iki betonarme binayı ve aynı binaları ayrı ayrı sarsma tablasında sinüsoidal ve rastgele deprem hareketlerine tabi tutmuşlar ve sonuçları karşılaştırmışlardır. Diğer binaya nazaran daha rijit yapıya sahip binada çekişleme etkileri nedeni ile deplasman taleplerinin arttığını, daha esnek yapıya sahip diğer binanın ise deplasman taleplerinin azaldığını ortaya koymuşlardır. Langrange çarpanı yöntemi ile gerçekleştirilen analiz sonuçları ile elde ettikleri deney sonuçları uyumluluk göstermiştir.

Farklı doğal titreşim periyoduna sahip iki adet çelik binanın sarsma tablası üzerinde çekişleme etkilerinin gözlemlenmesi için Chau ve diğ. (2003), bir deneysel çalışma gerçekleştirmiştir. Yapılan deneyde 1940 El Centro deprem kayıtları

kullanılmıştır. Çalışma netice rijit yapıya sahip çelik binada deplasman taleplerinin arttığı daha esnek yapıda olan binada ise deplasman talebinin azaldığı gözlemlenmiştir.

Kasai ve diğ. (1992), çekiçleme hasar tiplerini inceledikleri çalışmada Maison ve Kasai tarafından geliştirilmiş ve çekiçleme analizi yapan Slam 2 programını kullanmıştır. Çalışma kapsamında 15 katlı ve 8 katlı iki binanın çekiçleme etkileri analizi Slam 2 programı ile gerçekleştirilmiş, sonuç olarak çekiçleme etkilerinin gözlemlendiği katta çarpışmanın olmadığı modele göre ivme değerlerinin 10 kata kadar artabileceği tespit edilmiştir.

Pandelites ve diğ. (1998), tarafından yapılan çalışmada 4 farklı ivme kaydı kullanılarak zaman tanım alanında analizler yapılmıştır. Çalışmaya konu model yapıların çatı deplasman hareketleri, link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri ve sayıları değerlendirilmiştir.

Doğan ve Günaydın (2009), tarafından yapıların çarpışma etkilerinin incelenmesi adına yürütülen çalışmada çerçeve modeller oluşturulmuş, çarpışma etkilerinin kat hizasında ve kolonun farklı yüksekliklerinde olduğu durumları irdelemişlerdir.

Efraimiadou ve diğ. (2013), tarafından yürütülen çalışmada beş ve sekiz katlı 4 farklı bina ve bu binalardan oluşan 9 farklı ikili kombinasyon modeli oluşturularak çarpışma etkileri incelenmiştir. Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan dinamik analiz ile gerçekleştirilen çalışma neticesinde çekiçleme etkileri farklı parametrelerle değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda çekiçleme etkilerinin bazı kombinasyonlarda kalıcı ötelenmeleri sınırlayarak yapının sismik hareketlerine olumlu katkılar verdiği belirtilmiştir.

İnel ve diğ. (2014), çekiçleme etkilerini irdelediği çalışmasında 1975 ve 1998 Deprem Yönetmeliği dikkate alınarak 4 ve 7 katlı iki betonarme yapı modeli kullanmışlardır. 2 cm dilatasyonlu ve dilatasyonsuz olarak modellenen yapılar 4 farklı deprem kaydı için zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analize tabi tutulmuştur. Çalışma sonucunda rijitliği daha az olan 1975 Deprem Yönetmeliği esas



alınarak modellenen yapıların çekiçleme etkilerine daha çok maruz kaldıklarını belirtmişlerdir.

Altınel (2015), yürüttüğü çalışma kapsamında mevcut yapı stoğunu temsil eden 75 ve 98 yönetmeliğine göre tasarlanmış 4 ve 7 katlı olmak üzere orta yükseklikteki yapıları 8 adet çekiçleme kombinasyonu altında incelemiştir. İnceleme kapsamında doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemini kullanmıştır. Çekiçleme etkisini incelemek adına doğrusal yay modellerini kat seviyelerinden bağlantılarını sağlamıştır. Modelleme esnasında üç yapının bağlandığı farklı kombinasyonlar oluşturulmuştur. Elde ettiği sonuçları DBYBHY-2007 ile karşılaştırmıştır ve ciddi miktarda verilen sınır değerlerinin aşıldığını tespit etmiştir. Çalışma sonuçlarında kat kesme kuvvetleri, deplasman ve plastik mafsallarda hasar dağılımlarının farklarını incelemiştir.

Kamal (2016), tarafından yapılan çalışma kapsamında mevcut bina stokunun yansıtıldığı orta katlı binalarda çekiçlemenin bina davranışındaki üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Doğrusal olmayan 4 ve 7 katlı modeller, doğrusal yaylar ile aynı kat seviyelerinden bağlanarak 4 farklı ikili binalar oluşturulmuştur. Bu binalar arasında 3 farklı boşluk mesafesi bırakılarak deplasman talepleri, görel kat ötelenme oranları ve hasar dağılımları incelenmiştir. Çarpışma yönünde deplasman taleplerinin sınırlandırıldığını ve serbest yönde arttığı belirtilmiştir. Ayrıca çekiçlemenin plastik mafsallardaki hasar dağılımında oluşturduğu farklılara dikkat çekilmiştir.

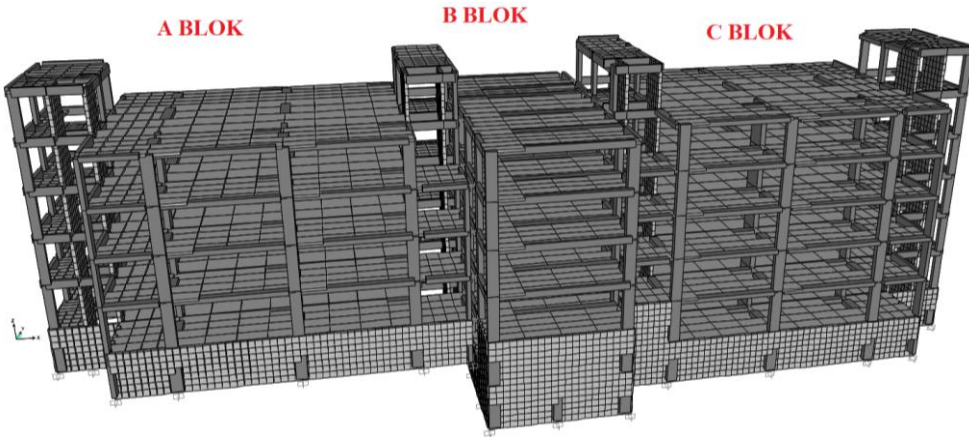
### 3. MODELLEME VE ANALİZ YÖNTEMİ

#### 3.1 Bina Bilgileri

Gerçekleştirilen çalışmada kullanılan mevcut betonarme kamu yapısı A, B ve C Blok olmak üzere toplam 3 kısımdan oluşmaktadır. Her blok arası derz mesafesi statik projesinde 5 cm olarak belirlenmiştir. A Blok 6, B Blok ve C Blok da 7 kattan oluşmaktadır. Tüm blokların son katı çelik çatı kat olarak tasarlanmıştır. Yapının şematik en kesiti Şekil 3.1’de yapının üç boyutlu görüntüsü ise Şekil 3.2’de yer almaktadır.;

A BLOK	B BLOK	C BLOK
6. KAT (ÇELİK ÇATI)	7. KAT (ÇELİK ÇATI)	7. KAT (ÇELİK ÇATI)
5. KAT	6. KAT	6. KAT
4. KAT	5. KAT	5. KAT
3. KAT	4. KAT	4. KAT
2. KAT	3. KAT	3. KAT
1. KAT	2. KAT	2. KAT
	1. KAT	1. KAT

Şekil 3.1: Yapının şematik en kesiti



Şekil 3.2: Yapının üç boyutlu görüntüsü

Yapının tasarımında taşıyıcı sistem olarak betonarme karkas sistem tercih edilmiştir. Döşeme tipi için ise kaset döşeme ve nervürlü döşeme tipleri tercih edilmiştir. Tüm blokların temel tipi radye plaktır ve radye temel kalınlığı 80 cm olarak tasarlanmıştır. Üst yapıda bırakılan 5 cm'lik deprem derzleri radye plaklarda da bırakılmıştır. Yapı bodrum katında rijit bodrum perdeleri yer almaktadır.

Yapıda kullanılan malzeme teknik özellikleri Tablo 3.1 ve 3.2'de yer almaktadır.

**Tablo 3.1:** Beton Sınıfı Özellikleri

Beton Sınıfı	Karakteristik Dayanım (MPa)		Tasarım Dayanımı (MPa)		Eşdeğer Küp (150 mm) Basınç Dayanımı (MPa)	28 Günlük Elastisite Modülü (MPa) $E_c$
	Basınç	Çekme	Basınç	Çekme		
	$f_{ck}$	$f_{ctk}$	$f_{cd}^*$	$f_{ctd}^{**}$		
<b>C 30</b>	30	1,9	20.0	1.28	37	32000
$\mu_c$ Poisson oranı: 0.20						
G Kayma modülü: $0.40E_c$						
$\alpha_t$ Isıl genleşme katsayısı : $10^{-5}/^\circ C$						

$$*f_{cd} = f_{ck} / 1.5 \quad (3.1)$$

$$**f_{ctd} = f_{ctk} / 1.15 \quad (3.2)$$

**Tablo 3.2:** Yapıda Kullanılan Donatı Çeliği Özellikleri

Mekanik Özellikler	S420a
$f_{yk}$ (Karakteristik akma dayanımı) (MPa)	420
$f_{yd}^*$ (Tasarım dayanımı) (MPa)	365
$F_{su}$ (Kopma Dayanımı) (MPa)	500
$\epsilon_{su}$ (Kopma uzaması) (%) $\emptyset \leq 32$ mm	12
$\epsilon_{su}$ (Kopma uzaması) (%) $32$ mm $\leq \emptyset \leq 50$ mm	10
Elastisite modülü ( $E_s$ ) (Mpa)	$2.10^5$

Döşemelerde rijit diyafram kabulü yapılmış, bu bağlamda tek bir kabuk eleman olarak modellenmiştir. Kolon ve kirişler çubuk eleman, bodrum perdeleri ve perdeler kabuk eleman olarak modellenmiştir. Kabuk eleman olarak modellenen perde ve bodrum perdeleri sonlu elemanlara bölünmüştür. Yapının çatı katını oluşturan çelik elemanlar modellenmemiş, çatı katına zati yük olarak aktarılmıştır.

### 3.2 Doğrusal Olmayan Davranış

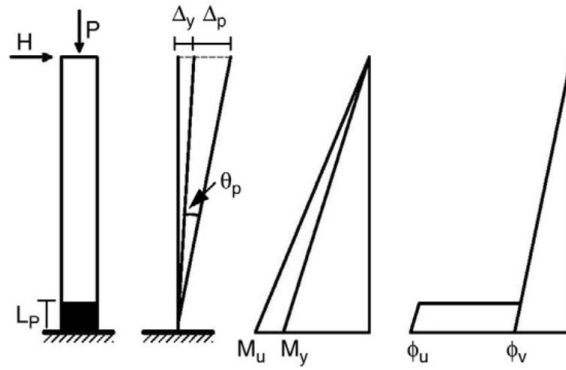
Basit eğilme altındaki bir betonarme kesitte eğilme momentinin küçük olduğu anda betonda basınç ve çekme gerilmeleri oluşur. Bu anda donatı elastik konumdadır ve momentin artmasıyla çekme bölgesindeki beton çatlak ve çekme gerilmeleri donatı tarafından karşılanır. Eğilme momentinin artmaya devam etmesiyle beton doğrusal olmayan davranış sergilerken donatı akma anına ve akma gerilmesine ulaşır. Betonun çatladığı ilk anda kesitte küçük de olsa doğrusal olmayan moment-eğrilik ilişkisi gözlenir. Donatı, akma anından sonra plastik şekil değiştirmeye başlar ve kesitin basınç bölgesindeki beton nihai kısalma değerine ulaştığında kesit taşıma gücüne erişir. Donatının akmaya ve plastik şekil değiştirmeye başladığı an ile basınç bölgesindeki betonun nihai kısalma kapasitesine ulaştığı an kesitin sünekliliği olarak adlandırılır. Moment eğrilik ilişkisi betonarme kesitlerin süneklilik durumu ile ilgili önemli bir kavram olup kesit sünekliliği nihai eğrilik değerinin donatının akma anındaki eğriliğe bölünmesi ile hesap edilir.

$$\mu = \phi_u / \phi_y \quad (3.3)$$

Süneklilik akma anından sonra dayanımda çok fazla kayıp olmadan hasar alarak enerji tüketebilme yeteneğidir. Şiddetli depremlerde yapının elastik sınırlar içerisinde kalması mümkün değildir. Yapının çökmemesi için enerji tüketmesi gerekir. Bina oluşan enerjiyi tüketebilmek için yeterli sünekliliğe sahip olmalıdır. Enerjinin büyük bölümü oluşan plastik mafsallar tarafından tüketilir. Plastik mafsallaşma, sabit moment altında kesitteki birim dönmelerin artması olarak adlandırılır. Yapı sistemlerinde plastik mafsallar eleman uçlarında yani sistemin en çok zorlanan kesitlerinde meydana gelir.

### 3.3 Doğrusal Olmayan Modelleme

Tez çalışması kapsamında doğrusal elastik olmayan modelleme için eleman uçlarına plastik mafsallar tanımlanmıştır. İdealize plastik mafsal davranışı şekil 3.3'te şematize edilmiştir. Şekilde  $\Delta_y$  elastik yer değiştirme sınırını,  $\Delta_p$  toplam plastik yer değiştirme değerini,  $M_u$  maksimum moment kapasitesini,  $M_y$  akma moment kapasitesini tanımlamaktadır.  $\phi_u$  ve  $\phi_y$  değerleri ise sırasıyla plastik ve elastik eğrilik sınırlarıdır.



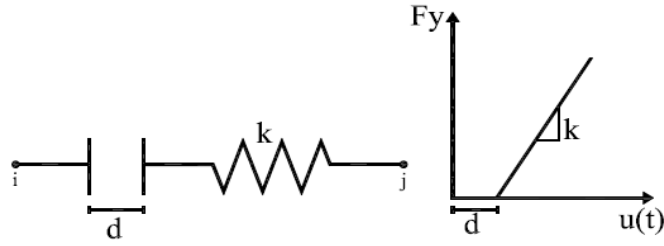
Şekil 3.3: İdealize plastik mafsal davranışı

Mafsallar ASCE 41-13 kriterlerine göre otomatik olarak atanmıştır. Plastik mafsalların olduğu kesitler için beton dayanımı, kesit özellikleri, donatı özellikleri ve kesit içindeki yerleşimi, enine donatıya ait özellikler ve yerleşim aralığı bilgileri Sap2000 programında tanımlanmıştır. Plastik mafsal boyu kesit yüksekliğinin yarısı olarak alınmıştır. Çatlama kesit rijitlikleri kiriş elemanlar için  $0.35 EI$ , kolon elemanlar için  $0.70 EI$  olarak dikkate alınmıştır.

### 3.4 Modellerin Birleştirilmesi

Bloklar arası boşluklar doğrusal elastik yay modeli ile tanımlanmıştır. Bu yay modeli deprem süresince belirlenen boşluk miktarının sıfırdan küçük olduğu zamanda çalışmakta ve oluşan kuvveti aktarmaktadır. Bu çalışma prensibi sayesinde çarpışmanın olduğu zamanı ve bu zamandaki çarpışma kuvveti elde edilebilmektedir. Ayrıca deprem süresince binalar arasındaki çarpışma mesafesi zamana bağlı olarak

elde edilebilmektedir. Şekil 3.4'te doğrusal elastik yay modeli ve kuvvet şekil-değiştirme ilişkisi gösterilmiştir (Muthukumar ve DesRoches, 2006).



Şekil 3.4: Doğrusal elastik yay modeli

Şekil 3.4'te gösterilen doğrusal yay modelinde i ve j, modelin bağlandığı düğüm noktalarını, d modeller arasında bırakılacak boşluk miktarını, k ise yay rijitliğini temsil etmektedir.  $F_y$  çarpışma sırasında yayda oluşan kuvveti,  $u(t)$  ise komşu binaların rölatif yer değiştirmelerinin farkını göstermektedir. Jameel ve diğ. (2013), yaptıkları çalışmada k (yay rijitliği) seçiminde aksel rijitliği dikkate alarak aksel rijitliğin 100 katı kadar fazlasının seçiminin uygun olduğunu belirtmişlerdir. Literatür göz önüne alındığında bu değer oluşturulan modellerin özelliklerine ve kullanım şekline göre aksel rijitliğin 10 ile 100 katı arasında alındığı gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmada doğrusal elastik olmayan 3-B modeller kullanıldığı için oluşacak çarpışma kuvvetlerinin bir kısmı doğrusal ötesi davranış ile sönümleneceği düşünülerek ve yapılan denemeler sonucunda yay rijitliğinin aksel rijitliğin 35 katı alınması uygun görülmüştür. Denklem 3.1'de gösterildiği gibi yay rijitliği hesaplanmıştır.

$$K = \frac{EA}{L} \times 35 \quad ((3.4))$$

K yay rijitliğini, E betonun elastisite modülünü, A çarpışma yüzeyinin alanını, L ise temas yüzeyindeki elemanın uzunluğunu belirtmektedir.

Modeller birleştirilirken iki farklı durum göz önünde bulundurulmuştur. Bunlardan birincisi binanın mevcut statik projesinde tanımlandığı gibi, bloklar arasında 5 cm derz boşluğu bırakılarak oluşturulmuştur. İkinci durumda ise, bloklar

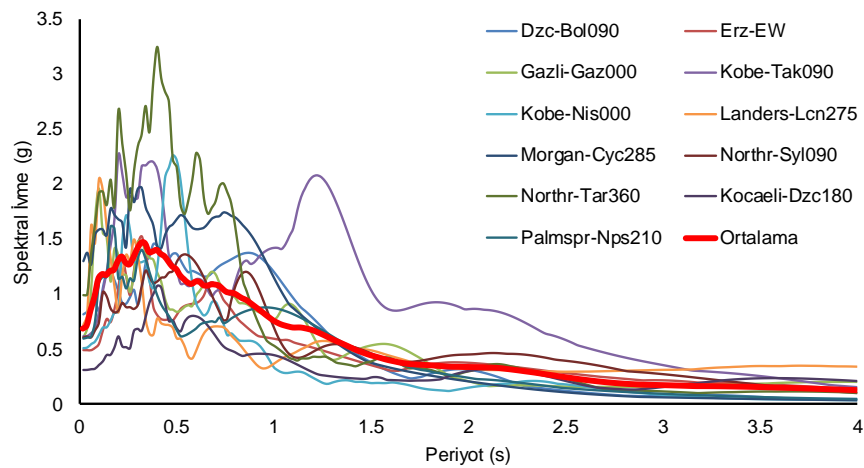
arası çarpışmanın olmaması için 50 cm boşluk bırakılarak çarpışmasız modeller elde edilmiştir.

### 3.5 Kullanılan İvme Kayıtları

Çalışma kapsamında 11 adet deprem ivme kaydı kullanılmıştır. Kullanılan 11 adet deprem ivme kaydı PEER web sitesinin arşivinden elde edilmiştir (PEER, <http://peer.berkeley.edu/>). Kullanılan ivme kayıtları Tablo 3.3'te verilmiştir. Şekil 3.5'te ise kullanılan tüm ivme kayıtları için %5 sönüm oranına göre elde edilen spektrum grafikleri yer almaktadır.

**Tablo 3.3:** Kullanılan ivme kayıtları

Deprem Adı	Tarih	İstasyon	Bileşen	PGA	PGV	CAV
Dzc-Bol090	12.11.1999	Bolu	90	0.822	62.05	834.1
Erz-Ew	13.03.1992	Erzincan	EW	0.496	64.28	672.5
Gazli	17.05.1976	Karakyr	0	0.608	65.4	659.6
Kobe-Tak090	16.01.1995	Takatori	90	0.616	120.7	2013
Kobe-Nis090	16.01.1995	Nishi-Akashi	0	0.509	37.30	609
Landers-Lcn275	28.06.1992	Luceme	275	0.721	97.65	2341
Morgan-Cyc285	24.04.1984	C. Lake Dam	285	1.298	80.77	884
Northr-Syl090	17.01.1994	Sylmar Ol	090	0.604	78.1	976.9
North-Tar360	17.01.1994	Tarzana	360	0.990	77.26	257.2
Kocaeli-Dzc180	17.08.1999	Düzce	180	0.312	58.85	744.1
Palmspr-Nps210	08.07.1986	N. Palm Sp.	210	0.594	73.23	706.3



**Şekil 3.5:** Kullanılan ivme kayıtlarına ait spektrum grafikleri

## 4. ANALİZ SONUÇLARI

Gerçekleştirilen analizler sonucunda, mevcut durum (5 cm derz) ve çarpışmasız durum (50 cm derz) için 11 gerçek ivme kaydı için zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda, çarpışmalı ve çarpışmasız durum için çatı deplasman talepleri, deplasman profilleri, görelî kat ötelenme oranları gibi birçok parametre karşılaştırılmıştır. Ayrıca çarpışmasız durumda link sıkışma değerleri elde edilerek çarpışmanın olmaması için gerekli minimum boşluk oranı tespit edilmiştir.

### 4.1 Güvenli Boşluk Mesafesinin Araştırılması

Doğrusal olmayan dinamik analiz sonuçlarından elde edilen güvenli boşluk mesafeleri bu bölümde incelenmiştir. Güvenli boşluk mesafesinin bulunabilmesi için 50 cm derz mesafesi bırakılan kombinasyonlarda link elemanların sıkışma değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan sıkışma değerleri binaların birbirlerine ne kadar yaklaştığını ve çarpışma olmaması için gerekli boşluk oranını vermektedir.

Her bir deprem kaydına ait çarpışmasız durum için link sıkışma değerleri Şekil 4.1-4.11’te verilmiştir. Elde edilen maksimum değerler ise Tablo 4.1’te özetlenmiştir.

Şekiller incelendiğinde + deplasman değerleri binalar arası açılmayı, - deplasman değerleri ise yaklaşmayı tarif etmektedir. Dolayısıyla binaların çarpışmaması için gerekli minimum boşluk mesafesinin hesabında – değerler dikkate alınmıştır. Tablo 4.1 incelendiğinde kullanılan ivme kayıtları için okunan minimum gerekli boşluk oranı A-B bloklar arasında 69 mm, maksimum boşluk oranı 186 mm olarak bulunmuştur. Aynı değerler B-C bloklar için sırasıyla 46 ve 209 mm’dir.

Dolayısıyla binada bırakılan derz boşluğunun 50 mm olduğu düşünüldüğünde, yalnızca B-C blok KOCAELİ-DZC180 deprem kaydı için (46mm) çarpışmanın gerçekleşmeyeceği, diğer bütün kombinasyonlarda 50 mm boşluk mesafesinin yetersiz olduğu görülmektedir.



**Tablo 4.1:** Link Deformasyon Tablosu

<b>Deprem Kaydı</b>	<b>En Büyük AB Blok Arası Link Deformasyon (mm)</b>	<b>En Büyük BC Blok Arası Link Deformasyon (mm)</b>
Dzc-Bol090	99	108
Erz-Ew	116	74
Gazlı-Gaz000	167	85
Kobe-Nıs000	<b>69</b>	79
Kobe-Tak090	<b>186</b>	<b>209</b>
Kocaeli-Dzc180	109	<b>46</b>
Landers-Lcn275	122	179
Morgan-Cyc285	110	56
Northr-Syl090	157	70
Northr-Tar360	79	88
Palmspr-Nps210	134	87
Maksimum	<b>186</b>	<b>209</b>
Ortalama	<b>122</b>	<b>98</b>

Şekil 4.1’de gösterilen DZC-BOL090 Deprem kaydı için link deformasyon grafikleri incelendiğinde A-B bloklar arası maksimum link deformasyonu 99 mm, B-C bloklar arası 108 mm olarak bulunmuştur. 50 mm dilatasyon ile tasarlanan yapıda bırakılan boşluk mesafesinin yetersiz olduğu görülmektedir.

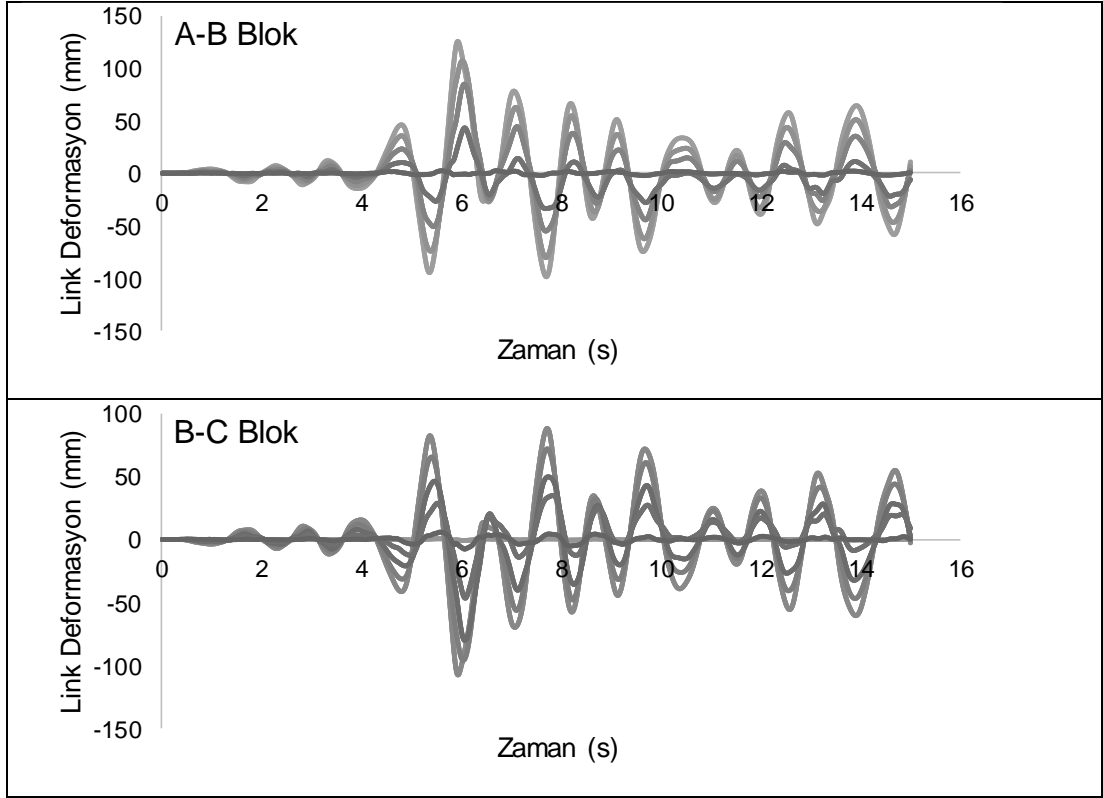
Şekil 4.2’de gösterilen ERZ-EW Deprem kaydı için link deformasyon grafikleri incelendiğinde A-B bloklar arası maksimum link deformasyonu 116 mm, B-C bloklar arası 74 mm olarak bulunmuştur.

Şekil 4.3’te gösterilen GAZLI-GAZ Deprem kaydı için link deformasyon grafikleri incelendiğinde A-B bloklar arası maksimum link deformasyonu 167 mm, B-C bloklar arası 85 mm olarak bulunmuştur.

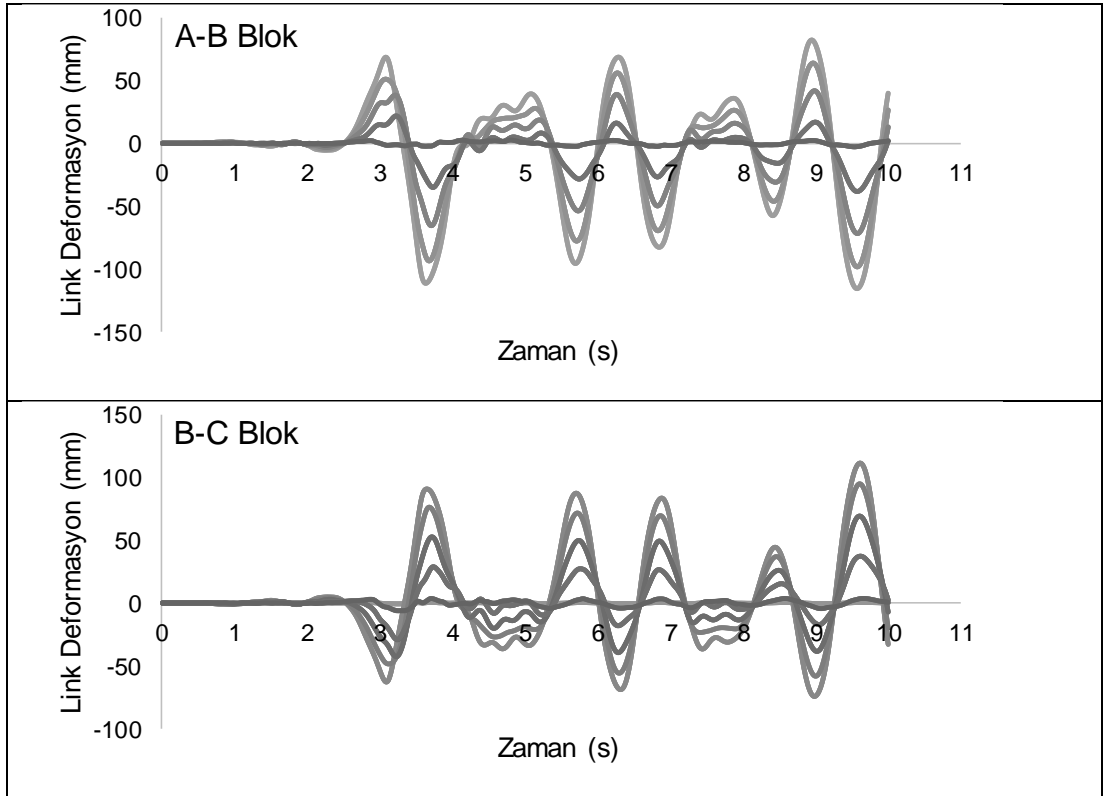
Şekil 4.4’te gösterilen KOBE-NIS Deprem kaydı için link deformasyon grafikleri incelendiğinde A-B bloklar arası maksimum link deformasyonu 69 mm, B-C bloklar arası 79 mm olarak bulunmuştur.

Şekil 4.5’te gösterilen KOBE-TAK Deprem kaydı için link deformasyon grafikleri incelendiğinde A-B bloklar arası maksimum link deformasyonu 186 mm, B-C bloklar arası 209 mm olarak bulunmuştur. 11 analiz sonucu çıkan max. değerler bu depremde elde edilmiştir.

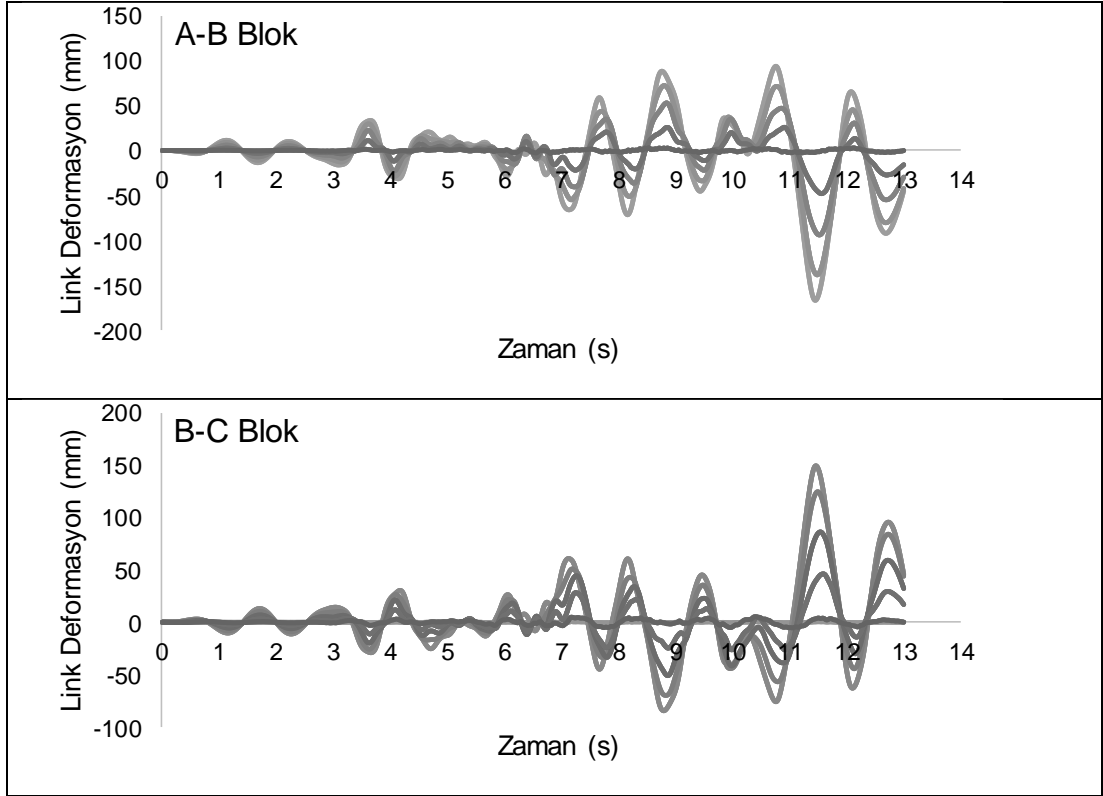
Şekil 4.6’da gösterilen KOC-DZC Deprem kaydı için link deformasyon grafikleri incelendiğinde A-B bloklar arası maksimum link deformasyonu 109 mm, B-C bloklar arası 46 mm olarak bulunmuştur. 50 mm dilatasyon ile tasarlanan yapıda, A-B bloklar arasında bırakılan boşluk mesafesi yetersiz kalırken, B-C bloklar arasında yeterli olduğu görülmektedir.



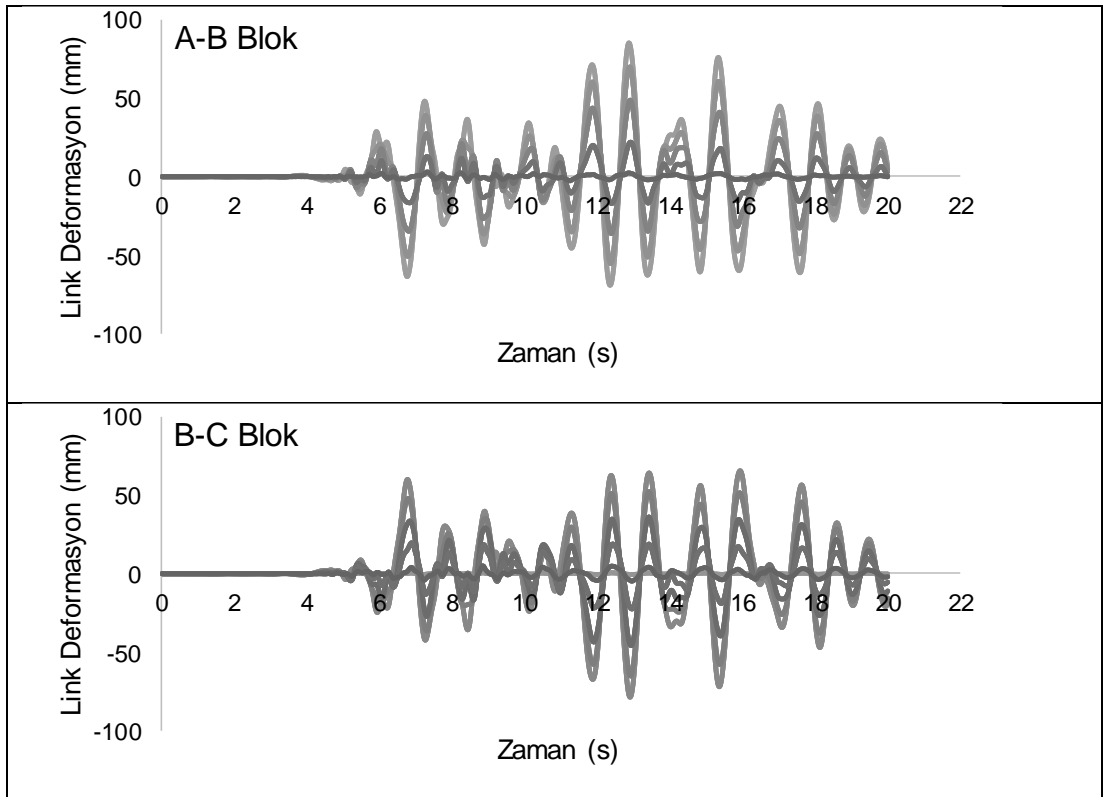
Şekil 4.1: DZC-BOL090 Depremi Link Deformasyon Grafiği



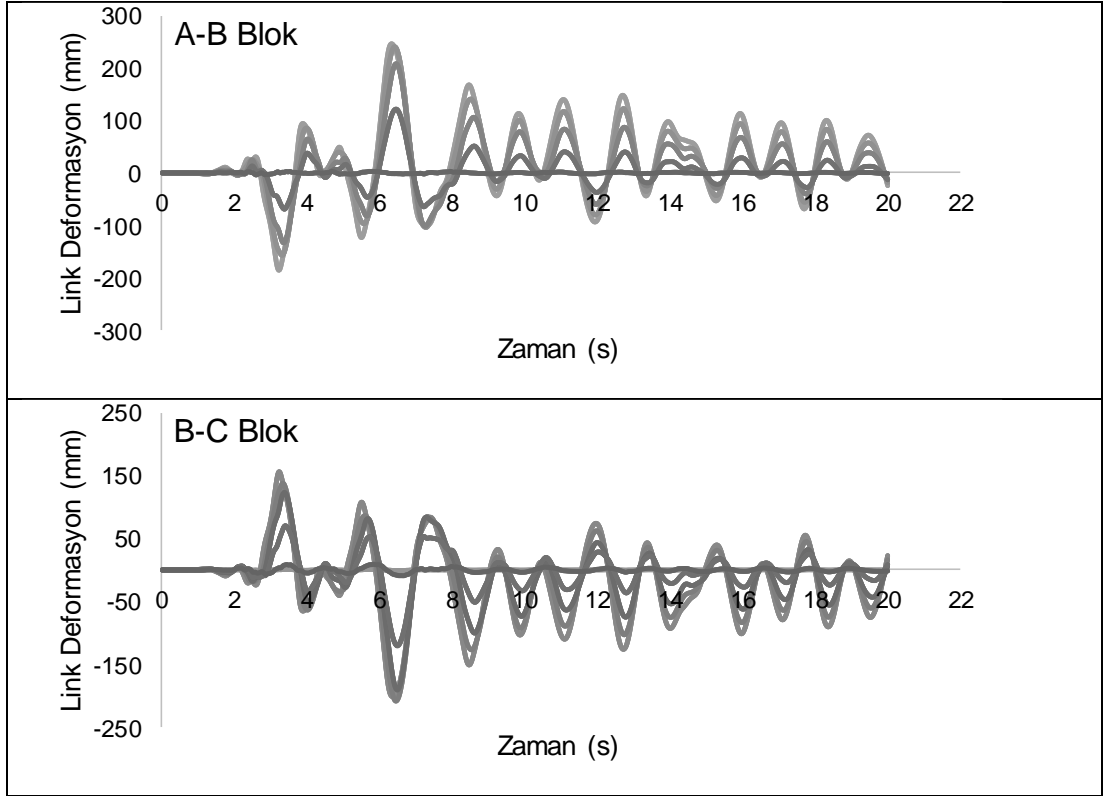
Şekil 4.2: ERZ-EW Depremi Link Deformasyon Grafiği



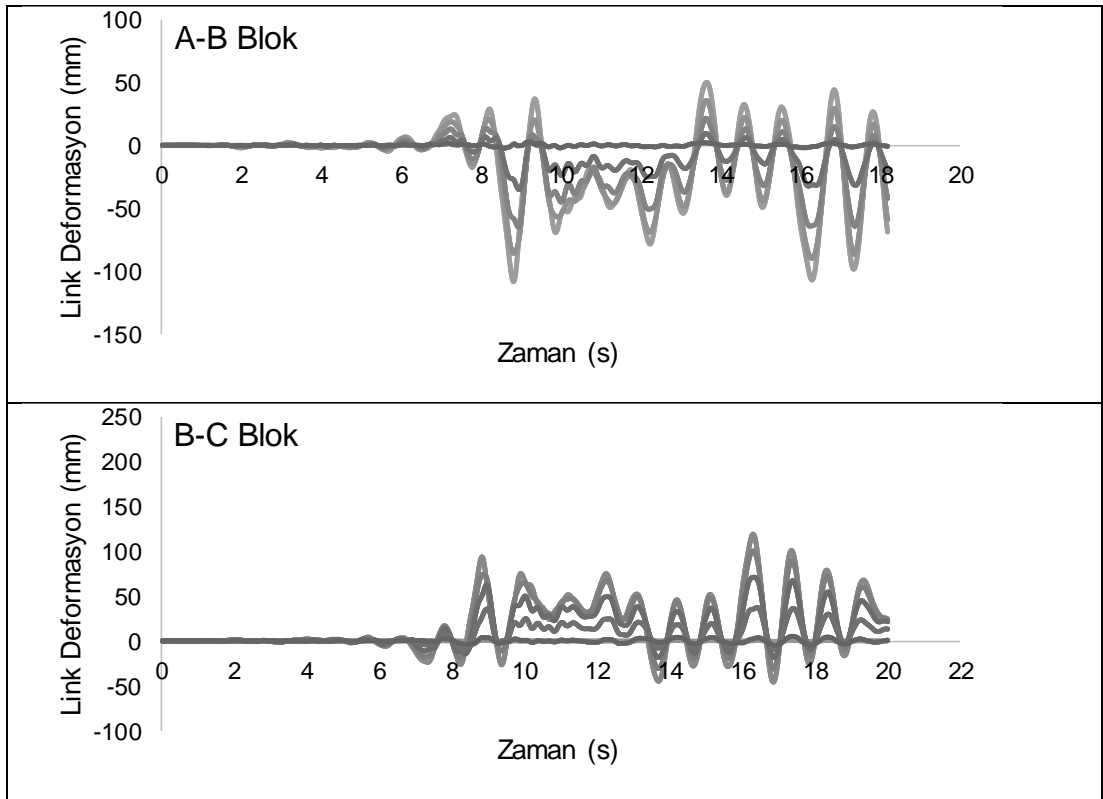
Şekil 4.3: GAZLI-GAZ Depremi Link Deformasyon Grafiği



Şekil 4.4: KOBE-NIS Depremi Link Deformasyon Grafiği



Şekil 4.5: KOBE-TAK Depremi Link Deformasyon Grafiği



Şekil 4.6: KOC DZC Depremi Link Deformasyon Grafiği

Şekil 4.7’de gösterilen LANDERS LCN Deprem kaydı için link deformasyon grafikleri incelendiğinde A-B bloklar arası maksimum link deformasyonu 122 mm, B-C bloklar arası 179 mm olarak bulunmuştur. 50 mm dilatasyon ile tasarlanan yapıda bırakılan boşluk mesafesinin yetersiz olduğu görülmektedir.

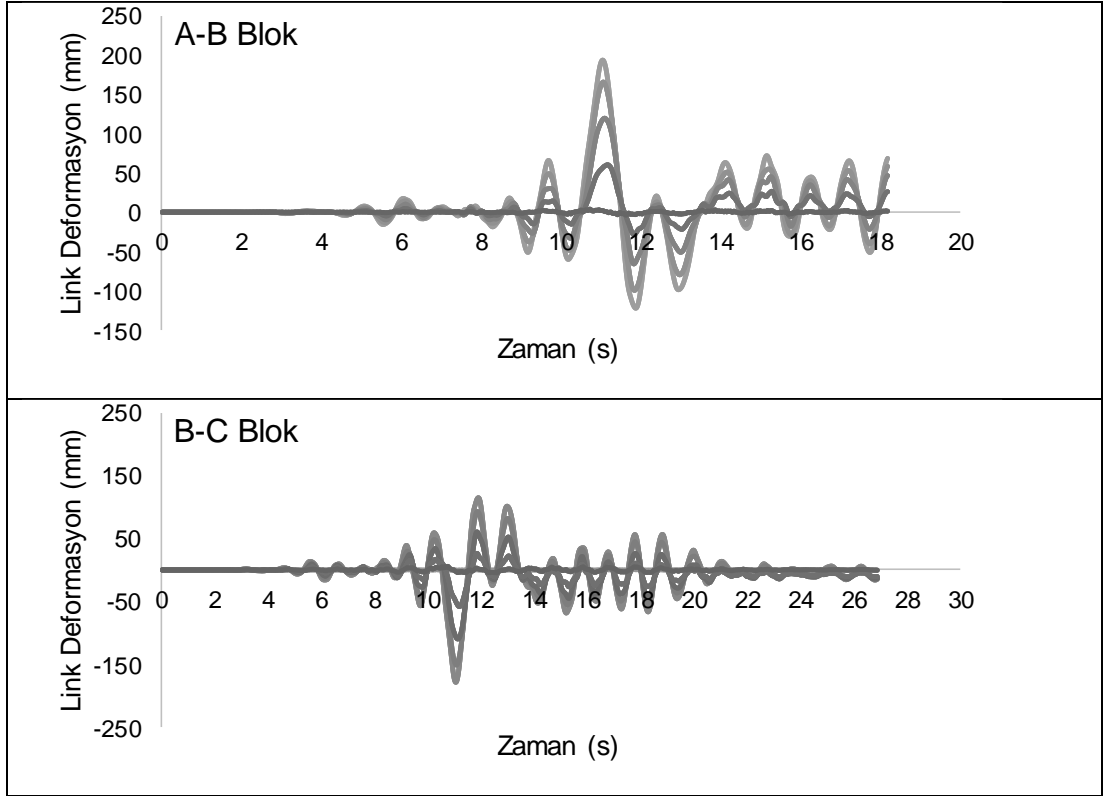
Şekil 4.8’de gösterilen MORGAN-CYC Deprem kaydı için link deformasyon grafikleri incelendiğinde A-B bloklar arası maksimum link deformasyonu 110 mm, B-C bloklar arası 56 mm olarak bulunmuştur.

Şekil 4.9’de gösterilen NORTH-SYL Deprem kaydı için link deformasyon grafikleri incelendiğinde A-B bloklar arası maksimum link deformasyonu 157 mm, B-C bloklar arası 70 mm olarak bulunmuştur.

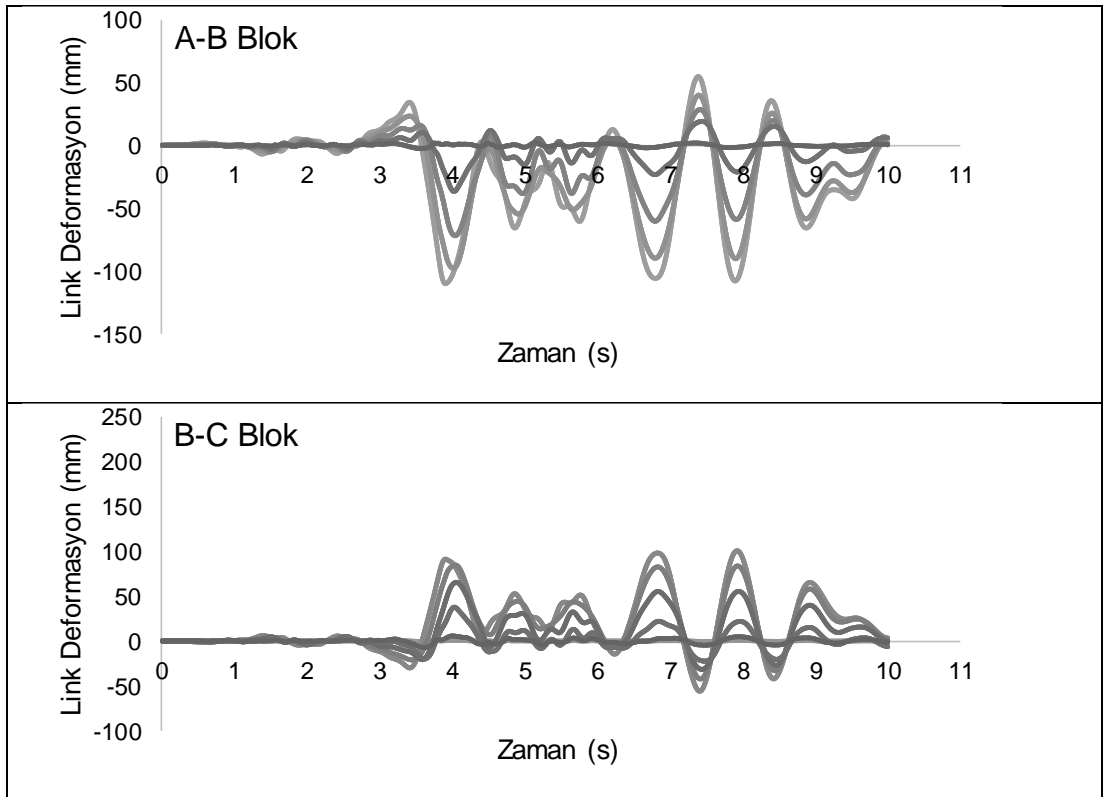
Şekil 4.10’de gösterilen NORTH-SYL Deprem kaydı için link deformasyon grafikleri incelendiğinde A-B bloklar arası maksimum link deformasyonu 79 mm, B-C bloklar arası 88 mm olarak bulunmuştur.

Şekil 4.11’de gösterilen PALM-SPR Deprem kaydı için link deformasyon grafikleri incelendiğinde A-B bloklar arası maksimum link deformasyonu 134 mm, B-C bloklar arası 87 mm olarak bulunmuştur.

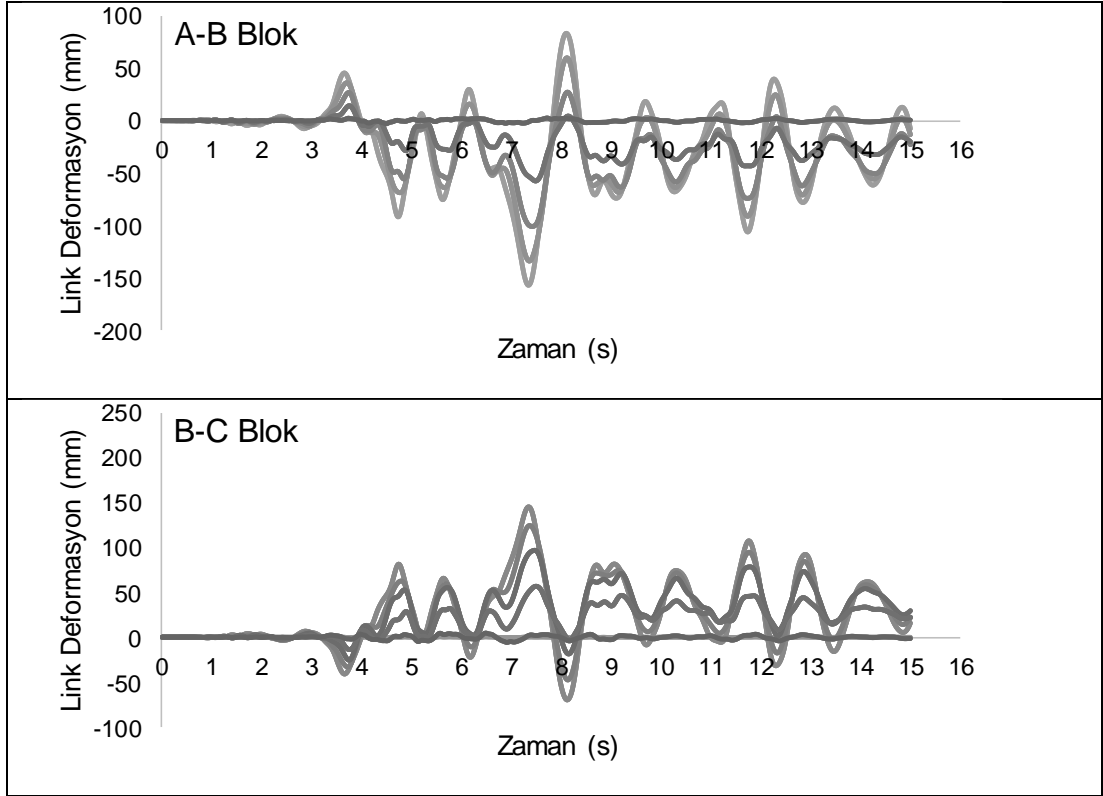
Yapılan analizler sonucu KOC-DZC Deprem kaydı B-C bloklar arasındaki boşluk mesafesi ( 46 mm ) dışında, tasarım mesafesi olarak belirlenen 50 mm’nin tüm depremlerde yetersiz olduğu görülmüştür.



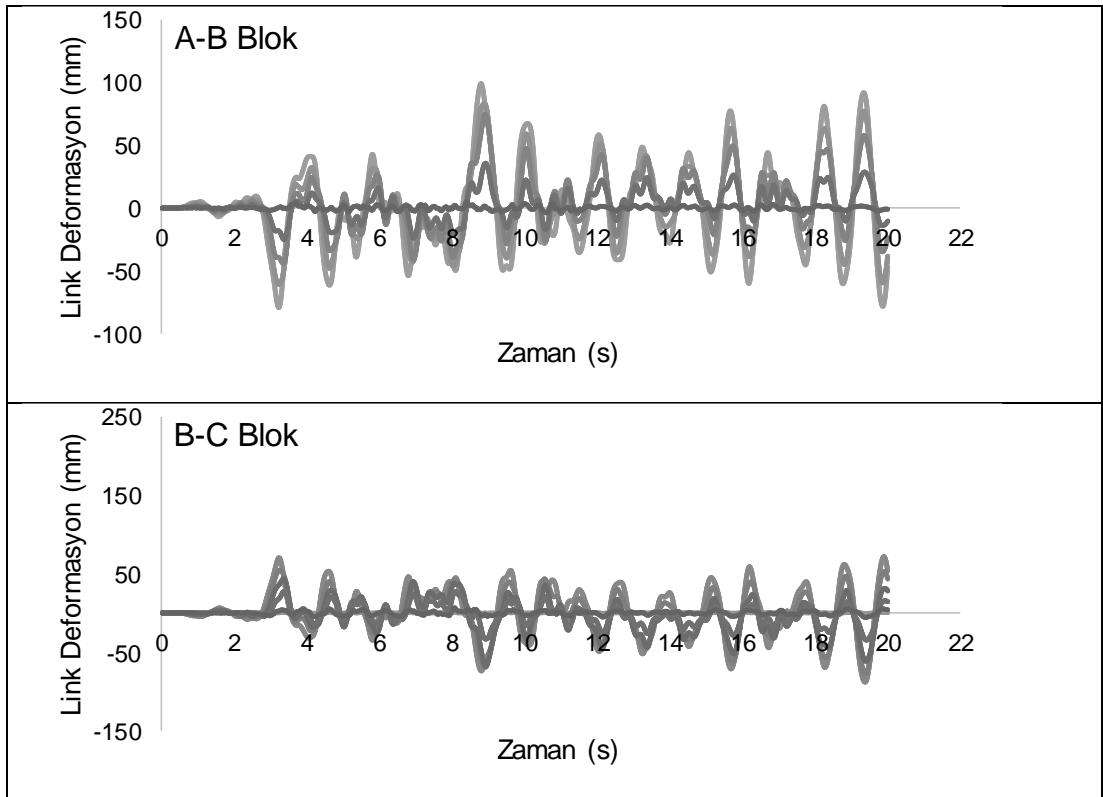
Şekil 4.7: LANDERS LCN Depremi Link Deformasyon Grafiği



Şekil 4.8: MORGAN CYC Depremi Link Deformasyon Grafiği

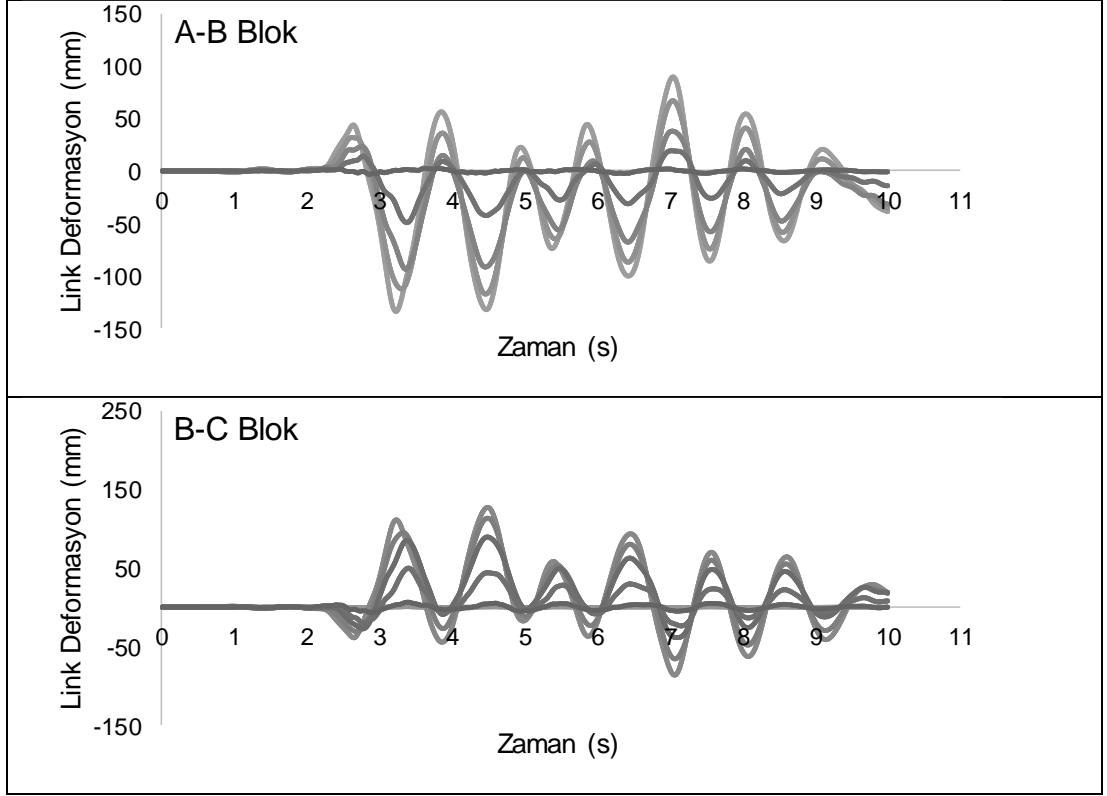


Şekil 4.9: NORTH SYL Depremi Link Deformasyon Grafiği



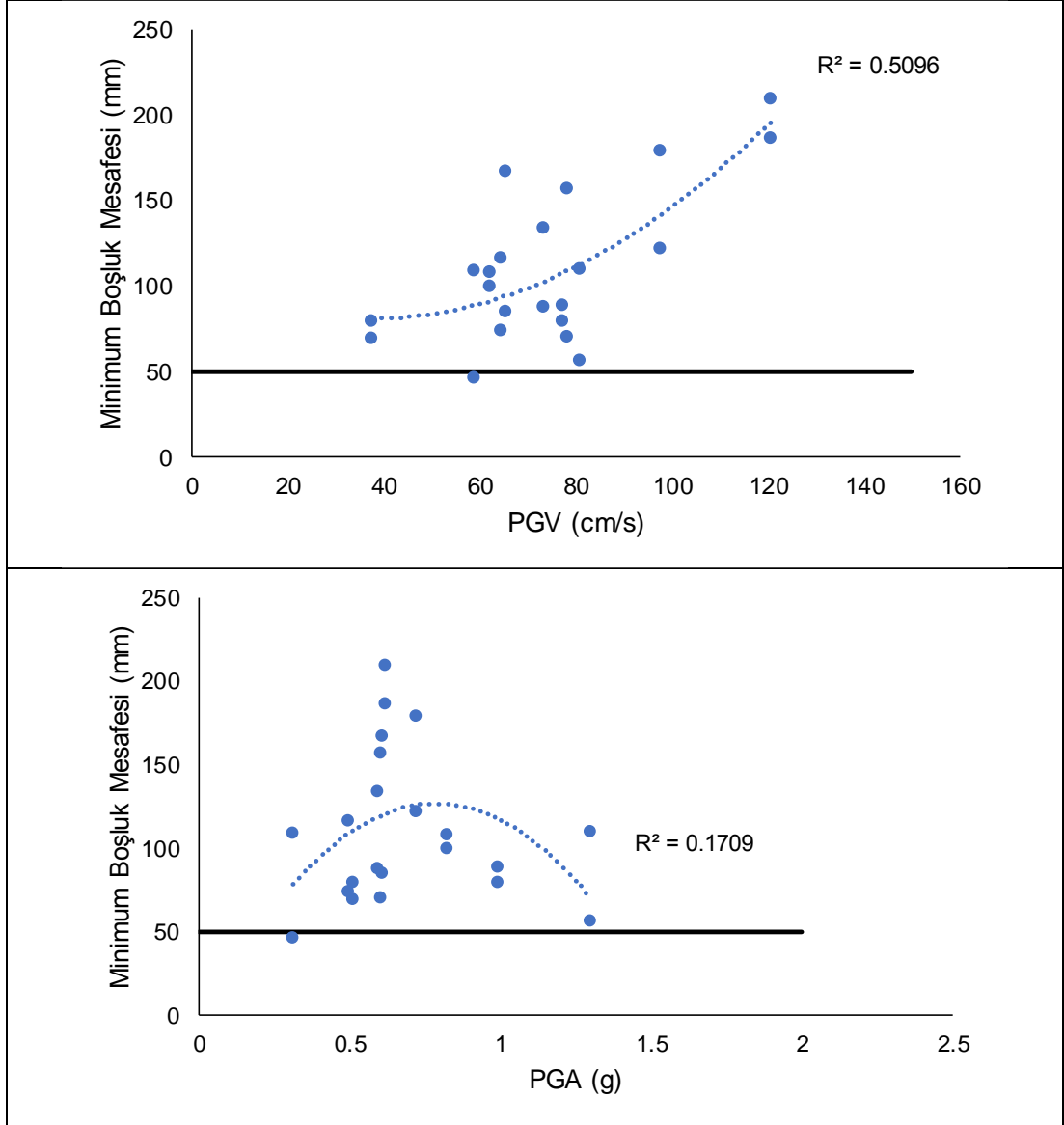
Şekil 4.10: NORTH TAR Depremi Link Deformasyon Grafiği





Şekil 4.11: PALM SPR Depremi Link Deformasyon Grafiği

Şekil 4.12’de çarpışma olmaması için gerekli boşluk mesafesi ile ivme kayıtlarına ait PGV ve PGA değerlerinin karşılaştırılması yer almaktadır. Sonuçlar incelendiğinde PGV değeri ile gerekli boşluk mesafesi arasında anlamlı bir ilişkinin olduğu söylenebilir. PGA değeri ile gerekli boşluk mesafesi arasında ise anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.



Şekil 4.12: PALM SPR Depremi Link Deformasyon Grafiği

## 4.2 Çatı Kat Deplasmanlarının İrdelenmesi

Her deprem kaydı için 5 cm lik ve 50 cm boşluk oranına sahip modeller için çatı katı deplasman taleplerinin zamana bağlı değişimleri Şekil 4.13-4.23'te verilmiştir. 50 cm derz boşluğuna sahip model, yapının çekiçleme etkilerine maruz kalmadığı, 5 cm derz boşluğuna sahip model ise çekiçleme etkilerinin meydana geldiği durumu tarif etmektedir.

50 cm dilatasyonlu durum deplasman eğrisi ile 5 cm dilatasyonlu durum deplasman eğrisinin arasındaki fark çekiçleme etkilerinin oluştuğunu göstermektedir. Çekiçleme etkileri konumu gereği B Blok üzerinde daha çok gözlemlenmektedir. Hem A Blok hem de C Blok ile oluşan çarpışmalar neticesinde B Bloğa ait doğal deplasman talebini temsil eden 50 cm dilatasyonlu durumu gösteren eğriden sapmalar 5 cm dilatasyonlu eğri üzerinden gözlemlenebilmektedir.

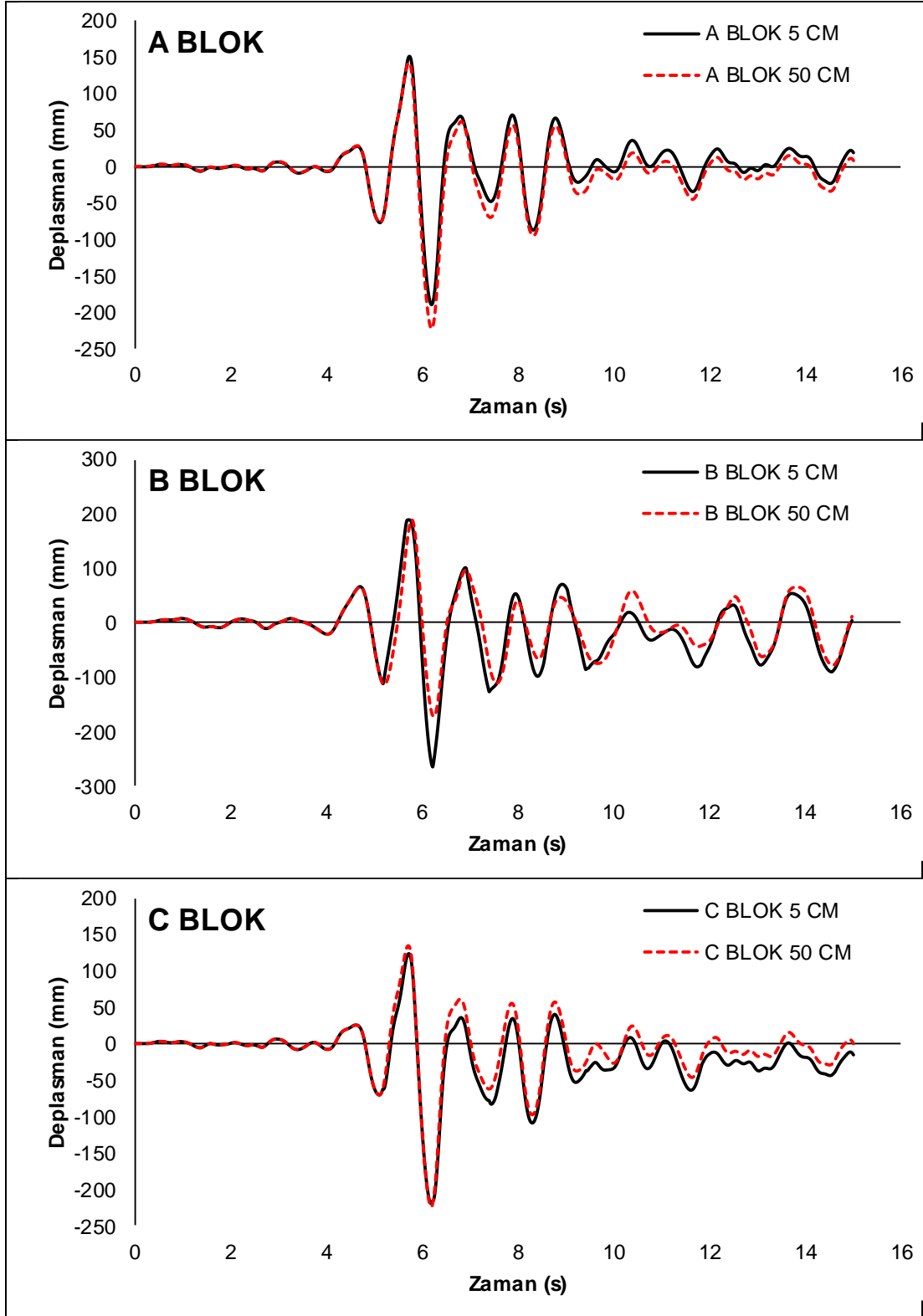
B Bloğa nazaran daha rijit bir taşıyıcı sisteme sahip olan ve kat adedi diğer bloklardan 1 kat daha az olan A Bloкта ise çekiçleme etkileri diğer bloklara nazaran daha az olduğu ilgili grafiklerden gözlemlenmektedir.

Elde edilen verileri deprem bazında değerlendirmek problemin karmaşıklığı nedeniyle her durumda mümkün olmamaktadır. Ancak dışta yer alan binaların çarpışma doğrultusunda sismik taleplerinin azaldığı, serbest doğrultuda ise arttığı gözlemlenmektedir.

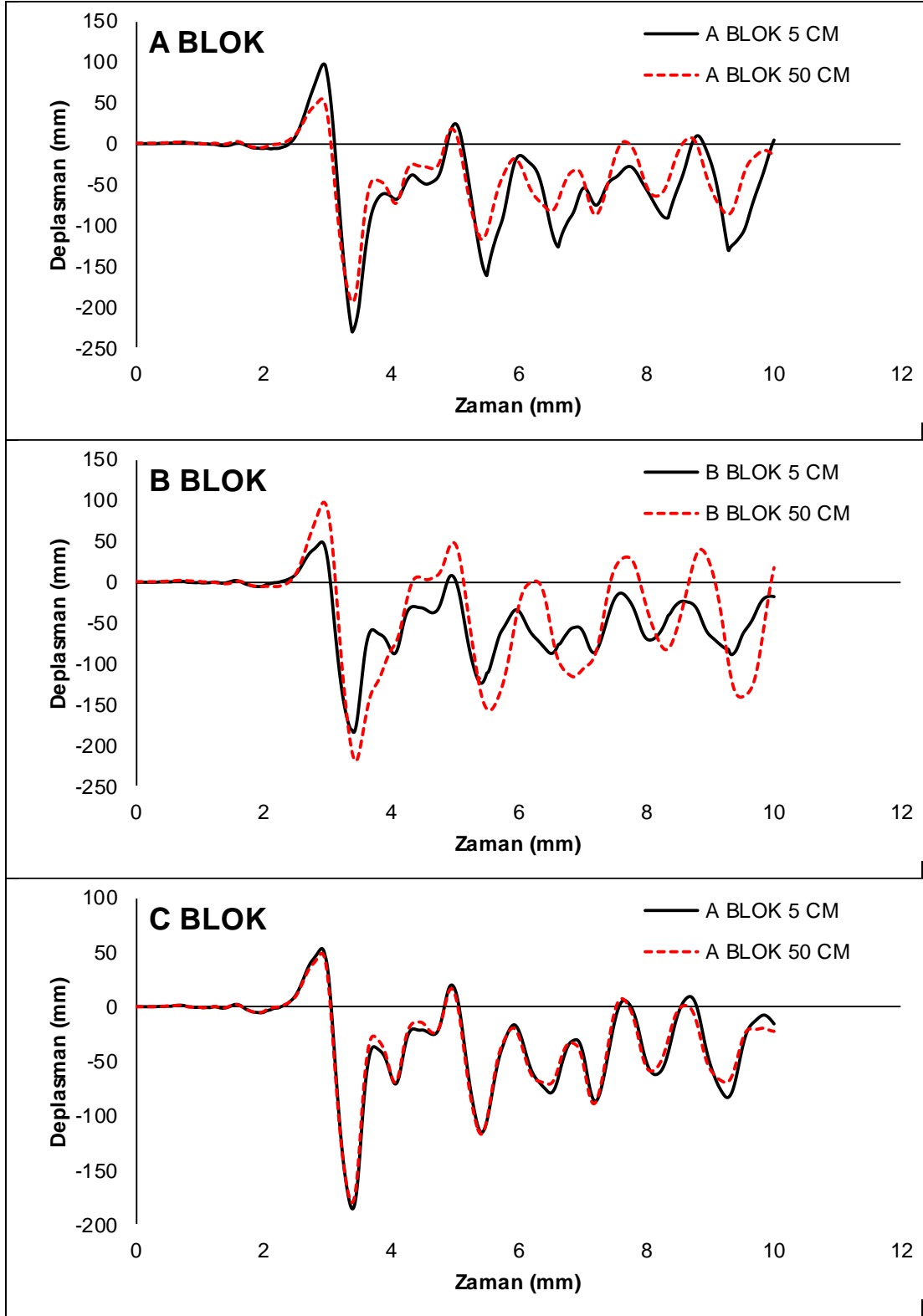
Şekil 4.13'te DZC-BOL Deprem kaydında çatı katı deplasman grafikleri incelendiğinde, A blokta max deplasman 6. Saniyede, 5 cm dilatasyonlu durumda 190 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 223 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 0.85 oranında değişim görülmüştür. B blokta max deplasman 6. Saniyede, 5 cm dilatasyonlu durumda 266 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 188 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 0.96 oranında değişim görülmüştür. C blokta max deplasman 6. Saniyede, 5 cm dilatasyonlu durumda 123 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 134 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 1.09 oranında değişim görülmüştür. A ve B Blokların taleplerinde azalma olurken, C blokta artış meydana gelmiştir.

Şekil 4.14'te ERZ-EW Deprem kaydında çatı katı deplasman grafikleri incelendiğinde, A blokta max deplasman 5 cm dilatasyonlu durumda 230 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 194 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 1.19 oranında değişim görülmüştür. B blokta max deplasman 5 cm dilatasyonlu durumda 276 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 220 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 0.80 oranında değişim görülmüştür. C blokta max deplasman 5 cm dilatasyonlu durumda 185 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 181 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 0.98 oranında değişim görülmüştür. A Blokta taleplerde artış olurken, B ve C blokta azalma meydana gelmiştir.

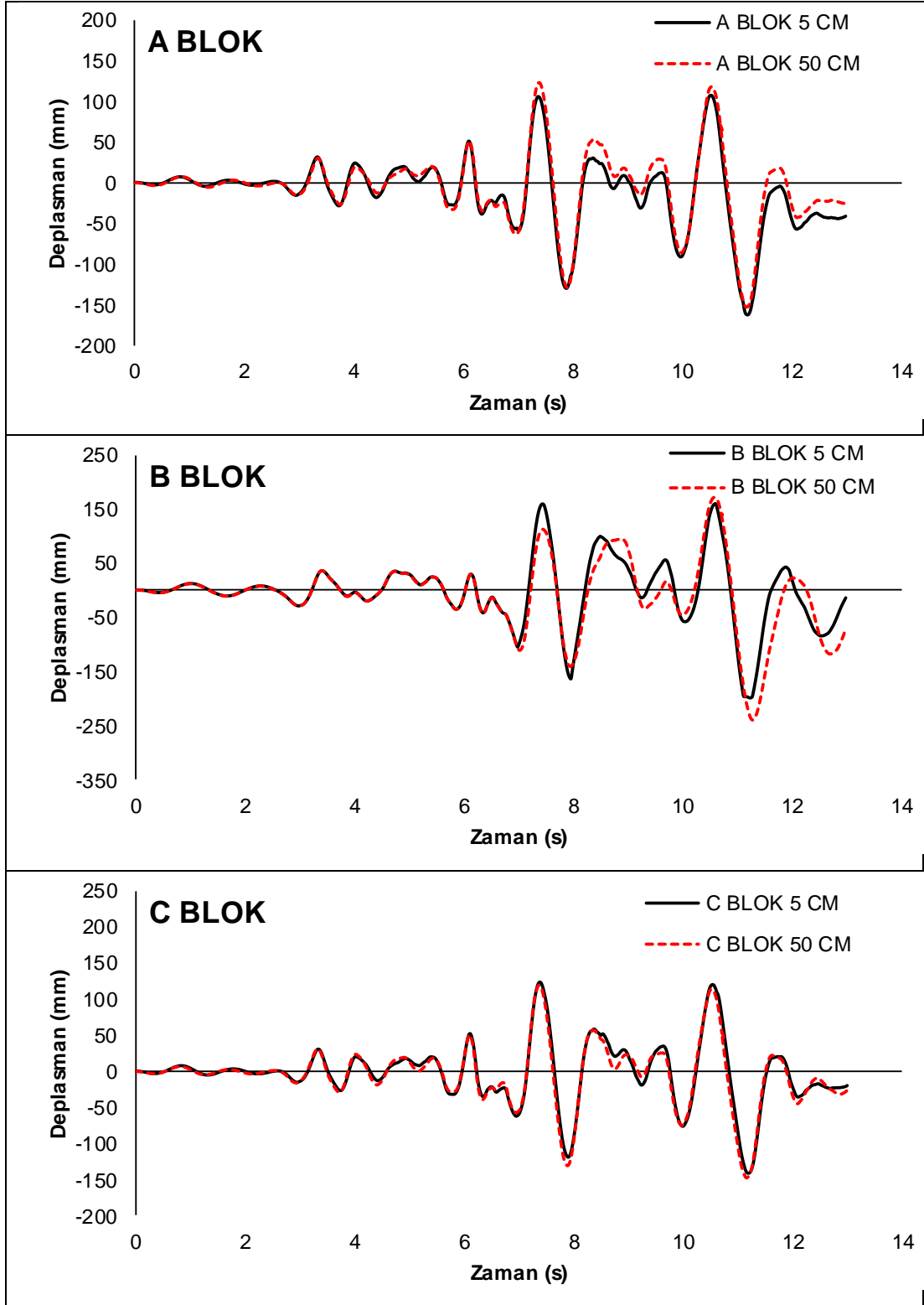
Şekil 4.15'te GAZLI-GAZ000 Deprem kaydında çatı katı deplasman grafikleri incelendiğinde, A blokta max deplasman 5 cm dilatasyonlu durumda 162 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 153 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 1.06 oranında değişim görülmüştür. B blokta max deplasman 5 cm dilatasyonlu durumda 197 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 239 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 0.82 oranında değişim görülmüştür. C blokta max deplasman 5 cm dilatasyonlu durumda 123 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 119 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 0.97 oranında değişim görülmüştür. A Blokta taleplerde artış olurken, B ve C blokta azalma meydana gelmiştir.



Şekil 4.13: DZC-BOL090 Blokların Deplasman Durumları



Şekil 4.14: ERZ-EW Blokların Deplasman Durumları



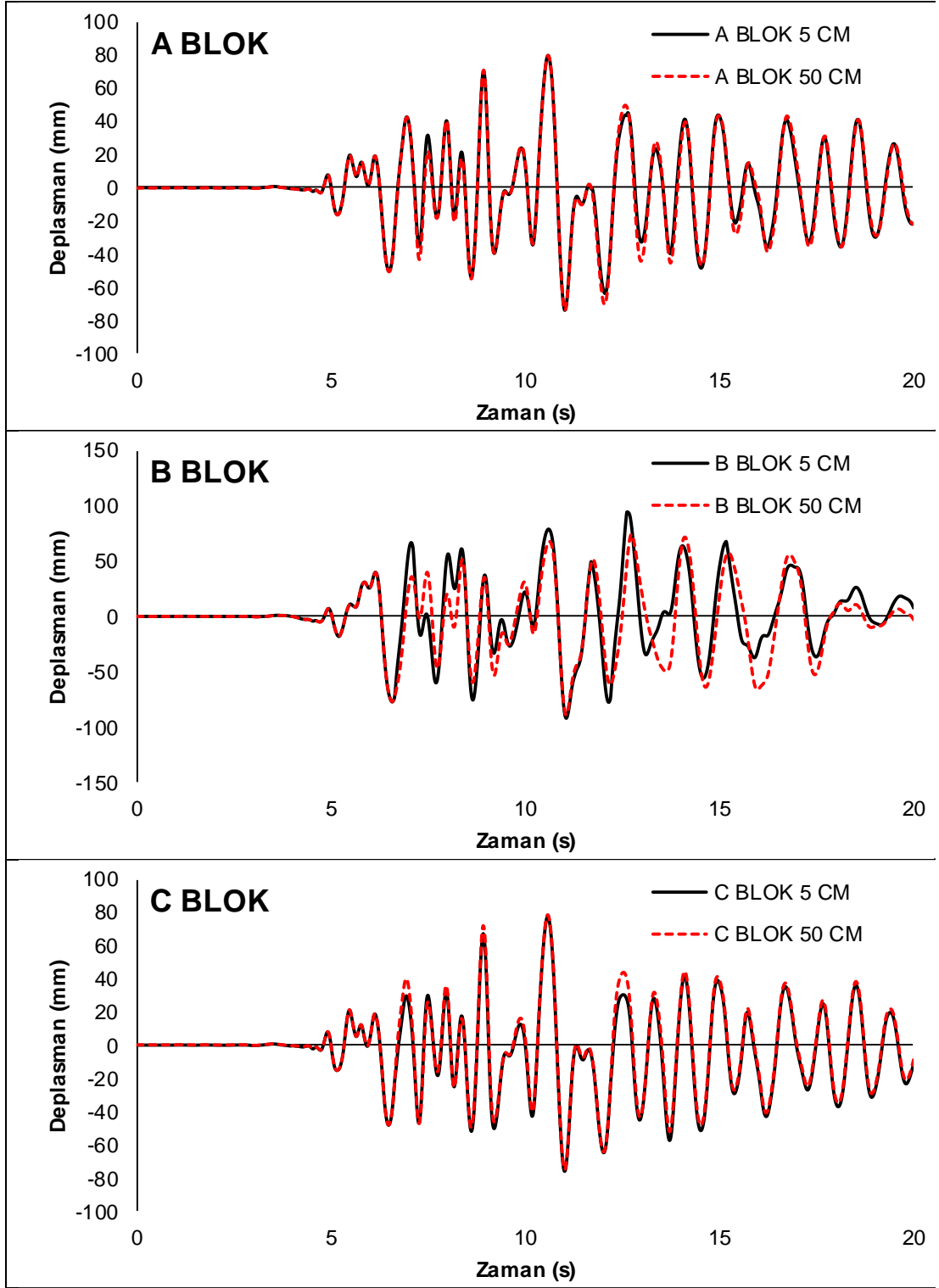
Şekil 4.15: GAZLI-GAZ000 Blokların Deplasman Durumları

Şekil 4.16'da KOBE-NIS000 Deprem kaydında çatı katı deplasman grafikleri incelendiğinde, A blokta max deplasman 5 cm dilatasyonlu durumda 80 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 80 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 1.00 oranında değişim görülmüştür. B blokta max deplasman 5 cm dilatasyonlu durumda 92 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 88 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 1.05 oranında değişim görülmüştür. C blokta max deplasman 5 cm dilatasyonlu durumda 78 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 79 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 1.01 oranında değişim görülmüştür. A Blokta taleplerde artış olurken, B ve C blokta azalma meydana gelmiştir.

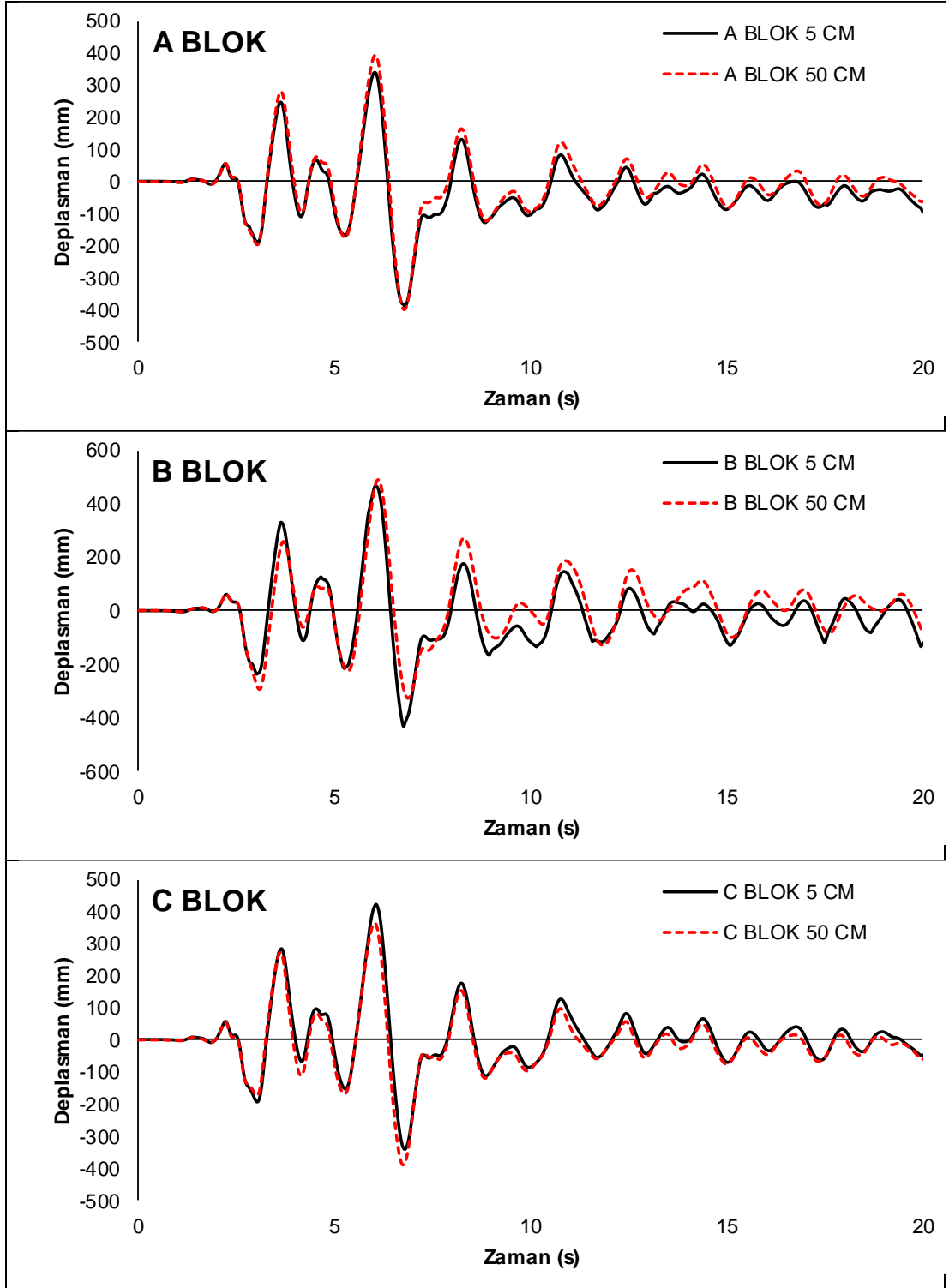
Şekil 4.17'de KOBE-TAK090 Deprem kaydında çatı katı deplasman grafikleri incelendiğinde, A blokta max deplasman 5 cm dilatasyonlu durumda 386 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 399 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 0.97 oranında değişim görülmüştür. B blokta max deplasman 5 cm dilatasyonlu durumda 458 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 491 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 0.93 oranında değişim görülmüştür. C blokta max deplasman 5 cm dilatasyonlu durumda 335 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 388 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 1.16 oranında değişim görülmüştür. A ve B Blokta taleplerde azalma olurken, C blokta artış meydana gelmiştir.

Şekil 4.18'de KOCAELİ-DZC180 Deprem kaydında çatı katı deplasman grafikleri incelendiğinde, A blokta max deplasman 5 cm dilatasyonlu durumda 92 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 91 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 1.01 oranında değişim görülmüştür. B blokta max deplasman 5 cm dilatasyonlu durumda 105 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 134 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 0.78 oranında değişim görülmüştür. C blokta max deplasman 5 cm dilatasyonlu durumda 74 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 94 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 1.26 oranında değişim görülmüştür. A ve C Bloklarda taleplerde artış olurken, B blokta azalma meydana gelmiştir.

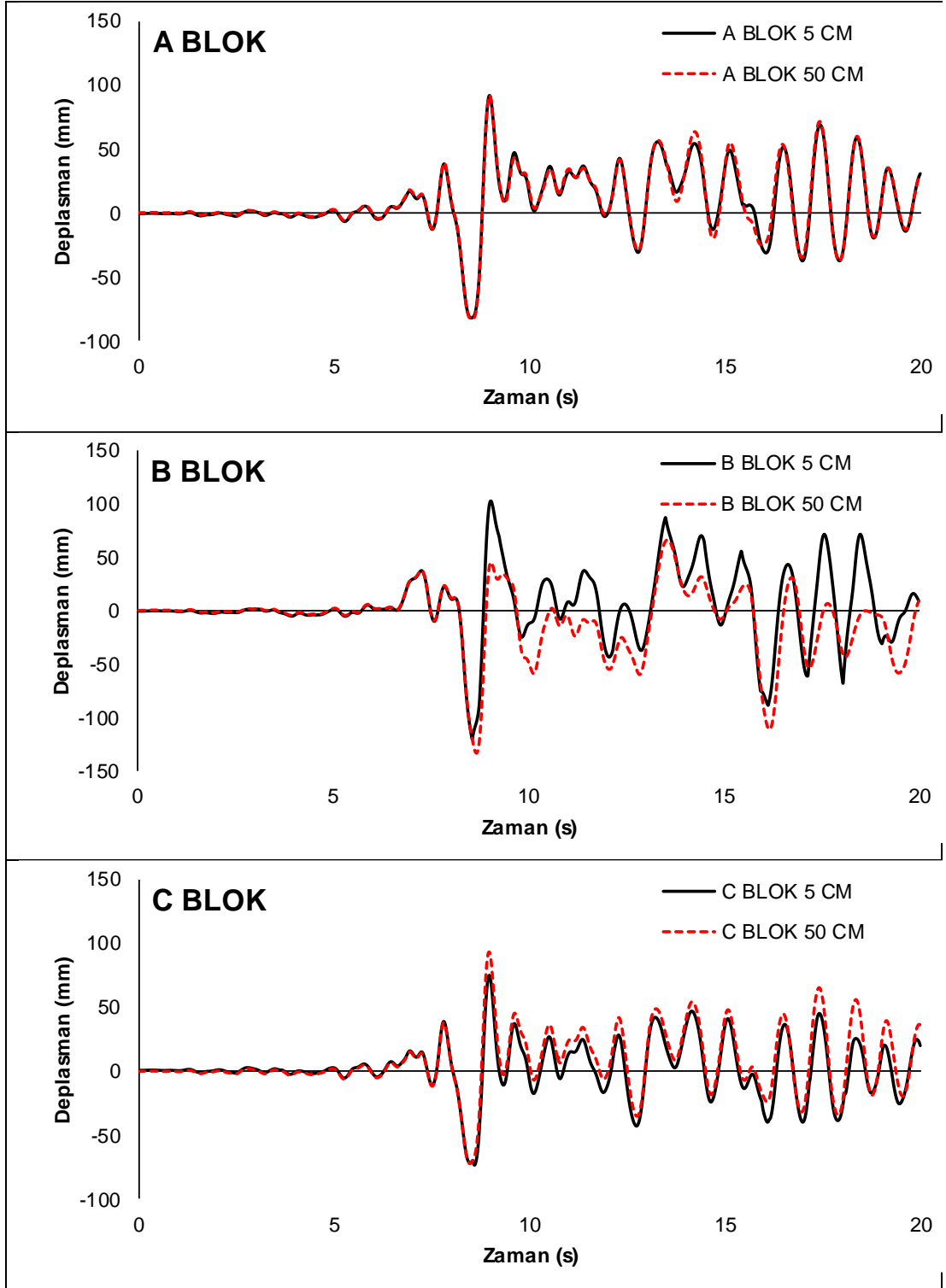




Şekil 4.16: KOBE-NIS000 Blokların Deplasman Durumları



Şekil 4.17: KOBE-TAK090 Blokların Deplasman Durumları

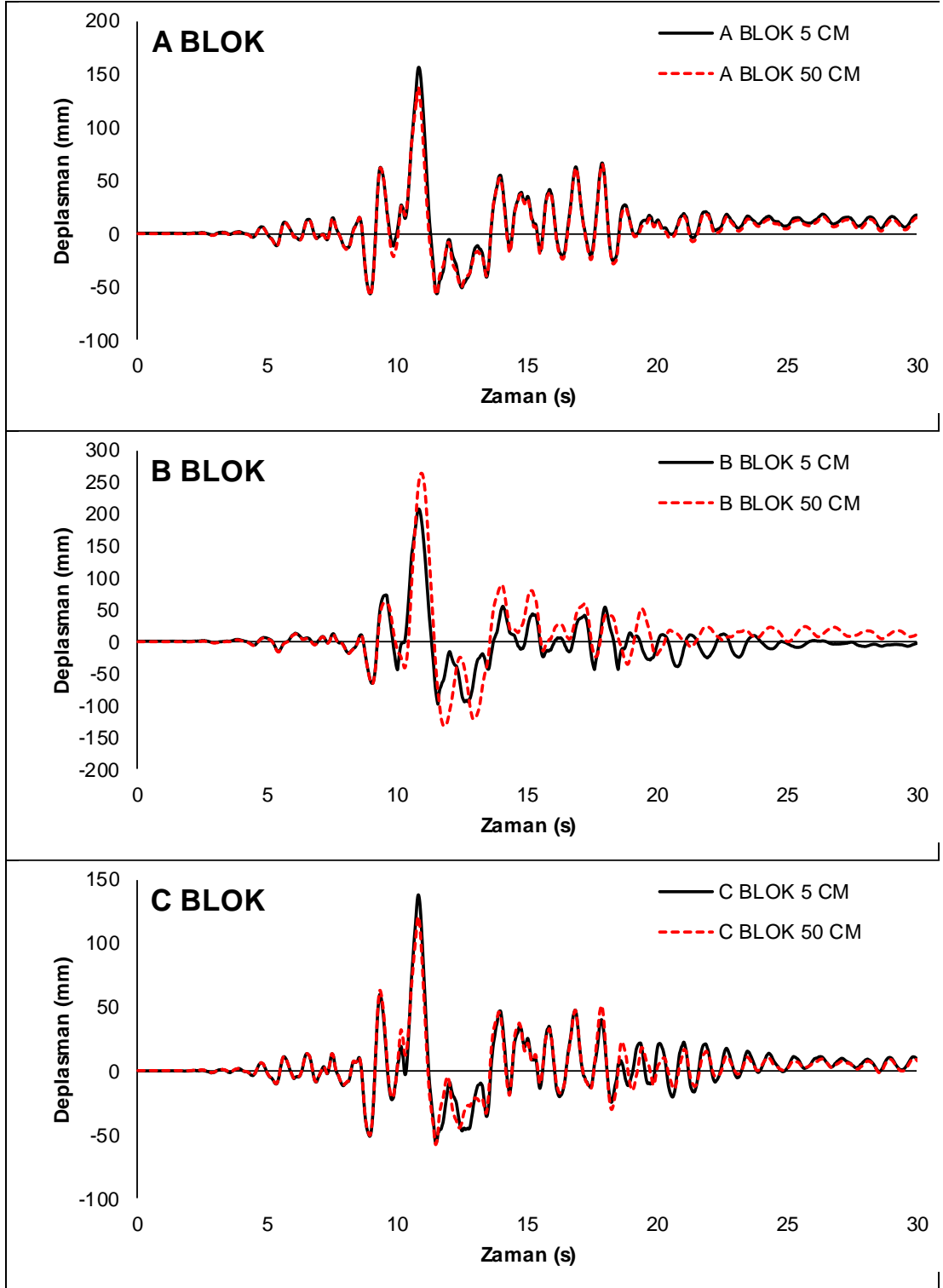


Şekil 4.18: KOCAELİ-DZC180 Blokların Deplasman Durumları

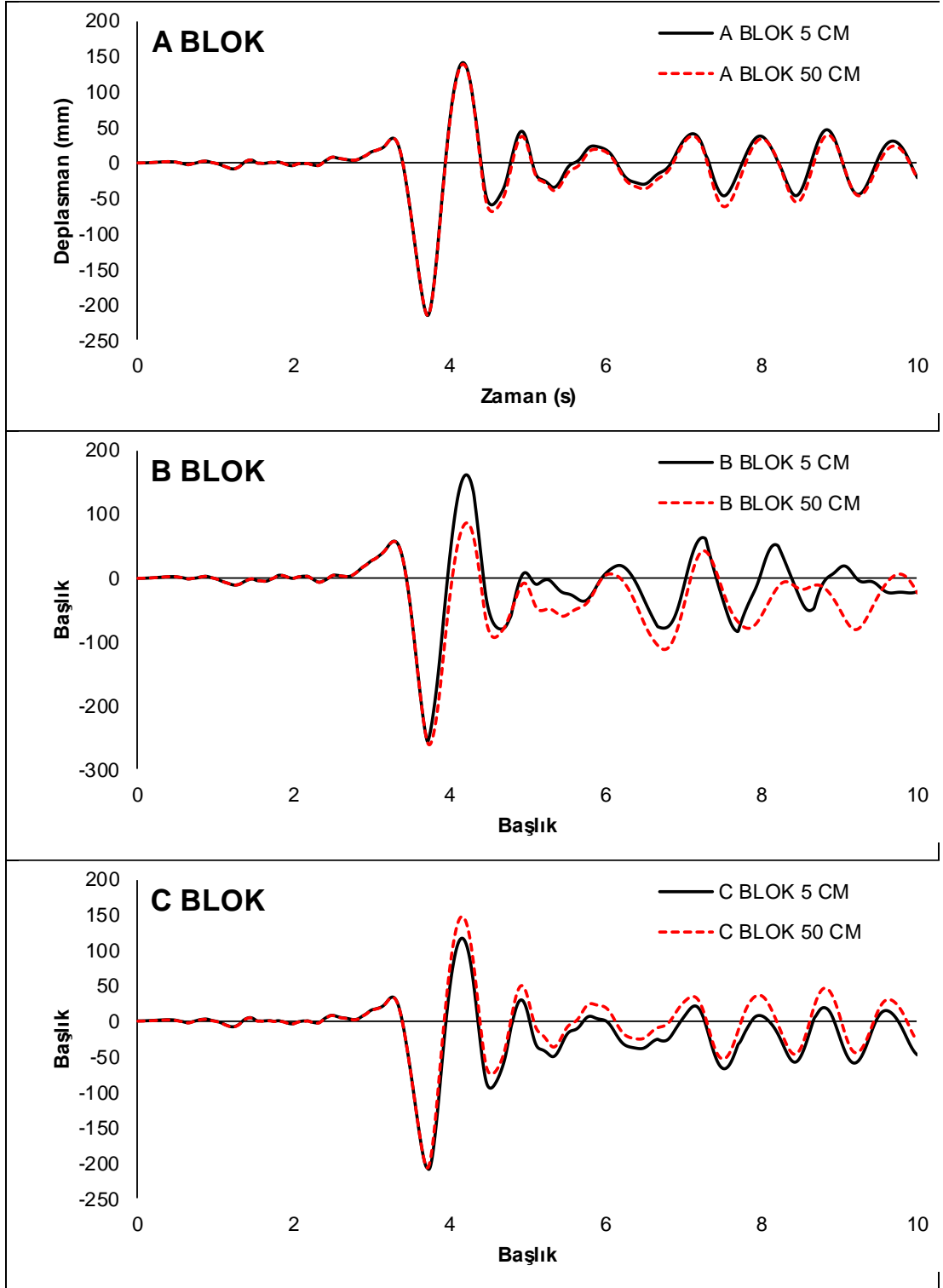
Şekil 4.19'da LANDERS-LCN275 Deprem kaydında çatı katı deplasman grafikleri incelendiğinde, A blokta max deplasman 5 cm dilatasyonlu durumda 156 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 137 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 1.14 oranında değişim görülmüştür. B blokta max deplasman 5 cm dilatasyonlu durumda 190 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 263 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 0.72 oranında değişim görülmüştür. C blokta max deplasman 5 cm dilatasyonlu durumda 138 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 122 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 0.88 oranında değişim görülmüştür. A Blokta taleplerde azalma olurken, B ve C blokta artış meydana gelmiştir.

Şekil 4.20'de MORGAN-CYC275 Deprem kaydında çatı katı deplasman grafikleri incelendiğinde, A blokta max deplasman 5 cm dilatasyonlu durumda 207 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 206 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 1.00 oranında değişim görülmüştür. B blokta max deplasman 5 cm dilatasyonlu durumda 86 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 162 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 0.53 oranında değişim görülmüştür. C blokta max deplasman 5 cm dilatasyonlu durumda 207 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 206 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 1.00 oranında değişim görülmüştür. A ve C Bloklarda taleplerde değişim görülmezken, B blokta azalma meydana gelmiştir.

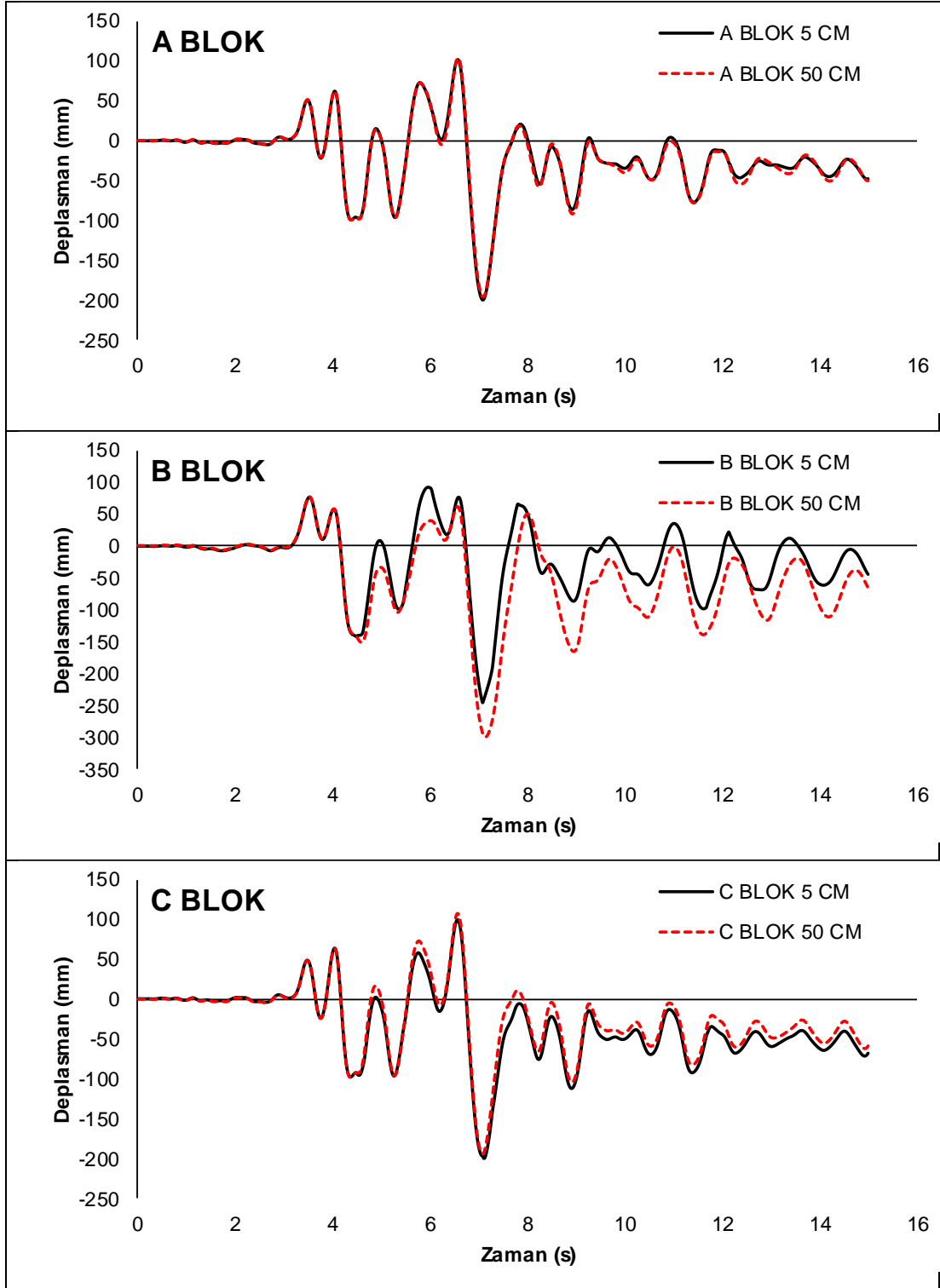
Şekil 4.21'de NORTH-SYL090 Deprem kaydında çatı katı deplasman grafikleri incelendiğinde, A blokta max deplasman 5 cm dilatasyonlu durumda 199 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 195 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 1.02 oranında değişim görülmüştür. B blokta max deplasman 5 cm dilatasyonlu durumda 233 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 301 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 0.77 oranında değişim görülmüştür. C blokta max deplasman 5 cm dilatasyonlu durumda 196 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 193 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 1.02 oranında değişim görülmüştür. A ve C Bloklarda taleplerde artış olurken, B blokta azalma meydana gelmiştir.



Şekil 4.19: LANDERS-LCN275 Blokların Deplasman Durumları



Şekil 4.20: MORGAN-CYC275 Blokların Deplasman Durumları

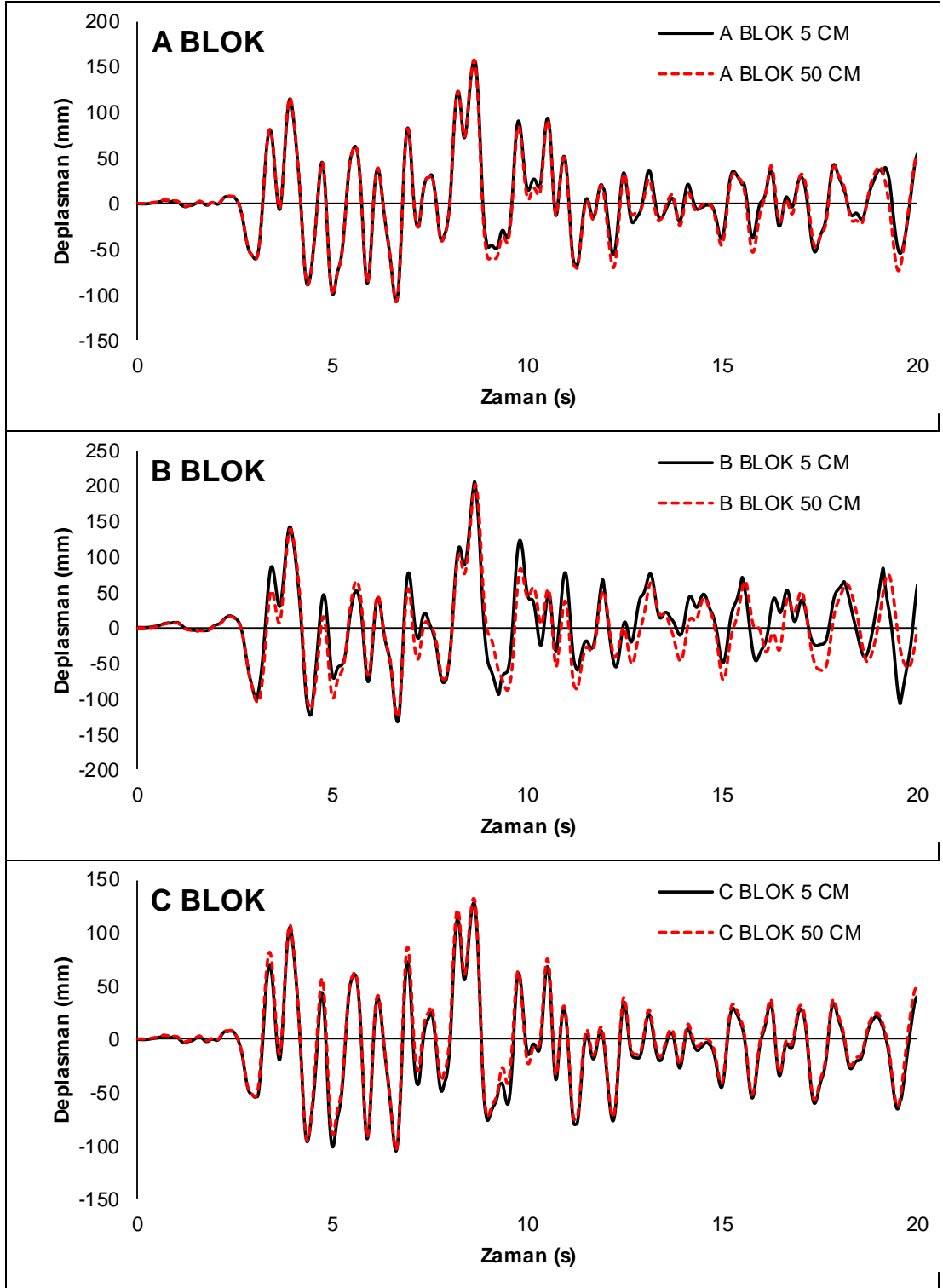


Şekil 4.21: NORTH-SYL090 Blokların Deplasman Durumları

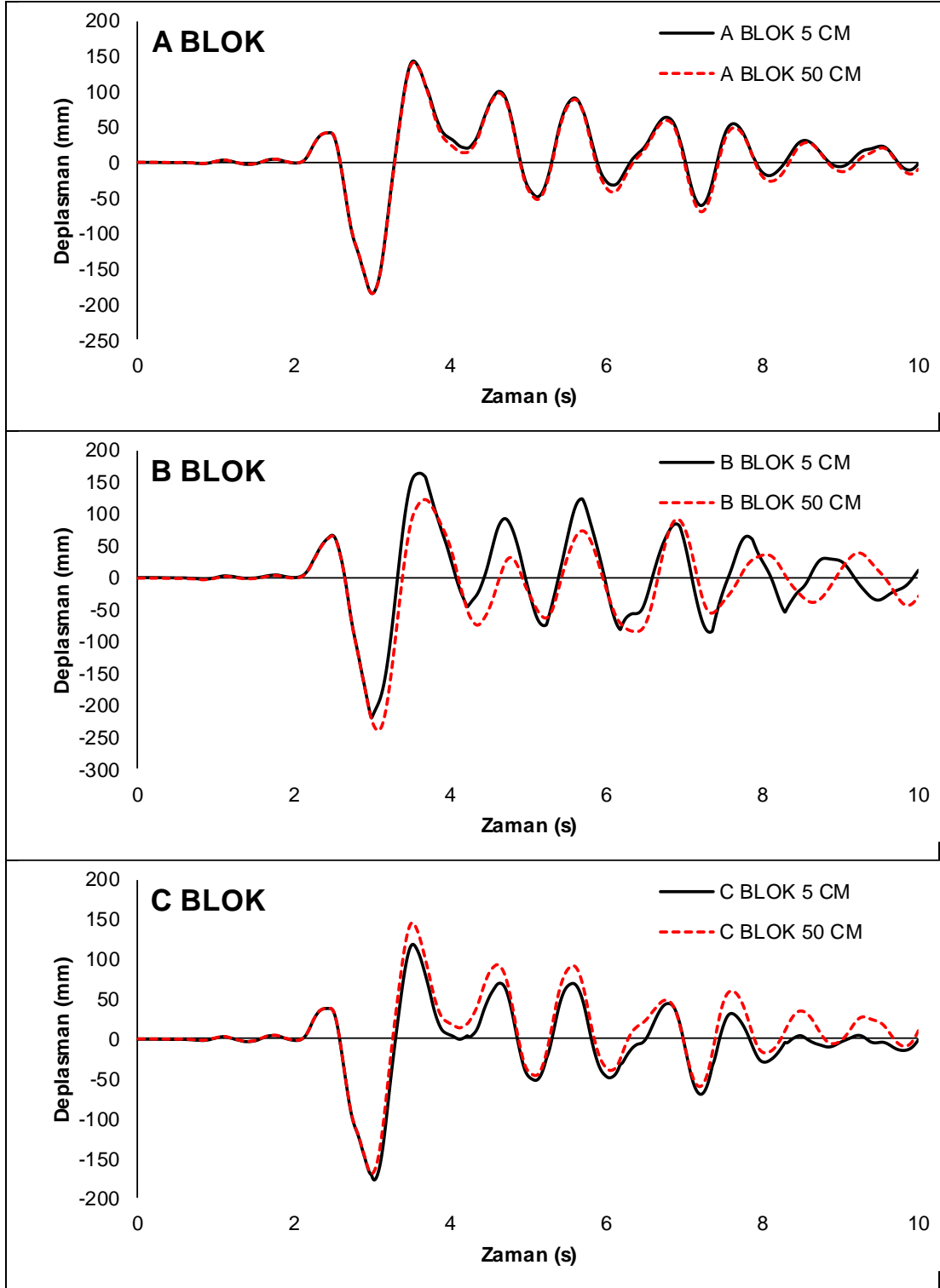
Şekil 4.22’de NORTH-TAR360 Deprem kaydında çatı katı deplasman grafikleri incelendiğinde, A blokta max deplasman 5 cm dilatasyonlu durumda 156 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 158 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 0.99 oranında değişim görülmüştür. B blokta max deplasman 5 cm dilatasyonlu durumda 200 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 202 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 0.99 oranında değişim görülmüştür. C blokta max deplasman 5 cm dilatasyonlu durumda 129 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 132 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 0.98 oranında değişim görülmüştür. Bu deprem kaydında tüm bloklarda taleplerde azalma meydana gelmiştir.

Şekil 4.23’de PALMSPR-NPS210 Deprem kaydında çatı katı deplasman grafikleri incelendiğinde, A blokta max deplasman 5 cm dilatasyonlu durumda 184 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 186 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 0.99 oranında değişim görülmüştür. B blokta max deplasman 5 cm dilatasyonlu durumda 197 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 239 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 0.82 oranında değişim görülmüştür. C blokta max deplasman 5 cm dilatasyonlu durumda 170 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 170 mm olarak hesaplanmıştır. Deplasman taleplerinde 1.00 oranında değişim görülmüştür. A ve C Bloklarda taleplerde azalma olurken, B blokta değişim meydana gelmemiştir.





Şekil 4.22: NORTH-TAR360 Blokların Deplasman Durumları



Şekil 4.23: PALMSPR-NPS210 Blokların Deplasman Durumları

Elde edilen maksimum çatı katı deplasman talepleri Tablo 4.2’de verilmektedir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde en dışta kalan binalar için çekiçleme etkilerinin deplasman talebine olan etkilerinin değişkenlik gösterdiği görülmektedir. İvme kaydının dinamik içeriğine de bağlı olarak maksimum çarpışma kuvvetinin doğrultusuna göre taleplerde artış ya da azalma gözlenebilmektedir.

Çekiçleme etkileri nedeniyle taleplerde en büyük artış oranı ERZ-EW kaydı için 1.19 olarak bulunmuştur. C Bloкта ise en büyük artış oranı 1.26 ile KOCAELI-DZC kaydı için hesaplanmıştır. Ortalama değerler incelendiğinde en dışta yer alan A ve C blokta talep değişim oranları sırasıyla 1.02 ve 0.98 olarak bulunmuştur. Her iki doğrultuda da komşu binalar nedeniyle hareketi sınırlanan B blokta beklendiği gibi çekiçleme etkileri ile deplasman talepleri azalmıştır. Talep değişim oranı ortalama 0.82 olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 4.2:** Maksimum Çatı Katı Deplasman Tablosu

Deprem Adı:	Maksimum Çatı katı Deplasmanı (mm)								
	A blok			B blok			C blok		
	5 cm	50 cm	Oran	5 cm	50 cm	Oran	5 cm	50 cm	Oran
Dzc-Bol	190	223	0.85	181	188	0.96	123	134	1.09
Erz-Ew	230	194	1.19	176	220	0.80	185	181	0.98
Gazlı-Gaz	162	153	1.06	197	239	0.82	123	119	0.97
Kobe-Nıs	80	80	1.00	92	88	1.05	78	79	1.01
Kobe-Tak	386	399	0.97	458	491	0.93	335	388	1.16
Kocaeli Dzc	92	91	1.01	105	134	0.78	74	94	1.26
Landers-Lcn	156	137	1.14	190	263	0.72	138	122	0.88
Morgan-Cyc	207	206	1.00	86	162	0.53	207	206	1.00
North-Syl	199	195	1.02	233	301	0.77	196	193	1.02
Northr-Tar	156	158	0.99	200	202	0.99	129	132	0.98
Palmspr-Nps	184	186	0.99	197	239	0.82	170	170	1.00
Ortalama	185.64	183.82	1.02	192.27	229.73	0.84	159.82	165.27	0.98

### 4.3 Deplasman Profillerinin Karşılaştırılması

Depreme dayanıklı yapı tasarımının genel prensibi, yapıya gelen deprem yükünün sünek davranış ile sönmelenmesi prensibine dayanmaktadır. Yapıların sünek davranışı deprem hareketinden oluşan deprem kuvvetlerine karşın deplasman yapabilme kabiliyeti olarak tanımlanabilir. Bu bağlamda yapının deprem kuvvetleri altında yapmış olduğu deplasman hareketlerinin incelenmesi önem arz etmektedir.

Bu bağlamda Antalya İlinde mevcut, 3 bloktan oluşan çok amaçlı betonarme bir yapı projesinin, deprem yükleri altında doğal deplasman hareketlerinin incelenmesi adına oluşturulan 50 cm lik dilatasyonlu modelin maksimum çatı katı deplasmanını hangi saniyede yaptığı her deprem kaydı için tespit edilmiştir. Tespit edilen deprem kaydı anında 50 cm dilatasyonlu modelin kat bazında ne ölçüde deplasman yaptığını gösterir grafikler hazırlanmıştır. Bu grafiklerde 50 cm dilatasyonlu model yapının ilgili deprem yükü altında doğal deplasman istemini göstermektedir.

Aynı deprem kaydının ilgili süresinde 5 cm dilatasyonlu modelinin kat deplasman değerleri aynı grafik üzerine işlenmiştir. Deplasman grafik desenleri arasında fark oluşması çekiçleme etkilerinin kat bazında ne ölçüde etkili olduğunu göstermektedir.

Her deprem kaydı için deprem yükleri altında 5 cm dilatasyonlu model ve 50 cm dilatasyonlu modelin deplasman desenleri blok bazında oluşturulmuş ve Şekil 4.24-4.34'te verilmiştir.

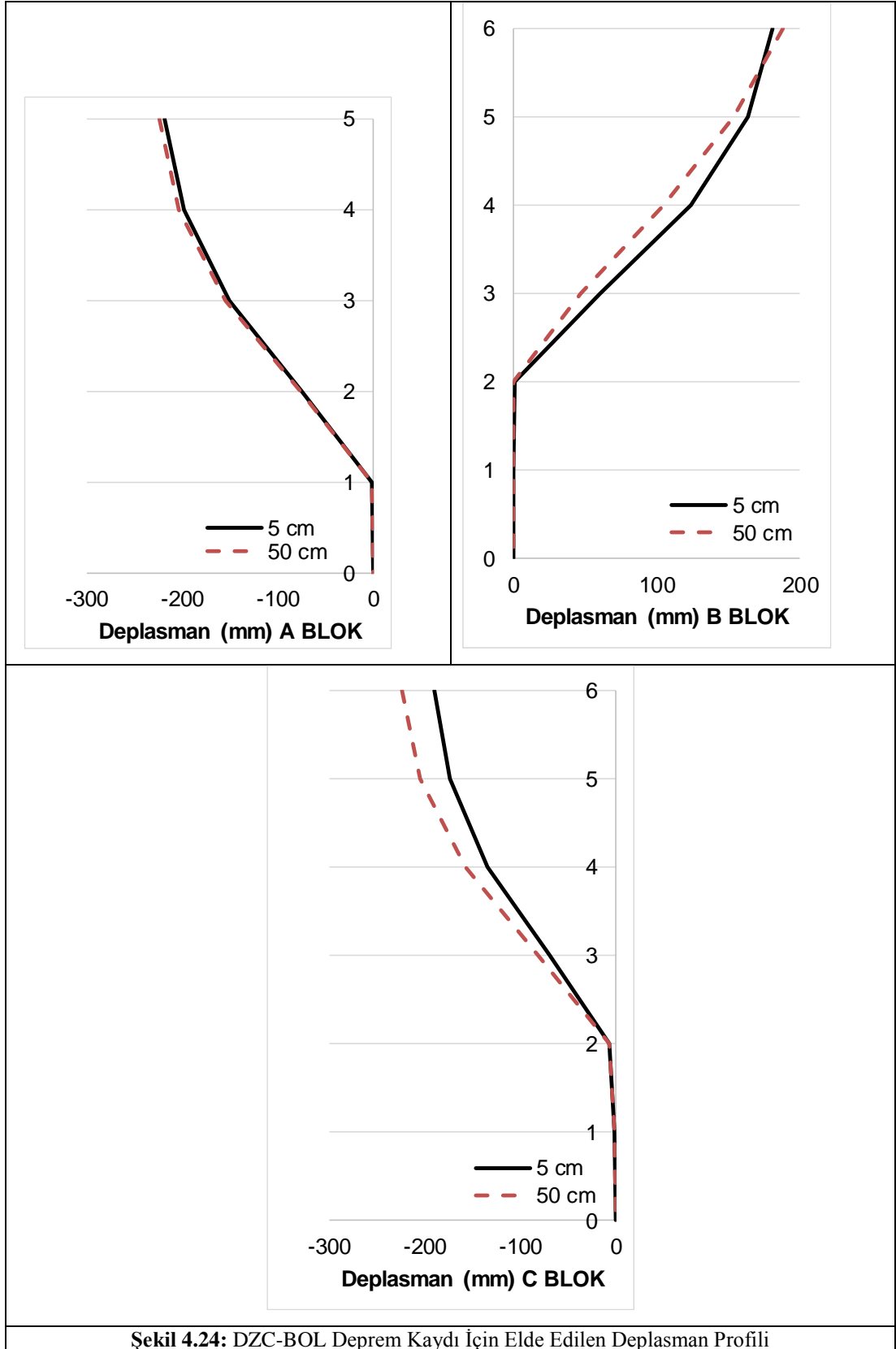
Verilen grafiklerden de anlaşıldığı üzere rijit bodrum perdelerinin yer aldığı ve çekiçleme etkilerinin bulunmadığı B blok ve C blok bodrum katlarında 5 cm dilatasyonlu model ile 50 cm dilatasyonlu modelin deplasman deseni çakışıktır. Ancak üst katlarda ise 5 cm dilatasyonlu modelin ve 50 cm dilatasyonlu modelin deplasman desenlerinin farklılık gösterdiği ve kat yüksekliği boyunca söz konusu desenler arasındaki farkın arttığı gözlemlenmektedir.

Şekil 4.24'te DZC-BOL Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profilleri incelendiğinde A blokta max deplasman 5. Katta, 5 cm dilatasyonlu durumda (-x yönünde ) 219 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 224 mm olarak hesaplanmıştır. B blokta max deplasman (+x yönünde ) 6. Katta, 5 cm dilatasyonlu durumda 182 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 189 mm olarak hesaplanmıştır. C blokta ise (-x yönünde ) 6. Katta, 5 cm dilatasyonlu durumda 190 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 224 mm olarak hesaplanmıştır. Bodrum katlarda bulunan rijit bodrum perdelerinden dolayı çekiçleme etkileri oluşmamış, iki modelinde deplasman desenlerinde çakışma meydana gelmiştir. Ayrıca B blokta konumu dolayısı ile hareketlerinde kısıtlama olduğu için kat deplasman taleplerinde artış meydana gelmiş, diğer blokların taleplerinde ise azalma oluşmuştur.

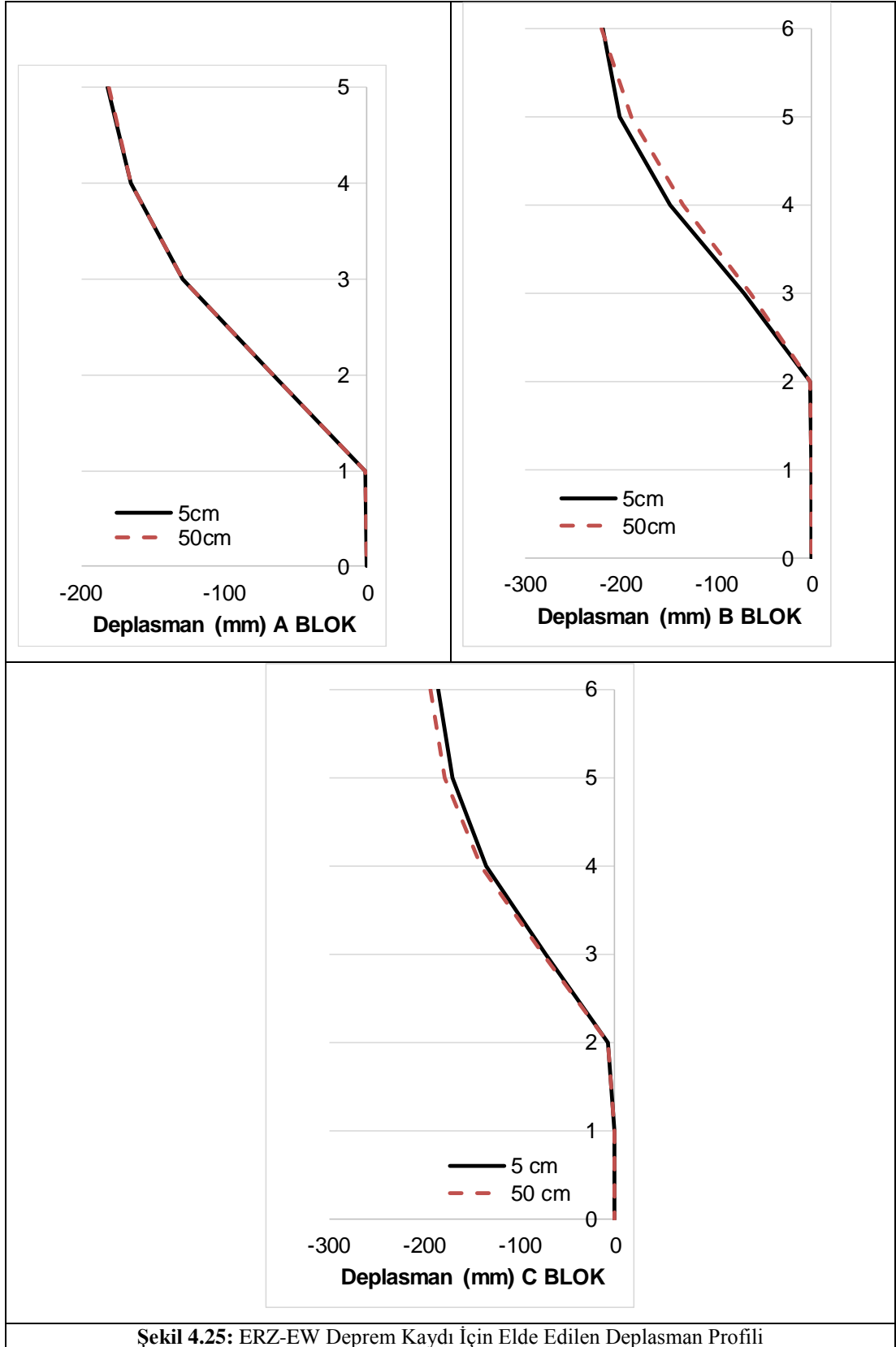
Şekil 4.25'te ERZ-EW Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profilleri incelendiğinde A blokta max deplasman 5. Katta, 5 cm ve 50 cm dilatasyonlu durumlarda (-x yönünde ) 181 mm olarak hesaplanmıştır. B blokta max deplasman (-x yönünde ) 6. Katta, 5 cm dilatasyonlu durumda 219 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 220 mm olarak hesaplanmıştır. C blokta ise (-x yönünde ) 6. Katta, 5 cm dilatasyonlu durumda 185 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 194 mm olarak hesaplanmıştır.

Şekil 4.26'da GAZLI-GAZ Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profilleri incelendiğinde A blokta max deplasman 5. Katta, 5 cm dilatasyonlu durumda (-x yönünde ) 160 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 147 mm olarak hesaplanmıştır. B blokta max deplasman (-x yönünde ) 6. Katta, 5 cm dilatasyonlu durumda 197 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 239 mm olarak hesaplanmıştır. C blokta ise (-x yönünde ) 6. Katta, 5 cm dilatasyonlu durumda 141 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 153 mm olarak hesaplanmıştır.

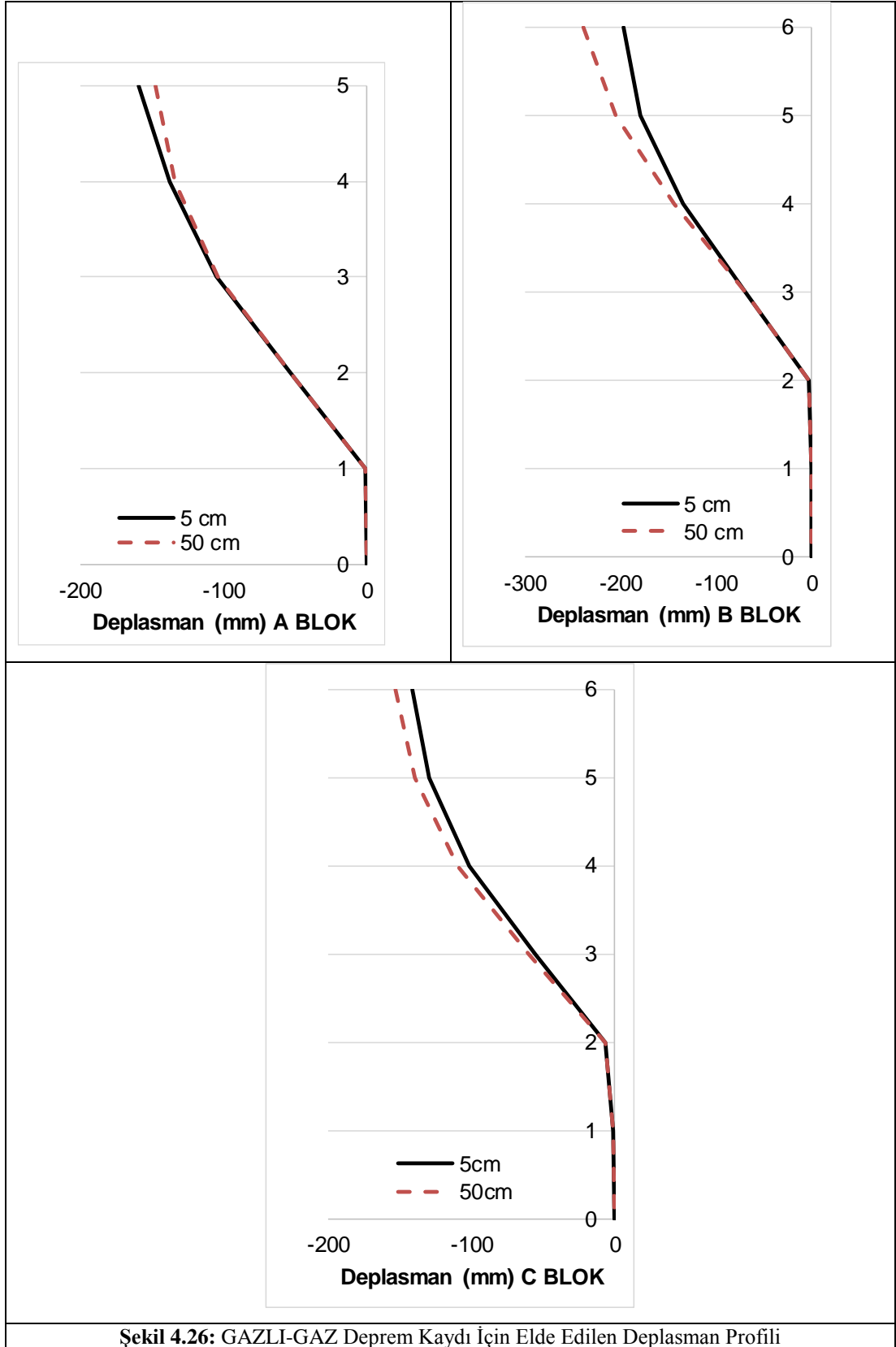
Şekil 4.27'de KOBE-NIS Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profilleri incelendiğinde A blokta max deplasman 5. Katta, 5 cm dilatasyonlu durumda (+x yönünde ) 78 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 79 mm olarak hesaplanmıştır. B blokta max deplasman (-x yönünde ) 6. Katta, 5 cm dilatasyonlu durumda 92 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 88 mm olarak hesaplanmıştır. C blokta ise (+x yönünde ) 6. Katta, 5 cm dilatasyonlu durumda 80 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 80 mm olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.24: DZC-BOL Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profili

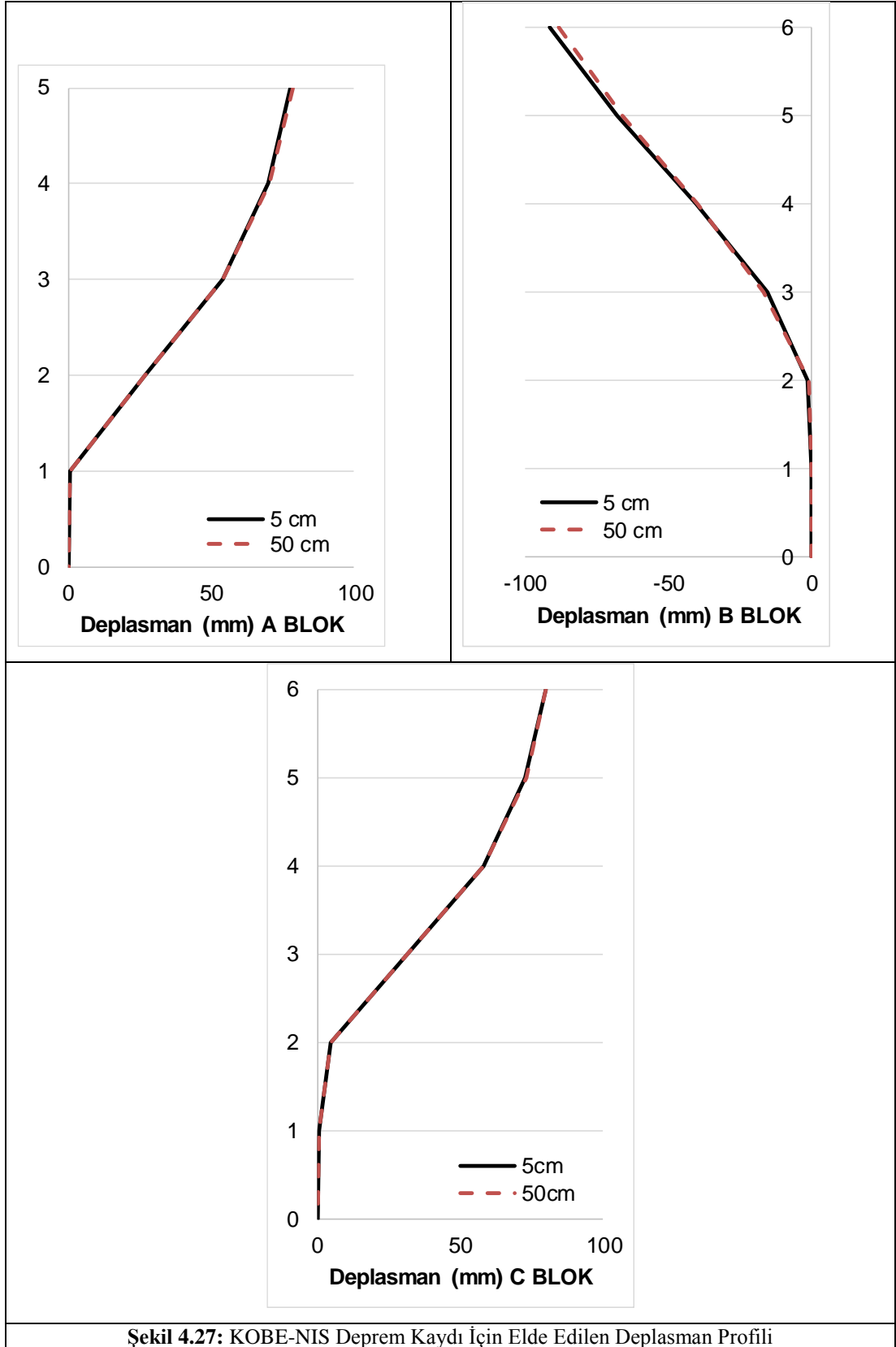


Şekil 4.25: ERZ-EW Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profili



Şekil 4.26: GAZLI-GAZ Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profili





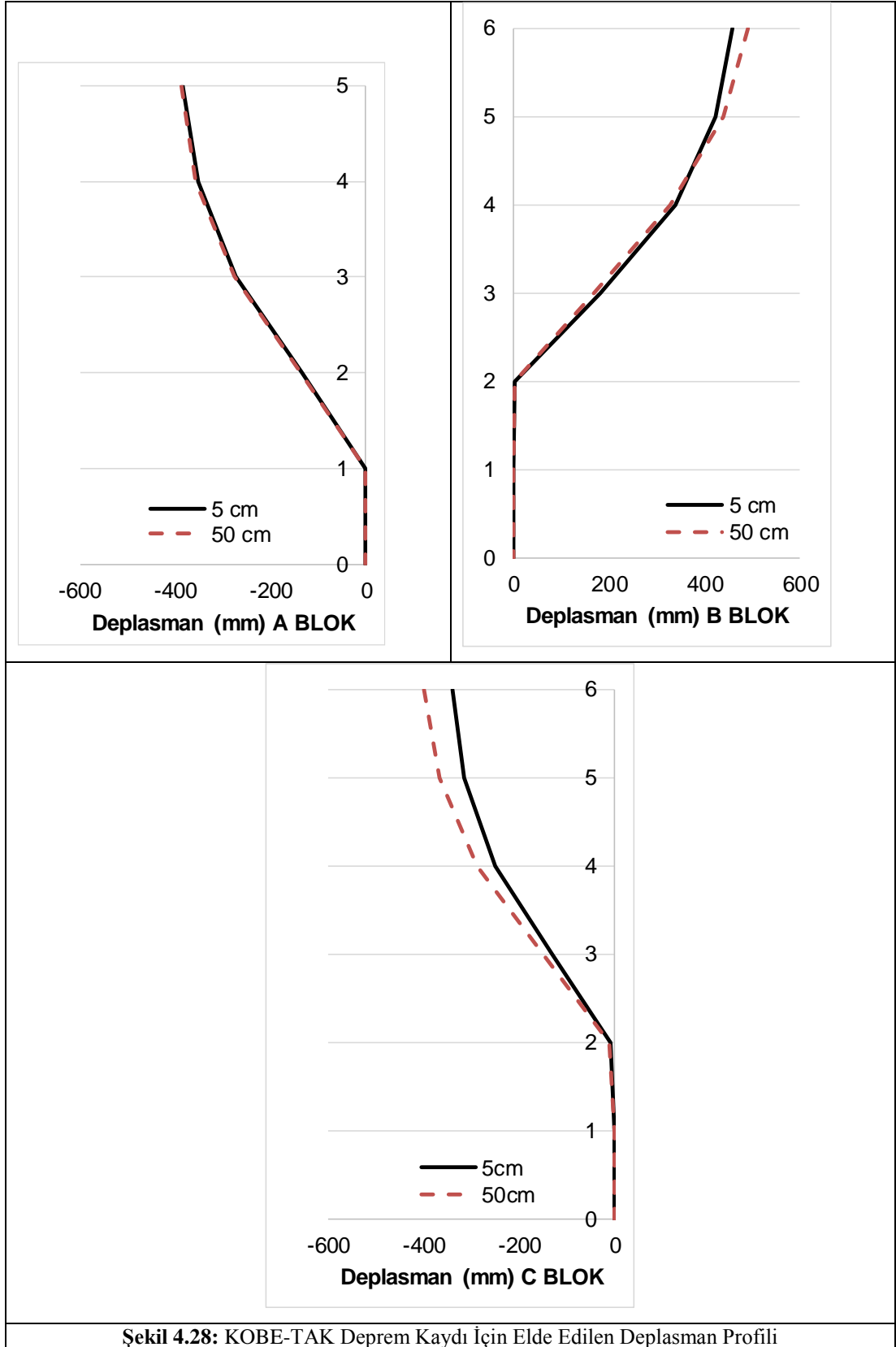
Şekil 4.27: KOBE-NIS Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profili

Şekil 4.28’de KOBE-TAK Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profilleri incelendiğinde A blokta max deplasman 5. Katta, 5 cm dilatasyonlu durumda (-x yönünde ) 383 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 388 mm olarak hesaplanmıştır. B blokta max deplasman (+x yönünde ) 6. Katta, 5 cm dilatasyonlu durumda 458 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 491 mm olarak hesaplanmıştır. C blokta ise (-x yönünde ) 6. Katta, 5 cm dilatasyonlu durumda 339 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 399 mm olarak hesaplanmıştır.

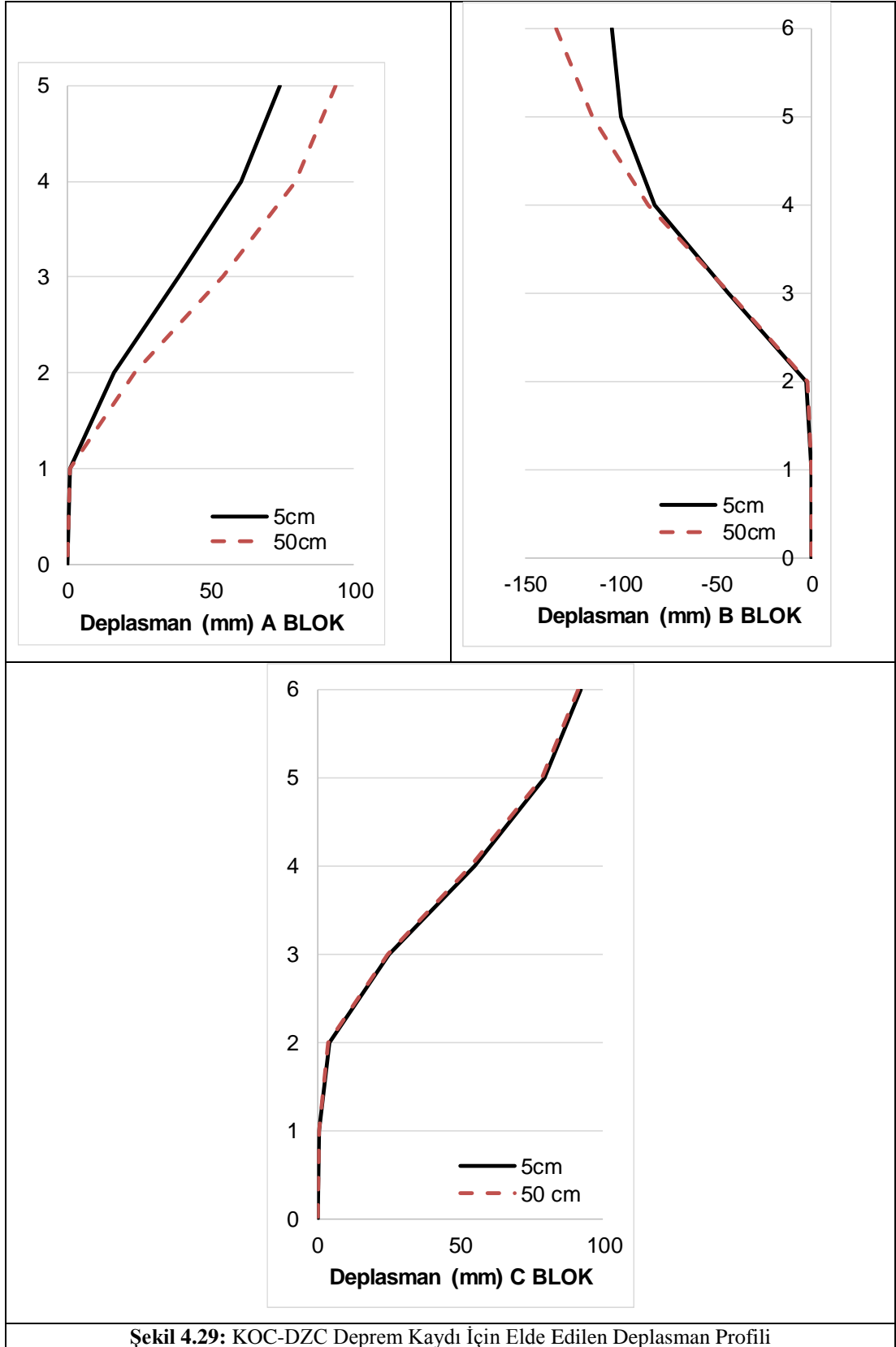
Şekil 4.29’da KOC-DZC Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profilleri incelendiğinde A blokta max deplasman 5 cm dilatasyonlu durumda (+x yönünde ) 74 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 94 mm olarak hesaplanmıştır. B blokta max deplasman (-x yönünde ) 5 cm dilatasyonlu durumda 105 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 134 mm olarak hesaplanmıştır. C blokta ise (+x yönünde ) 5 cm dilatasyonlu durumda 92 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 91 mm olarak hesaplanmıştır.

Şekil 4.30’da LANDERS-LCN Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profilleri incelendiğinde A blokta max deplasman 5. Katta, 5 cm dilatasyonlu durumda (+x yönünde ) 138 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 122 mm olarak hesaplanmıştır. B blokta max deplasman (+x yönünde ) 6. Katta, 5 cm dilatasyonlu durumda 249 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 207 mm olarak hesaplanmıştır. C blokta ise (+x yönünde ) 6. Katta, 5 cm dilatasyonlu durumda 136 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 157 mm olarak hesaplanmıştır.

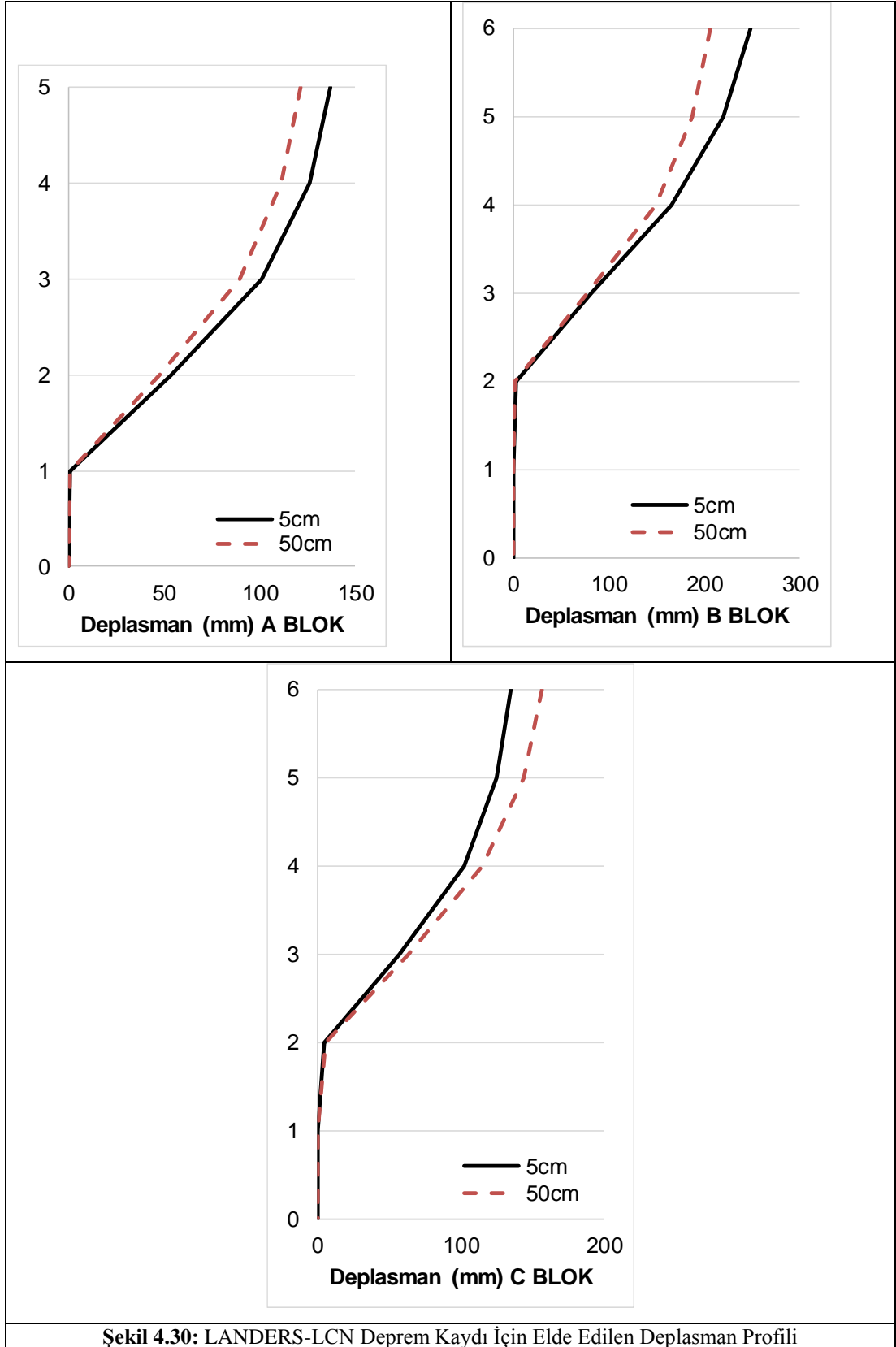
Şekil 4.31’de MORGAN-CYC Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profilleri incelendiğinde A blokta max deplasman 5. Katta, 5 cm dilatasyonlu durumda (-x yönünde ) 206 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 206 mm olarak hesaplanmıştır. B blokta max deplasman (-x yönünde ) 6. Katta, 5 cm dilatasyonlu durumda 247 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 261 mm olarak hesaplanmıştır. C blokta ise (-x yönünde ) 6. Katta, 5 cm dilatasyonlu durumda 215 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 216 mm olarak hesaplanmıştır.



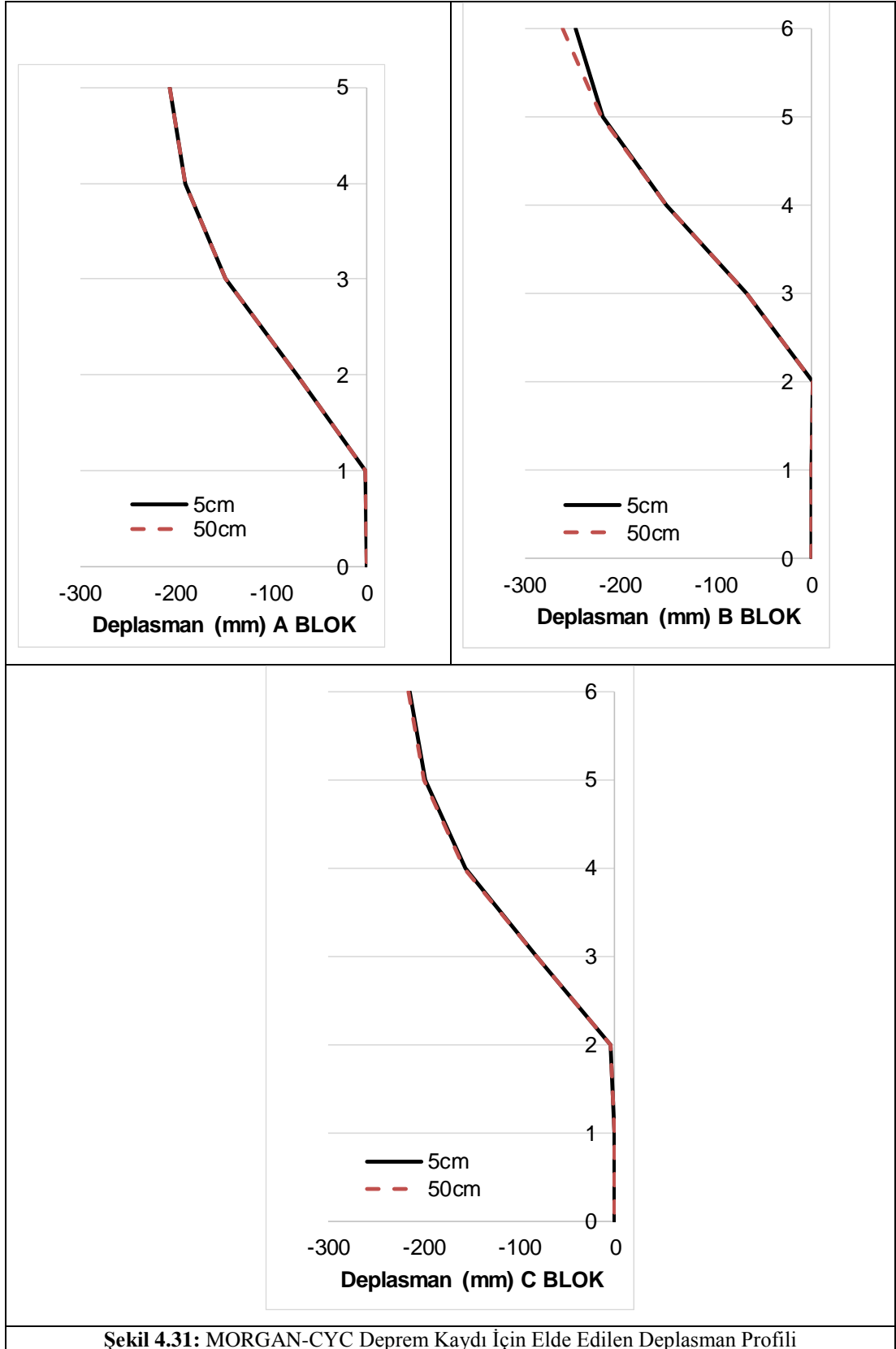
Şekil 4.28: KOBE-TAK Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profili



Şekil 4.29: KOC-DZC Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profili



Şekil 4.30: LANDERS-LCN Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profili

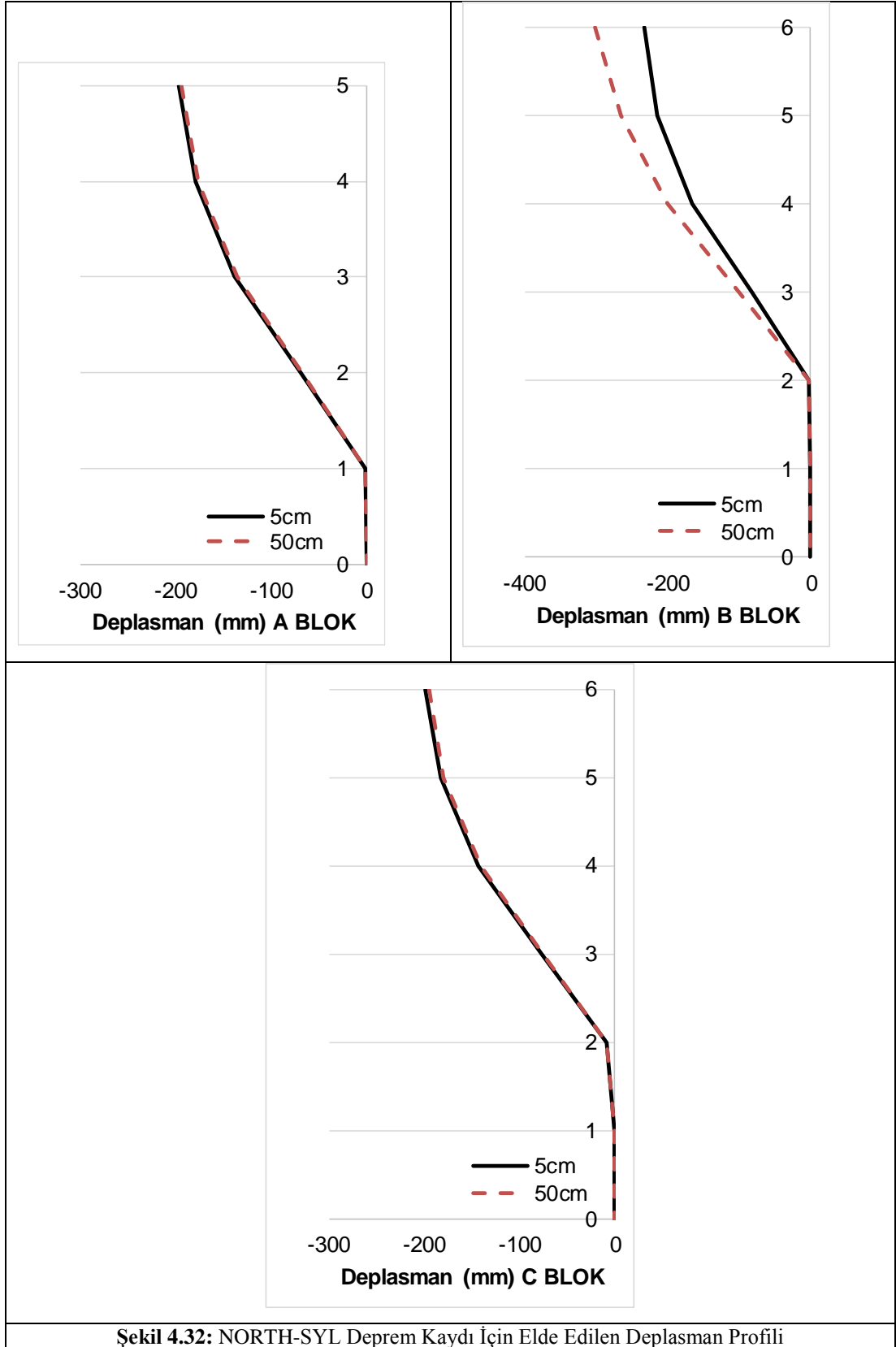


Şekil 4.31: MORGAN-CYC Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profili

Şekil 4.32’de NORTH-SYL Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profilleri incelendiğinde A blokta max deplasman 5. Katta, 5 cm dilatasyonlu durumda (-x yönünde ) 196 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 193 mm olarak hesaplanmıştır. B blokta max deplasman (-x yönünde ) 6. Katta, 5 cm dilatasyonlu durumda 233 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 301 mm olarak hesaplanmıştır. C blokta ise (-x yönünde ) 6. Katta, 5 cm dilatasyonlu durumda 199 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 195 mm olarak hesaplanmıştır.

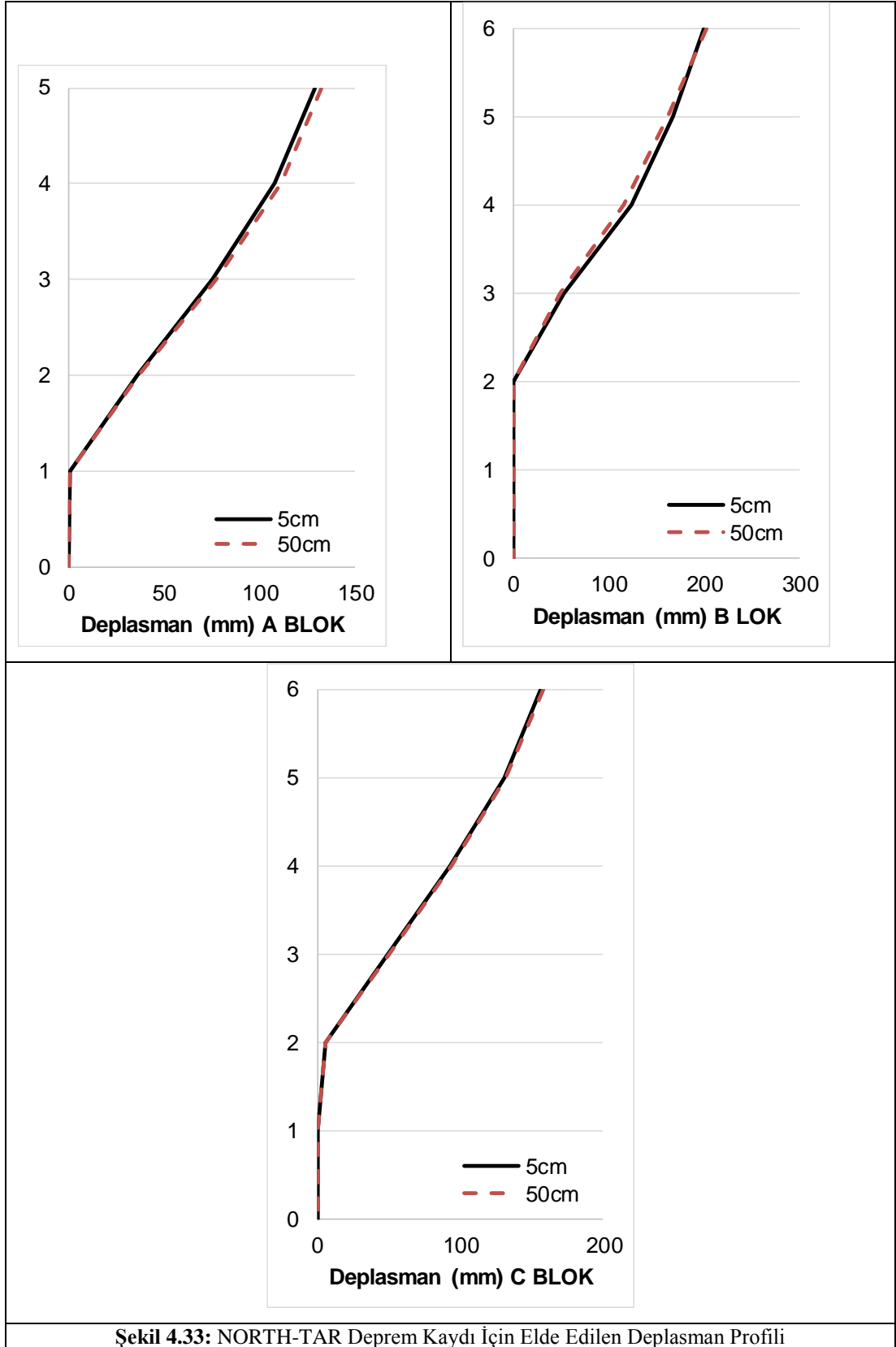
Şekil 4.33’te NORTH-TAR Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profilleri incelendiğinde A blokta max deplasman 5. Katta, 5 cm dilatasyonlu durumda (+x yönünde ) 129 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 132 mm olarak hesaplanmıştır. B blokta max deplasman (+x yönünde ) 6. Katta, 5 cm dilatasyonlu durumda 200 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 202 mm olarak hesaplanmıştır. C blokta ise (+x yönünde ) 6. Katta, 5 cm dilatasyonlu durumda 156 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 158 mm olarak hesaplanmıştır.

Şekil 4.34’de PALMSPR-NPS Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profilleri incelendiğinde A blokta max deplasman 5. Katta, 5 cm dilatasyonlu durumda (-x yönünde ) 170 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 170 mm olarak hesaplanmıştır. B blokta max deplasman (-x yönünde ) 6. Katta, 5 cm dilatasyonlu durumda 197 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 239 mm olarak hesaplanmıştır. C blokta ise (-x yönünde ) 6. Katta, 5 cm dilatasyonlu durumda 184 mm, 50 cm dilatasyonlu durumda ise 186 mm olarak hesaplanmıştır.

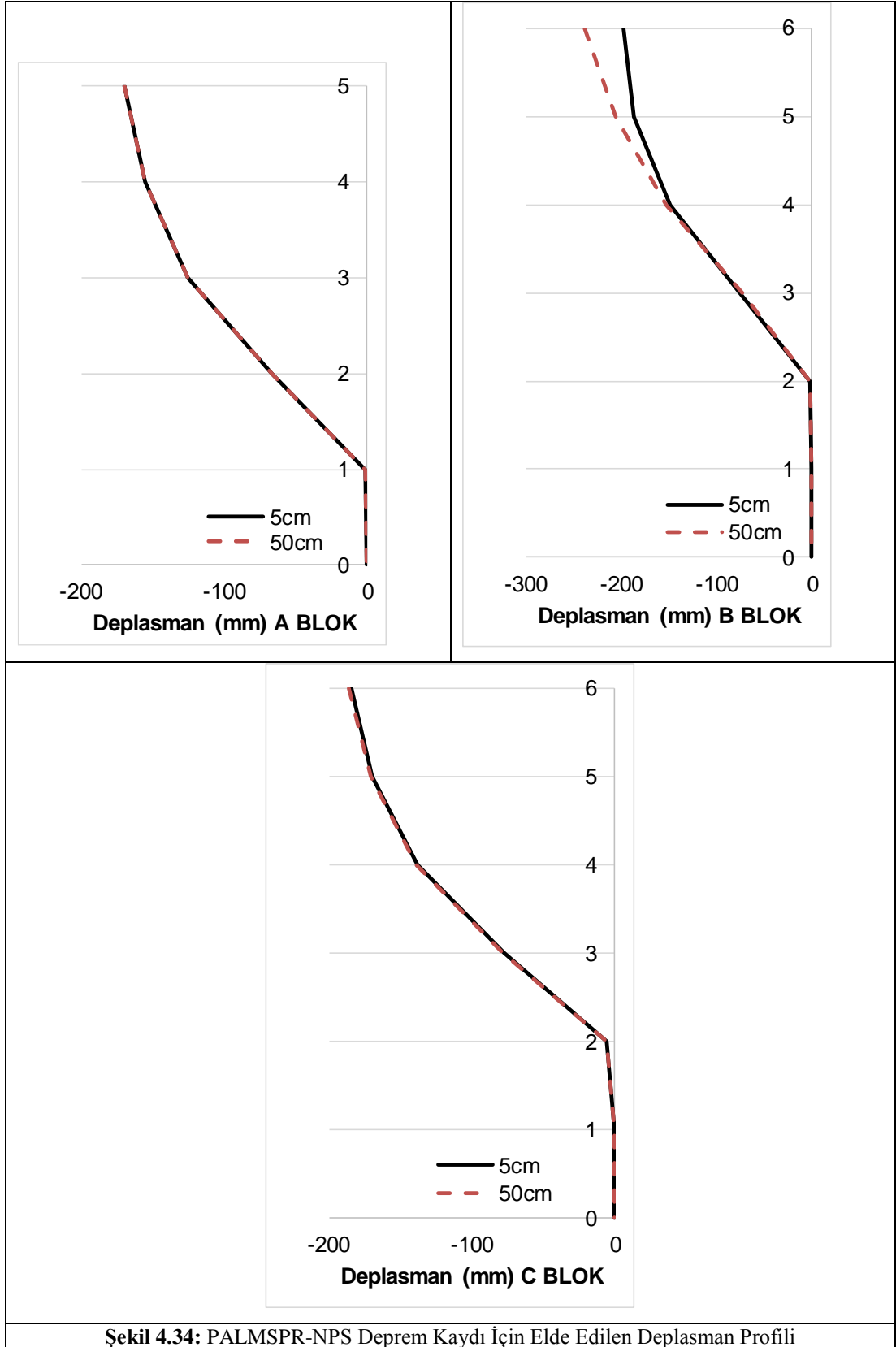


Şekil 4.32: NORTH-SYL Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profili





Şekil 4.33: NORTH-TAR Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profili



Şekil 4.34: PALMSPR-NPS Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profili

#### 4.4 IDR Grafikleri

Çekiçleme etkilerinin görelî kat ötelemelerine etkilerini inceleyebilmek adına görelî kat ötelemelerinin değişimlerinin 50 cm dilatasyonlu model ve 5 cm dilatasyonlu model için her deprem katından alınan veriler doğrultusunda oluşturulan modeller aşağıda sırası ile Şekil 4.35-4.45’de verilmiştir. Elde edilen maksimum değerler ise Tablo 4.3’te özetlenmiştir.

**Tablo 4.3:** Görelî Kat Ötelemeleri

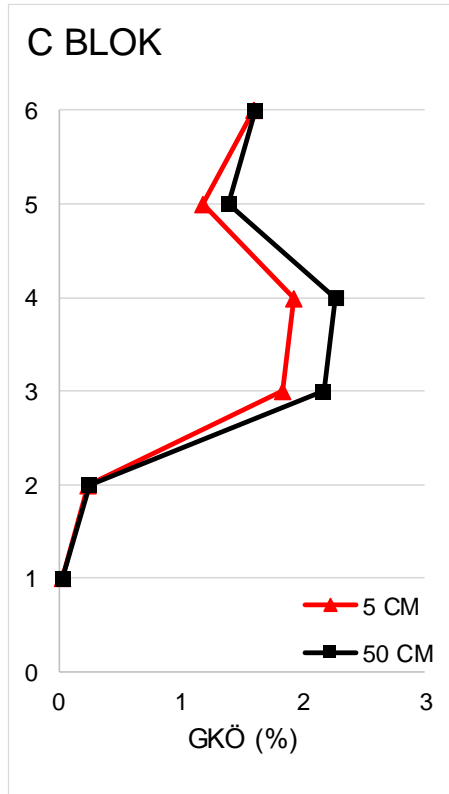
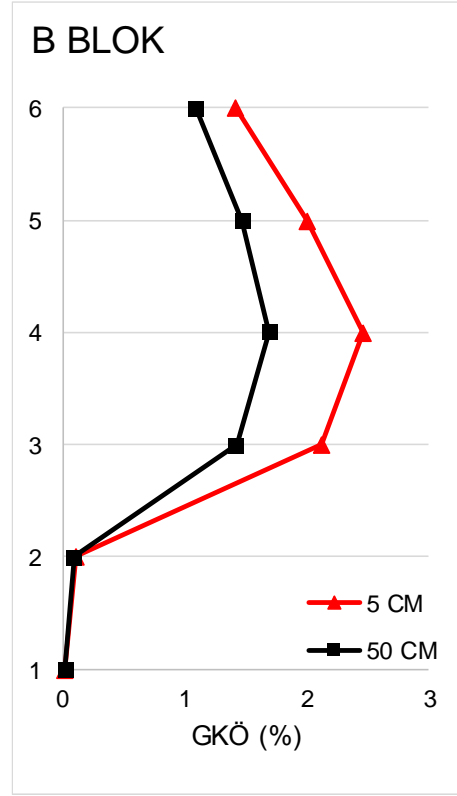
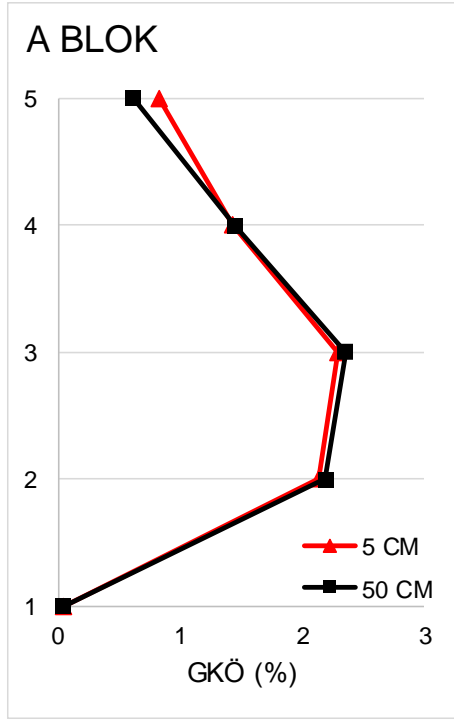
MAKSİMUM IDR									
Deprem Adı	A BLOK			B BLOK			C BLOK		
	5 cm	50 cm	Oran	5 cm	50 cm	Oran	5 cm	50 cm	Oran
<b>Dzc-Bol090</b>	2.28	2.35	0.97	2.45	1.47	1.67	1.92	2.26	0.85
<b>Erz-Ew</b>	1.88	1.92	0.98	2.28	2.09	1.09	1.93	2.01	0.96
<b>Gazlı-Gaz000</b>	1.54	1.53	1.01	2.02	2.19	0.92	1.46	1.57	0.93
<b>Kobe-Nıs000</b>	0.79	0.80	0.99	0.84	0.77	1.09	0.80	0.81	0.99
<b>Kobe-Tak090</b>	4.01	4.15	0.97	5.36	4.91	1.09	4.31	4.24	1.02
<b>Kocaeli-Dzc180</b>	0.72	0.90	0.80	1.23	1.26	0.98	0.87	0.88	0.99
<b>Landers-Lcn275</b>	1.57	1.39	1.13	2.54	2.25	1.13	1.61	1.75	0.92
<b>Morgan-Cyc285</b>	2.19	2.21	0.99	2.50	2.48	1.01	2.31	2.33	0.99
<b>Northr-Syl090</b>	2.04	2.01	1.01	2.48	2.92	0.85	2.00	1.95	1.03
<b>Northr-Tar360</b>	1.19	1.22	0.98	2.10	1.96	1.07	1.34	1.37	0.98
<b>Palmspr-Nps210</b>	1.95	1.96	0.99	2.37	2.38	1.00	2.12	2.13	1.00

Şekil 4.35'te bulunan DZC-BOL Deprem Kaydında max. GKÖ A blokta 3. Katta gerçekleşmekte olup, çarpışmalı durumda 2.28 ve çarpışmasız durumda ise 2.35 olarak hesaplanmıştır. B blokta 4. Katta gerçekleşmekte olup, çarpışmalı durumda 2.45 ve çarpışmasız durumda ise 1.47 olarak hesaplanmıştır. C blokta ise maksimum GKÖ 4. Katta gerçekleşmiş, çarpışmalı durumda 1.92 ve çarpışmasız durumda ise 2.26 olarak hesaplanmıştır. Değişim oranları A blokta 0.97 B blokta 1.67 C blokta 0.85 olarak hesaplanmıştır. B blokta deplasman taleplerinde azalma meydana gelse bile, görelî kat ötelenme oranlarında %67 artış gerçekleştiği görülmüştür.

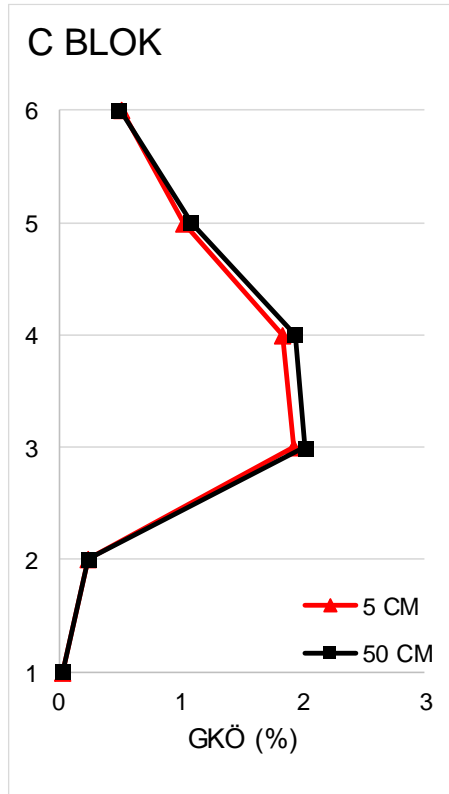
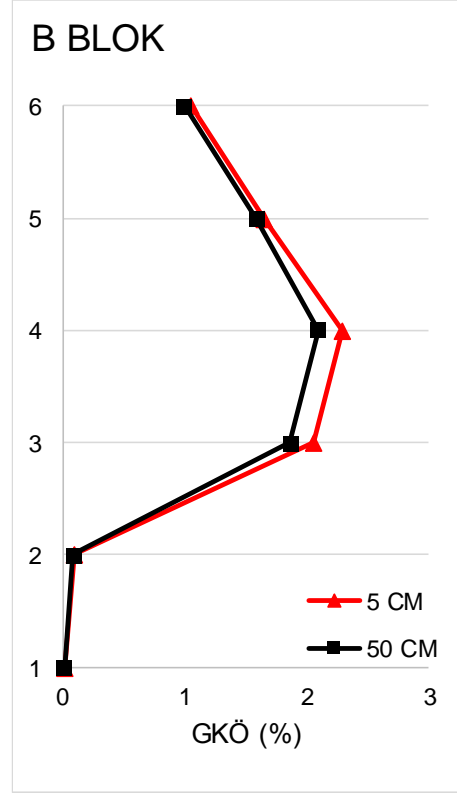
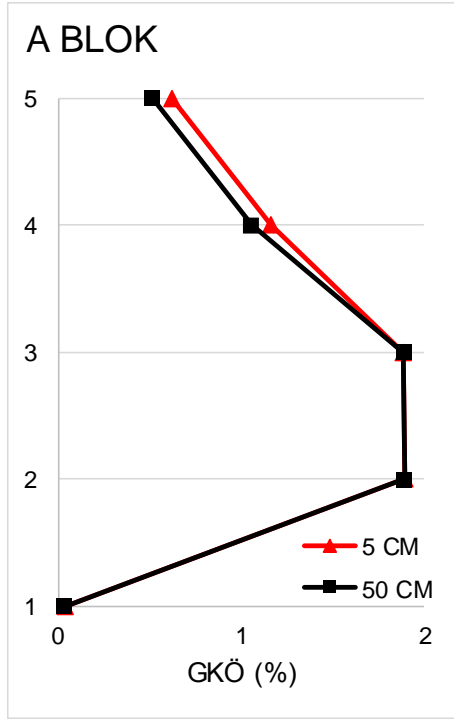
Şekil 4.36'da bulunan ERZ-EW Deprem Kaydında max. GKÖ A blokta 2. Katta gerçekleşmekte olup, çarpışmalı durumda 1.88 ve çarpışmasız durumda ise 1.92 olarak hesaplanmıştır. B blokta 4. Katta gerçekleşmekte olup, çarpışmalı durumda 2.28 ve çarpışmasız durumda ise 2.09 olarak hesaplanmıştır. C blokta ise maksimum GKÖ 3. Katta gerçekleşmiş, çarpışmalı durumda 1.93 ve çarpışmasız durumda ise 2.01 olarak hesaplanmıştır. Değişim oranları A blokta 0.98 B blokta 1.09 C blokta 0.96 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 4.37'de bulunan GAZLI-GAZ Deprem Kaydında max. GKÖ A blokta 2. Katta gerçekleşmekte olup, çarpışmalı durumda 1.54 ve çarpışmasız durumda ise 1.53 olarak hesaplanmıştır. B blokta 4. Katta gerçekleşmekte olup, çarpışmalı durumda 2.02 ve çarpışmasız durumda ise 2.19 olarak hesaplanmıştır. C blokta ise maksimum GKÖ 3. Katta gerçekleşmiş, çarpışmalı durumda 1.46 ve çarpışmasız durumda ise 1.57 olarak hesaplanmıştır. Değişim oranları A blokta 1.01 B blokta 0.92 C blokta 0.93 olarak hesaplanmıştır.

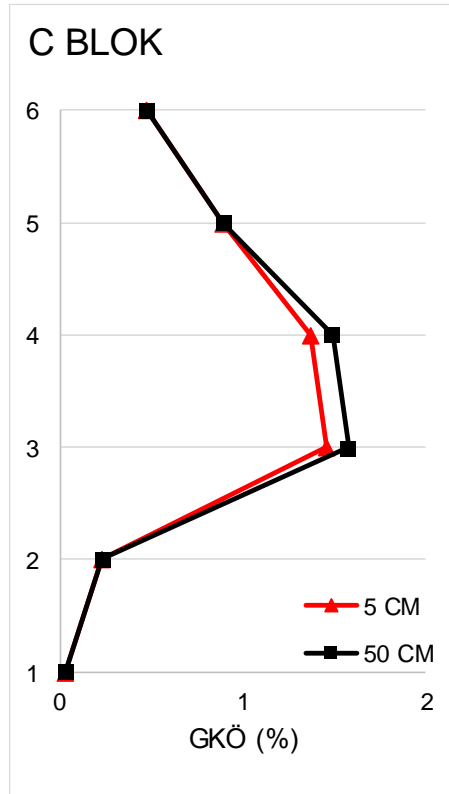
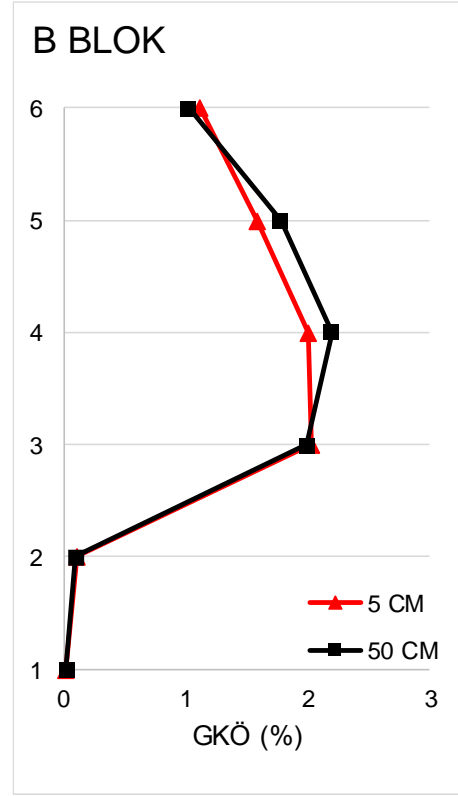
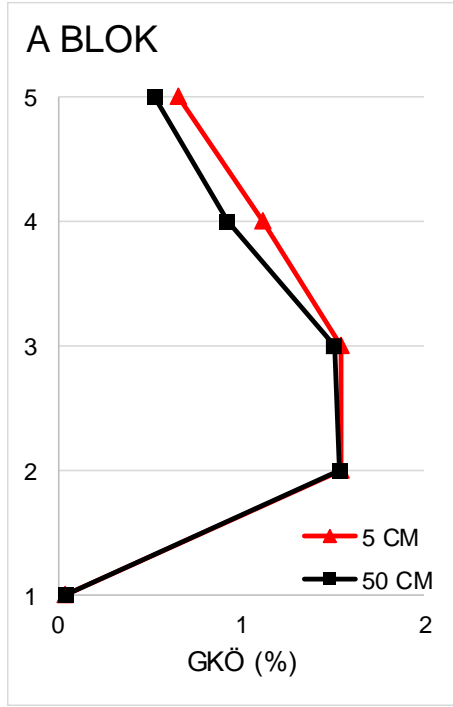
Şekil 4.38'te bulunan KOBE-NIS Deprem Kaydında max. GKÖ A blokta 3. Katta gerçekleşmekte olup, çarpışmalı durumda 0.79 ve çarpışmasız durumda ise 0.80 olarak hesaplanmıştır. B blokta 4. Katta gerçekleşmekte olup, çarpışmalı durumda 0.84 ve çarpışmasız durumda ise 0.77 olarak hesaplanmıştır. C blokta ise maksimum GKÖ 3. Katta gerçekleşmiş, çarpışmalı durumda 0.80 ve çarpışmasız durumda ise 0.81 olarak hesaplanmıştır. Değişim oranları A blokta 0.99 B blokta 1.09 C blokta 0.99 olarak hesaplanmıştır.



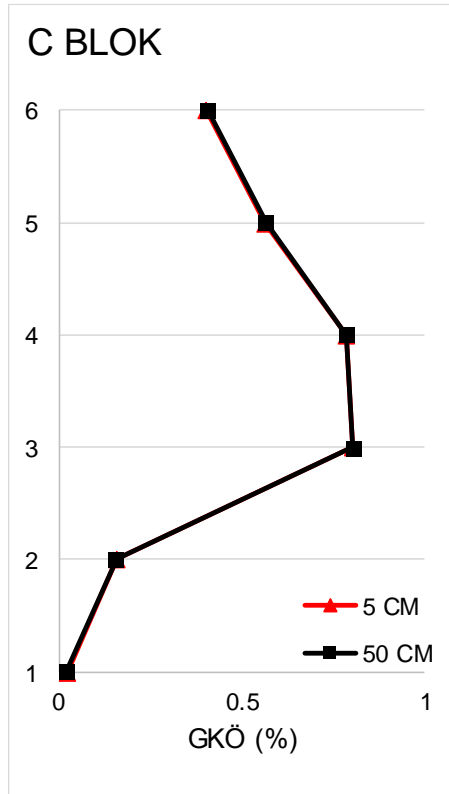
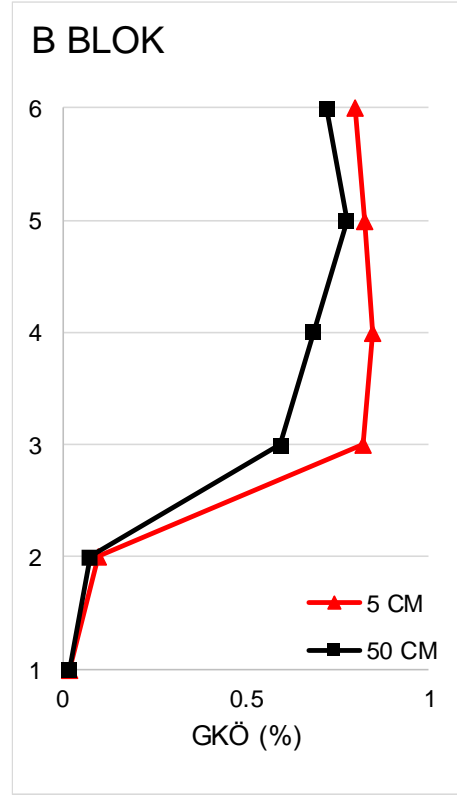
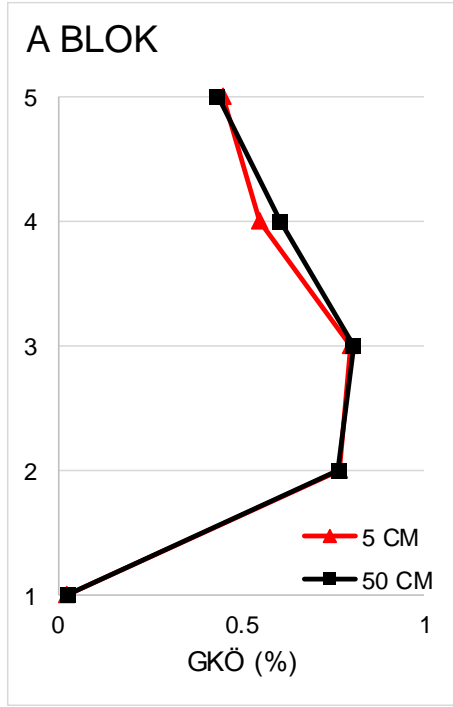
Şekil 4.35: DZC-BOL Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Max. GKÖ Dağılımı



Şekil 4.36: ERZ-EW Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Max. GKÖ Dağılımı



Şekil 4.37: GAZLI-GAZ Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Deplasman Profili



Şekil 4.38: KOBE-NIS Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Max. GKÖ Dağılımı

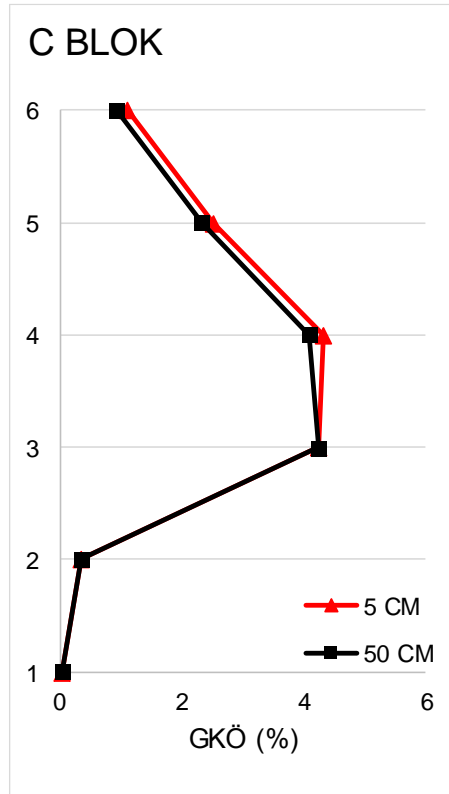
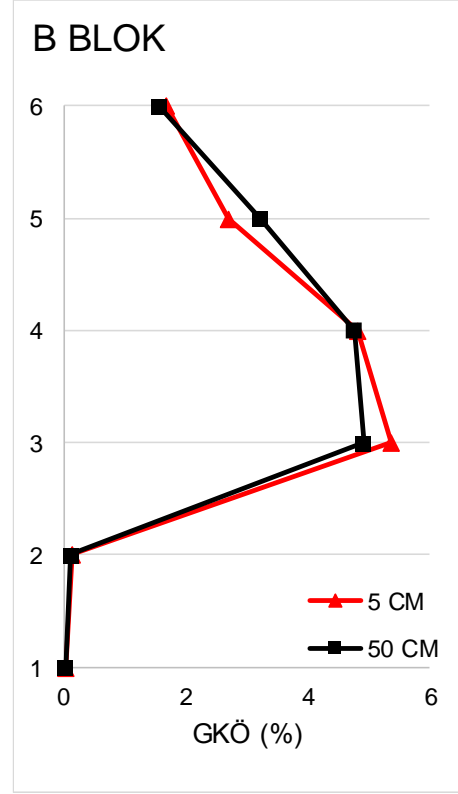
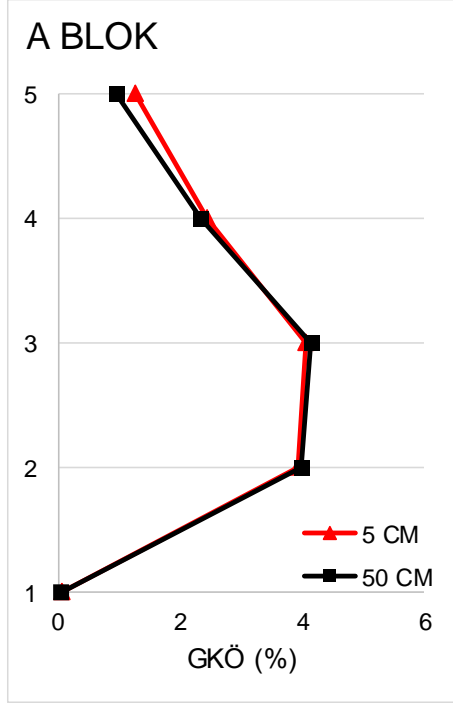


Şekil 4.39'da bulunan KOBE-TAK Deprem Kaydında max. GKÖ A blokta 3. Katta gerçekleşmekte olup, çarpışmalı durumda 4.01 ve çarpışmasız durumda ise 4.15 olarak hesaplanmıştır. B blokta 3. Katta gerçekleşmekte olup, çarpışmalı durumda 5.36 ve çarpışmasız durumda ise 4.91 olarak hesaplanmıştır. C blokta ise maksimum GKÖ 2. Katta gerçekleşmiş, çarpışmalı durumda 4.31 ve çarpışmasız durumda ise 4.24 olarak hesaplanmıştır. Değişim oranları A blokta 0.97 B blokta 1.09 C blokta 1.02 olarak hesaplanmıştır.

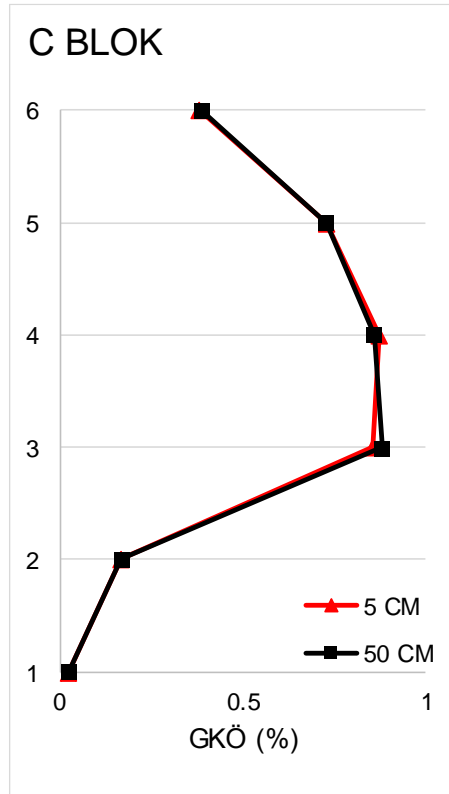
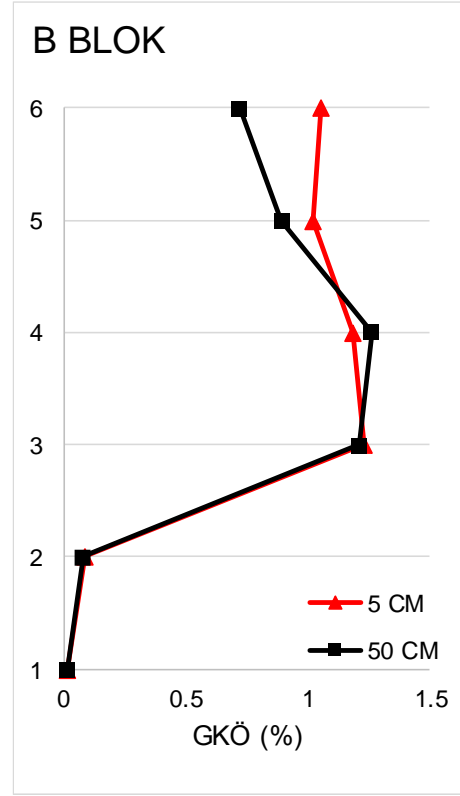
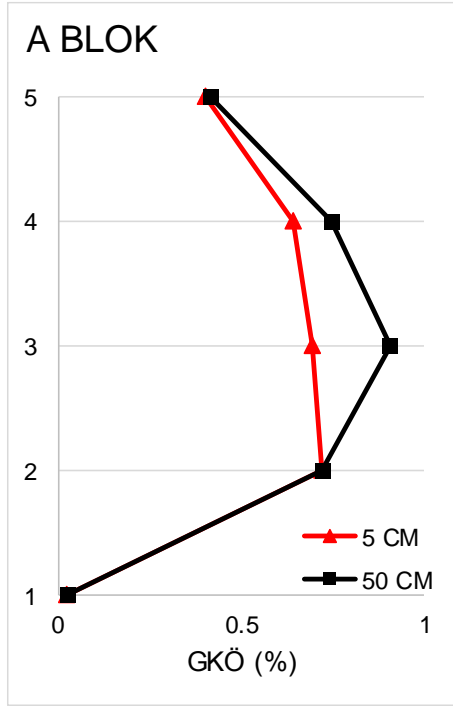
Şekil 4.40'ta bulunan KOCAELİ-DCZ Deprem Kaydında max. GKÖ A blokta çarpışmalı durumda 2. Katta 0.72 olarak, çarpışmasız durumda 3. katta 0.80 olarak hesaplanmıştır. B blokta çarpışmalı durumda 3. Katta 1.23 olarak, çarpışmasız durumda 4. katta 1.26 olarak hesaplanmıştır. C blokta ise çarpışmalı durumda 4. Katta 0.87 olarak, çarpışmasız durumda ise 3. katta 0.88 olarak hesaplanmıştır. Değişim oranları A blokta 0.80 B blokta 0.98 C blokta 0.99 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 4.41'de bulunan LANDERS-LCN Deprem Kaydında max. GKÖ A blokta 2. Katta gerçekleşmekte olup, çarpışmalı durumda 1.57 ve çarpışmasız durumda ise 1.39 olarak hesaplanmıştır. B blokta çarpışmalı durumda 3. Katta 2.54 olarak, çarpışmasız durumda 4. katta 2.25 olarak hesaplanmıştır C blokta ise maksimum GKÖ 3. Katta gerçekleşmiş, çarpışmasız durumda 1.61 ve çarpışmalı durumda ise 1.75 olarak hesaplanmıştır. Değişim oranları A blokta 1.13 B blokta 1.13 C blokta 0.92 olarak hesaplanmıştır.

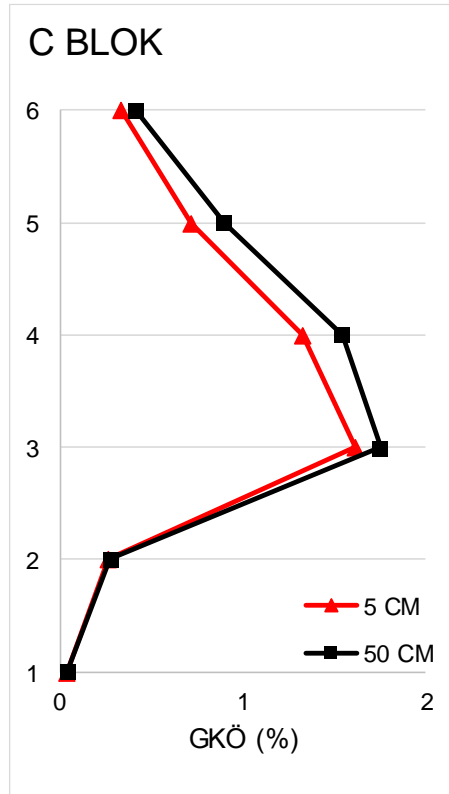
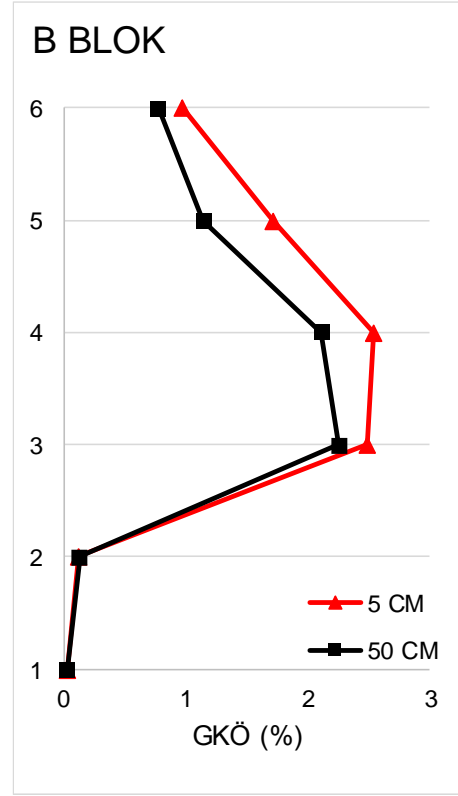
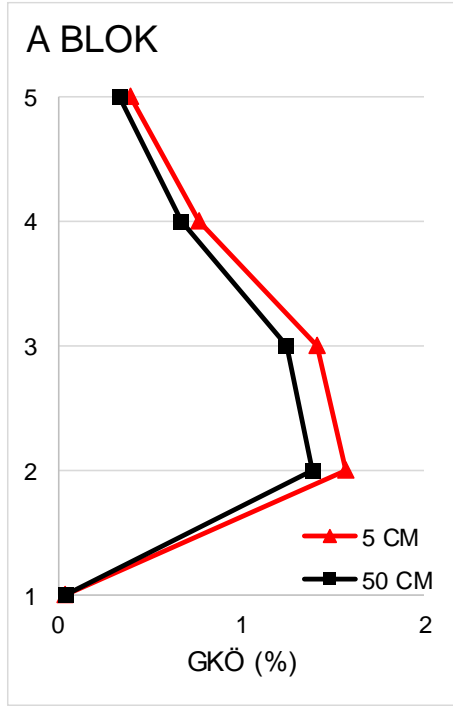
Şekil 4.42'de bulunan MORGAN-CYC Deprem Kaydında max. GKÖ A blokta 3. Katta gerçekleşmekte olup, çarpışmalı durumda 2.19 ve çarpışmasız durumda ise 2.21 olarak hesaplanmıştır. B blokta 4. Katta gerçekleşmekte olup, çarpışmalı durumda 2.50 ve çarpışmasız durumda ise 2.48 olarak hesaplanmıştır. C blokta ise maksimum GKÖ 3. Katta gerçekleşmiş, çarpışmalı durumda 2.31 ve çarpışmasız durumda ise 2.33 olarak hesaplanmıştır. Değişim oranları A blokta 0.99 B blokta 1.01 C blokta 0.99 olarak hesaplanmıştır.



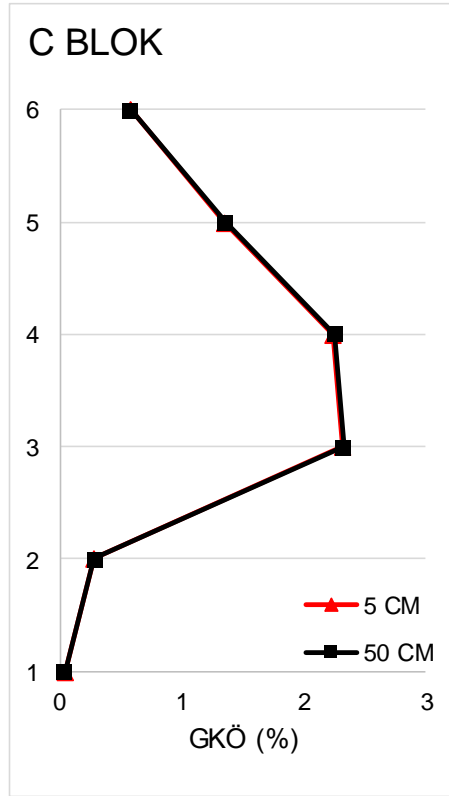
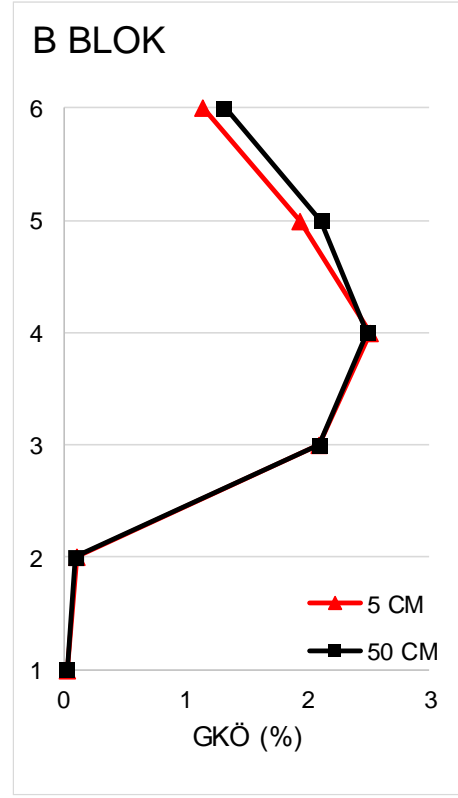
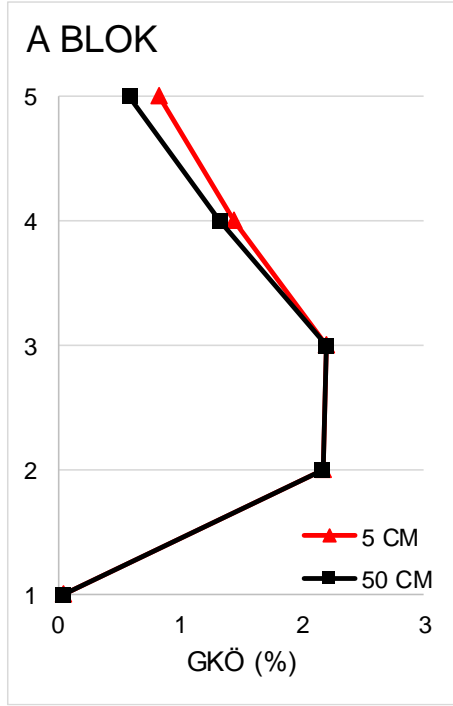
Şekil 4.39: KOBE-TAK Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Max. GKÖ Dağılımı



Şekil 4.40: KOCAELİ-DCZ Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Max. GKÖ Dağılımı



Şekil 4.41: LANDERS-LCN Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Max. GKÖ Dağılımı

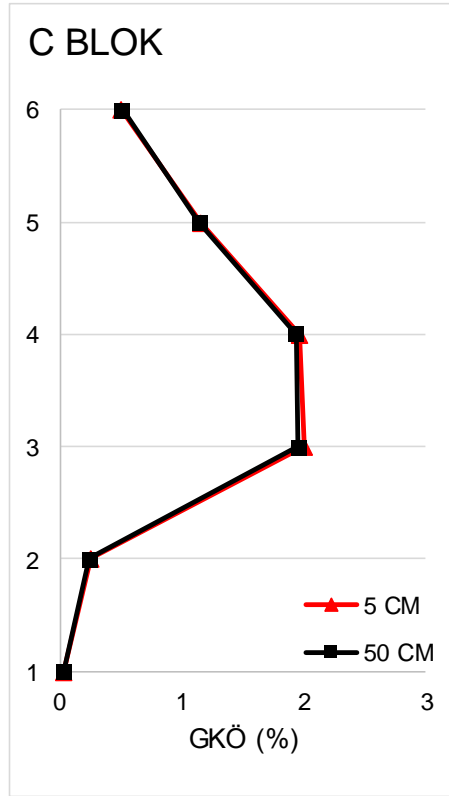
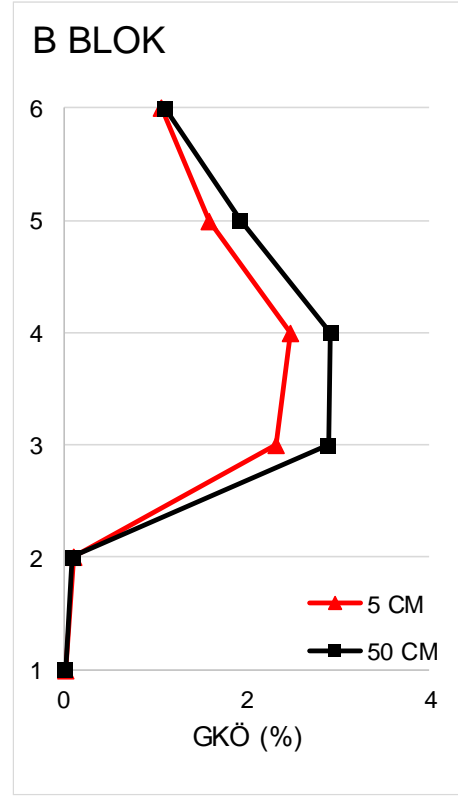
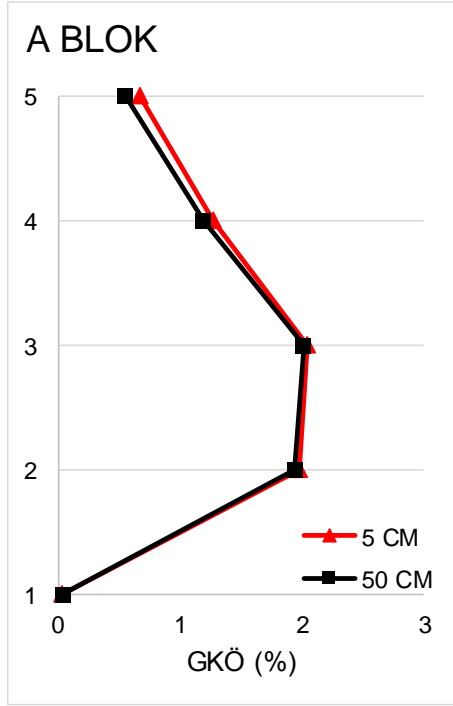


Şekil 4.42: MORGAN-CYC Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Max. GKÖ Dağılımı

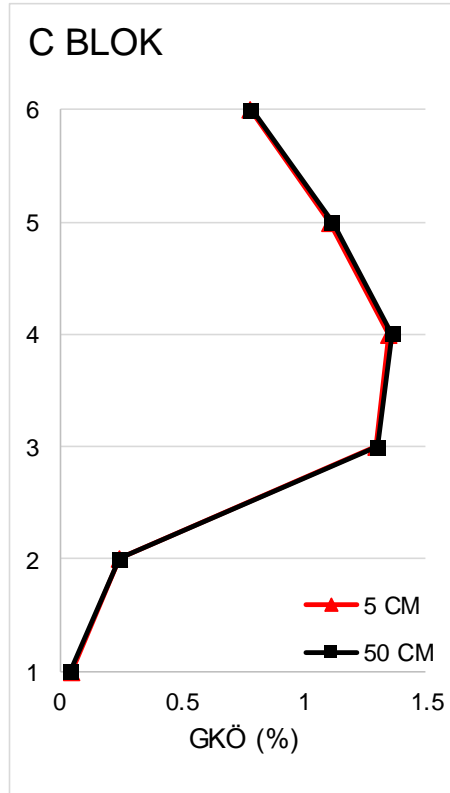
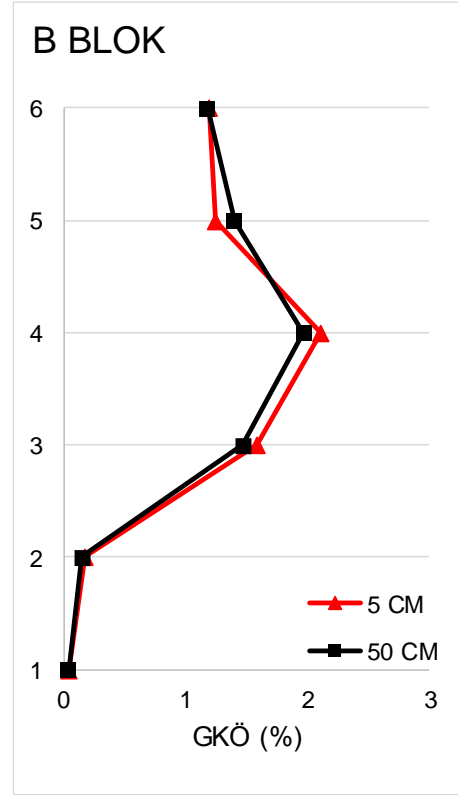
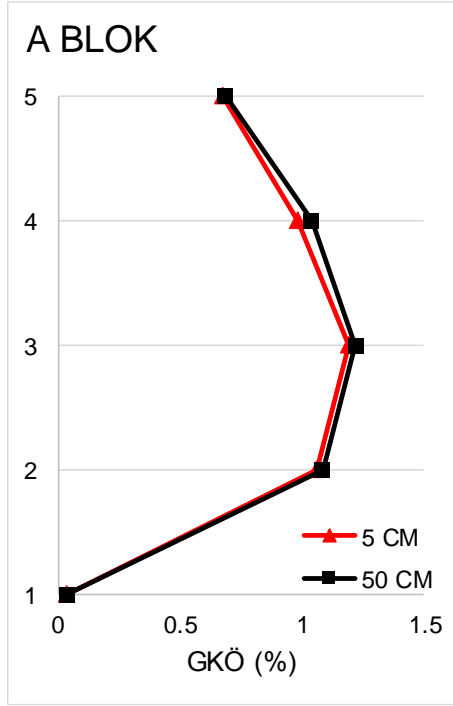
Şekil 4.43'te bulunan NORTH-SYL Deprem Kaydında max. GKÖ A blokta 3. Katta gerçekleşmekte olup, çarpışmalı durumda 2.04 ve çarpışmasız durumda ise 2.01 olarak hesaplanmıştır. B blokta 4. Katta gerçekleşmekte olup, çarpışmalı durumda 2.48 ve çarpışmasız durumda ise 2.92 olarak hesaplanmıştır. C blokta ise maksimum GKÖ 3. Katta gerçekleşmiş, çarpışmalı durumda 2.00 ve çarpışmasız durumda ise 1.95 olarak hesaplanmıştır. Değişim oranları A blokta 1.01 B blokta 0.85 C blokta 1.03 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 4.44'te bulunan NORTH-TAR Deprem Kaydında max. GKÖ A blokta 3. Katta gerçekleşmekte olup, çarpışmalı durumda 1.19 ve çarpışmasız durumda ise 1.22 olarak hesaplanmıştır. B blokta 4. Katta gerçekleşmekte olup, çarpışmalı durumda 2.10 ve çarpışmasız durumda ise 1.96 olarak hesaplanmıştır. C blokta ise maksimum GKÖ 4. Katta gerçekleşmiş, çarpışmalı durumda 1.34 ve çarpışmasız durumda ise 1.37 olarak hesaplanmıştır. Değişim oranları A blokta 0.98 B blokta 1.96 C blokta 0.98 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 4.45'te bulunan PALMSPR-NPS Deprem Kaydında max. GKÖ A blokta 2. Katta gerçekleşmekte olup, çarpışmalı durumda 1.95 ve çarpışmasız durumda ise 1.96 olarak hesaplanmıştır. B blokta 4. Katta gerçekleşmekte olup, çarpışmalı durumda 2.37 çarpışmasız durumda ise 2.38 olarak hesaplanmıştır. C blokta ise maksimum GKÖ 3. Katta gerçekleşmiş, çarpışmalı durumda 2.12 ve çarpışmasız durumda ise 2.13 olarak hesaplanmıştır. Değişim oranları A blokta 0.99 B blokta 1.00 C blokta 1.00 olarak hesaplanmıştır.

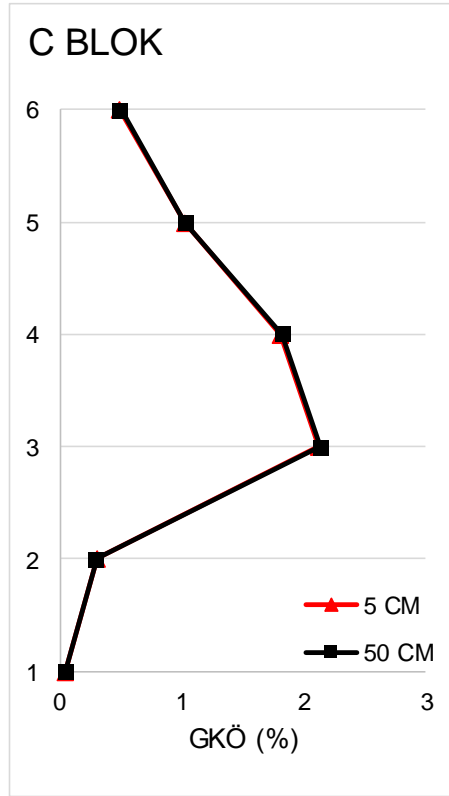
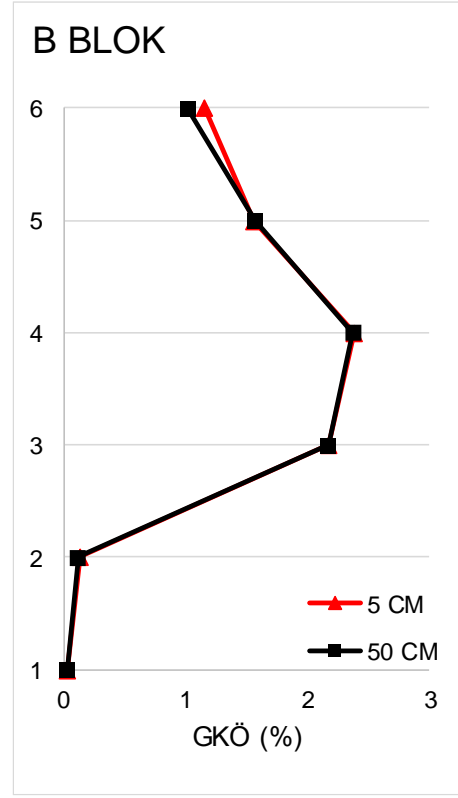
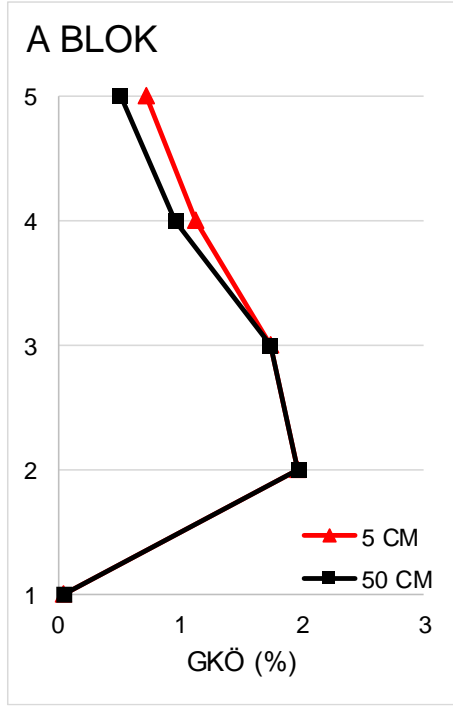


Şekil 4.43: NORTH-SYL Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Max. GKÖ Dağılımı



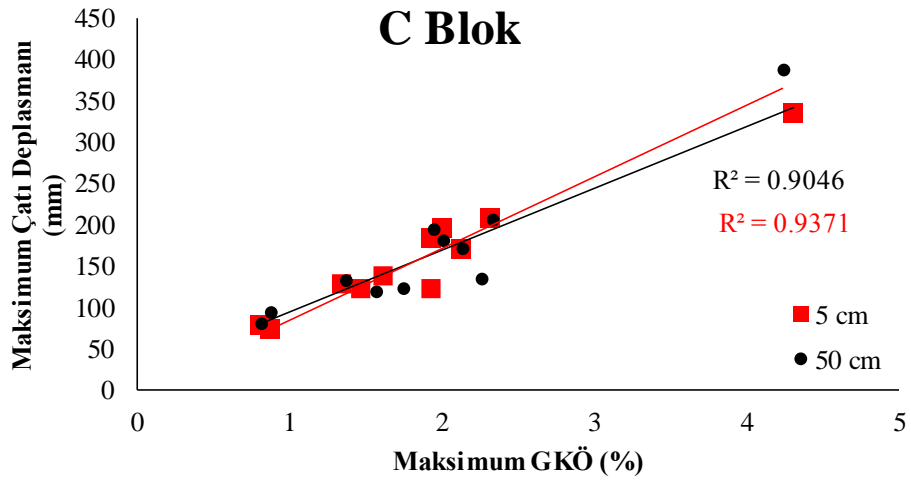
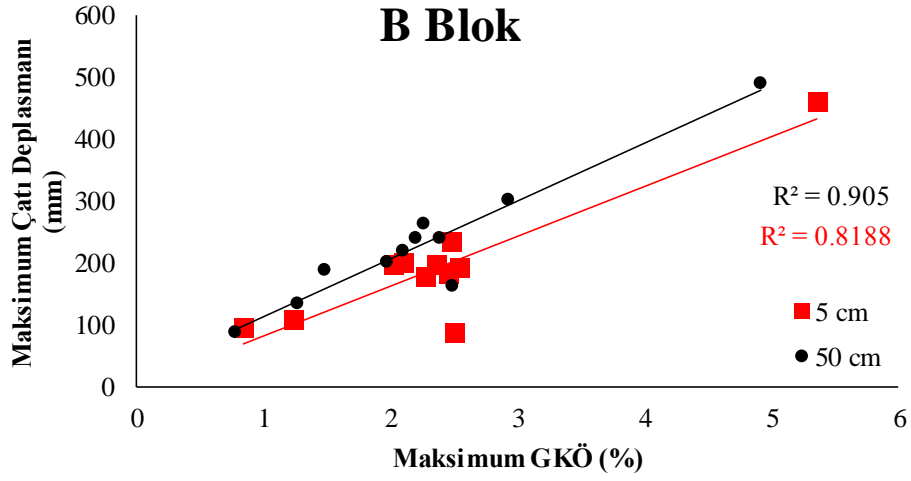
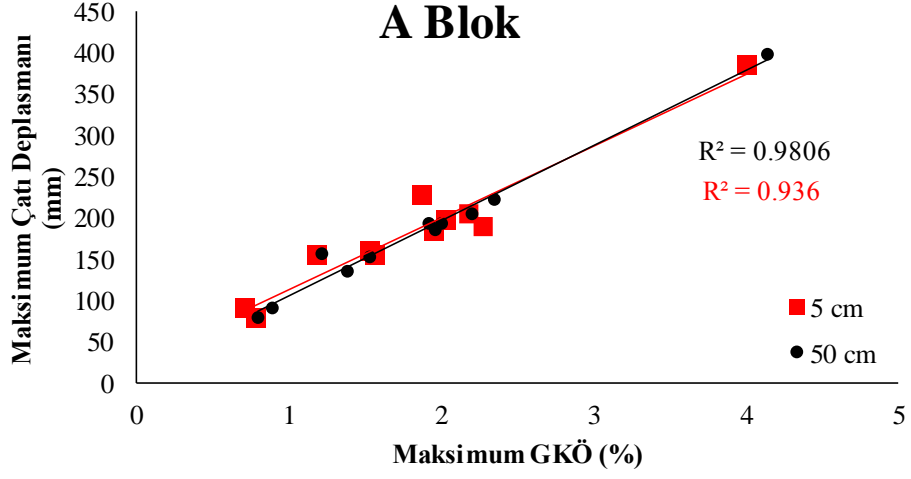
Şekil 4.44: NORTH-TAR Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Max. GKÖ Dağılımı





Şekil 4.45: PALMSPR-NPS Deprem Kaydı İçin Elde Edilen Max. GKÖ Dağılımı

Şekil 4.46’da her bir deprem için hesaplanan maksimum çatı katı deplasman talebi değerleri ile maksimum görelî kat ötelenme oranlarının karşılaştırılması yer almaktadır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde 50 cm derz boşluğuna sahip modellerde bu iki parametre arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktayken bu korelasyonun çekişleme etkileri ile bir miktar bozulduğu görülmektedir. Bu durum özellikle B blok için daha belirgindir. Çekişleme etkileri ile maksimum deplasman talebi değerleri değişmese bile, taleplerin katlara olan dağılımı bozulmaktadır. Bu nedenle taşıyıcı elemanlar üzerinde hasar düzeylerinde büyük artışlar gösterebilmektedir.



Şekil 4.46: Max. çatı katı deplasman talebi ile Max. GKÖ karşılaştırılması

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

### 5.1 Sonuçlar

Gerçekleştirilen çalışmada mevcut 3 bloktan oluşan bir kamu yapısının sismik davranışı çekiçleme etkileri dikkate alınarak incelenmiştir. İncelenen yapı statik projelerine uygun olarak SAP2000 programı kullanılarak bilgisayar ortamında modellenmiştir. Statik projesine uygun olarak bloklar arası 5 cm derz bırakılmıştır. Binaların birbirleri ile olan etkileşimi kat seviyelerinde tanımlanan GAP elemanlar ile sağlanmıştır. Yapının doğrusal olmayan davranışı taşıyıcı eleman uçlarında tanımlanan plastik mafsallar yardımı ile modele yansıtılmıştır. Plastik mafsallar ASCE 41-13 kriterlerine göre otomatik olarak tanımlanmıştır. Çatlamış kesit rijitliği değeri kolon elemanlarda 0.70, kiriş elemanlarda ise 0.35 EI olarak alınmıştır. Toplam 11 gerçek ivme kaydının kullanıldığı çalışmada çatı katı deplasman talepleri, görelî kat ötelenme oranları, link deformasyonları gibi bir çok parametre dikkate alınarak çekiçleme etkileri araştırılmıştır.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde çekiçleme etkilerinin yapı sismik davranışını önemli ölçüde değiştirebildiği söylenebilir. Ancak sismik taleplerin değişimi konusunda genelleme yapmak mümkün görünmemektedir. Genellikle çarpışmanın gerçekleştiği doğrultuda talepler azalırken, komşu binanın olmadığı serbest doğrultuda talepler artış göstermektedir. Dolayısıyla sonuçlar çarpışma doğrultusu ve binanın konumundan doğrudan etkilenmektedir.

Kullanılan depremin karakteristik özelliklerine de bağılı olarak çekiçleme etkileri nedeniyle sismik talepler %26'ya kadar artış gösterebilmektedir.

Çekiçleme etkileri yalnız hesaplanan maksimum sismik talep değerini değil, talebin katlara olan dağılımını da önemli ölçüde değiştirmektedir. Hesaplanan talep deplasmanı azalsa bile maksimum görelî kat ötelenme oranlarında %67'ye kadar artış gözlenmiştir.

Kullanılan ivme kayıtlarının biri dışında tamamında tasarım aşamasında dikkate alınan 5 cm derz boşluğu için çarpışma gerçekleşmiştir. Bu Çarpışmanın

gerçekleşmemesi için gerekli minimum derz boşluğu, AB Blok arası 19 cm, BC Blok arası 21 cm olarak hesaplanmıştır.

Genellikle derzlerle ayrılmış kısımlardan oluşan yapılarda derz boşluğu sabit 5 cm alınmaktadır. Bu değerin çoğu durumda yetersiz olduğu görülmektedir. Tasarım aşamasında derz boşluğu mesafeleri bu durum dikkate alınarak gözden geçirilmelidir.

## **5.2 Öneriler**

Gerçekleştirilen çalışmada mevcut bir çok bloklu betonarme bina dikkate alınmıştır. Kullanılan bina sayısı arttırılarak çekiçleme düzensizliğinin mevcut binalar üzerindeki etkileri daha gerçekçi bir şekilde dikkate alınabilir.

Farklı kat sayısına sahip modeller ile daha fazla çekiçleme kombinasyonu oluşturulabilir.

Sonuçlar ivme kayıtlarının karakteristik özelliklerinden büyük oranda etkilenmektedir. Bu nedenle ivme kaydı sayısının arttırılması daha genel sonuçlar elde edilmesine imkan verebilir.

Zemin-yapı etkileşimi dikkate alınarak analiz yöntemi geliştirilebilir ve daha gerçekçi sonuçlar elde edilebilir.

## 6. KAYNAKLAR

Chau, K.T., Wei X.X., Guo, X. and Shen., Y.C., “Experimental and Theoretical Simulations of Seismic Poundings Between Two Adjacent Structures”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 32, 537-554, (2003).

Chouw, N., and Hao, H., “Pounding Behaviour of Adjacent Structures in the 2011 Christchurch Earthquake”, *Australian Earthquake Engineering Society 2011 Conference*, South Australia, (2011).

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

Doğan, M. ve Günaydın, A., “Pounding of Adjacent RC Buildings During Seismic Loads”, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, XXII, (2009).

Efraimiadou, S., Hatzigeorgiou, G.D. and Beskos, D.E., “Structural Pounding Between Adjacent Buildings Subjected to Strong Ground Motions. Part I: The Effect of Different Structures Arrangement”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 42, 1509-1528, (2013).

Efraimiadou, S., Hatzigeorgiou, G.D. and Beskos, D.E., “Structural Pounding Between Adjacent Buildings Subjected to Strong Ground Motions. Part II: The Effect of Multiple Earthquake”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 42, 1529-1545, (2013).

Inel, M., Cayci, B.T., Kamal, M. and Altinel, O., “Structural Pounding of Mid-Rise RC Buildings During Earthquakes”, *Second European Conference on Earthquake Engineering and Seismology*, 24-29 Ağustos 2014, Istanbul, Bildiri No: 1282, (2014).

Jankowski, R., “Non- Linear FEM Analysis of Earthquake-Induced Pounding Between the Main Building and Stairway Tower of Olive View Hospital”, *Engineering Structures*, 31, 1851-1864, (2009).

Kasai, K., Patel, P.C. and Munshi., J.A., “Seismic Pounding Effects- Survey and Analysis”, *Earthquake Engineering*, Tenth World Conference, Rotterdam, (1992).

Kasai, K. and Maison, B, F., “Building Pounding Damage During The 1989 Loma Prieta Earthquake”, *Engineering Structures*, 19, 3, 195-207, (1996).

Karabulut M., Kartal M. E., Özil E., Ünlü R., Betonarme Binalarda Deprem Derz Mesafesinin İncelenmesi, *Natural & Applied Sciences Journal*, Vol. I, No. 1,39-45, 2018

Ozmen G. Darılmaz K. Orakdöğen E., *Örneklerle Sap2000 v20*, İstanbul; Birsen Yayınevi, (2018).

Ozmen, H.B., Inel M., Akyol, E., Cayci, B.T. and Un, H., “Evaluations On the Relation of RC Building Damages with Structural Parameters After May 19, 2011 Simav (Turkey) Earthquake”, *Nat Hazards*, 71, 63-84, (2013).

Pantelides, C.P and Ma, X., “Linear and Nonlinear Pounding of Structural Systems”, *Computer & Structures*, 66, 79-92, (1998).

Papadrakakis, M. and Mouzakis, H., “Earthquake Simulator Testing of Pounding Between Adjacent Buildings”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 24, 811-834, (1995).

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).

Ünerdem Y., “30 Katlı Betonarme Bir Binanın Deprem Performansının Zaman Tanım Alanında Çözümleme Uygulanarak Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*, 2011.

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

Kamal M., “Mevcut Bitişik İkili Binalardaki Çekiçlemenin Sismik Performans Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *PAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*, Denizli, (2016).

## 7. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Gizem IŞIKHAN

Doğum Yeri ve Tarihi : Denizli 28.08.1989

Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi  
İnşaat Mühendisliği Bölümü

Elektronik posta : gizemdudukcu@hotmail.com

İletişim Adresi : Selçukbey Mah. 650 Sok. Evora Evleri  
D-3 Blok No:49 Merkezefendi / Denizli