Çekiçleme Davranışının Mevcut Yapıların Sismik Davranışına Olan Etkilerinin Araştırılması

Program Kodu: 1002

Proje No: 214M639

Proje Yürütücüsü:

Prof. Dr. Mehmet İNEL

Araştırmacı(lar):

Danışman(lar):

Bursiyer(ler):

Bayram Tanık ÇAYCI

Muhammet KAMAL

NİSAN 2016

DENİZLİ

ÖNSÖZ

Ülkemizde kent nüfusunun yoğun olarak yaşadığı şehirlerde, çeşitli gerekçelerle yetersiz boşluk oranına sahip ya da bitişik nizam olarak inşa edilmiş çok sayıda yapı bulunmaktadır. Bu yapıların sismik performans değerlendirmeleri, komşu binalarla olan etkileşimleri ihmal edilerek gerçekleştirilmektedir. Ancak geçmiş birçok yıkıcı depremde bu etkileşime bağlı binalarda ağır hasar oluşumu hatta toptan yıkımların gerçekleştiği gözlenmiştir. Çekiçleme etkileşimi olarak da bilinen bu davranışın mevcut yapıların sismik performansı üzerindeki etkilerinin doğru bir şekilde ortaya konması, bu nedenle büyük önem arz etmektedir. Gerçekleştirilen projenin amacı, yetersiz boşluk oranına sahip ya da bitişik nizamlı olarak inşa edilmiş düşük ve orta yükseklikteki betonarme binalarda çekiçleme etkisinin zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan dinamik analiz yöntemi ile değerlendirilmesidir. Bina modelleri oluşturulurken 1975 ve 1998 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-1975 ve ABYYHY-1998) olmak üzere iki farklı yönetmelik dikkate alınacaktır.

Çalışma kapsamında, daha önce tamamlanan 107M569 numaralı “Düşük ve Orta Yükseklikteki Betonarme Yapıların Deprem Performanslarını Etkileyen Faktörlerin İrdelenmesi” isimli Tübitak Projesinde envanter verilerine dayanarak hazırlanan 4- ve 7-katlı bina modelleri kullanılmıştır. Bu modellerden, çekiçleme etkileşiminin olduğu farklı boşluk oranına göre ikili olarak bağlanmış yeni kombinasyonlar türetilmiştir. Ülkemizde bulunan mevcut betonarme bina stokunun önemli bir bölümünü kapsayan bu çalışma ile literatürde oluşan boşluğun doldurulması beklenmektedir.

Mevcut binalarla ilgili kapsamlı çalışmada proje ekibinde bulunan araştırmacı yüksek lisans çalışmasını projeye dayalı olarak yürüten Arş. Gör. Muhammet KAMAL, çalışmada bursiyer olarak yer alan doktora öğrencisi Bayram Tanık ÇAYCI ve analizlerin gerçekleştirilmesinde ve sonuçların değerlendirilmesinde katkı sunan Osman ALTINEL ve Irmak AVCI’ya teşekkür ederim. Bu çalışma 214M639 numaralı “Çekiçleme Davranışının Mevcut Yapıların Sismik Davranışına Olan Etkilerinin Araştırılması” isimli proje olarak Tübitak tarafından desteklenmiştir.

Proje Yürütücüsü Prof. Dr. Mehmet İNEL

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **i**
İÇİNDEKİLER ..... **ii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **iii**
TABLO LİSTESİ ..... **viii**
KISALTMALAR ..... **ix**
SEMBOL LİSTESİ ..... **x**
ÖZET ..... **xi**
ABSTRACT ..... **xii**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Konu ve Kapsam 2
1.2 Önceki Çalışmalar 2
1.3 Proje Raporunun Organizasyonu 5
2. YAPI ÖZELLİKLERİ VE MODELLEME **7**
2.1 Bina Modellerinin Özellikleri 7
2.2 Çekiçleme Modellerinin Özellikleri 11
2.3 Link Eleman Özellikleri 13
2.4 Doğrusal Olmayan Modelleme ve Plastik Mafsalların Tanımlanması 14
3. DEPREM İVME KAYITLARININ ÖZELLİKLERİ **16**
3.1 Genel 16
3.2 İvme Kayıtlarının Özellikleri 16
4. ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN DİNAMİK ANALİZLER **18**
4.1 Giriş 18
4.2 Analiz Parametreleri 18
4.3 Analizler Sonucu Dikkate Alınan Parametreler 18
4.4 Analiz Sonuçlarından Elde Edilen Bulgular 19
4.4.1 Çatı Katı Deplasmanı 19
4.4.2 Göreli Kat Ötelenme Oranı 30
4.4.3 Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması 63
4.4.4 Çekiçleme Etkisi İle Oluşan Hasar Dağılımı 68
4.4.5 Çarpışmanın Olmaması İçin Minimum Boşluk Oranının Belirlenmesi 71
5. ANALİZ SONUÇLARI **74**
5.1 Çatı Deplasman Talepleri 74
5.2 Göreli Kat Ötelenme Oranları 86
6. SONUÇ VE ÖNERİLER **111**
6.1 Sonuçlar 111
6.2 Sonraki Çalışmalar İle İlgili Öneriler 114
7. KAYNAKLAR **115**
EKLER 118

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 İkili modellerin örnek bilgisayar modeli.....7
Şekil 2.2 4 katlı 1975 modeline ait kalıp planı.....9
Şekil 2.3 4 katlı 1998 modeline ait kalıp planı.....9
Şekil 2.4 7 katlı 1975 modeline ait kalıp planı.....10
Şekil 2.5 7 katlı 1998 modeline ait kalıp planı.....10
Şekil 2.6 İkili binaların kalıp planı.....12
Şekil 2.7:Çalışmada kullanılan ikili kombinasyonlar 12
Şekil 2.8 Modellemede kullanılan doğrusal yay modeli ve gap elemanı (SAP2000) 13
Şekil 2.9 Doğrusal olmayan davranış.....14
Şekil 2.10 a) Plastik mafsalın tipik yük-deformasyon grafiği b) göçmesiz mafsal 15

Şekil 3.1 İvme kayıtlarının %5 sönüm için elastik ivme spektrumları 17

Şekil 4.1 İkili modeldeki binaların çarpışma ve serbest yönleri 20
Şekil 4.2 7.75-4.75 kombinasyonu NORTHRSYL090 ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği 21
Şekil 4.3 4.75-7.75 kombinasyonu NORTHRSYL090 ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği 21
Şekil 4.4 7.75-4.75 kombinasyonu NORTHRSYL090 ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği 22
Şekil 4.5 4.75-7.75kombinasyonu NORTHRSYL090 ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği 22
Şekil 4.6 7.75-4.98 kombinasyonu NORTHRTAR360 ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği 23
Şekil 4.7 4.98-7.75 kombinasyonu NORTHRTAR360 ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği 23
Şekil 4.8 7.75-4.98 kombinasyonu NORTHRTAR360 ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği 24
Şekil 4.9 4.98-7.75 kombinasyonu NORTHRTAR360 ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği 24
Şekil 4.10 7.98-4.75 kombinasyonu ERZEW ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği 25
Şekil 4.11 4.75-7.98 kombinasyonu ERZEW ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği 25
Şekil 4.12 7.98-4.75 kombinasyonu ERZEW ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği 26
Şekil 4.13 4.75-7.98 kombinasyonu ERZEW ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği 26
Şekil 4.14 4.75-4.98 kombinasyonu NORTHRSYL090 ivme kaydı için 4.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği 27
Şekil 4.15 4.98-4.75 kombinasyonu NORTHRSYL090 ivme kaydı için 4.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği 27

Şekil 4.16 4.75-4.98 kombinasyonu NORTHRSYL090 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği 28
Şekil 4.17 4.98-4.75 kombinasyonu NORTHRSYL090 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği 28
Şekil 4.18: 7.75-4.98 kombinasyonu LOMAPHSP000 ivme kaydı için 7 ve 4 katlı modellerdeki çatı (tepe) deplasmanının maksimum olduğu andaki (0, 2 cm ve ref) tüm katlara ait Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri Göreli Kat Ötelenme Oranı 31
Şekil 4.19: 7.75-4.98 kombinasyonu GAZLİGAZ000 ivme kaydı için 7 ve 4 katlı modellerdeki çatı (tepe) deplasmanının maksimum olduğu andaki (0, 2 cm ve ref) tüm katlara ait Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri 32
Şekil 4.20: 7.75-4.98 kombinasyonu NORTHRTAR360 ivme kaydı için 7 ve 4 katlı modellerdeki çatı (tepe) deplasmanının maksimum olduğu andaki (0, 2 cm ve ref) tüm katlara ait Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri 33
Şekil 4.21: 7.75-4.98 kombinasyonu NORTHRSYL090 ivme kaydı için 7 ve 4 katlı modellerdeki çatı (tepe) deplasmanının maksimum olduğu andaki (0, 2 cm ve ref) tüm katlara ait Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri 34
Şekil 4.22: 7.75-4.75 kombinasyonu NORTHRSPV360 ivme kaydı için 7 ve 4 katlı modellerdeki çatı (tepe) deplasmanının maksimum olduğu andaki (0, 2 cm ve ref) tüm katlara ait Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri 35
Şekil 4.23: 7.75-4.75 kombinasyonu NORTHRTAR360 ivme kaydı için 7 ve 4 katlı modellerdeki çatı (tepe) deplasmanının maksimum olduğu andaki (0, 2 cm ve ref) tüm katlara ait Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri 36
Şekil 4.24: 7.75-4.75 kombinasyonu ERZEW ivme kaydı için 7 ve 4 katlı modellerdeki çatı (tepe) deplasmanının maksimum olduğu andaki (0, 2 cm ve ref) tüm katlara ait Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri 37
Şekil 4.25: 7.75-4.75 kombinasyonu GAZLİGAZ000 ivme kaydı için 7 ve 4 katlı modellerdeki çatı (tepe) deplasmanının maksimum olduğu andaki (0, 2 cm ve ref) tüm katlara ait Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri 38
Şekil 4.26: 7.98-4.75 kombinasyonu PALMSPRNPS210 ivme kaydı için 7 ve 4 katlı modellerdeki çatı (tepe) deplasmanının maksimum olduğu andaki (0, 2 cm ve ref) tüm katlara ait Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri 39
Şekil 4.27: 7.98-4.75 kombinasyonu NORTHRSPV360 ivme kaydı için 7 ve 4 katlı modellerdeki çatı (tepe) deplasmanının maksimum olduğu andaki (0, 2 cm ve ref) tüm katlara ait Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri 40
Şekil 4.28: 7.98-4.75 kombinasyonu GAZLİGAZ000 ivme kaydı için 7 ve 4 katlı modellerdeki çatı (tepe) deplasmanının maksimum olduğu andaki (0, 2 cm ve ref) tüm katlara ait Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri 41
Şekil 4.29: 7.98-4.75 kombinasyonu NORTHRTAR360 ivme kaydı için 7 ve 4 katlı modellerdeki çatı (tepe) deplasmanının maksimum olduğu andaki (0, 2 cm ve ref) tüm katlara ait Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri 42

Şekil 4.30: 4.75-4.98 kombinasyonu NORTHRTAR360 ivme kaydı için 4 katlı modellerdeki çatı (tepe) deplasmanının maksimum olduğu andaki (0, 2 cm ve ref) tüm katlara ait Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri 43
Şekil 4.31: 4.75-4.98 kombinasyonu NORTHRSYL090 ivme kaydı için 4 katlı modellerdeki çatı (tepe) deplasmanının maksimum olduğu andaki (0, 2 cm ve ref) tüm katlara ait Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri 44
Şekil 4.32: 4.75-4.98 kombinasyonu GAZLİGAZ000 ivme kaydı için 4 katlı modellerdeki çatı (tepe) deplasmanının maksimum olduğu andaki (0, 2 cm ve ref) tüm katlara ait Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri 45
Şekil 4.33: 4.75-4.98 kombinasyonu NORTHRSPV360 ivme kaydı için 4 katlı modellerdeki çatı (tepe) deplasmanının maksimum olduğu andaki (0, 2 cm ve ref) tüm katlara ait Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri 46
Şekil 4.34: 7.75-4.98 kombinasyonundaki 7.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerinde NorthrTar360 ivme kaydı sonucu elde edilen maksimum GKÖO değerleri, ... 48
Şekil 4.35: 4.98-7.75 kombinasyonundaki 7.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerinde NorthrTar360 ivme kaydı sonucu elde edilen maksimum GKÖO değerleri, ... 49
Şekil 4.36: 7.75-4.98 kombinasyonundaki 4.98 binasının çarpışma ve serbest yönlerinde NorthrTar360 ivme kaydı sonucu elde edilen maksimum GKÖO değerleri 50
Şekil 4.37: 4.98-7.75 kombinasyonundaki 4.98 binasının çarpışma ve serbest yönlerinde NorthrTar360 ivme kaydı sonucu elde edilen maksimum GKÖO değerleri 51
Şekil 4.38: 7.75-4.75 kombinasyonundaki 7.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerinde LomapHsp000 ivme kaydı sonucu elde edilen maksimum GKÖO 52
Şekil 4.39: 4.75-7.75 kombinasyonundaki 7.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerinde LomapHsp000 ivme kaydı sonucu elde edilen maksimum GKÖO 53
Şekil 4.40: 7.75-4.75 kombinasyonundaki 4.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerinde LomapHsp000 ivme kaydı sonucu elde edilen maksimum GKÖO 54
Şekil 4.41: 4.75-7.75 kombinasyonundaki 4.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerinde LomapHsp000 ivme kaydı sonucu elde edilen maksimum GKÖO 55
Şekil 4.42: 7.98-4.75 kombinasyonundaki 7.98 binasının çarpışma ve serbest yönlerinde ErzEw ivme kaydı sonucu elde edilen maksimum GKÖO 56
Şekil 4.43: 4.75-7.98 kombinasyonundaki 7.98 binasının çarpışma ve serbest yönlerinde ErzEw ivme kaydı sonucu elde edilen maksimum GKÖO 57
Şekil 4.44: 7.98-4.75 kombinasyonundaki 4.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerinde ErzEw ivme kaydı sonucu elde edilen maksimum GKÖO 58
Şekil 4.45: 4.75-7.98 kombinasyonundaki 4.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerinde ErzEw ivme kaydı sonucu elde edilen maksimum GKÖO 59

Şekil 4.46: 4.75-4.98 kombinasyonundaki 4.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerinde GazliGaz000 ivme kaydı sonucu elde edilen maksimum GKÖO 60
Şekil 4.47: 4.98-4.75 kombinasyonundaki 4.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerinde GazliGaz000 ivme kaydı sonucu elde edilen maksimum GKÖO 61
Şekil 4.48: 4.75-4.98 kombinasyonundaki 4.98 binasının çarpışma ve serbest yönlerinde GazliGaz000 ivme kaydı sonucu elde edilen maksimum GKÖO 62
Şekil 4.49: 4.98-4.75 kombinasyonundaki 4.98 binasının çarpışma ve serbest yönlerinde GazliGaz000 ivme kaydı sonucu elde edilen maksimum GKÖO 63
Şekil 4.50: 7.75-4.98 kombinasyonu kat kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması65
Şekil 4.51: 4.98-7.75 kombinasyonu kat kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması66
Şekil 4.52: 4.75-7.75 kombinasyonu kat kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması67
Şekil 4.53: 7.75-4.75 (0 cm) ikili modelin NorthrTar360 ivme kaydı sonucu kritik akstaki kolonların hasar düzeyleri 69
Şekil 4.54: 7.75-4.75 (referans) ikili modelin NorthrTar360 ivme kaydı sonucu kritik akstaki kolonların hasar düzeyleri 69
Şekil 4.55: 7.75-4.75 (0 cm) ikili modelin NorthrTar360 ivme kaydı sonucu 2. kattaki kirişlerin hasar düzeyleri 70
Şekil 4.56: 7.75-4.75 (referans) ikili modelin NorthrTar360 ivme kaydı sonucu 2. kattaki kirişlerin hasar düzeyleri 70
Şekil 4.57: 4.75-4.98 ikili kombinasyonunda çarpışmanın olmaması için gerekli minimum boşluk oranının yönetmelik sınırlarını aştığı modeller .. 72
Şekil 4.58: 7.75-4.75 ikili kombinasyonunda çarpışmanın olmaması için gerekli minimum boşluk oranının yönetmelik sınırlarını aştığı modeller .. 72
Şekil 4.59: 7.75-4.98 ikili kombinasyonunda çarpışmanın olmaması için gerekli minimum boşluk oranının yönetmelik sınırlarını aştığı modeller .. 73

Şekil 5.1: 4.75 ve 7.75 binalarından türetilen ikili modellere ait çatı deplasman taleplerinin yön ve boşluk oranına göre değişimi 82
Şekil 5.2: 4.98 ve 7.75 binalarından türetilen ikili modellere ait çatı deplasman taleplerinin yön ve boşluk oranına göre değişimi 83
Şekil 5.3: 4.75 ve 7.98 binalarından türetilen ikili modellere ait çatı deplasman taleplerinin yön ve boşluk oranına göre değişimi 84
Şekil 5.4: 4.98 ve 4.75 binalarından türetilen ikili modellere ait çatı deplasman taleplerinin yön ve boşluk oranına göre değişimi 85
Şekil 5.5: 7.75-4.98 kombinasyonundaki 7.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum GKÖO 87
Şekil 5.6: 4.98-7.75 kombinasyonundaki 7.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum GKÖO 88
Şekil 5.7:7.75-4.98 kombinasyonundaki 4.98 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum GKÖO 89
Şekil 5.8:4.98-7.75 kombinasyonundaki 4.98 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum GKÖO 90
Şekil 5.9: 7.75-4.75 kombinasyonundaki 7.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum GKÖO 91
Şekil 5.10: 4.75-7.75 kombinasyonundaki 7.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum GKÖO 92

Şekil 5.11: 7.75-4.75 kombinasyonundaki 4.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum GKÖO 93
Şekil 5.12: 4.75-7.75 kombinasyonundaki 4.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum GKÖO 94
Şekil 5.13: 7.98-4.75 kombinasyonundaki 7.98 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum ortalama GKÖO 95
Şekil 5.14: 4.75-7.98 kombinasyonundaki 7.98 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum ortalama GKÖO 96
Şekil 5.15: 7.98-4.75 kombinasyonundaki 4.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum ortalama GKÖO 97
Şekil 5.16: 4.75-7.98 kombinasyonundaki 4.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum ortalama GKÖO 98
Şekil 5.17: 4.75-4.98 kombinasyonundaki 4.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum ortalama GKÖO 99
Şekil 5.18: 4.98-4.75 kombinasyonundaki 4.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum ortalama GKÖO 100
Şekil 5.19: 4.75-4.98 kombinasyonundaki 4.98 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum ortalama GKÖO 101
Şekil 5.20: 4.98-4.75 kombinasyonundaki 4.98 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum ortalama GKÖO 102
Şekil 5.21: 4.98-4.75 kombinasyonundaki 4.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum ortalama GKÖO farklarının referans binaya oranları 103
Şekil 5.22: 4.98-4.75 kombinasyonundaki 4.98 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum ortalama GKÖO farklarının referans binaya oranları 104
Şekil 5.23: 7.75-4.75 kombinasyonundaki 4.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum ortalama GKÖO farklarının referans binaya oranları 105
Şekil 5.24: 7.75-4.75 kombinasyonundaki 7.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum ortalama GKÖO farklarının referans binaya oranları 106
Şekil 5.25: 7.98-4.75 kombinasyonundaki 4.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum ortalama GKÖO farklarının referans binaya oranları 107
Şekil 5.26: 7.98-4.75 kombinasyonundaki 7.98 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum ortalama GKÖO farklarının referans binaya oranları 108
Şekil 5.27: 7.75-4.98 kombinasyonundaki 4.98 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum ortalama GKÖO farklarının referans binaya oranları 109
Şekil 5.28: 7.75-4.98 kombinasyonundaki 7.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum ortalama GKÖO farklarının referans binaya oranları 110

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1 1975 modellerine ait deprem talepleri 8
Tablo 2.2 1998 modellerine ait deprem talepleri 8
Tablo 2.3 Binaların tasarımında dikkate alınan değerler 11
Tablo 2.4 Binaların tasarımında dikkate alınan değerler 15

Tablo 3.1 İvme kayıtlarına ait özellikler 17

Tablo 5.1: Çarpışmalı ve Referans modeller için +x ve –x yönlerinde hesaplanan maksimum çatı deplasman talepleri 77
Tablo 5.2: Çarpışmalı ve Referans modeller için +x ve –x yönlerinde hesaplanan maksimum çatı deplasman talepleri 78
Tablo 5.3: Çarpışmalı modellerde +x ve – x doğrultularında hesaplanan maksimum çatı deplasman taleplerinin referans modele göre değişimi 79
Tablo 5.4: Çarpışmalı modellerde +x ve – x doğrultularında hesaplanan maksimum çatı deplasman taleplerinin referans modele göre değişimi 80
Tablo 5.5: Tüm çarpışmalı modeller için hesaplanan maksimum çatı deplasman taleplerinin referans modele göre ortalama değişimleri 81

KISALTMALAR

ABYYHY : Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
DBYBHY : Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
FEMA : Federal Emergency Management Agency
GÇ : Göçme Sınırı
GKÖO : Göreli Kat Ötelenme Oranı
GV : Güvenlik Sınırı
MN : Minimum Hasar Sınırı
USGS : United States Geological Survey
3-B : 3 Boyutlu

SEMBOL LİSTESİ

A_c : Kolonun brüt en kesit alanı
F/W : Binanın yatay dayanım oranı
F_C : Yayda oluşan çarpışma kuvveti
f_{ck} : Betonun karakteristik basınç dayanımı
g_p : İki model arasında dikkate alınan boşluk mesafesi
K : Elastik yay modeline ait rijitlik
L_p : Plastik mafsal boyu
M_{cr} : Kesitte çatlama oluşturan eğilme momenti
M_u : Kesitin eğilme momenti taşıma gücü
R : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
T : Binanın birinci doğal titreşim periyodu
u_1-u_2 : İki bina modeli arasındaki deplasman farkı
W : Bina sismik ağırlığı
ρ_s : Kesitte mevcut bulunan hacimsel yanal donatı oranı
ρ_{sm} : Kesitte bulunması gereken hacimsel yanal donatı oranı
ε : Birim şekil değiştirme
ε_c : Beton basınç birim şekil değiştirmesi
ε_{cg} : En dışçekirdek lifi basınç birim şekil değiştirmesi
ε_{cu} : En üst çekirdek beton lifi için izin verilen maksimum şekil değiştirme değeri
ϕ_y : Akma eğriliği
ϕ_u : Nihai eğrilik

ÖZET

ÇEKİÇLEME DAVRANIŞININ MEVCUT YAPILARIN SİSMİK DAVRANIŞINA OLAN ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Ülkemizde kent nüfusunun yoğun olduğu şehirlerde, yetersiz boşluk oranına sahip bitişik nizam olarak inşa edilmiş orta yükseklikte birçok yapının çarpışma potansiyeli bulunmaktadır. Bu yapıların olası depremlerde çarpışması sonucu sismik performanslarının doğru bir şekilde ortaya konulması büyük önem arz etmektedir. Projenin amacı, yetersiz boşluk oranına sahip ya da bitişik inşa edilmiş orta yükseklikteki betonarme binalarda çekiçleme etkisinin zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan dinamik analiz yöntemi ile belirlenmesidir. Orta yükseklikteki mevcut binaların ortalama geometrik ve yapısal özelliklerini yansıtacak şekilde seçilen 4 ve 7 katlı bina mimarisi 1975 ve 1998 Afet Yönetmelikleri dikkate alınarak tasarlanmıştır. Kat hizaları aynı olan bina modelleri kat seviyelerinden birbirine bağlanarak 4 farklı ikili model oluşturulmuştur. İkili modeller arasındaki bağlantı SAP2000 modelindeki doğrusal (lineer) yay modeli ile sağlanmıştır. Çarpışmanın meydana geldiği ikili modeller arasında 0 ve 20 mm boşluk mesafesi bırakılırken, çarpışmanın görülmediği (referans) ikili modeller arasında 400 mm tercih edilmiştir. 8 farklı ikili model, 3 farklı boşluk mesafesi ve 9 farklı gerçek ivme kaydı ile toplamda 216 adet zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda, çekiçlemenin çatı (tepe) deplasman talepleri, göreli kat ötelenme oranı ve yapıdaki hasar dağılımı üzerindeki etkileri çarpışmalı ve çarpışmasız durumlar için karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçlarında çekiçleme etkisi nedeni ile ortalama olarak çatı deplasman taleplerinde %49, GKÖO değerlerinde %153 oranında artışlar gözlemlenmiştir. Komşu binalar arasında bırakılan derz mesafesinin artması ile çekiçleme etkilerinde azalmalar görülmektedir. Yetersiz derz mesafesine sahip farklı dinamik karakterlerdeki komşu binaların çarpışması sonucu hasar dağılımlarında ciddi değişimler meydana gelmiştir. Çalışma çekiçleme etkisi göz önüne alınmadan mevcut yapıların sismik performanslarının uygun bir şekilde değerlendirilmesinin mümkün olmadığını ortaya koymaktadır.

ANAHTAR KELİMELER: Çekiçleme, Dinamik Analiz, Doğrusal Olmayan Analiz, Göreli Kat Ötelenme Oranı, Orta Katlı Betonarme Binalar, Sismik Performans, Zaman Tanım Alanında Analiz

ABSTRACT

Important portion of mid-rise buildings in cities with high population density has inadequate separations having lateral collision potential during earthquakes. The proper evaluation of seismic performance of such buildings is an extremely important issue. This project aims to investigate the effects of pounding on seismic behaviour of adjacent mid-rise reinforced concrete buildings using nonlinear time history analysis. The mid-rise reinforced concrete buildings are reflected using average structural and geometrical properties of existing building stock of 4- and 7-story buildings designed per 1975 and 1998 Turkish Earthquake Codes (TEC). Eight different building combinations are connected by link elements with 0 and 20 mm, and 400 mm gap. The “0” and “20 mm” gaps reflect inadequate separation between adjacent buildings while the “400 mm” gap is used for the reference building without collision. 24 different building models obtained using eight different building combinations and three different gaps were subjected to 9 different ground motion records, resulting in total of 216 nonlinear time history analyses. The effects of pounding on roof displacement and interstory drift demands and damage distribution throughout the building height are investigated by comparing the values obtained for the reference and other gap space cases. The study obviously shows that the roof displacement demands increases up to 49% while the interstory drift demands increases up to 153% due to pounding effect in average. The pounding effect decreases as the gap distance between adjacent buildings increases. Also significant differences in damage distributions are observed for different gaps. The findings obviously indicate significant increase in displacement demands due to pounding. It is also clear that the proper seismic performance evaluation of adjacent buildings is not possible without consideration of pounding effect

KEYWORDS: Dynamic Analysis, Interstory Drift Ratio, Mid-rise Reinforced Concrete Buildings Nonlinear Analysis, Pounding, Seismic Performance, Time History Analysis

1.GİRİŞ

Ülkemizde kent nüfusunun yoğun olduğu şehirlerde, arazi kullanımının kısıtlı olmasından dolayı bitişik nizam olarak inşa edilmiş orta yükseklikte birçok yapı mevcuttur. Kuvvetli yer hareketi boyunca yetersiz boşluk oranına sahip farklı dinamik (kat kütlesi, yapısal rijitlik vb.) özelliklere sahip komşu binalarda, sismik kaynaklı çarpışmalar sonucu yapıların performansları önemli düzeyde etkilenebilmektedir. Çekiçleme etkisi olarak da adlandırılan bu yapısal düzensizliklerin geçmiş depremlerde ağır hasar ve hatta çökmelere neden olduğu bilinmektedir (Benuska, 1990; Youd vd., 2000).

Depremde hasar alan ve can kayıplarına neden olan binaların büyük bir çoğunluğunu “orta yükseklikteki” betonarme yapılar oluşturmaktadır. Mevcut yapı stokunu oluşturan bu “orta yükseklikteki” binaların önemli bir bölümü Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik-1975 (ABYYHY-1975), bir kısmı da Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik-1998 (ABYYHY-1998) esas alınarak inşa edilmiştir. Yetersiz boşluk oranına sahip yapı stokunda sismik tehlikelerin hafifletilmesi ve çekiçlemenin yapı davranışı üzerindeki etkilerinin gerçekçi bir yaklaşım ile belirlenmesi büyük önem arz etmektedir.

Mevcut yapıların sismik performanslarının değerlendirilmesinde doğrusal elastik olmayan statik itme analizi yöntemi sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yöntem yapıların kuvvet ve şekil deformasyon kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan etkili bir yaklaşımdır. Yüksek modların etkisinin ve depremlerin karakteristik özelliklerinin statik itme analizi ile tam olarak yansıtılamamasından dolayı sismik taleplerin hesaplanmasında zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz daha etkili sonuçlar vermektedir.

Gerçekleştirilen proje kapsamında, mevcut bina stokunu temsil eden ve “referans” olarak adlandırılan binalar ve muhtemel çekiçleme etkisi bulunan binalar ele alınmıştır. Mevcut yapı stokununun büyük bir bölümünü oluşturan, 4 ve 7 katlı betonarme binalar, yapıların performanslarının değerlendirilmesinde uluslararası kabul gören SAP2000 programında üç boyutlu olarak modellenerek Doğrusal Elastik Olmayan Zaman Tanım Alanında Dinamik analiz yapılmıştır. Bina modelleri 1975 ve 1998 yönetmelikleri (ABYYHY-1975 ve DBYBHY-1998) esas alınarak oluşturulmuştur.

Çekiçleme etkisini görebilmek amacıyla aralarında farklı boşluk oranları bırakılarak oluşturulan yan yana iki referans binadan oluşan modeller oluşturulmuştur. Oluşturulan bu modellerden

elde edilen, göreli kat ötelenmeleri ve tepe deplasmanları değerlerinin referans binalardan elde edilen sonuçlarla kıyaslanarak çekiçlemenin bina performansı üzerindeki etkileri irdelenmiştir.

1.1 Konu ve Kapsam

Çalışmanın amacı, yetersiz boşluk oranına sahip ya da bitişik nizam olarak inşa edilmiş orta yükseklikteki betonarme binalarda çekiçlemenin yapı davranışı üzerindeki etkilerinin gerçekçi bir yaklaşım olan zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemi ile değerlendirilmesidir.

Çalışma kapsamında, mevcut betonarme yapı stokunu temsil eden 1. derece deprem bölgesi ve Z3 zemin sınıfı üzerinde yer aldığı düşünülen binalar 4 ve 7 katlı binalar 1975 ve 1998 Deprem Yönetmelikleri dikkate alınarak 3-B ve doğrusal elastik olmayan davranışı yansıtacak şekilde modellenmiştir.

Aynı kat yüksekliğine sahip modeller, kat seviyelerinden bağlanarak ikili çarpışma modelleri oluşturulmuştur. Farklı bina yüksekliklerine sahip ikili modellerde, farklı boşluk mesafeleri bırakılarak çekiçlemenin bina davranışı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda 8 farklı ikili kombinasyon, geçmişte yaşanmış 9 farklı gerçek ivme kaydı ve 3 farklı boşluk mesafesi bırakılarak toplam 216 adet zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan dinamik analiz yapılmıştır.

Mevcut yapıların sismik performansının değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler, binaların komşu binalar ile herhangi bir etkileşime girmediği kabulüne dayanmaktadır. Mevcut yapı stoğunu temsil eden bu düzeyde bir çalışma ile ihmal edilen bu etkileşimin sismik performansa olan etkileri analitik yöntemlerle ortaya konarak literatürde oluşan boşluğa katkı yapması hedeflenmektedir.

1.2 Önceki Çalışmalar

Projenin ana amacını çekiçleme etkisinin mevcut yapıların sismik davranışı üzerindeki etkilerinin araştırılması oluşturmaktadır. Çekiçleme etkisi ile ilgili tespitlere yer veren bazı çalışmalar aşağıda verilmiştir.

1. Muthukumar ve Desroches tarafından yapılan çalışmada, tek serbestlik dereceye sahip bitişik lineer iki model, 5 farklı birleşim modeli

(stereomechanical, kelvin, hertz, hertzdamp ve linear spring) kullanılarak çarpışmanın sismik davranış üzerindeki etkileri incelenmiştir. El Centro deprem kaydı için 5 adet birleşim modelinin kullanıldığı ikili bitişik binalar üzerindeki deplasman ve ivme taleplerindeki ve darbe kuvvetlerindeki değişimler irdelenmiştir. Ayrıca düşük, orta ve yüksek PGA değerlerine ait toplam 27 deprem kaydı için, enerji kayıplarının dikkate alındığı 3 farklı birleşim modeli (stereomechanical, kelvin, hertzdamp) kullanılarak deplasman ve ivme taleplerindeki artışlar araştırılmıştır (Muthukumar ve Desroches, 2004).

2. Jankowski yaptığı çalışmada, kat seviyeleri ve toplam bina yükseklikleri aynı olan 3B doğrusal olmayan bitişik modelleri El Centro deprem kaydı ile doğrusal olmayan dinamik analize tabi tutarak çarpışmanın yapı davranışı üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çarpışma modeli oluşturulan ikili bina için boşluk mesafesi, kat kütlesi, yapısal rijitlik ve akma dayanımı gibi parametrelerin değişimi ile deplasman taleplerinin ve kesme kuvvetlerinin duyarlılığı irdelenmiştir (Jankowski, 2008).
3. 2013 yılında Efraimiadou tarafından yapılan çalışma kapsamında farklı bina yüksekliklerine sahip 9 farklı düzlemsel çerçeveli bina çiftinin, 6 farklı deprem kaydı kullanılarak doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizi yapılmıştır. Çarpışma ile maksimum deplasman ve kalıcı deplasman talepleri, eleman süneklikleri, iç kuvvetler ve katlar arası göreli ötelenme oranları gibi parametrelerin değişimi üzerinde odaklanılmıştır (Efraimiadou, 2013).
4. Raheem 3B düzenli 8 ve 13 katlı bitişik binaları doğrusal ve doğrusal olmayan birleşim modelleri ile bağlayıp 9 farklı deprem kaydı kullanılarak doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analiz gerçekleştirmiştir. Farklı boşluk mesafelerine sahip kombinasyonlar için çarpışmanın ivme ve deplasman talepleri ve kesme kuvvetleri üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Ayrıca enerji kaybının dikkate alındığı doğrusal elastik olmayan (nonlineer) birleşim elemanı ile doğrusal elastik (lineer) birleşim elemanının yapılarda oluşturduğu etkileri irdelemiştir (Raheem, 2006).
5. Anagnostopoulos ve Karamaneas farklı kat seviyeleri olan 5 katlı perdeli-çerçeveli ikili sistemin sismik kaynaklı çarpışmaları üzerinde çalışma yapmıştır. Belirli bir rijitliği ve sönümü olan birleşim elemanın kullanıldığı ikili model için nonlineer dinamik analiz gerçekleştirilmiştir. Gerçek deprem kayıtlarının kullanıldığı farklı dinamik karakterlerdeki binaların deplasman ve ivme talepleri çarpışmalı ve çarpışmasız durumlar için kıyaslanmıştır. Ayrıca nonlineer sonlu elemanlar ile modellenen perde duvarlarda gerilmelere bakılarak, çarpışmanın

lokal etkileri üzerinde detaylı bir araştırma yapılmıştır. Çarpışan perde duvarların sismik talepleri azaltarak yapının göçmesini önleyebileceği savunulmuştur (Anagnostopoulos ve Karamaneas, 2008).

6. Cimellero ve Garcia tarafından yapılan deneysel çalışmada 4 ve 2 katlı doğrusal elastik modeller kat seviyelerinden, doğrusal olmayan cihazlar ile birbirlerine bağlanarak çekiçlemenin sismik talepleri üzerindeki etkileri kapsamlı şekilde ele alınmıştır. Yumuşak kat düzensizliğine sahip 1/5 ölçekli gerçek çelik modeller arasında link elemanların farklı katlarda bağlanması ile 3 farklı çarpışma modeli oluşturulmuştur. Sarsma tablası üzerine yerleştirilen modellerin sismik kaynaklı yapı davranışlarında, 3 kombinasyon arasında kayda değer bir farklılık görülmediği ifade edilmiştir. Ayrıca link elemandaki sönüm katsayısının farklı değerleri için katlar arası ötelenme ve kat ivmeleri üzerinde çalışılmıştır (Cimellero ve Garcia, 2007).
7. 1990 yılında Maison ve Kasai tarafından yapılan araştırmada, çekiçleme etkisinin bina davranışı üzerindeki etkilerinin anlaşılabilmesi için çok serbestlik dereceli sistemde hareket denkleminin formülasyonu ve çözümü üzerine odaklanılmıştır. Bu kapsamda tek bir kat seviyesinden çarpışan 15 katlı çelik bina ile rijit bina doğrusal yay modeli ile bağlanarak ikili çarpışma modeli oluşturulmuştur. Dinamik analizlerin yapıldığı esnek çelik bina çerçeve sistem ile modellenirken, rijit bodur bina ise betonarme perde duvar olarak modele yansıtılmıştır. Çarpışmalı ve çarpışmasız modeller arasında çatı deplasmanındaki sınırlandırılmaya, kat ötelenme, kat kesme ve devirme momentindeki artışlara vurgu yapılmıştır. Rijitlikleri farklı olan yay modelleri için yapılan analizlerde, daha rijit olan yayın 2 kattan daha fazla çarpışma kuvveti ürettiği belirtilmiştir (Maison ve Kasai, 1990).
8. Jameel tarafından yapılan çalışmada farklı yükseklikteki bitişik binaların deprem etkisiyle oluşan çekiçleme davranışlarının anlaşılması amaçlanmıştır. Bu sebeple binalar arasındaki boşluk mesafelerinin etkilerini incelemek için nonlineer (doğrusal olmayan) dinamik analiz yapılmıştır. Enerji kayıplarının dikkate alındığı sönümlü birleşim elemanı ile 4 ve 7 katlı modeller birbirlerine bağlanarak çarpışmalı ve çarpışmasız modeller oluşturulmuştur. Geleneksel kolon-kiriş çubuk elemanlarla yapılan model ile kolon-kiriş ve döşemenin olduğu modeller arasında deplasman taleplerinin değişim gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca çarpışma katının üzerindeki kat ötelenmelerinin arttığı, altındaki katlarda ise ötelenmenin sınırlandırıldığı vurgulanmıştır (Jameel, 2013).

9. Doğan ve Günaydın tarafından yapılan çalışmada farklı yüksekliklere sahip modeller, rijit blok ile farklı boşluk oranları için çarpışmaya maruz bırakılmıştır. Çarpışmanın binalara ait yapı elemanları üzerindeki etkileri çalışılmıştır. Sonlu elemanlar ile modellenen 2 katlı çerçeve binada darbe kuvveti altında gerilme analizleri yapılmıştır. Kat seviyesinde ve kolonun farklı noktalarında çarpışma kuvvetleri uygulanarak elemanda oluşan gerilmeler kıyaslanmıştır. Çarpışma kuvvetlerinin sistem tarafından tamamen sönümlenemediğini ve binalar arasında elastik malzeme kullanımı veya betonarme perde duvarların kullanımının etkileri azaltabileceği ifade edilmiştir (Doğan ve Günaydın, 2009).
10. 2015 yılında Altınel 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 üçlü (sıralı) kombinasyonlar oluşturulmuştur. Doğrusal olmayan dinamik analizler sonucu elde edilen boşluk mesafelerinin birçok durumda DBYBHY-2007'de yer alan derz mesafelerini aştığını vurgulamıştır. Çarpışma yönünde deplasman taleplerinin sınırlandırıldığını ve serbest yönde arttığını belirtmiştir. Ayrıca çekiçlemenin kat kesmelerinde ve plastik mafsallardaki hasar dağılımında oluşturduğu farklar incelenmiştir (Altınel, 2015).

1.3 Proje Raporunun Organizasyonu

Projenin amaçları doğrultusunda çalışma altı ana başlık halinde organize edilmiştir. Burada bölümler hakkında kısa bilgiler verilmiştir.

Çalışmanın birinci bölümünde Proje hakkında genel bilgiler, çalışmanın amacı, kapsamı ve literatürde yer alan çalışmaların özeti verilmiştir.

İkinci bölümde çalışma kapsamına dahil edilen binaların özellikleri ve oluşturulan ikili modellerin özellikleri yer almaktadır.

Üçüncü bölümde seçilen ivme kayıtlarının özelliklerine yer verilmiştir.

Dördüncü bölümde analiz yönteminde dikkate alınan parametreler ve analiz sonuçlarından elde edilen bulguların bir kısmı grafik ve tablo olarak verilmiştir.

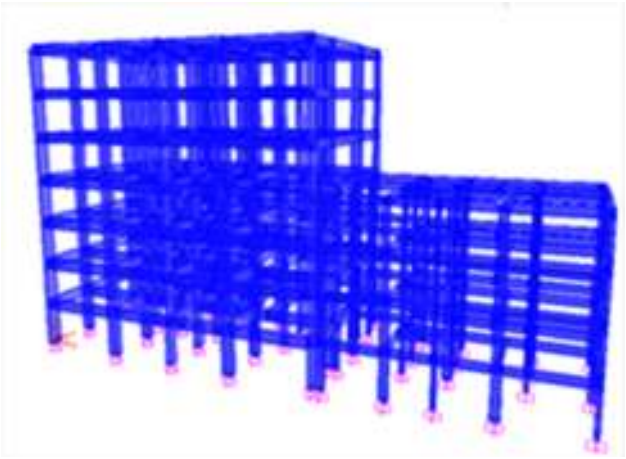
Beşinci bölümde proje kapsamında kullanılan gerçek ivme kayıtları ile yapılan zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz sonuçları sunulmuştur. Çarpışmalı modeller ile referans modeller arasındaki farklar kıyaslanmıştır.

Altıncı bölümde ise elde edilen sonuçların genel değerlendirilmesi yapılmıştır.

2. YAPI ÖZELLİKLERİ VE MODELLEME

Yetersiz boşluk oranına sahip komşu binalarda, çekiçlemenin bina davranışına olan etkilerinin araştırılması ve sismik tehlikelerin önüne geçilmesi büyük önem taşımaktadır. Ülkemizde çarpışma olasılığı muhtemel olan ve mevcut yapı stokunu temsil edeceği düşünülen orta yükseklikteki binaların modellenmesinde İnel ve çalışma arkadaşları (İnel ve diğ., 2009) tarafından yapılan envanter çalışması göz önüne alınmıştır.

3 boyutlu olarak modellenen 4 ve 7 katlı binalar, farklı boşluk oranları dikkate alınarak modellenmiştir (Şekil 2.1). İkili modellerde çarpışmanın oluşabildiği 0 ve 2 cm boşluk mesafeleri seçilirken, çarpışmanın görülmediği binalar için ikili binalar 40 cm boşluk mesafesi bırakılarak modellenmiştir.



Şekil 2.1 İkili modellerin örnek bilgisayar modeli

2.1 Bina Modellerinin Özellikleri

Ülkemizdeki mevcut yapı stokunu temsil eden orta yükseklikteki binalar, perde duvarı olmayan 3B kolon-kiriş çerçeve sistemi olarak modellenmiştir. Proje kapsamında kullanılan modeller İnel vd. tarafından yapılan envanter çalışmasından elde edilen 434 binanın yapısal özelliklerinin ortalaması sonucu oluşturulmuştur (İnel vd., 2009). 1. derece deprem bölgesinde yer alan Denizli, İzmir, Muğla, Aydın ve İstanbul gibi illerde yapılan saha ve arşiv kayıtlarından yararlanılmıştır. Ülkemizde mevcut yapıların büyük bir çoğunluğunun üzerinde bulunduğu Z3 zemin sınıfı tasarımda esas alınmıştır. Modellerin 1975 ve 1998 yönetmeliklerine göre sismik taleplerinin bina ağırlığına oranı Tablo 2.1 ve 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.1 1975 modellerine ait deprem talepleri

Bina Tipi	Periyot	S	K	F/W
4 Katlı	0.54	1.00	1.00	0.10
7 Katlı	0.84	1.00	1.00	0.10

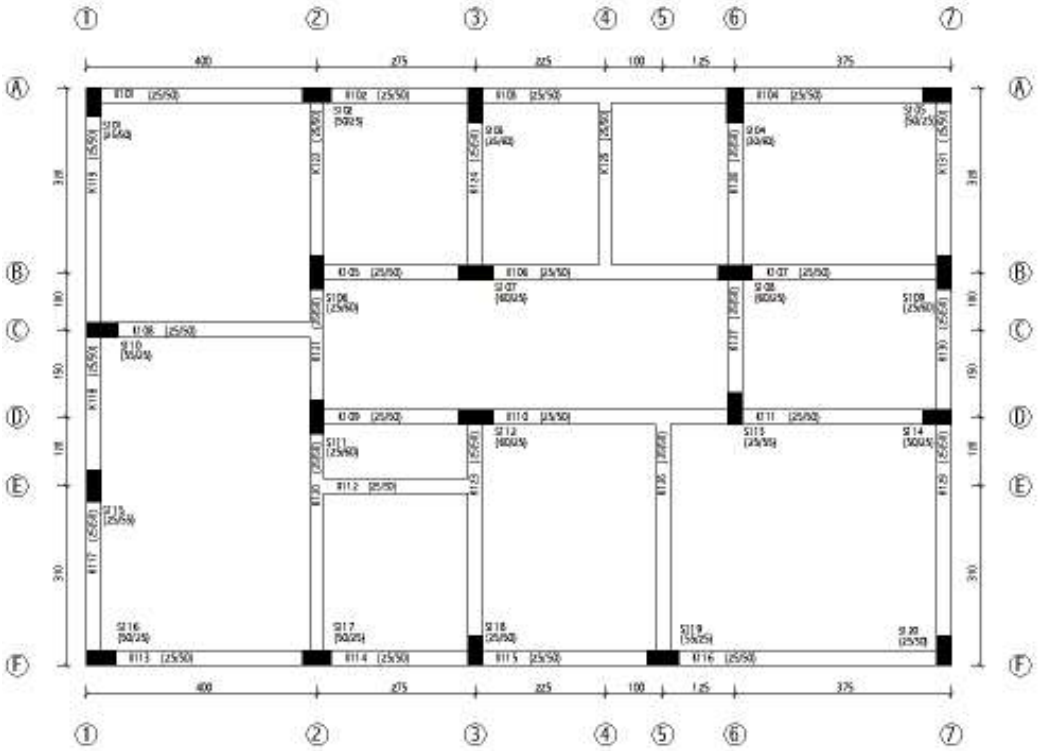
Tablo 2.1' de yer alan S, yapı dinamik katsayısını, K, yapı tipi katsayısını ve F/W bina yatay dayanımının bina sismik ağırlığına oranını göstermektedir. Tablo 2.2' de verilen S(T), tepki spektrum katsayısını, A(T), spektral ivme değerini ve R, taşıyıcı sistem davranış katsayısını belirtmektedir.

Tablo 2.2 1998 modellerine ait deprem talepleri

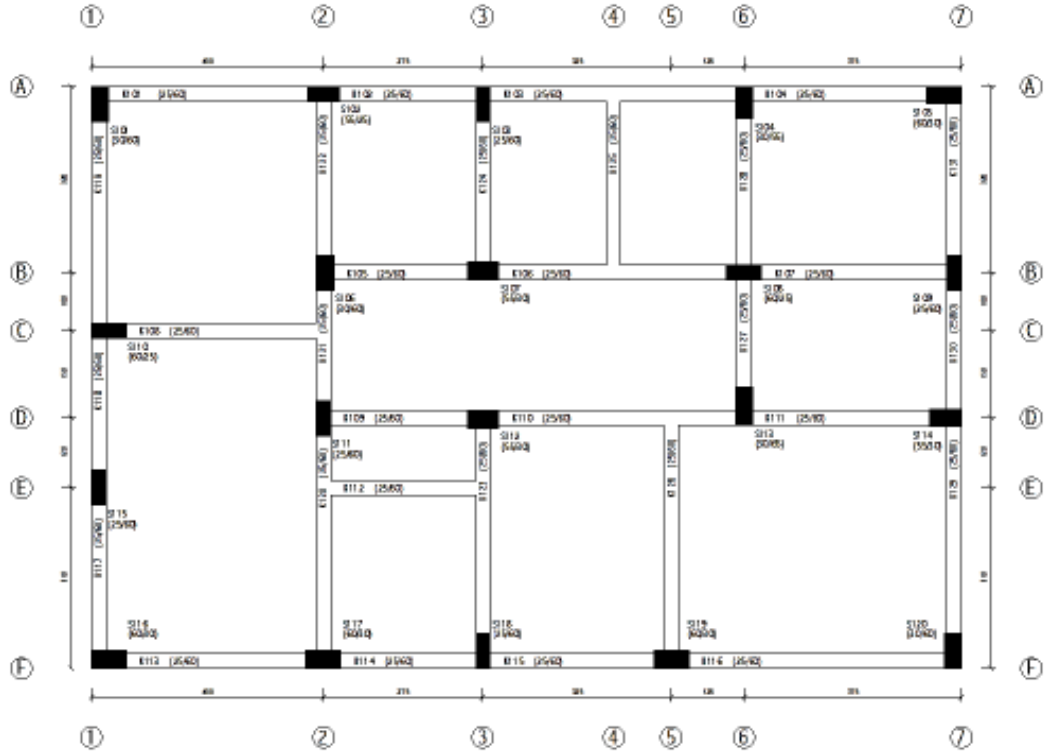
Bina Tipi	Periyot	S(T)	A (T)	R	F/W
4 Katlı	0.44	2.5	1.0	8	0.125
7 Katlı	0.63	2.5	1.0	8	0.125

Proje kapsamında, kullanılan 1975 modelleri için 16 MPa (BS16), 1998 modelleri için ise 20 MPa (BS20) beton basınç dayanımı kullanılmıştır. Yanal donatı detayları için tasarıma esas olan yönetmelik şartları dikkate alınmıştır.

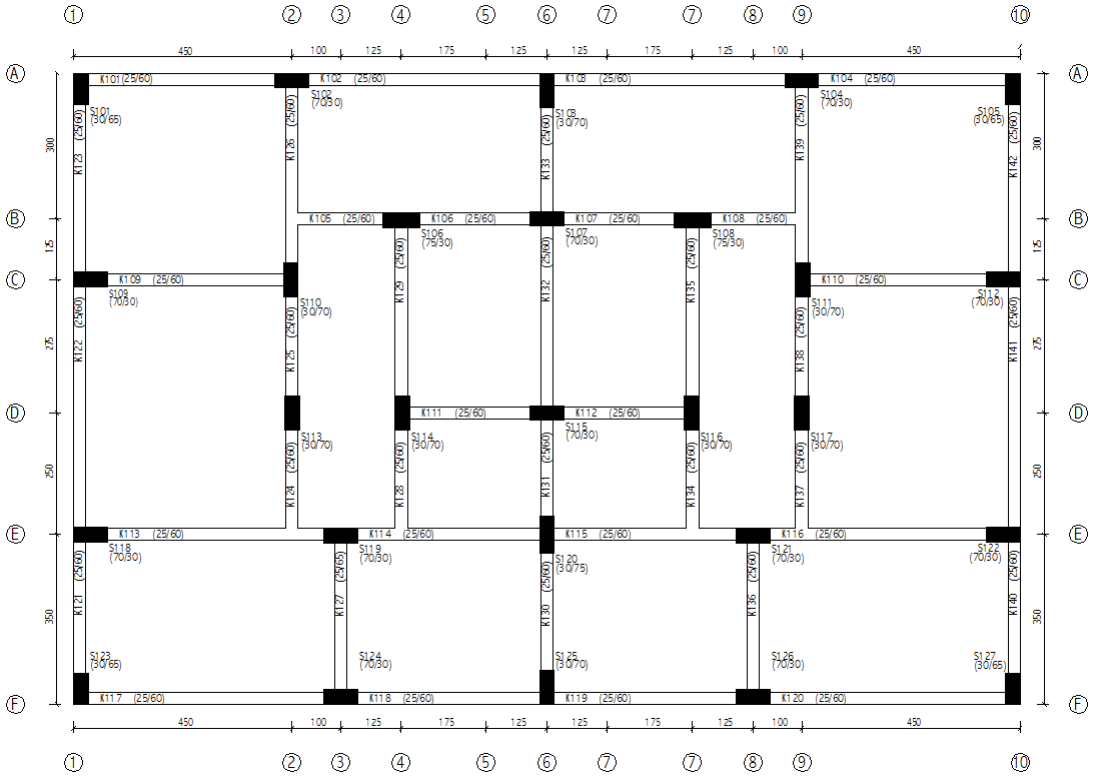
Envanter çalışmasındaki 3-5 katlı binalar 4 katlı, 6-8 katlı binalar ise 7 katlı olarak modellere yansıtılmıştır. Ortalama değerler olarak modellere yansıtılan hesap değerleri Tablo 2.3' te verilmiştir. 1975 ve 1998 modellerinin mimari yapıları aynı olmasına rağmen taşıyıcı sistem özellikleri farklılık göstermektedir (Şekil 2.2-2.5).



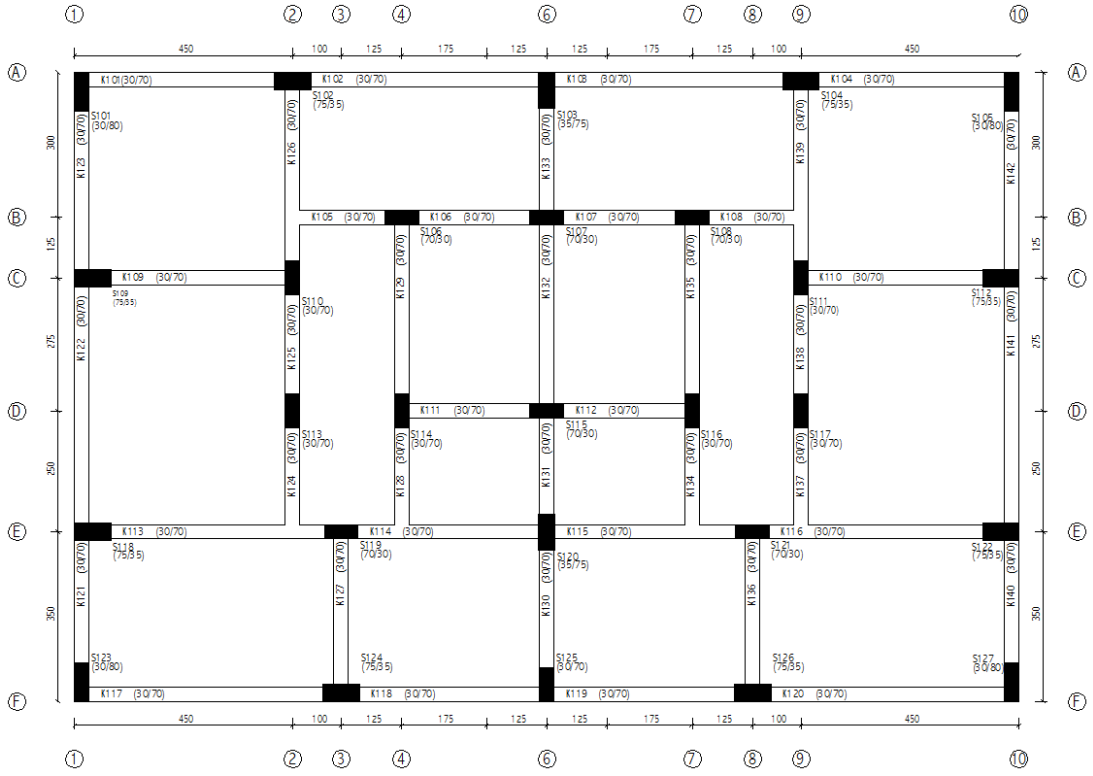
Şekil 2.2 4 katlı 1975 modeline ait kalıp planı



Şekil 2.3 4 katlı 1998 modeline ait kalıp planı



Şekil 2.4 7 katlı 1975 modeline ait kalıp planı



Şekil 2.5 7 katlı 1998 modeline ait kalıp planı

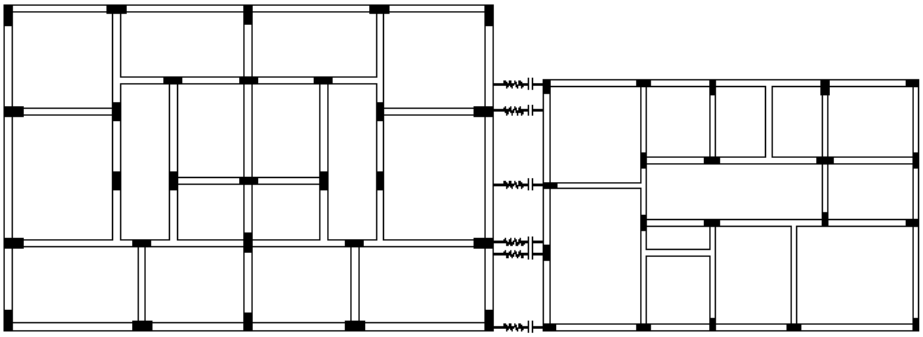
Tablo 2.3 Binaların tasarımında dikkate alınan değerler

Özellik Türü	Özellik	Değerler	
Kat Sayısı		4 Katlı	7 Katlı
Geometrik Özelikler	X-Boyut	15 m	19.5 m
	Y- Boyut	10 m	13 m
	Kat yüksekliği	2.8 m	2.8 m
Malzeme Sınıfı	Beton Sınıfı	BS16-BS20	
	Donatı Sınıfı	S220 (BÇI) – S420 (BÇIII)	
Yük	Hareketli (Normal Kat)	0.200 t/m^2	0.200 t/m^2
	Hareketli (Çatı Kat)	0.150 t/m^2	0.150 t/m^2
	Ölü (Normal Kat)	0.375 t/m^2	0.375 t/m^2
	Ölü (Çatı Kat)	0.313 t/m^2	0.314 t/m^2
	Duvar	0.300 t/m^2	0.300 t/m^2
	Hareketli Yük Azaltma	0.3	
Zemin Özellikleri	Yerel Zemin Sınıfı	Z3	
Deprem Bölgesi	1. Derece	0.4g	

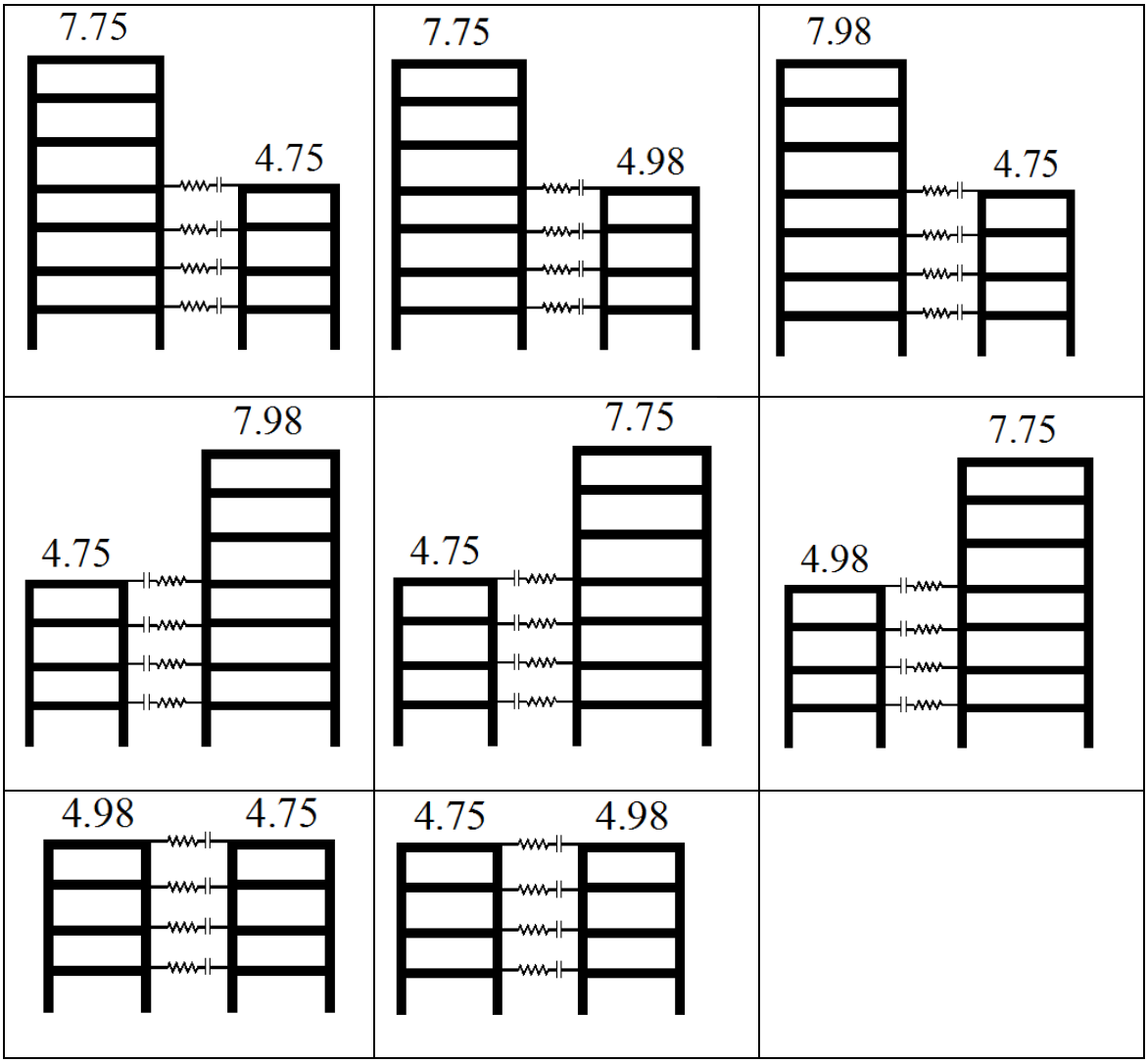
2.2 Çekiçleme Modellerinin Özellikleri

Binalar arasında ikili kombinasyonlar oluşturulurken, aynı ve farklı kat sayısına sahip modellerin göz önünde bulundurulması planlanmıştır. Fakat 7 katlı 1975 ve 1998 binalarının benzer kütle ve rijitliğe sahip olması nedeniyle bu modellerden oluşturulan ikili kombinasyonlar arasında çekiçleme etkileri gözlenememiştir. Bunun yerine, oluşturulan ikili kombinasyonların bir kısmının +X ve –X yönlerinde analizleri ayrı ayrı gerçekleştirilerek, deprem yönünün çekiçleme davranışı üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Kat seviyeleri aynı olan ikili binaların kolon aksları birbiriyle uyumlu olmadığı için, link elemanları bir binanın kolon elemanına diğer binanın ise kiriş elemanına bağlanmıştır (Şekil 2.6). 3-B doğrusal olmayan 4 ve 7 katlı bina modelleri 8 farklı kombinasyon türetilerek Şekil 2.7' de görüldüğü gibi link elemanları ile ikili olarak birbirlerine bağlanmıştır. Şekilde görülen ikinci dört bina grubu ilk dört kombinasyondaki binaların yerlerinin değişmesiyle elde edilmiştir. Modeller İkili binalar arasında çarpışmaların oluştuğu 0 ve 2 cm boşluk mesafeleri bırakılmıştır. Çarpışmanın olmadığı "referans" modeller için ise 40 cm boşluk mesafesi bırakılmıştır. Böylece 8 farklı kombinasyon ve 3 farklı boşluk oranı ile toplam 24 bina çifti çalışma kapsamına alınmıştır. Şekilde görülen modellerin isimlendirilmesi için kullanılan açıklamada ilk rakam kat sayısını, noktadan sonraki rakamlar ise esas alınan yönetmeliği temsil etmektedir (Örneğin; 7.75: 7 katlı 1975 yönetmeliğine uygun bina).



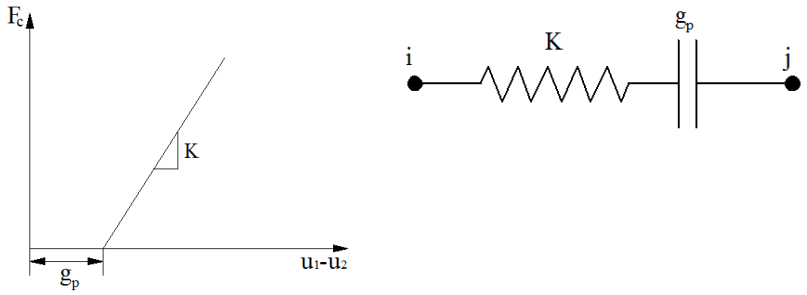
Şekil 2.6 İkili binaların kalıp planı



Şekil 2.7:Çalışmada kullanılan ikili kombinasyonlar

2.3 Link Eleman Özellikleri

Proje kapsamında kullanılan doğrusal olmayan 3-B bina modelleri uluslararası kabul gören SAP 2000 programı ile modellenmiştir. Bu modellerden ikili bina çifti oluşturulurken yine aynı programda bulunan Link (gap) elemanı kullanılmıştır (Şekil 2.8). Doğrusal (lineer) yay modelini yansıtan birleşim modeli, boşluk mesafesinin aşıldığı durumda kuvvet aktarmaktadır. Böylece komşu binaların hangi zaman dilimlerinde çarpıştığı ve çarpışma kuvvetleri belirlenebilmektedir.



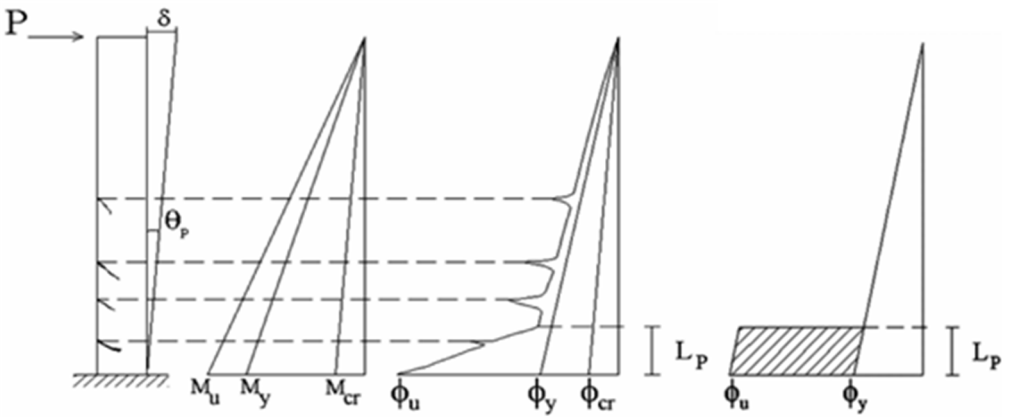
Şekil 2.8 Modellemede kullanılan doğrusal yay modeli ve gap elemanı (SAP2000)

Şekil 2.8'de **K:** elastik yay modeline ait rijitlik, $F_{C:}$ yayda oluşan çarpışma kuvveti, $\mathbf{g_{p:}}$ iki model arasında dikkate alınan boşluk mesafesi, $\mathbf{u_1\text{-}u_2}$**:** iki bina modeli arasındaki deplasman farkı göstermektedir.

Birbirine bağlanan modeller arasında örtüşmeleri önlemek amacıyla kuvvet tabanlı doğrusal yay modelinin rijitliği, çarpışmanın oluştuğu ilgili elemanların eksenel rijitliklerinden büyük olması gerekmektedir (Maison ve Kasai, 1990). Yay rijitliğinin kesin değeri bilinmemekle birlikte çok yüksek rijitlikli yay kullanımı, doğrusal olmayan analizlerde gerçek dışı darbe kuvvetlerine ve nümerik yakınsama problemlerine neden olmaktadır (Muthukumar ve Desroches, 2004). Maison binalar için yay rijitliğini 2626 kN/mm ile 8753 kN/mm (15000 kips/in ile 50000 kips/in) aralığında tercih ederken Muthukumar yaptığı çalışmada 4376 kN/mm (25000 kip/in) değerini kullanmıştır. Literatürdeki sonuçların değerlendirilmesi ile çalışma kapsamında link elemana ait doğrusal yay rijitliği, link elemanın bağlandığı elemanın kısalma deformasyonundan 35 kat daha büyük (yaklaşık 2626 kN/mm) seçilmiştir. Kat seviyelerinden bağlanarak oluşturulan ikili modellerde çarpışma kuvvetinin o kattaki bütün yapısal elemanlara dağılmasını sağlamak için rijit diyafram tanımlanmıştır (Maison ve Kasai, 1990).

2.4 Doğrusal Olmayan Modelleme ve Plastik Mafsalların Tanımlanması

Şiddetli yer hareketi altında oluşan kuvvetler yapısal elemanlarda plastik şekil değiştirmelere neden olmaktadır. Bu plastik şekil değiştirmeler depremin oluşturduğu eğilme etkileri ile zorlanan kolon kiriş uçlarında meydana gelmektedir. Şekil değiştirmelerin belirli bir kesitte toplandığının varsayımı ise plastik mafsal kavramını oluşturmaktadır (Şekil 2.9).



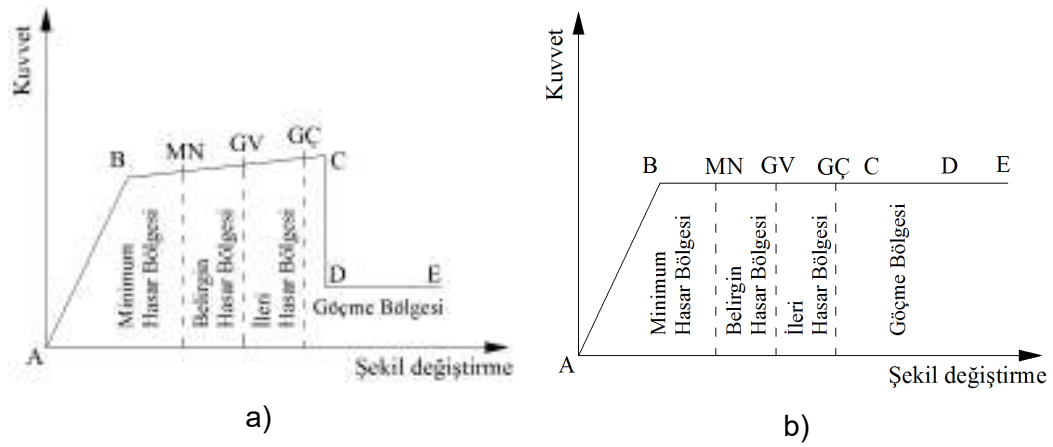
Şekil 2.9 Doğrusal olmayan davranış

Doğrusal elastik olmayan davranış, plastik şekil değiştirmelerin yığılı olduğu kolon kiriş uçlarında tanımlanan mafsallar ile modellere yansıtılmıştır. Plastik mafsalların tanımlanabilmesi için kritik kesitlerde moment-eğrilik değerleri hesaplanmıştır. Moment-eğrilik ilişkileri, nihai şekil değiştirme kriterleri ve plastik mafsal boyu (Lp=h/2 DBYBHY-2007 2007) kullanılarak elemanlara ait plastik dönme kapasiteleri ve mafsal özellikleri belirlenmiştir.

Her bir eleman için yanal donatı miktarı ve beton dayanımı göz önüne alınarak sargılı beton modeline ait gerilme-şekil değiştirme grafikleri elde edilmiştir. Çelik gerilme-şekil değiştirme grafikleri DBYBHY 2007'den alınmıştır. Mander sargılı beton ve çelik malzemesine ait gerilme-şekil değiştirme modelleri (Mander vd. 1988) ile SEMAp (Özmen vd. 2007; TÜBİTAK 105M024) yazılım programı kullanılarak moment-eğrilik değerleri ve hasar sınırları her bir kesit için belirlenmiştir. SAP 2000 programında plastik mafsal tanımlanabilmesi için moment-eğrilik değerlerinden moment-dönme değerleri hesaplanmıştır.

Moment-eğrilik ilişkilerinin belirlendiği eğilme mafsalı hasar sınırları için B, C, D, E ve performans kriterleri olan MN, GV, GÇ noktaları Şekil 2.10' da verilmiştir. "B" noktası, kesitin akma noktasına ulaştığı andır. B noktasından sonra doğrusal ötesi davranış hakim olmaktadır. "B"-"C" aralığında kesit kapasitesini korurken "C" noktasında göçme konumuna ulaşılmaktadır. "C" noktasından sonra FEMA-356 ve ATC-40'ta öngörüldüğü gibi dayanım değeri, akma dayanımının % 20 değerine düşmektedir (FEMA-356 2000; ATC-40 1996). "C"-"D" aralığında

ise düşen kapasite bir süre daha korunur ve “E” noktasında kesit kapasitesini tamamen kaybeder.



Şekil 2.10 a) Plastik mafsalın tipik yük-deformasyon grafiği b) göçmesiz mafsal

Proje kapsamında, C noktasında kapasitenin azalmadığı plastik mafsal tercih edilmiştir. “E” noktasında kapasitenin tamamen kaybedildiği ve sıfıra ulaştığı varsayılmaktadır. MN (Minimum Hasar Sınırı), GV (Güvenlik Sınırı), GÇ (Göçme Sınırı) hasar sınırları için beton ve çelik malzemelerinin birim şekil değiştirmelerine bağlı sınır değerler DBYBHY-2007’de belirtildiği şekilde bu çalışmada kullanılmıştır. Eğilme mafsalı hasar sınırları Tablo 2.4’te verilmiştir.

Tablo 2.4 Binaların tasarımında dikkate alınan değerler

Nokta	Beton Birim Deformasyonu (ε_c)	Çelik Birim Deformasyonu (ε_s)
B	Akma dayanımı ve eğilme rijitliği belirle	
MN	$(\varepsilon_{cu})_{MN} = 0.0035$	$(\varepsilon_s)_{MN} = 0.01$
GV	$(\varepsilon_{cg})_{GV} = 0.0035 + 0.010(\rho_s / \rho_m) \leq 0.0135$	$(\varepsilon_s)_{GV} = 0.04$
GC	$(\varepsilon_{cg})_{GC} = 0.0040 + 0.014(\rho_s / \rho_m) \leq 0.0180$	$(\varepsilon_s)_{GC} = 0.06$

Enine donatı aralığının yeterli olmadığı 1975 yönetmeliğine göre tasarlanan binalarda kesme hasarı göz önünde bulundurularak elemanlarda kesme mafsalları tanımlanmıştır. Kesme mafsalı için herhangi bir süneklik hesaplanmamış olup, elemanların TS 500’ e göre hesaplanan kesme kapasitelerini aşmaları ile göçme konumuna ulaştığı varsayılmıştır.

Eleman rijitliği çatlak derinliği ile ilgili olduğundan eksenel yükten etkilenmektedir. Eğilme etkisindeki betonarme elemanların akma öncesi davranışları için, DBYBHY-2007’ de verilen kesite ait etkin eğilme rijitlikleri dikkate alınmıştır. Kirişlerde $0.4\ (EI)_o$, kolonlarda $N/(A_cF_{ck}) \leq 0.10$ olması durumunda $0.4\ (EI)_o$ ve $N/(A_cF_{ck}) \geq 0.40$ olması durumunda $0.8\ (EI)_o$ değerleri alınmıştır. Kolonlarda eksenel yükün ara değerleri için enterpolasyon yapılmıştır.

3. DEPREM İVME KAYITLARININ ÖZELLİKLERİ

3.1 Genel

Sismik talep hesabında tek serbestlik dereceli sistemlerin kullanılması, analizinin kolay olması nedeniyle yönetmeliklerce tercih edilmektedir. Yapıların sismik davranışını daha gerçekçi yansıtan 3-B doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz hem zor olması ve hem de çok zaman alması nedeniyle tercih edilmemektedir. Doğrusal olmayan statik itme analiz yöntemi birinci moda ait yük desenini esas alarak kolay uygulanabilir bir yöntem olsa da, yüksek modların ihmal edilmesi ile yapıların doğrusal olmayan davranışını belirlemekte yetersiz kalmaktadır (Krawinkler ve Seneviratna 1998).

Yapıların deprem davranışlarını en doğru şekilde belirlenebilmesi için, gerçekleştirilen proje kapsamında envanter çalışmasından elde edilen 3-B doğrusal olmayan ikili modellerin zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizleri yapılmıştır. Dinamik hareket denkleminin adım adım çözümünde nümerik integrasyonlar Newmark ortalama ivme metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizler için farklı zemin grupları ve PGA değerlerine sahip gerçek deprem kayıtları seçilmiştir.

3.2 İvme Kayıtlarının Özellikleri

Bu çalışmada farklı özelliklere sahip ölçeklendirilmemiş 9 adet gerçek deprem ivme kaydı kullanılmıştır. Yer hareketlerine ait ivme kayıtları için PEER web sitesinden yararlanılmıştır (PEER, 2011). İvme kayıtlarının 3 tanesi için zemin gruplarına bakılmaksızın İleri Yönlenmeli (Forward Directivity) ivme kaydı seçilirken, B ve C grubu zeminlerinden de 3’ er adet ivme kaydı seçilmiştir. Farklı zemin grupları üzerinden seçilen deprem ivme kayıtları için PGA aralığının çeşitliliğine dikkat edilmiştir.

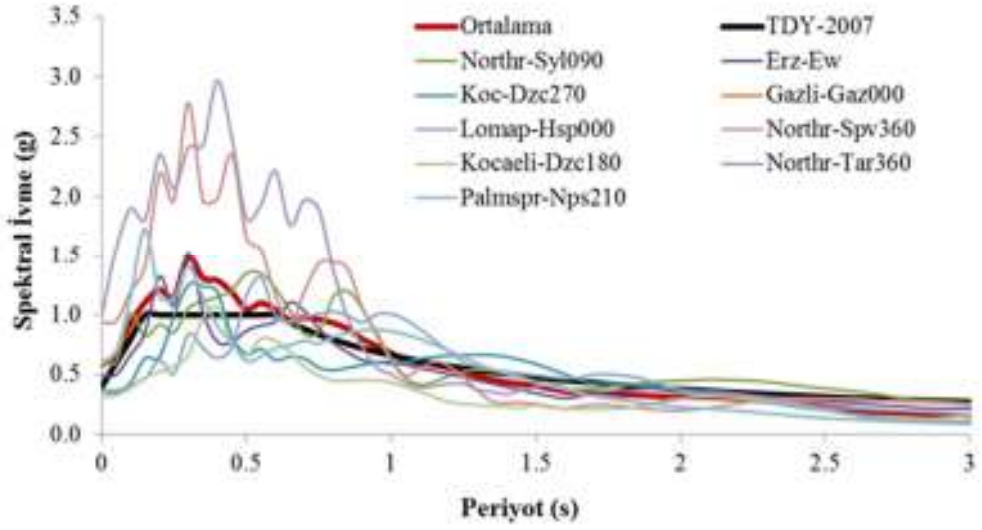
USGS’ de verilen sınıflandırma sisteminde ise A, B, C ve D zemin tipleri yer almaktadır. Sınıflandırmada dikkat edilen kesme dalgası hızları A grubunda 750 m/s ve üstü, B grubunda 360-750 m/s, C grubunda 180-360 m/s ve D grubu 180 m/s’ dir. DBYBHY-2007’ de zemin tipleri ise Z1, Z2, Z3 ve Z4 olarak sınıflandırılmıştır. Sınıflandırmada dayanım, rijitlik, zemin relatif sıklığı, ilk 30 m kesme dalgası hızı ve en üst zemin tabakası kalınlığı dikkate alınan parametrelerdir. DBYBHY-2007 ile USGS zemin tipleri birebir uyuşmasa da yakın olduğu

düşünülerek A, B, C ve D zemin tipleri Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin grupları ile benzeştiği varsayılmıştır. Bu sebeple B grubu Z2, C grubu ise Z3 grubu ile temsil edilmektedir.

Çalışma kapsamında seçilen ivme kayıtlarına ait özellikler Tablo 3.1' de verilmiştir. Deprem kayıtları %5 sönüm için elastik ivme spektrumları Şekil 3.1' de yer almaktadır. Ayrıca bu spektrumların ortalaması ile DBYBHY-2007'de yer alan 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan Z3 zemin sınıfına ait elastik ivme spektrumu da çizdirilmiştir.

Tablo 3.1 İvme kayıtlarına ait özellikler

Özellik	Deprem	Tarih	İstasyon	Bileşen	PGA (g)	PGV (cm/s)	Vs30 (m/s)
B	Gazli	17.05.1976	Karakyr	0	0.608	65.4	659.6
	Loma Pri.	18.10.1989	H.S. Pine	0	0.371	62.4	370.8
	Northrridge	17.01.1994	Sepulveda VA	360	0.939	76.6	380.1
C	Kocaeli	17.08.1999	Duzce	180	0.312	58.8	276.0
	Northridge	17.01.1994	Tarzana	360	0.990	113.6	257.2
	N. Palm Sp	08.07.1986	N. Palm Sp.	210	0.594	73.3	345.4
FD	Northridge	17.01.1994	Sylmar Ol	90	0.604	78.2	440.5
	Erzincan	13.03.1992	Erzincan	EW	0.496	64.3	274.5
	Kocaeli	17.08.1999	Duzce	270	0.358	46.4	276.0



Şekil 3.1 İvme kayıtlarının %5 sönüm için elastik ivme spektrumları

4.ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN DİNAMİK ANALİZLER

4.1 Giriş

Çalışmada, ülkemizdeki mevcut betonarme bina stokunu yansıtan, 1975 ve 1998 Yönetmeliklerinin dikkate alınarak tasarlandığı 4 ve 7 katlı 3-B bina modelleri kat seviyelerinden birbirlerine bağlanarak ikili modeller oluşturulmuştur. Çarpışmalı ve çarpışmasız durumlardan olduğun ikili modeller arasında 3 farklı boşluk mesafesi bırakılmıştır. Beton basınç dayanımları 16 MPa ve 20 MPa olan modellerden 4 farklı ikili kombinasyon oluşturularak, 3 farklı boşluk mesafesi ve 9 farklı ivme kaydı ile toplamda 108 adet zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan dinamik analiz yapılmıştır. Sadece x doğrultusunun dikkate alındığı analizler için ileri yönlenmeli 3 adet, B ve C zemin gruplarından da 3'er adet elde edilen ivme kayıtları kullanılmıştır.

4.2 Analiz Parametreleri

Bilgisayar modeli oluşturulan ikili binalar için uluslararası kabul gören SAP2000 yapısal analiz programı kullanılmıştır. Doğrusal elastik olmayan dinamik analiz öncesinde modal analiz yapılarak binalara ait serbest titreşim periyotları belirlenmiştir. Farklı binalardan oluşan ikili modellerde doğal titreşim periyotları dikkate alınarak dinamik analiz için rijitlik ve kütle ile orantılı sönüm katsayıları tanımlanmıştır. Dinamik analiz yöntemlerinden Newmark Ortalama İvme Metodu kullanılarak γ=0.5 (Gama) ve β=0.25 (Beta) olarak seçilmiştir. Düşey yükler altında analiz edilen modellere daha sonra deprem yükleri etkitilmiştir. Ayrıca sadece x yönünde yapılan doğrusal elastik olmayan dinamik analizlerde P-Delta etkileri dikkate alınmamıştır.

4.3 Analizler Sonucu Dikkate Alınan Parametreler

Gerçekleştirilen doğrusal elastik olmayan dinamik analizler ile çekiçleme olgusunun yapı davranışı üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Çalışmada binalar arasında farklı boşluk mesafeleri bırakılarak çatı katı deplasman taleplerindeki değişimler, katlar arası göreli ötelenmedeki değişimler ve plastik mafsallardaki hasar sınırlarındaki değişimler elde edilerek çarpışmalı ve çarpışmasız modellerin sonuçları birlikte verilmiştir. Elde edilen sonuçlardan,

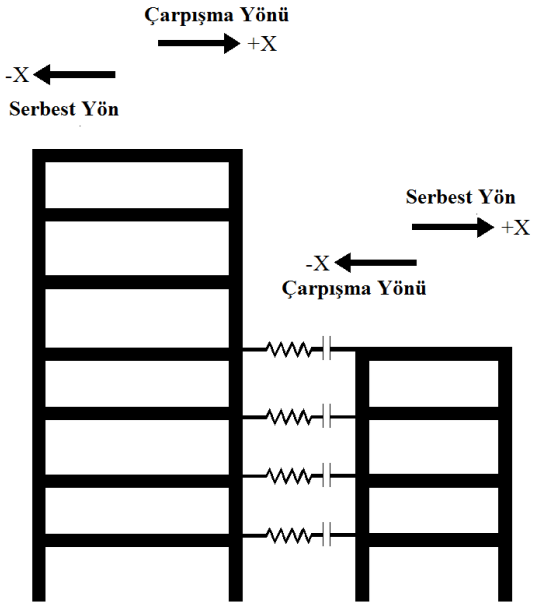
çatı katındaki deplasman talebinin maksimum ve minimum (-x yönünde maksimum) olduğu andaki her kata ait göreli kat ötelenme oranı profili ve her katın maksimum ve minimum (-x yönünde maksimum) göreli kat ötelenme oranları grafik olarak verilmiştir.

4.4 Analiz Sonuçlarından Elde Edilen Bulgular

Farklı deprem yönetmeliklerine göre tasarlanan 4 ve 7 katlı binalardan oluşan ikili modeller için yapılan dinamik analizler, çarpışmalı ve çarpışmasız durumlara ve farklı zemin gruplarından elde edilen ivme kayıtlarına göre değerlendirilmiştir. Bu bölümde çatı katı deplasman talebinin zamana bağlı değişimi, çatı katı deplasmanın +x ve –x yönlerinde mutlak değerce maksimum olduğu anlardaki tüm katlar için göreli kat ötelenme oranı değerleri elde edilmiştir. Ayrıca ikili bina modellerde kiriş ve kolon uçlarında tanımlanan plastik mafsallarındaki hasar sınırları, çarpışmalı ve referans modeller için kıyaslanmıştır.

4.4.1 Çatı Katı Deplasmanı

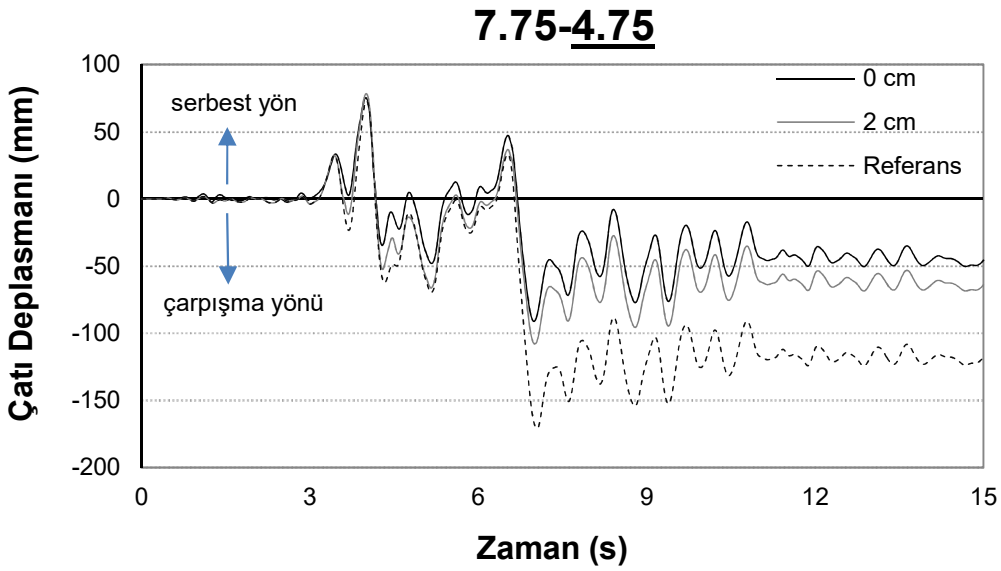
Çekiçlemenin bina davranışı üzerindeki etkilerinin belirlenebilmesi amacıyla, 0, 2 cm ve referans modellerin çatı katı (tepe) deplasman talepleri karşılaştırılmıştır. İkili binalarda binanın tepe noktasında olan çatı deplasmanı için kıyaslama yapılırken binaların çarpışma ve serbest yönleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Solda bulunan bina için +x, çarpışma yönü iken -x serbest yöndür. Sağdaki bina için ise bu durumun tersi olarak –x çarpışma yönü, +x serbest yöndür (Şekil 4.1).



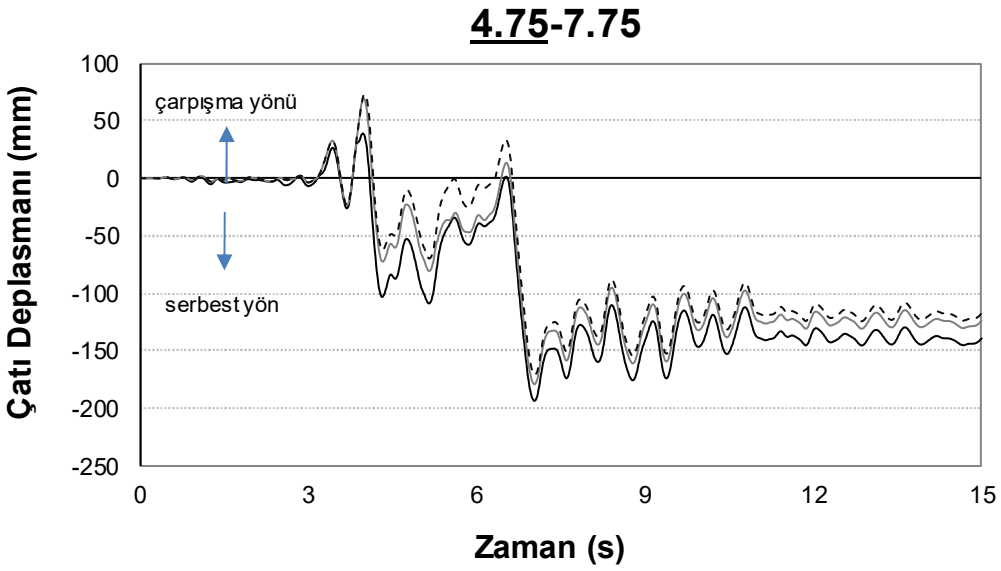
Şekil 4.1 İkili modeldeki binaların çarpışma ve serbest yönleri

Çarpışmanın oluşmadığı referans modeller ile çarpışan modeller arasındaki karşılaştırılmalar Şekil 4.2-4.17'de verilmiştir. Kıyaslamanın yapıldığı grafiklerde grafik başlığı ikili modeli simgelemekte olup sol ve sağ bina özelliğini vermektedir. İlk rakam (4 veya 7) binaya ait kat adetini, diğer rakamlar (75 veya 98) ise esas alınan deprem yönetmeliğini belirtmektedir. Altı çizili olan rakamlar çatı deplasman grafiğinin hangi binaya ait olduğunu vurgulamaktadır. (Örnek: 7.75-4.98 ikili bina modelinin 7 katlı 1975 modeli ile 4 katlı 1998 bina modellerinden oluştuğunu ve verilen grafiğin 4 katlı 1998 modeline ait olduğunu göstermektedir.)

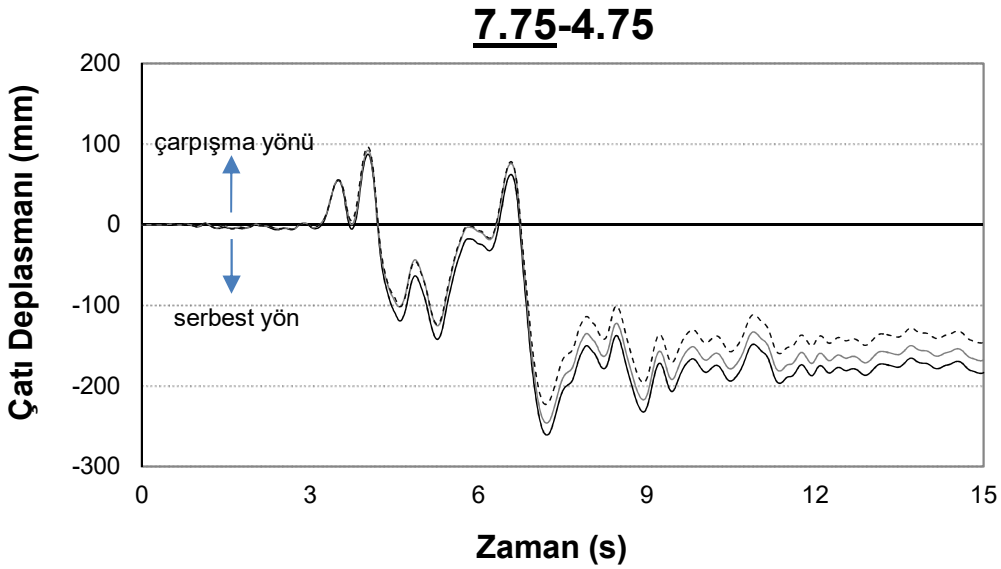
Bu bölümde analiz sonuçlarından elde edilen dikkat çekici deplasman grafikleri verilmektedir. Elde edilen tüm analiz sonuçları EKLER'de yer almaktadır.



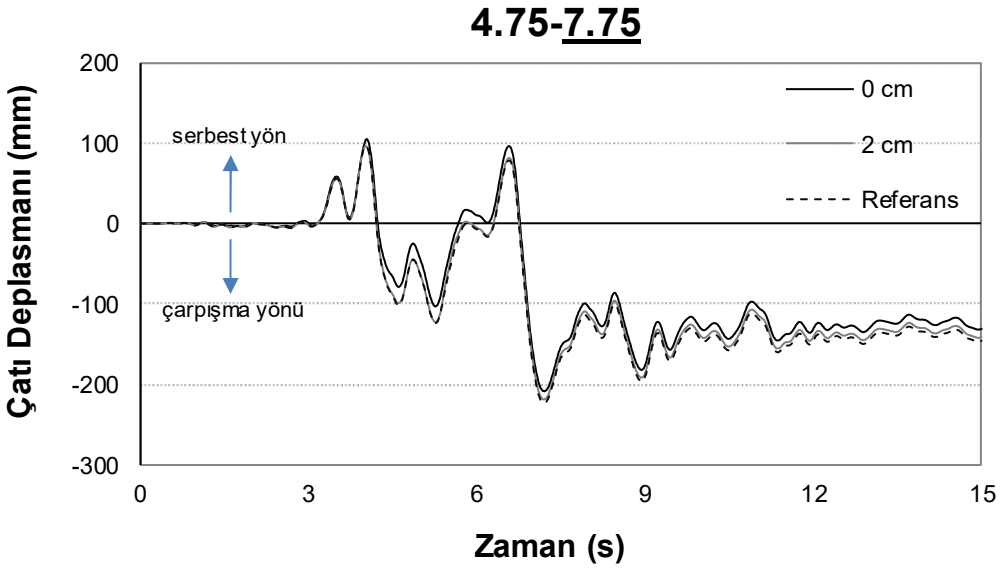
Şekil 4.2 7.75-4.75 kombinasyonu NORTHRSYL090 ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



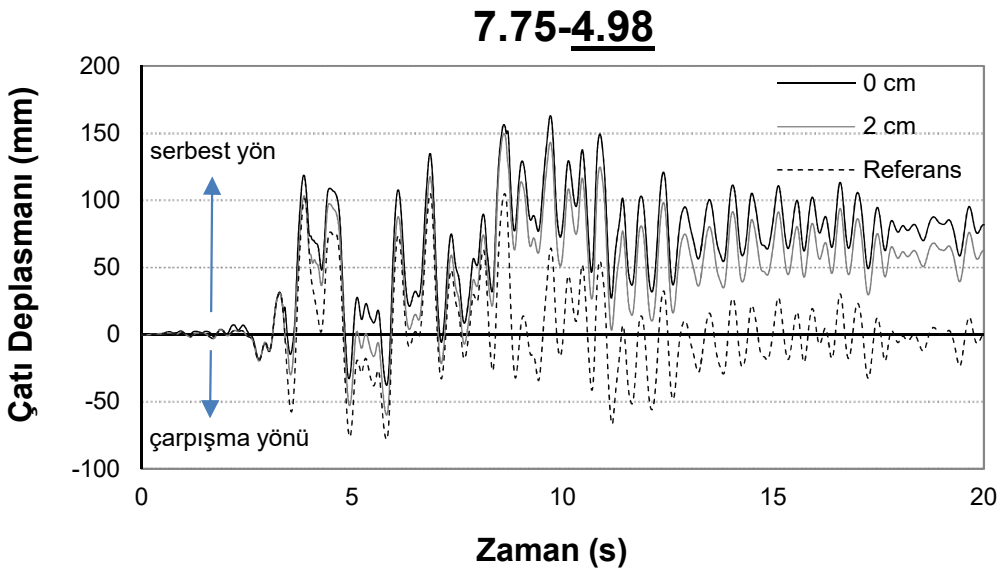
Şekil 4.3 4.75-7.75 kombinasyonu NORTHRSYL090 ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



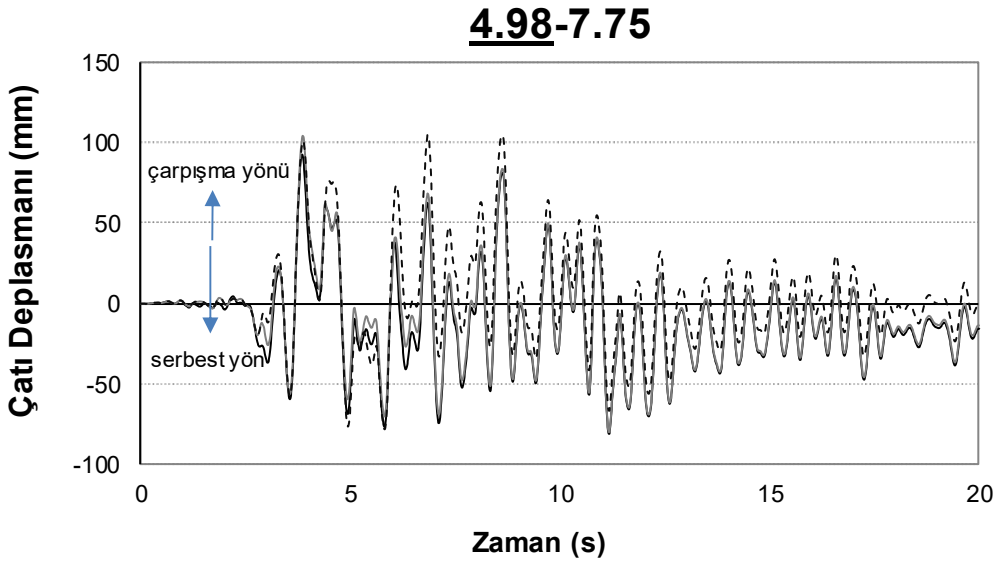
Şekil 4.4 7.75-4.75 kombinasyonu NORTHRSYL090 ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



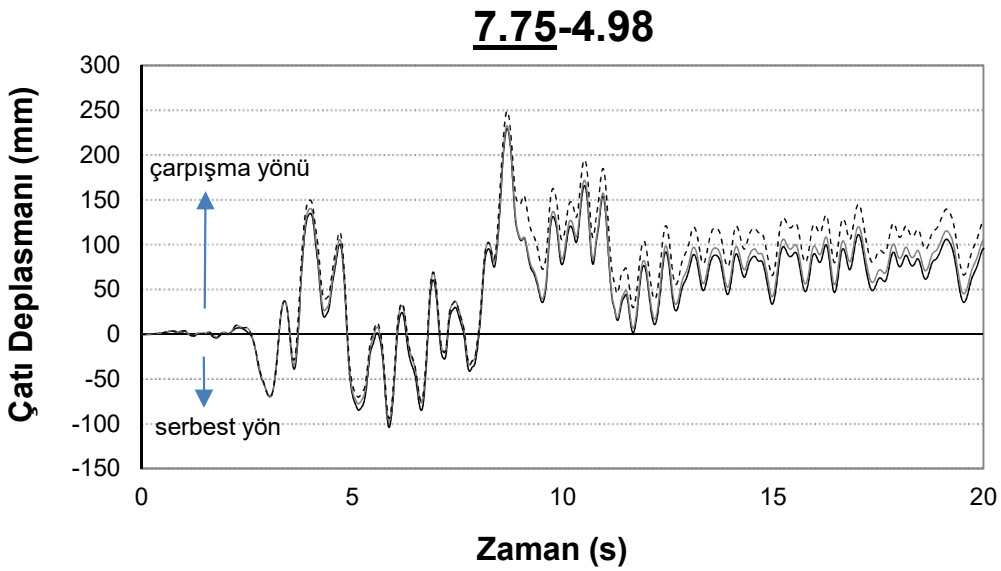
Şekil 4.5 4.75-7.75kombinasyonu NORTHRSYL090 ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



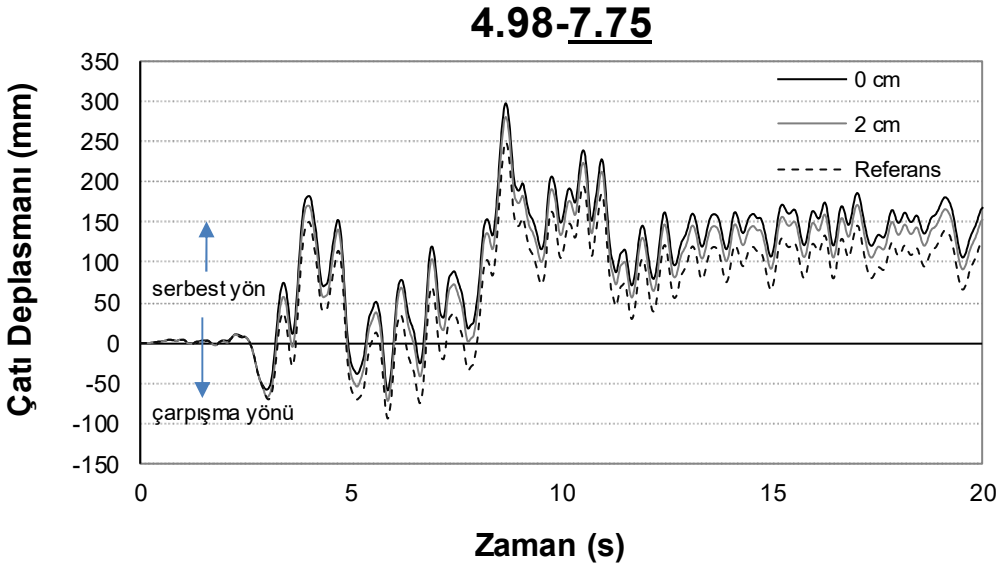
Şekil 4.6 7.75-4.98 kombinasyonu NORTHRTAR360 ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



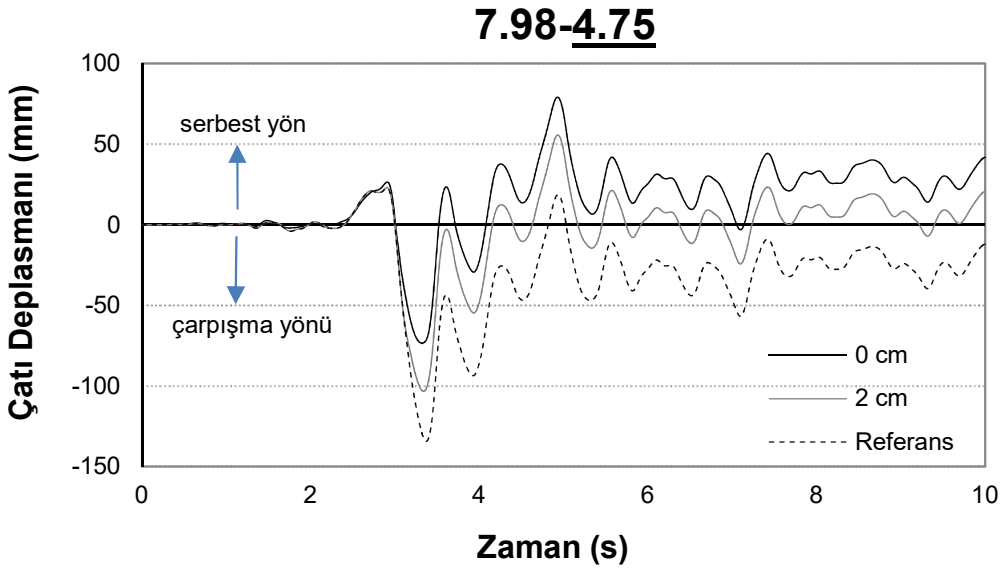
Şekil 4.7 4.98-7.75 kombinasyonu NORTHRTAR360 ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



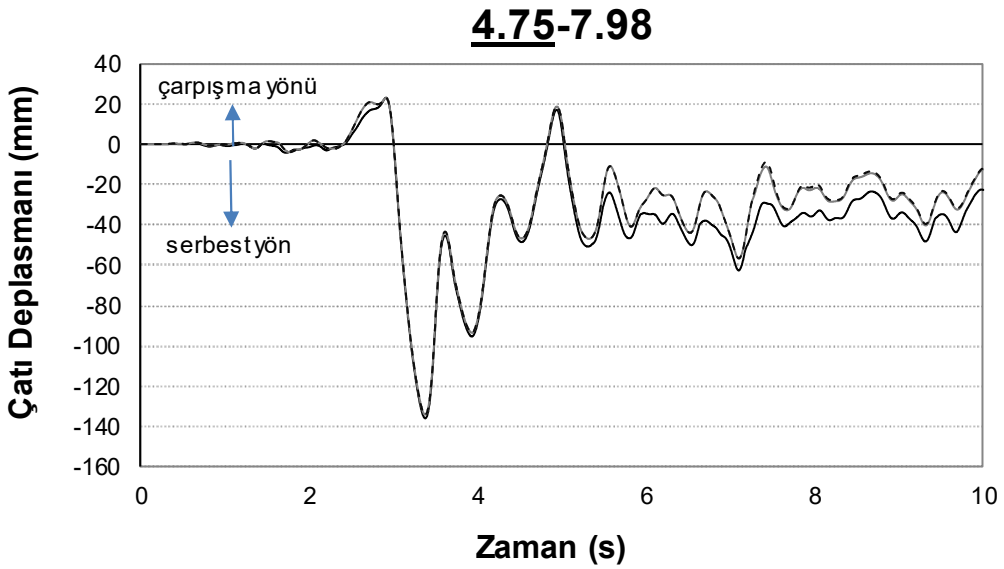
Şekil 4.8 7.75-4.98 kombinasyonu NORTHRTAR360 ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



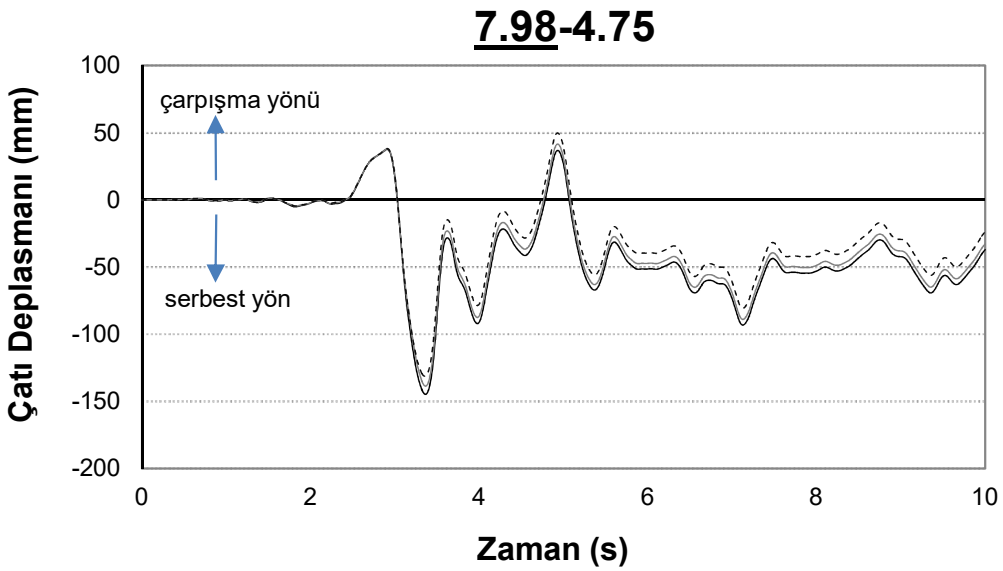
Şekil 4.9 4.98-7.75 kombinasyonu NORTHRTAR360 ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



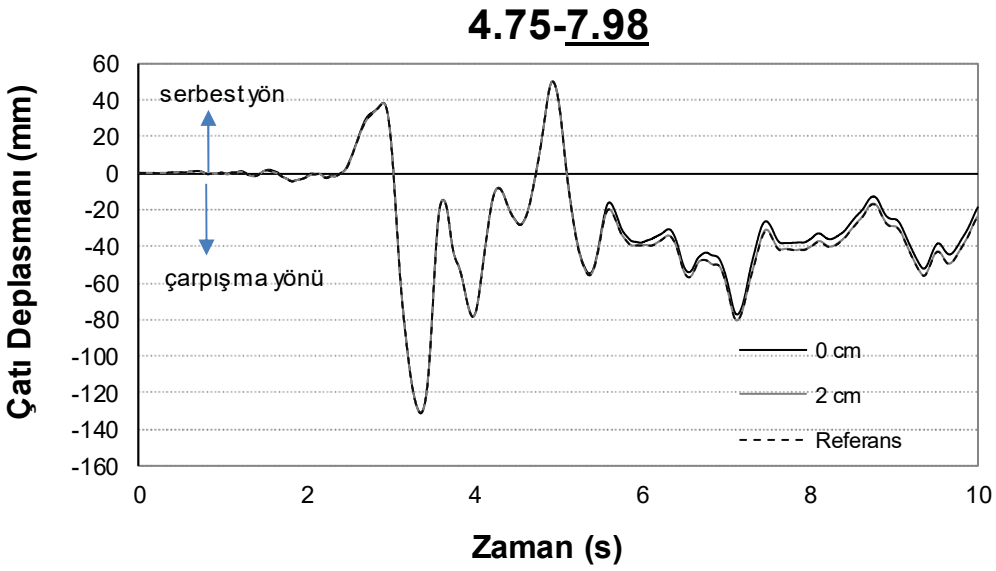
Şekil 4.10 7.98-4.75 kombinasyonu ERZEW ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



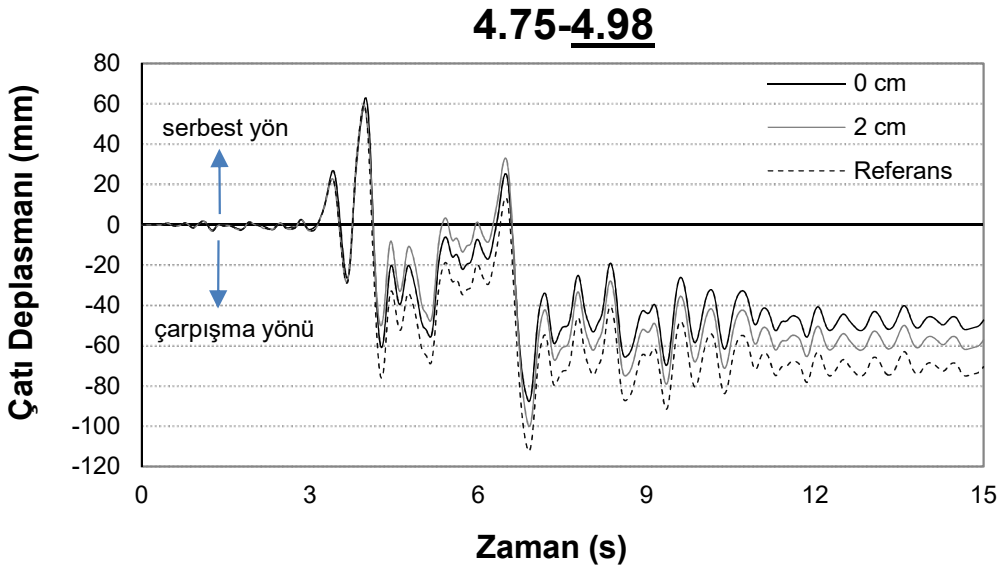
Şekil 4.11 4.75-7.98 kombinasyonu ERZEW ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



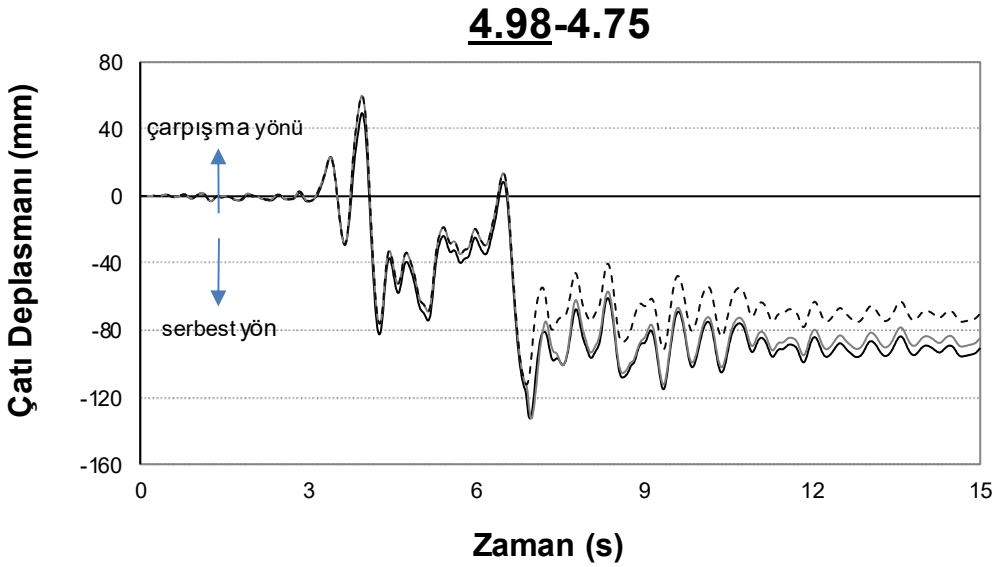
Şekil 4.12 7.98-4.75 kombinasyonu ERZEW ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



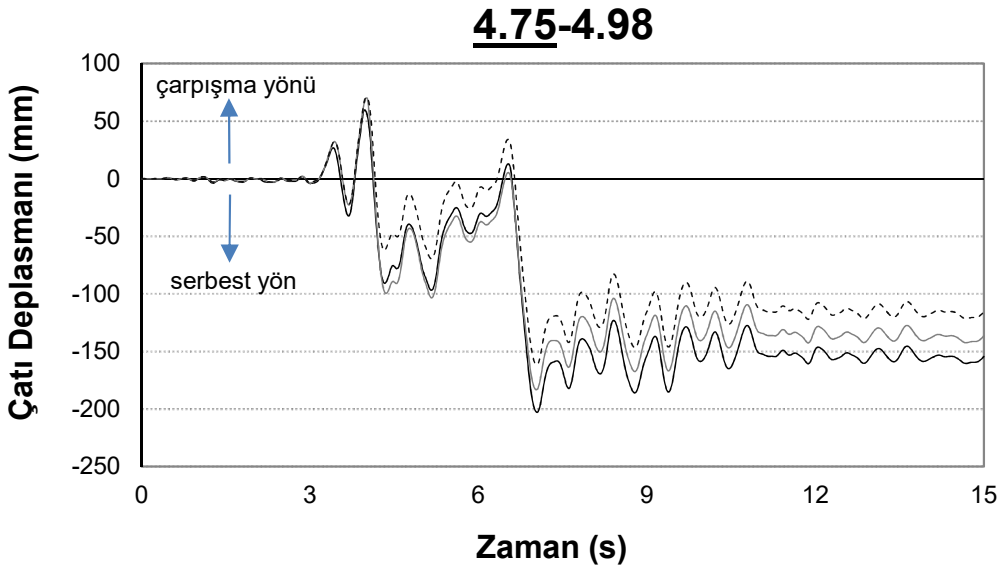
Şekil 4.13 4.75-7.98 kombinasyonu ERZEW ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



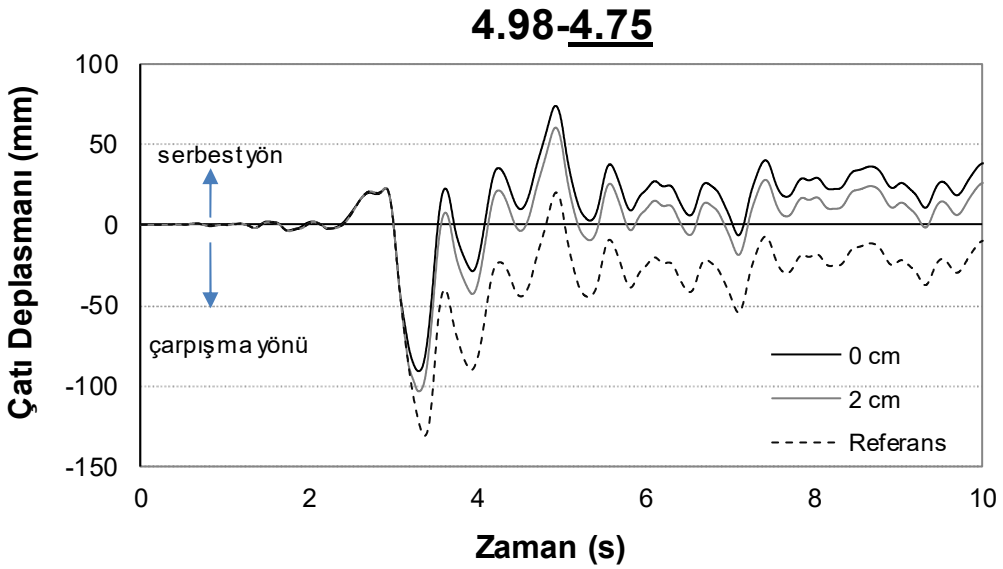
Şekil 4.14 4.75-4.98 kombinasyonu NORTHRSYL090 ivme kaydı için 4.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



Şekil 4.15 4.98-4.75 kombinasyonu NORTHRSYL090 ivme kaydı için 4.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



Şekil 4.16 4.75-4.98 kombinasyonu NORTHRSYL090 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



Şekil 4.17 4.98-4.75 kombinasyonu NORTHRSYL090 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği

Farklı bina yükseklikleri ve yönetmeliklerin esas alındığı ikili modellerde gerçek ivme kayıtlarının yapıda oluşturdukları çatı deplasman değerleri incelenmiştir. İkili modellerde 0 ve 2 cm boşluk mesafesi bırakılarak çarpışmanın oluştuğu durumlar ile yeterli mesafenin bırakılıp çarpışmanın olmadığı durumlar çatı deplasman talepleri açısından kıyaslanmıştır.

Zamana bağlı çatı deplasman taleplerinin gösterildiği grafikler incelendiğinde, binaların çarpışma ve serbest yönlerindeki talep değişimleri göze çarpmaktadır. Çoğu deprem kaydı için çekiçleme etkisi ile çarpışma yönünde deplasman değerleri sınırlandırılırken, serbest yönde deplasman değerlerinde artış gözlemlenmektedir. Bu bağlamda, geçmişte yapılan bazı çalışmalarda çekiçleme etkisinin kimi durumlarda kalıcı ötelenmeleri sınırlayarak sismik davranışa olumlu katkılar verebileceği vurgulanmıştır (Efraimiadou vd., 2013). Ancak komşu binaların yapı davranışlarının farklı olması nedeniyle, çarpışma her katta ve aynı anda gerçekleşmemektedir. Bu nedenle, genellikle komşu binalar arası çarpışma öngörülebileceği üzere yer değiştirmenin fazla olduğu üst katlarda meydana gelmektedir. Belirli bir katta yoğunlaşan çekiçleme etkileri çatı deplasman taleplerini sınırlandırmakta, buna karşılık katlar arası deplasman farklarına neden olmakta ve göreli kat ötelenme oranlarını arttırmaktadır. Çarpışma yönünde çekiçleme etkisi ile çatı deplasman taleplerinin azalması olumlu bir etki gibi görülmektedir. Ancak yapı deplasman profilinde gerçekleşen ani değişiklikler, hasar dağılımını arttırmaktadır. Serbest yönde ise, çekiçleme etkileri nedeniyle çatı deplasman talepleri artmaktadır.

7 ve 4 katlı modellerden oluşan ikili kombinasyonlarda, bina ağırlığı ve rijitliği daha yüksek olan 7 katlı bina modelleri 4 katlı modellere göre çatı deplasman talepleri açısından daha az etkilenmiştir. Çalışmadan elde edilen bu sonuç 2008'de Robert Jankowski' ye ait olan çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. 4 katlı modellerde serbest yönde kalıcı deformasyonların oluşmasıyla taleplerde daha fazla artış gözlenmektedir.

Binalar arasında bırakılan boşluk miktarı ile çatı deplasman talebi arasındaki değişim göze çarpmaktadır. Bir çok deprem kaydı ile yapılan dinamik analizlerde boşluk mesafesi 0 cm olan ikili modellerdeki deplasman talep artışları 2 cm olan ikili modellerden daha fazla olduğu görülmektedir. Bazı ikili modellerden elde edilen talep sonuçları, 2 cm boşluk mesafesi olması durumunda daha büyük sonuçlar meydana gelmiştir. Bunun nedeni, 2 cm boşluk mesafeli modellerde daha az çarpışma meydana gelmesi ve link elemanlarındaki kuvvetlerin büyük değerlere ulaşması ile açıklanabilir.

Dikkat çekici bir diğer nokta ise, üretilen ikili modellerin yerlerinin değiştirilmesi durumunda, analiz sonuçlarında dikkat çekici değişikliklerin gözlemlenmesidir. Kullanılan ivmenin

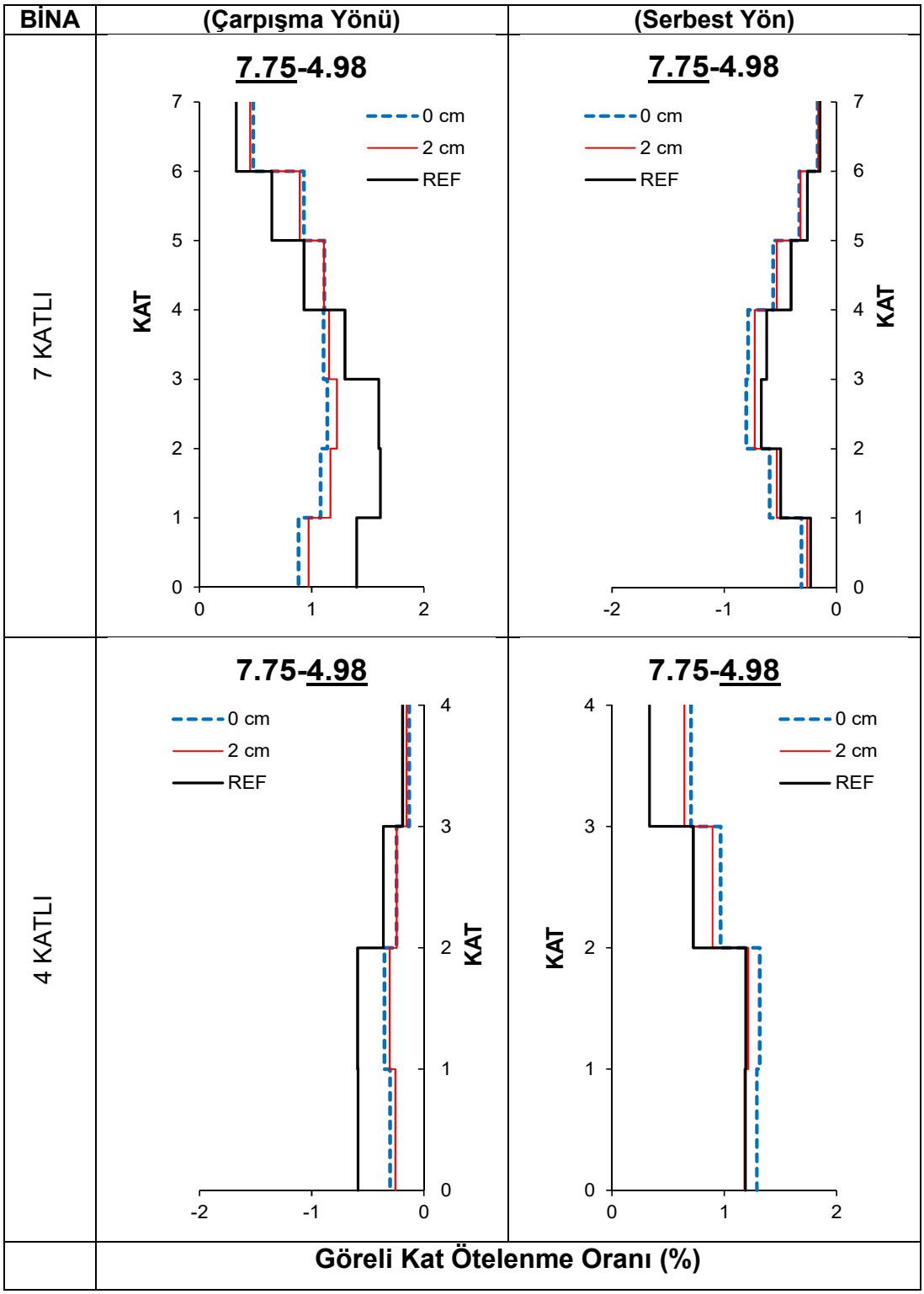
karakteristik özellikleri ve pik ivmenin doğrultusu talepler üzerinde belirleyicidir. Bu nedenle, çekiçleme etkilerinin araştırılmasında analizlerde ivme kaydının eksi ile çarpılmış halinin de dikkate alınması ya da proje kapsamında tercih edildiği gibi modellerin yer değiştirmiş kombinasyonlarının kullanılması önem arz etmektedir.

4.4.2 Göreli Kat Ötelenme Oranı

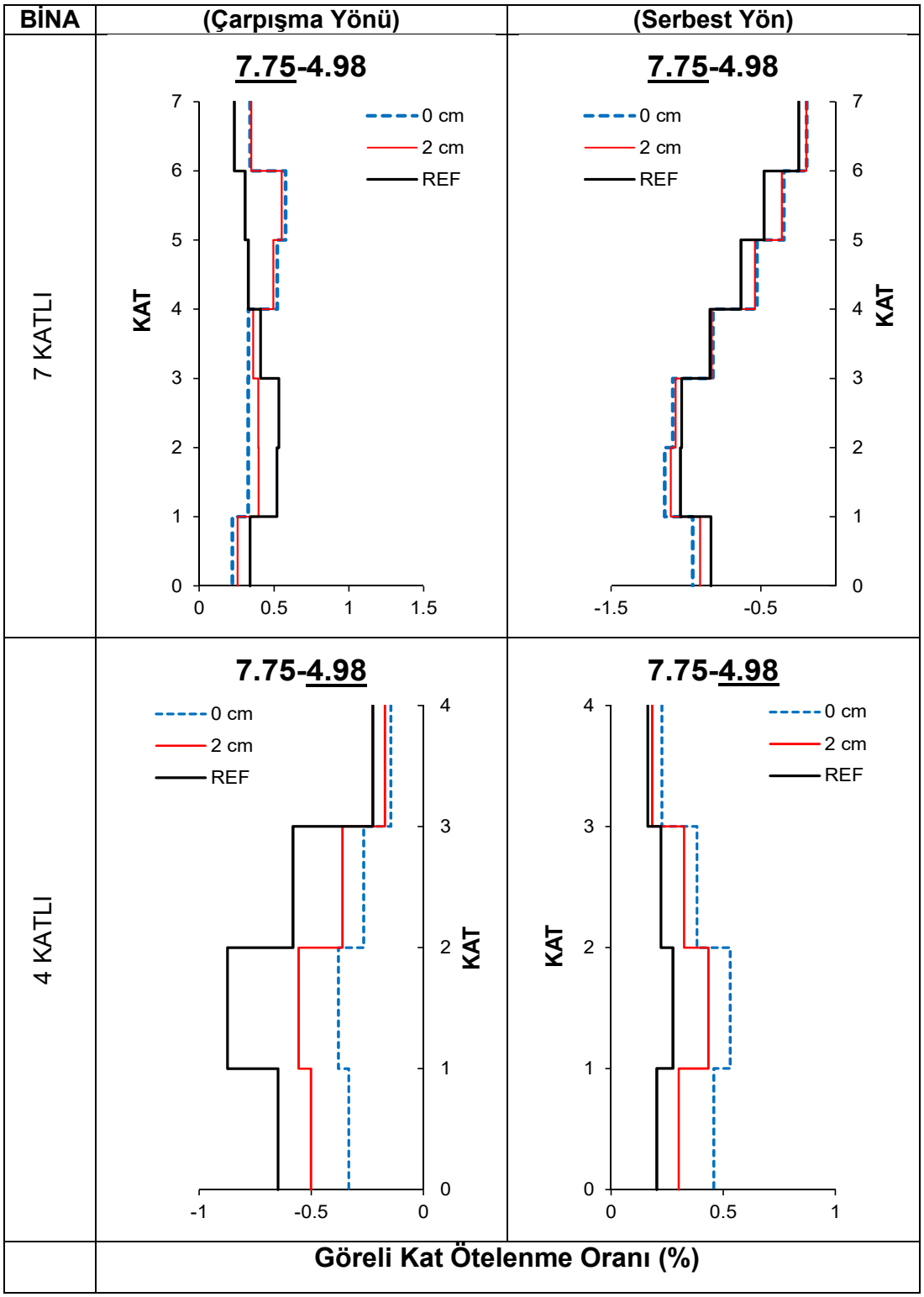
Deprem ile oluşan katlar arası göreli yer değiştirmelerin büyük olması ikinci mertebe moment etkileri oluşturmaktadır. İlave olarak sisteme dahil olan bu ikinci mertebe moment etkileri yapıda hasarı arttırıcı bir rol oynayabilir. Bu nedenle katlar arası göreli ötelenme oranları sınırlandırılmalıdır. Farklı dinamik karakterlere sahip ikili modellerde oluşan çarpışma etkilerinin göreli kat ötelenme oranları (GKÖO) üzerindeki değişimler karşılaştırılmıştır. Çarpışmalı ve çarpışmasız durumlar aynı grafikte değerlendirilmiştir. Çatı katı deplasman değerinin maksimum olduğu ana ait göreli kat ötelenme oranı karşılaştırması ilk 4 ikili model için gerçekleştirilmiştir. Sağ ve sol modelin yerlerinin değiştirilerek türetilen kombinasyonlar için her katta oluşan maksimum göreli kat ötelenmesi değerleri hesaplanarak incelenmiştir

Analizler sonucu binalara ait çatı katı deplasmanın maksimum olduğu ana ait göreli kat deplasmanları kat yükseklikleri ile normalize edilmiştir. Değişen boşluk mesafelerinin göreli kat ötelenme oranı üzerindeki değişimleri Şekil 4.18-4.33'te görülmektedir. Bu değişimler incelenirken sağ ve sol binanın çarpışma ve serbest yönleri ayrı ayrı dikkate alınmıştır. Hemen hemen tüm model ve ivme kayıtları için göreli kat ötelenme oranları, sağ ve sol modellerin çarpışma yönlerinde sınırlandırılırken, serbest yönlerinde artış eğilimi göstermektedir.

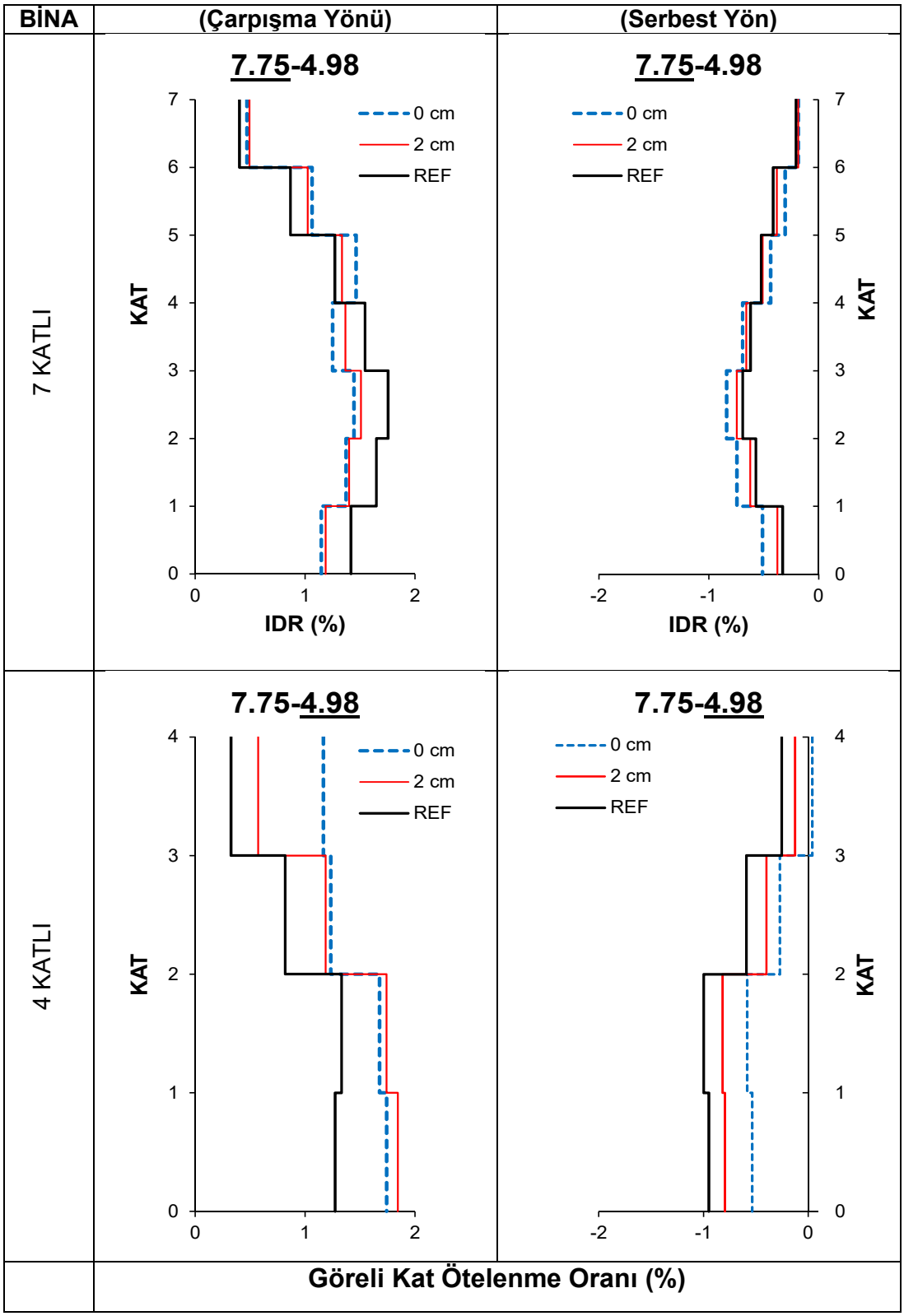
Kritik bir model olan 7.75-4.98 ikili modelindeki 7 katlı binanın ilk 4 katında çarpışma yönünde GKÖO değerlerinde sınırlandırmalar görülürken, çarpışma katının (4. kat) üstündeki katlarda artışlar meydana gelmiştir.



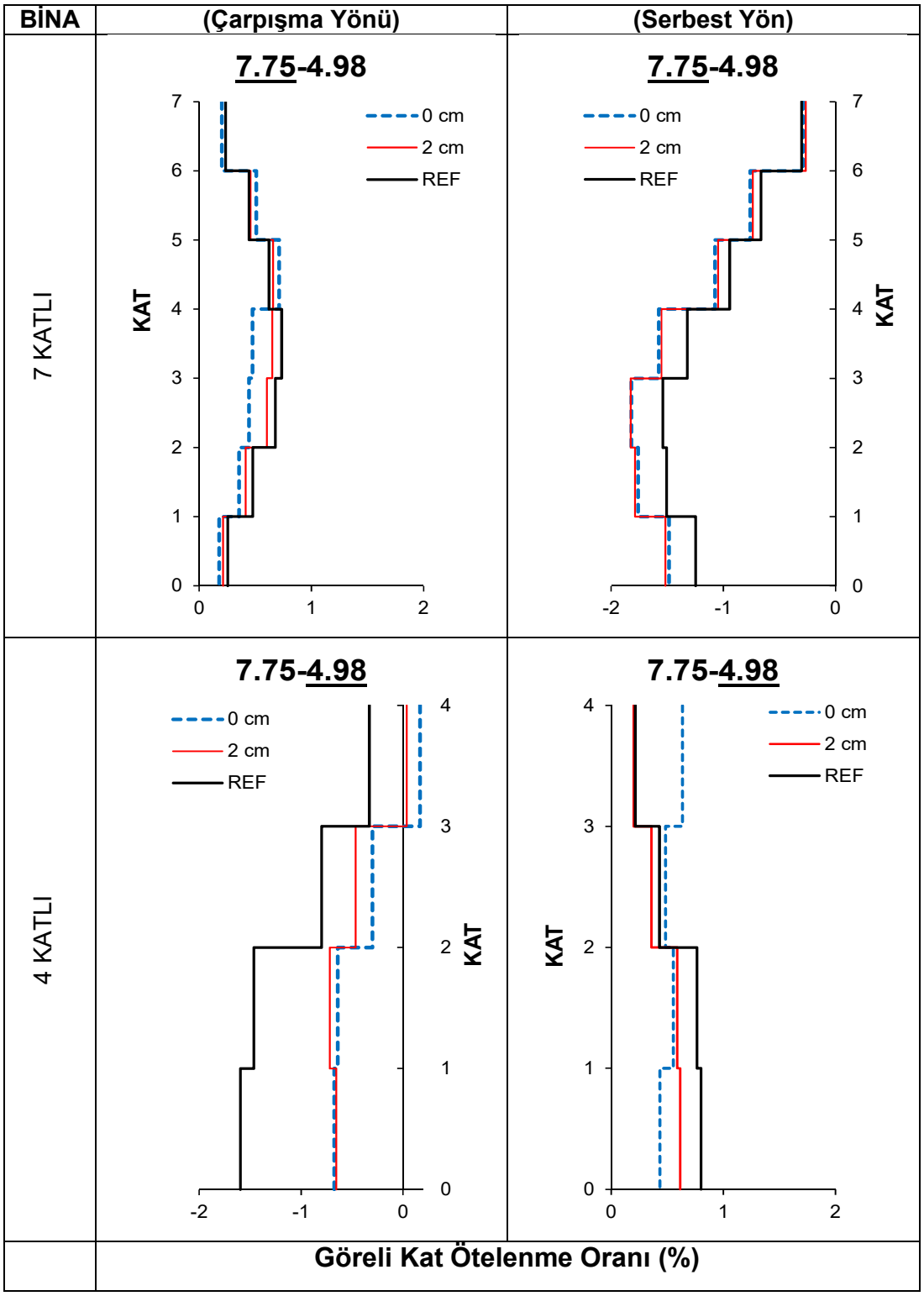
Şekil 4.18: 7.75-4.98 kombinasyonu LOMAPHSP000 ivme kaydı için 7 ve 4 katlı modellerdeki çatı (tepe) deplasmanının maksimum olduğu andaki (0, 2 cm ve ref) tüm katlara ait Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri Göreli Kat Ötelenme Oranı



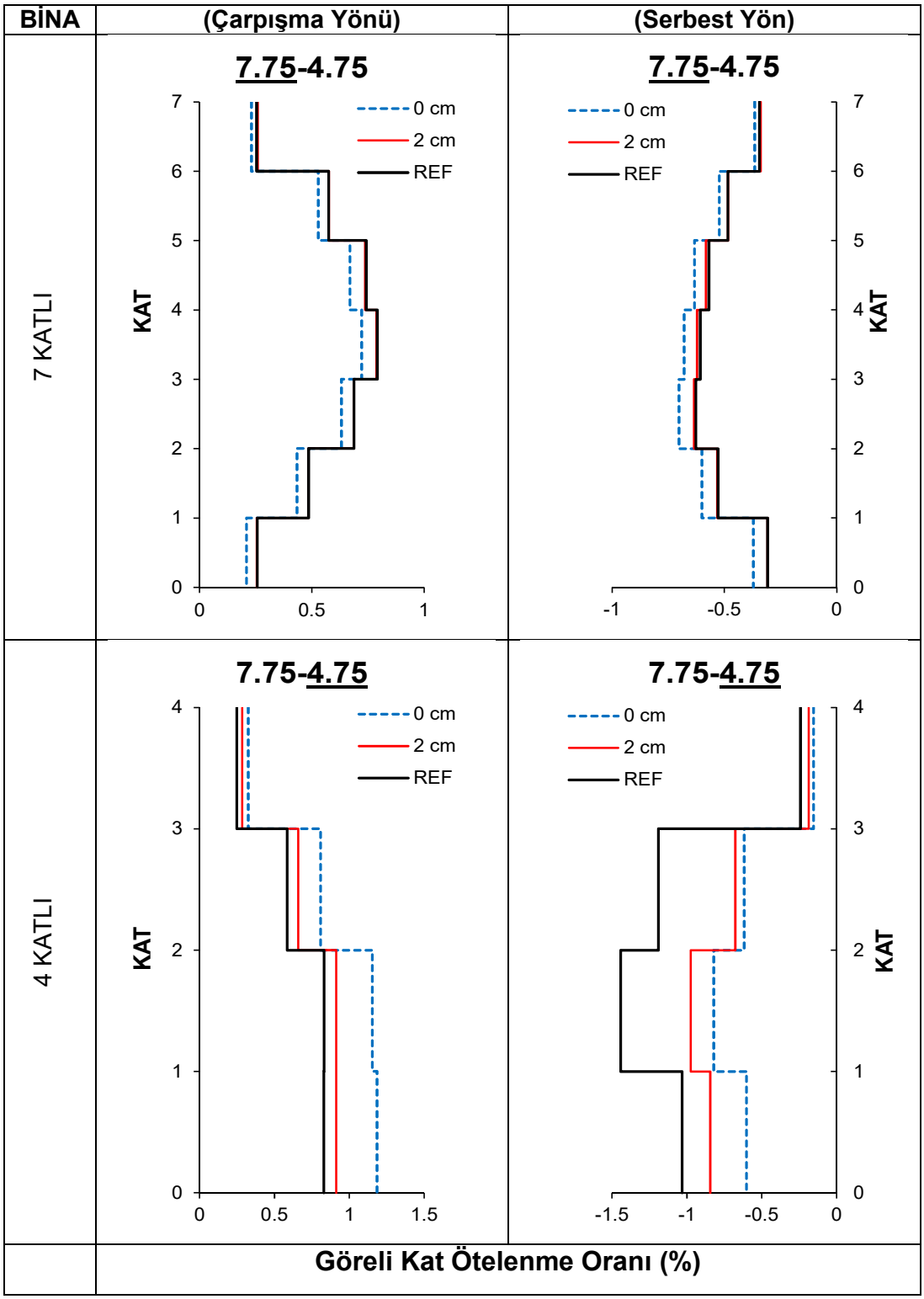
Şekil 4.19: 7.75-4.98 kombinasyonu GAZLİGAZ000 ivme kaydı için 7 ve 4 katlı modellerdeki çatı (tepe) deplasmanının maksimum olduğu andaki (0, 2 cm ve ref) tüm katlara ait Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri



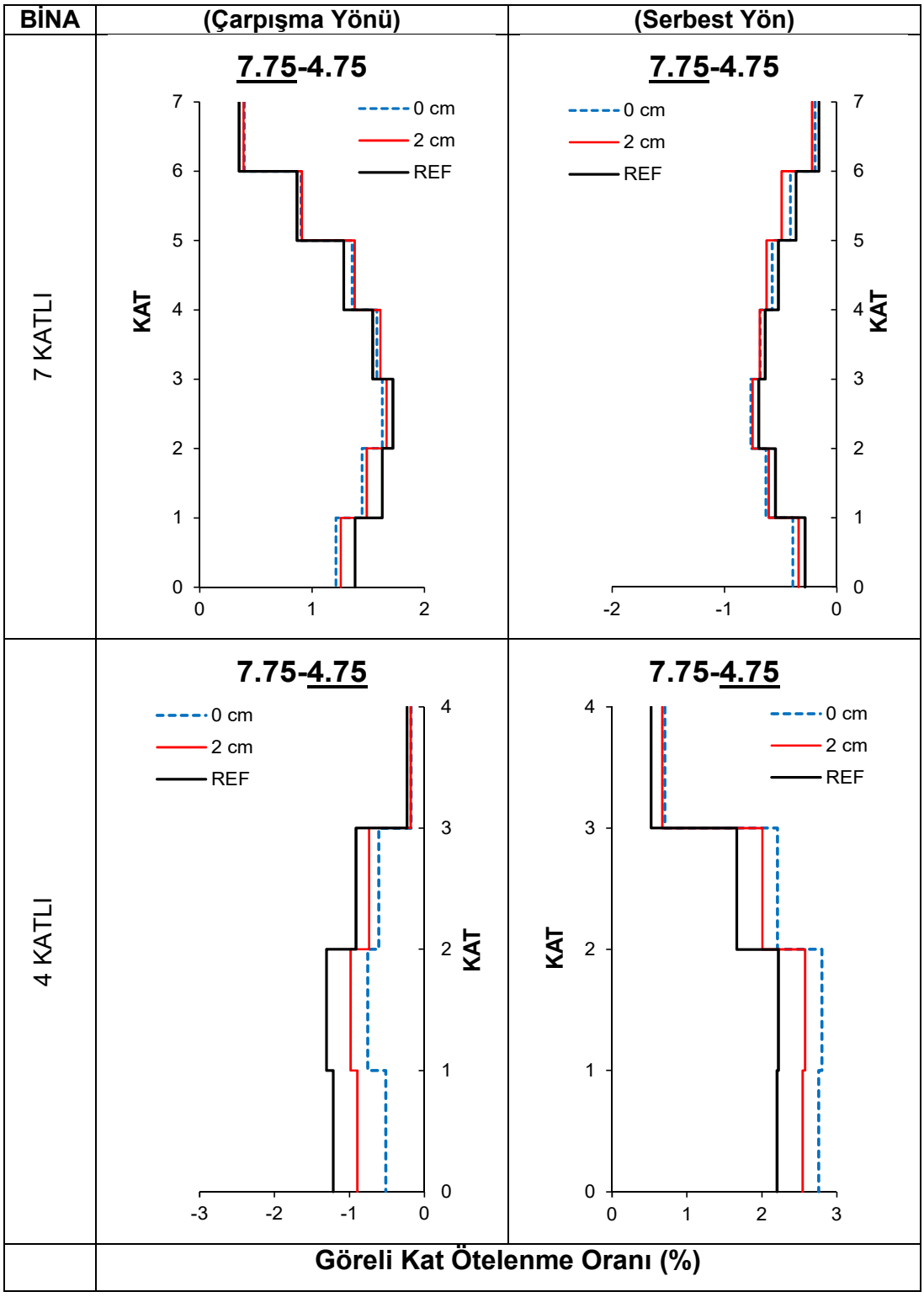
Şekil 4.20: 7.75-4.98 kombinasyonu NORTHRTAR360 ivme kaydı için 7 ve 4 katlı modellerdeki çatı (tepe) deplasmanının maksimum olduğu andaki (0, 2 cm ve ref) tüm katlara ait Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri



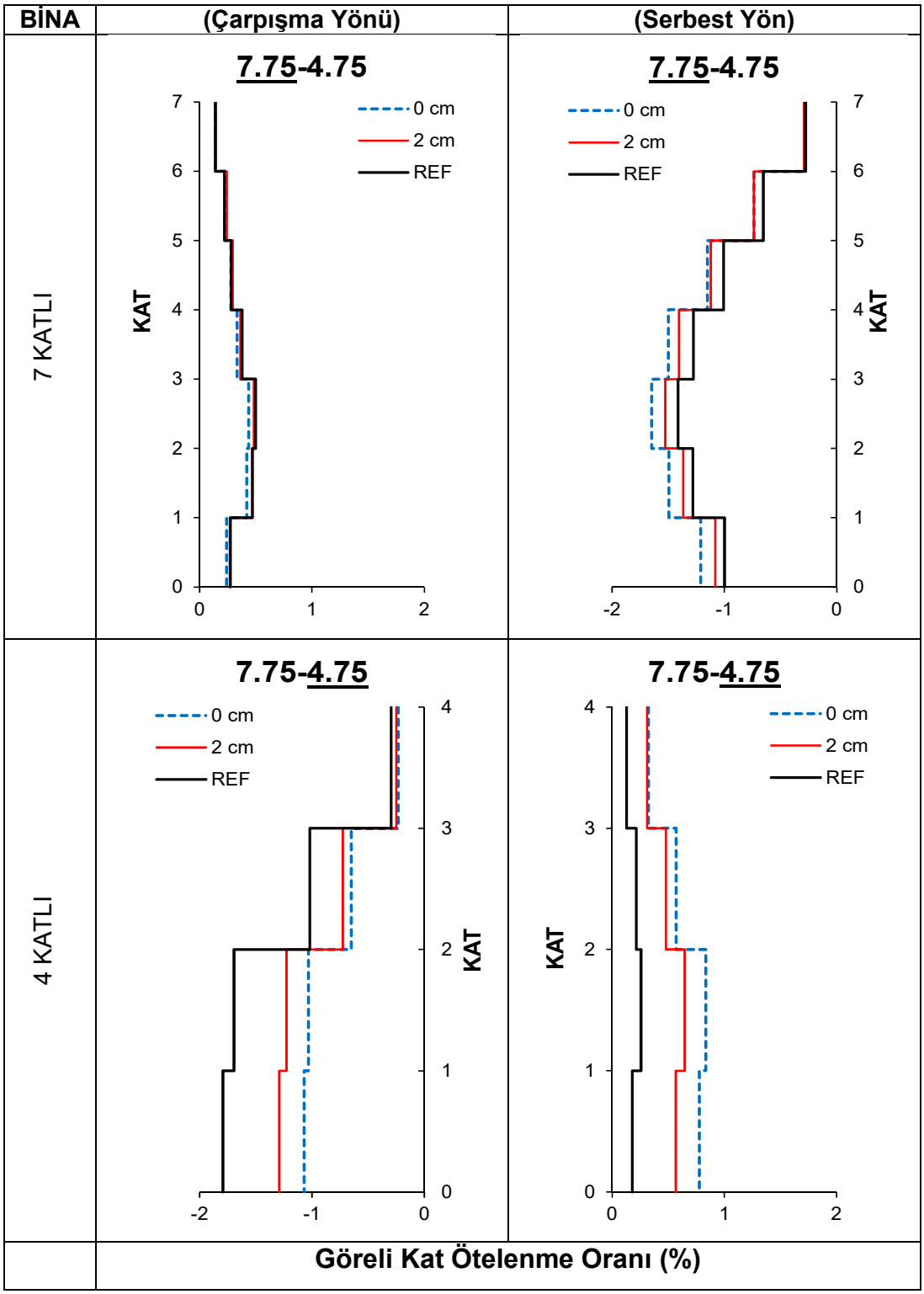
Şekil 4.21: 7.75-4.98 kombinasyonu NORTHRSYL090 ivme kaydı için 7 ve 4 katlı modellerdeki çatı (tepe) deplasmanının maksimum olduğu andaki (0, 2 cm ve ref) tüm katlara ait Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri



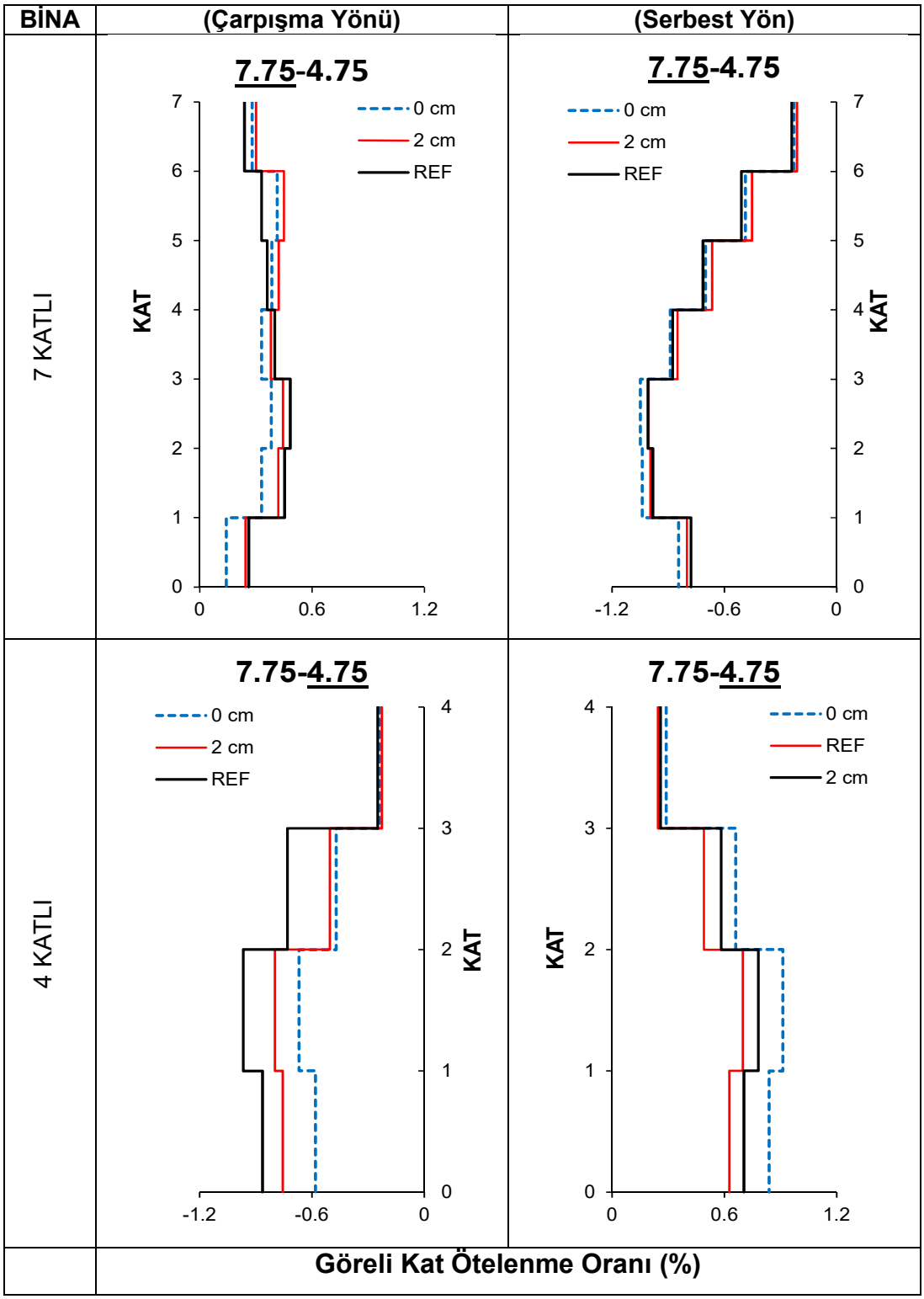
Şekil 4.22: 7.75-4.75 kombinasyonu NORTHRSPV360 ivme kaydı için 7 ve 4 katlı modellerdeki çatı (tepe) deplasmanının maksimum olduğu andaki (0, 2 cm ve ref) tüm katlara ait Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri



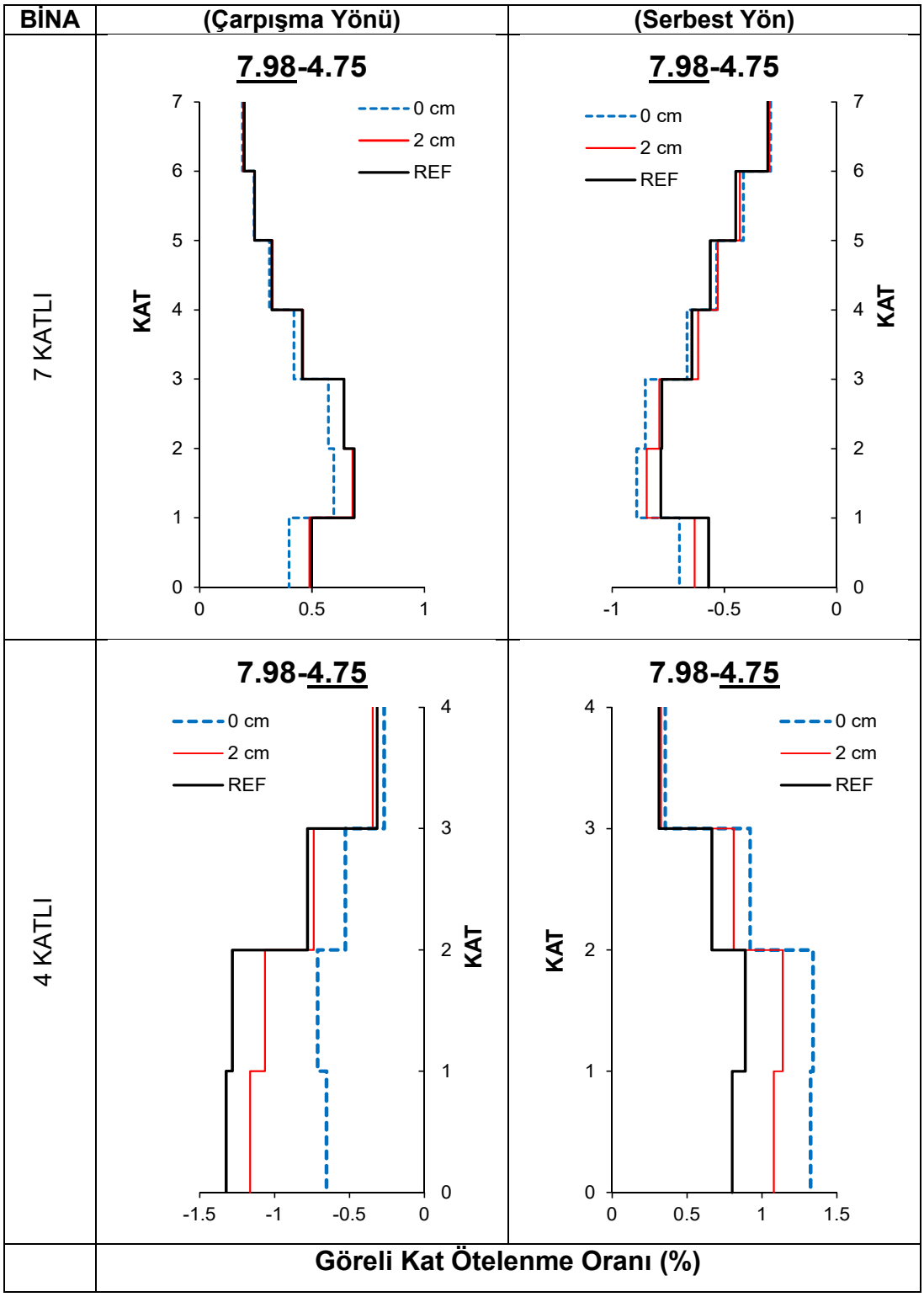
Şekil 4.23: 7.75-4.75 kombinasyonu NORTHRTAR360 ivme kaydı için 7 ve 4 katlı modellerdeki çatı (tepe) deplasmanının maksimum olduğu andaki (0, 2 cm ve ref) tüm katlara ait Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri



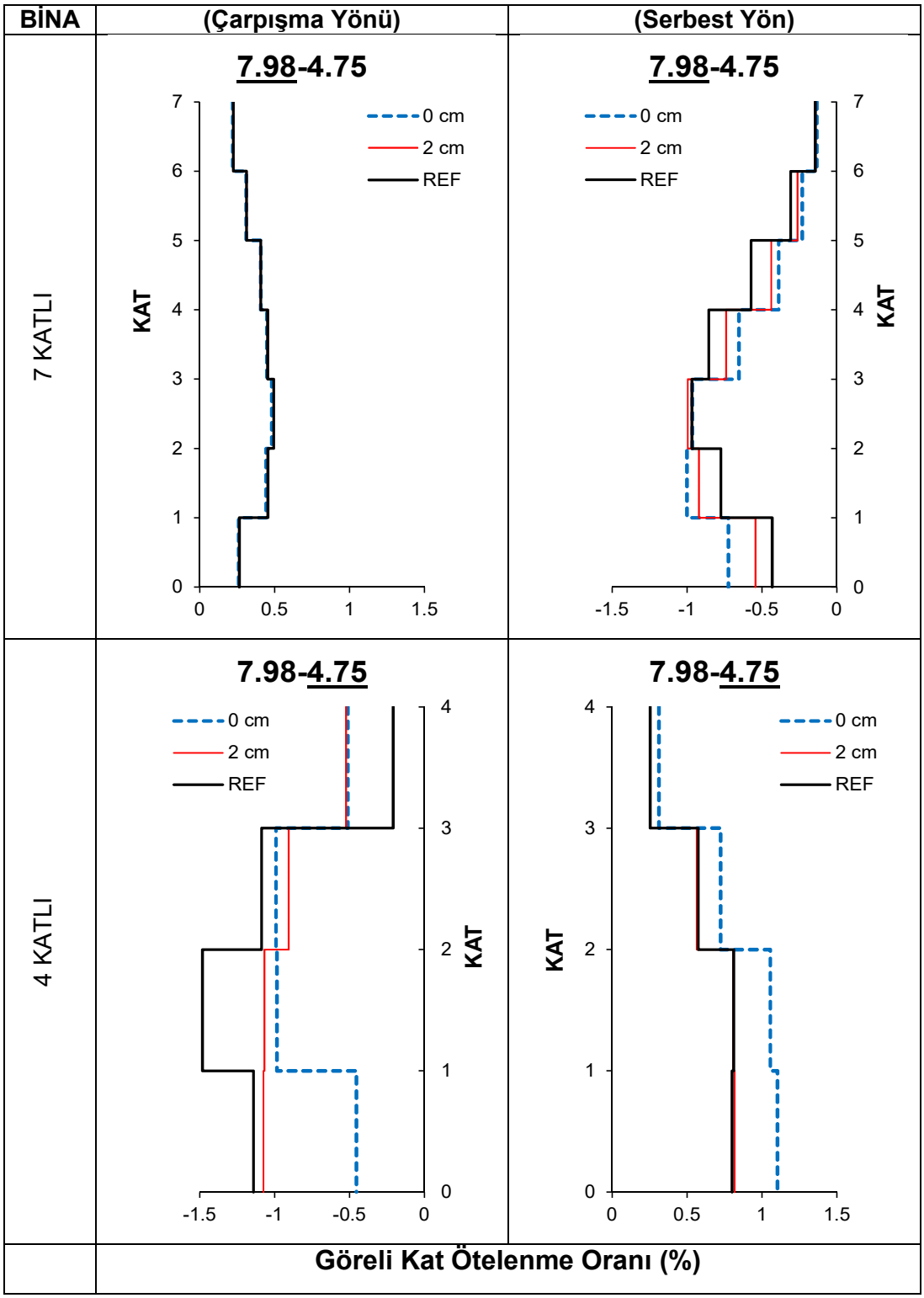
Şekil 4.24: 7.75-4.75 kombinasyonu ERZEW ivme kaydı için 7 ve 4 katlı modellerdeki çatı (tepe) deplasmanının maksimum olduğu andaki (0, 2 cm ve ref) tüm katlara ait Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri



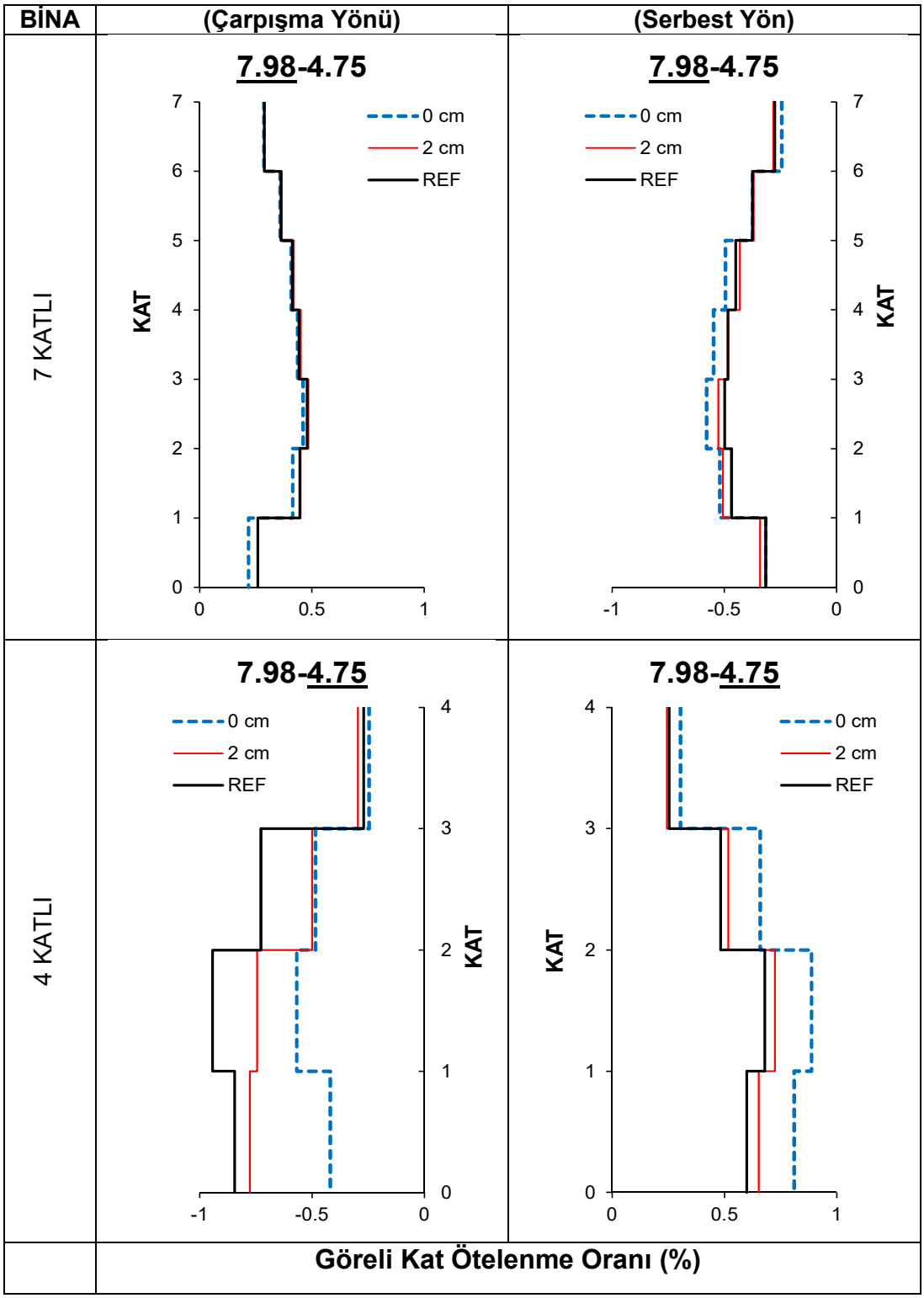
Şekil 4.25: 7.75-4.75 kombinasyonu GAZLİGAZ000 ivme kaydı için 7 ve 4 katlı modellerdeki çatı (tepe) deplasmanının maksimum olduğu andaki (0, 2 cm ve ref) tüm katlara ait Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri



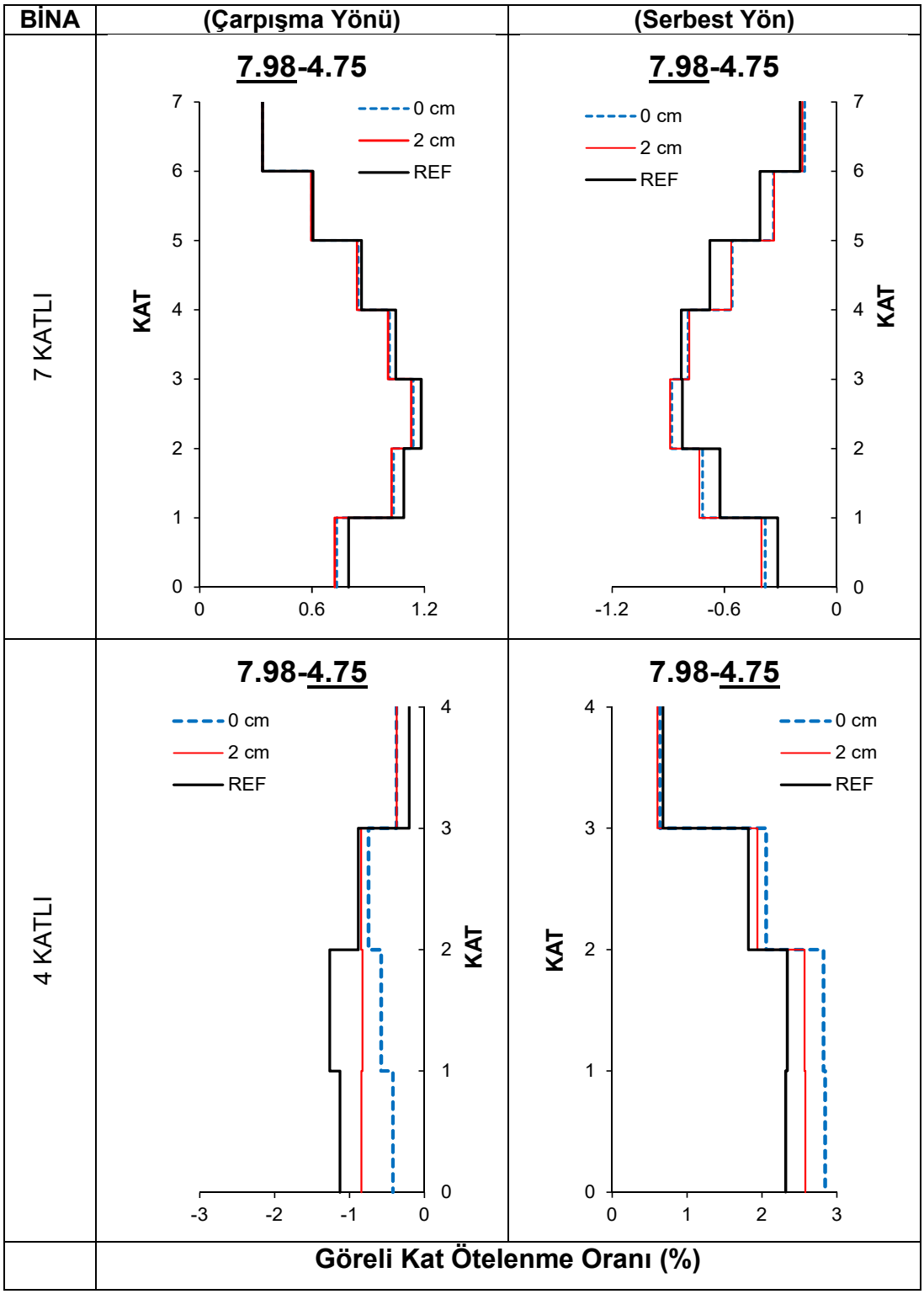
Şekil 4.26: 7.98-4.75 kombinasyonu PALMSPRNPS210 ivme kaydı için 7 ve 4 katlı modellerdeki çatı (tepe) deplasmanının maksimum olduğu andaki (0, 2 cm ve ref) tüm katlara ait Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri



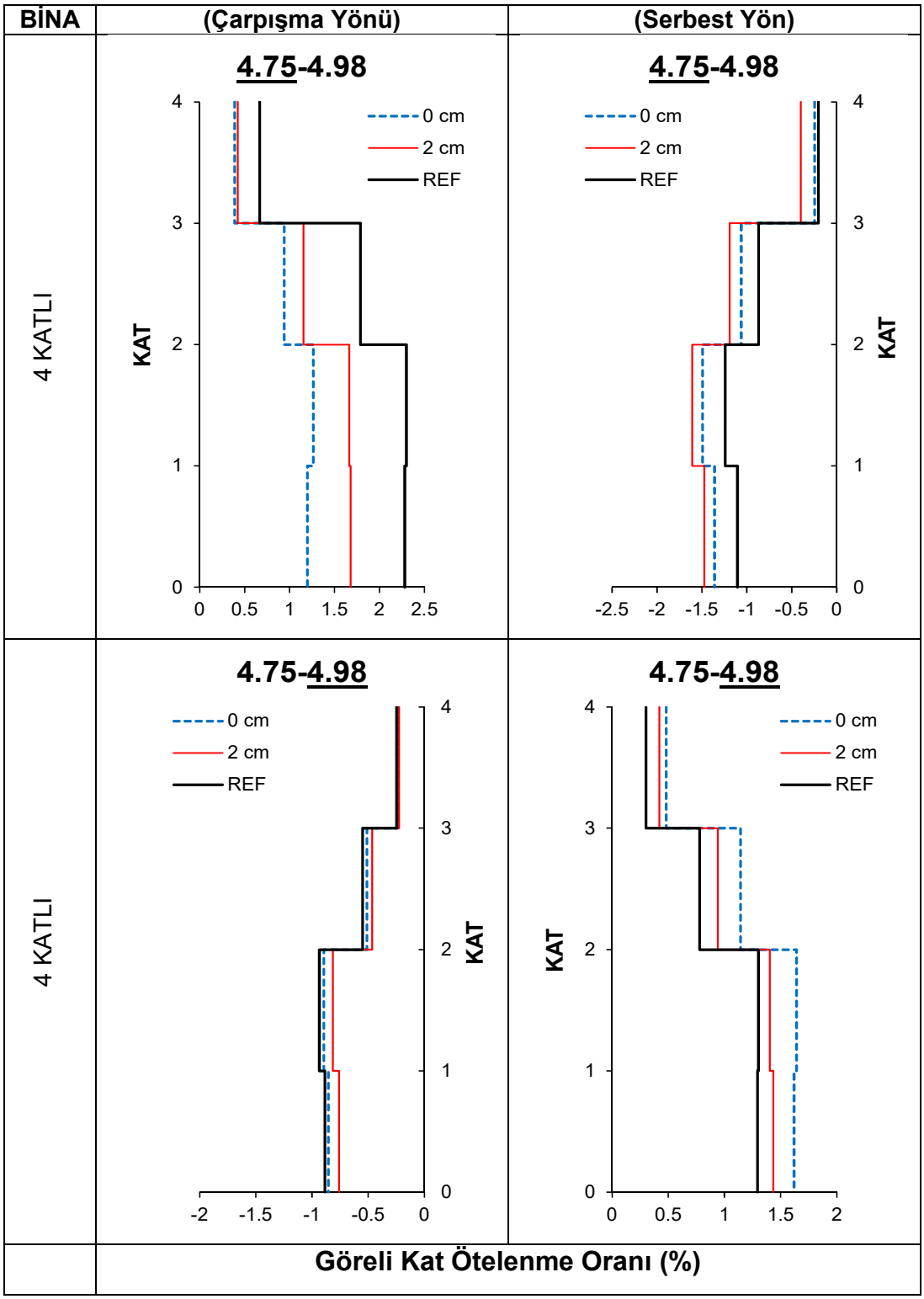
Şekil 4.27: 7.98-4.75 kombinasyonu NORTHRSPV360 ivme kaydı için 7 ve 4 katlı modellerdeki çatı (tepe) deplasmanının maksimum olduğu andaki (0, 2 cm ve ref) tüm katlara ait Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri



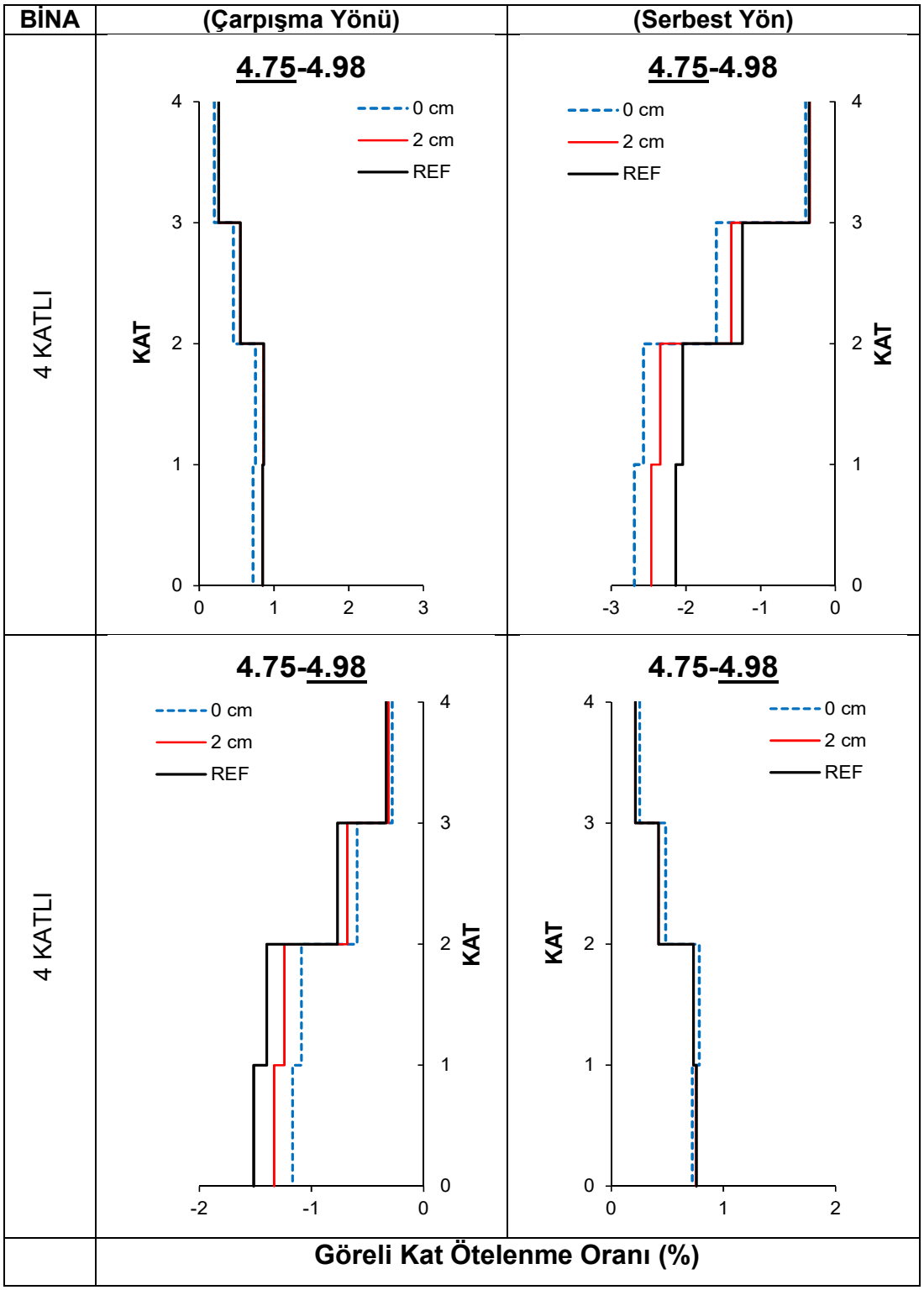
Şekil 4.28: 7.98-4.75 kombinasyonu GAZLİGAZ000 ivme kaydı için 7 ve 4 katlı modellerdeki çatı (tepe) deplasmanının maksimum olduğu andaki (0, 2 cm ve ref) tüm katlara ait Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri



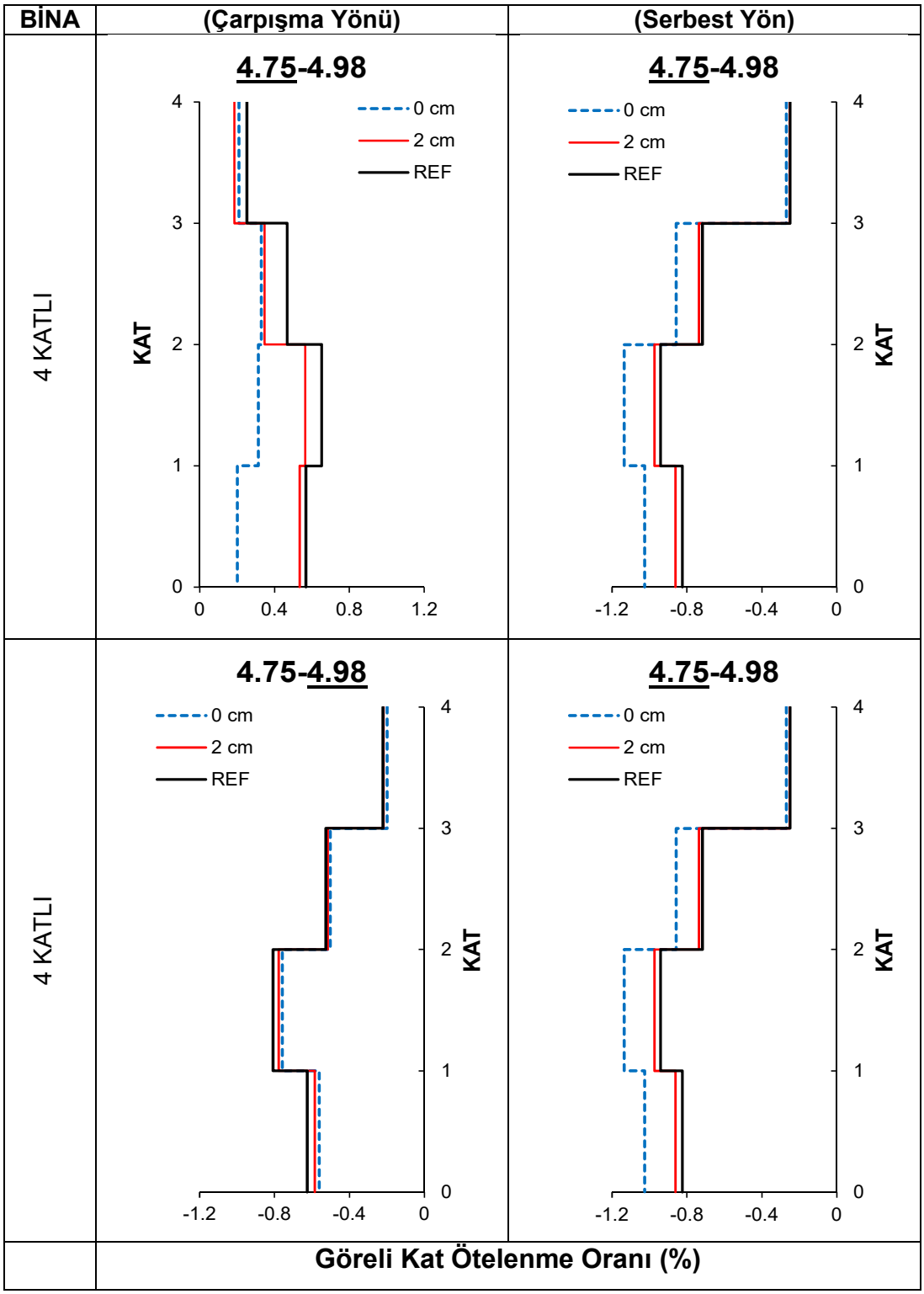
Şekil 4.29: 7.98-4.75 kombinasyonu NORTHRTAR360 ivme kaydı için 7 ve 4 katlı modellerdeki çatı (tepe) deplasmanının maksimum olduğu andaki (0, 2 cm ve ref) tüm katlara ait Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri



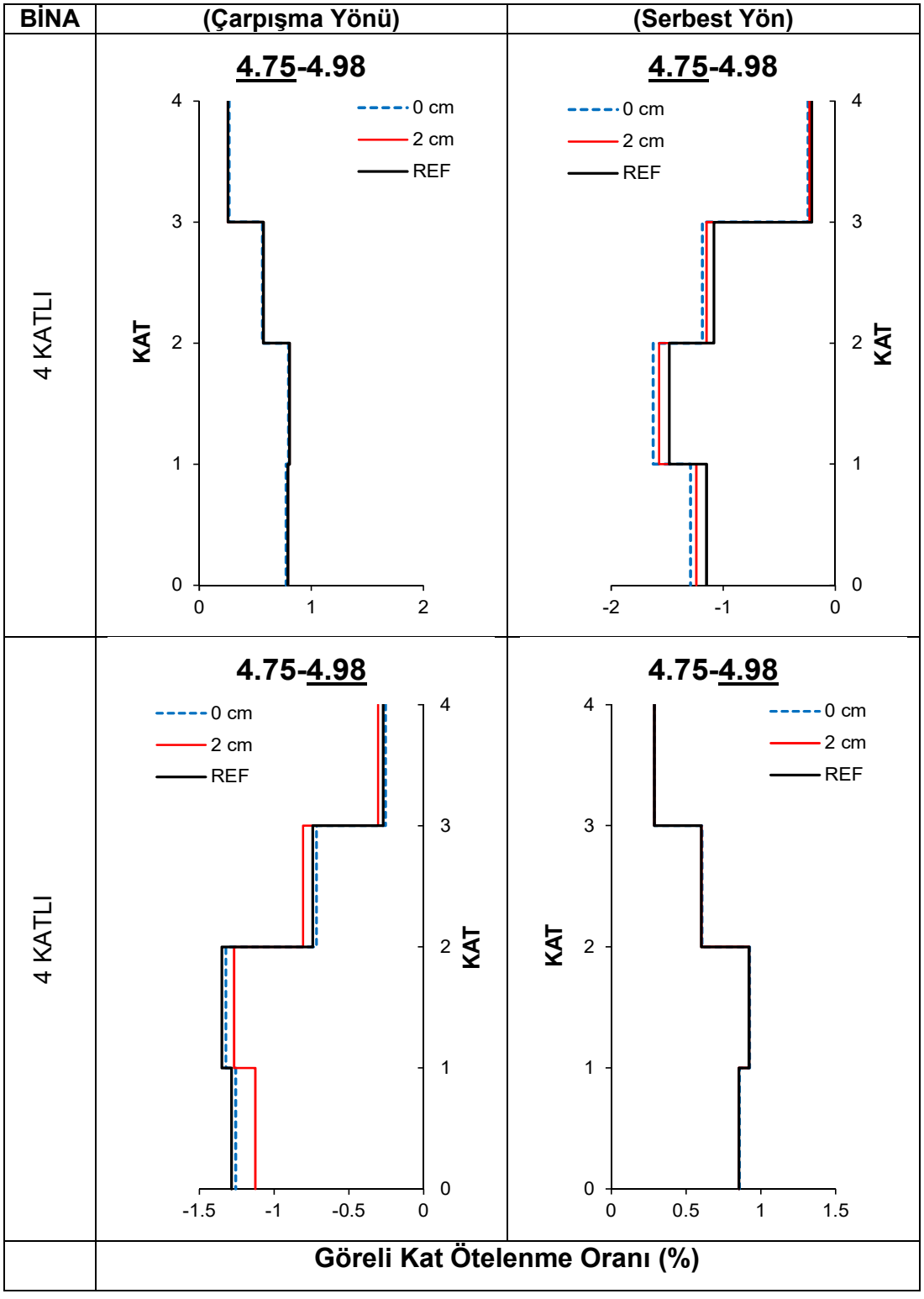
Şekil 4.30: 4.75-4.98 kombinasyonu NORTHRTAR360 ivme kaydı için 4 katlı modellerdeki çatı (tepe) deplasmanının maksimum olduğu andaki (0, 2 cm ve ref) tüm katlara ait Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri



Şekil 4.31: 4.75-4.98 kombinasyonu NORTHRSYL090 ivme kaydı için 4 katlı modellerdeki çatı (tepe) deplasmanının maksimum olduğu andaki (0, 2 cm ve ref) tüm katlara ait Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri



Şekil 4.32: 4.75-4.98 kombinasyonu GAZLİGAZ000 ivme kaydı için 4 katlı modellerdeki çatı (tepe) deplasmanının maksimum olduğu andaki (0, 2 cm ve ref) tüm katlara ait Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri



Şekil 4.33: 4.75-4.98 kombinasyonu NORTHRSPV360 ivme kaydı için 4 katlı modellerdeki çatı (tepe) deplasmanının maksimum olduğu andaki (0, 2 cm ve ref) tüm katlara ait Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri

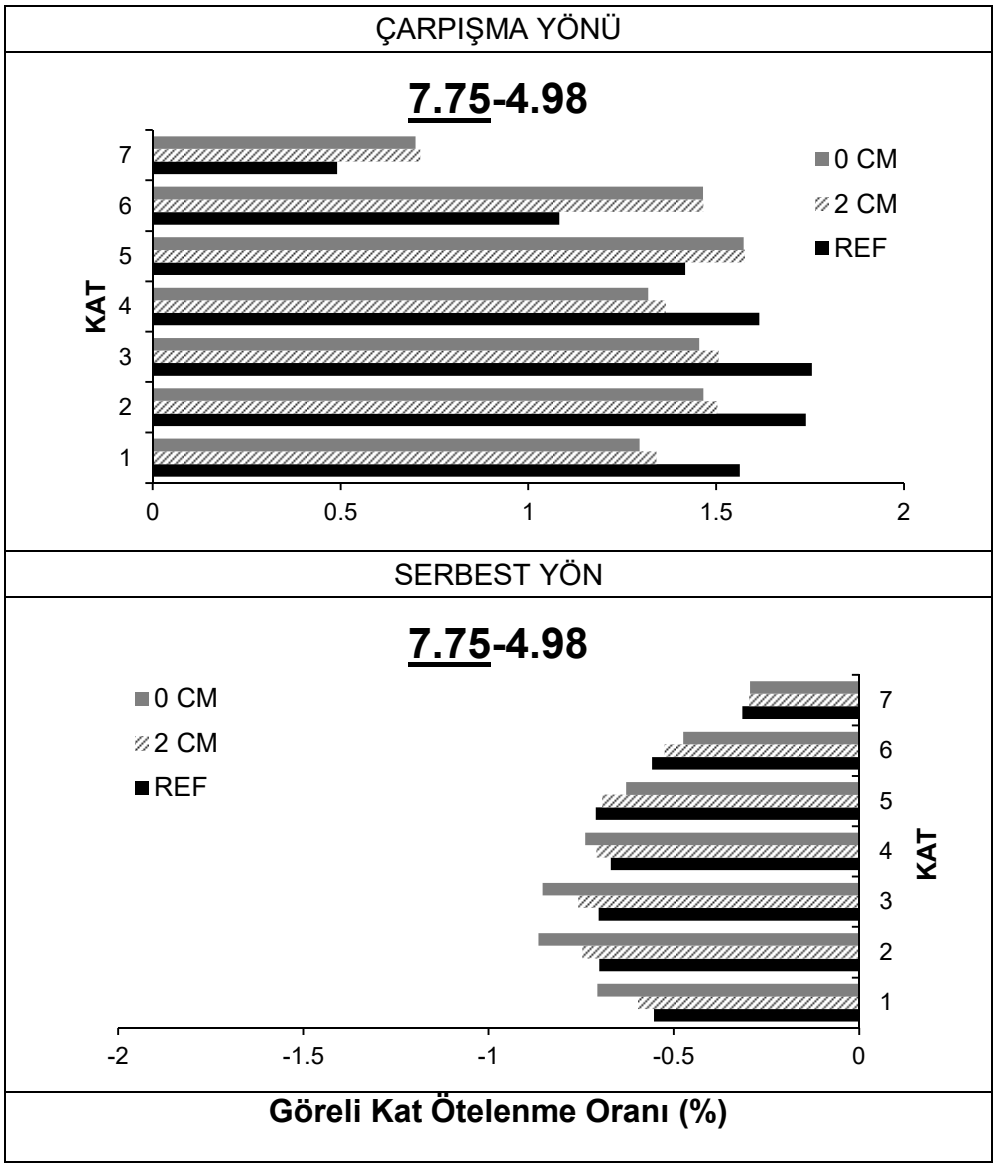
Çatı katının maksimum olduğu andaki göreli kat ötelenmelerinin yanı sıra zamandan bağımsız her kattaki göreli kat ötelenmelerinin maksimum değerleri göz önüne alınarak ayrı bir karşılaştırma yapılmıştır. Çarpışmanın etkisi ile deplasman taleplerinde sınırlandırılma veya artış görülebilmektedir. Deplasman taleplerinin +x ve –x yönlerinde farklılık gösterecek olmasından dolayı, farklı anlarda her katta hesaplanan GKÖO değerlerinin maksimumları sol ve sağ binaların çarpışma ve serbest yönleri için ayrı ayrı kıyaslanmıştır. Çekiçlemenin değişen boşluk mesafesi ile GKÖO üzerinde oluşturacağı etkiler irdelenmiştir.

İkili modellerdeki sağ ve sol binaların çarpışma ve serbest yönlerindeki GKÖO değerleri, çarpışmalı (0 ve 2 cm) ve çarpışmasız (referans) durumlar için tüm katlarda hesaplanmıştır. Çekiçleme etkisi ile oluşan çarpışmalı modellerdeki farklar, referans modellerdeki GKÖO değerlerine oranlanmıştır. Grafiklerde yer alan negatif değerler sınırlandırmayı, pozitif değerler ise artış miktarını ifade etmektedir.

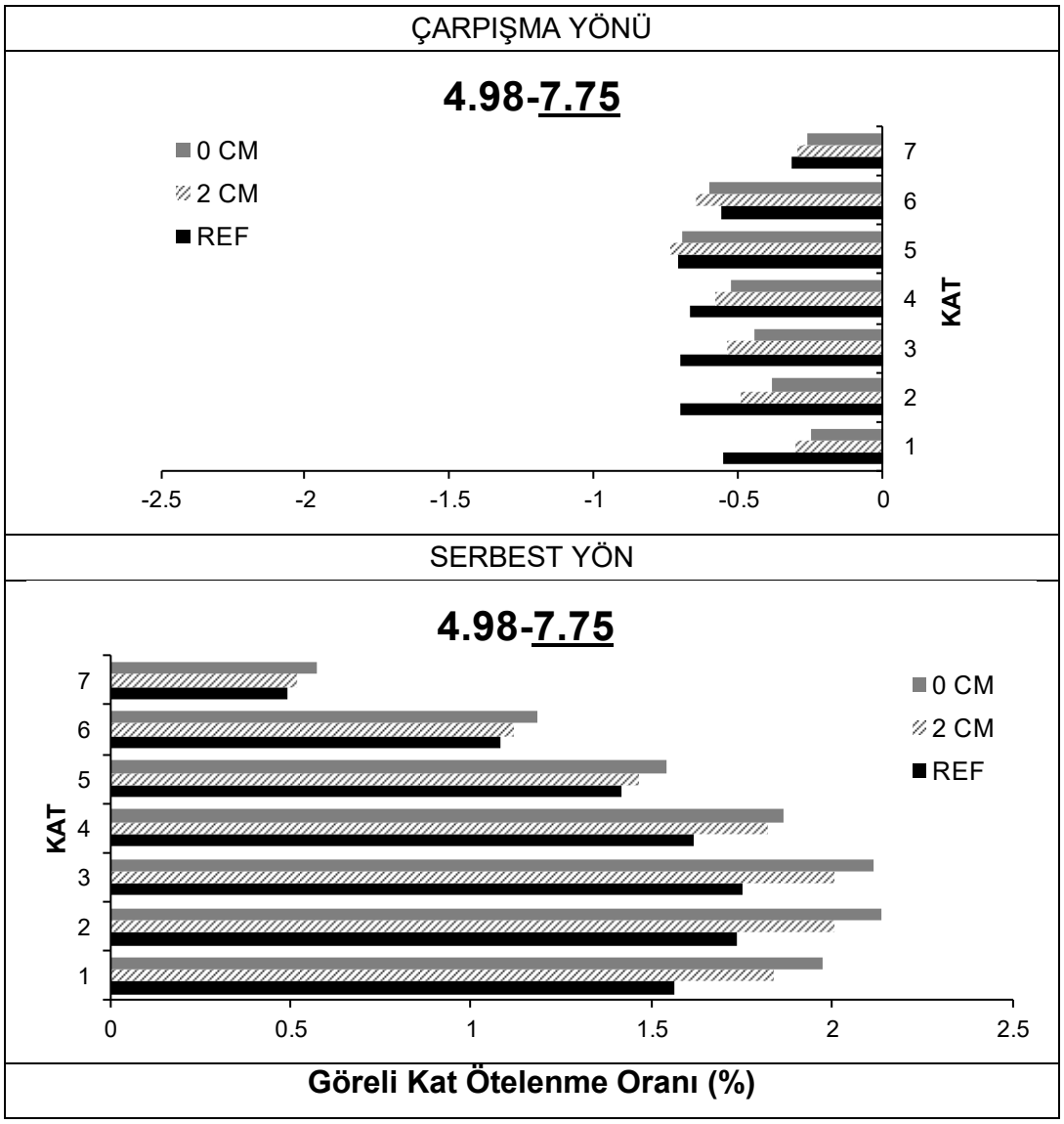
Farklı deprem ivme kayıtlarının 4 farklı ikili bina modellerine X doğrultusunda etkitilerek elde edilen maksimum Göreli Kat Ötelenme Oranı değerleri Şekil 4.34-4.49’ da verilmiştir. Değişen boşluk mesafeleri ile çekiçleme etkisinin her kattaki GKÖO değerlerinde oluşturduğu değişimler % cinsinden kıyaslanmıştır. Kat seviyelerinden çarpışan binaların birbirine aktardıkları yüklerden dolayı, sol ve sağ binaların çarpışma ve serbest yönleri için ayrı ayrı kıyaslama yapılmıştır.

Grafikler GKÖO değerleri binaların çarpışma ve serbest yönlerindeki değişimi göstermektedir. Genellikle binaların çarpışma yönlerinde GKÖO değerleri azalım gösterirken, serbest yönlerinde ise artış eğilimi görülmektedir.

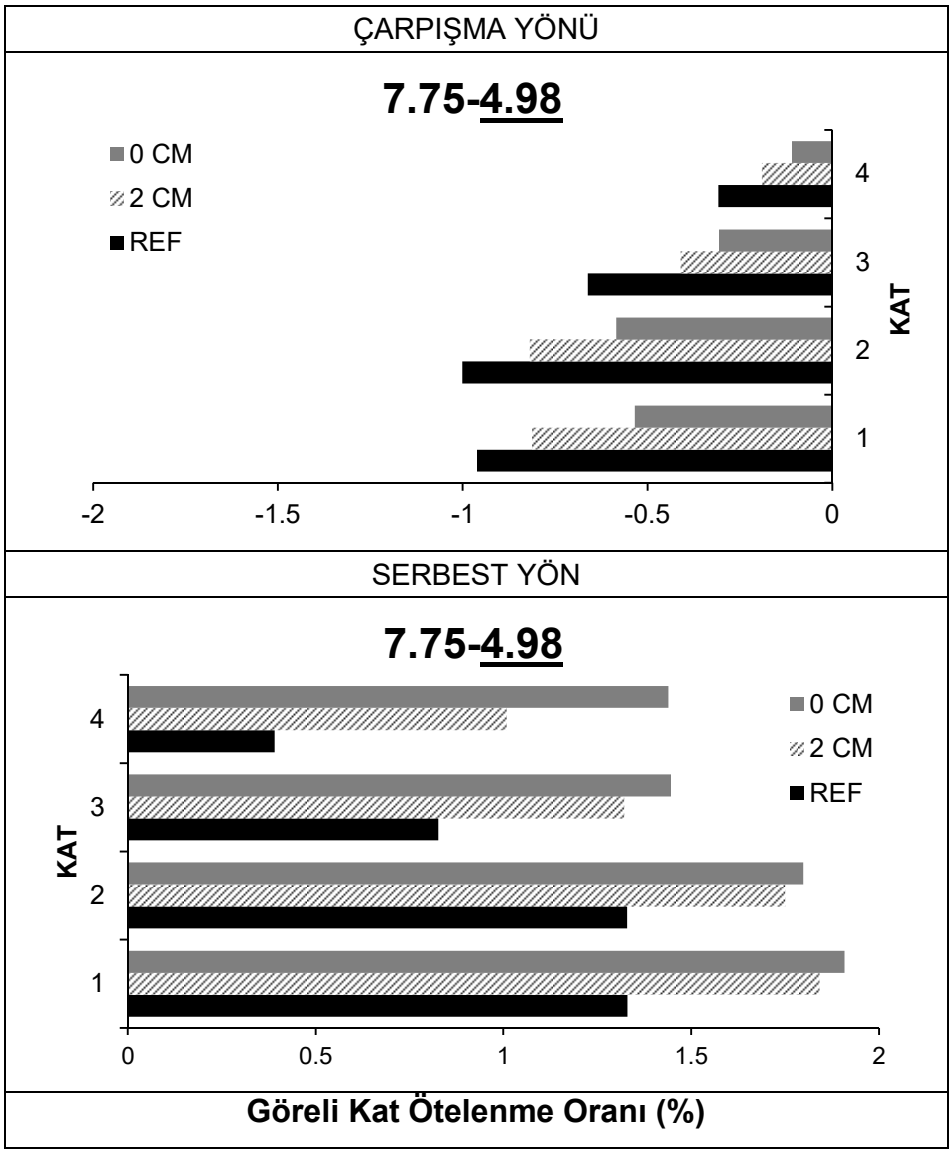
7.75-4.98 ikili modelindeki 7.75 binasındaki GKÖO değerlerine bakıldığında, çarpışma yönünde de artışlar meydana gelmiştir. 4 katlı modellerin mesnet görevi görmesi ile birlikte, 7 katlı modelin çarpışma katının (4. kat) üzerindeki katlarda %45’ e varan artışlar görülmüştür. Aynı kombinasyondaki 4.98 binasında ise alt katlarda çarpışmanın etkisi ile GKÖO değerleri, DBYYHY-2007’ de yer alan %2 sınırına yaklaşmıştır ve çatı katında %267’ ye varan artışlar görülmüştür. Yönetmelikte verilen bu sınır 7.75-4.75 ikili kombinasyonundaki 4.75 binasında ise aşılmıştır.



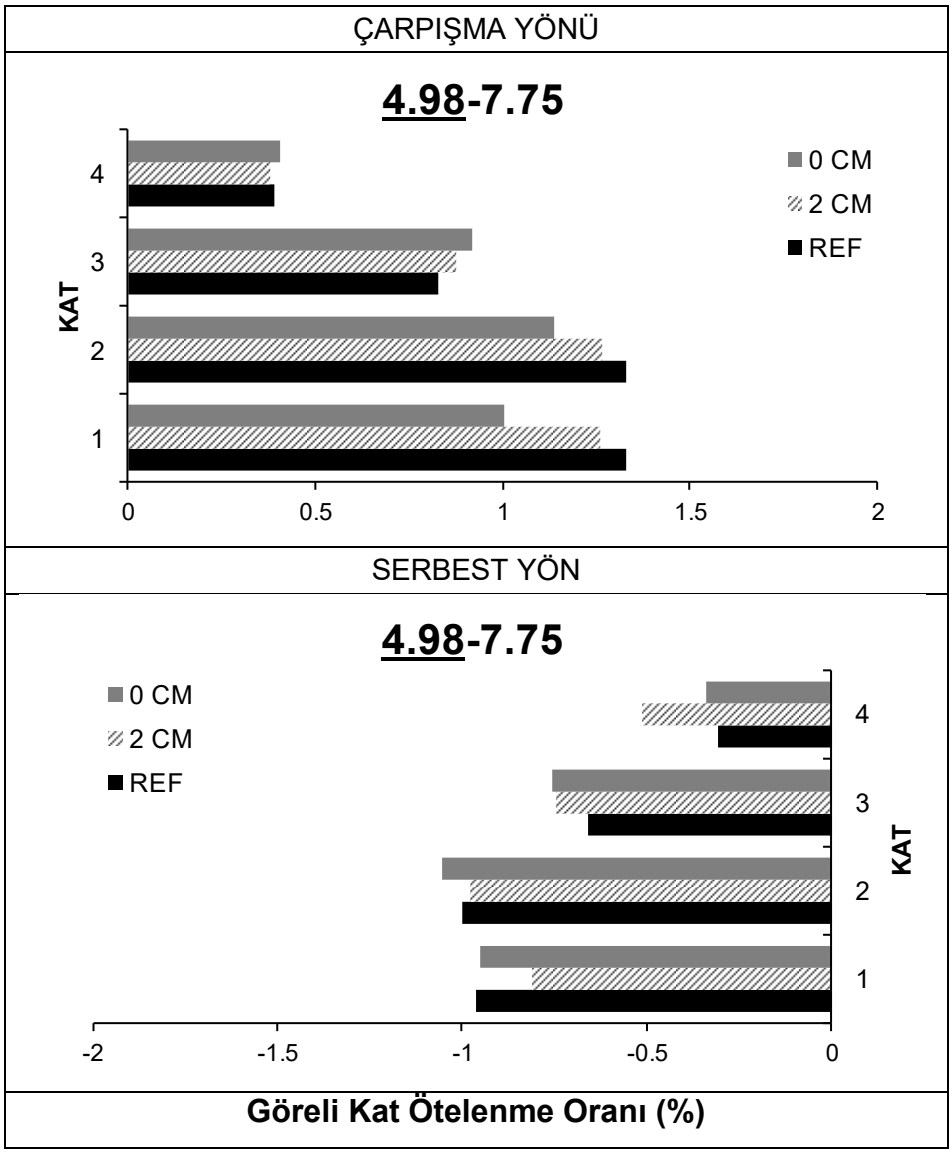
Şekil 4.34: 7.75-4.98 kombinasyonundaki 7.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerinde NorthrTar360 ivme kaydı sonucu elde edilen maksimum GKÖO değerleri,



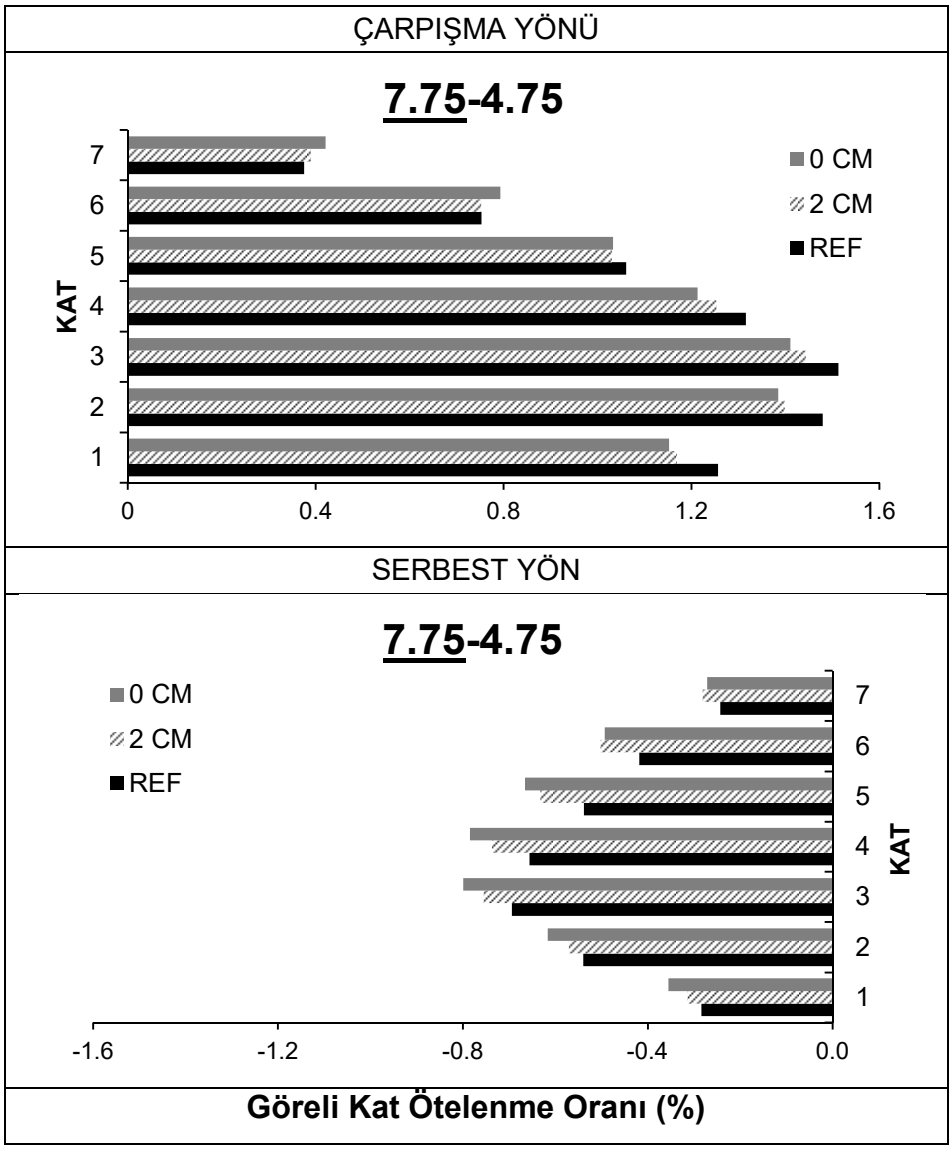
Şekil 4.35: 4.98-7.75 kombinasyonundaki 7.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerinde NorthrTar360 ivme kaydı sonucu elde edilen maksimum GKÖO değerleri,



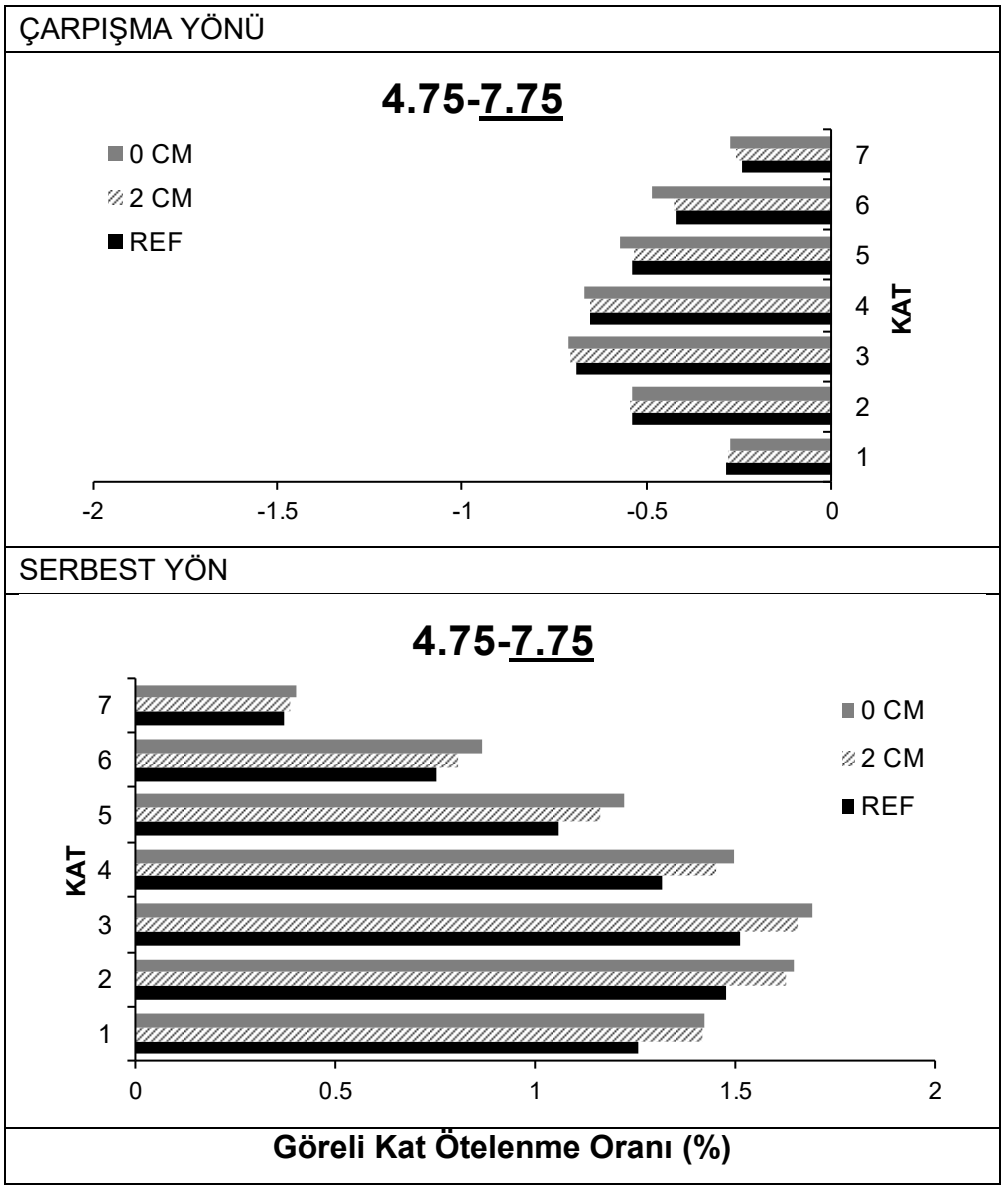
Şekil 4.36: 7.75-4.98 kombinasyonundaki 4.98 binasının çarpışma ve serbest yönlerinde NorthrTar360 ivme kaydı sonucu elde edilen maksimum GKÖO değerleri



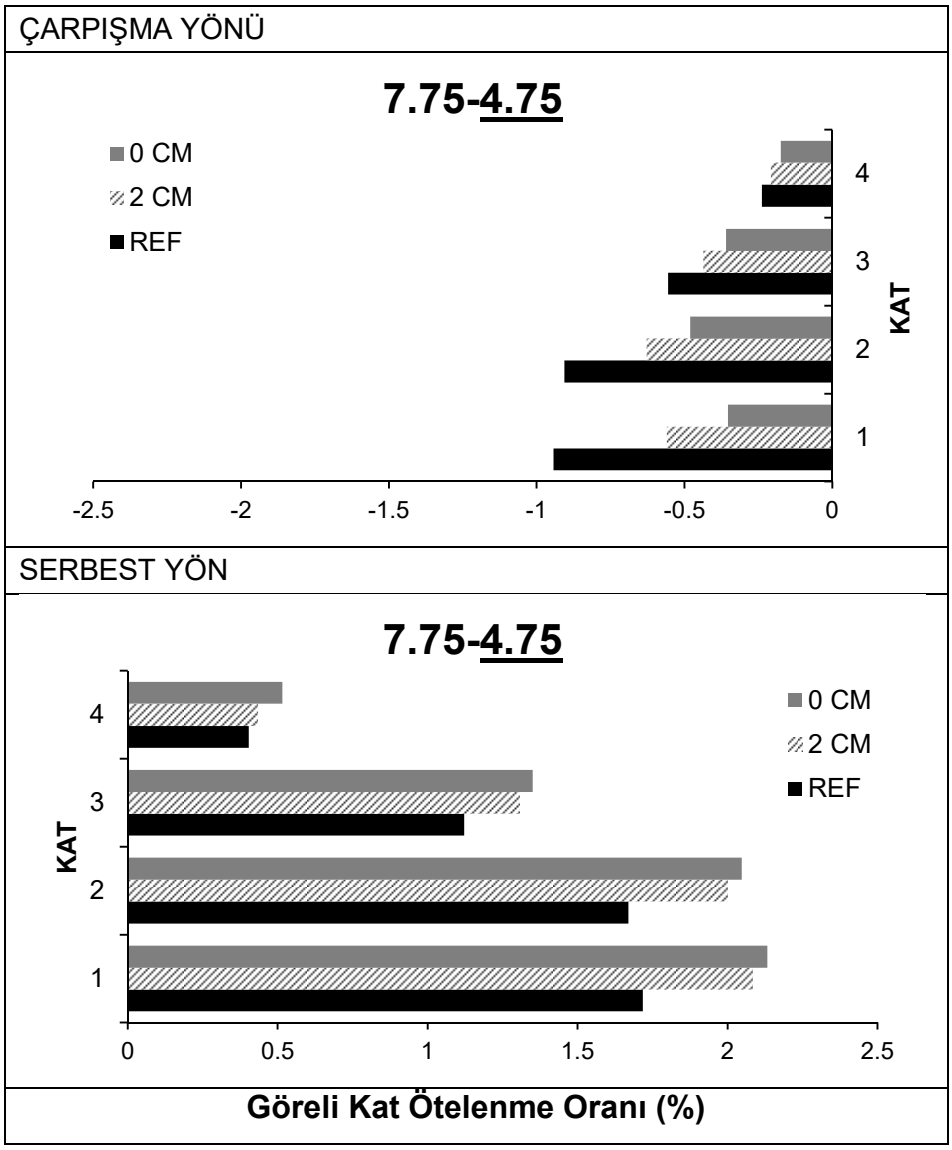
Şekil 4.37: 4.98-7.75 kombinasyonundaki 4.98 binasının çarpışma ve serbest yönlerinde NorthrTar360 ivme kaydı sonucu elde edilen maksimum GKÖO değerleri



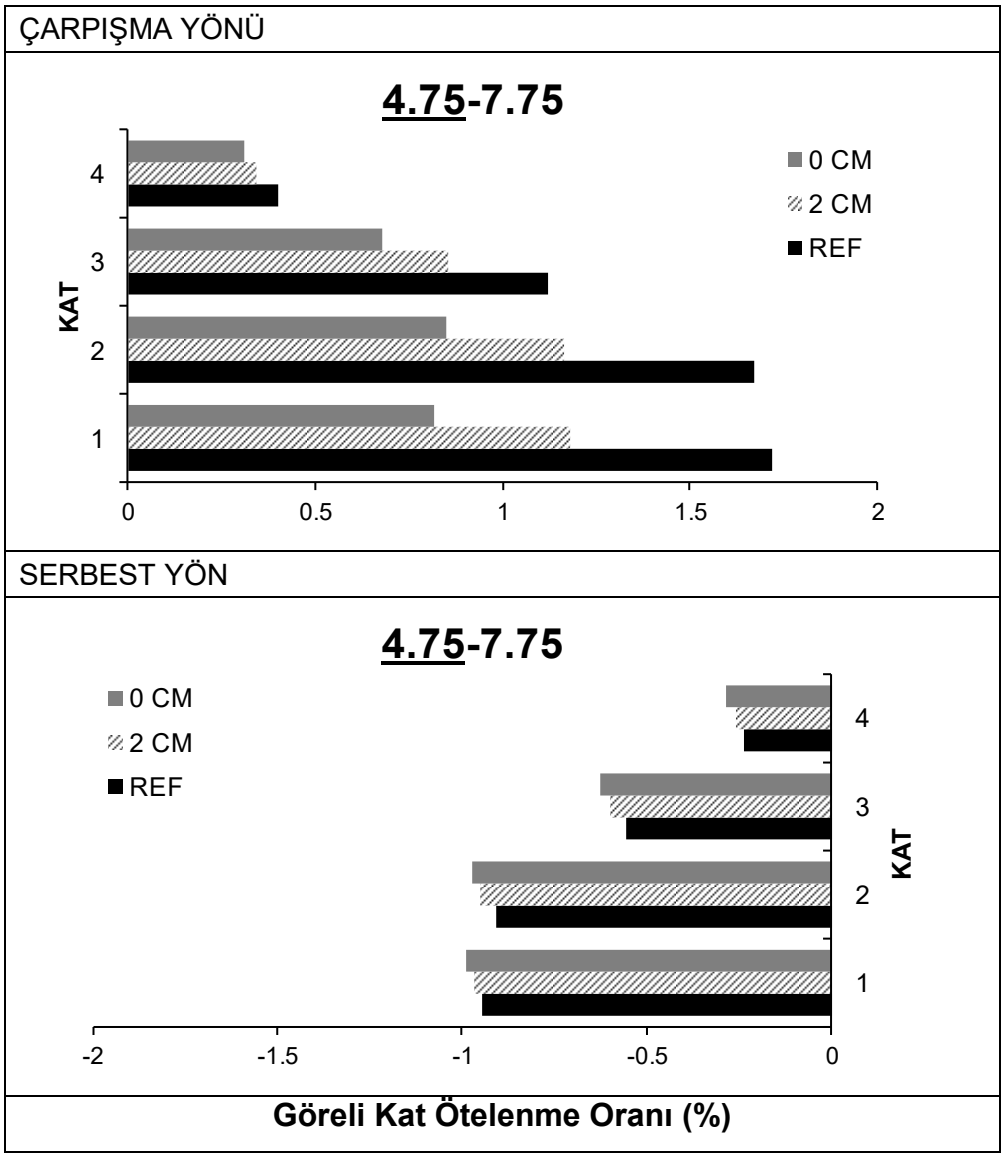
Şekil 4.38: 7.75-4.75 kombinasyonundaki 7.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerinde LomapHsp000 ivme kaydı sonucu elde edilen maksimum GKÖO



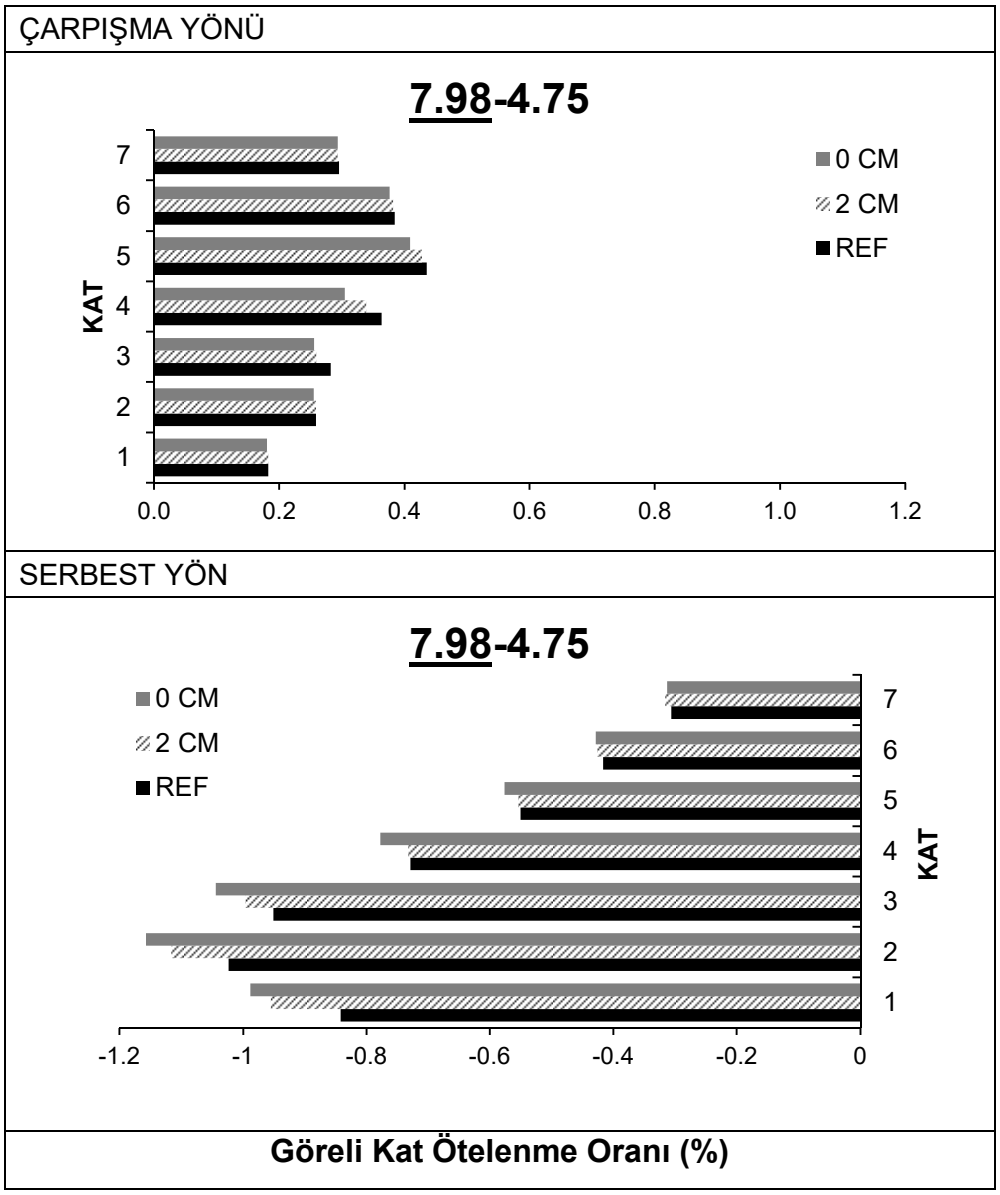
Şekil 4.39: 4.75-7.75 kombinasyonundaki 7.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerinde LomapHsp000 ivme kaydı sonucu elde edilen maksimum GKÖO



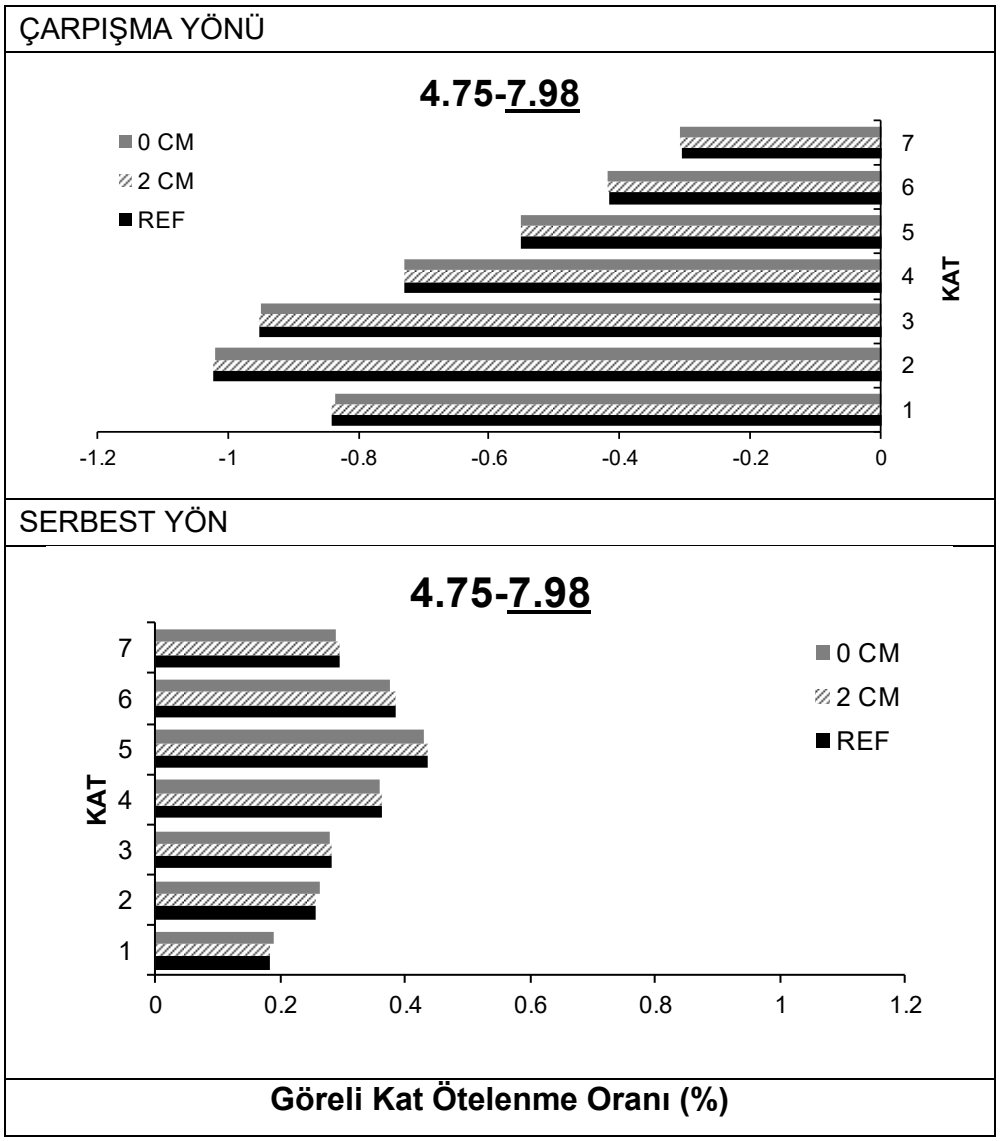
Şekil 4.40: 7.75-4.75 kombinasyonundaki 4.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerinde LomapHsp000 ivme kaydı sonucu elde edilen maksimum GKÖO



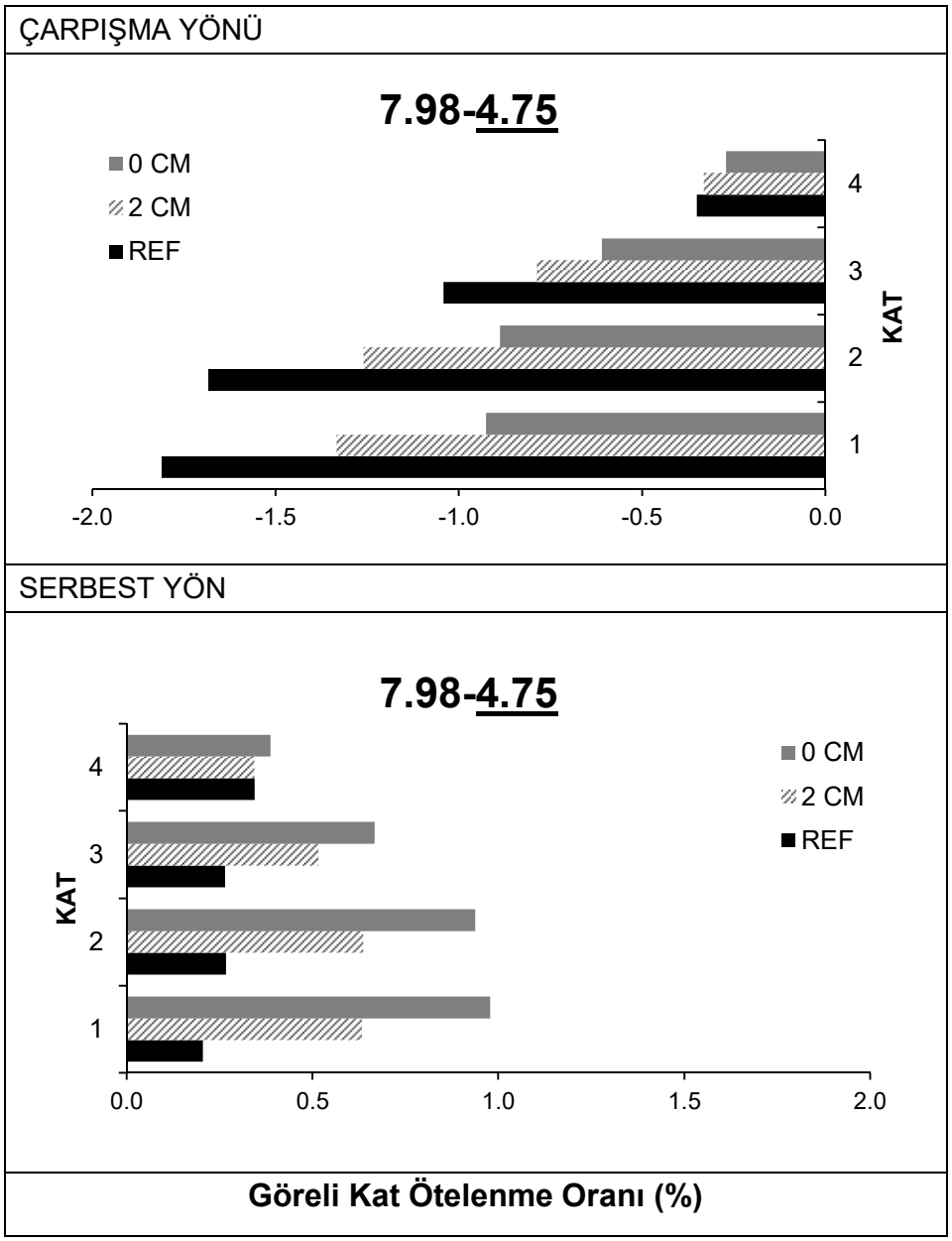
Şekil 4.41: 4.75-7.75 kombinasyonundaki 4.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerinde LomapHsp000 ivme kaydı sonucu elde edilen maksimum GKÖO



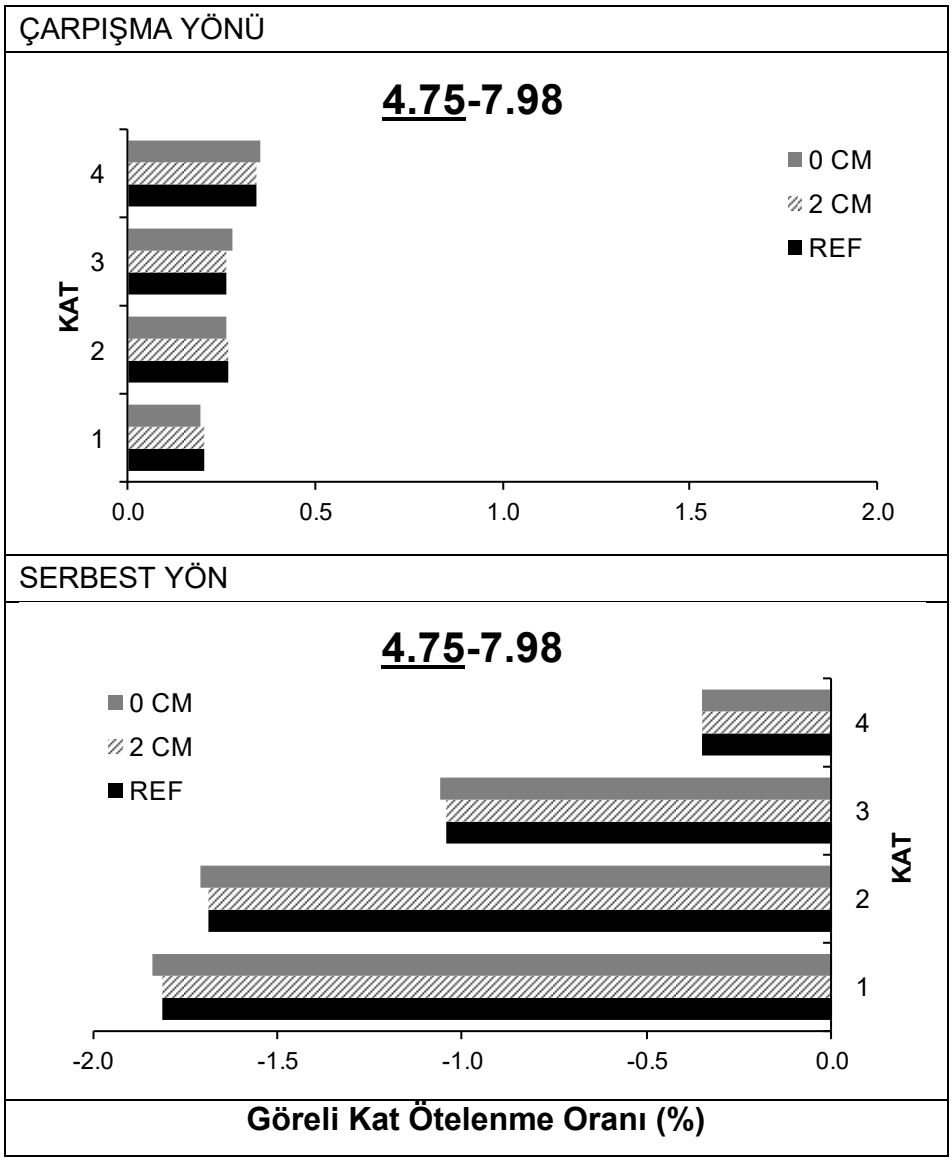
Şekil 4.42: 7.98-4.75 kombinasyonundaki 7.98 binasının çarpışma ve serbest yönlerinde ErzEw ivme kaydı sonucu elde edilen maksimum GKÖO



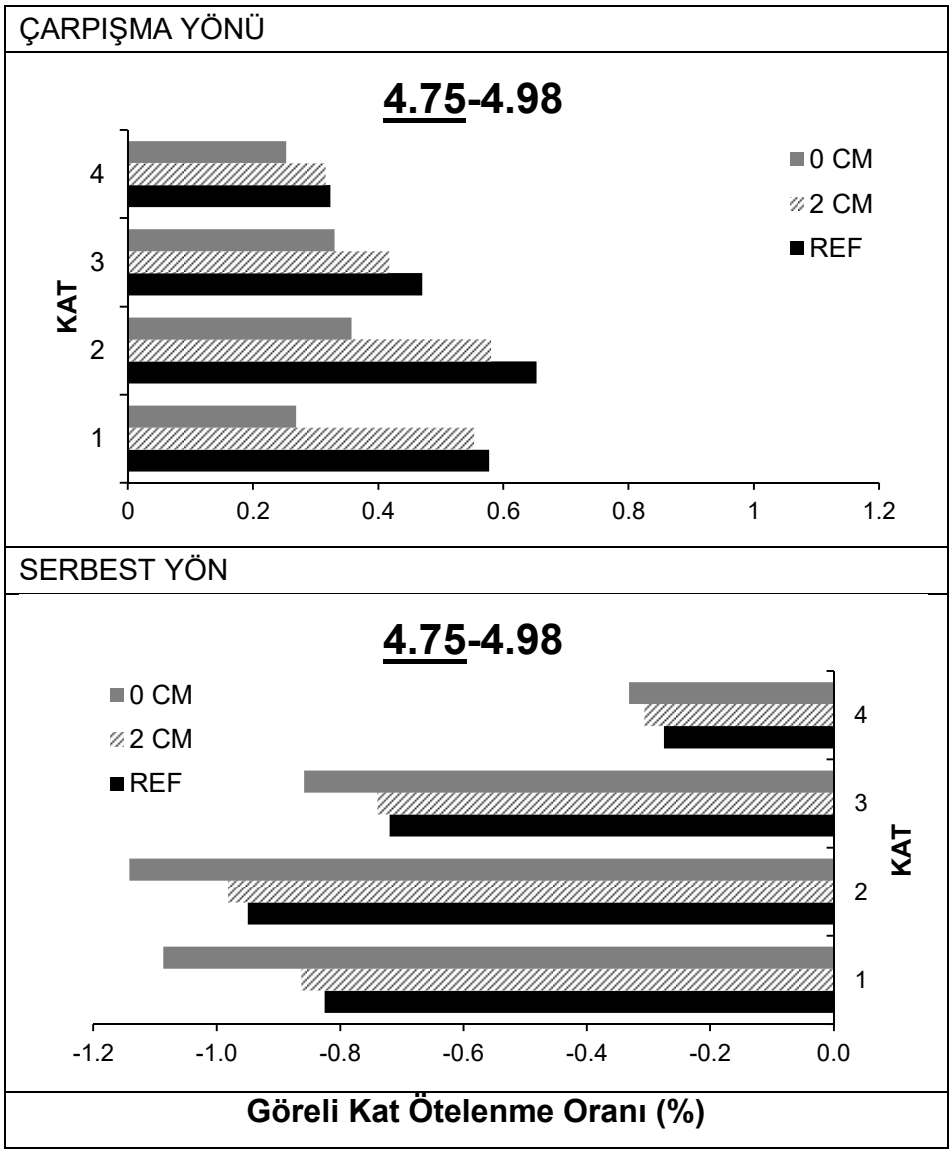
Şekil 4.43: 4.75-7.98 kombinasyonundaki 7.98 binasının çarpışma ve serbest yönlerinde ErzEw ivme kaydı sonucu elde edilen maksimum GKÖO



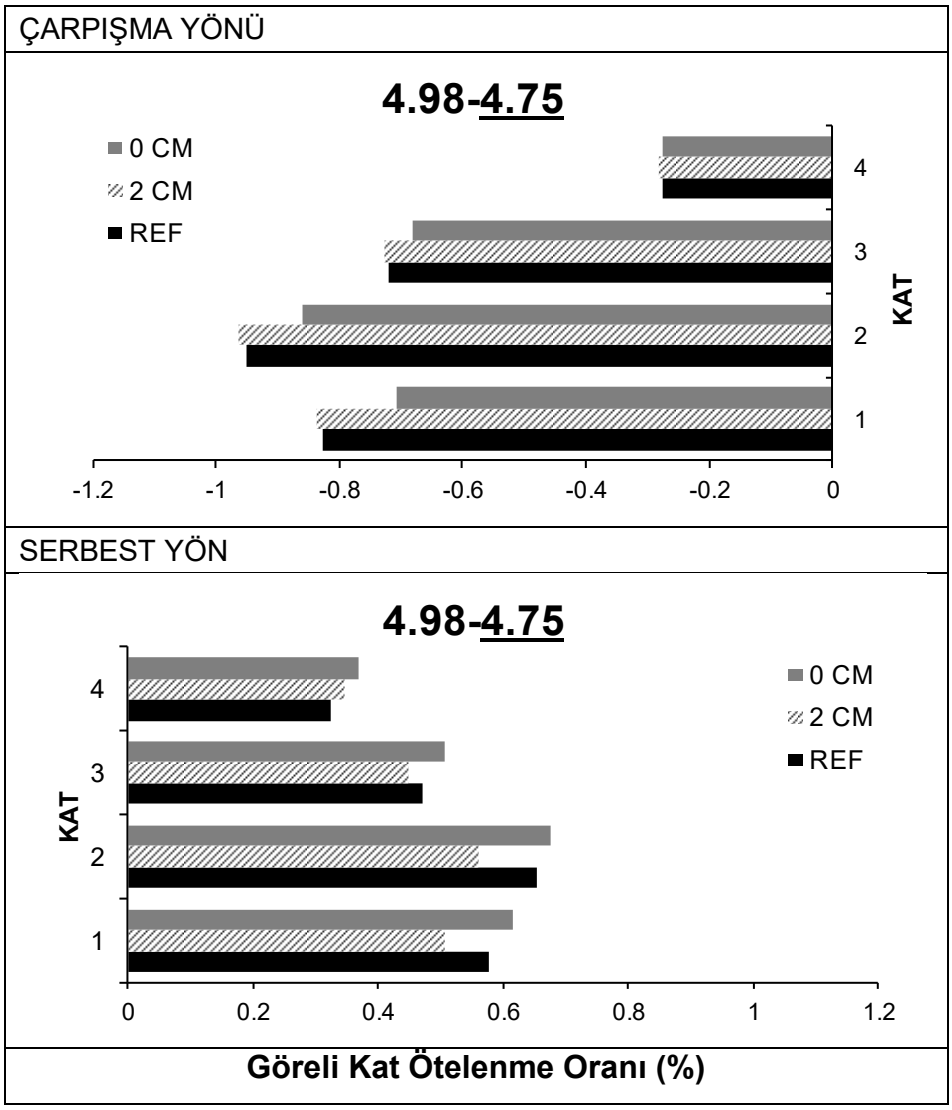
Şekil 4.44: 7.98-4.75 kombinasyonundaki 4.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerinde ErzEw ivme kaydı sonucu elde edilen maksimum GKÖO



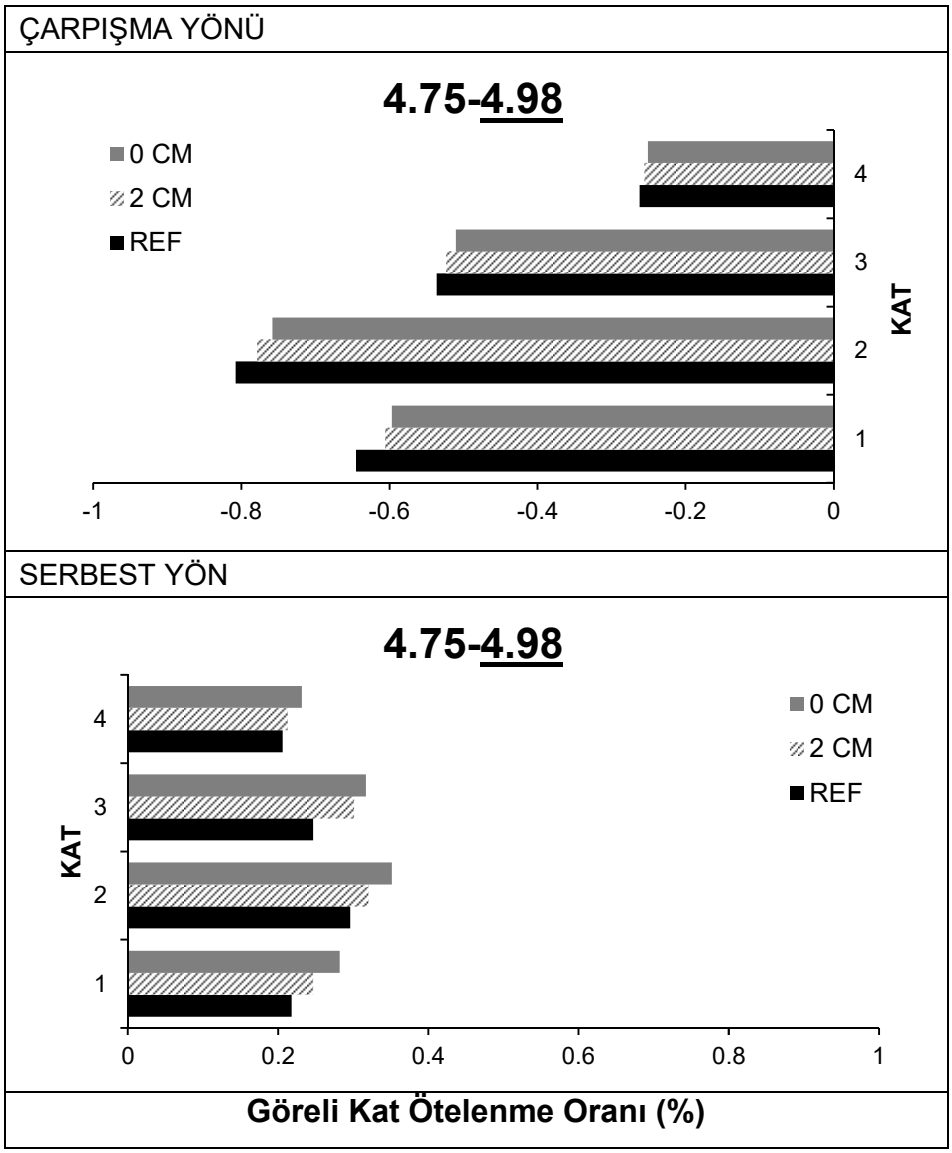
Şekil 4.45: 4.75-7.98 kombinasyonundaki 4.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerinde ErzEw ivme kaydı sonucu elde edilen maksimum GKÖO



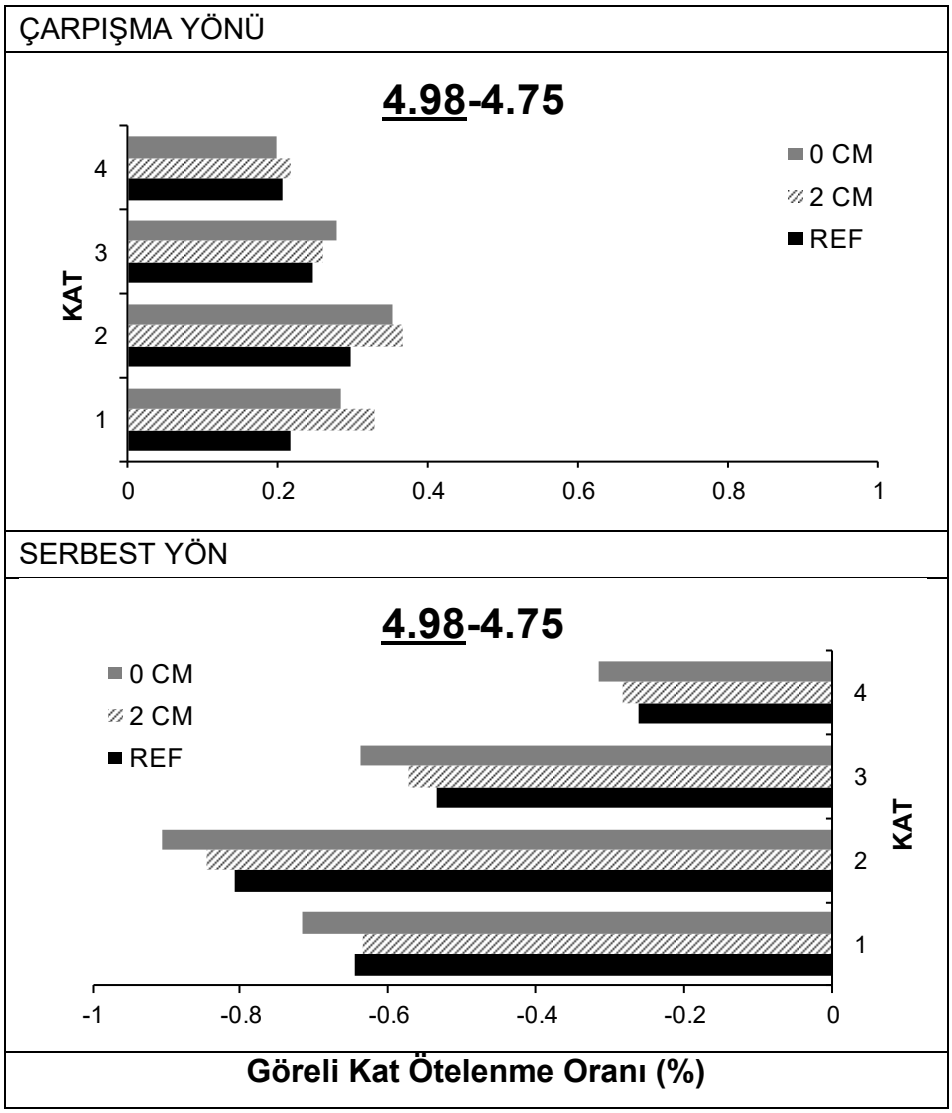
Şekil 4.46: 4.75-4.98 kombinasyonundaki 4.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerinde GazliGaz000 ivme kaydı sonucu elde edilen maksimum GKÖO



Şekil 4.47: 4.98-4.75 kombinasyonundaki 4.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerinde GazliGaz000 ivme kaydı sonucu elde edilen maksimum GKÖO



Şekil 4.48: 4.75-4.98 kombinasyonundaki 4.98 binasının çarpışma ve serbest yönlerinde GazliGaz000 ivme kaydı sonucu elde edilen maksimum GKÖO



Şekil 4.49: 4.98-4.75 kombinasyonundaki 4.98 binasının çarpışma ve serbest yönlerinde GazliGaz000 ivme kaydı sonucu elde edilen maksimum GKÖO

4.4.3 Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

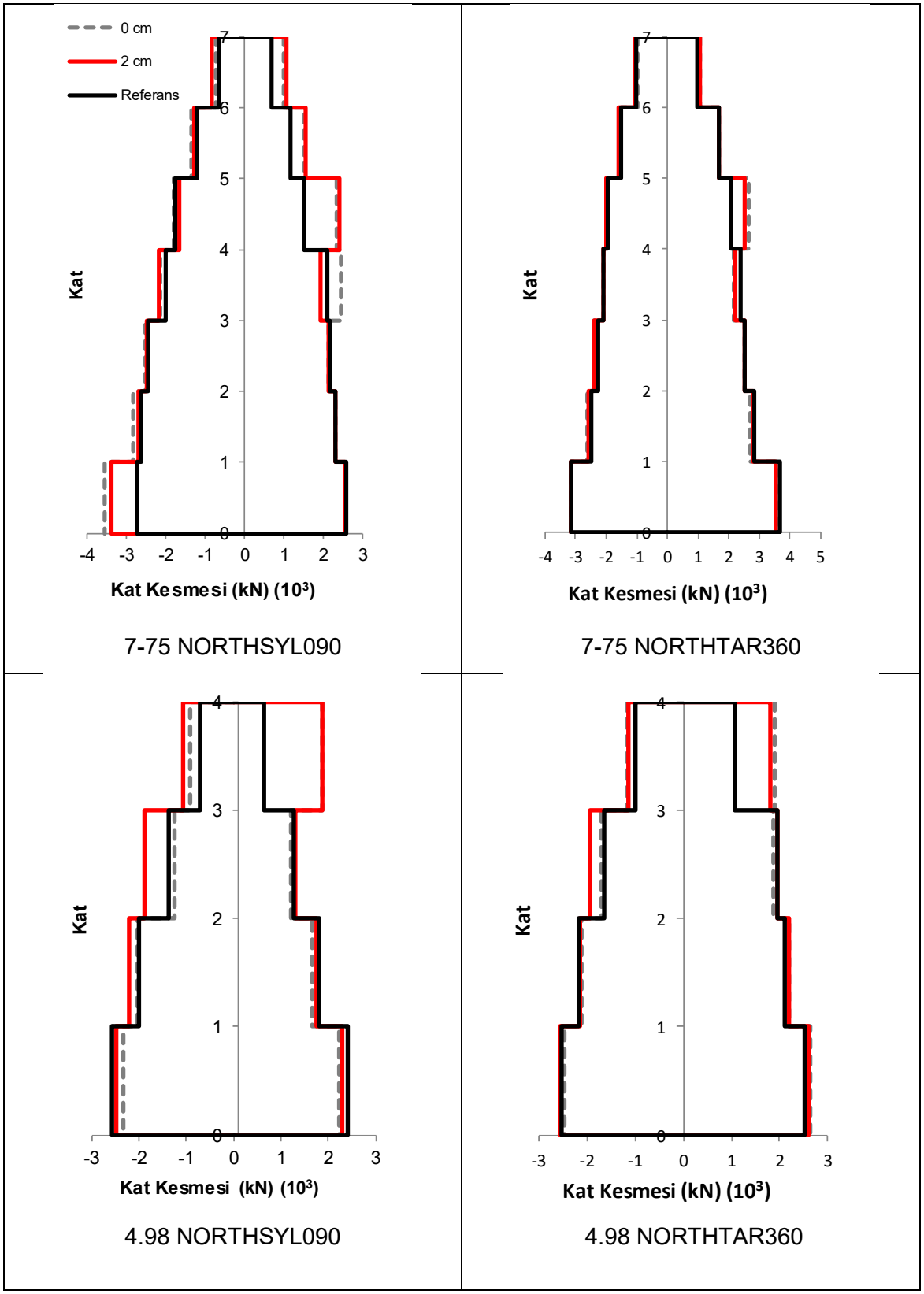
Gerçekleştirilen proje kapsamında kullanılan modellerin doğrusal olmayan davranış özellikleri dikkate alındığı için, çekiçleme etkisinin şekil değiştirme talepleri üzerindeki etkilerinin üzerinde durulmuştur. Çarpışma davranışının gerçekleştiği anda modeller akma sınırını geçtiği için, oluşan etkiler plastik deformasyonlarla sönümlenmektedir. Bu nedenle çarpışma etkisinin maksimum kuvvetler üzerindeki etkisinin sınırlı olacağından bahsedilebilir. Bu bölümde, çekiçleme davranışının kat kesme kuvvetleri üzerindeki etkileri ve davranış özellikleri hakkında dikkat çekici örnekler gösterilmektedir. Genel değerlendirmelerde kuvvet tabanlı herhangi bir karşılaştırma yapılmamıştır.

Şekil 4.50-4.52'de seçilen kombinasyon ve ivme kayıtlarına ait kat kesme kuvvetleri karşılaştırmalı olarak verilmektedir. Sonuçlar değerlendirildiğinde, 2 cm boşluk oranı olan kombinasyonların 0 cm boşluk oranı olan kombinasyonlara oranla kat kesme kuvvetlerinde daha büyük değişimler olması dikkat çekicidir. Üst katlarda kat kesme kuvvetlerinde farklılıklar olmasına rağmen, bina kapasitesinin eleman dayanımları ile sınırlı olması nedeniyle taban kesme kuvvetleri arasındaki farklar genel olarak sınırlıdır.

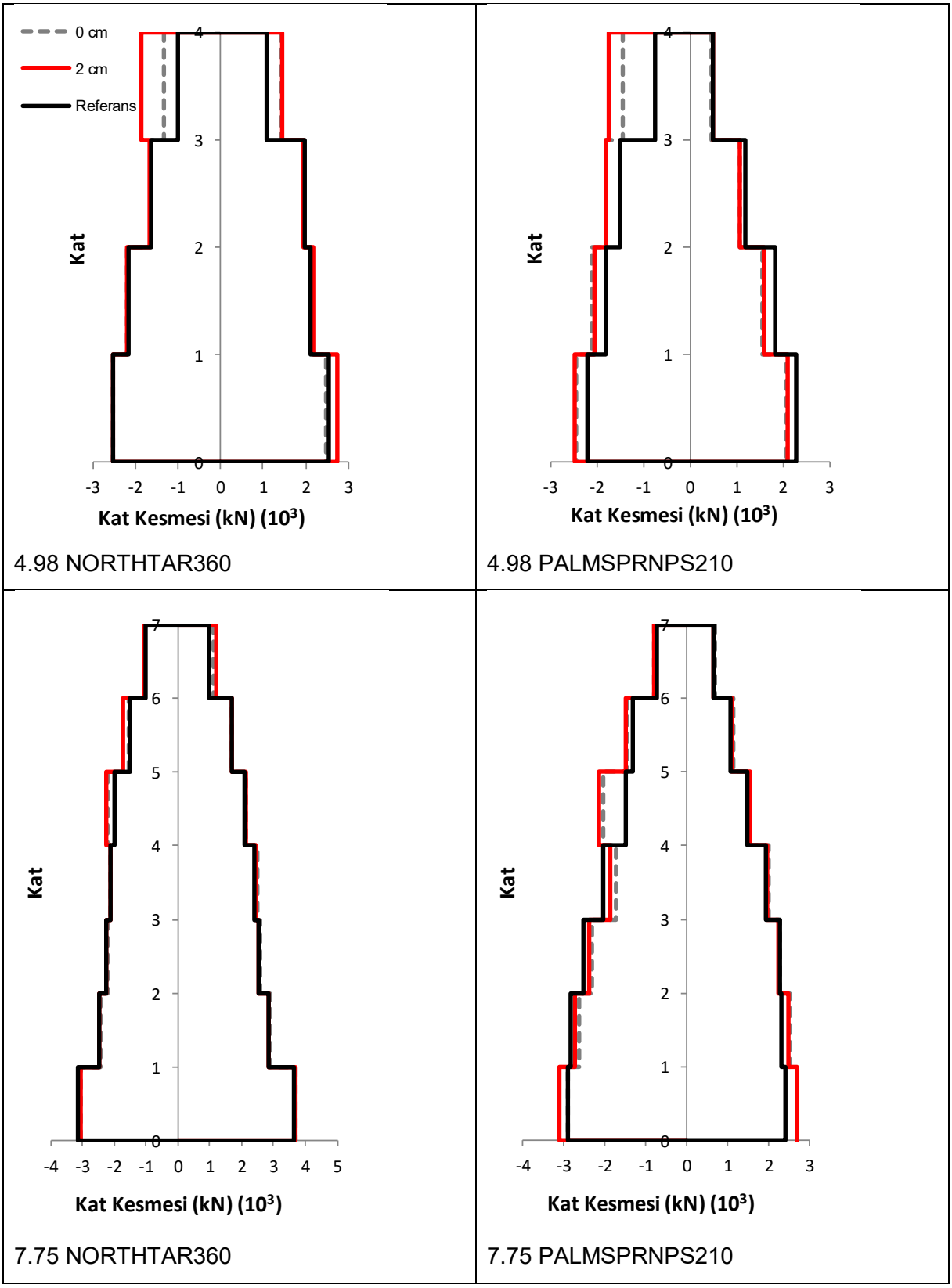
0 cm boşluk oranlı modeller, daha düşük deplasmanlar altında da çarpıştıkları için, maksimum taleplerin etkidiği anda akan kolon ve kiriş eleman sayısı 2 cm boşluk oranlı modellere oranla daha fazladır. Bu nedenle maksimum taleplerin etkidiği andaki çarpışmada 2 cm boşluk oranlı modelde daha fazla kuvvet talepleri oluşabilmektedir. 0 cm boşluk oranlı model ise talepleri büyük oranda plastik deformasyonlar ile sönümlemektedir.

Şekiller incelendiğinde, kat kesme kuvvetlerindeki farklar, modeller için genellikle çarpışma katı olan 4. Katta ya da 5 katta yoğunlaşmaktadır. Bir diğer önemli nokta, kuvvet artışlarının daha yüksek rijitlik ve dayanıma sahip 4.98 modelinde, 4.75 modeline oranla daha yüksek olmasıdır.

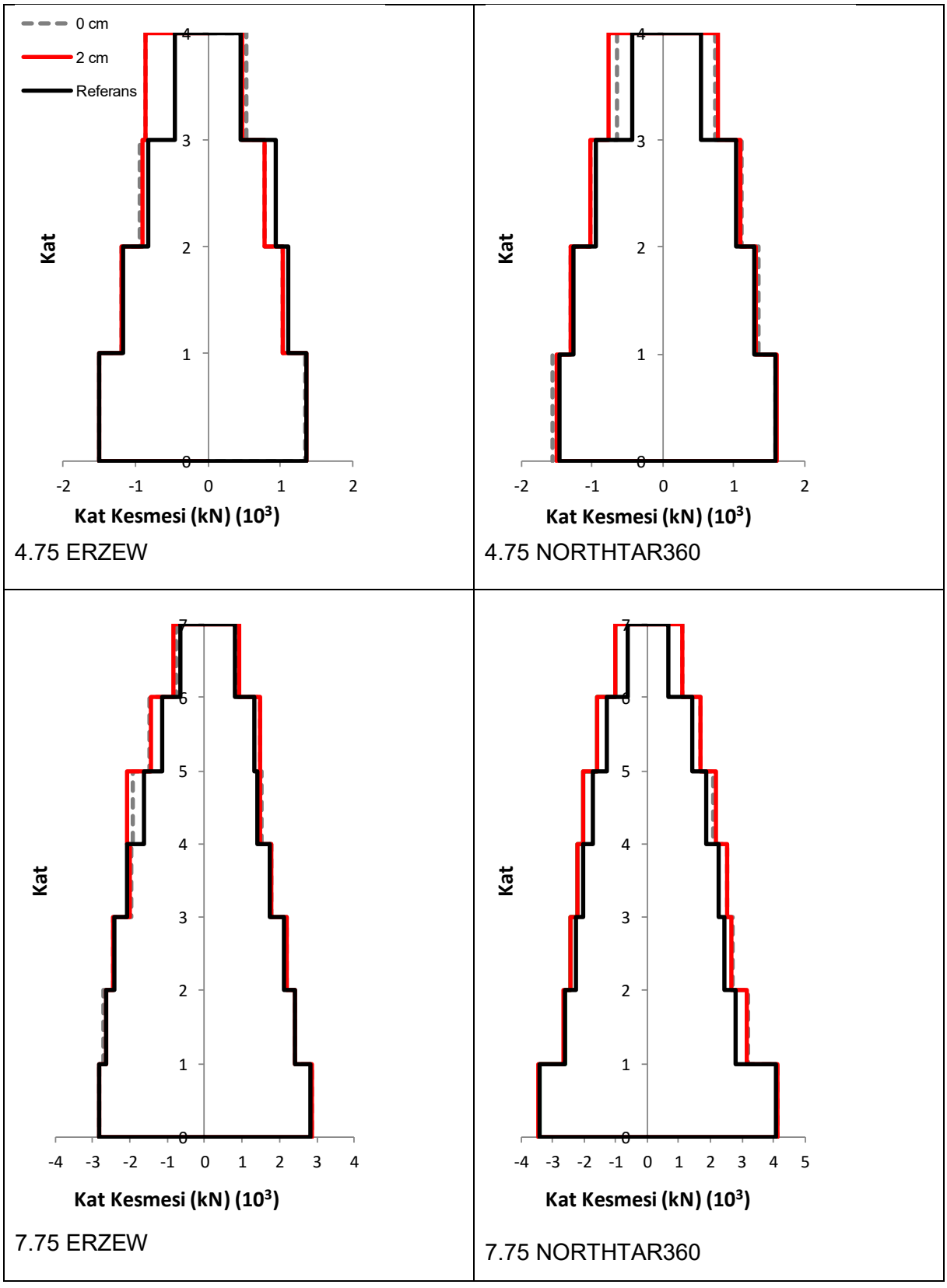
Modeller arasında hesaplanan en yüksek kat kesme kuvveti farkı 7.75-4.98 kombinasyonu 4.98 binası için NORTHSYL090 ivme kaydı altında gözlenmiştir (Şekil 4.51). 4. Katta 2 cm boşluk oranlı modelde kat kesme kuvveti 1875 kN hesaplanmışken, bu değer 0 cm boşluk oranlı model için 646 kN, referans model içinse 642 kN'dur. Aynı kombinasyonu ve ivme kaydı altında 7.75 modeli için ise en büyük kat kesme kuvveti farkı 5. Katta 2 cm boşluk oranı için 2423 kN, 0 cm boşluk oranı için 1511 kN olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.50: 7.75-4.98 kombinasyonu kat kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.51: 4.98-7.75 kombinasyonu kat kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.52: 4.75-7.75 kombinasyonu kat kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

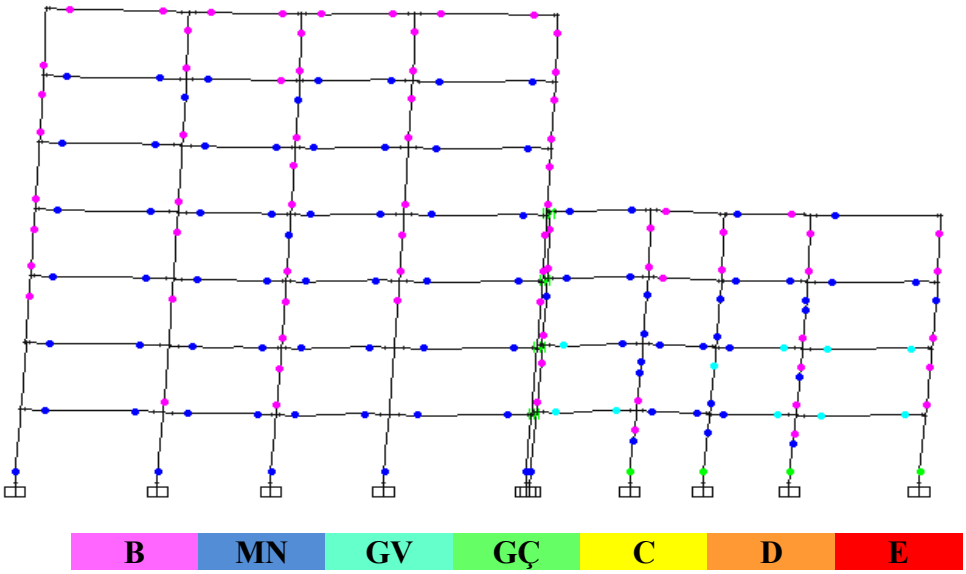
4.4.4 Çekiçleme Etkisi İle Oluşan Hasar Dağılımı

Çalışma kapsamında kullanılan 3-B modellerin doğrusal olmayan davranışları yansıtabilmesi için taşıyıcı elemanların uç noktalarına plastik mafsal tanımlanmıştır. Kritik kesitlerde tanımlanan plastik mafsallara ait hasar sınırları için DBYBHY-2007'de yer alan şekil değiştirme sınırları kullanılmıştır. Çekiçlemenin oluşturduğu ani kuvvet ve deplasman talebi değişimleri ile taşıyıcı elemanlardaki hasar sınırları farklılık göstermektedir. Proje kapsamında olmamasına rağmen çekiçleme etkisinin plastik mafsal hasar dağılımına olan etkilerinin incelenebilmesi için örnek olarak seçilen 7.75-4.75 kombinasyonu hakkında yapılan değerlendirmeler bu bölümde verilmektedir.

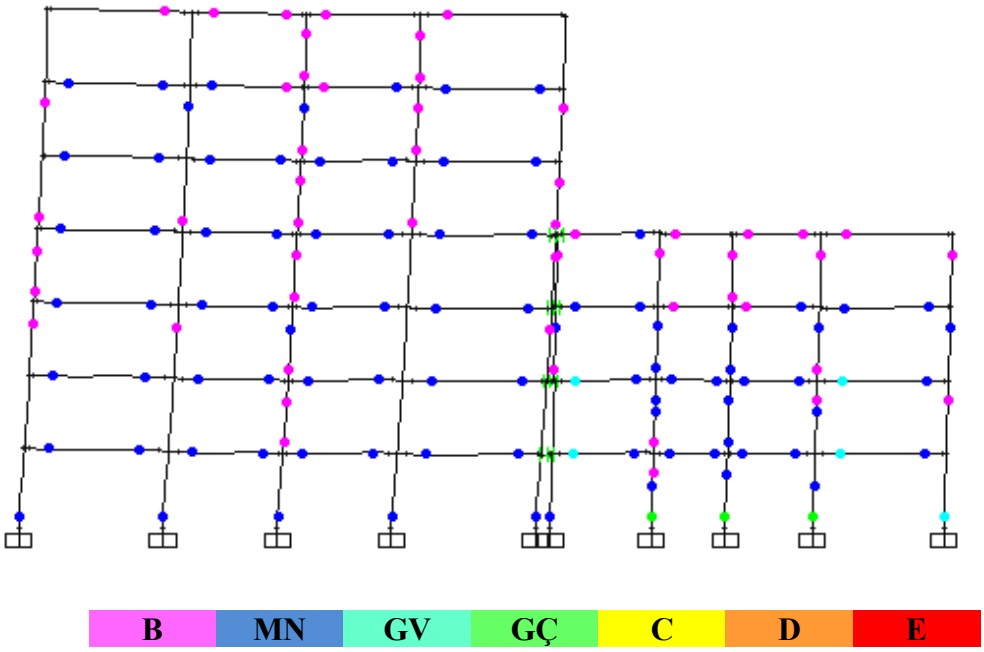
Binalardaki hasar dağılımı çalışma kapsamında yer almazken, seçilen bir deprem kaydı ve ikili model için bu başlık altında incelenmiştir. 7.75-4.75 ikili kombinasyonunda, kritik çerçeve aksı boyunca taşıyıcı elemanlarda oluşan hasarlar Şekil 4.53-4.54'te verilmiştir. Referans modellere göre, çarpışmalı (0 cm) modeldeki 7 katlı 1975 modelinin çatı katında çekiçleme etkisi ile birlikte kiriş elemanların her iki ucunda da plastik mafsaldaki akma sınırı aşılmıştır (Şekil 4.55 ve 4.56). Ayrıca yine aynı kattaki bazı kolon elemanları, referans modelde akma sınırına ulaşmazken, çarpışmalı modelde bu değer aşılmıştır. 4 katlı 1975 modelinde ise GV hasar düzeyine ulaşan kiriş eleman sayısında farklar görülmektedir.

Çarpışmanın gerçekleştiği ikili model ile çarpışmanın gerçekleşmediği referans modellerdeki hasar dağılımları arasındaki farklar belirgin bir şekilde görülmektedir. Modeller arasındaki farkların daha iyi anlaşılabilmesi için, 3-B binaların tüm katlarındaki taşıyıcı elemanların hasar düzeyleri ve sayıları verilmiştir (Tablo 4.1 ve 4.2). 7 katlı bina modelindeki hasar alan kiriş eleman sayıları, 0 cm ve referans ikili modeller için kıyaslandığında pek değişim göstermemektedir. 4 katlı modelde ise 2. kattaki GV-GÇ hasar düzeyinde olan kiriş sayısında ciddi oranda bir fark görülmektedir.

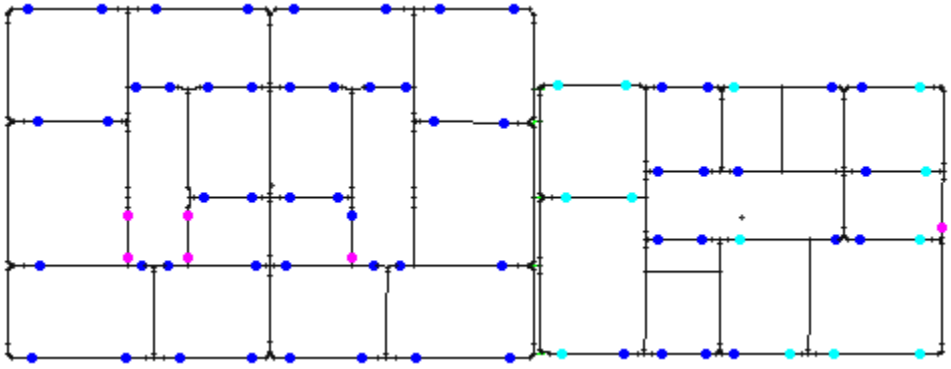
Çekiçleme etkisine maruz kalan 7 katlı 1975 modelinde 7. kattaki akma konumuna geçen kolon eleman sayısı %37 oranında artmıştır. 4 katlı modelin 1. Katındaki GÇ-C hasar seviyesine geçen kolon eleman sayısında %35 oranında bir artış meydana gelmiştir (7 katlı modellerde 27 adet kolon elemanı bulunurken, 4 katlı modellerde 20 adet kolon elemanı yer almaktadır).



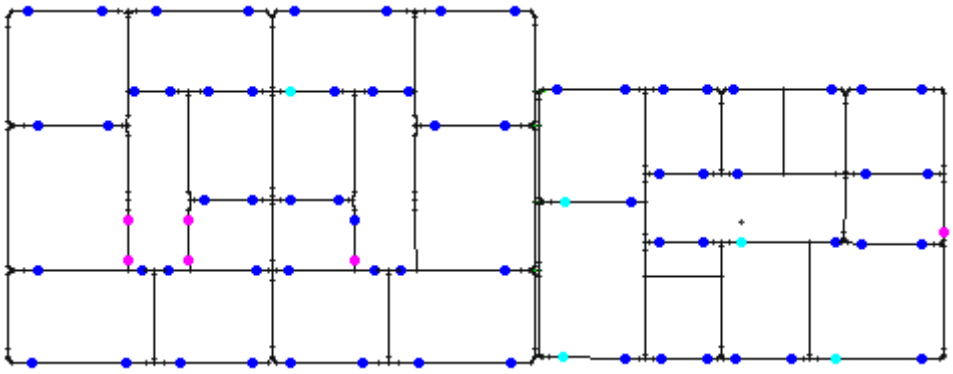
Şekil 4.53: 7.75-4.75 (0 cm) ikili modelin NorthrTar360 ivme kaydı sonucu kritik akstaki kolonların hasar düzeyleri



Şekil 4.54: 7.75-4.75 (referans) ikili modelin NorthrTar360 ivme kaydı sonucu kritik akstaki kolonların hasar düzeyleri



Şekil 4.55: 7.75-4.75 (0 cm) ikili modelin NorthrTar360 ivme kaydı sonucu 2. kattaki kirişlerin hasar düzeyleri



Şekil 4.56: 7.75-4.75 (referans) ikili modelin NorthrTar360 ivme kaydı sonucu 2. kattaki kirişlerin hasar düzeyleri

Tablo 4.1: 7.75-4.75 ikili kombinasyondaki 7.75 modelinin NORTHRTAR360 ivme kaydı sonucu hasar alan eleman sayıları

KAT	MODEL	KOLON				KİRİŞ			
		B-MN	MN-GV	GV-GÇ	GÇ-C	B-MN	MN-GV	GV-GÇ	GÇ-C
1	0 CM	-	27	-	-	2	21	-	-
	REF	-	27	-	-	2	21	-	-
2	0 CM	10	-	-	-	2	20	-	-
	REF	7	-	-	-	2	20	1	-
3	0 CM	21	1	-	-	3	20	-	-
	REF	18	2	-	-	3	20	-	-
4	0 CM	18	1	-	-	4	20	-	-
	REF	17	-	-	-	3	20	-	-
5	0 CM	23	-	-	-	3	20	-	-
	REF	19	-	-	-	3	20	-	-
6	0 CM	19	8	-	-	4	20	-	-
	REF	24	3	-	-	6	18	-	-
7	0 CM	21	-	-	-	23	1	-	-
	REF	11	-	-	-	22	1	-	-
-: değer bulunmamaktadır									

Tablo 4.2: 7.75-4.75 ikili kombinasyondaki 4.75 modelinin NORTHRTAR360 ivme kaydı sonucu hasar alan eleman sayıları

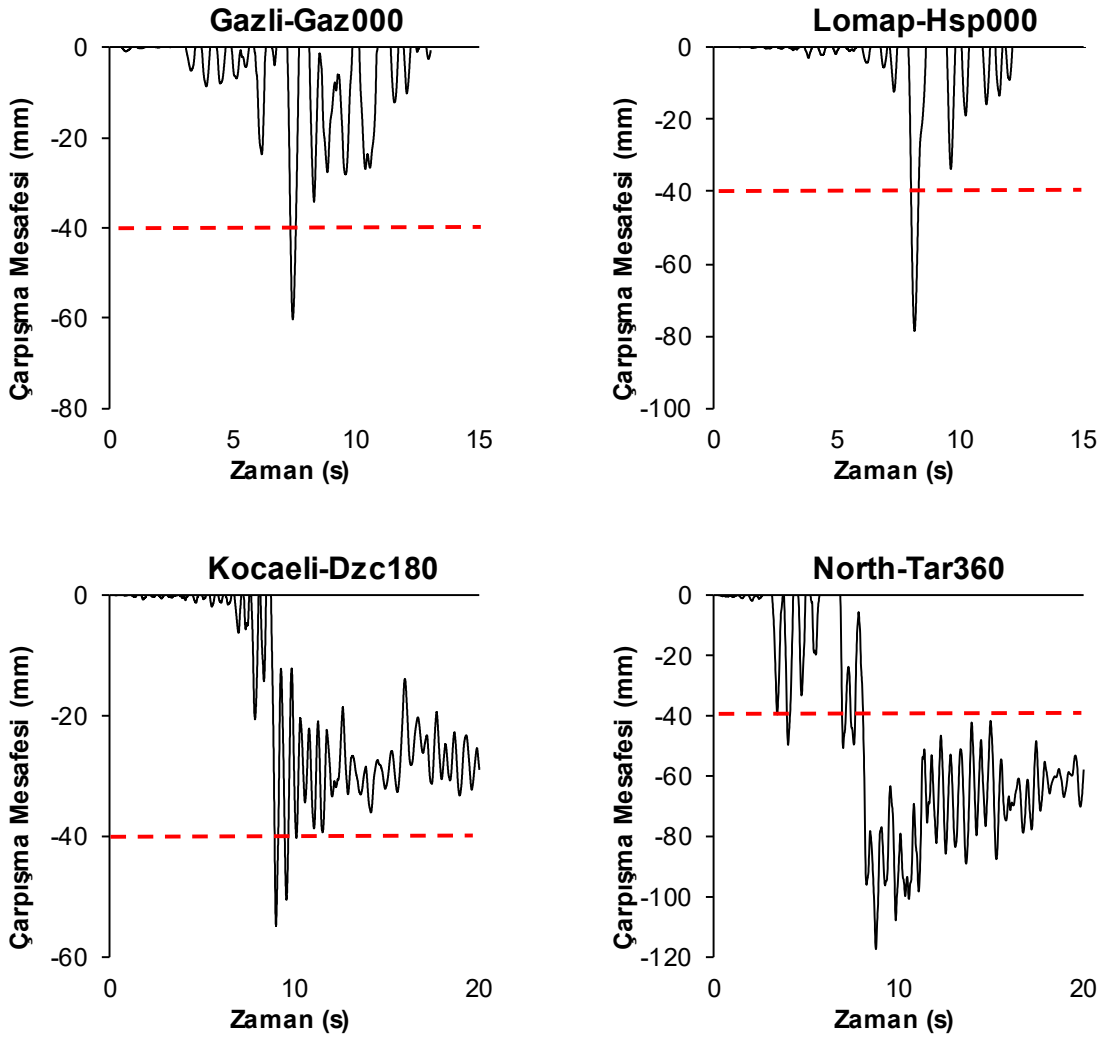
KAT	MODEL	KOLON				KİRİŞ			
		B-MN	MN-GV	GV-GÇ	GÇ-C	B-MN	MN-GV	GV-GÇ	GÇ-C
1	0 CM	-	2	4	14	3	5	12	-
	REF	-	6	7	7	2	9	8	-
2	0 CM	11	5	2	1	1	6	10	-
	REF	1	19	-	-	1	12	4	-
3	0 CM	-	19	-	-	3	14	-	-
	REF	1	19	-	-	5	12	-	-
4	0 CM	15	4	-	-	8	9	-	-
	REF	14	-	-	-	10	5	-	-
-: değer bulunmamaktadır									

4.4.5 Çarpışmanın Olmaması İçin Minimum Boşluk Oranının Belirlenmesi

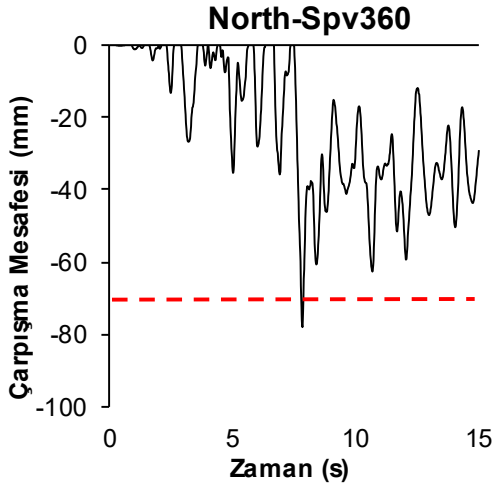
Kullanılan modellerde, çarpışmanın engellenebilmesi için gerekli minimum boşluk oranı hesaplanarak 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelikte (DBYBHY-2007) yer alan madde 2.10.3.2'de tanımlı deprem derzleri sınırları ile karşılaştırılmıştır. 4 katlı modeller için yönetmelikçe tanımlı minimum boşluk oranı 40 mm, 7 katlı modeller için ise yaklaşık yaklaşık 70 mm olarak hesaplanmıştır. 4 ve 7 katlı binalar ile oluşturulan kombinasyonlarda minimum boşluk oranı sınırı 7 katlı bina dikkate alınarak belirlenmiştir.

Çarpışmanın olmaması için gerekli minimum mesafe, 40 cm boşluklu olarak modellenen kombinasyonlarda link elemanlarda boşluğun sıkışma miktarı hesaplanarak elde edilmiştir. Gerçekleştirilen analizler sonucu, kombinasyonlarda yönetmelik sınırlarını aşan modeller Şekil 4.57-4.59'da verilmektedir. 7.98 ve 4.75 binaları ile oluşturulan modellerde hiçbir ivme kaydı altında yönetmelik sınırları aşılmamıştır. 4.75-4.98 kombinasyonunda 4, 7.75-4.75 kombinasyonunda 1 ve 7.75-4.98 kombinasyonunda ise 5 ivme kaydı altında yönetmelik sınırları aşılmıştır. Sonuçlar açısından dikkat çekici olan, 4 katlı iki binanın oluşturduğu 4.75-4.98 kombinasyonunda, yönetmelikçe tanımlı minimum boşluk oranı 40 mm iken, North-Tar360 ivme kaydı altında çarpışmanın olmaması için gerekli mesafenin 116 mm bulunmasıdır. 7.75 kombinasyonu için North-Tar360 ivme kaydı altında bu değer 150 mm'ye kadar çıkmaktadır.

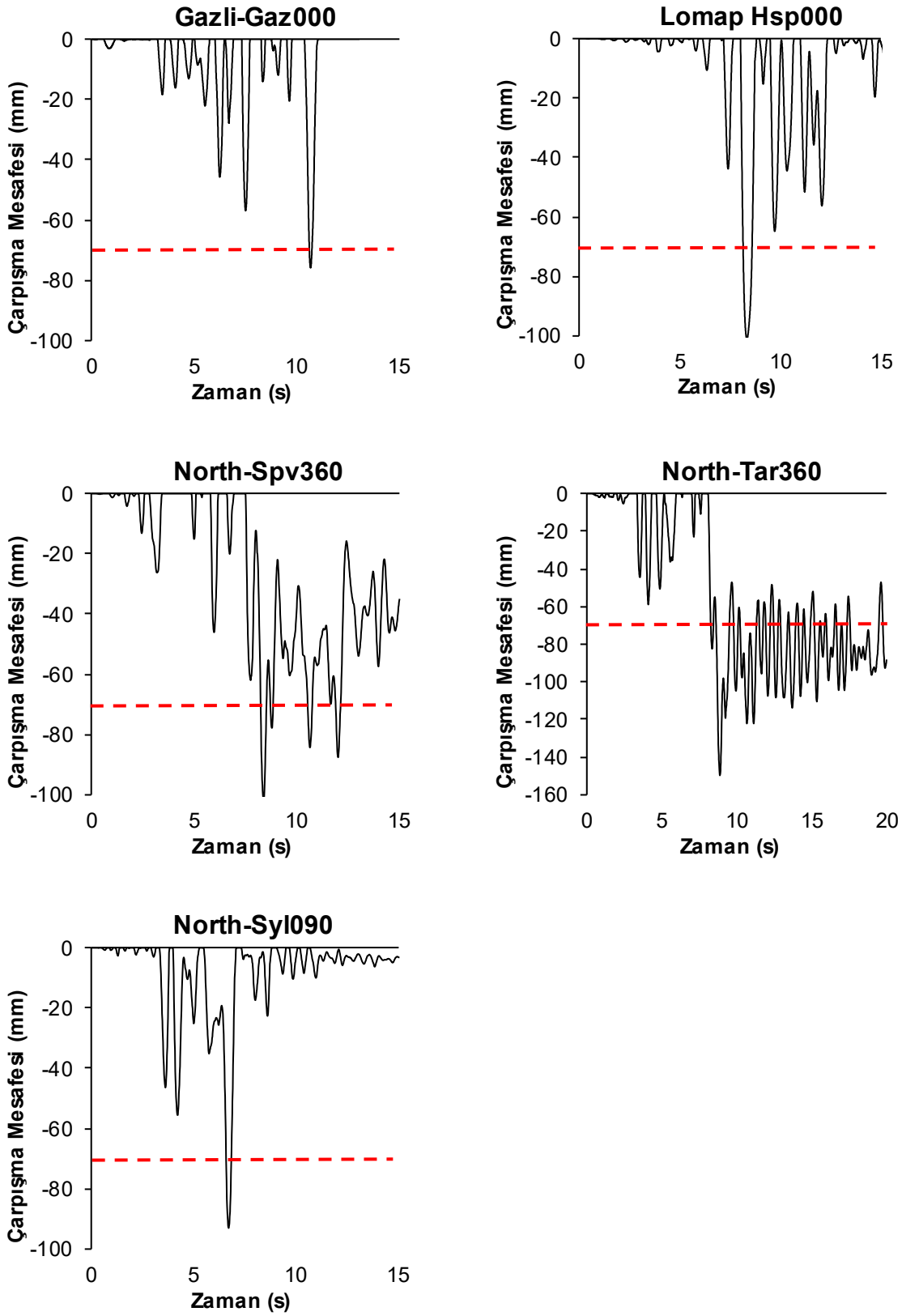
Sonuçlar çarpışmanın önlenebilmesi için gerekli boşluk oranının dinamik analiz yöntemleri kullanılarak araştırılmasının önemini göstermektedir.



Şekil 4.57: 4.75-4.98 ikili kombinasyonunda çarpışmanın olmaması için gerekli minimum boşluk oranının yönetmelik sınırlarını aştığı modeller



Şekil 4.58: 7.75-4.75 ikili kombinasyonunda çarpışmanın olmaması için gerekli minimum boşluk oranının yönetmelik sınırlarını aştığı modeller



Şekil 4.59: 7.75-4.98 ikili kombinasyonunda çarpışmanın olmaması için gerekli minimum boşluk oranının yönetmelik sınırlarını aştığı modeller

5. ANALİZ SONUÇLARI

Olası depremlerde bitişik iki binada oluşan çekiçleme etkisinin mevcut orta yükseklikteki binaların sismik performanslarının değerlendirilmesi için 4 ve 7 katlı bina modelleri kullanılarak oluşturulan 8 farklı bina kombinasyonu, 3 farklı boşluk oranı ve 9 farklı deprem kaydı için analiz edilmiştir. İkili modeller arasında 0, 2 cm ve çarpışmanın olmadığı referans binaları yansıtması için 40 cm boşluk bırakılmıştır. Doğrusal elastik olmayan davranışa sahip olan 3-B modeller, seçilen 9 farklı gerçek ivme kayıtları ile sadece x yönünde dinamik analize tabi tutulmuştur.

Analizler sonucunda elde edilen çatı (tepe) deplasman talepleri ve göreli kat ötelenme oranları sağ ve sol bina için verilmiştir. Çekiçlemenin talepler üzerindeki etkisini daha iyi belirleyebilmek için sağ ve sol binanın serbest ve çarpışma yönleri ayrı ayrı dikkate alınmıştır. Şekil 4.1' de görüldüğü gibi +x yönü sol bina için çarpışma yönü olarak nitelendirilirken, sağ bina için serbest yönü simgelemektedir. –x yönü ise bu durumların tersidir. Değişen boşluk mesafeleri ile bina davranışında oluşan etkilerin değişimleri % cinsinden sunulmuştur.

Tüm kombinasyonların dikkate alındığı bu bölümde, çatı katındaki deplasman taleplerinin maksimum değerleri, GKÖO için ortalama ve maksimum değerler elde edilerek farklı ikili modellerin ve farklı boşluk mesafelerinin etkileri kıyaslanmıştır.

5.1 Çatı Deplasman Talepleri

İkili komşu binalarda çekiçlemenin sismik davranışlara olan etkilerinin incelenmesi amacıyla, çarpışmalı ve çarpışmasız modellerdeki maksimum çatı deplasman değerleri serbest ve çarpışma doğrultuları için karşılaştırılarak Tablo 5.1 ve 5.2'de özetlenmiştir. Çarpışma doğrultusu ve serbest doğrultuda davranışın incelenebilmesi için maksimum çatı deplasman değerleri +x ve –x yönleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Çarpışmalı modellerde +x ve –x doğrultusunda hesaplanan çatı deplasman taleplerinin referans modele oranla yüzde cinsinden değişimleri Tablo 5.3 ve 5.4'te yer almaktadır.

Tüm kombinasyonlar için çarpışmalı modellerin referans modele göre çatı deplasman taleplerinin değişimleri ortalama olarak Tablo 5.5'te verilmiştir.

Farklı boşluk oranlarına sahip ikili modellerdeki binaların serbest ve çarpışma yönlerinde oluşan deplasman talepleri ile çarpışmasız modeldeki deplasman talebinin farkları Şekil 5.1-5.4'te karşılaştırılmıştır. Çarpışmalı modeller ile referans modeller arasındaki deplasman

değişimi hesapları +x ve – x yönleri için ayrı ayrı yapılmıştır. Çarpışmalı modeller için her bir analiz sonucundan hesaplanan +x ve –x yönlerine ait maksimum değerler, referans modellerden elde edilen +x ve –x yönü maksimum çatı deplasman talepleri ile kıyaslanmıştır.

Sonuçlar çekiçleme etkisinin çatı deplasman taleplerini çarpışma doğrultusunda azaltırken, serbest yönde arttırdığını göstermektedir. Serbest yönde en büyük talep artışı 7.98-4.75 kombinasyonu 4.75 binası için ErzEW deprem kaydı altında %263 olarak hesaplanmıştır. Aynı model ve kayıt için çarpışma doğrultusunda ise çatı deplasman talebi %45 azalmıştır.

Çatı deplasman taleplerindeki değişim, ivme kaydının ve binaların dinamik özelliklerine, modellerin yerleşimine ve boşluk oranına bağlı olarak değişmektedir. Kullanılan kombinasyonlarda çekiçleme etkisinden en çok etkilenen modelin 4.75 binası olduğu görülmektedir. 7 katlı modellerde çarpışma etkisi daha sınırlı görülmektedir. Her bir analiz sonucunun tek tek incelenmesi durumunda sonuçların yukarıda belirtilen parametrelere bağlı olarak büyük değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Binaların yerleşimi ve ivme kaydının özellikleri çekiçleme etkisinin şiddetini etkilemektedir. Örneğin 7.98-4.75 kombinasyonu 0 cm boşluk oranı ve ErzEW ivme kaydı altında 4.75 binası çatı deplasman talebi serbest yönde %263 artarken, modellerin yerlerinin değiştirildiği 4.75-7.98 kombinasyonu için 4.75 binası çatı deplasman talebindeki artış %51'dir. Bu nedenle çekiçleme etkisi araştırılırken analizlerin bina yerleşiminin değiştirilerek her iki durum için de gerçekleştirilmesi ve kritik olan sonucun dikkate alınması önerilmektedir.

Boşluk oranı talepler üzerinde etkisi olan bir parametredir. 4.75 binası 0 cm boşluk oranı için tüm kombinasyonlar değerlendirildiğinde çatı deplasman talepleri çarpışma yönünde ortalama %30 azalırken, serbest yönde ortalama %34 artmaktadır. Aynı oranlar 2 cm boşluk oranı için sırasıyla %14 ve %18 olarak hesaplanmıştır.

Dikkat çekici bir diğer sonuç, bazı durumlarda 2 cm boşluk oranına sahip kombinasyonların 0 cm boşluk oranına sahip binalara oranla çekiçleme davranışından daha çok etkilenebilmesidir. Kombinasyonların boşluksuz olarak modellenmesi durumunda, çarpışma sayısı beklendiği gibi artmaktadır. Düşük talepler altında çarpışmanın gerçekleşmesi, plastik mafsal dağılımını arttırmakta, dolayısıyla en büyük ivmenin etkidiği andaki yapı rijitliğini düşürmektedir. Bu nedenle, bazı ivme kayıtları altında 2 cm boşluk oranına sahip modeller pik ivmenin sisteme etkidiği anda daha yüksek rijitliğe sahip olmakta ve bu anda oluşan çarpışma kuvvetinin daha büyük etkiler oluşturmasına yol açmaktadır. Sınırlı sayıda ivme kaydında gözlenen bu durum, genel trendi değiştirmemektedir. Bu davranışa örnek olarak 4.75-4.98 kombinasyonu NorthTAR360 ivme kaydı altında 4.75 binası gösterilebilir. Serbest yönde 2 cm boşluk oranı

için deplasman talebi %34 artarken, 0 cm boşluk oranı için aynı değer %20 olarak hesaplanmıştır. Altı çizilmesi gereken bir diğer nokta, bu davranış biçiminin yalnızca serbest yön deplasman taleplerini arttırmasıdır. Çarpışma doğrultusunda tüm analizler için 0 cm boşluk oranına sahip modeller daha fazla etkilenmektedir.

Tablo 5.3 ve 5.4'te referans, 0 veya 2 cm boşluk oranlı modellerden herhangi birisinde çatı katı ötelenme oranının %1'i aştığı durumlar koyu olarak gösterilmiştir. Çatı katı ötelenmesinin %1 değerinin özel bir anlamı olmamakla birlikte, doğrusal olmayan davranışın etkin olduğu ve binada hasar oluştuğu düşünüldüğünde çarpışma etkisi ile oluşan artışların bina davranışını daha fazla etkileyeceği düşünülebilir.

Tablo 5.5 çarpışmalı modellerin referans modele göre çatı deplasman taleplerinin değişimlerinin ortalama değerlerini göstermektedir. Tabloda her bir binanın ilgili boşluk oranı için oluşan çatı katı deplasman taleplerindeki artış ve azalmaların ortalama değerleri verilmiştir. 0 cm boşluk oranına sahip en olumsuz kombinasyonun serbest yöndeki çatı katı deplasman taleplerindeki ortalama artışlar 1975 Yönetmeliği 4 katlı binalar için %49, 1975 Yönetmeliği 7 katlı binalar için %31, 1998 Yönetmeliği 4 katlı binalar için %42 ve 1998 Yönetmeliği 7 katlı binalar için %7 seviyelerindedir. 2 cm boşluk oranına sahip en olumsuz kombinasyonun serbest yöndeki çatı katı deplasman taleplerindeki ortalama artışlar 1975 Yönetmeliği 4 katlı binalar için %29, 1975 Yönetmeliği 7 katlı binalar için %13, 1998 Yönetmeliği 4 katlı binalar için %36 ve 1998 Yönetmeliği 7 katlı binalar için %2 seviyelerindedir. Çatı katı deplasman talebindeki ortalama artışlar göz önüne alındığında çekiçleme davranışından en çok etkilenen binalar 1975 Yönetmeliğine göre tasarlanan 4 katlı binalardır. 1998 Yönetmeliği 4 katlı binalarda artış oranı yüksek gözükmekle birlikte bu binaların deplasman talebi değerlerinin küçük olduğu unutulmamalıdır.

Tablo 5.1: Çarpışmalı ve Referans modeller için +x ve –x yönlerinde hesaplanan maksimum çatı deplasman talepleri

Deprem	Boşluk	Bina	7.75-4.75		7.75-4.98		7.98-4.75		4.75-4.98	
			+X (mm)	-X (mm)	+X (mm)	-X (mm)	+X (mm)	-X (mm)	+X (mm)	-X (mm)
GazliGaz000	Ref	*Sol*	71.0	-142.8	71.0	-142.8	75.3	-80.3	54.3	-76.5
		Sağ	54.3	-76.5	24.2	-61.0	54.3	-76.5	24.2	-61.0
	2	*Sol*	74.6	-139.4	78.4	-140.0	76.0	-82.3	45.6	-79.0
		Sağ	65.1	-63.9	34.8	-44.6	59.9	-64.9	27.4	-58.7
	0	*Sol*	63.5	-146.7	73.9	-142.0	72.3	-86.1	29.5	-92.0
		Sağ	75.6	-54.8	44.7	-31.5	74.5	-48.1	30.3	-56.6
Lomap HSP	Ref	*Sol*	213.1	-79.3	213.1	-79.3	141.2	-75.5	137.5	-71.4
		Sağ	137.5	-71.4	92.4	-46.5	137.5	-71.4	92.4	-46.5
	2	*Sol*	202.2	-92.5	195.0	-91.5	139.6	-75.4	108.3	-69.8
		Sağ	163.1	-50.7	110.0	-26.9	144.3	-69.6	92.8	-46.5
	0	*Sol*	200.4	-98.8	188.4	-99.9	137.9	-80.2	94.2	-74.0
		Sağ	167.1	-37.5	119.7	-29.0	167.1	-42.9	103.8	-45.8
North SPV	Ref	*Sol*	106.2	-96.5	106.2	-96.5	73.2	-113.4	67.9	-109.8
		Sağ	67.9	-109.8	74.7	-102.1	67.9	-109.8	74.7	-102.1
	2	*Sol*	106.0	-98.1	106.6	-97.6	73.2	-113.2	67.9	-117.4
		Sağ	77.5	-75.1	77.7	-68.0	68.5	-99.9	74.7	-98.1
	0	*Sol*	95.9	-108.5	97.1	-109.5	72.1	-114.6	67.3	-121.7
		Sağ	97.2	-61.4	84.0	-33.0	89.5	-82.3	75.0	-99.4
Koc dzc 180	Ref	*Sol*	49.9	-79.0	49.9	-79.0	53.4	-45.9	57.8	-33.2
		Sağ	57.8	-33.2	27.6	-37.3	57.8	-33.4	27.6	-37.3
	2	*Sol*	54.7	-79.0	51.5	-78.7	53.4	-45.9	49.6	-33.4
		Sağ	59.1	-35.4	28.4	-33.5	59.5	-33.2	31.8	-37.0
	0	*Sol*	50.5	-80.9	49.5	-81.6	53.6	-50.8	35.9	-46.5
		Sağ	54.1	-24.9	37.1	-18.4	51.5	-24.9	40.4	-28.0
North Tar	Ref	*Sol*	245.5	-89.6	245.5	-89.6	165.8	-108.7	185.1	-97.2
		Sağ	185.1	-97.2	103.0	-73.2	185.1	-97.2	103.0	-73.2
	2	*Sol*	243.5	-104.1	232.8	-97.5	158.3	-109.1	137.8	-130.7
		Sağ	218.4	-78.3	149.6	-59.8	215.3	-80.7	117.7	-63.4
	0	*Sol*	238.4	-102.2	229.9	-104.0	159.6	-107.7	106.1	-116.5
		Sağ	237.4	-57.3	162.9	-37.7	234.1	-59.3	136.8	-69.8
Palmp SPR	Ref	*Sol*	48.0	-212.6	48.0	-212.6	85.4	-114.7	74.0	-103.9
		Sağ	74.0	-103.9	57.9	-43.9	74.0	-103.9	57.9	-43.9
	2	*Sol*	48.0	-219.1	48.8	-217.8	84.9	-116.1	69.4	-101.3
		Sağ	88.1	-92.4	59.3	-44.5	94.0	-92.7	57.9	-43.9
	0	*Sol*	47.7	-235.1	45.6	-235.5	76.5	-121.9	58.6	-94.7
		Sağ	95.4	-79.8	62.5	-44.0	110.4	-60.6	67.9	-44.4
North SYL	Ref	*Sol*	96.2	-210.7	96.2	-210.7	71.0	-149.7	70.7	-165.9
		Sağ	70.7	-165.9	59.7	-112.4	70.7	-165.9	59.7	-112.4
	2	*Sol*	92.2	-245.9	90.3	-244.5	71.1	-159.2	70.3	-183.1
		Sağ	78.4	-107.9	49.3	-50.5	72.1	-127.3	59.4	-99.9
	0	*Sol*	87.6	-260.8	80.4	-245.6	69.6	-164.8	59.6	-202.9
		Sağ	75.3	-91.0	59.1	-40.6	76.7	-105.5	62.9	-87.7
Erz EW	Ref	*Sol*	63.2	-188.2	63.2	-188.2	49.8	-131.2	21.8	-134.3
		Sağ	21.8	-134.3	31.8	-70.2	21.8	-134.3	31.8	-70.2
	2	*Sol*	63.8	-210.9	64.1	-212.3	41.6	-138.6	22.9	-130.9
		Sağ	56.2	-97.7	40.7	-55.5	55.7	-103.3	31.8	-70.2
	0	*Sol*	58.2	-224.7	53.7	-235.8	37.6	-144.7	21.5	-129.9
		Sağ	70.2	-83.5	40.2	-54.9	79.1	-73.4	32.3	-69.3
Koc DZC 270	Ref	*Sol*	90.4	-171.1	90.4	-171.1	64.1	-69.4	65.2	-42.8
		Sağ	65.2	-42.8	48.1	-49.0	65.2	-42.8	48.1	-49.0
	2	*Sol*	91.1	-169.8	89.8	-161.1	64.1	-69.4	66.7	-48.3
		Sağ	59.3	-58.0	53.1	-39.2	66.8	-43.9	52.3	-43.1
	0	*Sol*	88.8	-171.3	83.0	-167.3	62.7	-69.2	53.1	-60.0
		Sağ	66.4	-55.7	58.2	-34.1	75.5	-44.2	54.2	-39.8

Tablo 5.2: Çarpışmalı ve Referans modeller için +x ve –x yönlerinde hesaplanan maksimum çatı deplasman talepleri

Deprem	Boşluk	Bina	4.75-7.75		4.98-7.75		4.75-7.98		4.98-4.75	
			+X (mm)	-X (mm)	+X (mm)	-X (mm)	+X (mm)	-X (mm)	+X (mm)	-X (mm)
GazliGaz000	Ref	*Sol*	57.7	-78.7	24.2	-65.3	56.5	-78.0	25.5	-61.0
		Sağ	71.0	-143.0	74.7	-142.8	75.3	-80.3	54.3	-76.5
	2	*Sol*	38.2	-82.6	21.5	-61.9	56.4	-78.0	30.7	-63.1
		Sağ	85.3	-132.6	96.3	-120.7	75.3	-80.3	47.5	-75.8
	0	*Sol*	28.1	-102.7	21.6	-65.0	48.9	-91.2	28.8	-71.1
		Sağ	93.3	-124.7	108.0	-111.5	75.4	-80.7	57.2	-68.2
Lomap HSP	Ref	*Sol*	137.5	-71.4	96.2	-48.5	137.2	-71.3	92.4	-46.5
		Sağ	213.1	-82.9	218.5	-79.3	141.2	-75.5	133.4	-69.8
	2	*Sol*	97.9	-74.6	36.0	-53.6	123.6	-71.3	84.8	-46.5
		Sağ	233.0	-82.6	248.6	-80.5	143.4	-75.5	157.9	-65.6
	0	*Sol*	71.6	-77.5	38.4	-53.5	92.2	-70.1	81.2	-57.4
		Sağ	240.4	-83.6	245.0	-80.4	151.1	-76.1	171.0	-52.8
North SPV	Ref	*Sol*	69.8	-109.4	77.4	-105.4	68.3	-109.7	74.7	-102.1
		Sağ	106.2	-97.1	107.9	-96.5	73.2	-113.4	67.9	-109.8
	2	*Sol*	60.0	-121.2	52.2	-128.4	58.5	-114.2	65.4	-114.2
		Sağ	110.1	-92.7	116.6	-85.8	73.3	-112.2	82.8	-110.1
	0	*Sol*	44.9	-134.5	33.1	-127.2	33.9	-135.8	62.4	-121.3
		Sağ	112.4	-88.1	136.2	-80.6	81.3	-110.5	95.7	-99.0
Koc dzc 180	Ref	*Sol*	59.4	-32.1	28.4	-38.8	59.0	-33.4	26.6	-37.3
		Sağ	51.9	-79.0	49.9	-82.9	53.4	-45.9	57.8	-33.2
	2	*Sol*	36.4	-35.0	28.4	-39.7	56.7	-33.4	27.6	-37.3
		Sağ	65.4	-79.1	62.2	-81.9	53.3	-45.9	57.8	-33.2
	0	*Sol*	23.2	-48.3	23.4	-42.4	34.9	-37.2	35.5	-36.6
		Sağ	73.3	-71.9	82.9	-71.3	57.5	-45.4	49.0	-30.0
North Tar	Ref	*Sol*	185.1	-102.7	104.8	-78.0	200.2	-97.2	103.0	-73.2
		Sağ	245.5	-89.6	249.2	-94.0	165.8	-108.7	197.1	-95.7
	2	*Sol*	165.9	-112.2	104.1	-79.6	122.2	-118.7	95.6	-75.2
		Sağ	267.5	-90.0	280.3	-72.0	180.1	-96.8	223.2	-80.2
	0	*Sol*	144.7	-110.4	92.6	-80.7	100.5	-126.8	84.4	-85.2
		Sağ	293.9	-72.1	297.2	-58.9	195.2	-93.3	228.4	-72.8
Palmp SPR	Ref	*Sol*	76.7	-103.9	60.2	-43.9	74.8	-103.6	57.9	-43.9
		Sağ	48.0	-214.1	48.8	-212.6	85.4	-114.7	74.0	-101.3
	2	*Sol*	24.0	-135.9	16.8	-111.2	74.8	-103.6	60.1	-54.4
		Sağ	48.0	-209.1	60.6	-190.2	85.5	-114.7	115.6	-74.4
	0	*Sol*	19.2	-152.1	16.5	-121.4	65.6	-101.7	53.7	-60.3
		Sağ	50.2	-205.8	78.8	-182.9	86.1	-115.7	129.8	-60.4
North SYL	Ref	*Sol*	76.6	-170.8	61.2	-117.3	71.7	-165.9	59.7	-112.4
		Sağ	96.2	-222.9	96.4	-210.7	71.0	-149.7	70.7	-161.6
	2	*Sol*	69.1	-179.0	60.4	-176.0	62.2	-171.5	59.7	-132.5
		Sağ	96.0	-218.5	96.2	-207.2	71.7	-149.7	70.7	-136.0
	0	*Sol*	38.9	-193.4	25.6	-153.4	40.6	-188.6	49.3	-132.6
		Sağ	104.8	-208.2	122.6	-176.9	76.7	-146.9	87.5	-120.5
Erz EW	Ref	*Sol*	21.8	-134.3	31.1	-72.2	22.9	-134.3	31.8	-70.2
		Sağ	63.2	-193.2	65.7	-188.2	49.8	-131.2	22.9	-130.9
	2	*Sol*	21.8	-136.5	16.0	-97.4	22.9	-134.3	21.0	-84.2
		Sağ	63.7	-195.2	65.8	-186.6	49.9	-131.2	60.3	-103.3
	0	*Sol*	22.5	-139.3	15.5	-111.1	23.1	-136.1	15.7	-91.3
		Sağ	64.6	-195.1	66.1	-182.7	50.1	-130.9	73.8	-90.8
Koc DZC 270	Ref	*Sol*	65.2	-42.8	48.1	-49.0	66.4	-43.8	47.2	-47.6
		Sağ	90.4	-171.1	92.5	-171.9	64.1	-69.4	65.1	-44.0
	2	*Sol*	45.5	-85.0	31.1	-75.9	52.4	-43.8	47.2	-47.6
		Sağ	91.0	-158.6	94.3	-150.8	67.8	-69.4	64.0	-44.1
	0	*Sol*	31.4	-101.8	23.5	-84.1	31.5	-66.4	35.9	-47.6
		Sağ	96.6	-156.1	109.3	-142.3	69.5	-66.5	72.1	-42.4

Tablo 5.3: Çarpışmalı modellerde +x ve – x doğrultularında hesaplanan maksimum çatı deplasman taleplerinin referans modele göre değişimi

Deprem	Boşluk Oranı	Yön	7.75-4.75		7.75-4.98		7.98-4.75		4.75-4.98	
			+X (%)	-X (%)	+X (%)	-X (%)	+X (%)	-X (%)	+X (%)	-X (%)
Gazli Gaz000	2	*Sol*	5.07	-2.38	10.35	-1.96	0.92	2.49	-16.01	3.35
		Sağ	19.91	-16.42	44.20	-26.97	10.20	-15.14	13.42	-3.72
	0	*Sol*	-10.60	2.73	4.11	-0.55	-4.00	7.26	-45.74	20.36
		Sağ	39.19	-28.29	85.29	-48.37	37.22	-37.14	25.29	-7.28
Lomap HSP	2	*Sol*	**-5.11**	16.67	**-8.47**	15.33	-1.11	-0.17	**-21.28**	-2.22
		Sağ	**18.59**	-28.95	**19.01**	-42.22	**4.89**	-2.52	0.47	0.00
	0	*Sol*	**-5.97**	24.62	**-11.59**	25.92	-2.34	6.12	**-31.51**	3.63
		Sağ	**21.53**	-47.53	**29.49**	-37.66	**21.50**	-39.94	12.31	-1.46
North SPV	2	*Sol*	-0.24	1.60	0.37	1.12	-0.01	-0.16	0.01	6.87
		Sağ	14.15	-31.62	4.01	-33.41	0.89	-9.05	-0.01	-3.92
	0	*Sol*	-9.74	12.39	-8.56	13.49	-1.48	1.09	-0.90	10.84
		Sağ	43.10	-44.06	12.53	-67.64	31.81	-25.10	0.48	-2.66
KocDzc 180	2	*Sol*	9.62	0.03	3.11	-0.43	-0.08	-0.04	-14.16	0.65
		Sağ	2.33	6.82	2.82	-10.16	3.00	-0.78	15.00	-0.65
	0	*Sol*	1.18	2.37	-0.98	3.27	0.31	10.82	-37.80	40.03
		Sağ	-6.33	-25.08	34.50	-50.71	-10.83	-25.54	46.29	-25.00
North Tar	2	*Sol*	**-0.83**	16.22	**-5.17**	8.83	-4.48	0.44	**-25.53**	34.46
		Sağ	**18.03**	-19.49	**45.26**	-18.27	**16.35**	-17.03	**14.31**	-13.44
	0	*Sol*	**-2.88**	14.08	**-6.37**	16.01	-3.69	-0.92	**-42.65**	19.76
		Sağ	**28.25**	-41.09	**58.18**	-48.57	**26.49**	-39.03	**32.89**	-4.64
PalmSPR	2	*Sol*	-0.01	**3.05**	1.68	**2.44**	-0.54	1.21	-6.20	-2.53
		Sağ	19.00	-11.08	2.34	1.45	26.96	-10.82	0.00	-0.01
	0	*Sol*	-0.64	**10.58**	-4.90	**10.78**	-10.46	6.27	-20.89	-8.92
		Sağ	28.89	-23.23	7.95	0.32	49.18	-41.69	17.28	1.17
Norh SYL	2	*Sol*	-4.13	**16.73**	-6.16	**16.08**	0.18	6.33	-0.58	**10.38**
		Sağ	10.87	**-35.00**	-17.36	**-55.08**	1.98	**-23.30**	-0.35	**-11.08**
	0	*Sol*	-8.97	**23.79**	-16.40	**16.56**	-1.87	10.09	-15.64	**22.25**
		Sağ	6.51	**-45.13**	-0.97	**-63.83**	8.54	**-36.44**	5.40	**-21.98**
Erz EW	2	*Sol*	0.85	**12.10**	1.44	**12.83**	-16.59	5.66	4.98	-2.54
		Sağ	157.38	**-27.25**	27.98	-20.82	155.23	**-23.11**	-0.01	0.00
	0	*Sol*	-8.00	**19.40**	-15.09	**25.30**	-24.45	10.32	-1.27	-3.31
		Sağ	221.55	**-37.84**	26.50	-21.71	262.67	**-45.34**	1.54	-1.15
KocDZC 270	2	*Sol*	0.79	-0.75	-0.63	-5.83	0.01	-0.02	2.30	12.92
		Sağ	-9.02	35.63	10.22	-20.06	2.47	2.64	8.56	-12.02
	0	*Sol*	-1.74	0.11	-8.13	-2.18	-2.26	-0.26	-18.56	40.11
		Sağ	1.90	30.16	20.82	-30.33	15.85	3.36	12.62	-18.70

*Koyu renkle gösterilen değerler göreli çatı katı ötelenme oranlarının %1'i aştığı analizleri göstermektedir.

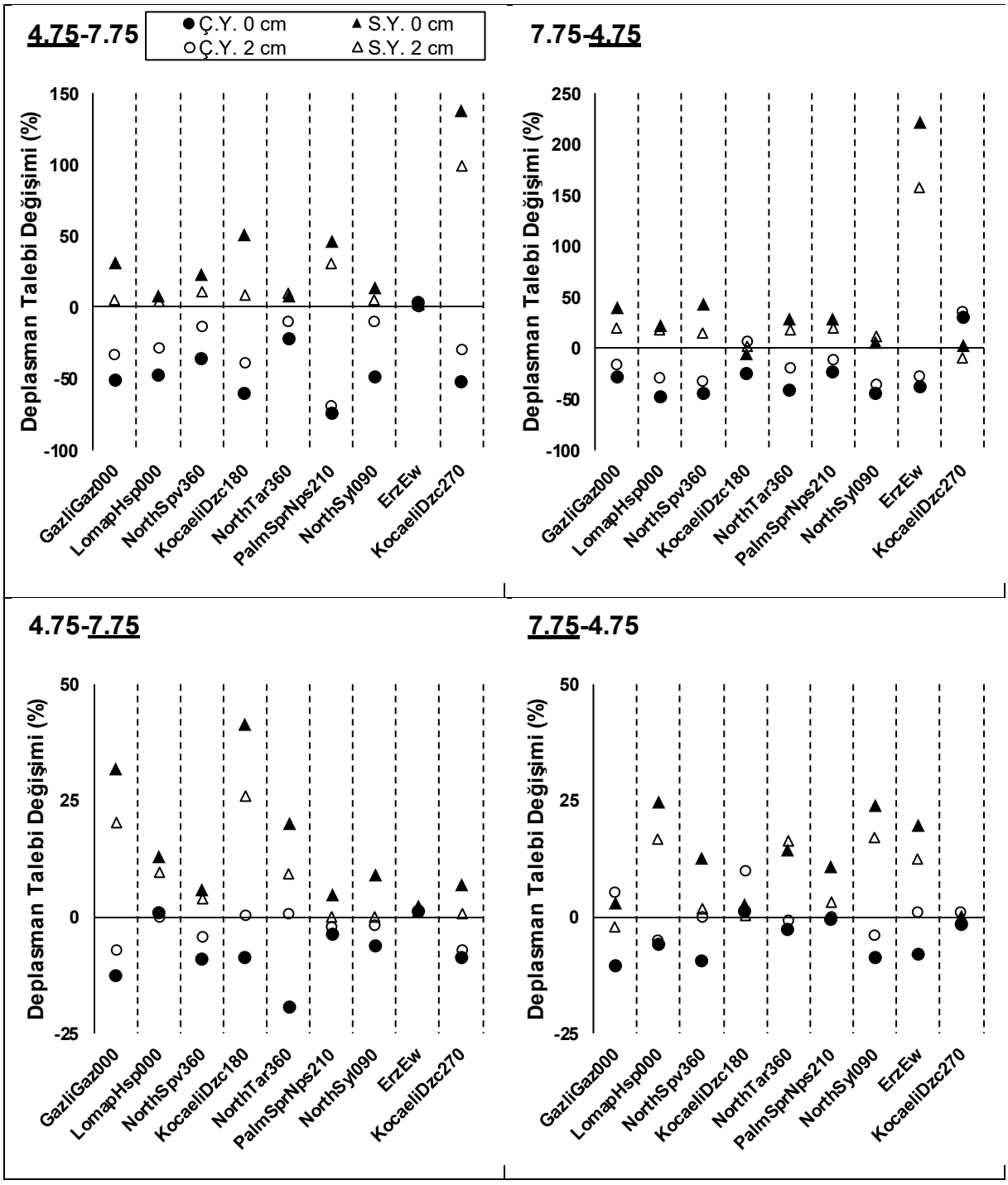
Tablo 5.4: Çarpışmalı modellerde +x ve – x doğrultularında hesaplanan maksimum çatı deplasman taleplerinin referans modele göre değişimi

Deprem	Boşluk Oranı	Yön	4.75-7.75		4.98-7.75		4.75-7.98		4.98-475	
			+X (%)	-X (%)	+X (%)	-X (%)	+X (%)	-X (%)	+X (%)	-X (%)
Gazli Gaz000	2	*Sol*	-33.77	4.98	-11.10	-5.16	-0.04	0.06	20.51	3.49
		Sağ	20.10	**-7.32**	28.84	**-15.44**	-0.07	-0.02	-12.57	-0.92
	0	*Sol*	-51.27	30.57	-10.72	-0.32	-13.46	16.89	13.06	16.52
		Sağ	31.42	**-12.86**	44.50	**-21.91**	0.08	0.51	5.23	-10.86
Lomap HSP	2	*Sol*	-28.82	4.40	-62.54	10.39	-9.87	0.00	-8.27	0.02
		Sağ	**9.34**	-0.31	**13.80**	1.46	**1.58**	-0.01	**18.40**	-6.03
	0	*Sol*	-47.92	8.47	-60.10	10.28	-32.80	-1.63	-12.18	23.37
		Sağ	**12.82**	0.84	**12.14**	1.42	**7.00**	0.72	**28.20**	-24.45
North SPV	2	*Sol*	-14.00	10.76	-32.58	21.84	-14.47	4.19	-12.36	**11.84**
		Sağ	**3.66**	-4.49	**8.14**	-11.16	0.07	**-1.06**	21.92	0.23
	0	*Sol*	-35.74	22.97	-57.29	20.74	-50.37	23.85	-16.47	**18.84**
		Sağ	**5.84**	-9.30	**26.26**	-16.51	11.01	**-2.52**	40.99	-9.91
KocDzc 180	2	*Sol*	-38.74	9.04	-0.04	2.37	-3.93	0.00	3.76	0.00
		Sağ	25.88	0.13	24.45	-1.16	-0.17	-0.04	0.00	0.00
	0	*Sol*	-60.97	50.42	-17.42	9.33	-40.77	11.19	33.33	-1.74
		Sağ	41.03	-8.98	65.90	-13.92	7.71	-0.94	-15.15	-9.50
North Tar	2	*Sol*	-10.33	9.29	-0.69	2.01	**-38.98**	22.09	-7.19	2.64
		Sağ	**8.97**	0.44	**12.45**	-23.39	**8.66**	-10.94	**13.28**	-16.14
	0	*Sol*	-21.78	7.58	-11.65	3.38	**-49.83**	30.41	-18.05	16.40
		Sağ	**19.71**	-19.55	**19.25**	-37.34	**17.77**	-14.16	**15.92**	-23.87
PalmSPR	2	*Sol*	-68.73	30.74	-72.16	153.51	-0.03	-0.01	3.85	24.01
		Sağ	-0.02	**-2.30**	24.22	**-10.53**	0.08	**-0.01**	**56.24**	-26.60
	0	*Sol*	-74.94	46.33	-72.69	176.86	-12.30	-1.88	-7.24	37.54
		Sağ	4.75	**-3.84**	61.66	**-13.98**	0.81	**0.89**	**75.40**	-40.41
Norh SYL	2	*Sol*	-9.77	4.78	-1.31	49.97	-13.22	3.34	0.00	**17.91**
		Sağ	-0.25	**-1.97**	**-0.17**	**-1.66**	1.03	**0.03**	0.00	**-15.86**
	0	*Sol*	-49.26	13.23	-58.12	30.77	-43.28	13.66	-17.42	**18.02**
		Sağ	8.90	**-6.56**	**27.17**	**-16.02**	8.10	**-1.84**	23.81	**-25.46**
Erz EW	2	*Sol*	-0.09	1.61	-48.50	34.78	0.00	-0.01	-33.94	20.09
		Sağ	0.73	**1.03**	**0.06**	**-0.85**	0.12	-0.02	163.14	-21.07
	0	*Sol*	3.16	3.67	-50.27	53.84	0.98	1.32	-50.49	30.11
		Sağ	2.15	**0.95**	**0.50**	**-2.92**	0.62	-0.21	222.10	-30.63
KocDZC 270	2	*Sol*	-30.20	98.53	-35.38	55.04	-21.18	-0.05	-0.08	0.00
		Sağ	0.65	**-7.30**	1.90	**-12.25**	5.76	0.00	-1.72	0.14
	0	*Sol*	-51.79	137.95	-51.09	71.70	-52.57	51.41	-24.09	-0.04
		Sağ	6.92	**-8.74**	18.21	**-17.23**	8.39	-4.11	10.76	-3.79

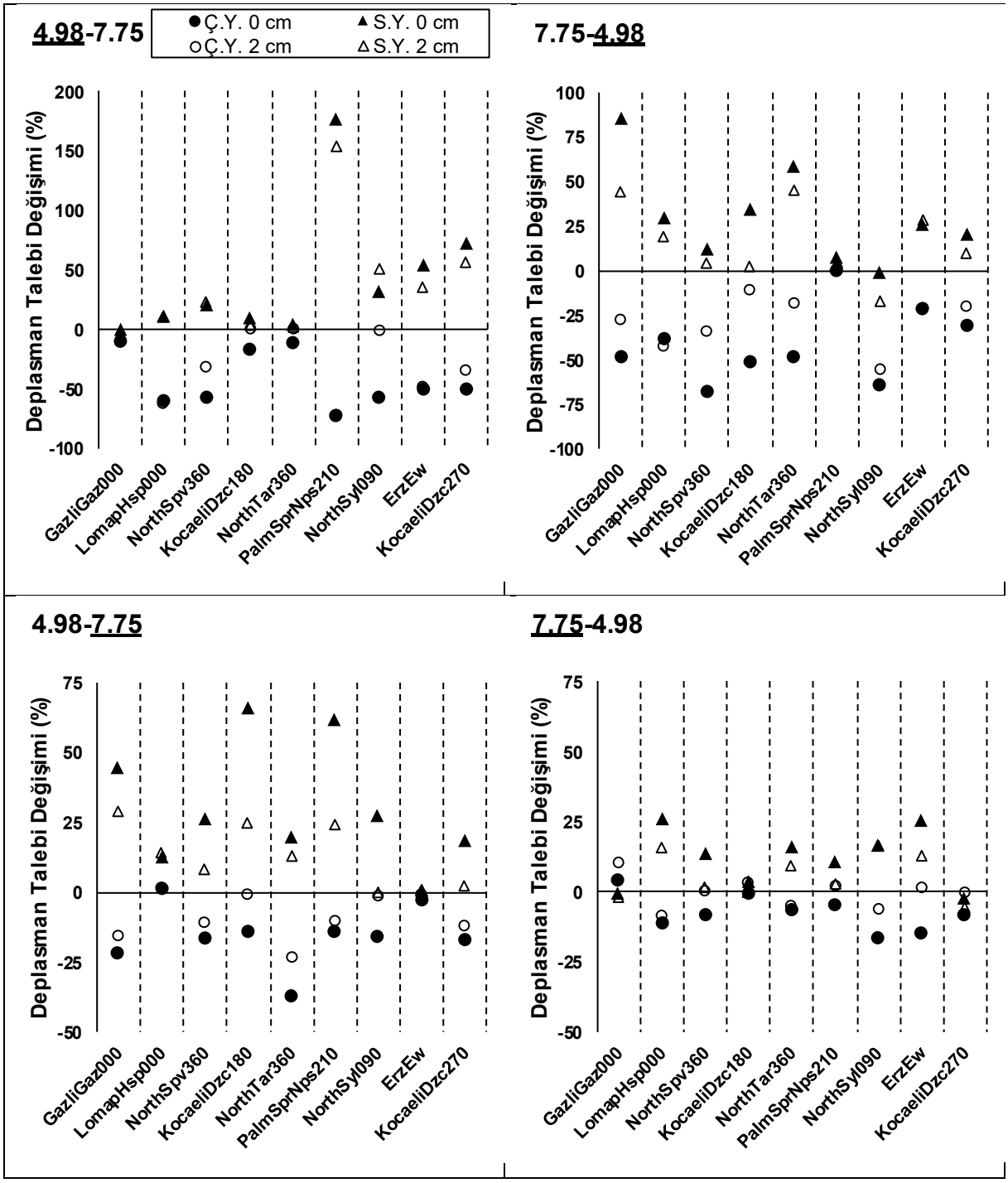
*Koyu renkle gösterilen değerler göreli çatı katı ötelenme oranlarının %1'i aştığı analizleri göstermektedir.

Tablo 5.5: Tüm çarpışmalı modeller için hesaplanan maksimum çatı deplasman taleplerinin referans modele göre ortalama değişimleri

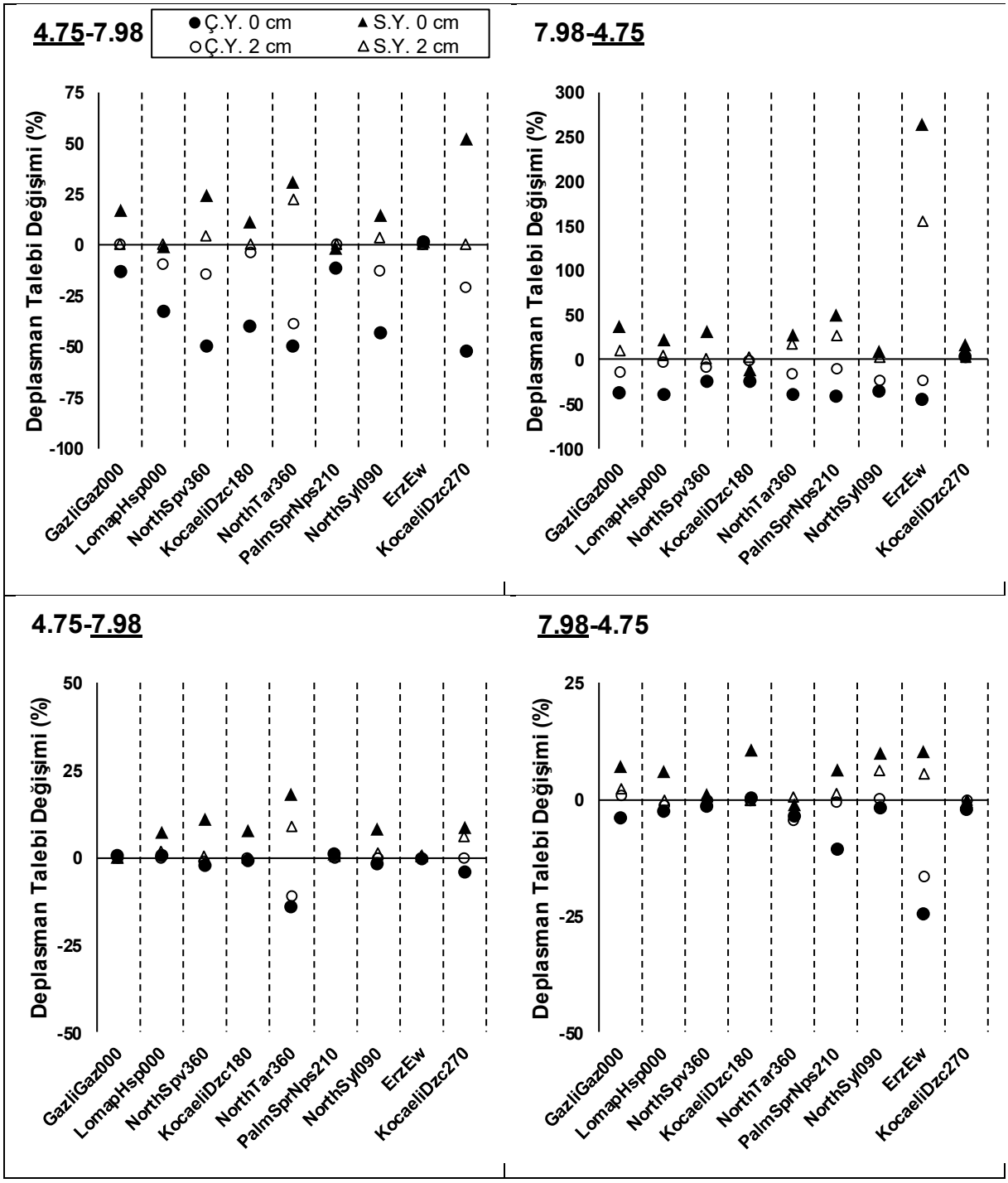
0 CM MAKSİMUM ÇATI DEPLASMAN TALEBİ							
KOMBİNASYON	Bina	Azalma (%)	Artma (%)	KOMBİNASYON	Bina	Azalma (%)	Artma (%)
4.75-7.75	4.75	43.39	35.69	*7.75-4.75*	7.75	5.26	12.23
	7.75	7.56	14.84		4.75	29.12	42.73
4.98-7.75	4.98	43.26	41.84	*7.75-4.98*	7.75	7.55	12.07
	7.75	15.38	30.62		4.98	40.95	30.48
4.75-7.98	4.75	32.71	16.14	*7.98-4.75*	7.98	5.58	5.64
	7.98	2.41	6.83		4.75	31.87	49.16
4.98-4.75	4.98	11.06	17.67	*4.75-4.98*	4.75	23.88	16.08
	4.75	19.88	45.43		4.98	9.08	17.12
2 CM MAKSİMUM ÇATI DEPLASMAN TALEBİ							
KOMBİNASYON	Bina	Azalma (%)	Artma (%)	KOMBİNASYON	Bina	Azalma (%)	Artma (%)
4.75-7.75	4 75	26.05	19.35	*7.75-4.75*	7.75	0.67	7.03
	7 75	2.45	7.67		4.75	14.15	27.91
4.98-7.75	4 98	29.37	36.08	*7.75-4.98*	7.75	0.39	5.38
	7 75	8.33	12.63		4.98	25.06	15.39
4.75-7.98	4 75	11.3	3.29	*7.98-4.75*	7.98	2.41	1.75
	7 98	1.34	1.9		4.75	11.01	24.66
4.98-4.75	4 98	3.75	8.89	*4.75-4.98*	4.75	8.5	6.81
	4 75	9.58	28.71		4.98	4.97	5.71



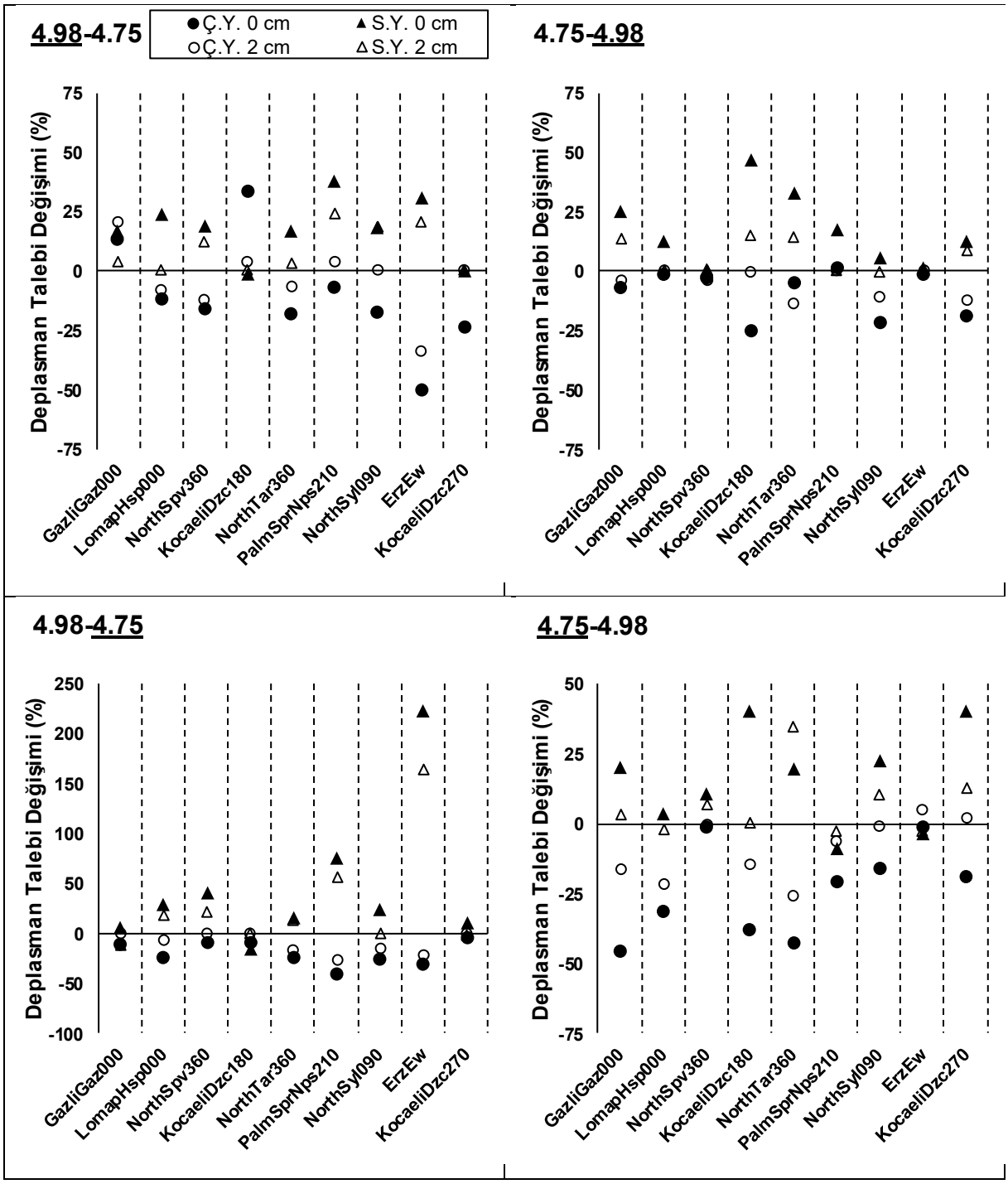
Şekil 5.1: 4.75 ve 7.75 binalarından türetilen ikili modellere ait çatı deplasman taleplerinin yön ve boşluk oranına göre değişimi



Şekil 5.2: 4.98 ve 7.75 binalarından türetilen ikili modellere ait çatı deplasman taleplerinin yön ve boşluk oranına göre değişimi



Şekil 5.3: 4.75 ve 7.98 binalarından türetilen ikili modellere ait çatı deplasman taleplerinin yön ve boşluk oranına göre değişimi



Şekil 5.4: 4.98 ve 4.75 binalarından türetilen ikili modellere ait çatı deplasman taleplerinin yön ve boşluk oranına göre değişimi

5.2 Göreli Kat Ötelenme Oranları

Analiz sonuçlarından elde edilen ortalama GKÖ oranı değerleri tüm kombinasyonlar için Şekil 5.5-5.20'de verilmektedir. İkili modellerde boşluk mesafesinin 0 ve 2 cm olduğu çarpışmalı modellerde her kata ait maksimum GKÖ oranı değerleri hesaplanarak, çarpışmasız modeller ile farkları karşılaştırılmıştır. Şekil 5.21-5.28'de ise 0 ve 2 cm boşluklu modellerden hesaplanan maksimum GKÖ oranının referans binaya oranla yüzde cinsinden değişimleri gösterilmektedir.

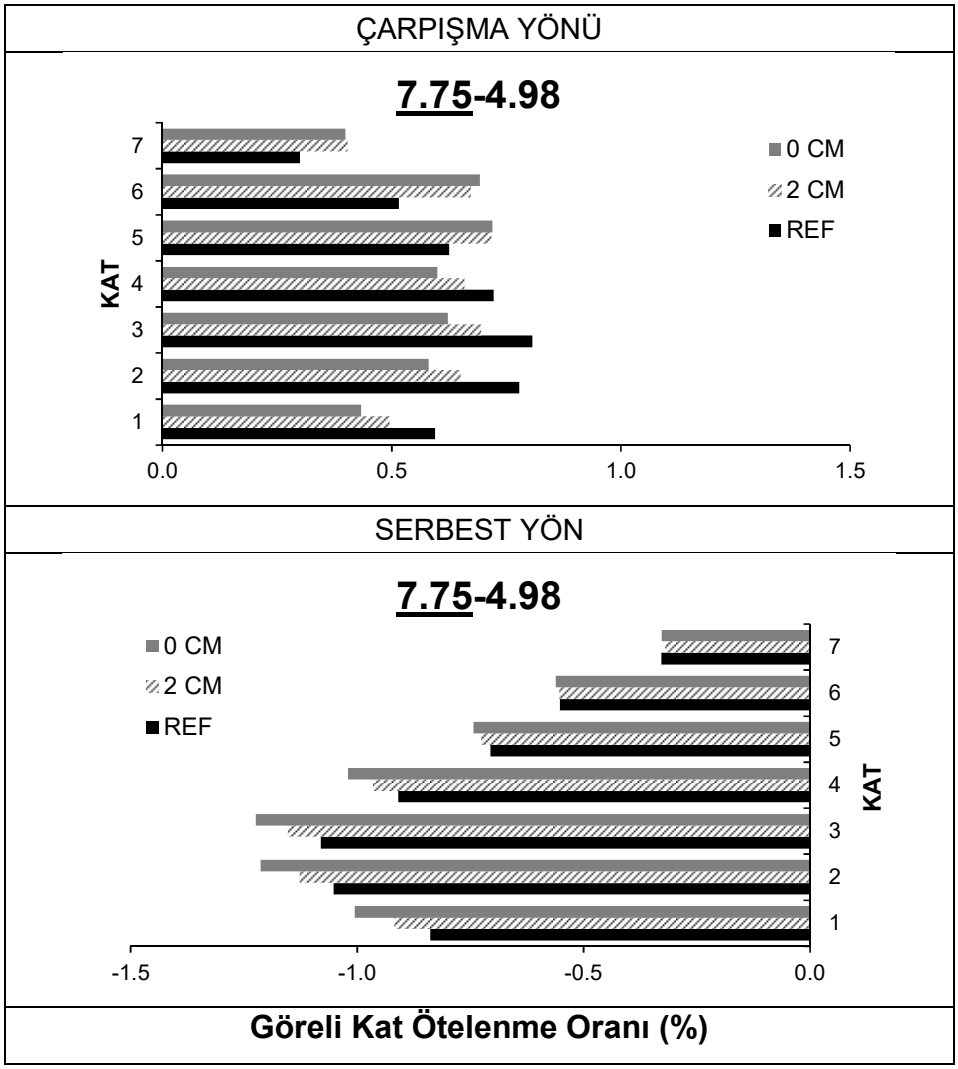
Deplasman taleplerinde olduğu gibi, genel olarak çekiçleme etkisinin serbest yönde GKÖ oranı değerlerini arttırdığı, çarpışma doğrultusunda ise sınırlandırdığı analiz sonuçlarından görülmektedir. Boşluk oranının azalması, genel olarak GKÖ oranı değerlerini serbest yönde arttırmaktadır. Ancak genel eğilimi bozan istisnai durum da mevcuttur; 4.98-7.75 kombinasyonu 4.98 binası 2 cm boşluk oranı için 4. Katta %183 olarak hesaplanırken 0 cm boşluk oranı 4. Kat GKÖ oranı farkı %153 olarak bulunmuştur.

GKÖ oranı değerlerinin referans modele göre değişimleri bina özelliklerine göre farklılık göstermektedir. 4.98 binasında maksimum farklar serbest doğrultuda 4 katta yoğunlaşırken diğer modeller için 1. Kat daha kritiktir. 4.98 binası düşük kat seviyesi ve tasarım yönetmeliğine bağlı olarak yüksek dayanım ve rijitliğe sahip olması nedeniyle üretilen tüm kombinasyonlarda komşu binaya oranla daha az deplasman yapmaktadır. Bu nedenle daha fazla deplasman yapan komşu binanın çarpma ihtimali ve oluşan çarpışma kuvvetinin 4.98 binasında diğer modellere göre daha yüksek olduğu öngörülebilir. Buna bağlı olarak 4.98 binası serbest yön göreli kat ötelenme oranları özellikle 7 katlı binalarla oluşturulan kombinasyonlarda referans modele oranla büyük oranda artış göstermektedir.

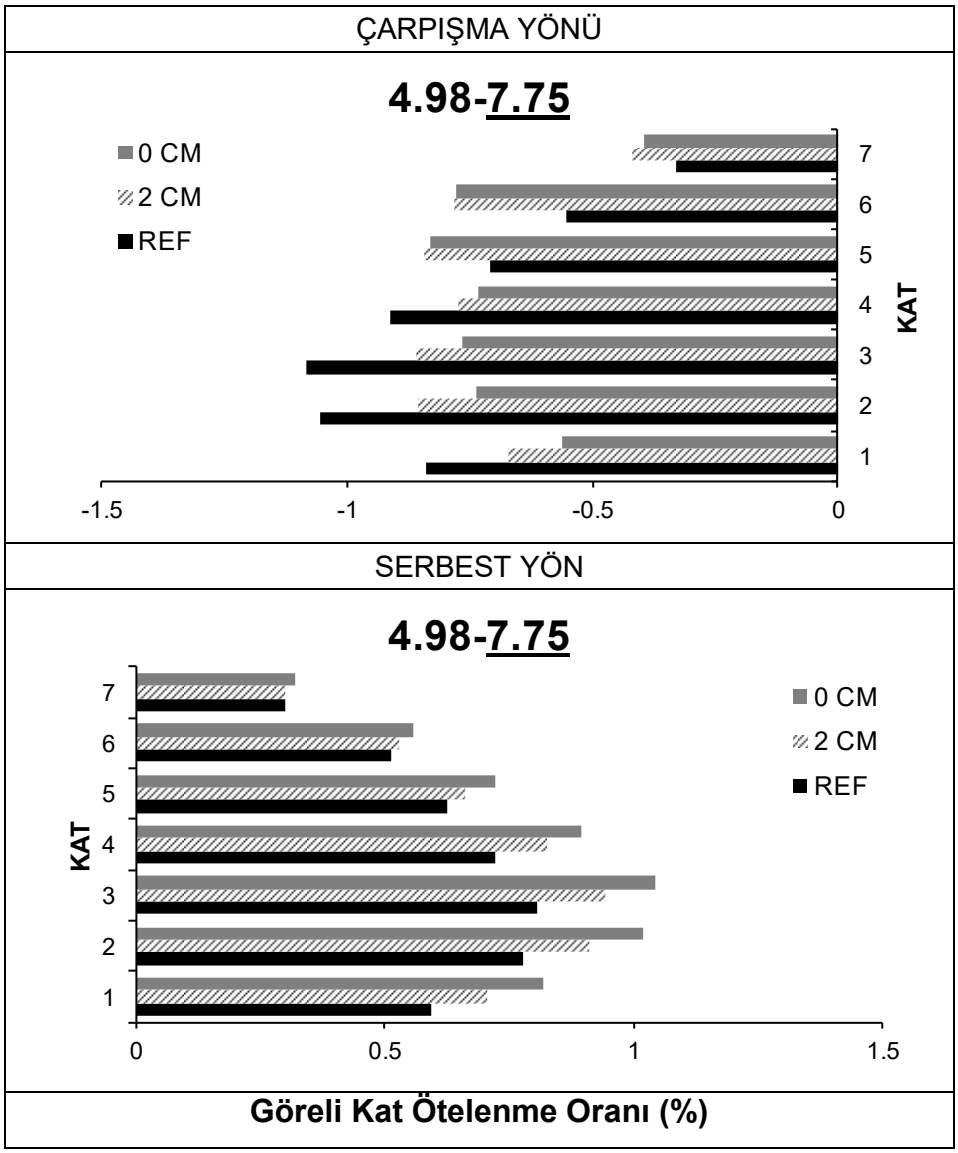
7 ve 4 katlı modellerde çarpışmanın en şiddetli olduğu kat 4. kattır. 7 katlı bina ile 4 katlı binanın çarpışması anında ilk 4 katta deplasmanlar azalırken son üç katta artmaktadır. Bu durumun göreli kat ötelenme oranlarının dağılımında düzensizliğe neden olduğu söylenebilir. Örneğin 4.98-7.75 kombinasyonu 7.75 binası çarpışma yönü için maksimum GKÖ oranı referans modele göre 6. Katta %40 artış gösterirken 1. katta %33 azalmaktadır. Bu değişkenliğin katlar arası büyük rijitlik farkları olması durumunda artış göstereceği öngörülebilir.

GKÖ oranı değerleri incelendiğinde iki önemli davranış şekli göze çarpmaktadır. Birincisi daha çok deplasman yapan binanın rijit binaya çarpması ile rijit bina GKÖ oranlarında ani artışların oluşması, ikincisi ise az katlı binanın çok katlı bina ile çarpışması nedeniyle çok katlı bina deplasman profilinde ani değişiklikler olmasıdır. Sonuçlar çekiçleme etkisinin son derece karmaşık bir olgu olduğunu; ivme kaydının özellikleri, binanın kat sayısı, rijitlik ve dayanım

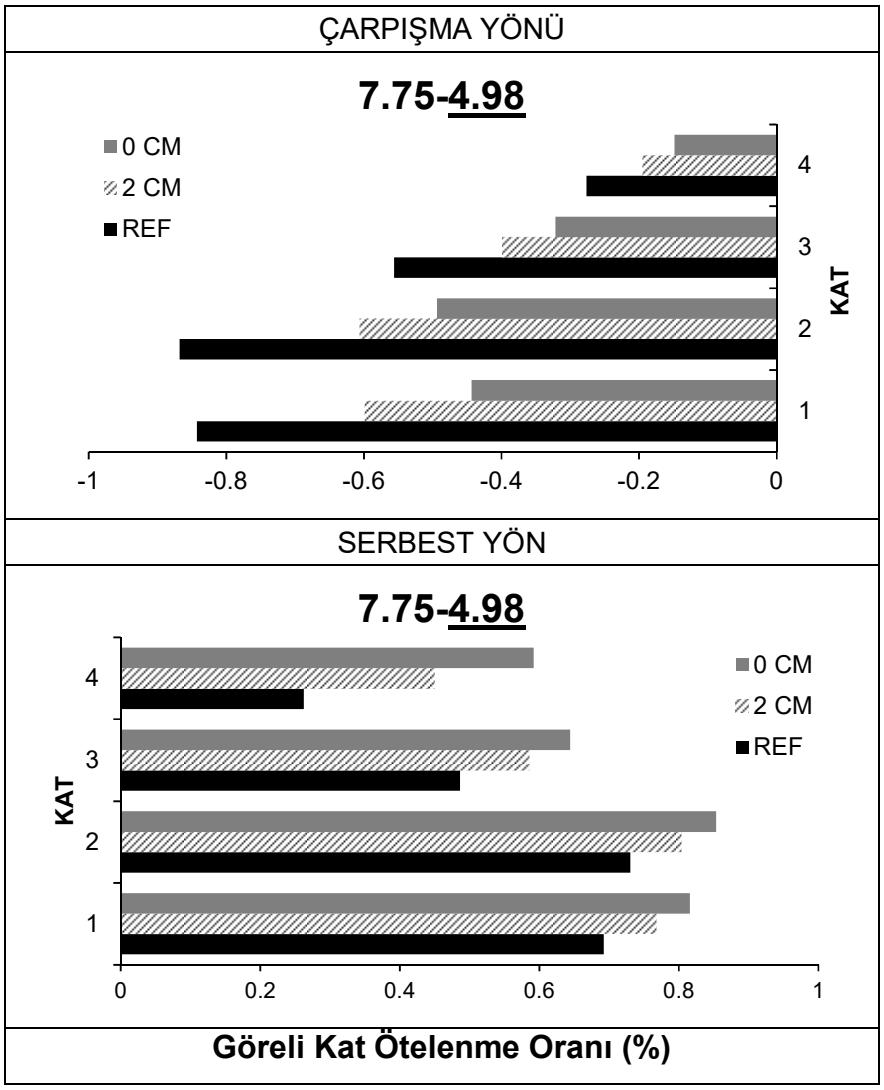
kapasitesi ve boşluk oranı gibi birçok parametrenin çarpışma mekanizmasını etkilediğini göstermektedir.



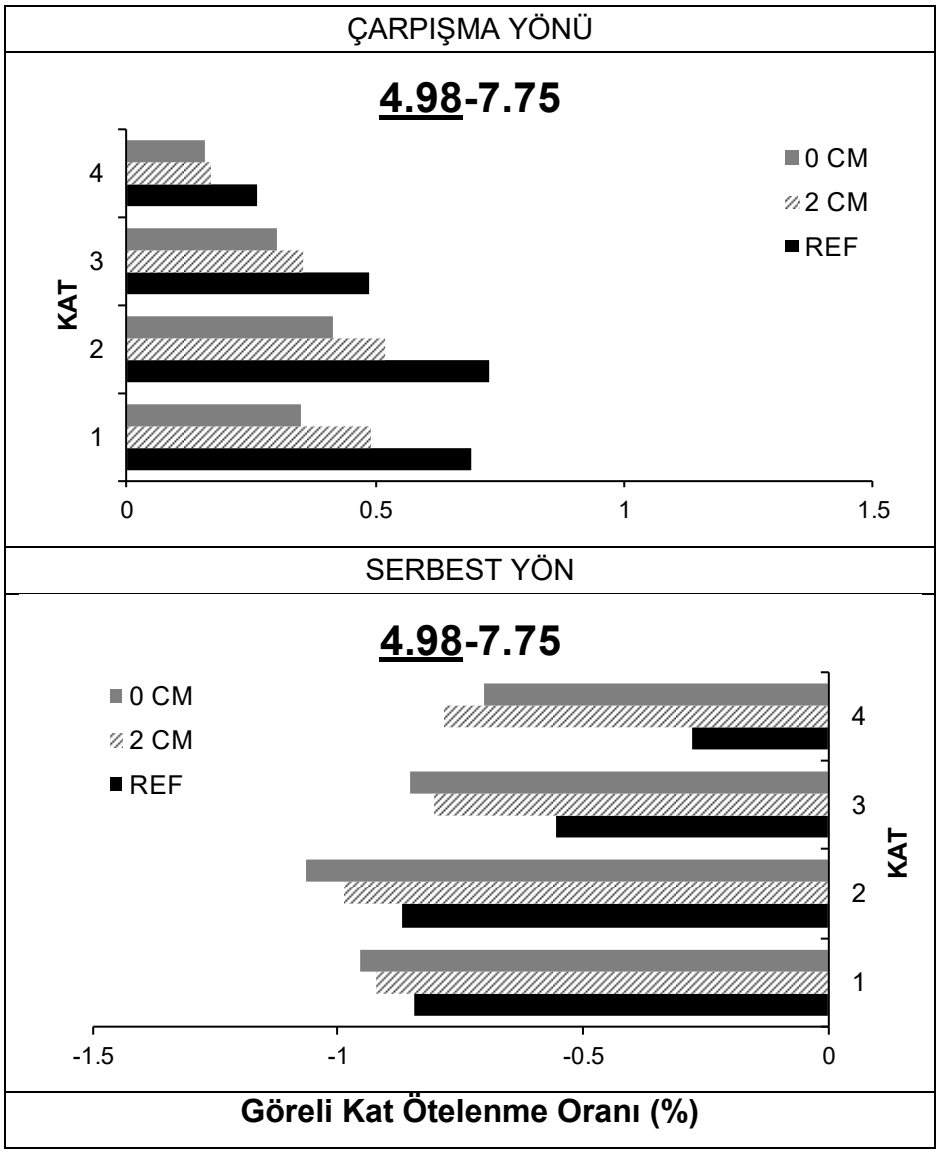
Şekil 5.5: 7.75-4.98 kombinasyonundaki 7.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum GKÖO



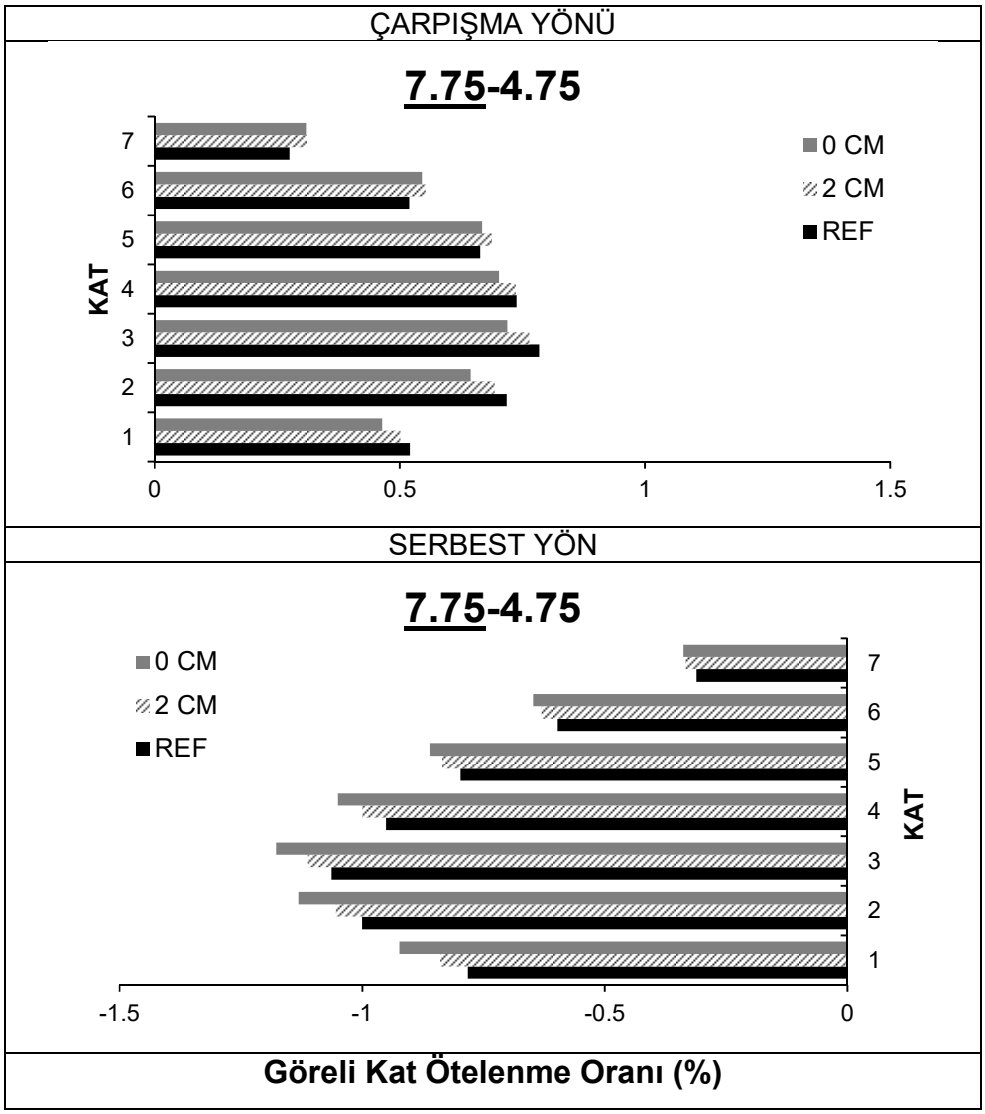
Şekil 5.6: 4.98-7.75 kombinasyonundaki 7.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum GKÖO



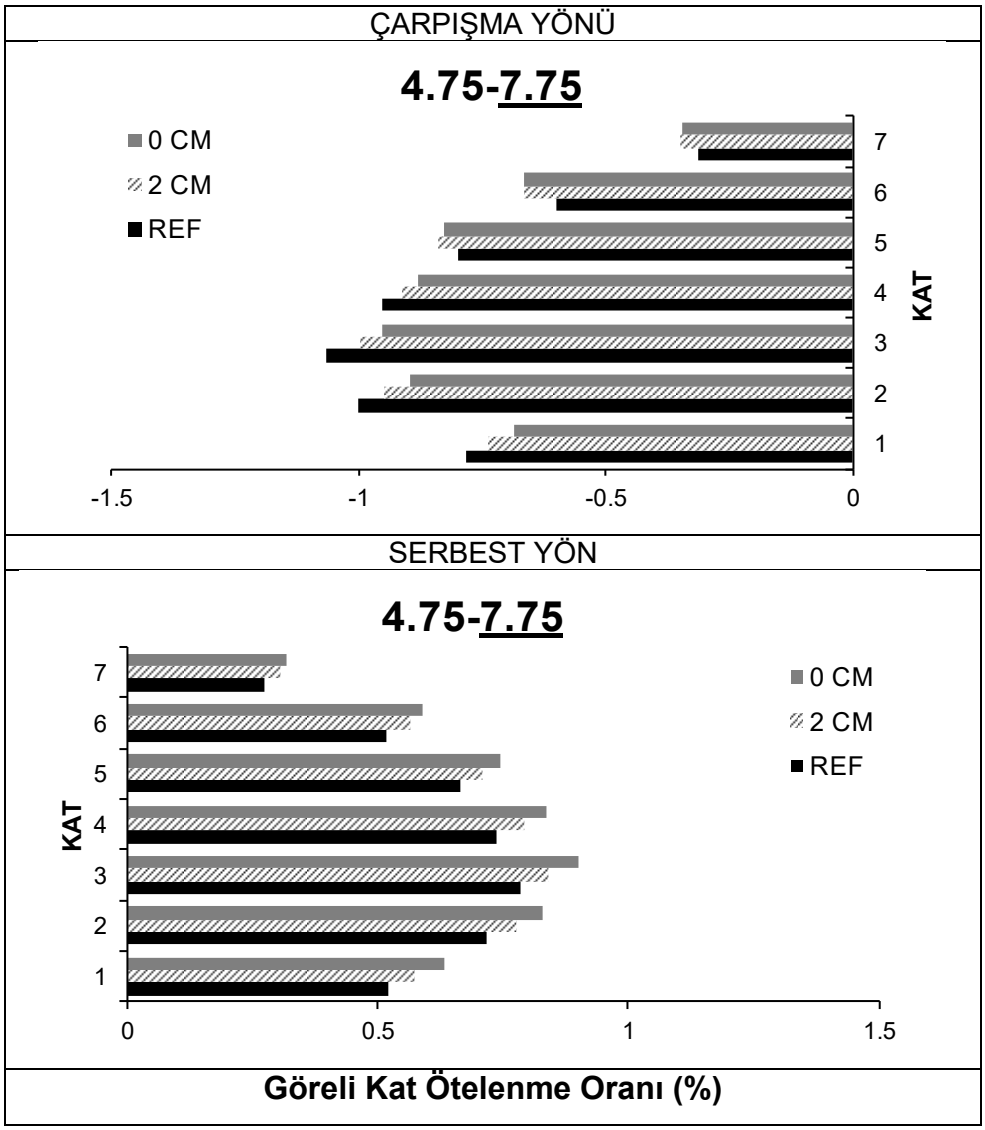
Şekil 5.7:7.75-4.98 kombinasyonundaki 4.98 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum GKÖO



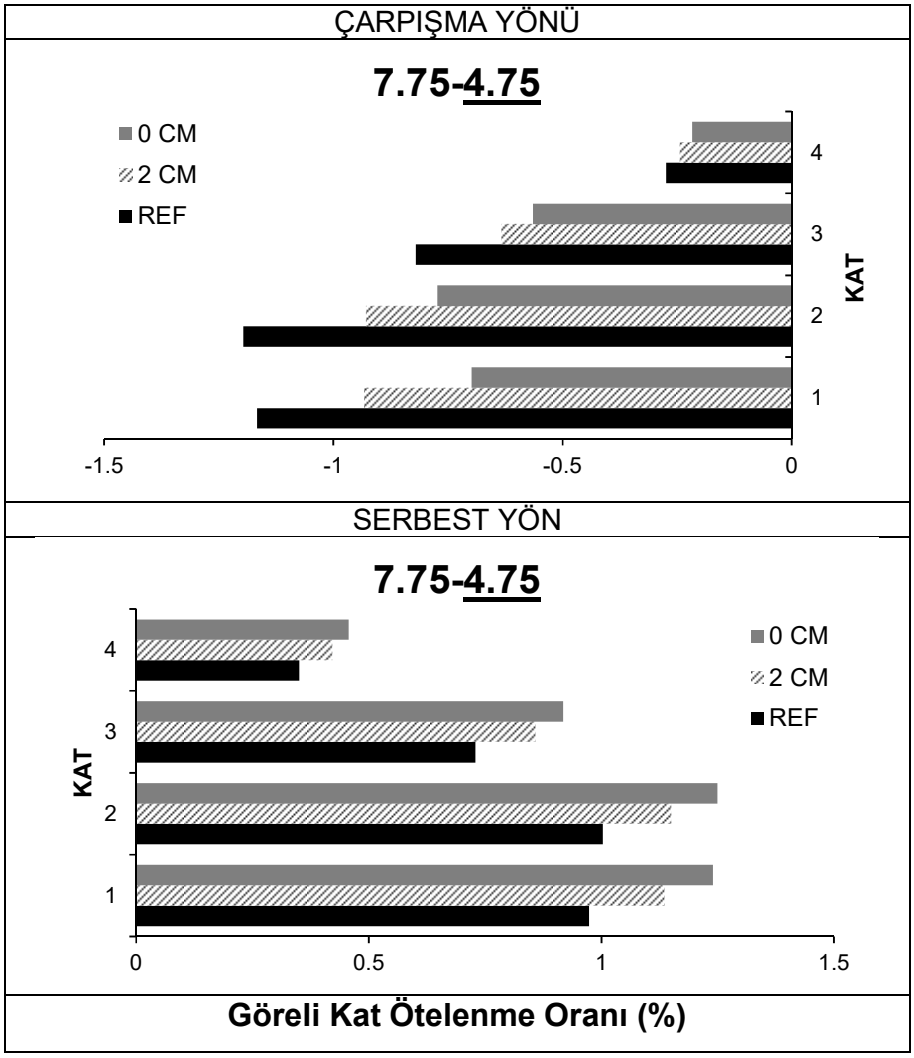
Şekil 5.8:4.98-7.75 kombinasyonundaki 4.98 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum GKÖO



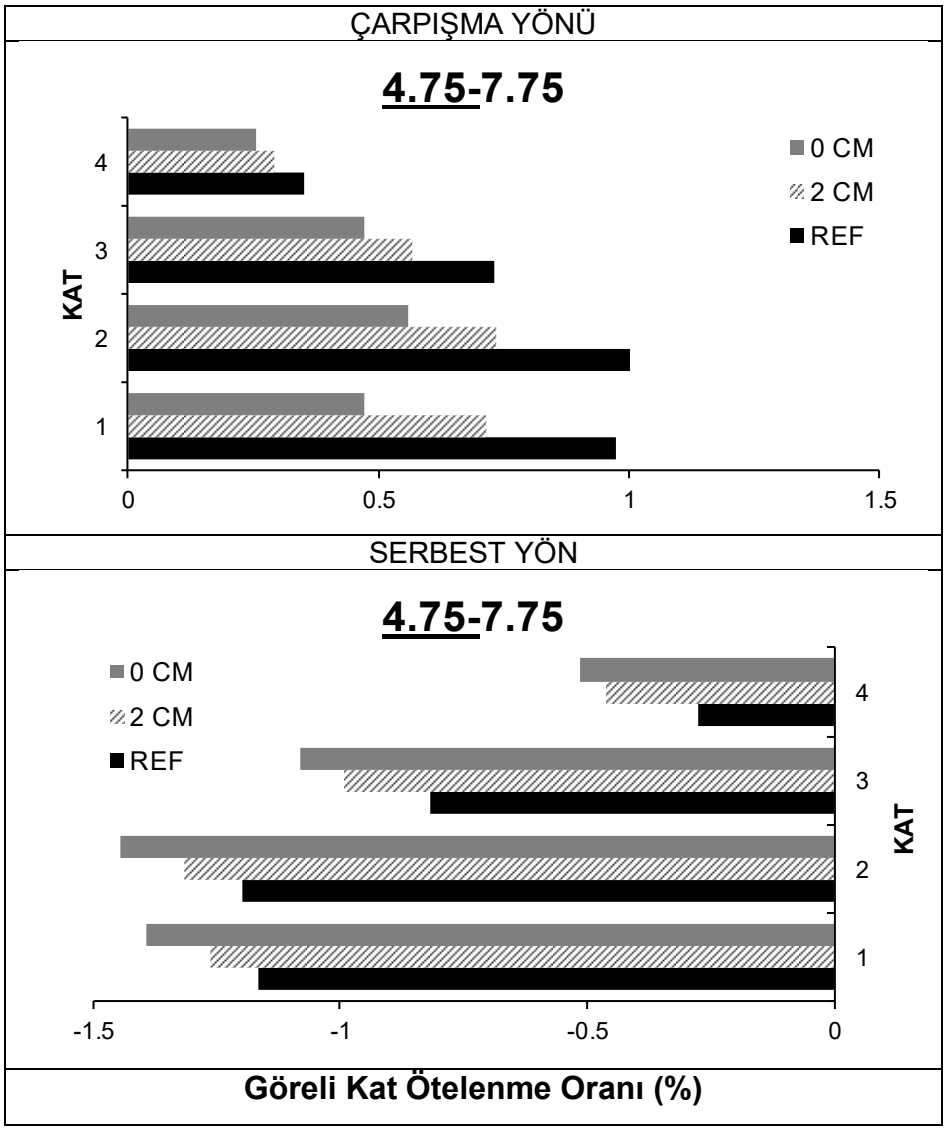
Şekil 5.9: 7.75-4.75 kombinasyonundaki 7.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum GKÖO



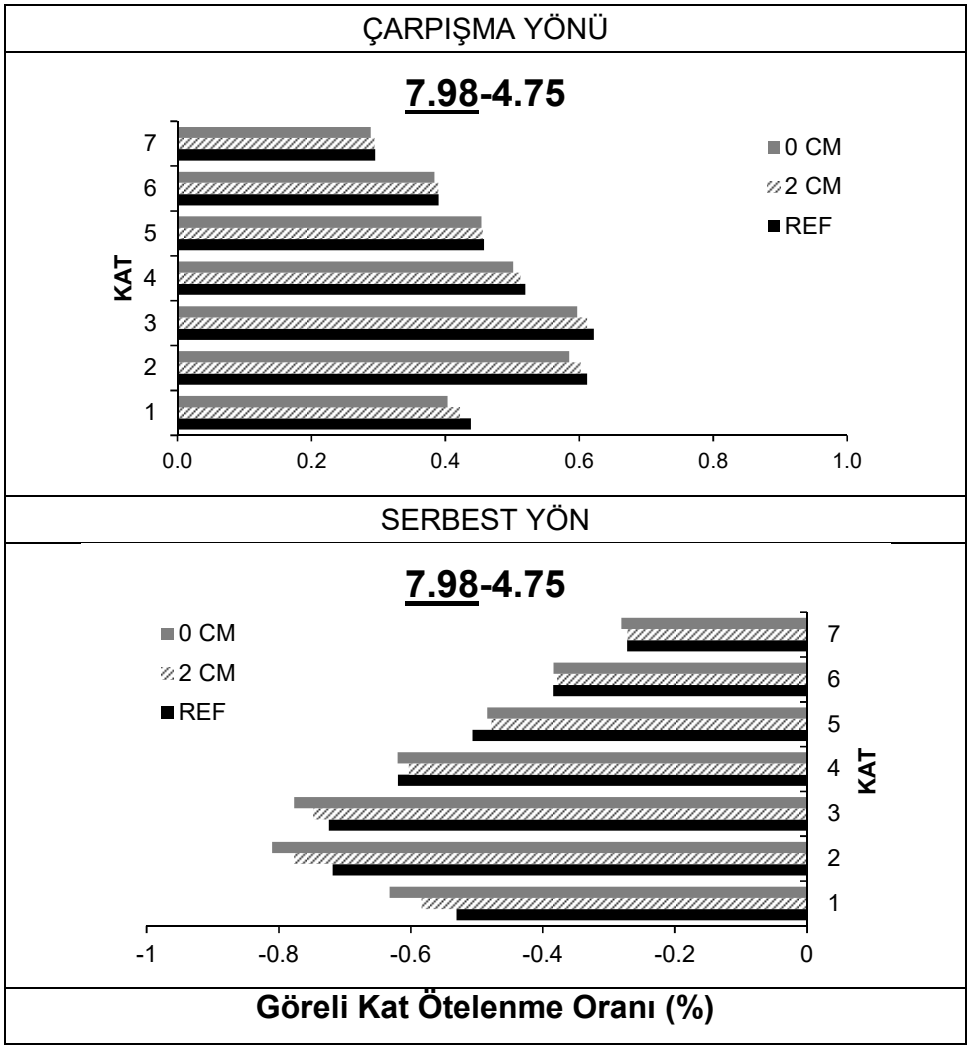
Şekil 5.10: 4.75-7.75 kombinasyonundaki 7.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum GKÖO



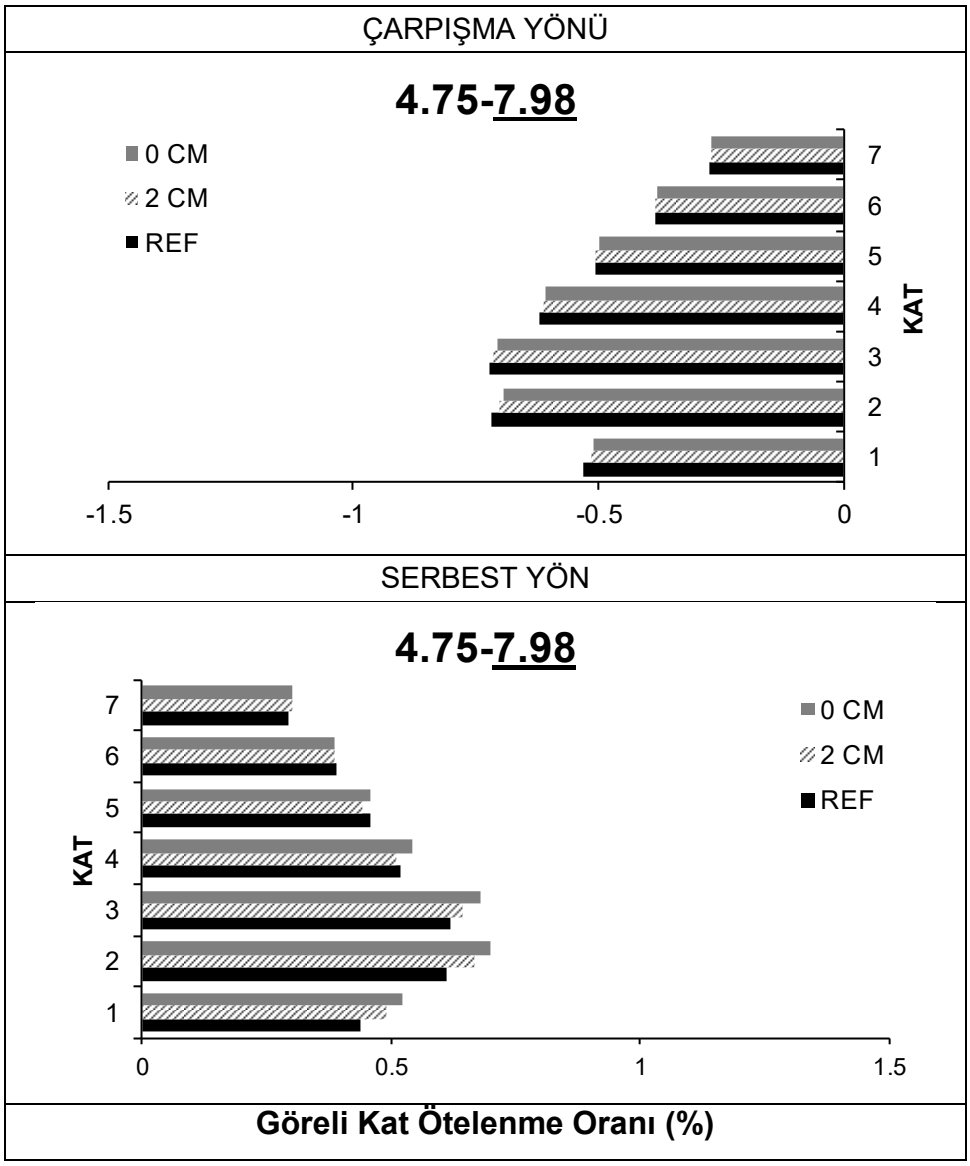
Şekil 5.11: 7.75-4.75 kombinasyonundaki 4.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum GKÖO



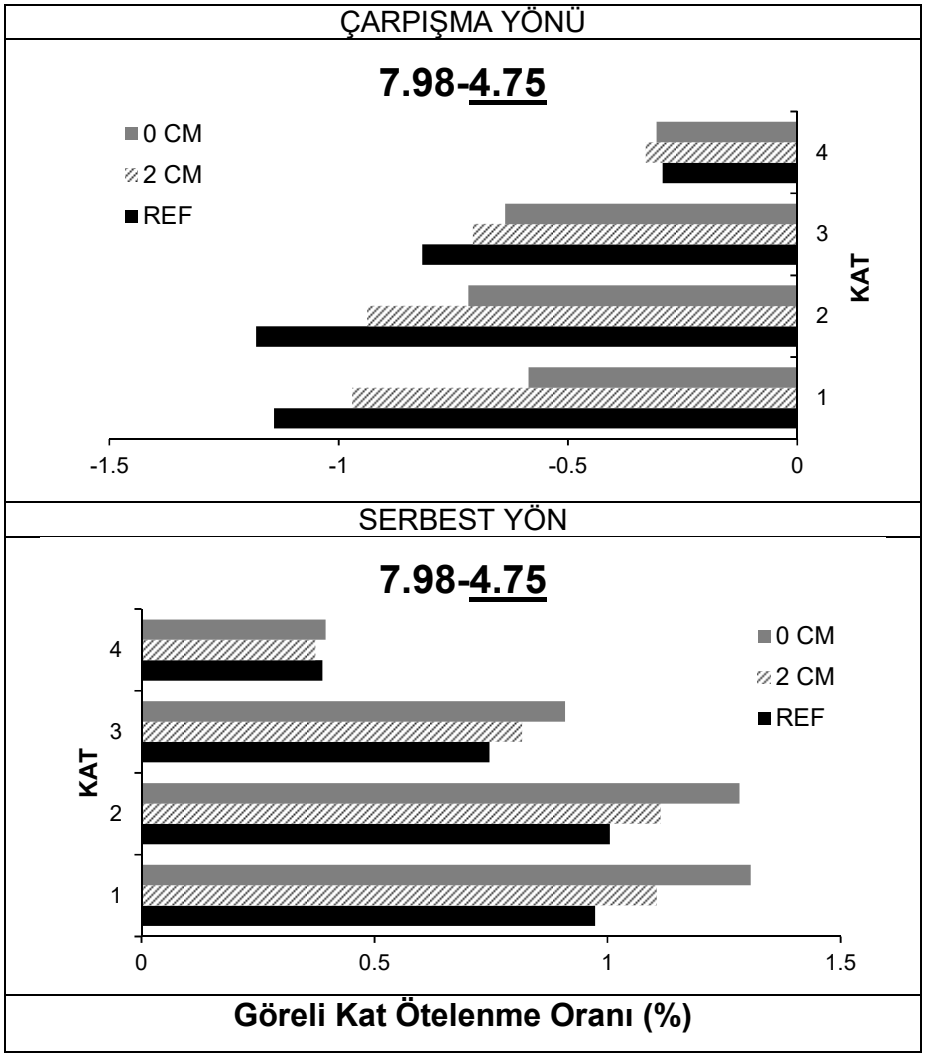
Şekil 5.12: 4.75-7.75 kombinasyonundaki 4.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum GKÖO



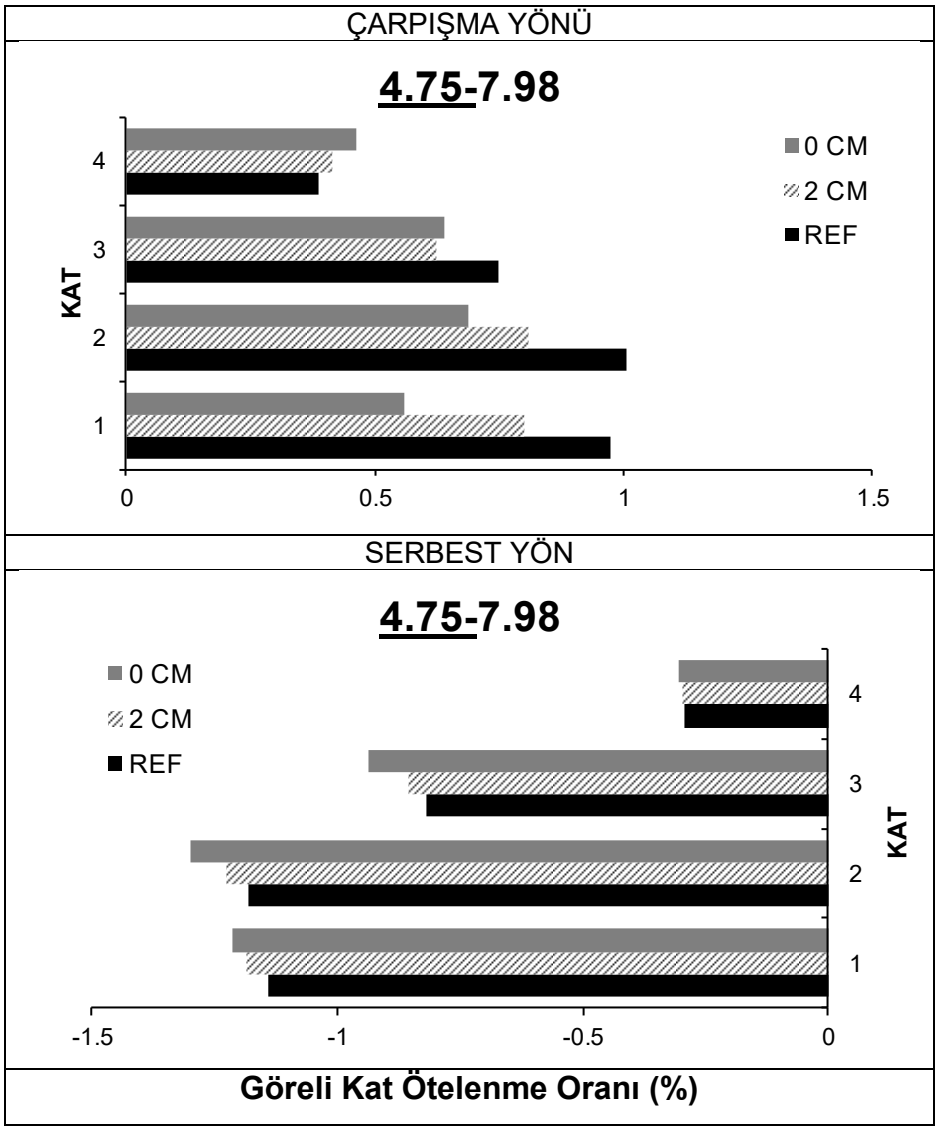
Şekil 5.13: 7.98-4.75 kombinasyonundaki 7.98 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum ortalama GKÖO



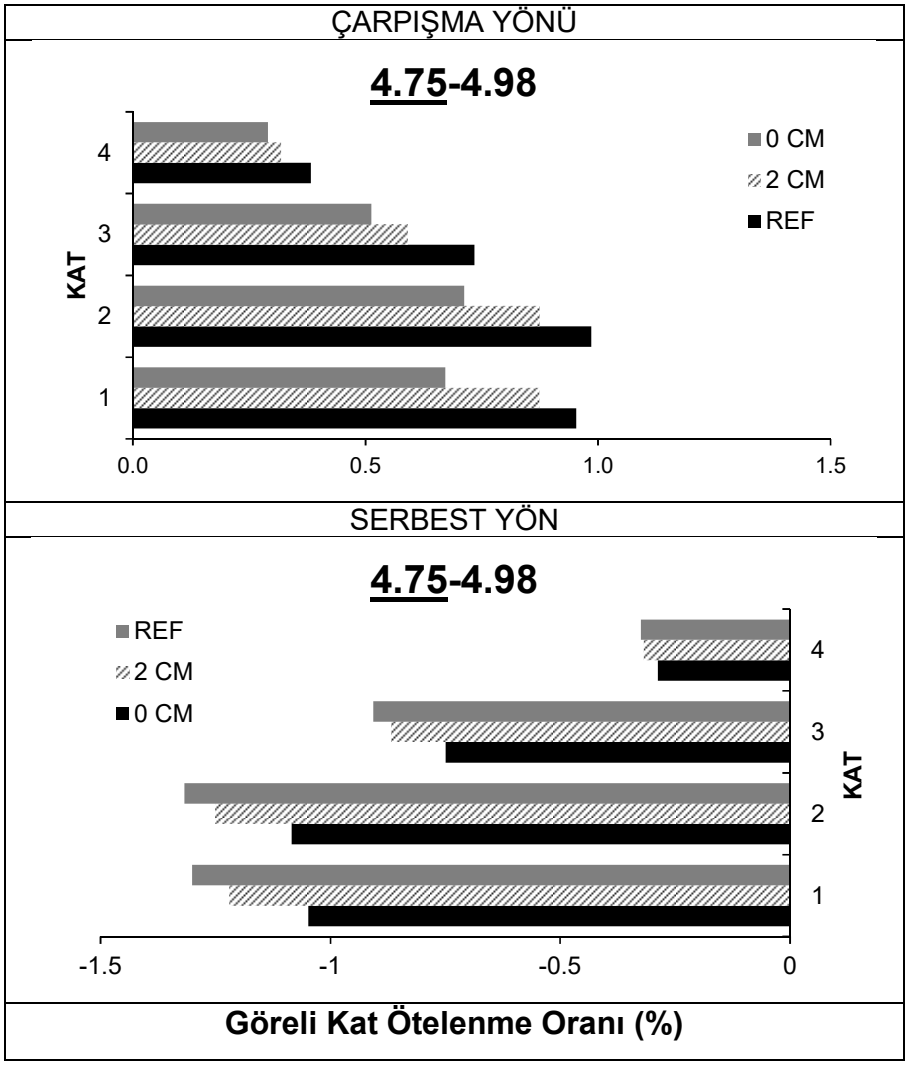
Şekil 5.14: 4.75-7.98 kombinasyonundaki 7.98 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum ortalama GKÖO



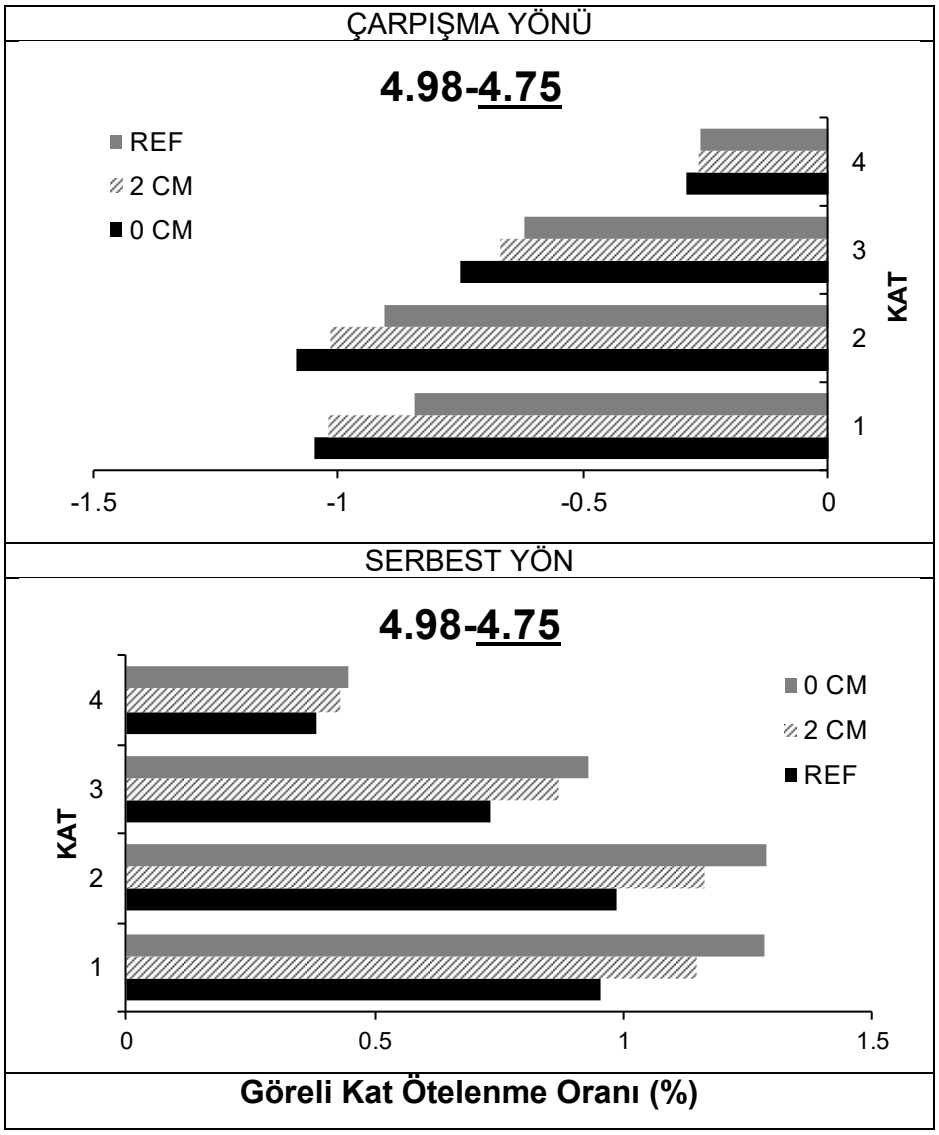
Şekil 5.15: 7.98-4.75 kombinasyonundaki 4.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum ortalama GKÖO



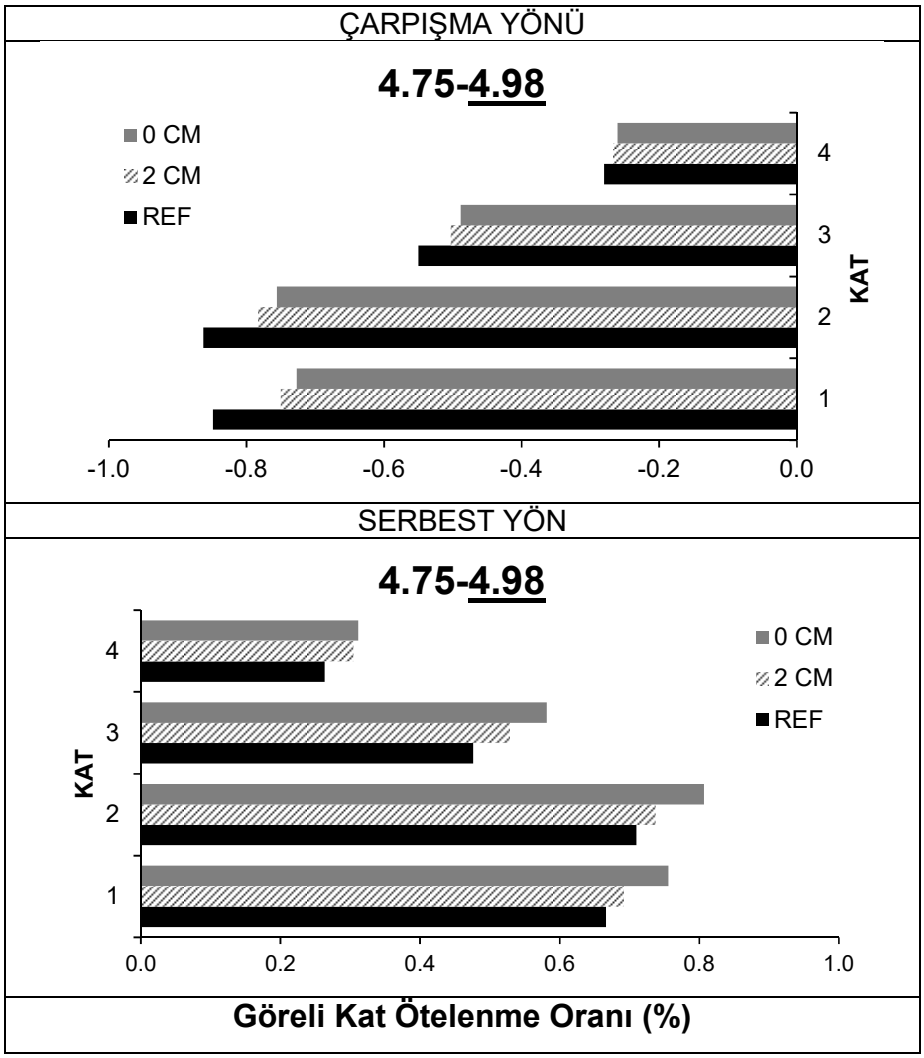
Şekil 5.16: 4.75-7.98 kombinasyonundaki 4.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum ortalama GKÖO



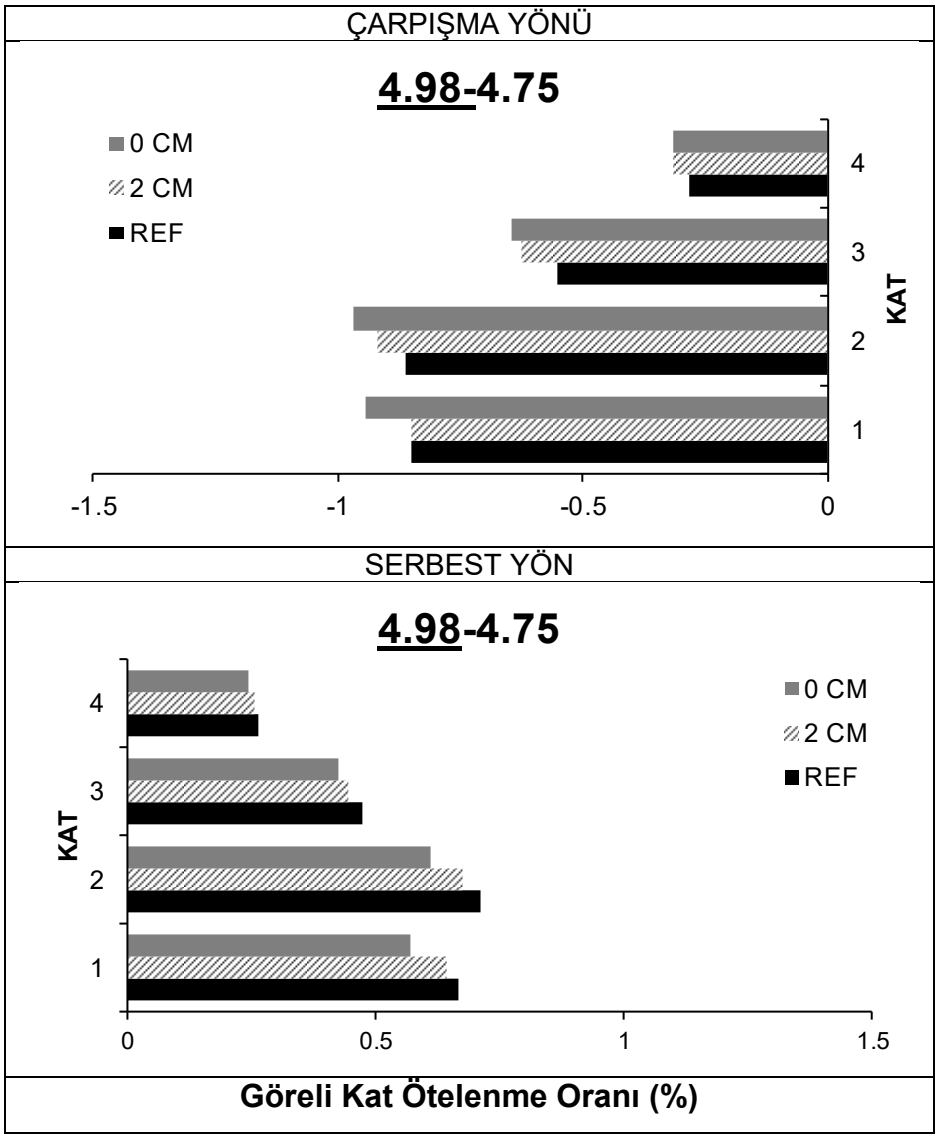
Şekil 5.17: 4.75-4.98 kombinasyonundaki 4.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum ortalama GKÖO



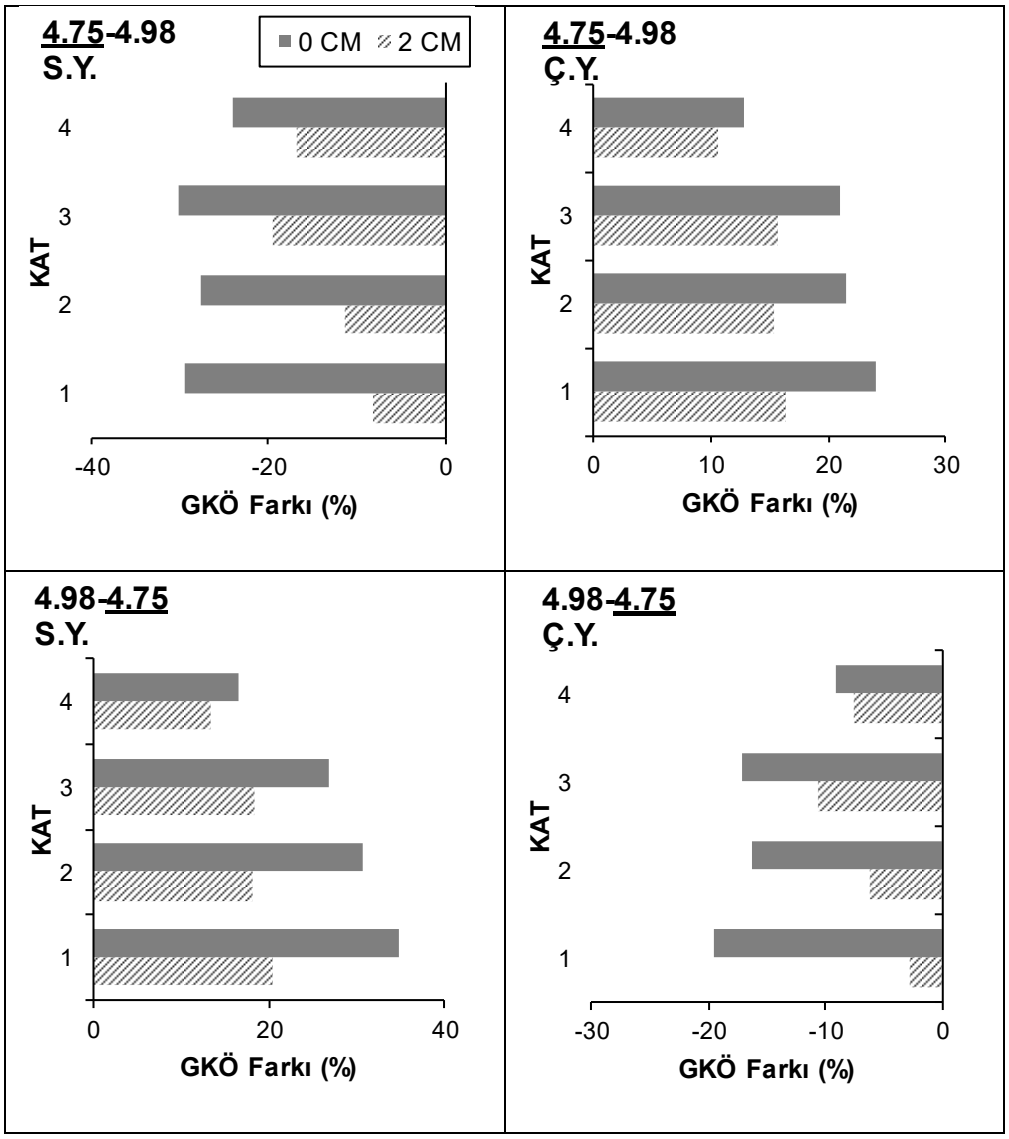
Şekil 5.18: 4.98-4.75 kombinasyonundaki 4.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum ortalama GKÖO



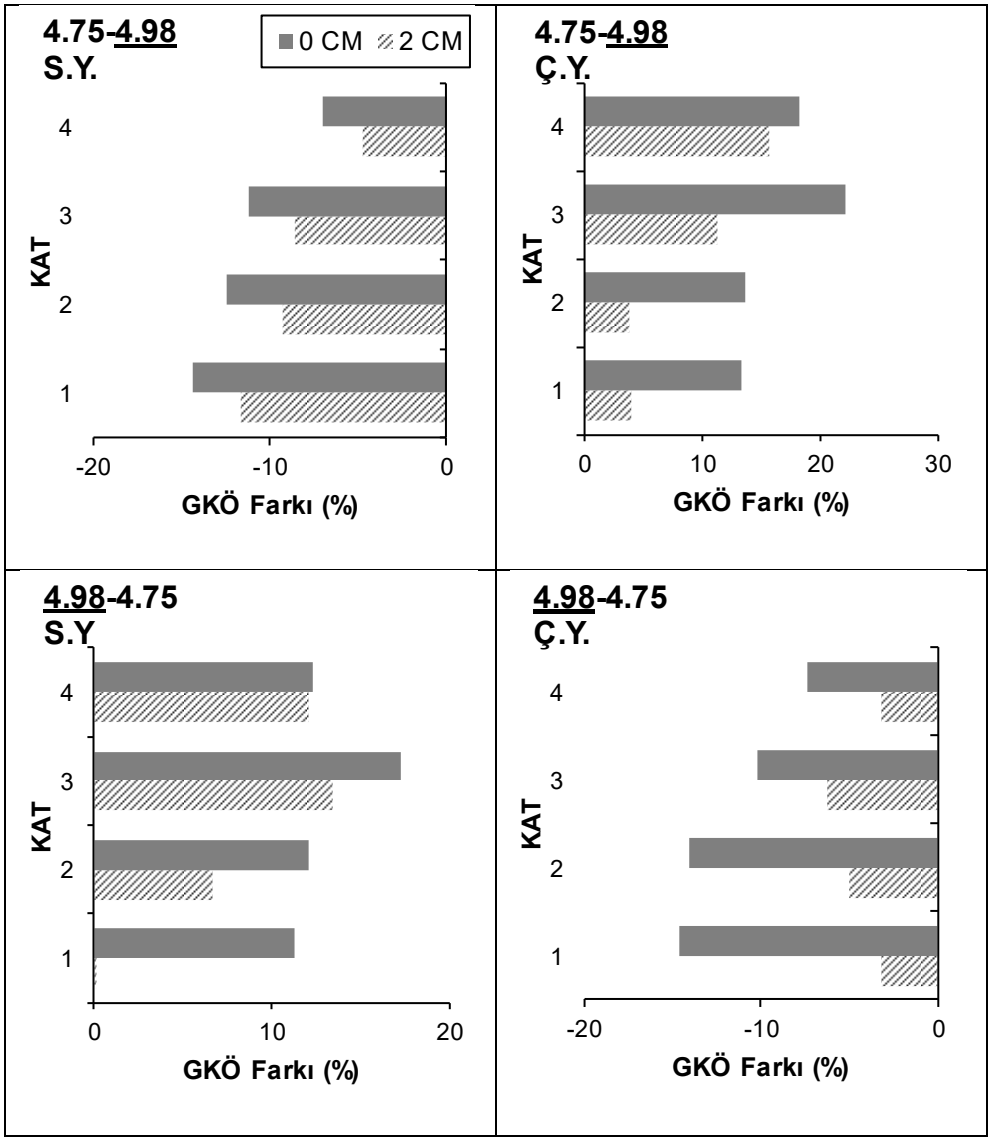
Şekil 5.19: 4.75-4.98 kombinasyonundaki 4.98 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum ortalama GKÖO



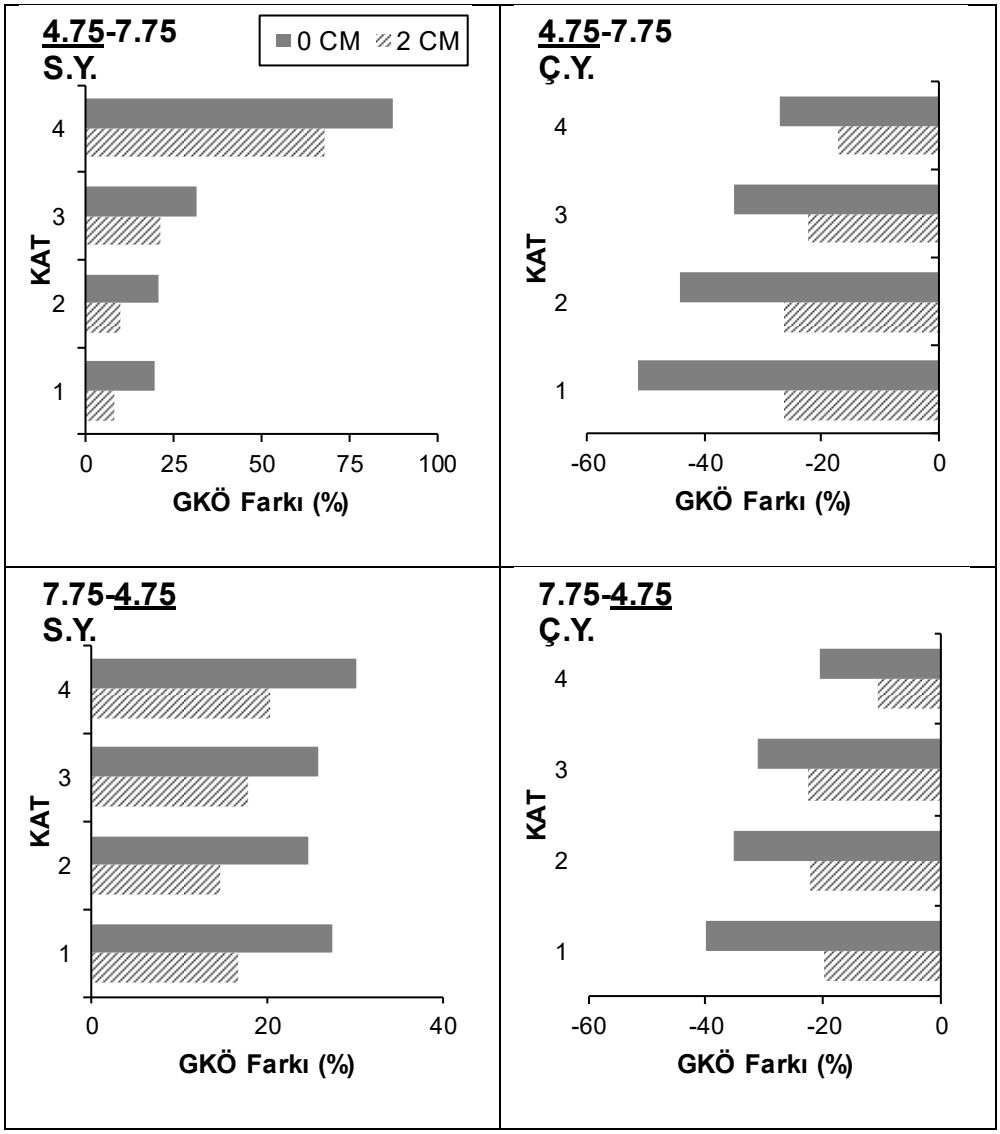
Şekil 5.20: 4.98-4.75 kombinasyonundaki 4.98 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum ortalama GKÖO



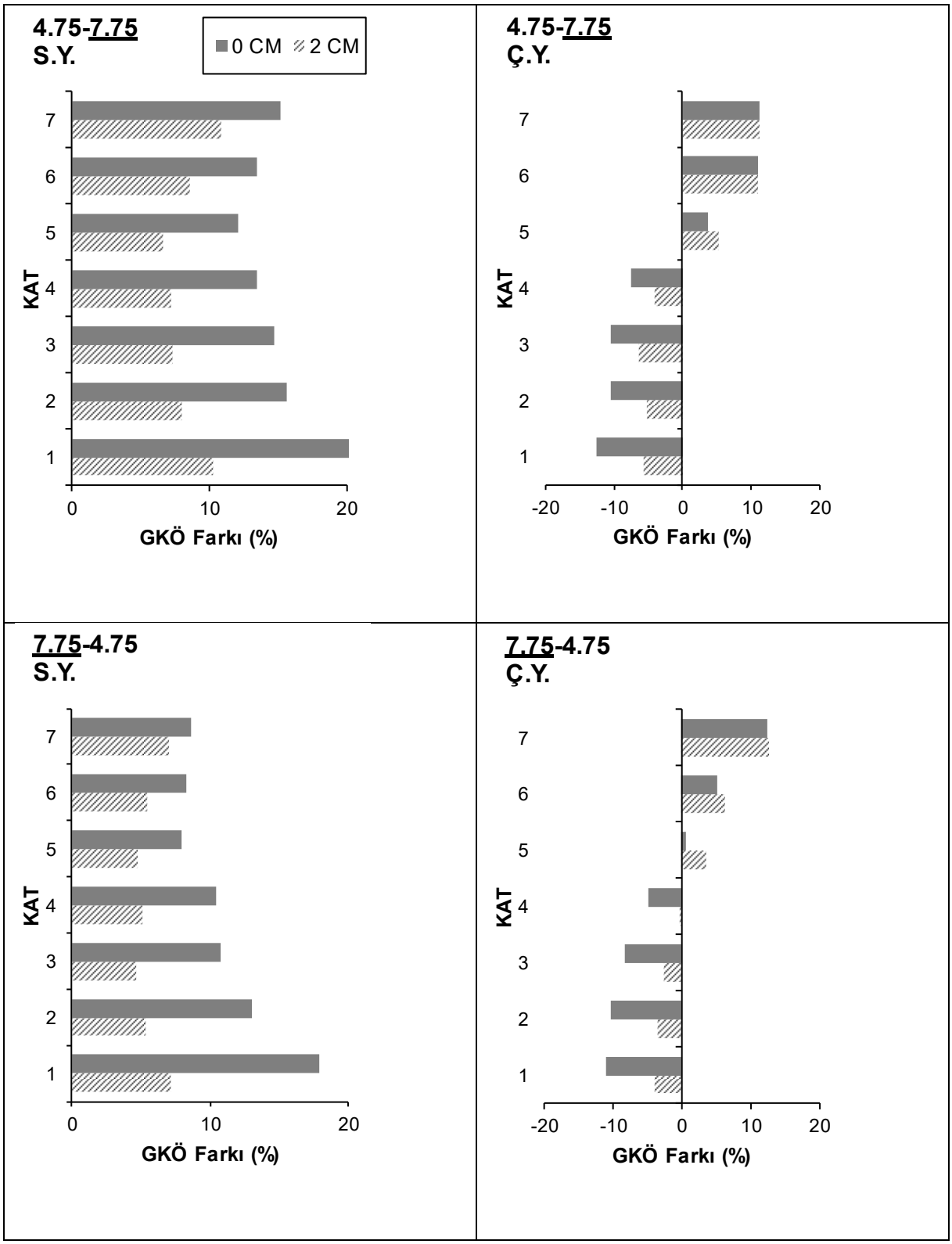
Şekil 5.21: 4.98-4.75 kombinasyonundaki 4.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum ortalama GKÖO farklarının referans binaya oranları



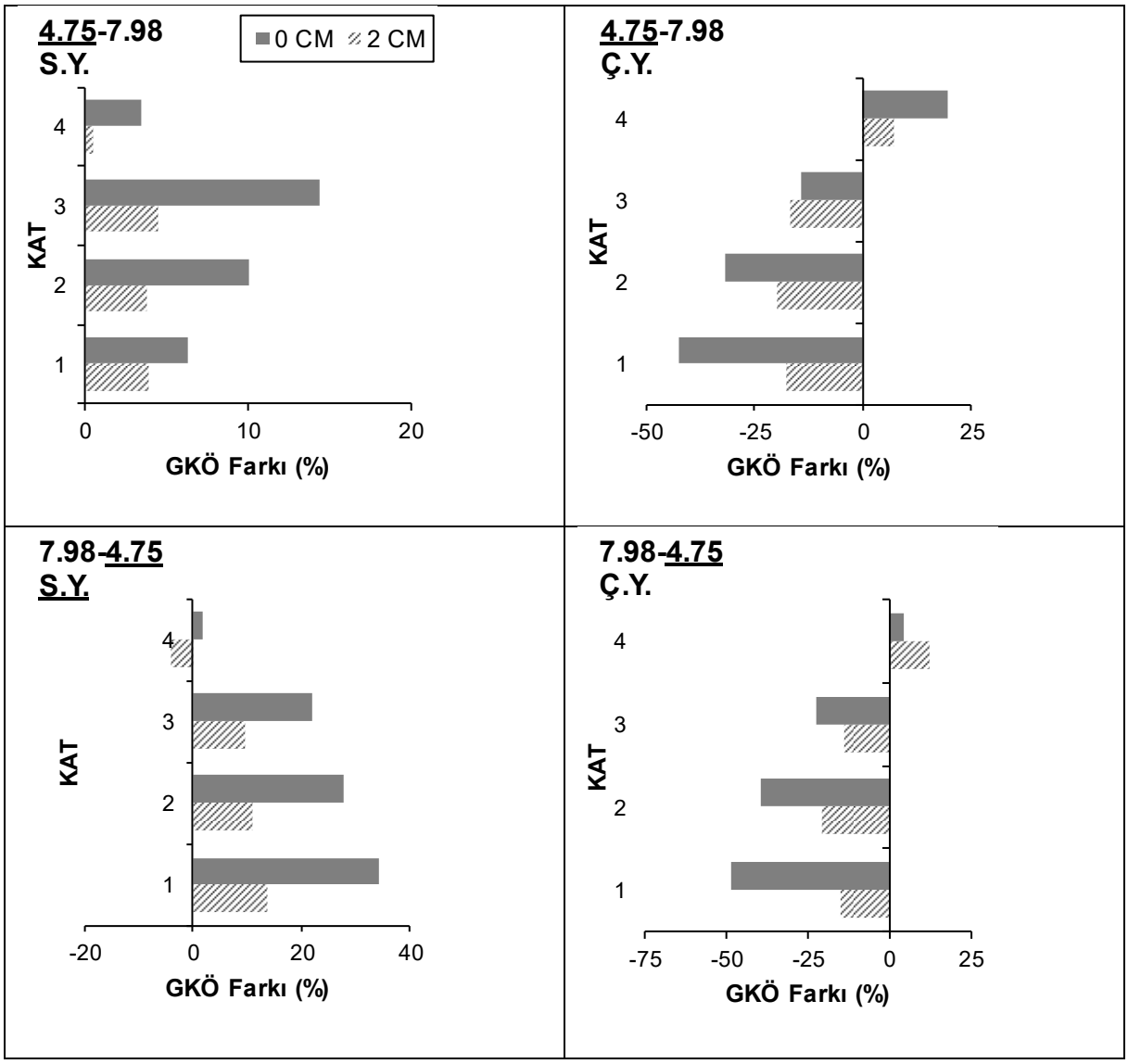
Şekil 5.22: 4.98-4.75 kombinasyonundaki 4.98 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum ortalama GKÖO farklarının referans binaya oranları



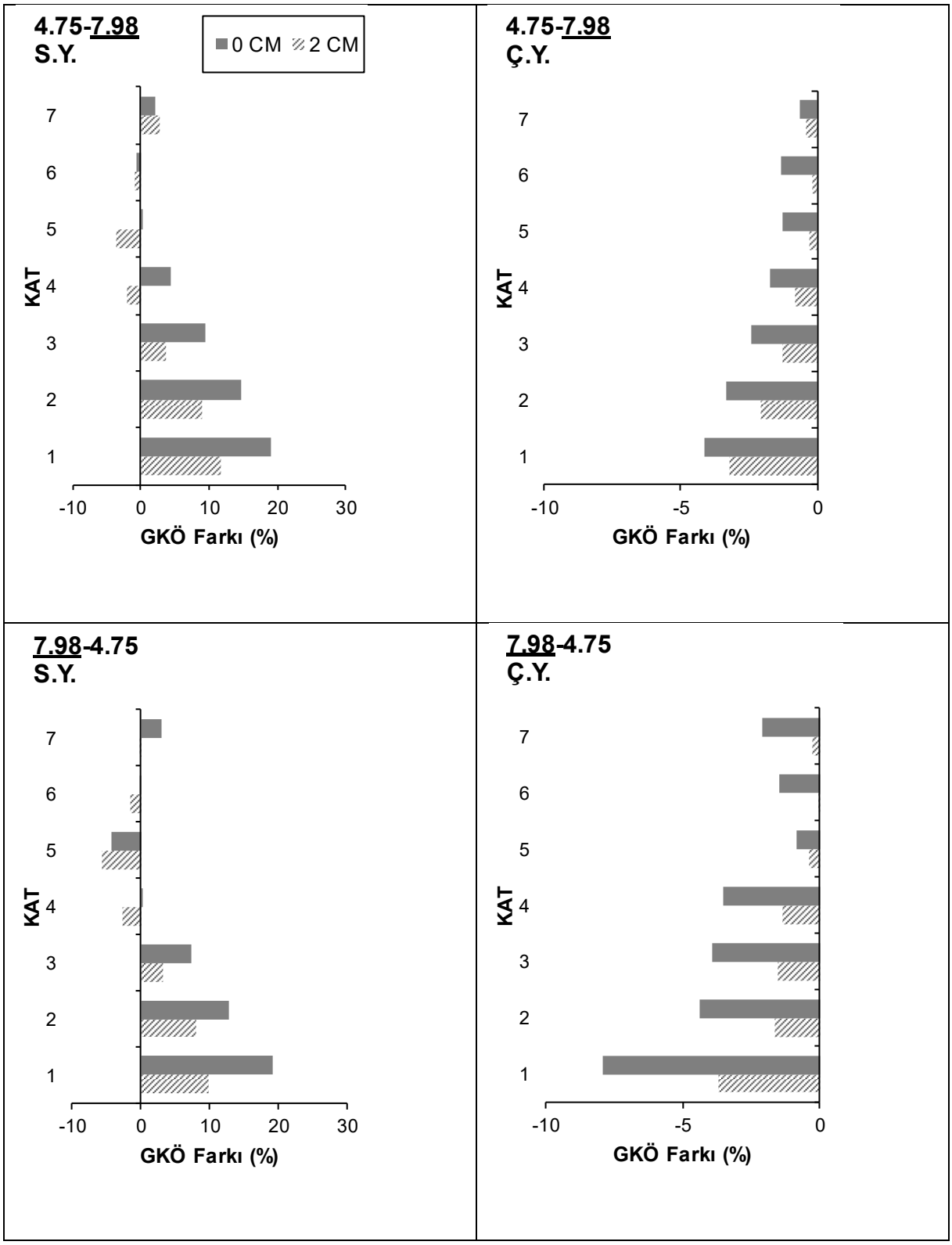
Şekil 5.23: 7.75-4.75 kombinasyonundaki 4.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum ortalama GKÖO farklarının referans binaya oranları



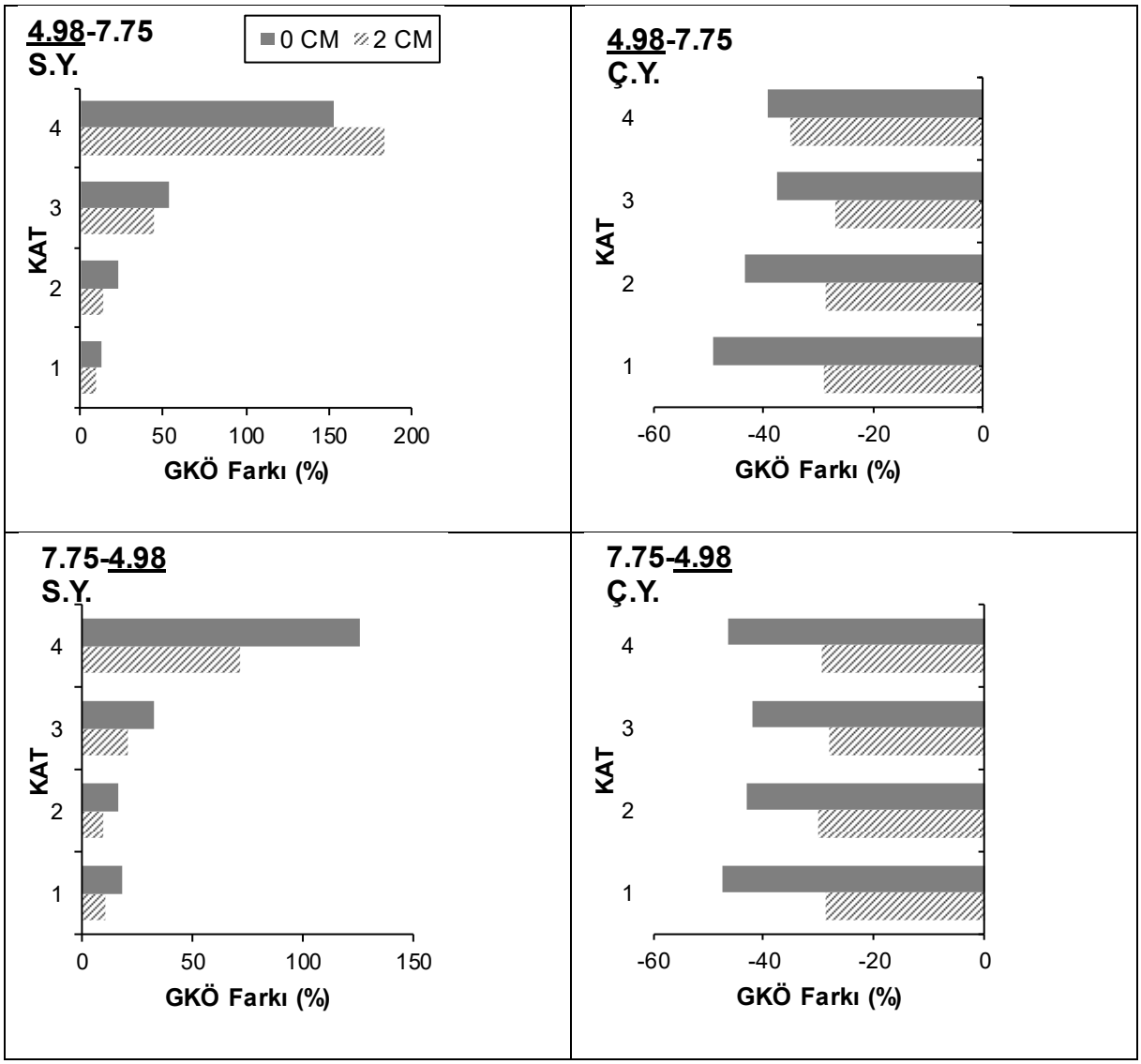
Şekil 5.24: 7.75-4.75 kombinasyonundaki 7.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum ortalama GKÖO farklarının referans binaya oranları



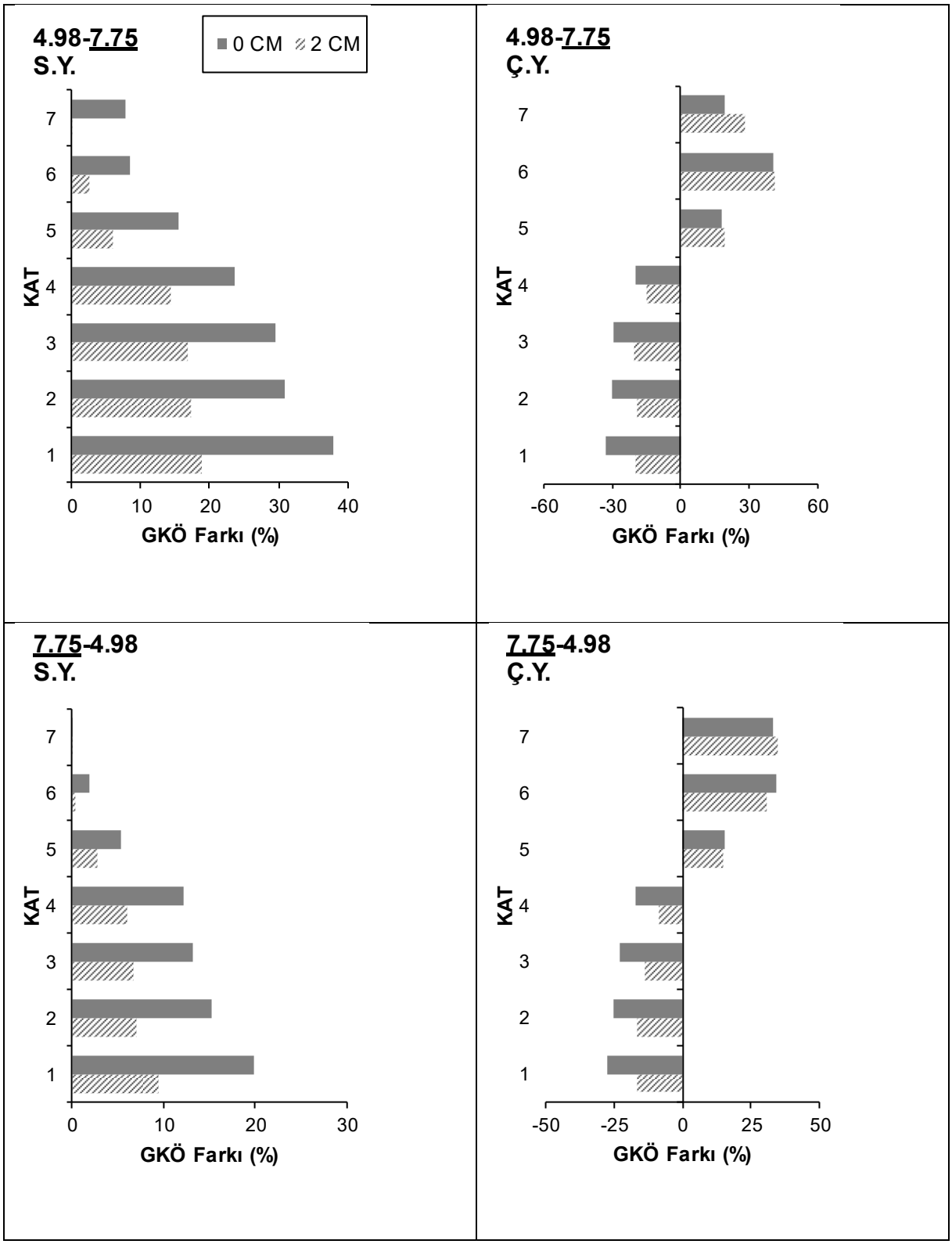
Şekil 5.25: 7.98-4.75 kombinasyonundaki 4.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum ortalama GKÖO farklarının referans binaya oranları



Şekil 5.26: 7.98-4.75 kombinasyonundaki 7.98 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum ortalama GKÖO farklarının referans binaya oranları



Şekil 5.27: 7.75-4.98 kombinasyonundaki 4.98 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum ortalama GKÖO farklarının referans binaya oranları



Şekil 5.28: 7.75-4.98 kombinasyonundaki 7.75 binasının çarpışma ve serbest yönlerdeki maksimum ortalama GKÖO farklarının referans binaya oranları

6.SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1 Sonuçlar

Ülkemiz yüksek deprem riskine sahip bölgelerden biri üzerinde bulunmaktadır. Bu nedenle sismik etkiler altında yapı davranışının ve hasar oluşumuna neden olan etmenlerin iyi irdelenmesi büyük önem arz etmektedir.

Yapıların yetersiz boşluk oranı ile inşa edilmesi, performans değerlendirilmesinde ihmal edilen önemli bir düzensizlik türüdür. Mimari ve ekonomik gerekçelerle ülkemiz konut stokunun önemli bir kısmını içeren şehirlerde, yapılar bitişik nizam olarak ya da yetersiz boşluk oranı ile inşa edilmektedir. Dolayıyla, mevcut konut stokunun önemli bir kısmının bu yapısal düzensizliğe sahip olduğu söylenebilir.

Binalar arasındaki yetersiz boşluk oranı nedeniyle oluşan çekiçleme etkisi gerçekleştirilen projenin araştırma konusudur. Bu kapsamda mevcut yapı stokunun karakteristik özelliklerini yansıtan ABYYHY-1975 ve ABYYHY-1998 yönetmelik şartlarına göre tasarlanmış üç boyutlu referans binalar kullanılmış ve yapıların doğrusal olmayan davranış özellikleri dikkate alınmıştır. Gerçekleştirilen çalışmanın üç boyutlu doğrusal olmayan yapı modellerinin kullanılması nedeniyle, çekiçleme etkisinin anlaşılması konusunda literatüre önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Çekiçleme etkilerinin araştırılabilmesi için, kullanılan bina modelleri arasında 0 cm ve 2 cm boşluk mesafesi bırakılarak 8 adet ikili çarpışma modeli oluşturulmuştur. Çarpışmanın görülmediği referans ikili modeller için 40 cm boşluk mesafesi tercih edilmiştir. Çalışma kapsamında 8 farklı ikili model, 3 farklı boşluk mesafesi bırakılarak 9 farklı deprem ivme kaydı için toplam 216 adet zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz yapılmıştır. Projede çarpışmalı modeller ile referans modeller arasındaki deplasman değişimi hesapları +x ve – x yönleri için ayrı ayrı yapılarak hem çarpışma yönünde hem de serbest yönde talep değişimleri araştırılmıştır. Elde edilen bulgular aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

- Çekiçleme etkisinin yapı davranışı üzerinde önemli etkileri olup, bu etki bitişik binaların konumuna, yapı özellikleri ve deprem kaydı özelliklerine bağlı olarak deplasman taleplerini farklı düzeylerde etkilemektedir.
- Yapılarda oluşan deplasman talepleri değişimleri komşu binanın bulunduğu çarpışma yönü ve yapının serbest yönüne bağlı olarak farklı düzeylerde etkilenmektedir.

- Komşu binanın bulunduğu çarpışma yönünde, çekiçleme etkileri nedeniyle çatı deplasman talepleri çarpışmanın olmadığı duruma göre genellikle azalmaktadır. Ancak komşu binaların yapı davranışlarının farklı olması nedeniyle, çarpışma her katta ve aynı anda gerçekleşmemektedir. Bu nedenle, genellikle komşu binalar arası çarpışma öngörülebileceği üzere yer değiştirmenin fazla olduğu üst katlarda meydana gelmektedir. Belirli bir katta yoğunlaşan çekiçleme etkileri çatı deplasman taleplerini sınırlandırmakta, buna karşılık katlar arası deplasman farklarına neden olmakta ve göreli kat deplasmanlarını arttırmaktadır. Çarpışma yönünde çekiçleme etkisi ile çatı deplasman taleplerinin azalması olumlu bir etki gibi görülmektedir. Ancak yapı deplasman profilinde gerçekleşen ani değişiklikler, hasar dağılımını arttırmaktadır.
- Serbest yönde çekiçleme etkileri nedeniyle çatı deplasman talepleri artmaktadır.
- Göreli kat ötelenme oranları incelendiğinde, çarpışma etkileri ile deplasman profilinde ani değişim ve düzensizlikler oluştuğu görülmektedir. 4 ve 7 katlı modellerden oluşturulan kombinasyonlarda çarpışma doğrultusunda göreli kat ötelenmeleri ilk 4 kat için azalırken son üç katta artmaktadır.
- İkili modellerde yüksek rijitlik ve az kat sayısına sahip 4.98 binasında GKÖO değerleri daha çok deplasman yapan komşu binanın çarpmasına bağlı olarak serbest yönde büyük oranda artmaktadır.
- Dikkat çekilmesi gereken bir diğer önemli nokta ise, ivme kaydı özelliklerinin sonuçlar üzerindeki etkileridir. Çekiçleme etkileri, ivme kaydının pik ivmesinin bulunduğu yön ve binaların yerleşim şekline göre değişkenlik göstermektedir. Üretilen ikili modellerde sol ve sağda bulunan binaların yerlerinin değiştirilmesi, etkilerde artış ve azalışa neden olabilmektedir. Bu nedenle, çekiçleme etkilerinin araştırıldığı çalışmalarda, ivme kaydının artı ve eksi yönde ayrı ayrı etkitilerek ya da binaların yerleri değiştirilerek analiz edilmesi ve kritik sonucun dikkate alınması önerilmektedir.
- 7.98-4.75 kombinasyonu 4.75 binası için ErzEW deprem kaydı altında %263 olarak hesaplanmıştır. Aynı model ve kayıt için çarpışma doğrultusunda ise çatı deplasman talebi %45 azalmıştır
- Yön etkisine bağlı olarak bir doğrultuda talep artışları büyük oranda artarken, bina yerleri değiştirildiğinde aynı büyüklükte bir değişim gözlenmemektedir.
- Çarpışma etkisi nedeniyle çatı deplasman taleplerindeki en büyük azalma 4.98-7.75 kombinasyonu ve 0 cm boşluk oranı için, 4.98 binasında Palmsprnps210 ivme kaydı altında %73 olarak hesaplanmıştır. Çarpışma doğrultusunda çatı deplasman talepleri büyük oranda azalmaktayken serbest yönde ise aynı model ve ivme kaydı için talepler %177 artmıştır.

- Ortalama çatı deplasman taleplerinin değişimleri karşılaştırıldığında çarpışma nedeniyle en çok etkilenen modelin 7.98-4.75 kombinasyonu için 4.75 binası olduğu görülmektedir. Bu kombinasyon için serbest yönde talepler ortalama %49 artarken çarpışma doğrultusunda %32 azalmaktadır.
- Çatı deplasman taleplerindeki değişim değerlendirildiğinde çarpışma davranışından 7 katlı modellerin 4 katlı modellere göre daha az etkilendiği görülmektedir. 7 ve 4 katlı binaların olduğu kombinasyonlarda çarpışmanın 4. katta gerçekleşmesi nedeniyle çatı katı talepleri sınırlı düzeyde etkilenmektedir.
- Her kat için zamandan bağımsız olarak göreli kat ötelenme oranlarının karşılaştırılması durumunda ise, 7.75 binasında %66'ya varan artışlar gözlenmektedir.
- Göreli kat ötelenmelerinde en büyük artış ise 4.98-7.75 kombinasyonu 4.98 binası için ortalama %153 olarak hesaplanmıştır.
- Göreli kat ötelenmeleri ve çatı deplasman talep değişimleri göz önünde bulundurulduğunda çekiçleme davranışından en az etkilenen modelin 7.98 binası olduğu görülmektedir.
- Gerçekleştirilen analizler sonuçlarında yönetmelikte tanımlanan minimum boşluk oranı sınırlarını aşan 4 ve 7 katlı bina modellerinin olduğu görülmüştür. 4.75-4.98 kombinasyonunda 4 ivme kaydı, 7.75-4.75 kombinasyonunda 1 ve 7.75-4.98 kombinasyonunda ise 5 ivme kaydı altında yönetmelik sınırları aşılmıştır.
- Sonuçlar açısından dikkat çekici olan, 4 katlı iki binanın oluşturduğu 4.75-4.98 kombinasyonunda, yönetmelikçe tanımlı minimum boşluk oranı 40 mm iken, North-Tar360 ivme kaydı altında çarpışmanın olmaması için gerekli mesafenin 116 mm bulunmasıdır. 7.75 kombinasyonu için North-Tar360 ivme kaydı altında bu değer 150 mm'ye kadar çıkmaktadır.
- Analizlerde elde edilen sonuçlar çarpışmanın önlenebilmesi için gerekli boşluk oranının dinamik analiz yöntemleri kullanılarak araştırılmasının önemini göstermektedir.

Sonuçlar yönetmelikler açısından değerlendirildiğinde, tasarım aşamasında çarpışma etkilerinden kaçınmak amacıyla iki bina arasında bırakılması gereken minimum boşluk oranının tanımlandığı ancak yetersiz boşluk oranı ile inşa edilen mevcut yapıların performans değerlendirmesi yapılırken çekiçleme etkisinin ihmal edildiği görülmektedir. Ancak elde edilen sonuçlar, yapıların sismik performansının çarpışma davranışından doğrudan etkilendiğini göstermektedir.

Performans değerlendirmesinde bu etkileşimin doğrudan modellenmesi modellemenin karmaşıklığı ve zorluğu nedeniyle pratikte mümkün olmamakla birlikte, bitişik nizamlı ya da

yetersiz boşluk oranıyla inşa edilen yapıların değerlendirilmesinde boşluk oranı, kat sayısı gibi parametreler dikkate alınarak basitleştirilmiş katsayılar ile çarpışma etkilerinin sonuçlara yansıtılması önerilebilir.

Genel olarak sonuçlar çekiçleme etkisinin son derece karmaşık bir olgu olduğunu; ivme kaydının özellikleri, binanın kat sayısı, rijitlik ve dayanım kapasitesi ve boşluk oranı gibi birçok parametrenin çarpışma mekanizmasını etkilediğini göstermektedir.

Proje kapsamında kullanılan modellerin düzenli taşıyıcı sisteme sahip çerçeve binalar olduğu unutulmamalıdır. Yumuşak kat, kısa kolon ya da burulma gibi düzensizlikler barındıran modellerde çekiçleme etkisinin taşıyıcı sistem hasar düzeylerini daha yüksek oranda arttıracağı öngörülebilir. Mevcut yapı stokunun büyük bir kısmında çekiçleme potansiyeli olduğu düşünüldüğünde, çekiçleme etkilerinin yapıların sismik performanslarının değerlendirilmesinde göz önünde bulundurulması önem arz etmektedir.

6.2 Sonraki Çalışmalar İle İlgili Öneriler

- Gerçekleştirilen çalışmada aynı kat yüksekliğine sahip ikili modeller kullanılırken, sonraki çalışmalarda farklı kat yükseklilerine sahip ikili modeller oluşturulabilir.
- İki komşu binayı birbirine bağlayan farklı link eleman modelleri seçilebilir.
- Burulma, yumuşak kat gibi düzensizliklere sahip yapı modelleri kullanılarak çekiçleme etkisi daha detaylı bir şekilde incelenebilir.
- Yüksek yapı modelleri kullanılarak çekiçleme davranışı incelenebilir.
- Deprem ivme sayısı arttırılarak çekiçleme olgusunun yapıların sismik performansı üzerindeki etkileri daha detaylı incelenebilir.
- Zemin-yapı etkileşiminin çekiçleme olgusu üzerindeki etkileri araştırılabilir.

7. KAYNAKLAR

Abdel Raheem S.E. 2006. “Seismic Pounding between Adjacent Building Structures”, Electronic Journal of Structural Engineering, 6, 66-74.

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

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

Altınel, O. 2015. “Mevcut Sıralı Binalarda Çekiçlemenin Sismik Performans Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, PAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 2015.

Benuska L. 1990. “Loma Prieta earthquake reconnaissance report.”, Earthquake Engineering Research Institute, Rep. No. 90-01, Oakland, CA

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

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

Efraimiadou, S., Hatzigeorgiou, G.D. and Beskos, D.E. 2013. “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.

Efraimiadou, S., Hatzigeorgiou, G.D. and Beskos, D.E. 2013. “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.

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.

Inel, M., Özmen, H.B., Şenel, Ş.M. ve Kayhan, A.H. 2009. “Mevcut Betonarme Binaların Yapısal Özelliklerinin Belirlenmesi”, Uluslararası Sakarya Sempozyumu, Sakarya.

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.

Inel, M., Cayci, B.T., Kamal, M. and Altinel, O. “Orta Katlı Mevcut Betonarme Yapılarda Çekiçleme Davranışının İncelenmesi”, 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 14-16 Ekim 2015, İzmir, Bildiri No: 56.

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

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

Maison BF and Kasai K. 1990. “Analysis for type of structural pounding”, ASCE Journal of StructuralEngineering; 116(4), 957-975.

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

Muthukumar, S., DesRoches, R. 2006. “A Hertz Contact Model with Non-Linear Damping For Pounding Simulation”, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 35, 811-828.

Pasific Earthquake Engineering Research Center (PEET). http://peer.berkeley.edu Son erişim Tarihi: 14 Temmuz 2014

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.

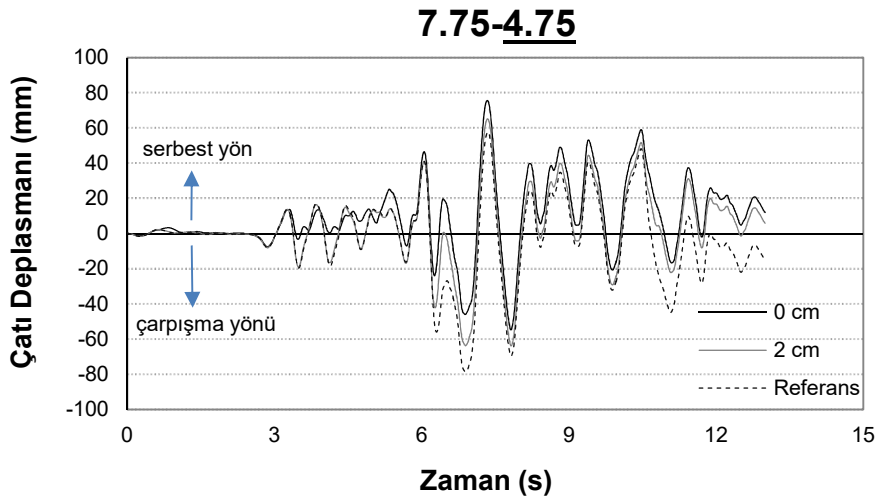
TS-500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000.

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

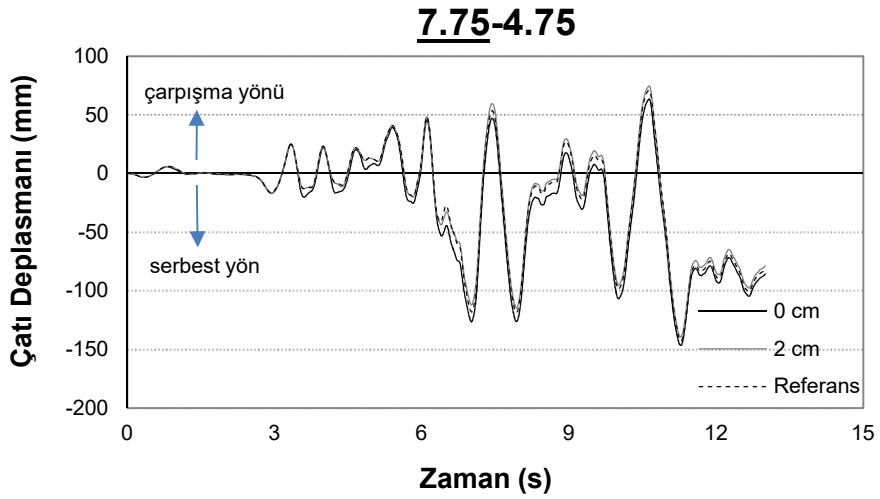
Youd, T.L., Bardet, J.P., Bray, J.D. (2000). “Kocaeli, Turkey, earthquake of August 17, 1999 reconnaissance report”, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA.

EKLER

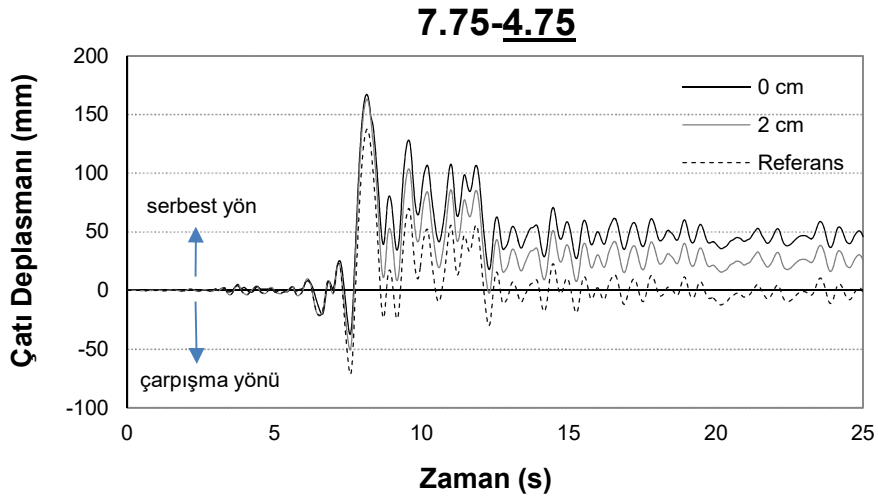
EK A 7.75-4.75 İkili Modellerin Çatı (tepe) Deplasman Talepleri



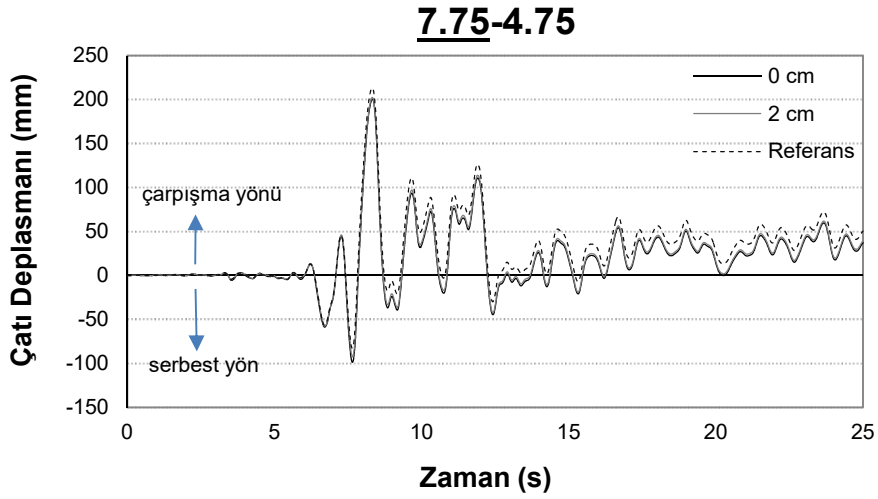
Şekil A.1. 7.75-4.75 kombinasyonu GAZLİGAZ000 ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



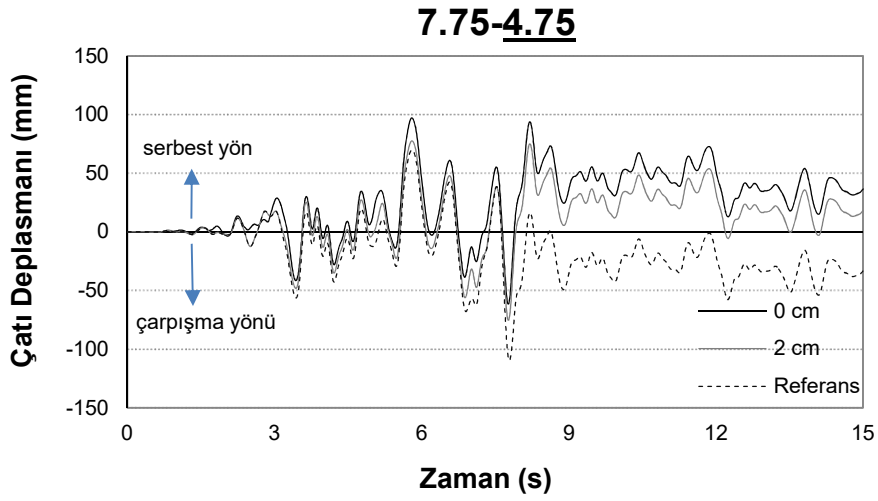
Şekil A.2. 7.75-4.75 kombinasyonu GAZLİGAZ000 ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



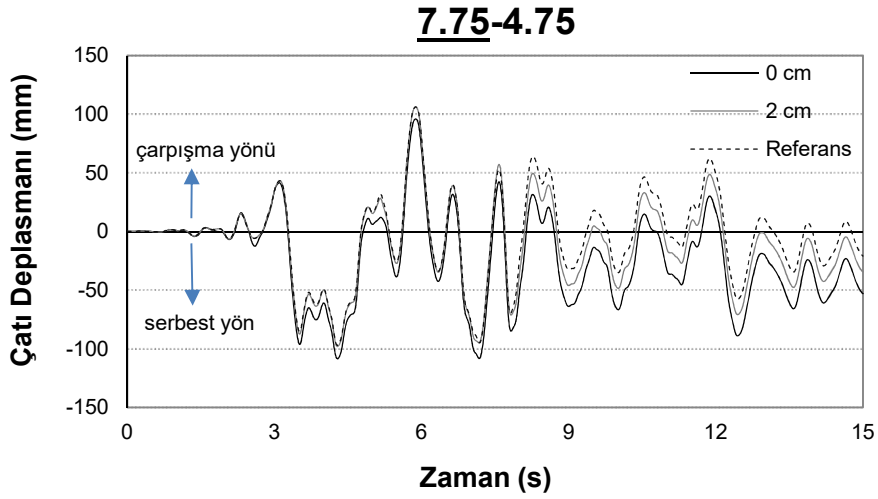
Şekil A.3. 7.75-4.75 kombinasyonu LOMAPHSP000 ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



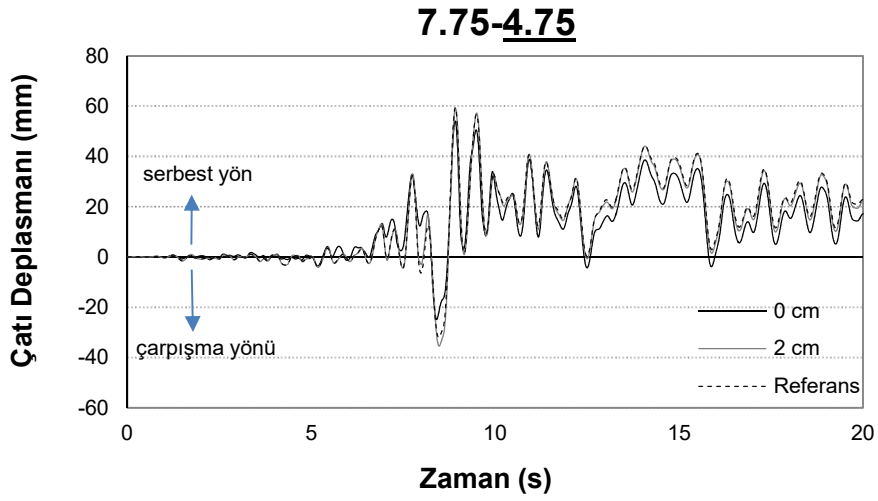
Şekil A.4. 7.75-4.75 kombinasyonu LOMAPHSP000 ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



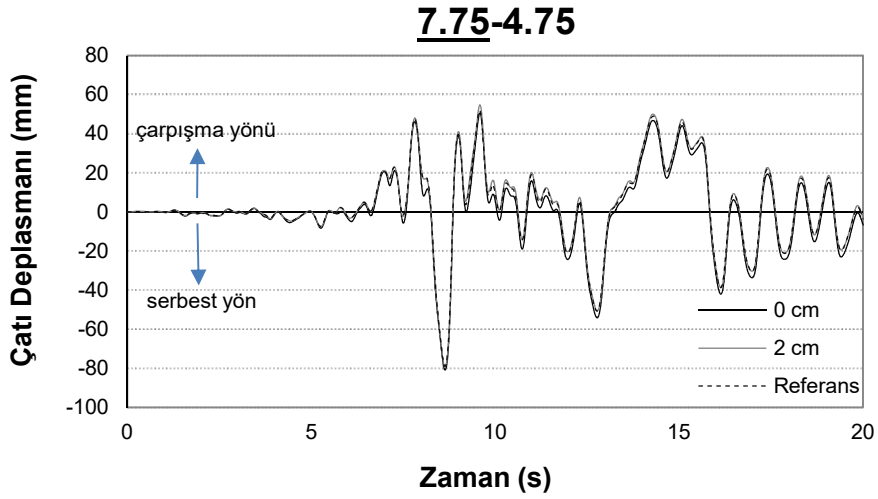
Şekil A.5. 7.75-4.75 kombinasyonu NORTHRSPV360 ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



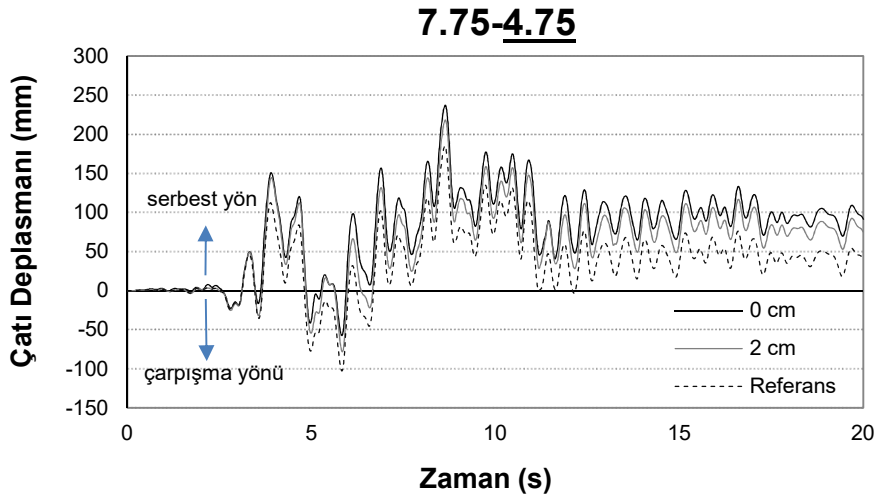
Şekil A.6. 7.75-4.75 kombinasyonu NORTHRSPV360 ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



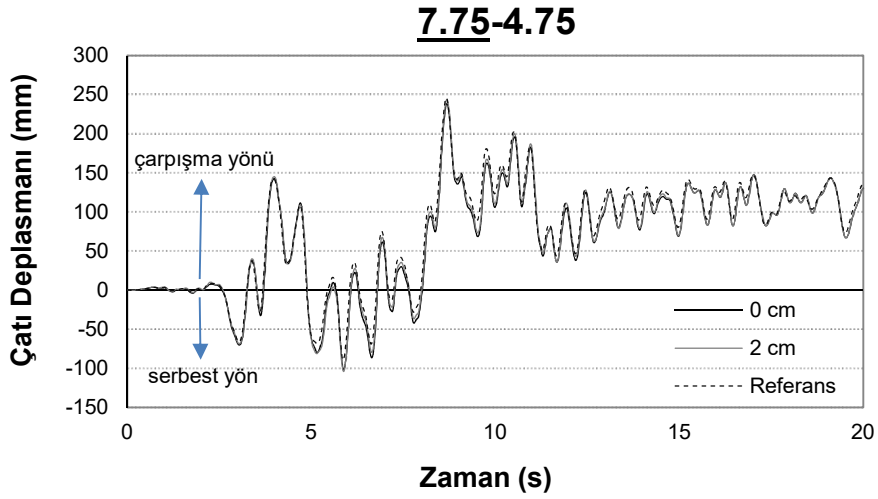
Şekil A.7. 7.75-4.75 kombinasyonu KOCAELİDZC180 ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



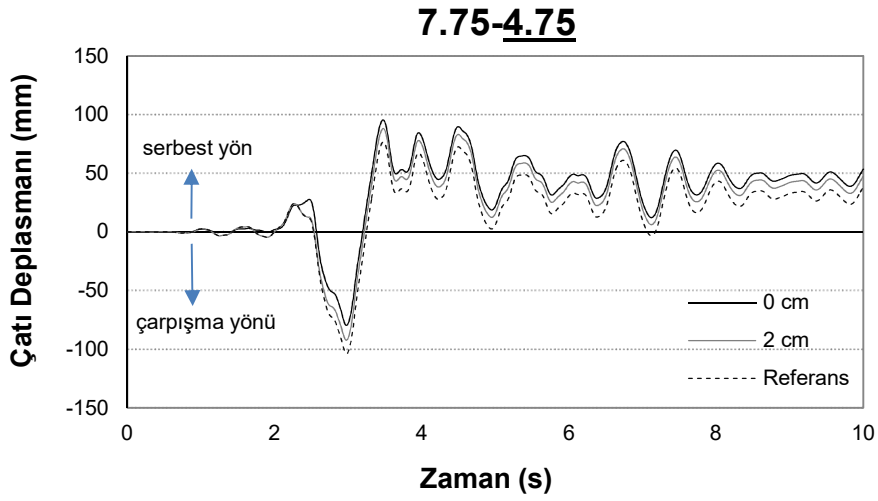
Şekil A.8. 7.75-4.75 kombinasyonu KOCAELİDZC180 ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



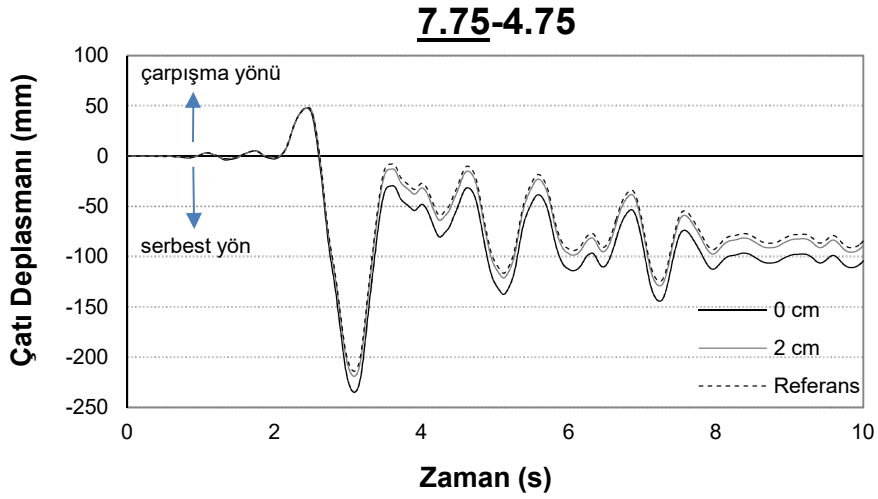
Şekil A.9. 7.75-4.75 kombinasyonu NORTHRTAR360 ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



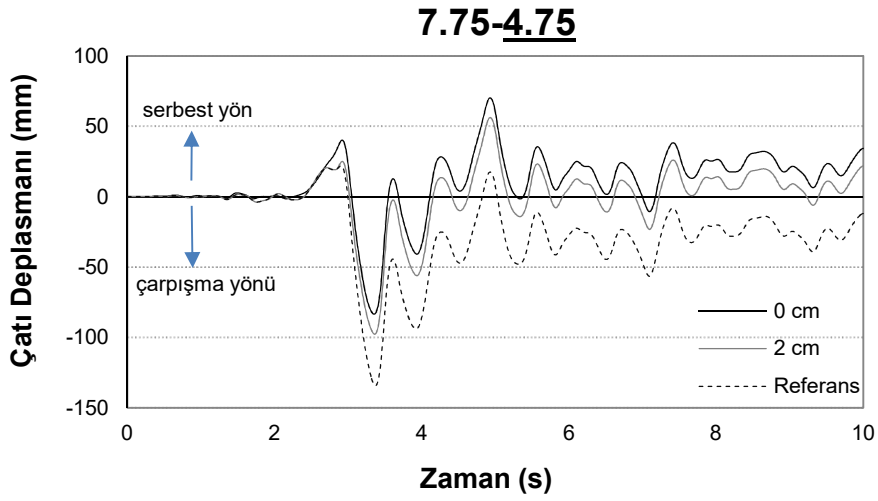
Şekil A.10. 7.75-4.75 kombinasyonu NORTHRTAR360 ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



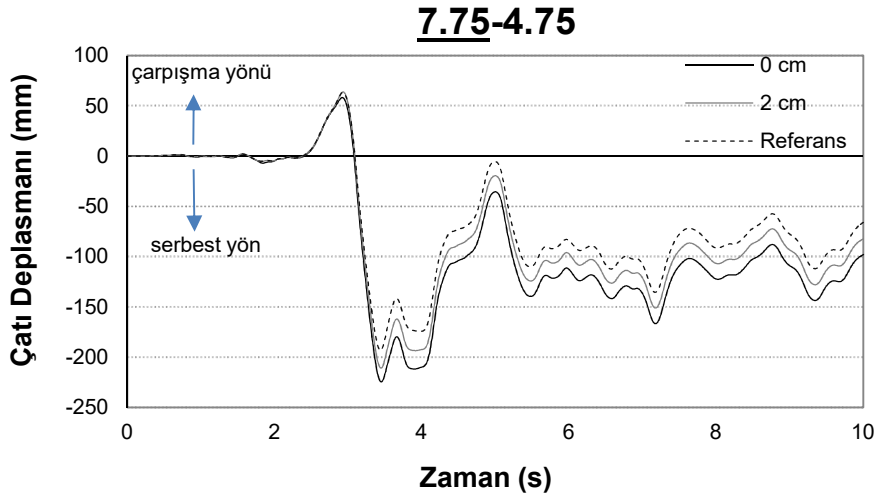
Şekil A.11. 7.75-4.75 kombinasyonu PALMSPRNPS210 ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



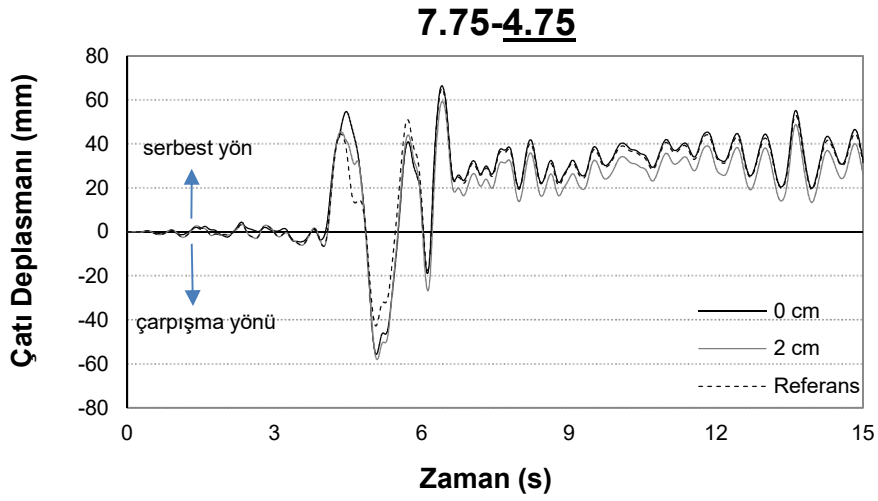
Şekil A.12. 7.75-4.75 kombinasyonu PALMSPRNPS210 ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



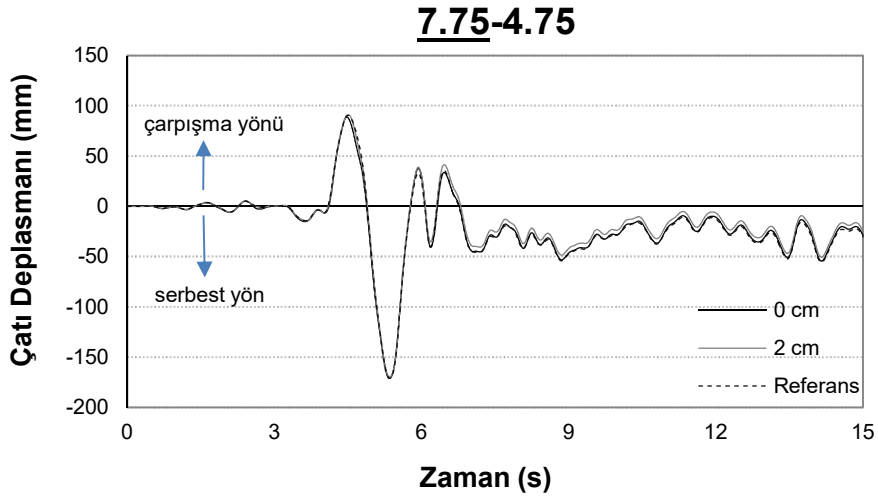
Şekil A.13. 7.75-4.75 kombinasyonu ERZEW ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



Şekil A.14. 7.75-4.75 kombinasyonu ERZEW ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği

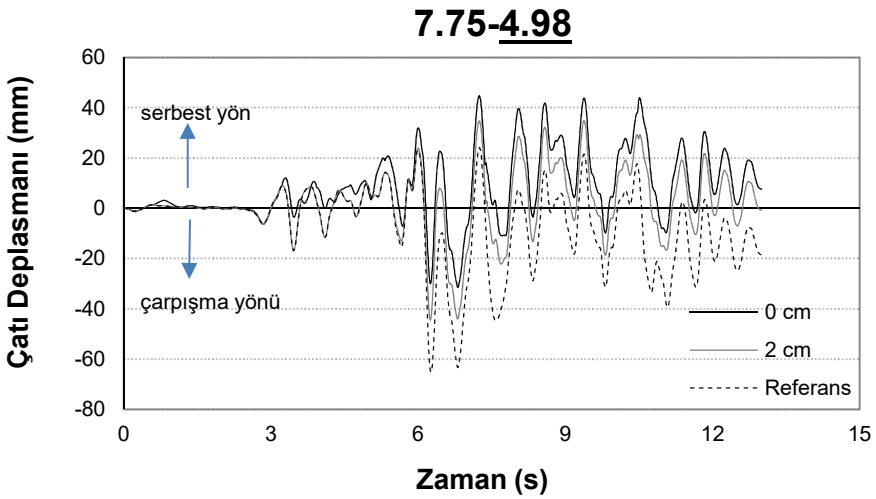


Şekil A.15. 7.75-4.75 kombinasyonu KOCAELİDZC270 ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği

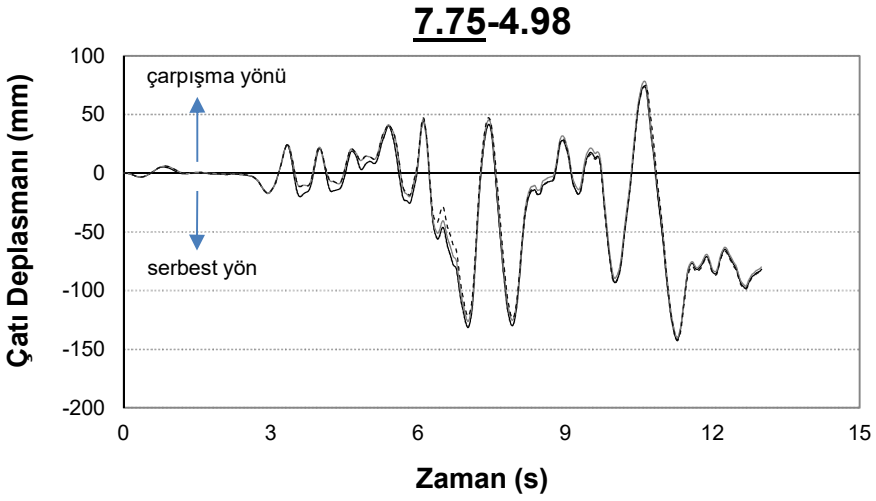


Şekil A.16. 7.75-4.75 kombinasyonu KOCAELİDZC270 ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği

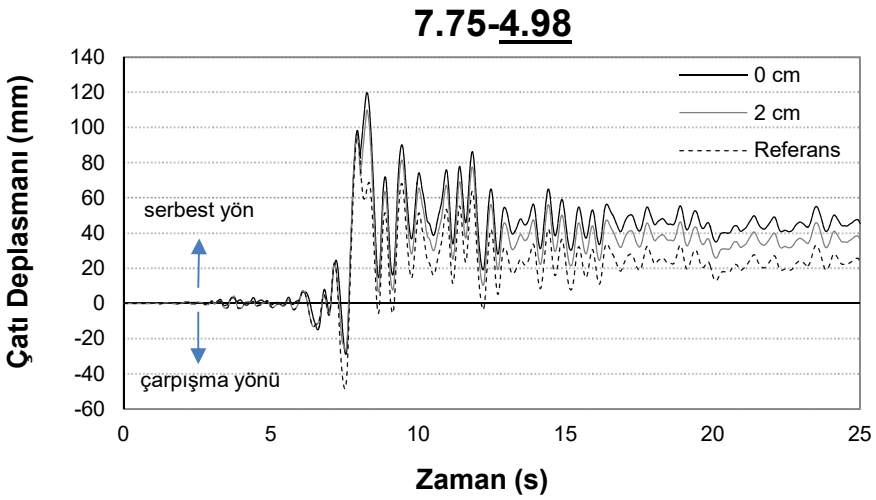
EK B1 7.75-4.98 İkili Modellerin Çatı (tepe) Deplasman Talepleri



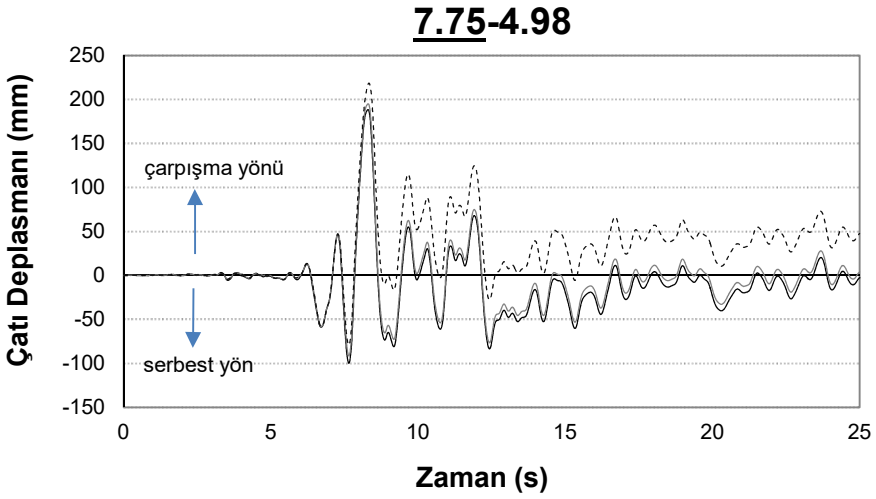
Şekil B1. 7.75-4.98 kombinasyonu GAZLİGAZ000 ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



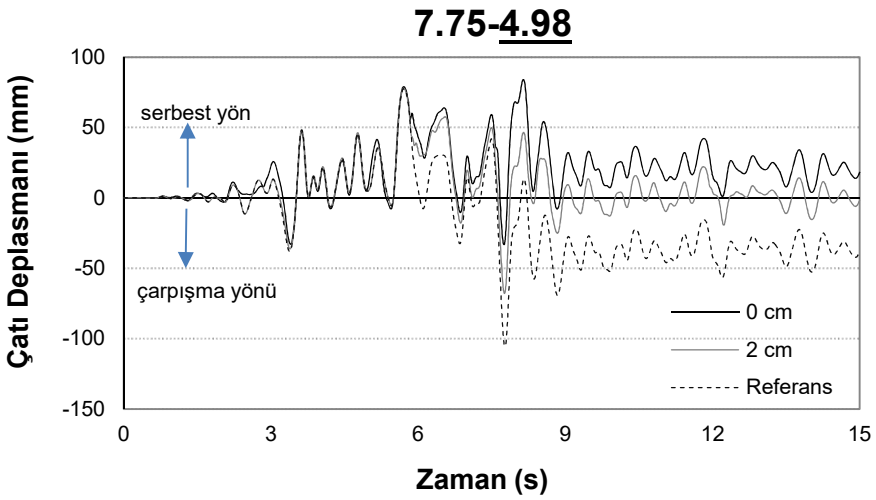
Şekil B2. 7.75-4.98 kombinasyonu GAZLİGAZ000 ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



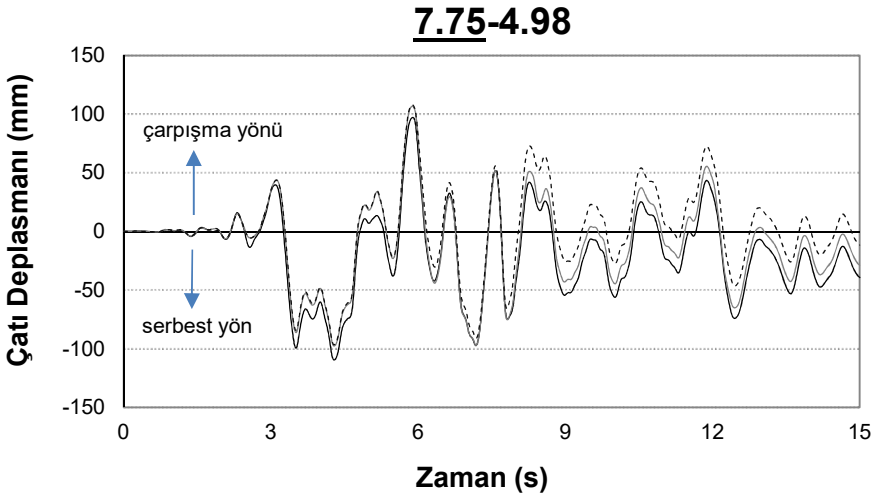
Şekil B3. 7.75-4.98 kombinasyonu LOMAPHSP000 ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



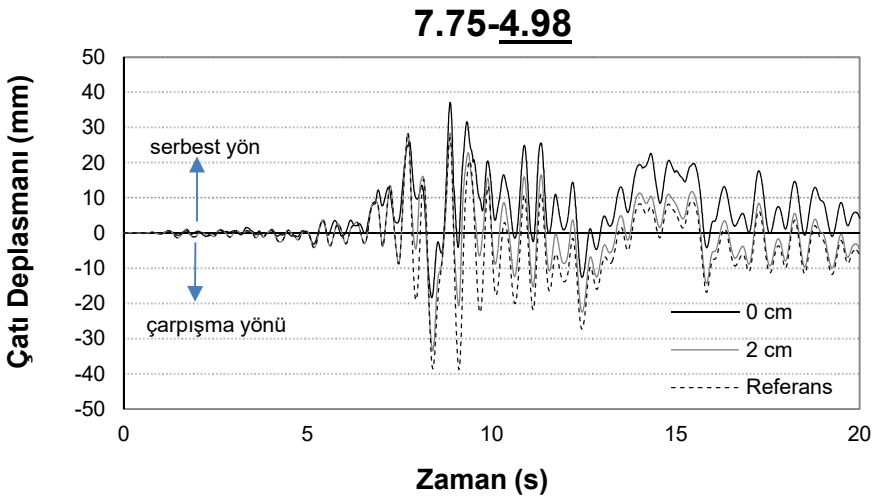
Şekil B4. 7.75-4.98 kombinasyonu LOMAPHSP000 ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



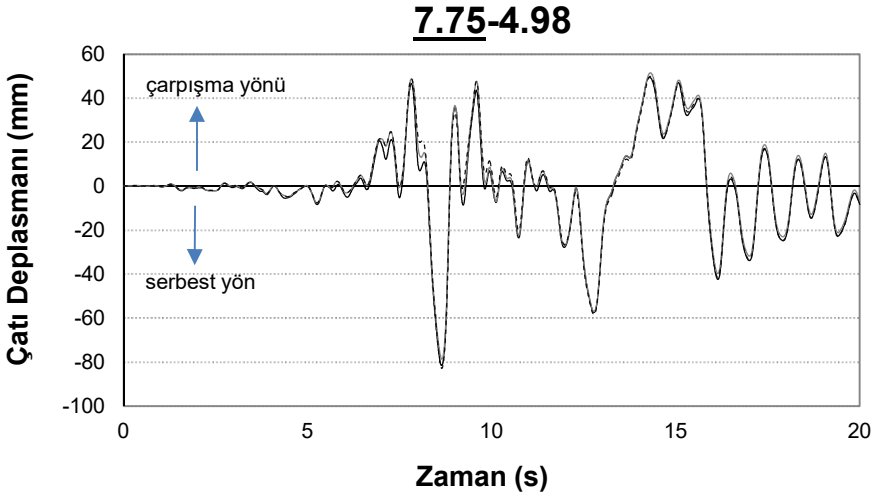
Şekil B5. 7.75-4.98 kombinasyonu NORTHRSPV360 ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



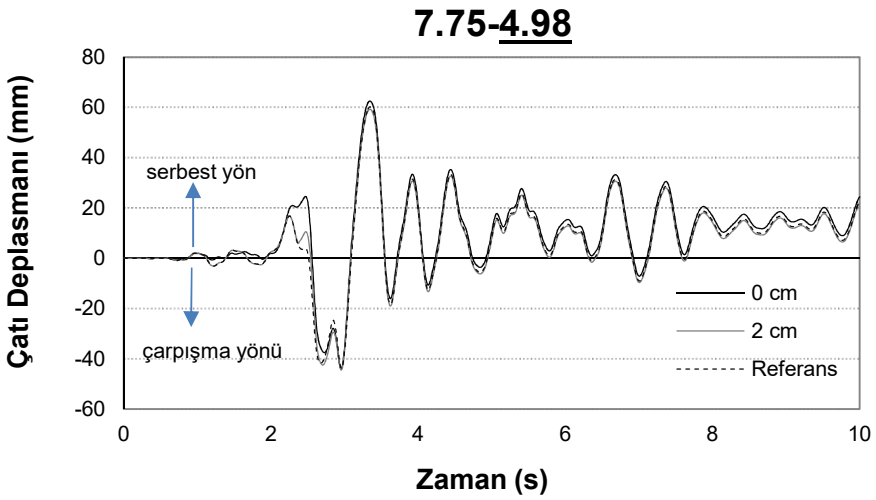
Şekil B6. 7.75-4.98 kombinasyonu NORTHRSPV360 ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



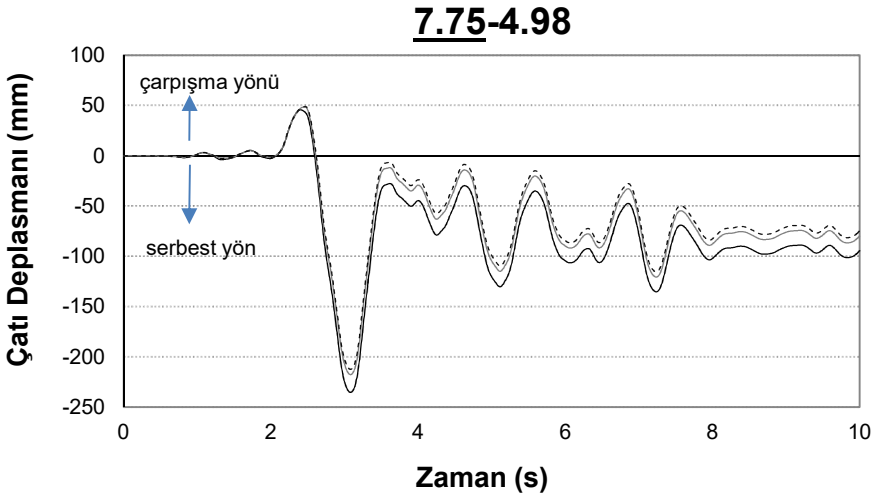
Şekil B7. 7.75-4.98 kombinasyonu KOCAELİDZC180 ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



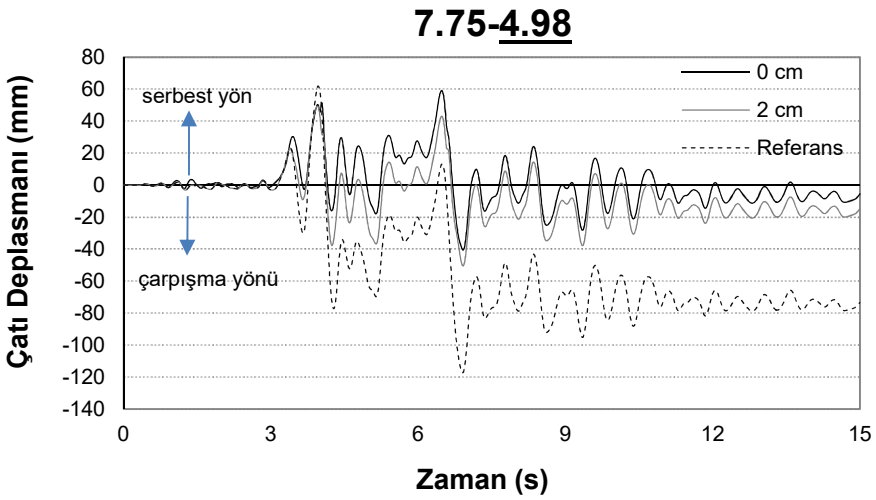
Şekil B8. 7.75-4.98 kombinasyonu KOCAELİDZC180 ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



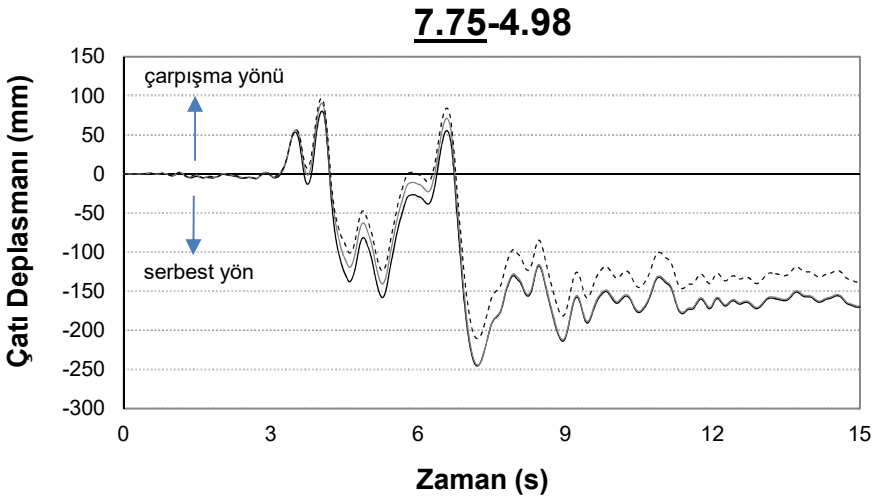
Şekil B9. 7.75-4.98 kombinasyonu PALMSPRNPS210 ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



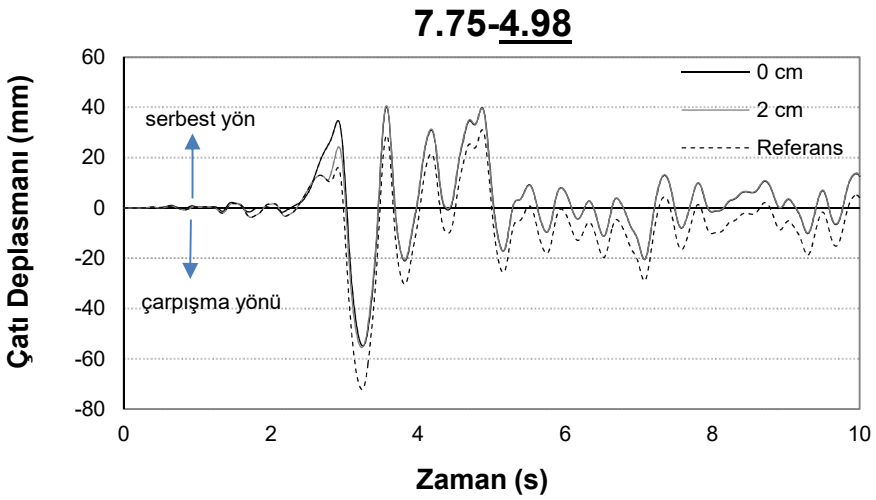
Şekil B10. 7.75-4.98 kombinasyonu PALMSPRNPS210 ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



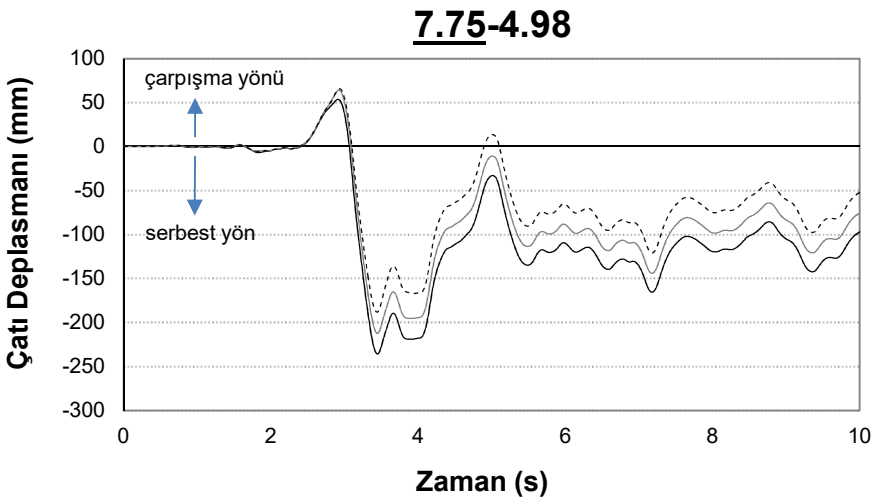
Şekil B11. 7.75-4.98 kombinasyonu NORTHRSYL090 ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



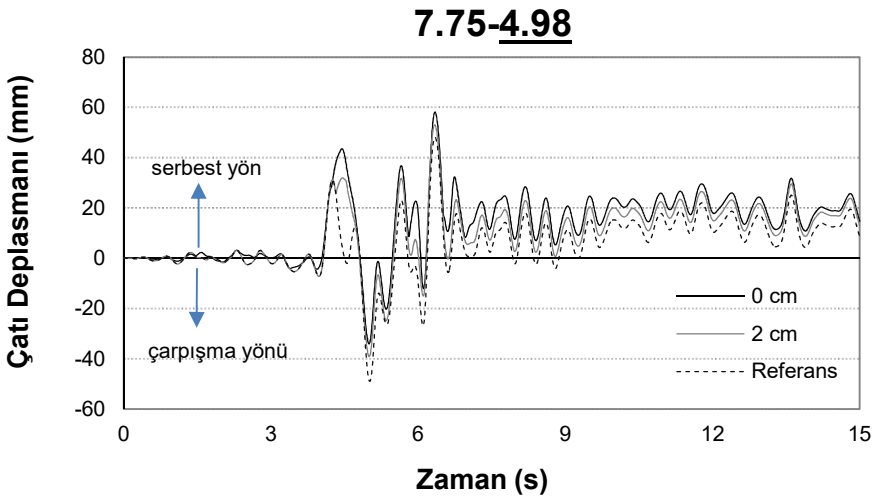
Şekil B12. 7.75-4.98 kombinasyonu NORTHRSYL090 ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



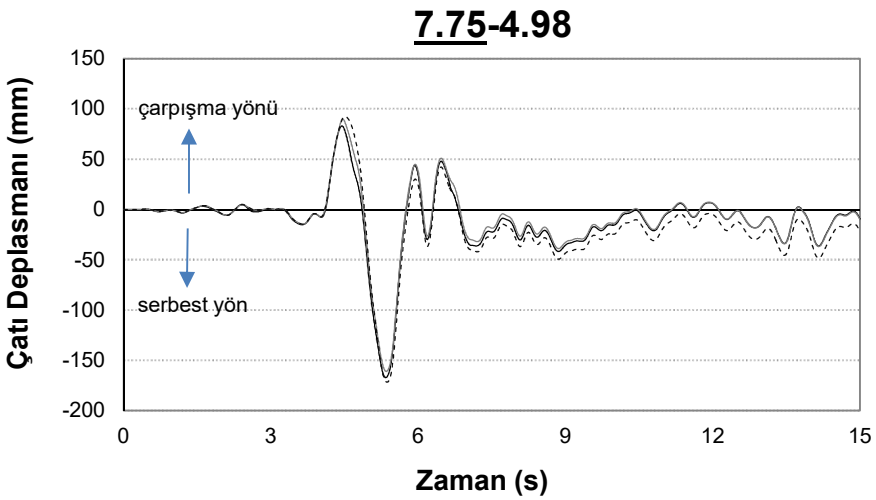
Şekil B13. 7.75-4.98 kombinasyonu ERZEW ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



Şekil B14. 7.75-4.98 kombinasyonu ERZEW ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği

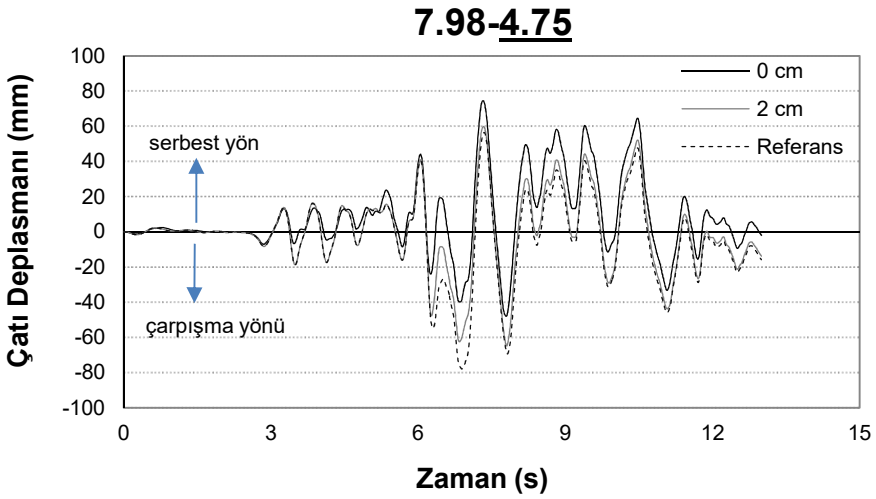


Şekil B15. 7.75-4.98 kombinasyonu KOCAELİDZC270 ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği

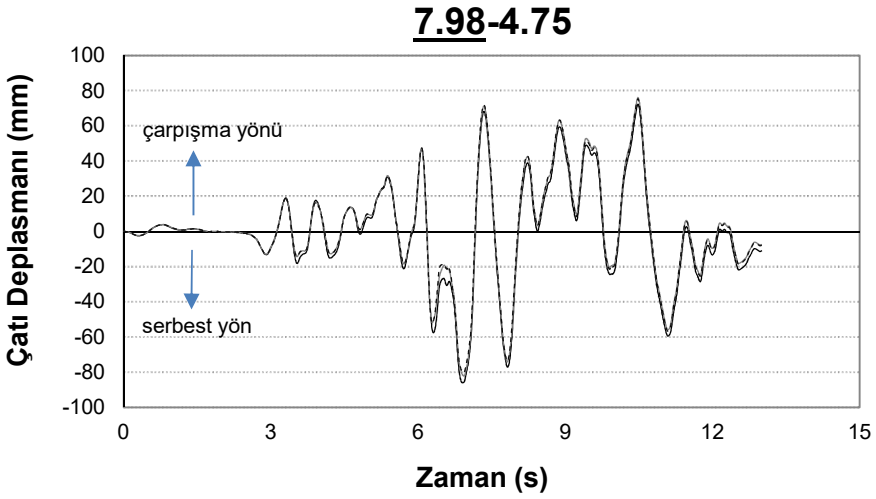


Şekil B16. 7.75-4.98 kombinasyonu KOCAELİDZC270 ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği

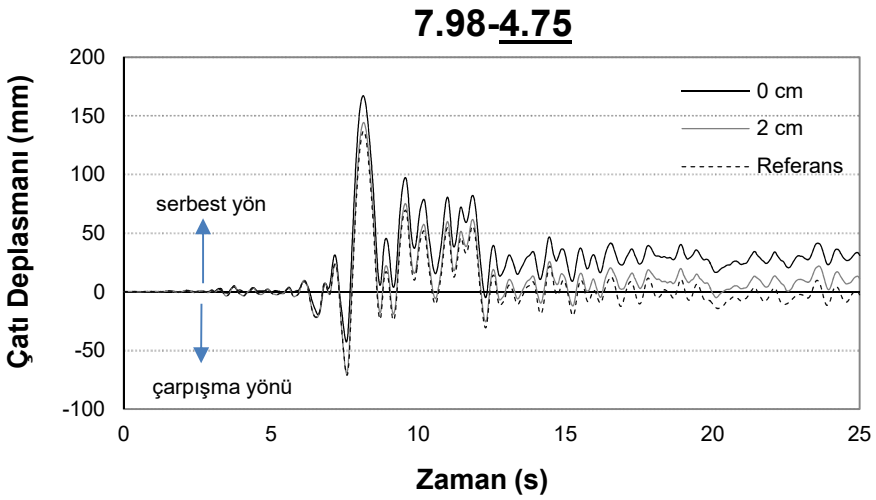
EK C 7.98-4.75 İkili Modellerin Çatı (tepe) Deplasman Talepleri



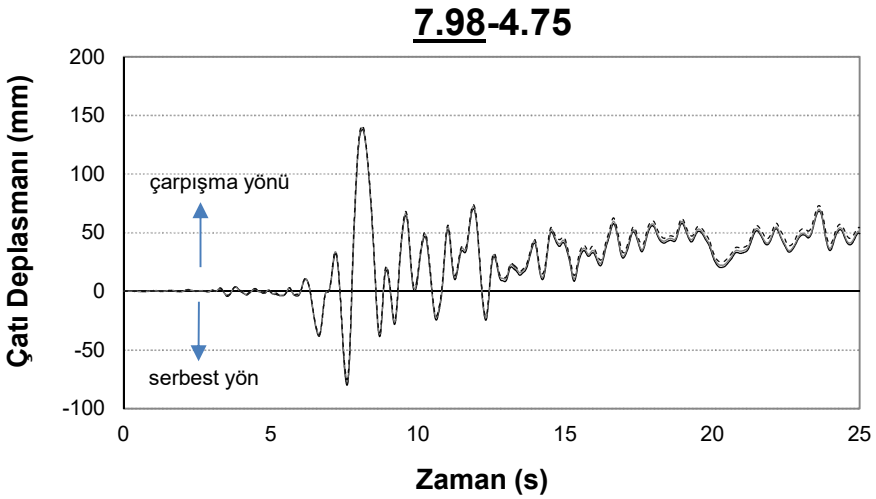
Şekil C1. 7.98-4.75 kombinasyonu GAZLİGAZ000 ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



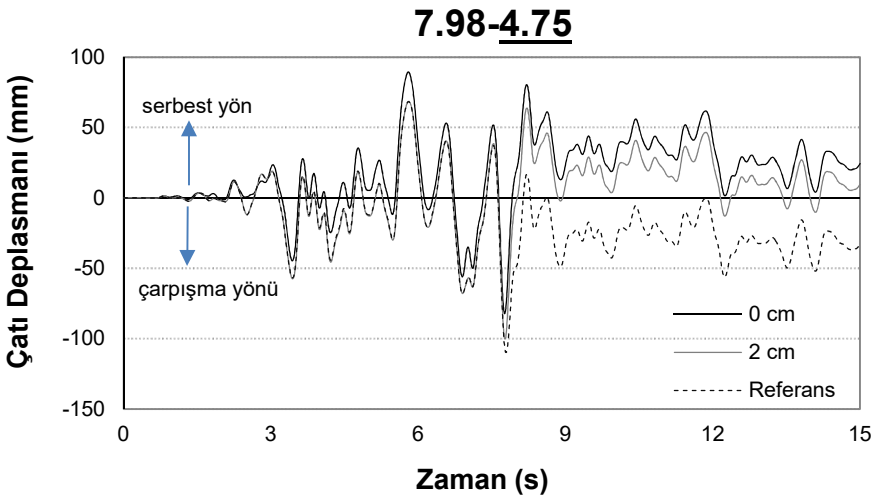
Şekil C2. 7.98-4.75 kombinasyonu GAZLİGAZ000 ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



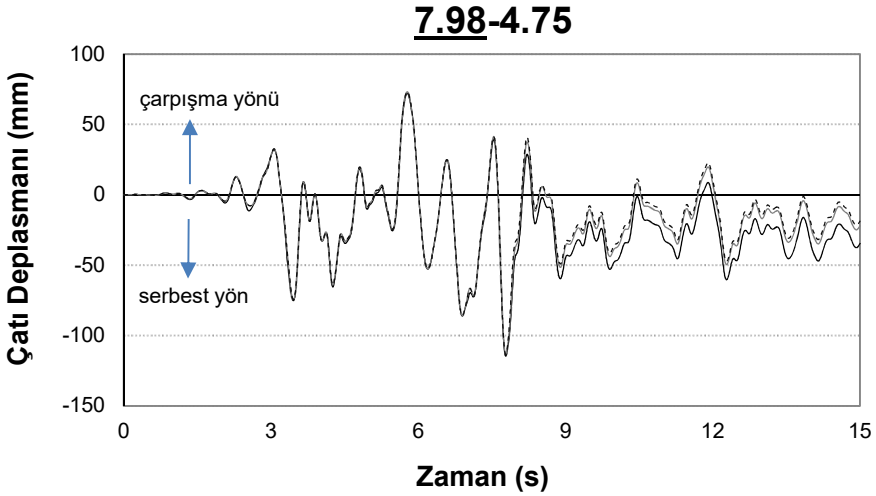
Şekil C3. 7.98-4.75 kombinasyonu LOMAPHSP000 ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



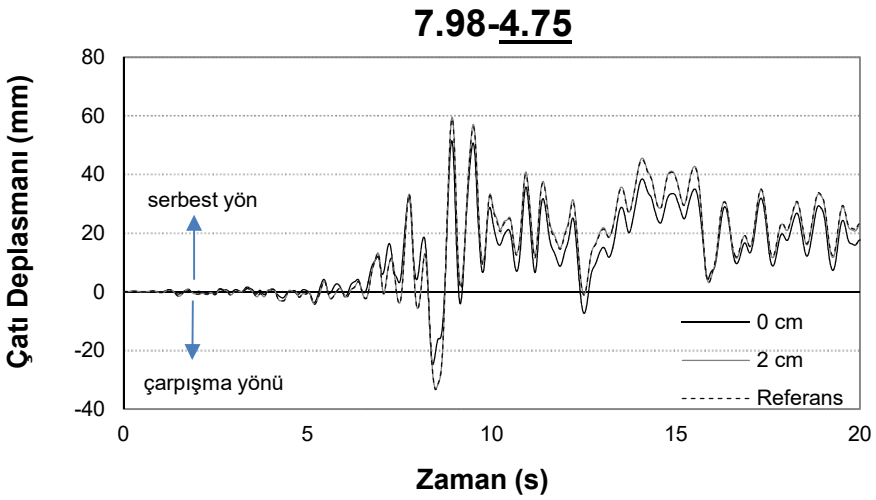
Şekil C4. 7.98-4.75 kombinasyonu LOMAPHSP000 ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



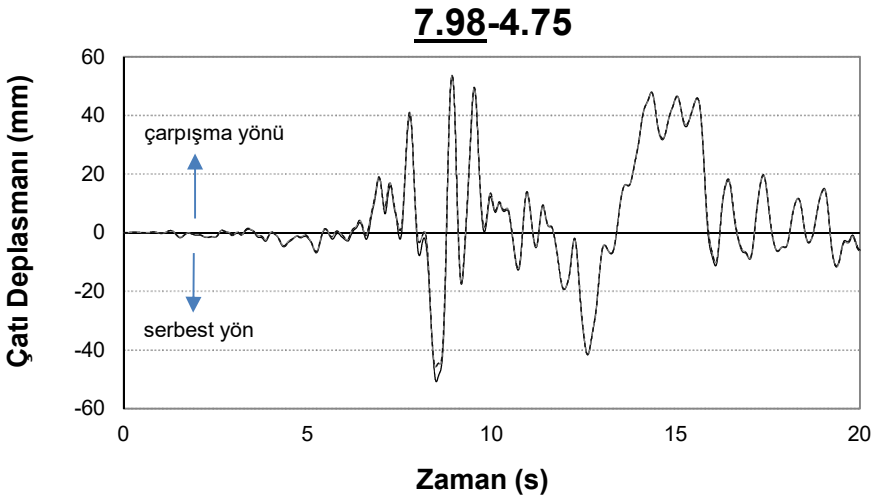
Şekil C5. 7.98-4.75 kombinasyonu NORTHRSPV360 ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



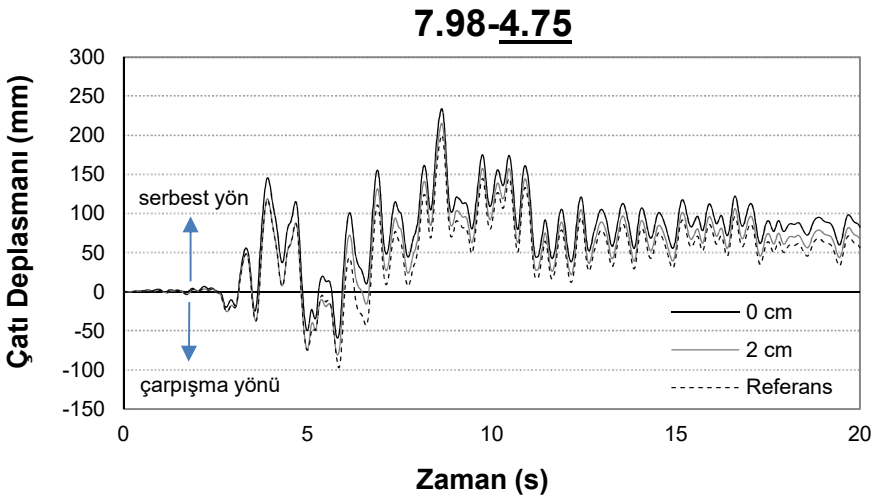
Şekil C6. 7.98-4.75 kombinasyonu NORTHRSPV360 ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



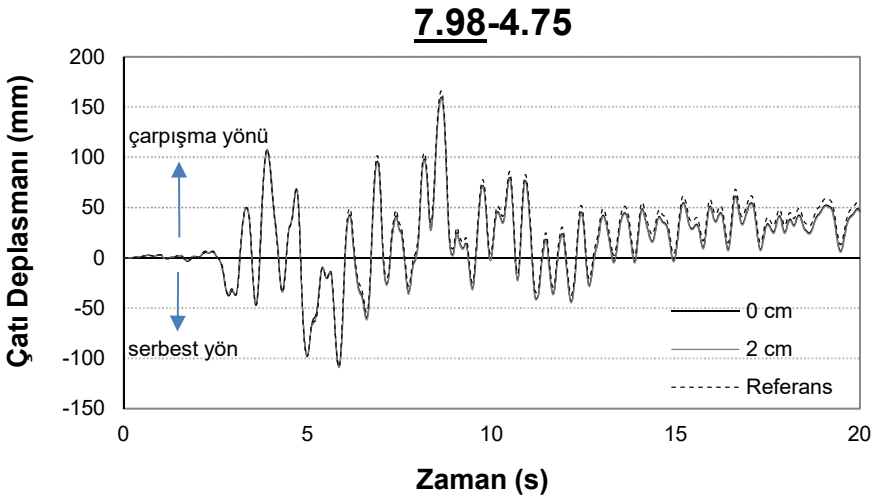
Şekil C7. 7.98-4.75 kombinasyonu KOCAELİDZC180 ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



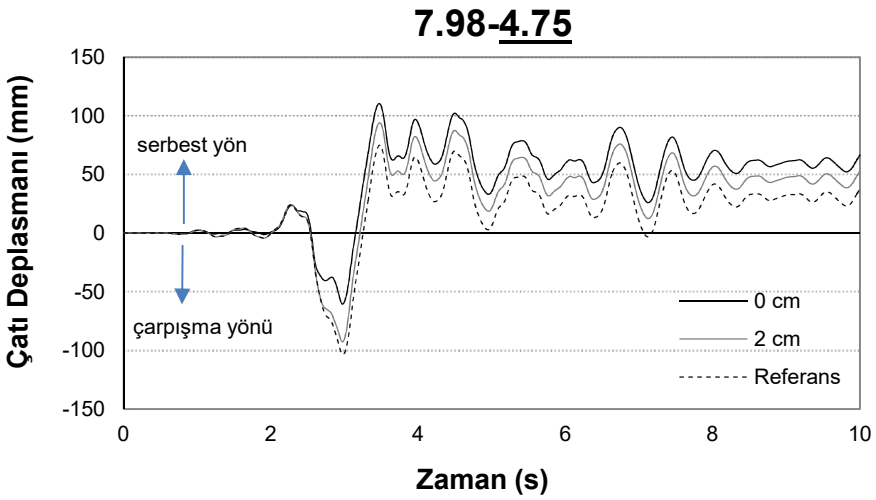
Şekil C8. 7.98-4.75 kombinasyonu KOCAELİDZC180 ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



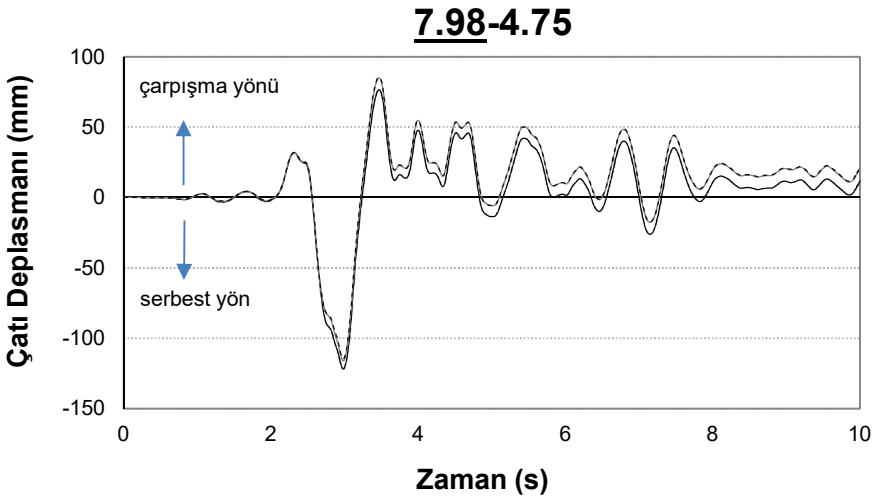
Şekil C9. 7.98-4.75 kombinasyonu NORTHRTAR360 ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



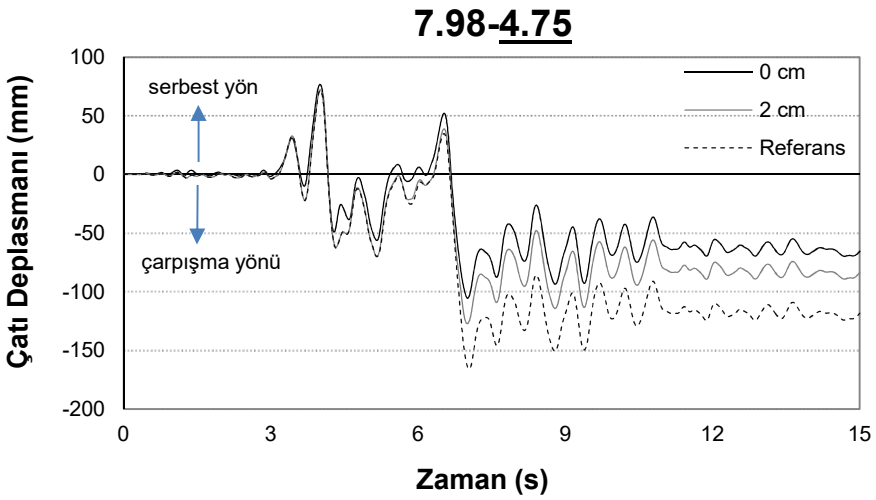
Şekil C10. 7.98-4.75 kombinasyonu NORTHRTAR360 ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



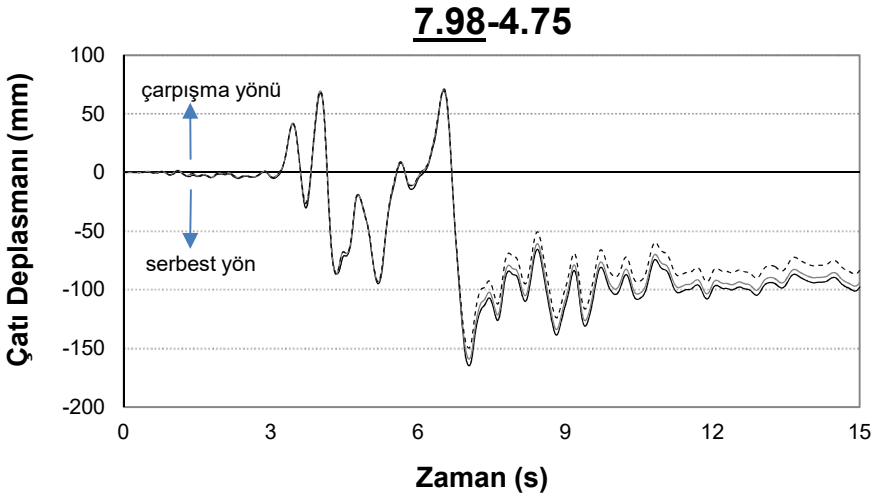
Şekil C11. 7.98-4.75 kombinasyonu PALMSPRNPS210 ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



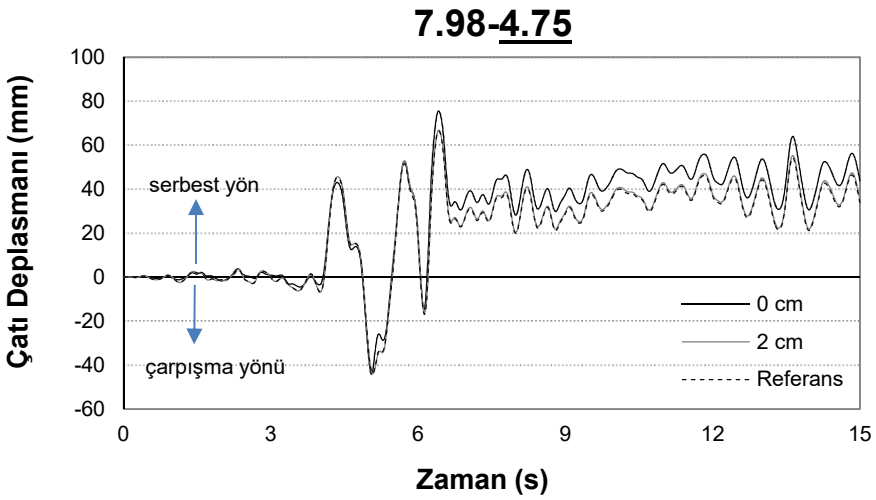
Şekil C12. 7.98-4.75 kombinasyonu PALMSPRNPS210 ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



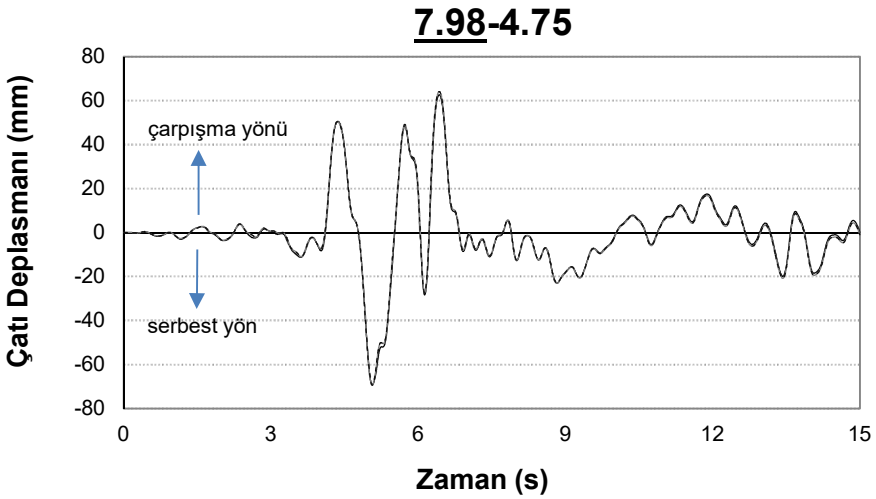
Şekil C13. 7.98-4.75 kombinasyonu NORTHRSYL090 ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



Şekil C14. 7.98-4.75 kombinasyonu NORTHRSYL090 ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği

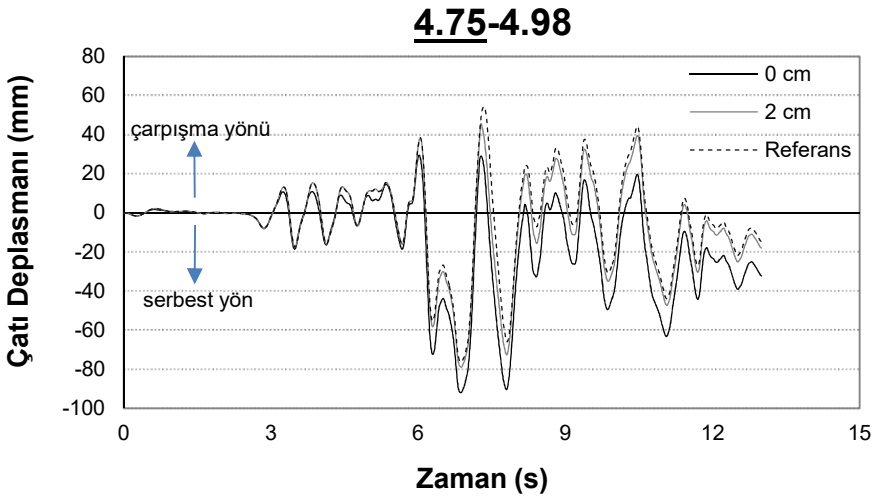


Şekil C15. 7.98-4.75 kombinasyonu KOCAELİDZC270 ivme kaydı için 4 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği

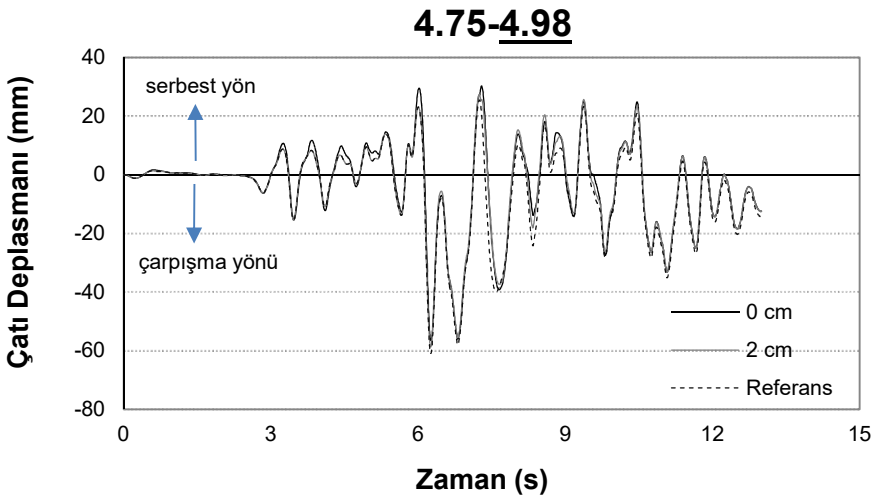


Şekil C16. 7.98-4.75 kombinasyonu KOCAELİDZC270 ivme kaydı için 7 katlı modeldeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği

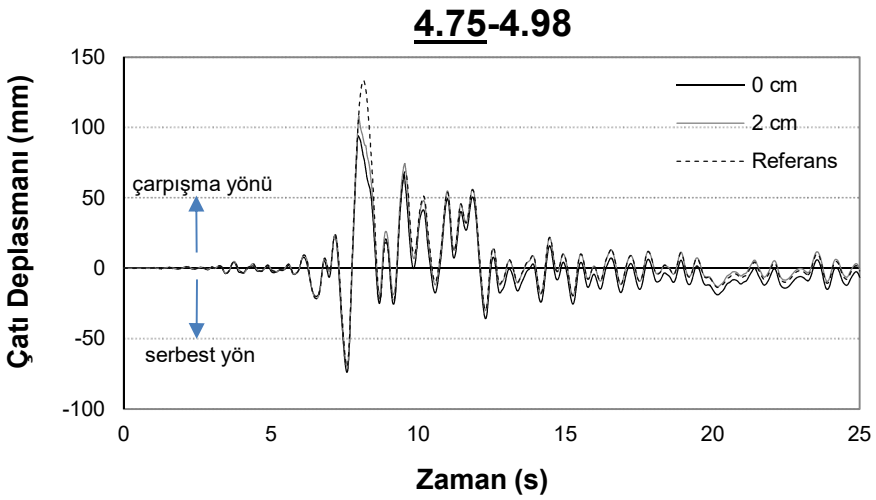
EK D 4.75-4.98 İkili Modellerin Çatı (tepe) Deplasman Talepleri



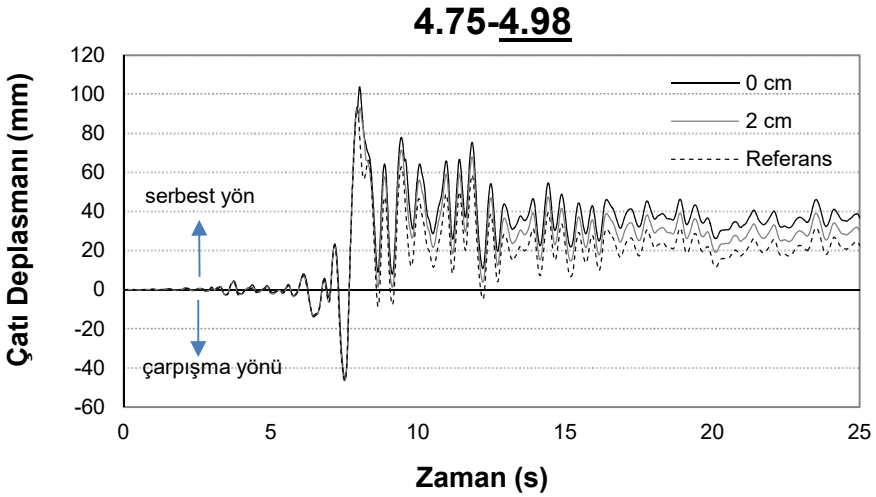
Şekil D1. 4.75-4.98 kombinasyonu GAZLİGAZ000 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



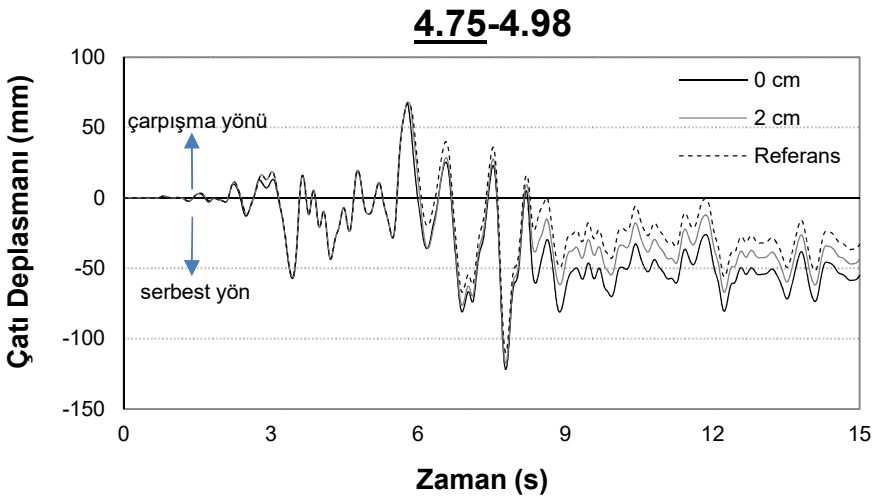
Şekil D2. 4.75-4.98 kombinasyonu GAZLİGAZ000 ivme kaydı için 4.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



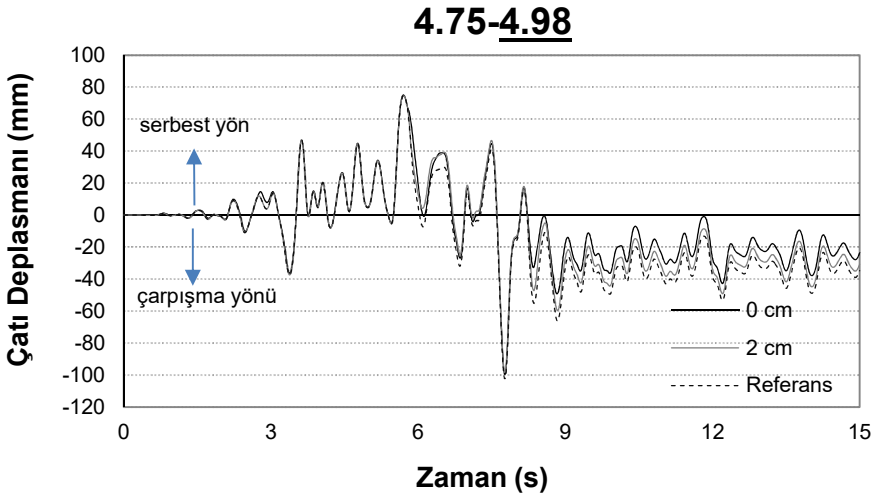
Şekil D3. 4.75-4.98 kombinasyonu LOMAPHSP000 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



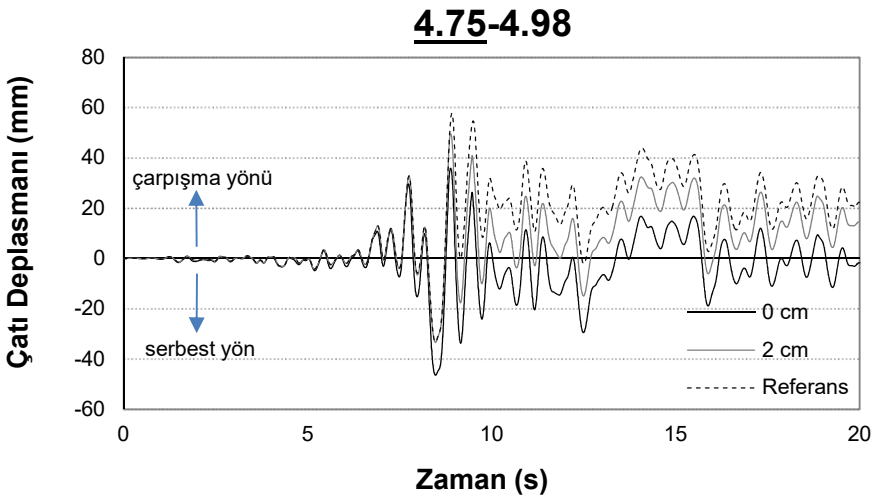
Şekil D4. 4.75-4.98 kombinasyonu LOMAPHSP000 ivme kaydı için 4.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



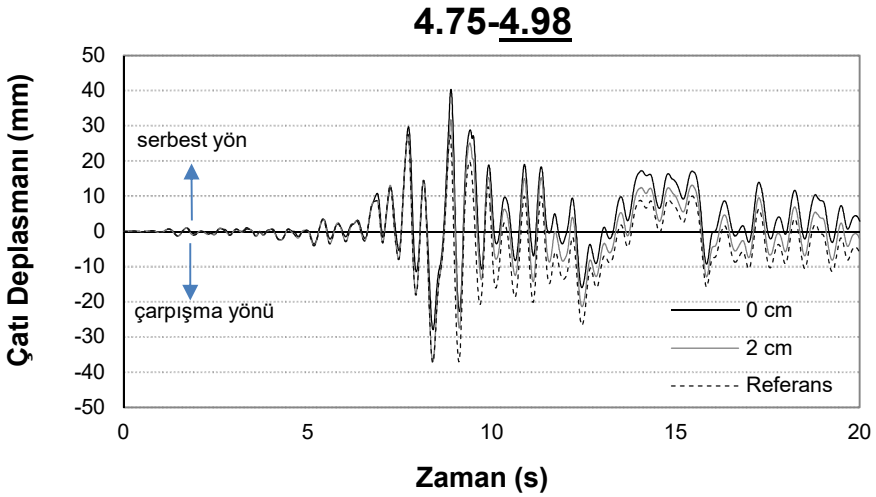
Şekil D5. 4.75-4.98 kombinasyonu NORTHRSPV360 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



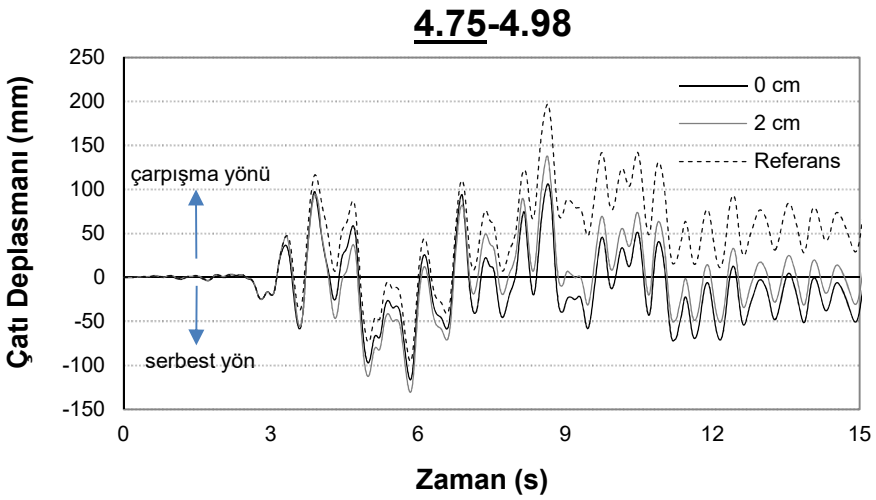
Şekil D6. 4.75-4.98 kombinasyonu NORTHRSPV360 ivme kaydı için 4.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



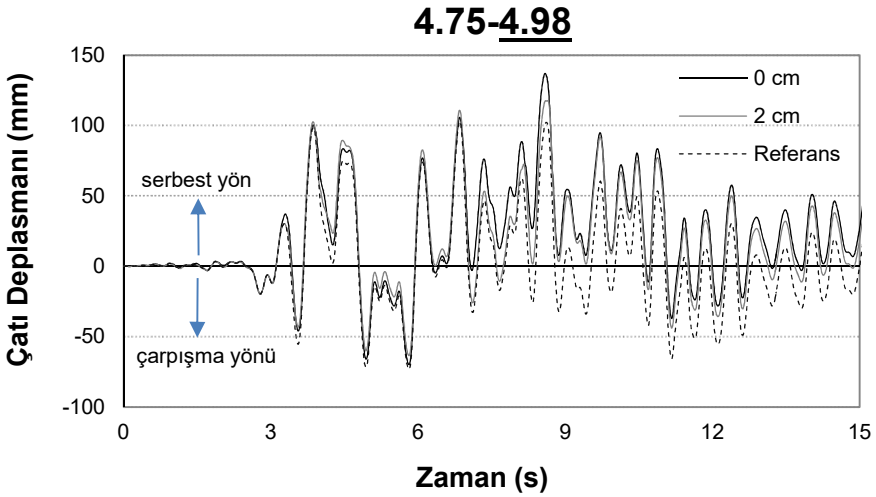
Şekil D7. 4.75-4.98 kombinasyonu KOCAELİDZC180 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



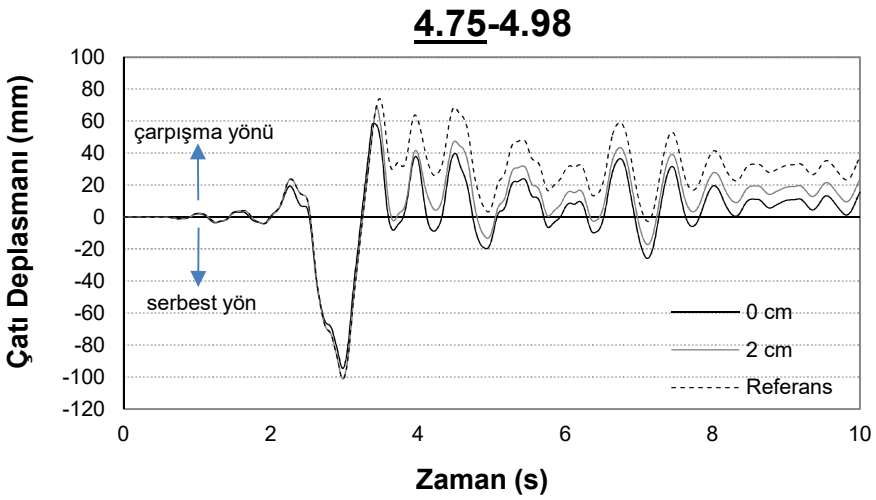
Şekil D8. 4.75-4.98 kombinasyonu KOCAELİDZC180 ivme kaydı için 4.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



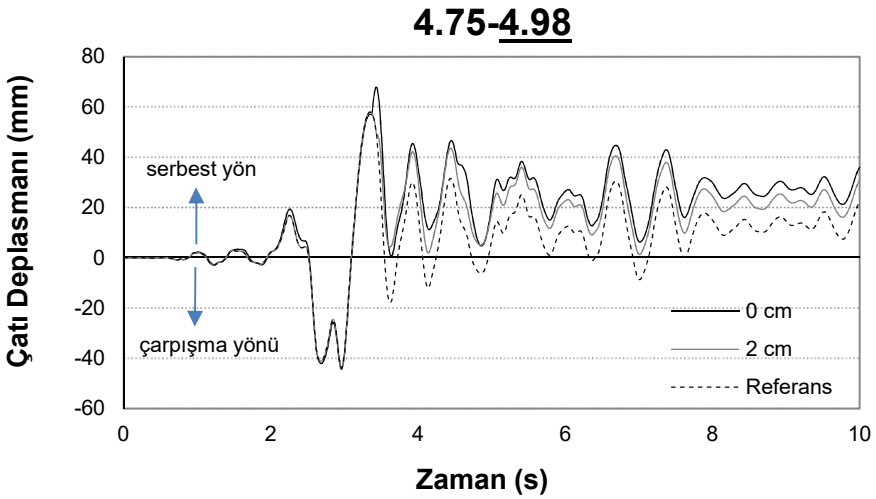
Şekil D9. 4.75-4.98 kombinasyonu NORTHRTAR360 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



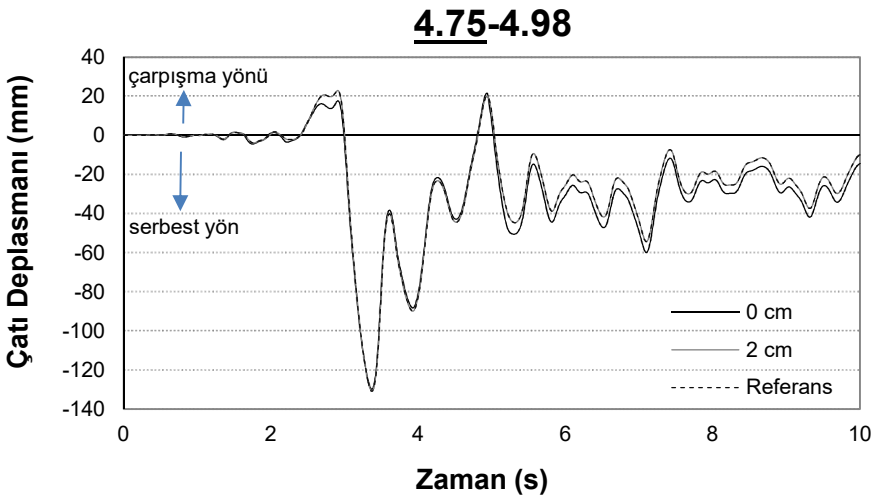
Şekil D10. 4.75-4.98 kombinasyonu NORTHRTAR360 ivme kaydı için 4.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



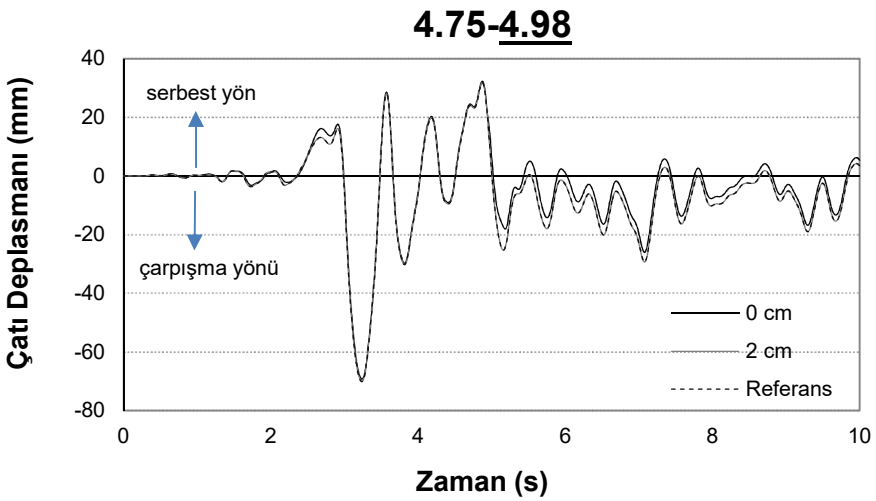
Şekil D11. 4.75-4.98 kombinasyonu PALMSPRNPS210 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



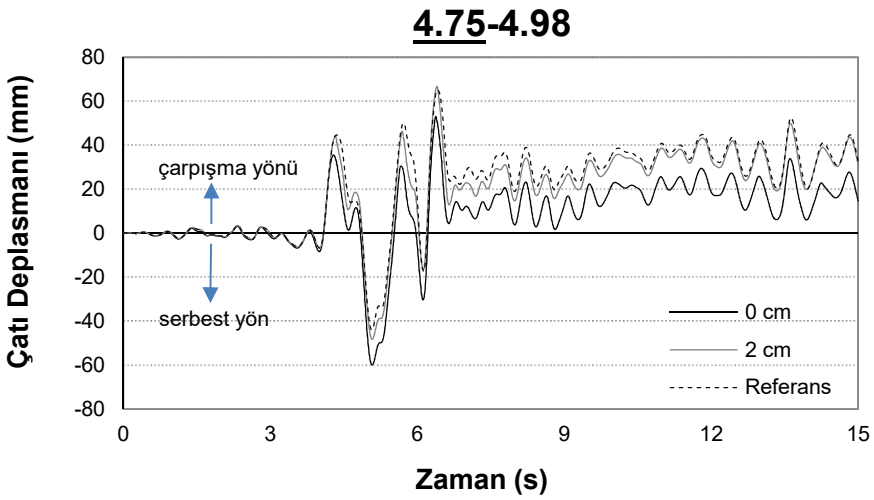
Şekil D12. 4.75-4.98 kombinasyonu PALMSPRNPS210 ivme kaydı için 4.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



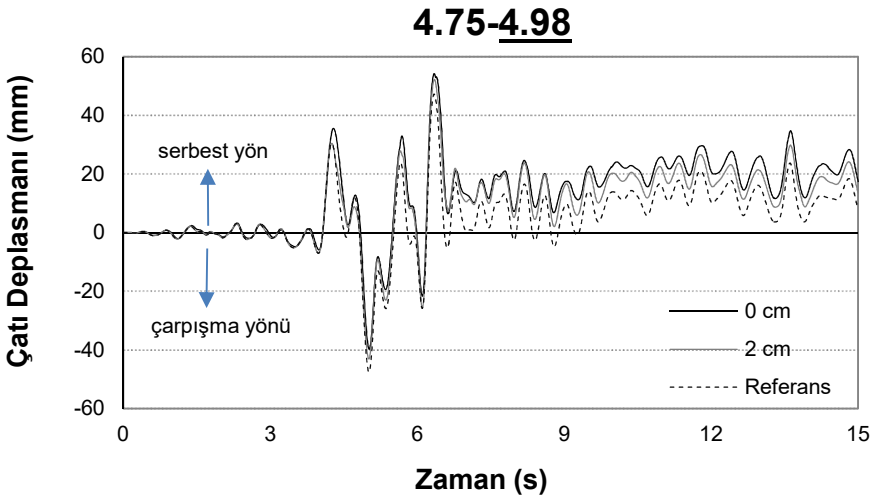
Şekil D13. 4.75-4.98 kombinasyonu ERZEW ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



Şekil D14. 4.75-4.98 kombinasyonu ERZEW ivme kaydı için 4.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği

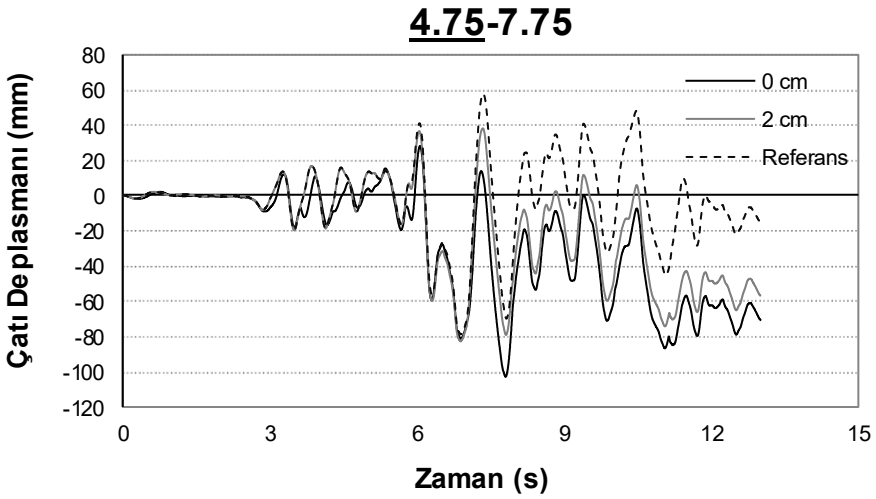


Şekil D15. 4.75-4.98 kombinasyonu KOCAELİDZC270 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği

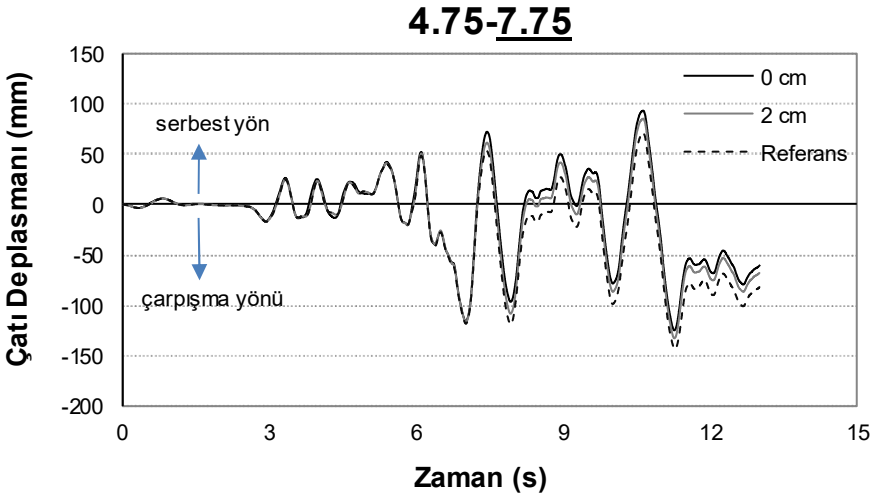


Şekil D16. 4.75-4.98 kombinasyonu KOCAELİDZC270 ivme kaydı için 4.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği

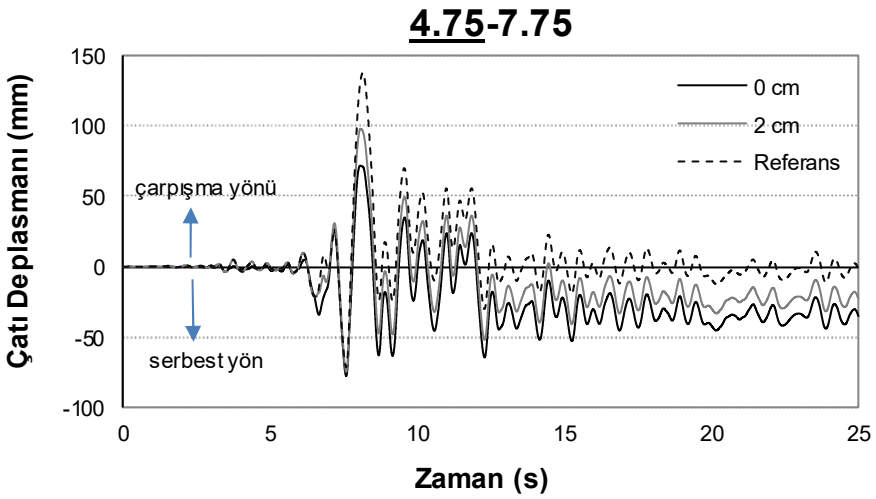
EK E 4.75-7.75 İkili Modellerin Çatı (tepe) Deplasman Talepleri



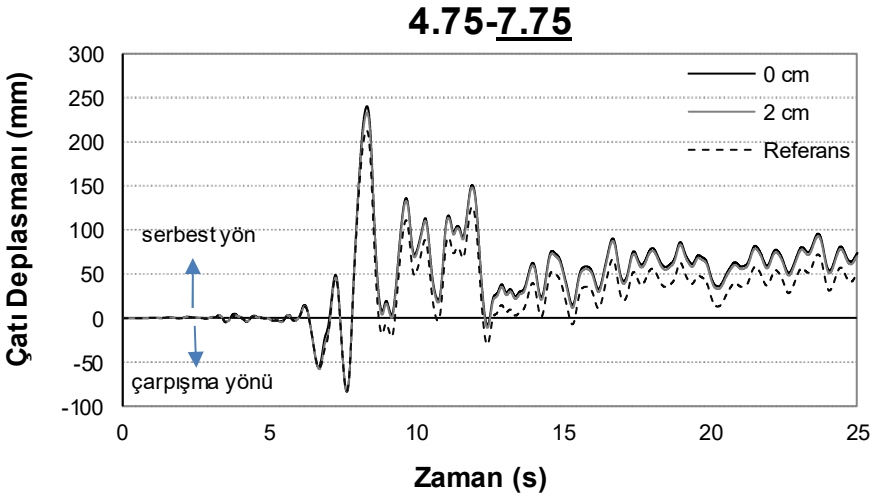
Şekil E1. 4.75-7.75 kombinasyonu GAZLIGAZ000 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



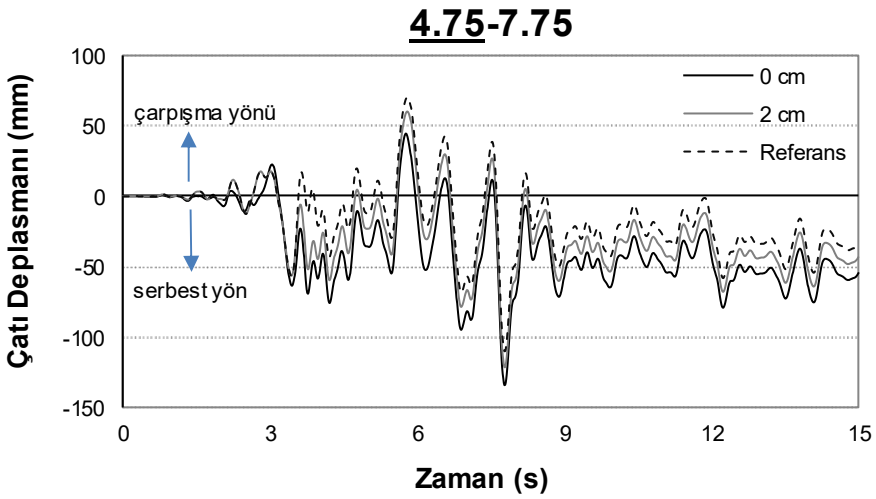
Şekil E2. 4.75-4.75 kombinasyonu GAZLIGAZ000 ivme kaydı için 7.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



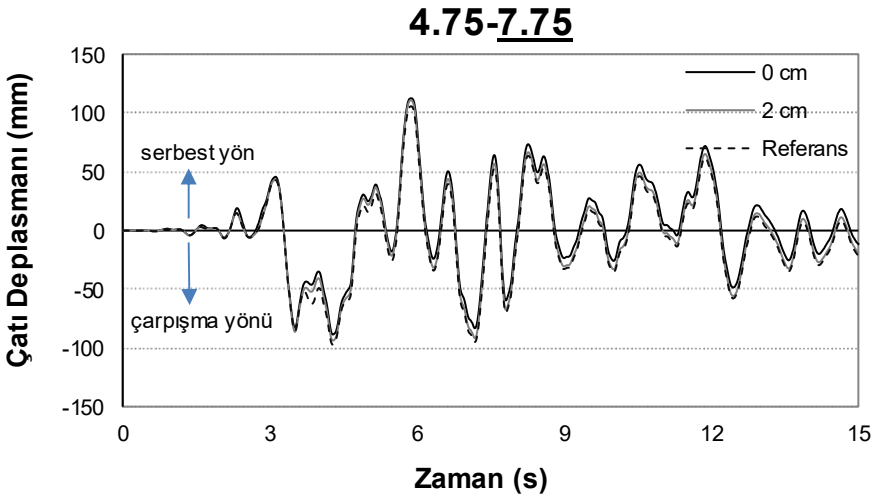
Şekil E3. 4.75-7.75 kombinasyonu LOMAPHSP000 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



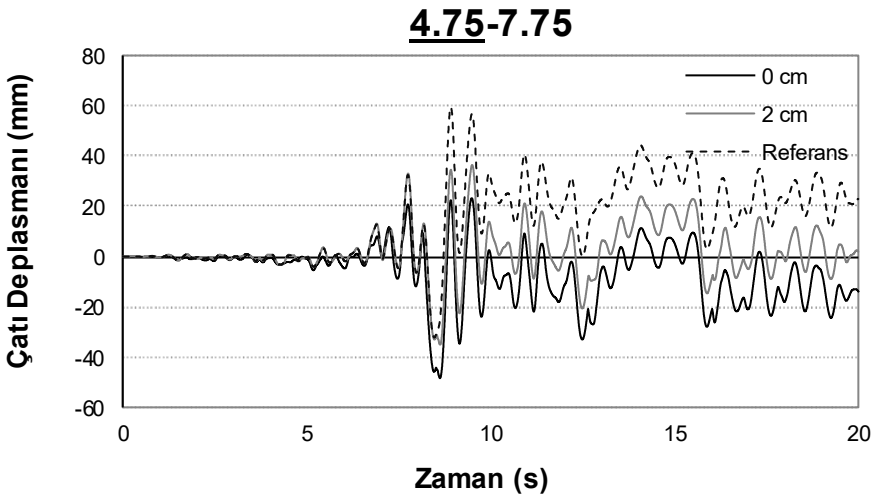
Şekil E4. 4.75-7.75 kombinasyonu LOMAPHSP000 ivme kaydı için 7.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



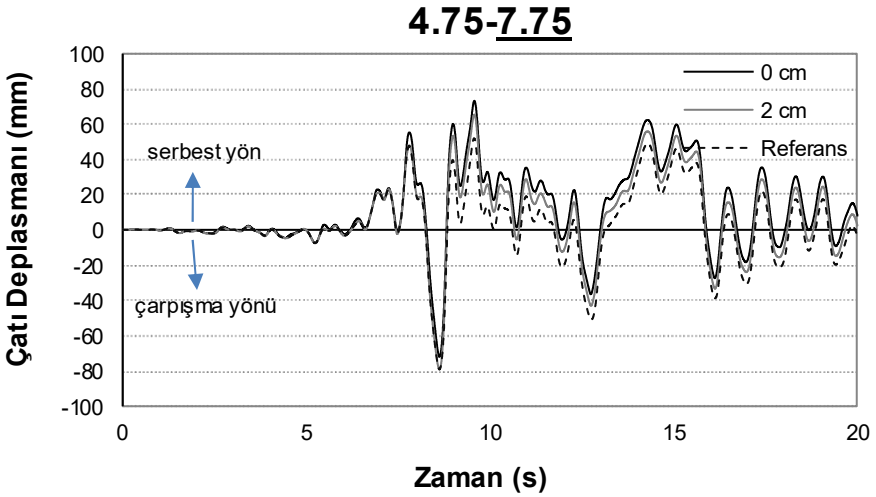
Şekil E5. 4.75-7.75 kombinasyonu NORTHSPV360 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



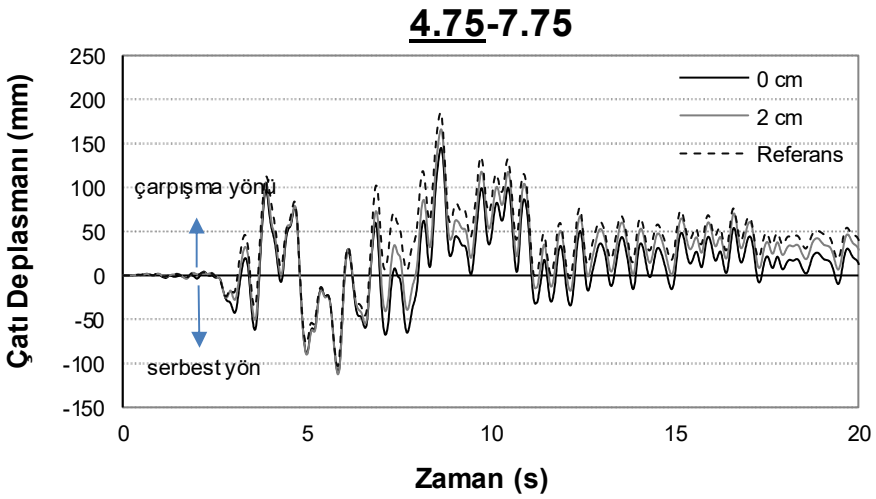
Şekil E6. 4.75-7.75 kombinasyonu NORTHSPV360 ivme kaydı için 7.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



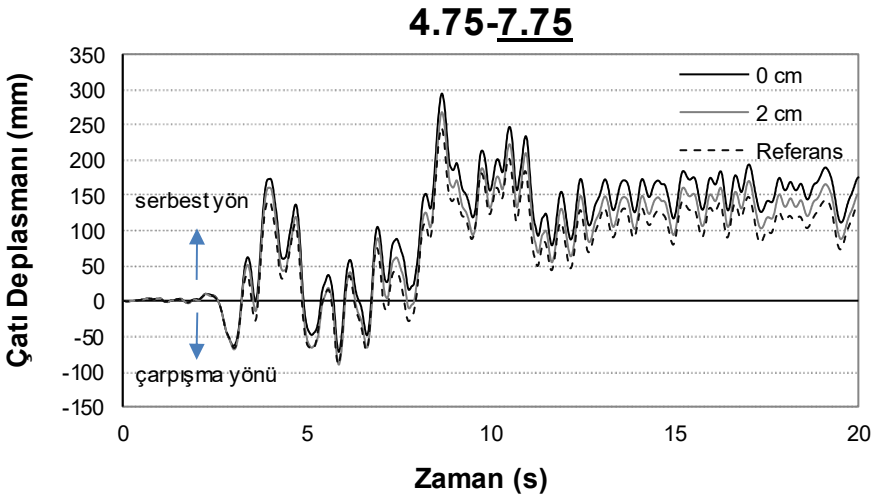
Şekil E7. 4.75-7.75 kombinasyonu KOCDZC180 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



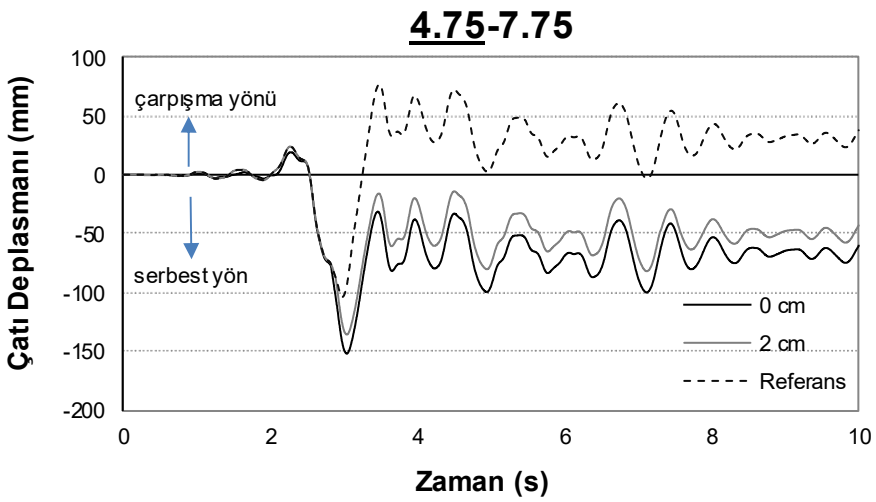
Şekil E8. 4.75-7.75 kombinasyonu KOCDZC180 ivme kaydı için 7.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



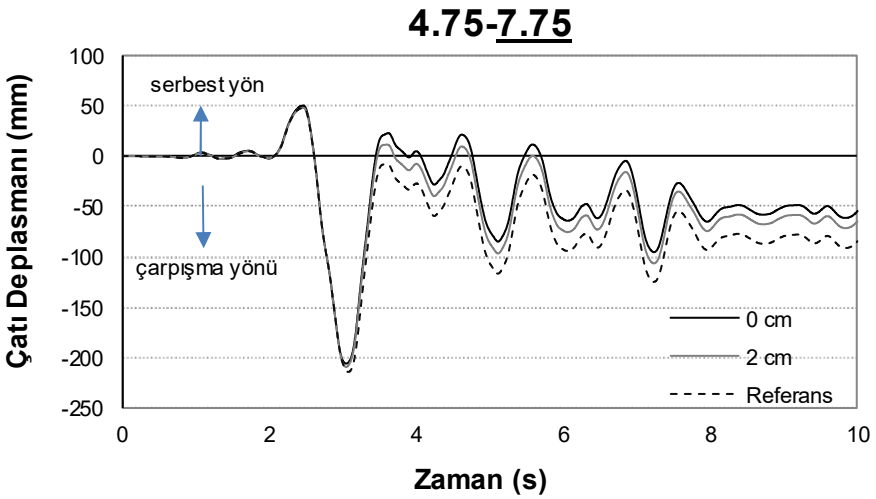
Şekil E9. 4.75-7.75 kombinasyonu NORTHTAR360 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



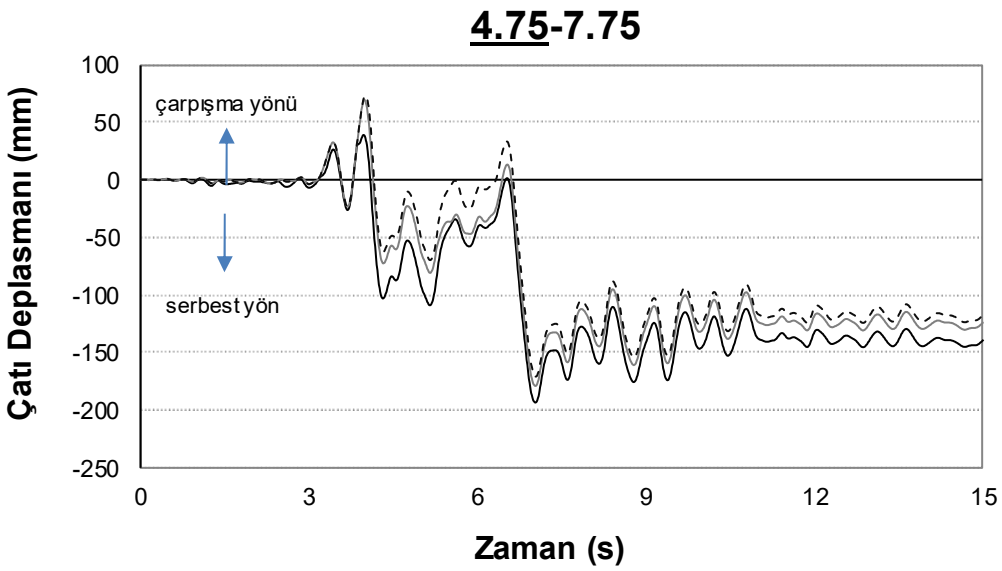
Şekil E10. 4.75-7.75 kombinasyonu NORTHTAR360 ivme kaydı için 7.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



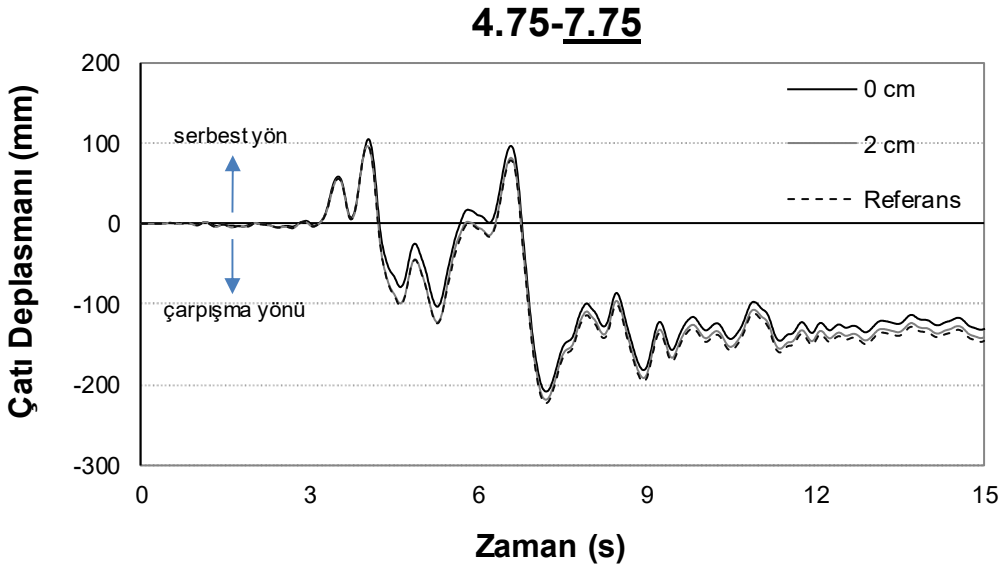
Şekil E11. 4.75-7.75 kombinasyonu PALMSPRNPS210 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



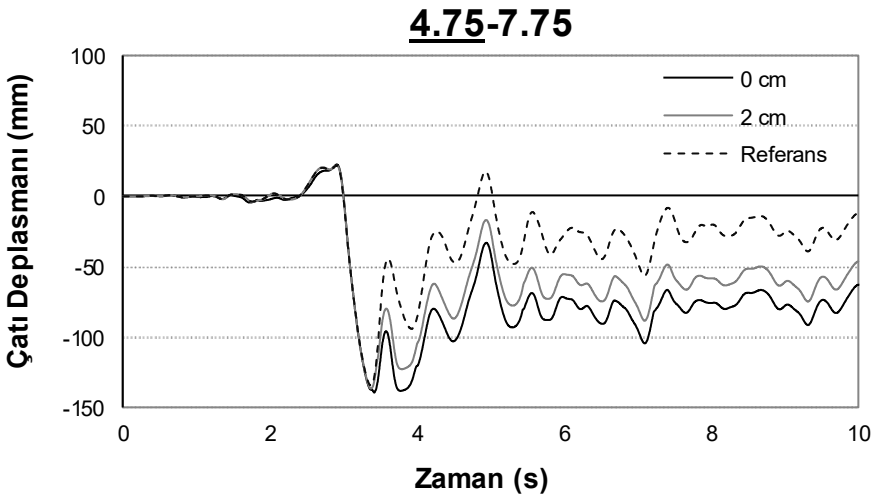
Şekil E12. 4.75-7.75 kombinasyonu PALMSPRNPS210 ivme kaydı için 7.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



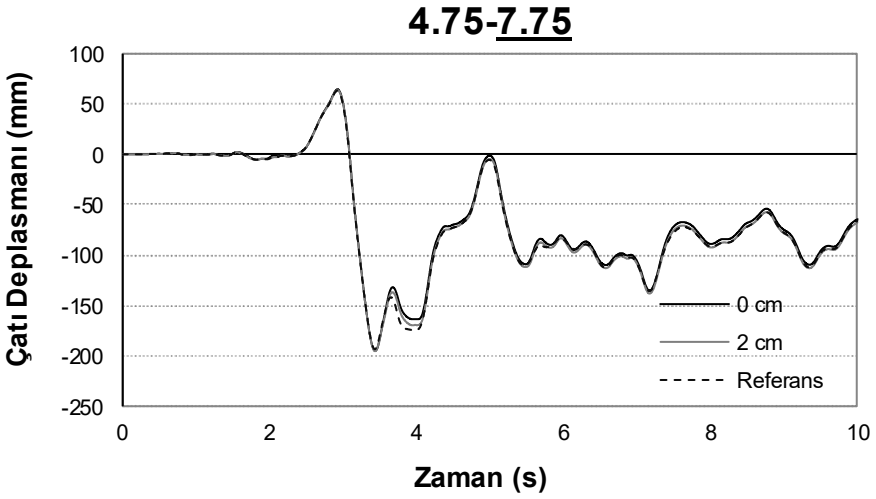
Şekil E13. 4.75-7.75 kombinasyonu NORTHSYL090 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



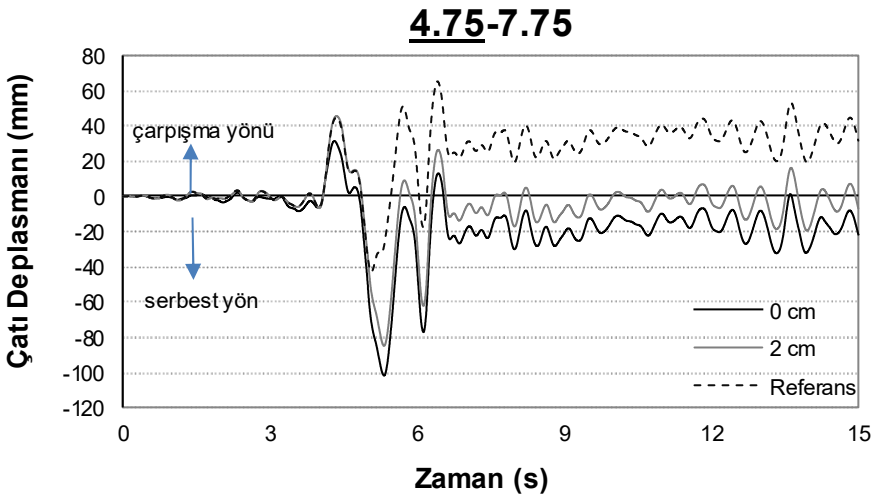
Şekil E14. 4.75-7.75 kombinasyonu NORTHSYL090 ivme kaydı için 7.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



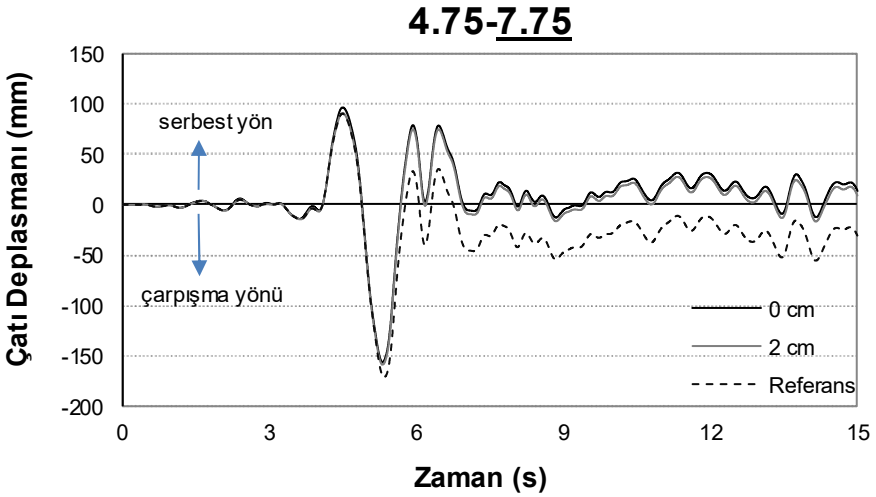
Şekil E15. 4.75-7.75 kombinasyonu ERZEW ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



Şekil E16. 4.75-7.75 kombinasyonu ERZEW ivme kaydı için 7.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği

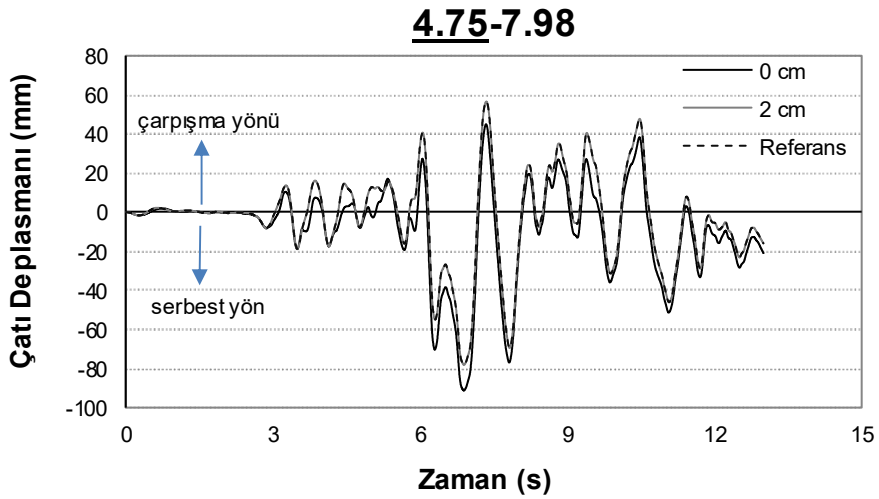


Şekil E17. 4.75-7.75 kombinasyonu KOCDZC270 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği

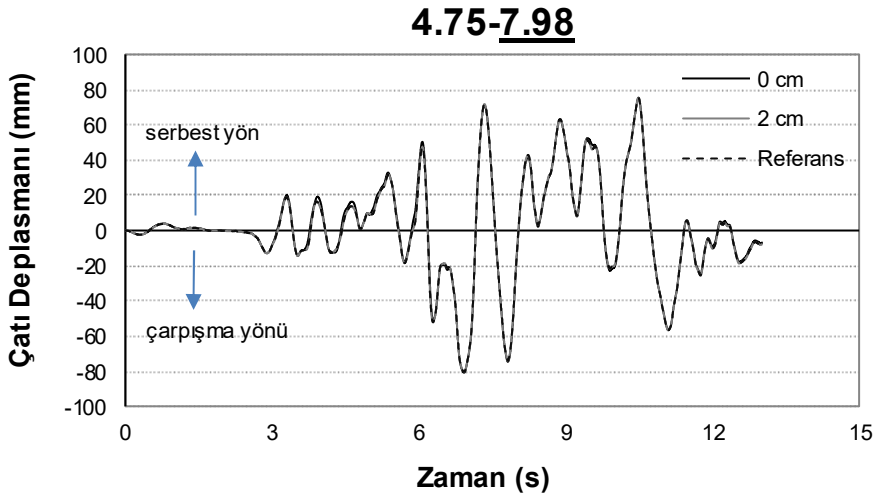


Şekil E18. 4.75-7.75 kombinasyonu KOCDZC270 ivme kaydı için 7.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği

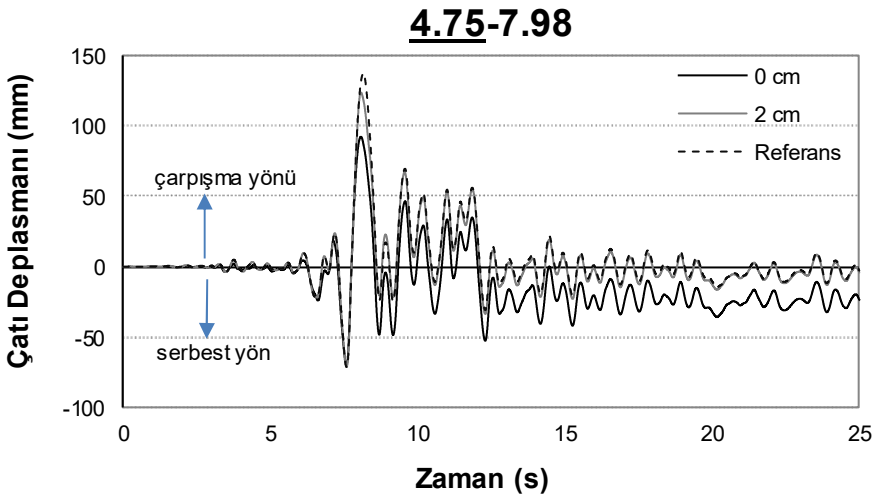
EK F 4.75-7.98 İkili Modellerin Çatı (tepe) Deplasman Talepleri



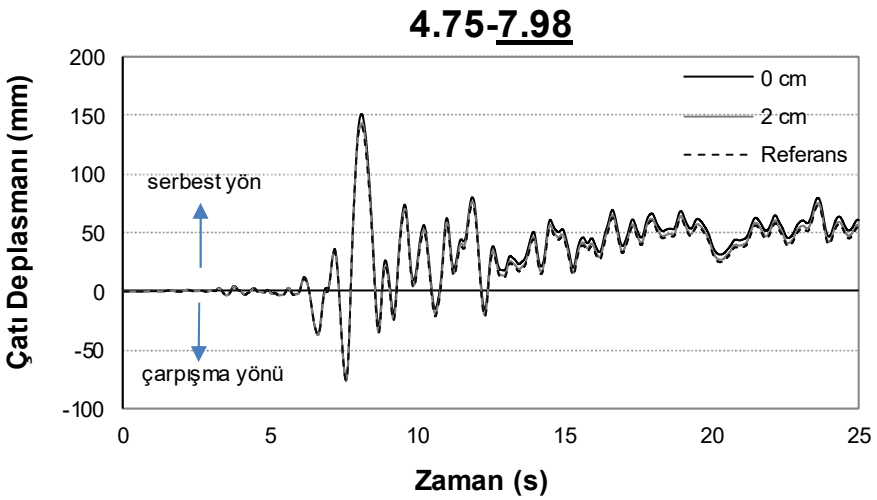
Şekil F1. 4.75-7.98 kombinasyonu GAZLIGAZ000 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



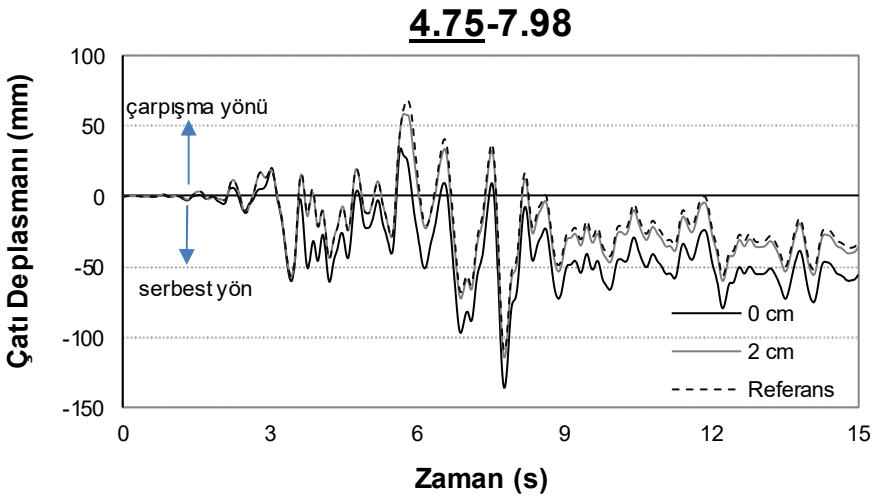
Şekil F2. 4.75-7.98 kombinasyonu GAZLIGAZ000 ivme kaydı için 7.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



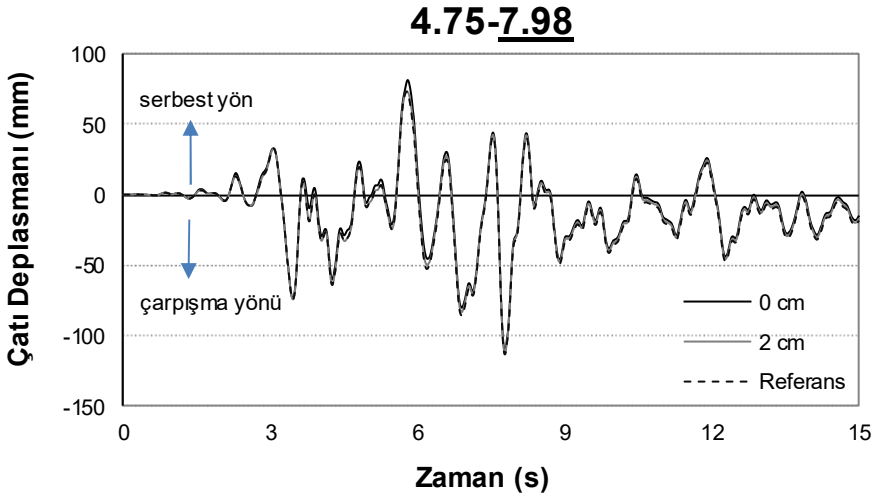
Şekil F3. 4.75-7.98 kombinasyonu LOMAPHSP000 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



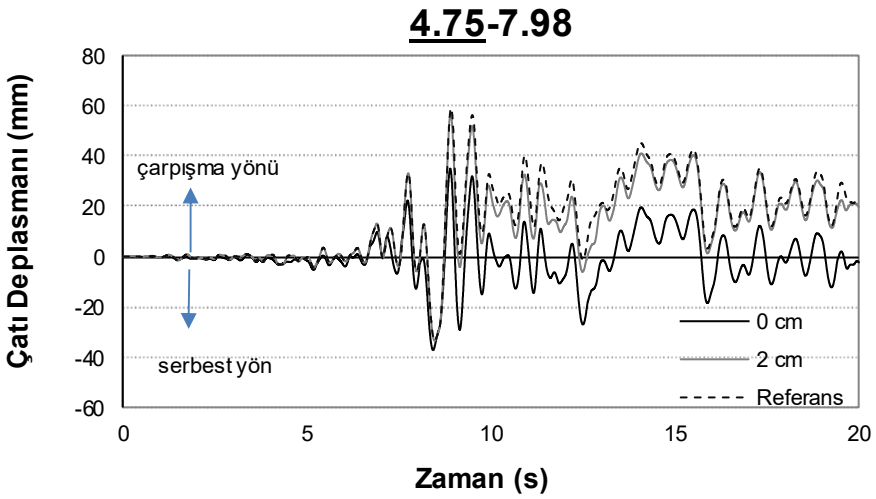
Şekil F4. 4.75-7.98 kombinasyonu LOMAPHSP000 ivme kaydı için 7.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



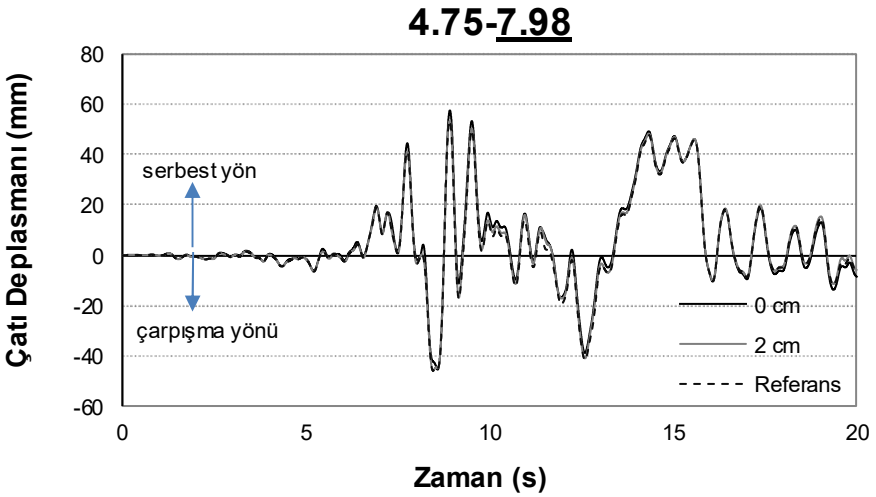
Şekil F5. 4.75-7.98 kombinasyonu NORTHSPV360 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



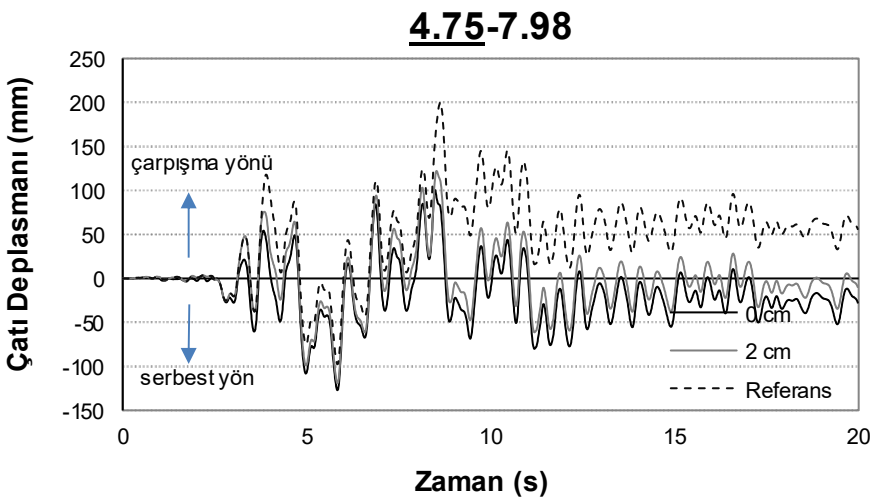
Şekil F6. 4.75-7.98 kombinasyonu NORTHSPV360 ivme kaydı için 7.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



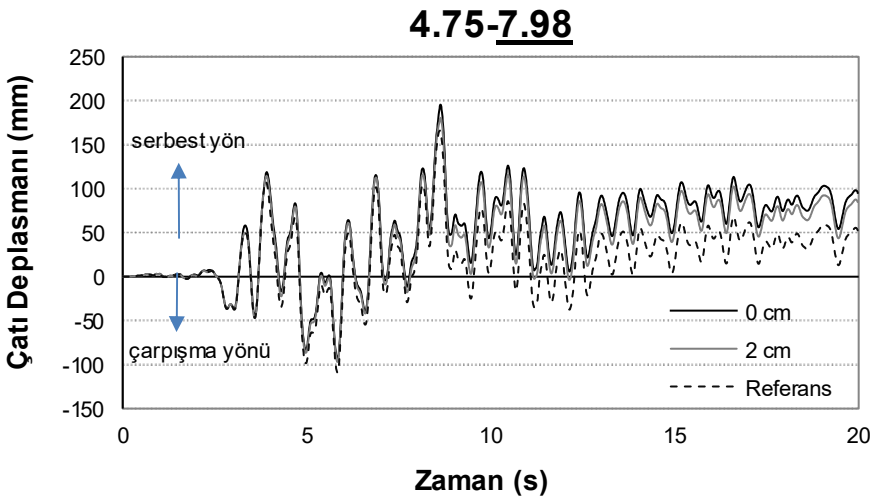
Şekil F7. 4.75-7.98 kombinasyonu KOCAELİDZC180 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



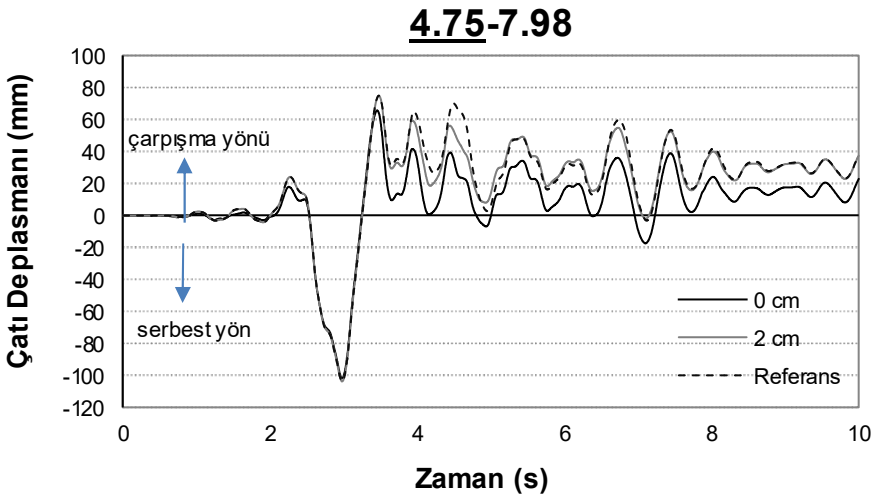
Şekil F8. 4.75-7.98 kombinasyonu KOCAELİDZC180 ivme kaydı için 7.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



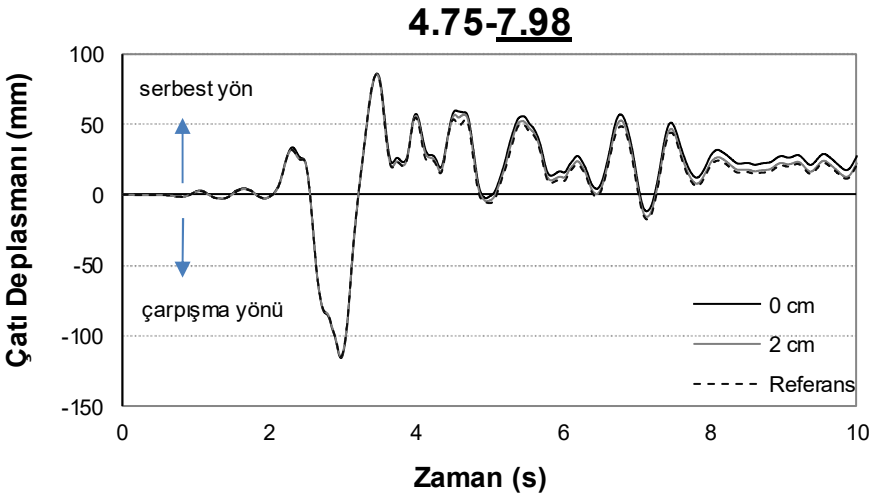
Şekil F9. 4.75-7.98 kombinasyonu NORTHTAR360 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



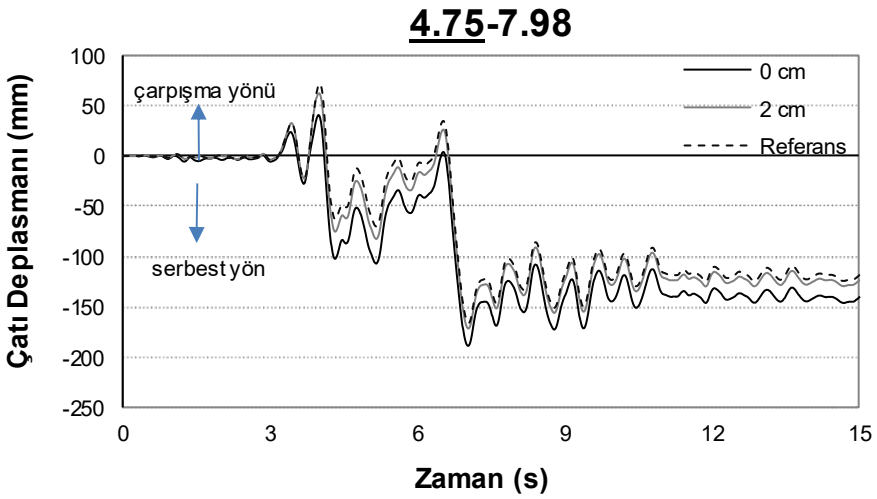
Şekil F10. 4.75-7.98 kombinasyonu NORTHTAR360 ivme kaydı için 7.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



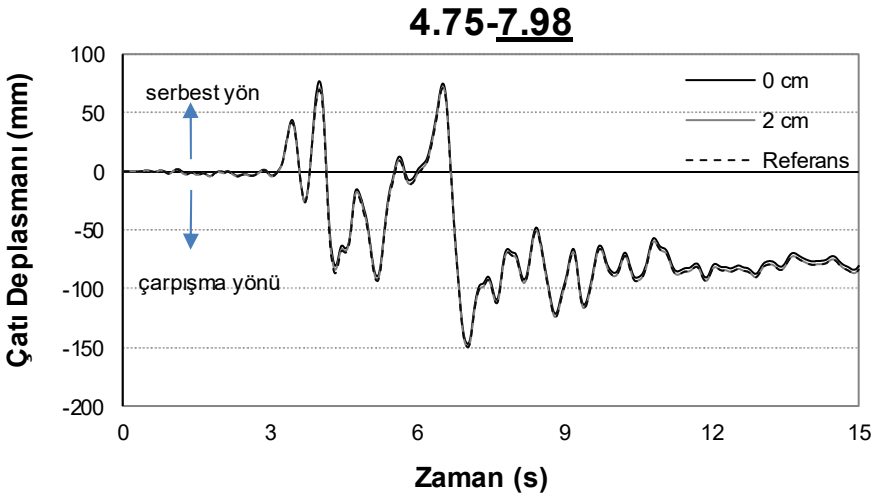
Şekil F11. 4.75-7.98 kombinasyonu PALMSPRNPS210 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



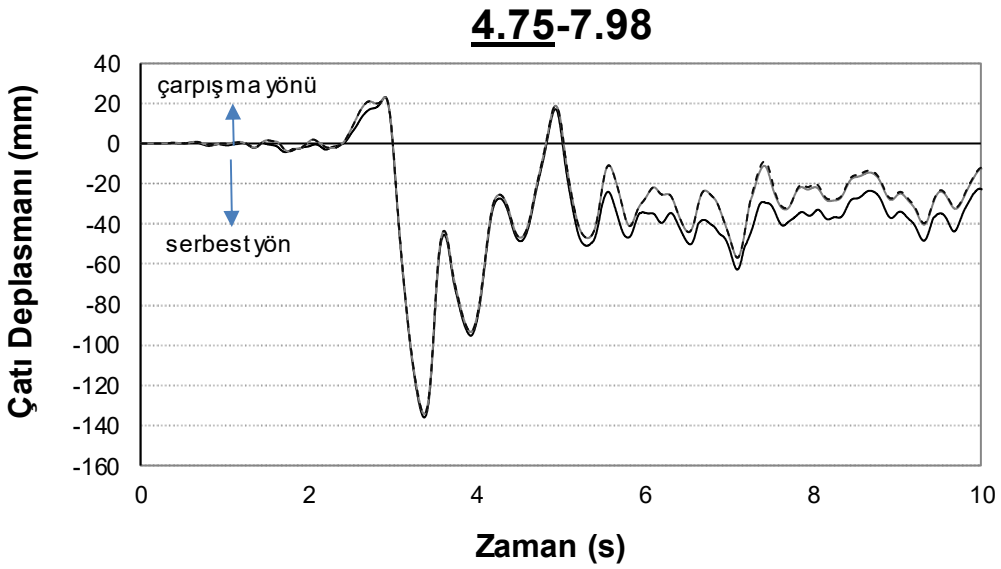
Şekil F12. 4.75-7.98 kombinasyonu PALMSPRNPS210 ivme kaydı için 7.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



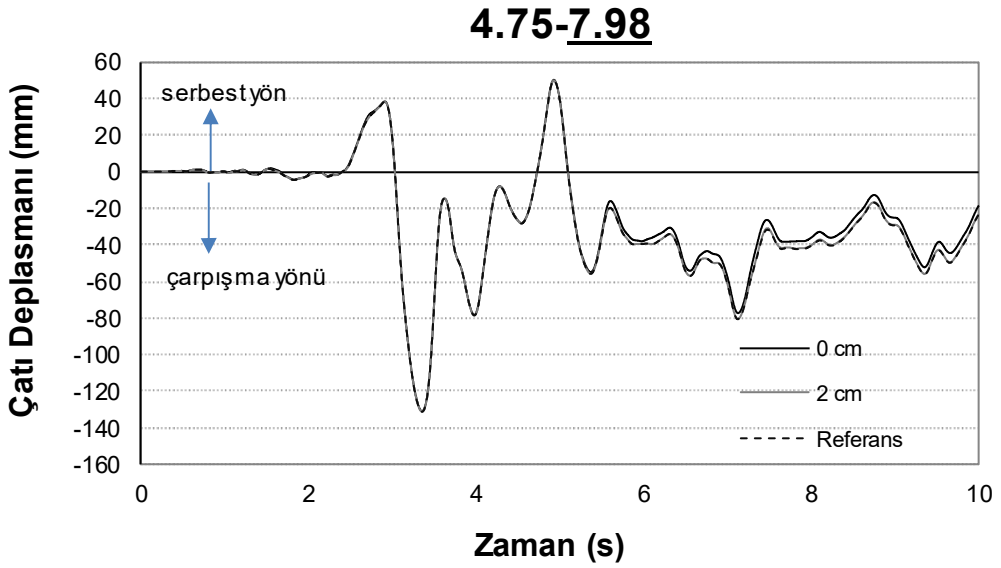
Şekil F13. 4.75-7.98 kombinasyonu NORTHSYL090 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



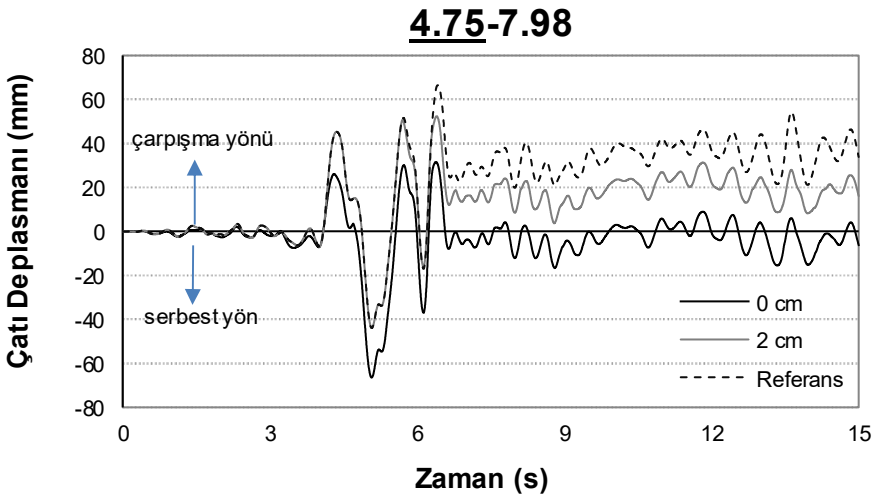
Şekil F14. 4.75-7.98 kombinasyonu NORTHSYL090 ivme kaydı için 7.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



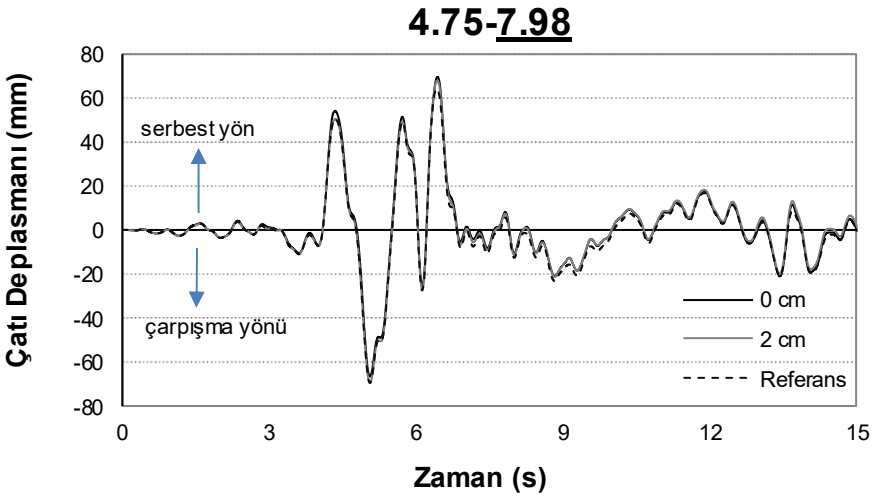
Şekil F15. 4.75-7.98 kombinasyonu ERZEW ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



Şekil F16. 4.75-7.98 kombinasyonu ERZEW ivme kaydı için 7.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği

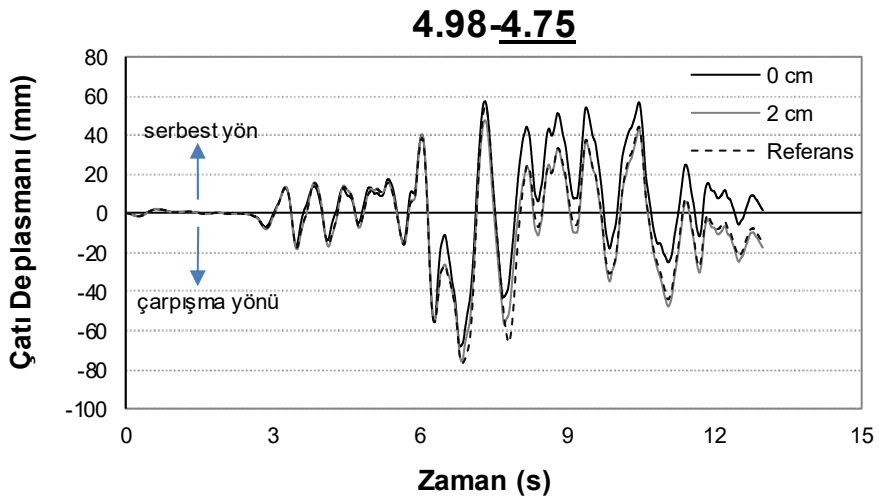


Şekil F17. 4.75-7.98 kombinasyonu KOCDZC270 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği

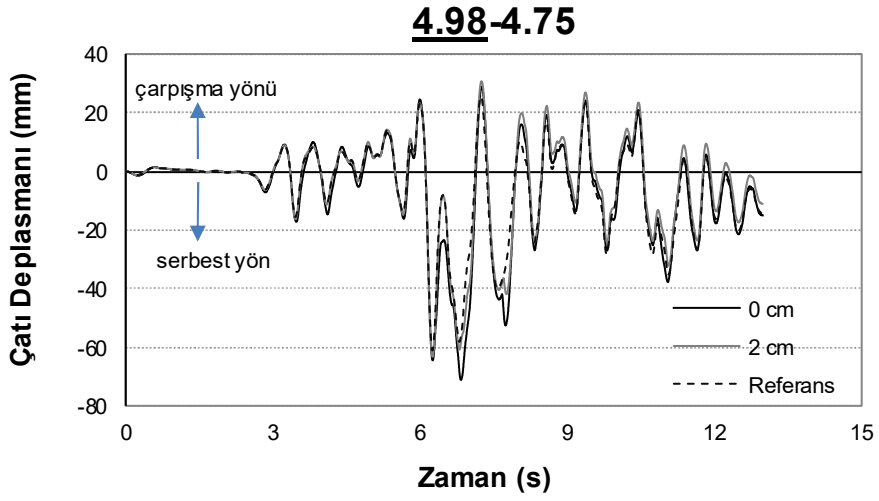


Şekil F18. 4.75-7.98 kombinasyonu KOCDZC270 ivme kaydı için 7.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği

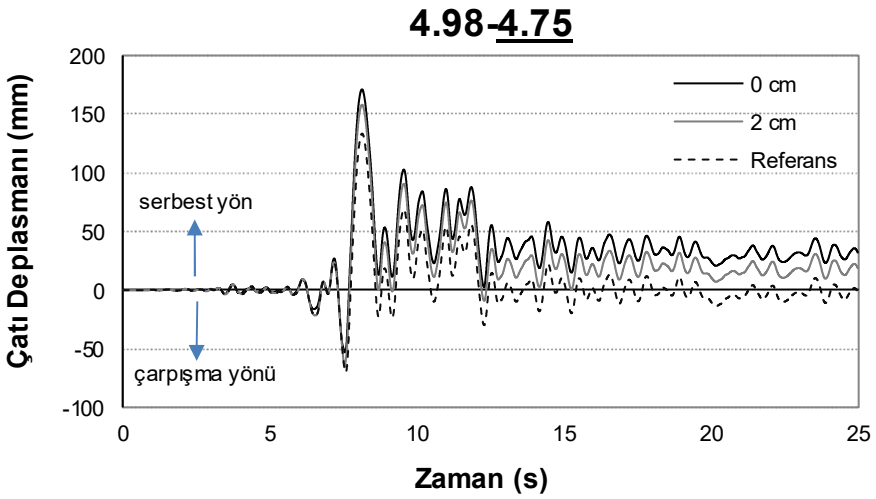
EK G. 4.98-4.75 İkili Modellerin Çatı (tepe) Deplasman Talepleri



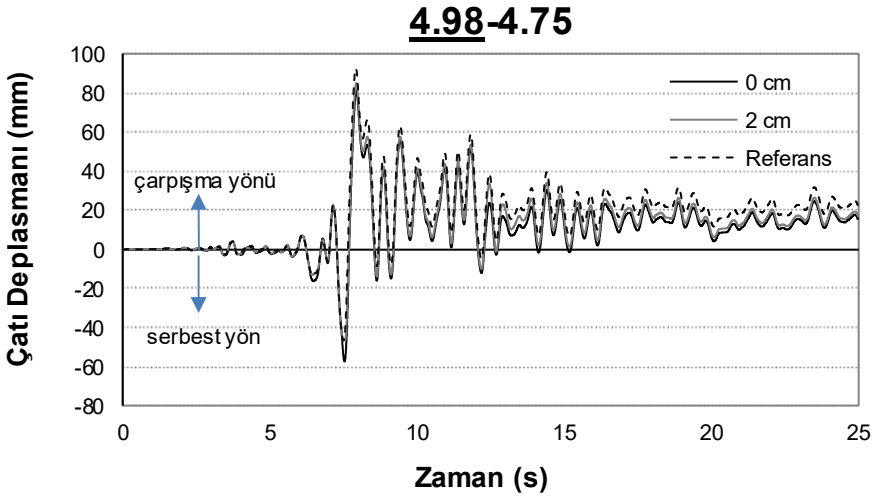
Şekil G1. 4.98-4.75 kombinasyonu GAZLIGAZ000 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



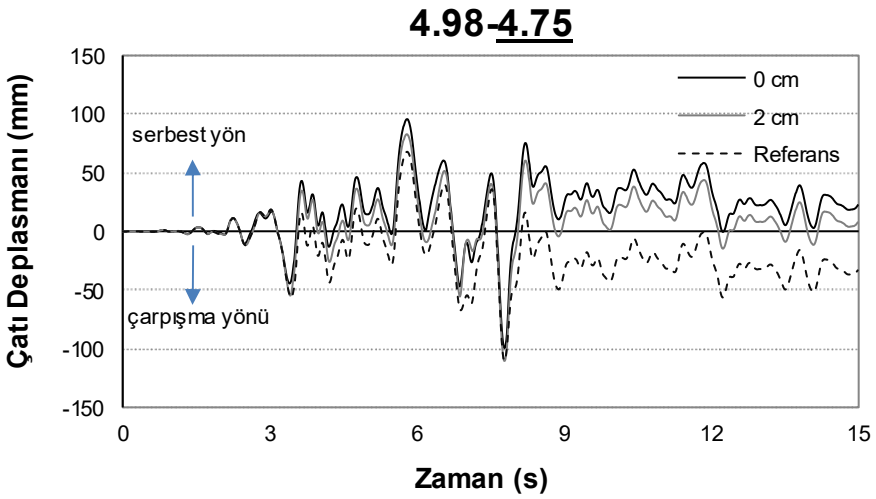
Şekil G2. 4.98-4.75 kombinasyonu GAZLIGAZ000 ivme kaydı için 4.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



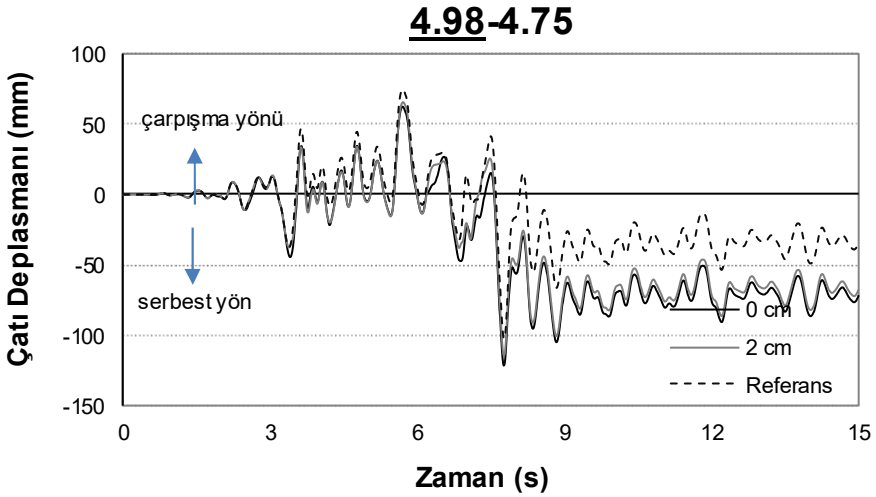
Şekil G3. 4.98-4.75 kombinasyonu LOMAPHSP000 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



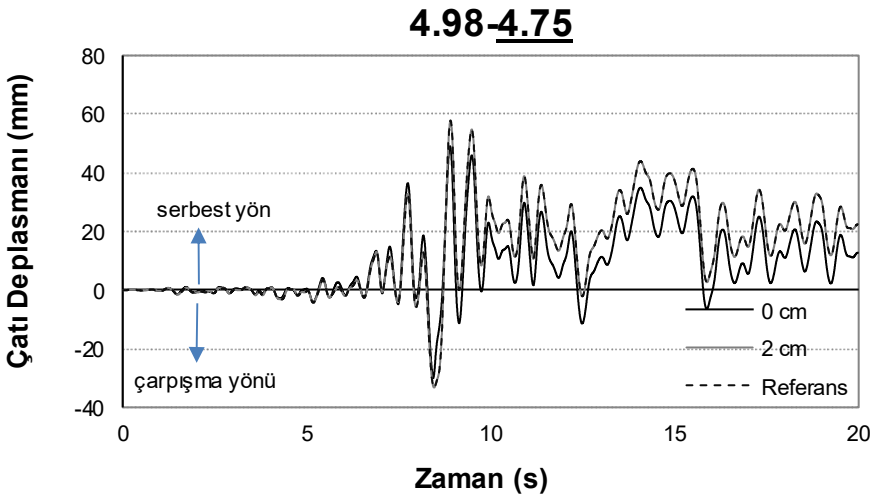
Şekil G4. 4.98-4.75 kombinasyonu LOMAPHSP000 ivme kaydı için 4.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



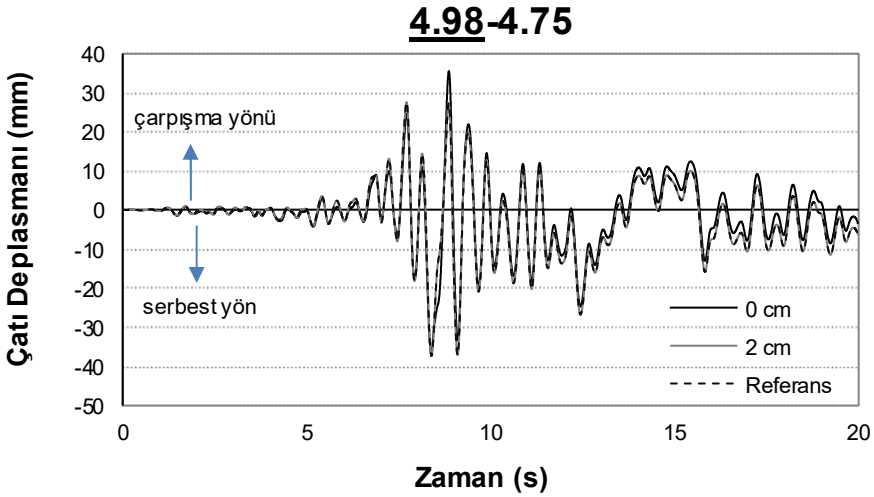
Şekil G5. 4.98-4.75 kombinasyonu NORTHSPV360 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



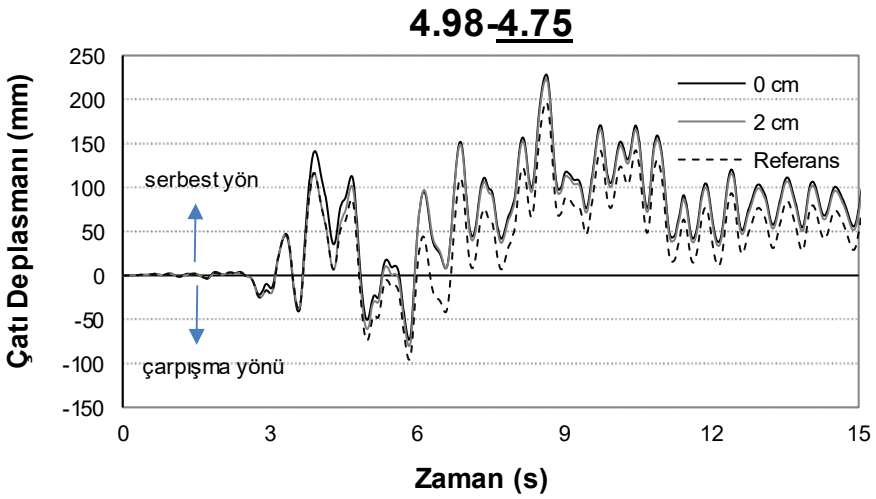
Şekil G6. 4.98-4.75 kombinasyonu NORTHSPV360 ivme kaydı için 4.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



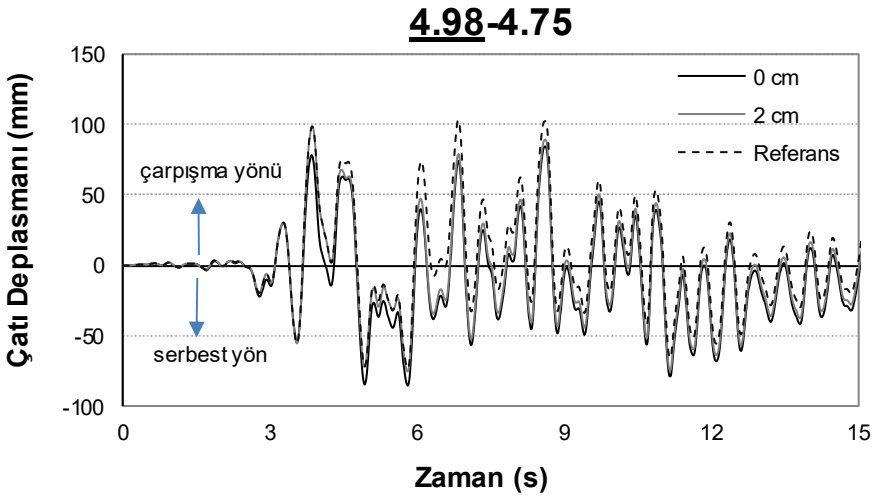
Şekil G7. 4.98-4.75 kombinasyonu KOCAELİDZC180 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



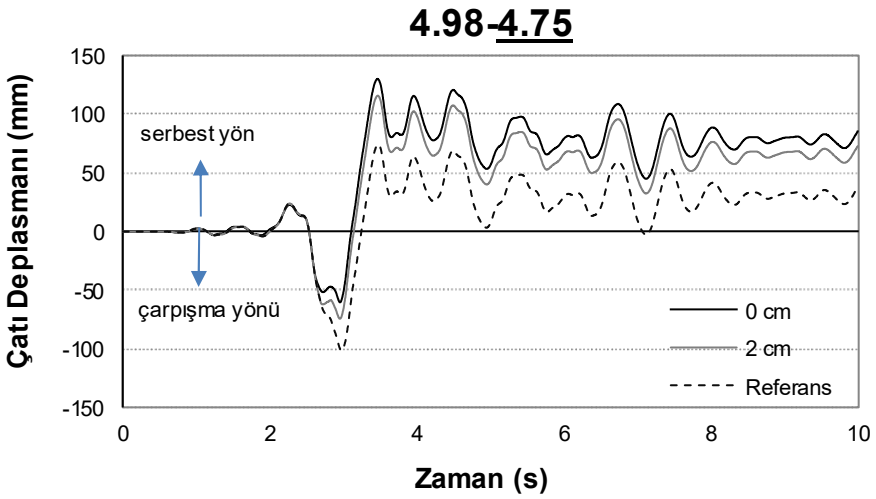
Şekil G8. 4.98-4.75 kombinasyonu KOCAELİDZC180 ivme kaydı için 4.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



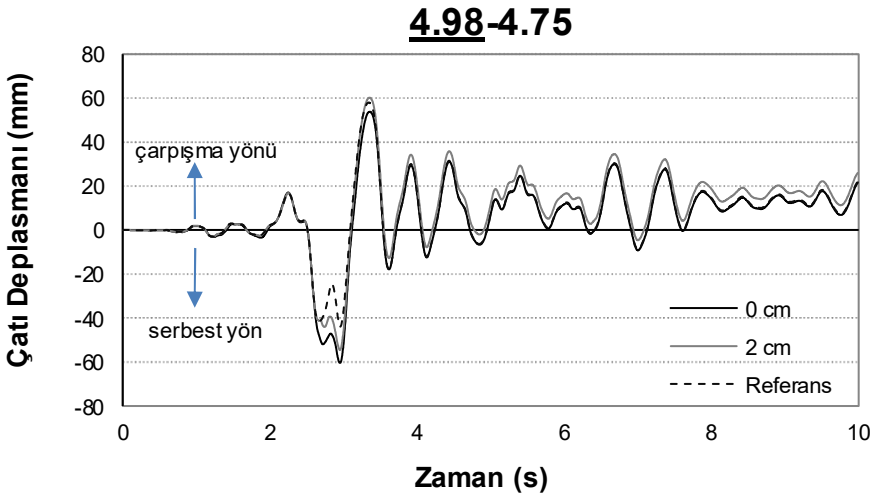
Şekil G9. 4.98-4.75 kombinasyonu NORTHTAR360 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



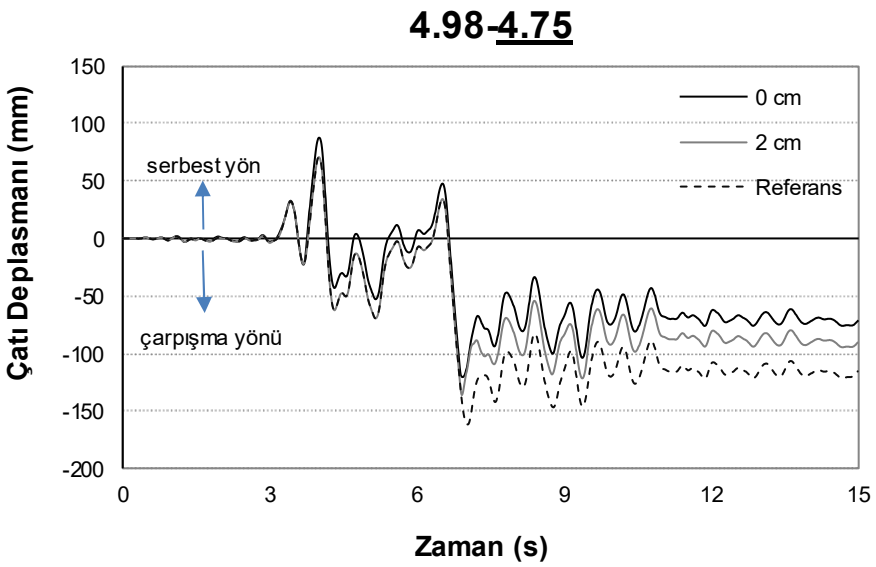
Şekil G10. 4.98-4.75 kombinasyonu NORTHTAR360 ivme kaydı için 4.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



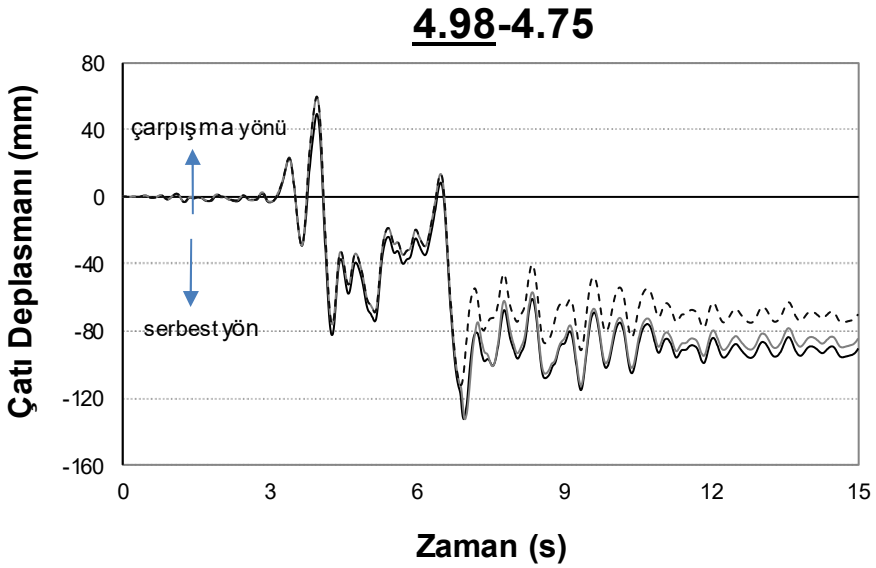
Şekil G11. 4.98-4.75 kombinasyonu PALMSPRNPS210 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



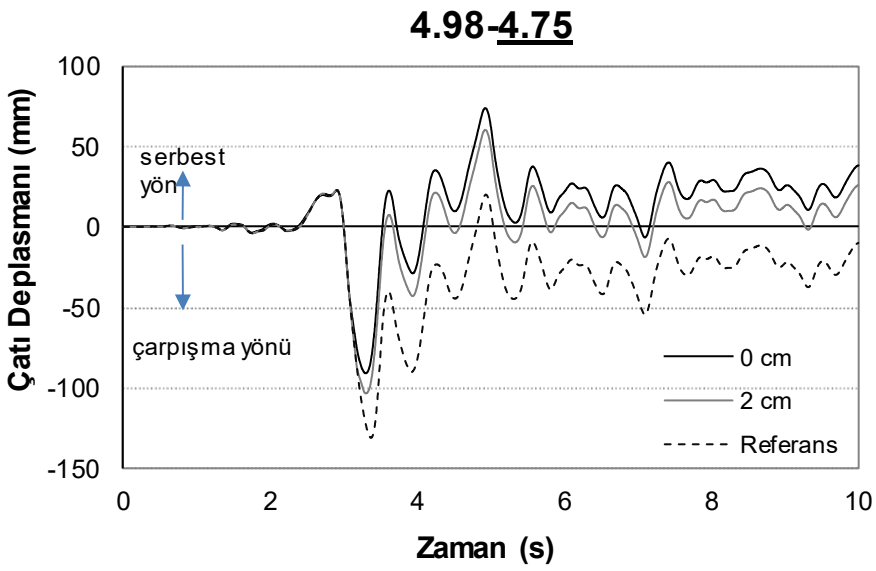
Şekil G12. 4.98-4.75 kombinasyonu PALMSPRNPS210 ivme kaydı için 4.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



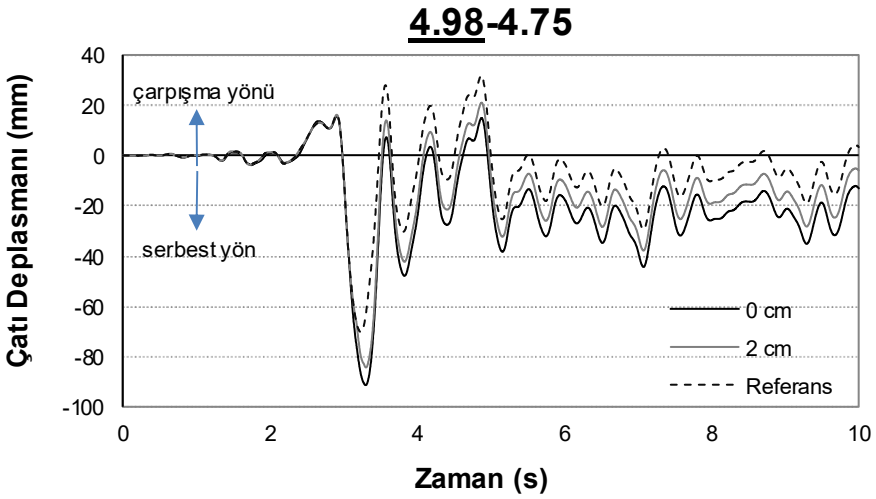
Şekil G13. 4.98-4.75 kombinasyonu NORTHSYL090 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



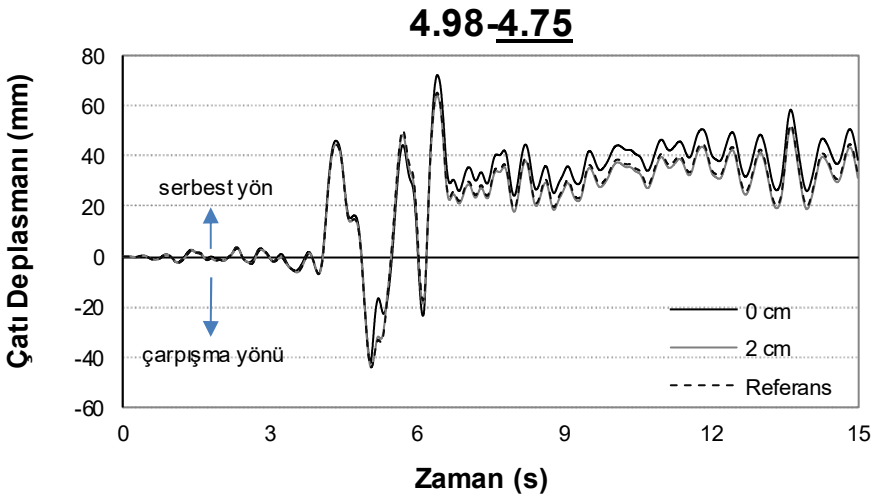
Şekil G14. 4.98-4.75 kombinasyonu NORTHSYL090 ivme kaydı için 4.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



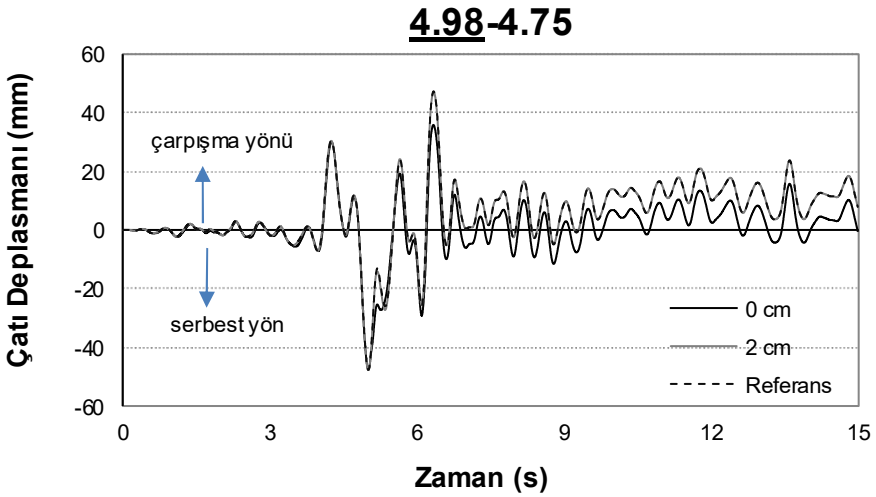
Şekil G15. 4.98-4.75 kombinasyonu ERZEW ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



Şekil G16. 4.98-4.75 kombinasyonu ERZEW ivme kaydı için 4.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği

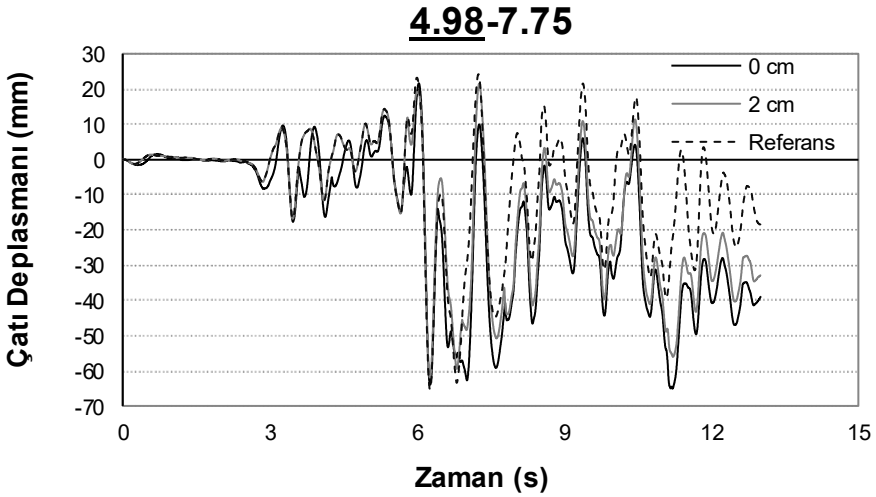


Şekil G17. 4.98-4.75 kombinasyonu KOCDZC270 ivme kaydı için 4.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği

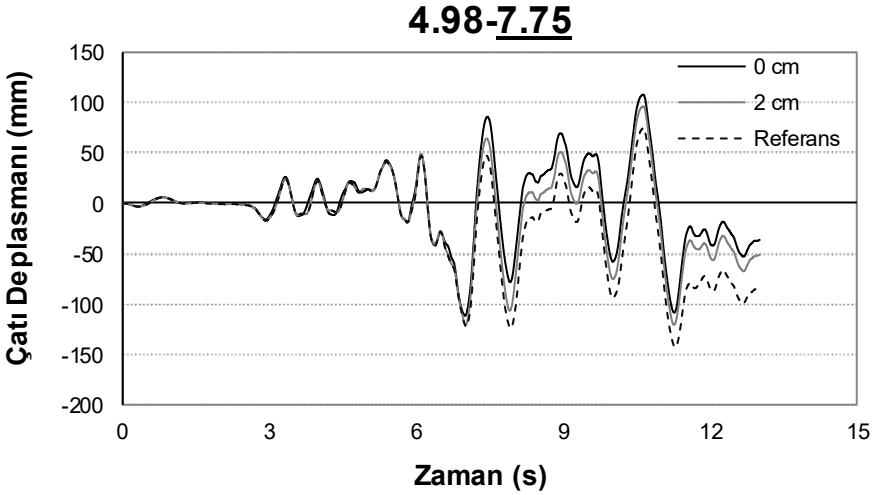


Şekil G18. 4.98-4.75 kombinasyonu KOCDZC270 ivme kaydı için 4.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği

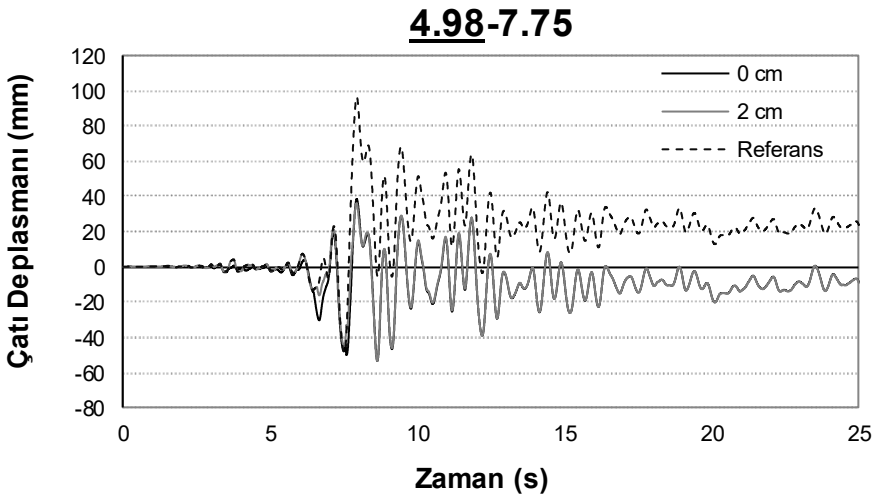
EK H. 4.98-4.75 İkili Modellerin Çatı (tepe) Deplasman Talepleri



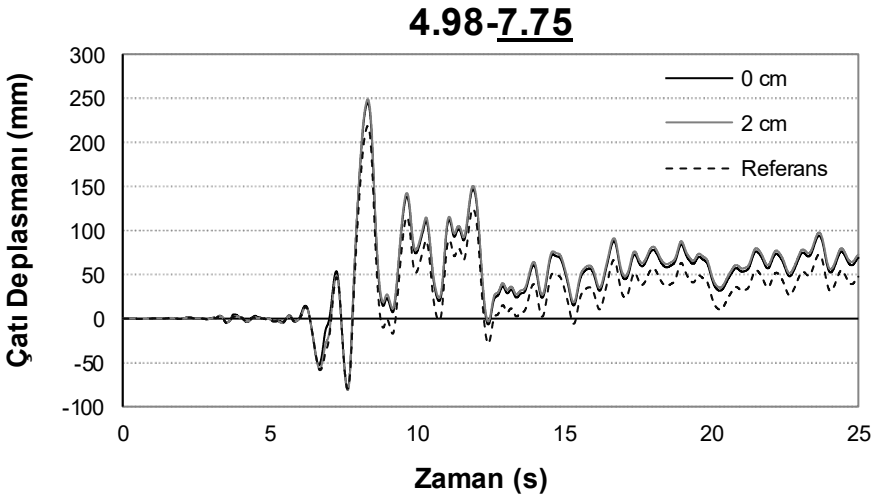
Şekil H1. 4.98-7.75 kombinasyonu GAZLIGAZ000 ivme kaydı için 4.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



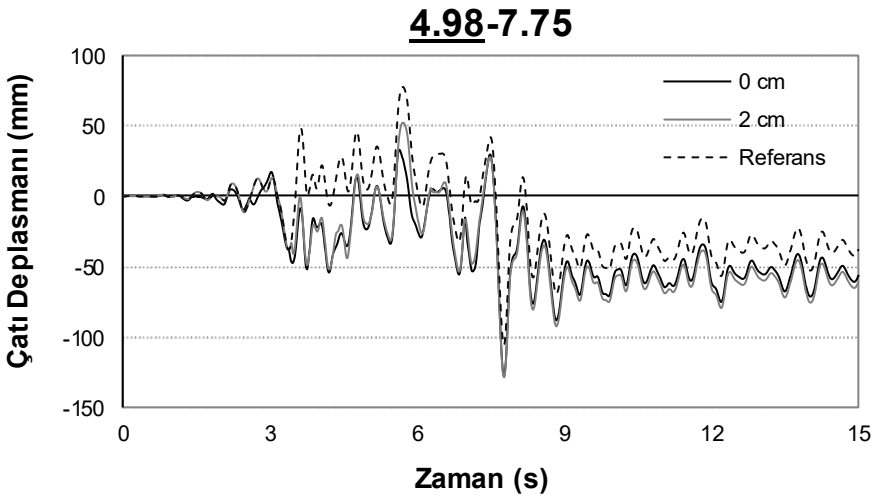
Şekil H2. 4.98-7.75 kombinasyonu GAZLIGAZ000 ivme kaydı için 7.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



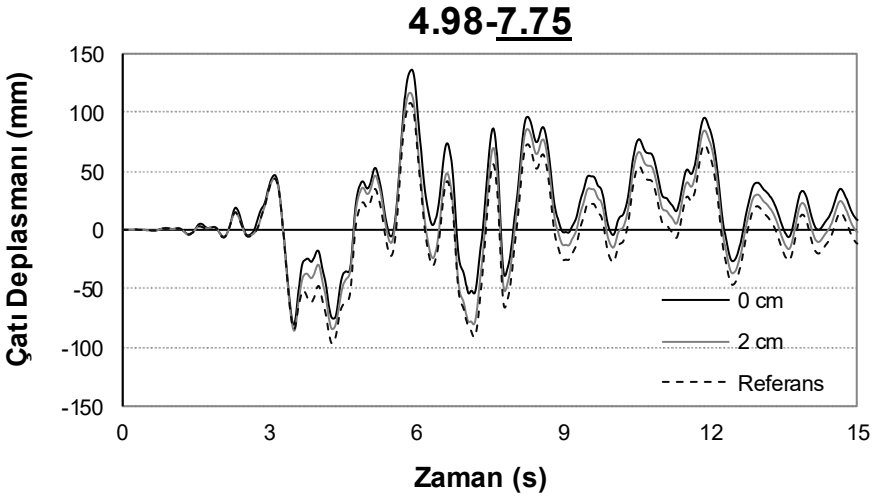
Şekil H3. 4.98-7.75 kombinasyonu LOMAPHSP000 ivme kaydı için 4.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



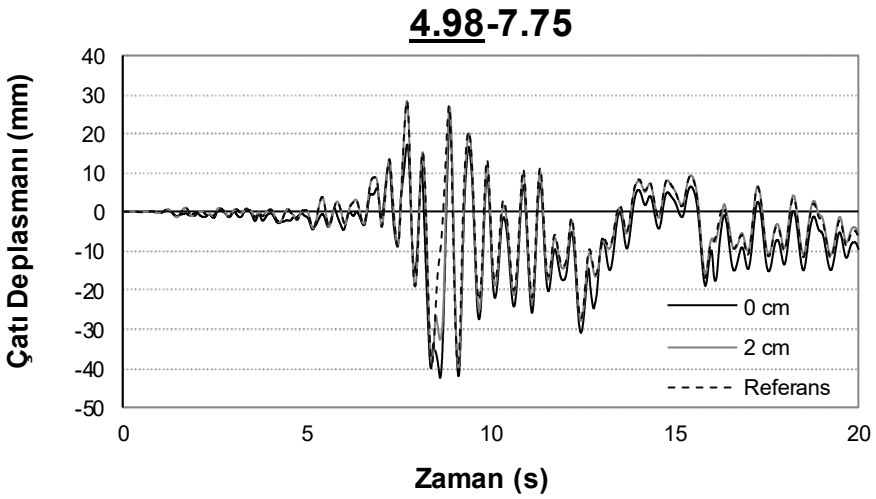
Şekil H4. 4.98-7.75 kombinasyonu LOMAPHSP000 ivme kaydı için 7.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



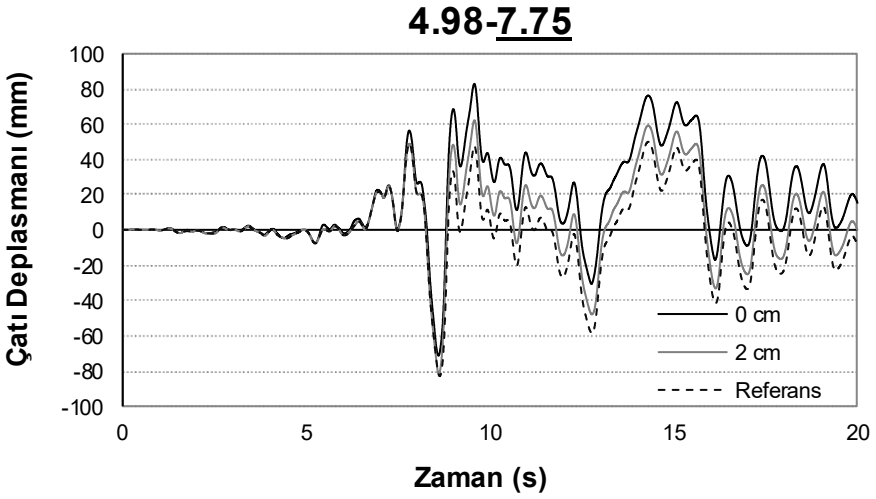
Şekil H5. 4.98-7.75 kombinasyonu NORTHSPV360 ivme kaydı için 4.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



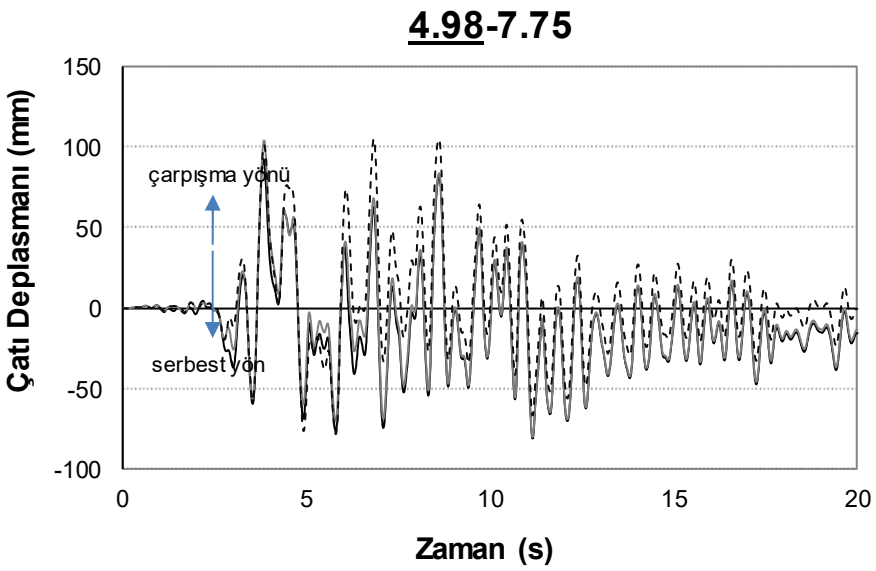
Şekil H6. 4.98-7.75 kombinasyonu NORTHSPV360 ivme kaydı için 7.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



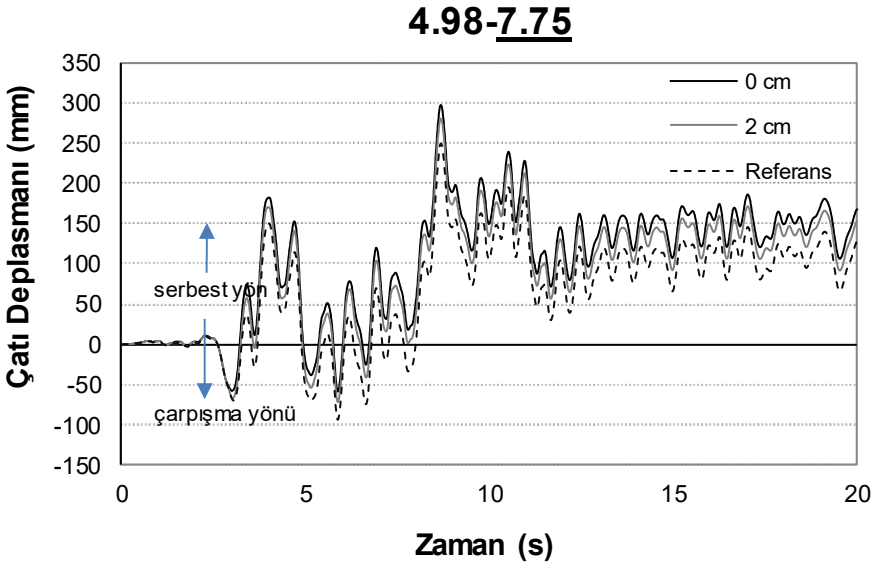
Şekil H7. 4.98-7.75 kombinasyonu KOCAELİDZC180 ivme kaydı için 4.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



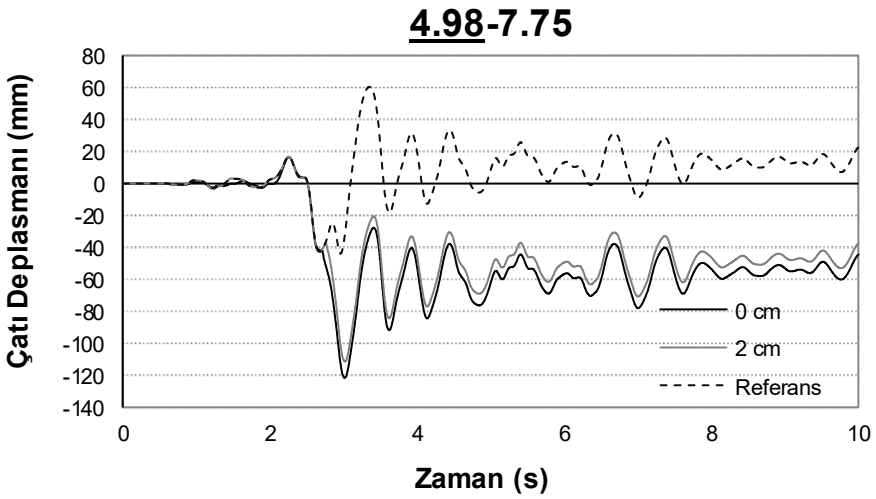
Şekil H8. 4.98-7.75 kombinasyonu KOCAELİDZC180 ivme kaydı için 7.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



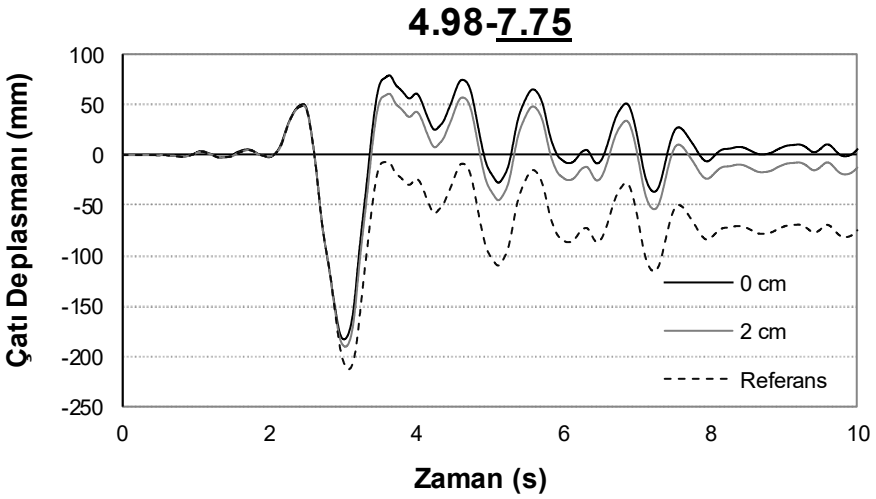
Şekil H9. 4.98-7.75 kombinasyonu KOCAELİDZC180 ivme kaydı için 4.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



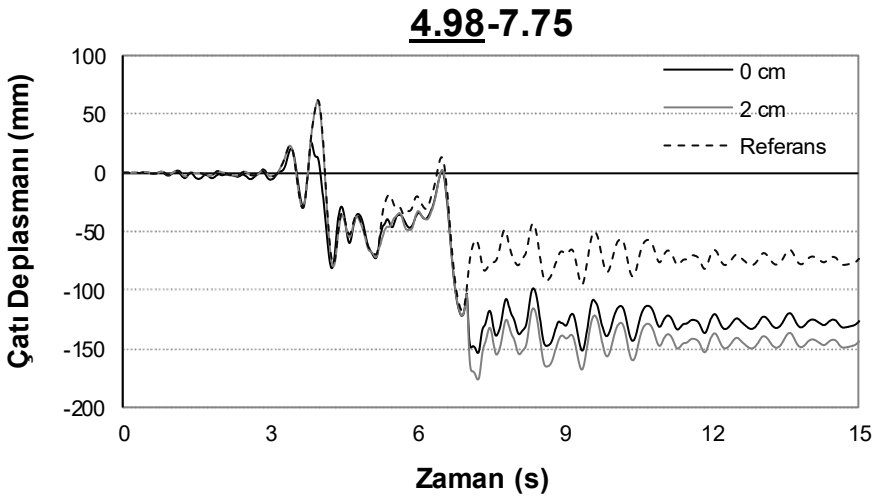
Şekil H10. 4.98-7.75 kombinasyonu KOCAELİDZC180 ivme kaydı için 7.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



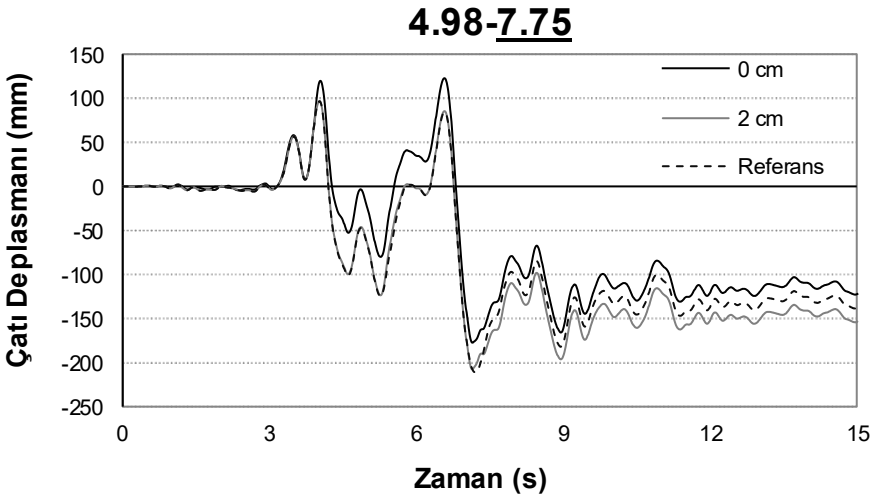
Şekil H11. 4.98-7.75 kombinasyonu PALMSPRNPS210 ivme kaydı için 4.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



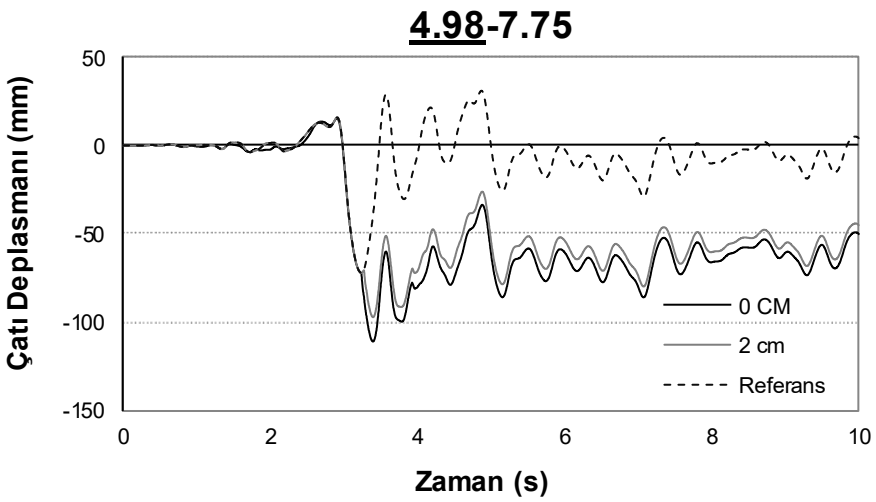
Şekil H12. 4.98-7.75 kombinasyonu PALMSPRNPS210 ivme kaydı için 7.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



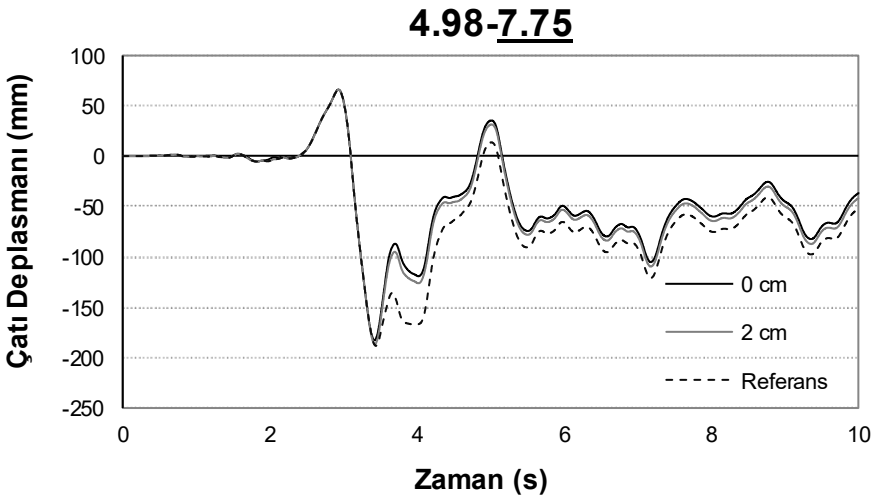
Şekil H13. 4.98-7.75 kombinasyonu NORTHSYL090 ivme kaydı için 4.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



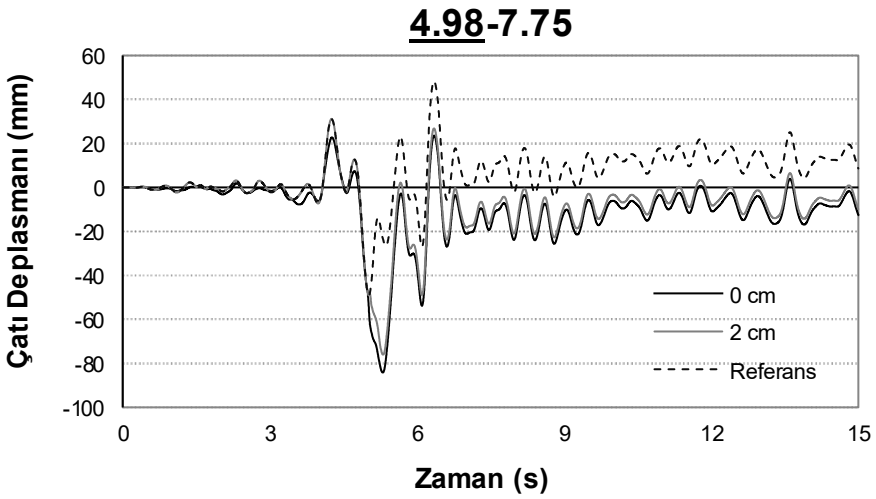
Şekil H14. 4.98-7.75 kombinasyonu NORTHSYL090 ivme kaydı için 7.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



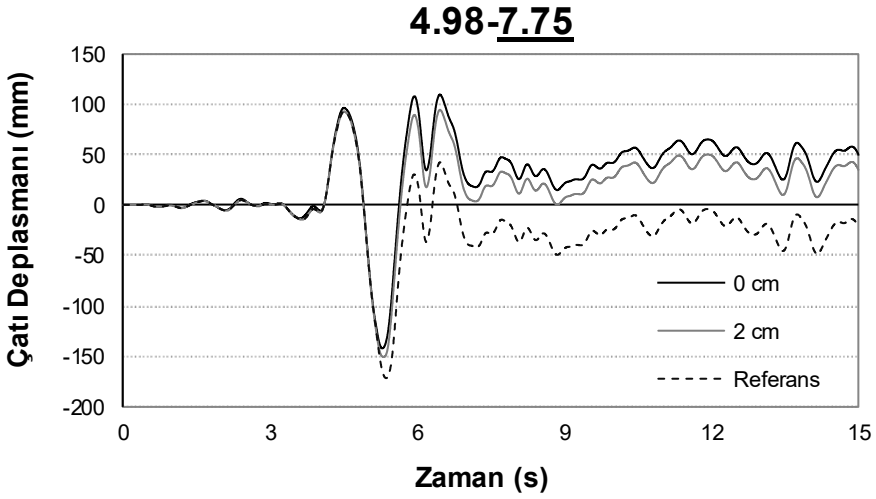
Şekil H15. 4.98-7.75 kombinasyonu ERZEW ivme kaydı için 4.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



Şekil H16. 4.98-7.75 kombinasyonu ERZEW ivme kaydı için 7.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



Şekil H17. 4.98-7.75 kombinasyonu KOCDZC270 ivme kaydı için 4.98 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği



Şekil H18. 4.98-7.75 kombinasyonu KOCDZC270 ivme kaydı için 7.75 modelindeki zamana bağlı çatı katı deplasman grafiği

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje Yürütücüsü:	Prof. Dr. MEHMET İNEL
Proje No:	214M639
Proje Başlığı:	Çekiçleme Davranışının Mevcut Yapıların Sismik Davranışına Olan Etkilerinin Araştırılması
Proje Türü:	1002 - Hızlı Destek
Proje Süresi:	12
Araştırmacılar:	
Danışmanlar:	
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	PAMUKKALE Ü. MÜHENDİSLİK F. İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ B.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	01/04/2015 - 01/04/2016
Onaylanan Bütçe:	22450.0
Harcanan Bütçe:	22449.01
Öz:	Ülkemizde kent nüfusunun yoğun olduğu şehirlerde, yetersiz boşluk oranına sahip bitişik nizam olarak inşa edilmiş orta yükseklikte birçok yapının çarpışma potansiyeli bulunmaktadır. Bu yapıların olası depremlerde çarpışması sonucu sismik performanslarının doğru bir şekilde ortaya konulması büyük önem arz etmektedir. Projenin amacı, yetersiz boşluk oranına sahip ya da bitişik inşa edilmiş orta yükseklikteki betonarme binalarda çekiçleme etkisinin zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan dinamik analiz yöntemi ile belirlenmesidir. Orta yükseklikteki mevcut binaların ortalama geometrik ve yapısal özelliklerini yansıtacak şekilde seçilen 4 ve 7 katlı bina mimarisi 1975 ve 1998 Afet Yönetmelikleri dikkate alınarak tasarlanmıştır. Kat hizaları aynı olan bina modelleri kat seviyelerinden birbirine bağlanarak 4 farklı ikili model oluşturulmuştur. İkili modeller arasındaki bağlantı SAP2000 modelindeki doğrusal (lineer) yay modeli ile sağlanmıştır. Çarpışmanın meydana geldiği ikili modeller arasında 0 ve 20 mm boşluk mesafesi bırakılırken, çarpışmanın görülmediği (referans) ikili modeller arasında 400 mm tercih edilmiştir. 8 farklı ikili model, 3 farklı boşluk mesafesi ve 9 farklı gerçek ivme kaydı ile toplamda 216 adet zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda, çekiçlemenin çatı (tepe) deplasman talepleri, göreli kat ötelenme oranı ve yapıdaki hasar dağılımı üzerindeki etkileri çarpışmalı ve çarpışmasız durumlar için karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçlarında çekiçleme etkisi nedeni ile ortalama olarak çatı deplasman taleplerinde %49, GKÖO değerlerinde %153 oranında artışlar gözlemlenmiştir. Komşu binalar arasında bırakılan derz mesafesinin artması ile çekiçleme etkilerinde azalmalar görülmektedir. Yetersiz derz mesafesine sahip farklı dinamik karakterlerdeki komşu binaların çarpışması sonucu hasar dağılımlarında ciddi değişimler meydana gelmiştir. Çalışma çekiçleme etkisi göz önüne alınmadan mevcut yapıların sismik performanslarının uygun bir şekilde değerlendirilmesinin mümkün olmadığını ortaya koymaktadır.
Anahtar Kelimeler:	Çekiçleme,Orta Katlı Binalar,Sismik Performans, Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Dinamik Analiz
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu Mu?:	Hayır

TÜBİTAK